# ผลของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่มีต่อค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถของผู้สอบและค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อมีเงื่อนไขการทดสอบที่แตกต่างกัน

นายสุนทร เทียนงาม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# EFFECTS OF LOCAL ITEM DEPENDENCE ON RELIABILITY ITEM PARAMETERS PERSON ABILITY ESTIMATES AND TEST INFORMATION UNDER DIFFERENT TESTING CONDITIONS

**MR.SUNTHORN THIENNGAM**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements**

**for the Degree of Doctor of Philosophy in Educational Measurement and Evaluation**

**Department of Educational Research and Psychology**

**Faculty of Education**

**Chulalongkorn University**

**Academic Year 2008**

**Copyright of Chulalongkorn University**

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | ผลของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่มีต่อค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถของผู้สอบและค่าสารสนเทศของแบบสอบเมื่อมีเงื่อนไขการทดสอบที่แตกต่างกัน |
| โดย | นายสุนทร เทียนงาม |
| สาขาวิชา | การวัดและประเมินผลการศึกษา |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม | รองศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ศรีสุโข |

---

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล ว่องวาณิช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ศรีสุโข)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เอมอร จังศิริพรปกรณ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.ชูศักดิ์ ขัมภลิขิต)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุนทร เทียนงาม: ผลของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่มีต่อค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถของผู้สอบและสารสนเทศของแบบสอบเมื่อมีเงื่อนไขการทดสอบที่แตกต่างกัน (EFFECTS OF LOCAL ITEM DEPENDENCE ON RELIABILITY, ITEM PARAMETERS, PERSON ABILITY ESTIMATES AND TEST INFORMATION UNDER DIFFERENT TESTING CONDITIONS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ.ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ.ดร.ดิเรก ศรีสุโข, 283 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลของระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบต่อค่าความเที่ยงของแบบสอบ ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถของผู้สอบและสารสนเทศของแบบสอบ ด้วยโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ที่มีจำนวนข้อสอบและขนาดกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกัน และเพื่อวิเคราะห์ลักษณะความไม่เป็นอิสระของข้อสอบจากแบบสอบจริง การวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลองโดยการจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล จำนวนตัวแปรประกอบด้วย ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ 9 ระดับโดยแบ่งเป็น กลุ่มย่อย 3 ระดับ (ระดับต่ำ, ปานกลางและสูง) โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ 3 โมเดล (1PL, 2PLและ 3PL) จำนวนข้อสอบ 3 กลุ่ม (30, 50 และ80 ข้อ) และ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม (400, 800 และ1200 คน) รวมจำนวนเงื่อนไขทั้งหมด 243 เงื่อนไข และกำหนดจำนวนรอบที่ใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ในแต่ละเงื่อนไข 1000 รอบ และใช้วิธีการศึกษาจากข้อมูลจริงในวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ โปรแกรมที่ใช้ในการจำลองข้อมูล คือ Fortran Power Station 4.0 และโปรแกรมในการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ คือ LDID (A Computer Program for Local Dependence Indices for Dichotomous Item Version 1) ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น ค่าความเที่ยง(KR20) จะเพิ่มสูงขึ้นในทุกเงื่อนไขของการทดสอบ โดยเมื่อใช้จำนวนข้อสอบ 30 ข้อ ค่าความเที่ยงต่ำสุด-สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.671-0.740 จำนวนข้อสอบ 50 ข้อ ค่าความเที่ยงต่ำสุด-สูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.773-0.828 และจำนวนข้อสอบ 80 ข้อ ค่าความเที่ยงต่ำสุด-สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.845-0.886

2. เมื่อวิเคราะห์ข้อสอบตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ มีจำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน ทำข้อสอบ 30 50 และ 80 ข้อ ตามลำดับ (2.1) เมื่อวิเคราะห์โดยใช้โมเดล 1 พารามิเตอร์ พบว่า เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถไม่แตกต่างกัน และค่าสารสนเทศของแบบสอบส่วนใหญ่มีแนวโน้มคงที่ (2.2) เมื่อวิเคราะห์โดยใช้โมเดล 2 พารามิเตอร์ พบว่า ส่วนใหญ่ค่าความยากง่ายลดลง แต่ค่าอำนาจจำแนก ค่าความสามารถและสารสนเทศของแบบสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยส่วนใหญ่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (2.3) เมื่อวิเคราะห์โดยใช้โมเดล 3 พารามิเตอร์ พบว่า ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถและสารสนเทศของแบบสอบมีแนวโน้มลดลง แต่สำหรับค่าอำนาจจำแนก ค่าการเดาส่วนใหญ่มีแนวโน้มสูงขึ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. เมื่อวิเคราะห์ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบโดยใช้ข้อมูลจริงด้วยโมเดล 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์ สำหรับวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ค่าเฉลี่ย $|Q3|$ มีค่าเท่ากับ 0.035 0.026 0.022 ตามลำดับ และในวิชาภาษาอังกฤษ พบว่า ค่าเฉลี่ย $|Q3|$ มีค่าเท่ากับ 0.033 0.028 0.022 ตามลำดับ มีค่าใกล้เคียงกับค่าคาดหวังของ $|Q3|$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ .025 แสดงว่าข้อสอบส่วนใหญ่มีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเล็กน้อย

ภาควิชา วิจัยและจิตวิทยาการศึกษา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การวัดและประเมินผลการศึกษา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2551 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

## 4884647827: MAJOR EDUCATIONAL MEASUREMENT AND EVALUATION
KEYWORDS: LOCAL ITEM DEPENDENCE /RELIABILITY /ITEM PARAMETERS /ABILITY ESTIMATES /TEST INFORMATION

SUNTHORN THIENNGAM: EFFECTS OF LOCAL ITEM DEPENDENCE ON RELIABILITY, ITEM PARAMETERS, PERSON ABILITY ESTIMATES AND TEST INFORMATION UNDER DIFFERENT TESTING CONDITIONS. THESIS ADVISOR: PROF.SIRICHAI KARNJANAWASEE, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR: ASSOC.PROF.DEREK SRISUKHO, Ph.D., 283 หน้า

The objectives of this research were (1) to study the effect of local item dependence (LID) on the estimation of reliability, item parameters, ability and test information under different testing conditions, and (2) to study the presence of LID in Mathematics and English Test in real data. Conducting the experimental research by Monte Carlo simulation technique was used to imply. All conditions were consists of 9 levels of local item dependence and divided into 3 subgroups (mild, medium, strong), 3 IRT Models (1PL, 2PL, 3PL), 3 item datasets (30, 50, 80) and 3 sample sizes (400, 800, 1200). The entire total of testing conditions was 243. The 1000 replications used to estimate the item parameters and test statistics in each condition. In addition, analyzing the real data in Mathematics and English Test. Fortran Power Station Version 4.0 was used to generate the items datasets and LDID (A Computer Program for local Dependence Indices for Dichotomous Item 1. Version 1.0.) was used to detect LID all testing conditions. The research results were as follows:

1. The reliability continuously increased when LID increase for all conditions. The Minimum-Maximum of reliability is 0.671-0.740 for 30 items, 0.773-0.823 for 50 items and 0.845-0.886 for 80 items respectively.

2. According to IRT analysis, for the case of 400, 800 and 1200 examinees by 30, 50 and 80 items: (2.1) for 1PL Model were found that the difficulty, ability were not different while test information tended to decrease with statistical significant different level at .01. (2.2) for 2PL Model, most of all conditions were found that the difficulty decreased when the discrimination, ability and test information tended to increase with statistical significant different level at .05. (2.2) for 3PL Model was found that the difficulty, ability and test information tended to decrease while the discrimination and guessing mostly tended to increase and statistical significant different level at .05.

3. For the real data analysis by 1PL, 2PL and 3PL in Mathematics Test were found that the mean $|Q3|$ were 0.035, 0.026, 0.022 and English Test was 0.031, 0.028 and 0.022 respectively. Most of $|Q3|$ were closed to absolute expected Q3 as .025. It was shown that those tests were slightly local item dependent.

Department:....Educational Research and Psychology... Student's signature.....
Field of study:. Educational Measurement and Evaluation Advisor's signature.....
Academic year:....2008.....Co-Advisor's signature.....

# กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ระดับดุษฎีบัณฑิตในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างดีจากภาคองค์กรและหน่วยงาน ในด้านเงินทุนและวิชาการ บุคคลกรที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความรู้ความสามารถคอยให้การสนับสนุน โดยขอนุญาตกล่าวนามเป็นลำดับเพื่อเป็นการแสดงความขอบคุณที่ให้การสนับสนุนการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์แก่ผู้วิจัยจนประสบความสำเร็จในครั้งนี้

บุคคลสำคัญอันดับแรกที่ผู้วิจัยขอกราบขอพระคุณเป็นอย่างสูง คือ ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี ในฐานะเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักที่มีความเชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา และ รองศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ศรีสุโข ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมและเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านสถิติการศึกษา ซึ่งตลอดระเวลาการศึกษา ผู้วิจัยได้รับคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล ว่องวานิช รองศาสตราจารย์ ดร.เอมอร จังศิริพรปกรณ์ และอาจารย์ ดร. ชูศักดิ์ ขำภลิขิต

นอกจากนี้บุคคลสำคัญอื่นๆที่ได้เป็นผู้ให้คำแนะนำปรึกษาในรายละเอียด โดยเฉพาะในเรื่องการจำลองข้อมูลด้วยโปรแกรมภาษาฟอร์แทรน (Fortran Power Station V. 4.0) คือ รองศาสตราจารย์ มานพ วราภักดิ์ คณะพาณิชศาสตร์และการบัญชี และผู้ช่วยศาสตราจารย์วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ซึ่งได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการจำลองข้อมูลด้วยวิธีแจกแจงปกติแบบหลายตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กัน ท่านผู้อำนวยการวินัย วงศ์ฤทัยวัฒนา ที่ให้ความรู้ในการใช้โปรแกรมประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ ค่าความสามารถและสารสนเทศของแบบสอบ และว่าที่ร้อยโท ดร.ภนัส ก้วยเจริญพานิชก์ ได้ให้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการจำลองข้อมูลและการใช้โปรแกรมตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LDID Program)

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษาทุกท่านที่คอยประสิทธิ์ประสาทวิชาทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ โดยผู้วิจัยได้อาศัยความรู้ต่างๆประกอบกันทั้งในระดับปริญาโทและระดับปริญญาเอกจนทำให้การทำวิจัยครั้งนี้ ประสบความสำเร็จตามความมุ่งหวัง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ น้องๆ สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษาที่คอยให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาปรับปรุงในชั่วโมงสัมมนาวิทยานิพนธ์ระดับดุษฎีบัณฑิตตลอดระเวลาการศึกษา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกล่าวถึงบุคคลที่ให้การสนับสนุนและกำลังใจเป็นอย่างดีแก่ผู้วิจัยตลอดมา ได้แก่ สมาชิกครอบครัวเทียนงาม ซึ่งประกอบด้วย บิดามารดา พี่ๆทุกคนที่คอยพลักดันส่งเสริมสนับสนุนด้านการศึกษาจนเจริญก้าวหน้ามาเป็นลำดับ คุณสายชล เทียนงาม และลูกๆทุกคน ที่คอยดูแลชีวิตความเป็นอยู่ตลอดการศึกษาครั้งนี้

**สารบัญ**


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ……. ช

สารบัญตาราง…… ฌ

สารบัญภาพ…….. ฑ

บทที่

1 **บทนำ**

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา…… 1

คำถามวิจัย..... 5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย……. 5

สมมติฐานการวิจัย..... 5

ขอบเขตการวิจัย..... 6

ข้อจำกัดของการวิจัย..... 7

นิยามคำศัพท์..... 8

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 10

2 **แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง**..... 11

ตอนที่ 1 ความเป็นมาและสาเหตุของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ..... 11

ตอนที่ 2 นิยาม ความหมาย และวิธีการวัดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ.. 15

ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ..... 29

ตอนที่ 4 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ..... 36

ตอนที่ 5 การจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล..... 47

ตอนที่ 6 การจำลองข้อสอบที่มีความไม่เป็นอิสระ..... 58

ตอนที่ 7 รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 61

ตอนที่ 8 สรุปประเด็นที่ได้จากสังเขปสาระ ทฤษฎี เอกสารและรายงาน การวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 65

ตอนที่ 9 กรอบแนวคิดการวิจัย..... 73

หน้า

บทที่


3 **วิธีดำเนินการวิจัย**..... 74

3.1 การจำลองข้อมูล (simulation). ..... 74

ตอนที่ 1 การจำลองข้อมูลและการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ. 76

ตอนที่ 2 การประมาณค่าความเที่ยงค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ…….. 80

3.2 การศึกษาข้อมูลจริง (real data) ..... 84

4 **ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**..... 87

4.1 การจำลองข้อมูล (simulation). ..... 87

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยง(KR20) ..... 87

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานโมเดล 1 พารามิเตอร์(1PL) 30 ข้อ .... 94

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 1 พารามิเตอร์(1PL) จำนวน 30 ข้อ ..... 98

ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 1 พารามิเตอร์ (1PL) จำนวน 50 ข้อ ..... 100

ตอนที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 1 พารามิเตอร์(1PL) จำนวน 80 ข้อ ..... 102

ตอนที่ 6 ผลการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานโมเดล 2 พารามิเตอร์(2PL) ..... 105

ตอนที่ 7 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 2 พารามิเตอร์(2PL) จำนวน 30 ข้อ ..... 109

ตอนที่ 8 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 2 พารามิเตอร์(2PL) จำนวน 50 ข้อ ..... 118

ตอนที่ 9 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 2 พารามิเตอร์(2PL) จำนวน 80 ข้อ..... 128

หน้า

บทที่

**4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล (ต่อ)** ..... 138
ตอนที่ 10 ผลการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานโมเดล 3 พารามิเตอร์(3PL) 30 ข้อ..... 138
ตอนที่ 11 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และ สารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 3 พารามิเตอร์ (3PL) จำนวน 30 ข้อ..... 144
ตอนที่ 12 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และ สารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 3 พารามิเตอร์(3PL) จำนวน 50 ข้อ..... 155
ตอนที่ 13 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และ สารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 3 พารามิเตอร์ (3PL) จำนวน 80 ข้อ..... 166
ตอนที่ 14 ประสิทธิภาพในการประมาณค่า (RMSD,MSD) 177
4.2 การใช้ข้อมูลจริง(real data) ..... 181
**5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ**..... 185
5.1 การจำลองข้อมูล (simulation)..... 185
5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจริง(real data) ..... 194
5.3 อภิปรายผลการวิจัย..... 195
5.4 การนำผลการวิจัยไปใช้..... 199
5.5 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป..... 200
รายการอ้างอิง..... 201
ภาคผนวก ..... 205
ก โปรแกรมจำลองข้อมูลโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 1 พารามิเตอร์ ..... 206
ข โปรแกรมจำลองข้อมูลโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์..... 226
ค โปรแกรมจำลองข้อมูลโมเดลการตอบสนองข้อสอบ แบบ 3 พารามิเตอร์.... 252
ง ตัวอย่างผลลัพธ์จากการจำลองข้อมูล..... 275
จ ตัวอย่างเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่ใช้ในการจำลองข้อมูล 277
ฉ ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลจริงในวิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์…… 278
ช ตัวอย่างขั้นตอนการคำนวณค่า $Q_3$……. 280
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 283

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2-1 | จำนวนผู้สอบในเซลล์ r ที่ตอบข้อสอบในแต่ละข้อ..... | 21 |
| 2-2 | ความถี่ของคะแนนที่ได้จากข้อสอบข้อที่ i และ ข้อ j…….. | 22 |
| 2-3 | ค่าของ Q3 ในแต่ละระดับของ LID ที่แตกต่างกัน..... | 25 |
| 2-4 | ลักษณะข้อมูล โมเดลที่เหมาะสม และผู้มีบทบาทสำคัญในแต่ละโมเดล…… | 34 |
| 2-5 | อนุพันธ์อันดับที่ 1 และ อนุพันธ์อันดับที่ 2 …… | 43 |
| 3-1 | ค่าคะแนนมาตรฐานที่ได้จากการจำลองด้วยวิธีการแจกแจงปกติแบบหลายตัวแปรและค่าคะแนนที่แปลงเป็นคะแนนผลการตองข้อสอบแบบ 0 1..... | 78 |
| 3-2 | ค่าระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ($\|Q_3\|$) ในกลุ่มระดับต่ำ (L) กลุ่มระดับปานกลาง (M) และกลุ่มระดับสูง (H)..... | 79 |
| 3-3 | โครงสร้างข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2550... | 85 |
| 3-4 | โครงสร้างข้อสอบวิชาภาษาอังกฤษ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2550… | 85 |
| 4-1 | ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเที่ยง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้ จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน ทำข้อสอบ 30 50 และ 80 ข้อ..... | 87 |
| 4-2 | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความเที่ยง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียว..... | 88 |
| 4-3 | ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าความเที่ยง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe' ..... | 90 |
| 4-4 | ค่า RMSD และ MSD ของค่าความเที่ยงเมื่อมีเงื่อนไขในการทดสอบที่แตกต่างกัน | 93 |
| 4-5 | ค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่าย และค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้ จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน 30 ข้อ... | 95 |
| 4-6 | ค่าเฉลี่ยของ ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้ จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน 50 ข้อ..... | 96 |
| 4-7 | ค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่าย ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้ จำนวนผู้สอบ 400 800 และ1200 คน 80 ข้อ..... ..... | 97 |

| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4-8 | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน..... | 98 |
| 4-9 | ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe' ..... | 99 |
| 4-10 | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน..... | 100 |
| 4-11 | ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe' ..... | 101 |
| 4-12 | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน..... | 102 |
| 4-13 | ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe' ..... | 103 |
| 4-14 | ค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน 30 ข้อ..... | 106 |
| 4-15 | ค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้ จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน 50 ข้อ..... | 107 |
| 4-16 | ค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้ จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน 80 ข้อ..... | 108 |
| 4-17 | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถและสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน..... | 109 |

| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4-18 | ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe' ..... | 111 |
| 4-19 | ผลการการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย และค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน..... | 118 |
| 4-20 | ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe' ..... | 120 |
| 4-21 | ผลการการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน..... | 128 |
| 4-22 | ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของข้อสอบเมื่อระดับความไม่เป็น อิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe' ..... | 130 |
| 4-23 | ค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา และค่าความสามารถเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้ จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน 30 ข้อ..... | 141 |
| 4-24 | ค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา และค่าความสามารถเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้ จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน 50 ข้อ..... | 142 |
| 4-25 | ค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา และค่าความสามารถเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้ จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน 80 ข้อ..... | 143 |
| 4-26 | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความเที่ยง ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา และค่าความสามารถ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของ ข้อสอบแตกต่างกันโดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียว | 144 |

ตารางที่ หน้า


| | | |
|---|---|---|
| 4-27 | ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe' ..... | 146 |
| 4-28 | ผลการการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ ค่าอำนาจจำแนกค่าความยากง่าย ค่าการเดา และค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน..... | 155 |
| 4-29 | ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา และค่าความสามารถ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe' ..... | 157 |
| 4-30 | ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา ค่าความสามารถและสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน..... | 166 |
| 4-31 | ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe' ..... | 168 |
| 4-32 | ค่า RMSD และ MSD ของค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และ สารสนเทศของแบบสอบ (1PL) เมื่อมีเงื่อนไขการทดสอบที่แตกต่างกัน..... | 178 |
| 4-33 | ค่า RMSD และ MSD ของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย และค่าสารสนเทศของแบบสอบ (2 PL) เมื่อมีเงื่อนไขการทดสอบที่แตกต่างกัน..... | 179 |
| 4-34 | ค่า RMSD และ MSD ของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา และค่าสารสนเทศของแบบสอบ (3 PL) เมื่อมีเงื่อนไขการทดสอบที่แตกต่างกัน..... | 180 |
| 4-35 | ผลการวิเคราะห์ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบวิชาภาษาอังกฤษ ..... | 181 |
| 4-36 | ผลการวิเคราะห์ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์..... | 182 |
| 4-37 | ค่าความเที่ยงของแบบสอบวิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์…..... | 184 |
| 5-1 | สรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าความเที่ยงของแบบสอบ ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มขึ้น..... | 192 |
| ช-1 | ผลการตอบข้อสอบที่ให้คะแนนแบบ 0 1 ด้วยจำนวนผู้สอบ 10 คน ทำข้อสอบ 5 ข้อ..... | 280 |

| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| ช-2 | ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบวิเคราะห์ด้วยโมเดลการตอบสนองข้อสอบ 3 พารามิเตอร์..... | 281 |
| ช-3 | ค่าความสามารถของผู้สอบ และค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบ ( $P_i(\theta_k)$ ) | 281 |
| ช-4 | ค่าเศษเหลือของข้อสอบแต่ละข้อ..... | 282 |
| ช-6 | ค่าระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ( $Q_3$ )ระหว่างข้อสอบแต่ละคู่..... | 282 |


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2-1 | โค้งความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกต้อง..... | 35 |
| 2-2 | กรอบแนวคิดในการวิจัย..... | 73 |
| 3-1 | ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในการจำลองข้อมูลและการประมาณค่าพารามิเตอร์..... | 75 |
| 4-1 | ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ และ ($\theta$) ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **400 คน** ทำข้อสอบ 30 ข้อและวิเคราะห์ด้วยโมเดล 2 พารามิเตอร์..... | 115 |
| 4-2 | ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ และ ($\theta$) ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **800 คน**ทำข้อสอบ 30 ข้อและวิเคราะห์ด้วยโมเดล 2 พารามิเตอร์..... | 116 |
| 4-3 | ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ และ ($\theta$) ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **1200 คน**ทำข้อสอบ 30 ข้อและวิเคราะห์ด้วยโมเดล 2 พารามิเตอร์..... | 117 |
| 4-4 | ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ และ ($\theta$) ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **400 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อและวิเคราะห์ด้วยโมเดล 2 พารามิเตอร์..... | 125 |
| 4-5 | ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ และ ($\theta$) ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **800 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อและวิเคราะห์ด้วยโมเดล 2 พารามิเตอร์..... | 126 |
| 4-6 | ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ และ ($\theta$) ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **1200 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อและวิเคราะห์ด้วยโมเดล 2 พารามิเตอร์..... | 127 |

ภาพที่ หน้า


4-7 ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ และ ($\theta$) ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **400 คน**ทำข้อสอบ 80 ข้อและวิเคราะห์ด้วยโมเดล 2 พารามิเตอร์..... 135

4-8 ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ และ ($\theta$) ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **800 คน**ทำข้อสอบ 80 ข้อและวิเคราะห์ด้วยโมเดล 2 พารามิเตอร์..... 136

4-9 ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ และ ($\theta$) ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **1200 คน**ทำข้อสอบ 80 ข้อและวิเคราะห์ด้วยโมเดล 2 พารามิเตอร์..... 137

4-10 ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา (c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **400 คน** ทำข้อสอบ 30 ข้อ..... 152

4-11 ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา(c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **800 คน** ทำข้อสอบ 30 ข้อ..... 153

4-12 ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา(c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **1200 คน** ทำข้อสอบ 30 ข้อ..... 154

4-13 ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา (c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และค่าสารสนเทศของแบบสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **400 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อ..... 163

4-14 ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา(c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และ ค่าสารสนเทศของแบบสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **800 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อ..... 164

4-15 ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา (c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และสารสนเทศของแบบสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **1200 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อ..... 165

| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 4-16 | ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา (c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และสารสนเทศของแบบสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **400 คน** ทำข้อสอบ 80 ข้อ..... | 174 |
| 4-17 | ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา (c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และค่าสารสนเทศของแบบสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **800 คน** ทำข้อสอบ 80 ข้อ..... | 175 |
| 4-18 | ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา (c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และค่าสารสนเทศของแบบสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **1200 คน** ทำข้อสอบ 80 ข้อ..... | 176 |


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 1

# บทนำ

## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการใช้แบบสอบแบบเลือกตอบ ยังคงใช้ประเมินความสามารถของผู้เรียนอย่างแพร่หลาย ทั้งผลการประเมินการเรียนรู้ในสถานศึกษา หรือแบบสอบคัดเลือกเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาเนื่องจากแบบสอบเลือกตอบหรือหลายตัวเลือกมีข้อดีหลายประการด้วยกัน คือ ประการที่ 1 เป็นแบบสอบที่เหมาะสำหรับการวัดความรู้ความสามารถตั้งแต่ขั้นต่ำไปจนถึงขั้นสูง ประการที่ 2 ใช้เวลาในการตรวจค่อนข้างน้อย เหมาะสำหรับผู้สอบจำนวนมาก ประการที่ 3 มีความตรงตามเนื้อหาและความเที่ยงค่อนข้างสูง ประการที่ 4 เหมาะสำหรับการพัฒนาเป็นแบบสอบมาตรฐาน ประการที่ 5 ให้สารสนเทศด้านการวินิจฉัยการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2548; Mehrens & Lehnman, 1984) นอกจากนี้ในการทดสอบแห่งชาติ(National Test) ของกระทรวงศึกษาธิการ ยังได้ใช้เป็นแบบวัดประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับช่วงชั้นของสำนักงานการศึกษาขั้นพื้นฐาน รวมทั้งการทดสอบเพื่อเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ซึ่งประกอบด้วย การทดสอบ O-NET และ A-NET การทดสอบดังกล่าวได้นำคะแนนผลการทดสอบมาใช้ประเมินผลการศึกษา ตลอดจนการการตัดสินและการคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาต่อ

การใช้ผลคะแนนจากแบบสอบดังกล่าว ยังคงเป็นประเด็นที่นักวัดผลและประเมินผลยังต้องศึกษาต่อไป โดยเฉพาะประเด็นปัญหาเกี่ยวกับความถูกต้องแม่นยำการนำผลคะแนนที่ได้จากแบบสอบนั้นมาประมาณค่าความสามารถ เพื่อให้เกิดความถูกต้องยุติธรรมในการประเมินผลและการคัดเลือกบุคคลว่ามีความถูกต้องหรือไม่ การวัดผลในปัจจุบัน ได้ใช้แนวทางทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory=IRT) เพื่อใช้ในการประมาณค่าความสามารถ ค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ โดยได้กำหนดข้อตกลงเบื้องไว้ว่า ข้อสอบแต่ละข้อต้องมีความเป็นอิสระจากกัน (Local Item Independence) หากข้อสอบมีการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าว จะส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ได้

การศึกษาความเป็นอิสระของข้อสอบเป็นสิ่งสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพของแบบสอบเนื่องจากคุณสมบัติดังกล่าวเป็นข้อตกลงเบื้องต้นของโมเดลการวัด เช่น โมเดลการวัดตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม(Classical Test Theory =CTT) กำหนดไว้ว่า คะแนนจริงและคะแนนความคลาดเคลื่อนต้องไม่สัมพันธ์กัน ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบกำหนดว่าข้อสอบแต่ละข้อจะต้องเป็นอิสระจากกัน รวมทั้งการวิเคราะห์องค์ประกอบ(factor analysis) หากข้อสอบมีความไม่เป็นอิสระต่อกันจะทำให้ขาดความเป็นเอกมิติของแบบสอบด้วย กล่าวคือ ข้อสอบอาจวัด

คุณลักษณะมากกว่า 1 คุณลักษณะโดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบอาจจะมีการไขว้น้ำหนัก การฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นอิสระของข้อสอบจะส่งผลกระทบต่อความผิดพลาดในการประมาณค่าสถิติ ได้แก่ การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบสอบ การประมาณค่าสารสนเทศของข้อสอบและแบบสอบ รวมทั้งความการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบด้วย (Zenisky et. al., 2003)

ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบยังลดความตรงของข้อสอบด้วย ส่งผลต่อความไม่ถูกต้องต่อการให้คะแนนในแบบสอบ เช่น ค่าความเที่ยง สารสนเทศของแบบสอบ หรือความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด นอกจากนี้ยังเป็นการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม(CTT) ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) และ ทฤษฎีการสรุปอ้างอิง (G-Theory) อีกด้วย Thorndike (1951), Anastasi (1961) และ Guilford (1936) ยังพบอีกว่า เมื่อลดจำนวนข้อสอบที่ไม่เป็นอิสระจากกัน จะลดค่าความเที่ยงลงด้วย

ข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นอิสระของข้อสอบ มักจะใช้ในโมเดลที่มีตัวแปรแฝง สำหรับโมเดลการตอบสนองข้อสอบได้กำหนดไว้ว่า ความเป็นอิสระระหว่างข้อสอบและผู้สอบ หมายถึง เมื่อมีการควบคุมความสามารถของผู้สอบ ($\theta$) ที่ส่งผลต่อการตอบข้อสอบ หรือให้ความสามารถของผู้สอบคงที่ และผลของการตอบข้อสอบแต่ละข้อต้องเป็นอิสระจากกัน (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545; Jiao & Kamata, 2003; Smith, 2005) ความเป็นอิสระของข้อสอบจะพิจารณาจากค่าพารามิเตอร์ของโมเดลเฉพาะ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ความเป็นอิสระของข้อสอบ คือ ความน่าจะเป็นของการตอบข้อสอบใดๆ เป็นอิสระจากข้ออื่นๆ เมื่อควบคุมความสามารถ ของผู้สอบ ในทางคณิตศาสตร์ ความเป็นอิสระของข้อสอบเป็นความน่าจะเป็นร่วมของการตอบข้อสอบรายคู่ได้ถูกต้อง ซึ่งเป็นความน่าจะเป็นร่วมของการตอบข้อสอบรายคู่ได้ถูกต้อง (joint probability of correct responses to an item pair) สามารถคำนวณจากสูตร

$$P(X_1 = x_1 and X_2 = x_2 / \theta) = P(X_1 = x_1 / \theta)P(X_2 = x_2 / \theta)$$

ในสภาพความเป็นจริงข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าว มักจะถูกฝ่าฝืนเสมอ เช่น ผลจากการตอบข้อสอบข้อหนึ่งถูกจะมีผลต่อการตอบข้อสอบข้ออื่นถูกด้วย เช่น สำนวนหรือคำที่ใช้ร่วมกันในข้อสอบ หรือข้อสอบหลายข้อที่อ่านจากกราฟ แผนภูมิ บทความจากแหล่ง จะทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ แบบสอบ และคุณลักษณะของผู้สอบ มีความผิดพลาดได้ โดยเฉพาะการประมาณค่าความเที่ยงและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ จะเพิ่มสูงขึ้น และจะส่งผลต่อความถูกต้องในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบด้วย และผลของการประมาณค่าพารามิเตอร์และค่าความเที่ยงที่สูงขึ้นนี้ จะส่งผลต่อการเพิ่มความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 สูงตามไปด้วย และถ้าเป็นการทดสอบแบบปรับเหมาะ (computerize adaptive tests) การคำนวณ

ค่าความสามารถของผู้สอบ จะยุติการสอบก่อนกำหนด เนื่องจากการคำนวณค่าความสามารถ ของผู้สอบคลาดเคลื่อน (Zenisky et. al., 2003; Smith, 2005) นอกจากนี้การฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าว ยังส่งผลต่อการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างการตอบข้อสอบของผู้สอบที่มีความสามารถใกล้เคียงกัน ที่สูงเกินความเป็นจริง

การแก้ปัญหาข้อสอบที่มีความไม่เป็นอิสระจากกันโดยการเสนอวิธีการรวมคะแนนข้อสอบเมื่อเกิดปัญหาดังกล่าว วิธีการรวมคะแนนข้อสอบที่ไม่เป็นอิสระจากกันหลายข้อเสมือนเป็นข้อสอบ 1 ข้อ ที่ให้คะแนนเป็นแบบหลายค่า (Sireci et. al., 1991; Thissen et. al., 1989 & Wainer, 1995 อ้างถึงใน Keller et. al., 2003) วิธีการนี้จะช่วยแก้ไขปัญหา การประมาณค่าสถิติที่เกินความเป็นจริง เช่น ค่าความเที่ยงและสารสนเทศของข้อสอบ อย่างไรก็ตาม การสร้างวิธีการรวมข้อสอบ จะแตกต่างจากการสร้างข้อสอบที่ให้คะแนนแบบหลายค่าที่แท้จริง การรวมข้อสอบให้เป็นข้อสอบข้อเดียวอาจไม่สามารถแก้ไขปัญหา ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ (LID) ได้อย่างแท้จริง อาจเป็นการเพิ่มความคลาดเคลื่อน และลดความตรงของข้อสอบลงได้ นอกจากนี้ยังอาจลดสารสนเทศของแบบสอบด้วย (Yen, 1997 อ้างถึงใน Keller et. al., 2003)

การศึกษาเกี่ยวกับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแบ่งเป็น 3 แนวทาง คือ แนวทางแรก เป็นการพัฒนาวิธีการหรือโมเดลที่ไม่มีข้อตกลงเกี่ยวกับความเป็นอิสระของข้อสอบ แนวทางที่ 2 เป็นการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อสอบ แนวทางที่ 3 เป็นการค้นหาวิธีการประมาณค่าที่มีความทนทานต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ภายใต้การฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้น (Smith, 2005)

Keller et. al., (2003) ศึกษาการประเมิน วิธีการให้คะแนนแบบสอบย่อยที่มีเนื้อหาไม่เป็นอิสระจากกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ประเมินวิธีการให้คะแนนข้อสอบที่มีเนื้อหาไม่เป็นอิสระจากกัน 2 วิธี ได้แก่ การให้คะแนนแบบ 0, 1 โดยไม่คำนึงถึงข้อตกลงเบื้องต้นความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ และสร้างโมเดลความไม่เป็นอิสระโดยการให้คะแนนแบบหลายค่า ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้จากเป็นแบบสอบที่เรียกว่า Uniform Certified Professional Accountants(CPA) Exam. ประกอบด้วยแบบสอบ 3 ประเภท ได้แก่ แบบสอบหลายตัวเลือก แบบสอบวัดตามจุดประสงค์อื่น(other objective answer formats: OOAFs) และ แบบสอบความเรียง ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยสถิติ $Q_3$ ใช้ในการวิเคราะห์แบบสอบ OOAF มีความเป็นอิสระจากกันในข้อสอบแบบหลายตัวเลือกโดยค่าเฉลี่ยสถิติ $Q_3$ เท่ากับ -0.014 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าคาดหวัง -0.006 แบบสอบ OOAF มีระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่แตกต่างกัน การพบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ในแบบสอบ แสดงให้เห็นว่าการให้คะแนนแบบ 2 ค่า (0, 1) ยังไม่เหมาะสมและควรให้คะแนนโดยวิธีอื่น

Yen (1984) ได้เสนอการคำนวณ $Q_3$ เพื่อใช้ในการตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อสอบ โดยการคำนวณค่าเศษเหลือวิธีค่าสถิติYen's $Q_3$ จะคำนวณจากสูตร $Q_{3ij} = r_{d_i d_j}$ ; $d_{ik} = u_{ik} - P_i\left(\hat{\theta}_k\right)$

เมื่อ $u_{ik}$ คือ ผลการตอบข้อสอบข้อที่ i คนที่ k (ตอบถูก = 1, ตอบผิด= 0) และ $P_i(\hat{\theta}_k)$ คือ ความน่าจะเป็นร่วมของการตอบแบบสอบของผู้สอบ และ $Q_3$ เป็นค่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเศษเหลือของข้อสอบและผู้สอบทั้งหมด

Ackerman (1987) ได้ศึกษาโมเดลโลจิส 2 พารามิเตอร์ โดยการสร้างข้อมูลจำลองระดับความเข้มของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเป็น 4 ระดับ (none, weak, medium, strong) ในแบบสอบแบบเลือกตอบ จำนวน 40 ข้อ มีข้อสอบที่มีความไม่เป็นอิสระจำนวน 8 ข้อ แบบสอบที่ใช้ คือ ACT Math Usage Test จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม ที่ขนาด 400 800 และ 1,200 คน ผลการศึกษาพบว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์มีแนวโน้มที่เกินความเป็นจริง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มขึ้น ค่าความสัมพันธ์ระหว่างการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบลดลง จาก 0.95 ลดลงเหลือ 0.90 ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยในการศึกษาครั้งนี้ใช้โมเดลโลจิสติก 2 พารามิเตอร์ ซึ่งให้คะแนนแบบ 2 ค่า การเลือกใช้โมเดลโลจิสติก 2 พารามิเตอร์ ในการศึกษาครั้งนี้มีเหตุผล 3 ประการ คือ (1) การศึกษาผลกระทบจากความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในอดีตยังไม่เป็นระบบ (2) เป็นการศึกษาผลกระทบความเที่ยงของผู้สอบ แต่ยังขาดการศึกษาค่าความเที่ยงของข้อสอบ และ (3) การศึกษาโมเดลโลจิสติก 2 พารามิเตอร์ ในอดีตไม่ได้คำนึงถึงค่าความเหมาะสม (item fit statistics values) ซึ่งอาจเป็นตัวชี้ถึงการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ

นอกจากนี้จากการศึกษาของ Linacre (2000 อ้างถึงใน Smith, 2005 ) ได้จำลองข้อมูลที่เป็นคำตอบของผู้สอบจำนวน 100 คน ทำข้อสอบ 100 ข้อ ให้คะแนนแบบ 0,1 ใช้โมเดล โลจิสติก 1 พารามิเตอร์ ของราส์ช โดยใช้วิธีจำลองข้อสอบวัดซ้ำเพิ่มเข้าไปในแบบสอบฉบับเดิม ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มข้อสอบซ้ำจะมีผลต่อค่าความเที่ยงของแบบสอบและการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบสูงขึ้นด้วย และยังพบว่า การนำข้อสอบวัดซ้ำซึ่งเป็นข้อสอบที่สร้างขึ้น ผลการวิเคราะห์จะไม่ให้สารสนเทศของข้อสอบเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด

จากสภาพปัญหาของการใช้คะแนนจากแบบสอบเพื่อใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ พอสรุปได้ว่า การประมาณค่าความเที่ยง ค่าความสามารถของผู้สอบ รวมทั้งสารสนเทศของข้อสอบและแบบสอบ ด้วยการประมาณค่าโดยโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบทั้ง 3 แบบ ได้แก่ โมเดล 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์ ยังคงมีความไม่ถูกต้อง อันเนื่องมาจากการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ผลการวิเคราะห์ภายใต้เงื่อนไขของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบส่งผลกระทบต่อค่าสถิติต่างๆ ย่อมทำให้การประเมินผลการเรียนของนักเรียนเกิดความคลาดเคลื่อนตามไปด้วย จากเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นประเด็นสำคัญที่ควรศึกษาถึงผลของระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ จำนวนข้อสอบและขนาดกลุ่มตัวอย่าง ที่มีต่อค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถของผู้สอบ รวมทั้งค่าสารสนเทศของข้อสอบและแบบสอบ เพื่อจะได้เป็นแนวทางการบริหารการสอบให้มีความถูกต้อง

เหมาะสมกับสถานการณ์ การวิเคราะห์และการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ตามเงื่อนไขของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่แตกต่างกัน จะทำให้ครูหรือบุคลากรด้านการศึกษาสามารถเลือกสถานการณ์การสอบได้อย่างเหมาะสม โดยพิจารณาจากเงื่อนไขของสถานการณ์การประมาณค่าพารามิเตอร์มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด นอกจากนี้ผลจากการศึกษายังสามารถนำไปกำหนดเกณฑ์ในการประเมินตัดสินผลการเรียนให้มีความถูกต้องยุติธรรมมากขึ้น โดยในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้เทคนิควิธีการจำลองข้อมูลรวมทั้งศึกษาจากข้อมูลจริงประกอบกัน เพื่อให้องค์ความรู้ที่ได้จากทฤษฎีสามารถนำไปใช้ปฏิบัติได้จริง

**คำถามวิจัย**

1. เมื่อกำหนดระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบที่มีจำนวนข้อสอบ และขนาดกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและค่าความสามารถของผู้สอบและสารสนเทศของแบบสอบอย่างไรบ้าง?
2. เมื่อมีการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกับข้อมูลจริง จะมีลักษณะการเกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอย่างไรบ้าง?

**วัตถุประสงค์การวิจัย**

1. เพื่อวิเคราะห์ผลของระดับความไม่เป็นอิสระ ของข้อสอบด้วยโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ที่มีจำนวนข้อสอบและขนาดกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกัน ที่มีต่อค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถของผู้สอบและสารสนเทศของแบบสอบ
2. เพื่อวิเคราะห์ลักษณะความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในแบบสอบวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ

**สมมติฐานของการวิจัย**

Zenisky et. al., (2003) ศึกษาพบว่าการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นอิสระของข้อสอบจะส่งผลกระทบต่อความผิดพลาดในการประมาณค่าสถิติ ได้แก่ การประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบสอบ การประมาณค่าสารสนเทศของข้อสอบและแบบสอบรวมทั้งความการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบด้วย Ackerman (1987) ศึกษาพบว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์มีแนวโน้มที่เกินความเป็นจริง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มขึ้น

Linacre (2000 อ้างถึงใน Smith, 2005 ) ศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มข้อสอบซ้ำในแบบสอบจะมีผลต่อค่าความเที่ยงของแบบสอบและการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบที่สูงขึ้นด้วย และยังพบว่าการนำข้อสอบวัดซ้ำเพิ่มในแบบสอบ ผลการวิเคราะห์จะไม่ให้สารสนเทศของข้อสอบเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด

Van (1986 อ้างถึงใน กิ่งกาญจน์ เมฆา, 2540) และHenly et. al., (1989 อ้างถึงใน สุพล นิลกลาง, 2541) เปรียบเทียบผลของการประมาณค่าพารามิเตอร์ระหว่างโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบ 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์ พบว่า โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ต้องการกลุ่มตัวอย่างจำนวนมากในการวิเคราะห์ แต่ในโมเดลแบบ 1 พารามิเตอร์สามารถใช้วิเคราะห์กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กได้ และสามารถประมาณค่าความสามารถของผู้สอบมีคุณภาพดีเท่าเทียมกับการประมาณค่าในโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ สุวิมล ติรกานันท์ (2538) ศึกษาพบว่า การฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวความเป็นเอกมิติของแบบสอบซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเป็นอิสระของข้อสอบด้วย จะส่งผลต่อค่าอำนาจจำแนกสูงขึ้น ค่าความยากลดลง และค่าการเดาสูงขึ้น ตลอดจนค่าสารสนเทศของข้อสอบและแบบสอบลดลง Jiao et. al., (2005), Ferara et. al., (1999) ศึกษาพบว่าในวิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีโอกาสเกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบสูงเนื่องจากมักจะมีข้อสอบหลายข้อถามในเนื้อหาเดียวกัน

จากการศึกษารายงานการวิจัยที่ผ่านมาผู้วิจัยจึงกำหนดสมมติฐานดังนี้

1. เมื่อกำหนดระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้นภายใต้เงื่อน จำนวนข้อสอบขนาดกลุ่มตัวอย่าง ที่แตกต่างกันส่งผลทำให้ค่าความเที่ยงของแบบสอบสูงขึ้น
2. เมื่อกำหนดระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้นภายใต้เงื่อนไขของโมเดลการตอบสนองข้อสอบที่มีจำนวนข้อสอบและขนาดกลุ่มตัวอย่าง ที่แตกต่างกันส่งผลทำให้ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ อันได้แก่ ค่าอำนาจจำแนกสูงขึ้น ค่าความยากง่ายต่ำลง ค่าการเดาเพิ่มขึ้น ค่าความสามารถเพิ่มขึ้น และค่าสารสนเทศของแบบสอบลดลง

**ขอบเขตของการวิจัย**

1. การศึกษาจะใช้วิธีการจำลองข้อมูล (Simulation) โดยใช้โปรแกรมภาษาฟอร์แทรน (FORTRAN POWER STATION V. 4.0) และการวิเคราะห์ข้อมูลจริง (Real data) โดยจะใช้แบบสอบที่มีเนื้อหาที่จะมีโอกาสเกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบได้มาก โดยเฉพาะแบบสอบที่ถามเนื้อหาเดียวกันด้วยข้อสอบหลายข้อ หรือ แบบสอบที่ต้องใช้ตาราง กราฟหรือแผนภูมิร่วมกันในการตอบข้อสอบ

2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

2.1.1 ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ (LID) ประกอบด้วย 9 ระดับโดยแบ่งเป็นกลุ่มย่อย 3 ระดับได้แก่ ระดับต่ำ (mild) ระดับปานกลาง (medium) ระดับสูง (strong) (Spray, and Ackerman, 1987; Ackerman, 1987)

2.1.2 โมเดลการวิเคราะห์ข้อสอบ (Analysis model) ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบ แบ่งเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ โมเดล 1 พารามิเตอร์ (1PL) โมเดล 2 พารามิเตอร์ (2PL) และโมเดล 3 พารามิเตอร์ (3PL)

2.1.3 จำนวนข้อสอบ (items) แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 30 ข้อ 50 ข้อ 80 ข้อ (Smith, 2005)

2.1.4 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (sample size) แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 400, 800, 1200 คน (Spray and Ackerman, 1987; Ackerman, 1987)

ดังนั้น จำนวนเงื่อนไขของการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการจำลองข้อมูลจะมีจำนวนทั้งสิ้นเท่ากับ 243 เงื่อนไข

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถของผู้สอบ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ

3. การประมาณค่าพารามิเตอร์

3.1 การตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ จะใช้ค่า Yen's Q3 โดยมีสูตรในการคำนวณคือ $d_{ik} = u_{ik} - P_i\left(\hat{\theta}_k\right)$ ; $Q_{3ij} = r_{d_i d_j}$ เมื่อ $d_{ik}$ คือค่าผลต่างของผลการตอบข้อสอบกับค่าความน่าจะเป็นของการตอบข้อสอบ $u_{ik}$ คือผลการตอบข้อสอบข้อที่ i คนที่ k (ตอบถูก = 1, ตอบผิด= 0) $P_i\left(\hat{\theta}_k\right)$ คือ ความน่าจะเป็นร่วมของการตอบแบบสอบของผู้สอบ และ $Q_3$ คือค่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเศษเหลือของข้อสอบและผู้สอบทั้งหมด

3.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบจะใช้วิธีการประมาณค่าของเบส์โดยใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 1, 2 และ3 พารามิเตอร์

4. การวิเคราะห์ข้อมูลจริง วิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษในระดับในช่วงชั้นที่ 2 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2550 เขตพื้นที่การศึกษา จังหวัดสุพรรณบุรี เขต 1

**ข้อจำกัดของการวิจัย**

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบของแบบสอบทั่วไป โดยมุ่งศึกษาความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเป็นรายคู่ในแบบสอบทั้งฉบับ โดยไม่ได้คำนึงถึง

คุณลักษณะของแบบสอบด้านความเป็นมาและวัตถุประสงค์ของแบบสอบ รวมถึงกระบวนการสร้างแบบสอบและลักษณะโครงสร้างของแบบสอบแต่ละฉบับ เช่น แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป แบบสอบที่ใช้ในการคัดเลือกนักเรียนเข้าศึกษาต่อ ซึ่งแบบสอบบางฉบับอาจมีลักษณะเป็นแบบสอบย่อย (testlets) กล่าวคือ เป็นแบบสอบที่มีการสร้างข้อสอบหลายข้อและใช้เนื้อหาเดียวกันในการออกข้อสอบ เช่น แบบสอบวัดทักษะการอ่านเพื่อความเข้าใจเนื้อเรื่องในวิชาภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษ ซึ่งเป็นธรรมชาติของแบบสอบที่จะมีโอกาสเกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบได้

**นิยามคำศัพท์**

**ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ** หมายถึง โอกาสของการตอบข้อสอบข้อหนึ่งได้ถูกต้องมีผลต่อโอกาสของการตอบข้อสอบอีกข้อหนึ่งถูกต้องด้วย จึงทำให้การตอบข้อสอบแต่ละข้อไม่เป็นอิสระต่อกัน และทำให้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นร่วมของการตอบแบบสอบแต่ละข้อ ซึ่งมีค่าเท่ากับผลคูณของโอกาสของการตอบข้อสอบแต่ละข้อไม่เป็นจริง การตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบจะใช้ค่าสถิติ Yen's $Q_3$ ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเศษเหลือของข้อสอบ $Q_{3ij} = r_{d_i d_j}$; $d_{ik} = u_{ik} - P_i\left(\hat{\theta}_k\right)$ เมื่อ $u_{ik}$ คือ ผลการตอบข้อสอบข้อที่ i คนที่ k (ตอบถูก = 1, ตอบผิด= 0) และ $P_i\left(\hat{\theta}_k\right)$ คือ ความน่าจะเป็นของการตอบข้อสอบข้อที่ i คนที่ k และ $d_{ik}$ คือ ค่าคะแนนเศษเหลือของข้อสอบข้อที่ i คนที่ k โดยกำหนดค่าระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเป็น 9 ระดับ และแบ่งเป็นกลุ่มย่อย 3 ระดับ คือ กลุ่มระดับต่ำ กลุ่มระดับปานกลาง และกลุ่มระดับสูง

**การประมาณค่าพารามิเตอร์** หมายถึง การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ และค่าความสามารถของผู้สอบ โดยใช้ค่าสถิติจากกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีของเบส์เซียน (Bayesian's method)

**โค้งลักษณะข้อสอบ** หมายถึง กราฟของฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถของผู้สอบกับความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบข้อหนึ่งๆได้ถูกต้อง

**ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ( $\beta$ )** หมายถึง ค่าที่แท้จริงของประชากรที่บ่งบอกถึงลักษณะของข้อสอบ ซึ่งประกอบด้วยค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าการเดา ของข้อสอบ

**ค่าความยากของข้อสอบ ($b_i$)** หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบที่อยู่ตำแหน่งบนโค้งลักษณะข้อสอบซึ่งอยู่บนมาตรความสามารถซึ่งทำให้โอกาสของการตอบข้อสอบถูกเท่ากับ $\frac{1+c_i}{2}$ โดยข้อสอบที่ยากจะมีค่าความยากของข้อสอบไปทางขวา จุดเปลี่ยนโค้งลักษณะข้อสอบเป็นจุดที่ค่า

$\theta = b_i$ สำหรับโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 1 และ 2 พารามิเตอร์ ค่าความยากของข้อสอบเป็นระดับความสามารถของผู้สอบที่มีค่าความน่าจะเป็น ในการตอบข้อสอบถูกเท่ากับ 0.5 แต่ถ้ามีการเดาแล้ว ค่าความยากของข้อสอบจะเป็นระดับความสามารถของผู้สอบที่มีค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกเท่ากับ $c \leq b_i \leq 1.0$ ค่าความยากง่ายที่นิยมใช้อยู่ระหว่าง $-2.50 \leq b_i \leq +2.50$ แต่ในทางทฤษฎีจะมีค่าอยู่ระหว่าง $(-\infty,+\infty)$

**ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ ($a_i$)** หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบที่เป็นสัดส่วนของความชันของโค้งลักษณะข้อสอบที่ตำแหน่ง $b_i$ ระหว่างผู้ที่มีความสามารถ $\leq \theta$ กับ $> \theta$ ณ จุดเปลี่ยนโค้งซึ่งจำแนกค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูก ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบที่สูงแสดงถึงความสามารถในการจำแนกผู้สอบที่มีความสามารถสูงออกจากผู้สอบที่มีความสามารถต่ำได้ดี ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบนิยมใช้อยู่ในช่วง $0.50 \leq a_i \leq +2.50$ แต่ในทางทฤษฎี มีค่าอยู่ระหว่าง $(-\infty,+\infty)$

**ค่าการเดาของข้อสอบ ($c_i$)** หมายถึง ค่าความน่าจะเป็นของผู้สอบที่ไม่มีความสามารถเลย ($\theta = -\infty$) ที่จะตอบข้อสอบข้อนั้นได้ถูกต้อง นิยมกำหนดให้ค่าการเดาของข้อสอบมีค่าไม่เกิน 0.30 แต่ในทางทฤษฎีมีค่าอยู่ระหว่าง $0 \leq c_i \leq 1$

**โมเดลการตอบสนองข้อสอบ** หมายถึง รูปแบบที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสของการตอบข้อสอบถูก ($P_i$) กับความสามารถที่มีอยู่ภายในของผู้สอบ($\theta$) ในรูปโค้งลักษณะข้อสอบ (ICC) ซึ่งมีลักษณะเป็นฟังก์ชันโลจิสติก โดยความสัมพันธ์ดังกล่าว อธิบายด้วยลักษณะของข้อสอบอันประกอบด้วยค่าความยาก (b) ค่าอำนาจจำแนก (a) และค่าการเดา (c)

**โมเดลหนึ่งพารามิเตอร์(1 PL)** หมายถึง รูปแบบที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสในการตอบข้อสอบถูกต้องกับระดับความสามารถของผู้สอบ ซึ่งแสดงในรูปโค้งลักษณะข้อสอบ (ICC) เมื่อค่าความยากเปลี่ยนแปลงไป แต่ค่าอำนาจจำแนกและค่าการเดาคงที่

**โมเดลสองพารามิเตอร์(2 PL)** หมายถึง ระบบที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสในการตอบข้อสอบถูกต้องกับระดับความสามารถของผู้สอบ ซึ่งแสดงในรูปโค้งลักษณะข้อสอบ (ICC) เมื่อค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกเปลี่ยนแปลงไป แต่ค่าการเดาคงที่

**โมเดลสามพารามิเตอร์(3 PL)** หมายถึง รูปแบบที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสในการตอบข้อสอบถูกต้องกับระดับความสามารถของผู้สอบ ซึ่งแสดงในรูปโค้งลักษณะข้อสอบ (ICC) เมื่อค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกและค่าการเดาเปลี่ยนแปลงไป

**ค่าความสามารถของผู้สอบ($\theta$)** หมายถึง ระดับความสามารถของผู้สอบแต่ละคนที่ประมาณค่าจากการตอบข้อสอบได้ถูกต้องโดยใช้วิธีประมาณค่าของเบส์ (Bayesian's method) ในโมเดลการตอบสนองข้อสอบ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0 และ 1 ตามลำดับ สำหรับค่าความสามารถมีค่าตั้งแต่ $-\infty$ ถึง $+\infty$

**ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ** หมายถึง ความถูกต้องในการประมาณค่าความสามารถจริงของผู้สอบด้วยผลการตอบสนองข้อสอบข้อนั้นๆ ซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราส่วนของกำลังสองของความชันของเส้นโค้งลักษณะข้อสอบ ต่อค่าความแปรปรวนของข้อสอบข้อนั้น เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ คือ

$$I_i(\theta) = \frac{\left[P_i(\theta)'\right]^2}{P_i(\theta)Q_i(\theta)}$$

**ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ** หมายถึง ผลรวมของค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบในแบบสอบฉบับนั้น เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ คือ

$$I(\theta, u_i) = \sum_{i=1}^{n} \frac{\left[P_i(\theta)'\right]^2}{P_i(\theta)Q_i(\theta)}$$

**การจำลองข้อมูล** หมายถึง การจัดสถานการณ์การจำลองข้อมูลตามเงื่อนไข ของการทำแบบสอบที่มีระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบด้วยโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ที่มีจำนวนข้อสอบและขนาดกลุ่มตัวอย่างแตกต่างกัน ด้วยวิธีการสร้างตัวเลขสุ่มซ้ำๆกันจำนวน 1000 ครั้ง ในแต่ละเงื่อนไขของการทดสอบ เพื่อมุ่งศึกษาลักษณะการแจกแจงค่าสถิติ ด้วยการสังเกตและประเมินพฤติกรรม การแจกแจงค่าสถิติซึ่งเป็นผลลัพธ์จากการสุ่ม ด้วยการสร้างตัวเลขสุ่มโดยวิธีการแจกแจงปกติหลายตัวแปร ที่มีความสัมพันธ์กันในระดับเงื่อนไขการทดสอบต่างๆ แล้วแปลงค่าตัวเลขเป็นคะแนนคำตอบแบบ 0 1 แล้วจึงประมาณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ ค่าความเที่ยง ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าการเดา ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ได้ทราบเงื่อนไขเกี่ยวกับลักษณะของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ โมเดลการตอบสนองข้อสอบ จำนวนข้อสอบ และขนาดกลุ่มตัวอย่างที่จะทำให้การประมาณค่าความสามารถของผู้สอบและค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด
2. ใช้เป็นแนวทางในการออกข้อสอบ โดยไม่ให้ได้รับผลกระทบจากปัญหาความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่อาจเกิดขึ้น เพื่อให้การตัดสินผลการเรียนมีความถูกต้องตามหลักการวิเคราะห์แบบสอบตามแนวคิดทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ
3. ใช้เป็นแนวทางในการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพื่อพัฒนาคุณภาพข้อสอบและคลังข้อสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 2

## แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การนำเสนอสาระสำคัญของแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ซึ่งผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าและสังเคราะห์จากหนังสือ เอกสาร บทความ ทางวิชาการ บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ ฐานข้อมูลงานวิจัยต่างๆจากอินเทอร์เน็ตของสถาบันวิทยบริการได้แก่ Academic Search Premier, EBSCOhost, ERIC, Wilson Web และ Google รวมทั้งรายงานการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ จากนั้นจึงสรุปสาระสำคัญ และเขียนกรอบแนวคิดในการวิจัยในตอนท้ายของบทนี้ ซึ่งนำเสนอรายละเอียดในแต่ละตอนดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ความเป็นมาและสาเหตุของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ
ตอนที่ 2 นิยาม ความหมาย และวิธีการวัดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ
ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT)
ตอนที่ 4 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถและสารสนเทศของแบบสอบ
ตอนที่ 5 การจำลองข้อมูลด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล
ตอนที่ 6 การจำลองข้อสอบที่มีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ
ตอนที่ 7 รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง
ตอนที่ 8 สรุปประเด็นที่ได้จากสังเขปสาระ ทฤษฎี เอกสารและรายงานการวิจัย ที่เกี่ยวข้องและประเด็นที่น่าสนใจทำวิจัย
ตอนที่ 9 กรอบแนวคิดการวิจัย

### ตอนที่ 1 ความเป็นมาและสาเหตุของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ

แนวคิดของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบกล่าวถึงความเป็นอิสระระหว่างข้อสอบกับความเป็นอิสระระหว่างผู้สอบ($\theta$)ว่า ผลของการตอบข้อสอบข้อหนึ่งจะต้องไม่มีผลต่อการตอบข้อสอบอีกข้อหนึ่ง และความสามารถของผู้สอบคนหนึ่งจะต้องไม่ไปมีผลต่อความสามารถของผู้สอบอีกคนหนึ่ง ความน่าจะเป็นของการตอบข้อสอบถูกเกิดจากผู้สอบแสดงการตอบสนองข้อสอบด้วยฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบ ซึ่งประกอบด้วยค่าความสามารถ และค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ซึ่งทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถกับโอกาสในการตอบข้อสอบด้วยโค้งลักษณะข้อสอบ ดังนั้น ความเป็นอิสระระหว่างข้อสอบ (local item independence) จึงเป็นผลมาจากการตอบข้อสอบ

รายคู่ ที่เป็นอิสระจากกัน กล่าวคือ ผลของการตอบข้อสอบข้อหนึ่งจะต้องไม่เป็นผลต่อการตอบข้อสอบ อีกข้อหนึ่ง (Hambleton Swaminathan & Rogers, 1991; Lord & Novick, 1968 อ้างถึงใน Zenisky et. al., 2003) เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบปรากฏอยู่ในแบบสอบจะทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์ ค่าสถิติของข้อสอบ และประสิทธิภาพของผู้สอบเกิดความผิดพลาด (Fennessy, 1995; Sireci Thissen & Wainer,1991; Thissen Steinberg &Mooney,1989 อ้างถึงใน Zennisky et. al., 2003) นอกจากนี้ ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบยังเป็นการเพิ่มมิติของแบบสอบ

ความเป็นอิสระของข้อสอบเป็นข้อตกลงเบื้องต้นข้อหนึ่งของโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ซึ่งจะปรากฏ เมื่อความน่าจะเป็นของการตอบข้อสอบข้อหนึ่งได้ถูกต้อง จะต้องไม่ได้เป็นผลมาจากการตอบข้อสอบอีกข้อหนึ่ง การตอบข้อสอบถูกต้องเป็นผลมาจากเงื่อนไข ของค่าความสามารถ($\theta$) และค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบในแต่ละข้อ (Hambleton and Sawaminathan, 1985; Embertson and Reise, 2000 อ้างถึงใน Jiao Wong and Kamata , 2005) โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบอาจไม่มีความทนทานต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าว ซึ่งจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ (LID) มีผลกระทบในทางลบ เช่น การประมาณค่าพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบและพารามิเตอร์ของข้อสอบ และการปรับเทียบคะแนน (test equating) (Ackerman, 1987; Chan and Thissen, 1957; Spray and Ackerman, 1987; Tuerlincky and De Boeck, 2001a, 2001b; Yen, 1984)

Lee (2004) กล่าวว่า ข้อสอบที่สร้างเพื่อวัดคุณลักษณะของผู้สอบเพียงอย่างเดียว ทำให้เกิดปัญหาการวิเคราะห์ข้อสอบ การสร้างข้อสอบภายใต้กรอบโมเดลการวัดรวมกันซึ่งโมเดลการวัดแบบดั้งเดิม (CTT) และโมเดลการวัดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ได้กล่าวไว้ชัดเจนว่าข้อสอบแต่ละข้อต้องมีความเป็นอิสระจากกัน เมื่อมีกลุ่มของข้อสอบที่ไม่เป็นอิสระจากกันร่วมอยู่ในชุดเดียวกัน ทำให้มีการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นอิสระของข้อสอบ ผลที่ตามมาคือ ความผิดพลาดในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ สารสนเทศของแบบสอบ และค่าความเที่ยง (Yen, 1984; 1993; Henning, 1985; Sireci et. al., 1991 อ้างถึงใน Yong –Won Lee, 2004)

โดยหลักการคือ ถ้าเนื้อหาของข้อสอบข้อใดเป็นเบาะแสในการตอบข้อสอบข้ออื่น ๆ ได้ในแบบสอบฉบับเดียวกัน ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบจะเกิดขึ้นทันที (Hambleton and Swaminathan, 1985 อ้างถึงใน Lee, 2004) รวมทั้งการใช้บริบทของเนื้อหาร่วมกันและแบบสอบย่อยนั้นมีเนื้อหาเกี่ยวเนื่องกันเป็นลูกโซ่ การทำแบบสอบที่แข่งกับเวลา ความเหนื่อยล้า การจัดเรียงข้อสอบตามเนื้อหาในหนังสืออาจเป็นแหล่งของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(Muraki and Lee, 2001)

Kelly (1927), Guilford (1936), Thorndike (1951), Anatasi (1961) ได้กล่าวถึงข้อสอบที่มีลักษณะหลายข้อที่ใช้บทความ ตาราง รูปภาพ แผนที่ร่วมกันจะส่งผลให้การประมาณค่าความเที่ยง

แบบแบ่งครึ่งข้อสอบ (split-half reliability) สูงขึ้นเนื่องจากความสัมพันธ์ภายในระหว่างข้อสอบจะทำให้ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างแบบสอบ 2 ชุดสูงขึ้น

องค์ประกอบที่ก่อให้เกิด ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบนั้นมีสาเหตุหลายประการ ได้แก่ ความไม่เป็นอิสระและความเป็นอิสระของข้อสอบภายในแบบสอบย่อยแตกต่างกันไปตามลักษณะบริบทของเนื้อหา เช่น แบบสอบการอ่านภาษาอังกฤษ ข้อสอบอาจจะมีลักษณะบริบทของเนื้อหาที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ข้อสอบบางข้ออาจมีการใช้เนื้อหาที่ร่วมกันอยู่ หรือในวิชาคณิตศาสตร์ ข้อคำถามอาจมีการใช้ตารางข้อมูลร่วมกันในการตอบคำถามหลายข้อ (Yen, 1993; Ferrara Huynh and Baghi, 1957; and Ferrara Huynh and Michaels, 1939 อ้างถึงใน Jiao Wong and Kamata, 2005)

Yen (1993) กล่าวว่า สาเหตุของการเกิด ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ (LID) มี 10 ประการ ได้แก่ 1) ผู้สอบได้รับความช่วยเหลือหรือการแทรกแซง(external assistance or interference) 2) ความเร็ว (speeded ness) 3) ความเหนื่อยล้า (fatigue) 4) การฝึกปฏิบัติ(practice) 5) รูปแบบการตอบหรือข้อสอบ 6) ความไม่เป็นอิสระของเนื้อหา(passage dependence) 7) ข้อสอบที่เชื่อมโยงเกี่ยวเนื่องกัน, อนุกรม(item chaining) 8) การอธิบายคำตอบที่ผ่านมา(explanation of previous answer) 9) เกณฑ์การให้คะแนนหรือผู้ให้คะแนน(scoring rubrics or raters) 10) เนื้อหาความรู้ และความสามารถ (content knowledge and ability)

Thissen et. al., (1992) ได้ศึกษาสาเหตุของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ โดยการแบ่งความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบภายในแฝง (underlying LID) และความไม่เป็นอิสระของข้อสอบภายนอก (Surface LID) ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบภายในแฝง โดยจะมีลักษณะของข้อสอบ ใช้เนื้อหาร่วมกันในแต่ละตอน ส่วนความไม่เป็นอิสระของข้อสอบภายนอก จะมีลักษณะของข้อสอบที่มีสถานการณ์ของแบบสอบที่คล้ายกัน เช่น ในแบบสอบที่แข่งกับเวลา (speeded test) ผู้สอบบางคนอาจไม่ได้ทำข้อสอบครบทุกข้ออันเนื่องมาจากทำไม่ทันเวลา กรณีนี้คำตอบของผู้สอบต่อคำถามแต่ละข้อจะมีธรรมชาติที่คล้ายกันมาก

Hoskens and De Boeck (1997) ยังแบ่งความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ความไม่เป็นอิสระจัดอันดับ (order dependency) ซึ่งการจัดเรียงลำดับของข้อสอบก่อให้เกิดความไม่เป็นอิสระจากกัน และความไม่เป็นอิสระเชิงบวก(combination dependency) กล่าวคือมีลักษณะที่นำข้อสอบที่มีเนื้อหาร่วมกันแล้วจัดเป็นแบบสอบย่อย

การศึกษาปัญหาความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกับแบบสอบการอ่าน Thissen (1989) and Sireci (1991) ศึกษาพบว่า ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเป็นปัญหาสำคัญต่อการทดสอบแบบปรับเหมาะ (computerized adaptive testing :CAT) เนื่องจากการทดสอบแบบปรับเหมาะจะใช้ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า(SEE) ซึ่งเป็นค่าผกผันกับค่าสารสนเทศของแบบสอบมาเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อสอบ ถ้าค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณ

ค่าต่ำ การคำนวณจะยุติก่อนกำหนดและการประมาณค่าความสามารถจะมีค่าสูงเกินความเป็นจริง (Fennessy, 1995) Ferrara et. al., (1997) , Ferrara et. al., (1999) and Yen (1993) ได้ศึกษาสาเหตุของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ที่มีต่อการประเมินภาคปฏิบัติ และพบว่ามีปัญหาคล้ายคลึงกัน และจะมีปัญหาเกี่ยวกับการประมาณค่าความเที่ยงของแบบสอบ

ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) อาจเป็นผลดีในเรื่องของความตรงตามโครงสร้าง เมื่อต้องการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้สอบ หรือ การทดสอบความเข้าใจในการอ่านบทความ กราฟ ภาพลำดับเหตุการณ์ เป็นต้น ดังนั้นนักวัดผลจะต้องคิดว่าจะทำอย่างไรจึงจะไม่เกิดปัญหาความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ผู้สร้างแบบสอบจำเป็นต้องมีวิธีการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในโมเดลการตอบสนองข้อสอบซึ่งมีหลายวิธี

การศึกษาระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ เมื่อใช้วิธีการให้คะแนนแตกต่างกัน จะสามารถลดความลำเอียงของข้อสอบแบบหลายตัวเลือกได้ ในกรณีข้อสอบที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกัน สามารถแก้ไขด้วยวิธีการให้คะแนนแบบหลายค่าโดยการรวมเป็นแบบสอบย่อย(testlets) และจะใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบให้คะแนนหลายค่าในการวิเคราะห์ แบบสอบย่อยจะมีหน่วยของการให้คะแนนภายในแบบสอบที่มีขนาดเล็กกว่าแบบสอบทั้งฉบับซึ่งอาจประกอบด้วยข้อสอบที่มีหรือไม่มีความเป็นอิสระรวมอยู่ด้วยก็ได้ (Thissen et. al., 1989; Thissen et. al., 1997; Yen, 1993; Wainer & Kiely, 1987 อ้างถึงใน Zenisky et. al., 2003) การประมาณค่าความเที่ยงจะถูกต้องได้ก็ต่อเมื่อข้อสอบมีความเป็นอิสระจากกัน ดังนั้น ข้อสอบที่มีความไม่เป็นอิสระจะทำให้ค่าความเที่ยงสูงขึ้นมากกว่าปกติ (inflate reliability) (Sireci, 1991) เมื่อมีการรวมข้อสอบที่มีลักษณะสัมพันธ์กันอยู่ในบทความเดียวกันเข้าด้วยกัน จะมีความเหมาะสมของโมเดลมากขึ้น การใช้วิธีนี้ความเป็นอิสระจะเกิดขึ้น เนื่องจากแบบสอบชุดย่อยจะรวมกันเป็นหน่วยเดียวกัน ซึ่งการรวมข้อสอบเข้าเป็นแบบสอบชุดย่อย จะเป็นแบบสอบที่อยู่บนพื้นฐานข้อตกลงเบื้องต้นของความเป็นอิสระของข้อสอบ แต่อย่างไรก็ตามข้อสอบที่รวมกันเป็นแบบสอบชุดย่อย ก็ยังมีข้อบกพร่องในเรื่องความตรงตามโครงสร้างของข้อสอบ

โมเดลการตอบสนองข้อสอบบางครั้งอาจไม่เหมาะกับแบบสอบที่ให้คะแนนแบบหลายค่า การรวมคะแนนข้อสอบภายในแบบสอบย่อยเพื่อเป็นคะแนนทั้งชุด สารสนเทศของแบบสอบจะสูญเสียไป เช่น มีแบบสอบฉบับหนึ่งจำนวน 60 ข้อ ประกอบด้วย แบบสอบย่อย 10 ชุด โดยแต่ละชุดมีข้อสอบ 6 ข้อ ซึ่งให้คะแนนแบบ 0, 1 และใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบที่ได้เท่ากับ 180 ค่า เมื่อเปรียบเทียบกับแบบสอบที่ให้คะแนนแบบหลายค่า เพื่ออธิบายโครงสร้างของแบบสอบย่อย จำนวนพารามิเตอร์ในการประมาณค่าจะลดลง นอกจากนี้สารสนเทศจากการวัดอาจสูญเสียไปเมื่อมีการยุบรวมข้อสอบเป็นแบบสอบย่อย การกำหนดมาตรการวัดของแบบสอบย่อยยังไม่มีความชัดเจน องค์ประกอบของการตัดสินในการที่จะใส่เพิ่มข้อสอบที่มีความไม่เป็นอิสระในข้อมูล

จะทำให้เกิดผลลัพธ์ของข้อสอบ แบบสอบ และค่าสถิติความสามารถของผู้สอบ ดังนั้น การตรวจสอบระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบจะต้องตรวจสอบก่อนเพื่อให้แน่ใจว่าจะใช้โมเดลใดที่เหมาะสมที่สุดในการวิเคราะห์ข้อสอบ

วิธีการหนึ่งของการแก้ปัญหานี้ ก็คือ การรวมข้อสอบที่ร่วมวัดในสิ่งเดียวกันหรือมีความไม่เป็นอิสระจากกันมาจัดทำเป็นข้อสอบหนึ่งข้อที่ให้คะแนนหลายค่า (Andrich, 1985; Rosenbaum, 1958; Lee, 1998) หรือจัดแบบสอบย่อยที่เป็นผลต่อบุคคลเข้าด้วยกัน (Wainer et. al., 1999; Wainer and Wang, 2000) แม้ว่าวิธีการดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่การรวมแบบสอบย่อยเข้าด้วยกันอาจมีปัญหาด้านความตรงตามเนื้อหา

**ตอนที่ 2 นิยาม ความหมาย และวิธีการวัดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ**

**2.1 นิยาม ความหมาย**

ความเป็นอิสระต่อกันของข้อสอบ หมายถึง โอกาสของการตอบข้อสอบถูกในแต่ละข้อเป็นอิสระต่อกัน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ การตอบข้อสอบข้อหนึ่งจะต้องไม่มีผลต่อการตอบข้อสอบอีกข้อหนึ่ง ในทางสถิติเมื่อข้อสอบมีความเป็นอิสระต่อกัน ความน่าจะเป็นของรูปแบบการตอบข้อสอบจะมีค่าเท่ากับผลคูณของความน่าจะเป็นของการตอบข้อสอบแต่ละข้อ (Hambleton &Swaminathan, 1985)

สมมติให้ผู้สอบทำข้อสอบ จำนวน 5 ข้อ มีรูปแบบการให้คะแนนแบบ 2 ค่า คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน ผลลัพธ์การตอบแบบสอบ เป็นดังนี้

$$U = (10110)$$

ความน่าจะเป็นของการตอบแบบสอบจะเท่ากับ

$$P_1.(1-P_2).P_3.P_4.(1-P_5)$$

ดังนั้น ความน่าจะเป็นในการตอบแบบสอบทั้งฉบับของผู้สอบ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการทั่วไปดังนี้ (Hambleton & Traub, 1974 ; Yen , 1980 อ้างถึงใน สุวิมล ติรกานันท์, 2538; Hulin et. al., 1983)

$$\Pr ob[U_1 = u_1, U_2 = u_2 ... U_n = u_n / \theta] = P_1(\theta)^{u_1}.Q_1(\theta)^{1-u_1}.P_2(\theta)^{u_2}.Q_2(\theta)^{1-u_2} \\ \ldots\ldots P_n(\theta)^{u_n}.Q_n(\theta)^{1-u_n}. \\ = \prod_{i=1}^{n} P_i(\theta)^{u_i}.Q_i(\theta)^{1-u_i}$$

ข้อตกลงนี้จะเป็นผลเมื่อความน่าจะเป็นของการตอบข้อสอบทั้งหมดมีค่าเท่ากับผลคูณของความน่าจะเป็นของการตอบแต่ละข้อเป็นอิสระจากกัน

$$f(x/\theta) = \prod_{i=1}^{n} P_i(\theta)^{u_i}.Q_i(\theta)^{1-u_i}$$

ตัวอย่างของการหาความน่าจะเป็นของการตอบแบบสอบที่มีความเป็นอิสระต่อกันของข้อสอบ สามารถคำนวณได้ดังนี้

ในกรณีเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์เป็นแบบ 3 พารามิเตอร์ และกำหนดให้ความน่าจะเป็นของการตอบข้อสอบถูกคือ $P_1(\theta) = .61, P_2(\theta) = .31, P_3(\theta) = .77, P_4(\theta) = .53, P_5(\theta) = .48$ ดังนั้น

$$\begin{aligned} &\Pr ob[U_1 = 1, U_2 = 0, U_3 = 1, U_4 = 1, U_5 = 0/\theta] \\ &= \prod_{i=1}^{n} P_i(\theta)^{u_i}.Q_i(\theta)^{1-u_i} \\ &= P_1.(1-P_2).P_3.P_4.(1-P_5) \\ &= (.61)(1\text{-}.31)(.77)(.53)(1\text{-}.48) \\ &= .0893 \end{aligned}$$

ดังนั้น ความน่าจะเป็นของการตอบแบบสอบทั้งฉบับของผู้สอบ คือ .0893

มโนทัศน์ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบถูกนำมาใช้ในรูปแบบที่หลากหลาย เช่น ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม การวิเคราะห์จำแนกคุณลักษณะ(latent class analysis) การวิเคราะห์องค์ประกอบ(factor analysis) และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ(Lord & Novick, 1968 อ้างถึงใน Yen,1999) ในทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมนั้น มีข้อตกลงเบื้องต้นที่กำหนดว่า ความคลาดเคลื่อนจากการวัดจะต้องไม่สัมพันธ์กับคะแนนจริงของผู้สอบ ในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบนั้นเมื่อข้อสอบคู่ใดมีความเป็นอิสระต่อกัน ความน่าจะเป็นของคะแนนที่ได้ตามเงื่อนไขระดับความสามารถของผู้สอบจะได้จากผลลัพธ์ของความน่าจะเป็นของข้อสอบทั้งสองข้อดังนี้

$$P(X_1 = x_1 and X_2 = x_2 / \theta) = P(X_1 = x_1 / \theta)P(X_2 = x_2 / \theta)$$

จากสมการดังกล่าว คะแนนจริงของผู้สอบจะต้องได้จากความสามารถในการทำข้อสอบแต่ละข้อในแบบสอบและข้อสอบแต่ละข้อเป็นอิสระจากกันจึงจะได้สารสนเทศที่อธิบายความสามารถแท้จริงของผู้สอบ ทิศทางของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเป็นได้ทั้งบวกและลบ ถ้ามีค่าเป็นบวก หมายถึง นักเรียนแสดงความสามารถในการทำข้อสอบข้อหนึ่งสูงกว่าที่คาดหวัง เขาจะมีโอกาสในการแสดงความสามารถในการทำข้อสอบข้ออื่นๆสูงกว่าที่คาดหวังด้วย ค่าคาดหวังจะขึ้นอยู่กับการทำข้อสอบทั้งฉบับ ถ้ามีค่าเป็นลบ หมายถึง นักเรียนแสดงความสามารถในการทำข้อสอบข้อหนึ่งได้ดีอย่างผิดปกติ ดังนั้นเขาจะมีโอกาสในการแสดงความสามารถในการทำข้อสอบข้ออื่นๆ ดีอย่างผิดปกติไปด้วย

ความเป็นอิสระของข้อสอบในทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมได้มีข้อตกลงว่า ความคลาดเคลื่อนของการวัดในข้อสอบแต่ละข้อจะต้องเป็นอิสระจากคะแนนจริง รวมทั้งความคลาดเคลื่อนไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างแบบสอบ และในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบได้กำหนดเงื่อนไขของความเป็นอิสระของข้อสอบว่า การตอบข้อสอบระหว่างข้อสอบ 2 ข้อของผู้สอบจะต้องเป็นอิสระจากกัน ณ ระดับความสามารถของผู้สอบที่กำหนด (Lord and Novick, 1998; Heniry, 1989; Yen, 1993; Cureton, 1905; Suen, 1990 Hambleton and Swaminathan, 1985 อ้างถึงใน Lee, 2004)

ในทางปฏิบัติ ลักษณะของข้อสอบที่มีความเป็นอิสระต่อกัน คือ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบ 2 ข้อจะเท่ากับศูนย์ ณ ระดับความสามารถเดียวกันของผู้สอบ กล่าวคือ การตอบข้อสอบจะต้องสัมพันธ์กับความสามารถ ($\theta$) ที่แบบสอบต้องการเท่านั้น ความเป็นอิสระของข้อสอบได้นิยามในโมเดล ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ(IRT) ว่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบมีค่าเท่ากับศูนย์ เมื่อแยกความสามารถของผู้สอบออกจากคะแนนสังเกตได้แล้ว ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเศษเหลือของข้อสอบ 2 ข้อ มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ข้อสอบยังมีความไม่เป็นอิสระต่อกัน (Hening, 1989; Weiss and Yoes, 1991; Lord and Novick, 1968; Henning, 1989; Yen, 1993 อ้างถึงใน Lee, 2004)

**2.2 วิธีการวัดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ (LID)**

การศึกษาเกี่ยวกับวิธีการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่ผ่านมา มีวิธีการที่หลากหลาย ได้แก่ Chen and Thissen (1991) เสนอค่าสถิติ 4 ชนิดเพื่อบอกระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ (LID) ผลการศึกษาพบว่ามี 2 ชนิด ที่สามารถใช้ตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบและตรวจสอบความเป็นพหุมิติของแบบสอบได้ Ferrara et. al., (1997) เสนอวิธีการระบุความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ โดยใช้คะแนนดิบในการวิเคราะห์ และใช้การตรวจสอบ

ค่าสูงสุดของสหสัมพันธ์ภายในระหว่างข้อสอบ (magnitude of inter-item correlations) ณ ที่ระดับช่วงคะแนนที่แตกต่างกันของผู้สอบ Douglas et. al., (1998) ศึกษาความไม่เป็นอิสระของข้อสอบโดยวิธีฟังก์ชันความแปรปรวนร่วมแบบมีเงื่อนไข (conditional covariance functions) Wang et. al., (2005) ใช้โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (multidimensional item response model) เพื่อตรวจสอบรูปแบบเฉพาะของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ Hoskens and De Boeck (1997) and Tuerlinckx and De Boeck (1999) สร้างรูปแบบอิทธิพลหลักและอิทธิพลการปฏิสัมพันธ์ของข้อสอบ เพื่ออธิบายความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ โดยได้เสนอโมเดล 2 รูปแบบในการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ได้แก่ โมเดลปฏิสัมพันธ์คงที่ (constant interaction model) และโมเดลปฏิสัมพันธ์ของมิติที่ไม่เป็นอิสระ (dimension–dependent interaction model) และ Ip (2002) ศึกษาการสร้างหลักการความไม่เป็นอิสระโดยใช้แบบจำลองและไม่ใช้แบบจำลอง (reproducible and no reproducible local dependent kernels) เพื่อศึกษารูปแบบของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในการแจกแจงแบบมีเงื่อนไข โดยใช้การตอบข้อสอบแบบหลายตัวเลือก และคำนวณด้วยฟังก์ชันความสามารถที่ไม่มีข้อตกลงเบื้องต้นของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ (Jiao et. al., 2005)

จะเห็นได้ว่าการศึกษาความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) นั้น มีดัชนีและวิธีการที่แตกต่างกันหลายวิธีการ เพื่อจะตรวจสอบรูปแบบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในแต่ละวิธี ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้ (Yen, 1984; Nandakumar & Stout , 1993 อ้างถึงใน สุวิมล ติรกานันท์, 2538)

### 2.2.1. วิธีการของ Lord

ในการตรวจสอบความเป็นอิสระต่อกัน Lord เสนอให้ใช้คะแนนการตอบข้อสอบที่มีค่าความสามารถ ($\theta$) อยู่ในช่วงแคบ ๆ คำนวณค่า $\chi^2$ *test* ของข้อสอบทีละคู่ จากนั้นทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ แล้วจึงเปลี่ยนไปคำนวณที่ช่วง $\theta$ อื่น ๆ บนสเกลเดียวกัน ซึ่งสูตรที่ใช้ทดสอบคือ

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}\left[\frac{O_{ij} - E_{ij}}{E_{ij}}\right], \text{df} = (2\text{-}1)(2\text{-}1) = 1$$

เมื่อ $O_{ij}$ = จำนวนคนตอบในข้อ i และ ข้อ j

$E_{ij}$ = จำนวนคนตอบที่คาดหวังในข้อ i และ ข้อ j

### 2.2.2 วิธีการของ Yen (1980) = $Q_1$

การวัดความเหมาะสมของข้อสอบในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบในอดีตจะเกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบโค้งลักษณะข้อสอบที่สังเกตได้กับที่คาดหวัง ด้วยการทดสอบไค-สแควร์ ($\chi^2$ *test*) กับค่า $Q_1$ ในโมเดล 3 พารามิเตอร์ มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$Q_{1i} = \sum_{r=1}^{10} \frac{N_r (O_{ir} - E_{ir})^2}{E_{ir}(1 - E_{ir})}$$

$O$ = ความถี่สังเกตได้

$E$ = ความถี่ที่คาดหวัง

r = จำนวนของระดับ $\theta$ จะแบ่งเป็น 10 ระดับ

Nr = จำนวนผู้สอบในแต่ละระดับความสามารถ

$Q_{1i}$ คือ ความเหมาะสมของข้อสอบข้อที่ i โดยมีการแจกแจงคล้ายกับ ไค-สแควร์ ที่องศาอิสระเท่ากับ 7 ด้วยการวิเคราะห์โมเดล 3 พารามิเตอร์ การคำนวณค่า $Q_{1i}$ ของผู้สอบจะถูกจัดอันดับบนพื้นฐานของคุณลักษณะของผู้สอบที่ประมาณค่าได้ จากนั้นแบ่งความสามารถผู้สอบเป็น 10 ช่วง (10 เซลล์) ในแต่ละเซลล์มีจำนวนผู้สอบใกล้เคียงกัน $O_{ir}$ เป็นสัดส่วนจำนวนผู้สอบในเซลล์ r ซึ่งตอบข้อสอบถูกในข้อ i และ $E_{ir}$ สัดส่วนค่าคาดหวังของผู้สอบในเซลล์ r ที่ตอบข้อสอบ i ถูกต้อง การทำนายได้จากการแทนค่าด้วยค่า $\theta$ และพารามิเตอร์ข้อสอบในสมการโมเดลโลจิสติกแบบ 3 พารามิเตอร์ และ รวมจำนวนผู้สอบทั้งหมดในเซลล์

$$E_{ir} = \frac{1}{N_r} \sum_{k=r}^{N_r} \hat{P}_i(\hat{\theta}_k)$$

ความเหมาะสมของแบบสอบทั้งฉบับ คือ

$$Q_1 = \sum_{i=1}^{I} Q_{1i} \quad ; \text{i จำนวนข้อสอบทั้งฉบับ}$$

นำค่า $Q_1$ ทดสอบด้วย $\chi^2$ *test* ที่ องศาอิสระ เท่ากับ 7 (คำนวณจาก 10 cell ลบด้วยจำนวนพารามิเตอร์ 3 ตัว)

**2.2.3. วิธีการของ Van den Wallenberg (1982) = Q2**

Van den Wallenberg (1982) ได้เสนอการวัดความเหมาะสมของข้อสอบในโมเดลการวิเคราะห์แบบราส์ช (1 พารามิเตอร์) ซึ่งพบว่า มีความไวต่อข้อสอบที่วัดหลายมิติ การคำนวณสามารถกระทำได้โดยใช้ตารางขนาด 2x2 ที่มีจำนวนผู้สอบทั้งหมดที่ตอบข้อสอบ 2 ข้อ ดังตาราง

ตารางที่ 2-1 จำนวนผู้สอบในเซลล์ r ที่ตอบข้อสอบแต่ละข้อสอบ

| คะแนนข้อ i | คะแนนข้อ j | | รวม |
|---|---|---|---|
| | 0 | 1 | |
| 0 | $N_{\bar{i}\bar{j}r}$ | $N_{\bar{i}jr}$ | $N_{\bar{i}r}$ |
| 1 | $N_{i\bar{j}r}$ | $N_{ijr}$ | $N_{ir}$ |
| รวม | $N_{\bar{j}r}$ | $N_{jr}$ | $N_r$ |

จากตาราง $N_r$ จำนวนผู้สอบทั้งหมด, $N_{ijr}$ คือ จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกทั้งข้อ i และ ข้อ j, $N_{ir}$ คือ จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อ i , $N_{i\bar{j}r}$ คือ จำนวนผู้ตอบถูกำในข้อ i และตอบผิดในข้อ j ดังนั้น ค่าสถิติแสดงความเหมาะสมของข้อสอบของ Vanden Wollenberg คือ

$$Q_{2ijr} = \frac{[N_{\bar{i}\bar{j}r} - E(N_{\bar{i}\bar{j}r})]^2}{E(N_{\bar{i}\bar{j}r})} + \frac{[N_{\bar{i}jr} - E(N_{\bar{i}jr})]^2}{E(N_{\bar{i}jr})} +$$

$$\frac{[N_{i\bar{j}r} - E(N_{i\bar{j}r})]^2}{E(N_{i\bar{j}r})} + \frac{[N_{ijr} - E(N_{ijr})]^2}{E(N_{ijr})} \qquad (1)$$

ค่าความเหมาะสมของข้อสอบนี้ (ข้อ i, j) ก็คือ $Q_{2ijr}$ ทั้งฉบับ (R เซลล์) โดย Van den Wallenberg ได้คำนวณค่า $Q_{2ijr}$ ในการวิเคราะห์โมเดลราส์ช โดยทั่วไป $Q_{2ijr}$ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ 3 พารามิเตอร์ และจะใช้ 10 เซลล์ เหมือนกับการคำนวณ $Q_1$ โดยค่าคาดหวังคำนวณจาก

$$E(N_{ijr}) = N_{ir}N_{jr} / N_r$$
$$E(N_{\bar{i}jr}) = N_{\bar{i}r}N_{jr} / N_r$$
$$E(N_{i\bar{j}r}) = N_{ir}N_{\bar{j}r} / N_r$$
$$E(N_{\bar{i}\bar{j}r}) = N_{\bar{i}r}N_{\bar{j}r} / N_r \qquad (2)$$

ลักษณะของ $Q_2$ จะคล้ายกับกระบวนการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของ Lord ค่าของ $Q_2$ ได้นำรูปแบบมาจากเพียร์สันไค-สแควร์(Pearson Chi-Square Statistic) มีจำนวนเซลล์ที่เป็นอิสระจำนวน 10 เซลล์ ซึ่งประกอบด้วยค่าสังเกตได้และมีองศาอิสระเท่ากับ 1 ในแต่ละเซลล์ นำไปสู่ข้อสรุปว่า $Q_2$ มีการแจกแจงคล้ายกับไค-สแควร์ที่องศาอิสระเท่ากับ 10 เมื่อสมมติฐานศูนย์เป็นจริง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอบเขตการตัดสินใจขึ้นอยู่กับการแจกแจงของค่าสังเกตได้ที่ประมาณค่าความสามารถซึ่งอาจจะมีผลต่อการแจกแจงและค่าองศาอิสระของ $Q_2$ การทดสอบสมมติฐานศูนย์จะใช้วิธีการจำลองข้อมูล การคำนวณจะใช้ค่าคาดหวังในสมการ 2 $Q_{2ijr} = N_r \phi_{ijr}^2$ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบฟี($\phi_{ijr}$) ระหว่างคะแนนในเซลล์ r ความเป็นอิสระของข้อสอบรายคู่จะพิจารณาจากความแปรปรวนร่วมระหว่างข้อ i และ j คือ $P_{ij} - P_i P_j$

นำค่า $Q_2$ ที่ได้ไปทดสอบด้วย $\chi^2$ *test* ที่ องศาอิสระเท่ากับ 10 ซึ่งเท่ากับจำนวน cell หรือระดับความสามารถที่ใช้

เมื่อพิจารณา (1) จะพบว่า

$$Q_{2ijr} = N_r \phi_{ijr}^2$$

โดย : $\phi_{ijr}$ = phi coefficient correlation ในแต่ละ cell

แม้ว่า $Q_2$ จะนำเสนอการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระต่อกัน แต่ไม่แสดงทิศทางของความเป็นอิสระต่อกัน ถ้าทิศทางความไม่เป็นอิสระเป็นทางบวกจะแปลความหมายได้ง่ายกว่าถ้าลักษณะของทิศทางเป็นทางลบ แสดงว่า ข้อสอบ 2 ข้อนั้นวัดคุณลักษณะแฝงที่ต่างกัน กล่าวคือถ้าข้อสอบคู่หนึ่งเป็นการวัด 2 คุณลักษณะ ผลการสอบพบว่า จะมีคะแนนต่ำในคุณลักษณะหนึ่งและมีคะแนนสูงในอีกคุณลักษณะหนึ่ง ดังนั้นทิศทางของความเป็นอิสระจึงเป็นตัวที่บอกถึงคุณลักษณะแฝงที่อยู่เบื้องหลังข้อสอบนั้น การคำนวณทิศทางของความสัมพันธ์ระหว่างข้อ i และ j หาได้จากผลรวมของค่าความสัมพันธ์แบบฟี($\sum_{r=1}^{10} \phi_{ijr}$) ค่าคำนวณได้เรียกว่า $SIGNED\,Q_2$

$$SIGNED\,Q_2 = \sum_{r=1}^{10} \phi_{ijr}$$

**2.2.4 วิธีของ Kingston & Dorans (1982): Q3**

ปัญหาของ Q1 และ Q2 ยังคงมีอยู่เนื่องจากการจัดจำนวน และระบุความหมายในแต่ละ cell ทำอย่างอคติ (arbitrary) Kingston & Dorans (1982) จึงคิดวิธีการตรวจสอบทางสถิติโดยไม่ใช้ cell เข้ามาเกี่ยวข้อง การใช้ความสัมพันธ์บางส่วน(partial correlation) ระหว่างข้อและคุณลักษณะแฝง ($r_{ij.}\hat{\theta}$) แต่วิธีการนี้ยังคงมีจุดอ่อน คือ การขจัด (remove) ค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของคะแนนแต่ละข้อกับคุณลักษณะแฝง ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่เป็นเส้นตรงตามแนวคิดของ IRT การมีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง (nonlinear) ดังกล่าว เป็นความสัมพันธ์แบบ logistic จึงควรเป็นการขจัดอิทธิพลที่ไม่ใช่เส้นตรง (remove nonlinear effect) ของ $\theta$ ออกไป ดังสูตร

$$d_{ik} = U_{ik} - P_i(\hat{\theta}_k)$$

เมื่อ

$U_{ik}$ = คะแนนของผู้สอบคนที่ k ในข้อที่ i

$Q_{3_{ij}} = R_{d_i d_j}$

ค่าความคลาดเคลื่อนสุ่ม ($d_i$ และ $d_j$) เมื่อใช้กับโมเดล 3 พารามิเตอร์ สามารถประมาณค่าการแจกแจงเป็นแบบปกติ 2 ค่า (bivariate normal distribution) และมีค่าความสัมพันธ์เป็นศูนย์ ดังนั้น การแปลงจากค่าความสัมพันธ์ของ Fisher ไปเป็นคะแนนมาตรฐาน Z (z transformation) ของ $Q_3$ ก็จะเป็นการแจกแจงแบบปกติด้วย โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1/(N-3) เมื่อ N คือจำนวนผู้สอบ

**2.2.5 วิธีการของ Hooper (1987): Proportion of Independence (PCUI)**

Hooper (1987) ได้ทดสอบความเป็นอิสระของข้อสอบที่ให้คะแนนแบบ 0 และ 1 (dichotomously scored item) ใช้ตาราง contingency ขนาด $2 \times 2 \times k$ โดย k คือ ช่วงคะแนนรวมที่แบ่งตามกลุ่มความสามารถของผู้สอบ

ตารางที่ 2-2 ความถี่ของคะแนนที่ได้จากข้อสอบข้อ i และข้อ j

| | | ข้อ i | |
|---|---|---|---|
| | | 1 | 0 |
| ข้อ j | 1 | $A_k$ | $B_k$ |
| | 0 | $C_k$ | $D_k$ |

การพิจารณาความเป็นอิสระต่อกันของข้อสอบในแต่ละช่วง k นั้น สัดส่วนที่ได้จากค่าสังเกตของคนที่ตอบถูก ($O_k$) จะต้องมีค่ามากกว่าสัดส่วนที่คาดหวังของคนที่ตอบผิด ($E_{nk}$) โดยคำนวณจาก

$$O_k = \frac{A_k}{N_k}$$

$A_k$ = จำนวนผู้สอบในกลุ่ม k ที่ตอบถูก

$N_k$ = จำนวนผู้สอบทั้งหมด หรือได้จากผลบวกของ $A_k$, $B_k$, $C_k$, และ $D_k$

$$E_{nk} = \frac{(A_k + B_k)(A_k + C_k)}{N_k}$$

$A_k + B_k$ = จำนวนผู้สอบที่ตอบข้อ j ถูกต้อง

$A_k + C_k$ = จำนวนผู้สอบที่ตอบข้อ i ถูกต้อง

วีรวัฒน์ ปันนิตามัย (1992 อ้างถึงใน สุวิมล ติรกานันท์, 2538) ได้ใช้ PCUI ตรวจสอบความเป็นอิสระต่อกันของแบบวัดบุคลิกภาพที่ชื่อว่า Marlowe-Crowne Social Desirability Scale ที่มีการให้คะแนนแบบ 0 และ 1 โดยสุ่มข้อสอบมาคำนวณค่า PCUI จำนวน 4 คู่ และแบ่งระดับคุณลักษณะแฝงด้วยคะแนนรวมออกเป็น 4 ช่วง พบว่าค่า $O_k$ มากกว่า $E_{nk}$ ทั้ง 4 ช่วง

แม้ว่าการตรวจสอบความเป็นอิสระต่อกันในการตอบข้อสอบจะมีวิธีการคำนวณที่ไม่ต้องอาศัยสถิติขั้นสูงก็ตาม แต่ยังพบว่าการนำไปใช้ยังไม่สะดวก และไม่ชัดเจน โดยวิธีการต่าง ๆ ของการตรวจสอบความเป็นอิสระ ที่กล่าวมาสามารถแบ่งวิธีการตรวจสอบได้เป็น 2 ชุด คือ

ชุดที่ 1 ได้แก่ วิธีของ Lord, $Q_1$ , $Q_2$ และ PCUI จะใช้ตาราง contingency ขนาด $2 \times 2$ และทดสอบความเป็นอิสระของข้อสอบทีละคู่ด้วย $\chi^2$ *test* โดยเลือกใช้ผู้สอบที่ระดับความสามารถเดียวกัน ส่วนใน $Q_2$ ยังพบว่ามีความสัมพันธ์กับ phi correlation อีกด้วย

ความยุ่งยากของวิธีการในชุดนี้ คือ การแบ่งช่วงของความสามารถ ว่าควรแบ่งเป็นกี่ช่วง ใน $Q_1$ และ $Q_2$ แบ่งเป็น 10 ช่วง ซึ่งเป็นการแบ่งแบบ arbitrary การแบ่งช่วงของความสามารถมีความสำคัญ เพราะแบบสอบจะมีความเป็นอิสระต่อกันเมื่อความสามารถของผู้สอบอยู่ในระดับเดียวกันเท่านั้น แต่การคำนวณที่ทุก ๆ ระดับความสามารถ จะเสียเวลาในการคำนวณค่อนข้างมาก และในบาง cell ของตาราง contingency อาจจะไม่มีความถี่เกิดขึ้นเลย

ชุดที่ 2 ได้แก่ $Q_3$ และ DIMTEST จะมีวิธีการที่แตกต่างออกไป แต่ทั้ง $Q_3$ และ DIMTEST ยังคงมีข้อบกพร่องปรากฏอยู่ โดยเฉพาะ DIMTEST จะมีปัญหาในการใช้เมื่อ มีการเดาเกิดขึ้นจึงไม่เหมาะที่จะใช้กับโมเดล 3 พารามิเตอร์ของ IRT นอกจากนี้จะต้องใช้ข้อสอบและผู้สอบจำนวนมาก เพราะมีการแบ่งแบบสอบออกเป็นแบบสอบย่อย และแบ่งผู้สอบออกเป็นกลุ่มตามระดับความสามารถอีกด้วย

**2.2.6 วิธีค่าสถิติ $Q_3$**

Yen (1984 อ้างถึงใน Yen, 1993) ได้เสนอค่าสถิติ $Q_3$ เป็นดัชนีวัดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ $Q_3$ เป็นค่าสหสัมพันธ์ของค่าเศษเหลือ(residual) ของข้อสอบรายคู่หลังจากได้สกัดค่าความสามารถที่แท้จริงออกแล้ว โดยจะเริ่มคำนวณจากความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกของผู้สอบแต่ละคน แล้วหาคะแนนผลต่างระหว่างผลการตอบข้อสอบแต่ละข้อกับความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกของผู้สอบแต่ละคน(ตอบผิดได้ 0 คะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน) จากนั้นคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนเศษเหลือที่ได้ด้วยสูตรของ Pearson ค่าสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์ของข้อสอบแต่ละคู่เรียกว่าค่าสถิติ $Q_3$ ซึ่งจะเป็นค่าสหสัมพันธ์ของคะแนนเบี่ยงเบนของผู้สอบทั้งหมด

ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบมีการตรวจสอบหลายวิธีด้วยกัน ประกอบด้วย การวิเคราะห์องค์ประกอบ การทดสอบนอนพาราเมตริก ค่าสถิติความเหมาะสมในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ แต่การตรวจสอบเหล่านี้สามารถใช้ตรวจสอบเป็นภาพรวมเท่านั้น แต่สถิติ Yen's $Q_3$ สามารถใช้ ตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ได้เหมาะสมดีกว่าเนื่องจากเหตุผลหลายประการ คือ

1) มีความเหมาะสมและความเพียงพอที่จะสะท้อนคุณลักษณะแฝง
2) ง่ายต่อการเปรียบเทียบข้อสอบเป็นรายคู่และสะดวกในการแปลผล
3) ง่ายต่อการเปรียบเทียบแบบสอบย่อยของข้อสอบรายคู่

นอกจากนี้ข้อดีของการใช้สถิติ Yen's $Q_3$ คือ เป็นดัชนีความเหมาะสมของโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ(IRT) ในการวิเคราะห์ข้อสอบรายคู่ ดังที่กล่าวมาข้างต้น ค่าสถิติที่ใช้ตรวจสอบความเหมาะสมของข้อสอบ สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ระดับของความเป็นอิสระของข้อสอบหรือความเป็นเอกมิติของข้อสอบได้ (Hambleton and Swaminathan , 1985 ; Mckinley and Mills , 1985 ; Reise 1990 อ้างถึงใน Yen, 1993) เนื่องจากความไม่เหมาะสมของดัชนี วัดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบด้วยวิธีแบบอื่น เช่น วิธี NFA (Nonlinear Factor Analysis) หรือ วิธีนอนพาราเมตริก อาจเป็นสาเหตุของการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแล้ว ยังทำให้การใช้โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีการประมาณค่าที่ไม่ถูกต้องด้วย แต่ สถิติ Yen's $Q_3$ จะมุ่งตรวจสอบความไม่เหมาะสมของข้อสอบรายคู่อันเกิดจากความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ รวมทั้งง่ายต่อการหาค่าเฉลี่ยกลุ่มย่อยของข้อสอบรายคู่ และเมื่อต้องการตรวจสอบความเป็นเอกมิติ พบว่าการตรวจสอบโดยวิธีอื่นยังไม่มีประสิทธิภาพพอที่จะตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อสอบและความเป็นเอกมิติของข้อสอบไปพร้อมกันได้ รวมทั้งสถิติ Yen's $Q_3$ ยังมีความไวต่อการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบด้วย นอกจากจะเป็นดัชนีชี้ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแล้ว ยังตรวจสอบความเหมาะสมระหว่างโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ(IRT) กับข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์อีกด้วย ดัชนี สถิติ Yen's $Q_3$ สามารถแปลผลในรูปของค่าสหสัมพันธ์แบบ Pearson ทำให้ง่ายต่อการแปลผลทั้งการวิเคราะห์เป็นแบบสอบย่อยรายคู่ และการเปรียบเทียบกับสหสัมพันธ์ของคะแนนดิบไปพร้อมกันได้(Vanden, 1982; Yen, 1984; Chen and Thissen, 1997 อ้างถึงใน Lee , 2004)

จากที่กล่าวมา สถิติ Yen's $Q_3$ สามารถเป็นสถิติบรรยายพื้นฐานเกี่ยวกับค่าสหสัมพันธ์รูปแบบค่าเศษเหลือของข้อสอบ โดยการสกัดค่าความสามารถ ($(\theta)$ ออกจากคะแนนดิบได้ Yen (1984) เสนอวิธีการสกัดค่าความสามารถจากคะแนนก่อนจากนั้นจึงคำนวณค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าเศษเหลือของข้อสอบ นั่นคือ

$$d_{ik} = u_{ik} - P_i\left(\hat{\theta}_k\right); Q_{3ij} = r_{d_i d_j}$$

เมื่อ $u_{ik}$ คือ ผลการตอบข้อสอบแต่ละข้อ(ตอบถูก=1,ตอบผิด=0) และ $P_i\left(\hat{\theta}_k\right)$ คือ ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกต้องของผู้สอบคนที่ k ในการทำข้อสอบข้อที่ i การคำนวณค่า สถิติ Yen's $Q_3$ จะคำนวณโดยวิธีนำค่าความสามารถที่คาดหวังของผู้สอบแต่ละคน ( $\hat{\theta}$) มาใช้ในการคำนวณ และในความเป็นจริงของการประมาณค่า สถิติ Yen's $Q_3$ ระหว่างข้อสอบรายคู่อาจมีแนวโน้มจะมีค่าติดลบเล็กน้อย แม้ว่าข้อสอบคู่นั้นจะมีความเป็นอิสระจากกัน Keller et. al., (2003) ศึกษาการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบด้วยการใช้ค่าสถิติ $Q_3$ โดยการคำนวณเป็นรายคู่ระหว่างข้อสอบ 4 ข้อที่มีคำตอบเป็นแบบหลายตัวเลือก หากข้อสอบมีความเป็นอิสระ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนเศษเหลือ (residual score) ของข้อสอบแต่ละคู่ หรือ ค่าสถิติ $Q_3$ ที่คาดหวัง จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -1/ n-1 เมื่อ n คือ จำนวนข้อสอบ

จากการศึกษาระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบของ Ackerman (1987), Spray and Ackerman (1987), Reese (1995) สามารถสรุปการแบ่งระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบดังนี้

ตารางที่ 2 -3 ค่า $\mathbf{Q_3}$ และ $\phi$ ในแต่ละระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ (LID)

| **ผู้ศึกษา** <br> **ระดับของ LID** | **Ackerman (1987)** <br> **($\phi$,$Q_{3dep}$,$Q_{3ind}$)** | **Spray, J.A. and Ackerman, T.A.(1987)($\phi$)** | **Reese, L.M.(1995)** <br> **($Q_3$)** |
|---|---|---|---|
| None, Zero | (0.0, **0.0/.018**, 0.0/.013) | 0.00-0.51 | 0.00 |
| Weak, Low, Mild | (0.6, **.053/.061**, .014/.015) | 0.51-0.52 | 0.00-0.01 |
| Medium | (1.1, **.106/.113**, .019/.021) | 0.52-1.12 | 0.01-0.05 |
| Strong, High | (1.57, **.124/.206**, .017/.023) | 1.12-2.00 | 0.05-1.00 |

($\phi$ มีพิสัยระหว่าง 0.00 ถึง 2.00; $Q_3$ มีพิสัยระหว่าง -1.00 ถึง +1.00)

จากตารางจะพบว่า ค่าความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่วัดโดย $\phi$ และ $Q_3$ จะมีความแตกต่างออกไปตามเงื่อนไขของการศึกษา สำหรับการศึกษาของ Ackerman มีลักษณะที่ค่อนข้างชัดเจนโดยมีการนำเสนอการเปรียบเทียบระหว่างค่า $\phi$ และ $Q_3$ เพื่อแสดงให้เห็นว่ามีค่าตรงกัน ณ ตำแหน่งใด จะเห็นว่าการแจกแจงค่าของ $Q_3$ นั้นจะมีค่าเข้าใกล้ 0 และค่อนข้างจะเป็นลบเล็กน้อย โดยมีพิสัยของ $Q_3$ อยู่ระหว่าง -1.00 ถึง +1.00 และการกำหนดช่วงของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบโดย $Q_3$ นั้น ยังขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มตัวอย่างอีกด้วย

**2.2.7 วิธีค่าสถติ $G^2$**

ค่าสถิติ $G^2$ ซึ่งมีการแจกแจงปกติคล้ายไคสแควร์ ที่มีองศาอิสระเท่ากับ 1 ค่าสถิติ $G^2$ เป็นการทดสอบสัดส่วนไล้ด์ลิฮู้ด

$$G^2 = 2\sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2} O_{ij} \log\left(\frac{O_{ij}}{E_{ij}}\right)$$

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างภายในข้อสอบแบบมีเงื่อนไข(inter-item correlation) สามารถใช้วัดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบได้ (Ferrara et. al., 1997; Ferrara et. al., 1999; Huynh Ferrara, 1994) โดยวิธีการนี้จะจัดลำดับผู้สอบออกเป็นกลุ่ม 8-10 กลุ่มโดยใช้คะแนนรวมเป็นเกณฑ์ ค่าสหสัมพันธ์ภายในของข้อสอบจะคำนวณในแต่ละแบบสอบภายในชุดข้อสอบย่อย โดยหาค่าเฉลี่ยในคะแนนแต่ละระดับ และแต่ละข้อ ซึ่งสามารถวัดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในแต่ละแบบสอบชุดย่อยได้ ถ้าสหสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบภายในแบบสอบชุดย่อยสูงกว่าสหสัมพันธ์ระหว่างแบบสอบชุดย่อย การประมาณค่าความเที่ยงที่ได้จากคะแนนที่ให้ค่าแบบ 0 ,1 จะมีความลำเอียงทางบวก

**2.2.8 วิธีการวิเคราะห์พหุระดับ**

de Leeuw (1992) กล่าวว่า การวิเคราะห์แบบพหุระดับ (HLM) จะผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการวิเคราะห์โมเดลเชิงเส้นแบบดั้งเดิม ได้แก่ ลักษณะความเป็นเอกพันธ์ของการกระจายค่าความคลาดเคลื่อน(homoscesdasticity) และความเป็นอิสระของตัวแปร กลุ่มตัวอย่างภายในกลุ่มเดียวกันจะมีลักษณะคล้ายกันมากกว่ากลุ่มตัวอย่างระหว่างกลุ่ม กล่าวคือ นักเรียนซึ่งอยู่ช่วงชั้นเรียนเดียวกันแต่อยู่คนละห้องเรียนจะมีความเป็นอิสระจากกัน แต่นักเรียนภายในห้องเดียวกันจะมีลักษณะบางประการร่วมกันอยู่ จากลักษณะขององค์ประกอบความแปรปรวนองค์ประกอบส่วนบุคคลจะเป็นอิสระจากกันทั้งหมด องค์ประกอบของกลุ่มจะเป็นอิสระระหว่างกลุ่ม แต่สัมพันธ์กันภายในกลุ่ม บางกลุ่มอาจมีความเป็นเอกพันธ์มากกว่ากลุ่มอื่น ๆ ดังนั้นความแปรปรวนขององค์ประกอบระหว่างกลุ่มจะต่างกัน ในทำนองเดียวกัน สามารถนำแนวคิดนี้ไปใช้ในแบบสอบและลักษณะที่ร่วมกันระหว่างแบบสอบย่อยได้ (Jiao et. al., 2005)

Jiao et. al., (2005) ได้เสนอโมเดลพหุระดับ เพื่อตรวจสอบรูปแบบของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ (LID) ที่มีสาเหตุจากอิทธิพลของบริบทของข้อสอบที่เป็นกลุ่ม ซึ่งการตรวจสอบประกอบด้วย โมเดลพหุระดับ 3 ระดับ โดยได้เสนอสูตรในการอธิบายสถานการณ์ที่สัมพันธ์เมื่อข้อสอบมีลักษณะเป็นแบบสอบย่อยในแบบสอบการอ่านที่เป็นตอนเนื้อหาร่วมกัน ซึ่ง Bradlow et. al., (1999) ได้เสนอโมเดลอิทธิสุ่มของ Bayesian ดังนี้

$$t_{ij} = a_i\left(\theta_j - b_i - \gamma_{jd(i)}\right) + \varepsilon_{ij},$$

เมื่อ $a_i$ , $b_i$ , $\gamma_{jd(i)}$ , $\theta_j$ คือ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยาก อิทธิพลของชุดข้อสอบต่อบุคคล และความสามารถของผู้สอบตามลำดับ $\varepsilon_{ij}$ คือ ความแปรผันปกติของหน่วย แสดงถึงการสุ่มคำตอบของคะแนน $y_{ij}$ สำหรับผู้สอบคนที่ j ในข้อสอบข้อที่ i ด้วย

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 \text{ if } t_{ij}, > 0 \\ 0 \text{ otherwise} \end{cases}$$

$\gamma_{jd(i)}$ จะเท่ากันในทุกข้อสอบ ภายในชุดข้อสอบย่อยของผู้สอบคนที่ i และเป็นพารามิเตอร์ความสามารถของบุคคลและข้อสอบเป็นอิสระจากกัน โดยการแจกแจงของค่าอิทธิพลของชุดข้อสอบจะเท่ากับ $\gamma_{id(j)}$ ~N $(O, \sigma_\gamma^2)$ ดังนั้นค่าสูงสุด ของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ (LID) เขียนแทนด้วย $\sigma_\gamma^2$

การวิจัยนี้มุ่งศึกษาการสร้างโมเดลความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ด้วยวิธีพหุระดับ (HGLM) โมเดลที่นำเสนอเป็นโมเดลที่ตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์จากการจำลองข้อมูล ซึ่งกำหนดระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ที่แตกต่างกันอย่างสุ่ม ใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยโมเดล 3 ระดับ (HGLM3) และโมเดลความเท่าเทียมกันของ Rasch 2 ระดับ (HGLM 2)

การดำเนินการวิเคราะห์ เริ่มจากการกำหนดค่าจริงของพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบอย่างสุ่มจากการแจกแจงปกติมาตรฐาน เมื่อค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 1,000 คน จำนวนแบบสอบย่อย เท่ากับ 6 กลุ่ม ในแต่ละกลุ่มจะมีข้อสอบ 5 ข้อ ค่าความยากจะกำหนดในช่วง -1 , -0.5 , 0, 0.5 และ 1 กำหนดความแปรปรวนพารามิเตอร์ของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ($\sigma_u^2$) เท่ากับ 0 , 0.5 , 1.0 , หรือ 1.5 ค่าของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบจะเท่ากันทุกข้อภายในแบบสอบย่อยและผู้สอบคนเดียวกัน ดังนั้นจำนวนค่าพารามิเตอร์ ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ จะมีจำนวนเท่ากับ $6 \times 1000 = 6000$ ค่า ซึ่งจะมีเงื่อนไขจำลองข้อมูล 4 เงื่อนไข

การคำนวณจะใส่ค่าความสามารถของผู้สอบ ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าพารามิเตอร์ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ โมเดลของ Bradlow ใช้การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม HLM6 วิเคราะห์โมเดลทั้ง 2 โมเดล ประมาณค่า 6 อันดับ ด้วยวิธี ไลค์ลิฮู้ดดังนี้ (Jiao et. al., 2005)

$$p_{irj} = \frac{\exp\left[\beta_j - D_i - u_{imj}\right]}{1 + \exp\left[\beta_j - D_i - u_{imj}\right]}$$

เมื่อ $p_{irj}$ = ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของคนที่ j ข้อที่ i

$\beta_j$ = ค่าความสามารถของผู้สอบ คนที่ j

$D_i$ = ค่าความยากของข้อสอบข้อที่ i

$u_{imj}$ = ค่าพารามิเตอร์ของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ (LID)

**2.2.9 วิธีของโมเดล** MRCML (Multidimensional random coefficients multinomial logit)

เมื่อข้อสอบมีความไม่เป็นอิสระจากกันในการวัดคุณลักษณะเดียว ผลกระทบด้านหนึ่งคือการฝ่าฝืนข้อตกลงเกี่ยวกับความเป็นอิสระของข้อสอบอาจทำให้เกิดคุณลักษณะแฝง อันเนื่องมาจากความไม่เป็นเอกมิติ ในทางตรงกันข้าม ความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบเป็นสาเหตุของความสัมพันธ์ระหว่างมิติสูงทำให้นำไปสู่การวิเคราะห์ที่ผิดพลาด

การประยุกต์มโนทัศน์ของแบบสอบย่อยไปสู่การวิเคราะห์แบบพหุมิติ แบบสอบย่อยจะอยู่ภายใต้โมเดล MRCML ซึ่งสามารถอธิบายพหุมิติและความเป็นอิสระของข้อสอบไปพร้อมกัน

การประยุกต์ใช้โมเดล MRCML ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากโครงการ Biokids : Kids Inquiry of Diverse species โดยวิเคราะห์แบบสอบย่อย 2 กลุ่ม กลุ่มแรก เป็นแบบสอบย่อยที่เป็นเอกมิติ กลุ่มที่ 2 เป็นการวิเคราะห์แบบพหุมิติ

โมเดล MRCML สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับข้อสอบที่เป็นการให้คะแนนหลายค่า แบบพหุมิติ ถ้ามีข้อสอบ C ชุด $I_c$ คือ จำนวนข้อสอบในแต่ละชุด และ $K_c$ คือ ผลรวมของข้อสอบทั้งหมดในแต่ละชุด จำนวนคำตอบรวมจะมาจากการจับคู่ของการให้คะแนนของแบบสอบทั้งหมด เช่น ถ้าชุดข้อสอบประกอบด้วยข้อสอบที่ให้คะแนนแบบ 2 ค่า (0, 1) และอีกข้อหนึ่งเป็น 3 ค่า (0, 1, 2) แบบของคำตอบจะเป็น (0,0) , (0,1) , (0,2) , (1,0) , (1,1) และ (1,2) ความน่าจะเป็นของรูปแบบการตอบข้อที่ j เมื่อ j คือ ดัชนีความเป็นไปได้ของรูปแบบคำตอบในแต่ละชุดข้อสอบ สามารถเขียนโมเดลคือ

$$p\left(x_c = j/\vec{\theta}, A_c, B_c, \vec{\xi}\right) = \frac{\exp\left(\vec{b}_{cj}\vec{\theta} + a_{ci}\vec{\xi}\right)}{\sum \exp\left(\vec{b}_{ck}\vec{\theta} + \vec{a}_{ck}\omega\right)}, \text{.....(1)}$$

เมื่อ $x_c$ = j เป็นรูปแบบคำตอบของผู้สอบในข้อที่ j ในข้อสอบชุดที่ c

กรณีความเป็นอิสระของแบบสอบย่อย (Bundle Independence) ถ้ามีข้อสอบ C ชุด และ $U_{nc}$ เป็นรูปแบบการตอบของผู้สอบคนที่ n ในชุดข้อสอบที่ c ความเป็นอิสระของชุดข้อสอบ จะนิยามได้ คือ

$$P\left(U_{n1}, U_{n2}, K, U_{nc}/\vec{\theta}_n, \vec{\xi}\right) = \prod_{c=1}^{c} P\left(U_{nc}/\vec{\theta}_n, \vec{\xi}\right), \text{ ..... (2)}$$

Rosenbaum กล่าวว่า ความเป็นอิสระของแบบสอบย่อย หมายถึง รูปแบบคำตอบของผู้สอบคนที่ n ตอบในแบบสอบย่อย เป็นอิสระกับแบบสอบย่อยอื่น ๆ เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ความสามารถ $\vec{\theta}_n$ และพารามิเตอร์แบบสอบย่อยในระดับเดียวกัน

**ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT)**

**3.1 แนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT)**

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบเป็นทฤษฎีการวัดที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถที่มีอยู่ภายในบุคคล(Latent trait or ability) กับผลการตอบข้อสอบหรือข้อคำถามโดยใช้โค้งลักษณะข้อสอบ (ICC) ซึ่งมีการกำหนดลักษณะของข้อสอบด้วยค่าความยาก(b) ค่าอำนาจจำแนก (a) และค่าการเดาข้อสอบถูก (c) ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ จึงอยู่บนฐานความคิดสำคัญสองประการ คือ ประการแรก ผลการตอบข้อสอบหรือข้อคำถามของผู้ตอบสามารถอธิบายได้ด้วยสามารถที่มีอยู่ภายในของผู้ตอบ และ ประการที่สอง ความสัมพันธ์ระหว่างผลการตอบข้อสอบกับความสามารถที่มีอยู่ภายในสามารถอธิบายได้ด้วยฟังก์ชันลักษณะข้อสอบ หรือโค้งลักษณะข้อสอบอันมีลักษณะเป็นฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ เรียก ฟังก์ชันโลจิส (logistic function) หรือใกล้เคียงกับฟังก์ชันปกติสะสม (normal ogive function) ฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบสามารถนำมาใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบแต่ละข้อได้ถูก $[P_i(\theta)]$ กับระดับความสามารถของผู้สอบที่วัดโดยแบบสอบฉบับนั้น เมื่อนำมาเขียนกราฟจะได้โค้งลักษณะข้อสอบ โมเดลที่นิยมใช้อธิบายความสัมพันธ์ดังกล่าว คือ โมเดลแบบหนึ่งพารามิเตอร์ โมเดลแบบสองพารามิเตอร์ และโมเดลแบบสามพารามิเตอร์ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545)

Master and Keeves (1999) ได้กล่าวถึงแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญสำหรับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ มี 3 ประการ คือ

1) หลักการสัมพันธ์(relative principle) การประเมินแบบเชื่อมโยงประสาน
2) หลักความน่าจะเป็น(probability principle) ความน่าจะเป็นของคำถามที่ตอบสนองต่อข้อสอบ
3) หลักการวัด (measurement principle) ต้องการระดับข้อมูลในมาตราช่วงคะแนน และไม่จำกัดพิสัย แต่ขยายได้ทั้งทางบวกและทางลบโดยไม่มีขีดจำกัด

**1) หลักการสัมพันธ์ (relative principle)**

ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม มุ่งประเมินผลงานของบุคคลตามชุดของข้อสอบ แต่อย่างไรก็ตาม การวัดทางจิตวิทยาและทางการศึกษา อาจมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับข้อสอบ การวัดจึงไม่มีเพียงจะดูเฉพาะหรือข้อสอบรายข้อเท่านั้น แต่อาจจะดูการตอบสนองบุคคลที่เกี่ยวข้องกับข้อสอบด้วย กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ ถ้า $\beta_n$ คือ ดัชนีความสามารถของบุคคล $n$ คือ คุณลักษณะที่ต้องการวัด และ ถ้า $\delta_i$ คือ ดัชนีความยากของข้อสอบ ซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณลักษณะภายในของบุคคลด้วย ดังนั้น ดัชนีความสามารถของบุคคลจึงเกี่ยวข้องกับดัชนีความยากของข้อสอบ โดยเป็นความแตกต่างของความสามารถของบุคคลกับความยากของข้อสอบ หรือ $\beta_n - \delta_i$ หรือเป็นสัดส่วนของค่าความสามารถของบุคคลกับความยากของข้อสอบ ถ้า

ความสามารถของบุคคลสูงกว่าค่าความยากของข้อสอบ คำตอบที่คาดหวังน่าจะถูกต้องและถ้าค่าความสามารถของบุคคลต่ำกว่าค่าความยากของข้อสอบ คำตอบที่คาดหวังน่าจะไม่ถูกต้อง ค่าความสามารถของบุคคลและความยากของข้อสอบจึงควรนำมาพิจารณาร่วมกันในการวิเคราะห์คำตอบทั้งหมด

**2) หลักการความน่าจะเป็น (probability principle)**

คำตอบในการตอบข้อสอบมักมีความไม่แน่นอนอันเนื่องมาจากความไม่ระมัดระวังหรือเกิดจากการเดา หลักของความน่าจะเป็นของคำตอบจะใช้ในการพิจารณาในการวัดองค์ประกอบ ที่เกี่ยวข้องกับความคลาดเคลื่อน ซึ่งมักจะเกิดขึ้นไม่แน่นอนในการวัดพฤติกรรมมนุษย์จึงต้องใช้วิธีการของความน่าจะเป็นมาใช้วิเคราะห์ ซึ่งจะมีแนวคิดที่สอดคล้องกับทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม อย่างไรก็ตาม ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม(ราส์ชโมเดล) จะใช้ความน่าจะเป็นการในการวิเคราะห์คำตอบของผู้สอบว่ามีโอกาสตอบข้อสอบได้ถูกมากน้อยแค่ไหน

ถ้าความสามารถของบุคคลที่ n แทนด้วย $\theta_n$ และความยากของข้อสอบข้อที่ i แทนด้วย $\Delta_i$ ดังนั้น

ถ้า $\theta_n > \Delta_i$ ผู้สอบจะมีโอกาสสูงในการตอบได้อย่างถูกต้อง หรือ ถ้า $\theta_n < \Delta_i$ ผู้สอบจะมีโอกาสต่ำในการตอบได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ ถ้า Odds ของคำตอบแทนด้วย

$\frac{\theta_n}{\Delta_i} > 1$ คาดว่าจะมีโอกาสตอบถูกต้อง หรือ ถ้า $\frac{\theta_n}{\Delta_i} < 1$ คาดว่าจะมีโอกาสตอบผิด

และ ถ้า $\frac{\theta_n}{\Delta_i} = 1$ จะมีโอกาสตอบถูกต้องร้อยละ 50

$P_{ni}$ คือความน่าจะเป็นของคำตอบที่ถูกต้อง และ 1- $P_{ni}$ คือ ความน่าจะเป็นของคำตอบที่ผิด odds ของคำตอบเขียนแทนด้วย

$$\frac{\theta_n}{\Delta_i} = \frac{P_{ni}}{1 - P_{ni}}$$

และ ถ้า $\frac{\theta_n}{\Delta_i} = 1$ ดังนั้น $P_{ni} = 0.5$

**3) หลักการวัด (measurement principle)**

ความน่าจะเป็นของคำตอบทั้งผู้สอบและกลุ่มผู้สอบ จะมีพิสัยอยู่ระหว่าง 0.0 - 1.0 ซึ่งจะเป็นตัวควบคุมข้อมูลที่แสดงในรูปของสัดส่วนให้อยู่ในระดับ ช่วงคะแนน (interval scale) การวัดค่าเป็นสัดส่วนหรือคะแนนดิบไม่สามารถเขียนอยู่ในรูปของมาตรระดับช่วงคะแนนได้ แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าแบบสอบที่สร้างขึ้นไม่มีนักเรียนที่มีคะแนนสูงติดเพดาน หรือต่ำติดพื้น และค่า

คะแนนเฉลี่ยจะอยู่ใกล้กึ่งกลางของพิสัย คะแนนดิบและสัดส่วนที่มาจากแบบสอบที่มีจำนวนข้อสอบมากมักจะใกล้เคียงกับมาตรช่วงคะแนน ปัญหาเหล่านี้สามารถแก้โดยการใช้การแปลงสมการโลจิสติก และเกี่ยวข้องกับการเข้าสมการ natural logarithm of the odds แสดงในสมการ

$$\ln\frac{\theta_n}{\Delta_i} = \ln\left(\frac{P_{ni}}{1-P_{ni}}\right)$$

และ $\ln\theta_n - \ln\Delta_i = \ln\left(\frac{P_{ni}}{1-P_{ni}}\right)$

หากทำให้ง่าย ทำ $\ln\theta_n = \beta_n$ และ $\ln\Delta_i = \delta_i$

ดังนั้น $\beta_n - \delta_i = \ln\left(\frac{P_{ni}}{1-P_{ni}}\right)$

และ $\frac{P_{ni}}{1-P_{ni}} = e^{(\beta_n-\delta_i)} or \exp(\beta_n-\delta_i)$

ความน่าจะเป็นของคำตอบถูก $(X_{ni}=1)$ คือ

$$P_{ni} = \frac{\exp(\beta_n-\delta_i)}{1+\exp(\beta_n-\delta_i)}$$

และความน่าจะเป็นของการตอบผิด

$$P_{ni}(X_{ni}=0) = 1-P_{ni}(X_{ni}=1) = \frac{1}{1+\exp(\beta_n-\delta_i)}$$

**3.2 โมเดลการตอบสนองข้อสอบ**

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) เป็นทฤษฎีที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการตอบข้อสอบกับคุณลักษณะภายใน (trait) ของผู้สอบ กล่าวคือ การตอบของผู้สอบสามารถทำนายได้ด้วยคุณลักษณะเฉพาะของผู้สอบ ซึ่งเราสามารถนำค่าระดับความสามารถของผู้สอบหรือคุณลักษณะที่ประมาณได้ไปทำนายหรืออธิบายการตอบถูกของผู้สอบได้ (Hambleton and Cook, 1977; Lord and Novick, 1968; Hambleton and Swaminathan, 1985; Baker, 1987; Yen, 1981 อ้างถึงใน สมจิตร์ ทรัพย์อัประไมย, 2531; เกศมณี พยัคฆ์, 2543)

โมเดลการตอบสนองข้อสอบเป็นระบบความสัมพันธ์ระหว่างโอกาสการตอบข้อสอบถูก $P_i(\theta)$ กับความสามารถที่มีอยู่ภายในผู้ตอบ $(\theta)$ ในรูปของโค้งลักษณะข้อสอบ(ICC) ซึ่งมีลักษณะเป็นฟังก์ชันโลจิสหรือโมเดลโลจิส (logistic function) หรือฟังก์ชันปกติสะสมหรือโมเดลปกติสะสม (normal ogive function) แต่เนื่องจากโมเดลโลจิสมีลักษณะที่คำนวณง่ายและสะดวก

กว่า รวมทั้งโมเดลโลจิสยังมีความทนทานต่อความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นกับผู้สอบที่มีความสามารถสูงจะตอบข้อสอบได้ดีกว่า จึงทำให้โมเดลโลจิสเป็นที่นิยมนำไปใช้จริง (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545)

การนำเสนอโมเดลโลจิสที่สำคัญมี 3 โมเดล คือ One- , Two- , Three- , Parameter Logistic Model (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545) ดังมีรายละเอียดดังนี้

1. One – Parameter Logistic Model โมเดลนี้เป็นโมเดลที่มีพารามิเตอร์ของข้อสอบเพียงตัวเดียว คือ ค่าความยากของข้อสอบ โมเดลนี้ต่างกับ Three – Parameter Logistic Model 2 ประการ คือ (1) โมเดลนี้เชื่อว่าอำนาจจำแนกของทุกข้อเท่ากัน (2) ค่าการเดาของข้อสอบต่ำมากหรือมีค่าเป็น 0 สูตรทางคณิตศาสตร์ของโมเดลนี้ ก็คือ

$$P_i(\theta) = \frac{1}{1+e^{-(\theta-b_i)}}$$

เมื่อ $P_i(\theta)$ แทนความน่าจะเป็นซึ่งผู้ตอบที่มีระดับความสามารถ $\theta$ ตอบข้อ i ได้ถูก

$b_i$ แทนค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบข้อ i

$e$ เป็นค่าคงที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.718

2. Two-Parameter Logistic Model สมการหลักในโมเดลนี้ คือ โมเดลนี้มีค่าพารามิเตอร์ตัวที่ 2 เพิ่มเข้ามา คือ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ ใช้สัญลักษณ์ $a_i$

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

เมื่อ $P_i(\theta)$ แทนความน่าจะเป็นซึ่งผู้ตอบที่มีระดับความสามารถ $\theta$ จะตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูก

$a_i$ แทนค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบข้อ i

$b_i$ แทนค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบข้อ i

$e$ เป็นค่าคงที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.718

$D$ เป็นค่าคงที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.70

3. Three - Parameter Logistic Model โมเดลนี้มีค่าพารามิเตอร์ตัวที่ 3 เพิ่มเข้ามา คือ ค่าการเดาข้อสอบ ใช้สัญลักษณ์ $c_i$ โดยค่า $c_i$ จะเป็นจุดที่ต่ำที่สุดของโค้งการตอบข้อสอบ ซึ่งหมายถึงความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของผู้สอบที่มีระดับความสามารถต่ำสุด สูตรทางคณิตศาสตร์ของโมเดลนี้คือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

เมื่อ $P_i(\theta)$ แทนความน่าจะเป็นซึ่งผู้ตอบที่มีระดับความสามารถ $\theta$ จะตอบข้อสอบข้อที่ i ได้ถูกต้อง

$a_i$ แทนค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบข้อ i

$b_i$ แทนค่าความยากของข้อสอบข้อ i

$c_i$ แทนค่าการเดาข้อสอบข้อที่ I ได้ถูกต้อง

$e$ เป็นค่าคงที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.718

$D$ เป็นค่าคงที่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.7

เนื่องจากคุณลักษณะแฝงในตัวบุคคลนั้นมีหลายชนิดและมีธรรมชาติที่แตกต่างกัน การใช้เครื่องมือตลอดจนข้อมูลที่ได้จึงแตกต่างกันออกไปด้วย ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวจึงต้องเลือกใช้โมเดลที่เหมาะสมกับลักษณะข้อมูลแต่ละแบบ จึงจะทำให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้อง โมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบซึ่งบรรดานักวัดผลได้พัฒนาไว้ มีหลายโมเดล ดังแสดงในตาราง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2-4 แสดงลักษณะข้อมูล โมเดลที่เหมาะสม และผู้มีบทบาทสำคัญในแต่ละโมเดล

| ลักษณะข้อมูล | โมเดล | แหล่งอ้างอิง |
|---|---|---|
| Dichotomous | Latent Linear | Lazarsfeld and Henry (1968 |
| | Perfect Scale | Guttman (1944) |
| | Latent Distance | Lazarsfeld and Henry (1968) |
| | One, Two , Three-Parameter Normal Ogive | Lord (1952) |
| | One, Two , Threec ,-Parameter Logistic | Birnbaum (1957,1958a,1958b, 1968) ; Lord and Novick (1968) ; Rasch (1960) ; Wright and Stone (1979) |
| | Four-Parameter Logistic | McDonald (1967) ; Barron and Lord (1981) |
| Multicategory | Nominal Response | Bock (1972) |
| Scoring | Graded Response | Samejima (1969 |
| | Partial Credit Model | Master (1982) |
| Continuous | Continuous Response | Samjima (1982) |

(Hambleton and Swaminathan, 1985 อ้างถึงใน สมจิตร์ ทรัพย์อัประไมย, 2531)

จากตารางจะเห็นได้ว่า ในกรณีที่ข้อมูลเป็นการให้คะแนน 2 ค่า (dichotomous) กล่าวคือ มีลักษณะการให้คะแนนเป็น 0 เมื่อตอบผิดหรือ 1 เมื่อตอบถูก มีโมเดลที่ได้รับการพัฒนาหลายโมเดลด้วยกัน ได้แก่ Latent Linear, Perfect Scale, Latent Distance, One, Two , Three-Parameter Normal Ogive รวมทั้ง Logistic Model

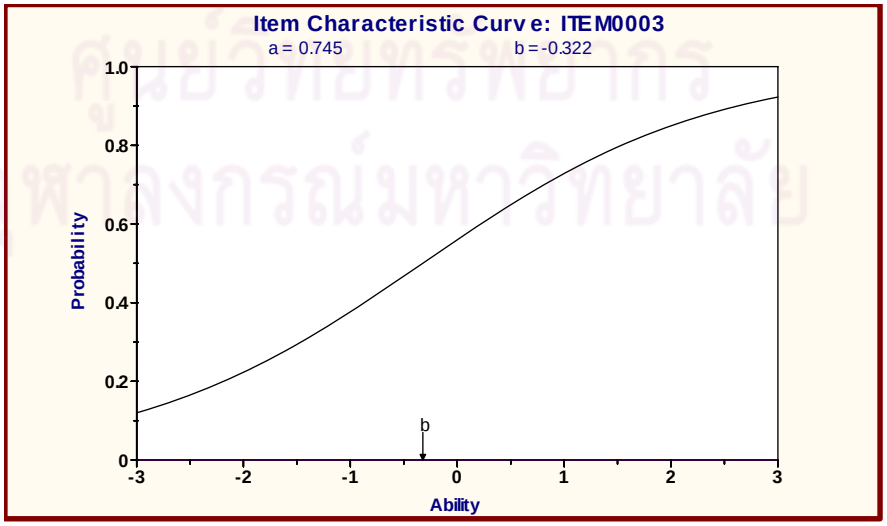
**3.3 แนวคิดพื้นฐานของโมเดลราส์ช**

โมเดลราส์ชเป็นโมเดลที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยนักคณิตศาสตร์ชาวเดนมาร์กชื่อ จอร์จ ราส์ช (Georg Rasch) ระหว่างปี 1951 ถึงปี 1959 ราส์ชได้พัฒนาโมเดลนี้ขึ้นด้วยความตระหนักถึงความจริงที่ว่า ในกระบวนการวัดผลเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพที่สุดนั้น องค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งคือการใช้เครื่องมือวัดที่มีความเป็นอิสระในตัวเอง กล่าวคือ คุณภาพของเครื่องมือไม่ได้ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ถูกวัด ด้วยความสนใจถึงสภาพปัญหาดังกล่าว ราส์ชได้เกิดแนวคิดว่า ควรจะมีโมเดลที่จะวิเคราะห์การตอบแบบสอบซึ่งจะให้ผลการวิเคราะห์มีความเป็นอิสระจากแบบสอบเอง

และจากสิ่งที่ราส์ชได้พยายามคิดหาค่าความยากของข้อสอบ ที่ไม่ต้องไปสัมพันธ์กับคน และหาค่าความสามารถของคนโดยไม่ต้องไปสัมพันธ์กับระดับความยากง่ายของข้อสอบ นั่นคือเครื่องมือวัดและสิ่งถูกวัดเป็นอิสระจากกัน ไม่ต้องสัมพันธ์กัน ราส์ชให้แง่คิดว่า ถ้ากำหนดให้ข้อสอบข้อหนึ่งมีความยากเป็น $\delta$ และความสามารถของคนหนึ่งมีค่าเป็น $\beta$ แล้ว เมื่อคนคนนี้ทำข้อสอบเขาจะใช้ความสามารถทั้งหมดของเขาแก้ปัญหาในคำถามข้อนั้น ถ้าความสามารถของเขามีมากกว่าความยากของข้อสอบ โอกาสที่เขาจะทำข้อสอบข้อนี้ถูกก็จะมีมากกว่า 0.5 ถ้าความสามารถของเขามีน้อยกว่าความยากของข้อสอบ โอกาสที่จะทำข้อนี้ถูกก็จะมีน้อยกว่า 0.5 ถ้าความสามารถของเขามีอยู่เท่ากับความยากของข้อสอบ โอกาสทำถูกก็จะประมาณ 0.5 จะเห็นได้ว่าเมื่อคนคนหนึ่งทำข้อสอบข้อหนึ่ง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นก็คือ การที่บุคคลต้องใช้ความสามารถของตนต่อสู้กับความยากของข้อสอบ ผลของการทำข้อสอบจึงเท่ากับความแตกต่างระหว่างความสามารถของตนกับความยากของข้อสอบ ซึ่งก็คือความแตกต่างระหว่าง $\beta$ กับ $\delta$ หรือ $(\beta - \delta)$ อาจจะให้ผลลัพธ์ได้ตั้งแต่ $-\infty$ ถึง $+\infty$ จึงต้องแปลงค่านี้ให้เป็นค่าความน่าจะเป็นซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 เท่านั้น (Husen and Postlethwaite, 1988; สุธรรม์ จันทน์หอม, 2526; สมจิตร์ ทรัพย์อัประไมย, 2531; สุพล นิลกลาง, 2541 ) และเพื่อให้ค่าเปลี่ยนแปลงน้อย จึงใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เป็นค่าอัตราส่วนของล็อกปกติ (Natural log) ของค่าคงที่ตัวหนึ่งคือค่า $e^{(\beta - \delta)}$ และอัตราส่วนนั้นก็คือ

$$P_x = \frac{e^{(\beta-\delta)}}{1+e^{(\beta-\delta)}}$$

ซึ่งจะทำให้ได้เส้นความถี่สะสมปกติหรือ Normal Ogive ที่ราส์ชเรียกว่า Logistic ที่แสดงได้ดังนี้




ภาพที่ 2-1 โค้งความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกต้อง

เมื่อการให้คะแนนการตอบข้อสอบแต่ละข้อเป็น 0 หรือ 1 แล้ว สูตรการคำนวณค่าความน่าจะเป็นของคนที่มีความสามารถ $\beta$ จะตอบข้อสอบข้อนั้นได้ถูกจะเป็น

$$\Pr(x=1;\beta,\delta)=\frac{\exp(\beta-\delta)}{1+\exp(\beta-\delta)}$$

โมเดลต่าง ๆ ของราส์ช ได้รับการพัฒนาให้มีขอบข่ายการใช้งานกว้างออกไปตามลักษณะของข้อมูลที่แตกต่างกัน Wright, (1982 อ้างถึงใน Masters. & Keeves., 1999; กิ่งกาญจน์ เมฆา, 2540) ซึ่งรวบรวมไว้ 5 โมเดล คือ

1. โมเดลไดโคโตมัสของราส์ช (Rasch's Dichotomous Model)
2. โมเดลพาร์เชียลเครดิต (Partial Credit Model)
3. โมเดลมาตราจัดอันดับ (Rating Scale Model)
4. โมเดลไบโนเมียลไทรอัลล์ (Binomial Trials Model)
5. โมเดลพัวซอง เคานท์ (Poisson Counts Model)

**ตอนที่ 4 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ**

**4.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและค่าความสามารถ**

วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบที่น่าสนใจมี 3 วิธี ได้แก่ วิธีฮิวริสติก (Heuristic) แมกซิมัมไลค์ลิฮู้ด (Maximum Likelihood) และวิธีของเบส์ (Bayesian) ซึ่งแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังนี้ (Lord, 1984; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545; วินัย วงศ์ฤทัยวัฒนา, 2533; วิชุดา บัวคง, 2533)

4.1.1 วิธีฮิวริสติก (Heuristic)

ยูริ ได้พัฒนาวิธี Heuristic เพื่อใช้หาค่าประมาณของค่าอำนาจจำแนก(a) และค่าความยาก(b) ของโมเดลโลจิสติก โดยอาศัยค่าอำนาจจำแนก($r_{bi}$ ,$r_{pb}$) และค่าความยาก(สัดส่วนการตอบถูก P) ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม และเพื่อใช้เป็นค่าเริ่มต้นในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลโลจิสติกด้วยวิธีแมกซิมัมไลค์ลิฮู้ด ต่อมา Schmidt (1977) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Heuristic พบว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Heuristic มีความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ คือการประมาณค่าอำนาจจำแนกได้ค่าประมาณต่ำกว่าค่าจริงเสมอ และการประมาณค่าความยากได้ค่าประมาณสูงกว่าค่าจริงเสมอ Schmidt จึงได้เสนอแนะให้ใช้ค่าความเที่ยงของแบบสอบ (KR-20) ปรับสมการของวิธี Heuristic ที่ใช้ในการประมาณค่าเพื่อทำให้การหาค่าประมาณได้ค่าที่มีความถูกต้องมากขึ้น

สมการของวิธี Heuristic ที่ใช้ในการประมาณค่าได้แก่

$$a_j = \left[R_j\left(P_jQ_j\right)^{1/2}\right]/\left[(KR-20)Y_j^{\,2} - R_j^{\,2}\left(P_jQ_j\right)\right]^{1/2}$$

$$b_j = \left[Y_jZ_j(KR-20)^{1/2}\right]/\left[R_j\left(P_jQ_j\right)^{1/2}\right]$$

เมื่อ

$a_j$ = ค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบข้อ j

$b_j$ = ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบข้อ j

$R_j$ = ค่าสัมพันธ์พอยท์ไบซีเรียลของข้อสอบข้อที่ j

$P_j$ = ค่าสัดส่วนการตอบถูกของข้อสอบข้อที่ j

$Q_j$ = 1 - $P_j$

$KR-20$ = ค่าความเที่ยงของแบบสอบ

$Z_j$ = ค่า Z ของการแจกแจงปกติมาตรฐานที่พื้นที่ใต้โค้งปกติมาตรฐานด้านขวามือมีค่าเท่ากับ $P_j$

$Y_j$ = ค่าความสูงของโค้งปกติมาตรฐานที่ตรงจุด $Z_j$

4.1.2 วิธีแมกซิมัมไลค์ลิฮู้ด (Maximum Likelihood: ML)

กำหนดให้ $U_{ij}$ เป็นตัวแปรแสดงผลการตอบข้อสอบข้อที่ j ( j = 1,2,……n) ของผู้เข้าสอบคนที่ i( i = 1,2 ,….N) (ตอบถูก $U_{ij}$ = 1 ตอบผิด $U_{ij}$ = 0) $P_{ij} = P_j(\theta_i) = P(U_{ij} = 1/\theta)$ แสดงความน่าจะเป็นในการตอบถูก $P_{ij}$ แสดงได้ได้ด้วยฟังก์ชันโลจิสติกแบบสองพารามิเตอร์ ถ้าแบบสอบมีความเป็นเอกมิติ (unidimensionality) และมีความเป็นอิสระของข้อสอบ (local item independence) ความน่าจะเป็นร่วมในการตอบข้อสอบ n ข้อของผู้สอบ N คน คือ

$$P(U:\theta,a,b) = \prod_{i=1}^{N}\prod_{j=1}^{n} P_{ij}^{U_{ij}} Q_{ij}^{1-U_{ij}}$$

เมื่อ

$P(U:\theta,a,b)$ = ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบ n ข้อของผู้เข้าสอบ N คน

U = เวคเตอร์ (Vector) ของตัวแปรที่แสดงผลการตอบข้อสอบ n ข้อ ของผู้เข้าสอบ N คน

$\theta$ = เวคเตอร์ (Vector) ความสามารถของผู้เข้าสอบ N คน

a = เวคเตอร์ (Vector) ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ n ข้อ

b = เวคเตอร์ (Vector) ค่าความยากของข้อสอบ n ข้อ

หลังจากการสอบได้ทราบค่าสังเกต $U_{ij} = u_{ij}$ จะเรียก $P(U:\theta,a,b)$ ว่าฟังก์ชันไลค์ลิฮู้ด ดังนี้

$$L(u:\theta,a,b) = \prod_{i=1}^{N}\prod_{j=1}^{n} P_{ij}^{u_{ij}} Q_{ij}^{1-u_{ij}}$$

เมื่อ

$L(u:\theta,a,b)$ = ฟังก์ชันไลค์ลิฮู้ดของผลการสอบ

u = เวกเตอร์ผลการตอบข้อสอบ n ข้อของผู้เข้าสอบ N คน

การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีแมกซิมัมไลค์ลิฮู้ด คือ การหาค่าประมาณ $\theta_i$ ( i = 1,2,….,N) และ $a_j$ , $b_j$ ( j = 1,2,….n) ที่ทำให้ฟังก์ชัน $L(u:\theta,a,b)$ มีค่าสูงที่สุด ปกติจะหาค่า $\theta_i$ , $a_j$ และ $b_j$ ที่ทำให้ ln $L(u:\theta,a,b)$ มีค่าสูงที่สุด (ln = Natural Logarithm) เพราะค่า $\theta_i$ , $a_j$ และ $b_j$ ที่ทำให้ $L(u:\theta,a,b)$ มีค่าสูงที่สุด เป็นค่าเดียวกันกับค่า $\theta_i$ , $a_j$ และ $b_j$ ที่ทำให้ ln $L(u:\theta,a,b)$ มีค่าสูงที่สุด แต่การหาค่า $\theta_i$ , $a_j$ และ $b_j$ ที่ทำให้ ln $L(u:\theta,a,b)$ มีค่าสูงที่สุดทำได้ง่ายกว่า

สำหรับการประมาณค่าด้วยวิธีประมาณค่าที่เป็นไปได้สูงสุดแบบประมาณค่าร่วมกัน(Joint Maximum Likelihood Estimation Procedure) ในการประมาณค่าจะใช้ N แทนจำนวนผู้สอบ, $P_i(\theta_a)$ แทนความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกในข้อ I ณ ผู้สอบระดับความสามารถ $\theta_a$ , $Q_i(\theta_a) = 1 - P_i(\theta_a)$, $u_{ia}$ แทนคำตอบข้อที่ i (0,1) และ $g(\theta_a)$ แทนการแจกแจงพารามิเตอร์โดยมีสูตรดังนี้ (Lord, 1984)

Joint Maximum Likelihood:

$$\text{Maximize } L(\theta;a,b,c) = \prod_{a=1}^{N}\prod_{i=1}^{n}[P_i(\theta_a)]^{u_{ia}}[Q_i(\theta_a)]^{1-u_{ia}}$$

หรือ $$\log L(\theta;a,b,c) = \sum_{a=1}^{N}\sum_{i=1}^{n}\left[u_{ia}\log P_i(\theta_a) + (1+u_{ia})\log Q_i(\theta_a)\right]$$

สำหรับขั้นตอนแรกของการประมาณค่าด้วยวิธีประมาณค่าที่เป็นไปได้สูงสุดแบบประมาณค่าร่วมกัน มีการกำหนดค่าเริ่มต้นของ $\theta_a$ โดยใช้ค่า Log ของอัตราส่วนจำนวนข้อที่ตอบถูกต่อจำนวนข้อที่ตอบผิดสำหรับผู้ตอบแต่ละคนแปลงเป็นคะแนนมาตรฐานเพื่อใช้เป็นค่าเริ่มต้นของ $\theta_a$ จากนั้นทำเสมือนทราบค่า $\theta_a$ เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ในขั้นตอนที่สอง จาก

ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบที่ได้จากขั้นตอนแรก ทำเสมือนทราบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ เพื่อประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ วิธีนี้จะกระทำซ้ำตามขั้นตอนทั้งสองจนกระทั่งได้ค่าประมาณ 2 ครั้งหลังที่ไม่เปลี่ยนแปลง แต่วิธีนี้ยังมีข้อจำกัด คือ 1)ไม่สามารถประมาณค่าความสามารถได้ในกรณีมีผู้สอบได้คะแนนเต็มหรือได้ศูนย์คะแนน 2) ไม่สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบได้ ในกรณีข้อสอบที่มีผู้ตอบถูกหรือผิดหมดทุกคน 3) เมื่อวิเคราะห์โมเดล 2 และ 3 พารามิเตอร์ ค่าพารามิเตอร์จะมีความคงเส้นคงวาได้ ก็ต่อเมื่อมีจำนวนข้อสอบมากและกลุ่มผู้สอบมีขนาดใหญ่ (Hambleton et. al., 1991 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545)

Marginal Maximum Likelihood of Item Parameters $(\beta)$:

Maximize $L(a,b,c) = \prod_{a=1}^{N} \int_{-\infty}^{\infty} g(a) L(\theta_a; a,b,c) d\theta_a$

วิธีการประมาณค่าที่เป็นไปได้สูงสุดแบบประมาณค่าปลายทาง(MMLE) จะประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและความสามารถของผู้สอบไปพร้อมกัน การประมาณค่าไม่อิงกับพารามิเตอร์ความสามารถของผู้สอบ รวมทั้งมีการประมาณการแจกแจงความสามารถผู้สอบ เพื่อให้ได้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นปลายทางพารามิเตอร์ของข้อสอบ จากนั้นนำไปใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ ซึ่งจะใช้โปรแกรม BILOG ในการประมาณค่า วิธีนี้จะต้องใช้ข้อสอบจำนวนมากและกลุ่มผู้สอบขนาดใหญ่จึงจะสามารถประมาณค่าความสามารถของผู้สอบได้ถูกต้อง และเมื่อมีการวิเคราะห์โมเดล 3 พารามิเตอร์ จะต้องมีผู้ที่มีความสามารถต่ำเพียงพอเพื่อให้การประมาณค่าการเดามีความถูกต้อง ซึ่งปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีการของเบส์(Bayesian's Method)

ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น โประแกรม LOGIST จะค้นหาค่าความสามารถและค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ (a, b, c) ที่จะทำให้ฟังก์ชันประมาณค่าที่เป็นไปได้สูงสุด ในวิธีของเบส์จะคูณค่าสูงสุดด้วยค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นแต่ละตัว ซึ่งสมมติว่ามีการแจกแจงอย่างอิสระ ในการประมาณค่าตามวิธีของเบส์จะประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดที่มีค่าอยู่ที่ฐานนิยมของการแจกแจง สำหรับวิธีการประมาณค่าที่เป็นไปได้สูงสุดแบบประมาณค่าปลายทาง(MMLE) จะคูณกับฟังก์ชันประมาณค่าที่เป็นไปได้สูงสุดเดิมด้วยค่าความสามารถเริ่มต้น สกัดค่าพารามิเตอร์ความสามารถด้วยการอินติเกรตชัน และจะได้พารามิเตอร์ข้อสอบที่มีค่าประมาณสูงสุด โดยการทำให้ฟังก์ชันการประมาณค่าที่เป็นไปได้สูงสุดแบบประมาณค่าปลายทางมีค่าสูงสุด ในกระบวนการประมาณค่าวิธีของเบส์ ในขั้นตอนแรกอาจจะใช้ในกระบวนการประมาณค่าที่เป็นไปได้สูงสุดแบบประมาณค่าปลายทางด้วย กระบวนการของเบส์ให้การประมาณค่าที่ดีกว่าวิธีประมาณค่าที่เป็นไปได้สูงสุด เมื่อมีการใช้แบบสอบคู่ขนานที่กลุ่มประชากรผู้สอบกลุ่มเดียวกันซึ่งจะได้ค่าการแจกแจงที่

เหมาะสมทั้งค่าความสามารถและค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบแม้จะมีการขาดหายของข้อมูลแต่โปรแกรม BILOG ก็สามารถประมาณค่าได้ดี

วิธีการประมาณค่าที่เป็นไปได้สูงสุดแบบประมาณค่าปลายทาง(MMLE) มีข้อดีกว่าวิธีการประมาณค่าที่เป็นไปได้สูงสุดแบบร่วมกันที่สำคัญ คือ สามารถประมาณค่าผู้สอบโดยไม่ต้องประมาณค่าความสามารถ รวมทั้งความแม่นยำทางทฤษฎี เมื่อมีจำนวนผู้สอบ 1000 ถึง 2000 คน ทำข้อสอบ 40 ข้อ จะให้ค่าประมาณที่แตกต่างกันเล็กน้อย ในกรณีที่ผู้สอบทำข้อสอบ 10 ถึง 15 ข้อ วิธีการประมาณค่าที่เป็นไปได้สูงสุดแบบร่วมกัน จะให้ค่าประมาณความสามารถที่ลำเอียงโดยเฉพาะในผู้สอบที่มีความสามารถต่ำ ดังนั้นจึงทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์มีความคลาดเคลื่อน แม้จะมีผู้สอบจำนวนมาก

4.1.3 วิธีของเบส์ (Bayesian)

กระบวนการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และความสามารถของผู้เข้าสอบจะประมาณค่าด้วยวิธีของเบส์ เนื่องจากให้การประมาณค่าที่ถูกต้องกว่าวิธีอื่น (วินัย วงศ์ฤทัยวัฒนา, 2533; วิชุดา บัวคง, 2533) คือ การประมาณค่า $\theta_i$ (i = 1, 2 , ...,N) และ $b_j, a_j, c_j$ (j = 1 , 2 , ... , n) ที่ทำให้ฟังก์ชันการแจกแจงภายหลัง $f(\theta,b,a,c/u)$ มีค่าสูงสุด ปกติถ้า $\ln f(\theta,b,a,c/u)$ เป็นฟังก์ชันที่หาอนุพันธ์ได้ การหาค่า $\theta_i$, $b_j$, $a_j$ และ $c_j$ จะหาได้จากการอนุพันธ์ของ $\ln f(\theta,b,a,c/u)$ และกำหนดให้อนุพันธ์ของ $\ln f(\theta,b,a,c/u)$ มีค่าเท่ากับศูนย์ แล้วหาค่ารากของอนุพันธ์ของ $\ln f(\theta,b,a,c/u)$ ซึ่งแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$f(\theta,b,a,c/u) = L(\theta,b,a,c).f(b).f(a).f(c)/f(u)$$

$$\ln f(\theta,b,a,c/u) = \ln L(u/\theta,b,a,c) + \ln f(\theta) + \ln f(b) + \ln f(a) + \ln f(c) + cons\tan t$$

$$d\ln f(\theta,b,a,c/u)/d\ \theta_i = 0$$

$$d\ln f(\theta,b,a,c/u)/d\ b_j = 0$$

$$d\ln f(\theta,b,a,c/u)/d\ a_j = 0$$

$$d\ln f(\theta,b,a,c/u)/d\ c_j = 0$$

สมการอนุพันธ์ของ $\ln f(\theta,b,a,c/u) = 0$ เรียกว่า สมการโมดัล (Modal Equation) ค่ารากของสมการโมดัล คือ ค่าความสามารถ $\theta$ และค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ a , b , c ที่ทำให้ฟังก์ชันการแจกแจงภายหลังมีค่าสูงสุด อาจทำได้โดยใช้เทคนิค Newton - Raphson ซึ่งเป็นการหาค่าประมาณโดยการหาค่าซ้ำ (Iterative) และมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับใช้ในการประมาณค่าความสามารถ $\theta_i$ และค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ $a_j, b_j$ และ $c_j$

ค่าเริ่มต้นสำหรับใช้ในการประมาณค่าความสามารถ $\theta_i$

$$\theta_i(0) = \ln(X_i/(n - X_i))$$

เมื่อ

ln = Natural Logarithm

$X_i$ = คะแนนสอบของผู้เข้าสอบคนที่ i

n = จำนวนข้อสอบ

ค่าเริ่มต้นสำหรับใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ $a_j, b_j$ และ $c_j$

$$a_j^{(0)} = R_j/\left(1 - R_j^2\right)^{1/2}$$

$$b_j^{(0)} = Z_j / R_j$$

$$c_j = 1/m_j$$

เมื่อ

$R_j$ = Point – Biserial Correlation

$Z_j$ = ค่า Z ของการแจกแจงปกติมาตรฐานที่พื้นที่ใต้โค้งปกติมาตรฐานด้านขวามือมีค่าเท่ากับ $P_j$

$P_j$ = $U_j / N$

$N$ = จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

$m_j$ = จำนวนตัวเลือกในข้อสอบข้อที่ j

ขั้นที่ 2 ประมาณค่าความสามารถของผู้เข้าสอบแต่ละคน $\theta_i$ โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบที่ประมาณค่าได้ในครั้งก่อนเป็นค่าคงที่

$$\theta_i^{m+i} = \theta_i^{(m)} - g\left(\theta_i^{(m)}\right)/h\left(\theta_i^m\right)$$

เมื่อ

$\theta_i^{m+i}, \theta_i^{(m)}$ = ค่าประมาณความสามารถของคนที่ i ครั้งที่ m + 1และ m

$$g\left(\theta_i^{(m)}\right) = d \ln f(\theta, b, a, c/u) d\theta_i$$

$$g\left(\theta_i^{(m)}\right) = d^2 \ln f(\theta, b, a, c/u) d\theta_i^2$$

การประมาณค่าซ้ำ (Iterative) จะกระทำจนกว่าค่าประมาณความสามารถ $\theta_i$ จะลู่เข้าสู่ค่าคงที่ค่าใดค่าหนึ่ง (Convergence) คือ ค่าประมาณครั้งที่ m + 1 และครั้งที่ m มีค่าแตกต่างกันน้อยกว่าค่าคงที่ ที่กำหนดไว้ เช่น 0.001

ขั้นที่ 3 ประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบแต่ละข้อ $a_j, b_j$ และ $c_j$ โดยกำหนดให้ค่าความสามารถของผู้เข้าสอบที่ประมาณค่าได้ในครั้งก่อนเป็นค่าคงที่

$$a_j^{m+1} = a_j^{(m)} - g\left(a_j^{(m)}\right) / h\left(a_j^{(m)}\right)$$
$$b_j^{m+1} = b_j^{(m)} - g\left(b_j^{(m)}\right) / h\left(b_j^{(m)}\right)$$
$$c_j^{m+1} = c_j^{(m)} - g\left(c_j^{(m)}\right) / h\left(c_j^{(m)}\right)$$

เมื่อ

$a_j^m, a_j^{(m+1)}$ = ค่าประมาณอำนาจจำแนกของข้อสอบข้อที่ j ครั้งที่ m และ m + 1

$b_j^m, b_j^{(m+1)}$ = ค่าประมาณความยากของข้อสอบข้อที่ j ครั้งที่ m และ m + 1

$c_j^m, c_j^{(m+1)}$ = ค่าประมาณการเดาของข้อสอบข้อที่ j ครั้งที่ m และ m + 1

$g(a_j^{(m)}) = d \ln f(\theta, b, a, c/u) / d\ a_j$

$h(a_j^{(m)}) = d^2 \ln f(\theta, b, a, c/u) / d\ a_j^2$

$g(b_j^{(m)}) = d \ln f(\theta, b, a, c/u) / d\ b_j$

$h(b_j^{(m)}) = d^2 \ln f(\theta, b, a, c/u) / d\ b_j^2$

$g(c_j^{(m)}) = d \ln f(\theta, b, a, c/u) / d\ c_j$

$h(c_j^{(m)}) = d^2 \ln f(\theta, b, a, c/u) / d\ c_j^2$

การประมาณค่าซ้ำ (Iterative) จะทำจนกว่าค่าประมาณ จะลู่เข้าสู่ค่าคงที่ค่าใดค่าหนึ่ง (Convergence)

ค่าของอนุพันธ์อันดับ 1 g(.) และอนุพันธ์อันดับ 2 h(.) มีส่วนประกอบสองส่วน คือ ส่วนที่ได้จากฟังก์ชันไลค์ลิฮู้ด และส่วนที่ได้จากการแจกแจงเริ่มแรก ซึ่งส่วนประกอบทั้งสองส่วนนี้แสดงไว้ในตารางที่ 2-5

<u>ขั้นที่ 4</u> ประมาณค่าซ้ำ ชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 จนกว่าค่าประมาณ $\theta_i, a_j, b_j$ และ $c_j$ จะมีค่าคงที่ และมีความถูกต้องเพียงพอ หรือ ทำให้ $f(\theta,b,a,c/u)$ มีค่าสูงสุด

ตารางที่ 2-5 อนุพันธ์อันดับที่ 1 และอนุพันธ์อันดับที่ 2 ของ $\ln f(\theta,b,a,c/u)$

| พารามิเตอร์ ที่มา | อนุพันธ์อันดับที่ 1 | อนุพันธ์อันดับที่ 2 |
|---|---|---|
| | | |
| $\theta_i$ *Likelihood* | $D\sum_{j=1}^{n} a_j(P_{ij}-c_j)(U_{ij}-P_{ij}) / P_{ij}(1-c_{ij})$ | $D^2\sum_{j=1}^{n} a_j^2(P_{ij}-c_j)(U_{ij}-P_{ij}^2) Q_{ij} / P_{ij}^2(1-c_j)^2$ |
| Pr*ior* | $-\theta_i$ | -1 |
| $a_j$ *Likelihood* | $D\sum_{i=1}^{N}(\theta_i-b_j)(P_{ij}-c_j)(U_{ij}-P_{ij})/P_{ij}(1-c_j)$ | $D^2\sum_{i=1}^{N}(\theta_i-b_j)^2(P_{ij}-c_j)(U_{ij}c_j-P_{ij}^2)Q_{ij}/P_{ij}^2(1-c_j)^2$ |
| Pr*ior* | $+(v_j-1)/(a_j-1)/w_j$ | $+(v_j-1)/(a_j^2-1)/w_j$ |
| $b_j$ *Likelihood* | $-D\sum_{i=1}^{N} a_j(P_{ij}-c_j)(U_{ij}-P_{ij}) / P_{ij}(1-c_j)$ | $D^2\sum_{i=1}^{N} a_j^2(P_{ij}-c_j)(U_{ij}c_j-P_{ij}^2) Q_{ij} / P_{ij}^2(1-c_j)^2$ |
| Pr*ior* | - | - |
| $c_j$ *Likelihood* | $\sum_{i=1}^{N}(U_{ij}-P_{ij})/P_{ij}(1-c_j)$ | $\sum_{i=1}^{N}[U_{ij}(2P_{ij}-1)-P_{ij}^2] / P_{ij}^2(1-c_j)^2$ |
| Pr*ior* | $+s_j/c_j-t_j/(1-c_j)$ | $+s_j/c_j^2-t_j/(1-c_j)^2$ |

$P_{ij} = c_j + (1-c_j)/(1+\exp(-Da_j(\theta_i-b_j)))$

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ และค่าความสามารถของผู้เข้าสอบ จากผลการสอบของกลุ่มตัวอย่างในแบบสอบแต่ละฉบับด้วยวิธีของเบส์ ดำเนินการดังนี้

กำหนดค่าเริ่มต้นที่จะใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ โดย

$$\theta_i^{(0)} = \ln\left[\frac{q_i}{1-q_i}\right]$$

$$b_j^{(0)} = \frac{Z_j}{D_j}$$

$$a_j^{(0)} = \frac{D_j}{(1-D_j)^{1/2}}$$

$$c_j^{(0)} = \frac{1}{m_j}$$

$$q_i = \sum_{j=1}^{n}\frac{u_{ij}}{n}, P_j = \sum_{i=1}^{N}\frac{u_{ij}}{N}$$

เมื่อ $u_{ij}$ = ผลการตอบข้อที่ j ของนักเรียนคนที่ i

$Z_j$ = ค่าของคะแนนมาตรฐานที่พื้นที่ใต้โค้งปกติด้านขวามีค่าเท่ากับ $P_j$

$D_j$ = ค่า Point – biserial Correlation ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม

$m_j$ = จำนวนตัวเลือกของข้อที่ j

และทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการหาค่าซ้ำ ๆ จนได้ค่าคงที่ (Iterative) ดังนี้

ขั้นที่ 1 ประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ

$$\theta_i^{(k+1)} = \theta_i^{(k)} - \frac{g\left[\theta_i^{(k)}\right]}{h\left[\theta_i^{(k)}\right]}$$

ขั้นที่ 2 ประมาณค่าอำนาจจำแนก a ค่าความยาก b และค่าการเดา c ของข้อสอบ

$$a_j^{(k+1)} = a_i^{(k)} - \frac{g\left[a_j^{(k)}\right]}{h\left[a_j^{(k)}\right]}$$

$$b_j^{(k+1)} = b_j^{(k)} - \frac{g\left[b_j^{(k)}\right]}{h\left[b_j^{(k)}\right]}$$

$$c_j^{(k+1)} = c_j^{(k)} - \frac{g\left[c_j^{(k)}\right]}{h\left[c_j^{(k)}\right]}$$

เมื่อ $\theta_i^{(k)}$ = ค่าความสามารถของคนที่ i ที่ได้จากการประมาณครั้งที่ k

$a_j^{(k)}$ = ค่าอำนาจจำแนกของข้อที่ j ที่ได้จากการประมาณครั้งที่ k

$b_j^{(k)}$ = ค่าความยากของข้อที่ j ที่ได้จากการประมาณครั้งที่ k

$c_j^{(k)}$ = ค่าการเดาของข้อที่ j ที่ได้จากการประมาณครั้งที่ k

$$g\left[\theta_i^{(k)}\right] = D\sum_{j=1}^{n} a_j\left(P_{ij} - c_j\right)\left(U_{ij} - P_{ij}\right)/\, P_{ij}(1-c_{ij}) - \theta_i$$

$$h\left[\theta_i^{(k)}\right] = D^2\sum_{j=1}^{n} a_j^2\left(P_{ij} - c_j\right)\left(U_{ij} - P_{ij}^2\right)/\, P_{ij}^2(1-c_j)^2 - 1$$

$$g\left[a_j^{(k)}\right] = D\sum_{i=1}^{N} a_j\left(\theta_i - b_j\right)\left(P_{ij} - c_j\right)\left(U_{ij} - P_{ij}\right)/\, P_{ij}(1-c_{ij}) + (v_j - 1)/a_j - 1/w_j$$

$$h\left[a_j^{(k)}\right] = D^2\sum_{i=1}^{N} \left(\theta_i - b_j\right)^2\left(P_{ij} - c_j\right)\left(U_{ij} - P_{ij}^2\right)Q_{ij}/\, P_{ij}(1-c_{ij})^2 - (v_j - 1)/a_j - 1/w_j$$

$$g\left[b_j^{(k)}\right] = -D\sum_{i=1}^{N} a_j\left(P_{ij} - c_j\right)\left(U_{ij} - P_{ij}\right)/\, P_{ij}(1-c_j)$$

$$h\left[b_j^{(k)}\right] = D^2\sum_{i=1}^{N} a_j^2\left(P_{ij} - c_j\right)\left(U_{ij}c_j - P_{ij}^2\right)Q_{ij}^2/\, P_{ij}\,(1-c_j)^2$$

$$g\left[c_j^{(k)}\right] = D\sum_{i=1}^{N} (U_{ij} - P_{ij})/\, P_{ij}(1-c_{ij} + s_j/c_j - t_j)/(1-c_j)$$

$$h\left[c_j^{(k)}\right] = D^2\sum_{i=1}^{N} (U_{ij}(2P_{ij} - 1) - P_{ij}^2/\, P_{ij}^2(1-c_j)^2 - s_j/c_j^2 - t_j/(1-c_j)^2$$

$U_{ij}$ = ผลการตอบข้อ j ของผู้สอบคนที่ i

D = a scaling factor ซึ่งมีค่า = 1.7

$P_{ij}$ = $c_j + (1-c_j)/(1+\exp(-Da_j(\theta_i - b_j)))$

$v_j$ = degree of freedom ของ $a_j$ จาก prior distribution

$w_j$ = Scaling factor ของ $a_j$ จาก prior distribution

$s_j$ = ค่าพารามิเตอร์ตัวที่หนึ่ง ของ $c_j$ จาก prior distribution

$t_j$ = ค่าพารามิเตอร์ตัวที่สอง ของ $c_j$ จาก prior distribution

การประมาณค่าพารามิเตอร์ จะดำเนินการตามขั้นที่หนึ่ง และขั้นที่สอง ซ้ำ ๆ จนกว่าจะได้ค่าคงที่ ค่าอำนาจจำแนก $a_j$ ค่าความความยาก $b_j$ ค่าการเดา $c_j$ และค่าความสามารถของผู้สอบ $\theta_i$ ที่ได้ในครั้งสุดท้าย คือ ค่าที่ประมาณได้ จากวิธีของเบส์ เมื่อได้มีการกำหนดการแจกแจงเริ่มแรกของค่าอำนาจจำแนกด้วยการแจกแจงแบบไคว์-สแควร์ (chi-square distribution) กำหนดการแจกแจงเริ่มแรกของค่าการเดาด้วยการแจกแจงแบบเบต้า (Beta distribution) (Swaminathan and Gifford, 1986 อ้างถึงใน วิชุดา บัวคง, 2533)

สำหรับวิธีการของเบส์จะใช้ค่าเฉลี่ยภายหลังไปใช้ในการประมาณค่า ตัวประมาณค่าจะลดค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าทั้งหมด ซึ่งจะให้การแจกแจงที่เหมาะสมมาใช้ในการประมาณค่า ในกรณีเป็นการประมาณค่าความสามารถ สามารถเขียนความคลาดเคลื่อนได้ดังนี้

$$MSE = E\left(\hat{\theta}_a - \theta_a\right)^2$$

เมื่อ $\hat{\theta}$ เป็นตัวประมาณค่า $\theta$ และ E เป็นค่าคาดหวังของผู้สอบทั้งหมด ค่าเฉลี่ยภายหลังจะเป็นค่าที่ดีได้จะต้องลดค่า MSE ลง

**4.2 การวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบ**

4.2.1 การวิเคราะห์ค่าความเที่ยง (Reliability)

การศึกษาครั้งนี้จะใช้การเปรียบเทียบค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน(Internal consistency reliability) ของ Kuder –Richardson (KR20) โดยมีสูตรดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545)

$$KR20 = \left[\frac{k}{k+1}\right]\left[1+\frac{\Sigma p_i q_i}{S_x{}^2}\right]$$

เมื่อ KR20 คือ สัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบสอบ

k คือ จำนวนข้อสอบทั้งฉบับ

$p_i$ คือ สัดส่วนของผู้ที่ตอบข้อสอบถูก

$q_i$ คือ สัดส่วนของผู้ที่ตอบข้อสอบผิด($1-p_i$)

$S_x^2$ คือ ความแปรปรวนของคะแนนรวม x

4.2.2 สารสนเทศของข้อสอบและแบบสอบ (Item and Test Information Function)

ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบเป็นดัชนีผสมที่สร้างจากดัชนีคุณลักษณะของข้อสอบหลายลักษณะ ประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ความยาก อำนาจจำแนก และค่าความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ เป็นดัชนีแสดงความถูกต้องในการประมาณค่าความสามารถจริงของผู้สอบด้วยผลการตอบสนองข้อสอบข้อนั้นๆ ซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราส่วนของกำลังสองของความชันของเส้น

โค้งลักษณะข้อสอบต่อค่าความแปรปรวนของข้อสอบข้อนั้น สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545; Burnburm, (1968) and Lord, (1980) อ้างถึงใน Hulin et. al., (1983)

$$I_i(\theta) = \frac{\left[P_i(\theta)'\right]^2}{P_i(\theta)Q_i(\theta)}$$

ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบเป็นดัชนีที่แสดงถึงความถูกต้องแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ โดยสามารถหาได้จาก ผลรวมของค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบในแบบสอบฉบับนั้น เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ คือ(ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545; Burnburm, (1968) and Lord, (1980) อ้างถึงใน Hulin et. al., (1983)

$$I(\theta, u_i) = \sum_{i=1}^{n} \frac{\left[P_i(\theta)'\right]^2}{P_i(\theta)Q_i(\theta)} \text{ หรือ } I(\theta) = \sum_{i=1}^{n} I(\theta, u_i)$$

**ตอนที่ 5 การจำลองข้อมูลโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique=MC)**

การศึกษาการจำลองข้อมูลโดยใช้เทคนิค MC เป็นการศึกษารูปแบบเชิงทดลอง โดยเป็นการศึกษาที่แสดงถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งในเชิงบวกและลบโดยการใช้การจำลองข้อมูลหลาย ๆ ครั้งในข้อมูลลักษณะเดียวกัน เทคนิคนี้มักใช้เมื่อนักวิจัยต้องการสุ่มตัวเลขที่มีความคลาดเคลื่อนได้มาก (stochastic simulation) ผลการศึกษาจะสะท้อนให้เห็นเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นจริง

ประวัติการศึกษาการใช้เทคนิค MC แบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ยุคก่อนการใช้เทคนิค MC ซึ่งใช้ในการศึกษาปัญหาทางสถิติ เช่น การสุ่มตัวอย่างทางสถิติ เกี่ยวกับการแจกแจงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ การแจกแจงสถิติที Metropolis&Ulam เป็นผู้ใช้ศัพท์คำว่า “Monte Carlo” เป็นครั้งแรก ซึ่งถือว่าเป็นยุคที่ 2 ซึ่งเทคนิคนี้ใช้เป็นเครื่องมือวิจัยเกี่ยวกับระเบิดปรมณูในยุคสงครามโลกครั้งที่ 2 สำหรับในยุคที่ 3 เทคนิค MC เริ่มช่วงต้นปีทศวรรษที่ 1970 ซึ่งเป็นยุคที่นักวิจัยมีการนำคอมพิวเตอร์ความเร็วสูงมาใช้ เทคนิค MC จึงเริ่มเป็นที่นิยมในการศึกษาเพื่อแก้ปัญหาทางสถิติ

เทคนิคที่ใช้แก้ปัญหาในการคำนวณทางสถิติมีหลายวิธี วิธีการจำลองโดยใช้เทคนิค MC เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมนำมาใช้แก้ปัญหากันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ซึ่งหลักการของการจำลองโดยใช้เทคนิคดังกล่าว จะใช้เลขสุ่ม (Random Numbers) มาช่วยในการหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการศึกษา

ขั้นตอนของวิธีการจำลองด้วยเทคนิค MC ที่ใช้กันในปัจจุบันแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้ (วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล, 2545; วราภรณ์ บุญยไพศาลเจริญ, 2546)

1. การสร้างตัวเลขสุ่ม ลักษณะของตัวเลขสุ่มที่นำมาใช้ จะมีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (uniform distribution) ในช่วง (0, 1) สำหรับวิธีการสร้างตัวเลขสุ่มที่ดีนั้น ลักษณะของเลขสุ่ม ที่ถูกสร้างขึ้นจะต้องมีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในช่วง (0, 1) ตัวเลขสุ่มแต่ละตัวเป็นอิสระกันและมีช่วงยาวก่อนจะเกิดเลขสุ่มซ้ำ

2. การนำเลขสุ่มมาประยุกต์ใช้กับปัญหาที่ต้องการ ซึ่งขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาที่ศึกษา ในการศึกษาครั้งนี้จะนำมาสร้างเลขสุ่มที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรหลายตัว หรือข้อสอบหลายข้อที่มีระดับความไม่เป็นอิสระแตกต่างกัน และนำข้อมูลที่จำลองตามเงื่อนไข ไปประมาณค่าพารามิเตอร์

3. การทดลองกระทำการสุ่ม เป็นการทดลองโดยใช้กระบวนการสุ่ม (random process) มากระทำในลักษณะซ้ำๆกัน (replication) เพื่อประมาณค่าที่แท้จริง โดยจะใช้ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (MSE) หรือ รากที่สองของความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (RMSD) ในการประเมินประสิทธิภาพของการประมาณค่า

รูปแบบการศึกษาด้วยเทคนิค MC ในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ มีดังนี้ (Harwell et. al., 1996)

1. คำถามวิจัยสามารถกำหนดวัตถุประสงค์ที่เฉพาะเจาะจง เช่น เพื่อศึกษาผลของจำนวนข้อสอบและผู้สอบที่ต่างกัน การแจกแจงค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบที่ต่างกัน ที่มีต่อการประมาณค่าความสามารถในโมเดล 2 พารามิเตอร์
2. การกำหนดตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ตัวแปรต้นจะเป็นเงื่อนไข เช่น จำนวนข้อสอบและจำนวนผู้สอบ ตัวแปรตามจะเป็นผลจากตัวแปรต้น
3. การออกแบบการทดลองที่มีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย
4. การจำลองข้อมูลตามเงื่อนไขของโมเดล
5. การประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการจำลอง
6. การเปรียบเทียบผลที่ได้จากการประมาณค่า ค่าสถิติที่ใช้ เช่น ค่ามัธยฐานความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า
7. การกำหนดจำนวนรอบ(replicated R times)ในแต่ละเซลล์
8. ผลจากการจำลองจำนวน R รอบ จะใช้สถิติเชิงบรรยายเพื่อพิจารณาการแจกแจงและสถิติเชิงอ้างอิงในการทดสอบความแตกต่าง เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ในรูปแบบแฟคตอเรียล(factorial design)เพื่อตอบคำถามวิจัย

การใช้เทคนิค MC เหมาะสำหรับการศึกษาปัญหาที่ไม่สามารถแก้ไขได้ในเชิงเหตุผล เช่น ไม่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้ด้วยวิธีอื่น การศึกษาสถานการณ์การวัดทางจิตวิทยา เช่น (1) การตรวจสอบการแจกแจงทางสถิติ การเปรียบเทียบตัวประมาณค่า ที่อยู่ในสถานการณ์ที่เก็บ

ข้อมูลได้ยาก หรือ เพื่อศึกษาความแกร่งของตัวสถิติ (2) การเปรียบเทียบขั้นตอนการคำนวณของฟังก์ชัน หรือ ประเมินขั้นตอนการคำนวณอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องมีการใช้อย่างระมัดระวังและมีข้อจำกัด

**5.1 ข้อดีและข้อจำกัดของการศึกษาด้วยเทคนิค MC**

การนำเทคนิค MC ไปใช้ไม่ใช่เป็นคำตอบทุกปัญหา ในทางตรงกันข้ามขึ้นอยู่กับทักษะของนักวิจัยเป็นสำคัญ สถานการณ์บางอย่างที่มีความสลับซับซ้อนไม่สามารถศึกษาได้ด้วยการเก็บข้อมูลจริง คำถามวิจัยมักเป็นคำถามที่ต้องหาคำตอบได้ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ หรือวิธีการทางสถิติ

การศึกษาคุณสมบัติของสถิติทดสอบด้วยเทคนิค MC ผลที่ได้จะสามารถนำผลไปสรุปอ้างอิงได้สูง เพราะมีความตรงภายนอก แต่อย่างไรก็ตามถ้าผลลัพธ์หรือข้อตกลงเบื้องต้นไม่ตรงตามสภาพความเป็นจริงก็จะให้ผลที่ไม่คุ้มค่า เช่น ถ้าต้องการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของค่าอำนาจจำแนก (2PL) ให้น้อยกว่า 0.15 ขนาดกลุ่มตัวอย่างและจำนวนข้อสอบควรจะเป็นเท่าไรเหมือนกับการวิเคราะห์ (3PL) หรือไม่ และถ้าความแปรปรวนเพิ่มขึ้น 2 เท่าของค่าอำนาจจำแนกในข้อสอบ 10 ข้อ 15 ข้อ การแจกแจงของค่าความสามารถที่มีลักษณะเบ้จะมีผลต่อความคลาดเคลื่อนมาตรฐานหรือไม่ การค้นหาคำตอบโจทย์ปัญหาเหล่านี้ ต้องการความชัดเจนถูกต้องและต้องการวิธีการที่ซับซ้อน

การดำเนินการในสภาพจริง คือ การทำการทดลองโดยกำหนดเงื่อนไขว่าจะต้องมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 0.15 ซึ่งจะทำการทดลองเพียง 1 ครั้ง และนำผลไปสรุปอ้างอิง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดกลุ่มตัวอย่างและความคลาดเคลื่อนในการสุ่ม รวมทั้งความเป็นตัวแทนของกลุ่มตัวอย่าง แต่ถ้าใช้เทคนิค MC จะทำให้สามารถกำหนดและจัดกระทำค่าพารามิเตอร์ เพื่อนำไปศึกษาผลต่อองค์ประกอบต่างๆ ได้ และการใช้เทคนิค MC จะเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการศึกษาที่เก็บรวบรวมข้อมูลกับบุคคล ข้อจำกัดของการใช้เทคนิค MC คือการนำผลไปใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ศึกษานั้นตรงกับสภาพความเป็นจริงหรือไม่ สิ่งที่ควรคำนึงถึงคือ ความถูกต้องของข้อมูลที่จำลองซึ่งยากต่อการประเมิน ผลของการใช้เทคนิค MC ยังขึ้นอยู่กับจำนวนรอบและความถูกต้องของตัวเลขจากคอมพิวเตอร์ (Stone, 1993 อ้างถึงใน Harwell et. al., 1996)

**5.2 การใช้เทคนิค MC ในการศึกษาในทฤษฎี IRT**

การประยุกต์ใช้เทคนิค MC ในการศึกษาทฤษฎี IRT อาจมีรูปแบบดังนี้

1) ประเมินกระบวนการประมาณค่าหรือความครอบคลุมของค่าพารามิเตอร์

2) ประเมินคุณสมบัติทางสถิติในโมเดล IRT เช่น ค่าการวัดความเหมาะสม (Goodness of fit)

3) การเปรียบเทียบวิธีการที่ใช้ในโมเดล IRT เช่น การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบหรือการประเมินการวัดหลายมิติ กลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการจำลองข้อมูลมุ่งที่จะใช้เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ เมื่อทราบความจริงของผลลัพธ์แล้ว อย่างไรก็ตามรูปแบบของการศึกษารูปแบบที่ 1 และ 2 จะเกี่ยวกับการจำลองและวิเคราะห์การแจกแจงของกลุ่มตัวอย่างจริง ในขณะรูปแบบที่ 3 จะเกี่ยวกับการจำลองข้อมูลและการคำนวณเพื่อตรวจสอบลักษณะของการจัดกระทำข้อมูล

ปัญหาที่จะนำเทคนิค MC ไปใช้ศึกษาอาจเป็นการนำไปใช้ทั้งหมดหรือเป็นส่วนหนึ่งในการศึกษาปัญหา จากการรายงานของ Harwell (Harwell et. al., 1996) ที่ศึกษาเอกสารจำนวน 26 เรื่องที่ใช้เทคนิค MC ในวารสาร Psychometrika และ JEM ระหว่างปี 1981 ถึง 1991 ปรากฏว่าบางเรื่อง ใช้เทคนิค MC ในการศึกษาเป็นบางส่วน ในขณะที่บางเรื่องจะใช้เทคนิค MC ทั้งหมด การศึกษาดังกล่าวยังพบว่ามีการตรวจสอบ การจำแนกตามลักษณะปัญหาที่ศึกษา รวมทั้งการประเมินตามมาตรฐานว่า งานวิจัยเหล่านี้มีการศึกษาอย่างไร โดยประเด็นในการประเมินพอสรุปได้ดังนี้ (Harwell et. al., 1996)

1. ปัญหาสามารถแก้ได้ด้วยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค MC หรือไม่
2. การศึกษานั้นขยายองค์ความรู้เดิมหรือไม่
3. มีการออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ที่เหมาะสมที่จะใช้เทคนิค MC มาศึกษาหรือไม่
4. เป็นการนำโปรแกรมที่มีอยู่เดิมมาใช้หรือมีการปรับปรุงโปรแกรมเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพปัญหาหรือไม่
5. ผลลัพธ์ขึ้นอยู่กับค่าเริ่มต้นสำหรับวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์หรือไม่
6. ข้อตกลงเบื้องต้นของการแจกแจงลักษณะตัวแปรอิสระและค่าต่าง ๆ ตรงกับสภาพความเป็นจริงหรือไม่

สำหรับการศึกษาวิจัยที่ใช้กันมาก ใน 2 ประเด็นปัญหาได้แก่ การประมาณค่าพารามิเตอร์และการตรวจสอบมิติ ซึ่งแต่ละประเด็นที่ศึกษามีรายละเอียด ดังนี้

1) การประมาณค่าพารามิเตอร์ ลักษณะการวิจัยที่ศึกษาเรื่องการประมาณค่า 26 เรื่อง แสดงถึงการมุ่งศึกษาแบบสอบขนาดสั้น (ไม่เกิน 25 ข้อ ) เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน ได้แก่ ค่า RMSD โดยการใช้วิธีการประมาณค่าแบบแมกซิมัมไลค์ลิฮู้ดมากที่สุด ส่วนวิธีของเบส์จะใช้น้อย การประมาณค่ามักไม่เป็นไปตามมาตรฐาน การจำลองข้อมูลจะขาดเอกสารสนับสนุนอย่างเพียงพอ มีการศึกษา 16 เรื่องที่ไม่มีการกำหนดจำนวนรอบในการศึกษา ซึ่งจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนและจะส่งผลกระทบต่อการวิจัย และมีการศึกษาประมาณ 20 เรื่อง ขาดหลักฐานแสดงการแจกแจงความสามารถและค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบที่ตรงกับสภาพความเป็นจริง

2) การตรวจสอบมิติ มีงานวิจัย 17 เรื่องที่ขาดการตรวจสอบความเป็นเอกมิติและขาดมาตรฐานการตรวจสอบความเป็นมิติ รวมทั้งการกำหนดจำนวนรอบของการประมาณค่า

**5.3 ขั้นตอนการศึกษา IRT ด้วยเทคนิคMC**

Naylor et. al., (1968 อ้างถึงใน Harwell et. al., 1996) ได้แสดงขั้นตอนทั่วไป ในการศึกษาการใช้เทคนิค MC กับทฤษฎี IRT ประกอบด้วย 1) การกำหนดปัญหา 2) การออกแบบการทดลอง ซึ่งรวมถึงการระบุตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม การออกแบบการวิจัยเชิงทดลอง จำนวนรอบในการคำนวณ และโมเดล IRT 3) การเขียนและระบุโปรแกรมในการจำลองข้อมูลและการประมาณค่าพารามิเตอร์ 4) การวิเคราะห์ผลจากการจำลองข้อมูล ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

**1) การกำหนดปัญหา** ถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญของกระบวนการวิจัย การใช้เทคนิค MC ก็คล้ายคลึงกัน นักวิจัยต้องกำหนดปัญหาคำถามวิจัย สมมติฐานการทดสอบ การวัดผลกระทบจากเงื่อนไขโดยทั่วไปการกำหนดปัญหาจะมาจากการทบทวนเอกสารรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**2) การออกแบบการศึกษาด้วยเทคนิค MC** ต้องให้ตอบสนองต่อคำถามการวิจัยและสมมติฐานการวิจัย การออกแบบตัวแปรตาม ผลกระทบที่เกิดขึ้น การประเมินผลทั้งความตรงภายในและความตรงภายนอกซึ่งจะคล้ายกับการศึกษาข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนี้

2.1) การเลือกตัวแปรอิสระและค่าของตัวแปร คำถามวิจัยควรจะสอดคล้องกับตัวแปรอิสระรวมถึงเงื่อนไขในการจำลองข้อมูล พร้อมกับค่าของตัวแปร โดยถือเป็นค่าคงที่ ได้แก่ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง(n) ความยาวของข้อสอบ (L) ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ ($S^2$) ซึ่งค่าของตัวแปรเหล่านี้ควรจะเกิดจากคำถามวิจัย ค่าของพารามิเตอร์ในโมเดลยังเป็นตัวแทนของตัวแปรอิสระในการศึกษาเทคนิค MC ที่ผ่านมา ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ยังเป็นตัวแปรคงที่หรือเป็นตัวแปรประมาณค่า โดยการแจกแจงค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายจะถูกสุ่มมาใช้ในการศึกษา ดังนั้นโมเดลในการศึกษาจึงเป็นโมเดลแบบสุ่ม ซึ่งประโยชน์ของโมเดลแบบสุ่ม คือการอ้างอิงไปยังประชากร

2.2) การเลือกแบบการทดลอง ปกติตัวแปรอิสระมักจะเป็นตัวกำหนดแบบการทดลองที่เหมาะสม เช่น ถ้าจำนวนตัวแปรอิสระและระดับของตัวแปรน้อย การใช้แบบแฟกตอเรียลจะเหมาะสมกว่า โดยทั่วไปการศึกษาเทคนิค MC จะใช้แบบการทดลองที่มีเป้าหมายและแหล่งของการคำนวณค่า ซึ่งการเลือกแบบทดลองอย่างระมัดระวังจะช่วยในการวางแผนการวิเคราะห์ผลลัพธ์ได้อย่างถูกต้อง (Lewis &Ovar, 1989 อ้างถึงใน Harwell et. al., 1996) จากการศึกษาของ Harwell & Jamoskey, (1991) ตัวแปรจัดกระทำจะเป็นขนาดกลุ่มตัวอย่าง ความยาวของแบบสอบ และความแปรปรวนของการแจกแจงค่าอำนาจจำแนก ซึ่งจะใช้เป็นตัวแปรอิสระในการวิเคราะห์แบบแฟกตอเรียล นอกจากนี้ Yen (1987 อ้างถึงใน Harwell et. al., 1996) ได้นำมาเทคนิค MC รูปแบบแฟกตอเรียลมาใช้ในการศึกษาเพื่อเป็นการเปรียบเทียบโปรแกรม BILOG และ Logist ในการวิเคราะห์ข้อสอบ โดยมีเงื่อนไขด้านความยาวของแบบสอบ และการแจกแจงค่าความสามารถ

2.3) การเลือกตัวแปรตาม การระบุปัญหาไม่เพียงแต่จะต้องสอดคล้องกับระดับของตัวแปรตาม ซึ่งวัดผลกระทบจากตัวแปรจัดกระทำ โดยตัวแปรตามควรจะมีความไวต่อตัวแปรจัดกระทำ และยังทำให้ง่ายต่อการสรุปอ้างอิงของผลที่ได้ เช่น การหาค่า RMSD ซึ่งสามารถแปลงค่าเพื่อให้มีการแจกแจงแบบปกติ ทำให้สามารถนำไปสรุปอ้างอิงได้ การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการในการศึกษา IRT เพื่อศึกษาลักษณะของแบบสอบ เช่นความเป็นเอกมิติ การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบหรือผู้สอบ ผลที่ได้จากการศึกษาจะบ่งบอกถึงผลกระทบของตัวแปรอิสระต่อตัวแปรตาม

ค่าความสัมพันธ์ของค่าจริงกับค่าประมาณ ถูกใช้ให้เป็นตัวแปรตามในการใช้เทคนิค MC ข้อดีของการใช้ค่าความสัมพันธ์ คือ สามารถใช้เมตริกที่ต่างกันหาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ เช่น ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณกับความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ส่วนข้อเสียก็คือ ความสัมพันธ์เหล่านี้สะท้อนความสัมพันธ์เฉพาะอันดับของตัวแปรและแสดงอิทธิพลของตัวแปรอิสระเท่านั้น เช่น ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าอำนาจจำแนกที่แท้จริงกับค่าที่ประมาณ มีค่าเท่ากับ 0.9 ซึ่งหมายความว่า โดยค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนกที่แท้จริงนั้น อาจจะสูงกว่าค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนกที่ประมาณได้ แต่ไม่รับรองว่าค่าอำนาจจำแนกที่แท้จริงนั้นกับค่าอำนาจจำแนกที่ประมาณจะใกล้เคียงกันหรือดีกว่ามากน้อยเพียงใด เช่น 0.8 กับ 0.9

2.4) การกำหนดจำนวนรอบ จำนวนรอบจะสัมพันธ์กับ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง และเกณฑ์คล้ายคลึงกับการศึกษาข้อมูลจริง จำนวนรอบจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยจะลดความแปรปรวนจากการสุ่มและจำเป็นต้องทดสอบทางสถิติ เพื่อดูอิทธิพลของตัวแปรจัดกระทำ แต่ในการเปรียบเทียบวิธีการตรวจสอบในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ เช่น การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ การแจกแจงอาจไม่มีความจำเป็น จำนวนรอบน้อยอาจเพียงพอในการทดสอบ จำนวนรอบมีอิทธิพลโดยตรงกับความแม่นยำในการประมาณค่ากลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ หากนักวิจัยต้องการลดความแปรปรวนของการสุ่ม อาจใช้จำนวนรอบ 1000 รอบ ในการศึกษาทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบที่ผ่านมา ไม่ได้ใช้จำนวนรอบที่มากพอ ซึ่งอาจเกิดความเสี่ยงต่อความแปรปรวนและส่งผลกระทบต่อการประมาณค่าได้ เทคนิคในการลดความแปรปรวนในการประมาณค่า คือ การเพิ่มจำนวนรอบซึ่งจะทำให้ได้ค่าที่คงที่และน่าเชื่อถือได้มากกว่า เนื่องจากสามารถเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ระหว่างรอบได้ ข้อดีอีกประการหนึ่ง คือ จำนวนรอบสะท้อนความเบี่ยงเบนของค่าประมาณ ซึ่งถ้าเป็นความเบี่ยงเบนระหว่างเงื่อนไขและมีค่าน้อย แสดงว่า ตัวแปรอิสระส่งผลต่อตัวแปรตามน้อย โดยมีสมการในการคำนวณความเบี่ยงเบนของค่าพารามิเตอร์ที่แท้จริงและค่าประมาณ ดังนี้

$$RMSD = \left[ \frac{\sum_{i=1}^{n} (\hat{a}_i - a_i)^2}{n} \right]^{1/2} \qquad (1)$$

$\hat{a}_i$ = ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณค่า

$a_i$ = ค่าพารามิเตอร์แท้จริง

n = จำนวนพารามิเตอร์

ในการศึกษาโดยการระบุจำนวนรอบ (R) จะศึกษาความเบี่ยงเบนในจำนวนรอบทั้งหมด โดยใช้สูตรดังนี้ (Gifford & Swaminathan, 1990 อ้างถึงใน Harwell, 1996)

$$\frac{\sum (\hat{a}_{ir} - a_i)^2}{R} = (\bar{\hat{a}}_{ir} - a_i) + \frac{\sum_{r=1}^{R} (\hat{a}_{ir} - \bar{\hat{a}}_i)^2}{R} \qquad (2)$$

Stone(1993 อ้างถึงใน Harwell, M., 1996) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบกับอำนาจการทดสอบ เป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรก ใช้เทคนิค MC ในการศึกษาผลของจำนวนผู้สอบ N(N=250, 500, 1000), จำนวนข้อสอบ(L=10, 20, 30) และการแจกแจงของความสามารถ $(\theta)$ (D= Normal, Skewed, Platykurtic) ทดลองโดยใช้แบบแฟคตอเรียล ค่า RMSD เป็นตัวแปรตาม ใช้โมเดล 2PL โดยระบุค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากในแต่ละข้อ กำหนดให้ R=10 (10 ชุด) ในแต่ละเงื่อนไข แสดง RMSD ด้วยกราฟ และทดสอบด้วย ANOVA เพื่อดูอิทธิพลของตัวแปรอิสระ ค่าอิทธิพลสูงสุดแสดงด้วยค่า $\eta^2$ (correlation ratio=$\eta^2$) จะเหมาะสมเนื่องจากสอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นด้านการแจกแจงเป็นโค้งปกติ

ในขั้นตอนที่ 2 $\eta_s^2$ ได้จากการศึกษาเทคนิค MC จะใช้ประมาณค่าอำนาจการทดสอบของ ANOVA เพื่อตรวจสอบอิทธิพลอันเกิดจากจำนวนรอบที่แตกต่างกัน (R=10, 25, 50, 100) โดยใช้ $\eta_s^2$ เป็นตัวประมาณขนาดอิทธิพล โปรแกรม STAT-POWER จะใช้ประมาณค่าอำนาจการทดสอบที่ระดับ .05 และองศาอิสระเท่ากับ 27 และ $\eta^2$ กระบวนการนี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอำนาจการทดสอบของ ANOVA F-Test ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบกับอำนาจการทดสอบ โดยอำนาจการทดสอบจะเปลี่ยนแปลงเมื่อจำนวนรอบเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ จำนวนรอบยิ่งมากอำนาจการทดสอบจะสูงขึ้น

การเพิ่มจำนวนรอบจนถึง 500 อาจไม่จำเป็น เมื่อจำนวนผู้สอบ(N) และจำนวนข้อสอบ (L) มีขนาดใหญ่พอ อาจน้อยกว่า 100 รอบก็ได้ แต่การตรวจสอบจำนวนรอบ (R) อาจจำเป็นเพื่อความ

เชื่อถือได้ ในการศึกษาประเด็นดังนี้ เช่น การตรวจสอบการแจกแจงการสุ่ม การวิเคราะห์ข้อสอบที่มีความแปรปรวนขนาดใหญ่ การศึกษาอิทธิพลของเงื่อนไขที่มีความสลับซับซ้อน และการศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่เป็นค่าสุดโต่ง จำนวนรอบเท่ากับ 25 รอบ ถือเป็นเงื่อนไขที่อาจนำไปใช้ศึกษาในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบด้วยเทคนิค MC ได้

การสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์ การจำลองตัวเลขสุ่มขึ้นอยู่กับโมเดลทางคณิตศาสตร์ในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ซึ่งการเลือกโมเดลจะขึ้นอยู่กับสภาพปัญหาหรือธรรมชาติของปัญหาและการศึกษาโดยเทคนิค MC ต้องสามารถตรวจสอบได้กับข้อมูลเชิงประจักษ์

**3) การเขียนและการระบุโปรแกรมในการจำลองข้อมูล** การเลือกโปรแกรมคอมพิวเตอร์ นักวิจัยอาจใช้หลายโปรแกรมในการจำลองข้อมูล รวมทั้งการวิเคราะห์ผลลัพธ์ ในแต่ละขั้นตอนจะต้องมีการประเมินความถูกต้องแม่นยำ ใน 3 ประเด็นดังนี้ ประการแรก ค่าของข้อมูลจากการจำลองมีคุณภาพเพียงใดเมื่อเทียบกับข้อมูลที่มีการศึกษาในอดีต กล่าวคือ ควรมีการตรวจสอบความตรงของค่าที่ได้จากโมเดลหรือกระบวนการจำลองข้อมูล ประการที่สอง โมเดลการจำลองข้อมูลสามารถทำนายปรากฏการณ์ในอนาคตได้ถูกต้องแม่นยำเพียงใด ประเด็นสุดท้าย คือ ผลจากการจำลองข้อมูลนั้นเมื่อนำไปศึกษากับข้อมูลเชิงประจักษ์จะสามารถทำนายได้เมื่อเวลาผ่านไปหรือไม่ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

3.1) การจำลองคำตอบ การจำลองคำตอบเริ่มด้วยการกำหนดค่าเริ่มต้น (Seed) ให้กับตัวเลขสุ่ม ซึ่งจะแปลงเป็นค่าความน่าจะเป็นของคำตอบและเป็นคำตอบแบบ 0,1 ซึ่งจะเป็นหน้าที่ของคอมพิวเตอร์ที่จะจัดการ

3.2) ตัวเลือกค่าเริ่มต้น ซึ่งผู้จำลองข้อมูลจะเป็นผู้กำหนดค่าเริ่มต้นเอง โดยใช้เติมในช่องว่าง (Prompted) ประโยชน์ก็คือ ง่ายต่อการจำลองคำตอบในข้อต่อ ๆ มา ประเด็นที่สำคัญ คือ เป็นค่าที่สัมพันธ์กับความคลาดเคลื่อนในการสุ่ม ซึ่งหลีกเลี่ยงได้ยากในการจำลองข้อมูล เทคนิคอย่างหนึ่งที่จะลดความแปรผัน คือ ใช้พารามิเตอร์ข้อสอบและค่าเริ่มต้นร่วมกันทุกครั้ง เมื่อมีการจำลองข้อมูล เช่น การจำลองข้อสอบ 20 ข้อและ 30 ข้อ ค่าเริ่มต้นที่ใช้ในการจำลองข้อมูล 20 ข้อ ควรจะเป็นค่าเริ่มต้นเดียวกันกับเมื่อจำลองข้อมูล 30 ข้อ เทคนิคอีกประการหนึ่ง คือ การจำลองประชากรข้อมูลคำตอบจำนวนมาก แล้วสุ่มคำตอบมาจากประชากรที่จำลองขึ้นนั้นหลาย ๆ รอบ มากกว่าการใช้ค่าเริ่มต้นหลายตัว เพื่อจะจำลองชุดข้อมูลให้ได้ตามต้องการ การใช้โมเดลพารามิเตอร์ที่ต่างกันในการจำลองข้อสอบ 20 ข้อ 30 ข้อ รวมทั้งค่าเริ่มต้นที่ต่างกันจะทำให้คำตอบมีความเป็นอิสระแก่กันมากขึ้น แต่อาจจะเกิดความคลาดเคลื่อนมากกว่าเมื่อเทียบกับการใช้โมเดลพารามิเตอร์และค่าเริ่มต้นแบบเดียวกัน วิธีที่ควรใช้คือ การจำลองข้อมูลทุกชุดควรใช้โมเดลพารามิเตอร์ต่างกันแต่ใช้ค่าเริ่มต้นร่วมกัน

3.3) การจำลองตัวเลขสุ่ม จะใช้ตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (Uniform distribution) เป็นส่วนใหญ่และใช้วิธีการจำลองข้อมูลแบบ Congruential generators (Cewis &

Ovaw, อ้างถึงใน Harwell, 1996) วิธี Congruential generators จะใช้โมเดลพีชคณิตในการจำลองตัวเลขที่สุ่มขึ้นมากับตัวเลขสุ่มที่ผ่านมา ตัวเลขสุ่มจะเริ่มจำนวนจาก 0....m ซึ่งจะสุ่มโดยโปรแกรมโดยจะวิ่งเป็นวงจรที่เรียกว่า “ความยาวรอบ” (period) เมื่อครบรอบก็จะวนกลับมาใช้เลขเดิมอีก จากการศึกษาในอดีต พบว่า การใช้วิธี Congruential generators มีช่วงความยาวรอบเพียงพอกว่าจะเกิดข้อมูลซ้ำ การแจกแจงปกติมาตรฐานจะใช้มากในการใช้เทคนิค MC โดยการแปลงข้อมูลจาก Uniform(0,1) เป็น Normal ~ N (0,1) วิธีที่ใช้แปลงคือ วิธีของ Box – Muller และ Marsaglia

หลักในการเลือกโปรแกรมเพื่อใช้ในการจำลองข้อมูล ประกอบด้วย (Ripley, 1987)

1. วิธีการควรง่ายต่อการทำความเข้าใจและเขียนโปรแกรม
2. โปรแกรมควรมีความกะทัดรัด
3. โค้ดปลายทางควรมีความสมเหตุสมผล (คำตอบ 0,1)
4. ขั้นตอนการคำนวณ ควรใช้ตัวเลขสุ่มเทียม (Pseudo-random numbers)

ความถูกต้องของตัวเลขสุ่มขึ้นอยู่กับตัวจำลองเลขสุ่มและเครื่องคอมพิวเตอร์ นักวิจัยควรตรวจสอบตัวจำลองและเอกสารด้านสมรรถนะ แม้บางตัวอาจเป็นที่เชื่อถือได้แต่ก็ควรตรวจสอบว่าสามารถนำไปใช้ตรงกับปัญหาเฉพาะหรือไม่ อาจเป็นการทดสอบและตรวจเอกสารซึ่งจะเกี่ยวข้องกับความเชื่อถือได้ของโปรแกรม การตรวจสอบความพอเพียงของตัวจำลองข้อมูลด้วยการบวนการทดสอบความเหมาะสมด้วยสถิติ Kolmogorov Smirnov and Coraner – van – Mises goodness - of – fit การทดสอบลำดับขึ้นลง การทดสอบช่วงว่างและค่าสูงสุด และการทดสอบการสุ่ม

3.4) การแปลงตัวเลขสุ่มเป็นคำตอบ ในเบื้องต้น เวกเตอร์ของ N (จำนวนผู้สอบ) , $\theta$ (ความสามารถ) ถูกสุ่มจากการแจกแจงที่กำหนดจากกลุ่มผู้สอบ ซึ่งค่าความสามารถมักจะได้จากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างที่มีการแจกแจงแบบปกติ และเป็นโมเดล IRT แบบเอกมิติหรือจากการแจกแจงปกติหลายตัวแปรที่มีค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในกรณีนี้ศึกษาการวัดแบบหลายมิติ เช่น การสุ่มความน่าจะเป็นของคำตอบที่ตอบแบบ (0,1) จะได้จากสมการ ดังนี้

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

$$Q_i = 1 - P_i$$

ค่าความน่าจะเป็นของคำตอบ ($P_i$) จะถูกแปลงไปเป็นคำตอบ 0,1 โดยการเปรียบเทียบค่าความน่าจะเป็นจากการสุ่ม การแจกแจงแบบ Uniform ถ้าความน่าจะเป็นในการตอบถูกของผู้สอบสูงกว่าหรือเท่ากับตัวเลขสุ่ม คำตอบในข้อนั้นจะเป็น 1 แต่ถ้าต่ำกว่าตัวเลขสุ่มจะเป็น 0 ในกรณี

เป็นคำตอบหลายค่า ถ้าตัวเลขสุ่มตกอยู่ในช่วงใดก็จะเป็นคำตอบ K และ K+1 ในกระบวนการทั้งหมดจะกระทำซ้ำด้วยตัวเลขสุ่มที่แตกต่างกันในแต่ละข้อและผู้สอบทั้งหมด

3.5) การประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดล ผู้วิจัยอาจใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เช่น BILOG หรือ MULTILOG หรือการสร้างโปรแกรมด้วยตนเองก็ได้ ประเด็นสำคัญ 2 ประเด็นในการเขียนและการเลือกโปรแกรมวิเคราะห์ คือ การกำหนดค่าเริ่มต้น (Starting Value) และการแก้ปัญหาเมตริกไม่คอนเวิร์จ (non-convergent solutions) ในกระบวนการทั้งหมดของการประมาณค่าจะเกี่ยวกับขั้นตอนการคำนวณทวนซ้ำและการกำหนดค่าเริ่มต้น โดยปกติคอมพิวเตอร์จะกำหนดให้แต่นักวิจัยส่วนใหญ่จะเป็นผู้กำหนดเอง

หากนักวิจัยพบปัญหาการไม่คอนเวิร์จ ในการศึกษาแบบ MC นักวิจัยสามารถ

1. ละทิ้งความไม่คอนเวิร์จนั้นแต่ใช้ค่าประมาณจากจำนวนครั้งของการคำนวณทวนซ้ำที่มากที่สุด
2. แยกการประมาณค่าของค่าสถิติสรุปรวม ได้แก่ RMSDs
3. ใช้วิธีการคำนวณอื่น ๆ เช่น วิธีของ Bayesian เพื่อบังคับค่าพารามิเตอร์ โดยควรคำนึงถึงค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณค่า กับค่าพารามิเตอร์ที่แท้จริงให้มีค่าใกล้เคียงกันด้วยมิฉะนั้นแล้วค่าที่ได้จะเป็นค่าที่ลำเอียง

ปัญหาสำคัญของการกำหนดค่าเริ่มต้นและการแก้ปัญหาการไม่คอนเวิร์จ มักพบในข้อมูลจำนวนน้อย (N=200, 40 ข้อ) และในโมเดล IRT ที่ซับซ้อนมากขึ้น การแก้ปัญหาคือ การพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ประมาณค่า วิธีการของ Bayesian สามารถช่วยได้ โดยการพิจารณอย่างพิถีพิถันกับการแจกแจงของข้อมูลและการแจกแจงของค่าพารามิเตอร์

**4) การวิเคราะห์ผล** การวิเคราะห์ผลจะตั้งอยู่บนพื้นฐานของคำถามวิจัย การออกแบบการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ กระบวนการวิเคราะห์ โดยปกติการวิเคราะห์ผลจากการใช้เทคนิค MC ประกอบด้วย การใช้ตารางสรุปผลรวม สถิติเชิงบรรยายเบื้องต้น หรือการนำเสนอด้วยกราฟแผนภูมิ การดูผลกระทบจากตัวแปรอิสระ อาจต้องใช้สถิติเชิงอ้างอิง ปัญหาของการวิเคราะห์คือการมีค่าต่าง ๆ กันจำนวนมาก เมื่อต้องการรายงานผล Harwell (1991) เสนอว่า ควรจะมีการใช้ทั้งเชิงบรรยายและเชิงอ้างอิง เพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสในการตรวจสอบข้อมูล ซึ่งจะทำให้มีเชื่อมั่นมากขึ้น

การวิเคราะห์ผลด้วยการใช้สถิติเชิงสรุปอ้างอิงสามารถใช้ได้หลายวิธี แต่มักเป็นการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณและการวิเคราะห์ความแปรปรวน ถ้าตัวแปรต้นเป็นตัวแปรระดับนามบัญญัติ การวิเคราะห์ความแปรปรวนจะดีกว่า แต่ถ้าเป็นตัวแปรระดับช่วงชั้น การใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณจะดีกว่า แต่ส่วนใหญ่แล้วในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบจะใช้ การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ เนื่องจากตัวแปรส่วนใหญ่จะเป็นระดับช่วงชั้น หรืออัตราส่วน ในโมเดลการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณประชากรสามารถเขียนแทนด้วย

$$\tau = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + ... + \beta_T X_T$$

และ

$$\hat{\tau}_s = \tau_s + \varepsilon_s$$

$\tau$ มักจะเป็นผลลัพธ์ เช่น ค่าของ RMSD ซึ่งจะได้รับผลจากตัวแปรทำนาย Xs (s=0,..., T), $\beta_0$ เป็นค่าเฉลี่ย, $\beta_T$ เป็นสัมประสิทธิ์การถดถอยพหุคูณของประชากร $\varepsilon_s$ เป็นความคลาดเคลื่อน และ $\hat{\tau}_s$ เป็นค่าผลลัพธ์สังเกตได้ โมเดลประมาณสำหรับกลุ่มตัวอย่าง คือ

$$\tau_s = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + ... + b_T x_T$$

ข้อตกลงของสมการถดถอย กล่าวว่า ความคลาดเคลื่อนจะต้องเป็นอิสระจากกัน และในการสร้างข้อมูลก็จะต้องมีการตรวจสอบความเป็นอิสระดังกล่าว ความเป็นอิสระของ $\tau_s$ อาจยอมรับได้จากความถูกต้องของตัวจำลองข้อมูล และการตรวจสอบการแจกแจงแบบโค้งปกติ หรืออาจใช้วิธีการตรวจสอบด้วยความแข็งแกร่งของการแจกแจงปกติ จากการทบทวนเอกสาร เช่น การแปลงค่า RMSD เป็น Log (RMSD) ถ้านำมาใช้ในการคำนวณต้องมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติด้วย แต่ถ้าไม่สามารถการแปลงค่าให้มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติได้ อาจต้องนำสถิติ non-parametric มาใช้แทน

Harwell and Janosky (1991) ได้ศึกษาการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณและการวิเคราะห์ ANOVA เพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการใช้เทคนิค MC โดยการจำลองข้อมูลแบบ 0,1 ด้วยการวิเคราะห์โมเดล 2 PL ป ระมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้โปรแกรม BILOG เปรียบเทียบค่าประมาณค่า a และ b ในแต่ละข้อกับค่าแท้จริงโดยใช้ RMSD ผลจากการศึกษาสรุปได้ว่า ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (N) ของข้อสอบจำนวน 15 และ 25 ข้อ จะมีผลต่อความถูกต้องในการประมาณค่าพารามิเตอร์ และ พบว่าการใช้ log (RMSD) สามารถทำให้ตัวแปรตามสอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติด้านการแจกแจงแบบปกติ โดยถ้าตัวแปรต้นเป็นตัวแปรเมตริกซ์ จะมีความเหมาะสมที่จะวิเคราะห์ด้วยการถดถอยพหุคูณ นอกจากนี้ยังทดสอบแฟกตอเรียล ANOVA แบบสุ่มสมบูรณ์ซึ่งให้ผลคล้ายกับการวิเคราะห์ด้วย การถดถอยพหุคูณ

กล่าวโดยสรุป คือ ความสำคัญของเทคนิค MC ในการศึกษาวิจัย IRT จะมีเพิ่มขึ้น เนื่องจากสามารถจำลองข้อมูลให้ตรงกับสภาพความเป็นจริงได้และเปรียบเทียบวิธีการทางสถิติซึ่งไม่สามารถเก็บข้อมูลเชิงประจักษ์มาวิเคราะห์ได้ การใช้เทคนิค MC จะทำให้ปัญหาในการศึกษา IRT หมดไปได้ เช่น ขนาดกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ซึ่งมีความจำเป็นสำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ การเปรียบเทียบที่ต้องเชื่อมโยงกับทฤษฎี IRT เช่น กระบวนการตรวจสอบความมีหลายมิติของ

แบบสอบ การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบและคุณสมบัติของการทดสอบความเหมาะสม ในอนาคตจำนวนรอบของการคำนวณจะเป็นสิ่งที่ควรศึกษาเพิ่มมากขึ้น โดยต้องเพิ่มความเชื่อมั่นของการออกแบบการทดลอง การเพิ่มจำนวนเงื่อนไขให้มากขึ้น ซึ่งจะทำให้คุณค่าของการศึกษาเทคนิค MC มีเพิ่มขึ้น

**ตอนที่ 6 การจำลองข้อสอบที่มีความไม่เป็นอิสระ**

การสร้างข้อสอบที่มีความไม่เป็นอิสระ ใช้วิธีการสร้างข้อสอบโดยใช้หลักการของการสร้างตัวแปรเวกเตอร์สุ่ม ( $\underline{X}$ ) ที่มีการแจกแจงปกติหลายตัวแปร(multivariate normal distribution) ที่มีค่าพารามิเตอร์เท่ากับเวกค่าเฉลี่ย ( $\underline{\mu}$ ) เท่ากับเวกเตอร์ศูนย์( $\underline{0}$ ) และ $\underline{V}$ เป็นเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม(covariant matrix) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบ $\underline{X}$ สามารถเขียนได้เป็น $\underline{X} \sim N_p\left(\underline{\mu},\underline{V}\right)$ (มานพ วราภักดิ์, 2548; วราภรณ์ ไพศาลเจริญ, 2546) จากนั้นจึงกำหนดค่าของตัวแปรแต่ละตัวเป็นคำตอบของผู้สอบ ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดการสร้างตัวแปร $\underline{X}$ ทุกตัวให้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1 เนื่องจากมีความสะดวกในการสร้างตัวแปร รวมทั้งรูปแบบการตอบข้อสอบมีลักษณะการแจกที่ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง

กำหนดให้ $\underline{X} = \left(X_1, X_2, ...X_p\right)'$ เป็นเวกเตอร์ของตัวแปรที่มีการแจกแจงปกติที่มีความสัมพันธ์โดยมีเวกเตอร์ค่าเฉลี่ย $\underline{\mu} = \left(\mu_1, \mu_2, ...\mu_p\right)'$ สามารถเขียนเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม

$$\underline{V} = E\left[\left(\underline{X}-\underline{\mu}\right)\left(\underline{X}-\underline{\mu}\right)'\right] = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1p} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \cdots & \sigma_{2p} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \vdots \\ \sigma_{p1} & \sigma_{p2} & \cdots & \sigma_{pp} \end{bmatrix}$$

เมื่อ $\sigma_{ij} = Cov\left(X_i, X_j\right) = \sigma_{ji} = Cov\left(X_j, X_i\right)$ สำหรับ $i \neq j$ และ $\sigma_{ij} = Var\left(X_i\right), i = 1,2,..., p \;\; j = 1,2,..., p$

ขั้นตอนการสร้างข้อสอบในแต่ละชุดที่มีการแจกแจงปกติ มีดังนี้

1) คำนวณหาเมตริกซ์ $\underline{C}$ ซึ่งเป็นเมตริกซ์ใต้แนวทแยง(lower triangular matrix) ซึ่งทำให้ได้ $\underline{V} = \underline{C}'\underline{C}$

$$\underset{_}{C} = \begin{bmatrix} c_{11} & 0 & \ldots & 0 \\ c_{21} & c_{22} & \ldots & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \vdots \\ c_{p1} & c_{p2} & \ldots & c_{pp} \end{bmatrix}$$

2) สร้าง $\underset{_}{Z}$ ที่ประกอบตัวแปรหรือข้อสอบที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐานซึ่งมีระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่แตกต่างกัน p ตัว

3) คำนวณ $\underset{_}{X} = \underset{_}{\mu} + \underset{_}{C}\,\underset{_}{Z}$ โดยสามารถคำนวณค่า $\underset{_}{C}$ ได้ดังนี้

3.1) กำหนดให้ $a = \sqrt{\sigma_{11}}$

$$c_{i1} = \frac{\sigma_{i1}}{a};\ i = 1,2,3,\ldots, p$$

3.2) $c_{ii} = \left( \sigma_{ii} - \sum_{j=1}^{i=1} c_{ij}^2 \right)^{1/2}$

เมื่อ $\sigma_{ii} = \sum_{j=1}^{i=1} c_{ij}^2 \ ;i = 2,3,4,\ldots, p$

3.3) $c_{ij} = \dfrac{\left( \sigma_{ij} - \sum_{k=1}^{j=1} c_{ik} c_{jk} \right)}{c_{jj}}$

เมื่อ $\sigma_{ij} = \sum_{k=1}^{i} c_{ik} c_{jk} \ ;i = 2,3,4,\ldots, p,$

$j = 1,2,3,\ldots, p$

จากสมการ $\underset{_}{X} = \underset{_}{\mu} + \underset{_}{C}\,\underset{_}{Z}$

ในการศึกษาครั้งนี้จะกำหนด $\underset{_}{\mu}$ แทน $\underset{_}{0}$ และ $\underset{_}{Z} = \left(Z_1, Z_2, Z_3, \ldots, Z_p\right)'$ เมื่อ $\underset{_}{Z} \sim N\left(\underset{_}{0}, \underset{_}{1}\right)$ จากสมการสามารถจำลองข้อมูลให้มีความสัมพันธ์ในระดับต่างๆจากนั้นจึงแปลงข้อมูลจำลองให้เป็นคะแนน 0,1 แล้วตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบด้วยโปรแกรม LDID ว่าข้อสอบมีระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบตามที่กำหนดหรือไม่ โดยจะกำหนดระดับความไม่เป็นอิสระเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำ (mild) ระดับปานกลาง (medium) ระดับมาก (strong)

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าตัวแปร X แต่ละตัวมีดังนี้

1) กำหนด $\underset{_}{V} = \begin{bmatrix} 5 & 2 & 3 \\ 2 & 5 & 4 \\ 3 & 4 & 5 \end{bmatrix}$

จะได้ $\underset{_}{C} = \begin{bmatrix} c_{11} & & \\ c_{21} & c_{22} & \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.236 & & \\ 0.894 & 2.026 & \\ 1.342 & 1.974 & 2.613 \end{bmatrix}$

วิธีคำนวณมีดังนี้

$c_{11} = \sqrt{5} = 2.236$

$$c_{21} = \frac{\sigma_{12}}{c_{11}} = \frac{2}{2.236} = 0.894 \quad ; c_{22} = \left(\sigma_{22} - c_{21}^2\right)^{1/2} = (5 - 0.894^2)^{1/2} = 2.026$$

$$c_{31} = \frac{\sigma_{13}}{c_{11}} = 1.342 \quad ; c_{32} = \frac{\sigma_{23}}{c_{22}} = \frac{4}{2.026} = 1.974 \; ; c_{33} = \{5 - (1.342)^2 + (1.934)^2\}^{1/2}$$

ดังนั้นจะได้

จากสมการ $\underset{_}{X} = \underset{_}{\mu} + \underset{_}{C}\,\underset{_}{Z}$ จะได้สมการในการจำลองข้อมูลดังนี้

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \mu_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2.236 & & \\ 0.894 & 2.026 & \\ 1.342 & 1.974 & 2.613 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \end{bmatrix}$$

จากสมการจำลองข้างต้น $\underset{_}{X}$ จะเป็นข้อมูลที่ได้จากการจำลองซึ่งจะแปลงเป็นผลการตอบข้อสอบ 0,1 $\underset{_}{\mu}$ เป็นค่าเฉลี่ยของตัวแปรแต่ละตัวที่กำหนดขึ้น และ $\underset{_}{Z}$ เป็นค่ามาตรฐานของตัวแปรที่ได้จากการสุ่ม

**ตอนที่ 7 รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

**7.1 การศึกษาโดยใช้วิธี Yen's $Q_3$**

Lee (2004) ศึกษาการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบและโครงสร้างการวัดในเนื้อหาข้อสอบที่สัมพันธ์กันโดยใช้ Yen's $Q_3$ ในแบบสอบการอ่านเพื่อความเข้าใจ เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบภาษาอังกฤษ EFL (English as a Foreign/Second Language=EFL/ESL) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่เรียนภาษาอังกฤษ EFL ในระดับเกรด 10 และ 11 ในประเทศเกาหลี จำนวน 1857 คน ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ค่าความเที่ยงและการวิเคราะห์ Yen's $Q_3$ แสดงให้เห็นว่าการร่วมกันของเนื้อหาเป็นตอนอาจก่อให้เกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ในแบบสอบ EFL ดังนี้

ประการแรก ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยง(แอลฟา)ลดลงเมื่อใช้แบบสอบย่อยจากข้อมูลจริงมาเป็นหน่วยของการวิเคราะห์ แต่ไม่ปรากฏผลในข้อมูลจำลอง ซึ่ง Sireci (1991) Wainer and Thissen (1998) อธิบายว่าค่าความเที่ยงในข้อมูลจริงที่เป็นการวิเคราะห์รายข้อจะสูงขึ้นก็เนื่องมาจากความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ดังนั้นถ้าจะให้สัดส่วนของค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงเพิ่มขึ้น จะต้องเพิ่มจำนวนแบบสอบย่อยเพื่อจะเพิ่มความยาวของข้อสอบมากกว่า 20 % จึงจะทำให้สัดส่วนของค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงที่ลดลงกลับสูงขึ้นมาได้

ประการที่สอง เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Yen's $Q_3$ ระหว่างข้อสอบภายในแบบสอบย่อยกับระหว่างแบบสอบแต่ละฉบับในข้อมูลจริง พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบภายในแบบสอบย่อยค่าเฉลี่ย Yen's $Q_3$ มีค่าเป็นบวก ในขณะที่ค่าเฉลี่ย Yen's $Q_3$ จะเป็นลบและเข้าใกล้ ค่าคาดหวัง (E ($Q_3$) = -1/n-1) ในระหว่างแบบสอบ และผลจากการจำลองข้อมูล ค่าเฉลี่ย Yen's $Q_3$ ระหว่างข้อสอบภายในแบบสอบย่อยและค่าเฉลี่ยระหว่างแบบสอบจะมีค่าติดลบทั้งหมด

ประการสุดท้าย พบว่าค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์ของคะแนนดิบแสดงให้เห็นว่า มีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบภายในแบบสอบย่อย ค่าเฉลี่ยสหสัมพันธ์แบบฟี $(\phi)$ และแบบเตตตระคอริก ($R_T$) ระหว่างข้อสอบภายในแบบสอบย่อยสูงกว่าค่าเฉลี่ยรวมในข้อมูลจริงเป็นส่วนใหญ่ แต่โดยภาพรวมแล้วจะเห็นว่า ความร่วมกันของเนื้อหาระหว่างข้อสอบยังมีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแฝงอยู่

Keller (2003) ศึกษาการประเมินวิธีการให้คะแนนแบบสอบย่อยที่มีเนื้อหา ไม่เป็นอิสระจากกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินวิธีการให้คะแนนข้อสอบที่มีเนื้อหาไม่เป็นอิสระจากกัน 2 วิธี ได้แก่ การให้คะแนนแบบ0, 1โดยไม่คำนึงถึงข้อตกลงเบื้องต้นความไม่เป็นอิสระของข้อสอบและสร้างโมเดลความไม่เป็นอิสระโดยการให้คะแนนแบบหลายค่า ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้จากแบบสอบที่เรียกว่า Uniform Certified Professional Accountants (CPA) Exam. ประกอบด้วย

แบบสอบ 3 ประเภท ได้แก่ แบบสอบหลายตัวเลือก แบบสอบวัดตามจุดประสงค์อื่น (other objective answer formats (OOAFs) และแบบสอบความเรียง

ผลการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ย $Q_3$ ใช้ในการวิเคราะห์แบบสอบรวม แบบสอบแบบหลายตัวเลือกและแบบสอบวัดตามจุดประสงค์อื่น พบว่า ไม่ปรากฏความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในแบบสอบแบบหลายตัวเลือกโดยค่าเฉลี่ย $Q_3$ เท่ากับ -0.014 เมื่อเปรียบเทียบเกณฑ์(-0.006) ของค่า $Q_3$ ที่คาดหวัง เมื่อวิเคราะห์แบบสอบวัดตามจุดประสงค์อื่น พบว่า มีระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่แตกต่างกัน การพบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในแบบสอบ แสดงให้เห็นว่าการให้คะแนนแบบ 2 ค่า (0 , 1) ยังไม่เหมาะสม ควรให้คะแนนโดยวิธีอื่น

เมื่อพิจารณาค่าความเที่ยง ทั้งแบบสอบที่ให้คะแนน 0,1 และแบบสอบที่รวมคะแนนเป็นแบบสอบย่อย พบว่า ค่าความเที่ยงต่ำลง อันเนื่องมาจากการรวมคะแนนเป็นแบบสอบย่อย การให้คะแนนแบบ 0,1 จะทำให้การประมาณค่าความเที่ยงสูงขึ้น

Ferrara et. al. (1997) ศึกษาลักษณะโครงสร้างของแบบสอบย่อยประเภทปลายเปิดที่มีความไม่เป็นอิสระในการประเมินการปฏิบัติงานในกลุ่มประชากรขนาดใหญ่โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและอธิบายสาเหตุที่ทำให้เกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในการประเมินการปฏิบัติงานในกลุ่มประชากรขนาดใหญ่ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ได้จากโครงการที่ชื่อว่า The Maryland School Performance Assessment Program=MSPAP แบบประเมินประกอบด้วยข้อสอบที่เป็นการทดสอบการอ่านและคณิตศาสตร์ที่มีระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน

การดำเนินการวิเคราะห์จะใช้ข้อมูลจากแบบสอบทั้งหมด 7 ชุด จากแบบสอบ MSPAP ข้อสอบแต่ละชุดจะถูกสุ่ม จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ถูกสุ่ม จะมีตั้งแต่ 1,347-1,613 คน ข้อมูล 3 ชุดแรกเป็นข้อมูลจากแบบสอบการอ่าน (RD36 , RD51 and RD81) ข้อมูล 2 ชุดต่อมา เป็นวิชาคณิตศาสตร์ (MC 31 และ MC 83) ข้อมูล 2 ชุดสุดท้าย (MP31 และ MP81) เป็นข้อสอบวัดกระบวนการทางคณิตศาสตร์

กระบวนการในการคำนวณระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ คำนวณค่าสหสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบภายในชุด และสหสัมพันธ์ของข้อสอบระหว่างชุด โดยใช้ค่าสถิติ Yen's $Q_3$ ขั้นตอนกระบวนการคำนวณมีการกำหนดกลุ่มผู้สอบที่มีความสามารถเท่าเทียมกัน แบ่งเป็น 5 กลุ่ม จากนั้นวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม เพื่อพิจารณาความเป็นอิสระระหว่างชุด ระบุกลุ่มที่มีระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบสูงและต่ำ โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์ภายในกลุ่มมาพิจารณาวิเคราะห์ลักษณะบริบทเนื้อหาของชุดที่มี ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบสูงและต่ำ

ผลการศึกษาพบว่า จากการแจกแจงความถี่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในชุดข้อสอบ 7 ชุด มีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างชุด ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง -0.10 – 0 แสดงว่า ชุดข้อสอบมีความเป็นอิสระจากกัน ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างชุด โดยเฉลี่ยจะเข้าใกล้ -1/(n-1) ซึ่งเป็นเกณฑ์ค่าที่คาดหวังของสถิติ $Q_3$ และถือว่ามีความเป็นอิสระระหว่างชุด การวิเคราะห์ภายในชุด พบว่า

สหสัมพันธ์ภายในกลุ่ม มีค่ามากกว่า 0 และส่วนใหญ่จะมากกว่า +0.10 ซึ่งแสดงถึง ค่าความไม่เป็นอิสระเป็นบวกระหว่างข้อสอบ การวิเคราะห์ค่าระดับสูงต่ำของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในชุดข้อสอบ พบว่าค่าสหพันธ์เท่ากับ +0.10 ถือว่าเป็นชุดที่มีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบระดับสูง แต่ถ้าต่ำกว่า +0.10 ถือว่าเป็นชุดที่มีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบต่ำ

**7.2 การศึกษาโดยใช้วิธีพหุระดับ (HGLM=Hierachical Generalized Linear Model)**

Jiao et. al., (2005) ศึกษาการสร้างโมเดลความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ด้วยวิธีพหุระดับ (HGLM) โมเดลการวิเคราะห์แบบพหุระดับที่นำเสนอเพื่อตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ โดยการวิเคราะห์จากการจำลองข้อมูล โดยกำหนดระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ที่แตกต่างกันอย่างสุ่ม ใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยโมเดล 3 ระดับ (HGLM3) และโมเดลความเท่าเทียมกันของ Rasch 2 ระดับ (HGLM 2)

ผลการศึกษา พบว่า โมเดลการวิเคราะห์แบบพหุระดับ มีองค์ประกอบของความแปรปรวน แปรผันตามระดับความความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ เมื่อค่าความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มขึ้น การประมาณค่าความแปรปรวนของอิทธิพลกลุ่มจะเพิ่มขึ้นด้วยตามลำดับ ค่าประมาณที่ได้จะใกล้เคียงกับค่าที่เป็นจริงในบางค่า โดยเฉพาะความแปรปรวนในระดับ 2 จะใกล้เคียงกับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในข้อมูลจำลองในเงื่อนไข $\sigma_u^2 = 0.0, 0.5$ และ 1.0

การประมาณค่าความยาก เงื่อนไขจำลองแต่ละเงื่อนไข การเปรียบเทียบระหว่างค่าความยากระหว่างโมเดล HGLM2 และ HGLM3 ในแต่ละข้อ เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน พบว่า การประมาณค่าความยากของข้อสอบระหว่างโมเดล HGLM2 และ HGLM3 เหมือนกันในข้อสอบทุกข้อ ในระดับเงื่อนไข $\sigma_u^2 = 0$

ในเงื่อนไขอื่น ๆ ค่าความยากของข้อสอบที่ประมาณค่าในโมเดล HGLM2 จะต่ำกว่าค่าความยากที่ได้จากโมเดล HGLM3 เมื่อค่าความไม่เป็นอิสระของข้อสอบมีขนาดสูงขึ้น เช่น เงื่อนไข $\sigma_u^2 = 1.0$ และ 1.5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อไม่ได้คำนึงถึงค่าอิทธิพลของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ จะทำให้การประมาณค่าความยากต่ำกว่าความเป็นจริง สอดคล้องกับการศึกษาของ Snijders and Bosker (1999) ถ้าละทิ้งความแปรปรวนในการวิเคราะห์จะเป็นการเพิ่มความแปรปรวนในความคลาดเคลื่อนมากขึ้น ค่าความยากที่ได้จากโมเดล HGLM3 จะมีขนาดใหญ่กว่าค่าความยากจากสมมติฐาน แต่ในโมเดล HGLM2 ค่าความยากที่ได้จะใกล้เคียงกับสมมติฐาน แต่ไม่ได้หมายความว่าโมเดล HGLM2 จะให้การประมาณค่าที่ดีกว่า เพราะขอบเขตการจำกัดข้อมูลนั้น เป็นการสุ่มกลุ่มตัวอย่างคำตอบเพียงกลุ่มเดียว (One random sample of item response) เพื่อเป็นการศึกษาความคลาดเคลื่อนการประมาณค่า ควรมีการขยายการจำลองข้อมูลคำตอบให้มีความหลากหลายมากขึ้น

ความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่าความยากจริงกับค่าความยากที่ประมาณค่าได้ ยังไม่สามารถประเมินความคลาดเคลื่อนในแต่ละพารามิเตอร์ได้ แต่เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ตามสมมติฐาน เมื่อค่าความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเปลี่ยนแปลงไป เมื่อ $\sigma_u^2 = 0$ ค่าความแตกต่างสมบูรณ์ของโมเดล HGLM2 และ HGLM3 จะไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อค่าความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มขึ้น ค่าความแตกต่างสมบูรณ์ของค่าเฉลี่ยในโมเดล HGLM2 จะสูงกว่าค่าสมบูรณ์ของค่าเฉลี่ยในโมเดล HGLM3 แสดงว่าการประมาณค่าจากโมเดล HGLM3 จะได้รับอิทธิพลจากความไม่เป็นอิสระของข้อสอบน้อยกว่า

การประมาณค่าองค์ประกอบของความแปรปรวนการแจกแจงความสามารถ พบว่า เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ความสามารถมาวิเคราะห์ในข้อมูลจำลองและเพิ่มข้อตกลงว่า การแจกแจงของคะแนนมาตรฐานจะมีค่าเฉลี่ยเป็น 0 ความแปรปรวนเท่ากับ 1 ดังนั้น การประมาณค่าองค์ประกอบของความแปรปรวนจะเข้าใกล้ 1.0 สำหรับโมเดล HGLM2 ความแปรปรวนของการแจกแจงความสามารถจะเข้าใกล้ 1.0 มาก เมื่อ $\sigma_u^2 = 0$ แต่จะลดลงเมื่อปรากฏความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ (Snijders and Bosker 1999) ในทางปฏิบัติการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบมีแนวโน้มที่จะเข้าใกล้ค่าเฉลี่ย และการผันแปรของการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบจะน้อยกว่าความเป็นจริง ในทางตรงกันข้าม การประมาณค่าความแปรปรวนการแจกแจงความสามารถของผู้สอบเกือบไม่ได้รับผลกระทบจากความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ในโมเดล HGLM3 การประมาณค่าทั้งหมดจะเข้าใกล้ค่าความจริงตามสมมติฐาน เท่ากับ 1.0

จากผลการวิจัยดังกล่าว สรุปได้ว่า เมื่อปรากฏความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ในข้อสอบ ข้อสอบที่อยู่ภายในกลุ่มเดียวกันจะมีลักษณะคล้ายกันภายในกลุ่มแต่จะต่างกันระหว่างกลุ่ม เมื่อค่าความไม่เป็นอิสระของข้อสอบภายในกลุ่มเพิ่มขึ้น ความคล้ายคลึงกันระหว่างข้อสอบภายในกลุ่มจะเพิ่มขึ้นเหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ในทำนองเดียวกันผลกระทบของปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับแบบสอบย่อยจะมากขึ้น การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า โมเดล HGLM3 สามารถหลีกเลี่ยงผลของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในชุดข้อมูลที่จำลองได้ นอกจากนี้ โมเดล HGLM3 ยังให้ค่าความแตกต่างสมบูรณ์ของค่าเฉลี่ยน้อยกว่าโมเดล HGLM2

**7.3 การศึกษาโดยใช้วิธี MRCML (Multidimensional Random Coefficient Multinomial Logit)**

Bao & Mislevy (2003) ศึกษาการประเมินความเป็นอิสระของข้อสอบในแบบประเมินการปฏิบัติงานของเด็ก เพื่อศึกษาการใช้โมเดล MRCML ตรวจสอบความเป็นเอกมิติและความเป็นอิสระของข้อสอบ โดยใช้ข้อมูลจากโครงการ Biokids: : Kids Inquiry of Diverse species เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบประเมินที่เรียกว่า Biokids Fall 2003 Pretest Assessment โดยมุ่งวิเคราะห์แบบสอบย่อย 2 กลุ่ม กลุ่มแรก เป็นแบบสอบย่อยที่เป็นเอกมิติ กลุ่มที่ 2 เป็นการวิเคราะห์แบบพหุมิติ ซึ่ง

มีนักเรียนเข้าสอบทั้งสิ้น 220 คน ข้อสอบมี 19 ข้อ มี 3 ประเภทข้อสอบ ได้แก่ แบบหลายตัวเลือก แบบเติมคำและแบบบรรยาย โดยเป็นข้อสอบเกี่ยวกับความหลากหลายของชีวภาพและเครื่องกลอย่างง่าย

การศึกษาครั้งนี้มีเนื้อหาที่เน้น ในเรื่องความหลากหลายของชีวภาพ จำนวน 16 ข้อ และอีก 3 ข้อ เน้นเรื่องเครื่องกล มีชุดข้อสอบย่อย 6 ชุด เพื่อตรวจสอบความเป็นอิสระและมิติของข้อสอบ คำตอบจะมีการกำหนดรหัส 0, 1 สำหรับรูปแบบ 2 คำตอบ และ 0, 1, 2 สำหรับ 3 คำตอบ วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม The Conguest computer program (Adams et. al., 1997 อ้างถึงใน Bao & Mislevy, 2003) ซึ่งจะวิเคราะห์ 2 ส่วน คือ ความเป็นมิติ (Dimensionality) และความไม่เป็นอิสระ (Dependence) การทดสอบโมเดล จะใช้สถิติ $\chi^2$ ในการทดสอบ

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อพิจารณาค่า $\chi^2$ ในการพิจารณาความเหมาะสมของโมเดลรวมชุดข้อสอบและโมเดลแยกข้อสอบ พบว่า ข้อมูลที่ได้จากแบบ BioKids ข้อ 4 ในการทดสอบ 1 มิติ มีความเหมาะสมทั้งสองโมเดล และเมื่อมีการทดสอบ 2 มิติ ในโมเดลรวมชุดข้อสอบ ค่า $\chi^2$ จะลดลง โดยเฉพาะในมเดลรวมชุดข้อสอบ แสดงว่า ภายในโมเดลดังกล่าวมีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ เมื่อเปรียบเทียบโมเดลทั้งสอง พบว่า โมเดลการทดสอบ 1 มิติ มีความเหมาะสมมากกว่าโมเดล 2 มิติ เมื่อทดสอบโมเดล 5 มิติ ค่า $\chi^2$ ลดลงเล็กน้อย แสดงว่าชุดข้อสอบนี้ต้องการวัดทักษะการค้นคว้าทั่วไปเพียงอย่างเดียว แบบสอบ BioKids ข้อ 5 โมเดลรวมชุดข้อสอบ มีความเหมาะสมมากกว่าโมเดลแยกข้อสอบ ในการวิเคราะห์ 1 มิติ , 2 มิติ และ 5 มิติ

**ตอนที่ 8 สรุปประเด็นที่ได้จากสังเขปสาระ ทฤษฎี เอกสารและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

สำหรับการสรุปประเด็นที่ได้จากสังเขปสาระ ทฤษฎี เอกสารและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้กำหนดประเด็นในการสรุปเป็นดังนี้ ประเด็นแรก ลักษณะและสาเหตุของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ประเด็นที่สอง ผลกระทบอันเกิดจากความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ประเด็นที่สาม มโนทัศน์เกี่ยวกับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ประเด็นที่สี่ วิธีการวัดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ และประเด็นสุดท้าย แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

**ประเด็นที่** 1 ลักษณะและสาเหตุของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ

แนวคิดเกี่ยวกับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเป็นแนวคิดที่มีพื้นฐานมาจากข้อตกลงเบื้องต้นในทฤษฎีการวัดต่างๆ เช่น ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม มีข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นอิสระระหว่างคะแนนจริงและคะแนนความคลาดเคลื่อน หรือคะแนนความคลาดเคลื่อนจากแบบสอบหนึ่งต้องไม่สัมพันธ์กับคะแนนความคลาดเคลื่อนของแบบสอบอีกฉบับหนึ่ง ในทฤษฎี

การตอบสนองข้อสอบ กำหนดข้อตกลงเบื้องต้นไว้ชัดเจนว่าข้อสอบแต่ละข้อจะต้องเป็นอิสระจากกัน กล่าวคือ ผลการตอบข้อสอบข้อหนึ่งย่อมไม่มีผลต่อการตอบข้อสอบของอีกข้อหนึ่ง

องค์ประกอบที่ก่อให้เกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบมีหลายประการได้แก่ 1) ผู้สอบได้รับความช่วยเหลือหรือการแทรกแซง เช่น การบอกข้อสอบของครู การลอกข้อสอบจากเพื่อน 2) การทดสอบโดยใช้แบบสอบที่แข่งกับเวลา (ความเร็ว) 3) ความเหนื่อยล้าของผู้สอบ 4) การทดสอบแบบการฝึกปฏิบัติ 5) รูปแบบการตอบข้อสอบ 6) ความไม่เป็นอิสระของเนื้อหาในแบบสอบ 7) ข้อสอบเชื่อมโยงต่อเนื่องกัน 8) การอธิบายของคำตอบในข้อที่ผ่านมา 9) การตรวจให้คะแนน และ 10) เนื้อหา ความรู้และความสามารถของผู้สอบ

องค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ คือ ข้อสอบที่มีลักษณะบริบทของเนื้อหาที่มีการใช้ข้อสอบร่วมกัน เช่น ข้อสอบวิชาภาษาอังกฤษมักมีโครงสร้างเนื้อหาเป็นตอน และมีข้อสอบร่วมกันจำนวนหลายข้อ หรือในข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่ต้องใช้ตาราง รูปภาพ กราฟ ร่วมกันหลายข้อ

**ประเด็นที่ 2** ผลกระทบอันเกิดจากความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ

จากการศึกษาผลกระทบอันเกิดจากความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ทำให้การประมาณค่าความเที่ยงของแบบสอบที่สูงขึ้นกว่าปกติ
2) ทำให้การประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ เกิดความผิดพลาด ค่าประมาณที่ได้ไม่ตรงกับสภาพความเป็นจริง
3) ทำให้ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ คือ ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าการเดาเป็นค่าที่ไม่ถูกต้อง
4) เมื่อใช้วิธีการปรับแก้ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบโดยการรวมเป็นแบบสอบย่อย (testlet) จะส่งผลกระทบต่อความตรงตามโครงสร้างของแบบสอบเนื่องจากการรวมเป็นแบบสอบย่อยจะทำให้ข้อสอบมีจำนวนที่น้อยลง
5) ในกรณีเป็นการทดสอบแบบปรับเหมาะ(computerized-adaptive testing) จะทำให้การทดสอบหยุดก่อนกำหนด เนื่องจากผลที่ได้จากคำนวณไม่ถูกต้อง
6) การวิเคราะห์ข้อสอบด้วยโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบการรวมคะแนนจากแบบสอบย่อยที่ไม่เป็นอิสระจากกันจะทำให้สารสนเทศของแบบสอบสูญเสียไป

**ประเด็นที่ 3** มโนทัศน์เกี่ยวกับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ

ความเป็นอิสระของข้อสอบในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบระหว่างผลการตอบข้อสอบข้อหนึ่งย่อมเป็นอิสระจากการตอบข้อสอบข้ออื่นๆ ในกรณีถ้ามีข้อสอบ 1 คู่ที่มีความเป็นอิสระจาก

กันความน่าจะเป็นของคะแนนเมื่อควบคุมความสามารถของผู้สอบให้คงที่ ผลลัพธ์ความน่าจะเป็นของการตอบข้อสอบจะเท่ากับ $P(X_1 = x_1 and X_2 = x_2 / \theta) = P(X_1 = x_1 / \theta)P(X_2 = x_2 / \theta)$ ในโมเดลการตอบสนองข้อสอบ โอกาสในการตอบข้อสอบสองข้อที่มีความเป็นอิสระจากกัน ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเศษเหลือระหว่างข้อสอบสองข้อจะเท่ากับ 0 ณ ระดับความสามารถของผู้สอบที่เท่ากัน

ความเป็นอิสระของข้อสอบสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ความเป็นอิสระระหว่างข้อสอบ และ ความเป็นอิสระระหว่างผู้สอบ

**ประเด็นที่ 4** วิธีการวัดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ

การวัดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในอดีตมีหลายวิธี ได้แก่ วิธีการของ Lord วิธีการใช้ค่าสถิติYen's $Q_1$ วิธีการ Van den Wallenburg = $Q_2$ วิธีการของKingston & Doran= $Q_3$ วิธีการของ Hooper= PCUI และวิธีการใช้ค่าสถิติ $G^2$ ซึ่งวิธีการดังกล่าว พบว่า มีปัญหาความยุ่งยากในการคำนวณ ปัญหาอันเกิดจากการเดาข้อสอบ การแบ่งช่วงความสามารถของผู้สอบ ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ Yen's $Q_3$ เนื่องจากมีความเหมาะสมในการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเป็นรายคู่และง่ายต่อการแปลผล

Yen ได้เสนอค่าสถิติ $Q_3$ เป็นดัชนีวัดความเป็นอิสระของข้อสอบซึ่งเป็นค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าเศษเหลือของข้อสอบรายคู่ หลังจากได้สกัดค่าความสามารถของผู้สอบออกไปแล้ว โดยคำนวณค่าสหสัมพันธ์จากสูตรดังนี้ (Lee, 2004)

$$d_{ik} = u_{ik} - P_i(\hat{\theta}_k); Q_{3ij} = r_{d_i d_j}$$

เมื่อ $d_{ik}$ คือ ผลต่างระหว่างคะแนนดิบกับคะแนนความสามารถที่คาดหวังหรือค่าเศษเหลือ

$u_{ik}$ คือ คะแนนดิบ

$\hat{P}_i(\hat{\theta}_k)$ คือ คะแนนความสามารถที่คาดหวัง

k คือ ผู้สอบคนที่ k

i คือ ข้อสอบข้อที่ i

และ $r_{d_i d_j}$ คือ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าเศษเหลือ

**ประเด็นที่ 5** แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบเป็นทฤษฎีการวัดที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถที่มีอยู่ภายในบุคคล(Latent trait or ability) กับผลการตอบข้อสอบ หรือข้อคำถามโดย

ใช้โค้งลักษณะข้อสอบ(ICC) ซึ่งมีการกำหนดลักษณะของข้อสอบด้วยพารามิเตอร์ความยาก(b) อำนาจจำแนก (a) และโอกาสการเดาข้อสอบถูก(c) ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ จึงอยู่บนฐานความคิดสำคัญสองประการ คือ ประการแรก ผลการตอบข้อสอบหรือข้อคำถามของผู้ตอบสามารถอธิบายได้ด้วยความสามารถที่มีอยู่ภายในของผู้ตอบ และ ประการที่สอง ความสัมพันธ์ระหว่างผลการตอบข้อสอบกับความสามารถที่มีอยู่ภายในของผู้ตอบ สามารถอธิบายได้ด้วยฟังก์ชันลักษณะข้อสอบ หรือโค้งลักษณะข้อสอบ อันมีลักษณะเป็นฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ เรียก ฟังก์ชันโลจิส (logistic function) หรือใกล้เคียงกับฟังก์ชันปกติสะสม (normal ogive function) ฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบสามารถนำมาใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบแต่ละข้อได้ถูก $[P_i(\theta)]$ กับระดับความสามารถของผู้สอบที่วัดโดยแบบสอบฉบับนั้น เมื่อนำมาเขียนกราฟจะได้โค้งลักษณะข้อสอบ โมเดลที่นิยมใช้อธิบายความสัมพันธ์ดังกล่าว คือ โมเดลแบบหนึ่งพารามิเตอร์ โมเดลแบบสองพารามิเตอร์ และโมเดลแบบสามพารามิเตอร์ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545)

**ประเด็นที่ 6** ผลจากการศึกษารายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 การศึกษาที่ใช้วิธีการตรวจสอบโดย Yen's $Q_3$ ได้แก่ Lee (2004) ศึกษาการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบและโครงสร้างการวัดในเนื้อหาข้อสอบที่สัมพันธ์กันโดยใช้ $Q_3$ ในแบบสอบการอ่านเพื่อความเข้าใจ เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบภาษาอังกฤษ EFL ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ค่าความเที่ยงและการวิเคราะห์ค่าความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ โดยใช้สถิติ Yen's $Q_3$ แสดงให้เห็นว่า การใช้ข้อคำถามร่วมกันของแบบสอบก่อให้เกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ในแบบสอบ EFL (การอ่านเพื่อความเข้าใจ) Keller et. al., (2003) ศึกษาการประเมินวิธีการให้คะแนนแบบสอบย่อยที่มีเนื้อหาไม่เป็นอิสระจากกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินวิธีการให้คะแนนข้อสอบที่มีเนื้อหาไม่เป็นอิสระจากกัน 2 วิธี ได้แก่ การให้คะแนนแบบ 0, 1 โดยไม่คำนึงถึงข้อตกลงเบื้องต้นความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ และสร้างโมเดลความไม่เป็นอิสระ โดยการให้คะแนนแบบหลายค่า ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้จากแบบสอบที่เรียกว่า Uniform Certified Professional Accountants (CPA) Exam. ประกอบด้วยแบบสอบ 3 ประเภท ได้แก่ แบบสอบหลายตัวเลือก แบบสอบวัดตามจุดประสงค์อื่น (OOAFs) และ แบบสอบความเรียง ผลการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยสถิติ $Q_3$ ใช้ในการวิเคราะห์แบบสอบรวม ข้อสอบแบบหลายตัวเลือกและแบบสอบวัดตามจุดประสงค์อื่น พบว่า ไม่ปรากฏความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในแบบสอบแบบหลายตัวเลือก และแบบสอบวัดตามจุดประสงค์อื่น มีระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่แตกต่างกัน และยังพบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในแบบสอบ แสดงให้เป็นว่าการให้คะแนนแบบ 2 ค่า (0 , 1) ยังไม่เหมาะสมควรให้คะแนนโดยวิธีอื่น

6.2 การศึกษาโดยใช้วิธีพหุระดับ ได้แก่ Jiao et. al., (2005) ศึกษาการสร้างโมเดลความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ด้วยวิธีพหุระดับ(HGLM)โมเดลการวิเคราะห์แบบพหุระดับที่นำเสนอเพื่อตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ผลการศึกษาพบว่า ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบสามารถปรากฏเมื่อข้อสอบมีความสัมพันธ์ร่วมกันอยู่ภายในกลุ่ม เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบได้รับอิทธิพลจากบริบทเนื้อหาที่มีความสัมพันธ์ร่วมกันอยู่ภายในแบบสอบย่อย โมเดลการวิเคราะห์แบบพหุระดับ แบบ 3 ระดับ สามารถหลีกเลี่ยงความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ และการประมาณค่ามีค่าสูงสุด รวมทั้งโมเดลแบบสอบวัดตามจุดประสงค์อื่น ยังมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมบูรณ์ระหว่างค่าความยากที่เป็นจริงกับค่าที่คาดหวังที่มากกว่า การวิเคราะห์แบบพหุระดับ 3 ระดับ นอกจากนี้ยังแสดงในเห็นว่า โมเดลการวิเคราะห์แบบพหุระดับ 3 ระดับ ประมาณค่าความแปรปรวน การแจกแจงความสามารถของผู้สอบไม่ได้รับผลจากอิทธิพลจากความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ในขณะที่โมเดลแบบสอบวัดตามจุดประสงค์อื่นมีการประมาณค่าความแปรปรวนของความสามารถต่ำลงเรื่อย ๆ

6.3 การศึกษาโดยวิธี MRCML ได้แก่ Bao & Mislevy (2003) ศึกษาการประเมินความเป็นอิสระของข้อสอบในแบบประเมินการปฏิบัติงานของเด็ก เพื่อศึกษาการใช้โมเดล MRCML ตรวจสอบความเป็นเอกมิติและความเป็นอิสระของข้อสอบ โดยมุ่งวิเคราะห์แบบสอบย่อย 2 กลุ่ม กลุ่มแรก เป็นแบบสอบย่อยที่เป็นเอกมิติ กลุ่มที่ 2 เป็นการวิเคราะห์แบบพหุมิติ ผลการศึกษาพบว่า เมื่อพิจารณาค่า $\chi^2$ ในการพิจารณาความเหมาะสมของโมเดลรวมแบบสอบย่อยและโมเดลแยกข้อสอบ พบว่า BioKids ข้อ 4 ในการทดสอบ 1 มิติ มีความเหมาะสมทั้งสองโมเดล และเมื่อมีการทดสอบ 2 มิติ ในโมเดลรวมชุดข้อสอบ ค่า $\chi^2$ จะลดลงโดยเฉพาะในโมเดลรวมชุดข้อสอบ แสดงว่า ภายในโมเดลดังกล่าวมีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ เมื่อเปรียบเทียบโมเดลทั้งสอง พบว่าโมเดลการทดสอบ 1 มิติ มีความเหมาะสมมากกว่าโมเดล 2 มิติ เมื่อทดสอบโมเดล 5 มิติ ค่า $\chi^2$ ลดลงเล็กน้อย แสดงว่าชุดข้อสอบนี้ต้องการทักษะการค้นคว้าทั่วไป เพียงอย่างเดียว ผลการวิจัย ของ BioKids ข้อ 5 โมเดลรวมแบบสอบย่อย มีความเหมาะสมมากกว่าโมเดลแยกข้อสอบ ในการวิเคราะห์ 1 มิติ , 2 มิติ และ 5 มิติ

จากผลการสังเคราะห์เอกสารรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยสรุปประเด็นการศึกษาความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่ยังไม่สมบูรณ์ซึ่งจำเป็นที่จะต้องศึกษาวิจัยเพิ่มเติม ดังนี้

Lee (2004) ศึกษาการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบและโครงสร้างการวัดในเนื้อหาข้อสอบที่สัมพันธ์กันโดยใช้ ค่า $Q_3$ ในแบบสอบการอ่านเพื่อความเข้าใจ เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบภาษาอังกฤษ EFL (English as a Foreign/Second Language=EFL/ESL) ได้ให้ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งนี้ 3 ประเด็น ได้แก่ (1) การศึกษาครั้งนี้ใช้เพียงข้อสอบหลายตัวเลือกเพียง 4 ข้อ ในแต่ละแบบสอบย่อยเท่านั้น ควรเพิ่มจำนวนข้อสอบให้มากขึ้นในแต่ละแบบสอบย่อย (2) ควรมีการตรวจสอบวิเคราะห์ทางภาษาศาสตร์เกี่ยวกับเนื้อหาของชุดข้อสอบย่อยซึ่งเป็นสาเหตุ

ของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบให้มีความลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น ความซ้ำซ้อนของข้อสอบเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ในแบบสอบย่อยที่มีเนื้อหาเป็นตอน (passage-based testlet) และการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะบริบทเนื้อหา และความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในแบบสอบที่มีเนื้อหาเป็นตอน (3) ควรมีการศึกษาวิจัยการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (DIF) หรือความลำเอียงของข้อสอบ ในระดับของแบบสอบย่อยที่มีเนื้อหาเป็นตอน ซึ่งข้อสอบอาจมีลักษณะที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันระหว่างเนื้อหาและความเกี่ยวข้องกันระหว่างมิติของแบบสอบ ซึ่งจะทำให้เกิดความได้เปรียบเสียเปรียบกันระหว่างผู้สอบที่ทราบและไม่ทราบหัวเรื่องของเนื้อหา ซึ่งจะทำให้การแปลผลของคะแนนที่ได้แตกต่างกันตามกลุ่มย่อยของผู้สอบ (4) การศึกษาครั้งนี้ จำกัดอยู่เฉพาะการตรวจสอบเชิงประจักษ์ของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ แต่ไม่ได้มุ่งค้นหาแนวทางในการนำความไม่เป็นอิสระของข้อสอบมาใช้การประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ค่าอำนาจจำแนกและค่าการเดา ซึ่งการประมาณค่าสถิติดังกล่าวอาจสูงขึ้นและจะทำให้การประมาณค่าไม่ถูกต้อง

Jiao et. al., (2005) ศึกษาการสร้างโมเดลความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ด้วยวิธีพหุระดับ (HGLM) เพื่อตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ และได้อภิปรายผลการวิจัยพร้อมให้ข้อเสนอแนะว่า ในการศึกษาครั้งนี้ การกำหนดชุดการจำลองข้อมูลมีเพียง 1 กลุ่ม เท่านั้น จึ งไม่สามารถประเมินความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ จึงควรมีการใช้ความหลากหลายของชุดข้อมูล เพื่อประเมินความถูกต้องของการประมาณค่าพารามิเตอร์ และการศึกษายังเป็นการศึกษาเพียงเงื่อนไขเดียว คือ จำนวนแบบสอบย่อย และจำนวนข้อสอบในแต่ละกลุ่ม ซึ่งคิดว่าน่าจะมีผลต่อความถูกต้องของการประมาณค่าพารามิเตอร์ นอกจากนี้การขยายอิทธิพลกลุ่มหรือตัวแปรทำนายเพื่อการวิเคราะห์ความลำเอียงข้อสอบ โมเดลสามารถเพิ่มตัวแปรพหุระดับที่สูงขึ้น เช่น ตัวแปรระดับห้องเรียน โรงเรียน และรัฐ เข้ามาศึกษา

Bao & Mislevy (2003) ศึกษาการประเมินความเป็นอิสระของข้อสอบในแบบประเมินการปฏิบัติงานของเด็ก เพื่อศึกษาการใช้โมเดล MRCML ตรวจสอบความเป็นเอกมิติและความเป็นอิสระของข้อสอบ ได้อภิปรายและให้ข้อเสนอแนะผลการศึกษาโดยกล่าวว่า เมื่อมีการประยุกต์ใช้โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) กับข้อมูลการตอบแบบหลายส่วนและในเนื้อหาแบบผสม จะเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของความเป็นอิสระของข้อสอบหรือไม่ ทั้งข้อคำถามที่มีลักษณะเป็นโจทย์ปัญหาร่วมกันและความเป็นพหุมิติของแบบสอบ ผลการวิเคราะห์ชุดข้อสอบแบบพหุมิติ แสดงให้เห็นว่าแบบสอบชื่อ BioKids Fall 2003 Pretest แสดงถึงความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอย่างน้อย 1 กลุ่ม การนำความเป็นมิติและลักษณะเฉพาะของแบบสอบมาวิเคราะห์ทำให้การตรวจสอบมีความถูกต้องมากขึ้น เนื่องจากโมเดล MRCML สามารถวิเคราะห์ ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบไปฟร้อมกับการตรวจสอบความเป็นมิติ

Keller et. al., (2003) ศึกษาการประเมินวิธีการให้คะแนนแบบสอบย่อยที่มีเนื้อหาไม่เป็นอิสระจากกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินวิธีการให้คะแนนข้อสอบที่มีเนื้อหาไม่เป็นอิสระจากกัน 2 วิธี ได้แก่ การให้คะแนนแบบ 0, 1 โดยไม่คำนึงถึงข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ และการให้คะแนนแบบหลายค่า ได้ให้ข้อเสนอแนะดังนี้ การศึกษาวิธีการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ โดยนำมาประยุกต์ใช้กับแบบสอบที่ชื่อว่า CPA พบว่า การให้คะแนนในแบบสอบ OOAF เป็นชุดคะแนนรวมส่งผลกระทบต่อการตัดสินผลการเรียน นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบสอบ เช่น ค่าความเที่ยงและสารสนเทศของแบบสอบ รวมทั้งผลลัพธ์การเรียน

Ferrara et. al., (1997) ศึกษาลักษณะโครงสร้างของแบบสอบย่อยประเภทปลายเปิดที่มีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในการประเมินการปฏิบัติงานในกลุ่มประชากรขนาดใหญ่โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและอธิบายสาเหตุที่ทำให้เกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในการประเมินการปฏิบัติงานในกลุ่มประชากรขนาดใหญ่ ได้สรุปและอภิปรายผลการศึกษาดังนี้

การศึกษาเป็นการใช้รูปแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน โดยใช้รูปแบบการเก็บข้อมูลหลากหลาย เช่น การสังเกต การคิดออกเสียง (Think aloud) และเป็นแฟ้มสะสมงาน ในเนื้อหาอื่น ๆ จะทำให้เข้าใจความไม่เป็นอิสระของข้อสอบมากขึ้น จะทำให้มีการพัฒนาแบบประเมินการปฏิบัติงาน โดยปราศจากความไม่เป็นอิสระของข้อสอบโดยอาจศึกษาประเด็นเกี่ยวกับ a)ลักษณะการบทที่กำหนดให้ และง่ายต่อการมีความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบมาก b) ลักษณะบริบทของข้อสอบที่กำหนดเนื้อหาให้ มีความไม่เป็นอิสระ c) ประเภทข้อสอบที่จะมี ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเกิดขึ้น d) ลักษณะของเนื้อหาวิชาที่จะเกิด ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ e) วิธีการประเมินการปฏิบัติงาน ใช้วิธีการอื่น ๆ มากกว่าแบบสอบแบบตอบสั้น เช่น โครงการระยะยาวหรือการจัดนิทรรศการ

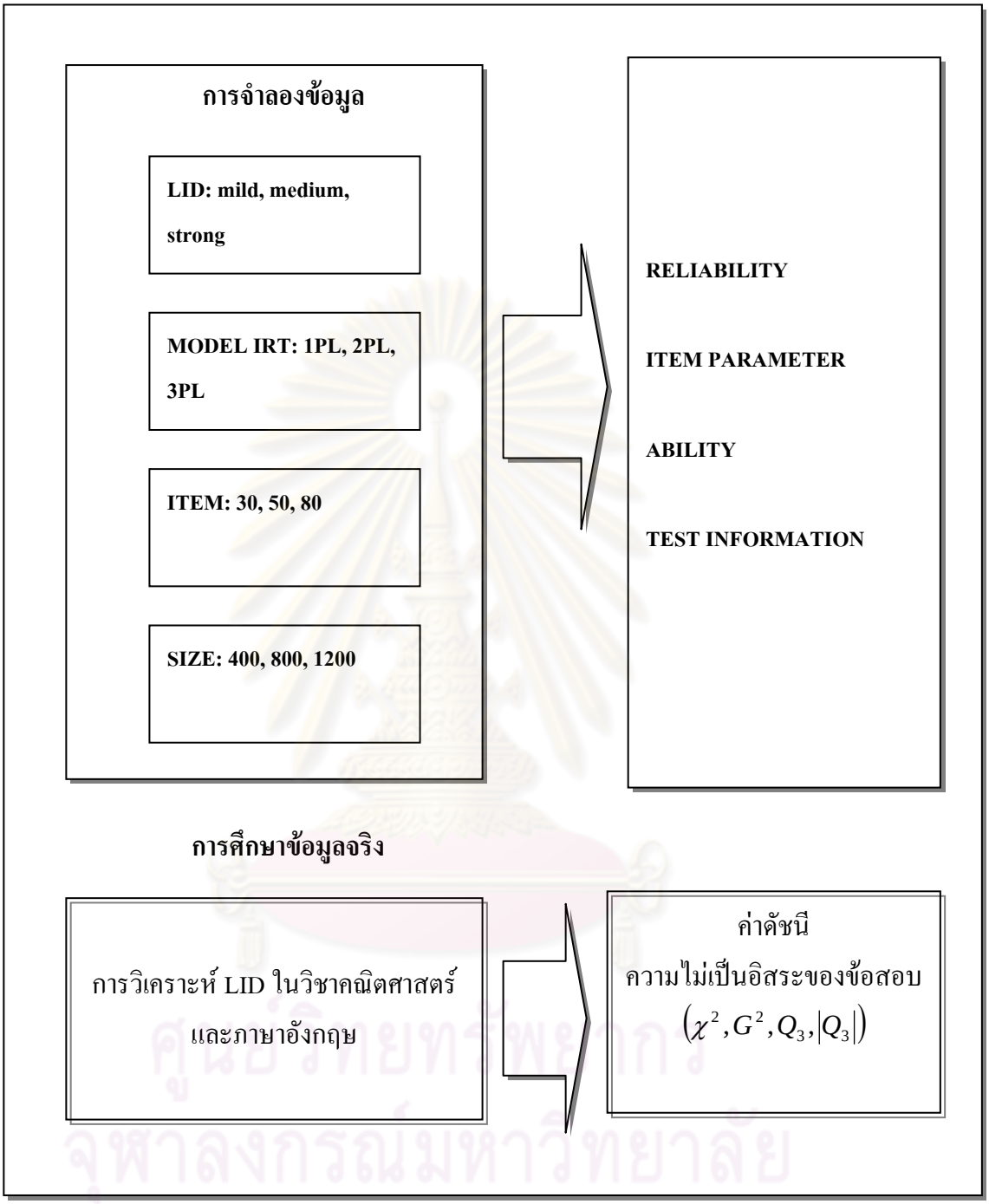
**ตอนที่ 9 กรอบแนวคิดในการวิจัย**

จากการทบทวนทฤษฎี เอกสาร รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยจึงได้กำหนดกรอบความคิดตามแนวทางการศึกษาดังกล่าวโดยมีกระบวนการดังนี้

การตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ผู้วิจัยจะใช้วิธี สถิติ Yen's $Q_3$ ในการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ(IRT) เนื่องจากมีความเหมาะสมดีกว่าการตรวจสอบด้วยวิธีอื่นๆ ด้วยเหตุผลหลายประการ คือ ประการแรก เหมาะสมและความเพียงพอที่จะสะท้อนคุณลักษณะแฝง ประการที่2 ง่ายต่อการเปรียบเทียบข้อสอบเป็นรายคู่และสะดวกในการแปลผล ประการที่ 3 ง่ายต่อการเปรียบเทียบแบบสอบย่อยของข้อสอบรายคู่ (Hambleton and Swaminathan , 1985 ; Mckinley and Mills, 1985 ; Reise, 1990 อ้างถึงใน Lee,

2004) และจะเปรียบเทียบผลของการประมาณค่าพารามิเตอร์ระหว่างวิธีการวิเคราะห์ด้วยโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบทั้งวิธีการจำลองข้อมูล(simulation)และใช้ข้อมูลจริง(real data) (Smith, 2005; Jiao et. al., (2005) เหตุผลในการเปรียบเทียบการประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 โมเดลในทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ เนื่องจากโมเดลทั้ง 3 มีจุดแข็งและจุดอ่อนที่แตกต่างกัน กล่าวคือ โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ ต้องการกลุ่มตัวอย่างจำนวนมากในการวิเคราะห์แต่ในโมเดลแบบ 1 หรือ 2 พารามิเตอร์ สามารถใช้วิเคราะห์กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กได้ และสามารถประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ (1 พารามิเตอร์) มีคุณภาพดีเท่าเทียมกับการประมาณค่าในโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (3 พารา มิเตอร์) (Van, 1986 อ้างถึงใน กิ่งกาญจน์ เมฆา, 2540; Henly et. al., 1989 อ้างถึงใน สุพล นิลกลาง, 2541) สำหรับการศึกษาข้อมูลจริง ผู้วิจัยสนใจตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในวิชาที่มีลักษณะการสร้างข้อสอบหลายข้อถามในเนื้อหาเดียวกัน เช่น วิชาภาษาไทย ภาษาอังกฤษ หรือคณิตศาสตร์ เนื่องจากมีแนวโน้มว่าจะมีโอกาสที่จะเกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบได้มากกว่าข้อสอบวิชาอื่นๆ (Jiao et. al., 2005; Ferrara et. al., 1999) โดยมีกรอบแนวคิด ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




**ภาพที่ 2-2 กรอบแนวคิดในการวิจัย (conceptual framework)**

# บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ ประการแรก เพื่อเปรียบเทียบค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถของผู้สอบและค่าสารสนเทศของแบบสอบ ระหว่างเงื่อนไขระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ที่มีโมเดลการตอบสนองข้อสอบ จำนวนข้อสอบ ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกัน ใช้วิธีดำเนินการวิจัยเชิงทดลองโดยการจำลองข้อมูล ประการที่สอง เพื่อศึกษาลักษณะความไม่เป็นอิสระของข้อสอบจากข้อมูลจริง โดยใช้วิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษในระดับช่วงชั้นที่ 2 ระดับประถมศึกษาปีที่ 5 เขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี เขต 1

## 3.1 วิธีการจำลองข้อมูล (simulation method)

การจำลองข้อมูลใช้โปรแกรมภาษา FORTRAN รุ่น Fortran Power Station Version 4.0 เพื่อใช้ในการจำลองข้อมูล โปรแกรม LDID (A Computer Program for Local Dependence Indices for Dichotomous Items1) และ BILOG-MG ใช้เพื่อตรวจสอบระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบตามเงื่อนไขที่กำหนด อันประกอบด้วย ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ จำนวนข้อสอบ และขนาดกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งในแต่ละตัวแปรมีระดับที่แตกต่างกันดังนี้

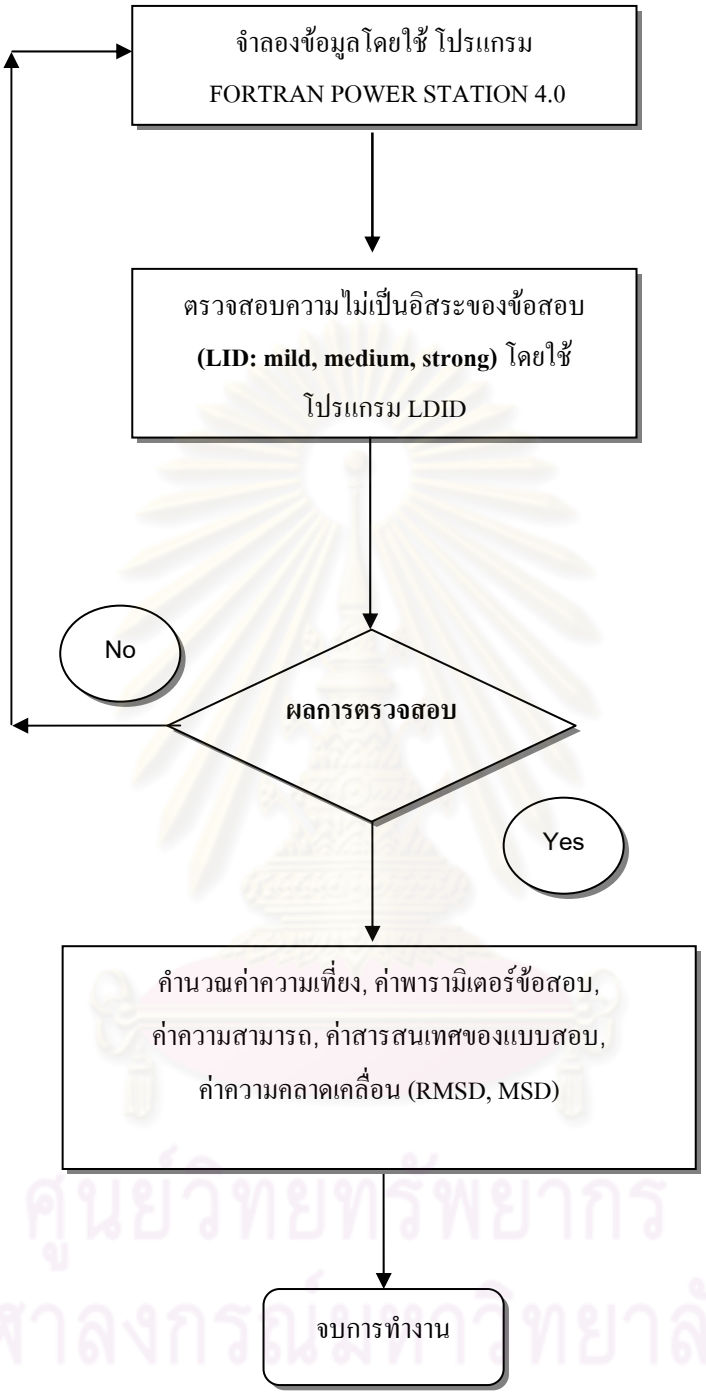
1.1 ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ (LID) ประกอบด้วย 9 ระดับ โดยแบ่งเป็นกลุ่มย่อย 3 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำ (mild = L) ระดับปานกลาง (medium = M) และระดับสูง (strong = H) (Spray and Ackerman (1987); Ackerman (1987 อ้างถึงใน Smith, 2005)

1.2 โมเดลการตอบสนองข้อสอบ แบ่งเป็น 3 โมเดล ได้แก่ โมเดล 1 พารามิเตอร์ (1PL) โมเดล 2 พารามิเตอร์ (2PL) และโมเดล 3 พารามิเตอร์ (3PL)

1.3 จำนวนข้อสอบ (items) แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 30 ข้อ 50 ข้อ 80 ข้อ

1.4 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (sample size) แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 400, 800, 1,200 คน

ดังนั้น จำนวนเงื่อนไขของการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการจำลองข้อมูลจะมีจำนวนทั้งสิ้นเท่ากับ 243 เงื่อนไข และในแต่ละเงื่อนไขจำลองข้อมูล 1000 รอบ (replication) สามารถแสดงด้วยผังงานการเขียนโปรแกรมดังนี้




ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในการจำลองข้อมูลและการประมาณค่าพารามิเตอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนในการคำนวณมีดังนี้**

**ตอนที่ 1 การจำลองข้อมูลและการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ**

ขั้นที่ 1 จำลองข้อมูล จากการทำข้อสอบแต่ละชุดด้วยวิธีการแจกแจงปกติหลายตัวแปร (multivariate normal distribution) ที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งจากการศึกษาของ Ackerman (1987) จะใช้วิธีการจำลองที่มีจำนวนข้อสอบที่ไม่เป็นอิสระประมาณร้อยละ 20 ของจำนวนข้อสอบทั้งหมด โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้โปรแกรม FORTRAN ในการเขียนคำสั่งเพื่อการจำลองข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยไฟล์สำคัญ 2 ไฟล์ ได้แก่

1. ไฟล์คำสั่งโปรแกรมหลัก (main program) เป็นโปรแกรมสำหรับจำลองข้อมูล โดยวิธีวิธีการแจกแจงปกติหลายตัวแปร (multivariate normal distribution) ที่มีความสัมพันธ์กัน และโปรแกรมในการประมาณค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบ

2. ไฟล์เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ภายในไฟล์ข้อมูลประกอบด้วย จำนวนข้อสอบ ค่าเฉลี่ยมาตรฐานของตัวแปร และเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม ซึ่งกำหนดตามเงื่อนไขของการทดสอบ โดยกำหนดให้โปรแกรมจำลองข้อมูลตัวแปรที่มีค่าเฉลี่ยมาตรฐานเท่ากับ 0 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1 เนื่องจากลักษณะการแจกของคะแนนโดยทั่วไปจะเป็นการแจกแจงแบบปกติ นอกจากนี้ยังสะดวกในการจำลองข้อมูลและแปลความหมายของค่าตัวเลขที่ได้ สำหรับค่าความแปรปรวนร่วมจะกำหนดตั้งแต่ ระดับ 0.10 - 0.90

เมื่อจำลองคะแนนที่เป็นมาตรฐานของแต่ละตัวแปรแล้ว จึงแปลงคะแนนมาตรฐานที่ได้เป็น คะแนน 0 ,1 ในแต่ละเงื่อนไขจำลองข้อมูลจำนวน 1000 รอบ(Replications) ในแต่ละรอบได้กำหนดให้โปรแกรมคำนวณค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ และกำหนดให้โปรแกรมจำลองข้อมูลให้มีระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ 9 ระดับโดยแบ่งเป็นกลุ่มย่อย 3 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำ (mild= L) ระดับปานกลาง (medium = M) และระดับสูง (strong = H) ตามลำดับ ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลตามเงื่อนไขทั้งหมด 243 ชุด ดังตัวอย่างผลคะแนนจากเงื่อนไขการทดสอบ จำนวนข้อสอบ 10 ข้อ ผู้สอบ 400 คน เป็นดังนี้

ตารางที่ 3-1 ค่าคะแนนมาตรฐานที่ได้จากการจำลองด้วยวิธีการแจกแจงปกติแบบหลายตัวแปรและค่าคะแนนที่แปลงเป็นคะแนนผลการตองข้อสอบแบบ 0 , 1

| คน/ข้อ | ข้อ 1 | ข้อ 2 | ข้อ 3 | ข้อ 4 | ข้อ 5 | ข้อ 6 | ข้อ 7 | ข้อ 8 | ข้อ 9 | ข้อ 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ค่าคะแนนมาตรฐานที่ได้จากการจำลองด้วยวิธีการแจกแจงปกติหลายตัวแปร | | | | | | | | | | |
| 1 | 1.161 | 0.9038 | 1.6073 | 1.3335 | 1.1437 | 1.3421 | 0.5159 | -0.8379 | -0.6312 | 2.9052 |
| 2 | 0.7255 | -0.2089 | 0.0925 | -0.1535 | -0.5643 | -0.0896 | 1.4853 | 0.0881 | 0.8698 | 1.6398 |
| 3 | 2.9987 | 2.5948 | 2.6668 | 2.5046 | 2.9513 | 2.7419 | 1.5521 | -0.4885 | 0.4607 | 1.0776 |
| 4 | 0.7102 | 0.6545 | 1.1865 | 1.0356 | 0.498 | 0.6499 | -0.0289 | -0.9093 | -0.2137 | 0.0538 |
| 5 | -0.1868 | -0.6391 | -0.8596 | -0.3824 | -0.8608 | -0.2149 | -0.5167 | 0.0011 | -1.0455 | 0.101 |
| 6 | 0.6488 | 0.4388 | -0.2118 | 0.2358 | 0.8441 | 0.2405 | -0.6343 | 1.0553 | -0.8275 | -0.5277 |
| 7 | -0.5834 | -0.749 | -0.4909 | -0.4607 | 0.1106 | -0.4162 | 0.4701 | -0.3444 | 0.3066 | 0.0697 |
| 8 | -2.1781 | -2.2573 | -1.9077 | -1.5789 | -1.7968 | -2.0891 | -1.466 | -0.7914 | -0.8179 | -0.8441 |
| 9 | -0.6108 | -0.7665 | -0.1602 | -0.5763 | -0.1397 | -0.4424 | 0.2778 | 2.1967 | -0.9722 | 0.8134 |
| 10 | -0.5009 | -0.805 | -0.5421 | -0.6764 | -0.8252 | -1.1115 | -0.2183 | 0.7314 | -0.2358 | -0.7812 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 400 | -0.1616 | 0.2541 | 0.2206 | 0.6758 | -0.1128 | -0.5239 | 0.8649 | 0.6985 | -1.3254 | 0.1398 |
| ค่าคะแนนที่แปลงเป็นคะแนนผลการตอบข้อสอบแบบ 0 1 | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 400 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ขั้นที่ 2</u> ตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบด้วยสถิติ Yen's $Q_3$ โดยใช้โปรแกรม LDID ในแต่ละเงื่อนไข ดังนี้

2.1 การคำนวณค่าคะแนนเศษเหลือ เช่น กรณีมีผู้สอบ 400 คน ทำข้อสอบ 10 ข้อ วิเคราะห์ด้วยโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 1 พารามิเตอร์

$P_i(\theta_k) = \frac{1}{1+e^{-(\theta-b)}}; \theta = 0, i = 1-10, k = 1-400$ จากนั้นคำนวณค่าคะแนนเศษเหลือของคนที่ k ข้อที่ i จากสูตร $d_{ik} = u_{ik} - P_i\left(\hat{\theta}_k\right)$ เมื่อ

$d_{ik}$ = คะแนนเศษเหลือของคนที่ k ข้อที่ i

$u_{ik}$ = คะแนนคำตอบ (ถูก=1 ผิด= 0) ของคนที่ k ข้อที่ i

$P_i(\hat{\theta}_k)$ = ค่าความน่าจะเป็นคาดหวังในการตอบข้อสอบถูกของคนที่ k ข้อที่ i

2.2 คำนวณ $Q_3$ หรือ ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง $d_{ik}$ ของข้อสอบแต่ละคู่ จากกรณีข้อ 2.1 สามารถจับคู่ ข้อ 1 กับ 2, 3, …, 10 ข้อ 2 กับ 3, 4 …10; ข้อ 3 กับ 4, 5,…,10 จนครบทั้งหมด 45 คู่ โดยใช้สูตรดังนี้

$$r_{ii'} = \frac{n\sum ii' - \sum i \sum i'}{\left[n\sum i^2 - \left(\sum i\right)^2\right]\left[n\sum i'^2 - \left(\sum i'\right)^2\right]}$$

เมื่อคะแนนเศษเหลือของข้อสอบข้อที่ 1 ($i$) และ ข้อที่ 2 ($i'$) คือ ค่า d ของ $i$ และ ค่า d ของ $i'$ ในข้อสอบแต่ละคู่ (ค่าของ $r_{ii'}$ จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 ค่า 0 แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยค่าคาดหวังของ $Q_3$ จะมีค่าเท่ากับ -1/n-1 เมื่อ n เท่ากับจำนวนข้อสอบ ซึ่งแสดงถึงความเป็นอิสระของข้อสอบ จากนั้นผู้วิจัยได้กำหนดค่า $Q_3$ ในแต่ละกลุ่มของระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ดังแสดงในตารางที่ 3-2 และตัวอย่างการคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ช

ขั้นที่ 3 นำข้อมูลที่จำลองได้ในแต่ละเงื่อนไข คำนวณค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ ค่าสารสนเทศของแบบสอบ และค่า RMSD MSD

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-2 ค่าระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ($|Q_3|$) ในกลุ่มระดับต่ำ (L) กลุ่มระดับปานกลาง (M) และกลุ่มระดับสูง (H)

| โมเดล | จำนวนผู้สอบ | ค่าระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ($|Q_3|$) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 30 ข้อ | | | 50 ข้อ | | | 80 ข้อ | | |
| | | L | M | H | L | M | H | L | M | H |
| 1PL | | | | | | | | | | |
| | 400 | .0476-.0508 | .0530-.0611 | .0664-.0859 | .0414-.0458 | .0489-.0582 | .0657-.0900 | .0422-.0450 | .0492-.0598 | .0672-.0875 |
| | 800 | .0339-.0403 | .0439-.0537 | .0600-.0782 | .0316-.0363 | .0407-.0509 | .0575-.0806 | .0304-.0350 | .0397-.0518 | .0597-.0811 |
| | 1200 | .0314-.0374 | .0419-.0525 | .0583-.0761 | .0269-.0321 | .0367-.0476 | .0547-.0773 | .0249-.0301 | .0346-.0472 | .0553-.0774 |
| 2PL | | | | | | | | | | |
| | 400 | .0469-.0506 | .0533-.0603 | .0628-.0569 | .0414-.0454 | .0478-.0516 | .0509-.0539 | .0422-.0447 | .0483-.0517 | .0515-.0530 |
| | 800 | .0336-.0403 | .0450-.0538 | .0547-.0397 | .0317-.0363 | .0410-.0470 | .0429-.0479 | .0303-.0349 | .0393-.0435 | .0420-.0430 |
| | 1200 | .0312-.0369 | .0412-.0545 | .0553-.0386 | .0270-.0323 | .0371-.0450 | .0385-.0453 | .0249-.0300 | .0345-.0400 | .0398-.0419 |
| 3PL | | | | | | | | | | |
| | 400 | .0464-.0506 | .0533-.0603 | .0628-.0569 | .0413-.0451 | .0472-.0480 | .0476-.0488 | .0419-.0444 | .0477-.0493 | .0496-.0515 |
| | 800 | .0331-.0395 | .0441-.0509 | .0514-.0472 | .0315-.0361 | .0406-.0444 | .0440-.0449 | .0302-.0347 | .0387-.0413 | .0415-.0432 |
| | 1200 | .0308-.0364 | .0409-.0511 | .0460-.0513 | .0267-.0451 | .0472-.0480 | .0476-.0488 | .0247-.0298 | .0341-.0379 | .0381-.0404 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตอนที่ 2 การประมาณค่าความเที่ยง (reliability), ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ (item parameter), ค่าความสามารถ (ability) และค่าสารสนเทศของแบบสอบ(test information)**

ขั้นที่ 1 ประมาณค่าความเที่ยง KR20ของแบบสอบจากสูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545)

$$KR20 = \left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1-\frac{\sum p_i q_i}{S_x^2}\right]$$

เมื่อ KR20= สัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบสอบ

K = จำนวนข้อสอบ

$p_i$ = สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อ i,

$q_i$ = สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อ i( $q_i$ =1- $p_i$ )

$S_x^2$ =ความแปรปรวนของคะแนนรวม x

ขั้นที่ 2 ประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและความสามารถด้วยวิธีของเบส์ ในโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์ โดยกำหนดค่าเริ่มต้นที่จะใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยกำหนดการแจกแจงเริ่มแรกของค่าอำนาจจำแนก ด้วยการแจกแจงแบบ ไคว์สแควร์ (chi-square distribution) และกำหนดการแจกแจงเริ่มแรกของค่าการเดาด้วยการแจกแจงแบบเบต้า (beta distribution) (Hambleton &Swaminathan, 1985; วินัย วงศ์ฤทัยวัฒนา, 2533; วิชุดา บัวคง, 2533; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2534) จากสูตร

$$\theta_i^{(0)} = \ln\left[\frac{q_i}{1-q_i}\right]$$

$$b_j^{(0)} = \frac{Z_j}{R_j}$$

$$a_j^{(0)} = \frac{R_j}{(1-R_j)^{1/2}}$$

$$c_j^{(0)} = \frac{1}{m_j}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$q_i$ = $\sum_{j=1}^{n} \frac{u_{ij}}{n}, P_j = \sum_{i=1}^{N} \frac{u_{ij}}{N}$

เมื่อ $u_{ij}$ = ผลการตอบข้อที่ j ของนักเรียนคนที่ i

$Z_j$ = ค่าของคะแนนมาตรฐานที่พื้นที่ใต้โค้งปกติด้านขวามีค่าเท่ากับ $P_j$

$R_j$ = ค่า Point – biserial Correlation ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม

$m_j$ = จำนวนตัวเลือกของข้อที่ j

และทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการหาค่าซ้ำ ๆ จนได้ค่าคงที่ (Iterative) ดังนี้

ขั้นที่ 1 ประมาณค่าความสามารถ

$$\theta_i^{(k+1)} = \theta_i^{(k)} - \frac{g\left[\theta_i^{(k)}\right]}{h\left[\theta_i^{(k)}\right]}$$

ขั้นที่ 2 ประมาณค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) และค่าการเดา (c) ของข้อสอบ

$$a_j^{(k+1)} = a_i^{(k)} - \frac{g\left[a_j^{(k)}\right]}{h\left[a_j^{(k)}\right]}$$

$$b_j^{(k+1)} = b_j^{(k)} - \frac{g\left[b_j^{(k)}\right]}{h\left[b_j^{(k)}\right]}$$

$$c_j^{(k+1)} = c_j^{(k)} - \frac{g\left[c_j^{(k)}\right]}{h\left[c_j^{(k)}\right]}$$

เมื่อ $\theta_i^{(k)}$ = ค่าความสามารถของคนที่ i ที่ได้จากการประมาณครั้งที่ k

$a_j^{(k)}$ = ค่าอำนาจจำแนกของข้อที่ j ที่ได้จากการประมาณครั้งที่ k

$b_j^{(k)}$ = ค่าความยากของข้อที่ j ที่ได้จากการประมาณครั้งที่ k

$c_j^{(k)}$ = ค่าการเดาของข้อที่ j ที่ได้จากการประมาณครั้งที่ k

$$g\left[\theta_i^{(k)}\right] = D\sum_{j=1}^{n} a_j\left(P_{ij} - c_j\right)\left(U_{ij} - P_{ij}\right) / P_{ij}\left(1 - c_{ij}\right) - \theta_i$$

$$h\left[\theta_i^{(k)}\right] = D^2\sum_{j=1}^{n} a_j^2\left(P_{ij} - c_j\right)\left(U_{ij} - P_{ij}^2\right) / P_{ij}^2\left(1 - c_j\right)^2 - 1$$

$$g\left[a_j^{(k)}\right] = D\sum_{i=1}^{N} a_j\left(\theta_i - b_j\right)\left(P_{ij} - c_j\right)\left(U_{ij} - P_{ij}\right) / P_{ij}\left(1 - c_{ij}\right) + \left(v_j - 1\right) / a_j - 1 / w_j$$

$$h\left[a_j^{(k)}\right] = D^2\sum_{i=1}^{N}(\theta_i - b_j)^2(P_{ij} - c_j)(U_{ij} - P_{ij}^2)Q_{ij} / P_{ij}(1-c_{ij})^2$$
$$-(v_j - 1)/a_j - 1/w_j$$

$$g\left[b_j^{(k)}\right] = -D\sum_{i=1}^{N} a_j(P_{ij} - c_j)(U_{ij} - P_{ij})/P_{ij}(1-c_j)$$

$$h\left[b_j^{(k)}\right] = D^2\sum_{i=1}^{N} a_j^2(P_{ij} - c_j)(U_{ij}c_j - P_{ij}^2)Q_{ij}^2 / P_{ij}(1-c_j)^2$$

$$g\left[c_j^{(k)}\right] = D\sum_{i=1}^{N}(U_{ij} - P_{ij})/P_{ij}(1-c_{ij} + s_j/c_j - t_j)/(1-c_j)$$

$$h\left[c_j^{(k)}\right] = D^2\sum_{i=1}^{N}(U_{ij}(2P_{ij} - 1) - P_{ij}^2/P_{ij}^2(1-c_j)^2 - s_j/c_j^2 - t_j/(1-c_j)^2$$

$U_{ij}$ = ผลการตอบข้อ j ของผู้สอบคนที่ i

D = a scaling factor ซึ่งมีค่า = 1.7

$P_{ij}$ = $c_j + (1-c_j)/(1+\exp(-Da_j(\theta_i - b_j)))$

$v_j$ = degree of freedom ของ $a_j$ จาก prior distribution

$w_j$ = Scaling factor ของ $a_j$ จาก prior distribution

$s_j$ = ค่าพารามิเตอร์ตัวที่หนึ่ง ของ $c_j$ จาก prior distribution

$t_j$ = ค่าพารามิเตอร์ตัวที่สอง ของ $c_j$ จาก prior distribution

การประมาณค่าพารามิเตอร์ จะดำเนินการตามขั้นที่หนึ่ง และขั้นที่สอง ซ้ำ ๆ จนกว่าจะได้ค่าคงที่ โดยค่าอำนาจจำแนก ($a_j$) ค่าความความยาก ($b_j$) ค่าการเดา ($c_j$) และค่าความสามารถ ($\theta_i$) ที่ได้ในครั้งสุดท้าย คือ ค่าที่ประมาณได้จากวิธีของเบส์

ขั้นที่ 3 การประมาณค่าสารสนเทศของแบบสอบ

การประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545; Burnburm (1968) and Lord (1980) อ้างถึงใน Hulin et. al., (1983)

$$I_i(\theta) = \frac{\left[P_i(\theta)'\right]^2}{P_i(\theta)Q_i(\theta)}$$

สำหรับการประมาณค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545; Burnburm (1968) and Lord(1980) อ้างถึงใน Hulin et. al.,(1983)

$$I(\theta, u_i) = \sum_{i=1}^{n}\frac{\left[P_i(\theta)'\right]^2}{P_i(\theta)Q_i(\theta)} \text{ หรือ } I(\theta) = \sum_{i=1}^{n} I(\theta, u_i)$$

ขั้นที่ 4 การประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (RMSD, MSD)

1) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) ของการประมาณค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถและสารสนเทศของแบบสอบ

2) ค่า RMSD ความถูกต้องในการประมาณค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถและสารสนเทศของแบบสอบ ใช้ค่า RMSD (Reese, 1999; Smith, 2005)

$$RMSD = \left( \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N} (b_i - e_i)^2 \right)^{1/2}$$

เมื่อ $b_i$ = ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบที่ได้จากเงื่อนไขของแบบสอบที่มีความเป็นอิสระของข้อสอบ ตัวที่ i

$e_i$ = ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบที่ได้จากเงื่อนไขของแบบสอบที่มีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ตัวที่ i

N = จำนวนค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณ

ดัชนีนี้ใช้ประมาณค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบระหว่างเงื่อนไขการทดสอบที่มีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่แตกต่างกัน ฉะนั้นค่า RMSD ในการประมาณค่าควรมีค่าน้อยลง หรือเข้าใกล้ศูนย์

3) ค่า MSD (Reese, 1999; Smith, 2005)

$$MSD = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N} (b_i - e_i)$$

เมื่อ N, $b_i$, และ $e_i$ มีความหมายเหมือนกับค่า RMSD ค่า MSD ใช้สำหรับประเมินแนวโน้มของค่าประมาณที่ได้ ซึ่งอาจจะสูงหรือต่ำ ดังนั้น ค่า MSD เข้าใกล้ 0 แสดงว่ามีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า

ขั้นที่ 5 การเปรียบเทียบค่าสถิติที่ได้จากการประมาณค่า

ผู้วิจัยดำเนินการประมาณค่าสถิติต่างๆ ได้แก่ ค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ ค่าความสามารถ ค่าสารสนเทศของแบบสอบ รวมทั้งค่าความคลาดเคลื่อน(RMSD, MSD) โดยใช้ค่าสถิติที่ได้จากเงื่อนไขที่มีข้อมูลของแบบสอบมีความเป็นอิสระต่อกัน หรือมีระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในระดับต่ำ ซึ่งค่าสถิติที่ได้จากเงื่อนไขนี้เป็นค่าสถิติที่ถูกต้อง เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ จากนั้นจึงประมาณค่าสถิติที่ได้จากเงื่อนไขอื่นๆ ที่มีระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันออกไป ซึ่งเป็นค่าสถิติที่ไม่ถูกต้อง แล้วจึงเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าพารามิเตอร์ที่เป็นจริงกับค่าพารามิเตอร์ที่เป็นผลกระทบมาจากความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว(One-way ANOVA )

**3.2 วิธีการศึกษาข้อมูลจริง (Real data)**

จากการศึกษาของ Yen (1993) และ Ferrara et. al., (1999) ศึกษา พบว่า ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบวัดความเข้าใจในการอ่านที่วัดหลายข้อในเนื้อหาเดียวกัน และจะพบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบมากขึ้นในวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้ตาราง กราฟ แผนภูมิร่วมกัน Keller et. al., (2003) ศึกษาการประเมินวิธีการให้คะแนนต่างกันในแบบสอบที่มีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบโดยศึกษาในรายวิชาการอ่านเพื่อความเข้าใจและวิชาคณิตศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาข้อมูลจริงเพื่อสำรวจลักษณะความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ซึ่งผู้วิจัยใช้แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์ในช่วงชั้นที่ 2 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2550 เขตพื้นที่การศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี เขต 1 เนื่องจากเป็นแบบสอบที่มีความเหมาะสมด้วยเหตุผลหลายประการด้วยกัน ได้แก่

1. เป็นแบบสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยทั่วไปในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีโครงสร้างหลักสูตร เนื้อหาที่ชัดเจน จำนวนข้อสอบมีความเพียงพอต่อการวิเคราะห์ตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

2. จำนวนผู้สอบมีจำนวนมากพอ ที่จะวิเคราะห์ตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ กล่าวคือมีจำนวนประมาณ 4000 คน ซึ่งการวิเคราะห์ตามแนวทฤษฎีนี้ สำหรับการวิเคราะห์ 1 พารามิเตอร์ จะต้องใช้ผู้สอบอย่างน้อย 200 คน และสำหรับ 3 พารามิเตอร์จะต้องใช้จำนวนผู้สอบที่มากขึ้น (Thissen & Bock, 1999)

**3.** ความสามารถของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เป็นระดับชั้นที่มีทักษะความสามารถในด้านการอ่าน การคิดคำนวณ และสะสมความรู้ความสามารถเพียงพอที่ทดสอบวัดความรู้ความสามารถได้ มีวุฒิภาวะเพียงพอที่จะใช้ความสามารถที่แท้จริงในการทำข้อสอบ ซึ่งทำให้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณค่ามีความถูกต้องมากขึ้น

ความเป็นมาและโครงสร้างของแบบทดสอบที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ เป็นแบบทดสอบในโครงการตรวจสอบคุณภาพการศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาสุพรรณบุรี เขต 1 ปีการศึกษา 2550 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1) เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2) เพื่อประเมิน กำกับ ติดตาม และควบคุมคุณภาพการจัดการศึกษาระดับเขตพื้นที่การศึกษา เพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง
3) เพื่อให้ได้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับใช้ในกระบวนการตัดสินใจและกำหนดแผนพัฒนาคุณภาพการศึกษาในระดับเขตพื้นที่การศึกษาและระดับสถานศึกษา
4) เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานเปรียบเทียบความก้าวหน้าของการจัดการศึกษา

5) เพื่อพัฒนาและรองรับการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับชาติ(National Test)

สำหรับโครงสร้างข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2550 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานร่วมกับ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาทุกเขต กำหนดโครงสร้างข้อสอบในส่วนของสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษ ดังนี้

ตารางที่ 3-3 โครงสร้างข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2550

| สาระการเรียนรู้ | องค์ประกอบ | | รวม |
|---|---|---|---|
| | ความรู้ | ทักษะ/กระบวนการ | |
| 1. จำนวนและการดำเนินการ | 1,2,3,4,21,22,26,39 | 5,6,10,23,24,25,27,28,29 | 17 |
| 2. การวัด | 7,30,34 | 8,15,32,33 | 7 |
| 3. เรขาคณิต | 11,12,16,17,31,35 | 13,14 | 8 |
| 4. พีชคณิต | 9,37 | 19,20,38 | 5 |
| 5. การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น | 18 | 36,40 | 3 |
| รวม | 20 | 20 | 40 |

ตารางที่ 3-4 โครงสร้างข้อสอบวิชาภาษาอังกฤษ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2550

| สาระการเรียนรู้ | ข้อที่ | รวม |
|---|---|---|
| 1. ภาษาเพื่อการสื่อสาร | 1-14, 21-27 | 21 |
| 2. ภาษาและวัฒนธรรม | 15-17 | 3 |
| 3. ภาษากับความสัมพันธ์กับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น | 18, 28-30 | 4 |
| 4. ภาษากับความสัมพันธ์กับชุมชนและโลก | 19-20, 31-40 | 12 |
| รวม | | 40 |

ขั้นตอนในการศึกษาข้อมูลจริงมีดังนี้

1) นำข้อมูลจริงจากการทดสอบมาตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบว่ามีลักษณะเป็นอย่างไร โดยจะใช้ค่าดัชนี $\chi^2$, $G^2$ และ $Q_3$

2) วิเคราะห์ลักษณะการเกิดความไม่เป็นอิสระของสอบจากข้อมูลจริงโดยพิจารณาจากค่าสถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย ความเบ้และความโด่ง

3) วิเคราะห์ค่าความเที่ยงของแบบสอบวิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์เมื่อปรับลดข้อสอบที่ไม่เป็นอิสระและเป็นอิสระของข้อสอบออก จำนวน 5 ข้อ เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความเที่ยงของแบบสอบทั้ง 2 ฉบับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 4

## ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลจะนำเสนอผลการวิเคราะห์จากการจำลองข้อมูล (simulation) และการวิเคราะห์จากข้อมูลจริง (real data) ตามลำดับ สำหรับการจำลองข้อมูลจะเริ่มจากผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยง (KR20) การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ ความสามารถของผู้สอบและสารสนเทศของแบบสอบตามโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ 1 2 และ 3 พารามิเตอร์ ภายใต้แต่ละโมเดลจะประกอบด้วยจำนวนข้อสอบ จำนวนผู้สอบ และระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ พร้อมด้วยแผนภาพประกอบซึ่งจะทำให้เห็นทิศทางแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าสถิติในแต่ละเงื่อนไขได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และในตอนท้ายจะเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลจริงซึ่งจะทำให้เห็นลักษณะการเกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่ปรากฏขึ้นจริงดังนี้

### 4.1 การจำลองข้อมูล (simulation)

การนำเสนอผลการวิเคราะห์จากการจำลองข้อมูลจะประกอบด้วยผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตามทฤษฎีแบบดั้งเดิมและผลการการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ มีดังนี้

**ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยง(KR20) ในแต่ละเงื่อนไขของการทดสอบ**

**ตารางที่ 4-1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเที่ยง** เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน ทำข้อสอบ 30 50 และ 80 ข้อ

| N* | $\lvert Q_3 \rvert$ | $KR_{20}$ | $SD_{KR_{20}}$ | N | $\lvert Q_3 \rvert$ | $KR_{20}$ | $SD_{KR_{20}}$ | N | $\lvert Q_3 \rvert$ | $KR_{20}$ | $SD_{KR_{20}}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 ข้อ | | | | 50 ข้อ | | | | 80 ข้อ | | | |
| 400 | 0.0476 | 0.671 | 0.023 | 400 | 0.0476 | 0.773 | 0.016 | 400 | 0.0476 | 0.845 | 0.011 |
| | 0.0482 | 0.680 | 0.023 | | 0.0482 | 0.780 | 0.016 | | 0.0482 | 0.850 | 0.011 |
| | 0.0508 | 0.688 | 0.022 | | 0.0508 | 0.786 | 0.015 | | 0.0508 | 0.855 | 0.010 |
| | 0.0530 | 0.695 | 0.021 | | 0.0530 | 0.793 | 0.014 | | 0.0530 | 0.860 | 0.010 |
| | 0.0552 | 0.703 | 0.021 | | 0.0552 | 0.799 | 0.014 | | 0.0552 | 0.865 | 0.010 |
| | 0.0611 | 0.711 | 0.020 | | 0.0611 | 0.806 | 0.014 | | 0.0611 | 0.870 | 0.009 |
| | 0.0664 | 0.719 | 0.019 | | 0.0664 | 0.812 | 0.013 | | 0.0664 | 0.874 | 0.009 |
| | 0.0748 | 0.728 | 0.019 | | 0.0748 | 0.819 | 0.012 | | 0.0748 | 0.880 | 0.008 |

| N* | $\|Q_3\|$ | $KR_{20}$ | $SD_{KR_{20}}$ | N | $\|Q_3\|$ | $KR_{20}$ | $SD_{KR_{20}}$ | N | $\|Q_3\|$ | $KR_{20}$ | $SD_{KR_{20}}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 ข้อ | | | | 50 ข้อ | | | | 80 ข้อ | | | |
| | 0.0859 | 0.739 | 0.018 | | 0.0859 | 0.828 | 0.012 | | 0.0859 | 0.886 | 0.008 |
| 800 | 0.0339 | 0.672 | 0.017 | 800 | 0.0339 | 0.774 | 0.011 | 800 | 0.0339 | 0.845 | 0.008 |
| | 0.0363 | 0.680 | 0.016 | | 0.0363 | 0.780 | 0.011 | | 0.0363 | 0.850 | 0.008 |
| | 0.0403 | 0.688 | 0.016 | | 0.0403 | 0.787 | 0.010 | | 0.0403 | 0.855 | 0.007 |
| | 0.0439 | 0.696 | 0.015 | | 0.0439 | 0.793 | 0.010 | | 0.0439 | 0.860 | 0.007 |
| | 0.0477 | 0.704 | 0.015 | | 0.0477 | 0.800 | 0.010 | | 0.0477 | 0.865 | 0.007 |
| | 0.0537 | 0.712 | 0.014 | | 0.0537 | 0.806 | 0.009 | | 0.0537 | 0.869 | 0.007 |
| | 0.0600 | 0.720 | 0.014 | | 0.0600 | 0.812 | 0.009 | | 0.0600 | 0.874 | 0.006 |
| | 0.0680 | 0.729 | 0.013 | | 0.0680 | 0.820 | 0.009 | | 0.0680 | 0.879 | 0.006 |
| | 0.0782 | 0.740 | 0.013 | | 0.0782 | 0.828 | 0.008 | | 0.0782 | 0.886 | 0.006 |
| 1200 | 0.0314 | 0.672 | 0.014 | 1200 | 0.0314 | 0.773 | 0.009 | 1200 | 0.0314 | 0.845 | 0.006 |
| | 0.0332 | 0.680 | 0.013 | | 0.0332 | 0.780 | 0.009 | | 0.0332 | 0.850 | 0.006 |
| | 0.0374 | 0.688 | 0.013 | | 0.0374 | 0.787 | 0.009 | | 0.0374 | 0.855 | 0.006 |
| | 0.0419 | 0.696 | 0.012 | | 0.0419 | 0.793 | 0.008 | | 0.0419 | 0.860 | 0.006 |
| | 0.0460 | 0.704 | 0.012 | | 0.0460 | 0.799 | 0.008 | | 0.0460 | 0.865 | 0.005 |
| | 0.0525 | 0.712 | 0.012 | | 0.0525 | 0.806 | 0.008 | | 0.0525 | 0.870 | 0.005 |
| | 0.0583 | 0.720 | 0.011 | | 0.0583 | 0.812 | 0.007 | | 0.0583 | 0.874 | 0.005 |
| | 0.0659 | 0.729 | 0.011 | | 0.0659 | 0.819 | 0.007 | | 0.0659 | 0.880 | 0.005 |
| | 0.0761 | 0.740 | 0.010 | | 0.0761 | 0.828 | 0.006 | | 0.0761 | 0.886 | 0.004 |

*N หมายถึง จำนวนผู้สอบ, $|Q_3|$ หมายถึง ค่าดัชนีวัดระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ

เมื่อพิจารณาค่าความเที่ยงพบว่า เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น ในทุกเงื่อนไขของแบบทดสอบ ค่าความเที่ยงจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเมื่อใช้จำนวนข้อสอบ 30 ข้อ ค่าความเที่ยงต่ำสุด-สูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.671-0.740 จำนวนข้อสอบ 50 ข้อ ค่าความเที่ยงต่ำสุด-สูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.773-0.828 และจำนวนข้อสอบ 80 ข้อ ค่าความเที่ยงต่ำสุด-สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.845-0.886

**ตารางที่ 4-2** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความเที่ยง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน

| Source of Variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| **กรณี 400 คน ทำข้อสอบ 30 ข้อ** | | | | | |
| Between Groups | 4.109 | 8 | .514 | 1199.622 | .000 |
| Within Groups | 3.850 | 8991 | .00043 | | |
| Total | 7.959 | 8999 | | | |
| **กรณี 400 คน ทำข้อสอบ 50 ข้อ** | | | | | |
| Between Groups | 2.689 | 8 | .336 | 1699.865 | .000 |
| Within Groups | 1.778 | 8991 | .00020 | | |
| Total | 4.467 | 8999 | | | |
| **กรณี 400 คน ทำข้อสอบ 80 ข้อ** | | | | | |
| Between Groups | 1.462 | 8 | .183 | 1993.987 | .000 |
| Within Groups | .824 | 8991 | .00009 | | |
| Total | 2.287 | 8999 | | | |
| **กรณี 800 คน ทำข้อสอบ 30 ข้อ** | | | | | |
| Between Groups | 4.077 | 8 | .510 | 2327.525 | .000 |
| Within Groups | 1.969 | 8991 | .00002 | | |
| Total | 6.045 | 8999 | | | |
| **กรณี 800 คน ทำข้อสอบ 50 ข้อ** | | | | | |
| Between Groups | 2.656 | 8 | .332 | 3585.094 | .000 |
| Within Groups | .833 | 8991 | .00009 | | |
| Total | 3.489 | 8999 | | | |
| **กรณี 800 คน ทำข้อสอบ 80 ข้อ** | | | | | |
| Between Groups | 1.482 | 8 | .185 | 4050.868 | .000 |
| Within Groups | .411 | 8991 | .00005 | | |
| Total | 1.893 | 8999 | | | |
| **กรณี 1200 คน ทำข้อสอบ 30 ข้อ** | | | | | |
| Between Groups | 4.103 | 8 | .513 | 3571.627 | .000 |
| Within Groups | 1.291 | 8991 | .00014 | | |
| Total | 5.394 | 8999 | | | |
| **กรณี 1200 คน ทำข้อสอบ 50 ข้อ** | | | | | |
| Between Groups | 2.671 | 8 | .334 | 5295.149 | .000 |
| Within Groups | .567 | 8991 | .00006 | | |
| Total | 3.238 | 8999 | | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| Source of Variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| **กรณี 1200 คน ทำข้อสอบ 80 ข้อ** | | | | | |
| Between Groups | 1.480 | 8 | .185 | 6599.277 | .000 |
| Within Groups | .252 | 8991 | .00003 | | |
| Total | 1.732 | 8999 | | | |

* p<.05

เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบค่าความเที่ยงระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน พบว่า ทุกเงื่อนไขของการทดสอบค่าความเที่ยงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทำการทดสอบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe'

**ตารางที่ 4-3** ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของค่าความเที่ยง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe'

| $\lvert Q_3 \rvert$ | $KR_{20}$ | $SD_{KR_{20}}$ | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ * | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| **กรณี 400 คน ทำข้อสอบ 30 ข้อ** | | | | | | | | | | | |
| 0.0476 | 0.671 | 0.023 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0482 | 0.680 | 0.023 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0508 | 0.688 | 0.022 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0530 | 0.695 | 0.021 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0552 | 0.703 | 0.021 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| 0.0611 | 0.711 | 0.020 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| 0.0664 | 0.719 | 0.019 | | | | | | | - | ** | ** |
| 0.0748 | 0.728 | 0.019 | | | | | | | | - | ** |
| 0.0859 | 0.739 | 0.018 | | | | | | | | | - |
| **กรณี 800 คน ทำข้อสอบ 30 ข้อ** | | | | | | | | | | | |
| 0.0339 | 0.672 | 0.017 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0363 | 0.680 | 0.016 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0403 | 0.688 | 0.016 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0439 | 0.696 | 0.015 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0477 | 0.704 | 0.015 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| 0.0537 | 0.712 | 0.014 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| 0.0600 | 0.720 | 0.014 | | | | | | | - | ** | ** |
| 0.0680 | 0.729 | 0.013 | | | | | | | | - | ** |
| 0.0782 | 0.740 | 0.013 | | | | | | | | | - |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| $\lvert Q_3 \rvert$ | $KR_{20}$ | $SD_{KR_{20}}$ | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ * | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| **กรณี 1200 คน ทำข้อสอบ 30 ข้อ** | | | | | | | | | | | |
| 0.0314 | 0.672 | 0.014 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0332 | 0.680 | 0.013 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0374 | 0.688 | 0.013 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0419 | 0.696 | 0.012 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0460 | 0.704 | 0.012 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| 0.0525 | 0.712 | 0.012 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| 0.0583 | 0.720 | 0.011 | | | | | | | - | ** | ** |
| 0.0659 | 0.729 | 0.011 | | | | | | | | - | ** |
| 0.0761 | 0.740 | 0.010 | | | | | | | | | - |
| **กรณี 400 คน ทำข้อสอบ 50 ข้อ** | | | | | | | | | | | |
| 0.0476 | 0.773 | 0.016 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0482 | 0.780 | 0.016 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0508 | 0.786 | 0.015 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0530 | 0.793 | 0.014 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0552 | 0.799 | 0.014 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| 0.0611 | 0.806 | 0.014 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| 0.0664 | 0.812 | 0.013 | | | | | | | - | ** | ** |
| 0.0748 | 0.819 | 0.012 | | | | | | | | - | ** |
| 0.0859 | 0.828 | 0.012 | | | | | | | | | - |
| **กรณี 800 คน ทำข้อสอบ 50 ข้อ** | | | | | | | | | | | |
| 0.0316 | 0.774 | 0.011 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0332 | 0.780 | 0.011 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0363 | 0.787 | 0.010 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0407 | 0.793 | 0.010 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0448 | 0.800 | 0.010 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| 0.0509 | 0.806 | 0.009 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| 0.0575 | 0.812 | 0.009 | | | | | | | - | ** | ** |
| 0.0677 | 0.820 | 0.009 | | | | | | | | - | ** |
| 0.0806 | 0.828 | 0.008 | | | | | | | | | - |
| **กรณี 1200 คน ทำข้อสอบ 50 ข้อ** | | | | | | | | | | | |
| 0.0269 | 0.773 | 0.009 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0286 | 0.780 | 0.009 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0321 | 0.787 | 0.009 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| $\|Q_3\|$ | $KR_{20}$ | $SD_{KR_{20}}$ | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ * | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| 0.0367 | 0.793 | 0.008 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0416 | 0.799 | 0.008 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| 0.0476 | 0.806 | 0.008 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| 0.0547 | 0.812 | 0.007 | | | | | | | - | ** | ** |
| 0.0647 | 0.819 | 0.007 | | | | | | | | - | ** |
| 0.0773 | 0.828 | 0.006 | | | | | | | | | - |
| **กรณี 400 คน ทำข้อสอบ 80 ข้อ** | | | | | | | | | | | |
| 0.0422 | 0.845 | 0.011 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0430 | 0.850 | 0.011 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0450 | 0.855 | 0.010 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0492 | 0.860 | 0.010 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0537 | 0.865 | 0.010 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| 0.0598 | 0.870 | 0.009 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| 0.0672 | 0.874 | 0.009 | | | | | | | - | ** | ** |
| 0.0742 | 0.880 | 0.008 | | | | | | | | - | ** |
| 0.0875 | 0.886 | 0.008 | | | | | | | | | - |
| **กรณี 800 คน ทำข้อสอบ 80 ข้อ** | | | | | | | | | | | |
| 0.0304 | 0.845 | 0.008 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0316 | 0.850 | 0.008 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0350 | 0.855 | 0.007 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0397 | 0.860 | 0.007 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0450 | 0.865 | 0.007 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| 0.0518 | 0.869 | 0.007 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| 0.0597 | 0.874 | 0.006 | | | | | | | - | ** | ** |
| 0.0681 | 0.879 | 0.006 | | | | | | | | - | ** |
| 0.0811 | 0.886 | 0.006 | | | | | | | | | - |
| **กรณี 1200 คน ทำข้อสอบ 80 ข้อ** | | | | | | | | | | | |
| 0.0249 | 0.845 | 0.006 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0266 | 0.850 | 0.006 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0301 | 0.855 | 0.006 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0346 | 0.860 | 0.006 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| 0.0346 | 0.865 | 0.005 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| 0.0472 | 0.870 | 0.005 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| 0.0553 | 0.874 | 0.005 | | | | | | | - | ** | ** |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| $\|Q_3\|$ | $KR_{20}$ | $SD_{KR_{20}}$ | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ * | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| 0.0643 | 0.880 | 0.005 | | | | | | | | - | ** |
| 0.0774 | 0.886 | 0.004 | | | | | | | | | - |

* L หมายถึง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับต่ำ, M หมายถึง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับปานกลาง และ H หมายถึง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับสูง

ผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความเที่ยงรายคู่ ด้วยวิธีของ Scheffe′ พบว่า ทุกระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ค่าความเที่ยงมีความแตกต่างกัน

**ตารางที่ 4-4** ค่า RMSD และ MSD ของค่าความเที่ยงเมื่อมีเงื่อนไขในการทดสอบที่แตกต่างกัน

| จำนวนข้อ/จำนวนคน 30 ข้อ | | $KR_{20}$ | $SD_{KR_{20}}$ | จำนวนข้อ/จำนวนคน 50 ข้อ | | $KR_{20}$ | $SD_{KR_{20}}$ | จำนวนข้อ/จำนวนคน 80 ข้อ | | $KR_{20}$ | $SD_{KR_{20}}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 400 | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.039 | 0.003 | | RMSD | 0.032 | 0.002 | | RMSD | 0.024 | 0.002 |
| | MSD | -0.033 | 0.002 | | MSD | -0.027 | 0.002 | | MSD | -0.020 | 0.001 |
| 800 | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.039 | 0.003 | | RMSD | 0.031 | 0.002 | | RMSD | 0.024 | 0.001 |
| | MSD | -0.033 | 0.002 | | MSD | -0.026 | 0.001 | | MSD | -0.020 | 0.001 |
| 1200 | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.039 | 0.002 | | RMSD | 0.032 | 0.001 | | RMSD | 0.024 | 0.001 |
| | MSD | -0.033 | 0.002 | | MSD | -0.027 | 0.001 | | MSD | -0.020 | 0.001 |

เมื่อพิจารณาจากตาราง ค่า RMSD และ MSD ของค่าความเที่ยงจะมีค่าลดลงเมื่อมีจำนวนข้อสอบเพิ่มขึ้น เช่น เมื่อมีผู้สอบ 400 คน ใช้จำนวนข้อสอบ 30 50 และ 80 ข้อ ค่า RMSD และ MSD ของค่าความเที่ยงมีค่าเท่ากับ 0.039, 0.032 และ 0.024 ตามลำดับ แสดงว่า ค่าความเที่ยงได้รับผลกระทบจากความไม่เป็นอิสระของข้อสอบน้อยลง และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างจำนวนผู้สอบที่แตกต่างกัน พบว่า ทั้งค่า RMSD และ MSD มีค่าใกล้เคียงกัน

**ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานโมเดล 1 พารามิเตอร์(1PL)**

เมื่อพิจารณาตารางกรณีผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน **ทำข้อสอบ 30 ข้อ** ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถมีค่าเข้าใกล้ 0 และเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น พบว่าทั้งค่าความยากง่ายและค่าความสามารถมีลักษณะเพิ่มขึ้นหรือลดลงไม่สม่ำเสมอและค่าที่เพิ่มหรือลดลงนั้นใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาค่าสารสนเทศของแบบสอบ พบว่า แบบสอบในทุกเงื่อนไขให้ค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุดเมื่อผู้สอบมีค่าความสามารถเท่ากับ 0 หรือผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลาง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น พบว่าส่วนใหญ่ค่าสารสนเทศของแบบสอบมีแนวโน้มคงที่ โดยค่าต่ำสุด-สูงสุดมีค่าเท่ากับ 21.486-21.640

เมื่อพิจารณาตารางกรณีผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน **ทำข้อสอบ 50 ข้อ** ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถมีค่าเข้าใกล้ 0 และเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น พบว่าทั้งค่าความยากง่ายและค่าความสามารถมีลักษณะเพิ่มขึ้นหรือลดลงไม่สม่ำเสมอและค่าที่เพิ่มหรือลดนั้นใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาค่าสารสนเทศของแบบสอบ พบว่า แบบสอบในทุกเงื่อนไขให้ค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุดเมื่อผู้สอบมีค่าความสามารถเท่ากับ 0 หรือผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลาง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น พบว่าส่วนใหญ่ค่าสารสนเทศของแบบสอบมีแนวโน้มคงที่ โดยค่าต่ำสุด-สูงสุดมีค่าเท่ากับ 35.725-36.035

เมื่อพิจารณาตารางกรณีผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน**ทำข้อสอบ 80 ข้อ** ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถมีค่าเข้าใกล้ 0 และเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น พบว่าทั้งค่าความยากง่ายและค่าความสามารถมีลักษณะเพิ่มขึ้นหรือลดลงไม่สม่ำเสมอและค่าที่เพิ่มหรือลดลงนั้นใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาค่าสารสนเทศของแบบสอบ พบว่า แบบสอบในทุกเงื่อนไขให้ค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุดเมื่อผู้สอบมีค่าความสามารถเท่ากับ 0 หรือผู้สอบที่มีความสามารถระดับปานกลาง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น พบว่าส่วนใหญ่ค่าสารสนเทศของแบบสอบมีแนวโน้มคงที่ โดยค่าต่ำสุด-สูงสุดมีค่าเท่ากับ 57.145-57.644

**ตารางที่ 4-5** ค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของ ข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้ จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน **30 ข้อ**

| N | Cov. | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}_b$ | $SD_b$ | $\overline{X}_\theta$ | $SD_\theta$ | TIF* | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 400 | .10 | 0.0476 | 0.000 | 0.093 | 0.002 | 0.064 | 0.532 | 2.751 | 11.372 | 21.486 | 11.359 | 2.747 | 0.531 |
| | .20 | 0.0482 | 0.000 | 0.093 | 0.001 | 0.063 | 0.531 | 2.750 | 11.368 | 21.486 | 11.363 | 2.748 | 0.531 |
| | .30 | 0.0508 | -0.001 | 0.092 | 0.000 | 0.063 | 0.532 | 2.753 | 11.378 | 21.488 | 11.352 | 2.744 | 0.530 |
| | .40 | 0.0530 | 0.000 | 0.092 | 0.000 | 0.063 | 0.532 | 2.751 | 11.371 | 21.486 | 11.359 | 2.747 | 0.531 |
| | .50 | 0.0552 | 0.000 | 0.091 | 0.001 | 0.063 | 0.531 | 2.748 | 11.364 | 21.490 | 11.364 | 2.748 | 0.531 |
| | .60 | 0.0611 | 0.001 | 0.093 | 0.002 | 0.065 | 0.530 | 2.745 | 11.351 | 21.484 | 11.380 | 2.754 | 0.532 |
| | .70 | 0.0664 | 0.001 | 0.096 | 0.002 | 0.068 | 0.531 | 2.746 | 11.351 | 21.476 | 11.384 | 2.757 | 0.533 |
| | .80 | 0.0748 | 0.002 | 0.097 | 0.003 | 0.069 | 0.530 | 2.741 | 11.336 | 21.473 | 11.400 | 2.763 | 0.534 |
| | .90 | 0.0859 | 0.001 | 0.098 | 0.001 | 0.072 | 0.531 | 2.746 | 11.350 | 21.470 | 11.388 | 2.759 | 0.533 |
| 800 | .10 | 0.0339 | 0.000 | 0.046 | 0.001 | 0.033 | 0.526 | 2.724 | 11.344 | 21.613 | 11.331 | 2.720 | 0.525 |
| | .20 | 0.0363 | 0.000 | 0.050 | 0.001 | 0.036 | 0.525 | 2.723 | 11.338 | 21.607 | 11.340 | 2.724 | 0.526 |
| | .30 | 0.0403 | 0.000 | 0.049 | 0.001 | 0.034 | 0.525 | 2.722 | 11.335 | 21.608 | 11.342 | 2.725 | 0.526 |
| | .40 | 0.0439 | -0.001 | 0.051 | 0.000 | 0.035 | 0.526 | 2.726 | 11.347 | 21.605 | 11.332 | 2.722 | 0.525 |
| | .50 | 0.0477 | 0.000 | 0.052 | 0.000 | 0.035 | 0.526 | 2.726 | 11.345 | 21.604 | 11.333 | 2.722 | 0.525 |
| | .60 | 0.0537 | -0.001 | 0.055 | 0.000 | 0.037 | 0.526 | 2.728 | 11.350 | 21.599 | 11.331 | 2.722 | 0.525 |
| | .70 | 0.0600 | 0.000 | 0.055 | 0.000 | 0.036 | 0.526 | 2.727 | 11.345 | 21.599 | 11.336 | 2.724 | 0.526 |
| | .80 | 0.0680 | -0.001 | 0.058 | 0.000 | 0.039 | 0.527 | 2.729 | 11.350 | 21.593 | 11.333 | 2.724 | 0.526 |
| | .90 | 0.0782 | 0.000 | 0.059 | 0.001 | 0.039 | 0.526 | 2.724 | 11.336 | 21.592 | 11.348 | 2.729 | 0.527 |
| 1200 | .10 | 0.0314 | 0.000 | 0.031 | 0.000 | 0.025 | 0.524 | 2.716 | 11.330 | 21.640 | 11.332 | 2.717 | 0.524 |
| | .20 | 0.0332 | 0.000 | 0.031 | 0.000 | 0.024 | 0.524 | 2.716 | 11.328 | 21.640 | 11.335 | 2.718 | 0.524 |
| | .30 | 0.0374 | 0.000 | 0.031 | 0.000 | 0.024 | 0.524 | 2.717 | 11.333 | 21.640 | 11.330 | 2.716 | 0.524 |
| | .40 | 0.0419 | 0.001 | 0.033 | 0.001 | 0.024 | 0.523 | 2.715 | 11.324 | 21.638 | 11.340 | 2.720 | 0.524 |
| | .50 | 0.0460 | 0.000 | 0.033 | 0.000 | 0.022 | 0.524 | 2.716 | 11.327 | 21.638 | 11.337 | 2.719 | 0.524 |
| | .60 | 0.0525 | 0.001 | 0.035 | 0.000 | 0.023 | 0.524 | 2.715 | 11.325 | 21.636 | 11.340 | 2.720 | 0.525 |
| | .70 | 0.0583 | 0.000 | 0.037 | 0.000 | 0.023 | 0.524 | 2.717 | 11.328 | 21.634 | 11.337 | 2.720 | 0.524 |
| | .80 | 0.0659 | 0.001 | 0.039 | 0.001 | 0.024 | 0.523 | 2.714 | 11.320 | 21.631 | 11.346 | 2.723 | 0.525 |
| | .90 | 0.0761 | 0.001 | 0.040 | 0.000 | 0.025 | 0.524 | 2.716 | 11.326 | 21.630 | 11.341 | 2.721 | 0.525 |

* TIF หมายถึง ค่าสารสนเทศของแบบสอบ

**ตารางที่ 4-6** ค่าเฉลี่ยของ ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้ จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน **50 ข้อ**

| N | Cov. | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}_b$ | $SD_b$ | $\overline{X}_\theta$ | $SD_\theta$ | TIF | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 400 | .10 | 0.0414 | -0.003 | 0.096 | -0.001 | 0.066 | 0.891 | 4.609 | 19.015 | 35.787 | 18.880 | 4.563 | 0.882 |
| | .20 | 0.0424 | -0.005 | 0.098 | -0.002 | 0.068 | 0.894 | 4.622 | 19.052 | 35.779 | 18.846 | 4.554 | 0.880 |
| | .30 | 0.0458 | -0.005 | 0.100 | -0.002 | 0.070 | 0.894 | 4.624 | 19.054 | 35.768 | 18.849 | 4.556 | 0.880 |
| | .40 | 0.0489 | -0.006 | 0.097 | -0.003 | 0.067 | 0.895 | 4.629 | 19.074 | 35.781 | 18.823 | 4.546 | 0.878 |
| | .50 | 0.0526 | -0.004 | 0.100 | -0.001 | 0.069 | 0.893 | 4.619 | 19.038 | 35.769 | 18.864 | 4.561 | 0.881 |
| | .60 | 0.0582 | -0.007 | 0.101 | -0.005 | 0.070 | 0.898 | 4.644 | 19.113 | 35.764 | 18.792 | 4.538 | 0.877 |
| | .70 | 0.0657 | -0.005 | 0.103 | -0.002 | 0.071 | 0.896 | 4.633 | 19.072 | 35.750 | 18.839 | 4.555 | 0.880 |
| | .80 | 0.0768 | -0.007 | 0.103 | -0.005 | 0.072 | 0.899 | 4.645 | 19.110 | 35.750 | 18.801 | 4.542 | 0.878 |
| | .90 | 0.0900 | -0.008 | 0.108 | -0.006 | 0.077 | 0.901 | 4.656 | 19.131 | 35.725 | 18.791 | 4.543 | 0.878 |
| 800 | .10 | 0.0316 | -0.001 | 0.061 | 0.000 | 0.047 | 0.878 | 4.552 | 18.923 | 35.978 | 18.888 | 4.541 | 0.876 |
| | .20 | 0.0332 | -0.001 | 0.062 | 0.000 | 0.048 | 0.879 | 4.556 | 18.935 | 35.977 | 18.876 | 4.537 | 0.875 |
| | .30 | 0.0363 | -0.003 | 0.064 | -0.002 | 0.048 | 0.882 | 4.570 | 18.973 | 35.969 | 18.842 | 4.527 | 0.873 |
| | .40 | 0.0407 | -0.003 | 0.063 | -0.002 | 0.046 | 0.883 | 4.572 | 18.982 | 35.971 | 18.831 | 4.523 | 0.872 |
| | .50 | 0.0448 | -0.003 | 0.065 | -0.003 | 0.047 | 0.883 | 4.574 | 18.985 | 35.964 | 18.832 | 4.524 | 0.873 |
| | .60 | 0.0509 | -0.002 | 0.066 | -0.001 | 0.047 | 0.881 | 4.564 | 18.952 | 35.961 | 18.866 | 4.536 | 0.875 |
| | .70 | 0.0575 | -0.002 | 0.070 | -0.001 | 0.050 | 0.881 | 4.565 | 18.952 | 35.948 | 18.872 | 4.539 | 0.876 |
| | .80 | 0.0677 | -0.002 | 0.069 | -0.001 | 0.047 | 0.882 | 4.569 | 18.965 | 35.952 | 18.857 | 4.534 | 0.875 |
| | .90 | 0.0806 | -0.001 | 0.072 | -0.001 | 0.050 | 0.881 | 4.564 | 18.944 | 35.941 | 18.883 | 4.544 | 0.877 |
| 1200 | .10 | 0.0269 | 0.000 | 0.048 | -0.001 | 0.040 | 0.875 | 4.536 | 18.895 | 36.031 | 18.892 | 4.535 | 0.875 |
| | .20 | 0.0286 | -0.001 | 0.047 | -0.001 | 0.040 | 0.876 | 4.542 | 18.915 | 36.033 | 18.871 | 4.528 | 0.873 |
| | .30 | 0.0321 | -0.002 | 0.046 | -0.002 | 0.038 | 0.877 | 4.548 | 18.935 | 36.035 | 18.850 | 4.520 | 0.872 |
| | .40 | 0.0367 | -0.001 | 0.050 | -0.001 | 0.039 | 0.876 | 4.543 | 18.913 | 36.025 | 18.876 | 4.530 | 0.874 |
| | .50 | 0.0416 | -0.001 | 0.051 | -0.001 | 0.037 | 0.876 | 4.542 | 18.913 | 36.024 | 18.878 | 4.531 | 0.874 |
| | .60 | 0.0476 | -0.001 | 0.054 | -0.001 | 0.039 | 0.876 | 4.543 | 18.912 | 36.017 | 18.882 | 4.533 | 0.874 |
| | .70 | 0.0547 | -0.001 | 0.053 | -0.002 | 0.039 | 0.877 | 4.548 | 18.928 | 36.017 | 18.866 | 4.528 | 0.873 |
| | .80 | 0.0647 | 0.003 | 0.057 | 0.001 | 0.040 | 0.877 | 4.548 | 18.924 | 36.010 | 18.872 | 4.531 | 0.874 |
| | .90 | 0.0773 | -0.002 | 0.058 | -0.002 | 0.040 | 0.879 | 4.555 | 18.944 | 36.004 | 18.855 | 4.526 | 0.873 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 4-7** ค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่าย ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้ จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน **80 ข้อ**

| N | Cov. | $\|Q_3\|$ | $\overline{X}_b$ | $SD_b$ | $\overline{X}_\theta$ | $SD_\theta$ | TIF | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 400 | .10 | 0.0422 | 0.000 | 0.097 | -0.001 | 0.066 | 1.418 | 7.336 | 30.310 | 57.253 | 30.325 | 7.342 | 1.419 |
| | .20 | 0.0430 | 0.001 | 0.097 | 0.000 | 0.066 | 1.416 | 7.327 | 30.281 | 57.251 | 30.354 | 7.351 | 1.421 |
| | .30 | 0.0450 | 0.001 | 0.097 | 0.000 | 0.065 | 1.417 | 7.330 | 30.289 | 57.251 | 30.347 | 7.349 | 1.421 |
| | .40 | 0.0492 | 0.003 | 0.098 | 0.002 | 0.066 | 1.412 | 7.307 | 30.218 | 57.242 | 30.422 | 7.375 | 1.426 |
| | .50 | 0.0537 | 0.001 | 0.099 | 0.000 | 0.067 | 1.418 | 7.334 | 30.293 | 57.236 | 30.349 | 7.352 | 1.421 |
| | .60 | 0.0598 | 0.001 | 0.102 | 0.000 | 0.069 | 1.417 | 7.331 | 30.277 | 57.217 | 30.373 | 7.363 | 1.424 |
| | .70 | 0.0672 | 0.000 | 0.105 | -0.001 | 0.072 | 1.421 | 7.351 | 30.325 | 57.192 | 30.335 | 7.353 | 1.422 |
| | .80 | 0.0742 | 0.001 | 0.106 | -0.001 | 0.072 | 1.421 | 7.348 | 30.312 | 57.182 | 30.354 | 7.361 | 1.424 |
| | .90 | 0.0875 | 0.000 | 0.110 | -0.001 | 0.077 | 1.423 | 7.358 | 30.329 | 57.145 | 30.352 | 7.366 | 1.425 |
| 800 | .10 | 0.0304 | -0.001 | 0.065 | -0.002 | 0.051 | 1.406 | 7.285 | 30.273 | 57.540 | 30.235 | 7.273 | 1.404 |
| | .20 | 0.0316 | 0.000 | 0.065 | -0.001 | 0.048 | 1.404 | 7.277 | 30.249 | 57.544 | 30.257 | 7.279 | 1.405 |
| | .30 | 0.0350 | 0.002 | 0.066 | 0.001 | 0.048 | 1.400 | 7.256 | 30.184 | 57.539 | 30.325 | 7.302 | 1.410 |
| | .40 | 0.0397 | 0.001 | 0.065 | 0.000 | 0.048 | 1.402 | 7.266 | 30.217 | 57.542 | 30.291 | 7.291 | 1.407 |
| | .50 | 0.0450 | 0.001 | 0.068 | -0.001 | 0.048 | 1.403 | 7.272 | 30.227 | 57.527 | 30.288 | 7.292 | 1.407 |
| | .60 | 0.0518 | 0.001 | 0.068 | 0.000 | 0.048 | 1.403 | 7.269 | 30.219 | 57.528 | 30.295 | 7.294 | 1.408 |
| | .70 | 0.0597 | 0.002 | 0.070 | 0.001 | 0.049 | 1.401 | 7.260 | 30.187 | 57.515 | 30.333 | 7.308 | 1.411 |
| | .80 | 0.0681 | 0.003 | 0.071 | 0.002 | 0.049 | 1.400 | 7.253 | 30.161 | 57.507 | 30.362 | 7.319 | 1.413 |
| | .90 | 0.0811 | 0.002 | 0.074 | 0.001 | 0.050 | 1.403 | 7.269 | 30.204 | 57.491 | 30.327 | 7.309 | 1.411 |
| 1200 | .10 | 0.0249 | 0.000 | 0.051 | -0.002 | 0.042 | 1.401 | 7.264 | 30.248 | 57.636 | 30.217 | 7.254 | 1.399 |
| | .20 | 0.0266 | -0.001 | 0.049 | -0.002 | 0.041 | 1.402 | 7.267 | 30.261 | 57.644 | 30.201 | 7.248 | 1.398 |
| | .30 | 0.0301 | 0.002 | 0.051 | 0.000 | 0.042 | 1.397 | 7.241 | 30.178 | 57.635 | 30.288 | 7.277 | 1.404 |
| | .40 | 0.0346 | 0.001 | 0.052 | -0.001 | 0.041 | 1.399 | 7.254 | 30.215 | 57.632 | 30.252 | 7.266 | 1.402 |
| | .50 | 0.0346 | 0.001 | 0.053 | 0.000 | 0.040 | 1.399 | 7.253 | 30.212 | 57.629 | 30.257 | 7.268 | 1.402 |
| | .60 | 0.0472 | 0.000 | 0.055 | -0.001 | 0.040 | 1.401 | 7.261 | 30.231 | 57.618 | 30.243 | 7.265 | 1.401 |
| | .70 | 0.0553 | 0.001 | 0.057 | 0.000 | 0.040 | 1.398 | 7.250 | 30.195 | 57.612 | 30.282 | 7.278 | 1.404 |
| | .80 | 0.0643 | 0.003 | 0.057 | 0.001 | 0.040 | 1.395 | 7.235 | 30.148 | 57.611 | 30.329 | 7.294 | 1.407 |
| | .90 | 0.0774 | 0.002 | 0.060 | 0.001 | 0.041 | 1.398 | 7.247 | 30.179 | 57.599 | 30.303 | 7.287 | 1.406 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 1 พารามิเตอร์(1PL) จำนวน 30 ข้อ**

**ตารางที่ 4-8** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน

| Variable | Source of variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **กรณี 400 คน** | | | | | | |
| *b | Between Groups | .011 | 8 | .001 | .153 | .996 |
| | Within Groups | 79.274 | 8991 | .009 | | |
| | Total | 79.284 | 8999 | | | |
| θ | Between Groups | .004 | 8 | .001 | .120 | .998 |
| | Within Groups | 38.792 | 8991 | .004 | | |
| | Total | 38.797 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | .416 | 8 | .052 | .705 | .687 |
| | Within Groups | 662.486 | 8991 | .074 | | |
| | Total | 662.902 | 8999 | | | |
| **กรณี 800 คน** | | | | | | |
| b | Between Groups | .002 | 8 | .00025 | .068 | 1.000 |
| | Within Groups | 25.039 | 8991 | .0003 | | |
| | Total | 25.040 | 8999 | | | |
| θ | Between Groups | .003 | 8 | .00038 | .279 | .973 |
| | Within Groups | 11.811 | 8991 | .001 | | |
| | Total | 11.814 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | .390 | 8 | .049 | 3.045 | .002 |
| | Within Groups | 143.954 | 8991 | .016 | | |
| | Total | 144.344 | 8999 | | | |
| **กรณี 1200 คน** | | | | | | |
| b | Between Groups | .001 | 8 | .00013 | .084 | 1.000 |
| | Within Groups | 10.822 | 8991 | .001 | | |
| | Total | 10.823 | 8999 | | | |
| θ | Between Groups | .001 | 8 | .00013 | .182 | .993 |
| | Within Groups | 5.089 | 8991 | .001 | | |
| | Total | 5.089 | 8999 | | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| Variable | Source of variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **กรณี 1200 คน** | | | | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | .113 | 8 | .014 | 4.620 | .000 |
| | Within Groups | 27.394 | 8991 | .003 | | |
| | Total | 27.506 | 8999 | | | |

*b หมายถึง ค่าความยากง่าย, $\theta$ หมายถึง ค่าความสามารถ และ $TIF_{max}$ หมายถึง ค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุด

เมื่อพิจารณาจากตาราง ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว กรณีจำนวนผู้สอบ 400 ทำข้อสอบ 30 ข้อ พบว่า เมื่อระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบไม่แตกต่างกัน แต่กรณี 800 และ 1200 คนทำข้อสอบ 30 ข้อ พบว่า ค่าความยากง่าย และค่าความสามารถ ไม่แตกต่างกัน แต่ค่าสารสนเทศของข้อสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe'

**ตารางที่ 4-9** ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe'

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| 800 | | | | | | | | | | | | |
| **TIF**0 | 0.0339 | 21.613 | 0.098 | - | | | | | | | | * |
| | 0.0363 | 21.607 | 0.122 | | - | | | | | | | |
| | 0.0403 | 21.608 | 0.118 | | | - | | | | | | |
| | 0.0439 | 21.605 | 0.122 | | | | - | | | | | |
| | 0.0477 | 21.604 | 0.126 | | | | | - | | | | |
| | 0.0537 | 21.599 | 0.131 | | | | | | - | | | |
| | 0.0600 | 21.599 | 0.130 | | | | | | | - | | |
| | 0.0680 | 21.593 | 0.143 | | | | | | | | - | |
| | 0.0782 | 21.592 | 0.143 | | | | | | | | | - |
| 1200 | | | | - | | | | | | | | * |
| $TIF_{max}$ | 0.0314 | 21.640 | 0.033 | | - | | | | | | | * |
| | 0.0332 | 21.640 | 0.047 | | | - | | | | | | * |
| | 0.0374 | 21.640 | 0.045 | | | | - | | | | | |
| | 0.0419 | 21.638 | 0.056 | | | | | - | | | | |
| | 0.0460 | 21.638 | 0.050 | | | | | | - | | | |
| | 0.0525 | 21.636 | 0.045 | | | | | | | - | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| | 0.0583 | 21.634 | 0.057 | | | | | | | | - | |
| | 0.0659 | 21.631 | 0.072 | | | | | | | | | - |
| | 0.0761 | 21.630 | 0.076 | | | | | | | | | |

*กรณีความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มไม่เท่ากันสามารถใช้ F-test ในการทดสอบได้เนื่องจากขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน (Kirk, R.E., 1996)

ผลการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ พบว่า กรณีผู้สอบ 800 และ 1200 คน พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในกลุ่มระดับต่ำและกลุ่มระดับสูง

**ตอนที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 1 พารามิเตอร์(1PL) จำนวน 50 ข้อ**

**ตารางที่ 4-10** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน

| Variable | Source of variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **กรณี 400 คน** | | | | | | |
| b | Between Groups | .020 | 8 | .003 | .248 | .981 |
| | Within Groups | 91.398 | 8991 | .010 | | |
| | Total | 91.418 | 8999 | | | |
| θ | Between Groups | .022 | 8 | .003 | .555 | .816 |
| | Within Groups | 43.895 | 8991 | .005 | | |
| | Total | 43.917 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 2.948 | 8 | .368 | 2.650 | .007 |
| | Within Groups | 1250.031 | 8991 | .139 | | |
| | Total | 1252.979 | 8999 | | | |
| **กรณี 800 คน** | | | | | | |
| b | Between Groups | .007 | 8 | .001 | .214 | .989 |
| | Within Groups | 39.092 | 8991 | .004 | | |
| | Total | 39.100 | 8999 | | | |
| θ | Between Groups | .006 | 8 | .001 | .323 | .958 |
| | Within Groups | 20.607 | 8991 | .002 | | |
| | Total | 20.613 | 8999 | | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| Variable | Source of variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 1.335 | 8 | .167 | 3.401 | .001 |
| | Within Groups | 441.231 | 8991 | .049 | | |
| | Total | 442.566 | 8999 | | | |
| **กรณี 1200 คน** | | | | | | |
| b | Between Groups | .015 | 8 | .002 | .693 | .698 |
| | Within Groups | 24.089 | 8991 | .003 | | |
| | Total | 24.104 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | .011 | 8 | .001 | .882 | .531 |
| | Within Groups | 13.778 | 8991 | .002 | | |
| | Total | 13.789 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | .892 | 8 | .111 | 3.921 | .000 |
| | Within Groups | 255.663 | 8991 | .028 | | |
| | Total | 256.555 | 8999 | | | |

เมื่อพิจารณาจากตาราง ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว กรณีจำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 ทำข้อสอบ 50 ข้อ พบว่า เมื่อระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ ไม่แตกต่างกัน แต่ค่าสารสนเทศของข้อสอบ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe'

**ตารางที่ 4-11** ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe'

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| 1200 | | | | | | | | | | | | |
| $TIF_{max}$ | 0.0269 | 36.031 | 0.158 | - | | | | | | | | |
| | 0.0286 | 36.033 | 0.158 | | - | | | | | | | |
| | 0.0321 | 36.035 | 0.148 | | | - | | | | | | * |
| | 0.0367 | 36.025 | 0.167 | | | | - | | | | | |
| | 0.0416 | 36.024 | 0.165 | | | | | - | | | | |
| | 0.0476 | 36.017 | 0.176 | | | | | | - | | | |
| | 0.0547 | 36.017 | 0.175 | | | | | | | - | | |
| | 0.0647 | 36.010 | 0.182 | | | | | | | | - | |
| | 0.0773 | 36.004 | 0.184 | | | | | | | | | - |

ผลการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ พบว่า กรณี 400 และ 800 คน ไม่มีคู่ใดที่แตกต่างกัน กรณีผู้สอบ 1200 คน พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในกลุ่มระดับต่ำและกลุ่มระดับสูง

**ตอนที่ 5 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 1 พารามิเตอร์(1PL) จำนวน 80 ข้อ**

**ตารางที่ 4-12** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน

| Variable | Source of variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **กรณี 400 คน** | | | | | | |
| b | Between Groups | .006 | 8 | .001 | .071 | 1.000 |
| | Within Groups | 92.250 | 8991 | .010 | | |
| | Total | 92.256 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | .008 | 8 | .001 | .199 | .991 |
| | Within Groups | 42.710 | 8991 | .005 | | |
| | Total | 42.717 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 11.715 | 8 | 1.464 | 4.211 | .000 |
| | Within Groups | 3126.469 | 8991 | .348 | | |
| | Total | 3138.184 | 8999 | | | |
| **กรณี 800 คน** | | | | | | |
| b | Between Groups | .009 | 8 | .001 | .235 | .984 |
| | Within Groups | 41.678 | 8991 | .005 | | |
| | Total | 41.686 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | .012 | 8 | .002 | .628 | .755 |
| | Within Groups | 21.467 | 8991 | .002 | | |
| | Total | 21.479 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 2.718 | 8 | .340 | 4.482 | .000 |
| | Within Groups | 681.618 | 8991 | .076 | | |
| | Total | 684.336 | 8999 | | | |

| Variable | Source of variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **กรณี 1200 คน** | | | | | | |
| b | Between Groups | .010 | 8 | .001 | .409 | .916 |
| | Within Groups | 26.172 | 8991 | .003 | | |
| | Total | 26.181 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | .010 | 8 | .001 | .740 | .656 |
| | Within Groups | 14.895 | 8991 | .002 | | |
| | Total | 14.905 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 1.764 | 8 | .220 | 5.958 | .000 |
| | Within Groups | 332.729 | 8991 | .037 | | |
| | Total | 334.493 | 8999 | | | |

เมื่อพิจารณาจากตาราง ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว กรณีจำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 ทำข้อสอบ 80 ข้อ พบว่า เมื่อระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถไม่แตกต่างกัน แต่ค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุด พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe'

**ตารางที่ 4-13** ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe'

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| 400 | | | | | | | | | | | | |
| $TIF_{max}$ | 0.0422 | 57.253 | 0.514 | - | | | | | | | | * |
| | 0.0430 | 57.251 | 0.539 | | - | | | | | | | * |
| | 0.0450 | 57.251 | 0.527 | | | - | | | | | | * |
| | 0.0492 | 57.242 | 0.537 | | | | - | | | | | |
| | 0.0537 | 57.236 | 0.565 | | | | | - | | | | |
| | 0.0598 | 57.217 | 0.590 | | | | | | - | | | |
| | 0.0672 | 57.192 | 0.666 | | | | | | | - | | |
| | 0.0742 | 57.182 | 0.646 | | | | | | | | - | |
| | 0.0875 | 57.145 | 0.692 | | | | | | | | | - |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| **800** | | | | | | | | | | | | |
| $TIF_{max}$ | 0.0304 | 57.540 | 0.269 | - | | | | | | | | * |
| | 0.0316 | 57.544 | 0.261 | | - | | | | | | | * |
| | 0.0350 | 57.539 | 0.266 | | | - | | | | | | |
| | 0.0397 | 57.542 | 0.250 | | | | - | | | | | |
| | 0.0450 | 57.527 | 0.278 | | | | | - | | | | |
| | 0.0518 | 57.528 | 0.267 | | | | | | - | | | |
| | 0.0597 | 57.515 | 0.280 | | | | | | | - | | |
| | 0.0681 | 57.507 | 0.290 | | | | | | | | - | |
| | 0.0811 | 57.491 | 0.311 | | | | | | | | | - |
| **1200** | | | | | | | | | | | | |
| $TIF_{max}$ | 0.0249 | 57.636 | 0.187 | - | | | | | | | | * |
| | 0.0266 | 57.644 | 0.172 | | - | | | | | | | * |
| | 0.0301 | 57.635 | 0.183 | | | - | | | | | | * |
| | 0.0346 | 57.632 | 0.183 | | | | - | | | | | |
| | 0.0346 | 57.629 | 0.185 | | | | | - | | | | |
| | 0.0472 | 57.618 | 0.193 | | | | | | - | | | |
| | 0.0553 | 57.612 | 0.196 | | | | | | | - | | |
| | 0.0643 | 57.611 | 0.203 | | | | | | | | - | |
| | 0.0774 | 57.599 | 0.223 | | | | | | | | | - |

*กรณีความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มไม่เท่ากันสามารถใช้ F-test ในการทดสอบได้เนื่องจากขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน (Kirk, R.E.,1996)

ผลการทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ พบว่า กรณี 400 และ 800 คน และ 1200 คน พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในกลุ่มระดับต่ำและกลุ่มระดับสูง

**ตอนที่ 6 ผลการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานโมเดล 2 พารามิเตอร์(2PL)**

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4-14 กรณีจำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 **คน ทำข้อสอบจำนวน 30 ข้อ** เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย และ ค่าความสามารถของผู้สอบมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่แตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบสูงขึ้น พบว่า ค่าอำนาจจำแนกมีแนวโน้มสูงขึ้น ค่าความยากง่ายลดลง แต่เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ระดับปานกลาง ค่าความยากง่ายจะสูงขึ้น ส่วนค่าความสามารถของผู้สอบจะมีลักษณะในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับต่ำและระดับสูง ค่าความสามารถจะสูงขึ้น แต่เมื่ออยู่ในระดับปานกลาง ค่าความสามารถจะลดลง สำหรับค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุดมีแนวโน้มสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาจากตาราง 4-15 กรณีจำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน**ทำข้อสอบจำนวน 50 ข้อ** เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยาก และ ค่าความสามารถของผู้สอบมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่แตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบสูงขึ้น พบว่า ค่าอำนาจจำแนกแนวโน้มสูงขึ้น ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถของผู้สอบในระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบต่ำ พบว่า ค่าความยากง่ายเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ระดับปานกลางถึงสูง พบว่า ค่าความยากง่ายลดลง ส่วนค่าความสามารถของผู้สอบจะมีลักษณะในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับต่ำพบว่าค่าความสามารถต่ำลงเล็กน้อย แต่เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ระดับปานกลางถึงระดับสูงพบว่าค่าความสามารถจะสูงขึ้น สำหรับค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุดมีแนวโน้มสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาจากตาราง 4-16 กรณีจำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน **ทำข้อสอบจำนวน 80 ข้อ** เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยาก และ ค่าความสามารถของผู้สอบมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่แตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบสูงขึ้น พบว่า ค่าอำนาจจำแนกแนวโน้มสูงขึ้น ส่วนค่าความยากง่ายและค่าความสามารถในระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับต่ำ พบว่า ค่าความยากง่ายเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในกลุ่มระดับปานกลางถึงสูง พบว่า ค่าความยากง่ายลดลงเรื่อยๆ ส่วนค่าความสามารถของผู้สอบจะมีลักษณะในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อความไม่เป็นอิสระของอยู่ในระดับต่ำพบว่าค่าความสามารถต่ำลงเล็กน้อย แต่เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ระดับปานกลางถึงสูงพบว่าค่าความสามารถจะสูงขึ้น สำหรับค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุดมีแนวโน้มสูงขึ้น

**ตารางที่ 4-14** ค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้ จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน **30 ข้อ**

| N | Cov. | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}_a$ | $SD_a$ | $\overline{X}_b$ | $SD_b$ | $\overline{X}_\theta$ | $SD_\theta$ | TIF | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 400 | .10 | 0.0469 | 1.442 | 0.161 | 0.002 | 0.153 | 0.001 | 0.016 | 0.585 | 1.541 | 8.275 | 48.426 | 12.600 | 2.799 | 0.557 |
| | .20 | 0.0478 | 1.459 | 0.158 | 0.008 | 0.148 | 0.001 | 0.016 | 0.571 | 1.450 | 8.070 | 48.798 | 13.166 | 2.754 | 0.550 |
| | .30 | 0.0506 | 1.482 | 0.147 | 0.013 | 0.150 | 0.001 | 0.016 | 0.562 | 1.536 | 8.316 | 50.122 | 13.195 | 2.815 | 0.538 |
| | .40 | 0.0533 | 1.498 | 0.149 | 0.013 | 0.141 | 0.000 | 0.015 | 0.531 | 1.295 | 8.027 | 51.359 | 13.354 | 2.853 | 0.534 |
| | .50 | 0.0561 | 1.520 | 0.153 | 0.017 | 0.146 | 0.000 | 0.016 | 0.525 | 1.281 | 7.998 | 52.855 | 13.200 | 2.800 | 0.516 |
| | .60 | 0.0603 | 1.532 | 0.155 | 0.023 | 0.154 | -0.001 | 0.016 | 0.523 | 1.253 | 7.739 | 53.853 | 13.508 | 2.979 | 0.521 |
| | .70 | 0.0628 | 1.551 | 0.158 | 0.006 | 0.139 | 0.000 | 0.016 | 0.505 | 1.158 | 8.004 | 56.407 | 12.512 | 2.600 | 0.488 |
| | .80 | 0.0631 | 1.554 | 0.150 | 0.003 | 0.129 | 0.001 | 0.015 | 0.510 | 1.160 | 7.821 | 56.933 | 12.492 | 2.482 | 0.481 |
| | .90 | 0.0569 | 1.555 | 0.140 | -0.011 | 0.116 | 0.002 | 0.015 | 0.502 | 1.048 | 7.629 | 59.393 | 11.610 | 2.003 | 0.455 |
| 800 | .10 | 0.0336 | 1.498 | 0.137 | -0.019 | 0.104 | 0.001 | 0.010 | 1.007 | 2.410 | 12.924 | 71.769 | 22.722 | 5.628 | 1.081 |
| | .20 | 0.0359 | 1.520 | 0.126 | -0.020 | 0.113 | 0.002 | 0.010 | 0.979 | 2.330 | 13.381 | 73.115 | 22.829 | 5.561 | 1.049 |
| | .30 | 0.0403 | 1.537 | 0.137 | -0.020 | 0.116 | 0.002 | 0.011 | 0.961 | 2.223 | 12.981 | 74.794 | 23.044 | 5.571 | 1.032 |
| | .40 | 0.0450 | 1.554 | 0.128 | -0.004 | 0.124 | 0.001 | 0.011 | 0.934 | 2.176 | 13.175 | 77.818 | 22.443 | 5.612 | 1.014 |
| | .50 | 0.0506 | 1.556 | 0.122 | 0.003 | 0.118 | 0.000 | 0.011 | 0.906 | 2.148 | 13.238 | 80.462 | 22.690 | 5.040 | 0.938 |
| | .60 | 0.0538 | 1.569 | 0.130 | -0.007 | 0.120 | 0.001 | 0.011 | 0.902 | 2.018 | 12.910 | 82.212 | 22.966 | 5.076 | 0.929 |
| | .70 | 0.0547 | 1.580 | 0.132 | -0.011 | 0.109 | 0.001 | 0.010 | 0.872 | 1.884 | 13.159 | 85.988 | 21.268 | 4.310 | 0.855 |
| | .80 | 0.0437 | 1.573 | 0.128 | -0.010 | 0.101 | 0.001 | 0.010 | 0.874 | 1.829 | 13.130 | 88.765 | 19.500 | 3.715 | 0.816 |
| | .90 | 0.0397 | 1.585 | 0.125 | -0.021 | 0.075 | 0.002 | 0.009 | 0.860 | 1.758 | 13.228 | 92.099 | 18.358 | 2.667 | 0.729 |
| 1200 | .10 | 0.0312 | 1.544 | 0.112 | -0.021 | 0.081 | 0.001 | 0.007 | 1.633 | 3.678 | 20.276 | 107.108 | 37.439 | 9.851 | 1.881 |
| | .20 | 0.0327 | 1.565 | 0.111 | -0.020 | 0.084 | 0.001 | 0.007 | 1.601 | 3.581 | 19.971 | 110.197 | 37.421 | 9.939 | 1.845 |
| | .30 | 0.0369 | 1.578 | 0.114 | -0.014 | 0.085 | 0.001 | 0.008 | 1.542 | 3.551 | 20.880 | 114.309 | 36.765 | 10.147 | 1.820 |
| | .40 | 0.0412 | 1.581 | 0.115 | -0.014 | 0.082 | 0.001 | 0.008 | 1.493 | 3.353 | 20.456 | 118.062 | 37.994 | 10.268 | 1.771 |
| | .50 | 0.0481 | 1.596 | 0.112 | -0.012 | 0.085 | 0.001 | 0.008 | 1.458 | 3.334 | 20.885 | 123.029 | 37.297 | 9.492 | 1.656 |
| | .60 | 0.0545 | 1.597 | 0.112 | -0.010 | 0.088 | 0.001 | 0.008 | 1.438 | 3.201 | 20.615 | 127.442 | 36.513 | 8.928 | 1.583 |
| | .70 | 0.0553 | 1.601 | 0.120 | -0.015 | 0.086 | 0.001 | 0.008 | 1.421 | 3.108 | 21.071 | 132.162 | 33.796 | 7.424 | 1.453 |
| | .80 | 0.0436 | 1.599 | 0.113 | -0.016 | 0.071 | 0.001 | 0.006 | 1.393 | 2.917 | 21.216 | 137.671 | 31.378 | 5.586 | 1.294 |
| | .90 | 0.0386 | 1.615 | 0.109 | -0.020 | 0.060 | 0.001 | 0.006 | 1.372 | 2.855 | 21.526 | 142.857 | 29.327 | 3.974 | 1.149 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 4-15** ค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้ จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน **50 ข้อ**

| N | Cov. | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}_a$ | $SD_a$ | $\overline{X}_b$ | $SD_b$ | $\overline{X}_\theta$ | $SD_\theta$ | TIF | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 400 | .10 | 0.0414 | 1.376 | 0.142 | 0.033 | 0.159 | -0.002 | 0.014 | 0.455 | 1.261 | 9.417 | 53.850 | 11.122 | 1.521 | 0.406 |
| | .20 | 0.0424 | 1.390 | 0.137 | 0.033 | 0.155 | -0.002 | 0.014 | 0.439 | 1.308 | 9.744 | 54.948 | 11.283 | 1.500 | 0.386 |
| | .30 | 0.0454 | 1.415 | 0.140 | 0.038 | 0.162 | -0.003 | 0.014 | 0.427 | 1.220 | 9.815 | 55.491 | 11.377 | 1.554 | 0.384 |
| | .40 | 0.0478 | 1.434 | 0.135 | 0.032 | 0.141 | -0.002 | 0.013 | 0.419 | 1.148 | 9.244 | 56.231 | 12.008 | 1.687 | 0.388 |
| | .50 | 0.0506 | 1.459 | 0.134 | 0.027 | 0.147 | -0.002 | 0.013 | 0.422 | 1.125 | 9.006 | 56.871 | 11.970 | 1.922 | 0.405 |
| | .60 | 0.0516 | 1.470 | 0.139 | 0.022 | 0.146 | -0.002 | 0.013 | 0.416 | 1.125 | 9.133 | 58.071 | 11.442 | 1.868 | 0.397 |
| | .70 | 0.0509 | 1.478 | 0.137 | -0.004 | 0.125 | -0.001 | 0.012 | 0.415 | 1.076 | 9.052 | 59.310 | 11.333 | 1.578 | 0.377 |
| | .80 | 0.0546 | 1.478 | 0.138 | -0.016 | 0.118 | 0.000 | 0.011 | 0.418 | 1.039 | 8.789 | 59.890 | 11.183 | 1.554 | 0.379 |
| | .90 | 0.0539 | 1.479 | 0.122 | -0.033 | 0.104 | 0.001 | 0.010 | 0.411 | 0.949 | 8.629 | 61.614 | 10.763 | 1.287 | 0.356 |
| 800 | .10 | 0.0317 | 1.431 | 0.112 | -0.001 | 0.118 | 0.000 | 0.009 | 0.807 | 2.110 | 15.018 | 81.542 | 19.567 | 3.259 | 0.789 |
| | .20 | 0.0332 | 1.447 | 0.115 | 0.001 | 0.118 | 0.000 | 0.009 | 0.778 | 2.016 | 15.295 | 83.340 | 19.546 | 3.156 | 0.763 |
| | .30 | 0.0363 | 1.463 | 0.107 | 0.008 | 0.115 | 0.000 | 0.009 | 0.766 | 1.929 | 14.809 | 84.324 | 20.369 | 3.177 | 0.750 |
| | .40 | 0.0410 | 1.480 | 0.110 | 0.009 | 0.119 | -0.001 | 0.009 | 0.748 | 1.876 | 14.815 | 85.879 | 20.318 | 3.530 | 0.765 |
| | .50 | 0.0444 | 1.495 | 0.110 | 0.004 | 0.115 | 0.000 | 0.009 | 0.724 | 1.790 | 15.029 | 88.357 | 19.936 | 3.193 | 0.723 |
| | .60 | 0.0470 | 1.506 | 0.115 | -0.002 | 0.110 | 0.000 | 0.009 | 0.732 | 1.796 | 14.730 | 89.855 | 19.864 | 3.001 | 0.706 |
| | .70 | 0.0479 | 1.503 | 0.111 | -0.006 | 0.106 | 0.000 | 0.008 | 0.725 | 1.709 | 14.643 | 91.442 | 19.115 | 2.674 | 0.672 |
| | .80 | 0.0445 | 1.513 | 0.105 | -0.020 | 0.074 | 0.001 | 0.007 | 0.715 | 1.659 | 14.629 | 93.838 | 18.674 | 2.370 | 0.633 |
| | .90 | 0.0429 | 1.527 | 0.102 | -0.029 | 0.072 | 0.001 | 0.006 | 0.705 | 1.619 | 14.667 | 96.686 | 17.574 | 1.989 | 0.603 |
| 1200 | .10 | 0.0270 | 1.467 | 0.100 | -0.007 | 0.081 | 0.000 | 0.006 | 0.684 | 1.807 | 15.720 | 86.830 | 19.036 | 2.318 | 0.640 |
| | .20 | 0.0285 | 1.484 | 0.099 | -0.004 | 0.084 | 0.000 | 0.007 | 0.658 | 1.761 | 15.981 | 88.590 | 18.974 | 2.250 | 0.617 |
| | .30 | 0.0323 | 1.495 | 0.097 | -0.004 | 0.082 | 0.000 | 0.007 | 0.647 | 1.747 | 15.934 | 89.657 | 19.076 | 2.336 | 0.614 |
| | .40 | 0.0371 | 1.509 | 0.101 | -0.002 | 0.095 | 0.000 | 0.007 | 0.644 | 1.745 | 15.787 | 90.818 | 19.472 | 2.431 | 0.606 |
| | .50 | 0.0419 | 1.525 | 0.097 | -0.008 | 0.082 | 0.000 | 0.006 | 0.638 | 1.708 | 15.820 | 92.321 | 19.147 | 2.319 | 0.593 |
| | .60 | 0.0450 | 1.531 | 0.099 | -0.012 | 0.080 | 0.001 | 0.006 | 0.630 | 1.632 | 15.710 | 94.256 | 18.509 | 2.128 | 0.581 |
| | .70 | 0.0453 | 1.534 | 0.102 | -0.015 | 0.073 | 0.001 | 0.006 | 0.633 | 1.622 | 15.648 | 95.567 | 18.270 | 1.986 | 0.564 |
| | .80 | 0.0405 | 1.544 | 0.100 | -0.022 | 0.063 | 0.001 | 0.005 | 0.634 | 1.603 | 15.524 | 97.578 | 17.663 | 1.687 | 0.540 |
| | .90 | 0.0385 | 1.560 | 0.096 | -0.029 | 0.053 | 0.001 | 0.004 | 0.619 | 1.541 | 15.520 | 100.129 | 17.290 | 1.558 | 0.516 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 4-16** ค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้ จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน **80 ข้อ**

| N | Cov. | $\|Q_3\|$ | $\overline{X}_a$ | $SD_a$ | $\overline{X}_b$ | $SD_b$ | $\overline{X}_\theta$ | $SD_\theta$ | TIF | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 400 | .10 | 0.0422 | 1.340 | 0.123 | 0.047 | 0.155 | -0.003 | 0.013 | 1.633 | 3.678 | 20.276 | 107.108 | 37.439 | 9.851 | 1.881 |
| | .20 | 0.0429 | 1.355 | 0.126 | 0.048 | 0.154 | -0.003 | 0.013 | 1.601 | 3.581 | 19.971 | 110.197 | 37.421 | 9.939 | 1.845 |
| | .30 | 0.0447 | 1.386 | 0.123 | 0.048 | 0.159 | -0.003 | 0.013 | 1.542 | 3.551 | 20.880 | 114.309 | 36.765 | 10.147 | 1.820 |
| | .40 | 0.0483 | 1.412 | 0.125 | 0.059 | 0.161 | -0.004 | 0.013 | 1.493 | 3.353 | 20.456 | 118.062 | 37.994 | 10.268 | 1.771 |
| | .50 | 0.0508 | 1.430 | 0.126 | 0.040 | 0.148 | -0.003 | 0.013 | 1.458 | 3.334 | 20.885 | 123.029 | 37.297 | 9.492 | 1.656 |
| | .60 | 0.0517 | 1.443 | 0.120 | 0.029 | 0.144 | -0.002 | 0.012 | 1.438 | 3.201 | 20.615 | 127.442 | 36.513 | 8.928 | 1.583 |
| | .70 | 0.0515 | 1.449 | 0.128 | 0.007 | 0.132 | -0.001 | 0.011 | 1.421 | 3.108 | 21.071 | 132.162 | 33.796 | 7.424 | 1.453 |
| | .80 | 0.0511 | 1.446 | 0.116 | -0.013 | 0.109 | 0.000 | 0.009 | 1.393 | 2.917 | 21.216 | 137.671 | 31.378 | 5.586 | 1.294 |
| | .90 | 0.0530 | 1.457 | 0.107 | -0.039 | 0.089 | 0.001 | 0.007 | 1.372 | 2.855 | 21.526 | 142.857 | 29.327 | 3.974 | 1.149 |
| 800 | .10 | 0.0303 | 1.390 | 0.106 | 0.016 | 0.119 | -0.001 | 0.008 | 1.336 | 3.182 | 22.825 | 123.757 | 32.048 | 5.914 | 1.399 |
| | .20 | 0.0315 | 1.406 | 0.103 | 0.019 | 0.115 | -0.001 | 0.009 | 1.292 | 3.083 | 23.001 | 125.993 | 32.801 | 6.003 | 1.366 |
| | .30 | 0.0349 | 1.425 | 0.105 | 0.021 | 0.115 | -0.001 | 0.009 | 1.265 | 3.043 | 22.961 | 128.120 | 33.081 | 6.341 | 1.374 |
| | .40 | 0.0393 | 1.449 | 0.095 | 0.030 | 0.130 | -0.002 | 0.009 | 1.222 | 2.956 | 23.086 | 131.082 | 33.872 | 6.451 | 1.326 |
| | .50 | 0.0425 | 1.469 | 0.102 | 0.020 | 0.120 | -0.001 | 0.009 | 1.198 | 2.953 | 23.161 | 134.767 | 34.303 | 5.789 | 1.226 |
| | .60 | 0.0435 | 1.473 | 0.101 | 0.005 | 0.112 | -0.001 | 0.008 | 1.169 | 2.783 | 23.366 | 139.348 | 32.551 | 4.894 | 1.137 |
| | .70 | 0.0430 | 1.478 | 0.099 | -0.008 | 0.092 | 0.000 | 0.007 | 1.182 | 2.772 | 23.248 | 141.358 | 31.201 | 4.582 | 1.116 |
| | .80 | 0.0420 | 1.488 | 0.099 | -0.023 | 0.074 | 0.001 | 0.005 | 1.153 | 2.690 | 23.664 | 146.659 | 29.179 | 3.296 | 0.997 |
| | .90 | 0.0430 | 1.508 | 0.094 | -0.034 | 0.059 | 0.001 | 0.004 | 1.135 | 2.646 | 23.741 | 151.409 | 28.055 | 2.772 | 0.931 |
| 1200 | .10 | 0.0249 | 1.430 | 0.100 | -0.001 | 0.081 | 0.000 | 0.006 | 1.151 | 2.902 | 24.540 | 133.685 | 30.315 | 3.974 | 1.110 |
| | .20 | 0.0265 | 1.446 | 0.095 | 0.002 | 0.078 | 0.000 | 0.006 | 1.114 | 2.857 | 24.705 | 135.437 | 30.603 | 4.326 | 1.106 |
| | .30 | 0.0300 | 1.467 | 0.090 | 0.006 | 0.092 | 0.000 | 0.006 | 1.098 | 2.827 | 24.772 | 137.598 | 30.503 | 4.134 | 1.073 |
| | .40 | 0.0345 | 1.478 | 0.088 | 0.005 | 0.089 | 0.000 | 0.006 | 1.068 | 2.781 | 24.770 | 139.852 | 31.033 | 4.401 | 1.070 |
| | .50 | 0.0385 | 1.492 | 0.086 | 0.003 | 0.088 | 0.000 | 0.006 | 1.047 | 2.705 | 24.770 | 142.368 | 31.222 | 4.226 | 1.024 |
| | .60 | 0.0400 | 1.500 | 0.093 | -0.006 | 0.080 | 0.000 | 0.005 | 1.056 | 2.682 | 24.579 | 144.577 | 30.629 | 3.810 | 0.995 |
| | .70 | 0.0398 | 1.507 | 0.094 | -0.013 | 0.070 | 0.000 | 0.005 | 1.032 | 2.602 | 24.814 | 148.725 | 29.441 | 3.169 | 0.919 |
| | .80 | 0.0408 | 1.520 | 0.088 | -0.021 | 0.059 | 0.000 | 0.004 | 1.024 | 2.564 | 24.679 | 152.165 | 28.819 | 2.754 | 0.873 |
| | .90 | 0.0419 | 1.546 | 0.086 | -0.027 | 0.047 | 0.001 | 0.003 | 0.985 | 2.492 | 24.862 | 156.927 | 28.157 | 2.468 | 0.814 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตอนที่ 7 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 2 พารามิเตอร์(2PL) จำนวน 30 ข้อ**

**ตารางที่ 4-17** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถและสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน

| Variable | Source of Variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **กรณี 400 คน** | | | | | | |
| a* | Between Groups | 14.365 | 8 | 1.796 | 77.339 | .000 |
| | Within Groups | 208.747 | 8991 | .023 | | |
| | Total | 223.111 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | .779 | 8 | .097 | 4.811 | .000 |
| | Within Groups | 181.914 | 8991 | .020 | | |
| | Total | 182.693 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | .004 | 8 | .0005 | 1.954 | .048 |
| | Within Groups | 2.192 | 8991 | .00024 | | |
| | Total | 2.196 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 118101.619 | 8 | 14762.702 | 160.932 | .000 |
| | Within Groups | 824768.447 | 8991 | 91.733 | | |
| | Total | 942870.066 | 8999 | | | |
| **กรณี 800 คน** | | | | | | |
| a | Between Groups | 6.828 | 8 | .854 | 51.015 | .000 |
| | Within Groups | 150.424 | 8991 | .017 | | |
| | Total | 157.252 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | .566 | 8 | .071 | 5.869 | .000 |
| | Within Groups | 108.309 | 8991 | .012 | | |
| | Total | 108.875 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | .003 | 8 | .00038 | 3.047 | .002 |
| | Within Groups | .948 | 8991 | .00011 | | |
| | Total | .951 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 51950.984 | 8 | 6493.873 | 119.625 | .000 |
| | Within Groups | 488079.098 | 8991 | 54.285 | | |
| | Total | 540030.082 | 8999 | | | |

*a หมายถึง ค่าอำนาจจำแนก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| Variable | Source of Variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **กรณี 1200 คน** | | | | | | |
| a | Between Groups | 3.771 | 8 | .471 | 36.822 | .000 |
| | Within Groups | 115.087 | 8991 | .013 | | |
| | Total | 118.858 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | .118 | 8 | .015 | 2.266 | .020 |
| | Within Groups | 58.700 | 8991 | .007 | | |
| | Total | 58.818 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | .00024 | 8 | .000 | .549 | .820 |
| | Within Groups | .485 | 8991 | .00005 | | |
| | Total | .485 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 30675.623 | 8 | 3834.453 | 109.443 | .000 |
| | Within Groups | 315009.837 | 8991 | 35.036 | | |
| | Total | 345685.460 | 8999 | | | |

เมื่อพิจารณาจากตาราง ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว กรณีจำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน ทำข้อสอบ 30 ข้อ พบว่าเมื่อระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันจะทำให้ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe'

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 4-18** ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe′

| ตัวแปรตาม | $\|Q_3\|$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| 400 | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0469 | 1.442 | 0.161 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0478 | 1.459 | 0.158 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0506 | 1.482 | 0.147 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0533 | 1.498 | 0.149 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0561 | 1.520 | 0.153 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0603 | 1.532 | 0.155 | | | | | | - | | | |
| | 0.0628 | 1.551 | 0.158 | | | | | | | - | | |
| | 0.0631 | 1.554 | 0.150 | | | | | | | | - | |
| | 0.0569 | 1.555 | 0.140 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0469 | 0.002 | 0.153 | - | | | | | | | | |
| | 0.0478 | 0.008 | 0.148 | | - | | | | | | | |
| | 0.0506 | 0.013 | 0.150 | | | - | | | | | | |
| | 0.0533 | 0.013 | 0.141 | | | | - | | | | | |
| | 0.0561 | 0.017 | 0.146 | | | | | - | | | | ** |
| | 0.0603 | 0.023 | 0.154 | | | | | | - | | | ** |
| | 0.0628 | 0.006 | 0.139 | | | | | | | - | | |
| | 0.0631 | 0.003 | 0.129 | | | | | | | | - | |
| | 0.0569 | -0.011 | 0.116 | | | | | | | | | - |
| $TIF_{max}$ | 0.0469 | 48.426 | 9.218 | - | | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0478 | 48.798 | 9.535 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0506 | 50.122 | 9.338 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0533 | 51.359 | 9.571 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0561 | 52.855 | 9.393 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0603 | 53.853 | 10.207 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0628 | 56.407 | 9.699 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0631 | 56.933 | 9.692 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0569 | 59.393 | 9.512 | | | | | | | | | - |

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| 800 | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0336 | 1.498 | 0.137 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0359 | 1.520 | 0.126 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0403 | 1.537 | 0.137 | | | - | | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0450 | 1.554 | 0.128 | | | | - | | | ** | | ** |
| | 0.0506 | 1.556 | 0.122 | | | | | - | | ** | | ** |
| | 0.0538 | 1.569 | 0.130 | | | | | | - | | | |
| | 0.0547 | 1.580 | 0.132 | | | | | | | - | | |
| | 0.0437 | 1.573 | 0.128 | | | | | | | | - | |
| | 0.0397 | 1.585 | 0.125 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0336 | -0.019 | 0.104 | - | | | | ** | | | | |
| | 0.0359 | -0.020 | 0.113 | | - | | | ** | | | | |
| | 0.0403 | -0.020 | 0.116 | | | - | | ** | | | | |
| | 0.0450 | -0.004 | 0.124 | | | | - | | | | | |
| | 0.0506 | 0.003 | 0.118 | | | | | - | | | | ** |
| | 0.0538 | -0.007 | 0.120 | | | | | | - | | | |
| | 0.0547 | -0.011 | 0.109 | | | | | | | - | | |
| | 0.0437 | -0.010 | 0.101 | | | | | | | | - | |
| | 0.0397 | -0.021 | 0.075 | | | | | | | | | - |
| $TIF_{max}$ | 0.0336 | 53.850 | 7.270 | - | | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0359 | 54.948 | 7.058 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0403 | 55.491 | 7.755 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0450 | 56.231 | 8.135 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0506 | 56.871 | 7.914 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0538 | 58.071 | 7.205 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0547 | 59.310 | 7.325 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0437 | 59.890 | 6.707 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0397 | 61.614 | 6.811 | | | | | | | | | - |
| 1200 | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0312 | 1.544 | 0.112 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0327 | 1.565 | 0.111 | | - | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0369 | 1.578 | 0.114 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0412 | 1.581 | 0.115 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0481 | 1.596 | 0.112 | | | | | - | | | | ** |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| | 0.0545 | 1.597 | 0.112 | | | | | | - | | | ** |
| | 0.0553 | 1.601 | 0.120 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0436 | 1.599 | 0.113 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0386 | 1.615 | 0.109 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0312 | -0.021 | 0.081 | - | | | * | * | ** | | | |
| | 0.0327 | -0.020 | 0.084 | | - | | | * | ** | | | |
| | 0.0369 | -0.014 | 0.085 | | | - | | | | | | |
| | 0.0412 | -0.014 | 0.082 | | | | - | | | | | |
| | 0.0481 | -0.012 | 0.085 | | | | | - | | | | * |
| | 0.0545 | -0.010 | 0.088 | | | | | | - | | | ** |
| | 0.0553 | -0.015 | 0.086 | | | | | | | - | | |
| | 0.0436 | -0.016 | 0.071 | | | | | | | | - | |
| | 0.0386 | -0.020 | 0.060 | | | | | | | | | - |
| $TIF_{max}$ | 0.0312 | 57.258 | 5.615 | - | | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0327 | 57.884 | 6.204 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0369 | 58.968 | 5.922 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0412 | 59.076 | 6.436 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0481 | 60.167 | 5.867 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0545 | 60.555 | 6.326 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0553 | 61.138 | 5.827 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0436 | 61.920 | 5.857 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0386 | 63.385 | 5.110 | | | | | | | | | - |

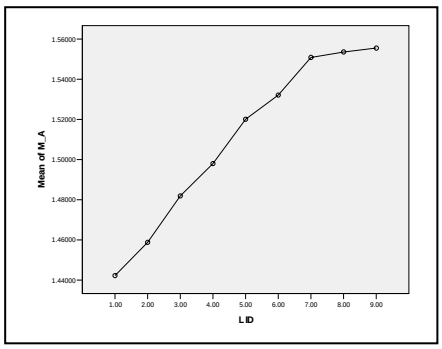
ผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่กรณี**จำนวนผู้สอบ 400 คน** ทำข้อสอบ 30 ข้อ โดยภาพรวม เมื่อเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย และค่าสารสนเทศของแบบสอบระหว่างระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง พบว่า ค่าอำนาจจำแนกจะแตกต่างกัน แต่ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มระดับสูงด้วยกัน พบว่า ค่าอำนาจจำแนกไม่แตกต่างกัน สำหรับค่าความยากง่ายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง สำหรับค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุด พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับต่ำ กลุ่มระดับปานกลาง และกลุ่มระดับสูง

ผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่กรณี**จำนวนผู้สอบ 800 คน** ทำข้อสอบ 30 ข้อ โดยภาพรวม เมื่อมีการเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย และค่าสารสนเทศของ

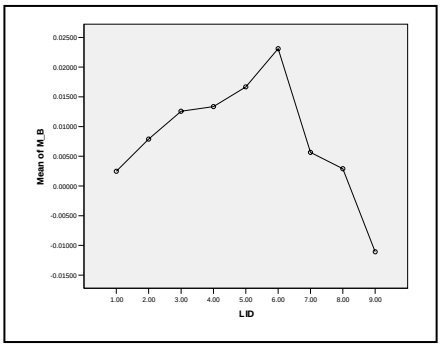
แบบสอบ ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในกลุ่มระดับต่ำ กับกลุ่มระดับปานกลาง ระหว่างกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และระหว่างกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูงพบว่า ค่าอำนาจจำแนกมีความแตกต่างกัน ส่วนผลการเปรียบเทียบระหว่างในกลุ่มระดับสูงด้วยกันพบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับค่าความยากง่าย พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลาง และกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง พบว่า ค่าความยากง่ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สำหรับค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุด พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับต่ำ กลุ่มระดับปานกลาง และกลุ่มระดับสูง

ผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่กรณี**จำนวนผู้สอบ 1200 คน** ทำข้อสอบ 30 ข้อ โดยภาพรวม เมื่อมีการเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย และค่าสารสนเทศของแบบสอบ ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในกลุ่มระดับต่ำ กับกลุ่มระดับปานกลาง กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง พบว่า ค่าอำนาจจำแนก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และระหว่างกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง พบว่า มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แต่ในกลุ่มระดับปานกลางด้วยกัน พบว่าไม่แตกต่างกัน สำหรับค่าความยากง่าย พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มต่ำกับปานกลาง และกลุ่มปานกลางกับสูง พบว่า ค่าความยากง่ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สำหรับค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุด พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับต่ำ กลุ่มระดับปานกลาง และกลุ่มระดับสูง

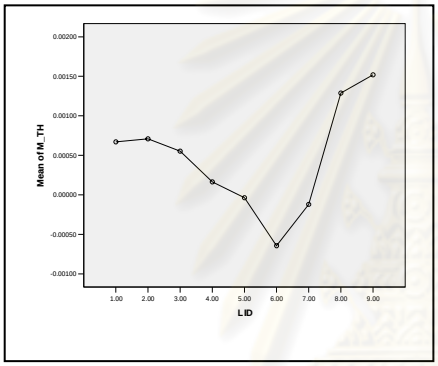
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



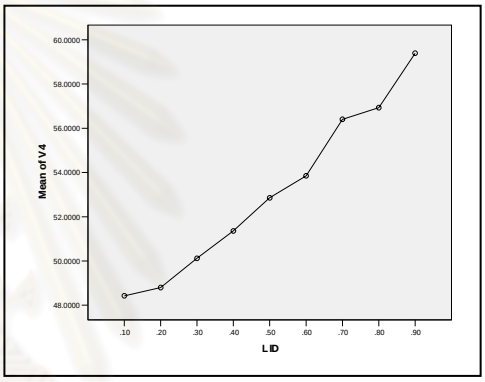

ค่าอำนาจจำแนก (a)




ค่าความยากง่าย (b)



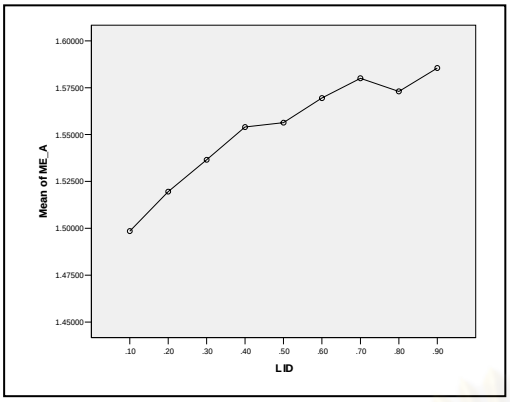

ค่าความสามารถ ($\theta$)



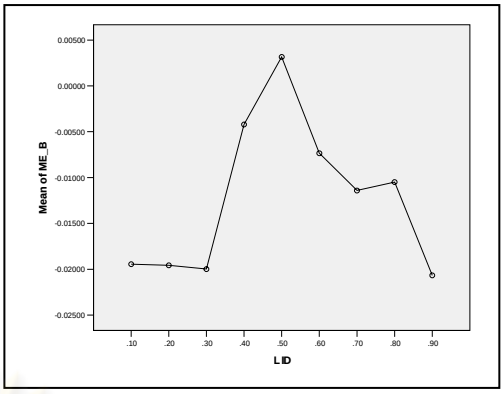

ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF)

**ภาพที่ 4-1** ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ ($\theta$) และค่าสารสนเทศของแบบสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **400 คน** ทำข้อสอบ 30 ข้อ

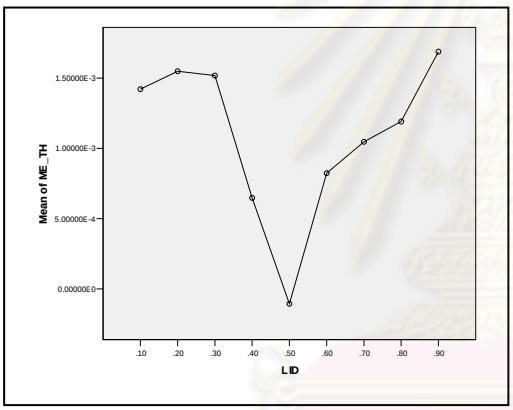
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



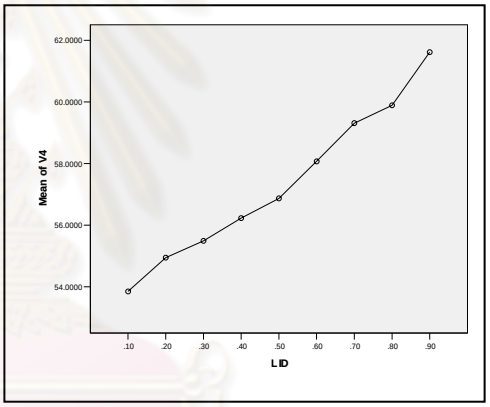

ค่าอำนาจจำแนก (a)




ค่าความยากง่าย (b)

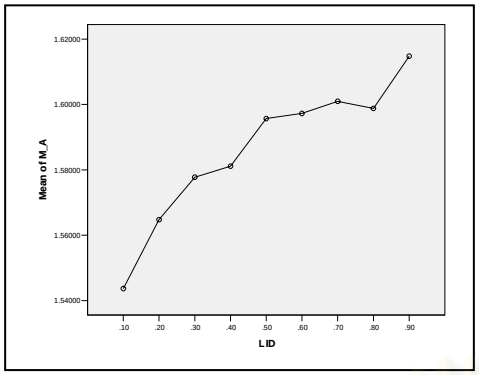



ค่าความสามารถ ($\theta$)

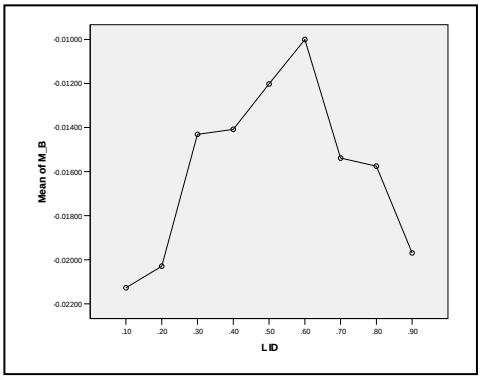



ค่าสารสนเทศของแบบสอบ (TIF)

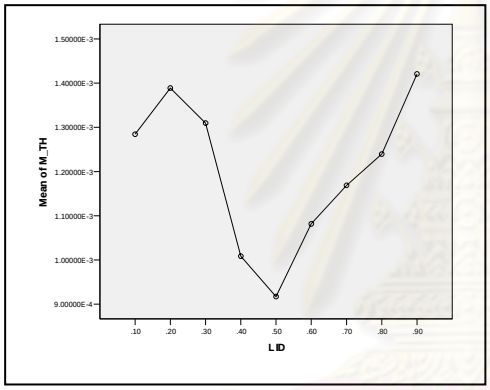
**ภาพที่ 4-2** ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ ($\theta$) และค่าสารสนเทศของแบบสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **800 คน**ทำข้อสอบ 30 ข้อ



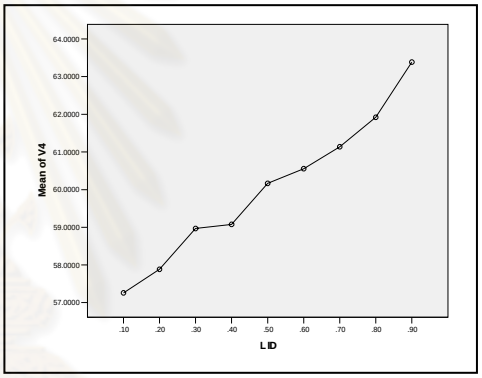

ค่าอำนาจจำแนก (a)




ค่าความยากง่าย (b)




ค่าความสามารถ ( $\theta$ )




ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF)

**ภาพที่ 4-3** ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ ( $\theta$ ) และ ค่าสารสนเทศของแบบสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **1200 คน**ทำข้อสอบ 30 ข้อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตอนที่ 8 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบ ตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 2 พารามิเตอร์(2PL) จำนวน 50 ข้อ**

**ตารางที่ 4-19** ผลการการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน

| Variable | Source of Variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **กรณี 400 คน** | | | | | | |
| a | Between Groups | 12.811 | 8 | 1.601 | 86.399 | .000 |
| | Within Groups | 166.649 | 8991 | .019 | | |
| | Total | 179.460 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | 5.261 | 8 | .658 | 33.052 | .000 |
| | Within Groups | 178.898 | 8991 | .020 | | |
| | Total | 184.160 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | .014 | 8 | .002 | 11.063 | .000 |
| | Within Groups | 1.462 | 8991 | .00016 | | |
| | Total | 1.476 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 405696.355 | 8 | 50712.044 | 237.301 | .000 |
| | Within Groups | 1921404.000 | 8991 | 213.703 | | |
| | Total | 2327100.355 | 8999 | | | |
| **กรณี 800 คน** | | | | | | |
| a | Between Groups | 8.220 | 8 | 1.027 | 85.254 | .000 |
| | Within Groups | 108.361 | 8991 | .012 | | |
| | Total | 116.581 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | 1.278 | 8 | .160 | 13.977 | .000 |
| | Within Groups | 102.768 | 8991 | .011 | | |
| | Total | 104.047 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | .003 | 8 | .00038 | 5.642 | .000 |
| | Within Groups | .629 | 8991 | .00007 | | |
| | Total | .632 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 205205.077 | 8 | 25650.635 | 207.216 | .000 |
| | Within Groups | 1112966.219 | 8991 | 123.787 | | |
| | Total | 1318171.296 | 8999 | | | |

| Variable | Source of Variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **กรณี 1200 คน** | | | | | | |
| a | Between Groups | 7.266 | 8 | .908 | 92.831 | .000 |
| | Within Groups | 87.970 | 8991 | .010 | | |
| | Total | 95.236 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | .648 | 8 | .081 | 13.371 | .000 |
| | Within Groups | 54.488 | 8991 | .006 | | |
| | Total | 55.136 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | .002 | 8 | .00025 | 5.454 | .000 |
| | Within Groups | .320 | 8991 | .00004 | | |
| | Total | .322 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 153688.921 | 8 | 19211.115 | 226.362 | .000 |
| | Within Groups | 763056.986 | 8991 | 84.869 | | |
| | Total | 916745.907 | 8999 | | | |

เมื่อพิจารณาจากตารางผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว กรณีจำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน จำนวนข้อสอบ 50 ข้อ พบว่า เมื่อระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน จะทำให้ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe'

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 4-20** ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe'

| ตัวแปรตาม | $\|Q_3\|$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| 400 | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0414 | 1.376 | 0.142 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0424 | 1.390 | 0.137 | | - | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0454 | 1.415 | 0.140 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0478 | 1.434 | 0.135 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0506 | 1.459 | 0.134 | | | | | - | | | | |
| | 0.0516 | 1.470 | 0.139 | | | | | | - | | | |
| | 0.0509 | 1.478 | 0.137 | | | | | | | - | | |
| | 0.0546 | 1.478 | 0.138 | | | | | | | | - | |
| | 0.0539 | 1.479 | 0.122 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0414 | 0.033 | 0.159 | - | | | | | | ** | ** | ** |
| | 0.0424 | 0.033 | 0.155 | | - | | | | | ** | ** | ** |
| | 0.0454 | 0.038 | 0.162 | | | - | | | | ** | ** | ** |
| | 0.0478 | 0.032 | 0.141 | | | | - | | | ** | ** | ** |
| | 0.0506 | 0.027 | 0.147 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0516 | 0.022 | 0.146 | | | | | | - | * | ** | ** |
| | 0.0509 | -0.004 | 0.125 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0546 | -0.016 | 0.118 | | | | | | | | - | |
| | 0.0539 | -0.033 | 0.104 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_\theta$ | 0.0414 | -0.002 | 0.014 | - | | | | | | | * | ** |
| | 0.0424 | -0.002 | 0.014 | | - | | | | | | * | ** |
| | 0.0454 | -0.003 | 0.014 | | | - | | | | | ** | ** |
| | 0.0478 | -0.002 | 0.013 | | | | - | | | | * | ** |
| | 0.0506 | -0.002 | 0.013 | | | | | - | | | ** | ** |
| | 0.0516 | -0.002 | 0.013 | | | | | | - | | | ** |
| | 0.0509 | -0.001 | 0.012 | | | | | | | - | | * |
| | 0.0546 | 0.000 | 0.011 | | | | | | | | - | |
| | 0.0539 | 0.001 | 0.010 | | | | | | | | | - |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| $TIF_{max}$ | 0.0414 | 71.769 | 15.996 | - | | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0424 | 73.115 | 15.389 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0454 | 74.794 | 15.547 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0478 | 77.818 | 14.890 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0506 | 80.462 | 14.359 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0516 | 82.212 | 15.132 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0509 | 85.988 | 14.713 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0546 | 88.765 | 13.613 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0539 | 92.099 | 11.414 | | | | | | | | | - |
| 800 | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0317 | 1.431 | 0.112 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0332 | 1.447 | 0.115 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0363 | 1.463 | 0.107 | | | - | | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0410 | 1.480 | 0.110 | | | | - | | | ** | ** | ** |
| | 0.0444 | 1.495 | 0.110 | | | | | - | | | | ** |
| | 0.0470 | 1.506 | 0.115 | | | | | | - | | | * |
| | 0.0479 | 1.503 | 0.111 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0445 | 1.513 | 0.105 | | | | | | | | - | |
| | 0.0429 | 1.527 | 0.102 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0317 | -0.001 | 0.118 | - | | | | | | | * | ** |
| | 0.0332 | 0.001 | 0.118 | | - | | | | | | * | ** |
| | 0.0363 | 0.008 | 0.115 | | | - | | | | | ** | ** |
| | 0.0410 | 0.009 | 0.119 | | | | - | | | | ** | ** |
| | 0.0444 | 0.004 | 0.115 | | | | | - | | | ** | ** |
| | 0.0470 | -0.002 | 0.110 | | | | | | - | | | ** |
| | 0.0479 | -0.006 | 0.106 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0445 | -0.020 | 0.074 | | | | | | | | - | |
| | 0.0429 | -0.029 | 0.072 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_\theta$ | 0.0317 | 0.000 | 0.009 | - | | | | | | | | * |
| | 0.0332 | 0.000 | 0.009 | | - | | | | | | | ** |
| | 0.0363 | 0.000 | 0.009 | | | - | | | | | | * |
| | 0.0410 | -0.001 | 0.009 | | | | - | | | | | ** |
| | 0.0444 | 0.000 | 0.009 | | | | | - | | | | ** |
| | 0.0470 | 0.000 | 0.009 | | | | | | - | | | * |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| | 0.0479 | 0.000 | 0.008 | | | | | | | - | | |
| | 0.0445 | 0.001 | 0.007 | | | | | | | | - | |
| | 0.0429 | 0.001 | 0.006 | | | | | | | | | - |
| $TIF_{max}$ | 0.0317 | 81.542 | 11.678 | - | | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0332 | 83.340 | 11.882 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0363 | 84.324 | 12.235 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0410 | 85.879 | 12.471 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0444 | 88.357 | 11.393 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0470 | 89.855 | 11.503 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0479 | 91.442 | 10.537 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0445 | 93.838 | 9.761 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0429 | 96.686 | 7.930 | | | | | | | | | - |
| 1200 | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0270 | 1.467 | 0.100 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0285 | 1.484 | 0.099 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0323 | 1.495 | 0.097 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0371 | 1.509 | 0.101 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0419 | 1.525 | 0.097 | | | | | - | | | * | ** |
| | 0.0450 | 1.531 | 0.099 | | | | | | - | | | ** |
| | 0.0453 | 1.534 | 0.102 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0405 | 1.544 | 0.100 | | | | | | | | - | |
| | 0.0385 | 1.560 | 0.096 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0270 | -0.007 | 0.081 | - | | | | | | | * | ** |
| | 0.0285 | -0.004 | 0.084 | | - | | | | | | ** | ** |
| | 0.0323 | -0.004 | 0.082 | | | - | | | | | ** | ** |
| | 0.0371 | -0.002 | 0.095 | | | | - | | | | ** | ** |
| | 0.0419 | -0.008 | 0.082 | | | | | - | | | ** | ** |
| | 0.0450 | -0.012 | 0.080 | | | | | | - | | | ** |
| | 0.0453 | -0.015 | 0.073 | | | | | | | - | | * |
| | 0.0405 | -0.022 | 0.063 | | | | | | | | - | |
| | 0.0385 | -0.029 | 0.053 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_\theta$ | 0.0270 | 0.000 | 0.006 | - | | | | | | | | |
| | 0.0285 | 0.000 | 0.007 | | - | | | | | | | * |
| | 0.0323 | 0.000 | 0.007 | | | - | | | | | | * |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| | 0.0371 | 0.000 | 0.007 | | | | - | | | | * | ** |
| | 0.0419 | 0.000 | 0.006 | | | | | - | | | | |
| | 0.0450 | 0.001 | 0.006 | | | | | | - | | | |
| | 0.0453 | 0.001 | 0.006 | | | | | | | - | | |
| | 0.0405 | 0.001 | 0.005 | | | | | | | | - | |
| | 0.0385 | 0.001 | 0.004 | | | | | | | | | - |
| $TIF_{max}$ | 0.0270 | 86.830 | 9.932 | - | | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0285 | 88.590 | 9.805 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0323 | 89.657 | 9.801 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0371 | 90.818 | 10.733 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0419 | 92.321 | 9.998 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0450 | 94.256 | 8.582 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0453 | 95.567 | 8.750 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0405 | 97.578 | 7.489 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0385 | 86.830 | 9.932 | | | | | | | | | - |

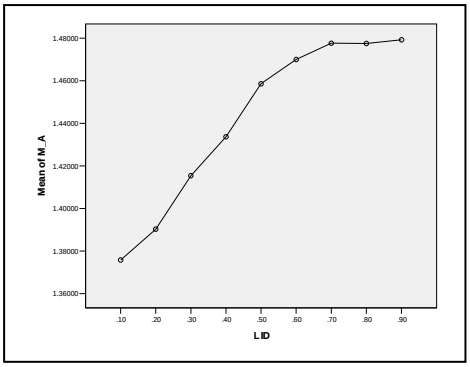
ผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่กรณี**จำนวนผู้สอบ 400 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อ โดยภาพรวม เมื่อมีการเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบ ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลาง กลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง พบว่า ค่าอำนาจจำแนกจะแตกต่างกัน สำหรับค่าความยากง่ายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูงและบางส่วนในกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง สำหรับค่าความสามารถ พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ระหว่างระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง กลุ่มระดับปานกลาง กับกลุ่มระดับสูง และ ค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุด พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับต่ำ กลุ่มระดับปานกลาง และกลุ่มระดับสูง

ผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่กรณี**จำนวนผู้สอบ 800 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อ โดยภาพรวม เมื่อมีการเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบ พบว่า ค่าอำนาจจำแนก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในกลุ่มระดับต่ำ กลุ่มระดับปานกลาง และกลุ่มระดับสูง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สำหรับค่าความยากง่าย พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

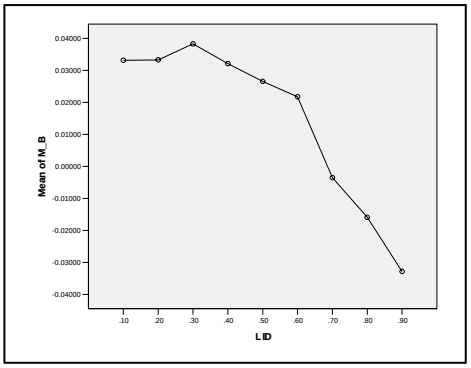
ระดับต่ำ กลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง พบว่า ค่าความยากง่ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สำหรับค่าความสามารถ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 กล่าวคือ ค่าความสามารถแตกต่างกันระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง กลุ่มระดับปานกลาง กับกลุ่มระดับสูง และ ค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุด พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับต่ำ กลุ่มระดับปานกลาง และกลุ่มระดับสูง

ผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่กรณี**จำนวนผู้สอบ 1200 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อ โดยภาพรวม เมื่อมีการเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบ พบว่า ค่าอำนาจจำแนก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลาง และ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และระหว่างกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง สำหรับค่าความยากง่าย พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง พบว่า ค่าความยากง่ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สำหรับค่าความสามารถ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ระหว่างระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และ ค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุด พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับต่ำ กลุ่มระดับปานกลาง และกลุ่มระดับสูง

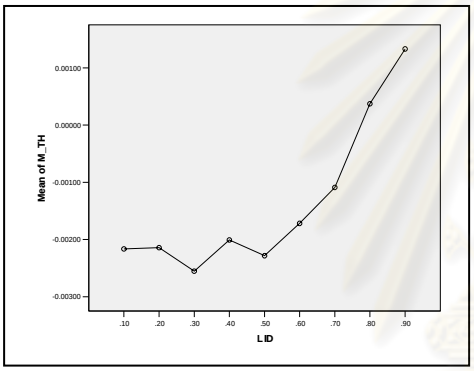
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



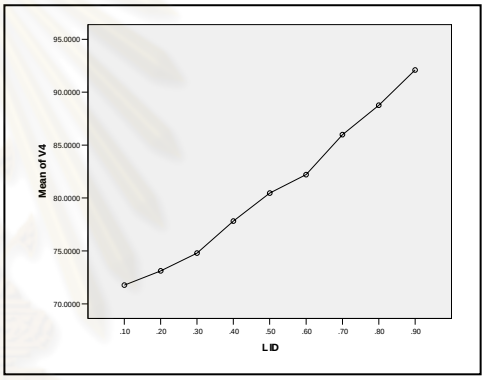

ค่าอำนาจจำแนก (a)




ค่าความยากง่าย (b)



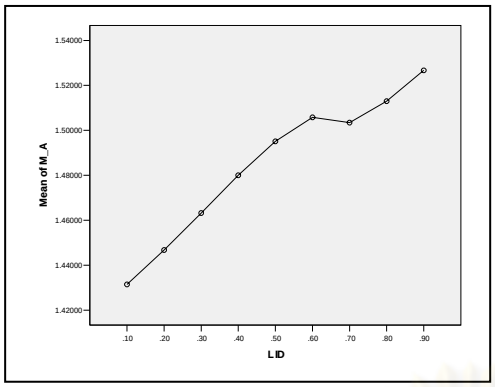

ค่าความสามารถ ($\theta$)

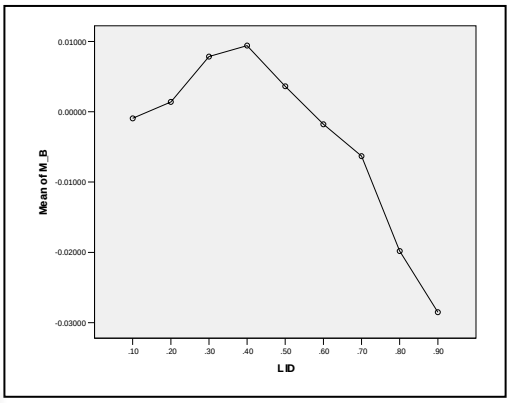



ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF)

**ภาพที่ 4-4** ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ ($\theta$) และ ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **400 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อ

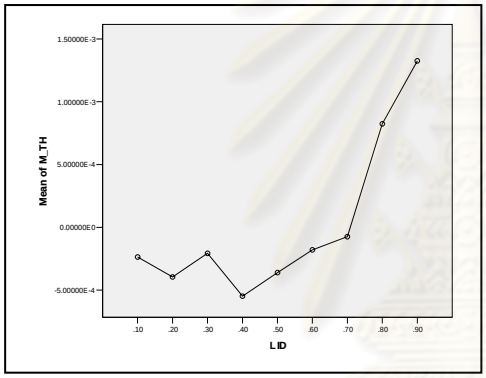
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

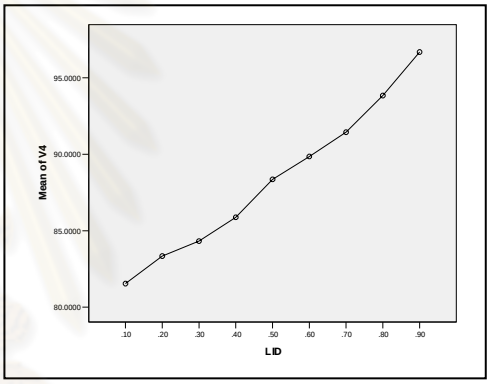



ค่าอำนาจจำแนก (a)

ค่าความยากง่าย (b)



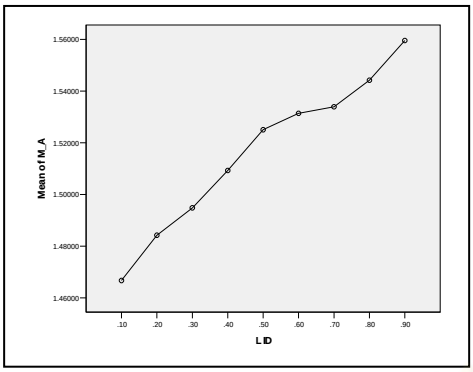




ค่าความสามารถ ($\theta$)

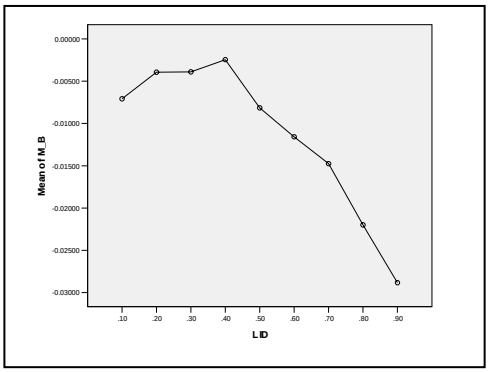
ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF)

**ภาพที่ 4-5** ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ($\theta$) และค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF)เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **800 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อ

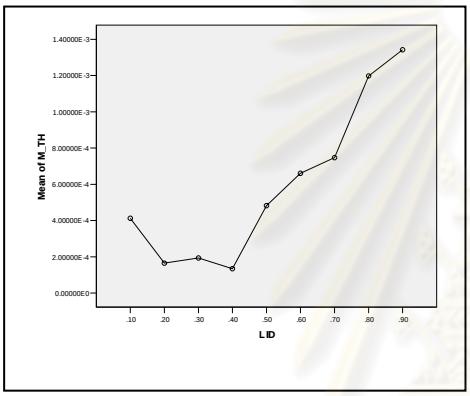
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



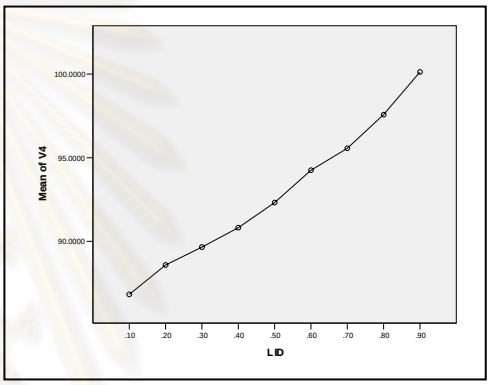

ค่าอำนาจจำแนก (a)




ค่าความยากง่าย (b)




ค่าความสามารถ ($\theta$)




ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF)

**ภาพที่ 4-6** ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ ($\theta$) และค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **1200 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตอนที่ 9 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบ ตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 2 พารามิเตอร์(2PL) จำนวน 80 ข้อ**

**ตารางที่ 4-21** ผลการการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน

| Variable | Source of Variable | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **กรณี 400 คน** | | | | | | |
| a | Between Groups | 14.922 | 8 | 1.865 | 125.790 | .000 |
| | Within Groups | 133.320 | 8991 | .015 | | |
| | Total | 148.242 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | 8.729 | 8 | 1.091 | 54.930 | .000 |
| | Within Groups | 178.586 | 8991 | .020 | | |
| | Total | 187.315 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | .018 | 8 | .002 | 16.860 | .000 |
| | Within Groups | 1.227 | 8991 | .00014 | | |
| | Total | 1.245 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 1225829.063 | 8 | 153228.633 | 327.749 | .000 |
| | Within Groups | 4203459.526 | 8991 | 467.519 | | |
| | Total | 5429288.590 | 8999 | | | |
| **กรณี 800 คน** | | | | | | |
| a | Between Groups | 12.455 | 8 | 1.557 | 154.060 | .000 |
| | Within Groups | 90.859 | 8991 | .010 | | |
| | Total | 103.314 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | 3.861 | 8 | .483 | 42.589 | .000 |
| | Within Groups | 101.889 | 8991 | .011 | | |
| | Total | 105.750 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | .007 | 8 | .001 | 13.671 | .000 |
| | Within Groups | .535 | 8991 | .00006 | | |
| | Total | .542 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 728545.784 | 8 | 91068.223 | 284.400 | .000 |
| | Within Groups | 2879022.197 | 8991 | 320.212 | | |
| | Total | 3607567.981 | 8999 | | | |

| Variable | Source of Variable | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **กรณี 1200 คน** | | | | | | |
| a | Between Groups | 10.488 | 8 | 1.311 | 158.161 | .000 |
| | Within Groups | 74.527 | 8991 | .008 | | |
| | Total | 85.015 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | 1.183 | 8 | .148 | 24.721 | .000 |
| | Within Groups | 53.779 | 8991 | .006 | | |
| | Total | 54.962 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | .001 | 8 | .00013 | 5.933 | .000 |
| | Within Groups | .260 | 8991 | .00003 | | |
| | Total | .261 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 494603.284 | 8 | 61825.411 | 315.662 | .000 |
| | Within Groups | 1760972.414 | 8991 | 195.859 | | |
| | Total | 2255575.698 | 8999 | | | |

เมื่อพิจารณาจากตารางผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว กรณีจำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน จำนวนข้อสอบ 80 ข้อ พบว่า เมื่อระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน จะทำให้ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe'

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 4-22** ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน โดยวิธีของ Scheffe′

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| 400 | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0422 | 1.340 | 0.123 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0429 | 1.355 | 0.126 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0447 | 1.386 | 0.123 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0483 | 1.412 | 0.125 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0508 | 1.430 | 0.126 | | | | | - | | | | ** |
| | 0.0517 | 1.443 | 0.120 | | | | | | - | | | |
| | 0.0515 | 1.449 | 0.128 | | | | | | | - | | |
| | 0.0511 | 1.446 | 0.116 | | | | | | | | - | |
| | 0.0530 | 1.457 | 0.107 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0422 | 0.047 | 0.155 | - | | | | | | ** | ** | ** |
| | 0.0429 | 0.048 | 0.154 | | - | | | | | ** | ** | ** |
| | 0.0447 | 0.048 | 0.159 | | | - | | | | ** | ** | ** |
| | 0.0483 | 0.059 | 0.161 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0508 | 0.040 | 0.148 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0517 | 0.029 | 0.144 | | | | | | - | | ** | ** |
| | 0.0515 | 0.007 | 0.132 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0511 | -0.013 | 0.109 | | | | | | | | - | * |
| | 0.0530 | -0.039 | 0.089 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_\theta$ | 0.0422 | -0.003 | 0.013 | - | | | | | | | ** | ** |
| | 0.0429 | -0.003 | 0.013 | | - | | | | | | ** | ** |
| | 0.0447 | -0.003 | 0.013 | | | - | | | | | ** | ** |
| | 0.0483 | -0.004 | 0.013 | | | | - | | | ** | ** | ** |
| | 0.0508 | -0.003 | 0.013 | | | | | - | | | ** | ** |
| | 0.0517 | -0.002 | 0.012 | | | | | | - | | | ** |
| | 0.0515 | -0.001 | 0.011 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0511 | 0.000 | 0.009 | | | | | | | | - | |
| | 0.0530 | 0.001 | 0.007 | | | | | | | | | - |
| $TIF_{max}$ | 0.0422 | 107.108 | 24.213 | - | | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0429 | 110.197 | 24.088 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0447 | 114.309 | 22.159 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| | 0.0483 | 118.062 | 23.019 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0508 | 123.029 | 23.240 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0517 | 127.442 | 22.091 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0515 | 132.162 | 21.147 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0511 | 137.671 | 19.009 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0530 | 142.857 | 13.552 | | | | | | | | | - |
| 800 | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0303 | 1.390 | 0.106 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0315 | 1.406 | 0.103 | | - | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0349 | 1.425 | 0.105 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0393 | 1.449 | 0.095 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0425 | 1.469 | 0.102 | | | | | - | | | * | ** |
| | 0.0435 | 1.473 | 0.101 | | | | | | - | | | ** |
| | 0.0430 | 1.478 | 0.099 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0420 | 1.488 | 0.099 | | | | | | | | - | * |
| | 0.0430 | 1.508 | 0.094 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0303 | 0.016 | 0.119 | - | | | | | | ** | ** | ** |
| | 0.0315 | 0.019 | 0.115 | | - | | | | | ** | ** | ** |
| | 0.0349 | 0.021 | 0.115 | | | - | | | | ** | ** | ** |
| | 0.0393 | 0.030 | 0.130 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0425 | 0.020 | 0.120 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0435 | 0.005 | 0.112 | | | | | | - | | ** | ** |
| | 0.0430 | -0.008 | 0.092 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0420 | -0.023 | 0.074 | | | | | | | | - | |
| | 0.0430 | -0.034 | 0.059 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_\theta$ | 0.0303 | -0.001 | 0.008 | - | | | | | | | ** | ** |
| | 0.0315 | -0.001 | 0.009 | | - | | | | | | ** | ** |
| | 0.0349 | -0.001 | 0.009 | | | - | | | | | ** | ** |
| | 0.0393 | -0.002 | 0.009 | | | | - | | | ** | ** | ** |
| | 0.0425 | -0.001 | 0.009 | | | | | - | | | ** | ** |
| | 0.0435 | -0.001 | 0.008 | | | | | | - | | | ** |
| | 0.0430 | 0.000 | 0.007 | | | | | | | - | | |
| | 0.0420 | 0.001 | 0.005 | | | | | | | | - | |
| | 0.0430 | 0.001 | 0.004 | | | | | | | | | - |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| $TIF_{max}$ | 0.0303 | 123.757 | 20.168 | - | | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0315 | 125.993 | 20.802 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0349 | 128.120 | 19.607 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0393 | 131.082 | 20.152 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0425 | 134.767 | 19.895 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0435 | 139.348 | 17.646 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0430 | 141.358 | 16.426 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0420 | 146.659 | 12.596 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0430 | 151.409 | 10.781 | | | | | | | | | - |
| 1200 | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0249 | 1.430 | 0.100 | - | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0265 | 1.446 | 0.095 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0300 | 1.467 | 0.090 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0345 | 1.478 | 0.088 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0385 | 1.492 | 0.086 | | | | | - | | | ** | ** |
| | 0.0400 | 1.500 | 0.093 | | | | | | - | | ** | ** |
| | 0.0398 | 1.507 | 0.094 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0408 | 1.520 | 0.088 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0419 | 1.546 | 0.086 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0249 | -0.001 | 0.081 | - | | | | | | | ** | ** |
| | 0.0265 | 0.002 | 0.078 | | - | | | | | * | ** | ** |
| | 0.0300 | 0.006 | 0.092 | | | - | | | | ** | ** | ** |
| | 0.0345 | 0.005 | 0.089 | | | | - | | | ** | ** | ** |
| | 0.0385 | 0.003 | 0.088 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0400 | -0.006 | 0.080 | | | | | | - | | * | ** |
| | 0.0398 | -0.013 | 0.070 | | | | | | | - | | * |
| | 0.0408 | -0.021 | 0.059 | | | | | | | | - | |
| | 0.0419 | -0.027 | 0.047 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_\theta$ | 0.0249 | 0.000 | 0.006 | - | | | | | | | | |
| | 0.0265 | 0.000 | 0.006 | | - | | | | | | | |
| | 0.0300 | 0.000 | 0.006 | | | - | | | | | | * |
| | 0.0345 | 0.000 | 0.006 | | | | - | | | | * | ** |
| | 0.0385 | 0.000 | 0.006 | | | | | - | | | | |
| | 0.0400 | 0.000 | 0.005 | | | | | | - | | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| | 0.0398 | 0.000 | 0.005 | | | | | | | - | | |
| | 0.0408 | 0.000 | 0.004 | | | | | | | | - | |
| | 0.0419 | 0.001 | 0.003 | | | | | | | | | - |
| $TIF_{max}$ | 0.0249 | 133.685 | 15.793 | - | | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0265 | 135.437 | 16.589 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0300 | 137.598 | 14.419 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0345 | 139.852 | 14.525 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0385 | 142.368 | 14.944 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0400 | 144.577 | 14.604 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0398 | 148.725 | 12.380 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0408 | 152.165 | 11.420 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0419 | 156.927 | 9.948 | | | | | | | | | - |

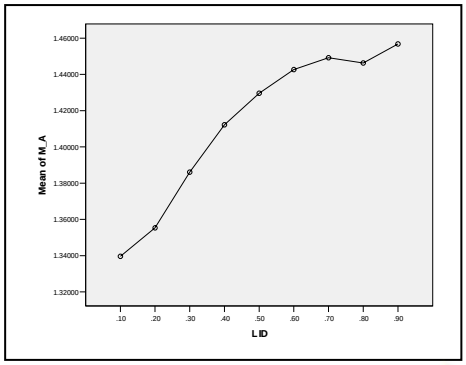
ผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่กรณี**จำนวนผู้สอบ 400 คน** ทำข้อสอบ 80 ข้อ โดยภาพรวม เมื่อเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบสูงสุด พบว่า ค่าอำนาจจำแนกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับต่ำ กับ กลุ่มระดับปานกลาง และกลุ่มระดับต่ำกับ กลุ่มระดับสูง และระหว่างกลุ่มระดับปานกลางบางส่วนกับกลุ่มระดับสูง สำหรับค่าความยากง่าย พบว่า ระหว่างระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในกลุ่มระดับต่ำและกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง พบว่า ค่าความยากง่ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และสำหรับค่าความสามารถ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ระหว่างระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง และ ค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุด พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับต่ำ กลุ่มระดับปานกลาง และกลุ่มระดับสูง

เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ กรณี**จำนวนผู้สอบ 800 คน** ทำข้อสอบ 80 ข้อ โดยภาพรวม เมื่อเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบสูงสุด พบว่า ค่าอำนาจจำแนกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับต่ำ กับ กลุ่มระดับปานกลาง และกลุ่มระดับต่ำ กับกลุ่มระดับสูง และระหว่างกลุ่มระดับปานกลางบางส่วนกับกลุ่มระดับสูง

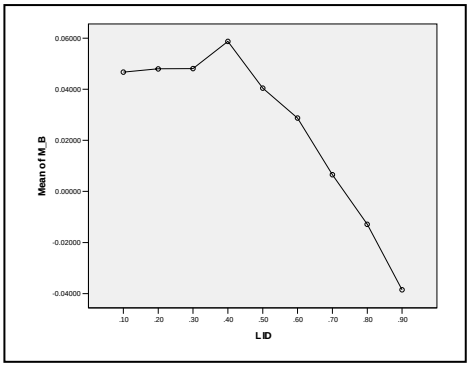
สำหรับค่าความยากง่าย พบว่า ระหว่างระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในกลุ่มระดับต่ำและกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง พบว่า ค่าความยากง่ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สำหรับค่าความสามารถ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ระหว่างระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง และ ค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุด พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับต่ำ กลุ่มระดับปานกลาง และกลุ่มระดับสูง

เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่กรณี**จำนวนผู้สอบ 1200 คน** ทำข้อสอบ 80 ข้อ โดยภาพรวม พบว่า เมื่อมีการเปรียบเทียบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบระหว่างกลุ่มระดับต่ำ กับกลุ่มระดับปานกลาง และระหว่างกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และระหว่างกลุ่มระดับปานกลางบางส่วนกับกลุ่มระดับสูงพบว่า ค่าอำนาจจำแนกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ.05 แต่ระหว่างภายในกลุ่มระดับปานกลางและกลุ่มระดับสูงด้วยกัน พบว่าไม่แตกต่างกัน สำหรับค่าความยากง่าย พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง พบว่า ค่าความยากง่ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สำหรับค่าความสามารถ พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ระหว่างระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง และสำหรับค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุด พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับต่ำ กลุ่มระดับปานกลาง และกลุ่มระดับสูง

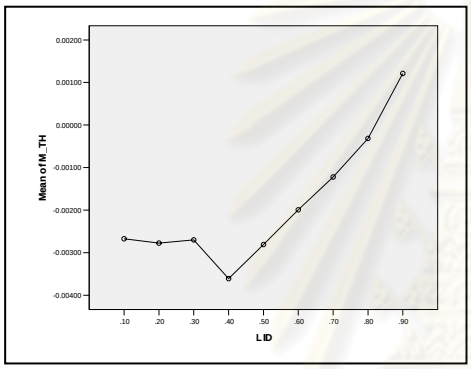
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



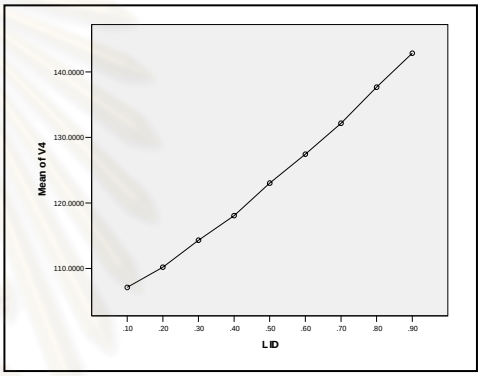

ค่าอำนาจจำแนก (a)




ค่าความยากง่าย (b)



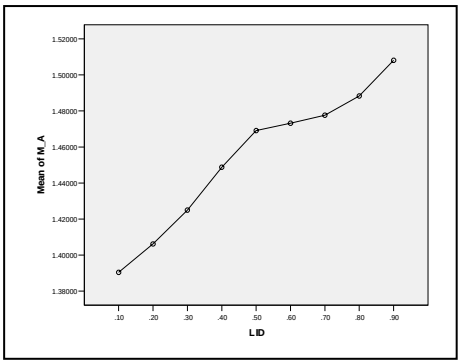

ค่าความสามารถ ($\theta$)



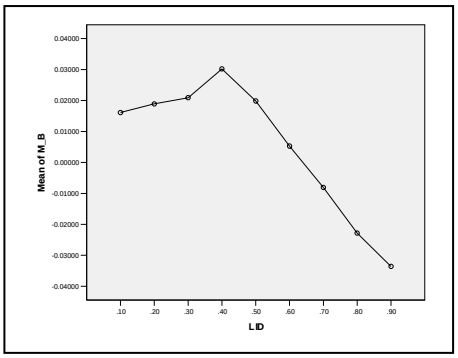

ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF)

**ภาพที่ 4-7** ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ ($\theta$) และค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **400 คน**ทำข้อสอบ 80 ข้อ

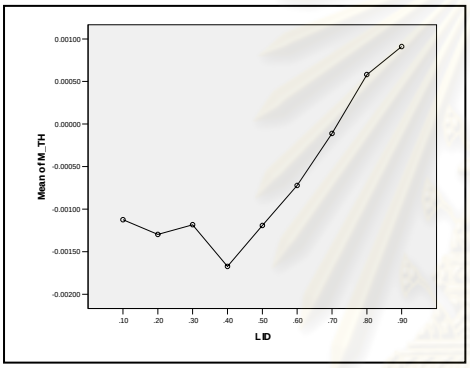
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



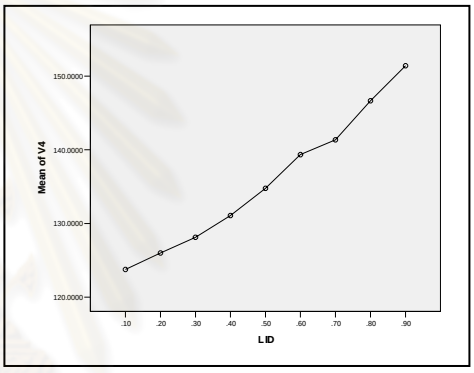

ค่าอำนาจจำแนก (a)




ค่าความยากง่าย (b)



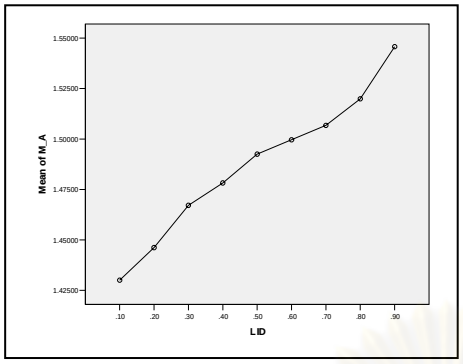

ค่าความสามารถ ($\theta$)



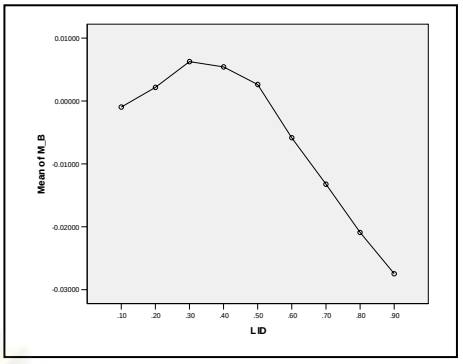

ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF)

**ภาพที่ 4-8** ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ ($\theta$) และค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **800 คน**ทำข้อสอบ 80 ข้อ

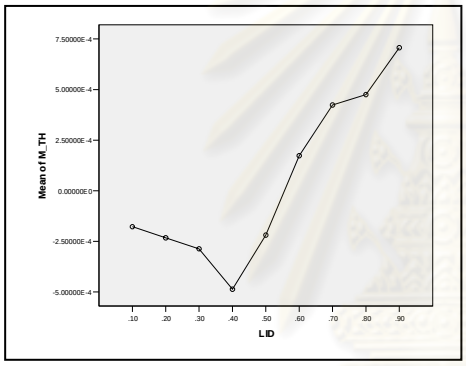
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



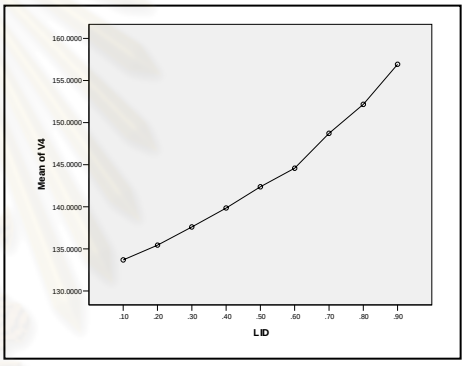

ค่าอำนาจจำแนก (a)




ค่าความยากง่าย (b)




ค่าความสามารถ ($\theta$)




ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF)

**ภาพที่ 4-9** ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าความสามารถ ($\theta$) และ ค่าสารสนเทศของข้อสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **1200 คน**ทำข้อสอบ 80 ข้อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตอนที่ 10 ผลการวิเคราะห์สถิติพื้นฐานโมเดล 3 พารามิเตอร์(3PL) 30 ข้อ**

จากตารางที่ 4-23 กรณีจำนวนผู้สอบ 400 คน **ทำข้อสอบ 30 ข้อ** พบว่า เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในกลุ่มระดับต่ำถึงกลุ่มระดับปานกลาง ค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างคงที่และลดลงเมื่อระดับ ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในกลุ่มระดับปานกลางถึงกลุ่มระดับสูง เมื่อระดับ ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นถึงกลุ่มระดับปานกลาง ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถของผู้สอบลดลงและเริ่มคงที่เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในกลุ่มระดับสูง สำหรับค่าการเดาจะสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในกลุ่มระดับต่ำถึงกลุ่มระดับปานกลาง และต่ำลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในกลุ่มระดับสูง และ สำหรับค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุดมีแนวโน้มลดลง

กรณีจำนวนผู้สอบ 800 คน ลักษณะของค่าอำนาจจำแนก พบว่าลักษณะของค่าอำนาจจำแนกจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อ ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในกลุ่มระดับต่ำถึงกลุ่มระดับปานกลาง และเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในกลุ่มระดับปานกลางถึงกลุ่มระดับสูง ค่าอำนาจจำแนกจะลดลง ค่าความยากง่ายลดลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในกลุ่มระดับต่ำถึงกลุ่มระดับปานกลาง และจะเริ่มคงที่เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในกลุ่มระดับสูง สำหรับค่าการเดาจะสูงขึ้นเมื่อ ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในกลุ่มระดับต่ำถึงกลุ่มระดับปานกลางและลดลง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในกลุ่มระดับปานกลางถึงกลุ่มระดับสูง สำหรับค่าความสามารถจะลดลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้น และสำหรับค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุดมีแนวโน้มลดลง

กรณีจำนวนผู้สอบ 1200 คน ลักษณะของค่าอำนาจจำแนกจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มขึ้นจนถึงระดับปานกลาง แต่จะลดลงและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาค่าความยากง่ายจะมีค่าลดลงเมื่อ ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าการเดามีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อ ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ เพิ่มไปจนถึงระดับปานกลาง และจะลดเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง และค่าความสามารถของผู้สอบจะลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในระดับค่อนข้างสูง และจะลดลงเล็กน้อย เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับสูง และสำหรับค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุดมีแนวโน้มลดลง

จากตารางที่ 4-24 กรณีจำนวนผู้สอบ 400 คน **ทำข้อสอบ 50 ข้อ** พบว่า เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างคงที่และลดลงเมื่อระดับ ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง เมื่อระดับระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นถึงระดับปานกลาง ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถของผู้สอบลดลง

และเริ่มคงที่เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าการเดาจะสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง และต่ำลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุดมีแนวโน้มลดลง

กรณีจำนวนผู้สอบ 800 คน พบว่า เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างคงที่และลดลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นถึงระดับปานกลาง ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถของผู้สอบลดลงและเริ่มคงที่ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาค่าการเดา พบว่า เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับปานกลาง ค่าการเดาจะสูงขึ้นและจะลดลงเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุดมีแนวโน้มลดลง

และกรณีจำนวนผู้สอบ 1200 คน พบว่า ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบแตกต่างจากกรณีอื่น กล่าวคือ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ เพิ่มสูงขึ้น ค่าอำนาจจำแนกจะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สำหรับค่าความยากง่ายสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นจนถึงระดับปานกลาง และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับสูง ส่วนค่าการเดามีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงไปจนถึงระดับปานกลางและจะลดลงเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าความสามารถมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ เพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับปานกลาง และมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง และสำหรับค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุดมีแนวโน้มลดลง

จากตารางที่ 4-25 กรณีจำนวนผู้สอบ 400 คน **ทำข้อสอบ 80 ข้อ** พบว่า เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างคงที่และลดลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นถึงระดับปานกลาง ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถของผู้สอบลดลงและเริ่มคงที่เมื่อ ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าการเดาจะสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง และต่ำลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง และสำหรับค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุดมีแนวโน้มลดลง

กรณีจำนวนผู้สอบ 800 คน พบว่า ค่าอำนาจจำแนกจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นจนถึงระดับปานกลาง จากนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับปานกลาง และจะเพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าความยากง่าย พบว่า มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความ

ไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นจนถึงระดับปานกลาง และจะเริ่มคงที่เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับสูง ค่าการเดามีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบสูงจนถึงระดับปานกลาง และจะลดลงเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าความสามารถจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบสูงขึ้นจากระดับต่ำไปจนถึงสูง และสำหรับค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุดมีแนวโน้มลดลง

กรณีจำนวนผู้สอบ 1200 คน พบว่า ค่าอำนาจจำแนกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความยากง่ายมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นจนถึงระดับปานกลางและจะเริ่มคงที่เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าการเดาสูงขึ้นเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงจนถึงระดับปานกลางและจะลดลงเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าความสามารถจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นจากระดับต่ำไปจนถึงสูง และสำหรับค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุดมีแนวโน้มลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 4-23** ค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา ค่าความสามารถ และ ค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน **30 ข้อ**

| N | Cov. | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}_a$ | $SD_a$ | $\overline{X}_b$ | $SD_b$ | $\overline{X}_c$ | $SD_c$ | $\overline{X}_\theta$ | $SD_\theta$ | TIF | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 400 | .10 | 0.0464 | 0.991 | 0.037 | 0.548 | 0.108 | 0.160 | 0.020 | 0.359 | 0.064 | 0.078 | 0.392 | 2.292 | 9.927 | 13.783 | 5.537 | 1.318 |
| | .20 | 0.0478 | 0.991 | 0.037 | 0.543 | 0.113 | 0.162 | 0.020 | 0.347 | 0.066 | 0.087 | 0.409 | 2.296 | 9.837 | 13.712 | 5.534 | 1.309 |
| | .30 | 0.0506 | 0.994 | 0.045 | 0.531 | 0.114 | 0.164 | 0.020 | 0.325 | 0.071 | 0.095 | 0.449 | 2.335 | 9.614 | 13.531 | 5.589 | 1.326 |
| | .40 | 0.0533 | 0.992 | 0.058 | 0.514 | 0.118 | 0.165 | 0.020 | 0.289 | 0.078 | 0.102 | 0.518 | 2.435 | 9.248 | 13.212 | 5.412 | 1.311 |
| | .50 | 0.0561 | 0.979 | 0.058 | 0.486 | 0.118 | 0.161 | 0.020 | 0.258 | 0.077 | 0.137 | 0.632 | 2.557 | 8.935 | 12.877 | 4.870 | 1.368 |
| | .60 | 0.0603 | 0.958 | 0.050 | 0.466 | 0.120 | 0.156 | 0.019 | 0.232 | 0.073 | 0.164 | 0.717 | 2.623 | 8.684 | 12.367 | 4.347 | 1.431 |
| | .70 | 0.0628 | 0.936 | 0.046 | 0.457 | 0.118 | 0.148 | 0.020 | 0.215 | 0.080 | 0.204 | 0.817 | 2.605 | 8.584 | 11.507 | 4.067 | 1.535 |
| | .80 | 0.0631 | 0.913 | 0.054 | 0.451 | 0.129 | 0.136 | 0.018 | 0.206 | 0.088 | 0.272 | 0.933 | 2.517 | 8.807 | 10.404 | 3.585 | 1.573 |
| | .90 | 0.0569 | 0.897 | 0.048 | 0.455 | 0.130 | 0.123 | 0.017 | 0.216 | 0.083 | 0.320 | 0.975 | 2.296 | 9.836 | 9.236 | 3.276 | 1.576 |
| 800 | .10 | 0.0331 | 0.982 | 0.021 | 0.564 | 0.078 | 0.126 | 0.019 | 0.411 | 0.041 | 0.051 | 0.363 | 2.509 | 11.151 | 14.912 | 5.474 | 1.386 |
| | .20 | 0.0353 | 0.987 | 0.026 | 0.555 | 0.078 | 0.131 | 0.019 | 0.398 | 0.044 | 0.062 | 0.385 | 2.476 | 10.944 | 14.839 | 5.417 | 1.341 |
| | .30 | 0.0395 | 0.992 | 0.036 | 0.538 | 0.089 | 0.138 | 0.019 | 0.367 | 0.050 | 0.083 | 0.466 | 2.544 | 10.360 | 14.539 | 5.182 | 1.340 |
| | .40 | 0.0441 | 0.994 | 0.051 | 0.501 | 0.100 | 0.142 | 0.018 | 0.314 | 0.063 | 0.135 | 0.627 | 2.708 | 9.487 | 14.014 | 4.757 | 1.371 |
| | .50 | 0.0485 | 0.986 | 0.057 | 0.475 | 0.099 | 0.142 | 0.018 | 0.260 | 0.069 | 0.185 | 0.785 | 2.780 | 8.482 | 13.317 | 4.192 | 1.502 |
| | .60 | 0.0509 | 0.966 | 0.052 | 0.449 | 0.107 | 0.141 | 0.018 | 0.217 | 0.074 | 0.248 | 0.935 | 2.735 | 7.895 | 11.944 | 3.677 | 1.625 |
| | .70 | 0.0514 | 0.960 | 0.036 | 0.459 | 0.105 | 0.135 | 0.018 | 0.213 | 0.060 | 0.285 | 0.962 | 2.506 | 8.029 | 10.684 | 3.298 | 1.625 |
| | .80 | 0.0485 | 0.947 | 0.046 | 0.457 | 0.112 | 0.128 | 0.017 | 0.195 | 0.080 | 0.355 | 1.015 | 2.281 | 8.553 | 9.148 | 2.945 | 1.598 |
| | .90 | 0.0472 | 0.941 | 0.048 | 0.453 | 0.121 | 0.122 | 0.019 | 0.181 | 0.082 | 0.411 | 1.029 | 2.106 | 10.093 | 7.539 | 2.623 | 1.584 |
| 1200 | .10 | 0.0308 | 0.971 | 0.020 | 0.567 | 0.060 | 0.108 | 0.018 | 0.421 | 0.032 | 0.043 | 0.368 | 2.697 | 11.765 | 15.231 | 5.600 | 1.382 |
| | .20 | 0.0323 | 0.979 | 0.022 | 0.557 | 0.062 | 0.117 | 0.019 | 0.408 | 0.034 | 0.051 | 0.388 | 2.637 | 11.489 | 15.154 | 5.491 | 1.341 |
| | .30 | 0.0364 | 0.990 | 0.031 | 0.539 | 0.070 | 0.128 | 0.019 | 0.379 | 0.040 | 0.076 | 0.486 | 2.645 | 10.579 | 14.809 | 5.223 | 1.379 |
| | .40 | 0.0409 | 1.001 | 0.052 | 0.504 | 0.088 | 0.136 | 0.019 | 0.321 | 0.059 | 0.135 | 0.664 | 2.760 | 9.301 | 14.214 | 4.734 | 1.416 |
| | .50 | 0.0468 | 1.003 | 0.057 | 0.464 | 0.092 | 0.141 | 0.019 | 0.261 | 0.064 | 0.212 | 0.864 | 2.778 | 8.050 | 13.225 | 3.976 | 1.568 |
| | .60 | 0.0511 | 0.999 | 0.044 | 0.443 | 0.088 | 0.141 | 0.018 | 0.229 | 0.057 | 0.270 | 0.941 | 2.650 | 7.505 | 11.663 | 3.407 | 1.624 |
| | .70 | 0.0513 | 1.002 | 0.029 | 0.438 | 0.083 | 0.134 | 0.017 | 0.227 | 0.044 | 0.331 | 1.011 | 2.502 | 7.659 | 9.904 | 3.036 | 1.593 |
| | .80 | 0.0483 | 1.003 | 0.033 | 0.438 | 0.088 | 0.127 | 0.017 | 0.224 | 0.052 | 0.396 | 1.030 | 2.230 | 8.308 | 8.349 | 2.667 | 1.520 |
| | .90 | 0.0460 | 1.005 | 0.043 | 0.429 | 0.099 | 0.125 | 0.017 | 0.197 | 0.067 | 0.444 | 1.032 | 2.042 | 9.527 | 6.821 | 2.393 | 1.460 |

**ตารางที่ 4-24** ค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา ค่าความสามารถ และ ค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน **50 ข้อ**

| N | Cov. | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}_a$ | $SD_a$ | $\overline{X}_b$ | $SD_b$ | $\overline{X}_c$ | $SD_c$ | $\overline{X}_\theta$ | $SD_\theta$ | TIF | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 400 | .10 | 0.0413 | 0.912 | 0.019 | 0.654 | 0.098 | 0.142 | 0.015 | 0.465 | 0.058 | 0.133 | 0.658 | 3.595 | 14.156 | 21.462 | 10.129 | 2.850 |
| | .20 | 0.0421 | 0.913 | 0.020 | 0.644 | 0.098 | 0.143 | 0.015 | 0.454 | 0.058 | 0.140 | 0.684 | 3.634 | 14.157 | 21.412 | 10.015 | 2.842 |
| | .30 | 0.0451 | 0.912 | 0.028 | 0.632 | 0.105 | 0.144 | 0.015 | 0.429 | 0.065 | 0.166 | 0.777 | 3.728 | 13.737 | 21.084 | 10.174 | 2.814 |
| | .40 | 0.0472 | 0.908 | 0.040 | 0.605 | 0.110 | 0.144 | 0.015 | 0.374 | 0.076 | 0.210 | 0.955 | 3.933 | 13.032 | 20.337 | 10.229 | 2.804 |
| | .50 | 0.0490 | 0.892 | 0.045 | 0.551 | 0.114 | 0.143 | 0.014 | 0.308 | 0.078 | 0.288 | 1.221 | 4.205 | 12.313 | 19.229 | 9.193 | 2.762 |
| | .60 | 0.0480 | 0.868 | 0.041 | 0.513 | 0.112 | 0.140 | 0.014 | 0.264 | 0.075 | 0.381 | 1.415 | 4.199 | 11.739 | 18.405 | 7.774 | 2.754 |
| | .70 | 0.0476 | 0.844 | 0.036 | 0.496 | 0.112 | 0.134 | 0.014 | 0.237 | 0.076 | 0.479 | 1.574 | 4.023 | 11.578 | 17.210 | 6.427 | 2.813 |
| | .80 | 0.0479 | 0.821 | 0.040 | 0.478 | 0.120 | 0.127 | 0.013 | 0.212 | 0.091 | 0.613 | 1.746 | 3.728 | 11.915 | 15.276 | 5.921 | 2.858 |
| | .90 | 0.0488 | 0.808 | 0.039 | 0.481 | 0.119 | 0.120 | 0.013 | 0.213 | 0.088 | 0.679 | 1.674 | 3.219 | 13.650 | 13.653 | 4.815 | 2.625 |
| 800 | .10 | 0.0315 | 0.774 | 0.011 | 0.852 | 0.015 | 0.672 | 0.071 | 0.104 | 0.014 | 0.128 | 0.780 | 4.208 | 14.748 | 20.729 | 10.192 | 3.214 |
| | .20 | 0.0329 | 0.780 | 0.011 | 0.857 | 0.017 | 0.664 | 0.075 | 0.108 | 0.014 | 0.136 | 0.799 | 4.172 | 14.646 | 20.801 | 10.037 | 3.132 |
| | .30 | 0.0361 | 0.787 | 0.010 | 0.862 | 0.024 | 0.638 | 0.080 | 0.117 | 0.014 | 0.185 | 0.946 | 4.178 | 13.795 | 20.471 | 9.578 | 3.026 |
| | .40 | 0.0406 | 0.793 | 0.010 | 0.864 | 0.037 | 0.583 | 0.091 | 0.123 | 0.014 | 0.793 | 0.864 | 0.408 | 0.583 | 0.455 | 0.123 | 0.113 |
| | .50 | 0.0431 | 0.800 | 0.010 | 0.860 | 0.048 | 0.532 | 0.100 | 0.128 | 0.013 | 0.482 | 1.613 | 4.242 | 10.659 | 18.903 | 7.256 | 2.819 |
| | .60 | 0.0444 | 0.806 | 0.009 | 0.842 | 0.048 | 0.491 | 0.107 | 0.130 | 0.014 | 0.633 | 1.772 | 3.957 | 9.712 | 17.461 | 5.933 | 2.854 |
| | .70 | 0.0449 | 0.812 | 0.009 | 0.837 | 0.035 | 0.480 | 0.101 | 0.126 | 0.013 | 0.715 | 1.820 | 3.576 | 10.258 | 15.808 | 4.896 | 2.722 |
| | .80 | 0.0440 | 0.820 | 0.009 | 0.835 | 0.036 | 0.482 | 0.102 | 0.122 | 0.013 | 0.771 | 1.729 | 3.110 | 11.374 | 13.911 | 4.149 | 2.716 |
| | .90 | 0.0440 | 0.828 | 0.008 | 0.831 | 0.042 | 0.478 | 0.110 | 0.119 | 0.015 | 0.813 | 1.638 | 2.699 | 14.405 | 11.211 | 3.595 | 2.482 |
| 1200 | .10 | 0.0267 | 0.815 | 0.015 | 0.668 | 0.059 | 0.094 | 0.014 | 0.525 | 0.034 | 0.142 | 0.890 | 4.533 | 14.610 | 19.671 | 10.037 | 3.300 |
| | .20 | 0.0282 | 0.822 | 0.016 | 0.661 | 0.062 | 0.098 | 0.013 | 0.508 | 0.033 | 0.154 | 0.910 | 4.457 | 14.512 | 19.828 | 9.875 | 3.222 |
| | .30 | 0.0320 | 0.833 | 0.021 | 0.632 | 0.068 | 0.113 | 0.014 | 0.463 | 0.039 | 0.219 | 1.066 | 4.256 | 13.288 | 19.640 | 9.228 | 3.056 |
| | .40 | 0.0368 | 0.850 | 0.036 | 0.577 | 0.084 | 0.123 | 0.015 | 0.382 | 0.055 | 0.372 | 1.419 | 4.291 | 11.544 | 19.494 | 8.252 | 2.975 |
| | .50 | 0.0412 | 0.862 | 0.051 | 0.514 | 0.095 | 0.130 | 0.015 | 0.283 | 0.073 | 0.574 | 1.749 | 4.082 | 9.671 | 18.672 | 6.853 | 2.710 |
| | .60 | 0.0430 | 0.858 | 0.048 | 0.466 | 0.089 | 0.133 | 0.014 | 0.224 | 0.070 | 0.701 | 1.815 | 3.712 | 9.039 | 17.177 | 5.427 | 2.677 |
| | .70 | 0.0423 | 0.868 | 0.029 | 0.459 | 0.081 | 0.130 | 0.013 | 0.225 | 0.054 | 0.753 | 1.770 | 3.370 | 9.801 | 15.290 | 4.360 | 2.610 |
| | .80 | 0.0422 | 0.876 | 0.026 | 0.464 | 0.080 | 0.124 | 0.013 | 0.215 | 0.051 | 0.809 | 1.724 | 2.979 | 11.002 | 13.093 | 3.642 | 2.507 |
| | .90 | 0.0410 | 0.874 | 0.040 | 0.462 | 0.092 | 0.122 | 0.014 | 0.164 | 0.076 | 0.860 | 1.617 | 2.572 | 14.367 | 10.121 | 3.145 | 2.316 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 4-25** ค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา ค่าความสามารถ และ ค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยใช้จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน **80 ข้อ**

| N | Cov. | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}_a$ | $SD_a$ | $\overline{X}_b$ | $SD_b$ | $\overline{X}_c$ | $SD_c$ | $\overline{X}_\theta$ | $SD_\theta$ | TIF | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 400 | .10 | 0.0419 | 0.853 | 0.015 | 0.743 | 0.090 | 0.127 | 0.012 | 0.548 | 0.057 | 0.233 | 1.112 | 5.530 | 19.888 | 31.686 | 17.360 | 5.628 |
| | .20 | 0.0427 | 0.853 | 0.015 | 0.736 | 0.092 | 0.127 | 0.011 | 0.538 | 0.058 | 0.249 | 1.158 | 5.574 | 19.814 | 31.588 | 17.072 | 5.570 |
| | .30 | 0.0444 | 0.849 | 0.020 | 0.712 | 0.096 | 0.130 | 0.012 | 0.501 | 0.064 | 0.291 | 1.312 | 5.738 | 19.305 | 30.973 | 17.142 | 5.392 |
| | .40 | 0.0477 | 0.843 | 0.033 | 0.663 | 0.103 | 0.131 | 0.011 | 0.429 | 0.074 | 0.405 | 1.685 | 6.140 | 18.238 | 29.663 | 17.333 | 5.124 |
| | .50 | 0.0488 | 0.825 | 0.040 | 0.606 | 0.104 | 0.132 | 0.011 | 0.345 | 0.078 | 0.573 | 2.127 | 6.383 | 16.693 | 27.825 | 15.942 | 4.921 |
| | .60 | 0.0493 | 0.799 | 0.035 | 0.561 | 0.104 | 0.131 | 0.010 | 0.285 | 0.074 | 0.749 | 2.451 | 6.279 | 15.586 | 26.631 | 12.917 | 4.757 |
| | .70 | 0.0496 | 0.777 | 0.031 | 0.533 | 0.105 | 0.128 | 0.010 | 0.245 | 0.074 | 0.918 | 2.596 | 5.796 | 15.350 | 25.097 | 10.420 | 4.488 |
| | .80 | 0.0503 | 0.757 | 0.035 | 0.505 | 0.113 | 0.125 | 0.010 | 0.212 | 0.087 | 1.123 | 2.720 | 5.150 | 15.976 | 22.413 | 9.183 | 4.250 |
| | .90 | 0.0515 | 0.746 | 0.032 | 0.515 | 0.106 | 0.120 | 0.009 | 0.208 | 0.088 | 1.186 | 2.541 | 4.373 | 18.650 | 20.389 | 7.148 | 4.027 |
| 800 | .10 | 0.0302 | 0.754 | 0.013 | 0.760 | 0.072 | 0.093 | 0.012 | 0.588 | 0.040 | 0.295 | 1.517 | 6.546 | 19.064 | 27.193 | 16.508 | 6.284 |
| | .20 | 0.0314 | 0.757 | 0.013 | 0.749 | 0.071 | 0.097 | 0.012 | 0.575 | 0.040 | 0.311 | 1.542 | 6.472 | 18.943 | 27.300 | 16.210 | 6.102 |
| | .30 | 0.0347 | 0.761 | 0.016 | 0.716 | 0.075 | 0.105 | 0.011 | 0.518 | 0.048 | 0.424 | 1.784 | 6.359 | 17.889 | 27.120 | 15.375 | 5.751 |
| | .40 | 0.0387 | 0.768 | 0.029 | 0.651 | 0.090 | 0.115 | 0.011 | 0.416 | 0.065 | 0.680 | 2.280 | 6.296 | 15.871 | 26.682 | 14.574 | 5.272 |
| | .50 | 0.0407 | 0.765 | 0.042 | 0.569 | 0.096 | 0.122 | 0.011 | 0.293 | 0.078 | 1.020 | 2.770 | 5.996 | 13.464 | 25.550 | 11.920 | 4.633 |
| | .60 | 0.0413 | 0.750 | 0.040 | 0.521 | 0.096 | 0.125 | 0.010 | 0.206 | 0.080 | 1.234 | 2.919 | 5.359 | 12.266 | 24.522 | 9.252 | 4.212 |
| | .70 | 0.0415 | 0.750 | 0.031 | 0.508 | 0.092 | 0.125 | 0.010 | 0.180 | 0.070 | 1.295 | 2.744 | 4.718 | 13.284 | 23.033 | 7.113 | 3.939 |
| | .80 | 0.0424 | 0.753 | 0.029 | 0.512 | 0.096 | 0.123 | 0.010 | 0.158 | 0.074 | 1.315 | 2.532 | 4.101 | 15.366 | 20.480 | 5.942 | 3.757 |
| | .90 | 0.0432 | 0.749 | 0.038 | 0.522 | 0.104 | 0.121 | 0.011 | 0.124 | 0.093 | 1.296 | 2.302 | 3.399 | 20.309 | 16.458 | 5.114 | 3.422 |
| 1200 | .10 | 0.0247 | 0.701 | 0.010 | 0.753 | 0.058 | 0.091 | 0.011 | 0.609 | 0.030 | 0.366 | 1.771 | 6.802 | 17.686 | 23.982 | 15.394 | 6.348 |
| | .20 | 0.0263 | 0.707 | 0.011 | 0.739 | 0.058 | 0.092 | 0.011 | 0.587 | 0.033 | 0.394 | 1.808 | 6.763 | 17.818 | 24.463 | 15.179 | 6.149 |
| | .30 | 0.0298 | 0.719 | 0.014 | 0.707 | 0.061 | 0.106 | 0.011 | 0.525 | 0.038 | 0.519 | 1.976 | 6.295 | 16.529 | 24.725 | 14.140 | 5.731 |
| | .40 | 0.0341 | 0.742 | 0.028 | 0.642 | 0.077 | 0.119 | 0.011 | 0.421 | 0.054 | 0.796 | 2.404 | 5.965 | 14.391 | 25.470 | 13.491 | 5.222 |
| | .50 | 0.0372 | 0.765 | 0.043 | 0.554 | 0.086 | 0.128 | 0.012 | 0.301 | 0.073 | 1.152 | 2.811 | 5.518 | 12.061 | 25.420 | 11.312 | 4.520 |
| | .60 | 0.0379 | 0.767 | 0.039 | 0.487 | 0.081 | 0.132 | 0.011 | 0.229 | 0.070 | 1.324 | 2.870 | 4.980 | 11.433 | 24.615 | 9.062 | 3.802 |
| | .70 | 0.0381 | 0.773 | 0.027 | 0.483 | 0.075 | 0.131 | 0.011 | 0.214 | 0.056 | 1.350 | 2.674 | 4.362 | 12.779 | 22.831 | 6.554 | 3.512 |
| | .80 | 0.0387 | 0.783 | 0.027 | 0.500 | 0.076 | 0.125 | 0.011 | 0.191 | 0.054 | 1.349 | 2.444 | 3.803 | 14.979 | 19.800 | 5.426 | 3.403 |
| | .90 | 0.0404 | 0.780 | 0.036 | 0.491 | 0.090 | 0.123 | 0.012 | 0.135 | 0.077 | 1.322 | 2.233 | 3.161 | 21.030 | 14.908 | 4.306 | 3.052 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตอนที่ 11 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 3 พารามิเตอร์(3PL) จำนวน 30 ข้อ**

**ตารางที่ 4-26** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าความเที่ยง ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน โดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียว

| Variable | Source of Variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **กรณี 400 คน** | | | | | | |
| a | Between Groups | 11.148 | 8 | 1.394 | 588.593 | .000 |
| | Within Groups | 21.287 | 8991 | .002 | | |
| | Total | 32.436 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | 12.638 | 8 | 1.580 | 112.071 | .000 |
| | Within Groups | 126.740 | 8991 | .014 | | |
| | Total | 139.378 | 8999 | | | |
| c | Between Groups | 1.669 | 8 | .209 | 563.528 | .000 |
| | Within Groups | 3.329 | 8991 | .00037 | | |
| | Total | 4.998 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | 28.848 | 8 | 3.606 | 628.374 | .000 |
| | Within Groups | 51.596 | 8991 | .006 | | |
| | Total | 80.444 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 20485.035 | 8 | 2560.629 | 1268.737 | .000 |
| | Within Groups | 18146.091 | 8991 | 2.018 | | |
| | Total | 38631.126 | 8999 | | | |
| **กรณี 800 คน** | | | | | | |
| a | Between Groups | 3.106 | 8 | .388 | 207.462 | .000 |
| | Within Groups | 16.824 | 8991 | .002 | | |
| | Total | 19.930 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | 17.347 | 8 | 2.168 | 218.674 | .000 |
| | Within Groups | 89.155 | 8991 | .010 | | |
| | Total | 106.502 | 8999 | | | |
| c | Between Groups | .454 | 8 | .057 | 167.897 | .000 |
| | Within Groups | 3.038 | 8991 | .00034 | | |
| | Total | 3.491 | 8999 | | | |

*c หมายถึง ค่าการเดา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| Variable | Source of Variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| θ | Between Groups | 65.282 | 8 | 8.160 | 1980.378 | .000 |
| | Within Groups | 37.048 | 8991 | .004 | | |
| | Total | 102.329 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 57589.135 | 8 | 7198.642 | 2699.743 | .000 |
| | Within Groups | 23973.762 | 8991 | 2.666 | | |
| | Total | 81562.897 | 8999 | | | |
| **กรณี 1200 คน** | | | | | | |
| a | Between Groups | 1.170 | 8 | .146 | 98.853 | .000 |
| | Within Groups | 13.298 | 8991 | .001 | | |
| | Total | 14.468 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | 24.927 | 8 | 3.116 | 461.462 | .000 |
| | Within Groups | 60.708 | 8991 | .007 | | |
| | Total | 85.635 | 8999 | | | |
| c | Between Groups | .955 | 8 | .119 | 370.876 | .000 |
| | Within Groups | 2.895 | 8991 | .00032 | | |
| | Total | 3.850 | 8999 | | | |
| θ | Between Groups | 60.918 | 8 | 7.615 | 2913.840 | .000 |
| | Within Groups | 23.496 | 8991 | .003 | | |
| | Total | 84.414 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 79130.349 | 8 | 9891.294 | 4518.142 | .000 |
| | Within Groups | 19683.449 | 8991 | 2.189 | | |
| | Total | 98813.97 | 8999 | | | |

เมื่อพิจารณาจากตารางผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว กรณีจำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน จำนวนข้อสอบ 30 ข้อ พบว่า เมื่อระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน จะทำให้ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe'

**ตารางที่ 4-27** ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe'

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| 400 | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0464 | 0.991 | 0.037 | - | | | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0478 | 0.991 | 0.037 | | - | | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0506 | 0.994 | 0.045 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0533 | 0.992 | 0.058 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0561 | 0.979 | 0.058 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0603 | 0.958 | 0.050 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0628 | 0.936 | 0.046 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0631 | 0.913 | 0.054 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0569 | 0.897 | 0.048 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0464 | 0.548 | 0.108 | - | | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0478 | 0.543 | 0.113 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0506 | 0.531 | 0.114 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0533 | 0.514 | 0.118 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0561 | 0.486 | 0.118 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0603 | 0.466 | 0.120 | | | | | | - | | | |
| | 0.0628 | 0.457 | 0.118 | | | | | | | - | | |
| | 0.0631 | 0.451 | 0.129 | | | | | | | | - | |
| | 0.0569 | 0.455 | 0.130 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_c$ | 0.0464 | 0.160 | 0.020 | - | | ** | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0478 | 0.162 | 0.020 | | - | | | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0506 | 0.164 | 0.020 | | | - | | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0533 | 0.165 | 0.020 | | | | - | * | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0561 | 0.161 | 0.020 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0603 | 0.156 | 0.019 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0628 | 0.148 | 0.020 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0631 | 0.136 | 0.018 | | | | | | | | | ** |
| | 0.0569 | 0.123 | 0.017 | | | | | | | | | - |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| $\overline{X}_\theta$ | 0.0464 | 0.359 | 0.064 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0478 | 0.347 | 0.066 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0506 | 0.325 | 0.071 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0533 | 0.289 | 0.078 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0561 | 0.258 | 0.077 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0603 | 0.232 | 0.073 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0628 | 0.215 | 0.080 | | | | | | | - | | |
| | 0.0631 | 0.206 | 0.088 | | | | | | | | - | |
| | 0.0569 | 0.216 | 0.083 | | | | | | | | | - |
| $TIF_{max}$ | 0.0464 | 13.783 | 0.913 | - | | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0478 | 13.712 | 0.944 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0506 | 13.531 | 1.036 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0533 | 13.212 | 1.229 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0561 | 12.877 | 1.403 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0603 | 12.367 | 1.473 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0628 | 11.507 | 1.586 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0631 | 10.404 | 2.028 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0569 | 9.236 | 1.758 | | | | | | | | | - |
| 800 | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0331 | 0.982 | 0.021 | - | | ** | ** | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0353 | 0.987 | 0.026 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0395 | 0.992 | 0.036 | | | - | | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0441 | 0.994 | 0.051 | | | | - | * | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0485 | 0.986 | 0.057 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0509 | 0.966 | 0.052 | | | | | | - | | ** | ** |
| | 0.0514 | 0.960 | 0.036 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0485 | 0.947 | 0.046 | | | | | | | | - | |
| | 0.0472 | 0.941 | 0.048 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0331 | 0.564 | 0.078 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0353 | 0.555 | 0.078 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0395 | 0.538 | 0.089 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0441 | 0.501 | 0.100 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0485 | 0.475 | 0.099 | | | | | - | ** | | * | ** |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| | 0.0509 | 0.449 | 0.107 | | | | | | - | | | |
| | 0.0514 | 0.459 | 0.105 | | | | | | | - | | |
| | 0.0485 | 0.457 | 0.112 | | | | | | | | - | |
| | 0.0472 | 0.453 | 0.121 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_c$ | 0.0331 | 0.126 | 0.019 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | | ** |
| | 0.0353 | 0.131 | 0.019 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | * | ** |
| | 0.0395 | 0.138 | 0.019 | | | - | ** | ** | | | ** | ** |
| | 0.0441 | 0.142 | 0.018 | | | | - | | | ** | ** | ** |
| | 0.0485 | 0.142 | 0.018 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0509 | 0.141 | 0.018 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0514 | 0.135 | 0.018 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0485 | 0.128 | 0.017 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0472 | 0.122 | 0.019 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_\theta$ | 0.0331 | 0.411 | 0.041 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0353 | 0.398 | 0.044 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0395 | 0.367 | 0.050 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0441 | 0.314 | 0.063 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0485 | 0.260 | 0.069 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0509 | 0.217 | 0.074 | | | | | | - | | ** | ** |
| | 0.0514 | 0.213 | 0.060 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0485 | 0.195 | 0.080 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0472 | 0.181 | 0.082 | | | | | | | | | - |
| $TIF_{max}$ | 0.0331 | 14.912 | 0.737 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0353 | 14.839 | 0.772 | | - | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0395 | 14.539 | 0.993 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0441 | 14.014 | 1.423 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0485 | 13.317 | 1.747 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0509 | 11.944 | 2.084 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0514 | 10.684 | 2.211 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0485 | 9.148 | 1.969 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0472 | 7.539 | 1.921 | | | | | | | | | - |
| 1200 | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0308 | 0.971 | 0.020 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0323 | 0.979 | 0.022 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| | 0.0364 | 0.990 | 0.031 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0409 | 1.001 | 0.052 | | | | - | | | | | |
| | 0.0468 | 1.003 | 0.057 | | | | | - | | | | |
| | 0.0511 | 0.999 | 0.044 | | | | | | - | | | |
| | 0.0513 | 1.002 | 0.029 | | | | | | | - | | |
| | 0.0483 | 1.003 | 0.033 | | | | | | | | - | |
| | 0.0460 | 1.005 | 0.043 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0308 | 0.567 | 0.060 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0323 | 0.557 | 0.062 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0364 | 0.539 | 0.070 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0409 | 0.504 | 0.088 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0468 | 0.464 | 0.092 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0511 | 0.443 | 0.088 | | | | | | - | | | |
| | 0.0513 | 0.438 | 0.083 | | | | | | | - | | |
| | 0.0483 | 0.438 | 0.088 | | | | | | | | - | |
| | 0.0460 | 0.429 | 0.099 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_c$ | 0.0308 | 0.108 | 0.018 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0323 | 0.117 | 0.019 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0364 | 0.128 | 0.019 | | | - | ** | ** | ** | ** | | ** |
| | 0.0409 | 0.136 | 0.019 | | | | - | ** | ** | | ** | ** |
| | 0.0468 | 0.141 | 0.019 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0511 | 0.141 | 0.018 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0513 | 0.134 | 0.017 | | | | | | | - | ** | |
| | 0.0483 | 0.127 | 0.017 | | | | | | | | - | |
| | 0.0460 | 0.125 | 0.017 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_\theta$ | 0.0308 | 0.421 | 0.032 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0323 | 0.408 | 0.034 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0364 | 0.379 | 0.040 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0409 | 0.321 | 0.059 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0468 | 0.261 | 0.064 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0511 | 0.229 | 0.057 | | | | | | - | | | ** |
| | 0.0513 | 0.227 | 0.044 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0483 | 0.224 | 0.052 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0460 | 0.197 | 0.067 | | | | | | | | | - |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| $TIF_{max}$ | 0.0308 | 15.231 | 0.583 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0323 | 15.154 | 0.647 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0364 | 14.809 | 0.838 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0409 | 14.214 | 1.481 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0468 | 13.225 | 1.878 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0511 | 11.663 | 2.049 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0513 | 9.904 | 1.731 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0483 | 8.349 | 1.700 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0460 | 6.821 | 1.562 | | | | | | | | | - |

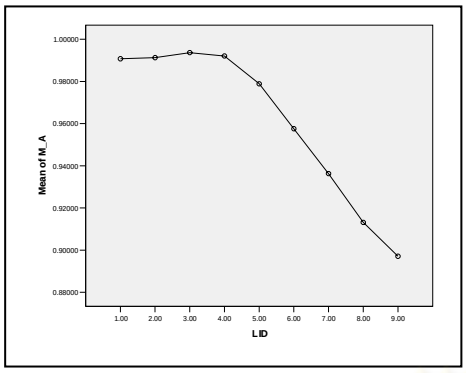
เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ **กรณีจำนวนผู้สอบ 400 คน** ทำข้อสอบ 30 ข้อ โดยภาพรวม เมื่อเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบสูงสุด พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนก พบว่า แตกต่างกันระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลางและกลุ่มระดับสูง และระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับสูงด้วยกัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าความยากง่าย พบว่า แตกต่างกันระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลางและกลุ่มระดับสูง เมื่อพิจารณาค่าการเดา พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง และระหว่างกลุ่มสูงด้วยกัน เมื่อพิจารณาค่าความสามารถ พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลาง และกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และระหว่างภายในกลุ่มระดับปานกลางและกลุ่มระดับสูง และเมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบค่าสารสนเทศของแบบสอบ พบว่า ส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่มระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบทุกระดับ ยกเว้นภายในกลุ่มระดับต่ำ พบว่า บางรายคู่ไม่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ **กรณีจำนวนผู้สอบ 800 คน** ทำข้อสอบ 30 ข้อ โดยภาพรวม เมื่อเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนกระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง พบว่า มีความแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าความยากง่าย ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลางและกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง พบว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่าการเดา พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่ม

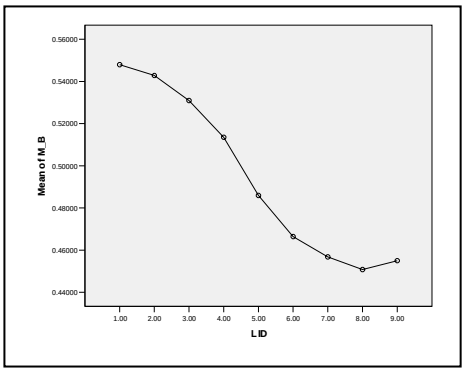
ระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลาง กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง สำหรับค่าความสามารถของผู้สอบ พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ทุกระดับ และเมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบค่าสารสนเทศของแบบสอบส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ทุกระดับ ยกเว้นภายในกลุ่มต่ำ พบว่า บางรายคู่ไม่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ **กรณีจำนวนผู้สอบ 1200 คน** ทำข้อสอบ 30 ข้อ โดยภาพรวม เมื่อเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนกระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลางและกลุ่มระดับสูง พบว่า มีความแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าความยากง่าย ระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลาง กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง พบว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่าการเดา พบว่า มีความแตกต่างกัน สำหรับค่าการเดาและค่าความสามารถของผู้สอบ พบว่า ส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ทุกระดับ และเมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบค่าสารสนเทศของแบบสอบส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ทุกระดับ ยกเว้นภายในกลุ่มต่ำ พบว่า บางรายคู่ไม่แตกต่างกัน

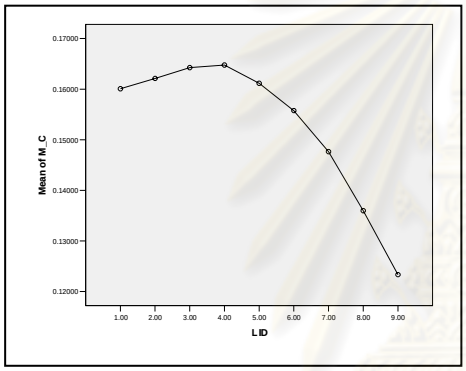
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



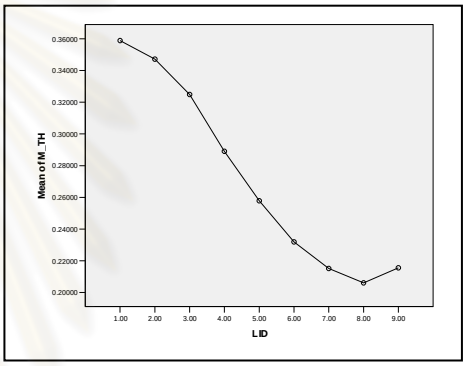

ค่าอำนาจจำแนก (a)



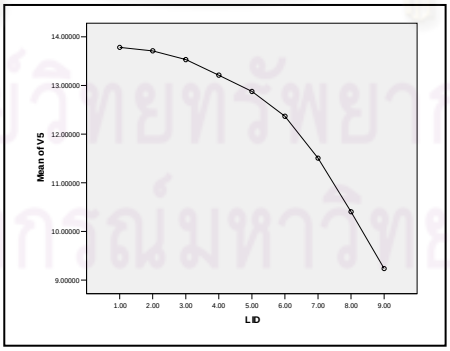

ค่าความยากง่าย (b)




ค่าการเดา (c)



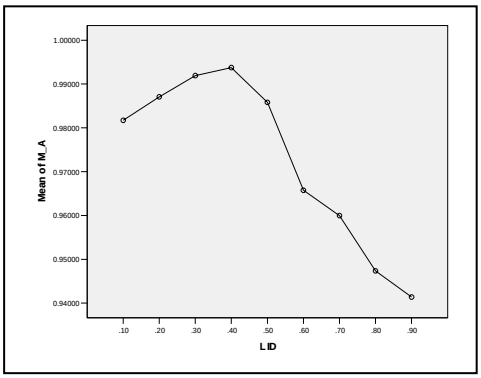

ค่าความสามารถ ($\theta$)



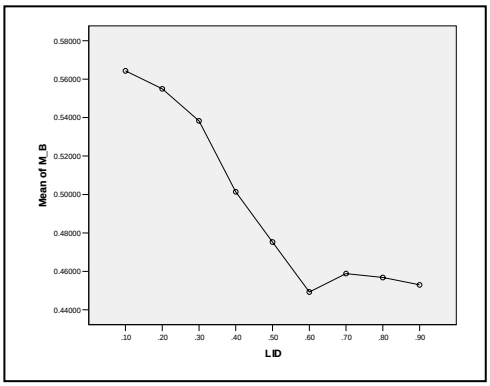

ค่าสารสนเทศของแบบสอบ(TIF)

**ภาพที่ 4-10** ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับ ค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา (c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **400 คน** ทำข้อสอบ 30 ข้อ

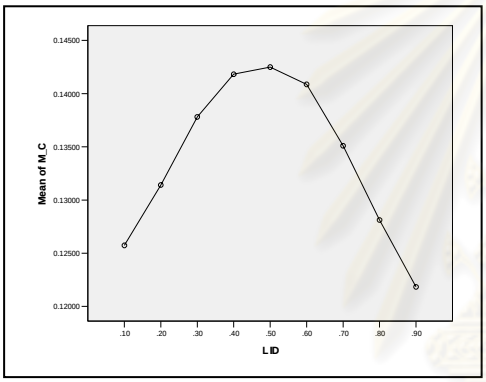
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



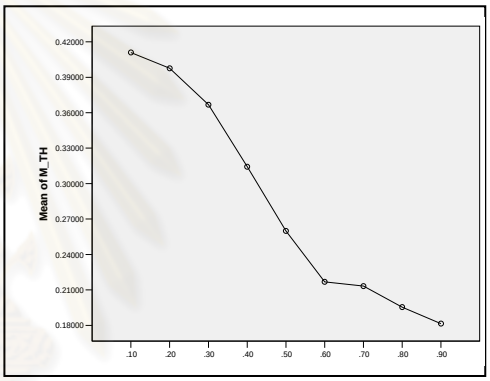

ค่าอำนาจจำแนก (a)



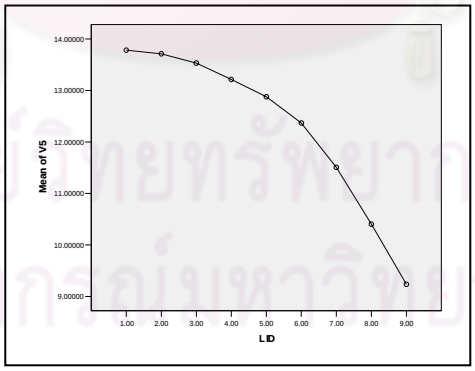

ค่าความยากง่าย (b)




ค่าการเดา(c)



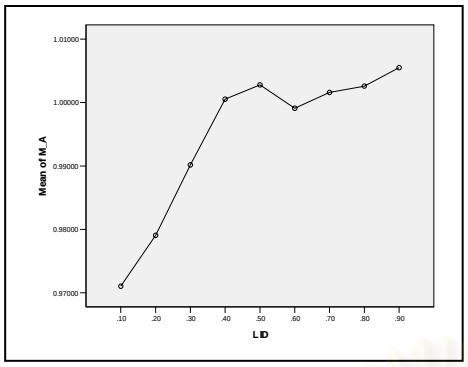

ค่าความสามารถ ($\theta$)



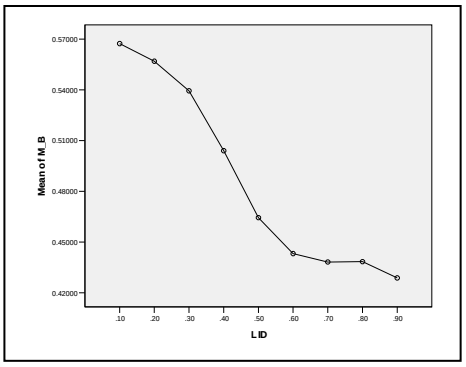

ค่าสารสนเทศของแบบสอบ(TIF)

**ภาพที่ 4-11** ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับ ค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา(c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **800 คน** ทำข้อสอบ 30 ข้อ

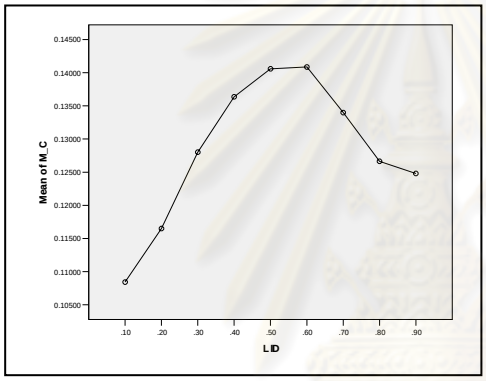
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



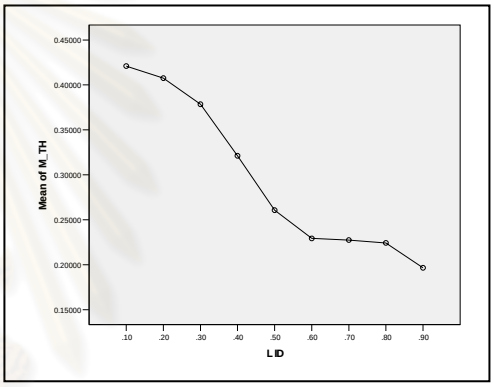

ค่าอำนาจจำแนก (a)



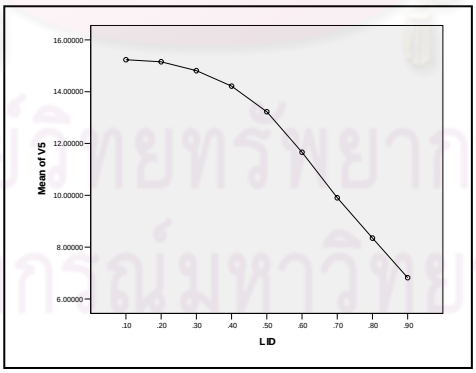

ค่าความยากง่าย (b)




ค่าการเดา(c)




ค่าความสามารถ ($\theta$)




ค่าสารสนเทศของแบบสอบ(TIF)

**ภาพที่ 4-12** ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา(c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **1200 คน** ทำข้อสอบ 30 ข้อ

**ตอนที่ 12 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 3 พารามิเตอร์(3PL) จำนวน 50 ข้อ**

**ตารางที่ 4-28** ผลการการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน

| Variable | Source of Variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **กรณี 400 คน** | | | | | | |
| a | Between Groups | 13.966 | 8 | 1.746 | 1402.401 | .000 |
| | Within Groups | 11.192 | 8991 | .001 | | |
| | Total | 25.158 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | 42.459 | 8 | 5.307 | 437.234 | .000 |
| | Within Groups | 109.136 | 8991 | .012 | | |
| | Total | 151.595 | 8999 | | | |
| c | Between Groups | .606 | 8 | .076 | 375.415 | .000 |
| | Within Groups | 1.815 | 8991 | .00020 | | |
| | Total | 2.422 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | 86.310 | 8 | 10.789 | 1924.839 | .000 |
| | Within Groups | 50.395 | 8991 | .006 | | |
| | Total | 136.705 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 63127.501 | 8 | 7890.938 | 2068.168 | .000 |
| | Within Groups | 34304.471 | 8991 | 3.815 | | |
| | Total | 97431.973 | 8999 | | | |
| **กรณี 800 คน** | | | | | | |
| a | Between Groups | 1.320 | 8 | .165 | 131.538 | .000 |
| | Within Groups | 11.281 | 8991 | .001 | | |
| | Total | 12.601 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | 54.452 | 8 | 6.807 | 772.978 | .000 |
| | Within Groups | 79.171 | 8991 | .009 | | |
| | Total | 133.623 | 8999 | | | |
| c | Between Groups | .637 | 8 | .080 | 417.922 | .000 |
| | Within Groups | 1.713 | 8991 | .00019 | | |
| | Total | 2.351 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | 165.028 | 8 | 20.628 | 4410.222 | .000 |

| Variable | Source of Variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Within Groups | 42.055 | 8991 | .005 | | |
| | Total | 207.082 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 92457.891 | 8 | 11557.236 | 2625.665 | .000 |
| | Within Groups | 39575.156 | 8991 | 4.402 | | |
| | Total | 132033.047 | 8999 | | | |
| **กรณี 1200 คน** | | | | | | |
| a | Between Groups | 4.040 | 8 | .505 | 443.354 | .000 |
| | Within Groups | 10.241 | 8991 | .001 | | |
| | Total | 14.281 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | 65.350 | 8 | 8.169 | 1277.851 | .000 |
| | Within Groups | 57.476 | 8991 | .006 | | |
| | Total | 122.826 | 8999 | | | |
| c | Between Groups | 1.622 | 8 | .203 | 1057.836 | .000 |
| | Within Groups | 1.723 | 8991 | .00019 | | |
| | Total | 3.345 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | 154.963 | 8 | 19.370 | 6195.158 | .000 |
| | Within Groups | 28.112 | 8991 | .003 | | |
| | Total | 183.075 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 96664.049 | 8 | 12083.006 | 3196.484 | .000 |
| | Within Groups | 33986.810 | 8991 | 3.780 | | |
| | Total | 130650.859 | 8999 | | | |

เมื่อพิจารณาจากตารางผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว กรณีจำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน จำนวนข้อสอบ 50 ข้อ พบว่า เมื่อระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน จะทำให้ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา และค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe'

**ตารางที่ 4-29** ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe

| ตัวแปรตาม | $\|Q_3\|$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| **400** | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0413 | 0.912 | 0.019 | - | | | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0421 | 0.913 | 0.020 | | - | | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0451 | 0.912 | 0.028 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0472 | 0.908 | 0.040 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0490 | 0.892 | 0.045 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0480 | 0.868 | 0.041 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0476 | 0.844 | 0.036 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0479 | 0.821 | 0.040 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0488 | 0.808 | 0.039 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0413 | 0.654 | 0.098 | - | | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0421 | 0.644 | 0.098 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0451 | 0.632 | 0.105 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0472 | 0.605 | 0.110 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0490 | 0.551 | 0.114 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0480 | 0.513 | 0.112 | | | | | | - | | ** | ** |
| | 0.0476 | 0.496 | 0.112 | | | | | | | - | | |
| | 0.0479 | 0.478 | 0.120 | | | | | | | | - | |
| | 0.0488 | 0.481 | 0.119 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_c$ | 0.0413 | 0.142 | 0.015 | - | | | | | | ** | ** | ** |
| | 0.0421 | 0.143 | 0.015 | | - | | | | * | ** | ** | ** |
| | 0.0451 | 0.144 | 0.015 | | | - | | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0472 | 0.144 | 0.015 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0490 | 0.143 | 0.014 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0480 | 0.140 | 0.014 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0476 | 0.134 | 0.014 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0479 | 0.127 | 0.013 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0488 | 0.120 | 0.013 | | | | | | | | | - |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| $\overline{X}_\theta$ | 0.0421 | 0.465 | 0.058 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0451 | 0.454 | 0.058 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0472 | 0.429 | 0.065 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0490 | 0.374 | 0.076 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0480 | 0.308 | 0.078 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0476 | 0.264 | 0.075 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0479 | 0.237 | 0.076 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0488 | 0.212 | 0.091 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0413 | 0.213 | 0.088 | | | | | | | | | - |
| $TIF_{max}$ | 0.0421 | 21.462 | 0.997 | - | | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0451 | 21.412 | 1.022 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0472 | 21.084 | 1.218 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0490 | 20.337 | 1.547 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0480 | 19.229 | 1.864 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0476 | 18.405 | 1.988 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0479 | 17.210 | 2.283 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0488 | 15.276 | 2.821 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0413 | 13.653 | 2.798 | | | | | | | | | - |
| 800 | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0315 | 0.774 | 0.011 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0329 | 0.780 | 0.011 | | - | | ** | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0361 | 0.787 | 0.010 | | | - | | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0406 | 0.793 | 0.010 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0431 | 0.800 | 0.010 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0444 | 0.806 | 0.009 | | | | | | - | | * | ** |
| | 0.0449 | 0.812 | 0.009 | | | | | | | - | | |
| | 0.0440 | 0.820 | 0.009 | | | | | | | | - | |
| | 0.0440 | 0.828 | 0.008 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0315 | 0.852 | 0.015 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0329 | 0.857 | 0.017 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0361 | 0.862 | 0.024 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0406 | 0.864 | 0.037 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0431 | 0.860 | 0.048 | | | | | - | ** | | * | ** |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| | 0.0444 | 0.842 | 0.048 | | | | | | - | | | |
| | 0.0449 | 0.837 | 0.035 | | | | | | | - | | |
| | 0.0440 | 0.835 | 0.036 | | | | | | | | - | |
| | 0.0440 | 0.831 | 0.042 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_c$ | 0.0315 | 0.672 | 0.071 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0329 | 0.664 | 0.075 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0361 | 0.638 | 0.080 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | |
| | 0.0406 | 0.583 | 0.091 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0431 | 0.532 | 0.100 | | | | | - | | | ** | ** |
| | 0.0444 | 0.491 | 0.107 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0449 | 0.480 | 0.101 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0440 | 0.482 | 0.102 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0440 | 0.478 | 0.110 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_\theta$ | 0.0315 | 0.104 | 0.014 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0329 | 0.108 | 0.014 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0361 | 0.117 | 0.014 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0406 | 0.123 | 0.014 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0431 | 0.128 | 0.013 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0444 | 0.130 | 0.014 | | | | | | - | | ** | ** |
| | 0.0449 | 0.126 | 0.013 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0440 | 0.122 | 0.013 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0440 | 0.119 | 0.015 | | | | | | | | | - |
| $TIF_{max}$ | 0.0315 | 20.729 | 0.777 | - | | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0329 | 20.801 | 0.782 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0361 | 20.471 | 0.972 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0406 | 19.809 | 1.623 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0431 | 18.903 | 2.241 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0444 | 17.461 | 2.555 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0449 | 15.808 | 2.580 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0440 | 13.911 | 3.111 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0440 | 11.211 | 2.633 | | | | | | | | | - |
| 1200 | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0267 | 0.815 | 0.015 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0282 | 0.822 | 0.016 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| | 0.0320 | 0.833 | 0.021 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0368 | 0.850 | 0.036 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0412 | 0.862 | 0.051 | | | | | - | | * | ** | ** |
| | 0.0430 | 0.858 | 0.048 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0423 | 0.868 | 0.029 | | | | | | | - | ** | |
| | 0.0422 | 0.876 | 0.026 | | | | | | | | - | |
| | 0.0410 | 0.874 | 0.040 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0267 | 0.668 | 0.059 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0282 | 0.661 | 0.062 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0320 | 0.632 | 0.068 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0368 | 0.577 | 0.084 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0412 | 0.514 | 0.095 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0430 | 0.466 | 0.089 | | | | | | - | | | |
| | 0.0423 | 0.459 | 0.081 | | | | | | | - | | |
| | 0.0422 | 0.464 | 0.080 | | | | | | | | - | |
| | 0.0410 | 0.462 | 0.092 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_c$ | 0.0267 | 0.094 | 0.014 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0282 | 0.098 | 0.013 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0320 | 0.113 | 0.014 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0368 | 0.123 | 0.015 | | | | - | ** | ** | ** | | |
| | 0.0412 | 0.130 | 0.015 | | | | | - | ** | | ** | ** |
| | 0.0430 | 0.133 | 0.014 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0423 | 0.130 | 0.013 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0422 | 0.124 | 0.013 | | | | | | | | - | * |
| | 0.0410 | 0.122 | 0.014 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_\theta$ | 0.0267 | 0.525 | 0.034 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0282 | 0.508 | 0.033 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0320 | 0.463 | 0.039 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0368 | 0.382 | 0.055 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0412 | 0.283 | 0.073 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0430 | 0.224 | 0.070 | | | | | | - | | | ** |
| | 0.0423 | 0.225 | 0.054 | | | | | | | - | | ** |
| | 0.0422 | 0.215 | 0.051 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0410 | 0.164 | 0.076 | | | | | | | | | - |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| $TIF_{max}$ | 0.0267 | 19.671 | 0.712 | - | | | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0282 | 19.828 | 0.672 | | - | | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0320 | 19.640 | 0.855 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0368 | 19.494 | 1.628 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0412 | 18.672 | 2.470 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0430 | 17.177 | 2.420 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0423 | 15.290 | 2.448 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0422 | 13.093 | 2.423 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0410 | 10.121 | 2.421 | | | | | | | | | - |

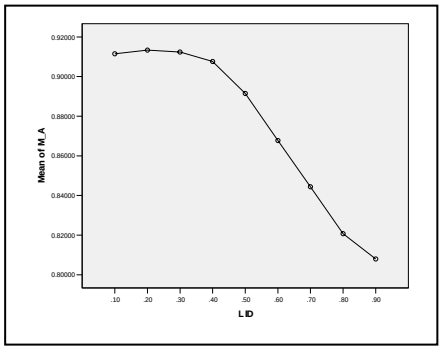
ผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ **กรณีจำนวนผู้สอบ 400 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อ โดยภาพรวม พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลางและกลุ่มระดับสูง และระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับสูงด้วยกัน ค่าอำนาจจำแนกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบค่าความยากง่าย ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลางและกลุ่มระดับสูง พบว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่าการเดา พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง, กลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง และระหว่างกลุ่มสูงด้วยกัน เมื่อพิจารณาค่าความสามารถ พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ระดับต่ำกับกลุ่มระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบระดับปานกลาง,สูง และระหว่างภายในกลุ่มระดับปานกลางและสูง และเมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบค่าสารสนเทศของแบบสอบส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ทุกระดับ ยกเว้นภายในกลุ่มต่ำ พบว่า บางรายคู่ไม่แตกต่างกัน

ผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ **กรณีจำนวนผู้สอบ 800 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อ โดยภาพรวม พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนกระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำ,กลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง พบว่า มีความแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าความยากง่าย ระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลางและกลุ่มระดับสูง พบว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่าการเดา พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลาง ,กลุ่มระดับสูงและกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง สำหรับค่าความสามารถ พบว่าส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ทุกระดับ และเมื่อพิจารณา

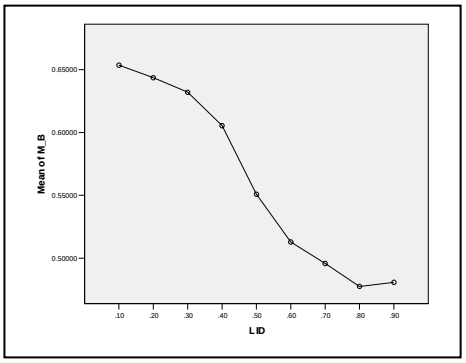
ผลการเปรียบเทียบค่าสารสนเทศของแบบสอบส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ทุกระดับ ยกเว้นภายในกลุ่มต่ำ พบว่า บางรายคู่ไม่แตกต่างกัน

ผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ **กรณีจำนวนผู้สอบ 1200 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อ โดยภาพรวม พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนกระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลางและกลุ่มระดับสูง และกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง พบว่า มีความแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าความยากง่าย ระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลาง, กลุ่มระดับสูง และกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง พบว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่าการเดาและค่าความสามารถ ส่วนใหญ่พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบทุกระดับ และเมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบค่าสารสนเทศของแบบสอบส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่มระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบทุกระดับ ยกเว้นภายในกลุ่มระดับต่ำ พบว่าบางรายคู่ไม่แตกต่างกัน

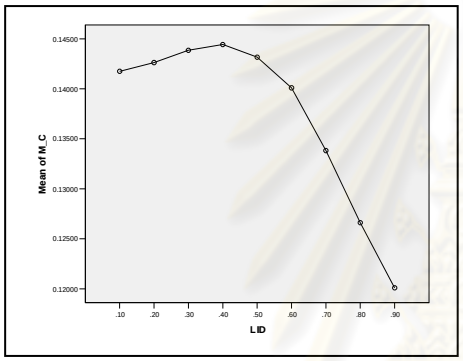
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



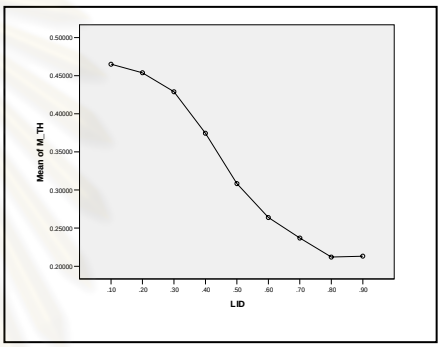

ค่าอำนาจจำแนก (a)



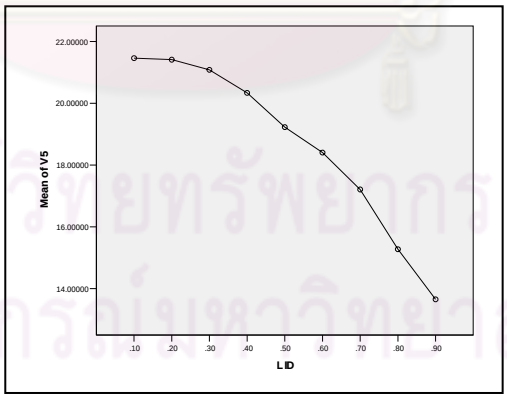

ค่าความยากง่าย (b)




ค่าการเดา(c)

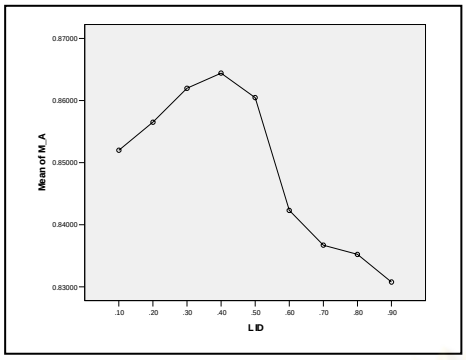



ค่าความสามารถ ($\theta$)

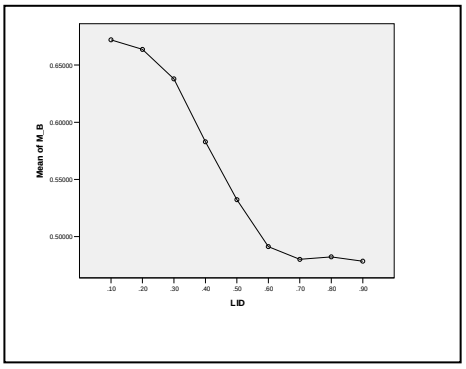



ค่าสารสนเทศของแบบสอบ(TIF)

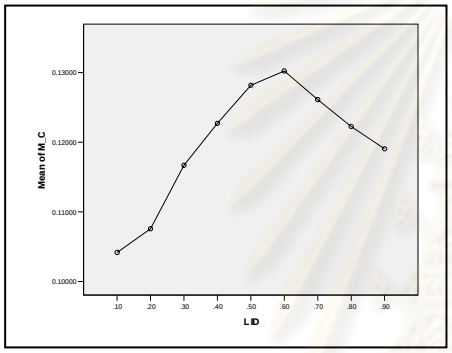
**ภาพที่ 4-13** ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับ ค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา (c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และค่าสารสนเทศของแบบสอบ(TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **400 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อ



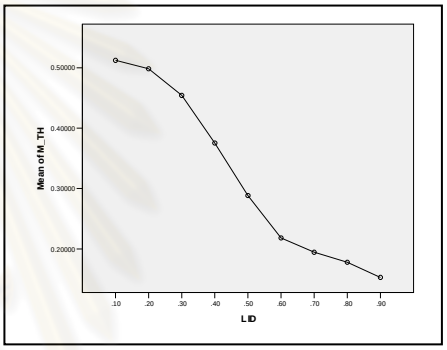

ค่าอำนาจจำแนก (a)



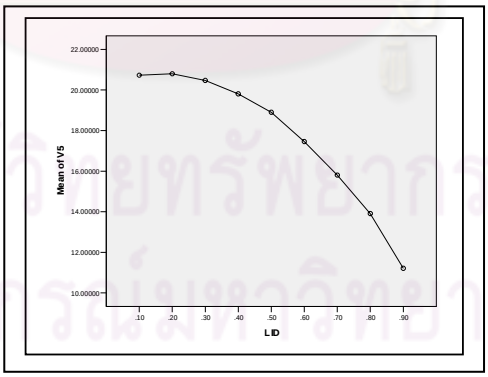

ค่าความยากง่าย (b)




ค่าการเดา(c)

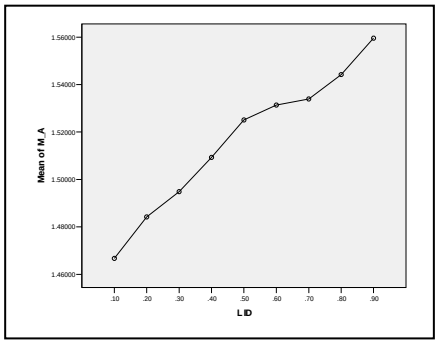



ค่าความสามารถ ($\theta$)

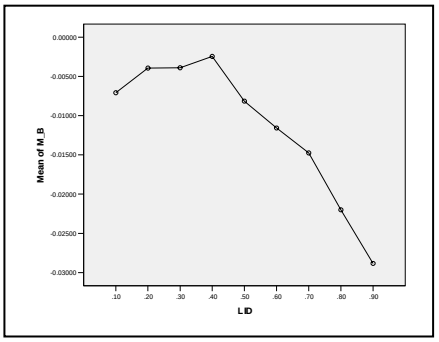



ค่าสารสนเทศของแบบสอบ(TIF)

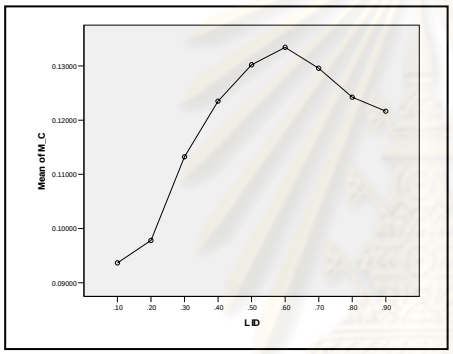
**ภาพที่ 4-14** ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับ ค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา(c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และ ค่าสารสนเทศของแบบสอบ(TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **800 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อ



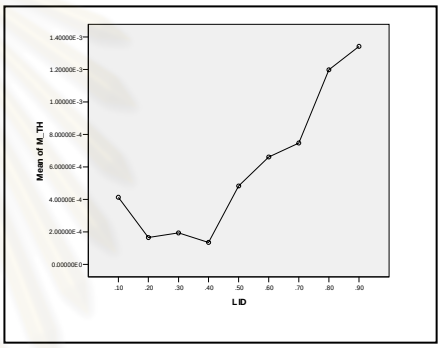

ค่าอำนาจจำแนก (a)



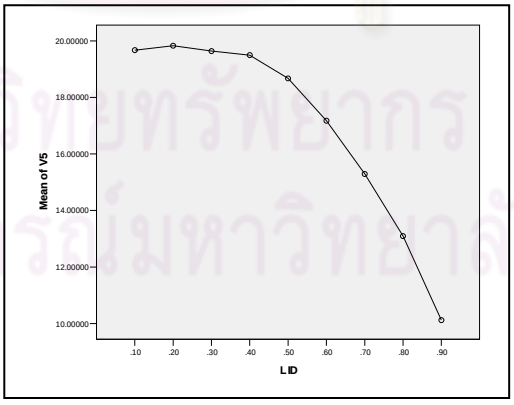

ค่าความยากง่าย (b)




ค่าการเดา(c)




ค่าความสามารถ ($\theta$)




ค่าสารสนเทศของแบบสอบ(TIF)

**ภาพที่ 4-15** ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา (c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และสารสนเทศของแบบสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **1200 คน** ทำข้อสอบ 50 ข้อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตอนที่ 13 ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 3 พารามิเตอร์ (3PL) จำนวน 80 ข้อ**

**ตารางที่ 4-30** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา ค่าความสามารถและสารสนเทศของแบบสอบสูงสุด เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน

| Variable. | Source of Variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **กรณี 400 คน** | | | | | | |
| a | Between Groups | 14.704 | 8 | 1.838 | 2076.783 | .000 |
| | Within Groups | 7.957 | 8991 | .001 | | |
| | Total | 22.662 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | 74.338 | 8 | 9.292 | 897.756 | .000 |
| | Within Groups | 93.062 | 8991 | .010 | | |
| | Total | 167.400 | 8999 | | | |
| c | Between Groups | .115 | 8 | .014 | 124.698 | .000 |
| | Within Groups | 1.041 | 8991 | .00012 | | |
| | Total | 1.156 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | 155.117 | 8 | 19.390 | 3601.385 | .000 |
| | Within Groups | 48.407 | 8991 | .005 | | |
| | Total | 203.524 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 133889.682 | 8 | 16736.210 | 2295.564 | .000 |
| | Within Groups | 65550.467 | 8991 | 7.291 | | |
| | Total | 199440.149 | 8999 | | | |
| **กรณี 800 คน** | | | | | | |
| a | Between Groups | .381 | 8 | .048 | 53.686 | .000 |
| | Within Groups | 7.972 | 8991 | .001 | | |
| | Total | 8.353 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | 91.920 | 8 | 11.490 | 1460.344 | .000 |
| | Within Groups | 70.741 | 8991 | .008 | | |
| | Total | 162.661 | 8999 | | | |
| c | Between Groups | 1.264 | 8 | .158 | 1354.853 | .000 |
| | Within Groups | 1.048 | 8991 | .00012 | | |
| | Total | 2.312 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | 279.149 | 8 | 34.894 | 7614.339 | .000 |

| Variable. | Source of Variance | Sum of Squares | df. | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Within Groups | 41.202 | 8991 | .005 | | |
| | Total | 320.351 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 110291.750 | 8 | 13786.469 | 1895.795 | .000 |
| | Within Groups | 65383.732 | 8991 | 7.272 | | |
| | Total | 175675.482 | 8999 | | | |
| **กรณี 1200 คน** | | | | | | |
| a | Between Groups | 8.250 | 8 | 1.031 | 1258.424 | .000 |
| | Within Groups | 7.368 | 8991 | .001 | | |
| | Total | 15.618 | 8999 | | | |
| b | Between Groups | 106.550 | 8 | 13.319 | 2409.368 | .000 |
| | Within Groups | 49.701 | 8991 | .006 | | |
| | Total | 156.252 | 8999 | | | |
| c | Between Groups | 2.057 | 8 | .257 | 2038.869 | .000 |
| | Within Groups | 1.134 | 8991 | .00013 | | |
| | Total | 3.191 | 8999 | | | |
| $\theta$ | Between Groups | 265.545 | 8 | 33.193 | 10420.074 | .000 |
| | Within Groups | 28.641 | 8991 | .003 | | |
| | Total | 294.186 | 8999 | | | |
| $TIF_{max}$ | Between Groups | 96320.064 | 8 | 12040.008 | 1839.345 | .000 |
| | Within Groups | 58853.416 | 8991 | 6.546 | | |
| | Total | 155173.480 | 8999 | | | |

เมื่อพิจารณาจากตารางผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว กรณีจำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน จำนวนข้อสอบ 80 ข้อ พบว่า เมื่อระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน จะทำให้ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe'

**ตารางที่ 4-31** ผลการทดสอบภายหลัง (Post hoc) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกันโดยวิธีของ Scheffe′

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| 400 | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0419 | 0.853 | 0.015 | - | | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0427 | 0.853 | 0.015 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0444 | 0.849 | 0.020 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0477 | 0.843 | 0.033 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0488 | 0.825 | 0.040 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0493 | 0.799 | 0.035 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0496 | 0.777 | 0.031 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0503 | 0.757 | 0.035 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0515 | 0.746 | 0.032 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0419 | 0.743 | 0.090 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0427 | 0.736 | 0.092 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0444 | 0.712 | 0.096 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0477 | 0.663 | 0.103 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0488 | 0.606 | 0.104 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0493 | 0.561 | 0.104 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0496 | 0.533 | 0.105 | | | | | | | - | ** | * |
| | 0.0503 | 0.505 | 0.113 | | | | | | | | - | |
| | 0.0515 | 0.515 | 0.106 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_c$ | 0.0419 | 0.127 | 0.012 | - | | ** | ** | ** | ** | | | ** |
| | 0.0427 | 0.127 | 0.011 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0444 | 0.130 | 0.012 | | | - | | ** | | | ** | ** |
| | 0.0477 | 0.131 | 0.011 | | | | - | | | ** | ** | ** |
| | 0.0488 | 0.132 | 0.011 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0493 | 0.131 | 0.010 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0496 | 0.128 | 0.010 | | | | | | | - | * | ** |
| | 0.0503 | 0.125 | 0.010 | | | | | | | | - | *** |
| | 0.0515 | 0.120 | 0.009 | | | | | | | | | - |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| $\overline{X}_\theta$ | 0.0419 | 0.548 | 0.057 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0427 | 0.538 | 0.058 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0444 | 0.501 | 0.064 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0477 | 0.429 | 0.074 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0488 | 0.345 | 0.078 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0493 | 0.285 | 0.074 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0496 | 0.245 | 0.074 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0503 | 0.212 | 0.087 | | | | | | | | - | |
| | 0.0515 | 0.208 | 0.088 | | | | | | | | | - |
| $TIF_{max}$ | 0.0419 | 31.686 | 1.196 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0427 | 31.588 | 1.118 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0444 | 30.973 | 1.405 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0477 | 29.663 | 2.002 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0488 | 27.825 | 2.516 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0493 | 26.631 | 2.705 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0496 | 25.097 | 3.053 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0503 | 22.413 | 3.981 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0515 | 20.389 | 4.259 | | | | | | | | | - |
| 800 | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0302 | 0.754 | 0.013 | - | | ** | ** | ** | | | | |
| | 0.0314 | 0.757 | 0.013 | | - | | ** | ** | ** | ** | | ** |
| | 0.0347 | 0.761 | 0.016 | | | - | ** | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0387 | 0.768 | 0.029 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0407 | 0.765 | 0.042 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0413 | 0.750 | 0.040 | | | | | | - | | | |
| | 0.0415 | 0.750 | 0.031 | | | | | | | - | | |
| | 0.0424 | 0.753 | 0.029 | | | | | | | | - | |
| | 0.0432 | 0.749 | 0.038 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0302 | 0.760 | 0.072 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0314 | 0.749 | 0.071 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0347 | 0.716 | 0.075 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0387 | 0.651 | 0.090 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0407 | 0.569 | 0.096 | | | | | - | | ** | ** | ** |
| | 0.0413 | 0.521 | 0.096 | | | | | | - | | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| | 0.0415 | 0.508 | 0.092 | | | | | | | - | | |
| | 0.0424 | 0.512 | 0.096 | | | | | | | | - | |
| | 0.0432 | 0.522 | 0.104 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_c$ | 0.0302 | 0.093 | 0.012 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0314 | 0.097 | 0.012 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0347 | 0.105 | 0.011 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0387 | 0.115 | 0.011 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0407 | 0.122 | 0.011 | | | | | - | ** | ** | | |
| | 0.0413 | 0.125 | 0.010 | | | | | | - | | ** | ** |
| | 0.0415 | 0.125 | 0.010 | | | | | | | - | * | ** |
| | 0.0424 | 0.123 | 0.010 | | | | | | | | | * |
| | 0.0432 | 0.121 | 0.011 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_\theta$ | 0.0302 | 0.588 | 0.040 | - | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0314 | 0.575 | 0.040 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0347 | 0.518 | 0.048 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0387 | 0.416 | 0.065 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0407 | 0.293 | 0.078 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0413 | 0.206 | 0.080 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0415 | 0.180 | 0.070 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0424 | 0.158 | 0.074 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0432 | 0.124 | 0.093 | | | | | | | | | - |
| $TIF_{max}$ | 0.0302 | 27.193 | 0.922 | - | | | * | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0314 | 27.300 | 0.938 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0347 | 27.120 | 1.053 | | | - | | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0387 | 26.682 | 1.897 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0407 | 25.550 | 3.016 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0413 | 24.522 | 3.108 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0415 | 23.033 | 3.499 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0424 | 20.480 | 3.792 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0432 | 16.458 | 3.693 | | | | | | | | | - |
| 1200 | | | | | | | | | | | | |
| $\overline{X}_a$ | 0.0247 | 0.701 | 0.010 | - | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0263 | 0.707 | 0.011 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0298 | 0.719 | 0.014 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| | 0.0341 | 0.742 | 0.028 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0372 | 0.765 | 0.043 | | | | | - | | * | ** | ** |
| | 0.0379 | 0.767 | 0.039 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0381 | 0.773 | 0.027 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0387 | 0.783 | 0.027 | | | | | | | | - | |
| | 0.0404 | 0.780 | 0.036 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_b$ | 0.0247 | 0.753 | 0.058 | - | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0263 | 0.739 | 0.058 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0298 | 0.707 | 0.061 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0341 | 0.642 | 0.077 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0372 | 0.554 | 0.086 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0379 | 0.487 | 0.081 | | | | | | - | | | |
| | 0.0381 | 0.483 | 0.075 | | | | | | | - | ** | |
| | 0.0387 | 0.500 | 0.076 | | | | | | | | - | |
| | 0.0404 | 0.491 | 0.090 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_c$ | 0.0247 | 0.091 | 0.011 | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0263 | 0.092 | 0.011 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0298 | 0.106 | 0.011 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0341 | 0.119 | 0.011 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0372 | 0.128 | 0.012 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0379 | 0.132 | 0.011 | | | | | | - | | ** | ** |
| | 0.0381 | 0.131 | 0.011 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0387 | 0.125 | 0.011 | | | | | | | | - | * |
| | 0.0404 | 0.123 | 0.012 | | | | | | | | | - |
| $\overline{X}_\theta$ | 0.0247 | 0.609 | 0.030 | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0263 | 0.587 | 0.033 | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0298 | 0.525 | 0.038 | | | - | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0341 | 0.421 | 0.054 | | | | - | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0372 | 0.301 | 0.073 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0379 | 0.229 | 0.070 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0381 | 0.214 | 0.056 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0387 | 0.191 | 0.054 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0404 | 0.135 | 0.077 | | | | | | | | | - |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ตัวแปรตาม | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}$ | S.D. | ผลการเปรียบเทียบรายคู่ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ | $H_1$ | $H_2$ | $H_3$ |
| $TIF_{max}$ | 0.0263 | 23.982 | 0.792 | - | * | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0298 | 24.463 | 0.802 | | - | | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0341 | 24.725 | 0.867 | | | - | ** | ** | | ** | ** | ** |
| | 0.0372 | 25.470 | 1.769 | | | | - | | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0379 | 25.420 | 3.143 | | | | | - | ** | ** | ** | ** |
| | 0.0381 | 24.615 | 3.079 | | | | | | - | ** | ** | ** |
| | 0.0387 | 22.831 | 3.371 | | | | | | | - | ** | ** |
| | 0.0404 | 19.800 | 3.545 | | | | | | | | - | ** |
| | 0.0247 | 14.908 | 3.236 | | | | | | | | | - |

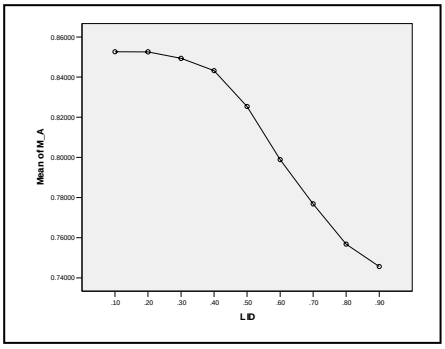
ผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ **กรณีจำนวนผู้สอบ 400 คน ทำข้อสอบ 80 ข้อ** โดยภาพรวม พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนกระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง และระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับปานกลางและสูงภายในกลุ่มด้วยกัน ส่วนใหญ่พบว่าค่าอำนาจจำแนกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบค่าความยากง่าย ระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลาง กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และระหว่างกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มสูง พบว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่าการเดา พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลาง กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง เมื่อพิจารณาค่าความสามารถ พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ เกือบทุกระดับ และเมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบค่าสารสนเทศของแบบสอบส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ทุกระดับ ยกเว้นภายในกลุ่มต่ำ พบว่า บางรายคู่ไม่แตกต่างกัน

ผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ **กรณีจำนวนผู้สอบ 800 คน ทำข้อสอบ 80 ข้อ** โดยภาพรวม พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนกระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลาง,กลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง พบว่า มีความแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าความยากง่าย ระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลาง และกลุ่มระดับสูงกับกลุ่มสูง กลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มสูง พบว่า มีความแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่าการเดา พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลาง กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง สำหรับค่าความสามารถ พบว่าส่วนใหญ่มีความแตกต่าง

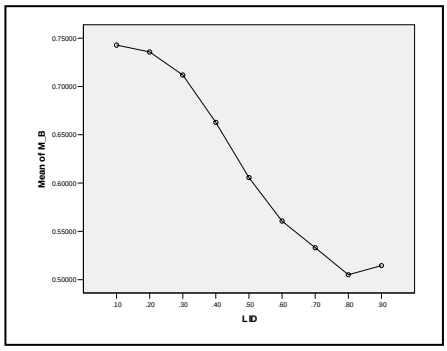
กันระหว่างกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ทุกระดับ และเมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบค่าสารสนเทศของแบบสอบส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มและภายในกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ทุกระดับ ยกเว้นภายในกลุ่มต่ำ พบว่า บางรายคู่ไม่แตกต่างกัน

ผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ **กรณีจำนวนผู้สอบ 1200 คน ทำข้อสอบ 80 ข้อ** โดยภาพรวม พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าอำนาจจำแนกระหว่าง ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลางและกลุ่มระดับสูง และกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง พบว่า มีความแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าความยากง่าย ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลาง กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง พบว่า มีความแตกต่างกัน สำหรับค่าการเดาและค่าความสามารถส่วนใหญ่พบว่า มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ทุกระดับ และเมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบค่าสารสนเทศของแบบสอบส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับปานกลาง กลุ่มระดับต่ำกับกลุ่มระดับสูง และระหว่างกลุ่มระดับปานกลางกับกลุ่มระดับสูง และภายในกลุ่มระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ระดับสำหรับภายในกลุ่มสูง พบว่า แตกต่างกันทุกรายคู่

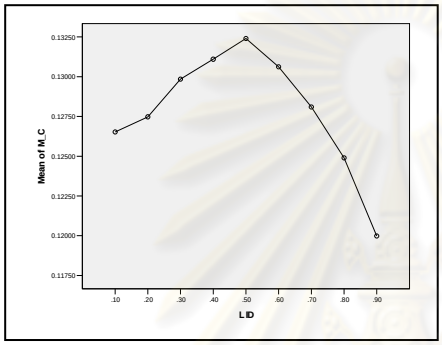
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



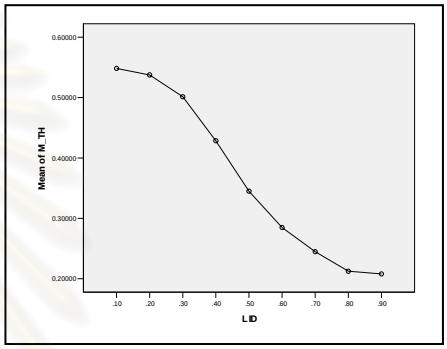

ค่าอำนาจจำแนก (a)



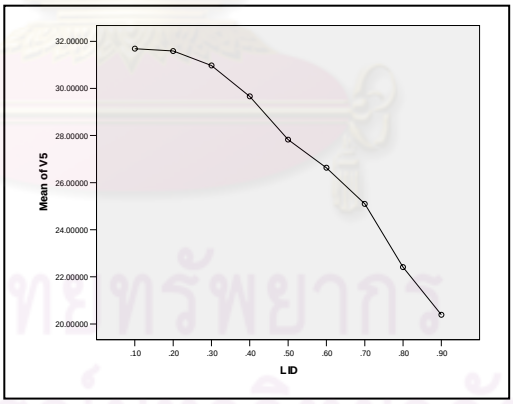

ค่าความยากง่าย (b)




ค่าการเดา(c)



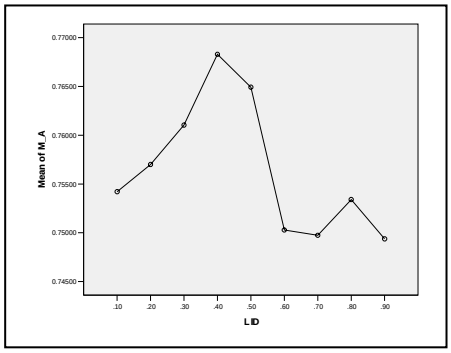

ค่าความสามารถ ($\theta$)



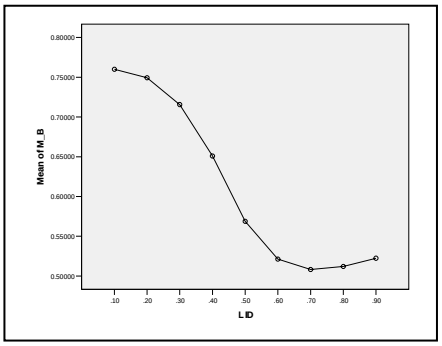

ค่าสารสนเทศของแบบสอบ(TIF)

**ภาพที่ 4-16** ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับ ค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา (c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และ สารสนเทศของแบบสอบ(TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **400 คน** ทำข้อสอบ 80 ข้อ

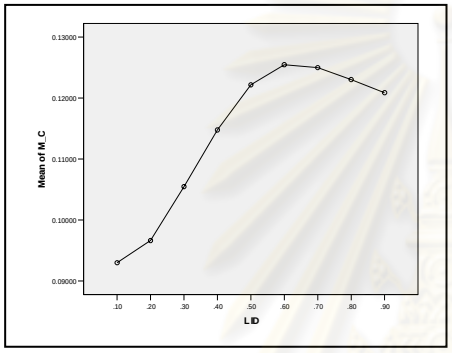
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



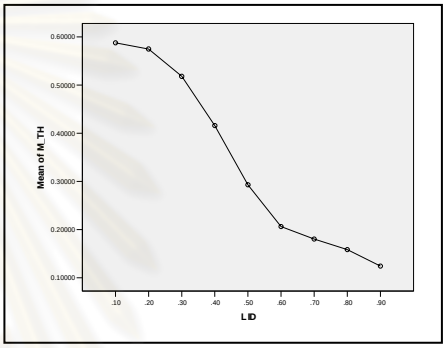

ค่าอำนาจจำแนก (a)



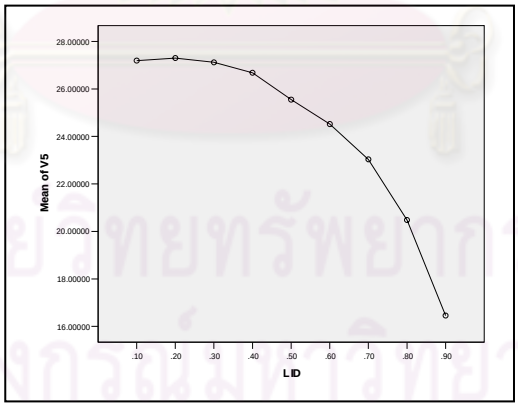

ค่าความยากง่าย (b)




ค่าการเดา(c)

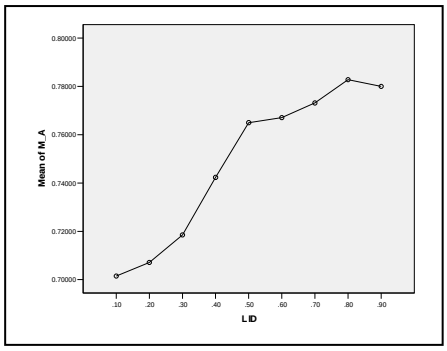



ค่าความสามารถ ($\theta$)

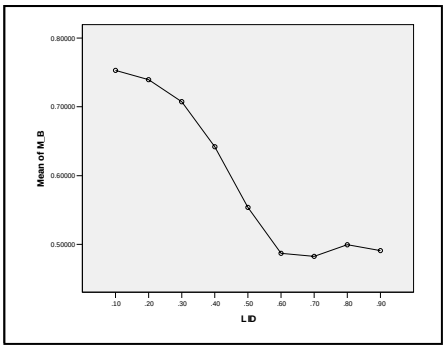



ค่าสารสนเทศของแบบสอบ(TIF)

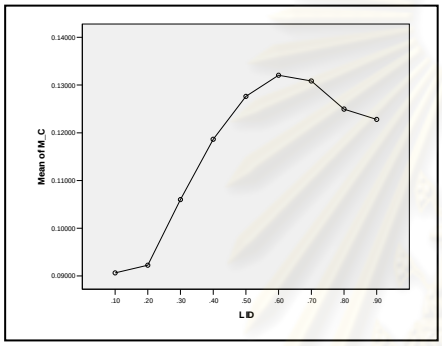
**ภาพที่ 4-17** ความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ(LID) กับ ค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา(c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และสารสนเทศของแบบสอบ(TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **800 คน** ทำข้อสอบ 80 ข้อ



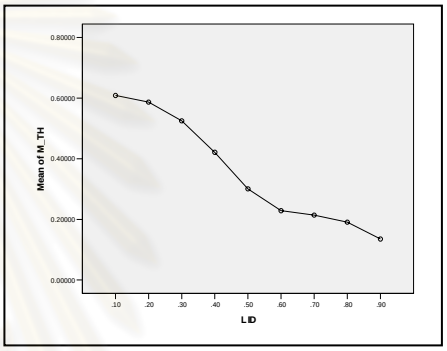

ค่าอำนาจจำแนก (a)



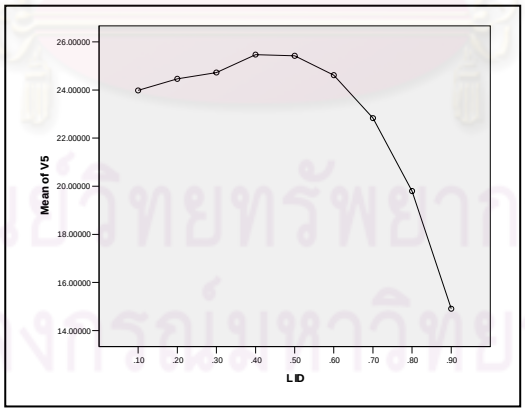

ค่าความยากง่าย (b)




ค่าการเดา(c)




ค่าความสามารถ ($\theta$)




ค่าสารสนเทศของแบบสอบ(TIF)

**ภาพที่ 4-18** ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ กับ ค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยากง่าย (b) ค่าการเดา (c) ค่าความสามารถ ($\theta$) และค่าสารสนเทศของแบบสอบ (TIF) เมื่อมีจำนวนผู้สอบ **1200 คน** ทำข้อสอบ 80 ข้อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตอนที่ 14 ประสิทธิภาพในการประมาณค่า (RMSD และ MSD)**

จากตารางที่ 4-32, 4-33 และ 4-34 เมื่อพิจารณาภาพรวม ค่า RMSD และ MSD ในการวิเคราะห์ด้วยโมเดล 1 พารามิเตอร์ พบว่า เมื่อจำนวนข้อสอบเพิ่มขึ้น ค่า RMSD และ MSD ของค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ มีค่าต่ำเข้าใกล้ศูนย์แสดงว่าประสิทธิภาพในการประมาณค่าไม่แตกต่างกัน (ค่า RMSD และ MSD ควรมีค่าน้อยหรือเข้าใกล้ศูนย์) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประมาณค่า โดยพิจารณาจำนวนข้อสอบที่เพิ่มขึ้น พบว่า สารสนเทศของแบบสอบสูงสุด (ระดับความสามารถเท่ากับ 0) โดย พบว่า RMSD และ MSD มีแนวโน้มสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาค่า RMSD และ MSD ในการวิเคราะห์ด้วยโมเดล 2 พารามิเตอร์ ในภาพรวม พบว่า ทั้งค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย และ ค่าความสามารถมีแนวโน้มเข้าใกล้ศูนย์ ยกเว้นค่าสารสนเทศของแบบสอบ ซึ่งพบว่า มีค่าเพิ่มขึ้น โดยพบว่า RMSD และ MSD มีค่าสูงสุด เท่ากับ 20.243 และ -16.541 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างจำนวนข้อสอบที่แตกต่างกัน ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย มีแนวโน้มสูงขึ้น ในขณะที่ค่าความสามารถ พบว่า RMSD และ MSD มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก และค่าสารสนเทศของแบบสอบสูงสุด เมื่อใช้จำนวนข้อสอบ 30 ข้อที่มีจำนวนผู้สอบเพิ่มขึ้น พบว่า ค่า RMSD และ MSD มีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ในกรณีมีจำนวนข้อสอบ 80 ข้อ เมื่อมีจำนวนผู้สอบเป็น 400 800 และ 1200 คน พบว่า ค่า RMSD และ MSD จะลดลง ในกรณีใช้ข้อสอบ 50 ข้อ พบว่า ค่า RMSD และ MSD ของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย มีค่าลดลง ส่วนค่าความสามารถ พบว่า ในแต่ละเงื่อนไขไม่มีความแตกต่างกันมากนัก และสารสนเทศของแบบสอบ พบว่า มีลักษณะการเพิ่มขึ้นลดลงสลับกันไม่แน่นอน

เมื่อพิจารณาภาพรวมของค่า RMSD และ MSD ในการวิเคราะห์ด้วยโมเดล 3 พารามิเตอร์ พบว่าทั้งค่าอำอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดามีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ส่วนค่าความสามารถ พบว่า ทั้ง RMSD และ MSD มีค่าสูงสุดเท่ากับ .305 และ .252 ตามลำดับ และ พบว่าในกรณี มีจำนวนข้อสอบ 50 ข้อ ผู้สอบ 800 คน ค่าสารสนเทศของแบบสอบ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.531 และ 3.617 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่า RMSD และ MSD ระหว่างเงื่อนไขการทดสอบที่มีจำนวนข้อสอบ 30 50 และ 80 ข้อ พบว่า การทดสอบที่ใช้ข้อสอบ 80 ข้อ ค่า RMSD และ MSD ของค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบมีค่าสูงกว่า การทดสอบที่ใช้ข้อสอบ 30 และ 50 ข้อ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างจำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน พบว่า ในกรณีใช้ข้อสอบ 30 และ 80 ข้อ ค่า RMSD และ MSD ของค่าความยากง่าย มีแนวโน้มสูงขึ้น ส่วน กรณี 50 ข้อ มีลักษณะเพิ่มขึ้นและลดลงไม่แน่นอน สำหรับสารสนเทศของแบบสอบ พบว่า ค่า RMSD และ MSD กรณีวิเคราะห์ด้วยข้อสอบ 30 ข้อ สูงขึ้น แต่กรณีข้อสอบ 80 ข้อ ลดลง

**ตารางที่ 4-32** ค่า RMSD และ MSD ของค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และ สารสนเทศของแบบสอบ (1PL) เมื่อมีเงื่อนไขการทดสอบที่แตกต่างกัน

| เงื่อนไขการทดสอบ | | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}_b$ | $SD_b$ | $\overline{X}_\theta$ | $SD_\theta$ | TIF | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 30 ข้อ | 400 คน | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.018 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.003 | 0.001 | 0.005 | 0.018 | 0.008 | 0.020 | 0.008 | 0.001 |
| | MSD | -0.013 | 0.000 | -0.001 | 0.001 | -0.002 | 0.001 | 0.003 | 0.012 | 0.004 | -0.013 | -0.005 | -0.001 |
| | 800 คน | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.022 | 0.001 | 0.008 | 0.001 | 0.004 | 0.001 | 0.003 | 0.005 | 0.013 | 0.008 | 0.004 | 0.001 |
| | MSD | -0.017 | 0.000 | -0.007 | 0.001 | -0.003 | 0.000 | -0.001 | 0.001 | 0.011 | -0.005 | -0.004 | -0.001 |
| | 1200 คน | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.023 | 0.001 | 0.005 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.001 | 0.005 | 0.005 | 0.007 | 0.003 | 0.001 |
| | MSD | -0.018 | 0.000 | -0.003 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.003 | 0.004 | -0.006 | -0.002 | 0.000 |
| 50 ข้อ | 400 คน | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.023 | 0.003 | 0.006 | 0.003 | 0.005 | 0.006 | 0.026 | 0.069 | 0.030 | 0.057 | 0.015 | 0.003 |
| | MSD | -0.017 | 0.003 | -0.005 | 0.002 | -0.004 | -0.005 | -0.022 | -0.058 | 0.023 | 0.048 | 0.012 | 0.003 |
| | 800 คน | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.024 | 0.001 | 0.006 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.015 | 0.039 | 0.020 | 0.034 | 0.010 | 0.002 |
| | MSD | -0.018 | 0.001 | -0.005 | 0.001 | -0.001 | -0.003 | -0.013 | -0.034 | 0.016 | 0.027 | 0.007 | 0.001 |
| | 1200 คน | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.025 | 0.002 | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.010 | 0.028 | 0.014 | 0.024 | 0.007 | 0.002 |
| | MSD | -0.019 | 0.001 | -0.004 | 0.000 | 0.001 | -0.002 | -0.009 | -0.025 | 0.009 | 0.021 | 0.006 | 0.001 |
| 80 ข้อ | 400 คน | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.022 | 0.001 | 0.006 | 0.001 | 0.005 | 0.003 | 0.014 | 0.036 | 0.050 | 0.041 | 0.018 | 0.004 |
| | MSD | -0.016 | -0.001 | -0.004 | -0.001 | -0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.017 | 0.034 | -0.032 | -0.015 | -0.004 |
| | 800 คน | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.025 | 0.002 | 0.004 | 0.002 | 0.002 | 0.004 | 0.020 | 0.068 | 0.022 | 0.076 | 0.027 | 0.005 |
| | MSD | -0.019 | -0.002 | -0.003 | -0.002 | 0.002 | 0.004 | 0.018 | 0.060 | 0.014 | -0.066 | -0.023 | -0.004 |
| | 1200 คน | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.026 | 0.002 | 0.004 | 0.002 | 0.001 | 0.003 | 0.015 | 0.053 | 0.018 | 0.061 | 0.022 | 0.005 |
| | MSD | -0.019 | -0.001 | -0.003 | -0.002 | 0.001 | 0.002 | 0.012 | 0.041 | 0.012 | -0.047 | -0.017 | -0.004 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 4-33** ค่า RMSD และ MSD ของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย และค่าสารสนเทศของแบบสอบ (2 PL) เมื่อมีเงื่อนไขการทดสอบที่แตกต่างกัน

| เงื่อนไขการทดสอบ | | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}_a$ | $SD_a$ | $\overline{X}_b$ | $SD_b$ | $\overline{X}_\theta$ | $SD_\theta$ | TIF | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 30 ข้อ | 400 คน | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.010 | 0.079 | 0.011 | 0.011 | 0.016 | 0.001 | 0.001 | 0.058 | 0.289 | 0.360 | 5.935 | 0.617 | 0.300 | 0.053 |
| | MSD | -0.008 | -0.068 | 0.009 | -0.006 | 0.011 | 0.000 | 0.000 | 0.050 | 0.239 | 0.288 | -4.701 | -0.249 | 0.123 | 0.041 |
| | 800 คน | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.013 | 0.061 | 0.009 | 0.011 | 0.015 | 0.001 | 0.001 | 0.098 | 0.388 | 0.250 | 11.237 | 1.880 | 1.283 | 0.182 |
| | MSD | -0.011 | -0.054 | 0.008 | -0.007 | -0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.085 | 0.324 | -0.201 | -9.011 | 0.964 | 0.830 | 0.143 |
| | 1200 คน | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.014 | 0.047 | 0.003 | 0.006 | 0.009 | 0.000 | 0.001 | 0.173 | 0.478 | 0.671 | 20.243 | 3.613 | 2.579 | 0.368 |
| | MSD | -0.011 | -0.042 | -0.001 | -0.005 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.150 | 0.392 | -0.490 | -16.541 | 2.113 | 1.450 | 0.275 |
| 50 ข้อ | 400 คน | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.009 | 0.076 | 0.008 | 0.030 | 0.027 | 0.001 | 0.002 | 0.033 | 0.161 | 0.434 | 4.257 | 0.456 | 0.203 | 0.024 |
| | MSD | -0.007 | -0.066 | 0.006 | 0.018 | 0.019 | -0.001 | 0.001 | 0.030 | 0.122 | 0.214 | -3.514 | -0.265 | -0.087 | 0.020 |
| | 800 คน | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.011 | 0.062 | 0.005 | 0.012 | 0.022 | 0.001 | 0.001 | 0.070 | 0.317 | 0.271 | 8.326 | 0.844 | 0.568 | 0.098 |
| | MSD | -0.009 | -0.054 | 0.002 | 0.003 | 0.013 | 0.000 | 0.001 | 0.063 | 0.276 | 0.170 | -6.821 | 0.127 | 0.331 | 0.077 |
| | 1200 คน | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.012 | 0.057 | 0.002 | 0.010 | 0.012 | 0.001 | 0.001 | 0.045 | 0.148 | 0.154 | 7.311 | 0.817 | 0.356 | 0.066 |
| | MSD | -0.010 | -0.050 | 0.001 | 0.004 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.041 | 0.122 | -0.018 | -6.031 | 0.432 | 0.205 | 0.054 |
| 80 ข้อ | 400 คน | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.007 | 0.084 | 0.006 | 0.038 | 0.028 | 0.002 | 0.003 | 0.173 | 0.478 | 0.671 | 20.243 | 3.613 | 2.579 | 0.368 |
| | MSD | -0.006 | -0.073 | 0.001 | 0.022 | 0.016 | -0.001 | 0.001 | 0.150 | 0.392 | -0.490 | -16.541 | 2.113 | 1.450 | 0.275 |
| | 800 คน | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.010 | 0.074 | 0.007 | 0.023 | 0.027 | 0.001 | 0.002 | 0.135 | 0.332 | 0.499 | 15.059 | 1.977 | 1.492 | 0.251 |
| | MSD | -0.009 | -0.064 | 0.006 | 0.011 | 0.015 | 0.000 | 0.000 | 0.119 | 0.281 | -0.403 | -12.076 | 0.149 | 0.798 | 0.191 |
| | 1200 คน | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.012 | 0.067 | 0.010 | 0.012 | 0.015 | 0.000 | 0.001 | 0.099 | 0.231 | 0.207 | 12.285 | 1.012 | 0.732 | 0.151 |
| | MSD | -0.010 | -0.057 | 0.009 | 0.005 | 0.005 | 0.000 | 0.001 | 0.087 | 0.190 | -0.181 | -9.797 | 0.235 | 0.278 | 0.112 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 4-34** ค่าRMSDและMSDของค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา และค่าสารสนเทศของแบบสอบ (3 PL) เมื่อมีเงื่อนไขการทดสอบที่แตกต่างกัน

| | | $\lvert Q_3 \rvert$ | $\overline{X}_a$ | $SD_a$ | $\overline{X}_b$ | $SD_b$ | $\overline{X}_c$ | $SD_c$ | $\overline{X}_\theta$ | $SD_\theta$ | TIF | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 30 ข้อ | 400 คน | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.011 | 0.046 | 0.013 | 0.065 | 0.013 | 0.015 | 0.001 | 0.104 | 0.014 | 0.117 | 0.333 | 0.197 | 0.827 | 2.121 | 1.200 | 0.147 |
| | MSD | -0.009 | 0.030 | -0.011 | 0.053 | -0.011 | 0.007 | 0.001 | 0.087 | -0.012 | -0.084 | -0.257 | -0.148 | 0.652 | 1.491 | 0.846 | -0.098 |
| | 800 คน | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.013 | 0.021 | 0.024 | 0.082 | 0.025 | 0.011 | 0.001 | 0.153 | 0.026 | 0.195 | 0.449 | 0.206 | 2.076 | 3.617 | 1.658 | 0.155 |
| | MSD | -0.011 | 0.009 | -0.020 | 0.069 | -0.021 | -0.008 | 0.001 | 0.127 | -0.022 | -0.151 | -0.367 | -0.007 | 1.707 | 2.586 | 1.300 | -0.100 |
| | 1200 คน | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.014 | 0.026 | 0.021 | 0.096 | 0.025 | 0.023 | 0.001 | 0.149 | 0.022 | 0.226 | 0.468 | 0.280 | 2.854 | 4.274 | 1.938 | 0.136 |
| | MSD | -0.012 | -0.024 | -0.017 | 0.080 | -0.021 | -0.021 | 0.000 | 0.125 | -0.018 | -0.175 | -0.386 | 0.148 | 2.411 | 3.079 | 1.541 | -0.094 |
| 50 ข้อ | 400 คน | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.006 | 0.054 | 0.018 | 0.115 | 0.014 | 0.009 | 0.001 | 0.168 | 0.019 | 0.287 | 0.671 | 0.367 | 1.585 | 3.845 | 2.710 | 0.090 |
| | MSD | -0.005 | 0.037 | -0.015 | 0.092 | -0.012 | 0.005 | 0.001 | 0.137 | -0.016 | -0.210 | -0.531 | -0.212 | 1.236 | 2.788 | 1.832 | 0.059 |
| | 800 คน | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.010 | 0.031 | 0.002 | 0.012 | 0.022 | 0.138 | 0.026 | 0.018 | 0.001 | 0.478 | 0.702 | 1.429 | 5.531 | 8.072 | 5.128 | 1.104 |
| | MSD | -0.009 | -0.026 | 0.001 | 0.003 | -0.019 | 0.114 | -0.022 | -0.016 | 0.000 | -0.389 | -0.549 | 0.814 | 3.617 | 5.201 | 3.997 | 0.650 |
| | 1200 คน | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.012 | 0.042 | 0.021 | 0.150 | 0.023 | 0.028 | 0.001 | 0.233 | 0.025 | 0.458 | 0.659 | 0.979 | 3.380 | 4.229 | 4.162 | 0.575 |
| | MSD | -0.010 | -0.036 | -0.016 | 0.123 | -0.020 | -0.025 | 0.000 | 0.193 | -0.020 | -0.367 | -0.550 | 0.727 | 2.628 | 2.673 | 3.279 | 0.481 |
| 80 ข้อ | 400 คน | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.006 | 0.058 | 0.016 | 0.153 | 0.013 | 0.004 | 0.002 | 0.223 | 0.019 | 0.536 | 1.055 | 0.602 | 2.773 | 5.794 | 5.177 | 0.903 |
| | MSD | -0.005 | 0.042 | -0.013 | 0.124 | -0.011 | -0.001 | 0.001 | 0.180 | -0.016 | -0.403 | -0.855 | -0.133 | 2.166 | 4.323 | 3.525 | 0.722 |
| | 800 คน | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.009 | 0.007 | 0.018 | 0.179 | 0.020 | 0.024 | 0.001 | 0.304 | 0.031 | 0.716 | 0.903 | 1.529 | 3.913 | 4.567 | 6.737 | 1.778 |
| | MSD | -0.008 | -0.002 | -0.015 | 0.148 | -0.016 | -0.021 | 0.001 | 0.248 | -0.025 | -0.579 | -0.749 | 1.074 | 2.791 | 2.933 | 5.174 | 1.465 |
| | 1200 คน | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | RMSD | 0.011 | 0.056 | 0.020 | 0.192 | 0.019 | 0.030 | 0.000 | 0.305 | 0.029 | 0.714 | 0.684 | 1.947 | 3.735 | 3.442 | 6.346 | 2.084 |
| | MSD | -0.009 | -0.048 | -0.016 | 0.158 | -0.016 | -0.025 | 0.000 | 0.252 | -0.024 | -0.586 | -0.561 | 1.508 | 2.274 | 1.069 | 4.854 | 1.710 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**4.2 การใช้ข้อมูลจริง (real data)**

4.2.1 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของดัชนีวัดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ

การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง ของดัชนีวัดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ซึ่งประกอบด้วยค่า $\chi^2, G^2, Q_3$ และ $|Q_3|$ และ ค่าเฉลี่ยของค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ

**ตารางที่ 4-35** ผลการวิเคราะห์ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ**วิชาภาษาอังกฤษ**

| สถิติทดสอบ | จำนวนคู่ข้อสอบ | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าเฉลี่ย | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | ค่าความเบ้ | ค่าความโด่ง |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| โมเดล 1 พารามิเตอร์(1PL) | | | | | | | |
| $\chi^2$ | 780 | 0.034 | 210.736 | 9.761 | 19.684 | 5.268 | 38.310 |
| $G^2$ | 780 | 0.035 | 213.857 | 9.836 | 19.946 | 5.317 | 39.012 |
| $Q_3$ | 780 | -0.174 | 0.185 | -0.019 | 0.039 | 0.785 | 3.480 |
| $\|Q_3\|$ | 780 | .000 | .185 | .0331 | .027 | 1.576 | 3.770 |
| โมเดล 2 พารามิเตอร์(2PL) | | | | | | | |
| $\chi^2$ | 780 | 0.014 | 95.216 | 4.364 | 7.068 | 6.148 | 56.573 |
| $G^2$ | 780 | 0.013 | 93.191 | 4.338 | 6.977 | 6.091 | 55.433 |
| $Q_3$ | 780 | -0.164 | 0.147 | -0.013 | 0.034 | 0.225 | 1.372 |
| $\|Q_3\|$ | 780 | 0.000 | 0.164 | 0.028 | 0.022 | 1.348 | 3.154 |
| โมเดล 3 พารามิเตอร์(3PL) | | | | | | | |
| $\chi^2$ | 780 | 0.008 | 87.935 | 2.532 | 6.152 | 7.688 | 79.799 |
| $G^2$ | 780 | 0.008 | 88.357 | 2.518 | 6.106 | 7.720 | 80.901 |
| $Q_3$ | 780 | -0.170 | 0.143 | -0.007 | 0.029 | -0.116 | 3.924 |
| $\|Q_3\|$ | 780 | 0.000 | 0.170 | 0.022 | 0.021 | 2.302 | 8.105 |

*เปิดตาราง* $\chi^2_{.95,1} = .004,\ \chi^2_{.99,1} = .001,\ E(Q_3) = -\frac{1}{n-1} = -.025$

การวิเคราะห์ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบของข้อมูลจริงในวิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์ พบว่า ค่าดัชนีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ $\chi^2$ และ $G^2$ ในวิชาภาษาอังกฤษ พบว่าค่าดัชนีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ มีค่าสูงกว่าค่าที่เปิดจากตาราง ทั้งโมเดลการวิเคราะห์แบบ 1,

2 และ 3 พารามิเตอร์แสดงว่า ข้อสอบส่วนใหญ่มีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ แต่เมื่อพิจารณาดัชนี $Q_3$ ทั้งโมเดลการวิเคราะห์แบบ 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์ พบว่า มีค่า $Q_3$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.019, -0.013 และ -0.007 ซึ่งเข้าใกล้ค่าคาดหวัง ( $E(Q_3) = -1/n-1 = -.025$ ) แสดงว่าข้อสอบค่อนข้างมีความเป็นอิสระจากกัน และเมื่อพิจารณาระหว่างโมเดลการวิเคราะห์ พบว่า โมเดล 1 พารามิเตอร์จะให้ค่าดัชนีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบมากที่สุด รองลงมา คือ โมเดล 2 และ 3 พารามิเตอร์ ตามลำดับ โดยค่าดัชนี $Q_3$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.019, -0.013 และ -0.007 และ $|Q_3|$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.033, 0.028 และ 0.022 ตามลำดับ สำหรับดัชนีอื่นได้แก่ ค่า $\chi^2$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.684, 4.364 และ 2.532 ค่า $G^2$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.836, 6.977 และ 2.518 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าการกระจายของค่าดัชนีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ พบว่า ค่าดัชนีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบทั้งการวิเคราะห์โมเดล 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์ มีลักษณะเบ้ทางขวา กล่าวคือ ค่าดัชนีส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย สำหรับค่าความโด่ง พบว่า ค่าดัชนีส่วนใหญ่มีลักษณะโด่ง กล่าวคือ ค่าดัชนีส่วนใหญ่จะเกาะกลุ่มอยู่รอบๆค่าเฉลี่ย

**ตารางที่ 4-36** ผลการวิเคราะห์ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบวิชา**คณิตศาสตร์**

| สถิติทดสอบ | จำนวนคู่ข้อสอบ | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าเฉลี่ย | ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | ค่าความเบ้ | ค่าความโด่ง |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| โมเดล 1 พารามิเตอร์(1PL) | | | | | | | |
| $\chi^2$ | 780 | 0.019 | 175.441 | 14.511 | 19.258 | 2.905 | 13.086 |
| $G^2$ | 780 | 0.019 | 164.207 | 14.546 | 19.197 | 2.825 | 12.057 |
| $Q_3$ | 780 | -0.145 | 0.138 | -0.019 | 0.040 | 0.375 | 0.733 |
| $\|Q_3\|$ | 780 | 0.000 | 0.145 | 0.035 | 0.026 | 0.991 | 0.915 |
| โมเดล 2 พารามิเตอร์(2PL) | | | | | | | |
| $\chi^2$ | 780 | 0.001 | 64.330 | 3.776 | 6.561 | 4.593 | 27.822 |
| $G^2$ | 780 | 0.000 | 64.321 | 3.753 | 6.464 | 4.553 | 27.412 |
| $Q_3$ | 780 | -0.105 | 0.129 | -0.015 | 0.031 | 0.215 | 0.851 |
| $\|Q_3\|$ | 780 | 0.000 | 0.129 | 0.026 | 0.021 | 1.061 | 1.012 |
| โมเดล 3 พารามิเตอร์(3PL) | | | | | | | |
| $\chi^2$ | 780 | 0.000 | 63.338 | 3.463 | 7.939 | 3.712 | 14.871 |
| $G^2$ | 780 | 0.000 | 63.132 | 3.460 | 8.241 | 3.706 | 14.806 |
| $Q_3$ | 780 | -0.116 | 0.137 | -0.010 | 0.027 | 0.101 | 2.102 |
| $\|Q_3\|$ | 780 | 0.000 | 0.137 | 0.022 | 0.019 | 1.655 | 4.363 |

*เปิดตาราง* $\chi^2_{.95,1} = .004,\ \chi^2_{.99,1} = .001,\ E(Q_3) = -\frac{1}{n-1} = -.025$

สำหรับวิชาคณิตศาสตร์พบว่า เมื่อพิจารณาดัชนี $Q_3$ ทั้งโมเดลการวิเคราะห์แบบ 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.019, -0.015 และ -0.010 ซึ่งต่ำกว่าศูนย์เล็กน้อย และเข้าใกล้ค่าคาดหวัง ($E(Q_3) = -1/n-1 = -.025$) แสดงว่าข้อสอบมีความไม่เป็นอิสระจากกันเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาค่าดัชนี $\chi^2$ และ $G^2$ มีค่าสูงกว่าค่าที่เปิดจากตาราง ทั้งโมเดลการวิเคราะห์แบบ 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์แสดงว่า ข้อสอบส่วนใหญ่มีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ และ และเมื่อพิจารณาระหว่างโมเดลการวิเคราะห์ พบว่า โมเดล 1 พารามิเตอร์จะให้ค่าดัชนีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบมากที่สุด รองลงมา คือ โมเดล 2 และ 3 พารามิเตอร์ ตามลำดับ โดยค่าดัชนี $\chi^2$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.511, 3.776 และ 3.463 ค่า $G^2$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.546, 3.753 และ 3.460 และ $Q_3$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.019, -0.015 และ -0.010 และ $|Q_3|$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.035, 0.026 และ 0.022 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าการกระจายของค่าดัชนีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ พบว่า ค่าดัชนีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบทั้งการวิเคราะห์โมเดล 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์ มีลักษณะเบ้ทางขวา กล่าวคือ ค่าดัชนีส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย สำหรับค่าความโด่ง พบว่า ค่าดัชนี $\chi^2$ และ $G^2$ มีลักษณะโด่ง กล่าวคือ ค่าดัชนีส่วนใหญ่จะเกาะกลุ่มอยู่รอบๆค่าเฉลี่ย ยกเว้น ค่า $Q_3$ มีลักษณะไม่โด่ง แสดงว่า ค่าดัชนีมีลักษณะกระจาย

4.2.2 การวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของแบบสอบที่มีระดับความเป็นอิสระและไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน

จากข้อมูลผลการตอบข้อสอบในวิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์ ที่มีจำนวนผู้สอบ 4002 คน ทำข้อสอบ 40 ข้อ ผู้วิจัยปรับลดจำนวนข้อสอบลงเหลือ 35 ข้อ เพื่อเปรียบเทียบค่าความเที่ยงของแบบสอบระหว่างแบบสอบ 2 ฉบับ เมื่อคัดข้อสอบที่มีระดับความเป็นอิสระและไม่เป็นอิสระของข้อสอบออก โดยจะคัดข้อสอบออกจำนวน 5 ข้อ ว่าจะส่งผลต่อค่าความเที่ยงของแบบสอบอย่างไรบ้าง ซึ่งแสดงผลดังในตาราง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 4-37 ค่าความเที่ยงของแบบสอบวิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์เมื่อมีลักษณะของแบบสอบแตกต่างกัน

| ลักษณะของแบบสอบ | ภาษาอังกฤษ | | คณิตศาสตร์ | |
|---|---|---|---|---|
| | ข้อที่คัดออก | ค่าความเที่ยง | ข้อที่คัดออก | ค่าความเที่ยง |
| แบบสอบฉบับเต็ม (จำนวนทั้งฉบับ 40 ข้อ) | - | .7195 | - | .7236 |
| แบบสอบที่คัดข้อที่มีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบออก (จำนวนทั้งฉบับ 35 ข้อ) | จำนวน 5 ข้อ (2,3,4,5,27) | .6528 | จำนวน 5 ข้อ (4,5,7,17,38) | .6564 |
| แบบสอบที่คัดข้อที่มีความเป็นอิสระของข้อสอบออก (จำนวนทั้งฉบับ 35 ข้อ) | จำนวน 5 ข้อ (1,6,7,8,9) | .7039 | จำนวน 5 ข้อ (1,10,11,12,13) | .6752 |

จากตาราง เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงในแบบสอบวิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์ซึ่งในแบบสอบประกอบด้วยข้อสอบที่มีทั้งความป็นอิสระและไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ฉบับเต็ม (จำนวน 40 ข้อ) จะพบว่าค่าความเที่ยง มีค่าเท่ากับ .7195 และ .7236 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาผลการวิแคราะห์ค่าดัชนีวัดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ (ภาคผนวก ฉ) และดำเนินการคัดข้อสอบที่มีความไม่เป็นอิสระที่สูงออกจำนวน 5 ข้อ ในแบบสอบวิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ค่าความเที่ยง มีค่าเท่ากับ .6528 และ .6564 ตามลำดับ และคัดข้อสอบที่มีความเป็นอิสระของข้อสอบออกจำนวน 5 ข้อ ในแบบสอบวิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ค่าความเที่ยง มีค่าเท่ากับ .7195 และ .7236 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแบบสอบที่ประกอบด้วยข้อสอบที่มีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบมากจะส่งผลให้ค่าความเที่ยงของแบบสอบสูงขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 5

## สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์การวิจัย 2 ประการ ได้แก่ ประการแรก เพื่อเปรียบเทียบค่าความเที่ยง ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบ ระหว่างเงื่อนไขของระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบด้วยโมเดลการตอบสนองข้อสอบที่มี จำนวนข้อสอบและขนาดกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธีดำเนินการวิจัยเชิงทดลองด้วยการจำลองข้อมูล ประการที่สอง เพื่อศึกษาลักษณะความไม่เป็นอิสระของข้อสอบจากแบบสอบวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษโดยการศึกษาข้อมูลจริง ซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้

### 5.1 การจำลองข้อมูล (simulation)

การจำลองข้อมูลจะใช้โปรแกรมภาษา Fortran Power Station Version 4.0 เพื่อใช้ในการจำลองข้อมูล โปรแกรม LDID (A Computer Program for Local Dependence Indices for Dichotomous Items 1) ใช้เพื่อตรวจสอบระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบด้วยโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบที่มีจำนวนข้อสอบ และขนาดกลุ่มตัวอย่างตามเงื่อนไขที่กำหนด ดังนี้

(1) ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ (LID) ประกอบด้วย 9 ระดับ โดยแบ่งเป็นกลุ่มย่อย 3 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำ (mild) ระดับปานกลาง (medium) และระดับสูง (strong)

(2) โมเดลการตอบสนองข้อสอบ แบ่งเป็น 3 โมเดล ได้แก่ โมเดล 1 พารามิเตอร์ (1PL) โมเดล 2 พารามิเตอร์ (2PL) และโมเดล 3 พารามิเตอร์ (3PL)

(3) จำนวนข้อสอบ (item) แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 30 ข้อ 50 ข้อ 80 ข้อ

(4) ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (sample size) แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 400, 800, 1,200 คน

สำหรับขั้นตอนการดำเนินการวิจัยโดยวิธีการจำลองข้อมูลมีขั้นตอนดังนี้

<u>ขั้นที่ 1</u> จำลองข้อมูลจากการทำข้อสอบ ตามเงื่อนไขของระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบด้วยโมเดลการตอบสนองข้อสอบที่มีจำนวนผู้สอบ และจำนวนข้อสอบแตกต่างกัน โดยวิธีการแจกแจงปกติหลายตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กัน และระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ 9 ระดับ ซึ่งจะได้ข้อมูลตามเงื่อนไขทั้งหมด 243 เงื่อนไข และแต่ละเงื่อนไขจะจำลอง จำนวน 1000 รอบ

<u>ขั้นที่ 2</u> ตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบด้วยสถิติ Yen's Q3 โดยใช้โปรแกรม LDID ในแต่ละเงื่อนไข โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

2.1 คำนวณค่าคะแนนเศษเหลือ จากสูตร $d_{ik} = u_{ik} - P_i\left(\hat{\theta}_k\right)$ เมื่อ

$d_{ik}$ = คะแนนเศษเหลือของคนที่ k ข้อที่ i

$u_{ik}$ = คะแนนคำตอบ (ถูก=1 ผิด= 0) ของคนที่ k ข้อที่ i

$P_i(\hat{\theta}_k)$ = ค่าความน่าจะเป็นคาดหวังในการตอบข้อสอบถูกของคนที่ k ข้อที่ i

2.2 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Q3) ระหว่าง $d_{ik}$ ของข้อสอบแต่ละคู่ จนครบทั้งหมด โดยจะมีจำนวนคู่เท่ากับ $C_2^m$ เมื่อ m เท่ากับจำนวนข้อสอบ (ค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าเศษเหลือ(Q3) จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 ค่าคาดหวังของ Q3 เท่ากับ -1/n-1 เมื่อ n เท่ากับจำนวนข้อสอบ ซึ่งแสดงถึง ความเป็นอิสระของข้อสอบ

ขั้นที่ 3 ข้อมูลที่จำลองได้ในแต่ละเงื่อนไข ไปประมาณค่าความเที่ยง (reliability) ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถของผู้สอบ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ

ผลการวิจัยสรุปดังนี้

5.1.1 การวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น ในทุกเงื่อนไขของแบบทดสอบ ค่าความเที่ยงจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเมื่อใช้จำนวนข้อสอบ 30 ข้อ ค่าความเที่ยงต่ำสุด-สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.671- 0.740 จำนวนข้อสอบ 50 ข้อ ค่าความเที่ยงต่ำสุด-สูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.773- 0.828 และจำนวนข้อสอบ 80 ข้อ ค่าความเที่ยงต่ำสุด-สูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.845 -0.886

5.1.2 การวิเคราะห์ตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

5.1.2.1 การวิเคราะห์ตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบด้วยโมเดล 1 พารามิเตอร์ พบว่า เมื่อมีจำนวนผู้สอบ 400, 800 และ 1200 คนทำข้อสอบ 30, 50 และ 80ข้อ ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถมีค่าเข้าใกล้ 0 และเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น ทั้งค่าความยากง่ายและค่าความสามารถมีลักษณะเพิ่มขึ้นลดลงไม่สม่ำเสมอและค่าที่เพิ่มหรือลดนั้นไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อพิจารณาค่าสารสนเทศของแบบสอบ พบว่า เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น พบว่าค่าสารสนเทศของแบบสอบที่ระดับความสามารถของผู้สอบเท่ากับศูนย์หรือระดับปานกลาง มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยค่าต่ำสุด-สูงสุดในการวิเคราะห์ข้อสอบ 30 50 และ 80 ข้อ มีค่าเท่ากับ 21.486-21.640, 35.725-36.035 และ 57.145-57.644 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบด้วยการวิเคราะห์โมเดล 1 พารามิเตอร์ (1PL) กรณีจำนวนผู้สอบ 400 ทำข้อสอบ 30 ข้อ พบว่า เมื่อระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบไม่แตกต่างกัน แต่กรณี 800 และ 1200 คนทำข้อสอบ 30 ข้อ พบว่า ค่าความยากง่าย และค่าความสามารถ ไม่แตกต่างกัน แต่ค่าสารสนเทศของแบบสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe พบว่า ค่าสารสนเทศของแบบสอบแตกต่างกันระหว่างกลุ่มระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ต่ำและกลุ่มสูง โดย กรณี 800 คน ค่าสารสนเทศของแบบสอบในกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ต่ำเท่ากับ 21.613 และในกลุ่ม ระดับความไม่เป็น

อิสระของข้อสอบ สูงเท่ากับ 21.592 และ กรณี 1200 คน ค่าสารสนเทศของแบบสอบในกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ต่ำเท่ากับ 21.640 และในกลุ่มระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบสูงเท่ากับ 21.630

ผลการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 1 พารามิเตอร์ จำนวน 50 และ 80 ข้อ กรณีจำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 พบว่า เมื่อระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบสูงขึ้น พบว่าค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ ไม่แตกต่างกัน แต่ค่าสารสนเทศของแบบสอบ พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe พบว่า ค่าสารสนเทศของแบบสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ต่ำและกลุ่มสูง โดยกรณี 1200 คน ทำข้อสอบ 50 ข้อ ค่าสารสนเทศของแบบสอบในกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ต่ำเท่ากับ 36.035 และในกลุ่มระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงเท่ากับ 36.004 กรณี 400, 800 และ 1200 คน ทำข้อสอบ 80 ข้อ ค่าสารสนเทศของแบบสอบต่ำสุดในกลุ่มระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ต่ำเท่ากับ 57.251, 57.539 และ 57.635 ตามลำดับ และค่าสารสนเทศของแบบสอบในกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงเท่ากับ 57.145, 57.491 และ 57.599 ตามลำดับ

5.1.2.2 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบด้วยโมเดล 2 พารามิเตอร์ พบว่า กรณีจำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน ทำข้อสอบจำนวน 30 ข้อ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยาก และ ค่าความสามารถมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่แตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบสูงขึ้น ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถในระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบต่ำและสูง พบว่า ค่าความยากง่ายลดลง แต่เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ระดับปานกลาง ค่าความยากง่ายจะสูงขึ้น ส่วนค่าความสามารถจะมีลักษณะในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับต่ำและสูง ค่าความสามารถจะสูงขึ้น แต่เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับปานกลางค่าความสามารถจะลดลง

กรณีทำข้อสอบจำนวน **50 ข้อ** เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยาก และ ค่าความสามารถมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่แตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบสูงขึ้น ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถในระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบต่ำ พบว่า ค่าความยากง่ายเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ระดับปานกลางถึงสูง พบว่า ค่าความยากง่ายลดลงเรื่อยๆ ส่วนค่าความสามารถจะมีลักษณะในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อความไม่เป็นอิสระของอยู่ในระดับต่ำ พบว่าค่าความสามารถต่ำลงเล็กน้อย แต่เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ระดับปานกลางถึงสูง พบว่าค่าความสามารถจะสูงขึ้น

กรณี ทำข้อสอบจำนวน **80 ข้อ** เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยาก และ ค่าความสามารถมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่แตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับต่ำ ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถ เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ระดับปานกลางถึงสูง พบว่าค่าความยากง่ายลดลงเรื่อยๆ โดยค่าจะอยู่ในช่วง -0.03 ถึง 0.05 ส่วนค่าความสามารถจะมีลักษณะในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อความไม่เป็นอิสระของอยู่ในระดับต่ำพบว่าค่าความสามารถต่ำลงเล็กน้อย แต่เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ระดับปานกลางถึงสูงพบว่าค่าความสามารถจะสูงขึ้น โดยค่าจะอยู่ในช่วง -.003 ถึง .001

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 2 พารามิเตอร์(2PL) กรณีจำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน ทำข้อสอบ 30 ข้อ พบว่าเมื่อระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบสูงขึ้น จะทำให้ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe' พบว่า ส่วนใหญ่ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย และค่าสารสนเทศของแบบสอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ต่ำ ปานกลาง สูง ส่วนค่าความสามารถไม่แตกต่างกัน กรณี จำนวนข้อสอบ 50 ข้อ พบว่า เมื่อระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน จะทำให้ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบทดสอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe' พบว่า ส่วนใหญ่ค่าอำนาจจำแนก แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ต่ำ ปานกลาง และสูง ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ต่ำ ปานกลาง กับกลุ่มสูง สำหรับค่าสารสนเทศของแบบสอบแตกต่างกันระหว่างทุกเงื่อนไขของ ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ และกรณี จำนวนข้อสอบ 80 ข้อ พบว่า เมื่อระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน จะทำให้ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย และค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบทดสอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe' พบว่า ส่วนใหญ่ค่าอำนาจจำแนก ค่าสารสนเทศของแบบสอบแตกต่างในทุกระดับของ ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ค่าความยากง่าย แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ปานกลาง และสูง สำหรับค่าความสามารถ พบว่า ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกัน

5.1.2.3 การวิเคราะห์สถิติพื้นฐานตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบด้วยโมเดล 3 พารามิเตอร์ กรณีทำข้อสอบ **30 ข้อ** จำนวนผู้สอบ 400 คน พบว่า เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างคงที่และลดลงเมื่อระดับ

ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นถึงระดับปานกลาง ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถลดลงและเริ่มคงที่เมื่อ ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าการเดาจะสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง และต่ำลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง กรณีจำนวนผู้สอบ 800 คน ลักษณะของค่าอำนาจจำแนกจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง และเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ค่าอำนาจจำแนกจะลดลง และสำหรับค่าความยากง่ายจะลดลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง จากนั้นจะเริ่มคงที่เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าการเดาจะสูงขึ้นเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ต่ำถึงปานกลางและลดลง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง สำหรับค่าความสามารถจะลดลงเมื่อระดับ ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้น กรณีจำนวนผู้สอบ 1200 คน ลักษณะของค่าอำนาจจำแนกจะสูงขึ้นเรื่อยๆเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มขึ้นจนถึงระดับปานกลาง แต่จะลดลงและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาค่าความยากง่ายจะมีค่าลดลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าการเดามีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อ ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ เพิ่มไปจนถึงระดับปานกลาง และจะลดลงเมื่อ ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง และค่าความสามารถจะลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในระดับค่อนข้างสูง และจะลดลงเล็กน้อย เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับสูง สำหรับสารสนเทศของแบบสอบมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อ ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นในทุกเงื่อนไขของการทดสอบ

กรณีทำข้อสอบ 50 ข้อ จำนวนผู้สอบ 400 คน พบว่า เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างคงที่และลดลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นถึงระดับปานกลาง ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถลดลงและเริ่มคงที่เมื่อ ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าการเดาจะสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง และต่ำลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง กรณีจำนวนผู้สอบ 800 คน พบว่า เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างคงที่และลดลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นถึงระดับปานกลาง ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถลดลงและเริ่มคงที่เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาค่าการเดา พบว่า เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับปานกลาง ค่าการเดาจะสูงขึ้นและจะลดลงเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ

อยู่ในระดับสูง และกรณีจำนวนผู้สอบ 1200 คน พบว่า ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบแตกต่างจากกรณีอื่น กล่าวคือ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ เพิ่มสูงขึ้น ค่าอำนาจจำแนกจะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สำหรับค่าความยากง่ายสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นจนถึงระดับปานกลาง และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับสูง ส่วนค่าการเดามีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงไปจนถึงระดับปานกลางและจะลดลงเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าความสามารถมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ เพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับปานกลาง และมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง

กรณีทำข้อสอบ 80 ข้อ จำนวนผู้สอบ 400 คน พบว่า เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างคงที่และลดลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นถึงระดับปานกลาง ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถลดลงและเริ่มคงที่เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าการเดาจะสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง และต่ำลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง กรณีจำนวนผู้สอบ 800 คน พบว่า ค่าอำนาจจำแนกจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นจนถึงระดับปานกลาง จากนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับปานกลาง และจะเพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าความยากง่าย พบว่า มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นจนถึงระดับปานกลาง และจะเริ่มคงที่เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง ค่าการเดามีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงจนถึงระดับปานกลาง และจะลดลงเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าความสามารถจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อ ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นจากระดับต่ำไปจนถึงสูง กรณีจำนวนผู้สอบ 1200 คน พบว่า ค่าอำนาจจำแนกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความยากง่ายมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นจนถึงระดับปานกลางและจะเริ่มคงที่เมื่อ ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าการเดาสูงขึ้นเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงจนถึงระดับปานกลางและจะลดลงเล็กน้อยเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อยู่ในระดับสูง สำหรับค่าความสามารถจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นจากระดับต่ำไปจนถึงสูง สำหรับสารสนเทศของแบบสอบมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อ ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ สูงขึ้นในทุกเงื่อนไขของการทดสอบ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบตามแนวทางการวิเคราะห์โมเดล 3 พารามิเตอร์(3PL) กรณีมีจำนวน 30 50 80 ข้อ จำนวนผู้สอบ 400 800 และ 1200 คน พบว่า เมื่อระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน จะทำให้ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงทดสอบภายหลังด้วยวิธีของ Scheffe′ พบว่า ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา ค่าความสามารถและค่าสารสนเทศของแบบสอบ แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม ระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ต่ำ ปานกลาง และสูง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการจำลองสถานการณ์ตามเงื่อนไขการทดสอบที่กำหนด สามารถกล่าวเป็นภาพรวม โดยสรุปดังนี้

เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อค่าความเที่ยงของแบบสอบสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกเงื่อนไขของการทดสอบ สำหรับการวิเคราะห์โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ พบว่า (1) ในการวิเคราะห์ด้วยโมเดล 1 พารามิเตอร์ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น ค่าความยากง่ายและค่าความสามารถไม่แตกต่างกัน แต่ค่าสารสนเทศของแบบสอบส่วนใหญ่มีแนวโน้มคงที่ (2) เมื่อวิเคราะห์ด้วยโมเดล 2 พารามิเตอร์ พบว่า ส่วนใหญ่ค่าความยากง่ายลดลง แต่ค่าอำนาจจำแนก ค่าความสามารถและสารสนเทศของแบบสอบมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยส่วนใหญ่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (3) เมื่อวิเคราะห์โดยใช้โมเดล 3 พารามิเตอร์ พบว่า ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถและสารสนเทศของแบบสอบมีแนวโน้มลดลง แต่สำหรับค่าอำนาจจำแนก ค่าการเดาส่วนใหญ่มีแนวโน้มสูงขึ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5-1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ตารางที่ 5-1** สรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าความเที่ยงของแบบสอบ ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มขึ้น

| โมเดล | จำนวนข้อสอบ | จำนวนผู้สอบ | a | b | c | $\theta$ | $TIF_{max}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1PL** | | | | | | | |
| | **30 ข้อ** | | | | | | |
| | | **400 คน** | - | คงที่ | - | คงที่ | คงที่ |
| | | **800 คน** | - | คงที่ | - | คงที่ | คงที่ส่วนใหญ่ |
| | | **1200 คน** | - | คงที่ | - | คงที่ | คงที่ส่วนใหญ่ |
| | **50 ข้อ** | | | | | | |
| | | **400 คน** | - | คงที่ | - | คงที่ | คงที่ |
| | | **800 คน** | - | คงที่ | - | คงที่ | คงที่ |
| | | **1200 คน** | - | คงที่ | - | คงที่ | คงที่ส่วนใหญ่ |
| | **80 ข้อ** | | | | | | |
| | | **400 คน** | - | คงที่ | - | คงที่ | คงที่ส่วนใหญ่ |
| | | **800 คน** | - | คงที่ | - | คงที่ | คงที่ส่วนใหญ่ |
| | | **1200 คน** | - | คงที่ | - | คงที่ | คงที่ส่วนใหญ่ |
| **2PL** | | | | | | | |
| | **30 ข้อ** | | | | | | |
| | | **400 คน** | สูงขึ้น | ไม่คงที่ | - | ไม่คงที่ | สูงขึ้น |
| | | **800 คน** | สูงขึ้น | ไม่คงที่ | - | ไม่คงที่ | สูงขึ้น |
| | | **1200 คน** | สูงขึ้น | ไม่คงที่ | - | ไม่คงที่ | สูงขึ้น |
| | **50 ข้อ** | | | | | | |
| | | **400 คน** | สูงขึ้น | คงที่และต่ำลง | - | คงที่และสูงขึ้น | สูงขึ้น |
| | | **800 คน** | สูงขึ้น | คงที่และต่ำลง | - | คงที่และสูงขึ้น | สูงขึ้น |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| โมเดล | จำนวนข้อสอบ | จำนวนผู้สอบ | a | b | c | $\theta$ | $TIF_{max}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1200 คน** | สูงขึ้น | คงที่และต่ำลง | - | คงที่และสูงขึ้น | สูงขึ้น |
| | **80 ข้อ** | | | | | | |
| | | **400 คน** | สูงขึ้น | คงที่และต่ำลง | - | คงที่และสูงขึ้น | สูงขึ้น |
| | | **800 คน** | สูงขึ้น | คงที่และต่ำลง | - | คงที่และสูงขึ้น | สูงขึ้น |
| | | **1200 คน** | สูงขึ้น | คงที่และต่ำลง | - | คงที่และสูงขึ้น | สูงขึ้น |
| **3PL** | | | | | | | |
| | **30 ข้อ** | | | | | | |
| | | **400 คน** | คงที่และต่ำลง | คงที่และต่ำลง | คงที่และต่ำลง | ต่ำลงและคงที่ | ต่ำลง |
| | | **800 คน** | คงที่และต่ำลง | ต่ำลงและคงที่ | ไม่คงที่ | ต่ำลงและคงที่ | ต่ำลง |
| | | **1200 คน** | สูงขึ้นและคงที่ | ต่ำลงและคงที่ | สูงขึ้นและต่ำลง | ต่ำลงและคงที่ | ต่ำลง |
| | **50 ข้อ** | | | | | | |
| | | **400 คน** | คงที่และต่ำลง | คงที่และต่ำลง | คงที่และต่ำลง | ต่ำลง | ต่ำลง |
| | | **800 คน** | สูงขึ้นและต่ำลง | ต่ำลงและคงที่ | สูงขึ้นและคงที่ | ต่ำลง | ต่ำลง |
| | | **1200 คน** | สูงขึ้น | ต่ำลงและคงที่ | สูงขึ้นและคงที่ | คงที่และสูงขึ้น | คงที่และต่ำลง |
| | **80 ข้อ** | | | | | | |
| | | **400 คน** | คงที่และต่ำลง | ต่ำลง | สูงขึ้นและต่ำลง | ต่ำลง | ต่ำลง |
| | | **800 คน** | ไม่คงที่ | ต่ำลงและคงที่ | สูงขึ้นและคงที่ | ต่ำลง | ต่ำลง |
| | | **1200 คน** | สูงขึ้น | ต่ำลงและคงที่ | สูงขึ้นและต่ำลง | ต่ำลง | สูงขึ้นและต่ำลง |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**5.2 การศึกษาข้อมูลจริง (Real data)**

ผู้วิจัยศึกษาลักษณะการเกิดความไม่เป็นอิสระในข้อมูลจริงโดยใช้แบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์ในช่วงชั้นที่ 2 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2550 เขตพื้นที่การศึกษา จังหวัดสุพรรณบุรี ผลการวิจัยสรุปดังนี้

การวิเคราะห์ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบของข้อมูลจริงในวิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์ พบว่า ค่าดัชนีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ $\chi^2$ และ $G^2$ ในวิชาภาษาอังกฤษ มีค่าสูงกว่าค่าที่เปิดจากตาราง ทั้งโมเดลการวิเคราะห์แบบ 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์แสดงว่า ข้อสอบส่วนใหญ่มีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ แต่เมื่อพิจารณาดัชนี $Q_3$ ทั้งโมเดลการวิเคราะห์แบบ 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์ พบว่า มีค่า $Q_3$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.019, -0.013 และ -0.007 ซึ่งเข้าใกล้ค่าคาดหวัง ($E(Q_3) = -1/n-1 = -.025$) แสดงว่าแบบสอบมีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาระหว่างโมเดลการวิเคราะห์ พบว่า โมเดล 1 พารามิเตอร์จะให้ค่าดัชนีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบมากที่สุด รองลงมา คือ โมเดล 2 และ 3 พารามิเตอร์ ตามลำดับ โดยค่าดัชนี $Q_3$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.019, -0.013 และ -0.007 และ $|Q_3|$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.033, 0.028 และ 0.022 ตามลำดับ สำหรับดัชนีอื่นได้แก่ ค่า $\chi^2$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.684, 4.364 และ 2.532 ค่า $G^2$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.836, 6.977 และ 2.518 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าการกระจายของค่าดัชนีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ พบว่า ค่าดัชนีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบทั้งการวิเคราะห์โมเดล 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์ มีลักษณะเบ้ทางขวา กล่าวคือ ค่าดัชนีส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย สำหรับค่าความโด่ง พบว่า ค่าดัชนีส่วนใหญ่มีลักษณะโด่ง กล่าวคือ ค่าดัชนีส่วนใหญ่จะเกาะกลุ่มอยู่รอบๆค่าเฉลี่ย

สำหรับวิชาคณิตศาสตร์พบว่า เมื่อพิจารณาดัชนี $Q_3$ ทั้งโมเดลการวิเคราะห์แบบ 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.019, -0.015 และ -0.010 ซึ่งต่ำกว่าศูนย์เล็กน้อย และเข้าใกล้ค่าคาดหวัง ($E(Q_3) = -1/n-1 = -.025$) แสดงว่าข้อสอบมีความไม่เป็นอิสระจากกันเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาค่าดัชนี $\chi^2$ และ $G^2$ มีค่าสูงกว่าค่าที่เปิดจากตาราง ทั้งโมเดลการวิเคราะห์แบบ 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์แสดงว่า ข้อสอบส่วนใหญ่มีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ และเมื่อพิจารณาระหว่างโมเดลการวิเคราะห์ พบว่า โมเดล 1 พารามิเตอร์จะให้ค่าดัชนีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบมากที่สุด รองลงมา คือ โมเดล 2 และ 3 พารามิเตอร์ ตามลำดับ โดยค่าดัชนี $\chi^2$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.511, 3.776 และ 3.463 ค่า $G^2$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.546, 3.753 และ 3.460 และ $Q_3$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ -0.019, -0.015 และ -0.010 และ $|Q_3|$ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.035, 0.026 และ 0.022 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าการกระจายของค่าดัชนีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ พบว่า ค่าดัชนีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบทั้งการวิเคราะห์โมเดล 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์ มีลักษณะเบ้ทางขวา กล่าวคือ ค่าดัชนีส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย สำหรับค่าความโด่ง พบว่า ค่าดัชนี $\chi^2$ และ $G^2$ มี

ลักษณะโด่ง กล่าวคือ ค่าดัชนีส่วนใหญ่จะเกาะกลุ่มอยู่รอบๆค่าเฉลี่ย ยกเว้น ค่า $Q_3$ มีลักษณะไม่โด่ง แสดงว่า ค่าดัชนีมีลักษณะกระจาย

**5.3 อภิปรายผลการวิจัย**

ในส่วนของการอภิปรายผลผู้วิจัยจะพิจารณาความสอดคล้องของผลการวิจัยกับสมมติฐานที่กำหนดขึ้นจากทฤษฎีและเอกสารรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งกำหนดไว้ดังนี้

3. เมื่อกำหนดระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้นภายใต้เงื่อนไขของ จำนวนข้อสอบ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง ที่แตกต่างกันจะส่งผลทำให้ค่าความเที่ยงของแบบสอบสูงขึ้น
4. เมื่อกำหนดระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้นภายใต้เงื่อนไขของโมเดลการตอบสนองข้อสอบ(IRT Model) จำนวนข้อสอบ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง ที่แตกต่างกันจะส่งผลทำให้ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ อันได้แก่ ค่าอำนาจจำแนกสูงขึ้น ค่าความยากง่ายต่ำลง ค่าการเดาเพิ่มขึ้น ค่าความสามารถเพิ่มขึ้น และค่าสารสนเทศของแบบสอบลดลง

5.3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยง

จากการศึกษาของ Smith, (2005) ศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มข้อสอบซ้ำในแบบสอบจะมีผลต่อค่าความเที่ยงของแบบสอบที่สูงขึ้น ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าความเที่ยงมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตามระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ นอกจากนี้ Ferrara, et. al. (1999 อ้างถึงใน Smith, 2005); Yen (1993 อ้างถึงใน Smith, 2005) ศึกษาข้อสอบที่มีความไม่เป็นอิสระจากกันเมื่อถามเนื้อหาร่วมกัน มีผลทำให้ค่าความเที่ยง ค่าอำนาจจำแนก และสารสนเทศของแบบสอบเพิ่มสูงขึ้น และจากการศึกษาของ Reese, (1999) ศึกษาทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมกับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในแบบสอบ LSAT (Law School Admission Test questions) พบว่า เมื่อเกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบสูงสุด ค่าความเที่ยง ($\alpha$ reliability) ของแบบสอบสูงกว่าความเป็นจริง และยังพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบไบซีเรียล เพิ่มสูงขึ้นเมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบอยู่ในระดับสูง ซึ่งเมื่อผู้วิจัยศึกษาถึงลักษณะความเที่ยงที่เพิ่มขึ้น จะพบว่า เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน กล่าวคือ เมื่อความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเป็นระดับศูนย์ ต่ำ ปานกลาง และสูง ค่าความเที่ยง มีค่าเท่ากับ .91 .92 .93 และ .97 ซึ่งจะเห็นว่า มีลักษณะการเพิ่มขึ้นที่คล้ายคลึงกับการศึกษาในครั้งนี้ด้วย

จากผลการวิจัยเกี่ยวกับผลของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่มีต่อค่าความเที่ยงสูงขึ้น ประเด็นสำคัญที่นักวัดผลควรพิจารณาคือ การเพิ่มขึ้นของค่าความเที่ยงดังกล่าว ยังไม่เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงคุณภาพของแบบสอบเสมอไป กล่าวคือ ค่าความเที่ยงที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมากจากความไม่เป็นอิสระของข้อสอบนั้นอาจไม่ได้เพิ่มความตรงของแบบสอบด้วยอันเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของแบบสอบ ศิริชัย กาญจนวาสี (2545) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเที่ยงกับความตรง

ว่า ความเที่ยงเป็นคุณสมบัติด้านความคงที่หรือคงเส้นคงวาของผลการวัดสามารถประมาณค่าได้จากสัดส่วนความแปรปรวนระหว่างคะแนนจริงกับคะแนนที่สังเกตได้ ส่วนความตรงเป็นคุณสมบัติด้านการวัดได้ตรงตามคุณลักษณะที่มุ่งวัด สามารถประมาณค่าได้จากสัดส่วนความแปรปรวนของคะแนนจริงที่ตรงประเด็นกับคุณลักษณะที่มุ่งวัด ดังนั้น เราสามารถจำแนกความแปรปรวนของคะแนนจริงหรือความตรง ($\sigma_T^2$) เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ความแปรปรวนของคะแนนที่เที่ยงตรงประเด็นกับคุณลักษณะที่มุ่งวัด ($\sigma_V^2 = Valid\ \ Variance$) และความแปรปรวนของคะแนนที่เที่ยงแต่ไม่ตรงประเด็นกับคุณลักษณะที่มุ่งวัด( $\sigma_I^2 = Irrelevant\ \ Variance$) สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\sigma_X^2 = \sigma_T^2 + \sigma_E^2$$

$$\sigma_X^2 = \sigma_V^2 + \sigma_I^2 + \sigma_E^2$$ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545; Kerlinger, 1986)

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ความเที่ยงที่เพิ่มสูงขึ้นเป็นผลจากระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่สูงขึ้นหรือความแปรปรวนของคะแนนที่เที่ยงแต่ไม่ตรงประเด็นกับคุณลักษณะที่มุ่งวัด เมื่อนักวิจัยต้องการสร้างแบบสอบที่มีคุณภาพต้องเพิ่มความเที่ยงที่เป็นความแปรปรวนของคะแนนที่เที่ยงตรงประเด็นกับคุณลักษณะที่มุ่งวัด($\sigma_V^2 = Valid\ \ Variance$) ให้มากขึ้น

5.3.2 ผลการวิเคราะห์ตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

5.3.2.1 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ ค่าความสามารถและสารสนเทศของแบบสอบ

การศึกษาผลการวิจัยที่ผ่านมาในอดีตส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกับการวิจัยผลการศึกษาในครั้งนี้ แต่มีบางเงื่อนไขมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งจากการศึกษาของ Ackerman (1987) พบว่า ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบมีแนวโน้มสูงเกินความเป็นจริงและต่ำกว่าความเป็นจริงจะมีผลต่อการประมาณค่าความสามารถด้วย Smith, (2005) ศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มข้อสอบซ้ำในแบบสอบจะมีผลต่อค่าความเที่ยงของแบบสอบและการประมาณค่าความสามารถที่สูงขึ้นด้วย ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าความเที่ยงมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตามระดับของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่เพิ่มสูงขึ้นแต่สำหรับค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบซึ่งได้แก่ ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าการเดา ค่าความสามารถ และค่าสารสนเทศของแบบสอบ ในบางเงื่อนไขของการทดสอบ มีความแตกต่างกันกับการศึกษาที่ผ่านมา เช่น ค่าความสามารถ ในกรณีการวิเคราะห์ด้วยโมเดล 3 พารามิเตอร์ พบว่า ค่าความสามารถมีแนวโน้มลดลง เมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่การวิเคราะห์ด้วยโมเดล 2 พารามิเตอร์ค่าความสามารถมีแนวโน้ม

สูงขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Linacre(2000 อ้างถึงใน Smith, 2005) ที่กล่าวว่า เมื่อเพิ่มข้อสอบซ้ำในแบบสอบจะมีผลต่อค่าความสามารถของผู้สอบที่สูงขึ้น จากการศึกษาดังกล่าว จะเห็นว่ายังไม่ครอบคลุมสถานการณ์ทั้งหมด เพราะยังมีบางสถานการณ์ซึ่งจะเห็นจากผลการวิจัยครั้งนี้ว่าเมื่อวิเคราะห์ด้วยโมเดล 3 พารามิเตอร์ ผลอาจแตกต่างกันไป

สำหรับค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบที่ได้จากการประมาณค่า โดยเฉพาะค่าความยากง่ายในโมเดล 1 พารามิเตอร์ พบว่า มีค่าใกล้เคียงกับ 0 เนื่องจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดล 1 2 และ 3 พารามิเตอร์ในเชิงทฤษฎีจะกำหนดค่า ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ อันได้แก่ อำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย และ ค่าการเดา เป็นคะแนนมาตรฐานเพื่อให้เป็นหน่วยเดียวกันกับค่าความสามารถ (Hambleton and Swaminathan, 1985) สำหรับในโมเดล1 พารามิเตอร์กำหนดค่าอำนาจจำแนก เป็นค่าคงที่เท่ากับ 1 ค่าการเดา เป็น 0 ซึ่งจากผลการวิจัยนี้มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่ายมีค่าเข้าใกล้ 0 เมื่อค่าความยากง่ายของข้อสอบอยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้น การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยค่าความยากง่ายระหว่างระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบแตกต่างกัน อาจมีผลต่อการวิจัยบ้าง

5.3.2.2 การใช้วิธีการจำลองข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้มีข้อแตกต่างจากงานวิจัยของ Ackerman ในเรื่องวิธีการจำลองข้อมูลซึ่ง Ackerman ใช้วิธีการจำลองข้อมูลที่สัมพันธ์กันแบบลูกโซ่มาร์ค็อฟ(Markov Chain) ซึ่งลักษณะความสัมพันธ์แบบลูกโซ่มาร์ค็อฟ จะมีลักษณะความสัมพันธ์ที่เป็นระบบ กล่าวคือ ผลของคำตอบข้อหนึ่งจะมีความสัมพันธ์กับผลการตอบข้อถัดไป เช่น ผลการตอบข้อสอบในข้อ 3 จะมีความสัมพันธ์กับผลการตอบเฉพาะในข้อที่ใกล้เคียงหรือข้อถัดมา คือ ข้อ 2 หรือ ข้อ 4 เท่านั้นโดยจะไม่สนใจความสัมพันธ์ระหว่างข้อ 2 กับข้ออื่น ๆ ซึ่งในสภาพความเป็นจริง ผลการตอบข้อสอบอาจมีความสัมพันธ์กับข้อใดก็ได้ โดยในการศึกษาครั้งนี้จะใช้วิธีการจำลองข้อมูลโดยใช้วิธีการจำลองแบบการแจกแจงปกติหลายตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กัน และจากการศึกษาของ Kim et. al., (2005) ด้วยการตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบโดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ (LDID Program) ที่ให้ค่าคะแนนแบบ 2 ค่า ด้วยการตรวจสอบข้อสอบทุกคู่ ซึ่งจะครอบคลุมสถานการณ์และสอดคล้องกับสถานการณ์ที่เป็นจริงมากกว่า

5.3.2.3 โมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์กับขนาดกลุ่มตัวอย่าง

จากการศึกษาครั้งนี้จะเห็นว่าการประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากง่ายและความสามารถของผู้สอบโดยใช้การวิเคราะห์แบบโมเดล 1 พารามิเตอร์ ซึ่งจะพบว่าค่าที่ประมาณไม่แตกต่างกัน เมื่อเกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ อาจกล่าวได้ว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ค่าความสามารถ และสารสนเทศของแบบสอบด้วยโมเดล 1 พารามิเตอร์ค่อนข้างมีความคงที่แม้จะได้รับผลกระทบจากความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ซึ่งจากการศึกษาในอดีตมีการวิจัยจำนวนมากสนับสนุนประเด็นนี้ กล่าวคือ จากการศึกษาของ Duglass (1980 อ้างถึงใน สุพล

นิลกลาง, 2541) ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ระหว่างโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบและขนาดกลุ่มตัวอย่าง พบว่า โมเดล 1 พารามิเตอร์ให้การประมาณค่าพารามิเตอร์มีประสิทธิภาพเท่ากับการประมาณค่าแบบ 2 , 3 พารามิเตอร์ นอกจากนี้ จากการศึกษาของ สุพล นิลกลาง(2541) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะของแบบสอบเลือกตอบระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวน 6 กลุ่ม คือ 200 300 450 675 1015 และ 1610 ด้วยการวิเคราะห์โมเดล 1 พารามิเตอร์ พบว่า ค่าความยากง่าย ค่าความสามารถ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าความสามารถไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสารสนเทศของแบบสอบ ระหว่างโมเดลการวิเคราะห์ข้อสอบ จะเห็นว่าเมื่อระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบเพิ่มขึ้นค่าสารสนเทศของแบบสอบจะแตกต่างกันในทุกโมเดลการวิเคราะห์และทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

5.3.2.4 การแบ่งช่วงค่า $Q_3$

การแบ่งช่วงค่า $Q_3$ ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้แนวคิดจากความแปรปรวน – แปรปรวนร่วม ในการกำหนดซึ่งกำหนดค่าตั้งแต่ 0.10 – 0.90 โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำ (mild: Cov.= .10, .20, .30) ระดับปานกลาง (medium: Cov. =.40, .50, .60) และระดับสูง (strong: Cov.=.70, .80, .90) ซึ่งจะเหมาะกับการแปลความหมายที่บ่งบอกระดับความเข้มของความไม่เป็นอิสระของข้อสอบได้ ซึ่งจากการศึกษาในอดีต Ackerman ได้กำหนดระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในแต่ละเงื่อนไขในระดับที่แตกต่างกันออกไป เช่น กำหนดระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในระดับต่ำ ในการจำลองข้อมูลที่มีขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 400 คน ใช้ $Q_3$ = 0.040 800 คน ใช้ $Q_3$ = 0.053 และ 1200 คนใช้ $Q_3$ = 0.040 ในขณะที่ Reese(1995) กำหนด $Q_3$ ในระดับต่ำที่ $Q_3$ = 0.00-0.01 ซึ่งจะเห็นว่ายังไม่มีเกณฑ์ที่แน่นอน และจากการศึกษาครั้งนี้ยังพบว่า ค่า $Q_3$ จะมีค่าที่แตกต่างกัน เมื่อใช้โมเดลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันด้วย กล่าวคือ ค่า $Q_3$ จะลดลงเมื่อใช้การวิเคราะห์แบบ 2 และ 3 พารามิเตอร์ ในขณะที่การวิเคราะห์แบบ 1 พารามิเตอร์จะให้ค่า $Q_3$ ที่สูงกว่า

5.3.2.5 การใช้จำนวนรอบที่พอเพียงในการประมาณค่า

การศึกษาครั้งนี้ใช้จำนวนรอบ ในการประมาณค่ากว่า 1000 รอบ ซึ่งให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงและตัวเลขที่ได้มีความถูกต้อง (Stone 1993 อ้างถึงใน Harwell et. al., 1996) จากการศึกษาของ Harwell (1996) ได้เสนอแนะให้มีการใช้จำนวนรอบในการประมาณค่ามาใช้ศึกษาด้วยวิธีการจำลองข้อมูลในทฤษฎี IRT เพื่อให้การประมาณค่าสถิติต่างๆ มีความคงที่และน่าเชื่อถือ

5.3.2.6 ลักษณะของแบบสอบที่ใช้ในการตรวจสอบ

จากการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งตรวจสอบแบบสอบทั้งฉบับโดยมิได้คำนึงถึงลักษณะข้อสอบ จุดมุ่งหมายของแบบสอบแต่ละประเภท แต่เป็นการศึกษาเพื่อตรวจสอบความไม่เป็นอิสระของข้อสอบทั่วไป เช่น แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบสอบปลายภาคเรียน เป็นต้น ซึ่งจะต้องออกข้อสอบให้ครอบคลุมเนื้อหาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร เหมาะสำหรับการตรวจสอบ

ความไม่เป็นอิสระทั้งฉบับ แต่ไม่เหมาะสมที่จะใช้ตรวจสอบแบบสอบที่มีลักษณะเป็นชุดข้อสอบ (testlet) ที่มีคำถามตามในเนื้อหาเดียวกันหลาย ๆ ข้อ โดยผู้วิจัยอาจต้องมีการปรับคะแนน หรือสุ่มข้อสอบที่ใช้คำถามในเนื้อหาร่วมกันเพื่อจะใช้ในการตรวจสอบ

5.3.2.7 ความสอดคล้องของการจำลองข้อมูลกับสถานการณ์จริง

จากการศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยพยายามศึกษาด้วยวิธีการจำลองข้อมูลและศึกษาจากข้อมูลจริงไปพร้อมกัน จากผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของแบบสอบในข้อมูลจริง พบว่า เมื่อนำข้อสอบที่เป็นอิสระและไม่เป็นอิสระของข้อสอบออกจากแบบสอบ จะพบว่า ค่าความเที่ยงเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ แบบสอบที่นำข้อสอบที่มีความไม่เป็นอิสระออก 5 ข้อ ค่าความเที่ยงต่ำกว่าแบบสอบที่นำข้อสอบที่มีความเป็นอิสระออก 5 ข้อ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่าความเที่ยงที่สูงขึ้นนั้นมากจากความไม่เป็นอิสระของข้อสอบนั่นเอง

สำหรับการตรวจสอบในสถานการณ์จากการจำลองข้อมูลและสถานการณ์ที่เป็นจริงมีข้อที่น่าพิจารณาคือ แบบสอบที่สร้างค่อนข้างมีมาตรฐาน โดยมีการวางแผนในการออกข้อสอบ มีโครงสร้างของข้อสอบมักจะไม่เกิดปัญหาเกี่ยวกับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ดังจะเห็นจากผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าดัชนีสัมบูรณ์ $Q_3$ ในวิชาคณิตศาสตร์ ที่วิเคราะห์ด้วยโมเดล 1PL 2PL และ 3PL มีค่าสูงสุด เท่ากับ 0.145, 0.129 และ 0.137 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่คาดหวังของ $Q_3$ จะมีค่าเท่ากับ 0.025 และเมื่อเปรียบเทียบกับผลจากการจำลองข้อมูลด้วยโมเดล 1PL ค่า $Q_3$ ที่แสดงถึงความไม่เป็นอิสระของข้อสอบมีค่าสูงถึง .50 -.60 จะเห็นว่าข้อสอบส่วนใหญ่มีความไม่เป็นอิสระของข้อสอบล็กน้อย นอกจากนี้แล้ว การตัดสินว่าแบบสอบฉบับใดเกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบมากหรือน้อย ยังขึ้นอยู่กับ ดัชนีที่ใช้วัดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบด้วย ซึ่งจากการใช้ดัชนีวัดตัวอื่นๆพบว่า ให้ค่าความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่แตกต่างกันออกไป กล่าวคือ เมื่อวัดด้วยดัชนี $\chi^2, G^2$ ข้อสอบบางคู่จะมีความไม่เป็นอิสระต่อกัน แต่อย่างไรก็ตาม นักวัดผลควรระมัดระวังการสร้างข้อสอบที่มีการใช้ตารางเนื้อหาร่วมกัน โดยเฉพาะในการถามคำถามหลายข้อเกี่ยวกับข้อมูลในตาราง กราฟ หรือในวิชาภาษาอังกฤษ ในเนื้อหาเดียวกัน ซึ่งเงื่อนไขของการทดสอบนี้อาจไม่สอดคล้องกับการออกข้อสอบลักษณะดังกล่าว แต่จะเหมาะสำหรับการตรวจสอบระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบกับแบบสอบทั่วไป

**5.4 การนำผลการวิจัยไปใช้**

การสร้างแบบสอบให้เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบเป็นสิ่งสำคัญ หากแบบสอบมีคุณภาพจะส่งผลทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ ค่าความสามารถเป็นค่าที่ถูกต้องแท้จริง นักวัดผลอาจเลือกใช้โมเดลการวิเคราะห์ที่เหมาะกับจุดมุ่งหมายของการทดสอบ เช่น แบบสอบทั่วไป ที่มีลักษณะข้อสอบที่โอกาสเกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบน้อย นักวัดผลอาจเลือกใช้โมเดลการวิเคราะห์ 2 หรือ 3 พารามิเตอร์ได้ แต่ใน

สถานการณ์ของการวิเคราะห์แบบสอบที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบสูง เช่น แบบสอบที่ถามคำถามในเนื้อหาเดียวกัน การใช้แผนภูมิ กราฟ เพื่อถามคำถามหลายข้ออาจเลือกใช้โมเดลการวิเคราะห์แบบ 1 พารามิเตอร์ได้ ซึ่งจะเหมาะสมกว่า เกิดความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าน้อยกว่า

**5.5 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป**

1. จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าลักษณะแบบสอบที่จะเกิดความไม่เป็นอิสระมักจะเป็นแบบสอบที่มีลักษณะเป็นชุดข้อสอบย่อย (testlet) ทั้งฉบับ (Ferrara et. al., 1997; Boyd et. al., 2002.) ดังนั้นอาจมีการศึกษาความไม่เป็นอิสระของข้อสอบที่เป็นข้อสอบแบบชุดย่อย

2. ควรมีการศึกษาความไม่เป็นอิสระของข้อสอบในการทดสอบแบบปรับเหมาะเพราะการเลือกข้อสอบให้เหมาะกับผู้เรียนนั้นจะเลือกจากข้อที่ยากหรือง่ายกว่าแต่ไม่ได้คำนึงถึงเนื้อหาที่ใช้สร้างข้อคำถาม จึงมีโอกาสเกิดความไม่เป็นอิสระของข้อสอบได้ ซึ่งพบว่ามีงานวิจัยต่างประเทศเริ่มมีการนำแนวคิดเรื่องความไม่เป็นอิสระของข้อสอบนี้ไปใช้ศึกษาบ้างแล้ว

3. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบจำนวนข้อสอบที่มีความไม่เป็นอิสระในแต่ละแบบสอบว่าจะมีผลต่อค่า $Q_3, \chi^2$ , $G^2$ มากน้อยต่างกันหรือไม่ รวมถึงตำแหน่งของข้อสอบที่มีความไม่เป็นอิสระจะมีผลต่อค่าพารามิเตอร์ และค่าสถิติต่างๆ อย่างไร ซึ่งจากการทดลองวิเคราะห์ของผู้วิจัยโดยกำหนดข้อสอบให้เกิดความไม่เป็นอิสระทุกข้อ พบว่า ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยงจะสูงขึ้นอย่างมาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# รายการอ้างอิง

**ภาษาไทย**


กนกวรรณ รัตนธน. (2544). **การเปรียบความตรงตามสภาพและความคงที่ในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในการทดสอบแบบปรับเหมาะกับของผู้สอบด้วยคอมพิวเตอร์เมื่อระดับความสามารถของผู้สอบและอัตราการใช้ข้อสอบซ้ำแตกต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เกศมณี พยัคฆ์. (2543). **การเปรียบความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบสอบความเข้าใจในการอ่านที่มีจำนวนข้อและจำนวนกลุ่มตัวอย่างต่างกันที่วิเคราะห์ด้วยราส์ชโมเดล**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร

กิ่งกาญจน์ เมฆา. (2540). **การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของแบบสอบมิติสัมพันธ์แบบซ่อนภาพ ที่วิเคราะห์จากกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันกับขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เป็นมาตรฐาน ด้วยวิธีราส์ชโมเดล**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

วิชุดา บัวคง. (2533). **การเปรียบเทียบประสิทธิผลของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองโลจิสติก 3 พารามิเตอร์ ระหว่างวิธีแมกซิมัมไลค์ลิฮูด วิธีฮิวริสติก และวิธีของเบย์ในแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ และแบบสอบความถนัด**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วินัย วงศ์ฤทัยวัฒนา. (2533). **การเปรียบเทียบผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลโลจิสติกแบบสองพารามิเตอร์ระหว่างวิธีของเบส์กับวิธีแมกซิมัมไลค์ลิฮู้ด**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2545). **ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (MODERN TEST THEORYS)**. พิมพ์ครั้งที่2 . กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. **(2548). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CLASSICAL TEST THEORY).** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมจิตร์ ทรัพย์อัประไมย. (2531). **การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์แบบสอบเจตคติด้วยคลาสสิคอลโมเดลและราส์ชโมเดล**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

สุพล นิลกลาง. (2541). **การเปรียบเทียบคุณลักษณะของแบบสอบเลือกตอบระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนต่างกันที่วิเคราะห์ด้วยโมเดลราส์ช.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

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

สมพร บุญอิ่ม. (2529). **การศึกษาความคงที่ของการประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากในการวิเคราะห์ข้อกระทงด้วยราสช์โมเดล**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

**ภาษาอังกฤษ**

Ackerman, Terry A.The Robustness of Logist and Bilog IRT Estimation Programs to Violations of Local Independence. <http://www.act.org/research/reports/pdf/ACT_RR87-14.pdf>

Adams, R.J., Wilson, M.& Wang, W.C.( 1997). The Multidimensional random coefficients multinomial logit model. **Applied Psychological measurement,** 21(1), 1-12.

Boyd, A.M. , et. al.(2003). A comparison of Exposure Control Procedures in CAT Systems Based on Different Measurement Models for Testlets.

Bryk, A.S., and Raudenbush, S.W.(2002). **Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods, second edition.** Newbury Park, CA:Sage.

Chen, W., and Thissen, D. (1997). Local dependence indexes for item pairs using item response theory. **Journal of Educational and Behavioral Statistics,** 22, 265-289.

Du Toit, M. (2003). IRT from SSI: BILOG-MG MULTILOG PARSCALE TESTFACT. Lincolnwood: Scientific Software International, Inc.

Embreson, S.E.&Reise, S.P.(2000). **Item Response Theory for Psychologists**. London: Lawrence Ealbaum Associates, Publishers Mahwah, New Jersey.

Ferara, S., Huynh H. & Baghi H.(1997). Contexual Characteristics of locally Dependent Open – Ended Item Cluster in a Large - Scale Performance Assessment. **Applied Measurement in Education** 10(2), p. 123-144.

Ferrara, S., Huynh, H. and Micheals, H.(1999). Contextual Explanations of Local Dependence in Item Clusters in a Large Scale Hand- On Science Performance Assessment**. Journal of Educational Measurement,** 36(2), p. 199-140.

Habing, B., Finch, H. & Roberts, J.S.(2005). A $Q_3$ Statistic for Unfolding Item Response Theory Model: Assessment of Unidimentionality with Two Factors and Simple Structure. **Applied Psychological Measurement,** 29(6), p. 457-471.

Hambleton, R.K.&Swaminathan, H.,(1985). **Item response Theory: Principles and Applications**.(2 nd. Ed.) Boston: Kluwer Nijhoff Publishing.

Harwell, M., et. al. (1996). Monte Carlo Studies in Item Response Theory. **Applied Psychological Measurement.** Vol. 20, No. 2, June, pp. 101-125.

Hulin, C.L. , et. al.(1983). **Item Response Theory: Application to Psychological Measurement.** Homewood, Illinois.: Dow Jones-Irwin.

Ip, E.H.(2001). Testing for local dependency in dichotomous and polytomous item response models. **Psychometrica,**66(1), p. 109-132.

Jiao, H. & Kamata, A.(2003). **Model Comparisons in the Presence of Local Item Dependence**. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicaco,IL.April 21-25.

Jiao, H. & Kamata, A.(2005). Modeling Local Item Dependence with the Hierarchical Generalized Linear Model. **Journal of Applied Measurement** 6(3), p. 311-321.

Keller, L.A., Swaminayhan, H. & Sireci, S.(2003). Evaluation Scoring Produces for Content Dependent Item Sets. **Applied Measurement in Education,** 16(3), p. 207-222.

Kim, D. , et. al.(2007). Assessing Relative Performance of Local Item Dependence (LID) Indexes<http://measuredprogress.com/resources/measurement/framework/materials/07/AERA.NCME/AssessingRelativePerformance.pdf>

Kim, S.H., Cohen, A.S. and Lin, Y. H.(2005). LDID: A Computer Program for Local Dependence Indices for Dichotomous Items1. Version 1.0

Lee, Y.W.(2004). **Examining passage-related local item dependence(LID) and measurement construct using $Q_3$ statistics in an EFL reading comprehension test**. Center for Validity Research/Division of Research and Development, Educational Testing service, Rosedale Road, Princeton. p. 74-100.

Linden, W.J.vander(1997). **Hanbook Modern Item Response Theory**. New York: Springer-Verlag Newyork Inc.

Master, N.G. and Keeves, P.J. (1999). **Advances in Measurement in Educational Research and Assessment.** Oxford,.

Reese, L.M.(1995). **The Impact of Local Dependencies on Some LSAT Outcomes. Statistical Report.** LSAC Research Report Series. Law School Admission Council, Newtown, PA. Law School Admission Council Inc.

Reese, L.M.(1999). **A classical Test Theory Perspective on LSAT Local Item Dependence.** Statistical Report. LSAC Research Report Series. Law School Admission Council, Newtown, PA. Law School Admission Council Inc.

Reese, L.M.(1999). **Impact of Local Item Dependence on Item Response Theory Scoring in CAT**. Statistical Report. LSAC Research Report Series. Law School Admission Council, Newtown, PA. Law School Admission Council Inc.

Smith, Jr. V. Everett. (2005). Effect of Item Redundacy on Rash Item and Person Estimates. **Journal of Applied Measurement**, 6(2), p.147-163.

Spray, J.A., and Ackerman, T.(1987). The effect of item response dependency on trait or ability dimensionality. ACT Research Report Series 87-10. Iowa City: American College Testing Program. <http://www.act.org/research/reports/pdf/ ACT_RR87-10.pdf>

Wendy, M.Yen. (1984). Effect of local item dependence on the fit and equation performance of the three-parameter logistic model. **Applied Psychological measurement,** 8(2),125-145.

Zenisky, A.L., Hambleton, R.K. and Sireci, S.G.(2000). **Effect of Local Item Dependence on the Validity of IRT Item, Test, and Ability Statistics.** Paper presented at the annual meeting of the National Council on Measurement in Education, New Orleans, LA.

Zenisky, A.L., Hambleton, R.K. and Sireci, S.G.(2002). Identification and evaluation of local item dependences in the Medical College Admissions Test. **Journal of Educational Measurement,** 39**,** p. 1-16.

# ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ภาคผนวก ก**

**โปรแกรมจำลองข้อมูลและประมาณค่าพารามิเตอร์**

**โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 1 พารามิเตอร์(1PL IRT MODEL)**

```
C       GENERATING MULTIVARIATE NORMAL
        COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
     *T1(1200),B1(80)
        REAL SIGMA(80,80),X(80),MU(80),Y(1200,80)
        INTEGER UIN(1200,100)
        OPEN(6,FILE ='C:\1200_50_08.DAT')
        OPEN(2,FILE ='C:\TF1200_50_08.DAT')
        OPEN(1,FILE ='C:\MS50_08.DAT')
      READ(1,*) M
        IF(M .LE. 0) THEN
                CLOSE(1)
           STOP
        END IF
        PRINT*, '   '
        PRINT*, ' ENTER THE SAMPLE SIZE EXAMINEE <= 1200  :'
        READ*, N
      IF(N .LE. 0) THEN
                CLOSE(1)
           STOP
        END IF
        PRINT*, ' ENTER THE NUMBER OF ITERATIONS:'
        READ(*,*) IT
        PRINT*, ' ENTER THE SEED:'
        READ*, IX
        READ(1,*) (MU(J), J = 1,M)
        DO 50 I = 1,M
                READ(1,*) (SIGMA(I,J), J = 1,M)
   50 CONTINUE
```

```
      DO 55 I = 1,55
            CALL MNORM(IX,MU,SIGMA,M,X)
55 CONTINUE
      DO 80 K = 1,IT
      DO 65 I = 1,N
            CALL MNORM(IX,MU,SIGMA,M,X)
      DO 60 J = 1,M
        Y(I,J) = X(J)
60 CONTINUE
65 CONTINUE
  DO 69 I = 1,N
69  CONTINUE
      DO 72 I = 1,N
      DO 72 J = 1,M
            IF(Y(I,J) .LT. MU(J)) THEN
                  U(I,J) = 0
                  UIN(I,J)=0
            ELSE
                  U(I,J) = 1
                  UIN(I,J)=1
            END IF
72 CONTINUE
      DO 75 I = 1,N
75 CONTINUE
  CALL ITEST1(N,M)
80 CONTINUE
            STOP
      END

  SUBROUTINE MNORM(IX,MU,SIGMA,M,X)
      COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
 *T1(1200),B1(80)
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      REAL SIGMA(80,80),C(80,80),U1(80),X(80),MU(80)
  AAA = SQRT(SIGMA(1,1))
      DO 5 I = 1,M
            C(I,1) = SIGMA(I,1)/AAA
 5 CONTINUE
  I = 2
 8 I1 = I - 1
  SUM = 0.0
      DO 10 K = 1,I1
            SUM = C(I,K)*C(I,K) + SUM
10 CONTINUE
  DIFF = SIGMA(I,I) - SUM
      DIFF=ABS(DIFF)
      C(I,I) = SQRT(DIFF)
      IF(I .EQ. M) GO TO 20
      I = I + 1
      I1 = I - 1
      DO 15 J = 2,I1
            J1 = J - 1
            SUM = 0.0
            DO 12 K = 1,J1
                  SUM = C(I,K)*C(J,K) + SUM
12          CONTINUE
            C(I,J) = (SIGMA(I,J) - SUM)/C(J,J)
15 CONTINUE
  GO TO 8
20 DO 23 I = 1,M
            U1(I) = ZNORM(IX)
23 CONTINUE
  DO 30 I = 1,M
            SUM = 0.0
            DO 25 J = 1,I
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                    SUM = C(I,J)*U1(J) + SUM
25              CONTINUE
                X(I) = MU(I) + SUM
30 CONTINUE
  RETURN
      END

  FUNCTION ZNORM(IX)
 5 R1 = URAND(IX)
  R2 = URAND(IX)
      V1 = 2*R1 - 1
      V2 = 2*R2 - 1
      S = (V1*V1) + (V2*V2)
      IF(S .GT. 1.0) GO TO 5
      IF(S .LE. 0.0) GO TO 5
      ZNORM = V1*SQRT(-2*ALOG(S)/S)
      RETURN
      END

  FUNCTION URAND(IX)
      IX = DMOD(16807.0D0*IX, 2147483647.0D0)
      URAND = IX/2147483647.0
      RETURN
      END
      SUBROUTINE ITEST1(N,M)
      COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
     *T1(1200),B1(80)
      CALL URRY (N,M,SD,CKR20)
      IF (SD.LE.0.0) GO TO 80
      IF (CKR20.LE.0.0) GO TO 90
            GO TO 100
```

```
80      WRITE (6,85)
85      FORMAT (10X,'THE PROGRAM CANCEL BECAUSE S.D.OF SCORE .EQ.0.0')
              GO TO 110
90      WRITE (6,95)
95      FORMAT (10X, 'THE PROGRAM CANCEL BECAUSE KR20.LT.0.0')
              GO TO 110
100     CALL BAYES (N,M)
        CALL SUMEST(N,M,CKR20)
110   RETURN
        END

        SUBROUTINE URRY(N,M,SD,CKR20)
        COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
     *T1(1200),B1(80)
        DIMENSION X(1200),RBIS(80)
        DATA PI/3.141592653589793/
              AN=N
              AM=M
        DO 5 I=1,M
              P1(I) = 0.0
5       CONTINUE
        DO 20 I=1,N
              X(I)=0.0
        DO 10 J=1,M
        P1(J)=P1(J)+U(I,J)
        X(I)=X(I)+U(I,J)
 10   CONTINUE
 20     CONTINUE
        DO 21 I=1,N
        IF (X(I).LE.0.0) THEN
              T(I)=-3.0
           T1(I)=-9.0
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      ELSE IF(X(I).GE.AM) THEN
            T1(I)=+9.0
        T(I)=3.0
      ELSE
            T(I)=ALOG(X(I)/(AM-X(I)))
        T1(I)=ALOG(X(I)/(AM-X(I)))
        IF(T(I).LT.-3.0)T(I)=-3.0
        IF(T(I).GT.3.0)T(I)=3.0
      END IF
21    CONTINUE
            DO 11 J=1,M
      IF(P1(J).EQ.0.0)B1(J)=-9.0
      IF(P1(J).EQ.AN)B1(J)=+9.0
      IF(P1(J).EQ.0.0)B(J)=-2.5
      IF(P1(J).EQ.AN)B(J)=+2.5
11          CONTINUE
      CALL XBARSD(N,X,XBAR,SD)
      IF (SD.LE.0.0) GO TO 140
       SPQ=0.0
       DO 90 J=1,M
      P1J=P1(J)
       POPOR=P1J/AN
       SPQ=SPQ+POPOR*(1.0-POPOR)
90    CONTINUE
       CKR20=(1.0-SPQ/SD**2)*AM/(AM-1.0)
       IF(CKR20.LE.0.0) GO TO 140
      DO 110 J=1, M
      IF(ABS(B1(J)).EQ.9.0)GO TO 110
       SX1=0.0
       AN1=0.0
      DO 100 I=1, N
      IF (U(I, J).EQ.1.0) THEN
```

```
            SX1=SX1+X(I)
            AN1=AN1+1.0
        END IF
100     CONTINUE
        IF(AN1.LE.0.0) THEN
            XBAR1=0.5
        ELSE
            XBAR1=SX1/AN1
        END IF
         PP=P1(J)/AN
        IF(PP.LE.0.0) PP=+0.05
        IF (PP.GE.1.0) PP=+0.95
        CALL ZSCORE(PP,Z)
         HI=EXP(-Z**2/2.0)/(SQRT(2.0*PI))
         RPBIS(J)=SQRT(PP/(1.0-PP))*(XBAR1-XBAR)/SD
        IF(RPBIS(J).GE.1.0)RPBIS(J)=0.96
        IF(RPBIS(J).LE.0.0)RPBIS(J)=0.04
         RBIS(J)=RPBIS(J)*SQRT(PP*(1.0-PP)/HI)
        RR=RPBIS(J)*SQRT(PP*(1.0-PP))
        IF(RPBIS(J).LE.0.0)RR=0.05
        IF(RBIS(J).GE.1.0)RR=0.95
        IF(RR**2.GE.1.0)RR=0.96
            B(J)=Z/RPBIS(J)
          B1(J)=Z/RR
110     CONTINUE
140     RETURN
        END

        SUBROUTINE XBARSD (N,X,XBAR,SD)
        DIMENSION X(1200)
        AN=N
        SX=0.0
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      SX2=0.0
      DO 10 I=1, N
      SX=SX+X(I)
      SX2=SX2+X(I)*X(I)
10    CONTINUE
      XBAR=SX/AN
      IF((AN*SX2-SX**2).LE.0.0)THEN
      SD=0.0000001
      ELSE
      SD=SQRT((AN*SX2-SX**2)/(AN*(AN-1.0)))
      END IF
      RETURN
      END

      SUBROUTINE  ZSCORE(P,Z)
      DATA Z1/2.515517/,Z2/0.802853/,Z3/0.010328/
      DATA Z4/1.432788/,Z5/0.189269/,Z6/0.001308/
      IF (P.LE.0.0) THEN
            Z=-9.0
      ELSE IF(P.GT.0.0.AND.P.LT.0.5) THEN
            B=ALOG (1/P**2)
        IF(B.LE.0.0)B=0.0000001
            C=SQRT (B)
            Z=C-(Z1+Z2*C+Z3*B)/(1.0+Z4*C+Z5*B+Z6*B*C)
      ELSE IF(P.EQ.0.5) THEN
            Z=0.0
      ELSE IF(P.GT.0.5.AND.P.LT.1.0) THEN
            B=ALOG(1.0/(1.0-P)**2)
        IF(B.LE.0.0)B=0.0000001
            C=SQRT(B)
            Z=-(C-(Z1+Z2*C+Z3*B)/(1.0+Z4*C+Z5*B+Z6*B*C))
      ELSE
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
            Z=+9.0
        END IF
        RETURN
        END

        SUBROUTINE BAYES (N, M)
        COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
     *T1(1200),B1(80)
        DIMENSION TOL(5)
        DATA TOL/0.1,0.05,0.01,0.005,0.001/
        AN= N
        AM= M
        CALL RMED (N, XBAR, SD)
        DO 35 J=1, M
        IF(ABS(B1(J)).EQ.9.0)GO TO 35
            BJ=B(J)
            B(J)=B(J)/SD-XBAR/SD
        IF(B(J).LT.-2.5)B(J)=-2.5
        IF(B(J).GT.2.5)B(J)=2.5
35      CONTINUE
        DO 36 I=1,N
        IF(ABS(T1(I)).EQ.9.0)GO TO 36
        TI=T(I)
        T(I)=T(I)/SD-XBAR/SD
        IF(T(I).LT.-3.0)T(I)=-3.0
        IF(T(I).GT.3.0)T(I)=3.0
36      CONTINUE
        CALL ALO (N, M, ALIKE)
        MM=0
        PER=100.0
        ISTEP=1
        DO 310 I=1, 5
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      MM=MM+1
      CALL CON1(N,M,TOL(I))
      CALL AL1(N,M,ALIKE,PERC)
      IF (I.LE.3.AND.PERC.LT.PER) THEN
      GO TO 311
      ELSE IF (I. GT.3. AND. PERC.LT.PER) THEN
      GO TO 311
      END IF
310   CONTINUE
311   PER=20.0
      ISTEP=2
      DO 410 I=1, 5
      MM=MM+1
      CALL CON2 (N, M, TOL (I))
      CALL AL1 (N, M, ALIKE, PERC)
      IF (I. LT. 3. AND. PERC. LT. PER) THEN
      GO TO 411
      ELSE IF(I.GT.3.AND.PERC.LT.PER) THEN
      GO TO 411
      END IF
410   CONTINUE
411    PER=2.0
       ISTEP=3
      DO 510 J=1, 5
       MM = MM+1
      CALL CON1 (N,M,TOL(I))
      CALL AL1 (N,M,ALIKE,PERC)
      IF (I. LT. 3. AND. PERC. LT. PER) THEN
      GO TO 511
      ELSE IF (I. GT. 3. AND. PERC. LT. PER)  THEN
      GO TO 511
      END IF
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
510     CONTINUE
511      PER=0.2
         ISTEP=4
         SX=0.0
         SX2=0.0
         AN3=0.0
        DO 710 I=1, N
        IF(ABS(T1(I)).EQ.9.0)GO TO 710
        IF (ABS(T(I)).LE.3.0) THEN
         AN3=AN3+1.0
         SX=SX+T(I)
         SX2=SX2+T(I)**2
        END IF
710     CONTINUE
         XBAR=SX/AN3
        IF((AN3 * SX2-SX * * 2).LE.0.0)THEN
        SD=0.0000001
        ELSE
         SD=SQRT((AN3 * SX2-SX * * 2)/(AN3 * (AN3-1.0)))
        END IF
         NN = AN3
        DO 740 I=1, N
        IF (ABS (T1(I)).EQ.9.0) GO TO 740
        IF (ABS (T(I)). GT.3.0) THEN
        IF (T(I). LT.-3.0)T(I)=-3.0
        IF (T(I). GT.+3.0)T(I)=+3.0
        END IF
740     CONTINUE
        DO 610 I=1,5
                MM=MM+1
                CALL CON3 (N,M,TOL(I))
          CALL AL1(N,M,ALIKE,PERC)
```

```
                IF (I.LT.3.0.AND. PERC. LT. PER) THEN
                GO TO 611
                ELSE IF (I.GT.3.AND.PERC.LT.PER) THEN
          GO TO 611
          END IF
610       CONTINUE
611       RETURN
          END

          SUBROUTINE TBAYES (N, M, TOL)
          COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
     *T1(1200),B1(80)
          AM= M
          DO 20 I=1, N
          IF (ABS (T1(I)).EQ.9.0) GO TO 20
                DO 10 K=1, 10
                D1=0.0
                D2=0.0
                THETA=T(I)
                DO 5 J=1, M
                DL=-1.7*(T(I)-B(J))
                IF(DL.GT.21.0) DL=21.0
                IF(DL.LT.-15.0) DL=-15.0
                P=1.0/(1.0+EXP(DL))
                D1=D1+(U(I, J)-P)
                D2=D2+P*(1.0-P)
5         CONTINUE
          DD1=1.7*D1-T(I)
          DD2=-2.89*D2-1.0
          T(I)=T(I)-DD1/DD2
          TDIFF=T(I)-THETA
                IF (ABS (THETA- T(I)).LT.TOL) GO TO 20
```

```
10      CONTINUE
                IF(T(I).LT.-3.0)T(I)=-3.0
        IF(T(I).GT.3.0)T(I)=3.0
20      CONTINUE
        CALL TMSD (N, XBAR, SD)
        DO 21 J=1, M
        IF(ABS(B1(J)).EQ.9.0)GO TO 21
        IF(B(J).LT.-2.5)B(J)=-2.5
        IF(B(J).GT.2.5)B(J)=2.5
21      CONTINUE
        DO 22 I=1, N
        IF (ABS (T1(I)).EQ.9.0) GO TO 22
        IF(T(I).GT.3.0)T(I)=3.0
        IF(T(I).LT.-3.0)T(I)=-3.0
22      CONTINUE
        RETURN
        END

        SUBROUTINE  TMSD (N, XBAR, SD)
        COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
     *T1(1200),B1(80)
         AN=N
         SX  = 0.0
         SX2 = 0.0
        DO 10  I = 1, N
         SX = SX + T(I)
         SX2 = SX2 + T(I)*T(I)
10      CONTINUE
         XBAR = SX /AN
        IF((AN*SX2-SX**2).LE.0.0)THEN
        SD=0.0000001
         ELSE
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      SD=SQRT((AN*SX2-SX**2)/(AN*(AN-1.0)))
      END IF
      RETURN
      END

      SUBROUTINE  RMED (N, RME, RSD)
      COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
     *T1(1200),B1(80)
      CALL SORT (N,RME)
      ST2=0.0
      AN=N
      DO 10 I=1,N
      ST2=ST2+(T(I)-RME)**2
10    CONTINUE
      IF(ST2.LE.0.0)THEN
      RSD=0.0000001
      ELSE
      RSD=SQRT(ST2/AN)
      END IF
      RETURN
      END

      SUBROUTINE SORT (N,RME)
      COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
     *T1(1200),B1(80)
      DIMENSION D1(1200)
      AN=N
      DO 1 I = 1,N
      D1(I) = T(I)
1     CONTINUE
      K=N-1
      DO 5 I=1,K
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      L=N-I
      DO 5 J=1,L
            IF(D1(J)-D1(J+1)) 15,5,5
15    SAVE = D1(J)
      D1(J)=D1(J+1)
      D1(J+1)=SAVE
5     CONTINUE
      N1= AN/2
      IF(N1*2.EQ.N) THEN
            RME=(D1(N1)+D1(N1+1))/2.0
      ELSE
            RME=D1(N1+1)
      END IF
      RETURN
      END

      SUBROUTINE BMSD1 (N, M, CKR20)
      COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
     *T1(1200),B1(80)
      AM= M
      SX = 0.0
      SX2 = 0.0
      DO 10 I = 1, M
      IF (ABS(B1(I)).EQ.9.0)  THEN
            AM=AM - 1.0
      ELSE
            SX = SX + B(I)
            SX2 = SX2 +B(I)*B(I)
      END IF
10    CONTINUE
      XBAR =SX/AM
      IF((AM * SX2-SX**2).LE.0.0)THEN
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      SD=0.0000001
      ELSE
      SD = SQRT ((AM * SX2-SX**2)/(AM * (AM-1.0)))
      END IF
      M=AM
      CALL TMSD(N,XBAR2,SD2)
   WRITE (6,20) CKR20,XBAR,SD,XBAR2,SD2,M
20  FORMAT(5(F10.5),5X,I5)
      RETURN
      END

      SUBROUTINE  BBAYES (N, M, TOL)
      COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
     *T1(1200),B1(80)
      DO 20 J=1, M
      IF(ABS(B1(J)).EQ.9.0)GO TO 20
      DO 10 K=1,10
      D1=0.0
      D2=0.0
      BB=B(J)
      DO 5 I=1,N
      DL=-1.7*(T(I)-B(J))
      IF(DL.GT.21.0) DL=21.0
      IF(DL.LT.-15.0) DL=-15.0
      P=1.0/(1.0+EXP(DL))
      D1=D1+(U(I,J)-P)
      D2=D2+P*(1.0-P)
5     CONTINUE
      DD1= -1.7*D1
      DD2 = -2.89*D2
      DD3=DD1/DD2
      IF(DD3.GT.0.4)THEN
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
          B(J)=BB-0.35
         ELSE IF(DD3.LT.-0.4)THEN
          B(J)=BB+0.35
         ELSE
          B(J)=BB-DD3
         END IF
         IF(B(J).GT.2.5)B(J)=2.5
         IF(B(J).LT.-2.5)B(J)=-2.5
         IF (B(J).GT.9.0.OR.B(J).LT.-9.0) GO TO 15
          DIFF=B(J)-BB
         IF (ABS (BB-B(J)).LT.TOL) GO TO 20
10       CONTINUE
          GO TO 20
15        DIF = B(J)-BB
          B (J) = BB
20       CONTINUE
         RETURN
         END

         SUBROUTINE SUMEST (N, M, CKR20)
         COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
     *T1(1200),B1(80)
         NN=N
         DO 40 I = 1, M
40       CONTINUE
         CALL BMSD1(N,M,CKR20)
         CALL TESTIF(M)
         RETURN
         END

         SUBROUTINE  AL1(N,M,ALIKE,PERC)
         COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
     *T1(1200),B1(80)
           ALIKEO = 0.0
           DO 10  I = 1, N
           DO  5  J = 1, M
           DL = -1.7*(T(I)-B(J))
           IF (DL. GT. 21.0) DL = 21.0
           IF (DL. LT. -15.0) DL = -15.0
           P=1.0/(1.0+EXP(DL))
           IF(P.LE.0.0) P=0.01
           IF(P.GE.1.0) P=0.99
           ALIKEO = P**U(I,J)*(1.0-P)**(1.0-U(I,J))+ALIKEO
5          CONTINUE
10         CONTINUE
           AINC=ALIKEO-ALIKE
           PERC=AINC/ALIKE*100.00
           ALIKE = ALIKEO
           RETURN
           END

           SUBROUTINE  ALO (N, M,  ALIKE)
           COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
     *T1(1200),B1(80)
           ALIKE = 0.0
           DO 10  I = 1, N
           DO  5  J = 1, M
           DL = -1.7  * (T(I) - B(J))
           IF (DL.GT.21.0) DL = 21.0
           IF (DL.LT.-15.0) DL = -15.0
           P=1.0/(1.0+EXP(DL))
           IF (P.LE.0.0) P= 0.01
           IF (P.GE.0.0) P= 0.99
           ALIKE = P**U(I,J)*(1.0-P)**(1.0-U(I,J))
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
5       CONTINUE
10      CONTINUE
        RETURN
        END

        SUBROUTINE  CON1(N,M,TOL)
        COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
     *T1(1200),B1(80)
        CALL  TBAYES (N,M,TOL)
        CALL  BBAYES (N,M,TOL)
        RETURN
        END

        SUBROUTINE  CON2(N,M,TOL)
        COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
     *T1(1200),B1(80)
        CALL  TBAYES (N,M,TOL)
        CALL  BBAYES(N,M,TOL)
        RETURN
        END

        SUBROUTINE  CON3(N,M,TOL)
        COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
     *T1(1200),B1(80)
        CALL  TBAYES (N,M,TOL)
        CALL  BBAYES(N,M,TOL)
        RETURN
        END

        SUBROUTINE  TESTIF ( M)
        COMMON U(1200,80),T(1200),B(80),RPBIS(80),P1(80),
     *T1(1200),B1(80)
```

```
      DIMENSION THETA(7),FITEM(7,80),TESIF(7)
      DATA THETA/-3.0,-2.0,-1.0,0.0,+1.0,+2.0,+3.0/
      N=7
      DO 20 J=1, N
      TESIF(J)=0.0
      DO 5 I=1,M
       DL=-1.7*(THETA(J)-B(I))
       P=1.0/(1.0+EXP(DL))
      Q=1.0-P
       FITEM(J,I)=2.89*P*Q
       TESIF(J)=TESIF(J)+FITEM(J,I)
5     CONTINUE
20    CONTINUE
      WRITE(2,50)(TESIF(J),J=1,N)
50    FORMAT(7F9.4)
      RETURN
      END
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ภาคผนวก ข**

**โปรแกรมจำลองข้อมูลและประมาณค่าพารามิเตอร์**

**โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 พารามิเตอร์ (2PL IRT MODEL)**

```
C       GENERATING MULTIVARIATE NORMAL
        COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
        REAL SIGMA(80,80),X(80),MU(80),Y(1200,80)
        INTEGER UIN(1200,100)
        OPEN(2,FILE ='C:\TF1200_50_08.DAT')
        OPEN(1,FILE ='C:\MS50_08.DAT')
      READ(1,*) M
        IF(M .LE. 0) THEN
                CLOSE(1)
           STOP
        END IF
        PRINT*, '   '
        PRINT*, ' ENTER THE SAMPLE SIZE EXAMINEE <= 1200  :'
        READ*, N
      IF(N .LE. 0) THEN
                CLOSE(1)
           STOP
        END IF
        PRINT*, ' ENTER THE NUMBER OF ITERATIONS:'
        READ(*,*) IT
        PRINT*, ' ENTER THE SEED:'
        READ*, IX
        READ(1,*) (MU(J), J = 1,M)
        DO 50 I = 1,M
                READ(1,*) (SIGMA(I,J), J = 1,M)
   50 CONTINUE
        DO 55 I = 1,55
                CALL MNORM(IX,MU,SIGMA,M,X)
```

```
55 CONTINUE
      DO 80 K = 1,IT
      DO 65 I = 1,N
            CALL MNORM(IX,MU,SIGMA,M,X)
      DO 60 J = 1,M
        Y(I,J) = X(J)
60 CONTINUE
65 CONTINUE
  DO 69 I = 1,N
69  CONTINUE
      DO 72 I = 1,N
      DO 72 J = 1,M
            IF(Y(I,J) .LT. MU(J)) THEN
                  U(I,J) = 0
                  UIN(I,J)=0
            ELSE
                  U(I,J) = 1
                  UIN(I,J)=1
            END IF
72 CONTINUE
      DO 75 I = 1,N
75 CONTINUE
  CALL ITEST1(N,M)
80 CONTINUE
      STOP
      END

  SUBROUTINE MNORM(IX,MU,SIGMA,M,X)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
      REAL SIGMA(80,80),C(80,80),U1(80),X(80),MU(80)
  AAA = SQRT(SIGMA(1,1))
      DO 5 I = 1,M
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                C(I,1) = SIGMA(I,1)/AAA
 5 CONTINUE
  I = 2
 8 I1 = I - 1
  SUM = 0.0
      DO 10 K = 1,I1
                SUM = C(I,K)*C(I,K) + SUM
10 CONTINUE
  DIFF = SIGMA(I,I) - SUM

      C(I,I) = SQRT(DIFF)
      IF(I .EQ. M) GO TO 20
      I = I + 1
      I1 = I - 1
      DO 15 J = 2,I1
                J1 = J - 1
                SUM = 0.0
                DO 12 K = 1,J1
                        SUM = C(I,K)*C(J,K) + SUM
12              CONTINUE
                C(I,J) = (SIGMA(I,J) - SUM)/C(J,J)
15 CONTINUE
  GO TO 8

20    DO 23 I = 1,M
                U1(I) = ZNORM(IX)
23 CONTINUE
  DO 30 I = 1,M
                SUM = 0.0
                DO 25 J = 1,I
                        SUM = C(I,J)*U1(J) + SUM
25              CONTINUE
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                X(I) = MU(I) + SUM
 30 CONTINUE
   RETURN
        END

   FUNCTION ZNORM(IX)
  5 R1 = URAND(IX)
   R2 = URAND(IX)
        V1 = 2*R1 - 1
        V2 = 2*R2 - 1
        S = (V1*V1) + (V2*V2)
        IF(S .GT. 1.0) GO TO 5
        IF(S .LE. 0.0) GO TO 5
        ZNORM = V1*SQRT(-2*ALOG(S)/S)
        RETURN
        END

   FUNCTION URAND(IX)
        IX = DMOD(16807.0D0*IX, 2147483647.0D0)
        URAND = IX/2147483647.0
        RETURN
        END

        SUBROUTINE ITEST1(N,M)
        COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
        CALL URRY (N,M,SD,CKR20)
        IF (SD.LE.0.0) GO TO 80
        IF (CKR20.LE.0.0) GO TO 90
                GO TO 100
80      WRITE (6,85)
85      FORMAT (10X,'THE PROGRAM CANCEL BECAUSE S.D.OF SCORE .EQ.0.0')
                GO TO 110
```

```
90      WRITE (6,95)
95      FORMAT (10X, 'THE PROGRAM CANCEL BECAUSE KR20.LT.0.0')
              GO TO 110
100     CALL BAYES (N,M)
        CALL SUMEST(N,M)
C110    STOP
110  RETURN
        END

        SUBROUTINE URRY(N,M,SD,CKR20)
        COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
        DIMENSION X(1200),RBIS(80),A1(80),B1(80),X1(1200)
        DATA PI/3.141592653589793/
              AN=N
              AM=M
        DO 5 I=1,M
              P1(I) = 0.0
5       CONTINUE
        DO 20 I=1,N
              X(I)=0.0
        DO 10 J=1,M
        P1(J)=P1(J)+U(I,J)
        X(I)=X(I)+U(I,J)
 10   CONTINUE
20      CONTINUE
              DO 21 I=1,N
        IF (X(I).LE.0.0) THEN
              XX=+0.5
              T(I)=ALOG(XX/(AM-XX))
              IF (T(I).LT.-1.6) T(I)=-1.6
        ELSE IF(X(I).GE.AM) THEN
              XX=AM-0.5
```

```
            T(I)=ALOG(XX/(AM-XX))
            IF (T(I).GT.1.6) T(I)=1.6
        ELSE
            T(I)=ALOG(X(I))/(AM-X(I))
        IF(T(I).LT.-1.6)T(I)=-1.6
        IF(T(I).GT.1.6)T(I)=1.6
        END IF
21      CONTINUE
            DO 11 J=1,M
        IF(P1(J).LE.0.0)P1(J)=0.5
        IF(P1(J).GE.AN)P1(J)=AN-0.5
11          CONTINUE
        CALL XBARSD(N,X,XBAR,SD)
        DO 60 I=1, N
        IF (X(I).LE.0.0) THEN
            X1(I)=-1.6
        ELSE IF (X(I).GE.AM) THEN
            X1(I)=+1.6
        ELSE
            X1(I)=ALOG(X(I)/(AM-X(I)))
        IF(X1(I).LT.-1.6)X1(I)=-1.6
        IF(X1(I).GT.1.6)X1(I)=1.6
        END IF
60      CONTINUE
        CALL XBARSD (N,X1,XBAR1,SD1)
        IF (SD.LE.0.0) GO TO 140
         SPQ=0.0
         DO 90 J=1,M
         POPOR=P1(J)/AN
         SPQ=SPQ+POPOR*(1.0-POPOR)
90      CONTINUE
         CKR20=(1.0-SPQ/SD**2)*AM/(AM-1.0)
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      IF(CKR20.LE.0.0) GO TO 140
      DO 110 J=1, M
      SX1=0.0
      AN1=0.0
      DO 100 I=1, N
      IF (U(I, J).EQ.1.0) THEN
            SX1=SX1+X(I)
            AN1=AN1+1.0
      END IF
100   CONTINUE
   IF (P1(J).LE.0.0)P1(J)=0.5
      IF (P1(J).GE.AN)P1(J)=AN-0.5
      IF(AN1.LE.0.0) THEN
            XBAR1=0.5
      ELSE
            XBAR1=SX1/AN1
      END IF
      PP=P1(J)/AN
      IF(PP.LE.0.0) PP=+0.05
      IF (PP.GE.1.0) PP=+0.95
      CALL ZSCORE(PP,Z)
      HI=EXP(-Z**2/2.0)/(SQRT(2.0*PI))
      RPBIS(J)=SQRT(PP/(1.0-PP))*(XBAR1-XBAR)/SD
      RBIS(J)=RPBIS(J)*SQRT(PP*(1.0-PP)/HI)
      A(J)=RPBIS(J)/SQRT(1.0-RPBIS(J) * * 2)
      RR=RPBIS(J)/SQRT(CKR20)
      IF(RPBIS(J).LE.0.0)RR=0.05
      IF(RBIS(J).GE.1.0)RR=0.95
      IF(RR**2.GE.1.0)RR=0.96
      A1(J)=RR/SQRT(1.0-RR**2)
      IF(RPBIS(J).EQ.0.0) THEN
            B(J)=Z/RR
```

```
      ELSE
            B(J)=Z/RPBIS(J)
      END IF
      B1(J)=Z/RR
      IF(A1(J).LE.1.0) THEN
            W(J)=0.1
      ELSE IF(A1(J).LE.2.0) THEN
            W(J)=0.2
      ELSE
            W(J)=0.3
      END IF
      IF(RBIS(J).LT.0.0) THEN
            A1(J)=-9.0
            A(J)=-9.0
            W(J)=0.0
      END IF
110   CONTINUE
140   RETURN
      END

      SUBROUTINE XBARSD (N,X,XBAR,SD)
      DIMENSION X(1200)
      AN=N
      SX=0.0
      SX2=0.0
      DO 10 I=1, N
      SX=SX+X(I)
      SX2=SX2+X(I)*X(I)
10    CONTINUE
      XBAR=SX/AN
      SD=SQRT((AN*SX2-SX**2)/(AN*(AN-1.0)))
      RETURN
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
END

SUBROUTINE  ZSCORE(P,Z)
DATA Z1/2.515517/,Z2/0.802853/,Z3/0.010328/
DATA Z4/1.432788/,Z5/0.189269/,Z6/0.001308/
IF (P.LE.0.0) THEN
        Z=-9.0
ELSE IF(P.GT.0.0.AND.P.LT.0.5) THEN
        B=ALOG (1/P**2)
        C=SQRT (B)
        Z=C-(Z1+Z2*C+Z3*B)/(1.0+Z4*C+Z5*B+Z6*B*C)
ELSE IF(P.EQ.0.5) THEN
        Z=0.0
ELSE IF(P.GT.0.5.AND.P.LT.1.0) THEN
        B=ALOG(1.0/(1.0-P)**2)
        C=SQRT(B)
        Z=-(C-(Z1+Z2*C+Z3*B)/(1.0+Z4*C+Z5*B+Z6*B*C))
ELSE
        Z=+9.0
END IF
RETURN
END

SUBROUTINE BAYES (N, M)
COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
CHARACTER THE*5,TH
DIMENSION TOL(5)
DATA TOL/0.1,0.05,0.01,0.005,0.001/
AN= N
AM= M
CALL TMSD (N, XBAR, SD)
```

```
      CALL BMSD (M)
      CALL RMED (N, XBAR, SD)

      DO 35 J=1, M
      IF(A(J).LE.0.0)GO TO 35
            BJ=B(J)
            B(J)=B(J)/SD-XBAR/SD
            AJ=A(J)
            A(J)=A(J)*SD
      IF(A(J).LT.0.4)A(J)=0.4
      IF(A(J).GT.6.5)A(J)=6.5
      IF(B(J).LT.-1.9)B(J)=-1.9
      IF(B(J).GT.1.9)B(J)=1.9
35    CONTINUE
      DO 36 I=1,N
      TI=T(I)
      T(I)=T(I)/SD-XBAR/SD
      IF(T(I).LT.-1.6)T(I)=-1.6
      IF(T(I).GT.1.6)T(I)=1.6
36    CONTINUE
      CALL ALO (N, M, ALIKE)
      MM=0
      PER=100.0
      ISTEP=1
      THE='THETA'
      TH='B'
      DO 310 I=1, 5
      MM=MM+1
      CALL CON1(N,M,TOL(I))
      CALL AL1(N,M,ALIKE,PERC)
      IF (I.LE.3.AND.PERC.LT.PER) THEN
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      GO TO 311
      ELSE IF (I. GT.3. AND. PERC.LT.PER) THEN
      GO TO 311
      END IF
310   CONTINUE
311   PER=20.0
      ISTEP=2
      DO 410 I=1, 5
      CALL CON2 (N, M, TOL (I))
      CALL AL1 (N, M, ALIKE, PERC)
      IF (I. LT. 3. AND. PERC. LT. PER) THEN
      GO TO 411
      ELSE IF(I.GT.3.AND.PERC.LT.PER) THEN
      GO TO 411
      END IF
410   CONTINUE
411    PER=2.0
       ISTEP=3
      DO 510 J=1, 5
      CALL CON1 (N, M, TOL (I))
      CALL AL1 (N, M, ALIKE, PERC)
      IF (I. LT. 3. AND. PERC. LT. PER) THEN
      GO TO 511
      ELSE IF (I. GT. 3. AND. PERC. LT. PER) THEN
      GO TO 511
      END IF
510   CONTINUE
511    PER=0.2
       ISTEP=4
       SX=0.0
       SX2=0.0
       AN3=0.0
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      DO 710 I=1, N
      IF (ABS(T(I)).LE.3.0) THEN
       AN3=AN3+1.0
       SX=SX+T(I)
       SX2=SX2+T(I)**2
      END IF
710   CONTINUE
       XBAR=SX/AN3
       SD=SQRT((AN3 * SX2-SX * * 2)/(AN3 * (AN3-1.0)))
       NN = AN3
      DO 740 I=1, N
      IF (ABS (T(I)). GT.1.6) THEN
      IF (T(I). LT.-1.6)T(I)=-1.6
      IF (T(I). GT.+1.6)T(I)=+1.6
      END IF
740   CONTINUE
       CALL TMSD(N,XBAR,SD)
      DO 760 I=1, M
      IF(A(I).LE.0.0)GO TO 760
            B(I)=B(I)/SD-XBAR/SD
            A(I)=A(I) * SD
      IF(A(I).LT.0.4)A(I)=0.4
      IF(A(I).GT.6.5)A(I)=6.5
      IF(B(I).LT.-1.9)B(I)=-1.9
      IF(B(I).GT.1.9)B(I)=1.9
760   CONTINUE
      DO 755 I=1, N
            T(I)=T(I)/SD-XBAR/SD
            IF(T(I).LT.-1.6)T(I)=-1.6
      IF(T(I).GT.1.6)T(I)=1.6
755   CONTINUE
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      DO 610 I=1,5
            MM=MM+1
            CALL CON3 (N, M, TOL (I))
        CALL AL1 (N, M, ALIKE, PERC)
            IF (I.LT.3.0.AND. PERC. LT. PER) THEN
            GO TO 611
            ELSE IF (I.GT.3.AND.PERC.LT.PER) THEN
        GO TO 611
        END IF
610   CONTINUE
611   RETURN
       END

      SUBROUTINE TBAYES (N, M, TOL)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
       AM= M
      DO 20 I=1, N
            DO 10 K=1, 10
            D1=0.0
            D2=0.0
            THETA=T(I)
            DO 5 J=1, M
            IF(A(J).LT.0.0) GO TO 5
            DL=-1.7*A(J)*(T(I)-B(J))
            IF(DL.GT.21.0) DL=21.0
            IF(DL.LT.-15.0) DL=-15.0
            P=1.0/(1.0+EXP(DL))
            D1=D1+A(J)*(U(I, J)-P)
            D2=D2+P*(1.0-P)*A(J)**2
5     CONTINUE
       DD1=1.7*D1
       DD2=-2.89*D2
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      T(I)=T(I)-DD1/DD2
      TDIFF=T(I)-THETA
      IF(TDIFF.GT.0.3) THEN
            IN=THETA
            DIFF=THETA-IN
            T(I)=THETA-DIFF/10.0+0.3
      ELSE IF (TDIFF.LT.-0.3) THEN
            IN=THETA
            DIFF=THETA-IN
            T(I)=THETA-DIFF/10.0-0.3
      END IF
            IF (ABS (THETA- T(I)).LT.TOL) GO TO 20
10    CONTINUE
            IF(T(I).LT.-1.6)T(I)=-1.6
      IF(T(I).GT.1.6)T(I)=1.6
20    CONTINUE
      CALL TMSD (N, XBAR, SD)
      DO 21 J=1, M
      IF(A(J).LT.0.0)GO TO 21
      B(J)=B(J)/SD-XBAR/SD
      A(J)=A(J)*SD
      IF(A(J).LT.0.4)A(J)=0.4
      IF(A(J).GT.6.5)A(J)=6.5
      IF(B(J).LT.-1.9)B(J)=-1.9
      IF(B(J).GT.1.9)B(J)=1.9
21    CONTINUE
      DO 22 I=1, N
      T(I)=T(I)/SD-XBAR/SD
      IF(T(I).GT.2.0)T(I)=2.0
      IF(T(I).LT.-2.0)T(I)=-2.0
22    CONTINUE
      CALL TMSD (N, XBAR, SD)
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      RETURN
      END

      SUBROUTINE TMSD (N, XBAR, SD)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
       AN=N
       SX  = 0.0
       SX2 = 0.0
      DO 10  I = 1, N
       SX = SX + T(I)
       SX2 = SX2 + T(I)*T(I)
10    CONTINUE
       XBAR = SX /AN
       SD=SQRT((AN*SX2-SX**2)/(AN*(AN-1.0)))
      RETURN
      END

      SUBROUTINE  TMSD1 (N, XBAR, SD)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
       AN=N
       SX = 0.0
       SX2 = 0.0
      DO 10 I = 1, N
       SX = SX + T(I)
       SX2 = SX2 + T(I)*T(I)
10    CONTINUE
       XBAR = SX /AN
       SD=SQRT((AN*SX2-SX**2)/(AN*(AN-1.0)))
      RETURN
      END
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      SUBROUTINE RMED (N, RME, RSD)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
      CALL SORT (N,RME)
      ST2=0.0
       AN=N
      DO 10 I=1,N
      ST2=ST2+(T(I)-RME)**2
10    CONTINUE
       RSD=SQRT(ST2/AN)
      RETURN
      END

      SUBROUTINE SORT (N, RME)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
      DIMENSION D1 (1200)
       AN=N
      DO 1 I = 1,N
       D1(I) = T(I)
1     CONTINUE
       K=N-1
      DO 5 I=1,K
       L=N-I
      DO 5 J=1,L
            IF(D1(J)-D1(J+1)) 15,5,5
15    SAVE = D1(J)
       D1(J)=D1(J+1)
       D1(J+1)=SAVE
5     CONTINUE
       N1= AN/2
      IF(N1*2.EQ.N) THEN
            RME=(D1(N1)+D1(N1+1))/2.0
      ELSE
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
            RME=D1(N1+1)
        END IF
        RETURN
        END

        SUBROUTINE ABAYES (N, M, TOL)
        COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
        CHARACTER STAR
        DO 20 J=1,M
        IF(A(J).LE.0.0) GO TO 20
        DO 10 K=1,10
         STAR=' '
         D1=0.0
         D2=0.0
         DISCRI=A(J)
        DO 5 I=1,N
         DL=-1.7 * A(J)*(T(I)-B(J))
        IF(DL.GT.21.0) DL=21.0
        IF(DL.LT.15.0) DL=-15.0
         P=1.0/(1.0+EXP(DL))
         D1=D1+(T(I)-B(J))*(U(I,J)-P)
         D2=D2+(T(I)-B(J))**2*P*(1.0-P)
5       CONTINUE
         DD1=1.7*D1
         DD2=-2.89*D2
        DD3=DD1/DD2
        IF(DD3.LT.-0.3)A(J)=DISCRI+0.29
        IF(DD3.GT.+0.3)A(J)=DISCRI-0.29
        IF(A(J).GT.6.5)A(J)=6.5
        IF(A(J).LT.0.4)A(J)=0.4
         D1 = 1.7*D1
         D2 = -2.89*D2
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      IF (A(J).LE.0.0.OR.A(J).GT.5.5) GO TO 15
       DIFF = A (J) - DISCRI
      IF (ABS (DIFF).GT.0.3) STAR = '*'
      IF (DIFF.GT.0.3) THEN
            IN = DISCRI
            A(J) = DISCRI + (DISCRI - IN)/ 10.0 + 0.15
            DIFF = A(J) -DISCRI
      GO TO 20
      ELSE  IF (DIFF.LT.-0.3) THEN
            IN = DISCRI
            A(J) = DISCRI -(DISCRI - IN)/10.0 - 0.15
            DIFF = A(J)-DISCRI
            GO TO 20
      END IF
      IF (ABS (DISCRI - A(J)).LT.TOL) GO TO 20
       GO TO 10
10    CONTINUE
       GO TO 20
15     DIF = A (J) -DISCRI
       AJ=A(J)
       A (J) = DISCRI
       GO TO 20
20    CONTINUE
      RETURN
      END

      SUBROUTINE BMSD (M)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
       AM= M
       SX = 0.0
       SX2 = 0.0
      DO 10 I = 1, M
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      IF (A(I).LT.0.0)  THEN
            AM=AM - 1.0
      ELSE
            SX = SX + B(I)
            SX2 = SX2 +B(I)*B(I)
      END IF
10    CONTINUE
       XBAR =SX/AM
       SD = SQRT ((AM * SX2-SX**2)/(AM * (AM-1.0)))
      RETURN
      END

      SUBROUTINE BMSD1 (N, M)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
       AM= M
       SX = 0.0
      SX1 = 0.0
       SX2 = 0.0
      SX21 = 0.0
      DO 10 I = 1, M
      IF (A(I).LT.0.0)  THEN
            AM=AM - 1.0
      ELSE
            SX = SX + B(I)
            SX1 = SX1 + A(I)
            SX2 = SX2 +B(I)*B(I)
            SX21 = SX21 +A(I)*A(I)
      END IF
10    CONTINUE
       XBAR =SX/AM
      XBAR1 =SX1/AM
       SD = SQRT ((AM * SX2-SX**2)/(AM * (AM-1.0)))
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      SD1 = SQRT ((AM * SX21-SX1**2)/(AM * (AM-1.0)))
      CALL TMSD1 (N, XBAR2, SD2)
      M=AM
      RETURN
      END

      SUBROUTINE BBAYES (N, M, TOL)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
      CHARACTER STAR
      DO 20 J=1, M
      IF(A(J).LE.0.0) GO TO 20
      DO 10 K=1,10
       STAR=' '
       D1=0.0
       D2=0.0
       BB=B(J)
      DO 5 I=1,N
       DL=-1.7*A(J)*(T(I)-B(J))
      IF(DL.GT.21.0) DL=21.0
      IF(DL.LT.-15.0) DL=-15.0
       P=1.0/(1.0+EXP(DL))
       D1=D1+A(J)*(U(I,J)-P)
       D2=D2+A(J)**2*P*(1.0-P)
5     CONTINUE
       DD1= -1.7*D1
       DD2 = -2.89*D2
      DD3=DD1/DD2
      IF(DD3.GT.0.4)B(J)=BB-0.39
      IF(DD3.LT.-0.4)B(J)=BB+0.39
      IF(B(J).GT.1.9)B(J)=1.9
      IF(B(J).LT.-1.9)B(J)=-1.9
      IF (B(J).GT.9.0.OR.B(J).LT.-9.0) GO TO 15
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      DIFF=B(J)-BB
      IF (ABS(DIFF).GT.0.5)  STAR = '*'
      IF(DIFF.GT.0.5) THEN
      IN=BB
      B(J)=BB+(BB-IN)/10.0+0.3
      DIFF=B(J)-BB

      ELSE  IF(DIFF.LT.-0.5)  THEN
            IN = BB
            B(J)=BB-(BB-IN)/10.0-0.3
            DIFF = B(J) - BB
      END IF
      IF (ABS (BB-B(J)).LT.TOL) GO TO 20
      GO TO 10
10    CONTINUE
      GO TO 20
15    DIF = B(J) -BB
      B (J) = BB
      GO TO 20
20    CONTINUE
      CALL BMSD(M)
      RETURN
      END

      SUBROUTINE  SUMEST ( N, M)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
      NN=N
      DO 40 I = 1, M
      GO TO 40
40    CONTINUE
      CALL BMSD1(N,M)
      CALL TESTIF (M)
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      RETURN
      END

      SUBROUTINE ABBAYE (N, M, TOL)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
      CHARACTER STAR*2

    DO 20 J=1, M
      IF(A(J).LE.0.0) GO TO 20
      DO 10  K=1, 10
       STAR =  ' '
       DA1 = 0.0
       DA2=0.0
       DB1=0.0
       DB2=0.0
       DAB=0.0
       AA=A(J)
       BB=B(J)
      DO 5  I=1,  N
       DL=-1.7*A(J)*(T(I) -B(J))
      IF (DL.GT.21.0) DL = 21.0
      IF (DL.LT.-15.0) DL = -15.0
       P =1.0 /(1.0 +EXP(DL))
       DA1 =DA1+(T(I) -B(J))*(U(I, J) - P)
       DA2 = DA2+(T(I) -B(J))**2*P*(1.0 - P)
       DB1 = DB1+A(J)*(U(I,J)-P)
       DB2 = DB2 + A(J)**2*P*(1.0-P)
      DAB = DAB+(-1.7*A(J)*(T(I)-B(J))*P*(1.0-P))
5     CONTINUE
      DDA1= 1.7*DA1
       DDA2 = -2.89*DA2
```

```
      DDB1 = -1.7*DB1
      DDB2 = -2.89*DB2
      DDAB = -1.7*DAB
      DET = DDA2*DDB2-DDAB**2
     IF (DET.LE.0.0) GO TO 3
      D1 = DDB2/DET
      D2 = DDA2 /DET
      D3 = (-1.0 * DDAB)/DET
      A(J) = AA-(DDA1*D1+DDB1*D3)
      B(J) = BB-(DDA1*D3+DDB1*D2)
      IF(A(J).LT.0.4)A(J)=0.4
     IF(A(J).GT.6.5)A(J)=6.5
     IF(B(J).LT.-1.9)B(J)=-1.9
     IF(B(J).GT.1.9)B(J)=1.9
      DIFA = A(J)-AA
      DIFB = B(J)-BB
     IF (ABS(DIFA).GT.0.3.AND.ABS(DIFB).GT.0.5) THEN
           STAR = '**'
     ELSE  IF (ABS(DIFA).GT.0.3)  THEN
           STAR = '* '
     ELSE IF (ABS(DIFB).GT.0.5)  THEN
           STAR = ' *'
     END IF
     IF (DIFA.GT.0.3) A(J) = AA+0.15
     IF (DIFA.LT.-0.3)A(J) = AA-0.15
     IF (DIFB.GT.0.5) B(J) = BB+0.30
     IF (DIFB.LT.-0.5) B(J) = BB-0.30
     IF (A(J).LE.0.0) GO TO 6
     IF (ABS(AA-A(J)).LT.TOL) GO TO 20
      GO TO 10
3     A (J)=AA
      B (J)=BB
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      GO TO 20
6     A (J) =AA
      B (J) =BB
      GO TO 20
10    CONTINUE
20    CONTINUE
      CALL BMSD (M)
      RETURN
            END

      SUBROUTINE AL1 (N, M, ALIKE, PERC)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
       ALIKEO = 0.0
      DO 10  I = 1, N
      DO  5  J = 1, M
      IF(A(J).LE.0.0) GO TO 5
       DL = -1.7*A(J)*(T(I)-B(J))
      IF (DL. GT. 21.0) DL = 21.0
      IF (DL. LT. -15.0) DL = -15.0
      P=1.0/(1.0+EXP(DL))
      IF(P.LE.0.0) P=0.01
      IF(P.GE.1.0) P=0.99
      ALIKEO = P*(1.0-P)+ALIKEO
5     CONTINUE
10    CONTINUE
      PERC=ALIKE/ALIKEO*100
      ALIKE = ALIKEO
      RETURN
      END

      SUBROUTINE ALO (N, M, ALIKE)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      ALIKE = 0.0
      DO 10  I = 1, N
      DO  5  J = 1, M
      IF(A(J).LE.0.0) GO TO 5
      DL = -1.7 * A (J) * (T(I) - B(J))
      IF (DL.GT.21.0) DL = 21.0
      IF (DL.LT.-15.0) DL = -15.0
      P=1.0/(1.0+EXP(DL))
      IF (P.LE.0.0) P= 0.01
      IF (P.GE.0.0) P= 0.99
      ALIKE = P*(1.0-P)+ALIKE
5     CONTINUE
10    CONTINUE
      RETURN
      END

      SUBROUTINE CON1 (N, M, TOL)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
      CALL TBAYES (N, M, TOL)
      CALL BBAYES (N, M, TOL)
      CALL ABAYES (N, M, TOL)
      CALL BMSD (M)
      RETURN
      END

      SUBROUTINE CON2 (N, M, TOL)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
      CALL TBAYES (N, M, TOL)
      CALL BBAYES (N, M, TOL)
      CALL ABAYES (N, M, TOL)
      CALL BMSD (M)
      RETURN
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      END

      SUBROUTINE  CON3(N,M,TOL)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80)
      CALL TBAYES (N, M, TOL)
      CALL BBAYES (N, M, TOL)
      CALL ABAYES (N, M, TOL)
      CALL ABBAYE (N, M, TOL)
      CALL BMSD (M)
      RETURN
      END

      SUBROUTINE TESTIF (M)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),P1(80),
     *T1(1200),B1(80)
      DIMENSION THETA (7), FITEM (7, 80), TESIF (7)
      DATA THETA/-3.0,-2.0,-1.0,0.0,+1.0,+2.0,+3.0/
      N=7
      DO 20 J=1, N
      TESIF (J) =0.0
      DO 5 I=1, M
       DL=-1.7*A (I)*(THETA (J)-B (I))
       P=1.0/ (1.0+EXP (DL))
      Q=1.0-P
       FITEM (J, I) =2.89*A (I) **2*P*Q
       TESIF (J) =TESIF (J) +FITEM (J, I)
5     CONTINUE
20    CONTINUE
      WRITE (2, 50) (TESIF (J), J=1, N)
50    FORMAT (7F9.4)
      RETURN
      END
```

**ภาคผนวก ค**

**โปรแกรมจำลองข้อมูลและประมาณค่าพารามิเตอร์**

**โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์(3PL IRT MODEL)**

```
C       GENERATING MULTIVARIATE NORMAL
        COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),
      * P1(80),C(80),C1(80)
        REAL*8 SIGMA(80,80),X(80),MU(80),Y(1200,80)
        INTEGER UIN(1200,80)
        OPEN(6,FILE ='C:\800_50_05.DAT')
        OPEN(2,FILE ='C:\TF800_50_05.DAT')
        OPEN(1,FILE ='C:\MS50_05.DAT')
         READ(1,*) M
        IF(M .LE. 0) THEN
                CLOSE(1)
        STOP
        END IF
        PRINT*, '   '
        PRINT*, ' ENTER THE SAMPLE SIZE EXAMINEE <= 1200  :'
        READ*, N
         IF(N .LE. 0) THEN
                CLOSE(1)
           STOP
        END IF
        PRINT*, ' ENTER THE NUMBER OF ITERATIONS:'
        READ(*,*) IT
        PRINT*, ' ENTER THE SEED:'
        READ*, IX
        READ(1,*) (MU(J), J = 1,M)
```

```
      DO 50 I = 1,M
            READ(1,*) (SIGMA(I,J), J = 1,M)
50    CONTINUE
      DO 55 I = 1,55
            CALL MNORM(IX,MU,SIGMA,M,X)
55    CONTINUE
      DO 80 K = 1,IT
      DO 65 I = 1,N
            CALL MNORM(IX,MU,SIGMA,M,X)
      DO 60 J = 1,M
        Y(I,J) = X(J)
60    CONTINUE
65    CONTINUE
       DO 69 I = 1,N
69    CONTINUE
      DO 72 I = 1,N
      DO 72 J = 1,M
            IF(Y(I,J) .LT. MU(J)) THEN
                  U(I,J) = 0
                  UIN(I,J)=0
            ELSE
                  U(I,J) = 1
                  UIN(I,J)=1
            END IF
72    CONTINUE
      DO 75 I = 1,N
75    CONTINUE
      CALL ITEST1(N,M)
80    CONTINUE
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      STOP
      END

      SUBROUTINE MNORM(IX,MU,SIGMA,M,X)
      REAL*8 SIGMA(80,80),C(80,80),U1(80),X(80),MU(80)
      AAA = SQRT(SIGMA(1,1))
      DO 5 I = 1,M
            C(I,1) = SIGMA(I,1)/AAA
5     CONTINUE
      I = 2
8     I1 = I - 1
      SUM = 0.0
      DO 10 K = 1,I1
            SUM = C(I,K)*C(I,K) + SUM
10    CONTINUE
      DIFF = SIGMA(I,I) - SUM
      DIFF=ABS(DIFF)
      C(I,I) = SQRT(DIFF)
      IF(I .EQ. M) GO TO 20
      I = I + 1
      I1 = I - 1
      DO 15 J = 2,I1
            J1 = J - 1
            SUM = 0.0
            DO 12 K = 1,J1
                  SUM = C(I,K)*C(J,K) + SUM
12          CONTINUE
            C(I,J) = (SIGMA(I,J) - SUM)/C(J,J)
15    CONTINUE
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      GO TO 8
20    DO 23 I = 1,M
            U1(I) = ZNORM(IX)
23     CONTINUE
      DO 30 I = 1,M
            SUM = 0.0
            DO 25 J = 1,I
                  SUM = C(I,J)*U1(J) + SUM
25          CONTINUE
            X(I) = MU(I) + SUM
30    CONTINUE
      RETURN
      END

      FUNCTION ZNORM(IX)
5     R1 = URAND(IX)
      R2 = URAND(IX)
      V1 = 2*R1 - 1
      V2 = 2*R2 - 1
      S = (V1*V1) + (V2*V2)
      IF(S .GT. 1.0) GO TO 5
      IF(S .LE. 0.0) GO TO 5
      ZNORM = V1*SQRT(-2*ALOG(S)/S)
      RETURN
      END

      FUNCTION URAND(IX)
      IX = DMOD(16807.0D0*IX, 2147483647.0D0)
      URAND = IX/2147483647.0
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      RETURN
      END

      SUBROUTINE ITEST1(N,M)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),
     *  P1(80),C(80),C1(80)
      DIMENSION SX(1200),SMS(80),SUM8(80)
      DO 300 I=1,N
       SX(I)=0
      DO 300 J=1,M
      IF(U(I,J).EQ.2.0.OR.U(I,J).EQ.3.0) GO TO  300
       SX(I)=SX(I)+U(I, J)
300   CONTINUE
      DO  400  J=1,M
      SMS(J)=0
      SUM8(J)=0
      ISM13=M/5
      DO 400 I=1,N
      IF(U(I,J).EQ.2.0.OR.U(I,J).EQ.3.0) GO TO  400
      IF(SX(I).LE.ISM13.AND.U(I,J).EQ.1.0) THEN
       SUM8(J)=SUM8(J)+U(I,J)
      END IF
      IF(SX(I).EQ.ISM13) SX(I)=SX(I)-U(I, J)
      IF(SX(I).LE.ISM13-1) THEN
       SMS(J)=SMS(J)+1.0
      END IF
      IF (SX(I).EQ.ISM13) SX(I)=SX(I)+U(I,J)
400   CONTINUE
      DO  500 J=1,M
```

```
                IF(SMS(J).LE.0.0)SMS(J)=1.0
                C(J) =0.15
                C1(J)=SUM8(J)/SMS(J)
500     CONTINUE
        DO  5  I=1, N
        DO  5  J=1, M
        IF (U(I,J).GT.1.0)U(I,J)=0.0
5       CONTINUE
        CALL URRY(N,M,SD,CKR20)
        IF (SD.LE.0.0)  GO  TO  80
        IF (CKR20.LE.0.0)  GO  TO  90
        GO TO 100
80      WRITE(6,85)
85      FORMAT (3X,'*** STOP BECAUSE SD LESS THAN OR EQUAL 0.0 ***')
        GO TO 110
90      WRITE (6,95)
95      FORMAT (3X,'** STOP BECAUSE KR20 LESS THAN OR EQUAL 0.0 ****')
        GO  TO  110
100     CALL BAYES (N,M)
        CALL SUMEST(N,M,CKR20)
110     RETURN
        END
        SUBROUTINE URRY (N, M, SD, CKR20)
        COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),
        * P1(80),C(80),C1(80)
        DIMENSION X(1200),RBIS(80),A1(80),B1(80),X1(1200)
        DATA PI/3.141592653589793/
        AN=N
        AM=M
```

```
      DO  5  I=1, M
      P1(I)=0.0
5     CONTINUE
      DO  20  I=1, N
      X(I)=0.0
      DO  10  J=1, M
       X(I)=U(I,J)+X(I)
       P1(J)= P1(J)+U(I,J)
10    CONTINUE
      IF (X(I).LE.0.0) THEN
            XX=+0.4
            T(I)=ALOG (XX/(AM-XX))
      ELSE  IF  (X (I).GE.AM) THEN
            XX=AM-0.4
            T(I)=ALOG (XX/(AM-XX))
      ELSE
            T(I)=ALOG (X(I)/(AM-X(I)))
      END  IF
20    CONTINUE
      CALL XBARSD (N,X,XBAR,SD)
      DO  60  I=1, N
      IF (X (I) .LE.0.0) THEN
            X1 (I) = -9.0
      ELSE  IF (X(I).GE.AM) THEN
            X1 (I) = +9.0
      ELSE
            X1(I)=ALOG(X(I)/(AM-X(I)))
      END  IF
60    CONTINUE
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      CALL XBARSD (N,X1,XBAR1,SD1)
      IF (SD.LE.0.0) GO TO  140
      SPQ = 0.0
      DO  90  J=1,M
      POPOR = P1(J)/AN
      SPQ = SPQ + POPOR*(1.0-POPOR)
90    CONTINUE
      CKR20 = (1.0 - SPQ/SD**2)*AM/(AM - 1.0)
      IF (CKR20.LE.0.0)  GO TO 135
      DO  110  J=1, M
      SX1 = 0.0
      AN1 = 0.0
      DO  100  I=1,N
      IF  (U(I,J).EQ.1.0)  THEN
            SX1 = SX1 + X(I)
            AN1 = AN1 + 1.0
      END  IF
      IF (P1(J).LE.0.0) P1(J)=0.5
      IF (P1(J).GE.AN) P1(J)=AN - 0.5
100   CONTINUE
      IF (AN1.LE.0.0)  THEN
            XBAR1 = 0.0
      ELSE
            XBAR1 = SX1 / AN1
      END  IF
      PPP = P1 (J) / AN
      PP = (PPP - 0.15) / 0.85
      IF (PP.LE.0.0)  PP = 0.02
      IF (PP.GE.1.0)  PP = 0.98
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      CALL ZSCORE (PP, Z)
      PIP = SQRT (2.0*PI)
      HI = EXP (-1.0*Z**2/2.0) /PIP
      RPBIS (J) = SQRT(PP/ (1.0 - PP))*(XBAR1 - XBAR) / SD
      IF (RPBIS(J).LE.0.0)RPBIS(J)=0.04
      IF (RPBIS(J).GE.1.0)RPBIS(J)=0.96
      RBIS (J) = RPBIS(J)*SQRT(PP*(1.0 - PP) / HI)
      A(J)=RPBIS(J)*SQRT(1.0 - RPBIS(J)**2)
      RR = RBIS(J) * SQRT(PP*(1.0-PP))
      IF (RPBIS(J).LE.0.0)RR=0.05
      IF (RBIS(J).GE.1.0) RR=0.95
      IF (RR**2.GE.1.0) RR=0.96
       A1(J)=RR/SQRT(CKR20*HI**2-RPBIS(J)**2*PP*(1.0-PP))
            B (J) = Z/RPBIS(J)
      B1 (J) = (0.85*Z)/RR
      IF (A1(J).LE.0.8)  THEN
            W(J) = 0.1
      ELSE IF (A1(J).GE.2.2) THEN
            W(J) = 0.3
      ELSE
            W(J) = 0.2
      END IF
      IF (RBIS(J).LT.0.0)  THEN
            A1(J) = -9.0
            A (J) = -9.0
            W (J) = 0.0
      END  IF
C     *AN1,W(J)
110   CONTINUE
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      GO TO 140
135   WRITE (6,136) CKR20
136   FORMAT (10X,'KR20=',F10.7//10X,'STOP BECAUSE KR20 LESS
      *THAN OR EQUAL 0.0')
140   RETURN
      END

      SUBROUTINE ZSCORE (P, Z)
      DATA  Z1/2.515517/, Z2/0.802853/, Z3/0.010328/
      DATA  Z4/1.432788/, Z5/0.189269/, Z6/0.001308/
      IF (P.LE.0.0) THEN
      Z = - 9.0
      ELSE  IF (P.GT.0.0.AND.P.LT.0.5)  THEN
            B = ALOG (1/P**2)
            IF(B.LT.0.0)B=0.00001
            C = SQRT (B)
            Z = C - (Z1+Z2*C+Z3*B)/(1.0+Z4*C+Z5*B+Z6*B*C)
      ELSE IF (P.EQ.0.5)  THEN
            Z = 0.0
      ELSE IF (P.GT.0.5.AND.P.LT.1.0)  THEN
            B = ALOG (1/ (1-P)**2)
            IF(B.LT.0.0)B=0.00001
            C = SQRT (B)
            Z = -(C-(Z1+Z2*C+Z3*B)/(1.0+Z4*C+Z5*B+Z6*B*C))
      ELSE
            Z = +9.0
      END IF
      RETURN
      END
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      SUBROUTINE XBARSD (N, X, XBAR, SD)
      DIMENSION X(1200)
      AN = N
      SX = 0.0
      SX2= 0.0
      DO  10  I = 1, N
      SX = SX + X (I)
      SX2= SX2+X (I) * X (I)
10    CONTINUE
      XBAR = SX / AN
      IF((AN*SX2-SX**2).LT.0.0)THEN
            SD=0.0000001
      ELSE
            SD=SQRT((AN*SX2-SX**2)/(AN*(AN-1)))
      END IF
      RETURN
      END

      SUBROUTINE BAYES (N, M)
      REAL*8 ALIKE
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),
     * P1(80),C(80),C1(80)
      DIMENSION TOL (5)
      DATA TOL/0.1, 0.05, 0.01, 0.005, 0.001/
      AN = N
      AM = M
      DO 70 I=1,M
            IF (B(I).LT.-3.0) B(I) = -3.0
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      IF (B(I).GT.3.0) B(I) = 3.0
70    CONTINUE
      CALL ALD(N, M, ALIKE)
      DO  60  I = 1, 3
      CALL TBAYES (N, M, TOL (I))
      CALL BBAYES (N, M, TOL (I))
      CALL ABAYES (N, M, TOL (I))
      CALL CBAYES (N, M, TOL (I))
      CALL AL1 (N, M, ALIKE, PERC)
60    CONTINUE
      DO  71  I = 4, 5
      CALL TBAYES (N, M, TOL (I))
      CALL BBAYES (N, M, TOL (I))
      CALL ABAYES (N, M, TOL (I))
      CALL CBAYES (N, M, TOL (I))
      CALL AL1(N,M,ALIKE,PERC)
71    CONTINUE
      RETURN
      END

      SUBROUTINE  TBAYES (N,M,TOL)
      REAL*8 D1,D2,DD1,DD2
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),
     * P1(80),C(80),C1(80)
      AM = M
      DO  20  I = 1, N
      DO  10  K = 1, M
      D1 = 0.0
      D2 = 0.0
```

```
      THETA = T(I)
      DO  5  J = 1,M
      IF (A(J).LT.0.0) GO TO 5
      DL = -1.7 * A (J) * (T (I) - B (J))
      IF (DL.GT.21.0)  DL = 21.0
      IF (DL.LT.- 15.0) DL = -15.0
      P = 1.0/(1.0+EXP(DL))*(1.0-C(J))+C(J)
      D1=D1+(A(J)*(U(I,J)-P)*(P-C(J)))/(P*(1 - C (J)))
      D2=D2+A(J)**2*(P-C(J))*(1.0-P)/((1.0-C(J))**2*P)*(U(I,J)*C(J)/P
      * -P)
5     CONTINUE
      DD1 = 1.7*D1 - T (I)
      DD2 = 2.89 * D2 - 1.0
       T(I) = T(I) - DD1/DD2
      IF (ABS(THETA - T (I)).LT.TOL) GO TO 20
10    CONTINUE
20    CONTINUE
      CALL TMSD (N, XBAR, SD)
      CALL TMSD (N, XBAR, SD)
      DO 21 J=1, M
      IF(ABS(B(J)).EQ.9.0)GO TO 21
      IF(A(J).LT.0.0)GO TO 21
      IF(A(J).LT.0.0)A(J)=0.1
      IF(A(J).GT.10.5)A(J)=10.5
      IF(B(J).LT.-3.0)B(J)=-3.0
      IF(B(J).GT.3.0)B(J)=3.0
21    CONTINUE
      DO 22 I=1, N
      IF (ABS (T(I)).EQ.9.0) GO TO 22
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      IF(T(I).GT.3.0)T(I)=3.0
      IF(T(I).LT.-3.0)T(I)=-3.0
22    CONTINUE
      RETURN
      END

      SUBROUTINE ABAYES (N, M, TOL)
      REAL*8 D1,D2,DD1,DD2
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),
     * P1(80),C(80),C1(80)
      DO  20  J = 1,M
      DO  10  K = 1,10
      IF (A(J).LE.0.0) GO TO 10
      D1 = 0.0
      D2 = 0.0
      DISCRI = A (J)
      DO  5  I = 1,N
      DL = -1.7*A(J)*(T(I)-B(J))
      IF (DL.GT.21.0)  DL = 21.0
      IF (DL.LT.- 15.0) DL = -15.0
      P = 1.0 / (1.0 + EXP(DL)) *(1.0-C(J))+C(J)
      D1=D1+(T(I)-B(J))*(U(I,J)-P)*(P-C(J))/P/(1.0 - C (J))
      D2=D2+(T(I)-B(J))**2*(1.0-P)*(P-C(J))/P*(U(I,J)*C(J)/P-P)
5     CONTINUE
      DD1 = 1.7*D1+9.0/A(J)-A(J)/ 0.1
      DD2 = +2.89*D2 - 9.0 / A(J)**2 - 1.0 / 0.1
      A(J) = DISCRI - DD1 / DD2
      ADJ1 = 9.0 / A(J)- A(J) / 0.1
      ADJ2 = - 9.0 / A (J) ** 2 - 1.0 / 0.1
```

```
      D1 = 1.7*D1
      D2 = 2.89*D2
      IF (A (J).LE.0.0.OR.A(J).GT.10.5) GO TO 15
      DIFF = A (J) - DISCRI
      IF (A (J).LE.0.0) GO TO 15
      IF (ABS (DISCRI - A(J)).LT.TOL) GO TO  20
10    CONTINUE
      GO TO 20
15    DIFF = A(J)-DISCRI
      A(J) = DISCRI
20    CONTINUE
      RETURN
      END

      SUBROUTINE  BBAYES (N, M, TOL)
      REAL*8 D1,D2,DD1,DD2
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),
     * P1(80),C(80),C1(80)
      DO  20  J = 1,M
      DO  10  K =1,10
      IF (A(J).LE.0.0) GO TO 10
      D1 = 0.0
      D2 = 0.0
      BB = B(J)
      DO  5  I = 1,N
      DL = -1.7*A(J) * (T(I)-B(J))
      IF (DL.GT.21.0)  DL = 21.0
      IF (DL.LT.-15.0) DL = -15.0
      P=1.0/(1.0+ EXP(DL))*(1-C(J))+C(J)
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      D1=D1+A(J)*(U(I,J)-P)*(P-C(J))/P/(1.0-C(J))
      D2=D2+A(J)**2*(1.0-P)*(P-C(J))/P*(U(I,J)*C(J)/P-P)
5     CONTINUE
      DD1 = -1.7*D1
      DD2 = + 2.89*D2
      B (J) = BB - DD1/DD2
      IF (B (J) .GT.3.0.OR.B (J) .LT.- 3.0) GO TO 15
      DIFF = B (J) - BB
      IF (ABS (BB - B (J)).LT.TOL) GO TO  20
10    CONTINUE
      GO TO 20
15    DIFF = B (J) - BB
      B(J) = BB
20    CONTINUE
      RETURN
      END

      SUBROUTINE  CBAYES (N, M, TOL)
      REAL*8 D1,D2,DD1,DD2
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),
     * P1(80),C(80),C1(80)
C     WRITE (6, 30) TOL
      DO  20  J = 1, M
      DO  10  K = 1, 10
      IF (A (J).LE.0.0) GO TO 10
      D1 = 0.0
      D2 = 0.0
      CHANCE = C(J)
      DO  5  I = 1, N
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      DL = -1.7*A(J)*(T(I)-B(J))
      IF (DL.GT.21.0)  DL = 21.0
      IF (DL.LT.-15.0) DL = -15.0
      P =1.0/(1.0+EXP(DL))*(1.0-C(J))+C(J)
      D1=D1+(U(I,J)-P)/P/(1.0-C(J))
      D2=D2+(U(I,J)/P-1.0)*(U(I,J)*(1.0-P)/P**2)/(1.0-C(J))**2
5     CONTINUE
      DD1 = D1+2.0/C(J)-12.0/ (1.0-C(J))
      DD2 = D2-2.0/C(J)**2+12.0/(1.0-C(J))**2
      C(J)= CHANCE - DD1/DD2
      CDJ1= 2.0 / C(J) - 12.0 / (1.0 - C (J))
      CDJ2= -2.0/ C(J)**2+12.0/ (1.0 - C (J))**2
      IF (C(J).LE.0.000.OR.C(J).GT.0.317) GO TO 15
      DIFF = C(J) - CHANCE
      IF (C(J).LT.0.0) GO TO 15
      IF (ABS(CHANCE-C(J)).LT.TOL) GO TO  20
10    CONTINUE
      GO TO 20
15    DIFF = C (J) - CHANCE
      C (J) = CHANCE
      IF (C (J) .LE.0.000) C (J) = 0.000
      IF (C (J) .GE.0.317) C (J) = 0.317
20    CONTINUE
      RETURN
      END

      SUBROUTINE  SUMEST (N,M,CKR20)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),
     * P1(80),C(80),C1(80)
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      CALL TMSD (N,XBAR1,SD1)
      CALL AMSD (M,XBAR2,SD2)
      CALL BMSD (M,XBAR3,SD3)
      CALL CMSD (M,XBAR4,SD4)
      WRITE (6, 60) CKR20,XBAR2,SD2,XBAR3,SD3,XBAR4,SD4,XBAR1,SD1,M
60    FORMAT(9(F10.5),5X,I5)
      CALL TESTIF(M)
      RETURN
      END

      SUBROUTINE TMSD (N,XBAR,SD)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),
     *P1(80),C(80),C1(80)
      AN = 0.0
      SX = 0.0
      SX2= 0.0
      DO 10 I = 1, N
      IF(ABS(T(I)).GT.3.00) GO TO 10
      AN =AN+1.0
      SX = SX +T(I)
      SX2= SX2+T(I)*T(I)
10    CONTINUE
      XBAR = SX/AN
      SD=SQRT((AN*SX2-SX**2)/(AN*(AN-1.0)))
      RETURN
      END

      SUBROUTINE AMSD (M,XBAR,SD)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      * P1(80),C(80),C1(80)
      AM = M
      SX = 0.0
      SX2= 0.0
      DO 10 I = 1, M
      SX = SX + A(I)
      SX2= SX2+ A(I)*A(I)
10    CONTINUE
      XBAR = SX/AM
      SD=SQRT((AM*SX2-SX**2)/(AM*(AM-1.0)))
      RETURN
      END

      SUBROUTINE BMSD (M,XBAR,SD)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),
      * P1(80),C(80),C1(80)
      AM = M
      SX = 0.0
      SX2= 0.0
      DO 10 I = 1, M
      SX = SX + B(I)
      SX2= SX2+ B(I)*B(I)
10    CONTINUE
      XBAR = SX/AM
      SD=SQRT((AM*SX2-SX**2)/(AM*(AM-1.0)))
      RETURN
      END
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      SUBROUTINE CMSD (M,XBAR,SD)
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),
     * P1(80),C(80),C1(80)
      AM = M
      SX = 0.0
      SX2= 0.0
      DO 10 I = 1, M
      IF (A (I) .LE.0.0) THEN
            AM = AM - 1.0
      ELSE
            SX = SX + C(I)
            SX2= SX2 +C(I)*C(I)
      END IF
10    CONTINUE
      XBAR = SX / AM
      SD = SQRT ((AM*SX2-SX**2)/(AM*(AM-1.0)))
      RETURN
      END

      SUBROUTINE AL1 (N, M, ALIKE, PERC)
      REAL*8 ALIKE
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),
     * P1(80),C(80),C1(80)
      ALIKE0 = 0.0
      DO 10  I = 1, N
      DO  5  J = 1, M
      DL = -1.7*A (J) * (T (I) - B (J))
      IF (DL.GT.21.0)  DL = 21.0
      IF (DL.LT.-15.0)  DL = -15.0
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      P = 1.0/ (1.0 + EXP (DL)) * (1 - C (J)) + C (J)
      IF (P.LE.0.0)  P = 0.02
      IF (P.GE.1.0)  P = 0.98
      ALIKE0=P**U(I,J)*(1.0-P)**(1.0-U(I,J))+ALIKE0
5     CONTINUE
10    CONTINUE
      ALIKE1 = ALOG10(ALIKE0)
      L = ALIKE1
      ALIKE2 = ALIKE1-L
      AINC = ALIKE0 - ALIKE
      IF (AINC.GT.0.0)  THEN
      PERC=AINC/ALIKE*100.0
      ELSE IF (AINC.LT.0.0)  THEN
      PERC=AINC/ALIKE*100.0
      END IF
      ALIKE = ALIKE0
      RETURN
      END

      SUBROUTINE ALD (N, M, ALIKE)
      REAL*8 ALIKE
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),
     * P1(80),C(80),C1(80)
      ALIKE = 0.0
      DO 10  I = 1, N
      DO  5  J = 1, M
      DL = -1.7*A (J) * (T (I) - B (J))
      IF (DL.GT.21.0)  DL = 21.0
      IF (DL.LT.-15.0) DL = -15.0
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      P = 1.0/ (1.0 + EXP (DL)) * (1.0 - C(J)) + C (J)
            IF (P.LE.0.0)  P = 0.02
      IF (P.GE.1.0)  P = 0.98
      ALIKE=P**U(I,J)*(1.0-P)**(1.0-U(I,J))+ALIKE
5     CONTINUE
10    CONTINUE
      ALIKE1 = DLOG10(ALIKE)
      L = ALIKE1
      ALIKE2 = ALIKE1-L
      RETURN
      END

      SUBROUTINE  TESTIF ( M)
      REAL*8 FITEM,TESIF
      COMMON U(1200,80),T(1200),A(80),B(80),RPBIS(80),W(80),
     *  P1(80),C(80),C1(80)
      DIMENSION THETA(7),FITEM(7,80),TESIF(7)
      DATA THETA/-3.0,-2.0,-1.0,0.0,+1.0,+2.0,+3.0/
      N=7
      DO 20 J=1, N
      TESIF(J)=0.0
      DO 5 I=1,M
       DL=-1.7*A(I)*(THETA(J)-B(I))
       P=1.0/(1.0+EXP(DL))*(1.0-C(I))+C(I)
      Q=1.0-P
       FITEM(J,I)=2.89*A(I)**2*(P-C(I))**2/(1.0-C(I))**2*Q/P
       TESIF(J)=TESIF(J)+FITEM(J,I)
5     CONTINUE
20    CONTINUE
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
      WRITE(2,50)(TESIF(J),J=1,N)
50    FORMAT(7(F9.4))
      RETURN
      END
```



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ง

# ตัวอย่างผลลัพธ์จากการจำลองข้อมูล

## ค่าตัวเลขที่ได้จากการจำลองข้อมูลในรูปของคะแนนมาตรฐาน

| ผู้สอบ | ข้อ 1 | ข้อ 2 | ข้อ 3 | ข้อ 4 | ข้อ 5 | ข้อ 6 | ข้อ 7 | ข้อ 8 | ข้อ 9 | ข้อ 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.1610 | 0.5816 | 1.7843 | 1.2909 | 0.9609 | 1.3040 | 0.5367 | -0.8166 | -0.6083 | 2.9265 |
| 2 | 0.7255 | -0.9042 | -0.3316 | -0.7471 | -1.4450 | -0.6157 | 1.4133 | 0.0146 | 0.7956 | 1.5640 |
| 3 | 2.9987 | 1.9286 | 2.0581 | 1.7797 | 2.5517 | 2.1852 | 1.5514 | -0.4897 | 0.4602 | 1.0765 |
| 4 | 0.7102 | 0.5223 | 1.4230 | 1.1437 | 0.2138 | 0.4818 | -0.0150 | -0.8942 | -0.1975 | 0.0701 |
| 5 | -0.1868 | -0.9024 | -1.2425 | -0.4071 | -1.2338 | -0.1145 | -0.5498 | -0.0316 | -1.0775 | 0.0696 |
| 6 | 0.6488 | 0.2165 | -0.8762 | -0.0814 | 0.9658 | -0.0841 | -0.6559 | 1.0334 | -0.8496 | -0.5487 |
| 7 | -0.5834 | -0.7753 | -0.3216 | -0.2754 | 0.7041 | -0.2150 | 0.4840 | -0.3308 | 0.3203 | 0.0830 |
| 8 | -2.1781 | -2.0113 | -1.3974 | -0.8419 | -1.2277 | -1.7337 | -1.4585 | -0.7820 | -0.8077 | -0.8331 |
| 9 | -0.6108 | -0.7828 | 0.2606 | -0.4710 | 0.2819 | -0.2462 | 0.2916 | 2.2078 | -0.9621 | 0.8238 |
| 10 | -0.5009 | -0.9309 | -0.4600 | -0.6928 | -0.9467 | -1.4367 | -0.2475 | 0.7016 | -0.2662 | -0.8109 |
| 11 | 0.2400 | 0.2004 | -0.3709 | 0.9993 | 0.5184 | 0.3855 | 0.6291 | -0.6427 | 0.6845 | 0.2426 |
| 12 | 0.5899 | -0.1097 | -0.0585 | 0.7939 | 0.4150 | 0.0572 | -0.6091 | 0.1867 | -0.7044 | -0.9866 |
| 13 | -0.3845 | -1.0861 | -0.0252 | -0.1050 | -1.1381 | -0.4528 | -0.3632 | -0.9161 | -0.9021 | -1.1118 |
| 14 | 0.1460 | 1.0918 | 0.6384 | -0.1051 | -0.1101 | 0.0721 | -0.6696 | -0.4029 | 0.6960 | 1.2961 |
| 15 | 0.0415 | 0.2829 | -0.4176 | -0.7173 | -0.8109 | -0.2932 | 2.1991 | 1.9669 | -0.3713 | 0.0029 |
| 16 | -0.9353 | -0.2501 | -0.0614 | -0.8844 | -0.2475 | 0.3781 | -0.9327 | 0.1000 | -1.1601 | -1.0071 |
| 17 | 0.5880 | 0.6365 | 1.5156 | 1.0718 | 1.6871 | 1.3262 | 1.3012 | 3.1684 | -0.6176 | -0.0541 |
| 18 | 1.8604 | 1.5534 | 1.2635 | 1.0478 | 1.4858 | 0.8613 | 0.9978 | -0.4504 | 0.0607 | -1.3407 |
| 19 | -0.4490 | -0.7454 | 0.2022 | -0.0525 | 0.0211 | -0.6277 | 1.8326 | -0.0788 | 1.1354 | 0.5771 |
| 20 | -1.7059 | -1.8552 | -1.5299 | -1.4501 | -1.6578 | -1.5902 | -0.3780 | -0.3048 | -0.8791 | 0.2388 |
| 21 | -1.2732 | -0.4835 | -0.0540 | -0.7135 | -0.9536 | -1.6239 | -0.8669 | 1.1697 | -0.8181 | -0.1145 |
| 22 | 1.8906 | 0.0304 | 1.1935 | 1.0042 | 1.7051 | 1.2506 | 0.8870 | 0.9541 | 1.7927 | -0.5945 |
| 23 | 0.8941 | -0.2991 | 1.3333 | 1.2993 | 0.8749 | -0.0915 | -0.4202 | 0.3201 | -0.2233 | 1.5622 |
| 24 | -0.9491 | -0.5430 | -0.8151 | -1.1790 | -1.9910 | -0.8249 | -0.0214 | 0.6992 | 0.0287 | -2.5296 |
| 25 | 0.8322 | 1.0739 | 0.5974 | 0.1582 | 0.5107 | 0.7369 | -1.3251 | -0.0138 | -0.1934 | -0.0813 |
| 26 | 0.6529 | -0.4917 | -0.4871 | -1.1522 | -0.3058 | 0.6665 | -0.6481 | -1.4885 | -0.6341 | -1.0269 |
| 27 | -0.4345 | 1.0259 | 0.5506 | 0.8433 | 0.5264 | 0.3280 | 0.9933 | 1.3156 | -2.0330 | -1.0489 |
| 28 | -1.3153 | -0.7054 | -0.9778 | -1.5985 | -1.0250 | -0.4543 | -0.4808 | -0.3742 | -0.8402 | 0.8935 |
| 29 | 0.6358 | 0.4051 | 1.2467 | 0.5186 | 0.3365 | 0.3876 | -1.1131 | 0.9026 | 0.1788 | 0.2016 |
| 30 | 0.4555 | 1.2438 | 0.4622 | 0.2248 | 0.9452 | 1.1888 | -0.3989 | -0.0333 | 0.9479 | -0.0854 |

**ค่าตัวเลขที่เป็นคะแนนผลการตอบข้อสอบแบบ 0 1 ที่ได้จาการแปลงค่าจากคะแนนมาตรฐาน**

| ผู้สอบ | ข้อ 1 | ข้อ 2 | ข้อ 3 | ข้อ 4 | ข้อ 5 | ข้อ 6 | ข้อ 7 | ข้อ 8 | ข้อ 9 | ข้อ 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 4 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 9 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 14 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 16 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 17 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 20 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 21 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 22 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 23 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 26 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 29 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

# ภาคผนวก จ

## ตัวอย่างเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่ใช้ในการจำลองข้อมูล

## (กรณีมีจำนวนข้อสอบ 30 ข้อ ความแปรปรวนเท่ากับ 1.0 ความแปรปรวนร่วมเท่ากับ 0.5)

30 (จำนวนข้อ)

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 (ค่าเฉลี่ยคะแนนมาตรฐานของแต่ละข้อ)

(เมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม)

1.0 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.5 1.0 0.5 0.5 0.5 0.5 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.5 0.5 1.0 0.5 0.5 0.5 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.5 0.5 0.5 1.0 0.5 0.5 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.5 0.5 0.5 0.5 1.0 0.5 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0 0.1

0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 1.0

## ภาคผนวก ฉ

## ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลจริงในวิชาภาษาอังกฤษและคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม LDID

```
ENTER THE PROGRAM NUMBER
(0=BILOG-MG 1=MULTILOG 2=PARSCALE): 0
ENTER THE NUMBER OF ITEMS:  40
ENTER THE NUMBER OF EXAMINEES:  4022
ENTER THE NUMBER OF ITEM CATEGORIES: 2
ENTER THE MODEL NUMBER
(1=RASCH 2=2PL/GR 3=BIRNBAUM 4=2PL/GPC): 1
ENTER THE LOWEST CATEGORY SCORE: 0
ENTER THE INTEGER LDID.DAT FORMAT:
(6x,40i1)


 ITEM ITEM   MISSING
    1    2         0

  ROW  COL    O(R,C)    E(R,C)
    1    1 1895.0000 1884.0440
    1    2 1270.0000 1279.5320
    2    1  449.0000  451.4391
    2    2  408.0000  406.9852

 ITEM ITEM    O(COR)    E(COR)    D(COR)
    1    2    .06213    .05783    .00430

 ITEM ITEM       X^2       G^2       Q_3       Z_D
    1    2    .15043    .14990   -.00632    .27287
                                  Z_Q_3
   P-VALUE    .98516    .98524   -.00632    .78495

 ITEM ITEM   MISSING
    1    3         0

  ROW  COL    O(R,C)    E(R,C)
    1    1 1581.0000 1638.2390
    1    2 1584.0000 1525.3370
    2    1  450.0000  383.9316
    2    2  407.0000  474.4927

 ITEM ITEM    O(COR)    E(COR)    D(COR)
    1    3   -.02093    .05785   -.07878

 ITEM ITEM       X^2       G^2       Q_3       Z_D
    1    3  25.22565  25.11011   -.09640  -4.99929
                                  Z_Q_3
   P-VALUE    .00001    .00001   -.09670    .00000
```

**(ต่อเนื่องจนถึงข้อ 40)**

| ITEM | ITEM | MISSING |
|---|---|---|
| 38 | 39 | 0 |

| ROW | COL | O(R,C) | E(R,C) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2232.0000 | 2260.9530 |
| 1 | 2 | 933.0000 | 902.6987 |
| 2 | 1 | 595.0000 | 560.6790 |
| 2 | 2 | 262.0000 | 297.6692 |

| ITEM | ITEM | O(COR) | E(COR) | D(COR) |
|---|---|---|---|---|
| 38 | 39 | .00979 | .05503 | -.04524 |

| ITEM | ITEM | X^2 | G^2 | Q_3 | Z_D |
|---|---|---|---|---|---|
| 38 | 39 | 7.76297 | 7.89407 | -.03393 | -2.87169 |
| | | | | Z_Q_3 | |
| P-VALUE | | .05117 | .04825 | -.03394 | .00408 |

| ITEM | ITEM | MISSING |
|---|---|---|
| 38 | 40 | 0 |

| ROW | COL | O(R,C) | E(R,C) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1910.0000 | 1952.1360 |
| 1 | 2 | 1255.0000 | 1211.5160 |
| 2 | 1 | 521.0000 | 470.5949 |
| 2 | 2 | 336.0000 | 387.7532 |

| ITEM | ITEM | O(COR) | E(COR) | D(COR) |
|---|---|---|---|---|
| 38 | 40 | -.00373 | .05759 | -.06133 |

| ITEM | ITEM | X^2 | G^2 | Q_3 | Z_D |
|---|---|---|---|---|---|
| 38 | 40 | 14.77656 | 14.91110 | -.08362 | -3.89238 |
| | | | | Z_Q_3 | |
| P-VALUE | | .00202 | .00189 | -.08382 | .00010 |

| ITEM | ITEM | MISSING |
|---|---|---|
| 39 | 40 | 0 |

| ROW | COL | O(R,C) | E(R,C) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1764.0000 | 1756.8060 |
| 1 | 2 | 1063.0000 | 1064.8270 |
| 2 | 1 | 667.0000 | 665.9254 |
| 2 | 2 | 528.0000 | 534.4425 |

| ITEM | ITEM | O(COR) | E(COR) | D(COR) |
|---|---|---|---|---|
| 39 | 40 | .06152 | .06344 | -.00192 |

| ITEM | ITEM | X^2 | G^2 | Q_3 | Z_D |
|---|---|---|---|---|---|
| 39 | 40 | .11199 | .11166 | .03554 | -.12278 |
| | | | | Z_Q_3 | |
| P-VALUE | | .99036 | .99040 | .03555 | .90228 |

## ภาคผนวก ช
## ตัวอย่างขั้นตอนการคำนวณค่า $Q_3$

1. กำหนดให้ ผลคะแนนการตอบข้อสอบที่ให้คะแนนแบบ 0 1 ด้วยจำนวนผู้สอบ 10 คน ทำข้อสอบ 5 ข้อ ผลคะแนนมีดังนี้

**ตาราง ช-1** ผลการตอบข้อสอบที่ให้คะแนนแบบ 0 1 ด้วยจำนวนผู้สอบ 10 คน ทำข้อสอบ 5 ข้อ

| ข้อสอบ (i) / ผู้สอบ(k) | ข้อ 1 | ข้อ 2 | ข้อ 3 | ข้อ 4 | ข้อ 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 6 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 10 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |

2. วิเคราะห์ค่าพารามิเอตร์ของข้อสอบด้วยโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ ด้วยโปรแกรม BILOG-MG ได้แก่ ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย ค่าการเดา และค่าความสามารถ จากนั้นคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบ จากสูตร $P_i(\theta_k) = c_i + (1-c_i)/1+e^{-Da_i(\theta_k - b_i)}$ ดังนี้

**ตาราง ช-2** ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบวิเคราะห์ด้วยโมเดลการตอบสนองข้อสอบ 3 พารามิเตอร์

| ข้อ | ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ | | |
|---|---|---|---|
| | อำนาจจำแนก (a) | ความยากง่าย (b) | การเดา (c) |
| ข้อ 1 | 0.5422 | 0.4238 | 0.1726 |
| ข้อ 2 | 0.4838 | 0.7347 | 0.1757 |
| ข้อ 3 | 0.3556 | 1.1654 | 0.214 |
| ข้อ 4 | 0.4615 | 0.6342 | 0.1839 |
| ข้อ 5 | 0.4045 | 0.997 | 0.2129 |

**ตาราง ช-3** ค่าความสามารถของผู้สอบ และค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบ ( $P_i(\theta_k)$ )

| ผู้สอบ (k) | ค่าความสามารถ | ค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบ ( $P_i(\theta_k)$ ) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ข้อ1 | ข้อ2 | ข้อ3 | ข้อ4 | ข้อ5 |
| 1 | 0.03768 | 0.513449 | 0.472846 | 0.477998 | 0.498172 | 0.481153 |
| 2 | 1.310739 | 0.746577 | 0.683696 | 0.624253 | 0.697769 | 0.648739 |
| 3 | -1.45545 | 0.296966 | 0.292496 | 0.347761 | 0.31655 | 0.335881 |
| 4 | -0.12744 | 0.483404 | 0.447557 | 0.460793 | 0.473538 | 0.461452 |
| 5 | -0.40887 | 0.434901 | 0.407156 | 0.432938 | 0.433721 | 0.429769 |
| 6 | -0.93245 | 0.356846 | 0.342564 | 0.386579 | 0.368613 | 0.377948 |
| 7 | -0.54700 | 0.412641 | 0.388723 | 0.419996 | 0.41534 | 0.415168 |
| 8 | -0.03697 | 0.499747 | 0.461282 | 0.470146 | 0.486933 | 0.472152 |
| 9 | 0.968878 | 0.688093 | 0.627418 | 0.583683 | 0.645215 | 0.602645 |
| 10 | 1.295427 | 0.744089 | 0.681237 | 0.622438 | 0.69548 | 0.64669 |

คำนวณโอกาสของการตอบข้อสอบถูก เช่น ข้อที่ 1 ของผู้สอบคนที่ 2 สามารถหาได้ดังนี้

$$P_1(\theta_2) = c_1 + (1-c_1)/1 + e^{-Da_1(\theta_2 - b_1)}$$

$$= .1726 + (1-.1726)/1 + 2.18^{-1.7(.5422)(1.3107-.4238)}$$

$$= .7466$$

4. คำนวณค่าเศษเหลือของข้อสอบแต่ละข้อจากสูตร $d_{ik} = u_{ik} - P_i(\hat{\theta}_k)$ เมื่อ $d_{ik}$ = คะแนนเศษเหลือของคนที่ k ข้อที่ I $u_{ik}$ = คะแนนคำตอบ (ถูก=1 ผิด= 0) ของคนที่ k ข้อที่ i

$P_i(\hat{\theta}_k)$ = ค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกของคนที่ k ข้อที่ i

**ตาราง ช-4** ค่าเศษเหลือของข้อสอบแต่ละข้อ

| ข้อสอบ | $d_{ik}$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ผู้สอบ | ข้อ1 | ข้อ2 | ข้อ3 | ข้อ4 | ข้อ5 |
| 1 | -0.51345 | -0.47285 | 0.522002 | 0.501828 | -0.48115 |
| 2 | 0.25342 | 0.316304 | -0.62425 | 0.302231 | -0.64874 |
| 3 | -0.29697 | -0.29250 | 0.652239 | 0.68345 | 0.664119 |
| 4 | -0.48340 | 0.552443 | -0.46079 | -0.47354 | 0.538548 |
| 5 | -0.43490 | -0.40716 | -0.43294 | 0.566279 | 0.570231 |
| 6 | 0.643154 | 0.657436 | -0.38658 | 0.631387 | -0.37795 |
| 7 | -0.41264 | 0.611277 | -0.42000 | -0.41534 | -0.41517 |
| 8 | 0.50025 | -0.46128 | -0.47015 | -0.48693 | -0.47215 |
| 9 | 0.31191 | -0.62742 | 0.416317 | 0.354785 | 0.397355 |
| 10 | -0.74409 | 0.318763 | 0.377562 | -0.69548 | -0.64669 |

5. คำนวณค่าระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ($Q_3$) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson (Pearson's product moment correlation) ระหว่างข้อสอบแต่ละคู่โดยใช้โปรแกรม SPSS ได้ผลลัพธ์เป็นดังนี้

**ตาราง ช-6** ค่าระดับความไม่เป็นอิสระของข้อสอบ ($Q_3$)ระหว่างข้อสอบแต่ละคู่

| ข้อสอบ | ข้อ 1 | ข้อ 2 | ข้อ 3 | ข้อ 4 | ข้อ 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| ข้อ 1 | 1.000 | | | | |
| ข้อ 2 | -.066 | 1.00 | | | |
| ข้อ 3 | -.344 | -.485 | 1.00 | | |
| ข้อ 4 | .279 | -.360 | .249 | 1.00 | |
| ข้อ 5 | -.175 | -.324 | .193 | .340 | 1.00 |

# ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสุนทร เทียนงาม เกิดวันอาทิตย์ที่ 29 มิถุนายน พ.ศ. 2512 ที่บ้านเลขที่ 65/1 หมู่ 15 ตำบลแพรกศรีราชา อำเภอสรรคบุรี จังหวัดชัยนาท สำเร็จการศึกษาครุศาสตรบัณฑิต(เกียรตินิยมอันดับ 2) วิชาเอกการประถมศึกษาในโครงการคุรุทายาทวิทยาลัยครูนครสวรรค์ เมื่อปีการศึกษา 2535 และครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2539 จากนั้นเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2548 ปัจจุบันรับราชการตำหน่งอาจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ศูนย์สุพรรณบุรี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย