การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ

นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545
ISBN 974-17-1426-2
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A DEVELOPMENT OF MEASURING EXAMINEES' PARTIAL KNOWLEDGE IN MULTIPLE-CHOICE TEST

Mr. Supod Guadsuwan

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

Faculty of Education

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-1426-2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ
โดย	นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์
สาขาวิชา	การวัดและการประเมินผลการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

……..……..คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สินลารัตน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……..ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีวัฒน์ ปิตยานนท์)

……..อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี)

……..อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

……..……..กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ส.วาสนา ประวาลพฤกษ์)

……..กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เอมอร จังศิริพรปกรณ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุพจน์ เกิดสุวรรณ์ : การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ (A DEVELOPMENT OF MEASURING EXAMINEES' PARTIAL KNOWLEDGE IN MULTIPLE CHOICE TEST) อ.ที่ปรึกษา: รศ.ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี, อ.ที่ปรึกษาร่วม: รศ.ดร.ศิริเดช สุชีวะ, 267 หน้า. ISBN 974-17-1426-2.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการพัฒนาวิธีการตอบและตรวจให้คะแนน โดยประยุกต์วิธีของคูมบ์ ประยุกต์วิธีของอาร์โนลด์ และประยุกต์วิธีของเดรสเซลและชมิด ขั้นตอนที่สอง วิเคราะห์คุณภาพวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนที่พัฒนาขึ้น เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพกับวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ วิธีของอาร์โนลด์ วิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีการตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ในด้านความตรงตามเกณฑ์ ความตรงเชิงโครงสร้าง ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบ และค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดสระบุรี ปีการศึกษา 2544 จำนวน 15 โรงเรียน รวมทั้งสิ้น 946 คน ข้อมูลที่ได้นำมาตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง โดยการวิเคราะห์เมตริกพหุลักษณะ-พหุวิธี และวิเคราะห์ตัวประกอบเชิงยืนยันด้วยโปรแกรม LISREL ตรวจสอบความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของคะแนนกับเกณฑ์ วิเคราะห์ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน และวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ ด้วยโปรแกรม BILOG และ PARSCALE

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ ให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบและประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบสูงกว่าวิธีอื่นๆ รองลงมาคือวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ตามลำดับ ส่วนวิธีประเพณีนิยม จะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบแบบสอบและประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบต่ำกว่าทุกวิธี

2. วิธีของอาร์โนลด์มีความตรงเชิงโครงสร้างสูงกว่าวิธีอื่นๆ รองลงมาคือ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ และวิธีของคูมบ์ตามลำดับ ส่วนวิธีประเพณีนิยมมีความตรงเชิงโครงสร้างต่ำกว่าทุกวิธี

3. วิธีของคูมบ์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์

4. วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีค่าความเที่ยงสูงกว่าวิธีอื่นๆ รองลงมาคือวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ตามลำดับ

5. คุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนน เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์โดยรวมทุกด้าน พบว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มีคุณภาพดีกว่าวิธีอื่นๆ รองลงมาคือวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ตามลำดับ

ภาควิชา วิจัยการศึกษา	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา การวัดและประเมินผลการศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2545	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4184953127: MAJOR EDUCATIONAL MEASUREMENT AND EVALUATION
KEY WORD: DEVELOPMENT OF MEASURING EXAMINEES' PARTIAL KNOWLEDGE / PARTIAL KNOWLEDGE/ MULTIPLE-CHOICE TEST.
SUPOD GUADSUWAN : A DEVELOPMENT OF MEASURING EXAMINEES' PARTIAL KNOWLEDGE IN MULTIPLE-CHOICE TEST. DISSERTATION ADVISOR : ASSOC. PROF. SIRICHAI KANJANAWASEE, Ph.D., DISSERTATION CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. SIRIDEJ SUJIVA, Ph.D., 267 pp. ISBN 974-17-1426-2.

This investigation had its objective to develop multiple choice responding and scoring method considering examinees' partial knowledge score. Two main steps were conducted. The first step was a construction of three responding and scoring method: the Modified Coombs', Arnolds', and Dressel and Schmidts' responding and scoring method (MC, MA and MD/S). The second step was to study the quality of the responding and scoring method comparing with the Coombs' (C) , Arnolds' (A), Dressel and Schmidts' (D/S) and number-right responding (NR) and scoring method in the following aspects: construct validity (CV) , criterion related validity (CRV), internal consistency reliability (ICR), test average information (AI) and ratio of average information (RAI). Research instrutments were basic science process skill tests. Research subjects were 946 students of Mathayomsuksa 3 form 15 secondary schools in Saraburi province in 2001 . LISREL maximum likelihood confirmatory factor analyse was conducted to analyse MTMM matrix in order to find out the construct validity. The correlation between the responding and scoring method with to criterion (science grade point average for 4 semesters) were analysed to obtain the criterion related validity. Internal consistency reliability were analysed to obtain the ICR. PARSCALE was conducted to analyse GPCM in order to find out test average information of C, MC, A, MA , D/S and MD/S. BILOG were conducted to analyse binary logistic model in order to find out test average information of number-right.

The research findings were as follows:

1. The Modified Coombs' method had higher test average information and ratio of average information than that of the other methods, the second and the third were Arnolds' and modified Dressel and Schmidts' method respectively and the number-right method had the lowest test average information and ratio of average information than that of the other methods.

2. The Arnolds' method had higher construct validity than that of the other methods, the second and the third were the Modified Coombs' and the Coombs' Method respectively and the number-right method had lowest construct validity than that of the other methods.

3. The Coombs' and the Modified Coombs' method had higher criterion-related validity than that of the Modified Arnolds' method.

4. The Modified Arnolds' method had higher internal consistency reliability than that of the other methods, the second and the third were the Arnolds' and the Modified Dressel and Schmidts' method respectively.

5. A good quality of responding and scoring method was the Modified Coombs' method, the second and the third were the Arnolds' and the Modified Dressel and Schmidts' method respectively.

Department	Educational measurement	Student's signature…...……
Field of study	Educational measurement and evaluation	Advisor's signature……..
Academic year	2002	Co-advisor's Signature……

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริชัย กาญจนวาสี และ รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ ที่กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ได้ให้แนวคิด คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทุกขั้นตอนของการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านทั้งสองเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณผู้บริหารโรงเรียนและคณะอาจารย์หมวดวิทยาศาสตร์ ของโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้ง 15 โรงเรียน ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล และ ขอบคุณนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทุกคนที่ตั้งใจทำแบบสอบ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ความกรุณาเสียสละเวลาอันมีค่ายิ่ง ช่วยตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในการวิจัย ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ที่อนุญาตให้ผู้วิจัยได้ศึกษาต่อ และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่สนับสนุนทุนวิจัยบางส่วน

ขอขอบคุณ คุณวรนุช มงคลบุตร์ ที่ช่วยพิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คุณอนงค์ ทิพย์เกตุ ตลอดจนพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์หมวดวิทยาศาสตร์โรงเรียนสุธีวิทยาทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ และปฏิบัติหน้าที่แทนขณะผู้วิจัยลาศึกษาต่อ

ขอขอบพระคุณครู อาจารย์ ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้และชี้นำ ความคิดให้กับผู้วิจัย ทั้งในอดีตและปัจจุบัน

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อฟื้น เกิดสุวรรณ์ ที่คอยห่วงใยและเป็นกำลังใจในการศึกษาเสมอมา ขอขอบคุณอาจารย์สุพัตรา เกิดสุวรรณ์ ที่สนับสนุนและให้ความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา ขอขอบคุณผู้ให้ความช่วยเหลือทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามมา ณ โอกาสนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญแผนภาพ ..... ฎ
สารบัญแผนภูมิ ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 10
สมมุติฐานของการวิจัย 10
ขอบเขตของการวิจัย 11
ข้อตกลงเบื้องต้น 13
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 13
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 17

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18

ตอนที่ 1 มโนทัศน์เกี่ยวกับการพัฒนาโครงสร้างของแบบสอบเลือกตอบที่มีผลต่อการวัดความรู้บางส่วน 18
ตอนที่ 2 วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วน 25
ตอนที่ 3 มโนทัศน์เกี่ยวกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ 28
ตอนที่ 4 มโนทัศน์เกี่ยวกับ Polytomous Item Response Models 33
ตอนที่ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 48

3 วิธีดำเนินการวิจัย 56

การกำหนดกรอบแนวคิด วิธีการตอบและการให้คะแนนความรู้บางส่วน 58
การพัฒนาวิธีการตอบและการให้คะแนน 58
การศึกษาคุณภาพของวิธีการตอบและการให้คะแนน 75
การเลือกตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับผลของการวัด 76
การสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการวัด 78
การกำหนดวิธีการตอบและคำชี้แจงในการตอบ 82

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 83
การเก็บรวบรวมข้อมูล 85
การวิเคราะห์ข้อมูล 88
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 95
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน 96
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านความตรง ความเที่ยง
ของผลการวัดความรู้บางส่วน 113
ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบและ
ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบ 134
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 147
สรุปผลการวิจัย 150
อภิปรายผลการวิจัย 155
ข้อเสนอแนะ 160
รายการอ้างอิง 162
ภาคผนวก 166
ภาคผนวก ก 167
ภาคผนวก ข 188
ภาคผนวก ค 223
ประวัติผู้เขียน 267

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ของโมเดลการตอบสนองข้อสอบ	30
2	ลักษณะของฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบสำหรับโมเดลโลจิสติก	33
3	แสดงการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนในการตอบแบบสอบเลือกตอบ ตามวิธีของคูมบ์	61
4	แสดงการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนในการตอบแบบสอบเลือกตอบ ตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์	63
5	แสดงการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนในการตอบแบบสอบเลือกตอบ ตามวิธีของเดรสเซลและชมิด	66
6	แสดงการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนในการตอบแบบสอบเลือกตอบ ตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด	69
7	แสดงการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนในการตอบแบบสอบเลือกตอบ ตามวิธีของอาร์โนลด์	72
8	แสดงการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนในการตอบแบบสอบเลือกตอบ ตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์	74
9	เปรียบเทียบวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนทั้ง 7 วิธี ที่มีความแตกต่างกัน ในด้านต่างๆ	76
10	กลุ่มตัวอย่างจำแนกตามโรงเรียน จำนวนห้องเรียนและจำนวนนักเรียน	84
11	วิธีจัดกลุ่มตัวอย่างดำเนินการสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	87
12	คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการตอบแบบสอบทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธี ของคูมบ์	97
13	คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการตอบแบบสอบทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์ จากวิธีของคูมบ์	98
14	คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการตอบแบบสอบทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธี ของอาร์โนลด์	98

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

15 คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ 99

16 คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิด 99

17 คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด 100

18 คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม 100

19 ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ 101

20 ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ 103

21 ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ 104

22 ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ 105

23 ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิด 107

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

24 ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด 108

25 ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม..... 110

26 ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ..... 111

27 ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ..... 113

28 ผลการทดสอบนัยสำคัญแต่ละคู่ระหว่างค่าสหสัมพันธ์ของคะแนนแบบต่างๆ กับเกณฑ์..... 114

29 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลผลการตรวจสอบความสอดคล้อง และผลการเปรียบเทียบโมเดล..... 123

30 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบลักษณะ และตัวประกอบวิธีจากการวิเคราะห์เมตริกพหุลักษณะ พหุวิธีโดยใช้โมเดลตัวประกอบเชิงยืนยัน..... 125

31 ค่าน้ำหนักตัวประกอบของตัวแปรที่สังเกตได้บนตัวประกอบลักษณะ ตัวประกอบวิธีวัด ค่าความแปรปรวนความคลาดเคลื่อนของตัวแปร (error variance) และสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-Square) จากการวิเคราะห์เมตริกพหุลักษณะ-พหุวิธี โดยใช้โมเดลตัวประกอบเชิงยืนยัน 126

32 ค่าความแปรปรวนที่เป็นผลมาจากตัวประกอบลักษณะ ตัวประกอบวิธี และค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในแต่ละทักษะ..... 129

33 เปรียบเทียบความแปรปรวนทีเกี่ยวกับตัวประกอบลักษณะของตัวแปรที่มีวิธีตอบและตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ..... 130

34 ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในที่คำนวณด้วยสัมประสิทธิ์อัลฟาของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ในแต่ละทักษะ..... 132

35 ผลการเปรียบเทียบค่าความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ เป็นรายคู่ด้วยแบบสอบทั้งฉบับ..... 133

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

36 แสดงค่าพารามิเตอร์ อำนาจจำแนกของข้อสอบที่วิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ โดยวิเคราะห์ตามโมเดล GPCM.... 136

37 ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบจากการวิเคราะห์คะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ โดยวิเคราะห์ตามโมเดล GPCM 137

38 แสดงค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนก และความยากเฉลี่ยของข้อสอบ จากการวิเคราะห์คะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ตามโมเดล GPCM 139

39 แสดงค่าพารามิเตอร์ความยากเฉลี่ยของข้อสอบในแต่ละลำดับขั้นของการตอบที่วิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ที่วิเคราะห์ตามโมเดล GPCM 140

40 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบที่วิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ที่วิเคราะห์ตามโมเดล GPCM..... 142

41 ค่าสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบ ที่วิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ที่วิเคราะห์ตามโมเดล GPCM..... 144

42 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบที่วิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ที่วิเคราะห์ตามโมเดล GPCM 145

43 อันดับคุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ต่างๆ..... 146

44 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ต่างๆ 154

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่		หน้า
1	แสดงโค้งคุณลักษณะข้อสอบ (ICC) ที่มี 3 พารามิเตอร์	31
2	แสดงโค้งฟังก์ชันสารสนเทศของ GRM	35
3	แสดงโค้งความน่าจะเป็นในการเลือกตอบระดับที่ 1 และ 2 ของข้อ I	37
4	แสดงความน่าจะเป็นในการเลือกตอบข้อความระดับต่างๆ (3 ระดับ) ตามโมเดลพาร์เชียล เครดิต	39
5	แสดงโค้งฟังก์ชันการตอบในแต่ละลำดับขั้น ของโมเดล PCM	43
6	แสดงโค้งฟังก์ชันการตอบใน 3 ลำดับขั้น แสดงค่าความยากในแต่ละลำดับขั้นไม่เรียงลำดับกัน	44
7	แสดงโครงสร้างตัวแปรในโมเดลเต็ม (full model)	90
8	แสดงโครงสร้างตัวแปรในโมเดลเต็มรูป (A)	119
9	แสดงโครงสร้างตัวแปรในโมเดลตัวประกอบลักษณะสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ (โมเดล B)	120
10	แสดงโครงสร้างตัวแปรที่ไม่มีตัวประกอบลักษณะ (โมเดล C)	121
11	แสดงโครงสร้างตัวแปรที่ไม่มีตัวประกอบวิธี (โมเดล D)	122
12	โค้งฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ	143

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันแบบสอบเลือกตอบยังคงมีบทบาทสำคัญในการใช้เป็นเครื่องมือวัดความรู้ความสามารถและผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้ของผู้เรียน ทั้งนี้เนื่องจากแบบสอบเลือกตอบมีข้อดีหลายประการ คือสามารถถามได้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ วัดความสามารถของสมองตั้งแต่ขั้นต่ำ จนถึงขั้นสูงได้ ช่วยส่งเสริมทักษะการอ่าน การคิด การเรียนรู้ ส่วนย่อยและกลุ่มก้อนความรู้ได้ ใช้ทดสอบเพื่อวินิจฉัยปัญหาการเรียนรู้ ตรวจให้คะแนนง่าย มีความเป็นปรนัยในการตรวจ ใช้เวลาในการตรวจน้อย สามารถตรวจโดยใช้เครื่องจักร การวิเคราะห์ข้อสอบและแบบสอบทำได้ง่ายและสะดวกโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป สามารถนำมาใช้ใหม่ได้ และนิยมพัฒนาเป็นแบบสอบมาตรฐานที่มีความตรงตามเนื้อหาสูง ความเที่ยงค่อนข้างสูง ถ้ามีจำนวนข้อมากๆ และมีประสิทธิภาพของการวัดได้ดีกว่าข้อสอบเลือกตอบแบบอื่นๆ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544) แต่แบบสอบเลือกตอบก็มีข้อด้อยอยู่หลายประการคือ การสร้าง ข้อสอบให้มีคุณภาพต้องใช้ผู้ เชี่ยวชาญ ในเนื้อหาและมีทักษะในการเขียนข้อสอบ ใช้เวลาและแรงงานมาก ลงทุนสูงและมี จุดอ่อนที่สำคัญคือ เปิดโอกาสให้ผู้สอบตอบถูกโดยการเดา ปัญหาการเดาสุ่มจึงเป็นแหล่งความคลาดเคลื่อนในการวัด คะแนนที่ได้จึงไม่ใช่ค่าที่แท้จริงของสิ่งที่มุ่งวัด นอกจากนั้นแบบสอบเลือกตอบที่ใช้กันอยู่ปัจจุบัน การให้คะแนนแบบประเพณีนิยม (ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน) นั้นให้สารสนเทศเกี่ยวกับความรู้ความสามารถของนักเรียนน้อยมาก ไม่เพียงพอสำหรับจำแนกผู้สอบในระดับความสามารถต่างๆ ระหว่างผู้ที่รู้จริง (full knowledge) ผู้ที่มีความรู้บางส่วน (partial knowledge) และผู้ที่ไม่มีความรู้ (absence knowledge) ดังนั้นปัญหาที่ประสบอยู่ขณะนี้คือ ทำอย่างไรจึงจะทำให้คะแนนผลการสอบสามารถให้สารสนเทศที่ถูกต้องตรงตามความเป็นจริงตามระดับความรู้ ความสามารถของผู้สอบได้มากที่สุด

จากข้อจำกัดของแบบสอบเลือกตอบที่ให้คะแนนแบบประเพณีนิยมดังกล่าว นักวัดผลทางการศึกษาได้ศึกษาหาวิธีการแก้ปัญหา เพื่อลดโอกาสในการเดา และเพิ่มสารสนเทศเกี่ยวกับการตอบข้อสอบให้มากที่สุด โดยใช้วิธีการให้คะแนน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของกระบวน การวัด วิธีการให้คะแนนที่เหมาะสมจะทำให้คุณภาพของการวัดในด้านความตรงและความเที่ยงสูงขึ้น การให้คะแนนความรู้บางส่วนของผู้ตอบจะแสดงถึงตำแหน่งจริงของความรู้ของผู้ตอบ ซึ่งมีส่วนช่วยลดความคลาดเคลื่อนจากแหล่งการเดาสุ่มของผู้ตอบลง ทำให้คะแนนมีความเที่ยงมากขึ้น ในขณะเดียวกันก็ส่งผลต่อความตรงของกระบวนการวัดด้วย (Frary, 1980 อ้างถึงใน พรทิพย์ ไชยโส,

2534) จากความพยายามของนักวัดผลทางการศึกษาที่จะแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น เพื่อที่จะให้คะแนนผลการสอบเป็นตัวแทนระดับความรู้ความสามารถที่แท้จริงของผู้ตอบ แบบสอบเลือกตอบและเพิ่มสารสนเทศเกี่ยวกับการตอบข้อสอบในแบบสอบเลือกตอบให้มากที่สุด จึงมีวิธีการต่างๆ ที่ตอบสนองวัตถุประสงค์ดังกล่าว ที่พอสรุปได้ 4 วิธีดังนี้ (Lord and Novick cited in Budescu et al, 1997)

1. การให้น้ำหนักคะแนนข้อสอบที่แตกต่างกัน (differential item weighting)
2. การให้น้ำหนักตัวเลือกที่แตกต่างกัน (differential option weighting)
3. การเปลี่ยนแปลงลักษณะข้อสอบ (changing the Item structure)
4. การเปลี่ยนแปลงวิธีตอบข้อสอบ (changing the response method)

จากการศึกษาวิเคราะห์วิธีการทั้ง 4 วิธีนี้ พบว่าในแต่ละวิธียังมีข้อบกพร่องบางประการดังนี้

1. การให้น้ำหนักคะแนนข้อสอบที่แตกต่างกัน (differential item weighting)

หลักการของวิธีนี้ ข้อสอบที่มีคุณภาพจะได้น้ำหนักมากกว่าข้อสอบที่ไม่มีคุณภาพ โดยใช้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นเกณฑ์ คือค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก หรือใช้ผลจากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ สแตนเลย์และแวง (Stanley and Wang, 1970) ได้ให้ข้อสรุปว่าการให้น้ำหนักแก่ข้อสอบ โดยใช้ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory : CTT) ทำให้น้ำหนักของคะแนนแต่ละข้อมีค่าไม่คงที่เปลี่ยนแปลงไปตามกลุ่มตัวอย่าง จึงควรให้คะแนนตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory : IRT) ลอร์ด (Lord, 1980) พบว่าเมื่อกำหนดน้ำหนักคะแนนรายข้อที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้สอบแล้ว และรวมคะแนนทุกข้อเข้าด้วยกันจะทำให้ได้สารสนเทศสูงสุด แต่จะอย่างไรก็ตามการกำหนดน้ำหนักคะแนนรายข้อที่เหมาะสมนี้ยังวางอยู่บนพื้นฐานของวิธีการตอบและการให้คะแนนเฉพาะข้อที่ตอบถูกแบบเดิม คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 ซึ่งให้สารสนเทศเกี่ยวกับความรู้ความสามารถของ ผู้สอบน้อยมาก ไม่ได้มีการพิจารณาให้คะแนนความรู้บางส่วนแก่ผู้สอบ การให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ไม่สามารถวัดความรู้ในส่วนที่ผู้สอบมีอยู่เพียงบางส่วนออกมาได้ คะแนนที่ได้จึงไม่สามารถที่จะใช้แทนการวัดระดับความรู้ความสามารถที่แท้จริงของผู้สอบได้

2. การให้น้ำหนักคะแนนตัวเลือกที่แตกต่างกัน (differential option weighting)

หลักการของวิธีนี้ความรู้บางส่วนสามารถวัดได้จากการให้น้ำหนักคะแนนแก่ตัวเลือก ซึ่งการให้น้ำหนักคะแนนแก่ตัวเลือกทำได้ 2 วิธี วิธีแรกใช้วิจารณญาณของผู้เชี่ยวชาญ ส่วนวิธีที่สองเป็นการให้น้ำหนักจากข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ผ่านมาในอดีตหรือปัจจุบัน โดยอาศัยสิ่งที่น่าสนใจของ ตัวเลือก เช่นคะแนนมาตรฐานเฉลี่ยของผู้สอบที่เลือกแต่ละตัวเลือก

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลือกที่ ผู้สอบเลือก กับคะแนนรวมทั้งหมด วิธีการนี้ได้รับการศึกษาเพิ่มมากขึ้น จากผลการศึกษาพบว่า การให้น้ำหนักคะแนนแก่ตัวเลือกมีประโยชน์เล็กน้อยในแง่ที่ช่วยเพิ่มค่าความเที่ยงแบบคงที่ภายใน (internal consistency reliability) ฟารีย์ (Frary, 1989) ได้ทำการเปรียบเทียบค่าความตรงและความเที่ยงระหว่างแบบการให้น้ำหนักแก่ตัวเลือกกับแบบธรรมดา พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ วิธีการเหล่านี้ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากการพัฒนาเพื่อให้ได้มาซึ่งน้ำหนัก ต้องใช้ทรัพยากรมาก การคำนวณการให้คะแนนมีวิธีการที่ยุ่งยาก ยากในการอธิบายและตัดสินการให้คะแนนแก่ผู้สอบ

3. การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างข้อสอบ (changing the item structure)

วิธีนี้จะมีลักษณะข้อสอบและคำอธิบายที่แตกต่างจากแบบเลือกตอบธรรมดา เช่น ข้อสอบมี 2 ตัวเลือก คือถูกและผิด ผู้ตอบต้องเลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง คะแนนที่ได้คือผลรวมของจำนวนคำตอบที่ถูก ข้อสอบที่มีตัวถูกหลายๆ ตัวเลือก คะแนนที่ได้เท่ากับผลรวมของการระบุตัวเลือกที่ถูกได้ถูกต้อง ในบางกรณีมีการหักคะแนนการตอบที่ตอบตัวเลือกผิด ดังวิธีของเดรสเซลและชมิดท์ (Dressel and Schmidt, 1953) ได้เสนอให้มีการหักคะแนนการตอบที่ตอบตัวเลือกผิดโดยมีจุดประสงค์เพื่อลดการเดาและประเมินความรู้บางส่วน แบบสอบลักษณะนี้ได้มีการพัฒนาต่อมาเป็นแบบสอบที่มีตัวเลือกถูกทุกข้อ ผิดทุกข้อ หรือถูกเฉพาะตัวเลือกหนึ่งกับอีกตัวเลือกหนึ่ง (Frary, 1989) และยังมี ข้อสอบที่มีลักษณะเป็นกลุ่มข้อคำถาม และกลุ่มของคำตอบที่เรียกว่าข้อสอบแบบจับคู่ โดยผู้สอบต้องเลือกคำตอบที่ถูกคู่กับคำถามที่กำหนดให้ ซึ่งมีทั้งประเภทจำนวนคำถามเท่ากับจำนวนคำตอบ ซึ่งเรียกว่าการจับคู่อย่างง่าย (simple matching) และจำนวนคำตอบมากกว่าจำนวนคำถาม (multiple matching) ความแตกต่างของ 2 แบบ คือการจับคู่แบบพหุช่วยลดโอกาสในการเดามากกว่า แต่มีข้อจำกัดคือ สร้างข้อสอบให้มีความเหมาะสมได้ยาก (Gulliksen, 1986) เมื่อได้วิเคราะห์วิธีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบข้อสอบ พบว่ามีข้อจำกัดหลายประการ เช่นในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบ มีความยุ่งยากในการสร้างข้อสอบให้เหมาะสมและมีความแปรเปลี่ยนในด้านความเที่ยงและความตรงของผลการวัด

4. การเปลี่ยนแปลงวิธีการตอบข้อสอบ (changing the response method)

วิธีการนี้จะแตกต่างจากวิธีที่กล่าวมาทั้งหมดคือ ใช้น้ำหนักคะแนนที่ให้โดยผู้สอบเอง ซึ่งจะสะท้อนถึงความรู้ที่มีอยู่ในตัวผู้สอบ เป็นการประเมินตนเองเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการได้มาซึ่งสารสนเทศเกี่ยวกับความรู้ของผู้สอบในแต่ละข้อ (Budescu et al., 1997) ผู้สอบจะให้สารสนเทศอย่างสมบูรณ์เกี่ยวกับน้ำหนักคะแนนที่ให้ วิธีการให้คะแนนและระดับความมั่นใจในการตอบ ซึ่งจะเป็นการช่วยลดการเดาคำตอบ และความคลาดเคลื่อนในการวัด วิธีการนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการตอบ และการให้คะแนนแตกต่างจากแบบสอบชนิดเลือกตอบธรรมดา ซึ่งมีอยู่

ด้วยกันหลายวิธีได้แก่ วิธีการแก้การเดา วิธีการให้คะแนนจากการตัดตัวลวง วิธีการทดสอบความน่าจะเป็น วิธีการแสดงความมั่นใจ วิธีการจัดอันดับอย่างสมบูรณ์และวิธีการจัดอันดับเป็นบางส่วน ซึ่งในแต่ละวิธีนั้นจะพิจารณาการให้คะแนนความรู้บางส่วนแก่ผู้ตอบ และการให้คะแนนแตกต่างกัน

เมื่อได้วิเคราะห์วิธีการเปลี่ยนแปลงวิธีการตอบข้อสอบเพื่อวัดความรู้บางส่วน พบว่าในแต่ละวิธีมีแนวโน้มที่จะให้สารสนเทศเกี่ยวกับความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบได้อย่างน่าเชื่อถือ แต่บางวิธีก็มีข้อจำกัดอยู่หลายประการเช่นมีความยุ่งยากในการปฏิบัติ ใช้ทรัพยากรจำนวนมาก การสอบต้องใช้เวลามาก

แนวคิดเชิงทฤษฎีในการตอบแบบสอบเลือกตอบเพื่อวัดความรู้บางส่วนซึ่ง ฮัทชินสัน (Hutchinson, 1982) ได้จำแนกออกเป็น 2 แนวทางด้วยกัน

แนวทางแรก การแสดงออกซึ่งความรู้ของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบจะมีเพียง 2 ลักษณะ คือรู้คำตอบ กับไม่รู้คำตอบ ซึ่งแนวทางนี้คือทฤษฎีการให้คะแนนแบบจำกัด (Finite State Score Theory) ซึ่งได้นำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดในวิธีการตอบและการให้คะแนนในแบบสอบเลือกตอบที่มีตัวเลือกถูก 1 ตัว นอกจากนั้นเป็นตัวลวง การตอบจะให้ผู้ตอบเลือกตัวเลือกที่ถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียวเมื่อตอบถูกจะได้ 1 คะแนนตอบผิดจะได้ 0 คะแนน

แนวทางที่สอง การแสดงออกซึ่งความรู้ของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบควรจะเป็นลักษณะต่อเนื่อง ซึ่งความรู้ของผู้ตอบเป็นตัวแปรต่อเนื่อง ผู้ตอบจะมีความรู้ในช่วงตั้งแต่รู้คำตอบไปจนถึงไม่รู้คำตอบเป็นลักษณะต่อเนื่องกัน ซึ่งเป็นแนวของทฤษฎีการกระจายแบบต่อเนื่อง (Continuous Distribution Theory) ซึ่งการตอบของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบซึ่งไม่ใช่การเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว แต่จะต้องแสดงได้ว่าเขาเป็นผู้ที่รู้จริง รู้บางส่วน หรือไม่รู้เลย การให้คะแนนจะต้องกำหนดวิธีให้คะแนนที่แสดงถึงระดับความรู้ของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบได้

ในแนวทางที่สองนี้ได้รับการสนับสนุนจากนักวัดผลทางการศึกษา ดังเช่น ชอปปิน (Choppin 1971, cited in Leclrecq, 1983) ได้เสนอว่า “กระบวนสอบและการให้คะแนนมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับโมเดลทางความรู้ (Epistemological Model) ทั้งนี้เพราะสิ่งที่วัดก็คือความรู้ ซึ่งชอปปินได้เสนอโมเดลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการคิดในการทำแบบสอบและการให้คะแนนแบบสอบเลือกตอบไว้ 3 โมเดล ดังนี้ **โมเดลแรก** ได้เสนอว่า “เมื่อผู้ตอบรู้คำตอบเขาก็จะเลือกตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องในข้อนั้น แต่เมื่อผู้ตอบไม่รู้คำตอบที่ถูกต้อง เขาก็จะเดาสุ่มในระหว่างตัวเลือกที่ให้มาทั้งหมด” **โมเดลที่สอง** เสนอว่า “เมื่อผู้ตอบรู้คำตอบ เขาจะเลือกตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องในข้อนั้น แต่เมื่อผู้ตอบไม่รู้คำตอบ เขาจะตัดตัวเลือกที่เขารู้ว่าไม่ถูกต้องออกบ้าง และเขาจะเลือกอย่างสุ่มในระหว่างตัวเลือกที่เหลือ” **โมเดลที่สาม** เสนอว่า “ขั้นความรู้ของผู้ตอบไม่สามารถแบ่งได้ เป็นรู้คำตอบกับไม่รู้คำตอบเท่านั้น แต่มีความต่อเนื่องของขั้นความรู้จากขั้นที่ไม่รู้อย่างสมบูรณ์ไปสู่ขั้นที่รู้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งในช่วงระหว่าง 2 ขั้นของความรู้นี้จะเรียกกันว่า

ความรู้บางส่วน ซึ่งเมื่อผู้ตอบเผชิญกับปัญหาที่เป็นตัวเลือกต่างๆ เขาจะตอบสนองต่อตัวเลือกนั้นแต่ละตัว ตามค่าความน่าจะเป็นของการที่จะเป็นคำตอบที่ถูกต้อง แต่ด้วยคำชี้แจงในการตอบที่ให้เขาเลือกเพียงตัวเลือกเดียว เขาจึงต้องเลือกตัวเลือกที่มีความน่าจะเป็นว่าจะถูกต้องมากที่สุด" เมื่อวิเคราะห์ถึงโมเดลที่แสดงกระบวนการคิดเพื่อตอบแบบสอบเลือกตอบที่นำเสนอโดย ชอปปิน ทั้ง 3 โมเดล พบว่าโมเดลที่สองและโมเดลที่สามได้สนับสนุนแนวคิดในเรื่องการแสดงออกซึ่งความรู้ของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ เป็นลักษณะต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ฮัทชินสัน ดังนั้นการตอบแบบสอบเลือกตอบ ผู้ตอบจะต้องแสดงได้ว่าเป็นผู้รู้จริง รู้บางส่วน หรือไม่รู้เลย ซึ่งได้มีนักวัดผลทางการศึกษาได้นำแนวคิดตามทฤษฎีนี้ไปใช้ในการออกแบบการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ

จากการศึกษางานในการพัฒนาสูตรการให้คะแนนความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบพบว่าวิธีการตรวจและให้คะแนนโดยให้ผู้ตอบตัดตัวลวงออกไปตามที่เขารู้ เป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมที่จะแสดงถึงระดับความรู้ของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบในระดับต่างๆ ว่าเป็นผู้รู้จริง รู้บางส่วน หรือไม่รู้ สอดคล้องกับกระบวนการคิดของผู้ตอบ เป็นกระบวนการกระตุ้นให้ผู้ตอบได้ใช้ความคิดในการแก้ปัญหาและยังมีความเหมาะสมในการบริหารการสอบ แต่ที่ผ่านมาได้มีนักวัดผลทางการศึกษาได้คิดสูตรการให้คะแนนแบบต่างๆ ไว้หลายวิธี แต่ก็ยังมีข้อบกพร่องหลายประการ เมื่อพิจารณาแล้วสามารถนำมาประยุกต์การให้คะแนนความรู้บางส่วน ของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ ให้มีความเหมาะสมได้ดังนี้

1. คูมบ์ (Coombs, 1953) ได้เสนอวิธีการตอบและการให้คะแนนผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ โดยใช้รูปแบบของแบบสอบเลือกตอบที่มีคำตอบถูกเพียงคำตอบเดียว โดยให้ผู้สอบตัดตัวลวงที่ไม่ใช่คำตอบถูกที่เขาแน่ใจออกไปมากที่สุด การให้คะแนนผู้ตอบจะได้ 1 คะแนน ในแต่ละตัวลวงที่ตัดออกอย่างถูกต้องและในกรณีที่ผู้สอบมีความรู้ที่ผิดไปตัดตัวถูกออก โดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวงจะถูกตัดคะแนน k-1 โดยที่ k คือจำนวนตัวเลือก ช่วงคะแนนที่ได้ในแต่ละข้ออยู่ระหว่าง -(k-1) ถึง k-1

จากการพิจารณาถึงวิธีการให้คะแนนของคูมบ์ พบว่า คูมบ์ได้เสนอคะแนนที่ติดลบเพื่อเป็นการลงโทษผู้ที่ตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกออกไป โดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวง เช่นกรณีที่ผู้สอบสามารถตัดตัวลวงบางตัวออกไปได้บ้าง และตัดตัวถูกออกไปด้วย เขาก็จะได้คะแนนเท่ากับ n-(k-1) เมื่อ n คือจำนวนตัวลวงที่ผู้สอบตัดออกได้ถูกต้อง ซึ่งคะแนนที่ได้ก็ยังคงติดลบ และจากกรณีดังกล่าวการที่ผู้ตอบตัดตัวลวงบางตัวออกได้ถูกต้อง และยังตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกออกไปอีก น่าจะถือว่าเป็นผู้ไม่มีความรู้ (absence of knowledge) การที่ตัดตัวลวงออกได้ถูกน่าจะเกิดจากการเดา คะแนนของเขาควรจะได้ 0 การที่คูมบ์ให้คะแนนติดลบ จึงมีความไม่เหมาะสม

เพราะแนวคิดในการให้คะแนนเพื่อที่จะแสดงถึงระดับความรู้ของผู้สอบ ผู้ที่ไม่มีความรู้เลย ก็ควรจะมีคะแนนเป็น 0 ช่วงของคะแนนในแต่ละข้อควรจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง คะแนนสูงสุดในแต่ละข้อ จากจุดอ่อนของวิธีการให้คะแนนของคูมบ์ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะประยุกต์สูตรการให้คะแนนของคูมบ์เสียใหม่ โดยให้คะแนนต่ำสุดรายข้อเป็น 0 โดยกำหนดสูตรการให้คะแนนดังนี้

$$X = \frac{1}{2}[n + nc]$$

เมื่อ X คือ คะแนนที่ได้รายข้อ

n คือ จำนวนตัวเลือกที่ผู้ตอบตัดออกจะมีค่าจาก 0 ถึง k-1 เมื่อ k คือจำนวนตัวเลือกทั้งหมด

c คือ ค่ากำหนดเงื่อนไขการให้คะแนนมี 2 ค่า ถ้าผู้ตอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกออกไปด้วย c = -1 แต่ถ้าตัดตัวเลือกที่เป็นตัวลวงออกได้ถูกต้อง c = 1

จากสูตรการให้คะแนนตามวิธีการนี้ คะแนนที่ได้แต่ละข้อจะอยู่ในช่วง 0 ถึง (k-1) ในกรณีข้อสอบมี 5 ตัวเลือก ช่วงคะแนนในข้อนั้นมีค่าตั้งแต่ 0 - 4 ดังตัวอย่างข้อสอบแบบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก มีตัวเลือก ก ข ค ง และ จ มีตัวเลือก ข ถูก ตัวเลือกที่ผิดได้แก่ ก ค ง และ จ วิธีการตอบให้ผู้สอบทำเครื่องหมาย × ตรงตัวเลือกที่เห็นว่าผิดทุกตัวเลือก ถ้าไม่แน่ใจให้เว้นข้ามไป ถ้าผู้ตอบเลือก × ตัวเลือก ก ค ง และ จ ก็จะได้คะแนนซึ่งแทนค่าในสูตร $X = \frac{1}{2}[4 + 4(1)]$ จะได้เท่ากับ 4 คะแนน แต่ถ้าผู้สอบเลือก × ตัวเลือก ก ข ค และ ง จะได้คะแนนซึ่งแทนในสูตร $X = \frac{1}{2}[4 + 4(-1)]$ จะได้คะแนนเท่ากับ 0 เป็นต้น สูตรการให้คะแนนตามวิธีนี้จะ เหมาะสมเพียงใด ซึ่งจะได้หาคุณภาพของสูตรการให้คะแนนต่อไป

2. เดรสเซลและชมิด (Dressel and Schmidt, 1953) ได้เสนอวิธีการตอบโดยให้ผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ เลือกตอบอย่างเสรี โดยในแต่ละข้อผู้ตอบจะเลือกตอบกี่ตัวเลือกก็ได้ ถ้าในจำนวนตัวเลือกที่เลือกมีคำตอบถูกอยู่ด้วย ก็จะได้คะแนนเท่ากับ k-n เมื่อ k คือจำนวนตัวเลือกของข้อสอบ n คือจำนวนตัวเลือกที่ผู้ตอบเลือก แต่ถ้าในจำนวนตัวเลือกที่ผู้ตอบเลือกไม่มีคำตอบที่ถูกต้องรวมอยู่ด้วย คะแนนที่ได้จะเท่ากับ (-n) ในกรณีผู้ตอบไม่ตอบเลยจะได้ 0 คะแนน หรือตอบทุกตัวเลือกก็จะได้ 0 คะแนนเช่นกัน ตัวอย่างกรณีข้อสอบมี 5 ตัวเลือก ถ้าผู้ตอบเลือกเพียง 1 ตัวเลือก และเป็นคำตอบที่ถูกต้อง ก็จะได้คะแนนเท่ากับ (5-1) คือ 4 คะแนน แต่ถ้าเป็นคำตอบผิดก็จะได้คะแนน -1 คะแนน คะแนนที่ได้จะอยู่ในช่วง -(k-1) ถึง (k-1)

เมื่อพิจารณาถึงวิธีการให้คะแนนในลักษณะนี้มีข้อจำกัด คือคะแนนที่ได้จะมีค่าติดลบ ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะใช้บอกระดับความรู้ของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ นอกจากนี้ระบบการคิด

คะแนนไม่แสดงให้เห็นถึงความน่าจะเป็นในการตอบถูก เมื่อผู้ตอบเพิ่มจำนวนตัวเลือกขึ้น ซึ่งถ้าเรานำค่าความน่าจะเป็นในการตอบถูก หักออกจากคะแนนที่ควรจะได้ น่าจะเป็นการยุติธรรมกับผู้สอบทุกคน และปรับช่วงคะแนนให้กว้างขึ้น เพื่อที่จะแสดงถึงความรู้ในระดับต่างๆ ของผู้สอบ ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอสูตรในการให้คะแนนใหม่ดังนี้

$$X = \left[k - k.\frac{n}{k} \right] C$$

หรือ $X = [k - n]\ (c)$

เมื่อ X คือ คะแนนที่ได้จากการตอบแบบสอบ

n คือ จำนวนตัวเลือกที่ผู้ตอบเลือก

k คือ จำนวนตัวเลือกทั้งหมด

C คือ ค่าความสอดคล้องในชุดของตัวเลือกที่ผู้ตอบเลือกมี 2 ค่าคือ

C = 1 เมื่อมีตัวเลือกถูกอยู่ในชุดตัวเลือกที่ผู้ตอบเลือก

C = 0 เมื่อไม่มีตัวเลือกถูกอยู่ในชุดตัวเลือกที่ผู้ตอบเลือก

จากสูตรการให้คะแนนตามวิธีนี้ คะแนนที่ได้ในแต่ละข้อจะมีช่วงอยู่ระหว่าง 0 ถึง (k-n) คะแนน เมื่อ k คือจำนวนตัวเลือก n คือจำนวนตัวเลือกที่ผู้ตอบเลือก ตัวอย่างข้อสอบแบบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก มีตัวเลือก ก ข ค ง และ จ มีตัวเลือก ข ถูก ตัวเลือกที่ผิดได้แก่ ก ค ง และ จ วิธีการตอบ ถ้าผู้ตอบมีความแน่ใจว่าตัวเลือกใดเป็นคำตอบถูกให้ × ตรงตัวเลือกนั้น ถ้ายังไม่แน่ใจให้ผู้ตอบทำ × ตรงตัวเลือกได้มากกว่า 1 ตัวเลือก แต่ไม่เกิน k-1 ตัวเมื่อ k คือจำนวนตัวเลือกทั้งหมด และในชุดตัวเลือกที่เลือกนั้นจะต้องมีตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกรวมอยู่ด้วย ถ้าผู้ตอบเลือกข้อ ก ข และ ค ก็จะได้คะแนนซึ่งแทนค่าในสูตร $X = \left[5 - 5.\frac{3}{5}(1) \right]$ เท่ากับ 2 คะแนน ถ้าเลือกตัวเลือก ข ตัวเดียวคะแนนจะเป็น $X = \frac{1}{5}(5 - 5.\ \ )\ (1) = 4$ จากสูตรค่า $\frac{n}{k}$ จะแสดงให้เห็นถึงความน่าจะเป็นในการตอบถูกในแต่ละข้อ เพราะถ้า n มีค่ามาก โอกาสในการตอบถูกจะมากขึ้น เมื่อนำมาหักออกจากคะแนนที่ควรจะได้ในแต่ละข้อ ก็จะทำให้เกิดความยุติธรรมสำหรับ ผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ

3. อาร์โนลด์ (Arnold and Arnold, 1970) เสนอวิธีการให้คะแนนแบบสอบเลือกตอบที่พัฒนามาจากทฤษฎีเกมเบื้องต้น (Game Theory) ใช้ข้อสอบเลือกตอบเช่นเดียวกับแบบของคูมบ์ โดยให้ผู้ตอบตัดตัวเลือกที่แน่ใจว่าเป็นคำตอบที่ผิดออกไปมากที่สุดที่เขารู้ การให้คะแนนจะให้คะแนน 1/(k-1) คะแนนสำหรับตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบผิดออกไปได้ 1 ตัว แต่ถ้าผู้สอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกออกไป โดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวง จะถูกหัก -1/(k-1) คะแนน เมื่อ k คือจำนวนตัวเลือกแต่ละข้อ ระบบการให้คะแนนของอาร์โนลด์ วางอยู่บนพื้นฐานคะแนนที่คาดหวัง

(expected item score) เท่ากับ 0 เมื่อผู้สอบเดาสุ่ม ซึ่งพัฒนามาจากทฤษฎีเกมเบื้องต้น ที่กำหนดคะแนนที่คาดหวังดังนี้

$$\text{คะแนนคาดหวัง} = \left\langle \begin{matrix}\text{คะแนนที่ได้}\\ \text{เมื่อชนะเกม}\end{matrix} \right\rangle \left\langle \begin{matrix}\text{โอกาส}\\ \text{การชนะเกม}\end{matrix} \right\rangle - \left\langle \begin{matrix}\text{คะแนนลงโทษ}\\ \text{เมื่อแพ้เกม}\end{matrix} \right\rangle \left\langle \begin{matrix}\text{โอกาส}\\ \text{การแพ้เกม}\end{matrix} \right\rangle$$

เมื่อผู้สอบเดาสุ่มคะแนนที่คาดหวังเท่ากับ 0

เมื่อกำหนดให้ C_d คือ คะแนนที่ได้เมื่อผู้ตอบสามารถตัดตัวลวงออกไปได้บางตัวและคะแนนที่เพิ่มจากการเดาเป็น 0

d คือ จำนวนตัวลวงที่ตัดออกได้ถูกต้อง

k คือ จำนวนตัวเลือก

และ p คือ คะแนนลงโทษเมื่อผู้สอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกออกไป

เขียนเป็นสูตรให้คะแนนได้ดังนี้

$$(C_d)[(k-d))/k] - (p)(d/k) = 0$$

ดังนั้น $$C_d = (p)\,[d / (k-d)]$$

ความไม่สมบูรณ์ของสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ อยู่ที่การกำหนดค่า p ซึ่งอาร์โนลด์ใช้เป็นคะแนนลงโทษ เมื่อผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกออกไป โดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวง โดยกำหนดค่า p เป็น 2 ค่า คือ 1/(k-1) ค่านี้จะใช้เมื่อผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบตัดตัวเลือกที่เป็นตัวลวงออกได้ถูกต้อง แล้วมาคูณกับค่า d/(k-d) ตามสูตรการให้คะแนนดังที่เสนอไว้ตอนแรก ผลคูณที่ได้ออกมาก็จะเป็นคะแนนของผู้ตอบในข้อนั้น ดังกรณี ข้อสอบแบบสอบเลือกตอบที่มี 4 ตัวเลือก ถ้าผู้ตอบตัดตัวลวงออกได้ถูกต้อง 1 ตัว เมื่อแทนค่าลงในสูตรแล้ว ผู้ตอบก็จะได้คะแนนในข้อนั้นเท่ากับ 1/9 หรือตัดตัวลวงออกได้ถูกต้อง 2 ตัว ผู้ตอบก็จะได้คะแนนในข้อนั้นเท่ากับ 1/3 เป็นต้น และค่า p อีกค่าหนึ่งจะเท่ากับ -1(k-1) ค่านี้จะใช้เมื่อ ผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบได้ตัดตัวเลือกที่เป็นตัวถูกออกไป โดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวงในกรณีข้อสอบแบบเลือกตอบมี 4 ตัวเลือกในข้อนั้นผู้ตอบก็จะได้คะแนน -1/3 ความไม่สมบูรณ์ **ประการแรก**ของสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์คือ ค่า p ซึ่งเป็นคะแนนการลงโทษในกรณีผู้ตอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกออกไป ซึ่งอาร์โนลด์ไม่นำค่า p ที่เป็นค่าติดลบนี้คูณกับค่า d/(k-d) ตามสูตรที่เสนอมา ซึ่งจะทำให้คะแนนของผู้ตอบแต่ละคนถูกหักไม่ เท่ากัน ใครที่ตัดตัวเลือกออกได้มากทั้งที่ไม่รู้จริงก็น่าจะได้คะแนนติดลบมากกว่าผู้ที่ตัดตัวเลือกออกได้น้อย เพราะไม่รู้ ซึ่งจะเป็นการยุติธรรมแก่ผู้สอบทุกคน ความไม่สมบูรณ์ **ประการที่สอง**คือ การให้คะแนนติดลบ ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะใช้แสดงถึงระดับความรู้บางส่วนของผู้ตอบ เพราะผู้ตอบที่ตอบผิดคือไปตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูก

ออกไป ถือว่าไม่มีความรู้ คะแนนที่เขาได้ควรจะเป็น 0 จะเหมาะสมกว่าให้คะแนนที่ติดลบ นอกจากนี้การให้คะแนนติดลบเมื่อนำไปรวมกับคะแนนข้ออื่นๆ จะไปหักคะแนนข้ออื่นๆ ซึ่งคะแนนแต่ละข้อได้แสดงถึงระดับความรู้ของผู้ตอบอยู่แล้ว

ได้มีการศึกษาถึงความเหมาะสมของสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ โดย ฟาร์รี่ (Frary, 1980) ซึ่งสรุปว่าสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์สามารถรายงานตำแหน่งจริงของความรู้ของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบได้และนอกจากนี้ อาร์โนลด์ (Arnold and Arnold, 1970) ได้แสดงว่าสูตรการให้คะแนนของเขาสามารถจำแนกตำแหน่งของผู้สอบที่มีระดับความสามารถปานกลางออกจากกันได้ ซึ่งคะแนนของผู้สอบแต่ละคนที่ได้จะอยู่ในตำแหน่งเดียวกับคะแนนที่ให้แบบประเพณีนิยม คือตอบถูกได้ 1 ตอบผิดได้ 0 คะแนน เมื่อพิจารณาถึงความไม่สมบูรณ์ของสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ ผู้วิจัยได้มีแนวคิดในการปรับปรุงสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ โดยจะกำหนดค่า p ซึ่งเป็นคะแนนการลงโทษในกรณีผู้ตอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกออกไปโดยให้ค่า p มี 2 ค่า คือ 0 กับ 2 ซึ่งค่า p จะเท่ากับ 2 เมื่อผู้ตอบตัดตัวเลือกที่เป็นตัวลวงออกได้ถูกต้อง และ แทนค่า p ลงในสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ เหตุผลที่กำหนดค่า p เป็น 0 กับ 2 ผู้วิจัยมีแนวคิดในเรื่องการปรับสเกลของคะแนนไม่ให้มีค่าติดลบ ซึ่งตามหลักการทางคณิตศาสตร์ในเรื่องระบบจำนวนถ้าเราปรับคะแนนจาก 1 ไปเป็น -1 ช่วงคะแนนจะห่างกัน 2 ช่วง จะเท่ากับช่วงคะแนน 0 ถึง 2 ดังนั้นการที่จะให้คะแนนลงโทษเป็นค่าติดลบ ก็เปลี่ยนเป็นให้คะแนน 0 ซึ่งเราถือว่าเป็นผู้ไม่มีความรู้ แต่ถ้าเขามีความรู้คะแนนก็จะเพิ่มขึ้นทีละ 2 ช่วงคะแนน ซึ่งเป็นการปรับสเกลคะแนนไม่ให้มีค่าติดลบ ดังตัวอย่างข้อสอบแบบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก มีตัวเลือก ก ข ค ง และ จ ตัวเลือก ข ถูก ตัวเลือก ก ค ง และ จ ผิด วิธีการตอบให้ผู้สอบทำเครื่องหมาย × ตรงตัวเลือกที่เห็นว่าผิดทุกตัวเลือก ถ้าไม่แน่ใจให้เว้นข้ามไป ถ้าผู้ตอบเลือก × ตัวเลือก ก ค ง และ จ ก็จะได้คะแนน ซึ่งแทนค่าในสูตร Cd = 2 [4/(5-4)] จะได้เท่ากับ 8 คะแนน แต่ถ้าผู้ตอบเลือก × ตัวเลือก ก ข ค และ ง จะได้คะแนนแทนค่าในสูตร Cd = 0 [4/(5-4)] ซึ่งจะได้คะแนนเท่ากับ 0

จากกรอบแนวคิดในการพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนในแบบสอบเลือกตอบ ที่ได้จากการศึกษาผลงานวิจัยที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าได้มีการพัฒนารูปแบบการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ ซึ่งมีการพัฒนาทั้งรูปแบบการตอบ และรูปแบบการให้คะแนน และมีการตรวจสอบคุณภาพของสูตร ทั้งในด้านความเที่ยงและความตรง ตามแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory : CTT) มาโดยตลอดและพบว่าในแต่ละวิธีการมีทั้งจุดเด่นและจุดด้อย และเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพในด้านต่างๆ แล้วยังไม่พบความแตกต่างกันที่ชัดเจน หรือแสดงให้เห็นถึงความมีคุณภาพอย่างโดดเด่นของวิธีใดวิธีหนึ่ง ผู้วิจัยมีแนวคิดว่าการตรวจสอบคุณภาพของวิธีการตอบและการให้คะแนน ความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ น่าจะตรวจสอบคุณภาพตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) ซึ่งเป็นทฤษฎีในแนวใหม่ และให้สารสนเทศได้มากกว่า มีความละเอียดในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบมากกกว่าทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม ผู้วิจัยจึงได้ใช้กรอบแนวคิดนี้พัฒนาวิธีการวัดและสูตรการให้คะแนนความรู้บางส่วนของผู้สอบแบบสอบเลือกตอบ และจะทำการตรวจสอบคุณภาพในด้านความเที่ยงและความตรง ตามแนวทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมและตามแนวทฤษฎีการตอบสนอง

ข้อสอบ เพื่อที่จะเปรียบเทียบคุณภาพของสูตรการให้คะแนนที่พัฒนาขึ้น กับสูตรการให้คะแนนแบบเดิมที่ได้มีนักวัดผลทางการศึกษาได้เสนอไว้ ทั้งนี้ก็เพื่อให้ได้มาซึ่งสูตรการให้คะแนนความรู้บางส่วนที่เหมาะสมต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วน โดยประยุกต์วิธีของคูมบ์ วิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีของ อาร์โนลด์
2. เพื่อเปรียบเทียบค่าความเที่ยงของผลการวัดความรู้บางส่วน จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับการตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ วิธีของเดรสเซลและชมิด วิธีของ อาร์โนลด์ และวิธีประเพณีนิยม
3. เพื่อเปรียบเทียบค่าความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) และความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (criterion related validity) ของผลการวัดความรู้บางส่วน จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับวิธีการให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ วิธีของเดรสเซลและชมิด วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีประเพณีนิยม
4. เปรียบเทียบค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (test information function) ที่มีวิธีการตอบและการให้คะแนนตามวิธีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น กับวิธีการตอบและให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ วิธีของเดรสเซลและชมิด วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีประเพณีนิยม ที่วิเคราะห์ตามโมเดล Generalized Partial Credit Model (GPCM)
5. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย (ratio of average information :RAI) ของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการให้คะแนนตามวิธีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับวิธีการให้ตามวิธีของคูมบ์ วิธีของเดรสเซลและชมิด วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีประเพณีนิยม

สมมุติฐานของการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความรู้บางส่วนในแบบสอบเลือกตอบ พบว่าแบบสอบที่มีวิธีการตรวจให้คะแนนแบบหลายค่า (polytomous) ส่วนใหญ่จะให้ค่าความเที่ยงสูง (Simon et al, 1997) และมีความแม่นยำ (precision) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของบุคคลและ ข้อกระทงมากกว่าการตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม (Semijima, 1976 ; Thissen, 1976 ; Muraki , 1993) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ จึงตั้งสมมุติฐานในการวิจัยดังนี้

1. ค่าความเที่ยงและค่าความตรงของผลการวัดความรู้บางส่วน จากวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์, เดรสเซลและชมิด และอาร์โนลด์ สูงกว่าวิธีของคูมบ์, เดรสเซลและชมิด, อาร์โนลด์ และวิธีประเพณีนิยม โดยมีสมมุติฐานเฉพาะดังนี้

1.1 ค่าความเที่ยงและความตรงของผลการวัดความรู้บางส่วนจากวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ สูงกว่าวิธีของคูมบ์ และวิธีการตอบและวิธีประเพณีนิยม

1.2 ค่าความเที่ยงและความตรงของผลการวัดความรู้บางส่วน จากวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด สูงกว่าวิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีการตอบและวิธีประเพณีนิยม (0-1)

1.3 ค่าความเที่ยงและความตรงของผลการวัดความรู้บางส่วนจากวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์สูงกว่าวิธีของอาร์โนด์และ วิธีการตอบและวิธีประเพณีนิยม

2. ผลการวิเคราะห์วิธีการให้คะแนนความรู้บางส่วนจากวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์, เดรสเซล และชมิด และอาร์โนลด์ เมื่อวิเคราะห์ตามโมเดล Generalized Partial Credit Model (GPCM) จะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศ (TIF) ที่ระดับความสามารถของผู้สอบ (θ) ระดับเดียวกัน สูงกว่าวิธีของคูมบ์, เดรสเซลและชมิด, อาร์โนลด์ และวิธีประเพณีนิยม โดยมีสมมุติฐานเฉพาะดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์วิธีการให้คะแนนความรู้บางส่วนจากวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์เมื่อวิเคราะห์ตามโมเดล Generalized Partial Credit Model (GPCM) จะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศ (TIF) ที่ระดับความสามารถของผู้สอบ (θ) ระดับเดียวกัน สูงกว่าวิธีของคูมบ์ และวิธีประเพณีนิยม

2.2 ผลการวิเคราะห์วิธีการให้คะแนนความรู้บางส่วน จากวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิดเมื่อวิเคราะห์ตามโมเดล Generalized Partial Credit Model (GPCM) จะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศ (TIF) ที่ระดับความสามารถของผู้สอบ (θ) ระดับเดียวกัน สูงกว่าวิธีของ เดรสเซลและ ชมิด และวิธีประเพณีนิยม

2.3 ผลการวิเคราะห์วิธีการให้คะแนนความรู้บางส่วน จากวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์เมื่อวิเคราะห์ตามโมเดล Generalized Partial Credit Model (GPCM) จะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศ (TIF) ที่ระดับความสามารถของผู้สอบ (θ) ระดับเดียวกัน สูงกว่าวิธีของอาร์โนลด์และวิธีประเพณีนิยม

3. ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย (RAI) ของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการให้คะแนนโดยวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์, เดรสเซลและชมิดและอาร์โนลด์ สูงกว่าวิธีของคูมบ์, เดรสเซลและชมิด,อาร์โนล และวิธีประเพณีนิยม โดยมีสมมุติฐานเฉพาะดังนี้

3.1 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย (RAI) ของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการให้คะแนนโดยวิธีประยุกต์วิธีของคูมบ์ สูงกว่าวิธีของคูมบ์และวิธีประเพณีนิยม

3.2 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย (RAI) ของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการให้คะแนนโดยวิธีประยุกต์วิธีของเดรสเซลและชมิด สูงกว่าวิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีประเพณีนิยม

3.3 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย (RAI) ของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการให้คะแนนโดยวิธีประยุกต์วิธีของอาร์โนลด์ สูงกว่าวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีประเพณีนิยม

ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาวิธีการให้คะแนนสำหรับแบบสอบเลือกตอบเฉพาะแบบสอบที่มีตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวในแต่ละข้อ และเป็นแบบสอบที่ผู้สอบได้ทำตามศักยภาพ (power test) โดยได้พัฒนาขึ้นจากแนวคิดในการให้คะแนนความรู้บางส่วนของผู้ตอบ 3 วิธี คือ วิธีการให้คะแนนของคูมบ์ วิธีการให้คะแนนของเดรสเซลและชมิด และวิธีการให้คะแนนของอาร์โนลด์ ศึกษาคุณภาพของวิธีการให้คะแนนที่พัฒนาขึ้นในด้านความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (criterion related validity) และความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน (internal consistency)

2. แบบสอบที่ใช้ในการศึกษา เพื่อหาคุณภาพของวิธีการตรวจให้คะแนนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น คือ แบบวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานซึ่งเป็นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual skills) ประกอบด้วยทักษะขั้นพื้นฐาน 4 ทักษะคือ ทักษะการใช้เลขจำนวน ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส กับ สเปส และ สเปส กับ เวลา ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล และทักษะการทำนาย

3. เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาคุณภาพของวิธีการตอบและการให้คะแนนพิจารณาจากคะแนนที่เป็นผลมาจากการตอบแบบสอบเดียวกัน ของกลุ่มตัวอย่างผู้สอบ 1 กลุ่ม สอบ 3 ครั้ง โดยมีวิธีการตอบและการให้คะแนนต่างกัน นำผลคะแนนมาวิเคราะห์เพื่อพิจารณาคุณภาพของวิธีการตอบและการให้คะแนน โดยใช้เกณฑ์พิจารณาคุณภาพ 5 เกณฑ์ คือ

3.1 ความตรงเชิงทฤษฎี (construct validity) พิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการวัด มีความสอดคล้องกับโครงสร้างและความหมายทางทฤษฎีของลักษณะที่มุ่งวัด ในการวิจัยนี้ตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎี โดยการวิเคราะห์เมตริกซ์พหุลักษณะ-พหุวิธีด้วยวิธีการวิเคราะห์ตัวประกอบเชิงยืนยัน เพื่อตรวจสอบความตรงแบบลู่เข้า (convergent validity) ความตรงเชิงจำแนก (discriminant validity) และผลของตัวประกอบวิธีการวัด (method effect)

3.2 ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (criterion related validity) พิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการวัดกับคะแนนจากเกณฑ์ภายนอกซึ่งวัดได้จากเครื่องมืออิสระอื่นที่เชื่อถือได้ ในการวิจัยนี้คะแนนเกณฑ์ภายนอกเป็นระดับคะแนนผลการเรียนเฉลี่ยในรายวิชา วิทยาศาสตร์ ที่ผ่านมาใน 4 ภาคเรียน (2 ปีการศึกษา)

3.3 ความเที่ยง (reliability) พิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการวัดต้องมีความสอดคล้องกันภายในระหว่างคะแนนรายข้อ ซึ่งแสดงถึงความคงที่ของผลการวัด อันเนื่องมาจากคุณภาพของวิธีการตอบและการให้คะแนนที่นำมาใช้

3.4 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (test information function) พิจารณาผลรวมของค่าสารสนเทศของข้อกระทงทุกข้อในแบบสอบที่มีการตรวจให้คะแนนอย่างเดียวกันทั้งฉบับ พิจารณาค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบตามช่วงพิสัยระดับความสามารถของผู้สอบ (θ) จาก θ = -3 ถึง θ = +3 ถ้ามีค่าสูงที่ระดับ θ ใด แสดงว่ามีความแม่นยำสูง ในการจำแนกคุณลักษณะผู้สอบ ณ ระดับ θ นั้นๆ

3.5 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย (Ratio of Average Information : RAI) คือ ตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพแบบสอบที่ใช้วิธีการตรวจให้คะแนนแตกต่างกัน วิธีใดจะมีประสิทธิภาพมากกว่ากัน

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

1. คะแนนความรู้บางส่วนถือว่าเป็นความสามารถของผู้ตอบเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ยังไม่สมบูรณ์ในการตอบแบบสอบเลือกตอบที่สามารถตัดตัวลวงออกไปได้บ้าง โดยไม่ทราบว่าคำตอบที่ถูกต้องคืออะไร ถือว่าตัวลวงทุกตัวเกี่ยวข้องกับคำตอบถูก การเลือกตัวผิดในแต่ละข้อได้ถือว่าเป็นการใช้ความรู้บางส่วนเท่ากัน และในกรณีที่ผู้ตอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกออกไปโดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวง ถือว่าผู้ตอบรู้ผิด (misinformation) จะไม่ได้คะแนนความรู้บางส่วน และคะแนนของผู้ตอบในข้อนี้ จะเป็น 0

2. คะแนนความรู้ทั้งหมดของผู้สอบเป็นผลจากการรวมคะแนนรายข้อ ซึ่งเป็นผลจากการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนของข้อสอบทั้งฉบับเข้าด้วยกัน

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ความรู้บางส่วน	หมายถึง	คะแนนความรู้ของผู้ตอบข้อสอบในแบบสอบเลือกตอบที่ยังไม่รู้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งทราบว่าตัวเลือกใดเป็นคำตอบที่ผิด แต่ไม่ทราบว่าคำตอบที่ถูกต้อง คือตัวเลือกใด
ความรู้เต็ม	หมายถึง	คะแนนความรู้ของผู้ตอบข้อสอบในแบบสอบเลือกตอบ ที่รู้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งทราบว่าตัวเลือกใดเป็นคำตอบที่ผิดและตัวเลือกใดคือคำตอบที่ถูกต้อง
วิธีการตอบข้อสอบ	หมายถึง	กระบวนการตอบคำถามรายข้อในแบบสอบเลือกตอบโดยให้ผู้ตอบได้แสดงความสามารถสูงสุดและความรู้บางส่วน สำหรับการวิจัยนี้มีวิธีการตอบ 3 วิธี คือ 1) วิธีการตัดตัวลวงบางตัวออกได้อย่างถูกต้อง ในกรณีที่ทราบคำตอบที่ถูกต้อง วิธีการตอบใช้วิธีตัดตัวเลือกที่เป็นตัวลวงออกไปเหลือตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องไว้ 2) วิธีเลือกตอบอย่างเสรีแต่ละข้อจะเลือกกี่ตัวเลือกก็ได้ แต่จะต้องมีคำตอบถูกรวมอยู่ด้วย ถ้าทราบคำตอบที่ถูก ก็เลือกตัวเลือกนั้น เพียงตัวเลือกเดียวและ 3)วิธีเลือกตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกเพียงตัวเลือกเดียว
วิธีการให้คะแนน	หมายถึง	กระบวนการให้คะแนนตามสูตรที่กำหนดเป็นฟังก์ชันแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ที่สังเกตได้ในการวัด ได้แก่จำนวนตัวลวงที่ตัดออกได้ถูกต้องกับคะแนนที่ประมาณระดับความสามารถของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบในตัวแปรที่มุ่งวัด
การตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม	หมายถึง	การให้คะแนนรายข้อสำหรับคำตอบที่ผู้ตอบเลือกตัวเลือกที่เป็นคำตอบได้ถูกต้อง จะได้ 1 คะแนน ถ้าเลือกตัวลวง ซึ่งเป็น

คำตอบที่ผิดจะได้ 0 คะแนน คะแนนแบบสอบทั้งฉบับได้จากการรวมคะแนนข้อที่ตอบถูกเข้าด้วยกันทุกข้อ

วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนของคูมบ์	หมายถึง กระบวนการให้ผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบตัดตัวเลือกที่คิดว่าเป็นตัวลวงออกไป และให้คะแนนตามจำนวนตัวลวงที่ตัดออกได้ถูกต้อง การให้คะแนนเป็นดังนี้ 1) ถ้าผู้ตอบตัดตัวลวงออกได้ถูกต้อง n ตัว คะแนนรายข้อที่ได้จะเท่ากับ n 2) ถ้าผู้ตอบรู้ผิดโดยการตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบออกไป จะถูกหักคะแนน k-1 คะแนน คะแนนรายข้อที่ได้จะเท่ากับ n – (k-1) เมื่อ k คือจำนวนตัวเลือกทั้งหมด n คือจำนวนตัวลวงที่ผู้ตอบตัดออกได้ถูกต้อง 3) ถ้าไม่ตอบในข้อนั้นจะได้ 0 คะแนน 4) คะแนนที่ได้ในแต่ละข้อ จะอยู่ในช่วง –(k-1) ถึง (k-1) คะแนน เมื่อ k คือจำนวนตัวเลือก
วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์	หมายถึง กระบวนการตอบที่ผู้ตอบกระทำเช่นเดียวกับวิธีของคูมบ์ แต่ได้ประยุกต์วิธีการให้คะแนน โดยให้คะแนนรายข้อตามสูตร $X = \frac{1}{2}[n + (n)c]$ เมื่อ X คือคะแนนรายข้อเมื่อผู้ตอบตัดตัวลวงออกได้ถูกต้อง n ตัว ค่า C คือค่ากำหนดเงื่อนไข ถ้าตัดตัวลวงออกได้ถูกต้อง ค่า C เท่ากับ 1 แต่ถ้าตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบออกไป ค่า C เท่ากับ -1 คะแนนที่ได้ในแต่ละข้อ เป็นดังนี้ 1) ถ้าตัดตัวลวงออกได้ถูกต้อง n ตัว คะแนนรายข้อที่ได้ จะเท่ากับ n 2) ถ้าตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบออกไป คะแนนรายข้อที่ได้จะเท่ากับ 0 3) คะแนนที่ได้ในแต่ละข้อจะอยู่ในช่วง 0 ถึง (k-1) เมื่อ k คือจำนวนตัวเลือก
วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนของเดรสเซลและชมิด	หมายถึง กระบวนการที่ผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ ตอบได้อย่างเสรี ในแต่ละข้อผู้ตอบจะเลือกตอบกี่ตัวเลือกก็ได้ คะแนนที่ได้ในแต่ละข้อเป็นดังนี้ 1) ถ้าจำนวนตัวเลือกที่เลือกมีคำตอบถูกอยู่ด้วย คะแนนรายข้อที่ได้จะเท่ากับ k-n เมื่อ k คือจำนวนตัวเลือกของข้อสอบ n คือ จำนวนตัวเลือกที่ผู้ตอบเลือก 2) ถ้าในจำนวนตัวเลือกที่เลือกไม่มีคำตอบถูกรวมอยู่ด้วย คะแนนรายข้อที่ได้จะเท่ากับ (-n) 3) ถ้าไม่ตอบ คะแนนรายข้อจะเท่ากับ 0 4) คะแนนที่ได้ในแต่ละข้อจะอยู่ในช่วง –(k-1) ถึง (k-1)
วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์	หมายถึง กระบวนการที่ผู้ตอบกระทำเช่นเดียวกับวิธีของเดรสเซลและชมิดแต่ได้ประยุกต์วิธีการให้คะแนนรายข้อตามสูตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากวิธีของเดรสเซล และชมิด		$X = [k - n] (C)$ เมื่อ X คือ คะแนนรายข้อ k คือ จำนวนตัวเลือกของข้อสอบ n คือ จำนวนตัวเลือกที่ผู้ตอบเลือกค่า C คือค่าความสอดคล้องในชุดตัวเลือกที่ผู้ตอบเลือก ซึ่งมี 2 ค่า คือ 1 กับ 0 ถ้าในชุดตัวเลือกที่ผู้ตอบเลือกมีคำตอบถูกอยู่ด้วย C เท่ากับ 1 ถ้าไม่มีคำตอบถูกรวมอยู่ด้วย C เท่ากับ 0 คะแนนที่ได้ในแต่ละข้อเป็นดังนี้ 1) ถ้าในจำนวนตัวเลือกที่เลือกมีคำตอบถูกรวมอยู่ด้วย คะแนนรายข้อที่ได้เท่ากับ k-n 2) ถ้าในจำนวนตัวเลือกที่เลือกไม่มีคำตอบถูกรวมอยู่ด้วย คะแนนรายข้อที่ได้จะเท่ากับ 0 3) คะแนนในแต่ละข้อที่ได้อยู่ในช่วง 0 ถึง k-1
วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนของอาร์โนลด์	หมายถึง	กระบวนการให้ผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ ตัดตัวเลือกที่คิดว่าเป็นตัวลวงออกไป และให้คะแนนตามสูตร $A = P[C/(k-c)]$ เมื่อ A คือคะแนนรายข้อ P คือคะแนนลงโทษเมื่อผู้ตอบได้ตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกออกไป ซึ่งจะได้คะแนนในข้อนั้นเท่ากับ $-1/(k-1)$ เมื่อ k คือ จำนวนตัวเลือกในแบบสอบแต่ละข้อ และ C คือจำนวนตัวลวงที่ผู้ตอบสามารถตัดออกได้อย่างถูกต้อง คะแนนที่ได้ในแต่ละข้อเป็นดังนี้ 1) ถ้าตัดตัวลวงออกได้ C ตัว คะแนนรายข้อที่ได้จะเท่ากับ $[1/(k-1)] [C/(k-c)]$ 2) ถ้าตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกออกไป คะแนนรายข้อที่ได้จะเท่ากับ $-1/(k-1)$ 3) ถ้าไม่ตอบคะแนนรายข้อที่ได้จะเท่ากับ 0 4) คะแนนที่ได้ในแต่ละข้อจะอยู่ในช่วง $-1/(k-1)$ ถึง $1/(k-1)[C/(k-c)]$
วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์	หมายถึง	กระบวนการตอบที่ผู้ตอบกระทำเช่นเดียวกับวิธีของอาร์โนล แต่ได้ประยุกต์วิธีการให้คะแนนรายข้อใหม่ โดยใช้สูตรเช่นเดียวกับของอาร์โนลด์ แต่กำหนดค่า p ซึ่งเป็นคะแนนลงโทษเมื่อตอบ ผิดเสียใหม่ให้ค่า p มี 2 ค่า คือ 0 กับ 1 โดยค่า p จะเท่ากับ 1 เมื่อผู้ตอบตัดตัวลวงออกไปได้ถูกต้อง และค่า p จะเท่ากับ 0 เมื่อผู้ตอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกออกไป คะแนนที่ได้ในแต่ละข้อจะเป็นดังนี้ 1) ถ้าตัดตัวลวงออกได้ C ตัว คะแนนรายข้อที่ได้จะเท่ากับ $C/(k-c)$ 2) ถ้าตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบออกไปด้วย คะแนนรายข้อที่ได้จะเท่ากับ 0 3) คะแนนที่ได้ในแต่ละข้อจะอยู่ในช่วง 0 ถึง $0/(k-c)$ เมื่อ k คือจำนวนตัวเลือก c คือ จำนวนตัวลวงที่ผู้ตอบตัดออกได้ถูกต้อง
ความเที่ยง	หมายถึง	ความคงที่หรือความคงเส้นคงวาของผลที่ได้จากการวัดซ้ำที่วัดจากแบบสอบคู่ขนาน 2 ชุด ซึ่งสอบโดยผู้สอบกลุ่มเดียวกัน ด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการสอบที่เป็นอิสระจากกันแต่เป็นมาตรฐานเดียวกัน

ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน หมายถึง ความสอดคล้องกันระหว่างคะแนนรายข้อ หรือความเป็นเอกพันธ์ของเนื้อหารายข้ออันเป็นตัวแทนของคุณลักษณะเด่นเดียวกันที่ต้องการวัด ซึ่งประมาณค่าได้จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบาค (Cronbach's Alpha coefficient)

ความตรงเชิงโครงสร้าง หมายถึง ความสามารถในการวัดได้ตรงตามลักษณะที่มุ่งวัดโดยผลการวัดมีความสอดคล้องกับโครงสร้างและความหมายทางทฤษฎีของลักษณะที่มุ่งวัดนั้น ซึ่งตรวจสอบได้จากวิธีวิเคราะห์เมตริกซ์ พหุลักษณะ-พหุวิธี (Multitrait-Multimethod : MTMM) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ตัวประกอบเชิงยืนยัน โดยใช้โปรแกรม LISREL เพื่อตรวจสอบผลของตัวประกอบลักษณะที่มุ่งวัดและตัวประกอบวิธีการวัด

ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ หมายถึง ความสามารถในการวัดลักษณะที่สนใจได้สอดคล้องกับเกณฑ์ภายนอก ซึ่งตรวจสอบได้จากการหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากวิธีการตอบและการให้คะแนนในแต่ละวิธีกับระดับผลการเรียนเฉลี่ย (GPA)ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ที่ผ่านมาใน 4 ภาคเรียน ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3

ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ หมายถึง ผลรวมของค่าสารสนเทศของข้อสอบทุกข้อ ในแบบสอบที่มีการตรวจให้คะแนนอย่างเดียวกันทั้งฉบับ โดยแสดงค่าฟังก์ชันสารสนเทศตามช่วงพิสัยของระดับความสามารถของผู้ตอบ (θ) ที่แตกต่างกัน ถ้าสูงที่ระดับ θ ใดก็แสดงว่ามีความแม่นยำสูง ในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ณ ระดับ θ นั้นๆ คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$I(\theta) = \sum_{j=1}^{M} I_j(\theta)$$

เมื่อ $I_j(\theta)$ คือ ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ

m คือ จำนวนข้อสอบ

ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย หมายถึง ดัชนีบ่งชี้ถึงความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบที่ตอบแบบสอบที่ใช้วิธีการตรวจให้คะแนนและ

(ratio of average information : RAI) ที่ต่างกัน 2 แบบ ใช้พิจารณาโดยภาพรวมว่า แบบสอบที่ตรวจให้คะแนนวิธีใดจะมีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบโดยเฉลี่ยทุกระดับความสามารถมากกว่ากัน คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$RAI(\theta, X_i, Y_i) = \frac{AI(\theta, X_i)}{AI(\theta, Y_i)}$$

เมื่อ $AI(\theta, X_i)$ คือ ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบฉบับ X ณ ทุกตำแหน่ง θ

$AI(\theta, Y_i)$ คือ ค่าฟังก์ชั่นสารสนเทศเฉลี่ยคะแนนสอบฉบับ Y ณ ทุกตำแหน่ง θ

X_i คือ แบบสอบที่ตรวจให้คะแนนวิธี X

Y_i คือ แบบสอบที่ตรวจให้คะแนนวิธี Y

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้แนวทางในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการใช้แบบสอบเลือกตอบ ที่ตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ซึ่งให้สารสนเทศเกี่ยวกับความรู้ความสามารถของผู้ตอบน้อยมาก โดยมีการพิจารณาถึงการให้คะแนนความรู้บางส่วนแก่ผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ
2. ได้วิธีการวัดความรู้บางส่วนที่มีประสิทธิภาพและเป็นวิธีการไม่ยุ่งยากซับซ้อนและสามารถนำไปปฏิบัติได้ ในสภาพการเรียนการสอนตามปกติ
3. การศึกษาวิจัยครั้งนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางการพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนในแบบสอบประเภทอื่นๆ ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาการวัดความรู้บางส่วน (Partial Knowledge) ในแบบสอบเลือกตอบ 5 ตอน ดังนี้ .-

ตอนที่ 1 มโนทัศน์เกี่ยวกับการพัฒนาโครงสร้างของแบบสอบเลือกตอบที่มีผลต่อการวัดความรู้บางส่วน

ตอนที่ 2 วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วน

ตอนที่ 3 มโนทัศน์เกี่ยวกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory)

ตอนที่ 4 มโนทัศน์เกี่ยวกับ Polytomous Item Response Models.

ตอนที่ 5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับวิธีการตอบและการให้คะแนนแบบสอบเลือกตอบที่แสดงถึงการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบ ในแบบสอบเลือกตอบ

ตอนที่ 1 มโนทัศน์เกี่ยวกับการพัฒนาโครงสร้างของแบบสอบเลือกตอบที่มีผลต่อการวัดความรู้บางส่วน และนิยามความรู้บางส่วน

แบบสอบเลือกตอบ (Multiple-Choice : MC) ประกอบด้วยส่วนที่เป็นตัวคำถาม และส่วนที่เป็นตัวคำตอบ ซึ่งมีหลายตัวเลือกแต่จะมีเพียงตัวเลือกเดียวที่เป็นตัวคำตอบถูก และในการตรวจให้คะแนนแบบตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน พบว่ามีข้อจำกัดหลายประการที่ต้องนำมาพิจารณา โดยเฉพาะการเปิดโอกาสให้ผู้ตอบเดา และคะแนนที่ได้มีความคลาดเคลื่อนมาก นอกจากนี้ผลการวัดที่ได้ไม่สามารถให้สารสนเทศที่เพียงพอที่จะจำแนกผู้ตอบในระดับความสามารถต่างๆ ระหว่างผู้ที่รู้จริง (full knowledge) ผู้ที่มีความรู้บางส่วน (partial knowledge) และผู้ที่ไม่รู้ (absence of knowledge) จากข้อจำกัดดังกล่าว จึงเกิดแนวคิดในการปรับวิธีการตอบ การตรวจให้คะแนน และโครงสร้างข้อสอบจากแบบเดิม ซึ่งลอร์ดและโนวิค (Lord and Novick cited in Budecu et al.,1997) ได้สรุปถึงวิธีการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทีเกิดขึ้นได้เป็น 4 วิธีการด้วยกัน ดังนี้

1. การให้น้ำหนักคะแนนข้อสอบที่แตกต่างกัน (differential item weighting)

หลักการของวิธีนี้คือ กำหนดให้ข้อสอบที่มีคุณภาพจะมีน้ำหนักกว่าข้อสอบที่ไม่มีคุณภาพ คุณภาพของข้อสอบก็ได้มาจากการวิเคราะห์ข้อสอบ โดยพิจารณาจากค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก ค่าความตรง หรือจากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ กัลลิคเซน (Gulliksen, 1950) พบว่าการให้น้ำหนักคะแนนข้อสอบจะไม่มีประสิทธิภาพถ้าในแบบสอบมีข้อสอบเกิน 10 ข้อ ขึ้นไป สแตนเลย์และแวง (Stanley and Wang, 1970) สรุปว่าความไม่มีประสิทธิภาพของการให้

น้ำหนักคะแนนแก่ข้อสอบตามแนวทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory) นั้นมาจากความไม่คงที่ของน้ำหนักคะแนนในแต่ละข้อ ซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งควรที่จะใช้วิธีการให้คะแนนตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) ซึ่งการประมาณค่าระดับตามความสามารถของผู้สอบ จะไม่แปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มตัวอย่าง ลอร์ด (Lord, 1980) สามารถพิสูจน์ได้ว่าเมื่อกำหนด น้ำหนักคะแนนรายข้อที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้สอบแล้ว และรวมคะแนนทุกข้อเข้าด้วยกันจะทำให้ได้สารสนเทศสูงสุด วิธีการให้น้ำหนักคะแนนรายข้อยังวางอยู่บนพื้นฐานของวิธีการตอบ และการให้คะแนนเฉพาะข้อที่ตอบถูก ซึ่งคะแนนที่ตอบถูกในแต่ละข้อจะได้แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับการให้น้ำหนักของข้อสอบในแต่ละข้อ จะได้แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับการให้น้ำหนักของข้อสอบในแต่ละข้อ แต่ถึงอย่างไรก็ยังไม่ได้มีการพิจารณาการให้คะแนนความรู้บางส่วนแก่ผู้ตอบ และวิธีการนี้ก็ยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลาย เนื่องจากมีความยุ่งยากในการนำไปปฏิบัติจริง

2. การให้น้ำหนักคะแนนแก่ตัวเลือกที่แตกต่างกัน (differential option weighting)

ลอร์คและโนวิค (Lord and Novicks, 1968) ได้นำเสนอวิธีการนี้ โดยมีหลักการว่า ความรู้บางส่วนสามารถถูกวัดได้จากการให้น้ำหนักคะแนนแก่ตัวเลือก ซึ่งแนวทางในการให้น้ำหนักแก่ตัวเลือกเป็น 2 แนวทางด้วยกัน คือ แนวทางที่ 1 การให้น้ำหนักแก่ตัวเลือกจากการพิจารณาของ ผู้เชี่ยวชาญ หรือพิจารณาจากทฤษฎีโครงสร้างความรู้ (Smith, 1987) แนวทางที่ 2 เป็นการให้น้ำหนักจากข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ผ่านมาในอดีตหรือปัจจุบัน โดยอาศัยสิ่งที่น่าสนใจของตัวเลือก ความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลือกที่ผู้สอบเลือกกับคะแนนรวมทั้งหมด ซึ่งทั้ง 2 แนวดังกล่าวนี้ไม่มีสารสนเทศเกี่ยวกับกระบวนการให้น้ำหนักคะแนนตัวเลือกโดยผู้สอบเป็นผู้ให้ วิธีการนี้ได้มีการศึกษาเพิ่มมากขึ้น ดังผลการศึกษาของ Frary,1989; Haladyna, 1988.; Echternacht, 1976.; Hakstian and Kansup,1975.; Wang and Stanley, 1970 พบว่าการให้น้ำหนักคะแนนแก่ตัวเลือกมีประโยชน์ในด้านที่ช่วยเพิ่มค่าความเที่ยงแบบคงที่ภายใน (internal consistency reliability) ส่วนการเปรียบเทียบค่าความตรงและความเที่ยงระหว่างการให้น้ำหนักแก่ตัวเลือกกับค่าความตรงที่หาโดยวิธีไม่ให้น้ำหนักแก่ตัวเลือกพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ฟารี่ (Frary, 1989) ได้ศึกษาพบว่าวิธีการเหล่านี้ไม่เป็นที่นิยมแพร่หลาย เนื่องจากการพัฒนาเพื่อให้ได้มาซึ่งน้ำหนักคะแนนรายข้อต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงสิ้นเปลืองทรัพยากรมาก การให้คะแนนมีวิธีการยุ่งยาก และยากในการอธิบายและตัดสินการให้คะแนนแก่ผู้สอบ

3. การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของข้อสอบ (changing the item structure)

วิธีนี้มีรูปแบบของข้อสอบ และคำอธิบายที่แตกต่างจากแบบสอบเลือกตอบธรรมดา เช่น ปรับให้มีตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกได้หลายตัวเลือกหรือไม่มีเลย ส่วนวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนจะปรับเปลี่ยนไปตามรูปแบบของข้อสอบแต่ละรูปแบบ ซึ่งมีวิธีที่สำคัญดังนี้

3.1 แบบสอบเลือกตอบแบบถูกผิด (multiple true-false : MTF) แบบสอบชนิดนี้จะมีคำตอบที่ถูกต้องหลายคำตอบหรือไม่มีเลย ผู้ตอบจะต้องตอบให้ได้ว่าตัวเลือกใดบ้างเป็นตัวเลือกที่ถูก และตัวเลือกใดเป็นตัวเลือกที่ผิด จากการศึกษาของฟริชบายและสวีเน่ (Fisbie and Sweeney, 1982) พบว่าแบบสอบชนิดนี้มีความเที่ยงและความตรงสูงกว่าแบบสอบเลือกตอบที่มีคำตอบที่ถูกเพียงตัวเลือกเดียว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของฮิลล์และวูดส์ (Hill and Woods, 1974 eited in Haladyna, 1994) กอลสตาดและคณะ (Kolstad, Goaz, and Kolstad, 1982) ศึกษาพบว่าครูผู้สอนรู้สึกชอบแบบสอบชนิดนี้ เพราะเขียนข้อสอบได้ง่ายขึ้น และช่วยลดข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการเดาของผู้สอบได้ ส่วนการศึกษาของจักรกฤษ สำราญใจ (จักรกฤษ สำราญใจ, 2530) พบว่าข้อสอบเลือกตอบที่ต้องตอบทุกตัวเลือกที่ตรวจให้คะแนนความรู้ที่ถูกต้องสมบูรณ์ (multiple true-false questions with absolute knowledge scoring : MTF.A) ซึ่งหมายถึงตอบถูกต้องตามแบบเฉลยทุกตัวเลือกได้ 1 คะแนน กรณีอื่นๆ ให้ 0 และข้อสอบเลือกตอบที่ต้องตอบทุกตัวเลือกที่ตรวจให้คะแนนแก่ความรู้บางส่วน (multiple true-false questions with partial knowledge scoring : MTF.P) ซึ่งหมายถึงตอบถูกในแต่ละตัวเลือกได้ 1 คะแนน ตอบไม่ถูกเลยได้ 0 มีประสิทธิภาพ สูงกว่าข้อสอบเลือกตอบชนิดแบบฉบับ (the typical multiple-choice questions : T.MC) สำหรับ ผู้ตอบที่มีความสามารถในระดับต่ำมากไปจนถึงระดับสูง

3.2 แบบสอบเลือกตอบชนิดหลายคำตอบ (multiple-answer : MA) เป็นแบบสอบที่มีตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกหลายตัวเลือก (มากกว่า 1) โดยต้องมีคำชี้แจงในการทำแบบสอบให้ชัดเจน ซึ่งอาจจะระบุจำนวนตัวเลือกที่ถูกหรือไม่ระบุก็ได้ ผู้สอบจะต้องเลือกตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกให้ได้ทุกตัว การตอบจะให้เครื่องหมายเฉพาะตัวเลือกที่คิดว่าถูกต้องเท่านั้น คะแนนที่ได้เท่ากับผลรวมของการระบุตัวเลือกได้ถูกต้อง ในบางกรณีมีการหักคะแนนการตอบที่ตอบตัวเลือกผิด ดังวิธีของ เดรสเซลและชมิด (Dressel and Schmidt, 1953) ซึ่งมีการหักคะแนนการตอบที่ตอบตัวเลือกผิด โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดการเดา และประเมินความรู้บางส่วน แบบสอบลักษณะนี้ ได้มีการพัฒนาต่อมา ตัวอย่างเช่นแบบสอบที่มีตัวเลือกถูกทุกข้อ ผิดทุกข้อ หรือถูกเฉพาะตัวเลือกหนึ่งกับอีกตัวเลือกหนึ่ง (Frary,1989, Hsu, Moss and Khampalikit, 1984) แบบสอบลักษณะนี้มีจุดอ่อนในด้านตัวเลือกที่เป็น คำตอบถูกต้องในแต่ละข้อมีจำนวนไม่เท่ากัน ทำให้คะแนนรวมในแต่ละข้อไม่เท่ากัน มีความยุ่งยากในการตรวจให้คะแนน และไม่สะดวกในการนำไปปฏิบัติจริง

3.3 แบบสอบเลือกตอบชนิดเชิงซ้อน (complex multiple-choice : CMC) แบบสอบชนิดนี้นำเอาตัวเลือกของข้อสอบชนิดหลายคำตอบมาจัดกลุ่มใหม่โดยจะมีกลุ่มตัวเลือกที่ประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องทั้งหมดเป็นตัวเลือกที่ถูกต้องเพียงกลุ่มเดียว ข้อสอบ

ลักษณะนี้มีจุดอ่อนคือ ถ้าจัดกลุ่มไม่เหมาะสม แล้วจะกลายเป็นการชี้นำคำตอบที่ถูกได้และผู้ที่มีความรู้บางส่วนก็จะสามารถเลือกคำตอบที่ถูกต้องได้ง่ายขึ้น จึงทำให้คะแนนที่ได้ไม่เป็นตัวแทนของความรู้ที่แท้จริง

3.4 แบบสอบเลือกตอบชนิดจับคู่ (simple-or multiple matching test) แบบสอบลักษณะนี้ จะประกอบด้วยกลุ่มของข้อสอบ และกลุ่มของคำตอบที่เรียกว่าข้อสอบแบบจับคู่ โดยผู้สอบต้องเลือกคำตอบที่ถูกคู่กับคำถามที่กำหนดให้ ถ้าจำนวนคำถามเท่ากับจำนวนคำตอบเรียกว่าการจับคู่อย่างง่าย (simple matching) (Horst, 1966.;Wesman, 1971) แต่ถ้าจำนวนคำตอบมากว่าจำนวนคำถามเรียกว่า การจับคู่แบบพหุ (multiple matching) (Gulliksen, 1986) ความแตกต่างของ 2 แบบ คือ การจับคู่แบบพหุ ช่วยลดโอกาสในการเดาได้มากกว่าการจับคู่ อย่างง่ายเนื่องจากมีตัวเลือกมากกว่า แต่ข้อจำกัดที่สำคัญของวิธีนี้คือสร้างข้อสอบให้เหมาะสมได้ยาก บูเดสคู (Budescu, 1988) ทำการศึกษาพบว่าการจับคู่แบบพหุให้ค่าความตรงและความเที่ยงสูงกว่าแบบสอบเลือกตอบธรรมดา ค่าความตรงและความเที่ยงจะเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของจำนวนตัวเลือกเพิ่มขึ้น วิธีนี้ต้องใช้เวลาในการทำข้อสอบมากกว่าปกติ

4. การเปลี่ยนแปลงวิธีการตอบข้อสอบ (changing the response method)

วิธีนี้แตกต่างจากวิธีที่กล่าวมาทั้งหมด คือ ใช้น้ำหนักคะแนนที่ให้โดยผู้สอบ ซึ่งจะสะท้อนถึงความรู้ที่อยู่ในตัวผู้สอบ การประเมินตนเองนี้เป็นวิธีหนึ่งที่จะได้มาซึ่งสารสนเทศเกี่ยวกับความรู้ของผู้สอบในแต่ละข้อ ผู้สอบจะให้สารสนเทศอย่างสมบูรณ์เกี่ยวกับน้ำหนักคะแนน วิธีการให้คะแนน และการควบคุมระดับความมั่นใจในการให้ ซึ่งจะเป็นการช่วยลดการเดาและความ คลาดเคลื่อนในการวัด วิธีนี้ใช้รูปแบบข้อสอบเหมือนแบบสอบเลือกตอบทั่วไป เพียงแต่คำสั่ง วิธีการตอบ และการให้คะแนนแตกต่างจากแบบสอบเลือกตอบธรรมดา ซึ่งในแต่ละวิธีมีวิธีการที่ไม่ยุ่งยากสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง โดยแบ่งเป็นชนิดต่าง ๆ ได้ดังนี้

4.1 วิธีการปรับคะแนน หลังจากที่ผู้สอบได้สอบเสร็จแล้ว จะมีคะแนนที่เกิดจากการเดา นักวัดผลพยายามที่จะขจัดคะแนนที่เกิดจากการเดาออกไป ซึ่งมีสูตรในการปรับแก้คะแนนมีดังนี้

1) วิธีการแก้การเดาโดยการลงโทษ เป็นวิธีที่มีข้อตกลงเบื้องต้นว่าข้อที่ผู้สอบตอบผิดเป็นผลที่ได้จากการเดา ดังนั้น ข้อที่ผู้สอบตอบผิดแทนที่จะได้ 0 แต่จะให้คะแนนติดลบ -1/(K-1) เมื่อ K คือ จำนวนตัวเลือกของแบบสอบ ซึ่งวิธีการนี้ได้นำเสนอโดยลอร์ด (Lord, 1975) โดยใช้สูตรการให้คะแนนเพื่อแก้การเดาคำตอบ ดังนี้

$$X_C = R - W/(K-1)$$

เมื่อ X_C คือ คะแนนที่ปรับแก้แล้ว

R คือ จำนวนข้อสอบที่ผู้สอบตอบถูก

W คือ จำนวนข้อสอบที่ผู้สอบตอบผิด

K คือ จำนวนตัวเลือกของข้อสอบแต่ละข้อ

วิธีการปรับแก้คะแนนเพื่อการเดาคำตอบของผู้สอบ ที่นำเสนอโดยลอร์ด ได้สอดคล้องกับวิธีของเดวิด (Davis Frederick.B, 1966) ซึ่งได้นำเสนอภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นที่ว่าจำนวนข้อสอบที่ผู้สอบตอบถูกมาจากความสัมพันธ์ตามสมการดังนี้

$$R_m = R_K + R_G \qquad (1)$$

เมื่อ R_k คือ จำนวนข้อสอบที่ผู้สอบตอบได้ถูกต้องโดยมีความรู้เพียงพอ

R_G คือ จำนวนข้อสอบที่ผู้สอบตอบได้ถูกต้องโดยการเดา

R_m คือ จำนวนข้อสอบที่ผู้สอบตอบได้ถูกต้อง

จาก (1) $R_G = R_M - R_K \qquad (2)$

ให้ W_M คือ จำนวนข้อสอบที่ผู้สอบตอบผิด

ฉะนั้น จำนวนข้อสอบที่ผู้สอบตอบโดยการเดาจะเท่ากับ $R_M + W_M - R_K$

ถ้า C คือ จำนวนตัวเลือกในข้อสอบแต่ละข้อ

ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่จะตอบข้อสอบ 1 ข้อ ได้ถูกต้อง คือ 1/C

ถ้า จำนวนข้อสอบ $(R_M + W_M - R_K)$ ข้อความน่าจะเป็นที่จะตอบได้ถูกต้อง

คือ $\frac{1}{C}(R_M + W_M - R_K)$

ฉะนั้น $$R_G = \frac{1}{C}(R_M + W_M - R_K) \qquad (3)$$

แทนค่า RG จากสมการ (3) ลงใน (2) จะได้

$$R_K = R_M - \frac{1}{C}(R_M + W_M - R_K) \qquad (4)$$

$$R_k = R_m - \frac{R_m}{C} - \frac{W_m}{C} + \frac{R_k}{C}$$

$$R_k - \frac{R_k}{C} = R_m - \frac{R_m}{C} - \frac{W_m}{C}$$

$$R_k\left(\frac{C-1}{C}\right) = R_m\left(\frac{C-1}{C}\right) - \frac{W_m}{C} \qquad (5)$$

สมการที่ (5) คูณด้วย C/ (C – 1) จะได้

$$R_k = R_m - \frac{W_m}{C-1} \qquad (6)$$

ถ้าให้ R_m = R คือ จำนวนข้อที่ผู้สอบตอบได้ถูกต้อง

W_m = W คือ จำนวนข้อที่ผู้สอบตอบผิด

R_k = X_c คือ คะแนนที่ปรับแก้แล้ว

จากสมการ (6) จะได้

$$X_c = R - W \qquad (7)$$

ถ้ากรณีข้อสอบแบบถูกผิดหรือชนิดมี 2 ตัวเลือก

$$X_C = R - W \qquad (8)$$

วิธีปรับแก้คะแนนที่เกิดจากการเดาสุ่มจะใช้ได้เหมาะกับแบบสอบความเร็วที่ผู้สอบตอบไม่ทัน แต่ถ้าเป็นแบบสอบที่ไม่จำกัดเวลา ผู้ตอบอาจไม่ได้ตอบอย่างเดาสุ่มเพียงอย่างเดียว ผู้ตอบอาจมีความรู้บางส่วนในการตัดตัวลวงบางตัวออกได้ ดังนั้น การใช้สูตรแก้การเดาอาจไม่เหมาะสมเพราะควรที่จะพิจารณาถึงการตอบโดยมีความรู้บางส่วนของผู้ตอบด้วย

2) วิธีการให้รางวัลแก่ข้อที่ไม่ตอบ เป็นวิธีที่มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า ข้อที่ผู้ตอบเว้นไว้นั้นถ้าเขาตอบจะมีโอกาสตอบถูกเป็น 1/K เมื่อ K คือ จำนวนตัวเลือกของข้อสอบ ซึ่งเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้ (Ebel, 1965)

X_C = R + O/K

X_C คือ คะแนนที่ปรับแก้แล้ว

R คือ จำนวนข้อสอบที่ผู้สอบตอบถูก

O คือ จำนวนข้อสอบที่ผู้สอบไม่ตอบ

ข้อจำกัดของวิธีนี้ อยู่ที่ว่าข้อที่เว้นว่างไว้ เป็นเพราะผู้ตอบไม่ทำเพราะไม่รู้หรือเพราะว่าทำไม่ทัน วิธีการนี้มีผู้ทำการศึกษาเพิ่มเติม อีกหลายท่าน คือ Traub and Hambleton, 1972.; Traub, Hambleton, and Singh, 1969.; Budescu and Bar–Hillel, 1973 นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเปรียบเทียบความเหมาะสมของวิธีการแก้การเดากับแบบสอบเลือกตอบธรรมดา ผลจากการศึกษายังได้ข้อสรุปไม่ชัดเจน (Angoff, 1989, Diamond and Evans, 1973)

4.2 ปรับวิธีการตอบ ซึ่งเป็นการปรับวิธีการตอบแบบสอบเลือกตอบ เพื่อให้ผู้ตอบได้มีโอกาสแสดงความรู้บางส่วนออกมาให้มากที่สุดเท่าที่เขารู้ ได้มีนักวัดผลทางการศึกษา

ทำการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ และได้เสนอวิธีการตอบไว้หลายวิธีด้วยกัน ซึ่งพอจะจำแนกวิธีการตอบและการให้คะแนนออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1) วิธีการให้คะแนนจากการตัดตัวลวง (Elimination Scoring)
2) วิธีการเลือกชุดย่อยของคำตอบ (The Subset Selection Method)
3) วิธีการทดสอบความน่าจะเป็นในตัวเลือกที่เป็นคำตอบ (Probability Testing)
4) วิธีแสดงความมั่นใจในคำตอบ (Confidence Marking)
5) วิธีการจัดอันดับของตัวเลือกอย่างสมบูรณ์ (Complete Ordering)
6) วิธีการจัดอันดับเป็นบางส่วน (Partial Ordering)

จากการพัฒนาวิธีการตอบและการให้คะแนน ซึ่งมีวิธีการแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับการให้นิยามความรู้บางส่วนของผู้ตอบ แบบสอบเลือกตอบ ตามที่ผู้ทำการศึกษาไว้ จากการที่ได้ทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีผู้ให้นิยามความรู้บางส่วนไว้ดังนี้

ก. การที่ผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบสามารถตัดตัวลวงบางตัวออกไปได้อย่างถูกต้อง แม้ว่าจะไม่ทราบคำตอบที่ถูกต้องคืออะไร (Coombs and Other, 1956)

ข. การที่ผู้ตอบแสดงความมั่นใจในระดับที่สูงกว่าในคำตอบที่ถูก แทนที่จะมีความมั่นใจต่ำในคำตอบที่ถูก (Hutchinsun, 1962)

ค. การที่ผู้ตอบแสดงความน่าจะเป็น เชิงอัตนัย (Subjective probability) ในการแสดงค่าตัวเลือกทุกตัว ถึงความน่าจะเป็นคำตอบที่ถูกต้อง (de Finetti, 1956)

ง. การที่ผู้ตอบแสดงโอกาสที่สูงกว่าในการเลือกตัวเลือกที่ถูกหลังจากเลือกตัวเลือกที่ผิดเป็นคำตอบแรกมาแล้ว

จ. การที่ผู้ตอบสามารถจัดอันดับให้คำตอบถูกอยู่ในตำแหน่งที่สูงกว่าคำตอบผิด

จากการที่กล่าวมา พอที่จะสรุปถึงนิยามของความรู้บางส่วนได้ว่า ความรู้บางส่วน หมายถึง ระดับความรู้ของผู้ตอบข้อสอบ ในแบบสอบเลือกตอบที่พอจะทราบว่าตัวเลือกใดเป็นคำตอบที่ผิด แต่ยังไม่ทราบว่าคำตอบที่ถูกคือตัวเลือกใด

ตอนที่ 2 วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วน

นักวัดผลทางการศึกษาได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วน และได้เสนอวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วน ซึ่งพอจะจำแนกได้ 8 วิธี ดังนี้

2.1 วิธีของคูมบ์ (Coombs, 1953) วิธีนี้จะให้ผู้สอบตัดตัวลวงออกไปได้บ้างอย่างถูกต้อง แม้จะไม่ทราบว่าคำตอบที่ถูกต้องคืออะไร ซึ่งคูมบ์ ได้จำแนกระดับความรู้ของผู้สอบออกเป็น 5 ประเภท (Coombs, Milholland, and Womer, 1956) คือ

1) มีความรู้เต็มที่ (full knowledge) คือผู้ที่สามารถตัดตัวลวง ทั้งหมดออกได้

2) มีความรู้บางส่วน (partial knowledge) คือผู้ที่สามารถตัดตัวลวงบางตัวออกได้แต่ไม่ทั้งหมด

3) มีความรู้ที่ผิดบางส่วน (partial misinformation) คือผู้ที่สามารถตัดตัวลวงบางตัวออกได้บ้าง และตัดตัวถูกออกด้วย

4) มีความรู้ที่ผิดเต็มที่ (full misinformation) คือผู้ที่ตัดตัวถูกออกเพียงตัวเดียว

5) ไม่มีความรู้ (absence of knowledge) คือผู้ที่ไม่ตอบหรือตัดตัวเลือกทุกตัวออกหมด

วิธีการตอบและการให้คะแนนแบบคูมบ์ ใช้รูปแบบของแบบสอบเลือกตอบที่มีคำตอบถูกเพียงคำตอบเดียว โดยให้ผู้สอบตัดตัวลวงที่ไม่ใช่คำตอบถูกที่เขาแน่ใจออกไปมากที่สุด การให้คะแนนผู้ตอบจะได้ 1 คะแนน ในแต่ละตัวลวงที่ตัดออกอย่างถูกต้อง และในกรณีที่ผู้สอบมีความรู้ที่ผิดไปตัดตัวถูกออกโดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวง จะถูกตัดคะแนน K – 1 โดยที่ K คือจำนวนตัวเลือก ดังนั้น ช่วงคะแนนในแต่ละข้ออยู่ระหว่าง –(K-1) ถึง K-1

2.2 วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบอาร์โนลด์ (Arnold and Arnold, 1970) อาร์โนลด์ ได้เสนอวิธีที่พัฒนามาจากทฤษฎีเกมเบื้องต้น (Game Theory) ใช้ข้อสอบแบบเลือกตอบ เช่นเดียวกับแบบของคูมบ์ โดยให้ผู้ตอบตัดตัวเลือกที่แน่ใจว่าเป็นตัวลวงหรือคำตอบผิดออกไปมากที่สุดที่เขารู้ มีระบบการใช้คะแนนแตกต่างจากของคูมบ์ คือ จะให้คะแนน 1/(K-1) คะแนน สำหรับการตัดตัวลวงถูกต้อง 1 ตัว แต่ถ้าผู้สอบตัดตัวเลือกถูกออก โดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวง จะถูกหัก –1/(K-1) คะแนน เมื่อ K คือจำนวนตัวเลือกแต่ละข้อ ระบบการให้คะแนนของอาร์โนลด์ วางอยู่บนพื้นฐานคะแนนที่ถูกคาดหวัง (expected item score) เท่ากับ 0 เมื่อผู้สอบเดาสุ่ม ทำให้สามารถพัฒนาการให้คะแนนที่ยุติธรรมได้ดังนี้

$$C_d = (p)\left[d/(K-d)\right]$$

โดยที่ C_d คือ คะแนนที่ยุติธรรมในกรณีที่คะแนนที่เพิ่มขึ้นจากการเดาเป็นศูนย์และมีการให้คะแนนเมื่อผู้สอบมีความรู้บางส่วนที่สามารถตัดตัวลวงบางตัวออกไปได้

d คือ จำนวนตัวลวงที่ตัดออกได้ถูกต้อง

K คือ จำนวนตัวเลือก

และ P คือ คะแนนลงโทษในกรณีที่ผู้สอบตัดตัวเลือกที่ถูกออก โดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวง

ในกรณี 4 ตัวเลือกคะแนนที่ได้เป็นผลจากการตอบของผู้สอบดังนี้

คะแนน CO คือ ไม่สามารถตัดตัวลวงใด ๆ ได้เลยจะได้คะแนนจากการแทนค่าในสูตรเท่ากับ O

คะแนน C1 คือ ตัดตัวลวงออกได้ 1 ตัว จะได้คะแนนจากการแทนค่าในสูตรเท่ากับ 1/9

คะแนน C2 คือ ตัดตัวลวงออกได 2 ตัว จะได้คะแนนจากการแทนค่าในสูตรเท่ากับ1/3

คะแนน C3 คือ ตัดตัวลวงออกได้ 3 ตัว จะได้คะแนนจากการแทนค่าในสูตรเท่ากับ 1

คะแนน -P คือ ตัดตัวถูกออกเพราะเข้าใจว่าเป็นตัวลวง จะถูกหักออก –1/3 คะแนน

2.3 วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบครอส (Cross and Thayer, 1979) วิธีการนี้ให้ผู้สอบตัดตัวลวงออก เช่นเดียวกับวิธีการของคูมบ์ และอาร์โนลด์ แต่การให้คะแนนแตกต่างกัน คือวิธีการให้คะแนนของครอส จะให้คะแนนรายข้อเฉลี่ยต่ำสุด เมื่อผู้ตอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบโดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวง และตัดตัวลวงอีก K-2 ตัว โดยเข้าใจว่าเป็นชุดของตัวเลือกที่ผิด ซึ่งผิดกับการให้คะแนนแบบคูมบ์ที่คะแนนรายข้อเฉลี่ยต่ำสุดจะเกิดจากการตัดตัวเลือกที่ถูกว่าเป็นตัวลวงเพียงคำตอบเดียว การให้คะแนนแบบครอสผู้สอบจะได้ 2 คะแนน ในแต่ละตัวลวงที่เขาตัดออกได้อย่างถูกต้อง และจะได้ 1 คะแนนสำหรับแต่ละตัวเลือกที่ไม่ได้ตัดว่าเป็นตัวลวง เมื่อคำตอบถูกยังไม่ได้ถูกตัด แต่เมื่อใดที่ผู้ตอบตัดตัวเลือกที่ถูกต้องด้วย misinformation เขาจะได้คะแนนเฉพาะตัวเลือกที่ไม่ได้ตัดตัวเลือกละ 1 คะแนน สำหรับในกรณีที่ข้อสอบมี 4 ตัวเลือก คะแนนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้มีค่าตั้งแต่ 1 คะแนน ถึง 7 คะแนน และคะแนนต่ำสุดจะเกิดจากการที่ผู้ตอบตัดตัวเลือกที่ถูกต้องหลังจากการตัดตัวลวงมาแล้ว 2 ตัว

2.4 วิธีการเลือกชุดย่อยของคำตอบ (Dressel and Schmidt, 1953) วิธีนี้ให้ผู้สอบเลือกชุดย่อยของคำตอบที่เขาเห็นว่าน่าจะมีตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกรวมอยู่ด้วย การให้คะแนนขึ้นอยู่กับจำนวนตัวเลือกที่มีอยู่ในชุดย่อยของคำตอบ ยิ่งน้อยเท่าใดคะแนนจะได้เพิ่มขึ้น ในกรณีที่ตัวเลือกที่ถูกต้องรวมอยู่ในชุดย่อยของคำตอบนั้นด้วย แต่ถ้าชุดย่อยนั้น ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องอยู่ด้วย คะแนนจะถูกหักออกไปเท่ากับขนาดของจำนวนตัวเลือกที่ผู้ตอบเลือก ในกรณีผู้ตอบไม่เลือกตัวเลือกใดเลยจะได้ 0 คะแนน วิธีนี้ กิบบอน, โอกิน และโซเบล (Gibbon, Olkin and Sobel 1979) ได้ศึกษาพบว่าเป็นวิธีการช่วยลดการเดาสุ่มของผู้ตอบลง และยังยอมให้ผู้ตอบได้แสดงความรู้บางส่วนของผู้ตอบด้วย

2.5 วิธีการทดสอบความน่าจะเป็น (Wallsten, Budescu and Zwick, 1993) วิธีนี้มีความยืดหยุ่นและเปิดโอกาสให้ผู้สอบแสดงความรู้บางส่วนได้มากที่สุด โดยรายงานความน่าจะเป็นในตัวเลือกที่ผู้สอบคิดว่าเป็นคำตอบที่ถูก โดยมีตำแหน่งคะแนนที่เป็นไปได้อยู่ในช่วง 0 – 1 โดยแบ่งระดับความรู้เป็น 5 ประเภท ดังนี้

1) มีความรู้เต็มที่ (full knowledge) คือให้ความน่าจะเป็นเท่ากับ 1 แก่คำตอบที่ถูกต้อง

2) มีความรู้บางส่วน (partial knowledge) คือ ให้ความน่าจะเป็น มากกว่า 0 แต่ไม่ถึง 1 ($0<p<1$) แก่คำตอบที่ถูกต้อง

3) มีความรู้ผิดบางส่วน (partial misinformation) คือให้ความน่าจะเป็นมากกว่า 0 แต่ไม่ถึง 1 ($0<p<1$) แก่ตัวเลือกที่ผิด

4) มีความรู้ผิดเต็มที่ (full misinformation) คือให้ความน่าจะเป็นเท่ากับ 0 แก่คำตอบที่ถูกต้อง

5) ไม่มีความรู้ (absence of information) คือให้ความน่าจะเป็นแก่ทุกตัวเลือกเท่ากันหรือไม่ตอบ

2.6 วิธีการแสดงความมั่นใจ (Dressel and Schmidt, 1953) วิธีนี้ผู้สอบจะถูกถามให้แสดงความมั่นใจในคำตอบที่คิดว่าถูกโดยใช้ C-point scale (โดยทั่วไป $3 \leq C \leq 5$) หรืออาจบอกความมั่นใจเป็นภาษา คือไม่แน่ใจ ค่อนข้างแน่ใจ แน่ใจมาก ซึ่งมีการแบ่งระดับความรู้ออกเป็น 5 ระดับคือ

1) full knowledge คือการเลือกคำตอบได้ถูกต้องด้วยความมั่นใจสูงสุด

2) partial knowledge คือการเลือกคำตอบได้ถูกต้องด้วยความมั่นใจระดับต่ำ

3) partial misinformation คือการเลือกคำตอบผิดด้วยความมั่นใจระดับต่ำ

4) full misinformation คือการเลือกคำตอบผิดด้วยความมั่นใจระดับสูง

5) absence of knowledge คือการไม่เลือกคำตอบเว้นว่างไว้

วิธีการนี้ต้องการเวลาในการตอบ และการให้คะแนนมากกว่าเดิม

2.7 วิธีการจัดอันดับอย่างสมบูรณ์ (De Finetti, 1965) วิธีการนี้เป็นวิธีเฉพาะของการทดสอบความน่าจะเป็นคือแทนที่จะให้แสดงความน่าจะเป็นในแต่ละตัวเลือก ผู้สอบจะต้องจัดอันดับของตัวเลือก ซึ่งทำให้ง่ายขึ้นต่อการนำไปใช้ทำให้สามารถจำแนกระดับความรู้เป็น 3 ระดับ คือ

1) full knowledge คือการจัดอันดับให้คำตอบถูกอยู่ในตำแหน่งสูงสุด

2) partial knowledge คือ การจัดอันดับให้คำตอบถูกอยู่ในตำแหน่ง ต่ำสุด

3) absence of knowledge คือการจัดอันดับให้คำตอบถูกอยู่ในตำแหน่งต่ำสุด

2.8 วิธีการจัดอันดับเป็นบางส่วน (Diamond, 1975) วิธีนี้จะให้ผู้สอบจัดอันดับตัวเลือกที่ไม่สามารถตัดออกไปได้ ซึ่งวิธีการจัดอันดับเป็นบางส่วน จำแนกระดับความรู้เป็น 5 ระดับ คือ

1) full knowledge คือการจัดอันดับแก่คำตอบถูกในตำแหน่งสูงสุด

2) partial knowledge คือการจัดลำดับแก่หลายตัวเหลือ โดยคำตอบถูกถูกจัดในตำแหน่งสูงสุด

3) partial misinformation คือการจัดอันดับแก่คำตอบถูกในตำแหน่งที่ต่ำกว่าตัวลวง

4) full misinformation คือการจัดตำแหน่งแก่ตัวลวงโดยตัดคำตอบถูกออก

5) absence of knowledge คือการจัดอันดับแก่ตัวถูกในตำแหน่งที่ต่ำ ที่สุดหรือไม่ตอบ

ตอนที่ 3 มโนทัศน์เกี่ยวกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory; IRT)

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ เป็นทฤษฎีการวัดที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะภายในหรือความสามารถที่มีอยู่ภายในตัวบุคคลกับพฤติกรรมการตอบสนองข้อสอบของบุคคลนั้นว่า มีความน่าจะเป็นในการตอบถูกมากน้อยเพียงใด (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2543) ทฤษฎีนี้ตั้งอยู่บนหลักพื้นฐานที่สำคัญ 2 ประการคือ

1) พฤติกรรมการตอบสนองต่อข้อสอบของผู้สอบ ซึ่งเป็นสิ่งสังเกตได้โดยตรงว่าถูกหรือผิด จะถูกกำหนดโดยคุณลักษณะภายใน (trait) หรือความสามารถ (ability) ที่อยู่ภายในตัวบุคคล

2) ความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบแต่ละข้อได้ถูกต้องกับระดับความสามารถของผู้สอบที่วัดได้โดยแบบสอบฉบับนั้นอธิบายได้ด้วยโค้งลักษณะข้อสอบ (item characteristic curve : ICC) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2543)

3.1 โมเดลการตอบสนองข้อสอบ

ประเภทของโมเดลการตอบสนองข้อสอบจากแนวคิดตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบได้มีการพัฒนาโมเดลขึ้นมาหลายรูปแบบ โดยแต่ละโมเดลจะมีฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์และจำนวนพารามิเตอร์ในฟังก์ชั่นที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถจำแนกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ (Hambleton and Sawaminathan, 1985 อ้างในศิริชัย กาญจนวาสี, 2543)

1) โมเดลการตอบสนองข้อสอบที่ใช้กับการตรวจให้คะแนนรายข้อแบบ 2 ค่า (dichotomous) เป็นข้อสอบที่ตรวจให้คะแนนแบบ 0,1 คือ ตอบผิดได้ 0 คะแนน เป็นโมเดลที่ถูกพัฒนาขึ้นในระยะเริ่มแรก เช่น สเกลกัตแมนสมบูรณ์ (Guttman Perfect Scale) โมเดลระยะห่างแฝง (Latent Distance Model) และโมเดลเชิงเส้นตรง (Linear Model) เป็นต้น ต่อมาได้มีการพัฒนาโมเดลปกติสะสมแบบ 1,2 และ 3 พารามิเตอร์ และโมเดลโลจิสติก แบบ 1,2 และ 3 พารามิเตอร์

2) โมเดลการตอบสนองข้อสอบที่ใช้กับการตรวจให้คะแนนรายข้อแบบมากกว่า 2 ค่า (polytomous) เช่น โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบนามบัญญัติ (Norminal Response Model : NRM) โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเกรด (Grade Response Model : GRM) และโมเดลการให้คะแนนบางส่วน (Partial Credit Model:PCM)

3) โมเดลการตอบสนองข้อสอบที่ใช้กับการตรวจให้คะแนนรายข้อแบบต่อเนื่อง (continuous) เช่น โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบคะแนนต่อเนื่อง (Continuous Response Model; CRM) ซึ่งพัฒนาโดย Samejima ในปี ค.ศ.1972 เป็นต้น

3.2 พารามิเตอร์ของโมเดลการตอบสนองข้อสอบ

โมเดลการตอบสนองข้อสอบประกอบด้วยพารามิเตอร์และค่าคงที่ดังนี้

1) พารามิเตอร์ของผู้สอบ

ให้ θ_p คือระดับความสามารถของผู้สอบคนที่ P ซึ่งประมาณได้จากโมเดลตามทฤษฎีการตอบข้อสอบ นิยมปรับให้เป็นคะแนนมาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 1 ค่า θ มีพิสัยอยู่ระหว่าง $-\infty$ ถึง $+\infty$ แต่ผลการวิเคราะห์ส่วนใหญ่จะให้ค่าอยู่ในช่วง – 3 ถึง + 3

2) พารามิเตอร์ของข้อสอบ

ให้ b_i คือค่าความยากของข้อสอบข้อที่ i ซึ่งเป็นการวัดตำแหน่งของโค้งคุณลักษณะข้อสอบ (ICC) ตามแกนนอนบนสเกลของ θ ณ จุดที่โค้งมีความชันมากที่สุด (จุดเปลี่ยนโค้ง) หรือที่ตำแหน่งต่อไปนี้

b_i = θ ที่ $P_i(\theta) = 0.50$ (สำหรับ 1 และ 2 พารามิเตอร์)

b_i = θ ที่ $P_i(\theta) = \frac{1+c_i}{2}$ (สำหรับ 3 พารามิเตอร์)

ค่า b_I มีพิสัยอยู่ระหว่าง $-\infty$ ถึง $+\infty$ แต่ในทางปฏิบัตินิยมใช้ข้อสอบที่มีค่า b_i อยู่ระหว่าง –2.50 ถึง + 2.50 ค่า b_iที่อยู่ใกล้ – 2.50 แสดงว่าเป็นข้อสอบที่ง่าย ส่วน b_i ที่อยู่ใกล้ + 2.50 แสดงว่าเป็นข้อสอบที่ยาก

ให้ a_i คือค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบข้อที่ i ซึ่งเป็นความชันของโค้ง ICC ณ จุดเปลี่ยนโค้ง หรือที่จุด $\theta = b_i$ ค่า a_i มีพิสัยอยู่ระหว่าง $-\infty$ ถึง $+\infty$ ค่า a_i ที่เป็นลบเราจะไม่นำมาใช้ ในทางปฏิบัตินิยมใช้ข้อสอบที่มีค่า a_i อยู่ระหว่าง + 0.50 ถึง + 2.50 ค่า a_i ที่สูงแสดงว่าข้อสอบนั้นมี Slop ที่ชันจึงจำแนกผู้สอบที่มีความสามารถแตกต่างกันได้ดี

ให้ C_i คือค่าโอกาสการเดาข้อสอบถูก ซึ่งเป็นความน่าจะเป็นที่ผู้สอบที่มีความสามารถต่ำมาก ๆ จะทำข้อสอบข้อที่ i ได้ถูก ค่า C จึงเป็นค่ากำกับต่ำสุด (lower asymtote) ของ ICC ค่า C_i มีพิสัยอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยทั่วไปนิยมใช้ข้อสอบมีค่า C_i อยู่ระหว่า 0.00 ถึง 0.30

3) ค่าคงที่

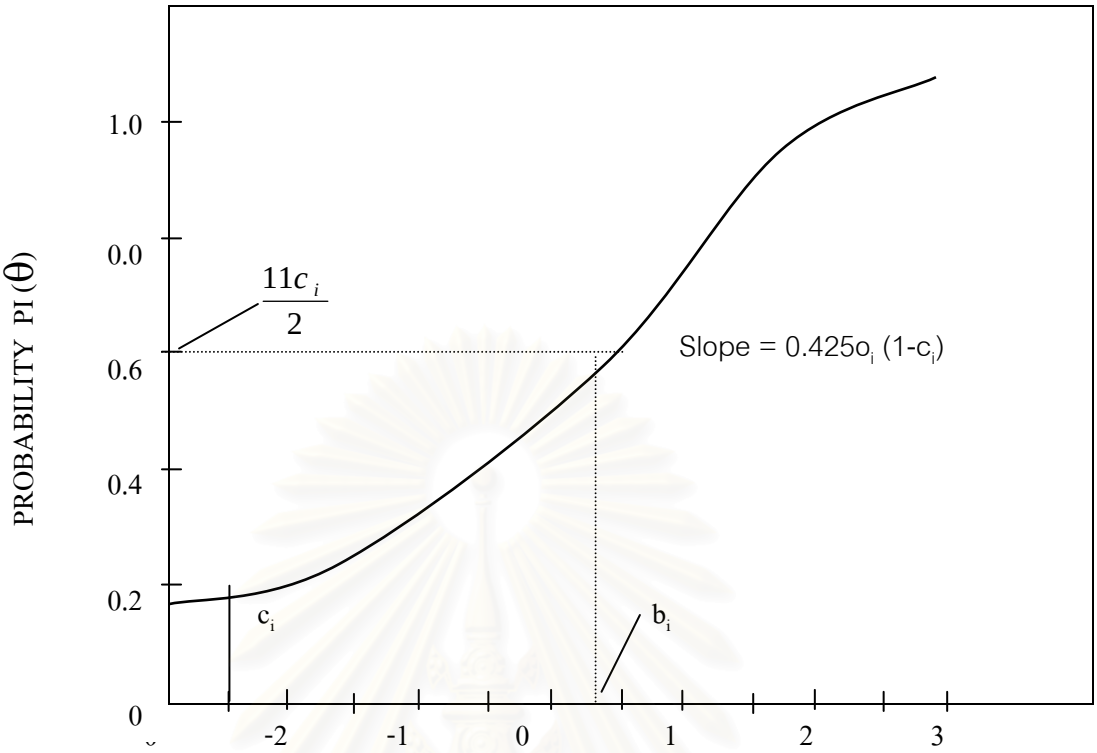
ให้ e เท่ากับ ค่าคงที่ของลอกาลิทึมธรรมชาติ ซึ่งมีค่าประมาณ 2.71828

D เท่ากับ ค่าองค์ประกอบของการปรับสเกลซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.70

ตาราง 1 ฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์ของโมเดลการตอบสนองข้อสอบ

Models	Normal ogive function	Logistic function
1 Parameter	$P_i(\theta) = \int_{-\infty}^{\theta - b_i} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-Z^2/2} dZ$	$P_i(\theta) = \frac{1}{1+e^{-D(\theta-b)}}$
2 Parameter	$P_i(\theta) = \int_{-\infty}^{a_i(\theta-b_i)} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-Z^2/2} dZ$	$P_i(\theta) = \frac{1}{1+e^{-D_{ai}(\theta-b)}}$
3 Parameter	$P_i(\theta) = c_i + (1+c_i) \int_{-\infty}^{a_i(\theta-b_i)} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-Z^2/2} dZ$	$P_i(\theta) = \frac{(1-C_i)}{1+e^{-D_{ai}(\theta-b)}}$

(ศิริชัย กาญจนวาสี, 2543)



ภาพที่1 แสดงโค้งคุณลักษณะข้อสอบ (ICC) ที่มี 3 พารามิเตอร์

3.3 ฟังก์ชั่นสารสนเทศของแบบสอบ

การวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory : IRT) จะใช้แบบแผนการตอบสนองรายข้อ ในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบดังนั้นการประเมินคุณภาพของแบบสอบ จึงสามารถพิจารณาจากความถูกต้อง แม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ ซึ่งดัชนีที่บ่งชี้ความถูกต้องแม่นยำ เรียกว่า สารสนเทศของแบบสอบ ซึ่งเป็นค่าฟังก์ชั่นสารสนเทศของแบบสอบที่เกิดจาก ผลรวมเชิงพีชคณิต ของค่าฟังก์ชั่นสารสนเทศของข้อสอบแต่ละข้อรวมเข้าด้วยกัน ดังนั้น ผลของข้อสอบแต่ละข้อจะมีผลต่อแบบสอบทั้งฉบับ โดยค่าฟังก์ชั่นสารสนเทศของข้อสอบเป็นดัชนีสะสมที่สร้างจากดัชนีคุณลักษณะของข้อสอบหลายลักษณะ ได้แก่ ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ เพื่อบ่งชี้คุณภาพของข้อสอบ (Birnbuam, 1968) อ้างใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2543) เนื่องจากค่าสารสนเทศมีความสัมพันธ์ผกผันกับความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า ดังนั้น ถ้าค่าสารสนเทศของแบบสอบมีค่าสูงในช่วง θ ใด ก็จะมีความถูกต้องแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบในช่วง θ นั้นๆ โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณ ค่าต่ำด้วยคุณสมบัติด้านความไม่แปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มตัวอย่างของค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ จากการวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ จึงทำให้ค่าฟังก์ชั่นสารสนเทศเหมาะสมที่จะใช้เป็น

ดัชนีบ่งชี้บอกคุณภาพของข้อสอบ และแบบสอบแทนการหาค่าความเที่ยง และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดตามทฤษฎีแบบดั้งเดิม (Hambleton, 1977 อ้างในศิริชัย กาญจนวาสี, 2543)

สูตรการคำนวณค่าสารสนเทศ

1) ความสามารถหรือคะแนนจริงของผู้สอบ

$$T_p = \sum_{i=1}^{k} P_i(\theta_p)$$

เมื่อ T_P คือ คะแนนจริงของผู้สอบคนที่ P มีระดับความสามารถ θ

k คือ จำนวนข้อสอบทั้งหมด

$P_i(\theta_P)$ คือ โอกาสของผู้สอบที่มีความสามารถระดับ (θ) จะทำข้อสอบ i ได้ถูกต้อง

2) ค่าฟังก์ชั่นสารสนเทศของข้อสอบ (item information function)

$$I_i(\theta) = (P_i')^2 / P_iQ_i$$

เมื่อ $I_i(\theta)$ คือ ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบข้อที่ i

$P_i = P_i(\theta)$ คือโอกาสของผู้สอบที่มีความสามารถระดับ θ จะทำข้อสอบข้อ i ได้ถูกต้อง

$Q_I = 1 - P_i(\theta)$

P_i' คือ ความชันของฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบ ณ ระดับความสามารถ θ

3) ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (test information function)

$$I(\theta) = \sum_{i=1}^{k} I_i(\theta)$$

เมื่อ $I(\theta)$ คือ ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ

$I_i(\theta)$ คือ คือค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบข้อที่ i

k คือ จำนวนข้อสอบทั้งหมดในแบบสอบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าความสามารถ (Standard error of estimates at ability θ)

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

เมื่อ SE(θ) คือ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าความสามารถ

I(θ) คือ ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ

ตาราง 2 ลักษณะของฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบสำหรับโมเดลโลจิสติก

ค่าประมาณค่า	1 Parameter	2 Parameter	3 Parameter
P_I'	$D P_i Q_i$	$D a_I P_i Q_i$	$D a_I Q_i (P_I - C_I) / (1 - C_i)$
$I_i(\theta)$	$D^2 P_i Q_i$	$D^2 a_i^2 P_i Q_i$	$D^2 a_i^2 Q_i (P_i - C_i)^2 / P_I(1 - C_i)^2$
$I_i(\theta)$ max	$\frac{1}{4} D^2$	$\frac{1}{4} D^2 a_i^2$	$D^2 a_i^2 \frac{\left[1 - 20C_i - 8C_i^2 + (1+8C_i)^{3/2}\right]}{8(1 - C_i^2)}$
θ max	b_i	b_i	$b_i + \frac{1}{D_{ai}} \left[\ln 1 + \frac{(1+8C_i)^{1/2}}{2} \right]$

(Hambleton and Sawaminathran, 1985 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2543)

ตอนที่ 4 มโนทัศน์เกี่ยวกับ Polytomous Item Response Models.

โมเดล IRT ที่ใช้กับแบบสอบและแบบวัดทัศนคติที่ตรวจให้คะแนนแบบพหุวิภาค (polytomous) หรือลักษณะมาตรประมาณค่า (rating data) โมเดลตามแนวทฤษฎีนี้ทั้งหมดเรียกว่า Polytomous Item Response Models (Muraki, 1992, 1993 ; Donoghue, 1994 ; Hambleton and Zaal, 1991) มีโมเดลที่สำคัญดังนี้

1. Graded Response Model (GRM) พัฒนาโดย ซาเมจิมา (Samejima) ในปี ค.ศ. 1960
2. Norminal Response Model (NRM) พัฒนาโดย บอค (Bock) ในปี ค.ศ. 1972
3. Continuous Model (CM) พัฒนาโดย ซาเมจิมา (Samajima)
4. Rating Scale Model (RSM) พัฒนาโดย แอนดริส (Andrich) ในปี ค.ศ. 1982
5. Partial Credit Model (PCM) พัฒนาโดยมาสเตอรส์ (Masters) ในปี ค.ศ.1982
6. Sucessive Interval Model (SIM) พัฒนาโดย รอส์ท (Rost) ในปี ค.ศ. 1988
7. Generalized Partial Credit Model (GPCM) พัฒนาโดย มูราคิ (Muraki) ในปี ค.ศ. 1992

โมเดลที่มีผู้ศึกษากันมากในปัจจุบัน ไม่เข้มงวดเกี่ยวกับข้อตกลงเบื้องต้น และสามารถใช้ได้กับแบบสอบ และแบบวัดหลายลักษณะ ได้แก่ GRM , PCM และ GPCM (Donoghue, 1994; De Ayaly, 1994 ; Muraki, 1992, 1993 ; Dodd and de Ayala, 1989 ; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2545)

4.1 Graded Response Model : GRM

GRM มีข้อตกลงว่าการตอบสนองข้อกระทง j ของผู้ตอบสามารถแบ่งคะแนนออกเป็น mj+1 ลำดับขั้น (categories) คะแนนแต่ละลำดับ (j_k) กำหนดให้เป็น 0, 1,2…,mj ตามลำดับ (Donoghue, 1994 ; Koch, 1983) เขียนสมการทั่วไปได้ดังนี้

$$P_{jk}(\theta) = \frac{\exp^{\left[Da_j(\theta b_{jk})\right]}}{1+\exp^{\left[Da_j(\theta - b_{jk})\right]}}$$

เมื่อ $P_{jk}(\theta)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้มีคุณลักษณะ θ จะตอบข้อกระทง j ได้คะแนน k

D คือ ค่าคงที่ของสเกล (scaling constant) เมื่อปรับโค้งฟังก์ชั่นของโมเดลโลจิสติก และโมเดล นอร์มอล ออไจฟ์ มีค่าเท่ากับ 1.70

a_j คือ ค่าอำนาจจำแนกของข้อความ j

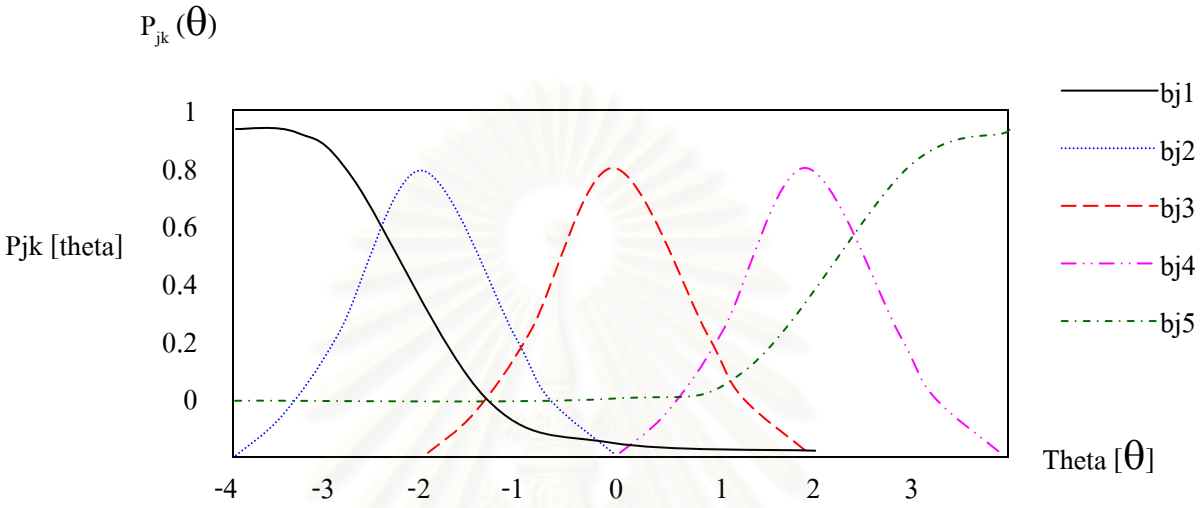
θ คือ ความสามารถหรือคุณลักษณะภายในของผู้ตอบ

b_{jk} คือ ค่าความยากของข้อความ j ในลำดับขั้นที่ jk เมื่อ jk = 0, 1,…,k

exp คือ ค่าคงที่ มีค่าเท่ากับ 2.7183

ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวสามารถเขียนแทนด้วยโค้งฟังก์ชันสารสนเทศได้ ดังภาพที่ 1 (Koch, 1983 : 18)

ในโมเดลนี้แสดงถึงความสัมพันธ์ของคนที่มีคุณลักษณะภายใน (θ) สูง มีความน่าจะเป็นในการตอบลำดับขั้นคะแนนที่สูงกว่าคนที่มีคุณลักษณะภายในต่ำ ซึ่งนักวัดผลได้มีการประยุกต์ใช้โมเดลนี้กับแบบสอบชนิดปรับเหมาะ (Adaptive Testing) (Koch and Dodd, 1989) และแบบวัดทัศนคติต่างๆ (Koch, 1983 ; Dodd, 1985)



ภาพที่ 2 แสดงโค้งฟังก์ชันสารสนเทศของ GRM

ลักษณะเฉพาะฟังก์ชันของโมเดล GRM สรุปได้ดังนี้

1. ฟังชันสารสนเทศของ3. แบบวัด (TIF) เขียนแทนด้วยสมการดังนี้

$$I(\theta) = \sum_{j=1}^{m} I_j(\theta)$$

เมื่อ $I_j(\theta)$ คือ ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบตั้งแต่ข้อ 1 ถึงข้อที่ m

2. ฟังก์ชันสารสนเทศของ ข้อสอบ (IIF) สามารถแทนด้วยสมการดังนี้

$$I_j(\theta) = \sum_{jk=0}^{k} \frac{\left[P'_{jk}(\theta)\right]^2}{P_{jk}(\theta)}$$

เมื่อ $P'_{jk}(\theta)$ คือ ความน่าจะเป็นสำหรับคนที่มีความสามารถ θ จะตอบข้อสอบ j ได้คะแนน 1 มากกว่าคะแนน k ใดๆ

$P_{jk}(\theta)$ คือ ความน่าจะเป็นสำหรับคนที่มีความสามารถ θ จะตอบข้อสอบ j ได้คะแนน k

3. ฟังก์ชันสารสนเทศของแต่ละลำดับขั้นของ คำตอบ คะแนน (ICIFs) เขียนแทนด้วยสมการดังนี้

$$I_{jk}(\theta) = \frac{\left[P'_{jk}(\theta)\right]^2}{P_{jk}(\theta)}$$

เมื่อ $P'_{jk}(\theta)$ คือ ความน่าจะเป็นสำหรับคนที่มีความสามารถ θ จะตอบข้อสอบ j ในลำดับขั้นคะแนนที่ 1 ได้ถูกต้องมากกว่าคะแนน k ใดๆ

$P_{jk}(\theta)$ คือ ความน่าจะเป็นสำหรับคนที่มีความสามารถ θ จะตอบข้อสอบ j ในลำดับขั้นคะแนน k ได้ถูกต้อง

4.2 Patial Credit Model : PCM

เป็นโมเดลที่มาสเตอร์ (Masters) ได้พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1982 โดยมีแนวคิดหลักพื้นฐานของการพัฒนามาจากการขยายโมเดลราชค์ เพื่อให้สามารถนำมาใช้กับแบบทดสอบที่มีรูปแบบการตรวจให้คะแนนแบบลำดับขั้น หรือแบบให้คะแนนเป็นหลายค่า (Polychotomous) เช่นเดียวกับโมเดลเรทติงสเกลของแอนดริช แต่ให้ผลการวิเคราะห์ที่มีรายละเอียดมากกว่า

การนำโมเดลนี้มาประยุกต์ใช้กับข้อคำถามหรือข้อความต่างๆ จะทำให้สามารถประมาณค่าความสามารถหรือคุณลักษณะของผู้ตอบได้แม่นยำกว่าการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม เนื่องจากโมเดล พาเชียล เครดิต พัฒนามาจากราชค์โมเดล ดังนั้นจึงสามารถช่วยอธิบายความน่าจะเป็น (Probability) ของผู้ตอบคนที่ n ที่จะได้คะแนน 1 มากกว่า 0 (ผ่านขั้นที่ 1) ในการตอบข้อความ i(θ_{ni1})

$$\phi_{ni1} = \frac{\pi_{ni1}}{\pi_{ni0} + \pi_{ni1}} = \frac{\exp(\theta_n - \delta_{i1})}{1 + \exp(\theta_n - \delta_{i1})}$$

เมื่อ θ_{ni1} แทนความน่าจะเป็นของผู้ตอบคนที่ n ที่จะได้คะแนน 1 มากกว่า คะแนน 0 (หรือผ่านขั้นที่ 1) จากการตอบข้อ i

π_{ni0} แทนความน่าจะเป็นของผู้ตอบคนที่ n ที่จะได้คะแนน 0 (ไม่ผ่านขั้นที่ 1) จากการตอบข้อ i

π_{ni1} แทนความน่าจะเป็นของผู้ตอบคนที่ n ที่จะได้คะแนน 1 จากการตอบข้อ i

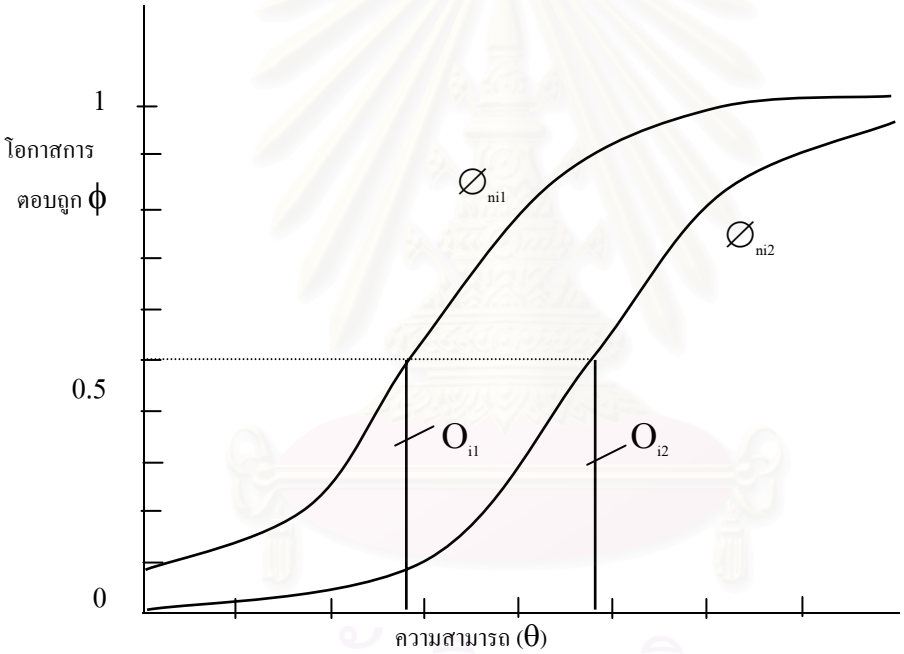
θ_n แทนคะดับความสามารถหรือคุณลักษณะของผู้ตอบคนที่ n

δ_{i1} แทนค่าความยากประจำขั้นที่ 1 (First step) ของข้อที่ i

เนื่องจาก $\pi_{ni0} + \pi_{ni1} < 1$ ทั้งนี้เพราะผลรวมของความน่าจะเป็นของการตอบในระดับทั้งสองเป็นเพียงความน่าจะเป็นที่จะตอบได้คะแนน 1 ($X_i = 1$) หรือผ่านในขั้นที่ 1 แต่ยังมีความน่าจะเป็นในการตอบที่จะได้คะแนน 2, 3,…4 สำหรับผู้ตอบที่ตอบข้อความผ่านในขั้นที่ 1 เข้าสู่ระดับขั้นที่ 2 แล้วสามารถผ่านขั้นที่ 2 ได้ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่จะได้คะแนนเป็น 2 ($X_i = 2$) สามารถคำนวณได้จากโมเดลทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$\phi_{ni1} = \frac{\pi_{ni1}}{\pi_{ni0} + \pi_{ni1}} = \frac{\exp(\theta_n - \delta_{i1})}{1 + \exp(\theta_n - \delta_{i1})}$$

จากค่า θ_{ni1} และ θ_{ni2} สามารถนำมาเขียนโค้งลักษณะของการตอบข้อคำถามที่มีลำดับการตอบ 2 ขั้น (Two-step Item) ดังภาพประกอบ



ภาพที่ 3 แสดงโค้งความน่าจะเป็นในการเลือกตอบระดับที่ 1 และ 2 ของข้อ I

จากภาพประกอบ จะเห็นว่า ความชัน (Slope) ของโค้งลักษณะความน่าจะเป็นในการเลือกตอบระดับที่ 1 และที่ 2 ของข้อ i มีค่าเท่ากัน และพบว่าระดับ 2 มีค่าความยากมากกว่าระดับ i ($\delta_{i1} < \delta_{i2}$) ซึ่งบางครั้งถ้าเป็นโจทย์ปัญหาอาจจะมีความยากขั้นที่ 2 น้อยกว่าขั้นที่ 1 ก็ได้ หลักการสำคัญของโมเดลพาเซียล เครดิต ต้องการเพียงให้มีข้อความที่เรียงลำดับการตอบ (Ordered in soquence) โดยไม่จำเป็นข้อความจะต้องมีค่าความยากประจำมากกว่ากัน แต่ขั้นต้องเรียงลำดับกัน ถ้าข้อสอบมีระดับการตอบมากกว่า 2 ระดับก็สามารถคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นในการตอบลำดับขั้นอื่นๆ ของผู้ตอบที่ n ได้ดังสมการนี้

$$\phi_{nik} = \frac{\pi_{nik}}{\pi_{nik-1} + \pi_{mik}} = \frac{\exp(\theta_n - \delta_{ik})}{1 + \exp(\theta_n - \delta_{ki})} \qquad ; k = 1, 2, \ldots m_i$$

จากสูตรทั่วไปนี้แสดงให้เห็นเกี่ยวกับการตอบของผู้ตอบคนที่ n ในการเลือกระดับใดๆ ของข้อที่ i จากจำนวนระดับการตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด mi + 1 ระดับ ดังนั้น ความน่าจะเป็นของผู้ตอบคนที่ n ที่จะได้คะแนน x ในการตอบข้อที่ I อาจจะเขียนแทนในรูปสูตรทั่วๆ ไปคือ

$$\pi_{nix} = \frac{\exp\left[\sum_{j=0}^{X}(\theta_n - \delta_{ik})\right]}{\sum_{k=0}^{m}\exp\left[\sum_{j=0}^{k}(\theta_n - \delta_{ik})\right]} \qquad ; x = 1, 2, \ldots m_i$$

โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อใดๆ ในระดับขั้น 0 เท่ากับ 0

$(\delta_{i0} = 0)$ เพื่อให้ $\left[\sum_{i=0}^{0}(\theta_n - \delta_{ik})\right] = 0$ ดังนั้น $\exp\left[\sum_{i=0}^{0}(\theta_n - \delta_{ik})\right] = 1$

เมื่อ π_{ix} แทนความน่าจะเป็นของผู้ตอบคนที่ n ที่จะได้คะแนน x ในการตอบข้อความที่ i

x แทนคะแนนผลของการตอบในแต่ละระดับที่เลือกตอบ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0, 1,2…,mi

δ_{i1} แทนค่าความยากประจำขั้นที่ j ของข้อความที่ i โดยมีค่าแต่ละขั้นเป็น

$\delta_{i1}, \delta_{i2}, \ldots, \delta_{ix}$

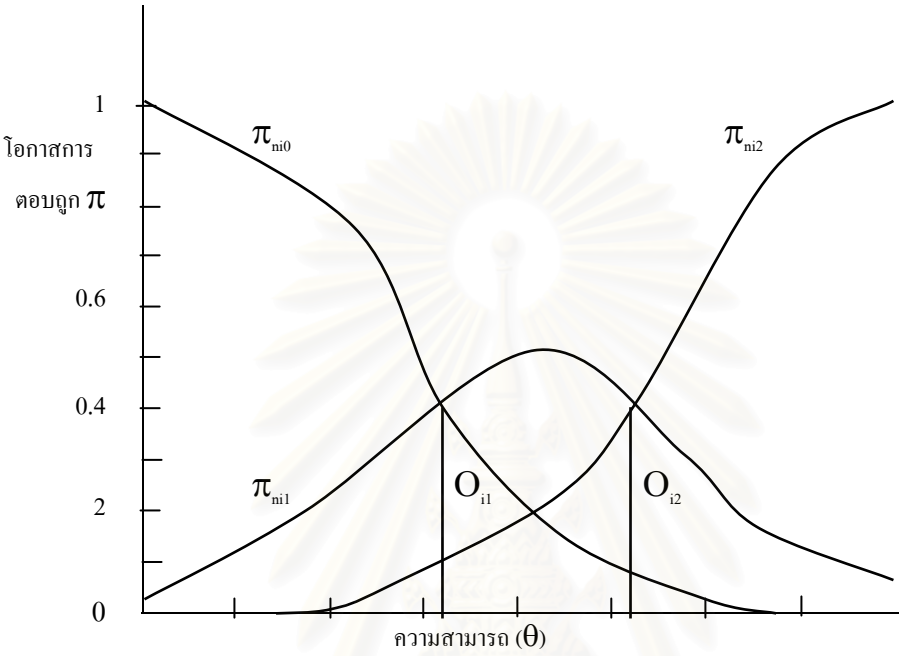
n แทนระดับความสามารถหรือคุณลักษณะของผู้ตอบคนที่ n หรือเขียนให้อยู่ในรูปใหม่ดังนี้

$$P_{nix} = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^{m_i}\exp\left[\sum_{j=1}^{k}(\theta_n - \delta_{ij})\right]} \qquad \text{สำหรับ } x = 0$$

$$P_{nix} = \frac{\exp\left[\sum_{k=1}^{m_i}\exp(\theta_n - \delta_{ij})\right]}{1 + \sum_{k=1}^{m_i}\exp\left[\sum_{j=1}^{k}(\theta_n - \delta_{ij})\right]} \qquad \text{สำหรับ } x = 1, 2, \ldots, m_j$$

เมื่อ P_{nix} แทนความน่าจะเป็นของผู้ตอบคนที่ n ที่จะได้คะแนน x จากการตอบของข้อความที่ i

จากโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่แทนความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของข้อความ (δ_{ij}) และความน่าจะเป็นของการตอบข้อความในแต่ละระดับขั้น (π_{nik}) เมื่อนำมาเขียนโค้งแสดงความน่าจะเป็นในการตอบแต่ละลำดับขั้น สำหรับข้อความที่มีรูปแบบการตอบมี 2 ขั้นตอน ดังภาพประกอบ



ภาพที่ 4 แสดงความน่าจะเป็นในการเลือกตอบข้อความระดับต่างๆ (3 ระดับ) ตามโมเดลพาร์เชียล เครดิต

เมื่อ π_{ni0} แทน ความน่าจะเป็นที่ผู้ตอบจะได้คะแนน 0 (xi = 0) (หรือเลือกตอบในระดับไม่เห็นด้วย) จากการตอบข้อที่ i

π_{ni1} แทน ความน่าจะเป็นที่ผู้ตอบจะได้คะแนน 1 (xi=1) (หรือเลือกตอบในระดับไม่แน่ใจ) จากการตอบข้อที่ i

π_{ni2} แทน ความน่าจะเป็นที่ผู้ตอบจะได้คะแนน 2 (xi=1) (หรือเลือกตอบในระดับเห็นด้วย) จากการตอบข้อที่ i

จากภาพประกอบ จะเห็นว่า δ_{i1} และ δ_{i2} เป็นจุดตัด (Intersection) ของโค้งความน่าจะเป็นในการตอบแต่ละลำดับขั้นบนแกน x ณ จุดตัดโค้งนี้ คือ ค่าความยากประจำแต่ละลำดับขั้น หรือค่าประจำขั้น (Step Value) คือ δ_{i1} เป็นค่าประจำระดับไม่แน่ใจ δ_{i2} ประจำระดับเห็นด้วย ส่วนระดับไม่เห็นด้วย ซึ่งเป็นความรู้สึกเริ่มต้นกำหนดให้เป็นศูนย์ ($\delta_{i0} = 0$) การกำหนดตำแหน่ง

ณ จุดตัดของโค้งลักษณะการตอบแต่ละลำดับขั้นของข้อเป็นความยากประจำขั้นที่ 1 และ 2 แสดงว่าความรู้สึกของผู้ตอบผู้หนึ่ง (n) มีค่ามากกว่าค่าความยากประจำขั้นที่ 1(δ_{i1}) แล้วผู้นั้นย่อมมีความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเลือกในระดับไม่แน่ใจมากกว่าการเลือกตอบในระดับไม่เห็นด้วย

4.3 Generalized Partial Credit Model : GPCM

เป็นโมเดลที่พัฒนามาจาก PCM (Patial Credit Model) ของไรท์ และมาสเตอร์ (Wright and Masters, 1982) โดยมูราคิ (Muraki) ให้สามารถใช้ได้กับแบบสอบและแบบวัดที่มีลักษณะเป็นพหุมิติ โดยใช้ค่าอำนาจที่แปรเปลี่ยนไปในแต่ละข้อมาร่วมประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วย โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า บุคคลที่มีความสามารถหรือมีคุณลักษณะที่ต้องการวัดสูง มีความน่าจะเป็นที่จะตอบข้อกระทง j ในลำดับขั้นการตอบ k ได้ถูกต้องมากกว่าลำดับการตอบ k-1 รูปแบบ ทั่วไปของโมเดลในแนวคิดนี้ได้พัฒนามาจากสูตร

$$P_i(U_j = 1/\theta) = \frac{\exp\left[a_j(\theta - b_j)\right]}{1 + \exp\left[a_j(\theta - b_j)\right]} \qquad (1)$$

เมื่อ $P_i(U_j = 1/\theta)$ คือ ความน่าจะเป็นของคนที่ i มีความสามารถ θ สามารถตอบข้อสอบข้อ j (U=1) ได้ถูกต้อง

a_j คือ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ j

b_j คือค่าความยากของข้อสอบ j

exp คือค่าคงที่เท่ากับ 2.7183

ถ้าข้อตกลงให้ข้อสอบทุกข้อมีอำนาจจำแนกแตกต่างกัน โมเดลนี้คือ โมเดลโลจิสติกแบบ 2 พารามิเตอร์ แต่ถ้าให้ข้อสอบทุกข้อมีอำนาจจำแนกเท่ากัน คือให้ค่า a_j เท่ากับ 1 โมเดลนี้ราล์ช โมเดล (Rasch Model) GPCM ได้กำหนดขึ้นบนข้อตกลงเบื้องต้น ที่ว่า ความน่าจะเป็นที่จะตอบข้อสอบที่ j ในลำดับขั้นการตอบ k ได้ถูกต้องจะครอบคลุมถึงการตอบในลำดับขั้นการตอบ k-1 ได้ถูกต้องด้วย

ถ้าให้ $P_{jk}(\theta)$ เป็นความน่าจะเป็นของคนที่มีความสามารถ θ จะตอบข้อสอบที่ j ในลำดับขั้นการตอบ k ได้ถูกต้องจากทั้งหมด m ลำดับขั้น

ในแต่ละลำดับขั้นที่อยู่ติดกัน ความน่าจะเป็นที่จะตอบลำดับขั้นการตอบ k ที่มีลำดับขั้นการตอบสูงกว่า k-1 ซึ่งจะหาได้จาก ความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข (conditional probability) ซึ่งแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$C_{jk} = P_{jk/k-1,k}(\theta) = \frac{P_{jk}(\theta)}{P_{jk-1}(\theta) + P_{jk}(\theta)} = \frac{\exp\left[a_j(\theta - b_{jk})\right]}{1 + \exp\left[a_j(\theta - b_{jk})\right]} \quad (2)$$

เมื่อ k คือ ลำดับขั้นการตอบที่ 2, 3, … mj

จากสมการที่ 2

$$P_{jk}(\theta) = \frac{C_{jk}}{1 - C_{jk}} P_{j.k-1}(\theta) \quad (3)$$

$P_{jk}(\theta)$ คือความน่าจะเป็นของคนที่มีความสามารถ จะตอบลำดับขั้นการตอบ k ในข้อสอบที่ j ได้ถูกต้อง

$C_{jk}/(1-C_{jk})$ คือ สัดส่วนความน่าจะเป็นแบบสอบเงื่อนไข ซึ่งอาจจะเป็นในรูปของ $\text{Exp}[a_j(\theta - b_{jk})]$

สมการที่ 3 นี้ เรียกว่า operating characteristic function : OCF (Samejima, 1972)

ถ้า $P_{j1}(\theta) = \frac{1}{G}$ (4)

ซึ่ง G เรียกว่า normalizing factor

$$P_{j1}(\theta) = \frac{\exp\left[a_j(\theta - b_{j2})\right]}{G} \quad (5)$$

$$P_{jg}(\theta) = \frac{\exp\left[\sum_{V=2}^{g} a_j(\theta - b_{jv})\right]}{G} \quad (6)$$

และ

$$P_{jm}(\theta) = \frac{\exp\left[\sum_{V=2}^{m} a_j(\theta - b_{jv})\right]}{G} \quad (7)$$

ซึ่ง g เป็น subscript ในลำดับขั้นของการตอบ k ลำดับขั้น

เพราะว่า $\sum_{k=1}^{m_j} P_{jk}(\theta) = 1$ (8)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และ $$G = 1 + \sum_{C=2}^{m_j} \exp\left[\sum_{V=2}^{C} a_j\left(\theta - b_{jv}\right)\right] \qquad (9)$$

Partial Credit Model กำหนดขึ้นโดย

$$P_{jk}(\theta) = \frac{\exp\left[\sum_{V=1}^{k} a_j\left(\theta - b_{jv}\right)\right]}{\sum_{c=1}^{m_j} \exp\left[\sum_{v=1}^{C} a_j\left(\theta - b_{jv}\right)\right]} \qquad (10)$$

เมื่อกำหนดให้ค่า $b_{j1} = 0$ ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดขึ้นให้ความยากในลำดับขั้นที่ 1 เท่ากับ 0 ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ใช่ตัวประกอบของข้อกระทง (location factor)

$$P_{jk}(\theta) = \frac{\exp\left[Z_{ji}(\theta)\right].\exp\left[\sum_{V=2}^{k} Z_{jv}(\theta)\right]}{\exp\left[Z_{j1}(\theta)\right] + \sum_{c=2}^{m} \exp\left[Z_{j1}(\theta) + \sum_{v=2}^{C} Z_{jv}(\theta)\right]}$$

$$= \frac{\exp\left[\sum_{V=2}^{k} Z_{jv}(\theta)\right]}{1 + \sum_{c=2}^{m_j} \exp\left[\sum_{v=2}^{C} Z_{jv}(\theta)\right]} \qquad (11)$$

ซึ่งค่า $Z_{jk}(\theta) = a_j(\theta - b_{jk})$

Partial Credit Model : PCM ในสมการที่ 10 นำมาใช้กับโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบ 2 ค่า (dichotomous item response model) ได้เมื่อ $M_j = 2$ และ $k = 1, 2$

มาสเตอร์ (Masters) เรียก b_{jk} ว่าเป็นพารามิเตอร์ความยากในแต่ละลำดับขั้น เป็นจุดบนแกน θ (ระดับความสามารถ) ที่ได้ของฟังก์ชัน $P_{j,k-1}(\theta)$ และ $P_{jk}(\theta)$ ติดกัน ซึ่งโค้งทั้งสองเป็นฟังก์ชันของการตอบ (item category response function : ICRFs) ใน 2 ลำดับค่าคะแนนที่ติดกัน เพียงจุดเดียว บนค่า θ ใดๆ คือ

ถ้า $\theta = b_{jk}$, $P_{jk}(\theta) = P_{j,k-1}(\theta)$;

$\theta > b_{jk}$, $P_{jk}(\theta) > P_{j,k-1}(\theta)$;

และถ้า $\theta < b_{jk}$, $P_{jk}(\theta) < P_{j,k-1}(\theta)$;

จากข้อตกลงที่ว่า ถ้า $a_j > 0$ และ P_{jk} ไม่จำเป็นต้องเรียงลำดับกันในข้อ j เพราะค่าพารามิเตอร์ จะแสดงถึงขนาดความน่าจะเป็นในการตอบ $P_{j,k-1}(\theta)$ และ $P_{jk}(\theta)$ ในลำดับที่อยู่ติดกัน

จุดตัดของโค้งฟังก์ชันการตอบแต่ละลำดับขั้น (Item category response function : ICRFs) ของโมเดล PCM แม้จะง่ายต่อการตีความหมาย แต่จุดยอดของโค้งนี้มิได้อยู่ตรงกลางของช่วงคะแนนเสมอไป ค่าอนุพันธ์อันดับที่ 1 (first derivative) ของ $P_{jk}(\theta)$ แสดงได้ดังนี้ (Muraki, 1992)

$$\frac{\partial}{\partial\theta}P_{jk}(\theta) = a_j P_{jk}(\theta)\left[k - \sum_{e=1}^{m_j} eP_{je}(\theta)\right] \qquad (13)$$

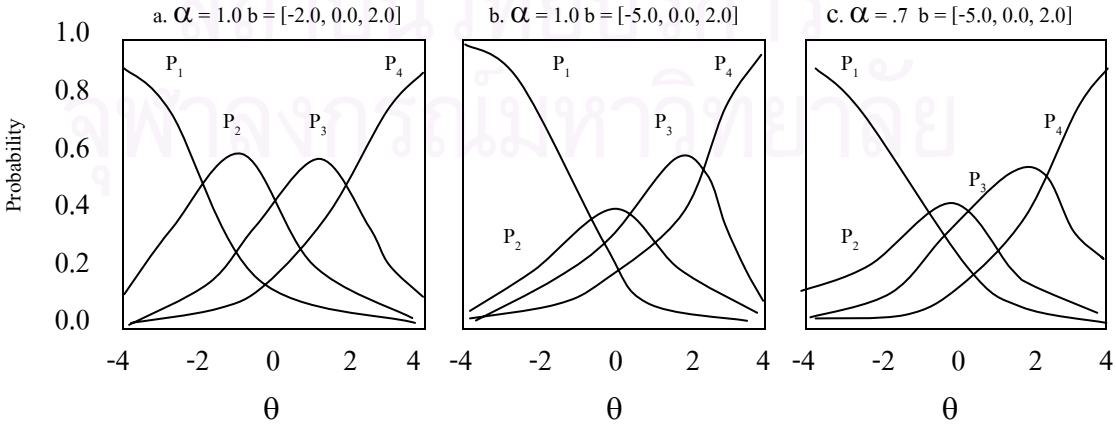
โดยกำหนดให้อนุพันธ์อันดับที่ 1 ในสมการเท่ากับ 0

$$\sum_{e=1}^{m_j} eP_{je}(\theta) = K \qquad (14)$$

สมการนี้จะแสดงโค้ง ICRFs ของ $P_{jk}(\theta)$ ที่มีผลต่อความน่าจะเป็นทุกๆ ค่าของ $P_{jk}(\theta)$ เมื่อ $e = 1,2,\ldots k-1, k+1,\ldots m_j$

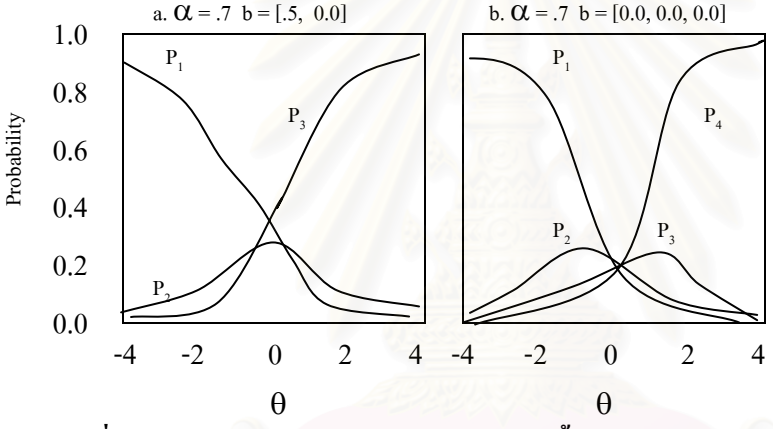
พารามิเตอร์ a_j คือค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ j โดยข้อตกลงทั่วไปให้มีพิสัยอยู่ระหว่าง 0 ถึง ∞ ซึ่งจะต่างกัน Dichotomous Model เพราะใน Polytomous Item Response Model อำนาจจำแนกในแต่ละลำดับขั้นของการตอบ จะขึ้นอยู่กับผลรวมของค่าอำนาจจำแนกและค่าเทรดโฮลด์ แอนดิช (Andrich, 1978) ได้แยกค่าอำนาจจำแนก 2 แบบออกจากกัน และคงไว้เฉพาะค่าเทรดโฮลด์ ดังใน โมเดลเรทติงสเกล (rating scale model : RSMs)

ใน PCM จะรวมค่าอำนาจจำแนกไว้ในโมเดล ค่าอำนาจจำแนก จะบอกถึงระดับความสามารถในการตอบในแต่ละลำดับขั้นการตอบ ซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปในแต่ละข้อ เช่นเดียวกับระดับ θ ที่เปลี่ยนไป (Muraki, 1990 b)



ภาพที่ 5 แสดงโค้งฟังชั่นการตอบในแต่ละลำดับขั้น (item category response function : ICRFs)ของโมเดล PCM

จากรูป 1a, 1b และ 1c แสดง ICRFs ใน 4 ลำดับขั้นของการตอบ รูป 1a แสดง ICRFs ที่มีค่า a_j = 1.0, b_{j2} = 2.0, b_{j3} = 0 และ b_{j4} = 2.0 ถ้า b_{j2} และ b_{j3} ค่าเปลี่ยนไปดังเช่น b_{j2} เป็น -.5 ความน่าจะเป็นของการตอบในลำดับขั้นที่ 2 ก็จะลดลง ซึ่งจะแสดงให้เห็นในภาพ 1b กรณีนี้พิสัย θ ของบุคคลผู้ที่ตอบในลำดับขั้นที่ 2 มากกว่าลำดับขั้นอื่นๆ ก็จะลดลงด้วย และถ้าค่าความยากเปลี่ยนจาก 1.0 ไปเป็น 0.7 ซึ่งจะแสดงในรูป 1C จุดตัดของโค้ง ICRFs ทั้งหมดจะเปลี่ยนมาทางซ้ายมือ จะทำให้รูปโค้งเปลี่ยนไปจากเดิม อำนาจจำแนกก็จะลดลงทุกลำดับขั้นของการตอบ ถ้าค่าความยากในแต่ลำดับขั้นของการตอบมีค่าเท่ากันดังแสดงในภาพที่ 2 จะเห็นว่า จุดตัดของโค้ง ICRFs จะตัดกันที่จุดเดียวกัน หรือที่ค่า θ เดียวกัน ดังนั้นค่าความยากในแต่ละลำดับขั้นของการตอบจึงไม่เรียงลำดับกัน PCM จะแสดงให้เห็นถึงความน่าจะเป็นในการตอบในแต่ละลำดับขั้น



ภาพที่ 6 แสดงโค้งฟังก์ชันการตอบใน 3 ลำดับขั้น แสดงค่าความยากในแต่ละลำดับขั้น ไม่เรียงลำดับกัน

โมเดลเรทติงสเกล (rating scale model : RSM) ได้มาจาก PCM โดยมีข้อตกลงให้ b_{jk} สามารถแยกเป็นส่วนๆ คือ $b_{jk} = b_j - d_k$ ซึ่งแสดงโดยสมการ

$$P_{jk}(\theta) = \frac{\exp\left[\sum_{v=1}^{k} a_j\left(\theta - b_j + d_v\right)\right]}{\sum_{c=1}^{m}\exp\left[\sum_{v=1}^{c} a_j\left(\theta - b_j + d_v\right)\right]}$$

เมื่อ $d_1 = 0$ พารามิเตอร์ b_{jk} ซึ่งทำให้เป็น 2 พารามิเตอร์ คือ b_j แล d_k ($b_{jk}=b_j-d_k$) ค่าพารามิเตอร์ b_{jk} สามารถที่จะคำนวณใหม่ได้จากการประมาณค่า b_j และ d_k ดังนั้นโมเดลในสมการที่ 15 จึงเรียกว่า Generalize partial Credit Model : GPCM)

Information Functions of the Generalized Partial

GPCM เป็นโมเดลที่กำหนดขึ้นจากข้อตกลงที่ว่า ความน่าจะเป็นในการเลือกลำดับขั้นการตอบที่ k ที่อยู่เหนือลำดับขั้นการตอบที่ k-1 จากหลายลำดับขั้นในข้อที่ j ซึ่งกำหนดจากโลจิสติก ไดโตมัส เรสพอนส์ โมเดล (logitic dichotomouse response model) ซึ่งแสดงโดยสมการดังนี้

$$P_{jk/k-1,k}(\theta)=\frac{P_{jk}(\theta)}{P_{j,k-1}(\theta)+P_{jk}(\theta)}=\frac{\exp\left[D_{aj}(\theta-b_{jk})\right]}{1+\exp\left[D_{aj}(\theta-b_{jk})\right]} \qquad (1)$$

เมื่อ k= 2, 3, …, m_j

และ m_j คือจำนวนลำดับขั้นของการตอบ

GPCM จะเขียนในรูปสมการดังนี้

$$P_{jk}(\theta)=\frac{\exp\left[\sum_{v=1}^{k}Z_{kv}(\theta)\right]}{\sum_{c=1}^{m_j}\exp\left[\sum_{v=1}^{c}Z_{jv}(\theta)\right]} \qquad (2)$$

และ $Z_{jv}(\theta) = D_{aj}(\theta-b_{jv}) = D_{aj}(\theta-b_j+d_v)$ (3)

เมื่อ D คือ ค่าคงที่ของมาตรวัด (scaling constant) มีค่า 1.7

a_j คือ ค่าอำนาจจำแนก

b_{jv} คือ ค่าความยากในแต่ละลำดับขั้นของการตอบ

b_j คือ ค่าความยากของข้อกระทง

d_v คือ ค่าพารามิเตอร์ประจำลำดับขั้นของการตอบ

สำหรับแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ให้คะแนนแบบ 2 ค่า (0,1) ค่า b_j เรียกค่าความยากของข้อกระทง สำหรับแบบสอบที่มีลำดับขั้นการตอบเป็น m_j ลำดับขั้น ซึ่งมีพารามิเตอร์ m_j-1 พารามิเตอร์ที่สามารถประมาณค่าได้ พารามิเตอร์ในแต่ละลำดับขั้นของการตอบ สามารถที่จะกำหนดให้เป็นค่าใดๆ ก็ได้ เพราะว่าในโมเดลเทอมของ พารามิเตอร์จะประกอบด้วยเลขที่เป็นเศษและส่วน (Muraki, 1992) ดังนั้นค่า d_1 สามารถกำหนดให้เท่ากับ 0

สำหรับ GPCM ได้มีการกำหนดในชุดของ พารามิเตอร์ในแต่ละลำดับขั้นของการตอบ และพารามิเตอร์ของข้อกระทง ซึ่งการกำหนดเงื่อนไขตามนี้เป็นการกำหนดเงื่อนไขของข้อกระทง ซึ่งจะขึ้นกับพารามิเตอร์ของลำดับขั้นในการตอบภายในสเกลในแต่ละลำดับขั้นของการตอบดังนี้

$$\sum_{k=2}^{m_j} d_k = 0 \qquad (4)$$

PCM กำหนดค่า $Z_{jv} + (\theta)$ ดังนี้

$$Z_{jk}^{+}(\theta) = \sum_{v=1}^{k} Z_{jv}(\theta) \qquad (5)$$

ซึ่งค่า $Z_{jv}(\theta)$ มีค่าดังสมการที่ 3 และผลรวมของ $Z_{jv}(\theta)$ สามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$Z_{jk}^{+}(\theta) = D_{aj}\left[k(\theta - b_j) + \sum_{v=1}^{k} d_v \right] \qquad (6)$$

และสามารถเขียนโมเดลได้ดังนี้

$$Z_{jk}^{+}(\theta) = D_{aj}\left[T_k(\theta - b_j) + K_k \right] \qquad (7)$$

ค่า T_k เรียกว่าฟังก์ชันการให้คะแนน (scoring function) และ K_k คือค่าสัมประสิทธิ์ประจำลำดับขั้นของการตอบ (category coefficient) (Andrich, 1978)

ค่า log-odds ของโมเดลความน่าจะเป็น $P_{j,k-1}(\theta)$ และ $P_{jk}(\theta)$ แสดงได้ดังนี้

$$\lambda_{jk,k-1} = Da_j [(T_k - T_{k-1})(\theta - b_j) + d_k] \qquad (8)$$

เมื่อค่าฟังก์ชันการให้คะแนนเปลี่ยนไปในทางเพิ่มขึ้น ($T_k > T_{k-1}$) การตอบในลำดับขั้นที่ k ก็จะประสบความสำเร็จ ถ้าค่าความสามารถของบุคคล (θ) สูงขึ้น การตอบในลำดับขั้นที่สูงขึ้นก็มีโอกาสถูกต้องมากขึ้น

GPCM ในสมการที่ 2 สามารถที่จะเขียนโดยใช้ฟังก์ชันของการให้คะแนนและค่าสัมประสิทธิ์ประจำลำดับขั้นของการตอบได้ดังนี้

$$P_{jk}(\theta) = \frac{\exp\{D_{aj}[T_k(\theta - b_j) + K_k]\}}{\sum_{c=1}^{m_j} \exp\{D_{aj}[T_c(\theta - b_j) + k_c]\}} \qquad (9)$$

ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (item information function : IIF)

ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบที่ให้คะแนนแบบพหุวิภาค (paly tomous item response model) ซึ่งเสนอโดย ซามีจิมา (Samejima, 1974) โมเดลที่นำเสนอดังนี้

$$I_j(\theta) = \sum_{k=1}^{m_j} P_{jk}(\theta)\left[\frac{-\partial^2}{\partial\theta^2}\ln P_{jk}(\theta)\right]$$

$$= \sum_{k=1}^{m_j} P_{jk}(\theta)\left\{\left[\frac{\frac{\partial}{\partial\theta^2}P_{jk}(\theta)}{P_{jk}(\theta)}\right] - \frac{\frac{\partial}{\partial\theta^2}P_{jk}(\theta)}{P_{jk}(\theta)}\right\}$$

$$= D^2 a_j^2 \sum_{c=1}^{m_j} P_{jk}(\theta)\left\{\sum_{e=1}^{m_j} T_c^2 P_{jc}(\theta) - \left[\sum_{e=1}^{m_j} T_c P_{jc}(\theta)\right]^2\right\}$$

$$= D^2 a_j^2 \left\{\sum_{e=1}^{m_j} T_c^2 P_{jc}(\theta) - \left[\sum_{e=1}^{m_j} T_c P_{jc}(\theta)\right]^2\right\}$$

$$= D^2 a_j^2 \sum_{e=1}^{m_j} P_{jk}\left[T_c - \overline{T}_j(\theta)\right]^2 P_{jk}(\theta) \qquad (10)$$

ซึ่ง $$\overline{T}_j(\theta) = \sum_{e=1}^{m_j} T_c P_{jc}(\theta) \qquad (11)$$

ในกรณีการให้คะแนนแบบทวิวิภาค (Dichotomous item response model) สมการที่ 10 อาจเขียนได้ดังนี้

$$I_j(\theta) = D^2 a_j^2 (T_1 - T_2)^2 P_{j1}(\theta) P_{j2}(\theta) \qquad (12)$$

ซึ่ง $P_{j2}(\theta) = 1 - P_{j1}(\theta)$

ค่า $\overline{T_j}(\theta)$ = ในสมการ 11 คือฟังก์ชันการตอบสนองข้อสอบ (item response function : IRF)

ฟังก์ชันสารสนเทศของลำดับขั้นการตอบในแต่ละข้อ

(item-category information function : ICIF)

ฟังก์ชันสารสนเทศของลำดับขั้นการตอบที่ k ของข้อสอบ j ซึ่งนำเสนอโดยบอค (Bock, 1972) ดังนี้

$$I_{jk}(\theta) = P_{jk}(\theta)\, I_j(\theta) \qquad (13)$$

เมื่อ $P_{jk}(\theta)$ คือความน่าจะเป็นของผู้ตอบที่มีความสามารถ θ จะตอบข้อสอบ j ในลำดับขั้นการตอบที่ k ได้ถูกต้อง

$I_j(\theta)$ คือ ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อกระทง

ค่าฟังก์ชัน IIF สามารถเขียนอยู่ในรูปผลรวมของค่าฟังก์ชัน ICIF ได้ดังนี้

$$I_j(\theta) = \sum_{k=1}^{m_j} I_{jk}(\theta) \qquad (14)$$

ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (test information function : TIF)

ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ ได้มาจากผลรวมของค่าฟังก์ชันของข้อกระทงทุกข้อในแบบสอบฉบับนั้น ดังสมการต่อไปนี้

$$I_j(\theta) = \sum_{j=1}^{m_j} I_j(\theta) \qquad (15)$$

ตอนที่ 5 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการตอบ และการให้คะแนนแบบสอบเลือกตอบที่แสดงถึงการวัดความรู้บางส่วนของผู้สอบในแบบสอบเลือกตอบ

เดรสเซล และชมิด (Dressel and Schmid , 1953) ได้ศึกษาวิธีการตอบและวิธีการตรวจให้คะแนนที่ต่างกัน เพื่อปรับปรุงอำนาจจำแนกของแบบทดสอบเลือกตอบโดยวิธีการ 4 วิธี คือ

1. แบบเลือกตอบเสรี (Free choice test) เป็นแบบทดสอบเลือกตอบที่มี 5 ตัวเลือก โดยผู้เข้าสอบจะเลือกตอบกี่ตัวเลือกก็ได้

2. แบบบอกระดับความมั่นใจในการตอบ (A degree of certainly test) เป็นแบบที่ผู้เข้าสอบจะต้องแสดงระดับความมั่นใจในการตอบ ซึ่งมี 4 ระดับ แต่คำถามแต่ละข้อให้ตอบได้เพียงคำตอบเดียว

3. แบบมีคำตอบถูกมากกว่าหนึ่ง (A multiple-answer test) แบบทดสอบชนิดนี้จะมีคำตอบถูกอยู่หลายคำตอบ ผู้เข้าสอบจะต้องทำเครื่องหมายทุกข้อที่ถูก

4. แบบมีคำตอบถูกสองคำตอบ (A two-answer test) ผู้เข้าสอบจะเลือกตอบได้เพียงสองคำตอบเท่านั้น

ผลการศึกษาพบว่า การตอบข้อสอบของนักเรียนเก่ง (ซึ่งพิจารณาจากคะแนนการสอบจะแตกต่างกับนักเรียนประเภทปานกลาง และอ่อน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อใช้แบบทดสอบเลือกตอบชนิดตอบเสรี คือ กลุ่มเก่งจะทำเครื่องหมายคำตอบน้อยกว่ากลุ่มอ่อน ทั้งใน ข้อสอบที่มีระดับความยากสูง ปานกลาง และต่ำ ในทางตรงกันข้าม แบบทดสอบชนิดทดสอบความมั่นใจ ไม่ได้จำแนกนักเรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อนได้ดีกว่าวิธีแรก เพราะเมื่อพิจารณาการตอบข้อสอบแล้วพบว่าผู้เข้าสอบตอบข้อสอบที่มีความยากปานกลาง และยากมากด้วยระดับความมั่นใจอย่างเดียวกันเดรสเซลและชมิด ได้สรุปว่าองค์ประกอบของความมั่นใจที่วัดโดยการให้ตอบแบบเสรีนั้น แตกต่างกับที่วัดโดยให้ผู้เข้าสอบบอกระดับความมั่นใจ

คูมบ์ (Coombs, 1953) ได้เสนอวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนโดยให้ผู้เลือกตอบเลือกคำตอบที่ผิดแทนคำตอบที่ถูก ซึ่งคูมบ์ให้ความเห็นว่า การเลือกคำตอบที่ผิด ซึ่งมีอยู่หลายตัวเลือกในข้อสอบข้อหนึ่งๆ นั้น ผู้ตอบต้องใช้ส่วนของความรู้ย่อย (Partial knowledge) มาพิจารณามากกว่าการเลือกคำตอบถูกเพียงคำตอบเดียว เพราะต้องแยกแยะออกว่าผิด เพราะสาเหตุใด ความรู้ที่วัดได้จึงสมบูรณ์กว่า วิธีนี้จึงสามารถวัดส่วนของความรู้ได้ละเอียดกว่าวิธีตอบแบบปกติ และการตรวจให้คะแนนนั้น ถ้านักเรียนทำเครื่องหมายผิดแก่ตัวเลือกที่ผิดจริง ให้คะแนนตัวเลือกละ 1 คะแนน แต่ถ้านักเรียนทำเครื่องหมายผิดแก่ตัวเลือกที่ถูก ตัวเลือกนั้นจะได้คะแนน 1-k (เมื่อ k คือ จำนวนตัวเลือกทั้งหมดในแต่ละข้อ)

เดวิส และฟิฟเฟอร์ (Davis and Fifer, 1959) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความเที่ยงและความตรงของแบบทดสอบวัดความถนัดและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ใช้วิธีกำหนดน้ำหนักของคะแนนแต่ละตัวเลือกไม่เท่ากัน เปรียบเทียบกับวิธีการตรวจให้คะแนนแบบ 0-1 โดยเดวิส และฟิฟเฟอร์คิดว่า การคิดโจทย์คณิตศาสตร์ปัญหานั้น ตัวเลือกแต่ละตัวเลือกมีความยากง่ายไม่เท่ากัน และการใช้สมรรถภาพสมองในการคิดไม่เท่ากัน จึงกำหนดคะแนนของแต่ละตัวเลือกไม่เท่ากัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนการบินที่ Lackland air force base จำนวน 65 คน วิธีตรวจให้คะแนนมี 2 วิธี คือวิธีประเพณีนิยม กับวิธีการให้น้ำหนักคะแนนทุกตัวเลือก โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้กำหนดน้ำหนักคะแนนของตัวเลือกแต่ละตัวเลือก พบว่า

1. การตรวจให้คะแนนโดยกำหนดน้ำหนักของคะแนนแต่ละตัวเลือกไม่เท่ากัน ให้ค่าความเที่ยงสูงกว่าวิธีการตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

2. การตรวจให้คะแนนโดยกำหนดน้ำหนักของคะแนนของแต่ละตัวเลือกไม่เท่ากัน ให้ค่าความตรงสูงกว่าวิธีการตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

อัลเบิร์ต (Albert, 1970) ได้ศึกษาวิธีการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนในวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ จำนวน 25 ปัญหา ศึกษากับนักเรียนเกรด 11 จำนวน 2 กลุ่ม กลุ่มละ 146 คน มีวิธีการตรวจให้คะแนน 2 ลักษณะคือ

1. แบบทดสอบเลือกตอบที่มีตัวเลือกถูกตัวเดียว มีการให้คะแนน 3 วิธีคือ
   1.1 วิธีประเพณีนิยม
   1.2 วิธีกำหนดน้ำหนักตัวเลือก โดยดูจากโอกาสผิดพลาดมากหรือน้อย
   1.3 วิธีกำหนดน้ำหนักตัวเลือก โดยครูเป็นผู้กำหนด
2. แบบขยายคำตอบ เป็นแบบที่มีการแก้ปัญหาหลายขั้นตอน มีวิธีการตรวจให้คะแนน 2 วิธีคือ
   2.1 ให้คะแนนขั้นละ 1 คะแนน ในการตอบที่ถูกต้อง
   2.2 ให้คะแนนขั้นละ 1 คะแนน ถ้านักเรียนเริ่มต้นจากข้อมูลที่ถูกต้องถึงคำตอบที่ถูกต้อง

ผลการศึกษาพบว่า

1. แบบขยายคำตอบสามารถพิสูจน์ความรู้บางส่วนได้
2. แบบขยายคำตอบให้ค่าอำนาจจำแนกสูงกว่าแบบธรรมดา
3. แบบขยายคำตอบให้ค่าความเที่ยงสูงกว่าแบบธรรมดา
4. แบบขยายคำตอบให้ค่าความตรงตามสภาพสูงกว่าแบบธรรมดา และสามารถหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการเดาได้

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า แบบขยายคำตอบ ซึ่งเป็นแบบที่ตรวจสอบความรู้บางส่วนของนักเรียนในการตอบด้วย จะทำให้ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเที่ยงสูงขึ้น เปอร์เซ็นต์การเดาลดลงและยังให้ค่าความตรงตามสภาพสูงด้วย

ฟัฟ และบรัสซา (Pugh and Brunza, 1975) ได้เสนอวิธีการตอบโดยให้กำหนดความมั่นใจในการตอบและน้ำหนักความมั่นใจในการตอบและใช้เป็นส่วนหนึ่งในการคิดคะแนนด้วย นอกจากนี้ ยังได้ศึกษาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนน 2 วิธี คือ วิธีการตอบแบบธรรมดา และวิธีการตอบโดยให้ผู้ตอบบอกระดับความมั่นใจในการตอบข้อสอบนั้นด้วย โดยใช้แบบทดสอบเลือกตอบวัดด้านสติปัญญา (Intelligence scale : I.E.R) จำนวน 48 ข้อ แบ่งเป็น 2 ส่วนๆ ละ 24 ข้อ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยอินเดียนา (Idiana University) จำนวน 84 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 28 คน แต่ละกลุ่มได้รับแบบทดสอบที่ต่างกัน ดังนี้ กลุ่มแรกได้รับแบบทดสอบชุด A ซึ่งมีวิธีการตอบแบบธรรมดาทั้งสองส่วน กลุ่มที่สองได้รับแบบทดสอบชุด B ซึ่งมีวิธีการตอบแบบธรรมดาในส่วนที่หนึ่ง และมีวิธีการตอบโดยบอกความมั่นใจในการตอบในส่วนที่สอง กลุ่มที่สามได้รับแบบทดสอบชุด C ซึ่งมีวิธีการตอบโดยบอกความมั่นใจในการตอบทั้งสองส่วน ผลการศึกษาพบว่า ค่าความเที่ยงของ

แบบทดสอบที่มีวิธีการตอบแบบบอกความมั่นใจในการตอบ สูงกว่าแบบทดสอบที่มีวิธีการตอบแบบธรรมดา คือ .85 และ .57 ตามลำดับ

อาบู ซาอีฟ (Abu – Sayf, 1975) ได้ศึกษาวิธีการตอบที่บอกระดับความมั่นใจกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษา จำนวน 152 คน ให้ตอบแบบทดสอบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก วิชาภาษาอังกฤษ จำนวน 60 ข้อ ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว และบอกระดับความมั่นใจในการตอบด้วยว่า ตอบด้วยความมั่นใจ ไม่ค่อยมั่นใจ หรือเดาตอบแล้วเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ในการตอบถูกหรือผิด ผลการศึกษาปรากฏว่าจากคำตอบทั้งหมดที่นักเรียนบอกว่าตอบด้วยความมั่นใจ 3,491 ข้อ มีนักเรียนตอบผิด 846 ข้อ หรือร้อยละ 24.23 คำตอบที่นักเรียนบอกว่าไม่ค่อยมั่นใจ 2,468 ข้อ มีผิด 1,683 ข้อ หรือ 61.92 เปอร์เซ็นต์ และคำตอบที่นักเรียนบอกว่าตอบโดยการเดา 2,782 ข้อ มีนักเรียนตอบผิด 2,045 ข้อ หรือร้อยละ 73.31 จะเป็นได้ว่าการตอบโดยอาศัยการเดามีโอกาสตอบถูกต้องน้อยมาก การเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบโดยการเดาไม่ได้ช่วยให้นักเรียนได้คะแนนเพิ่มขึ้นมากนัก ถ้านักเรียนไม่มีความรู้ในเรื่องนั้นจริง ดังนั้น แบบทดสอบเลือกตอบก็มิใช่จะช่วยให้การตอบถูกโดยการเดามีมากนัก

เอสเซก (Essex, 1976) ได้ศึกษาวิธีการตรวจให้คะแนน 2 วิธี คือวิธีประเพณีนิยม และวิธีพิจารณาส่วนความรู้ย่อย โดยมีสูตรการให้คะแนนข้อสอบหนึ่งข้อ คือ (จำนวนตัวเลือกถูกทั้งหมดที่นักเรียนเลือกหารด้วยจำนวนตัวเลือกถูกทั้งหมดในข้อนั้นๆ) คูณกับ (จำนวนตัวเลือกผิดทั้งหมดที่นักเรียนเลือกหารด้วยจำนวนตัวเลือกทั้งหมดในข้อนั้นๆ) โดยใช้แบบทดสอบเกี่ยวกับอาการของโรคหัวใจ จำนวน 150 ข้อคำถาม และมีแบบทดสอบวัดเจตคติแบบลิเคิร์ต 5 สเกล วัดความเห็นต่อวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนด้วย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาคณะแพทย์ ชั้นปีที่ 1 ของมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ จำนวน 73 คน ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนของวิธีตรวจแบบพิจารณาส่วนความรู้ย่อย สูงกว่าวิธีการตรวจแบบประเพณีนิยม อย่างมีนัยสำคัญ นักศึกษาชอบวิธีการตรวจแบบพิจารณาส่วนความรู้ย่อยมากกว่า จะเห็นได้ว่าวิธีการตรวจให้คะแนนแบบพิจารณาส่วนความรู้ย่อยนั้นสามารถวัดความรู้ย่อยของผู้ตอบได้ดีกว่าวิธีประเพณีนิยม

จาราดัท และซาเวจด์ (Jaradat and Sawaged, 1986) ได้เปรียบเทียบวิธีการให้คะแนน 3 วิธี คือวิธี 0-1 วิธีใช้สูตรแก้การเดา และวิธีของกิบบอนส์และคณะที่เรียกว่า เทคนิคการเลือกกลุ่มย่อย โดยศึกษาค่าความเที่ยง และความตรงของแบบทดสอบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับ 9 ของโรงเรียนในประเทศจอร์แดน จำนวน 160 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบวิชาเคมี เรื่องทฤษฎีอะตอม และปฏิกริยาเคมี แบบทดสอบที่สร้างขึ้นได้มีการปรึกษาและทำงานร่วมกันระหว่างผู้เชี่ยวชาญทางเนื้อหาและนักวัดผล จำนวน 6 ท่าน มีคุณภาพรายข้อตามเกณฑ์ที่กำหนด ผลการศึกษาพบว่าความเที่ยงของแบบทดสอบที่ตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูงกว่าวิธีการให้

คะแนนของกิบบอนส์และคณะอย่างมีนัยสำคัญ แต่สูงกว่าวิธีการให้คะแนนแบบแก้การเดาอย่างไม่มีนัยสำคัญในด้านความตรงของแบบทดสอบวิธีการตรวจให้คะแนนของกิบบอนส์และคณะสูงกว่าวิธีการตรวจให้คะแนนแบบ 0-1 และแก้การเดาอย่างมีนัยสำคัญ

ฟูจู ไต และฮอย เค ซุน (Fu-Ju Tsai and Hoi K.Suen, 1993) ได้ศึกษาค่าความเที่ยง ค่าความยากอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดหลายตัวเลือกที่มีวิะการตรวจให้คะแนนต่างกัน 6 วิธีคือ วิธีตรวจแบบประเพณีนิยม วิธีให้น้ำหนักคะแนนตัวเลือกละ 1 คะแนนทุกตัวเลือก วิธี Count 2 วิธี Count 3 วิธีแก้การเดา และวิธีเพิ่มคะแนนตัวเลือกที่เว้นไว้โดยใช้แบบทดสอบถูกผิดหลายตัวเลือก วิชาสถิติเบื้องต้นที่มีจำนวนตัวเลือก 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 199 คน โดยกระดาษคำตอบของนักศึกษาแต่ละคนจะได้รับการตรวจทั้ง 6 วิธี ผลการศึกษาปรากฏว่าเมื่อตรวจวิธีประเพณีนิยม มีค่าความยากสูงสุด คือ 0.72 และแบบทดสอบที่ได้รับการตรวจด้วยวิธีต่างๆทั้ง 6 วิธี มีค่าความยากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นวิธีตรวจแบบให้น้ำหนักคะแนนตัวเลือกละ 1 คะแนน วิธีแก้การเดา และวิธีเพิ่มคะแนนตัวเลือกที่เว้นไว้ ส่วนค่าความเที่ยงและค่าอำนาจจำแนกเมื่อตรวจด้วยวิธีทั้ง 6 วิธี แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผู้วิจัยได้แนะนำว่าจะเลือกใช้วิธีการตรวจให้คะแนนแบบใดขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ หรือเป้าหมายของการสอบ เช่นจะเป็นแบบอิงกลุ่ม เพราะถ้าเป็นการวัดแบบ อิงกลุ่มแล้ว การตรวจให้คะแนนแบบใดคงไม่ให้ผลที่แตกต่างกันมากนัก แต่ถ้าแบบอิงเกณฑ์แล้ว ค่าความยากก็ต้องนำมาพิจารณาด้วย เพราะจะต้องอาศัยเกณฑ์ขั้นต่ำในการตัดสินการผ่านของ ผู้เรียน จึงต้องพิจารณาวิธีการตรวจให้คะแนนด้วย

กาญจนา ศิริวัฒนพงษ์ (2520) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบทดสอบปรนัยเลือกตอบ ที่มีลักษณะต่างกัน คือ แบบทดสอบที่มีตัวเลือกถูกตัวเดียวแบบตัวเลือกถูกที่สุดเพียงตัวเดียว และแบบตัวเลือกถูกหลายตัว โดยใช้วิธีการตรวจให้คะแนนต่างกัน 3 วิธี คือวิธีประเพณีนิยม วิธีของคูมบ์ส วิธีของอนันต์ โดยแบบทดสอบที่ใช้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนในจังหวัดปทุมธานี จำนวน 810 คน ผลการศึกษาพบว่า

1. เมื่อตอบและตรวจด้วยวิธีประเพณีนิยม และวิธีของคูมบ์ ค่าความเที่ยง ค่าความตรงและค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบทั้งสามลักษณะไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อตอบและตรวจด้วยวิธีของอนันต์ ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบที่มีตัวเลือกถูกตัวเดียว สูงกว่าแบบที่มีตัวเลือกถูกที่สุดเพียงตัวเดียว และตัวเลือกถูกหลายตัว ส่วนค่าความตรงและค่าอำนาจจำแนกไม่แตกต่างกัน

2. แบบทดสอบเลือกตอบที่มีตัวเลือกถูกตัวเดียวและตัวเลือกถูกที่สุดเพียงตัวเดียว เมื่อตอบและตรวจให้คะแนนโดยวิธีของอนันต์ให้ค่าความเที่ยงและค่าความตรงสูงกว่าวิธีตอบและตรวจของบูมบ์ แต่ค่าความตรงและค่าอำนาจจำแนกไม่แตกต่างกัน ส่วนแบบทดสอบแบบปรนัย

ชนิดเลือกตอบที่มีตัวเลือกถูกหลายตัว เมื่อตอบและตรวจให้คะแนนด้วยวิธีทั้งสาม คุณภาพไม่แตกต่างกัน

3. เมื่อตอบและตรวจให้คะแนนทั้ง 3 วิธี แบบสอบปรนัยเลือกตอบที่มีตัวเลือกถูกตัวเดียว และตัวเลือกถูกหลายตัว มีการเดาน้อยกว่าตัวเลือกถูกที่สุดเพียงตัวเดียว ส่วนแบบสอบที่มีตัวเลือกถูกตัวเดียว การเดาจะน้อยกว่าแบบที่มีตัวเลือกถูกหลายตัว เมื่อตอบและตรวจให้คะแนนโดยวิธีของอนันต์ แต่ไม่พบว่าแตกต่างกันเมื่อตอบและตรวจด้วยวิธีประเพณีนิยม และวิธีของคูมบ์

4. แบบทดสอบปรนัยเลือกตอบทั้ง 3 ลักษณะเมื่อตอบและตรวจให้คะแนนด้วยวิธีของอนันต์ มีการเดาน้อยกว่าเมื่อตอบและตรวจให้คะแนนด้วยวิธีประเพณีนิยม และวิธีของคูมบ์ ส่วนแบบทดสอบปรนัยเลือกตอบที่มีตัวเลือกถูกตัวเดียว และตัวเลือกถูกหลายตัวนั้น วิธีประเพณีนิยม มีการเดาน้อยกว่าวิธีของคูมบ์ แต่ไม่พบความแตกต่างในแบบทดสอบปรนัยเลือกตอบ ที่มีตัวเลือกถูกที่สุดเพียงตัวเดียว

สำราญ มีแจ้ง (2525) ได้ทำการศึกษาผลของคำสั่ง และการให้คะแนนที่ต่างกันต่อค่าความเที่ยง ความตรงและค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบเลือกตอบ เพื่อศึกษาคำสั่งและการให้คะแนนที่ต่างกัน 4 วิธีคือ วิธีประเพณีนิยม วิธีของคูมบ์ วิธีของอนันต์ และวิธีของสำราญ ว่ามีผลต่อค่าความเที่ยง ความตรง และค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบเลือกตอบที่มีตัวเลือกถูกตัวเดียวหรือไม่ สำราญ มีแจ้ง ได้กำหนดวิธีการตอบและตรวจให้คะแนน 4 กรณี คือ

1. ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมายตรงกับตัวเลือกที่ถูกที่สุดเพียงตัวเดียวแล้วถูกต้อง จะได้ 4 คะแนน

2. ถ้าผู้สอบไม่มั่นใจในการตอบและทำเครื่องหมาย 2 ตัวเลือก และมีตัวเลือกถูกอยู่ด้วยจะได้ 2 คะแนน ถ้าไม่มีตัวเลือกถูกปนอยู่ด้วยจะได้ 0 คะแนน

3. ถ้าผู้สอบไม่มั่นใจในการตอบ และทำเครื่องหมาย 3 ตัวเลือก ถ้ามีตัวเลือกถูกอยู่ด้วยจะได้ 1 คะแนน ถ้าไม่มีตัวเลือกถูกปนอยู่ด้วยจะได้ 0 คะแนน

4. ถ้าผู้ตอบเว้นว่างหรือทำเครื่องหมาย ทั้ง 4 ตัวเลือก จะได้ 0 คะแนน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี และโรงเรียนวัดน้อยใน ซึ่งเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ค011) ปีการศึกษา 2524 จำนวน 240 คน ผลการวิจัยพบว่า

1) วิธีของคูมบ์กับวิธีของอนันต์ และวิธีของอนันต์กับวิธีของสำราญ พบว่าค่าความเที่ยงไม่มีความแตกต่างกัน

2) ค่าความตรงของแบบสอบที่ใช้คำสั่ง และการให้คะแนนตามวิธีของสำราญ และวิธีของอนันต์ มีความแตกต่างกับวิธีประเพณีนิยม ส่วนวิธีประเพณีนิยม กับวิธีของคูมบ์ วิธีของคูมบ์กับวิธีของอนันต์ และวิธีของอนันต์กับวิธีของสำราญ พบว่าความตรงไม่แตกต่างกัน

3) คำสั่งและการให้คะแนนทั้ง 4 วิธี ไม่ทำให้ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแตกต่างกัน

ทวี ทองคำ (2526) ศึกษาเปรียบเทียบคำสั่งและวิธีการตรวจให้คะแนนต่างกัน 3 วิธี คือ วิธีประเพณีนิยม วิธีของสำราญ วิธีของกิบบอนส์และคณะ ที่มีต่อค่าความเที่ยง ความตรง ค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ วิชาคณิตศาสตร์ พานิชยกรรม 2 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ของวิทยาลัยเทคนิคยะลา 180 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มได้รับการสอบโดยแบบสอบที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแต่ละวิธี ผลการศึกษาพบว่า

1. ค่าความเที่ยงของแบบสอบเมื่อตรวจให้คะแนนด้วยวิธีต่างกัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยวิธีการตรวจแบบสำราญแสดงแนวโน้มว่าค่าความเที่ยงสูงสุด วิธีของกิบบอนส์ มีค่าความเที่ยงต่ำสุด

2. ค่าความตรงตามสภาพของแบบสอบ โดยใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์พานิชยกรรม 1 เป็นเกณฑ์ พบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อตรวจให้คะแนนแตกต่างกันทั้ง 3 วิธี โดยแบบสอบที่ใช้คำสั่งและวิธีการตรวจให้คะแนนของกิบบอนส์ ให้ค่าความตรงตามสภาพสูงสุด

3. ค่าความตรงตามสภาพ เมื่อให้ครูผู้สอนเป็นผู้จัดกลุ่มความสามารถเป็น 3 กลุ่ม พบว่า วิธีการให้คะแนนทั้ง 3 วิธีมีค่าความตรงตามสภาพทั้ง 3 วิธีที่ระดับนัยสำคัญ .05 แบบสอบที่ตรวจด้วยวิธีของสำราญ วิธีของกิบบอนส์ และคณะสามารถจำแนกนักเรียนระหว่างกลุ่มได้ทุกกลุ่ม

4. ค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบ เมื่อใช้คำสั่งและวิธีการตรวจให้คะแนนต่างกัน 3 วิธี แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5. ค่าความสัมพันธ์ของคะแนน พบว่า วิธีการให้คะแนนด้วยวิธีต่างๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 2 แบบทดสอบ

พรทิพย์ ไชยโส (2533) ได้พัฒนาสูตรการให้คะแนนสำหรับแบบสอบเลือกตอบโดยการพิจารณาให้คะแนนความรู้บางส่วนแก่ผู้ตอบ โดยได้พัฒนาสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และทำการเปรียบเทียบกับสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม สูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ และสูตรการให้คะแนนแบบแฮมดาน โดยเปรียบเทียบคุณภาพด้านความตรงเชิงทฤษฎี ความตรงตามเกณฑ์ และความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบเลือกตอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2532 จำนวน 726 คน ผลการศึกษาพบว่า สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีความตรงเชิงทฤษฎีต่ำกว่าสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดาน แต่มีความตรงตาม

เกณฑ์ไม่แตกต่างกัน และมีความเที่ยงสูงกว่า สูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีความตรงเชิงทฤษฎีต่ำกว่าสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม แต่มีความตรงตามเกณฑ์ไม่แตกต่างกัน และสูตรการให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของแฮมดานมีความตรงเชิงทฤษฎี ความตรงตามเกณฑ์และความเที่ยงไม่แตกต่างจากสูตรการให้คะแนนของแฮมดาน และสูตรการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม แต่มีความตรงเชิงทฤษฎีสูงกว่าการให้คะแนนของอาร์โนลด์ และมีความเที่ยงต่ำกว่าสูตรการให้คะแนนของ อาร์โนลด์

จากการที่ได้ศึกษาถึงมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ และได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ ทั้งของไทยและต่างประเทศพบว่า ได้มีการศึกษาและพัฒนาวิธีการตอบและการให้คะแนนความรู้บางส่วนแก่ผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ หลากหลายวิธีด้วยกัน วิธีที่ใช้กันมากได้แก่ วิธีการตัดตัวลวง และวิธีเลือกชุดย่อยของคำตอบ และได้มีการศึกษาถึงคุณภาพของวิธีการตอบและการให้คะแนน ในแต่ละวิธีเปรียบเทียบกัน ซึ่งพบว่าแต่ละวิธีก็มีจุดเด่นและจุดด้อยอยู่ในตัว เช่น วิธีของคูมบ์ วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีของเดรสเซลและชมิด ให้สารสนเทศเกี่ยวกับผู้สอบได้มาก แต่ก็มีความยุ่งยากในการนำไปปฏิบัติจริง และยังกำหนดข้อตกลงที่ไม่สอดคล้องกับหลักการทางจิตวิทยา เช่น การกำหนดคะแนนลงโทษแก่ผู้ที่ตอบผิดโดยให้คะแนนติดลบ นอกจากนี้การวิเคราะห์ถึง คุณภาพของวิธีการตอบและการให้คะแนนความรู้บางส่วนยังวิเคราะห์ในแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ซึ่งทำให้ค่าความเที่ยง ความตรง ที่ได้แปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งจะพบว่าในการศึกษาเรื่องเดียวกันโดยศึกษากับกลุ่มตัวอย่างคนละกลุ่ม ผลที่ได้จากการศึกษาจะไม่เหมือนกัน ฉะนั้นจึงยังไม่พบวิธีการตอบและการให้คะแนนความรู้บางส่วนแก่ผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ วิธีใดที่มีลักษณะโดดเด่นและมีความเหมาะสม ในการนำไปปฏิบัติได้จริง ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมจุดเด่นและจุดด้อย ของวิธีการตอบและการให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีของ เดรสเซลและชมิด นำมาพัฒนาวิธีการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ ทั้งนี้เพราะวิธีดังกล่าวให้สารสนเทศเกี่ยวกับผู้สอบได้มาก ถ้าลดความยุ่งยากในการปฏิบัติลง จะทำให้มี คุณภาพและเหมาะสมในการนำไปปฏิบัติได้จริง โดยใช้แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบที่ได้นำเสนอมาทั้งหมดเป็นแนวทางในการพัฒนา

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

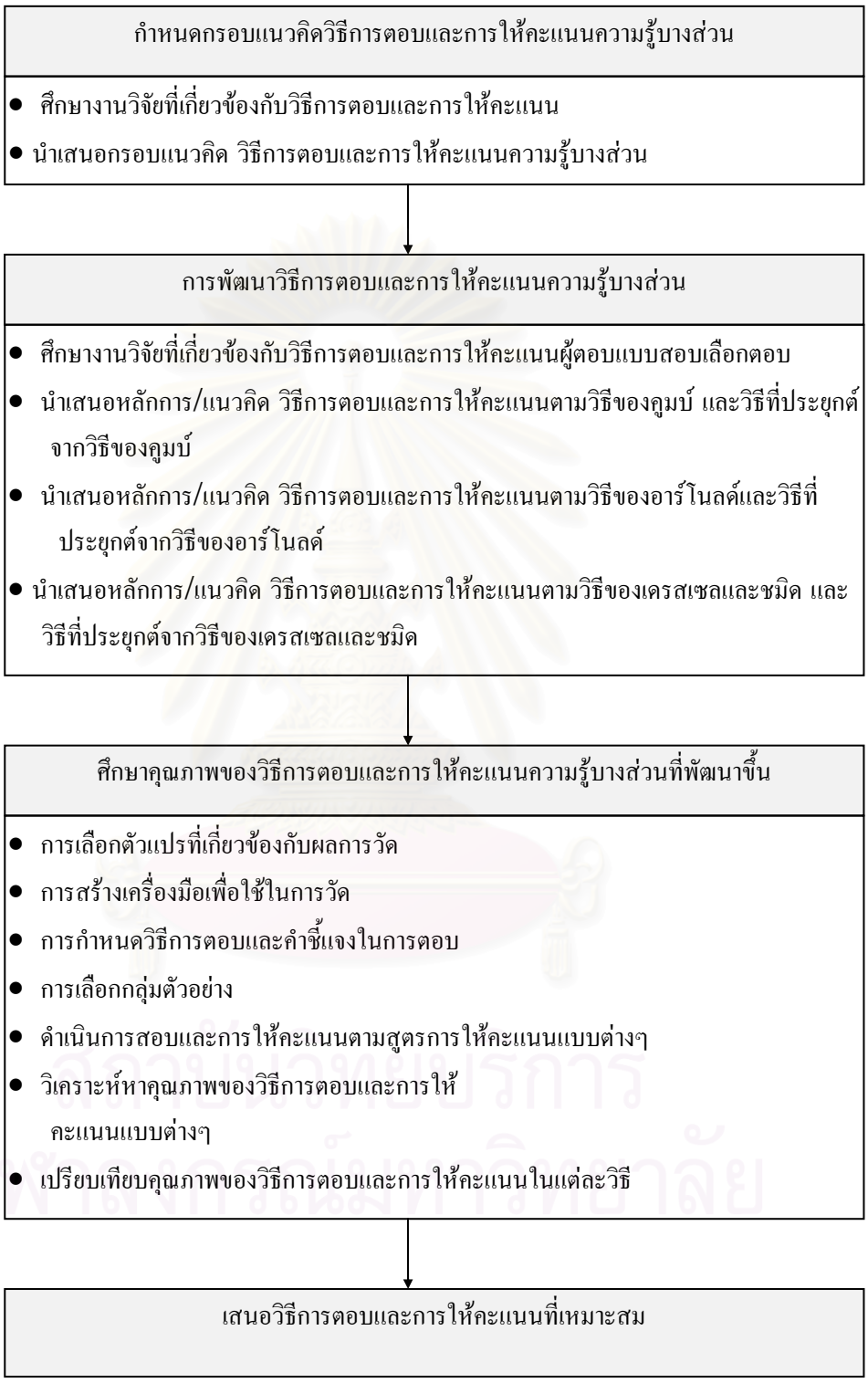
การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาวิธีการวัดความรู้บางส่วนในแบบสอบเลือกตอบ โดยพัฒนาวิธีการตอบและการให้คะแนน ซึ่งมีขั้นตอนในการวิจัยดังนี้

1. การกำหนดกรอบแนวคิดวิธีการตอบและการให้คะแนน
2. การกำหนดวิธีการให้คะแนนรายข้อโดยพัฒนามาจากวิธีการให้คะแนนของคูมบ์ ของอาร์โนลด์ และของเดรสเซล และชมิด
3. ศึกษาคุณภาพของวิธีการตอบและการให้คะแนนแบบต่างๆ โดยการหาค่าความเที่ยง ความตรง ค่าฟังก์ชันสารสนเทศ และอัตราส่วนสารสนเทศเฉลี่ยของผลการวัดจากวิธีการตอบและการให้คะแนน ตามวิธีการที่พัฒนาขึ้น วิธีของคูมบ์ วิธีของอาร์โนลด์ วิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม โดยดำเนินการดังนี้
   - 3.1 การเลือกตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับผลการวัด
   - 3.2 การสร้างเครื่องมือ เพื่อใช้ในการวัด
   - 3.3 การกำหนดวิธีการตอบและคำชี้แจงในการตอบ
   - 3.4 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
   - 3.5 ดำเนินการสอบและการให้คะแนนตามวิธีการให้คะแนนแบบต่างๆ ที่พัฒนาขึ้น ตามวิธีของคูมบ์ วิธีของอาร์โนลด์ วิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม
   - 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล
     - 3.6.1 วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนการตอบแบบสอบที่มีวิธีการและการให้คะแนนในแต่ละวิธี
     - 3.6.2 วิเคราะห์ค่าความตรงเชิงทฤษฎีของวิธีการตอบและการให้คะแนนแบบต่างๆ
     - 3.6.3 วิเคราะห์ค่าความตรงตามเกณฑ์ของวิธีการตอบและการให้คะแนนแบบต่างๆ
     - 3.6.4 วิเคราะห์ค่าความเที่ยงของวิธีการตอบและการให้คะแนนแบบต่างๆ
     - 3.6.5 วิเคราะห์ค่าสารสนเทศของแบบสอบและประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบ ที่มีวิธีการตอบและการให้คะแนน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. เสนอวิธีการตอบและการให้คะแนนที่เหมาะสม

การดำเนินงานวิจัย พอจะสรุปได้ดังแผนผังที่ 1



แผนผังที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

รายละเอียดของการดำเนินงานแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

1. การกำหนดกรอบแนวคิดวิธีการตอบและการให้คะแนนความรู้บางส่วน

1.1 วิธีการตอบและการให้คะแนนที่พัฒนาขึ้นสามารถประมาณค่าระดับความสามารถที่มุ่งวัดของผู้สอบได้แม่นยำ ลดความคลาดเคลื่อนจากแหล่งต่างๆ ของการวัด วิธีการตอบและการให้คะแนน จะใช้กับแบบสอบเลือกตอบที่ให้ผู้ตอบมีเวลาในการตอบข้อสอบทุกข้อ (power test)

1.2 วิธีการตอบและการให้คะแนนที่พัฒนาขึ้น ได้พิจารณาและวิเคราะห์ถึงวิธีการตอบและการให้คะแนนที่นักวัดผลทางการศึกษาได้เคยนำเสนอและเป็นวิธีการที่มีข้อจำกัดน้อย สามารถนำมาปฏิบัติได้จริง ซึ่งผู้วิจัยได้นำวิธีการดังกล่าวมาพัฒนาโดยพิจารณาถึงจุดอ่อนของแต่ละวิธีและนำมาปรับปรุงเพื่อให้มีประสิทธิภาพขึ้น สามารถให้สารสนเทศของผู้สอบได้มากขึ้น

1.3 วิธีการตอบและการให้คะแนนที่พัฒนาขึ้นจะพิจารณาถึงความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ ในกรณีที่ผู้สอบไม่รู้คำตอบที่ถูกต้อง แต่สามารถตัดตัวเลือกที่เป็นตัวลวงออกได้ถูกต้องจะถือว่าเป็นผู้มีความรู้บางส่วน และคะแนนรายข้อที่ได้ก็จะแสดงถึงระดับความรู้ของ ผู้สอบว่าเป็นผู้มีความรู้เต็ม (full knowledge) มีความรู้บางส่วน (partial knowledge) และ ไม่มีความรู้ (absence knowledge)

2. การพัฒนาวิธีการตอบและการให้คะแนน

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการตอบและการให้คะแนนผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ พบว่า การเปลี่ยนแปลงวิธีการตอบสนองข้อสอบ (Changing the Response Method) เป็นวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการใช้แบบสอบเลือกตอบวิธีหนึ่ง ซึ่งนักวัดผลทางการศึกษาทั้งของประเทศไทยและต่างประเทศ ได้เสนอแนวคิดไว้หลายวิธีการ แต่วิธีการที่จะนำมาพัฒนาในการวิจัยครั้งนี้ คือวิธีการให้คะแนนจากการตัดตัวลวง (Elimination Scoring) ซึ่งเป็นวิธีการที่มีความสะดวกในการใช้ สามารถที่จะพัฒนาระบบการตอบข้อสอบและการให้คะแนนได้อย่างยุติธรรมและสามารถนำไปตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงและความตรงของผลการวัดที่ให้คะแนนตามวิธีการนี้ได้ ซึ่งจากการทบทวนงานวิจัยการให้คะแนนตามวิธีการนี้พบว่า มีวิธีการที่มีความสะดวกในการนำไปปฏิบัติจริง และมีข้อจำกัดน้อยที่สามารถนำไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพและมีความ ยุติธรรมต่อผู้สอบมาก ซึ่งมีด้วยกันหลายวิธีแต่วิธีที่จะนำมาพัฒนาในการศึกษาครั้งนี้จะนำวิธีการของคูมบ์ วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีเดรสเซสและซมิด ซึ่งมีข้อจำกัดน้อยและสามารถนำมาพัฒนาได้ ซึ่งจะนำเสนอหลักการ/แนวคิด วิธีการตอบ และการให้คะแนนแบบต่างๆ ดังนี้

2.1 วิธีของคูมบ์ (Coombs Approach))

หลักการ/แนวคิด

คูมบ์ได้เสนอวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนน โดยให้ผู้ตอบตัดตัวเลือกที่เป็น คำตอบที่ผิดออกไปให้ได้มากที่สุด โดยจะให้คะแนน 1 คะแนนเมื่อตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ผิดออกไปได้ 1 ตัว ซึ่งตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ผิดจะมีทั้งหมด k-1 ตัว เมื่อ k คือจำนวนตัวเลือกในข้อสอบ ดังนั้นคะแนนสูงสุดจะได้ k-1 คะแนน แต่ถ้ากรณีผู้ตอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกออกไป เขาจะถูกหักคะแนน -(k-1) คะแนน ดังนั้นช่วงคะแนนของคูมบ์ จึงอยู่ในช่วง -(k-1) คะแนน ถึง k-1 คะแนน เมื่อ k จำนวนตัวเลือกทั้งหมดในแบบสอบเลือกตอบ ความไม่สมบูรณ์ของวิธีการให้คะแนนของคูมบ์ คือการลงโทษผู้ตอบที่ตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกออกไป โดยให้คะแนนติดลบ ซึ่งทำให้สารสนเทศที่ได้จากคะแนนในการตอบแบบสอบของผู้สอบ ไม่สามารถที่บอกถึงขั้นความรู้ของผู้ที่ตอบผิดได้ชัดเจน คือคะแนนที่ได้ติดลบ ซึ่งตามหลักความจริงแล้ว ผู้ที่ไม่มีความรู้คือตอบผิดน่าจะได้คะแนน 0 ซึ่งจะเป็นตัวแทนในการบอกถึงระดับความรู้ของผู้สอบได้ชัดเจนกว่า คะแนนที่ติดลบและนอกจากนี้คะแนนที่ติดลบ เมื่อนำไปรวมกับคะแนนในข้ออื่นแล้วยังมีผลกระทบต่อการแสดงสารสนเทศของคะแนนสอบของผู้สอบด้วย ความไม่ยุติธรรมอีกประการหนึ่งก็คือ เมื่อผู้สอบเลือกตอบหลายตัวเลือกและมีตัวเลือกถูกรวมอยู่ด้วยกลับได้คะแนนติดลบน้อยกว่า ผู้สอบที่เลือกจำนวนตัวเลือกน้อยกว่า และมีตัวเลือกถูกรวมอยู่ด้วย ซึ่งไม่เป็นการยุติธรรมเพราะผู้ที่เลือกจำนวนตัวเลือกมาก ย่อมมีโอกาสได้คะแนนมากถ้าตัวเลือกที่เขาเลือกทั้งหมดเป็น คำตอบที่ผิด ดังนั้นเมื่อตัวเลือกที่เขาเลือกมีคำตอบถูกรวมอยู่ด้วย คะแนนที่ได้จึงควรมีค่าติดลบมากกว่าผู้ที่เลือกจำนวนตัวเลือกน้อยกว่าและมีคำตอบถูกรวมอยู่ด้วย

วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนน

วิธีการตอบ ให้ผู้สอบทำเครื่องหมาย × ตรงตัวเลือกที่เห็นว่าผิดทุกตัวเลือก ถ้าไม่แน่ใจให้เว้นข้ามไป ไม่ต้องทำ ดังแสดงตามตัวอย่างต่อไปนี้

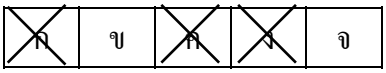
ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

ถ้าตัวเลือก ก ค ง และ จ เป็นตัวเลือกผิด ส่วนตัวเลือก ข เป็นตัวเลือกที่ถูก

วิธีการให้คะแนน ข้อ (0) นี้ เมื่อผู้สอบได้ทำเครื่องหมาย × ตรงตัวเลือก ก ค ง และ จ ซึ่งเป็นตัวเลือกผิด ผู้สอบจะได้คะแนน 4 คะแนน ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก ค และ ง ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)



ผู้สอบจะได้ 3 คะแนน

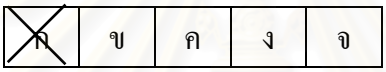
ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก และ ค ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

ผู้สอบจะได้ 2 คะแนน

ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก ดังตัวอย่าง

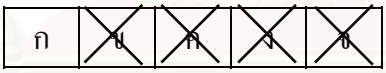
ข้อ (0)



ผู้สอบจะได้ 1 คะแนน

คือนับตามจำนวนตัวเลือกผิดที่ทำเครื่องหมาย × ได้ถูกต้องแต่ถ้าเปลี่ยนจากการทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก เป็นทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือกถูก ข ดังตัวอย่าง

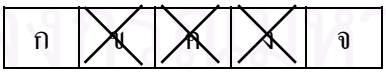
ข้อ (0)



คะแนนที่ได้จะเท่ากับ C - (k-1) เมื่อ C คือจำนวนตัวเลือกผิดที่ผู้สอบได้ทำเครื่องหมาย × ได้ถูกต้อง ซึ่งในข้อ (0) นี้ คะแนนที่ได้จะเท่ากับ +3 -4 ซึ่งเท่ากับ -1 คะแนน

ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ข ค และ ง ดังตัวอย่าง

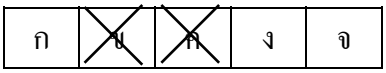
ข้อ (0)



คะแนนที่ได้เท่ากับ 2 - 4 = -2 คะแนน

ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ข และ ค ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)



คะแนนที่ได้เท่ากับ 1 - 4 = -3 คะแนน

ตารางที่ 3 แสดงการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนในการตอบแบบสอบเลือกตอบตามวิธีของคูมบ์

จำนวนตัวเลือกในข้อสอบ	จำนวนตัวเลือกผิดที่ผู้สอบทำเครื่องหมาย × ได้ถูกต้อง					จำนวนตัวเลือกผิดที่ผู้สอบทำเครื่องหมาย × และมีตัวเลือกถูกรวมอยู่ด้วย				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
	คะแนนที่ได้					คะแนนที่ได้				
3	-	-	-	2	1	-	-	0	-1	-2
4	-	-	3	2	1	-	0	-1	-2	-3
5	-	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4

จากตารางที่ 3 กรณีข้อสอบมี 3 ตัวเลือก ช่วงคะแนนรายข้ออยู่ระหว่าง -2 ถึง 2 คะแนน กรณีข้อสอบ 4 ตัวเลือก ช่วงคะแนนรายข้ออยู่ระหว่าง -3 ถึง 3 คะแนน และกรณีข้อสอบ 5 ตัวเลือก ช่วงคะแนนรายข้ออยู่ระหว่าง -4 ถึง 4 คะแนน

2.2 วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (Modiified Coombs Approach)

หลักการ/แนวคิด

1. หลีกเลี่ยงการให้คะแนนลงโทษแก่ผู้สอบ ในกรณีที่ผู้สอบไม่มีความรู้หรือมีความรู้ผิด (misinformation) โดยที่ผู้สอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกออกไป ถึงแม้ผู้สอบจะตัดตัวเลือกผิดออกไปได้บ้าง ซึ่งจะถือว่าตัวเลือกผิดที่เขาตัดออกไป ตัดออกไปโดยไม่มีความรู้บางส่วนที่แท้จริง คะแนนที่ได้ในกรณีนี้จึงควรเป็น 0 คะแนน

2. เพื่อแก้ปัญหาคะแนนที่ได้ในแต่ละข้อ ไม่ให้ไปมีผลกระทบต่อคะแนนในข้ออื่น หรือเกิดการชดเชยคะแนนกัน ในกรณีที่ข้อสอบทั้งฉบับไม่ได้มีความเป็นเอกพันธ์ ดังนั้นการให้คะแนนมีค่าติดลบตามวิธีของคูมบ์ จึงมีผลต่อคะแนนในข้ออื่น เมื่อนำไปหาคะแนนรวม จะเกิดการชดเชยกัน

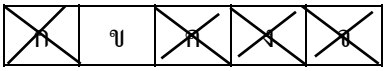
3. เพื่อให้เกิดความยุติธรรมแก่ผู้สอบที่มีความรู้เต็ม (full knowledge) โดยสามารถตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบผิดออกไปได้ทุกตัว ซึ่งจะได้คะแนนสูงสุดในข้อนั้น หรือผู้ที่มีความรู้บางส่วนที่แท้จริง (partial knowledge) ซึ่งสามารถตัดตัวเลือกผิดออกไปได้บ้าง จะได้คะแนนตามจำนวนตัวเลือกที่เป็นคำตอบผิดที่ตัดออกไปได้จะเป็นตัวบอกถึงระดับความรู้ที่เขามีอยู่อย่างแท้จริง

4. เพื่อแก้ปัญหาการให้คะแนนติดลบ ที่ไม่เสมอภาคกันระหว่างผู้สอบที่ตัดจำนวนตัวเลือกออกไม่เท่ากัน โดยที่ตัดตัวเลือกออกมากแล้วตัดตัวเลือกถูกออกไปด้วย น่าจะได้คะแนนติดลบมาก

วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนน

วิธีการตอบทำเช่นเดียวกับวิธีของคูมบ์ คือให้ผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ตรงตัวเลือกที่เห็นว่าผิดทุกตัวเลือก ถ้าไม่แน่ใจให้เว้นข้ามไป ไม่ต้องทำ ดังแสดงตามตัวอย่างต่อไปนี้

ข้อ (0)



ถ้าตัวเลือก ก ค ง และ จ เป็นตัวเลือกผิด ส่วนตัวเลือก ข เป็นตัวเลือกที่ถูก

$$X = \frac{1}{2}[n + (n)c]$$

เมื่อ X คือ คะแนนที่ผู้สอบจะได้จากการตอบข้อสอบข้อหนึ่ง

n คือ จำนวนตัวเลือกที่ผู้สอบเลือกในการตอบ ข้อสอบแต่ละข้อ

c คือ ค่ากำหนดเงื่อนไข มี 2 ค่า คือ

c = 1 เมื่อผู้ตอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบผิดออกได้ถูกต้อง

c = -1 เมื่อผู้ตอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกออกไป

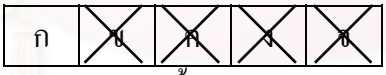
จากตัวอย่างข้อ (0) เมื่อแทนค่าในสูตรจะได้ดังนี้

$$X = \frac{1}{2}[4 + 4(1)]$$

ซึ่งจะได้คะแนนเท่ากับ 4 คะแนน

แต่ถ้าผู้ตอบเปลี่ยนจากการทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก เป็นทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ข ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)



แทนค่าในสูตร จะได้ดังนี้

$$X = \frac{1}{2}[4 + 4(-1)]$$

ซึ่งจะได้คะแนนเท่ากับ 0 คะแนน

ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก ค และ ง ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

แทนค่าในสูตรได้ดังนี้

$$X = \frac{1}{2}[3 + 3(1)]$$

จะได้คะแนน 3 คะแนน

ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก และ ง ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

แทนค่าในสูตรได้ดังนี้

$$X = \frac{1}{2}[2 + 2(1)]$$

จะได้คะแนน 2 คะแนน

ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

แทนค่าในสูตรได้ดังนี้

$$X = \frac{1}{2}[1 + 1(1)]$$

จะได้คะแนน 1 คะแนน

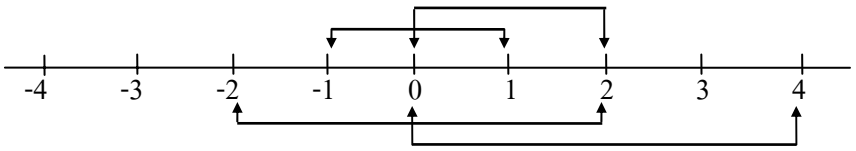
ตารางที่ 4 แสดงการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนในการตอบแบบสอบเลือกตอบตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์

จำนวนตัวเลือกในข้อสอบ	จำนวนตัวเลือกผิดที่ผู้สอบทำเครื่องหมาย × ได้ถูกต้อง					จำนวนตัวเลือกผิดที่ผู้สอบทำเครื่องหมาย × และมีตัวเลือกถูกรวมอยู่ด้วย				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
	คะแนนที่ได้					คะแนนที่ได้				
3	-	-	-	2	1	-	-	0	0	0
4	-	-	3	2	1	-	0	0	0	0
5	-	4	3	2	1	0	0	0	0	0

จากตารางที่ 4 กรณีข้อสอบมี 3 ตัวเลือกช่วงคะแนนรายข้อจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 2 คะแนน กรณีข้อสอบมี 4 ตัวเลือก ช่วงคะแนนรายข้อจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 3 คะแนน และกรณีข้อสอบมี 5 ตัวเลือก ช่วงคะแนนรายข้อจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 4 คะแนน

สำหรับสูตรการให้คะแนนที่พัฒนาขึ้นมา ได้ใช้แนวคิดการปรับสเกลของคะแนนเพื่อไม่ให้มีค่าติดลบ และให้เกิดความยุติธรรมสำหรับผู้สอบที่เลือกจำนวนตัวเลือกในการตอบในแต่ละ

ข้อไม่เท่ากัน ซึ่งมีผลต่อความน่าจะเป็นในการได้คะแนนมากน้อยต่างกัน ซึ่งจะพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงช่วงของสเกลการให้คะแนนดังนี้



ช่วงการเปลี่ยนคะแนนจาก 1 ไป -1 จะเท่าช่วงการเปลี่ยนคะแนนจาก 0 ไป 2 ดังนั้นเมื่อเราให้คะแนนจากการตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ผิดได้ 1 ตัว จึงเพิ่มคะแนนให้ 2 ช่วง เพราะเมื่อตอบผิดจะได้ลดกลับมาเป็น 0 โดยไม่ต้องให้ค่าติดลบ ซึ่งไม่สามารถบอกระดับความรู้ของผู้ตอบได้

2.2 วิธีของเดรสเซลและชมิด (Dressel and Schmidt Approach)

หลักการ/แนวคิด

เดรสเซลและชมิด ได้เสนอวิธีการตอบแบบสอบเลือกตอบโดยให้ผู้สอบเลือกตอบอย่างเสรี โดยแต่ละข้อผู้สอบจะเลือกตอบกี่ตัวเลือกก็ได้ ที่เขาเห็นว่าน่าจะเป็นตัวเลือกที่ถูก การให้คะแนนจะขึ้นอยู่กับจำนวนตัวเลือกที่ผู้สอบเลือก ซึ่งคะแนนจะแปรผกผันกับจำนวนตัวเลือกที่เลือกตอบ ถ้าจำนวนตัวเลือกที่เลือกตอบน้อยและมีตัวเลือกถูกรวมอยู่ด้วย ก็จะได้คะแนนมาก แต่ถ้ากรณีที่ตัวเลือกที่ผู้สอบเลือกตอบนั้นไม่มีคำตอบที่ถูกรวมอยู่ด้วย ผู้สอบก็จะได้คะแนนในข้อนั้นมีค่าติดลบ เท่ากับจำนวนตัวเลือกที่เลือกตอบ

ความไม่สมบูรณ์ของวิธีการให้คะแนนของเดรสเซลและชมิด เมื่อพิจารณาถึงวิธีการให้คะแนนในลักษณะนี้ จะมีคะแนนที่ถูกลงโทษเมื่อตอบผิด และเป็นคะแนนที่ติดลบ ซึ่งไม่เหมาะที่จะใช้บอกระดับความรู้ของผู้สอบ เพราะเมื่อตอบไม่ถูกก็คือไม่มีความรู้ คะแนนที่ได้ควรเป็น 0 ซึ่งจะเป็นตัวแทนในการบอกถึงระดับความรู้ของผู้สอบได้ชัดเจนกว่า

วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนน

วิธีการตอบ ให้ผู้สอบทำเครื่องหมาย × ตรงตัวเลือกที่เห็นว่าเป็นคำตอบที่ถูก ถ้าไม่แน่ใจโดยเห็นว่ามีตัวเลือกอื่นอีกที่น่าจะเป็นคำตอบที่ถูกก็สามารถที่จะทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือกนั้นได้อีกกี่ตัวเลือกก็ได้ ดังแสดงตามตัวอย่างต่อไปนี้

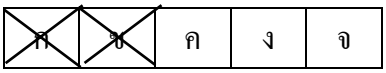
ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

ถ้าตัวเลือก ก ค ง และ จ เป็นตัวเลือกผิด ส่วนตัวเลือก ข เป็นตัวเลือกถูก จะได้คะแนน 4 คะแนน

ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก และ ข ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)



จะได้คะแนน 3 คะแนน

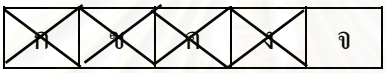
ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก ข และ ค ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

จะได้คะแนน 2 คะแนน

ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก ข ค และ ง ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)



จะได้คะแนน 1 คะแนน

ถ้าผู้ตอบเปลี่ยนมาทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก ซึ่งเป็นตัวเลือกที่ผิด ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

จะได้คะแนน -1 คะแนน

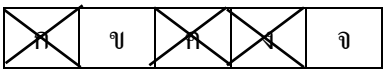
ถ้าผู้ตอบเปลี่ยนมาทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก และ ค ซึ่งเป็นตัวเลือกที่ผิด ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

จะได้คะแนน -2 คะแนน

ถ้าผู้ตอบเปลี่ยนมาทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก ค และ ง ซึ่งเป็นตัวเลือกที่ผิด ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

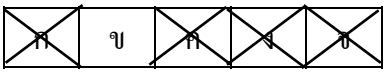


จะได้คะแนน -3 คะแนน

ถ้าผู้ตอบเปลี่ยนมาทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก ค ง และ จ ซึ่งเป็นตัวเลือกที่ผิด ดังตัวอย่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อ (0)



จะได้คะแนน -4 คะแนน

ตารางที่ 5 แสดงการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนในการตอบแบบสอบเลือกตอบตามวิธีของเดรสเซลและชมิด

จำนวนตัวเลือกในข้อสอบ	จำนวนตัวเลือกที่ตอบและมีตัวเลือกถูก					จำนวนตัวเลือกที่ตอบและไม่มีตัวเลือกถูก				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
	คะแนนที่ได้					คะแนนที่ได้				
3	-	-	0	1	2	-	-	-	-2	-1
4	-	0	1	2	3	-	-	-3	-2	-1
5	0	1	2	3	4	-	-4	-3	-2	-1

จากตารางที่ 5 กรณีข้อสอบมี 3 ตัวเลือก ช่วงคะแนนรายข้ออยู่ระหว่าง -2 ถึง 2 คะแนนกรณีข้อสอบมี 4 ตัวเลือก ช่วงคะแนนรายข้อจะอยู่ระหว่าง -3 ถึง 3 คะแนน และกรณีข้อสอบมี 5 ตัวเลือก ช่วงคะแนนรายข้อจะอยู่ระหว่าง -4 ถึง 4 คะแนน

2.4 วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด (Modified Dressel and Schmidt Approach)

หลักการ/แนวคิด

หลักในการพัฒนาวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด

1. หลีกเลี่ยงการให้คะแนนลงโทษผู้สอบ ในกรณีผู้สอบตอบผิดและเป็นคะแนนติดลบ ซึ่งไม่ให้ความหมายในการบอกระดับความรู้ของผู้สอบ

2. เพื่อแก้ปัญหาคะแนนที่ได้ในแต่ละข้อ ไม่ให้ไปมีผลกระทบต่อคะแนนในข้ออื่น หรือเกิดการชดเชยคะแนนกัน ในกรณีที่ข้อสอบทั้งฉบับไม่ได้มีความเป็นเอกพันธ์ ถ้ามีการให้คะแนนติดลบ ซึ่งมีผลต่อคะแนนในข้ออื่น เมื่อนำไปหาคะแนนรวมจะเกิดการชดเชยคะแนนกัน

3. แสดงให้เห็นถึงความน่าจะเป็นที่ผู้สอบจะได้คะแนนในกรณีที่ผู้สอบเลือกหลายตัวเลือก และนำค่าความน่าจะเป็นที่ผู้สอบจะได้คะแนนลบออกจากคะแนนเต็ม ในข้อสอบข้อนั้น เพื่อให้เกิดความยุติธรรมของผู้สอบทุกคน

4. เพื่อให้เกิดความยุติธรรมแก่ผู้สอบที่มีความรู้เต็ม (full knowledge) โดยการเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงคำตอบเดียว ซึ่งจะได้คะแนนสูงสุดในข้อนั้น หรือผู้ที่มีความรู้บางส่วนที่แท้จริง (partial knowledge) จะได้คะแนนจากการตอบข้อสอบนั้น โดยการเลือก

ตัวเลือกที่น่าจะเป็นคำตอบที่ถูก ซึ่งจะได้คะแนนตามจำนวนตัวเลือกที่เหลืออยู่ ถ้าตัวเลือกที่เลือกนั้นมีคำตอบถูกรวมอยู่ด้วย

วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนน

วิธีการตอบทำเช่นเดียวกับวิธีของเดรสเซลและชมิด คือให้ผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ตรงตัวเลือกที่เห็นว่าเป็นคำตอบที่ถูก ถ้าไม่แน่ใจเห็นว่ามีตัวเลือกอื่นอีกที่น่าจะเป็นคำตอบที่ถูก ก็สามารถที่จะทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือกนั้นอีกกี่ตัวก็ได้ ดังแสดงตามตัวอย่าง

ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

วิธีการให้คะแนนข้อ (0) นี้ เมื่อผู้ตอบได้ทำเครื่องหมาย × ตรงตัวเลือก ข ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูก ผู้สอบจะได้คะแนนซึ่งแทนค่าลงในสูตรการให้คะแนนที่พัฒนาขึ้นดังนี้

$$X = \left[k - k.\frac{n}{k} \right] c$$

หรือ $X = [k - n]\,(c)$

เมื่อ X คือ คะแนนที่ผู้สอบจะได้จากการตอบข้อสอบข้อหนึ่ง

n คือ จำนวนตัวเลือกที่ผู้ตอบเลือก

k คือ จำนวนตัวเลือกทั้งหมดในข้อสอบ

c คือ ค่าความสอดคล้องในชุดของตัวเลือกที่ผู้สอบเลือกมี 2 ค่า คือ

$c = 1$ เมื่อมีตัวเลือกถูกอยู่ในชุดของตัวเลือกที่ผู้ตอบเลือก

$c = 0$ เมื่อไม่มีตัวเลือกถูกอยู่ในชุดของตัวเลือกที่ผู้ตอบเลือก

จากตัวอย่างข้อ (0) เมื่อแทนค่าในสูตรจะได้ดังนี้

$X = [5 - 1]\,(1)$

ซึ่งจะได้คะแนนเท่ากับ 4 คะแนน

ถ้าผู้ตอบเปลี่ยนมาทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก และ ข ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

แทนค่าในสูตรได้ดังนี้

$$X = \frac{1}{2}[5 - 2](1)$$

จะได้คะแนน 3 คะแนน

ถ้าผู้ตอบเปลี่ยนมาทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก ข และ ค ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

แทนค่าในสูตรได้ดังนี้

$$X = \frac{1}{2}[5-3](1)$$

จะได้คะแนน 2 คะแนน

ถ้าผู้ตอบเปลี่ยนมาทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก ข ค และ ง ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

แทนค่าในสูตรได้ดังนี้

$$X = \frac{1}{2}[5-4](1)$$

จะได้คะแนน 1 คะแนน

ถ้าข้อ (0) ผู้สอบเปลี่ยนมาทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก ซึ่งเป็นตัวเลือกผิด ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

คะแนนที่ได้ในข้อ (0) เมื่อแทนค่าในสูตร

$$X = [5 - 1] (0)$$

จะได้คะแนนเท่ากับ 0 คะแนน

ถ้าผู้ตอบเปลี่ยนมาทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก และ ค ซึ่งเป็นตัวเลือกที่ผิดดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

แทนค่าในสูตรได้ดังนี้

$$X = [5 - 2] (0)$$

จะได้คะแนนเท่ากับ 0 คะแนน

ในทุกกรณีที่ผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ไม่ว่าจะกี่ตัวก็ตาม ถ้าไม่มีตัวเลือกที่คำตอบที่ถูกรวมอยู่ด้วย ก็จะได้คะแนน 0 ทุกกรณี

ตารางที่ 6 แสดงการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนในการตอบแบบสอบเลือกตอบตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด

จำนวนตัวเลือกในข้อสอบ	จำนวนตัวเลือกที่ตอบและมีตัวเลือกถูก					จำนวนตัวเลือกที่ตอบและไม่มีตัวเลือกถูก				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
	คะแนนที่ได้					คะแนนที่ได้				
3	-	-	0	1	2	-	-	-	0	0
4	-	0	1	2	3	-	-	0	0	0
5	0	1	2	3	4	-	0	0	0	0

จากตารางที่ 6 กรณีข้อสอบมี 3 ตัวเลือก ช่วงคะแนนรายข้อจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 2 กรณีข้อสอบมี 4 ตัวเลือก ช่วงคะแนนรายข้อจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 3 และกรณีข้อสอบมี 5 ตัวเลือก ช่วงคะแนนรายข้อจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 4

สูตรการให้คะแนนที่พัฒนาขึ้นมา ใช้แนวคิดในการปรับสเกลของคะแนนไม่ให้มีค่าติดลบ และนำค่าความน่าจะเป็นในการตอบถูก เมื่อผู้สอบเลือกจำนวนตัวเลือกเป็นคำตอบมากขึ้นในสูตรคือค่า $\frac{n}{k}$ เมื่อ n มีค่ามาก ความน่าจะเป็นในการตอบถูกก็มีมาก จึงควรนำมาหักออกจากคะแนนเต็มในแต่ละข้อ คะแนนที่จะได้จะเป็นคะแนนรายข้อสำหรับผู้ตอบข้อสอบข้อนั้น เมื่อตอบผิดคือไม่มีความรู้คะแนนที่ได้จึงควรเป็น 0 ซึ่งการหักคะแนนรายข้อเมื่อตอบผิดได้หักออกจากค่าความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูกอยู่แล้ว จึงไม่ควรให้ค่าคะแนนติดลบอีก คะแนนรายข้อที่ได้จะอยู่ในช่วง 0 ถึง (k-n) เมื่อ k คือจำนวนตัวเลือกในข้อสอบ n คือจำนวนตัวเลือกที่ผู้สอบเลือก

2.5 วิธีของอาร์โนลด์ (Arnold Approach)

หลักการ/แนวคิด

อาร์โนลได้เสนอวิธีการตอบแบบสอบเลือกตอบ เช่นเดียวกับวิธีการของคูมบ์ แต่มีวิธีการให้คะแนนแตกต่างกัน โดยอาร์โนลด์กำหนดคะแนนที่คาดหวัง (expected score) ตามทฤษฎีเกม (Game Theory) โดยคะแนนคาดหวังจะเท่ากับ 0 เมื่อผู้สอบตอบเดาสุ่มและอาร์โนลด์ได้เสนอสูตรการให้คะแนนดังนี้

$$C_d = (p) [d / (k-d)]$$

เมื่อ C_d คือ คะแนนที่ผู้สอบได้เมื่อสามารถตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ผิดออกไปได้โดยไม่มีคะแนนที่เพิ่มจากการเดา

d คือ จำนวนตัวเลือกที่เป็นคำตอบผิดที่ผู้สอบตัดออกไปได้ถูกต้อง

k คือ จำนวนตัวเลือกในข้อสอบ

และ p คือ คะแนนลงโทษเมื่อผู้สอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกออกไปด้วย

โดยอาร์โนลด์กำหนดว่า ค่า p เท่ากับ -1 / (k-1) ซึ่งคะแนนที่ได้ตามสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ จะอยู่ในช่วง -1 / (k-1) ถึง 1 ความไม่สมบูรณ์ของสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ คือ การกำหนดค่า p ซึ่งอาร์โนลด์ ใช้เป็นคะแนนการลงโทษ เมื่อผู้ตอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกออกไป โดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวง และการกำหนดค่า p ของอาร์โนลด์ ไม่ได้วางอยู่บนพื้นฐานของความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูก เมื่อวิเคราะห์แล้ว อาร์โนลด์ต้องการให้คะแนนรายข้อเท่ากับ 1 กรณีที่ผู้ตอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ผิดออกได้ครบทุกตัว และนอกจากนี้ ค่า p ที่กำหนดเพื่อเป็นคะแนนลงโทษมีค่าติดลบ ทำให้ผลของคะแนนรายข้อของผู้ตอบผิด มีค่าเป็นลบ ซึ่งไม่เหมาะที่จะใช้แสดงถึงระดับความรู้ของผู้สอบได้ เพราะเมื่อผู้สอบตอบผิด เขาก็คงไม่มีความรู้ คะแนนที่ได้จึงควรเท่ากับ 0 ซึ่งจะเป็นตัวแทนในการบอกถึงระดับความรู้ของผู้สอบได้ชัดเจนกว่า

วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนน

วิธีการตอบ ให้ผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ตรงตัวเลือกที่เห็นว่าผิดทุกตัวเลือก ถ้าไม่แน่ใจ ให้เว้นข้ามไป ไม่ต้องทำดังแสดงตามตัวอย่างต่อไปนี้

ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

ถ้าตัวเลือก ก ค ง และ จ เป็นตัวเลือกผิด ส่วนตัวเลือก ข เป็นตัวเลือกถูก

วิธีการให้คะแนน ข้อ (0) นี้ เมื่อผู้ตอบได้ทำเครื่องหมาย × ตรงตัวเลือก ก ค ง และ จ ซึ่งเป็นตัวเลือกผิด ผู้ตอบจะได้คะแนนเมื่อแทนค่าในสูตรการให้คะแนนของอาร์โนลด์ดังนี้

$$C_d = \left(\frac{1}{5-1}\right)[4/(5-4)]$$

จะได้คะแนนเท่ากับ 1 คะแนน

ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก ค และ ง ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

แทนค่าในสูตรได้ดังนี้

$$C_d = \left(\frac{1}{5-1}\right)\left[3/(5-3)\right]$$

จะได้คะแนนเท่ากับ $\frac{3}{8}$ คะแนน

ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก และ ค ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

แทนค่าในสูตรได้ดังนี้

$$C_d = \left(\frac{1}{5-1}\right)\left[2/(5-2)\right]$$

จะได้คะแนนเท่ากับ $\frac{1}{6}$ คะแนน

ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

แทนค่าในสูตรได้ดังนี้

$$C_d = \left(\frac{1}{5-1}\right)\left[1/(5-1)\right]$$

จะได้คะแนนเท่ากับ $\frac{1}{16}$ คะแนน

ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ข ค ง และ จ ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

ซึ่งเป็นกรณีที่ผู้ตอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกออกไปด้วย ซึ่งอาโนลด์จะกำหนดให้ค่า P เป็นคะแนนลงโทษ ซึ่งเท่ากับ -1 / (k - 1) ซึ่งไม่ต้องแทนค่าในสูตรอีก คะแนนข้อ (0) นี้จะเท่ากับ -1 / 4 คะแนน และสำหรับข้อสอบ 5 ตัวเลือกดังในตัวอย่างนี้ ไม่ว่าผู้ตอบจะตัดตัวเลือกออกไปกี่ตัวก็ตาม แต่ถ้าตัดตัวเลือกถูกออกไปด้วย คะแนนที่ได้จะเท่ากับ -1 / 4 คะแนน ทุกกรณี **ตารางที่ 7** แสดงการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนในการตอบแบบสอบเลือกตอบตามวิธีของ

อาร์โนลด์

จำนวน	จำนวนตัวเลือกผิดที่ผู้สอบทำเครื่องหมาย × ได้ถูกต้อง					จำนวนตัวเลือกที่ผู้ตอบทำเครื่องหมาย × และมีตัวเลือกถูกรวมอยู่ด้วย				
ตัวเลือก	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
ในข้อสอบ	คะแนนที่ได้					คะแนนที่ได้				
3	-	-	-	1	¼	-	-	-	-1/2	-1/2
4	-	-	1	1/3	1/9	-	-	-1/3	-1/3	-1/3
5	-	1	3/8	1/6	1/16	-	-1/4	-1/4	-1/4	-1/4

จากตารางที่ 7 กรณีข้อสอบ 3 ตัวเลือก ช่วงคะแนนรายข้อจะอยู่ระหว่าง -1/2 ถึง 1 กรณีข้อสอบ 4 ตัวเลือก ช่วงคะแนนรายข้อจะอยู่ระหว่าง -1/3 ถึง 1 และกรณีข้อสอบ 5 ตัวเลือก ช่วงคะแนนรายข้อจะอยู่ระหว่าง -1/4 ถึง 1

2.6 วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (Modified Arnold Approach)

หลักการ/แนวคิด

1. เพื่อให้เกิดความยุติธรรมแก่ผู้สอบทุกคนในกรณีที่อาร์โนลด์กำหนดให้มีคะแนนลงโทษเท่ากันทุกคน ในเมื่อผู้สอบตอบผิด โดยตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกออกไปด้วย ซึ่งจะได้คะแนนติดลบ จึงได้ปรับค่า p (คะแนนลงโทษ) ของอาร์โนลด์ให้เป็น 0 เพื่อจะให้คะแนนผู้ที่ตอบผิดในข้อนั้นเป็น 0

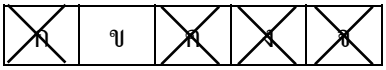
2. เพื่อให้เกิดความยุติธรรมแก่ผู้สอบที่มีความรู้เต็ม (full knowledge) ที่สามารถตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบผิดออกไปได้ทุกตัว ซึ่งจะได้คะแนนสูงสุดในข้อนั้น และผู้ที่มีความรู้บางส่วน (partial knowledge) สามารถตัดตัวลวงออกไปได้บ้าง จะได้คะแนนบางส่วน คะแนนที่ได้จะแสดงถึงระดับความสามารถที่แท้จริงของผู้สอบ

3. เพื่อแก้ปัญหาคะแนนแต่ละข้อ มีผลกระทบต่อกัน หรือเกิดการชดเชยคะแนนกันในกรณีที่ข้อสอบทั้งฉบับไม่ได้มีความเป็นเอกพันธ์ เมื่อมีการให้คะแนนติดลบ เมื่อนำไปหาคะแนนรวมจะมีการชดเชยคะแนนกัน

วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนน

วิธีการตอบทำเช่นเดียวกับวิธีของอาร์โนล์ คือให้ผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ตรงตัวเลือกที่เห็นว่าผิดทุกตัวเลือก ถ้าไม่แน่ใจให้เว้นข้ามไป ไม่ต้องทำ ดังแสดงตามตัวอย่างต่อไปนี้

ข้อ (0)



ถ้าตัวเลือก ก ค ง และ จ เป็นตัวเลือกผิด ส่วนตัวเลือก ข เป็นตัวเลือกถูก

$C_d = (p)\,[d / (k-d)]$

เมื่อ C_d คือ คะแนนที่ผู้สอบได้เมื่อสามารถตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ผิดออกไปได้

d คือ จำนวนตัวเลือกที่เป็นคำตอบผิดที่ผู้สอบตัดออกได้ถูกต้อง

k คือ จำนวนตัวเลือกในข้อสอบ

และ p คือ คะแนนลงโทษเมื่อผู้สอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกออกไปด้วย ในที่นี้จะกำหนดค่า p เป็น 2 ค่า คือ

p = 1 เมื่อผู้ตอบตัดตัวเลือกผิดออกไปได้ถูกต้อง

p = 0 เมื่อผู้ตอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกออกไปด้วย

จากตัวอย่างข้อ (0) เมื่อแทนค่าในสูตรจะได้ดังนี้

$C_d = 1\,[4 / (5-4)]$

ซึ่งจะได้เท่ากับ 4 คะแนน

ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก ค และ ง ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

เมื่อแทนค่าในสูตร จะได้ดังนี้

$C_d = 1\,[3 / (5-3)]$

จะได้คะแนนเท่ากับ $\frac{3}{2}$ คะแนน

ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก และ ค ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

เมื่อแทนค่าในสูตร จะได้ดังนี้

$C_d = 1\,[2 / (5-2)]$

จะได้คะแนนเท่ากับ $\frac{2}{3}$ คะแนน

ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ก ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)

ก	ข	ค	ง	จ

เมื่อแทนค่าในสูตร จะได้ดังนี้

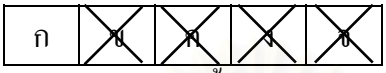
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

C_d = [1/ (5-1]

จะได้คะแนนเท่ากับ $\frac{1}{4}$ คะแนน

ถ้าผู้ตอบทำเครื่องหมาย × ที่ตัวเลือก ข ค ง และ จ ดังตัวอย่าง

ข้อ (0)



เมื่อแทนค่าในสูตร จะได้ดังนี้

C_d = (0) [4 / (5-4)]

จะได้คะแนนเท่ากับ 0 คะแนน

สำหรับข้อสอบ 5 ตัวเลือก ดังในตัวอย่างนี้ ไม่ว่าผู้ตอบจะตัดตัวเลือกออกไปกี่ตัวก็ตาม แต่ถ้าตัดตัวเลือกถูกออกไปด้วย คะแนนที่ได้จะเท่ากับ 0 ทุกกรณี

ตารางที่ 8 แสดงการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนในการตอบแบบสอบเลือกตอบ ตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์

จำนวนตัวเลือกในข้อสอบ	จำนวนตัวเลือกผิดที่ผู้สอบทำเครื่องหมาย × ได้ถูกต้อง					จำนวนตัวเลือกที่ผู้ตอบทำเครื่องหมาย × และมีตัวเลือกถูกรวมอยู่ด้วย				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
	คะแนนที่ได้					คะแนนที่ได้				
3	-	-	-	2	1/2	-	-	-	0	0
4	-	-	3	1	1/3	-	-	0	0	0
5	-	4	3/2	2/3	1/4	-	0	0	0	0

จากตารางที่ 8 กรณีข้อสอบมี 3 ตัวเลือก ช่วงคะแนนรายข้อ จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 2 คะแนน กรณีข้อสอบมี 4 ตัวเลือก ช่วงคะแนนรายข้อจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 3 คะแนน และกรณีข้อสอบมี 5 ตัวเลือก ช่วงคะแนนรายข้อจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 4 คะแนน

สำหรับสูตรการให้คะแนนที่พัฒนาขึ้นมา ได้ปรับค่า p ซึ่งอาร์โนลด์ ได้กำหนดให้เป็นคะแนนการลงโทษในกรณีที่ผู้สอบตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกออกไป แต่ค่า p ที่อาร์โนลด์กำหนดไม่ได้ ตั้งบนพื้นฐานของความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบถูก และความยุติธรรมของผู้สอบเพราะแต่ละคนจะได้คะแนนลงโทษเท่ากันหมด คือ -1 / (k-1) เมื่อ k คือจำนวนตัวเลือกทั้งหมดของข้อสอบ ในการปรับค่า p เพื่อที่จะให้คะแนนอยู่ในสเกลของค่าบวก และให้เท่ากับ 1

เพื่อให้คะแนนที่ตอบถูกแต่ละตัวเลือกเพิ่มทีละ 1 ช่วงสเกล ทั้งนี้ เพื่อความยุติธรรมสำหรับผู้สอบทุกคน

3. การศึกษาคุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนรายข้อที่พัฒนาขึ้น

จากวิธีการที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น จากวิธีการตอบและการให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ วิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีของอาร์โนลด์ จึงมีวิธีการตอบและการให้คะแนน ที่จะนำมาใช้ศึกษาเปรียบเทียบถึงคุณภาพ วิธีการตอบและการให้คะแนน 7 วิธีด้วยกันดังนี้

1) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ (C)
2) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC)
3) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิด (D/S)
4) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด (MD/S)
5) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ (A)
6) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA)
7) วิธีการตอบและวิธีการตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม (NR)

เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างกันในด้านต่างๆ ของวิธีการตอบและการให้คะแนนทั้ง 7 วิธี ผู้วิจัยได้นำเสนอดังในตารางที่ 9

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนทั้ง 7 วิธีที่มีความแตกต่างกันในด้านต่างๆ

วิธีการตอบและการให้คะแนน	ให้คะแนนรายข้อ	การแบ่งระดับความรู้ของผู้สอบ				
		มีความรู้เต็ม (full knowledge)	มีความรู้บางส่วน (partial knowledge)	มีความรู้ผิดบางส่วน (partial misinformation)	มีความรู้ผิดเต็ม (full misinformation)	ไม่มีความรู้ (absence of knowledge)
วิธีของคูมบ์ (C)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC)	✓	✓	✓	-	-	✓
วิธีของเดรสเซลและชมิด (D)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด (MD)	✓	✓	✓	-	-	✓
วิธีของอาร์โนลด์ (A)	✓	✓	✓	✓	-	✓
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA)	✓	✓	✓	-	-	✓
วิธีให้คะแนนแบบประเพณีนิยม (NR)	✓	✓	-	-	-	✓

หมายเหตุ (1) มีความรู้ผิดเต็ม หมายถึง ผู้สอบที่ตัดตัวเลือกออกไป 1 ตัว และเป็นตัวเลือกถูก (วิธี C) หรือผู้ที่เลือกตัวเลือกเพียง 1 ตัว และเป็นตัวเลือกผิด (วิธี D/S)

(2) ผู้ไม่มีความรู้ หมายถึง ผู้ที่ไม่ตอบข้อสอบข้อนั้น

ในการหาคุณภาพของวิธีการตอบและการให้คะแนนทั้ง 7 วิธีดังกล่าวนี้มีข้อตกลงเบื้องต้นที่ว่าวิธีการให้คะแนนเป็นแหล่งสำคัญของการอ้างอิงผลการวัด วิธีการให้คะแนนที่มีคุณภาพ คะแนนที่เป็นผลของการวัดย่อมมีคุณภาพด้วย ซึ่งเราสามารถที่จะแสดงได้จากค่าความเที่ยงและความตรงของคะแนนที่เป็นผลจากการวัด ดังนั้นในการหาคุณภาพของวิธีการตอบและการให้คะแนนในการวิจัยครั้งนี้ จึงอ้างอิงมาจากค่าความเที่ยงและความตรงของคะแนนที่เป็นผลจากการวัดในสิ่งเดียวกัน แต่มีวิธีการตอบและการให้คะแนนแตกต่างกัน การเปรียบเทียบคุณภาพวิธีการตอบและการให้คะแนนในแต่ละวิธีจะใช้การเปรียบเทียบค่าความเที่ยง ค่าความตรง ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ และประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบ ที่วิเคราะห์จากคะแนนที่เป็นผลการวัดในสิ่งเดียวกันจากเครื่องมือชุดเดียวกัน ในกลุ่มผู้สอบที่มีลักษณะเดียวกันต่างกันที่วิธีการตอบและการให้คะแนน

3.1 การเลือกตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับผลของการวัด

ในการศึกษาความตรงเชิงทฤษฎีของวิธีการตอบและการให้คะแนนแบบต่างๆ ต้องมีลักษณะ (trait) ที่ต้องการวัดมากกว่า 1 ลักษณะ หรือตัวแปรมากกว่า 1 ตัว ในการเลือก ตัวแปร ผู้วิจัย มีประสบการณ์เป็นครูสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษามากว่า 20 ปี จึงเลือก ตัวแปรที่

ผู้วิจัยสนใจ คือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skill) ซึ่งเป็นความสามารถในการแสวงหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเป็นวัตถุประสงค์สำคัญในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ในระดับมัธยมศึกษา นอกเหนือจากเนื้อหาความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (Basic science process skills) ซึ่งประกอบด้วยทักษะ 8 ทักษะ คือทักษะการสังเกต (Observing) ทักษะการวัด (Measuring) ทักษะการใช้เลขจำนวน (Using numbers) ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และสเปส/เวลา (Relationship between space/space and space / time) ทักษะการลงความเห็นข้อมูล (Inferring) ทักษะการสื่อความหมาย (Communication) และทักษะการทำนาย (Predicting) ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานทั้ง 8 ขั้น มีรายละเอียดของนิยามความสามารถที่แตกต่างกันในแต่ละทักษะ ดังนี้

ทักษะการสังเกต (Observing) หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกัน ซึ่งได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และกายสัมผัส โดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูลที่เป็นรายละเอียดของสิ่งนั้นๆ

ทักษะการวัด (Measuring) หมายถึงความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณสิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้องโดยมีหน่วยกำกับเสมอ

ทักษะการใช้เลขจำนวน (Using Numbers) หมายถึง ความสามารถในการบวก ลบ คูณ และหารตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งต่างๆ ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรงหรือจากแหล่งอื่นๆ

ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง ความสามารถในการแบ่งหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่างๆ ออกเป็นพวกๆ โดยมีเกณฑ์ในการจัดแบ่ง

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส / สเปส และ สเปส / เวลา (Relationship between Space / Space and Space / Time) หมายถึง ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ 3 มิติกับ 2 มิติ ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ระหว่างสเปสวัตถุกับเวลา ซึ่งได้จากการเปลี่ยนแปลงที่อยู่วัตถุกับเวลาหรือระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนกับเวลา

ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุ หรือปรากฏการณ์ไปสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์เดิม เพื่อลงข้อสรุป หรืออธิบายปรากฏการณ์หรือวัตถุนั้น

ทักษะการจัดกระทำข้อมูลหรือสื่อความหมายข้อมูล (Communicating) หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลดิบที่ได้จากการสังเกต การทดลองหรือจากแหล่งอื่นๆ ที่มีข้อมูลดิบอยู่แล้ว มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยอาศัยวิธีการต่างๆ เช่นการจัดเรียงลำดับ จัดแยกประเภท หา

ค่าเฉลี่ยแล้วนำข้อมูลที่จัดมานำเสนอให้บุคคลอื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลนั้นดีขึ้น โดยเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เช่น ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ

ทักษะการทำนาย (Predicting) หมายถึง ความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎี ในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนาย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานมา 4 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการใช้เลขจำนวน ทักษะการทำนาย และทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปส และ สเปส/เวลา ซึ่งทักษะทั้ง 4 นี้มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำ (r = .181 ถึง .455) ทักษะทั้ง 4 ทักษะนี้ ผู้วิจัยจะนำมาศึกษาความตรงเชิงทฤษฎี โดยวิธีวิเคราะห์เมตริกพหุลักษณะ -พหุวิธีด้วยโมเดลการวิเคราะห์ตัวประกอบเชิงยืนยัน

ในการศึกษาความตรงตามเกณฑ์ของวิธีการตอบและการให้คะแนนแบบต่างๆ ตัวแปรที่ผู้วิจัยนำมาศึกษา เพื่อหาความสัมพันธ์กับตัวแปรทำนาย คือคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้จากวิธีการตอบและการให้คะแนนแบบต่างๆ 7 วิธี ส่วนตัวแปรเกณฑ์ คือ เกรดเฉลี่ยรายวิชาวิทยาศาสตร์ รวม 4 ภาคเรียน ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ทั้งนี้ในการเลือกเกรดเฉลี่ยรายวิชาวิทยาศาสตร์ มาเป็นตัวแปรเกณฑ์ ได้จากการทบทวนงานวิจัยทางด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ พบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (น้อยทิพย์ ศัสตรศาสตร์, 2521 ; ผกามาศ วราสุสันติกุล, 2524 ; กมล หลีกภัย, 2524 ; บุญเลิศ เสียงสุขสันต์, 2531) จากความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสอง ซึ่งผู้วิจัยได้กล่าวถึงข้างต้น ได้ให้ข้อสรุปว่า ตัวแปรดังกล่าวมีความคล้ายคลึงในด้านโครงสร้างทางสติปัญญา (cognitive structure) ทั้งนี้เนื่องมาจากหลักสูตรในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเขียนขึ้นโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี (สสวท) ได้สอดแทรกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เข้าไปในกระบวนการจัดการเรียนการสอน และในรายละเอียดของเนื้อหาวิชา เพื่อต้องการให้ผู้เรียนเป็นผู้มีความสามารถในการแสวงหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ต่อไป

3.2 การสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการวัด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นแบบวัดทักษะทางสติปัญญาของบุคคลในการแสวงหาความรู้ หรือแก้ปัญหาต่างๆ ในทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรที่มุ่งวัด 4 ด้าน ด้วยกัน คือ ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล ทักษะการใช้เลขจำนวน ทักษะการทำนายและทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปส และสเปส/เวลา เป็นแบบสอบ 5 ตัวเลือก มีคำตอบถูกที่สุดคำตอบเดียว ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.2.1 กำหนดจุดมุ่งหมายในการสอบ

1) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของวิธีการตอบและการให้คะแนนความรู้บางส่วนแบบต่างๆ 7 แบบ ในด้านความตรงเชิงทฤษฎี ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ ความเที่ยง ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ และประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบ

2) เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการตอบและการให้คะแนนแบบต่างๆ 7 แบบ ในด้านความตรงเชิงทฤษฎี ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ ความเที่ยง ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ และประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบ

3.2.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบ

3.2.3 วางแผนการสร้างแบบสอบ

1) ศึกษาการสร้างและพัฒนาแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของสมาคมวิทยาศาสตร์ชั้นสูงของสหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science) และของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท)

2) กำหนดนิยามปฏิบัติการของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นพื้นฐานที่จะนำมาสร้างแบบสอบใน 4 ทักษะได้แก่ ทักษะการลงความเห็นข้อมูล ทักษะการใช้ตัวเลข ทักษะการทำนาย และทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และ สเปส/เวลา ตามแนวของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ดังนี้

ทักษะการลงความเห็นข้อมูล ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ คือ

ก) อธิบายปรากฏการณ์ที่พบจากการสังเกต หรือการทดลองโดยเพิ่มข้อความเห็นให้กับสิ่งที่สังเกตอย่างมีเหตุผลจากความรู้และประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นั้นมาช่วย

ข) สรุปผลที่ได้จากการสังเกตหรือการทดลอง โดยเพิ่มข้อความเห็นเชิงสรุปให้กับสิ่งที่สังเกต โดยใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่สังเกตหรือทดลองนั้นมาช่วย

ทักษะการใช้เลขจำนวน ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ คือ

ก) การนับสิ่งของได้อย่างถูกต้อง ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้ ตัดสินได้ว่า ของในแต่ละกลุ่ม มีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน

ข) นำค่าที่ได้จากการวัดมาคำนวณ โดยการบวก ลบ คูณ หาร ยกกำลังสอง ถอดราก เพื่อให้ได้ค่าใหม่ที่เกี่ยวข้องได้อย่างถูกต้อง เช่นการหาค่าเฉลี่ย การหาปริมาตร พื้นที่ ความหนาแน่น เป็นต้น

ค) หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของข้อมูล โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ในเรื่องการแปรผัน การสร้างสมการ มาสร้างเป็นสูตรได้

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปส และสเปส/เวลา ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ คือ

ก) บอกรูป 3 มิติที่เห็นเนื่องจากหมุนรูป 2 มิติ ได้

ข) บอกลักษณะภาพ 2 มิติ จากรูป 3 มิติได้

ค) บอกจำนวนเส้นสมมาตร และระนาบสมมาตรของรูปและรูปทรงเรขาคณิตได้

ง) บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุ เมื่อเทียบกับวัตถุอีกอันหนึ่งได้

จ) บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่ง ขนาดหรือปริมาตรของสิ่งต่างๆ กับเวลาได้

ฉ) บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจก และภาพที่ปรากฏหน้ากระจกได้ถูกต้อง

ทักษะการทำนาย ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะนี้ คือ

ก) ทำนายผลที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเมื่อมีข้อมูลเชิงปริมาณอยู่

ข) ทำนายผลที่เกิดขึ้นภายนอกขอบเขตข้อมูล เมื่อมีข้อมูลเชิงปริมาณอยู่

ค) ทำนายผลเหตุการณ์หรือสิ่งที่จะเกิดขึ้น จากข้อมูลความสัมพันธ์ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่

3.2.4 การเขียนข้อสอบ

1) ลักษณะของแบบสอบที่สร้างขึ้น เป็นข้อสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก มีตัวเลือกที่เป็นคำตอบเพียงตัวเลือกเดียว สร้างสถานการณ์เป็นภาพ ตาราง กราฟ หรือข้อความ เป็นสถานการณ์ที่ประสบในชีวิตประจำวัน ในเรื่องเกี่ยวกับการเรียน และเรื่องทั่วๆ ไป

2) เขียนข้อสอบให้ครอบคลุมทั้ง 4 ทักษะ มีจำนวนข้อที่วัดแต่ละทักษะเท่ากัน ทักษะละ 15 ข้อ ทั้งนี้ผู้วิจัยถือว่าแต่ละทักษะมีความสำคัญเท่ากัน แบบสอบ ทั้งฉบับมีจำนวน 60 ข้อ

3.2.5 ตรวจสอบคุณภาพแบบสอบขั้นต้น

1) นำแบบสอบไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ ได้พิจารณาความตรงตามเนื้อหา ของแบบสอบที่สร้างขึ้น กลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิประกอบด้วยอาจารย์จากมหาวิทยาลัยของรัฐในสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน นักวิชาการจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จำนวน 1 ท่าน นักวิชาการจากกระทรวงศึกษาธิการ จำนวน

1 ท่าน อาจารย์ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ในระดับมัธยมศึกษาจำนวน 3 ท่าน การพิจารณาความตรงตามเนื้อเรื่อง ได้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาใน 2 ประเด็น

ก) ความเหมาะสมของน้ำหนักความสำคัญตามกรอบการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละทักษะในผังข้อสอบ

ข) ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

ผลการพิจารณาความเหมาะสมของน้ำหนักความสำคัญตามกรอบการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในแต่ละทักษะ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน เห็นว่าน้ำหนักความสำคัญตามกรอบการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในแต่ละทักษะมีความเหมาะสมดีแล้ว

ผลการพิจารณา ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยการนำผลการตัดสินของผู้ทรงคุณวุฒิ มาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ด้วยสูตรของ Lawshe (1975) ดังนี้

ดัชนีความสอดคล้อง = $(n - N/2) / (N-2)$

เมื่อ n คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิที่ตัดสินว่าข้อสอบวัดได้ตรงตามพฤติกรรมที่ต้องการวัด

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมดที่ตัดสิน

พบว่ามีข้อสอบบางข้อที่ผู้ทรงคุณวุฒิได้ ให้ข้อเสนอแนะในประเด็นเกี่ยวกับตัวคำถามกับตัวเลือกไม่สมเหตุสมผล ตัวเลือกมีความหมายใกล้เคียงกัน คำถามไม่ตรงตามทักษะที่ต้องการวัดรายละเอียดของสถานการณ์ไม่ชัดเจน และมีบางส่วนแก้ไขถ้อยคำสำนวนให้ชัดเจนขึ้น จากการตัดสินของผู้ทรงคุณวุฒิ ข้อสอบ 60 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องสูงสุดเท่ากับ 1.00 จำนวน 23 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องผ่านเกณฑ์ตั้งแต่ 0.66 ขึ้นไปจำนวน 28 ข้อ และมีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่าเกณฑ์ 0.66 จำนวน 9 ข้อ ซึ่งได้นำมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

2) ผู้วิจัยได้นำคำแนะนำ และข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านมาพิจารณาปรับปรุงแก้ไขข้อสอบให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น และได้จัดพิมพ์ข้อสอบทั้งฉบับ พร้อมคำชี้แจงในการตอบ เพื่อที่จะนำไปทดลองใช้กับนักเรียน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแบบสอบในด้าน ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเที่ยง ต่อไป

3) ผู้วิจัยนำแบบสอบที่ได้แก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิไปทดสอบครั้งที่ 1 กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดสระบุรี ปีการศึกษา 2544 จำนวน 3 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 180 คน เพื่อวิเคราะห์ค่าความยาก อำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อ ค่าความเที่ยงของแบบสอบทั้งฉบับและเวลาที่ใช้ในการสอบ คัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพไว้จำนวนทักษะละ 10 ข้อ รวมแบบสอบทั้งฉบับ 40 ข้อ

4) ผู้วิจัยนำแบบสอบที่ได้คัดเลือกและปรับปรุงแก้ไขแล้วจากการสอบครั้งที่ 1 จำนวน 40 ข้อ ไปทดสอบครั้งที่ 2 กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาในจำนวนสระบุรี ปีการศึกษา 2544 จำนวน 3 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 200 คน ผลการตอบข้อสอบของนักเรียน นักเรียนสามารถทำข้อสอบได้เสร็จภายในเวลา 50 นาที ได้คะแนนสูงสุด 31 คะแนน คะแนนต่ำสุด 5 คะแนน คะแนนเฉลี่ย 18.07 คะแนน ค่าความยากอยู่ในช่วง .13 ถึง .86 ค่าความยากเฉลี่ย 0.45 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง .10 ถึง .58 ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย 0.30 โดยภาพรวมแล้วข้อสอบมีค่าความยากและอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม มีข้อสอบ 1 ข้อ อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างยาก มีข้อสอบ 5 ข้อ ที่มีค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นข้อสอบที่ยากหรือง่ายเกินไป ผลการคำนวณค่าความเที่ยงของแบบสอบ แบบความสอดคล้องภายในด้วยสัมประสิทธิ์อัลฟา ได้ค่าความเที่ยง 0.74

5) ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อจากการสอบครั้งที่ 2 มาปรับปรุง ในประเด็นความไม่ชัดเจนของข้อคำถาม ถ้อยคำสำนวนตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น นำข้อสอบมาจัดพิมพ์ต้นฉบับ จัดทำคำชี้แจงในการตอบสำหรับผู้สอบ จัดเตรียมกระดาษคำตอบ และคำชี้แจงในการดำเนินการสอบต่อไป

ผลจากการตรวจสอบคุณภาพรายข้อและทั้งฉบับของแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น โดยพิจารณาจากการตัดสินของผู้ทรงคุณวุฒิ ในด้านความสอดคล้องของข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบสอบ และผลการตอบของนักเรียนที่มีลักษณะและความสามารถเช่นเดียวกับกลุ่มตัวอย่าง ที่จะนำแบบสอบไปใช้จริง ให้ข้อสรุปถึงคุณภาพของแบบสอบที่ เหมาะสมจะนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยต่อไป

3.3 การกำหนดวิธีการตอบและคำชี้แจงในการตอบ

เพื่อเป็นการควบคุมมิให้เกิดผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวผู้สอบกับวิธีการตอบข้อสอบ ตามคำชี้แจงการตอบข้อสอบที่มีวิธีให้คะแนนแบบต่างๆ กัน และผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างคำชี้แจงการตอบที่ต่างกัน กับคำตอบของผู้เข้าสอบ ผู้วิจัยได้ควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวกับความแตกต่างของกลุ่มผู้สอบ และความแตกต่างของคำชี้แจง ในการดำเนินการสอบ และวิธีการตอบข้อสอบ โดยใช้ผู้สอบกลุ่มเดียวกัน ซึ่งจะได้รับคำชี้แจงการตอบและวิธีการตอบข้อสอบแบบเดียวกัน เพื่อที่จะให้ผลการตอบข้อสอบขึ้นอยู่กับความสามารถที่วัดได้ของผู้ตอบในตัวแปรที่ต้องการวัด ซึ่งผลของการตอบจะแสดงได้ด้วยคะแนนของผู้ตอบที่มีวิธีการตอบและการให้คะแนนที่แตกต่างกัน

วิธีการตอบข้อสอบที่ผู้วิจัยกำหนดในการวิจัยครั้งนี้มี 3 แนวทางด้วยกัน คือ

1) แนวทางในการตอบข้อสอบเพื่อแสดงความรู้บางส่วนของ Coombs and others (1956) ซึ่งมีวิธีการตอบโดยให้ผู้สอบตัดตัวเลือกที่เป็นตัวลวงออกไป ซึ่งอาจจะตัดได้ทั้งหมดหรือตัดได้เพียงบางตัว ซึ่งจะแสดงความรู้บางส่วนของผู้ตอบได้ดังนี้

ก) มีความรู้เต็ม คือ ผู้ที่สามารถตัดตัวลวงทั้งหมดออกได้

ข) มีความรู้บางส่วน คือ ผู้ที่สามารถตัดตัวลวงบางตัวออกได้แต่ไม่ทั้งหมด

ค) มีความรู้ผิดบางส่วน คือผู้ที่สามารถตัดตัวลวงบางตัวออกได้บ้าง แต่ตัดตัวถูกออกไปด้วย

ง) มีความรู้ผิดเต็มที่ คือผู้ที่ตัดตัวถูกออกเพียงตัวเดียว

จ) ไม่มีความรู้ คือผู้ที่ไม่ตอบหรือตัดตัวเลือกทุกตัวออกหมด

2) แนวทางในการตอบข้อสอบ เพื่อแสดงความรู้บางส่วนของ Dressel and Schmidt (1953) ซึ่งมีวิธีการตอบ โดยให้ผู้สอบเลือกชุดย่อยของคำตอบที่เขาเห็นว่าน่าจะมีตัวเลือกที่เป็นคำตอบรวมอยู่ด้วย การให้คะแนนขึ้นอยู่กับจำนวนตัวเลือกที่ผู้ตอบเลือก ถ้าในจำนวนตัวเลือกที่ผู้ตอบเลือก มีตัวเลือกที่เป็นคำตอบรวมอยู่ ผู้ตอบก็จะได้คะแนนความรู้บางส่วน ซึ่งผลของการตอบจะแสดงความรู้บางส่วนของผู้ตอบได้ดังนี้

ก) มีความรู้เต็ม คือ ผู้ที่เลือกตัวเลือกเพียงตัวเดียวและเป็นคำตอบที่ถูกต้อง

ข) มีความรู้บางส่วน คือ ผู้ที่เลือกตัวเลือกมากกว่า 1 ตัวเลือก และมีตัวเลือกที่เป็นคำตอบรวมอยู่ด้วย

ค) มีความรู้ผิดบางส่วน คือ ผู้ที่เลือกตัวเลือก ตั้งแต่ 1 ถึง 3 ตัวเลือก (กรณีมี 5 ตัวเลือก) และไม่มีตัวเลือกที่เป็นคำตอบรวมอยู่ด้วย

ง) มีความรู้ผิดเต็ม คือ ผู้ที่เลือกตัวเลือก 4 ตัวเลือก (กรณีมี 5 ตัวเลือก) และไม่มีตัวเลือกที่เป็นคำตอบรวมอยู่ด้วย

จ) ไม่มีความรู้ คือผู้ที่ไม่ตอบ หรือเลือกทุกตัวเลือก

3) แนวทางในการตอบข้อสอบที่ให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ซึ่งผลของการตอบของ ผู้สอบไม่สามารถแสดงความรู้บางส่วนของผู้ตอบได้ แต่ในการวิจัยครั้งนี้ ต้องการที่จะนำวิธีการตอบและการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม มาใช้ในการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการตอบและการให้คะแนนแบบต่างๆ

3.4 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ ตัวแปรและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้ออกแบบใช้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา และตัวแปรทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นตัวแปรสำคัญที่มุ่ง

พัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ในระดับมัธยมศึกษา ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นชั้นตัวประโยค เป็นผู้ตอบแบบสอบ

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2544 ของโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษาในจังหวัดสระบุรี จำนวน 22 โรงเรียน เป็นจำนวนนักเรียน 4,707 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาถึงคุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2544 ของโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา ในจังหวัดสระบุรี ซึ่งเลือกมาโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นตามสัดส่วน (Proportional Stratificd Random Sampling) โดยใช้ขนาดของโรงเรียนเป็นตัวแปรแบ่งชั้น (Strata) และห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่มได้โรงเรียนจำนวน 15 โรงเรียน 27 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 946 คน แสดงรายละเอียดในตาราง 10 ดังนี้

ตารางที่ 10 กลุ่มตัวอย่างจำแนกตามโรงเรียน จำนวนห้องเรียนและจำนวนนักเรียน

โรงเรียน	ขนาดโรงเรียน	อำเภอ	จำนวนห้องเรียน	จำนวนนักเรียน
1. โรงเรียนแก่งคอย	ใหญ่	แก่งคอย	3	107
2. โรงเรียนสระบุรีวิทยาคม	ใหญ่	เมือง	3	141
3. โรงเรียนเสาไห้ “วิมลวิทยานุกูล”	ใหญ่	เสาไห้	3	107
4. โรงเรียนสุธีวิทยา	กลาง	พระพุทธบาท	2	80
5. โรงเรียนบ้านหมอ “พัฒนานุกูล”	กลาง	บ้านหมอ	2	58
6. โรงเรียนหนองแซงวิทยา	กลาง	หนองแซง	2	58
7. โรงเรียนหินกองวิทยาคม	กลาง	เมือง	2	62
8. โรงเรียนประเทียบวิทยาทาน	กลาง	วิหารแดง	2	62
9. โรงเรียนหนองแค “สรกิจพิทยา”	กลาง	หนองแค	2	70
10. โรงเรียนสองคอนวิทยาคม	เล็ก	แก่งคอย	1	39
11. โรงเรียนคชสิทธิ์กิติคุณวิทยาคม	เล็ก	หนองแค	1	32
12. โรงเรียนโคกกระท้อนกิติวุฒิวิทยา	เล็ก	เสาไห้	1	44
13. โรงเรียนหนองโดนวิทยา	เล็ก	หนองโดน	1	27
14. โรงเรียนพระพุทธบาท “พลานุกูลวิทยา”	เล็ก	พระพุทธบาท	1	33
15. โรงเรียนดอนพุดวิทยา	เล็ก	ดอนพุด	1	26
รวม			27	946

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ตารางสำเร็จรูป (ศิริชัย กาญจนวาสี, ทวีวัฒน์ ปิตยานนท์ และดิเรก ศรีสุขโข, 2537) ด้วยความเชื่อมั่น 99% จากประชากร 4,707 คน ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 763 คน แต่จากการสุ่มตัวอย่างได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 946 คน จึงมีความเพียงพอที่จะใช้ในการศึกษาคุณภาพของวิธีการตอบและการให้คะแนนแบบต่างๆ ต่อไป

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ทำบันทึกเสนอถึงบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อขอให้ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำวิจัย ถึงสำนักงานสามัญศึกษา จังหวัดสระบุรี

2) นำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลไปติดต่อโรงเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อขอความร่วมมือในการสอบ กำหนดวัน เวลา และชั้นที่จะทำการสอบ

3) จัดเตรียมข้อสอบ กระดาษคำตอบ ดินสอ ยางลบ ให้เพียงพอกับกลุ่มตัวอย่างที่จะสอบแต่ละครั้ง

4) เมื่อถึงวัน เวลาที่กำหนด นำแบบสอบไปทำการสอบ ผู้วิจัยชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ของการสอบ และอธิบายคำชี้แจงในการทำแบบสอบ ให้นักเรียนเข้าใจเป็นอย่างดี แล้วดำเนินการสอบ

3.5.2 วิธีดำเนินการสอบ

1) การกำหนดคำชี้แจงวิธีการตอบข้อสอบ

การกำหนดคำชี้แจงวิธีการตอบข้อสอบที่แสดงถึงความรู้บางส่วนที่ให้คะแนนด้วยวิธีต่างๆ กันในการวิจัยครั้งนี้ มีวิธีการตอบและการให้คะแนนทั้งหมด 7 วิธีด้วยกัน ซึ่งแบ่งตามวิธีตอบที่เหมือนกัน ได้เป็น 3 วิธีดังนี้

วิธีที่ 1 ได้แก่วิธีของคูมบ์ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ วิธีของ อาร์โนลด์และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์

วิธีที่ 2 ได้แก่วิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด

วิธีที่ 3 ได้แก่วิธีแบบประเพณีนิยม

ในแต่ละกลุ่มจะกำหนดคำชี้แจงวิธีการตอบข้อสอบเฉพาะลงไป เพื่อให้ผู้สอบตระหนักถึงคะแนนความรู้บางส่วนของตนเอง ที่จะได้และถ้าไม่ปฏิบัติตามคำชี้แจง จะมีผลเสียต่อคะแนนของตนเองในข้อนั้น

2) การจัดกลุ่มสอบ

ในการวิจัยครั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างทุกคนได้ตอบแบบสอบทั้งหมด 3 ครั้ง ตามวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ต่างกัน ในการสอบแต่ละครั้งมีระยะเวลาห่างกัน 2 สัปดาห์ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาผลตกค้างจากการสอบครั้งแรก (carry-over effect) และเพื่อป้องกันไม่ให้มีผล ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวผู้สอบกับวิธีการตอบแบบสอบ ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการแบ่ง โดยกลุ่มที่ 1 เริ่มสอบด้วยวิธีการตอบวิธีที่ 1 กลุ่มที่ 2 เริ่มสอบด้วยวิธีการตอบวิธีที่ 2 กลุ่มที่ 3 เริ่มสอบด้วยวิธีการตอบวิธีที่ 3 ต่อจากนั้นหมุนกันไป โดยกลุ่มที่ 3 มาสอบตามวิธีที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มาสอบตามวิธีที่ 3 และกลุ่มที่ 1 มาสอบตามวิธีที่ 2 และหมุนวนไปตามลำดับ จนทุกกลุ่มสอบครบทั้ง 3 วิธี ดังตารางแสดงวิธีดำเนินการสอบต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 วิธีจัดกลุ่มตัวอย่างดำเนินการสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 27 ห้องเรียน ทุกห้องทำการทดสอบ 3 วิธี วิธีที่ 1 ตัดตัวลวงไม่ใช่คำตอบออก วิธีที่ 2 เลือกชุดย่อยของคำตอบ วิธีที่ 3 เลือกคำตอบที่ถูกที่สุดคำตอบเดียว สอบทั้งหมด 3 ครั้ง ครั้งละ 1 วิธี

ห้องเรียน	สอบครั้งที่ 1			สอบครั้งที่ 2			สอบครั้งที่ 3		
	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3
1	✓				✓				✓
2		✓				✓	✓		
3			✓	✓				✓	
4	✓				✓				✓
5		✓				✓	✓		
6			✓	✓				✓	
7	✓				✓				✓
8		✓				✓	✓		
9			✓	✓				✓	
10	✓				✓				✓
11		✓				✓	✓		
12			✓	✓				✓	
13	✓				✓				✓
14		✓				✓	✓		
15			✓	✓				✓	
16	✓				✓				✓
17		✓				✓	✓		
18			✓	✓				✓	
19	✓				✓				✓
20		✓				✓	✓		
21			✓	✓				✓	
22	✓				✓				✓
23		✓				✓	✓		
24			✓	✓				✓	
25	✓				✓				✓
26		✓				✓	✓		
27			✓	✓				✓	

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนการตอบแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการให้คะแนนทั้ง 7 วิธี โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ค่าความถี่

ตอนที่ 2 วิเคราะห์ค่าความตรงเชิงทฤษฎี ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ ความเที่ยงของผลการวัดความรู้บางส่วน โดยวิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการให้คะแนนทั้ง 7 วิธี ดังนี้

2.1 วิเคราะห์ค่าความตรงตามเกณฑ์ ของวิธีการตอบและการให้คะแนนโดยคำนวณค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและการให้คะแนนแบบต่างๆ กับคะแนนจากตัวแปรเกณฑ์ คือ ค่าระดับคะแนนผลการเรียนเฉลี่ยรายวิชาวิทยาศาสตร์ รวม 4 ภาคเรียน และทดสอบความแตกต่างค่าความตรงตามเกณฑ์เป็นรายคู่ ด้วยสูตรของ T Hotelling (Guilford, and Fruchter, 1973) ดังนี้

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

df = N - 3

เมื่อ r_{12} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากการให้คะแนนวิธีที่ 2 กับคะแนนตัวแปรเกณฑ์ที่ 1

r_{13} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากการให้คะแนนวิธีที่ 3 กับคะแนนตัวแปรเกณฑ์ที่ 1

r_{23} คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการให้คะแนนวิธีที่ 2 กับวิธีที่ 3

เพื่อป้องกันมิให้การทดสอบรายคู่สูงกว่านัยสำคัญที่กำหนดไว้ ในการทดสอบแต่ละคู่จะกำหนดนัยสำคัญเท่ากับระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้หารด้วยจำนวนคู่ของการทดสอบ (Class and Hopkins, 1984)

2.2 วิเคราะห์ค่าความตรงเชิงทฤษฎี โดยวิธีวิเคราะห์เมตริกพหุลักษณะ - พหุวิธีด้วยโมเดลการวิเคราะห์ตัวประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis model) เพื่อวิเคราะห์ความตรงแบบลู่เข้า (convergent validity) และความตรงเชิงจำแนก (discriminate validity) ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป LISREL 8.10 ซึ่งดำเนินการดังนี้

กำหนดรูปแบบของโมเดล

รูปแบบของโมเดลมีลักษณะเฉพาะดังนี้

1) จำนวนตัวประกอบร่วม ในการวิจัยครั้งนี้ มีลักษณะ (trait) ที่จะวัด 4 ลักษณะ มีวิธีการวัด (method) 7 วิธี ดังนั้นจึงมีตัวประกอบร่วม 11 ตัวประกอบ

2) จำนวนตัวประกอบที่สังเกตได้ ให้ X_{ij} เป็นตัวแปรสังเกตได้จากการวัดคุณลักษณะ i ด้วยวิธีการวัด j ดังนั้น ตัวแปรสังเกตได้จึงมี 28 ตัวแปรคือ $X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}, X_{17}, X_{21}, X_{22}, X_{23}, X_{24}, X_{25}, X_{26}, X_{27}, X_{31}, X_{32}, X_{33}, X_{34}, X_{35}, X_{36}, X_{37}, X_{41}, X_{42}, X_{43}, X_{44}, X_{45}, X_{46}$ และ X_{47}

3) โมเดลทั่วไปสำหรับแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบร่วม ตัวแปรที่สังเกตได้ และความคลาดเคลื่อน ประกอบด้วย

$$\text{Factor Model} : X = \wedge F + U$$

$$\text{MTMM Model} : X_{ij} = P_{xt} T_i + P_{xm} M_j + E_{ij}$$

เมื่อ X_{ij} คือ ตัวแปรที่สังเกตได้จากการวัดลักษณะ i ด้วยวิธีการวัด j

T_i คือ ตัวประกอบลักษณะที่มุ่งวัด i

M_j คือ ตัวประกอบวิธีการวัด j

E_{ij} คือ ตัวประกอบคลาดเคลื่อนจากการวัดลักษณะ i ด้วย วิธีการวัด j

P_{xt} คือ น้ำหนักตัวประกอบของตัวแปร X บนตัวประกอบ T

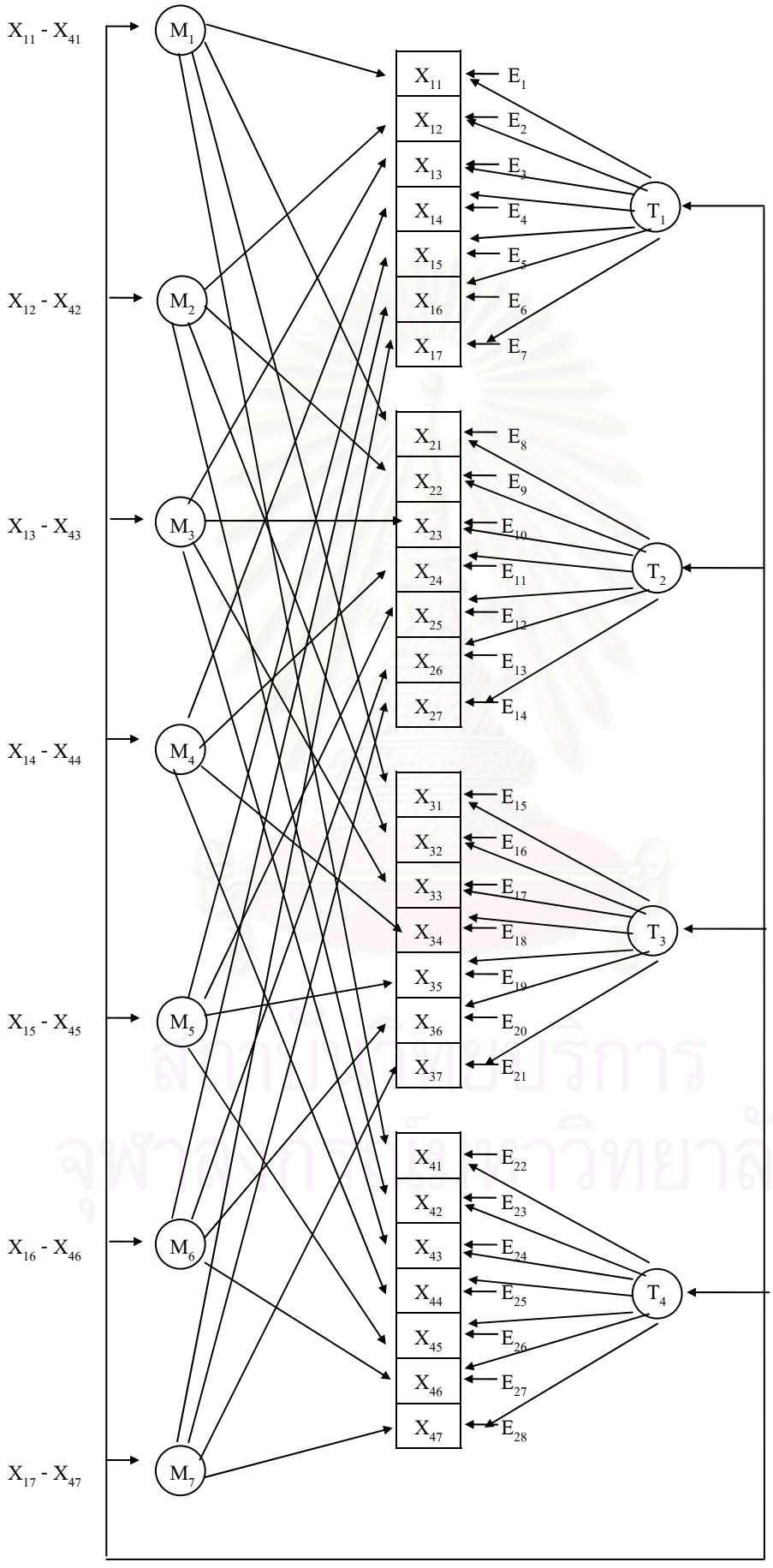
P_{xm} คือ น้ำหนักตัวประกอบของตัวแปร X บนตัวประกอบ M

4) ระบุโมเดลเฉพาะที่จะใช้ตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎี

โมเดลเต็มรูป (full model) เป็นโมเดลโครงสร้างของคะแนนตัวแปรอันเป็นผลมาจากตัวประกอบ 3 ชุด คือ ตัวประกอบลักษณะ (trait factor) ตัวประกอบวิธีการวัด (method factor) และตัวประกอบคลาดเคลื่อน (unique factor) โดยกำหนดให้ตัวประกอบลักษณะและตัวประกอบวิธีการวัดมีความสัมพันธ์กันจึงเป็นโมเดลที่มีข้อจำกัดน้อยที่สุด (least constrained) ดังแผนภาพประกอบ (ศิริชัย กาญนวาสี, 2544)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 7 แสดงโครงสร้างตัวแปรในโมเดลเต็ม (full model)



โมเดลตามสมมุติฐาน (hypothetical models) เป็นโมเดลที่เพิ่มข้อจำกัดบางประการให้แก่โมเดลเต็มรูป ข้อจำกัดที่เพิ่มเข้าไปจะเป็นไปตามสมมุติฐานที่ต้องการทดสอบ ในการวิจัยครั้งนี้โมเดลสมมุติฐานกำหนดให้ลักษณะที่มุ่งวัดมีความสัมพันธ์กัน วิธีการวัดมีความสัมพันธ์กัน แต่ลักษณะเป็นอิสระจากวิธีการวัด

5) ทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดล

ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ LISREL 8.10 ประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลโดยใช้หลักความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood) ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างเมตริกความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมของประชากรกับเมตริกความแปรปรวน- ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังสมการ

$$\underset{(28\times 28)}{\sum} = \underset{(11\times 28)}{\wedge}\ \underset{(28\times 28)}{\Phi}\ \underset{(28\times 11)}{\wedge'} + \underset{(28\times 28)}{\theta}$$

เมื่อ $\sum$ คือ เมตริกความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรที่สังเกตได้จากประชากร

$\wedge$ คือ เมตริกน้ำหนักตัวประกอบของตัวแปร X บนตัวประกอบ T และ M

Φ คือ เมตริกสหสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบ T และ M ตามโมเดลที่นำมาตรวจสอบ

θ คือ เมตริกของค่าความคลาดเคลื่อน

ทำประมาณค่าพารามิเตอร์ $\wedge$ Φ และ θ ทำให้ $\sum$ มีค่าเข้าใกล้ S (เมตริกความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรที่สังเกตได้จากกลุ่มตัวอย่าง) มากที่สุด

6) ตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยสถิติทดสอบ χ^2

7) ทดสอบความแตกต่างระหว่างโมเดลเต็ม กับโมเดลที่เกี่ยวข้อง (nested model) เพื่อตรวจสอบความตรงแบบลู่เข้าด้วยการเปรียบเทียบกับโมเดลที่ไม่มีตัวประกอบลักษณะตรวจสอบความตรงเชิงจำแนกด้วย การเปรียบเทียบกับโมเดลที่ตัวประกอบลักษณะสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ และตรวจสอบผลของวิธีการวัดด้วยการเปรียบเทียบโมเดลเต็มกับโมเดลที่ไม่มีตัวประกอบวิธีการวัด การทดสอบความแตกต่างของโมเดลด้วยสถิติทดสอบ χ^2

8) วิเคราะห์แยกส่วน (decomposition) ตัวแปรที่วัดได้แต่ละตัวว่าเป็นผลมาจากความแปรปรวนของ trait, methode หรือ unique factor อย่างละเท่าใด โดยยกกำลังสองของค่า factor loading ที่เกี่ยวกับตัวแปรและองค์ประกอบนั้น เพื่อศึกษาถึงขนาดของความแปรปรวนขององค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่มุ่งวัด

9) ทดสอบความแตกต่างของความแปรปรวนระหว่างตัวแปรแต่ละตัวที่เกี่ยวข้องกับตัวประกอบลักษณะแต่ละตัว ด้วยสถิติ t (Guilford and Fruchter, 1973) ดังสูตรต่อไปนี้

$$t = \frac{(s_2^2 - s_1^2\sqrt{(N-2)}}{2s_1 s_2(1-r_{12}^2)}$$

เมื่อ S_1^2 และ S_2^2 คือ ค่าความแปรปรวนระหว่างตัวแปรตัวที่ 1 และ 2 ที่เกี่ยวข้องกับตัวประกอบลักษณะตัวเดียวกัน

S_1 และ S_2 คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรที่ 1 และ 2

r คือ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ 1 ตัวตัวที่ 2

N คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

2.3 วิเคราะห์ค่าความเที่ยงของวิธีการตอบและการให้คะแนนแบบต่างๆ โดยคำนวณค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha method) ทดสอบความแตกต่างของค่าความเที่ยงของการให้คะแนนวิธีต่างๆ เป็นรายคู่ด้วยสูตร Feldt (Feldt, 1980 eited in Linn, 1989)

$$t = \sqrt{\frac{(n-2)(\hat{\alpha}_1 - \hat{\alpha}_2)^2}{4(1-\hat{\alpha}_1)(1-\hat{\alpha}_2)(1-\hat{\rho}_{X_1X_2}^2)}}$$

df = N - 2

เมื่อ N คือ จำนวนผู้สอบ

α_1 และ α_2 คือ ค่าความเที่ยงของการตรวจให้คะแนนโดยวิธีที่ 1 กับ วิธีที่ 2

$\rho_{X_1X_2}$ คือ ค่าสหสัมพันธ์ของคะแนนที่ให้ค่าความเที่ยงวิธีที่ 1 กับวิธีที่ 2

ตอนที่ 3 วิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศและอัตราส่วนสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบ

3.1 วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของข้อสอบ

3.2 วิเคราะห์หาค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการให้คะแนนแบบต่างๆ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำในการจำแนกคุณลักษณะของผู้สอบ ณ ระดับความสามารถ (θ) นั้นๆ จะทำการวิเคราะห์ด้วยโมเดล Generalized Partial Credit Model : (GPCM) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป PARSCALE ซึ่งมีสมการโครงสร้างของโมเดลดังนี้

$$I(\theta) = \sum_{j=1}^{m} I_j(\theta)$$

เมื่อ $I(\theta)$ คือ ฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ

$I_j(\theta)$ คือ ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อกระทง

$$I_j(\theta) = D^2 a_j^2 \sum_{k=1}^{m_j} \left[T_k - \overline{T}_j(\theta)\right]^2 P_{jk}(\theta)$$

เมื่อ D คือ ค่าคงที่ของสเกลที่มีค่าประมาณ 1.70

a_j คือ ค่าอำนาจจำแนก

$\overline{T}_j(\theta)$ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนในข้อกระทงที่ j ซึ่งเท่ากับ $\sum T_k P_{jk}(\theta)$

T_k คือ ค่าคะแนนใดๆ ใน T_j ซึ่งเท่ากับ 1, 2, 3…m_j

P_{jk} คือ ความน่าจะเป็นของคนที่มีความสามารถ θ ที่จะตอบข้อกระทง j ได้คะแนน k

k คือ ลำดับขั้นคะแนนที่ 1,2…k-1, k , k+1

3.3 การวิเคราะห์ค่าสารสนเทศเฉลี่ยและอัตราส่วนสารสนเทศเฉลี่ย (ratio of average information : RAI) ของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการให้คะแนนแบบต่างๆ เพื่อตรวจความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบของวิธีการตรวจและการให้คะแนนแต่ละวิธี ซึ่งมีการวิเคราะห์ดังนี้

1) คำนวณค่าสารสนเทศเฉลี่ย (average information : AI) จากสูตร

$$AI(\theta, k_i) = \frac{\sum_{qpt=1}^{n} I(\theta, qpt_n)}{n}$$

เมื่อ qpt คือ Quardature Point ของ θ บนโค้งฟังก์ชันสารสนเทศ

n คือ จำนวนจุดของ qpt บนโค้งฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ

k_i คือ แบบสอบที่ตรวจให้คะแนนวิธี k

2) คำนวณประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย (RAI) จากสูตร

$$RAI(\theta, x_i, y_i) = \frac{AI(\theta, x_i)}{AI(\theta, y_i)}$$

เมื่อ $AI(\theta, x_i)$ คือ ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบฉบับ x ณ ทุกตำแหน่ง θ

$AI(\theta, y_i)$ คือ ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบฉบับ y ณ ทุกตำแหน่ง θ

x_i คือ แบบสอบที่ตรวจให้คะแนนวิธี x

y_i คือ แบบสอบที่ตรวจให้คะแนนวิธี y

3) การแปลความหมายประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย

ก. ถ้าค่า RAI $(\theta, x_i, y_i) = 1$ แสดงว่าแบบสอบที่ใช้วิธีการตรวจให้คะแนนวิธี x และวิธี y มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบโดยเฉลี่ยทุกระดับความสามารถเท่ากัน

ข) ถ้าค่า RAI $(\theta, x_i, y_i) > 1$ แสดงว่าแบบสอบที่ใช้วิธีการตรวจให้คะแนนวิธี x มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถโดยเฉลี่ยทุกระดับความสามารถสูงกว่าวิธี y

ค) ถ้าค่า RAI $(\theta, x_i, y_i) < 1$ แสดงว่าแบบสอบที่ใช้วิธีการตรวจให้คะแนนวิธี y มีความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบโดยเฉลี่ยทุกระดับความสามารถสูงกว่าวิธี x

3.7 เกณฑ์ในการพิจารณาคุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนน

ในการศึกษาคุณภาพของวิธีการตอบและการให้คะแนนความรู้บางส่วน ได้ใช้เกณฑ์ในการตรวจสอบ 5 เกณฑ์ ด้วยกัน คือ ฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบ ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบ ความตรงเชิงโครงสร้าง ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน การให้น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ จากการศึกษางานวิจัยในด้านนี้ ทำให้ได้ข้อสรุปว่า การศึกษาคุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ มีความสามารถในการจำแนกผู้สอบได้ชัดเจนกว่าทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม (เอมอร จังศิริพรปกรณ์, 2545) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ให้น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ที่ศึกษาตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบไว้มากกกว่าเกณฑ์ที่ศึกษาตามแนวทฤษฎีแบบดั้งเดิม ซึ่งเรียงลำดับน้ำหนักความสำคัญดังนี้

อันดับ 1 ฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบ

อันดับ 2 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบ

อันดับ 3 ความตรงเชิงโครงสร้าง

อันดับ 4 ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์

อันดับ 5 ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ โดยได้ประยุกต์วิธีของคูมบ์ ประยุกต์วิธีของเดรสเซลและชมิด และประยุกต์วิธีของอาโนลด์ แล้วเปรียบเทียบค่าความเที่ยง ค่าความตรงเชิงโครงสร้าง และค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ ของผลการวัดความรู้บางส่วนจากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนทั้งหมด 7 วิธี คือ วิธีของคูมบ์ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ วิธีของเดรสเซลและชมิด วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด วิธีของอาร์โนลด์ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และวิธี ประเพณีนิยม และเปรียบเทียบค่าฟังก์ชัน สารสนเทศของแบบสอบและประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนทั้ง 7 วิธี การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแยกเสนอเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของผลการวัดความรู้บางส่วน จากวิธีการตรวจให้คะแนนทั้ง 7 วิธี

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าความตรงเชิงทฤษฎี ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และค่าความเที่ยงของผลการวัดความรู้บางส่วนจากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนทั้ง 7 วิธี

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบและประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบ

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เกิดความสะดวกและเหมาะสม ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ทางสถิติและอักษรย่อที่ใช้แทนค่าสถิติและตัวแปรต่างๆ ดังนี้

$\bar{X}$	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ย
SD	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
χ^2	แทน	ค่าสถิติทดสอบไคสแควส์
t	แทน	ค่าสถิติทดสอบที
df	แทน	ชั้นแห่งความอิสระ
C	แทน	วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์
MC	แทน	วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์
A	แทน	วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์
MA	แทน	วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์
D/S	แทน	วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิด

MD/S แทน วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด

NR แทน วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบ ประเพณีนิยม

T1 แทน ทักษะการลงความเห็นข้อมูล

T2 แทน ทักษะการใช้ตัวเลข

T3 แทน ทักษะการทำนาย

T4 แทน ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปส และ สเปส/เวลา

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานในตอนนี้ เป็นการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ ค่าความถี่ ของคะแนนการวัดความรู้บางส่วนที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนทั้ง 7 วิธี รายละเอียดผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

1.1 ค่าคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความรู้บางส่วนที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความรู้บางส่วนที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยการวัดทักษะต่างๆ กัน 4 ทักษะ คือ ทักษะการลงความเห็นข้อมูล ทักษะการใช้ตัวเลข ทักษะการทำนาย และทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และสเปส/เวลา ทดสอบนักเรียนทั้งหมด 946 คน โดยมีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนทั้งหมด 7 วิธี ได้ค่าสถิติพื้นฐานดังนี้ วิธีของคูมบ์ พบว่า ทักษะการทำนายมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 13.98 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 9.65 ทักษะการลงความเห็นข้อมูลมีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 8.22 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.54 แบบสอบทั้งฉบับมีคะแนนเฉลี่ย 40.79 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 27.07 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 12 วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ พบว่า ทักษะการทำนายมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 19.55 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.86 ทักษะการลงความเห็นข้อมูลมีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 15.17 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.68 แบบสอบทั้งฉบับมีคะแนนเฉลี่ย 67.68 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 19.35 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 13 วิธีของอาร์โนลด์ พบว่า ทักษะการทำนายมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 2.96 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.17 ทักษะการลงความเห็นข้อมูลมีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 1.46 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.68 แบบสอบทั้งฉบับมีคะแนนเฉลี่ย 8.72 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.29 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 14 วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ พบว่า ทักษะการทำนายมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 15.50 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.65 ทักษะการลงความเห็นข้อมูล คะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 10.19 ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.90 แบบสอบฉบับมีคะแนนเฉลี่ย 52.39 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 22.71 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 15 วิธีของเดรสเซลและชมิด พบว่า ทักษะการทำนายมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 14.14 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 9.90 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปส และสเปส/

เวลา มีคะแนนเฉลี่ย ต่ำสุด 7.37 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.45 แบบสอบทั้งฉบับมีค่าเฉลี่ย 40.43 ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน 28.04 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 16 วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด พบว่า ทักษะการทำนายมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 19.84 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.86 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปส และสเปส/เวลา มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 15.23 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.73 แบบสอบทั้งฉบับมีคะแนนเฉลี่ย 68.25 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 19.59 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 17 และวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบ ประเพณีนิยม พบว่า ทักษะการทำนายมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 5.01 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.99 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปส และสเปส/เวลา มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด 3.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.77 แบบสอบทั้งฉบับ มีคะแนนเฉลี่ย 16.76 ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.42 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 18

ตารางที่ 12 คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อ	จำนวนผู้สอบ	คะแนน			
			ต่ำสุด	สูงสุด	$\bar{X}$	SD
1. การลงความเห็นข้อมูล	10	946	-18.00	34.00	8.22	8.54
2. การใช้ตัวเลข	10	946	-26.00	40.00	10.11	11.90
3. การทำนาย	10	946	-15.00	40.00	13.98	9.65
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปส และสเปส/เวลา	10	946	-15.00	31.00	8.50	8.40
รวม	40	946	-28.00	123.00	40.79	27.07

หมายเหตุ ข้อสอบแต่ละข้อมีช่วงคะแนน -4 ถึง 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 13 คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อ	จำนวนผู้เข้าสอบ	คะแนน			
			ต่ำสุด	สูงสุด	$\bar{X}$	SD
1. การลงความเห็นข้อมูล	10	946	0.00	35.00	15.17	5.68
2. การใช้ตัวเลข	10	946	0.00	40.00	17.20	8.55
3. การทำนาย	10	946	0.00	40.00	19.55	6.86
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปส และสเปส/เวลา	10	946	0.00	32.00	15.76	5.97
รวม	40	946	24.00	130.00	67.68	19.35

หมายเหตุ ข้อสอบแต่ละข้อมีช่วงคะแนน 0 ถึง 4

ตารางที่ 14 คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อ	จำนวนผู้เข้าสอบ	คะแนน			
			ต่ำสุด	สูงสุด	$\bar{X}$	SD
1. การลงความเห็นข้อมูล	10	946	-2.50	8.13	1.46	1.68
2. การใช้ตัวเลข	10	946	-2.50	10.00	2.42	2.75
3. การทำนาย	10	946	-2.50	10.00	2.96	2.17
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปส และสเปส/เวลา	10	946	-2.50	7.50	1.88	1.87
รวม	40	946	-3.61	30.1	8.72	6.29

หมายเหตุ ข้อสอบแต่ละข้อมีช่วงคะแนน - 0.25 ถึง 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 15 คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อ	จำนวนผู้เข้าสอบ	คะแนน			
			ต่ำสุด	สูงสุด	$\bar{X}$	SD
1. การลงความเห็นข้อมูล	10	946	0.00	33.50	10.20	5.90
2. การใช้ตัวเลข	10	946	0.00	40.00	14.31	9.36
3. การทำนาย	10	946	0.00	40.00	15.50	7.65
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปส และสเปส/เวลา	10	946	0.00	32.00	12.37	6.54
รวม	40	946	8.25	127	52.39	22.71

หมายเหตุ ข้อสอบแต่ละข้อมีช่วงคะแนน 0 ถึง 4

ตารางที่ 16 คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิด

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อ	จำนวนผู้เข้าสอบ	คะแนน			
			ต่ำสุด	สูงสุด	$\bar{X}$	SD
1. การลงความเห็นข้อมูล	10	946	-15.00	36.00	8.97	8.34
2. การใช้ตัวเลข	10	946	-17.00	40.00	9.86	11.98
3. การทำนาย	10	946	-17.00	38.00	14.14	9.90
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปส และสเปส/เวลา	10	946	-18.00	34.00	7.37	8.45
รวม	40	946	-33.00	129.00	40.34	28.04

หมายเหตุ ข้อสอบแต่ละข้อมีช่วงคะแนน -4 ถึง 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อ	จำนวนผู้เข้าสอบ	คะแนน			
			ต่ำสุด	สูงสุด	$\bar{X}$	SD
1. การลงความเห็นข้อมูล	10	946	0.00	36.00	15.89	5.65
2. การใช้ตัวเลข	10	946	0.00	40.00	17.30	8.43
3. การทำนาย	10	946	0.00	38.00	19.84	6.86
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปส และสเปส/เวลา	10	946	0.00	35.00	15.23	5.73
รวม	40	946	24.00	134.00	68.25	19.59

หมายเหตุ ข้อสอบแต่ละข้อมีช่วงคะแนน 0 ถึง 4

ตารางที่ 18 คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อ	จำนวนผู้เข้าสอบ	คะแนน			
			ต่ำสุด	สูงสุด	$\bar{X}$	SD
1. การลงความเห็นข้อมูล	10	946	0.00	8.00	3.92	1.66
2. การใช้ตัวเลข	10	946	0.00	10.00	4.14	2.29
3. การทำนาย	10	946	0.00	10.00	5.01	1.99
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปส และสเปส/เวลา	10	946	0.00	10.00	3.70	1.77
รวม	40	946	3.00	33.00	16.76	5.42

หมายเหตุ ข้อสอบแต่ละข้อมีช่วงคะแนน 0 ถึง 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 ค่าความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีวิธีการตอบและตรวจการให้คะแนนแบบต่างๆ

ผลจากการนำแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยทักษะต่างๆ 4 ทักษะ คือทักษะการลงความเห็นข้อมูล ทักษะการใช้ตัวเลข ทักษะการทำนาย และทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และสเปส/เวลา มาทดสอบกับนักเรียน 946 คน โดยทำการทดสอบ 3 ครั้ง แต่ละครั้งจะให้นักเรียนตอบตามคำชี้แจง เพื่อที่จะให้นักเรียนได้แสดงความรู้บางส่วนออกมา จากการวิเคราะห์คำตอบที่นักเรียนตอบตามวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ จำแนกระดับความรู้ของนักเรียนได้ดังนี้

1) วิธีของคูมบ์

ค่าความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ความถี่และร้อยละของจำนวนการตอบของนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวนผู้ตอบข้อสอบแยกตามระดับความรู้					
	มีความรู้เต็ม (full knowledge)	มีความรู้บางส่วน (partial knowledge)	มีความรู้ผิดบางส่วน (partial misinformation)	มีความรู้ผิดเต็ม (full misinformation)	ไม่มีความรู้ (absence of knowledge)	รวม
1. การลงความเห็นข้อมูล	1582	3705	4043	98	32	9460
	(16.72)	(39.16)	(42.74)	(1.04)	(0.34)	
2. การใช้ตัวเลข	2900	2172	4195	139	54	9460
	(30.66)	(22.96)	(44.34)	(1.47)	(0.57)	
3. การทำนาย	2973	2998	3394	74	21	9460
	(31.42)	(31.69)	(35.88)	(0.78)	(0.22)	
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และ สเปส/เวลา	2349	2489	4480	101	41	9460
	(24.83)	(26.31)	(47.36)	(1.07)	(0.43)	
รวม	**9804**	**11364**	**16112**	**412**	**148**	**37840**
	(25.90)	**(30.03)**	**(42.58)**	**(1.09)**	**(0.39)**	

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือค่า ร้อยละ

จากตารางที่ 19 เมื่อพิจารณาการตอบแบบสอบทั้งฉบับ พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีความรู้เต็ม ซึ่งเป็นผู้ที่ตัดตัวลวงออกได้ทุกตัวในแต่ละข้อ โดยเฉลี่ยร้อยละ 25.90 ทักษะที่มีจำนวน นักเรียนมีความรู้เต็มมากที่สุด คือ ทักษะการทำนาย ร้อยละ 31.42 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนที่มีความรู้เต็มน้อยที่สุด คือทักษะการลงความเห็นข้อมูล ร้อยละ 16.72 จำนวนนักเรียนที่มีความรู้บางส่วน ซึ่งเป็นผู้ที่ได้คะแนนบางส่วนจากการที่ตัดตัวลวงออกได้ แต่ไม่ครบทุกตัวในแต่ละข้อ โดยเฉลี่ย ร้อยละ 30.03 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้บางส่วนมากที่สุด คือทักษะการลงความเห็นข้อมูล ร้อยละ 39.16 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้บางส่วนน้อยที่สุด คือทักษะการใช้ตัวเลข ร้อยละ 22.96 จำนวนนักเรียนที่มีความรู้ผิดบางส่วน ซึ่งเป็นผู้ที่ตัดตัวลวงออกไปได้ถูกต้องบางตัว แต่ตัดตัวเลือกที่ถูกออกไปด้วยในแต่ละข้อ โดยเฉลี่ยร้อยละ 42.58 ทักษะที่มีจำนวน นักเรียนมีความรู้ผิดบางส่วนมากที่สุดคือ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และ สเปส/เวลา ร้อยละ 47.36 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้ผิดบางส่วน น้อยที่สุดคือทักษะการทำนายร้อยละ 35.88 จำนวนนักเรียนที่มีความรู้ผิดเต็ม เป็นผู้ที่ตัดตัวเลือกถูกออกไป โดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวง และตัดออกไปเพียง 1 ตัว ในแต่ละข้อโดยเฉลี่ยร้อยละ 1.09 ทักษะที่มีจำนวน นักเรียนมีความรู้ผิดเต็มมากที่สุด คือ ทักษะการใช้ตัวเลขร้อยละ 1.47 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้ผิดเต็มน้อยที่สุดคือ ทักษะการทำนายร้อยละ 0.78 จำนวนนักเรียนที่ไม่มีความรู้เป็นผู้ที่ไม่ตอบข้อสอบ ในแต่ละข้อโดยเฉลี่ยร้อยละ 0.39 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนไม่มีความรู้มากที่สุด คือทักษะการใช้ตัวเลขร้อยละ 0.57 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนไม่มีความรู้น้อยที่สุด คือ ทักษะการทำนายร้อยละ 0.22

เมื่อวิเคราะห์ถึงวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ พบว่าจำแนกระดับความรู้ของนักเรียนที่เข้าสอบได้ 5 ระดับ โดยเฉลี่ยร้อยละตามลำดับดังนี้ มีความรู้ผิดบางส่วน ร้อยละ 42.58 มีความรู้บางส่วนร้อยละ 30.03 มีความรู้เต็ม ร้อยละ 25.90 มีความรู้ผิดเต็มร้อยละ 1.09 และไม่มีความรู้ร้อยละ 0.39

2) วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์

ค่าความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ความถี่และร้อยละของจำนวนการตอบของนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวนผู้ตอบแบบสอบแยกตามระดับความรู้			
	มีความรู้เต็ม (full knowledge)	มีความรู้บางส่วน (partial knowledge)	ไม่มีความรู้ (absence of knowledge)	รวม
1. การลงความเห็นข้อมูล	1582	3705	4173	9460
	(16.72)	(39.16)	(44.11)	
2. การใช้ตัวเลข	2900	2172	4388	9460
	(30.66)	(22.96)	(46.38)	
3. การทำนาย	2973	2998	3489	9460
	(31.42)	(31.69)	(36.88)	
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปสและสเปส/เวลา	2349	2489	4622	9460
	(24.83)	(26.31)	(48.86)	
รวม	**9804**	**11364**	**16672**	**37840**
	(25.90)	**(30.03)**	**(40.06)**	

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือค่า ร้อยละ

จากตารางที่ 20 เมื่อพิจารณาการตอบแบบสอบทั้งฉบับพบว่า จำนวนนักเรียนที่มีความรู้เต็ม ซึ่งเป็นผู้ที่ตัดตัวลวงออกได้ทุกตัวในแต่ละข้อ โดยเฉลี่ยร้อยละ 25.90 ทักษะที่มีจำนวน นักเรียนมีความรู้เต็มมากที่สุดคือทักษะการทำนายร้อยละ 31.42 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้เต็มน้อยที่สุด คือทักษะการลงความเห็นข้อมูล ร้อยละ 16.72 จำนวนนักเรียนที่มีความรู้บางส่วน ซึ่งเป็นผู้ที่ได้คะแนนบางส่วนจากการที่ตัดตัวลวงออกได้ แต่ไม่ครบทุกตัวในแต่ละข้อโดยเฉลี่ยร้อยละ 30.03 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้บางส่วนมากที่สุดคือทักษะการลงความเห็นข้อมูล ร้อยละ 39.16 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้บางส่วนน้อยที่สุดคือ ทักษะการใช้ตัวเลข ร้อยละ 22.96 จำนวนนักเรียนที่ไม่มีความรู้ ซึ่งเป็นผู้ที่ตัดตัวถูกออกไปด้วย โดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวง และรวมถึงผู้ที่ไม่ตอบในแต่ละข้อโดยเฉลี่ยร้อยละ 44.11 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนที่ไม่มีความรู้มากที่สุด คือทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปส และสเปส/เวลา ร้อยละ 48.86 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนไม่มีความรู้น้อยที่สุดคือทักษะการทำนาย

เมื่อวิเคราะห์ถึงวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ พบว่า จำแนกระดับความรู้ของนักเรียนที่เข้าสอบได้ 3 ระดับโดยเฉลี่ยร้อยละตามลำดับดังนี้ ไม่มีความรู้ร้อยละ 40.06 มีความรู้บางส่วนร้อยละ 30.03 และมีความรู้เต็มร้อยละ 25.90

3) วิธีของอาร์โนลด์

ค่าความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ความถี่และร้อยละของจำนวนการตอบของนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวนผู้ตอบข้อสอบแยกตามระดับความรู้				
	มีความรู้เต็ม (full knowledge)	มีความรู้บางส่วน (partial knowledge)	มีความรู้ผิดเต็ม (full misinformation)	ไม่มีความรู้ (absence of knowledge)	รวม
1. การลงความเห็นข้อมูล	1582	3705	41.41	32	9460
	(16.72)	(39.16)	(43.77)	(0.34)	
2. การใช้ตัวเลข	2900	2172	43.34	54	9460
	(30.66)	(22.96)	(45.81)	(0.57)	
3. การทำนาย	2973	2998	34.68	21	9460
	(31.42)	(31.69)	(36.66)	(0.22)	
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และ สเปส/เวลา	2349	2489	4581	41	9460
	(24.83)	(26.31)	(48.42)	(0.43)	
รวม	**9804**	**11364**	**16524**	**148**	**37840**
	(25.90)	**(30.03)**	**(43.67)**	**(0.39)**	

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือค่า ร้อยละ

จากตารางที่ 21 เมื่อพิจารณาการตอบแบบสอบทั้งฉบับ พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีความรู้เต็ม ซึ่งเป็นผู้ที่ตัดตัวลวงออกได้ทุกตัว ในแต่ละข้อ โดยเฉลี่ยร้อยละ 25.90 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้เต็มมากที่สุด คือทักษะการทำนายร้อยละ 31.42 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้เต็มน้อยที่สุด คือ ทักษะการลงความเห็นข้อมูล ร้อยละ 16.72 จำนวนนักเรียนที่มีความรู้บางส่วน ซึ่งเป็นผู้ที่ได้คะแนนบางส่วนจากการที่ตัดตัวลวงออกได้ แต่ไม่ครบทุกตัวในแต่ละข้อ โดยเฉลี่ยร้อยละ 30.03 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้บางส่วนมากที่สุดคือทักษะการลงความเห็นข้อมูล ร้อยละ 39.16 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้บางส่วนน้อยที่สุด คือทักษะการใช้ตัวเลขร้อยละ 22.96 จำนวนนักเรียนที่มีความรู้ที่ผิด ซึ่งเป็นผู้ที่ตัดตัวถูกออกไปด้วย โดยเข้าใจ

ว่าเป็นตัวลวง และตัดออกไปตั้งแต่ 1 ตัว ถึง 4 ตัว ในแต่ละข้อโดยเฉลี่ยร้อยละ 43.67 จำนวนนักเรียนที่ไม่มีความรู้ ซึ่งเป็นผู้ที่ไม่ตอบข้อสอบในแต่ละข้อ โดยเฉลี่ยร้อยละ 0.39 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนไม่มีความรู้มากที่สุดคือทักษะการใช้ตัวเลขร้อยละ 0.57 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนไม่มีความรู้น้อยที่สุดคือทักษะการทำนาย ร้อยละ 0.22

เมื่อวิเคราะห์ถึงวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ พบว่า จำแนกระดับความรู้ของนักเรียนที่เข้าสอบได้ 4 ระดับ โดยเฉลี่ยร้อยละตามลำดับดังนี้ มีความรู้ที่ผิด ร้อยละ 43.67 มีความรู้บางส่วนร้อยละ 30.03 มีความรู้เต็มร้อยละ 25.90 ไม่มีความรู้ร้อยละ 0.39

4) วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์

ค่าความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ความถี่และร้อยละของจำนวนการตอบของนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวนผู้ตอบแบบสอบแยกตามระดับความรู้			รวม
	มีความรู้เต็ม (full knowledge)	มีความรู้บางส่วน (partial knowledge)	ไม่มีความรู้ (absence of knowledge)	
1. การลงความเห็นข้อมูล	1582	3705	4173	9460
	(16.72)	(39.16)	(44.11)	
2. การใช้ตัวเลข	2900	2172	4388	9460
	(30.66)	(22.96)	(46.38)	
3. การทำนาย	2973	2998	3489	9460
	(31.42)	(31.69)	(36.88)	
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปสและ สเปส/เวลา	2349	2489	4622	9460
	(24.83)	(26.31)	(48.86)	
รวม	**9804**	**11364**	**16672**	**37840**
	(25.90)	**(30.03)**	**(40.06)**	

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือค่า ร้อยละ

จากตารางที่ 22 เมื่อพิจารณาการตอบแบบสอบทั้งฉบับ พบว่าจำนวนนักเรียนที่มีความรู้เต็ม ซึ่งเป็นผู้ที่ตัดตัวลวงออกได้ทุกตัว ในแต่ละข้อ โดยเฉลี่ยร้อยละ 25.90 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้เต็มมากที่สุดคือ ทักษะการทำนายร้อยละ 31.42 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้เต็มน้อยที่สุด คือทักษะการลงความเห็นข้อมูลร้อยละ 16.72 จำนวนนักเรียนที่มีความรู้บางส่วน ซึ่งเป็นผู้ที่ได้คะแนนบางส่วนจากการที่ตัดตัวลวงออกได้แต่ไม่ตรงทุกตัว ในแต่ละข้อ โดยเฉลี่ยร้อยละ 30.03 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้บางส่วนมากที่สุดคือ ทักษะการลงความเห็นข้อมูลร้อยละ 39.16 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้บางส่วนน้อยที่สุด คือทักษะการใช้ตัวเลข ร้อยละ 22.96 จำนวนนักเรียนที่ไม่มีความรู้ ซึ่งเป็นผู้ที่ตัดตัวถูกออกไปด้วย โดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวง และรวมถึงผู้ที่ไม่ตอบในแต่ละข้อ โดยเฉลี่ยร้อยละ 44.11 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนไม่มีความรู้มากที่สุด คือทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และสเปส/เวลา ร้อยละ 48.86 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนไม่มีความรู้น้อยที่สุด คือทักษะการทำนาย

เมื่อวิเคราะห์ถึงวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์ จากวิธีของอาร์โนลด์ พบว่า จำแนกระดับความรู้ของนักเรียนที่เข้าสอบได้ 3 ระดับ โดยเฉลี่ยร้อยละตามลำดับดังนี้ ไม่มีความรู้ร้อยละ 40.06 มีความรู้บางส่วนร้อยละ 30.03 และมีความรู้เต็มร้อยละ 25.90

5) วิธีของเดรสเซลและชมิด

ค่าความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิด ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 23

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 23 ความถี่และร้อยละของจำนวนการตอบของนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิด

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวนผู้ตอบข้อสอบแยกตามระดับความรู้					
	มีความรู้เต็ม (full knowledge)	มีความรู้บางส่วน (partial knowledge)	มีความรู้ผิดบางส่วน (partial misinformation)	มีความรู้ผิดเต็ม (full misinformation)	ไม่มีความรู้ (absence of knowledge)	รวม
1. การลงความเห็นข้อมูล	1577	3785	3983	88	27	9460
	(16.67)	(40.01)	(42.10)	(0.93)	(0.29)	
2. การใช้ตัวเลข	2612	2688	3985	150	25	9460
	(27.61)	(28.41)	(42.12)	(1.59)	(0.26)	
3. การทำนาย	2769	3266	3327	71	27	9460
	(29.27)	(34.52)	(35.17)	(0.75)	(0.29)	
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และ สเปส/เวลา	2111	2712	4473	132	32	9460
	(22.32)	(2867)	(47.28)	(1.40)	(0.34)	
รวม	**9069**	**12451**	**15768**	**441**	**111**	**37840**
	(23.96)	**(32.90)**	**(41.67)**	**(4.66)**	**(4.66)**	

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือค่า ร้อยละ

จากตารางที่ 23 เมื่อพิจารณาการตอบแบบสอบทั้งฉบับ พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีความรู้เต็ม ซึ่งเป็นผู้ที่เลือกตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกเพียงตัวเลือกเดียว ในแต่ละข้อ โดยเฉลี่ยร้อยละ 23.96 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้เต็มมากที่สุด คือทักษะการทำนายร้อยละ 29.27 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้เต็มน้อยที่สุด คือทักษะการลงความเห็นข้อมูลร้อยละ 16.67 จำนวนนักเรียนที่มีความรู้บางส่วน ซึ่งเป็นผู้ที่ได้คะแนนบางส่วนจากการที่ตอบโดยเลือกตัวเลือกมากกว่า 1 ตัวเลือก และในชุดตัวเลือกที่เลือกนั้นมีตัวเลือกที่เป็นคำตอบรวมอยู่ด้วย ในแต่ละข้อโดยเฉลี่ยร้อยละ 32.90 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้บางส่วนมากที่สุด คือทักษะการลงความเห็น ข้อมูล ร้อยละ 40.01 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้บางส่วนน้อยที่สุด คือทักษะการใช้ตัวเลขร้อยละ 28.41 จำนวนนักเรียนที่มีความรู้ผิดบางส่วน ซึ่งเป็นผู้ที่ตอบโดยเลือกตัวเลือกมากกว่า 1 ตัวเลือก และในชุดตัวเลือกที่เลือกไม่มีตัวเลือกที่เป็นคำตอบรวมอยู่ด้วย ในแต่ละข้อโดยเฉลี่ยร้อยละ 41.67 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้ผิดบางส่วนมากที่สุด คือทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และสเปส/เวลา ร้อยละ 47.28 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้ผิดบางส่วนน้อยที่สุด คือ ทักษะการทำนายร้อยละ 35.17 จำนวนนักเรียนที่มีความรู้ผิดเต็ม

ซึ่งเป็นผู้ที่ตอบโดยเลือกเพียงตัวเลือกเดียว และตัวเลือกที่เลือกนั้น ไม่ใช่ตัวเลือกที่เป็นคำตอบในแต่ละข้อ โดยเฉลี่ย ร้อยละ 4.66 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้ผิดเต็มมากที่สุดคือทักษะการใช้ตัวเลขร้อยละ 1.59 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความผิดเต็มน้อยที่สุด คือ ทักษะการทำนาย ร้อยละ 0.75 จำนวนนักเรียนที่ไม่มีความรู้ ซึ่งเป็นผู้ที่ไม่ตอบข้อสอบ ในแต่ละข้อโดยเฉลี่ยร้อยละ 1.17 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนไม่มีความรู้มากที่สุด คือ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และ สเปส/เวลา ร้อยละ 0.34 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนไม่มีความรู้น้อยที่สุด คือทักษะการใช้ตัวเลข ร้อยละ 0.29

เมื่อวิเคราะห์ถึงวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิด พบว่า จำแนกระดับความรู้ของนักเรียนที่เข้าสอบได้ 5 ระดับ โดยเฉลี่ยร้อยละตามลำดับดังนี้ มีความรู้ผิดบางส่วน ร้อยละ 41.67 มีความรู้บางส่วนร้อยละ 32.90 มีความรู้เต็มร้อยละ 23.96 มีความรู้ผิดเต็มร้อยละ 4.66 และไม่มีความรู้ร้อยละ 1.17

6) วิธีที่ประยุกต์จากวิธีสของเดรสเซลและชมิด

ค่าความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์ของของเดรสเซลและชมิด ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ความถี่และร้อยละของจำนวนการตอบของนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวนผู้ตอบแบบสอบแยกตามระดับความรู้			รวม
	มีความรู้เต็ม (full knowledge)	มีความรู้บางส่วน (partial knowledge)	ไม่มีความรู้ (absence of knowledge)	
1. การลงความเห็นข้อมูล	1577	3785	4098	9460
	(16.67)	(40.01)	(43.32)	
2. การใช้ตัวเลข	2612	2688	4160	9460
	(27.61)	(28.41)	(43.97)	
3. การทำนาย	2769	3266	3425	9460
	(29.27)	(34.52)	(36.21)	
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่าง	2111	2712	4637	9460
สเปส/สเปสและ สเปส/เวลา	(22.32)	(2867)	(49.02)	
รวม	**9069**	**12451**	**1620**	**37840**
	(23.96)	**(32.90)**	**(49.02)**	

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือค่า ร้อยละ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 24 เมื่อพิจารณาการตอบแบบสอบทั้งฉบับ พบว่า จำนวนนักเรียนที่มีความรู้เต็ม ซึ่งเป็นผู้ที่เลือกตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกเพียงตัวเลือกเดียว ในแต่ละข้อ โดยเฉลี่ยร้อยละ 23.96 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้เต็มมากที่สุด คือ ทักษะการทำนายร้อยละ 29.27 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้เต็มน้อยที่สุด คือ ทักษะการลงความเห็นข้อมูลร้อยละ 16.67 จำนวนนักเรียนที่มีความรู้บางส่วน ซึ่งเป็นผู้ที่ได้คะแนนบางส่วนจากการที่ตอบโดยเลือกตัวเลือกมากกว่า 1 ตัวเลือก และในชุดตัวเลือกที่เลือกนั้นมีตัวเลือกที่เป็นคำตอบรวมอยู่ด้วย ในแต่ละข้อ โดยเฉลี่ยร้อยละ 32.90 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้บางส่วนมากที่สุด คือทักษะการลงความเห็นข้อมูล ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้บางส่วนน้อยที่สุด คือทักษะการใช้ตัวเลขร้อยละ 28.41 จำนวนนักเรียนที่ไม่มีความรู้ ซึ่งเป็นผู้ตอบที่ตอบโดยเลือกตัวเลือกตั้งแต่ 1 ตัวเลือก ถึง 4 ตัวเลือก และในชุดตัวเลือกที่เลือกไม่มีตัวเลือกที่เป็นคำตอบรวมอยู่ด้วย และรวมถึงผู้ที่ไม่ตอบข้อสอบในแต่ละข้อ โดยเฉลี่ยร้อยละ 43.13 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนไม่มีความรู้มากที่สุด คือ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปส และสเปส/เวลา ร้อยละ 49.02 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนไม่มีความรู้น้อยที่สุดคือทักษะการทำนายร้อยละ 36.21

เมื่อวิเคราะห์ถึงวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของ เดรสเซลและชมิด พบว่า จำแนกระดับความรู้ของนักเรียนที่เข้าสอบได้ 3 ระดับ โดยเฉลี่ยร้อยละตามลำดับดังนี้ ไม่มีความรู้ร้อยละ 43.13 มีความรู้บางส่วนร้อยละ 32.90 และมีความรู้เต็มร้อยละ 23.96

7) วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

ค่าความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนประเพณีนิยม ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 25

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 25 ความถี่และร้อยละของจำนวนการตอบของนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวนผู้ตอบแบบสอบแยกตามระดับความรู้			รวม
	มีความรู้เต็ม (full knowledge)	มีความรู้บางส่วน (partial knowledge)	ไม่มีความรู้ (absence of knowledge)	
1. การลงความเห็นข้อมูล	3704	-	5756	9460
	(39.15)		(60.85)	
2. การใช้ตัวเลข	3919	-	5541	9460
	(41.43)		(58.57)	
3. การทำนาย	4735	-	4725	9460
	(50.05)		(49.95)	
4. การหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปสและ สเปส/เวลา	3499	-	5961	9460
	(36.99)		(63.01)	
รวม	**15857**	**-**	**21983**	**37840**
	(41.91)		**(58.09)**	

หมายเหตุตัวเลขในวงเล็บคือค่า ร้อยละ

จากตารางที่ 25 เมื่อพิจารณาการตอบแบบสอบทั้งฉบับพบว่า จำนวนนักเรียนที่มีความรู้เต็มซึ่งเป็นผู้ที่ตอบโดยเลือกตัวเลือกที่เป็นคำตอบเพียงตัวเลือกเดียว และได้คะแนนเต็มในแต่ละข้อ โดยเฉลี่ยร้อยละ 41.91 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้เต็มมากที่สุดคือทักษะการทำนาย ร้อยละ 50.05 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนมีความรู้เต็มน้อยที่สุดคือทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และสเปส/เวลา ร้อยละ 36.99 จำนวนนักเรียนที่ไม่มีความรู้ซึ่งเป็น ผู้ที่ตอบโดยเลือกตัวเลือกเพียงตัวเลือกเดียว แต่ตัวเลือกที่เลือกไม่ใช่คำตอบ และรวมถึงผู้ที่ไม่ตอบ ข้อสอบ โดยเฉลี่ยร้อยละ 58.09 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนไม่มีความรู้มากที่สุดคือ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และสเปส/เวลา ร้อยละ 63.01 ทักษะที่มีจำนวนนักเรียนไม่มีความรู้น้อยที่สุดคือ ทักษะการทำนายร้อยละ 49.95

เมื่อวิเคราะห์ถึงวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม พบว่าจำแนกระดับความรู้ของนักเรียนได้ 2 ระดับ โดยเฉลี่ยร้อยละตามลำดับดังนี้ ไม่มีความรู้ร้อยละ 58.09 มีความรู้เต็มร้อยละ 41.91

8) ค่าความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีต่างๆ 7 วิธี

ผลการวิเคราะห์ค่าความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีต่างๆ แสดงในตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ความถี่และร้อยละของจำนวนการตอบของนักเรียนที่จำแนกตามระดับความรู้ที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบ ต่างๆ

วิธีการตอบและการให้คะแนน	จำนวนผู้ตอบข้อสอบจำแนกตามระดับความรู้					รวม
	มีความรู้เต็ม (full knowledge)	มีความรู้บางส่วน (partial knowledge)	มีความรู้ผิดบางส่วน (partial misinformation)	มีความรู้ผิดเต็ม (full misinformation)	ไม่มีความรู้ (absence of knowledge)	
วิธีของคูมบ์ (C)	9804	11364	16112	412	148	37840
	(25.90)	(30.03)	(42.58)	(1.09)	(0.39)	(100)
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC)	9804	11364	-	-	16672	37840
	(25.90)	(30.03)			(40.66)	(100)
วิธีของอาร์โนลด์ (A)	9804	11364	-	16524	148	37840
	(25.90)	(30.03)		(43.67)	(0.39)	(100)
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA)	9804	11364	-	-	16672	37840
	(25.90)	(30.03)			(40.06)	(100)
วิธีของเดรสเซลและชมิด (D/S)	9069	12451	15768	441	111	37840
	(23.96)	(32.90)	(41.67)	(4.66)	(1.17)	(100)
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด (MD/S)	9069	12451	-	-	16320	37840
	(23.96)	(32.90)			(43.13)	(100)
วิธี ประเพณีนิยม (NR)	15857	-	-	-	21983	37840
	(41.91)				(58.09)	(100)

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือค่าร้อยละ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 26 เมื่อพิจารณาถึงวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนในแต่ละวิธี พบว่าวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีของเดรสเซลและชมิด มีการจำแนกระดับความรู้ของผู้สอบเป็น 5 ระดับ ในการตอบข้อสอบข้อหนึ่ง ดังนี้ ผู้มีความรู้เต็ม คือผู้ที่ได้คะแนนเต็มในข้อนั้น ผู้มีความรู้บางส่วนคือ ได้คะแนนบางส่วนในข้อนั้น ผู้มีความรู้ผิดบางส่วน คือผู้ที่ตอบผิดบางส่วนในข้อนั้น และได้คะแนนติดลบ ผู้มีความรู้ผิดเต็ม คือผู้ที่ตอบผิดทั้งหมดในข้อนั้นและได้คะแนนติดลบที่มีค่าต่ำสุดของระดับคะแนนในข้อนั้น และผู้ไม่มีความรู้คือผู้ที่ไม่ตอบข้อนั้น และจะได้คะแนนเท่ากับ 0 ในข้อนั้น เมื่อพิจารณาถึงการจำแนกระดับความรู้ของผู้สอบออกเป็นผู้มีความรู้บางส่วนพบว่า วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิด จำแนกผู้มีความรู้บางส่วนออกมาจากจำนวนผู้สอบทั้งหมด ได้มากกว่าวิธีองคูมบ์และอาร์โนลด์ ซึ่งเท่ากับร้อยละ 32.90 ส่วนวิธีของคูมบ์และอาร์โนลด์ ซึ่งมีวิธีการตอบแบบเดียวกันแต่มีวิธีการให้คะแนนต่างกัน จำแนกผู้มีความรู้บางส่วนออกมาจากจำนวนผู้สอบทั้งหมดได้เท่ากับร้อยละ 30.03 วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด จะจำแนกระดับความรู้ของผู้สอบออกเป็น 3 ระดับ ในการตอบข้อสอบข้อหนึ่ง ดังนี้ ผู้มีความรู้เต็ม คือผู้ที่ได้คะแนนเต็มในข้อนั้น ผู้มีความรู้บางส่วนคือได้คะแนนบางส่วนในข้อนั้น และผู้ไม่มีความรู้คือผู้ที่ตอบผิดบางส่วน ตอบผิดทั้งหมด และผู้ที่ไม่ตอบในข้อนั้น ซึ่งจะได้คะแนนเท่ากับ 0 ในข้อนั้น เมื่อพิจารณาถึงการจำแนกระดับความรู้ของผู้สอบออกเป็นผู้ที่มีความรู้บางส่วน พบว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของ เดรสเซลและชมิด ซึ่งมีวิธีการตอบเช่นเดียวกับวิธีของเดรสเซลและชมิด แต่วิธีการตรวจให้คะแนนต่างกัน จำแนกผู้มีความรู้บางส่วนได้เท่ากับวิธีของเดรสเซลและชมิดซึ่งเท่ากับ ร้อยละ 32.90 ส่วนวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ซึ่งมีวิธีการตอบเช่นเดียวกับวิธีของคูมบ์และอาร์โนล์แต่วิธีตรวจให้คะแนนต่างกัน จำแนกผู้มีความรู้บางส่วนออกจากจำนวน ผู้สอบทั้งหมดได้เท่ากัน และเท่ากับวิธีของคูมบ์และอาร์โนลด์ ซึ่งเท่ากับร้อยละ 30.03 วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม จำแนกระดับความรู้ของ ผู้สอบเป็น 2 ระดับ ในการตอบข้อสอบข้อหนึ่ง ดังนี้ ผู้ที่มีความรู้เต็มคือผู้ที่ตอบถูกและได้คะแนนเต็ม 1 ในข้อนั้น ผู้ที่ไม่มีความรู้คือผู้ที่ตอบผิดและรวมถึงผู้ที่ไม่ตอบในข้อนั้น ซึ่งจะได้คะแนนเท่ากับ 0 ในข้อนั้นและไม่สามารถจำแนกผู้มีความรู้บางส่วนออกจากจำนวนผู้สอบ ทั้งหมดได้

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านความตรงและความเที่ยงของผลการวัดความรู้บางส่วนจากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ

2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งสมมุติฐานเกี่ยวกับความตรงตามเกณฑ์ของผลการวัดความรู้บางส่วนจากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนไว้ดังนี้

1) ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของผลการวัดความรู้บางส่วนจากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์สูงกว่าวิธีของคูมบ์และวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

2) ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของผลการวัดความรู้บางส่วนจากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์สูงกว่าวิธีของอาร์โนลด์และวิธีการให้คะแนนแบบ ประเพณีนิยม

3) ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของผลการวัดความรู้บางส่วนจากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีการให้คะแนนของเดรสเซลและชมิดสูงกว่าวิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

2.1.1 ผลการวิเคราะห์ความตรงตามเกณฑ์ของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ แสดงในตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ

วิธีการตอบและตรวจให้คะแนน	ค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง GPA วิชาวิทยาศาสตร์ - คะแนนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์
1. วิธีของคูมบ์ (C)	.642**
2. วิธีของเดรสเซลและชมิด (D/S)	632**
3. วิธีของอาร์โนลด์ (A)	.625**
4. วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด (MD/S)	.625**
5. วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC)	.622**
6. วิธีประเพณีนิยม (NR)	.600**
7. วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA)	.575**

P< .01 (2-tailed)

จากตารางที่ 27 วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วน 7 วิธีมีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์อยู่ในช่วง .575 - .642 โดยวิธีของคูมบ์มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงสุด คือเท่ากับ .642 รองลงมาคือวิธีของเดรสเซลและชมิด วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและ ชมิด วิธีของอาร์โนลด์ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ วิธีประเพณีนิยม และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของ อาร์โนลด์ ซึ่งมีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์เท่ากับ .632, .625, .625, .622, .600 และ .575 ตามลำดับ

2.1.2 ผลการทดสอบค่าความแตกต่างระหว่างค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ กับเกณฑ์แต่ละคู่ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 26

ตารางที่ 28 ผลการทดสอบนัยสำคัญแต่ละคู่ระหว่างค่าสหสัมพันธ์ของคะแนนจากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ กับเกณฑ์

วิธีการตอบและการให้คะแนน	ค่าสถิติทดสอบ t						
	C	D/S	MD/S	A	MC	NR	MA
วิธีของคูมบ์ (C)	-						
วิธีของเดรสเซลและ ชมิด (D/S)	0.533	-					
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด (MD/S)	0.898	1.411	-				
วิธีของอาร์โนลด์ (A)	2.465	-0.489	-0.105	-			
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC)	3.173	-0.546	-0.156	-0.435	-		
วิธีประเพณีนิยม (NR)	2.199	1.614	1.408	1.291	1.125	-	
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA)	5.751*	-2.747	-2.376	2.479	3.969*	-1.570	-

*p< .05

จากตารางที่ 28 พบว่า วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ กับวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธีของคูมบ์จะให้ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (r = .642 และ r = .575 ตามลำดับ) และวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์กับวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์จะให้ค่าความตรงตาม

เกณฑ์สัมพันธ์สูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของ อาร์โนลด์ (r = .622 และ r = .575 ตามลำดับ) ส่วนวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ นอกเหนือจาก 2 คู่ที่กล่าวมาข้างต้น มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ พบว่า ให้หลักฐานที่ปฏิเสธสมมุติฐานการวิจัยที่กำหนดให้วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงกว่าวิธีของคูมบ์ และ วิธีให้คะแนนแบบประเพณีนิยม วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและ ชมิด มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงกว่าวิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงกว่าวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม แต่ให้หลักฐานที่แสดงถึงความไม่แตกต่างกันในด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ ยกเว้นคู่วิธีของคูมบ์กับวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์และคู่วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ กับวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของ อาร์โนลด์ ซึ่งมีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านความตรงเชิงโครงสร้างของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ

ผู้วิจัยได้ตั้งสมมุติฐานเกี่ยวกับความตรงเชิงโครงสร้างของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนไว้ดังนี้

1) ความตรงเชิงโครงสร้างของผลการวัดความรู้บางส่วนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์สูงกว่าวิธีของคูมบ์ และวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

2) ความตรงเชิงโครงสร้างของผลการวัดความรู้บางส่วนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ สูงกว่าวิธีของอาร์โนลด์และวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

3) ความตรงเชิงโครงสร้างของผลการวัดความรู้บางส่วนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด สูงกว่าวิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

ในการวิจัยครั้งนี้ การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างจะใช้วิธีวิเคราะห์เมตริกพหุลักษณะ-พหุวิธี ด้วยวิธีการวิเคราะห์ตัวประกอบเชิงยืนยัน ซึ่งจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป LISREL มาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อต้องการที่จะตรวจสอบผลของตัวประกอบคุณลักษณะที่มุ่งวัดและตัวประกอบวิธีการวัด แยกจากกันได้อย่างชัดเจน เพื่อตรวจสอบยืนยันโครงสร้างของสิ่งที่วัดได้ มีความสัมพันธ์อย่างไรกับตัวประกอบในทางทฤษฎี

ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์เมตริกพหุลักษณะ – พหุวิธีด้วยโมเดลการวิเคราะห์ตัวประกอบเชิงยืนยัน ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 28 ตัวแปร ซึ่งเป็นค่าสังเกตที่วัดได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนน 7 วิธี คือ (1) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ (2) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (3) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ (4) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิด (6) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด และ (7) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม และทักษะที่มุ่งวัด 4 ทักษะ (1) ทักษะการลงความเห็นข้อมูล (2) ทักษะการใช้ตัวเลข (3) ทักษะการทำนาย และ (4) ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และ สเปส กับเวลา ได้ตัวแปร 28 ตัว ดังนี้

X11 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยมในทักษะการลงสรุปข้อมูล

X12 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ ในทักษะการลงสรุปข้อมูล

X13 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ในทักษะการลงสรุปข้อมูล

X14 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ ในทักษะการลงสรุปข้อมูล

X15 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ในทักษะการลงสรุปข้อมูล

X16 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิดในทักษะการลงสรุปข้อมูล

X17 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ในทักษะการลงสรุปข้อมูล

X21 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ในทักษะการใช้ตัวเลข

X22 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ ในทักษะการใช้ตัวเลข

X23 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ในทักษะการใช้ตัวเลข

X24 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ ในทักษะการใช้ตัวเลข

X25 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ในทักษะการใช้ตัวเลข

X26 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิดในทักษะการใช้ตัวเลข

X27 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ในทักษะการใช้ตัวเลข

X31 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ในทักษะการทำนาย

X32 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ ในทักษะการทำนาย

X33 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ในทักษะการทำนาย

X34 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ ในทักษะการทำนาย

X35 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ในทักษะการทำนาย

X36 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิดในทักษะการทำนาย

X37 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ในทักษะการทำนาย

X41 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ในทักษะการหาความสัมพันธ์ สเปส/สเปสและสเปส/เวลา

X42 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ ในทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปสและสเปส/เวลา

X43 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ในทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปสและสเปส/เวลา

X44 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ ในทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปสและสเปส/เวลา

X45 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ในทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปสและสเปส/เวลา

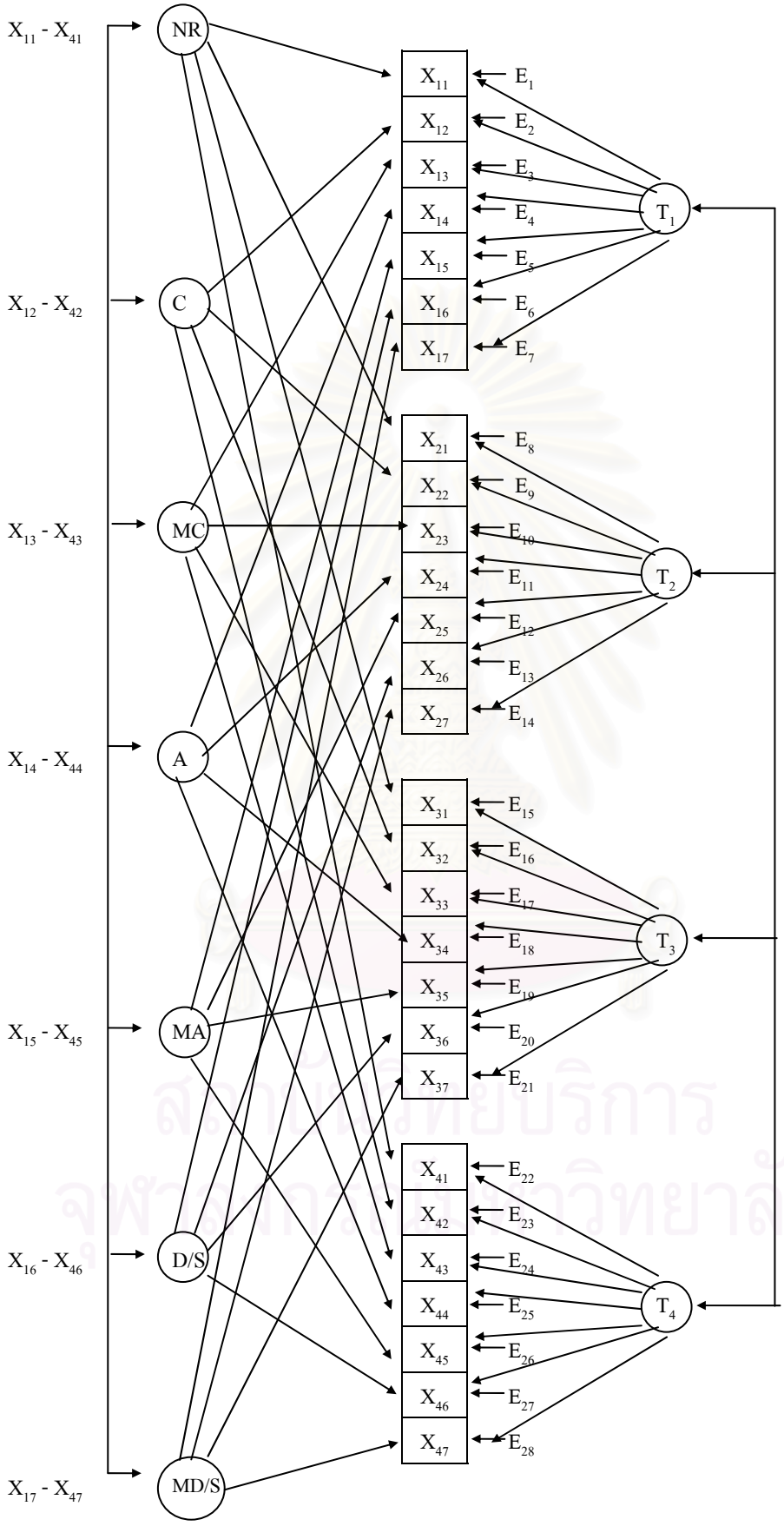
X46 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิดในทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปสและสเปส/เวลา

X47 คือ คะแนนที่ให้ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ในทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปสและสเปส/เวลา

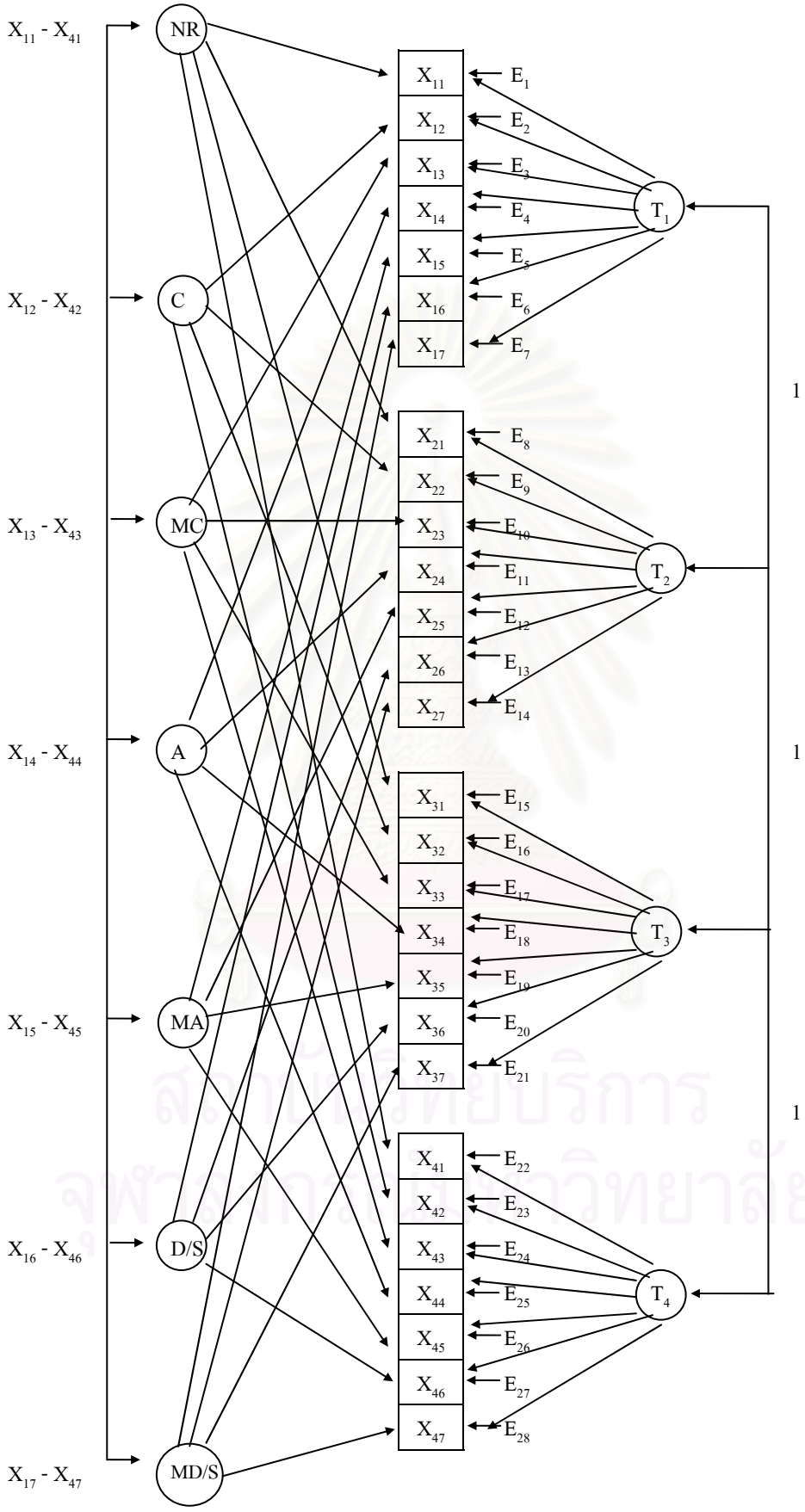
ตามโมเดลในแผนภาพที่ 8 แสดงโครงสร้างตัวแปรในโมเดลเต็มรูป (โมเดล A) ตัวแปรที่สังเกตได้ 28 ตัว คือ X11 – X17, X21 – X27, X31 – X37 และ X41 – X47 คุณลักษณะ (trait) ที่ต้องการวัด คือ ทักษะการลงความเห็นข้อมูล ทักษะการใช้ตัวเลข ทักษะการทำนาย และทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และสเปส/เวลา แทนด้วยตัวแปรแฝง T_1, T_2 , T_3 และ T_4 ตามลำดับ ส่วนวิธีการวัด (method) คือวิธีการตอบและการให้คะแบบประเพณีนิยม วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิดและวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด แทนด้วยตัวแปรแฝง NR, C, MC, A, MA, D/S และ MD/S โมเดลในแผนภาพที่ 9 แสดงโครงสร้างตัวแปรที่ตัวประกอบลักษณะสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ (โมเดล B) โมเดลในแผนภาพที่ 10 แสดงโครงสร้างตัวแปรที่ไม่มีตัวประกอบลักษณะ (โมเดล C) และโมเดลในแผนภาพที่ 11 แสดงโครงสร้างของตัวแปรที่ไม่มีตัวประกอบวิธี (โมเดล D)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

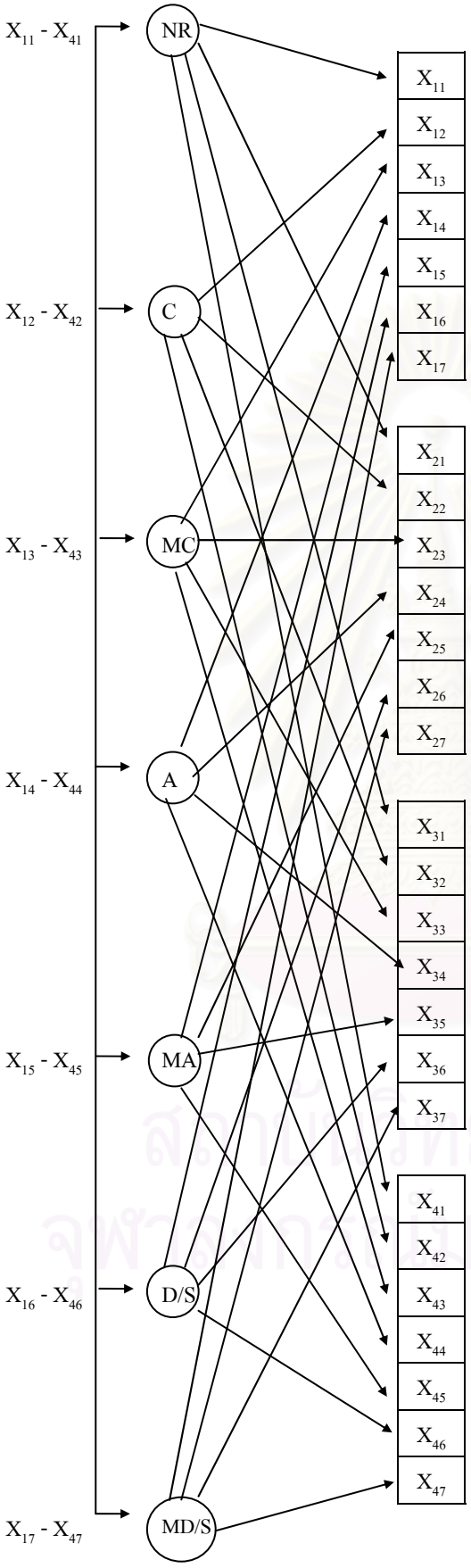
แผนภาพที่ 8 แสดงโครงสร้างตัวแปรในโมเดลเต็มรูป (A) (full model)



แผนภาพที่ 9 แสดงโครงสร้างตัวแปรที่ตัวประกอบลักษณะสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ (โมเดล B)

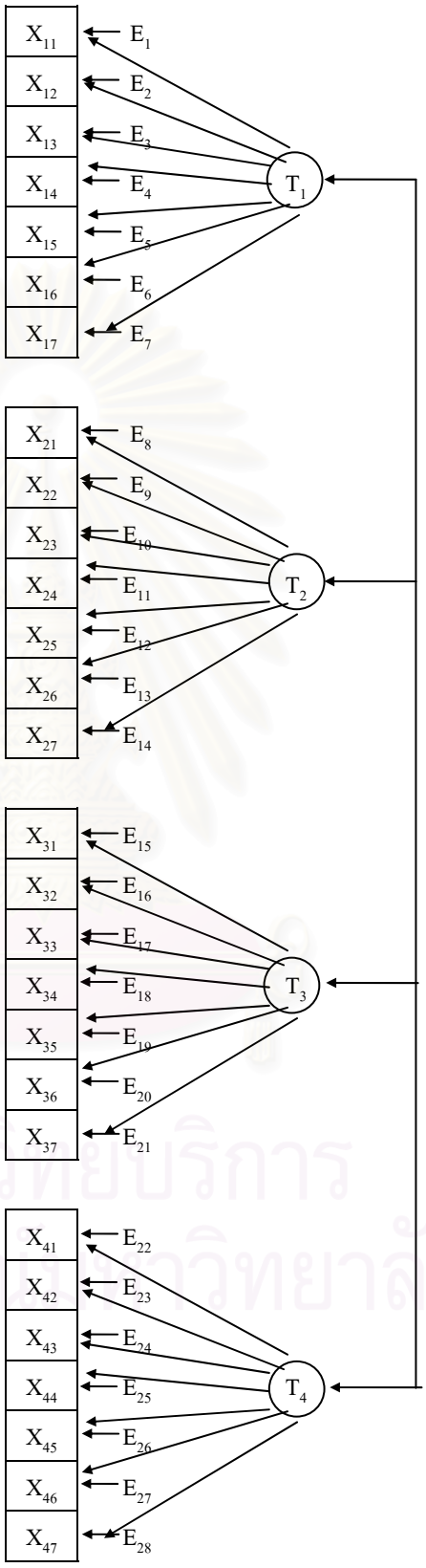


แผนภาพที่ 10 แสดงโครงสร้างตัวแปรที่ไม่มีตัวประกอบลักษณะ (โมเดล C)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 11 แสดงโครงสร้างตัวแปรที่ไม่มีตัวประกอบวิธี (โมเดล D)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.1 การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูล

ในการตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีโดยใช้การวิเคราะห์เมตริกพหุลักษณะ–พหุวิธี ด้วยวิธีการวิเคราะห์ตัวประกอบเชิงยืนยัน จำเป็นต้องหาโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูลเสียก่อน จึงค่อยแปลความหมายของโครงสร้างเปรียบเทียบผลตามทฤษฎีและสรุปผลการตรวจสอบ ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดโมเดลโครงสร้างของตัวแปรตามแนวของไวดาแมน (Widaman, 1985) ซึ่งเสนอโมเดลโครงสร้างของตัวแปรต่างๆ เพื่อวิเคราะห์ความตรงเชิงทฤษฎีตามเกณฑ์ของแคมเบลและฟิสค์ (Cambell and Fiske, 1959 , Cited in kerlinger, 1973 อ้างใน นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2538) ด้วยการกำหนดโครงสร้างของตัวแปรที่เป็นผลมาจากตัวประกอบ 3 ชุด คือตัวประกอบลักษณะ ตัวประกอบวิธีและตัวประกอบคลาดเคลื่อน โมเดลที่แสดงโครงสร้างของตัวแปรแต่ละตัวที่วัดได้จะมีน้ำหนักบนตัวประกอบลักษณะเพียง 1 ตัว และตัวประกอบวิธีเพียง 1 ตัว และตัวประกอบคลาดเคลื่อนเพียง 1 ตัว และยอมให้มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบลักษณะด้วยกัน และตัวประกอบวิธีด้วยกัน แต่ไม่ยอมให้มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบลักษณะและตัวประกอบวิธี ผลของการประเมินโมเดลเต็มรูป (full model) ได้ค่า $\chi^2 = 323.34$ ค่าชั้นของความเป็นอิสระ (df) = 290 ค่า p = 0.08 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูล (Goodness of fit index : GFI) และค่าดัชนีความสอดคล้องที่ปรับค่า (Adjust Goodness of Fit Index : AGFI) มีค่า .98 และ .97 ตามลำดับ แสดงถึงความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูล รายละเอียดแสดงในตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูล ผลการตรวจสอบความสอดคล้องและผลการเปรียบเทียบโมเดล

โมเดล	χ^2	Df	p	GFI	AGFI
โมเดลเต็มรูป (A)	323.34	290	0.08	0.98	0.97
โมเดลตัวประกอบลักษณะสัมพันธ์กันสมบูรณ์ (B)	1569.51	277	0.00	0.81	0.59
โมเดลไม่มีตัวประกอบลักษณะ (C)	2340.03	336	0.00	0.82	0.78
โมเดลไม่มีตัวประกอบวิธี (D)	1020.80	348	0.00	0.92	0.90
การเปรียบเทียบโมเดล	**ดัชนีความแตกต่างระหว่างโมเดล**				
โมเดล A กับโมเดล B	1246.17	13	0.00		
โมเดล A กับโมเดล C	2016.69	46	0.00		
โมเดล A กับโมเดล D	697.46	58	0.00		

2.2.2 ผลการเปรียบเทียบโมเดลเต็มรูปกับโมเดลที่เกี่ยวข้องเพื่อตรวจสอบความตรงแบบลู่เข้า ความตรงเชิงจำแนก และผลของตัวประกอบวิธีการวัด

จากการปรับเทียบโมเดลเต็มรูปกับโมเดลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (nest) กับโมเดลเต็มรูป เพื่อตรวจสอบความตรงแบบลู่เข้า (convergent validity) ความตรงเชิงจำแนก (discriminant validity) และผลของตัวประกอบวิธีวัด (method effect) ปรากฏผลดังนี้

1) ความตรงแบบลู่เข้า โดยการเปรียบเทียบโมเดลเต็มรูป (A) กับโมเดลที่ไม่มีตัวประกอบลักษณะ (C) โมเดลทั้งสองมีค่า χ^2 แตกต่างกัน 2016.69 ด้วย df เท่ากับ 46 แสดงถึงความแตกต่างระหว่างโมเดลทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญ ($p < .01$) และให้การยอมรับตัวประกอบลักษณะ (T) ว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญในโมเดล อันเป็นสัญญาณของความตรงแบบลู่เข้า รายละเอียดแสดงในตารางที่ 29

2) ความตรงเชิงจำแนก ของตัวแปรที่วัดได้ แสดงจากผลเปรียบเทียบโมเดลเต็มรูป (A) กับโมเดลที่กำหนดให้ตัวประกอบลักษณะที่มีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ (B) การเปรียบเทียบโมเดลทั้ง 2 มีค่า χ^2 ที่แตกต่างกันเท่ากับ 1246.17 และ df เท่ากับ 13 แสดงถึงความแตกต่างกันของโมเดลทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าลักษณะที่ใช้ในการศึกษามีความแตกต่างกัน จึงให้การยอมรับโมเดลเต็มรูปว่าเหมาะสมกับข้อมูล และยอมรับในความหลากหลายของลักษณะที่นำมาศึกษา อันเป็นสัญญาณของความตรงเชิงจำแนก รายละเอียดแสดงในตารางที่ 29

3) ผลของตัวประกอบวิธีการวัด จากการเปรียบเทียบโมเดลเต็มรูป (A) กับโมเดลที่ไม่มีตัวประกอบวิธี (D) มีค่า χ^2 แตกต่างกัน 697.46 ด้วย df เท่ากับ 58 แสดงถึงความแตกต่างกันของโมเดลทั้งสอง อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าตัวประกอบวิธีวัดอาจส่งผลต่อความแปรปรวนของคะแนนจากการวัดได้บางส่วน แต่ความแปรปรวนของคะแนนจากการวัดส่วนใหญ่เป็นผลมาจากตัวประกอบลักษณะ

2.2.3 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ประมาณได้จากโมเดลเต็มรูป (A)

ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ประมาณได้จากโมเดลเต็มรูป (A) รายละเอียดแสดงในตารางที่ 30

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 30 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบลักษณะ และตัวประกอบวิธีจากการวิเคราะห์เมตริกพหุลักษณะ-พหุวิธี โดยใช้โมเดลตัวประกอบเชิงยืนยัน (CFM : confirmatory factor model)

ตัวประกอบ		ตัวประกอบลักษณะ				ตัวประกอบวิธี						
		T_1	T_2	T_3	T_4	NR	C	AC	A	AA	D/S	AD/S
ตัวประกอบ	T_1	1.00										
ลักษณะ	T_2	0.36	1.00									
	T_3	0.32	0.53	1.00								
	T_4	0.21	0.43	0.38	1.00							
ตัวประกอบ	NR	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00						
วิธี	C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	1.00					
	AC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	1.02	1.00				
	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.98	0.95	1.00			
	AA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.78	0.79	0.94	1.00		
	D/S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73	0.39	0.34	0.36	0.28	1.00	
	AD/S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.37	0.33	0.34	0.25	1.51	1.00

หมายเหตุ ค่า 0 และ 1 คือ ค่าที่ fix ให้เท่ากับค่าที่ปรากฏตามโครงสร้างของโมเดลเต็มรูป (full model)

1) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบลักษณะ และตัวประกอบวิธีจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ตามโมเดลเต็มรูป A ซึ่งเป็นโมเดลที่มีความสอดคล้องกับทฤษฎีและข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ ทำให้ได้ค่าเมตริกสหสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบ (ϕ) ดังตารางที่ 30 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลักษณะที่มุ่งวัด (trait) ไม่เป็นอิสระจากกัน โดยลักษณะที่ 2 (T_2) กับลักษณะที่ 3 (T_3) มีความสัมพันธ์ระดับปานกลาง (0.55) ส่วนลักษณะที่ 1 (T_1) กับลักษณะที่ 4 (T_4) มีความสัมพันธ์ระดับต่ำ (.21) สำหรับวิธีการวัดต่างก็ไม่เป็นอิสระจากกันโดยวิธีการวัดตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC) กับวิธีการวัดตามวิธีของอาร์โนลด์ (A) มีความสัมพันธ์กันสูง (.95) ในขณะที่วิธีการวัดตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA) กับวิธีการวัดตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของ เดรสเซลและชมิด (MD/S) มีความสัมพันธ์กันต่ำ (.25)

2) ตัวประกอบลักษณะ ส่งผลต่อตัวแปรแต่ละตัวด้วยน้ำหนักสูงในช่วง .29 - .96 ซึ่งแสดงถึงความตรงแบบลู่เข้าของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนในแต่ละวิธีรายละเอียดแสดงใน ตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ค่าน้ำหนักตัวประกอบของตัวแปรที่สังเกตได้ บนตัวประกอบลักษณะ ตัวประกอบวิธีวัด ค่าความแปรปรวนความคลาดเคลื่อนของตัวแปร (error variance) และสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-Square) จากการวิเคราะห์เมตริก พหุลักษณะ-พหุวิธี โดยใช้โมเดลตัวประกอบเชิงยืนยัน (CFM : confirmatory factor model)

ตัวแปร	ตัวประกอบลักษณะ					ตัวประกอบวิธี						Error	
สังเกตได้	T1	T2	T3	T4	NR	C	MC	A	MA	D/S	MD/S	variance	R-Square
X11	0.37				0.38							1.71	0.14
X12	0.32					0.88						1.11	0.44
X13	0.31						0.95					1.00	0.50
X14	0.32							0.92				1.04	0.48
X15	0.29								0.99			0.94	0.53
X16	0.96									0.16		1.05	0.47
X17	0.89										0.17	1.10	0.44
X21		0.61			0.40							1.43	0.27
X22		0.92				0.21						1.10	0.45
X23		0.94					0.23					1.06	0.47
X24		0.96						0.24				1.02	0.49
X25		0.94							0.28			1.04	0.48
X26		0.65								0.33		1.43	0.27
X27		0.60									0.35	1.40	0.28
X31			0.25		0.40							1.61	0.19
X32			0.93			0.23						1.10	0.45
X33			0.96				0.24					1.04	0.48
X34			0.96					0.27				1.02	0.49
X35			0.89						0.33			1.09	0.45
X36			0.41							0.57		1.48	0.25
X37			0.29								0.58	1.49	0.24
X41				0.38	0.41							1.68	0.15
X42				0.93		0.13						1.12	0.44
X43				0.96			0.13					1.07	0.47
X44				0.99				0.17				1.00	0.50
X45				0.92					0.24			1.10	0.45
X46				0.39						0.54		1.54	0.22
X47				0.30							0.54	1.53	0.22

จากตารางที่ 31 ตัวแปรที่ให้คะแนนแบบ ประเพณีนิยม ได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะทักษะการใช้ตัวเลขสูงสุด (น้ำหนัก 0.61) และได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการทำนายต่ำสุด (น้ำหนัก 0.25)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวแปรที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ ได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และสเปส/เวลา สูงสุด (น้ำหนัก 0.93) และได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการลงความเห็นข้อมูล (น้ำหนัก 0.32)

ตัวแปรที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ ได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และสเปส/เวลา สูงสุด (น้ำหนัก 0.96) และได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการลงความเห็นข้อมูลต่ำสุด (น้ำหนัก 0.31)

ตัวแปรที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ ได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปสและสเปส/เวลา สูงสุด (น้ำหนัก 0.99) และได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการลงความเห็นข้อมูลต่ำสุด (น้ำหนัก 0.32)

ตัวแปรที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการใช้ตัวเลขสูงสุด (น้ำหนัก 0.94) และได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการลงความเห็นข้อมูลต่ำสุด (น้ำหนัก 0.29)

ตัวแปรที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิด ได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการลงความเห็นข้อมูลสูงสุด (น้ำหนัก 0.96) และได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปสและสเปส/เวลา ต่ำสุด (น้ำหนัก 0.39)

ตัวแปรที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซล และ ชมิดได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการลงความเห็นข้อมูลสูงสุด (น้ำหนัก 0.89) และได้รับผลจากตัวประกอบลักษณะในทักษะการทำนาย ต่ำสุด (น้ำหนัก 0.29)

3) ตัวประกอบวิธี มีผลต่อตัวแปรแต่ละตัวด้วยน้ำหนักค่อนข้างต่ำ แต่มีบางตัวแปรได้รับผลมาจากตัวประกอบวิธีค่อนข้างมาก ทำให้ค่าความแปรปรวนของค่าของตัวแปรที่วัดได้เป็นผลมาจากความแปรปรวนของวิธีวัดมาก แทนที่จะเป็นผลมาจากความแปรปรวนของลักษณะที่มุ่งวัด แต่มีเพียงบางตัวแปรซึ่งเป็นส่วนน้อย ซึ่งแสดงถึงผลของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ผลการวิเคราะห์น้ำหนักตัวประกอบวิธีที่เป็นผลมาจากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ปรากฏผลดังนี้

ตัวประกอบวิธีของวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ให้น้ำหนักต่ำสุด สำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการลงความเห็นข้อมูล (0.38) และให้น้ำหนักสูงสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และ สเปส/เวลา

ตัวประกอบวิธีของวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนวิธีของคูมบ์ ให้น้ำหนักต่ำสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และสเปส/เวลา (0.13) และให้น้ำหนักสูงสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการลงความเห็นข้อมูล (0.88)

ตัวประกอบวิธีของวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ให้น้ำหนักต่ำสุด สำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะ การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และสเปส/เวลา (0.13) และให้น้ำหนักสูงสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการลงความเห็นข้อมูล (0.95)

ตัวประกอบของวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนวิธีของอาร์โนลด์ ให้น้ำหนักต่ำสุด สำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และสเปส/เวลา (0.17) และให้น้ำหนักสูงสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการลงความเห็นข้อมูล (0.92)

ตัวประกอบวิธีของวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ให้น้ำหนักต่ำสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส/สเปส และสเปส/เวลา (0.24) และให้น้ำหนักสูงสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการลงความเห็นข้อมูล (0.99)

ตัวประกอบวิธีของวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนวิธีของเดรสเซลและชมิดให้น้ำหนักต่ำสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการลงความเห็นข้อมูล และทักษะการลงความเห็นข้อมูล (0.17) และให้น้ำหนักสูงสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการทำนาย (0.57)

ตัวประกอบวิธีของวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและ ชมิด ให้น้ำหนักต่ำสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการลงความเห็นข้อมูล และทักษะการลงความเห็นข้อมูล (0.17) และให้น้ำหนักสูงสุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวกับทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปส/สเปส และสเปส/เวลา (0.54)

2.2.4 การตัดสินคุณภาพด้านความตรงเชิงโครงสร้างของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ

การประเมินคุณภาพด้านความตรงเชิงโครงสร้างของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ พิจารณาจากความแปรปรวนที่เกี่ยวกับตัวประกอบลักษณะ ตัวประกอบวิธีแยกจากกันแต่ละตัว โดยค่าความแปรปรวนได้มาจากการยกกำลังสองของน้ำหนักตัวประกอบของตัวแปรบนตัวประกอบลักษณะและตัวประกอบวิธี ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 32

ตารางที่ 32 ค่าความแปรปรวนที่เป็นผล มาจากตัวประกอบลักษณะ ตัวประกอบวิธีและค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนในแต่ละทักษะ

แหล่งความแปรปรวน	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์				ค่าเฉลี่ย
	T1	T2	T3	T4	
วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม					
Trait	0.14	0.37	0.06	0.14	0.18
Method	0.14	0.16	0.16	0.17	0.16
Error	0.71	0.43	0.61	0.68	1.60
วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์					
Trait	0.10	0.85	0.86	0.86	0.67
Method	0.77	0.04	0.05	0.02	0.46
Error	1.11	1.10	1.10	1.12	1.10
วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์					
Trait	0.10	0.88	0.92	0.92	0.70
Method	0.90	0.05	0.05	0.02	0.26
Error	1.00	1.06	1.04	0.07	1.04
วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์					
Trait	0.10	0.92	0.92	0.98	0.73
Method	0.84	0.06	0.07	0.03	0.25
Error	1.04	1.02	1.02	1..00	1.02
วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์					
Trait	0.08	0.88	0.79	0.85	0.65
Method	0.98	0.08	0.11	0.06	0.31
Error	0.94	1.04	1.09	1.10	1.04
วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิด					
Trait	0.92	0.42	0.17	0.15	0.41
Method	0.03	0.11	0.32	0.29	0.19
Error	1.05	1.43	1.48	1.54	1.37
วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากเดรสเซลและชมิด					
Trait	0.79	0.36	0.08	0.10	0.33
Method	0.03	0.12	0.33	0.29	0.19
Error	1.10	1.40	1.49	1.53	1.38

หมายเหตุ ค่าความแปรปรวนบนตัวประกอบ คือค่ากำลังสองของค่าน้ำหนักบนตัวประกอบลักษณะ ตัวประกอบวิธี และค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 32 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวประกอบในตารางที่ 32 พบว่า โดยภาพรวมความ แปรปรวนของตัวประกอบลักษณะส่งผลต่อความแปรปรวนทั้งหมดมากกว่าตัวประกอบวิธีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่มีค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนบนตัวประกอบลักษณะสูงสุด ได้แก่ วิธีของอาร์โนลด์ รองลงมาคือวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ และวิธีของคูมบ์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนบนตัวประกอบลักษณะเท่ากับ 0.73, 0.70 และ 0.67 ตามลำดับ สำหรับการตอบและการตรวจให้คะแนนที่มีค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนบนตัวประกอบลักษณะต่ำสุด ได้แก่ วิธี ประเพณีนิยม วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด วิธีของเดรสเซลและชมิด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนบนตัวประกอบลักษณะเป็น 0.18, 0.33 และ 0.41 ตามลำดับ

2.2.5 ผลการเปรียบเทียบความแปรปรวนที่เกี่ยวกับตัวประกอบลักษณะของตัวแปรที่มีวิธีตอบและตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบความแปรปรวนที่เกี่ยวกับตัวประกอบลักษณะของตัวแปรที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ เป็นรายคู่ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 33

ตารางที่ 33 เปรียบเทียบความแปรปรวนที่เกี่ยวกับตัวประกอบลักษณะของตัวแปรที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ เป็นรายคู่

วิธีการตอบและการให้คะแนน	สถิติทดสอบ t (Guilford and Fruchter, 1973)						
	NR	C	MC	A	MA	D/S	MD/S
วิธีประเพณีนิยม (NR) (0.18)	-	40.68*	42.03*	45.66*	33.57*	22.79*	17.06*
วิธีของคูมบ์ (C) (0.67)		-	15.36*	16.75*	2.275*	14.26*	20.88*
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูม(MC) (0.70)			-	23.04*	6.40*	15.36*	20.29*
วิธีของอาร์โนลด์ (A) (0.73)				-	30.72*	17.24*	23.63*
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA) (0.65)					-	11.89*	17.55*
วิธีของเดรสเซลและชมิด (D/S) (0.41)						-	81.92*
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด(MD/S) (0.33)							-

P* < .001

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บ คือค่าความแปรปรวนที่เกี่ยวกับตัวประกอบลักษณะของตัวแปร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 33 พบว่า วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มีค่าความแปรปรวนตัวประกอบลักษณะของตัวแปรสูงกว่าวิธีของคูมบ์และวิธี ประเพณีนิยม อย่างมีนัยสำคัญ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีค่าความแปรปรวนตัวประกอบลักษณะของตัวแปรสูงกว่าวิธี ประเพณีนิยม อย่างมีนัยสำคัญ แต่ต่ำกว่าวิธีของอาร์โนลด์อย่างมีนัยสำคัญ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด มีค่าความแปรปรวนบนตัวประกอบลักษณะของตัวแปรสูงกว่าวิธี ประเพณีนิยม อย่างมีนัยสำคัญ แต่ต่ำกว่าวิธีของ เดรสเซลและ ชมิด อย่างมี นัยสำคัญ

จากการพิจารณาคุณภาพด้านความตรงเชิงโครงสร้างของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ โดยพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแต่ละวิธีเป็นผลมาจากความแปรปรวนของตัวประกอบลักษณะสูง และเป็นผลมาจากตัวประกอบวิธีอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ จากผลการวิเคราะห์พบว่าวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์มีความตรงเชิงโครงสร้างสูงสุด รองลงมาคือวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ และวิธีของคูมบ์ตามลำดับ โดยมีค่าความแปรปรวนบนตัวประกอบลักษณะเท่ากับ 73, 70 และ 67 ตามลำดับ

2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งสมมุติฐานเกี่ยวกับความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนไว้ดังนี้

1) ความเที่ยงของผลการวัดความรู้บางส่วนจากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ สูงกว่าวิธีของคูมบ์ และวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

2) ความเที่ยงของผลการวัดความรู้บางส่วนจากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ สูงกว่าวิธีของอาร์โนลด์และวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

3) ความเที่ยงของผลการวัดความรู้บางส่วนจากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิดสูงกว่าวิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม

2.3.1) ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ในการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละทักษะและรวมทั้งฉบับด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในด้วยสัมประสิทธิ์อัลฟา

ตารางที่ 34 ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในที่คำนวณด้วยสัมประสิทธิ์อัลฟา ของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ในแต่ละทักษะ

วิธีการตอบและตรวจให้คะแนน	ค่าความเที่ยงสัมประสิทธิ์อัลฟา						
	C	MC	A	MA	D/S	MD/S	NR
<u>ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์</u>							
1. ทักษะการลงความเห็นข้อมูล	.304	.295	.341	.472	.251	.270	.180
2. ทักษะการใช้ตัวเลข	.630	.661	.711	.745	.631	.673	.630
3. ทักษะการทำนาย	.492	.507	.559	.627	.517	.526	.510
4. ทักษะการหาความสัมพันธ์	.301	.344	.416	.515	.318	.345	.442
5. ระหว่างสเปส/สเปส และสเปส/เวลา							
ทั้งฉบับ	.720	.742	.787	.832	.740	.759	.725

จากตารางที่ 34 พบว่า ค่าความเที่ยงที่คำนวณจากแบบสอบย่อยแต่ละทักษะ อยู่ในเกณฑ์ต่ำจนถึงปานกลางได้ค่าความเที่ยงอยู่ในช่วง .180 ถึง .745 และเมื่อวิเคราะห์ค่าความเที่ยงรวมทั้งฉบับจะได้ค่าความเที่ยงในช่วง .720 ถึง .832 ค่าความเที่ยงของคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีค่าสูงสุด เมื่อเทียบกับวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ อีก 6 วิธี และค่าความเที่ยงของคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ มีค่าต่ำสุด

2.3.2) ผลการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ เป็นรายคู่จากแบบสอบ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 35

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 35 ผลการเปรียบเทียบค่าความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ เป็นรายคู่ ด้วยแบบสอบทั้งฉบับ

วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนน	สถิติทดสอบ t (สูตรของ Feldt, 1980)						
	C	MC	A	MA	D/S	MD/S	NR
วิธีของคูมบ์ (C) (.720)	-						
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC) (.742)	5.712*	-					
วิธีของอาร์โนลด์ (A) (.787)	14.524*	11.613*	-				
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA) (.832)	17.739*	15.434*	15.761*	-			
วิธีของเดรสเซลและชมิด(D/S) (.740)	1.556	0.160	4.202*	8.733*	-		
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด (MD/S) (.759)	3.583*	1.419	2.612	7.170*	6.305*	-	
วิธีประเพณีนิยม (NR) (.725)	0.414	1.327	5.257*	9.530*	4.162*	2.738	-

*p < .001

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือค่าความเที่ยงของแบบสอบทั้งฉบับ

จากตารางที่ 35 พบว่า ค่าความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์สูงกว่าค่าความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์อย่างมีนัยสำคัญ (t = 5.712, p < .001) ค่าความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ สูงกว่าค่าความเที่ยงของวิธีของคูมบ์อย่างมีนัยสำคัญ (t = 14.524, p <.001) สูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมอย่างมีนัยสำคัญ (t = 14.524, p < .001) สูงกว่าวิธีของเดรสเซลและชมิดอย่างมีนัยสำคัญ (t = 5.257 , p < .001) ค่าความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ สูงกว่าค่าความเที่ยงของวิธีของอาร์โนลด์อย่างมีนัยสำคัญ (t = 15.761, p < .001) สูงกว่าวิธีของคูมบ์อย่างมีนัยสำคัญ (t = 17.739, p < .001) สูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์อย่างมีนัยสำคัญ (t = 15.434, p < .001) สูงกว่าวิธีของเดรสเซลและชมิดอย่างมีนัยสำคัญ (t = 8.733) สูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิดอย่างมีนัยสำคัญ (t = 7.170, p <.001) และสูงกว่าวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม อย่างมีนัยสำคัญ (t = 4.162, p < .001) ค่าความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิดสูงกว่าค่าความเที่ยงของวิธีของเดรสเซลและชมิด อย่างมีนัยสำคัญ (t = 4.162, p < .001)

2.3.3) เมื่อพิจารณาค่าความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ด้วยค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในด้วยสัมประสิทธิ์อัลฟา พบว่า วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มีความเที่ยงสูงกว่าวิธีของคูมบ์อย่างมีนัยสำคัญและสูงกว่าวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ซึ่งเป็นไปตามสมมุติของการวิจัยข้อ 1 วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีค่าความเที่ยงสูงกว่าวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีการตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานของการวิจัยข้อ 2 วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด มีค่าความเที่ยงสูงกว่าวิธีของเดรสเซลและชมิด อย่างมีนัยสำคัญและสูงกว่าการตรวจให้คะแนนแบบ ประเพณีนิยม ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานของการวิจัยข้อ 3 และพบว่าวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ จะให้ค่าความเที่ยงสูงสุด และวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์จะให้ค่าความเที่ยงต่ำสุด จากวิธีทั้งหมด 7 วิธี ที่ผู้วิจัยนำเสนอในงานวิจัยนี้

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบและประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบ

ผลการวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบและประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย ของแบบสอบ โดยวิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ในการวิจัยครั้งนี้ วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนที่เป็นแบบพหุวิภาคและเป็นไปตาม Generalized Partial Credit Model : (GPCM) มีอยู่ด้วยกัน 6 วิธี คือ 1) วิธีของคูมบ์ ซึ่งให้คะแนนในแต่ละลำดับขั้น ตั้งแต่ต่ำสุดถึงสูงสุด เป็น –4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4 ซึ่งมี 8 ลำดับขั้นในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป PARSCALE ได้ปรับคะแนนเป็น 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 เพื่อให้โปรแกรมสามารถคำนวณได้ 2) วิธีประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ ซึ่งให้คะแนนในแต่ละลำดับขั้น ตั้งแต่ต่ำสุดถึงสูงสุด เป็น 0, 1, 2, 3, 4 ซึ่งมี 4 ลำดับขั้น 3) วิธีของอาร์โนลด์ ซึ่งให้คะแนนในแต่ละลำดับขั้นตั้งแต่ต่ำสุดถึงสูงสุด เป็น -1/4, 0, 1/16, 1/6, 3/8, 1 เมื่อปรับสเกลคะแนนจะได้ 0, 1, 1.25, 1.67, 2.5, 5 เพื่อให้โปรแกรมสามารถคำนวณได้ โดยปรับค่าคะแนนให้เป็นเลขจำนวนเต็มโดยปรับค่าทศนิยมที่เกิน .50 ให้เป็น 1 ซึ่งจะได้คะแนนเป็น 0, 1, 1, 2, 3, 5 ซึ่งจะทำให้คะแนนในลำดับขั้นที่ 2 และ 3 ซ้อนทับเป็นค่าเดียวกัน ดังนั้น ลำดับขั้นคะแนนที่เป็นไปได้ และสอดคล้องกับ GPCM ซึ่งมี 4 ลำดับขั้นคือ 0, 1, 2, 3, 4, 4) วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของ อาร์โนลด์ ซึ่งให้คะแนนในแต่ละลำดับขั้นตั้งแต่ต่ำสุดถึงสูงสุด เป็น 0, .25, .67, 1.5, 4 ซึ่งต้องปรับคะแนนให้เป็นจำนวนเต็มเช่นเดียวกับวิธีของอาร์โนลด์ ซึ่งจะได้คะแนนเป็น 0, 1, 2, 4 ซึ่งมี 3 ลำดับขั้นคือ 0, 1, 2, 3 5) วิธีของเดรสเซลและชมิด ซึ่งให้คะแนนในแต่ละลำดับขั้นตั้งแต่ต่ำสุดถึงสูงสุดเป็น -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4 ซึ่งมี 8 ลำดับขั้น และได้ปรับสเกล

คะแนน เพื่อให้โปรแกรมคำนวณได้เป็น 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 6) วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและ ชมิด ซึ่งให้คะแนนในแต่ละลำดับขั้นเป็น 0, 1, 2, 3, 4 ซึ่งมี 4 ลำดับขั้น ส่วนวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบทวิวิภาค มี 1 วิธี คือการให้คะแนนแบบประเพรีนิยม ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป BILOG ผลการวิเคราะห์จะนำเสนอใน 3 ส่วน คือ ค่าสถิติพื้นฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของแบบสอบ ผลการเปรียบเทียบค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ และผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบ ซึ่งได้นำเสนอดังต่อไปนี้

3.1) ค่าสถิติพื้นฐานเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ

ค่าสถิติพื้นฐานที่เกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบจะนำเสนอ 5 ค่าด้วยกัน คือ ค่าอำนาจจำแนก (a) ค่าความยาก (b) ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย ค่าความยากเฉลี่ย และค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบในแต่ละลำดับขั้นที่ให้คะแนนความรู้บางส่วน ซึ่งปรากฏผลดังนี้

3.1.1) ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ทั้งหมด 7 วิธี ผลการวิเคราะห์แสดงรายละเอียดในตารางที่ 36

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 36 แสดงค่าพารามิเตอร์ อำนาจจำแนกของข้อสอบ ที่วิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ โดยวิเคราะห์ตามโมเดล GPCM

ข้อที่	ค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนก (a)						
	วิธีของคูมบ์	วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์	วิธีของอาร์โนลด์	วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์	วิธีของเดรสเซลและชมิด	วิธีที่ประยุกต์จากวิธีเดรสเซล	วิธีประเพณีนิยม
1	0.060	0.399	0.395	0.480	0.054	0.399	0.102
2	0.050	0.253	0.247	0.336	0.059	0.297	0.102
3	0.045	0.437	0.422	0.376	0.059	0.423	0.102
4	0.050	0.442	0.454	0.509	0.069	0.517	0.103
5	0.052	0.522	0.502	0.560	0.090	0.589	0.102
6	0.062	0.531	0.501	0.563	0.090	0.652	0.102
7	0.034	0.354	0.346	0.408	0.044	0.318	0.103
8	0.051	0.434	0.414	0.534	0.066	0.492	0.103
9	0.045	0.527	0.531	0.596	0.047	0.505	0.102
10	0.064	0.510	0.505	0.526	0.069	0.560	0.103
11	0.112	0.066	0.588	0.717	0.129	0.629	0.103
12	0.091	0.622	0.560	0.687	0.103	0.568	0.103
13	0.069	0.537	0.503	0.766	0.069	0.471	0.103
14	0.094	0.633	0.616	0.709	0.098	0.538	0.103
15	0.109	0.736	0.710	0.890	0.118	0.600	0.102
16	0.074	0.587	0.534	0.690	0.069	0.611	0.102
17	0.094	0.860	0.723	0.961	0.107	0.690	0.103
18	0.064	0.593	0.521	0.732	0.069	0.453	0.103
19	0.097	0.684	0.619	0.786	0.098	0.677	0.103
20	0.051	0.490	0.448	0.623	0.040	0.263	0.103
21	0.087	0.534	0.541	0.592	0.074	0.528	0.103
22	0.070	0.531	0.471	0.568	0.064	0.556	0.103
23	0.112	0.824	0.786	0.927	0.107	0.675	0.102
24	0.098	0.636	0.622	0.736	0.119	0.721	0.103
25	0.049	0.438	0.416	0.515	0.056	0.457	0.103
26	0.057	0.535	0.535	0.585	0.079	0.530	0.103
27	0.101	0.633	0.604	0.697	0.138	0.610	0.103
28	0.089	0.729	0.727	0.708	0.124	0.557	0.103
29	0.048	0.470	0.480	0.467	0.066	0.428	0.103
30	0.030	0.330	0.365	0.450	0.055	0.371	0.103
31	0.098	0.698	0.667	0.732	0.127	0.507	0.103
32	0.091	0.712	0.698	0.806	0.133	0.586	0.103
33	0.084	0.737	0.709	0.737	0.098	0.519	0.102
34	0.081	0.675	0.618	0.695	0.088	0.482	0.103
35	0.079	0.514	0.520	0.647	0.104	0.418	0.102
36	0.059	0.553	0.503	0.554	0.071	0.523	0.103
37	0.070	0.605	0.571	0.617	0.080	0.570	0.103
38	0.096	0.651	0.620	0.712	0.108	0.685	0.102
39	0.056	0.604	0.541	0.768	0.048	0.482	0.103
40	0.052	0.432	0.391	0.537	0.026	0.278	0.103

จากตารางที่ 36 พบว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ วิธีของอาร์โนลด์ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด มีค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างสูง ส่วนวิธีของคูมบ์ วิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีประเพณีนิยม มีค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ

3.1.2) ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ทั้งหมด 7 วิธี ผลการวิเคราะห์แสดงรายละเอียดในตารางที่ 37

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 37 ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ จากการวิเคราะห์คะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการให้คะแนนแบบต่างๆ โดยวิเคราะห์ตามโมเดล GPCM

ข้อที่	ค่าพารามิเตอร์ความยาก (b)						
	วิธีของคูมบ์	วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์	วิธีของอาร์โนลด์	วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์	วิธีของเดรสเซลและชมิด	วิธีที่ประยุกต์จากวิธีเดรสเซล	วิธีแบบประเพณีนิยม
1	-1.729	-0.642	-0.634	-0.275	-1.906	-0.613	4.747
2	-1.482	-0.455	-0.481	-0.152	-1.024	-0.551	6.906
3	-1.846	-0.274	-0.234	0.367	-1.870	-0.657	-2.874
4	-2.521	-0.742	-0.740	-0.455	-2.189	-0.861	28.840
5	-1.476	-0.524	-0.508	-0.133	-1.021	-0.831	6.989
6	-0.538	-0.660	-0.652	-0.216	-0.493	-1.027	-9.986
7	-3.729	-0.197	-0.142	0.195	-3.314	-0.361	28.840
8	-2.956	-0.685	-0.714	-0.264	-2.328	-0.838	28.840
9	-1.771	-0.444	-0.435	0.060	-2.258	-0.590	5.533
10	-2.450	-0.904	-0.901	-0.343	-1.923	-0.742	28.840
11	-2.592	-1.820	-1.796	-1.494	-2.108	-1.613	28.840
12	-3.578	-1.710	-1.752	-1.460	-2.807	-1.572	28.840
13	-1.730	-0.874	-0.900	-0.757	-1.368	-0.727	28.840
14	-2.365	-1.347	-1.388	-1.187	-1.801	-1.330	28.840
15	-2.228	-1.210	-1.222	-1.067	-1.827	-1.162	-2.263
16	-1.126	-0.785	-0.782	-0.563	-1.912	-0.676	1.185
17	-2.318	-1.250	-1.279	-1.015	-2.191	-1.192	28.840
18	-2.701	-1.077	-1.079	-0.791	-1.346	-0.967	28.840
19	-1.797	-1.097	-1.106	-0.749	-1.591	-0.945	28.840
20	-0.080	-0.386	-0.273	-0.158	1.209	0.383	28.840
21	-3.595	-1.464	-1.424	-1.101	-3.451	-1.220	28.840
22	-1.789	-0.887	-0.888	-0.605	-1.846	-0.685	28.840
23	-2.156	-1.317	-1.346	-0.996	-1.851	-1.086	1.185
24	-1.463	-1.034	-1.088	-0.909	-1.333	-1.073	28.840
25	-1.803	-0.280	-0.266	0.180	-1.534	-0.362	28.840
26	-2.486	-0.954	-0.963	-0.609	-1.721	-1.044	28.840
27	-3.947	-1.670	-1.736	-1.559	-3.079	-1.930	28.840
28	-4.931	-1.773	-1.757	-1.507	-4.132	-1.944	28.840
29	-1.255	-0.315	-0.318	0.072	-0.869	-0.550	28.840
30	-5.659	-0.380	-0.328	-0.066	-3.385	-1.027	28.840
31	-3.802	-1.464	-1.509	-1.134	-3.313	-1.970	28.840
32	-4.379	-1.352	-1.399	-1.145	-3.329	-1.864	28.840
33	-0.460	-0.873	-0.909	-0.542	-0.571	-0.836	1.185
34	-1.347	-0.914	-0.927	-0.662	-0.706	-0.686	28.840
35	-2.550	-1.366	-1.377	-1.116	-1.960	-1.580	0.445
36	-0.127	-0.399	-0.389	0.063	0.390	-1.313	28.840
37	-1.073	-0.679	-0.702	-0.390	-0.143	-0.523	28.840
38	-2.218	-1.243	-1.329	-0.918	-1.482	-1.069	1.185
39	-1.413	-0.877	-0.888	-0.614	-0.277	-0.376	28.840
40	-0.302	-0.303	-0.172	0.228	-0.865	0.743	28.840

จากตารางที่ 37 พบว่า วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนทั้งหมด 6 วิธี คือวิธีของคูมบ์ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ วิธีของอาร์โนลด์ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ วิธีของ เดรสเซลและชมิด วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิดจะมีค่าความยากของข้อสอบค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะวิธีของคูมบ์และวิธีของเดรสเซลและชมิดจะต่ำมาก ซึ่งหมายถึงผู้ตอบที่มีความสามารถค่อนข้างต่ำ จะตอบข้อสอบได้ ส่วนวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ค่าความยากของข้อสอบค่อนข้างสูง ซึ่งหมายถึงผู้ตอบต้องมีความสามารถอยู่ในระดับสูง จึงจะตอบข้อสอบได้ถูกต้อง

3.1.3) ค่าอำนาจจำแนกและความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่วิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ผลการวิเคราะห์แสดงรายละเอียดในตารางที่ 38

ตารางที่ 38 แสดงค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกและความยากเฉลี่ยของข้อสอบ จากการวิเคราะห์คะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ตามโมเดล GPCM

วิธีการตอบ และการให้คะแนน	ค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนก (a)		ค่าพารามิเตอร์ความยาก (b)		จำนวน ข้อสอบ
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	
1. วิธีของคูมบ์ (C)	0.072	0.023	-2.195	1.271	40
2. วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC)	0.423	0.208	0.000	0.000	40
3. วิธีของอาร์โนลด์ (A)	0.424	0.206	0.000	0.000	40
4. วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA)	0.638	0.144	-0.595	0.535	40
5. วิธีของเดรสเซลและชมิด (D/S)	0.351	0.162	0.000	0.000	40
6. วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด (MD/S)	0.472	0.213	0.000	0.000	40
7. วิธีประเพณีนิยม (NR)	0.294	0.151	-0.222	2.599	40

จากตารางที่ 38 พบว่า ค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ วิธีของอาร์โนลด์ วิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด มีค่าความยากเฉลี่ยเท่ากันที่ระดับ 0.000 ค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบที่มีค่าต่ำสุดคือวิธีของคูมบ์ รองลงมาคือวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ซึ่งมีค่าเท่ากับ –2.195, -0.595 และ -0.222 ตามลำดับ

ส่วนค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยพบว่า วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์มีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีของอาร์โนลด์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.638, 0.472 และ 0.424 ตามลำดับ ส่วนวิธีที่มีค่าอำนาจเฉลี่ยต่ำสุด คือวิธีของคูมบ์ รองลงมาคือวิธีแบบประเพณีนิยม และวิธีของเดรสเซลและชมิด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.072, 0.2944 และ 0.351 ตามลำดับ

3.1.4) ค่าความยากเฉลี่ยของข้อสอบ ในแต่ละลำดับขั้นของการตอบที่วิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ทั้งหมด 7 วิธี ผลการวิเคราะห์แสดงรายละเอียดในตารางที่ 39

ตารางที่ 39 แสดงค่าพารามิเตอร์ความยากเฉลี่ยของข้อสอบในแต่ละลำดับขั้นของการตอบที่วิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ที่วิเคราะห์ตามโมเดล GPCM

วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนน	ค่าความยากเฉลี่ย							
ลำดับขั้นการตอบ	1	2	3	4	5	6	7	8
วิธีของคูมบ์ (C)	0.000	1.980	1.788	-6.236	4.785	1.240	0.133	1.054
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC)	0.000	1.375	0.236	1.071	-	-	-	-
วิธีของอาร์โนลด์ (A)	0.000	1.259	0.253	1.073	-	-	-	-
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA)	0.000	0.413	0.752	-	-	-	-	-
วิธีของเดรสเซลและชมิด (D/S)	0.000	2.518	1.246	-7.351	5.842	1.570	0.636	0.602
วิธีที่ประยุกจากวิธีของเดรสเซลและชมิด (MD/S)	0.000	1.393	0.618	0.494	-	-	-	-
วิธีประเพณีนิยม (NR)	-	-	-	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 39 พบว่าในแต่ละวิธีจะมีลำดับขั้นในการตอบไม่เท่ากัน วิธีที่มีลำดับขั้นในการตอบ 8 ลำดับขั้น ได้แก่ วิธีของคูมบ์ และวิธีของ เดรสเซลและชมิด ผลการวิเคราะห์พบว่า วิธีของคูมบ์ลำดับขั้นในการตอบที่มีค่าความยากเฉลี่ยสูงสุดคือลำดับขั้นที่ 5 รองลงมาคือลำดับขั้นที่ 2 และ 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.765, 1.980 และ 1.788 ตามลำดับ ส่วนลำดับขั้นที่มีค่าความยากเฉลี่ยต่ำสุด คือลำดับขั้นที่ 4 รองลงมา คือลำดับขั้นที่ 1 และลำดับขั้นที่ 7 ซึ่งมีค่าเท่ากับ –6.236, 0.000 และ 0.133 ตามลำดับ สำหรับวิธีของเดรสเซลและ ชมิด ลำดับขั้นในการ

ตอบที่มีค่าความยากเฉลี่ยสูงสุด คือลำดับขั้นที่ 5 รองลงมาคือลำดับขั้นที่ 2 และ 6 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.842, 2.518 และ 1.570 ตามลำดับ ส่วนลำดับขั้นที่มีค่าความยากเฉลี่ยต่ำสุด คือลำดับขั้นที่ 4 รองลงมาคือ ลำดับขั้นที่ 1 และ 8 ซึ่งมีค่าเท่ากับ –7.351, 0.000 และ 0.602 ตามลำดับ วิธีที่มีลำดับขั้นในการตอบ 4 ลำดับขั้น ได้แก่วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ วิธีของ อาร์โนลด์และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ผลการวิเคราะห์พบว่า วิธีของคูมบ์มีความยากเฉลี่ยสูงสุดในลำดับขั้นที่ 2 รองลงมาคือลำดับขั้นที่ 4 และ 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.375, 1.071 และ 0.236 ตามลำดับ และมีค่าความยากเฉลี่ยต่ำสุดในลำดับขั้นที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.000 วิธีของอาร์โนลด์มีความยากเฉลี่ยสูงสุดในลำดับที่ 2 รองลงมาคือลำดับขั้นที่ 4 และ 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.259,1.073 และ 0.253 ตามลำดับ และมีค่าความยากเฉลี่ยต่ำสุดในลำดับขั้นที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.000 วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของ เดรสเซลและ ชมิด มีค่าความยากเฉลี่ยสูงสุดในลำดับขั้นที่ 2 รองลงมาคือลำดับขั้นที่ 3 และ 4 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.393, 0.618 และ 0.494 ตามลำดับ และมีความยากเฉลี่ยต่ำสุดในลำดับขั้นที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.000 วิธีที่มีลำดับขั้นในการตอบ 3 ลำดับขั้น ได้แก่ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ซึ่งมีค่าความยากเฉลี่ยสูงสุดในลำดับขั้นที่ 3 รองลงมาคือลำดับขั้นที่ 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.752, 0.413 และ 0.000 ตามลำดับ ส่วนวิธีแบบประเพณีนิยม ซึ่งมีลำดับขั้นในการตอบ 1 ลำดับขั้น โปรแกรมไม่คำนวณความยากเฉลี่ยของลำดับขั้นในการตอบ

3.2) ค่าฟังก์ชันสารสนเทศและโค้งฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ

ในการวิจัยครั้งนี้การเปรียบเทียบค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ เป็น 2 ส่วนคือ ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบในระดับ θ ต่างๆ และโค้งฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ ซึ่งได้นำเสนอดังนี้

3.2.1) ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ

ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ทั้งหมด 7 วิธี ผลการวิเคราะห์แสดงรายละเอียดในตารางที่ 40

ตารางที่ 40 ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบที่วิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ที่วิเคราะห์ตามโมเดล GPCM

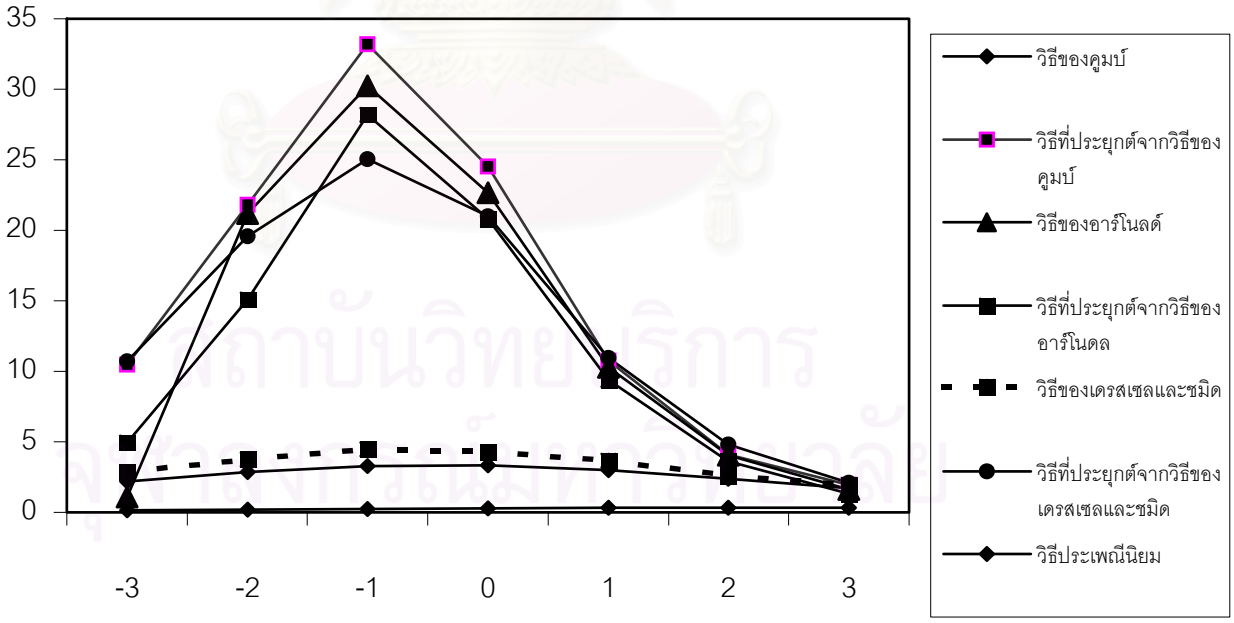
วิธีการตอบ	ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ						
และการตรวจให้คะแนน	ระดับ θ -3	-2	-1	0	1	2	3
วิธีของคูมบ์ (C)	2.21	2.84	3.30	3.34	3.02	2.37	1.72
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC)	10.49	21.82	33.20	24.52	10.74	4.08	1.94
วิธีของอาร์โนลด์ (A)	10.09	21.21	30.26	22.65	10.28	4.05	1.61
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA)	4.93	15.11	28.18	20.82	9.39	3.60	1.35
วิธีของเดรสเซลและ ชมิด (D/S)	2.87	3.74	4.47	4.30	3.67	2.61	1.93
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด (MD/S)	10.71	19.58	25.03	21.02	10.94	4.81	2.08
วิธี 0 – 1 (NR)	0.16	0.20	0.24	0.30	0.33	0.35	0.35

จากตารางที่ 40 ผลการวิเคราะห์พบว่าที่ระดับ θ = -3 วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศสูงสุด รองลงมาคือวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์และวิธีของ อาร์โนลด์ ซึ่งให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเท่ากับ 10.71, 10.49 และ 10.09 ตามลำดับ และวิธีแบบประเพณีนิยม จะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศต่ำสุดเท่ากับ 0.16 ที่ระดับ θ = -2 วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ ให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศสูงสุด รองลงมาคือ วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ซึ่งให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเท่ากับ 21.82 , 21.21 และ 19.58 ตามลำดับ และวิธี 0 – 1 จะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศต่ำสุดเท่ากับ 0.20 ที่ระดับ θ = -1 วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศสูงสุด รองลงมา คือ วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ซึ่งให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเท่ากับ 33.20, 30.26 และ 25.03 ตามลำดับ และวิธี 0 – 1 จะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศต่ำสุดเท่ากับ 0.24 ที่ระดับ θ = 0 วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศสูงสุด รองลงมา คือวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ซึ่งให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเท่ากับ 24.52 , 22.65 และ 21.02 ตามลำดับ และวิธีแบบประเพณีนิยม จะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศต่ำสุดเท่ากับ 0.30 ที่ระดับ θ = 1 วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิดให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศสูงสุด รองลงมาคือวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ และวิธีของ อาร์โนลด์ ซึ่งให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเท่ากับ 10.94, 10.74 และ 10.28 ตามลำดับ และวิธีแบบประเพณีนิยม จะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศต่ำสุดเท่ากับ 0.33 ที่

ระดับ $\theta = 2$ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและ ชมิด ให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศสูงสุด รองลงมาคือ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคุมบ์ และวิธีของ อาร์โนลด์ ซึ่งให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเท่ากับ 4.81, 4.08 และ 4.05 ตามลำดับ และวิธีแบบประเพณีนิยม จะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศต่ำสุดเท่ากับ 0.35 ที่ระดับ $\theta = 3$ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศ สูงสุด รองลงมา คือ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ และวิธีของ เดรสเซล และชมิด ซึ่งให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเท่ากับ 2.08, 1.94 และ 1.93 ตามลำดับ และวิธีแบบประเพณีนิยม จะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศต่ำสุดเท่ากับ 0.35

3.2.2) โค้งฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ

โค้งฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ทั้งหมด 7 วิธี ได้แสดงไว้ในภาพที่ 1 จากภาพจะเห็นได้ว่า วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนในแต่ละวิธี จะให้โค้งฟังก์ชันสารสนเทศคล้ายคลึงกัน ในช่วง θ ของผู้สอบตั้งแต่ -2 ถึง 0 เส้นกราฟจะมีความโค่งมากสุด แสดงให้เห็นว่าวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนทั้ง 7 วิธีจะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศสูง ในช่วง θ ตั้งแต่ -2 ถึง θ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ จะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศสูงสุด และวิธีแบบประเพณีนิยม ให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศต่ำสุด



ภาพที่ 12 โค้งฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ

3.3) ค่าสารสนเทศเฉลี่ยและประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย

1) ผลการวิเคราะห์ค่าสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบที่วิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ทั้ง 7 วิธี แสดงรายละเอียดในตารางที่ 41

ตารางที่ 41 ค่าสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบ ที่วิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ที่วิเคราะห์ตามโมเดล GPCM

วิธีการตอบและตรวจให้คะแนน	**ค่าสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบ (AI)**
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC)	15.256
วิธีของอาร์โนลด์ (A)	14.307
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด (MD/S)	13.453
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA)	11.911
วิธีของเดรสเซลและชมิด (D/S)	3.370
วิธีของคูมบ์ (C)	2.686
วิธีประเพณีนิยม (NR)	0.365

จากตารางที่ 41 พบว่า วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ ให้ค่าเฉลี่ยสารสนเทศสูงที่สุด รองลงมาคือวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของ เดรสเซลและชมิด ซึ่งให้ค่าสารสนเทศเฉลี่ยเท่ากับ 15.256, 14.307 และ 13.453 ตามลำดับ วิธีที่ให้ค่าสารสนเทศเฉลี่ยต่ำสุดคือวิธีแบบประเพณีนิยม รองลงมาคือวิธีของคูมบ์ และวิธีของเดรสเซลและชมิด ซึ่งให้ค่าสารสนเทศเฉลี่ยเท่ากับ 0.365, 2.686 และ 3.370 ตามลำดับ

2) ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบที่วิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 42

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 42 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบที่วิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ที่วิเคราะห์ตามโมเดล GPCM

วิธีการตอบและ	ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย						
การตรวจให้คะแนน	C	MC	A	MA	D/S	MD/S	NR
วิธีของคูมบ์ (C) (.720)	1.000	0.176	0.187	0.225	0.797	0.199	7.358
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC)		1.000	1.066	1.280	4.527	1.134	41.79
วิธีของอาร์โนลด์ (A)			1.000	1.201	4.245	1.063	39.197
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA)				1.000	3.601	0.885	32.632
วิธีของเดรสเซลและชมิด(D/S)					1.000	0.245	9.060
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด (MD/S)						1.000	36.857
วิธีประเพณีนิยม (NR)							1.000

หมายเหตุ ตัวเลขในเมตริกซ์ เป็นค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย ที่ได้จากการนำค่าสารสนเทศเฉลี่ยของแต่ละวิธีมาเทียบอัตราส่วนระหว่างกัน แต่ละคู่

จากตารางที่ 42 พบว่า ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ เมื่อเทียบกับวิธีแบบประเพณีนิยม มีค่าสูงสุด รองลงมาคือวิธีของอาร์โนลด์ เมื่อเทียบกับวิธี 0 – 1 และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด เมื่อเทียบกับวิธีประเพณีนิยม ซึ่งให้ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 41.793 , 39.197 และ 36.857 ตามลำดับ ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย ที่มีค่ามากกว่า 1 ได้แก่ วิธีของคูมบ์ เมื่อเทียบกับวิธีประเพณีนิยม วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ เมื่อเทียบกับวิธีของอาร์โนลด์ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ เมื่อเทียบกับวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ เมื่อเทียบกับวิธีของเดรสเซลและชมิด วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ เมื่อเทียบกับวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด วิธีของอาร์โนลด์ เมื่อเทียบกับวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ วิธีของอาร์โนลด์ เมื่อเทียบกับวิธีของเดรสเซลและชมิด วิธีของอาร์โนลด์ เมื่อเทียบกับวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของของเดรสเซลและชมิด วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ เมื่อเทียบกับวิธีของเดรสเซลและชมิด วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ เมื่อเทียบกับวิธีประเพณีนิยม และวิธีของเดรสเซลและชมิด เมื่อเทียบกับวิธีแบบประเพณีนิยม จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มี ประสิทธิภาพสัมพัทธ์สูงสุด รองลงมาคือวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด สำหรับแต่ละคู่วิธี เมื่อเทียบสัดส่วนกันแล้วมีค่าอัตราส่วนสารสนเทศมากกว่า 1 แสดงว่า วิธีแรกมีประสิทธิภาพสัมพัทธ์สูงกว่าวิธีหลัง ซึ่งแสดงถึงความแม่นตรงในการตรวจให้คะแนน

จากการวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่าง ๆ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในการวิจัยครั้งนี้ นำผลการวิเคราะห์มาจัดอันดับคุณภาพตามเกณฑ์ต่างๆ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 43

ตารางที่ 43 อันดับคุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ต่างๆ

วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนน	อันดับคุณภาพตามเกณฑ์ต่างๆ				
	ความตรงตามเกณฑ์	ความตรงเชิงโครงสร้าง	ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน	ฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบ	ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย เมื่อเทียบกับวิธีประเพณีนิยม
วิธีประเพณีนิยม (NR)	6	7	6	7	7
วิธีของคูมบ์ (C)	1	3	7	6	6
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC)	5	2	4	1	1
วิธีของอาร์โนลด์ (A)	4	1	2	2	2
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA)	7	4	1	4	4
วิธีของเดรสเซลและชมิด (D/S)	2	5	5	5	5
วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด (MD/S)	3	6	3	3	3

จากตารางที่ 43 พบว่า วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มีคุณภาพโดยรวมตามเกณฑ์ต่างๆ สูงกว่าวิธีอื่นๆ รองลงมาคือวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ ต้องการศึกษาและพัฒนาวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ โดยการพิจารณาให้คะแนนความรู้บางส่วนแก่ผู้ตอบ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มสารสนเทศเกี่ยวกับการตอบข้อสอบแบบเลือกตอบได้มากขึ้น และช่วยแก้จุดอ่อนของวิธีการตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ซึ่งให้สารสนเทศเกี่ยวกับผู้ตอบน้อยมาก และยังเปิดโอกาสให้ผู้ตอบเดาสุ่มได้ วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่นำมาใช้ศึกษาในครั้งนี้มีทั้งหมด 7 วิธี ได้แก่ 1) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ 2) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ 3) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ 4) วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ 5) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิด 6) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด 7) วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบ แบบประเพณีนิยม โดยจะศึกษาถึงคุณภาพของผลการวัดความรู้บางส่วนที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนทั้ง 7 วิธี ในด้านความเที่ยง ความตรงเชิงโครงสร้าง ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ และประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบ จากการศึกษางานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา การศึกษาคุณภาพของแบบสอบส่วนใหญ่จะวิเคราะห์ตามแนวทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องของแหล่งความคลาดเคลื่อนในการวัด และค่าพารามิเตอร์ของแบบสอบที่ได้ แปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ ปัจจุบันนักวัดผลทางการศึกษาได้พัฒนาทฤษฎีการตอบสนอง ข้อสอบ (Item Response Theory : IRT) เพื่อแก้ปัญหาการวิเคราะห์ข้อสอบตามแนวทฤษฎีแบบดั้งเดิม ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์กับแบบสอบที่ตรวจให้คะแนนแบบทวิวิภาค และแบบสอบที่ตรวจให้คะแนนแบบพหุวิภาคได้ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบคุณภาพของผลการวัดความรู้ของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ โดยใช้ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิมวิเคราะห์คุณภาพด้านความเที่ยง ความตรงเชิงโครงสร้าง และความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์และใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบในการวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ และค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบ เพื่อเป็นการตรวจสอบถึงความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ โดยคาดว่าผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะทำให้ได้ข้อความรู้เกี่ยวกับวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนน ผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบที่มีคุณภาพมากที่สุดทั้งด้านความเที่ยง ความตรง ความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของผู้ตอบ ตลอดจนการให้ สารสนเทศเกี่ยวกับการตอบได้มากที่สุดที่จะช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลการศึกษาที่จะใช้เครื่องมือในการ

วัดผลการศึกษาได้นำวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่มีคุณภาพไปใช้ในการวัด ตัดสินคุณค่าและประเมินผลการศึกษาต่อไป การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 5 ประการ ดังนี้

1) เพื่อพัฒนาวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วน โดยประยุกต์วิธีของคูมบ์ ประยุกต์วิธีของเดรสเซลและชมิด ประยุกต์วิธีของอาร์โนลด์

2) เพื่อเปรียบเทียบค่าความเที่ยงของผลการวัดความรู้บางส่วน จากวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับวิธีการตรวจและการให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ วิธีของเดรสเซลและ ชมิด วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีประเพณีนิยม

3) เพื่อเปรียบเทียบค่าความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) และความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ (criterion related validity) ของผลการวัดความรู้บางส่วน จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นกับวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ วิธีของเดรสเซลและ ชมิด วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีประเพณีนิยม

4) เปรียบเทียบค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (test information function) ที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น กับวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ วิธีของเดรสเซลและชมิด วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีประเพณีนิยมที่วิเคราะห์ตามโมเดล Generalized Partial Credit Model (GPCM)

5) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย (ratio of overage information : RAI) ของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น กับวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ วิธีของเดรสเซลและชมิด วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีประเพณีนิยม

ในการศึกษาถึงคุณภาพของผลการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ในด้านความตรง ความเที่ยง สารสนเทศของแบบสอบและประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบ โดยได้ตั้งสมมุติฐานการวิจัยไว้ 3 ข้อดังนี้ 1) ค่าความเที่ยงและค่าความตรงของผลการวัดความรู้บางส่วนจากวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์, ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด และประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ สูงกว่าวิธีของคูมบ์, วิธีของเดรสเซลและชมิด, วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีแบบประเพณีนิยม 2) ผลการวิเคราะห์วิธีการให้คะแนนความรู้บางส่วนจากวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์, ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด, ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ เมื่อวิเคราะห์ตามโมเดล Generalized Partial Credit Model (GPCM) จะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศ (TIF) ที่ระดับความสามารถของผู้สอบ (θ) ระดับเดียวกัน สูงกว่าวิธีของคูมบ์, วิธีของเดรสเซลและชมิด, วิธีของอาร์โนลด์ และวิธี 0 – 1 3) ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย (RAI) ของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์, ประยุกต์จากวิธีของ เดรสเซลและชมิด และประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ สูงกว่าวิธีของคูมบ์, วิธีของเดรสเซลและ ชมิด, วิธีของอาร์โนลด์ และวิธี 0 – 1

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษาในจังหวัดสระบุรี ปีการศึกษา 2544 จำนวน 15 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 946 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ซึ่งวัดทักษะต่างๆ กัน 4 ทักษะ คือ ทักษะการลงความเห็นข้อมูล ทักษะการใช้ตัวเลข ทักษะการทำนาย และทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างและพัฒนาขึ้นเป็นแบบสอบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก โดยมีตัวเลือกที่เป็นคำตอบเพียงตัวเลือกเดียว จำนวน 40 ข้อ มีค่าความเที่ยง 0.74 ค่าความยากและอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพ โดยให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทำแบบสอบ 3 ครั้ง ด้วยแบบสอบชุดเดียวกัน แต่มีวิธีการตอบแตกต่างกัน 3 วิธี การสอบโดยวิธีที่ 1 จะเป็นวิธีการตอบตามวิธีของคูมบ์ วิธีประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของ อาร์โนล ซึ่งจะเป็นวิธีการตอบแบบตัดตัวลวง การสอบโดยวิธีที่ 2 จะเป็นวิธีการตอบตามวิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ซึ่งเป็นวิธีการตอบแบบเลือกชุดตัวถูก การสอบโดยวิธีที่ 3 จะเป็นการตอบแบบประเพณีนิยม คือ เลือกคำตอบที่ถูกเพียง 1 ตัวเลือก จะให้คะแนนแบบประเพณีนิยม การสอบแต่ละครั้งจะห่างกัน 2 สัปดาห์ การดำเนินการสอบจะเริ่มสอบวิธีใดก่อน จะใช้วิธีการสุ่มและหมุนวนไปตามลำดับ จนครบทั้ง 3 วิธี

การวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ค่าความตรงตามเกณฑ์ จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของคะแนนผลการวัดความรู้บางส่วนที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ กับคะแนนเกณฑ์ คือค่าระดับคะแนนผลการเรียน เฉลี่ยรายวิชาวิทยาศาสตร์ รวม 4 ภาคเรียน และทดสอบความแตกต่างค่าความตรงเป็นรายคู่ โดยใช้สถิติทดสอบ t (Guilford and Fruchter, 1973) การวิเคราะห์ค่าความตรงเชิงโครงสร้าง โดยวิธีวิเคราะห์เมตริกซ์พหุลักษณะ พหุวิธี ด้วยโมเดลการวิเคราะห์ตัวประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis model) ทดสอบโมเดล โครงสร้างของตัวแปรกับข้อมูลด้วยสถิติทดสอบ χ^2 และ วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าความแปรปรวนที่เกี่ยวกับตัวประกอบลักษณะตัวประกอบวิธี ที่เกี่ยวกับวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ จากโมเดลโครงสร้างของตัวแปรที่เหมาะสมกับข้อมูล การวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของผลการวัดความรู้บางส่วนจากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ โดยคำนวณค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ทดสอบความแตกต่างของค่าความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ เป็นรายคู่ ด้วยสถิตทดสอบ t (Feldt, 1980 cited in Linn, 1989) วิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ ที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำในการจำแนกคุณลักษณะของผู้สอบ ณ ระดับความสามารถ (θ) นั้นๆ จะวิเคราะห์ด้วยโมเดล Generalized Partial Credit Model (GPCM) โดยใช้โปรแกรม PARSCALE และโปรแกรม BILOG และวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย

(ratio of average information : RAI) ของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัย ได้แยกออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของข้อมูล และตอนที่ 2 เป็นการสรุปผลเพื่อตอบคำถามการวิจัย ตามวัตถุประสงค์

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

ค่าคะแนนเฉลี่ยของคะแนนการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ เมื่อพิจารณาจากคะแนนเต็มรายข้อพบว่า วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ และวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดได้แก่ วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของ อาร์โนลด์ สำหรับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนพบว่า วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนน้อยที่สุด รองลงมาคือ วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ส่วนวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมากที่สุด คือ วิธีของเดรสเซลและชมิด

ค่าความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนที่จำแนกออกเป็นผู้มีความรู้บางส่วนที่ได้จากการตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ พบว่า วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีของ เดรสเซลและชมิด มีร้อยละของผู้สอบที่มีความรู้บางส่วนสูงกว่าวิธีอื่นๆ สำหรับวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ไม่สามารถจำแนกผู้สอบที่มีความรู้บางส่วนออกมาได้

เมื่อพิจารณาถึงวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น โดยได้ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ผลการวิเคราะห์ร้อยละของจำนวนผู้ตอบที่ไม่มีความรู้ ซึ่งหมายถึงผู้ที่ตอบผิดและผู้ที่ไม่ตอบข้อสอบ พบว่าวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด มีร้อยละของจำนวน ผู้ไม่มีความรู้สูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์

ตอนที่ 2 สรุปผลเพื่อตอบคำถามการวิจัย ตามวัตถุประสงค์

2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศ และประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ

ผลการวิเคราะห์ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบที่มีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ พบว่า วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ ให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบสูงที่สุด รองลงมาคือ วิธีของอาร์โนลด์และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ซึ่งให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบเท่ากับ 15.256, 14.307 และ 13.453 ตามลำดับ วิธีที่ให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยต่ำสุด คือวิธีประเพณีนิยม

เมื่อพิจารณาถึงค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบจำแนกตามระดับความสามารถของ ผู้สอบ (θ) ตามวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ พบว่า วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ ให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบสูงสุดที่ระดับความสามารถของผู้สอบ (θ) เท่ากับ -1 ซึ่งสูงกว่าวิธีอื่นๆ ในขณะที่วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบสูงสุดที่ระดับความสามารถของผู้ตอบ (θ) เท่ากับ 3 แต่ต่ำกว่าวิธีอื่นๆ ทุกวิธี

ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย พบว่า ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ เมื่อเทียบกับวิธีประเพณีนิยม มีค่าสูงสุด รองลงมาคือวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 41.793, 39.197 และ 36.857 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพสัมพัทธ์ของแต่ละวิธี พบว่า วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มีประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุด เมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ ทุกวิธี รองลงมาคือวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ตามลำดับ สำหรับวิธีที่มีประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำสุด เมื่อเทียบกับทุก ๆ วิธี คือวิธีประเพณีนิยม

2.2 ผลการวิเคราะห์ด้านความตรงเชิงโครงสร้าง

2.2.1 วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบสอบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก ซึ่งมีวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนทั้งหมด 7 วิธี คือวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์ วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนล์ วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและ ชมิด และวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ซึ่งเป็นวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนแก่ผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ คะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ นี้ จะลู่เข้า (converge) ในการวัดทักษะเดียวกัน และจะแยกออก (discriminate) ในการวัดทักษะที่ต่างกัน โดยที่สหสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรที่สังเกตได้ กับตัวประกอบลักษณะ (trait factor) มีค่าสูงและมีนัยสำคัญ

ในขณะที่ สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สังเกตได้กับตัวประกอบวิธี (method factor) มีค่าต่ำ ซึ่งแสดงถึงความตรงเชิงโครงสร้าง ของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ที่ได้นำมาศึกษาในครั้งนี้

2.2.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพความตรงเชิงโครงสร้างของวิธีตอบและการให้คะแนนแบบต่างๆ โดยพิจารณาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแต่ละวิธี เป็นผลมาจากความแปรปรวนของตัวประกอบลักษณะสูง และเป็นผลมาจากตัวประกอบวิธีอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ ผลการวิเคราะห์พบว่า วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ มีความตรงเชิงโครงสร้างสูงสุด รองลงมาคือ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ และวิธีของคูมบ์ตามลำดับ ส่วนวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม มีความตรงเชิงโครงสร้างต่ำสุด

2.2.3 ผลการวิเคราะห์คะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ที่เป็นผลมาจากความแปรปรวนของตัวประกอบลักษณะ พบว่า วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ และวิธีของคูมบ์ ให้คะแนนที่เป็นผลมาจากความแปรปรวนของตัวประกอบลักษณะอยู่ในเกณฑ์สูงร้อยละ 73, 70 และ 67 ตามลำดับ ส่วนวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ให้คะแนนที่เป็นผลมาจากความแปรปรวนของตัวประกอบลักษณะต่ำสุด ร้อยละ 20

2.2.4 ผลการเปรียบเทียบความแปรปรวนที่เกี่ยวกับตัวประกอบลักษณะของตัวแปรที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ เป็นรายคู่ พบว่า ทุกวิธีมีค่าความแปรปรวนตัวประกอบลักษณะของตัวแปรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีวิธีของอาร์โนลด์ มีค่าความแปรปรวนตัวประกอบลักษณะของตัวแปรสูงสุด รองลงมาคือวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ และวิธีของคูมบ์ ตามลำดับ

2.3 ผลการวิเคราะห์ด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์

ผลการวิเคราะห์ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ พบว่า วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของคูมบ์มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงสุด (r = .642) ส่วนวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีค่าความตรงตามเกณฑ์ต่ำสุด (r = .575) ค่าความตรงตามเกณฑ์ในแต่ละวิธีอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน คือ ช่วง .575 - .642 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์กับเกณฑ์อยู่ในระดับปานกลาง และเมื่อนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่พบว่า วิธีของคูมบ์มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.4 ผลการวิเคราะห์ด้านความเที่ยง

ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ด้วยวิธีวิเคราะห์ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟา พบว่า วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีค่าสูงสุด (r = .832) รองลงมาคือ วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด (r = .787 และ r = .759 ตามลำดับ) ส่วนวิธีของคูมบ์มีค่าความเที่ยงต่ำสุด (r = .720)

ผลการเปรียบเทียบค่าความเที่ยงจากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ เป็นรายคู่ พบว่า วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีความเที่ยงสูงกว่าทุกวิธี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ มีค่าความเที่ยงสูงกว่าวิธีของคูมบ์ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ วิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีประเพณีนิยม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด มีค่าความเที่ยงสูงกว่าวิธีของ เดรสเซลและชมิด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ตามเกณฑ์ที่นำมาศึกษา รายละเอียดแสดงในตารางที่ 44

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 44 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ต่างๆ

ลำดับที่	ฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบ	ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยเมื่อเทียบกับวิธี แบบประเพณีนิยม	ความตรงเชิงโครงสร้าง	ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์	ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน
1	วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC) (15.256)	วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC) (41.79)	วิธีของอาร์โนลด์ (A) (73%)	วิธีของคูมบ์ (C) (.642)	วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA) (.832)
2	วิธีของอาร์โนลด์ (A) (14.307)	วิธีของอาร์โนลด์ (A) (39.19)	วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC) (70%)	วิธีของเดรสเซลและชมิด (D/S) (.632)	วิธีของอาร์โนลด์ (A) (.787)
3	วิธีประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด (MD/S) (13.453)	วิธีประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด (MD/S) (36.85)	วิธีของคูมบ์ (C) (67%)	วิธีประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด (MD/S) (.625)	วิธีประยุกต์จากวิธีของ เดรสเซลและชมิด (MD/S) (.759)
4	วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA) (11.911)	วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA) (32.63)	วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA) (65%)	วิธีของอาร์โนลด์ (A) (.625)	วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC) (.742)
5	วิธีของเดรสเซลและชมิด (D/S) (3.370)	วิธีของเดรสเซลและชมิด (D/S) (9.06)	วิธีของเดรสเซลและชมิด (D/S) (41%)	วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ (MC) (.622)	วิธีของเดรสเซลและชมิด (D/S) (.740)
6	วิธีของคูมบ์ (C) (2.686)	วิธีของคูมบ์ (C) (7.35)	วิธีประยุกต์จากวิธีของ เดรสเซลและชมิด (MD/S) (33%)	วิธีประเพณีนิยม (NR) (.600)	วิธีประเพณีนิยม (NR) (.725)
7	วิธีประเพณีนิยม (NR) (0.365)	วิธีประเพณีนิยม (NR) (1.00)	วิธีประเพณีนิยม (NR) (20%)	วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ (MA) (.575)	วิธีของคูมบ์ (C) (.720)

จากตารางที่ 44 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ตามเกณฑ์ที่นำมาศึกษา 5 เกณฑ์ เมื่อพิจารณาเกณฑ์ด้านฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบและประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบ พบว่า วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มีค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบ และประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบสูงสุด เมื่อเทียบกับทุกวิธี รองลงมาคือ วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ตามลำดับ ส่วนวิธีประเพณีนิยม จะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบและประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบต่ำสุด การพิจารณาเกณฑ์ด้านความตรงเชิงโครงสร้าง พบว่า วิธีของอาร์โนลด์ มีค่าความตรงเชิงโครงสร้างสูงสุด เมื่อเทียบกับทุกวิธี รองลงมาคือ วิธีที่

ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ และวิธีของคูมบ์ ตามลำดับ ส่วนวิธีประเพณีนิยม มีค่าความตรงเชิงโครงสร้างต่ำสุด การพิจารณาเกณฑ์ด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ พบว่า วิธีของคูมบ์มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกนั้นมีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การพิจารณาเกณฑ์ด้านความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน พบว่า วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีค่าความเที่ยงสูงกว่าทุกวิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 รองลงมาคือวิธีของอาร์โนลด์ มีค่าความเที่ยงสูงกว่าวิธีของคูมบ์ วิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีประเพณีนิยม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด มีค่าความเที่ยงสูงกว่าวิธีของคูมบ์ และวิธีของเดรสเซลและชมิด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวม ทั้ง 5 เกณฑ์ พบว่า คุณภาพวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มีคุณภาพดีกว่าวิธีอื่นๆ ทุกวิธี รองลงมาคือวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ตามลำดับ สำหรับวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม มีคุณภาพตามเกณฑ์ต่างๆ อยู่ในขั้นต่ำ

อภิปรายผลการวิจัย

1. คุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ในด้านค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ และประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบ ผลการวิจัยพบว่า ให้หลักฐานที่ยอมรับสมมุติฐานการวิจัยที่กำหนดให้วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ ให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบ และประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงกว่าวิธีของคูมบ์ และวิธีให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เอมอร จังศิริพรปกรณ์ (2545) และวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบ และประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงกว่าวิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ซึ่งให้หลักฐานที่ยอมรับสมมุติฐานของการวิจัย ผลการวิจัยที่ปฏิเสธสมมุติฐานการวิจัยที่กำหนดให้วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบและประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงกว่าวิธีของอาร์โนลด์ แต่ผลการวิจัยพบว่าวิธีของอาร์โนลด์ให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบ และประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ซึ่งพอจะอธิบายได้ด้วยเหตุผลที่ว่า การให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ในแต่ละลำดับขั้น ช่วงคะแนนจะไม่เท่ากัน ลำดับบางช่วงคะแนน

ต่างกันเพียงเล็กน้อย เมื่อปัดทศนิยมเป็นเลขจำนวนเต็ม จะทำให้คะแนนลำดับขั้นที่อยู่ติดกันบางช่วงเท่ากัน จึงจัดอยู่ในลำดับขั้นเดียวกัน ซึ่งจะทำให้มีความสอดคล้องระหว่างความสามารถของผู้สอบกับระดับคะแนนที่ได้ผลการวิเคราะห์ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีลำดับขั้นของการตอบ 3 ลำดับขั้น ซึ่งน้อยกว่าวิธีของอาร์โนลด์ ซึ่งมี 4 ลำดับขั้น ซึ่งจำแนกระดับความสามารถของผู้ตอบได้มากกว่า และลำดับขั้นการตอบข้อสอบแต่ละข้อสอดคล้องกับระดับความสามารถของผู้ตอบ จึงทำให้ประมาณค่าความสามารถของผู้ตอบได้แม่นยำกว่า จึงทำให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบสูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของ อาร์โนลด์

ผลการวิจัยพบว่า วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ จะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบ และประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุด เมื่อเทียบกับวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนวิธีอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เอมอร จังศิริพรปกรณ์ (2545) ซึ่งเป็นข้อบ่งชี้ประการหนึ่งที่แสดงว่าวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ เป็นวิธีการวัดที่มีคุณภาพสูงวิธีหนึ่ง

2. คุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ในด้านความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) โดยการวิจัยครั้งนี้ได้วิเคราะห์ โดยแยกผลของตัวประกอบลักษณะ (trait factor) ตัวประกอบวิธี (method factor) และตัวประกอบคลาดเคลื่อน (error factor) ในตัวแปรที่วัดได้ออกจากกัน ด้วยการทดสอบความเหมาะสมของโมเดลเชิงโครงสร้างของตัวแปรที่วัดได้ กับข้อมูลที่รวบรวมมา การแยกตัวประกอบต่างๆ ที่ส่งผลต่อตัวแปรที่วัดได้ ทำให้สามารถพิจารณาถึงคุณภาพด้านความตรงเชิงโครงสร้างของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนในแต่ละวิธีได้อย่างเหมาะสม โดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการวัดมีค่าน้ำหนักที่เป็นผลมาจากตัวประกอบลักษณะที่ต้องการวัดสูงในขณะที่มีค่าน้ำหนักที่เป็นผลมาจากตัวประกอบวิธีและตัวประกอบคลาดเคลื่อนน้อยๆ ซึ่งจะใช้เป็นเกณฑ์ในการบอกถึงคุณภาพของความตรงเชิงโครงสร้างของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ

ผลการวิจัยเกี่ยวกับความตรงเชิงโครงสร้างของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ นี้ ให้หลักฐานที่ยอมรับสมมุติฐานการวิจัยในประเด็นที่กำหนดให้ วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มีความตรงเชิงโครงสร้างสูงกว่าวิธีของคูมบ์ และวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม อย่างมีนัยสำคัญ และให้หลักฐานที่ปฏิเสธสมมุติฐานของการวิจัยในประเด็นที่กำหนดให้ วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีความตรงเชิงโครงสร้างสูงกว่าวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด มีความตรงเชิงโครงสร้างสูงกว่าวิธีของเดรสเซลและชมิด ซึ่งผลการวิจัย พบว่า วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ มีความตรงเชิงโครงสร้างสูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์อย่างมีนัยสำคัญและวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตาม

วิธีของเดรสเซลและชมิด มีค่าความตรงเชิงโครงสร้างสูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ซึ่งปฏิเสธสมมุติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้ และจากผลการวิจัยพบว่า วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบประเพณีนิยม มีค่าความตรงเชิงโครงสร้างต่ำสุด เมื่อนำไปเทียบกับวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบอื่นๆ ซึ่งให้หลักฐานที่ยอมรับสมมุติฐานของการวิจัย ซึ่งผลการวิจัยให้ข้อสรุปว่าการที่คะแนนที่ได้จากการตอบหลายอย่าง (multiple response) จะให้คะแนนที่มีความตรงสูงกว่า คะแนนที่ได้จากการตอบที่ให้ผู้ตอบเลือกแต่เพียง ตัวเลือกที่ถูกเพียงคำตอบเดียว (Coomb et al, 1956 ; Frary, 1982)

จากการที่ผลการวิจัยที่ปฏิเสธสมมุติฐานการวิจัยบางประเด็นที่เกี่ยวกับความตรงเชิงโครงสร้างของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนบางวิธีที่ไม่เป็นไปตามสมมุติฐานของการวิจัย อธิบายได้ดังนี้

ประเด็นแรก วิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ มีความตรงเชิงโครงสร้างสูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ จากผลการวิจัยพบว่าวิธีประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ให้คะแนนที่เป็นผลมาจากความแปรปรวนตัวประกอบลักษณะต่ำกว่าวิธีของอาร์โนลด์ (ร้อยละ 65 และร้อยละ 73 ตามลำดับ) ซึ่งอธิบายได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ สามารถจำแนกระดับความสามารถของผู้ตอบได้ดีกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ ซึ่งวิธีของอาร์โนลด์สามารถจำแนกผู้ตอบที่รู้ผิด (misinformation) หมายถึง ผู้ที่ตัดตัวเลือกที่เป็นคำตอบออกไป โดยเข้าใจว่าเป็นตัวลวงและจะได้คะแนนรายข้อนั้นติดลบ แต่วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ จะถือว่าผู้ที่รู้ผิดคือผู้ที่ไม่มีความรู้และให้คะแนนรายข้อนั้นเท่ากับ 0 การให้คะแนนที่แสดงถึงระดับความรู้ต่างกัน จึงทำให้ความตรงของคะแนนที่ได้แตกต่างกัน (Frary, 1980) ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ พรทิพย์ ไชยโส (2534)

ประเด็นที่สอง วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของเดรสเซลและชมิดมีความตรงเชิงโครงสร้างสูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีจของเดรสเซลและชมิด ซึ่งให้หลักฐานที่ปฏิเสธสมมุติฐานของการวิจัย ซึ่งอธิบายได้ เช่นเดียวกับประเด็นแรก

3. คุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ในด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ ผลการวิจัยพบว่า ให้หลักฐานที่ปฏิเสธสมมุติฐานการวิจัยที่กำหนดให้วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มีค่าความตรงตามเกณฑ์สูงกว่าวิธีของคูมบ์ และวิธีให้คะแนนแบบประเพณีนิยม วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของ เดรสเซลและชมิด มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงกว่าวิธีของเดรสเซลและชมิด และวิธีให้คะแนนแบบประเพณีนิยม และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงกว่าวิธีของอาร์โนลด์และวิธีให้คะแนนแบบประเพณีนิยม แต่ให้หลักฐานที่แสดงถึงความไม่แตกต่างกันในด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ ซึ่งแสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ระหว่างคะแนนที่ให้กับผู้ตอบแบบสอบในแต่ละวิธี กับคะแนนเกณฑ์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Coombs et al. (1956) ; Patnaik and Traub (1973); kansup et al. (1975) ; Frary (1982) ; พรทิพย์ ไชยโส (2534) และ เอมอร จังศิริพรปกรณ์ (2545) ซึ่งไม่พบความแตกต่างของค่าสหสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนกับคะแนนเกณฑ์สัมพันธ์ เมื่อนำแต่ละวิธีมาเปรียบเทียบกัน แต่ถึงอย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนของคูมบ์ มีค่าสูงสุด (.642) เมื่อเทียบกับวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนวิธีอื่นๆ ในขณะที่วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ต่ำสุด (.575) และพบว่า ค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ที่ได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของ ผู้ตอบแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่มีวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ กับเกณฑ์ ซึ่งเป็นเกรดเฉลี่ยรายวิชาวิทยาศาสตร์รวม 4 ภาคเรียน มีค่าอยู่ระหว่าง .575 ถึง .642 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการวิจัยนี้ให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของ น้อยทิพย์ ศัสตรศาสตร์ (2521) ; ผกามาศ วราสุสันติกุล (2524) ; กมล หลีกภัย (2524) และ บุญเลิศ เสียงสุขสันต์ (2531) ได้ทำการศึกษาพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. คุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ในด้านความเที่ยง ผลการวิจัยให้หลักฐานที่ยอมรับสมมุติฐานการวิจัยที่กำหนดให้ ความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ สูงกว่าวิธีของคูมบ์ อย่างมีนัยสำคัญ ความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ สูงกว่าวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Coombs et al. (1956) ; Patnaik and Traub (1973) ; Kansup and Hakstain (1975) ; Frary (1982) และ พรทิพย์ ไชยโส (2534) และความเที่ยงของวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและ ชมิด สูงกว่าวิธีของเดรสเซลและชมิดอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิจัยได้ปฏิเสธสมมุติฐานที่กำหนดให้ ความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ สูงกว่า วิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมอย่างมีนัยสำคัญ และความเที่ยงของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด สูงกว่าวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยมอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งผลการวิจัยให้หลักฐานว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มีค่าความเที่ยงไม่แตกต่างจากวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีวิธีของ เดรสเซลและชมิด มีค่าความเที่ยงไม่แตกต่างจากวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ทั้งนี้อาจเป็น ผลเกี่ยวเนื่องกับรูปแบบคำตอบของผู้ตอบ ทำให้คะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด

และวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม มีความสัมพันธ์กันมาก จากผลการวิจัยยังพบว่า วิธีการตอบและ การตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีค่าความเที่ยงสูงสุด รองลงมาคือ วิธีของ อาร์โนลด์ (.832 และ .787 ตามลำดับ) ทั้งนี้เป็นผลมาจากรูปแบบของคำตอบ ซึ่งเป็นการตัดตัวลวงออกไป และจำนวนตัวลวงที่ผู้ตอบตัดออกไปได้ในแต่ละข้อมีความสอดคล้องกัน จึงเป็นผลทำให้คะแนนที่ได้จากวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ 1 ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ และวิธีของอาร์โนลด์ มีค่าความเที่ยงสูงเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ

ข้อที่น่าสังเกตจากผลการวิจัย พบว่า วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีค่าความเที่ยงสูงสุด (.832) แต่กลับให้ค่าความตรงตามเกณฑ์ (.575) ซึ่งต่ำกว่าวิธีการให้คะแนนแบบประเพณีนิยม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพรทิพย์ ไชยโส (2534) ซึ่งพอจะอธิบายด้วยเหตุผลว่า ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในที่คำนวณด้วยสัมประสิทธิ์อัลฟา ที่มีค่าสูงแสดงถึงความสัมพันธ์กันสูงระหว่างข้อสอบในชุดเดียวกัน เมื่อนำคะแนนที่มีค่าความเที่ยงสูง ไปใช้ทำนายเกณฑ์ จากการศึกษาของ Patnaik พบว่าสหสัมพันธ์พหุคูณยิ่งค่าสหสัมพันธ์ภายในระหว่างข้อในแบบสอบสูงเท่าใด จะทำให้ค่าที่ถูกคาดหวังในสหสัมพันธ์กับเกณฑ์ลดลง แม้ว่า สหสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อและเกณฑ์จะยังคงมีค่าคงที่ก็ตาม (Patnaik and Traub, 1973 อ้างถึงใน พรทิพย์ ไชยโส, 2534)

การพิจารณาเพื่อหาข้อสรุปว่าวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบใดจะมีคุณภาพดีกว่ากัน โดยพิจารณาเกณฑ์ 5 เกณฑ์ คือ ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบ ประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย ความตรงเชิงโครงสร้าง ความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ และความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน ซึ่ง 2 เกณฑ์แรกเป็นการวิเคราะห์ตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory : IRT) ส่วน 3 เกณฑ์หลัง เป็นการวิเคราะห์ตามทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory : CTT) จากผลการพิจารณาคุณภาพวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ 2 เกณฑ์แรก ซึ่งเป็นการศึกษาตามแนวทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบจะไม่ แปรเปลี่ยนไปตามกลุ่มตัวอย่าง แต่จะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างผลการตอบข้อสอบกับความสามารถที่มีอยู่ภายในของผู้สอบ เป็นสำคัญ และจากเกณฑ์การตรวจสอบคุณภาพในด้านการให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบและประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบ พบว่า วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มีคุณภาพดีกว่าวิธีอื่นๆ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน รองลงมาคือ วิธีของอาร์โนลด์ และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด ตามลำดับ ส่วนวิธีประเพณีนิยม จะให้ค่าฟังก์ชันสารสนเทศเฉลี่ยของแบบสอบและประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยของแบบสอบต่ำกว่าทุกวิธี การพิจารณาตามเกณฑ์ 3 เกณฑ์หลังเป็นการศึกษาตามแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม เมื่อพิจารณาด้านความตรงเชิง โครงสร้าง พบว่าวิธีการตอบและตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ มีความตรงเชิงโครงสร้างสูงสุด โดยให้

คะแนนที่เป็นผลมาจากความแปรปรวนของตัวประกอบลักษณะสูงกว่าวิธีอื่นๆ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน ดังนั้น วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีของอาร์โนลด์ จึงมีคุณภาพด้านความตรง เชิงโครงสร้างดีกว่าวิธีอื่นๆ พิจารณาด้านความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในพบว่า วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ มีค่าความเที่ยงแบบความ สอดคล้องภายในสูงกว่าวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (.832) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกัน วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์ จึงมีคุณภาพด้านความเที่ยง แบบความสอดคล้องภายในดีกว่าวิธีอื่นๆ เมื่อพิจารณาด้านความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ พบว่า แต่ละวิธีมีความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นวิธีของคูมบ์ มีค่าความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์สูงกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของอาร์โนลด์อย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาถึงคุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบต่างๆ ตามเกณฑ์ที่นำมาศึกษาโดยภาพรวมแล้ว พบว่า วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ มีคุณภาพดีกว่าวิธีอื่นๆ ทุกวิธี รองลงมาคือ วิธีของอาร์โนลด์และวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิดตามลำดับ ส่วนวิธีประเพณีนิยม มีคุณภาพต่ำกว่าทุกวิธี

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

จากผลการวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. การนำผลการวิจัยไปใช้ จากข้อค้นพบในการวิจัยครั้งนี้ พบว่า วิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนตามวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ เป็นวิธีที่มีคุณภาพดีกว่าวิธีอื่นๆ ที่ผู้วิจัยได้นำมาศึกษา ซึ่งการนำไปใช้ต้องระวังในเรื่องคำชี้แจง ในเรื่องการทำแบบสอบของผู้สอบให้ชัดเจน เพื่อผู้สอบจะได้ทำอย่างเต็มศักยภาพของตน และได้แสดงความรู้บางส่วนของตนออกมา

2. วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ ไม่มีข้อยุ่งยากในการนำไปใช้และสอดคล้องกับวัฒนธรรมการทำข้อสอบของผู้สอบที่เป็นนักเรียนไทย คือ นิยมตัดตัวลวงออกไป เมื่อไม่ทราบคำตอบที่ถูก ซึ่งสอดคล้องกับวิธีตอบของวิธีนี้ ซึ่งจะช่วยให้ประมาณค่าความสามารถของผู้สอบได้แม่นยำขึ้น

3. วิธีที่ประยุกต์จากวิธีของเดรสเซลและชมิด เป็นวิธีที่มีคุณภาพดี อีกวิธีหนึ่งในการที่จะใช้วัดความรู้บางส่วนของผู้สอบ ซึ่งเมื่อพิจารณาคุณภาพตามเกณฑ์ต่างๆ อาจจะด้อยกว่าวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ อยู่บ้าง แต่วิธีการตอบและการให้คะแนนก็สอดคล้องกับวัฒนธรรมการตอบข้อสอบเลือกตอบของนักเรียนไทย ที่ตัดตัวเลือกผิดออกไปแล้ว ยังเหลือตัวเลือกที่ยังไม่แน่ใจว่าตัวเลือกใด เป็นคำตอบที่ถูก ซึ่งมักจะตัดสินใจเลือกตัวใดตัวหนึ่ง ซึ่งนำไปสู่การเดาข้อสอบ ถ้าเปิดโอกาสให้เลือกตอบได้ทุกตัวที่ไม่แน่ใจว่าตัวใดถูก ก็จะทำให้ผู้สอบไม่เดาสุ่ม และตอบอย่างมีความรู้บางส่วน ซึ่งจะทำให้ประมาณค่าความสามารถของผู้สอบได้แม่นยำขึ้น และนอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากในการปฏิบัติและชี้แจงให้ผู้สอบเข้าใจวิธีการตอบได้ง่าย

4. วิธีของอาร์โนลด์ ก็จัดเป็นวิธีการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบที่มีคุณภาพอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งมีวิธีการตอบเช่นเดียวกับวิธีที่ประยุกต์จากวิธีของคูมบ์ แต่การให้คะแนนในแต่ละลำดับขั้นของความรู้ ค่อนข้างจะไม่สอดคล้องกับระดับความสามารถของผู้สอบ ทั้งนี้เพราะช่วงห่างของคะแนนในแต่ละลำดับขั้นไม่เท่ากัน บางช่วงแตกต่างกันเล็กน้อย บางช่วงแตกต่างกันมาก ซึ่งจะทำให้ผู้ที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน มีระดับคะแนนแตกต่างกันมาก ซึ่งจะดูไม่สอดคล้องกับความจริง และการให้คะแนนค่อนข้างจะยุ่งยาก เพราะคะแนนในแต่ละลำดับขั้นเป็นทศนิยม ซึ่งอาจยุ่งยากในการประมวลผล แต่ถึงอย่างไรก็จัดเป็นวิธีที่มีคุณภาพวิธีหนึ่ง ซึ่งอาจเลือกใช้ได้ตามสถานการณ์ที่เหมาะสม

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องคุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนแก่ผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบดังที่ได้ทำการศึกษาครั้งนี้ ควรออกแบบการวิจัยให้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสถานการณ์ที่เป็นการสอบเก็บคะแนนไว้เพื่อประเมินผลการเรียน เพื่อให้ผู้สอบได้แสดงความสามารถออกมาอย่างเต็มที่ เพื่อลดปัญหาการทำข้อสอบแบบไม่ตั้งใจ ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือมากขึ้น

2. ควรทำการศึกษา เพื่อตรวจสอบ ยืนยันถึงคุณภาพของวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนความรู้บางส่วนของวิธีที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ โดยนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ที่มีความแตกต่างกัน ในด้านอายุ เพศ และระดับการศึกษา

3. ควรทำการศึกษา โดยใช้แบบสอบที่มีตัวเลือกต่างจากการวิจัยครั้งนี้ เช่น 4, 3, 2 ตัวเลือก เพื่อตรวจสอบผลที่ได้จากการวิจัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กาญจนา ศิริวัฒนพงษ์. (2520). การศึกษาเปรียบเทียบการตอบและการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบที่มีลักษณะแตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

จักรกฤษณ์ สำราญใจ. (2530). ประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของข้อสอบเลือกตอบชนิดตัวเลือกเทียบกับข้อสอบเลือกตอบชนิดแบบฉบับในแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชวลิต โพธิ์นคร. (2540). การศึกษาอิทธิพลของการให้คะแนนและการคัดเลือกข้อสอบ เพื่อกำหนดรูปแบบสมการโครงสร้างที่เหมาะสมในการพัฒนาแบบสอบเลือกตอบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

ทวี ทองคำ. (2526). การเปรียบเทียบค่าความเที่ยง ความตรงและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบชนิดเลือกตอบที่ใช้คำสั่งและวิธีการให้คะแนนต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2538). ความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น (LISREL). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรทิพย์ ไชยโส. (2534). การพัฒนาสูตรการให้คะแนนแบบสอบเลือกตอบสำหรับความรู้บางส่วนของผู้ตอบ : การประยุกต์ใช้วิธีการของอาร์โนลด์ และวิธีการของแฮมดาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2543). ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่. เอกสารอัดสำเนา.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2543). ทฤษฎีการวัดแบบดั้งเดิม. เอกสารอัดสำเนา.

สำราญ มีแจ้ง. (2525). ผลของคำสั่งและการให้คะแนนที่ต่างกันต่อค่าความเที่ยง ความตรงและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรชัย มีชาญ. (2539). การเปรียบเทียบความยากประจำข้อ และประสิทธิภาพในการประมาณค่าเจตคติของมาตรวัดเจตคติ แบบลิเคิร์ท ที่มีรูปแบบการตอบ จำนวนของลำดับขั้น และทิศทางของการเรียงลำดับขั้นแตกต่างกันด้วย พาร์เชียล เครดิต โมเดลของมาสเตอร์. ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

เอมอร จังศิริพรปกรณ์. (2545). รายงานการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบคุณภาพของแบบสอบเลือกตอบระหว่างวิธีการให้คะแนนความรู้บางส่วนกับวิธีประเพณีนิยม. ภาควิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (อัดสำเนา)

ภาษาอังกฤษ

Albert, W.G. (1970). "Scoring for Partial knowledge in Mathematic Testing : A Study of Modification and Extension of Multiple – Choice Items Applied to the Testing of Achievment in Mathemtic." Dessertation Abstracts International 31(4) : 1619 A – 1620A.

Angoff, W.H. (1988). Dose guessing really help ? Journal of Educational Measurement 26 : 323-336.

Arnold, J.C., and Arnold, P.L. (1970). On scoring multiple choice exams allowing for partial knowledge. The Journal of Experimental Education 39 : 8-13.

Birnbaum, A. (1968). "Some Latent Trait Models and Their Use in Infewing an Examinee's Ability" in Statistical Theories of Mental Test Scores Edited by Lord, F.M. and Novick, M.R. P397 – 550. Massachusetts : Addison – Wesley.

Budescu, D.V., and Bar – Hillel, M. (1993). To guess or not to guess : Adecision theoretic analysis of formula scoring. Journal of Educational Measurement 30 : 277 – 291.

Coombs, C.H., J.E. Meiholland, and F.B. Worner (1956) . "The Assessment of Partial knowledge" Educational and Psychological Measurement 16(1) : 13-37.

De Ayala, H.J. (1994) "The influence of Multidimensionality on the Graded Response Model." Applied Psychological Measurement 18(2) : 155-170.

De Finetti, B. (1965). Methods for discriminating levels of partial knowledge concerning a test item. British Journal of Mathematical and Statistical Psychology 18 : 87-123.

Diamond, J.J., & Evans, W. (1973). The correction for guessing, Review of Educational Research 43 : 181-191.

Donoghue, J.R. (1994) "An Empirical Examination of the IRT information of Polytomously Score Reading Item Under The Generalized Partial Credit Model." Journal of Educational Measurement 31(4) : 295-311.

Dressel, P.L., & Schmidt, J. (1953). Some modifications of the multiple choice item. Educational and Psychological Measurement 13 : 574-595.

Essex, D.L. (1976). "A Comparison of Two Item Scoring Procedures and Student Reaction to Them". Journal of Medical Education 51 : 565-572.

Frary, R.B. (1980). The effect of misinformation, partial information, and guessing on expected multiple – choice test item scores. Applied Psychological Measurement 4 : 79-90.

Frary, R.B. (1989). Partial-credit scoring methods for multiple-choice tests. Applied Measurement in Education 2 : 79-96.

Fu – Ju Tsai and Hoik. Sven, (1993). "A Brief Report on a Comparison of Six Scoring Methods for Multiple True – False Items." Educational and Psychological Measurement 53 : 399 – 404.

Gibbons, J.D., Olkin, I., & Sobel. M. (1979). A subset selection technique for socring items on an a multiple – choice tests. Psychometrika 44 : 259 – 270.

Haladyna, T.M. (1994). Developing and Validating Multiple – Choice Test Item New Jersy : Lawrence Erlbaum Associates, Pubichers.

Hambleton., Swaminathan, H. and Rogers, H.J. (1991). Fundamental of Item Response Theory California : SAGE Publications.

Hambleton. And Zaal, J.N. (1991). Advance in Educational and Psychological Testing : Theory and Applications Massachusetts : Kluwer Academic Publishers.

Hsu, T., Moss, P.A., and Choosak Khampalikit. (1984). "The Merits of Multiple Answer Items as Evaluated by Using Six Scoring Formulars." Journal of Experimental Education 52 : 152-158.

Jaradat, O., & Swagad, S. (1986). The subset selection technique for multiple choice tests : An empirical inquiry. Journal of Educational Measurement 12 : 7-11.

Jaradat, D., & Tollefson, N. (1988). The impact of altenative scoring procedures for multiple choice items on test reliability, validity and grading. Educational and Psychological Measurement 48 : 627-635.

Kansup, W., & Hakstian, A.R. (1975). A comparison of several methods of assessing partial knowledge in multiple – choice tests. 1. Scoring procedures. Journal of Educational Measurement 12 : 212-230.

Lord, F.W. (1975). "Formula Scoring and Number-Right Scoring." Journal of Educational Measurement 12 : 7-11.

Muraki, E. (1992). "A Generalized Partial Credit Model : Application of an EM Algolithm." Applied Psychological Measurement 16(2) : 159-176.

Muraki, E. (1993). Information Function of Generalized Partial Credit Model. Applied Psychological Measurement 17(4) : 351-363.

Ndalichako, Joyce Lazaho. (1997). "Comparison of Number Right, Item response, and Finite State Approaches to Scoring Multiple Choice Item." Dessertation Abstracts International 31(A) : 1619A-1620A.

Simon, A.B., Budscu, D.V., & Nevo, B. (1997). A comparative study of measures of partial knowledge in multiple – choice tests. Applied Psychological Measurement 21 : 65-88.

Smith R.M. (1987). Assessing partial knowledge in vocabulary. Journal of Educational Measurement 24, 217-231.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

- รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจสอบเครื่องมือวิจัย
- หนังสือติดต่อขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ
- หนังสือติดต่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระชัย ปูรณโชติ
   อาจารย์ภาควิชามัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
   ปัจจุบันเป็นข้าราชการบำนาญ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิมพันธ์ เดชะคุปต์
   อาจารย์ภาควิชามัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. อาจารย์ ถกล นิรันดร์ศิโรจน์
   วุฒิการศึกษา มหาบัณฑิตทางด้านวิจัยการศึกษา
   ตำแหน่ง หัวหน้าสาขาวิจัย สสวท.
   ประสบการณ์ : นักวิจัยแห่งชาติ
4. อาจารย์เสาวภา ณ นคร
   วุฒิการศึกษา มหาบัณฑิตทางการสอนวิทยาศาสตร์
   ตำแหน่ง ศึกษานิเทศระดับ 8 กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
   ประสบการณ์ : ศึกษานิเทศผู้ชำนาญการ
5. อาจารย์สมพร สะอาดตา
   วุฒิการศึกษา มหาบัณฑิตทางการสอนเคมี
   ตำแหน่ง อาจารย์ 3 ระดับ 8 โรงเรียนเสาไห้ "วิมลวิทยานุกูล" จังหวัดสระบุรี
   ประสบการณ์ : ครูแม่แบบวิชาวิทยาศาสตร์ จังหวัดสระบุรี ปีการศึกษา 2542
   : ครูวิทยากรแกนนำ วิชาเคมี ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ปีการศึกษา 2543-ปัจจุบัน
   : ครูผู้ชำนาญการสอนวิชาวิทยาศาสตร ระดับมัธยมศึกษา
6. อาจารย์จันทนา บุณยาภรณ์
   วุฒิการศึกษา มหาบัณฑิตทางการศึกษา
   ตำแหน่ง อาจารย์ 3 ระดับ 8 โรงเรียนสุธีวิทยา จังหวัดสระบุรี
   ประสบการณ์ : ครูวิทยาศาสตร์ดีเด่น จังหวัดสระบุรี ปีการศึกษา 2540
   : ครูวิทยาศาสตร์ดีเด่น เขตการศึกษา 6 ปีการศึกษา 2541
   : ครูผู้ชำนาญการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา
7. อาจารย์สำอางค์ ไม้ประดิษฐ์
   วุฒิการศึกษา มหาบัณฑิตทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
   ตำแหน่ง อาจารย์ 3 ระดับ 8 โรงเรียนสระบุรีวิทยาคม จังหวัดสระบุรี
   ประสบการณ์ : ผู้อ่านผลงานทางวิชาการของครูที่ขอเลื่อนตำแหน่งทางวิชาการ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ จังหวัดสระบุรี
   : ครูผู้ชำนาญการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร.218-2682

ที่ ทม.0302(2770.0603)1039 **วันที่** - มิถุนายน 2544

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ นิสิตชั้นปริญญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา อยู่ในระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัยที่นิสิตสร้างขึ้น ตามเอกสารที่แนบ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอรอบคุณมาในโอกาสนี้

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุลักษณ์ ศรีบุรี)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ ทม.0302(2770.0603)1040

ฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพฯ 10330

มิถุนายน 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน หัวหน้าสาขาวิจัย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ นิสิตชั้นปริญญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา อยู่ในระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัยที่นิสิตสร้างขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุลักษณ์ ศรีบุรี)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์

ฝ่ายวิชาการ
โทร.218-2682

ที่ ทม.0302(2770.0603)1041

ฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพฯ 10330

มิถุนายน 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์เสาวภา ณ นคร

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ นิสิตชั้นปริญญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา อยู่ในระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัยที่นิสิตสร้างขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุลักษณ์ ศรีบุรี)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์

ฝ่ายวิชาการ
โทร.218-2682

ที่ ทม.0302(2770.0603)1042

ฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพฯ 10330

มิถุนายน 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์สำอางค์ ไม้ประดิษฐ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ นิสิตชั้นปริญญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา อยู่ในระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัยที่นิสิตสร้างขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุลักษณ์ ศรีบุรี)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์

ฝ่ายวิชาการ
โทร.218-2682

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ ทม.0302(2770.0603)1043

ฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพฯ 10330

มิถุนายน 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์จันทนา บุณยาภรณ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ นิสิตชั้นปริญญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา อยู่ในระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุขีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัยที่นิสิตสร้างขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุลักษณ์ ศรีบุรี)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์

ฝ่ายวิชาการ
โทร.218-2682

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ ทม.0302(2770.0603)1044

ฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพฯ 10330

มิถุนายน 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์สมพร สะอาดตา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ นิสิตชั้นปริญญาดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาวิจัยการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา อยู่ในระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัยที่นิสิตสร้างขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุลักษณ์ ศรีบุรี)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์

ฝ่ายวิชาการ
โทร.218-2682

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ ศธ 0876/

สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี
อาคาร 1 โรงเรียน สระบุรีวิทยาคม
อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี 18000

กรกฎาคม 2544

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเสาไห้"วิมลวิทยานุกูล"

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7 สังกัดโรงเรียนสุธีวิทยา ซึ่งกำลังศึกษาต่อในระดับดุษฎีบัณฑิต ภาควิจัยการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขณะนี้อยู่ในระหว่าง การดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาการวัดความรู้ทางส่วนของผู้สอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา นั้น

ในการนี้ สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี ขอความร่วมมือจากโรงเรียนในสังกัดในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี โดยนายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ผู้วิจัยวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(นายสุวิทย์ แจ่มจบ)
ผู้ช่วยผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัด รักษาการในตำแหน่ง
ผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี

ฝ่ายอำนวยการ
กลุ่มงานบุคลากร
โทร. 036-222550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ ศธ 0876/ ๐๒๒๕๘

สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี
อาคาร1 โรงเรียน สระบุรีวิทยาคม
อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี 18000

25 กรกฎาคม 2544

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสระบุรีวิทยาคม

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7 สังกัดโรงเรียนสุธีวิทยา ซึ่งกำลังศึกษาต่อในระดับคุษฎีบัณฑิต ภาควิจัยการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขณะนี้อยู่ในระหว่าง การดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้สอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา นั้น

ในการนี้ สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี ขอความร่วมมือจากโรงเรียนในสังกัดในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี โดยนายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ผู้วิจัยวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(นายสุวิทย์ แจ่มจรา)
ผู้ช่วยผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัด รักษาการในตำแหน่ง
ผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี

ฝ่ายอำนวยการ
กลุ่มงานบุคลากร
โทร. 036-222550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ ศธ 0876/ 02258

สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี
อาคาร1 โรงเรียน สระบุรีวิทยาคม
อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี 18000

25 กรกฎาคม 2544

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนแก่งคอย

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7 สังกัดโรงเรียนสุธีวิทยา ซึ่งกำลังศึกษาต่อในระดับดุษฎีบัณฑิต ภาควิชาการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขณะนี้อยู่ในระหว่าง การดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้สอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา นั้น

ในการนี้ สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี ขอความร่วมมือจากโรงเรียนในสังกัดในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี โดยนายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ผู้วิจัยวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(นายสุวิทย์ แจ่มจบ)
ผู้ช่วยผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัด รักษาการในตำแหน่ง
ผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี

ฝ่ายอำนวยการ
กลุ่มงานบุคลากร
โทร. 036-222550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ ศธ 0876/ 02258

สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี
อาคาร1 โรงเรียน สระบุรีวิทยาคม
อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี 18000

25 กรกฎาคม 2544

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนหนองแค"สรกิจพิทยา"

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7 สังกัดโรงเรียนสุธีวิทยา ซึ่งกำลังศึกษาต่อในระดับดุษฎีบัณฑิต ภาควิจัยการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขณะนี้อยู่ในระหว่าง การดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้สอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.สิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา นั้น

ในการนี้ สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี ขอความร่วมมือจากโรงเรียนในสังกัดในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี โดยนายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ผู้วิจัยวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

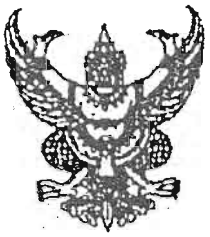
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(นายสุวิทย์ แจ่มจา)
ผู้ช่วยผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัด รักษาการในตำแหน่ง
ผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี

ฝ่ายอำนวยการ
กลุ่มงานบุคลากร
โทร. 036-222550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ที่ ศธ 0876/ 02258

สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี
อาคาร1 โรงเรียน สระบุรีวิทยาลม
อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี 18000

25 กรกฎาคม 2544

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านหมอ"พัฒนาบุกูล

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7 สังกัดโรงเรียนสุธีวิทยา ซึ่งกำลังศึกษาต่อในระดับดุษฎีบัณฑิต ภาควิจัยการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขณะนี้อยู่ในระหว่าง การดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้สอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา นั้น

ในการนี้ สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี ขอความร่วมมือจากโรงเรียนในสังกัดในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี โดยนายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ผู้วิจัยวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(นายสุวิทย์ แจ่มจา)
ผู้ช่วยผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัด รักษาการในตำแหน่ง
ผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี

ฝ่ายอำนวยการ
กลุ่มงานบุคลากร
โทร. 036-222550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ ศธ 0876/ 02258

สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี
อาคาร 1 โรงเรียน สระบุรีวิทยาคม
อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี 18000

25 กรกฎาคม 2544

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนพิมายวิทยาคม

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7 สังกัดโรงเรียนสุธีวิทยา ซึ่งกำลังศึกษาต่อในระดับคุษฎีบัณฑิต ภาควิชาการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขณะนี้อยู่ในระหว่าง การดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้สอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา นั้น

ในการนี้ สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี ขอความร่วมมือจากโรงเรียนในสังกัดในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี โดยนายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ผู้วิจัยวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

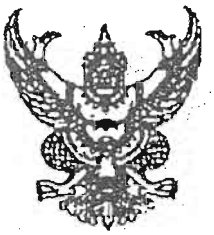
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(นายสุวิทย์ แจ่มจบ)
ผู้ช่วยผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัด รักษาการในตำแหน่ง
ผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี

ฝ่ายอำนวยการ
กลุ่มงานบุคลากร
โทร. 036-222550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ที่ ศธ 0876/ 02258

สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี
อาคาร1 โรงเรียน สระบุรีวิทยาคม
อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี 18000

25 กรกฎาคม 2544

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน อาจารย์ใหญ่โรงเรียนหนองโดนวิทยา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7 สังกัดโรงเรียนสุธีวิทยา ซึ่งกำลังศึกษาต่อในระดับดุษฎีบัณฑิต ภาควิจัยการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขณะนี้อยู่ในระหว่าง การดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาการวัดความรู้ทางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา นั้น

ในการนี้ สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี ขอความร่วมมือจากโรงเรียนในสังกัดในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี โดยนายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ผู้วิจัยวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(นายสุวิทย์ แจ่มจบ)
ผู้ช่วยผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัด รักษาการในตำแหน่ง
ผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี

ฝ่ายอำนวยการ
กลุ่มงานบุคลากร
โทร. 036-222550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ ศธ 0876/ 02258

สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี
อาคาร1 โรงเรียน สระบุรีวิทยาคม
อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี 18000

25 กรกฎาคม 2544

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน อาจารย์ใหญ่โรงเรียนดอนสุดวิทยา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7 สังกัดโรงเรียนสุธีวิทยา ซึ่งกำลังศึกษาต่อในระดับดุษฎีบัณฑิต ภาควิจัยการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขณะนี้อยู่ในระหว่าง การดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้สอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา นั้น

ในการนี้ สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี ขอความร่วมมือจากโรงเรียนในสังกัดในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี โดยนายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ผู้วิจัยวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

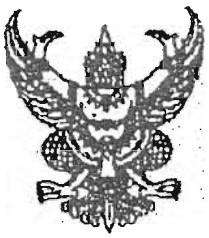
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(นายสุวิทย์ แจ่มจบ)
ผู้ช่วยผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัด รักษาการในตำแหน่ง
ผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี

ฝ่ายอำนวยการ
กลุ่มงานบุคลากร
โทร. 036-222550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ที่ ศธ 0876/ 02258

สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี
อาคาร1 โรงเรียน สระบุรีวิทยาคม
อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี 18000

25 กรกฎาคม 2544

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสองคอนวิทยาคม

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7 สังกัดโรงเรียนสุธีวิทยา ซึ่งกำลังศึกษาต่อในระดับคุษฎีบัณฑิต ภาควิชาการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขณะนี้อยู่ในระหว่าง การดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้สอบแบบเลือกตอบ" โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.สิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา นั้น

ในการนี้ สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี ขอความร่วมมือจากโรงเรียนในสังกัดในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี โดยนายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ผู้วิจัยวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

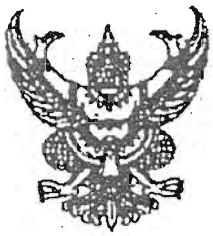
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(นายสุวิทย์ แจ่มจบ)
ผู้ช่วยผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัด รักษาการในตำแหน่ง
ผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี

ฝ่ายอำนวยการ
กลุ่มงานบุคลากร
โทร. 036-222550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ที่ ศธ 0876/ 02258

สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี
อาคาร1 โรงเรียน สระบุรีวิทยาคม
อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี 18000

25 กรกฎาคม 2544

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนโคกกระท้อนกิตติวุฒิวิทยา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7 สังกัดโรงเรียนสุธีวิทยา ซึ่งกำลังศึกษาต่อในระดับคุษฎีบัณฑิต ภาควิจัยการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขณะนี้อยู่ในระหว่าง การดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา นั้น

ในการนี้ สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี ขอความร่วมมือจากโรงเรียนในสังกัดในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก้าหนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี โดยนายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ผู้วิจัยวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(นายสุวิทย์ แจ่มจบ)
ผู้ช่วยผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัด รักษาการในตำแหน่ง
ผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี

ฝ่ายอำนวยการ
กลุ่มงานบุคลากร
โทร. 036-222550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ ศธ 0876/ 02258

สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี
อาคาร 1 โรงเรียน สระบุรีวิทยาคม
อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี 18000

25 กรกฎาคม 2544

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนหนองแซงวิทยา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7 สังกัดโรงเรียนสุธีวิทยา ซึ่งกำลังศึกษาต่อในระดับดุษฎีบัณฑิต ภาควิจัยการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขณะนี้อยู่ในระหว่าง การดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้สอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา นั้น

ในการนี้ สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี ขอความร่วมมือจากโรงเรียนในสังกัดในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี โดยนายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ผู้วิจัยวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

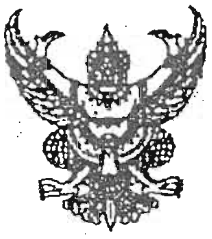
ขอแสดงความนับถือ

สุ.ว.

(นายสุวิทย์ แจ่มจบ)
ผู้ช่วยผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัด รักษาการในตำแหน่ง
ผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี

ฝ่ายอำนวยการ
กลุ่มงานบุคลากร
โทร. 036-222550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ที่ ศธ 0876/ 02258

สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี
อาคาร1 โรงเรียน สระบุรีวิทยาคม
อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี 18000

25 กรกฎาคม 2544

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนประเทียบวิทยาคาม

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7 สังกัดโรงเรียนสุธีวิทยา ซึ่งกำลังศึกษาต่อในระดับดุษฎีบัณฑิต ภาควิจัยการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขณะนี้อยู่ในระหว่าง การดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาการวัดความรู้นางส่วนของผู้ตอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา นั้น

ในการนี้ สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี ขอความร่วมมือจากโรงเรียนในสังกัดในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี โดยนายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ผู้วิจัยวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(นายสุวิทย์ แจ่มจบ)
ผู้ช่วยผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัด รักษาการในตำแหน่ง
ผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี

ฝ่ายอำนวยการ
กลุ่มงานบุคลากร
โทร. 036-222550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ ศธ 0876/ 02258

สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี
อาคาร1 โรงเรียน สระบุรีวิทยาคม
อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี 18000

25 กรกฎาคม 2544

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสุธีวิทยา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7 สังกัดโรงเรียนสุธีวิทยา ซึ่งกำลังศึกษาต่อในระดับคุษฎีบัณฑิต ภาควิจัยการศึกษา สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และขณะนี้อยู่ในระหว่าง การดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ เรื่อง " การพัฒนาการวัดความรู้บางส่วนของผู้สอบแบบสอบเลือกตอบ" โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา นั้น

ในการนี้ สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี ขอความร่วมมือจากโรงเรียนในสังกัดในการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี โดยนายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ ผู้วิจัยวิทยานิพนธ์ในเรื่องดังกล่าวจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

ขอแสดงความนับถือ

(นายสุวิทย์ แจ่มจบ)
ผู้ช่วยผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัด รักษาการในตำแหน่ง
ผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัดสระบุรี

ฝ่ายอำนวยการ
กลุ่มงานบุคลากร
โทร. 036-222550

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

- สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของน้ำหนักความสำคัญตามกรอบการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในผังข้อสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ
- สรุปผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับ พฤติกรรมที่ต้องการวัดจากผู้ทรงคุณวุฒิ
- แบบสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของน้ำหนักความสำคัญตามกรอบการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในผังข้อสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนผังข้อสอบ (Test blueprint)
แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เรื่อง	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	น้ำหนักความสำคัญ (%)	จำนวนข้อ	ความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
1. การลงความเห็นข้อมูล หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมมาช่วย ข้อมูลนี้อาจจะได้มาจากการสังเกต การวัด หรือการทดลอง การลงความเห็นจากข้อมูลชุดเดียวกัน อาจมีการลงความเห็นหรือมีคำอธิบายได้หลายอย่าง ทั้งนี้เนื่องจากประสบการณ์และความรู้เดิมแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม การลงความเห็นต้องเป็นไปอย่างสมเหตุสมผลกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นหรือข้อมูลสังเกตได้	1) อธิบายประสบการณ์ที่พบจากการสังเกตหรือการทดลองโดยเพิ่มความเห็นให้กับข้อมูลโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นั้นมาช่วย	12%	7	1.00	
	2) สรุปผลที่ได้จากการสังเกตหรือการทดลอง โดยเพิ่มความเห็นให้กับข้อมูลโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่สังเกตหรือทดลองนั้นมาช่วย	13%	8	1.00	
	รวม	25%			
2. การใช้เลขจำนวน หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนำตัวเลขที่แสดงจำนวนที่นับได้ มาคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร ทำให้เกิดค่าใหม่ เช่น การหาค่าเฉลี่ย การหาปริมาตร พื้นที่ ความหนาแน่น เป็นต้น	1) นำค่าที่ได้จากการวัดมาคำนวณ โดยการ บวก ลบ คูณ หาร ยกกำลังสอง ถอดราก เพื่อหาผลลัพท์ของปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง และสื่อความหมายได้ชัดเจนและเหมาะสม เช่น การหาปริมาตร พื้นที่	25%	15	1.00	

เรื่อง	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	น้ำหนักความสำคัญ (%)	จำนวนข้อ	ความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
โดยนำค่าใหม่ที่ได้นั้นมาสื่อความหมายได้ชัดเจนและเหมาะสม	ความหนาแน่น เป็นต้น				
	รวม	25%			
3. การพยากรณ์ หมายถึง การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกตข้อมูลตามประสบการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ ในเรื่องนั้น ข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ และจากตัวความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่นความจริง กฎ ตลอดจนทฤษฎีต่างๆ มาช่วยสรุปการพยากรณ์ทำได้ 2 แบบ คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตข้อมูลที่มีอยู่กับการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตข้อมูลที่มีอยู่	1) ทำนายผลที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูล เมื่อมีข้อมูลเชิงปริมาณอยู่	8.3%	5	1.00	
	2) ทำนายผลที่เกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของข้อมูล เมื่อมีข้อมูลเชิงปริมาณอยู่	8.3%	5	1.00	
	3) ทำนายผลเหตุการณ์หรือสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูล ความสัมพันธ์ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่	8.3%	5	1.00	
	รวม	25%			
4) การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปสเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว ความสูง	1) บอกรูปสามมิติที่เห็นเนื่องจากการหมุนรูปสองมิติได้	3%	2	1.00	
	2) บอกลักษณะภาพสองมิติจากรูปสามมิติได้	3%	2	1.00	

เรื่อง	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	น้ำหนักความสำคัญ (%)	จำนวนข้อ	ความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา	3) บอกจำนวนเส้นสมมาตรและระนาบสมมาตรของรูปและรูปทรงเรขาคณิตได้	4%	2	1.00	
	4) บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุเมื่อเทียบกับวัตถุอีกอันหนึ่ง	5%	3	1.00	
	5) บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่ง ขนาดหรือปริมาตรของสิ่งต่างๆ กับเวลาได้	5%	3	1.00	
	6) บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพที่ปรากฏหน้ากระจกได้ถูกต้อง	5%	3	1.00	
	รวม	25%			
	รวมทั้งหมด	100%	60		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับ
พฤติกรรมที่ต้องการวัดจากผู้ทรงคุณวุฒิ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. การลงความเห็นข้อมูล

การลงความเห็นข้อมูล หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมมาช่วย ข้อมูลนี้อาจจะได้มาจากการสังเกต การวัด หรือการทดลอง การลงความเห็นจากข้อมูลชุดเดียวกัน อาจมีการลงความเห็นหรือมีคำอธิบายได้หลายอย่าง ทั้งนี้เนื่องจากประสบการณ์และความรู้เดิมแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม การลงความเห็นต้องเป็นไปอย่างสมเหตุสมผลกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น หรือข้อมูลสังเกตได้

พฤติกรรมที่ต้องการวัด

- **อธิบายปรากฏการณ์ที่พบจากการสังเกตหรือการทดลองโดยเพิ่มความเห็นให้กับข้อมูลโดยใช้ความรู้ หรือประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นั้นมาช่วย**

ข้อคำถาม	ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
1. ถ้วย A และ B รูปร่างเหมือนกันขนาดเท่ากัน ใส่น้ำอุณหภูมิเท่ากันลงไปในถ้วยทั้งสอง ในปริมาณที่เท่ากัน นำไปวางไว้กลางแดดนาน 1 ชั่วโมง นำเทอร์โมมิเตอร์ไปวัดอุณหภูมิของน้ำในถ้วยทั้งสอง พบว่า น้ำในถ้วย A มีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำในถ้วย B เหตุการณ์เช่นนี้จะอธิบายได้อย่างไร ก. น้ำในถ้วย A รับความร้อนได้เร็วกว่าน้ำในถ้วย B (ข.) ถ้วย A รับความร้อนได้เร็วกว่าถ้วย B ค. น้ำในถ้วย A รับปริมาณความร้อนได้มากกว่าน้ำในถ้วย B ง. ถ้วย A รับปริมาณความร้อนได้มากกว่าถ้วย B จ. ถ้วย A พาความร้อนได้ดีกว่าถ้วย B	0.5	- คำถามกับตัวเลือกไม่สมเหตุสมผล - ควรปรับคำตอบ
2. สุดาซื้อโอ่งใส่น้ำฝนไว้ 2 ใบ รูปร่างเหมือนกัน ขนาดเท่ากัน ใบหนึ่งเป็นโอ่งดินเผาธรรมดา ใบหนึ่งเป็นโอ่งดินเผาเคลือบ สุดาพบว่า น้ำในโอ่งดินเผาธรรมดา มีปริมาณลดลงมากกว่าน้ำในโอ่งเคลือบ ปรากฏการณ์นี้จะอธิบายได้อย่างไร ก. น้ำในโอ่งดินเผาธรรมดาระเหยได้ดีกว่าน้ำในโอ่งดินเผาเคลือบ ข. โอ่งดินเผาธรรมดานำความร้อนได้ดีกว่าดินเผาเคลือบ (ค) โอ่งดินเผาธรรมดามีรูพรุนน้ำซึมผ่านได้ ง. โอ่งดินเผาธรรมดาอุณหภูมิจะสูงกว่าโอ่งดินเผาเคลือบ จ. โอ่งดินเผาเคลือบผิวมันป้องกันการระเหยของน้ำได้	0.16	- ควรปรับคำถามและตัวเลือก - ควรเปลี่ยนคำถามให้ต่างจากข้อ 1

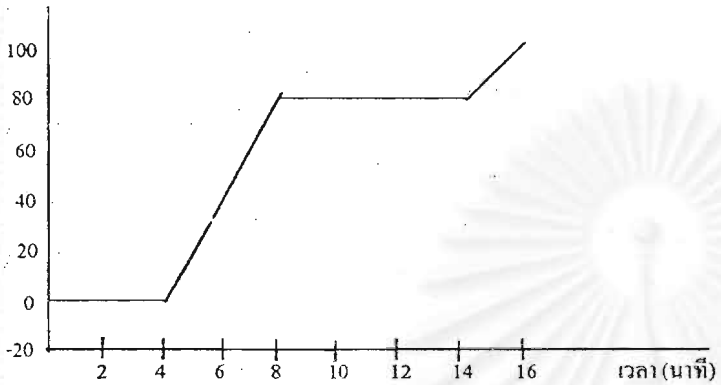
	ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
3 แดงเฝ้าสังเกตรังมดแดงบนต้นมะม่วงหลังบ้าน พบว่า จำนวนรังมดแดงและ จำนวนมดแดง จะเพิ่มมากขึ้น เมื่อมะม่วงติดดอกออกผลตามฤดูกาล จำนวนรังและจำนวนมดแดง จะลดลงเมื่อหมดฤดูมะม่วงสุก ปรากฏการณ์เช่นนี้ จะอธิบายได้อย่างไร ก. มดแดงชอบแฝงพวงมะม่วง ข. มดแดงชอบกินเกสรดอกมะม่วง (ค) เป็นฤดูผสมพันธุ์และวางไข่ของมดแดง ง. เป็นช่วงที่มะม่วงมีใบอ่อนเหมาะแก่ทำรังของมดแดง จ. เป็นช่วงเข้าสู่ฤดูร้อนมดแดงต้องเก็บสะสมอาหารไว้ในรัง	1.00	
4. สุดาขับรถยนต์ไปตามถนนขณะฝนตก ได้ปิดหน้าต่างกระจกรถยนต์ขณะขับไป พบว่ามีลักษณะเป็นฝ้า เกิดขึ้นที่กระจก ปรากฏการณ์ดังกล่าวจะอธิบายได้อย่างไร ก. ฝ้าเกิดจากฝุ่นละอองภายในรถยนต์ ข. ฝ้าเกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สุดาหายใจออกมา (ค.) ฝ้าเกิดจากไอน้ำภายในรถยนต์กลั่นตัวเป็นละอองน้ำ ง. ฝ้าเกิดจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในรถกับอุณหภูมิภายนอก จ. ฝ้าเกิดจากละอองน้ำภายนอกไปเกาะติดที่กระจก	1.00	
คำชี้แจง อ่านข้อความข้างล่างนี้แล้วตอบคำถามข้อ 5-7 "บ่ายวันหนึ่ง วิชัยนั่งเล่นอยู่ที่ระเบียงบ้าน สังเกตพบว่าท้องฟ้าทางทิศตะวันตก มีกลุ่มเมฆเกิดขึ้นหนาแน่น อากาศขณะนั้นร้อนอบอ้าว วิชัยมีเหงื่อออกมามากกว่าปกติ อีกประมาณ 1 ชั่วโมง ต่อมาเกิดฝนตกอย่างหนักบริเวณนั้น"		
5. อากาศร้อนอบอ้าวเกิดจากสาเหตุใด ก. ไอน้ำคายความร้อนออกมาสู่พื้นโลก ข. โลกดึงดูดก้อนเมฆให้ลอยต่ำลง จึงได้รับอิทธิพลความร้อนจากก้อนเมฆ (ค) ไอน้ำคายความร้อนแฝงออกมาขณะกลั่นตัวเป็นละอองน้ำ ง. ไอน้ำจากก้อนเมฆคายความร้อนแฝงออกขณะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ จ. ความร้อนจากผิวโลกไม่สามารถส่งผ่านไปสู่ชั้นบรรยากาศได้	0.86	- ตัวเลือกข้อ ค. และ ง. ใกล้เคียงกันมาก

	ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
6. วิชัยมีเหงื่อออกมากในวันนี้ มาจากสาเหตุใด ก. เกิดจากอากาศร้อนอบอ้าว ข. ร่างกายของวิชัยปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศในวันนี้ (ค.) วิชัยเหงื่อออกตามปกติ แต่เหงื่อที่ออกระเหยช้ากว่าปกติ เพราะวันนี้มีไอน้ำในอากาศมากกว่าปกติ ง. วิชัยเหงื่อออกตามปกติแต่เหงื่อระเหยช้ากว่าปกติเพราะในอากาศมีละอองน้ำมาก จ. ถูกทั้งข้อ ค และ ง	1.00	
7. ฝนตกหนักบริเวณบ้านวิชัย เกิดจากสาเหตุใด ก. อุณหภูมิของอากาศบริเวณนั้นสูง ข. ความกดดันอากาศบริเวณนั้นสูง (ค) ความชื้นในอากาศบริเวณนั้นสูง ง. ไอน้ำในอากาศเบื้องบนมีปริมาณมาก จ. อากาศแห้งแล้งมานาน	1.00	
• **สรุปผลที่ได้จากการสังเกตหรือการทดลอง โดยเพิ่มความเห็นให้กับข้อมูล โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่สังเกตหรือทดลองนั้นมาช่วย** **ข้อคำถาม** 8. การทดลองในข้อใด ที่มวลของสารไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ก. เผาลูกเหม็น ให้ก๊าซมีกลิ่นเหม็น ข. เผากำมะถัน ให้ก๊าซมีกลิ่นเหม็นแสบจมูก ค. เทกรดเกลือลงในหลอดทดลองที่มีชิ้นสังกะสี เกิดฟองก๊าซ ง. เทกรดเกลือลงในหลอดทดลองที่มีเศษหินปูนเกิดฟองก๊าซ (จ) เทสารละลายชนิดหนึ่งลงในน้ำส้มสายชูเกิดตะกอนขาวขุ่น	0.28	- ตรวจดูคำตอบอีกครั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ

<u>คำชี้แจง</u> ให้ท่านพิจารณาจากกราฟแสดงการเปลี่ยนสถานะของเหลวชนิดหนึ่ง แล้วตอบคำถามข้อ 9-10



9. ลักษณะของเส้นขนานกับแกนนอนจะอธิบายได้อย่างไร — -ควรปรับคำถามใหม่

ก. อุณหภูมิคงที่ สถานะคงที่

ข. ปริมาณความร้อนคงที่ สถานะคงที่

(ค.) อุณหภูมิคงที่ สถานะเปลี่ยนแปลง

ง. อุณหภูมิคงที่ ปริมาณความร้อนคงที่

จ. ปริมาณความร้อนเปลี่ยนแปลง สถานะคงที่ — 0.50

10. ลักษณะเส้นกราฟชันขึ้น จะอธิบายได้อย่างไร — - คำถามเป็นทักษะด้านการแปลความหมายข้อมูล
- ควรปรับคำถามใหม่

ก. ของเหลวกำลังเปลี่ยนแปลงสถานะ

(ข.) อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง สถานะคงที่

ค. ปริมาณความร้อนคงที่ สถานะคงที่

ง. ปริมาณความร้อนเปลี่ยนแปลง สถานะเปลี่ยนแปลง

จ. อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง สถานะเปลี่ยนแปลง — 0.33

11. หนองน้ำแห่งหนึ่ง มีวัชพืชขึ้นปกคลุมบริเวณรอบหนองน้ำ น้ำในหนองมีสีดำ มีคราบน้ำมันลอยเต็มผิวน้ำ ไม่ปรากฏว่ามีสัตว์น้ำใดๆ อาศัยอยู่ในหนองน้ำแห่งนี้ ท่านคิดว่าสภาพของน้ำในหนองน้ำนี้เป็นอย่างไร

ก. มีการตกตะกอนของโลหะหนัก

ข. มีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติเพราะคราบน้ำมันบดบังแสงแดด

ค. มีจุลินทรีย์ในน้ำมากกว่าปกติ

(ง.) ปริมาณออกซิเจนในน้ำน้อยกว่าปกติ

จ. มีปริมาณน้ำมันดิบละลายในน้ำสูง — 1.00

	ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
12. พื้นผิวโลกบริเวณหนึ่ง ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ และมีลมพัดแรงตลอดปี ทำให้ดินบริเวณนั้น แห้งแตกระแหง ท่านคิดว่าพื้นที่บริเวณนั้นมีลักษณะเป็นอย่างไร ก. ที่ราบสูงมีวัชพืชปกคลุม ข. ที่ราบสูงบริเวณทุ่งหญ้า ค. ที่ราบสูงทะเลทราย (ง.) ที่ราบสูงไม่มีวัชพืชปกคลุม จ. ที่ราบสูงไม่มีต้นไม้ใหญ่	1.00	
13. มาลีซื้อมะม่วงอกร่องสุกมาจากตลาด 10 ผล เมื่อนำมาปลอกรับประทาน พบว่ามะม่วงที่ซื้อมาบางผลมีตัวหนอน ของแมลงผลไม้อยู่ภายในเนื้อมะม่วง ตัวหนอนนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร ก. เกิดจากแมลงผลไม้วางไข่ไว้ที่ดอกมะม่วง ข. เกิดจากแมลงผลไม้วางไข่ไว้ที่ผลมะม่วงอ่อน (ค.) เกิดจากแมลงผลไม้วางไข่ไว้ที่ผลมะม่วงแก่ที่ยังไม่เก็บจากต้น ง. เกิดจากแมลงผลไม้วางไข่ไว้ที่ผลมะม่วงสุกที่ยังไม่เก็บจากต้น จ. เกิดจากแมลงผลไม้วางไข่ไว้ที่ผลมะม่วงสุกที่แม่ค้าวางขายในตลาด	0.85	
14. แดงอยู่จังหวัดระยอง มีอาชีพทำกะปีขาย ปรากฏการณ์ที่พบอยู่เสมอคือ ในอ่างใส่กะปี ซึ่งเป็นอ่างดินเผา ถ้าน้ำทะเลขึ้นจะมีน้ำในอ่างกะปีมาก ถ้าน้ำทะเลลงน้ำในอ่างกะปีจะแห้งด้วย ท่านคิดว่าปรากฏการณ์นี้อะไรเป็นสาเหตุ ก. ความเค็มของกะปี ข. สนามแม่เหล็กโลก ค. แรงดึงดูดของโลก (ง.) ความชื้นในอากาศ จ. อุณหภูมิของอากาศ	1.00	- ควรปรับตัวเลือกบางตัว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
	- เปลี่ยนตัวเลือกข้อ ง. เป็น นกเค้าแมว
1.00	

15. เมื่อ 50 ปีก่อน ชายทะเลฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย จะมีป่าชายเลน อุดมสมบูรณ์ เวลาประมาณ 1 ทุ่ม จะมีสัตว์ปีกขนาดใหญ่ออกหากินแล้วจะบินกลับเวลา 4 นาฬิกาของวันรุ่งขึ้น มีจำนวนหลายพันตัว บินตามกันเป็นฝูง เป็นประจำทุกวัน ปัจจุบันมีการถมที่ชายทะเลสร้างเมืองใหม่ สัตว์เหล่านี้หายไปหมด ท่านคิดว่าสัตว์ชนิดนี้ควรจะเป็นอะไร

ก. นกนางนวล ง. นกเค้าแมว

ข. นกอินทรีย์ จ. เหยี่ยวกลางคืน

(ค) ค้างคาวแม่ไก่

2. การใช้เลขจำนวน

การใช้เลขจำนวน หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนำตัวเลขที่แสดงจำนวนที่นับได้ มาคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร ทำให้เกิดค่าใหม่ เช่น การหาค่าเฉลี่ย การหาปริมาตร พื้นที่ ความหนาแน่น เป็นต้น โดยนำค่าใหม่ที่ได้นั้นมาสื่อ ความหมายได้ชัดเจน และเหมาะสม

ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
	- ในตารางควรบอกจำนวนเมล็ดถั่วทั้งหมดด้วย
1.00	- ควรตรวจดูตัวเลือกอีกครั้ง
0.85	- เปลี่ยนคำว่าเปอร์เซ็นเป็นร้อยละ

พฤติกรรมที่ต้องการวัด

- นำค่าที่ได้จากการวัดมาคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร ยกกำลัง ถอดรากเพื่อหาผลลัพธ์ของปริมาณที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง และสื่อความหมายโดยจัดเจนและเหมาะสม

คำชี้แจง จากตารางข้างล่างนี้ จงตอบคำถามข้อ 16-17

ตารางแสดงจำนวนการงอกของเมล็ดถั่วดำจำนวน 100 เมล็ดในแต่ละวัน

วันที่	เมล็ดถั่วที่งอก	เมล็ดถั่วที่เหลือ
1	20	80
2	5	75
3	25	50
4	20	30
5	15	15

16. เมล็ดถั่วดำงอกเฉลี่ยวันละกี่เมล็ด

ก. 5 ข. 7 ค. 15 (ง.) 17 จ. 20

17. ภายในเวลา 5 วัน เมล็ดถั่วดำงอกร้อยละเท่าไร

ก. 60 ข. 70 ค. 80 (ง.) 85 จ. 90

ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ

<u>คำชี้แจง</u> จากตารางข้างล่างนี้ จงตอบคำถามข้อ 18-19

ตารางแสดงมวล และปริมาตร ของสาร A, B, C, D และ E

สาร	มวล (g)	ปริมาตร (cm^3)
A	m	v
B	2 m	1/2 v
C	1/2 m	2 v
D	3/2 m	v
E	3 m	3/2 v

18. การเรียงลำดับความหนาแน่นของสารจากน้อยไปหามาก ข้อใดถูกต้อง

(ก.) C A D E B

ข. A C D E B

ค. C D A E B

ง. A B C D E

จ. C A E D B

ค่าความสอดคล้อง: 0.56

ข้อเสนอแนะ: - ควรพิจารณาคำถามว่าเรียงลำดับจากน้อยไปหามากใช่หรือไม่

19. ถ้าสาร A คือ น้ำ สารใดบ้างที่ลอยน้ำได้

ก. B D E

ข. E D

(ค.) C

ง. D B

จ. E

ค่าความสอดคล้อง: 0.85

ข้อเสนอแนะ: - ควรตรวจคำตอบอีกครั้ง

20. ทุกๆ ระดับความสูง 11 เมตร ความดันอากาศจะลดลง 1 มิลลิเมตรของปรอท ที่ระดับน้ำทะเล อากาศมีความดัน 760 มิลลิเมตรของปรอท ถ้าที่ยอดเขาแห่งหนึ่งวัดความดันอากาศได้ 680 มิลลิเมตรของปรอท ยอดเขาแห่งนี้สูงจากระดับน้ำทะเลเท่าไร

ก. 660 m ข. 680 m ค. 760 m

ง. 780 m (จ.) 880 m

ค่าความสอดคล้อง: 0.85

ข้อเสนอแนะ:

21. แดงมี พ.ท. หน้าบ้านกว้าง 3 เมตร ยาว 4 เมตร ต้องการปลูกหญ้าให้เต็ม พ.ท พอดีโดยไปซื้อแผ่นหญ้าขนาดกว้าง 0.5 เมตร ยาว 0.5 เมตร แดงจะซื้อแผ่นหญ้ามาทั้งหมดกี่แผ่น จึงจะปูเต็มพื้นที่พอดี

ก. 12 แผ่น ข. 24 แผ่น (ค.) 48 แผ่น

ง. 60 แผ่น จ. 72 แผ่น

ค่าความสอดคล้อง: 1.00

ข้อเสนอแนะ:

	ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
22. ค่ากระแสไฟฟ้าของเมืองหนึ่ง คิดราคาลดลงตามลำดับขั้นดังนี้ 100 ยูนิตแรก ราคายูนิตละ 3.00 บาท 100 ยูนิตที่สอง ราคายูนิตละ 2.50 บาท 100 ยูนิตที่สาม ราคายูนิตละ 2.00 บาท ถ้ามีเงินอยู่ 500 บาท จะใช้ไฟฟ้าได้มากที่สุดกี่ยูนิต ก. 170 ยูนิต (ข) 180 ยูนิต ค. 190 ยูนิต ง. 200 ยูนิต จ. 210 ยูนิต	1.00	
23. ปริมาณความร้อน Q แคลอรี ทำให้น้ำมวล M กรัม อุณหภูมิเปลี่ยนไป t องศาเซลเซียส ถ้าต้องการทำให้น้ำมวล 1/2 M กรัม อุณหภูมิเปลี่ยนไป 3/2 t องศาเซลเซียส จะใช้ปริมาณความร้อนเท่าไร ก. 0.25 Q ข. 0.75 Q (ค) 1.33 Q ง. 1.50 Q จ. 1.75 Q	0.83	- ควรตรวจคำตอบอีกครั้ง
24. ทะเลอันดามันที่จุดหนึ่งมีความลึก 5,600 เมตร ถ้าใช้เครื่องโซนาร์ปล่อยคลื่นเสียงลงไปใน ทะเล ณ จุดนี้ จะต้องใช้เวลากี่วินาที เสียงจึงจะสะท้อนกลับมาที่เครื่อง ถ้าอัตราเร็วของเสียงในน้ำทะเลเท่ากับ 1,400 เมตร ต่อวินาที ก. 4 วินาที ข. 6 วินาที (ค) 8 วินาที ง. 10 วินาที จ. 12 วินาที	1.00	
25. อัตรางอกของเมล็ดพืช 4 ชนิด เป็นดังนี้ เมล็ดพืช A งอก 2 เมล็ด จาก 20 เมล็ด เมล็ดพืช B งอก 10 เมล็ด จาก 50 เมล็ด เมล็ดพืช C งอก 12 เมล็ด จาก 60 เมล็ด เมล็ดพืช D งอก 8 เมล็ด จาก 40 เมล็ด อัตรางอกของเมล็ดพืชทั้ง 4 ชนิด รวมกัน คิดเป็นร้อยละเท่าไร ก. 50 ข. 60 (ค) 70 ง. 75 จ. 80	0.66	- รายละเอียดข้อมูลไม่ชัดเจน
<u>คำชี้แจง</u> จากข้อมูลข้างล่างนี้ ให้ตอบคำถามข้อ 26-27 วัตถุ A มีมวล 10g ใส่ในถ้วยยูเรก้า ที่มีน้ำเต็มพอดี น้ำล้นออกมา 20cm^3 วัตถุ B มีมวล 20g ใส่ในถ้วยยูเรก้า ที่มีน้ำเต็มพอดี น้ำล้นออกมา 10 cm^3 26. วัตถุ B มีความหนาแน่นสัมพัทธ์เท่าใด ก. 0.5 ข. 0.75 ค. 1.25 ง. 1.50 Q (จ) 2.00	0.83	

	ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
27. วัตถุ A มีมวล M g ปริมาตร V cm^3 ความหนาแน่น S g/cm^3 วัตถุ B ควรมีมวลและปริมาตรเท่าใด ก. มวล M g ปริมาตร 2 V cm^3 ข. มวล 2 M g ปริมาตร V cm^3 ค. มวล 2 M g ปริมาตร 2 V cm^3 ง. มวล 4 M g ปริมาตร 2 V cm^3 (จ) มวล 4 M g ปริมาตร V cm^3	0.85	
28. ชายคนหนึ่งตะโกนใส่หน้าผา ปรากฏว่าอีก 2 วินาทีต่อมาเขาจึงได้ยินเสียงตัวเองสะท้อนกลับ เขาอยู่ห่างจากหน้าผาเท่าใด ถ้าความเร็วของเสียงในอากาศขณะนั้นเท่ากับ 310 เมตรต่อวินาที ก. 55 เมตร ข. 155 เมตร (ค.) 310 เมตร ง. 620 เมตร จ. 1,240 เมตร	0.57	- ควรตรวจดูคำตอบอีกครั้ง
29. น้ำเกลือมีความความถ่วงจำเพาะ 1.2 จำนวน 50 cm^3 เติมน้ำลงไปในน้ำเกลืออีก 100 cm^3 จะได้น้ำเกลือที่มีความถ่วงจำเพาะเท่าใด ก. 0.40 ข. 0.60 ค. 0.93 (ง.) 1.07 จ. 1.70	0.71	
30. การทดลองหาความหนาแน่นของของเหลวชนิดหนึ่ง บันทึกข้อมูลได้ดังนี้ มวลของขวดเปล่า 20.5 กรัม มวลของขวดบรรจุของเหลวเต็ม 61.5 กรัม มวลของขวดบรรจุน้ำเต็มขวด 71.75 กรัม จากข้อมูล คำนวณหาความหนาแน่นของของเหลวได้เท่าใด ก. 0.70 g/cm^3 (ข) 0.80 g/cm^3 ค. 0.90 g/cm^3 ง. 1.10 g/cm^3 จ. 1.25 g/cm^3	1.00	- ควรใช้ตัวเลขที่เป็นเลขจำนวนเต็ม ไม่ควรเป็นจุดทศนิยม

3. การพยากรณ์

การพยากรณ์ หมายถึง การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ข้อมูลตามประสบการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ ในเรื่องนั้น ข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ และจากตัวความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่นความจริง กฎ ตลอดจนทฤษฎีต่างๆ มาช่วยสรุป การพยากรณ์ทำได้ 2 แบบ คือการพยากรณ์ภายในขอบเขตข้อมูลที่มีอยู่กับการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตข้อมูลที่มีอยู่

ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ

●ทำนายผลที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูล เมื่อมีข้อมูลเชิงปริมาณอยู่

ข้อคำถาม

<u>คำชี้แจง</u> จากตารางแสดงข้อมูลข้างล่างให้ตอบคำถามข้อ 31 และ 36

เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำ (นาที)	อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}C$)
1	35
3	45
5	60
7	80
8	-

31. ในนาทีที่ 6 อุณหภูมิของน้ำเป็นเท่าไร

ก. 65 $^{\circ}C$ (ข.) 70 $^{\circ}C$ ค. 73 $^{\circ}C$

ง. 75 $^{\circ}C$ จ. 78 $^{\circ}C$

1.00

<u>คำชี้แจง</u> จากข้อมูลข้างล่างนี้ ให้ตอบคำถามข้อ 32 และ 37

เสาธงสูง 30 เมตร ทอดเงายาวในช่วงเวลาต่างๆ ดังนี้

เวลา	ความยาวของเงา (เมตร)
8.00 น.	60
8.30 น.	55
9.00 น.	48
10.00 น.	30
12.00 น.	0

32. เวลา 9.30 น. เงาเสาธงทอดยาวกี่เมตร

ก. 35 เมตร ข. 39 เมตร ค. 40 เมตร

ง. 42 เมตร (จ.) 44 เมตร

0.66

- ตรวจดูคำตอบอีกครั้ง

33. **ถ้าโลกมีแรงโน้มถ่วงมากกว่าดวงจันทร์ 6 เท่า ถ้าน้ำหนักของแดงบนพื้นโลกขณะนี้ เท่ากับ W ถ้าแดงอยู่บนดวงจันทร์ควรมีน้ำหนักเท่าไร**

ก. W ข. W+ 6 ค. W-6

(ง.) 1/6 W จ. 6 W

0.66

- ควรปรับตัวเลือกคำตอบเป็นลักษณะการใช้ตัวเลข

ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ

34. จากผลการสังเกต เวลาที่พระอาทิตย์ขึ้น ในช่วงเวลาต่างๆ ของปี เป็นไปดังนี้

วัน/เดือน	เวลาที่ดวงอาทิตย์ขึ้น
1 ม.ค.	7.24
15 ม.ค.	7.20
1 ก.พ.	7.12
15 ก.พ.	6.52
1 มี.ค.	6.35
15 มี.ค.	6.08

ท่านคิดว่าในวันที่ 10 มีนาคม ดวงอาทิตย์จะขึ้นเวลาเท่าไร

ก. 6.10 ข. 6.15 (ค.) 6.17

ง. 6.19 จ. 6.21

1.00

<u>คำชี้แจง</u> จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 35 และ 38

ตารางแสดงเวลาที่เกลือปริมาณต่างๆ กัน ละลายในน้ำจนหมด

ปริมาณเกลือ (กรัม)	เวลาที่เกลือละลายในน้ำจนหมด (วินาที)
6	35
12	52
18	60
24	76
30	87

35. เกลือปริมาณ 20 กรัม ละลายน้ำหมดใช้เวลากี่วินาที

ก. 63 วินาที ข. 64 วินาที (ค) 65 วินาที

ง. 66 วินาที จ. 67 วินาที

1.00

- **ทำนายผลที่เกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของข้อมูล เมื่อมีข้อมูลเชิงปริมาณอยู่**

ข้อคำถาม

36. ข้อมูลจากข้อ 31 น้ำควรจะเดือด เมื่อเวลาผ่านไปกี่นาที

ก. 8 นาที (ข) 8.5 นาที ค. 9 นาที

ง. 9.5 นาที จ. 10 นาที

0.65

- ควรตรวจดูคำตอบอีกครั้ง

	ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
37. ข้อมูลจากข้อ 32 เงาของเสาธงจะทอดยาว 30 เมตร อีกครั้งในเวลาเท่าใด ก. 13.00 น. ข. 13.30 น. (ค) 14.00 น. ง. 15.00 น. จ. 16.00 น.	1.00	
38. ข้อมูลจากข้อ 35 ถ้าเพิ่มปริมาณเกลือจนเท่ากับปริมาณน้ำที่ใช้ทำละลายผลจะเป็นเช่นไร ก. เวลาที่เกลือละลายน้ำจนหมดจะเร็วขึ้นกว่าปกติ ข. เวลาที่เกลือละลายน้ำจนหมดจะช้ากว่าปกติ ค. เกลือจะไม่ละลายน้ำ (ง.) เกลือบางส่วนไม่ละลายน้ำ จ. น้ำจะซึมเข้าเม็ดเกลือจนหมด	0.83	- ควรปรับตัวเลือก เพราะการตอบเป็นลักษณะการวัดทักษะการตั้งสมมุติฐาน
39. นายดำปลูกบ้านอยู่ในป่าชายเลน ถ้าน้ำขึ้นนายดำเอาเรือออกทะเลได้ ถ้าน้ำลงเรือแล่นไม่ได้ พอน้ำขึ้นเต็มที่เวลา 18.00 น. นายดำนำเรือออกทะเลไปจับปลา นายดำควรจะกลับมาเวลาใด เพื่อให้เรือแล่นถึงบ้านได้ตอนน้ำขึ้นเต็มที่อีกครั้ง ก. 23.00 น. ข. 24.00 น. ค. 1.00 น. ง. 4.00 น. (จ) 6.00 น.	1.00	
40. ภูเขาน้ำแข็งมีความถ่วงจำเพาะ 0.9 ถ้าภูเขานี้ลอยพ้นน้ำ 1 ส่วนจะอยู่ใต้น้ำกี่ส่วน ก. 4 ส่วน ข. 5 ส่วน ค. 6 ส่วน ง. 8 ส่วน (จ) 9 ส่วน	0.66	- ควรปรับคำถามเพราะเป็นลักษณะการใช้ตัวเลข
• **ทำนายผลเหตุการณ์หรือสิ่งที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลความสัมพันธ์ หลักการ กฎหรือทฤษฎีที่มีอยู่** **ข้อคำถาม** 41. ถ้าไม่มีอากาศห่อหุ้มโลก อุณหภูมิของโลกจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร (ก.) กลางวันอุณหภูมิสูงมาก ส่วนกลางคืนอุณหภูมิต่ำมาก ข. กลางวันและกลางคืนอุณหภูมิต่ำมาก ค. กลางวันและกลางคืนอุณหภูมิไม่แตกต่างกัน **ง. กลางวันและกลางคืนอุณหภูมิสูงมาก** จ. อุณหภูมิเป็นไปตามปกติเช่นเดียว กับมีอากาศห่อหุ้มโลก	0.83	- คำถามเป็นลักษณะการวัดทักษะการตั้งสมมุติฐาน

	ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
42. วิภาชั่งน้ำหนักของตัวเองบนผิวโลกได้ 60 กิโลกรัม ถ้าแรงดึงดูดของโลก ลดลงครึ่งหนึ่ง วิภาจะชั่งน้ำหนักได้เท่าไร ก. 20 กิโลกรัม (ข.) 30 กิโลกรัม ค. 40 กิโลกรัม ง. 60 กิโลกรัม จ. 120 กิโลกรัม	0.66	- คำถามเป็นลักษณะการวัดทักษะการตั้งสมมุติฐาน
43. ลักษณะพื้นผิวโลกจะเป็นอย่างไร ถ้าบริเวณนั้นเป็นที่ราบสูง ลมพัดแรง อากาศแห้งแล้ง ก. ขรุขระเป็นหลุมเป็นบ่อ ข. แตกระแหงเป็นร่องลึก ค. ราบเรียบสม่ำเสมอ (ง.) เป็นทะเลทราย จ. เป็นทุ่งหญ้าไม่มีต้นไม้ใหญ่	0.66	คำถามเป็นลักษณะการวัดทักษะการตั้งสมมุติฐาน
44. ชาวไร่ข้าวโพด ใช้ ดีดีที ฉีดฆ่าแมลง ในไร่ซ้ำกันนานๆ ในอนาคตบริเวณนั้นจะมีสภาพอย่างไร ก. ปลูกข้าวโพดต่อไปไม่ได้ ข. ข้าวโพดให้เมล็ดน้อยลง ค. มีแมลงที่ทนทานต่อดีดีทีลดลง (ง.) จำนวนนกที่กินหนอน ลดลง จ. ดินแข็งกระด้างมีสภาพเป็นกรด	0.66	- ควรปรับคำถามสถานการณ์แบบนี้เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์หรือไม่
45. ป่าไม้ทำให้แผ่นดินชุ่มชื่นและมีฝนตก พื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยกำลังถูกทำลายลงทุกวัน ในอีก 30 ปีข้างหน้า ประเทศไทยจะมีสภาพเช่นไร (ก.) มีฝนน้อย ข. มีอากาศร้อน ค. เป็นทะเลทราย ง. ปลูกพืชไม่ได้ผล จ. ฤดูกาลเปลี่ยนแปลง	0.83	- คำถามเป็นลักษณะการวัดทักษะการลงความเห็นข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา

สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปสเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว ความสูง

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
1.00	
1.00	

- **บอกรูปสามมิติที่เห็นเนื่องจากการหมุนรูปสองมิติได้ถูกต้อง**

ข้อคำถาม

46.ถ้าหมุนแผ่นกระดาษที่ติดกับแกนไม้อย่างเร็วจะเห็นเป็นรูปใด

ก. ปิรามิด ข. กรวย (ค) ทรงกระบอก

ง. สี่เหลี่ยมผืนผ้า จ. ทรงกระบอกผ่าครึ่ง

47. ถ้าหมุนแผ่นกระดาษที่ติดกับแกนไม้อย่างเร็วจะเห็นเป็นรูปใด

ก. ปิรามิด (ข) กรวย ค. ทรงกระบอก

ง. สามเหลี่ยมมุมฉาก จ. กรวยผ่าครึ่ง

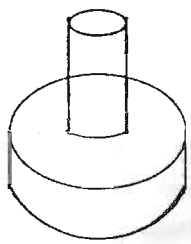
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

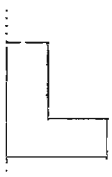
ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
1.00	
0.83	- จะเป็นการวัดความจำได้หรือไม่

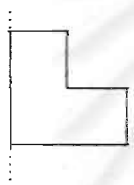
- **บอกลักษณะของภาพสองมิติจากวัตถุ สามมิติได้**

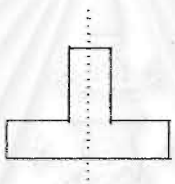
ข้อคำถาม

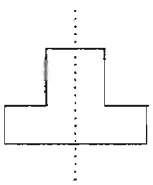
48. จากรูปสามมิติที่กำหนดให้เกิดจากการหมุนรูปสองมิติรูปใด

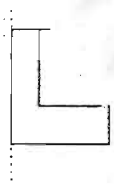


ก. 

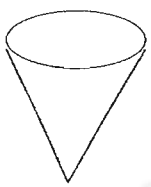
ข 

ค. 

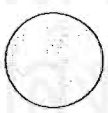
ง. 

จ. 

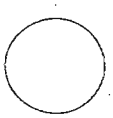
49.จากรูปสามมิติที่กำหนดให้ ถ้านำไฟฉายฉายด้านบนจะเกิดเงารูปใด



ก.

ข. 

ค.

ง. 

จ.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
• **บอกจำนวนเส้นสมมาตรและระนาบสมมาตรของรูปทรงเรขาคณิตได้** **ข้อคำถาม** 50. ปริซึมฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า มีระนาบสมมาตรกี่ระนาบ ก. 1 ระนาบ ข. 2 ระนาบ ค. 3 ระนาบ (ง.) 4 ระนาบ จ. 5 ระนาบ	0.83	
51. สี่เหลี่ยมคางหมูมีจำนวนเส้นสมมาตรกี่เส้น ก. 1 ข. 2 ค. 3 ง. 4 (จ.) ไม่มีเส้นสมมาตร	1.00	
• **บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ขนาดหรือปริมาตรของสิ่งต่างๆเมื่อเทียบกับเวลาได้** คำชี้แจง ข้อมูลต่อไปนี้ให้ตอบคำถามข้อ 52-53 พายเรือตามน้ำระยะทาง 1 กิโลเมตร ใช้เวลา 10 นาที และถ้าพายทวนน้ำในระยะทาง 1 กิโลเมตรเท่ากัน จะใช้เวลา 20 นาที 52. ถ้าพายเรือในน้ำนิ่ง 1 ชั่วโมง จะได้ระยะทางกี่กิโลเมตร ก. 2.5 กิโลเมตร ข. 3 กิโลเมตร ค. 3.5 กิโลเมตร ง. 4 กิโลเมตร (จ.) 4.5 กิโลเมตร	0.66	
53. กระแสน้ำมีความเร็วเท่าไร (ก.) 0.25 กิโลเมตร/นาที ข. 0.30 กิโลเมตร/นาที ค. 0.35 กิโลเมตร/นาที ง. 0.40 กิโลเมตร/นาที จ. 0.45 กิโลเมตร/นาที	0.83	
54. ท่อน้ำประปาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว มีน้ำไหลนาทีละถัง ถ้าเพิ่มขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อเป็น 2 นิ้ว จะมีน้ำไหลนาทีละกี่ถัง ก. ½ ถัง ข. 1 ถัง ค. 3/2 ถัง ง. 2 ถัง (จ.) 4 ถัง	0.85	

ข้อคำถาม	ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
• **บอกจำนวนเส้นสมมาตรและระนาบสมมาตรของรูปทรงเรขาคณิตได้**		
50. ปริซึมฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า มีระนาบสมมาตรกี่ระนาบ ก. 1 ระนาบ ข. 2 ระนาบ ค. 3 ระนาบ (ง.) 4 ระนาบ จ. 5 ระนาบ	0.83	
51. สี่เหลี่ยมคางหมูมีจำนวนเส้นสมมาตรกี่เส้น ก. 1 ข. 2 ค. 3 ง. 4 (จ.) ไม่มีเส้นสมมาตร	1.00	
• **บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ขนาดหรือปริมาตรของสิ่งต่างๆเมื่อเทียบกับเวลาได้** <u>คำชี้แจง</u> ข้อมูลต่อไปนี้ให้ตอบคำถามข้อ 52-53 พายเรือตามน้ำระยะทาง 1 กิโลเมตร ใช้เวลา 10 นาที และถ้าพายทวนน้ำในระยะทาง 1 กิโลเมตรเท่ากัน จะใช้เวลา 20 นาที 52. ถ้าพายเรือในน้ำนิ่ง 1 ชั่วโมง จะได้ระยะทางกี่กิโลเมตร ก. 2.5 กิโลเมตร ข. 3 กิโลเมตร ค. 3.5 กิโลเมตร ง. 4 กิโลเมตร (จ.) 4.5 กิโลเมตร	0.66	
53. กระแสน้ำมีความเร็วเท่าไร (ก.) 0.25 กิโลเมตร/นาที ข. 0.30 กิโลเมตร/นาที ค. 0.35 กิโลเมตร/นาที ง. 0.40 กิโลเมตร/นาที จ. 0.45 กิโลเมตร/นาที	0.83	
54. ท่อน้ำประปาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว มีน้ำไหลนาทีละถัง ถ้าเพิ่มขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อเป็น 2 นิ้ว จะมีน้ำไหลนาทีละกี่ถัง ก. ½ ถัง ข. 1 ถัง ค. 3/2 ถัง ง. 2 ถัง (จ.) 4 ถัง	0.85	

ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
0.83	
0.5	- ควรระบุจุดตั้งต้นของภาพหรือวัตถุ
0.83	- ถ้าเป็นไปได้ควรถามในลักษณะรูปภาพ

- **บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจกและภาพที่ปรากฏหน้ากระจกได้ถูกต้อง**

<u>คำชี้แจง</u> ข้อมูลที่ใช้ตอบคำถามข้อ 55-57

ดำยืนอยู่หน้ากระจกเงา ซึ่งวางอยู่ทางทิศเหนือ ห่างกระจก 5 เมตร แล้วเดินเข้าหากระจกห่างจากกระจก 1 เมตร จากนั้นเดินไปทางขวามือของภาพในกระจก เป็นระยะทาง 3 เมตร แล้วหยุดนิ่ง

55. ณ ตำแหน่งที่แดงหยุดนิ่งห่างจากจุดตั้งต้นกี่เมตร

ก. 2 เมตร ข. 3 เมตร ค. 3.5 เมตร

ง. 4 เมตร (จ.) 5 เมตร

56. ณ ตำแหน่งที่แดงหยุดนิ่ง อยู่ทางทิศใดของจุดตั้งต้น

ก. ตะวันตก ข. ตะวันออก (ค) ตะวันตกเฉียงเหนือ

ง. ตะวันออกเฉียงเหนือ จ. ตะวันออกเฉียงใต้

57. ถ้าแดงจะกลับมาที่ตำแหน่งเดิมเขาควรเดินมาทางทิศใด เป็นระยะทางเท่าใด

ก. เดินไปทางซ้ายมือของภาพในกระจก 3 เมตร แล้วเดินมาทางทิศใต้ของภาพในกระจก 4 เมตร

ข. เดินไปทางซ้ายมือของภาพในกระจก 3 เมตร แล้วเดินมาทางทิศเหนือของภาพในกระจก 4 เมตร

ค. เดินมาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของภาพในกระจกเป็นระยะทาง 4 เมตร

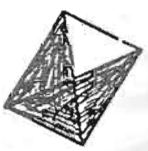
ง. เดินมาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้จากตำแหน่งที่แดงยืนอยู่เป็นระยะทาง 5 เมตร

(จ.) ข้อ ก. และ ง.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
1.00	
0.71	- ตรวจดูคำตอบอีกครั้ง
0.66	- ตรวจดูคำตอบอีกครั้ง

58. สัดส่วนที่แรเงาในภาพสี่เหลี่ยมข้างบน มีค่าเทียบได้กับส่วนที่แรเงาของภาพใด

ก. ข.  ค.

ง. (จ.)

59. ถาดใส่แก้วขนาดกว้าง 20 cm ยาว 30 cm แก้วส่วนก้นและปากแก้วมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 และ 5 เซนติเมตรตามลำดับ ถ้าใส่แก้ว จะบรรจุแก้วที่น้ำอยู่ได้ทั้งหมดมากสุดกี่ใบ

ก. 30 (ข.) 35 ค. 40 ง. 45 จ. 47

60. กล่องใส่ถ่านไฟฉายขนาดกว้าง 20 cm ยาว 20 cm สูง 12 cm ใส่ถ่านไฟฉายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 cm สูง 4 cm จนเต็มกล่องพอดี ปริมาณที่ว่างเปล่าในกล่องยังเหลืออีกเท่าใด

ก. 128 cm^3 ข. 381.86 cm^3 (ค.) 1028.57 cm^3

ง. 1030 cm^3 จ 1048 cm^3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

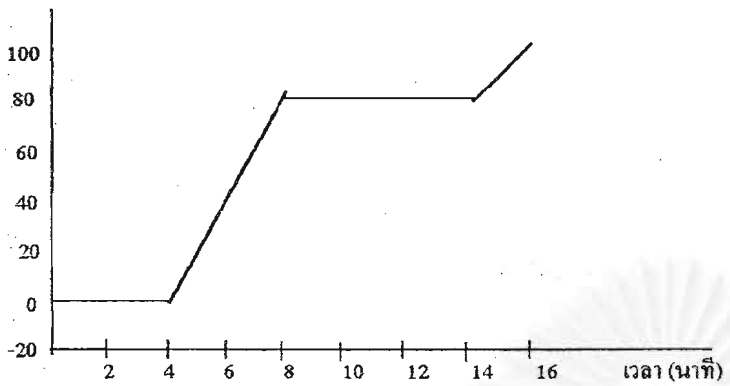
1. ถ้วย A และ B รูปร่างเหมือนกันขนาดเท่ากัน ใส่น้ำอุณหภูมิเท่ากันลงไปในถ้วยทั้งสอง ในปริมาณที่เท่ากัน นำไปวางไว้กลางแดดนาน 1 ชั่วโมง นำเทอร์โมมิเตอร์ไปวัดอุณหภูมิของน้ำในถ้วยทั้งสอง พบว่า น้ำในถ้วย A มีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำในถ้วย B เหตุการณ์เช่นนี้จะอธิบายได้อย่างไร
   ก. น้ำในถ้วย A พาความร้อนได้ดีกว่าน้ำในถ้วย B
   ข. ถ้วย A นำความร้อนได้ดีกว่าถ้วย B
   ค. น้ำในถ้วย A นำความร้อนได้ดีกว่าน้ำในถ้วย B
   ง. ถ้วย A จุความร้อนได้มากกว่าถ้วย B
   จ. ถ้วย A พาความร้อนได้ดีกว่าถ้วย B
2. สุดาซื้อโอ่งใส่น้ำฝนไว้ 2 ใบ รูปร่างเหมือนกัน ขนาดเท่ากัน ใบหนึ่งเป็นโอ่งดินเผาธรรมดา ใบหนึ่งเป็นโอ่งดินเผาเคลือบ สุดาพบว่า น้ำในโอ่งดินเผาธรรมดา มีปริมาณลดลงมากกว่าน้ำในโอ่งเคลือบ ปรากฏการณ์นี้จะอธิบายได้อย่างไร
   ก. น้ำในโอ่งดินเผาธรรมดาระเหยได้ดีกว่าน้ำในโอ่งดินเผาเคลือบ
   ข. โอ่งดินเผาธรรมดานำความร้อนได้ดีกว่าดินเผาเคลือบ
   ค. โอ่งดินเผาธรรมดามีรูพรุนน้ำซึมผ่านได้
   ง. โอ่งดินเผาธรรมดา เนื้อดินดูดซับน้ำได้
   จ. โอ่งดินเผาเคลือบผิวมันป้องกันการระเหยของน้ำได้

คำชี้แจง อ่านข้อความข้างล่างนี้แล้วตอบคำถามข้อ 3-4

"บ่ายวันหนึ่ง วิชัยนั่งเล่นอยู่ที่ระเบียงบ้าน สังเกตพบว่าท้องฟ้าทางทิศตะวันตก มีกลุ่มเมฆเกิดขึ้นหนาแน่น อากาศขณะนั้นร้อนอบอ้าว วิชัยมีเหงื่อออกมามากกว่าปกติ อีกประมาณ 1 ชั่วโมง ต่อมาเกิดฝนตกอย่างหนักบริเวณนั้น"

3. อากาศร้อนอบอ้าวเกิดจากสาเหตุใด
   ก. น้ำคายความร้อนแฝงออกขณะเปลี่ยนสถานะเป็นไอ
   ข. ก้อนเมฆคายความร้อนมายังผิวโลก
   ค. ไอน้ำคายความร้อนแฝงออกมาขณะกลั่นตัวเป็นละอองน้ำบนก้อนเมฆ
   ง. อากาศมีปริมาณไอน้ำอยู่มาก
   จ. ความร้อนจากผิวโลกไม่สามารถส่งผ่านไปสู่ชั้นบรรยากาศได้
4. ฝนตกหนักบริเวณบ้านวิชัย เกิดจากสาเหตุใด
   ก. อุณหภูมิของอากาศบริเวณนั้นสูง
   ข. ความกดดันอากาศบริเวณนั้นสูง
   ค. ความชื้นในอากาศบริเวณนั้นสูง
   ง. เกิดจากความแปรปรวนของอุณหภูมิ
   จ. เกิดจากอิทธิพลของกระแสลม
5. การทดลองในข้อใด ที่มวลของสารไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
   ก. เผาลูกเหม็น ให้ก๊าซมีกลิ่นเหม็น
   ข. เผากำมะถัน ให้ก๊าซมีกลิ่นเหม็นแสบจมูก
   ค. เทกรดเกลือลงในหลอดทดลองที่มีชิ้นสังกะสี เกิดฟองก๊าซ
   ง. เทกรดเกลือลงในหลอดทดลองที่มีเศษหินปูนเกิดฟองก๊าซ
   จ. เทสารละลายชนิดหนึ่งลงในน้ำส้มสายชูเกิดตะกอนขาวขุ่น

<u>คำชี้แจง</u> ให้ท่านพิจารณาจากกราฟแสดงการเปลี่ยนสถานะของเหลวชนิดหนึ่ง แล้วตอบคำถามข้อ 6



6. ลักษณะเส้นกราฟชันขึ้น จะอธิบายได้อย่างไร
   ก. ของเหลวกำลังเปลี่ยนแปลงสถานะ
   ข. อุณหภูมิเพิ่มขึ้น สถานะคงที่
   ค. ปริมาณความร้อนคงที่ สถานะคงที่
   ง. ปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้น สถานะเปลี่ยนแปลง
   จ. ปริมาณความร้อนคงที่ สถานะเปลี่ยนแปลง
7. หนองน้ำแห่งหนึ่ง มีวัชพืชขึ้นปกคลุมบริเวณรอบหนองน้ำ น้ำในหนองมีสีดำ มีคราบน้ำมันลอยเต็มผิวน้ำ ไม่ปรากฏว่ามีสัตว์น้ำใดๆ อาศัยอยู่ในหนองน้ำแห่งนี้ ท่านคิดว่าสภาพของน้ำในหนองน้ำนี้เป็นอย่างไร
   ก. มีการตกตะกอนของโลหะหนัก
   ข. มีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติเพราะคราบน้ำมันบดบังแสงแดด
   ค. มีจุลินทรีย์ในน้ำมากกว่าปกติ
   ง. ปริมาณออกซิเจนในน้ำน้อยกว่าปกติ
   จ. มีปริมาณน้ำมันดิบละลายในน้ำสูง
8. มาลีซื้อมะม่วงอกร่องสุกมาจากตลาด 10 ผล เมื่อนำมาปลอกรับประทาน พบว่ามะม่วงที่ซื้อมาบางผลมีตัวหนอน ของแมลงผลไม้ อยู่ภายในเนื้อมะม่วง ตัวหนอนนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร
   ก. เกิดจากแมลงผลไม้วางไข่ไว้ที่ผลมะม่วงอ่อน
   ข. เกิดจากแมลงผลไม้วางไข่ไว้ที่ผลมะม่วงแก่ที่ยังไม่เก็บจากต้น
   ค. เกิดจากแมลงผลไม้วางไข่ไว้ที่ผลมะม่วงแก่ที่หล่นจากต้น
   ง. เกิดจากแมลงผลไม้วางไข่ไว้ที่ผลมะม่วงแก่ที่เก็บจากต้นแล้วทิ้งไว้รอให้สุก
   จ. เกิดจากแมลงผลไม้วางไข่ไว้ที่ผลมะม่วงสุกที่แม่ค้าวางขายในตลาด

9. แดงอยู่จังหวัดระยอง มีอาชีพทำกะปีขาย ปรากฏการณ์ที่พบอยู่เสมอคือ ในอ่างใส่กะปี ซึ่งเป็นอ่างดินเผา ถ้าน้ำทะเลขึ้นมีน้ำในอ่างกะปีมาก ถ้าน้ำทะเลลงน้ำในอ่างกะปีจะแห้งด้วย ท่านคิดว่าปรากฏการณ์นี้อะไรเป็นสาเหตุ

ก. ความเค็มของกะปี

ข. สนามแม่เหล็กโลก

ค. แรงดึงดูดของโลก

ง. ความชื้นในอากาศ

จ. อุณหภูมิของอากาศ

10. เมื่อ 50 ปีก่อน ชายทะเลฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย จะมีป่าชายเลน อุดมสมบูรณ์ เวลาประมาณ 1 ทุ่ม จะมีสัตว์ปีกขนาดใหญ่ออกหากินแล้วจะบินกลับเวลา 4 นาฬิกาของวันรุ่งขึ้น มีจำนวนหลายพันตัว บินตามกันเป็นฝูง เป็นประจำทุกวัน ปัจจุบันมีการถมที่ชายทะเลสร้างเมืองใหม่ สัตว์เหล่านี้หายไปหมด ท่านคิดว่าสัตว์ชนิดนี้ควรจะเป็นอะไร

ก. นกนางนวล

ข. นกนางแอ่น

ค. ค้างคาวแม่ไก่

ง. นกเค้าแมว

จ. เหยี่ยวกลางคืน

<u>คำชี้แจง</u> จากตารางข้างล่างนี้ จงตอบคำถามข้อ 11-12

ตารางแสดงจำนวนการงอกของเมล็ดถั่วดำจำนวน100 เมล็ดในแต่ละวัน

วันที่	เมล็ดถั่วที่งอก	เมล็ดถั่วที่เหลือ
1	20	80
2	5	75
3	25	50
4	20	30
5	15	15

11. เมล็ดถั่วดำงอกเฉลี่ยวันละกี่เมล็ด

ก. 10 ข. 12 ค. 15 ง. 17 จ. 20

12. ภายในเวลา 5 วัน เมล็ดถั่วดำงอกร้อยละเท่าไร

ก. 60 ข. 70 ค. 80 ง. 85 จ. 90

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>คำชี้แจง</u> จากตารางข้างล่างนี้ จงตอบคำถามข้อ 13

ตารางแสดงมวล และปริมาตร ของสาร A, B, C, D และ E

สาร	มวล (g)	ปริมาตร (cm^3)
A	m	v
B	2 m	1/2 v
C	1/2 m	2 v
D	3/2 m	v
E	3 m	3/2 v

13. ถ้าสาร A คือ น้ำ สารใดบ้างที่ลอยน้ำได้

ก. B D E

ข. E D

ค. C

ง. D B

จ. E

14. ทุกๆ ระดับความสูง 11 เมตร ความดันอากาศจะลดลง 1 มิลลิเมตรของปรอท ที่ระดับน้ำทะเล อากาศมีความดัน 760 มิลลิเมตรของปรอท ถ้าที่ยอดเขาแห่งหนึ่งวัดความดันอากาศได้ 680 มิลลิเมตรของปรอท ยอดเขาแห่งนี้สูงจากระดับน้ำทะเลเท่าไร

ก. 660 m ข. 680 m ค. 760 m

ง. 780 m จ. 880 m

15. แดงมี พ.ท. หน้าบ้านกว้าง 3 เมตร ยาว 4 เมตร ต้องการปลูกหญ้า ให้เต็ม พ.ท พอดีโดยไปซื้อแผ่นหญ้าขนาดกว้าง 0.5 เมตร ยาว 0.5 เมตร แดงจะซื้อแผ่นหญ้ามาทั้งหมดกี่แผ่น จึงจะปูเต็มพื้นที่พอดี

ก. 12 แผ่น ข. 24 แผ่น ค. 48 แผ่น

ง. 60 แผ่น จ. 72 แผ่น

16. ค่ากระแสไฟฟ้าของเมืองหนึ่ง คิดราคาลดลงตามลำดับขั้นดังนี้

100 ยูนิตแรก ราคายูนิตละ 3.00 บาท

100 ยูนิตที่สอง ราคายูนิตละ 2.50 บาท

100 ยูนิตที่สาม ราคายูนิตละ 2.00 บาท

ถ้ามีเงินอยู่ 500 บาท จะใช้ไฟฟ้าได้มากที่สุดกี่ยูนิต

ก. 170 ยูนิต ข. 180 ยูนิต ค. 190 ยูนิต

ง. 200 ยูนิต จ. 210 ยูนิต

17. ทะเลอันดามันที่จุดหนึ่งมีความลึก 5,600 เมตร ถ้าใช้เครื่องโซนาร์ ปล่อยคลื่นเสียงลงไปใน ทะเล ณ จุดนี้ จะต้องใช้เวลากี่วินาที เสียงจึงจะสะท้อนกลับมาที่เครื่อง ถ้าอัตราเร็วของเสียงในน้ำทะเลเท่ากับ 1,400 เมตร ต่อวินาที

ก. 3 วินาที ข. 6 วินาที ค. 8 วินาที

ง. 9 วินาที จ. 12 วินาที

18. วัตถุ B มีมวล 20g ใส่ในถ้วยยูเรก้า ที่มีน้ำเต็มพอดี น้ำล้นออกมา 10 cm^3 วัตถุ B มีความหนาแน่นสัมพัทธ์เท่าใด

ก. 0.5 ข. 0.75 ค. 1.25 ง. 1.50 จ. 2.00

19. ชายคนหนึ่งตะโกนใส่หน้าผา ปรากฏว่าอีก 2 วินาทีต่อมาเขาจึงได้ยินเสียงตัวเองสะท้อนกลับ เขาอยู่ห่างจากหน้าผาเท่าใด ถ้าความเร็วของเสียงในอากาศขณะนั้นเท่ากับ 310 เมตรต่อวินาที

ก. 55 เมตร ข. 155 เมตร ค. 310 เมตร

ง. 420 เมตร จ. 930 เมตร

20. การทดลองหาความหนาแน่นสัมพัทธ์ของของเหลวชนิดหนึ่ง บันทึกข้อมูลได้ดังนี้

มวลของขวดเปล่า 20.5 กรัม

มวลของขวดบรรจุของเหลวเต็ม 61.5 กรัม

มวลของขวดบรรจุน้ำเต็มขวด 71.75 กรัม

จากข้อมูล ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของของเหลวชนิดนี้มีค่าเท่าใด ถ้าความหนาแน่นสัมพัทธ์ของของเหลว หมายถึง อัตราส่วนระหว่างมวลของของเหลวต่อมวลของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับของของเหลวนั้น

ก. 0.70 ข. 0.80 ค. 0.90

ง. 1.10 จ. 1.25

คำชี้แจง จากตารางแสดงข้อมูลข้างล่างให้ตอบคำถามข้อ 21 -22

เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำ (นาที)	อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}C$)
1	35
3	45
5	60
7	80
8	-

21. ในนาทีที่ 6 อุณหภูมิของน้ำเป็นเท่าไร

ก. 65 $^{\circ}C$ ข. 70 $^{\circ}C$ ค. 73 $^{\circ}C$

ง. 75 $^{\circ}C$ จ. 78 $^{\circ}C$

22. ข้อมูลจากข้อ 21 ถ้าจะต้มน้ำให้เดือดต้องใช้เวลากี่นาที

ก. 8 นาที ข. 9 นาที ค. 9.5 นาที

ง. 10 นาที จ. 10.5 นาที

คำชี้แจง จากข้อมูลข้างล่างนี้ ให้ตอบคำถามข้อ 23

เสาธงสูง 30 เมตร ทอดเงายาวในช่วงเวลาต่างๆ ดังนี้

เวลา	ความยาวของเงา (เมตร)
8.00 น.	60
8.30 น.	55
9.00 น.	48
10.00 น.	30
12.00 น.	0

23. เงาของเสาธงจะทอดยาว 30 เมตร อีกครั้ง ในเวลาเท่าใด

ก. 13.00 น. ข. 13.30 น. ค. 14.00 น.

ง. 15.00 น. จ. 16.00 น.

24. ถ้าโลกมีแรงโน้มถ่วงมากกว่าดวงจันทร์ 6 เท่า ถ้าน้ำหนักของแดง บนพื้นโลกขณะนี้ เท่ากับ W ถ้าแดงอยู่บนดวงจันทร์

ควรมีน้ำหนักเท่าไร

ก. W ข. W÷6 ค. W-6

ง. 1/6 W จ. 6W

คำชี้แจง จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 25

ตารางแสดงเวลาที่เกลือปริมาณต่างๆ กัน ละลายในน้ำจนหมด

ปริมาณเกลือ (กรัม)	เวลาที่เกลือละลายในน้ำจนหมด (วินาที)
6	35
12	52
18	60
24	76
30	87

25. จากข้อมูลในตาราง ถ้าเพิ่มปริมาณเกลือจนเท่ากับปริมาณน้ำที่ใช้ทำละลายผลจะเป็นเช่นไร

ก. เวลาที่เกลือละลายน้ำจนหมดจะเร็วขึ้นกว่าปกติ

ข. เวลาที่เกลือละลายน้ำจนหมดจะช้ากว่าปกติ

ค. เกลือจะไม่ละลายน้ำ

ง. เกลือบางส่วนไม่ละลายน้ำ

จ. น้ำจะซึมเข้าเม็ดเกลือจนหมด

26. นายดำปลูกบ้านอยู่ในป่าชายเลน ถ้าน้ำขึ้นนายดำเอาเรือออกทะเลได้ ถ้าน้ำลงเรือแล่นไม่ได้ พอน้ำขึ้นเต็มที่เวลา 18.00 น. นายดำ นำเรือออกทะเลไปจับปลา นายดำควรจะกลับมาเวลาใด เพื่อให้เรือแล่นถึงบ้านได้ตอนน้ำขึ้นเต็มที่อีกครั้ง

ก. 23.00 น. ข. 24.00 น. ค. 4.00 น.

ง. 5.00 น. จ. 6.00 น.

27. ถ้าไม่มีอากาศห่อหุ้มโลก อุณหภูมิของโลกจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. กลางวันอุณหภูมิสูงมาก ส่วนกลางคืนอุณหภูมิต่ำมาก

ข. กลางวันและกลางคืนอุณหภูมิต่ำมาก

ค. กลางวันและกลางคืนอุณหภูมิไม่แตกต่างกัน

ง. กลางวันและกลางคืนอุณหภูมิสูงมาก

จ. อุณหภูมิเป็นไปตามปกติเช่นเดียว กับมีอากาศห่อหุ้มโล

28. วิภาชั่งน้ำหนักของตัวเองบนผิวโลกได้ 60 กิโลกรัม ถ้าแรงดึงดูดของโลก ลดลงครึ่งหนึ่ง วิภาจะชั่งน้ำหนักได้เท่าไร

ก. 20 กิโลกรัม

ข. 30 กิโลกรัม

ค. 40 กิโลกรัม

ง. 60 กิโลกรัม

จ. 120 กิโลกรัม

29. ลักษณะพื้นผิวโลกจะเป็นอย่างไร ถ้าบริเวณนั้นเป็นที่ราบสูง ลมพัดแรง อากาศแห้งแล้ง

ก. ขรุขระเป็นหลุมเป็นบ่อ

ข. แตกระแหงเป็นร่องลึก

ค. ราบเรียบสม่ำเสมอ

ง. เป็นทะเลทราย

จ. เป็นทุ่งหญ้าไม่มีต้นไม้ใหญ่

30. ป่าไม้ทำให้แผ่นดินชุ่มชื่นและมีฝนตก พื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยกำลังถูกทำลายลงทุกวัน ในอีก 30 ปีข้างหน้า สภาพอากาศของประเทศไทยจะเป็นเช่นไร

ก. ฤดูฝนมีฝนตกน้อยลง

ข. ฤดูหนาวมีอากาศหนาวจัด

ค. มีพายุหมุนเกิดขึ้นในฤดูร้อน

ง. อิทธิพลจากลมมรสุมลดลง

จ. ฤดูการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

31. ถ้าหมุนแผ่นกระดาษที่ติดกับแกนไม้อย่างเร็วจะเห็นเป็นรูปใด

ก. ปิรามิด ข. กรวย ค. ทรงกระบอก

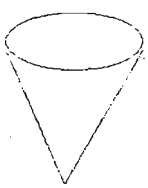
ง. สี่เหลี่ยมผืนผ้า จ. ทรงกระบอกผ่าครึ่ง

32. ถ้าหมุนแผ่นกระดาษที่ติดกับแกนไม้อย่างเร็วจะเห็นเป็นรูปใด

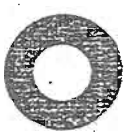
ก. ปิรามิด ข. กรวย ค. ทรงกระบอก

ง. สามเหลี่ยมมุมฉาก จ. กรวยผ่าครึ่ง

33. จากรูปสามมิติที่กำหนดให้ ถ้านำไฟฉายฉายด้านบนจะเกิดเงารูปใด



ก. ข. ค.

ง.  จ.

34. ปริซึมฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า ดังรูปมีระนาบสมมาตรกี่ระนาบ

ก. 1 ระนาบ ข. 2 ระนาบ ค. 4 ระนาบ

ง. 5 ระนาบ ง. 6 ระนาบ

35. สี่เหลี่ยมคางหมูมีจำนวนเส้นสมมาตรกี่เส้น

ก. 1 ข. 2 ค. 3 ง. 4 จ. ไม่มีเส้นสมมาตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

36. พายเรือตามน้ำระยะทาง 1 กิโลเมตร ใช้เวลา 10 นาที และถ้าพายทวนน้ำในระยะทาง 1 กิโลเมตรเท่ากัน จะใช้เวลา 20 นาที พายเรือในน้ำนิ่ง 1 ชั่วโมง จะได้ระยะทางกี่กิโลเมตร

ก. 2.5 กิโลเมตร ข. 3 กิโลเมตร ค. 3.5 กิโลเมตร

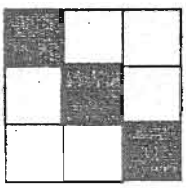
ง. 4 กิโลเมตร จ. 4.5 กิโลเมตร

37. ดำยืนอยู่หน้ากระจกเงา ซึ่งวางอยู่ทางทิศเหนือ ห่างกระจก 5 เมตร แล้วเดินเข้าหากระจกห่างจากกระจก 1 เมตร จากนั้นเดินไปทางขวามือของภาพในกระจกเป็นระยะทาง 3 เมตร แล้วหยุดนิ่ง ณ ตำแหน่งที่แดงหยุดนิ่งห่างจากจุดตั้งต้นกี่เมตร

ก. 2 เมตร ข. 3 เมตร ค. 3.5 เมตร

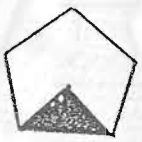
ง. 4 เมตร จ. 5 เมตร

38. สัดส่วนที่แรเงาในภาพสี่เหลี่ยมข้างบน มีค่าเทียบได้กับส่วนที่แรงเงาของภาพใด

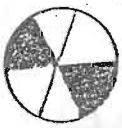


ก.

ข.

ค. 

ง.

จ. 

39. ถาดใส่แก้วขนาดกว้าง 25 cm ยาว 30 cm แก้วรูปทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ถ้าใส่แก้วจะบรรจุแก้วที่น้ำอยู่ได้ทั้งหมดมากสุดกี่ใบ

ก. 30 ข. 35 ค. 40 ง. 45 จ. 47

40. กล่องใส่ถ่านไฟฉายขนาดกว้าง 20 cm ยาว 20 cm สูง 7 cm ใส่ถ่านไฟฉายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 cm สูง 7 cm จนเต็มกล่องพอดี ปริมาณที่ว่างเปล่าในกล่องยังเหลืออีกเท่าใด

ก. 400 cm^3 ข. 500 cm^3 ค. 600 cm^3

ง. 700 cm^3 จ 800 cm^3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

- ตัวอย่างผลการวิเคราะห์เมตริกซ์ พหุลักษณะ-พหุวิธี ด้วยวิธีวิเคราะห์ตัวประกอบเชิงยืนยัน โดยใช้โปรแกรม LISREL
- ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ และค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบที่มีวิธีการให้คะแนนความรู้บางส่วน ตามโมเดล GPCM โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป PARSCALE
- ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ และค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบที่มีวิธีการให้คะแนนแบบ 0-1 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป BILOG

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์เมตริกซ์พหุลักษณะ-พหุวิธี ด้วยวิธีวิเคราะห์ตัวประกอบเชิงยืนยัน
โดยใช้โปรแกรม LISREL.
(ผลการวิเคราะห์โมเดลเต็ม)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DATE: 12/16/ 2
TIME: 17:28

WINDOWS L I S R E L 8.14

BY

KARL G JORESKOG AND DAG SORBOM

This program is published exclusively by
Scientific Software International, Inc.
1525 East 53rd Street - Suite 530
Chicago, Illinois 60615, U.S.A.
Voice: (800)247-6113, (312)684-4920, Fax: 312 684-4979
Copyright by Scientific Software International, Inc., 1981-94.
Partial copyright by WATCOM Group, Inc., 1993 and MicroHelp, Inc., 1993.
Use of this program is subject to the terms specified in the
Universal Copyright Convention.

The following lines were read from file A:\SIS.INC:

```
MULTITRAIT MULTIMETHOD MODEL
DA NI=28 NO=946 MA=KM
LA
'X1' 'X2' 'X3' 'X4' 'X5' 'X6' 'X7' 'X8' 'X9' 'X10'
'X11' 'X12' 'X13' 'X14' 'X15' 'X16' 'X17' 'X18' 'X19' 'X20'
'X21' 'X22' 'X23' 'X24' 'X25' 'X26' 'X27' 'X28'
KM
1.000
0.367 1.000
0.354 0.965 1.000
0.356 0.912 0.949 1.000
0.297 0.776 0.840 0.952 1.000
0.382 0.368 0.353 0.363 0.312 1.000
0.377 0.359 0.356 0.359 0.308 0.964 1.000
0.276 0.254 0.237 0.252 0.225 0.328 0.322 1.000
0.302 0.286 0.277 0.309 0.299 0.329 0.325 0.607 1.000
0.295 0.302 0.304 0.321 0.303 0.337 0.336 0.628 0.979 1.000
0.310 0.319 0.311 0.348 0.348 0.360 0.353 0.642 0.966 0.984
1.000
0.296 0.323 0.317 0.366 0.386 0.351 0.341 0.628 0.928 0.951
0.986 1.000
0.286 0.233 0.225 0.261 0.254 0.346 0.330 0.519 0.606 0.617
0.643 0.637 1.000
0.292 0.232 0.228 0.261 0.253 0.362 0.354 0.596 0.621 0.635
0.661 0.654 0.982 1.000
0.258 0.232 0.220 0.215 0.171 0.224 0.222 0.455 0.434 0.447
0.453 0.437 0.400 0.400 1.000
0.228 0.286 0.273 0.302 0.301 0.331 0.316 0.409 0.460 0.468
0.491 0.499 0.447 0.456 0.440 1.000
0.213 0.290 0.290 0.313 0.322 0.318 0.309 0.408 0.476 0.493
0.511 0.525 0.445 0.456 0.431 0.972 1.000
0.225 0.304 0.295 0.350 0.383 0.320 0.305 0.410 0.488 0.493
0.530 0.556 0.462 0.471 0.423 0.944 0.971 1.000
0.203 0.293 0.293 0.366 0.434 0.293 0.278 0.377 0.468 0.466
0.517 0.561 0.441 0.449 0.377 0.872 0.918 0.979 1.000
0.253 0.256 0.227 0.245 0.212 0.352 0.335 0.389 0.402 0.409
0.422 0.407 0.441 0.434 0.418 0.432 0.434 0.426 0.389 1.000
0.242 0.261 0.235 0.251 0.216 0.360 0.359 0.392 0.392 0.401
0.412 0.397 0.413 0.441 0.410 0.428 0.431 0.426 0.388 0.976
1.000
0.181 0.183 0.183 0.188 0.172 0.185 0.194 0.377 0.276 0.298
0 308 0.301 0.261 0.264 0.310 0.252 0.252 0.250 0.231 0.280
0.277 1.000
```

```
0.375 0.373 0.314 0.318 0.269 0.310 0.322 0.323 0.314 0.251
0.245 0.376 1.000
0.153 0.150 0.162 0.155 0.149 0.193 0.200 0.340 0.349 0.376
0.374 0.371 0.312 0.319 0.263 0.306 0.330 0.314 0.303 0.260
0.257 0.393 0.965 1.000
0.173 0.179 0.178 0.209 0.229 0.224 0.223 0.365 0.390 0.404
0.426 0.437 0.372 0.380 0.282 0.357 0.373 0.390 0.395 0.268
0.283 0.391 0.937 0.960 1.000
0.160 0.165 0.191 0.247 0.303 0.211 0.208 0.352 0.396 0.405
0.442 0.477 0.388 0.397 0.263 0.387 0.408 0.446 0.480 0.281
0.275 0.362 0.852 0.884 0.969 1.000
0.179 0.183 0.178 0.185 0.167 0.289 0 294 0.349 0.296 0.309
0.317 0.307 0.376 0.381 0.262 0.280 0.281 0.295 0.266 0.370
0.378 0.350 0.372 0.380 0.398 0.376 1.000
0.195 0.186 0.180 0.181 0.156 0.296 0.310 0.352 0.295 0.312
0.316 0.302 0.365 0.380 0.260 0.270 0.276 0.274 0.254 0.362
0.396 0.370 0.392 0.407 0.415 0.385 0.959 1.000
ME
3.915 8.220 15.17 1.465 10.19 6.970 15.88 4.143 10.11 17.20
2.438 14.31 9.861 17.29 5.005 13.98 19.55 2.988 15.50 14.13
19.84 3.699 8.498 15.75 1.889 12.37 7.372 15.22
SD
1.661 8.536 5.683 1.678 5.907 6.337 5.650 2.286 11.89 8.550
2.750 9.362 11.98 8.432 1.997 9.653 6.857 2.172 7.650 9.900
6.862 1.768 8.402 5.969 1.869 6.537 8.453 5.734
MO NX=28 NK=11 LX=FU,FI PH=SY,FR TD=DI,FR
FR LX(1,1) LX(2,1) LX(3,1) LX 4,1) LX(5,1) LX 6,1) LX(7,1)C
LX(8,2) LX(9,2) LX(10,2) LX(11,2) LX(12,2) LX 13,2) LX(14,2)C
LX(15,2) LX(15,3) LX(16,3) LX 17,3) LX(18,3) LX(19,3) LX(20,3) LX(21,3)C
LX(22,4) LX(23,4) LX(24,4) LX 25,4) LX(26,4) LX(27,4) LX(28,4)C
LX(1,5) LX(8,5) LX(15,5) LX(22,5) LX(2,6) LX(9,6) LX(16,6) LX(23,6)C
LX(3,7) LX(10,7) LX(17,7) LX(24,7) LX(4,8) LX 11,8) LX(18,8) LX(25,8)C
LX(5,9) LX(12,9) LX(19,9) LX(26,9) LX(6,10) LX(13,10) LX(20,10) LX(27,10)C
LX(7,11) LX(14,11) LX(21,11) LX(28,11)
ST 1 LX(1,1) LX(8,2) LX(15,3) LX(22,4) LX(1,5 LX(2,6) LX(3,7) LX(4,8)C
LX(5,9) LX(6,10) LX(7,11)
FI PH(5,1) PH(5,2) PH(5,3) PH 5,4) PH(6,1) PH 6,2) PH(6,3) PH(6,4) PH(7,1 C
PH(7,2) PH(7,3) PH(7,4) PH(8,1 PH(8,2) PH(8,3 PH(8,4) PH(9,1) PH(9,2)C
PH(9,3) PH(9,4) PH(10,1) PH(10,2) PH(10,3) PH 10,4)
ST 0 PH(5,1) PH(5,2) PH(5,3) PH(5,4) PH(6,1) PH(6,2) PH(6,3) PH(6,4 PH(7,1)C
PH(7,2) PH(7,3) PH(7,4) PH(8,1 PH(8,2) PH(8,3 PH(8,4) PH(9,1) PH(9,2)C
PH(9,3) PH(9,4) PH(10,1) PH(10,2) PH(10,3) PH 10,4)
FI PH(1,1) PH(2,2) PH(3,3) PH(4,4) PH(5,5) PH 6,6) PH(7,7) PH(8,8) PH(9,9) PH(10,10)C
PH(11,11)
ST 1 PH(1,1) PH(2,2) PH(3,3) PH(4,4) PH(5,5) PH(6,6) PH(7,7) PH(8,8 PH(9,9) PH(10,10)C
PH(11,11)
LE
INFER USNUM PREDIC STRELA CLASS COOMB ACOOMB ARNOLD AARNOLD DRESS ADRESS
OU SE TV MR MI RS FS AD = off RO=1

MULTITRAIT MULTIMETHOD MODEL
                          NUMBER OF INPUT VARIABLES 28
                          NUMBER OF Y - VARIABLES    0
                          NUMBER OF X - VARIABLES   28
                          NUMBER OF ETA - VARIABLES  0
                          NUMBER OF KSI - VARIABLES 11
                          NUMBER OF OBSERVATIONS   946


MULTITRAIT MULTIMETHOD MODEL

        COVARIANCE MATRIX TO BE ANALYZED

              X1          X2          X3          X4          X5          X6
         --------    --------    --------    --------    --------    --------
      X1       2.00
      X2       0.37        2.00
      X3       0.35        0.96        2.00
```

X5	0.30	0.78	0.84	0.95	2.00	
X6	0.38	0.37	0.35	0.36	0.31	2.00
X7	0.38	0.36	0.36	0.36	0.31	0.96
X8	0.28	0.25	0.24	0.25	0.22	0.33
X9	0.30	0.29	0.28	0.31	0.30	0.33
X10	0.30	0.30	0.30	0.32	0.30	0.34
X11	0.31	0.32	0.31	0.35	0.35	0.36
X12	0.30	0.32	0.32	0.37	0.39	0.35
X13	0.29	0.23	0.22	0.24	0.25	0.35
X14	0.29	0.23	0.23	0.26	0.25	0.36
X15	0.26	0.23	0.22	0.22	0.17	0.22
X16	0.23	0.29	0.27	0.30	0.30	0.33
X17	0.21	0.29	0.29	0.31	0.32	0.32
X18	0.23	0.30	0.29	0.35	0.38	0.32
X19	0.20	0.29	0.29	0.37	0.43	0.29
X20	0.25	0.26	0.23	0.24	0.21	0.35
X21	0.24	0.26	0.23	0.25	0.22	0.36
X22	0.18	0.18	0.18	0.19	0.17	0.18
X23	0.16	0.15	0.14	0.16	0.15	0.20
X24	0.15	0.15	0.16	0.16	0.15	0.19
X25	0.17	0.18	0.18	0.21	0.23	0.22
X26	0.16	0.18	0.19	0.25	0.30	0.21
X27	0.18	0.18	0.18	0.19	0.17	0.29
X28	0.20	0.19	0.18	0.18	0.16	0.30

COVARIANCE MATRIX TO BE ANALYZED

	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X7	2.00					
X8	0.32	2.00				
X9	0.32	0.61	2.00			
X10	0.34	0.63	0.98	2.00		
X11	0.35	0.64	0.97	0.98	2.00	
X12	0.34	0.63	0.93	0.95	0.99	2.00
X13	0.33	0.52	0.61	0.62	0.64	0.64
X14	0.35	0.60	0.62	0.64	0.66	0.65
X15	0.22	0.46	0.43	0.45	0.45	0.44
X16	0.32	0.41	0.46	0.47	0.49	0.50
X17	0.31	0.41	0.48	0.49	0.51	0.52
X18	0.31	0.41	0.49	0.49	0.53	0.56
X19	0.28	0.38	0.47	0.47	0.52	0.56
X20	0.34	0.39	0.40	0.41	0.42	0.41
X21	0.36	0.39	0.39	0.40	0.41	0.40
X22	0.19	0.38	0.28	0.30	0.31	0.30
X23	0.20	0.34	0.35	0.36	0.38	0.37
X24	0.20	0.34	0.35	0.38	0.37	0.37
X25	0.22	0.36	0.39	0.40	0.43	0.44
X26	0.21	0.35	0.40	0.40	0.44	0.48
X27	0.29	0.35	0.30	0.31	0.32	0.31
X28	0.31	0.35	0.30	0.31	0.32	0.30

COVARIANCE MATRIX TO BE ANALYZED

	X13	X14	X15	X16	X17	X18
X13	2.00					
X14	0.98	2.00				
X15	0.40	0.40	2.00			
X16	0.45	0.46	0.44	2.00		
X17	0.44	0.46	0.43	0.97	2.00	
X18	0.46	0.47	0.42	0.94	0.97	2.00
X19	0.44	0.45	0.38	0.87	0.92	0.98
X20	0.44	0.43	0.42	0.43	0.43	0.43
X21	0.41	0.44	0.41	0.43	0.43	0.43
X22	0.26	0.26	0.31	0.25	0.25	0.25
X23	0.31	0.32	0.27	0.31	0.32	0.32
X24	0.31	0.32	0.26	0.31	0.33	0.31

X26	0.39	0.40	0.26	0.39	0.41	0.45
X27	0.38	0.38	0.26	0.28	0.28	0.29
X28	0.36	0.38	0.26	0.27	0.28	0.27

COVARIANCE MATRIX TO BE ANALYZED

	X19	X20	X21	X22	X23	X24
X19	2.00					
X20	0.39	2.00				
X21	0.39	0.98	2.00			
X22	0.23	0.26	0.28	2.00		
X23	0.31	0.25	0.24	0.38	2.00	
X24	0.30	0.26	0.26	0.39	0.97	2.00
X25	0.40	0.29	0.28	0.39	0.94	0.96
X26	0.48	0.28	0.27	0.36	0.85	0.86
X27	0.27	0.37	0.38	0.35	0.37	0.36
X28	0.25	0.38	0.40	0.37	0.39	0.41

COVARIANCE MATRIX TO BE ANALYZED

	X25	X26	X27	X28
X25	2.00			
X26	0.97	2.00		
X27	0.40	0.38	2.00	
X28	0.42	0.38	0.96	2.00

MULTITRAIT MULTIMETHOD MODEL

PARAMETER SPECIFICATIONS

LAMBDA-X

	KSI 1	KSI 2	KSI 3	KSI 4	KSI 5	KSI 6
X1	1	0	0	0	2	0
X2	3	0	0	0	0	4
X3	5	0	0	0	0	0
X4	7	0	0	0	0	0
X5	9	0	0	0	0	0
X6	11	0	0	0	0	0
X7	13	0	0	0	0	0
X8	0	15	0	0	16	0
X9	0	17	0	0	0	18
X10	0	19	0	0	0	0
X11	0	21	0	0	0	0
X12	0	23	0	0	0	0
X13	0	25	0	0	0	0
X14	0	27	0	0	0	0
X15	0	29	30	0	31	0
X16	0	0	32	0	0	33
X17	0	0	34	0	0	0
X18	0	0	36	0	0	0
X19	0	0	38	0	0	0
X20	0	0	40	0	0	0
X21	0	0	42	0	0	0
X22	0	0	0	44	45	0
X23	0	0	0	46	0	47
X24	0	0	0	48	0	0
X25	0	0	0	50	0	0
X26	0	0	0	52	0	0
X27	0	0	0	54	0	0
X28	0	0	0	56	0	0

LAMBDA-X

X1	0	0	0	0	0
X2	0	0	0	0	0
X3	6	0	0	0	0
X4	0	8	0	0	0
X5	0	0	10	0	0
X6	0	0	0	12	0
X7	0	0	0	0	14
X8	0	0	0	0	0
X9	0	0	0	0	0
X10	20	0	0	0	0
X11	0	22	0	0	0
X12	0	0	24	0	0
X13	0	0	0	26	0
X14	0	0	0	0	28
X15	0	0	0	0	0
X16	0	0	0	0	0
X17	35	0	0	0	0
X18	0	37	0	0	0
X19	0	0	39	0	0
X20	0	0	0	41	0
X21	0	0	0	0	43
X22	0	0	0	0	0
X23	0	0	0	0	0
X24	49	0	0	0	0
X25	0	51	0	0	0
X26	0	0	53	0	0
X27	0	0	0	55	0
X28	0	0	0	0	57

PHI

	KSI 1	KSI 2	KSI 3	KSI 4	KSI 5	KSI 6
KSI 1	0					
KSI 2	58	0				
KSI 3	59	60	0			
KSI 4	61	62	63	0		
KSI 5	0	0	0	0	0	
KSI 6	0	0	0	0	64	0
KSI 7	0	0	0	0	65	66
KSI 8	0	0	0	0	67	68
KSI 9	0	0	0	0	70	71
KSI 10	0	0	0	0	74	75
KSI 11	79	80	81	82	83	84

PHI

	KSI 7	KSI 8	KSI 9	KSI 10	KSI 11
KSI 7	0				
KSI 8	69	0			
KSI 9	72	73	0		
KSI 10	76	77	78	0	
KSI 11	85	86	87	88	0

THETA-DELTA

X1	X2	X3	X4	X5	X6
89	90	91	92	93	94

THETA-DELTA

X7	X8	X9	X10	X11	X12
95	96	97	98	99	100

X13	X14	X15	X16	X17	X18
101	102	103	104	105	106

THETA-DELTA

X19	X20	X21	X22	X23	X24
107	108	109	110	111	112

THETA-DELTA

X25	X26	X27	X28
113	114	115	116

MULTITRAIT MULTIMETHOD MODEL
Number of Iterations = 52

LISREL ESTIMATES (MAXIMUM LIKELIHOOD)

LAMBDA-X

	KSI 1	KSI 2	KSI 3	KSI 4	KSI 5	KSI 6
X1	0.37	- -	- -	- -	0.38	- -
	(0.06)				(0.07)	
	6.36				5.32	
X2	0.32	- -	- -	- -	- -	0.88
	(0.06)					(0.08)
	5.36					10.52
X3	0.31	- -	- -	- -	- -	- -
	(0.06)					
	5.20					
X4	0.32	- -	- -	- -	- -	- -
	(0.06)					
	5.44					
X5	0.29	- -	- -	- -	- -	- -
	(0.06)					
	4.89					
X6	0.96	- -	- -	- -	- -	- -
	(0.07)					
	13.56					
X7	0.89	- -	- -	- -	- -	- -
	(0.07)					
	12.47					
X8	- -	0.61	- -	- -	0.40	- -
		(0.05)			(0.07)	
		12.76			5.99	
X9	- -	0.92	- -	- -	- -	0.21
		(0.05)				(0.05)
		20.44				4.04
X10	- -	0.94	- -	- -	- -	- -
		(0.04)				
		21.01				

		(0.04) 21.60				
X12	- -	0.94 (0.04) 20.97	- -	- -	- -	- -
X13	- -	0.65 0.05) 13.69	- -	- -	- -	- -
X14	- -	0.60 (0.05) 10.91	- -	- -	- -	- -
X15	- -	0.27 0.06) 4.41	0.25 0.06) 3.99	- -	0.40 (0.07) 5.79	- -
X16	- -	- -	0.93 0.05) 20.00	- -	- -	0.23 0.05) 4.00
X17	- -	- -	0.96 0.05) 20.81	- -	- -	- -
X18	- -	- -	0.96 (0.05) 20.91	- -	- -	- -
X19	- -	- -	0.89 (0.05) 19.42	- -	- -	- -
X20	- -	- -	0.41 (0.05) 8.24	- -	- -	- -
X21	- -	- -	0.29 (0.07) 4.17	- -	- -	- -
X22	- -	- -	- -	0.38 (0.05) 7.48	0.41 (0.07) 5.73	- -
X23	- -	- -	- -	0.93 (0.05) 20.19	- -	0.13 (0.05 2.33
X24	- -	- -	- -	0.96 (0.05) 20.84	- -	- -
X25	- -	- -	- -	0.99 (0.05) 21.65	- -	- -
X26	- -	- -	- -	0.92 (0.05) 19.96	- -	- -
X27	- -	- -	- -	0.39 (0.05) 7.78	- -	- -
X28	- -	- -	- -	0.30	- -	- -

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.68

LAMBDA-X

	KSI 7	KSI 8	KSI 9	KSI 10	KSI 11
X1	- -	- -	- -	- -	- -
X2	- -	- -	- -	- -	- -
X3	0.95 (0.08) 11.86	- -	- -	- -	- -
X4	- -	0.92 (0.07) 12.90	- -	- -	- -
X5	- -	- -	0.99 (0.07) 14.11	- -	- -
X6	- -	- -	- -	0.16 0.06 2.83	- -
X7	- -	- -	- -	- -	0.17 (0.05) 3.27
X8	- -	- -	- -	- -	- -
X9	- -	- -	- -	- -	- -
X10	0.23 (0.05) 4.39	- -	- -	- -	- -
X11	- -	0.24 (0.05) 4.76	- -	- -	- -
X12	- -	- -	0.28 (0.05) 5.41	- -	- -
X13	- -	- -	- -	0.33 (0.05) 6.64	- -
X14	- -	- -	- -	- -	0.35 (0.05 7.02
X15	- -	- -	- -	- -	- -
X16	- -	- -	- -	- -	- -
X17	**0.24** (0.05) 4.50	- -	- -	- -	- -
X18	- -	0.27 (0.05) 5.11	- -	- -	- -
X19	- -	- -	0.33	- -	- -

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

			6.06		
X20	- -	- -	- -	0.57 (0.06) 9.93	- -
X21	- -	- -	- -	- -	0.56 (0.06) 10.00
X22	- -	- -	- -	- -	- -
X23	- -	- -	- -	- -	- -
X24	0.13 (0.05) 2.42	- -	- -	- -	- -
X25	-	0.17 (0.05) 3.21	- -	- -	- -
X26	- -	- -	0.24 (0.05) 4.45	- -	- -
X27	- -	- -	- -	0.54 (0.06) 9.57	- -
X28	- -	- -	- -	- -	0.54 (0.06) 9.64

PHI

	KSI 1	KSI 2	KSI 3	KSI 4	KSI 5	KSI 6
KSI 1	1.00					
KSI 2	0.36 (0.04) 8.26	1.00				
KSI 3	0.32 (0.05) 6.96	0.53 (0.03) 16.14	1.00			
KSI 4	0.21 (0.05) 4.42	0.43 (0.04) 12.05	0.38 (0.04) 10.00	1.00		
KSI 5	- -	- -	- -	- -	1.00	
KSI 6	- -	- -	- -	- -	0.55 (0.10) 5.44	1.00
KSI 7	- -	- -	- -	- -	0.49 (0.09) 5.27	1.02 (0.10) 10.13
KSI 8	- -	- -	- -	- -	0.46 (0.09) 5.16	0.98 (0.09) 10.37
KSI 9	- -	- -	- -	- -	0.35	0.78

					3.91	9.57
KSI 10	- -	- -	- -	- -	0.73	0.39
					(0.11)	(0.09)
					6.68	4.28
KSI 11	0.16	0.20	0.18	0.17	0.72	0.37
	(0.08)	(0.09)	0.09	(0.08)	(0.11)	(0.09)
	2.02	2.32	2.04	2.08	6.66	4.08

PHI

	KSI 7	KSI 8	KSI 9	KSI 10	KSI 11
KSI 7	1.00				
KSI 8	0.95	1.00			
	(0.08)				
	11.30				
KSI 9	0.79	0.84	1.00		
	(0.07)	(0.07)			
	10.62	13.14			
KSI 10	0.34	0.36	0.28	1.00	
	(0.09)	(0.09)	0.08		
	4.00	4.21	3.41		
KSI 11	0.33	0.34	0.25	1.51	1.00
	(0.09)	(0.09)	0.08	0.12	
	3.90	3.91	3.05	12.13	

THETA-DELTA

X1	X2	X3	X4	X5	X6
1.71	1.11	0.99	1.04	0.94	1.05
(0.09)	(0.14)	0.14)	0.12	(0.12)	(0.12)
19.13	8.12	7.22	8.92	7.76	9.00

THETA-DELTA

X7	X8	X9	X10	X11	X12
1.10	1.43	1.20	1.06	1.02	1.04
(0.11)	(0.08)	0.06)	(0.06)	(0.06)	(0.06)
10.04	18.12	17.86	17.51	17.27	17.31

THETA-DELTA

X13	X14	X15	X16	X17	X18
1.43	1.40	1.61	1.09	1.03	1.01
(0.07)	(0.07)	0.06)	(0.06)	(0.06)	(0.06)
20.10	20.03	18.98	17.01	16.36	16.35

THETA-DELTA

X19	X20	X21	X22	X23	X24
1.09	1.48	1.49	1.68	1.12	1.07
(0.06)	(0.08)	0.08)	(0.09)	(0.07)	(0.06)
17.07	18.22	18.44	18.71	17.06	16.58

THETA-DELTA

X25	X26	X27	X28
1.00	1.10	1.54	1.53
(0.06)	(0.06)	(0.08)	(0.08)
15.96	17.03	18.77	19.04

SQUARED MULTIPLE CORRELATIONS FOR X - VARIABLES

X1	X2	X3	X4	X5	X6
0.14	0.44	0.50	0.48	0.53	0.47

SQUARED MULTIPLE CORRELATIONS FOR X - VARIABLES

X7	X8	X9	X10	X11	X12
0.44	0.27	0.45	0.47	0.49	0.48

SQUARED MULTIPLE CORRELATIONS FOR X - VARIABLES

X13	X14	X15	X16	X17	X18
0.27	0.28	0.19	0.45	0.49	0.49

SQUARED MULTIPLE CORRELATIONS FOR X - VARIABLES

X19	X20	X21	X22	X23	X24
0.46	0.25	0.24	0.15	0.44	0.47

SQUARED MULTIPLE CORRELATIONS FOR X - VARIABLES

X25	X26	X27	X28
0.50	0.45	0.23	0.22

GOODNESS OF FIT STATISTICS

CHI-SQUARE WITH 290 DEGREES OF FREEDOM = 323.34 (P = 0.087)
ESTIMATED NON-CENTRALITY PARAMETER (NCP) = 33.34
90 PERCENT CONFIDENCE INTERVAL FOR NCP = (0.0 ; 81.47)

MINIMUM FIT FUNCTION VALUE = 0.34
POPULATION DISCREPANCY FUNCTION VALUE (F0) = 0.035
90 PERCENT CONFIDENCE INTERVAL FOR F0 = (0.0 ; 0.086)
ROOT MEAN SQUARE ERROR OF APPROXIMATION (RMSEA) = 0.011
90 PERCENT CONFIDENCE INTERVAL FOR RMSEA = (0.0 ; 0.017)
P-VALUE FOR TEST OF CLOSE FIT (RMSEA < 0.05) = 1.00

EXPECTED CROSS-VALIDATION INDEX (ECVI) = 0.59
90 PERCENT CONFIDENCE INTERVAL FOR ECVI = (0.55 ; 0.64)
ECVI FOR SATURATED MODEL = 0.86
ECVI FOR INDEPENDENCE MODEL = 7.09

CHI-SQUARE FOR INDEPENDENCE MODEL WITH 378 DEGREES OF FREEDOM = 6643.13
INDEPENDENCE AIC = 6699.13
MODEL AIC = 555.34
SATURATED AIC = 812.00
INDEPENDENCE CAIC = 6862.99
MODEL CAIC = 1234.20
SATURATED CAIC = 3188.01

ROOT MEAN SQUARE RESIDUAL (RMR) = 0.059

GOODNESS OF FIT INDEX (GFI) = 0.98
ADJUSTED GOODNESS OF FIT INDEX (AGFI) = 0.97
PARSIMONY GOODNESS OF FIT INDEX (PGFI) = 0.70

NORMED FIT INDEX (NFI) = 0.95
NON-NORMED FIT INDEX (NNFI) = 0.99
PARSIMONY NORMED FIT INDEX (PNFI) = 0.73
COMPARATIVE FIT INDEX (CFI) = 0.99
INCREMENTAL FIT INDEX (IFI) = 0.99
RELATIVE FIT INDEX (RFI) = 0.94

CRITICAL N (CN) = 1020.83

MULTITRAIT MULTIMETHOD MODEL

FITTED COVARIANCE MATRIX

	X1	X2	X3	X4	X5	X6
X1	1.99					
X2	0.30	1.99				
X3	0.29	0.95	2.00			
X4	0.29	0.90	0.94	1.99		
X5	0.24	0.77	0.80	0.95	2.00	
X6	0.39	0.36	0.35	0.36	0.32	1.99
X7	0.38	0.35	0.34	0.35	0.31	0.92
X8	0.23	0.27	0.26	0.25	0.20	0.26
X9	0.16	0.29	0.30	0.30	0.26	0.33
X10	0.17	0.31	0.32	0.31	0.27	0.34
X11	0.17	0.32	0.32	0.33	0.32	0.34
X12	0.16	0.30	0.31	0.35	0.37	0.33
X13	0.18	0.19	0.18	0.19	0.16	0.25
X14	0.19	0.20	0.19	0.20	0.16	0.34
X15	0.22	0.25	0.24	0.24	0.19	0.22
X16	0.16	0.30	0.31	0.30	0.26	0.30
X17	0.16	0.32	0.33	0.31	0.28	0.31
X18	0.16	0.33	0.34	0.35	0.34	0.31
X19	0.15	0.32	0.34	0.36	0.41	0.29
X20	0.21	0.24	0.23	0.23	0.19	0.22
X21	0.23	0.25	0.24	0.24	0.20	0.32
X22	0.18	0.22	0.21	0.21	0.16	0.12
X23	0.10	0.17	0.18	0.18	0.15	0.19
X24	0.10	0.18	0.19	0.18	0.16	0.20
X25	0.11	0.21	0.22	0.22	0.22	0.21
X26	0.10	0.23	0.24	0.27	0.30	0.19
X27	0.18	0.21	0.20	0.21	0.17	0.17
X28	0.20	0.22	0.22	0.22	0.18	0.28

FITTED COVARIANCE MATRIX

	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X7	1.98					
X8	0.27	1.97				
X9	0.34	0.61	1.99			
X10	0.35	0.62	0.92	2.00		
X11	0.35	0.63	0.93	0.95	1.99	
X12	0.34	0.61	0.91	0.93	0.96	1.99
X13	0.32	0.50	0.63	0.64	0.65	0.64
X14	0.32	0.51	0.64	0.65	0.66	0.64
X15	0.22	0.41	0.42	0.42	0.43	0.42
X16	0.31	0.35	0.50	0.52	0.53	0.51
X17	0.32	0.36	0.52	0.53	0.54	0.53
X18	0.32	0.36	0.52	0.54	0.55	0.55
X19	0.30	0.34	0.49	0.51	0.53	0.54
X20	0.28	0.30	0.25	0.25	0.26	0.25
X21	0.27	0.33	0.29	0.30	0.30	0.29

X23	0.21	0.27	0.40	0.41	0.41	0.40
X24	0.21	0.28	0.41	0.42	0.42	0.41
X25	0.22	0.29	0.43	0.44	0.45	0.44
X26	0.21	0.28	0.40	0.42	0.43	0.44
X27	0.23	0.26	0.20	0.20	0.21	0.20
X28	0.24	0.30	0.26	0.26	0.27	0.26

FITTED COVARIANCE MATRIX

	X13	X14	X15	X16	X17	X18
X13	1.97					
X14	0.61	1.96				
X15	0.36	0.37	1.98			
X16	0.35	0.38	0.41	2.00		
X17	0.36	0.39	0.42	0.94	2.00	
X18	0.37	0.39	0.43	0.94	0.98	2.00
X19	0.34	0.37	0.40	0.89	0.92	0.94
X20	0.33	0.46	0.33	0.43	0.44	0.45
X21	0.46	0.38	0.34	0.41	0.42	0.43
X22	0.20	0.22	0.24	0.18	0.19	0.19
X23	0.28	0.31	0.22	0.36	0.37	0.37
X24	0.28	0.32	0.23	0.37	0.38	0.38
X25	0.30	0.33	0.24	0.38	0.40	0.40
X26	0.28	0.31	0.23	0.37	0.38	0.40
X27	0.29	0.41	0.24	0.18	0.19	0.19
X28	0.43	0.35	0.27	0.24	0.25	0.25

FITTED COVARIANCE MATRIX

	X19	X20	X21	X22	X23	X24
X19	2.00					
X20	0.42	1.98				
X21	0.40	0.66	1.97			
X22	0.17	0.23	0.25	1.99		
X23	0.35	0.17	0.22	0.38	2.00	
X24	0.36	0.18	0.22	0.39	0.91	2.00
X25	0.39	0.19	0.24	0.40	0.94	0.97
X26	0.39	0.18	0.23	0.38	0.88	0.91
X27	0.18	0.37	0.86	0.31	0.39	0.40
X28	0.23	0.55	0.40	0.31	0.39	0.40

FITTED COVARIANCE MATRIX

	X25	X26	X27	X28
X25	2.00			
X26	0.95	2.00		
X27	0.42	0.39	1.99	
X28	0.42	0.39	0.60	1.97

FITTED RESIDUALS

	X1	X2	X3	X4	X5	X6
X1	0.01					
X2	0.07	0.01				
X3	0.06	0.01	0.00			
X4	0.07	0.01	0.01	0.01		
X5	0.06	0.00	0.01	0.00	0.00	
X6	-0.01	0.01	0.00	0.00	-0.01	0.01
X7	-0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.04
X8	0.04	-0.01	-0.02	0.00	0.02	0.07
X9	0.14	0.00	-0.03	0.01	0.04	0.00
X10	0.13	-0.01	-0.02	0.01	0.03	0.00
X11	0.14	0.00	-0.01	0.01	0.03	0.02
X12	0.14	0.02	0.00	0.01	0.01	0.02

X14	0.10	0.03	0.03	0.06	0.09	0.02
X15	0.04	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	0.01
X16	0.07	-0.01	-0.04	0.00	0.04	0.03
X17	0.06	-0.03	-0.04	0.00	0.05	0.01
X18	0.06	-0.03	-0.05	0.00	0.04	0.01
X19	0.06	-0.02	-0.04	-0.01	0.03	0.00
X20	0.05	0.02	0.00	0.01	0.02	0.13
X21	0.02	0.01	-0.01	0.01	0.02	0.04
X22	0.00	-0.04	-0.03	-0.02	0.01	0.06
X23	0.06	-0.02	-0.04	-0.02	0.03	0.00
X24	0.06	-0.03	-0.02	-0.02	-0.01	0.00
X25	0.07	-0.03	-0.04	-0.01	0.01	0.02
X26	0.06	-0.04	-0.05	-0.03	0.01	0.02
X27	0.00	-0.03	-0.02	-0.02	-0.01	0.12
X28	-0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.02	0.02

FITTED RESIDUALS

	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X7	0.02					
X8	0.05	0.03				
X9	-0.02	0.00	0.01			
X10	-0.01	0.01	0.06	0.00		
X11	0.00	0.01	0.04	0.03	0.01	
X12	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01
X13	0.01	0.02	-0.02	-0.02	-0.01	0.00
X14	0.03	0.09	-0.02	-0.02	0.01	0.01
X15	0.00	0.05	0.02	0.02	0.01	0.02
X16	0.01	0.06	-0.04	-0.05	-0.03	-0.01
X17	-0.01	0.05	-0.04	-0.04	-0.03	0.00
X18	-0.01	0.05	-0.04	-0.04	-0.02	0.01
X19	-0.02	0.04	-0.03	-0.04	-0.01	0.02
X20	0.06	0.09	0.15	0.16	0.16	0.16
X21	0.08	0.06	0.10	0.11	0.11	0.11
X22	0.06	0.11	0.08	0.10	0.11	0.11
X23	-0.01	0.06	-0.05	-0.04	-0.04	-0.03
X24	-0.01	0.06	-0.06	-0.04	-0.05	-0.04
X25	0.00	0.07	-0.04	-0.03	-0.02	-0.01
X26	0.00	0.08	-0.01	-0.01	0.01	0.04
X27	0.07	0.09	0.10	0.11	0.11	0.11
X28	0.07	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04

FITTED RESIDUALS

	X13	X14	X15	X16	X17	X18
X13	0.03					
X14	0.37	0.04				
X15	0.04	0.03	0.02			
X16	0.10	0.08	0.03	0.00		
X17	0.08	0.07	0.01	0.03	0.00	
X18	0.10	0.08	-0.01	0.00	-0.01	0.00
X19	0.10	0.08	-0.02	-0.01	0.00	0.04
X20	0.11	-0.02	0.09	0.00	-0.01	-0.02
X21	-0.05	0.06	0.07	0.02	0.01	0.00
X22	0.06	0.04	0.07	0.07	0.07	0.06
X23	0.03	0.01	0.04	-0.05	-0.05	-0.05
X24	0.03	0.00	0.03	-0.06	-0.05	-0.07
X25	0.07	0.05	0.04	-0.03	-0.02	-0.01
X26	0.11	0.09	0.04	0.02	0.03	0.05
X27	0.09	-0.03	0.02	0.10	0.09	0.09
X28	-0.06	0.03	-0.01	0.03	0.03	0.02

FITTED RESIDUALS

	X19	X20	X21	X22	X23	X24

X20	-0.03	0.02				
X21	-0.01	0.32	0.03			
X22	0.06	0.05	0.03	0.01		
X23	-0.04	0.08	0.03	0.00	0.00	
X24	-0.06	0.08	0.03	0.01	0.05	0.00
X25	0.01	0.10	0.05	0.01	-0.01	-0.01
X26	0.09	0.10	0.05	-0.02	-0.03	-0.02
X27	0.08	0.00	-0.18	0.04	-0.02	-0.02
X28	0.02	-0.17	-0.01	0.06	0.00	0.01

FITTED RESIDUALS

	X25	X26	X27	X28
X25	0.00			
X26	0.02	0.00		
X27	-0.02	-0.02	0.01	
X28	0.00	-0.01	0.36	0.03

SUMMARY STATISTICS FOR FITTED RESIDUALS
SMALLEST FITTED RESIDUAL = -0.18
MEDIAN FITTED RESIDUAL = 0.01
LARGEST FITTED RESIDUAL = 0.37

STEMLEAF PLOT
```
- 1|87
- 1|
- 0|766665555555555
- 0|444444444444444444444433333333333333333222222222222222222222222222222222-86
  0|111111111111111111111111111111111111111122222222222222222222222222222223-50
  0|555555555555555566666666666666666666666677777777777777778888888888999999999
  1|000000000011111111111233444
  1|6666
  2|
  2|
  3|2
  3|67
```

STANDARDIZED RESIDUALS

	X1	X2	X3	X4	X5	X6
X1	0.14					
X2	1.55	0.07				
X3	1.44	1.23	0.06			
X4	1.56	0.90	1.11	0.06		
X5	1.30	0.29	0.74	0.02	0.04	
X6	-0.46	0.27	0.14	-0.01	-0.28	0.16
X7	-0.21	0.32	0.52	0.25	0.00	5.11
X8	0.83	-0.25	-0.45	0.04	0.48	1.30
X9	2.34	-0.12	-0.73	0.31	0.90	-0.03
X10	2.20	-0.21	-0.45	0.31	0.63	0.02
X11	2.40	0.05	-0.31	0.39	0.61	0.39
X12	2.32	0.48	0.05	0.33	0.39	0.38
X13	1.86	0.79	0.80	1.35	1.70	1.29
X14	1.73	0.60	0.62	1.20	1.62	0.37
X15	0.79	-0.41	-0.50	-0.44	-0.34	0.11
X16	1.22	-0.27	-1.07	0.02	0.87	0.74
X17	0.94	-0.64	-1.10	0.03	0.99	0.27
X18	1.08	-0.65	-1.12	0.01	1.07	0.26
X19	0.93	-0.53	-0.98	-0.34	0.85	0.09
X20	0.86	0.39	0.00	0.27	0.39	2.59
X21	0.31	0.32	-0.15	0.25	0.45	0.98
X22	-0.06	-0.84	-0.69	-0.38	0.21	1.04
X23	0.96	-0.50	-0.95	-0.45	0.01	0.09
X24	0.91	-0.74	-0.64	-0.57	-0.22	-0.11
X25	1.10	-0.73	-0.91	-0.36	0.29	0.39
X26	0.95	-0.86	-1.09	-0.65	0.29	0.36

X28	-0.15	-0.84	-0.86	-0.80	-0.45	0.42

STANDARDIZED RESIDUALS

	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X7	0.24					
X8	1.03	0.55				
X9	-0.38	-0.08	0.14			
X10	-0.26	0.20	2.38	0.12		
X11	-0.01	0.30	1.35	1.27	0.21	
X12	-0.07	0.46	0.74	0.78	1.14	0.23
X13	0.24	0.48	-0.63	-0.65	-0.30	0.00
X14	0.67	2.04	-0.46	-0.43	-0.05	0.25
X15	-0.05	1.14	0.39	0.55	0.52	0.50
X16	0.18	1.07	-0.91	-1.06	-0.75	-0.26
X17	-0.18	0.91	-0.99	-0.92	-0.71	-0.11
X18	-0.31	0.07	-0.81	-1.00	-0.51	0.18
X19	-0.42	0.74	-0.53	-0.65	-0.30	0.51
X20	1.34	1.71	2.74	2.84	2.94	2.83
X21	1.91	1.29	2.06	2.18	2.28	2.19
X22	1.06	2.34	1.37	1.72	1.83	1.88
X23	-0.22	1.12	-0.97	-0.89	-0.81	-0.62
X24	-0.25	1.11	-1.22	-0.88	-1.06	-0.91
X25	0.02	1.32	-0.76	-0.66	-0.45	-0.11
X26	1.01	1.36	-0.16	-0.22	0.19	0.82
X27	1.55	1.64	1.68	1.89	1.91	1.87
X28	1.56	1.02	0.70	0.97	0.93	0.86

STANDARDIZED RESIDUALS

	X13	X14	X15	X16	X17	X18
X13	0.80					
X14	0.88	0.81				
X15	1.60	0.53	0.32			
X16	1.78	1.54	0.66	-0.04		
X17	1.61	1.34	0.19	1.37	-0.08	
X18	1.83	1.58	-0.14	-0.04	-0.23	0.03
X19	1.84	1.62	-0.50	-0.84	-1.01	1.71
X20	2.21	-0.58	1.89	-0.01	-0.20	-0.58
X21	-1.33	1.41	1.57	0.42	0.25	-0.03
X22	0.98	0.78	1.36	1.27	1.14	1.03
X23	1.60	0.15	0.77	-0.84	-0.99	-1.02
X24	1.50	0.04	0.60	-1.25	-1.04	-1.42
X25	1.35	0.99	0.72	-0.57	-0.52	-0.31
X26	1.92	1.67	0.61	0.42	0.58	1.06
X27	1.69	-0.65	0.38	1.63	1.62	1.56
X28	-1.48	0.71	-0.26	0.62	0.66	0.49

STANDARDIZED RESIDUALS

	X19	X20	X21	X22	X23	X24
X19	0.11					
X20	-0.79	0.36				
X21	-0.24	10.82	0.61			
X22	0.96	0.98	0.60	0.13		
X23	-0.71	1.31	0.52	-0.09	-0.08	
X24	-1.15	1.43	0.71	0.14	2.26	-0.11
X25	0.15	1.69	0.99	-0.37	-0.23	-0.32
X26	1.82	1.68	1.03	-0.44	-1.14	-0.88
X27	1.44	-0.05	-5.22	0.86	-0.43	-0.42
X28	0.43	-5.02	-0.23	1.31	-0.02	0.14

STANDARDIZED RESIDUALS

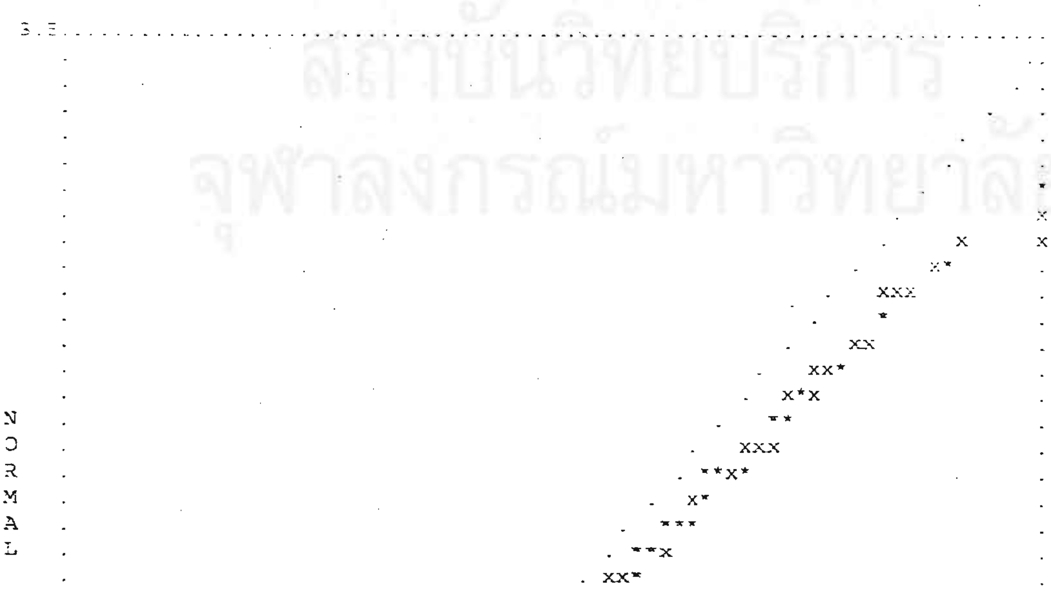
	X25	X26	X27	X28

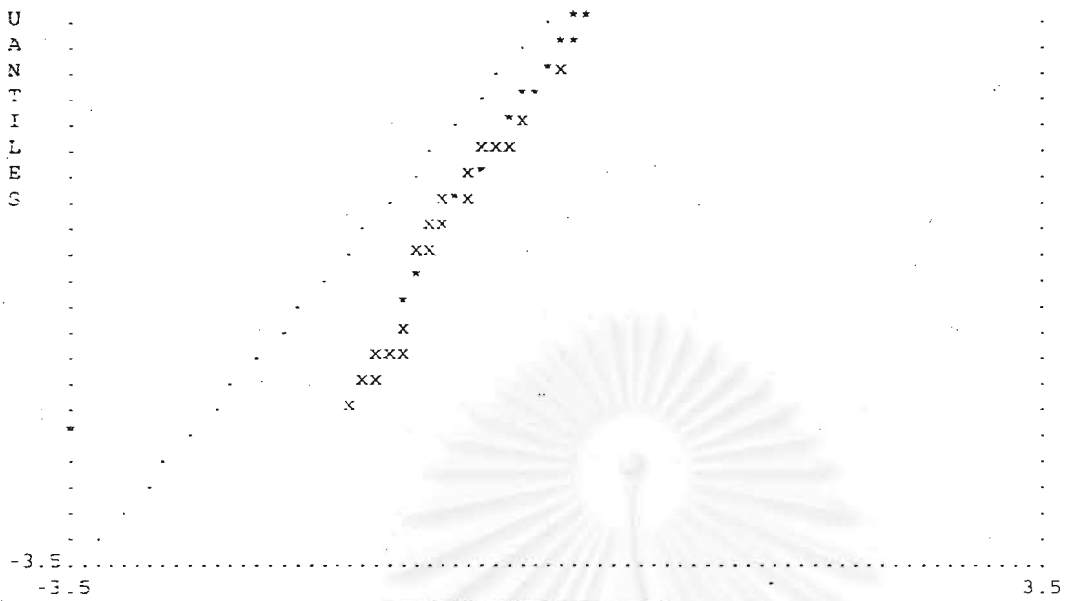
```
     X25        -0.12
     X26         1.08       -0.10
     X27        -0.49       -0.43        0.25
     X28        -0.12       -0.24       11.13        0.50

SUMMARY STATISTICS FOR STANDARDIZED RESIDUALS
SMALLEST STANDARDIZED RESIDUAL =   -5.22
  MEDIAN STANDARDIZED RESIDUAL =    0.27
 LARGEST STANDARDIZED RESIDUAL =   11.13

STEMLEAF PLOT
 - 5|20
 - 4|
 - 3|
 - 2|
 - 1|543321111111100000000
 - 0|9999999998888888887777777777766666666655555555555555555544444444443333-73
   0|1111111111111122222222222222223333333333333333344444444444444445555555555-53
   1|000000000000001111111111111222233333333333334444444444555666666666677777-18
   2|0122223333334467889
   3|
   4|
   5|1
   6|
   7|
   8|
   9|9
  10|8
  11|1
LARGEST NEGATIVE STANDARDIZED RESIDUALS
RESIDUAL FOR      X27 AND      X21   -5.22
RESIDUAL FOR      X28 AND      X20   -5.02
LARGEST POSITIVE STANDARDIZED RESIDUALS
RESIDUAL FOR       X7 AND       X6    5.11
RESIDUAL FOR      X14 AND      X13    9.88
RESIDUAL FOR      X21 AND       X6    2.59
RESIDUAL FOR      X21 AND       X9    2.74
RESIDUAL FOR      X21 AND      X10    2.84
RESIDUAL FOR      X21 AND      X11    2.94
RESIDUAL FOR      X21 AND      X12    2.83
RESIDUAL FOR      X21 AND      X20   10.82
RESIDUAL FOR      X28 AND      X27   11.13

MULTITRAIT MULTIMETHOD MODEL
                          QPLOT OF STANDARDIZED RESIDUALS
```





STANDARDIZED RESIDUALS

MULTITRAIT MULTIMETHOD MODEL
MODIFICATION INDICES AND EXPECTED CHANGE

MODIFICATION INDICES FOR LAMBDA-X

	KSI 1	KSI 2	KSI 3	KSI 4	KSI 5	KSI 6
X1	- -	6.08	1.34	1.09	- -	5.09
X2	- -	0.21	0.32	0.44	1.21	- -
X3	- -	0.96	1.69	0.66	0.99	0.49
X4	- -	0.00	0.02	0.06	0.27	0.63
X5	- -	0.76	1.50	0.43	0.02	1.04
X6	- -	0.03	0.41	0.18	1.06	0.06
X7	- -	1.29	0.66	0.15	1.08	0.00
X8	0.82	- -	1.70	3.43	- -	0.56
X9	0.26	- -	1.16	0.96	0.19	- -
X10	0.26	- -	1.59	0.52	0.74	0.44
X11	0.00	- -	0.47	0.27	0.67	0.09
X12	0.00	- -	0.06	0.00	0.91	0.85
X13	0.78	- -	4.11	1.39	0.48	1.58
X14	0.03	- -	1.78	0.10	0.52	1.16
X15	0.23	- -	- -	0.57	- -	0.38
X16	0.07	0.35	- -	0.32	0.88	- -
X17	0.07	0.38	- -	0.15	0.09	0.01
X18	0.09	0.14	- -	0.09	0.05	1.11
X19	0.14	0.00	- -	0.17	0.47	0.88
X20	3.81	10.82	- -	3.25	0.03	0.00
X21	0.13	1.52	- -	0.01	0.01	0.01
X22	0.87	4.39	2.55	- -	- -	0.54
X23	0.14	0.86	1.33	- -	0.09	- -
X24	0.43	1.74	2.72	- -	0.25	0.16
X25	0.00	0.02	0.02	- -	0.03	0.20
X26	0.06	1.35	3.63	- -	0.20	1.33
X27	2.64	3.69	3.33	- -	1.01	0.70
X28	0.25	0.67	0.77	- -	0.64	0.83

MODIFICATION INDICES FOR LAMBDA-X

	KSI 7	KSI 8	KSI 9	KSI 10	KSI 11
X1	5.12	4.87	4.01	0.81	0.00
X2	0.78	0.00	0.01	0.45	1.28
X3	- -	0.01	0.07	0.52	1.77

X5	1.06	0.83	- -	0.00	0.04
X6	0.11	0.13	0.22	- -	9.54
X7	0.00	0.01	0.07	9.64	- -
X8	0.55	0.44	0.29	0.39	0.32
X9	0.17	0.09	0.11	0.15	0.19
X10	- -	0.01	0.04	0.49	0.51
X11	0.01	- -	0.13	0.55	0.79
X12	0.73	0.87	- -	0.36	0.74
X13	1.58	2.01	2.34	- -	1.00
X14	1.16	1.54	1.89	0.01	- -
X15	0.39	0.61	0.81	0.03	0.03
X16	0.36	0.01	0.02	0.40	0.35
X17	- -	0.18	0.13	0.06	0.02
X18	1.20	- -	1.08	0.01	0.03
X19	0.82	0.65	- -	0.21	0.20
X20	0.00	0.01	0.06	- -	0.44
X21	0.01	0.00	0.01	0.62	- -
X22	0.55	0.36	0.17	0.14	0.33
X23	0.04	0.20	0.22	0.01	0.03
X24	- -	0.78	0.82	0.03	0.02
X25	0.30	- -	0.21	0.03	0.05
X26	1.38	1.29	- -	0.01	0.06
X27	0.67	0.66	0.54	- -	0.04
X28	0.83	0.89	0.85	0.54	- -

EXPECTED CHANGE FOR LAMBDA-X

	KSI 1	KSI 2	KSI 3	KSI 4	KSI 5	KSI 6
X1	- -	0.14	0.06	0.05	- -	0.19
X2	- -	-0.02	-0.03	-0.03	-0.25	- -
X3	- -	-0.05	-0.06	-0.04	-0.22	-1.63
X4	- -	0.00	-0.01	-0.01	-0.10	0.47
X5	- -	0.04	0.06	0.03	0.12	0.41
X6	- -	0.01	0.04	0.03	0.13	-0.02
X7	- -	-0.06	-0.05	-0.02	0.12	0.01
X8	0.05	- -	0.08	0.10	- -	-0.07
X9	-0.03	- -	-0.06	-0.05	0.04	- -
X10	-0.03	- -	-0.07	-0.04	0.07	0.52
X11	0.00	- -	-0.04	-0.03	0.07	0.07
X12	0.00	- -	0.01	0.00	0.07	0.11
X13	0.05	- -	0.12	0.06	0.07	0.07
X14	0.01	- -	0.09	0.02	0.08	0.06
X15	-0.03	- -	- -	0.04	- -	-0.08
X16	0.01	-0.03	- -	-0.03	0.08	- -
X17	-0.01	-0.04	- -	-0.02	0.02	0.05
X18	-0.02	-0.02	- -	-0.01	-0.02	-0.24
X19	-0.02	0.00	- -	0.02	-0.05	-0.13
X20	0.13	0.21	- -	0.10	0.02	0.01
X21	0.03	0.11	- -	-0.01	-0.02	0.01
X22	0.05	0.12	0.09	- -	- -	-0.06
X23	-0.02	-0.05	-0.06	- -	0.03	- -
X24	-0.03	-0.07	-0.08	- -	0.04	0.32
X25	0.00	-0.01	-0.01	- -	0.01	-0.01
X26	0.01	0.06	0.10	- -	-0.03	0.14
X27	0.10	0.11	0.10	- -	-0.13	-0.06
X28	-0.04	-0.07	-0.09	- -	-0.10	-0.04

EXPECTED CHANGE FOR LAMBDA-X

	KSI 7	KSI 8	KSI 9	KSI 10	KSI 11
X1	0.18	0.17	0.15	-0.08	0.00
X2	2.41	0.03	0.03	-0.09	-0.13
X3	- -	0.10	0.10	-0.10	-0.16
X4	0.65	- -	-0.40	-0.05	-0.07
X5	0.41	0.58	- -	0.00	0.02
X6	-0.03	-0.03	-0.03	- -	0.25

X8	-0.06	-0.05	-0.04	0.06	0.05
X9	-0.35	0.07	0.04	0.02	0.02
X10	- -	-0.02	-0.03	0.03	0.03
X11	0.03	- -	-0.07	0.03	0.04
X12	0.11	0.20	- -	0.03	0.04
X13	0.07	0.08	0.09	- -	0.09
X14	0.06	0.07	0.08	0.01	- -
X15	-0.05	-0.06	-0.06	-0.02	0.02
X16	-0.52	-0.02	-0.02	0.03	0.03
X17	- -	0.11	0.05	0.01	0.01
X18	-0.28	- -	0.22	-0.01	-0.01
X19	-0.13	-0.21	- -	-0.02	-0.02
X20	0.00	-0.01	-0.02	- -	0.10
X21	0.01	0.00	0.00	-0.13	- -
X22	-0.06	-0.05	-0.03	0.03	0.08
X23	-0.16	-0.10	-0.06	0.00	-0.01
X24	- -	-0.22	-0.11	0.01	-0.01
X25	-0.14	- -	0.19	0.01	0.01
X26	-0.15	-0.24	- -	0.00	0.01
X27	-0.06	-0.05	-0.05	- -	-0.03
X28	-0.06	-0.06	-0.06	-0.11	- -

MODIFICATION INDICES FOR PHI

	KSI 1	KSI 2	KSI 3	KSI 4	KSI 5	KSI 6
KSI 1	- -					
KSI 2	- -	- -				
KSI 3	- -	- -	- -			
KSI 4	- -	- -	- -	- -		
KSI 5	0.16	2.10	0.84	0.86	- -	
KSI 6	0.30	0.01	0.26	0.43	- -	- -
KSI 7	0.65	0.12	1.34	0.14	- -	- -
KSI 8	0.00	0.03	0.14	0.16	- -	- -
KSI 9	1.36	0.13	1.71	0.01	- -	- -
KSI 10	3.92	4.66	0.11	0.15	- -	- -
KSI 11	- -	- -	- -	- -	- -	- -

MODIFICATION INDICES FOR PHI

	KSI 7	KSI 8	KSI 9	KSI 10	KSI 11
KSI 7	- -				
KSI 8	- -	- -			
KSI 9	- -	- -	- -		
KSI 10	- -	- -	- -	- -	
KSI 11	- -	- -	- -	- -	- -

EXPECTED CHANGE FOR PHI

	KSI 1	KSI 2	KSI 3	KSI 4	KSI 5	KSI 6
KSI 1	- -					
KSI 2	- -	- -				
KSI 3	- -	- -	- -			
KSI 4	- -	- -	- -	- -		
KSI 5	-0.03	0.10	0.06	0.06	- -	
KSI 6	0.05	0.00	-0.02	-0.03	- -	- -
KSI 7	0.07	-0.01	-0.05	-0.01	- -	- -
KSI 8	0.00	0.01	-0.01	-0.02	- -	- -
KSI 9	-0.09	0.01	0.05	0.00	- -	- -
KSI 10	0.19	0.12	0.10	0.03	- -	- -
KSI 11	- -	- -	- -	- -	- -	- -

EXPECTED CHANGE FOR PHI

	KSI 7	KSI 8	KSI 9	KSI 10	KSI 11

KSI 8	- -	- -				
KSI 9	- -	- -	- -			
KSI 10	- -	- -	- -	- -		
KSI 11	- -	- -	- -	- -	- -	

MODIFICATION INDICES FOR THETA-DELTA

	X1	X2	X3	X4	X5	X6
X1	- -					
X2	0.27	- -				
X3	0.09	0.49	- -			
X4	0.19	0.14	0.33	- -		
X5	0.05	0.04	0.07	0.13	- -	
X6	1.09	0.00	0.00	0.05	0.22	- -
X7	0.82	0.00	0.13	0.00	0.04	7.84
X8	0.70	0.10	0.12	0.04	0.02	0.41
X9	0.69	0.03	0.38	0.00	0.18	0.06
X10	0.25	0.11	0.03	0.00	0.00	0.05
X11	0.41	0.00	0.02	0.00	0.07	0.00
X12	0.27	0.22	0.03	0.07	0.08	0.00
X13	0.39	0.01	0.11	0.31	0.64	0.53
X14	0.21	0.00	0.09	0.33	0.76	1.09
X15	0.00	0.00	0.01	0.04	0.21	0.02
X16	0.02	0.22	0.17	0.00	0.16	0.09
X17	0.03	0.11	0.02	0.00	0.31	0.00
X18	0.01	0.06	0.12	0.02	0.15	0.00
X19	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00
X20	0.03	0.03	0.03	0.03	0.17	3.58
X21	0.14	0.10	0.04	0.00	0.02	1.29
X22	0.60	0.52	0.22	0.10	0.05	0.11
X23	0.06	0.11	0.00	0.01	0.01	0.00
X24	0.03	0.00	0.32	0.00	0.02	0.04
X25	0.08	0.01	0.02	0.02	0.04	0.01
X26	0.01	0.09	0.16	0.04	0.03	0.00
X27	0.39	0.38	0.11	0.28	0.21	3.10
X28	0.38	0.12	0.07	0.18	0.11	1.06

MODIFICATION INDICES FOR THETA-DELTA

	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X7	- -					
X8	0.26	- -				
X9	0.07	0.57	- -			
X10	0.02	0.29	4.88	- -		
X11	0.01	0.26	1.23	1.13	- -	
X12	0.03	0.21	0.17	0.27	0.65	- -
X13	1.14	0.14	2.57	3.09	2.27	1.45
X14	0.07	1.23	2.92	3.28	2.44	1.62
X15	0.04	0.21	0.00	0.01	0.00	0.02
X16	0.01	0.23	0.19	0.29	0.24	0.17
X17	0.00	0.10	0.25	0.07	0.26	0.04
X18	0.04	0.05	0.18	0.33	0.08	0.00
X19	0.07	0.00	0.10	0.43	0.04	0.15
X20	0.96	0.13	1.49	1.57	1.46	0.92
X21	2.05	0.04	0.66	0.72	0.60	0.33
X22	0.21	0.76	0.05	0.35	0.42	0.42
X23	0.02	0.20	0.04	0.04	0.05	0.10
X24	0.00	0.25	0.09	0.01	0.11	0.24
X25	0.01	0.13	0.13	0.18	0.16	0.02
X26	0.06	0.03	0.14	0.38	0.03	0.20
X27	0.09	0.01	0.33	0.50	0.41	0.32
X28	2.52	0.02	0.07	0.23	0.10	0.03

MODIFICATION INDICES FOR THETA-DELTA

	X13	X14	X15	X16	X17	X18

X13	- -					
X14	71.55	- -				
X15	0.00	0.15	- -			
X16	0.61	0.46	0.13	- -		
X17	0.29	0.22	0.00	2.16	- -	
X18	0.61	0.50	0.12	0.00	0.03	- -
X19	0.56	0.52	0.44	0.30	0.10	2.54
X20	0.70	11.79	1.00	0.78	1.10	1.70
X21	12.85	0.03	0.62	0.42	0.52	0.91
X22	0.28	0.46	0.10	0.12	0.10	0.04
X23	0.77	0.02	0.42	0.04	0.21	0.19
X24	0.01	0.05	0.24	0.13	0.00	0.55
X25	0.48	0.26	0.09	0.09	0.12	0.01
X26	1.06	0.94	0.03	0.01	0.01	0.32
X27	0.05	6.59	0.43	0.55	0.65	0.67
X28	7.79	0.01	0.67	0.17	0.37	0.25

MODIFICATION INDICES FOR THETA-DELTA

	X19	X20	X21	X22	X23	X24
X19	- -					
X20	1.76	- -				
X21	0.96	89.06	- -			
X22	0.01	0.03	0.07	- -		
X23	0.24	0.40	0.09	0.12	- -	
X24	0.77	0.69	0.34	1.02	5.82	- -
X25	0.01	0.67	0.26	1.43	0.00	0.01
X26	1.92	0.23	0.06	0.35	0.67	0.35
X27	0.48	3.69	41.94	0.46	0.69	0.91
X28	0.19	39.69	1.15	0.77	0.30	0.17

MODIFICATION INDICES FOR THETA-DELTA

	X25	X26	X27	X28
X25	- -			
X26	1.69	- -		
X27	1.11	0.61	- -	
X28	0.77	0.77	103.30	- -

EXPECTED CHANGE FOR THETA-DELTA

	X1	X2	X3	X4	X5	X6
X1	- -					
X2	0.03	- -				
X3	0.02	0.09	- -			
X4	0.02	0.04	0.06	- -		
X5	0.01	-0.02	0.02	-0.04	- -	
X6	-0.07	0.00	0.00	-0.01	-0.03	- -
X7	-0.06	0.00	0.02	0.00	-0.01	0.05
X8	-0.05	-0.02	-0.02	-0.01	0.01	0.03
X9	0.04	-0.01	-0.03	0.00	0.02	-0.01
X10	0.02	-0.02	-0.01	0.00	0.00	-0.01
X11	0.03	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00
X12	0.03	0.02	0.01	-0.01	-0.06	0.00
X13	0.03	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04
X14	0.03	0.00	0.02	0.03	0.04	-0.05
X15	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.03	-0.01
X16	0.01	0.01	-0.02	0.00	0.02	0.01
X17	-0.01	-0.02	-0.01	0.00	0.03	0.00
X18	0.00	-0.01	-0.02	0.01	0.02	0.00
X19	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.00	0.00
X20	0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.02	0.10
X21	-0.02	0.02	-0.01	0.00	-0.01	-0.07
X22	-0.05	-0.04	-0.03	-0.02	0.01	0.02
X23	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00

X25	0.01	0.00	-0.01	0.01	0.01	0.00
X26	0.00	-0.01	-0.02	-0.01	0.01	0.00
X27	-0.04	-0.04	-0.02	-0.03	-0.02	0.10
X28	-0.04	-0.02	-0.01	-0.02	-0.02	-0.06

EXPECTED CHANGE FOR THETA-DELTA

	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X7	- -					
X8	0.03	- -				
X9	-0.01	-0.04	- -			
X10	-0.01	-0.03	0.10	- -		
X11	0.00	-0.02	0.05	0.05	- -	
X12	-0.01	-0.02	0.02	0.02	0.04	- -
X13	-0.06	-0.02	-0.08	-0.08	-0.07	-0.06
X14	0.01	0.06	-0.08	-0.08	-0.07	-0.06
X15	-0.01	0.02	0.00	0.01	0.00	-0.01
X16	0.00	0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
X17	0.00	0.01	-0.02	-0.01	-0.02	-0.01
X18	-0.01	0.01	-0.02	-0.02	-0.01	0.00
X19	-0.01	0.00	-0.01	-0.03	-0.01	0.02
X20	-0.06	-0.02	0.06	0.06	0.06	0.04
X21	0.08	-0.01	0.04	0.04	0.04	0.03
X22	0.02	0.06	0.01	0.03	0.03	0.03
X23	-0.01	0.02	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
X24	0.00	0.02	-0.01	0.00	-0.01	-0.02
X25	0.00	0.02	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01
X26	-0.01	0.01	-0.02	-0.03	-0.01	0.02
X27	-0.02	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03
X28	0.09	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01

EXPECTED CHANGE FOR THETA-DELTA

	X13	X14	X15	X16	X17	X18
X13	- -					
X14	0.46	- -				
X15	0.00	-0.02	- -			
X16	0.04	0.03	0.02	- -		
X17	0.02	0.02	0.00	0.08	- -	
X18	0.04	0.03	-0.02	0.00	-0.01	- -
X19	0.04	0.03	-0.03	-0.03	0.00	0.06
X20	0.00	-0.21	0.06	-0.04	-0.05	-0.06
X21	-0.22	-0.01	0.04	-0.03	-0.03	-0.05
X22	-0.03	-0.04	0.02	0.02	0.02	0.01
X23	0.00	-0.01	0.03	-0.01	-0.01	-0.02
X24	0.00	-0.01	0.02	-0.02	0.00	-0.03
X25	0.03	0.02	0.01	-0.01	-0.01	0.00
X26	0.05	0.04	-0.01	-0.01	0.00	0.02
X27	0.01	-0.16	-0.04	0.04	0.04	0.04
X28	-0.17	-0.01	-0.05	0.02	0.03	0.02

EXPECTED CHANGE FOR THETA-DELTA

	X19	X20	X21	X22	X23	X24
X19	- -					
X20	-0.06	- -				
X21	-0.05	0.72	- -			
X22	0.01	-0.01	-0.02	- -		
X23	-0.02	0.03	0.01	-0.02	- -	
X24	-0.04	0.04	0.03	-0.01	0.13	- -
X25	0.00	0.04	0.02	-0.03	0.00	0.00
X26	0.06	0.02	0.01	-0.03	-0.05	-0.03
X27	0.03	-0.15	-0.48	0.04	-0.04	-0.05
X28	0.02	-0.46	-0.08	0.05	-0.03	-0.02

	X25	X26	X27	X28
X25	- -			
X26	0.07	- -		
X27	-0.05	-0.04	- -	
X28	-0.04	-0.04	0.75	- -

MAXIMUM MODIFICATION INDEX IS 103.30 FOR ELEMENT (28,27) OF THETA-DELTA

MULTITRAIT MULTIMETHOD MODEL
COVARIANCES

X - KSI

	X1	X2	X3	X4	X5	X6
KSI 1	0.37	0.32	0.31	0.32	0.29	0.96
KSI 2	0.13	0.11	0.11	0.12	0.10	0.34
KSI 3	0.12	0.10	0.10	0.10	0.09	0.31
KSI 4	0.08	0.07	0.06	0.07	0.06	0.20
KSI 5	0.38	0.48	0.47	0.44	0.34	0.12
KSI 6	0.21	0.88	0.97	0.90	0.77	0.06
KSI 7	0.19	0.90	0.95	0.88	0.78	0.06
KSI 8	0.18	0.86	0.90	0.92	0.93	0.06
KSI 9	0.13	0.69	0.75	0.87	0.99	0.05
KSI 10	0.28	0.35	0.33	0.33	0.27	0.16
KSI 11	0.33	0.38	0.37	0.36	0.29	0.40

X - KSI

	X7	X8	X9	X10	X11	X12
KSI 1	0.92	0.22	0.33	0.34	0.34	0.34
KSI 2	0.36	0.61	0.92	0.94	0.96	0.94
KSI 3	0.32	0.33	0.49	0.50	0.51	0.50
KSI 4	0.21	0.26	0.40	0.41	0.41	0.40
KSI 5	0.12	0.40	0.11	0.11	0.12	0.10
KSI 6	0.06	0.22	0.21	0.23	0.23	0.22
KSI 7	0.06	0.20	0.21	0.23	0.23	0.22
KSI 8	0.06	0.19	0.20	0.21	0.24	0.26
KSI 9	0.04	0.14	0.16	0.18	0.23	0.28
KSI 10	0.26	0.30	0.08	0.08	0.09	0.08
KSI 11	0.32	0.41	0.26	0.26	0.27	0.25

X - KSI

	X13	X14	X15	X16	X17	X18
KSI 1	0.24	0.27	0.18	0.30	0.31	0.31
KSI 2	0.65	0.66	0.40	0.49	0.51	0.51
KSI 3	0.35	0.38	0.39	0.93	0.96	0.96
KSI 4	0.28	0.31	0.21	0.35	0.36	0.36
KSI 5	0.24	0.25	0.40	0.12	0.12	0.13
KSI 6	0.13	0.13	0.22	0.23	0.25	0.26
KSI 7	0.11	0.12	0.20	0.23	0.24	0.26
KSI 8	0.12	0.12	0.19	0.22	0.23	0.27
KSI 9	0.09	0.09	0.14	0.18	0.19	0.26
KSI 10	0.33	0.53	0.29	0.09	0.08	0.10
KSI 11	0.63	0.47	0.39	0.25	0.25	0.26

X - KSI

	X19	X20	X21	X22	X23	X24
KSI 1	0.29	0.13	0.19	0.08	0.19	0.20
KSI 2	0.48	0.22	0.27	0.16	0.40	0.41
KSI 3	0.89	0.41	0.39	0.14	0.35	0.36

KSI 5	0.11	0.42	0.42	0.41	0.07	0.06
KSI 6	0.26	0.22	0.21	0.22	0.13	0.13
KSI 7	0.26	0.20	0.19	0.20	0.13	0.13
KSI 8	0.31	0.21	0.20	0.20	0.12	0.12
KSI 9	0.33	0.16	0.14	0.14	0.10	0.10
KSI 10	0.09	0.57	0.87	0.30	0.05	0.04
KSI 11	0.24	0.94	0.63	0.36	0.20	0.20

X - KSI

	X25	X26	X27	X28
KSI 1	0.21	0.19	0.08	0.15
KSI 2	0.42	0.40	0.17	0.24
KSI 3	0.37	0.35	0.15	0.21
KSI 4	0.99	0.92	0.39	0.39
KSI 5	0.08	0 08	0.40	0.39
KSI 6	0.17	0.19	0.21	0.20
KSI 7	0.16	0.19	0.19	0.18
KSI 8	0.17	0.23	0.20	0.16
KSI 9	0.16	0.24	0.15	0.14
KSI 10	0.06	0.07	0.54	0.82
KSI 11	0.22	0.21	0.89	0.59

MULTITRAIT MULTIMETHOD MODEL
FACTOR SCORES REGRESSIONS

KSI

	X1	X2	X3	X4	X5	X6
KSI 1	0.06	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01
KSI 2	0.00	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	0.03
KSI 3	0.00	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	0.03
KSI 4	0.00	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	0.02
KSI 5	0.11	0.10	0.09	0.06	0.03	-0.04
KSI 6	0.01	0.19	0.26	0.20	0.12	-0.08
KSI 7	0.01	0.21	0.25	0.18	0.13	-0.08
KSI 8	0.00	0.18	0.19	0.19	0.23	-0.08
KSI 9	-0.01	0.09	0.12	0.20	0.32	-0.08
KSI 10	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	-0.07
KSI 11	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	0.09

KSI

	X7	X8	X9	X10	X11	X12
KSI 1	0.29	-0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
KSI 2	0.03	0.06	0.15	0.16	0.17	0.16
KSI 3	0.03	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02
KSI 4	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02
KSI 5	-0.04	0.13	-0.03	-0.03	-0.04	-0.05
KSI 6	-0.06	0.02	0.00	0.01	0.00	-0.02
KSI 7	-0.08	0.01	0.01	0.01	0.00	-0.01
KSI 8	-0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
KSI 9	-0.07	-0.01	-0.02	-0.01	0.01	0.04
KSI 10	0.05	0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05
KSI 11	-0.02	0.05	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03

KSI

	X13	X14	X15	X16	X17	X18
KSI 1	0.00	0.01	-0.01	0.02	0.02	0.01
KSI 2	0.07	0.07	0.02	0.02	0.02	0.02
KSI 3	0.00	0.01	0.03	0.18	0.19	0.19
KSI 4	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
KSI 5	0.03	0.03	0.12	-0.01	-0.02	-0.02

KSI 7	-0.01	-0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
KSI 8	-0.01	-0.01	0.01	0.00	-0.01	0.01
KSI 9	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	-0.02	0.01
KSI 10	0.01	0.19	0.04	-0.04	-0.05	-0.04
KSI 11	0.19	0.02	0.05	-0.02	-0.02	-0.02

KSI

	X19	X20	X21	X22	X23	X24
KSI 1	0.01	-0.03	-0.01	-0.02	0.01	0.01
KSI 2	0.02	-0.02	-0.01	-0.01	0.02	0.02
KSI 3	0.17	0.04	0.03	-0.01	0.01	0.02
KSI 4	0.01	-0.02	-0.01	0.04	0.18	0.19
KSI 5	-0.03	0.09	0.08	0.13	-0.02	-0.03
KSI 6	-0.01	0.02	0.01	0.03	-0.01	0.00
KSI 7	-0.01	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00
KSI 8	0.02	0.02	0.01	0.02	-0.01	-0.01
KSI 9	0.05	0.01	0.00	0.00	-0.02	-0.02
KSI 10	-0.03	0.06	0.34	0.05	-0.04	-0.04
KSI 11	-0.02	0.34	0.04	0.05	-0.02	-0.02

KSI

	X25	X26	X27	X28
KSI 1	0.01	0.00	-0.03	-0.01
KSI 2	0.02	0.01	-0.02	-0.01
KSI 3	0.02	0.01	-0.02	-0.01
KSI 4	0.21	0.17	0.03	0.03
KSI 5	-0.03	-0.03	0.08	0.08
KSI 6	0.00	-0.01	0.03	0.01
KSI 7	0.00	0.00	0.02	0.01
KSI 8	0.00	0.02	0.02	0.01
KSI 9	0.00	0.04	0.02	0.00
KSI 10	-0.04	-0.03	0.06	0.31
KSI 11	-0.02	-0.02	0.32	0.04

THE PROBLEM USED 132072 BYTES (= 12.4% OF AVAILABLE WORKSPACE

TIME USED: 4.0 SECONDS

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ และค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบที่มีวิธีการให้คะแนนความรู้บางส่วน ตามโมเดล GPCM โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป PARSCALE

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำสั่ง PARSCALE ที่วิเคราะห์ตามโมเดล GPCM

```
ANALYZE FILE ACOOMB.DAT FOR 40 ITEMS
>COMMENT DATA FROM  946 STUDENTS 15 SCHOOLS
>FILE    DFNAME='C:\PSL2\ACOOMB.DAT',SAVE;
>SAVE    SCORE='C:\PSL2\ACOOMB.SCO',INF='C:\PSL2\ACOOMB.INF',
    PARM='C:\PSL2\ACOOMB.PAR';
>INPUT   NIDCH=4,NTOTAL=40,LENGTH=40,NTEST=1,MAXCAT=5;
(4A1,1X,40A1)
>TEST    TNAME='SCIEN1',ITEMS=(1(1)40),NBLOCK=1;
>BLOCK   BNAME=TEST1,NITEMS=40,NCAT=5,ORIginal=(0,1,2,3,4),
    MODIfied=(0,1,2,3,4);
>CAL     PARTIAL,LOGISTIC,SCAle=1.7,NQPTS=7,CYCLES=(30,1,1,1,1),CRIT=0.001;
>SCORE   EAP,PRINT,NAME=EAP;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ANALYZE FILE ACOOMB.DAT FOR 40 ITEMS

>COMMENT DATA FROM 946 STUDENTS 15 SCHOOLS

SCIEN	1	TEST1	1	0001	1	-3.00000	0.1561876956
SCIEN	1	TEST1	1	0001	2	-2.00000	0.2875355308
SCIEN	1	TEST1	1	0001	3	-1.00000	0.4436971638
SCIEN	1	TEST1	1	0001	4	0.00000	0.4479129643
SCIEN	1	TEST1	1	0001	5	1.00000	0.2803550201
SCIEN	1	TEST1	1	0001	6	2.00000	0.1360294925
SCIEN	1	TEST1	1	0001	7	3.00000	0.0625372063
SCIEN	1	TEST1	2	0002	1	-3.00000	0.1012620224
SCIEN	1	TEST1	2	0002	2	-2.00000	0.1498934845
SCIEN	1	TEST1	2	0002	3	-1.00000	0.1939949963
SCIEN	1	TEST1	2	0002	4	0.00000	0.2024306603
SCIEN	1	TEST1	2	0002	5	1.00000	0.1665611650
SCIEN	1	TEST1	2	0002	6	2.00000	0.1142425748
SCIEN	1	TEST1	2	0002	7	3.00000	0.0711181857
SCIEN	1	TEST1	3	0003	1	-3.00000	0.1278843812
SCIEN	1	TEST1	3	0003	2	-2.00000	0.2514859264
SCIEN	1	TEST1	3	0003	3	-1.00000	0.4473836079
SCIEN	1	TEST1	3	0003	4	0.00000	0.5577475278
SCIEN	1	TEST1	3	0003	5	1.00000	0.3926750976
SCIEN	1	TEST1	3	0003	6	2.00000	0.1876186354
SCIEN	1	TEST1	3	0003	7	3.00000	0.0806974173
SCIEN	1	TEST1	4	0004	1	-3.00000	0.1774370787
SCIEN	1	TEST1	4	0004	2	-2.00000	0.3407937384
SCIEN	1	TEST1	4	0004	3	-1.00000	0.5379706245
SCIEN	1	TEST1	4	0004	4	0.00000	0.5150234902
SCIEN	1	TEST1	4	0004	5	1.00000	0.2881671061
SCIEN	1	TEST1	4	0004	6	2.00000	0.1266113627
SCIEN	1	TEST1	4	0004	7	3.00000	0.0541182336
SCIEN	1	TEST1	5	0005	1	-3.00000	0.1650580656
SCIEN	1	TEST1	5	0005	2	-2.00000	0.3497313452
SCIEN	1	TEST1	5	0005	3	-1.00000	0.6475247146
SCIEN	1	TEST1	5	0005	4	0.00000	0.7314326662
SCIEN	1	TEST1	5	0005	5	1.00000	0.3989936502
SCIEN	1	TEST1	5	0005	6	2.00000	0.1528694579
SCIEN	1	TEST1	5	0005	7	3.00000	0.0567399724
SCIEN	1	TEST1	6	0006	1	-3.00000	0.1851786602
SCIEN	1	TEST1	6	0006	2	-2.00000	0.3916468125
SCIEN	1	TEST1	6	0006	3	-1.00000	0.7038197412
SCIEN	1	TEST1	6	0006	4	0.00000	0.7201940469
SCIEN	1	TEST1	6	0006	5	1.00000	0.3582038647
SCIEN	1	TEST1	6	0006	6	2.00000	0.1326548912
SCIEN	1	TEST1	6	0006	7	3.00000	0.0487484940
SCIEN	1	TEST1	7	0007	1	-3.00000	0.1113111315
SCIEN	1	TEST1	7	0007	2	-2.00000	0.1983253086
SCIEN	1	TEST1	7	0007	3	-1.00000	0.3182386480
SCIEN	1	TEST1	7	0007	4	0.00000	0.3829386550
SCIEN	1	TEST1	7	0007	5	1.00000	0.3041705006
SCIEN	1	TEST1	7	0007	6	2.00000	0.1757458404
SCIEN	1	TEST1	7	0007	7	3.00000	0.0891917294
SCIEN	1	TEST1	8	0008	1	-3.00000	0.1689632944
SCIEN	1	TEST1	8	0008	2	-2.00000	0.3231991005
SCIEN	1	TEST1	8	0008	3	-1.00000	0.5149145723
SCIEN	1	TEST1	8	0008	4	0.00000	0.5095555143

SCIEN	1	TEST1	8	0008	5	1.00000	0.2957109388
SCIEN	1	TEST1	8	0008	6	2.00000	0.1327940457
SCIEN	1	TEST1	8	0008	7	3.00000	0.0574561374
SCIEN	1	TEST1	9	0009	1	-3.00000	0.1556577270
SCIEN	1	TEST1	9	0009	2	-2.00000	0.3332906854
SCIEN	1	TEST1	9	0009	3	-1.00000	0.6322149848
SCIEN	1	TEST1	9	0009	4	0.00000	0.7576649068
SCIEN	1	TEST1	9	0009	5	1.00000	0.4308767255
SCIEN	1	TEST1	9	0009	6	2.00000	0.1653920586
SCIEN	1	TEST1	9	0009	7	3.00000	0.0607261774
SCIEN	1	TEST1	10	0010	1	-3.00000	0.2179944846
SCIEN	1	TEST1	10	0010	2	-2.00000	0.4423382508
SCIEN	1	TEST1	10	0010	3	-1.00000	0.7095418368
SCIEN	1	TEST1	10	0010	4	0.00000	0.6025508008
SCIEN	1	TEST1	10	0010	5	1.00000	0.2782161666
SCIEN	1	TEST1	10	0010	6	2.00000	0.1056070992
SCIEN	1	TEST1	10	0010	7	3.00000	0.0405749237
SCIEN	1	TEST1	11	0011	1	-3.00000	0.4670704823
SCIEN	1	TEST1	11	0011	2	-2.00000	0.8209400071
SCIEN	1	TEST1	11	0011	3	-1.00000	0.7391503372
SCIEN	1	TEST1	11	0011	4	0.00000	0.3184312575
SCIEN	1	TEST1	11	0011	5	1.00000	0.1092202205
SCIEN	1	TEST1	11	0011	6	2.00000	0.0382769890
SCIEN	1	TEST1	11	0011	7	3.00000	0.0140193760
SCIEN	1	TEST1	12	0012	1	-3.00000	0.4739317721
SCIEN	1	TEST1	12	0012	2	-2.00000	0.9076307504
SCIEN	1	TEST1	12	0012	3	-1.00000	0.9088660895
SCIEN	1	TEST1	12	0012	4	0.00000	0.3748312955
SCIEN	1	TEST1	12	0012	5	1.00000	0.1163741202
SCIEN	1	TEST1	12	0012	6	2.00000	0.0371409724
SCIEN	1	TEST1	12	0012	7	3.00000	0.0124274540
SCIEN	1	TEST1	13	0013	1	-3.00000	0.2201743990
SCIEN	1	TEST1	13	0013	2	-2.00000	0.4592641649
SCIEN	1	TEST1	13	0013	3	-1.00000	0.7680594133
SCIEN	1	TEST1	13	0013	4	0.00000	0.6632812961
SCIEN	1	TEST1	13	0013	5	1.00000	0.2941839829
SCIEN	1	TEST1	13	0013	6	2.00000	0.1061629427
SCIEN	1	TEST1	13	0013	7	3.00000	0.0390010158
SCIEN	1	TEST1	14	0014	1	-3.00000	0.3619132198
SCIEN	1	TEST1	14	0014	2	-2.00000	0.7589743250
SCIEN	1	TEST1	14	0014	3	-1.00000	1.0529531646
SCIEN	1	TEST1	14	0014	4	0.00000	0.5614767567
SCIEN	1	TEST1	14	0014	5	1.00000	0.1775709671
SCIEN	1	TEST1	14	0014	6	2.00000	0.0545915231
SCIEN	1	TEST1	14	0014	7	3.00000	0.0177071331
SCIEN	1	TEST1	15	0015	1	-3.00000	0.3637624688
SCIEN	1	TEST1	15	0015	2	-2.00000	0.8214393973
SCIEN	1	TEST1	15	0015	3	-1.00000	1.3636328515
SCIEN	1	TEST1	15	0015	4	0.00000	0.7516141358
SCIEN	1	TEST1	15	0015	5	1.00000	0.1995005886
SCIEN	1	TEST1	15	0015	6	2.00000	0.0515366715
SCIEN	1	TEST1	15	0015	7	3.00000	0.0141612801
SCIEN	1	TEST1	16	0016	1	-3.00000	0.2157283272
SCIEN	1	TEST1	16	0016	2	-2.00000	0.4730902158
SCIEN	1	TEST1	16	0016	3	-1.00000	0.8588296341

SCIEN	1	TEST1	16	0016	4	0.00000	0.7973880184
SCIEN	1	TEST1	16	0016	5	1.00000	0.3359802092
SCIEN	1	TEST1	16	0016	6	2.00000	0.1109383750
SCIEN	1	TEST1	16	0016	7	3.00000	0.0375440531
SCIEN	1	TEST1	17	0017	1	-3.00000	0.4278209808
SCIEN	1	TEST1	17	0017	2	-2.00000	1.0010584167
SCIEN	1	TEST1	17	0017	3	-1.00000	1.7652428702
SCIEN	1	TEST1	17	0017	4	0.00000	0.8172924150
SCIEN	1	TEST1	17	0017	5	1.00000	0.1690851023
SCIEN	1	TEST1	17	0017	6	2.00000	0.0360349330
SCIEN	1	TEST1	17	0017	7	3.00000	0.0081479324
SCIEN	1	TEST1	18	0018	1	-3.00000	0.2760724169
SCIEN	1	TEST1	18	0018	2	-2.00000	0.5875546158
SCIEN	1	TEST1	18	0018	3	-1.00000	0.9397499534
SCIEN	1	TEST1	18	0018	4	0.00000	0.6654348593
SCIEN	1	TEST1	18	0018	5	1.00000	0.2447177772
SCIEN	1	TEST1	18	0018	6	2.00000	0.0797225631
SCIEN	1	TEST1	18	0018	7	3.00000	0.0271516132
SCIEN	1	TEST1	19	0019	1	-3.00000	0.3108472704
SCIEN	1	TEST1	19	0019	2	-2.00000	0.6983978260
SCIEN	1	TEST1	19	0019	3	-1.00000	1.1929539980
SCIEN	1	TEST1	19	0019	4	0.00000	0.7817025936
SCIEN	1	TEST1	19	0019	5	1.00000	0.2377164616
SCIEN	1	TEST1	19	0019	6	2.00000	0.0663696995
SCIEN	1	TEST1	19	0019	7	3.00000	0.0196617348
SCIEN	1	TEST1	20	0020	1	-3.00000	0.1448267577
SCIEN	1	TEST1	20	0020	2	-2.00000	0.2998270362
SCIEN	1	TEST1	20	0020	3	-1.00000	0.5546825391
SCIEN	1	TEST1	20	0020	4	0.00000	0.6746456168
SCIEN	1	TEST1	20	0020	5	1.00000	0.4181199890
SCIEN	1	TEST1	20	0020	6	2.00000	0.1748768109
SCIEN	1	TEST1	20	0020	7	3.00000	0.0683314455
SCIEN	1	TEST1	21	0021	1	-3.00000	0.3418298926
SCIEN	1	TEST1	21	0021	2	-2.00000	0.6495317212
SCIEN	1	TEST1	21	0021	3	-1.00000	0.7706282320
SCIEN	1	TEST1	21	0021	4	0.00000	0.4287663310
SCIEN	1	TEST1	21	0021	5	1.00000	0.1619126549
SCIEN	1	TEST1	21	0021	6	2.00000	0.0588357936
SCIEN	1	TEST1	21	0021	7	3.00000	0.0223121990
SCIEN	1	TEST1	22	0022	1	-3.00000	0.2208075130
SCIEN	1	TEST1	22	0022	2	-2.00000	0.4575680198
SCIEN	1	TEST1	22	0022	3	-1.00000	0.7563308806
SCIEN	1	TEST1	22	0022	4	0.00000	0.6473128369
SCIEN	1	TEST1	22	0022	5	1.00000	0.2888897840
SCIEN	1	TEST1	22	0022	6	2.00000	0.1053963095
SCIEN	1	TEST1	22	0022	7	3.00000	0.0391159299
SCIEN	1	TEST1	23	0023	1	-3.00000	0.4422138583
SCIEN	1	TEST1	23	0023	2	-2.00000	1.0049766086
SCIEN	1	TEST1	23	0023	3	-1.00000	1.6494614632
SCIEN	1	TEST1	23	0023	4	0.00000	0.7207486405
SCIEN	1	TEST1	23	0023	5	1.00000	0.1579644170
SCIEN	1	TEST1	23	0023	6	2.00000	0.0357868125
SCIEN	1	TEST1	23	0023	7	3.00000	0.0085849822
SCIEN	1	TEST1	24	0024	1	-3.00000	0.2795931418
SCIEN	1	TEST1	24	0024	2	-2.00000	0.6162412038

SCIEN	1	TEST1	16	0016	4	0.00000	0.7973880184
SCIEN	1	TEST1	16	0016	5	1.00000	0.3359802092
SCIEN	1	TEST1	16	0016	6	2.00000	0.1109383750
SCIEN	1	TEST1	16	0016	7	3.00000	0.0375440531
SCIEN	1	TEST1	17	0017	1	-3.00000	0.4278209808
SCIEN	1	TEST1	17	0017	2	-2.00000	1.0010584187
SCIEN	1	TEST1	17	0017	3	-1.00000	1.7652428702
SCIEN	1	TEST1	17	0017	4	0.00000	0.8172924150
SCIEN	1	TEST1	17	0017	5	1.00000	0.1690851023
SCIEN	1	TEST1	17	0017	6	2.00000	0.0360349330
SCIEN	1	TEST1	17	0017	7	3.00000	0.0081479324
SCIEN	1	TEST1	18	0018	1	-3.00000	0.2760724169
SCIEN	1	TEST1	18	0018	2	-2.00000	0.5975546158
SCIEN	1	TEST1	18	0018	3	-1.00000	0.9397499534
SCIEN	1	TEST1	18	0018	4	0.00000	0.6654348593
SCIEN	1	TEST1	18	0018	5	1.00000	0.2447177772
SCIEN	1	TEST1	18	0018	6	2.00000	0.0797225631
SCIEN	1	TEST1	18	0018	7	3.00000	0.0271516132
SCIEN	1	TEST1	19	0019	1	-3.00000	0.3108472704
SCIEN	1	TEST1	19	0019	2	-2.00000	0.6983978260
SCIEN	1	TEST1	19	0019	3	-1.00000	1.1929539980
SCIEN	1	TEST1	19	0019	4	0.00000	0.7817025936
SCIEN	1	TEST1	19	0019	5	1.00000	0.2377164616
SCIEN	1	TEST1	19	0019	6	2.00000	0.0663696995
SCIEN	1	TEST1	19	0019	7	3.00000	0.0196617348
SCIEN	1	TEST1	20	0020	1	-3.00000	0.1448267577
SCIEN	1	TEST1	20	0020	2	-2.00000	0.2998270362
SCIEN	1	TEST1	20	0020	3	-1.00000	0.5546825391
SCIEN	1	TEST1	20	0020	4	0.00000	0.6746456168
SCIEN	1	TEST1	20	0020	5	1.00000	0.4181199890
SCIEN	1	TEST1	20	0020	6	2.00000	0.1748768109
SCIEN	1	TEST1	20	0020	7	3.00000	0.0683314455
SCIEN	1	TEST1	21	0021	1	-3.00000	0.3418298926
SCIEN	1	TEST1	21	0021	2	-2.00000	0.6495317212
SCIEN	1	TEST1	21	0021	3	-1.00000	0.7706282320
SCIEN	1	TEST1	21	0021	4	0.00000	0.4287663310
SCIEN	1	TEST1	21	0021	5	1.00000	0.1619126549
SCIEN	1	TEST1	21	0021	6	2.00000	0.0588357936
SCIEN	1	TEST1	21	0021	7	3.00000	0.0223121990
SCIEN	1	TEST1	22	0022	1	-3.00000	0.2208075130
SCIEN	1	TEST1	22	0022	2	-2.00000	0.4575680198
SCIEN	1	TEST1	22	0022	3	-1.00000	0.7563308806
SCIEN	1	TEST1	22	0022	4	0.00000	0.6473128369
SCIEN	1	TEST1	22	0022	5	1.00000	0.2888897840
SCIEN	1	TEST1	22	0022	6	2.00000	0.1053963095
SCIEN	1	TEST1	22	0022	7	3.00000	0.0391159299
SCIEN	1	TEST1	23	0023	1	-3.00000	0.4422138583
SCIEN	1	TEST1	23	0023	2	-2.00000	1.0049766086
SCIEN	1	TEST1	23	0023	3	-1.00000	1.6494614632
SCIEN	1	TEST1	23	0023	4	0.00000	0.7207486405
SCIEN	1	TEST1	23	0023	5	1.00000	0.1579644170
SCIEN	1	TEST1	23	0023	6	2.00000	0.0357868125
SCIEN	1	TEST1	23	0023	7	3.00000	0.0085849822
SCIEN	1	TEST1	24	0024	1	-3.00000	0.2795931418
SCIEN	1	TEST1	24	0024	2	-2.00000	0.6162412038

SCIEN	1	TEST1	24	0024	3	-1.00000	1.0475803376
SCIEN	1	TEST1	24	0024	4	0.00000	0.7551600227
SCIEN	1	TEST1	24	0024	5	1.00000	0.2586006575
SCIEN	1	TEST1	24	0024	6	2.00000	0.0781089858
SCIEN	1	TEST1	24	0024	7	3.00000	0.0248340684
SCIEN	1	TEST1	25	0025	1	-3.00000	0.1285758576
SCIEN	1	TEST1	25	0025	2	-2.00000	0.2530442134
SCIEN	1	TEST1	25	0025	3	-1.00000	0.4501148889
SCIEN	1	TEST1	25	0025	4	0.00000	0.5596684830
SCIEN	1	TEST1	25	0025	5	1.00000	0.3922220427
SCIEN	1	TEST1	25	0025	6	2.00000	0.1867575645
SCIEN	1	TEST1	25	0025	7	3.00000	0.0801754886
SCIEN	1	TEST1	26	0026	1	-3.00000	0.2336725147
SCIEN	1	TEST1	26	0026	2	-2.00000	0.4825262869
SCIEN	1	TEST1	26	0026	3	-1.00000	0.7773419217
SCIEN	1	TEST1	26	0026	4	0.00000	0.6297153508
SCIEN	1	TEST1	26	0026	5	1.00000	0.2713845222
SCIEN	1	TEST1	26	0026	6	2.00000	0.0980373134
SCIEN	1	TEST1	26	0026	7	3.00000	0.0362639432
SCIEN	1	TEST1	27	0027	1	-3.00000	0.4673959420
SCIEN	1	TEST1	27	0027	2	-2.00000	0.9127568664
SCIEN	1	TEST1	27	0027	3	-1.00000	0.9531533470
SCIEN	1	TEST1	27	0027	4	0.00000	0.3955183483
SCIEN	1	TEST1	27	0027	5	1.00000	0.1206017249
SCIEN	1	TEST1	27	0027	6	2.00000	0.0377611443
SCIEN	1	TEST1	27	0027	7	3.00000	0.0124080441
SCIEN	1	TEST1	28	0028	1	-3.00000	0.5833679818
SCIEN	1	TEST1	28	0028	2	-2.00000	1.1691505642
SCIEN	1	TEST1	28	0028	3	-1.00000	1.1212335526
SCIEN	1	TEST1	28	0028	4	0.00000	0.3646450228
SCIEN	1	TEST1	28	0028	5	1.00000	0.0932958809
SCIEN	1	TEST1	28	0028	6	2.00000	0.0253254959
SCIEN	1	TEST1	28	0028	7	3.00000	0.0071732607
SCIEN	1	TEST1	29	0029	1	-3.00000	0.1353183882
SCIEN	1	TEST1	29	0029	2	-2.00000	0.2751517404
SCIEN	1	TEST1	29	0029	3	-1.00000	0.5047809031
SCIEN	1	TEST1	29	0029	4	0.00000	0.6309097070
SCIEN	1	TEST1	29	0029	5	1.00000	0.4181843895
SCIEN	1	TEST1	29	0029	6	2.00000	0.1851141874
SCIEN	1	TEST1	29	0029	7	3.00000	0.0749989202
SCIEN	1	TEST1	30	0030	1	-3.00000	0.1188592665
SCIEN	1	TEST1	30	0030	2	-2.00000	0.2022970997
SCIEN	1	TEST1	30	0030	3	-1.00000	0.3009327047
SCIEN	1	TEST1	30	0030	4	0.00000	0.3323064468
SCIEN	1	TEST1	30	0030	5	1.00000	0.2534935396
SCIEN	1	TEST1	30	0030	6	2.00000	0.1488731494
SCIEN	1	TEST1	30	0030	7	3.00000	0.0787687376
SCIEN	1	TEST1	31	0031	1	-3.00000	0.4348730683
SCIEN	1	TEST1	31	0031	2	-2.00000	0.9226066277
SCIEN	1	TEST1	31	0031	3	-1.00000	1.2157986571
SCIEN	1	TEST1	31	0031	4	0.00000	0.5330011406
SCIEN	1	TEST1	31	0031	5	1.00000	0.1459170689
SCIEN	1	TEST1	31	0031	6	2.00000	0.0407075603
SCIEN	1	TEST1	31	0031	7	3.00000	0.0119866617
SCIEN	1	TEST1	32	0032	1	-3.00000	0.4020864568

SCIEN	1	TEST1	32	0032	2	-2.00000	0.8759901601
SCIEN	1	TEST1	32	0032	3	-1.00000	1.2869521356
SCIEN	1	TEST1	32	0032	4	0.00000	0.6190830738
SCIEN	1	TEST1	32	0032	5	1.00000	0.1673308636
SCIEN	1	TEST1	32	0032	6	2.00000	0.0453032361
SCIEN	1	TEST1	32	0032	7	3.00000	0.0129897381
SCIEN	1	TEST1	33	0033	1	-3.00000	0.2832011505
SCIEN	1	TEST1	33	0033	2	-2.00000	0.6330747061
SCIEN	1	TEST1	33	0033	3	-1.00000	1.2476410106
SCIEN	1	TEST1	33	0033	4	0.00000	1.0562173289
SCIEN	1	TEST1	33	0033	5	1.00000	0.3180754272
SCIEN	1	TEST1	33	0033	6	2.00000	0.0803948179
SCIEN	1	TEST1	33	0033	7	3.00000	0.0216627157
SCIEN	1	TEST1	34	0034	1	-3.00000	0.2611286250
SCIEN	1	TEST1	34	0034	2	-2.00000	0.6014002658
SCIEN	1	TEST1	34	0034	3	-1.00000	1.1133864714
SCIEN	1	TEST1	34	0034	4	0.00000	0.9016004307
SCIEN	1	TEST1	34	0034	5	1.00000	0.3005092774
SCIEN	1	TEST1	34	0034	6	2.00000	0.0846149576
SCIEN	1	TEST1	34	0034	7	3.00000	0.0251636624
SCIEN	1	TEST1	35	0035	1	-3.00000	0.3078488004
SCIEN	1	TEST1	35	0035	2	-2.00000	0.5859991260
SCIEN	1	TEST1	35	0035	3	-1.00000	0.7337024535
SCIEN	1	TEST1	35	0035	4	0.00000	0.4469049173
SCIEN	1	TEST1	35	0035	5	1.00000	0.1788786816
SCIEN	1	TEST1	35	0035	6	2.00000	0.0671011937
SCIEN	1	TEST1	35	0035	7	3.00000	0.0261345311
SCIEN	1	TEST1	36	0036	1	-3.00000	0.1524005493
SCIEN	1	TEST1	36	0036	2	-2.00000	0.3357912058
SCIEN	1	TEST1	36	0036	3	-1.00000	0.6582973578
SCIEN	1	TEST1	36	0036	4	0.00000	0.8284634990
SCIEN	1	TEST1	36	0036	5	1.00000	0.4694308374
SCIEN	1	TEST1	36	0036	6	2.00000	0.1725737225
SCIEN	1	TEST1	36	0036	7	3.00000	0.0606490200
SCIEN	1	TEST1	37	0037	1	-3.00000	0.2000073652
SCIEN	1	TEST1	37	0037	2	-2.00000	0.4506561146
SCIEN	1	TEST1	37	0037	3	-1.00000	0.8603519152
SCIEN	1	TEST1	37	0037	4	0.00000	0.8836849700
SCIEN	1	TEST1	37	0037	5	1.00000	0.3826903870
SCIEN	1	TEST1	37	0037	6	2.00000	0.1227855654
SCIEN	1	TEST1	37	0037	7	3.00000	0.0401504946
SCIEN	1	TEST1	38	0038	1	-3.00000	0.3400839303
SCIEN	1	TEST1	38	0038	2	-2.00000	0.7332339660
SCIEN	1	TEST1	38	0038	3	-1.00000	1.1137070360
SCIEN	1	TEST1	38	0038	4	0.00000	0.6414961005
SCIEN	1	TEST1	38	0038	5	1.00000	0.1998270267
SCIEN	1	TEST1	38	0038	6	2.00000	0.0592927064
SCIEN	1	TEST1	38	0038	7	3.00000	0.0186025464
SCIEN	1	TEST1	39	0039	1	-3.00000	0.2367175028
SCIEN	1	TEST1	39	0039	2	-2.00000	0.5207006750
SCIEN	1	TEST1	39	0039	3	-1.00000	0.9261829229
SCIEN	1	TEST1	39	0039	4	0.00000	0.7888288020
SCIEN	1	TEST1	39	0039	5	1.00000	0.3075087758
SCIEN	1	TEST1	39	0039	6	2.00000	0.0981576251
SCIEN	1	TEST1	39	0039	7	3.00000	0.0325059844

SCIEN	1	TEST1	40	0040	1	-3.00000	0.1298006707
SCIEN	1	TEST1	40	0040	2	-2.00000	0.2533279246
SCIEN	1	TEST1	40	0040	3	-1.00000	0.4448278656
SCIEN	1	TEST1	40	0040	4	0.00000	0.5438867507
SCIEN	1	TEST1	40	0040	5	1.00000	0.3794533387
SCIEN	1	TEST1	40	0040	6	2.00000	0.1822780014
SCIEN	1	TEST1	40	0040	7	3.00000	0.0791900438

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
ANALYZE FILE ACOOMB.DAT FOR 40 ITEMS
>COMMENT DATA FROM  946 STUDENTS 15 SCHOOLS
SCIEN        1   40    7
   40
TEST1       40001   0.39998   0.03348  -0.64173   0.07426   0.00000   0.00000
TEST1       40002   0.25300   0.02769  -0.45532   0.10301   0.00000   0.00000
TEST1       40003   0.43789   0.03543  -0.27377   0.06229   0.00000   0.00000
TEST1       40004   0.44217   0.03433  -0.74211   0.06490   0.00000   0.00000
TEST1       40005   0.52283   0.04272  -0.52381   0.05957   0.00000   0.00000
TEST1       40006   0.53187   0.05055  -0.66046   0.06839   0.00000   0.00000
TEST1       40007   0.35477   0.02805  -0.19784   0.06623   0.00000   0.00000
TEST1       40008   0.43451   0.03253  -0.68567   0.06293   0.00000   0.00000
TEST1       40009   0.52790   0.03983  -0.44455   0.05587   0.00000   0.00000
TEST1       40010   0.51032   0.03811  -0.90445   0.06305   0.00000   0.00000
TEST1       40011   0.56616   0.04571  -1.82017   0.09271   0.00000   0.00000
TEST1       40012   0.62225   0.04535  -1.71063   0.07558   0.00000   0.00000
TEST1       40013   0.53782   0.04340  -0.87414   0.06298   0.00000   0.00000
TEST1       40014   0.63319   0.04854  -1.34727   0.06931   0.00000   0.00000
TEST1       40015   0.73626   0.05476  -1.21017   0.05758   0.00000   0.00000
TEST1       40016   0.58734   0.04599  -0.78562   0.06207   0.00000   0.00000
TEST1       40017   0.86032   0.06198  -1.24993   0.05202   0.00000   0.00000
TEST1       40018   0.59300   0.04390  -1.07738   0.05974   0.00000   0.00000
TEST1       40019   0.68434   0.05295  -1.09732   0.06032   0.00000   0.00000
TEST1       40020   0.49092   0.04711  -0.38618   0.07294   0.00000   0.00000
TEST1       40021   0.53443   0.03781  -1.46427   0.07163   0.00000   0.00000
TEST1       40022   0.53172   0.04287  -0.88699   0.06511   0.00000   0.00000
TEST1       40023   0.82479   0.06287  -1.31758   0.05531   0.00000   0.00000
TEST1       40024   0.63629   0.05354  -1.03400   0.06784   0.00000   0.00000
TEST1       40025   0.43884   0.03598  -0.28036   0.06225   0.00000   0.00000
TEST1       40026   0.53578   0.04026  -0.95423   0.06103   0.00000   0.00000
TEST1       40027   0.63303   0.04303  -1.67056   0.06842   0.00000   0.00000
TEST1       40028   0.72918   0.04881  -1.77315   0.06430   0.00000   0.00000
TEST1       40029   0.47030   0.03815  -0.31589   0.06358   0.00000   0.00000
TEST1       40030   0.33008   0.02519  -0.38009   0.06816   0.00000   0.00000
TEST1       40031   0.69860   0.04633  -1.46472   0.05743   0.00000   0.00000
TEST1       40032   0.71282   0.04459  -1.35182   0.05173   0.00000   0.00000
TEST1       40033   0.73784   0.06807  -0.87351   0.06306   0.00000   0.00000
TEST1       40034   0.67547   0.05523  -0.91472   0.05628   0.00000   0.00000
TEST1       40035   0.51427   0.04159  -1.36632   0.07791   0.00000   0.00000
TEST1       40036   0.55318   0.05456  -0.39899   0.06631   0.00000   0.00000
TEST1       40037   0.60563   0.05068  -0.67909   0.05917   0.00000   0.00000
TEST1       40038   0.65173   0.04895  -1.24335   0.06350   0.00000   0.00000
TEST1       40039   0.60440   0.04867  -0.87687   0.05979   0.00000   0.00000
TEST1       40040   0.43223   0.04097  -0.30279   0.07730   0.00000   0.00000
   0.00000   0.88276  -0.44676  -0.43600
   0.00000   0.02797   0.02238   0.01913
```

ตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ และค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ
ที่มีวิธีการให้คะแนนแบบ 0 – 1 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป BILOG

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำสั่ง BILOG

```
>TITLE    ANALYZE FILE CLASS.DAT FOR 40 ITEMS
>COMMENTS DATA FROM 946 STUDENTS 15 SCHOOLS
>GLOBAL DFNAME='C:\BILOG\CLASS.DAT',NPARM=2,LOGISTIC,SAVE;
>SAVE    SCORE='C:\BILOG\CLASS.SCO',PARME='C:\BILOG\CLASS.PAR',
         COV='C:\BILOG\CLASS.COV',TSTAT='C:\BILOG\CLASS.TST';
>LENGTH NITEMS=40;
>INPUT   NTOT=40,NALT=2,NIDC=4,KFNAME='C:\BILOG\CLASS.DAT',
         OFNAME='C:\BILOG\CLASS.DAT';
         (4A1,1X,40A1)
>TEST    TNAME=CLASS;
>CALIB   TPRIOR,SPRIOR,GPRIOR,FLOAT,CYCLES=100,NEWTON=2,CRIT=0.001;
>SCORE   RSCTYPE=4,INFO=2,YCO,POP,NQPt=12;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
>TITLE   ANALYZE FILE CLASS.DAT FOR 40 ITEMS
>COMMENTS DATA FROM 946 STUDENTS 15 SCHOOLS
   1  40
  40
0001CLASS      111      -.488910     .102993    4.747036    9.709433     .000000
                         .107720     .221172    9.351574   20.850590     .000000
0002CLASS      211      -.711328     .102993    6.906593    9.709433     .000000
                         .109015     .221172   13.989080   20.850590     .000000
0003CLASS      311       .296470     .102993   -2.878562    9.709433     .000000
                         .107336     .221172    7.024557   20.850590     .000000
0004CLASS      4 1     -2.990441     .103688   28.840690    9.644295     .000000
                         .000000     .000000     .000000     .000000     .000000
0005CLASS      511      -.719818     .102993    6.989025    9.709433     .000000
                         .109056     .221172   14.166090   20.850590     .000000
0006CLASS      611      1.028565     .102993   -9.986785    9.709433     .000000
                         .113180     .221172   22.289000   20.850590     .000000
0007CLASS      7 1     -2.990441     .103688   28.840690    9.644295     .000000
                         .000000     .000000     .000000     .000000     .000000
0008CLASS      8 1     -2.990441     .103688   28.840690    9.644295     .000000
                         .000000     .000000     .000000     .000000     .000000
0009CLASS      911      -.569920     .102993    5.533597    9.709433     .000000
                         .108112     .221172   11.040660   20.850590     .000000
0010CLASS      10 1    -2.990441     .103688   28.840690    9.644295     .000000
                         .000000     .000000     .000000     .000000     .000000
0011CLASS      11 1    -2.990441     .103688   28.840690    9.644295     .000000
                         .000000     .000000     .000000     .000000     .000000
0012CLASS      12 1    -2.990441     .103688   28.840690    9.644295     .000000
                         .000000     .000000     .000000     .000000     .000000
0013CLASS      13 1    -2.990441     .103688   28.840690    9.644295     .000000
                         .000000     .000000     .000000     .000000     .000000
0014CLASS      14 1    -2.990441     .103688   28.840690    9.644295     .000000
                         .000000     .000000     .000000     .000000     .000000
0015CLASS      1511      .233128     .102993   -2.263539    9.709433     .000000
                         .117400     .221172    5.704078   20.850590     .000000
0016CLASS      1611     -.122056     .102993    1.185092    9.709433     .000000
                         .220820     .221172    1.713969   20.850590     .000000
0017CLASS      17 1    -2.990441     .103688   28.840690    9.644295     .000000
                         .000000     .000000     .000000     .000000     .000000
0018CLASS      18 1    -2.990441     .103688   28.840690    9.644295     .000000
                         .000000     .000000     .000000     .000000     .000000
```

0019CLASS	19 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0020CLASS	20 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0021CLASS	21 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0022CLASS	22 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0023CLASS	2311	-.122056	.102993	1.185092	9.709433	.000000
		.220820	.221172	1.713969	20.850590	.000000
0024CLASS	24 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0025CLASS	25 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0026CLASS	26 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0027CLASS	27 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0028CLASS	28 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0029CLASS	29 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0030CLASS	30 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0031CLASS	31 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0032CLASS	32 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0033CLASS	3311	-.122056	.102993	1.185092	9.709433	.000000
		.220820	.221172	1.713969	20.850590	.000000
0034CLASS	34 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0035CLASS	3511	-.045865	.102993	.445318	9.709433	.000000
		.127203	.221172	.145980	20.850590	.000000
0036CLASS	36 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0037CLASS	37 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0038CLASS	3811	-.122056	.102993	1.185092	9.709433	.000000
		.220820	.221172	1.713969	20.850590	.000000
0039CLASS	39 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
0040CLASS	40 1	-2.990441	.103688	28.840690	9.644295	.000000
		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

>TITLE ANALYZE FILE CLASS.DAT FOR 40 ITEMS
>COMMENTS DATA FROM 946 STUDENTS 15 SCHOOLS

CORRELATIONS AMONG SUBTEST SCORE ESTIMATES:

	CLASS
CLASS	1.000

MEANS AND STANDARD DEVIATIONS OF SCORE ESTIMATES:

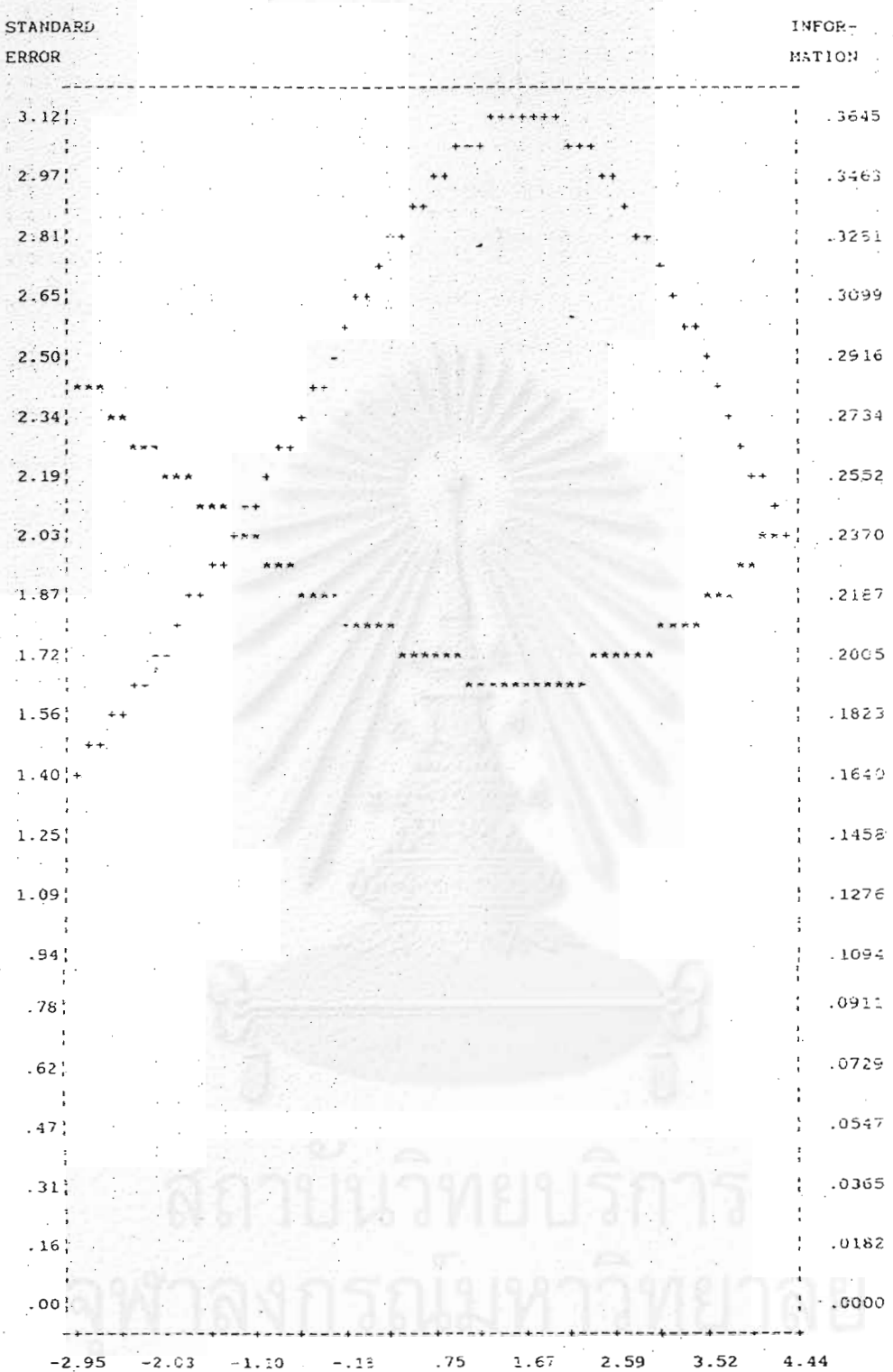
TEST: CLASS
MEAN: -.807
S.D.: .629

1
ITEM INFORMATION STATISTICS FOR SUBTEST CLASS

ITEM	MAXIMUM INFORMATION STANDARD ERROR *	POINT OF MAX INFORMATION STANDARD ERROR *	MAXIMUM EFFECTIVENESS POINT OF MAX EFFECTIVENESS *	AVERAGE INFORMATION INDEX OF RELIABILITY *
0001	.0675	1.7296	.0274	.0605
	.0522*	.3674*	.7707*	.0491*
0002	.1362	1.8458	.0507	.1089
	.1176*	.4024*	.7955*	.0850*
0003	.0347	-.2998	.0145	.0326
	.0274*	.4290*	.7307*	.0271*
0005	.0194	3.4227	.0073	.0168
	.0156*	1.0755*	.7637*	.0141*
0006	.0082	-5.7821	.0025	.0059
	.0063*	2.5392*	.7306*	.0050*
0009	.0098	3.5892	.0039	.0090
	.0076*	1.1379*	.7559*	.0076*
0015	.0088	-.8722	.0037	.0086
	.0070*	.8184*	.7394*	.0072*
0016	.0209	.5401	.0090	.0205
	.0209*	1.8502*	.7435*	.0172*
0023	.0209	.5401	.0090	.0205
	.0209*	1.8502*	.7435*	.0172*
0033	.0209	.5401	.0090	.0205
	.0209*	1.8502*	.7435*	.0172*
0035	.0083	.6833	.0036	.0082
	.0066*	.5492*	.7450*	.0070*
0038	.0209	.5401	.0090	.0205
	.0209*	1.8502*	.7435*	.0172*

1

TEST: CLASS



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายสุพจน์ เกิดสุวรรณ์ เกิดเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2498 ที่อำเภอ ภาชี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สำเร็จการศึกษาปริญญาการศึกษาบัณฑิต วิชาเอกฟิสิกส์ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ปีการศึกษา 2519 นิติศาสตร์บัณฑิต จากมหาวิทยาลัยรามคำแหง ปีการศึกษา 2527 และการศึกษามหาบัณฑิตสาขาการวัดผลการศึกษา จากมหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ปีการศึกษา 2536 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2541 ปัจจุบันรับราชการครูในตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7 โรงเรียนสุธีวิทยา อำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี สังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย