การวิเคราะห์ข้อสอบและการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ: การวิเคราะห์พหุระดับ

นายอิทธิฤทธิ์ พงษ์ปิยะรัตน์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN ITEM ANALYSIS AND AN INVESTIGATION OF DIFFERENTIAL ITEM FUNCTIONING: A MULTILEVEL ANALYSIS

Mr. Ittirith Phongpiyaratana

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Educational Measurement and Evaluation
Department of Educational Research and Psychology
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์ข้อสอบและการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ: การวิเคราะห์พหุระดับ
โดย	นายอิทธิฤทธิ์ พงษ์ปิยะรัตน์
สาขาวิชา	การวัดและประเมินผลการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ศาสตราจารย์ ดร.ธีระ อาชวเมธี

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.พฤทธิ์ ศิริบรรณพิทักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อวยพร เรืองตระกูล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร.ธีระ อาชวเมธี)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.บุญเรือง ศรีเหรัญ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เอมอร จังศิริพรปกรณ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อิทธิฤทธิ์ พงษ์ปิยะรัตน์ : การวิเคราะห์ข้อสอบและการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ: การวิเคราะห์พหุระดับ. (AN ITEM ANALYSIS AND AN INVESTIGATION OF DIFFERENTIAL ITEM FUNCTIONING: A MULTILEVEL ANALYSIS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ.ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ศ.ดร.ธีระ อาชวเมธี, 299หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 3 ประการ ได้แก่ 1.เพื่อวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ (δ_i) พารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ_j) และผลของตัวแปรคุณลักษณะของผู้เรียนและตัวแปรคุณลักษณะของโรงเรียนต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) 2.เพื่อเปรียบเทียบผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ ระหว่างการวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับโดยประยุกต์ใช้โปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) และการวิเคราะห์ข้อสอบด้วยโปรแกรม BILOG-MG และ 3.เพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) โดยประยุกต์ใช้โปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) และโปรแกรม BILOG-MG

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ศึกษาในปีการศึกษา 2550 จำนวน 1,588 คน ผู้บริหาร 32 คน จาก 32 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาลพบุรีเขต 1 และ 2 ซึ่งได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบสองขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบวัดความรู้วิชาคณิตศาสตร์ แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แบบประเมินความเครียดของนักเรียน แบบบันทึกข้อมูลนักเรียน แบบประเมินภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร และแบบบันทึกตัวแปรคุณลักษณะครูและโรงเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการใน 3 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และผู้สอบด้วยโมเดล HGLM-2L และ HGLM-3L ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับข้อสอบ ระดับผู้สอบ และ ระดับโรงเรียน แล้วเปรียบเทียบผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และผู้สอบที่ได้จากโปรแกรม HLM และ BILOG-MG ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาผลของตัวแปรคุณลักษณะผู้เรียนและโรงเรียนที่มีต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องทั้งในระดับผู้สอบและระดับโรงเรียน และขั้นที่ 3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF)

สรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1. ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบด้วยโมเดล HGLM-2L และ HGLM-3L ด้วยสถิติ Empirical Bayesian มีความสัมพันธ์อย่างสัมบูรณ์กับผลการประมาณค่าด้วยโปรแกรม BILOG-MG ส่วนผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยโมเดล HGLM-2L มีความสัมพันธ์อย่างสัมบูรณ์กับผลการประมาณค่าด้วยโปรแกรม BILOG-MG ส่วนโมเดล HGLM-3L มีระดับของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.793 ซึ่งน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างโมเดล HGLM-2L กับโปรแกรม BILOG-MG

2. ผลการวิเคราะห์ระดับนักเรียน (Level 2) พบว่า ตัวแปรผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมาส่งผลต่อค่าเฉลี่ยของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องในแต่ละโรงเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ผลการวิเคราะห์ระดับโรงเรียน (Level 3) พบว่าตัวแปรขนาดของโรงเรียน และตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารส่งผลต่อค่าเฉลี่ยของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องในโรงเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ

3. การตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) ด้วยโมเดล HGLM สามารถตรวจสอบพบข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกันสอดคล้องตรงกับผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม BILOG-MG

ภาควิชา วิจัยและจิตวิทยาการศึกษา ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา การวัดและประเมินผลการศึกษา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2551 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

478 46419 27: MAJOR EDUCATIONAL MEASUREMENT AND EVALUATION

KEY WORD: ITEM ANALYSIS / MULTI-LEVEL / HGLM / BILOG-MG / DIFERENTIAL ITEM FUNCTIONING

ITTIRITH PHONGPIYARATANA: AN ITEM ANALYSIS AND AN INVESTIGATION OF DIFFERENTIAL ITEM FUNCTIONING: A MULTILEVEL ANALYSIS. THESIS PRINCIPAL ADVISOR: PROF.SIRICHAI KANJANAWASEE, Ph.D., THESIS COADVISOR: PROF.TEARA ARCHWAMETY, Ph.D., 299 pp.

This research had three objectives: 1) to analyze the item parameters (δ_i), person parameters (θ_j) and to examine the effect of student and school characteristic variables on the probability of correctly answering items by the multi-level analysis method using the HLM program. 2) To compare the estimates of item and person parameters between HLM and BILOG-MG programs. 3) To investigate the differential item functioning (DIF) detection of HLM and BILOG-MG programs and to compare the results from both programs.

The samples were 32 administrators, 1,588 Mathayomsuksa III students from 32 schools. Samples were drawn from schools under the Office of the Lopburi Educational Area 1 and 2 using the two-stage random sampling technique. Data were collected though 6 instruments: the mathematics achievement test, the attitude toward mathematics test, the student's stress scale, the record from of student characteristics, the assessment of academic leadership of administrator, and the record from of teacher and school characteristics. There were three steps taken to analyze data. First, item and person parameters were estimated with HGLM-2L, HGLM-3L model using HLM program 3 level model; item level, student level, and school level. Then, compare the estimates of item and person parameters derived from HLM and BILOG-MG programs. The second step was taken to examine the effects of student and school characteristics on the probability of obtaining a correct response in both level-2 and level-3. Third, the results of differential item functioning detection from HLM and BILOG-MG programs were compared.

The major findings were:

1. The item parameters estimated from HGLM-2L and HGLM-3L model using the Empirical Bayesian estimation perfectly correlated with those estimated from BILOG-MG program. The person parameters estimated from HGLM-2L model had perfectly correlated with those estimated from BILOG-MG program but in HGLM-3L was correlated with BILOG-MG at 0.793 that was lower than the correlation between BILOG-MG and HGLM-2L.

2. For student level (level 2), the prior mathematic achievement grade positively affected the averaged probability of correct response in each school at 0.01 and, for school level (level-3), the averaged probability of correct response in each school were affected by the school size at 0.01 and the academic leadership of school administrator at 0.05.

3. The performance in differential item functioning (DIF) detection of HGLM model was the same as that of BILOG-MG program.

Department: Educational Research and Psychology Student's signature: Ittirith

Field of study: Educational Measurement and Evaluation Principal Advisor's signature: S. Kanjanawasee

Academic year: 2008 Co-advisor's signature: Teara Archwamety

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จครั้งนี้ เกิดจากความกรุณาของท่านผู้มีพระคุณหลายท่าน ซึ่งผู้วิจัยขออนุญาตแสดงมุทิตาคารวะในความกรุณาของทุกท่านดังนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงในความเมตตาต่อตัวผู้วิจัยเป็นอย่างมาก เพราะตลอดระยะเวลาที่ศึกษาในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ท่านให้โอกาสผู้วิจัยเป็นผู้ช่วยประจำศูนย์ทดสอบและประเมินเพื่อพัฒนาการศึกษาและวิชาชีพ คณะครุศาสตร์ ทำให้ผู้วิจัยได้รับประสบการณ์ทำงานจริงที่มีคุณค่า ได้เรียนรู้กระบวนการคิด กระบวนการทำวิจัยที่สำคัญและมีการออกแบบการวิจัยที่ลุ่มลึกหลาย ๆ เรื่องจากท่าน ตลอดจนการนำผู้วิจัยเข้าร่วมการสัมมนาทางการศึกษา ณ ต่างประเทศ ทำให้ผู้วิจัยรู้สึกว่าโชคดีมากที่ได้รับความกรุณาจากท่าน

ขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.ธีระ อาชวเมธี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมในความกรุณาที่ท่านรับผู้วิจัยเป็นลูกศิษย์เพราะถึงแม้ท่านจะอยู่ไกล แต่คำแนะนำ คำปรึกษาของท่านกลับมาถึงผู้วิจัยอย่างรวดเร็วเหมือนท่านอยู่ในเมืองไทย ผู้วิจัยรู้สึกได้ถึงความเมตตาที่ได้รับจากท่าน และอีกส่วนสำคัญในความสำเร็จของการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.อวยพร เรืองตระกูล รองศาสตราจารย์ ดร.เอมอร จังศิริพรปกรณ์ และอาจารย์ ดร.บุญเรือง ศรีเหรัญ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำการดำเนินงานวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ รวมถึง Prof.Dr.Robert D. Thissen ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวิเคราะห์ DIF และ อาจารย์ ดร.กมลวรรณ ตังธนากานนท์ อาจารย์สังวรณ์ งัดกระโทก สำหรับคำแนะนำที่มีคุณค่าในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณกำลังใจจากเพื่อน พี่ และน้องร่วมชั้นเรียน สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ที่เป็นกัลญาณมิตรที่ดีตลอดมา รวมถึงผู้บริหาร ครู และนักเรียนโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างการวิจัย ในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาลพบุรี เขต 1 และ เขต 2 ที่กรุณาเสียสละเวลาการเรียนการสอนเพื่อการตอบแบบสอบถาม ทำแบบทดสอบ และการอำนวยความสะดวกที่น่าประทับใจยิ่งให้กับผู้วิจัย

กำลังใจสำคัญที่สุดที่ทำให้ผู้วิจัยมีวันนี้ได้คือ พลังความรัก ความปรารถนาดีจากแม่ พี่ ๆ และน้องของผู้วิจัย โดยเฉพาะคุณแม่สำเภา พงษ์ปิยะรัตน์ และน้อง ร้อยโทหญิงประภาพร พงษ์ปิยะรัตน์ ที่ให้กำลังใจ ห่วงใย ดูแลสุขภาพของผู้วิจัยตลอดเวลา หากมีกุศลที่จะบังเกิดจากการใช้ประโยชน์ทางวิชาการของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แด่บูรพาจารย์ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน และขอน้อมบูชาแด่คุณพ่อที่ท่านคงเฝ้ามองดูความสำเร็จของลูกชาย ตามที่ท่านตั้งใจไว้บนสรวงสวรรค์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญแผนภาพ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

คำถามการวิจัย..... 10

วัตถุประสงค์การวิจัย..... 10

ขอบเขตการวิจัย..... 11

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 12

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 14

2. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 16

ตอนที่ 1 มโนทัศน์การวิเคราะห์ข้อสอบแบบประเพณีนิยม..... 16

ตอนที่ 2 มโนทัศน์การวิเคราะห์ข้อสอบตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ..... 20

ตอนที่ 3 มโนทัศน์เกี่ยวกับการวิเคราะห์พหุระดับ ด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น..... 31

ตอนที่ 4 มโนทัศน์เกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับ..... 39

ตอนที่ 5 มโนทัศน์การประยุกต์วิธีการวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ..... 50

ตอนที่ 6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 61

3. วิธีดำเนินงานวิจัย..... 82

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง..... 82

การสุ่มตัวอย่าง..... 86

วิธีการดำเนินการวิจัย..... 89

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 90

การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 99

การวิเคราะห์ข้อมูล..... 101

บทที่ หน้า

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 108
ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน..... 110
ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของข้อสอบและข้อมูลในการวิจัยตามข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎี..... 115
ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ..... 118
ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบ..... 121
ผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ..... 124
ผลการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรภายนอกที่มีต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูก..... 130
5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ..... 136
สรุปผลการวิจัย..... 137
อภิปรายผลการวิจัย..... 140
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย..... 151
รายการอ้างอิง..... 153
ภาคผนวก..... 164
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย..... 165
ภาคผนวก ข ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบที่ใช้ในการวิจัย การวิเคราะห์โดยทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT)..... 168
ภาคผนวก ค ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบจากโปรแกรม BILOG-MG และโปรแกรม HLM 171
ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 225
ภาคผนวก จ Print Out การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ (b_i) จากโปแกรม HLM-2L 240
ภาคผนวก ฉ Print Out การวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) จากโปรแกรม HLM-3L 254
ภาคผนวก ช Print Out การวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) จากโปรแกรม BILOG-MG 276
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลส่วนที่เหลือจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดล HGLM..... 297
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 299

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	สูตรการคำนวณค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ $I_i(\theta)$ ค่าสารสนเทศสูงสุดของข้อสอบ $I_i(\theta)max$ และตำแหน่งค่าความสามารถที่ให้สารสนเทศสูงสุด $(\theta)max$...	28
2-2	ความสัมพันธ์ของหลักการวิเคราะห์ของสมการแบบ HLM และ HGLM.....	42
2-3	การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และพารามิเตอร์ข้อสอบที่ได้จากการประมาณค่าของโมเดลราสช์และโมเดล HGLM-2L.....	45
2-4	การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ผู้สอบ และพารามิเตอร์ข้อสอบที่ได้จากการประมาณค่าของโมเดลราสช์และโมเดล HGLM-3L.....	49
2-5	วิธีการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบที่มีการตรวจให้คะแนนแบบทวิวิภาค และพหุวิภาค.....	55
2-6	ผลการสังเคราะห์ตัวแปรทำนายที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จำแนกตามระดับของตัวแปร.....	69
2-7	ตัวแปรระดับนักเรียนและโรงเรียนที่ส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์.....	70
2-8	สรุปผลงานวิจัยที่ใช้โมเดลการวิเคราะห์พหุระดับแบบต่าง ๆ.....	75
3-1	จำแนกขนาดโรงเรียนตามจำนวนนักเรียน (เกณฑ์ของ สพฐ.).....	82
3- 2	จำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดลพบุรี จำแนกตามขนาดของโรงเรียน....	83
3 – 3	ประชากรโรงเรียนตามกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามขนาด……	88
3 – 4	รายชื่อกลุ่มตัวอย่างโรงเรียนและจำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยจำแนกตามขนาดของโรงเรียน.....	88
3-5	แผนผังข้อสอบแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.....	91
3-6	เกณฑ์การประเมินคุณภาพของข้อสอบที่สามารถนำมาจัดทำเป็นแบบสอบ…..…	93
3-7	เกณฑ์การประเมินคุณภาพตัวบ่งชี้ ของ สมศ. ……	98
3-8	กำหนดการออกเก็บข้อมูลที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย.....	99
3-9	สมการการวิเคราะห์ในโมเดล HGLM-2L และ HGLM-3L.....	101
3-10	วิธีการคำนวณพารามิเตอร์ผู้สอบ และพารามิเตอร์ข้อสอบที่ได้จากการประมาณค่าของโมเดล HGLM-2L และ HGLM-3L.....	102
4-1	ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรจัดประเภท.....	110

ตารางที่ หน้า

4-2 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรประเภทต่อเนื่อง..... 111
4-3 สถิติพื้นฐานของคะแนนจากการตอบข้อสอบของนักเรียนจำแนกตามเพศผู้สอบ... 112
4-4 สถิติพื้นฐานของคะแนนจากการตอบข้อสอบของนักเรียนจำแนกตามโรงเรียน..... 113
4-5 ค่าไอเกน และร้อยละของความแปรปรวนขององค์ประกอบของแบบทดสอบ…… 115
4-6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นระดับผู้สอบ..... 117
4-7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นระดับโรงเรียน..... 117
4-8 สมการการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HGLM 2 ระดับ และ 3 ระดับ..... 118
4-9 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ..... 119
4-10 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ความยากข้อสอบทั้งสามวิธี. 120
4-11 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบจากโปรแกรม BILOG –MG และ
โปรแกรม HLM..... 121
4-12 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ผู้สอบระหว่าง
วิธีการใช้โปรแกรม BILOG-MG, HGLM2L และ HGLM3L..... 122
4-13 ผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ของข้อสอบจากโมเดล HGLM-3L
ด้วยโปรแกรม HLM..... 125
4-14 ผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ของข้อสอบด้วยโปรแกรม BILOG-MG..... 126
4-15 สรุปผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบระหว่างโปรแกรม BILOG-MG
และโปรแกรม HLM…… 128
4-16 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มของตัวแปรโอกาสในการตอบข้อสอบ
ได้ถูกต้อง การวิเคราะห์โมเดลศูนย์ (null model)..... 132
4-17 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มของตัวแปรโอกาสในการตอบข้อสอบ
ได้ถูกต้องในระดับนักเรียน การวิเคราะห์โมเดลอย่างง่าย (simple model)..... 132
4-18 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มของตัวแปรโอกาสในการตอบข้อสอบ
ได้ถูกต้องในระดับโรงเรียน การวิเคราะห์โมเดลสมมติฐาน (hypothetical model). 133
5-1 สมการคำนวณของโมเดล HGLM-2L และ โมเดล HGLM-3L..... 141

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่		หน้า
1-1	โครงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีลักษณะเป็นระดับลดหลั่น (hierarchical data)..	6
1-2	โครงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับ.....	7
2-1	โค้งลักษณะข้อสอบแบบ 1 พารามิเตอร์ของข้อสอบ 3 ข้อ.....	24
2-2	โค้งลักษณะข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ของข้อสอบ 3 ข้อ.....	25
2-3	โค้งลักษณะข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ของข้อสอบ 3 ข้อ.....	26
2-4	ตำแหน่งของค่าพารามิเตอร์ในโค้งลักษณะข้อสอบ (ICC)……	26
2-5	ตัวอย่างโค้งสารสนเทศของแบบสอบจำนวน 5 ข้อ.....	29
2–6	ความสัมพันธ์ของข้อมูลทางการศึกษา.....	31
2-7	ลักษณะข้อมูลของการวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับ.....	41
2-8	การทำเมตริกเอกลักษณ์สำหรับการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับ.....	44
2–9	การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบแบบเอกรูป (uniform DIF)……....	52
2-10	ข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกันแบบอเนกรูปโดยมีปฏิสัมพันธ์ไม่เป็นลำดับ.....	52
2-11	ข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกันแบบอเนกรูปโดยมีปฏิสัมพันธ์เป็นลำดับ.....	53
2-12	วงจรสุขภาพที่สัมพันธ์กับความเครียด.....	68
2–13	โมเดลโครงสร้างข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์จำแนกข้ามกลุ่ม 2 ระดับ.....	72
2–14	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	80
3-1	การจำลองไฟล์การวิเคราะห์ข้อมูลระดับที่ 1.....	98
3–2	แผนงานขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	105
4-1	แผนภาพสกรีของการวิเคราะห์องค์ประกอบ.....	116
4-2	แผนภาพองค์ประกอบ.....	116
4-3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบที่ประมาณค่าจากโปรแกรม BILOG-MG และโมเดล HGLM-2L และ HGLM-3L……	120
4-4	กราฟแสดงความสัมพันธ์พารามิเตอร์ข้อสอบที่ประมาณค่าจากโปรแกรม HLM 2 ระดับ กับพารามิเตอร์ข้อสอบที่ประมาณค่าจากโปรแกรม BILOG-MG	123
4-5	กราฟแสดงความสัมพันธ์พารามิเตอร์ข้อสอบที่ประมาณค่าจากโปรแกรม HLM 3 ระดับ กับพารามิเตอร์ข้อสอบที่ประมาณค่าจากโปรแกรม BILOG-MG	123
4-6	โค้งคุณลักษณะข้อสอบข้อที่ 1 จำแนกตามกลุ่มเพศ.....	129
4-7	โค้งคุณลักษณะข้อสอบข้อที่ 9 จำแนกตามกลุ่มเพศ.....	129
4-8	โค้งคุณลักษณะข้อสอบข้อที่ 14 จำแนกตามกลุ่มเพศ.....	129

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การทดสอบเป็นการดำเนินการที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานการวัดคุณลักษณะแฝงภายในตัวบุคคล (traits) โดยใช้ข้อสอบเป็นสิ่งเร้าให้ผู้ทดสอบแสดงความสามารถออกมาตอบสนอง ดังนั้นหากมีข้อมูลที่สามารถยืนยันได้ว่าข้อสอบที่สร้างขึ้นมีคุณสมบัติวัดได้ตรงตามสิ่งที่ต้องการวัด (validity) และผลการวัดมีความคงเส้นคงวา (reliability) ก็ย่อมมั่นใจได้ระดับหนึ่งว่าข้อสอบที่สร้างขึ้นมีคุณภาพ ผลการทดสอบมีความเชื่อถือได้ แต่อย่างไรก็ตามคุณภาพของข้อสอบที่สร้างขึ้นจะมีคุณภาพเพียงใดนั้น ผู้พัฒนาข้อสอบต้องวางแผนการสร้างข้อสอบอย่างความรอบคอบ ครอบคลุมมวลของเนื้อหาที่ต้องการวัด ประกอบเข้ากับผู้พัฒนาข้อสอบต้องมีความรู้ถึงแก่นแท้ของเนื้อหาวิชาที่จะวัดและทักษะการเขียนข้อสอบ รวมทั้งมีการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบเบื้องต้นในเชิงตรรกะ ส่วนการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบในเชิงประจักษ์ ผู้สร้างข้อสอบต้องนำข้อสอบที่สร้างขึ้นมาไปทดลองสอบกับกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำผลการตอบของผู้สอบมาวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อ ผลการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบเป็นรายข้อนี้ จะทำให้ทราบว่าข้อสอบแต่ละข้อสามารถทำหน้าที่ได้ตรงตามที่ผู้พัฒนาข้อสอบต้องการหรือไม่ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการจัดทำเป็นแบบสอบที่เหมาะสมต่อไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2548ข; Murphy, K.R., Charles, O. และ Davidshofer, 2001)

ศิริชัย กาญจนวาสี (2548ข) ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์สำคัญของการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อไว้ 4 ประการดังนี้ 1. ข้อสอบแต่ละข้อนั้นได้ทำหน้าที่ตามที่ผู้ออกข้อสอบตั้งใจไว้หรือไม่ 2. ข้อสอบแต่ละข้อมีความยากง่ายที่เหมาะสมกับผู้สอบหรือไม่ 3. ข้อสอบแต่ละข้อมีข้อบกพร่องอะไรบ้าง และ4. ในกรณีที่เป็นข้อสอบแบบหลายตัวเลือก (multiple choice) จะได้ทราบว่าตัวลวงที่สร้างไว้มีประสิทธิภาพหรือไม่ สำหรับวิธีการที่ใช้วิเคราะห์ข้อสอบนั้น นักวัดผลได้เสนอเทคนิคการวิเคราะห์ข้อสอบที่สามารถจำแนกเป็น 2 แนวทางหลักได้แก่ การวิเคราะห์ข้อสอบตามแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory: CTT) และการวิเคราะห์ข้อสอบตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) ซึ่งทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันในแนวคิดพื้นฐานทางทฤษฎี โมเดลการวิเคราะห์ และการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์

ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) เป็นทฤษฎีที่มุ่งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่สังเกตได้กับคะแนนความสามารถที่แท้จริงของผู้สอบ ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$X = T + E \quad .....(1\text{-}1)$$

คะแนนที่สังเกตได้ คะแนนความสามารถที่แท้จริง คะแนนความคลาดเคลื่อน

จากแนวคิดของสมการดังกล่าวได้นำมาสู่การสร้างข้อตกลงเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับโมเดลการวัดและแบบสอบคู่ขนานอยู่หลายประการ และเป็นที่มาของวิธีการวิเคราะห์ข้อสอบตามแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ซึ่งประกอบด้วยตัวบ่งชี้คุณภาพข้อสอบ 3 ประการ ได้แก่ 1.ค่าความยากง่ายของข้อสอบ (item difficulty) 2.ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (item discrimination) และ 3.ประสิทธิภาพตัวลวง (item distractor) หลักการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบจะอยู่บนพื้นฐานของคุณลักษณะ และจำนวนผู้สอบในการสอบแต่ละครั้ง การวิเคราะห์ค่าความยากง่ายของข้อสอบจะคำนวณจากอัตราส่วนของจำนวนผู้สอบที่ตอบข้อสอบถูกต่อจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด ยกตัวอย่างเช่นในการสอบครั้งหนึ่งมีผู้เข้าสอบจำนวน 100 คน ในข้อสอบข้อที่ K ผู้สอบที่ตอบข้อสอบถูกต้องมี 65 คน ข้อสอบข้อนี้มีระดับค่าความยากง่ายของข้อสอบเท่ากับ 0.65 จากวิธีการวิเคราะห์ข้อสอบที่อิงอยู่กับจำนวนผู้เข้าสอบ และคุณลักษณะของผู้สอบ ทำให้มีข้อวิพากษ์เกี่ยวกับความถูกต้อง ความคงเส้นคงวาของผลการวิเคราะห์ข้อสอบที่มีความผันแปรไปตามกลุ่มผู้สอบ ถึงแม้ว่าผู้สอบทุกกลุ่มจะทำข้อสอบชุดเดียวกัน

การวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบตามแนวคิดของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมจึงมีการพิจารณาคุณภาพของข้อสอบในสองมิติด้วยกัน คือ

1. ด้านคุณภาพของแบบสอบ มีการพิจารณาคุณสมบัติด้านความเที่ยง (reliability) ซึ่งก็คือ ความคงที่ ความสม่ำเสมอในผลการวัดที่เกิดจากการวัดซ้ำด้วยแบบสอบที่สมมูล หรือคู่ขนานกัน หรือจากความสอดคล้องภายในของการวัดเนื้อหาเดียวกัน ส่วนคุณสมบัติอีกประการ คือ คุณสมบัติด้านความตรง (validity) ซึ่งนับเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของเครื่องมือซึ่งประกอบด้วยการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และความตรงเชิงทฤษฎี

2. ด้านคุณภาพของข้อสอบ ซึ่งจะมีการคำนวณหาค่าดัชนีของการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบใน 3 ลักษณะ คือ ค่าระดับความยากง่ายของข้อสอบ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ และค่าประสิทธิภาพตัวลวง ซึ่ง ธีระ อาชวเมธี (2546) ได้ศึกษาเพิ่มเติมถึง “ตัวลวงร่วม” โดยเสนอแนวคิดและการพัฒนาดัชนีสำหรับวัดความสอดคล้องของการเลือกตัวเลือก (choice-agreement index) เพื่อใช้กับข้อมูลที่ตัวเลือกวัดอยู่ในมาตรานามบัญญัติ (nominal scale) ดัชนีความสอดคล้องของการเลือกมีสูตรที่พัฒนาบนพื้นฐานของจำนวนคู่ที่สอดคล้องกันของการเลือกและจำนวนคู่

ที่ไม่สอดคล้องกัน การคำนวณค่าดัชนีดังกล่าว มีพิสัยจาก 0 ถึง 1 ดัชนีความสอดคล้องนี้อาจนำไปวิเคราะห์การแจกแจงตัวเลือก ตลอดจนการประยุกต์ในการวิเคราะห์ข้อสอบหลายตัวเลือก (multiple choice test) สำหรับศึกษาลักษณะการเลือกตัวลวงของผู้ตอบ เพื่อสะท้อนคุณภาพของกลุ่มตัวลวงได้เช่นกัน จึงนับว่าค่าดัชนีสำหรับวัดความสอดคล้องของการเลือกตัวเลือกเป็นการขยายพรมแดนความรู้ด้านการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบ

ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมมีข้อตกลงเบื้องต้นหลายข้อ ซึ่งนักวัดผลเห็นว่าเป็นข้อตกลงเบื้องต้นที่ไม่สมเหตุสมผล (weak assumption) และไม่สอดคล้องกับสภาพของการทดสอบในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนมีความเท่ากันในทุกผู้สอบ หรือข้อตกลงเกี่ยวกับความเป็นคู่ขนานของการทดสอบที่เป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติ Hambleton และ Swaminathan (1985) ได้กล่าวถึงข้อด้อยของการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมไว้ 5 ประการดังนี้

1. ค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อสอบ เช่น ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบขึ้นอยู่กับกลุ่มผู้สอบที่เข้าสอบในแต่ละครั้ง เช่น หากกลุ่มผู้สอบมีความสามารถแตกต่างกันมาก (heterogeneous in ability) ดัชนีค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบจะมีแนวโน้มสูง เป็นต้น

2. วิธีการและเทคนิคการออกแบบแบบทดสอบและการวิเคราะห์เพื่อการเปรียบเทียบค่าความสามารถของผู้สอบที่วัดได้ขึ้นอยู่กับชุดของแบบสอบที่เป็นคู่ขนานกัน หรือสมมูลกัน หรือแบบสอบชุดเดียวกัน ภายใต้สถานการณ์การทดสอบเดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ เช่น ผู้สอบที่ได้คะแนน 60% ในแบบสอบชุดที่ค่อนข้างง่าย มีความสามารถที่สูงหรือต่ำกว่าผู้สอบที่ได้คะแนน 40% จากแบบทดสอบที่มีความยากกว่า

3. การคำนวณค่าความเที่ยงของแบบสอบ กำหนดจากส่วนของความเป็นแบบสอบคู่ขนานซึ่งมีความเป็นไปได้ยากที่จะปฏิบัติได้จริง

4. ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมไม่มีสารสนเทศที่จะบ่งชี้ว่าผู้สอบแต่ละคนมีโอกาสที่จะตอบข้อสอบได้ถูกต้องในระดับใด ซึ่งสารสนเทศนี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการออกแบบแบบทดสอบปรับเหมาะที่มีระดับความยากง่ายของข้อสอบเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้สอบ (tailor test) หรือแบบทดสอบที่สามารถคัดเลือกข้อสอบที่เหมาะสมกับความสามารถของผู้สอบได้ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ (computer adaptive testing)

5. ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมสมมติว่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของการวัด (error of measurement) มีค่าเท่ากันในผู้สอบทุกคน

จากข้อจำกัดของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ประกอบกับความก้าวหน้าของศาสตร์ด้านการทดสอบทางจิตวิทยาที่ได้ขยายแนวคิดของโมเดลการวัดออกไปอย่างกว้างขวาง รวมถึงพัฒนาการทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่ช่วยให้การคำนวณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบและผู้สอบตามโมเดลที่มีความซับซ้อนสามารถกระทำได้ง่ายขึ้น ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับพฤติกรรมการทดสอบที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริง ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory, Latent Trait Theory หรือ Item Characteristic Curve Theory) จึงกลายเป็นทฤษฎีพื้นฐานที่นักพัฒนาแบบสอบใช้ในการพัฒนาแบบสอบมาตรฐาน และเข้ามามีบทบาทอย่างรวดเร็วในฐานะกระแสหลักของทฤษฎีการวัดที่ช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในทางปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบเป็นทฤษฎีที่พัฒนาขึ้นมาบนพื้นฐานของข้อตกลงเบื้องต้นที่มีความแกร่ง (strong assumption) และมีความเหมาะสม สอดคล้องกับสภาพการณ์ทดสอบจริงมากกว่าทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมหลายประการ โดยพื้นฐานของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบนั้นมุ่งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะภายใน หรือความสามารถในแต่ละบุคคล (traits) กับรูปแบบการตอบข้อสอบที่นำมากระตุ้นว่าจะมีโอกาสในการตอบได้ถูกต้องเพียงใด ถึงแม้ว่าในระยะแรกของการพัฒนา โมเดล IRT จะเน้นไปที่การวิเคราะห์ข้อสอบที่มีการตอบแบบทวิวิภาค (binary response data) แต่ภายหลังก็ได้ถูกพัฒนาให้ขยายไปสู่การตอบรูปแบบต่าง ๆ ได้ เช่น การตอบกรณีที่ตัวเลือกเป็นแบบมาตรประมาณค่า (rating scale) (Andrich, 1978) การตอบที่เป็นการให้คะแนนความรู้บางส่วน (partial credit scoring) (Masters, 1982) หรือการให้คะแนนแบบหลายกลุ่ม (multiple category scoring) (Thrissen และ Steinberg, 1984) เป็นต้น

การวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบตามทฤษฎี IRT นั้น โมเดลซับซ้อนน้อยที่สุดคือ 1-parameter logistic measurement model (1PL) ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์คือ ค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ_s) และค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ (β_i) ซึ่งก็มีนักวัดผลตั้งคำถามต่อไปว่าค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบมีความผันแปรระหว่างกลุ่มผู้สอบหรือไม่ และความผันแปรที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากตัวแปรอิสระใดบ้าง นักวัดผลจึงนำผลการตอบข้อสอบของผู้สอบมาประมาณค่าความสามารถของผู้สอบแต่ละคนตามทฤษฎี IRT จากโปรแกรมการวิเคราะห์ข้อสอบที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป เช่น โปรแกรม BILOG-MG หรือโปรแกรม MULTILOG เป็นต้น จากนั้นนำค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบที่ประมาณค่าได้ไปเป็นตัวแปรตามโดยมีตัวแปรคุณลักษณะของผู้สอบ (person characteristics) เป็นตัวแปรทำนาย ด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยพหุ (multiple regression) เพื่อศึกษาว่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีอิทธิพล

ต่อค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ และสามารถอธิบายความผันแปรที่เกิดขึ้นได้อย่างไรบ้าง ซึ่งนักวัดผลเรียกกระบวนการวิเคราะห์นี้ว่า การวิเคราะห์แบบ 2 ขั้นตอน (two – step analysis)

แต่อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์แบบ 2 ขั้นตอนนี้ก็ยังมีปัญหาในด้านของความเหมาะสมของการวิเคราะห์ข้อมูล Maier (2001) ได้อธิบายว่าผลการวิเคราะห์แบบสองขั้นตอนจะทำให้เกิดผลการประมาณค่าของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มในระดับที่ 1 สูงกว่าความเป็นจริง (overestimate) ส่วนค่าของความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มในระดับที่ 2 จะต่ำกว่าความเป็นจริง (underestimate) ซึ่งทำให้ผลการวิเคราะห์ขาดความแม่นยำ ส่วน Hambleton และ Swaminathan (1985) ได้อธิบายว่าค่าความสามารถของผู้สอบ (θ) ที่ได้จากการประมาณค่าตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบจะมีขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ที่แตกต่างกันในแต่ละระดับความสามารถ ดังนั้นการนำค่าคะแนนความสามารถของผู้สอบมาเป็นตัวแปรตามจะเกิดความคลาดเคลื่อนจากการวัดไม่คงที่ (heteroscedusticity measurement errors) รวมทั้งค่าประมาณตัวแปรตามที่ได้รับจากการใช้วิธี MMLE ก็จะเกิดความลำเอียง (biased) และความไม่คงที่ของการประมาณค่า หากทำการวิเคราะห์แบบ 2 ขั้นตอนด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณจะเกิดปัญหาในการวิเคราะห์ได้

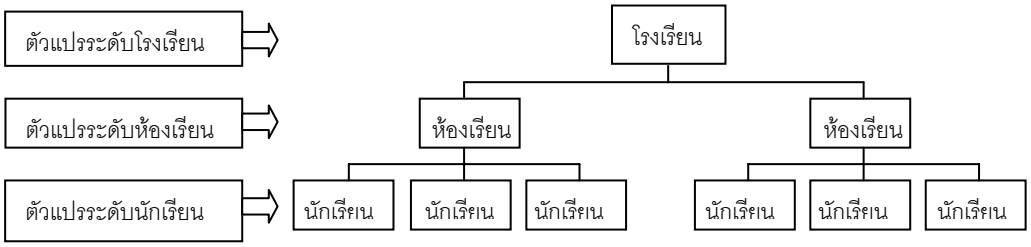
ทางออกของการแก้ปัญหาดังกล่าวคือ การวิเคราะห์แบบขั้นตอนเดียว (one – step analysis) โดยการใช้โมเดลทางสถิติที่สามารถวิเคราะห์แบบรวมตัวแปรคุณลักษณะของผู้สอบให้ทำหน้าที่เป็นตัวแปรทำนายความสามารถของผู้สอบร่วมกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และค่าความสามารถของผู้สอบได้ไปพร้อม ๆ กันตามโมเดลการตอบสนองข้อสอบ (Zwinderman, 1991; Mellenbergh, 1994; De Boeck และ Wilson, 2004; Rijmen และคณะ, 2004) เพราะการประมาณค่าอิทธิพลของคุณลักษณะของผู้สอบที่ถูกประมาณค่าพร้อม ๆ กับค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ ทำให้ไม่มีปัญหาที่เกิดขึ้นเหมือนกับการวิเคราะห์แบบสองขั้นตอน (two-step analysis)

นักสถิติได้พัฒนาเทคนิคทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์แบบขั้นตอนเดียวขึ้นมาในระยะแรกของการพัฒนานั้น เกิดขึ้นจากความพยายามของ Fischer (1983) ที่กระจายค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบให้อยู่ในลักษณะของการรวมกันเชิงเส้นตรงของพารามิเตอร์ความแปรปรวนของข้อสอบ ผลจากการดำเนินการดังกล่าวทำให้สามารถประยุกต์การใช้โมเดลราสช์ศึกษาอิทธิพลของเงื่อนไขที่ต้องการศึกษาที่มีต่อค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และคุณลักษณะของการจัดการศึกษาที่มีต่อพารามิเตอร์ความสามารถของบุคคลได้ด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุ นับว่า Fischer เป็นบุคคลแรกที่ได้พัฒนาสถิติวิเคราะห์ในลักษณะนี้ (Embretson and Reise, 2000) ซึ่งโมเดลการวิเคราะห์

ดังกล่าวเป็นที่แพร่หลายในกลุ่มนักวัดผลอย่างรวดเร็ว และได้รับการพัฒนาต่อมาโดย Linacre (1989) ที่เสนอโมเดล Many-facet Rasch Model ซึ่งเป็นโมเดลการวิเคราะห์ที่สามารถเพิ่มตัวแปรบ่งชี้เข้าไปในสมการการรวมกันเชิงเส้นตรง (linear combination) ให้ทำหน้าที่ตรวจสอบคุณลักษณะของผู้ตรวจ/ผู้ประเมินที่มีอิทธิพลต่อการให้คะแนน วิธีการนี้จึงสามารถตรวจสอบระดับความเข้มงวดของการให้คะแนนจากผู้ประเมินที่แตกต่างกันได้

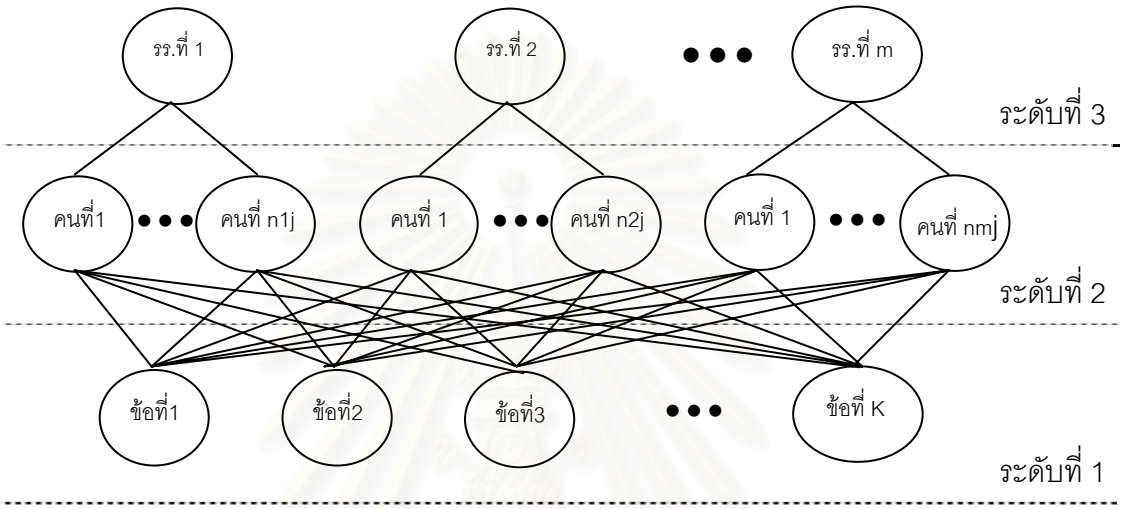
Adam และ Wilson (1996), Adam, Wilson และ Wang (1997) ได้พัฒนาเทคนิควิธีการวิเคราะห์ที่สามารถใช้ตัวแปรคุณลักษณะของผู้สอบเป็นตัวแปรทำนายความสามารถของผู้สอบที่ได้จากการประมาณค่าตามแนวทางการวิเคราะห์ของโมเดลราสช์ (Rasch model) โดยเสนอโมเดลการวิเคราะห์ที่เรียกว่า Random Coefficient Multinomial Logit Model (RCMLM) และต่อมา Adam, Wilson และ Wu (1997) ก็ได้ขยายแนวคิดของโมเดลการวิเคราะห์แบบ RCMLM ต่อให้สามารถวิเคราะห์แบบสอบในลักษณะพหุมิติ (multidimensional) ได้ด้วยโมเดลการวิเคราะห์แบบ Multidimensional Random Coefficient Multinomial Logit Model (MRCMLM) ซึ่ง Adam, Wilson และ Wu กล่าวว่าวิธีการประมาณค่าด้วยโมเดล MRCMLM สามารถประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลหลายลักษณะเช่น โมเดลราสช์แบบโลจิสติกอย่างง่าย การวิเคราะห์ที่ข้อมูลมีการกระจายแบบเอ็กโปแนนเชี่ยน และที่สำคัญคือการสามารถวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะที่สอดแทรกเป็นพหุระดับ (multilevel data) โดย Adam Wilson และ Wang ได้พัฒนาโปรแกรม ConQuest ให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะดังกล่าวได้

การวิเคราะห์พหุระดับเป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรทำนายหลายระดับที่มีต่อตัวแปรตาม ซึ่งคุณลักษณะที่สำคัญของตัวแปรทำนายจะต้องมีโครงสร้างเป็นข้อมูลระดับลดหลั่น (hierarchical data structure) ดังแผนภูมิที่ 1-1 เห็นได้ว่าตัวแปรระดับนักเรียนสอดแทรกอยู่ในห้องเรียน ตัวแปรห้องเรียนสอดแทรกในโรงเรียน และตัวแปรโรงเรียนอยู่ภายใต้สังกัด ทั้งนี้ตัวแปรทำนายและตัวแปรตามที่อยู่ในระดับล่างจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และได้รับอิทธิพลร่วมกันจากตัวแปรทำนายที่อยู่ระดับเหนือขึ้นไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2548ก; Cronbach, 1976; Burstein, 1978; Goldstein, 1976; Aitkin และ Longford,1986; Bryk และ Raudenbush,1986)



แผนภูมิที่ 1-1 โครงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีลักษณะเป็นระดับลดหลั่น (hierarchical data)

เมื่อนำแนวคิดของการวิเคราะห์พหุระดับมาพิจารณาในมิติของการวิเคราะห์ข้อสอบ สามารถกล่าวได้ว่าผู้สอบแต่ละคนได้มาอย่างสุ่มจากประชากรเดียวกัน และผู้สอบแต่ละคนตอบข้อสอบแต่ละข้ออย่างเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นจึงประยุกต์ใช้หลักการของการวิเคราะห์พหุระดับได้ว่า ***ข้อสอบแต่ละข้อสอดแทรกอยู่ในผู้สอบ และผู้สอบสอดแทรกอยู่ในโรงเรียน*** (Kamata, 2001) แสดงความสัมพันธ์ได้ในแผนภูมิที่ 1-2



แผนภูมิที่ 1-2 โครงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับ

จากแผนภูมิที่ 1-2 การวิเคราะห์ระดับที่ 1 (level-1) เป็นระดับข้อสอบที่สอดแทรกในผู้สอบ (between item within person) การวิเคราะห์ในระดับนี้จะได้ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบที่เป็นพารามิเตอร์คงที่ระหว่างบุคคล แต่ผันแปรในระหว่างข้อสอบ การวิเคราะห์ในระดับที่ 2 (level-2) คือระดับของบุคคล ที่สอดแทรกอยู่ในโรงเรียน (between person within school) ผลการวิเคราะห์ระดับนี้จะได้ค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ) ซึ่งเป็นตัวแปรสุ่มเหมือนกับโมเดลราสช์ จากการศึกษาของ Kamata (2001) นั้นพบว่าค่าความน่าจะเป็นที่บุคคลจะตอบข้อสอบได้ถูกต้องของโมเดลการวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับจะเป็นสมการคู่ขนาน (equivalent) กับค่าความน่าจะเป็นที่บุคคลจะตอบข้อสอบได้ถูกต้องของโมเดลราสช์ ดังนั้นจึงสามารถประยุกต์นำแนวคิดการวิเคราะห์แบบพหุระดับมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อสอบที่แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นระดับต่าง ๆ ในลักษณะเดียวกันได้

การวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับจัดเป็นการวิเคราะห์แบบขั้นตอนเดียว ที่สามารถใช้ตัวแปรคุณลักษณะผู้สอบร่วมในการสมการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบ และข้อสอบได้ ซึ่ง Adams, Wilson และ Wu (1997) ได้กล่าวว่าการวิเคราะห์ข้อสอบด้วยโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุระดับมีข้อดีกว่าการวิเคราะห์แบบ 2 ขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุระดับประมาณค่าพารามิเตอร์จากประชากรของแต่ละพารามิเตอร์จะลดปัญหาการเกิดความลำเอียงจากการวิเคราะห์แบบ 2 ขั้นตอนได้ เมื่อทำการประมาณค่าความสามารถของบุคคลและใช้เป็นตัวแปรในการวิเคราะห์ต่อภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นความเป็นอิสระและมีความแปรปรวนส่วนของความคลาดเคลื่อนเท่ากัน

2. การวิเคราะห์โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุระดับใช้ตัวแปรระดับผู้สอบในการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่อธิบายคุณลักษณะข้อสอบ จึงสามารถเพิ่มความเชื่อมั่นในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ

3. การวิเคราะห์โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุระดับใช้สารสนเทศระดับเดียวกันในการอธิบายค่าพารามิเตอร์ของผู้สอบจึงเป็นการเพิ่มความเชื่อมั่นในการประมาณค่า

4. การวิเคราะห์โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุระดับสามารถคัดเลือกข้อสอบให้มีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้สอบ ได้

ส่วน Raudenbush และ Bryk (2002) และ Kamata (2001) เสนอว่าการการวิเคราะห์ข้อสอบตามโมเดลการตอบสนองข้อสอบด้วยวิธีพหุระดับมีความเหมาะสมทั้งในมิติที่ลักษณะการวิเคราะห์สอดคล้องกับลักษณะธรรมชาติของข้อมูลของการทดสอบ และการกำหนดกรอบการวิเคราะห์อีกหลายประการดังนี้

1) สามารถดำเนินการศึกษาการทดสอบที่มีลักษณะเป็นการประเมินหลายมิติ (multidimentional assessment) และการศึกษาที่มีหลายคุณลักษณะแฝง (multiple abilities/ traits) ได้สะดวกมากขึ้น

2) มีความสะดวกและเหมาะสมกับธรรมชาติ/บริบทของข้อมูลในการศึกษาความแปรปรวนระหว่างสภาพที่คงที่ (fixed) ทางสังคม เช่นสถานศึกษาหรือบริษัทที่มีผู้ถูกทดสอบสอดแทรก (nested) ในสภาพสังคมนั้น ๆ

3) สามารถดำเนินการวิเคราะห์ตัวแปรต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมกับระดับของตัวแปร และลักษณะการวิเคราะห์ของโมเดลการตอบสนองข้อสอบ (item response model)

4) กรอบการวิเคราะห์สอดคล้องกับธรรมชาติของข้อมูลที่ศึกษาความคลาดเคลื่อนจากการวัดในการทดสอบบริบททางสังคมที่มีผลต่อการศึกษา

5) สามารถวิเคราะห์ตัวแปรแฝง (latent variable) ที่กำหนดในโมเดลการตอบสนองข้อสอบได้อย่างเดียวกับลักษณะของตัวแปรบรรยาย (explanatory variable)

จากอรรถประโยชน์ของการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับที่นักวัดผล และนักวิจัยหลาย ๆ คน ได้นำเสนอมานั้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำมโนทัศน์ของการวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับมาศึกษาเพื่อขยายแนวคิดในการวิเคราะห์ต่อ โดยเพิ่มขั้นตอนของการวิเคราะห์เพื่อศึกษาการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) และผลของตัวแปรภายนอกต่อโอกาสในการตอบข้อสอบถูกในการวิเคราะห์

ระดับที่ 2 (ระดับผู้สอบ) และระดับที่ 3 (ระดับโรงเรียน) ว่ามีการดำเนินการวิเคราะห์ และผลการวิเคราะห์เป็นอย่างไร ทั้งนี้เพราะการศึกษาการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ เป็นการตรวจสอบคุณสมบัติของข้อสอบในด้านความตรง โดยเป็นการตรวจสอบในประเด็นของความยุติธรรมของข้อสอบ ในกรณีที่ผู้สอบกลุ่มย่อยแตกต่างกัน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาแบบสอบให้มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ทดสอบต่อไป ส่วนการวิเคราะห์ระดับที่ 3 (ระดับโรงเรียน) นั้น ผู้วิจัยจะได้ศึกษาว่ามีตัวแปรใดบ้างที่สามารถอธิบายความผันแปรของค่าเฉลี่ยรวมของข้อสอบต่อโอกาสการตอบถูกของนักเรียนในโรงเรียนที่ศึกษา ซึ่งสามารถดำเนินการวิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรม HLM จากโมเดลเชิงเส้นตรงทั่วไประดับลดหลั่น (Hierarchical Generalized Linear Model: HGLM) ทั้งนี้ผู้วิจัยจะได้ทำการเปรียบเทียบผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากง่ายของข้อสอบ ค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ และการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบที่ได้จากโปรแกรม HLM กับผลการประมาณค่าที่ได้จากโปรแกรม BILOG-MG เพราะการประมาณค่าค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ) จากทั้งสองโปรแกรม กำหนดค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบมีลักษณะเป็นพารามิเตอร์แบบสุ่ม (random parameter)

วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญในระบบการศึกษาเป็นอย่างมาก เพราะเป็นวิชาที่สัมพันธ์กับกระบวนการคิดพื้นฐานของการศึกษาในศาสตร์สาขาวิชาอื่นอีกหลายสาขา อีกทั้งยังเป็นวิชาที่ฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิดอย่างเป็นระบบ มีเหตุผล และที่สำคัญที่สุดคือ วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ทุกคน ในประเทศไทยวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่หน่วยงานทางการศึกษาของรัฐหลายฝ่ายให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก แต่จากการรายงานผลการประเมินของ IEA (อ้างถึงใน Chapman และ Adams, 1998) ที่ศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกในช่วงปี ค.ศ.1994 – 1995 และการประเมินของ TIMSS (1999) พบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทย มีคะแนนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนในการทดสอบ ดังนั้นความพยายามที่จะศึกษาวิจัยว่านักเรียนไทยมีพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ดีขึ้นหรือไม่มาเป็นระยะ ๆ เห็นได้จากการมีการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ (National Test) จะมีวิชาคณิตศาสตร์ร่วมด้วยเสมอ หากนำการวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับมาใช้ในการบริหารจัดการสอบ สารสนเทศที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบจะเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิมอันได้แก่ สารสนเทศของข้อสอบ (b) ค่าความสามารถของนักเรียน (θ) ค่าเฉลี่ยความสามารถของผู้สอบแต่ละโรงเรียน และยังสามารถวิเคราะห์ได้ว่าตัวแปรระดับผู้เรียน ระดับโรงเรียนตัวใดบ้างที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความสามารถของผู้สอบ

การดำเนินการวิเคราะห์ทั้งหมดสามารถดำเนินการวิเคราะห์ในขั้นตอนเดียวตามโมเดล HGLM ด้วยโปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมานักวิจัยต่างก็ดำเนินการวิเคราะห์ในลักษณะแยกส่วน กระบวนการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบจากการวิจัยนี้จะเป็นนวัตกรรมใหม่ เพราะผลการวิเคราะห์ข้อสอบนอกจากจะให้ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบค่าพารามิเตอร์ผู้สอบแล้ว ยังสามารถศึกษาต่อไปได้ว่าตัวแปรคุณลักษณะของผู้สอบตัวแปรใดสามารถอธิบายความแปรปรวนในค่าความสามารถของผู้สอบได้ อันจะนำไปสู่การศึกษาในเชิงลึกของการพัฒนาการทดสอบ และการใช้ประโยชน์จากสารสนเทศที่ได้จากการกระบวนการวิเคราะห์ที่เหมาะสม ไปสู่การวางนโยบายในการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะที่สูงยิ่งขึ้นไป

คำถามวิจัย

1.การวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับมีขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ (δ_i) พารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ_j) และการวิเคราะห์ผลของตัวแปรคุณลักษณะของผู้เรียน และตัวแปรคุณลักษณะของโรงเรียน เช่น การเรียนพิเศษวิชาคณิตศาสตร์ คุณภาพการสอนคณิตศาสตร์ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร มีผลต่อโอกาสการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของแต่ละโรงเรียน และผลดังกล่าวมีความผันแปรระหว่างโรงเรียนหรือไม่

2.ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับด้วยโมเดลการวิเคราะห์เชิงเส้นตรงทั่วไประดับลดหลั่น (HGLM) โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรม HLM และการวิเคราะห์ข้อสอบด้วยโปรแกรม BILOG-MG มีค่าใกล้เคียงกันหรือแตกต่างกันอย่างไร

3.การวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับจะสามารถตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) ของข้อสอบได้อย่างไร และผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงทั่วไประดับลดหลั่น (HLM) มีความสอดคล้องหรือแตกต่างกันอย่างไรจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม BILOG-MG

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ (δ_i) พารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ_j) และผลของตัวแปรคุณลักษณะของผู้เรียนและตัวแปรคุณลักษณะของโรงเรียนต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์พหุระดับ ด้วยโปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM)

2.เพื่อเปรียบเทียบผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ (δ_i) และพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ_j) ระหว่างการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับโดยประยุกต์ใช้โปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) และการวิเคราะห์ข้อสอบด้วยโปรแกรม BILOG-MG

3.เพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) และโปรแกรม BILOG-MG

ขอบเขตของการวิจัย

1.ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ศึกษาในปีการศึกษา 2550 ของโรงเรียนสังกัด สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) ในการวิจัยครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาลพบุรี เขต 1 และเขต 2 ทั้งนี้เพราะพบว่าคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาลพบุรี เขต 1 และเขต 2 อยู่ในลำดับกลางของประเทศ จึงน่าจะมีลักษณะเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้

2.โมเดลของการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับจะใช้โมเดล HGLM เป็นโมเดลในการดำเนินการวิเคราะห์เพราะสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ความสามารถผู้สอบ และพารามิเตอร์ผู้สอบได้พร้อม ๆ กัน นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาอิทธิพลของตัวแปรภายนอกที่ส่งผลต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง การดำเนินการวิเคราะห์สามารถดำเนินการได้ด้วยโปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) ส่วนการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ (δ_i) และพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ_j) เป็นการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับด้วยโปรแกรม HLM กับโปรแกรม BILOG-MG ซึ่งได้รับการยอมรับจากกลุ่มนักวัดผลว่าเป็นโปรแกรมที่ให้ผลการวิเคราะห์ถูกต้อง เชื่อถือได้

3.การวิจัยครั้งนี้มุ่งตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) จำแนกตามตัวแปรเพศของผู้สอบ (เพศชาย/หญิง) โดยทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จาก 2 วิธี ได้แก่การตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) ด้วยโมเดล HGLM กับวิธีวัดความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ความยาก (b parameter difference) ด้วยโปรแกรม BILOG-MG ซึ่งทั้งสองวิธีต่างก็เป็นวิธีการที่ใช้หลักการวิเคราะห์บนพื้นฐานของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ โดยโมเดล HGLM มีการกำหนดให้ค่าความยากง่ายของข้อสอบเป็นอิทธิพลคงที่ (fixed effect) แล้วทดสอบด้วยสถิติทดสอบที (t-test) ว่าผลของตัวแปรดัมมี่เพศในสมการแตกต่างจากศูนย์หรือไม่ หากผลการทดสอบพบว่ามีความแตกต่างกัน แสดงถึงการมีเพศที่แตกต่างกันมีความสามารถเท่ากันแต่มีโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องไม่เท่ากัน จึงเกิดการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ

4. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นคะแนนที่ได้จากการแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผ่านกระบวนการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งด้านด้านความตรงและความเที่ยงจากผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร การจัดการเรียนการสอน การวัดและประเมินผลของการศึกษาคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยข้อสอบ 4 เลือก จำนวน 30 ข้อ วัดความรู้ครอบคลุมเนื้อหา

ตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พ.ศ. 2544 ช่วงชั้นที่ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วยจำนวนและการดำเนินการ การวัดพีชคณิต เรขาคณิตและการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

นิยามศัพท์เฉพาะ

โมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น หมายถึง รูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีตัวแปรอิสระหลายตัว และตัวแปรเหล่านั้นสามารถจัดเป็นระดับได้อย่างน้อย 2 ระดับขึ้นไป โดยที่ตัวแปรระดับเดียวกันต่างมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และได้รับผลร่วมกันจากตัวแปรระดับอื่นซึ่งทำการวิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (Hierarchical Linear Model)

โมเดลเชิงเส้นตรงทั่วไประดับลดหลั่น (Hierarchical Generalized Linear Model: HGLM) หมายถึง รูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเส้นทั่วไปที่มีการประยุกต์ปรับให้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับโมเดลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบอื่น และการวิเคราะห์พหุระดับที่มีข้อมูลสอดแทรกเป็นระดับลดหลั่นได้ โดยในระดับการวิเคราะห์ที่ 1 เป็นการวิเคราะห์ตามโมเดลเชิงเส้นทั่วไป (Generalized Linear Model: GLM) แล้วใช้ฟังก์ชั่นโยง (link function) ที่เป็นฟังก์ชั่นโยงแบบโลจิท (logit link function) ในการปรับค่าเฉลี่ยของระดับการวิเคราะห์ที่ 1 นำมาสู่การวิเคราะห์ในระดับต่อไปได้โดยใช้โมเดลการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น(HLM) โดยการวิเคราะห์ระดับที่ 1 ตัวแปรตามจึงเป็น log-odds ของความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง

การวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับ หมายถึง วิธีการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบที่พิจารณาลักษณะข้อมูลของการตอบข้อสอบเป็นระดับลดหลั่น การวิเคราะห์นี้จัดโมเดลการวิเคราะห์เป็น 3 ระดับ โดยการวิเคราะห์ในระดับที่ 1 ระดับข้อสอบเป็นการจัดให้ข้อสอบสอดแทรกในตัวบุคคล (between item within person) การวิเคราะห์ระดับที่ 2 ระดับผู้สอบ เป็นการจัดให้บุคคลสอดแทรกในโรงเรียน (between person within school) และการวิเคราะห์ระดับที่ 3 ระดับโรงเรียนเป็นการวิเคราะห์ระดับระหว่างโรงเรียน (between school)

ตัวแปรระดับผู้สอบ หมายถึง ตัวแปรซึ่งแสดงลักษณะของผู้สอบที่นอกเหนือจากความสามารถของผู้สอบสำหรับใช้ทำนายผลการตอบข้อสอบของนักเรียน อันได้แก่ เพศ รายได้ต่อเดือนของผู้ปกครอง เกรดวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมา เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และการเรียนพิเศษเสริมความรู้วิชาคณิตศาสตร์ และระดับความเครียดของนักเรียน

เพศ หมายถึง เพศของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

รายได้ต่อเดือนของผู้ปกครอง หมายถึง จำนวนเงินที่เป็นรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้ปกครองนักเรียน

เกรดวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมา หมายถึง ระดับผลการเรียนที่ให้เป็นระบบเกรดในภาคเรียนที่ผ่านมาของวิชาคณิตศาสตร์

เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกของนักเรียนที่แสดงออกมาในลักษณะการชอบ ไม่ชอบ พึงพอใจ ไม่พึงพอใจต่อครู บุคลิกภาพของครู วิชาที่เรียน การสอนของครู การเรียนของตนเอง สภาพห้องเรียน และการนำวิชาคณิตศาสตร์ไปใช้ประโยชน์

การเรียนพิเศษเสริมความรู้วิชาคณิตศาสตร์ หมายถึง การเรียนคณิตศาสตร์จากผู้สอนที่นอกเหนือไปจากการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ที่โรงเรียนจัดให้

ระดับความเครียดของนักเรียน หมายถึง สภาวะทางจิตของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันเนื่องจากมีสิ่งคุกคาม หรือพบเหตุการณ์สำคัญ ๆ ในสังคม ซึ่งบุคคลจะมีปฏิกิริยาตอบสนองออกมาในลักษณะความวิตกกังวล หรือความกลัว เป็นต้น

ตัวแปรระดับโรงเรียน หมายถึง ตัวแปรซึ่งแสดงคุณลักษณะของโรงเรียนสำหรับใช้ทำนายผลการตอบข้อสอบของนักเรียน ได้แก่ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร ประสิทธิภาพการสอนของครู ประสิทธิภาพการบริหารของผู้บริหาร และขนาดของโรงเรียน

ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร หมายถึง คุณลักษณะความเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลงหรือการพัฒนาทางวิชาการของผู้บริหารโรงเรียนที่วัดจากพฤติกรรมความเป็นผู้นำในการริเริ่มเปลี่ยนแปลงงานวิชาการของโรงเรียน, ความสามารถในการประสานการทำงานร่วมกับผู้อื่น, ความมั่นคงทางอารมณ์, การมีหลักคุณธรรมในการบริหารงาน และการปรับปรุง/พัฒนางานอย่างต่อเนื่อง

ประสิทธิภาพการสอนของครู หมายถึง ความสามารถของครูในการจัดการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพและเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งเป็นผลการประเมินตามตัวบ่งชี้ที่ 9 ของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (สมศ.)

ประสิทธิภาพการบริหารของผู้บริหาร หมายถึง ความสามารถของผู้บริหารสถานศึกษาในการบริหารจัดการโรงเรียน ซึ่งเป็นผลการประเมินร้อยละเฉลี่ยตามตัวบ่งชี้ที่ 10 - 14 ของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (สมศ.)

ขนาดของโรงเรียน หมายถึง การแบ่งโรงเรียนออกเป็นขนาดต่าง ๆ ตามจำนวนนักเรียน ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งโรงเรียนออกเป็น 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก (จำนวนนักเรียน 1 – 200 คน) ขนาดกลาง (จำนวนนักเรียน 201 – 499 คน) และขนาดใหญ่ (จำนวนนักเรียนมากกว่า 500 คนขึ้นไป)

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง คะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนที่ได้จากการทดสอบจากแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยครอบคลุมเนื้อหาของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544 ใน 5 ด้าน ได้แก่ จำนวนและการดำเนินการ

การวัด พีชคณิต เรขาคณิตและการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น โดยแบบสอบมุ่งวัดมโนทัศน์ ความเข้าใจในหลักการของวิชาคณิตศาสตร์ด้านต่างๆ และการนำไปสู่การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ) หมายถึง คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่แท้จริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ประมาณค่าได้จากการตอบแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ แบบ 1 พารามิเตอร์ (IRT-1 parameter logistic measurement model) ซึ่งคำนวณจากโปรแกรม BILOG-MG และโปรแกรม HLM จากโมเดล HGLM-2L และโมเดล HGLM-3L

ค่าพารามิเตอร์ความยากง่ายของข้อสอบ (b) หมายถึง ค่าที่แสดงตำแหน่งของโค้งลักษณะข้อสอบ (ICC) ณ จุด θ ที่มีโอกาสตอบข้อสอบถูก 0.5 ของข้อสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 คำนวณจากโปรแกรม BILOG-MG และโปรแกรม HLM จากโมเดล HGLM-2L และโมเดล HGLM-3L ซึ่งเป็นโมเดลที่สมมูล (equivalent) กับโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ พารามิเตอร์ (1-PL measurement model)

การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) หมายถึง การที่ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทำให้ผู้สอบจากต่างกลุ่มกัน (กลุ่มเพศชาย และกลุ่มเพศหญิง) ที่มีความสามารถเท่ากัน แต่มีโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องต่างกัน

กลุ่มอ้างอิง (Reference group) หมายถึง กลุ่มผู้สอบวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่คาดว่าจะได้รับประโยชน์จากการตอบข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกัน คือ เป็นกลุ่มที่มีความน่าจะเป็นที่จะตอบข้อสอบได้ถูกต้องมากกว่าผู้สอบอีกกลุ่มหนึ่ง แม้ว่าผู้สอบทั้งสองกลุ่มจะมีความสามารถเท่าเทียมกัน ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่กลุ่มเพศชาย

กลุ่มเปรียบเทียบ (Focal group) หมายถึง กลุ่มผู้สอบวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่คาดว่าจะเสียประโยชน์จากการตอบข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกัน คือ เป็นกลุ่มที่มีความน่าจะเป็นที่จะตอบข้อสอบได้ต่ำกว่าผู้สอบอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งมีระดับความสามารถเท่าเทียมกัน กลุ่มเปรียบเทียบในงานวิจัยนี้ได้แก่ เพศหญิง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ประโยชน์ด้านวิชาการ

1.1 เป็นการขยายแนวคิดในการวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับออกไปสู่การวิเคราะห์ระดับที่สาม จะทำให้ได้สารสนเทศที่ครอบคลุมการใช้ประโยชน์สำหรับการพัฒนาการศึกษาทั้งการพัฒนาผู้เรียน การพัฒนาโรงเรียน จากการวิเคราะห์ด้วยข้อมูลผลการสอบของนักเรียนในขั้นตอนเดียว

1.2 ผลการศึกษาทำให้ทราบถึงความสอดคล้องสัมพันธ์ของโมเดลที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และค่าพารามิเตอร์ผู้สอบว่าโมเดล HGLM-2L, HGLM-3L และโปรแกรม BILOG-MG มีลักษณะความสัมพันธ์กันอย่างไร จะนำไปสู่การเลือกใช้โมเดลการวิเคราะห์ที่เหมาะสมต่อไป

1.3 ผลการศึกษาสามารถแสดงความเชื่อมโยงของแนวคิดด้านการวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับ เข้ากับองค์ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์มูลค่าเพิ่ม (value added model) และการศึกษาเศษเหลือ (residual) โดยใช้หลักการของการวิเคราะห์แบบพหุระดับ จะทำให้เกิดการขยายองค์ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์โดยใช้โมเดลพหุระดับ

2. ประโยชน์ด้านการนำไปใช้

2.1. การวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับ เป็นวิธีวิทยาการวิเคราะห์ข้อสอบแนวใหม่ ที่มีข้อดีกว่าการวิเคราะห์ข้อสอบแบบดั้งเดิม ตรงที่สามารถเพิ่มตัวแปรภายนอกที่เป็นตัวแปรคุณลักษณะของผู้เรียนเข้าร่วมวิเคราะห์ในโมเดลระดับที่สอง และตัวแปรภายนอกระดับโรงเรียนเข้าร่วมวิเคราะห์ในโมเดลระดับที่สาม เพื่อศึกษาผลของตัวแปรภายนอกแต่ละระดับต่อโอกาสการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง ทั้งระดับผู้สอบ และระดับโรงเรียนได้ด้วยการวิเคราะห์แบบพหุระดับ โมเดล HGLM โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM)

2.2 เป็นการแสดงวิธีการวิเคราะห์ข้อสอบแนวใหม่ ที่สามารถนำไปใช้ได้ทั้งในระดับสถานศึกษา ระดับเขตพื้นที่การศึกษา หรือระดับชาติ (Large Scale) เพราะการวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับ สามารถนำผลการสอบของผู้สอบมาวิเคราะห์และวินิจฉัยด้วยกระบวนการทางสถิติว่ามีความผันแปรในโอกาสการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของผู้เรียน หรือโรงเรียนหรือไม่ หากมีเป็นผลมาจากตัวแปรคุณลักษณะของผู้เรียน ครู หรือโรงเรียนตัวแปรใด ซึ่งผู้บริหารการสอบจะได้สารสนเทศมากกว่าการวิเคราะห์ข้อสอบแบบเดิม สารสนเทศที่ได้สามารถนำไปใช้ในการวางนโยบายเพื่อการยกระดับมาตรฐานการจัดการศึกษาของสถาบันการศึกษาสังกัดต่าง ๆ ให้มีมาตรฐานคุณภาพและมีประสิทธิผลในการบริหารจัดการอย่างเท่าเทียมกัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร รายงานการวิจัย และบทความทางวิชาการจากวารสารทางวิชาการทั้งในและต่างประเทศหลายรายการ ประมวลเป็นองค์ความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อสอบ ทฤษฎีการทดสอบ การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ การวิเคราะห์พหุระดับ และสถิติที่จำเป็นเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อสอบ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจในกระบวนการวิจัย ผู้วิจัยจึงได้ประมวลแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมานำเสนอออกเป็น 6 ตอนดังนี้ **ตอนที่** 1 มโนทัศน์การวิเคราะห์ข้อสอบแบบประเพณีนิยม **ตอนที่** 2 มโนทัศน์การวิเคราะห์ข้อสอบตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ **ตอนที่** 3 มโนทัศน์เกี่ยวกับการวิเคราะห์พหุระดับ ด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น **ตอนที่** 4 มโนทัศน์เกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับ **ตอนที่** 5 มโนทัศน์การประยุกต์วิเคราะห์ข้อสอบในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ และ**ตอนที่** 6 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายละเอียดของแต่ละตอนมีดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 มโนทัศน์การวิเคราะห์ข้อสอบแบบประเพณีนิยม

การวิเคราะห์ข้อสอบถือเป็นขั้นตอนสำคัญหนึ่งของกระบวนการพัฒนาแบบทดสอบ ซึ่งมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการคัดเลือกข้อสอบที่จะทำหน้าที่ได้ดีที่สุดตามวัตถุประสงค์ของการใช้แบบทดสอบ เช่น ต้องการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์โดยมีผังการออกข้อสอบ และกำหนดแบบแผนข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบความตรงตามเนื้อเรื่อง และต้องการกลั่นกรองข้อสอบโดยนำไปทดลองใช้ ทั้งนี้เพื่อจุดมุ่งหมายสำคัญคือการได้ข้อสอบที่มีคุณภาพมีความตรง และความเที่ยงสูงตรงตามวัตถุประสงค์การใช้งานให้มากที่สุด (Madhabi, 2003)

ศิริชัย กาญจนวาสี (2548ข) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อไว้จำนวน 4 ประการด้วยกัน ดังนี้

1. เป็นการตรวจสอบว่าข้อสอบแต่ละข้อได้ทำหน้าที่ตามที่ผู้ออกข้อสอบตั้งใจไว้หรือไม่ สำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์สามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้

1.1. ข้อสอบแบบอิงกลุ่ม (Norm-Reference test items) มีคุณสมบัติในการจำแนกผู้สอบที่มีผลสัมฤทธิ์สูงและต่ำออกจากกันได้ดีเพียงไร

1.2. ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-Reference test items) สามารถวัดผลที่เกิดจากการเรียนการสอนตามเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ตั้งไว้เพียงไร

2.ข้อสอบแต่ละข้อมีความยากง่ายที่เหมาะสมกับผู้สอบหรือไม่

3. ข้อสอบแต่ละข้อมีความบกพร่องอย่างไร

4. ในกรณีที่เป็นข้อสอบแบบหลายตัวเลือก (multiple choice) จะได้ทราบว่าตัวลวงที่สร้างไว้มีประสิทธิภาพเพียงใด

ดัชนีการวิเคราะห์ข้อสอบ

ในกรณีของแบบทดสอบแบบหลายตัวเลือกมีค่าสถิติหลัก ๆ สำหรับบ่งชี้คุณภาพของข้อสอบจำนวน 3 ประการด้วยกัน คือ

1. ระดับความยากง่ายของข้อสอบ (Item difficulty: p)

2. อำนาจจำแนกของข้อสอบ (Item discremination: r)

3. ประสิทธิภาพตัวลวง (Distracter analysis)

การวิเคราะห์ข้อสอบที่นำเสนอทั้งสามประการสามารถแสดงรายละเอียด ขั้นตอนของการวิเคราะห์สำหรับข้อสอบแบบเลือกตอบแบบอิงกลุ่มได้ตามลำดับดังนี้

1. ระดับความยากง่ายของข้อสอบ (Item difficulty: p) หมายถึงสัดส่วนของจำนวนคนที่ตอบข้อสอบนั้นถูก เช่น การสอบครั้งหนึ่งมีคนสอบ 100 คน ข้อสอบข้อที่ 1 มีคนตอบตอบถูก55 คน แสดงว่าข้อสอบข้อนี้มีระดับความยากง่ายเท่ากับ .55 หรือร้อยละ 55 (55%) ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: จำแนกกลุ่มสูงและกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ ซึ่ง Kelly (1939, อ้างถึงในศิริชัย กาญจนวาสี, 2548 ข) ได้เสนอว่าหากการแจกแจงของคะแนนสอบเป็นการแจกแจงแบบปกติ ควรใช้กลุ่มสูงและกลุ่มต่ำประมาณกลุ่มละ 27% หากการแจกแจงของคะแนนสอบไม่เป็นปกติ Cureton (1957, อ้างถึงในศิริชัย กาญจนวาสี, 2548 ข) ให้ใช้กลุ่มละ 33%

ขั้นตอนที่ 2: จำแนกผลการตรวจสอบรายข้อตามกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

ขั้นตอนที่ 3: คำนวณค่าความยากง่ายของข้อสอบจากสูตร

$$P_i = \frac{P_H + P_L}{2} \text{ หรือ } P_i = \frac{R_H + R_L}{N_H + N_L} \quad \text{.....[2-1]}$$

โดยที่ $P_H = \frac{R_H}{N_H}$ และ $P_L = \frac{R_L}{N_L}$

เกณฑ์การพิจารณาคุณภาพของข้อสอบในค่าความยากง่ายของข้อสอบคือ หากค่าที่คำนวณได้อยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.8 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้

2.อำนาจจำแนกของข้อสอบ (item discrimination) หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการจำแนกให้เห็นถึงความแตกต่างของผู้สอบที่มีคุณลักษณะที่ต้องการวัดต่างกันเพียงไร เช่น การวัดผลสัมฤทธิ์ต้องการจำแนกคนเรียนเก่ง (ผู้รู้) กับคนเรียนอ่อนออกจากกันได้โดยมีขั้นตอนการคำนวณได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จำแนกกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

ขั้นตอนที่ 2 จำแนกผลการตอบข้อสอบรายข้อตามกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าอำนาจจำแนกจากสูตร

$$r = p_H - p_L \text{ หรือ } \frac{R_H - R_L}{N_H or N_L} \quad \text{.....[2-2]}$$

เมื่อ R_H หมายถึง จำนวนคนที่ตอบข้อสอบถูกในกลุ่มสูง

R_L หมายถึง จำนวนคนที่ตอบข้อสอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_H หมายถึง จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูง

N_L หมายถึง จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

เกณฑ์การพิจารณาคุณภาพของข้อสอบในค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบคือ หากค่าที่คำนวณได้อยู่ในช่วงที่มากกว่า 0.2 ($r \geq 0.2$) ขึ้นมา ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้

3.ประสิทธิภาพของตัวลวง (distractor) สามารถพิจารณาได้ใน 2 ประเด็นดังนี้

3.1) สัดส่วนของผู้เลือกตัวลวง (PW) หมายถึง สัดส่วนของจำนวนคนที่เลือกตัวลวงนั้นมีสูตรการคำนวณได้ดังนี้

$$P_W = \frac{W_H + W_L}{N_H + N_L} or \frac{P_{WH} + P_{WL}}{2} \quad \text{.....[2-3]}$$

$$P_{WH} = \frac{W_H}{N_H} \text{ และ } P_{WL} = \frac{W_L}{N_L}$$

3.2) อำนาจจำแนกของตัวลวง (r_W) หมายถึง ผลต่างระหว่างสัดส่วนของคนในกลุ่มอ่อนที่เลือกตัวลวงกับสัดส่วนของคนในกลุ่มเก่งที่เลือกตัวลวงนั้น ๆ มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$r_W = \frac{W_L - W_H}{N_L or N_H} \text{ หรือ } r_W = p_{WL} - p_{WH} \quad \text{.....[2-4]}$$

เมื่อ W_H หมายถึง จำนวนคนในกลุ่มสูงที่เลือกตัวลวงข้อนั้น

W_L หมายถึง จำนวนคนในกลุ่มต่ำที่เลือกตัวลวงข้อนั้น

N_H หมายถึง จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูง

N_L หมายถึง จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

เกณฑ์การพิจารณาคุณภาพข้อสอบลวงนั้นควรจะมีค่าสัดส่วนของผู้เลือกตัวลวงและค่าอำนาจจำแนกในแต่ละข้อที่มากกว่า .05 ขึ้นไป (p_w และ $r_w \geq .05$)

จะเห็นได้ว่าวิธีการวิเคราะห์ข้อสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมมีการพิจารณาคุณสมบัติของข้อสอบในสองด้าน ดังนี้

1. ด้านคุณภาพของแบบสอบ มีการพิจารณาคุณสมบัติด้านความเที่ยง ซึ่งก็คือความคงที่ความสม่ำเสมอในผลการวัดที่เกิดจากการวัดซ้ำด้วยแบบสอบที่สมมูล หรือคู่ขนานกัน หรือจากความสอดคล้องภายในของการวัดเนื้อหาเดียวกัน ส่วนคุณสมบัติอีกประการ คือคุณสมบัติด้านความตรง ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญที่สุดของเครื่องมือ ซึ่งประกอบด้วยการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และความตรงเชิงทฤษฎี

2. ด้านคุณภาพของข้อสอบ มีการคำนวณหาค่าดัชนีของการวิเคราะห์ข้อสอบใน 3 ประการ คือ ค่าระดับความยากของข้อสอบ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ และค่าประสิทธิภาพตัวลวง

จากการพิจารณาลักษณะการวิเคราะห์ข้อสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม พบว่ามีข้อตกลงเบื้องต้นหลายประการที่มีความไม่เหมาะสม หรือสมเหตุสมผลน้อยกับสภาพปัจจุบันของการทดสอบซึ่งถือเป็นข้อด้อย (weak assumption) ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนมีความเท่ากันในทุกผู้สอบ หรือข้อตกลงเกี่ยวกับความเป็นคู่ขนานของการทดสอบที่เป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติ เป็นต้น

Hambleton และ Swaminathan (1985) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของทฤษฎีการวิเคราะห์ข้อสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ไว้ 5 ประการ

1.ค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อสอบ เช่น ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบขึ้นอยู่กับกลุ่มผู้สอบที่เข้ามาสอบในแต่ละครั้ง เช่น หากกลุ่มผู้สอบมีความสามารถแตกต่างกันมาก (heterogeneous in ability) ดัชนีค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบจะมีแนวโน้มสูงเป็นต้น

2.วิธีการและเทคนิคการออกแบบแบบทดสอบและการวิเคราะห์เพื่อการเปรียบเทียบค่าความสามารถของผู้สอบที่วัดได้ขึ้นอยู่กับชุดของแบบสอบที่เป็นคู่ขนานกัน หรือสมมูลกัน หรือแบบสอบชุดเดียวกัน ภายใต้สถานการณ์การทดสอบเดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ เช่น ผู้สอบที่ได้คะแนน 60% ในแบบสอบชุดที่ค่อนข้างง่ายมีความสามารถสูงหรือต่ำกว่าผู้สอบที่ได้คะแนน 40% จากแบบทดสอบที่มีความยากกว่า

3.การคำนวณค่าความเที่ยงของแบบสอบกำหนดจากส่วนของความเป็นแบบสอบคู่ขนานซึ่งมีความเป็นไปได้ยากที่จะปฏิบัติได้จริง

4. ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมไม่มีสารสนเทศที่จะบ่งชี้ว่าผู้สอบแต่ละคนมีโอกาสที่จะตอบข้อสอบได้ถูกต้องในระดับใด ซึ่งสารสนเทศนี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการออกแบบแบบทดสอบที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้สอบ (tailor test) หรือแบบทดสอบที่ดำเนินงานด้วยคอมพิวเตอร์ (computer adaptive testing)

5.ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมสมมติว่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของการวัด (error of measurement) มีค่าเท่ากันในผู้สอบทุกคน

จากข้อด้อยที่นำเสนอจะเห็นได้ว่าทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมไม่สามารถแก้ปัญหาในการทดสอบหลาย ๆ ประการให้เป็นที่น่าพอใจได้ เช่น การออกแบบการทดสอบด้วยคอมพิวเตอร์ การระบุการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) และการปรับเทียบคะแนนสอบจากแบบสอบต่าง ๆ เพราะทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมไม่สามารถประมาณค่าความสามารถที่แท้จริงที่มีความแตกต่างกันไปของผู้สอบได้และอื่น ๆ อีกหลายประการ ดังนั้น นักจิตมิติ (psychometrician) ได้ตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและได้คิดค้นพัฒนาทฤษฎีทางการทดสอบที่เหมาะสม ซึ่งหลักการของทฤษฎีการทดสอบทุกทฤษฎีต่างต้องการอธิบายว่าคะแนนที่เกิดขึ้นจากการสอบของผู้สอบเกิดจากคุณลักษณะภายใน (traits) ของผู้สอบอย่างไร ซึ่งโมเดลที่นิยมใช้ในการสร้างข้อสรุปเกี่ยวกับคุณลักษณะภายในนั้นคือ ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

ตอนที่ 2 มโนทัศน์การวิเคราะห์ข้อสอบตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบเป็นทฤษฎีที่พัฒนาขึ้นมาบนพื้นฐานของข้อตกลงเบื้องต้นที่มีความแกร่ง (strong assumption) และมีความเหมาะสมสอดคล้องกับสภาพการณ์จริงมากกว่าทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) หลายประการ โดยพื้นฐานของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบนั้นมุ่งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะภายใน หรือความสามารถในแต่ละบุคคล (traits) กับรูปแบบการตอบข้อสอบที่นำมากระตุ้นว่าผู้สอบจะมีโอกาสในการตอบได้ถูกต้องเพียงใด

2.1 พัฒนาการของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบมีจุดเริ่มต้นมาจากการเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบข้อสอบได้ถูก จำแนกตามกลุ่มอายุของนักเรียน โดย Thurstone (1925) นำเสนอภายใต้ชื่อบทความ “A method of scaling psychological and education test” (Bock, 1997) และต่อมาก็เกิดแรงกระตุ้นจากนักวัดผลสองกลุ่มด้วยกัน กลุ่มแรกเกิดจากแรงผลักดันของ Load และ Novick ที่เขียนหนังสือ Statistical theories of mental test scores ขึ้นในปี ค.ศ.1968 ในหนังสือประกอบด้วยเนื้อหาของทฤษฎี IRT ถึง 4 บท มี Allan

Birnbaum ร่วมเขียนและเสนอโมเดลโลจิสติกในตำราด้วย ตำราเล่มดังกล่าวมีความโดดเด่นอยู่ 3 ประการ 1. มีการให้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีการทดสอบที่ถูกต้อง ชัดเจน 2.มีการเชื่อมโยงกับการทดสอบที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริงของการทดสอบในขณะนั้น และ 3. เป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้เกิดนักวัดผลชั้นนำหลายคน และการประชุมทางวิชาการด้านการวัดผลที่ ETS ได้สนับสนุนให้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

อีกกลุ่มหนึ่งเกิดจากการศึกษาของนักคณิตศาสตร์ชาวเดนมาร์ก ชื่อ Georg Rasch (1960) ได้พัฒนาโมเดล IRT ที่ใช้สำหรับการวัดการอ่าน และใช้ในราชการของกองทัพเดนมาร์ก โดย Rasch มีความพยายามในการพัฒนาวิธีการประมาณค่าเพื่อแยกการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และพารามิเตอร์ผู้สอบออกจากกัน โดยมีชื่อเรียกการดำเนินงานดังกล่าวว่า Specific Objectivity จากความพยายามของ Rasch ได้ขยายแนวคิดสู่อเมริกา โดย Fisher ได้พัฒนาโมเดลราสช์สำหรับการวิเคราะห์ข้อสอบที่มีการตอบแบบทวิภาค (binary response data) ซึ่งสามารถประมาณค่าพร้อม ๆ กับการเพิ่มตัวแปรทางจิตวิทยาอื่นร่วมในสมการเชิงเส้นของโมเดลได้ โมเดลดังกล่าวจึงทำให้เกิดพัฒนาการเชิงเส้นโลจิสติกคุณลักษณะแฝงแบบอื่น ๆ ตามมา (Embretson และ Reise, 2000)

2.2 ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) มีข้อตกลงเบื้องต้น 2 ประการที่สำคัญดังนี้ (Embretson และ Reise, 2000)

1.ความเป็นอิสระของการตอบข้อสอบ (local dependence) หมายถึง การที่ผู้สอบมีความเป็นอิสระในการตอบข้อสอบและเป็นความสัมพันธ์ของข้อคำถามหรือผู้ตอบที่เหมาะสมกับโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ซึ่งความเป็นอิสระของการตอบข้อสอบนี้มีความจำเป็นที่จะต้องมีทั้งในแบบทดสอบที่เป็นเอกมิติ และพหุมิติ (unidimentional และ multidimentional)

2.โค้งลักษณะข้อสอบจะมีรูปแบบที่เป็นลักษณะเฉพาะ หมายถึง รูปแบบ (form) ของโค้งลักษณะข้อสอบ (item characteristic cruve:ICC) จะเป็นการบรรยายถึงความสัมพันธ์ที่จะเปลี่ยนแปลงไปของระดับความสามารถภายในของผู้สอบแต่ละบุคคล (traits) กับการเปลี่ยนแปลงของโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะตอบข้อสอบได้ถูกต้อง ซึ่งโค้งลักษณะข้อสอบโดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นโค้งรูปตัวเอส (s-shape) และสามารถบ่งชี้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของข้อสอบได้

ส่วน Hambleton และ Swaminathan (1985) ได้มีข้อตกลงเพิ่มขึ้นอีก 1 ข้อคือ ความเป็นมิติเดียวของคุณลักษณะภายในที่มุ่งวัด (dimentionality of latent trait) หมายถึง คุณลักษณะภายในที่เป็นสิ่งที่กำหนดพฤติกรรมการตอบข้อสอบมีเพียงมิติเดียว (unidimentional)

ซึ่งแปลความหมายได้ว่าข้อสอบแต่ละข้อมีคุณสมบัติในการวัดคุณลักษณะเดียวกัน ซึ่งคุณสมบัติข้อนี้ต่อมาภายหลังทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบสามารถประมาณค่าได้ในลักษณะพหุมิติ (multidimentional) เช่น โมเดลพหุมิติของราช์ส (multidimentional Rasch model) เป็นต้น

2.3 โมเดลการวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

โมเดลการตอบสนองข้อสอบเป็นแบบจำลองที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะที่สังเกตได้ นั่นคือพฤติกรรมการตอบข้อสอบ (ถูกหรือผิด) กับคุณลักษณะที่แฝงอยู่ภายในตัวบุคคล (latent traits) ซึ่งก็คือความสามารถที่แท้จริงของแต่ละบุคคล ซึ่งในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบได้เสนอโมเดลการตอบสนองข้อสอบที่แสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวในรูปแบบของโค้งลักษณะข้อสอบ (item characteristic curve: ICC) มีฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ 2 ประเภท คือ ฟังก์ชันโลจิสติก (logistic function) กับ ฟังก์ชันโอไจฟ์ปกติ (normal ogive function) ซึ่ง Lord (1980 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545) กล่าวว่าโค้งลักษณะข้อสอบที่คำนวณจากฟังก์ชั่นโลจิสติกจะมีวิธีการคำนวณที่ง่ายและสะดวกกว่า ทนทานต่อความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นกับผู้สอบที่มีความสามารถสูงจะตอบได้ดีกว่า จึงทำให้ฟังก์ชันเป็นที่นิยมกันมากในการนำไปใช้จริง ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะได้นำเสนอเฉพาะโมเดลแบบโลจิสติก

2.3.1 โมเดลโลจิสติกแบบหนึ่งพารามิเตอร์ (1-parameter logistic model)

โมเดลนี้เป็นลักษณะที่ซับซ้อนน้อยที่สุดของโมเดลในกลุ่มของ IRT ซึ่งมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า โมเดลราสช์ (simple Rasch model) ตัวแปรตามจะเป็นการตอบแบบทวิภาค (dichotomous response) ของผู้สอบแต่ละคน ส่วนตัวแปรอิสระเป็นคะแนนความสามารถของผู้สอบ (θ_s) และระดับความยากง่ายของข้อสอบ (β_i) ทั้งนี้ตัวแปรอิสระจะเป็นการรวมกันเชิงบวก (combine additively) ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเป็นกรณีที่ตัวแปรตามมีค่าเป็น log odds หรือความน่าจะเป็น

สำหรับสมการ log odd ของโมเดลราสช์ตัวแปรจะเป็นลอกธรรมชาติ (natural log) ของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง odd จะถูกกำหนดเป็นอัตราส่วนของจำนวนข้อสอบที่ตอบถูกต่อจำนวนข้อสอบที่ตอบผิด เช่น odd ของผู้สอบคนหนึ่งเป็น 4/1 นั่นคือข้อสอบ 5 ข้อ ผู้สอบตอบถูก 4 ข้อ และตอบผิด 1 ข้อ นอกจากนี้ odd ยังสามารถเป็นความน่าจะเป็นของการตอบข้อสอบถูกหารด้วยความน่าจะเป็นที่จะตอบข้อสอบผิดได้อีกด้วย สำหรับโมเดลราสช์ค่า $\log_n$ ของอัตราส่วน odd จะถูกทำให้เป็นโมเดลด้วยผลต่างระหว่าง θ_s และ β_i นั่นคือ อัตราส่วนของความน่าจะเป็นที่ผู้สอบจะตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้องต่ออัตราส่วนที่จะตอบข้อสอบข้อนี้ผิด สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\ln\left[\frac{p_{is}}{1-p_{is}}\right]=\theta_s-\beta_i \qquad \text{.....[2-5]}$$

หากระดับ $\theta_s = \beta_i$ ค่าของ log odd ของการตอบถูกจะเท่ากับศูนย์ เมื่อถอดค่า log ออกมา จะเท่ากับ 1 สามารถแปลความหมายได้ว่าบุคคลมีโอกาสที่จะตอบข้อสอบได้ถูกต้องเท่า ๆ กับการตอบข้อสอบผิด

ในโมเดลราสช์ที่นำเสนอสามารถประมาณค่าระดับความสามารถของผู้สอบได้เมื่อทราบระดับความยากของข้อสอบ โดยมีการประมาณค่าที่แยกออกจากกัน ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของทฤษฎีการวัด

อีกหนึ่งลักษณะของโมเดลราสช์คือ ตัวแปรตามคือความน่าจะเป็นที่บุคคลจะตอบข้อสอบได้ถูกต้องโดยค่า θ_s และ β_i ก็ยังมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก เช่นโมเดลที่นำเสนอไปก่อนหน้า แต่โมเดลนี้ความเกี่ยวข้องของตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระจะเป็นไปในลักษณะไม่เป็นเส้นตรง (non linear function) ซึ่งจะใช้ฟังก์ชั่นแบบโลจิสติก สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$P(x_{is}=1\mathrm{I}\,\theta_s,\beta_i)=\frac{\exp(\theta_s-\beta_i)}{1+\exp(\theta_s-\beta_i)} \qquad \text{.....[2-6]}$$

เมื่อ $P_i(\theta)$ หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีระดับความสามารถที่ θ จะสามารถตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้อง

β_i หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบข้อที่ i ซึ่งเป็นค่าที่แสดงตำแหน่งของโค้งลักษณะข้อสอบ (ICC) ณ จุด θ ที่มีโอกาสตอบข้อสอบถูก 0.5

e = 2.718 (natural log)

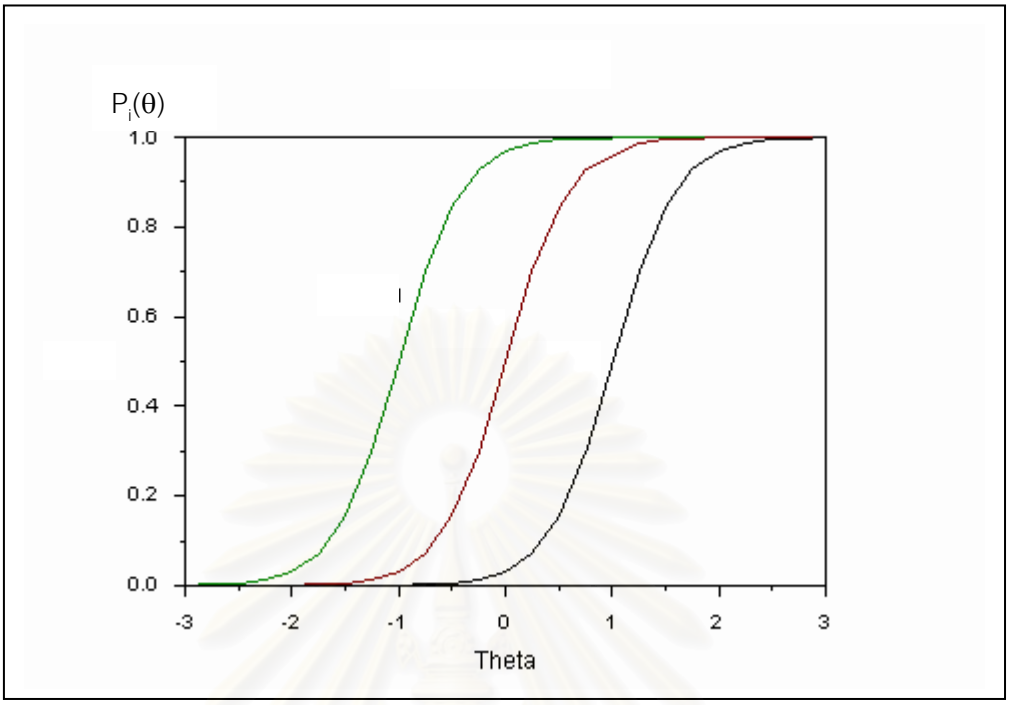
หรือสามารถเขียนได้อีกรูปแบบหนึ่งคือ

$$p_i(\theta)=\frac{1}{1+e^{-(\theta-b_i)}} \qquad \text{.....[2-7]}$$

ลักษณะของโมเดลที่ [2-7] จะต่างจากโมเดลที่ [2-5] เพราะตัวแปรตามจะถูกทำนายในลักษณะความน่าจะเป็นมากกว่า log odd สมการที่ [2-7] จึงเป็นที่รู้จักกันดีในชื่อ 1-parameter logistic measurement model

สามารถแสดงโค้งลักษณะข้อสอบแบบ 1 พารามิเตอร์ได้ดังแผนภาพที่ 2-1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภาพที่ 2-1 โค้งลักษณะข้อสอบแบบ 1 พารามิเตอร์ของข้อสอบ 3 ข้อ

2.3.2 โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ (2 – parameter model)

โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์มีโค้งลักษณะข้อสอบที่เขียนด้วยฟังก์ชันโลจิสติก ดังสมการ

$$p_i(\theta) = \frac{1}{1 + e^{-D_{ai}(\theta - b_i)}} \qquad \text{.....[2-8]}$$

เมื่อ $P_i(\theta)$ หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีระดับความสามารถที่ θ จะสามารถตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้อง

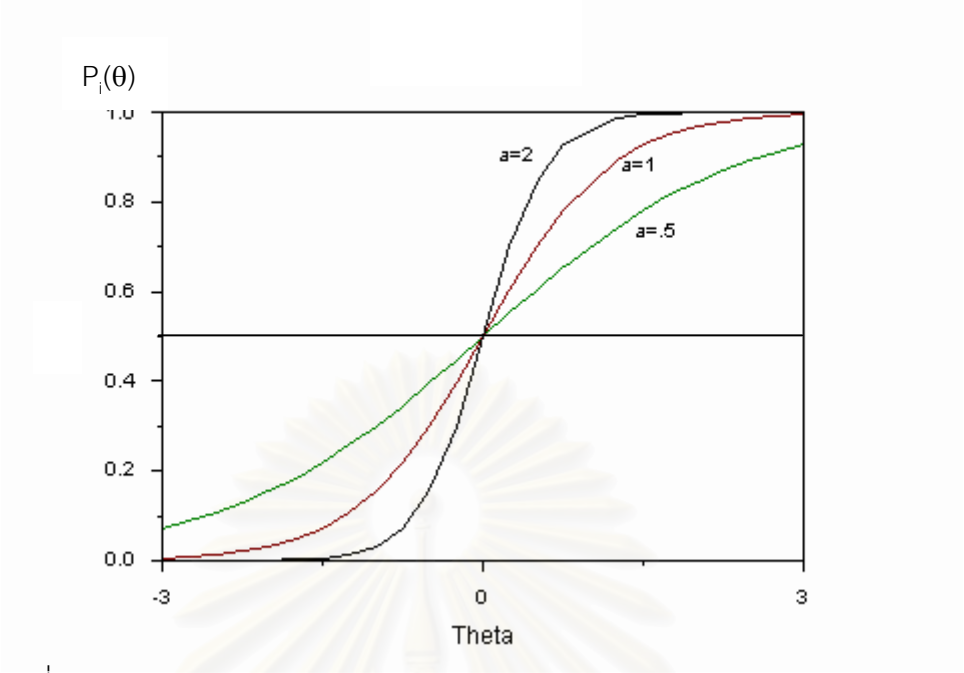
b_i หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบข้อที่ i ซึ่งเป็นค่าที่แสดงตำแหน่งของโค้งลักษณะข้อสอบ (ICC) ณ จุด θ ที่มีโอกาสตอบข้อสอบถูก 0.5

a_i หมายถึง ค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบข้อที่ i ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความชันของโค้งลักษณะข้อสอบ (ICC) ณ ตำแหน่ง b_i

e = 2.718 (natural log)

D = 1.70

สามารถแสดงโค้งลักษณะข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ได้ดังแผนภาพที่ 2-2



แผนภาพที่ 2-2 โค้งลักษณะข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ของข้อสอบ 3 ข้อ

2.3.3 โมเดลโลจิสติกแบบสามพารามิเตอร์ (three-parameter logistic model) สามารถแสดงสมการโลจิสติกได้ดังนี้

สมการ $$p_i(\theta) = c_i + \frac{(1-c_i)}{1+e^{-D_{ai}(\theta-b_i)}}$$ .....[2-9]

เมื่อ θ หมายถึง ระดับความสามารถของผู้สอบ ซึ่งประมาณได้จากโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ค่า θ มีพิสัยอยู่ระหว่าง $-\infty$ ถึง $+\infty$ ผลการวิเคราะห์มักปรับให้มีค่าระหว่าง ± 3

$P_i(\theta)$ หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ผู้สอบซึ่งมีระดับความสามารถที่ θ จะสามารถตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้อง

ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ

a_i เป็นค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบข้อที่ i ซึ่งเป็นค่าความชันของ ICC

b_i เป็นค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบข้อที่ i ซึ่งเป็นค่าที่แสดงตำแหน่งของ ICC ณ จุด θ ที่มีโอกาสตอบข้อสอบถูก $\frac{1+c_i}{2}$

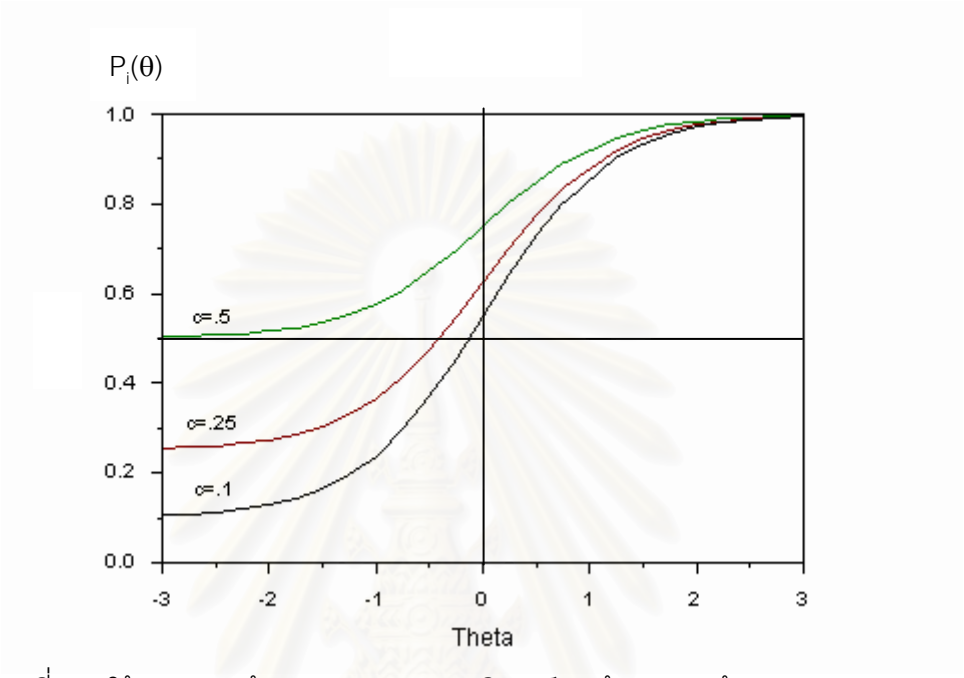
c_i เป็นค่าพารามิเตอร์โอกาสในการเดาข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้อง

ค่าคงที่

e = 2.71828 (natural log)

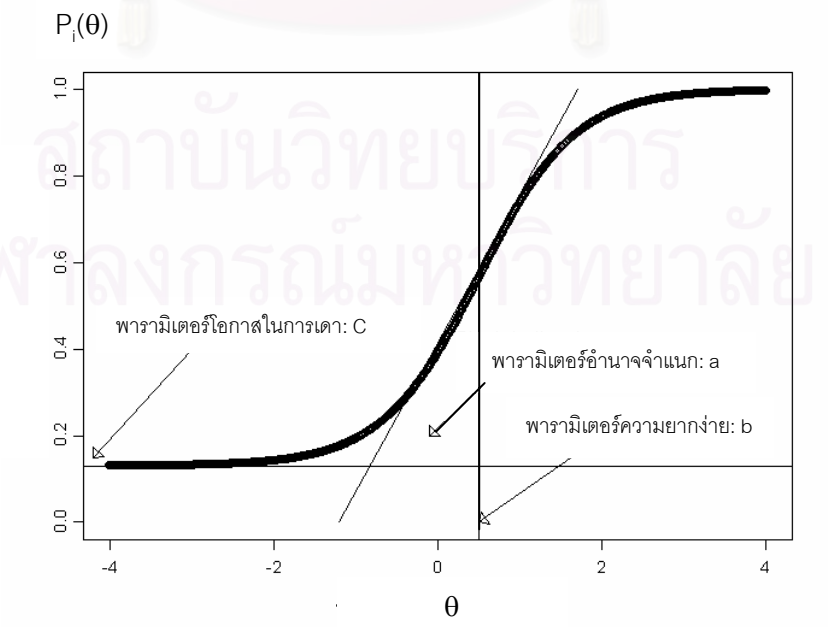
D = 1.70 (ค่าองค์ประกอบของการปรับสเกลตามโมเดล)

สามารถแสดงโค้งลักษณะข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ได้ดังแผนภาพที่ 2-3



แผนภาพที่ 2-3 โค้งลักษณะข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ของข้อสอบ 3 ข้อ

ส่วนในแผนภาพที่ 2-4 ได้แสดงถึงตำแหน่งของค่าพารามิเตอร์ข้อสอบในโค้งลักษณะข้อสอบดังนี้



แผนภาพที่ 2-4 ตำแหน่งของค่าพารามิเตอร์ในโค้งลักษณะข้อสอบ (ICC)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 คุณลักษณะของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

ตามหลักการของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบนั้น มีหลักคิดที่ว่าความสามารถของผู้สอบที่ตอบสนองต่อข้อสอบสามารถอธิบายหรือทำนายได้ด้วยคุณลักษณะของผู้สอบ(examinee characteristics) ซึ่งอาจเป็นคุณลักษณะแฝงภายในบุคคล(traits) หรือความสามารถ(abilities) ซึ่งการประมาณค่าคะแนนสำหรับผู้สอบในความสามารถแฝงอยู่ภายในจะเรียกว่าคะแนนความสามารถ (ability score) และใช้คะแนนเหล่านี้มาอธิบายความสามารถในการทำข้อสอบ ดังนั้นทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบจึงเป็นทฤษฎีที่มุ่งอธิบายพฤติกรรมการตอบข้อสอบของผู้สอบที่ถูกกำหนดโดยคุณลักษณะภายในหรือความสามารถที่แฝงอยู่ภายในตัวบุคคล และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการตอบข้อสอบของผู้สอบกับระดับความสามารถที่มีอยู่ด้วยโมเดลที่เป็นฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่าโค้งลักษณะข้อสอบ ซึ่งมีคุณลักษณะสรุปได้ดังนี้

1) ความสามารถของผู้สอบในการทำแบบสอบสามารถอธิบาย/ทำนายในรูปแบบของคุณลักษณะที่แฝงอยู่ภายในตัวผู้สอบ

2) โมเดลการตอบสนองข้อสอบอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการตอบข้อสอบที่สามารถสังเกตได้โดยตรงว่าผิดหรือถูกกับความสามารถที่แฝงอยู่ภายในตัวผู้สอบ

3) ความสำเร็จของโมเดลการตอบสนองข้อสอบจะให้ค่าเฉลี่ยของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ

4) การประมาณค่าความสามารถที่แท้จริงของผู้สอบจะประมาณค่าจากความสามารถของผู้สอบที่ตอบสนองข้อสอบ

2.5 คุณสมบัติของความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์

เมื่อโมเดลการตอบสนองข้อสอบมีความสอดคล้อง (fit) กับข้อมูลเชิงประจักษ์จะทำให้เกิดคุณสมบัติความไม่แปรเปลี่ยน(invariance) ของค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบในสองลักษณะดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545)

1) ความไม่แปรเปลี่ยนของพารามิเตอร์ข้อสอบ (item invariance)

เป็นคุณสมบัติที่ว่าค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบจะมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงถึงแม้จะเปลี่ยนกลุ่มผู้สอบนั่นคือ พารามิเตอร์ a, bและ c ในโค้งลักษณะข้อสอบเดียวกันจะคงที่สำหรับทุกกลุ่มความสามารถผู้สอบ แสดงว่า โค้งลักษณะข้อสอบมีความคงที่ข้ามกลุ่มผู้สอบ

2) ความไม่แปรเปลี่ยนของพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (ability invariance)

เป็นคุณสมบัติที่ว่าค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบจะมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงถึงแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงชุดของแบบสอบ นั่นคือ หากนำแบบสอบที่มุ่งวัดคุณลักษณะเดียวกันจำนวน 2 ชุดค่าความสามารถของผู้สอบที่ประมาณค่าได้จากแบบทดสอบทั้งสองชุดจะมีค่าที่

แตกต่างกันไม่เกินค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (SEE) แสดงว่าการประมาณค่าความสามารถมีความคงที่ข้ามชุดของแบบสอบ

2.6 **ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ** (item information)

ศิริชัย กาญจนวาสี (2545) ได้อธิบายถึงฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบว่าเป็นดัชนีผสมเพื่อบ่งชี้คุณภาพของข้อสอบ ประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ a, b และ c ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$I_i(\theta) = \frac{[p_i'(\theta)]^2}{p_i(\theta)Q_i(\theta)} \quad , i = 1, 2, \ldots, k \qquad \text{.....[2-10]}$$

เมื่อ

$I_i(\theta)$ = ค่าฟังก์ชันสารสนเทศหรือค่าสารสนเทศที่ได้รับจากข้อสอบข้อที่ i สำหรับผู้ตอบที่มีความสามารถ θ

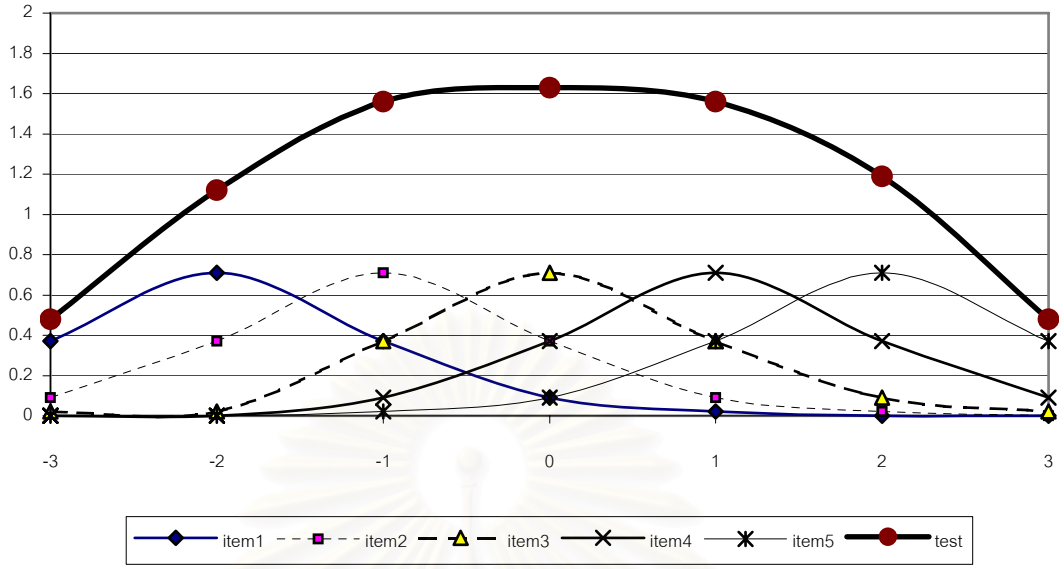
$P_i'(\theta) = P_i$ = ค่าความชันของฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบข้อที่ i ณ ตำแหน่งความสามารถ θ

$P_i(\theta) = P_i$ = ความน่าจะเป็นที่ผู้ตอบซึ่งมีความสามารถ θ จะตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้อง

$Q_i(\theta) = Q_i = 1 - P_i(\theta)$

ตารางที่ 2-1 สูตรการคำนวณค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ $I_i(\theta)$ ค่าสารสนเทศสูงสุดของข้อสอบ $I_i(\theta)$ max และตำแหน่งค่าความสามารถที่ให้สารสนเทศสูงสุด θmax

ค่าประมาณ	1 -parameter	2 -parameter	3 -parameter
$I_i(\theta)$	$D^2P_iQ_i$	$D^2a_i^2P_iQ_i$	$D^2a_i^2Q_i(P_i+c_i)^2/(1-c_i)^2$
P_i'	DP_iQ_i	$Da_iP_iQ_i$	$Da_iQ_i(P_i+c_i)/(1-c_i)$
$I_i(\theta)$ max	$\frac{1}{4}D^2$	$\frac{1}{4}D^2a_i^2$	$D^2a_i^2\frac{\left[1-20c_i-8c_i^2+(1+8c_i)^{\frac{3}{2}}\right]}{8-(1-c_i^2)}$
θmax	b_i	b_i	$b_i+\frac{1}{Da_i}\left[Ln1+\frac{(1+c_i)^{\frac{1}{2}}}{2}\right]$



แผนภาพที่ 2-5 ตัวอย่างโค้งสารสนเทศของแบบสอบจำนวน 5 ข้อ

จากแผนภูมิที่ 2-5 จะเห็นว่าข้อสอบทั้ง 5 ข้อมีความสามารถในการนำไปใช้ในการวัดผู้สอบที่มีความสามารถในช่วงความสามารถที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ข้อสอบข้อที่ 1 มีค่าสารสนเทศของข้อสอบสูงในช่วงความสามารถผู้สอบ –2 ส่วนข้อสอบข้อที่ 5 ก็มีค่าสารสนเทศของข้อสอบสูงในช่วงความสามารถผู้สอบ+2 เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถศึกษาว่าโดยรวมแล้วข้อสอบทั้ง 5 ข้อจะทำหน้าที่ได้ดีในช่วงใด ซึ่งก็สามารถศึกษาได้จากโค้งสารสนเทศของแบบสอบ

2.7 **ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ** (test information)

ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบเป็นค่าสารสนเทศที่แสดงถึงความสามารถในการประมาณค่าความสามารถ (θ) ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ นั่นคือ หากค่าสารสนเทศของแบบสอบมีค่าสูงอยู่ในช่วง θ ใดก็จะมีความถูกต้องแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของผู้ตอบในช่วง θ นั้นได้สูง จากภาพที่ 2-5 จะเห็นได้ว่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบจะมีค่าสูงสุดในช่วงการประมาณค่าความสามารถผู้สอบที่มีความสามารถระหว่าง –1 ถึง + 1

2.8 **ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า** (standard error of estimation)

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า [SEE, SE(θ)] เป็นค่าที่เป็นการแปรผกผันของความถูกต้องแม่นยำของการประมาณค่าความสามารถ (θ) หรือค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ ดังสูตร

$$SE(\hat{\theta}) = \frac{1}{\sqrt{I(\theta)}} \qquad \text{.....[2-11]}$$

เมื่อ $SE(\hat{\theta})$ หมายถึง ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าสำหรับผู้สอบที่มีความสามารถ θ

$I(\theta)$ หมายถึง สารสนเทศที่ได้จากแบบสอบ ผู้สอบที่มีความสามารถ θ

จะเห็นได้ว่าทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบมีการประมาณค่าสำหรับการวิเคราะห์ข้อสอบและแบบสอบอยู่หลายตัว เช่น ค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนก (a), ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ(b) และค่าพารามิเตอร์โอกาสในการเดา (c) รวมทั้งค่าสารสนเทศข้อสอบที่บ่งบอกว่าข้อสอบแต่ละข้อนั้นเหมาะสมกับผู้สอบที่มีความสามารถ θ ในระดับใด ส่วนด้านแบบสอบก็มีสารสนเทศแบบสอบ ที่บอกได้ว่าการใช้แบบสอบจะเหมาะสมกับกลุ่มคนที่มีค่าความสามารถ θ ในระดับใด และยังสามารถนำวิธีการไปประยุกต์ใช้สำหรับการจัดการระบบการทดสอบแนวใหม่ด้วยคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย

โมเดลการตอบสนองข้อสอบจึงเป็นวิธีการที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวางในกลุ่มผู้ที่มีความรู้ และมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถในการคำนวณเพื่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ ต่าง ๆ ของข้อสอบ อันได้แก่

1) พารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ (a parameter)

2) พารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบ (b parameter)

3) พารามิเตอร์โอกาสในการเดาข้อสอบ (c parameter)

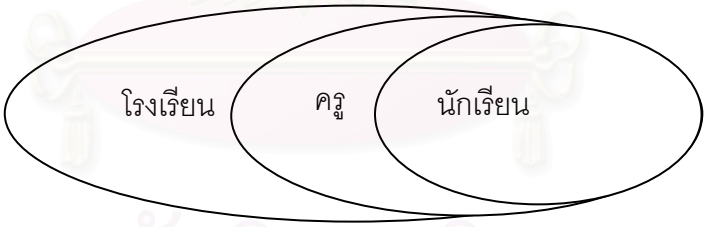
4) ค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ parameter)

นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณหาสารสนเทศของข้อสอบและแบบสอบ ทำให้ผู้พัฒนาแบบสอบสามารถจัดข้อสอบที่เหมาะสมกับความสามารถของผู้สอบ และศึกษาพฤติกรรมการตอบข้อสอบของผู้สอบแต่ละคน แต่ด้วยข้อจำกัดที่โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบมีสูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน ค่อนข้างจะยากในการทำความเข้าใจ อีกทั้งยังไม่สามารถคำนวณได้ด้วยมือ ต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ หรือเครื่องคำนวณอื่น ๆ ที่มีความสามารถพอจึงจะทำการคำนวณได้ ประกอบกับนักวิจัยยังเข้าใจว่าโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) เป็นรูปแบบที่ใช้เฉพาะทางการวัดผลเท่านั้น ทำให้การใช้งานอยู่ในวงจำกัดเฉพาะกลุ่ม การขยายแนวคิดของการประมาณค่าด้วยโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์กับโมเดล/แนวคิดของการดำเนินการวิจัยจึงน่าจะเป็นวิธีการที่จะเพิ่มจำนวนนักวิจัย/ผู้สนใจให้สามารถประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ และแบบสอบตามโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบให้กว้างขวางมากขึ้น

ตอนที่ 3 มโนทัศน์เกี่ยวกับการวิเคราะห์พหุระดับ และการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น

3.1 โครงสร้างของข้อมูล

Burstein (1980) ได้กล่าวว่าหลักสำคัญที่จะทำให้เกิดความก้าวหน้าในการวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพการจัดการศึกษาของโรงเรียนจำเป็นต้องมีการพัฒนาโมเดลและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความเหมาะสมกับโครงสร้างองค์กรที่มีลักษณะข้อมูลเป็นแบบพหุระดับ ทั้งนี้เพราะลักษณะทั่วไปของการจัดการองค์กรทางการศึกษาพบว่านักเรียนจะถูกสอนร่วมกันเป็นชั้นเรียนภายในโรงเรียน ซึ่งโรงเรียนก็จะอยู่ในแต่ละสังกัดหรืออำเภอที่แตกต่างกันไป ข้อมูลทางการศึกษาจึงมักเป็นข้อมูลที่มีหลายระดับ (multi-level data) สอดแทรกกันอยู่ (hierarchical nested data) ทั้งนี้เพราะระบบทางการศึกษาเป็นระบบที่มีความซับซ้อน การบริหารงานมีโครงสร้างเป็นหน่วยที่ซ้อนกันเป็นลำดับชั้น โดยหน่วยที่อยู่ระดับล่างสุดจะได้รับอิทธิพลร่วมกันจากตัวแปรที่อยู่ในระดับที่สูงกว่า (Cronbach, 1976; Burstein, 1978: Goldstien, 1976; Aitkin และLongford, 1986; Bryk และRaudenbush,1986) เช่น หากหน่วยที่เล็กที่สุดทางการศึกษาคือนักเรียน เมื่อนักเรียนหลาย ๆ คนร่วมเรียนในห้องเดียวกันก็จะเป็นระดับของชั้นเรียน หากมีหลาย ๆ ชั้นเรียนก็เป็นระดับโรงเรียน และเมื่อมีโรงเรียนหลาย ๆ โรงก็จะรวมกลุ่มกันเป็นระดับของสังกัดที่โรงเรียนนั้นร่วมกันอยู่ เป็นต้น ความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังแผนภูมิที่ 2 – 6



แผนภาพที่ 2 – 6 ความสัมพันธ์ของข้อมูลทางการศึกษา

แต่ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ผ่านมา นักวิจัยมักละเลยต่อลักษณะของข้อมูลที่เป็นหลายระดับ โดยการจัดกระทำตัวแปรต่างระดับกันให้มาอยู่ในระดับที่ผู้วิจัยสนใจ แล้วทำการวิเคราะห์เสมือนหนึ่งข้อมูลเหล่านั้นอยู่ระดับเดียวกัน ซึ่งผลการวิจัยที่ได้น่าจะบิดเบือนจากความเป็นจริง (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2548 ก) จากงานวิจัยของ Cronbach และ Webb (1975) ที่ได้ทำการวิเคราะห์ซ้ำกับผลการศึกษาในอดีตที่ได้รายงานความสัมพันธ์ของตัวแปรความถนัดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ว่ามีปฏิสัมพันธ์กันมากกับผู้เรียน โดยงานวิจัยนี้ Cronbach และ Webb พบว่า ผู้วิจัยก่อนหน้ามิได้สนใจการศึกษาตัวแปรทางสังคม บริบทของโรงเรียน หรือห้องเรียน

แต่อย่างใด Cronbach และ Webb จึงได้ใช้เทคนิคการศึกษาที่เรียกกว่า aggregation techniques ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวใหม่ กลับพบว่ามีความคลาดเคลื่อนของการสรุปผลการวิจัย นั่นคือความถนัดมีอิทธิพลปฏิสัมพันธ์กับตัวแปรความแตกต่างระหว่างห้องเรียน มากกว่าในระดับบุคคล Cronbach และ Webb จึงกล่าวสรุปว่า การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรภายนอกที่มีต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน ด้วยข้อจำกัดด้านสถิติวิเคราะห์ในอดีตนักวิจัยจึงนิยมวิเคราะห์ข้อมูลรวมในระดับนักเรียน โดยมีการกล่าวอ้างว่าปัจจัยด้านการจัดการศึกษาของโรงเรียนเป็นตัวแปรคงที่ และนักเรียนเหล่านี้ได้รับอิทธิพลร่วมกัน ดังนั้นหากเกิดความผันแปรขึ้นไปตามบริบทของโรงเรียนหรือห้องเรียนแล้ว การวิเคราะห์แบบเดิมจะนำมาสู่ผลการวิเคราะห์ที่ผิดพลาด ถึงแม้ว่านักวิจัยจะออกแบบการวิจัยเชิงทดลองด้วยความรอบคอบก็ตาม

ดังนั้นการใช้โมเดลทางสถิติที่เหมาะสมตามระดับของหน่วยการวิเคราะห์ที่สอดคล้องกับข้อมูลจึงน่าจะมีความเหมาะสมมากกว่า ซึ่งนักวิจัยจึงได้เสนอการใช้แนวทางของการวิเคราะห์แบบพหุระดับ หรือหลายระดับ ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านได้เสนอแนวคิดไว้เช่น Cronbach (1976), Burstein (1978, 1980), Goldstien (1976), Rogosa (1978), Aitkin และLongford (1986), Bryk และ Raudenbush (1992), Raudenbush และ Bryk (2002), Snijders และ Bosker (1999) เป็นต้น วิธีการในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของวิธีการวิเคราะห์พหุระดับ (multi level) ที่ได้พัฒนาขึ้นมามีเทคนิคการวิเคราะห์ที่สำคัญมีดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2541)

1. การประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวน (analysis of variance component estimation)
2. วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS single equation approach)
3. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบแบ่งสองสมการ (OLS separate equation approach)
4. วิธีการประมาณค่าความเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood)
5. การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการของเบย์ (Bayesian estimation)

โดยการวิเคราะห์ข้อมูลมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์พหุระดับได้หลายโปรแกรม เช่น โปรแกรม GENMOD พัฒนาโดย Manson, Anderson และ Hayat (1988), โปรแกรม VARCL พัฒนาโดย Longford (1988), โปรแกรม ML2 /ML/3 พัฒนาโดย Rabash, Prosser และ Goldstien (1989), โปรแกรม HLM พัฒนาโดย Raudenbush, Bryk, Cheong และ Congdon (2002) เป็นต้น

การวิเคราะห์พหุระดับเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สอดแทรกอยู่ในระดับที่ต่างกัน โดยตัวแปรตามจะถูกกำหนดให้เป็นระดับของหน่วยในการวัดค่าตัวแปร ส่วนตัวแปรอิสระจะเป็นตัวแปรหลายระดับอันประกอบด้วยตัวแปรในระดับเดียวกันกับตัวแปรตามและตัวแปร

ในระดับที่สูงกว่าตัวแปรตาม ศิริชัย กาญจนวาสี (2532; 2548 ก) ได้อธิบายหลักการสำคัญของการวิเคราะห์พหุระดับไว้ 3 ประการดังนี้

ประการแรก โครงสร้างตามลำดับขั้นของข้อมูลถูกนำมาพิจารณา เพื่อให้ความสำคัญต่อข้อมูลต่างระดับ โดยการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่อยู่ในระดับเดียวกัน และปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่อยู่ต่างระดับกัน

ประการที่สอง หลักการของตัวแปรสุ่มจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ และตัวแปรตาม โดยถือว่าตัวแปรเกี่ยวกับชั้นเรียน/โรงเรียน น่าจะมีอิทธิพลที่แตกต่างกันต่อตัวแปรเกี่ยวกับนักเรียน

ประการสุดท้ายคือ การเลือกใช้สถิติวิเคราะห์ที่มีอยู่หลายวิธีการให้เหมาะสมต่อการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย

3.2 หลักการวิเคราะห์

เนื่องจากข้อมูลทางการศึกษาเป็นข้อมูลหลายระดับที่สอดแทรกลดหลั่นกัน การวิเคราะห์ข้อมูลจึงควรทราบถึงค่าความแปรปรวนของตัวแปรในระดับต่าง ๆ ว่าแต่ละส่วนแตกต่างกันอย่างไรตามระดับของข้อมูล หรือมีความแปรปรวนจากความแตกต่างระหว่างระดับนักเรียน ชั้นเรียน โรงเรียนหรือไม่ เพียงใด ซึ่งตัวแปรที่วัดได้ในระดับนักเรียนมีความแปรปรวนสามารถแยกส่วนประกอบได้ตามระดับที่ลดหลั่นกัน เช่น หากทำการศึกษาสามระดับ ก็สามารถแยกศึกษาความแปรปรวนได้ตั้งแต่ระดับนักเรียน ระดับห้องเรียน และระดับโรงเรียน สามารถแสดงเป็นสมการส่วนประกอบความแปรปรวนได้ดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2535; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2548 ก)

$$\sigma^2_Y = \sigma^2_{pupil} + \sigma^2_{class} + \sigma^2_{school} \quad \text{.....[2-12]}$$

เมื่อ σ^2_Y แทน ความแปรปรวนของตัวแปรตาม

σ^2_{pupil} แทน ความแปรปรวนระหว่างนักเรียนภายในห้องเรียน

σ^2_{class} แทน ความแปรปรวนระหว่างห้องเรียนภายในโรงเรียน

σ^2_{school} แทน ความแปรปรวนระหว่างโรงเรียน

ดังนั้นในการวิจัยทางการศึกษา ผู้วิจัยจึงควรให้ความสำคัญกับการประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวนที่มีอยู่ในแต่ละระดับของข้อมูล ซึ่งวิธีการประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวนสามารถคำนวณหาได้ด้วยวิธีการหลัก 4 วิธี (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2541)

1.การใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยการเลือกโมเดลที่มีความเหมาะสมกับโครงสร้างของแหล่งความแปรปรวนของข้อมูลเพื่อคำนวณค่าคาดหมายของกำลังสองเฉลี่ย (expected mean square) ของแต่ละแหล่งความแปรปรวน จากนั้นจึงหาค่าความแปรปรวนของแต่ละส่วนที่ต้องการศึกษา

2.การใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood estimation) เพื่อประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวนแต่ละส่วนที่มีความเป็นไปได้สูงสุด

3.การใช้วิธีกำลังสองที่ไม่ลำเอียงสูงสุด (minimum norm quadratic unbiased estimation: MINQUE) เพื่อประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวนแต่ละส่วนที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองน้อยที่สุด

4.การใช้วิธีการของเบย์ (Bayesian estimation) เป็นวิธีการประมาณค่า b_{ij} (within – unit regression coefficient) ใช้ผลรวมถ่วงน้ำหนักด้วยค่าความเที่ยง (reliability) ของค่า OLS Slope กับค่าเฉลี่ยประชากร ผลลัพธ์ที่ได้จึงน่าเชื่อถือ

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของการวิเคราะห์พหุระดับ โดยการใช้ความชันเป็นผลลัพธ์หรือตัวแปรตาม (slope as outcome) มีหลักในการวิเคราะห์คือ การตรวจสอบหรือพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภายในชั้นเรียน/โรงเรียนโดยการใช้เทคนิคกำลังสองน้อยที่สุดซึ่งมีข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์คือ

1.ตัวแปรอิสระในแต่ละระดับต้องไม่มีความคลาดเคลื่อนในการวัด

2.ในแต่ละระดับของตัวแปรที่นำมาศึกษาค่าของตัวแปรตาม (Y) มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติในแต่ละค่าของตัวแปรอิสระ (X) โดยมีค่าความแปรปรวนเท่ากันในทุกค่าของตัวแปรอิสระด้วย แต่ความแปรปรวนที่อยู่ต่างระดับกันไม่จำเป็นต้องเท่ากัน หากว่าเราศึกษาตัวแปรที่สามารถแบ่งได้เป็นสองระดับ ได้แก่ระดับนักเรียน และระดับชั้นเรียน จะสามารถวิเคราะห์ถดถอยตัวแปรระดับชั้นเรียนเป็นระดับมหภาค (macro level) และตัวแปรระดับนักเรียนเป็นระดับจุลภาค (micro level) สามารถแสดงโมเดลรูปแบบการวิเคราะห์ได้ดังนี้

1.การวิเคราะห์ระดับนักเรียน (micro level analysis) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามระดับนักเรียน (Y_{ij})กับตัวแปรอิสระระดับนักเรียน (X_{ij}) โดยแยกวิเคราะห์ถดถอยในแต่ละชั้นเรียนได้ดังสมการ

$$Y_{ij} = b_{oj} + b_{ij}X_{ij} + e_{ij} \qquad \text{.....[2-13]}$$

เมื่อ Y_{ij} แทน ตัวแปรตามระดับนักเรียน เช่น คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนคนที่ i ชั้นที่ j

X_{ij} แทน ตัวแปรอิสระระดับนักเรียน เช่น พื้นฐานของความรู้เดิมของนักเรียนคนที่ i ชั้นที่ j

b_{0j} แทน จุดตัดแกน (intercept) ของตัวแปรระดับนักเรียน ในชั้นที่ j (j = 1, 2, …m)

b_{ij} แทน ค่าความชันของการถดถอย (regression slope) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของ X_{ij} และ Y_{ij} ในชั้นที่ j

e_{ij} แทน ค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนาย Y_{ij} ในระดับนักเรียน โดยที่ $e \sim N(0, \sigma^2)$ โดยที่ห้องเรียนแต่ละห้องเป็นอิสระต่อกัน

จากนั้นจึงใช้ b_{0j} และ b_{ij} ของแต่ละชั้นเป็นตัวแปรตามสำหรับการวิเคราะห์ในระดับชั้นเรียนต่อไป และกำหนดให้ทั้งสองค่าเป็นอิทธิพลกำหนด (fixed effect) นั่นคือให้มีค่าคงที่ภายในแต่ละห้องเรียนและไม่มีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าระหว่างห้องเรียน

2.การวิเคราะห์ระดับชั้นเรียน (macro level analysis) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียน (Z_j) กับตัวแปร b_{oj} และ b_{ij} ที่นำมาจากการวิเคราะห์ระดับนักเรียนโดยการวิเคราะห์ถดถอยมีรูปแบบสมการดังนี้

$$b_{oj} = \gamma_{00} + \gamma_{01} Z_j + u_{0j} \qquad \text{.....[2-14]}$$

$$b_{ij} = \gamma_{10} + \gamma_{11} Z_j + u_{ij}$$

เมื่อ Z_j แทน ตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียน เช่น เพศของครูผู้สอนในชั้นเรียนที่ j

γ_{00} แทน จุดตัดแกน (intercept) ของ b_{oj}

γ_{01} แทน ค่าความชัน (slope) ที่แสดงอิทธิพลของ Z_j ต่อ b_{oj}

u_{0j} ค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนาย Y_{ij} ระดับชั้นเรียนโดยที่ $e \sim N(0, \sigma^2)$ และห้องเรียนแต่ละห้องเป็นอิสระต่อกัน

γ_{10} แทน จุดตัดแกน (intercept) ของ b_{ij}

γ_{11} แทน ค่าความชัน (slope) ที่แสดงความสัมพันธ์ของ Z_j ต่อ b_{ij} ในชั้นที่ j

u_{ij} ค่าความคลาดเคลื่อนระดับชั้นเรียนในการทำนาย b_{ij} ห้องเรียนที่ j

อย่างไรก็ตามการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการดังกล่าวก็ยังมีความไม่สมบูรณ์มากนัก เพราะยังมีข้อจำกัดคือ หากกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษามีขนาดเล็กแล้ว จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์ระดับนักเรียน(micro level analysis) มีค่าต่ำ ซึ่งจะทำให้ความคลาดเคลื่อนของการสุ่มมีค่ามาก อันจะทำให้ความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ระดับชั้นเรียน (macro level analysis) มีค่าน้อยลงตามไปด้วย นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรระดับนักเรียนที่ได้จะต้องมีความแปรปรวนเท่ากันในแต่ละค่าของตัวแปรระดับชั้นเรียน ถ้าไม่เป็นไปตามนั้นอาจจะทำให้

ประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ระดับชั้นเรียนมีค่าต่ำลง และที่สำคัญเทคนิคกำลังสองน้อยที่สุดแบบแบ่งสองสมการ (OLS separate equation approach) ก็มีข้อเสียด้านความไม่เหมาะสมของโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ความยุ่งยากในการเตรียมแฟ้มข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ และไม่สามารถตรวจสอบนัยสำคัญความแปรปรวนของตัวแปรที่ศึกษาก่อนการวิเคราะห์ในแต่ละระดับได้ (วราภรณ์ วิหคโต, 2536; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2548 ก; Raudenbush และ Bryk (2002)

แนวคิดในการวิเคราะห์พหุระดับดังที่ได้นำเสนอมามีปัญหาและความไม่เหมาะสมหลายประการ ในปี ค.ศ.1986 Raudenbush, Bryk, Cheong และ Congdon (1992, 2002) ได้เสนอเทคนิคการวิเคราะห์พหุระดับโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (Hierarchical Linear Model: HLM) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่พัฒนามาจากสถิติหลายชนิดด้วยกัน เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสม (mixed – model ANOVA), การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การถดถอยแบบสุ่ม (regression with random coefficients), การประมาณค่าด้วยวิธีการของเบย์ (Bayesian estimation) โดยมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปมาช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่สอดแทรกลดหลั่นเป็นระดับได้ถึง 3 ระดับ ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความสะดวกมากขึ้น ปัจจุบันโปรแกรม HLM ได้พัฒนาต่อมาถึงรุ่นที่ 6 (version6: HLM6) สามารถวิเคราะห์โมเดลที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรง (nonlinear model) ได้ด้วย

3.3 การวิเคราะห์พหุระดับด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น

การวิเคราะห์พหุระดับมีหลักการและแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ระดับดังต่อไปนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2548 ก; Raudenbush และ Bryk , 2002)

3.3.1.การวิเคราะห์ระดับนักเรียน (micro level) มีขั้นตอนการวิเคราะห์สองขั้นตอนดังนี้

1) <u>การวิเคราะห์โมเดลศูนย์ (null model)</u>

การวิเคราะห์โมเดลศูนย์เป็นการวิเคราะห์ขั้นแรก มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้วิจัยได้เห็นภาพรวมของตัวแปรตาม โดยไม่นำตัวแปรอิสระใดเข้ามาร่วมในการวิเคราะห์ และเพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรตามมีความแปรปรวนภายในหน่วย หรือระหว่างหน่วยเพียงพอที่จะวิเคราะห์หาตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามในขั้นต่อไปหรือไม่ สามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

1.1) การวิเคราะห์ภายในหน่วย (within – unit model)

$$Y_{ij} = b_{01} + e_{ij} \qquad \text{.....[2-15]}$$

1.2) การวิเคราะห์ระหว่างหน่วย (between – unit model)

$$b_{01} = \gamma_{00} + u_{0j} \qquad \text{.....[2-16]}$$

(fixed) (random)

ค่าเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อน [$e \sim N(0, \sigma^2)$]

เมื่อ Y_{ij} แทน ตัวแปรเกณฑ์ระดับนักเรียน

b_{0j} แทน จุดตัดแกน (intercept) ของชั้นที่ j

γ_{00} แทน ค่าเฉลี่ยรวม

e_{0j} ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ระดับภายในหน่วย

u_{ij} ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ระดับระหว่างหน่วย

สมการที่ [2-15] และ [2-16] กำหนดให้เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงได้และมีความคลาดเคลื่อนระหว่างห้องเรียน ในกระบวนการวิเคราะห์ โมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่นจะแบ่งผลการวิเคราะห์ของค่าพารามิเตอร์ออกเป็นอิทธิพลคงที่ (fixed effect) และอิทธิพลสุ่ม (random effect) แล้วใช้สถิติที (t - test) ทดสอบอิทธิพลคงที่ (H_0: $\gamma_{00} = 0$) ถ้าผลการทดสอบออกมาว่าไม่เป็นศูนย์แสดงว่าจุดตัดแกน (intercept) และตัวแปรอิสระส่งผลต่อ Y_{ij} แต่ถ้าผลออกมาเท่ากับศูนย์ก็แสดงว่า จุดตัดแกน (intercept) และตัวแปรอิสระไม่ส่งผลต่อ Y_{ij} นอกจากนี้ยังใช้การทดสอบ ไค-สแควร์ (χ^2 - test) ทดสอบความแปรปรวนของอิทธิพลสุ่ม หรือความผันแปรของพารามิเตอร์ [H_0: var (b_{0j}) = 0; H_0: var (u_{ij}) = 0] หากผลการทดสอบไม่เป็นศูนย์แสดงว่าค่าพารามิเตอร์มีความแปรปรวนระหว่างหน่วยจึงสมเหตุสมผลที่จะหาตัวแปรอิสระมาอธิบายความแปรปรวนที่เกิดขึ้นว่ามาจากอิทธิพลของตัวแปรอิสระใดบ้าง แต่ถ้ามีค่าเป็นศูนย์แสดงว่าพารามิเตอร์ไม่มีความแปรปรวนระหว่างหน่วยจึงสามารถตั้งเป็นข้อจำกัดให้เป็นค่าคงที่ของการวิเคราะห์ได้

2) <u>การวิเคราะห์โมเดลแบบง่าย (simple model)</u>

การวิเคราะห์โมเดลแบบง่ายเป็นการวิเคราะห์โดยนำตัวแปรอิสระระดับนักเรียนเข้ามาวิเคราะห์ทีละตัว เพื่อดูว่าตัวแปรอิสระใดมีอิทธิพลต่อ b_{01} หรือ b_{ij} หรือไม่ และเพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระเหล่านั้นเมื่อนำมาวิเคราะห์แล้วทำให้เกิดความแปรปรวนระหว่างหน่วยที่ศึกษาเพียงพอที่จะนำมาวิเคราะห์หาค่าอิทธิพลของตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียนในขั้นต่อไปหรือไม่ มีสมการดังนี้

2.1) การวิเคราะห์ภายในหน่วย (within – unit model)

$$Y_{ij} = b_{01} + b_{ij} X_{ij} + e_{ij} \quad \text{.....[2-17]}$$

เมื่อ X_{ij} แทนตัวแปรพยากรณ์

2.2) การวิเคราะห์ระหว่างหน่วย (between – unit model)

$$b_{01} = \gamma_{00} + u_{0j} \quad \text{.....[2-18]}$$

$$b_{ij} = \gamma_{10} + u_{ij}$$

(fixed) (random)

ค่าเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อน [$e \sim N(0, \sigma^2)$]

จากสมการที่ [2-18] โปรแกรม HLM จะใช้สถิติที (t - test) ทดสอบอิทธิพลคงที่ (H_0: $\gamma_{00} = 0$; H_0: $\gamma_{10} = 0$) และใช้การทดสอบไค-สแควร์ (χ^2 - test) ทดสอบความแปรปรวนของอิทธิพลสุ่ม หรือความผันแปรของพารามิเตอร์ [H_0: var (b_{01}) = 0; H_0: var (b_{ij}) = 0]

3.3.2.การวิเคราะห์ระดับชั้นเรียน (macro level) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

การวิเคราะห์ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ขั้นสมมติฐาน (hypothetical model) โดยนำตัวแปรอิสระระดับนักเรียนที่วิเคราะห์แล้วมาวิเคราะห์ร่วมกับตัวแปรอิสระระดับชั้นเรียน เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของตัวแปรระดับชั้นเรียนที่มีต่อตัวแปรระดับนักเรียน สามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

3.1) การวิเคราะห์ภายในหน่วย (within – unit model)

$$Y_{ij} = b_{01} + b_{1j} X_{1j} + b_{2j} X_{2j} + e_{ij} \quad \text{.....[2-19]}$$

3.2) การวิเคราะห์ระหว่างหน่วย (between – unit model)

$$b_{01} = \gamma_{00} + \gamma_{1j} Z_{1j} + \gamma_{2j} Z_{2j} + \ldots + u_{0j} \quad \text{.....[2-20]}$$

$$b_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11} Z_{1j} + \gamma_{12} Z_{2j} + \ldots + u_{ij}$$

$$b_{2j} = \gamma_{20} + \gamma_{21} Z_{1j} + \gamma_{22} Z_{2j} + \ldots + u_{ij}$$

$$\vdots$$

$$b_{Kj} = \gamma_{K0} + \gamma_{K1} Z_{1j} + \gamma_{K2} Z_{2j} + \ldots + u_{Kj}$$

จากสมการที่ [2-19] และ [2-20] โปรแกรม HLM จะใช้สถิติที (t - test) ทดสอบอิทธิพลคงที่ (H_0: $\gamma_{00} = 0$; H_0: $\gamma_{10} = 0$) และใช้การทดสอบไค-สแควร์ (χ^2 - test) ทดสอบอิทธิพลสุ่ม หรือความแปรปรวนของพารามิเตอร์ [H_0: var (b_{01}) = 0; H_0: var (b_{ij}) = 0]

ปัจจุบันเทคนิคการใช้โมเดลการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่นมีความแพร่หลายมากขึ้น เพราะมีความเหมาะสมกับธรรมชาติของข้อมูล และการประมาณค่าพารามิเตอร์จากข้อมูลที่มีลักษณะลดหลั่นเป็นระดับมีความคลาดเคลื่อนน้อย สามารถสรุปข้อดีของโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่นในการวิเคราะห์พหุระดับกว่าการวิเคราะห์แบบดั้งเดิมได้ดังนี้

1.สามารถตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล (adequacy of model)

1.1ตรวจสอบตัวแปรอิสระ (X_{ij}) ว่าส่งผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อตัวแปรตาม (Y_{ij}) หรือไม่ โดยโปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่นจะคำนวณผลเฉลี่ยของตัวแปรอิสระ (X_{ij}) ที่มีต่อตัวแปรตามจากทุกหน่วยและทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ

1.2 ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของแต่ละหน่วยมีความผันแปรระหว่างหน่วยหรือไม่ โดยโปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่นจะแบ่งผลของพารามิเตอร์แต่ละหน่วยออกเป็นอิทธิพลคงที่ และอิทธิพลสุ่ม โปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่นจะใช้สถิติที (t - test) ทดสอบอิทธิพลคงที่ (H_0: $\gamma_{00} = 0$; H_0: $\gamma_{10} = 0$) ถ้าไม่เป็นศูนย์แสดงว่าจุดตัดแกน (intercept) และตัวแปรอิสระมีอิทธิพลต่อ Y_{ij} แต่ถ้าผลออกมาเท่ากับศูนย์ก็แสดงว่าไม่ส่งอิทธิพลต่อ Y_{ij} นอกจากนี้จะใช้การทดสอบไค-สแควร์ (χ^2 - test) ทดสอบความแปรปรวนของอิทธิพลสุ่มหรือความแปรปรวนของพารามิเตอร์ [H_0: var (b_{01}) = 0; H_0: var (b_{ij}) = 0] หากผลการทดสอบไม่เป็นศูนย์แสดงว่าค่าพารามิเตอร์มีความแปรปรวนระหว่างหน่วยจึงสมเหตุสมผลที่จะหาตัวแปรอิสระมาอธิบายความแปรปรวนที่เกิดขึ้นว่ามาจากอิทธิพลของตัวแปรอิสระใดบ้าง แต่ถ้ามีค่าเป็นศูนย์แสดงว่าพารามิเตอร์ไม่มีความแปรปรวนระหว่างหน่วย

2.ประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้วิธีการประมาณค่าของเบย์ (bayesian estimation)

การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบเบย์ ทำให้ผลการประมาณค่าเกิดขึ้นได้อย่างคงเส้นคงวา และน่าเชื่อถือ เพราะการประมาณค่า b_{ij} (within – unit regression coefficient) จากวิธีการของเบย์ ใช้ผลรวมถ่วงน้ำหนักด้วยค่าความเที่ยง (reliability) ของค่า OLS Slope กับค่าเฉลี่ยประชากร ผลลัพธ์ที่ได้จึงน่าเชื่อถือกว่าการประมาณค่าตามวิธีการวิเคราะห์แบบ OLS

ตอนที่ 4 มโนทัศน์เกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับ

4.1 พัฒนาการของการวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับ

การวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับเกิดขึ้นจากความพยายามที่นักวัดผลต้องการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรภายนอกที่เป็นตัวแปรทางจิตวิทยา ตัวแปรคุณลักษณะผู้สอบให้สามารถประมาณค่าร่วมในโมเดลการรวมกันเชิงเส้นไปพร้อมกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และพารามิเตอร์ผู้สอบ แต่ในอดีตที่ผ่านมาการประมาณค่าไปพร้อม ๆ กันทำให้เกิดผลการวิเคราะห์ที่คลาดเคลื่อน

ความพยายามดังกล่าวจึงเริ่มต้นที่การวิเคราะห์แบบสองขั้นตอน คือการวิเคราะห์ค่าความสามารถของผู้สอบให้ผลการวิเคราะห์ตามหลักการของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ นั่นคือค่าพารามิเตอร์ความสามารถผู้สอบ (θ_i) ต่อมานักวิจัยจึงนำค่า θ_i เหล่านี้มาเป็นตัวแปรตามในการวิเคราะห์ถดถอยพหุ เพื่อมุ่งหาคำตอบใน 2 ประการหลักคือ ตัวแปร θ_i เหล่านี้มีความผันแปรระหว่างผู้สอบหรือไม่ และหากมีความผันแปรเกิดขึ้นมีตัวแปรใดบ้างที่สามารถอธิบายความผันแปรที่เกิดขึ้นได้ โดยในกรณีนี้นักวิจัยจะนำตัวแปรทางจิตวิทยา หรือตัวแปรคุณลักษณะผู้สอบที่สนใจ

เป็นตัวแปรทำนายในสมการถดถอยพหุ แต่นักวัดผลหลายคน เช่น Maier (2001), Hambleton และ Swaminathan (1985) และ Adam, Wilson และ Wu (1997) ก็ให้ความรู้เกี่ยวกับความผิดพลาดคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการวิเคราะห์แบบสองขั้นตอนในสองประเด็นหลัก คือ

1.ค่าความสามารถของผู้สอบที่ได้จากการประมาณค่าด้วยโมเดลการตอบสนองข้อสอบจะมีความแตกต่างกันของขนาดค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ณ ตำแหน่งค่าความสามารถของผู้สอบที่ต่างกัน การวิเคราะห์ที่ละเลยปัญหาความผันแปรของความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (heteroschastic measurement errors) จะทำให้การวิเคราะห์ 2 ขั้นตอนมีการประมาณค่าที่ไม่คงที่

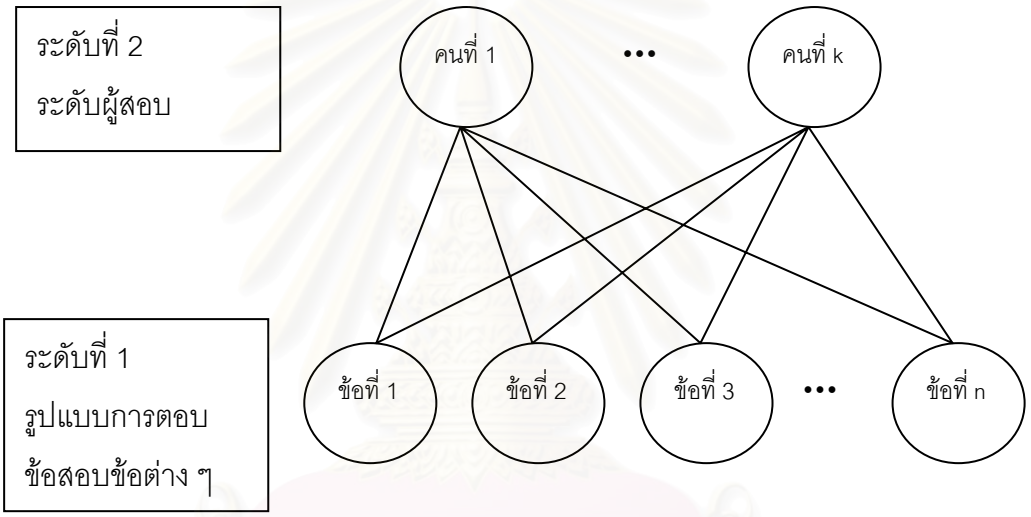
2.การประมาณค่าความสามารถของผู้สอบจะเกิดขึ้นภายหลังจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบซึ่งจะรับผลจากการประมาณค่าครั้งแรกมาคำนวณต่อ จะเกิดความลำเอียงและความไม่คงที่ของการประมาณค่า ซึ่งการวิเคราะห์ลักษณะนี้เป็นปัญหาของโมเดลการวิเคราะห์ถดถอย

นักวัดผลจึงนำหลักการของ Fisher (1983) ที่เสนอสมการการรวมกันเชิงเส้น (linear combination) ที่สามารถดำเนินการได้ในลักษณะดังกล่าวแบบขั้นตอนเดียว ประกอบกับการพัฒนาสถิติหลายประการที่สามารถเอาชนะข้อจำกัดการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบและพารามิเตอร์ผู้สอบไปพร้อม ๆ กัน เช่น Bock (1981) ได้พัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์แบบ MMLE ขึ้นสำหรับการวิเคราะห์ตามทฤษฎี IRT ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการหลักของการประมาณค่าตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบที่มีประสิทธิภาพมาจนถึงทุกวันนี้ การประมาณค่าอีกวิธีหนึ่งเกิดจากการศึกษาของ Adam และ Wilson (1996)ที่ได้พัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ที่ชื่อ random coefficient multinomial logit model (RCMLM) โดยเทคนิคการวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ผู้สอบเป็นตัวแปรสุ่มและสามารถรวมตัวแปรคุณลักษณะผู้สอบเป็นตัวแปรทำนายในสมการเดียวกันได้ ต่อมาอีกหนึ่งปี Adam, Wilson และWu (1997) ก็พัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์นี้ต่อให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลในลักษณะพหุมิติได้ ซึ่งเทคนิคการวิเคราะห์นี้สามารถประยุกต์วิเคราะห์กับโมเดลดั้งเดิมได้ด้วย เช่น โมเดลราสช์ทั้งแบบตัวแปรทวิวิภาค และพหุวิภาค เป็นต้น

ในปี ค.ศ.1998 Kamata นักศึกษาระดับปริญญาเอกของมหาวิทยาลัยมิชิแกน ประเทศสหรัฐอเมริกา ทำดุษฎีนิพนธ์ภายใต้การดูแลของ Raudenbush ได้นำหลักการทางสถิติดังกล่าวมาเสนอรูปแบบการวิเคราะห์ข้อสอบภายใต้มโนทัศน์แบบพหุระดับเป็นคนแรก โดยงานดังกล่าว Kamata ได้เสนอเทคนิคทางสถิติที่สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยโปรแกรม HLM ภายใต้โมเดลเชิงเส้นตรงทั่วไประดับลดหลั่น (Hierarchical Generalized Linear Model: HGLM) วิเคราะห์

ข้อสอบแบบ 2 ระดับ และการตรวจสอบความคงที่ของพารามิเตอร์ (parameter recovery) ซึ่ง Kamata (2001) ได้เสนอความสมมูลของโมเดล HGLM กับโมเดลราสช์ หรือโมเดลIRT แบบ 1 พารามิเตอร์ จากการศึกษาของ Kamata จะพิจารณาว่าการตอบข้อสอบของผู้สอบแต่ละคนเป็นโมเดลภายในผู้สอบ (within-student model) และความผันแปรของประชากรผู้สอบเป็นโมเดลระหว่างผู้สอบ (between-student model) การใช้แนวคิดพื้นฐานนี้จะมีความเหมาะสมกับธรรมชาติของข้อมูลและเป็นการขยายแนวคิดของโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ว่าเป็นโมเดลพหุระดับที่มีตัวแปรแฝงเป็นตัวแปรตามได้

จากแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยสามารถเขียนสรุปความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ข้อสอบตามมโนทัศน์การวิเคราะห์พหุระดับได้ดังนี้



แผนภาพที่ 2-7 ลักษณะข้อมูลของการวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับ

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโมเดล HLM และ โมเดล HGLM

ในกรอบการศึกษาที่เป็นพหุระดับ (multilevel data) หากข้อมูลมีลักษณะโครงสร้างไม่เป็นเชิงเส้นตรง (nonlinear structural model) และมีการกระจายของความคลาดเคลื่อนที่ไม่เป็นโค้งปกติ (nonnormally distributed error) การวิเคราะห์ด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) อาจจะเกิดความไม่เหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูลเพราะการแปลความหมายและการประมาณค่าอาจจะเกิดความผิดพลาด ดังนั้นโมเดลที่เหมาะสมกว่าในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีลักษณะดังกล่าว และข้อมูลที่มีลักษณะเป็นแบบแบ่งออกเป็น 2 (binary response) น่าจะต้องทำการวิเคราะห์ด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงทั่วไประดับลดหลั่น (Hierarchical Generalized linear model: HGLM) มากกว่าการวิเคราะห์ด้วย HLM (McCullagh และ Nelder, 1989; Raudenbush และ Bryk, 2002; Kamata, 2001)

Raudenbush และ Bryk (2002) ได้กล่าวถึงลักษณะของโมเดลการวิเคราะห์เชิงเส้นตรงระดับลดหลั่นว่ามีองค์ประกอบหลักอยู่ 3 ประการ คือ โมเดลการสุ่ม (Sampling Model) โมเดลการเชื่อมโยงหน้าที่ (Link Function Model) และโมเดลโครงสร้าง (Structural Model) สามารถแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของหลักการของสมการแบบ HLM และ HGLM ได้ดังนี้

ตารางที่ 2-2 ความสัมพันธ์ของหลักการวิเคราะห์ของสมการแบบ HLM และ HGLM

สมการ	โมเดลการสุ่ม (Sampling Model)	โมเดลการเชื่อมโยงหน้าที่ (Link Function Model)	โมเดลโครงสร้าง (Structural Model)
HLM	ตัวแปรตามเป็นตัวแปรต่อเนื่อง การกระจายของตัวแปรตามเป็นการกระจายแบบโค้งปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ_{ij} และการกระจายเท่ากับ σ^2 เขียนเป็นสมการได้ดังนี้ $Y_{ij} \mid \mu_{ij} \sim NID(\mu_{ij}, \sigma^2)$	การวิเคราะห์ด้วย HLM ลักษณะทั่วไปไม่มีความจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงค่าดังกล่าวแต่ก็สามารถใช้ฟังชั่นก์แบบ Logit link ได้ ($\eta_{ij} = \mu_{ij}$ = identity link function)	การเปลี่ยนค่าของตัวทำนายเป็น η_{ij} จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรทำนายต่าง ๆ ในโมเดล สามารถแสดงในรูปแบบสมการเชิงเส้นตรงได้ดังนี้ $\eta_{ij} = \beta_{oj} + \beta_{1j}X_{1ij} + \beta_{2j}X_{2ij} + \ldots + \beta_{pj}X_{pij}$
HGLM	ตัวแปรตามจะเป็นการตอบแบบทวิวิภาค (0, 1) การกระจายจึงเป็นแบบไบโนเมียล ซึ่งเป็นกรณีหนึ่งของการกระจายแบบ Bernoulli ($Y_{ij} \mid \varphi_{ij} \sim B(m_{ij}, \sigma^2)$)	การเชื่อมโยงหน้าที่ (link function) ในโมเดลนี้จะใช้ Logit function หรือ logit link เขียนเป็นสมการได้ดังนี้ $\eta_{ij} = \log\left(\frac{\varphi_{ij}}{1-\varphi_{ij}}\right)$ เมื่อ η_{ij} = ค่าลอกของออดที่จะประสบความสำเร็จในการตอบข้อสอบข้อที่ i	การประมาณค่า βs จากสมการในโมเดลโครงสร้างของ HLM ก่อให้เกิดการทำนาย log odds ได้ และการทำนาย log odds ก็สามารถแปลงค่ากลับเป็นค่า odds ได้ดังค่าเดิมโดยการคูณค่า exp(η_{ij}) เข้าในสมการ สามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้ $\varphi_{ij} = \frac{1}{1+\exp(-\eta_{ij})}$

จากการศึกษาความสัมพันธ์เชิงการสร้างสมการจากทั้งสองโมเดล ในความสัมพันธ์ของ Sampling Model, Link Function และ Structural model แล้วจะเห็นได้ว่าสมการการวิเคราะห์ด้วยโมเดลการวิเคราะห์ HLM จัดเป็นกรณีเฉพาะ (special case) ของการวิเคราะห์แบบ HGLM โดยแตกต่างกันที่ประเภทของตัวแปรตามเป็นปัจจัยสำคัญ

4.3 แนวคิดหลักของการวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับ

โมเดลการวิเคราะห์ข้อสอบที่สามารถประยุกต์หลักการของการวิเคราะห์พหุระดับเมื่อการตอบเป็นแบบทวิวิภาคได้นั้นคือการใช้โมเดล HGLM

โมเดลเชิงเส้นตรงทั่วไประดับลดหลั่น (HGLM) เป็นโมเดลที่มีลักษณะของการทำงานร่วมกันของสองโมเดลหลัก คือ โมเดลเชิงเส้นนัยทั่วไป (GLM: Generalized Linear Model) และ โมเดลเชิงเส้นระดับลดหลั่น (HLM: Hierarchical Linear and Non-Linear Model) โดยตัวแปรตามในระดับการวิเคราะห์ที่ 1 เป็นตัวแปรทวิวิภาค โมเดล HGLM จะนำหลักการกระจายแบบ Bernoulli เข้ามาใช้ในการสร้างสมการในระดับการวิเคราะห์ที่ 1 เพื่อให้เกิดการคำนวณทวนซ้ำ (iterations) ตามโมเดลเชิงเส้นนัยทั่วไป (GLM) ก่อน แล้วจึงใช้ฟังชั่นก์การเชื่องโยงหน้าที่แบบโลจิทเข้ามาทำหน้าที่ จะสามารถทำให้เกิดการฟังก์ชั่นเชื่อมโยง (link function) โดยการแปลงแบบโลจิท ทำให้มีคุณสมบัติตรงตามการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นตรง ซึ่งจะมีความต่อเนื่องได้ตั้งแต่ $-\infty$ ถึง $+\infty$ ขึ้นอยู่กับพิสัยของตัวแปรทำนาย (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) ข้อมูลจากการวิเคราะห์ระดับที่ 1 จึงสามารถนำเข้าสู่การวิเคราะห์ระดับที่ 2 และระดับที่สูงขึ้นไปได้ รายละเอียดของการวิเคราะห์แต่ละขั้นตอนแสดงได้ดังนี้

โมเดลการวิเคราะห์ HGLM ที่สมมูลกับโมเดลราสช์นั้นเป็นการขยายแนวคิดของการตอบแบบทวิวิภาค หากตัวแปรตาม Y_{ij} เป็นการตอบข้อสอบข้อที่ i (ระดับที่ 1) ของผู้สอบคนที่ j (ระดับที่ 2) สามารถกล่าวได้ว่าความแปรปรวนของตัวแปรตาม Y_{ij} เป็นการกระจายแบบไบโนเมียล (binomial distribution) ค่าคาดหมายของความน่าจะเป็นที่จะตอบข้อสอบได้ถูกต้องของข้อสอบข้อที่ i ของผู้สอบคนที่ j เขียนได้ดังนี้

$$E(Y_{ij} \mid p_{ij}) = p_{ij} \text{ โดยมีความแปรปรวนเท่ากับ } Var(Y_{ij} \mid p_{ij}) = p_{ij}(1- p_{ij})$$

เมื่อ P_{ij} หมายถึง ความน่าจะเป็นที่บุคคลที่ j (j = 1 ถึงคนที่ n) ที่จะสามารถทำข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้อง

เมื่อการกระจายเป็นแบบไบโนเมียล นักวิจัยสามารถเลือกใช้ฟังก์ชั่นการเชื่อมโยงหน้าที่ได้หลายประเภท Raudenbush และ Bryk (2002) ได้เสนอให้ใช้ฟังก์ชั่นการเชื่อมโยงหน้าที่แบบโลจิท ดังนั้นสามารถเขียนเป็นสมการระดับการวิเคราะห์ที่ 1 คือ

$$\eta_{ij} = \log\left(\frac{p_{ij}}{1- p_{ij}}\right) \qquad \text{.....[2-21]}$$

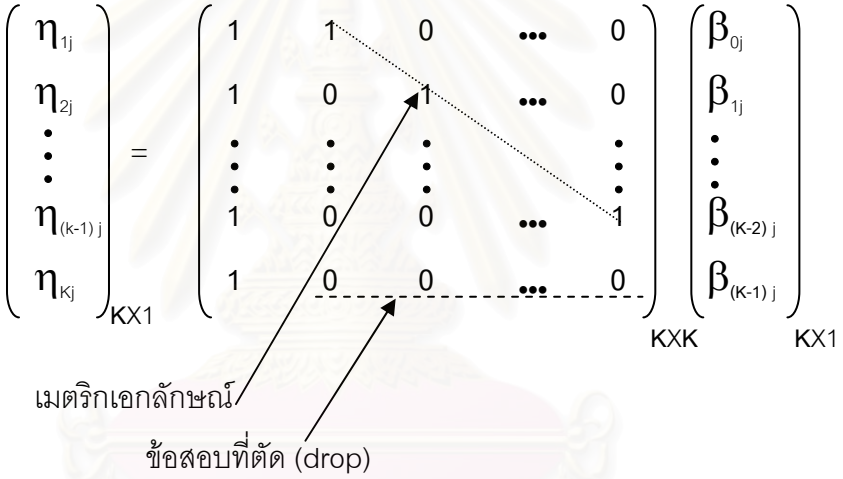
เมื่อ η_{ij} หมายถึง ค่าลอกของออดที่จะตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้องของผู้ตอบคนที่ j

η_{ij} จึงสามารถเขียนเป็นสมการโครงสร้างของระดับการวิเคราะห์ที่ 1 ได้

$$\eta_{ij} = \beta_{oj} + \beta_{1j}X_{1ij} + \beta_{2j}X_{2ij} + \ldots + \beta_{kj}X_{kij} \qquad \text{.....[2-22]}$$

$$= \beta_{oj} + \sum_{q=1}^{K} \beta_{qj}X_{qij}$$

เมื่อ X_{qij} เป็นตัวแปรดัมมี่ที่ q สำหรับบุคคลที่ j ซึ่งสามารถพิจารณาได้ว่า X_{qij} เป็นตัวแปรอิทธิพลของรายข้อ ซึ่งเพื่อให้เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของสมการพหุระดับที่โมเดลจะต้องเป็นเมตริกเอกลักษณ์ (identity matrix) จึงมีความจำเป็นต้องกำหนดให้ตัวแปรดัมมี่ X_{qij} ตัวใดตัวหนึ่งเป็นศูนย์ เพื่อให้เกิดเมตริกเป็นแบบเต็มอันดับ (full rank) โดยทั่วไปนิยมตัด (drop) ข้อสอบข้อสุดท้ายเพราะมีความสะดวกในการดำเนินการวิเคราะห์ แสดงได้ดังแผนภาพที่ 2-8



แผนภาพที่ 2-8 การทำเมตริกเอกลักษณ์สำหรับการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับ

สมการที่ [2-22] จึงสามารถเขียนลักษณะลดรูปได้ดังสมการที่ [2-23]

เมื่อ $$\eta_{ij} = \log\left(\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}}\right) = \beta_{oj} + \beta_{qj} \qquad \text{.....[2-23]}$$

ทั้งนี้ความน่าจะเป็นของบุคคลที่ j จะตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้องจึงเท่ากับ

$$p_{ij} = \frac{1}{1+\exp(-\eta_{ij})} \qquad \text{.....[2-24]}$$

หรือ $$p_{ij} = \frac{1}{1+e^{-\eta_{ij}}} \qquad \text{.....[2-25]}$$

การวิเคราะห์ในระดับที่สอง (level 2) ค่าความยากง่ายของข้อสอบจึงเป็นอิทธิพลคงที่กับกลุ่มผู้สอบทั้งหมด แต่จะเป็นอิทธิพลแบบสุ่มไปตามข้อสอบแต่ละข้อ สามารถแสดงสมการการวิเคราะห์ในระดับที่สองได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\beta_{oj} &= \gamma_{00} + u_{0j} \\ \beta_{1j} &= \gamma_{10} \\ &\vdots \\ \beta_{(k-1)j} &= \gamma_{(k-1)0}\end{aligned} \qquad \text{.....[2-26]}$$

เมื่อ u_{0j} เป็นองค์ประกอบแบบสุ่มของ intercept β_{oj} ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความสามารถของผู้สอบคนที่ j หากรวมสมการระดับที่ 1 และระดับที่ 2 เข้าด้วยกัน สามารถเขียนได้ดังสมการที่ [2-27] และสมการความน่าจะเป็นที่บุคคลที่ j จะตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้องได้ดังสมการ [2-28]

$$\eta_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{q0} + u_{0j} \qquad \text{.....[2-27]}$$

$$p_{ij} = \frac{1}{1+\exp\{-[U_{0j} - (-\gamma_{q0} - \gamma_{00})]\}} \qquad \text{.....[2-28]}$$

จากสมการที่ [2-28] Kamata (2001) แสดงให้เห็นว่าเป็นสมการคู่ขนาน (equivalent) กับสมการความน่าจะเป็นที่บุคคลที่ j จะตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้องของโมเดลราสช์

โมเดลราสช์

$$P_{ij} = \frac{\exp[\theta_j - \delta_i]}{1+\exp[\theta_j - \delta_i]} = \frac{1}{1+\exp[-(\theta - \delta)}} \qquad \text{…[2-29]}$$

โมเดลเชิงเส้นตรงทั่วไประดับลดหลั่น 2 ระดับ (HGLM-2L)

$$p_{ij} = \frac{1}{1+\exp\{-[\underline{U_{0j}} - (\underline{-\gamma_{q0} - \gamma_{00}})]\}} \qquad \text{…[2-30]}$$

สามารถสรุปเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ตารางที่ 2-3 การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และพารามิเตอร์ข้อสอบที่ได้จากการประมาณค่าของโมเดลราสช์และโมเดลเชิงเส้นตรงทั่วไประดับลดหลั่น 2 ระดับ (HGLM-2L)

โมเดลการวิเคราะห์	ค่าความสามารถผู้สอบ (θ_j)	ค่าความยากง่ายของข้อสอบ (b_i)
โมเดลราสช์	θ_j	δ_i
โมเดล HGLM-2L	U_{oj}	$(-\gamma_{qo} - \gamma_{00})$

4.4 การประยุกต์วิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงทั่วไประดับลดหลั่น 3 ระดับ (HGLM-3L)

จากตอนที่ 4.3 ผู้วิจัยได้นำเสนอมโนทัศน์ของการวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับ (HGLM-2L) ที่ Kamata เป็นผู้ริเริ่มไว้นั้น ผู้วิจัยจึงได้นำมาสู่การขยายแนวคิดของการวิเคราะห์ต่อไปในระดับที่ 3 (level-3) ซึ่งสามารถแสดงระดับของการวิเคราะห์ได้ดังนี้

ระดับการวิเคราะห์ที่ 1 ระดับข้อสอบ (between items within person)

ผลจากการวิเคราะห์จะทำให้ได้สารสนเทศพารามิเตอร์ของข้อสอบ (δi)

ระดับการวิเคราะห์ที่ 2 ระดับผู้สอบ (between persons within school)

ผลจากการวิเคราะห์จะทำให้ได้สารสนเทศพารามิเตอร์ของข้อสอบ (δ_i) และพารามิเตอร์ผู้สอบ (θ_j)

ระดับการวิเคราะห์ที่ 3 ระดับโรงเรียน (between schools)

ผลจากการวิเคราะห์จะทำให้ได้สารสนเทศค่าเฉลี่ยรวมความสามารถของผู้สอบในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องทุกโรงเรียน

นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มตัวแปรภายนอกที่เป็นตัวแปรคุณลักษณะผู้สอบ และตัวแปรคุณลักษณะของโรงเรียนที่พิจารณาแล้วว่าน่าจะมีอิทธิพลต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องร่วมวิเคราะห์ในระดับการวิเคราะห์ที่ 2 และ 3 ตามลำดับได้อีกด้วย

4.4.1 ระดับการวิเคราะห์ที่ 1 (ระดับข้อสอบ)

เป็นการวิเคราะห์อิทธิพลระหว่างการตอบข้อสอบทั้งฉบับที่สอดแทรกอยู่ในผู้สอบแต่ละคน ในแต่ละโรงเรียน โดยอิทธิพลของข้อสอบจะมีความคงที่กับผู้สอบแต่ละคน แต่จะมีความผันแปรแบบสุ่มไปตามข้อสอบแต่ละข้อ แสดงรายละเอียดที่ผู้สอบคนที่ j ในโรงเรียนที่ m จะสามารถตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้อง ดังสมการที่

$$\log\left(\frac{p_{ij}}{1-p_{ij}}\right) = \eta_{ijm} = \beta_{0jm} + \beta_{1jm}X_{1ijm} + \beta_{2jm}X_{2ijm} + \ldots + \beta_{(k-1)jm}X_{(k-1)ijm}$$

$$= \beta_{oj} + \sum_{q=1}^{K-1}\beta_{qjm}X_{qijm} \quad \text{.....[2-31]}$$

$$= \beta_{oj} + \beta_{qjm}$$

เมื่อ X_{qijm} เป็นตัวแปรดัมมี่ ที่ q สำหรับข้อสอบข้อที่ i ผู้สอบคนที่ j ในโรงเรียน m ซึ่งมีค่าเป็น 1 เมื่อ q = i และมีค่าเป็น 0 เมื่อ $q \neq i$

β_{0jm} เป็นค่าจุดตัดแกน (intercept) หรืออิทธิพลของข้อสอบข้อที่ drop ซึ่งเรียกว่าข้อสอบข้ออ้างอิง (reference)

β_{qjm} เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรดัมมี่รายข้อสอบข้อที่ q เมื่อเทียบกับข้อสอบข้ออ้างอิง ของผู้สอบคนที่ j ในโรงเรียน m

หลักการวิเคราะห์นี้สามารถอธิบายกับกรณีของการวิเคราะห์ถดถอยพหุ เมื่อมีตัวแปรดัมมี่ เช่น ศาสนา จำแนกเป็นศาสนาพุทธ ศาสนาคริสต์ และศาสนาอิสลามเมื่อทำเป็นตัวแปรดัมมี่ สามารถกระทำได้ดังนี้

ตัวแปรดัมมี่ศาสนาพุทธ 1 0

ตัวแปรดัมมี่ศาสนาคริสต์ 0 1

ตัวแปรดัมมี่ศาสนาอิสลาม 0 0 (เป็นกลุ่มอ้างอิง)

ในสมการวิเคราะห์ถดถอยพหุสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_{dBuddist} + \beta_2 X_{dChrist}$$

ค่า β_0 เป็นค่าเฉลี่ยเมื่อตัวแปรดัมมี่เป็นศาสนาอิสลาม ส่วนค่า β_1 จะเป็นค่าผลต่างของค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ศาสนาพุทธเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ศาสนาอิสลาม และค่า β_2 ก็ใช้หลักการคิดเดียวกัน

4.4.2 ระดับการวิเคราะห์ที่ 2 (ระดับผู้สอบ)

เป็นการวิเคราะห์ค่าความสามารถเฉพาะในการตอบข้อสอบระหว่างผู้สอบ และค่าอิทธิพลของข้อสอบรายข้อสำหรับผู้สอบภายในโรงเรียน ค่าอิทธิพลของข้อสอบ (item effect) จึงมีค่าคงที่ระหว่างโรงเรียน แต่ผันแปรแบบสุ่มไปตามรายข้อสอบแต่ละข้อ

$$\begin{aligned}
\beta_{0jm} &= \gamma_{00m} + r_{0jm} \\
\beta_{1jm} &= \gamma_{10m} \\
\beta_{2jm} &= \gamma_{20m} \\
&\vdots \\
\beta_{(k-1)jm} &= \gamma_{(k-1)0m}
\end{aligned} \qquad \text{.....[2-32]}$$

เมื่อ γ_{00m} เป็นค่า intercept ของ β_{0jm} คือเป็นค่าเฉลี่ยอิทธิพลของข้อสอบข้ออ้างอิงต่อโอกาสในการตอบข้อสอบถูกในโรงเรียนที่ m

r_{0jm} เป็นค่าส่วนที่เหลือของ β_{0jm} คือเป็นค่าส่วนเบี่ยงเบนของโอกาสในการตอบข้อสอบถูกของผู้สอบคนที่ j จากค่าเฉลี่ยโอกาสในการตอบข้อสอบถูกในโรงเรียนที่ m ซึ่งถือเป็นค่าความสามารถเฉพาะของผู้สอบคนที่ j ในโรงเรียนที่ m มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนเท่ากับ τ [$r_{0jm} \sim N(0, \tau)$]

ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HLM จะรายงานผลในไฟล์ส่วนที่เหลือ (residual file) โดยรายงานค่าความสามารถของบุคคลทุกคนที่สอบด้วยการวิเคราะห์จากสถิติ EB และ OLS

4.4.3 ระดับการวิเคราะห์ที่ 3 (ระดับโรงเรียน)

เป็นการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการตอบข้อสอบของผู้สอบระดับโรงเรียนและค่าเฉลี่ยรวมอิทธิพลของข้อสอบรายข้อ (item effect) ต่อโอกาสในการตอบข้อสอบถูกระหว่างโรงเรียน แสดงเป็นสมการคำนวณได้ดังสมการที่ [2-33]

$$\begin{aligned}\gamma_{00m} &= \pi_{000} + U_{00m} \\ \gamma_{10m} &= \pi_{100} \\ \gamma_{20m} &= \pi_{200} \\ &\vdots \\ \gamma_{(k-1)0m} &= \pi_{(k-1)00}\end{aligned} \qquad \text{.....[2-33]}$$

เมื่อ π_{000} เป็นค่า intercept ของ γ_{00m} คือเป็นค่าเฉลี่ยรวมของอิทธิพลของข้อสอบข้ออ้างอิงต่อโอกาสในการตอบถูกของทุกโรงเรียน

U_{00m} เป็นค่าส่วนที่เหลือของ γ_{00m} คือเป็นค่าส่วนเบี่ยงเบนของโอกาสในการตอบข้อสอบถูกของโรงเรียนที่ m จากค่าเฉลี่ยรวมของโอกาสการตอบข้อสอบได้ถูก หมายถึงความสามารถเฉลี่ยของนักเรียนในโรงเรียนที่ m มีการแจกแจงแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนเท่ากับ τ_π [$U_{00m} \sim N(0, \tau_\pi)$]

π_{q00} เป็นค่าอิทธิพลของข้อสอบ (item effect) ข้อที่ 1 ถึงข้อที่ K-1 ต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องเมื่อเทียบกับข้อสอบข้ออ้างอิง

หากรวมสมการระดับที่ 1 ถึงระดับที่ 3 เข้าด้วยกันสามารถเขียนสมการความน่าจะเป็นที่ผู้สอบคนที่ j ในโรงเรียนที่ m จะตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้องดังสมการที่ [2-34]

$$P_{ijm} = \frac{1}{1+\exp\{-[(u_{00m} + r_{0jm}) - (-\pi_{i00} - \pi_{000})]\}} \qquad \text{.....[2-34]}$$

เมื่อ U_{00m} หมายถึง ค่าความสามารถเฉลี่ยของนักเรียนในโรงเรียนที่ m

r_{0jm} หมายถึง ค่าความสามารถเฉพาะของนักเรียนคนที่ j ในโรงเรียนที่ m

π_{000}หมายถึง ค่าความยากของข้อสอบข้ออ้างอิง

π_{i00}หมายถึง ค่าผลของข้อสอบข้อที่ i ถึงข้อที่ (k-1) เมื่อเปรียบเทียบกับข้ออ้างอิง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สามารถพิจารณาค่าพารามิเตอร์เทียบกับโมเดลราสช์ได้ดังนี้

โมเดลราสช์ $$P_{ij} = \frac{\exp[\theta_j - \delta_i]}{1 + \exp[\theta_j - \delta_i]} = \frac{1}{1 + \exp[-(\theta - \delta)}$$

โมเดล HGLM-3L $$P_{ijm} = \frac{1}{1 + \exp\{-[(u_{00m} + r_{0jm}) - (-\pi_{i00} - \pi_{000})]\}}$$

สามารถสรุปเป็นความสัมพันธ์ได้ดังนี้

ตารางที่ 2-4 การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ผู้สอบ และพารามิเตอร์ข้อสอบที่ได้จากการประมาณค่าด้วยโมเดลราสช์ และโมเดล HGLM-3L

โมเดลการวิเคราะห์	ค่าความสามารถผู้สอบ (θ_j)	ค่าความยากง่ายของข้อสอบ (b_i)
โมเดลราสช์	θ_j	δ_i
โมเดล HGLM-3L	$u_{00m} + r_{0jm}$	$(-\pi_{i00} - \pi_{000})$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 5 มโนทัศน์การวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ และการประยุกต์วิเคราะห์ข้อสอบเพื่อตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF)

การศึกษาความยุติธรรมของข้อสอบที่มีต่อผู้สอบกลุ่มต่าง ได้รับความสนใจอย่างมากในช่วงตอนต้นของคริสต์ศตวรรษที่ 1960 ซึ่งเป็นผลมาจากความรู้สึกว่าเกิดความไม่เท่าเทียมกันในการทดสอบความสามารถทางสมองของนักเรียนในการสอบคัดเลือกต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความแตกต่างทางด้านวัฒนธรรม และด้านเชื้อชาติ โดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกา เกิดความไม่มั่นใจว่าข้อสอบที่ใช้สอบคัดเลือกจะให้ความยุติธรรมต่อชนผิวสี จึงเกิดข้อสันนิษฐานว่าข้อสอบบางข้ออาจจะมีความลำเอียงเข้าข้างคนบางกลุ่ม โอกาสที่ผู้สอบที่มีความสามารถเท่ากันจะตอบข้อสอบข้อนั้นได้ถูกต้องมีไม่เท่ากันอันเป็นผลมาจากข้อสอบข้อนั้นอยู่นอกเหนือขอบเขตทางวัฒนธรรมของชนกลุ่มน้อยที่จะรับรู้ จึงมีการศึกษาเพื่อค้นหาข้อสอบที่มีความลำเอียงแล้วคัดออก เพื่อให้เกิดแบบสอบที่มีความยุติธรรมต่อผู้สอบทุกเชื้อชาติทุกวัฒนธรรมมากที่สุด (Angoff, 1993)

5.1. ความหมายของการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ

กาวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบจึงเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญยิ่งในการพัฒนาแบบสอบ ที่จะประเมินว่าข้อสอบที่สร้างขึ้นมีความยุติธรรม หรือความเท่าเทียมกันในทุกกลุ่มผู้สอบหรือไม่ ในระยะเริ่มต้นของการศึกษามีการใช้คำว่า ความลำเอียงของข้อสอบ (item bias) ซึ่งคำดังกล่าวอาจก่อให้เกิดความเข้าใจที่ไม่ตรงกัน เพราะสามารถแปลความหมายได้ทั้งหลักการทางสังคมศาสตร์ และสถิติศาสตร์ จึงมีการเปลี่ยนมาใช้คำใหม่ที่มีความเหมาะสมกว่า คือ การหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (differential item functioning: DIF) ซึ่งเป็นความหมายที่เน้นกระบวนการทางสถิติเข้ามาตรวจสอบ เพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบสำหรับผู้สอบแต่ละกลุ่มย่อยที่มีความสามารถหลัก (θ) เหมือนกัน แต่อาจแตกต่างกันในลักษณะเฉพาะบางอย่าง (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545) ซึ่งจากการศึกษาพบว่ามีนักวัดผลหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ หมายถึง ข้อสอบที่มีค่าความยากสัมพัทธ์ในสมาชิกของผู้สอบกลุ่มหนึ่งมากกว่าสมาชิกของผู้สอบอีกกลุ่มหนึ่ง (Rudner, Getson and Knight, 1980)

การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ หมายถึง โอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องแตกต่างกัน (การวัดความสามารถ) หรือโอกาสในการตอบข้อสอบในทางบวกแตกต่างกัน (การวัดเจตคติ) เมื่อผู้สอบที่มีคุณลักษณะของการวัดในปริมาณเท่ากัน แต่มาจากกลุ่มประชากรย่อยที่แตกต่างกัน (Hulin, Drasgow and Parson, 1983)

การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ หมายถึง โอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของผู้สอบกลุ่มหนึ่ง มีค่าต่ำกว่าหรือสูงกว่าผู้สอบอีกกลุ่มหนึ่งที่มีระดับความสามารถเดียวกัน (Dorans and Kulick, 1986)

การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ หมายถึง ความไม่ตรงหรือความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบในการวัด ซึ่งจะทำให้ผลของการวัดบิดเบือนสำหรับสมาชิกของกลุ่มผู้สอบบางกลุ่มโดยเฉพาะ (Camilli and Shepard, 1994)

การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ หมายถึง เทอมที่ใช้ในการอธิบายข้อสอบในแบบทดสอบซึ่งมีโอกาสของการตอบข้อสอบถูกแตกต่างกัน สำหรับผู้สอบสองกลุ่มที่มีความสามารถระดับเดียวกัน (Feinstein, 1995)

การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ หมายถึง ฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบซึ่งคำนวณจากสมาชิกของผู้สอบกลุ่มย่อยที่แตกต่างกันมีค่าไม่เท่ากัน (Narayanan and Swaminathan, 1996)

การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ หมายถึง การที่ข้อสอบทำให้ผู้สอบจากต่างกลุ่มกันที่มีความสามารถหรือคุณลักษณะที่มุ่งวัดเท่ากัน มีโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องแตกต่างกันหรือมีฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบแตกต่างกัน (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545)

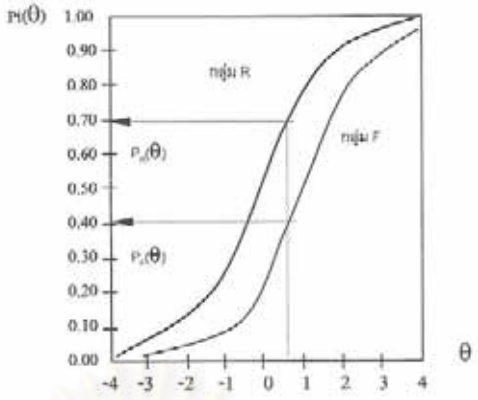
จากนิยามการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบหรือแบบทดสอบดังกล่าวสามารถสรุปรวมได้ว่า “การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ หมายถึง การที่ข้อสอบทำให้ผู้สอบที่มีลักษณะหรือมาจากต่างกลุ่มกันที่มีความสามารถหรือคุณลักษณะที่มุ่งวัดเท่ากัน มีโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องแตกต่างกัน หรือมีฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบแตกต่างกัน”

5.2. หลักการวิเคราะห์

การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ เป็นการเปรียบเทียบผลการตอบข้อสอบระหว่างกลุ่มผู้สอบอย่างน้อย 2 กลุ่มขึ้นไป ปกตินิยมทำการเปรียบเทียบ 2 กลุ่ม ประกอบด้วยกลุ่มแรก ถือเป็นกลุ่มที่คาดว่าจะเป็นกลุ่มที่เสียเปรียบในการศึกษา และนักวิจัยสนใจศึกษา คือ กลุ่มเปรียบเทียบ (Focal group: F) ส่วนกลุ่มที่สอบเป็นกลุ่มที่คาดว่าจะได้เปรียบจากการตอบข้อสอบได้ถูกต้องเรียกว่า กลุ่มอ้างอิง (Reference group: R)

ในการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ Mellenbergh (1982) ได้ระบุลักษณะของข้อสอบที่หน้าที่ต่างกันใน 2 ประเภท ดังนี้

1.การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบแบบเอกรูป (uniform DIF) หมายถึง ข้อสอบที่ทำให้ผู้สอบกลุ่มหนึ่งมีโอกาสในการตอบข้อสอบถูกมากกว่าผู้สอบอีกกลุ่มหนึ่งสม่ำเสมอกันในทุกระดับความสามารถเมื่อพิจารณาโค้งคุณลักษณะข้อสอบของผู้สอบ 2 กลุ่ม จะพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างโค้งคุณลักษณะผู้สอบในทุกระดับความสามารถ ดังแผนภูมิที่ 2 – 9



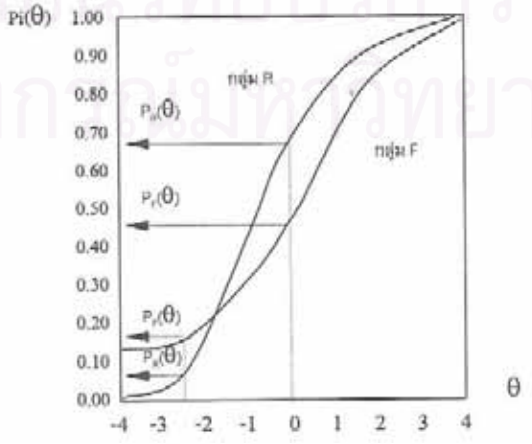
แผนภาพที่ 2 – 9 การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบแบบเอกรูป (uniform DIF)

2.การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบแบบอเนกรูป (nonuniform DIF) หมายถึง ข้อสอบที่ทำให้โอกาสในการตอบข้อสอบถูกต้องของผู้สอบระหว่างกลุ่มไม่สม่ำเสมอกันในทุกระดับความสามารถ เมื่อพิจารณาโค้งคุณลักษณะข้อสอบของผู้สอบทั้ง 2 กลุ่ม พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างโค้งคุณลักษณะ เช่น ที่ระดับความสามารถหนึ่ง ผู้สอบกลุ่ม R มีโอกาสในการตอบข้อสอบถูกมากกว่าผู้สอบกลุ่ม F แต่อีกที่ระดับความสามารถหนึ่ง ผู้สอบกลุ่ม F มีโอกาสในการตอบข้อสอบถูกมากกว่าผู้สอบกลุ่ม R

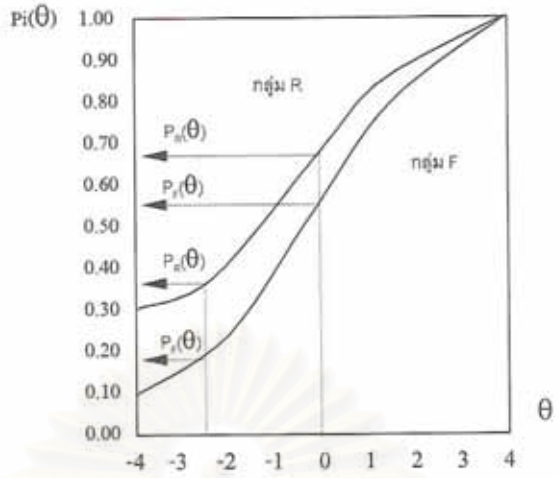
การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบแบบอเนกรูปนี้จึงสามารถจำแนกลักษณะได้เป็น 2 ลักษณะย่อย

2.1 ข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกันแบบอเนกรูปโดยมีปฏิสัมพันธ์ไม่เป็นลำดับ เป็นการทำหน้าที่ต่างกันสำหรับกลุ่มผู้สอบซึ่งเกิดขึ้นเมื่อโค้งลักษณะข้อสอบมีการตัดกัน ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2 – 10

2.2 ข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกันแบบอเนกรูปโดยมีปฏิสัมพันธ์เป็นลำดับ เป็นการทำหน้าที่ต่างกันสำหรับกลุ่มผู้สอบซึ่งเกิดขึ้นเมื่อโค้งลักษณะข้อสอบต่างกันไม่สม่ำเสมอ แต่ไม่ตัดกันหรืออาจตัดกันนอกช่วง ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2 – 11



แผนภูมิที่ 2 - 10 ข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกันแบบอเนกรูปโดยมีปฏิสัมพันธ์ไม่เป็นลำดับ



แผนภูมิที่ 2 - 11 ข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกันแบบอเนกรูปโดยมีปฏิสัมพันธ์เป็นลำดับ

5.3. วิธีการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ

วิธีการในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบมีหลายวิธี ทั้งนี้เพราะมีวิธีการศึกษาและการคิดค้นวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้สามารถตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งสามารถแบ่งตามประเภทการวิเคราะห์ได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ (Potenza และ Dorans, 1995)

1.กลุ่มที่ใช้คะแนนที่สังเกตได้ (observe score) เป็นกลุ่มที่ใช้คะแนนรวมของแบบสอบเป็นเกณฑ์ในการจับคู่ผลสอบสองกลุ่มตามความรู้ หรือความสามารถที่แท้จริงของผู้สอบ วิธีการในกลุ่มนี้ได้แก่ วิธีแมนเทล-แฮนส์เซล วิธีถดถอยโลจิสติก และวิธีทำให้เป็นมาตรฐาน จุดเด่นของวิธีการในกลุ่มนี้คือกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก การวิเคราะห์ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ส่วนจุดด้อยของวิธีการในกลุ่มนี้คือค่าสถิติเปลี่ยนไปตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง เมื่อกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเปลี่ยนไปผลการศึกษาก็อาจเปลี่ยนแปลงไปด้วย

2.กลุ่มที่ใช้คะแนนที่สังเกตไม่ได้ หรือเป็นตัวแปรแฝง (latent variable) เป็นกลุ่มวิธีที่มีทฤษฎีการทดสอบเป็นพื้นฐาน มุ่งประมาณค่าคุณลักษณะแฝง(latent trait) หรือใช้คะแนนจริงของผู้สอบเป็นเกณฑ์ในการจับคู่เปรียบเทียบผู้สอบ วิธีการในกลุ่มนี้ได้แก่ วิธีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) และวิธีซิบเทสท์ (SIBTEST) เป็นต้น

ส่วนศิริชัย กาญจนวาสี (2545) ได้แบ่งกลุ่มวิธีการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบทั้งการให้คะแนนแบบทวิวิภาค และพหุวิภาคได้ดังนี้

1. วิธีการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบที่ให้คะแนนแบบทวิวิภาค

1.1 กลุ่มวิธีที่ใช้คะแนนสังเกตได้

วิธีในกลุ่มนี้มักวิเคราะห์ตามทฤษฎีการทดสอบแบบมาตรฐานเดิม (CCT) หรือกลุ่มที่ไม่ใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Non-IRT approach) โดยใช้คะแนนรวมของผู้สอบเป็นเกณฑ์ในการจับคู่กลุ่มผู้สอบ วิธีการตรวจสอบที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่

- วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)
- วิธีการถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression; LR)
- วิธีแปลงค่าความยากของข้อสอบ (Transformed Item Difficulty; TID)
- วิธีแมนเทล-แฮนส์เซล (Mantel-Haenszel;MH)
- วิธีดัชนีมาตรฐาน (Standardization; STND)

1.2 กลุ่มวิธีที่ใช้คุณลักษณะแฝง

วิธีในกลุ่มนี้ใช้วัดคุณลักษณะแฝง (traits) ซึ่งวิเคราะห์อยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ สำหรับใช้เป็นเกณฑ์การจัดคู่กลุ่มผู้สอบ วิธีการตรวจสอบที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่

- วิธีวัดพื้นที่ความแตกต่างระหว่างโค้งการตอบข้อคำถาม (IRT-D^2)
- วิธีไค-สแควร์ของลอร์ด (Lord's χ^2)
- วิธีอัตราส่วนไลค์ลิฮูดทั่วไป (General IRT Likelihood Ratio)
- วิธีอัตราส่วนไลค์ลิฮูด ลอกลิเนียร์ (Loglinear IRT Likelihood Ratio)
- วิธีซิปเทสท์ (SIBTEST)

2. วิธีการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบที่ให้คะแนนแบบพหุวิภาค

2.1 กลุ่มวิธีที่ใช้คะแนนสังเกตได้

- วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)
- วิธีการถดถอยโลจิสติก (Polytomous Logistic Regression)
- วิธีดัชนีมาตรฐานพหุวิภาค (Polytomous Standardization)
- วิธีแมนเทล-แฮนส์เซลทั่วไป (General Mantel-Haenszel;GMH)

2.2 กลุ่มวิธีที่ใช้คุณลักษณะแฝง

- วิธีอัตราส่วนไลค์ลิฮูดทั่วไป (General IRT Likelihood Ratio)
- วิธีการให้คะแนนบางส่วน (Partial Credit Model ; PCM)
- วิธีโพลี-ซิปเทสท์ (Polytomous SIBTEST)
- วิธีการให้คะแนนบางส่วนทั่วไป (Generalized Partial Credit Model ; GPCM)

สามารถสรุปวิธีการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบที่มีการตรวจให้คะแนนแบบทวิวิภาค และพหุวิภาคได้ดังตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 วิธีการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบที่มีการตรวจให้คะแนนแบบทวิวิภาค และพหุวิภาค

ประเภทและตัวแปรเกณฑ์	พาราเมตริก	นันพาราเมตริก
1.Dichotomous DIF		
1.1 คะแนนที่สังเกตได้	ANOVA	TID
	Logistic Regression	MH
		STND
1.2 คุณลักษณะ/ตัวแปรแฝง	IRT-D2	
	Load's $\chi 2$	
	General IRTLR	
	Loglinear IRTLR	
2.Polytomous DIF		
2.1 คะแนนที่สังเกตได้	ANOVA	Polytomous STND
	Polytomous Logistic Regression	GMH
2.2 คุณลักษณะ/ตัวแปรแฝง	General IRTLR	Polytomous SIBTEST
	PCM	GPCM

5.3. หลักการและวิธีการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2550) ได้เสนอหลักการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบระหว่างกลุ่มอ้างอิง และกลุ่มเปรียบเทียบที่ต้องใช้วิธีการจับคู่ตามเกณฑ์ความสามารถ เพราะเป็นเงื่อนไขสำคัญของการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ เกณฑ์การจับคู่ที่นิยมมี 2 วิธีที่สำคัญดังนี้

1. เกณฑ์ภายนอก (External Criterion)

การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบโดยใช้เกณฑ์ภายนอกนี้สามารถนำไปใช้ได้ทั้งข้อสอบรายข้อ และแบบสอบทั้งฉบับ โดยการใช้คะแนนจากแบบสอบอื่นเป็นเกณฑ์ภายนอก แล้วใช้เทคนิคการวิเคราะห์ถดถอยเพื่อทำการเปรียบเทียบเส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเกณฑ์กับตัวแปรทำนายระหว่างกลุ่มอ้างอิงและกลุ่มเปรียบเทียบ หลักการนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างสมการทำนายตัวแปรเกณฑ์ ซึ่งเป็นคะแนนของแบบสอบอื่นจากตัวแปรทำนายซึ่งเป็นคะแนนรายข้อ

หรือคะแนนแบบสอบระหว่างกลุ่มอ้างอิงและกลุ่มเปรียบเทียบ ในการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบจะใช้ตัวแปรคะแนนรายข้อเป็นตัวแปรทำนาย แต่ถ้าเป็นการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของแบบสอบจะใช้คะแนนรวมของแบบสอบทั้งฉบับเป็นตัวแปรทำนาย

2. เกณฑ์ภายใน (Internal Criterion)

การวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกัน โดยใช้เกณฑ์ภายในเป็นการนำวิธีการทางสถิติมาตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ หรือแบบสอบ โดยเน้นการพิจารณาจากโครงสร้างภายในของแบบสอบเป็นหลัก ด้วยการวิเคราะห์ผลจากการตอบข้อสอบและความสามารถหรือคะแนนจริงของผู้สอบที่ได้จากแบบสอบฉบับนั้น เพื่อนำมาเปรียบเทียบระหว่างผู้สอบจากกลุ่มอ้างอิงและกลุ่มเปรียบเทียบ ที่มีความสามารถหรือคะแนนจริงเท่ากัน ว่าจะมีผลการตอบหรือโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องแตกต่างกันหรือไม่ เพื่อบ่งชี้ถึงการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ การวิเคราะห์ลักษณะนี้นิยมใช้ค่าสถิติต่าง ๆ เป็นตัวบ่งชี้ถึงการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ ซึ่งที่นิยมมีดังนี้

2.1 การทดสอบปฏิสัมพันธ์ (Interaction)

ในระยะเริ่มต้นของการศึกษาการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบมีการใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-test) จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มผู้สอบกับข้อสอบ หากผลการทดสอบมีนัยสำคัญก็บ่งชี้ได้ว่ามีการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบแล้วจึงทำการวิเคราะห์ต่อไป

2.2 การวัดความเบี่ยงเบนสัมพัทธ์ (Relative deviation)

วิธีการนี้จะเป็นการคำนวณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบจำแนกตามกลุ่ม แล้วแปลงให้เป็นค่าความยากมาตรฐาน (Δ) สามารถนำมาเขียนเป็นกราฟเปรียบเทียบเป็นรายข้อ ถ้าข้อใดมีค่าเบี่ยงเบนไปจากแกนหลักที่คาดหมาย หรือเบี่ยงเบนเกินจากความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าความยากที่กำหนดก็ย่อมเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ

2.3 การเปรียบเทียบน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor loading)

วิธีการนี้จะใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบ ที่เป็นเทคนิคทางสถิติที่นิยมใช้ในการตรวจสอบความตรงตามโครงสร้าง เมื่อนำการวิเคราะห์ตัวประกอบมาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างของแบบสอบแยกตามกลุ่มผู้สอบ ความไม่สอดคล้องกันระหว่างน้ำหนักขององค์ประกอบที่มุ่งวัดหรือความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนตัวประกอบระหว่างกลุ่มผู้สอบก็เป็นตัวชี้ได้ว่ามีการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ

2.4 การเปรียบเทียบโอกาสตอบข้อสอบถูก

การวิเคราะห์วิธีการนี้จะเปรียบเทียบโอกาสของการตอบข้อสอบถูกของผู้สอบกลุ่มอ้างอิง และกลุ่มเปรียบเทียบที่มีความสามารถเท่ากัน ซึ่งเป็นแนวทางที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน ซึ่งการบ่งชี้การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบมีการคำนวณค่าสถิติใน 2 แนวทางหลักดังนี้

2.4.1 การเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกของผู้สอบต่างกลุ่มที่มีระดับความสามารถเท่ากัน

2.4.2 การเปรียบเทียบค่าฟังก์ชั่นการตอบสนองข้อสอบ หรือโค้งลักษณะข้อสอบระหว่างกลุ่มที่มีระดับความสามารถเท่ากัน ซึ่งวิธีการนี้ตั้งอยู่บนหลักการของทฤษฎี IRT เช่น วิธีการวัดความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ความยาก วิธีการวัดความแตกต่างของพื้นที่ เป็นต้น วิธีการนี้มีข้อดีตรงที่การคำนวณค่าสถิติมีความแกร่ง เชื่อถือได้ มีกลไกในการควบคุมความสามารถของผู้สอบโดยการจับคู่ความสามารถเพื่อทำการเปรียบเทียบ ณ ตำแหน่งที่มีความสามารถเท่ากัน

จากแนวทางที่ศิริชัย กาญจนวาสี (2550) ได้กล่าวไว้ ผู้วิจัยได้ศึกษาต่อไปพบว่าในการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบตามทฤษฎี IRT มีข้อดีกว่าการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบเดิมคะแนนสังเกตได้หลายประการ ทั้งนี้เพราะมีเหตุผลสนับสนุนคือความแกร่งของทฤษฎี และมีวิธีวิทยาการวิเคราะห์ด้วยสถิติขั้นสูง ทำให้การวิเคราะห์ IRT DIF มีความน่าเชื่อถือ Lord (1980) ได้กล่าวว่าการศึกษาตามทฤษฎี IRT มีจุดมุ่งหมายหลักที่จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตอบข้อสอบกับคุณลักษณะภายในของผู้สอบแต่ละคน โดยแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ดังกล่าวทางโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่สามารถเขียนกราฟแสดงฟังก์ชั่นความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของผู้สอบกับความน่าจะเป็นที่จะตอบข้อสอบแต่ละข้อได้ถูกต้องตามระดับค่าความสามารถต่าง ๆ ซึ่งหากเป็นกรณีของการตอบแบบทวิวิภาค กราฟฟังชั่นข้อสอบจะเป็นการเพิ่มขึ้นตามค่าโอกาสความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง (monotonic increasing)

Lord ได้ให้ความสำคัญกับโค้งลักษณะข้อสอบมาก (Lord เรียกว่า trace line) เพราะหากพิจารณาโค้งลักษณะข้อสอบจะพบว่าในแต่ละระดับความสามารถของผู้สอบจะเป็นเงื่อนไขเชื่อมโยงกับความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง หากข้อสอบที่จะทำหน้าที่ต่างกันระหว่างผู้สอบสองกลุ่มที่มีความสามารถเท่าเทียมกัน แต่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มปัจจัยภายนอกโค้งลักษณะข้อสอบก็จะเป็นเครื่องบ่งชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างกันในความน่าจะเป็นที่จะตอบข้อสอบได้ถูกต้อง หากวิเคราะห์ความเป็นไปได้ที่ข้อสอบจะทำหน้าที่แตกต่างกัน โค้งลักษณะข้อสอบของกลุ่มอ้างอิง และกลุ่มเปรียบเทียบเมื่อควบคุมค่าความสามารถของผู้สอบแล้วย่อมมี

ลักษณะที่แตกต่างกัน หากลักษณะโค้งลักษณะข้อสอบเหมือนกันก็ย่อมบ่งชี้ได้ว่าข้อสอบไม่ได้ทำหน้าที่ต่างกัน

แต่อย่างไรก็ตาม โค้งลักษณะข้อสอบถูกกำหนดลักษณะมาจากค่าพารามิเตอร์ข้อสอบนั้น คือหากเป็นการวิเคราะห์ด้วยโมเดล IRT แบบ 1 พารามิเตอร์ ก็จะมีค่าพารามิเตอร์ความยากง่ายของข้อสอบ (b) หากวิเคราะห์ด้วยโมเดล IRT แบบ 2 พารามิเตอร์ ก็จะมีค่าพารามิเตอร์ความยากง่ายของข้อสอบ (b) และพารามิเตอร์อำนาจจำแนกข้อสอบ (a) และถ้าเป็นการวิเคราะห์ด้วยโมเดล IRTแบบ 3 พารามิเตอร์จะมีค่าพารามิเตอร์ความยากง่ายของข้อสอบ (b) และพารามิเตอร์อำนาจจำแนกข้อสอบ (a) และพารามิเตอร์การเดา (c) การวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบโดยวิธีการนี้ผู้วิเคราะห์จึงจำเป็นต้องปรับค่าพารามิเตอร์ผู้สอบ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) ให้อยู่บนมาตรเดียวกัน แล้วจึงทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบจำแนกตามกลุ่มที่วิเคราะห์ความแตกต่างในค่าพารามิเตอร์ข้อสอบจึงจะเป็นวิธีการหนึ่งของการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ

Lord (1980) ได้เสนอวิธีทดสอบนัยสำคัญของการเกิด DIF ไว้ 2 วิธี หนึ่งในวิธีการนั้นคือการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ความยาก มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$d_i = \frac{\hat{b}_{Fi} - \hat{b}_{Ri}}{\sqrt{Var\hat{b}_{Fi} + Var\hat{b}_{Ri}}} \qquad \text{.....[2-35]}$$

เมื่อ $\hat{b}_{gi}$ คือค่าความเป็นไปได้สูงสุดของพารามิเตอร์ b_i ในกลุ่ม g

Var$\hat{b}_{gi}$ คือ ค่าความแปรปรวนของ $\hat{b}_{gi}$

วิธีการคำนวณข้างต้นนี้อาจจะเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมกับโมเดล IRT แบบ 1PL เพราะมีข้อจำกัดที่ต้องคงที่ค่าพารามิเตอร์การเดาให้มีค่าเท่ากับศูนย์ และพารามิเตอร์อำนาจจำแนกต้องมีค่าเท่ากันทั้งสองกลุ่ม วิธีการนี้จึงเหมาะสมกับโมเดล IRT แบบ 2PL และ 3PL มากกว่า

จากการศึกษาการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบด้วยโปรแกรม BILOG-MG ผู้วิจัยพบว่ามีการประยุกต์นำแนวคิดการวัดความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ความยากของ Lord (1980) มาเป็นแนวทางในการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ ในเบื้องต้น โปรแกรม BILOG-MG จะทำการคำนวณค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ_j) ทั้งสองกลุ่มร่วมกันเพื่อเป็นการปรับฐานให้ค่า θ_j อยู่บนมาตรเดียวกัน ควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและปรับค่าเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ความยาก (threshold) ของข้อสอบกลุ่มอ้างอิงให้เท่ากับศูนย์ ควบคุมค่าพารามิเตอร์การเดาให้เท่ากับศูนย์ และพารามิเตอร์อำนาจจำแนกให้เท่ากันทั้งสองกลุ่ม จากนั้น

จึงทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความยากโดยแยกวิเคราะห์แต่ละกลุ่มแล้วเปรียบเทียบค่า -2lnL ratio ของแต่ละกลุ่ม ซึ่งพบว่าหากค่าพารามิเตอร์ความยากของกลุ่มเปรียบเทียบแตกต่างจากกลุ่มอ้างอิงตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่าข้อสอบข้อนั้นทำหน้าที่ต่างกัน (Wang และคณะ, 2006) [0.5 logit มีค่าเท่ากับ odd ratio 1.65 (=$2.718^{0.5}$)]

5.4. การตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบด้วยการวิเคราะห์พหุระดับ

จากการศึกษาคุณลักษณะของโมเดลการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับที่นำเสนอในตอนที่ 4 กรณีของการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับแบบ 2 ระดับ (2 –level model) จะพบว่า โมเดลระดับที่ 1 เป็นโมเดลระดับข้อสอบ โดยข้อสอบแต่ละข้อทั้งฉบับสอดแทรกอยู่ในผู้สอบแต่ละคน ส่วนโมเดลระดับที่ 2 จะเป็นโมเดลระดับผู้สอบ โดยที่ผู้สอบแต่ละคนสอดแทรกอยู่ในโรงเรียน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในโมเดลการวิเคราะห์ระดับที่ 2 สามารถเพิ่มตัวแปรคุณลักษณะของผู้สอบเข้าในสมการได้ (Kamata,2000; Raudenbush และคณะ, 2002)

การวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับจึงสามารถดำเนินการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (Differential Item Functioning: DIF) ได้โดยอาศัยหลักการศึกษาผลของตัวแปรภายนอกที่มีต่อค่าพารามิเตอร์ของผู้สอบ โดยตัวแปรภายนอกสามารถจัดกระทำในลักษณะข้อมูลทวิวิภาค (dichotomous) เช่น นักวิจัยต้องการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) ระหว่างกลุ่มเพศชาย และเพศหญิง ดังนั้นตัวแปรเพศจึงแบ่งได้เป็น เพศชาย และเพศหญิง ซึ่งสามารถจัดกระทำเป็นตัวแปรหุ่น (dummy variable) โดยอาจให้เพศชายเป็น 1 และเพศหญิงเป็น 0 ก็ได้ หากให้เพศชายเป็น 1 แสดงว่านักวัดผลจัดให้เพศชายอยู่ในกลุ่มอ้างอิง (reference group) และเพศหญิงเป็นกลุ่มเปรียบเทียบ (focal group)

ในกรอบแนวคิดของโมเดล HGLM-2L จะกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ความยากง่ายของข้อสอบ ($b = \gamma_{q0m}$) ของข้อสอบที่ประมาณค่าได้จากระดับการวิเคราะห์ที่ 1 เป็นค่าคงที่ (fixed effect) กับผู้สอบแต่ละกลุ่ม ซึ่งถือเป็นหลักการที่ถูกต้องของการสร้างข้อสอบในการวัดผลทางการศึกษาแสดงถึงความไม่ผันแปรของค่าพารามิเตอร์ไปตามกลุ่มผู้สอบ ซึ่งเมื่อนำความแตกต่างด้านเพศไปทดสอบ ก็สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบในแต่ละข้อได้ เพราะโมเดลการวิเคราะห์ HLM จะทดสอบอิทธิพลของตัวแปรดัมมี่เพศที่มีต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องด้วยสถิติทดสอบที หากผลการทดสอบมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าข้อสอบข้อนั้นทำหน้าที่ต่างกันระหว่างกลุ่มเพศ ซึ่งถ้าสัมประสิทธิ์ติดลบหมายถึงกลุ่มอ้างอิงเสียเปรียบ แต่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวกแสดงถึงกลุ่มอ้างอิงได้เปรียบจากการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ

สามารถเขียนสมการแสดงหลักการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ ตามกรอบการวิเคราะห์ HGLM 3L ได้ดังนี้

การวิเคราะห์ระดับที่ 1: ระดับข้อสอบ (ข้อสอบมี 30 ข้อ)

$$\eta_{ij} = \beta_{ojm} + \beta_{1jm}X_{1ijm} + \beta_{2mj}X_{2ijm} + \ldots + \beta_{29jm}X_{29ijm} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots[2\text{-}36]$$

โมเดลการวิเคราะห์ระดับที่ 2: ระดับผู้สอบ

$$\begin{aligned}
\beta_{0jm} &= \gamma_{00m} + \gamma_{01m}\text{Dsex} + r_{0jm} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots[2\text{-}37]\\
\beta_{1jm} &= \gamma_{10m} + \gamma_{11m}\text{Dsex}\\
\beta_{2jm} &= \gamma_{20m} + \gamma_{21m}\text{Dsex}\\
&\vdots\\
\beta_{29jm} &= \gamma_{290m} + \gamma_{291m}\text{Dsex}
\end{aligned}$$

เมื่อ Dsex เป็นตัวแปรดัมมี่ (เพศชาย =1: กลุ่มอ้างอิง, เพศหญิง =0: กลุ่มเปรียบเทียบ)

γ_{q1m} เป็นค่าความชัน แสดงอิทธิพลของตัวแปรดัมมี่เพศที่มีต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องในข้อที่ i ของแต่ละโรงเรียน

สมการ [2-36] และ [2-37] เมื่อกำหนดตัวแปรดัมมี่ให้เพศชายเป็น 1 และเพศหญิงเป็น 0 หากผลการวิเคราะห์สถิติที (H$_o$: γ_{01m} ถึง γ_{291m} = 0, H$_1$: γ_{01m} ถึง $\gamma_{291m}\neq 0$) ในสมการที่ [2-37] ถ้าพบว่าค่า γ_{q1m} (ค่าความชันที่แสดงผลของ GENDER ที่มีต่อ β_{0j} ถึง $\beta_{(K-1)j}$) มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าตัวแปรหุ่นความเป็นเพศชายจะทำให้เกิดโอกาสในการตอบข้อสอบข้อที่ i ได้แตกต่างจากเพศหญิง จึงสามารถพิจารณาได้ว่าข้อสอบข้อนั้นทำหน้าที่ต่างกันระหว่างเพศชายกับเพศหญิง

โมเดลการวิเคราะห์ระดับที่ 3: ระดับโรงเรียน

$$\begin{aligned}
\gamma_{00m} &= \pi_{000} + U_{00m}\\
\gamma_{01m} &= \pi_{010}\\
\gamma_{10m} &= \pi_{100}\\
\gamma_{11m} &= \pi_{110}\\
\gamma_{20m} &= \pi_{200}\\
\gamma_{21m} &= \pi_{210}
\end{aligned}$$

$$\gamma_{30m} = \pi_{300}$$
$$\gamma_{31m} = \pi_{310}$$
$$\vdots$$
$$\gamma_{290m} = \pi_{2900}$$
$$\gamma_{291m} = \pi_{2910}$$

เมื่อ U_{00m} หมายถึง ค่าความสามารถเฉลี่ยของนักเรียนในโรงเรียนที่ m

r_{0jm} หมายถึง ค่าความสามารถเฉพาะของนักเรียนคนที่ j ในโรงเรียนที่ m

π_{000}หมายถึง ค่าความยากของข้อสอบข้ออ้างอิง

π_{i00}หมายถึง ค่าผลของข้อสอบข้อที่ i ถึงข้อที่ (k-1) เมื่อเปรียบเทียบกับข้ออ้างอิง

π_{i10}หมายถึง ค่าความชันของอิทธิพลของตัวแปรดัมมี่เพศที่มีต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องในข้อที่ i ของแต่ละโรงเรียน

ตอนที่ 6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 เอกสารที่เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ด้วยการวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับ โดยมีตัวแปรภายนอกทั้งระดับผู้เรียน และระดับโรงเรียนเข้าร่วมวิเคราะห์ในโมเดล HGLM เพื่อทำนายโอกาสในการตอบข้อสอบข้อที่ i ของผู้สอบคนที่ j ในโรงเรียนที่ m ได้ถูกต้อง ดังนั้นจึงได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เพื่อศึกษาว่าตัวแปรด้านภูมิหลังของนักเรียนและโรงเรียนที่มีความแตกต่างกันไปตามบุคคลและรายโรงเรียน ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ส่งอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทำให้เกิดความไม่เท่าเทียมกันในการเปรียบเทียบประสิทธิผลของการจัดการศึกษาของโรงเรียนต่าง ๆ ผู้วิจัยได้ศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

อุรี ลิ้มพิสุทธิ์ (2525) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบบางประการซึ่งมิใช่ความสามารถทางด้านสติปัญญา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับตัวแปรพยากรณ์ทั้งหมด 17 ตัวแปร จาก 35 ตัวแปร โดยตัวแปรที่มีขนาดความสัมพันธ์สูงที่สุดลงไปหาขนาดความสัมพันธ์ระดับน้อย ได้แก่ ขนาดของโรงเรียน การเข้าแข่งขันการตอบปัญหาทางคณิตศาสตร์ การสอนซ่อมเสริมวิชาคณิตศาสตร์ เจตคติของนักเรียนต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และการทำอุปกรณ์การเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งตัวแปรเหล่านี้สามารถอธิบายความผันแปรในผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 52.31

ปาจรีย์ วัชชวัลคุ (2527) ได้ทำการวิจัยเรื่อง อิทธิพลขององค์ประกอบด้านลักษณะของนักเรียน สภาพแวดล้อมทางบ้าน และสภาพแวดล้อมทางโรงเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้แก่ ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร คุณภาพการสอน มโนภาพเกี่ยวกับตนเอง และทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ความรู้พื้นฐานเดิมและฐานะทางเศรษฐกิจของครอบครัว ส่วนประเสริฐ เตชะนาราเกียรติ (2532) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบด้านครู สภาพแวดล้อมทางบ้าน และสภาพแวดล้อมทางบ้านกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนประถมศึกษา กรุงเทพมหานคร พบว่า ตัวแปรความรู้พื้นฐานเดิม ประสบการณ์สอนของครู ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร เชาวน์ปัญญาของนักเรียน รายได้ของผู้ปกครอง ขนาดโรงเรียน วุฒิการศึกษาของครู แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ จำนวนคาบที่ครูสอบในหนึ่งสัปดาห์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และการส่งเสริมการเรียนของผู้ปกครอง มีอิทธิพลต่อผลการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

วราภรณ์ ขาวสุทธิ์ (2533) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การศึกษาองค์ประกอบคัดสรรทางด้านจิตพิสัยที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า องค์ประกอบทางด้านจิตพิสัยที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้แก่ เจตคติ ความสนใจ แรงจูงใจ ความวิตกกังวล อรวรรณ ณรงค์สรศักดิ์ (2533) ได้ศึกษาผลของการให้การบ้านที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า องค์ประกอบที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์คือ คุณภาพการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ (.34) ความรู้พื้นฐานเดิม (.32) ความเอาใจใส่ของผู้ปกครอง (.22) สภาพแวดล้อมในโรงเรียน (.11) และการศึกษาของผู้ปกครอง (.07)

จิราภรณ์ กุณสิทธิ์ (2541) ได้ทำการศึกษาเรื่องการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้วยตัวแปรด้านการกำกับตนเองในการเรียน การรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ ทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2541 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สามารถทำนายได้จากการกำกับตัวเองในการเรียน การรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ และทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์โดยมีตัวทำนายที่ดีที่สุดคือ การรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ รองลงมาคือ ทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และการกำกับตัวเองในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ตามลำดับ

อิทธิฤทธิ์ พงษ์ปิยะรัตน์ (2542) ได้ทำการวิเคราะห์อภิมานปัจจัยด้านนักเรียน ครู และโรงเรียน ที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จากงานวิจัยเชิงสหสัมพันธ์จำนวน 47 เล่ม จำนวน 265 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จำแนกเป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปัจจัยด้านนักเรียน 162 ค่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ปัจจัยด้านครูจำนวน 74 ค่า และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของปัจจัยด้านโรงเรียนจำนวน 29 ค่า ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยด้านนักเรียนมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงสุด (.388) รองลงมาได้แก่ปัจจัยด้านโรงเรียน (.294) และปัจจัยด้านครู (.157)

เมื่อแยกวิเคราะห์ตามปัจจัยพบว่า ปัจจัยด้านนักเรียนที่ประกอบด้วยตัวแปรด้านภูมิหลังของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .172 ตัวแปรด้านฐานะทางเศรษฐกิจและสังคมมีค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ.384 ส่วนปัจจัยด้านครูซึ่งประกอบด้วยตัวแปรภูมิหลังของครูพบว่ามีค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .132 และตัวแปรพฤติกรรมการสอนของครูมีค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .165 ส่วนตัวแปรระดับโรงเรียนนั้นพบว่าตัวแปรขนาดโรงเรียนมีค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .160 ความเป็นผู้นำทางวิชาการมีค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ.347 และตัวแปรด้านที่ตั้งมีค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .340

นิตยา เหมือดไธสง (2543) ได้ศึกษาการส่งอิทธิพลผ่านตัวกลางเชิงสาเหตุของปัจจัยด้านนักเรียน ครู และโรงเรียนไปยังผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์อภิมานจากงานวิจัยเชิงทดลอง จำนวน 162 เล่ม และเชิงสหสัมพันธ์ จำนวน 35 เล่ม ผลการวิจัยพบว่างานวิจัยทั้ง 197 เรื่องมีมีค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับของปัจจัยทั้ง 3 ด้านเท่ากับ .342 โดยแยกเป็นปัจจัยด้านนักเรียนมีค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงสุด (.376) รองลงมาได้แก่ปัจจัยด้านโรงเรียน (.318) และปัจจัยด้านครู (.303) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าปัจจัยด้านนักเรียนซึ่งตัวแปรด้านภูมิหลังของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .440 ตัวแปรด้านฐานะทางเศรษฐกิจและสังคมมีค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .265 ส่วนปัจจัยด้านครูซึ่งประกอบด้วยตัวแปรภูมิหลังของครูพบว่ามีค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .316 และตัวแปรพฤติกรรมการสอนของครูมีค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .334 ส่วนตัวแปรระดับโรงเรียนนั้นพบว่า ตัวแปรขนาดโรงเรียนมีค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .307 ความเป็นผู้นำทางวิชาการมีค่าเฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .517

ศุภลักษณ์ ใจแสวงทรัพย์ (2547) ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า พัฒนาการทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้รับอิทธิพลทางตรงจากฐานะทางเศรษฐกิจของผู้ปกครอง รองลงมาได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเดิม การศึกษาของครูผู้สอน และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ส่วนพิชิต ธรรมรักษ์ (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนแผนการเรียนศิลป์ภาษา ในกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ปัจจัยที่สำคัญ 6 ตัวที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนแผนศิลป์ภาษา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้แก่ ประสบการณ์สอนคณิตศาสตร์ ขนาดของโรงเรียน ความรู้พื้นฐานเดิม อาชีพผู้ปกครอง ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งตัวแปรทั้ง 6 ตัวแปรร่วมกันทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 39.10

Wang, Haertel และ Walberg (1993) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้โดยการรวบรวมข้อมูลจากหลายแหล่ง เช่น 1.งานวิจัยที่เป็นการวิเคราะห์อภิมาน (meta analysis) จำนวน 91 เรื่อง แล้วนำผลการศึกษาเหล่านั้นมาสรุปเป็นองค์ความรู้สำหรับใช้ในการวิจัย 2.ระดมความรู้จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 61 คน มาทำการประเมินองค์ความรู้ที่สรุปได้ และ 3. รวบรวมหนังสือ บทความ วารสารทางวิชาการต่าง ๆ จำนวน 179 เรื่องมาวิเคราะห์เนื้อหา ซึ่งการวิเคราะห์เนื้อหาครั้งนี้ครอบคลุมความสัมพันธ์มากกว่า 11,000 ตัวแปร ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเกิดการเรียนรู้ของผู้เรียน มีองค์ประกอบอยู่ 3 ประการดังนี้

1. ตัวแปรทางด้านจิตวิทยา เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญต่อการเกิดการเรียนรู้ในโรงเรียน เช่น บรรยากาศในการเรียน เป็นต้น

2. ตัวแปรทางด้านการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ตัวแปรรูปแบบการจัดการเรียนการสอนโดยครู เทคนิคการสอนของครู คุณภาพการสอนของครู และการเสริมแรงของครู

3. ตัวแปรด้านสภาพแวดล้อมครอบครัว ได้แก่ตัวแปรที่เกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้ปกครอง ทัศนคติของผู้ปกครอง การสนับสนุนทางการศึกษาของผู้ปกครอง เป็นต้น

The Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) ได้ทำการศึกษาวิจัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ในปี ค.ศ.1999 ใน 41 ประเทศเพื่อศึกษาแนวโน้มของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 8 ซึ่งเคยสอบมาครั้งหนึ่งเมื่อปี 1995 แต่เป็นนักเรียนคนละกลุ่มกัน ในการสอบจะใช้เนื้อหาเศษส่วนและจำนวน การวัด การนำเสนอข้อมูล การวิเคราะห์และความน่าจะเป็น เรขาคณิตและพีชคณิต นอกจากนี้ TIMSS ยังเก็บข้อมูลคุณลักษณะของผู้สอบเพื่อศึกษาวิจัยต่อไปถึงตัวแปรที่กระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์พบว่า ตัวแปรในระดับผู้เรียนที่มีผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทาง

การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้แก่ SES วุฒิการศึกษาของผู้ปกครอง มโนทัศน์เชิงบวกต่อวิชาคณิตศาสตร์ ปัจจัยด้านครูคือตัวแปรความพร้อมในการสอนคณิตศาสตร์ และระดับโรงเรียน คือ การมีทรัพยากรสนับสนุนในการจัดการศึกษา และความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

Heck, R.H. (2000) ได้ทำการศึกษาผลกระทบจากคุณภาพของสถานศึกษาที่มีต่อประสิทธิผลด้านการจัดการศึกษาและการพัฒนาสถานศึกษาโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์มูลค่าเพิ่ม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ การนำเสนอวิธีการเปรียบเทียบโรงเรียนทั่วมลรัฐโดยมุ่งศึกษามูลค่าเพิ่มจากอิทธิพลของสถานศึกษาระดับประถมศึกษา และสภาพแวดล้อมของโรงเรียน โดยตัวแปรที่ Heck ได้นำเข้ามาศึกษานั้นได้มาจากการทบทวนงานวิจัยของ Creemers, 1994; Hallinger และ Murphy, 1986; Hallinger และ Heck, 1998; Heck และ Marcouliadies, 1996; Leithwood, 1994; McDonell, 1995; Mortimore, 1993; Reynolds และ Packer, 1992; Sammons และคณะ, 1995 และ Witte และ Walsh, 1990. ซึ่งมีตัวแปรที่เข้าร่วมในโมเดลดังนี้

ตัวแปรระดับโรงเรียน ได้แก่

1.ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร 2.ความคาดหวังสูงสุดของโรงเรียนต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน 3.การสร้างจุดเน้นทางวิชาการ 4.ความถี่ของการกำกับติดตามความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน 5.สภาพแวดล้อมทางการเรียนของโรงเรียน 6.ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของผู้ปกครองกับโรงเรียน และ 7.ขนาดของโรงเรียน

ตัวแปรระดับนักเรียน ได้แก่

1.ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการศึกษา 2.เพศ 3.เชื้อชาติ 4.สถานภาพทางเศรษฐกิจ 5.พื้นฐานทางภาษา และ 6.ความต้องการการศึกษาพิเศษ

ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนเอกชนจำนวน 243 คน รวม 188,000 คน ใช้การวิเคราะห์แบบพหุระดับ ร่วมกับการวิเคราะห์โมเดลโครงสร้างเชิงเส้น ผลการวิเคราะห์พบว่า การประมาณค่าเศษเหลือที่มีการปรับให้เหมาะสมแล้วด้วยตัวแปรระดับนักเรียน เศษเหลือจากวิชาการอ่านมีค่าอยู่ระหว่าง –9.9 ถึง 15.5 เศษเหลือวิชาภาษาเท่ากับ –11.8 ถึง 11.0 และเศษเหลือของวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในพิสัย –27.6 ถึง 33.7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสถานศึกษาสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผู้เรียนได้แตกต่างกันในแต่ละรายวิชาเมื่อวิเคราะห์โมเดลโครงสร้างเชิงเส้นแล้วพบว่าตัวแปรด้านคุณภาพโรงเรียนทั้ง 6 ตัวแปรมีสัมประสิทธิ์อยู่ในพิสัย .59 ถึง .97

D'Agostino (2000) ได้ศึกษาอิทธิพลของการเรียนการสอน และโรงเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และการอ่านในระยะยาว ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการจัดการเรียนการสอน และการบริหารจัดการโรงเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คณิตศาสตร์และการอ่านของนักเรียนเกรด 1 ถึงเกรด 3 มีตัวแปรที่เข้าร่วมในการศึกษาคือตัวแปรระดับนักเรียน ได้แก่ 1.เพศ 2. ระดับการศึกษา 3.อาชีพ 4.รายได้ครอบครัว 5.แหล่งข้อมูลสนับสนุนการศึกษา ตัวแปรระดับครูได้แก่ 1.การจัดการสอนคณิตศาสตร์ และการอ่าน 2.ความรู้พื้นฐานด้านการสอน 3.ความรู้ระดับสูงด้านการสอน 4.รูปแบบการจัดการเรียนการสอน และตัวแปรระดับโรงเรียนประกอบด้วย 1.ขนาดโรงเรียน 2.ความเป็นผู้นำทางวิชาการ 3.ระดับความยากจนของโรงเรียน และ4. การสนับสนุนของผู้ปกครอง

ผลการศึกษาพบว่าการทดสอบโมเดลการจัดการศึกษาของโรงเรียนทั้ง 3 รูปแบบด้วยโมเดล HLM เมื่อควบคุมเศรษฐานะของผู้ปกครอง พบว่าตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการ การสนับสนุนของผู้ปกครอง ทำให้ครูจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

Xin Ma (2001) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความสม่ำเสมอของผลงานทางวิชาการของโรงเรียนในเขตพื้นที่การศึกษาต่าง ๆ ในประเทศแคนนาดา วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ ศึกษาความสัมพันธ์ของผลงานทางวิชาการของโรงเรียนกับผลการเรียนของนักเรียนในรายวิชาต่าง ๆ คือ วิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ การอ่าน และการเขียนระหว่างนักเรียนและโรงเรียน โดยใช้โมเดลพหุตัวแปรพหุระดับ (multivariate multilevel model) โดยมีการใช้สถิติปรับแก้สำหรับคุณลักษณะของผู้เรียน บริบทของโรงเรียนและบรรยากาศของโรงเรียนด้วยโดยมีคำถามการวิจัย 3 ประการดังนี้

1.นักเรียน/โรงเรียนมีผลงานทางวิชาการสม่ำเสมอกันในแต่ละเขตพื้นที่การศึกษาจำแนกตามรายวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ การอ่าน และการเขียนหรือไม่

2.หลังจากปรับแก้อิทธิพลของภูมิหลังนักเรียนแล้วโรงเรียนมีผลงานทางวิชาการสม่ำเสมอกันในแต่ละเขตพื้นที่การศึกษาหรือไม่

3.หลังจากปรับแก้อิทธิพลระดับนักเรียนและโรงเรียนแล้วโรงเรียนมีผลงานทางวิชาการสม่ำเสมอกันระดับข้ามเขตพื้นที่การศึกษาหรือไม่

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่ต้องสอบแบบสอบวัดความรู้ตามรายวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 39 ข้อ วิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 33 ข้อ การอ่าน จำนวน 35 ข้อ และการเขียนที่ให้คะแนนแบบแบ่งเป็นระดับการประเมิน 6 ระดับ และเก็บข้อมูลด้านภูมิหลัง 2 ตัวแปรคือจำนวนผู้ปกครอง และจำนวน พี่น้อง ส่วนในระดับโรงเรียนก็จะมีแบบประเมินความเข้มงวดในระเบียบวินัย บรรยากาศทางวิชาการ การมีส่วนร่วมของโรงเรียน ขนาดของโรงเรียน และค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

ผลการวิจัยพบว่า 1.นักเรียนมีระดับของการประสบความสำเร็จที่แตกต่างกันในเขตพื้นที่การศึกษาต่างกัน 2.โรงเรียนจะมีประสิทธิภาพทางการจัดการศึกษาแตกต่างกันในเขตพื้นที่

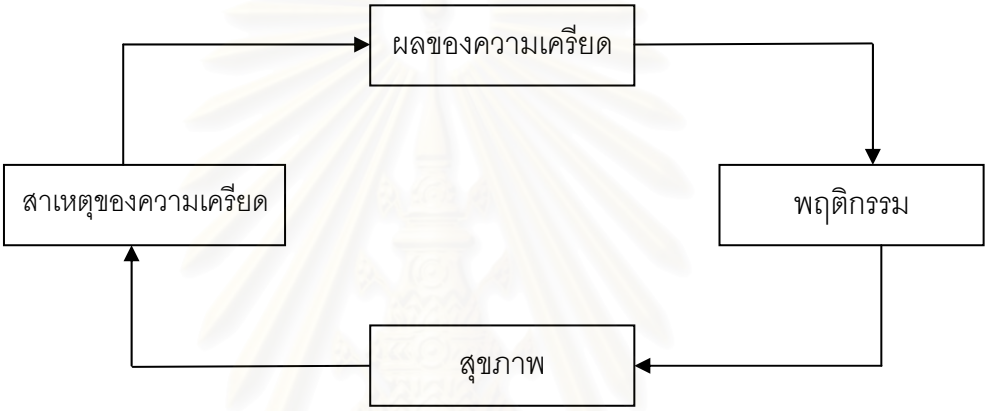
การศึกษาที่แตกต่างกัน 3.ความแตกต่างของการประสบความสำเร็จของนักเรียนจะเห็นได้อย่างชัดเจนในระดับนักเรียนมากกว่าระดับโรงเรียน ข้อค้นพบนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการปรับเปลี่ยน พัฒนาโปรแกรมการจัดการศึกษาของโรงเรียนที่จะช่วยสนับสนุนให้เกิดความเชื่อมั่นได้ว่าจะเกิดความก้าวหน้าในการเรียนของนักเรียน และจะเท่าเทียมกันในแต่ละเขตพื้นที่การศึกษา

Zvoch, K และ Stevens, J.J (2006) ได้ศึกษาเรื่อง อิทธิพลระยะยาวของบริบท และการปฏิบัติของโรงเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1.ศึกษาขนาดของความแปรปรวนในผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และพัฒนาการทางการเรียนทั้งในระดับบุคคล และระดับห้องเรียน 2.เพื่อศึกษาว่าตัวแปรคุณลักษณะของระดับนักเรียนและโรงเรียนสามารถร่วมกันทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพัฒนาการทางการเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาเกรด 6 ถึงเกรด 8 ของรัฐ Southwestern ซึ่งผู้วิจัยใช้การเก็บข้อมูลระยะยาวแบบกลุ่มระหว่างปี 1998 ถึงปี 2001 ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) มีตัวแปรที่เข้าร่วมในโมเดลดังนี้ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดได้จากการสอบแบบสอบมาตรฐาน <u>ตัวแปรระดับนักเรียน</u>ประกอบด้วย 1.เพศ 2.ความเป็นชนเชื้อชาติอังกฤษ 3.การได้รับอาหารกลางวันฟรี 4.การเป็นผู้เรียนภาษาอังกฤษ และ 5.นักเรียนที่ได้รับการเรียนพิเศษ <u>ด้านตัวแปรระดับโรงเรียน</u> ประกอบด้วย 1.สัดส่วนของนักเรียนที่ได้รับอาหารกลางวัน 2.การปฏิรูปหลักสูตร 3.การมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาของครู

ผลการศึกษาพบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเท่ากับ 648.96 (sd.=3.09) และจุดตัดแกน (γ_{000}) มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และพบว่ามีความผันแปรระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนและโรงเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ซึ่งพบอีกว่าตัวแปรระดับผู้เรียนที่สามารถทำนายความผันแปรได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับผู้เรียน คือ ความเป็นเชื้อสายอังกฤษ การได้รับอาหารกลางวันฟรี การเป็นผู้เรียนภาษาอังกฤษ และการได้รับการศึกษาพิเศษ ส่วนในระดับโรงเรียนได้แก่สัดส่วนของนักเรียนที่ได้รับอาหารกลางวันฟรี

จากการศึกษาพบว่ามีตัวแปรทางจิตวิทยาบางตัวแปรที่สมควรนำเข้าสู่การศึกษาวิเคราะห์ในครั้งนี้ด้วย คือ ตัวแปรความเครียดของนักเรียน ทั้งนี้เพราะจากการศึกษางานวิจัยพบว่าปัจจุบันความเครียด มีผลต่อพฤติกรรมของมนุษย์และการศึกษาของนักเรียนเป็นอย่างมาก (กรมสุขภาพจิต, 2545) โดยเฉพาะการดำเนินชีวิตในสภาพปัญหาต่าง ๆ ที่รุมเร้าเข้ามาจากการศึกษาของ กาญจนา เดชคุ้ม (2541) ในเรื่องความเครียดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ใน

ภาวะวิกฤติทางเศรษฐกิจ ผลการวิจัยพบว่า สาเหตุที่ทำให้นักเรียนเครียดมากที่สุดมาจากปัญหาด้านการเรียนของนักเรียน และการสอบเข้าศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น และนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมีความเครียดในระดับสูงกว่าปกติ ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับกรมสุขภาพจิต(2545) ที่กล่าวว่าความเครียดจะทำให้มนุษย์เกิดความรู้สึกหนักใจ เป็นทุกข์ และพลอยให้เกิดอาการผิดปกติทางด้านร่างกายและพฤติกรรมตามไปด้วย รวมถึงการไม่สามารถควบคุมตนเองได้ จากการศึกษาของอาทร บัวสมบูรณ์ (2538) และ กนกวรรณ การุญ (2547) ได้ผลการวิจัยสอดคล้องกันว่าความเครียดมีความสัมพันธ์ในทางลบกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน และFarmer, Monahan และ Heckeler (1984) ได้กล่าวถึงวงจรของการเกิดความเครียดว่ามีกระบวนการดังนี้



แผนภาพที่ 2 – 13 วงจรสุขภาพที่สัมพันธ์กับความเครียด

จากรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ศึกษาค้นคว้า สามารถประมวลสรุปได้ดังตารางที่ 2-6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2-6 ผลการสังเคราะห์ตัวแปรทำนายที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จำแนกตามระดับของตัวแปร

ตัวแปร	รายชื่อผู้ผลิตผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์																			
	อุรี (2525)	ปาจรีย์ (2527)	ประเสริฐ (2532)	วราภรณ์ (2533)	อรวรรณ (2533)	อาทร (2538)	กาญจนา (2541)	จิราภรณ์ (2541)	อิทธิฤทธิ์ (2542)	นิตยา (2543)	กนกวรรณ (2547)	ศุภลักษณ์ (2547)	พิชิต (2549)	Wang (1993)	TIMMS (2000)	Heck (2000)	D'Agostino (2000)	Xin ma (2001)	Zvoch (2003)	**รวม**
ปัจจัยระดับนักเรียน																				
เพศ									✓	✓						✓	✓		✓	5
เจตคติต่อการเรียน	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓			13
รายได้ของครอบครัว		✓	✓						✓	✓		✓	✓	✓			✓			8
การสนับสนุนทางการเรียน			✓		✓									✓	✓		✓		✓	6
การเรียนพิเศษเสริมความรู้																✓	✓		✓	3
ความเครียดของนักเรียน						✓	✓				✓									3
ปัจจัยระดับโรงเรียน																				
ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร		✓	✓						✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓			9
ประสบการณ์สอนของครู	✓	✓	✓		✓				✓	✓			✓	✓	✓	✓				10
ระดับ/วุฒิการศึกษาของครู			✓		✓				✓	✓		✓		✓			✓			7
ขนาดของโรงเรียน	✓		✓						✓	✓			✓			✓	✓	✓		8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้นำเสนอตัวแปรที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ไว้ในตารางที่ 2-6 ที่ประมวลจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ ช่วงปี พ.ศ. 2532 – พ.ศ. 2549 ผู้วิจัยพิจารณาความหมายและระดับการมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มาประกอบการพิจารณาคัดเลือกตัวแปรในการวิจัย เพื่ออธิบายความผันแปรของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องทั้งในระดับผู้สอบ และระดับโรงเรียนได้ดังตาราง 2-8

ตารางที่ 2-7 ตัวแปรระดับนักเรียนและโรงเรียนที่ส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ที่	ตัวแปรระดับนักเรียน	ที่	ตัวแปรระดับโรงเรียน
1	เพศ	1	ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร
2	รายได้ต่อเดือนของผู้ปกครอง	2	ประสิทธิภาพการสอนของครู (ผลการประเมินมาตรฐานด้านครูของ สมศ.)
3	เกรดวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมา	3	ประสิทธิภาพการบริหารของผู้บริหาร (ผลการประเมินมาตรฐานด้านผู้บริหารของ สมศ.)
4	เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์	4	ขนาดของโรงเรียน
5	การเรียนพิเศษเสริมความรู้วิชาคณิตศาสตร์		
6	ระดับความเครียดของนักเรียน		

6.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับ

Jon Rabsbash และ Harvey Goldstein (1994) ได้วิจัยประสิทธิภาพของการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับผสม และโมเดลที่มีโครงสร้างจำแนกข้ามกลุ่มแบบสุ่ม โดยใช้โมเดลพหุระดับ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่าโมเดลพหุระดับมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีโครงสร้างจำแนกข้ามกลุ่มแบบสุ่มได้ดีเพียงใด โดยใช้คะแนนจากการสอบนักเรียนช่วงอายุ 16 ปี ในเมือง Fife ประเทศ Scottland จำนวน 3,435 คน ซึ่งกำลังเรียนอยู่ในระดับมัธยมศึกษาและจำแนกข้ามกลุ่มเป็นกลุ่มในระดับประถมศึกษาด้วย ดังนั้นข้อมูลจึงประกอบด้วย นักเรียนในระดับประถมจาก 148 โรงเรียน นักเรียนในระดับมัธยม 19 โรงเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูลกระทำโดยการใช้โปรแกรม ML3 (Prosser, Rasbash และ Goldstein, 1994) โดยศึกษา 2 ลักษณะ ดังนี้ 1) ศึกษาเฉพาะค่าเฉลี่ยรวมสำหรับอิทธิพลกำหนด (fixed effect) เท่านั้น 2) เพิ่มตัวแปรทำนายที่เป็นคะแนนการให้เหตุผล จากการวิเคราะห์จะทราบความแปรปรวนของคะแนนในระดับประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษา

Rabsbash และ Goldstein สรุปผลการศึกษาว่าการวิเคราะห์โมเดลที่มีโครงสร้างจำแนกข้ามกลุ่มแบบสุ่ม โดยใช้กรอบแนวคิดของโมเดลพหุระดับมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ และประมาณค่าพารามิเตอร์มาก และสามารถขยายแนวคิดไปสู่การวิเคราะห์แบบ nonlinear model, binary poison, multinamial response model และ time series analysis ได้

Adam, Wilson และ WU (1997) ได้ศึกษาโมเดลการตอบสนองข้อสอบพหุระดับ ด้วยวิธีการใช้ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรในการถดถอย ในการศึกษาได้แสดงวิธีการประยุกต์โมเดลพหุระดับให้สามารถวิเคราะห์ร่วมกับโมเดล IRT ได้ เพราะหากบุคคลที่มาสอบเป็นการมาแบบสุ่มจากประชากรของผู้สอบทั้งหมด ก็จะสามารถพิจารณาสร้างเป็นโมเดลการตอบสนองข้อสอบได้ (IRM) และจัดเป็นการวิเคราะห์ระดับภายในผู้สอบ ที่โมเดลของประชากรจะเป็นโมเดลระหว่างผู้สอบ กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยนี้เป็นนักเรียน 500 คน ตอบข้อสอบแบบการวัดความรู้บางส่วน (PCM) จำนวน 5 ข้อ โดยที่ 3 ข้อมี 3 คำตอบ และอีก 2 ข้อมี 4 คำตอบ ผลการศึกษา Adam, Wilson และ WU สรุปว่าโมเดลราสช์สามารถประยุกต์ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อสอบหลายระดับของโมเดลการวัด สามารถใช้ได้ทั้งการให้คะแนนแบบแบ่งเป็นสอง (dichotomous) และแบบให้คะแนนหลายค่า (polytomous)ได้ รวมทั้งเป็นวิธีการที่ง่ายต่อการนำตัวแปรที่ต้องการศึกษาเข้ามาร่วมในสมการ และสามารถขยายแนวคิดในการศึกษาได้มากกว่า 2 ระดับ

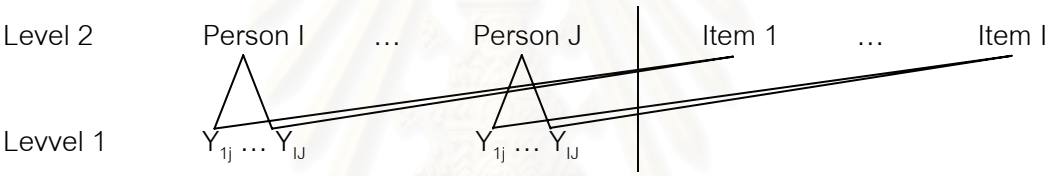
Kimberly S. Maier (2001) ได้ทำการวิจัยเรื่องโมเดลการวัดราสช์แบบระดับลดหลั่น (Rasch Hierarchical Measurement Model: Rasch HMM) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาโมเดลการวัดราสช์แบบระดับลดหลั่น ให้สามารถวัดตัวแปรแฝง และสามารถวัดความแปรปรวนของคลาดเคลื่อนในระดับต่าง ๆ ได้ Maier พัฒนาโมเดลโดยการรวมกันของ Rasch IRT Model กับ One way ANOVA with random effectz ผลจากการพัฒนาทำให้สามารถประมาณค่าโมเดลการวัดราสช์แบบระดับลดหลั่น (Rasch HMM) โดยใช้สถิติเบย์เซียนได้จึงสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ และข้อสอบได้พร้อม ๆ กัน การทดสอบการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลนั้นใช้การสร้างสมมติ (simulate) กลุ่มผู้สอบขึ้นมาจำนวน 742 คน ข้อสอบ 10 ข้อ กับกลุ่มคน 53 กลุ่ม โดยตั้งเงื่อนไขในการวิเคราะห์ 3 ประการ คือข้อมูลสมดุลกันทั้ง 2 ระดับการวิเคราะห์ ข้อมูลไม่สมดุล และข้อมูลจำนวนน้อย ผลการวิเคราะห์พบว่า โมเดลสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้สอดคล้องกันทุกโมเดลโดยใช้การกระจายแบบ marginal และได้ระดับช่วงความเชื่อมั่นในระดับที่น่าพึงพอใจ นอกจากนี้ยังง่ายต่อการประยุกต์ใช้กับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นกลุ่มหลายกลุ่ม (categories) แต่อย่างไรก็ตามโมเดลการวิเคราะห์จำเป็นต้องสร้างเมตริกซ์จำนวนมากดังนั้นคอมพิวเตอร์ควรมีความจำภายใน(RAM) ประมาณ 190 MB และความเร็วที่ 450 MHz เป็นอย่างน้อย

Wim Van den Noortage, Paul De Boeck และ Michel Meulders (2003) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการจำแนกข้ามกลุ่มด้วยโมเดลโลจิสติกพหุระดับ โดยใช้หลักการวิเคราะห์ที่ข้อสอบและผู้สอบต่างก็เป็นตัวแปรที่ได้มาจากการสุ่มของประชากรในแต่ละกลุ่ม จึงสามารถกำหนดให้ส่วนที่เหลือจากทั้งข้อสอบและผู้สอบให้อยู่ในระดับเดียวกันได้ โดยที่ข้อสอบจะถูกตอบโดยคนทุกคน ดังนั้นระดับแรกของการศึกษาจึงเป็นระดับการตอบข้อสอบ โดยที่ระดับที่สองจะเป็นระดับข้อสอบและระดับบุคคลร่วมกัน นั่นคือการตอบข้อสอบจะสอดแทรกอยู่ในตัวผู้สอบและภายในข้อสอบดังแสดงในแผนภูมิที่ 2-11 ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการโมเดลตอบสนองข้อสอบแบบพหุระดับได้ดังนี้

$$\text{Logit}(\pi ij) = \beta_0 + U_{1j} + U_{2j}$$

เมื่อ U_{1j} หมายถึง ส่วนที่เหลือของระดับบุคคล และ

U_{2j} หมายถึง ส่วนที่เหลือของระดับข้อสอบ



แผนภูมิที่ 2-11 โมเดลโครงสร้างข้อมูลสำหรับโมเดลการวิเคราะห์จำแนกข้ามกลุ่ม 2 ระดับ

กลุ่มตัวอย่างนักเรียนชนกลุ่มน้อย (Flemish) โดยใช้แบบทดสอบที่ Noortage และ De Boeck จัดทำขึ้น เพื่อวัดการประสบความสำเร็จของความเข้าใจในการอ่านภาษาดัตช์ ข้อมูลประกอบด้วยคะแนนของนักเรียน 539 คน จาก 29 ห้องเรียน ใน15 โรงเรียน แบบทดสอบที่ใช้มี 57 ข้อ วัดเป้าหมายของการประสบความสำเร็จของความเข้าใจในการอ่านภาษาดัตช์ 9 ด้านด้วยโมเดลที่ประมาณค่าพารามิเตอร์ 4 โมเดล คือ GLIMMIX macro ของโปรแกรม SAS, โปรแกรม MlwiN, MQL และ PQL ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่ารูปแบบการประมาณค่าโมเดลจำแนกข้ามกลุ่มด้วยโมเดลโลจิสติกพหุระดับเป็นโมเดลที่มีความยืดหยุ่นมากในการขยายแนวคิดการศึกษาด้วยโมเดล IRT ปกติในการศึกษาจิตมิติ เพราะสามารถสร้างโมเดลที่เป็นสภาพจริงรวมทั้งสามารถหลีกเลี่ยงข้อตกลงเบื้องต้นที่ไม่สมจริงในโมเดล IRT ได้ นอกจากนี้การประมาณค่าพารามิเตอร์ก็สามารถกระทำได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้ว่าผู้ตอบบางคนจะไม่ตอบข้อสอบเลยทุกข้อก็ตาม แต่อย่างไรก็ตามโปรแกรมที่มีการประมาณค่าด้วยสถิติ Penalized Quasi-Likelihood Procedure (PQL2) มีน้อยมากจึงเป็นข้อจำกัดของการประมาณค่า เพราะวิธีการดังกล่าวเหมาะสมต่อการศึกษาโมเดลจำแนกข้ามกลุ่มด้วยโมเดลโลจิสติกพหุระดับ และรวมถึงการประมาณค่าต้องสร้างเมตริกซ์จำนวนมาก เครื่องคอมพิวเตอร์จำเป็นที่ต้องมีสมรรถนะสูง

Wim Van den Noortage และ Paul De Boeck (2005) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การประเมินและอธิบายการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) โดยใช้โมเดลผสมโลจิสติก (Logistic Mixed Models) มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) โดยใช้โมเดลผสมโลจิสติก และศึกษาว่าข้อสอบทำหน้าที่ต่างกันตามกลุ่มของเพศหรือไม่ ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยมาจากการศึกษาของ De Boeck, Daems, Meulders และ Rymenans (1997) ที่ศึกษาเพื่อประเมินความสำเร็จของความเข้าใจในการอ่านภาษาดัตช์ของคนกลุ่มน้อย โดยใช้แบบทดสอบที่ Noortage และ De Boeck จัดทำขึ้น ข้อมูลประกอบด้วยคะแนนของนักเรียน 539 คน จาก 29 ห้องเรียน ใน15 โรงเรียน แบบทดสอบที่ใช้มี 57 ข้อ วัดเป้าหมายของการประสบความสำเร็จของความเข้าใจในการอ่านภาษาดัตช์ 9 ด้าน

การวิเคราะห์ข้อมูลจะทำใน 2 ลักษณะด้วยกันคือ การวิเคราะห์ในโมเดลแมนเทลแฮนเซล (MH-model) และการประมาณค่าแบบโมเดลผสมโลจิสติก (Logistic Mixed Models: LMM)โดยใช้วิธีการประมาณค่าด้วยโปรแกรม GLIMMIX macro ของโปรแกรม SAS ผลการศึกษาพบว่าโมเดลผสมโลจิสติก (LMM) สามารถทำการวิเคราะห์ในรูปแบบของ DIF ได้โดยการจัดกระทำอิทธิพลของข้อสอบ (item effect) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบกับกลุ่มผู้สอบต่าง ๆได้ในลักษณะที่เป็นตัวแปรสุ่ม ซึ่งการวิเคราะห์สามารถกระทำได้ทั้งในลักษณะรายข้อแต่ยังดำเนินการได้ในลักษณะของกลุ่มข้อสอบได้ด้วย ซึ่ง โมเดลผสมโลจิสติก (LMM) ไม่เพียงแต่จะเป็นวิธีการที่สะดวกประหยัดและครอบคลุมเนื้อหาของการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบวิธีต่าง ๆ กันได้แล้ว ยังสามารถรวมตัวแปรร่วม (covariate) ที่สัมพันธ์กับกลุ่ม หรือข้อสอบให้อยู่ในสมการวิเคราะห์เดียวกันได้ แต่อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบด้วยวิธีในโมเดลแมนเทลแฮนเซล (MH-model) และการประมาณค่าแบบโมเดลผสมโลจิสติก (LMM) มีความสัมพันธ์กันเท่ากับ .97

Rijman, F., Tuerlinckx, F., Meulders, M., Smits, J.M. และ Balazs, K. (2005) ได้ศึกษาวิธีการประมาณค่าโมเดลผสมสำหรับโมเดลราสช์ เพื่อศึกษาและประเมินผลของการประมาณค่าด้วยวิธีการต่าง ๆ สำหรับโมเดลเส้นตรงทั่วไป และโมเดลผสมไม่เป็นเส้นตรงซึ่ง Rijman และคณะได้กล่าวว่า โมเดลผสม (Mixed models) เป็นชุดของเครื่องมือทางสถิติที่มีความเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีลักษณะเป็นกลุ่มๆ และสอดแทรกอยู่ด้วยกัน ในการศึกษาจะสร้างข้อมูลสมมุติขึ้นมาศึกษาลักษณะการประมาณค่าที่ต่างกันของโมเดลราสช์ตามเงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้ 1.กลุ่มคนมี 2 กลุ่ม คือ 100 คน และ 500 คน 2.จำนวนข้อสอบ มี 2 กลุ่ม คือ 5 ข้อ และ 25 ข้อ และ 3.ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบที่มีค่าระหว่าง –2 ถึง +2

โดยที่ในการวิเคราะห์แต่ละครั้งจะประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 30 ชุดทั้ง 8 เงื่อนไข ซึ่งของการประเมินความเหมาะสมของการประมาณค่าพารามิเตอร์นั้น Rijman และคณะ ได้สร้างดัชนีสำหรับตรวจสอบ /ประเมินความสามารถในการประมาณค่า (GOR: Goodness of Recovery) จำนวน 3 ดัชนีดังนี้

1.BIAS: Different between the average estimated parameter

2.RMSD: Root mean square deviation

3.MCSE: Monte Carlo standard error

โดยดัชนีทั้ง 3 มีความสัมพันธ์กันดังนี้ $RMSD^2 = MCSE^2 + BIAS^2$

การประมาณค่าพารามิเตอร์จะดำเนินการผ่านวิธีการคำนวณ 4 วิธีการดังนี้

1.วิธีการ Gaussian Quarture โดยใช้โปรแกรม SAS : NLMIXED

2.วิธีการ Sixth-order Laplace โดยใช้โปรแกรม HLM (V. 5.04)

3.วิธีการ PQL2 โดยใช้โปรแกรม MLwiN (V.1.10)

4.วิธีการ MCMC โดยใช้โปรแกรม WinBUGS (V1.2)

ผลการศึกษาพบว่า เทคนิคการประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้ง 4 วิธีให้ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และผู้สอบที่เท่าเทียมกัน และมีความสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์จริง แต่ถ้าผู้วิจัยต้องการศึกษาความแปรปรวนของค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้ด้วยตัวแปรร่วม (covariate) ผู้วิจัยพบว่าการประมาณค่าด้วยวิธี PQL2 จะให้ผลการประมาณค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริง (underestimated) หากประมาณค่าด้วยวิธี MCMC ผลการประมาณค่าที่สูงกว่าความเป็นจริง (overestimated) ซึ่ง Rijman และคณะได้แนะนำให้ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ Gaussian Quarture โดยใช้โปรแกรม SAS : NLMIXED และ Sixth-order Laplace โดยใช้โปรแกรม HLM จะมีความเหมาะสมมากกว่า

จากการศึกษางานวิจัยที่นำเสนอข้างต้น นับเป็นผลงานที่มีผลกระทบต่อพัฒนาการของการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโมเดลการวิเคราะห์แบบต่าง ๆ แต่โดยสรุปจะพบได้ว่า แนวทางการวิเคราะห์จะเริ่มหันเหเข้าสู่โมเดลที่ประมาณค่าพารามิเตอร์แบบสุ่มมากขึ้น สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังตารางที่ 2-8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2-8 สรุปผลงานวิจัยที่ใช้โมเดลการวิเคราะห์พหุระดับแบบต่าง ๆ

ผู้ผลิตงานวิจัย	วิธีการดำเนินงาน	องค์ความรู้จากการศึกษา
Rabsbash และ Goldstein (1994)	ศึกษาประสิทธิภาพของการวิเคราะห์โมเดลพหุระดับแบบผสม และโมเดลข้ามกลุ่มแบบสุ่ม โดยใช้โปรแกรม ML3	ข้อมูลที่มีลักษณะโครงสร้างการจำแนกข้ามกลุ่มแบบสุ่มสามารถนำแนวคิดการวิเคราะห์พหุระดับเข้ามาดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถประยุกต์สู่การวิเคราะห์แบบเชิงเส้นโค้งการวิเคราะห์ระยะยาวได้
Adam, Willson และ Wu (1997)	ขยายแนวคิดของการประมาณค่าด้วยโมเดลราสช์ ให้สามารถประมาณค่าในกรณีที่ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และผู้สอบถูกกำหนดให้เป็นอิทธิพลสุ่ม	โมเดลราสช์สามารถประยุกต์ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบสุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ ง่ายต่อการ
Maier (2001)	ประยุกต์ใช้โมเดราสช์สำหรับการวิเคราะห์พหุระดับ ให้สามารถวัดตัวแปรแฝงและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในระดับต่าง ๆ ได้	โมเดลราสช์แบบพหุระดับสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้สอดคล้องกันทุกโมเดลโดยใช้การกระจายแบบ marginal ได้ระดับช่วงความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้ ง่ายต่อการนำไปใช้กับการประมาณค่ากรณีผู้ตอบมีลักษณะเป็นกลุ่ม (category) แต่โมเดลก็มีความจำเป็นต้องสร้างเมตริกซ์สำหรับการคำนวณมาก คอมพิวเตอร์จึงควรมีประสิทธิภาพสูง
Noortage, De Boeck และ Meulder (2003)	ศึกษาโมเดลโลจิสติกศึกษาการจำแนกข้ามกลุ่มด้วยเทคนิคการวิเคราะห์พหุระดับ	การใช้โมเดลโลจิสติกแบบพหุระดับมีข้อดีที่การประมาณค่าพารามิเตอร์สามารถกระทำได้แม้มีผู้ไม่ตอบข้อสอบ การเอาชนะข้อตกลงเบื้องต้นที่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ทดสอบ แต่ก็มีข้อด้อยที่โมเดลการวิเคราะห์ไม่ค่อยมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์สนับสนุน และคอมพิวเตอร์ที่ใช้ต้องมีสมรถนะสูง
Noortage และ De Boeck (2005)	ใช้โมเดลโลจิสติกแบบผสม (LMM) ในการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ	โมเดล LMM สามารถดำเนินการวิเคราะห์ DIF ได้ โดยใช้โปรแกรม SAS โดยใช้โมเดลแบบสุ่ม มีความสะดวกในการวิเคราะห์ และสามารถเพิ่มตัวแปรภายนอกให้อยู่ในสมการเดียวกันได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2-8 (ต่อ)

ผู้ผลิตงานวิจัย	วิธีการดำเนินงาน	องค์ความรู้จากการศึกษา
Rijman, Tuerlinckx, Meulders, Smiths และ Balaz (2005)	ศึกษารูปแบบการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ใช้โมเดลราสช์เป็นฐานการวิเคราะห์ ทั้งแบบโมเดลผสม เชิงเส้นตรง และไม่ใช่เส้นตรงโดยมีวิธีการประมาณค่า 4 วิธีคือ Gaussian Quarture, Sixth-order Laplace, PQL2 และ MCMC	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบและผู้สอบมีความเท่าเทียมกัน หากมีการใช้ตัวแปรร่วม (Covariate) วิธีการ PQL2 จะให้ผลการประมาณค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริง ส่วนวิธี MCMC จะให้ผลการประมาณค่าที่สูงกว่าความเป็นจริง นักวิจัยแนะนำให้ใช้วิธี Gaussian Quarture จากโปรแกรม SAS และ Sixth-order Laplace จากโปรแกรม HLM จะเหมาะสมมากกว่า

6.3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ

การศึกษาเกี่ยวกับการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบครั้งนี้ เป็นการดำเนินการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบด้วยโมเดลพหุระดับ ซึ่งเป็นการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบแบบทวิวิภาค (dichotomous DIF) ดังนั้นการทบทวน ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบผู้วิจัยจึงนำเสนอแต่งานที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบแบบทวิวิภาค โดยศึกษาย้อนหลังลงไปถึงปี พ.ศ. 2540 เท่านั้น เพื่อให้ผู้อ่านได้เห็นพัฒนาการร่วมสมัยของการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบตามลำดับ

ญาณภัทร สีหะมงคล (2540) ได้ทำการเปรียบเทียบความสอดคล้องขอผลการตรวจสอบข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกัน ระหว่างวิธี Lord's χ^2 และวิธีRaju's Area Measurement และวิธี Closed Interval Area โดยใช้นักเรียนประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 11,404 คนทำแบบสอบคณิตศาสตร์ 80 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า จำนวนข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกันที่ได้จากการตรวจสอบระหว่างวิธี Lord's χ^2 วิธีRaju's Area Measurement และวิธี Closed Interval Area แตกต่างกันตามขนาดกลุ่มตัวอย่างและความยาวของแบบทดสอบแตกต่างกัน โดยมีความสัมพันธ์ของผลการตรวจสอบข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกันทั้ง 3 วิธีมีในระดับสูง และมีนัยสำคัญทางสถิติเกือบทุกเงื่อนไข

เสรี ชัดแช้ม (2540) ศึกษาเปรียบเทียบผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบแบบอเนกรูประหว่างวิธีแมนเทล-แฮนส์เซลแบบปกติกับวิธีแมนเทล-แฮนส์เซลแบบแบ่งกลุ่ม

ความสามารถของผู้สอบและความยากของข้อสอบโดยใช้วิธี IRT เป็นเกณฑ์โดยศึกษาจากข้อมูลผลการตอบแบบสอบวัดความสามารถในการอ่านภาษาไทยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดชลบุรี จำนวน 1,200 คน โดยกลุ่มผู้สอบจำแนกตามเพศ

ผลการศึกษาพบว่า วิธี MH แบบแบ่งกลุ่มความสามารถของผู้สอบและความยากของข้อสอบ สามารถตรวจพบข้อสอบทำหน้าที่ต่างกันแบบอเนกรูปได้สอดคล้องกับวิธี IRT และตรวจพบข้อสอบทำหน้าที่ต่างกันมากกว่าวิธี MH แบบปกติ ข้อสอบที่ตรวจพบส่วนใหญ่เป็นข้อสอบยากปานกลางและข้อสอบง่าย ซึ่งมีโค้งลักษณะข้อสอบของกลุ่มผู้สอบสองกลุ่มตัดกันบริเวณใกล้ ๆ จุดกลางของช่วงความสามารถ

นพมาศ พิพัฒนสุข (2541) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีแมนเทล-แฮนส์เซลกับวิธีถดถอยโลจิสติกในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ เมื่อใช้เกณฑ์จับคู่เปรียบเทียบแตกต่างกันในแบบสอบพหุมิติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 1,076 คน ผลการวิจัยพบว่า วิธีแมนเทล-แฮนส์เซลเมื่อใช้คะแนนรวมเป็นเกณฑ์จับคู่เปรียบเทียบตรวจพบข้อสอบทำหน้าที่ต่างกัน จำนวน 15 ข้อ และเมื่อใช้คะแนนแบบสอบย่อยเป็นเกณฑ์การจับคู่ตรวจข้อสอบทำหน้าที่ต่างกันจำนวน 14 ข้อ สำหรับวิธีถดถอยโลจิสติกเมื่อใช้คะแนนรวมเป็นเกณฑ์จับคู่เปรียบเทียบตรวจพบข้อสอบทำหน้าที่ต่างกัน จำนวน 17 ข้อ และเมื่อใช้คะแนนแบบสอบย่อยเป็นเกณฑ์การจับคู่ตรวจข้อสอบทำหน้าที่ต่างกันจำนวน 13 ข้อ โดยที่วิธีแมนเทล-แฮนส์เซลมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีวิธีถดถอยโลจิสติกในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบในแบบสอบชนิดพหุมิติเมื่อใช้เกณฑ์จับคู่แบบคะแนนรวม และมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกันเมื่อใช้เกณฑ์จับคู่คะแนนสอบย่อย แต่อย่างไรก็ตามวิธีวิธีถดถอยโลจิสติกเมื่อใช้เกณฑ์จับคู่เปรียบเทียบคะแนนหลายแบบสอบย่อยมีความเหมาะสมในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบในแบบสอบชนิดพหุมิติ

นิคม กีรติวรางกูร (2542) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบระหว่างวิธรการวิเคราะห์องค์ประกอบจำกัด แมนเทล-แฮนส์เซล และการตอบสนองข้อสอบ โดยเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดคือความยาวของแบบสอบ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง ค่าความยากของข้อสอบและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ ผลการศึกษาพบว่า โดยภาพรวมวิธี RFA มีประสิทธิภาพในการการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบได้สูงที่สุด รองลงมาคือวิธีแมนเทล-แฮนส์เซล และวิธี IRT-2PL โดยวิธี IRT-2PL มีความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงที่สุด สูงกว่าวิธีแมนเทล-แฮนส์เซล และวิธี RFA ตามลำดับ และยังพบว่าวิธีแมนเทล-แฮนส์เซลมีประสิทธิภาพในการการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบสูงภายใต้เงื่อนไขแบบสอบที่มีความยากต่ำ อำนาจจำแนกสูง ที่ความยาวแบบสอบ 75 ข้อ และขนาดกลุ่มตัวอย่าง 1,000 คน

ส่วนวิธี IRT-2PL มีประสิทธิภาพในการการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบสูงภายใต้เงื่อนไขแบบสอบที่มีความยากต่ำ ที่ความยาวแบบสอบ 75 ข้อ และขนาดกลุ่มตัวอย่าง 1,000 คน

วลีมาศ แซ่อึ้ง (2543) ทำการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบและอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบแบบอเนกรูประหว่างวิธีซิปเทสท์ปรับใหม่ วิธีซิปเทสท์ วิธีแมนเทล-แฮนส์เซลและวิธีถดถอยโลจิสติก โดยมีเงื่อนไขที่ทำการศึกษา 324 เงื่อนไข ผลการวิจัยพบว่า อำนาจการทดสอบในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบแบบอเนกรูปของวิธีซิปเทสท์ปรับใหม่ และวิธีถดถอยโลจิสติกมีค่าเท่าเทียมกันในทุกเงื่อนไข และทั้งสองวิธีมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีซิปเทสท์และวิธีแมนเทล-แฮนส์เซลภายใต้เกือบทุกเงื่อนไข ส่วนอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบอเนกรูปของวิธีซิปเทสท์ปรับใหม่ วิธีซิปเทสท์ วิธีแมนเทล-แฮนส์เซล และวิธีถดถอยโลจิสติกมีค่าอยู่ในเกณฑ์ของอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่ระดับ 10% ทุกเงื่อนไข

อารี วัชรโสตถิกุล (2543) ได้เปรียบเทียบผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบโดยใช้รูปแบบต่างกัน คือ รูปแบบคะแนนรวมทั้งฉบับแยกตามเนื้อหา และแยกตามระดับพฤติกรรมด้วยวิธีการตรวจสอบต่างกัน คือ วิธี SIBTEST และวิธีการถดถอยโลจิสติก แล้วทำการคัดเลือกข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกันออกจากแบบทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่น ผลการศึกษาพบว่า จำนวนข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกันโดยใช้วิธีการตรวจสอบต่างกัน แตกต่างกันในรูปแบบรวมทั้งฉบับ ส่วนรูปแบบแยกตามเนื้อหาและแยกตามระดับพฤติกรรมไม่แตกต่างกัน

รักชนก ยี่สุ่นศรี (2544) ทำการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบและแบบสอบสำหรับกลุ่มผู้สอบเมื่อจำแนกตามเพศและสถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์และโรงเรียนที่จบการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความเที่ยง ความตรง และฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบระหว่างแบบสอบฉบับก่อนและหลังตัดข้อสอบที่พบ DIF โดยใช้ข้อมูลจากการตอบแบบสอบคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาในสถาบันอุดมศึกษา วิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2543 ครั้งที่ 1 และเลือกศึกษาในส่วนที่เป็นข้อสอบแบบหลายตัวเลือกจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้เข้าสอบจำนวน 4,000 คน และ 3,600 คน ตามลำดับ

ผลวิจัยพบว่า แบบสอบวิชาภาษาอังกฤษทำหน้าที่ต่างกันตามเพศและสถานที่ตั้งตามภูมิศาสตร์ ส่วนแบบสอบวิชาคณิตศาสตร์ทำหน้าที่ต่างกันตามเพศของผู้สอบ และข้อสอบทำหน้าที่ต่างกันตามเพศของผู้สอบมากที่สุดทั้งสองวิชา นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของแบบสอบฉบับก่อนและหลังการตัดข้อสอบที่พบว่าทำหน้าที่ต่างกัน พบว่า ในด้านความตรงจะไม่ต่างกัน แต่แบบสอบฉบับหลังจากตัดข้อสอบที่พบว่าทำหน้าที่ต่างกันแล้ว ส่วนใหญ่จะมีค่า

ความเที่ยงลดลง และมีค่าฟังก์ชันสารสนเทศมากขึ้น ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของคะแนนรวมของผู้สอบก่อนและหลังจากการตัดข้อสอบที่พบว่าทำหน้าที่ต่างกันทั้งในกรณีที่ตัดทุกข้อและตัดในบางข้อ พบว่าทุกกรณีมีความสัมพันธ์ในทางบวกซึ่งกันและกันอย่างมีนัยสำคัญ

ชุติมา แสงดารารัตน์ (2545) ได้เปรียบเทียบผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของแบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนตามความรู้สึกคุ้นเคย ความรู้สึกสนใจ และความรู้สึกพอใจในข้อสอบด้วยวิธีการตรวจแตกต่างกัน มีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนในกรุงเทพมหานคร จำนวน 585 คน ผลการศึกษาที่สำคัญพบว่า จำนวนข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกันของแบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนด้านเหตุผลด้วยวิธีการตรวจแตกต่างกันสามารถบ่งชี้ข้อที่ทำหน้าที่ต่างกัน จากกลุ่มอ้างอิงที่เป็นเพศ ความรู้สึกสนใจ ได้จำนวนข้อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกลุ่มอ้างอิงมีความรู้สึกคุ้นเคย ความรู้สึกพอใจ ได้จำนวนข้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สุมาลี แกล้วทนงค์ (2547) ได้ศึกษาสาเหตุของการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบสาระการเรียนรู้ภาษาไทย และสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1,320 คน ผลการศึกษาพบว่าข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกันด้านเพศของแบบสอบสาระการเรียนรู้ภาษาไทยส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากความสนใจในเนื้อเรื่องและภาษาที่ใช้ในแบบสอบ ส่วนข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกันด้านเพศของแบบสอบสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรมนั้นมีสาเหตุมาจากเนื้อเรื่องที่สนใจและเนื้อเรื่องเกี่ยวกับวัฒนธรรม ประเพณี

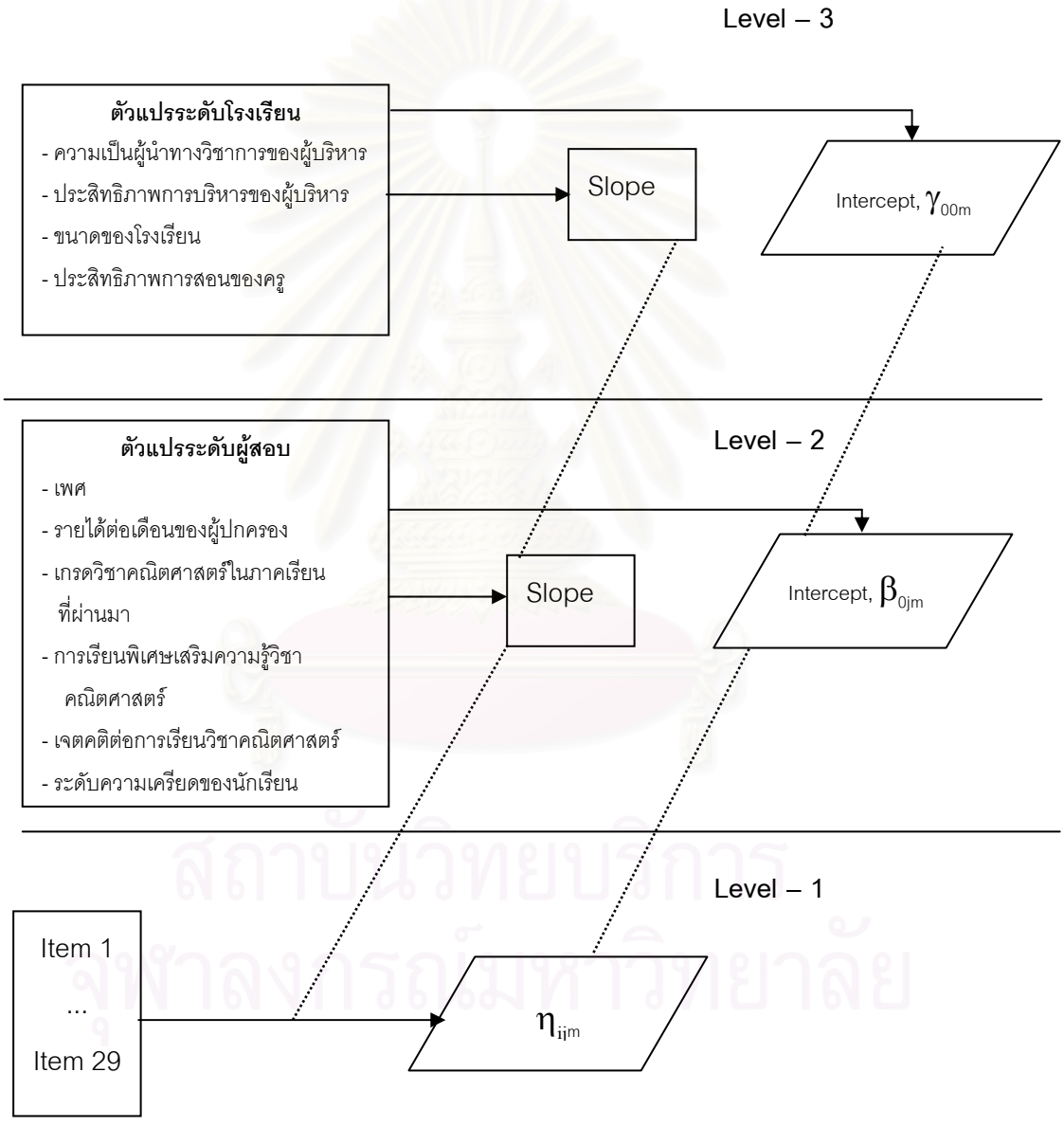
จากการศึกษางานวิจัยทั้ง 9 เรื่องที่ได้นำเสนอมาเป็นงานวิจัยประเภทดุษฎีนิพนธ์จำนวน 2 เรื่อง และเป็นวิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตจำนวน 6 เรื่อง โดยงานวิจัยจำนวน 6 เรื่องมุ่งเปรียบเทียบของวิธีการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ งานวิจัยจำนวน 2 เรื่องที่ศึกษาการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบที่สร้างขึ้น และงานวิจัยจำนวน 1 เรื่องเป็นการหาสาเหตุของการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ จากการศึกษาสามารถประมวลความรู้ได้ว่ารูปแบบวิธีการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบมีความเหมาะสมภายใต้เงื่อนไข และสถานการณ์ที่แตกต่างกัน ผู้ที่จะนำไปใช้ควรมีการศึกษาในรายละเอียดของเงื่อนไขให้สอดคล้องกับภาระงานของตนเอง

6.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยต่าง ๆ ผู้วิจัยได้ประมวลนำเสนอเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยดังแผนภาพที่ 2-14 ซึ่งแสดงถึงการหลักการวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบโดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงทั่วไประดับลดหลั่น (Hierarchical Generalized Linear Model: HGLM) ที่แบ่งระดับการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ระดับ

ให้สอดคล้องกับลักษณะธรรมชาติของข้อมูลของการทดสอบ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้เป็นการใช้หลักการวิเคราะห์ด้วยโมเดลเชิงเส้นทั่วไประดับลดหลั่นทั้ง 2 (HGLM-2L) และ 3 ระดับ (HGLM-3L) ซึ่งดำเนินการวิเคราะห์จากฐานข้อมูลชุดเดียวกัน และสามารถประยุกต์วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) ได้

แผนภาพที่ 2-14 กรอบแนวคิดในการวิจัย



การวิเคราะห์ในระดับที่ 1 เป็นระดับข้อสอบ เป็นการจัดให้ข้อสอบสอดแทรกในผู้สอบ (between item within person) ผลการวิเคราะห์ในระดับนี้จะได้ค่าความยากง่ายของข้อสอบ (item difficulty) **การวิเคราะห์ระดับที่** 2 ระดับผู้สอบ เป็นการจัดให้ผู้สอบสอดแทรกในโรงเรียน

(between person within school) ผลการวิเคราะห์ในระดับนี้จะได้ค่าความสามารถของผู้สอบ และสามารถเพิ่มตัวแปรคุณลักษณะของผู้สอบเข้าในสมการวิเคราะห์ได้ ผู้วิจัยใส่ตัวแปรดัมมี่เพศเพื่อให้วิเคราะห์ DIF จำแนกตามเพศของผู้สอบ ส่วน**การวิเคราะห์ระดับที่** 3(level 3) ระดับโรงเรียน เป็นระดับระหว่างโรงเรียน (between school) การวิเคราะห์ในระดับนี้สามารถเพิ่มตัวแปรคุณลักษณะของโรงเรียนเข้าร่วมในการวิเคราะห์เพื่ออธิบายความผันแปรในค่าเฉลี่ยผลรวมของข้อสอบข้ออ้างอิงต่อโอกาสในการตอบข้อสอบของโรงเรียน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์ 3 ประการ คือ 1.เพื่อวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ (δ_i) พารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ_j) และผลของตัวแปรคุณลักษณะของผู้เรียนและตัวแปรคุณลักษณะของโรงเรียนต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) 2.เพื่อเปรียบเทียบผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ (δ_i) และพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ_j) ระหว่างการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับโดยประยุกต์ใช้โปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) และการวิเคราะห์ข้อสอบด้วยโปรแกรม BILOG-MG และ 3.เพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) และโปรแกรม BILOG-MG การวิเคราะห์ข้อมูลการตอบข้อสอบที่มีลักษณะสอดแทรกลดหลั่นเป็นระดับ ซึ่งแบ่งการวิเคราะห์เป็น 3 ระดับการวิเคราะห์ ได้แก่ ระดับการวิเคราะห์ที่ 1 ระดับข้อสอบ ระดับการวิเคราะห์ที่ 2 ระดับผู้สอบ/ผู้เรียน และ ระดับการวิเคราะห์ที่ 3 ระดับโรงเรียน การแบ่งระดับการวิเคราะห์ดังกล่าว ผู้วิจัยได้ใช้เป็นแนวคิดหลักในการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถแสดงรายละเอียดของการดำเนินการต่าง ๆ ได้ดังนี้

3.1.ประชากร

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ช่วงชั้นที่ 3) ที่ศึกษาในปีการศึกษา 2550 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาลพบุรี เขต 1 และ 2 จำนวนนักเรียนจำแนกตามขนาดโรงเรียนแสดงในตารางที่ 3 – 1 และ ตารางที่ 3 – 2

ตารางที่ 3-1 จำแนกขนาดโรงเรียนตามจำนวนนักเรียน โดยใช้เกณฑ์ของ สพฐ.

จำนวนนักเรียน (คน)	ขนาดของโรงเรียน
1 - 120 121 – 200	ขนาดเล็ก
201 – 300 301 – 499	ขนาดกลาง
500 – 1,499 1,500 – 2,499 2,500 – 15,000	ขนาดใหญ่

ตารางที่ 3- 2 จำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดลพบุรี จำแนกตามขนาดของโรงเรียน

ขนาดโรงเรียน	สังกัด	ชื่อโรงเรียน	จำนวนนักเรียนชั้น ม.3	รวมจำนวนนักเรียนทุกชั้น
เล็ก	สพท.ลบ.1	บ้านข่อยวิทยา*	40	115
	สพท.ลบ.2	บ้านซับตะเคียน	8	74
	สพท.ลบ.1	บ้านเบิกวิทยาคม*	34	131
		โคกลำพานวิทยา	17	172
		วัดพานิชธรรมิการาม	18	185
		วักบ้านดาบ	8	172
		บ้านสระเตย	12	170
		วัดหนองเมือง	8	141
	สพท.ลบ.2	บ้านป่าเขว้า	26	164
		วัดสุนทรเทพคีรี	25	171
		บ้านหนองประดู่	13	162
		บ้านปรางค์น้อย	20	176
		บ้านท่ากรวด	16	194
		บ้านด่านไทยล้อม	11	177
		บ้านเขารวก	8	171
		บ้านวังแขม	6	141
		บ้านห้วยใหญ่	21	198
		รวม 17 โรงเรียน	**291**	**2,714**
กลาง	สพท.ลบ.1	วัดถนนแค	54	268
		วัดใดใหญ่	32	275
		วัดตะเคียน	25	214
		บ้านบางลี่	20	213
		วัดหนองกระเบียน	24	201
		บ้านเกริ่นกฐิน	28	262
		บ้านนกเขาเปล้า	17	263
		บ้านท่าม่วง	27	212
		วัดบางพึ่ง	21	250
		บ้านหลุมข้าว	23	226
		วัดโป่งแค	20	258
		วัดมุจลินทร์	18	210

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3- 2 (ต่อ)

ขนาดโรงเรียน	สังกัด	ชื่อโรงเรียน	จำนวนนักเรียนชั้น ม.3	รวมจำนวนนักเรียนทุกชั้น
กลาง		วัดโพธิ์เกษตร	13	241
		ขุนรามวิทยา*	75	262
		ยางรากวิทยา*	60	293
		บ้านเขายายกะตา	41	286
		บ้านดงดินแดง	37	266
		บ้านยางโทน	30	204
	สพท.ลบ.2	บ้านหนองมะค่า	23	284
		บ้านสี่ซับศรีเจริญธรรม	27	232
		บ้านสระเพลง	31	282
		บ้านราษฎร์บำรุง	18	204
		ชุมชนบ้านแก่งเสือเต้น	26	270
		บ้านคลอง	11	211
		วัดโพธิ์งาม	14	207
		จุฬาภรณ์ราชวิทยาลัย ลพบุรี*	175	448
		โคกตูมวิทยา*	126	369
		บ้านชีวิทยา*	109	354
	สพท.ลบ.1	พิบูลสงเคราะห์	60	408
		อนุบาลบ้านเพนียด	46	492
		วัดโพธิ์ระหัด	52	336
		บ้านเขาทับควาย	43	392
		บ้านโคกกะเทียม (ราษฎร์ดำริบำรุง)	34	309
		บ้านถลุงเหล็ก	37	406
		วัดสะแกราบ	32	386
		วัดหัวสำโรง	22	347
		โคกสลุงวิทยา*	96	401
	สพท.ลบ.2	เฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีฯ	67	338
		พรหมรังษี	49	380
		บ้านท่าดินดำ	56	499
		นิคมลำนารายณ์	37	410

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3- 2 (ต่อ)

ขนาดโรงเรียน	สังกัด	ชื่อโรงเรียน	จำนวนนักเรียนชั้น ม.3	รวมจำนวนนักเรียนทุกชั้น
กลาง	สพท.ลบ.2	บ้านใหม่สามัคคี	46	342
		บ้านหัวลำ	34	438
		บ้านหนองโกวิทยา	46	499
		บ้านน้ำสุด	28	334
		บ้านโคกแสมสาร	43	434
		บ้านดีลัง	35	420
		บ้านวังทอง	34	419
		ชุมชนวัดคีรีรัตนาราม	35	334
		บ้านกุดตาเพชร	24	342
		บ้านวังตาอินทร์	28	303
		รวม 51 โรงเรียน	**2,107**	**16,517**
ใหญ่	สพท.ลบ.1	โคกกะเทียมวิทยาลัย*	309	1,022
		ดงตาลวิทยา*	217	604
		ปิยะบุตร์*	240	794
		ท่าวุ้งวิทยาคาร*	194	607
		โคกสำโรงวิทยา*	453	1,222
		บ้านหมี่วิทยา*	259	905
		โคกสำโรง	150	923
		บ้านวังเพลิง	145	858
		ซอย 3 สาย 4 ซ้าย	72	629
		อนุบาลจังหวัดทหารบกลพบุรี	58	664
		พลร่มอนุสรณ์ มิตรภาพที่ 50	43	629
		หนองรีวิทยา*	104	530
		โคกเจริญวิทยา*	142	626
		ชัยบาดาลพิทยาคม*	190	705
		ท่าหลวงวิทยาคม*	166	691
		หนองม่วงวิทยา*	269	1,051
		พัฒนานิคม*	387	1,493
		สระโบสถ์วิทยาคาร*	144	510

ตารางที่ 3- 2 (ต่อ)

ขนาดโรงเรียน	สังกัด	ชื่อโรงเรียน	จำนวนนักเรียนชั้น ม.3	รวมจำนวนนักเรียนทุกชั้น
ใหญ่	สพท.ลบ.2	บ้านเกาะรัง	69	598
		ชุมชนวัดจงโก มิตรภาพที่ 157	54	721
		บ้านบัวชุม	59	570
		บ้านม่วงค่อม	52	606
		อนุบาลท่าหลวง	39	614
	สพท.ลบ.1	พระนารายณ์*	688	1,993
	สพท.ลบ.2	ชัยบาดาลวิทยา*	541	2,276
	สพท.ลบ.1	เมืองใหม่(ชลอราษฎณ์รังสฤษฎ์)	183	2,356
		รวม 26 โรงเรียน	**5,227**	**24,197**
		รวมทั้งสิ้น 94 โรงเรียน	**7,625**	**43,428**

หมายเหตุ 1) ชื่อโรงเรียนที่มีเครื่องหมาย * หมายถึง โรงเรียนที่สังกัดกรมสามัญศึกษาเดิมก่อนการปรับโครงสร้างกระทรวงศึกษาธิการ พ.ศ. 2547 ส่วนชื่อโรงเรียนที่ไม่มีสัญลักษณ์เป็นโรงเรียนที่เดิมสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาแห่งชาติ

2) ตัวเลขจำนวนนักเรียนเป็นข้อมูลรายงาน ณ วันที่ 10 มิถุนายน 2549 จากสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาลพบุรี เขต 1และเขต 2 อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากการย้ายเข้า-ออกของนักเรียน

3.2 การสุ่มตัวอย่าง

3.2.1 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาวิจัยกับข้อมูลที่มีลักษณะสอดแทรกเป็นระดับลดหลั่นแต่เดิมไม่มีการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่แน่นอนไว้ นักวิจัยมักใช้การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ข้อมูลแบบปกติระดับเดียว (single level) จึงเกิดคำถามขึ้นว่าขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์พหุระดับเหมือนหรือต่างจากการวิเคราะห์ข้อมูลระดับเดียวและควรให้ความสำคัญกับหน่วยการวิเคราะห์ในระดับใดมากกว่ากัน ผู้วิจัยพบว่าจากการศึกษาของ Maas และ Hox (2004, 2005); Cohen (2002); Afshartous และ Leeuw (2005) Snijders และ Bosker (1999) และศิริชัย กาญจนวาสี (2548 ก) ได้ข้อค้นพบที่สอดคล้องกันว่าควรให้ความสนใจต่อขนาดกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มหรือระดับสูงในการวิเคราะห์ (group-level sample size) มากกว่า

ระดับบุคคลหรือระดับที่ต่ำสุด (level-1) เพราะจะเป็นการลดความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าเพิ่มความแม่นยำในการประมาณค่าพารามิเตอร์ นอกจากนี้จากผลการศึกษาของ Snijders และ Bosker (1999) พบว่าได้มีข้อเสนอเกี่ยวกับการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยกลุ่มระดับสูงที่สุดของการวิเคราะห์ควรมีจำนวนมากกว่า 10 กลุ่มขึ้นไป ส่วนจากการศึกษาของ Maas และ Hox (2004, 2005) มีความเห็นว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างระดับกลุ่มที่สูงสุดของการวิเคราะห์ควรจะมีขนาดที่มากกว่าหรือเท่ากับ 30 กลุ่มขึ้นไป และสมาชิกในแต่ละกลุ่มย่อยควรจะมีอย่างน้อย 30 คนขึ้นไปด้วยเช่นกัน จึงจะทำให้การประมาณค่ามีความแม่นยำ

3.2.1 การสุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างตามแนวคิดของ Maas และ Hox (2004, 2005) ที่ให้มีกลุ่มหน่วยการวิเคราะห์มากกว่าหรือเท่ากับ 30 หน่วยขึ้นไป สามารถดำเนินการสุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยได้ดังนี้

การสุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้จึงใช้วิธีการสุ่มแบบสองขั้นตอน (two-stage random sampling) มีวิธีดำเนินการสุ่มตัวอย่างดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การสุ่มตัวอย่างระดับโรงเรียน

ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างโรงเรียนแบบแบ่งชั้น (stratified random sampling) โดยใช้ขนาดของโรงเรียนเป็นชั้นของการสุ่ม 3 ขนาด คือ **ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่** ทั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการสุ่มโรงเรียนของแต่ละขนาดจำนวนร้อยละ 50 ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (simple random sampling) ตามสัดส่วน โดยมีเงื่อนไขในการกำหนดคุณลักษณะของโรงเรียนดังนี้

1.โรงเรียนขนาดใหญ่และขนาดกลางต้องเป็นโรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในแต่ละห้องจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 30 คน

2.โรงเรียนขนาดเล็กต้องเป็นโรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในแต่ละห้องจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 20 คน

จากการกำหนดเกณฑ์ดังกล่าว มีโรงเรียนที่อยู่ในเกณฑ์การสุ่มจำนวน 60 โรง ผู้วิจัยสุ่มเป็นกลุ่มตัวอย่างมาจำนวน 32 โรง ในระดับโรงเรียนนี้ ผู้วิจัยจะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้บริหารโรงเรียน คุณลักษณะของโรงเรียน และครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ขั้นที่ 2 การสุ่มตัวอย่างระดับห้อง

ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างห้องเรียนแบบแบ่งกลุ่ม (cluster random sampling) โดยห้องเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มาจำนวนโรงเรียนละ 2 ห้องเรียน (ส่วนโรงเรียนขนาดเล็กอาจจะมีเพียง1 ห้องเรียน) ในระดับห้องเรียนนี้ ผู้วิจัยจะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนทุกคนในห้องเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ผลการสุ่มตัวอย่างแสดงในตารางที่ 3 – 3 และ 3 – 4

ตารางที่ 3 – 3 ประชากรโรงเรียนและกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามขนาด

ขนาดโรงเรียน	จำนวนโรงเรียนทั้งหมด	จำนวนโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง
เล็ก	4	4
กลาง	30	15
ใหญ่	26	13
รวม	**60**	**32**

ตารางที่ 3 – 4 รายชื่อกลุ่มตัวอย่างโรงเรียนและจำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยจำแนกตามขนาดของโรงเรียน

ขนาดโรงเรียน	ชื่อโรงเรียน	จำนวนห้องเรียน	จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
เล็ก	บ้านข่อยวิทยา	1	28
	บ้านเบิกวิทยาคม	1	24
	วัดสุนทรเทพคีรี	1	23
	บ้านห้วยใหญ่	1	21
	รวมจำนวน 4 โรงเรียน	**4**	**96**
กลาง	วัดถนนแค	2	39
	บ้านเขายายกะตา	2	34
	จุฬาภรณ์ราชวิทยาลัย	2	63
	โคกตูมวิทยา	2	62
	พิบูลสงเคราะห์	2	39
	อนุบาลบ้านเพนียด	2	36
	วัดโพธิ์ระหัด	2	35
	บ้านเขาทับควาย	2	34
	บ้านโคกกะเทียม(ราษฎร์ดำริบำรุง)	2	27
	บ้านถลุงเหล็ก	2	28
	วัดสะแกราบ	2	24
	พรหมรังสี	2	42
	นิคมลำนารายณ์	2	24
	บ้านใหม่สามัคคี	2	32
	บ้านดีลัง	2	31
	รวม	**30**	**550**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 – 4 (ต่อ)

ขนาดโรงเรียน	สัญลักษณ์โรงเรียน	จำนวนห้องเรียน	จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
ใหญ่	โคกกะเทียมวิทยาลัย	2	74
	ปิยะบุตร์	2	78
	เมืองใหม่ (ชะลอราษฎร์รังสฤษฎ์)	2	74
	โคกสำโรงวิทยา	2	76
	บ้านวังเพลิง	2	96
	บ้านหมี่วิทยา	2	61
	โคกสำโรง	2	92
	ซอยสามสายสี่ซ้าย	2	60
	อนุบาลจังหวัดทหารบกลพบุรี	2	36
	ชัยบาดาลพิทยาคม	2	100
	พัฒนานิคม	2	105
	บ้านเกาะรัง	2	55
	บ้านม่วงค่อม	2	35
รวมจำนวน13 โรงเรียน		**36**	**942**
รวมจำนวนโรงเรียนทั้งหมด 32 โรงเรียน		**70**	**1,588**

จากตารางที่ 3 – 3 เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์การคัดเลือกโรงเรียนแล้ว พบว่าโรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียนปัจจุบันเป็นไปตามเกณฑ์การคัดเลือกเป็นประชากรโรงเรียนจำนวน 60 โรงเรียน จำแนกเป็นขนาดเล็กจำนวน 4 โรงเรียน ขนาดกลางจำนวน 30 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดใหญ่จำนวน 26 โรงเรียน ส่วนตารางที่ 3 – 4 พบว่าจำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 1,588 คน สุ่มตัวอย่างมาจากโรงเรียนขนาดเล็ก 4 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 96 คน โรงเรียนขนาดกลาง 15 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 550 คน และโรงเรียนขนาดใหญ่ 13 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 942 คน มากกว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ควรจะเป็นเมื่อทำการวิเคราะห์แบบระดับเดียว (single level) ณ ระดับความเชื่อมั่น 95% ความคลาดเคลื่อน ±5% (จำนวน 1,180 คน) (ศิริชัย กาญจนวาสี, ทวีวัฒน์ ปิตยานนท์ และดิเรก ศรีสุโข, 2548)

วิธีการดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยสามารถแบ่งการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 4 ระยะดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้มี 6 รายการ

1.แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 30 ข้อ โดยครอบคลุมเนื้อหาการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ประกอบด้วยเนื้อหา 5 ด้านดังนี้

(1) จำนวน และการดำเนินการ

(2) การวัด

(3) พีชคณิต

(4) เรขาคณิต

(5) การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

ข้อสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นการวัดความสามารถในการวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา โดยการสร้างข้อสอบจะอิงเนื้อหาตามผังมโนทัศน์ และสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ระดับช่วงชั้นที่ 3 เป็นสำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2545) เพื่อไม่ให้มีปัญหาที่อาจเกิดจากการเรียนการสอนที่แตกต่างกันตามหลักสูตรสถานศึกษา

ผู้วิจัยวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน กำหนดโครงสร้างข้อสอบ วัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด ผังการออกข้อสอบ (จำนวน 30 ข้อ) แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 ท่านพิจารณาความตรง ความครอบคลุมของมวลเนื้อหา (content validity) และความเหมาะสมของจำนวนข้อคำถามที่ใช้วัดตามวัตถุประสงค์แต่ละข้อ โดยหาดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบ (IOC: Item Objective Congruence) โดยมีเกณฑ์การพิจารณาผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80 ขึ้นไป ถือว่ามีความเหมาะสมต่อการคัดเลือกนำมาใช้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2548ข)

หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงจึงสร้างข้อสอบจำนวน 100 ข้อ (ประมาณ 3 เท่าของจำนวนข้อสอบที่ใช้จริง) นำแบบสอบที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 ท่านพิจารณาความตรงตามเนื้อหา (content validity) โดยหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์ (IOC: Item Objective Congruence) มีเกณฑ์การพิจารณาคือ ข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80 ขึ้นไป ถือว่ามีความเหมาะสมต่อการคัดเลือกนำมาใช้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2548ข) พร้อมทั้งการปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 คน ที่ตรวจสอบเครื่องมือแบบสอบทั้งสองด้านมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1) เป็นผู้สอนด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา การศึกษาคณิตศาสตร์และด้านหลักสูตรและการสอนในระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 3 คน

2) เป็นศึกษานิเทศก์/นักวิชาการที่ดูแล กำกับการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน/สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา จำนวน 3 คน

3) เป็นครูผู้สอน/มีประสบการณ์สอนกลุ่มสาระวิชาคณิตศาสตร์ ในสถานศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน และต้องมีประสบการณ์ทางวิชาการหรือด้านการทำผลงานทางวิชาการด้านกลุ่มสาระคณิตศาสตร์ โดยมีตำแหน่งทางวิชาการตั้งแต่ครูเชี่ยวชาญ (คศ.3) ขึ้นไป หรือมีวุฒิการศึกษาตั้งแต่ระดับปริญญามหาบัณฑิตทางการศึกษาคณิตศาสตร์ จำนวน 3 คน

ผลการประเมินความสอดคล้องเหมาะสมของจำนวนข้อคำถามกับความคลอบคลุมของมวลเนื้อหานั้น ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าข้อสอบจำนวน 30 ข้อมีความครอบคลุมกับมวลเนื้อหาดังแสดงในตารางที่ 3-5 ส่วนผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับข้อสอบนั้นมีข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ของการพิจารณาจำนวน 81 ข้อ ผู้วิจัยนำข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณามาปรับข้อความตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำข้อสอบ 80 ข้อไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี จำนวน 60 คน ผู้วิจัยนำผลการตอบข้อสอบของนักเรียนมาวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบเป็นรายข้อ ทั้งค่าความยากง่ายของข้อสอบ (p) ค่าอำนาจจำแนกข้อสอบ (r) และค่าความเที่ยงของแบบสอบด้วยวิธีการของครอนบาค (Cronbacb Alpha Coefficient) แล้วนำผลการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบรายข้อมาเทียบกับเกณฑ์ของศิริชัย กาญจนวาสี (2548ข) ดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-5 แผนผังข้อสอบแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	น้ำหนักรายข้อ	
		ร้อยละ	จำนวน (ข้อ)
จำนวนและการดำเนินการ	1.ผู้เรียนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับสมบัติของจำนวนเต็มไปใช้ในการแก้ปัญหาได้.....	6.67	2
	2.ผู้เรียนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับเศษส่วนและทศนิยมไปใช้ในการคำนวณเพื่อแก้ปัญหา หรือโจทย์ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้.....	6.67	2

ตารางที่ 3-5 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	น้ำหนักรายข้อ	
		ร้อยละ	จำนวน(ข้อ)
จำนวนและการดำเนินการ	3.ผู้เรียนสามารถคูณและหารเลขยกกำลังที่มีฐานเดียวกัน และเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็มได้.....	3.34	1
	4.ผู้เรียนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ได้.....	6.67	2
	รวม	**23.33**	**7**
การวัด	5.นักเรียนสามารถอธิบายคุณสมบัติของรูปหลายเหลี่ยมได้ถูกต้อง.....	3.33	1
	6.นักเรียนสามารถคำนวณหาพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยมในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ถูกต้อง.....	6.67	2
	7.นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาตรและพื้นที่ผิวรวมทั้งการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้.....	6.67	2
	รวม	**16.67**	**5**
เรขาคณิต	8.นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะและสมบัติของรูปทรงเรขาคณิตและแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้……..…	3.33	1
	9.นักเรียนสามารถใช้สมบัติของรูปสามเหลี่ยมที่คล้ายกันแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้.....	6.67	2
	10.นักเรียนสามารถให้เหตุผลและแก้ปัญหาโดยใช้สมบัติของเส้นขนานและความเท่ากันทุกประการของรูปสามเหลี่ยมได้ ……..	6.67	2
	11.นักเรียนสามารถแก้ปัญหาหรือสถานการณ์โดยใช้ทฤษฎีปีทาโกรัสได้.....	3.33	1
	รวม	**20.00**	**6**
พีชคณิต	12.นักเรียนสามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับสมการและอสมการเชิงเส้นตัวแปรเดี่ยวหาคำตอบของโจทย์ปัญหาได้ ……	13.33	4
	13.นักเรียนสามารถเขียนกราฟแสดงความเกี่ยวข้องระหว่างปริมาณสองชุดที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นได้ …	3.33	1

ตารางที่ 3-5 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	น้ำหนักรายข้อ ร้อยละ	น้ำหนักรายข้อ จำนวน(ข้อ)
พีชคณิต	14.นักเรียนสามารถหาคำตอบของโจทย์ปัญหาสมการและอสมการได้.....	6.64	2
	รวม	**23.33**	**7**
การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น	15.นักเรียนสามารถอ่านแผนภูมิวงกลมแล้วตอบคำถามได้ ……..	6.67	2
	16.นักเรียนสามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล …….	3.33	1
	17.นักเรียนสามารถอ่านและแปลความหมายและวิเคราะห์ข้อมูลจากการนำเสนอข้อมูลที่กำหนดให้ได้..	6.67	2
	รวม	**16.67**	**5**
	รวมทั้งหมด	**100**	**30**

ตารางที่ 3-6 เกณฑ์การประเมินคุณภาพของข้อสอบที่สามารถนำมาจัดทำเป็นแบบสอบ

p	ความหมาย	r	ความหมาย
0.81 – 1.00	ง่ายมาก	0.60 – 1.00	จำแนกได้ดีมาก
0.60 – 0.80	ค่อนข้างง่าย	0.40 – 0.59	จำแนกได้ดี
0.40 – 0.59	ปานกลาง	0.20 – 0.39	พอใช้ได้
0.20 – 0.39	ค่อนข้างยาก	0.10 – 0.19	ค่อนข้างต่ำ ควรปรับปรุง
0.00 – 0.19	ยากมาก	0.00 – 0.09	ต่ำมากควรปรับปรุง

ผลการวิเคราะห์ข้อสอบนั้น ผู้วิจัยคัดเลือกข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ที่มีค่าความยากง่ายข้อสอบที่มีค่าระหว่าง 0.2 – 0.8 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป ได้จำนวน 30 ข้อ แล้ววิเคราะห์หาค่าความเที่ยง (reliability) ด้วยวิธีค่าสัมประสิทธิ์ของครอนบาค (Cronbach alpha coefficient) มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .8717 และหลังจากการไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจริงจำนวน 1,588 คน แล้วพบว่าแบบสอบมีค่าความเที่ยงเท่ากับ .8021

2.แบบสอบถามคุณลักษณะของผู้เรียน

เป็นแบบสำรวจรายการที่สร้างขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลในระดับผู้เรียน ได้แก่ เพศ,รายได้ต่อเดือนของผู้ปกครอง,เกรดวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมาและการเรียนพิเศษเสริมความรู้

3.แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อวัดระดับของเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคล เพื่อให้นักเรียนแสดงการตอบสนองออกมาในลักษณะการชอบ ไม่ชอบ พึงพอใจ ไม่พึงพอใจต่อครู บุคลิกภาพของครู วิชาที่เรียน การสอนของครู การเรียนของตนเอง สภาพห้องเรียน และการนำวิชาคณิตศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ แล้วแสดงออกมาเป็นพฤติกรรมหรือปฏิกิริยาตามความรู้สึกนึกคิดของตน ผู้วิจัยได้นำแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่านพิจารณาความตรงตามเนื้อหา คุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 คน จะต้องเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ หรือผู้สอนทางด้านจิตวิทยาการศึกษา ผู้สอนด้านการวิจัย การวัดและประเมินผล และเป็นครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ผู้วิจัยหาดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80 ขึ้นไปจึงจะสามารถนำไปใช้ได้

ผู้วิจัยนำข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับข้อความตามคำแนะนำ แล้วนำแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี จำนวน 60 คน ผู้วิจัยนำผลการตอบของนักเรียนมาวิเคราะห์ค่าความเที่ยงด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ของครอนบาค (Cronbach alpha coefficient) ได้เท่ากับ .8797 และหลังจากการไปประเมินกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 1,588 คน แล้วพบว่าแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .8092

4. แบบวัดความเครียดของนักเรียน

แบบวัดความเครียดที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบวัดความเครียดสวนปรุง ซึ่งเป็นแบบวัดมาตรฐาน ที่กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุขพัฒนาขึ้น (กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข, 2541) แบบวัดมีข้อคำถามจำนวน 20 ข้อ โดยมีวัตถุประสงค์ในการสร้างเพื่อประเมินความเครียดของบุคคลว่าอยู่ระดับใด แบบวัดความเครียดสวนปรุงผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ความตรงตามสภาพ (concurrent validity) จากกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุขแล้วว่ามีค่าความเที่ยงมากกว่า 0.7

แบบวัดความเครียดสวนปรุงของกรมสุขภาพจิต เป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ

การแปลผลกระทำโดยนำคะแนนที่ผู้ตอบรวมเข้าด้วยกันแล้วเทียบกับเกณฑ์ดังต่อไปนี้

คะแนน 0 – 23 ระดับเครียดน้อย หมายถึง ความเครียดขนาดน้อย ๆ และหายไปในระยะเวลาอันสั้น เป็นความเครียดที่เกิดจากชีวิตประจำวัน ความเครียดระดับนี้ไม่คุกคามต่อการดำเนินชีวิต บุคคลมีการปรับตัวอย่างอัตโนมัติ เป็นการปรับตัวด้วยความเคยชินและการปรับตัวต้องการพลังงานเพียงเล็กน้อยเป็นภาวะที่ร่างการผ่อนคลาย

คะแนน 24 – 41 ระดับเครียดปานกลาง หมายถึง ความเครียดที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันเนื่องจากมีสิ่งคุกคาม หรือพบเหตุการณ์สำคัญ ๆในสังคม บุคคลจะมีปฏิกิริยาตอบสนองออกมาในลักษณะความวิตกกังวล ความกลัว ฯลฯ ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติทั่ว ๆ ไป ไม่รุนแรง จนก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกาย เป็นระดับความเครียดที่ทำให้บุคคลเกิดความกระตือรือร้น

คะแนน 42 – 61 ระดับเครียดสูง หมายถึง เป็นระดับที่บุคคลได้รับเหตุการณ์ที่ก่อให้เกิดความเครียดสูง ไม่สามารถปรับตัวให้ความเครียดลดลงได้ในระยะเวลาอันสั้น ถือว่าอยู่ในเขตอันตราย หากไม่ได้รับการบรรเทาจะนำไปสู่ความเครียดเรื้อรัง เกิดโรคต่าง ๆ ได้ภายหลัง

คะแนน 62 ขึ้นไประดับเครียดอย่างรุนแรง หมายถึง เป็นความเครียดระดับสูงที่ดำเนินการติดต่อกันมาอย่างต่อเนื่อง จนทำให้บุคคลมีความล้มเหลวในการปรับตัวจนเกิดความเบื่อหน่าย ท้อแท้ หมดแรง ควบคุมตัวเองไม่ได้ เกิดอาการทางกายหรือโรคภัยต่าง ๆ ตามมาได้ง่าย

ผู้วิจัยนำแบบวัดความเครียดสวนปรุงไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพระนารายณ์ จังหวัดลพบุรี จำนวน 60 คน ผู้วิจัยนำผลการตอบของนักเรียนมาวิเคราะห์ค่าความเที่ยงได้เท่ากับ .8946 และหลังจากการไปประเมินกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยจำนวน 1,588 คน แล้วพบว่าแบบวัดความเครียดของนักเรียนมีค่าความเที่ยงที่คำนวณหาด้วยวิธีสัมประสิทธิ์ของครอนบาค (Cronbach alpha coefficient) เท่ากับ .8870

5.แบบประเมินความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นใช้ประเมินความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารสถานศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อเป็นตัวแปรภายนอกของการวิเคราะห์ระดับที่ 3 ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎี วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารเช่น ทฤษฎี Big Five Model คุณลักษณะผู้นำที่มีประสิทธิภาพ 9 ประการ (Lussier และ Achua , 2001) ทฤษฎี Achievement Motivation Theory (McClelland, 1940) แล้วนำมากำหนดเป็นกรอบการสร้างเครื่องมือใน 5 องค์ประกอบดังนี้

5.1. ความเป็นผู้นำในการริเริ่มเปลี่ยนแปลงงานวิชาการของโรงเรียน หมายถึง การที่ผู้บริหารแสดงพฤติกรรมการริเริ่ม/เสนอแนวทางการทำงานแบบใหม่ ๆ วิธีการจัดการเรียนการสอนใหม่ ๆ หรือเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาแนะนำกับคุณครูในโรงเรียน เพื่อให้การบริหารงานวิชาการของโรงเรียนมีความก้าวหน้า นักเรียนได้รับประโยชน์จากการเรียนการสอนมากที่สุด

5.2. ความสามารถในการประสานการทำงานร่วมกับผู้อื่น หมายถึงการที่ผู้บริหารแสดงพฤติกรรมการให้ความช่วยเหลือ การอำนวยความสะดวก กับครูในโรงเรียนให้สามารถจัดการเรียนการสอน หรือจัดกิจกรรมต่าง ๆ ในโรงเรียนได้ รวมถึงความสามารถในการประสานประโยชน์มาสู่โรงเรียนจากการทำงานร่วมกันกับคณะกรรมการสถานศึกษา หรือหน่วยงานอื่น ๆ ภายนอกโรงเรียนได้

5.3. ความมั่นคงทางอารมณ์ หมายถึงการที่ผู้บริหารแสดงพฤติกรรมความมั่นใจการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ อย่างรอบคอบโดยอาศัยข้อมูลสารสนเทศ สามารถปรับตัวเข้ากับการทำงานภายใต้สภาวะความกดดันต่างๆ ได้ รวมถึงความมุ่งมั่น ขยันหมั่นเพียรในการทำงานเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนการสอนของครูให้มีประสิทธิภาพ อันจะส่งผลดีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

5.4. การมีหลักคุณธรรมในการบริหารงาน หมายถึงการที่ผู้บริหารแสดงพฤติกรรมที่มีความซื่อสัตย์ มีจรรยาบรรณ มีคุณธรรมตามหลักมาตรฐานวิชาชีพในการบริหารงานที่เป็นแบบอย่างที่ดีแก่ครู และนักเรียน

5.5. การปรับปรุง/พัฒนางานอย่างต่อเนื่อง หมายถึงการที่ผู้บริหารแสดงพฤติกรรมการกระตุ้นและให้กำลังใจแก่ครูให้สามารถปรับปรุงการทำงานของตนเองให้ดีขึ้น บริหารจัดการด้วยการวางแผนการทำงานทั้งระยะสั้น และระยะยาว รวมถึงการนำผลการประเมินมารวมในการกำหนดแนวทางในการพัฒนาการจัดการศึกษาในระยะต่อไป

ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่านพิจารณาความตรงตามเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญจะต้องมีคุณสมบัติ ดังนี้ เป็นผู้สอนด้านการบริหารการศึกษาในสถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษา หรือเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในด้านการบริหารการศึกษา/บริหารสถานศึกษา ผู้วิจัยนำผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญมาหาดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80 ขึ้นไปจึงจะสามารถนำไปใช้ได้

ผู้วิจัยนำข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับข้อความตามคำแนะนำ แล้วนำแบบประเมินความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารไปทดลองใช้ผู้บริหารสถานศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน นำมาวิเคราะห์ค่าความเที่ยงด้วยวิธีการหา

สัมประสิทธิ์ของครอนบาค (Cronbach alpha coefficient) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ .9304 และหลังจากการไปประเมินกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 32 คน แล้วพบว่าแบบประเมินความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารมีค่าความเที่ยงเท่ากับ .9582

6.แบบบันทึกข้อมูลของโรงเรียน

เป็นแบบบันทึกที่ผู้วิจัยออกแบบมาใช้สำหรับการบันทึกข้อมูลพื้นฐานของสถานศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำไปเป็นตัวแปรทำนายในการวิเคราะห์ระดับที่ 3: ระดับโรงเรียน ประกอบด้วยตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้

6.1 ประสิทธิภาพการสอนของครู

ผู้วิจัยบันทึกผลการประเมินตัวแปรประสิทธิภาพการสอนของครูจากผลการประเมินคุณภาพภายนอกของสถานศึกษา โดยสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (สมศ.) ตามเกณฑ์การพิจารณาเพื่อประเมินคุณภาพภายนอกระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน:ประถมและมัธยมศึกษา รอบที่สอง (2549 - 2553) จากมาตรฐานที่ 9 ครูมีความสามารถในการจัดการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพและเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ตามตัวบ่งชี้ที่ 9.2 ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพการสอนและเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดย สมศ.มีเกณฑ์การพิจารณา 7 ข้อย่อย ดังนี้

(1) ครูมีความรู้ความเข้าใจ รู้เป้าหมายของการจัดการศึกษา

(2) ครูมีการวิเคราะห์ศักยภาพของผู้เรียนและเข้าใจผู้เรียนเป็นรายบุคคล

(3) ครูมีความสามารถในการจัดประสบการณ์ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

(4) ครูมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีในการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองและผู้เรียน

(5) ครูมีการประเมินผลการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับสภาพการเรียนรู้ที่จัดให้ผู้เรียนและอิงพัฒนาการของผู้เรียน

(6) ครูมีการนำผลการประเมินมาปรับเปลี่ยนการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เต็มตามศักยภาพ

(7) ครูมีการวิจัยเพื่อพัฒนาสื่อและการเรียนรู้ของผู้เรียนและนำผลไปใช้พัฒนาผู้เรียน

เกณฑ์การประเมินคุณภาพการเรียนการสอนตามตัวบ่งชี้ของ สมศ.แสดงในตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 เกณฑ์การประเมินคุณภาพการเรียนการสอนตามตัวบ่งชี้ของ สมศ.

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์	ระดับคุณภาพ
ตัวบ่งชี้ที่ 9.2 ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพการสอนและเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีคุณลักษณะครบตามเกณฑ์	ครูต่ำกว่าร้อยละ 50 ที่มีคุณลักษณะครบตามเกณฑ์การพิจารณา	ปรับปรุง
	ครูระหว่างร้อยละ 50-75 ที่มีคุณลักษณะครบตามเกณฑ์การพิจารณา	พอใช้
	ครูระหว่างร้อยละ 75-89 ที่มีคุณลักษณะครบตามเกณฑ์การพิจารณา	ดี
	ครูตั้งแต่ร้อยละ 90 ที่มีคุณลักษณะครบตามเกณฑ์การพิจารณา	ดีมาก

จากการพิจารณาเกณฑ์ดังกล่าวผู้วิจัยจึงนำมาจัดทำเป็นระดับการให้คะแนนสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ผลการประเมินระดับดีมาก คิดเป็นคะแนน 4 คะแนน
ผลการประเมินระดับดี คิดเป็นคะแนน 3 คะแนน
ผลการประเมินระดับพอใช้ คิดเป็นคะแนน 2 คะแนน
ผลการประเมินระดับปรับปรุง คิดเป็นคะแนน 1 คะแนน

6.2 ประสิทธิภาพการบริหารของผู้บริหาร

ผู้วิจัยบันทึกผลการประเมินตัวแปรประสิทธิภาพการบริหารของผู้บริหารจากผลการประเมินคุณภาพภายนอกของสถานศึกษา โดยสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (สมศ.) ตามเกณฑ์การพิจารณาเพื่อประเมินคุณภาพภายนอกระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน: ประถมและมัธยมศึกษา รอบที่สอง (2549 - 2553) จำนวน 5 มาตรฐาน คือ มาตรฐานที่ 10 ถึงมาตรฐานที่ 14 โดยมาตรฐานที่ 10 มีจำนวน 4 ตัวบ่งชี้ มาตรฐานที่ 11 มีจำนวน 4 ตัวบ่งชี้ มาตรฐานที่ 12 มีจำนวน 3 ตัวบ่งชี้ มาตรฐานที่ 13 มีจำนวน 2 ตัวบ่งชี้ และมาตรฐานที่ 14 มีจำนวน 2 ตัวบ่งชี้ เนื่องจากทุกมาตรฐานจะมีผลการสรุปผลการประเมินในลักษณะของร้อยละเฉลี่ยอยู่แล้ว ผู้วิจัยจึงรวมผลการประเมินที่เป็นร้อยละของทั้ง 5 มาตรฐานเข้าด้วยกัน แล้วหารด้วย 5 ถือเป็นผลการประเมินประสิทธิภาพการบริหารของผู้บริหารในภาพรวม โดยเทียบกับเกณฑ์การพิจารณาระดับคุณภาพที่เป็นร้อยละเฉลี่ยของ สมศ. ดังนี้

(1) ผลการประเมินระดับดีมาก (ร้อยละเฉลี่ยตามเกณฑ์การพิจารณาตั้งแต่ร้อยละ 90 ขึ้นไป) คิดเป็น 4 คะแนน

(2) ผลการประเมินระดับดี (ร้อยละเฉลี่ยตามเกณฑ์การพิจารณาระหว่าง ร้อยละ 75 – 89) คิดเป็น 3 คะแนน

(3) ผลการประเมินระดับพอใช้ (ร้อยละเฉลี่ยตามเกณฑ์การพิจารณาระหว่างร้อยละ 50 – 74) คิดเป็นคะแนน 2 คะแนน

(4) ผลการประเมินระดับปรับปรุง (ร้อยละเฉลี่ยตามเกณฑ์การพิจารณาน้อยกว่าร้อยละ 50 คิดเป็นคะแนน 1 คะแนน

ขั้นตอนที่ 2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยนำเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นสำหรับการวิจัยทั้งหมดไปดำเนินงานเก็บข้อมูลกับโรงเรียน และนักเรียนกลุ่มตัวอย่างด้วยตัวเองทุกโรงเรียน โดยติดต่อประสานงานขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยเป็นหนังสือราชการจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาลพบุรี เขต 1 และเขต 2 เพื่อให้สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาฯ ดำเนินการประสานงานต่อไปยังโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ทั้งนี้ผู้วิจัยจะดำเนินการนัดหมายวัน และเวลากับผู้บริหารสถานศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างก่อนการเข้าเก็บข้อมูล มีรายละเอียดในการเก็บข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 3-8 กำหนดการออกเก็บข้อมูลที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

ครั้งที่	วันที่	เวลา	โรงเรียน	ครั้งที่	วันที่	เวลา	โรงเรียน
1.	8 ม.ค. 51	13.00-15.30	เมืองใหม่ฯ	17.	18 ก.พ.51	08.30-11.00	พัฒนานิคม
2.	9 ม.ค. 51	13.00-15.30	อนุบาล มทบ.13	18.	19 ก.พ.51	08.30-10.30	เขายายกะตา
3.	10 ม.ค. 51	08.00-10.30	บ้านโคกกะเทียม	19.	19 ก.พ.51	13.00-15.00	วัดสะแกราบ
4.	11 ม.ค. 51	08.00-10.30	อนุบาลบ้านเพนียด	20.	20 ก.พ.51	08.30-10.30	บ้านม่วงค่อม
5.	14 ม.ค. 51	08.00-10.30	โคกสำโรง	21.	25 ก.พ.51	08.00-10.30	โพธิ์ระหัด
6.	14 ม.ค. 51	13.00-15.30	ถลุงเหล็ก	22.	26 ก.พ.51	08.30-10.30	นิคมลำนารายณ์
7.	15 ม.ค. 51	08.00-10.30	โคกสำโรงวิทยา	23.	26 ก.พ.51	13.30-15.00	สุนทรเทพคีรี
8.	23 ม.ค. 51	08.00-12.30	โคกกะเทียมวิทยาลัย	24.	27 ก.พ.51	08.30-11.00	โคกตูมวิทยา
9.	5 ก.พ.51	08.00-10.30	บ้านหมี่วิทยา	25.	27 ก.พ.51	13.00-15.00	บ้านวังเพลิง
10.	5 ก.พ.51	13.00-15.30	ปิยะบุตร์	26.	28 ก.พ.51	08.30-10.00	บ้านม่วงค่อม
11.	8 ก.พ.51	08.00-10.00	บ้านข่อยวิทยา	27.	28 ก.พ.51	13.0-15.00	ชัยบาดาลพิทยาคม
12.	8 ก.พ.51	10.30-12.00	บ้านเบิกวิทยาคม	28.	29 ก.พ.51	08.30-10.30	จุฬาภรณ์ฯ
13.	13 ก.พ.51	08.30-10.30	ซอยสามสายสี่ซ้าย	29.	29 ก.พ.51	13.00-15.30	บ้านถนนแค
14.	13 ก.พ.51	13.00–15.00	พิบูลสงเคราะห์	30.	3 มี.ค. 51	08.30-10.30	บ้านห้วยใหญ่
15.	15 ก.พ.51	08.30-10.30	พรหมรังสี	31.	4 มี.ค. 51	08.30-10.30	บ้านใหม่สามัคคี
16.	15 ก.พ.51	13.00-15.00	บ้านดีลัง	32.	4 มี.ค. 51	13.00-15.00	บ้านเกาะรัง

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล

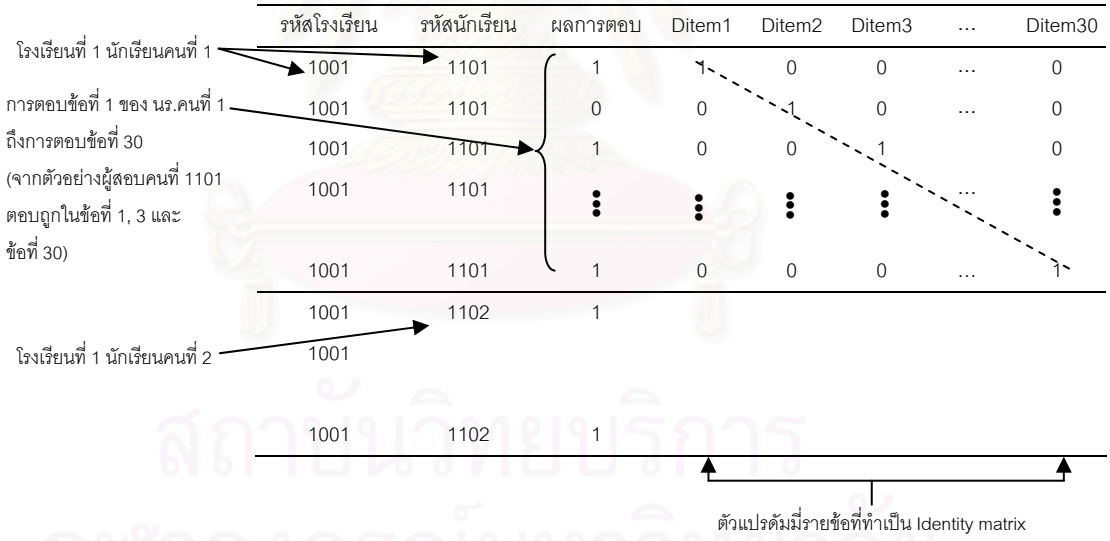
3.1. การเตรียมไฟล์ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้โมเดล HGLM ในการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบ ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) ซึ่งในการวิเคราะห์ต้องสร้างแฟ้มข้อมูลแยกตามแต่ละระดับของการวิเคราะห์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสร้างไฟล์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวน 3 ไฟล์ ได้แก่

1. ไฟล์ระดับข้อสอบ (level-1: item level)

ไฟล์แรกนี้ประกอบไปด้วยรหัสประจำตัวสถานศึกษา รหัสประจำตัวผู้สอบ ผลการตอบ ซึ่งผลการตอบข้อสอบของนักเรียนนี้ต้องเรียงลงไปตามรหัสเป็นรายคน และแสดงผลการตอบรายข้อตามลำดับในแนวแถว แล้วจึงขึ้นรหัสและผลการตอบของนักเรียนคนต่อไปทีละข้อจนครบทั้งหมด 1,588 คน ส่วนทางแถวแนวนอนก็จะเป็นตัวแปรดัมมี่การตอบของแต่ละข้อครบทั้ง 30 ข้อ ดังนั้นในไฟล์ระดับที่ 1 จะมีจำนวนข้อมูลเท่ากับ 33 หลัก คูณ 30 ข้อ คูณ 1,588 แถว แสดงได้ดังแผนภาพที่ 3-1

แผนภาพที่ 3-1 การจำลองไฟล์การวิเคราะห์ข้อมูลระดับที่ 1



2. ไฟล์ระดับผู้สอบ (level-2: person level)

เป็นไฟล์ที่ประกอบด้วยรหัสประจำตัวสถานศึกษา รหัสประจำตัวผู้สอบ และตัวแปรตามที่ใช้ในการวิจัยจำนวน 6 ตัวแปร ดังนั้นในไฟล์ระดับที่ 2 จะมีจำนวนข้อมูลเท่ากับ 8 หลัก คูณ 1,588 แถว

3. ไฟล์ระดับโรงเรียน (level-3: school level)

เป็นไฟล์ที่ประกอบด้วยรหัสประจำตัวสถานศึกษา และตัวแปรตามที่ใช้ในการวิจัยจำนวน 4 ตัวแปร ดังนั้นในไฟล์ระดับที่ 3 จะมีจำนวนข้อมูลเท่ากับ 5 หลัก คูณ 32 แถว

เมื่อสร้างไฟล์ย่อยได้ทั้งหมดแล้ว จึงทำการสร้างไฟล์รวมไฟล์ย่อยทั้งสามเข้าด้วยกัน ด้วยโปรแกรม HLM เรียกชื่อไฟล์นี้ว่า MDM file (multivariate data matric file) จึงจะสามารถวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น HLM ได้ สำหรับการวิเคราะห์ข้อสอบที่มีตัวแปรตามเป็นการตอบแบบทวิวิภาคผู้วิจัยจำเป็นต้องเลือกการกระจายแบบเบอร์นูลลี (Bernulli) ในแถบบรรทัด Basic setting เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลแบบโมเดล HGLM ได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้ข้อสอบข้อสุดท้าย (ข้อที่ 30) มีค่าตัวแปรดัมมี่ข้อสอบเท่ากับศูนย์ เพื่อให้ได้เมตริกเอกลักษณ์ (identity matrix) การวิเคราะห์มีการดำเนินงานดังนี้

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัย

3.2.1 การวิเคราะห์เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ และผู้สอบ

1) การประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบด้วยโปรแกรม HLM จากโมเดล HGLM ทั้งแบบ 2 ระดับ และ 3 ระดับ มีวัตถุประสงค์การวิเคราะห์แต่ละระดับที่แตกต่างกัน ในการวิเคราะห์แบบ 2 ระดับ ผลการวิเคราะห์จะได้สารสนเทศค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ (b) การศึกษาผลของตัวแปรระดับผู้เรียนที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของแต่ละโรงเรียน และการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) ส่วนเป้าหมายของการวิเคราะห์ระดับที่ 3 ผลการวิเคราะห์จะได้สารสนเทศเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ 2 ระดับ แต่สามารถศึกษาผลของตัวแปรระดับโรงเรียนที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยรวมของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของทุกโรงเรียน สามารถแสดงสมการการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 3-9

ตารางที่ 3-9 สมการการวิเคราะห์ในโมเดล HGLM-2L และ HGLM-3L

ระดับการวิเคราะห์	โมเดล HGLM-2L	ระดับการวิเคราะห์	โมเดล HGLM-3L
1	$\eta_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{1ijm} + \beta_{2j}X_{2ij} + \ldots + \beta_{29j}X_{29ij}$	1	$\eta_{ijm} = \beta_{0jm} + \beta_{1jm}X_{1ijm} + \beta_{2jm}X_{2ijm} + \ldots + \beta_{29jm}X_{29ijm}$
2	$\beta_{0j} = \gamma_{00} + U_{0j}$ $\beta_{1j} = \gamma_{10}$ $\beta_{2j} = \gamma_{20}$ $\vdots$ $\beta_{29j} = \gamma_{290}$	2	$\beta_{0jm} = \gamma_{00m} + r_{0jm}$ $\beta_{1jm} = \gamma_{10m}$ $\beta_{2jm} = \gamma_{20m}$ $\vdots$ $\beta_{29jm} = \gamma_{290m}$
	-	3	$\gamma_{00m} = \pi_{000} + U_{00m}$ $\gamma_{10m} = \pi_{100}$ $\gamma_{20m} = \pi_{200}$ $\vdots$ $\gamma_{290m} = \pi_{2900}$

ผลจากการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบและค่าพารามิเตอร์ผู้สอบจากการวิเคราะห์ทั้งสอง โมเดล จากที่ผู้วิจัยได้นำเสนอการประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งสองในหัวข้อ 4.3 บทที่ 2 ไปแล้วนั้น ขอสรุปถึงวิธีคำนวณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบ และพารามิเตอร์ข้อสอบจากโปรแกรม HLM ได้ดังนี้

ตารางที่ 3-10 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบ และพารามิเตอร์ข้อสอบที่ได้จากการประมาณค่าของโมเดล HGLM-2L และ HGLM-3L

โมเดลการวิเคราะห์	ค่าความสามารถผู้สอบ (θ_j)	ค่าความยากง่ายของข้อสอบ (δ_i)
โมเดล HGLM-2L	U_{oj}	$(-\gamma_{qo} - \gamma_{00})$
โมเดล HGLM-3L	$u_{00m} + r_{0jm}$	$(-\pi_{i00} - \pi_{000})$

การคำนวณค่าความสามารถผู้สอบ (θ_j) นั้นผู้วิจัยได้ให้โปรแกรม HLMสร้างไฟล์คะแนนส่วนที่เหลือ (residual file) เป็นไฟล์ในรูปแบบของไฟล์ SPSS ซึ่งให้ผลการประมาณค่าทั้งจากวิธีเบย์ (EB) และวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) โดยในระดับการวิเคราะห์ที่ 2 ค่าประมาณที่ได้จะแสดงถึงค่าความสามารถของผู้สอบ (θ_j) แต่ในการวิเคราะห์ 3 ระดับต้องนำเศษเหลือของไฟล์ระดับที่ 3 (U_{00m}) มาบวกเพิ่มเข้าไปก่อนจึงเป็นค่าความสามารถของผู้สอบ

2) การวิเคราะห์เพื่อประมาณค่าข้อสอบ และผู้สอบด้วยโปรแกรม BILOG-MG ผู้วิจัยสร้างไฟล์ข้อมูลที่มีนามสกุลเป็น dat (*.dat file) ไฟล์ข้อมูลมีลักษณะโครงสร้างเป็น 3 ส่วน คือมีรหัสผู้สอบจำนวน 4 สดมภ์ (4a1) เว้นช่องว่าง 1 สดมภ์ (1x) และเป็นผลการตอบของผู้สอบ 30 ข้อ ข้อละ 1 สดมภ์ (30a1) เขียนในรูปแบบภาษาฟอแทรนได้ดังนี้ (4a1, 1x, 30a1) ผลการดำเนินงานดังกล่าวทำให้สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ และค่าพารามิเตอร์ของผู้สอบด้วยโปรแกรม BILOG-MG

3) นำผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และผู้สอบจากโมเดลการวิเคราะห์ HGLM-2L และ HGLM-3L มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ข้อสอบและผู้สอบกับผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากโปรแกรม BILOG

3.2.2 การตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ

1) การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HLM จากโมเดล HGLM ผู้วิจัยใช้โมเดล HGLM-3L สำหรับการศึกษาการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบทั้ง 30 ข้อ สามารถเขียนสมการแสดงการวิเคราะห์ได้ดังนี้

การวิเคราะห์ระดับที่ 1: ระดับข้อสอบ

การศึกษาการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) ด้วยโมเดล HGLM-3L นั้น ในระดับของการวิเคราะห์ระดับที่ 1 (Level 1) ใช้แนวคิดเหมือนกับการวิเคราะห์ข้อสอบที่นำเสนอไปตอนต้น นั่นคือข้อสอบสอดแทรกอยู่ในบุคคล (between item within person) ดังนั้นการวิเคราะห์ระดับที่ 1 จึงมีสมการเหมือนกับการวิเคราะห์ด้วยโมเดล HGLM โดยทั่วไป ผลของการวิเคราะห์ในระดับนี้จะได้ค่าความยากข้อสอบ (δ_i) สามารถเขียนสมการวิเคราะห์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\eta_{ij} = {} & \beta_{ojm} + \beta_{1jm}X_{1ijm} + \beta_{2mj}X_{2ijm} + \beta_{3jm}X_{3ijm} + \beta_{4jm}X_{4ijm} + \beta_{5jm}X_{5ijm} + \\ & \beta_{6jm}X_{6ijm} + \beta_{7jm}X_{7ijm} + \beta_{8jm}X_{8ijm} + \beta_{9jm}X_{9ijm} + \beta_{10jm}X_{10ijm} + \beta_{11jm}X_{11ijm} + \\ & \beta_{12jm}X_{12ijm} + \beta_{13jm}X_{13ijm} + \beta_{14jm}X_{14ijm} + \beta_{15jm}X_{15ijm} + \beta_{16jm}X_{16ijm} + \\ & \beta_{17jm}X_{17ijm} + \beta_{18jm}X_{18ijm} + \beta_{19jm}X_{19ijm} + \beta_{20jm}X_{20ijm} + \beta_{21jm}X_{21ijm} + \\ & \beta_{22jm}X_{22ijm} + \beta_{23jm}X_{23ijm} + \beta_{24jm}X_{24ijm} + \beta_{25jm}X_{25ijm} + \beta_{26jm}X_{26ijm} + \\ & \beta_{27jm}X_{27ijm} + \beta_{28jm}X_{28ijm} + \beta_{29jm}X_{29ijm}\end{aligned}$$

โมเดลการวิเคราะห์ระดับที่ 2: ระดับผู้สอบ

การวิเคราะห์ระดับที่ 2 เป็นระดับผู้สอบ นั่นคือ ผู้สอบแต่ละคนสอดแทรกอยู่ในโรงเรียน (between person within school) ในการวิเคราะห์ระดับนี้ ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบจะมีค่าคงที่ระหว่างผู้สอบ แต่จะผันแปรไปแบบสุ่มไปตามรายข้อสอบ ซึ่งถือเป็นความไม่ผันแปรของค่าความยากของข้อสอบตามหลักการของทฤษฎี IRT ดังนั้นเมื่อต้องการศึกษาการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบจำแนกตามเพศ (เพศชาย และเพศหญิง) ผู้วิจัยจัดกระทำตัวแปรความเป็นเพศชายเป็นตัวแปรดัมมี่เพื่อนำเข้าสู่สมการวิเคราะห์เชิงเส้น สามารถแสดงสมการวิเคราะห์ได้ดังนี้

$\beta_{0jm} = \gamma_{00m} + \gamma_{01m}Dsex + r_{0jm}$
$\beta_{1jm} = \gamma_{10m} + \gamma_{11m}Dsex$
$\beta_{2jm} = \gamma_{20m} + \gamma_{21m}Dsex$
$\beta_{3jm} = \gamma_{30m} + \gamma_{31m}Dsex$
$\beta_{4jm} = \gamma_{40m} + \gamma_{41m}Dsex$
$\beta_{5jm} = \gamma_{50m} + \gamma_{51m}Dsex$
$\beta_{6jm} = \gamma_{60m} + \gamma_{61m}Dsex$
$\beta_{7jm} = \gamma_{70m} + \gamma_{81m}Dsex$
$\beta_{9jm} = \gamma_{90m} + \gamma_{91m}Dsex$
$\beta_{10jm} = \gamma_{100m} + \gamma_{101m}Dsex$
$\beta_{11jm} = \gamma_{110m} + \gamma_{111m}Dsex$
$\beta_{12jm} = \gamma_{120m} + \gamma_{121m}Dsex$
$\beta_{13jm} = \gamma_{130m} + \gamma_{131m}Dsex$
$\beta_{14jm} = \gamma_{140m} + \gamma_{141m}Dsex$
$\beta_{15jm} = \gamma_{150m} + \gamma_{151m}Dsex$
$\beta_{16jm} = \gamma_{160m} + \gamma_{161m}Dsex$
$\beta_{17jm} = \gamma_{170m} + \gamma_{171m}Dsex$
$\beta_{18jm} = \gamma_{180m} + \gamma_{181m}Dsex$
$\beta_{19jm} = \gamma_{190m} + \gamma_{191m}Dsex$
$\beta_{20jm} = \gamma_{200m} + \gamma_{201m}Dsex$
$\beta_{21jm} = \gamma_{210m} + \gamma_{211m}Dsex$
$\beta_{22jm} = \gamma_{220m} + \gamma_{221m}Dsex$
$\beta_{23jm} = \gamma_{230m} + \gamma_{231m}Dsex$
$\beta_{24jm} = \gamma_{240m} + \gamma_{241m}Dsex$
$\beta_{25jm} = \gamma_{250m} + \gamma_{251m}Dsex$
$\beta_{26jm} = \gamma_{260m} + \gamma_{261m}Dsex$
$\beta_{27jm} = \gamma_{270m} + \gamma_{271m}Dsex$
$\beta_{28jm} = \gamma_{280m} + \gamma_{281m}Dsex$
$\beta_{29jm} = \gamma_{290m} + \gamma_{291m}Dsex$

การตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบด้วยโมเดล HGLM กระทำในระดับการวิเคราะห์ที่ 2 นอกจากทำให้ทราบถึงค่าความสามารถของผู้สอบเป็นรายบุคคล (θ_j) ค่าความยากของข้อสอบเป็นรายข้อ (δ_i) แล้ว เมื่อเพิ่มตัวแปรทำนายที่เป็นตัวแปรดัมมี่เพศเข้าสู่สมการในระดับที่ 2 รายข้อ ทำให้สามารถวิเคราะห์อิทธิพลของของตัวแปรทำนายที่มีต่อโอกาสตอบข้อสอบได้ถูกต้องของแต่ละโรงเรียน (γ_{0qm}) และผลของตัวแปรทำนายต่อการตอบข้อสอบมีความผันแปรระหว่าง โรงเรียนหรือไม่ [VAR(U_{0qm})]

หลักการวิเคราะห์คือ ค่าความยากของข้อสอบถูกกำหนดให้เป็นอิทธิพลคงที่ (fixed effect) ซึ่งมีค่าคงที่สำหรับผู้สอบทุกคนในกลุ่ม แต่มีความผันแปรไปอย่างสุ่มตามรายข้อสอบ โดยค่าเฉลี่ยความสามารถผู้สอบที่ประมาณค่าจากวิธีการเบย์ (EB) มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเข้าใกล้หนึ่ง ดังนั้นจึงสามารถวิเคราะห์ได้ว่าความแตกต่างทางเพศมีผลทำให้เกิดโอกาสในการตอบข้อสอบถูกต่างกันในแต่ละโรงเรียน หากให้เพศชายมีค่าเป็นตัวแปรดัมมี่มีรหัสเป็น 1 (reference group) ส่วนเพศหญิงเป็นตัวแปรดัมมี่มีรหัสเป็น 0 (focal group) เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความชัน (slope) ที่คำนวณได้ถูกทดสอบด้วยสถิติทดสอบที (t-test) มีค่าสัมประสิทธิ์แตกต่างจากศูนย์ แสดงว่าความเป็นเพศชายทำให้เกิดโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องแตกต่างจากเพศหญิง หากค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวกแสดงว่าเพศชายมีโอกาสของการตอบข้อสอบถูกสูงกว่าจึงเป็นฝ่ายได้เปรียบ แต่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ติดลบแสดงว่าเพศหญิงมีโอกาสของการตอบข้อสอบถูกสูงกว่าจึงเป็นฝ่ายได้เปรียบจากการตอบข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกัน

2) การตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ ด้วยโปรแกรม BILOG-MG

ผู้วิจัยเลือกวิธีการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎี IRT เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ที่ประมาณค่าได้จากโปรแกรม HLM เพราะมีลักษณะเป็น โมเดล IRT-1PL หรือ ราสช์โมเดล ได้อย่างสมเหตุสมผล วิธีการประมาณค่าของโปรแกรม BILOG-MG (2003) โปรแกรมได้ถูกพัฒนาให้สามารถใช้งานได้ง่ายบนระบบปฏิบัติการ Windows สำหรับวิธีการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ โปรแกรม BILOG-MG ได้ประยุกต์ใช้วิธีการวัดความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ความยาก (b) ของ Load (1980) มาเป็นแนวทางในการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ ในเบื้องต้น โปรแกรม BILOG-MG จะทำการคำนวณค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ_j) ทั้งสองกลุ่มร่วมกันเพื่อเป็นการปรับฐานค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบให้อยู่บนมาตรเดียวกัน ควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและปรับค่าเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ความยาก (threshold) ของข้อสอบกลุ่มอ้างอิงให้เท่ากับศูนย์ ควบคุมค่าพารามิเตอร์การเดาให้เท่ากับศูนย์ และพารามิเตอร์

อำนาจจำแนกให้เท่ากันทั้งสองกลุ่ม จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความยากทีละกลุ่ม แล้วเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนสองเท่าของความเป็นไปได้สูงสุด (-2lnL ratio) ของแต่ละกลุ่มต่อไป

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การพิจารณาเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ความยากของ Wang และคณะ (2006) โดยค่าพารามิเตอร์ความยากข้อสอบของกลุ่มเปรียบเทียบและกลุ่มอ้างอิงหากมีความแตกต่างตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่าข้อสอบข้อนั้นทำหน้าที่แตกต่างกัน [0.5 logit มีค่าเท่ากับอัตราส่วนแต้มต่อ (odd ratio) 1.65 (=$2.718^{0.5}$)]

3.2.3 การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรภายนอกระดับผู้เรียนและระดับโรงเรียนที่มีต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง

การวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามตามวัตถุประสงค์ข้อนี้ดำเนินงานโดยใช้โปรแกรม HLM โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 3 ระดับ สามารถแสดงสมการวิเคราะห์ในแต่ละระดับได้ดังนี้

<u>โมเดลการวิเคราะห์ระดับที่ 1: ระดับข้อสอบ</u>

หลักการวิเคราะห์อยู่บนพื้นฐานแนวคิดที่ว่าข้อสอบสอดแทรกอยู่ในบุคคล (between item within person) โปรแกรม HLM วิเคราะห์แบบโมเดลเชิงเส้นทั่วไป GLM ผลการวิเคราะห์ระดับนี้ได้ค่าความยากข้อสอบ (δ_i) สามารถเขียนสมการวิเคราะห์ได้ดังนี้

$$\eta_{ijm} = \beta_{0jm} + \beta_{1jm}X_{1ijm} + \beta_{2jm}X_{2ijm} + \ldots + \beta_{29jm}X_{29ijm}$$

<u>โมเดลการวิเคราะห์ระดับที่ 2: ระดับผู้สอบ</u>

การวิเคราะห์ระดับที่ 2 เป็นระดับผู้สอบ นั่นคือ ผู้สอบแต่ละคนสอดแทรกในแต่ละโรงเรียน (between person within school) ผลการวิเคราะห์ได้ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และค่าความสามารถของผู้สอบ ในสมการระดับที่ 2 นี้ ผู้วิจัยจึงสามารถใส่ตัวแปรคุณลักษณะของผู้สอบเข้าสู่สมการเพื่ออธิบายความผันแปรของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของผู้สอบแต่ละโรงเรียน สามารถแสดงสมการการวิเคราะห์ได้ดังนี้

$$\beta_{0jm} = \gamma_{00m} + \gamma_{01m}Dsex_{jm} + \gamma_{02m}Stress_{jm} + \gamma_{03m}Grade_{jm} + \gamma_{04m}Salary_{jm} + \gamma_{05m}Special_{jm} + \gamma_{06m}Att_{jm} + r_{0jm}$$

$$\beta_{1jm} = \gamma_{10m}$$

$$\beta_{2jm} = \gamma_{20m}$$

$$\vdots$$

$$\beta_{29jm} = \gamma_{290m}$$

โมเดลการวิเคราะห์ระดับที่ 3: ระดับโรงเรียน

การวิเคราะห์ระดับที่ 3 เป็นระดับโรงเรียน (between school) ผลการวิเคราะห์ได้สารสนเทศค่าเฉลี่ยรวมอิทธิพลของข้อสอบข้ออ้างอิงต่อโอกาสในการตอบถูกกของทุกโรงเรียนและค่าความสามารถเฉลี่ยของนักเรียนในแต่ละโรงเรียน ผู้ใส่ตัวแปรคุณลักษณะของโรงเรียนเข้าสู่สมการเพื่ออธิบายความผันแปรของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของผู้สอบระหว่างโรงเรียน สามารถแสดงสมการการวิเคราะห์ได้ดังนี้

$$\gamma_{00m} = \pi_{000} + \pi_{001}\text{Sch_size}_{m} + \pi_{001}\text{Admi_leader}_{m} + \pi_{001}\text{Admi_eff}_{m} + \pi_{001}\text{Teach_eff}_{m} + U_{00m}$$

$$\left.\begin{aligned}
\gamma_{01m} &= \pi_{010} + U_{01m} \\
\gamma_{02m} &= \pi_{020} + U_{02m} \\
\gamma_{03m} &= \pi_{030} + U_{03m} \\
\gamma_{04m} &= \pi_{040} + U_{04m} \\
\gamma_{05m} &= \pi_{050} + U_{05m} \\
\gamma_{06m} &= \pi_{060} + U_{06m}
\end{aligned}\right\}$$ เมื่อพบว่า U_{0qm} มีความผันแปร ผู้วิจัยสาสามารถใส่ตัวแปรทำนายเพื่ออธิบายความผันแปรได้

$$\gamma_{10m} = \pi_{100}$$

$$\gamma_{20m} = \pi_{200}$$

$$\vdots$$

$$\gamma_{290m} = \pi_{2900}$$

ขั้นตอนที่ 4 การแปลความหมายและสรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยแปลผลการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบด้วยโปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) และโปรแกรม BILOG-MG การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่างสองวิธีการตรวจสอบ/เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) ระหว่างวิธีการประยุกต์ใช้โปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) และวิธีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) โดยใช้โปรแกรม BILOG-MG รวมทั้งการสรุปผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัย

สามารถสรุปขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยทั้งหมดได้ดังแผนภาพที่ 3-2

แผนภาพที่ 3 – 2 แผนงานขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1: **การพัฒนาเครื่องมือ**

1.แบบสอบวัดความรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.แบบวัดความเครียดของผู้เรียน

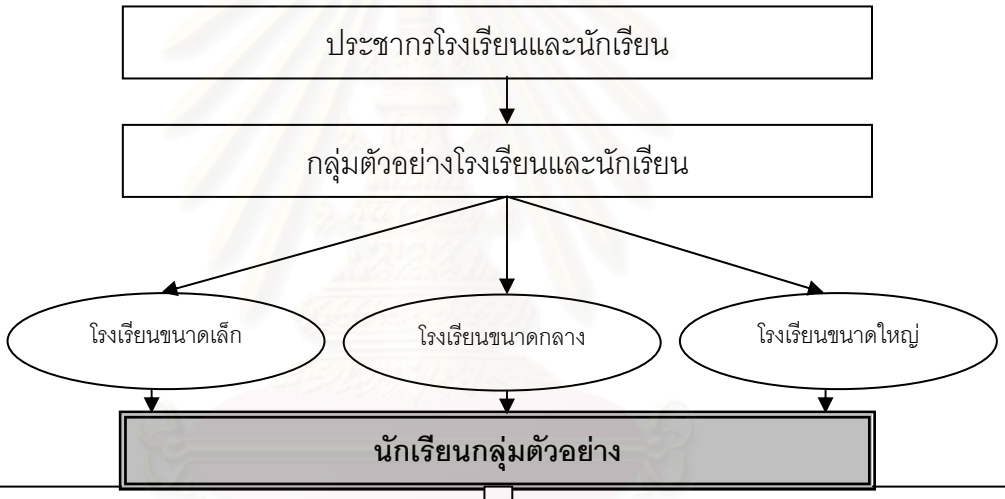
3.แบบสอบถามคุณลักษณะของผู้เรียน

4.แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

5.แบบประเมินความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารโรงเรียน

6.แบบบันทึกข้อมูลของโรงเรียน (คุณลักษณะครู ผู้บริหาร และโรงเรียน)

ขั้นตอนที่ 2: **การเก็บรวมรวมข้อมูล**



ขั้นตอนที่ 3: **การวิเคราะห์ข้อมูล**

1. วิเคราะห์ค่าความยากของข้อสอบและค่าความสามารถของผู้สอบจากโปรแกรม HLM ด้วยโมเดล HGLM-2L, HGLM-3L และจากโปรแกรม BILOG-MG

2. เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่าความยากของข้อสอบและค่าความสามารถของผู้สอบระหว่างโปรแกรม HLM กับโปรแกรม BILOG-MG

3. การวิเคราะห์ผลของตัวแปรภายนอกทั้งระดับผู้สอบ และระดับโรงเรียนที่มีต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องด้วยโมเดล HGLM-3L จากโปรแกรม HLM

4. การตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรม HLM (โมเดล HGLM-2L) และโปรแกรมBILOG-MG แล้วเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์จากทั้งสองโปแกรม

ขั้นตอนที่ 4: **การเขียนรายงานการวิจัย**

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) ภายใต้โมเดล HGLM สามารถดำเนินงานวิเคราะห์ข้อมูลได้ทั้งแบบ 2 ระดับ และ 3 ระดับ ผลการวิเคราะห์ให้ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ (b) และค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ_j) ที่คำนวณจาก 2 วิธีการทางสถิติ ได้แก่วิธีการเบย์ (EB: Empirical Bayesian) และวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด (OLS: Ordinary Least Square) การศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากการวิเคราะห์ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับผลการประมาณค่าด้วยโปรแกรม BILOG-MG อย่างไร และตัวแปรภายนอกทั้งระดับผู้เรียน และระดับโรงเรียนตัวใดบ้างจะส่งผลต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องนั้น ผู้วิจัยได้ประมวลนำเสนอ โดยแบ่งการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 5 ตอนตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของข้อสอบและข้อมูลในการวิจัยตามข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎี

ตอนที่ 3 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบและพารามิเตอร์ผู้สอบ

ตอนที่ 4 ผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ

ตอนที่ 5 ผลการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรภายนอกที่มีต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในสัญลักษณ์ประกอบการนำเสนอที่ตรงกันผู้วิจัยจึงได้กำหนดสัญลักษณ์และความหมายแทนตัวแปรที่ศึกษาต่าง ๆ ดังนี้

HGLM-2L	หมายถึง วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลเชิงเส้นทั่วไปนัยทั่วไประดับลดหลั่น ที่จำแนกการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ระดับ
HGLM-3L	หมายถึง วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดลเชิงเส้นทั่วไปนัยทั่วไประดับลดหลั่น ที่จำแนกการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ระดับ
BILOG-MG	หมายถึง วิธีการ/ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์จากโปรแกรม BILOG-MG
θ_{EB}	หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ความสามารถผู้สอบที่ได้ใช้วิธีการ Empirical Bayes ประมาณค่า
θ_{OLS}	หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ความสามารถผู้สอบที่ได้ใช้วิธีการ Ordinary Least Square
S.E.	หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า
$\delta_{HGLM-2L}$	หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ (b) ที่ได้จากโมเดลเชิงเส้นทั่วไปนัยทั่วไประดับลดหลั่น ที่จำแนกการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ระดับ
$\delta_{HGLM-3L}$	หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ (b) ที่ได้จากโมเดลเชิงเส้นทั่วไปนัยทั่วไประดับลดหลั่น ที่จำแนกการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ระดับ
$\delta_{BILOG-MG}$	หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบที่ได้จากโปรแกรม BILOG-MG
Dsex	หมายถึง ตัวแปรดัมมี่เพศความเป็นชาย
Stress	หมายถึง ระดับความเครียดของนักเรียน
Grade	หมายถึง เกรดวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมา
Salary	หมายถึง รายได้ต่อเดือนของผู้ปกครอง
Special	หมายถึง การเรียนพิเศษเสริมความรู้วิชาคณิตศาสตร์
Att	หมายถึง เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
Sch_size	หมายถึง ขนาดของโรงเรียน
Admi_leader	หมายถึง ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร
Admi_eff	หมายถึง ประสิทธิภาพการบริหารของผู้บริหาร
Teach_eff	หมายถึง ประสิทธิภาพการสอนของครู

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ผู้วิจัยจะได้นำมาจากตัวแปรที่ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลมานำเสนอในลักษณะที่สอดคล้องกับธรรมชาติของข้อมูล คือ ข้อมูลที่เป็นตัวแปรจัดประเภท และข้อมูลที่เป็นตัวแปรต่อเนื่อง เสนอดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรจัดประเภท

ตัวแปร	จำนวน	ร้อยละ
1.เพศผู้ตอบแบบสอบถาม		
1.1 เพศชาย	746	47.00
1.2 เพศหญิง	842	53.00
รวม	**1,588**	**100.00**
2.รายได้ของผู้ปกครอง		
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท	512	32.20
5,001 – 10,000 บาท	681	42.90
10,001 – 15,000 บาท	235	14.80
15,001 – 20,000 บาท	77	4.80
มากกว่า 20,000 บาทขึ้นไป	83	5.30
รวม	**1,588**	**100.00**
3.การเรียนพิเศษเสริมการเรียนรู้		
ได้เรียนพิเศษ	132	8.30
ไม่ได้เรียนพิเศษ	1,456	91.70
รวม	**1,588**	**100.00**
4.ขนาดโรงเรียน		
โรงเรียนขนาดเล็ก	4	12.50
โรงเรียนขนาดกลาง	15	46.90
โรงเรียนขนาดใหญ่	13	40.60
รวม	**32**	**100.00**

จากตารางที่ 4-1 นักเรียนกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นเพศหญิงจำนวน 842 คน (ร้อยละ 53.00) และเป็นเพศชายจำนวน 746 คน (ร้อยละ 47.00) โดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 681 คน (ร้อยละ 42.90) ผู้ปกครองมีรายได้อยู่ในช่วง 5,001 – 10,000 บาท รองลงมาอีกจำนวน 512 คน (ร้อยละ 32.2) ผู้ปกครองมีรายได้อยู่ในช่วงต่ำกว่า 5,000 บาท ผู้ปกครองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 235 คน (ร้อยละ14.80) มีรายได้อยู่ในช่วง 10,001 – 15,000 บาท ส่วนผู้ปกครองของนักเรียนที่มีรายได้อยู่ในช่วง 15,001 – 20,000 บาท และมากกว่า 20,000 บาทขึ้นไป มีจำนวน

77 คน (ร้อยละ 4.80) และจำนวน 82 คน (ร้อยละ 5.30) ตามลำดับ สำหรับตัวแปรระดับโรงเรียนคือ ขนาดโรงเรียนนั้นเป็นโรงเรียนขนาดกลางมากที่สุด จำนวน 15 โรง (ร้อยละ 46.90) รองลงมาเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ จำนวน 13 โรง (ร้อยละ 40.60) และโรงเรียนขนาดเล็ก จำนวน 4 โรงเรียน (ร้อยละ 12.50)

ตารางที่ 4-2 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรต่อเนื่อง

ตัวแปร	n	min	max	mean	SE.	SD.	skewness	kurtosis
Grade	1,588	0.00	4.00	1.88	0.02	0.81	0.397	0.235
Stress	1,588	20.00	92.00	52.33	0.32	13.01	0.106	-0.365
Att	1,588	1.40	5.00	3.15	0.01	0.38	-0.167	1.044
Admi_leader	32	2.77	5.00	4.26	0.08	0.46	-0.977	1.592
Admi_eff	32	2.00	4.00	3.16	0.12	0.68	-0.198	-0.705
Teach_eff	32	1.00	3.00	2.44	0.11	0.62	-0.619	-0.471

จากผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรต่อเนื่องพบว่า เกรดวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมา (Grade) มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.00 และมากที่สุดเท่ากับ 4.00 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.88 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.02 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.81 โดยค่าความเบ้เท่ากับ 0.397 และค่าความโด่งเท่ากับ 0.235 แสดงว่าโค้งการแจกแจงมีลักษณะของการเบ้ขวาและมีความโด่งเล็กน้อย ด้านตัวแปรความเครียดในการเรียนของนักเรียน (Stress) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 20.00 และมากที่สุดเท่ากับ 92.00 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.33 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.32 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 13.01 มีค่าโค้งการแจกแจงมีลักษณะเป็นเบ้ขวา และโด่งน้อย (platykurtic) โดยมีความเบ้เท่ากับ 0.106 และมีความแบน เพราะค่าความโด่งเท่ากับ -0.365 ตัวแปรเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (Att) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.40 และมากที่สุดเท่ากับ 5.00 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.15 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.01 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.38 โค้งการแจกแจงมีลักษณะเบ้ซ้าย และมีความโด่งมาก (leptokurtic) โดยมีค่าความเบ้เท่ากับ -0.167 และค่าความโด่งเท่ากับ 1.044 ด้านตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการสำหรับผู้บริหาร (Admi_leader) มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.77 และมากที่สุดเท่ากับ 5.00 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.08 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46 โค้งการแจกแจงมีลักษณะเบ้ซ้าย และมีความโด่งมาก (leptokurtic) โดยมีค่าความเบ้เท่ากับ -0.977 และค่าความโด่งเท่ากับ 1.592 ตัวแปรประสิทธิภาพทางการบริหารของผู้บริหาร (Admi_eff) นั้นพบว่า มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.00 และมากที่สุดเท่ากับ 4.00 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.16 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.12 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.68 โค้งการแจกแจงมีลักษณะเบ้ซ้าย และมีความโด่งน้อย (platykurtic) โดยมีค่าความเบ้เท่ากับ -0.198

และค่าความโด่งเท่ากับ -0.705 และตัวแปรประสิทธิภาพในการสอนของครู (Teach_eff) นั้นมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1.00 และมากที่สุดเท่ากับ 3.00 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.44 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.11 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 โค้งการแจกแจงมีลักษณะเบ้ซ้าย และมีความโด่งน้อย (platykurtic) โดยมีค่าความเบ้เท่ากับ -0.619 และค่าความโด่งเท่ากับ -.471 แต่อย่างไรก็ตามตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมดก็ยังมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ เพราะค่าความโด่งมีค่าระหว่าง 2 ถึง -2 (อวยพร เรืองตระกูล, 2544)

ตารางที่ 4-3 สถิติพื้นฐานของคะแนนจากการตอบข้อสอบของนักเรียนจำแนกตามเพศผู้สอบ

ตัวแปร	n	min	max	mean	SE.	SD.	skewness	kurtosis
เพศชาย	746	2.00	30.00	10.04	0.193	5.32	1.578	2.363
เพศหญิง	842	2.00	30.00	10.81	0.190	5.52	1.359	1.411
รวม	**1,588**	**2.00**	**30.00**	**10.45**	**.137**	**5.44**	**1.45**	**1.79**

ในตารางที่ 4-3 แสดงคะแนนจากการทดสอบที่ผู้สอบทำได้จำแนกตามเพศ พบว่า ผู้สอบทั้งหมดจำนวน 1,588 คน ทำคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 2 คะแนน และมากสุดเท่ากับ 30 คะแนน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.45 คะแนน ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.137 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.44 โค้งการแจกแจงมีลักษณะเบ้ขวา และมีความโด่งมาก โดยมีค่าความเบ้เท่ากับ 1.45 และค่าความเบ้เท่ากับ 1.79 ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าความโด่งแล้วก็ยังเป็นโค้งปกติ เมื่อจำแนกตามเพศแล้วพบว่าเป็นเพศชาย จำนวน 746 คน มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 10.04 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมด ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.193 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.32 โค้งการแจกแจงมีลักษณะเบ้ขวา และมีความโด่งมาก โดยมีค่าความเบ้เท่ากับ 1.578 และค่าความโด่งเท่ากับ 2.363 ส่วนเพศหญิงจำนวน 842 คน นั้นมีคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 2 คะแนน และมากสุดเท่ากับ 30 คะแนนเหมือนกับเพศชาย มีค่าเฉลี่ยมากกว่าเพศชายคือเท่ากับ 10.81 คะแนน และสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนการสอบจากนักเรียนทั้งหมด ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.190 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.52 โค้งการแจกแจงมีลักษณะเบ้ขวา และโด่งมาก โดยมีค่าความเบ้เท่ากับ 1.359 และค่าความโด่งเท่ากับ 1.411 จากลักษณะการแจกแจงจึงแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนนจากการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับน้อย (เบ้ขวา)

ตารางที่ 4-4 สถิติพื้นฐานของคะแนนการตอบข้อสอบของนักเรียนจำแนกตามโรงเรียน

โรงเรียน	n	min	max	mean	SE.	SD.	skewness	kurtosis
บ้านข่อยวิทยา	28	4	25	11.68	1.21	6.40	0.761	-.852
บ้านเบิกวิทยาคม	24	4	12	7.50	0.46	2.25	0.590	-.371
วัดสุนทรเทพคีรี	23	4	18	8.17	0.66	3.19	1.175	2.924
บ้านห้วยใหญ่	21	4	23	9.00	1.14	5.21	1.852	2.933
วัดถนนแค	39	3	23	7.85	0.66	4.12	2.065	5.261
บ้านเขายายกะตา	34	2	26	7.74	0.72	4.19	2.626	10.342
จุฬาภรณ์ราชวิทยาลัย	63	4	30	24.33	0.74	5.87	-1.926	3.544
โคกตูมวิทยา	62	2	20	9.58	0.48	3.80	0.735	0.667
พิบูลสงเคราะห์	39	4	21	8.64	0.61	3.81	1.763	3.673
อนุบาลบ้านเพนียด	36	4	23	11.06	0.90	5.40	1.235	0.712
วัดโพธิ์ระหัด	35	3	21	7.74	0.51	3.04	2.473	10.001
บ้านเขาทับควาย	34	5	20	9.03	0.60	3.52	1.440	2.250
บ้านโคกกะเทียม	27	4	25	8.74	0.81	4.19	2.498	8.280
บ้านถลุงเหล็ก	28	3	18	8.79	0.62	3.25	1.091	1.505
วัดสะแกราบ	24	3	11	7.25	0.48	2.36	-.067	-1.126
พรหมรังสี	42	4	19	8.59	0.56	3.64	1.414	1.989
นิคมลำนารายณ์	24	2	17	7.83	0.64	3.12	0.620	2.354
บ้านใหม่สามัคคี	32	5	26	12.25	1.10	6.20	0.954	-.627
บ้านดีลัง	31	5	18	9.03	0.63	3.52	1.176	0.645
โคกกะเทียมวิทยาลัย	74	4	25	10.62	0.54	4.63	0.792	0.119
ปิยะบุตร์	78	3	28	11.24	0.64	5.66	1.072	0.535
เมืองใหม่ฯ	74	6	28	16.32	0.65	5.59	-.003	-.937
โคกสำโรงวิทยา	76	3	24	10.43	0.49	4.23	0.746	0.656
บ้านวังเพลิง	96	4	24	11.04	0.51	4.96	0.912	-.061
บ้านหมี่วิทยา	61	4	20	8.39	0.42	3.27	1.525	3.157
โคกสำโรง	92	2	18	8.70	0.25	2.41	0.454	1.885
ซอยสามสายสี่ซ้าย	60	4	20	8.15	0.38	2.95	1.359	3.313
อนุบาล มทบ.13	36	3	12	7.97	0.39	2.36	-.062	-.430
ชัยบาดาลพิทยาคม	100	4	26	10.59	0.47	4.70	1.226	1.382
พัฒนานิคม	105	4	22	11.27	0.36	3.67	0.683	0.251
บ้านเกาะรัง	55	3	21	9.36	0.51	3.81	1.038	1.501
บ้านม่วงค่อม	35	2	18	7.26	0.51	3.00	1.402	3.735
รวม	**1,588**	**2**	**30**	**10.45**	**0.14**	**5.44**	**1.452**	**1.794**

จากตารางที่ 4-4 เป็นการแสดงสถิติพื้นฐานของคะแนนจากการตอบข้อสอบของนักเรียนจำแนกตามโรงเรียนนั้นพบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 32 โรงเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.45 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.44 ค่าความเบ้เท่ากับ 1.452 และค่าความโด่งเท่ากับ 1.794 ส่วนโรงเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด คือ โรงเรียนจุฬาภรณ์ราชวิทยาลัย มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 24.33 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.87 ค่าความเบ้เท่ากับ -1.926 และค่าความโด่งเท่ากับ 3.554 ซึ่งเป็นลักษณะของโค้งการแจกแจงที่เบ้ซ้าย แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนนสอบในระดับมาก และการกระจายไม่เป็นโค้งปกติ ส่วนโรงเรียนที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดได้แก่โรงเรียนวัดสะแกราบ มีคะแนนเท่ากับ 7.25 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.36 ค่าความเบ้เท่ากับ -0.067 และค่าความโด่งเท่ากับ -1.126 ซึ่งแสดงว่าลักษณะของโค้งการแจกแจงเป็นแบบเบ้ซ้ายเล็กน้อย และมีความโด่งน้อย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของข้อสอบและข้อมูลในการวิจัย ตามข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎี

2.1การตรวจสอบความเป็นเอกมิติของแบบสอบ (Unidimentionality)

การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎี IRT นั้น ผู้วิจัยจำเป็นต้องสนใจต่อข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญของทฤษฎี IRT นั่นคือ ความเป็นเอกมิติของแบบสอบ ซึ่งแสดงถึงคุณลักษณะสำคัญของแบบสอบว่ามุ่งวัดคุณลักษณะแฝง (latent trait) ที่ต้องการศึกษาเพียงลักษณะ/มิติเดียว การละเลยต่อข้อตกลงเบื้องต้นข้อนี้อาจจะนำไปสู่การสรุปผลการศึกษาที่ผิดพลาด

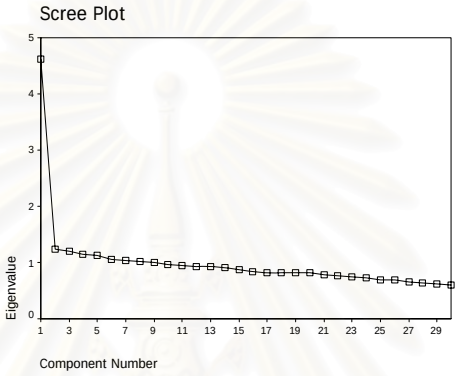
การตรวจสอบความเป็นเอกมิติสามารถดำเนินการได้โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis) เพื่อตรวจสอบว่าข้อสอบที่สร้างขึ้นว่ามีกี่องค์ประกอบ และพิจารณาร้อยละของความแปรปรวน รวมถึงการพิจารณาค่าไอเกน (eigen value) ซึ่งเสนอโดย Lord และ Novick (1968), Reckase (1979) หากผลจากการวิเคราะห์ได้ค่าไอเกนตัวเดียวหรือหลายตัวซึ่งตัวแรกมีค่ามากกว่าตัวที่สอง และตัวอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด ก็สรุปได้ว่าแบบสอบเป็นเอกมิติ (วรนุช แหยมแสง, 2536; สุวิมล ติรกานันท์, 2537) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ดังเสนอในตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ค่าไอเกน และร้อยละของความแปรปรวนขององค์ประกอบของแบบทดสอบ

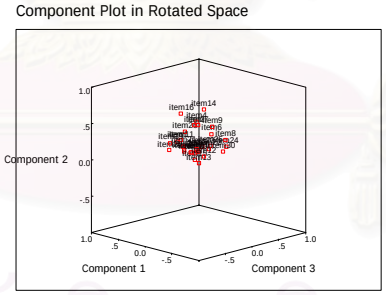
องค์ประกอบ	ค่าไอเกน	ร้อยละของความแปรปรวน
1	4.626	15.420
2	1.237	4.124
3	1.198	3.995
4	1.137	3.791
5	1.120	3.732
6	1.059	3.529
7	1.031	3.437
8	1.061	3.389

ตารางที่ 4-5 เป็นการแสดงค่าไอเกน และร้อยละของความแปรปรวนขององค์ประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบ โดยหมุนแกนแบบแวริแม็กซ์ ผู้วิจัยพบว่าค่าไอเกนขององค์ประกอบที่ 1 มีค่ามากที่สุด คือ 4.626 โดยองค์ประกอบที่เหลือมีค่าอยู่ในช่วง 1.237 ถึง 1.061 ซึ่งร้อยละของความแปรปรวนขององค์ประกอบที่ 1 มีค่ามากกว่าร้อยละของความแปรปรวนขององค์ประกอบที่ 2 เท่ากับ 3.74 เท่า เห็นได้ว่าค่าไอเกนขององค์ประกอบที่ 1 สูงกว่าค่าไอเกนขององค์ประกอบที่ 2 อย่างชัดเจน และค่าไอเกนขององค์ประกอบที่ 2 ถึงองค์ประกอบที่ 8 มีค่าพิสัยไม่มากนัก (0.176) จึงเป็นตัวบ่งชี้ถึงแบบสอบมีลักษณะเป็นเอกมิติ และไปตามข้อเสนอของ

วรนุช แหยมแสง (2536) สุวิมล ติรกานันท์ (2537) และศิริชัย กาญจนวาสี (2550) เกี่ยวกับเกณฑ์การพิจารณาความเป็นเอกมิติของแบบสอบ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารของ Hair และคณะ (1998) ที่กล่าวว่าน้ำหนักขององค์ประกอบที่โหลดในองค์ประกอบหากมีค่ามากกว่า 0.3 ให้จัดอยู่ในองค์ประกอบนั้นได้ (กลุ่มตัวอย่างมากกว่า 1,000 คน) ซึ่งในกรณีนี้น้ำหนักองค์ประกอบของข้อสอบบนองค์ประกอบที่ 1 ของการวิเคราะห์องค์ประกอบนี้ทุกตัวมีค่าตั้งแต่ 0.3 ทุกข้อ จึงถือได้ว่าแบบสอบเป็นเอกมิติ ผู้วิจัยได้นำเสนอแผนภาพสกรี (scree plot) ของค่าไอเกน ไว้ในแผนภาพที่ 4-1 และแผนภาพองค์ประกอบในแผนภาพที่ 4-2



แผนภาพที่ 4-1แผนภาพสกรีของการวิเคราะห์องค์ประกอบ



แผนภาพที่ 4-2 แผนภาพองค์ประกอบ

2.2 <u>การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยทั้งสองระดับ</u>

การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย เป็นการตรวจสอบตามเงื่อนไขเบื้องต้นของการวิเคราะห์เชิงการทำนาย ซึ่งมุ่งตรวจสอบว่าตัวแปรต้นที่ใช้ในการวิจัยมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรลักษณะอย่างไร ซึ่งถ้าหากตัวแปรต้นมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (multicolinearity) ผู้วิจัยสามารถเลือกตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งเข้าสู่สมการการวิจัยแทนได้ ผลเสียของการที่ตัวแปรต้นมีความสัมพันธ์กันสูงจะนำมาสู่การวิเคราะห์และการแปลผลการวิเคราะห์ที่ผิดพลาด ดังนั้นในตารางที่ 4-6 และ 4-7 เป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นในระดับผู้สอบ และระดับโรงเรียนตามลำดับ

ตารางที่ 4-6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นระดับผู้สอบ

ตัวแปร	Salary	Grade	Stress	Attitude	Tolerance
Salary	1				.915
Grade	.279**	1			.912
Stress	-.033	-.082**	1		.978
Attitude	.107**	.091**	.115**	1	.969

** p<.01

จากตารางที่ 4-6 พบว่าตัวแปรต้นในการวิเคราะห์ระดับผู้สอบมีความสัมพันธ์ระหว่างกันไม่มากนัก โดยตัวแปรรายได้ของผู้ปกครองมีความสัมพันธ์กับการเรียนพิเศษมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดเท่ากับ 0.539 ที่ระดับ .01 รองลงมาได้แก่ตัวแปรเกรดวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมา มีความสัมพันธ์กับการเรียนพิเศษเสริมมีขนาดเท่ากับ 0.327 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งในภาพรวมนั้นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษามีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่มีระดับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ไม่สูง เมื่อพิจารณาผลการตรวจสอบความเป็นอิสระระหว่างตัวแปรต้น (Tolerance) พบว่าทุกตัวแปรมีค่ามากกว่า 0.90 ซึ่งมากกว่า 0.19 (พิสัย 0.912 ถึง 0.978) แสดงว่าตัวแปรอิสระไม่มีความสัมพันธ์กัน (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2546; Hair และคณะ, 1998)

ตารางที่ 4-7 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นระดับโรงเรียน

ตัวแปร	Admi_leader	Teach_eff	Admi_eff	Sch_size	Tolerance
Admi_leader	1				.873
Teach_eff	-.064	1			.935
Admi_eff	.069	.216	1		.882
Sch_size	.353*	-.072	.251	1	.813

** p<.01

ตารางที่ 4-7 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นระดับโรงเรียน พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารมีความสัมพันธ์กับขนาดโรงเรียนสูงที่สุด คือ 0.353 โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รองลงมาได้แก่ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการบริหารของผู้บริหารมีความสัมพันธ์ทางบวกกับขนาดของโรงเรียน นอกนั้นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นระดับโรงเรียนมีในระดับต่ำ เมื่อพิจารณาประกอบกับการตรวจสอบความเป็นอิสระระหว่างตัวแปรต้น (Tolerance) พบว่าทุกตัวแปรมีค่าเข้าใกล้ 1 และมากกว่า 0.19 (พิสัย 0.873 ถึง 0.935) แสดงว่าตัวแปรอิสระไม่มีความสัมพันธ์กัน จึงไม่มีลักษณะของ multicolinearity (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2546; Hair และคณะ, 1998) ดังนั้นสามารถนำตัวแปรทั้งสองระดับทั้งหมดเข้าสู่สมการการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HLM ต่อไปได้

ตอนที่ 3 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบและพารามิเตอร์ผู้สอบ

3.1 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ

การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ด้วยโมเดล HGLM-2L และ HGLM-3L แล้วนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับการประมาณค่าจากโปรแกรม BILOG-MG สามารถแสดงสมการการวิเคราะห์ทั้งแบบสองระดับ และสามระดับได้ดังนี้

ตารางที่ 4-8 สมการการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HLM แบบโมเดล HGLM 2 ระดับ และ 3 ระดับ

โมเดล HGLM-2L	โมเดล HGLM-3L
Level-1: item level $\eta_{ijm} = \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{1ijm} + \beta_{2j}X_{2ij} + \ldots + \beta_{29j}X_{29ij}$ Level-2: person level $\beta_{0j} = \gamma_{00} + U_{0j}$ $\beta_{1j} = \gamma_{10}$ $\beta_{2j} = \gamma_{20}$ $\vdots$ $\beta_{29j} = \gamma_{290}$	Level-1: item level $\eta_{ijm} = \beta_{0jm} + \beta_{1jm}X_{1ijm} + \beta_{2jm}X_{2ijm} + \ldots + \beta_{29jm}X_{29ijm}$ Level-2: person level $\beta_{0jm} = \gamma_{00m} + r_{0jm}$ $\beta_{1jm} = \gamma_{10m}$ $\beta_{2jm} = \gamma_{20m}$ $\vdots$ $\beta_{29jm} = \gamma_{290m}$ Level-3: school level $\gamma_{00m} = \pi_{000} + U_{00m}$ $\gamma_{10m} = \pi_{100}$ $\gamma_{20m} = \pi_{200}$ $\vdots$ $\gamma_{290m} = \pi_{2900}$
การประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและผู้สอบ ค่าประมาณพารามิเตอร์ข้อสอบ (δ) = $-\gamma_{qo} - \gamma_{00}$ ค่าประมาณพารามิเตอร์ผู้สอบ (θ) = U_{oj}	**การประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและผู้สอบ** ค่าประมาณพารามิเตอร์ข้อสอบ (δ) = $-\pi_{i00} - \pi_{000}$ ค่าประมาณพารามิเตอร์ผู้สอบ(θ) = $U_{00m} + r_{0jm}$

ตารางที่ 4-8 แสดงสมการการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HLM แบบโมเดลเชิงเส้นตรงทั่วไประดับลดหลั่น 2 ระดับ (HGLM-2L) และโมเดลเชิงเส้นตรงทั่วไประดับลดหลั่น 3 ระดับ (HGLM-3L) ซึ่งมีสูตรของการประมาณค่าที่ต่างกัน โดยการวิเคราะห์ 2 ระดับ จะคำนวณค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบจากการวิเคราะห์ระดับที่ 2 ส่วนการวิเคราะห์ 3 ระดับ จะคำนวณค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบจากการวิเคราะห์ระดับที่ 3

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบแสดงในตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบจากโปรแกรม HLM และโปรแกรม BILOG-MG

ข้อสอบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ (δ_i)					
	BILOG-MG		HGLM2L		HGLM3L	
	δ	S.E.	δ_{HGLM2L}	S.E.	δ_{HGLM3L}	S.E.
1	.426	.072	.310	.071	.393	.090
2	1.084	.080	.754	.071	.837	.108
3	1.067	.076	.743	.071	.826	.085
4	1.351	.084	.934	.073	1.017	.156
5	1.680	.082	1.156	.076	1.239	.111
6	.587	.073	.419	.070	.503	.086
7	.899	.078	.630	.071	.713	.092
8	.765	.073	.539	.069	.622	.099
9	-.172	.070	-.096	.070	-.012	.118
10	1.193	.077	.828	.074	.911	.087
11	1.458	.080	1.007	.075	1.089	.097
12	1.260	.077	.873	.075	.956	.116
13	.591	.071	.422	.069	.505	.090
14	-.101	.070	-.048	.070	.036	.120
15	.866	.073	.607	.071	.691	.087
16	-.020	.071	.008	.071	.091	.121
17	1.167	.075	.810	.071	.893	.067
18	1.123	.075	.780	.070	.863	.080
19	1.264	.079	.876	.073	.959	.102
20	1.670	.083	1.150	.074	1.232	.097
21	.642	.072	.456	.071	.539	.083
22	.961	.074	.671	.070	.755	.097
23	1.411	.082	.975	.070	1.058	.091
24	.630	.071	.448	.070	.532	.100
25	1.645	.085	1.132	.073	1.215	.107
26	.658	.075	.467	.070	.550	.114
27	.713	.072	.504	.072	.587	.082
28	.391	.070	.287	.070	.370	.094
29	1.215	.078	.843	.070	.926	.070
30	1.097	.075	.763	.053	.846	.112
รวมเฉลี่ย	**.917**	**.090**	**.642**	**.061**	**.725**	**.061**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

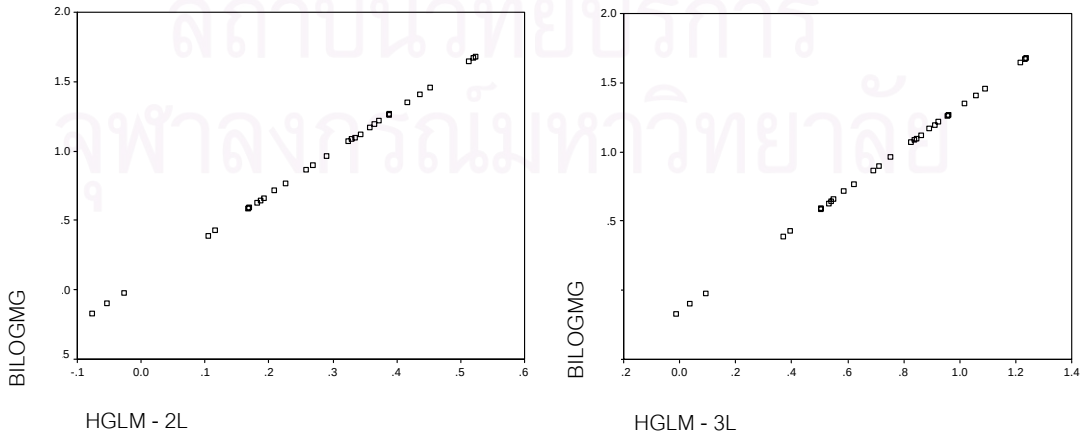
จากตารางที่ 4-9 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบที่ประมาณค่าด้วยโมเดล HGLM-2L มีค่าความยากที่น้อยที่สุดเท่ากับ -0.096 และสูงที่สุดเท่ากับ 1.156 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.642 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.061 ส่วนโมเดล HGLM-3L มีค่าความยากน้อยที่สุดเท่ากับ -0.012 สูงที่สุดเท่ากับ 1.239 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.725 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.061 ส่วนค่าพารามิเตอร์ความยากที่คำนวณได้จากโปรแกรม BILOG-MG มีค่าความยากน้อยที่สุดเท่ากับ -0.172 และสูงที่สุดเท่ากับ 1.680 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.917 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ .090

เมื่อนำผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบและผู้สอบของทั้ง 3 วิธี จากโปรแกรม BILOG-MG และโปรแกรม HLM แบบโมเดล HGLM 2 ระดับ และ 3 ระดับ มาหาความสัมพันธ์ด้วยสูตรเพียร์สัน พบว่าค่าพารามิเตอร์ความยากที่คำนวณได้จากทั้งสามวิธีมีความสัมพันธ์กันอย่างสัมบูรณ์ และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผู้วิจัยแสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวดังตารางที่ 4-10 และแผนภาพกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบทั้งสามวิธี ดังแผนภาพที่ 4-3

ตารางที่ 4-10 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ความยากข้อสอบทั้งสามวิธี

ตัวแปร	δ_{BILOG}	δ_{HGLM2L}	δ_{HGLM3L}
δ_{BILOG}	1		
$\delta_{HGLM-2L}$	1.000**	1	
$\delta_{HGLM-3L}$	1.000**	1.000**	1

** $p < .01$



แผนภาพที่ 4-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบที่ประมาณค่าจากโปรแกรม BILOG-MG และโปรแกรม HLM แบบโมเดล HGLM-2L และ HGLM-3L

3.2 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบ

การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ผู้สอบครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ด้วยโมเดล HGLM-2L และ HGLM-3L แล้วนำผลการวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับการประมาณค่าจากโปรแกรม BILOG-MG สามารถวิเคราะห์ได้จากกระบวนการเดียวกันกับการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ โดยโปรแกรม HLM จะรายงานค่าค่าพารามิเตอร์ผู้สอบทั้งหมดใน residual file ทั้งวิธีการประมาณค่าแบบเบย์ (EB) และวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) ซึ่งในการวิเคราะห์ 2 ระดับ สามารถนำค่ามาดำเนินการได้ทันที แต่ถ้าเป็นการวิเคราะห์แบบ 3 ระดับ ผู้ศึกษาต้องนำค่าส่วนที่เหลือของระดับการวิเคราะห์ที่สาม (U_{oom}) บวกเพิ่มเข้าไปในผลการประมาณค่าทุกตัวก่อนจึงจะสามารถนำไปสื่อความหมายได้ถูกต้อง

ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบในการวิเคราะห์สองระดับสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4-1 ส่วนค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบที่ได้จากในการวิเคราะห์สามระดับ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4-2

$$\theta_{HLM\text{-}2L} = U_{oj} \qquad \text{.....[4-1]}$$

$$\theta_{HLM\text{-}3L} = u_{00m} + r_{0jm} \qquad \text{.....[4-2]}$$

ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบแสดงค่าสถิติในตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 สถิติพื้นฐานของผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบจากโปรแกรม BILOG-MG และโปรแกรม HLM

สถิติพื้นฐาน	คะแนนดิบ	BILOG-MG	HGLM-2L		HGLM-3L	
			θ_{EB}	θ_{OLS}	θ_{EB}	θ_{OLS}
Min	2.00	-1.6335	-1.2003	-1.8106	-1.8343	-2.8780
Max	30.00	3.3261	2.4799	3.6697	2.0629	2.9975
$\bar{X}$	10.449	.00034	.0000	-.0134	.2584	.2447
S.D.	5.439	.889	.657	.876	.430	.677

จากตารางที่ 4-11 พบว่าค่าพารามิเตอร์ผู้สอบของการคำนวณด้วยโปรแกรม BILOG-MG และโปรแกรม HLM ภายใต้ 2 โมเดลย่อย คือ HGLM-2L และ HGLM-3L โดยผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบของการคำนวณด้วยโปรแกรม BILOG-MG มีค่าพารามิเตอร์ผู้สอบสูงสุดเท่ากับ 3.3261 และต่ำสุดเท่ากับ -0.16335 มีค่าเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ผู้สอบเท่ากับ 0.00034 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.889

ส่วนค่าพารามิเตอร์ผู้สอบที่คำนวณจากโมเดล HGLM-2L นั้น ในส่วนของการประมาณค่าด้วยวิธี EB มีค่าพารามิเตอร์ผู้สอบสูงสุดเท่ากับ 2.4799 และต่ำสุดเท่ากับ -1.2003 มีค่าเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ผู้สอบเท่ากับ 0.0000 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.675 ส่วนการประมาณค่าด้วยวิธี OLS นั้น มีค่าพารามิเตอร์ผู้สอบสูงสุดเท่ากับ 3.6697 และต่ำสุดเท่ากับ -1.8106 มีค่าเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ผู้สอบเท่ากับ -0.0134 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.876

และเมื่อมาพิจารณาค่าพารามิเตอร์ผู้สอบที่คำนวณจากโมเดล HGLM-3L นั้น ในส่วนของการประมาณค่าด้วยวิธี EB มีค่าพารามิเตอร์ผู้สอบสูงสุดเท่ากับ 2.0629 และต่ำสุดเท่ากับ -1.8343 ค่าเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ผู้สอบ เท่ากับ 0.2584 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.430 ส่วนการประมาณค่าด้วยวิธี OLS นั้น มีค่าพารามิเตอร์ผู้สอบสูงสุดเท่ากับ 2.9975 และต่ำสุดเท่ากับ -2.8780 มีค่าเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ผู้สอบเท่ากับ 0.2447 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.677

ผู้วิจัยจึงนำค่าพารามิเตอร์ผู้สอบที่ได้จากทั้งสามวิธีไปตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างกันด้วยสูตรของเพียร์สัน ผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตารางที่ 4-12

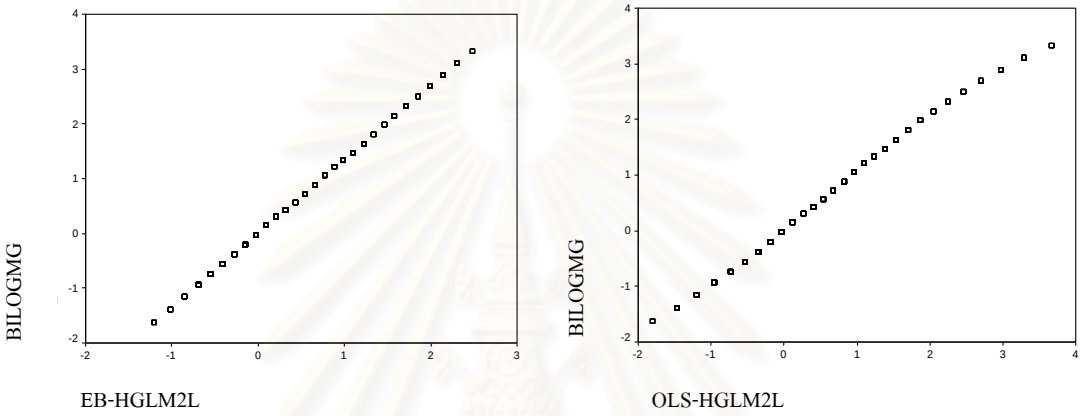
ตารางที่ 4-12 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ผู้สอบระหว่างวิธีการใช้โปรแกรม BILOG-MG, HGLM2L และ HGLM3L

ตัวแปร	คะแนนดิบ	$\theta_{BILOG\text{-}MG}$	$\theta_{EB\text{-}HGLM2L}$	$\theta_{OLS\text{-}HGLM2L}$	$\theta_{EB\text{-}HGLM3L}$	θ_{OLS_HGLM3L}
คะแนนดิบ	1					
$\theta_{BILOG\text{-}MG}$	.999**	1				
$\theta_{EB\text{-}HGLM2L}$	.999**	1.000**	1			
$\theta_{OLS\text{-}HGLM2L}$	.996**	.999**	.999**	1		
$\theta_{EB\text{-}HGLM3L}$	.790**	.793**	.792**	.786**	1	
θ_{OLS_HGLM3L}	.813**	.819**	.819**	.816**	.996**	1

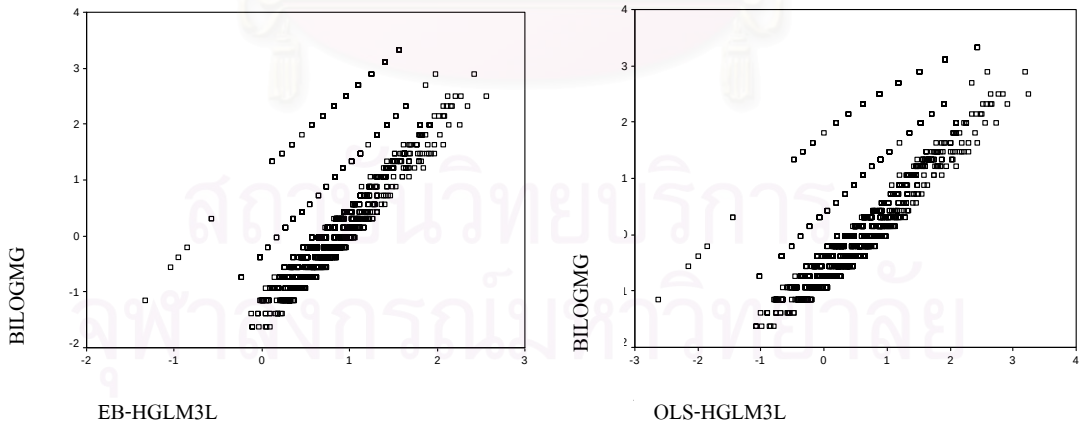
** $p < .01$

จากตารางที่ 4-12 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ_j) พบว่า $\theta_{BILOG\text{-}MG}$, $\theta_{EB\text{-}HGLM2L}$ และ $\theta_{OLS\text{-}HGLM2L}$ มีความสัมพันธ์กับคะแนนดิบ (raw score) ในระดับที่สูงมาก (0.999, 0.999 และ 0.996 ตามลำดับ) เมื่อมาพิจารณาผลการประมาณค่าด้วยวิธีการ HGLM เทียบกับผลการการประมาณค่าด้วยวิธี BILOG-MG พบว่า $\theta_{EB\text{-}HGLM2L}$ มีความสัมพันธ์กับ $\theta_{BILOG\text{-}MG}$ อย่างสัมบูรณ์ และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 รองลงมาได้แก่ $\theta_{OLS\text{-}HGLM2L}$ ที่สัมพันธ์กับ $\theta_{BILOGMG}$ เท่ากับ 0.999 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วน θ_{OLS_HGLM3L} สัมพันธ์กับ $\theta_{BILOG\text{-}MG}$ เท่ากับ 0.891 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยที่ $\theta_{EB\text{-}HGLM3L}$ มีระดับความสัมพันธ์กับ $\theta_{BILOG\text{-}MG}$ น้อยที่สุด คือ 0.793 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง $\theta_{EB\text{-}HGLM2L}$ กับ $\theta_{OLS\text{-}HGLM2L}$ พบว่ามีความสัมพันธ์ในระดับ 0.999 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วน $\theta_{EB\text{-}HGLM3L}$ และ θ_{OLS_HGLM3L} ก็สัมพันธ์กันในระดับสูง เท่ากับ 0.996 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความสัมพันธ์ที่พบนอกจากนี้ก็อยู่ในระดับสูงเช่นเดียวกัน (0.786 ถึง 0.819) และทุกคู่ความสัมพันธ์ต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สามารถแสดงความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ข้อสอบที่ประมาณค่าจากโปรแกรม HLM และโปรแกรม BILOG-MG เป็นแผนภาพได้ดังแผนภาพที่ 4-4 และ 4-5



แผนภาพที่ 4-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์พารามิเตอร์ข้อสอบที่ประมาณค่าจากโปรแกรม HLM 2 ระดับ กับพารามิเตอร์ข้อสอบที่ประมาณค่าจากโปรแกรม BILOG-MG



แผนภาพที่ 4-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์พารามิเตอร์ข้อสอบที่ประมาณค่าจากโปรแกรม HLM 3 ระดับ กับพารามิเตอร์ข้อสอบที่ประมาณค่าจากโปรแกรม BILOG-MG

ตอนที่ 4 ผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ

1) การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HLM

ผู้วิจัยใช้โมเดล HGLM-3L สำหรับการศึกษาการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบทั้ง 30 ข้อ สามารถเขียนสมการแสดงการวิเคราะห์ได้ดังนี้

<u>การวิเคราะห์ระดับที่ 1: ระดับข้อสอบ</u>

การศึกษาการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) ด้วยโมเดล HGLM-3L นั้น ในระดับของการวิเคราะห์ระดับที่ 1 (Level 1) จะใช้แนวคิดเหมือนกับการวิเคราะห์ข้อสอบที่นำเสนอไปตอนต้น นั่นคือข้อสอบสอดแทรกอยู่ในบุคคล (between item within person) ดังนั้นการวิเคราะห์ระดับที่ 1 จึงมีสมการเหมือนกับการวิเคราะห์ด้วยโมเดล HGLM โดยทั่วไป ผลของการวิเคราะห์ในระดับนี้จะได้ค่าความยากข้อสอบ (δ_i) สามารถเขียนสมการวิเคราะห์ได้ดังนี้

$$\eta_{ij} = \beta_{ojm} + \beta_{1jm}X_{1ijm} + \beta_{2mj}X_{2ijm} + \ldots + \beta_{29jm}X_{29ijm}$$

<u>โมเดลการวิเคราะห์ระดับที่ 2: ระดับผู้สอบ</u>

การวิเคราะห์ระดับที่ 2 เป็นระดับผู้สอบ นั่นคือ ผู้สอบแต่ละคนสอดแทรกในโรงเรียน (between person within school) ในการวิเคราะห์ระดับนี้ ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบจะมีค่าคงที่ (fixed effect) ระหว่างผู้สอบ แต่จะผันแปรไปแบบสุ่มไปตามรายข้อสอบ ซึ่งถือเป็นความไม่ผันแปรของค่าความยากของข้อสอบตามหลักการของทฤษฎี IRT ดังนั้นเมื่อต้องการศึกษาการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบจำแนกตามเพศ (เพศชาย และเพศหญิง) ผู้วิจัยจัดกระทำตัวแปรความเป็นเพศชายเป็นตัวแปรดัมมี่เพื่อนำเข้าสู่สมการวิเคราะห์เชิงเส้น สามารถแสดงสมการวิเคราะห์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
\beta_{0jm} &= \gamma_{00m} + \gamma_{01m}\text{Dsex} + r_{0jm} \\
\beta_{1jm} &= \gamma_{10m} + \gamma_{11m}\text{Dsex} \\
\beta_{2jm} &= \gamma_{20m} + \gamma_{21m}\text{Dsex} \\
&\vdots \\
\beta_{29jm} &= \gamma_{290m} + \gamma_{291m}\text{Dsex}
\end{aligned}$$

การตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบด้วยโมเดล HGLM นี้จะกระทำในระดับการวิเคราะห์ที่ 2 นอกจากจะได้ทราบถึงค่าความสามารถของผู้สอบเป็นรายบุคคล (θ_j) ค่าความยากของข้อสอบเป็นรายข้อ (δ_i) แล้ว เมื่อใส่ตัวแปรทำนายที่เป็นตัวแปรดัมมี่เพศเข้าสู่สมการในระดับที่ 2 ตามรายข้อ ทำให้สามารถวิเคราะห์อิทธิพลของของตัวแปรทำนายที่มีต่อโอกาสตอบข้อสอบได้ถูกต้องของนักเรียนในแต่ละโรงเรียน (γ_{0qm}) และผลของตัวแปรทำนายต่อโอกาสการตอบข้อสอบได้ถูกต้องมีความผันแปรระหว่าง โรงเรียนหรือไม่ [VAR(U_{0qm})]

ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 4-13

ตารางที่ 4-13 ผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ของข้อสอบจากโมเดล HGLM-3L ด้วยโปรแกรม HLM

Fixed Effect	Coefficient	Standard Error	t-ratio	df	p-value
γ_{01m}	-0.026122	0.112628	-0.232	47580	0.817
γ_{11m}	**0.336828**	**0.149586**	**2.252**	**47580**	**0.024**
γ_{21m}	-0.097766	0.154293	-0.634	47580	0.526
γ_{31m}	-0.16554	0.154257	-1.073	47580	0.284
γ_{41m}	-0.17252	0.157586	-1.095	47580	0.274
γ_{51m}	-0.007157	0.162092	-0.044	47580	0.297
γ_{61m}	-0.020194	0.150287	-0.134	47580	0.894
γ_{71m}	0.214646	0.152391	1.409	47580	0.159
γ_{81m}	-0.12034	0.151541	-0.792	47580	0.428
γ_{91m}	**-0.639131**	**0.149320**	**-4.280**	**47580**	**0.000**
γ_{101m}	0.013730	0.155297	0.088	47580	0.930
γ_{111m}	0.062436	0.158590	0.394	47580	0.693
γ_{121m}	0.122281	0.155988	0.784	47580	0.433
γ_{131m}	0.037587	0.150274	0.250	47580	0.803
γ_{141m}	**-0.360227**	**0.148698**	**-2.423**	**47580**	**0.016**
γ_{151m}	0.072788	0.152124	0.478	47580	0.632
γ_{161m}	-0.193721	0.148517	-1.304	47580	0.192
γ_{171m}	0.194087	0.154932	1.253	47580	0.211
γ_{181m}	0.067694	0.154491	0.438	47580	0.66
γ_{191m}	0.140177	0.156038	-1.656	47580	0.097
γ_{201m}	0.021740	0.161873	0.134	47580	0.894
γ_{211m}	-0.068299	0.150651	-0.453	47580	0.650
γ_{221m}	-0.099543	0.153111	-.0650	47580	0.515
γ_{231m}	-0.047875	0.158095	-0.303	47580	0.762
γ_{241m}	-0.093708	0.150608	-0.622	47580	0.533
γ_{251m}	-0.147999	0.161870	-0.914	47580	0.361

ตารางที่ 4-13 (ต่อ)

Fixed Effect	Coefficient	Standard Error	t-ratio	df	p-value
γ_{261m}	0.036896	0.150666	0.245	47580	0.807
γ_{271m}	0.117933	0.150996	0.781	47580	0.435
γ_{281m}	-0.141319	0.149456	-0.946	47580	0.345
γ_{291m}	0.101533	0.155478	0.653	47580	0.513

จากตารางที่ 4-13 เป็นการวิเคราะห์ด้วยโมเดล HGLM-3L เพื่อศึกษาการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ ผลการวิเคราะห์พบว่ามีข้อสอบจำนวน 3 ข้อ ได้แก่ ข้อสอบข้อที่ 1 ข้อที่ 9 และข้อที่ 14 ที่อิทธิพลของตัวแปรความเป็นเพศชายมีผลทำให้สัมประสิทธิ์ความชันมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งหมายความว่าตัวแปรความเป็นเพศชายส่งผลให้เกิดโอกาสในการตอบข้อสอบข้อที่ 1, 9 และข้อที่ 14 ได้แตกต่างกันระหว่างเพศในแต่ละโรงเรียน สามารถบ่งชี้ได้ว่าข้อสอบข้อนั้นทำหน้าที่ต่างกัน จากผลการศึกษาพบว่าเพศชายจะได้เปรียบในการตอบข้อสอบข้อที่ 1 และเพศหญิงจะได้เปรียบในการตอบข้อสอบข้อที่ 9 และ ข้อที่ 14

2) การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม BILOG-MG

ผู้วิจัยวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบด้วยโปแกรม BILOG-MG ซึ่งใช้โมเดลการวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ แบบ 1 พารามิเตอร์ (IRT-1PL) ผลการศึกษาการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบทั้ง 30 ข้อ แสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4-14

ตารางที่ 4-14 ผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ของข้อสอบด้วยโปรแกรม BILOG-MG

ข้อที่	การประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ				ผลต่าง (กลุ่ม 2 – กลุ่ม1)	
	Threshold1	S.E.1	Threshold2	S.E.2	D_ Threshold	S.E.
1	.547	.098	.037	.099	-.509**	.139
2	.894	.104	.994	.114	.101	.154
3	.833	.099	1.032	.108	.199	.147
4	1.107	.108	1.313	.121	.206	.162
5	1.542	.109	1.503	.113	-.038	.157
6	.462	.096	.457	.102	-.005	.140
7	.925	.104	.579	.160	-.364	.149
8	.568	.094	.704	.104	.136	.140
9	-.675	.091	.190	.100	.865**	.135
10	1.075	.103	1.103	.107	-.062	.148

ตารางที่ 4-14 (ต่อ)

ข้อที่	การประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ				ผลต่าง (กลุ่ม 2 – กลุ่ม1)	
	Threshold1	S.E.1	Threshold2	S.E.2	D_ Threshold	S.E.
11	1.369	.105	1.233	.115	-.137	.155
12	1.125	.101	.995	.106	-.220	.146
13	.504	.902	.417	.101	-.088	.173
14	-.424	.092	.052	.099	.477*	.135
15	.795	.096	.654	.101	-.142	.140
16	-.273	.091	.007	.100	.244	.136
17	1.173	.101	.851	.104	-.322	.145
18	1.043	.097	.904	.105	-.139	.143
19	1.231	.107	.986	.109	-.246	.153
20	1.551	.110	1.471	.117	-.080	.160
21	.483	.093	.546	.101	.063	.137
22	.773	.096	.877	.105	.105	.142
23	1.248	.111	1.273	.113	.025	.159
24	.455	.094	.554	.100	.099	.137
25	1.414	.112	1.581	.121	.167	.165
26	.568	.100	.481	.104	-.087	.144
27	.677	.096	.473	.101	-.204	.140
28	.192	.091	.361	.100	.169	.135
29	1.156	.103	.967	.109	-.189	.150
30	.972	.098	.931	.105	-.040	.144

หมายเหตุ: เกณฑ์การพิจารณาการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ = $\delta_F - \delta_R \geq 0.5$

จากตารางที่ 4-14 พบว่าผลต่างของค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบที่แตกต่างกันตั้งแต่ 0.5 หน่วยขึ้นไป มีชัดเจนอยู่ 2 ข้อ ได้แก้ข้อที่ 1 และข้อที่ 9 โดยข้อสอบข้อที่ 1 ทำให้กลุ่มอ้างอิง (reference group) ได้เปรียบ ส่วนข้อสอบข้อที่ 9 นั้น กลุ่มเปรียบเทียบ (focal group) จะได้เปรียบจากการตอบข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกัน เมื่อพิจารณาข้อสอบข้อที่ 14 หากใช้หลักการทางคณิตศาสตร์โดยการปัดเศษทศนิยมที่เกิน 5 ขึ้นไปทบยังหลักที่มากกว่าเพื่อทำให้เป็นเป็นทศนิยมหนึ่งตำแหน่ง ก็สามารถจัดให้ข้อสอบข้อนี้อยู่ในกลุ่มที่ทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบได้ด้วย โดยพบว่าข้อสอบข้อที่ 14 ทำหน้าที่เพิ่มโอกาสให้กลุ่มเปรียบเทียบตอบข้อสอบได้ถูกมากกว่ากลุ่มอ้างอิง

ตารางที่ 4-15 สรุปผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบระหว่างโปรแกรม BILOG-MG และโปรแกรม HLM

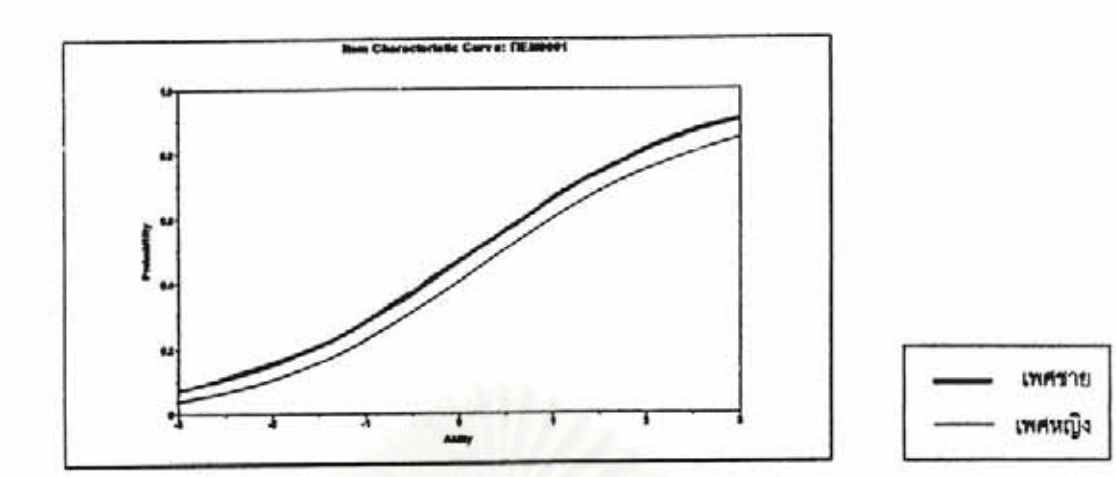
ผลการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ		โปรแกรม			
		BILOG-MG		HLM	
		Reference	Focal	Reference	Focal
ข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกัน (DIF)	ข้อที่ 1	✓		✓	
	ข้อที่ 9		✓		✓
	ข้อที่ 14		✓		✓

หมายเหตุ: ✓ แทนกลุ่มที่ได้เปรียบ

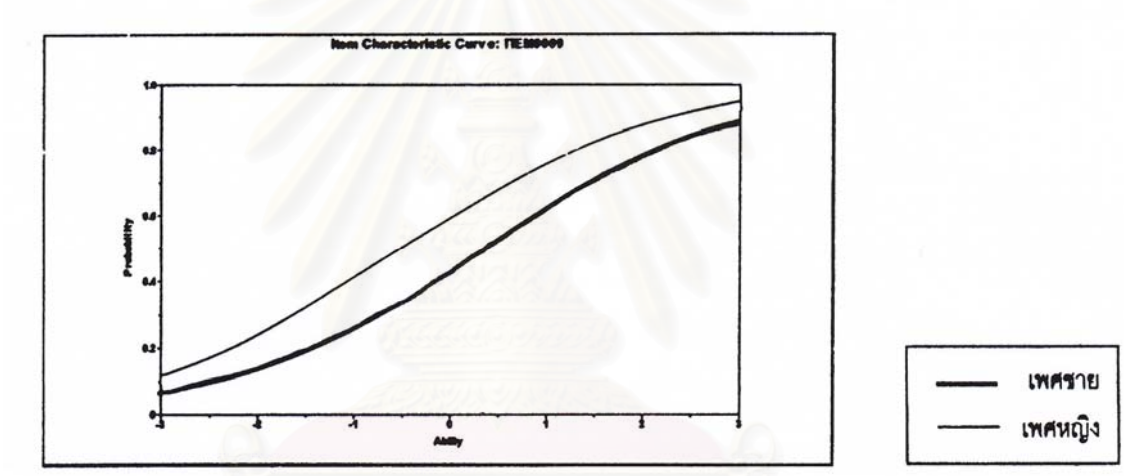
จากตารางที่ 4-15 ผลการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบระหว่างว่าโปรแกรม BILOG-MG และโปรแกรม HLM ต่างก็ตรวจสอบพบว่าข้อสอบข้อที่ 1 ข้อที่ 9 และข้อที่ 14 ทำหน้าที่ต่างกัน ผลการตรวจสอบจากทั้งสองโปรแกรมมีความสอดคล้องกันทุกประการ และเมื่อพิจารณากลุ่มที่ได้เปรียบจากการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ พบว่าผลการวิเคราะห์ตรงกัน โดยข้อสอบข้อที่ 1 นั้นทั้งโปรแกรม BILOG-MG และโปรแกรม HLM ตรวจสอบพบว่ากลุ่มอ้างอิงมีความได้เปรียบ ส่วนข้อสอบข้อที่ 9 และข้อที่ 14 กลุ่มเปรียบเทียบมีโอกาสตอบข้อสอบได้ถูกต้องมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบเหมือนกันทั้ง 2 โปรแกรมซึ่งผู้วิจัยใช้หลักการพิจารณาดังนี้

โปรแกรม BILOG-MG หากผลต่างระหว่างค่าพารามิเตอร์ความยากมีค่าเป็นบวก ($\delta_F - \delta_R$) แสดงถึงกลุ่มเปรียบเทียบจะได้เปรียบในโอกาสที่จะตอบข้อสอบได้ถูกต้องมากกว่ากลุ่มอ้างอิง หากเป็นลบก็ความหมายว่ากลุ่มอ้างอิงจะได้เปรียบในโอกาสที่จะตอบข้อสอบได้ถูกต้องกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ ส่วนในโปรแกรม HLM พิจารณาจากเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์ความชัน (Coefficient) ซึ่งแสดงอิทธิพลของตัวแปรดัมมี่ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ในกรณีนี้คือตัวแปรความเป็นเพศชาย (เพศชาย =1 เพศหญิง=0) ดังนั้นหากพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความชันมีค่าเป็นบวกแสดงว่าความเป็นเพศชายจะเพิ่มโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์ความชัน หากเป็นลบก็แสดงผลในทางตรงข้ามคือความเป็นเพศชายจะลดโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์ความชัน

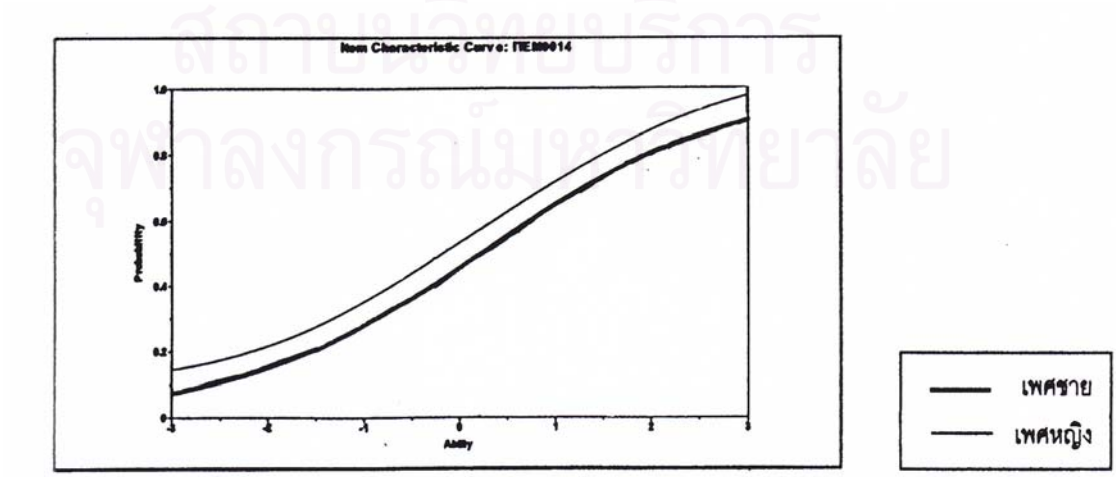
ผลการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบจากการวิจัยสามารถแสดงได้ด้วยโค้งลักษณะข้อสอบ (ICC) ดังแผนภาพที่ 4-6 ถึง 4-8



ภาพที่ 4-6 โค้งคุณลักษณะข้อสอบข้อที่ 1 จำแนกตามกลุ่มเพศ



ภาพที่ 4-7 โค้งคุณลักษณะข้อสอบข้อที่ 9 จำแนกตามกลุ่มเพศ



ภาพที่ 4-8 โค้งคุณลักษณะข้อสอบข้อที่ 14 จำแนกตามกลุ่มเพศ

ตอนที่ 5 ผลการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรภายนอกที่มีต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูก

การศึกษาอิทธิพลของตัวแปรภายนอกที่มีต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องทั้งในระดับนักเรียนและระดับโรงเรียน ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ด้วยโมเดล HGLM-3L โดยใช้ไฟล์ MDM เดียวกันกับการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนที่นำเสนอมาตอนต้นแล้ว สามารถดำเนินการวิเคราะห์ต่อได้โดยไม่ต้องสร้างไฟล์ข้อมูลใหม่ขึ้นมาโดยมีตัวแปร และสมการในการวิเคราะห์ดังนี้

ตัวแปรที่ใช้ในระดับผู้สอบ (นักเรียน) มีจำนวน 6 ตัวแปรดังนี้

1. ตัวแปรดัมมี่เพศความเป็นชาย (Dsex)
2. ระดับความเครียดของนักเรียน (Stress)
3. เกรดวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมา (Grade)
4. รายได้ต่อเดือนของผู้ปกครอง (Salary)
5. การเรียนพิเศษเสริมความรู้ (Special)
6. เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (Attitude)

ตัวแปรที่ใช้ในระดับผู้สอบ (โรงเรียน) มีจำนวน 4 ตัวแปรดังนี้

1. ขนาดของโรงเรียน (Sch_size)
2. ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร (Admi_leader)
3. ประสิทธิภาพการบริหารของผู้บริหาร (Admi_eff)
4. ประสิทธิภาพการสอนของครู (Teach_eff)

การวิเคราะห์ข้อมูลในระดับที่ 1 เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ได้สารสนเทศค่าพารามิเตอร์ความยากง่ายของข้อสอบ ในขั้นตอนนี้จะเป็นการวิเคราะห์ด้วยโมเดลเชิงเส้นทั่วไป (Generalized Linear Model: GLM) ไม่มีการเพิ่มตัวแปรทำนายในระดับการวิเคราะห์นี้

การวิเคราะห์ข้อมูลในระดับที่ 2 เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ได้สารสนเทศค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ ในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ด้วยโมเดล HGLM นักวิจัยสามารถพิจารณาเพิ่มตัวแปรทำนายระดับผู้สอบในสมการการวิเคราะห์ได้ โดยเพิ่มในสมการแรกของการวิเคราะห์ ซึ่งก็คือสมการของข้อสอบข้ออ้างอิง (reference item) ที่ได้ตัดออกเพื่อทำให้เป็นเมตริกเอกลักษณ์ตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น ขั้นตอนนี้เทียบเคียงได้กับการวิเคราะห์อย่างง่าย (simple model) จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HLM ผู้วิจัยเพิ่มตัวแปรทำนายระดับผู้สอบทั้งหมด 6 ตัวแปร

การวิเคราะห์ข้อมูลในระดับที่ 3 เป็นการวิเคราะห์ที่เทียบเคียงได้กับการวิเคราะห์โมเดลสมมติฐาน (hypothetical model) ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HLM โดยผู้วิจัยจะเพิ่มตัวแปรระดับโรงเรียน 4 ตัวแปรในสมการที่แสดงค่าเฉลี่ยรวมของโอกาสในการตอบข้อสอบข้ออ้างอิงได้ถูกต้องของทุกโรงเรียน (intercept, G000) และผลการทดสอบค่าส่วนที่เหลือของค่าความชันแต่ละค่า ($U_{000} - U_{00m}$) หากผลการทดสอบด้วยสถิติ χ^2 มีนัยสำคัญทางสถิติผู้วิจัยจึงจะเพิ่มตัวแปรทำนาย

สามารถเขียนเป็นสมการสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละระดับได้ดังต่อไปนี้

<u>โมเดลการวิเคราะห์ระดับที่ 1: ระดับข้อสอบ</u>

$$\eta_{ijm} = \beta_{0jm} + \beta_{1jm}X_{1ijm} + \beta_{2jm}X_{2ijm} + \ldots + \beta_{29jm}X_{29ijm}$$

<u>โมเดลการวิเคราะห์ระดับที่ 2: ระดับผู้เรียน</u>

$$\beta_{0jm} = \gamma_{00m} + \gamma_{01m}Dsex_{jm} + \gamma_{02m}Salary_{jm} + \gamma_{03m}Grade_{jm} + \gamma_{04m}Special_{jm} + \gamma_{05m}Stress_{jm} + \gamma_{06m}Att_{jm} + r_{0jm}$$

$$\beta_{1jm} = \gamma_{10m}$$

$$\beta_{2jm} = \gamma_{20m}$$

$$\vdots$$

$$\beta_{29jm} = \gamma_{290m}$$

<u>โมเดลการวิเคราะห์ระดับที่ 3: ระดับโรงเรียน</u>

$$\gamma_{00m} = \pi_{000} + \pi_{001}Admi_leader_{m} + \pi_{002}Teach_eff_{m} + \pi_{003}Admi_eff_{m} + \pi_{004}Sch_size_{m} + U_{00m}$$

$$\gamma_{01m} = \pi_{010} + U_{01m}$$

$$\gamma_{02m} = \pi_{020} + U_{02m}$$

$$\gamma_{03m} = \pi_{030} + U_{03m}$$

$$\gamma_{04m} = \pi_{040} + U_{04m}$$

$$\gamma_{05m} = \pi_{050} + U_{05m}$$

$$\gamma_{06m} = \pi_{060} + U_{06m}$$

4.5.1 ผลการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรภายนอกที่มีต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องในระดับนักเรียน

การวิเคราะห์เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรภายนอกที่มีต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องในระดับนักเรียน เป็นการวิเคราะห์โมเดลอย่างง่าย (simple model) โดยใส่ตัวแปรทำนายระดับนักเรียนเข้าสู่สมการ โปรแกรม HLM จะทำการทดสอบอิทธิพลคงที่ (fixed effect: γ_{00m} และ γ_{0qm}) ของสมการว่าต่างจากศูนย์หรือไม่ (H0: $\gamma_{00m}/\gamma_{0qm} = 0$) ด้วยสถิติทดสอบที (t-test) พร้อมทั้งตรวจสอบอิทธิพลแบบสุ่มว่ามีความผันแปรระหว่างผู้สอบแต่ละกลุ่มในแต่ละโรงเรียนหรือไม่ด้วยสถิติไคสแควร์ (χ^2-test) ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4-16

ตารางที่ 4 -16 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มของตัวแปรโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง การวิเคราะห์โมเดลศูนย์ (null model)

Fixed Effect	Coefficient	S.E	t-ratio	Approx. df	p-value
Intercept; G000	-0.846026	0.106283	-7.960	31	0.000
Random Effect	S.D.	Variance Component	df	Chi-Square	p-value
Level 1 and 2 (U_{0jm})	0.54423	0.29619	1556	4378.52953	0.000
Level 3, (r_{00m})	0.50834	0.25841	31	962.05718	0.000
Level-1: Reliability estimate = 0.636					
Level-2: Reliability estimate = 0.956					

จากตารางที่ 4-16 ค่าจุดตัดแกน (intercept, G000) แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าเท่ากับ -0.846026 เมื่อพิจารณาค่าอิทธิพลแบบสุ่ม (random effect) พบว่าโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของนักเรียนมีความผันแปรทั้งระดับนักเรียน (r_{0jm}) และระดับโรงเรียน (U_{00m}) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จึงมีความเหมาะสมที่ผู้วิจัยจะได้เพิ่มตัวแปรทำนายเข้าสู่การวิเคราะห์ระดับที่สอง และระดับที่สามต่อไป

ตารางที่ 4 -17 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มของตัวแปรโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องในระดับนักเรียน การวิเคราะห์โมเดลอย่างง่าย (simple model)

ตัวแปรระดับนักเรียน	Fixed Effect			Random Effect				
	Coefficient	S.E.	t-ratio	S.D.	Variance Component	Total Observed Variance	df.	χ^2
Intercept,G000	-1.034790	0.098	-10.514**	0.387	0.14968	0.673	11	41.66**
Dsex	0.074557	0.039	1.895	0.152	0.02315	0.481	11	26.81**
Salary	0.038357	0.033	1.153	0.150	0.02234	0.671	11	34.29**
Grade	0.478739	0.044	10.708**	0.220	0.04842	0.760	11	47.27**
Special	0.213161	0.132	1.619	0.358	0.12820	0.491	11	22.66**
Stress	-0.000749	0.001	-0.527	0.005	0.00003	0.420	11	34.87**
Attitude	-0.033373	0.050	-0.669	0.173	0.02986	0.366	11	19.53

**P<.01, *P<.05

จากตารางที่ 4-17 เมื่อผู้วิจัยเพิ่มตัวแปรทำนายระดับนักเรียนทั้ง 6 ตัวแปรเข้าสู่สมการวิเคราะห์ในระดับที่ 2 แล้ว พบว่าค่าจุดตัดแกน (intercept, G000) หรือค่าเฉลี่ยโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของนักเรียนแต่ละโรงเรียน (grand mean) มีค่าต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของนักเรียนแต่ละโรงเรียนส่งผลต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของนักเรียนแต่ละโรงเรียน นอกจากนี้พบว่าค่าความชันของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมา (Grade_slope) มีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01ก็บ่งชี้ได้ว่าคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมาส่งผลต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของนักเรียนแต่ละโรงเรียน

เมื่อพิจารณาส่วนของอิทธิพลแบบสุ่ม พบว่าค่าความชันของตัวแปรความเป็นเพศชาย รายได้ต่อเดือนของผู้ปกครอง เกรดวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมา การเรียนพิเศษเสริมความรู้ ระดับความเครียดของนักเรียน มีความผันแปรภายในระดับผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ยกเว้นความชันของตัวแปรเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เพียงค่าเดียวที่ไม่มีความผันแปร ดังนั้นในการวิเคราะห์ต่อไปผู้วิจัยจึงสมควรเพิ่มตัวแปรทำนายเพื่ออธิบายความผันแปรในตัวแปรดังกล่าว สามารถนำค่าอิทธิพลคงที่มาเขียนเป็นสมการทำนายค่าเฉลี่ยของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องระหว่างนักเรียนของแต่ละโรงเรียนได้ดังสมการที่ 4-1

$$\hat{\beta}_{ojm} = -1.034790 + 0.074557\text{Dsex}_{jm} + 0.038357\text{Salary}_{jm} + 0.478739\textbf{Grade}_{jm}^{**} + 0.213161\text{Special}_{jm} - 0.000749\text{Stress}_{jm} + -0.033373\text{Att}_{jm} \quad \ldots[4\text{-}1]$$

ตารางที่ 4 -18 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่มของตัวแปรโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องในระดับโรงเรียน การวิเคราะห์โมเดลสมมติฐาน (hypothetical model)

Fixed Effect	Coefficient	S.E	t-ratio	Approx. df	p-value
Intercept,G000	**-1.069253**	0.079280	-13.487	27	**0.000**
Admi_leader,G001	**0.292326**	0.127859	2.286	27	**0.030**
Teach_eff,G002	-0.036176	0.094671	-0.382	27	0.705
Admi_eff,G003	-0.056002	0.087109	-0.643	27	0.525
Sch_size,G004	**0.451090**	0.096083	4.695	27	**0.000**
Slope ,G010 (Sex)	**0.089586**	0.037369	2.397	27	**0.024**
Admi_leader,G011	0.094393	0.086243	1.095	27	0.284
Teach_eff,G012	-0.017467	0.061822	-0.283	27	0.780
Admi_eff,G013	0.069257	0.056980	1.215	27	0.235
Sch_size,G014	-0.110968	0.061457	-1.806	27	0.082
Slope ,G020 (for Salary)	**0.054303**	0.027895	1.947	27	**0.000**
Admi_leader,G021	0.068443	0.062022	1.104	27	0.280
Teach_eff,G022	0.011826	0.043998	0.269	27	0.790
Admi_eff,G023	0.049953	0.043350	1.152	27	0.260
Sch_size,G024	**-0.128922**	0.044366	-2.906	27	**0.008**

ตารางที่ 4 -18 (ต่อ)

Fixed Effect	Coefficient	S.E	t-ratio	Approx. df	p-value
Slope ,G030 (for Grade)	**0.479185**	0.039380	12.176	27	**0.000**
Admi_leader,G031	0.092443	0.093546	0.988	27	0.332
Teach_eff,G032	0.018749	0.065399	0.287	27	0.776
Admi_eff,G033	0.066293	0.062665	1.058	27	0.300
Sch_size,G034	0.129355	0.064322	2.011	27	0.054
Slope ,G040 (for Special)	0.076515	0.202080	0.379	27	0.708
Admi_leader,G041	0.240004	0.379908	0.632	27	0.533
Teach_eff,G042	0.256829	0.253879	1.012	27	0.321
Admi_eff,G043	0.347682	0.263581	1.319	27	0.198
Sch_size,G044	-0.171165	0.223460	-0.766	27	0.450
Slope ,G050 (for Stress)	-0.001045	0.001543	-0.678	27	0.504
Admi_leader,G051	-0.000112	0.003553	-0.032	27	0.975
Teach_eff,G052	-0.000843	0.002585	-0.326	27	0.747
Admi_eff,G053	0.002503	0.0026467	1.015	27	0.320
Sch_size,G054	-0.000707	0.002570	-0.275	27	0.785

Random Effect	S.D.	Variance Component	df	Total Observed Variance	Chi-Square
Level 1 and 2; r_{0jm}	0.30203	0.09122	637	0.349	1082.664**
Level 3; U_{000}	0.18924	0.03581	7	0.393	13.43712
U_{001}	0.12069	0.01457	7	0.373	26.57275**
U_{002}	0.09667	0.00934	7	0.498	24.51333**
U_{003}	0.18163	0.03299	7	0.639	27.22556**
U_{004}	0.26081	0.06802	7	0.365	19.10973**
U_{005}	0.00544	0.00003	7	0.454	34.42728**
U_{006}	0.14356	0.02061	7	0.239	18.50743

ตารางที่ 4-18 เมื่อผู้วิจัยเพิ่มตัวแปรทำนายระดับโรงเรียนทั้ง 4 ตัวแปรเข้าสู่สมการวิเคราะห์ในระดับที่ 3 พบว่าจุดตัดแกนของค่าเฉลี่ยโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของนักเรียนทุกโรงเรียน (intercept, G000) และค่าสัมประสิทธิ์ขนาดของโรงเรียน (Sch_size) มีค่าต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร (Admi_leader) มีความแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งแสดงว่าค่าเฉลี่ยโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของนักเรียนทุกโรงเรียน สัมประสิทธิ์ขนาดของโรงเรียน และสัมประสิทธิ์ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารส่งผลต่อค่าเฉลี่ยรวมของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของนักเรียนทุกโรงเรียน

หากพิจารณาในส่วนของค่าความชันที่มีความผันแปรจากการวิเคราะห์ในระดับที่ 2 ผู้วิจัยใช้ตัวแปรทำนายในระดับโรงเรียนอธิบายความผันแปรก็พบว่าค่าจุดตัดแกนของความชันความเป็นเพศชาย, รายได้ต่อเดือนของผู้ปกครองและเกรดวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมามีผลต่อ

โอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของนักเรียนทุกโรงเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยตัวแปรขนาดโรงเรียนสามารถทำนายความผันแปรของค่าสัมประสิทธิ์ความชันรายได้ต่อเดือนของผู้ปกครองได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมื่อพิจารณาค่าอิทธิพลสุ่มในการวิเคราะห์ระดับที่ 2 (r_{ojm}) พบว่ามีความผันแปรในระดับผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในการวิเคราะห์ต่อไปควรต้องหาตัวแปรภายนอกระดับผู้เรียนมาอธิบายเพิ่มเติม ส่วนค่าอิทธิพลสุ่มในระดับที่ 3 (U_{000}) พบว่าไม่มีความผันแปรในระดับโรงเรียน เมื่อพิจารณาค่าความชัน (slope) ก็พบว่ายังมีความผันแปรของค่าสัมประสิทธิ์ความชันของตัวแปรความเป็นเพศชาย (U_{001}) รายได้ต่อเดือนของผู้ปกครอง (U_{002}) เกรดวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมา (U_{003}) การเรียนพิเศษเสริมความรู้ (U_{004}) และระดับความเครียดของนักเรียน (U_{005}) สามารถนำอิทธิพลคงที่มาเขียนเป็นสมการทำนายค่าเฉลี่ยรวม (intercept, G000) ของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องทุกโรงเรียนได้ดังสมการที่ 4-2

$$\hat{\gamma}_{00m} = -1.069253 + 0.292326\text{Admi_leader}_m^{*} - 0.036176\text{Teach_eff}_m - 0.056002\text{Admi_eff}_m + 0.451090\text{Sch_size}_m^{**} \quad \ldots[4\text{-}2]$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญ 3 ประการ คือ 1)เพื่อวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ (δ_i) พารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ_j) และผลของตัวแปรคุณลักษณะของผู้เรียนและตัวแปรคุณลักษณะของโรงเรียนต่อโอกาสการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง โดยใช้โมเดลเชิงเส้นตรงทั่วไประดับลดหลั่น (HGLM) ด้วยโปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น 2)เพื่อเปรียบเทียบผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบระหว่างการประมาณค่าด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับโดยประยุกต์ใช้โปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่นและการวิเคราะห์ข้อสอบด้วยโปรแกรม BILOG-MG และ 3)เพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) โดยวิธีประยุกต์ใช้โปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่นและโปรแกรม BILOG-MG

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นนักเรียนที่ศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ช่วงชั้นที่ 3) ปีการศึกษา 2550 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาลพบุรี เขต 1 และ เขต 2 จำนวน 7,625 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบสองขั้นตอน (two-stage random sampling) ขั้นที่ 1 เป็นการสุ่มตัวอย่างระดับโรงเรียน ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างโรงเรียนแบบแบ่งชั้น (stratified random sampling) โดยใช้ขนาดของโรงเรียนเป็นชั้นของการสุ่ม จำแนกออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ทั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการสุ่มโรงเรียนของแต่ละขนาดจำนวนร้อยละ 50 ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย ตามสัดส่วน โดยมีเงื่อนไขในการกำหนดคุณลักษณะของโรงเรียน ส่วนในขั้นตอนที่ 2 เป็นการสุ่มตัวอย่างระดับห้อง ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างห้องเรียนแบบแบ่งกลุ่ม (cluster random sampling) โดยสุ่มห้องเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มาจำนวนโรงเรียนละ 2 ห้องเรียน (ส่วนโรงเรียนขนาดเล็กอาจจะมีเพียง1 ห้องเรียน) ผลการดำเนินงานดังกล่าวได้กลุ่มตัวอย่างนักเรียนจำนวน 1,588 คน ผู้บริหาร จำนวน 32 คน จากโรงเรียน 32 โรงเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 6 รายการ คือ 1) แบบทดสอบวัดความรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ครอบคลุมเนื้อหาการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ใน 5 ด้านได้แก่ จำนวน และการดำเนินการ การวัด พีชคณิต เรขาคณิต การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น มีค่าความยากง่ายข้อสอบอยู่ในเกณฑ์ระหว่าง 0.2 – 0.8 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป ค่าความเที่ยง (reliability) จากการทดลองนำเครื่องมือไปใช้เท่ากับ 0.8717 และหลังการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจริงแบบสอบมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.8021 2) แบบสอบถามคุณลักษณะของผู้เรียน เป็นแบบสำรวจรายการที่สร้างขึ้นเพื่อเก็บข้อมูลในระดับ

ผู้เรียน ได้แก่ เพศ, รายได้ต่อเดือนของผู้ปกครอง,เกรดวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมาและการเรียนพิเศษเสริมความรู้ 3) แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 อันดับ ผ่านเกณฑ์การพิจารณาคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ และนำไปทดลองใช้เพื่อหาค่าความเที่ยงได้เท่ากับ .8797 และหลังจากการไปประเมินกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยมีค่าความเที่ยงเท่ากับ .8092 4) แบบวัดความเครียดของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยใช้แบบวัดความเครียดสวนปรุงพัฒนาโดยกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข จำนวน 20 ข้อ เมื่อนำไปทดลองใช้มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .8946 และเมื่อวิเคราะห์ซ้ำกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยมีค่าความเที่ยงเท่ากับ .8870 5) แบบประเมินความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นมีจุดประสงค์เพื่อประเมินภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร เป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 อันดับ จำนวน 30 ข้อ เมื่อนำไปทดลองใช้มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .9304 และเมื่อวิเคราะห์ซ้ำกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยมีค่าความเที่ยงเท่ากับ .9582 และ 6) แบบบันทึกคุณลักษณะโรงเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อบันทึกตัวแปรคุณลักษณะโรงเรียน และผลการประเมินคุณภาพการจัดการเรียนการสอนของครูคณิตศาสตร์ และประสิทธิภาพในการบริหารโรงเรียนของผู้บริหารโดยสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล เริ่มต้นจากการสร้างไฟล์ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HLM และโปรแกรม BILOG-MG เพื่อให้ได้ไฟล์ข้อมูลที่มีความเหมาะสมสำหรับนำเข้าสู่การวิเคราะห์ในแต่ละโปรแกรมซึ่งมีลักษณะของ data input ที่แตกต่างกัน แล้วดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัยดังนี้

1. ประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ (δ_i) และพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ_j) จากโมเดล HGLM ทั้ง 2 ระดับ และ 3 ระดับ ด้วยโปรแกรม HLM และประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งสองจากโปรแกรม BILOG-MG แล้วศึกษาความสอดคล้องของผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้ด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

2. วิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรภายนอกที่ส่งผลต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้แตกต่างกัน ด้วยโมเดลการวิเคราะห์ HGLM-3L โดยใช้ตัวแปรระดับผู้สอบ ในการวิเคราะห์ระดับที่ 2 และตัวแปรระดับโรงเรียนเป็นตัวแปรทำนายในการวิเคราะห์ระดับที่ 3

3. ตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) โดยเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้จากโมเดล HGLM-3L และจากโปรแกรม BILOG-MG

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

1.ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และพารามิเตอร์ความสามารถผู้สอบ

การวิเคราะห์พารามิเตอร์ข้อสอบและพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบสามารถดำเนินการได้ด้วยโปรแกรม HLM โดยใช้โมเดล HGLM-2L และ HGLM-3L

1.1 ***พารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ*** สามารถคำนวณได้โดยนำค่าสัมประสิทธิ์ของอิทธิพลคงที่ (fixed effect) ของข้อสอบแต่ละข้อลบออกจากข้อสอบข้ออ้างอิง ผลของการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบทั้งจากโมเดล HGLM-2L และ โมเดล HGLM-3L ต่างสอดคล้องสัมพันธ์กับผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบด้วยโปรแกรม BILOG อย่างสัมบูรณ์ (1.00) และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.2 ***ค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ*** สามารถคำนวณได้จากการอ้างอิงสมการความน่าจะเป็นที่ผู้สอบจะตอบข้อสอบได้ถูกต้องที่สมมูลกันระหว่างโมเดล IRT-1PL และโมเดล HGLM ซึ่งพบว่าโปรแกรม HLM ใช้วิธี EB และวิธี OLS ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ ผลการศึกษาความสัมพันธ์พบว่า ค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบที่ประมาณค่าจากโปรแกรม HLM มีความสัมพันธ์กับค่าความสามารถของผู้สอบที่ประมาณค่าจากโปรแกรม BILOG-MG เรียงตามลำดับความสัมพันธ์จากมากไปหาน้อยได้ดังนี้

$$r_{\theta_{EB\text{-}HGLM\text{-}2L}} > r_{\theta_{OLS\text{-}HGLM\text{-}2L}} > r_{\theta_{OLS\text{-}HGLM\text{-}3L}} > r_{\theta_{EB\text{-}HGLM\text{-}3L}}$$

(1.00**) (.999**) (.819**) (.793**)

2. ผลการศึกษาผลของตัวแปรภายนอกที่มีต่อโอกาสในการตอบได้ถูกต้อง

ผลการวิเคราะห์โมเดลศูนย์ (null model) ของการวิเคราะห์ด้วยโมเดล HGLM-3L พบว่ามีความผันแปรของค่าเฉลี่ยผลของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องระดับผู้เรียน และในระดับโรงเรียน เมื่อเพิ่มตัวแปรพยากรณ์ลักษณะผู้เรียนเข้าสู่สมการ พบว่าค่าเฉลี่ยผลของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง (intercept) และสัมประสิทธิ์ความชันของตัวแปรเกรดวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมา (slope) แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่าค่าเฉลี่ยผลของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง และสัมประสิทธิ์ความชันของตัวแปรเกรดวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมามีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง ($\hat{\beta}_{ojm}$) ส่วนค่าอิทธิพลแบบสุ่มของค่าเฉลี่ยผลของข้อสอบต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของแต่ละโรงเรียนยังมีความผันแปร รวมทั้งสัมประสิทธิ์ความชันของตัวแปรความเป็นเพศชาย รายได้ของผู้ปกครอง เกรดวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ผ่านมา การเรียนพิเศษเสริมความรู้ และระดับความเครียดของนักเรียนพบว่ายังมีความผันแปร (vary) ในแต่ละโรงเรียน เขียนเป็นสมการวิเคราะห์ได้ดังสมการที่ 5-2

ผู้วิจัยดำเนินการเพิ่มตัวแปรพยากรณ์ลักษณะโรงเรียนในสมการวิเคราะห์ระดับที่ 3 เพื่ออธิบายความผันแปรที่เกิดขึ้นพบว่า ค่าอิทธิพลคงที่ของค่าเฉลี่ยผลรวมของข้อสอบต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของทุกโรงเรียน ค่าสัมประสิทธิ์ความชันของตัวแปรขนาดของโรงเรียนมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และค่าสัมประสิทธิ์ความชัน

ของตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าทั้งสองตัวแปรมีผลต่อค่าเฉลี่ยรวมอิทธิพลของข้อสอบข้ออ้างอิงต่อโอกาสในการตอบถูกของทุกโรงเรียน ส่วนค่าอิทธิพลแบบสุ่มนั้นไม่พบความผันแปรของค่าเฉลี่ยผลรวมของข้อสอบต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของทุกโรงเรียน (U_{000}) และสัมประสิทธิ์ความชันของตัวแปรทัศนคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ (U_{06m}) นอกนั้นพบว่ายังมีความผันแปรอยู่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เขียนเป็นสมการวิเคราะห์ได้ดังสมการที่ 5--3

จากคำอธิบายข้างต้นสามารถนำมาสู่การเขียนเป็นสมการผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

Level 1: การวิเคราะห์ระดับข้อสอบ

$$\eta_{ijm} = \beta_{0jm} + \beta_{1jm}X_{1ijm} + \beta_{2jm}X_{2ijm} + \ldots + \beta_{29jm}X_{29ijm} \quad \text{.....[5-1]}$$

Level 2: การวิเคราะห์ระดับผู้สอบ

$$\hat{\beta}_{ojm} = -1.034790 + 0.074557\text{Dsex}_{jm} + 0.038357\text{Salary}_{jm} + 0.478739\textbf{Grade}_{\textbf{jm}}\textbf{**} + 0.213161\text{Special}_{jm} - 0.000749\text{Stress}_{jm} - 0.033373\text{Att}_{jm} \quad \text{.....[5-2]}$$

$$\beta_{1jm} = \gamma_{10m}$$

$$\beta_{2jm} = \gamma_{20m}$$

$$\vdots$$

$$\beta_{29jm} = \gamma_{290m}$$

Level 3: การวิเคราะห์ระดับโรงเรียน

$$\hat{\gamma}_{00m} = -1.069253 + 0.292326\textbf{Admi_leader}_{\textbf{m}}\textbf{*} - 0.036176\text{Teach_eff}_{m} - 0.056002\text{Admi_eff}_{m} + 0.451090\textbf{Sch_size}_{\textbf{m}}\textbf{**} \quad \text{.....[5-3]}$$

$$\hat{\gamma}_{01m} = 0.089586 + 0.094393\text{Admi_leader}_{m} - 0.017467\text{Teach_eff}_{m} + 0.069257\text{Admi_eff}_{m} - 0.110968\text{Sch_size}_{m} +$$

$$\hat{\gamma}_{02m} = 0.054303 + 0.068443\text{Admi_leader}_{m} + 0.011826\text{Teach_eff}_{m} + 0.049953\text{Admi_eff}_{m} - 0.128922\textbf{Sch_size}_{\textbf{m}}\textbf{**}$$

$$\hat{\gamma}_{03m} = 0.479185 + 0.092443\text{Admi_leader}_{m} + .018749\text{Teach_eff}_{m} + + 0.066293\text{Admi_eff}_{m} + 0.129355\text{Sch_size}_{m}$$

$$\hat{\gamma}_{04m} = 0.076515 + 0.240004\text{Admi_leader}_{m} + 0.018749\text{Teach_eff}_{m} + 0.347682\text{Admi_eff}_{m} - 0.171165\text{Sch_size}_{m}$$

$$\hat{\gamma}_{05m} = 0.076515 + 0.240004\text{Admi_leader}_m + 0.256829\text{Teach_eff}_m + 0.347682\text{Admi_eff}_m - 0.171165\text{Sch_size}_m$$

$$\gamma_{06m} = \pi_{060}$$

$$\gamma_{10m} = \pi_{100}$$

$$\vdots$$

$$\gamma_{290m} = \pi_{2900}$$

3.การตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบด้วยโมเดล HGLM

ผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบด้วยโมเดล HGLM-2L พบว่าข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกันมีจำนวน 3 ข้อ ได้แก่ข้อสอบข้อที่ 1, 9 และข้อสอบข้อที่ 14 ซึ่งผลการตรวจสอบที่ได้จากโปรแกรม HLM นี้สอดคล้องกับผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบที่ได้จากโปรแกรม BILOG-MG ซึ่งเป็นวิธีการตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT-DIF) ทุกประการ

อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัย ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย และการเชื่อมโยงแนวคิดวิธีการวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับ กับการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรมโมเดลเชิงเส้นระดับลดหลั่นดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.การประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบและพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ

1.1 ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ

1.1.1 หลักการสำคัญของการประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ คือ การสร้างโมเดลการวิเคราะห์ที่มีตัวแปรตามเป็นผลการตอบที่ให้คะแนนแบบทวิวิภาค (0, 1) ซึ่งมีการกระจายแบบทวินาม (Binomial) และเป็นกรณีหนึ่งของการกระจายแบบเบอร์นูลลี (Bernoulli) ซึ่ง Raudenbush และ Bryk (2000) ได้เสนอให้ใช้ฟังก์ชั่นการเชื่อมโยง (link function) แบบฟังก์ชั่นโลจิท (logit link function) เพื่อทำให้การประมาณค่าระดับที่ 1 เชื่อมโยงไปสู่การวิเคราะห์ในระดับที่ 2 และระดับที่สูงขึ้นไปได้ โดยระดับการวิเคราะห์ที่ 1 จะเป็นระดับข้อสอบ ใช้โมเดลเชิงเส้นทั่วไป (GLM) ในการวิเคราะห์แบบทวนซ้ำ (iterations) ก่อนเข้าสู่สมการวิเคราะห์ที่ 2 ดังนั้นในระดับการวิเคราะห์ที่ 1 จึงไม่สามารถใส่ตัวแปรทำนายเข้าสู่สมการได้ ส่วนการวิเคราะห์ระดับที่ 2 ก็จะเป็นการวิเคราะห์ด้วยโมเดลเชิงเส้นทั่วไประดับลดหลั่น (HGLM) ต่อไปถึงระดับการวิเคราะห์ที่ 3

ผลจากการวิเคราะห์พบว่า โมเดล HGLM สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบได้ และเมื่อให้ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบจากโปรแกรม BILOG-MG เป็นเกณฑ์การพิจารณาแล้วพบว่า ผลค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบจาก

โมเดล HGLM-2L และ HGLM-3L นั้นมีความสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบจากโปรแกรม BILOG-MG อย่างสัมบูรณ์ (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 1 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01) และค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบจากโมเดล HGLM-2L และ HGLM-3L ก็มีความสัมพันธ์กันเองอย่างสัมบูรณ์เช่นเดียวกัน (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเท่ากับ 1 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01)

ผลเป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าโมเดลการประมาณค่าของทั้งสองโปรแกรมต่างก็มีรูปแบบวิธีการประมาณค่าที่ใกล้เคียงกัน คือ การทวนซ้ำ และสถิติสำหรับการวิเคราะห์ โดยเมื่อพิจารณาผลการประมาณค่าจากโมเดล HGLM-2L และ HGLM-3L แล้วก็จะพบว่าที่มีค่าสัมพันธ์กันอย่างสัมบูรณ์นั้นเพราะมีการนำค่าสัมประสิทธิ์ของค่าเฉลี่ยโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของแต่ละข้อมาเทียบกับข้อสอบข้ออ้างอิงเหมือนกัน ต่างกันเพียงค่าเฉลี่ยหรือผลของข้อสอบข้ออ้างอิงสำหรับการตอบข้อสอบได้ถูกเท่านั้น เพราะในการวิเคราะห์ 2 ระดับ จะเป็นค่าเฉลี่ยหรือผลของข้อสอบข้ออ้างอิงต่อโอกาสการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของแต่ละโรงเรียน (γ_{00}) ส่วนในการวิเคราะห์ 3 ระดับ จะเป็นค่าเฉลี่ยหรือผลของข้อสอบข้ออ้างอิงต่อโอกาสการตอบข้อสอบได้ถูกต้องทุกโรงเรียน (π_{000}) ซึ่งก็คือค่าเฉลี่ยของ γ_{00} ในการวิเคราะห์ระดับที่ 2 นั่นเอง สามารถพิจารณาได้จากสมการการคำนวณแสดงในตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 สมการคำนวณของโมเดล HGLM-2L และ โมเดล HGLM-3L

โมเดล HGLM-2L	โมเดล HGLM-3L
Level-1: item level	**Level-1: item level**
$\eta_{ijm} = \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{1ijm} + \beta_{2j}X_{2ij} + \ldots + \beta_{29j}X_{29ij}$	$\eta_{ijm} = \beta_{0jm} + \beta_{1jm}X_{1ijm} + \beta_{2jm}X_{2ijm} + \ldots + \beta_{29jm}X_{29ijm}$
Level-2: person level	**Level-2: person level**
$\beta_{0j} = \gamma_{00} + U_{0j}$	$\beta_{0jm} = \gamma_{00m} + r_{0jm}$
$\beta_{1j} = \gamma_{10}$	$\beta_{1jm} = \gamma_{10m}$
$\beta_{2j} = \gamma_{20}$	$\beta_{2jm} = \gamma_{20m}$
⋮	⋮
$\beta_{29j} = \gamma_{290}$	$\beta_{29jm} = \gamma_{290m}$
-	**Level-3: school level**
	$\gamma_{00m} = \pi_{000} + U_{00m}$
	$\gamma_{10m} = \pi_{100}$
	$\gamma_{20m} = \pi_{200}$
	⋮
	$\gamma_{290m} = \pi_{2900}$
การคำนวณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ= $-\gamma_{qo} - \gamma_{00}$	การคำนวณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ= $-\pi_{i00} - \pi_{000}$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลจากการใช้ค่าพารามิเตอร์ตั้งต้นสำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบที่ความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันจากการวิเคราะห์ในระดับที่ 2 และ ระดับที่ 3 จึงส่งผลให้ค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากโมเดล HGLM 2 ระดับและ 3 ระดับ มีความเท่าเทียมกัน และสอดคล้องกับผลการประมาณค่าด้วยโปรแกรม BILOG-MG

1.1.2 เมื่อพิจารณาขนาดของค่าประมาณพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบจากโมเดล HGLM-2L และ โมเดล HGLM-3L เป็นรายข้อเทียบกับค่าประมาณจากโปรแกรม BILOG-MG พบว่ามีค่าน้อยกว่าในเกือบทุกค่าตามรายข้อ ซึ่งในกรณีนี้อาจจะเป็นผลมากจากโมเดลการวิเคราะห์แบบระดับลดหลั่นด้วยโปแกรม HLM ใช้วิธีการประมาณค่าอิทธิพลคงที่ (Fixed effect) จากสถิติเบย์ (EB) ซึ่งจะใช้ค่าผลรวมถ่วงน้ำหนักด้วยค่าความเที่ยง (reliability) ของค่าความชันของกำลังสองน้อยที่สุด (OLS Slope) กับค่าเฉลี่ยประชากร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2541) ค่าที่ได้จึงมีค่าน้อยลงไป เห็นได้ว่าค่าพารามิเตอร์ความยากข้อสอบจากโมเดล HGLM-2L ที่ใช้สถิติเบย์ (EB) ในการประมาณค่าก็จะมีค่าน้อยกว่าค่าพารามิเตอร์ความยากข้อสอบจากโมเดล HGLM- 2L ที่ประมาณค่าด้วยสถิติกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) เช่นกัน ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Kim, W.(2003) ที่พบว่าค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบจากการประมาณค่าด้วยโมเดล HGLM 2L มีความสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบที่ประมาณค่าด้วยโมเดลราสช์อย่างสัมบูรณ์ (r = 1.00)

1.1.3 คำถามสำคัญอีกประการหนึ่งที่พบเกี่ยวกับวิธีการที่ใช้เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบนั่นคือ การประมาณค่ามีความคงที่ (reliable) หรือไม่ เพราะใช้วิธีการศึกษาโดยการทำตัวแปรดัมมี่ซึ่งแสดงผลหรืออิทธิพล (effect) ของข้อสอบข้อที่ i ถึงข้อที่ k-1 ที่มีต่อการสอบข้อสอบข้ออ้างอิงได้ถูกต้อง หากเปลี่ยนข้อสอบข้ออ้างอิงเป็นข้อสอบข้ออื่นค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบจะมีความผันแปรไปมากน้อยเพียงใด ผู้วิจัยเห็นว่าคงมีความผันแปรอยู่อันเนื่องมาจากความผันแปรของอิทธิพลของข้อสอบข้ออ้างอิงที่เปลี่ยนแปลงไป แต่อย่างไรก็ตามในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตัด (drop) ข้อสอบข้อสุดท้ายให้เป็นข้อสอบข้ออ้างอิงอันเนื่องมาจากความสะดวกในการดำเนินงาน (Kamata, 2001) ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบที่ประมาณค่าได้ก็ยังมีความสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบที่ประมาณค่าได้จากโปรแกรม BILOG-MG อย่างสัมบูรณ์ จึงทำให้เป็นที่เชื่อมั่นได้ว่าผลการค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบด้วยโปรแกรม HLM มีความถูกต้อง และสามารถใช้ทดแทนผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบได้จากโปรแกรม BILOG-MG ได้

1.2. การประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบ

1.2.1 จากโมเดลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบที่ได้นำเสนอไปนั้นเมื่อเชื่อมโยงแนวคิดดังกล่าวกับหลักการวิเคราะห์เศษเหลือที่ Goldstein (1997) ได้กล่าวไว้ว่า

ค่าส่วนที่เหลือที่เกิดจากการวิเคราะห์ถดถอยเมื่อตัวแปรตามเป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นั้นเป็นส่วนที่เหลือที่ได้จากการวิเคราะห์ เป็นผลสัมฤทธิ์ที่ได้รับการขจัดอิทธิพลแทรกซ้อนต่าง ๆ ออกไป จึงสามารถเป็นตัวบ่งชี้ความสามารถเฉพาะของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เกิดจากการจัดการศึกษาได้ ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับนี้ค่าส่วนที่เหลือก็คือค่าอิทธิพลสุ่ม (random effect) ซึ่งเป็นค่าส่วนเบี่ยงเบนของโอกาสในการตอบข้อสอบถูกของผู้สอบคนที่ j จากค่าเฉลี่ยของโอกาสในการตอบข้อสอบถูกของนักเรียนในโรงเรียน จึงเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถเฉพาะของผู้สอบแต่ละคนในโรงเรียนที่ m ซึ่งค่าดังกล่าวมีการแจกแจงเป็นแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์และค่าความแปรปรวนเป็น τ ($U_{0jm} \sim N[0, \tau]$)

หากพิจารณาให้ค่าความสามารถผู้สอบที่ประมาณได้จากโปรแกรม BILOG-MG เป็นเกณฑ์ ผลจากการวิเคราะห์พบว่าค่าพารามิเตอร์ความสามารถผู้สอบที่คำนวณจากโมเดล HGLM-2L ทั้งที่ประมาณค่าด้วยสถิติเบย์ (EB) และสถิติกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) ต่างมีความสัมพันธ์กับผลการประมาณค่าด้วยโปรแกรม BILOG-MG ในระดับสูงมาก (1.00 และ 0.999 ตามลำดับ) และความสัมพันธ์ดังกล่าวก็มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนค่าความสามารถของผู้สอบที่ประมาณค่าจากโมเดล HGLM-3L ทั้งวิธีการประมาณค่าด้วยสถิติเบย์ (EB) และสถิติกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) ต่างมีความสัมพันธ์กับผลการประมาณค่าจากโปรแกรม BILOG-MG ในระดับสูง (0.793 และ 0.819 ตามลำดับ) เช่นกัน ความแตกต่างที่เกิดขึ้นนี้ สามารถอธิบายได้จากสมการความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องดังนี้

โมเดลราสช์ (Rasch Model)

$$P_{ij} = \frac{\exp[\theta_j - \delta_i]}{1 + \exp[\theta_j - \delta_i]} = \frac{1}{1 + \exp[-(\theta - \delta)} \qquad \text{.....[5-4]}$$

โมเดล HGLM-2L

$$p_{ij} = \frac{1}{1 + \exp\{-[U_{0j} - (-\gamma_{q0} - \gamma_{00})]\}}$$

โมเดล HGLM-3L

$$P_{ijm} = \frac{1}{1 + \exp\left\{-\left[(u_{00m} + r_{0jm}) - (-\pi_{i00} - \pi_{000})\right]\right\}}$$

จากสมการความน่าจะเป็นที่ผู้สอบคนที่ j ในโรงเรียนที่ m จะตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้องของโมเดล HGLM-2L คือ U_{0j} ส่วนในโมเดล HGLM-3L นั้นคือ $U_{00m} + r_{0jm}$ ซึ่งมีตัวร่วมกันคือ ค่าความสามารถของผู้สอบในระดับการวิเคราะห์ที่ 2 แต่ในโมเดล HGLM-3L จะมีค่าความสามารถเฉลี่ยของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องทุกโรงเรียน ซึ่งแสดงความสามารถ

เฉลี่ยของนักเรียนในแต่โรงเรียน (U_{00m}) เพิ่มเข้ามา ดังนั้นการประมาณค่าความสามารถผู้สอบในการวิเคราะห์สองระดับจึงเป็นค่าเฉพาะของนักเรียนแต่ละคนเท่านั้น แต่ในการวิเคราะห์สามระดับจะต้องบวกค่าความสามารถเฉพาะของนักเรียน (r_{ojm}) เข้ากับค่าเฉลี่ยความสามารถรวมของนักเรียนทุกคนในโรงเรียน (U_{00m}) ผลของการวิเคราะห์จากโมเดล HGLM-2L จึงสมเหตุสมผลที่จะนำไปใช้มากกว่าการวิเคราะห์ด้วยโมเดลสามระดับ โดยมีข้อมูลสนับสนุนคือ ผลการวิเคราะห์ด้วยโมเดลสองระดับมีความสัมพันธ์ที่สอดคล้องอย่างสัมบูรณ์กับผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม BILOG-MG ซึ่งเป็นระดับที่สูงกว่าการวิเคราะห์จากโมเดลสามระดับ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Kamata (2001) ที่ได้สร้างข้อมูลจำลองขึ้นมาแล้ววิเคราะห์เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบระหว่างโมเดล HGLM-2L กับโปรแกรม BILOG-MG ก็พบว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับสูงเช่นเดียวกัน

1.2.2 ส่วนของค่าประมาณความสามารถผู้สอบที่ได้จากโมเดล HGLM นั้นก็มีค่าต่ำกว่าผลของการประมาณค่าจากโปรแกรม BILOG-MG เช่นเดียวกัน ในกรณีนี้ Yang (1995), Rijman และคณะ (2005) ได้อธิบายว่าเนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ในโปรแกรม HLM ในกรณีของการที่ตัวแปรตามเป็นแบบทวิวิภาค โปรแกรม HLM จะใช้สถิติที่ชื่อว่า PQL (Penalized-Quasi Maximum Likelihood) ในการประมาณค่า ทั้งนี้เพราะสถิติ PQL มีความเหมาะสมสำหรับการประมาณค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนของพารามิเตอร์ที่ทำโดยการทวนซ้ำ (itteration) วิธีการประมาณค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนซ้ำระหว่างการวิเคราะห์ระดับที่ 1 และระดับที่ 2 กลับไปกลับมาของโมเดล GLM และโปรแกรม HLM เพื่อให้ได้พารามิเตอร์ที่เบนเข้าบรรจบกัน (converge) Raudenbush และ Bryk (2000) เรียกวิธีการนี้ว่า “ขั้นตอนการวิเคราะห์ซ้ำสองครั้ง” (Doubly-iterative algorithm) โดยที่การทวนซ้ำในระดับโมเดล GLM จะเรียกว่า micro iteration ส่วนการทำทวนซ้ำในโมเดล HLM จะเรียกว่า macro iteration แต่อย่างไรก็ตามสถิติ PQL ก็ยังมีข้อด้อยอยู่ที่ความคงเส้นคงวาของการประมาณค่า ขึ้นอยู่กับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งโดยทั่วไปผลการประมาณค่าความผันแปรแบบสุ่ม (τ) จากสถิติ PQL จะให้ค่าต่ำกว่าที่ควรจะเป็น (underestimate) ส่งผลให้ผลการประมาณค่า U_{0jm} ที่แสดงถึงความสามารถเฉพาะของผู้สอบคนที่ j ในโรงเรียนที่ m จะตอบข้อสอบได้ถูกต้องมีค่าน้อยกว่าการประมาณค่าด้วยโปรแกรม BILOG-MG (Yang, 1995 ; Rijman และคณะ, 2005; Binici, 2007)

2. การศึกษาตัวแปรภายนอกที่ส่งผลต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องระดับนักเรียนและโรงเรียน

2.1 จากการศึกษาพบว่าตัวแปรเกรดในวิชาคณิตศาสตร์ของภาคเรียนที่ผ่านมามีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของแต่ละโรงเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งผลการวิเคราะห์สอดคล้องกับผลการศึกษาของปาจรีย์ วัชชวัลคุ (2527) เสนอผลการวิจัยว่า อิทธิพลของความรู้พื้นฐานเดิมมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร และตรงกับผลการศึกษาของประเสริฐ เตชะนาราเกียรติ (2532) ที่ผลการวิจัยระบุว่าตัวแปรความรู้พื้นฐานเดิม เชาวน์ปัญญาของนักเรียน มีอิทธิพลต่อผลการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ด้วย และศุภลักษณ์ ใจแสวงทรัพย์ (2547) ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนพัฒนาการวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า พัฒนาการทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้รับอิทธิพลทางตรงจากฐานะทางเศรษฐกิจของผู้ปกครอง รองลงมาได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเดิม การศึกษาของครูผู้สอน และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ส่วนพิชิต ธรรมรักษ์ (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนแผนการเรียนศิลป์ภาษา ในกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ปัจจัยที่สำคัญ 6 ตัวที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนแผนศิลป์ภาษา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้แก่ ประสบการณ์สอนคณิตศาสตร์ ขนาดของโรงเรียน ความรู้พื้นฐานเดิม อาชีพผู้ปกครอง ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งตัวแปรที่ศึกษาทั้ง 6 ตัวแปรร่วมกันทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 39.10

ส่วนตัวแปรเพศ รายได้ต่อเฉลี่ยต่อเดือนของผู้ปกครอง เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และระดับความเครียดของนักเรียนนั้น พบว่าไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของแต่ละโรงเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั้นสอดคล้องกับผลการศึกษาของ พิชิต ธรรมรักษ์ (2549) ที่ศึกษาโมเดลที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยนำตัวแปรด้านนักเรียน ครู และโรงเรียนร่วมในโมเดล ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีตัวแปร 6 ตัวได้แก่ ประสบการณ์การสอนวิชาคณิตศาสตร์ ขนาดของโรงเรียน ความรู้พื้นฐานเดิม อาชีพของผู้ปกครอง ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร และเจตคติการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งไม่พบว่าตัวแปรที่ศึกษาได้แก่รายได้ต่อเฉลี่ยต่อเดือนของผู้ปกครองมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และจากการศึกษาของ Loble (1993) ที่ศึกษาพบว่าเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไม่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ส่วนการศึกษาของ Lee และ Larson (1996) ที่ศึกษาพบว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษานั้นระดับความเครียดมักไม่ส่งผลต่อการเรียน แต่จะปรากฏชัดในกลุ่มของนักเรียนที่มีข้อผูกมัดกับการเรียนเพื่อการศึกษาต่อ หรือการสอบเข้ามหาวิทยาลัย

ผลการศึกษาครั้งนี้ตรงข้ามกับผลการศึกษาของ สุนันทา ประไพตระกูล (2535) ที่ศึกษาพบว่า เจตคติและความสนใจต่อวิชาคณิตศาสตร์ ส่งผลทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ส่วนตัวแปรเพศส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของนริศรา อุปกูล (2538) ที่พบว่าตัวแปรเพศ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ส่งผลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนคณิตศาสตร์ ที่ผลการศึกษาตรงข้ามกัน

เช่นนี้เป็นที่น่าสังเกตว่าตัวแปรระดับนักเรียนหลายตัวแปรมีลักษณะเป็นตัวแปรส่งผ่าน เช่นจากการศึกษาของสุนันทา ประไพตระกูล (2535) และนริศรา อุปกูล (2538) ต่างก็พบว่าทั้งตัวแปรเพศและเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีอิทธิพลทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์การเรียนคณิตศาสตร์ซึ่งทั้งสองตัวแปรต่างส่งผ่านอิทธิพลไปยังตัวแปรอื่น ๆ อีกด้วย

2.2.ในระดับโรงเรียน ตัวแปรขนาดของโรงเรียนมีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยรวมของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของทุกโรงเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาของอุรี ลิ้มพิสุทธิ์ (2525) ที่ศึกษาพบว่าตัวแปรที่ไม่ใช่ความสามารถทางด้านสติปัญญาที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มากที่สุดได้แก่ขนาดของโรงเรียน สอดคล้องกับประเสริฐ เตชะนาราเกียรติ (2532) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบด้านครู สภาพแวดล้อมทางบ้าน และสภาพแวดล้อมทางบ้านกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนประถมศึกษา กรุงเทพมหานคร พบว่า ขนาดโรงเรียน มีอิทธิพลต่อผลการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ส่วนผลการวิจัยของศุภลักษณ์ ใจแสวงทรัพย์ (2547) ก็เป็นไปในแนวทางเดียวกัน คือ ขนาดของโรงเรียนมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ที่เป็นเช่นนี้เพราะการพิจารณางบประมาณ และจำนวนครูผู้สอนในแต่ละโรงเรียนจะใช้ฐานการคำนวณจากจำนวนนักเรียนเป็นหลัก ดังนั้นการได้รับงบประมาณสนับสนุน และการมีครูจำนวนเพียงพอจะพบว่าโรงเรียนขนาดใหญ่นั้นจะมีความพอดีมากกว่าโรงเรียนขนาดเล็ก

นอกจากนี้ยังพบว่าตัวแปรความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารมีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยรวมของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของทุกโรงเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ปาจรีย์ วัชชวัลคุ (2527), ประเสริฐ เตชะนาราเกียรติ (2532), อิทธิฤทธิ์ พงษ์ปิยะรัตน์ (2542), นิตยา เหมือดไธสง (2543) , ศุภลักษณ์ ใจแสวงทรัพย์ (2547), พิชิต ธรรมรักษ์ (2549), The Third International Mathematics and Science Study (TIMSS) (1999), Heck (2000), D'Agostino (2000) และ Xin Ma (2001) ที่ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งผลการวิจัยของนักวิจัยที่นำเสนอมานั้นต่างก็แสดงให้เห็นว่าความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหารมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เพราะผู้บริหารโรงเรียนในประเทศไทยนั้นมีบทบาททั้งในฐานะผู้อำนวยความสะดวกให้ครูสามารถจัดการเรียนการสอนได้อย่างสะดวกแล้ว ผู้บริหารยังมีหน้าที่เป็นผู้บังคับบัญชาที่มีอำนาจตามกฎหมายสามารถสั่งการและมีอิทธิพลเหนือครู ทั้งนี้เพื่อให้ครูจัดการเรียนการสอนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จากการศึกษาของ Luthan (1995) ได้กล่าวถึงบทบาทของผู้บริหารว่ามี 4 บทบาทที่สำคัญ ได้แก่ 1) การกำหนด

วิสัยทัศน์ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในองค์กรไปสู่ทิศทางที่ควรจะเป็น 2) การกระตุ้น จูงใจผู้ใต้บังคับบัญชาให้มีความกระตือรือร้นในการทำงาน 3) การเป็นนักวิเคราะห์เรียนรู้การบริหารงานการศึกษาที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วให้นำมาประยุกต์ใช้ในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ 4) การวางแผน เป็นการวางแผนสำหรับการใช้ทรัพยากรในโรงเรียนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งด้านคน ด้านงบประมาณ ด้านความสัมพันธ์กับชุมชนโดยทั่วไป ดังนั้นผู้นำที่มีภาวะผู้นำทางวิชาการสูงก็ย่อมส่งผลให้ครูทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ได้เต็มตามศักยภาพ

ส่วนตัวแปรประสิทธิภาพการสอนของครู และประสิทธิภาพการบริหารของผู้บริหารไม่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยรวมของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของทุกโรงเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั้นตรงข้ามกับผลการศึกษาของรัชนก บุญปู่ (2547) ที่พบว่าตัวแปรคุณภาพการสอนของครูมีผลต่อการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน นั้นทั้งนี้ผู้วิจัยเห็นว่าจากการศึกษาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของ สุนันทา ประไพตระกูล (2535) นั้นพบว่า ตัวแปรคุณภาพการสอนของครูมีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ส่วนการศึกษาของสมลวย สุติยไท (2541) ก็พบว่าตัวแปรคุณภาพการสอนของครูมีอิทธิพลต่อผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ทางอ้อมจากลักษณะความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อาจจะมีอิทธิพลของตัวแปรปรับบางตัวเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง ซึ่งผู้วิจัยไม่ได้นำเข้ามาศึกษาด้วย ผลของตัวแปรประสิทธิภาพการสอนของครูจึงยังไม่พบว่ามีผลค่าเฉลี่ยรวมของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของทุกโรงเรียน

3.การวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF)

3.1 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบจากโมเดล HGLM และจากโปรแกรม BILOG-MG ให้ผลการตรวจสอบที่เหมือนกันในทุกข้อ ทั้งนี้เป็นเพราะหลักการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบจากสองวิธีมีความคล้ายคลึงกัน นั้นคือ การควบคุมให้ค่าพารามิเตอร์ความสามารถผู้สอบมีค่าคงที่ โดยโปรแกรมแต่ละโปรแกรมมีหลักการประมาณค่าดังนี้ โปรแกรม HLM ค่าความยากรายข้อถือเป็นค่าคงที่ (Fixed effect) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมตามหลักการสร้างข้อสอบ เพราะตรงตามคุณสมบัติความไม่ผันแปรไปตามกลุ่มผู้สอบ (item invariance) ส่วนค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบที่ได้จากการประมาณค่าด้วยวิธีเบย์ (EB) ก็ถูกปรับให้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับหนึ่ง(normal distribution) ดังนั้นโปรแกรมจะทดสอบอิทธิพลของตัวแปรดัมมี่เพศที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในสมการได้จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที (t-test) ตามสมมติฐาน $H_0:\gamma_{01}=0$ หากผลการทดสอบมีนัยสำคัญก็แสดงถึงการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ

ส่วนโปรแกรม BILOG-MG จะทำการคำนวณค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบทั้งสองกลุ่มร่วมกัน เพื่อเป็นการปรับฐานให้อยู่บนมาตรเดียวกัน ควบคุมค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและปรับค่าเฉลี่ยค่าพารามิเตอร์ความยาก (threshold) ของข้อสอบกลุ่มอ้างอิงให้เท่ากับศูนย์ ควบคุมค่าพารามิเตอร์การเดาให้เท่ากับศูนย์ และค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกให้เท่ากันทั้งสองกลุ่ม จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความยากอีกครั้งโดยแยกวิเคราะห์ตามแต่ละกลุ่มเพื่อนำค่า -2lnL ratio ของแต่ละกลุ่มมาเปรียบเทียบกัน

ด้วยหลักการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ ที่ใช้หลักการคำนวณและวิธีการทางสถิติวิเคราะห์ที่คล้ายคลึงกันกัน จึงทำให้ผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบเหมือนกัน

4.ประโยชน์จากโมเดล HGLM สำหรับการวิเคราะห์ข้อสอบ

4.1.การเพิ่มตัวแปรทำนายเข้าสู่สมการเมื่อพบข้อสอบทำหน้าที่ต่างกัน

การตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบด้วยโปรแกรม HLM น่าจะให้สารสนเทศที่ดีกว่าการวิเคราะห์จากโปรแกรม BILOG-MG เพราะแนวคิดการวิเคราะห์ที่ผู้ศึกษาสามารถเพิ่มตัวแปรภายนอกเข้าสู่สมการเพื่ออธิบายความผันแปรที่เกิดขึ้นได้ หากพิจารณาการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบด้วยโปรแกรม HLM ที่ทำการวิเคราะห์ในระดับที่ 2 (level 2) เมื่อพบว่าข้อสอบที่วิเคราะห์ข้อใดมีความผันแปรระหว่างโรงเรียน ตามอิทธิพลของตัวแปรความแตกต่างด้านเพศแล้ว ผู้ศึกษาสามารถใส่ตัวแปรพยากรณ์ในระดับโรงเรียนเข้าสู่สมการเพื่ออธิบายความผันแปรที่เกิดขึ้นในข้อที่ตรวจพบการทำหน้าที่ต่างกันได้ ซึ่งจะเป็นการอธิบายความผันแปรที่เกิดขึ้นด้วยตัวแปรในดับที่สูงขึ้นไป สามารถแสดงแนวคิดได้จากสมการดังนี้

การวิเคราะห์ระดับที่ 1: ระดับข้อสอบ (ข้อสอบมี 30 ข้อ)

$$\eta_{ij} = \beta_{ojm} + \beta_{1jm}X_{1ijm} + \beta_{2mj}X_{2ijm} + \ldots + \beta_{29jm}X_{29ijm} \quad \text{.....[5-5]}$$

โมเดลการวิเคราะห์ระดับที่ 2: ระดับผู้สอบ

$$\beta_{0jm} = \gamma_{00m} + \gamma_{01m}\text{Dsex} + r_{0jm} \quad \text{.....[5-6]}$$
$$\beta_{1jm} = \gamma_{10m} + \gamma_{11m}\text{Dsex}$$
$$\beta_{2jm} = \gamma_{20m} + \gamma_{21m}\text{Dsex}$$
$$\vdots$$
$$\beta_{29jm} = \gamma_{290m} + \gamma_{291m}\text{Dsex}$$

จากการที่สมมติว่าข้อสอบข้อที่ 2 ตรวจสอบพบว่าทำหน้าที่ต่างกัน เพราะค่าสัมประสิทธิ์ความชัน (γ_{21m}) แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นในสมการระดับที่ 3 จึงสามารถเพิ่มตัวแปรทำนายในข้อที่ 2 ได้ดังนี้

โมเดลการวิเคราะห์ระดับที่ 3: ระดับโรงเรียน

$$\gamma_{00m} = \pi_{000} + U_{00m} \quad \text{.....[5-7]}$$

$$\gamma_{01m} = \pi_{010}$$

$$\gamma_{10m} = \pi_{100}$$

$$\gamma_{11m} = \pi_{110}$$

$$\gamma_{20m} = \pi_{200}$$

$$\gamma_{21m} = \pi_{210} + \pi_{211}\text{Admi_leader}_m + \pi_{221}\text{Teach_eff}_m + \pi_{231}\text{Admi_eff}_m + r_{21m} + \pi_{241}\text{Sch_size}_m$$

$$\gamma_{30m} = \pi_{300}$$

$$\gamma_{31m} = \pi_{310}$$

$$\vdots$$

$$\gamma_{290m} = \pi_{2900}$$

$$\gamma_{291m} = \pi_{2910}$$

การวิเคราะห์ตามแนวคิดดังกล่าวสามารถเพิ่มเหตุผลในการอธิบายว่าเหตุใดข้อสอบจึงทำหน้าที่แตกต่างกันได้ด้วยมุมมองในมิติของการทดสอบทางสถิติ ประกอบกับการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญได้มากขึ้นและเป็นการขยายองค์ความรู้ด้านการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบได้อีกด้วย

4.2.การขยายแนวคิดของการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับสู่การวิเคราะห์มูลค่าเพิ่ม

ความเหมือนกันของวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับ และวิเคราะห์มูลค่าเพิ่มนั่นคือการใช้โปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งโปรแกรม HLM มีความสะดวกมากสำหรับการวิเคราะห์ส่วนที่เหลือ หรืออิทธิพลสุ่ม (residual)

การวิเคราะห์มูลค่าเพิ่มในส่วนของการจัดการศึกษานั้นเป็นการศึกษาว่าโรงเรียนได้สร้างมูลค่าเพิ่มให้เกิดขึ้นในผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้ในระดับใด โดยพิจารณาจากคะแนนผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจริง (observe score) กับคะแนนผลการเรียนรู้ที่ได้จากการทำนายโดยมีการควบคุมความแตกต่างของตัวแปรคุณลักษณะระดับผู้เรียน และระดับโรงเรียนซึ่งอยู่นอกเหนือการควบคุมในการจัดการศึกษาของโรงเรียน ความแตกต่างของคะแนนที่สังเกตได้กับคะแนนที่ทำนายได้จะถือว่าเป็นมูลค่าเพิ่มในการจัดการศึกษาของโรงเรียน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2548ก) ได้ยกตัวอย่างโมเดลการวิเคราะห์พหุระดับ แบบ 2 ระดับ สำหรับการวิเคราะห์มูลค่าเพิ่มไว้ดังนี้

การวิเคราะห์ระดับที่ 1

$$Y_{ij} = B_{0j} + B_{1j}(PRIOR_{ij} - \overline{PRIOR}..) + B2_j(SES_{ij} - \overline{SES}..) + R_{ij}$$

เมื่อ Y_{ij} เป็นคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

B_{0j} เป็นค่าเฉลี่ยของ Y_{ij} เมื่อควบคุมอิทธิพลของตัวแปร $PRIOR_{ij}$ และตัวแปร SES_{ij}

B_{1j} เป็นสัมประสิทธิ์การถดถอยที่แสดงอิทธิพลของ $PRIOR_{ij}$ ต่อ Y_{ij}

$B2_j$ เป็นสัมประสิทธิ์การถดถอยที่แสดงอิทธิพลของ SES_{ij}ต่อ Y_{ij}

$\overline{PRIOR}..$ เป็นค่าเฉลี่ยรวม (grand mean) ของความรู้พื้นฐานของนักเรียน

$\overline{SES}..$ เป็นค่าเฉลี่ยรวม (grand mean) ของเศรษฐานะของนักเรียน

R_{ij} เป็นส่วนที่เหลือ หรืออิทธิพลสุ่มระดับนักเรียน

การวิเคราะห์ระดับที่ 2

$$B_{0j} = G_{00} + U_{0j}$$

$$B_{1j} = G_{10} + U_{1j}$$

$$B_{2j} = G_{20} + U_{2j}$$

เมื่อ G_{00} เป็นค่าเฉลี่ยรวมของ B_{0j} เมื่อควบคุมตัวแปรระดับนักเรียน

U_{0j} เป็นค่าส่วนที่เหลือระดับโรงเรียน หรือมูลค่าเพิ่มซึ่งแสดงผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ Y_{ij} กับค่าเฉลี่ยของ Y_{ij} ที่ทำนายได้จากภูมิหลังของนักเรียน

เมื่อมาพิจารณาเทียบเคียงกับสมการที่ผู้วิจัยใช้ พบว่าในสมการวิเคราะห์ระดับที่ 3 นั้น เมื่อตัวแปรตามในการวิเคราะห์ระดับที่ 1 เป็นค่าโอกาสความน่าจะเป็นผู้สอบคนที่ j ในโรงเรียนที่ m จะตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้อง ซึ่งเป็นผลจากการตอบข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นคะแนนที่สังเกตได้ (observe score) สามารถนำมาสู่การประมาณค่าเป็นความสามารถเฉพาะของผู้สอบแต่ละคนได้ในระดับการวิเคราะห์ที่ 2 ดังนั้นเมื่อเข้าสู่การวิเคราะห์ระดับที่ 3 ตัวแปรตามจึงจะเป็นค่าเฉลี่ยของผลรวมของข้อสอบข้ออ้างอิงต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของทุกโรงเรียน ค่า U_{00m} ก็คือเศษเหลือ หรือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนของโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องเมื่อควบคุมอิทธิพลของตัวแปรภายนอกที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของโรงเรียนทั้งในระดับนักเรียน (เช่น ตัวแปรความรู้เดิม, ผลการเรียนภาคเรียนที่ผ่านมา) และระดับโรงเรียน (เช่น งบประมาณที่ได้รับ ขนาดโรงเรียน) ดังนั้นจึงเป็นค่าที่แสดงความสามารถเฉลี่ยของนักเรียนในแต่ละโรงเรียน ซึ่งโปรแกรม HLM จะให้ผล

การประมาณค่าส่วนนี้เป็นไฟล์ส่วนที่เหลือ (residual file) ในรูปแบบของไฟล์ SPSS ที่ถูกประมาณค่าด้วยสถิติเบย์ (EB) และสถิติกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) สามารถแสดงสมการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับ ในการวิเคราะห์ระดับที่ 3 (school level)ได้ดังนี้

$$\gamma_{00m} = \pi_{000} + \pi_{001}\text{Sch_size}_m + \pi_{001}\text{Admi_leader}_m + \pi_{001}\text{Admi_eff}_m + \pi_{001}\text{Teach_eff}_m + U_{00m} \quad \text{.....[5-8]}$$

$$\gamma_{01m} = \pi_{010}$$

$$\vdots$$

$$\gamma_{290m} = \pi_{2900}$$

ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับด้วยการประยุกต์ใช้โปรแกรมโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่น (HLM) นอกจากสามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากง่ายของข้อสอบ ค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ การวิเคราะห์ผลของตัวแปรระดับผู้เรียน และโรงเรียนที่ส่งผลต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง และการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบตามวัตถุประสงค์การวิจัยแล้ว สามารถเชื่อมโยงสมการวิเคราะห์เพื่อขยายแนวทางการวิเคราะห์ที่เพิ่มตัวแปรทำนายในการวิเคราะห์ระดับที่ 2 หากผลการวิเคราะห์พบว่าข้อสอบทำหน้าที่ต่างกัน และรวมถึงการวิเคราะห์มูลค่าเพิ่มของการจัดการศึกษาของสถานศึกษาได้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

1.ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 จากการศึกษาพบว่า โปรแกรม HLM มีสมการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบที่สมมูล (equivalent) กับโมเดลการวิเคราะห์แบบ IRT แบบ 1 พารามิเตอร์ และผลการวิเคราะห์ให้ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบสัมพันธ์กับผลการวิเคราะห์กับโปแกรม BILOG-MG ในระดับสูง สามารถใช้วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความสามารถผู้สอบ และค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบได้พร้อม ๆ กับการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ

1.2 ควรใช้โมเดล HGLM-2L ในการวิเคราะห์เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ (θ_i) และใช้โมเดล HGLM-2L หรือ HGLM-3L ก็ได้ สำหรับการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ (b_i) เพราะจากผลการวิเคราะห์จากโมเดล HGLM-2L ให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบสัมพันธ์กับผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม BILOG-MG อย่างสัมบูรณ์ (r = 1.00) ส่วนโมเดล HGLM-2L หรือ HGLM-3L ก็ให้ผลค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ (b_i) สัมพันธ์กับผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม BILOG-MG อย่างสัมบูรณ์ (r = 1.00)

1.3 ควรใช้โมเดล HGLM-3L สำหรับการวิเคราะห์ผลของตัวแปรภายนอกระดับผู้เรียนและโรงเรียนที่มีต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง เพราะสามารถเพิ่มตัวแปรภายนอกเข้าสู่สมการวิเคราะห์ได้ทั้งระดับผู้เรียน และระดับโรงเรียน

1.4 หากต้องการสารสนเทศเพียงค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ และค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ ควรใช้โปรแกรม BILOG-MG เพราะมีความสะดวกในการสร้างไฟล์สำหรับวิเคราะห์มากกว่าโปรแกรม HLM แต่ถ้าผู้ศึกษาต้องการวิเคราะห์ผลของตัวแปรภายนอกที่มีต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง ทั้งระดับผู้สอบและระดับโรงเรียนไปพร้อม ๆ กับการประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ ค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ และการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) ควรวิเคราะห์โดยใช้โปแกรม HLM

1.5 การนำวิธีการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับไปใช้นั้น ควรพิจารณาใช้กับการสอบขนาดใหญ่ (large scale) เพราะจะให้สารสนเทศที่ครอบคลุม ลึกซึ้ง และสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยการวิเคราะห์ขั้นตอนเดียว (one-step analysis) ในขณะที่โปรแกรม BILOG-MG ต้องดำเนินการหลายครั้ง และสร้างไฟล์ข้อมูลให้เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์แต่ละวัตถุประสงค์ด้วย

2.ข้อเสนอในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 โปรแกรม HLM รุ่น 6.02 มีความสามารถวิเคราะห์ข้อมูลกรณีข้อมูลเป็นกลุ่ม (categories variable) โดยผู้วิจัยต้องเลือกการกระจายของข้อมูลที่เหมาะสมกับชนิดของข้อมูล จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ และค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ ในกรณีที่การตอบเป็นแบบพหุวิภาค (polytomous response) จากการใช้แบบสอบการวัดความรู้บางส่วน (partial knowledge)

2.2 ควรศึกษาตัวแปรคุณลักษณะระดับโรงเรียนที่ส่งผลต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง เพื่อทำนายการเกิด DIF ของข้อสอบร่วมกับการให้เหตุผลจากผู้เชี่ยวชาญ

2.3 ควรศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์มูลค่าเพิ่มจากการวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับกับการวิเคราะห์มูลค่าเพิ่มด้วยวิธีการอื่น ๆ เช่น การวิเคราะห์ถดถอย การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HLM เป็นต้น เพราะหากผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างกัน จะสามารถนำไปใช้ในการสร้างระบบการประกันคุณภาพจากการวิเคราะห์มูลค่าเพิ่มด้วยการวิเคราะห์ข้อสอบแบบพหุระดับเพียงขั้นตอนเดียว ทำให้สะดวก และประหยัดเวลาในการดำเนินการ

2.4 จากการศึกษาพบว่าข้อสอบที่เป็นข้ออ้างอิงอาจส่งผลต่อความผันแปรของค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ ดังนั้นควรมีการศึกษาว่าค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบที่ประมาณค่าได้จะมีความผันแปรไปตามข้อสอบข้ออ้างอิงหรือไม่ ระดับใด รวมถึงการศึกษาระดับค่าความยาก และอำนาจจำแนกของข้อสอบที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นข้อสอบข้ออ้างอิงที่จะไม่ส่งผลให้เกิดความผันแปรดังกล่าว

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กนกวรรณ การุญ. (2547). **ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับความรับผิดชอบด้านการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสามเสนนอก กรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาพิเศษ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

กาญจนา เดชคุ้ม. (2541). **การศึกษาความเครียดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในภาวะวิกฤติทางเศรษฐกิจ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เกสร หว่างจิตร. (2539). **การวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบสำหรับแบบสอบคัดเลือกระดับบัณฑิตศึกษาวิชาภาษาไทยและภาษาอังกฤษด้วยวิธีแมนเทล-เฮลส์เซล**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, สำนักงาน. (2548). **ขนาดโรงเรียนจำแนกตามจำนวนนักเรียน ตามเกณฑ์ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา http://210.1.20.11/showdoc49/school/search/stu_se_sch.htm [2 สิงหาคม 2549]

จิติมา วรรณศรี. (2539). **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบด้วยวิธีแมนเทล-แฮนส์เซลกับวิธีซิปเทสท์ เมื่อความยาวแบบสอบ ขนาดกลุ่มตัวอย่างและอัตราส่วนของกลุ่มอ้างอิงและกลุ่มเปรียบเทียบต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชุติมา แสงดารารัตน์. (2545). **การเปรียบเทียบผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของแบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนตามความรู้สึกคุ้นเคย ความรู้สึกสนใจ และความรู้สึกพอใจ ในข้อสอบด้วยวิธีการตรวจสอบต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ญาณภัทร สีหะมงคล. (2540). **การเปรียบเทียบความสอดคล้องของผลการตรวจสอบข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกันระหว่างวิธี Lord's ^{2} วิธี Raju's Area Measures และวิธี Closed Interval Area**. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาการทดสอบและวัดผลทางการศึกษาบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ธีระ อาชวเมธี. (2546). Choice – Agreement Index and Its Application to Item Analysis. **วารสารวิธีวิทยาการวิจัย** 16(4): 713 – 730.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2535). การวิเคราะห์ประมาณค่าส่วนประกอบความแปรปรวน. **วิจัยการศึกษา** 15(4): 9 – 14.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). **โมเดลิสลเรล: สถิติวิเคราะห์สำหรับงานวิจัย**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นพมาศ พิพัฒนสุข. (2541). **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีแมนเทล-เฮลส์เซล กับวิธีถดถอยโลจิสติก ในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ เมื่อใช้เกณฑ์จับคู่เปรียบเทียบ แตกต่างกันในแบบสอบชนิดพหุมิติ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิคม กีรติวรางกูร. (2542). **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบระหว่างวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบจำกัด แมนเทล-แฮนส์เซล และการตอบสนองข้อสอบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิตยา เหมือดไธสง. (2543). **การส่งอิทธิพลผ่านตัวกลางเชิงสาเหตุของปัจจัยด้านนักเรียน ครู และโรงเรียนไปยังผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์: การวิเคราะห์อภิมานงานวิจัย**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปาจรีย์ วัชชวัลคุ. (2527). **อิทธิพลขององค์ประกอบด้านลักษณะของนักเรียน สภาพแวดล้อมทางบ้าน และสภาพแวดล้อมทางโรงเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาในกรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรรณี จินตมาศ. (2540). **การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ความลำเอียงของข้อสอบ โดยใช้ขนาด กลุ่มผู้สอบและวิธีวิเคราะห์ต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พิชิต ธรรมรักษ์. (2549). **ปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนแผนการเรียนศิลป์ภาษา ในกรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เพ็ญภัคร พื้นผา. (2547). **การพัฒนาโมเดลเชิงสาเหตุพหุระดับของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รณชิต พฤษกรรม. (2547). **การศึกษาพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดกรมสามัญศึกษา เขตกรุงเทพมหานคร: การวิเคราะห์อิทธิพลสุ่มกลุ่มเวลาการอยู่รอด**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รักชนก ยี่สุ่นศรี. (2544). **การวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบและแบบสอบด้วยกระบวนการ ดี เอฟ ไอ ที สำหรับแบบสอบคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาในสถาบันอุดมศึกษา วิชาภาษาอังกฤษและวิชาคณิตศาสตร์**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา, สำนักงาน. (2549). **หลักเกณฑ์และวิธีการประเมินคุณภาพภายนอกของสถานศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน รอบที่ 2 (พ.ศ.2549 – 2553)**. กรุงเทพมหานคร: จุดทอง จำกัด.

ลักขณา สริวัฒน์. (2544). **จิตวิทยาในชีวิตประจำวัน**. กรุงเทพมหานคร: โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

วรนุช แหยมแสง. (2536). **การพัฒนากระบวนการตรวจสอบความเป็นเอกมิติของแบบสอบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วราภรณ์ ขาวสุทธิ์. (2533). **การศึกษาองค์ประกอบคัดสรรทางด้านจิตพิสัยที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วราภรณ์ วิหคโต. (2536). **การวิเคราะห์ซ้ำตัวแปรพหุระดับที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย: การเปรียบเทียบ ระหว่างเทคนิคโอแอลเอส เซพเพอร์เรท อิเควชั้น กับเทคนิคเอชแอลเอ็ม**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วลีมาศ แซ่อึ้ง. (2543). **การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบและอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบแบบอเนกรูประหว่างวิธีซิปเทสท์ปรับใหม่วิธีซิปเทสท์ วิธีแมนเทล-แฮนส์เซล และวิธีการถดถอยโลจิสติก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต. ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2535).มิติใหม่ของการวิจัยทางการศึกษา. **วิธีวิทยาการวิจัย** 4(1): 1 – 8.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2541). การวิเคราะห์ส่วนประกอบความแปรปรวนทางการศึกษา. **วิธีวิทยาการวิจัย** 11(1): 19 – 27.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2545). **ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (MODERN TEST THEORIES)**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2548). (เล่ม ก). **การวิเคราะห์พหุระดับ (MULTI-LEVEL ANALYSIS)**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2548). (เล่ม ข). **ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CLASSICAL TEST THEORIES)**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2549). การวิเคราะห์ข้อสอบพหุระดับ. **วารสารครุศาสตร์** 34 (3) มกราคม – มีนาคม: 42-52.

ศิริชัย กาญจนวาสี. ทวีวัฒน์ ปิตยานนท์ และดิเรก ศรีสุโข. (2548). **การเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมกับการวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: พชรกานต์พับลิเคชั่น จำกัด.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. กรมวิชาการ. (2545). **ผังมโนทัศน์และสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สมลวย สุติยไท. (2541). **รูปแบบของผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลทางการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สุนิสา จุ้ยม่วงศรี. (2546). **การศึกษาผลของการเทียบคะแนนข้อสอบที่ตรวจให้คะแนนแบบหลายค่า**. วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาการทดสอบและวัดผลทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุมาลี แกล้วทนงค์. (2547). **สาเหตุการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบสาระการเรียนรู้ภาษาไทยและสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์. (2530). **การศึกษาเปรียบเทียบผลของวิธีวิเคราะห์ความลำเอียงของข้อสอบที่แตกต่างกัน 4 วิธี**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิมล ติรกานันท์. (2537). **การวิเคราะห์ดัชนีบ่งชี้ความเป็นเอกมิติของแบบสอบตามโมเดลโครงสร้างความแปรปรวนร่วม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เสรี ชัดแช้ม. (2539). **การเปรียบเทียบผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันแบบไม่สม่ำเสมอของข้อสอบระหว่างวิธีแมนเทล-แฮนส์เซลแบบปกติ กับวิธีแมนเทล-แฮนส์เซลแบบแบ่งกลุ่มความสามารถผู้สอบและความยาวของข้อสอบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สาธารณสุข, กระทรวง. กรมสุขภาพจิต. (2541). **คู่มือคลายเครียด**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: ดีไซน์คอน.

สาธารณสุข, กระทรวง. กรมสุขภาพจิต. (2545). **คู่มือการพัฒนางานสุขภาพจิตในศูนย์สาธารณสุขมูลฐานชุมชน**. กรุงเทพมหานคร: บริษัทบียอนด์ พับลิชชิ่ง จำกัด.

สุชีรา มะหิเมือง. (2547). **ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ และพัฒนาการทางวิชาการ: การวิเคราะห์มูลค่าเพิ่ม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อาทร บัวสมบูรณ์. (2538). **การศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างความคาดหวังในชีวิต ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับความเครียดของนักเรียนในโครงการส่งเสริมและพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางการเรียน (สพพ.) โรงเรียนเซนต์คาเบรียล กรุงเทพมหานคร**. ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาพิเศษ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

อารี มากมณี. (2541). **การพัฒนาแบบสอบความเข้าใจในการอ่านภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศสตรมหาบัณฑิต**. ภาควิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อิทธิฤทธิ์ พงษ์ปิยะรัตน์. (2542) **อิทธิพลของปัจจัยด้านนักเรียน ครู และโรงเรียนที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์: การวิเคราะห์อภิมานด้วยโมเดลเชิงเส้นตรงระดับลดหลั่นและวิธีของกลาส**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุทัยวรรณ สายพัฒนะ. (2547). **การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบในแบบทดสอบที่มีการให้คะแนนแบบหลายค่า วิธี GMH และวิธี Polytomous SIBTEST**. วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาการทดสอบและวัดผลทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อุรี ลิ้มพิสุทธิ์. (2526). **ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบบางประการซึ่งไม่ใช่ความสามารถทางด้านสติปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Adam, R.J., Wilson, M., Wu, M. (1997). Multilevel Item Response Models: An Approach to Error in Variables Regression. **Journal of Educational and Behavioral Statistics** 22(1): 47 – 76.

Aitken, L.R. (1998). **Test an Examinations: Measuring Abilities and Performance**. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Allen, R.,Galiant, C., Leedham, C. and Leverich, J. (2004). Value – added Assessment. **Wisconsin Education Association Council**. Research Brief. [Online]. Available from http://www/weac.org. [August 2, 2006].

Angoff, W.H. (1993). Perspectives on differential item functioning methodology. In Paul, W.H., and Howard, W. (Eds.), **Differential Item Functionaing**. pp. 3 – 23. New Jersey: America.Lawrence Erlbaum Association, Inc.

Afshartous, D, and Leeuw,J. (2005). Prediction in Multilevel Models. **Journal of Educational and Behavioral Statistics** 30(2): 109 – 139.

Beretvas, S.N., William, N. (2004). The Use of Hierarchical Generalized Linear Model for Item Dimentionality Assessment. . **Journal of Educational Measurement** 41(4): 379 – 395.

Berk, J., Snijders, T.A.B. (2001). Variance Component Testing in Multilevel Models. **Journal of Educational and Behavioral Statistics** 26(2): 133 – 152.

Brunner,M., Sub, H.M. (2005). Analyzing the Reliability of Multidimentional Measure : An Example from Intelligence Research. **Educational and Psychological Measurement** 65(2): 227 – 240.

Camilli, G. and Shepard, L.A. (1994). **Methods for Identifying Biased Test Items**. SAGE Publications.

Chatterji, M. (2003). **Designing and Using Tools for Educational Assessment**. Boston: Pearson Education, Inc.

Cheng, Y.C. (1996). A School-Based Management Mechanism for School Effectiveness and Development. **School Effectiveness and School Improvement** 7(1): 35 -61.

Cochran, W.G. (2005). **Sampling Techniques**. 3rd Ed. New York. John Wiley & Sons, Inc.

Cohen, B.H. (2001). **Explaining Psychological Statistics**. 2nd Ed. New York. John Wiley & Sons, Inc.

Cohen, M.P. (2005). **Sample Size Considerations for Multilevel Surveys**. Paper presented at the annual meeting of American Educational Research Association, San Francisco.

Darling-Hammon, L. (2000). Teacher Quality and Student Achievement: A Review of State Policy Evidence. **Educational Policy Analysis Archives**, 81(1). [Online]. Available from http://epaa.asu.edu/epaa/v8n1. [September 2, 2006].

D'Agostino, J.V. (2000). Instructional and School Effects on Student' Longitudinal Reading and Mathematics Achievements. **School Effectiveness and School Improvement** 11: 197 – 235.

du Toit, M. (2003). **IRT from SSI**. Illinois Scientific Software International, Inc.

Embrestson, S.E. & Reise, S.P. (2000). **Item Response Theory for Psychologists**. Mahwah,N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Fitz-Gibbon, C.T. (1996). **Monitoring Education: Indicators Quality and Effectiveness**. Great Britain: Redwood Books Trowbridge, Wiltshire.

Goldstein,H. (1997). Methods in School Effectiveness Research. **School Effectiveness and School Improvement** 8(4): 369-395.

Greenwald, R., Hedges, L.V. and Laine, R.D. (2000). The Effect of School Resources on Student Achievement. **Review of Educational Research** 66(3): 361 – 396.

Hair,J. et al. (1998). **Multivariate Data Analysis**.5th ed. New Jersey: Prentice-Hall PTR.

Hambleton, R.K., Swaminathan, H. (1985). **Item Response Theory: Principles and Applications**. 2nd ed. Boston: Kluwer-Nijhoff Publishing.

Heck, R.H. (2000). Examing the Impact of School Quality on Student Outcomes and Improvement: A Value-Added Approach. **Education Administration Quality** 36(4), 513-552.

Hill, W.P., Rowe, J.K. (1996). Multilevel Modeling in School Effectiveness Research. **School Effectiveness and School Improvement** 7(1): 1 - 34.

Johnson, C. and Raudenbush, S.W. (2002). **A Repeated Measures, Multilevel Rasch Model with Application to Self-Reported Criminal Behavior**. [Online]. Available from http://www/ssicentral.com. [August 2, 2006].

Kamata, A. (2001). Item Analysis by the Hierarchical Generalized Linear model. **Journal of Educational Measurement** 38(1): 79 – 93.

Kanjanawasee, S. (1989). **Alternative Strategies for Policy Analysis: An Assessment of School Effects on Student's Cognitive and Affective Mathematics Outcomes in Lower Secondary School in Thailand**. Doctoral Dissertation in Education, University of California, Los Angeles.

Kim, W. (2003). **Development of a Differential Item Functioning (DIF) Procedure using the Hierarchical Generalized Linear Model: A Comparison Study with Logistic Regression Procedure**. Doctoral Dissertation in Education Psychology, The Pennsylvania State University.

Lee, D.H., Kang, S. and Yum, S. (2005). A Qualitative Assessment of Personal and Academic Stressors Among Korean College Students: An Exploratory Study. **Coll Stud** 39(3).

Leeman, M .and Larman. (1996). Effectiveness of coping in adolescence: the case of Korean examination stress. **International Journal of Behavioral Development**. 19(4): 851 – 869.

Leeuw, J.D., Kreft,I. (1986). Random Coefficient Models for Multilevel Analysis. **Journal of Educational Statistics** 11(1): 57 – 85.

Loble, Michele Kasson. (1993). A causal model of variables predicting mathematical achievement in first-grade children (special ability, problem-solving). **Dissertation Abstracts International**. 54(2). August: 462-A.

Luthans, F. (1995). **Organizational Behavior**. 7th ed. New York.: McGraw-Hill Inc.

Lord, F.M. (1980). **Applications of item response theory to practical testing problems**. Hillsdale, NJ:Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Maier, K.S. (2001). A Rasch Hierarchical Measurement Model. **Journal of Educational and Behavioral Statistics** 26(3): 307 – 330.

Maas. C. and Hox. J. (2004). Robustness issues in multilevel regression analysis. **Statistica Neerlandica**. 58(2): 127 - 137.

Maas. C. and Hox. J. (2005). Sufficient Sample Size for Multilevel Modeling. **Methodology** 1(3): 86 – 92.

Mellenbergh, G.J. (1994). Generalized Linear Item Response Theory. **Psychological Bulletin** 115(2): 300 – 307.

Mislevy, R.J. (1993). Foundations of a new Test Theory. In Frederiksen,N., Mislevy, R.J., Bejar, I.I. (Eds). **Test Theory for A new Generation of Tests**. NewJersy: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Muijs, D. and Reynold, D. (2000). School Effectiveness and Teacher Effectiveness in Mathematics: Some Preliminary Findings from the Evaluation of Mathematics Enhancement Programme (Primary). **School Effectiveness and School Improvement** 11(3): 273 –303.

Natasha, J. W. and Beretvas, S.N. (2006). DIF Identification Using HGLM for Polytomous Items. **Applied Psychological Measurement** 30 (1): 22-42.

Noortgate, W., Boeck, P.D., Meulders, M. (2003). Cross-Classification Multilevel Logistic Models in Psychometrics. **Journal of Educational and Behavioral Statistics** 28(4): 369 – 386.

Nuttal, D., Goldstein, H., Prosser, R. and Rasbash, J. (1989).Diffential School Effectiveness. **International Journal of Educational Research** 13(7): 769-776.

Rasbash, J., Goldstein, H. (1994). Efficient Analysis of Mixed Hierarchical and Crossed-Classified Random Structures Using a Multilevel Model. **Journal of Educational and Behavioral Statistics** 19(4): 337-350.

Raudenbush, S.W. (1993). A Crossed Random Effects Model for Unbalanced Data With Applications in Cross-Sectional and Longitudinal Research. **Journal of Educational Statistics** 18(4): 321-349.

Raudenbush, S.W., Bryk, A.S. (2002). **Hierarchical Linear Models: An Applications and Data Analysis Methods**. 2nd ed. California: Sage Publication.

Raudenbush, S.W., Bryk, A.S., Cheong, Y.F., Congdon, R and Toit Du M. (2004). **HLM6: Hierarchical Linear and Nonlinear Modeling**. IL: SSI Inc.

Rijman, F. et all. (2005). Mixed Model Estimation Methods for the Rasch Model. **Journal of Applied Measurement**, 6(3), 237-288.

Roderick, M., Jacob, B.A., and Bryk, A.S. (2002). The Impact of High-Syakes Testing in Chicago on Student Achievement in Promotional Gate Grades. **Educational Evaluation and Policy analysis** 24(4): 333-357.

Runder, L.M., Getton, P.R., and Knight, D.L. (1980). Biased item detection techniques. **Journal of Educational Statistics** 5: 213 – 233.

Snijders,T.A.,and Bosker, R.J. (1993). Standard Errors and Sample Sizes for Two-Level Research. **Journal of Educational Statistics** 18(3): 237-259.

Snijders,T.A. and Bosker, R.J. (1999). **Multilevel Analysis: An Introduction to basic and advanced multilevel modeling**. Thousand Oaks, CA: Sage Publication.

Tate, R. (2000). Performance of a Proposed Method for the Linking of Mixed Format Tests Wiyh Constructed Response and Multiple Choice Items. **Journal of Educational Measurement** 37(4): 329 – 346.

Tate, R. (2004). Interpretating Hierarchical Linear and Hierarchical Generalized Linear models with Slopes as Outcomes. **The Journal of Experimental Education** 73(1): 71-95

Thissen,D., Steinberg,L. and Wainer, H. (1993). Detection of Differential Item Functioning Using the Parameters of Item Response Models. In Holland,P.W. and Wainer, H. (Eds). **Differential Item Functioning**. Hillsdale, NJ:Laweence Erlbaum Associate.

Thum, Y.M. (1997). Hierarchical Linear Models for Multivariate Outcomes. **Journal of Educational and Behavioral Statistics** 22(1): 77-108.

TIMSS. (1999). **Executive Summary**. [Online]. Available from http://TIMSS.bc.edu/TIMSS1999i/pdf/Taai-Math-Exsum.pdf [August 2, 2006].

Tsui, M. (2005). Family Income, Home Environment, Parenting and Mathematics Achievement of Children in China and The United States. **Education and Urban Society** 37(3): 336 – 355.

Wang, W. et al. (2006). Validating, improving reliability, and estimating correlation of the four subscales in the WHOQOL-BREF using multidimensional Rasch analysis. **Quality of Life Research**, 15: 607-620.

Worthen, B.R., White, K.R., Fan, X., and Sudweeks, R.R. (1999). **Measurement and Assessment in School**. 2nd ed. New York: Addison Wesley Longman,Inc.

Xin Ma. (2001). Stability of School Academic Performance Across Subject Areas. **Journal of Educational Measurement**. 38(1):1-18.

Yang, M. (1995). **A simulation study for the assessment of the non-linear hierarchical model estimation via approximate maximum likelihood**. Doctoral Dissertation. Michigan State University.

Zimowski, M., Muraki, E., Mislevy, R. and Bock, R. (1996). **BILOG-MG Multiple-Group IRT Analysis and Test Maintenance for Binary Data**. Chicago: Scientific Software International, Inc.

Zwinderman, A.H. (1991). A Generalized Rasch Model for Manifest Predictors. **Psychometrika** 56(4): 589 – 600.

Zvoch, K. and Steven, J.J. (2003). A Multilevel, Longitudinal Model of Middle SchoolMath and Language Achievement. **Educational Policy Analysis Archives** 11(20). [Online]. Available from http://epaa.asu.edu/epaa/v11n20. [September 18, 2006].

Zvoch, K. and Steven, J.J. (2006). Longitudinal Effect of School Context and Practice on Middle School Mathematics Achievement. **The Journal of Educational Research** 99(6): 347 356.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือแบบสอบวัดความรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ชื่อ	หน่วยงาน/สังกัด
1. รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง	ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2.รองศาสตราจารย์ ดร.เอมอร จังศิริพรปกรณ์	ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3.อาจารย์ ดร.กมลวรรณ ตังธนกานนท์	ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4.อาจารย์สมบูรณ์ โพธิอะ	ศึกษานิเทศก์เชี่ยวชาญ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานครเขต 1
5.อาจารย์ปราโมทย์ ขจรภัย	ศึกษานิเทศก์เชี่ยวชาญ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานครเขต 1
6. อาจารย์ ไตรรงค์ เจนการ	นักวิชาการสอบ 8ว. สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
7. อาจารย์ราตรี รุ่งทวีชัย	ครูเชี่ยวชาญ (คศ.4) โรงเรียนบ้านแหลมกระเจา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครปฐม เขต 1
8.อาจารย์อัญฑิกา ทั่งทอง	ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) โรงเรียนท่าบ้านหลวง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาชัยนาท
9.ผู้ช่วยศาตราจารย์สุวรรณา ทิมสถิตย์	โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือแบบประเมินความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

ชื่อ	หน่วยงาน/สังกัด
1. รองศาสตราจารย์ ดร.บุญมี เณรยอด	ภาควิชานโยบาย การจัดการและความเป็นผู้นำทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2.ดร.วันทยา วงษ์ศิลปภิรมย์	ที่ปรึกษาคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ด้านมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
3.ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยาพิมพ์ อุสาโห	ภาควิชานโยบาย การจัดการและความเป็นผู้นำทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4.รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณี แกมเกตุ	ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5.ดร.เฉลิมชัย หาญกล้า	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี
6.ดร.ปัญญา แก้วเหล็ก	ผู้อำนวยการสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาลพบุรี เขต 1
7.ผอ.เสริมศักดิ์ วงษ์เจริญสุข	ผู้อำนวยการโรงเรียนพระนารายณ์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาลพบุรี เขต 1

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือแบบวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

ชื่อ	หน่วยงาน/สังกัด
1. รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีวัฒน์ ปิตยานนท์	อาจารย์พิเศษ ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2.รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ	ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3.รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ	ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4.อาจารย์ ดร.วรรณี เจตจำนงนุช	ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5.อาจารย์ ดร.กมลวรรณ ตังธนกานนท์	ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. อาจารย์ราตรี รุ่งทวีชัย	ครูเชี่ยวชาญ (คศ.4) โรงเรียนบ้านแหลมกระเจา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครปฐม เขต 1
7.อาจารย์อัญฑิกา ทั่งทอง	ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) โรงเรียนท่าบ้านหลวง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาชัยนาท

ภาคผนวก ข

ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบที่ใช้ในการวิจัย
การวิเคราะห์โดยทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT)
และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบที่ใช้ในการวิจัย
การวิเคราะห์โดยทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม

ข้อ	ผลจากการนำเครื่องมือไปทดลองใช้ n = 60 คน		ข้อ	ผลจากการเก็บข้อมูลจริง n = 1,588 คน	
	p	r		p	r
1	.5692	.211	1	.4232	.410
2	.6769	.602	2	.3199	.502
3	.6415	.471	3	.3224	.399
4	.6308	.568	4	.2821	.540
5	.4000	.396	5	.2393	.342
6	.5077	.358	6	.3967	.417
7	.4923	.483	7	.3476	.497
8	.5385	.196	8	.3684	.354
9	.5846	.379	9	.5239	.321
10	.5846	.408	10	.3042	.377
11	.5231	.526	11	.2676	.396
12	.4000	.351	12	.2947	.342
13	.4154	.389	13	.3961	.366
14	.5077	.187	14	.5120	.347
15	.4615	.364	15	.3526	.326
16	.7077	.626	16	.4981	.373
17	.5077	.450	17	.3079	.327
18	.6462	.576	18	.3142	.332
19	.5385	.539	19	.2941	.434
20	.5385	.384	20	.2406	.381
21	.4615	.555	21	.3879	.338
22	.5538	.478	22	.3382	.345
23	.4154	.268	23	.2739	.473
24	.5846	.229	24	.3898	.335
25	.5077	.339	25	.2437	.457
26	.7385	.669	26	.3854	.470
27	.4923	.214	27	.3766	.358
28	.5231	.351	28	.4288	.325
29	.3692	.336	29	.3010	.401
30	.3077	.244	30	.3180	.335

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าความยากง่าย (a) ค่าอำนาจจำแนก (b) และค่าพารามิเตอร์การเดา (c) ของข้อสอบที่ใช้ในการวิจัย การวิเคราะห์โดยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบ 3 PL

ข้อ \ พารามิเตอร์	a	b	c
1	2.485	1.119	0.292
2	2.433	1.009	0.143
3	1.878	1.393	0.195
4	2.075	0.947	0.065
5	1.602	1.887	0.149
6	1.138	0.722	0.084
7	1.753	0.799	0.092
8	1.261	1.324	0.193
9	0.662	-0.163	0.001
10	2.264	1.529	0.209
11	1.421	1.481	0.112
12	1.223	1.731	0.160
13	1.975	1.482	0.297
14	0.858	-0.072	0.001
15	1.753	1.608	0.253
16	0.918	0.002	0.001
17	3.630	1.691	0.250
18	1.796	1.771	0.230
19	2.174	1.352	0.169
20	3.125	1.655	0.170
21	2.359	1.535	0.305
22	2.265	1.590	0.254
23	2.501	1.261	0.141
24	1.489	1.419	0.255
25	2.359	1.431	0.130
26	2.141	0.906	0.190
27	2.373	1.409	0.278
28	0.857	1.079	0.182
29	2.679	1.431	0.202
30	2.636	1.647	0.246
ค่าเฉลี่ย	1.936	1.233	0.175

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบจากโปรแกรม BILOG-MG และโปรแกรม HLM

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-1 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบจากโปรแกรม BILOG-MG และโปรแกรม HLM

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.0778	1.4667	.102
2	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.5260	-1.0506	.124
3	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0217	-.1031	.109
4	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2969	-.6286	.117
5	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0817	-.2677	.111
6	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1878	-.4421	.114
7	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0817	-.2677	.111
8	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0217	-.1031	.109
9	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2969	-.6286	.117
10	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.4095	-.8302	.120
11	25.00	2.3145	.4677	1.7128	2.2432	.133	1.5711	2.2745	.110
12	24.00	2.1512	.4618	1.5829	2.0473	.128	1.4690	2.0961	.108
13	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0217	-.1031	.109
14	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2969	-.6286	.117
15	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	.8885	1.1822	.101
16	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3198	.3497	.104
17	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0217	-.1031	.109
18	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2969	-.6286	.117
19	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	.9829	1.3229	.102
20	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.4095	-.8302	.120
21	21.00	1.6293	.4669	1.2194	1.5383	.117	1.1736	1.6146	.103
22	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0217	-.1031	.109
23	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2222	.2041	.105
24	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1878	-.4421	.114
25	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	.9829	1.3229	.102
26	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	.9829	1.3229	.102
27	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.7945	1.0436	.101
28	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0217	-.1031	.109
29	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.3059	.3344	.118
30	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0450	-.2627	.130

ตารางที่ ค-1(ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
31	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0763	-.0458	.126
32	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.1714	-.5038	.135
33	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.7263	.9658	.108
34	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.7263	.9658	.108
35	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0763	-.0458	.126
36	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1931	.1519	.122
37	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.5214	.6655	.113
38	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.3059	.3344	.118
39	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.4152	.5048	.115
40	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0763	-.0458	.126
41	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1931	.1519	.122
42	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.3059	.3344	.118
43	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0450	-.2627	.130
44	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1931	.1519	.122
45	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.3059	.3344	.118
46	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.3059	.3344	.118
47	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0450	-.2627	.130
48	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.6250	.8187	.110
49	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0763	-.0458	.126
50	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.5214	.6655	.113
51	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1931	.1519	.122
52	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0450	-.2627	.130
53	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3489	.3998	.114
54	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4542	.5600	.112
55	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5569	.7128	.110
56	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2303	-.5982	.133
57	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5569	.7128	.110
58	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5569	.7128	.110
59	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0139	-.1466	.124
60	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2303	-.5982	.133

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
61	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0139	-.1466	.124
62	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	1.2333	1.6866	.103
63	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2408	.2304	.117
64	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2408	.2304	.117
65	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2408	.2304	.117
66	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2303	-.5982	.133
67	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3489	.3998	.114
68	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2408	.2304	.117
69	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2303	-.5982	.133
70	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1292	.0492	.121
71	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1292	.0492	.121
72	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2408	.2304	.117
73	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.6575	.8598	.108
74	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2408	.2304	.117
75	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1292	.0492	.121
76	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1676	.1152	.117
77	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0563	-.2581	.123
78	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	1.6293	2.2985	.106
79	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1742	-.4694	.127
80	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2746	.2836	.114
81	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0563	-.2581	.123
82	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2967	-.7027	.132
83	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3788	.4430	.112
84	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2746	.2836	.114
85	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0563	-.2581	.123
86	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0563	-.2581	.123
87	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0575	-.0645	.120
88	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1742	-.4694	.127
89	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1676	.1152	.117
90	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.7754	1.0240	.106

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
91	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.7754	1.0240	.106
92	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0563	-.2581	.123
93	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1676	.1152	.117
94	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1676	.1152	.117
95	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1742	-.4694	.127
96	22.00	1.8045	.4860	1.3371	1.6978	.119	1.5328	2.1436	.105
97	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.1883	-.5311	.132
98	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.1883	-.5311	.132
99	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	1.7570	2.4797	.102
100	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0584	-.0750	.123
101	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.9033	1.2170	.102
102	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.4718	2.0375	.100
103	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.1883	-.5311	.132
104	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2872	.3043	.115
105	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3961	.4744	.112
106	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0584	-.0750	.123
107	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0624	-.2911	.127
108	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.7065	.9352	.105
109	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3961	.4744	.112
110	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.1883	-.5311	.132
111	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0624	-.2911	.127
112	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1747	.1222	.119
113	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.8057	1.0777	.104
114	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0584	-.0750	.123
115	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1747	.1222	.119
116	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3961	.4744	.112
117	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1747	.1222	.119
118	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.5021	.6350	.110
119	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0584	-.0750	.123
120	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0584	-.0750	.123

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
121	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2872	.3043	.115
122	3.00	-1.3883	.5543	-1.0190	-1.4772	.174	-.3199	-.8017	.138
123	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0624	-.2911	.127
124	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0624	-.2911	.127
125	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0584	-.0750	.123
126	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3961	.4744	.112
127	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1747	.1222	.119
128	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0624	-.2911	.127
129	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2872	.3043	.115
130	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0584	-.0750	.123
131	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.1883	-.5311	.132
132	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.6054	.7881	.107
133	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2872	.3043	.115
134	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2872	.3043	.115
135	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3961	.4744	.112
136	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1843	.1376	.120
137	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.1795	-.5169	.133
138	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.5121	.6509	.110
139	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0533	-.2763	.128
140	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.6156	.8040	.108
141	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.6156	.8040	.108
142	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0678	-.0598	.124
143	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.1795	-.5169	.133
144	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1843	.1376	.120
145	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1843	.1376	.120
146	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0678	-.0598	.124
147	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.8161	1.0937	.104
148	26.00	2.4914	.4963	1.8486	2.4584	.139	2.0629	2.9975	.107
149	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0678	-.0598	.124
150	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1843	.1376	.120

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
151	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0678	-.0598	.124
152	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0678	-.0598	.124
153	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0678	-.0598	.124
154	2.00	-1.6335	.5806	-1.2003	-1.8106	.189	-.4496	-1.0994	.145
155	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2969	.3200	.116
156	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1843	.1376	.120
157	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.7168	.9511	.106
158	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1843	.1376	.120
159	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.1795	-.5169	.133
160	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1843	.1376	.120
161	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.4061	.4902	.113
162	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1843	.1376	.120
163	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0533	-.2763	.128
164	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.6156	.8040	.108
165	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.1795	-.5169	.133
166	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.1795	-.5169	.133
167	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.7168	.9511	.106
168	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1843	.1376	.120
169	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.4061	.4902	.113
170	21.00	1.6293	.4669	1.2194	1.5383	.117	-.1637	-.4211	.115
171	29.00	3.1166	.5263	2.3052	3.2905	.168	.9024	1.6769	.163
172	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	-1.0733	-1.6978	.098
173	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	-1.3556	-2.1068	.098
174	27.00	2.6907	.5224	1.9915	2.6989	.147	.5963	.9203	.147
175	26.00	2.4914	.4963	1.8486	2.4584	.139	.4549	.6260	.140
176	24.00	2.1512	.4618	1.5829	2.0473	.128	.1919	.1428	.128
177	21.00	1.6293	.4669	1.2194	1.5383	.117	-.1637	-.4211	.115
178	26.00	2.4914	.4963	1.8486	2.4584	.139	.4549	.6260	.140
179	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-1.8343	-2.8780	.102
180	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	.0687	-.0616	.124

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
181	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	.0687	-.0616	.124
182	27.00	2.6907	.5224	1.9915	2.6989	.147	.5963	.9203	.147
183	26.00	2.4914	.4963	1.8486	2.4584	.139	.4549	.6260	.140
184	29.00	3.1166	.5263	2.3052	3.2905	.168	.9024	1.6769	.163
185	25.00	2.3145	.4677	1.7128	2.2432	.133	.3204	.3698	.134
186	30.00	3.3261	.5198	2.4799	3.6697	.182	1.0689	2.1797	.173
187	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-1.5446	-2.3965	.099
188	24.00	2.1512	.4618	1.5829	2.0473	.128	.1919	.1428	.128
189	25.00	2.3145	.4677	1.7128	2.2432	.133	.3204	.3698	.134
190	25.00	2.3145	.4677	1.7128	2.2432	.133	.3204	.3698	.134
191	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-1.4499	-2.2493	.098
192	29.00	3.1166	.5263	2.3052	3.2905	.168	.9024	1.6769	.163
193	30.00	3.3261	.5198	2.4799	3.6697	.182	1.0689	2.1797	.173
194	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	-.3813	-.7365	.109
195	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	-.2741	-.5831	.112
196	24.00	2.1512	.4618	1.5829	2.0473	.128	.1919	.1428	.128
197	28.00	2.9034	.5296	2.1431	2.9724	.157	.7452	1.2650	.155
198	25.00	2.3145	.4677	1.7128	2.2432	.133	.3204	.3698	.134
199	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	-.3813	-.7365	.109
200	25.00	2.3145	.4677	1.7128	2.2432	.133	.3204	.3698	.134
201	27.00	2.6907	.5224	1.9915	2.6989	.147	.5963	.9203	.147
202	27.00	2.6907	.5224	1.9915	2.6989	.147	.5963	.9203	.147
203	27.00	2.6907	.5224	1.9915	2.6989	.147	.5963	.9203	.147
204	29.00	3.1166	.5263	2.3052	3.2905	.168	.9024	1.6769	.163
205	29.00	3.1166	.5263	2.3052	3.2905	.168	.9024	1.6769	.163
206	29.00	3.1166	.5263	2.3052	3.2905	.168	.9024	1.6769	.163
207	26.00	2.4914	.4963	1.8486	2.4584	.139	.4549	.6260	.140
208	29.00	3.1166	.5263	2.3052	3.2905	.168	.9024	1.6769	.163
209	29.00	3.1166	.5263	2.3052	3.2905	.168	.9024	1.6769	.163
210	28.00	2.9034	.5296	2.1431	2.9724	.157	.7452	1.2650	.155

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
211	26.00	2.4914	.4963	1.8486	2.4584	.139	.4549	.6260	.140
212	27.00	2.6907	.5224	1.9915	2.6989	.147	.5963	.9203	.147
213	28.00	2.9034	.5296	2.1431	2.9724	.157	.7452	1.2650	.155
214	30.00	3.3261	.5198	2.4799	3.6697	.182	1.0689	2.1797	.173
215	26.00	2.4914	.4963	1.8486	2.4584	.139	.4549	.6260	.140
216	26.00	2.4914	.4963	1.8486	2.4584	.139	.4549	.6260	.140
217	28.00	2.9034	.5296	2.1431	2.9724	.157	.7452	1.2650	.155
218	27.00	2.6907	.5224	1.9915	2.6989	.147	.5963	.9203	.147
219	26.00	2.4914	.4963	1.8486	2.4584	.139	.4549	.6260	.140
220	29.00	3.1166	.5263	2.3052	3.2905	.168	.9024	1.6769	.163
221	24.00	2.1512	.4618	1.5829	2.0473	.128	.1919	.1428	.128
222	26.00	2.4914	.4963	1.8486	2.4584	.139	.4549	.6260	.140
223	25.00	2.3145	.4677	1.7128	2.2432	.133	.3204	.3698	.134
224	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	-1.0733	-1.6978	.098
225	27.00	2.6907	.5224	1.9915	2.6989	.147	.5963	.9203	.147
226	26.00	2.4914	.4963	1.8486	2.4584	.139	.4549	.6260	.140
227	30.00	3.3261	.5198	2.4799	3.6697	.182	1.0689	2.1797	.173
228	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	.0687	-.0616	.124
229	22.00	1.8045	.4860	1.3371	1.6978	.119	-.0496	-.2483	.119
230	28.00	2.9034	.5296	2.1431	2.9724	.157	.7452	1.2650	.155
231	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	-.2741	-.5831	.112
232	27.00	2.6907	.5224	1.9915	2.6989	.147	.5963	.9203	.147
233	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5166	.6450	.102
234	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0024	-.1581	.114
235	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.8060	1.0645	.098
236	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.8060	1.0645	.098
237	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5166	.6450	.102
238	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2127	.1878	.108
239	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.1149	-.3500	.117
240	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1067	.0203	.110

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
241	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2127	.1878	.108
242	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.2314	-.5588	.121
243	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2127	.1878	.108
244	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2127	.1878	.108
245	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3162	.3466	.105
246	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0024	-.1581	.114
247	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0024	-.1581	.114
248	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0024	-.1581	.114
249	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.1149	-.3500	.117
250	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.2314	-.5588	.121
251	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5166	.6450	.102
252	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1067	.0203	.110
253	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.1149	-.3500	.117
254	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.2314	-.5588	.121
255	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3162	.3466	.105
256	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.1149	-.3500	.117
257	2.00	- 1.6335	.5806	-1.2003	-1.8106	.189	-.6102	-1.3363	.137
258	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.4173	.4985	.103
259	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1067	.0203	.110
260	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2127	.1878	.108
261	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1067	.0203	.110
262	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2127	.1878	.108
263	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.7106	.9269	.099
264	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.4173	.4985	.103
265	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.7106	.9269	.099
266	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.1829	1.6138	.098
267	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.1829	1.6138	.098
268	2.00	-1.6335	.5806	-1.2003	-1.8106	.189	-.6102	-1.3363	.137
269	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5166	.6450	.102
270	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2127	.1878	.108

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
271	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.2772	1.7555	.098
272	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.6142	.7875	.100
273	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.9948	1.3375	.097
274	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.8060	1.0645	.098
275	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2127	.1878	.108
276	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2127	.1878	.108
277	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5166	.6450	.102
278	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2127	.1878	.108
279	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.6142	.7875	.100
280	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0024	-.1581	.114
281	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.4173	.4985	.103
282	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0024	-.1581	.114
283	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1067	.0203	.110
284	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.1149	-.3500	.117
285	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2127	.1878	.108
286	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0024	-.1581	.114
287	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0024	-.1581	.114
288	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5166	.6450	.102
289	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5166	.6450	.102
290	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2127	.1878	.108
291	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3162	.3466	.105
292	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1067	.0203	.110
293	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.2314	-.5588	.121
294	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0024	-.1581	.114
295	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	1.0948	1.4848	.100
296	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0255	-.2094	.121
297	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1441	-.4220	.125
298	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0255	-.2094	.121
299	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3072	.3343	.111
300	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0255	-.2094	.121

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
301	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0889	-.0148	.117
302	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5141	.6466	.106
303	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1997	.1655	.114
304	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3072	.3343	.111
305	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4118	.4941	.108
306	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0255	-.2094	.121
307	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.6142	.7935	.104
308	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1997	.1655	.114
309	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2676	-.6570	.130
310	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0255	-.2094	.121
311	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5141	.6466	.106
312	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5141	.6466	.106
313	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1997	.1655	.114
314	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0889	-.0148	.117
315	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5141	.6466	.106
316	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0889	-.0148	.117
317	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0889	-.0148	.117
318	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1997	.1655	.114
319	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0255	-.2094	.121
320	21.00	1.6293	.4669	1.2194	1.5383	.117	1.4717	2.0440	.100
321	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.3770	1.9000	.100
322	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1441	-.4220	.125
323	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5141	.6466	.106
324	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1997	.1655	.114
325	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0889	-.0148	.117
326	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2676	-.6570	.130
327	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3072	.3343	.111
328	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0889	-.0148	.117
329	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4118	.4941	.108
330	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1997	.1655	.114

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
331	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2676	-.6570	.130
332	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4118	.4941	.108
333	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0889	-.0148	.117
334	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1743	.1310	.106
335	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3721	.4278	.103
336	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.4796	-.9814	.124
337	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0726	-.0263	.108
338	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2483	-.5551	.116
339	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1384	-.3671	.113
340	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.4688	.5699	.102
341	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3721	.4278	.103
342	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.4688	.5699	.102
343	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0726	-.0263	.108
344	22.00	1.8045	.4860	1.3371	1.6978	.119	1.3227	1.8428	.103
345	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	1.4207	2.0018	.104
346	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	1.4207	2.0018	.104
347	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	1.4207	2.0018	.104
348	22.00	1.8045	.4860	1.3371	1.6978	.119	1.3227	1.8428	.103
349	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0726	-.0263	.108
350	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1384	-.3671	.113
351	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0315	-.1917	.110
352	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.8476	1.1213	.100
353	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0315	-.1917	.110
354	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2483	-.5551	.116
355	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3619	-.7586	.120
356	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2740	.2819	.104
357	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0726	-.0263	.108
358	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0726	-.0263	.108
359	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1743	.1310	.106
360	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0315	-.1917	.110

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
361	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1743	.1310	.106
362	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0315	-.1917	.110
363	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0315	-.1917	.110
364	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0315	-.1917	.110
365	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.4796	-.9814	.124
366	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0726	-.0263	.108
367	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3721	.4278	.103
368	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3721	.4278	.103
369	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3721	.4278	.103
370	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0612	-.2891	.128
371	21.00	1.6293	.4669	1.2194	1.5383	.117	1.5676	2.1823	.101
372	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.6067	.7902	.108
373	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0596	-.0730	.123
374	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2885	.3064	.116
375	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3974	.4765	.113
376	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0612	-.2891	.128
377	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2885	.3064	.116
378	3.00	-1.3883	.5543	-1.0190	-1.4772	.174	-.3187	-.7999	.139
379	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1760	.1242	.119
380	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0612	-.2891	.128
381	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0596	-.0730	.123
382	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3974	.4765	.113
383	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1760	.1242	.119
384	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.5034	.6371	.110
385	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3974	.4765	.113
386	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0596	-.0730	.123
387	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2885	.3064	.116
388	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3974	.4765	.113
389	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3974	.4765	.113
390	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.6067	.7902	.108

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
391	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2885	.3064	.116
392	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.7078	.9373	.106
393	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1760	.1242	.119
394	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2885	.3064	.116
395	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0596	-.0730	.123
396	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0596	-.0730	.123
397	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0596	-.0730	.123
398	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0596	-.0730	.123
399	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2885	.3064	.116
400	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1760	.1242	.119
401	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.1871	-.5292	.133
402	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2885	.3064	.116
403	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1760	.1242	.119
404	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0596	-.0730	.123
405	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0659	-.2732	.120
406	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0659	-.2732	.120
407	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3686	.4272	.108
408	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2645	.2678	.111
409	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0659	-.2732	.120
410	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1577	.0996	.114
411	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0659	-.2732	.120
412	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1835	-.4841	.124
413	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1835	-.4841	.124
414	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5700	.7262	.105
415	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1577	.0996	.114
416	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2645	.2678	.111
417	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.4703	.5794	.106
418	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0659	-.2732	.120
419	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0659	-.2732	.120
420	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.7648	1.0081	.102

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
421	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.6681	.8687	.103
422	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1577	.0996	.114
423	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0659	-.2732	.120
424	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3686	.4272	.108
425	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5700	.7262	.105
426	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0477	-.0799	.117
427	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0477	-.0799	.117
428	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2645	.2678	.111
429	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0477	-.0799	.117
430	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1577	.0996	.114
431	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5700	.7262	.105
432	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5700	.7262	.105
433	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2645	.2678	.111
434	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	1.1436	1.5549	.100
435	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.3318	1.8345	.100
436	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0477	-.0799	.117
437	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2645	.2678	.111
438	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0659	-.2732	.120
439	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.6995	.9162	.105
440	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5012	.6269	.108
441	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0373	-.2282	.122
442	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3991	.4744	.110
443	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2788	-.6746	.131
444	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0768	-.0340	.119
445	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5012	.6269	.108
446	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.9871	1.3291	.102
447	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1873	.1461	.115
448	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1873	.1461	.115
449	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0373	-.2282	.122
450	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0373	-.2282	.122

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
451	25.00	2.3145	.4677	1.7128	2.2432	.133	1.8473	2.6600	.107
452	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0373	-.2282	.122
453	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1873	.1461	.115
454	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1557	-.4402	.126
455	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1557	-.4402	.126
456	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3991	.4744	.110
457	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0373	-.2282	.122
458	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0373	-.2282	.122
459	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2946	.3148	.113
460	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2946	.3148	.113
461	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0768	-.0340	.119
462	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2946	.3148	.113
463	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3991	.4744	.110
464	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0768	-.0340	.119
465	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1873	.1461	.115
466	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0700	-.0448	.118
467	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2875	.3037	.112
468	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.7890	1.0444	.103
469	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1804	.1351	.115
470	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.7890	1.0444	.103
471	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3919	.4633	.110
472	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0440	-.2388	.122
473	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0440	-.2388	.122
474	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1804	.1351	.115
475	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3919	.4633	.110
476	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1804	.1351	.115
477	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0700	-.0448	.118
478	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2875	.3037	.112
479	3.00	-1.3883	.5543	-1.0190	-1.4772	.174	-.4134	-.9468	.136
480	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1804	.1351	.115

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
481	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0700	-.0448	.118
482	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2875	.3037	.112
483	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2875	.3037	.112
484	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.8847	1.1818	.102
485	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1622	-.4506	.126
486	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0440	-.2388	.122
487	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3919	.4633	.110
488	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0440	-.2388	.122
489	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.4939	.6157	.108
490	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0440	-.2388	.122
491	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2875	.3037	.112
492	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	1.1680	1.5908	.101
493	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1804	.1351	.115
494	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.3345	.3805	.119
495	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.4443	.5513	.116
496	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0183	-.2192	.131
497	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.3345	.3805	.119
498	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0183	-.2192	.131
499	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.1037	-.0011	.126
500	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.5510	.7123	.113
501	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0183	-.2192	.131
502	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.5510	.7123	.113
503	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.2212	.1974	.122
504	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.6549	.8655	.111
505	3.00	-1.3883	.5543	-1.0190	-1.4772	.174	-.2787	-.7365	.142
506	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.3345	.3805	.119
507	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0183	-.2192	.131
508	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.5510	.7123	.113
509	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.6549	.8655	.111
510	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0183	-.2192	.131

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
511	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.2212	.1974	.122
512	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.4443	.5513	.116
513	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.4443	.5513	.116
514	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.2212	.1974	.122
515	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.1456	-.4620	.136
516	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.3345	.3805	.119
517	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.1456	-.4620	.136
518	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0937	-.0073	.117
519	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2631	-.6501	.130
520	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2046	.1731	.113
521	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4169	.5019	.108
522	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0937	-.0073	.117
523	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.9107	1.2205	.100
524	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0937	-.0073	.117
525	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	1.1001	1.4925	.099
526	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5191	.6545	.106
527	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2046	.1731	.113
528	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.2881	1.7671	.099
529	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0937	-.0073	.117
530	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5191	.6545	.106
531	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.2881	1.7671	.099
532	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0208	-.2020	.121
533	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4169	.5019	.108
534	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0208	-.2020	.121
535	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1396	-.4147	.125
536	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3121	.3421	.111
537	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1396	-.4147	.125
538	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0208	-.2020	.121
539	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0208	-.2020	.121
540	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3121	.3421	.111

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
541	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	.3121	.3421	.125
542	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.1396	-.4147	.113
543	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2046	.1731	.106
544	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5191	.6545	.104
545	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.6194	.8013	.117
546	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0937	-.0073	.111
547	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3121	.3421	.111
548	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	.3121	.3421	.125
549	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.1396	-.4147	.121
550	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.0208	-.2020	.130
551	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2631	-.6501	.121
552	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	-.0208	-.2020	.111
553	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3121	.3421	.108
554	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.4169	.5019	.113
555	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.2046	.1731	.104
556	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.6194	.8013	.111
557	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.3121	.3421	.121
558	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0208	-.2020	.125
559	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.1396	-.4147	.113
560	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	.2046	.1731	.129
561	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	-.0713	-.3055	.112
562	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.4922	.6195	.115
563	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.3864	.4590	.125
564	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0492	-.0898	.115
565	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.3864	.4590	.121
566	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.1654	.1071	.125
567	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.0492	-.0898	.110
568	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.5954	.7725	.118
569	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2776	.2890	.115
570	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.3864	.4590	.121

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
571	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3864	.4590	.115
572	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2776	.2890	.118
573	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	1.1792	1.6096	.103
574	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3864	.4590	.115
575	3.00	-1.3883	.5543	-1.0190	-1.4772	.174	-.3282	-.8148	.140
576	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1654	.1071	.121
577	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1654	.1071	.121
578	3.00	-1.3883	.5543	-1.0190	-1.4772	.174	-.3282	-.8148	.140
579	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3864	.4590	.115
580	2.00	-1.6335	.5806	-1.2003	-1.8106	.189	-.4658	-1.1237	.146
581	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4922	.6195	.112
582	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0492	-.0898	.125
583	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5954	.7725	.110
584	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.2457	-.5292	.112
585	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.0628	-.0364	.105
586	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.1405	-.3561	.110
587	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.0628	-.0364	.105
588	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.1405	-.3561	.110
589	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.1405	-.3561	.110
590	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.2457	-.5292	.112
591	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.1405	-.3561	.110
592	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.2457	-.5292	.112
593	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.0628	-.0364	.105
594	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.3539	-.7141	.115
595	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.4653	-.9136	.118
596	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.1405	-.3561	.110
597	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.0628	-.0364	.105
598	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.0628	-.0364	.105
599	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	-.0378	-.1924	.107
600	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.1405	-.3561	.110

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
601	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.0628	-.0364	.105
602	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.0628	-.0364	.105
603	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	-.0378	-.1924	.107
604	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	-.0378	-.1924	.107
605	21.00	1.6293	.4669	1.2194	1.5383	.117	1.1124	1.5262	.103
606	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.6385	.8153	.100
607	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.7325	.9530	.100
608	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	1.3086	1.8416	.106
609	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	1.3086	1.8416	.106
610	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.0163	1.3775	.102
611	26.00	2.4914	.4963	1.8486	2.4584	.139	1.6176	2.3847	.112
612	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.0163	1.3775	.102
613	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	1.3086	1.8416	.106
614	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	.9211	1.2331	.101
615	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.2457	-.5292	.112
616	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5698	.7258	.105
617	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2643	.2675	.111
618	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1837	-.4843	.125
619	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5698	.7258	.105
620	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	1.1434	1.5546	.101
621	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.4701	.5791	.107
622	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.8602	1.1452	.102
623	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	1.1434	1.5546	.101
624	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0475	-.0802	.117
625	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0661	-.2735	.121
626	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.4701	.5791	.107
627	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1575	.0993	.114
628	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0661	-.2735	.121
629	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.4701	.5791	.107
630	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2643	.2675	.111

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
631	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2643	.2675	.111
632	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0661	-.2735	.121
633	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0661	-.2735	.121
634	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1837	-.4843	.125
635	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0661	-.2735	.121
636	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0475	-.0802	.117
637	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1575	.0993	.114
638	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1837	-.4843	.125
639	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0475	-.0802	.117
640	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0475	-.0802	.117
641	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.6679	.8683	.104
642	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5698	.7258	.105
643	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1575	.0993	.114
644	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1575	.0993	.114
645	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1575	.0993	.114
646	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0475	-.0802	.117
647	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4127	.4885	.100
648	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1120	.0335	.106
649	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1120	.0335	.106
650	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.8888	1.1818	.097
651	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.6054	.7702	.098
652	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1001	-.3088	.111
653	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3251	-.7028	.119
654	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.7948	1.0448	.097
655	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1120	.0335	.106
656	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1120	.0335	.106
657	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1120	.0335	.106
658	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0073	-.1325	.108
659	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2108	-.4978	.115
660	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3251	-.7028	.119

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
661	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0073	-.1325	.108
662	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.4437	-.9276	.123
663	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0073	-.1325	.108
664	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3251	-.7028	.119
665	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2108	-.4978	.115
666	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0073	-.1325	.108
667	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2108	-.4978	.115
668	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.7948	1.0448	.097
669	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2141	.1912	.104
670	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1120	.0335	.106
671	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.3143	.3424	.102
672	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2108	-.4978	.115
673	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1120	.0335	.106
674	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2108	-.4978	.115
675	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.6054	.7702	.098
676	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4127	.4885	.100
677	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3251	-.7028	.119
678	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1120	.0335	.106
679	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.7948	1.0448	.097
680	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3251	-.7028	.119
681	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1001	-.3088	.111
682	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2108	-.4978	.115
683	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0073	-.1325	.108
684	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.0770	1.4598	.097
685	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.8888	1.1818	.097
686	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1001	-.3088	.111
687	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2141	.1912	.104
688	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2141	.1912	.104
689	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4127	.4885	.100
690	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1120	.0335	.106

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
691	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1001	-.3088	.111
692	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2141	.1912	.104
693	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0073	-.1325	.108
694	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3251	-.7028	.119
695	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0073	-.1325	.108
696	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2108	-.4978	.115
697	21.00	1.6293	.4669	1.2194	1.5383	.117	1.2670	1.7493	.099
698	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4127	.4885	.100
699	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0073	-.1325	.108
700	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.8888	1.1818	.097
701	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.8888	1.1818	.097
702	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.3143	.3424	.102
703	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4127	.4885	.100
704	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1001	-.3088	.111
705	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.7948	1.0448	.097
706	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0073	-.1325	.108
707	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1001	-.3088	.111
708	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.8888	1.1818	.097
709	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.7004	.9079	.097
710	25.00	2.3145	.4677	1.7128	2.2432	.133	1.6614	2.4010	.105
711	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.6054	.7702	.098
712	21.00	1.6293	.4669	1.2194	1.5383	.117	1.2670	1.7493	.099
713	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.6054	.7702	.098
714	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.5096	.6307	.099
715	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.8888	1.1818	.097
716	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.3143	.3424	.102
717	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4127	.4885	.100
718	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.7004	.9079	.097
719	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.7004	.9079	.097
720	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.4437	-.9276	.123

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
721	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2670	-.5834	.114
722	26.00	2.4914	.4963	1.8486	2.4584	.139	1.7065	2.5079	.108
723	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0508	-.2210	.107
724	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2541	.2519	.101
725	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.4974	-1.0081	.121
726	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0530	-.0559	.105
727	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0508	-.2210	.107
728	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0508	-.2210	.107
729	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1545	.1012	.103
730	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.4974	-1.0081	.121
731	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1574	-.3960	.110
732	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2541	.2519	.101
733	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2541	.2519	.101
734	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1545	.1012	.103
735	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0508	-.2210	.107
736	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2541	.2519	.101
737	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2670	-.5834	.114
738	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0508	-.2210	.107
739	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3802	-.7862	.117
740	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0530	-.0559	.105
741	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2670	-.5834	.114
742	3.00	-1.3883	.5543	-1.0190	-1.4772	.174	-.6192	-1.2539	.126
743	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1574	-.3960	.110
744	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.4974	-1.0081	.121
745	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1574	-.3960	.110
746	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1545	.1012	.103
747	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1574	-.3960	.110
748	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1545	.1012	.103
749	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0530	-.0559	.105
750	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0530	-.0559	.105

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
751	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1574	-.3960	.110
752	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0508	-.2210	.107
753	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1574	-.3960	.110
754	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3802	-.7862	.117
755	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0530	-.0559	.105
756	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1574	-.3960	.110
757	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.4974	-1.0081	.121
758	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1574	-.3960	.110
759	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0508	-.2210	.107
760	22.00	1.8045	.4860	1.3371	1.6978	.119	1.3026	1.8139	.100
761	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.1103	1.5137	.098
762	25.00	2.3145	.4677	1.7128	2.2432	.133	1.6023	2.3183	.105
763	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	1.4007	1.9733	.101
764	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.4486	.5398	.099
765	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.7331	.9541	.097
766	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.4486	.5398	.099
767	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3520	.3977	.100
768	28.00	2.9034	.5296	2.1431	2.9724	.157	1.9237	2.9350	.114
769	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.8271	1.0914	.097
770	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.7331	.9541	.097
771	21.00	1.6293	.4669	1.2194	1.5383	.117	1.2059	1.6612	.099
772	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.8271	1.0914	.097
773	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3520	.3977	.100
774	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	.9211	1.2298	.097
775	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3520	.3977	.100
776	22.00	1.8045	.4860	1.3371	1.6978	.119	1.3026	1.8139	.100
777	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	.9211	1.2298	.097
778	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2670	-.5834	.114
779	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	.9211	1.2298	.097
780	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.0154	1.3702	.097

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
781	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0530	-.0559	.105
782	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1574	-.3960	.110
783	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1574	-.3960	.110
784	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2541	.2519	.101
785	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0508	-.2210	.107
786	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.7331	.9541	.097
787	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3520	.3977	.100
788	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1545	.1012	.103
789	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1545	.1012	.103
790	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0508	-.2210	.107
791	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3520	.3977	.100
792	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1574	-.3960	.110
793	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	.9211	1.2298	.097
794	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	.9211	1.2298	.097
795	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3520	.3977	.100
796	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0530	-.0559	.105
797	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1545	.1012	.103
798	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2541	.2519	.101
799	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	-.1423	-.3309	.097
800	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.3289	.3620	.098
801	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	.9199	1.2784	.107
802	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	.6175	.7951	.101
803	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	-.3335	-.6200	.099
804	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	.9199	1.2784	.107
805	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	.4240	.5030	.098
806	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.3289	.3620	.098
807	24.00	2.1512	.4618	1.5829	2.0473	.128	1.0253	1.4582	.109
808	22.00	1.8045	.4860	1.3371	1.6978	.119	.8170	1.1093	.104
809	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.5295	-.9287	.102
810	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.5295	-.9287	.102

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
811	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	-.2375	-.4736	.098
812	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	-.0478	-.1908	.097
813	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	.6175	.7951	.101
814	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.7328	-1.2684	.106
815	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	-.4308	-.7713	.101
816	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	-.0478	-.1908	.097
817	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.3289	.3620	.098
818	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.7328	-1.2684	.106
819	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.3289	.3620	.098
820	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	.5201	.6470	.099
821	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	.5201	.6470	.099
822	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.5295	-.9287	.102
823	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.2344	.2231	.097
824	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.2344	.2231	.097
825	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	.6175	.7951	.101
826	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.5295	-.9287	.102
827	25.00	2.3145	.4677	1.7128	2.2432	.133	1.1338	1.6512	.112
828	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	-.3335	-.6200	.099
829	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.5295	-.9287	.102
830	21.00	1.6293	.4669	1.2194	1.5383	.117	.7163	.9487	.102
831	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	.4240	.5030	.098
832	27.00	2.6907	.5224	1.9915	2.6989	.147	1.3613	2.0898	.120
833	22.00	1.8045	.4860	1.3371	1.6978	.119	.8170	1.1093	.104
834	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	.6175	.7951	.101
835	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	.9199	1.2784	.107
836	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	.5201	.6470	.099
837	28.00	2.9034	.5296	2.1431	2.9724	.157	1.4814	2.3444	.125
838	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	.5201	.6470	.099
839	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.3289	.3620	.098
840	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	-.0478	-.1908	.097

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
841	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	.4240	.5030	.098
842	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	-.2375	-.4736	.098
843	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	-.2375	-.4736	.098
844	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.2344	.2231	.097
845	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	-.0478	-.1908	.097
846	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	.9199	1.2784	.107
847	22.00	1.8045	.4860	1.3371	1.6978	.119	.8170	1.1093	.104
848	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	.6175	.7951	.101
849	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	-.4308	-.7713	.101
850	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	-.1423	-.3309	.097
851	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	-.1423	-.3309	.097
852	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.0463	-.0524	.097
853	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.0463	-.0524	.097
854	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.3289	.3620	.098
855	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	-.1423	-.3309	.097
856	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.3289	.3620	.098
857	25.00	2.3145	.4677	1.7128	2.2432	.133	1.1338	1.6512	.112
858	25.00	2.3145	.4677	1.7128	2.2432	.133	1.1338	1.6512	.112
859	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	.9199	1.2784	.107
860	22.00	1.8045	.4860	1.3371	1.6978	.119	.8170	1.1093	.104
861	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	.9199	1.2784	.107
862	24.00	2.1512	.4618	1.5829	2.0473	.128	1.0253	1.4582	.109
863	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	-.0478	-.1908	.097
864	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	-.1423	-.3309	.097
865	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	.5201	.6470	.099
866	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.1402	.0853	.097
867	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.3289	.3620	.098
868	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.1402	.0853	.097
869	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.5295	-.9287	.102
870	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.2344	.2231	.097

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
871	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.5295	-.9287	.102
872	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	-.1423	-.3309	.097
873	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	1.0003	1.3453	.097
874	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.5269	.6565	.099
875	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0238	-.1074	.109
876	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.9063	1.2074	.097
877	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1286	.0588	.106
878	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.3313	.3681	.102
879	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.3313	.3681	.102
880	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1286	.0588	.106
881	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0839	-.2840	.112
882	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2310	.2167	.104
883	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.0944	1.4851	.097
884	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.7178	.9336	.097
885	24.00	2.1512	.4618	1.5829	2.0473	.128	1.5772	2.2492	.103
886	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.1949	-.4735	.115
887	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2310	.2167	.104
888	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.3313	.3681	.102
889	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0839	-.2840	.112
890	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.5269	.6565	.099
891	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.8122	1.0705	.097
892	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.1890	1.6277	.098
893	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.7178	.9336	.097
894	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4298	.5142	.100
895	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.0944	1.4851	.097
896	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0238	-.1074	.109
897	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4298	.5142	.100
898	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4298	.5142	.100
899	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.5269	.6565	.099
900	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.3313	.3681	.102

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
901	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0238	-.1074	.109
902	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2310	.2167	.104
903	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.5269	.6565	.099
904	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.3313	.3681	.102
905	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	1.0003	1.3453	.097
906	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.9063	1.2074	.097
907	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.7178	.9336	.097
908	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.1949	-.4735	.115
909	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2310	.2167	.104
910	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0238	-.1074	.109
911	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.4286	-.9048	.123
912	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4298	.5142	.100
913	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.4286	-.9048	.123
914	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0839	-.2840	.112
915	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.3313	.3681	.102
916	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2310	.2167	.104
917	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3096	-.6791	.119
918	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.3313	.3681	.102
919	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1286	.0588	.106
920	3.00	-1.3883	.5543	-1.0190	-1.4772	.174	-.5523	-1.1556	.128
921	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1286	.0588	.106
922	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0238	-.1074	.109
923	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1286	.0588	.106
924	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0238	-.1074	.109
925	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4298	.5142	.100
926	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3096	-.6791	.119
927	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1286	.0588	.106
928	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.3313	.3681	.102
929	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.9063	1.2074	.097
930	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1286	.0588	.106

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
931	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.4286	-.9048	.123
932	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1286	.0588	.106
933	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.1949	-.4735	.115
934	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1286	.0588	.106
935	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.1949	-.4735	.115
936	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0238	-.1074	.109
937	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.5269	.6565	.099
938	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0238	-.1074	.109
939	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.3313	.3681	.102
940	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.1949	-.4735	.115
941	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.3313	.3681	.102
942	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2310	.2167	.104
943	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4298	.5142	.100
944	3.00	-1.3883	.5543	-1.0190	-1.4772	.174	-.5523	-1.1556	.128
945	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.1949	-.4735	.115
946	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0839	-.2840	.112
947	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0238	-.1074	.109
948	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.3313	.3681	.102
949	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.5623	.7061	.097
950	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3700	.4245	.099
951	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.5623	.7061	.097
952	24.00	2.1512	.4618	1.5829	2.0473	.128	1.5182	2.1658	.103
953	22.00	1.8045	.4860	1.3371	1.6978	.119	1.3206	1.8397	.099
954	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.5623	.7061	.097
955	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.0336	1.3967	.097
956	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.6571	.8439	.097
957	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3700	.4245	.099
958	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.5623	.7061	.097
959	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2503	-.5581	.113
960	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.5623	.7061	.097

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
961	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	.9394	1.2564	.096
962	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.1284	1.5400	.097
963	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.0336	1.3967	.097
964	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.0336	1.3967	.097
965	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.5623	.7061	.097
966	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.7514	.9809	.096
967	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.1284	1.5400	.097
968	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.1284	1.5400	.097
969	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.1284	1.5400	.097
970	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.1284	1.5400	.097
971	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.0336	1.3967	.097
972	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.1284	1.5400	.097
973	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	1.4185	1.9987	.101
974	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.5623	.7061	.097
975	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.7514	.9809	.096
976	23.00	1.9833	.4774	1.4580	1.8666	.123	1.4185	1.9987	.101
977	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.6571	.8439	.097
978	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0705	-.0295	.105
979	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0336	-.1948	.107
980	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0705	-.0295	.105
981	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.4815	-.9843	.121
982	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1722	.1278	.103
983	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.4815	-.9843	.121
984	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1404	-.3702	.110
985	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2503	-.5581	.113
986	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.6571	.8439	.097
987	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0336	-.1948	.107
988	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1404	-.3702	.110
989	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0336	-.1948	.107
990	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3638	-.7615	.117

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
991	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0336	-.1948	.107
992	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.4815	-.9843	.121
993	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0705	-.0295	.105
994	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1722	.1278	.103
995	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1404	-.3702	.110
996	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1722	.1278	.103
997	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3638	-.7615	.117
998	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0705	-.0295	.105
999	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3638	-.7615	.117
1000	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1722	.1278	.103
1001	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0705	-.0295	.105
1002	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.4666	.5667	.098
1003	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1722	.1278	.103
1004	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2503	-.5581	.113
1005	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0705	-.0295	.105
1006	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2503	-.5581	.113
1007	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1722	.1278	.103
1008	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0705	-.0295	.105
1009	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0336	-.1948	.107
1010	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0336	-.1948	.107
1011	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3638	-.7615	.117
1012	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3700	.4245	.099
1013	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2719	.2787	.101
1014	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2503	-.5581	.113
1015	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0336	-.1948	.107
1016	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1404	-.3702	.110
1017	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2503	-.5581	.113
1018	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2503	-.5581	.113
1019	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1404	-.3702	.110
1020	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0336	-.1948	.107

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1021	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0336	-.1948	.107
1022	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.5623	.7061	.097
1023	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1722	.1278	.103
1024	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0705	-.0295	.105
1025	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3700	.4245	.099
1026	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1722	.1278	.103
1027	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1404	-.3702	.110
1028	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1722	.1278	.103
1029	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0336	-.1948	.107
1030	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1404	-.3702	.110
1031	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0705	-.0295	.105
1032	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3700	.4245	.099
1033	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.4666	.5667	.098
1034	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0705	-.0295	.105
1035	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0336	-.1948	.107
1036	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0336	-.1948	.107
1037	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0336	-.1948	.107
1038	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1722	.1278	.103
1039	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0705	-.0295	.105
1040	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1404	-.3702	.110
1041	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0336	-.1948	.107
1042	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0705	-.0295	.105
1043	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0705	-.0295	.105
1044	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0705	-.0295	.105
1045	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1137	.0244	.116
1046	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2446	-.6209	.129
1047	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1205	-.3844	.124
1048	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1137	.0244	.116
1049	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2249	.2053	.112
1050	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.6408	.8341	.103

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1051	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1205	-.3844	.124
1052	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4378	.5345	.107
1053	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1137	.0244	.116
1054	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.9325	1.2533	.099
1055	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	1.0276	1.3893	.098
1056	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5404	.6872	.105
1057	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1137	.0244	.116
1058	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.3101	1.7992	.098
1059	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.4043	1.9395	.098
1060	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1137	.0244	.116
1061	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5404	.6872	.105
1062	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4378	.5345	.107
1063	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5404	.6872	.105
1064	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2446	-.6209	.129
1065	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2249	.2053	.112
1066	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1137	.0244	.116
1067	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4378	.5345	.107
1068	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3328	.3745	.109
1069	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1205	-.3844	.124
1070	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0013	-.1709	.120
1071	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2446	-.6209	.129
1072	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0013	-.1709	.120
1073	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0013	-.1709	.120
1074	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3328	.3745	.109
1075	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5404	.6872	.105
1076	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2249	.2053	.112
1077	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4378	.5345	.107
1078	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1205	-.3844	.124
1079	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.7394	.9767	.101
1080	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2249	.2053	.112

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1081	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3328	.3745	.109
1082	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4378	.5345	.107
1083	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0013	-.1709	.120
1084	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3328	.3745	.109
1085	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1205	-.3844	.124
1086	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1205	-.3844	.124
1087	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1137	.0244	.116
1088	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2249	.2053	.112
1089	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3328	.3745	.109
1090	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1137	.0244	.116
1091	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2249	.2053	.112
1092	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1137	.0244	.116
1093	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3328	.3745	.109
1094	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1137	.0244	.116
1095	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1137	.0244	.116
1096	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0013	-.1709	.120
1097	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5404	.6872	.105
1098	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5404	.6872	.105
1099	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1137	.0244	.116
1100	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2249	.2053	.112
1101	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0013	-.1709	.120
1102	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3328	.3745	.109
1103	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1205	-.3844	.124
1104	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0013	-.1709	.120
1105	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3328	.3745	.109
1106	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1107	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1108	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1894	.1494	.111
1109	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1894	.1494	.111
1110	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1111	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2968	.3181	.108
1112	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1894	.1494	.111
1113	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1114	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4013	.4778	.105
1115	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0353	-.2250	.118
1116	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2968	.3181	.108
1117	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1118	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1894	.1494	.111
1119	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.6035	.7771	.101
1120	2.00	-1.6335	.5806	-1.2003	-1.8106	.189	-.5399	-1.2338	.139
1121	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4013	.4778	.105
1122	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5034	.6302	.103
1123	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2968	.3181	.108
1124	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1125	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1126	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4013	.4778	.105
1127	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1894	.1494	.111
1128	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1129	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1894	.1494	.111
1130	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0353	-.2250	.118
1131	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1537	-.4371	.122
1132	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.7018	.9196	.100
1133	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5034	.6302	.103
1134	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4013	.4778	.105
1135	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2968	.3181	.108
1136	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2968	.3181	.108
1137	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5034	.6302	.103
1138	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1139	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4013	.4778	.105
1140	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2968	.3181	.108

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1141	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5034	.6302	.103
1142	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.6035	.7771	.101
1143	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.6035	.7771	.101
1144	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2968	.3181	.108
1145	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2968	.3181	.108
1146	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2769	-.6716	.127
1147	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.1537	-.4371	.122
1148	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.6035	.7771	.101
1149	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0353	-.2250	.118
1150	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1894	.1494	.111
1151	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5034	.6302	.103
1152	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1894	.1494	.111
1153	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1894	.1494	.111
1154	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5034	.6302	.103
1155	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1156	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2968	.3181	.108
1157	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1158	3.00	-1.3883	.5543	-1.0190	-1.4772	.174	-.4054	-.9345	.133
1159	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4013	.4778	.105
1160	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2968	.3181	.108
1161	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1894	.1494	.111
1162	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1894	.1494	.111
1163	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2968	.3181	.108
1164	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1165	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1894	.1494	.111
1166	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1167	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0353	-.2250	.118
1168	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1169	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4013	.4778	.105
1170	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2968	.3181	.108

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1171	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4013	.4778	.105
1172	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2968	.3181	.108
1173	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2968	.3181	.108
1174	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1175	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1176	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1894	.1494	.111
1177	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1894	.1494	.111
1178	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0353	-.2250	.118
1179	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1180	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4013	.4778	.105
1181	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1182	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4013	.4778	.105
1183	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.6035	.7771	.101
1184	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2968	.3181	.108
1185	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5034	.6302	.103
1186	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.6035	.7771	.101
1187	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5034	.6302	.103
1188	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1894	.1494	.111
1189	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0353	-.2250	.118
1190	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1191	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.7018	.9196	.100
1192	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2968	.3181	.108
1193	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.7018	.9196	.100
1194	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0789	-.0307	.114
1195	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.7018	.9196	.100
1196	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5034	.6302	.103
1197	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	1.1778	1.6051	.096
1198	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.8624	1.1551	.100
1199	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4627	.5734	.107
1200	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2491	.2435	.113

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1201	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0219	-.1338	.120
1202	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1374	.0622	.116
1203	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1374	.0622	.116
1204	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3574	.4131	.110
1205	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4627	.5734	.107
1206	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3574	.4131	.110
1207	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2491	.2435	.113
1208	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3574	.4131	.110
1209	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.9585	1.2922	.099
1210	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0219	-.1338	.120
1211	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4627	.5734	.107
1212	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0980	-.3484	.125
1213	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.4304	1.9774	.098
1214	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.6662	.8732	.103
1215	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1374	.0622	.116
1216	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5656	.7262	.105
1217	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2228	-.5862	.130
1218	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2491	.2435	.113
1219	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2491	.2435	.113
1220	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3574	.4131	.110
1221	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0219	-.1338	.120
1222	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0980	-.3484	.125
1223	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.6662	.8732	.103
1224	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1374	.0622	.116
1225	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4627	.5734	.107
1226	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0980	-.3484	.125
1227	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3574	.4131	.110
1228	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0980	-.3484	.125
1229	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1374	.0622	.116
1230	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2491	.2435	.113

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1231	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4627	.5734	.107
1232	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0980	-.3484	.125
1233	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0980	-.3484	.125
1234	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2491	.2435	.113
1235	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0219	-.1338	.120
1236	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3574	.4131	.110
1237	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0980	-.3484	.125
1238	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0219	-.1338	.120
1239	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1374	.0622	.116
1240	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0980	-.3484	.125
1241	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1374	.0622	.116
1242	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0219	-.1338	.120
1243	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.7651	1.0158	.101
1244	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5656	.7262	.105
1245	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0219	-.1338	.120
1246	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3574	.4131	.110
1247	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0980	-.3484	.125
1248	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2228	-.5862	.130
1249	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5656	.7262	.105
1250	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1374	.0622	.116
1251	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4627	.5734	.107
1252	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4627	.5734	.107
1253	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0219	-.1338	.120
1254	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3574	.4131	.110
1255	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4627	.5734	.107
1256	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2491	.2435	.113
1257	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0980	-.3484	.125
1258	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4758	.5938	.109
1259	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.6796	.8938	.105
1260	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2617	.2637	.115

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1261	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0861	-.3293	.127
1262	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4758	.5938	.109
1263	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2617	.2637	.115
1264	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1498	.0821	.119
1265	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2617	.2637	.115
1266	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0340	-.1143	.122
1267	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1498	.0821	.119
1268	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2617	.2637	.115
1269	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4758	.5938	.109
1270	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.4758	.5938	.109
1271	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3702	.4335	.112
1272	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3702	.4335	.112
1273	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2617	.2637	.115
1274	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3702	.4335	.112
1275	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1498	.0821	.119
1276	3.00	-1.3883	.5543	-1.0190	-1.4772	.174	-.3420	-.8365	.138
1277	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.6796	.8938	.105
1278	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0340	-.1143	.122
1279	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1498	.0821	.119
1280	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2617	.2637	.115
1281	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2113	-.5679	.132
1282	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3702	.4335	.112
1283	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.6796	.8938	.105
1284	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0861	-.3293	.127
1285	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.2113	-.5679	.132
1286	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2617	.2637	.115
1287	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.6796	.8938	.105
1288	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.2617	.2637	.115
1289	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0861	-.3293	.127
1290	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.3702	.4335	.112

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1291	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.0340	-.1143	.122
1292	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.1498	.0821	.119
1293	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.5788	.7467	.107
1294	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4138	.4902	.100
1295	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.7960	1.0466	.096
1296	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0990	-.3071	.111
1297	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2097	-.4962	.114
1298	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.0782	1.4615	.096
1299	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4138	.4902	.100
1300	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	.9840	1.3216	.096
1301	25.00	2.3145	.4677	1.7128	2.2432	.133	1.6625	2.4025	.104
1302	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	.9840	1.3216	.096
1303	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.8900	1.1836	.096
1304	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.8900	1.1836	.096
1305	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0085	-.1308	.108
1306	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.1728	1.6043	.097
1307	24.00	2.1512	.4618	1.5829	2.0473	.128	1.5614	2.2269	.102
1308	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3241	-.7012	.118
1309	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2153	.1930	.103
1310	22.00	1.8045	.4860	1.3371	1.6978	.119	1.3645	1.9027	.099
1311	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	.9840	1.3216	.096
1312	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0990	-.3071	.111
1313	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4138	.4902	.100
1314	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4138	.4902	.100
1315	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.5108	.6325	.098
1316	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0085	-.1308	.108
1317	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.7016	.9096	.097
1318	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4138	.4902	.100
1319	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0085	-.1308	.108
1320	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.0782	1.4615	.096

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1321	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2153	.1930	.103
1322	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1131	.0352	.105
1323	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.5108	.6325	.098
1324	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.7960	1.0466	.096
1325	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4138	.4902	.100
1326	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.7016	.9096	.097
1327	26.00	2.4914	.4963	1.8486	2.4584	.139	1.7660	2.5899	.107
1328	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3241	-.7012	.118
1329	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0085	-.1308	.108
1330	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4138	.4902	.100
1331	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0085	-.1308	.108
1332	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0085	-.1308	.108
1333	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3241	-.7012	.118
1334	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1131	.0352	.105
1335	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2153	.1930	.103
1336	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3241	-.7012	.118
1337	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.3154	.3441	.101
1338	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1131	.0352	.105
1339	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1131	.0352	.105
1340	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0085	-.1308	.108
1341	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2153	.1930	.103
1342	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2097	-.4962	.114
1343	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0990	-.3071	.111
1344	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2153	.1930	.103
1345	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4138	.4902	.100
1346	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2097	-.4962	.114
1347	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1131	.0352	.105
1348	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3241	-.7012	.118
1349	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3241	-.7012	.118
1350	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.3154	.3441	.101

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1351	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2153	.1930	.103
1352	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0085	-.1308	.108
1353	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.5108	.6325	.098
1354	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.4427	-.9260	.122
1355	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.5108	.6325	.098
1356	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.7016	.9096	.097
1357	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2153	.1930	.103
1358	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1131	.0352	.105
1359	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1131	.0352	.105
1360	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.0782	1.4615	.096
1361	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4138	.4902	.100
1362	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0085	-.1308	.108
1363	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0990	-.3071	.111
1364	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3241	-.7012	.118
1365	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0990	-.3071	.111
1366	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1131	.0352	.105
1367	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1131	.0352	.105
1368	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2153	.1930	.103
1369	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0990	-.3071	.111
1370	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3241	-.7012	.118
1371	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0085	-.1308	.108
1372	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2097	-.4962	.114
1373	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0990	-.3071	.111
1374	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2097	-.4962	.114
1375	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0085	-.1308	.108
1376	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2153	.1930	.103
1377	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0085	-.1308	.108
1378	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.2153	.1930	.103
1379	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1131	.0352	.105
1380	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4138	.4902	.100

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1381	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0990	-.3071	.111
1382	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3241	-.7012	.118
1383	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.3154	.3441	.101
1384	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1131	.0352	.105
1385	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0990	-.3071	.111
1386	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.1131	.0352	.105
1387	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4138	.4902	.100
1388	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.0990	-.3071	.111
1389	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3241	-.7012	.118
1390	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4138	.4902	.100
1391	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.5108	.6325	.098
1392	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.0085	-.1308	.108
1393	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.4138	.4902	.100
1394	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0426	-.0715	.104
1395	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1440	.0854	.102
1396	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1440	.0854	.102
1397	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.7223	.9382	.096
1398	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0611	-.2365	.107
1399	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1674	-.4113	.110
1400	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2435	.2361	.100
1401	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1674	-.4113	.110
1402	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2769	-.5984	.113
1403	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1440	.0854	.102
1404	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1674	-.4113	.110
1405	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0426	-.0715	.104
1406	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0611	-.2365	.107
1407	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2435	.2361	.100
1408	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0426	-.0715	.104
1409	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1440	.0854	.102
1410	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0611	-.2365	.107

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1411	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2435	.2361	.100
1412	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1674	-.4113	.110
1413	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.4378	.5238	.098
1414	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0426	-.0715	.104
1415	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2435	.2361	.100
1416	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3899	-.8008	.116
1417	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1674	-.4113	.110
1418	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0426	-.0715	.104
1419	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1674	-.4113	.110
1420	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0611	-.2365	.107
1421	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2769	-.5984	.113
1422	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1440	.0854	.102
1423	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.2769	-.5984	.113
1424	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0426	-.0715	.104
1425	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3413	.3818	.099
1426	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1440	.0854	.102
1427	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.3899	-.8008	.116
1428	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.5333	.6633	.097
1429	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.0995	1.4981	.097
1430	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1440	.0854	.102
1431	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2435	.2361	.100
1432	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3413	.3818	.099
1433	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.8163	1.0755	.096
1434	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0426	-.0715	.104
1435	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.5333	.6633	.097
1436	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.6281	.8011	.096
1437	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.5333	.6633	.097
1438	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.7223	.9382	.096
1439	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.5333	.6633	.097
1440	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.7223	.9382	.096

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1441	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.4378	.5238	.098
1442	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1440	.0854	.102
1443	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.7223	.9382	.096
1444	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.5333	.6633	.097
1445	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.6281	.8011	.096
1446	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	.9103	1.2140	.096
1447	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2435	.2361	.100
1448	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3413	.3818	.099
1449	14.00	.5704	.4283	.4360	.5445	.112	.5333	.6633	.097
1450	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.8163	1.0755	.096
1451	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	.9103	1.2140	.096
1452	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2435	.2361	.100
1453	17.00	1.0585	.4587	.7685	.9573	.111	.8163	1.0755	.096
1454	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.4378	.5238	.098
1455	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.7223	.9382	.096
1456	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.7223	.9382	.096
1457	22.00	1.8045	.4860	1.3371	1.6978	.119	1.2920	1.7987	.099
1458	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2435	.2361	.100
1459	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2435	.2361	.100
1460	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.6281	.8011	.096
1461	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2435	.2361	.100
1462	21.00	1.6293	.4669	1.2194	1.5383	.117	1.1952	1.6457	.098
1463	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.0046	1.3545	.096
1464	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2435	.2361	.100
1465	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1440	.0854	.102
1466	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3413	.3818	.099
1467	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3413	.3818	.099
1468	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1440	.0854	.102
1469	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0426	-.0715	.104
1470	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.5069	-1.0222	.121

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1471	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3413	.3818	.099
1472	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0426	-.0715	.104
1473	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2435	.2361	.100
1474	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1440	.0854	.102
1475	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0611	-.2365	.107
1476	19.00	1.3407	.4119	.9911	1.2394	.113	1.0046	1.3545	.096
1477	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1440	.0854	.102
1478	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.4378	.5238	.098
1479	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3413	.3818	.099
1480	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0426	-.0715	.104
1481	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0426	-.0715	.104
1482	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0426	-.0715	.104
1483	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2435	.2361	.100
1484	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3413	.3818	.099
1485	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3413	.3818	.099
1486	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	-.0611	-.2365	.107
1487	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1440	.0854	.102
1488	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1674	-.4113	.110
1489	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.3413	.3818	.099
1490	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1674	-.4113	.110
1491	15.00	.7212	.4598	.5473	.6821	.111	.6281	.8011	.096
1492	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1674	-.4113	.110
1493	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.1440	.0854	.102
1494	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	-.1674	-.4113	.110
1495	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2435	.2361	.100
1496	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2435	.2361	.100
1497	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.0426	-.0715	.104
1498	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.2435	.2361	.100
1499	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.9233	1.2346	.098
1500	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5388	.6787	.102

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1501	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3380	.3801	.106
1502	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5388	.6787	.102
1503	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0185	-.1256	.114
1504	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.4394	.5321	.104
1505	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1279	.0532	.111
1506	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.4394	.5321	.104
1507	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.2115	-.5278	.122
1508	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5388	.6787	.102
1509	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1279	.0532	.111
1510	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1279	.0532	.111
1511	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0185	-.1256	.114
1512	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.2115	-.5278	.122
1513	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3380	.3801	.106
1514	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0945	-.3181	.118
1515	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.4394	.5321	.104
1516	16.00	.8901	.4754	.6579	.8194	.111	.9233	1.2346	.098
1517	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2343	.2210	.108
1518	20.00	1.4750	.4315	1.1043	1.3860	.114	1.2999	1.7883	.098
1519	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0945	-.3181	.118
1520	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1279	.0532	.111
1521	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2343	.2210	.108
1522	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.6366	.8212	.101
1523	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1279	.0532	.111
1524	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0185	-.1256	.114
1525	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3380	.3801	.106
1526	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2343	.2210	.108
1527	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2343	.2210	.108
1528	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5388	.6787	.102
1529	21.00	1.6293	.4669	1.2194	1.5383	.117	1.3948	1.9334	.099
1530	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	1.1116	1.5081	.098

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1531	13.00	.4365	.4143	.3236	.4053	.113	.6366	.8212	.101
1532	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.4394	.5321	.104
1533	3.00	-1.3883	.5543	-1.0190	-1.4772	.174	-.4597	-1.0172	.132
1534	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0185	-.1256	.114
1535	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.2115	-.5278	.122
1536	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.3330	-.7589	.127
1537	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0185	-.1256	.114
1538	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0185	-.1256	.114
1539	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3380	.3801	.106
1540	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.0185	-.1256	.114
1541	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0945	-.3181	.118
1542	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0945	-.3181	.118
1543	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3380	.3801	.106
1544	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1279	.0532	.111
1545	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0945	-.3181	.118
1546	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.1279	.0532	.111
1547	3.00	-1.3883	.5543	-1.0190	-1.4772	.174	-.4597	-1.0172	.132
1548	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.2343	.2210	.108
1549	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.4394	.5321	.104
1550	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.3380	.3801	.106
1551	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5388	.6787	.102
1552	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	-.0945	-.3181	.118
1553	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.5388	.6787	.102
1554	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.3439	.3956	.117
1555	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0097	-.2049	.129
1556	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.1126	.0135	.125
1557	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.6647	.8809	.108
1558	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.2303	.2123	.120
1559	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.1126	.0135	.125
1560	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0097	-.2049	.129

ตารางที่ ค-1 (ต่อ)

ผู้สอบคนที่	คะแนนดิบ	ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ผู้สอบด้วยวิธีการต่าง ๆ							
		BILOGMG		HGLM2L			HGLM3L		
		θ	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.	θ_{EB}	θ_{OLS}	S.E.
1561	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0097	-.2049	.129
1562	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.2303	.2123	.120
1563	10.00	-.0321	.4882	-.0262	-.0334	.121	.5606	.7276	.111
1564	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.2303	.2123	.120
1565	2.00	-1.6335	.5806	-1.2003	-1.8106	.189	-.4107	-1.0402	.147
1566	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.3439	.3956	.117
1567	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.1126	.0135	.125
1568	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.3439	.3956	.117
1569	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.2303	.2123	.120
1570	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.3439	.3956	.117
1571	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.2303	.2123	.120
1572	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0097	-.2049	.129
1573	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.3439	.3956	.117
1574	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0097	-.2049	.129
1575	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.2303	.2123	.120
1576	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.7665	1.0281	.106
1577	8.00	-.3833	.4668	-.2764	-.3596	.130	.3439	.3956	.117
1578	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.2303	.2123	.120
1579	5.00	-.9392	.5303	-.6951	-.9518	.152	-.0097	-.2049	.129
1580	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.1372	-.4483	.135
1581	4.00	-1.1595	.5419	-.8514	-1.1958	.162	-.1372	-.4483	.135
1582	11.00	.1447	.4691	.0931	.1178	.118	.6647	.8809	.108
1583	18.00	1.2082	.4264	.8794	1.0969	.112	1.3457	1.8521	.100
1584	9.00	-.2126	.4803	-.1491	-.1918	.125	.4538	.5665	.114
1585	6.00	-.7337	.5043	-.5482	-.7354	.143	.1126	.0135	.125
1586	7.00	-.5510	.4751	-.4091	-.5396	.136	.2303	.2123	.120
1587	3.00	-1.3883	.5543	-1.0190	-1.4772	.174	-.2707	-.7236	.140
1588	12.00	.3007	.4340	.2094	.2635	.115	.7665	1.0281	.106
เฉลี่ย	**10.45**	**.0003**	**.478**	**.0000**	**-.0134**	**.130**	**.2584**	**.2447**	**.111**

ภาคผนวก ง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. **แบบทดสอบความรู้**

แบบสอบวัดความรู้ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

จำนวน 30 ข้อ **เวลาสอบ 50 นาที**

คำชี้แจง: 1. คำถามแต่ละข้อมีตัวเลือกที่เป็นคำตอบให้ 4 ตัวเลือก (**ก** ถึง **ง**)

2. ให้นักเรียนอ่านโจทย์คำถามแต่ละข้อให้เข้าใจ โดยพิจารณาหาคำตอบที่ถูกต้องเพียงข้อเดียว แล้วกากบาท (☒) ในช่องที่ตรงกับคำตอบที่ต้องการในกระดาษคำตอบหากนักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบให้นักเรียนใช้น้ำยาลบคำผิดลบให้สะอาด หรือทำเครื่องหมาย ⧄ ก่อนที่จะทำเครื่องหมายกากบาทตอบข้อใหม่

3.กรุณาอย่าขีดเขียนลงในแบบสอบและเมื่อหมดเวลาสอบให้ส่งคืนทั้งแบบสอบกระดาษคำตอบ

1.อุณหภูมิที่กรุงเทพมหานครเท่ากับ 38 องศาเซลเซียส ส่วนที่กรุงโตเกียวมีอุณหภูมิเท่ากับ -6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของทั้งสองแห่งต่างกันกี่องศาเซลเซียส

ก. 32 องศาเซลเซียส ข. 40 องศาเซลเซียส

ค. 44 องศาเซลเซียส ง. 46 องศาเซลเซียส

2. จงหาค่าของ X เมื่อ X = (ab – c) ÷ d เมื่อ a = 2, b = (-1), c = 3, d = (- 5)

ก. 1 ข. 0

ค. -1 ง. -6

3. ข้อใดแสดงจำนวนที่เรียงจาก**<u>มากไปน้อย</u>** (**การประยุกต์**: Application)

ก. -1.11, $-1\frac{1}{5}$, $-1\frac{2}{5}$, 1.111 ข. $1\frac{2}{3}$, - 0.012, $-\frac{1}{100}$, 0.015

ค. $-\frac{3}{100}$, - 0.035, $-\frac{4}{100}$, - 0.045 ง. – 0.55, $-\frac{5}{10}$, - 0.42, $-\frac{4}{10}$

4.บุรินทร์มีริบบิ้น $3\frac{3}{8}$ เมตร เธอตัดออก $1\frac{1}{2}$ เมตรเพื่อนำไปผูกของขวัญ จงหาว่าเธอเหลือริบบิ้นเท่าใด

ก. $2\frac{1}{8}$ ข. $1\frac{3}{4}$

ค. $1\frac{5}{6}$ ง. $1\frac{7}{8}$

5.จงทำให้เป็นผลสำเร็จ $\left(\frac{x^2y^3}{z^3}\right)^2 \div \left(\frac{x^2y^2}{z^2}\right)^3$

ก. $\frac{1}{x^2}$ ข. x^2

ค. x^2y^2 ง. $\frac{x^2y^3}{z^2}$

6. เชือกยาว 100 เมตร แบ่งเป็น 3 ส่วน ด้วยอัตราส่วน 2: 1: 5 ข้อใด**<u>ไม่ถูกต้อง</u>**

ก. เส้นที่ยาวที่สุดยาว 62.5 เมตร

ข. เส้นที่สั้นที่สุดยาว 12.5 เมตร

ค. ความยาวเส้นที่ยาวที่สุด – ความยาวของเส้นสั้นที่สุด = 60

ง. ความยาวเส้นที่ยาวที่สุด – ความยาวของสองเส้นสั้นรวมกัน = 25

7.นักเรียนห้องหนึ่งมีนักเรียนจำนวน 45 คน เป็นนักเรียนชายจำนวน 18 คน จงหาว่าจำนวนนักเรียนชายคิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของนักเรียนทั้งห้อง

ก. 60% ข. 40%

ค. 27% ง. 18%

8. ข้อใดเป็นคุณสมบัติของสี่เหลี่ยมผืนผ้าแต่ไม่ใช่สี่เหลี่ยมด้านขนาน

ก. มุมทุกมุมเท่ากัน ข. มุมตรงข้ามเท่ากัน

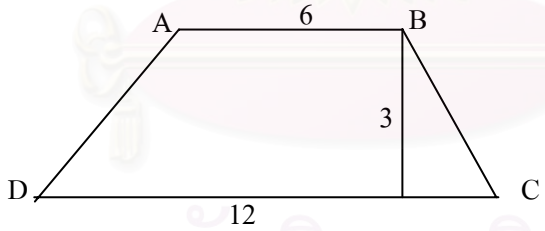
ค. ด้านคู่ขนานยาวเท่ากัน ง. เส้นทแยงมุมแบ่งครึ่งซึ่งกันและกัน

9. แผ่นไม้รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนแผ่นหนึ่งมีฐานยาว 12 นิ้ว สูง 8 นิ้ว ต้องการทาสีด้านเดียว จะต้องทาสีเป็นพื้นที่กี่ตารางนิ้ว

ก. 96 ตารางนิ้ว ข. 20 ตารางนิ้ว

ค. 12 ตารางนิ้ว ง. 8 ตารางนิ้ว

10. จากรูปจงหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ABCD



ก. 27 ตารางหน่วย ข. 36 ตารางหน่วย

ค. 45 ตารางหน่วย ง. 72 ตารางหน่วย

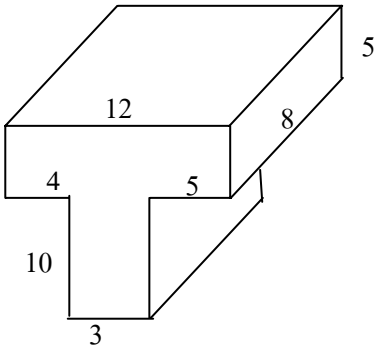
11. จงหาปริมาตรของรูปที่กำหนดให้

ก. 720 ตารางหน่วย

ข. 740 ตารางหน่วย

ค. 760 ตารางหน่วย

ง. 800 ตารางหน่วย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

12. ถังน้ำทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากมีก้นถังเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสสูง 60 เซนติเมตร และมีความจุ 96 ลิตรแล้ว ก้นถังมีความยาวด้านละกี่เซนติเมตร

ก. 30 เซนติเมตร ข. 40 เซนติเมตร

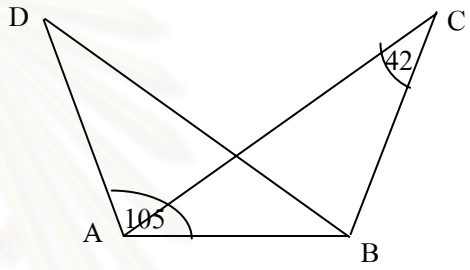
ค. 50 เซนติเมตร ง. 60 เซนติเมตร

13. ที่นาแปลงหนึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ถ้าด้านที่ขนานกันยาว 24 วา และ 40 วา ตามลำดับ ระยะห่างระหว่างด้านคู่ขนานยาว 50 วา ที่นาจะมีพื้นที่กี่ไร่

ก. 2 ไร่ ข. 3 ไร่

ค. 4 ไร่ ง. 5 ไร่

14. จากรูปที่กำหนดให้ $\triangle ABC \approx \triangle BAD$ ถ้า $\hat{BAD} = 105^\circ$ และ $\hat{BCA} = 42^\circ$ แล้ว $\hat{CAB}$ จะมีขนาดเท่ากับข้อใด



ก. 23 องศา

ข. 28 องศา

ค. 33 องศา

ง. 35 องศา

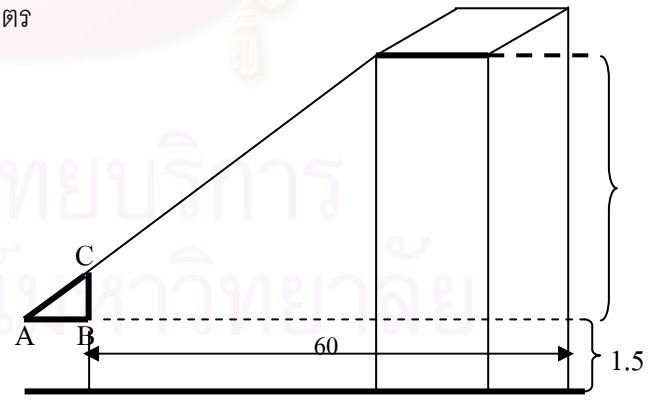
15. อดิศัยต้องการหาความสูงของตึกหลังหนึ่ง จึงใช้กระดาษแข็งตัดเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ABC โดยมีด้านประกอบมุมฉาก AB = 40 เซนติเมตร ด้าน BC = 30 เซนติเมตร อดิศัยนำรูปสามเหลี่ยมมุมฉากมาเล็งยอดตึก ณ ตำแหน่งที่เขาอยู่ห่างจากตึก 60 เมตร โดยด้าน AB ขนานกับระดับพื้นดิน และอยู่ในระดับสายตาของเขาพอดี ถ้าระดับสายตาของเขาอยู่สูงจากพื้นดิน 1.5 เมตร จงหาว่าตึกสูงกี่เมตร

ก. 43.5 เมตร

ข. 45 เมตร

ค. 46.5 เมตร

ง. 80.5 เมตร



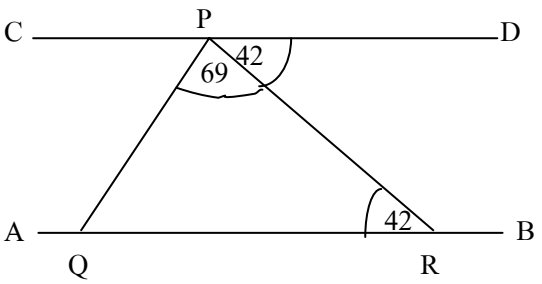
16. กำหนดให้ AB//CD และ PR=QR ถ้า $\hat{DPR} = 42^\circ$ แล้ว $\hat{AQP}$ มีขนาดเท่ากับกี่องศา

ก. 111°

ข. 110°

ค. 109°

ง. 108°



17.กำหนดความยาวของด้านให้รูปสามเหลี่ยมในข้อใด**ไม่เป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก**

ก. 3, 4, 5 ข. 18, 24, 30

ค. 6, 12, 18 ง. 7, 24, 25

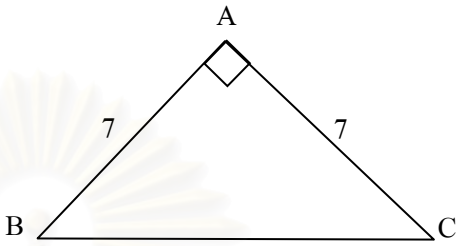
18. จากรูป $\hat{A} = 90^{\circ}$ AB = AC = 7 นิ้ว ดังนั้น BC ยาวเท่าใด

ก. $7\sqrt{2}$

ข. $7\sqrt{3}$

ค. 8

ง. $8\sqrt{2}$



19. (- 4) เป็นคำตอบของสมการในข้อใด

ก. $X^2 = 2X + 8$

ข. $X + 10 = 5X + 26$

ค. $2X^2 + 8X - 1 = 0$

ง. $\frac{1}{2}(X - 8) = 2X - 2$

20.คำตอบของอสมการ $\frac{7X+2}{5} \geq \frac{4X-1}{2}$ คือข้อใด

ก. $X \geq \frac{3}{2}$ ข. $X \geq -\frac{3}{2}$

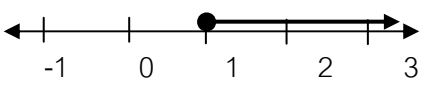
ค. $X \leq -\frac{3}{2}$ ง. $X \leq \frac{3}{2}$

21.คำตอบของสมการ $\frac{X}{2} - \frac{3}{5} = \frac{X}{3} + \frac{1}{10}$ คือข้อใด

ก. $\frac{17}{3}$ ข. $\frac{19}{4}$

ค. $\frac{21}{5}$ ง. $\frac{23}{3}$

22. จากกราฟหมายถึงข้อใด



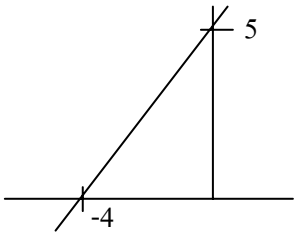
ก. คำตอบของอสมการ $X + 3 > 4$ ข. คำตอบของสมการ $X = 1$

ค. คำตอบของอสมการ $X \leq 1$ ง. คำตอบของอสมการ $X + 1 \geq 2$

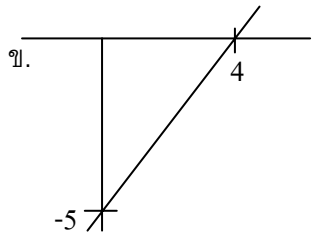
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

23. กราฟในข้อใดเป็นกราฟของสมการ 5X + 4Y – 20 = 0

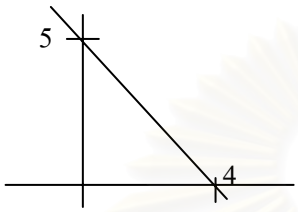
ก.



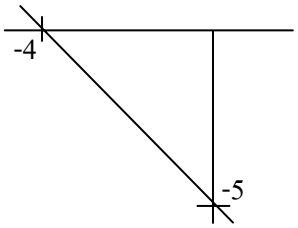
ข.



ค.



ง.



24.จำนวนสามจำนวนเรียงกันโดยที่แต่ละจำนวนหารด้วย 5 ลงตัว อยากทราบว่าผลบวกของจำนวนที่น้อยที่สุด กับจำนวนที่มากที่สุดรวมกันมีค่าเป็นกี่เท่าของจำนวนที่อยู่ตรงกลาง

ก. 1.5 เท่า ข. 2 เท่า

ค. 2.5 เท่า ง. 3 เท่า

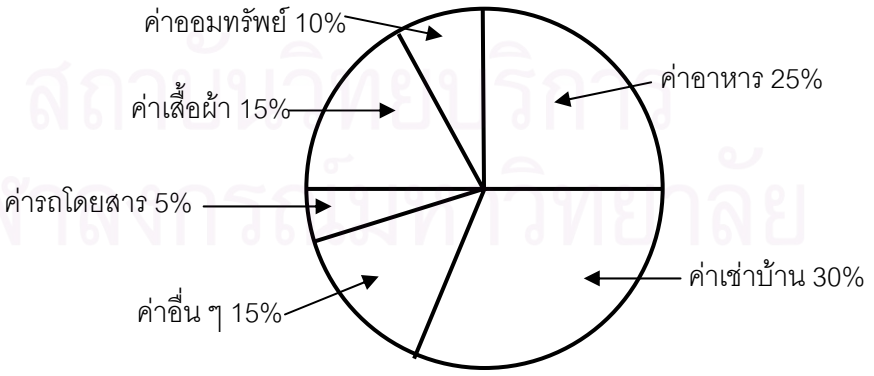
25.หกเท่าของผลต่างจำนวนๆ หนึ่งกับ 4 เท่ากับ 6 จงหาเลขจำนวนนั้น

ก. 2 ข. 3

ค. 4 ง. 5

จงใช้แผนภูมิวงกลมต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 26 – 27

ค่าใช้จ่ายของนายสันติ ซึ่งมีเงินเดือน 6,000 บาท ประจำเดือนพฤษภาคม 2550



26. จงหาว่าค่าเสื้อผ้าคิดเป็นเงินเท่าใด

ก. 500 บาท ข. 700 บาท

ค. 900 บาท ง. 100 บาท

27. ถ้าเดือนมิถุนายน ค่าเช่าบ้านเพิ่มขึ้นอีก 5% นายสันติต้องจ่ายค่าเช่าบ้านเป็นเงินเท่าใด

ก. 1,740 บาท ข. 1,890 บาท

ค. 1,920 บาท ง. 1,950 บาท

28.ในการคัดเลือกกรรมการซึ่งมีทั้งหมด 4 คน คือ A, B, C และ D โดยกรรมการแต่ละชุด จะต้องมี A รวมอยู่ด้วย ถ้ากรรมการชุดหนึ่งมี 3 คน จงหาผลทั้งหมดจากกรรมการชุดนี้

ก. A, B, C ข. ABC, ABD, ACD

ค. AB, AC, AD, ABC ง. ABCD, ABDC, ACBD, ADBC, ACDB

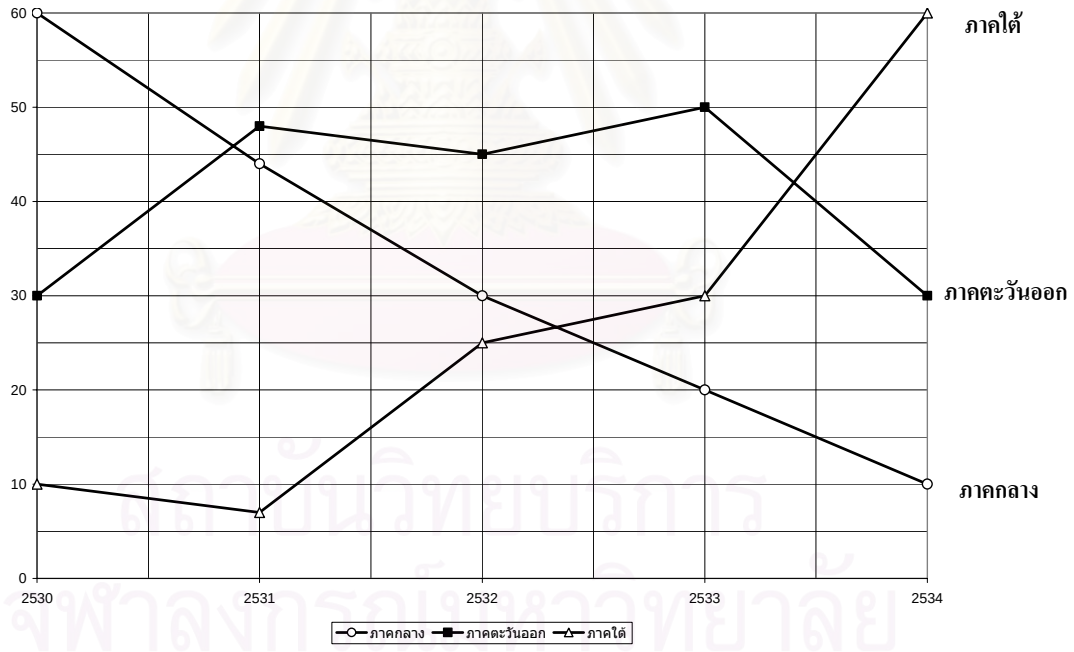
29. มีรถยนต์จำนวน 100 คัน จอดอยู่หน้าโรงภาพยนตร์ มีสีแดง 28 คัน สีน้ำเงิน 34 คัน ถ้าสุ่มเลือกมา 1 คัน ความน่าจะเป็นที่ไม่ได้รถยนต์คันที่มีสีแดงและสีน้ำเงินเป็นเท่าใด

ก. $\frac{19}{50}$ ข. $\frac{17}{50}$

ค. $\frac{13}{50}$ ง. $\frac{11}{50}$

ให้พิจารณากราฟต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 30

อัตราส่วนปริมาณผลิตกุ้งทะเลจากการเพาะเลี้ยงจำแนกตามภาค ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530–2534



30. ปริมาณผลผลิตกุ้งทะเลของภาคกลาง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 – 2534 เฉลี่ยแล้วปีละกี่เปอร์เซ็นต์

ก. 31 % ข. 33 %

ค. 35 % ง. 37 %

---

2 แบบสอบถามคุณลักษณะผู้เรียน

1. ข้อมูลส่วนบุคคล

1.1 เพศ ❒ ชาย ❒ หญิง

1.2 อายุ.....ปี

1.3 เกรดเฉลี่ยสะสม (4 ภาคเรียน - ถึงชั้นม. 2).....

1.4 เกรดวิชา**คณิตศาสตร์**ในภาคเรียนที่ผ่านมา (ทำเครื่องหมาย ✓ ลงหน้าช่องเกรดที่นักเรียนได้)

ชั้น ม.3 เทอมที่ 1 ได้เกรด ❒0 ❒1 ❒1.5 ❒2
❒2.5 ❒3 ❒3.5 ❒4
❒ อื่น ๆ โปรดระบุ.....

1.5 อาชีพของบิดา..... อาชีพของมารดา.....
หรืออาชีพของผู้ปกครอง.....(กรณีบุคคลอื่นที่ไม่ใช่บิดามารดาอุปการะ)

1.6 รายได้โดยเฉลี่ย**ต่อเดือน**ของบิดา/ ผู้ปกครอง

❒ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท ❒ 5,001 – 10,000 บาท
❒ 10,001 – 15,000 บาท ❒ 15,001 – 20,000 บาท
❒ มากกว่า 20,000 บาทขึ้นไป

1.7 ปัจจุบันนักเรียนเรียนพิเศษวิชา (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

❒ไม่ได้เรียนพิเศษ (หากตอบข้อนี้นักเรียนไม่ต้องตอบข้อ 1.8 – 1.9)
❒ ได้เรียนพิเศษ วิชา ❒ คณิตศาสตร์ ❒วิทยาศาสตร์
❒ภาษาอังกฤษ ❒ อื่น ๆ ระบุ

1.8 รายจ่ายในการเรียนพิเศษใน**ภาคเรียนนี้** (โดยประมาณ) .....บาท

1.9 เหตุผลในการเรียนพิเศษ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

❒ กลัวเรียนไม่ทันเพื่อน ❒ เรียนในห้องไม่รู้เรื่อง
❒ ครูที่สอนพิเศษสอนดีกว่าครูที่โรงเรียน ❒ เรียนตามเพื่อน
❒ อยากเรียนล่วงหน้า ❒ ผู้ปกครองต้องการให้เรียน
❒ อื่น ๆ โปรดระบุ .....

.....

.....

☺☺☺ ขอบคุณที่สละเวลาในการตอบ☺☺☺

3. **แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์**

แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

คำชี้แจง

แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นี้ มีจำนวน 20 ข้อ ให้นักเรียนอ่านข้อความแต่ละข้อคำถามให้เข้าใจ แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิด/ความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุด โดยเลือกตอบเพียงข้อเดียว

แบบวัดนี้มุ่งวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อใช้เป็นตัวแปรหนึ่งในการศึกษาวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ข้อสอบ และการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ: กาวิเคราะห์พหุระดับ เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่มีต่อโอกาสในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องในระดับผู้เรียน ดังนั้น ผู้ตอบสามารถตอบได้ตามความเป็นจริงที่สุด เพราะไม่มีผลต่อการเรียนแต่อย่างใด และผู้วิจัยจะนำเสนอข้อมูลในภาพรวม

ผู้วิจัยขอขอบคุณในความร่วมมือของผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่สละเวลาในการตอบ

นายอิทธิฤทธิ์ พงษ์ปิยะรัตน์
นิสิตดุษฎีบัณฑิตสาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา
ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ความหมายของระดับความเห็น/ความรู้สึก

5 หมายถึง นักเรียนมีความเห็นหรือความรู้สึกต่อข้อคำถามนั้นในระดับเห็นด้วย**มากที่สุด**

4 หมายถึง นักเรียนมีความเห็นหรือความรู้สึกที่ดีต่อข้อคำถามนั้นในระดับเห็นด้วย**มาก**

3 หมายถึง นักเรียนมีความเห็นหรือความรู้สึกที่ดีต่อข้อคำถามนั้นในระดับเห็นด้วย**ปานกลาง**

2 หมายถึง นักเรียนมีความเห็นหรือความรู้สึกที่ดีต่อข้อคำถามนั้นในระดับเห็นด้วย**น้อย**

1 หมายถึง นักเรียนมีความเห็นหรือความรู้สึกที่ดีต่อข้อคำถามนั้นในระดับเห็นด้วย**น้อยที่สุด**

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบ

1.1 เพศ ❒ ชาย ❒ หญิง 1.2 อายุ.....ปี

ตอนที่ 2 เจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์

ข้อที่	รายการคำถาม	ระดับความเห็น/ความรู้สึก **น้อย**ที่สุด ◄——► **มากที่สุด**				
1	การเรียนคณิตศาสตร์ทำให้ฉันฉลาดมากขึ้น					
2	การเรียนคณิตศาสตร์ทำให้ฉันมีความรู้เพิ่มขึ้น					
3	ฉันเครียดขณะเรียนวิชาคณิตศาสตร์					
4	ฉันรู้สึกมีความสุขกับการเรียนวิชาอื่นมากกว่าการเรียนวิชาคณิตศาสตร์					
5	การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ทำให้ฉันมีอนาคตดี					
6	วิชาคณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้					
7	ฉันชอบทำการบ้านวิชาคณิตศาสตร์มากกว่าวิชาอื่น					
8	การเรียนคณิตศาสตร์ทำให้ฉันมีไหวพริบดี					
9	ฉันตั้งใจเรียนคณิตศาสตร์					
10	ฉันรู้สึกไม่สบายใจทุกครั้งที่ต้องเรียนวิชาคณิตศาสตร์					
11	ส่วนใหญ่คุณครูคณิตศาสตร์จะดุเวลาสอน					
12	คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ยากต่อการทำความเข้าใจจนทำให้ไม่น่าเข้าเรียน					
13	การแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าเบื่อ					
14	การฝึกคิดคำนวณเป็นสิ่งที่ฉันชอบทำในช่วงเวลาว่าง					
15	ฉันไม่ชอบที่จะต้องแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ให้เพื่อนดู					
16	ฉันชอบเรียนคณิตศาสตร์					
17	หากมีข้อสงสัยในขณะเรียนคณิตศาสตร์ฉันจะกระตือรือร้นซักถามครู เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจน					
18	การเรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานของการเรียนวิชาอื่น ๆ					
19	ฉันรู้สึกว่าจำนวนคาบ/ชั่วโมงเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่โรงเรียนจัดให้น้อยเกินไป					
20	ฉันไม่ชอบพูดคุยกับเพื่อนเกี่ยวกับโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์					

☺☺☺ขอบพระคุณที่สละเวลาตอบแบบสอบถาม☺☺☺

4. แบบวัดความเครียด

แบบวัดความเครียด

ให้นักเรียนอ่านข้อความต่อไปนี้ แล้วสำรวจดูว่าใน**ระยะ 6 เดือนที่ผ่านมา** มีเหตุการณ์ในข้อใดเกิดขึ้นกับตัวนักเรียนบ้าง ถ้าข้อไหนไม่ได้เกิดขึ้นให้ข้ามไป ไม่ต้องตอบ แต่ถ้ามีเหตุการณ์ในข้อใดเกิดขึ้นกับตัวนักเรียน ให้ประเมินว่านักเรียนมีความรู้สึกอย่างไรกับเหตุการณ์นั้น แล้ว**ทำเครื่องหมาย ✓ ให้ตรงกับช่องที่นักเรียนประเมิน** โดยมีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้

ระดับของความเครียด

น้อย	1	หมายถึง ไม่รู้สึกเครียด
	2	หมายถึง รู้สึกเครียดเล็กน้อย
	3	หมายถึง รู้สึกเครียดปานกลาง
	4	หมายถึง รู้สึกเครียดมาก
มาก	5	หมายถึง รู้สึกเครียดมากที่สุด

ข้อที่	คำถาม **ในระยะ 6 เดือนที่ผ่านมา**	ระดับของความเครียด น้อยที่สุด ⟷ มากที่สุด				
		1	2	3	4	5
1	นักเรียนกลัวการทำงานผิดพลาด					
2	นักเรียนไปไม่ถึงเป้าหมายที่วางไว้					
3	ครอบครัวของนักเรียนมีความขัดแย้งในเรื่องเงินหรือเรื่องงานในบ้าน					
4	นักเรียนเป็นกังวลกับเรื่องสารพิษหรือมลภาวะในอากาศ น้ำ เสียงและดิน					
5	นักเรียนรู้สึกว่าต้องแข่งขัน หรือเปรียบเทียบ					
6	เงินไม่พอกับรายจ่าย					
7	มีอาการกล้ามเนื้อตึง หรือปวด					
8	มีอาการปวดหัวจากการตึงเครียด					
9	มีอาการปวดหลัง					
10	ความรู้สึกอยากทานอาหารมีการเปลี่ยนแปลง					
11	มีอาการปวดศีรษะข้างเดียว					
12	นักเรียนรู้สึกวิตกกังวล					
13	นักเรียนรู้สึกคับข้องใจ					
14	นักเรียนรู้สึกโกรธหรือหงุดหงิด					
15	นักเรียนรู้สึกเศร้า					
16	นักเรียนรู้สึกความจำไม่ดี					
17	นักเรียนรู้สึกสับสน					
18	นักเรียนรู้สึกตั้งสมาธิลำบาก					
19	นักเรียนรู้สึกเหนื่อยง่าย					
20	นักเรียนเป็นหวัดบ่อย ๆ					

กรุณาตอบแบบวัดด้วยความเป็นจริง จะทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง และ*นักเรียนจะรู้จักตนเองดีขึ้น*

☺☺☺ ขอขอบคุณที่กรุณาสละเวลาในการตอบ ☺☺☺

5. แบบประเมินความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดเขียนเครื่องหมาย✓ลงในช่อง ❒ ที่ตรงกับความต้องการของท่าน

1. เพศ ❒ ชาย ❒ หญิง

2.อายุ.....ปี

3.อายุราชการ.....ปี

4. ประสบการณ์ในการเป็นผู้บริหาร.....ปี

5. วุฒิการศึกษา

❒ต่ำกว่าปริญญาตรี ❒ปริญญาตรี

❒ปริญญาโท ❒ปริญญาเอก

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเพื่อประเมินภาวะผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร

คำชี้แจง เมื่อท่านอ่านข้อคำถามแต่ละข้อแล้วกรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับคุณลักษณะ/พฤติกรรมการปฏิบัติงานของท่าน ว่ามีระดับการปฏิบัติมาก/น้อยเพียงใด โดยพิจารณาจากระดับการประเมินดังนี้

5 หมายถึงการมีคุณลักษณะ/ พฤติกรรมการปฏิบัติงานที่แสดงออกมาในระดับมากที่สุด

4 หมายถึงการมีคุณลักษณะ/ พฤติกรรมการปฏิบัติงานที่แสดงออกมาในระดับมาก

3 หมายถึงการมีคุณลักษณะ/ พฤติกรรมการปฏิบัติงานที่แสดงออกมาในระดับปานกลาง

2 หมายถึงการมีคุณลักษณะ/ พฤติกรรมการปฏิบัติงานที่แสดงออกมาในระดับมากน้อย

1 หมายถึงการมีคุณลักษณะ/ พฤติกรรมการปฏิบัติงานที่แสดงออกมาในระดับน้อยที่สุด

0 หมายถึงการไม่มีคุณลักษณะ/ ไม่มีพฤติกรรมการปฏิบัติเลย

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับพฤติกรรมที่ปฏิบัติ มากที่สุด ⟷ น้อยที่สุด					
		5	4	3	2	1	0
1	การปรับเปลี่ยนวัฒนธรรมการบริหาร มีการนำแนวทางการบริหารแบบมีส่วนร่วมเข้ามาใช้ในการบริหารโรงเรียน						
2	การริเริ่มโครงการที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษาของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง						
3	การให้คำแนะนำในเรื่องการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนแก่ครูในโรงเรียน						

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับพฤติกรรมที่ปฏิบัติ มากที่สุด ◄——► น้อยที่สุด					
		5	4	3	2	1	0
4	การกระตุ้นให้บุคลากรในโรงเรียนเปิดรับแนวคิดใหม่ในการจัดการเรียนรู้เพื่อนำสู่การปรับปรุงและพัฒนากระบวนการทำงานอย่างเป็นระบบ						
5	การส่งเสริม กระตุ้นพฤติกรรมภาวะผู้นำทางวิชาการให้ครูและบุคลากรในโรงเรียน เพื่อนำสู่การสร้างสรรค์การทำงานในเชิงรุก และสร้างสรรค์ต่อการจัดการศึกษาของโรงเรียน						
6	การนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาใช้ในการให้บริการแก่ครู และนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน เช่น การสืบค้นข้อมูลทางระบบเครือข่าย การจัดระบบงานทะเบียน เป็นต้น						
7	การเข้าร่วมประชุมคณะกรรมการสถานศึกษาอย่างต่อเนื่องเป็นประจำ						
8	ความสามารถในการระดมพลัง/ความช่วยเหลือจากทรัพยากรแหล่งต่างๆ มาสนับสนุนการทำงานของโรงเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ						
9	การประสาน/อำนวยความสะดวก/จัดหาวัสดุอุปกรณ์ให้กับครูเพื่อให้จัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ						
10	การสนับสนุนกิจกรรมสร้างความสัมพันธ์ในหมู่คณะเพื่อให้คณะครูได้ทำงานร่วมกัน						
11	การประชาสัมพันธ์ผลการพัฒนาการจัดการศึกษาของโรงเรียนสู่ชุมชนเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจในการทำงานร่วมกัน						
12	การนำชุมชน/หน่วยงานภายนอกโรงเรียนเข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมเพื่อพัฒนาการศึกษาของโรงเรียน						
13	การใช้ข้อมูลสารสนเทศอย่างเพียงพอประกอบการตัดสินใจ						
14	การกำหนดและมอบหมายงานให้ครูและบุคลากรในสถานศึกษาปฏิบัติขึ้นอยู่กับความเหมาะสม						
15	สามารถปฏิบัติงานได้ดีภายใต้สภาวะความกดดันต่างๆ ความจำกัดด้านเวลา บุคลากร และทรัพยากร						
16	ยอมรับความผิดพลาดที่เกิดขึ้น รวมทั้งผลกระทบต่าง ๆ ที่ตามมา พร้อมทั้งหาวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น						
17	มีเหตุผลที่ดีและสามารถอธิบายได้เมื่อต้องตัดสินใจแก้ไขปัญหาต่างๆ						
18	สามารถรับฟังข้อวิพากษ์วิจารณ์การปฏิบัติงานของตน ทั้งทางบวกและทางลบได้						
19	การสร้างเป้าหมายร่วมกันกับคณะครูในการพัฒนาการศึกษาของโรงเรียน						
20	การประพฤติตนเป็นแบบอย่างที่ดีแก่ครู และนักเรียน						

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับพฤติกรรมที่ปฏิบัติ มากที่สุด ◄——► น้อยที่สุด					
		5	4	3	2	1	0
21	มีความโปร่งใส ซื่อสัตย์สุจริตในการประพฤติและการปฏิบัติงาน						
22	การทำงานยึดหลักความขยันหมั่นเพียรและมีความสม่ำเสมอในการติดตามความก้าวหน้าของงาน						
23	การละเว้นการกระทำใด ๆ ก็ตามหากจะก่อให้เกิดปัญหาความแตกแยกในโรงเรียน						
24	การรักษาชื่อเสียง เกียรติยศและศักดิ์ศรีของตนเองและหน่วยงาน						
25	การวางแผนการปฏิรูปการบริหารจัดการศึกษาให้พร้อมรับต่อการเปลี่ยนแปลง และพยายามดำเนินการอย่างต่อเนื่อง						
26	การสร้างความพยายามให้กับบุคลากรเพื่อยกระดับมาตรฐานการปฏิบัติงานให้มีมาตรฐานตามที่หน่วยงานต่าง ๆ กำหนดไว้ในระดับที่สูงขึ้น						
27	การร่วมกันกำหนดเป้าหมาย ตัวชี้วัดความสำเร็จในการพัฒนาการจัดการศึกษาของโรงเรียนอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง						
28	การประเมินผลการจัดการศึกษาของสถานศึกษา และนำผลการประเมินนั้นมาใช้เป็นสารสนเทศในการวิงแผนพัฒนาการศึกษาในปีต่อไป						
29	การส่งบุคลากรเข้าร่วมกิจกรรมการสัมมนาเพื่อให้บุคลากรมีความรู้ความสามารถในการพัฒนาหลักสูตร การจัดการเรียนการสอนของตนเองได้อย่างต่อเนื่อง						
30	การเปิดโอกาสให้ครูได้มีโอกาสแสดงผลการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ การวิจัยในชั้นเรียนของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน						

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.แบบบันทึกข้อมูลของสถานศึกษา

โรงเรียน.....**สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ลพบุรี เขต**.....
ที่ตั้ง.....**วันที่** .....**เดือน**..... **พ.ศ**.255….

ที่	ประเภทของข้อมูล	ข้อมูล/หลักฐาน
1	ระดับการศึกษาที่เปิดสอน	
2	จำนวนนักเรียนโดยรวม **ประถม** **มัธยม**	_____คน (เพศชาย_____คน เพศหญิง_____คน) _____คน (เพศชาย_____คน เพศหญิง_____คน) _____คน (เพศชาย_____คน เพศหญิง_____คน)
3	จำนวนครู	_____คน (เพศชาย_____คน เพศหญิง_____คน)
4	**ผลการประเมินมาตรฐานที่** 9 **ครูมีความสามารถในการจัดการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ และเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ** 9.1 ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้**ภาษาไทย**มีประสิทธิภาพในการสอนและเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ=_____% ระดับ _____ **9.2 ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพในการสอนและเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ =___%ระดับ __** 9.3 ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้**วิทยาศาสตร์**มีประสิทธิภาพในการสอนและเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ =_____%ระดับ _____ 9.4 ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้**สังคมศึกษา ฯ** มีประสิทธิภาพในการสอนและเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ=_____%ระดับ _____ 9.5 ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้**สุขศึกษา**มีประสิทธิภาพในการสอนและเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ=_____% ระดับ _____ 9.6 ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้**ศิลปะ**มีประสิทธิภาพในการสอนและเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ=_____%ระดับ _____ 9.7 ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้**การงานอาชีพฯ** มีประสิทธิภาพในการสอนและเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ=_____%ระดับ ____ 9.8 ครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้**ภาษาต่างประเทศ**มีประสิทธิภาพในการสอนและเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ=_____%ระดับ ___ เฉลี่ย _____% หรือในระบบ 4 ระดับ_____	
5	ผลการประเมินมาตรฐานด้านผู้บริหาร	
	มาตรฐานที่ 10 ผู้บริหารมีภาวะผู้นำและมีความสามารถในการบริหารจัดการ (ร้อยละ.....: ……) ม.10.1…… ม.10.2…… ม.10.3…… ม.10.4……	มาตรฐานที่ 11 สถานศึกษามีการจัดและการบริหารงานอย่างมีระบบฯ (ร้อยละ..... : ……) ม.11.1…… ม.11.2…… ม.11.3…… ม.11.4……
	มาตรฐานที่ 12 สถานศึกษามีการจัดกิจกรรมและการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (ร้อยละ..... : ……) ม.12.1…… ม.12.2…… ม.12.3……	มาตรฐานที่ 13 สถานศึกษามีหลักสูตรที่เหมาะสมกับผู้เรียนและท้องถิ่นฯ (ร้อยละ..... : ……) ม.13.1…… ม.13.2……
	มาตรฐานที่ 14 สถานศึกษาส่งเสริมความสัมพันธ์ความร่วมมือกับชุมชนในการพัฒนาการศึกษา (ร้อยละ..... : ……) ม.14.1…… ม.14.2……	

ภาคผนวก จ

ตัวอย่าง Print Out การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ (b_i) จากโปรแกรม HLM-2L

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2Lhlm2

Program: HLM 6 Hierarchical Linear and Nonlinear Modeling
Authors: Stephen Raudenbush, Tony Bryk, & Richard Congdon
Publisher: Scientific Software International, Inc. (c) 2000
techsupport@ssicentral.com
www.ssicentral.com

Module: HLM2.EXE (6.03.26284.1)
Date: 21 June 2008, Saturday
Time: 21:51:15

SPECIFICATIONS FOR THIS NONLINEAR HLM2 RUN

Problem Title: An Item Analysis (b, ability parameters) with HGLM-2L Model

The data source for this run = 2lia.mdm
The command file for this run = D:\D-DISSERTATION\DATA-Thesis\DATA\2Lia.hlm
Output file name = D:\D-DISSERTATION\DATA-Thesis\DATA\2Lhlm2.txt
The maximum number of level-1 units = 47640
The maximum number of level-2 units = 1588
The maximum number of micro iterations = 14
Method of estimation: restricted PQL
Maximum number of macro iterations = 100

Distribution at Level-1: Bernoulli

Weighting Specification

	Weighting?	Weight Variable Name	Normalized?
Level 1	no		
Level 2	no		
Precision	no		

The outcome variable is RES

The model specified for the fixed effects was:

Level-1 Coefficients	Level-2 Predictors
INTRCPT1, B0	INTRCPT2, G00
# I1 slope, B1	INTRCPT2, G10
# I2 slope, B2	INTRCPT2, G20
# I3 slope, B3	INTRCPT2, G30
# I4 slope, B4	INTRCPT2, G40
# I5 slope, B5	INTRCPT2, G50
# I6 slope, B6	INTRCPT2, G60
# I7 slope, B7	INTRCPT2, G70
# I8 slope, B8	INTRCPT2, G80
# I9 slope, B9	INTRCPT2, G90

```
#       I10 slope, B10      INTRCPT2, G100
#       I11 slope, B11      INTRCPT2, G110
#       I12 slope, B12      INTRCPT2, G120
#       I13 slope, B13      INTRCPT2, G130
#       I14 slope, B14      INTRCPT2, G140
#       I15 slope, B15      INTRCPT2, G150
#       I16 slope, B16      INTRCPT2, G160
#       I17 slope, B17      INTRCPT2, G170
#       I18 slope, B18      INTRCPT2, G180
#       I19 slope, B19      INTRCPT2, G190
#       I20 slope, B20      INTRCPT2, G200
#       I21 slope, B21      INTRCPT2, G210
#       I22 slope, B22      INTRCPT2, G220
#       I23 slope, B23      INTRCPT2, G230
#       I24 slope, B24      INTRCPT2, G240
#       I25 slope, B25      INTRCPT2, G250
#       I26 slope, B26      INTRCPT2, G260
#       I27 slope, B27      INTRCPT2, G270
#       I28 slope, B28      INTRCPT2, G280
#       I29 slope, B29      INTRCPT2, G290

'#' - The residual parameter variance for this level-1 coefficient has been set
      to zero.

 The model specified for the covariance components was:
 ------------------------------------------------------
        Tau dimensions
             INTRCPT1


 Summary of the model specified (in equation format)
 ---------------------------------------------------

Level-1 Model

          Prob(Y=1|B) = P

          log[P/(1-P)] = B0 + B1*(I1) + B2*(I2) + B3*(I3) + B4*(I4) + B5*(I5) + B6*(I6) +
B7*(I7) + B8*(I8) + B9*(I9) + B10*(I10) + B11*(I11) + B12*(I12) + B13*(I13) +
B14*(I14) + B15*(I15) + B16*(I16) + B17*(I17) + B18*(I18) + B19*(I19) + B20*(I20) +
B21*(I21) + B22*(I22) + B23*(I23) + B24*(I24) + B25*(I25) + B26*(I26) + B27*(I27) +
B28*(I28) + B29*(I29)

Level-2 Model
          B0 = G00 + U0
          B1 = G10
          B2 = G20
          B3 = G30
          B4 = G40
          B5 = G50
          B6 = G60
          B7 = G70
          B8 = G80
          B9 = G90
          B10 = G100
          B11 = G110
```

B12 = G120
B13 = G130
B14 = G140
B15 = G150
B16 = G160
B17 = G170
B18 = G180
B19 = G190
B20 = G200
B21 = G210
B22 = G220
B23 = G230
B24 = G240
B25 = G250
B26 = G260
B27 = G270
B28 = G280
B29 = G290

Level-1 variance = 1/[P(1-P)]

The value of the likelihood function at iteration 2 = -3.030329E+004
RESULTS FOR NON-LINEAR MODEL WITH THE LOGIT LINK FUNCTION: Unit-Specific Model (macro iteration 6)

Tau
INTRCPT1,B0 0.56092

Tau (as correlations)
INTRCPT1,B0 1.000

Random level-1 coefficient	Reliability estimate
INTRCPT1, B0	0.769

The value of the likelihood function at iteration 2 = -6.780360E+004
The outcome variable is RES

Final estimation of fixed effects: (Unit-specific model)

Fixed Effect	Coefficient	Standard Error	T-ratio	Approx. d.f.	P-value
For INTRCPT1, B0					
INTRCPT2, G00	-0.813110	0.059692	-13.622	1587	0.000
For I1 slope, B1					
INTRCPT2, G10	0.499331	0.077724	6.424	47610	0.000
For I2 slope, B2					
INTRCPT2, G20	0.009607	0.080030	0.120	47610	0.905
For I3 slope, B3					
INTRCPT2, G30	0.022369	0.079946	0.280	47610	0.780
For I4 slope, B4					
INTRCPT2, G40	-0.189031	0.081513	-2.319	47610	0.020

2Lhlm2

For I5 slope, B5					
INTRCPT2, G50	-0.434921	0.083835	-5.188	47610	0.000
For I6 slope, B6					
INTRCPT2, G60	0.379137	0.078121	4.853	47610	0.000
For I7 slope, B7					
INTRCPT2, G70	0.147244	0.079195	1.859	47610	0.063
For I8 slope, B8					
INTRCPT2, G80	0.246981	0.078683	3.139	47610	0.002
For I9 slope, B9					
INTRCPT2, G90	0.942340	0.077167	12.212	47610	0.000
For I10 slope, B10					
INTRCPT2, G100	-0.071433	0.080595	-0.886	47610	0.376
For I11 slope, B11					
INTRCPT2, G110	-0.269354	0.082210	-3.276	47610	0.001
For I12 slope, B12					
INTRCPT2, G120	-0.121199	0.080969	-1.497	47610	0.134
For I13 slope, B13					
INTRCPT2, G130	0.376242	0.078132	4.815	47610	0.000
For I14 slope, B14					
INTRCPT2, G140	0.890242	0.077159	11.538	47610	0.000
For I15 slope, B15					
INTRCPT2, G150	0.171672	0.079062	2.171	47610	0.030
For I16 slope, B16					
INTRCPT2, G160	0.829899	0.077174	10.754	47610	0.000
For I17 slope, B17					
INTRCPT2, G170	-0.051775	0.080453	-0.644	47610	0.520
For I18 slope, B18					
INTRCPT2, G180	-0.019308	0.080225	-0.241	47610	0.810
For I19 slope, B19					
INTRCPT2, G190	-0.124549	0.080995	-1.538	47610	0.124
For I20 slope, B20					
INTRCPT2, G200	-0.427296	0.083755	-5.102	47610	0.000
For I21 slope, B21					
INTRCPT2, G210	0.338441	0.078280	4.323	47610	0.000
For I22 slope, B22					
INTRCPT2, G220	0.100972	0.079459	1.271	47610	0.204
For I23 slope, B23					
INTRCPT2, G230	-0.234109	0.081897	-2.859	47610	0.005
For I24 slope, B24					
INTRCPT2, G240	0.347191	0.078245	4.437	47610	0.000
For I25 slope, B25					
INTRCPT2, G250	-0.408349	0.083557	-4.887	47610	0.000
For I26 slope, B26					
INTRCPT2, G260	0.326748	0.078328	4.172	47610	0.000
For I27 slope, B27					
INTRCPT2, G270	0.285576	0.078505	3.638	47610	0.001
For I28 slope, B28					
INTRCPT2, G280	0.524768	0.077654	6.758	47610	0.000
For I29 slope, B29					
INTRCPT2, G290	-0.087922	0.080716	-1.089	47610	0.277

Fixed Effect	Coefficient	Odds Ratio	Confidence Interval

2Lhlm2

For INTRCPT1, B0			
INTRCPT2, G00	-0.813110	0.443477	(0.395,0.499)
For I1 slope, B1			
INTRCPT2, G10	0.499331	1.647618	(1.415,1.919)
For I2 slope, B2			
INTRCPT2, G20	0.009607	1.009654	(0.863,1.181)
For I3 slope, B3			
INTRCPT2, G30	0.022369	1.022622	(0.874,1.196)
For I4 slope, B4			
INTRCPT2, G40	-0.189031	0.827761	(0.706,0.971)
For I5 slope, B5			
INTRCPT2, G50	-0.434921	0.647316	(0.549,0.763)
For I6 slope, B6			
INTRCPT2, G60	0.379137	1.461023	(1.254,1.703)
For I7 slope, B7			
INTRCPT2, G70	0.147244	1.158637	(0.992,1.353)
For I8 slope, B8			
INTRCPT2, G80	0.246981	1.280155	(1.097,1.494)
For I9 slope, B9			
INTRCPT2, G90	0.942340	2.565978	(2.206,2.985)
For I10 slope, B10			
INTRCPT2, G100	-0.071433	0.931058	(0.795,1.090)
For I11 slope, B11			
INTRCPT2, G110	-0.269354	0.763873	(0.650,0.897)
For I12 slope, B12			
INTRCPT2, G120	-0.121199	0.885858	(0.756,1.038)
For I13 slope, B13			
INTRCPT2, G130	0.376242	1.456799	(1.250,1.698)
For I14 slope, B14			
INTRCPT2, G140	0.890242	2.435719	(2.094,2.833)
For I15 slope, B15			
INTRCPT2, G150	0.171672	1.187289	(1.017,1.386)
For I16 slope, B16			
INTRCPT2, G160	0.829899	2.293087	(1.971,2.668)
For I17 slope, B17			
INTRCPT2, G170	-0.051775	0.949543	(0.811,1.112)
For I18 slope, B18			
INTRCPT2, G180	-0.019308	0.980877	(0.838,1.148)
For I19 slope, B19			
INTRCPT2, G190	-0.124549	0.882895	(0.753,1.035)
For I20 slope, B20			
INTRCPT2, G200	-0.427296	0.652271	(0.554,0.769)
For I21 slope, B21			
INTRCPT2, G210	0.338441	1.402759	(1.203,1.635)
For I22 slope, B22			
INTRCPT2, G220	0.100972	1.106246	(0.947,1.293)
For I23 slope, B23			
INTRCPT2, G230	-0.234109	0.791276	(0.674,0.929)
For I24 slope, B24			
INTRCPT2, G240	0.347191	1.415087	(1.214,1.650)
For I25 slope, B25			
INTRCPT2, G250	-0.408349	0.664747	(0.564,0.783)
For I26 slope, B26			
INTRCPT2, G260	0.326748	1.386452	(1.189,1.617)
For I27 slope, B27			
INTRCPT2, G270	0.285576	1.330528	(1.141,1.552)

2Lhlm2

For I28 slope, B28			
INTRCPT2, G280	0.524768	1.690067	(1.451,1.968)
For I29 slope, B29			
INTRCPT2, G290	-0.087922	0.915833	(0.782,1.073)

The outcome variable is RES

Final estimation of fixed effects
(Unit-specific model with robust standard errors)

Fixed Effect	Coefficient	Standard Error	T-ratio	Approx. d.f.	P-value
For INTRCPT1, B0					
INTRCPT2, G00	-0.813110	0.058957	-13.792	1587	0.000
For I1 slope, B1					
INTRCPT2, G10	0.499331	0.078360	6.372	47610	0.000
For I2 slope, B2					
INTRCPT2, G20	0.009607	0.078641	0.122	47610	0.903
For I3 slope, B3					
INTRCPT2, G30	0.022369	0.078861	0.284	47610	0.777
For I4 slope, B4					
INTRCPT2, G40	-0.189031	0.081197	-2.328	47610	0.020
For I5 slope, B5					
INTRCPT2, G50	-0.434921	0.084975	-5.118	47610	0.000
For I6 slope, B6					
INTRCPT2, G60	0.379137	0.077616	4.885	47610	0.000
For I7 slope, B7					
INTRCPT2, G70	0.147244	0.078813	1.868	47610	0.061
For I8 slope, B8					
INTRCPT2, G80	0.246981	0.077361	3.193	47610	0.002
For I9 slope, B9					
INTRCPT2, G90	0.942340	0.077044	12.231	47610	0.000
For I10 slope, B10					
INTRCPT2, G100	-0.071433	0.082257	-0.868	47610	0.385
For I11 slope, B11					
INTRCPT2, G110	-0.269354	0.083881	-3.211	47610	0.002
For I12 slope, B12					
INTRCPT2, G120	-0.121199	0.083963	-1.443	47610	0.149
For I13 slope, B13					
INTRCPT2, G130	0.376242	0.077085	4.881	47610	0.000
For I14 slope, B14					
INTRCPT2, G140	0.890242	0.077348	11.510	47610	0.000
For I15 slope, B15					
INTRCPT2, G150	0.171672	0.079206	2.167	47610	0.030
For I16 slope, B16					
INTRCPT2, G160	0.829899	0.077643	10.689	47610	0.000
For I17 slope, B17					
INTRCPT2, G170	-0.051775	0.079391	-0.652	47610	0.514
For I18 slope, B18					
INTRCPT2, G180	-0.019308	0.078300	-0.247	47610	0.805
For I19 slope, B19					
INTRCPT2, G190	-0.124549	0.081572	-1.527	47610	0.127
For I20 slope, B20					
INTRCPT2, G200	-0.427296	0.082391	-5.186	47610	0.000

2Lhlm2

For I21 slope, B21					
INTRCPT2, G210	0.338441	0.078904	4.289	47610	0.000
For I22 slope, B22					
INTRCPT2, G220	0.100972	0.077786	1.298	47610	0.194
For I23 slope, B23					
INTRCPT2, G230	-0.234109	0.077418	-3.024	47610	0.003
For I24 slope, B24					
INTRCPT2, G240	0.347191	0.077278	4.493	47610	0.000
For I25 slope, B25					
INTRCPT2, G250	-0.408349	0.081091	-5.036	47610	0.000
For I26 slope, B26					
INTRCPT2, G260	0.326748	0.077780	4.201	47610	0.000
For I27 slope, B27					
INTRCPT2, G270	0.285576	0.079428	3.595	47610	0.001
For I28 slope, B28					
INTRCPT2, G280	0.524768	0.077614	6.761	47610	0.000
For I29 slope, B29					
INTRCPT2, G290	-0.087922	0.080861	-1.087	47610	0.277

Fixed Effect	Coefficient	Odds Ratio	Confidence Interval
For INTRCPT1, B0			
INTRCPT2, G00	-0.813110	0.443477	(0.395,0.498)
For I1 slope, B1			
INTRCPT2, G10	0.499331	1.647618	(1.413,1.921)
For I2 slope, B2			
INTRCPT2, G20	0.009607	1.009654	(0.865,1.178)
For I3 slope, B3			
INTRCPT2, G30	0.022369	1.022622	(0.876,1.194)
For I4 slope, B4			
INTRCPT2, G40	-0.189031	0.827761	(0.706,0.971)
For I5 slope, B5			
INTRCPT2, G50	-0.434921	0.647316	(0.548,0.765)
For I6 slope, B6			
INTRCPT2, G60	0.379137	1.461023	(1.255,1.701)
For I7 slope, B7			
INTRCPT2, G70	0.147244	1.158637	(0.993,1.352)
For I8 slope, B8			
INTRCPT2, G80	0.246981	1.280155	(1.100,1.490)
For I9 slope, B9			
INTRCPT2, G90	0.942340	2.565978	(2.206,2.984)
For I10 slope, B10			
INTRCPT2, G100	-0.071433	0.931058	(0.792,1.094)
For I11 slope, B11			
INTRCPT2, G110	-0.269354	0.763873	(0.648,0.900)
For I12 slope, B12			
INTRCPT2, G120	-0.121199	0.885858	(0.751,1.044)
For I13 slope, B13			
INTRCPT2, G130	0.376242	1.456799	(1.253,1.694)
For I14 slope, B14			
INTRCPT2, G140	0.890242	2.435719	(2.093,2.834)
For I15 slope, B15			
INTRCPT2, G150	0.171672	1.187289	(1.017,1.387)

For I16 slope, B16			
INTRCPT2, G160	0.829899	2.293087	(1.969,2.670)
For I17 slope, B17			
INTRCPT2, G170	-0.051775	0.949543	(0.813,1.109)
For I18 slope, B18			
INTRCPT2, G180	-0.019308	0.980877	(0.841,1.144)
For I19 slope, B19			
INTRCPT2, G190	-0.124549	0.882895	(0.752,1.036)
For I20 slope, B20			
INTRCPT2, G200	-0.427296	0.652271	(0.555,0.767)
For I21 slope, B21			
INTRCPT2, G210	0.338441	1.402759	(1.202,1.637)
For I22 slope, B22			
INTRCPT2, G220	0.100972	1.106246	(0.950,1.288)
For I23 slope, B23			
INTRCPT2, G230	-0.234109	0.791276	(0.680,0.921)
For I24 slope, B24			
INTRCPT2, G240	0.347191	1.415087	(1.216,1.647)
For I25 slope, B25			
INTRCPT2, G250	-0.408349	0.664747	(0.567,0.779)
For I26 slope, B26			
INTRCPT2, G260	0.326748	1.386452	(1.190,1.615)
For I27 slope, B27			
INTRCPT2, G270	0.285576	1.330528	(1.139,1.555)
For I28 slope, B28			
INTRCPT2, G280	0.524768	1.690067	(1.452,1.968)
For I29 slope, B29			
INTRCPT2, G290	-0.087922	0.915833	(0.782,1.073)

Final estimation of variance components:

Random Effect		Standard Deviation	Variance Component	df	Chi-square	P-value
INTRCPT1,	U0	0.74895	0.56092	1587	6664.40259	0.000

A residual file, called ded2Lresfil2.sav, has been created. Note, some statistics could not be computed and have been set to missing.

RESULTS FOR NON-LINEAR MODEL WITH THE LOGIT LINK FUNCTION:
Population Average Model

The value of the likelihood function at iteration 2 = -6.598997E+004
The outcome variable is RES

Final estimation of fixed effects: (Population-average model)

Fixed Effect	Coefficient	Standard Error	Approx. T-ratio	d.f.	P-value
For INTRCPT1, B0					
INTRCPT2, G00	-0.762869	0.056896	-13.408	1587	0.000

2Lhlm2

For I1 slope, B1					
INTRCPT2, G10	0.453148	0.073859	6.135	47610	0.000
For I2 slope, B2					
INTRCPT2, G20	0.008697	0.075888	0.115	47610	0.909
For I3 slope, B3					
INTRCPT2, G30	0.020251	0.075811	0.267	47610	0.789
For I4 slope, B4					
INTRCPT2, G40	-0.171061	0.077270	-2.214	47610	0.027
For I5 slope, B5					
INTRCPT2, G50	-0.393628	0.079484	-4.952	47610	0.000
For I6 slope, B6					
INTRCPT2, G60	0.343789	0.074186	4.634	47610	0.000
For I7 slope, B7					
INTRCPT2, G70	0.133355	0.075127	1.775	47610	0.075
For I8 slope, B8					
INTRCPT2, G80	0.223786	0.074671	2.997	47610	0.003
For I9 slope, B9					
INTRCPT2, G90	0.858646	0.073564	11.672	47610	0.000
For I10 slope, B10					
INTRCPT2, G100	-0.064652	0.076410	-0.846	47610	0.398
For I11 slope, B11					
INTRCPT2, G110	-0.243741	0.077930	-3.128	47610	0.002
For I12 slope, B12					
INTRCPT2, G120	-0.109685	0.076759	-1.429	47610	0.153
For I13 slope, B13					
INTRCPT2, G130	0.341157	0.074195	4.598	47610	0.000
For I14 slope, B14					
INTRCPT2, G140	0.810729	0.073526	11.026	47610	0.000
For I15 slope, B15					
INTRCPT2, G150	0.155495	0.075008	2.073	47610	0.038
For I16 slope, B16					
INTRCPT2, G160	0.755311	0.073505	10.276	47610	0.000
For I17 slope, B17					
INTRCPT2, G170	-0.046862	0.076279	-0.614	47610	0.539
For I18 slope, B18					
INTRCPT2, G180	-0.017477	0.076068	-0.230	47610	0.818
For I19 slope, B19					
INTRCPT2, G190	-0.112716	0.076784	-1.468	47610	0.142
For I20 slope, B20					
INTRCPT2, G200	-0.386721	0.079406	-4.870	47610	0.000
For I21 slope, B21					
INTRCPT2, G210	0.306811	0.074321	4.128	47610	0.000
For I22 slope, B22					
INTRCPT2, G220	0.091431	0.075365	1.213	47610	0.225
For I23 slope, B23					
INTRCPT2, G230	-0.211848	0.077633	-2.729	47610	0.007
For I24 slope, B24					
INTRCPT2, G240	0.314760	0.074291	4.237	47610	0.000
For I25 slope, B25					
INTRCPT2, G250	-0.369562	0.079216	-4.665	47610	0.000
For I26 slope, B26					
INTRCPT2, G260	0.296190	0.074362	3.983	47610	0.000
For I27 slope, B27					
INTRCPT2, G270	0.258809	0.074515	3.473	47610	0.001
For I28 slope, B28					
INTRCPT2, G280	0.476323	0.073804	6.454	47610	0.000

2Lhlm2

For I29 slope, B29					
INTRCPT2, G290	-0.079573	0.076524	-1.040	47610	0.299

Fixed Effect	Coefficient	Odds Ratio	Confidence Interval
For INTRCPT1, B0			
INTRCPT2, G00	-0.762869	0.466327	(0.417,0.521)
For I1 slope, B1			
INTRCPT2, G10	0.453148	1.573257	(1.361,1.818)
For I2 slope, B2			
INTRCPT2, G20	0.008697	1.008735	(0.869,1.171)
For I3 slope, B3			
INTRCPT2, G30	0.020251	1.020457	(0.880,1.184)
For I4 slope, B4			
INTRCPT2, G40	-0.171061	0.842771	(0.724,0.981)
For I5 slope, B5			
INTRCPT2, G50	-0.393628	0.674605	(0.577,0.788)
For I6 slope, B6			
INTRCPT2, G60	0.343789	1.410281	(1.219,1.631)
For I7 slope, B7			
INTRCPT2, G70	0.133355	1.142656	(0.986,1.324)
For I8 slope, B8			
INTRCPT2, G80	0.223786	1.250804	(1.081,1.448)
For I9 slope, B9			
INTRCPT2, G90	0.858646	2.359962	(2.043,2.726)
For I10 slope, B10			
INTRCPT2, G100	-0.064652	0.937393	(0.807,1.089)
For I11 slope, B11			
INTRCPT2, G110	-0.243741	0.783690	(0.673,0.913)
For I12 slope, B12			
INTRCPT2, G120	-0.109685	0.896117	(0.771,1.042)
For I13 slope, B13			
INTRCPT2, G130	0.341157	1.406574	(1.216,1.627)
For I14 slope, B14			
INTRCPT2, G140	0.810729	2.249546	(1.948,2.598)
For I15 slope, B15			
INTRCPT2, G150	0.155495	1.168236	(1.009,1.353)
For I16 slope, B16			
INTRCPT2, G160	0.755311	2.128273	(1.843,2.458)
For I17 slope, B17			
INTRCPT2, G170	-0.046862	0.954219	(0.822,1.108)
For I18 slope, B18			
INTRCPT2, G180	-0.017477	0.982675	(0.847,1.141)
For I19 slope, B19			
INTRCPT2, G190	-0.112716	0.893404	(0.769,1.039)
For I20 slope, B20			
INTRCPT2, G200	-0.386721	0.679280	(0.581,0.794)
For I21 slope, B21			
INTRCPT2, G210	0.306811	1.359084	(1.175,1.572)
For I22 slope, B22			
INTRCPT2, G220	0.091431	1.095742	(0.945,1.270)
For I23 slope, B23			
INTRCPT2, G230	-0.211848	0.809088	(0.695,0.942)

For I24 slope, B24			
INTRCPT2, G240	0.314760	1.369930	(1.184,1.585)
For I25 slope, B25			
INTRCPT2, G250	-0.369562	0.691037	(0.592,0.807)
For I26 slope, B26			
INTRCPT2, G260	0.296190	1.344726	(1.162,1.556)
For I27 slope, B27			
INTRCPT2, G270	0.258809	1.295386	(1.119,1.499)
For I28 slope, B28			
INTRCPT2, G280	0.476323	1.610143	(1.393,1.861)
For I29 slope, B29			
INTRCPT2, G290	-0.079573	0.923511	(0.795,1.073)

The outcome variable is RES

Final estimation of fixed effects
(Population-average model with robust standard errors)

Fixed Effect	Coefficient	Standard Error	Approx. T-ratio	d.f.	P-value
For INTRCPT1, B0					
INTRCPT2, G00	-0.762869	0.053521	-14.254	1587	0.000
For I1 slope, B1					
INTRCPT2, G10	0.453148	0.070763	6.404	47610	0.000
For I2 slope, B2					
INTRCPT2, G20	0.008697	0.070709	0.123	47610	0.903
For I3 slope, B3					
INTRCPT2, G30	0.020251	0.070913	0.286	47610	0.775
For I4 slope, B4					
INTRCPT2, G40	-0.171061	0.073019	-2.343	47610	0.019
For I5 slope, B5					
INTRCPT2, G50	-0.393628	0.076379	-5.154	47610	0.000
For I6 slope, B6					
INTRCPT2, G60	0.343789	0.070026	4.909	47610	0.000
For I7 slope, B7					
INTRCPT2, G70	0.133355	0.070905	1.881	47610	0.060
For I8 slope, B8					
INTRCPT2, G80	0.223786	0.069707	3.210	47610	0.002
For I9 slope, B9					
INTRCPT2, G90	0.858646	0.070266	12.220	47610	0.000
For I10 slope, B10					
INTRCPT2, G100	-0.064652	0.073945	-0.874	47610	0.382
For I11 slope, B11					
INTRCPT2, G110	-0.243741	0.075389	-3.233	47610	0.002
For I12 slope, B12					
INTRCPT2, G120	-0.109685	0.075445	-1.454	47610	0.146
For I13 slope, B13					
INTRCPT2, G130	0.341157	0.069565	4.904	47610	0.000
For I14 slope, B14					
INTRCPT2, G140	0.810729	0.070425	11.512	47610	0.000
For I15 slope, B15					
INTRCPT2, G150	0.155495	0.071314	2.180	47610	0.029
For I16 slope, B16					
INTRCPT2, G160	0.755311	0.070603	10.698	47610	0.000

2Lhlm2

For I17 slope, B17					
INTRCPT2, G170	-0.046862	0.071367	-0.657	47610	0.511
For I18 slope, B18					
INTRCPT2, G180	-0.017477	0.070392	-0.248	47610	0.804
For I19 slope, B19					
INTRCPT2, G190	-0.112716	0.073330	-1.537	47610	0.124
For I20 slope, B20					
INTRCPT2, G200	-0.386721	0.074164	-5.214	47610	0.000
For I21 slope, B21					
INTRCPT2, G210	0.306811	0.071160	4.312	47610	0.000
For I22 slope, B22					
INTRCPT2, G220	0.091431	0.069981	1.307	47610	0.192
For I23 slope, B23					
INTRCPT2, G230	-0.211848	0.069630	-3.042	47610	0.003
For I24 slope, B24					
INTRCPT2, G240	0.314760	0.069727	4.514	47610	0.000
For I25 slope, B25					
INTRCPT2, G250	-0.369562	0.073021	-5.061	47610	0.000
For I26 slope, B26					
INTRCPT2, G260	0.296190	0.070084	4.226	47610	0.000
For I27 slope, B27					
INTRCPT2, G270	0.258809	0.071566	3.616	47610	0.001
For I28 slope, B28					
INTRCPT2, G280	0.476323	0.070180	6.787	47610	0.000
For I29 slope, B29					
INTRCPT2, G290	-0.079573	0.072693	-1.095	47610	0.274

Fixed Effect	Coefficient	Odds Ratio	Confidence Interval
For INTRCPT1, B0			
INTRCPT2, G00	-0.762869	0.466327	(0.420,0.518)
For I1 slope, B1			
INTRCPT2, G10	0.453148	1.573257	(1.370,1.807)
For I2 slope, B2			
INTRCPT2, G20	0.008697	1.008735	(0.878,1.159)
For I3 slope, B3			
INTRCPT2, G30	0.020251	1.020457	(0.888,1.173)
For I4 slope, B4			
INTRCPT2, G40	-0.171061	0.842771	(0.730,0.972)
For I5 slope, B5			
INTRCPT2, G50	-0.393628	0.674605	(0.581,0.784)
For I6 slope, B6			
INTRCPT2, G60	0.343789	1.410281	(1.229,1.618)
For I7 slope, B7			
INTRCPT2, G70	0.133355	1.142656	(0.994,1.313)
For I8 slope, B8			
INTRCPT2, G80	0.223786	1.250804	(1.091,1.434)
For I9 slope, B9			
INTRCPT2, G90	0.858646	2.359962	(2.056,2.708)
For I10 slope, B10			
INTRCPT2, G100	-0.064652	0.937393	(0.811,1.084)
For I11 slope, B11			
INTRCPT2, G110	-0.243741	0.783690	(0.676,0.908)

2Lhlm2

For I12 slope, B12			
INTRCPT2, G120	-0.109685	0.896117	(0.773,1.039)
For I13 slope, B13			
INTRCPT2, G130	0.341157	1.406574	(1.227,1.612)
For I14 slope, B14			
INTRCPT2, G140	0.810729	2.249546	(1.960,2.583)
For I15 slope, B15			
INTRCPT2, G150	0.155495	1.168236	(1.016,1.343)
For I16 slope, B16			
INTRCPT2, G160	0.755311	2.128273	(1.853,2.444)
For I17 slope, B17			
INTRCPT2, G170	-0.046862	0.954219	(0.830,1.097)
For I18 slope, B18			
INTRCPT2, G180	-0.017477	0.982675	(0.856,1.128)
For I19 slope, B19			
INTRCPT2, G190	-0.112716	0.893404	(0.774,1.031)
For I20 slope, B20			
INTRCPT2, G200	-0.386721	0.679280	(0.587,0.786)
For I21 slope, B21			
INTRCPT2, G210	0.306811	1.359084	(1.182,1.562)
For I22 slope, B22			
INTRCPT2, G220	0.091431	1.095742	(0.955,1.257)
For I23 slope, B23			
INTRCPT2, G230	-0.211848	0.809088	(0.706,0.927)
For I24 slope, B24			
INTRCPT2, G240	0.314760	1.369930	(1.195,1.571)
For I25 slope, B25			
INTRCPT2, G250	-0.369562	0.691037	(0.599,0.797)
For I26 slope, B26			
INTRCPT2, G260	0.296190	1.344726	(1.172,1.543)
For I27 slope, B27			
INTRCPT2, G270	0.258809	1.295386	(1.126,1.490)
For I28 slope, B28			
INTRCPT2, G280	0.476323	1.610143	(1.403,1.848)
For I29 slope, B29			
INTRCPT2, G290	-0.079573	0.923511	(0.801,1.065)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

254

ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่าง Print Out การวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) จากโปรแกรม HLM-3L

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์ DIF

Program: HLM 6 Hierarchical Linear and Nonlinear Modeling
Authors: Stephen Raudenbush, Tony Bryk, & Richard Congdon
Publisher: Scientific Software International, Inc. (c) 2000
techsupport@ssicentral.com
www.ssicentral.com

Module: HLM3.EXE (6.03.26284.1)
Date: 23 June 2008, Monday
Time: 8:11:27

SPECIFICATIONS FOR THIS NONLINEAR HLM3 RUN

Problem Title: DIF Analysis with HGLM3Level (1-13 June 2008)

The data source for this run = ittirith_3L_23June_1.mdm
The command file for this run =
D:\D-DISSERTATION\DATA-Thesis\DATA\dif_ittirith_3L_23June.hlm
Output file name = D:\D-DISSERTATION\DATA-Thesis\DATA\difhlm3.txt
The maximum number of level-1 units = 47640
The maximum number of level-2 units = 1588
The maximum number of level-3 units = 32
The maximum number of micro iterations = 14
Method of estimation: full PQL
Maximum number of macro iterations = 1000

Distribution at Level-1: Bernoulli

The outcome variable is RES

The model specified for the fixed effects was:

Level-1 Coefficients	Level-2 Predictors	Level-3 Predictors
INTRCPT1, P0	INTRCPT2, B00	INTRCPT3, G000
#	SEX, B01	INTRCPT3, G010
# I1 slope, P1	# INTRCPT2, B10	INTRCPT3, G100
#	SEX, B11	INTRCPT3, G110
# I2 slope, P2	# INTRCPT2, B20	INTRCPT3, G200
#	SEX, B21	INTRCPT3, G210
# I3 slope, P3	# INTRCPT2, B30	INTRCPT3, G300
#	SEX, B31	INTRCPT3, G310
# I4 slope, P4	# INTRCPT2, B40	INTRCPT3, G400
#	SEX, B41	INTRCPT3, G410
# I5 slope, P5	# INTRCPT2, B50	INTRCPT3, G500
#	SEX, B51	INTRCPT3, G510
# I6 slope, P6	# INTRCPT2, B60	INTRCPT3, G600
#	SEX, B61	INTRCPT3, G610
# I7 slope, P7	# INTRCPT2, B70	INTRCPT3, G700
#	SEX, B71	INTRCPT3, G710
# I8 slope, P8	# INTRCPT2, B80	INTRCPT3, G800

```
                #      SEX, B81    INTRCPT3, G810
#       I9 slope, P9    # INTRCPT2, B90    INTRCPT3, G900
                #      SEX, B91    INTRCPT3, G910
#      I10 slope, P10    # INTRCPT2, B100    INTRCPT3, G1000
                #      SEX, B101    INTRCPT3, G1010
#      I11 slope, P11    # INTRCPT2, B110    INTRCPT3, G1100
                #      SEX, B111    INTRCPT3, G1110
#      I12 slope, P12    # INTRCPT2, B120    INTRCPT3, G1200
                #      SEX, B121    INTRCPT3, G1210
#      I13 slope, P13    # INTRCPT2, B130    INTRCPT3, G1300
                #      SEX, B131    INTRCPT3, G1310
#      I14 slope, P14    # INTRCPT2, B140    INTRCPT3, G1400
                #      SEX, B141    INTRCPT3, G1410
#      I15 slope, P15    # INTRCPT2, B150    INTRCPT3, G1500
                #      SEX, B151    INTRCPT3, G1510
#      I16 slope, P16    # INTRCPT2, B160    INTRCPT3, G1600
                #      SEX, B161    INTRCPT3, G1610
#      I17 slope, P17    # INTRCPT2, B170    INTRCPT3, G1700
                #      SEX, B171    INTRCPT3, G1710
#      I18 slope, P18    # INTRCPT2, B180    INTRCPT3, G1800
                #      SEX, B181    INTRCPT3, G1810
#      I19 slope, P19    # INTRCPT2, B190    INTRCPT3, G1900
                #      SEX, B191    INTRCPT3, G1910
#      I20 slope, P20    # INTRCPT2, B200    INTRCPT3, G2000
                #      SEX, B201    INTRCPT3, G2010
#      I21 slope, P21    # INTRCPT2, B210    INTRCPT3, G2100
                #      SEX, B211    INTRCPT3, G2110
#      I22 slope, P22    # INTRCPT2, B220    INTRCPT3, G2200
                #      SEX, B221    INTRCPT3, G2210
#      I23 slope, P23    # INTRCPT2, B230    INTRCPT3, G2300
                #      SEX, B231    INTRCPT3, G2310
#      I24 slope, P24    # INTRCPT2, B240    INTRCPT3, G2400
                #      SEX, B241    INTRCPT3, G2410
#      I25 slope, P25    # INTRCPT2, B250    INTRCPT3, G2500
                #      SEX, B251    INTRCPT3, G2510
#      I26 slope, P26    # INTRCPT2, B260    INTRCPT3, G2600
                #      SEX, B261    INTRCPT3, G2610
#      I27 slope, P27    # INTRCPT2, B270    INTRCPT3, G2700
                #      SEX, B271    INTRCPT3, G2710
#      I28 slope, P28    # INTRCPT2, B280    INTRCPT3, G2800
                #      SEX, B281    INTRCPT3, G2810
#      I29 slope, P29    # INTRCPT2, B290    INTRCPT3, G2900
                #      SEX, B291    INTRCPT3, G2910

 '#' - The residual parameter variance for the parameter has been set to zero


 Summary of the model specified (in equation format)
 ---------------------------------------------------

Level-1 Model

          Prob(Y=1|B) = P

          log[P/(1-P)] = P0 + P1*(I1) + P2*(I2) + P3*(I3) + P4*(I4)
               + P5*(I5) + P6*(I6) + P7*(I7) + P8*(I8)
```

+ P9*(I9) + P10*(I10) + P11*(I11) + P12*(I12)
+ P13*(I13) + P14*(I14) + P15*(I15) + P16*(I16) + P17*(I17) + P18*(I18)
+ P19*(I19) + P20*(I20) + P21*(I21) + P22*(I22) + P23*(I23) + P24*(I24) + P25*(I25) +
P26*(I26) + P27*(I27) + P28*(I28) + P29*(I29)

Level-2 Model

P0 = B00 + B01*(SEX) + R0
P1 = B10 + B11*(SEX)
P2 = B20 + B21*(SEX)
P3 = B30 + B31*(SEX)
P4 = B40 + B41*(SEX)
P5 = B50 + B51*(SEX)
P6 = B60 + B61*(SEX)
P7 = B70 + B71*(SEX)
P8 = B80 + B81*(SEX)
P9 = B90 + B91*(SEX)
P10 = B100 + B101*(SEX)
P11 = B110 + B111*(SEX)
P12 = B120 + B121*(SEX)
P13 = B130 + B131*(SEX)
P14 = B140 + B141*(SEX)
P15 = B150 + B151*(SEX)
P16 = B160 + B161*(SEX)
P17 = B170 + B171*(SEX)
P18 = B180 + B181*(SEX)
P19 = B190 + B191*(SEX)
P20 = B200 + B201*(SEX)
P21 = B210 + B211*(SEX)
P22 = B220 + B221*(SEX)
P23 = B230 + B231*(SEX)
P24 = B240 + B241*(SEX)
P25 = B250 + B251*(SEX)
P26 = B260 + B261*(SEX)
P27 = B270 + B271*(SEX)
P28 = B280 + B281*(SEX)
P29 = B290 + B291*(SEX)

Level-3 Model

B00 = G000 + U00
B01 = G010
B10 = G100
B11 = G110
B20 = G200
B21 = G210
B30 = G300
B31 = G310
B40 = G400
B41 = G410
B50 = G500
B51 = G510
B60 = G600
B61 = G610
B70 = G700

B71 = G710
B80 = G800
B81 = G810
B90 = G900
B91 = G910
B100 = G1000
B101 = G1010
B110 = G1100
B111 = G1110
B120 = G1200
B121 = G1210
B130 = G1300
B131 = G1310
B140 = G1400
B141 = G1410
B150 = G1500
B151 = G1510
B160 = G1600
B161 = G1610
B170 = G1700
B171 = G1710
B180 = G1800
B181 = G1810
B190 = G1900
B191 = G1910
B200 = G2000
B201 = G2010
B210 = G2100
B211 = G2110
B220 = G2200
B221 = G2210
B230 = G2300
B231 = G2310
B240 = G2400
B241 = G2410
B250 = G2500
B251 = G2510
B260 = G2600
B261 = G2610
B270 = G2700
B271 = G2710
B280 = G2800
B281 = G2810
B290 = G2900
B291 = G2910

Level-1 variance = 1/[P(1-P)]
RESULTS FOR LINEAR MODEL WITH THE IDENTITY LINK FUNCTION

Sigma_squared = 0.22699

Tau(pi)
INTRCPT1,P0 0.01258

Tau(pi) (as correlations)

INTRCPT1,P0 1.000

Standard Errors of Tau(pi)
INTRCPT1,P0 0.00072

Random level-1 coefficient Reliability estimate

INTRCPT1, P0 0.624

Tau(beta)
INTRCPT1
INTRCPT2,B00
0.01097

Tau(beta) (as correlations)
INTRCPT1/INTRCPT2,B00 1.000

Standard Errors of Tau(beta)
INTRCPT1
INTRCPT2,B00
0.00287

Random level-2 coefficient Reliability estimate

INTRCPT1/INTRCPT2, B00 0.956

The value of the likelihood function at iteration 7 = -2.981278E+004
 The outcome variable is RES

Estimation of fixed effects: (linear model with identity link function)

Fixed Effect	Coefficient	Standard Error	T-ratio	Approx. d.f.	P-value
For INTRCPT1, P0					
For INTRCPT2, B00					
INTRCPT3, G000	0.302618	0.025135	12.040	31	0.000
For SEX, B01					
INTRCPT3, G010	-0.005382	0.024640	-0.218	1586	0.827
For I1 slope, P1					
For INTRCPT2, B10					
INTRCPT3, G100	0.067696	0.023220	2.915	47580	0.004
For SEX, B11					
INTRCPT3, G110	0.079757	0.033878	2.354	47580	0.019
For I2 slope, P2					
For INTRCPT2, B20					
INTRCPT3, G200	0.011876	0.023220	0.511	47580	0.609
For SEX, B21					
INTRCPT3, G210	-0.021260	0.033878	-0.628	47580	0.530
For I3 slope, P3					
For INTRCPT2, B30					

ผลการวิเคราะห์ DIF

INTRCPT3, G300	0.021378	0.023220	0.921	47580	0.358
For SEX, B31					
INTRCPT3, G310	-0.036123	0.033878	-1.066	47580	0.287
For I4 slope, P4					
For INTRCPT2, B40					
INTRCPT3, G400	-0.020190	0.023220	-0.870	47580	0.385
For SEX, B41					
INTRCPT3, G410	-0.033429	0.033878	-0.987	47580	0.324
For I5 slope, P5					
For INTRCPT2, B50					
INTRCPT3, G500	-0.079572	0.023220	-3.427	47580	0.001
For SEX, B51					
INTRCPT3, G510	0.001824	0.033878	0.054	47580	0.957
For I6 slope, P6					
For INTRCPT2, B60					
INTRCPT3, G600	0.081948	0.023220	3.529	47580	0.001
For SEX, B61					
INTRCPT3, G610	-0.006881	0.033878	-0.203	47580	0.839
For I7 slope, P7					
For INTRCPT2, B70					
INTRCPT3, G700	0.007126	0.023220	0.307	47580	0.759
For SEX, B71					
INTRCPT3, G710	0.047834	0.033878	1.412	47580	0.158
For I8 slope, P8					
For INTRCPT2, B80					
INTRCPT3, G800	0.064133	0.023220	2.762	47580	0.006
For SEX, B81					
INTRCPT3, G810	-0.029280	0.033878	-0.864	47580	0.388
For I9 slope, P9					
For INTRCPT2, B90					
INTRCPT3, G900	0.281473	0.023220	12.122	47580	0.000
For SEX, B91					
INTRCPT3, G910	-0.160829	0.033878	-4.747	47580	0.000
For I10 slope, P10					
For INTRCPT2, B100					
INTRCPT3, G1000	-0.015439	0.023220	-0.665	47580	0.506
For SEX, B101					
INTRCPT3, G1010	0.003375	0.033878	0.100	47580	0.921
For I11 slope, P11					
For INTRCPT2, B110					
INTRCPT3, G1100	-0.057007	0.023220	-2.455	47580	0.014
For SEX, B111					
INTRCPT3, G1110	0.014112	0.033878	0.417	47580	0.677
For I12 slope, P12					
For INTRCPT2, B120					
INTRCPT3, G1200	-0.035629	0.023220	-1.534	47580	0.125
For SEX, B121					
INTRCPT3, G1210	0.026246	0.033878	0.775	47580	0.439
For I13 slope, P13					
For INTRCPT2, B130					
INTRCPT3, G1300	0.074822	0.023220	3.222	47580	0.002
For SEX, B131					
INTRCPT3, G1310	0.006948	0.033878	0.205	47580	0.838
For I14 slope, P14					
For INTRCPT2, B140					
INTRCPT3, G1400	0.237530	0.023220	10.230	47580	0.000

ผลการวิเคราะห์ DIF

For SEX, B141					
INTRCPT3, G1410	-0.092758	0.033878	-2.738	47580	0.007
For I15 slope, P15					
For INTRCPT2, B150					
INTRCPT3, G1500	0.027316	0.023220	1.176	47580	0.240
For SEX, B151					
INTRCPT3, G1510	0.015580	0.033878	0.460	47580	0.645
For I16 slope, P16					
For INTRCPT2, B160					
INTRCPT3, G1600	0.204276	0.023220	8.797	47580	0.000
For SEX, B161					
INTRCPT3, G1610	-0.051461	0.033878	-1.519	47580	0.129
For I17 slope, P17					
For INTRCPT2, B170					
INTRCPT3, G1700	-0.029691	0.023220	-1.279	47580	0.201
For SEX, B171					
INTRCPT3, G1710	0.041756	0.033878	1.233	47580	0.218
For I18 slope, P18					
For INTRCPT2, B180					
INTRCPT3, G1800	-0.010689	0.023220	-0.460	47580	0.645
For SEX, B181					
INTRCPT3, G1810	0.014710	0.033878	0.434	47580	0.664
For I19 slope, P19					
For INTRCPT2, B190					
INTRCPT3, G1900	-0.038005	0.023220	-1.637	47580	0.101
For SEX, B191					
INTRCPT3, G1910	0.029962	0.033878	0.884	47580	0.377
For I20 slope, P20					
For INTRCPT2, B200					
INTRCPT3, G2000	-0.080760	0.023220	-3.478	47580	0.001
For SEX, B201					
INTRCPT3, G2010	0.007034	0.033878	0.208	47580	0.836
For I21 slope, P21					
For INTRCPT2, B210					
INTRCPT3, G2100	0.078385	0.023220	3.376	47580	0.001
For SEX, B211					
INTRCPT3, G2110	-0.018063	0.033878	-0.533	47580	0.593
For I22 slope, P22					
For INTRCPT2, B220					
INTRCPT3, G2200	0.030879	0.023220	1.330	47580	0.184
For SEX, B221					
INTRCPT3, G2210	-0.022836	0.033878	-0.674	47580	0.500
For I23 slope, P23					
For INTRCPT2, B230					
INTRCPT3, G2300	-0.040380	0.023220	-1.739	47580	0.082
For SEX, B231					
INTRCPT3, G2310	-0.007877	0.033878	-0.233	47580	0.816
For I24 slope, P24					
For INTRCPT2, B240					
INTRCPT3, G2400	0.083135	0.023220	3.580	47580	0.001
For SEX, B241					
INTRCPT3, G2410	-0.024154	0.033878	-0.713	47580	0.476
For I25 slope, P25					
For INTRCPT2, B250					
INTRCPT3, G2500	-0.062945	0.023220	-2.711	47580	0.007
For SEX, B251					

ผลการวิเคราะห์ DIF

INTRCPT3, G2510	-0.024186	0.033878	-0.714	47580	0.475
For I26 slope, P26					
For INTRCPT2, B260					
INTRCPT3, G2600	0.064133	0.023220	2.762	47580	0.006
For SEX, B261					
INTRCPT3, G2610	0.006913	0.033878	0.204	47580	0.839
For I27 slope, P27					
For INTRCPT2, B270					
INTRCPT3, G2700	0.046318	0.023220	1.995	47580	0.046
For SEX, B271					
INTRCPT3, G2710	0.026068	0.033878	0.769	47580	0.442
For I28 slope, P28					
For INTRCPT2, B280					
INTRCPT3, G2800	0.128266	0.023220	5.524	47580	0.000
For SEX, B281					
INTRCPT3, G2810	-0.037113	0.033878	-1.096	47580	0.274
For I29 slope, P29					
For INTRCPT2, B290					
INTRCPT3, G2900	-0.027316	0.023220	-1.176	47580	0.240
For SEX, B291					
INTRCPT3, G2910	0.021954	0.033878	0.648	47580	0.517

RESULTS FOR NON-LINEAR MODEL WITH THE LOGIT LINK FUNCTION: Unit-Specific Model (macro iteration 6)

Tau(pi)
INTRCPT1,P0 0.29700

Tau(pi) (as correlations)
INTRCPT1,P0 1.000

Standard Errors of Tau(pi)
INTRCPT1,P0 0.01670

Random level-1 coefficient	Reliability estimate
INTRCPT1, P0	0.636

Tau(beta)
INTRCPT1
INTRCPT2,B00
0.25761

Tau(beta) (as correlations)
INTRCPT1/INTRCPT2,B00 1.000

Standard Errors of Tau(beta)
INTRCPT1
INTRCPT2,B00
0.06736

ผลการวิเคราะห์ DIF

Random level-2 coefficient	Reliability estimate
INTRCPT1/INTRCPT2, B00	0.956

The value of the likelihood function at iteration 3 = -6.759191E+004

 The outcome variable is RES

Final estimation of fixed effects: (Unit-specific model)

Fixed Effect	Coefficient	Standard Error	T-ratio	Approx. d.f.	P-value
For INTRCPT1, P0					
For INTRCPT2, B00					
INTRCPT3, G000	-0.880583	0.120637	-7.299	31	0.000
For SEX, B01					
INTRCPT3, G010	-0.023653	0.117385	-0.201	1586	0.841
For I1 slope, P1					
For INTRCPT2, B10					
INTRCPT3, G100	0.327832	0.107496	3.050	47580	0.003
For SEX, B11					
INTRCPT3, G110	0.364275	0.156171	2.333	47580	0.020
For I2 slope, P2					
For INTRCPT2, B20					
INTRCPT3, G200	0.059793	0.109364	0.547	47580	0.584
For SEX, B21					
INTRCPT3, G210	-0.108873	0.161199	-0.675	47580	0.499
For I3 slope, P3					
For INTRCPT2, B30					
INTRCPT3, G300	0.106835	0.108980	0.980	47580	0.327
For SEX, B31					
INTRCPT3, G310	-0.184375	0.161181	-1.144	47580	0.253
For I4 slope, P4					
For INTRCPT2, B40					
INTRCPT3, G400	-0.104484	0.110899	-0.942	47580	0.347
For SEX, B41					
INTRCPT3, G410	-0.189881	0.164578	-1.154	47580	0.249
For I5 slope, P5					
For INTRCPT2, B50					
INTRCPT3, G500	-0.438758	0.115017	-3.815	47580	0.000
For SEX, B51					
INTRCPT3, G510	-0.001538	0.169046	-0.009	47580	0.993
For I6 slope, P6					
For INTRCPT2, B60					
INTRCPT3, G600	0.393578	0.107154	3.673	47580	0.000
For SEX, B61					
INTRCPT3, G610	-0.026979	0.157016	-0.172	47580	0.864
For I7 slope, P7					
For INTRCPT2, B70					
INTRCPT3, G700	0.036013	0.109567	0.329	47580	0.742
For SEX, B71					
INTRCPT3, G710	0.236157	0.159145	1.484	47580	0.138
For I8 slope, P8					
For INTRCPT2, B80					

ผลการวิเคราะห์ DIF

INTRCPT3, G800	0.311252	0.107590	2.893	47580	0.004
For SEX, B81					
INTRCPT3, G810	-0.135985	0.158358	-0.859	47580	0.391
For I9 slope, P9					
For INTRCPT2, B90					
INTRCPT3, G900	1.277403	0.106836	11.957	47580	0.000
For SEX, B91					
INTRCPT3, G910	-0.703796	0.156009	-4.511	47580	0.000
For I10 slope, P10					
For INTRCPT2, B100					
INTRCPT3, G1000	-0.079553	0.110646	-0.719	47580	0.472
For SEX, B101					
INTRCPT3, G1010	0.016282	0.162191	0.100	47580	0.921
For I11 slope, P11					
For INTRCPT2, B110					
INTRCPT3, G1100	-0.306193	0.113218	-2.704	47580	0.007
For SEX, B111					
INTRCPT3, G1110	0.073667	0.165507	0.445	47580	0.656
For I12 slope, P12					
For INTRCPT2, B120					
INTRCPT3, G1200	-0.187136	0.111790	-1.674	47580	0.094
For SEX, B121					
INTRCPT3, G1210	0.138055	0.162855	0.848	47580	0.397
For I13 slope, P13					
For INTRCPT2, B130					
INTRCPT3, G1300	0.360816	0.107319	3.362	47580	0.001
For SEX, B131					
INTRCPT3, G1310	0.036784	0.156988	0.234	47580	0.815
For I14 slope, P14					
For INTRCPT2, B140					
INTRCPT3, G1400	1.081641	0.106212	10.184	47580	0.000
For SEX, B141					
INTRCPT3, G1410	-0.401305	0.155311	-2.584	47580	0.010
For I15 slope, P15					
For INTRCPT2, B150					
INTRCPT3, G1500	0.135906	0.108755	1.250	47580	0.212
For SEX, B151					
INTRCPT3, G1510	0.078448	0.158914	0.494	47580	0.621
For I16 slope, P16					
For INTRCPT2, B160					
INTRCPT3, G1600	0.935781	0.106010	8.827	47580	0.000
For SEX, B161					
INTRCPT3, G1610	-0.220177	0.155104	-1.420	47580	0.156
For I17 slope, P17					
For INTRCPT2, B170					
INTRCPT3, G1700	-0.155041	0.111435	-1.391	47580	0.164
For SEX, B171					
INTRCPT3, G1710	0.216889	0.161754	1.341	47580	0.180
For I18 slope, P18					
For INTRCPT2, B180					
INTRCPT3, G1800	-0.054842	0.110403	-0.497	47580	0.619
For SEX, B181					
INTRCPT3, G1810	0.075609	0.161350	0.469	47580	0.639
For I19 slope, P19					
For INTRCPT2, B190					
INTRCPT3, G1900	-0.200086	0.111937	-1.787	47580	0.073

ผลการวิเคราะห์ DIF

For SEX, B191					
INTRCPT3, G1910	0.158073	0.162898	0.970	47580	0.332
For I20 slope, P20					
For INTRCPT2, B200					
INTRCPT3, G2000	-0.445958	0.115121	-3.874	47580	0.000
For SEX, B201					
INTRCPT3, G2010	0.030700	0.168814	0.182	47580	0.856
For I21 slope, P21					
For INTRCPT2, B210					
INTRCPT3, G2100	0.377224	0.107235	3.518	47580	0.001
For SEX, B211					
INTRCPT3, G2110	-0.079649	0.157412	-0.506	47580	0.612
For I22 slope, P22					
For INTRCPT2, B220					
INTRCPT3, G2200	0.153232	0.108625	1.411	47580	0.158
For SEX, B221					
INTRCPT3, G2210	-0.111850	0.159983	-0.699	47580	0.484
For I23 slope, P23					
For INTRCPT2, B230					
INTRCPT3, G2300	-0.213103	0.112087	-1.901	47580	0.057
For SEX, B231					
INTRCPT3, G2310	-0.050130	0.165051	-0.304	47580	0.761
For I24 slope, P24					
For INTRCPT2, B240					
INTRCPT3, G2400	0.399018	0.107128	3.725	47580	0.000
For SEX, B241					
INTRCPT3, G2410	-0.107779	0.157372	-0.685	47580	0.493
For I25 slope, P25					
For INTRCPT2, B250					
INTRCPT3, G2500	-0.340337	0.113660	-2.994	47580	0.003
For SEX, B251					
INTRCPT3, G2510	-0.159617	0.168883	-0.945	47580	0.345
For I26 slope, P26					
For INTRCPT2, B260					
INTRCPT3, G2600	0.311252	0.107590	2.893	47580	0.004
For SEX, B261					
INTRCPT3, G2610	0.036639	0.157402	0.233	47580	0.816
For I27 slope, P27					
For INTRCPT2, B270					
INTRCPT3, G2700	0.227382	0.108106	2.103	47580	0.035
For SEX, B271					
INTRCPT3, G2710	0.126754	0.157726	0.804	47580	0.422
For I28 slope, P28					
For INTRCPT2, B280					
INTRCPT3, G2800	0.602186	0.106363	5.662	47580	0.000
For SEX, B281					
INTRCPT3, G2810	-0.161543	0.156153	-1.035	47580	0.301
For I29 slope, P29					
For INTRCPT2, B290					
INTRCPT3, G2900	-0.142312	0.111297	-1.279	47580	0.201
For SEX, B291					
INTRCPT3, G2910	0.114376	0.162344	0.705	47580	0.481

Odds Confidence

ผลการวิเคราะห์ DIF

Fixed Effect	Coefficient	Ratio	Interval
For INTRCPT1, P0			
For INTRCPT2, B00			
INTRCPT3, G000	-0.880583	0.414541	(0.324,0.530)
For SEX, B01			
INTRCPT3, G010	-0.023653	0.976625	(0.776,1.229)
For I1 slope, P1			
For INTRCPT2, B10			
INTRCPT3, G100	0.327832	1.387956	(1.124,1.713)
For SEX, B11			
INTRCPT3, G110	0.364275	1.439470	(1.060,1.955)
For I2 slope, P2			
For INTRCPT2, B20			
INTRCPT3, G200	0.059793	1.061616	(0.857,1.315)
For SEX, B21			
INTRCPT3, G210	-0.108873	0.896844	(0.654,1.230)
For I3 slope, P3			
For INTRCPT2, B30			
INTRCPT3, G300	0.106835	1.112750	(0.899,1.378)
For SEX, B31			
INTRCPT3, G310	-0.184375	0.831624	(0.606,1.141)
For I4 slope, P4			
For INTRCPT2, B40			
INTRCPT3, G400	-0.104484	0.900789	(0.725,1.119)
For SEX, B41			
INTRCPT3, G410	-0.189881	0.827057	(0.599,1.142)
For I5 slope, P5			
For INTRCPT2, B50			
INTRCPT3, G500	-0.438758	0.644837	(0.515,0.808)
For SEX, B51			
INTRCPT3, G510	-0.001538	0.998463	(0.717,1.391)
For I6 slope, P6			
For INTRCPT2, B60			
INTRCPT3, G600	0.393578	1.482275	(1.201,1.829)
For SEX, B61			
INTRCPT3, G610	-0.026979	0.973382	(0.716,1.324)
For I7 slope, P7			
For INTRCPT2, B70			
INTRCPT3, G700	0.036013	1.036669	(0.836,1.285)
For SEX, B71			
INTRCPT3, G710	0.236157	1.266373	(0.927,1.730)
For I8 slope, P8			
For INTRCPT2, B80			
INTRCPT3, G800	0.311252	1.365133	(1.106,1.686)
For SEX, B81			
INTRCPT3, G810	-0.135985	0.872856	(0.640,1.191)
For I9 slope, P9			
For INTRCPT2, B90			
INTRCPT3, G900	1.277403	3.587310	(2.910,4.423)
For SEX, B91			
INTRCPT3, G910	-0.703796	0.494704	(0.364,0.672)
For I10 slope, P10			
For INTRCPT2, B100			
INTRCPT3, G1000	-0.079553	0.923529	(0.743,1.147)
For SEX, B101			

ผลการวิเคราะห์ DIF

INTRCPT3, G1010	0.016282	1.016415	(0.740,1.397)
For I11 slope, P11			
For INTRCPT2, B110			
INTRCPT3, G1100	-0.306193	0.736244	(0.590,0.919)
For SEX, B111			
INTRCPT3, G1110	0.073667	1.076448	(0.778,1.489)
For I12 slope, P12			
For INTRCPT2, B120			
INTRCPT3, G1200	-0.187136	0.829331	(0.666,1.032)
For SEX, B121			
INTRCPT3, G1210	0.138055	1.148039	(0.834,1.580)
For I13 slope, P13			
For INTRCPT2, B130			
INTRCPT3, G1300	0.360816	1.434499	(1.162,1.770)
For SEX, B131			
INTRCPT3, G1310	0.036784	1.037468	(0.763,1.411)
For I14 slope, P14			
For INTRCPT2, B140			
INTRCPT3, G1400	1.081641	2.949516	(2.395,3.632)
For SEX, B141			
INTRCPT3, G1410	-0.401305	0.669446	(0.494,0.908)
For I15 slope, P15			
For INTRCPT2, B150			
INTRCPT3, G1500	0.135906	1.145574	(0.926,1.418)
For SEX, B151			
INTRCPT3, G1510	0.078448	1.081607	(0.792,1.477)
For I16 slope, P16			
For INTRCPT2, B160			
INTRCPT3, G1600	0.935781	2.549203	(2.071,3.138)
For SEX, B161			
INTRCPT3, G1610	-0.220177	0.802377	(0.592,1.087)
For I17 slope, P17			
For INTRCPT2, B170			
INTRCPT3, G1700	-0.155041	0.856380	(0.688,1.065)
For SEX, B171			
INTRCPT3, G1710	0.216889	1.242207	(0.905,1.706)
For I18 slope, P18			
For INTRCPT2, B180			
INTRCPT3, G1800	-0.054842	0.946635	(0.762,1.175)
For SEX, B181			
INTRCPT3, G1810	0.075609	1.078541	(0.786,1.480)
For I19 slope, P19			
For INTRCPT2, B190			
INTRCPT3, G1900	-0.200086	0.818660	(0.657,1.019)
For SEX, B191			
INTRCPT3, G1910	0.158073	1.171251	(0.851,1.612)
For I20 slope, P20			
For INTRCPT2, B200			
INTRCPT3, G2000	-0.445958	0.640211	(0.511,0.802)
For SEX, B201			
INTRCPT3, G2010	0.030700	1.031176	(0.741,1.436)
For I21 slope, P21			
For INTRCPT2, B210			
INTRCPT3, G2100	0.377224	1.458231	(1.182,1.799)
For SEX, B211			
INTRCPT3, G2110	-0.079649	0.923441	(0.678,1.257)

ผลการวิเคราะห์ DIF

For I22 slope, P22			
For INTRCPT2, B220			
INTRCPT3, G2200	0.153232	1.165596	(0.942,1.442)
For SEX, B221			
INTRCPT3, G2210	-0.111850	0.894178	(0.653,1.224)
For I23 slope, P23			
For INTRCPT2, B230			
INTRCPT3, G2300	-0.213103	0.808073	(0.649,1.007)
For SEX, B231			
INTRCPT3, G2310	-0.050130	0.951105	(0.688,1.314)
For I24 slope, P24			
For INTRCPT2, B240			
INTRCPT3, G2400	0.399018	1.490361	(1.208,1.839)
For SEX, B241			
INTRCPT3, G2410	-0.107779	0.897826	(0.660,1.222)
For I25 slope, P25			
For INTRCPT2, B250			
INTRCPT3, G2500	-0.340337	0.711530	(0.569,0.889)
For SEX, B251			
INTRCPT3, G2510	-0.159617	0.852470	(0.612,1.187)
For I26 slope, P26			
For INTRCPT2, B260			
INTRCPT3, G2600	0.311252	1.365133	(1.106,1.686)
For SEX, B261			
INTRCPT3, G2610	0.036639	1.037319	(0.762,1.412)
For I27 slope, P27			
For INTRCPT2, B270			
INTRCPT3, G2700	0.227382	1.255310	(1.016,1.552)
For SEX, B271			
INTRCPT3, G2710	0.126754	1.135137	(0.833,1.546)
For I28 slope, P28			
For INTRCPT2, B280			
INTRCPT3, G2800	0.602186	1.826107	(1.482,2.249)
For SEX, B281			
INTRCPT3, G2810	-0.161543	0.850830	(0.627,1.155)
For I29 slope, P29			
For INTRCPT2, B290			
INTRCPT3, G2900	-0.142312	0.867351	(0.697,1.079)
For SEX, B291			
INTRCPT3, G2910	0.114376	1.121173	(0.816,1.541)

The robust standard errors cannot be computed for this model.

Final estimation of level-1 and level-2 variance components:

Random Effect	Standard Deviation	Variance Component	df	Chi-square	P-value
INTRCPT1, R0	0.54498	0.29700	1555	4379.16013	0.000

Final estimation of level-3 variance components:

ผลการวิเคราะห์ DIF

Random Effect	Standard Deviation	Variance Component	df	Chi-square	P-value
INTRCPT1/INTRCPT2, U00	0.50755	0.25761	31	957.20735	0.000

RESULTS FOR NON-LINEAR MODEL WITH THE LOGIT LINK FUNCTION:
Population Average Model

The value of the likelihood function at iteration 3 = -6.607851E+004
The outcome variable is RES

Final estimation of fixed effects: (Population-average model)

Fixed Effect	Coefficient	Standard Error	T-ratio	Approx. d.f.	P-value
For INTRCPT1, P0					
For INTRCPT2, B00					
INTRCPT3, G000	-0.832929	0.118612	-7.022	31	0.000
For SEX, B01					
INTRCPT3, G010	-0.026122	0.112628	-0.232	1586	0.817
For I1 slope, P1					
For INTRCPT2, B10					
INTRCPT3, G100	0.293725	0.103091	2.849	47580	0.005
For SEX, B11					
INTRCPT3, G110	0.336828	0.149586	2.252	47580	0.024
For I2 slope, P2					
For INTRCPT2, B20					
INTRCPT3, G200	0.053392	0.104978	0.509	47580	0.611
For SEX, B21					
INTRCPT3, G210	-0.097766	0.154293	-0.634	47580	0.526
For I3 slope, P3					
For INTRCPT2, B30					
INTRCPT3, G300	0.095453	0.104588	0.913	47580	0.362
For SEX, B31					
INTRCPT3, G310	-0.165540	0.154257	-1.073	47580	0.284
For I4 slope, P4					
For INTRCPT2, B40					
INTRCPT3, G400	-0.093129	0.106542	-0.874	47580	0.382
For SEX, B41					
INTRCPT3, G410	-0.172522	0.157586	-1.095	47580	0.274
For I5 slope, P5					
For INTRCPT2, B50					
INTRCPT3, G500	-0.389838	0.110783	-3.519	47580	0.001
For SEX, B51					
INTRCPT3, G510	-0.007157	0.162092	-0.044	47580	0.965
For I6 slope, P6					
For INTRCPT2, B60					
INTRCPT3, G600	0.352942	0.102747	3.435	47580	0.001
For SEX, B61					
INTRCPT3, G610	-0.020194	0.150287	-0.134	47580	0.894
For I7 slope, P7					
For INTRCPT2, B70					
INTRCPT3, G700	0.032149	0.105184	0.306	47580	0.760
For SEX, B71					

ผลการวิเคราะห์ DIF

INTRCPT3, G710	0.214646	0.152391	1.409	47580	0.159
For I8 slope, P8					
For INTRCPT2, B80					
INTRCPT3, G800	0.278809	0.103185	2.702	47580	0.007
For SEX, B81					
INTRCPT3, G810	-0.120034	0.151541	-0.792	47580	0.428
For I9 slope, P9					
For INTRCPT2, B90					
INTRCPT3, G900	1.160981	0.102349	11.343	47580	0.000
For SEX, B91					
INTRCPT3, G910	-0.639131	0.149320	-4.280	47580	0.000
For I10 slope, P10					
For INTRCPT2, B100					
INTRCPT3, G1000	-0.070926	0.106283	-0.667	47580	0.504
For SEX, B101					
INTRCPT3, G1010	0.013730	0.155297	0.088	47580	0.930
For I11 slope, P11					
For INTRCPT2, B110					
INTRCPT3, G1100	-0.272367	0.108922	-2.501	47580	0.013
For SEX, B111					
INTRCPT3, G1110	0.062436	0.158590	0.394	47580	0.693
For I12 slope, P12					
For INTRCPT2, B120					
INTRCPT3, G1200	-0.166654	0.107454	-1.551	47580	0.121
For SEX, B121					
INTRCPT3, G1210	0.122281	0.155988	0.784	47580	0.433
For I13 slope, P13					
For INTRCPT2, B130					
INTRCPT3, G1300	0.323420	0.102913	3.143	47580	0.002
For SEX, B131					
INTRCPT3, G1310	0.037587	0.150274	0.250	47580	0.803
For I14 slope, P14					
For INTRCPT2, B140					
INTRCPT3, G1400	0.979967	0.101770	9.629	47580	0.000
For SEX, B141					
INTRCPT3, G1410	-0.360227	0.148698	-2.423	47580	0.016
For I15 slope, P15					
For INTRCPT2, B150					
INTRCPT3, G1500	0.121469	0.104360	1.164	47580	0.245
For SEX, B151					
INTRCPT3, G1510	0.072788	0.152124	0.478	47580	0.632
For I16 slope, P16					
For INTRCPT2, B160					
INTRCPT3, G1600	0.845870	0.101586	8.327	47580	0.000
For SEX, B161					
INTRCPT3, G1610	-0.193721	0.148517	-1.304	47580	0.192
For I17 slope, P17					
For INTRCPT2, B170					
INTRCPT3, G1700	-0.138117	0.107089	-1.290	47580	0.197
For SEX, B171					
INTRCPT3, G1710	0.194087	0.154932	1.253	47580	0.211
For I18 slope, P18					
For INTRCPT2, B180					
INTRCPT3, G1800	-0.048908	0.106035	-0.461	47580	0.644
For SEX, B181					
INTRCPT3, G1810	0.067694	0.154491	0.438	47580	0.661

ผลการวิเคราะห์ DIF

For I19 slope, P19					
For INTRCPT2, B190					
INTRCPT3, G1900	-0.178164	0.107604	-1.656	47580	0.097
For SEX, B191					
INTRCPT3, G1910	0.140177	0.156038	0.898	47580	0.369
For I20 slope, P20					
For INTRCPT2, B200					
INTRCPT3, G2000	-0.396213	0.110892	-3.573	47580	0.001
For SEX, B201					
INTRCPT3, G2010	0.021740	0.161873	0.134	47580	0.894
For I21 slope, P21					
For INTRCPT2, B210					
INTRCPT3, G2100	0.338202	0.102829	3.289	47580	0.001
For SEX, B211					
INTRCPT3, G2110	-0.068299	0.150651	-0.453	47580	0.650
For I22 slope, P22					
For INTRCPT2, B220					
INTRCPT3, G2200	0.136984	0.104229	1.314	47580	0.189
For SEX, B221					
INTRCPT3, G2210	-0.099543	0.153111	-0.650	47580	0.515
For I23 slope, P23					
For INTRCPT2, B230					
INTRCPT3, G2300	-0.189730	0.107758	-1.761	47580	0.078
For SEX, B231					
INTRCPT3, G2310	-0.047875	0.158095	-0.303	47580	0.762
For I24 slope, P24					
For INTRCPT2, B240					
INTRCPT3, G2400	0.357847	0.102721	3.484	47580	0.001
For SEX, B241					
INTRCPT3, G2410	-0.093708	0.150608	-0.622	47580	0.533
For I25 slope, P25					
For INTRCPT2, B250					
INTRCPT3, G2500	-0.302646	0.109378	-2.767	47580	0.006
For SEX, B251					
INTRCPT3, G2510	-0.147999	0.161870	-0.914	47580	0.361
For I26 slope, P26					
For INTRCPT2, B260					
INTRCPT3, G2600	0.278809	0.103185	2.702	47580	0.007
For SEX, B261					
INTRCPT3, G2610	0.036896	0.150666	0.245	47580	0.807
For I27 slope, P27					
For INTRCPT2, B270					
INTRCPT3, G2700	0.203461	0.103705	1.962	47580	0.049
For SEX, B271					
INTRCPT3, G2710	0.117933	0.150996	0.781	47580	0.435
For I28 slope, P28					
For INTRCPT2, B280					
INTRCPT3, G2800	0.541596	0.101953	5.312	47580	0.000
For SEX, B281					
INTRCPT3, G2810	-0.141319	0.149456	-0.946	47580	0.345
For I29 slope, P29					
For INTRCPT2, B290					
INTRCPT3, G2900	-0.126794	0.106948	-1.186	47580	0.236
For SEX, B291					
INTRCPT3, G2910	0.101533	0.155478	0.653	47580	0.513

ผลการวิเคราะห์ DIF

Fixed Effect	Coefficient	Odds Ratio	Confidence Interval
For INTRCPT1, P0			
For INTRCPT2, B00			
INTRCPT3, G000	-0.832929	0.434774	(0.341,0.554)
For SEX, B01			
INTRCPT3, G010	-0.026122	0.974216	(0.781,1.215)
For I1 slope, P1			
For INTRCPT2, B10			
INTRCPT3, G100	0.293725	1.341415	(1.096,1.642)
For SEX, B11			
INTRCPT3, G110	0.336828	1.400499	(1.045,1.878)
For I2 slope, P2			
For INTRCPT2, B20			
INTRCPT3, G200	0.053392	1.054844	(0.859,1.296)
For SEX, B21			
INTRCPT3, G210	-0.097766	0.906861	(0.670,1.227)
For I3 slope, P3			
For INTRCPT2, B30			
INTRCPT3, G300	0.095453	1.100157	(0.896,1.350)
For SEX, B31			
INTRCPT3, G310	-0.165540	0.847436	(0.626,1.147)
For I4 slope, P4			
For INTRCPT2, B40			
INTRCPT3, G400	-0.093129	0.911076	(0.739,1.123)
For SEX, B41			
INTRCPT3, G410	-0.172522	0.841540	(0.618,1.146)
For I5 slope, P5			
For INTRCPT2, B50			
INTRCPT3, G500	-0.389838	0.677166	(0.545,0.841)
For SEX, B51			
INTRCPT3, G510	-0.007157	0.992868	(0.723,1.364)
For I6 slope, P6			
For INTRCPT2, B60			
INTRCPT3, G600	0.352942	1.423249	(1.164,1.741)
For SEX, B61			
INTRCPT3, G610	-0.020194	0.980009	(0.730,1.316)
For I7 slope, P7			
For INTRCPT2, B70			
INTRCPT3, G700	0.032149	1.032671	(0.840,1.269)
For SEX, B71			
INTRCPT3, G710	0.214646	1.239424	(0.919,1.671)
For I8 slope, P8			
For INTRCPT2, B80			
INTRCPT3, G800	0.278809	1.321554	(1.080,1.618)
For SEX, B81			
INTRCPT3, G810	-0.120034	0.886890	(0.659,1.194)
For I9 slope, P9			
For INTRCPT2, B90			
INTRCPT3, G900	1.160981	3.193063	(2.613,3.902)
For SEX, B91			
INTRCPT3, G910	-0.639131	0.527751	(0.394,0.707)
For I10 slope, P10			

ผลการวิเคราะห์ DIF

For INTRCPT2, B100			
INTRCPT3, G1000	-0.070926	0.931531	(0.756,1.147)
For SEX, B101			
INTRCPT3, G1010	0.013730	1.013824	(0.748,1.375)
For I11 slope, P11			
For INTRCPT2, B110			
INTRCPT3, G1100	-0.272367	0.761574	(0.615,0.943)
For SEX, B111			
INTRCPT3, G1110	0.062436	1.064426	(0.780,1.452)
For I12 slope, P12			
For INTRCPT2, B120			
INTRCPT3, G1200	-0.166654	0.846492	(0.686,1.045)
For SEX, B121			
INTRCPT3, G1210	0.122281	1.130071	(0.832,1.534)
For I13 slope, P13			
For INTRCPT2, B130			
INTRCPT3, G1300	0.323420	1.381845	(1.129,1.691)
For SEX, B131			
INTRCPT3, G1310	0.037587	1.038302	(0.773,1.394)
For I14 slope, P14			
For INTRCPT2, B140			
INTRCPT3, G1400	0.979967	2.664369	(2.183,3.253)
For SEX, B141			
INTRCPT3, G1410	-0.360227	0.697518	(0.521,0.934)
For I15 slope, P15			
For INTRCPT2, B150			
INTRCPT3, G1500	0.121469	1.129154	(0.920,1.385)
For SEX, B151			
INTRCPT3, G1510	0.072788	1.075503	(0.798,1.449)
For I16 slope, P16			
For INTRCPT2, B160			
INTRCPT3, G1600	0.845870	2.330003	(1.909,2.843)
For SEX, B161			
INTRCPT3, G1610	-0.193721	0.823888	(0.616,1.102)
For I17 slope, P17			
For INTRCPT2, B170			
INTRCPT3, G1700	-0.138117	0.870997	(0.706,1.074)
For SEX, B171			
INTRCPT3, G1710	0.194087	1.214202	(0.896,1.645)
For I18 slope, P18			
For INTRCPT2, B180			
INTRCPT3, G1800	-0.048908	0.952269	(0.774,1.172)
For SEX, B181			
INTRCPT3, G1810	0.067694	1.070038	(0.790,1.448)
For I19 slope, P19			
For INTRCPT2, B190			
INTRCPT3, G1900	-0.178164	0.836805	(0.678,1.033)
For SEX, B191			
INTRCPT3, G1910	0.140177	1.150478	(0.847,1.562)
For I20 slope, P20			
For INTRCPT2, B200			
INTRCPT3, G2000	-0.396213	0.672864	(0.541,0.836)
For SEX, B201			
INTRCPT3, G2010	0.021740	1.021978	(0.744,1.404)
For I21 slope, P21			
For INTRCPT2, B210			

INTRCPT3, G2100	0.338202	1.402423	(1.146,1.716)
For SEX, B211			
INTRCPT3, G2110	-0.068299	0.933981	(0.695,1.255)
For I22 slope, P22			
For INTRCPT2, B220			
INTRCPT3, G2200	0.136984	1.146810	(0.935,1.407)
For SEX, B221			
INTRCPT3, G2210	-0.099543	0.905251	(0.671,1.222)
For I23 slope, P23			
For INTRCPT2, B230			
INTRCPT3, G2300	-0.189730	0.827182	(0.670,1.022)
For SEX, B231			
INTRCPT3, G2310	-0.047875	0.953253	(0.699,1.300)
For I24 slope, P24			
For INTRCPT2, B240			
INTRCPT3, G2400	0.357847	1.430247	(1.169,1.749)
For SEX, B241			
INTRCPT3, G2410	-0.093708	0.910548	(0.678,1.223)
For I25 slope, P25			
For INTRCPT2, B250			
INTRCPT3, G2500	-0.302646	0.738861	(0.596,0.916)
For SEX, B251			
INTRCPT3, G2510	-0.147999	0.862432	(0.628,1.184)
For I26 slope, P26			
For INTRCPT2, B260			
INTRCPT3, G2600	0.278809	1.321554	(1.080,1.618)
For SEX, B261			
INTRCPT3, G2610	0.036896	1.037585	(0.772,1.394)
For I27 slope, P27			
For INTRCPT2, B270			
INTRCPT3, G2700	0.203461	1.225637	(1.000,1.502)
For SEX, B271			
INTRCPT3, G2710	0.117933	1.125168	(0.837,1.513)
For I28 slope, P28			
For INTRCPT2, B280			
INTRCPT3, G2800	0.541596	1.718748	(1.407,2.099)
For SEX, B281			
INTRCPT3, G2810	-0.141319	0.868212	(0.648,1.164)
For I29 slope, P29			
For INTRCPT2, B290			
INTRCPT3, G2900	-0.126794	0.880915	(0.714,1.086)
For SEX, B291			
INTRCPT3, G2910	0.101533	1.106866	(0.816,1.501)

The robust standard errors cannot be computed for this model.

tauvc.dat, containing the taus and the variance-covariance matrix of the taus has been created.
gamvcus.dat, containing the unit-specific variance-covariance matrix of gamma has been created.
gamvcpa.dat, containing the population average variance-covariance matrix of gamma has been created.
gamvcpar.dat, containing the robust population average variance-covariance matrix of gamma has been created.

ผลการวิเคราะห์ DIF

The above files have been created with a (nF15.7,1X) format.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

276

ภาคผนวก ซ

ตัวอย่าง Print Out การวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) จากโปรแกรม BILOG-MG

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำสั่งการวิเคราะห์การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF)
ด้วยโปรแกรม BILOG-MG

```
Differential Item Functiong
_
>GLOBAL DFName = 'D:\ITEMDEE.DAT',
        NPArm = 1,
        LOGistic;
>LENGTH NITems = (30);
>INPUT NTOtal = 30,
       NALt = 1588,
       NIDchar = 4,
       NGRoup = 2,
       DIF;
>ITEMS ;
>TEST1 TNAme = 'TEST0001',
       INUmber = (1(1)30);
>GROUP1 GNAme = 'GROUP001',
        LENgth = 30,
        INUmbers = (1(1)30);
>GROUP2 GNAme = 'GROUP002',
        LENgth = 30,
        INUmbers = (1(1)30);
(4A1, I1, 1X, 30A1)
>CALIB NQPt = 15;
>SCORE ;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DIF-BILOG_1

1

BILOG-MG V3.0
REV 19990104.1300

BILOG-MG ITEM MAINTENANCE PROGRAM: LOGISTIC ITEM RESPONSE MODEL

DISTRIBUTED BY

SCIENTIFIC SOFTWARE INTERNATIONAL, INC.
7383 N. LINCOLN AVENUE, SUITE 100
CHICAGO, IL 60646
(800) 247-6113
(847) 675-0720
WWW: http:://www.ssicentral.com

PROGRAM COPYRIGHT HELD BY SCIENTIFIC SOFTWARE INTERNATIONAL, INC. 2002

DISTRIBUTION OR USE UNAUTHORIZED BY SSI, INC. IS PROHIBITED

1 *** BILOG-MG ITEM MAINTENANCE PROGRAM ***

*** PHASE 1 ***

Differential Item Functiong
▯

>GLOBAL DFName = 'D:\ITEMDEE.DAT',

NPArm = 1,

LOGistic;

FILE ASSIGNMENT AND DISPOSITION
==========

SUBJECT DATA INPUT FILE D:\ITEMDEE.DAT
BILOG-MG MASTER DATA FILE MF.DAT
WILL BE CREATED FROM DATA FILE

CALIBRATION DATA FILE CF.DAT
WILL BE CREATED FROM DATA FILE

ITEM PARAMETERS FILE IF.DAT
WILL BE CREATED THIS RUN

CASE SCALE-SCORE FILE SF.DAT
CASE WEIGHTING NONE EMPLOYED

DIF-BILOG_1

ITEM RESPONSE MODEL 1 PARAMETER LOGISTIC
LOGIT METRIC (I.E., D = 1.0)

>LENGTH NITems = (30);

TEST LENGTH SPECIFICATIONS
==========

MAIN TEST LENGTHS: 30

>INPUT NTOtal = 30,
NALt = 1588,
NIDchar = 4,
NGRoup = 2,
DIF;

DATA INPUT SPECIFICATIONS
==========

NUMBER OF FORMAT LINES 1
NUMBER OF ITEMS IN INPUT STREAM 30
NUMBER OF RESPONSE ALTERNATIVES 1588
NUMBER OF SUBJECT ID CHARACTERS 4
NUMBER OF GROUPS 2
NUMBER OF TEST FORMS 1
TYPE OF DATA SINGLE-SUBJECT DATA, NO CASE WEIGHTS
MAXIMUM SAMPLE SIZE FOR ITEM CALIBRATION 10000000
ALL SUBJECTS INCLUDED IN RUN

>ITEMS ;

TEST SPECIFICATIONS
==========

DIF-BILOG_1

```
>TEST1 TNAme = 'TEST0001',

      INUmber = (1(1)30);


TEST NUMBER:   1    TEST NAME: TEST0001
NUMBER OF ITEMS:   30


       ITEM   ITEM       ITEM   ITEM       ITEM   ITEM
      NUMBER  NAME      NUMBER  NAME      NUMBER  NAME
     -------------------------------------------------
          1  ITEM0001      11  ITEM0011      21  ITEM0021
          2  ITEM0002      12  ITEM0012      22  ITEM0022
          3  ITEM0003      13  ITEM0013      23  ITEM0023
          4  ITEM0004      14  ITEM0014      24  ITEM0024
          5  ITEM0005      15  ITEM0015      25  ITEM0025
          6  ITEM0006      16  ITEM0016      26  ITEM0026
          7  ITEM0007      17  ITEM0017      27  ITEM0027
          8  ITEM0008      18  ITEM0018      28  ITEM0028
          9  ITEM0009      19  ITEM0019      29  ITEM0029
         10  ITEM0010      20  ITEM0020      30  ITEM0030
     -------------------------------------------------



FORM SPECIFICATIONS
===================

ITEMS READ ACCORDING TO SPECIFICATIONS ON THE ITEMS COMMAND


>GROUP1 GNAme = 'GROUP001',

      LENgth = 30,

      INUmbers = (1(1)30);


>GROUP2 GNAme = 'GROUP002',

      LENgth = 30,

      INUmbers = (1(1)30);
```

DIF-BILOG_1

MULTIPLE GROUP SPECIFICATIONS
==========

DIFFERENTIAL ITEM FUNCTIONING MODEL IS EMPLOYED.

GROUP NUMBER: 1 GROUP NAME: GROUP001

TEST NUMBER: 1 TEST NAME: TEST0001
NUMBER OF ITEMS: 30

ITEM NUMBER	ITEM NAME
1	ITEM0001
2	ITEM0002
3	ITEM0003
4	ITEM0004
5	ITEM0005
6	ITEM0006
7	ITEM0007
8	ITEM0008
9	ITEM0009
10	ITEM0010
11	ITEM0011
12	ITEM0012
13	ITEM0013
14	ITEM0014
15	ITEM0015
16	ITEM0016
17	ITEM0017
18	ITEM0018
19	ITEM0019
20	ITEM0020
21	ITEM0021
22	ITEM0022
23	ITEM0023
24	ITEM0024
25	ITEM0025
26	ITEM0026
27	ITEM0027
28	ITEM0028
29	ITEM0029
30	ITEM0030

GROUP NUMBER: 2 GROUP NAME: GROUP002

TEST NUMBER: 1 TEST NAME: TEST0001

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DIF-BILOG_1

NUMBER OF ITEMS: 30

ITEM NUMBER	ITEM NAME
1	ITEM0001
2	ITEM0002
3	ITEM0003
4	ITEM0004
5	ITEM0005
6	ITEM0006
7	ITEM0007
8	ITEM0008
9	ITEM0009
10	ITEM0010
11	ITEM0011
12	ITEM0012
13	ITEM0013
14	ITEM0014
15	ITEM0015
16	ITEM0016
17	ITEM0017
18	ITEM0018
19	ITEM0019
20	ITEM0020
21	ITEM0021
22	ITEM0022
23	ITEM0023
24	ITEM0024
25	ITEM0025
26	ITEM0026
27	ITEM0027
28	ITEM0028
29	ITEM0029
30	ITEM0030

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FORMAT FOR DATA INPUT IS:

(4A1, I1, 1X, 30A1)

OBSERVATION # 1 WEIGHT: 1.0000 ID : 0001

SUBTEST #: 1 TEST0001
GROUP #: 2 GROUP002

DIF-BILOG_1

TRIED	RIGHT
30.000	20.000

ITEM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TRIED	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
RIGHT	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

ITEM	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
TRIED	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
RIGHT	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0

ITEM	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
TRIED	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
RIGHT	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0

OBSERVATION # 2 WEIGHT: 1.0000 ID : 0002

SUBTEST #: 1 TEST0001
GROUP #: 1 GROUP001

TRIED	RIGHT
30.000	4.000

ITEM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TRIED	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
RIGHT	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0

ITEM	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
TRIED	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
RIGHT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ITEM	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
TRIED	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
RIGHT	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0

1588 OBSERVATIONS READ FROM FILE: D:\ITEMDEE.DAT
1588 OBSERVATIONS WRITTEN TO FILE: MF.DAT

SUBTEST 1 TEST0001
GROUP 1 GROUP001 842 OBSERVATIONS
GROUP 2 GROUP002 746 OBSERVATIONS

DIF-BILOG_1

SUBTEST 1 TEST0001

ITEM STATISTICS FOR GROUP: 1 GROUP001

ITEM	NAME	#TRIED	#RIGHT	PCT	LOGIT	ITEM*TEST CORRELATION PEARSON	BISERIAL
1	ITEM0001	842.0	332.0	0.394	0.43	0.365	0.464
2	ITEM0002	842.0	285.0	0.338	0.67	0.429	0.555
3	ITEM0003	842.0	293.0	0.348	0.63	0.345	0.445
4	ITEM0004	842.0	258.0	0.306	0.82	0.480	0.630
5	ITEM0005	842.0	208.0	0.247	1.11	0.332	0.453
6	ITEM0006	842.0	344.0	0.409	0.37	0.341	0.432
7	ITEM0007	842.0	281.0	0.334	0.69	0.451	0.585
8	ITEM0008	842.0	329.0	0.391	0.44	0.248	0.316
9	ITEM0009	842.0	512.0	0.608	-0.44	0.166	0.211
10	ITEM0010	842.0	262.0	0.311	0.79	0.340	0.445
11	ITEM0011	842.0	227.0	0.270	1.00	0.290	0.390
12	ITEM0012	842.0	245.0	0.291	0.89	0.290	0.384
13	ITEM0013	842.0	338.0	0.401	0.40	0.219	0.277
14	ITEM0014	842.0	475.0	0.564	-0.26	0.243	0.306
15	ITEM0015	842.0	298.0	0.354	0.60	0.255	0.328
16	ITEM0016	842.0	447.0	0.531	-0.12	0.242	0.304
17	ITEM0017	842.0	250.0	0.297	0.86	0.270	0.357
18	ITEM0018	842.0	266.0	0.316	0.77	0.235	0.307
19	ITEM0019	842.0	243.0	0.289	0.90	0.382	0.506
20	ITEM0020	842.0	207.0	0.246	1.12	0.330	0.452
21	ITEM0021	842.0	341.0	0.405	0.38	0.261	0.331
22	ITEM0022	842.0	301.0	0.357	0.59	0.259	0.333
23	ITEM0023	842.0	241.0	0.286	0.91	0.481	0.639
24	ITEM0024	842.0	345.0	0.410	0.37	0.277	0.351
25	ITEM0025	842.0	222.0	0.264	1.03	0.427	0.575
26	ITEM0026	842.0	329.0	0.391	0.44	0.427	0.543
27	ITEM0027	842.0	314.0	0.373	0.52	0.285	0.364
28	ITEM0028	842.0	383.0	0.455	0.18	0.208	0.261
29	ITEM0029	842.0	252.0	0.299	0.85	0.320	0.422
30	ITEM0030	842.0	275.0	0.327	0.72	0.276	0.359

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ITEM STATISTICS FOR GROUP: 2 GROUP002

ITEM	NAME	#TRIED	#RIGHT	PCT	LOGIT	ITEM*TEST CORRELATION PEARSON	BISERIAL
1	ITEM0001	746.0	340.0	0.456	0.18	0.305	0.384
2	ITEM0002	746.0	223.0	0.299	0.85	0.437	0.576
3	ITEM0003	746.0	219.0	0.294	0.88	0.291	0.385
4	ITEM0004	746.0	190.0	0.255	1.07	0.470	0.638

DIF-BILOG_1

5	ITEM0005	746.0	172.0	0.231	1.21	0.195	0.269
6	ITEM0006	746.0	286.0	0.383	0.48	0.335	0.426
7	ITEM0007	746.0	271.0	0.363	0.56	0.407	0.522
8	ITEM0008	746.0	256.0	0.343	0.65	0.297	0.384
9	ITEM0009	746.0	320.0	0.429	0.29	0.304	0.383
10	ITEM0010	746.0	221.0	0.296	0.87	0.254	0.336
11	ITEM0011	746.0	198.0	0.265	1.02	0.366	0.493
12	ITEM0012	746.0	223.0	0.299	0.85	0.238	0.314
13	ITEM0013	746.0	291.0	0.390	0.45	0.293	0.373
14	ITEM0014	746.0	338.0	0.453	0.19	0.274	0.344
15	ITEM0015	746.0	262.0	0.351	0.61	0.234	0.301
16	ITEM0016	746.0	344.0	0.461	0.16	0.341	0.428
17	ITEM0017	746.0	239.0	0.320	0.75	0.228	0.298
18	ITEM0018	746.0	233.0	0.312	0.79	0.276	0.362
19	ITEM0019	746.0	224.0	0.300	0.85	0.345	0.455
20	ITEM0020	746.0	175.0	0.235	1.18	0.287	0.396
21	ITEM0021	746.0	275.0	0.369	0.54	0.245	0.313
22	ITEM0022	746.0	236.0	0.316	0.77	0.268	0.350
23	ITEM0023	746.0	194.0	0.260	1.05	0.314	0.425
24	ITEM0024	746.0	274.0	0.367	0.54	0.217	0.278
25	ITEM0025	746.0	165.0	0.221	1.26	0.344	0.481
26	ITEM0026	746.0	283.0	0.379	0.49	0.359	0.458
27	ITEM0027	746.0	284.0	0.381	0.49	0.269	0.343
28	ITEM0028	746.0	298.0	0.399	0.41	0.272	0.344
29	ITEM0029	746.0	226.0	0.303	0.83	0.338	0.445
30	ITEM0030	746.0	230.0	0.308	0.81	0.231	0.303

ITEM STATISTICS FOR MULTIPLE GROUPS TEST0001

						ITEM*TEST CORRELATION	
ITEM	NAME	#TRIED	#RIGHT	PCT	LOGIT	PEARSON	BISERIAL
1	ITEM0001	1588.0	672.0	0.423	0.31	0.331	0.417
2	ITEM0002	1588.0	508.0	0.320	0.75	0.434	0.566
3	ITEM0003	1588.0	512.0	0.322	0.74	0.323	0.421
4	ITEM0004	1588.0	448.0	0.282	0.93	0.477	0.636
5	ITEM0005	1588.0	380.0	0.239	1.16	0.270	0.371
6	ITEM0006	1588.0	630.0	0.397	0.42	0.339	0.430
7	ITEM0007	1588.0	552.0	0.348	0.63	0.427	0.550
8	ITEM0008	1588.0	585.0	0.368	0.54	0.273	0.349
9	ITEM0009	1588.0	832.0	0.524	-0.10	0.235	0.295
10	ITEM0010	1588.0	483.0	0.304	0.83	0.301	0.396
11	ITEM0011	1588.0	425.0	0.268	1.01	0.324	0.436
12	ITEM0012	1588.0	468.0	0.295	0.87	0.265	0.350
13	ITEM0013	1588.0	629.0	0.396	0.42	0.253	0.321
14	ITEM0014	1588.0	813.0	0.512	-0.05	0.262	0.328
15	ITEM0015	1588.0	560.0	0.353	0.61	0.245	0.315
16	ITEM0016	1588.0	791.0	0.498	0.01	0.290	0.364
17	ITEM0017	1588.0	489.0	0.308	0.81	0.248	0.325
18	ITEM0018	1588.0	499.0	0.314	0.78	0.254	0.332

DIF-BILOG_1

19	ITEM0019	1588.0	467.0	0.294	0.88	0.363	0.479
20	ITEM0020	1588.0	382.0	0.241	1.15	0.311	0.427
21	ITEM0021	1588.0	616.0	0.388	0.46	0.256	0.325
22	ITEM0022	1588.0	537.0	0.338	0.67	0.265	0.343
23	ITEM0023	1588.0	435.0	0.274	0.97	0.406	0.544
24	ITEM0024	1588.0	619.0	0.390	0.45	0.252	0.320
25	ITEM0025	1588.0	387.0	0.244	1.13	0.392	0.537
26	ITEM0026	1588.0	612.0	0.385	0.47	0.396	0.504
27	ITEM0027	1588.0	598.0	0.377	0.50	0.276	0.353
28	ITEM0028	1588.0	681.0	0.429	0.29	0.240	0.302
29	ITEM0029	1588.0	478.0	0.301	0.84	0.327	0.431
30	ITEM0030	1588.0	505.0	0.318	0.76	0.256	0.334

---

540 BYTES OF NUMERICAL WORKSPACE USED OF 8192000 AVAILABLE IN PHASE-1

9632 BYTES OF CHARACTER WORKSPACE USED OF 2048000 AVAILABLE IN PHASE-1

06/23/2008 21:51:36

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DIF-BILOG_2

1

BILOG-MG V3.0
REV 19990329.1300

BILOG-MG ITEM MAINTENANCE PROGRAM: LOGISTIC ITEM RESPONSE MODEL

*** BILOG-MG ITEM MAINTENANCE PROGRAM ***

*** PHASE 2 ***

Differential Item Functiong
▯

>CALIB NQPt = 15;

CALIBRATION PARAMETERS
==========

MAXIMUM NUMBER OF EM CYCLES: 20

MAXIMUM NUMBER OF NEWTON CYCLES: 2
CONVERGENCE CRITERION: 0.0100
ACCELERATION CONSTANT: 0.5000

LATENT DISTRIBUTION: EMPIRICAL PRIOR FOR EACH GROUP
ESTIMATED CONCURRENTLY
WITH ITEM PARAMETERS
REFERENCE GROUP: 1
PLOT EMPIRICAL VS. FITTED ICC'S: NO
DATA HANDLING: DATA ON SCRATCH FILE
CONSTRAINT DISTRIBUTION ON SLOPES: NO
CONSTRAINT DISTRIBUTION ON THRESHOLDS: NO
1

****

CALIBRATION OF MAINTEST

TEST0001

****

METHOD OF SOLUTION:

DIF-BILOG_2

EM CYCLES (MAXIMUM OF 20)
FOLLOWED BY NEWTON-RAPHSON STEPS (MAXIMUM OF 2)

QUADRATURE POINTS AND PRIOR WEIGHTS: GROUP 1 GROUP001

	1	2	3	4	5
POINT	-0.4000E+01	-0.3429E+01	-0.2857E+01	-0.2286E+01	-0.1714E+01
WEIGHT	0.7648E-04	0.6387E-03	0.3848E-02	0.1673E-01	0.5245E-01

	6	7	8	9	10
POINT	-0.1143E+01	-0.5714E+00	-0.8882E-15	0.5714E+00	0.1143E+01
WEIGHT	0.1186E+00	0.1936E+00	0.2280E+00	0.1936E+00	0.1186E+00

	11	12	13	14	15
POINT	0.1714E+01	0.2286E+01	0.2857E+01	0.3429E+01	0.4000E+01
WEIGHT	0.5245E-01	0.1673E-01	0.3848E-02	0.6387E-03	0.7648E-04

QUADRATURE POINTS AND PRIOR WEIGHTS: GROUP 2 GROUP002

	1	2	3	4	5
POINT	-0.4000E+01	-0.3429E+01	-0.2857E+01	-0.2286E+01	-0.1714E+01
WEIGHT	0.7648E-04	0.6387E-03	0.3848E-02	0.1673E-01	0.5245E-01

	6	7	8	9	10
POINT	-0.1143E+01	-0.5714E+00	-0.8882E-15	0.5714E+00	0.1143E+01
WEIGHT	0.1186E+00	0.1936E+00	0.2280E+00	0.1936E+00	0.1186E+00

	11	12	13	14	15
POINT	0.1714E+01	0.2286E+01	0.2857E+01	0.3429E+01	0.4000E+01
WEIGHT	0.5245E-01	0.1673E-01	0.3848E-02	0.6387E-03	0.7648E-04

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[E-M CYCLES]

-2 LOG LIKELIHOOD = 57117.101

CYCLE 1; LARGEST CHANGE= 0.06441

-2 LOG LIKELIHOOD = 56761.649

CYCLE 2; LARGEST CHANGE= 0.01656

DIF-BILOG_2

-2 LOG LIKELIHOOD = 56649.659

CYCLE 3; LARGEST CHANGE= 0.00813

[NEWTON CYCLES]

-2 LOG LIKELIHOOD: 56605.2440

CYCLE 4; LARGEST CHANGE= 0.00994

INTERVAL COUNTS FOR COMPUTATION OF ITEM CHI-SQUARES

0.	85.	365.	188.	57.	18.	27.	37.	65.

INTERVAL AVERAGE THETAS

*******	-0.826	-0.527	-0.186	0.207	0.753	1.180	1.617	2.778

1

MODEL FOR GROUP DIFFERENTIAL ITEM FUNCTIONING

GROUP 1 GROUP001; ITEM PARAMETERS AFTER CYCLE 4

ITEM	INTERCEPT S.E.	SLOPE S.E.	THRESHOLD S.E.	LOADING S.E.	ASYMPTOTE S.E.	CHISQ (PROB)	DF
ITEM0001	-0.435	0.796	0.547	0.623	0.000	13.0	8.0
	0.078*	0.013*	0.098*	0.010*	0.000*	(0.1135)	
ITEM0002	-0.712	0.796	0.894	0.623	0.000	21.1	8.0
	0.082*	0.013*	0.104*	0.010*	0.000*	(0.0068)	
ITEM0003	-0.663	0.796	0.833	0.623	0.000	7.0	8.0
	0.079*	0.013*	0.099*	0.010*	0.000*	(0.5377)	
ITEM0004	-0.881	0.796	1.107	0.623	0.000	43.5	8.0
	0.086*	0.013*	0.108*	0.010*	0.000*	(0.0000)	
ITEM0005	-1.228	0.796	1.542	0.623	0.000	8.6	8.0
	0.087*	0.013*	0.109*	0.010*	0.000*	(0.3727)	
ITEM0006	-0.368	0.796	0.462	0.623	0.000	14.4	8.0
	0.076*	0.013*	0.096*	0.010*	0.000*	(0.0713)	

DIF-BILOG_2

ITEM0007	-0.736	0.796	0.925	0.623	0.000	35.1	8.0
	0.083*	0.013*	0.104*	0.010*	0.000*	(0.0000)	
ITEM0008	-0.452	0.796	0.568	0.623	0.000	10.7	8.0
	0.074*	0.013*	0.094*	0.010*	0.000*	(0.2217)	
ITEM0009	0.538	0.796	-0.675	0.623	0.000	4.8	8.0
	0.073*	0.013*	0.091*	0.010*	0.000*	(0.7755)	
ITEM0010	-0.856	0.796	1.075	0.623	0.000	5.8	8.0
	0.082*	0.013*	0.103*	0.010*	0.000*	(0.6751)	
ITEM0011	-1.090	0.796	1.369	0.623	0.000	2.5	8.0
	0.083*	0.013*	0.105*	0.010*	0.000*	(0.9596)	
ITEM0012	-0.967	0.796	1.215	0.623	0.000	9.6	8.0
	0.081*	0.013*	0.101*	0.010*	0.000*	(0.2926)	
ITEM0013	-0.401	0.796	0.504	0.623	0.000	4.0	8.0
	0.074*	0.013*	0.092*	0.010*	0.000*	(0.8562)	
ITEM0014	0.338	0.796	-0.424	0.623	0.000	7.3	8.0
	0.073*	0.013*	0.092*	0.010*	0.000*	(0.5064)	
ITEM0015	-0.633	0.796	0.795	0.623	0.000	1.9	8.0
	0.077*	0.013*	0.096*	0.010*	0.000*	(0.9830)	
ITEM0016	0.189	0.796	-0.237	0.623	0.000	13.5	8.0
	0.073*	0.013*	0.091*	0.010*	0.000*	(0.0970)	
ITEM0017	-0.934	0.796	1.173	0.623	0.000	3.7	8.0
	0.080*	0.013*	0.101*	0.010*	0.000*	(0.8872)	
ITEM0018	-0.830	0.796	1.043	0.623	0.000	9.3	8.0
	0.077*	0.013*	0.097*	0.010*	0.000*	(0.3187)	
ITEM0019	-0.980	0.796	1.231	0.623	0.000	8.3	8.0
	0.085*	0.013*	0.107*	0.010*	0.000*	(0.4031)	
ITEM0020	-1.235	0.796	1.551	0.623	0.000	1.3	8.0
	0.088*	0.013*	0.110*	0.010*	0.000*	(0.9956)	
ITEM0021	-0.385	0.796	0.483	0.623	0.000	17.5	8.0
	0.074*	0.013*	0.093*	0.010*	0.000*	(0.0253)	
ITEM0022	-0.615	0.796	0.773	0.623	0.000	3.6	8.0
	0.076*	0.013*	0.096*	0.010*	0.000*	(0.8919)	
ITEM0023	-0.994	0.796	1.248	0.623	0.000	35.9	8.0
	0.089*	0.013*	0.111*	0.010*	0.000*	(0.0000)	
ITEM0024	-0.362	0.796	0.455	0.623	0.000	6.6	8.0
	0.075*	0.013*	0.094*	0.010*	0.000*	(0.5810)	
ITEM0025	-1.126	0.796	1.414	0.623	0.000	16.5	8.0

	0.089*	0.013*	0.112*	0.010*	0.000*	(0.0352)
ITEM0026	-0.452	0.796	0.568	0.623	0.000	25.4 8.0
	0.080*	0.013*	0.100*	0.010*	0.000*	(0.0013)
ITEM0027	-0.539	0.796	0.677	0.623	0.000	3.7 8.0
	0.077*	0.013*	0.096*	0.010*	0.000*	(0.8800)
ITEM0028	-0.153	0.796	0.192	0.623	0.000	5.2 8.0
	0.072*	0.013*	0.091*	0.010*	0.000*	(0.7373)
ITEM0029	-0.921	0.796	1.156	0.623	0.000	0.4 8.0
	0.082*	0.013*	0.103*	0.010*	0.000*	(0.9999)
ITEM0030	-0.774	0.796	0.972	0.623	0.000	6.7 8.0
	0.078*	0.013*	0.098*	0.010*	0.000*	(0.5723)

* STANDARD ERROR

LARGEST CHANGE = 0.009938 824.1 240.0
(0.0000)

GROUP 2 GROUP002; ITEM PARAMETERS AFTER CYCLE 4

ITEM	INTERCEPT S.E.	SLOPE S.E.	THRESHOLD S.E.	LOADING S.E.	ASYMPTOTE S.E.	CHISQ (PROB)	DF
ITEM0001	-0.154	0.796	0.194	0.623	0.000	5.7	8.0
	0.079*	0.013*	0.099*	0.010*	0.000*	(0.6859)	
ITEM0002	-0.917	0.796	1.151	0.623	0.000	18.3	7.0
	0.091*	0.013*	0.114*	0.010*	0.000*	(0.0108)	
ITEM0003	-0.946	0.796	1.188	0.623	0.000	3.1	7.0
	0.086*	0.013*	0.108*	0.010*	0.000*	(0.8791)	
ITEM0004	-1.170	0.796	1.470	0.623	0.000	26.5	7.0
	0.097*	0.013*	0.121*	0.010*	0.000*	(0.0004)	
ITEM0005	-1.322	0.796	1.660	0.623	0.000	13.9	7.0
	0.090*	0.013*	0.113*	0.010*	0.000*	(0.0532)	
ITEM0006	-0.488	0.796	0.613	0.623	0.000	8.0	8.0
	0.082*	0.013*	0.102*	0.010*	0.000*	(0.4304)	
ITEM0007	-0.585	0.796	0.735	0.623	0.000	13.4	7.0
	0.085*	0.013*	0.106*	0.010*	0.000*	(0.0630)	
ITEM0008	-0.685	0.796	0.861	0.623	0.000	2.3	8.0
	0.083*	0.013*	0.104*	0.010*	0.000*	(0.9704)	
ITEM0009	-0.276	0.796	0.346	0.623	0.000	3.6	8.0
	0.079*	0.013*	0.100*	0.010*	0.000*	(0.8923)	
ITEM0010	-0.932	0.796	1.170	0.623	0.000	2.1	8.0

| 0.085* | 0.013* | 0.107* | 0.010* | 0.000* | (0.9780)
| | | | | |
ITEM0011 | -1.106 | 0.796 | 1.390 | 0.623 | 0.000 | 6.1 7.0
| 0.092* | 0.013* | 0.115* | 0.010* | 0.000* | (0.5338)
| | | | | |
ITEM0012 | -0.917 | 0.796 | 1.152 | 0.623 | 0.000 | 4.2 7.0
| 0.084* | 0.013* | 0.106* | 0.010* | 0.000* | (0.7560)
| | | | | |
ITEM0013 | -0.457 | 0.796 | 0.573 | 0.623 | 0.000 | 0.9 7.0
| 0.081* | 0.013* | 0.101* | 0.010* | 0.000* | (0.9963)
| | | | | |
ITEM0014 | -0.166 | 0.796 | 0.209 | 0.623 | 0.000 | 1.8 8.0
| 0.078* | 0.013* | 0.099* | 0.010* | 0.000* | (0.9871)
| | | | | |
ITEM0015 | -0.645 | 0.796 | 0.810 | 0.623 | 0.000 | 3.0 8.0
| 0.081* | 0.013* | 0.101* | 0.010* | 0.000* | (0.9355)
| | | | | |
ITEM0016 | -0.130 | 0.796 | 0.164 | 0.623 | 0.000 | 7.9 7.0
| 0.080* | 0.013* | 0.100* | 0.010* | 0.000* | (0.3428)
| | | | | |
ITEM0017 | -0.802 | 0.796 | 1.008 | 0.623 | 0.000 | 7.1 7.0
| 0.082* | 0.013* | 0.104* | 0.010* | 0.000* | (0.4157)
| | | | | |
ITEM0018 | -0.845 | 0.796 | 1.061 | 0.623 | 0.000 | 5.2 7.0
| 0.084* | 0.013* | 0.105* | 0.010* | 0.000* | (0.6338)
| | | | | |
ITEM0019 | -0.909 | 0.796 | 1.142 | 0.623 | 0.000 | 2.9 7.0
| 0.087* | 0.013* | 0.109* | 0.010* | 0.000* | (0.8960)
| | | | | |
ITEM0020 | -1.296 | 0.796 | 1.627 | 0.623 | 0.000 | 2.1 7.0
| 0.093* | 0.013* | 0.117* | 0.010* | 0.000* | (0.9541)
| | | | | |
ITEM0021 | -0.559 | 0.796 | 0.703 | 0.623 | 0.000 | 1.1 7.0
| 0.080* | 0.013* | 0.101* | 0.010* | 0.000* | (0.9932)
| | | | | |
ITEM0022 | -0.823 | 0.796 | 1.034 | 0.623 | 0.000 | 1.6 7.0
| 0.084* | 0.013* | 0.105* | 0.010* | 0.000* | (0.9779)
| | | | | |
ITEM0023 | -1.138 | 0.796 | 1.430 | 0.623 | 0.000 | 1.2 7.0
| 0.090* | 0.013* | 0.113* | 0.010* | 0.000* | (0.9918)
| | | | | |
ITEM0024 | -0.566 | 0.796 | 0.711 | 0.623 | 0.000 | 3.2 7.0
| 0.079* | 0.013* | 0.100* | 0.010* | 0.000* | (0.8619)
| | | | | |
ITEM0025 | -1.383 | 0.796 | 1.738 | 0.623 | 0.000 | 2.8 7.0
| 0.097* | 0.013* | 0.121* | 0.010* | 0.000* | (0.9053)
| | | | | |
ITEM0026 | -0.508 | 0.796 | 0.637 | 0.623 | 0.000 | 13.0 7.0
| 0.083* | 0.013* | 0.104* | 0.010* | 0.000* | (0.0718)
| | | | | |
ITEM0027 | -0.501 | 0.796 | 0.630 | 0.623 | 0.000 | 0.9 8.0
| 0.081* | 0.013* | 0.101* | 0.010* | 0.000* | (0.9988)
| | | | | |
ITEM0028 | -0.412 | 0.796 | 0.518 | 0.623 | 0.000 | 1.6 7.0
| 0.080* | 0.013* | 0.100* | 0.010* | 0.000* | (0.9773)
| | | | | |

DIF-BILOG_2

ITEM0029	-0.895	0.796	1.124	0.623	0.000	3.1 7.0
	0.087*	0.013*	0.109*	0.010*	0.000*	(0.8711)
ITEM0030	-0.866	0.796	1.088	0.623	0.000	2.9 8.0
	0.084*	0.013*	0.105*	0.010*	0.000*	(0.9404)

* STANDARD ERROR

LARGEST CHANGE = 0.009938 824.1 240.0
(0.0000)

PARAMETER MEAN STN DEV

GROUP: 1 NUMBER OF ITEMS: 30
THRESHOLD 0.781 0.546
GROUP: 2 NUMBER OF ITEMS: 30
THRESHOLD 0.938 0.436

THRESHOLD MEANS

GROUP	ADJUSTMENT
1	0.000
2	0.157

MODEL FOR GROUP DIFFERENTIAL ITEM FUNCTIONING:
ADJUSTED THRESHOLD VALUES

ITEM	GROUP 1	GROUP 2	ITEM	GROUP 1	GROUP 2
ITEM0001	0.547	0.037	ITEM0016	-0.237	0.007
	0.098*	0.099*		0.091*	0.100*
ITEM0002	0.894	0.994	ITEM0017	1.173	0.851
	0.104*	0.114*		0.101*	0.104*
ITEM0003	0.833	1.032	ITEM0018	1.043	0.904
	0.099*	0.108*		0.097*	0.105*
ITEM0004	1.107	1.313	ITEM0019	1.231	0.986
	0.108*	0.121*		0.107*	0.109*
ITEM0005	1.542	1.503	ITEM0020	1.551	1.471
	0.109*	0.113*		0.110*	0.117*
ITEM0006	0.462	0.457	ITEM0021	0.483	0.546

DIF-BILOG_2

	0.096*	0.102*		0.093*	0.101*
ITEM0007	0.925	0.579	ITEM0022	0.773	0.877
	0.104*	0.106*		0.096*	0.105*
ITEM0008	0.568	0.704	ITEM0023	1.248	1.273
	0.094*	0.104*		0.111*	0.113*
ITEM0009	-0.675	0.190	ITEM0024	0.455	0.554
	0.091*	0.100*		0.094*	0.100*
ITEM0010	1.075	1.013	ITEM0025	1.414	1.581
	0.103*	0.107*		0.112*	0.121*
ITEM0011	1.369	1.233	ITEM0026	0.568	0.481
	0.105*	0.115*		0.100*	0.104*
ITEM0012	1.215	0.995	ITEM0027	0.677	0.473
	0.101*	0.106*		0.096*	0.101*
ITEM0013	0.504	0.417	ITEM0028	0.192	0.361
	0.092*	0.101*		0.091*	0.100*
ITEM0014	-0.424	0.052	ITEM0029	1.156	0.967
	0.092*	0.099*		0.103*	0.109*
ITEM0015	0.795	0.654	ITEM0030	0.972	0.931
	0.096*	0.101*		0.098*	0.105*

*STANDARD ERROR

MODEL FOR GROUP DIFFERENTIAL ITEM FUNCTIONING:
GROUP THRESHOLD DIFFERENCES

ITEM	GROUP 2 - 1	ITEM	GROUP 2 - 1	ITEM	GROUP 2 - 1
ITEM0001	-0.509	ITEM0011	-0.137	ITEM0021	0.063
	0.139*		0.155*		0.137*
ITEM0002	0.101	ITEM0012	-0.220	ITEM0022	0.105
	0.154*		0.146*		0.142*
ITEM0003	0.199	ITEM0013	-0.088	ITEM0023	0.025
	0.147*		0.137*		0.159*
ITEM0004	0.206	ITEM0014	0.477	ITEM0024	0.099
	0.162*		0.135*		0.137*
ITEM0005	-0.038	ITEM0015	-0.142	ITEM0025	0.167
	0.157*		0.140*		0.165*
ITEM0006	-0.005	ITEM0016	0.244	ITEM0026	-0.087

DIF-BILOG_2

	0.140*		0.136*		0.144*
ITEM0007	-0.346	ITEM0017	-0.322	ITEM0027	-0.204
	0.149*		0.145*		0.140*
ITEM0008	0.136	ITEM0018	-0.139	ITEM0028	0.169
	0.140*		0.143*		0.135*
ITEM0009	0.865	ITEM0019	-0.246	ITEM0029	-0.189
	0.135*		0.153*		0.150*
ITEM0010	-0.062	ITEM0020	-0.080	ITEM0030	-0.040
	0.148*		0.160*		0.144*

---

*STANDARD ERROR

GROUP: 1 GROUP001 QUADRATURE POINTS, POSTERIOR WEIGHTS, MEAN AND S.D.:

	1	2	3	4	5
POINT	-0.3674E+01	-0.3158E+01	-0.2641E+01	-0.2125E+01	-0.1608E+01
POSTERIOR	0.0000E+00	0.0000E+00	0.3209E-06	0.1339E-03	0.7250E-02

	6	7	8	9	10
POINT	-0.1092E+01	-0.5750E+00	-0.5843E-01	0.4581E+00	0.9747E+00
POSTERIOR	0.1066E+00	0.3662E+00	0.2826E+00	0.7160E-01	0.3715E-01

	11	12	13	14	15
POINT	0.1491E+01	0.2008E+01	0.2524E+01	0.3041E+01	0.3558E+01
POSTERIOR	0.4544E-01	0.2967E-01	0.2085E-01	0.1809E-01	0.1444E-01

MEAN 0.00000
S.E. 0.00000

S.D. 1.00000
S.E. 0.00000

GROUP: 2 GROUP002 QUADRATURE POINTS, POSTERIOR WEIGHTS, MEAN AND S.D.:

	1	2	3	4	5
POINT	-0.3831E+01	-0.3315E+01	-0.2798E+01	-0.2281E+01	-0.1765E+01
POSTERIOR	0.0000E+00	0.0000E+00	0.1530E-05	0.1366E-03	0.4757E-02

	6	7	8	9	10
POINT	-0.1248E+01	-0.7317E+00	-0.2152E+00	0.3014E+00	0.8180E+00
POSTERIOR	0.7710E-01	0.3640E+00	0.3252E+00	0.8173E-01	0.3782E-01

DIF-BILOG_2

	11	12	13	14	15
POINT	0.1335E+01	0.1851E+01	0.2368E+01	0.2884E+01	0.3401E+01
POSTERIOR	0.3757E-01	0.2313E-01	0.1499E-01	0.1440E-01	0.1920E-01

MEAN -0.15038
S.E. 0.03802

S.D. 0.95163
S.E. 0.02782

79636 BYTES OF NUMERICAL WORKSPACE USED OF 8192000 AVAILABLE IN PHASE-2

2736 BYTES OF CHARACTER WORKSPACE USED OF 2048000 AVAILABLE IN PHASE-2
06/23/2008 21:51:37

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

297

ภาคผนวก ฉ
ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลส่วนที่เหลือจากการวิเคราะห์ด้วยโมเดล HGLM

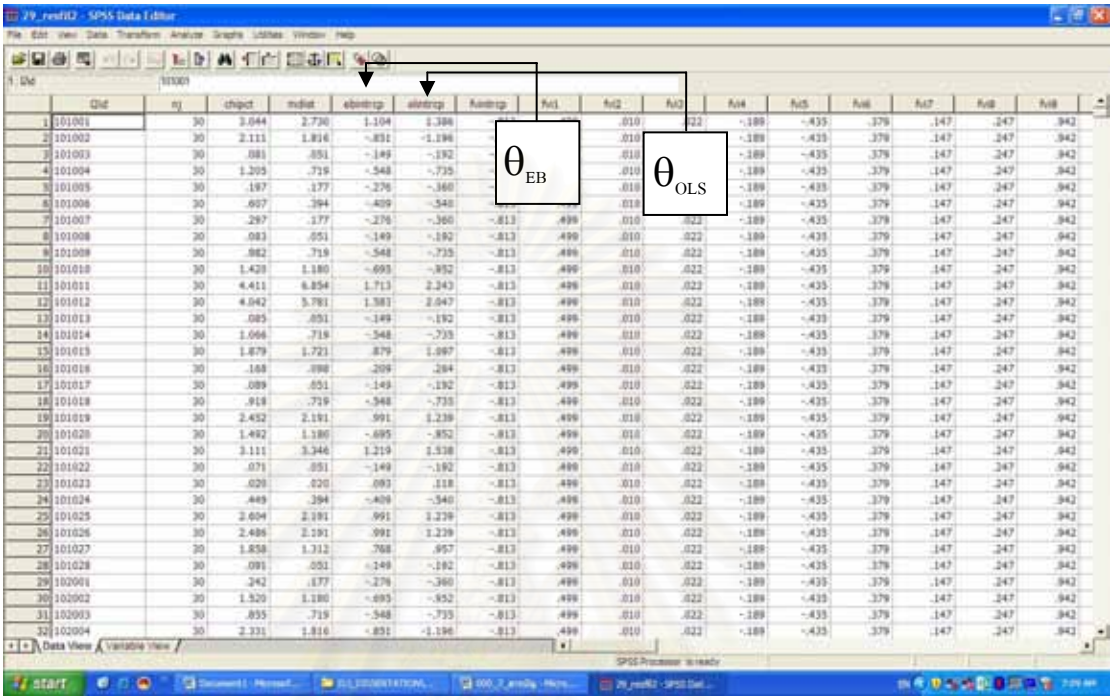
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

298

ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลส่วนที่เหลือจากการวิเคราะห์ด้วยโมเดล HGLM

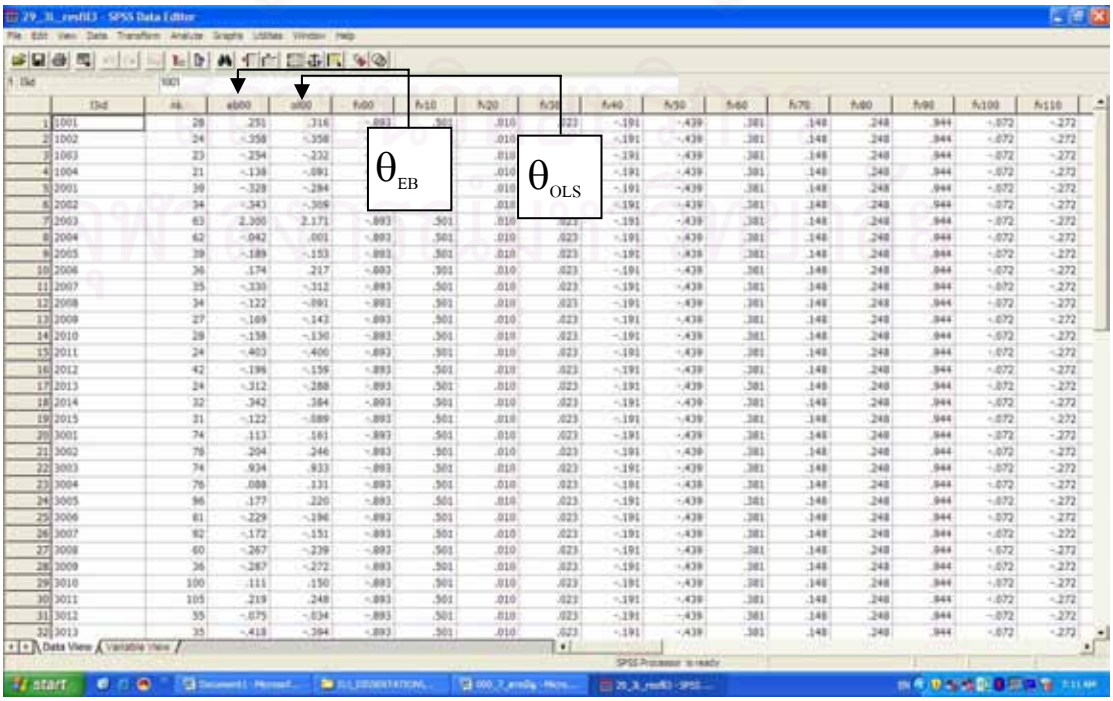
1. ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลส่วนที่เหลือ (Residual file)

(จากระดับการวิเคราะห์ที่ 2 [level-2])



2.ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลส่วนที่เหลือ (Residual file)

(จากระดับการวิเคราะห์ที่ 3 [level-3])



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอิทธิฤทธิ์ พงษ์ปิยะรัตน์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาครุศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1) สาขาวิชาการประถมศึกษา ตามโครงการคุรุทายาท กระทรวงศึกษาธิการ จากสถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ปีการศึกษา 2538 ระดับปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิจัยการศึกษา ภาควิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2542 และในปีการศึกษา 2547 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย