การพัฒนาแบบทดสอบและการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

วิทยานิพนธ์

ของ

พรวิมล ระวันประโคน

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา

กรกฎาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาแบบทดสอบและการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

วิทยานิพนธ์

ของ

พรวิมล ระวันประโคน

พหุน ปญ ศิโต ชีเว

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

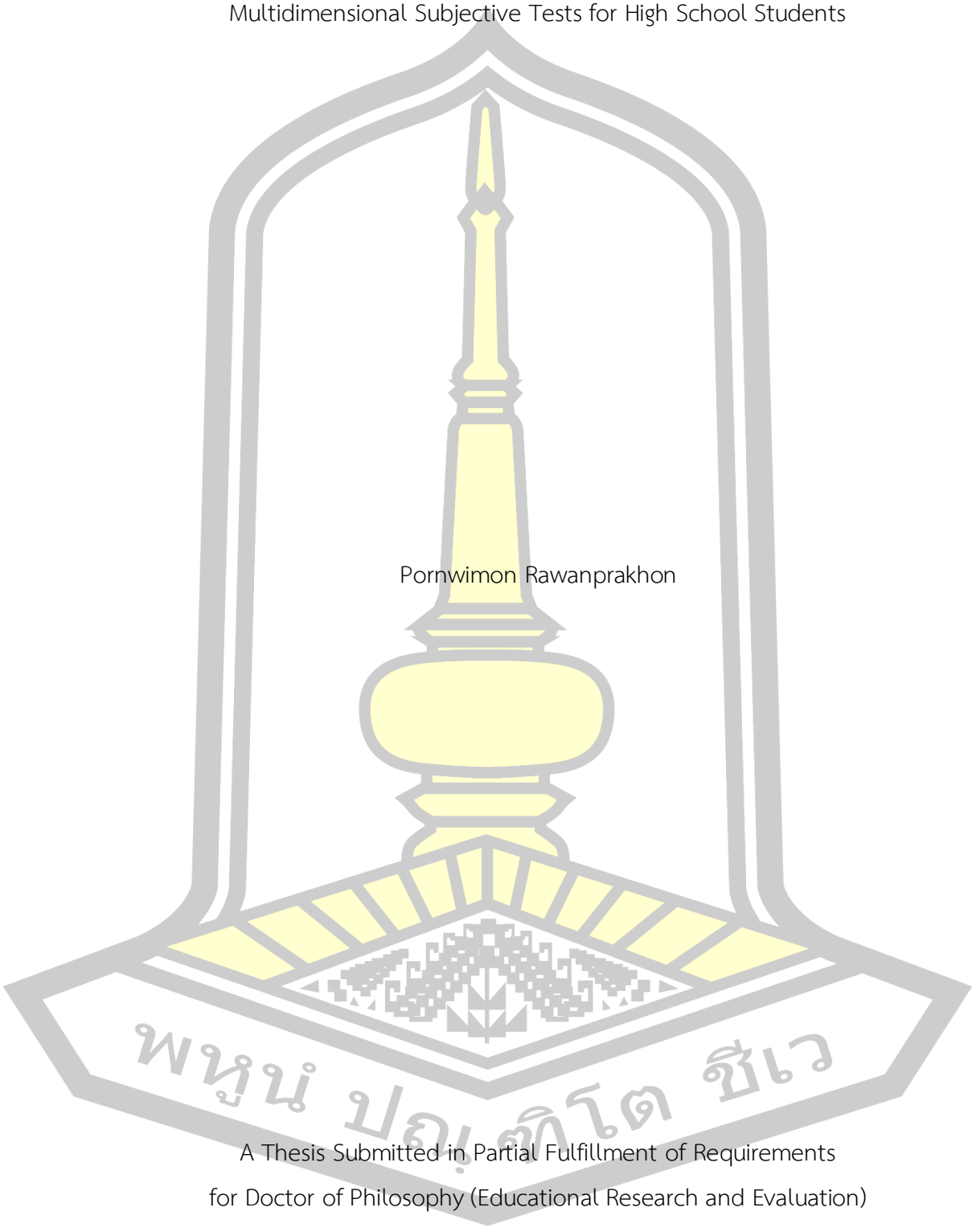
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา

กรกฎาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

The Development of Test and Estimation of Metacognitive Abilities with Multidimensional Subjective Tests for High School Students

Pornwimon Rawanprakhon



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Doctor of Philosophy (Educational Research and Evaluation)

July 2019

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวพรวิมล ระวันประโคน แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. ประเสริฐ เรือนนะการ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รศ. ดร. สมบัติ ท้ายเรือคำ)

.....กรรมการ
(อ. ดร. ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผศ. ดร. พัชรี จันทร์เพ็ง)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. พชรวิทย์ จันทร์ศิริสิร)
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบและการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
ผู้วิจัย พรวิมล ระวันประโคน
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. สมบัติ ท้ายเรือคำ
ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต **สาขาวิชา** วิจัยและประเมินผลการศึกษา
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัย พหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และ 2) เพื่อประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 1,222 คน จาก 29 โรงเรียน ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่ายโดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากการคำนวณ 20 เท่าของ พารามิเตอร์ เครื่องมือเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ จำนวน 9 ข้อ สถิติที่ใช้ คือ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) การคำนวณค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาและวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ ใช้ค่าความเชื่อมั่น EAP Reliability โมเดลพหุมิติ Multidimensional Random Coefficients Multinomial Logit Model (MRCMLM) และการประมาณค่าแบบมาร์จิแน็ลแม็คซิมัมไลค์ลิฮูด (Marginal Maximum-Likelihood ; MML)

ผลการวิจัยพบว่า

1. แบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ มีจำนวน 9 ข้อ ประกอบด้วยสถานการณ์ และข้อคำถามที่เป็นพหุมิติในแต่ละข้อ มีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ โดยโมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติมีความเหมาะสมกว่าโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ (Deviance Statistic ของ โมเดลพหุมิติ = 29,870.16805 โมเดลเอกมิติ = 30,179.99250) และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีค่าสถิติไคสแควร์ เท่ากับ 3.972 (df = 3, p = 0.265) GFI = .995, AGFI = .985, RMR = .0048, RMSEA = 0.0163 มีค่าความเชื่อมั่นโดยการวิเคราะห์พหุมิติ (EAP reliability) เท่ากับ

0.846, 0.853, 0.845, 0.717, 0.787 และ 0.714 ตามลำดับ

2. ผลการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานเป็นค่าความสามารถประจำระดับการให้คะแนนในแต่ละข้อ และแยกตามมิติที่ข้อคำถาม เมื่อผู้ตอบได้คะแนนในระดับใดจะสามารถให้คำตอบได้ทันทีว่า ผู้ตอบคนนั้นมีค่าความสามารถในแต่ละมิติอยู่เท่าใด ซึ่งในการแปลความหมายของคะแนนความสามารถการคิดอภิมาน จะใช้เกณฑ์จุดตัดความสามารถการคิดอภิมานที่มีคะแนนจุดตัด 4 จุดตัด แบ่งระดับความสามารถของนักเรียนออกเป็น 5 ระดับ

คำสำคัญ : การคิดอภิมาน, แบบทดสอบอัตนัย, ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ, การประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมาน

พหุ ปณ ฑิโต ชีเว

TITLE The Development of Test and Estimation of Metacognitive Abilities with Multidimensional Subjective Tests for High School Students

AUTHOR Pornwimon Rawanprakhon

ADVISORS Associate Professor Sombat Tayraukham , Ph.D.

DEGREE Doctor of Philosophy **MAJOR** Educational Research and Evaluation

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2019

ABSTRACT

The purposes of this research were to: 1) develop a multidimensional subjective metacognitive-ability test for high school students 2) estimate metacognitive abilities with the multidimensional subjective metacognitive-ability test of high school students. The sample consisted of 1,222 high school students from schools under the Office of Secondary Educational Service Area in the Northeastern region. The number of students from 29 schools was obtained by simple random sampling technique using schools as random units. The sample size was calculated 20 times the parameters. The tool was the multidimensional subjective metacognitive-ability test of 9 items. The statistics used were mean, standard deviation, confirmatory factor analysis, alpha coefficient, EAP reliability, Multidimensional Random Coefficients multinomial logit model (MRCMLM) and marginal maximum-likelihood estimation method; MML.

The findings were as follows:

1. The multidimensional subjective metacognitive-ability test had 9 items which consist of situations and questions that were multidimensional in each. The model analyzed by multidimensional methods showed the construct validities of test that the multidimensional metacognitive-ability model was better fitting model than the Unidimensional model. (Deviance statistic of multidimensional approach =

29,870.16805, composite approach = 30,179.99250) Analyzing a Confirmatory factor analysis method : CFA, the model was fit to the empirical data indicated by X^2 = 3.972 (df = 3, p = 0.265) GFI = .995, AGFI = .985, RMR = .0048, RMSEA = 0.0163. In addition the EAP reliabilities of test were 0.846, 0.853, 0.845, 0.717, 0.787 and 0.714 respectively.

2. The estimation of the metacognitive ability was the ability of the scoring level each item and separated by the dimension of the question. When the respondents received a score at any level, he/she could immediately knew that how much score they had and how much ability they were in each dimension. Interpretation of the ability score, using cutting score with 4 intersection points which divided the level of students' abilities into 5 levels.

Keyword : Metacognition, Subjective test, Multidimensional Item Response Theory, Metacognition Ability Estimation

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์และสำเร็จได้ด้วยความเมตตากรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ เรือนนะการ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร.ทัศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรี จันทร์เพ็ง กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ทุ่มเทเพื่อความสำเร็จของศิษย์ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ ให้กำลังใจ ความช่วยเหลือ รับฟังและช่วยแก้ไขปัญหาทุกอย่างจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเสมอมา ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์จนมีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษาทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในการศึกษาในระดับปริญญาเอก ตลอดจนประสบการณ์ในงานวิชาการอันมีคุณค่ายิ่งที่หล่อหลอมให้เกิดกระบวนการทางปัญญา โดยเฉพาะ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน ที่ให้ความใส่ใจ ห่วงใย คอยสอบถามความก้าวหน้าในการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้ข้อแนะนำและข้อเสนอแนะที่มีคุณค่าเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความเมตตา กรุณาช่วยเหลือในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในการสร้างทุกขั้นตอน และให้คำชี้แนะในการปรับปรุงแก้ไขจนมีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหาร ครูอาจารย์ โรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้กรุณาอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทำให้การวิจัยสำเร็จลงได้ด้วยดี และขอบคุณนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดียิ่งในการตอบแบบทดสอบ ทำให้ได้ข้อมูลที่ดีและสมบูรณ์ ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.สุชาติ หอมจันทร์ และอาจารย์ ดร.วนิดา หอมจันทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ชี้แนะแนวทางในการช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาเอกสาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา และสาขาวิชาจิตวิทยาการศึกษาและการแนะแนวทุกท่าน ที่ร่วมทุกข์ร่วมสุข มีส่วนช่วยเหลือและให้กำลังใจด้วยดีมาตลอด ตลอดจนท่านอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่ง ที่เป็นพลัง เป็นกำลังใจ ตลอดจนให้ความห่วงใยด้วยดีเสมอมา

พรวิมล ระวันประโคน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพประกอบ ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามวิจัย 9

จุดมุ่งหมายของการวิจัย 10

ความสำคัญของการวิจัย 10

ขอบเขตของการวิจัย 11

นิยามศัพท์เฉพาะ 14

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

การคิดอภิมาน (Metacognition) 18

ข้อสอบอัตนัย (Subjective or Essay Test) 62

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Multidimensional Item Response Theory) 87

การพัฒนาข้อสอบตามแนวคิดพหุมิติ 123

กระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมาน 132

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 165

งานวิจัยในประเทศ 165

งานวิจัยต่างประเทศ 170
กรอบแนวคิดในการวิจัย 173
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 176
ระยะที่ 1 การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย 176
ระยะที่ 2 การประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย 196
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 205
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล 205
ขั้นตอนการนำเสนอข้อมูล 206
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 207
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 265
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 265
สรุปผล 265
อภิปรายผล 270
ข้อเสนอแนะ 277
บรรณานุกรม 278
ภาคผนวก 293
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ 294
ภาคผนวก ข หนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ 297
ภาคผนวก ค หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการทำวิจัย 317
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 347
ประวัติผู้เขียน 356

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 สรุปแนวคิดของนักการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของการคิดอภิมาน 32

ตาราง 2 แบบทดสอบวัดการคิด กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ ลักษณะแบบทดสอบและคุณภาพแบบทดสอบ 46

ตาราง 3 ตัวอย่างผังข้อสอบสำหรับแบบวัดความสามารถทางการคิดทั่วไป 51

ตาราง 4 ตัวอย่างเกณฑ์ในการให้คะแนนแบบภาพรวม (Holistic Scoring Rubric).....77

ตาราง 5 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกส่วน (Analytical Scoring Rubric).....78

ตาราง 6 คะแนนเต็มและคะแนนรายข้อของผู้สอบที่ได้คะแนนอยู่ในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ 84

ตาราง 7 การวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบแบบอัตนัย.....84

ตาราง 8 เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนกข้อสอบ 85

ตาราง 9 เกณฑ์การพิจารณาค่าดัชนีความยาก.....86

ตาราง 10 ค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบแบบอัตนัย.....86

ตาราง 11 สรุปความแตกต่างของการวิเคราะห์องค์ประกอบและโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ 90

ตาราง 12 ช่วงการพิจารณาค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อตามประเภทการสอบ 122

ตาราง 13 การตีความหมายของระดับค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อ 122

ตาราง 14 การกำหนดเนื้อหาและน้ำหนักของเนื้อหา (ตัวอย่างวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องสมการ) 125

ตาราง 15 การกำหนดพฤติกรรม (มิติ) ที่ต้องการวัด เนื้อหา สมบัติของการเท่ากันของการบวกและลบ 126

ตาราง 16 การกำหนดพฤติกรรม(มิติ) ที่ต้องการวัด เนื้อหา สมบัติของการเท่ากันของการคูณและหาร 126

ตาราง 17 การกำหนดพฤติกรรม (มิติ) ที่ต้องการวัด เนื้อหาการแก้สมการ 126

ตาราง 18 การกำหนดพฤติกรรม (มิติ) ที่ต้องการวัดเนื้อหาโจทย์สมการ 127

ตาราง 19 แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของการระบุกระบวนการพุทธิปัญญากับข้อสอบ (Q-Matrix) 129

ตาราง 20 ตัวอย่างข้อสอบที่พัฒนาโดยการประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองพหุมิติ 131

ตาราง 21 ตัวแปรและค่าพารามิเตอร์ในโมเดล 147

ตาราง 22 สัญลักษณ์ที่ใช้ในโมเดล 148

ตาราง 23 เกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดล 152

ตาราง 24 องค์ประกอบและนิยามเกี่ยวกับการคิดอภิมาน 177

ตาราง 25 องค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อยของการคิดอภิมาน 178

ตาราง 26 ผังข้อสอบวัดความสามารถทางการคิดอภิมาน 179

ตาราง 27 แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความตรงเชิงโครงสร้างและความเหมาะสมของการระบุองค์ประกอบการคิดอภิมานกับข้อสอบ (Q-Matrix) 183

ตาราง 28 เกณฑ์การให้คะแนนคำตอบในการคิดอภิมานของนักเรียน 186

ตาราง 29 แสดงจำนวนตัวอย่างที่ใช้ทดลองหาคุณภาพของแบบทดสอบการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ 192

ตาราง 30 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานโดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ 207

ตาราง 31 ค่าสถิติพื้นฐานและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของข้อคำถามความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ 208

ตาราง 32 สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแฝงของความสามารถการคิดอภิมาน (n = 1,222) 210

ตาราง 33 การเปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลความสามารถการคิดอภิมานเอกมิติและพหุมิติ (n = 1,222) 211

ตาราง 34 ความสอดคล้องระหว่างโมเดลความสามารถการคิดอภิมานแบบพหุมิติกับข้อคำถามรายข้อ (n = 1,222) 212

ตาราง 35 ค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถาม ด้วยการวิเคราะห์โมเดลเอกมิติ 217

ตาราง 36 ค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถาม ในมิติที่ 1 ด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge :K1) 220

ตาราง 37 ค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถาม ในมิติที่ 2 ด้านความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (Procedural Knowledge : K2) 223

ตาราง 38 ค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถาม ในมิติที่ 3 ด้านความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge: K3) 226

ตาราง 39 ค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถาม ในมิติที่ 4 ด้านประสบการณ์การวางแผน (Planning : K4) 229

ตาราง 40 ค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 5 ด้านประสบการณ์การตรวจสอบ (Monitoring : K5) 232

ตาราง 41 ค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถามในมิติ ที่ 6 ด้านประสบการณ์การประเมินผล (Evaluating : K6) 235

ตาราง 42 ค่าขั้นความยาก (Threshold) ในแต่ละมิติ 236

ตาราง 43 เกณฑ์จุดตัดความสามารถการคิดอภิมาน มิติที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge : K1) 238

ตาราง 44 เกณฑ์จุดตัดความสามารถการคิดอภิมาน มิติที่ 2 ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (Procedural Knowledge : K2) 240

ตาราง 45 เกณฑ์จุดตัดความสามารถการคิดอภิมาน มิติที่ 3 ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge : K3) 241

ตาราง 46 เกณฑ์จุดตัดความสามารถการคิดอภิมาน มิติที่ 4 ประสบการณ์ด้านการวางแผน (Planning : K4) 242

ตาราง 47 เกณฑ์จุดตัดความสามารถการคิดอภิมาน มิติที่ 5 ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (Monitoring : K5) 243

ตาราง 48 เกณฑ์จุดตัดความสามารถการคิดอภิมาน มิติที่ 6 ประสบการณ์ด้านการประเมินผล (Evaluating : K6) 244

ตาราง 49 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบพหุมิติ 245

ตาราง 50 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ (n = 1,222) 247

ตาราง 51 เมตริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละตัวแปร..... 249

ตาราง 52 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความสัมพันธ์ระหว่าง 9 ข้อคำถามกับองค์ประกอบความสามารถการคิดอภิมาน 251

ตาราง 53 ผลการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานจำแนกตามระดับขั้นการตอบของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมาน 6 มิติ จำนวน 9 ข้อ..... 254

ตาราง 54 ค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนคนที่ 1..... 257

ตาราง 55 ค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนคนที่ 2..... 259

ตาราง 56 ค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนคนที่ 3..... 262

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 1 หลักการสร้างแบบวัดความสามารถทางการคิด 49

ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนของการพัฒนาแบบวัดความสามารถทางการคิด 53

ภาพประกอบ 3 แนวคิดเอกมิติ (Unidimensionality) (A) พหุมิติระหว่างข้อสอบ (Between-Items Multidimensionality) (B) และพหุมิติภายในข้อสอบ (Within-Items Multidimensionality) (C) 95

ภาพประกอบ 4 แบบเอกมิติรวม (Composite Approach) 96

ภาพประกอบ 5 ภาพพื้นผิวการตอบสนองข้อสอบของ MGPC กับค่าพารามิเตอร์ $\beta_{iu} = 0, -2.5, -1.5, .5 \; and \; a_i = [1.2.7]$ 104

ภาพประกอบ 6 ภาพพื้นผิวของคะแนนที่คาดหวังของข้อคำถามจากภาพประกอบ 5 105

ภาพประกอบ 7 ภาพพื้นผิวการตอบข้อคำถามของโมเดล Kelderman และ Rijkes ของคำตอบที่ต้องการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานใน 2 มิติ 107

ภาพประกอบ 8 พื้นผิวของคะแนนที่คาดหวังของโมเดล Kelderman และ Rijkes ของคำตอบในภาพประกอบ 7 108

ภาพประกอบ 9 พื้นผิวของคะแนน 4 ระดับในการตอบข้อคำถามตามโมเดล Grade Response .. 111

ภาพประกอบ 10 พื้นผิวของคะแนนที่คาดหวังของข้อคำถามในภาพประกอบ 9 112

ภาพประกอบ 11 กระบวนการประมาณค่าคุณลักษณะรายบุคคล 134

ภาพประกอบ 12 หลักการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน 146

ภาพประกอบ 13 โมเดลที่ได้หลังจากการศึกษาทฤษฎี 147

ภาพประกอบ 14 กรอบแนวคิดในการวิจัย 175

ภาพประกอบ 15 โมเดลการตอบสนองข้อสอบพหุมิติแบบพหุมิติภายในข้อสอบ (Within–Items Multidimensional IRT Model) 179

ภาพประกอบ 16 เมตริกซ์การสร้างข้อสอบ 180

ภาพประกอบ 17 โมเดลการวัดความสามารถในการคิดอภิมาน 181

ภาพประกอบ 18 กระบวนการประมาณค่าคุณลักษณะพหุมิติจำแนกตามสเกลรายการคำตอบ 198

ภาพประกอบ 19 กระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติ 199

ภาพประกอบ 20 ขั้นตอนการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยพหุมิติ และการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมาน 204

ภาพประกอบ 21 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนและการประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ ด้วยการวิเคราะห์โมเดลเอกมิติรวม 216

ภาพประกอบ 22 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนและการประมาณค่าความยากในแต่ละ Threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 1ด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (K1) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ 219

ภาพประกอบ 23 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนและการประมาณค่าความยากในแต่ละ Threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 2 ด้านความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (Procedural Knowledge) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ 222

ภาพประกอบ 24 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนและการประมาณค่าความยากในแต่ละ Threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 3 ด้านความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ 225

ภาพประกอบ 25 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนและการประมาณค่าความยากในแต่ละ Threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 4 ด้านประสบการณ์การวางแผน (Planning) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ 228

ภาพประกอบ 26 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนและการประมาณค่าความยากในแต่ละ Threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 5 ด้านประสบการณ์การตรวจสอบ (Monitoring) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ 231

ภาพประกอบ 27 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนและการประมาณค่าความยากในแต่ละ Threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 6ด้านประสบการณ์การประเมินผล (Evaluating) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ 234

ภาพประกอบ 28 โมเดลความสามารถการคิดอภิมาน ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน 250

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ต้องก้าวข้ามสาระวิชาไปสู่การเรียนรู้ทักษะเพื่อการดำรงชีวิต ที่ครูต้องลดการสอนให้น้อยลงแต่ต้องออกแบบการเรียนรู้และอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้นักเรียนเรียนรู้จากการลงมือทำและเรียนรู้จากการค้นคว้าด้วยตนเอง การศึกษาในศตวรรษที่ 21 ต้องเตรียมคนออกไปทำงานที่ใช้ความรู้ (Knowledge Worker) และเป็นบุคคลพร้อมเรียนรู้ (Learning Person) ไม่ว่าบุคคลจะประกอบอาชีพใด (วิจารณ์ พานิช, 2555) สังคมทุกวันนี้เป็นสังคมยุคข่าวสารไร้พรมแดน เนื่องจากอินเทอร์เน็ตทำให้โลกแคบลง ข้อมูลความรู้ ข่าวสารต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา บุคคลจึงต้องอาศัยทักษะการคิดวิเคราะห์และการตัดสินใจในการรับข้อมูลข่าวสาร สังคมไทยจึงต้องเตรียมผู้เรียนให้พร้อมสำหรับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว นอกจากนี้สภาพสังคมไทยตกอยู่ในสภาพวิกฤตอันเป็นผลมาจากความอ่อนแอทางความคิด คนไทยจึงเป็นคนเชื่อคนง่าย ถูกหลอกบ่อย ๆ ฟังอะไรไม่เคยตรวจสอบความจริง ตีความสถานการณ์ต่าง ๆ ผิดเพี้ยนไปจากความจริง ชอบลอกเลียนแบบ ไม่มีความคิดสร้างสรรค์เมื่อมีปัญหาก็แก้ด้วยวิธีผิด ๆ เช่น แก้ความจนด้วยการซื้อหวย แก้ความผิดหวังด้วยการฆ่าตัวตายหรือแก้ปัญหาทางการเงินด้วยการกู้ (ชนาธิป พรกุล, 2554) สภาพสังคมเช่นนี้จึงเป็นสังคมที่ขาดความมั่นคง เปราะบาง และพร้อมที่จะถูกชักจูงไปในทิศทางต่าง ๆ ผู้คนขาดความมั่นใจ รู้สึกไม่ปลอดภัย ดัชนีความสุขต่ำ ซึ่งเป็นผลของการคิดไม่เป็นมีความหมายรวมถึง การคิดผิด และการไม่คิด ซึ่งสาเหตุสำคัญของการคิดไม่เป็นเนื่องจากระบบการศึกษาของไทยที่มีการเรียนแบบท่องจำ ครูคอยป้อนความรู้ให้นักเรียนและให้นักเรียนเชื่อฟังไม่โต้แย้ง คอยปฏิบัติตามที่ครูบอก จึงทำให้นักเรียนคิดไม่เป็น (ชนาธิป พรกุล, 2554) ดังนั้นการจะทำให้บุคคลเป็นผู้ที่มีความรู้ที่เพียงพอเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงนั้น จะต้องเตรียมให้ผู้เรียนรู้จักใช้ความสามารถเฉพาะตนในการวิเคราะห์ ค้นหาข้อมูลความรู้และข้อมูลนั้นอย่างมีประสิทธิภาพ เข้าใจบทบาทของตน เข้าใจบทบาทของสื่อที่มีรูปแบบที่หลากหลาย สามารถใช้วิจารณญาณ วิเคราะห์ วิจารณ์ แยกแยะ แก้ปัญหา สร้างสรรค์อย่างชาญฉลาดให้เหมาะสมกับสังคมแห่งข้อมูลข่าวสารที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอด ความสามารถในการคิดส่วนบุคคลจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ผู้เรียนรู้ว่า เขาจะเรียนรู้เมื่อไร อย่างไร และทำไมเขาต้องเรียนรู้ ทำไมความรู้เดิมของเขาจึงใช้ไม่ได้หรือไม่เหมาะสมกับเหตุการณ์ปัจจุบันที่เกิดขึ้น (วราวรรณ จันทรานุวงศ์, 2557) ทักษะสำคัญในศตวรรษนี้จึงเป็นทักษะของการเรียนรู้ (Learning Skills) และการคิด

การเรียนรู้ที่มีความหมายคือการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างถาวรหรือมีความรู้ความเข้าใจและสามารถนำความรู้ไปใช้ได้ สามารถถ่ายโยงความรู้สู่ชีวิตจริงได้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544) กระบวนการเรียนรู้ที่มีความหมายคือการให้ผู้เรียนใช้กระบวนการเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Pinkerton, 1999) จากการเปลี่ยนแปลงทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นครูเป็นสำคัญ (Teacher-Centered) มาสู่การเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (Learner-Centered) การเรียนรู้เปลี่ยนจากการถ่ายโอนความรู้จากครูสู่ผู้เรียน มาเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Construct of Knowledge) ที่เรียกว่าทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งหมายถึง การที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการตีความหมายและสร้างความหมายข้อมูลตามความเชื่อ ความเข้าใจส่วนบุคคล ซึ่งอยู่บนพื้นฐานความรู้เดิมที่มีอยู่เชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ตลอดจนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้ และการที่ผู้เรียนจะสามารถสร้างความรู้ได้นั้น ผู้เรียนต้องใช้ทักษะการคิดและกระบวนการคิดเป็นเครื่องมือในการสร้างองค์ความรู้ อันเป็นขั้นตอนสำคัญ ในกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยปกติแล้วความเชื่อและการรับรู้ของนักเรียนด้านการเรียนการสอนจะเป็นอุปสรรคที่สำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียน (Gunstone, 1992) ถ้าสามารถทำให้นักเรียนเข้าใจว่าตนคือบุคคลที่จะต้องเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง และด้วยวิธีการที่หลากหลาย เขาก็จะมีเป้าหมายในการเรียน สามารถวางแผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง สามารถควบคุมการเรียนของเขาอย่างมีจุดหมาย รู้จักใช้วิจารณญาณในการพิจารณา มีการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ที่จะทำให้เขาเรียนรู้อย่างประสบความสำเร็จได้ (วราวรรณ จันทรานุวงศ์, 2557) โดยพฤติกรรมดังกล่าวเป็นความสามารถในการควบคุมและประเมินการคิดของตนเอง หรือที่เรียกว่าการคิดอภิมาน (Metacognition)

การคิดอภิมานหรือ Metacognition ในภาษาไทยมีนักการศึกษาไทยได้ใช้คำไว้แตกต่างกัน อาทิ อภิปัญญา การคิดอภิมานหรือเมตาคอกนิชัน งานวิจัยเรื่องนี้ใช้คำว่า “การคิดอภิมาน” (Metacognition) ซึ่งเป็นที่รู้กันว่า Flavell เป็นผู้ริเริ่มใช้คำนี้ตั้งแต่ช่วงต้นยุค 1970 โดย Flavell (1979) ให้ความหมายของการคิดอภิมานไว้ว่า หมายถึง ความรู้หรือความคิดของบุคคลเกี่ยวกับการใช้กระบวนการคิดของตน (Cognition About Cognition) และผลิตผลของการคิดหรือ สิ่งอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับกระบวนการคิด และมีนักการศึกษาอื่น ๆ ให้ความหมายไว้ว่าความรู้ความเข้าใจของบุคคลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางปัญญา เป็นการคิดเกี่ยวกับความคิด หรือการสะท้อนการรู้คิด การตระหนักรู้ การคิดวางแผนเกี่ยวกับตนเอง การจัดการกับภาระงาน การควบคุมตนเองและควบคุมความรู้ตลอดจนการควบคุมกระบวนการมีการตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพ การควบคุมผลอย่างต่อเนื่อง และการประสานกิจกรรม ผ่านกระบวนการสร้างและรวบรวมข้อมูล ซึ่งการใช้กลวิธีอภิมานกระตุ้นความคิดของนักเรียนสามารถนำไปสู่การเรียนรู้ในขั้นที่สูงขึ้น ทำให้มีการปรับเปลี่ยนการคิดของตนเองให้เหมาะสมจนทำงานสำเร็จได้ (Brown and Smiley, 1977 ; Brown, 1987 ; Schoenfeld, 1987 ; Weinert, 1987 ; Marzano and others, 1988 ; Schraw and Dennison, 1994 ; Anderson,

2002 ; Lee and Bayer, 2006 and Yang, 2009) การคิดอภิมานเป็นสิ่งสำคัญมากเพราะช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นโดยการวางแผน การกำกับตนเอง และการประเมินตนเอง กลยุทธ์การคิดอภิมานช่วยเพิ่มการเรียนรู้ ความรู้ความเข้าใจ ความตั้งใจ แรงจูงใจและความจำของผู้เรียนและยังลดความบกพร่องทางการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วย โดยครูอาจช่วยผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการช่วยพัฒนาทักษะการคิด (Ya-Hui, 2012) นอกจากนี้การคิดอภิมานมีผลต่อการได้มาซึ่งความรู้ ความเข้าใจความคงทนและการประยุกต์ใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้ มีผลต่อการเรียนรู้ การคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ ความตระหนักในการคิดอภิมานช่วยให้สามารถควบคุมหรือกำกับตนเองให้อยู่เหนือกระบวนการคิดและกระบวนการเรียนรู้และผลิตผลของการคิด การคิดอภิมานจึงมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ในฐานะที่เป็นสิ่งนำบุคคลในการเรียนรู้ด้านปัญญา และใช้ในการช่วยเหลือนักเรียนเกี่ยวกับกลวิธีการเรียนรู้ทักษะในศตวรรษที่ 21 (Hartman, 1998) ผู้เรียนจะสามารถเข้าใจในยุทธวิธีต่าง ๆ เกี่ยวกับการเรียนรู้และจะประสบความสำเร็จในระดับสูงเมื่อเขามีโอกาสได้ใช้คลังความรู้ที่มีอยู่ในตัวเขาด้วยความสามารถของเขาเอง ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องมือในการชี้ให้เห็นกระบวนการคิด เพราะเป็นการควบคุมตนเองอย่างดีเยี่ยมเพื่อให้ตนบรรลุผลในการเรียน (Brown, 1987 ; Flavell, 1979) ดังนั้น การคิดอภิมานจึงมีความสำคัญยิ่งในการเรียนรู้ เพราะเป็นสิ่งสำคัญในการแก้ปัญหา การตัดสินใจ การสร้างความหมายในสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

จากความสำคัญของการคิดอภิมาน หากครูได้รู้ข้อมูลเกี่ยวกับการคิดอภิมานของผู้เรียนก็จะทำให้สามารถวางแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมและพัฒนาทักษะทางการคิดของผู้เรียนได้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ดังนั้น ครูจึงควรทำความเข้าใจถึงความสามารถการคิดอภิมานที่มีอยู่ในตัวผู้เรียน เพื่อที่จะได้ช่วยหาทางส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่และถูกต้อง จึงควรมีเครื่องมือตรวจสอบการคิดอภิมานของผู้เรียน ดังที่ Chase and Ericsson (1982) ให้ข้อเสนอแนะว่าเครื่องมือที่ใช้วัดการคิดอภิมานของผู้เรียนได้นั้นต้องสามารถบอกได้ว่า ผู้เรียนได้ตระหนักในการรู้คิดของตนเอง เข้าใจแผนการและกิจกรรมที่กำลังทำ พร้อมทั้งสามารถเลือกกลวิธีในการปฏิบัติเพื่อให้บรรลุเป้าหมายได้ แต่เนื่องจากการคิดอภิมานเป็นทักษะการคิดขั้นสูง (High Level Thinking Skills) เป็นวิธีการคิดที่เป็นระบบอยู่ในสมองของมนุษย์ ในการวัดหรือประเมินกระบวนการทางการคิดอภิมานจึงต้องใช้การวัดทางจิตวิทยาซึ่งเป็นการวัดทางอ้อม คุณลักษณะทางจิตวิทยานั้นมีโครงสร้างของพฤติกรรมที่มีความซับซ้อนจึงต้องอาศัยการกระตุ้นจากภายนอกเพื่อให้ผู้เรียนแสดงวิธีการคิดและพฤติกรรมด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การสัมภาษณ์ วิธีการคิดออกเสียง การให้รายงานตนเอง และการใช้แบบทดสอบ

การวัดความสามารถทางสมองที่เป็นทักษะการคิดขั้นสูง ในทางการศึกษานิยมวัดผ่านกระบวนการทดสอบด้วยแบบทดสอบแบบอัตนัย (Essay Test) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2551)

ซึ่งมีลักษณะเป็นโจทย์หรือคำถามที่อาจกำหนดเป็นสถานการณ์หรือปัญหาอย่างกว้าง ๆ หรือเฉพาะเจาะจง ผู้ตอบจะต้องสร้างคำตอบด้วยตนเองด้วยการเรียบเรียงความคิด และความรู้ให้สอดคล้องกับคำถามโดยใช้ความสามารถ 2 ส่วน คือ ความสามารถด้านการบูรณาการองค์ความรู้ความคิด ประสบการณ์ที่มีอยู่ และความสามารถด้านการใช้ภาษาในการเรียบเรียงให้เป็นภาษาเขียนที่ถูกต้อง ชัดเจน ครอบคลุม และตรงประเด็น (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2559) ข้อสอบอัตนัยมีข้อดีหลายประการ ประการแรก สามารถวัดพฤติกรรมต่าง ๆ ได้ทุกระดับ แต่สามารถวัดด้านการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่าได้เป็นอย่างดี เช่น การจัดระเบียบและโครงร่างการคัดเลือกความคิดที่สำคัญ ๆ ที่เกี่ยวข้อง ประการที่สอง คือ ผู้ตอบมีโอกาสใช้ความรู้ความสามารถในการแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระและความสามารถในการใช้ภาษา ประการที่สาม คือ ผู้ตอบที่ไม่มีความรู้ในเรื่องนั้นจะไม่สามารถเดาคำตอบได้ ซึ่งจะช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการวัดได้เป็นอย่างดี และประการสุดท้าย คือ สร้างได้ง่ายและประหยัดค่าใช้จ่าย ซึ่งในการตรวจให้คะแนนข้อสอบอัตนัยยากที่จะตรวจให้คะแนนอย่างมีคุณภาพ เนื่องจากตรวจสอบด้วยการเขียนความเรียง จึงยากที่จะมีคำตอบที่ถูกต้องเป็นรูปแบบเดียว (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2551) และมักจะมีปัญหาเรื่องความเชื่อมั่นของการตรวจให้คะแนน โดยเฉพาะผู้ตรวจคนเดียวตรวจข้อสอบอัตนัย เวลาต่างกันอาจให้คะแนนไม่คงที่หรือเกิดความลำเอียงในการให้คะแนนกับผู้สอบต่างกัน การป้องกันความลำเอียงหรือความไม่คงที่ของการตรวจให้คะแนนนั้น ต้องตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัย โดยจะระบุมิติคุณภาพหรือประเด็นของคำตอบว่ามีมิติคุณภาพพื้นฐานกี่มิติและแต่ละมิติมีน้ำหนักของคำตอบตามสัดส่วนความสำคัญเท่าไหร่ และในแต่ละมิติคุณภาพหรือประเด็นคำตอบมีมาตรฐานหรือนิยามระดับคุณภาพของการให้คะแนนที่ชัดเจน เพื่อให้ได้ค่าที่เป็นตัวแทนที่จะอธิบายคุณลักษณะของผู้สอบให้ได้ใกล้เคียงมากที่สุด และใช้วิธีการตรวจสอบจากผู้ตรวจหลายคน เพื่อหาความเชื่อมั่นของข้อสอบและสร้างเกณฑ์การให้คะแนนที่ตรงกันที่เรียกว่า รูบริคส์ (Scoring Rubric) ที่ประกอบด้วยประเด็นที่จะประเมิน (Criteria) ระดับความสามารถ (Performance Levels) ซึ่งส่วนใหญ่จะกำหนดเป็นเลข และคำอธิบายคุณภาพของแต่ละระดับความสามารถ (Quality Descriptors) ดังนั้น ในการตรวจให้คะแนนอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ตรวจจะต้องเรียนรู้แหล่งความคลาดเคลื่อนของคะแนน และฝึกฝนความเชี่ยวชาญในการตรวจเพื่อลดความความเคลื่อน และความลำเอียงที่อาจเกิดขึ้น

การคิดอภิมานเป็นคุณลักษณะทางจิตวิทยา ซึ่งการวัดทางการศึกษาและจิตวิทยาเป็นการวัดคุณลักษณะภายในของมนุษย์ซึ่งไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่มีความสำคัญและจำเป็นต้องศึกษา เพราะการวัดคุณลักษณะภายในจะทำให้เข้าใจการเกิดพฤติกรรมภายนอกของมนุษย์ที่สามารถสังเกตได้โดยตรงอันจะนำไปสู่การทำนาย ควบคุมและพัฒนาพฤติกรรมมนุษย์ การวัดคุณลักษณะภายในของมนุษย์จึงจำเป็นต้องอาศัยทฤษฎีการทดสอบเพื่อทำความเข้าใจคุณลักษณะของสิ่งที่มุ่งวัด โครงสร้างของการวัดและการพัฒนาเครื่องมือสำหรับทดสอบ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555)

ในการพัฒนาแบบทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยาตลอดช่วงศตวรรษที่ 20 ที่ผ่านมา นิยมใช้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory : CTT) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555) มีสมการคือ X = T + E (Allen and Yen, 2002) อธิบายได้ว่า คะแนนที่ได้จากการวัดหรือการสังเกต (Observe Score, X) เกิดจากผลบวกขององค์ประกอบที่สังเกตไม่ได้ 2 ส่วน คือ คะแนนจริง (True Score, T) และคะแนนความคลาดเคลื่อน (Error Score, E) ทฤษฎีนี้เน้นกระบวนการประมาณค่าคะแนนจริงโดยอาศัยคะแนนของกลุ่มผู้สอบเป็นสำคัญและมุ่งตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่สังเกตได้กับคะแนนที่แท้จริง โดยการวิเคราะห์คุณภาพรวมของข้อสอบและแบบทดสอบสำหรับแต่ละกลุ่มบุคคลในแต่ละสภาพการสอบที่เฉพาะ โดยตั้งอยู่บนข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญคือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัดมีแบบแผนที่คงที่เหมือนกันสำหรับทุกกลุ่มบุคคลที่ตอบข้อสอบ ไม่ได้สนใจศึกษาพฤติกรรมการตอบข้อสอบของแต่ละบุคคลเป็นรายข้อ แต่ต้องการทราบถึงสภาพรวมในการตอบข้อสอบของกลุ่มบุคคลนั้นโดยเฉพาะ ไม่สนใจที่จะสรุปอ้างอิงไปยังความสามารถหรือคะแนนจริงทั่วไปของบุคคล หรือความเชื่อมั่นทั่วไปของแบบทดสอบภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ของการทดสอบ ซึ่งถือเป็นจุดอ่อนที่จำกัดฐานความเชื่อเกี่ยวกับคะแนนความคลาดเคลื่อนและค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและแบบทดสอบที่ผันแปรตามกลุ่มผู้สอบ และค่าประมาณความสามารถของผู้ตอบขึ้นอยู่กับข้อสอบหรือแบบทดสอบที่นำมาใช้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555) นอกจากนี้ข้อสอบที่วิเคราะห์ตามแนว CTT แม้จะมีการเลือกสรรข้อสอบและเก็บไว้ในคลังข้อสอบที่สร้างมาอย่างดี การเลือกข้อสอบมาจัดชุดเป็นแบบทดสอบก็ยังมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนของการวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะข้อสอบแต่ละข้อมีผลต่อค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอย่างไม่เป็นอิสระจากกัน เนื่องจากความเชื่อมั่นของแบบทดสอบขึ้นอยู่กับระดับความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของข้อสอบทุกข้อที่อยู่ในแบบทดสอบฉบับนั้น จึงไม่สามารถจำแนกอิทธิพลของข้อสอบแต่ละข้อที่มีต่อค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับอย่างเป็นอิสระได้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555)

ด้วยข้อจำกัดดังกล่าวของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ทำให้มีนักทฤษฎีทางการทดสอบหลายท่านได้ก่อกระแสของการวัดคุณลักษณะภายในของบุคคลแนวใหม่ นั่นคือแนวคิดทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory : IRT) (Lawley, 1943 ; Rasch, 1960 ; Birnbuam, 1968) ; Lord and Novick, 1968 ; Semajima, 1969 ; Wright and Stone, 1979 ; Thissen, 1982 ; Muraki, 1993 ; Linacre and Wright, 1994 ; Sheridan, Andrich and Luo, 1996) ทฤษฎีนี้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะภายในหรือความสามารถที่มีอยู่ภายในตัวบุคคล (Latent Trait or Ability) กับพฤติกรรมการตอบสนองข้อสอบของบุคคลนั้นว่ามีโอกาสตอบข้อสอบถูกมากน้อยเพียงไร ทฤษฎีนี้มีพื้นฐานความเชื่อว่า พฤติกรรมการตอบสนองข้อสอบของผู้สอบซึ่งเป็นสิ่งที่สังเกตได้โดยตรงว่าถูกหรือผิดจะถูกกำหนดโดยคุณลักษณะภายในหรือความสามารถที่อยู่ภายในตัวบุคคล ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง สำหรับทฤษฎี IRT นี้ ค่าพารามิเตอร์ของ

ข้อสอบมีลักษณะไม่แปรเปลี่ยนตามกลุ่มผู้สอบ การคัดเลือกข้อสอบแต่ละข้อจึงสามารถทำได้อย่างอิสระ รวมทั้งค่าพารามิเตอร์ ความยากและความสามารถของผู้สอบได้รับการประมาณค่าอยู่บนสเกลเดียวกันจึงทำให้เลือกข้อสอบแต่ละข้อให้ทำหน้าที่ดีที่สุด ณ บริเวณใดบริเวณหนึ่งบนสเกลของความสามารถได้ ข้อได้เปรียบที่สำคัญของการเลือกข้อสอบตามแนวคิดนี้ คือ สามารถเลือกข้อสอบเป็นรายข้อบนพื้นฐานของปริมาณสารสนเทศที่จะได้รับ สำหรับผู้สอบที่มี θ ต่าง ๆ กัน สารสนเทศของข้อสอบ ซึ่งสะท้อนความถูกต้องแม่นยำของการประมาณค่า เมื่อนำมารวมกันจะเป็นสารสนเทศของแบบทดสอบจึงสามารถใช้เป็นหลักประกันว่าจะได้แบบทดสอบตามเป้าหมายที่สนองต่อการนำไปใช้ที่ให้ผลแม่นยำตามต้องการ

กระบวนการวัดและประมาณค่าคุณลักษณะทางจิตวิทยา ในระยะเริ่มแรกนั้นอยู่ภายใต้โครงสร้างแบบวัดที่เป็นเอกมิติ (Unidimensionality) โดยข้อคำถามที่นำมาใช้ในการวัดมุ่งวัดคุณลักษณะเดียวและผลจากการประมาณค่ามุ่งอธิบายคุณลักษณะภายในเพียงมิติเดียว แต่โดยธรรมชาติของคุณลักษณะทางจิตวิทยานั้นมีโครงสร้างของพฤติกรรมที่มีความซับซ้อน คุณลักษณะเหล่านั้นและเนื้อหาบางส่วนมีความสัมพันธ์กันจนไม่สามารถแยกจากกันได้ จึงส่งผลให้โครงสร้างของข้อคำถามบางข้อที่วัดเนื้อหาอาจระบุความเป็นมิติเดียวได้ยาก การพยายามที่จะวัดแยกคุณลักษณะเดี่ยว ๆ อาจทำให้ผลการวัดคลาดเคลื่อนไป ถึงแม้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ (UIRT) จะมีข้อดีคือการมีรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ค่อนข้างง่ายในการนำไปใช้ มีการใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวนมากและมีความแกร่งในการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้น แต่ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีนี้ทำให้มีปัญหาอย่างน้อย 2 ประการ คือ ประการแรกข้อตกลงเบื้องต้นของความเป็นเอกมิติไม่มีความเหมาะสมสำหรับแบบทดสอบที่ถูกสร้างจากองค์ประกอบย่อย ๆ ที่มีหลายองค์ประกอบ (Sub-Components) ซึ่งจะพบได้บ่อยครั้งในโมเดลการตอบสนองข้อสอบที่มีการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของความเป็นเอกมิติโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อคุณลักษณะที่วัดมีความสัมพันธ์กันสูง นอกจากนี้แล้วเมื่อจัดทำข้อสอบในแบบทดสอบย่อยหรือภายใต้มิติที่มีค่าความสัมพันธ์กันไม่สูง การใช้โมเดลเอกมิติยังจะทำให้เกิดความลำเอียงในการประมาณค่าพารามิเตอร์การเลือกข้อคำถามที่เหมาะสมและการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบได้ ประการที่สองการประเมินที่ยังขาดความถูกต้องบ่อยครั้งที่มักจะเห็นการรวมคุณลักษณะความสามารถของผู้เรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความรู้ความเข้าใจหรือความชอบนำมาสรุปเป็นมิติเดียว ซึ่งยังขาดความถูกต้องในเรื่ององค์ประกอบการวิเคราะห์รูปแบบใหม่นั้นต้องการที่จะตรวจสอบในแต่ละคุณลักษณะที่มาจากหลากหลายองค์ประกอบหรือหลายมิติ (Wilson and Hoskens, 2005) ทำให้การประเมินมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น แต่ปฏิสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างบุคคลและข้อสอบเมื่อประยุกต์ใช้โมเดลเอกมิตินั้นยังเกิดขึ้น

ได้ไม่ง่ายนัก ผู้สอบต้องใช้ความสามารถที่หลากหลายในการตอบข้อสอบ และข้อสอบก็ต้องการทักษะและความสามารถที่หลากหลายในการแก้ไขปัญหาให้ถูกต้อง

แนวคิดของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Multidimensional Item Response Model) เป็นแนวคิดที่สามารถแก้ไขข้อจำกัดของโมเดลการตอบสนองแบบเอกมิติได้ เนื่องจากลักษณะความเป็นพหุมิติมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า คุณลักษณะที่จะทำการวัดมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ 1) ความเป็นพหุมิติระหว่างข้อคำถาม (Between-Items Multidimensionality) มีลักษณะของข้อคำถามวัดคุณลักษณะแฝงเดียว มีหลายคุณลักษณะแฝงทั้งนี้แต่ละคุณลักษณะแฝงมีความสัมพันธ์กัน และ 2) ความเป็นพหุมิติภายในข้อคำถาม (Within-Items Multidimensionality) มีลักษณะของข้อคำถามวัดหลายคุณลักษณะแฝง มีหลายคุณลักษณะแฝงทั้งนี้แต่ละคุณลักษณะแฝงมีความสัมพันธ์กัน ดังนั้น การใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT) จึงจะช่วยสะท้อนความซับซ้อนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบและข้อสอบได้ถูกต้องมากขึ้น (Reckase, 2009) นอกจากนี้ ความเป็นพหุมิติของแบบทดสอบที่มีลักษณะโครงสร้างเป็นองค์ประกอบเชิงซ้อนจะช่วยลดข้อคำถามในการวัดคุณลักษณะให้น้อยลงกว่าการทดสอบด้วยโมเดลโครงสร้างแบบเอกมิติทำให้สามารถสร้างข้อคำถามได้ครอบคลุมเนื้อหาที่เรียนได้ เช่น แบบทดสอบทางคณิตศาสตร์ข้อหนึ่งอาจประกอบด้วยการวัดด้านพีชคณิต และเรขาคณิต มิติแรกจะวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ด้านพีชคณิต มิติที่สองจะวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ด้านเรขาคณิต ซึ่งถ้าวัดแยกแบบเอกมิติ จะต้องสร้างข้อสอบนี้สองข้อ แต่เมื่อใช้โมเดลโครงสร้างพหุมิติในการสร้างข้อสอบทำให้ลดจำนวนข้อแต่ครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการวัดได้ ในการสร้างข้อคำถามการคิดอภิมานจึงมีลักษณะเป็นการสร้าง ข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ โดยข้อสอบหนึ่งข้อวัดสององค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กัน คือ องค์ประกอบด้านความรู้ในการคิดอภิมานและประสบการณ์ในการคิดอภิมาน นั่นคือ ความสามารถ แต่ละด้านจะถูกวัดภายในข้อสอบชุดเดียวร่วมกัน (Within-Items) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555) ซึ่งโมเดลการตอบสนองข้อสอบพหุมิติ ถือว่าคุณลักษณะแฝงของบุคคลมากกว่า 1 องค์ประกอบ ส่งผลต่อการตอบข้อสอบ สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของการตอบข้อคำถามที่ผู้ตอบต้องใช้คุณลักษณะที่หลากหลายเพื่อที่จะตอบข้อสอบข้อนั้นได้และยังให้ผลการสรุปอ้างอิงที่ใกล้เคียงกับคุณลักษณะภายในที่แท้จริงมากขึ้น นอกจากนี้โมเดลนี้ยังช่วยลดจำนวนข้อคำถามในการวัดคุณลักษณะให้น้อยลงมากกว่าการทดสอบด้วยโมเดลโครงสร้างแบบเอกมิติ แต่ยังให้ผลการวัดที่มีประสิทธิภาพสูง (Frey and Seitz, 2009)

โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิตินั้นได้พัฒนาโดยสามารถตรวจสอบผลจากลักษณะข้อมูลแบบพหุมิติเหมือนกับว่าข้อมูลนั้นเป็นแบบมิติเดียวและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT) เป็นโมเดลที่รวมจุดเด่นของเทคนิควิธีวิเคราะห์ตัวประกอบ (Factor Analysis) และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) เข้าไว้ด้วยกันในการวัดคุณลักษณะต่าง ๆ

(Kacmar and others, 2006) แม้ว่าการพัฒนาวรรณกรรมทางวิธีวิทยาการประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติในทางพฤติกรรมศาสตร์ยังมีข้อจำกัด อันมีสาเหตุเนื่องมาจากปัญหาทางสถิติที่เกี่ยวกับความเหมาะสมของโมเดลและความยากในการตีความหมายโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ แต่ทั้งนี้ได้มีการแก้ปัญหาทางสถิติของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ โดยได้พัฒนา Multidimensional Random Coefficients Multinomial Logit Model (MRCMLM) ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาทางสถิติ ซึ่งโมเดลนี้อยู่ในตระกูลของราสช์ในโมเดลการตอบสนองข้อสอบ โดยโมเดลนี้มีการพัฒนาเพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในการตอบสนองข้อสอบให้มีลักษณะที่แผ่ขยายออกไปสามารถประยุกต์ใช้ในมาตรวัดทั้งการตอบที่เป็นลักษณะ ใช่/ไม่ใช่ (Yes/No) หรือการตอบในมาตรประมาณค่าแบบลิเคิร์ท นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ในมาตรวัดที่มีข้อสอบเกิดจากสถานการณ์ ที่ซับซ้อน (Complex Situations) ใช้ในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (Differential Item Functioning) และยังประยุกต์ใช้กับการให้คะแนนโดยผู้ตรวจคะแนน (Raters) ได้อีกด้วย (Allen and Yen, 2002) ซึ่งประโยชน์ของการใช้โมเดล MRCMLM คือ 1) เป็นโมเดลที่ได้รับการยอมรับจากนักพัฒนาแบบวัดในเรื่องการตัดสินความเหมาะสมของโครงสร้างมิติที่ทำการวัด 2) เป็นโมเดลที่ประมาณค่าโดยตรง (Direct Estimates) ของความสัมพันธ์ระหว่างมิติแฝง และ 3) เป็นโมเดลที่มีความแกร่งของความสัมพันธ์ระหว่างมิติแฝงกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่จะให้ผลอย่างถูกต้อง (Wilson and Hoskens, 2005) นอกจากนี้โมเดล MRCMLM ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในสาระอื่น ๆ ได้อีก ดังที่ Wolfe and others ได้กล่าวถึงประโยชน์ในการนำโมเดล MRCMLM มาใช้มีดังนี้ 1) หากจำนวนคุณลักษณะแฝงยังขาดความชัดเจนสามารถเปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลการวัดเพื่อช่วยในการตัดสินความเหมาะสมของโครงสร้างมิติที่ทำการวัด 2) ใช้ในการวินิจฉัยจำแนกคุณลักษณะตัวแปรแฝง (Latent Trait) ที่ได้จากการวัดที่หลากหลายซึ่งยังขาดความสอดคล้องทั้งในเชิงสถิติและเชิงแนวคิด และ 3) โมเดลการวัดแบบพหุมิติจะมีความเชื่อมั่น (Reliability) สูงเนื่องจากโมเดลนี้ มีความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะแฝง

ในการวิเคราะห์ข้อสอบโมเดลที่เหมาะสมควรเป็น Multidimensional Generalized Partial Credit Model (MGPC) เป็นโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อสอบหรือข้อคำถามที่มีกระบวนการตอบหลายลำดับขั้น ซึ่งต้องมีการตรวจให้คะแนนการตอบถูกต้องหรือตอบถูกบางส่วนในแต่ละลำดับขั้นของกระบวนการตอบ ข้อคำถามแต่ละข้อมีค่าพารามิเตอร์ความชันแตกต่างกัน โดย MGPC เป็นโมเดลที่ออกแบบเพื่ออธิบายปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและข้อสอบที่มีการให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า สำหรับการตอบสนองแบบพหุมิติ ค่าคะแนนสูงสุดสำหรับข้อที่ i แสดงได้ด้วย K_i สำหรับคะแนนต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 0 และค่าคะแนนอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ K_i+ 1 สำหรับทุกค่า คะแนนรายข้อของแต่ละบุคคล อธิบายได้ด้วย k = 0, 1, ..., K_i โมเดล MGPC เป็นโมเดลที่ขยายมาจากโมเดล GPC (Reckase, 2009) ซึ่งมีข้อแตกต่างกัน 2 ประการ คือ โมเดล MGPC ไม่ได้ประกอบด้วย

ค่าพารามิเตอร์ความยากและค่าพารามิเตอร์ Threshold (Threshold Parameter) ที่แยกจากกัน และค่า θ เป็นเวกเตอร์ ส่วน β เป็นสเกล จึงเป็นไปไม่ได้ที่จะลบค่าพารามิเตอร์ Threshold ออกจากค่า θ ดังนั้นจึงใช้รูปแบบความชันของโมเดล GPC เป็นพื้นฐานในโมเดล MGPC $a\theta+d$ แต่มีสัญลักษณ์ค่าความชันที่ตรงกันข้าม ผลที่ได้ก็คือ ค่า β ไม่สามารถแปลความหมายได้เช่นเดียวกันกับ Threshold Parameter ในโมเดลเอกมิติ โมเดล MGPC เป็น Compensatory Model ที่ค่าความสามารถ θ ที่สูงในมิติหนึ่ง สามารถชดเชยค่าความสามารถ θ ที่ต่ำในอีกมิติหนึ่งได้ ซึ่งให้ผลคือคะแนนที่คาดหวังของข้อสอบมีค่าสูง (Reckase, 2009)

จากเหตุผลที่กล่าวมาทั้งหมด ผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ โดยศึกษาความสามารถการคิดอภิมานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เนื่องจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายอยู่ในช่วงวัยรุ่น ซึ่งเป็นวัยหัวเลี้ยวหัวต่อที่เปลี่ยนจากความเป็นเด็กสู่ความเป็นผู้ใหญ่ มีความอ่อนไหวทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ได้ง่าย (ศรีเรือน แก้วกังวาล, 2553) ถ้าเด็กวัยรุ่นผู้ใดได้ดำเนินชีวิตในช่วงเวลานี้ผ่านพ้นไปอย่างราบรื่น มีปัญหาไม่ซับซ้อนมากนัก เด็กวัยรุ่นผู้นั้นย่อมเข้าสู่ความเป็นผู้ใหญ่ด้วยดีและมักจัดการชีวิตในวัยผู้ใหญ่ได้อย่างราบรื่น แต่ถ้าเป็นไปในทางตรงข้ามวัยนี้จะเป็นวัยที่ประสบความยุ่งยากมากจนนักวิชาการเรียกว่า “วัยวิกฤต” ดังที่ Erickson (1968) แสดงทัศนะว่า วัยรุ่นเป็นระยะเวลาที่มนุษย์มีความสับสนทางจิตใจมากที่สุดยิ่งกว่าวัยอื่น ๆ ดังนั้นถ้าหากวัยนี้ได้รับการประเมินการคิดอภิมาน และรู้ความสามารถในการคิดอภิมานของพวกเขาแล้ว จะทำให้ครูและผู้เกี่ยวข้องทราบข้อดีและข้อบกพร่องของพวกเขา และสามารถส่งเสริมสนับสนุนการเรียนรู้ของพวกเขาไปในทางที่ถูกต้องและเหมาะสม ทำให้พัฒนาเป็นผู้ใหญ่ที่ดีได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยพหุมิติด้วยเหตุผลข้างต้น โดยมีขั้นตอนของการพัฒนากระบวนการตั้งแต่สร้างข้อสอบอัตนัย พหุมิติ การบริหารการสอบ การตรวจและการสร้างเกณฑ์การให้คะแนน และการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอนในแง่ของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับผู้เรียน และจะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาจุดบกพร่องของตนเอง และพัฒนาส่วนที่ดีให้ดียิ่งขึ้นเติบโตเป็นผู้ใหญ่ที่มีคุณภาพ จัดการกับชีวิตของตนเองได้ดี และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่ต้องการนำกระบวนการประมาณค่าการคิดอภิมานไปใช้ สามารถนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทขององค์กรนั้น ๆ ได้

คำถามวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติมีลักษณะเป็นอย่างไร
2. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายมีความสามารถการคิดอภิมานเป็นอย่างไร

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. เพื่อประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้จะมีความสำคัญในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ด้านวิชาการ

1.1 ได้ขยายองค์ความรู้ใหม่ในการสร้างข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติโดยใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติภายในข้อสอบ (Within-Items Multidimensional IRT Model) ซึ่งข้อสอบหนึ่งข้อมี ความสามารถ 2 ด้านที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน ตามธรรมชาติของโครงสร้างทางจิตวิทยาที่มีความซับซ้อน ไม่สามารถวัดแยกจากกันเด็ดขาดได้ โดยความสามารถแต่ละด้านถูกวัดภายในข้อสอบชุดเดียวกัน (Within-Items) และข้อสอบแต่ละข้อมีค่าคุณลักษณะประจำข้อและผลการประมาณค่าความสามารถไม่แปรผันตามกลุ่มผู้สอบ

1.2 ได้กระบวนการในการประมาณค่าความสามารถที่ได้จากการทำข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ เริ่มตั้งแต่การใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติในการสร้างข้อสอบอัตนัย การหาคุณภาพของข้อสอบที่มีลักษณะพหุมิติ และแนวคิดการประมาณค่าความสามารถแบบพหุมิติ เมื่อมีการสร้างข้อสอบพหุมิติในลักษณะเดียวกันทำให้สะดวกในการคำนวณค่าความสามารถสำหรับผู้ที่จะสร้างข้อสอบอัตนัยในการวัดตัวแปรอื่น ๆ

1.3 ได้แนวทางการให้คะแนนการคิดอภิมานแบบรูบริคส์ (Rubrics) ซึ่งมีการกำหนดแนวทางในการตัดสินอย่างยุติธรรม และปราศจากความลำเอียง Rubrics มีความชัดเจนในเกณฑ์การให้คะแนนอย่างพอเพียง โดยผู้ประเมิน 2 คนสามารถใช้ Rubrics เดียวกันประเมินคำตอบเดียวกันของผู้เรียนแล้วให้คะแนนได้ตรงกัน ระดับของความสอดคล้องในการให้คะแนนของผู้ประเมิน 2 คนที่ประเมินอย่างเป็นอิสระจากกันจะทำให้เกิดความเชื่อมั่น (Reliability) ของการประเมิน

2. ด้านการนำไปใช้

2.1 ได้แบบทดสอบความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยที่เป็นพหุมิติที่มีคุณภาพ ซึ่งได้จำนวนข้อไม่มากแต่วัดได้ครอบคลุม เป็นแบบทดสอบที่มีค่าประจำข้อโดยไม่เปลี่ยนแปลงตามกลุ่มผู้สอบ

2.2 สามารถใช้ Rubrics เพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงความสามารถทางการคิดอภิมานของนักเรียนได้ โดยการตรวจให้คะแนนแบบรูบริคส์ทำให้ได้ทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพที่ผนวกอยู่กับข้อมูลเชิงปริมาณมีประโยชน์ในการให้ข้อมูลป้อนกลับแก่ผู้ถูกประเมินซึ่งเป็นการตอบสนองหลักการของการประเมินผลเพื่อการปรับปรุง กล่าวคือช่วยให้ครูสามารถตั้งเป้าหมายทางการคิดของนักเรียนได้อย่างชัดเจน และสามารถให้นักเรียนเห็นได้อย่างชัดเจนว่าทำอย่างไรจึงสามารถคิดได้ตามความคาดหวังที่ตั้งไว้

2.3 ผลจากการประมาณค่าความสามารถจะได้ข้อมูลสารสนเทศของข้อสอบที่สามารถบอกถึงค่าความสามารถของบุคคลในแต่ละข้อ จะทำให้ผู้เรียนและผู้สอนสามารถตัดสินใจเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงการดำเนินการเพื่อการเรียนรู้ที่ดีขึ้น โดยครูผู้สอนจะต้องกำหนดวิธีวัดและประเมินที่เชื่อถือได้ช่วยให้รู้จริงถึงความสามารถของผู้เรียน และยังทำนายต่อไปได้ว่าผู้เรียนควรจะได้รับการเรียนรู้แบบใดที่จะทำให้เรียนรู้ดีขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ 2 ระยะ มีรายละเอียดดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาแบบทดสอบการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ มีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1.1 ประชากรและตัวอย่าง (Population and Sample)

1.1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2560 ที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เขต 19-33 จำนวน 15 เขต 933 โรงเรียน จำนวน นักเรียนทั้งสิ้น 203,087 คน

1.1.2 ตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างเกณฑ์ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 18 คน จากโรงเรียนผดุงนารี จำนวน 6 คน โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม จำนวน 6 คน และโรงเรียนเชียงขวัญพิทยาคม จำนวน 6 คน

1.1.3 ตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบเกณฑ์ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนรมย์บุรี จำนวน 30 คน

1.1.4 ตัวอย่างที่ใช้ทดลองหาคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้จากการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากการคำนวณ 20 เท่าของพารามิเตอร์โดยโมเดลครั้งนี้มี 42 พารามิเตอร์ ได้จำนวนตัวอย่างเท่ากับ 840 คน เก็บข้อมูลได้จริง 1,222 คน

1.2 แนวคิดทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยแนวคิดทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างข้อสอบ และแนวคิดทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

1.2.1 แนวคิดทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างข้อสอบ มี 2 แนวคิด ได้แก่ แนวคิดในการสร้างข้อสอบอัตนัย และแนวคิดในการใช้โมเดลแบบพหุมิติในการสร้างข้อสอบ

แนวคิดที่ 1 แนวคิดในการสร้างข้อสอบอัตนัย ข้อสอบอัตนัยสามารถใช้วัดความสามารถทางสมองตั้งแต่ระดับต้นจนถึงระดับที่สลับซับซ้อนมากขึ้นได้ ในการวิจัยครั้งนี้วัดการคิดอภิมานซึ่งเป็นการคิดขั้นสูง ข้อสอบมีลักษณะเป็นแบบความเรียง (Essay Questions) โดยเปิดโอกาสอย่างเต็มที่ให้แก่ผู้สอบได้แสดงความสามารถในการคัดเลือกความรู้ ประเมินความรู้ ความคิดนั้น และเรียบเรียงผสมผสานออกมาเป็นคำตอบตามความคิดและเหตุผลของตน ไม่จำกัดขอบเขตของการตอบแต่ภายใต้เวลาที่จำกัด ผู้สร้างข้อสอบอาจใช้รูปภาพ แผนที่ ตาราง กราฟ บทความสั้น เป็นต้น เพื่อใช้เป็นสิ่งกระตุ้น (Prompt) เร้าความคิดให้ผู้สอบคิดวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดของตนออกมา

แนวคิดที่ 2 ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยศึกษาบนพื้นฐานโมเดลพหุมิติ (Multidimensional Model) ที่เรียกว่า Multidimensional Random Coefficients Multinomial Logit Model (MRCMLM) (Adams, Wilson and Wang, 1997) ใช้การวิเคราะห์แบบพหุมิติพาเชียลเครดิตโมเดล (Multidimensional form of the Partial Credit Model) เนื่องจากแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการวิเคราะห์จากโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติพาเชียลเครดิตโมเดล (Multdimensional form of the Partial Credit Model) ซึ่งเป็นโมเดลที่แผ่ขยายมาจากโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติพาเชียลเครดิตโมเดล (Unidimensional form of the Partial Credit Model) โดยพาเชียลเครดิตโมเดล (Partial Credit Model : PCM) เป็นโมเดลของ Masters ที่พัฒนาขึ้นมาในปี ค.ศ. 1982 ซึ่งเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมกับการวัดที่มีลักษณะการตอบแบบหลายค่า เหมาะสมกับการวัดด้านบุคลิกภาพ การรู้คิด และเจตคติ และเหมาะสมกับการวัดที่ใช้ข้อคำถามแบบให้คะแนนหลายค่าที่มีลักษณะการตอบเป็นลำดับขั้น (Ordered Polytomous Items) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2550)

1.2.2 แนวคิดในการสร้างเกณฑ์การให้คะแนน ใช้เกณฑ์การประเมินรูบริคส์ (Rubrics) ซึ่งรูบริคส์ เป็นเครื่องมือในการให้คะแนน (Scoring Tool) ที่เกิดจากการรวมกันระหว่างเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Criteria) กับมาตราประมาณค่าหรือระดับคะแนน (Rating Scale) เพื่อระบุถึง ความแตกต่างของความสามารถในการคิดอภิมานของนักเรียน

1.3 ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ คุณภาพของข้อสอบ ด้านความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ค่าความยาก และความเชื่อมั่นแบบพหุมิติ

1.4 ระยะเวลาในการศึกษา ใช้เวลา 1 ปี 3 เดือน คือ เดือนกุมภาพันธ์ 2560–เมษายน 2561

ระยะที่ 2 การประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.1 ประชากรและตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2560 ที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เขต 19-33 จำนวน 15 เขต 933 โรงเรียน จำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 203,087 คน

2.2 ตัวอย่างที่ใช้ประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยพหุมิติ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 1,222 คน จาก 29 โรงเรียน

2.3 แนวคิดทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย มีแนวคิดดังต่อไปนี้ คือ แนวคิดในการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) มีรายละเอียดแนวคิดดังนี้

2.3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Confirmatory Factor Analysis) เป็นวิธีการทางสถิติที่นำมาใช้ในการประมาณค่าคุณลักษณะภายในของบุคคล โดยการนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาสร้างคะแนนองค์ประกอบ (Factor Score) จากค่าของตัวแปรสังเกตได้และขนาดของความสัมพันธ์หรือน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ (ข้อคำถาม) กับองค์ประกอบร่วมแต่ละองค์ประกอบ โดยคะแนนองค์ประกอบที่สร้างขึ้นนี้จะนำไปสร้างตัวแปรแฝงซึ่ง ในตัวแปรแฝงจะประกอบด้วยค่าคุณลักษณะภายในที่ต้องการศึกษาของแต่ละบุคคล ซึ่งการประมาณ ค่าคุณลักษณะภายในโดยการพิจารณาถึงค่าน้ำหนักของข้อคำถามตามขนาดของความสัมพันธ์ที่มีต่อ คุณลักษณะภายในนี้ทำให้ผลการประมาณที่ได้มีความละเอียดและให้ผลสอดคล้องกับคุณลักษณะภายในของบุคคลมากขึ้น

2.3.2 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามหนึ่งตัวกับตัวแปรอิสระหลายตัวที่มีลักษณะความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น (Linear Relationship) โดยมีเป้าหมายเพื่อทำนายค่า (Prediction) หรือประมาณค่า (Estimation) ของตัวแปรที่ต้องการศึกษา

2.4 ตัวแปรที่ศึกษา ความสามารถการคิดอภิมาน

2.5 ระยะเวลาในการศึกษา ใช้เวลาดำเนินการ 4 เดือน คือ เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนสิงหาคม 2561

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความสามารถการคิดอภิมาน หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของบุคคลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางปัญญา เป็นการคิดเกี่ยวกับความคิด หรือการสะท้อนการรู้คิด การตระหนักรู้การคิดวางแผนเกี่ยวกับตนเอง การจัดการกับภาระงาน การควบคุมตนเองและควบคุมความรู้ตลอดจนการควบคุมกระบวนการมีการตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพ การควบคุมผลอย่างต่อเนื่องและการประสานกิจกรรมซึ่งผ่านกระบวนการสร้างและรวบรวมข้อมูล ซึ่งการใช้กลวิธีอภิมานกระตุ้นความคิดของนักเรียนสามารถนำไปสู่การเรียนรู้ในขั้นที่สูงขึ้นทำให้มีการปรับเปลี่ยนการคิดของตนเองให้เหมาะสมจนทำงานสำเร็จได้ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัยเชิงสถานการณ์ จำนวน 9 ข้อ จำแนกเป็น 6 องค์ประกอบ ดังนี้

1.1 ความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge) หมายถึง ความรู้ที่ผู้เรียนอธิบายมโนทัศน์ในเรื่องที่เรียนรู้นั้น ให้ความหมายในสิ่งนั้น เช่น การเรียนรู้คืออะไร การคิดคืออะไร และรู้ว่ามีปัจจัยใด ที่มีอิทธิพลที่ทำให้ตนสามารถทำหรือแสดงบทบาทนั้นออกมาได้ เช่น เด็ก ๆ ส่วนใหญ่จะบอกว่าตนมีข้อจำกัดในระบบการจำตนเองมีความสามารถเพียงเท่านั้น พวกเขาก็จะสามารถบอกถึงความรู้ที่ตนมีอยู่เพียงเท่านั้น

1.2 ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (Procedural Knowledge) หมายถึง ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนจะอธิบายวิธีการได้มาซึ่งความรู้นั้น หรือวิธีการที่จะประสบความสำเร็จในเรื่องที่เรียนรู้นั้น เป็นความรู้ที่เกี่ยวกับการจัดเก็บข้อมูล การรู้ว่าตนได้ความรู้จากยุทธวิธีและเทคนิควิธีการที่หลากหลาย หรือการที่บุคคลรู้ว่าตนได้ความรู้นั้นมาอย่างไร เช่น ฉันเรียนรู้จาก... ฉันคิดโดย... ฉันคิดเมื่อฉัน... เขาเรียนรู้โดย... เป็นต้น

1.3 ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge) หมายถึง ความรู้ที่ว่าทำไมและเมื่อไหร่จะใช้เทคนิค วิธีการ หรือยุทธวิธีนั้นที่เป็นลักษณะเฉพาะเป็นความสามารถเฉพาะของบุคคลที่จะเรียนรู้ในสถานการณ์เฉพาะนั้น และสามารถเลือกยุทธวิธี ปรับเปลี่ยนยุทธวิธีได้ตามความเหมาะสมอย่างมีคุณค่า มีความหมาย ในสถานการณ์นั้น ๆ เช่น ฉันใช้กระบวนการเรียนรู้แบบนี้เมื่อ... ฉันใช้กระบวนการคิดแบบนี้เนื่องจาก... ฉันไม่ใช้ยุทธศาสตร์การเรียนแบบนี้เพราะ... สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้

1.4 การวางแผน (Planning) หมายถึง การรู้ว่าตนเองจะทำงานนั้นอย่างไร ตั้งแต่การกำหนดเป้าหมายจนถึงการปฏิบัติงานจนบรรลุเป้าหมาย โดยมีการกำหนดเป้าหมายหรือจุดประสงค์ เลือกวิธีการเรียงลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้การปฏิบัติหรือการทดลอง มีการคาดคะเนหรือทำนายผลล่วงหน้า มีการรวบรวมหรือบอกแนวทางต่าง ๆ เพื่อที่จะให้การเรียนรู้บรรลุผล มีการจัดหมวดหมู่ปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้น

1.5 การตรวจสอบ (Monitoring) หมายถึง การทบทวนการคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ว่าเป็นไปได้เพียงใด ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนและวิธีการที่เลือกใช้ โดยมีการทบทวนกิจกรรม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้เรียนด้วยกันเพื่อรวบรวมข้อมูล มีการกำหนดจุดประสงค์เอง ปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมายจากกลุ่ม กำกับหน้าที่ของตนเองให้เป็นไปตามขั้นตอน เขียนความรู้สึกที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ ตัดสินใจและเลือกวิธีปฏิบัติขั้นต่อไปได้อย่างเหมาะสม อธิบายกระบวนการคิดที่ใช้เขียนปัญหาและข้อผิดพลาดของการเรียนรู้ ทราบวิธีที่จะขจัดปัญหาและข้อผิดพลาดนั้น

1.6 การประเมินผล (Evaluating) หมายถึง การคิดเกี่ยวกับการประเมินการวางแผน ประเมินวิธีการตรวจสอบ และประเมินผลลัพธ์ โดยสามารถสรุปความรู้ที่ได้รับมีการแปลความหรือตีความหมายของข้อมูล สรุปวิธีที่จะเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต มีการประเมินความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ เรียงลำดับปัญหาและข้อผิดพลาดที่พบ นำวิธีไม่เหมาะสมออก มีการพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้อย่างละเอียดและเพียงพอ

2. การประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมาน หมายถึง ขั้นตอนของการประมาณค่าคะแนนความสามารถการคิดอภิมานที่ได้จากการวัดเพื่อสรุปอ้างอิงไปยังคุณลักษณะภายในของบุคคลหรือคุณลักษณะแฝง ประกอบด้วยขั้นตอน การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดเตรียมข้อมูล การวิเคราะห์ยืนยันองค์ประกอบ (CFA) การคำนวณเมตริกสัมประสิทธิ์การถดถอยขององค์ประกอบบนตัวแปรสังเกตได้ การประมาณค่าคุณลักษณะประจำข้อ และการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ

3. แบบทดสอบอัตนัยพหุมิติ หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่มีลักษณะเป็นข้อสอบสถานการณ์โดยหนึ่งข้อคำถามวัดสององค์ประกอบภายในข้อสอบชุดเดียวร่วมกัน (Within-Items) ข้อสอบเปิดโอกาสให้ผู้ตอบมีอิสระในการวางแผนการตอบ เรียบเรียงความคิดและความรู้ที่สอดคล้องกับข้อ คำถามแล้วเขียนบรรยายหรือแสดงความคิดเห็น วิพากษ์ วิจารณ์เรื่องราว พฤติกรรมต่าง ๆ ตามความรู้และประสบการณ์ที่มีเรียบเรียงเป็นคำพูดของตนเอง โดยใช้บทความสั้นเป็นสิ่งเร้ากระตุ้นความคิดให้ผู้สอบคิดวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดของตนออกมา

4. ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึง ความถูกต้องแม่นยำของการวัดโครงสร้างความสามารถการคิดอภิมาน ซึ่งแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงด้วยวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ และวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

5. การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ หมายถึง การวิเคราะห์คุณภาพความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบ บนพื้นฐานการศึกษาโมเดลพหุมิติ (Multidimensional Model) ที่เรียกว่า Multidimensional Random Coefficients Multinomial Logit Model (MRCMLM) ใช้การวิเคราะห์แบบพหุมิติ (Multidimensional Form) ของพาเชียลเครดิตโมเดล (Partial Credit Model) ซึ่งพิจารณาตรวจสอบความเที่ยงตรงในรูปแบบโมเดลที่ซ้อน

สัมพันธ์กัน (Nested) โดยประเมินเปรียบเทียบจากค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic ; G^2) และเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterion ; AIC)

6. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน หมายถึง เป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงของโมเดลการวัดความสามารถการคิดอภิมานว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการพิจารณาจากดัชนีไคสแควร์ (Chi-Square Statistic ; χ^2) ไคสแควร์สัมพัทธ์ (Relative Chi-Square ; χ^2) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index; GFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Index : AGFI) ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (Root Mean Square Residual : RMR) ค่ารากกำลังสองของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (Root Mean Square Error of Approximation : RMSEA) ดัชนีเปรียบเทียบ (Comparative Fit Index : CFI)

7. ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ หมายถึง ความคงเส้นคงวาของการวัดโดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ ซึ่งแสดงหลักฐานความเชื่อมั่นด้วยวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ และวิธีการคำนวณด้วยสูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

8. การตรวจสอบความเชื่อมั่นด้วยวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ (EAP Reliability) หมายถึง การวิเคราะห์คุณภาพความเชื่อมั่นของแบบทดสอบด้วยการประมาณค่าแบบมาร์จิแน็ลแม็คซิมัมไลค์ลิฮูด (Marginal Maximum Likelihood : MML) บนพื้นฐานการศึกษาโมเดลพหุมิติ (Multidimensional Model) ที่เรียกว่า Multidimesional Random Coefficients Multinomial Logit Model (MRCMLM) ใช้การวิเคราะห์แบบพหุมิติ (Multidimensional Form) ของพาเชียลเครดิตโมเดล (Partial Credit Model)

9. เกณฑ์จุดตัดความสามารถการคิดอภิมาน หมายถึง คะแนนที่ใช้ในการแบ่งความสามารถการคิดอภิมานของนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ซึ่งเป็นคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ โดยมีจุดตัด 4 จุดตัด แบ่งความสามารถนักเรียนได้เป็น 5 ระดับ

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับ ดังนี้

1. การคิดอภิมาน (Metacognition)
   - 1.1 ความหมายของการคิดอภิมาน
   - 1.2 ความสำคัญของการคิดอภิมาน
   - 1.3 องค์ประกอบของการคิดอภิมาน
   - 1.4 การวัดและประเมินการคิดอภิมาน
   - 1.5 เครื่องมือการวัดและประเมินการคิดอภิมาน
   - 1.6 การสร้างแบบวัดการคิดอภิมาน
   - 1.7 การกำหนดวิธีการให้คะแนนการคิดอภิมาน
2. ข้อสอบอัตนัย (Subjective or Essay Test)
   - 2.1 ความหมายของข้อสอบอัตนัย
   - 2.2 ลักษณะคำถามของข้อสอบอัตนัย
   - 2.3 ประเภทของข้อสอบอัตนัย
   - 2.4 ข้อดีข้อจำกัดของข้อสอบอัตนัย
   - 2.5 หลักในการสร้างข้อสอบอัตนัย
   - 2.6 ขั้นตอนการสร้างข้อสอบอัตนัย
   - 2.7 การตรวจสอบคุณภาพข้อสอบอัตนัย
   - 2.8 หลักการตรวจให้คะแนนข้อสอบอัตนัย
   - 2.9 วิธีการวิเคราะห์ข้อสอบอัตนัย
   - 2.10 การแปลความหมายข้อสอบอัตนัย
3. ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Multidimensional Item Response Model)
   - 3.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ
   - 3.2 ข้อตกลงเบื้องต้นของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Assumptions)
   - 3.3 ประเภทของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Types of Multidimensional Item Response Theory Model)

3.4 โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MRCMLM)

3.5 ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติที่มีการตรวจให้คะแนนแบบพหุวิภาค (Polytomous MIRT Models)

3.6 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

4. การพัฒนาข้อสอบตามแนวคิดพหุมิติ

5. กระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมาน

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

7. กรอบแนวคิดในการวิจัย

การคิดอภิมาน (Metacognition)

Metacognition เป็นแนวคิดทางจิตวิทยาการเรียนรู้ เป็นการรู้คิดของบุคคลตามทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูลของ Klausmeier ซึ่งได้รับความนิยมตั้งแต่ ค.ศ. 1950 จนถึงปัจจุบัน Klausmeier ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการทำงานของสมองว่ามีความคล้ายคลึงกับการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ (คมกริบ ธีรานุรักษ์, 2552) ดังนั้นการทำงานของมนุษย์เปรียบได้กับการทำงานของคอมพิวเตอร์ โดยมีซอฟแวร์ควบคุมการทำงาน เปรียบได้กับการรู้คิดของบุคคล หรือความคิดเกี่ยวกับการสะท้อนการคิดของบุคคล ซึ่งคำว่า Metacognition ยังไม่นิยมใช้กันโดยทั่วไป จนกระทั่งปี 1970 John Flavell ได้บัญญัติศัพท์คำนี้ขึ้นมา และหลังจากนั้นได้มีนักการศึกษา และนักจิตวิทยาหลายท่านสนใจศึกษาเกี่ยวกับ Metacognition มากขึ้น รวมทั้งนักการศึกษาในประเทศไทย ที่ได้ใช้คำว่า “อภิปัญญา” และ “การคิดอภิมาน” ซึ่งในวิจัยเล่มนี้จะใช้คำว่า “การคิดอภิมาน” โดยมีนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายไว้ดังนี้

1. ความหมายของการคิดอภิมาน

Flavell (1979) ได้อธิบายว่า การคิดอภิมานคือ ความตั้งใจ (Intentional) ความตระหนัก (Conscious) การมองการณ์ไกล (Foresighted) มีจุดประสงค์ (Purposeful) ชัดเจน และมีทิศทางที่จะทำให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายหรือได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ ต่อมาปี 1976 Flavell ให้ความหมายไว้ว่า กระบวนการควบคุมการรู้คิดและผลที่ได้รับจากการใช้กระบวนการทางความคิดของตน เป็นการรับรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางสมองของบุคคลและการควบคุมความรู้นั้นขณะที่บุคคลนั้นกำลังเรียนรู้ทางวิชาการ Flavell (1979) อธิบายเพิ่มเติมว่าเป็นความรู้ส่วนตัวของ

แต่ละบุคคล ต่อสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือสิ่งที่ตนรู้ นอกจากนี้ยังอธิบายอีกว่า การคิดอภิมานเป็นรูปแบบหนึ่งของการจัดระเบียบตนเอง ทำหน้าที่ควบคุมและกำกับกระบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง กล่าวได้ว่าเป็น “ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางปัญญา” ซึ่งหมายความว่าการที่บุคคลรู้ถึงกระบวนการคิด รวมทั้งสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการคิดของตนเอง อาจปรากฏเป็นความรู้หรือเป็นกิจกรรมทางการคิดที่มีเป้าหมายและมีทิศทาง หรือที่เรียกว่าเป็นการคิดเกี่ยวกับการคิด (Flavell, 1985)

Brown and Smiley (1977) ได้อธิบายความหมายของการคิดอภิมานไว้ว่าเป็นการรู้ว่าเรารู้ในสิ่งใดและเข้าใจในสิ่งใดซึ่งทั้งนี้เป็นผลมาจากบุคคลพยายามควบคุมกระบวนการคิดของตนเองซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นความสามารถตรวจสอบความคิดของตนเองหรือเป็นการคิดเกี่ยวกับการคิด (Thinking About Thinking)

Brown (1987) ให้ความหมายของการคิดอภิมานเกี่ยวกับการรับรู้ว่า หมายถึงความสามารถของบุคคลในการคิดเกี่ยวกับการรู้ของตนเอง สามารถควบคุมกระบวนการคิดของตนเอง ให้เลือกใช้กลวิธีในการวางแผน การกำกับควบคุม และการประเมินการคิดของตนเองได้ รวมทั้งมีการปรับเปลี่ยนการคิดของตนเองให้เหมาะสม จนทำงานสำเร็จได้

Schoenfeld (1987) ได้อธิบายความหมายของ การคิดอภิมาน ไว้ว่า เป็นการสะท้อนการรู้คิด (Reflections on Cognition) หรือ การคิดเกี่ยวกับความคิดของตนเอง (Thinking About Your Own Thinking)

Weinert (1987) อธิบายถึงการคิดอภิมานว่า เป็นการรู้คิดอันดับสอง นั่นคือ การคิดเกี่ยวกับการคิด ความรู้เกี่ยวกับความรู้ หรือการสะท้อนการปฏิบัติ

Marzano and others (1988) ให้ความหมาย การคิดอภิมานว่า หมายถึง การรู้ตัว (Awareness) การรู้จักควบคุมความคิดของตนเอง เป็นความรู้ของบุคคลเกี่ยวข้องกับการจัดการกระบวนการคิดของตนเอง รวมทั้งผลที่เกิดขึ้นหรือทุกสิ่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการคิด เช่น นักเรียนมีความเชื่ออย่างใดอย่างหนึ่งเกี่ยวกับคุณค่า ความเชื่อนี้ส่งผลต่อแรงจูงใจความตั้งใจที่จะทำงานให้สำเร็จจนได้โดยไม่ต้องมีใครมาชี้แนะ คิดได้ด้วยตัวเอง การคิดอภิมานเป็นการคิดเชิงกลยุทธ์ (Strategic Thinking) เกี่ยวข้องกับการคิดวางแผนเกี่ยวกับตนเอง การจัดการกับภาระงาน การควบคุมตนเองและควบคุมความรู้ตลอดจนการควบคุมกระบวนการ

Blakey and Spence (1990) ให้ความหมายของการคิดอภิมานไว้ว่า เป็นการคิดเกี่ยวกับการคิด รู้ในสิ่งที่เรารู้ และไม่รู้ อย่างเช่น งานของผู้บริหารคือการจัดการองค์กร งานของนักคิดคือการจัดการความคิด

Schraw and Dennison (1994) ได้ให้ความหมายของคำว่าการคิดอภิมานไว้ว่า เป็นความสามารถในการสะท้อนผลตนเองความสามารถในการเข้าใจตนเอง และความสามารถใน

การควบคุมตนเองขณะเรียนรู้ ซึ่งโดยทั่วไปเป็นประเด็นเกี่ยวกับการคิดเกี่ยวกับการรับรู้นั้น เป็นการวิเคราะห์รายละเอียดและสร้างขึ้นจากองค์ประกอบที่เฉพาะเจาะจงมา เช่น ความรู้ที่อธิบายความรู้นั้นแบบทั่ว ๆ ไป ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอน การวางแผน การกำกับควบคุม และอื่น ๆ

Anderson (2002) ให้ความหมายของการคิดอภิมานไว้ว่าเป็นการคิดเกี่ยวกับความคิด การใช้กลวิธีอภิมานกระตุ้นความคิดของนักเรียนสามารถนำไปสู่การเรียนรู้ในขั้นที่สูงขึ้นและการแสดงออกที่ดีขึ้น

Lee and Baylor (2006) ได้ให้ความหมายของการคิดอภิมานว่า คือการตระหนักรู้กิจกรรมด้านปัญญาของตนเอง วิธีการที่ถูกใช้ในการควบคุมกระบวนการคิด ด้านปัญญาของตนเอง หรือวิธีการที่เกี่ยวกับการวางแผนและการตรวจสอบกิจกรรมด้านปัญญา

Yang (2009) กล่าวว่า การคิดอภิมานคือกระบวนการที่เป็นพื้นฐานในการใช้กลวิธีการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพและเป็นปัจจัยสำคัญของกิจกรรมทางปัญญา นอกจากนั้น การคิดอภิมานยังรวมถึงความรู้ที่เหนือกว่าระดับปัญญา ทักษะการควบคุมตนเอง ความคิดระดับสูงที่นักเรียนใช้ควบคุมความคิด พฤติกรรมและการใช้สติปัญญาในการคิดวางแผนการเรียนรู้ที่จะทำให้ตนเองเรียนได้ผล การควบคุมตนเองระหว่างเรียนโดยการตรวจสอบการเรียนรู้ของตนเองอย่างมีสติและประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง

เพ็ญพิไล ฤทธาคณานนท์ (2535) เป็นผู้กำหนดคำว่า Metacognition เป็นภาษาไทยว่า อภิปัญญา และให้ความหมายไว้ว่า ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจ ซึ่งเป็นความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ หรือกิจกรรมทางปัญญา หรืออาจเป็นการกำกับกิจกรรมทางปัญญาก็ได้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544) ให้ความหมายของการคิดอภิมานว่า หมายถึง การควบคุมและประเมินการคิดของตนเอง ความสามารถของบุคคลที่ได้รับการพัฒนา เพื่อควบคุมกำกับกระบวนการทางปัญญาหรือกระบวนการคิด มีความตระหนักในงานและสามารถใช้ยุทธวิธีทำงานจนสำเร็จอย่างสมบูรณ์

สรุปได้ว่า การคิดอภิมาน หมายถึง การคิดเกี่ยวกับความคิด หรือการสะท้อนการรู้คิด ซึ่งบุคคลมีความสามารถในการสะท้อนผล การเข้าใจ และการควบคุมตนเองขณะเรียนรู้หรือปฏิบัติงาน มีการตระหนักรู้ การคิดวางแผน การควบคุมความคิดของตนเอง ตลอดจนการควบคุมกระบวนการ การประเมินและการตรวจสอบอย่างมีประสิทธิภาพ ในการใช้กลวิธีอภิมานกระตุ้นความคิดของนักเรียนสามารถนำไปสู่การเรียนรู้ในขั้นที่สูงขึ้น ทำให้มีการปรับเปลี่ยนการคิดของตนเองให้เหมาะสมจนทำงานสำเร็จได้

2. ความสำคัญของการคิดอภิมาน

หลายทศวรรษที่ผ่านมานักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้รู้ว่าการคิดอภิมานทรงพลังมากในการที่จะบรรยายและอธิบายกระบวนการเรียนรู้ในฐานะที่เป็นสิ่งสำคัญที่เป็นประสบการณ์ของมนุษย์ การคิดอภิมานจึงมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ในฐานะที่เป็นสิ่งนำบุคคลในการเรียนรู้ด้านปัญญา ซึ่งมักได้รับการอธิบายว่าเป็นการคิดเกี่ยวกับความคิด และใช้ในการช่วยเหลือนักเรียนเกี่ยวกับกลวิธีการเรียนรู้ นอกจากนั้นการคิดอภิมานยังมีอิทธิพลต่อความเชื่อของคนเกี่ยวกับทัศนคติต่อการเรียนซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรมของตนเอง เช่น ในด้านภาษา มีการแสดงให้เห็นว่าการคิดอภิมานมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเรียนรู้ภาษาและมีงานวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถใช้การคิดอภิมานได้แก่ กลวิธีต่าง ๆ ตลอดจนการประเมินและการวางแผนการเรียนภาษา และยังมีผู้กล่าวถึงความสำคัญของการคิดอภิมานดังนี้

Flavell (1987) อธิบายว่า การคิดอภิมานนั้นมีบทบาทสำคัญต่อการสื่อสารข้อมูลด้วยการพูด การทำความเข้าใจด้วยการพูด การเขียน การได้มาซึ่งความสามารถด้านภาษา ความสนใจ การจำ การแก้ปัญหา การรู้เชิงสังคม การควบคุมและการจัดการตนเองแบบต่าง ๆ เข้าไปเกี่ยวข้องกับทฤษฎีการเรียนรู้เชิงสังคม การปรับขยายพฤติกรรมเชิงการรู้ การพัฒนาบุคลิกภาพและเรื่องทางการศึกษา เช่น การตระหนักรู้ด้วยตนเอง การควบคุมตนเอง เป็นการพัฒนาตนเองอย่างอิสระของผู้เรียนว่า สามารถควบคุมการเรียนรู้ของตน และรู้ว่าตนเรียนรู้อย่างไร

Brown (1987) และ Flavell (1979) อธิบายถึงความสำคัญที่ต้องมีการพัฒนาการคิดเกี่ยวกับการรู้ เนื่องจาก เป็นการสะท้อนการคิดส่วนบุคคลและตระหนักในการกำกับควบคุมการคิด ซึ่งถือว่าเป็นเป้าหมายหลัก ผู้เรียนจะประสบความสำเร็จในระดับสูงเมื่อเขามีโอกาสได้ใช้คลังความรู้ที่มีอยู่ในตัวเขาด้วยความสามารถของเขาเองต่อมาในปี 1994 Brown อธิบายเพิ่มเติมว่าผู้เรียนจะสามารถเข้าใจในยุทธวิธีต่าง ๆ เกี่ยวกับการเรียนรู้ถือว่าเป็นเครื่องมือในการชี้ให้เห็นกระบวนการคิด เพราะเป็นการควบคุมตนเองอย่างดีเยี่ยมเพื่อให้ตนบรรลุผลในการเรียน

Schoenfeld (1987) กล่าวถึงความสำคัญของการคิดอภิมานด้วยเหตุผลประการหนึ่งว่า ในการช่วยนักเรียนพัฒนาทักษะการเรียนรู้ที่ดีนั้น ทักษะเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับความสามารถของนักเรียนเพื่อทำการประเมินที่แท้จริงเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องรู้ว่านักเรียนมีแนวโน้มอย่างไรในการสะท้อนความคิดของพวกเขาและการสะท้อนความคิดนั้นถูกต้องเพียงใด

Thomas (1992) ให้ความสำคัญกับการคิดอภิมานว่ามีความสำคัญมากสำหรับการเรียนรู้ขั้นสูงและกระบวนการแก้ปัญหาในวงกว้าง เพราะการคิดอภิมาน มีความสำคัญอย่างยิ่งในการแก้ปัญหาในหลายสาขา เช่น การพัฒนาการสอน การพัฒนาด้านคณิตศาสตร์ของบุคคล

การพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Schraw and Moshman, 1995 ; Davidson, 1994 ; Hacker, 1998 ; Schoenfeld, 1992 and Georghiades, 2000)

Hartman (1998) กล่าวว่า การคิดอภิมานมีความสำคัญมากเพราะว่ามันมีผลต่อการพัฒนาทักษะ ความเข้าใจ ความคงทนและการประยุกต์ใช้ในสิ่งที่ได้เรียนรู้ นอกจากนั้น ยังมีผลต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้ การคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา ความตระหนักในการคิดอภิมานสามารถควบคุมหรือกำกับตนเองได้ด้วยการคิดและกระบวนการเรียนรู้และผลิตผล และ Hartman (1998) ยังได้กล่าวว่าการคิดอภิมานมีความจำเป็นต่อการเรียนรู้ โดยที่ผู้เรียนจะเรียนรู้ รักษาไว้ และเชื่อมโยงสิ่งที่พวกเขาเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพได้ดีกว่า หลังจากได้รับการฝึกฝนในการใช้ทักษะและกลยุทธ์การคิดอภิมาน เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทักษะที่ไม่ต่อเนื่องในการเรียนรู้

Anderson (2002) กล่าวถึงความสำคัญของการคิดอภิมานว่า การใช้การคิดอภิมานจะเป็นการจุดประกายความคิดให้นักเรียน และสามารถทำให้นักเรียนเรียนรู้อย่างลึกซึ้งและทำให้การเรียนรู้ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักเรียนที่กำลังต่อสู้กับปัญหาทางการเรียนการเข้าใจและการควบคุมกระบวนการเรียนรู้ด้านปัญญา การคิดอภิมานเป็นหนึ่งในทักษะสำคัญที่ครูผู้สอนต้องสอนนักเรียนให้สามารถพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง พร้อม ๆ กับการสอนด้านปัญญาในเวลาเดียวกัน

Rasekh and Ranjibary (2003) กล่าวว่านักเรียนที่เรียนโดยปราศจากการคิดอภิมาน คือ นักเรียนที่เรียนแบบไม่มีทิศทางหรือไม่มีโอกาสในการตรวจดูความก้าวหน้าความสำเร็จและทิศทางของตนเองในอนาคต

สรุปได้ว่า การคิดอภิมานมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ในฐานะที่เป็นสิ่งนำบุคคลในการเรียนรู้ด้านปัญญา สามารถทำให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างลึกซึ้งและทำให้การเรียนรู้ดีขึ้น เนื่องจากผู้เรียนมีการจัดระบบความคิดอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถกำกับควบคุมตนเอง รวมถึงการวางแผนการควบคุม ดำเนินงาน วางระเบียบการทำงานและการเรียนรู้ของตนเอง ดังนั้น การคิดอภิมานจึงมีความสำคัญยิ่งในการเรียนรู้ เพราะเป็นสิ่งสำคัญในการแก้ปัญหา การตัดสินใจ การสร้างความหมายในสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งถ้าหากผู้เรียนที่เรียนโดยปราศจากการคิดอภิมาน คือ นักเรียนที่เรียนแบบไม่มีทิศทางหรือไม่มีโอกาสในการตรวจดูความก้าวหน้าความสำเร็จและทิศทางของตนเองในอนาคต

3. องค์ประกอบของการคิดอภิมาน

นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอและอธิบายถึงองค์ประกอบของการคิดอภิมานไว้อย่างหลากหลาย ซึ่งบางองค์ประกอบคล้ายกัน และบางองค์ประกอบแตกต่างกันดังรายละเอียดต่อไปนี้

Flavell (1981) ให้นิยามการคิดอภิมานไว้ว่า เป็นความรู้หรือความคิดของบุคคลเกี่ยวกับการใช้กระบวนการคิดของตน (Cognition About Cognition) และผลิตผลของการคิดหรือสิ่งอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับกระบวนการคิด ซึ่งองค์ประกอบของการคิดอภิมานแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

1. ความรู้ในการคิดอภิมาน (Metacognitive Knowledge) หมายถึง การที่บุคคลได้สะสมความรู้ไว้ในระบบความจำระยะยาว เป็นการที่บุคคลรู้ว่าตนเองรู้อะไร คิดอย่างไร และจะบรรลุเป้าหมายนั้นได้อย่างไร ซึ่งจะเกี่ยวกับการที่ต้องทำงานกับบุคคลในการสร้างสรรค์และงานทางด้านความคิดที่หลากหลาย เป้าหมาย การกระทำและประสบการณ์ ความรู้ในการคิดอภิมานมีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ ตัวแปรด้านบุคคล ตัวแปรด้านงาน และตัวแปรด้านกลยุทธ์ในการทำงานให้สำเร็จหรือตัวแปรด้านยุทธวิธีโดยได้อธิบายถึงตัวแปรทั้ง 3 ไว้ดังนี้

1.1 ตัวแปรด้านบุคคล หมายถึง การที่บุคคลที่มีความรู้เกี่ยวกับลักษณะที่บุคคลโดยทั่วไปมีอยู่ในด้านความสามารถทางปัญญา การเรียนรู้ หรือในการทำงาน เช่น รู้ถึงความถนัด และความสามารถของบุคคล รู้ว่าบุคคลต้องมีลักษณะอย่างไรจึงจะทำงานเฉพาะอย่างได้ดี

1.2 ตัวแปรด้านงาน หมายถึง การตระหนักรู้ลักษณะของงานที่ทำซึ่งมีผลต่อการปฏิบัติงานของบุคคลนั้น ๆ การรู้ว่าสิ่งใดทำให้งานนั้นยาก สิ่งใดทำให้งานนั้นง่าย รวมไปถึงปัญหาและอุปสรรคของงานนั้นที่จะเกิดแก่ตน

1.3 ตัวแปรด้านยุทธวิธี หมายถึง ความรู้ของบุคคลเกี่ยวกับยุทธวิธีที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทำให้การทำงานนั้นบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นวิธีการที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจการจัดระบบ การวางแผน การลงมือปฏิบัติและการประเมินผล ทั้งในสิ่งที่ทำไปแล้วและกับสิ่งที่จะทำต่อไป ตลอดจนการตรวจสอบตัวแปรด้านนี้ทำให้เกิดความก้าวหน้าในการคิดยุทธวิธีในการคิดอภิมาน

2. ประสบการณ์ในการคิดอภิมาน (Metacognitive Experience) เป็นประสบการณ์ทางการคิดที่บุคคลสามารถควบคุมได้ และประสบการณ์นี้มีความสำคัญต่อการกำกับตนเอง (Self-Regulation) ในกิจกรรมการคิด เริ่มตั้งแต่การเข้าสู่สถานการณ์ในการคิดจนกระทั่งสามารถบรรลุเป้าหมายหรือหยุดการกระทำในการใช้ประสบการณ์ในการคิดอภิมานนั้นเป็นกระบวนการที่บุคคลวางแผนควบคุมและกำกับพฤติกรรมของตนเอง ซึ่งประกอบด้วย การสังเกตตนเอง กระบวนการตัดสิน และกระบวนการแสดงปฏิกิริยาต่อตนเอง โดยมีจุดประสงค์เพื่อเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของตนให้ไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ ประสบการณ์ในการคิดอภิมานมี 3 องค์ประกอบย่อย ซึ่งทั้งหมดเป็นกิจกรรมทางการคิด คือ

2.1 การวางแผน (Planning) เป็นการรู้ว่าตนเองคิดว่าจะทำงานนั้นอย่างไร ตั้งแต่การกำหนดเป้าหมายจนถึงการปฏิบัติงานจนบรรลุเป้าหมาย

2.2 การตรวจสอบ (Monitoring) เป็นการทบทวนความคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ว่าเป็นไปได้เพียงใด ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอน และวิธีการที่เลือกใช้การกำกับตนเองหรือการตรวจสอบตนเอง (Self-Monitoring) จิตสำนึกในการใช้ยุทธวิธีเพื่อการเรียนรู้มิได้เกิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติ แต่เป็นผลจากการพัฒนากระบวนการทางปัญญามาเป็นเวลานาน การฝึกให้เด็กสามารถ

มีการกำกับตนเองได้ (Self-Regulation) จะส่งผลต่อการปรับพัฒนาการแสดงหรือการกระทำ และส่งเสริมการสร้างอัตมโนทัศน์อันจะเป็นผลต่อความสามารถทางวิชาการ

2.3 การประเมิน (Evaluating) เป็นการคิดเกี่ยวกับการประเมินการวางแผนวิธีการตรวจสอบและการประเมินผลสัมฤทธิ์

3. เป้าหมายหรืองาน (Goals or Task) หมายถึง วัตถุประสงค์ของความรู้

4. การกระทำหรือกลยุทธ์ (Action or Strategies) หมายถึง ปัญญาหรือพฤติกรรมอื่น ๆ ที่ทำให้ประสบความสำเร็จ

Baker and Brown (1984) ได้แบ่งการคิดอภิมานได้เป็น 2 องค์ประกอบ คือ

1. การตระหนักรู้ (Awareness) เป็นการตระหนักรู้ถึง ทักษะ กลวิธี และแหล่งข้อมูลที่จำเป็นต่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และรู้ว่าจะต้องทำอย่างไร (What to do) องค์ประกอบแรกนี้เป็นเรื่องของการที่บุคคลรู้ถึงสิ่งที่ตนเองคิดและความสอดคล้องกับสถานการณ์การเรียนรู้ รวมไปถึงการแสดงออกในสิ่งที่รู้ออกมาโดยการอธิบายให้ผู้อื่นฟังได้ สามารถสรุปใจความสำคัญของสิ่งที่เรียนรู้นั้น มีวิธีจำสิ่งนั้นได้ง่าย ตลอดจนการคิดแบบทดสอบ การวางขอบข่ายและการจดบันทึก ความสามารถในการสะท้อนการคิดของตนออกมาในขณะที่อ่านเรื่องราว หรือในการคิดแก้ปัญหาเป็นทักษะที่จะทำให้บุคคลทำงานอย่างมีแผน เพราะจะทำให้รู้ว่าในงานนั้น ๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านการอ่าน การแก้ปัญหา หรืองานอื่นใดที่จะต้องประกอบด้วยสิ่งใดบ้าง ที่จะทำให้การทำงานนั้นเกิดประสิทธิภาพ และทำให้สถานการณ์ในการทำงานนั้นมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. ความสามารถในการกำกับตนเอง (Self-Regulation) ในการทำงานเพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้สำเร็จสมบูรณ์นั้น จะต้องรู้ว่า จะทำงานนั้นอย่างไร (How to do) และเมื่อไร (When to do) องค์ประกอบนี้ เป็นความสามารถในการกำกับตนเองในขณะที่กำลังคิดแก้ปัญหา ซึ่งรวมไปถึงการพิจารณาว่ามีความเข้าใจในสิ่งนั้นหรือไม่ การประเมินความพยายามในการทำงาน การวางแผน และขั้นตอนในการทำงาน การทดสอบวิธีการที่ใช้ การตัดสินใจในการใช้เวลาและการใช้ความสามารถที่มีอยู่ และการเปลี่ยนไปใช้วิธีอื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหา

Brown (1987) แบ่งองค์ประกอบของการคิดอภิมานไว้ 2 ประเภท ได้แก่ ความตระหนักเกี่ยวกับการคิดและการเรียนรู้ และการควบคุมหรือกำกับกระบวนการคิด

Cross and Paris (1988) ได้แบ่งองค์ประกอบของการคิดอภิมานออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. การประเมินตนเองเกี่ยวกับความรู้ในด้านการรู้คิด (Self-Appraisals of One’s Knowledge About Cognition) ซึ่งจำแนกได้ 3 ลักษณะคือ

1.1 ความรู้เชิงปัจจัยเป็นการรู้ลักษณะและสภาพของงานมีความรู้ในการใช้ทักษะใด

1.2 ความรู้เชิงกระบวนการเป็นความรู้ว่าจะประยุกต์ใช้ทักษะต่าง ๆ ได้อย่างไรจึงจะนำไปสู่จุดประสงค์ที่ต้องการ

1.3 ความรู้ในเชิงเงื่อนไขเป็นความรู้ความเข้าใจถึงเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของกลยุทธ์แต่ละกลยุทธ์ รู้ว่าจะใช้กลยุทธ์นั้นเมื่อไร

2. การจัดการเกี่ยวกับความคิดของตนเอง (Self-Management of One Thinking) มีองค์ประกอบย่อย 3 ด้านได้แก่

2.1 การวางแผน (Planning) เป็นการคัดเลือกใช้กลยุทธ์ที่เหมาะสมในขณะดำเนินการทำกิจกรรม

2.2 การกำกับตนเอง (Regulation) เพื่อควบคุมและกำหนดทิศทางในการดำเนินกิจกรรม

2.3 การประเมิน (Evaluation) เป็นการวิเคราะห์และประเมินความสามารถของตนเองเพื่อที่จะดำเนินกิจกรรมนั้น ๆ ในขั้นต่อไป

White (1988) ได้จำแนกองค์ประกอบของการคิดอภิมาน ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. ความรู้เกี่ยวกับการคิดอภิมาน (Propositional Knowledge About Metacognition)

2. ความตระหนักเกี่ยวกับการคิด (Awareness of Personal Thinking)

3. ความสามารถในการกำกับความคิด (Ability to Regulate Thinking)

4. ความพร้อมในการนำความสามารถนั้นไปใช้ (Readiness to Apply that Ability)

Blakey and Spence (1990) ได้เสนอองค์ประกอบของการคิดอภิมานไว้ 2 ด้าน ได้แก่ การรู้คิด และการรู้ในการกำกับตนเอง (Knowledge of Cognition and Regulation of Cognition) และเสนอกลยุทธ์การคิดอภิมาน (Metacognitive Strategies) ไว้ดังนี้

1. การเชื่อมโยงข้อมูลใหม่ไปยังข้อมูลเดิม (Connecting New Information to Former Knowledge)

2. การเลือกกลยุทธ์การคิดอย่างละเอียดรอบคอบ (Selecting Thinking Strategies Deliberately)

3. การวางแผน กำกับ และประเมินกระบวนการคิด (Planning, Monitoring, and Evaluating Thinking Processes)

Schraw and Dennison (1994) ได้สรุปแนวคิดของ Brown (1987), Flavell (1987) and Jacobs and Paris (1987) เกี่ยวกับองค์ประกอบของการคิดอภิมานไว้ว่า ประกอบด้วย

2องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับการคิด (Knowledge About Cognition) และการกำกับการคิด (Regulation of Cognition) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับการคิด (Knowledge About Cognition) ประกอบด้วยกระบวนการที่ช่วยให้การสะท้อนการคิดอภิมานง่ายขึ้น 3 กระบวนการ ดังนี้

1.1 ความรู้ที่เปิดเผย (Declarative Knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับตนเองและกลยุทธ์

1.2 ความรู้ในกระบวนการ (Procedural Knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้กลยุทธ์

1.3 ความรู้ที่มีเงื่อนไข (Conditional Knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับว่าจะใช้กลยุทธ์เมื่อไหร่ และทำไมจึงใช้กลยุทธ์นั้น (When and why)

2. การกำกับการคิด (Regulation of Cognition) มีกระบวนการย่อยที่ช่วยควบคุมการเรียนรู้ 5 กระบวนการ ประกอบด้วย

2.1 การวางแผน (Planning)

2.2 กลยุทธ์การจัดการข้อมูล (Information Management Strategies)

2.3 การตรวจสอบความเข้าใจ (Comprehension Monitoring)

2.4 กลยุทธ์การแก้ปัญหา (Debugging Strategies)

2.5 การประเมินผล (Evaluation)

Pintrich (2000) ได้อธิบายถึงองค์ประกอบของการคิดอภิมาน ซึ่งแบ่งไว้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ความรู้ในการคิดอภิมาน (Metacognitive Knowledge) การตัดสินและการตรวจสอบความคิดอภิมาน (Metacognitive Judgments and Monitoring) และการกำกับตนเองและการควบคุมการคิด (Self-Regulation and Control of Cognition) โดยแต่ละด้านมีรายละเอียด ดังนี้

1. ความรู้ในการคิดอภิมาน (Metacognitive Knowledge) หรือบางทีอาจพบว่ามีผู้ใช้คำว่า ความตระหนักในการคิดอภิมาน (Metacognitive Awareness) ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย 3 ด้าน ดังนี้

1.1 ความรู้เกี่ยวกับการคิด และกลยุทธ์การคิด (Knowledge of Cognition and Cognitive Strategies) เป็นความรู้เกี่ยวกับการคิดทั่วไป (The Universals of Cognition) ประกอบด้วย

1) ความรู้ที่เปิดเผย (Declarative Knowledge) รู้ว่า “อะไร” (What) เป็นกลยุทธ์ที่แตกต่าง ที่มีสำหรับความทรงจำ ความคิด และการแก้ปัญหา เป็นต้น

2) ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ (Procedural Knowledge) รู้ “วิธีการ” (How) ในการใช้และเข้าถึงกลยุทธ์ทางการคิดที่แตกต่างกัน

3) ความรู้ที่มีเงื่อนไข (Conditional Knowledge) รู้ว่า จะใช้กลยุทธ์ทางการคิดที่แตกต่างกัน“เมื่อไหร่” (When) และ “ทำไม” (Why) จึงต้องใช้กลยุทธ์นั้น

1.2 ความรู้เกี่ยวกับภาระงานและบริบท (Knowledge of Tasks and Contexts) ที่มีอิทธิพลต่อการคิด

1.3 ความรู้เกี่ยวกับตนเอง (Knowledge of Self) เป็นการเปรียบเทียบความรู้ที่เป็นจุดแข็งและจุดอ่อนทั้งภายในตนเอง (Intra-Individual) และภายนอกตนเอง (Inter-Individual) ในฐานะของผู้เรียนรู้หรือนักคิด

2. การตัดสินและการตรวจสอบการคิดอภิมาน (Metacognitive Judgments and Monitoring) มีองค์ประกอบย่อยดังนี้

2.1 ความยากง่ายของภาระงาน (Task Difficulty or Ease of Learning Judgments : EOL) เป็นการประเมินวิธีการว่าภาระการเรียนรู้ที่จะปฏิบัตินั้นยากหรือง่าย

2.2 การเรียนรู้และตรวจสอบความเข้าใจหรือการตัดสินใจเกี่ยวกับการเรียน (Learning and Comprehension Monitoring or Judgments of Learning : JOL) เป็นการตรวจสอบความเข้าใจในการเรียนรู้

2.3 การตัดสินอย่างมั่นใจ (Confidence Judgments) เป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับความถูกต้องหรือความเหมาะสมของการตอบสนอง

3. การกำกับตนเองและการควบคุมการคิด (Self-Regulation and Control) มีองค์ประกอบย่อยดังนี้

3.1 การวางแผนกิจกรรม (Planning Activities) มีการตั้งเป้าหมายสำหรับการเรียนรู้ เวลาที่ใช้ และการปฏิบัติ

3.2 กลยุทธ์ในการเลือกและใช้ (Strategy Selection and Use) เป็นการตัดสินใจเกี่ยวกับกลยุทธ์ที่ใช้ในภาระงาน หรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกลยุทธ์ขณะปฏิบัติงาน

3.3 การจัดสรรทรัพยากร (Allocation of Resources) เป็นการควบคุมและกำกับเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ความพยายาม ระยะการเรียนรู้และการปฏิบัติ

3.4 การควบคุมการตัดสินใจด้วยตนเอง (Volitional Control) เป็นการควบคุมและกำกับ แรงจูงใจ อารมณ์ และสิ่งแวดล้อมของตนเอง

Lee and Baylor (2006) สรุปองค์ประกอบของการคิดอภิมานได้ 2 องค์ประกอบ ได้แก่ ความรู้ในการคิดอภิมาน (Metacognitive Knowledge) และการกำกับการคิดอภิมาน (Metacognitive Regulation) มีรายละเอียดดังนี้

1. ความรู้ในการคิดอภิมาน (Metacognitive Knowledge) เป็นความรู้ที่ใช้ในจัดการกระบวนการคิด และมีองค์ประกอบย่อย 3 ด้าน ได้แก่ ตัวแปรด้านความรู้ของบุคคล (Knowledge of Person Variables) ตัวแปรด้านภาระงาน (Task Variables) และตัวแปรด้านกลยุทธ์ (Strategy Variables)

2. การกำกับการคิดอภิมาน (Metacognitive Regulation) เป็นความตระหนักของการทำกิจกรรมทางปัญญาของบุคคล เป็นวิธีการที่ใช้เพื่อกำกับกระบวนการคิดของบุคคล และเป็นคำสั่งเกี่ยวกับการจัดการ การวางแผน และการตรวจสอบกิจกรรมทางปัญญา มีองค์ประกอบย่อยดังนี้

2.1 การวางแผน (Planning) หมายถึง การคิดอย่างรอบคอบ เป็นการจัดระเบียบการเรียนรู้ทั้งหมด ประกอบด้วย การตั้งวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ การลำดับขั้นตอนการเรียนรู้ การกำหนดกลยุทธ์การเรียนรู้ และเวลาในการเรียนรู้

2.2 การตรวจสอบ (Monitoring) หมายถึง การแก้ไขปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเอง โดยการสังเกตกิจกรรมที่เหมาะสมกับความคืบหน้าของการเรียนรู้ในขณะนั้น ตัวอย่างเช่น ผู้เรียนสามารถถามตนเอง ด้วยคำถาม เช่น “ฉันกำลังทำอะไร”“ฉันมาถูกทางแล้วหรือยัง” “ฉันควรจะทำอย่างไร” “ข้อมูลอะไรที่สำคัญในการทำงานที่มอบหมายให้สำเร็จ” “ฉันควรใช้มุมมองอื่นหรือไม่” “ฉันควรปรับระยะก้าวของความยากหรือไม่” การตรวจสอบกิจกรรมเหล่านี้เกิดขึ้นระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้

2.3 การประเมินผล (Evaluating) หมายถึง การประเมินความก้าวหน้าของการปฏิบัติงาน การบอกถึงจุดเด่นจุดด้อยของตนเองในการปฏิบัติภาระงาน การประเมินความสามารถช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะและกลยุทธ์ที่จำเป็น

2.4 การทบทวน (Revising) หมายถึง การปรับปรุงการวางแผน เป้าหมาย กลยุทธ์ และวิธีการเรียนรู้อื่น ๆ

Veenman (2006) ได้สรุปองค์ประกอบของความรู้การคิดอภิมาน (Metacognitive Knowledge) ได้ 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความรู้ที่เปิดเผย (Person’s Declarative Knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ภาระงาน และลักษณะของกลยุทธ์

2. ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ (Person’s Procedural Knowledge) เพื่อกำกับการแก้ปัญหาและกิจกรรมการเรียนรู้ของบุคคล

3.ความรู้ที่มีเงื่อนไข (Conditional Knowledge) เกี่ยวกับว่าจะทำอะไรเมื่อไหร่ “What to do when” ซึ่งบางครั้งอาจพิจารณาได้ว่าเป็น ความตระหนักในการคิดอภิมาน

(Metacognitive Awareness) และ ความรู้ที่ชัดเจน (Declarative Knowledge) หรือเป็นส่วนหนึ่งของทักษะการคิดอภิมาน (Metacognitive Skills)

McCormick (2009) ได้อธิบายคุณลักษณะของความรู้การคิดอภิมาน (Metacognitive Knowledge) ไว้ 3 ประเภท ดังนี้

1. ความรู้ที่เปิดเผย (Declarative Knowledge) เป็นความรู้ว่าทำอะไร ประกอบด้วย ความรู้เกี่ยวกับตนเองในฐานะผู้เรียน และความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปฏิบัติของบุคคลใดบุคคลหนึ่ง ผู้เรียนที่ดีจะมีคุณลักษณะต่าง ๆ เกี่ยวกับความจำเพิ่มขึ้น เช่น มีการรับรู้ขีดจำกัดของตน มีการฝึกซ้อม และเรียนรู้แบบกระจาย

2. ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอน (Procedural Knowledge) และหมายถึงความรู้ในวิธีการ ความรู้ประเภทนี้ส่วนใหญ่จะแสดงถึงการวิเคราะห์พฤติกรรมและกลยุทธ์ บุคคลที่มีความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนในระดับสูงก็จะปฏิบัติงานมากขึ้นโดยอัตโนมัติ มีแนวโน้มที่จะมีกลยุทธ์มากขึ้น ลำดับยุทธวิธีได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้กลยุทธ์ที่แตกต่างในการแก้ปัญหาได้อย่างมีคุณภาพ

3. ความรู้ระดับเงื่อนไข (Conditional Knowledge) เป็นสิ่งสำคัญ เพราะจะช่วยให้นักเรียนเลือกจัดสรรทรัพยากรของพวกเขาและใช้กลยุทธ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความรู้ระดับเงื่อนไขยังช่วยให้นักเรียนมีความรู้เพื่อปรับให้เข้ากับความต้องการการเปลี่ยนแปลงสถานการณ์ของการเรียนรู้ในแต่ละงาน

Yang (2009) กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดอภิมานว่าประกอบด้วยความรู้การคิดอภิมานและทักษะการควบคุม มีรายละเอียดดังนี้

1. ความรู้การคิดอภิมาน (Meta-Cognitive Knowledge) ประกอบด้วย

1.1 ความรู้เกี่ยวกับคน (Knowledge About Person) เกี่ยวข้องกับความเชื่อเกี่ยวกับลักษณะวิธีในการเรียนรู้ที่ชื่นชอบ ความรู้ที่เกี่ยวกับสิ่งที่คนรู้และไม่รู้ สิ่งที่คนสามารถทำได้และไม่ได้ และการรู้ความก้าวหน้าของคน

1.2 ความรู้เกี่ยวกับภาระงาน (Knowledge About Task) หมายถึงการรู้จุดมุ่งหมาย และคุณสมบัติของงานและความสามารถในการประเมินข้อมูลที่มีและเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้

1.3 ความรู้เกี่ยวกับกลวิธี (Knowledge About Strategy) ความรู้ประเภทนี้ครอบคลุมถึงความรู้กลวิธีที่ควรจะประยุกต์ใช้ ตามชนิดของงานที่แตกต่างกันไป

2. ทักษะในการควบคุม (Regulatory Skill) แบ่งได้ดังนี้

2.1 การวางแผนก่อน (Pre-Planning) หมายถึง การตั้งเป้าหมาย การเลือกอุปกรณ์ และวิธีการการประเมินระดับความชำนาญและการรู้ปัญหาล่วงหน้า

2.2 การวางแผนระหว่างกิจกรรม (Planning-in-Action) เกี่ยวข้องกับกลวิธี เช่น การตรวจสอบ การตรวจหาผลลัพธ์และการปรับปรุงแผน

Erskine (2009) กำหนดความรู้ในกลยุทธ์ (Strategic Knowledge) ไว้เป็น 4 ประเภท ที่จำเป็นสำหรับนักเรียนในการเรียนรู้เพื่อจะเป็นนักคิดอภิมานที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งประกอบด้วย

1. การวางแผน (Planning) ช่วยให้ผู้เรียนกำหนดว่าปัญหาคืออะไร และเลือกกลยุทธ์ ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหามีองค์ประกอบย่อยดังนี้

1.1 คาดคะเน (Making Predictions)

1.2 การตระหนักถึงสิ่งที่รู้ และสามารถเลือกกลยุทธ์ที่เหมาะสม (Being Aware of what is Already Known so Appropriate Strategies can be Selected)

1.3 การเรียงลำดับกลยุทธ์ (Sequencing those Strategies)

1.4 การจัดสรรเวลาและความสนใจที่มีผลต่อการปฏิบัติ (Allocating time and Attention that Affect Performance)

2. การตรวจสอบ (Monitoring) เป็นประสิทธิผลของกลยุทธ์การแก้ปัญหา มีองค์ประกอบย่อยดังนี้

2.1 การระบุงาน (Identifying the Task)

2.2 ตรวจสอบความรู้ความเข้าใจและการปฏิบัติงานทางออนไลน์ (Checking one's on-Line Awareness of Comprehension and Task Performance)

2.3 ตัดสินใจจากข้อมูลใหม่ว่า สิ่งใดควรละทิ้ง และสิ่งใดควรกู้ข้อมูลคืนมา (Deciding Whether, in Light of new Information, a Path Already Taken should be Abandoned and what, if Anything, can be Salvaged from an Abandoned Attempt)

2.4 ค้นหาข้อมูลที่ถูกมองข้ามก่อนหน้านี้ และระบุแนวทางการรวมข้อมูล (Looking for Previously Overlooked Information and Identifying ways to Combine Information)

2.5 ทำนายผลที่เกิดขึ้นในขั้นสุดท้าย (Predicting the Eventual Outcome)

2.6 มีส่วนร่วมในการทดสอบตนเองเป็นระยะ ๆ (Engaging in Periodic Self-Testing)

3. การควบคุมตัวเอง (Regulating) เป็นการควบคุมตัวเองในขณะที่เรียนรู้ เพื่อระบุ และเอาชนะอุปสรรคในการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า มีองค์ประกอบย่อย ดังนี้

3.1 การจัดสรรทรัพยากรและจำนวนของขั้นตอนที่จำเป็นเพื่อให้งานบรรลุผล (Allocating Resources and Number of Steps Needed to Complete a Task)

3.2 พึงระลึกถึงความรุนแรงและความเร็วที่งานต้องเสร็จสมบูรณ์ (Being Mindful of the Intensity and Speed with which a Task must be Completed)

3.3 การใช้กลยุทธ์ที่มีอยู่เพื่อประโยชน์สูงสุดของผู้เรียน (Using Existing Strategies to the Learner's best Advantage)

3.4 เพิ่มความตระหนักในการสร้างความเข้าใจในรายละเอียด (Increasing Awareness of Comprehension Breakdowns)

4. การประเมินผล (Evaluating) เป็นการประเมินผลตอนจบ โดยมีองค์ประกอบย่อย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 การกำหนดประสิทธิภาพความพยายามของบุคคล (Determining the Efficacy of One's Efforts)

4.2 การสะท้อนคิดด้วยตนเองเกี่ยวกับประสบการณ์และสถานการณ์เพื่อตรวจสอบว่ามีความรู้เพียงพอหรือไม่ (Self-Effective Thinking about Experiences and Situations to Determine if Knowledge is Adequate)

4.3 การกำหนดสิ่งที่เป็นเป้าหมายของการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Determining what Goals are to be Set in Light of one's Self-Efficacy)

Nagel (2014) สรุปความหมายของการคิดอภิมานที่ยอมรับกันมากที่สุดว่าหมายถึง ความรู้ (Knowledge) ซึ่งประกอบด้วย (ก) ความรู้ว่าทำอะไร (Declarative Knowledge) เป็นการตระหนักหรือรับรู้เกี่ยวกับความสามารถส่วนบุคคล (ข) ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอน (Procedural Knowledge) รู้ว่าทำไม (Know why) เป็นกลยุทธ์ทั่วไปที่อาจนำไปใช้ในภาระงานที่แตกต่างกัน และ (ค) ความรู้ระดับเงื่อนไข (Conditional Knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับเงื่อนไขภายใต้กลยุทธ์ที่อาจถูกนำมาใช้

จากการนำเสนอองค์ประกอบของนักการศึกษาข้างต้น สามารถสรุปแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของการคิดอภิมาน ได้ดังตาราง 1

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตาราง 1 สรุปแนวคิดของนักการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของการคิดอภิมาน

Metacognitive Components											
Educators	Knowledge (Self Appraisal)			Experience (Control, Self - Management)			Awareness	Self-regulation	Readiness	Judgment and Monitoring	Revising
	Declarative (Person)	Procedural (Task)	Conditional (Strategy)	Planning	Monitoring	Evaluation					
Flavell (1979)	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
Baker and Brown (1984)							✓	✓			
Brown (1987)					✓		✓				
Cross and Paris (1988)	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
White (1988)		✓			✓		✓		✓		
Blakery and Spence (1990)		✓	✓	✓	✓	✓					
Schraw and Dennison (1994)	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
Pintrich (2000)	✓	✓	✓	✓	✓					✓	
Lee and Baylor (2006)	✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓
Veenman (2006)	✓	✓	✓								
McCormic (2009)	✓	✓	✓								
Erskine (2009)				✓	✓	✓		✓			
Nagel (2014)	✓	✓	✓								

จากตาราง 1 สามารถจำแนกแนวคิดของนักการศึกษาได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่มีแนวคิดเดียวกับ John Flavell เป็นกลุ่มที่แบ่งการคิดอภิมานเป็น 2 องค์ประกอบ ซึ่งประกอบด้วย ความรู้ในการคิดอภิมาน และประสบการณ์ในการคิดอภิมาน

กลุ่มนี้ ได้แก่ John Flavell, Cross and Paris, Schraw and Dennison, Pintrich, White, Blakery and Spence, Lee and Baylor

กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่มีองค์ประกอบเดียว คือ องค์ประกอบด้านความรู้ ได้แก่ Veenman, McCormic, Negel

กลุ่มที่ 3 กลุ่มที่มีองค์ประกอบอื่น ๆ นอกเหนือจากสองกลุ่มข้างต้น ได้แก่ Baker and Brown, Brown, White, Pintrich, Erskine

จะเห็นได้ว่า กลุ่มที่ 1 นักการศึกษามีแนวคิดที่คล้ายคลึงกันทั้งองค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อย สามารถจัดหมวดหมู่ได้อย่างชัดเจน และมีองค์ประกอบที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสรุปองค์ประกอบเกี่ยวกับแนวคิดการคิดอภิมานว่าประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลัก คือ ความรู้ในการคิดอภิมาน (Metacognitive Knowledge) และประสบการณ์ในการคิดอภิมาน (Metacognitive Experience) ซึ่งสามารถสรุปองค์ประกอบได้ดังนี้

1. ความรู้ในการคิดอภิมาน (Metacognitive Knowledge) เป็นส่วนที่ว่าด้วยการรู้ว่าตนรู้เกี่ยวกับสิ่งนั้นว่าอย่างไร หรือการมีสติระลึกรู้ว่าตนมีการสะท้อนความคิดของตนอย่างไร เป็นความคิดเชิงลึกของบุคคล เพื่อปรับกระบวนการเรียนรู้ของตนในการสร้างงาน ซึ่งจะทำให้นักเรียนที่ไม่มีหรือไม่เห็นคุณค่าของความรู้ในการคิดเกี่ยวกับการรู้นั่น เกิดความตระหนักขึ้นในตนเอง และมีการควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง เป็นความรู้ทั้งหมดที่บุคคลสะสมไว้ในความจำระยะยาว เป็นการที่บุคคลรู้ว่า ตนเองรู้อะไรและคิดอย่างไร คิดถึงเป้าหมาย และการบรรลุเป้าหมายอย่างไร เกี่ยวกับความรู้นั้น ความรู้ในการคิดอภิมานประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1.1 ความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge) เป็นความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ ในเรื่องกว้าง ๆ ที่เป็นความจริง ความเชื่อ ความคิดเห็น ความเข้าใจทั่วไป ทฤษฎี สมมติฐาน และทัศนคติในสิ่งนั้น (Anderson, 1990) เช่น การเรียนรู้คืออะไร การคิดคืออะไร และรู้ว่ามีปัจจัยใดที่มีอิทธิพลที่ทำให้ตนสามารถทำหรือแสดงบทบาทนั้นออกมาได้ และรวมไปถึงความรู้ที่เกี่ยวกับตนเองและผู้อื่น เป็นความคิดความเข้าใจที่ได้จากการนึกคิดด้วยตนเองตามที่บุคคลนั้นมีอยู่ในตัว (Flavell, 1979) เช่น เด็ก ๆ ส่วนใหญ่จะบอกว่าตนมีข้อจำกัดในระบบการจำตนเองมีความสามารถเพียงเท่านั้น พวกเขาก็จะสามารถบอกถึงความรู้ที่ตนมีอยู่เพียงเท่านั้น ดังนั้นความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย จึงเป็นการประเมินการนึกย้อนคิดของบุคคลหรือประเมินผลข้อมูลเก่าเมื่อพบข้อมูลใหม่ แล้วหลอมเป็นข้อมูลความรู้ใหม่เก็บไว้ในความจำระยะสั้น (Short-Term Memory) หรือมีการประเมินผลแล้วมีการต่อต้านหรือไม่ยอมรับข้อมูลใหม่ในหน่วยความจำ (Working Memory) ต่อจากนั้นข้อมูลทั้งหมดจะถูกเชื่อมโยงและเก็บไว้เป็นความจำระยะยาว (Long-Term Memory)

1.2 ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (Procedural Knowledge) เป็นความรู้ที่เกี่ยวกับการจัดเก็บข้อมูล การรู้ว่าตนได้ความรู้จากยุทธวิธีและเทคนิควิธีการที่หลากหลาย หรือการที่บุคคลรู้ว่าตนได้ความรู้นั้นมาอย่างไร (Anderson, 1990) เช่น ฉันเรียนรู้จาก... ฉันคิดโดย... ฉันคิดเมื่อฉัน... เขาเรียนรู้โดย... เป็นต้น เด็กส่วนใหญ่จะมองข้ามภาพรวมความรู้พื้นฐานของตนไป หรือความสามารถที่ตนมี เช่น การจินตนาการเป็นภาพ การนึกถึงข้อความจากสื่อ แต่จะใช้ลักษณะที่เป็นยุทธวิธีแทน เช่น การเขียนบันทึก การพูดคุยกับเพื่อน การพยายามพิจารณาและทำความเข้าใจข้อมูลที่สำคัญอย่างช้า ๆ มีการมองข้ามข้อมูลที่ไม่สำคัญไป ใช้เฉพาะข้อความบางข้อความช่วยในการจำและสรุปใจความสำคัญ ความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge) จะเกี่ยวเนื่องกับความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (Procedural Knowledge) โดยความรู้เกี่ยวกับการนิยามความหมายจะอธิบายมโนทัศน์ในเรื่องที่เรียนรู้นั้น ส่วนความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนจะอธิบายวิธีการได้มาซึ่งความรู้นั้น หรือวิธีการที่จะประสบความสำเร็จในเรื่องที่เรียนรู้นั้น การมีความรู้เรื่องการให้นิยามความหมายในขณะเรียนรู้มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการดำเนินการะบวนการเรียนรู้ให้ประสบความสำเร็จ ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับธรรมชาติของแต่ละวิชาด้วย ถ้าผู้เรียนไม่มีความเข้าใจ ไม่มีความรู้ในเนื้อหาวิชานั้น ๆ ผู้เรียนก็จะไม่สามารถวางแผนกระบวนการเรียนรู้ของตนได้ เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ ส่งผลให้ผู้เรียนมีสมรรถภาพในการเรียนต่ำ และความสามารถในการปรับตัวก็จะต่ำไปด้วย (Thomas, 2002)

1.3 ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge) เป็นความรู้ที่ว่าทำไมและเมื่อไหร่จะใช้เทคนิค วิธีการ หรือยุทธวิธีนั้นที่เป็นลักษณะเฉพาะในแต่ละนิยามความหมาย หรือแต่ละลำดับขั้นตอนและวิธีการนั้น ๆ ว่าทำไมสิ่งเหล่านั้นจึงมีความสำคัญที่จะต้องทำ ข้อมูลความรู้ใดบ้างที่จะช่วยให้ตนเกิดการเรียนรู้ ซึ่งจะเป็นตัวผลักดันบุคคลให้เกิดการคิด พิจารณาในข้อมูลที่รับเข้ามา (Flavell, 1979) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะขึ้นอยู่กับการรู้ว่าทำไมตนจึงมีความรู้นั้น ตนมีการใช้วิธีการ ยุทธวิธี หรือกระบวนการในการเรียนรู้นั้นเมื่อใด อย่างไร และมีกระบวนการในการดำเนินการด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมายนั้น ๆ อย่างไร ซึ่งสิ่งนั้นก็คือ ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข ซึ่งเป็นความสามารถเฉพาะของบุคคลที่จะเรียนรู้ในสถานการณ์เฉพาะนั้น และสามารถเลือกยุทธวิธีปรับเปลี่ยนยุทธวิธีได้ตามความเหมาะสมอย่างมีคุณค่า มีความหมาย ในสถานการณ์นั้น ๆ เช่น ฉันใช้กระบวนการเรียนรู้แบบนี้เมื่อ... ฉันใช้กระบวนการคิดแบบนี้เนื่องจาก... ฉันไม่ใช้ยุทธศาสตร์การเรียนแบบนี้เพราะ... สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ คือการที่ผู้เรียนเห็นคุณค่าและรู้ข้อจำกัดของกระบวนการเรียนรู้ รู้ว่าอย่างไร เมื่อไหร่ และทำไม ที่จะต้องใช้ยุทธวิธีในการเรียนนั้น ๆ ความรู้ที่เป็นเงื่อนไขนี้จะช่วยผู้เรียนเลือกและใช้ความรู้เกี่ยวกับนิยามความหมายและความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนวิธีการให้เหมาะสมกับเป้าหมายในการเรียนที่ตนตั้งไว้ (Thomas, 2002)

2. ประสบการณ์ด้านการคิดอภิมาน (Metacognitive Experience) เป็นประสบการณ์ทางการคิดที่บุคคลสามารถควบคุมได้ และมีความสำคัญต่อการกำกับตนเองในกิจกรรมการคิด เริ่มตั้งแต่การเข้าสู่สถานการณ์การคิดจนกระทั่งสามารถบรรลุเป้าหมายหรือเลิกกระทำ ประสบการณ์ด้านการคิด สรุปเป็นองค์ประกอบย่อย ได้ดังนี้

2.1 การวางแผน (Planning) เป็นการรู้ว่าตนเองจะทำงานนั้นอย่างไร ตั้งแต่การกำหนดเป้าหมายจนถึงการปฏิบัติงานจนบรรลุเป้าหมาย โดยกระบวนการขั้นนี้จะนำไปสู่กระบวนการย่อย ๆ เช่น การกำหนดเป้าหมาย การเลือกวิธีปฏิบัติ การเรียงลำดับขั้นตอนการปฏิบัติ การรวบรวมจัดหมวดหมู่ปัญหาและอุปสรรคที่สามารถจะเกิดขึ้นได้ การรวบรวมแนวทางเพื่อที่จะใช้แก้ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นได้ และการคาดคะเนหรือทำนายผลลัพธ์ไว้ล่วงหน้า

2.2 การตรวจสอบ (Monitoring) เป็นการทบทวนการคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ว่าเป็นไปได้เพียงใด ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนและวิธีการที่เลือกใช้ โดยในขั้นนี้จะนำไปสู่กระบวนการย่อย ๆ เช่น การกำกับจุดประสงค์ไว้ในใจ การกำกับบทบาทของตนเองให้เป็นไปตามขั้นตอน การรู้จุดประสงค์ย่อยที่จะทำให้แก้ปัญหาได้สำเร็จ การตัดสินใจไปสู่การปฏิบัติขั้นต่อไป การเลือกวิธีปฏิบัติขั้นต่อไปอย่างเหมาะสม การรู้ถึงปัญหาและข้อผิดพลาดในการแก้ปัญหาและทราบวิธีที่จะขจัดปัญหาและข้อผิดพลาด

2.3 การประเมินผล (Evaluating) เป็นการคิดเกี่ยวกับการประเมินการวางแผน ประเมินวิธีการตรวจสอบ และประเมินผลลัพธ์ โดยในขั้นนี้จะนำไปสู่กระบวนการย่อย ๆ เช่น การประเมินความสำเร็จตามจุดประสงค์ การพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้อย่างละเอียดและเพียงพอ การประเมินคุณค่าของวิธีที่ใช้ การประเมินเรียงลำดับปัญหา และข้อผิดพลาดที่พบการพิจารณาประสิทธิภาพของแผนการที่ทำให้แก้ปัญหาได้สำเร็จ

4. การวัดและประเมินการคิดอภิมาน

การคิดอภิมาน เป็นวิธีการคิดที่มีระบบอยู่ในสมองของมนุษย์ การประเมินการคิดอภิมานจึงต้องใช้การกระตุ้นจากภายนอก เพื่อให้ผู้เรียนแสดงวิธีการคิดและพฤติกรรมโดยใช้วิธีการอย่างหลากหลาย เช่น การสัมภาษณ์ วิธีการคิดออกเสียง การให้รายงานตนเอง และการใช้แบบทดสอบ ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีหรือข้อจำกัดที่แตกต่างกัน จึงควรพิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น วัตถุประสงค์ของการประเมิน ระดับชั้นของผู้เรียน จำนวนผู้เรียน เพื่อให้สามารถเลือกใช้วิธีในการประเมินได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

เราสามารถวัดความสามารถในการคิดได้หลากหลายวิธี แต่ถ้าพิจารณาถึงรูปแบบและแนวทางของการวัดความสามารถในการคิดทั้งในอดีตและปัจจุบัน พอจะจำแนกประเภทของการวัดออกเป็น 2 แนวทางสำคัญ ดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544)

1. แนวทางของนักวัดกลุ่มจิตมิติ (Psychometrics)

แนวทางการวัดจิตมิตินี้เป็นของกลุ่มนักวัดทางการศึกษาและนักจิตวิทยาที่พยายามศึกษาและวัดคุณลักษณะภายในของมนุษย์ เริ่มจากการศึกษาและวัดเชาว์ปัญญา (Intelligence) ศึกษาโครงสร้างทางสมองของมนุษย์ด้วยความเชื่อว่ามีลักษณะองค์ประกอบและมีระดับความสามารถที่แตกต่างกันในแต่ละคน ซึ่งสามารถวัดได้โดยการใช้แบบสอบมาตรฐาน ต่อมาได้ขยายแนวคิดของการวัดความสามารถทางสมองสู่การวัดผลสัมฤทธิ์ บุคลิกภาพ ความถนัด และความสามารถในด้านต่าง ๆ รวมทั้งความสามารถในการคิด

2. แนวทางของการวัดจากการปฏิบัติจริง (Authentic Performance Measurement)

แนวทางการวัดนี้เป็นทางเลือกใหม่ที่เสนอโดยกลุ่มนักวัดการเรียนรู้ในบริบทที่เป็นธรรมชาติ โดยเน้นการวัดจากการปฏิบัติในชีวิตจริงหรือคล้ายจริงที่มีคุณค่าต่อตัวผู้ปฏิบัติ มิติของการวัดทักษะการคิดซับซ้อนในการปฏิบัติงาน ความร่วมมือในการแก้ปัญหาและการประเมินตนเอง เทคนิคการวัดใช้การสังเกตสภาพงานที่ปฏิบัติจากการเขียนเรียงความ การแก้ปัญหาในสถานการณ์เหมือนโลกแห่งความเป็นจริง และการรวบรวมงานในแฟ้มสะสมงาน/หรือพัฒนางาน (Portfolio)

5. เครื่องมือการวัดและประเมินการคิดอภิมาน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2544) กล่าวถึงการวัดความสามารถในการคิดมีเทคนิคการวัดที่สามารถเลือกใช้ได้อย่างหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการวัดโดยใช้แบบทดสอบ (Test) การสังเกตพฤติกรรมโดยตรง (Direct observation) การสัมภาษณ์เป็นรายบุคคล (Individual Interview) การบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล (Comprehensive Personal Record) ตลอดจนการตรวจผลงานจากแฟ้มสะสมงานหรือพัฒนางาน (Portfolio)

การวัดความสามารถในการคิดโดยใช้แบบทดสอบสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบทดสอบข้อเขียน (Paper-Pencil Tests) และแบบทดสอบปฏิบัติการ (Performance Tests) แบบทดสอบข้อเขียนนั้นนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องด้วยใช้ง่ายและสะดวกสำหรับผู้สอบทั้งกลุ่มเล็กและกลุ่มใหญ่ ในการพัฒนาแบบทดสอบข้อเขียนเพื่อวัดความสามารถในการคิด ผู้พัฒนาสามารถใช้รูปแบบการสร้างแบบทดสอบแบบปรนัย (Objective Tests) หรือแบบทดสอบประเภทอัตนัย (Subjective Tests) สำหรับแบบทดสอบประเภทปรนัยเป็นแบบทดสอบที่ใช้เวลาในการสร้างยากแต่ตรวจง่าย และนิยมพัฒนาเป็นแบบทดสอบมาตรฐาน รูปแบบการตอบที่นิยมใช้กัน เช่น แบบทดสอบหลายตัวเลือก (Multiple-Choice Tests) เป็นต้น ส่วนแบบทดสอบประเภทอัตนัยเป็นแบบทดสอบที่สร้างง่ายแต่ตรวจยาก การพัฒนาเป็นแบบทดสอบมาตรฐานจึงทำได้ยาก รูปแบบการตอบที่นิยมใช้กัน เช่น การตอบสั้น (Short Answer) การเขียนตอบตามกรอบที่กำหนด (Restricted Essay Tests) การเขียนตอบอย่างเป็นอิสระ (Extended Essay Tests) เป็นต้น

การวัดความสามารถในการคิดตามแนวทางนักวัดกลุ่มจิตมิติ ส่วนใหญ่สนใจการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) ซึ่งได้มีการพัฒนาแบบทดสอบกันอย่างแพร่หลาย ในที่นี้จะขอเสนอการวัดความสามารถในการคิดเป็น 2 ลักษณะ คือ แบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิด ซึ่งมีผู้สร้างไว้แล้วกับแบบทดสอบสำหรับวัดความสามารถในการคิดที่สามารถสร้างขึ้นใช้เอง

แบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิด

แบบทดสอบมาตรฐานที่มีผู้สร้างไว้แล้ว สำหรับใช้วัดความสามารถในการคิดสามารถจัดกลุ่มได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบทดสอบการคิดทั่วไป และแบบทดสอบการคิดเฉพาะด้าน (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544) มีรายละเอียดดังนี้

1. แบบทดสอบการคิดทั่วไป

แบบทดสอบการคิดทั่วไปเป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดให้ครอบคลุมความสามารถในการคิด โดยเป็นความคิดที่อยู่บนพื้นฐานของการใช้ความรู้ทั่วไป แบบทดสอบลักษณะนี้ส่วนใหญ่เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิดทั่วไปที่สำคัญ มีดังนี้

1.1 Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal

1.1.1 ลักษณะทั่วไปของแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้สร้างโดย Watson and Glaser (2010) มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ฉบับปรับปรุงปีล่าสุดในปี ค.ศ. 2002 สำหรับใช้กับนักเรียนระดับ ม.3 ถึงวัยผู้ใหญ่ แบบทดสอบมี 2 แบบ (Form) คู่ขนานกัน คือ แบบ A และแบบ B แต่ละแบบประกอบด้วย 5 แบบทดสอบย่อย (Subtest) มีข้อสอบรวมทั้งหมด 80 ข้อ ใช้เวลาสอบ 50 นาที แต่ละแบบทดสอบย่อยวัดความสามารถในการคิดต่าง ๆ กัน ดังนี้

1) ความสามารถในการสรุปอ้างอิง (Inference) เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินและจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่า ข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ ลักษณะของแบบทดสอบย่อยนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อสรุปของสถานการณ์ 3-5 ตัวเลือก ได้แก่ เป็นจริง (True) น่าจะเป็นจริง (Probably True) ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ (Insufficient Data) น่าจะเป็นเท็จ (Probably False) และเป็นเท็จ (False)

2) ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumption) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่า ข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ข้อความใดไม่เป็น ลักษณะของแบบทดสอบย่อยนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อความตามมา สถานการณ์ละ 2-3 ข้อความ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินข้อความในแต่ละข้อว่า ข้อใดเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้นของสถานการณ์ทั้งหมด

3) ความสามารถในการนิรนัย (Deduction) เป็นการวัดความสามารถในการหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล จากสถานการณ์ที่กำหนดมาให้โดยใช้หลักตรรกศาสตร์ ลักษณะของแบบทดสอบย่อยนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ 1 ย่อหน้า แล้วมีข้อสรุปตามมา สถานการณ์ละ 2-4 ข้อ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าข้อสรุปในแต่ละข้อเป็นข้อสรุปที่เป็นไปได้หรือไม่ตามสถานการณ์นั้น

4) ความสามารถในการแปลความ (Interpretation) เป็นการวัดความสามารถในการให้น้ำหนักข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อตัดสินความเป็นไปได้ของข้อสรุป ลักษณะของแบบทดสอบย่อยนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อสรุปสถานการณ์ละ 2-3 ข้อ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าข้อสรุปในแต่ละข้อว่าน่าเชื่อถือหรือไม่ภายใต้สถานการณ์อันนั้น

5) ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Arguments) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกการใช้เหตุผลว่าสิ่งใดเป็นความสมเหตุสมผล ลักษณะของแบบทดสอบย่อยนี้มีการกำหนดชุดของคำถามเกี่ยวกับประเด็นปัญหาสำคัญมาให้ ซึ่งแต่ละคำถามมีชุดของคำตอบพร้อมเหตุผลกำกับ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าคำตอบใดมีความสำคัญเกี่ยวข้องโดยตรงกับคำถามหรือไม่ และให้เหตุผลประกอบ

1.1.2 คุณภาพของแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้มีความเชื่อมั่นแบบความสอดคล้องภายในโดยมีวิธีหาความเชื่อมั่นแบบแบ่งครึ่งข้อสอบ มีพิสัยระหว่าง 0.69 ถึง 0.85 และมีความเชื่อมั่นแบบความคงที่โดยวิธีสอบซ้ำ (ระยะห่างระหว่างการสอบ 3 เดือน) เท่ากับ 0.73 มีการตรวจสอบความเชื่อมั่นตรง โดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนสอบกับคะแนนจากแบบทดสอบเชาว์ปัญญาแบบวัดเจตคติ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.2 Cornell Critical Thinking Test, Level X and Level Z

1.2.1 ลักษณะทั่วไปของแบบทดสอบ

Cornell Critical Thinking Test พัฒนาโดย Ennis and Millman (1985) พัฒนาขึ้นมาโดยยึดทฤษฎีของ Ennis เป็นหลัก ทฤษฎีนี้ได้กำหนดว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ

1) การนิยามปัญหา/สิ่งเกี่ยวข้องและการทำให้กระจ่าง (Define and Clarity) จึงประกอบด้วยความสามารถต่าง ๆ ดังนี้

1.1) ระบุประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่สำคัญ (Identify Problem) ระบุข้อสรุป (Identify Conclusion)

1.2) ระบุเหตุผลที่ปรากฏและไม่ปรากฏ (Identify Reason)

1.3) ตั้งคำถามให้เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ (Identify Appropriate Questions to Ask)

1.4) ระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Identify Assumptions)

2) การพิจารณาตัดสินข้อมูล (Judge Information) ซึ่งประกอบด้วยความสามารถต่าง ๆ ดังนี้

2.1) ตัดสินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต (Determine Credibility of Source and Observation)

2.2) ตัดสินความเกี่ยวข้องของข้อมูลกับปัญหา (Determine Relevance)

3) การอ้างอิงเพื่อการแก้ปัญหาและการลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล (Inference Solving Problem and Draw Reasonable Conclusion) ซึ่งประกอบด้วยความสามารถต่าง ๆ ดังนี้

3.1) ตัดสินสรุปแบบอุปนัยและอ้างอิง (Infer and Judge Inductive Conclusions)

3.2) การนิรนัย (Deduction)

3.3) ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นตามมา (Predict Probable Consequence)

คู่มือการใช้แบบสอบได้ระบุถึงผู้คิดอย่างมีวิจารณญาณนั้น จะต้องมีสมรรถภาพในการตัดสินได้ว่าสิ่งเหล่านี้เกิดขึ้นหรือไม่ ซึ่งมี 10 ลักษณะ ดังนี้

1. ข้อความที่ใช้สืบเนื่องมาจากข้อความที่กำหนดให้ (Premises)
2. สิ่งที่กล่าวถึงเป็นข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption)
3. สิ่งที่สังเกตได้มีความตรง (Validity)
4. สิ่งที่ถูกกล่าวหาเชื่อถือได้ (Reliable)
5. การสรุปอ้างอิงเบื้องต้นมีความถูกต้อง (Simple generation)
6. สมมุติฐานมีความสมเหตุสมผล (Hypothesis)
7. ทฤษฎีที่ใช้มีความเหมาะสม (Theory)
8. ประเด็นโต้แย้งขึ้นกับประเด็นที่คลุมเครือ (Ambiguity)
9. ข้อความที่ใช้มีความเฉพาะและชัดเจน (Specific)
10. การใช้เหตุผลได้ตรงประเด็น (Relevant)

แบบทดสอบ Cornell Critical Thinking Test ทั้ง Level X และ Level Z เหมาะสำหรับใช้กับกลุ่มตัวอย่างคนละกลุ่ม และสมรรถภาพที่มุ่งวัดมีความแตกต่างกัน ตามกลุ่ม

ตัวอย่างที่ใช้โดยแบบทดสอบ Level X ใช้สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงมัธยมศึกษา ประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ 71 ข้อ โดยวัดองค์ประกอบของการคิด 4 ด้าน คือ ด้านการตัดสินสรุปการอ้างอิงแบบอุปนัย (Inductive Inference) การตัดสินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต (Credibility of Sources and Observation) การนิรนัย (Deduction) และการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption Identification) ซึ่งสมรรถนะที่มุ่งวัดครอบคลุม 7 ลักษณะ ยกเว้นสมรรถภาพที่ 7, 8, และ 9

สำหรับแบบทดสอบ Cornell Critical Thinking Test, Level Z ใช้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย นักศึกษาระดับปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษา รวมทั้งผู้ใหญ่ ประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ 52 ข้อ โดยวัดองค์ประกอบของการคิด 7 ด้าน คือ การนิรนัย (Deduction) การให้ความหมาย (Meaning) ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล (Credibility) การสรุปโดยอ้างเหตุผลที่สนับสนุนด้วยข้อมูล (Inductive Inference, Direction of Support) การสรุปโดย การทดสอบสมมุติฐานและการทำนาย (Inductive Inference, Prediction and Hypothesis Testing) การนิยามและใช้เหตุผลที่ไม่ปรากฏ (Definition and Unstated Reasons) และการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption Identification) ซึ่งสมรรถภาพที่มุ่งวัดครอบคลุมทั้ง 10 ลักษณะ ยกเว้นสมรรถภาพที่ 7 และเน้นน้อยลงสำหรับสมรรถภาพที่ 3 และ 4

1.2.2 คุณภาพของแบบทดสอบ

คุณภาพของแบบทดสอบ Cornell Critical Thinking Test, Level X มีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในช่วง 0.67 ถึง 0.79 ส่วน LevelZ มีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในช่วง 0.50 ถึง 0.77 ในด้านความตรงของแบบทดสอบมีการศึกษาทางด้านเนื้อหา ความตรงตามเกณฑ์และการวิเคราะห์ตัวประกอบ

1.3 Ross Test of Higher Cognitive Processes

1.3.1 ลักษณะทั่วไปของแบบทดสอบ

Ross Test of Higher Cognitive Processes พัฒนาโดย Rosss and Ross (1976) ใช้สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 แบบทดสอบมุ่งวัดความสามารถทางสมองชั้นสูงระดับการวิเคราะห์ (Analysis) การสังเคราะห์ (Synthesis) และการประเมิน (Evaluation) ตามการจัดระดับจุดมุ่งหมายทางการศึกษาของ Bloom (Bloom's Taxonomy of Educational Objectives)

แบบทดสอบประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ 8 ตอน จำนวน 105 ข้อ ซึ่งแบ่งการสอบออกเป็น 2 ครั้ง ๆ ละประมาณ 1 ชั่วโมง ครั้งแรกสอบตอนที่ 1 ถึง 5 ครั้งที่สองสอบตอนที่ 6 ถึง 8 แบบทดสอบวัดกระบวนการคิดทางสมอง 8 ตอน ดังนี้

1. การอุปมาอุปไมย (Analogies)

2. การใช้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction Reasoning)

3. ข้อสมมุติฐานที่ขาดหายไป (Missing Premises)

4. ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม (Abstract Relations)

5. การสังเคราะห์อย่างเป็นลำดับ (Sequential Synthesis)

6. กลยุทธ์การตั้งคำถาม (Questioning Strategies)

7. การวิเคราะห์ความตรงประเด็นของสารสนเทศที่ใช้ (Analysis of Relevant and Irrelevant Information)

8. การวิเคราะห์คุณลักษณะ (Analysis of Attributes)

แบบทดสอบตอนที่ 1, 3 และ 7 เป็นการวัดความสามารถในการสังเคราะห์ แบบทดสอบตอนที่ 4, 5 และ 7 เป็นการวัดความสามารถในการสังเคราะห์ และแบบทดสอบตอนที่ 2 และ 6 หรือวัดความสามารถชั้นประเมิน

1.3.2 คุณภาพของแบบทดสอบ

แบบทดสอบ Ross Test of Higher Cognitive Processes มีความเชื่อมั่นแบบแบ่งครึ่งข้อสอบเท่ากับ 0.92 และความเชื่อมั่นแบบสอบซ้ำ เท่ากับ 0.94 ส่วนความเชื่อมั่นตรงนั้นมีรายงานความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบกับอายุของผู้สอบเท่ากับ 0.67 เนื่องจากความสามารถในการคิดมีความสัมพันธ์ทางบวกกับอายุ

1.4 New Jersey Tests of Reasoning Skills

1.4.1 ลักษณะทั่วไปของแบบทดสอบ

New Jersey Tests of Reasoning Skills พัฒนาโดย Virginia Shipman เน้นการใช้ในโครงการปรัชญาสำหรับเด็กของ Institute for the Advancement of Philosophy for Children ซึ่งสามารถนำไปใช้ทั่วไปได้สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ขึ้นไปจนถึงระดับมัธยมศึกษา

แบบสอบถามมุ่งวัดการใช้เหตุผลทางภาษา (Reasoning in Language) แบบทดสอบประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ 50 ข้อ ครอบคลุมทักษะ 22 ทักษะ ทักษะที่สำคัญประกอบด้วย

1. การแปลความให้อยู่ในรูปของเหตุผล (Translating into Logical Form)

2. การตระหนักถึงการใช้คำถามที่ไม่เหมาะสม (Recognizing Improper Question)

3. การหลีกเลี่ยงการด่วนสรุป (Avoiding Jumping to Conclusions)

4. การใช้เหตุผลเชิงอุปมาอุปไมย (Analogical Reasoning)

5. การบ่งชี้ข้อตกลงเบื้องต้น (Detecting Underlying Assumptions)

6. การบ่งชี้ความคลุมเครือ (Detecting Ambiguities)

. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Discerning Causal Relationship)

8. การระบุเหตุผลที่ดี (Identifying Good Reasoning)

9. การจำแนกประเภท และขนาดของความแตกต่าง (Distinguishing Differences of Kind and Degrees)

10. การตระหนักถึงการถ่ายโยงความสัมพันธ์ (Recognizing Transitive Relationships)

1.4.2 คุณภาพของแบบทดสอบ

แบบทดสอบ New Jersey Tests of Reasoning Skills มีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในช่วง 0.85 (สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 5) จนถึง 0.79 (สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 7) สำหรับความเชื่อมั่นตรงของแบบทดสอบ แบบทดสอบมีความครอบคลุมถึงทักษะสำคัญ 2 ประเภท ได้แก่ ทักษะการใช้เหตุผล (Reasoning Skills) และทักษะการสืบเสาะ (Inquiry Skills)

1.5 Judgment : Deductive Logic and Assumption Recognition

1.5.1 ลักษณะทั่วไปของแบบทดสอบ

Judgment : Deductive Logic and Assumption Recognition พัฒนาโดย Edith Shaffer and Joan Steiger แบบทดสอบนี้เป็นแบบทดสอบประเภทอิงเกณฑ์ (Criterion-Referenced Test) สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1-6 แบบทดสอบประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 48 ข้อ ใช้เวลาสอบ 40 นาที

แบบทดสอบมุ่งวัดความสามารถในการคิดในด้านการตัดสินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต (Credibility of Sources and Observation) การลงข้อสรุปแบบนิรนัย (Deduction) อุปนัย (Induction) และการวัดลักษณะสำคัญที่จำเป็นต่อการคิด (Thinking Dispositions)

1.5.2 คุณภาพของแบบทดสอบ

ไม่มีการรายงาน

1.6 Test of Enquiry Skills

1.6.1 ลักษณะทั่วไปของแบบทดสอบ

Test of Enquiry Skills พัฒนาโดย Barry J. Fraser แบบทดสอบนี้ใช้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบทดสอบประกอบด้วยข้อสอบ 87 ข้อ แบบทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การใช้วัสดุอ้างอิง (Using Reference Materials)

1) การใช้ห้องสมุด

2) สารบัญและดัชนี

ตอนที่ 2 การประมวลผลและแปลผล (Interpreting and Processing Information)

3) สเกล

4) ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และสัดส่วน

5) แผนภูมิและตาราง

6) กราฟ

ตอนที่ 3 การคิดอย่างมีวิจารณญาณในวิชาวิทยาศาสตร์ (Critical Thinking in Science)

7) การอ่านจับใจความ

8) การออกแบบและกระบวนการทดลอง

9) การสรุปและการสร้างนัยทั่วไป

เนื้อหาในตอนที่ 1 และตอนที่ 2 เน้นวิชาวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ ส่วนตอนที่ 3 เน้นเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์

1.6.2 คุณภาพของแบบทดสอบ

Test of Enquiry Skills สำหรับตอนที่ 3 แต่ละหัวข้อมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.70, 0.66 และ 0.67 ตามลำดับ สำหรับตอนที่ 1 และที่ 2 มีค่าความเชื่อมั่นแบบสอบซ้ำอยู่ในช่วง 0.65 ถึง 0.82

1.7 The Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test

1.7.1 ลักษณะทั่วไปของแบบทดสอบ

The Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test พัฒนาโดย Ennis and Weir (1985) แบบทดสอบนี้เป็นแบบอัตนัย ใช้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษา แต่มีผู้นำไปใช้อย่างได้ผลกับเด็กนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 แบบทดสอบนี้ต้องการทดสอบประเด็นการคิดที่สำคัญเกี่ยวกับการจับประเด็น (Getting the Point) การพิจารณาเหตุผลและข้อตกลงเบื้องต้น (Seeing the Reason and Assumption)

การเสนอประเด็นของตนเอง (Stating One's Point) การใช้เหตุผลที่ดี (Offering Good Reason) การพิจารณาประเด็นหรือคำอธิบายที่เป็นไปได้ของผู้อื่น (Seeing other Possibilities)

ในการสอบผู้สอบจะได้อ่านจดหมายสมมุติที่มีผู้เขียนถึงบรรณาธิการหนังสือพิมพ์ฉบับหนึ่ง จดหมายประกอบด้วยข้อความ 8 หน้า แสดงการโต้แย้งถึงการให้ยกเลิกกฎระเบียบอย่างหนึ่ง งานของผู้สอบคือจะต้องเขียนตอบจดหมายดังกล่าวด้วยความยาว 8 ย่อหน้าเช่นกัน พร้อมทั้งประเมินความคิดโดยภาพรวมของจดหมายดังกล่าว คู่มือของการสอบมีการระบุถึงลักษณะการตอบที่อาจนำมาใช้ และวิธีการตรวจให้คะแนน เมื่อเข้าใจคำแนะนำแล้วจึงให้ลงมือทำ

1.7.2 คุณภาพของแบบทดสอบ

แบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นและความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจ (Interrater Reliability) เท่ากับ 0.86 และ 0.82

2. แบบทดสอบความสามารถในการคิดลักษณะเฉพาะ

แบบทดสอบการคิดประเภทนี้ เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดความสามารถในการคิดเฉพาะแบบที่แสดงถึงลักษณะของการคิด เช่น การคิดแบบนิรนัย (Deductive) ความสามารถประเมินข้อมูลที่ได้จากการสังเกต เป็นต้น แบบทดสอบมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิดลักษณะเฉพาะที่สำคัญ มีดังนี้

2.1 Cornell Class Reasoning Test, Form X

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของแบบทดสอบ

Cornell Class Reasoning Test, Form X พัฒนาโดย Ennis and others (1964) แบบทดสอบนี้ใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แบบทดสอบประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ 72 ข้อ มุ่งตรวจสอบตรรกะจำนวน 12 หลักการ แต่ละหลักการทดสอบด้วยข้อสอบ 6 ข้อ ซึ่งเป็นคำถามรูปธรรม 4 ข้อ สัญลักษณ์ 1 ข้อ และการสมมุติ 1 ข้อ

2.1.2 คุณภาพของแบบทดสอบ

แบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นแบบสอบซ้ำอยู่ในช่วง 0.66 ถึง 0.88 แบบทดสอบมีความตรงตามเนื้อเรื่อง (Content Validity) ทางด้านตรรกศาสตร์และการใช้เหตุผลโดยการตรวจนอบของผู้เชี่ยวชาญ และคะแนนจากแบบทดสอบมีความสัมพันธ์กับอายุของผู้ตอบ แต่ไม่สัมพันธ์กับเพศของผู้ตอบ

2.2 Cornell Conditional Reasoning Test, Form X

2.2.2 ลักษณะทั่วไปของแบบทดสอบ

Cornell Conditional Reasoning Test, Form X พัฒนาโดย Ennis and others (1964) แบบทดสอบนี้ใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จนถึงชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 6 แบบทดสอบมีโครงสร้างเหมือนกับ Cornell Class Reasoning Test, Form X ประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ 72 ข้อ แบ่งเป็น 12 กลุ่ม แต่ละกลุ่มทดสอบหลักการใช้เหตุผลแตกต่างกน เนื้อเรื่องครอบคลุมตั้งแต่เรื่องราวที่เป็นรูปธรรม สัญลักษณ์ และเรื่องสมมุติ ส่วนที่ต่างจาก Cornell Class Reasoning Test, Form X คือ มีการทดสอบการใช้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มต่าง ๆ ด้วย

เนื้อเรื่องของ Cornell Conditional Reasoning Test, Form A เป็นชุดของประโยค โดยประโยคแรกเป็นความจริงตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งเพียงพอสำหรับการตอบคำถามของประโยคที่ตามมา จึงเป็นการวัดที่เน้นความสามารถในการคิดแบบนิรนัย (Deduction)

2.2.2 คุณภาพของแบบทดสอบ

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยวิธีสอบซ้ำ (ระยะห่างระหว่างการสอบซ้ำประมาณ 10 สัปดาห์) กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5, มัธยมศึกษาปีที่ 1, มัธยมศึกษาปีที่ 3 และมัธยมศึกษาปีที่ 5 อยู่ในช่วง 0.65 ถึง 0.80 หลักฐานสำหรับความตรงของแบบทดสอบคล้ายกับ Cornell Class Reasoning Test

2.3 Logical Reasoning

2.3.1 ลักษณะทั่วไปของแบบทดสอบ

Logical Reasoning พัฒนาโดย (Alfred and Guilford, 1955) เป็นแบบทดสอบที่วัดความสามารถในการคิดแบบนิรนัย (Deduction) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาและนักศึกษาระดับอุดมศึกษา แบบทดสอบประกอบด้วยข้อสอบ 40 ข้อ แบ่งเป็น 2 ตอน ด้วยจำนวนข้อสอบที่เท่ากัน ใช้เวลาสอบ 30 นาที

2.3.2 คุณภาพของแบบทดสอบ

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เมื่อใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาและนักศึกษามีค่าเท่ากับ 0.91 และ 0.89 เมื่อคำนวณแยกเป็นตอนมีค่าเท่ากับ 0.83 และ 0.80 ตามลำดับ ส่วนความตรงของแบบทดสอบ โดยการคำนวณค่าสหสัมพันธ์กับคะแนนจากแบบทดสอบแคลคูลัสมีค่าอยู่ในช่วง 0.34 ถึง 0.42

2.4 Test on Appraising Observations

2.4.1 ลักษณะทั่วไปของแบบทดสอบ

Test on Appraising Observations พัฒนาโดย Stephen P. Norris และ Ruth King เป็นแบบทดสอบการสังเกตซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญอย่างหนึ่งของการคิดอย่างมีเหตุผล มุ่งใช้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แต่ก็อาจนำมาใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น หรือนักศึกษาระดับอุดมศึกษา แบบทดสอบมีลักษณะเป็นกรณีศึกษาผูกเป็นเรื่อง 2 เรื่อง ตอน A เกี่ยวกับอุบัติเหตุทางการจราจร และตอน B เป็นเรื่องเกี่ยวกับกลุ่มนักสำรวจ คำถามแต่ละข้อประกอบด้วย ข้อความ 2 ข้อความ เกี่ยวข้องกับเนื้อเรื่องให้เลือก ผู้ตอบจะต้องเลือกว่าข้อความใด

น่าเชื่อถือกว่ากัน คำตอบถูกจัดทำขึ้นให้เข้ากับหลักของการประเมินความน่าเชื่อถือของข้อความที่ได้จากการสังเกต โดยข้อความจากการสังเกตมีแนวโน้มที่น่าเชื่อถือ ผู้สังเกตมีการตื่นตัว (Alert) ไม่มีส่วนได้ส่วนเสีย (Conflict of Interest) มีทักษะในเทคนิคที่ใช้ (Skilled in the Technique) มีเวลาสังเกตพอเพียง (Sufficient Time) ใช้เครื่องมือเหมาะสม (Instrumentation) ข้อความสรุปจากช่วงเวลาที่ใกล้การสังเกต (Close to the Time of Observing) จากผู้สังเกตโดยตรง และข้อความไม่ใช่เป็นการตอบคำถามนำ (Leading Question)

2.4.2 คุณภาพของแบบทดสอบ

ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เมื่อใช้กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีค่าในช่วง 0.58 ถึง 0.76 สำหรับความตรงของแบบทดสอบมีความครอบคลุมหลักการสำคัญของการสังเกต และมีการสัมภาษณ์กลุ่มนักศึกษาที่ใช้แบบทดสอบเพื่อคงข้อที่เกี่ยวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณและคำตอบที่ถูกต้องไว้

จากการศึกษาเอกสารข้างต้น สามารถสรุปได้ดังตาราง 2

ตาราง 2 แบบทดสอบวัดการคิด กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ ลักษณะแบบทดสอบและคุณภาพแบบทดสอบ

ชื่อแบบทดสอบ	ระดับชั้นที่ใช้	ลักษณะแบบทดสอบ/จำนวนข้อสอบ	คุณภาพแบบทดสอบ
แบบทดสอบการคิดทั่วไป			
1. Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal พัฒนาโดย Watson and Glaser (2010)	นักเรียนระดับ ม.3 ถึงวัยผู้ใหญ่	แบบเลือกตอบ 80 ข้อ	ความเชื่อมั่น 0.69-0.85
2. Cornell Critical Thinking Test, Level X พัฒนาโดย Ennis and Millman (1985)	นักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงมัธยมศึกษา	แบบเลือกตอบ 71 ข้อ	ค่าความเชื่อมั่น 0.67-0.79

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อแบบทดสอบ	ระดับชั้นที่ใช้	ลักษณะแบบทดสอบ/จำนวนข้อสอบ	คุณภาพแบบทดสอบ
3. Cornell Critical Thinking Test, Level Z พัฒนาโดย Ennis and Millman (1985)	นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย นักศึกษาระดับปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษา รวมทั้งผู้ใหญ่	แบบเลือกตอบ 52 ข้อ	ค่าความเชื่อมั่น 0.50-0.77
4. Ross Test of Higher Cognitive Processes พัฒนาโดย Ross and Ross (1976)	นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	แบบเลือกตอบ 105 ข้อ	มีความเชื่อมั่นแบบแบ่งครึ่งข้อสอบเท่ากับ 0.92 และความเชื่อมั่นแบบสอบซ้ำ เท่ากับ 0.94
5. New Jersey Tests of Reasoning Skills พัฒนาโดย Virginia shipman (1983)	นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ขึ้นไปจนถึงระดับมัธยมศึกษา	แบบเลือกตอบ 50 ข้อ	ความเชื่อมั่น 0.85–0.79
6. Judgement : Deductive Logic and Assumption Recognition พัฒนาโดย Edith Shaffer and Joan Steiger (1971)	นักเรียนระดับประถม ศึกษาปีที่ 1-6	แบบเลือกตอบ 48 ข้อ	-
7. Test of Enquiry Skills พัฒนาโดย Fraser (1979)	นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 4	แบบเลือกตอบ 87 ข้อ จำนวน 3 ตอน	ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.70, 0.66 และ 0.67

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อแบบทดสอบ	ระดับชั้นที่ใช้	ลักษณะแบบทดสอบ/จำนวนข้อสอบ	คุณภาพแบบทดสอบ
8. The Ennis-Weir Critical Thinking Essay Test พัฒนาโดย Ennis and Weir (1985)	นักเรียนระดับมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษา	แบบอัตนัย ไม่ระบุจำนวนข้อ	ความเชื่อมั่นและความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจ (Interrater Reliability) เท่ากับ 0.86 และ 0.82
แบบทดสอบความสามารถในการคิดลักษณะเฉพาะ			
1. Cornell Class Reasoning Test, Form X พัฒนาโดย Ennis and others (1964)	นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6	แบบเลือกตอบ 72 ข้อ	ค่าความเชื่อมั่นแบบสอบซ้ำ 0.66 ถึง 0.88 มีความตรงตามเนื้อเรื่อง
2.2 Cornell Conditional Reasoning Test, Form X พัฒนาโดย Ennis and others (1964)	นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6	แบบเลือกตอบ 72 ข้อ	ความเชื่อมั่น0.65 - 0.80 มีความตรงตามเนื้อเรื่อง
3. Logical Reasoning พัฒนาโดย Alfred and Guilford (1955)	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาและนักศึกษาระดับอุดมศึกษา	แบบเลือกตอบ 40 ข้อ	ความเชื่อมั่น 0.91 และ 0.89
4. Test on Appraising Observations พัฒนาโดย Stephen P. Norris and Ruth King (1983)	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	กรณีศึกษา แบบเลือกตอบ ไม่ระบุจำนวนข้อ	ความเชื่อมั่น 0.58 - 0.76

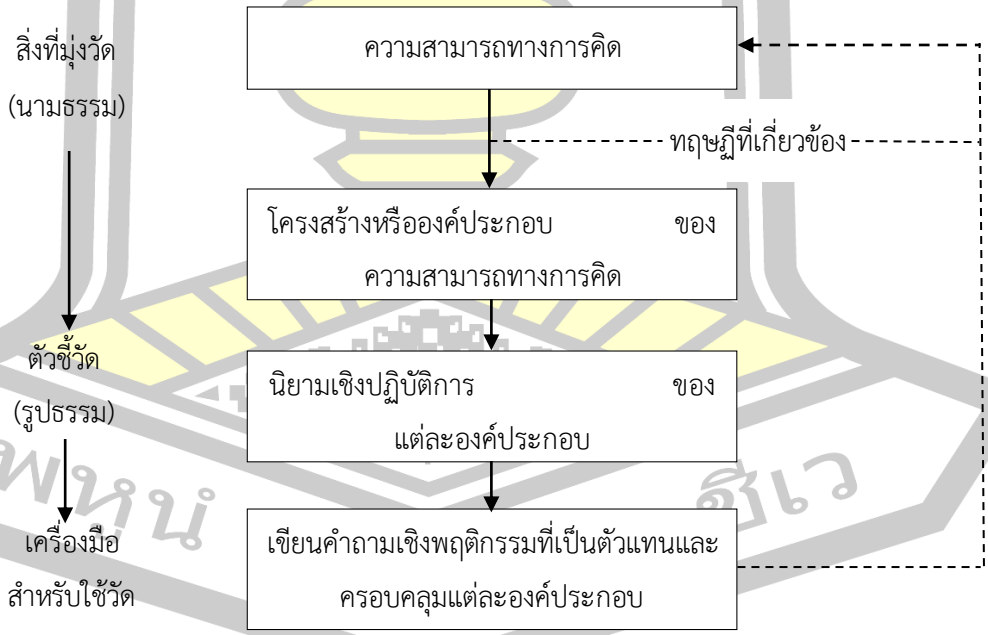
จากตาราง 2 จะเห็นได้ว่า แบบทดสอบวัดการคิดส่วนใหญ่มีลักษณะแบบเลือกตอบ มีเพียงฉบับเดียวที่เป็นแบบทดสอบอัตนัย ผู้วิจัยจึงต้องการสร้างแบบทดสอบวัดการคิดที่เป็นอัตนัย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

6. การสร้างแบบวัดการคิดอภิมาน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2544) ได้อธิบายถึงการสร้างแบบวัดการคิดไว้เป็นขั้นตอน ดังนี้

1. หลักการสร้างแบบวัดความสามารถทางการคิด

การคิดเป็นกิจกรรมทางสมองที่เกิดขึ้นตลอดเวลา การคิดอย่างมีจุดมุ่งหมายเป็นการคิดที่นำไปสู่เป้าหมายโดยตรง หรือคิดค้นข้อสรุปอันเป็นคำตอบสำหรับตัดสินใจหรือแก้ปัญหาสิ่งใดสิ่งหนึ่ง การคิดเป็นนามธรรมที่มีลักษณะซับซ้อน ไม่สามารถมองเห็น ไม่สามารถสังเกต สัมผัสวัดได้โดยตรง จึงต้องอาศัยหลักการวัดทางจิตมิติ (Psychometrics) มาช่วยในการวัดดังนั้นในการวัดความสามารถทางการคิดของบุคคล ผู้สร้างเครื่องมือจึงต้องรอบรู้ในแนวคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดเพื่อนำมาเป็นกรอบหรือโครงสร้างของการคิด แล้วนำมากำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของโครงสร้างหรือองค์ประกอบของการคิด จะทำให้ได้ตัวชี้วัดหรือลักษณะพฤติกรรมเฉพาะที่เป็นรูปธรรม ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงโครงสร้างหรือองค์ประกอบการคิด จากนั้นจึงเขียนข้อความตามตัวชี้วัดหรือลักษณะพฤติกรรมเฉพาะของแต่ละองค์ประกอบของการคิดนั้น ๆ โดยสรุปเป็นแผนภาพได้ดังนี้



ที่มา : ศิริชัย กาญจนวาสี (2544)

ภาพประกอบ 1 หลักการสร้างแบบวัดความสามารถทางการคิด

2. ขั้นตอนการพัฒนาแบบวัดความสามารถทางการคิด

ในการพัฒนาแบบวัดความสามารถทางการคิด มีขั้นตอนดำเนินการที่สำคัญดังนี้

2.1 กำหนดจุดมุ่งหมายของการวัด

ผู้พัฒนาแบบวัดความสามารถทางการคิดจะต้องพิจารณาจุดมุ่งหมายของการนำแบบวัดไปใช้ว่าต้องการวัดความสามารถทางการคิดทั่ว ๆ ไป หรือต้องการวัดความสามารถทางการคิดเฉพาะวิชา (Aspect-Specific) การวัดนั้นมุ่งติดตามความก้าวหน้าของความสามารถทางการคิด (Formative) หรือต้องการเน้นการประเมินผลสรุปรวม (Summative) สำหรับการตัดสินใจ รวมทั้งการแปลผลการวัดเน้นการเปรียบเทียบกับมาตรฐานของกลุ่ม (Norm-Referenced) หรือต้องการเปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้ (Criterion-Referenced)

2.2 กำหนดกรอบของการวัดและนิยามเชิงปฏิบัติการ

ผู้พัฒนาแบบวัดควรศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางการคิดตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ คัดเลือกแนวคิดหรือทฤษฎีที่เหมาะสมกับบริบทและจุดมุ่งหมาย ที่ต้องการเป็นหลัก แล้วศึกษาให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง เพื่อกำหนดโครงสร้าง/องค์ประกอบของความสามารถทางการคิดตามทฤษฎีและให้นิยามเชิงปฏิบัติการ (Operational Definition) ของแต่ละองค์ประกอบในเชิงรูปธรรมของพฤติกรรมที่สามารถบ่งชี้ถึงลักษณะแต่ละองค์ประกอบของการคิดนั้นได้

2.3 สร้างผังข้อสอบ

การสร้างผังข้อสอบเป็นการกำหนดเค้าโครงของแบบวัดความสามารถทางการคิดที่ต้องการสร้างให้ครอบคลุมโครงสร้างหรือองค์ประกอบใดบ้างตามทฤษฎีและกำหนดว่าแต่ละส่วนมีน้ำหนักความสำคัญมากน้อยเพียงใด ดังตัวอย่างตามตารางที่ 2

ในกรณีที่ต้องการสร้างแบบวัดความสามารถทางการคิดสำหรับใช้เฉพาะวิชาใดวิชาหนึ่ง ผู้พัฒนาแบบวัดจะต้องกำหนดเนื้อหาวิชานั้นด้วยว่าจะใช้เนื้อหาใดบ้างที่เหมาะสมนำมาใช้วัดความสามารถทางการคิด พร้อมทั้งกำหนดน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเนื้อหาในแต่ละองค์ประกอบความสามารถทางการคิดเป็นผังข้อสอบสำหรับนำไปใช้เขียนข้อสอบต่อไป

ตาราง 3 ตัวอย่างผังข้อสอบสำหรับแบบวัดความสามารถทางการคิดทั่วไป

องค์ประกอบที่ต้องการวัด	น้ำหนัก (%)	จำนวนข้อสอบ
1. ความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต	25	10
2. ความสามารถในการอุปนัย	25	10
3. ความสามารถในการนิรนัย	25	10
4. ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น	25	10
รวม	100	40

จากตัวอย่างตาราง 3 แสดงผังข้อสอบสำหรับวัดความสามารถทางการคิดทั่ว ๆ ไป 4 ด้าน แต่ละด้านมีน้ำหนักความสำคัญเท่ากัน คือ ด้านละ 25% ถ้าเราต้องการสร้างข้อสอบ 100 ข้อ แต่ละด้านจะประกอบด้วยข้อสอบ 25 ข้อ ตามสัดส่วนสำคัญ แต่ถ้าเราต้องการสร้างข้อสอบ 40 ข้อ แต่ละด้านจะประกอบด้วยข้อสอบ 10 ข้อ ตามสัดส่วนความสำคัญที่กำหนดไว้ การกำหนดความยาวของแบบวัดควรพิจารณาให้สอดคล้องกับระยะเวลาที่ต้องการใช้ในการทดสอบและลักษณะผู้สอบ

2.4 เขียนข้อสอบ

การเขียนข้อสอบมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

2.4.1 กำหนดรูปแบบของการเขียนข้อสอบ ตัวคำถาม ตัวคำตอบ และวิธีการตรวจให้คะแนน เช่น กำหนดว่าตัวคำถามเป็นลักษณะสถานการณ์ สภาพปัญหาหรือข้อมูลสั้น ๆ อาจได้มาจากบทความ รายงานต่าง ๆ บทสนทนาในชีวิตประจำวัน หรืออาจเขียนขึ้นมาเอง ส่วนคำตอบอาจเป็นข้อสรุปของสถานการณ์ หรือปัญหานั้น 3-5 ข้อสรุป เพื่อให้ผู้ตอบพิจารณาตัดสินว่าข้อสรุปใดน่าเชื่อถือกว่ากัน น่าจะเป็นจริงหรือไม่ เป็นต้น ส่วนการตรวจให้คะแนนมีการกำหนดเกณฑ์การตรวจไว้ เช่น ตอบถูกต้องตรงคำเฉลยได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน เป็นต้น

2.4.2 ลงมือร่างข้อสอบตามผังข้อสอบที่กำหนดไว้จนครบทุกองค์ประกอบ ภาษาที่ใช้ควรเป็นไปตามหลักการเขียนข้อสอบที่ดีโดยทั่วไป สิ่งที่ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ ได้แก่ การเขียนข้อสอบให้วัดได้ตรงตามโครงสร้างของแบบวัด พยายามหลีกเลี่ยงคำถามนำและคำถามที่ทำให้ผู้ตอบแสร้งตอบเพื่อให้ดูดี

2.4.3 ทบทวนข้อสอบเพื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมของการวัดและความชัดเจนของภาษาที่ใช้ โดยผู้เขียนข้อสอบเองและผู้ตรวจสอบที่มีความเชี่ยวชาญในการสร้างข้อสอบวัดความสามารถในการคิด

2.5 นำแบบวัดไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างใกล้เคียง แล้วนำผลการตอบมาทำการวิเคราะห์หาคุณภาพ โดยทำการวิเคราะห์ข้อสอบและวิเคราะห์แบบทดสอบ ดังนี้

2.5.1 วิเคราะห์ข้อสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อในด้านความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะและมีอำนาจจำแนกสูงไว้ พร้อมทั้งปรับปรุงข้อที่ไม่เหมาะสม

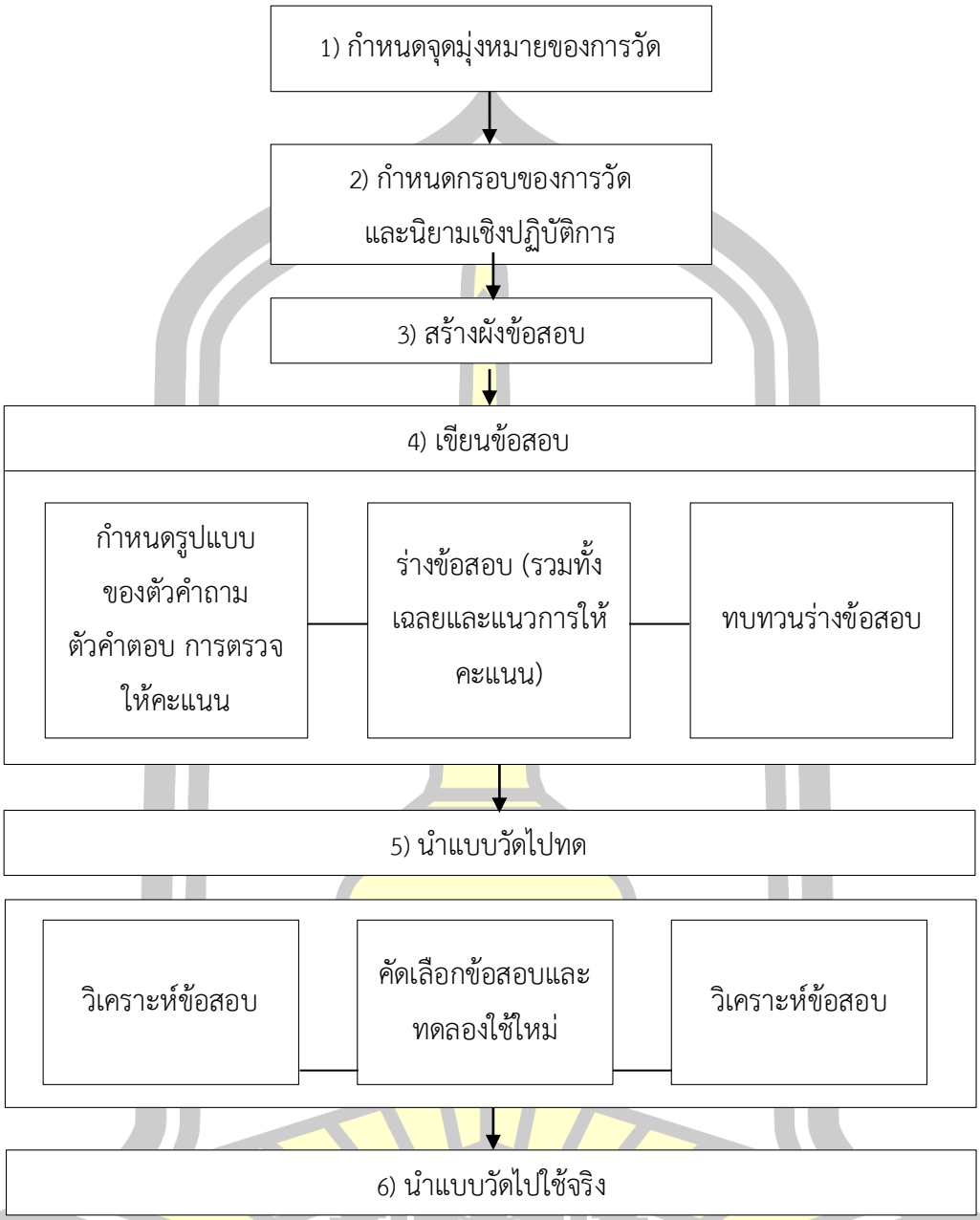
2.5.2 คัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพเหมาะสม และ/หรือข้อสอบที่ปรับปรุงแล้วให้ได้จำนวนตามผังข้อสอบเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจความตรงตามเนื้อหา และนำไปทดลองใช้ใหม่อีกครั้ง เพื่อวิเคราะห์แบบสอบในด้านความเชื่อมั่น (Reliability) แบบทดสอบควรมีความเชื่อมั่นเบื้องต้นอย่างน้อย 0.50 จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ได้ ส่วนการตรวจสอบความเชื่อมั่นตรง (Validity) ของแบบทดสอบถ้าสามารถหาเครื่องมือวัดความสามารถทางการคิดที่เป็นมาตรฐานสำหรับใช้เปรียบเทียบได้ก็ควรคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) ของแบบทดสอบด้วย

2.6 นำแบบวัดไปใช้จริง

หลังจากวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อ และวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับว่าเป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพที่ต้องการแล้ว จึงนำแบบวัดความสามารถทางการคิดไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายจริง ในการใช้แบบวัดทุกครั้งควรมีการรายงานค่าความเชื่อมั่นทุกครั้งก่อนนำผลการวัดไปแปลความหมาย

ขั้นตอนการพัฒนาแบบวัดความสามารถทางการคิด สรุปได้ดังภาพประกอบ 2

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว



ที่มา : ศิริชัย กาญจนวาสี (2544)

ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนของการพัฒนาแบบวัดความสามารถทางการคิด

พรทิพย์ ไชยโส (2545) กล่าวถึงหลักการสร้างและพัฒนาเครื่องมือวัดและประเมินผล ประกอบด้วยขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งที่จะนำมาวัดหรือประเมิน

รายการของจุดประสงค์หรือผลการเรียนรู้ในการเรียนการสอนจำเป็นต้องได้รับการกำหนดไว้อย่างชัดเจนตั้งแต่แรกของการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวิชา ทั้งในประเด็นของความรู้และลักษณะนิสัยที่ต้องการให้เกิดในตัวผู้เรียนรวมทั้งดัชนีบ่งชี้หรือพฤติกรรมที่ผู้เรียนสามารถแสดงออก เพื่อให้ครูสามารถตรวจสอบได้ว่าผู้เรียนได้บรรลุในจุดประสงค์หรือผลการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การกำหนดความมุ่งหมายของการประเมินโดยทั่วไป การกำหนดจุดมุ่งหมายในการประเมินต้องการตอบคำถามการประเมินว่า ประเมินไปทำไม ประเมินเพื่ออะไร ซึ่งการกำหนดจุดมุ่งหมายของการประเมิน ผู้ประเมินต้องกำหนดจุดมุ่งหมายให้ชัดเจน เช่น เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน การสรุปผลการเรียนรู้ การตัดสินผลการเรียน

2. การกำหนดขอบเขตของการประเมินและการกำหนดเครื่องมือในการประเมินเพื่อผู้ประเมินจะได้เลือกใช้เครื่องมือในการประเมินและกำหนดวิธีการประเมินตามลักษณะและสิ่งที่ต้องการประเมินได้เหมาะสมกับลักษณะและสิ่งที่ต้องการประเมิน

3. การกำหนดเกณฑ์ในการตัดสินใจในการแปลความหมายของผลการประเมินการให้คะแนน แบ่งได้ 2 วิธี คือ การให้คะแนนผลรวม (Holistic Scoring) และการให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Analytic Scoring)

3.1 การให้คะแนนผลรวม (Holistic Scoring) เป็นการให้คะแนนจากการพิจารณาการปฏิบัติงานหรือผลการปฏิบัติงานในภาพรวม โดยไม่แยกให้คะแนนตามองค์ประกอบย่อยของงาน ซึ่งการให้คะแนนผลรวมนั้นมีความเหมาะสมที่จะนำพิจารณากับการให้คะแนนที่เป็นผลผลิต (Product) มากกว่ากระบวนการ (Process)

3.2 การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Analytic Scoring) เป็นวิธีการให้คะแนนจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของสิ่งที่ต้องการวัดว่าประกอบไปด้วยส่วนย่อยอะไรบ้าง ดังเช่น ให้คะแนนจากขั้นตอนหรือกระบวนการทำงานคุณลักษณะของการปฏิบัติงานและผลงานโดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน (Rubric) ตามองค์ประกอบย่อยของสิ่งที่ต้องการวัดแต่ละส่วนแล้วจึงนำคะแนนทั้งหมดมาสรุปรวมภายหลัง

การประเมินผู้เรียนแต่ละครั้งอาจใช้เกณฑ์การประเมินแบบใดแบบหนึ่ง หรือใช้ทั้ง 2 แบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม ลักษณะและจุดประสงค์ของสิ่งที่ต้องการประเมิน ในกรณีที่ใช้การประเมินทั้ง 2 แบบแล้วได้ผลการประเมินในบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกัน ผู้ประเมินจะต้องบันทึกคำอธิบายผลการประเมินไว้ด้วยเพื่อชี้แจงให้ผู้เกี่ยวข้องได้รับทราบข้อมูลตามสภาพจริงโดยมีแนวทางการสร้างเกณฑ์การประเมิน ดังต่อไปนี้

1. วางแผนการประเมิน เป็นการกำหนดรายละเอียดของการประเมินที่ประกอบด้วย

1.1 การกำหนดสาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่ต้องการประเมินไว้อย่างชัดเจนและครอบคลุมทุกประเด็นที่ต้องการและต้องแจ้งให้ผู้เรียนได้รับทราบล่วงหน้าก่อน

1.2 การกำหนดรายการประเมินและรูปแบบของการประเมิน ผู้สอนอาจกำหนดประเด็นของการประเมิน หรือรายการประเมินการปฏิบัติงานหรือผลงาน หรือผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันกำหนดรายการประเมิน ผู้ทำหน้าที่ประเมินและรูปแบบของการประเมินในแบบรวมหรือแบบวิเคราะห์ตามความเหมาะสม

1.3 การกำหนดคุณภาพของงานและน้ำหนักของคะแนนที่มีรายละเอียดคุณภาพของงานในด้านความถูกต้อง ความสำเร็จหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยจำแนกเป็นระดับหรือช่วงคะแนน การกำหนดระดับคุณภาพเฉพาะขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่จะประเมิน ถ้าเป็นงานที่ต้องการประเมินอย่างละเอียดก็อาจเป็นหลายระดับ เช่น 4 หรือ 5 ระดับ แต่ถ้าต้องการประเมินในภาพรวม อาจแบ่งเป็น 2 หรือ 3 ระดับก็ได้ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับลักษณะของกลุ่มผู้เรียน

2. การประเมินอาจทำได้หลายลักษณะ ทั้งโดยผู้เรียนประเมินตนเอง หรือผู้สอน ผู้ปกครอง และผู้เกี่ยวข้องประเมินผู้เรียนตามรายการประเมินที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ผู้ประเมินจะต้องเข้าใจจุดประสงค์ของการประเมินอย่างดี ก่อนที่จะทำการประเมินต้องประชุมตกลงให้ชัดเจนว่า ผู้ประเมินในส่วนใดแล้วนำผลการประเมินมากำหนดน้ำหนักคะแนนแล้วหาค่าเฉลี่ย

3. การสรุปผลและรายงานผลการประเมิน คะแนนที่ได้จากการประเมินอาจนำมาหาค่ากลางในรูปของค่าเฉลี่ยหรือค่ามัธยฐาน ค่าร้อยละของระดับคุณภาพ แล้วนำมาแปลผล สรุปผลและรายงานผลการประเมิน

2. การนิยามสิ่งที่จะประเมินให้ชัดเจน เป็นกระบวนการกำหนดทั้งในส่วนที่เป็นเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการประเมิน โดยบ่งชี้สิ่งที่ต้องการประเมินอยู่ในรูปที่สามารถสังเกตและวัดได้

3. การดำเนินการสร้างเครื่องมือที่จะนำไปใช้รวบรวมข้อมูล ตรวจสอบ ทดลองใช้เครื่องมือในการประเมิน

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล จากการทดลองใช้เครื่องมือในการจัดการเรียนรู้จะต้องคำนึงถึงการประเมินผลควบคู่กันไปกับการใช้เครื่องมือในการประเมินที่เหมาะสม เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลให้สอดคล้องกับแผนที่วางไว้ มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนที่สอดคล้องกับการประเมินความรู้ความสามารถของผู้เรียนทั้งทางด้านความรู้ การกำกับควบคุม และความตระหนัก

5. การวิเคราะห์ข้อมูล จะต้องนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปเกี่ยวกับผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามประเภทของงานและตามมาตรฐานการเรียนรู้ พร้อมทั้งจัดเก็บบันทึกข้อมูลไว้เป็นหลักฐาน

6. การนำผลการประเมินไปใช้ สามารถนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้และเมื่อมีขั้นตอนใดของการประเมินไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนดก็สามารถปรับปรุงแก้ไขได้

7. การกำหนดวิธีการให้คะแนน เกณฑ์การประเมิน (Rubric) คือแนวการให้คะแนนเพื่อประเมินผลงานหรือการปฏิบัติงานของผู้เรียน เป็นเครื่องมือให้คะแนนชนิดหนึ่งใช้ในการประเมินการปฏิบัติงานหรือผลงานของผู้เรียนซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับเกณฑ์การประเมินดังนี้

7. การกำหนดวิธีการให้คะแนนการคิดอภิมาน (Scoring Rubrics)

ในการประเมินการคิดอภิมาน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดวิธีการให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การประเมินหรือการให้คะแนน ที่เรียกว่า Rubrics โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ความหมายของ Rubrics

ไซลัน สาและ (มปป.) ให้ความหมายของ Rubrics ไว้ว่า คือเครื่องมือในการให้คะแนน (Scoring Tool) ที่เกิดจากการรวมกันระหว่างเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Criteria) กับมาตราประมาณค่าหรือระดับคะแนน (Rating Scale) เพื่อระบุถึงความแตกต่างของผลงานหรือประสิทธิภาพ (Proficiency) ของงาน สำหรับเป็นแนวทางที่จะนำไปใช้ในการประเมินผลงานของนักเรียนต่อไปซึ่งการประเมินผลงานของนักเรียนจะมี 2 ลักษณะ คือ ผลงานที่ได้จากกระบวนการของนักเรียน และกระบวนการที่นักเรียนใช้เพื่อให้เกิดผลงาน จะประเมินในลักษณะใดขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ อาจจะประเมินลักษณะใดลักษณะหนึ่งหรือประเมินทั้งสองลักษณะก็ได้

2. ความสำคัญของ Scoring Rubrics

ไซลัน สาและ (มปป.) และพรทิพย์ ไชยโส (2545) กล่าวถึงความสำคัญของของ Scoring Rubrics ไว้ดังนี้

การประเมินศักยภาพของผู้เรียนโดยให้ลงมือปฏิบตินั้น ไม่มีคำเฉลยหรือคำตอบถูกที่แน่ชัดลงไปเหมือนแบบทดสอบเลือกตอบ การประเมินผลงานแต่ละชิ้นของผู้เรียนที่ได้ลงมือปฏิบัติจึงมีความจำเป็นที่จะต้องประเมินคุณภาพของงานอย่างเป็นปรนัย ซึ่งเป็นการยากที่จะทำได้และค้นพบการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนหรือ Rubric ซึ่งมีความสำคัญดังนี้

1. เพื่อกำหนดแนวทางในการตัดสินอย่างยุติธรรม และปราศจากความลำเอียง Rubric จะต้องมีความชัดเจนในเกณฑ์การให้คะแนนอย่างพอเพียงถึงขนาดที่ผู้ประเมิน 2 คน สามารถใช้ Rubric เดียวกันประเมินชิ้นงานของผู้เรียนชิ้นเดียวกันแล้วให้คะแนนได้ตรงกัน ระดับของความสอดคล้องในการให้คะแนนของผู้ประเมิน 2 คน ที่ประเมินอย่างเป็นอิสระจากกันจะเรียกว่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของการประเมิน

2. เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ได้ทั้งการสอนและการประเมิน เราสามารถใช้ Rubric เพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงการปฏิบัติงานของนักเรียนได้ และช่วยให้ครูสามารถ

ตั้งความคาดหวังกับการปฏิบัติงานของนักเรียนได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังสามารถให้นักเรียนเห็นได้อย่างชัดเจนว่าทำอย่างไรจึงจะปฏิบัติงานได้ตามความคาดหวังที่ตั้งไว้

3. เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการช่วยเหลือนักเรียนให้เป็นผู้ที่สามารถตัดสินคุณภาพชิ้นงานอย่างมีเหตุผล ทั้งงานของตนเองและผู้อื่น นักเรียนจะรู้ข้อผิดพลาดของตนเองและผู้อื่น การทำเช่นนี้บ่อย ๆ ช่วยให้นักเรียนเกิดความรับผิดชอบในงานของตนเองมากยิ่งขึ้น

4. เป็นเครื่องมือที่ช่วยลดจำนวนเวลาที่ครูใช้ในการประเมินผลงานของนักเรียนลงได้ เพราะโดยปกติครูมักประเมินผลงานของนักเรียนทีละชิ้น แต่ถ้าใช้ Rubric ในการประเมินงานแล้ว นักเรียนสามารถประเมินงานของตนเองและของเพื่อน ๆ ได้ นอกจากนี้ Rubric ยังช่วยให้นักเรียนได้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับจุดเด่น และสิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไขในชิ้นงานของตนเองได้อีกด้วย

5. Rubric มีลักษณะยืดหยุ่นที่สามารถทำให้ครูสอนนักเรียนที่มีความหลากหลายแตกต่างกันไปได้อย่างดี

6. Rubric ใช้ได้ง่ายและอธิบายได้ง่ายเช่นกัน การใช้ Rubric จะช่วยให้นักเรียนทราบว่านักเรียนได้เรียนรู้อะไร และเมื่อมีการประชุมผู้ปกครอง ครูอาจใช้ Rubric อธิบายผู้ปกครองเข้าใจง่าย โดยผู้ปกครองจะทราบได้ว่าบุตรหลานของตนต้องทำอะไรบ้างจึงจะประสบผลสำเร็จในการเรียน

3. จุดประสงค์ของการสร้าง Rubrics

การสร้าง Rubrics มีจุดประสงค์ 2 ประการดังนี้

1. เพื่อประเมินกระบวนการ (Process) เช่น ประเมินการเรียนรู้เป็นทีม ประเมินการนำเสนอปากเปล่า การอภิปราย การสาธิต เป็นต้น

2. เพื่อประเมินผลผลิต (Product) เช่น ประเมินแฟ้มสะสมผลงาน รายงานการวิจัย นิทรรศการ ผลงานศิลปะ เป็นต้น

4. ลักษณะของ Rubrics ที่ดี

Wiggins (1998) อธิบายว่า Rubrics เป็นชุดคะแนนที่ใช้เป็นแนวทางสำหรับการประเมินผลงานของผู้เรียน ลักษณะที่ดีของ Rubrics มีดังนี้

1. มีความเกี่ยวข้องกับจุดมุ่งหมาย หรือเป้าหมายทั่วไป (General Goals) กล่าวคือ เกี่ยวข้องกับงานที่ทำ

2. จำแนกการปฏิบัติได้อย่างเที่ยงตรง (Performance Validity)

3. ในแต่ละ Rubric จะไม่มีการรวมเกณฑ์การให้คะแนน

4. วิเคราะห์งานได้อย่างละเอียด

5. ภาษาที่ใช้อธิบายคุณลักษณะงาน จำแนกคุณภาพของงานได้ถูกต้อง

6. สามารถตัดสินงานได้ถูกต้อง

7. อธิบายอย่างชัดเจนในแต่ละระดับของคะแนน และมีความแม่นตรงในการให้คะแนนในตัวของมันเอง

8. ตัดสินให้คะแนนจากผลงานที่ปฏิบัติมากกว่ากระบวนการ รูปแบบ เนื้อหา หรือความตั้งใจในการทำงาน

9. คะแนนต้องมีลักษณะต่อเนื่อง (Continuous) กล่าวคือ ให้คะแนนเป็นจำนวนเต็ม เช่น ให้คะแนนเป็น 5 4 3 2 และ 1 คะแนนแต่ละคะแนนมีความห่างเท่ากัน

10. มีความสอดคล้องกัน (Parallel) คะแนนแต่ละระดับแสดงถึงความลดหลั่นของคุณภาพงาน

11. มีความเกี่ยวเนื่องกัน (Coherent) ในแต่ละระดับของการให้คะแนน

12. น้ำหนักการให้คะแนนในแต่ละระดับมีความเหมาะสม (Aptly Weighted) มีเหตุผล (Not Arbitrary) น้ำหนักของคะแนนในแต่ละระดับสามารถอ้างอิงไปยังระดับอื่น ๆ ได้

13. มีความเชื่อมั่นตรง (Valid) คะแนนในแต่ละระดับ แสดงถึงคุณภาพของการปฏิบัติ เป็นสิ่งสะท้อนถึงคุณภาพของงาน ไม่ได้เน้นถึงปริมาณ แต่เป็นเกณฑ์ตามสภาพจริง (Authentic Criteria)

14. เชื่อถือได้ (Reliable) กล่าวคือ มีความคงเส้นคงวาในการให้คะแนนถึงแม้ใครจะเป็นผู้ประเมินและจะประเมินในช่วงเวลาใดก็ตาม

5. องค์ประกอบของเกณฑ์การให้คะแนน

การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนจะต้องประกอบด้วย 3 องค์ประกอบคือ

1. ประเด็นที่จะประเมิน (Criteria) คือ สิ่งที่สะท้อนผลการเรียนรู้หลัก ๆ หรือมาตรฐานการเรียนรู้ที่เป็นเป้าหมายของแต่ละหน่วย/ภาระงาน

2. ระดับความสามารถ (Performance Levels) ส่วนใหญ่จะกำหนดเป็นเลขคี่มากกว่าเลขคู่ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการให้คะแนนที่ตกอยู่ตรงกลาง ทำให้จำแนกความสามารถได้ยาก และแต่ละระดับอาจกำหนดเป็นตัวเลขหรือคำแสดงคุณภาพต่าง ๆ เช่น ดีมาก ดี พอใช้ ยังต้องปรับปรุง

3. คำอธิบายคุณภาพของแต่ละระดับความสามารถ (Quality Descriptors) ว่าคุณภาพของความสามารถแต่ละระดับที่คาดหวังนั้นเป็นอย่างไร คำบรรยายเหล่านี้จะต้องมีความชัดเจนในการใช้ภาษาที่กะทัดรัด เข้าใจง่าย และเห็นความแตกต่างระหว่างระดับความชัดเจน

4. ชนิดของเกณฑ์การให้คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนน เป็นการระบุคุณภาพของงานหรือการกระทำที่ครูต้องการให้นักเรียนกระทำหรือตอบสนอง การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนจะช่วยให้สิ่งที่คาดหวังและมาตรฐานของงานชัดเจนยิ่งขึ้น และเกณฑ์ยังช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาตนเองเมื่อทราบเกณฑ์ที่ครูและนักเรียนร่วมกันกำหนด การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน มีวิธีการ 2 แบบ คือ เกณฑ์การประเมินแบบภาพรวม (Holistic Rubric) และเกณฑ์การประเมินแบบแยกส่วน (Analytic Rubric) มีรายละเอียดดังนี้

1. เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม (Holistic Rubric)

เป็นการให้คะแนนโดยพิจารณาผลงานของในผู้เรียนในภาพรวมว่ามีคุณภาพสอดคล้องกับเกณฑ์ในระดับใดและมีคะแนนเดี่ยวสำหรับงานนั้น ซึ่งจะมีคำอธิบายคุณภาพของงานประกอบการให้คะแนนและตัดสินคะแนนต่าง ๆ ได้ด้วย เช่น การประเมินการแปรงฟันอย่างถูกวิธี จะได้ระดับคะแนนออกมาเป็นระดับคะแนนเดียว เช่น ถูกต้องดี พอใช้ หรือยังต้องปรับปรุง ครูจะให้คะแนนโดยดูภาพรวมของกระบวนการหรือผลงานไม่แยกพิจารณาเป็นส่วน ๆ เกณฑ์การประเมินแบบนี้จะใช้เมื่อต้องการดูภาพโดยรวมมากกว่าจะดูข้อบกพร่องส่วนย่อย ๆ เกณฑ์การประเมินแบบภาพรวมจะเหมาะกับการปฏิบัติที่ต้องการให้ผู้เรียนสร้างสรรค์และไม่มีคำตอบที่ถูกต้องชัดเจนแน่นอน

2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกส่วน (Analytic Rubric)

เป็นการให้คะแนนเป็นส่วน ๆ โดยระบุรายละเอียดออกเป็นประเด็นย่อย ๆ และแต่ละประเด็นมีคุณภาพอย่างไร เช่น การประเมินการเขียน จะแบ่งเป็นด้าน สำนวนภาษา ความคิดสร้างสรรค์ การเขียนถูกหลักไวยากรณ์ ใช้เมื่อต้องการเน้นการตอบสนองที่มีลักษณะเฉพาะและไม่ได้เน้นความคิดสร้างสรรค์ ใช้เป็นตัวแทนของการประเมินหลายมิติ การประเมินแบบแยกส่วนจึงได้ผลสะท้อนกลับค่อนข้างสมบูรณ์เป็นประโยชน์สำหรับผู้เรียนและผู้สอนมาก ผู้สอนที่ใช้เกณฑ์การประเมินแบบแยกส่วนจึงสามารถสร้างเส้นภาพ (Profile) จุดเด่น จุดด้อยของผู้เรียนแต่ละคนได้

5. การกำหนดระดับคะแนนใน Rubrics

การกำหนดระดับคะแนนใน Rubrics ส่วนใหญ่จะมีตั้งแต่ 3-8 ระดับ ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานและความต้องการของครูว่าจะพิจารณางานละเอียดมากน้อยเพียงใด การให้ระดับคะแนน 3 ระดับ คือ สูง ปานกลาง ต่ำ เป็นการง่ายในการอธิบายคุณลักษณะและง่ายต่อการตัดสินใจ แต่บางคน ชอบใช้ 4 ระดับ เพราะสัมพันธ์กับการให้ Grade คือ 1, 2, 3 และ 4 จะเลือกใช้อย่างไรขึ้นอยู่กับความต้องการของครูและนักเรียนที่จะตกลงร่วมกัน ในการกำหนดระดับคะแนน เมื่อครูและนักเรียนมีความเข้าใจและมีทักษะแล้ว ค่อยเพิ่มเป็น 5 หรือ 6 ระดับได้

6. การสร้างเกณฑ์การให้คะแนน

McMillan (2001) กล่าวถึงแนวทางในการให้คะแนนว่าเป็นสิ่งสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะจะทำให้การประเมินครอบคลุม พร้อมทั้งการให้คะแนนมีความยุติธรรม การสร้างเกณฑ์การให้คะแนนจึงควรพิจารณา ดังนี้

1. ต้องแน่ใจว่าเกณฑ์การให้คะแนน ได้เน้นประเด็นที่สำคัญของงาน (Be Sure the Criteria focus on Important Aspects of the Performance)

2. มีความสอดคล้องระหว่างระดับคะแนน กับจุดมุ่งหมายของการประเมิน (Match the Type of Rating with the Purpose of Assessment) ถ้าจุดมุ่งหมายของการประเมินกว้างและต้องใช้การตัดสินทุก ๆ ส่วนของชิ้นงาน ควรจะใช้การประเมินแบบภาพรวม (Holistic Scale) แต่ถ้าการประเมินต้องการสะท้อนกลับให้เห็นความแตกต่างของประเด็นต่าง ๆ ของงาน ควรใช้การประเมินแบบแยกเป็นรายด้าน (Analytic Approach)

3. ข้อความที่ใช้อธิบายในแต่ละระดับคะแนน ต้องเป็นข้อความที่สามารถประเมินหรือสังเกตได้ (The Description of the Criteria Should be Directly Observable)

4. ควรให้นักเรียน ผู้ปกครองและผู้เชี่ยวชาญ ได้ร่วมกันสร้างเกณฑ์ การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมสร้างเกณฑ์ การปฏิบัติงานนั้น ๆ จะเป็นการกระตุ้นนักเรียนให้สนใจที่จะทำงาน และจะทำให้นักเรียนนำไปเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานนั้น ๆ

5. คุณลักษณะหรือสิ่งที่จะวัดควรนิยามให้ชัดเจน (The Characteristics and the Traits used in the Scale Should be Clearly and Specifically Defend)

6. แสดงขั้นตอน หรือลำดับขั้น ที่เหมาะสมของคะแนนในแต่ละระดับ เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด (Take an Appropriate to Minimize Scoring Error) การให้คะแนนส่วนใหญ่อยู่ตรงกลาง (Central Tendency Error) และการให้คะแนนที่เกิดจากความพึงพอใจเป็นการส่วนตัวของครูที่มีต่อนักเรียนคนนั้น ๆ (Halo Effect)

7. ระบบของการให้คะแนนต้องมีความเป็นไปได้ (The Scoring System Needs to be Feasible) กล่าวคือ การให้คะแนนนิยมแบ่งระดับคะแนนเป็น 3-8 ระดับ ดังนั้นในแต่ละระดับคะแนนต้องมีความชัดเจน และแยกจากกันได้

สรุปได้ว่า การสร้างเกณฑ์การให้คะแนน ต้องคำนึงถึงงานที่ให้ทำต้องมีความสำคัญ มีความสอดคล้องระหว่างคะแนนกับจุดมุ่งหมายการประเมิน เกณฑ์ที่สร้างต้องเป็นรูปธรรม มีความชัดเจน เหมาะสมกับระดับชั้น และควรให้นักเรียนและผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการสร้างเกณฑ์การประเมินด้วย

7. ขั้นตอนการออกแบบเกณฑ์การให้คะแนน

สำนักทดสอบทางการศึกษา (2546) ได้กล่าวถึงการสร้างและพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนน โดยเน้นการประเมินให้ดำเนินการควบคู่กันไปในกิจกรรมการเรียน ดังนี้

1. เนื้อหา หน่วยการเรียนหรือภาระงานที่กำหนดขึ้นนั้นตรงกับมาตรฐานการเรียนรู้ข้อใด

2. ประเด็นที่จะนำมาประเมินภาระงานนั้นสามารถบอกได้ว่าเป็นคุณภาพของผู้เรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้ข้อใดบ้าง

3. จัดทำกรอบการประเมินที่ครอบคลุมประเด็นที่นำมาประเมิน

4. อธิบายการแสดงออกถึงระดับความสามารถตามประเด็นที่กำหนดเป็นระดับ ๆ

5. ทดลองหาความชัดเจนของเกณฑ์โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาและให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจ

6. หลังจากนำเกณฑ์ไปใช้ประเมินผู้เรียนแล้วให้หาข้อดี ข้อควรปรับปรุงแก้ไขด้านต่าง ๆ เช่น ความชัดเจน ความสะดวกในการนำไปใช้ ฯลฯ

7. ทบทวนและปรับปรุงเกณฑ์ที่ยังมีข้อบกพร่องหรือพัฒนาเกณฑ์อื่น ๆ ให้ดียิ่งขึ้น

พรทิพย์ ไชยโส (2545) ได้อธิบายถึงขั้นตอนการออกแบบเกณฑ์การให้คะแนนไว้ดังนี้

1. วิเคราะห์และระบุตัวชี้วัดที่ใช้เกณฑ์การประเมินเป็นเครื่องมือในการวัดและประเมินผล

2. อธิบายคุณลักษณะหรือพฤติกรรมที่ผู้สอนต้องการเห็นรวมทั้งข้อผิดพลาด ทั่ว ๆ ไปที่ไม่ต้องการให้เกิด

3. อธิบายลักษณะการปฏิบัติที่สูงกว่าระดับค่าเฉลี่ย และต่ำกว่าระดับค่าเฉลี่ย สำหรับแต่ละคุณลักษณะที่สังเกตจากขั้นที่ 2

4. สำหรับเกณฑ์การประเมินแบบภาพรวม เขียนคำบรรยายลักษณะงานที่ดีและงานที่ไม่ดี โดยรวมทุกเกณฑ์หรือทุกคุณลักษณะเข้าด้วยกันเป็นข้อความเดียว สำหรับเกณฑ์การประเมินแบบแยกส่วนเขียนคำบรรยายลักษณะงานที่ดีและงานที่ไม่ได้แยกแต่ละเกณฑ์หรือแต่ละคุณลักษณะ

5. สำหรับเกณฑ์การประเมินแบบภาพรวมเขียนรายละเอียดการปฏิบัติที่อยู่ระหว่างกลางของระดับสูงกว่าค่าเฉลี่ย และระดับต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเพื่อให้เกณฑ์การประเมินสมบูรณ์ สำหรับเกณฑ์การประเมินแบบแยกส่วนเขียนรายละเอียดสำหรับการปฏิบัติที่อยู่ระหว่างกลางของทุกเกณฑ์หรือทุกคุณลักษณะ

6. รวบรวมตัวอย่างผลงานของผู้เรียนซึ่งเป็นตัวแทนของแต่ละระดับซึ่งจะช่วยเกี่ยวกับการให้คะแนนในอนาคตของครู

7. ทบทวนเกณฑ์การประเมินที่ทำแล้ว

สามารถสรุปขั้นตอนการสร้างและพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนน ได้ดังนี้

1. วิเคราะห์และระบุตัวชี้วัดที่ใช้เกณฑ์การประเมินเป็นเครื่องมือในการวัดและประเมินผลโดยการวิเคราะห์ เนื้อหา หน่วยการเรียน หรือภาระงานที่กำหนดขึ้นนั้น ตรงกับมาตรฐานการเรียนรู้ข้อใด

2. จัดทำกรอบการประเมินที่ครอบคลุมประเด็นที่จะนำมาประเมิน

3. อธิบายคุณลักษณะหรือพฤติกรรมที่ผู้สอนต้องการเห็นรวมทั้งข้อผิดพลาดทั่ว ๆ ไปที่ไม่ต้องการให้เกิดโดยอธิบายการแสดงออกถึงระดับความสามารถตามประเด็นที่กำหนดเป็นระดับ ๆ

ข้อสอบอัตนัย (Subjective or Essay Test)

ข้อสอบอัตนัยหรือข้อสอบแบบความเรียง (Essay Question) หรือข้อสอบแบบเสนอคำตอบ (Supply Type) หรือข้อสอบแบบสร้างคำตอบ (Constructed–Response Question, CRQ) เป็นข้อสอบที่นำมาใช้วัดความสามารถทางสมองขั้นสูง ซึ่งผู้ใช้จะต้องมีความสามารถในการสร้างคำถาม วิเคราะห์คุณภาพของข้อคำถาม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจข้อสอบอัตนัยอย่างมีคุณภาพ หรือการตรวจข้อสอบอัตนัยอย่างมีความเป็นปรนัย

1. ความหมายของข้อสอบอัตนัย

สำนักทดสอบทางการศึกษา (2559) ให้ความหมายของข้อสอบอัตนัยไว้ว่า หมายถึง ข้อสอบแบบเขียนตอบที่ผู้สอบจะต้องเรียบเรียงความคิด และความรู้ให้สอดคล้องกับคำถาม แล้วเขียนบรรยายหรือแสดงความคิดเห็น วิพากษ์ วิจารณ์เรื่องราว พฤติกรรมต่าง ๆ ตามความรู้และประสบการณ์ที่มี ลักษณะของแบบทดสอบอัตนัยอาจจะเป็นโจทย์หรือคำถามที่กำหนดสถานการณ์หรือปัญหาอย่างกว้าง ๆ หรือเฉพาะเจาะจงโดยทั่วไปจะไม่จำกัดเสรีภาพของผู้ตอบในการเรียบเรียงความรู้ ความคิด และข้อเท็จจริงต่าง ๆ อันเป็นข้อมูลของคำตอบ

สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน (2553) ให้ความหมายไว้ว่า ข้อสอบอัตนัย เป็นข้อสอบที่มีคำถาม หรือโจทย์ที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบมีอิสระในการวางแผน การตอบ การรวบรวมความรู้ ความคิด แล้วเรียบเรียงเป็นคำพูดของตนเอง โดยคำตอบที่คาดหวังต้องมีความยาว มากกว่า 1 ประโยค

ศิริชัย กาญจนวาสี (2555) ให้ความหมายของข้อสอบอัตนัยหรือข้อสอบแบบสร้างคำตอบ (Constructed–Response Question, CRQ) ไว้ว่า หมายถึงข้อคำถาม ซึ่งเป็นโจทย์ปัญหาหรือสิ่งเร้า (Stimulus) ให้ผู้สอบอ่านและตอบคำถาม โดยการเขียน คำตอบ/เสนอคำตอบ หรือบรูณาการคำตอบเพื่อแสดง “ปัญญา” หรือความสามารถทางสมองหรือการรู้คิดขั้นสูงในโจทย์ปัญหา ผู้สร้างข้อสอบ อาจใช้สิ่งกระตุ้น (Prompt) เช่น ภาพ แผนที่ ตาราง กราฟ บทความสั้น เป็นต้น เพื่อกระตุ้นเร้าความคิดให้ผู้สอบคิดวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดของตนออกมา

Tuckman (1975) ได้ให้ความหมายของข้อสอบอัตนัยไว้ว่า เป็นข้อสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้สอบได้แสดงความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ รวมทั้งวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินผลความรู้ที่ได้เรียนมา ดังนั้นข้อคำถามของแบบทดสอบอัตนัย จะต้องเป็นข้อคำถามที่ให้โอกาสผู้สอบได้สร้างและเรียบเรียงคำตอบในรูปเชิงสัมพันธ์ตามขอบข่ายความรู้ที่กว้าง ทั้งนี้ก็เพื่อให้แบบทดสอบอัตนัยสามารถวัดกระบวนการคิดในระดับที่สูงตามแนวคิดของบลูม คือระกับการเรียนรู้ขั้นวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินผลเป็นส่วนใหญ่ หรือวัดในระดับการนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

สรุปความหมายได้ว่า ข้อสอบอัตนัย หมายถึง ข้อคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบมีอิสระในการวางแผนการตอบ โดยเรียบเรียงความคิดและความรู้ที่สอดคล้องกับข้อคำถาม แล้วเขียนบรรยายหรือแสดงความคิดเห็น วิพากษ์ วิจารณ์เรื่องราว พฤติกรรมต่าง ๆ ตามความรู้และประสบการณ์ที่มี เรียบเรียงเป็นคำพูดของตนเอง ลักษณะคำถามเป็นโจทย์หรือคำถามที่กำหนดสถานการณ์หรือปัญหาอย่างกว้าง ๆ อาจใช้สิ่งเร้า เช่น ภาพ แผนที่ ตาราง กราฟ บทความสั้น เป็นต้น เพื่อกระตุ้นเร้าความคิดให้ผู้สอบคิดวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดของตนออกมา

2. ลักษณะคำถามของข้อสอบอัตนัย

ลักษณะของแบบทดสอบแบบอัตนัยหรือเขียนตอบ เป็นแบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นโจทย์หรือคำถามที่อาจกำหนดเป็นสถานการณ์หรือปัญหาอย่างกว้าง ๆ หรือเฉพาะเจาะจง ผู้ตอบจะต้องสร้างคำตอบด้วยตนเองโดยใช้ความสามารถ 2 ส่วน คือ ความสามารถด้านการบูรณาการองค์ความรู้ ความคิด ประสบการณ์ที่มีอยู่ และความสามารถด้านการใช้ภาษาในการเรียบเรียงให้เป็นภาษาเขียนที่ถูกต้อง ชัดเจน ครอบคลุมและตรงประเด็น แบบทดสอบอัตนัยที่มีคุณภาพจะช่วยวัดความสามารถ ของผู้เรียนในด้านการจัดระเบียบความคิด และการสังเคราะห์ความรู้ต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดีจึงเหมาะสำหรับการวัดทักษะการคิดขั้นสูง (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2559)

ข้อสอบอัตนัยอาจเขียนคำถามได้หลากหลายแตกต่างกัน ดังนี้ (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2559)

1. ถามให้นิยามหรืออธิบายความหมาย
2. ถามให้จัดลำดับเรื่องราวหรือลำดับเหตุการณ์

3. ถามให้จัดหรือแยกประเภทสิ่งของหรือเรื่องราวต่าง ๆ

4. ถามให้อธิบายเหตุการณ์หรือกระบวนการ

5. ถามให้เปรียบเทียบเหตุการณ์ความคล้ายคลึงและความแตกต่าง

6. ถามให้ออกแบบเขียนเค้าโครงหรือวางแผนการดำเนินงานต่าง ๆ

7. ถามให้อธิบายเหตุผลย่อ ๆ ในการสนับสนุนหรือคัดค้าน

8. ถามให้วิเคราะห์เรื่องราวหรือวิเคราะห์ความสัมพันธ์

9. ถามให้ชี้แจงหลักการหรือจุดประสงค์

10. ถามให้อภิปรายแสดงความคิดเห็นวิพากษ์วิจารณ์อย่างกว้างขวาง

11. ถามให้นำหลักการไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ

ตัวอย่างลักษณะคำถามของข้อสอบแบบอัตนัย ที่วัดระดับพฤติกรรมด้านการคิด 6 ระดับ (สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน, 2553) เช่น

1. ให้เปรียบเทียบ

1.1 จงเปรียบเทียบความเหมือนและความต่างระหว่าง.....

1.2 จงเปรียบเทียบวิธีการ.....

2. ให้หาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล

2.1 ข้อใดเป็นสาเหตุสำคัญของ.....

2.2 ข้อใดเป็นผลกระทบของ.....

3. ให้ตัดสิน

3.1 จงอธิบายว่าท่านเห็นด้วยหรือไม่ด้วยกับ.....

3.2 จงให้เหตุผลว่าทำไมจึงเลือกแนวทาง.....

4. ให้สรุปความ

4.1 จงสรุปสาระสำคัญของ.....

4.2 จงสรุปเนื้อหาของเรื่อง.....

5. ให้สรุปอ้างอิง

จงเสนอหลักการที่สามารถอธิบายเหตุการณ์ดังต่อไปนี้ได้

6. ให้อนุมาน

จากข้อมูลที่เสนอ สิ่งที่จะเกิดผลกระทบมากที่สุดคืออะไร และเกิดเมื่อใด

7. ให้จำแนกประเภท

7.1 จงจัดกลุ่มของ.....ตาม.....

7.2 จากข้อมูลที่เสนอสามารถแบ่งได้เป็นกี่ประเภท

8. ให้สร้างขึ้นใหม่

จงแสดงให้เห็นว่าถ้า.....ท่านจะทำอย่างไรต่อไป

9. ให้ประยุกต์ใช้

จงนำหลักการเกี่ยวกับ.....มาแสดงให้เห็นว่าสามารถแก้ปัญหา .....ได้อย่างไร

10. ให้วิเคราะห์

10.1 จงวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่.....

10.2 อะไรเป็นสาเหตุ.....

10.3 องค์ประกอบของระบบ.....ส่วนใดสำคัญที่สุด เพราะอะไร

11. ให้สังเคราะห์

11.1 .....ท่านมีความเห็นเรื่องนี้อย่างไร

11.2 จงเขียนรายงานเรื่อง..... เพื่อแสดงว่า.....

12. ให้ประเมิน

12.1 จงบรรยายข้อดีและข้อเสียของ.....

12.3 จงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ ประเมิน.....

3. ประเภทของข้อสอบอัตนัย

สำนักทดสอบทางการศึกษา (2559) ได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบอัตนัย ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบแบบไม่จำกัดคำตอบหรือตอบอย่างอิสระ (Unrestricted Response) เป็นแบบทดสอบที่ไม่จำกัดคำตอบ แต่ผู้สอบจะต้องจำกัดคำตอบให้เหมาะสมกับคำถามและเวลาโดยจะต้องเรียบเรียงความรู้ ความคิดและจัดลำดับความสำคัญ แล้วเรียบเรียงออกมาเป็นคำตอบตามความคิดและเหตุผลของตน โดยให้มีความยาวที่เหมาะสมกับหลักและเหตุผลที่คำถามต้องการ ข้อดีของแบบทดสอบประเภทนี้ คือ สามารถใช้วัดความสามารถระดับการวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินผลได้เป็นอย่างดี จึงมักใช้กับผู้เรียนในระดับชั้นสูง ลักษณะคำถามมักมีคำว่า “จงอธิบาย อภิปราย เปรียบเทียบ วิเคราะห์ สรุปประเด็นสำคัญ แสดงความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ประเมินผล แนวทางแก้ปัญหา” เป็นต้น แต่มักมีปัญหาในการควบคุมทิศทางการตอบและการตรวจให้คะแนน

2. แบบทดสอบแบบจำกัดคำตอบหรือตอบแบบสั้น (Restricted Response or Shot Essay Item) เป็นแบบทดสอบที่จำกัดกรอบของเนื้อหาหรือรูปแบบของแนวทางคำตอบ และกำหนดขอบเขต ของประเด็นให้ตอบในเนื้อหาที่แคบลงและสั้นกว่าแบบทดสอบที่ไม่จำกัดความยาว ข้อดีของแบบทดสอบประเภทนี้คือ ใช้วัดความรู้ความสามารถที่เฉพาะเจาะจงได้ดีกว่าแบบทดสอบแบบไม่จำกัดความยาว ซึ่งเหมาะที่จะวัดผลการเรียนที่สำคัญ โดยที่ผู้สอบจะต้องเลือกความรู้ที่ดีที่สุด

สำหรับคำถามนั้น ๆ ลักษณะคำตอบมักอยู่ในรูป “จงอธิบายสั้น ๆ จงบอกประโยชน์ จงอธิบายสาเหตุ หรือจงบอกขั้นตอน” แต่แบบทดสอบนี้ไม่ได้เปิดโอกาสให้ผู้ตอบได้แสดงความรู้ ความสามารถอย่างเต็มที่

เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี (2552) ได้แบ่งประเภทของแบบทดสอบอัตนัยหรือแบบทดสอบความเรียงไว้ตามคำตอบที่ต้องการอย่างกว้าง ๆ ได้ 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบความเรียงประเภทจำกัดความยาว แบบทดสอบประเภทนี้มีการจำกัดความยาวของคำตอบ เช่นให้ตอบไม่เกิดหนึ่งหน้ากระดาษคำตอบ หรือให้ตอบโดยมีความยาว 250 ถึง 300 คำ หรือให้ยกตัวอย่างประกอบ 2 ตัวอย่าง เป็นต้น

2. แบบทดสอบความเรียงประเภทไม่จำกัดความยาว แบบทดสอบประเภทนี้จะไม่จำกัดคำตอบ ผู้สอบจะต้องจำกัดคำตอบด้วยตนเองตามความเหมาะสมของคำถามและเวลา สำหรับการตอบนั้นจะต้องจัดเรียบเรียงความรู้ ความคิดที่เกี่ยวข้องและจัดลำดับความรู้ที่สำคัญตลอดจนการประเมินความคิดและเรียบเรียงความคิดในการตอบ โดยให้มีความยาวที่เหมาะสมกับหลักและเหตุผลที่คำถามต้องการ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2555) อธิบายไว้ว่า การสร้างข้อสอบอัตนัยหรือข้อสอบแบบสร้างคำตอบ (Constructed–Response Question, CRQ) สามารถใช้วัดความสามารถทางสมองได้ทั้งระดับต้นจนถึงระดับที่สลับซับซ้อนขึ้นอยู่กับรูปแบบคำถามที่ใช้ การสร้างข้อสอบสามารถใช้ได้ทั้งรูปแบบเติมคำหรือข้อความในช่องว่างและรูปแบบความเรียง (Essay Questions) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. รูปแบบเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่าง (Completion Questions) รูปแบบคำถามที่ง่ายที่สุดของข้อสอบแบบสร้างคำตอบ (Constructed–Response Question, CRQ) คือ การเติมคำ ข้อความหรือ ประโยคสั้น ๆ ลงในช่องว่างที่จัดไว้ให้ข้อสอบลักษณะนี้เหมาะสำหรับการวัดความรู้ ความจำ หรือการระลึกถึงสิ่งที่เรียนรู้มาแล้ว สามารถแก้ปัญหาการเดาคำตอบได้

1.1 ข้อสอบเติมคำ (Full–in–the Blank Question) เมื่อผู้ออกข้อสอบเลือกใช้ข้อสอบแบบเติมคำ หรือข้อความลงในช่องว่าง ต้องแน่ใจว่าคำถามมีความชัดเจนและมีคำ วลี สัญลักษณ์ จำนวน (ควรระบุหน่วย) หรือข้อความที่นำมาเติมเพียงคำหรือข้อความเดียวเท่านั้นที่ถูกต้อง ควรเว้นช่องว่างให้พอเหมาะหลีกเลี่ยงการให้เติมคำหรือข้อความที่ไม่สำคัญ การตรวจข้อสอบลักษณะนี้จึงง่าย สะดวกและรวดเร็ว

ตัวอย่าง

1. ผู้พัฒนาทฤษฎีการสรุปอ้างอิงทางการทดสอบ (G-Theory) คือใคร?____

2. สัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าเฉลี่ยเลขคณิตของประชากร คือ_____

1.2 ข้อสอบตอบสั้น (Short Question) ข้อสอบแบบตอบสั้นและข้อสอบแบบเติมคำมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน คือ ต่างเป็นข้อสอบที่ผู้สอบต้องคิดคำตอบขึ้นเอง ข้อสอบตอบสั้นนิยมให้ผู้ตอบแสดงความสามารถในการอธิบายความเข้าใจในสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยการตอบเป็นประโยคหลายประโยคแบบสั้น ๆ ข้อสอบแบบตอบสั้น จึงเหมาสำหรับวัดความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับคำศัพท์ ข้อเท็จจริง หลักการ และกฎเกณฑ์ต่าง ๆ

ตัวอย่าง

1. แบบสอบผลสัมฤทธิ์ หมายถึงอะไร ?

2. การประเมินแบบอิงเกณฑ์ หมายถึง _____

2. รูปแบบความเรียง (Essay Questions) ข้อสอบความเรียงมีลักษณะเป็นข้อสอบ ที่ให้เสรีภาพแก่ผู้ตอบในการประมวล คัดเลือกความรู้ความสามารถที่ตนมีอยู่นำมาจัดระบบเรียบเรียงและเขียนเป็นคำตอบ คำตอบที่ได้จากผู้สอบจึงมีความหลากหลายในระดับของคุณภาพและความถูกต้อง เมื่อพิจารณาถึงความเป็นอิสระในการตอบ สามารถแบ่งข้อสอบแบบความเรียงออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.1 ข้อสอบความเรียงแบบจำกัดคำตอบ (Restricted–Response Question)

มีลักษณะเป็นข้อสอบที่มีการจำกัดกรอบของเนื้อหาหรือรูปแบบของแนวทางคำตอบและความยาวของคำตอบ ตามปกติจะกำหนดขอบเขตของประเด็นให้ผู้ตอบทำการตอบในกรอบที่กำหนด นิยมให้ตอบทีละประมาณครึ่งหน้า 10-15 บรรทัด ใช้เวลาประมาณ 8-10 นาที

ตัวอย่าง

1. จงอธิบายข้อดีและข้อเสียของข้อสอบแบบความเรียงแบบจำกัดคำตอบมาอย่างละ 2 ข้อ

2. จงเปรียบเทียบความแตกต่างที่สำคัญระหว่าง “การวัดผล”กับ “การประเมินผล” ในประเด็นของความหมายและกระบวนการ

ข้อสอบความเรียงแบบจำกัดคำตอบมีข้อดีคือ สามารถใช้วัดความรู้ความสามารถที่เฉพาะเจาะจงได้ครอบคลุมดีกว่า ข้อสอบความเรียงแบบขยายคำตอบ สร้างง่าย แต่ให้อิสรภาพแก่ผู้ตอบน้อยกว่าไม่ได้เปิดโอกาสให้แก่ผู้ตอบแสดงความสามารถได้อย่างเต็มที่เหมือนข้อสอบความเรียงแบบขยายคำตอบ

2.2 ข้อสอบความเรียงแบบขยายคำตอบ (Extended–Response Question)

มีลักษณะเป็นข้อสอบที่เปิดโอกาสอย่างเต็มที่ให้แก่ผู้สอบแสดงความสามารถในการคัดเลือกความรู้ ประเมินความรู้ความคิดนั้นและเรียบเรียงผสมผสานออกมาเป็นคำตอบตามความคิดและเหตุผลของตน ไม่จำกัดขอบเขตของคำตอบแต่ภายใต้เวลาที่จำกัดจึงสามารถใช้วัดความสามารถระดับการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประเมินและสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี นิยมให้ตอบข้อละประมาณหนึ่งหน้าครึ่ง -2 หน้า ประมาณ 200-300 คำ ใช้เวลาประมาณ 30-40 นาที

ตัวอย่าง

1. จงวิจารณ์ข้อความต่อไปนี้

“ข้อสอบแบบความเรียงสามารถใช้เป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพในการวัดกระบวนการทางสมองขั้นสูง”

2. จงเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่างระหว่างกระบวนการ “วัดผล” กับ “ประเมินผล”

ข้อสอบความเรียงแบบขยายคำตอบมีข้อดีคือ สามารถใช้วัดผลการเรียนรู้ที่ซับซ้อน เช่น ความสามารถในการเลือก/จัดระเบียบ/ประเมินความคิด การตีความ การสรุป การสร้างสรรค์สิ่งใหม่ เป็นต้น สามารถสร้างได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว แต่มักมีปัญหาในการควบคุมทิศทางการตอบของผู้สอบ และการตรวจให้คะแนนอย่างน่าเชื่อถือ

รูปแบบคำถามที่เหมาะนำมาใช้กับข้อสอบแบบความเรียง เช่น

1. จงเปรียบเทียบความคล้ายคลึงและความแตกต่างระหว่าง “.....”กับ “.....”
2. จงอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง “.....” กับ “.....”
3. จงเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของ “.....”
4. จงแสดงความคิดเห็นว่าท่านเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยพร้อมทั้งเหตุผลเกี่ยวกับ “.....”
5. จงสรุปประเด็นสำคัญของ “.....”
6. จงประยุกต์หลักการของ “.....” เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับ “.....”
7. จงวิเคราะห์ผลกระทบของ “.....” ต่อ “.....”
8. จงวิเคราะห์จุดเด่นจุดด้อยของ “.....”
9. จงประเมินผลของ “.....”
10. จงสร้างกฎเกณฑ์ทั่วไปจาก “.....”
11. จงสร้างระบบจำแนกของ “.....”
12. จงสร้างหรือพัฒนาแผน/โครงสร้างเพื่อแก้ปัญหา “.....”

4. ข้อดีข้อจำกัดของข้อสอบอัตนัย

ข้อดีของข้อสอบอัตนัย

สมนึก ภัททิยธนี (2556) และสำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน (2553) สรุปข้อดีของข้อสอบอัตนัยไว้ดังนี้

1. สามารถวัดพฤติกรรมต่าง ๆ ได้ทุกด้าน โดยเฉพาะพฤติกรรมด้านการคิด เช่น การรวบรวมความคิดให้ สมบูรณ์ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์
2. สะดวกและง่ายต่อการเขียนคำถาม
3. ผู้ตอบได้มีอิสระแสดงความคิดเห็น หรือเจตคติของตนได้เต็มที่
4. ป้องกันการเดาได้ดี
5. วัดความสามารถในการเขียนและส่งเสริมการใช้ภาษาได้เป็นอย่างดี

ข้อจำกัดของข้อสอบอัตนัย

สมนึก ภัททิยธนี (2556) และสำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน (2553) สรุปข้อจำกัดของข้อสอบอัตนัยไว้ดังนี้

1. วัดเนื้อหาได้จำกัด เพราะออกข้อสอบได้น้อยข้อ เนื่องจากแต่ละข้อจะต้องใช้เวลาตอบนานจึงวัดได้ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด หรือเนื้อหาสาระที่สำคัญ ๆ
2. การตรวจให้คะแนนมักจะมีความคลาดเคลื่อนมากควบคุมให้เกิดความยุติธรรม ได้ยาก การตรวจให้คะแนนไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับผู้ตรวจ
3. ตรวจข้อสอบยากและเสียเวลามาก ไม่เหมาะที่จะใช้สอบกับนักเรียนจำนวนมาก ๆ เพราะใช้เวลาในการตรวจ
4. ลายมือของผู้ตอบและประสิทธิภาพในการเขียนบรรยายอาจจะมีผลต่อคะแนน
5. การตอบขึ้นอยู่กับความสามารถด้านภาษา

การใช้ข้อสอบแบบอัตนัย ข้อสอบแบบอัตนัย ควรใช้ในกรณีต่อไปนี้ (สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน, 2553)

1. ต้องการวัดพฤติกรรมด้านการคิดในระดับสูง ในกรณีที่ต้องการมุ่งเน้นการเสนอความคิด การแก้ ปัญหา ลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติ การวิพากษ์วิจารณ์ การตัดสินใจ เป็นต้น
2. ผู้สอบมีจำนวนน้อย การตรวจสามารถทำได้อย่างเป็นปรนัย เชื่อถือได้ และทันเวลา สภาวะของ ผู้ตรวจไม่มีผลต่อคะแนนของผู้สอบมากนัก ถ้าต้องการใช้ข้อสอบแบบอัตนัยกับผู้สอบจำนวนมาก ผู้สร้างข้อสอบต้องมั่นใจว่ามีเวลาเพียงพอและสามารถตรวจได้อย่างมั่นใจ
3. มีเวลาสร้างข้อสอบน้อย ถ้าหากมีเวลาจำกัดจนไม่สามารถสร้างข้อสอบแบบอื่นได้อย่างมีคุณภาพ ควรใช้ข้อสอบแบบอัตนัยจะเหมาะสมกว่า เพราะประหยัดเวลา และตัดความยุ่งยากต่างๆ ในการเตรียมข้อสอบ

4. ไม่ต้องการใช้ข้อสอบซ้ำอีก ถ้ามั่นใจว่าข้อสอบที่ใช้นั้นจะไม่นำไปใช้ในโอกาสอื่นหรือกับผู้สอบกลุ่มอื่น ใช้ทดสอบเพียงครั้งเดียวก็ควรที่จะใช้ข้อสอบแบบอัตนัยมากกว่าข้อสอบรูปแบบอื่น เพราะการสร้างข้อสอบรูปแบบอื่นต้องลงทุนสูงและใช้เวลามาก การทดสอบเพียงครั้งเดียวแล้วไม่นำมาใช้ต่อจะทำให้ไม่คุ้มค่าในการลงทุน

5. มีความมั่นใจในการตรวจ เมื่อใดที่ผู้สร้างข้อสอบมั่นใจว่าข้อสอบแต่ละข้อมีความชัดเจน มีการกำหนดขอบเขตการตอบที่เหมาะสม รวมทั้งมีความมั่นใจว่ามีเวลาในการตรวจผลการสอบได้อย่างเป็นธรรม การใช้ข้อสอบแบบอัตนัยย่อมให้ผลที่ถูกต้องเหมาะสมไม่ยิ่งหย่อนกว่าการใช้ข้อสอบรูปแบบอื่น ๆ

5. หลักในการสร้างข้อสอบอัตนัย

สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน (2553) เสนอแนวทางการสร้างข้อสอบแบบอัตนัย มีรายละเอียดดังนี้

1. เขียนข้อคำถามด้วยความระมัดระวัง ใช้ภาษาที่มีความหมายชัดเจน หากคำถามไม่ชัดเจน อาจทำให้ตอบผิดเพราะไม่เข้าใจคำถาม

2. ถามเฉพาะเจาะจงในสิ่งหนึ่งสิ่งใดโดยเฉพาะ แต่ต้องไม่เจาะจงจนเกินไป จนจำกัดความคิดเห็นของ ผู้ตอบ

3. คำถามควรจะกำหนดลักษณะของการตอบ เพื่อให้ผู้ตอบเข้าใจวัตถุประสงค์ของผู้สร้างข้อสอบว่า ต้องการให้ตอบอย่างไร และเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจให้คะแนน

4. คำถามที่ต้องการคำตอบสั้น ๆ จำนวนหลาย ๆ ข้อ ดีกว่าคำถามที่ต้องการคำตอบยาว ๆ แต่จำนวนน้อยข้อ เพราะสามารถถามเนื้อหาได้ครอบคลุมมากกว่า

5. เมื่อสร้างคำถามเสร็จแล้วต้องทดลองตอบคำถามด้วยตนเอง ซึ่งจะช่วยให้สามารถแก้ไขข้อความ หรือถ้อยคำที่ไม่ชัดเจนของคำถาม และควรจัดให้มีแบบเฉลยในการตรวจให้คะแนนไว้ล่วงหน้าด้วย

6. ทบทวน ตรวจร่างคำถาม และคำตอบก่อนนำไปใช้จริง

7. กำหนดเวลาตอบให้สมดุลกับคะแนน และการเขียนตอบอย่างเพียงพอ

8. ไม่ควรเปิดโอกาสให้มีการเลือกตอบ เพราะการตอบต่างข้อกัน อาจทำให้การเปรียบเทียบผลการ สอบของผู้ตอบคลาดเคลื่อนได้

สมนึก ภัททิยธนี (2556) กล่าวถึงหลักในการสร้างข้อสอบอัตนัยไว้ดังนี้

1. เขียนคำชี้แจงเกี่ยวกับวิธีการตอบให้ชัดเจน ระบุจำนวนข้อคำถาม เวลาที่ใช้สอบและคะแนนเต็มของแต่ละข้อ

2. เนื่องจากข้อสอบแบบนี้มีเฉพาะคำถาม และแต่ละข้อมักจะให้คะแนนมาก ดังนั้นควรเขียนคำถามให้ชดเจน เพื่อไม่ให้ไขว้เขวในการตอบ

3. ไม่ควรตั้งคำถามเฉพาะประเภทความรู้ความจำ หรือถามปัญหาที่มีคำตอบในหนังสือซึ่งเป็นการให้ตอบแบบจำกัด (Restricted Response) แต่พยายามถามประเภทสูงกว่าความรู้ความจำ คือถามให้ใช้ความคิด ซึ่งเป็นการให้ตอบแบบขยาย (Unrestricted Response) มักขึ้นต้นด้วยคำว่า จงอธิบาย จงเปรียบเทียบ จงบรรยาย จงวิเคราะห์ ให้ประมาณค่า ให้บอกความสัมพันธ์ ให้วิจารณ์ วิเคราะห์ เป็นต้น

4. กำหนดเวลาให้ตอบนานพอสมควร เพราะผู้ตอบต้องใช้เวลาในการรวบรวมความคิด จัดระบบความคิด และเขียนคำตอบด้วยถ้อยคำของตนเอง หากกำหนดเวลาน้อยไม่สามารถใช้พลังความคิดได้เต็มความสามารถ

5. เลือกถามเฉพาะจุดที่สำคัญของเรื่อง เพราะไม่สามารถถามได้ทุก ๆ เนื้อหาที่เรียน

6. ไม่ควรให้มีการเลือกตอบเป็นบางข้อ เช่น 7 ข้อ ให้เลือกทำ 6 ข้อ หรือ 4 ข้อ ให้เลือกทำ 3 ข้อ ด้วยเหตุผลดังนี้

6.1 ไม่สามารถวัดเรื่องที่สำคัญได้ทุกเรื่อง

6.2 คำถามแต่ละข้อมีความยากง่ายไม่เท่ากัน จะมีปัญหาในการจัดตำแหน่งผู้เข้าสอบว่า ใครจะเก่งกว่ากัน โดยเฉพาการประเมินผลแบบอิงกลุ่ม

6.3 ไม่ยุติธรรมกับผู้ที่สามารถตอบได้ทุกข้อ ซึ่งมีโอกาสได้คะแนนเท่ากับผู้ที่ตอบได้เพียงบางข้อ

สำนักทดสอบทางการศึกษา (2559) ได้ให้หลักในการสร้างข้อสอบอัตนัยไว้ดังนี้

1. เขียนคำชี้แจงเกี่ยวกับวิธีการตอบให้ชัดเจนระบุจำนวนข้อคำถามเวลาที่ใช้สอบและคะแนนเต็มของแต่ละข้อเพื่อให้ผู้ตอบสามารถวางแผนการตอบได้ถูกต้อง

2. ข้อคำถามต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับพื้นความรู้ของผู้ตอบ

3. ควรถามเฉพาะเรื่องที่สำคัญและเป็นเรื่องที่ข้อสอบปรนัยวัดได้ไม่ดีเท่าเนื่องจากข้อสอบปรนัย ไม่สามารถถามได้ทุกเนื้อหาที่เรียนหรือทุกระดับพฤติกรรมตามทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม ควรถามในระดับพฤติกรรมที่สูง เช่น ระดับการนำไปใช้การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์การแสดงความคิดเห็น การวิพากษ์วิจารณ์เป็นต้น

4. กำหนดขอบเขตของคำถามเพื่อให้ผู้ตอบทราบถึงจุดมุ่งหมายในการวัดสามารถตอบได้ตรงประเด็น

5. การกำหนดเวลาในการสอบจะต้องสอดคล้องกับความยาวและลักษณะคำตอบที่ต้องการ ระดับความยากง่ายและจำนวนข้อสอบ

6. ไม่ควรมีข้อสอบไว้ให้เลือกตอบเป็นบางข้อเพราะอาจมีการได้เปรียบเสียเปรียบกันเนื่องจาก แต่ละข้อคำถามจะมีความยากง่ายไม่เท่ากันและวัดเนื้อหาแตกต่างกันรวมทั้งจะไม่ยุติธรรมกับผู้ที่สามารถตอบได้ทุกข้อซึ่งมีโอกาสได้คะแนนเท่ากับผู้ที่ตอบได้เพียงบางข้อ

6. ขั้นตอนการสร้างข้อสอบอัตนัย

สำนักทดสอบทางการศึกษา (2559) ได้เสนอขั้นตอนในการสร้างข้อสอบอัตนัยไว้ดังนี้

1. วิเคราะห์ตัวชี้วัดเพื่อหาคำสำคัญที่เป็นเป้าหมายในการเรียนรู้
2. กำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดให้ชัดเจน ควรวัดพฤติกรรมตั้งแต่ระดับนำไปใช้ขึ้นไป
3. เลือกรูปแบบของข้อสอบ คือ แบบจำกัดคำตอบหรือแบบไม่จำกัดคำตอบ
4. เขียนคำถามให้ชัดเจนว่าต้องการให้ผู้ตอบทำอะไร อย่างไร เช่น อธิบาย เปรียบเทียบ ให้เหตุผล แสดงวิธีทำ เป็นต้น โดยใช้สถานการณ์ใหม่ให้ต่างจากที่เคยเรียนหรือที่อยู่ในตำรา
5. ถามเฉพาะสิ่งที่เป็นประเด็นสำคัญของเรื่อง
6. กำหนดความซับซ้อนและความยากให้เหมาะกับวัยของผู้ตอบ
7. ควรเฉลยคำตอบไปพร้อม ๆ กับการเขียนข้อสอบ
8. ไม่ควรให้มีการเลือกตอบบางข้อ

7. การตรวจสอบคุณภาพข้อสอบอัตนัย

การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบหรือข้อสอบทั้งฉบับ พิจารณาจากคุณลักษณะของข้อสอบที่ดี 2 ประการ คือ

1. ความเชื่อมั่นตรง (Validity) หมายถึง ข้อสอบที่สามารถวัดได้ตรงในสิ่งที่ต้องการวัดหรือวัดได้ตรงตาม วัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด ความตรงสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1.1 ความเชื่อมั่นตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง แบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงตาม เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตรการทดสอบการตรวจความเชื่อมั่นตรงเชิงเนื้อหา สามารถกระทำได้โดยให้ผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์เนื้อหา และพฤติกรรมที่ต้องการวัดตามแผนผังการสร้างข้อสอบก่อนนำไปใช้จริง ซึ่งในการตรวจสอบความตรงมีแนวทางดังนี้

1.1.1 เนื้อหาต่าง ๆ ทั้งเนื้อหาหลัก เนื้อหารอง ว่ามีความสมบูรณ์ ถูกต้องตรงตาม ที่ต้องการวัดหรือไม่

1.1.2 ข้อสอบแต่ละข้อ ถามได้สอดคล้องกับเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดหรือไม่ หากผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาเห็นตรงกันว่ามีความสอดคล้องกับแผนผังการสร้างข้อสอบแล้วก็ถือว่าใช้ได้

1.2 ความเชื่อมั่นตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึง แบบทดสอบสามารถวัดคุณลักษณะ หรือวัดได้ตามกรอบแนวคิด หรือทฤษฎีที่ต้องการวัด การตรวจสอบความเชื่อมั่นตรงเชิงโครงสร้าง จึงเป็นการตรวจสอบ กรอบความคิด ซึ่งอาจประกอบด้วยทฤษฎีและข้อมูลต่าง ๆ โดยการตรวจสอบสามารถกระทำได้หลายวิธี ในที่นี้ขอ เสนอวิธีการอย่างง่าย 2 วิธี คือ

1.2.1 การตรวจเชิงเหตุผล โดยการตรวจสอบเนื้อหาของข้อสอบว่ามีความสอดคล้องหรือตรงตามแนวคิด ทฤษฎีที่กำหนดเป็นโครงสร้างการวัดหรือไม่ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาเป็นผู้ตรวจสอบให้

1.2.2 การตรวจสอบความสอดคล้องภายใน เป็นการตรวจสอบว่า ข้อสอบทั้งหมดนั้นใช้วัดในทฤษฎีหรือโครงสร้างเดียวกันหรือไม่ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับคะแนนรวม ของแบบทดสอบทั้งชุด

1.3 ความเชื่อมั่นตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) หมายถึง แบบทดสอบสามารถวัดได้ตรงตามสภาพความเป็นจริงของบุคคล ตัวอย่าง เช่น ในการสอบคัดเลือกตำแหน่งนักบัญชีปฏิบัติการ ถ้านำแบบทดสอบที่ มีเนื้อหาเกี่ยวกับบัญชีรัฐบาลไปวัดกับผู้ปฏิบัติงานที่มีความสามารถในงานด้านบัญชีรัฐบาล ถ้าผลการทดสอบ ปรากฏว่าผู้สอบทำได้คะแนนสูง แสดงว่าตรงกับสภาพความเป็นจริงของผู้ปฏิบัติงานด้านนั้น ๆ

1.4 ความเชื่อมั่นตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive Validity) หมายถึง แบบทดสอบที่สามารถให้ผลการวัดตรงกับสภาพความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในอนาคต เช่น ในการสอบคัดเลือกเพื่อให้ไปศึกษาต่อหรือเข้ารับการอบรม ถ้านาย ก.ใช้แบบทดสอบฉบับหนึ่งในการสอบคัดเลือก แล้วได้ผลคะแนนสูงเป็นอันดับที่ 1 เมื่อนาย ก. ได้ไปศึกษาต่อหรือเข้ารับการอบรมในเนื้อหานั้น ๆ แล้วปรากฏว่าผลการศึกษาหรืออบรมได้คะแนนดี ก็แสดงว่าแบบทดสอบที่ใช้ในการสอบคัดเลือกชุดนั้นมีความเชื่อมั่นตรงเชิงพยากรณ์

ความเชื่อมั่นตรงเชิงพยากรณ์ ต่างจากความเชื่อมั่นตรงตามสภาพ ในเรื่องระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบเป็นสำคัญ ถ้าหากนำแบบทดสอบนั้นไปวัดในเวลาเดียวกันกับเกณฑ์ที่ต้องการมาหาความสัมพันธ์ก็จะเป็นความเชื่อมั่นตรงตามสภาพ แต่ถ้านำไปทดสอบเวลาต่างกัน โดยการนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปทดสอบก่อน เมื่อเวลาผ่านไประยะ หนึ่งจึงนำแบบทดสอบที่เป็นเกณฑ์ไปวัด ค่าความสัมพันธ์ที่ได้จะเป็นความเชื่อมั่นตรงเชิงพยากรณ์ ทั้งนี้การตรวจสอบ ความเชื่อมั่นตรงทั้งความเชื่อมั่นตรงตามสภาพ และความเชื่อมั่นตรงเชิงพยากรณ์สามารถกระทำได้

หลายวิธี เช่น การหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นตรง (Validity Coefficient) ซึ่งเป็นการสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนแบบทดสอบกับเกณฑ์ที่กำหนด โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Pearson Product Moment สำหรับการตรวจสอบความเชื่อมั่นตรงเชิงพยากรณ์ เป็นต้น สำหรับวิธีการอื่น ๆ สามารถศึกษาได้จากหนังสือสถิติทั่วไป

2. ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง แบบทดสอบที่วัดแล้วได้ผลคงที่หรือสม่ำเสมอ เมื่อนำข้อสอบนั้นไปทดสอบกับคนกลุ่มเดียวกันไม่ว่าจะกี่ครั้งก็ตาม ผลการทดสอบก็จะเหมือนเดิมหรือใกล้เคียงกัน การตรวจสอบความเชื่อมั่นมีหลายวิธี ดังนี้

2.1 ความเชื่อมั่นของข้อสอบคู่ขนาน (Parallel Forms) การตรวจสอบความเชื่อมั่นวิธีนี้ ได้จากการใช้แบบทดสอบ 2 ชุด ที่มีเนื้อหาอย่างเดียวกันและมีความยากง่ายใกล้เคียงกันกับผู้สอบกลุ่มเดียวกันแล้วนำแบบทดสอบทั้ง 2 ชุด มาหาค่าความสัมพันธ์ (Correlation) ค่าที่ได้แสดงถึงความเชื่อมั่นทั้งนี้ การที่จะสร้างข้อสอบ ให้มีเนื้อหาและความยากง่ายใกล้เคียงกันทำได้ค่อนข้างยาก

2.2 ความเชื่อมั่นจากการสอบซ้ำ (Test–Retest) การตรวจสอบความเชื่อมั่นวิธีนี้ได้จากการนำแบบทดสอบชุดเดียวกัน ไปวัดคุณลักษณะในด้านเดียวกันของผู้สอบกลุ่มเดียวกันจำนวน 2 ครั้ง โดยทิ้งระยะเวลาให้ห่างกันพอสมควรประมาณ 3–4 สัปดาห์ แล้วนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง มาคำนวณค่าความสัมพันธ์ (Correlation) ถ้าค่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนทั้ง 2 ครั้งสูง แสดงว่าแบบทดสอบชุดนั้นมีค่าความเชื่อมั่นสูง ในการหาค่าความเชื่อมั่นประเภทนี้หากเว้นระยะห่างระหว่างการสอบครั้งแรกกับการสอบครั้งที่สองน้อยเกินไป อาจได้ค่าความเชื่อมั่นสูงกว่าความเป็นจริงเพราะผู้สอบอาจจำวิธีการตอบครั้งแรกได้

2.3 ความเชื่อมั่นจากการแบ่งครึ่งแบบทดสอบ (Split–Half) การตรวจสอบความเชื่อมั่นวิธีนี้ได้จากการนำแบบทดสอบชุดหนึ่งไปทดสอบกับผู้สอบครั้งเดียวมาแบ่งเป็น 2 ชุด แล้วนำคะแนนข้อคู่และข้อคี่แยกออกจากกันเป็น 2 ส่วน โดยข้อคู่กับข้อคี่แต่ละส่วนมีเนื้อหาและความยากเหมือนกัน หาค่าความสัมพันธ์ (Correlation) ของคะแนนข้อคู่และข้อคี่ ซึ่งจะทำให้ได้ค่าความเชื่อมั่นครึ่งเดียว จากนั้นจะต้องนำค่าความสัมพันธ์ที่ ได้นี้ไปหาความเชื่อมั่นของทั้งชุด โดยใช้สูตรการคำนวณค่าสถิติของสเปียร์แมนบราวน์ (Spearman–Brown) อีกครั้งหนึ่ง การตรวจสอบความเชื่อมั่นวิธีนี้มักจะได้ค่าความเชื่อมั่นสูงกว่าวิธีอื่น

2.4 ความเชื่อมั่นจากการวัดความสอดคล้องภายใน (Internal Consistency) การตรวจสอบความเชื่อมั่นวิธีนี้ ได้จากการใช้ผลการทดสอบเพียงครั้งเดียว แล้วนำมาหาค่าความเชื่อมั่นวิธีที่นิยมใช้กันมาก คือ วิธีการของคูเดอร์และริชาร์ดสัน (Kuder and Richardson)

8. หลักการตรวจให้คะแนนข้อสอบอัตนัย

สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน (2553) เสนอวิธีการตรวจให้คะแนนข้อสอบแบบอัตนัย ไว้ 2 วิธี คือ

1. การตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด (Point System) โดยการตั้งเกณฑ์คำตอบไว้ล่วงหน้า แบ่งคะแนนในแต่ละข้อออกตามคำตอบที่ควรจะตอบ กำหนดว่าคำถามนี้ถ้าตอบเกี่ยวกับสิ่งนี้จะให้คะแนนเท่าใด หรือตอบในด้านนี้จะให้ได้คะแนนเท่าใด คะแนนที่แยกตามลักษณะคำตอบที่ควรตอบนี้รวมกันแล้วจะเท่ากับ คะแนนเต็มของข้อสอบข้อนั้น ๆ

2. การตรวจให้คะแนนแบบแจงคุณภาพ (Sorting System) การตรวจด้วยวิธีนี้ควรทำอย่างน้อย 3 ขั้นตอน ขั้นแรก อ่านคำตอบของผู้สอบแต่ละคนแล้วพิจารณาแยกคุณภาพของคำตอบออกเป็น 3 ระดับ คือ ดี ปานกลาง ไม่ดี หรือแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง ค่อนข้างต่ำ ต่ำมาก วัตถุประสงค์เพื่อแจกแจงคำตอบทั้งหมดออกเป็นสามหรือห้ากลุ่มตามคุณภาพ ขั้นต่อไปต้องอ่านคำตอบซ้ำอีกครั้งหนึ่งเพื่อจัดอันดับคุณภาพภาพภายในแต่ละกลุ่มให้ลดหลั่นจากสูงสุดไปต่ำสุด ขั้นสุดท้ายเป็นการกำหนดคะแนนคำตอบในแต่ละอันดับตามความเหมาะสมและดุลพินิจ

สมนึก ภัททิยธนี (2556) ได้อธิบายถึงการตรวจให้คะแนนข้อสอบอัตนัยว่าควรปฏิบัติดังนี้

1. เขียนแนวคำเฉลยไว้ก่อน และระบุคะแนนว่า ประเด็นใดตอนใดควรได้กี่คะแนน

2. ควรตรวจเฉพาะข้อเดียวจนครบทุกคน แล้วตรวจข้อต่อไป

3. ไม่ควรดูชื่อของผู้สอบ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอคติในการให้คะแนน

สำนักทดสอบทางการศึกษา (2559) เสนอหลักการตรวจให้คะแนนข้อสอบอัตนัยไว้ดังนี้

1. เขียนแนวเฉลยไว้ก่อนและระบุคะแนนว่าประเด็นใดตอนใดควรได้กี่คะแนน

2. ไม่ควรดูชื่อผู้สอบเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอคติในการให้คะแนน

3. การตรวจให้คะแนนควรตรวจทีละข้อของทุก ๆ คนจนครบหมดทุกข้อแล้วจึงตรวจข้อใหม่เพื่อจะได้เปรียบเทียบระหว่างคำตอบของแต่ละคนเช่นตรวจข้อที่ 1 ของทุกคนแล้วจึงค่อยตรวจข้อต่อไป เป็นต้น

4. การตรวจให้คะแนนควรยึดในส่วนที่เป็นความรู้ที่ต้องการวัดมาเป็นส่วนสำคัญในการพิจารณาให้คะแนนไม่ควรให้คะแนนความถูกต้องในการสะกดคำหรือการใช้ไวยากรณ์

5. เกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนควรใช้ทั้งเกณฑ์ด้านเนื้อหาเกณฑ์ด้านการจัดลำดับความคิด การเรียบเรียงเรื่องและเกณฑ์ด้านกระบวนการทางสมองนอกจากนี้ต้องพิจารณาในเรื่อง

5.1 ความถูกต้องตรงประเด็นที่ถาม

5.2 ความสมบูรณ์ครบถ้วนของประเด็นที่ถาม

5.3 ความสมเหตุสมผลของคำตอบ

ข้อสอบอัตนัยเป็นเครื่องมือที่เหมาะกับการใช้วัดความสามารถทางสมองขั้นสูง สร้างง่ายแต่ยากที่จะตรวจให้คะแนนอย่างมีคุณภาพ เนื่องจากตรวจสอบด้วยการเขียนความเรียง จึงยากที่จะมีคำตอบที่ถูกต้องเป็นรูปแบบเดียว (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555) และมักจะมีปัญหาเรื่องความเชื่อมั่นของการตรวจให้คะแนน โดยเฉพาะผู้ตรวจคนเดียวตรวจข้อสอบอัตนัย เวลาต่างกันอาจให้คะแนนไม่คงที่หรือเกิดความลำเอียงในการให้คะแนนกับผู้สอบต่างกัน ทางที่จะป้องกันความลำเอียงหรือความไม่คงที่ของการตรวจให้คะแนนนั้น ทางหนึ่งใช้ผู้ตรวจสองคนหรือสามคนตรวจ ข้อสอบของผู้สอบแต่ละคน แล้วนำคะแนนของผู้ตรวจสองคนหรือสามคนนั้นมารวมกันหรือเฉลี่ยเป็นคะแนนของผู้สอบ แต่ละคน (สำเริง บุญเรืองรัตน์ และราชันย์ บุญธิมา, 2546) ดังนั้น ในการตรวจให้คะแนนอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ตรวจจะต้องเรียนรู้แหล่งความคลาดเคลื่อนของคะแนน และฝึกฝนความเชี่ยวชาญในการตรวจเพื่อลดความความเคลื่อน และความลำเอียงที่อาจเกิดขึ้น

ศิริชัย กาญจนวาสี (2555) ได้อธิบายถึงแหล่งความคลาดเคลื่อนที่สำคัญของคะแนนประกอบด้วย คุณภาพของเครื่องมือ ทักษะของผู้ตรวจ และการบริหารการตรวจให้คะแนน มีรายละเอียดดังนี้

1. คุณภาพของเครื่องมือ

1.1 พัฒนาข้อสอบอัตนัยที่ดี ประกอบด้วย

1.1.1 คำถามแต่ละข้อสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายสำคัญ

1.1.2 คำถามแต่ละข้อวัดพฤติกรรมทางสมองขั้นสูง

1.1.3 กรอบคำถามแต่ละข้อมีความเฉพาะชัดเจน

1.1.4 ควรถามหลายข้อและไม่ควรมีข้อสอบไว้ให้เลือก

1.1.5 ควรระบุคะแนนรายข้อและให้เวลาครบเพียงพอ

1.2 เตรียมคำเฉลยที่ถูกต้องสมบูรณ์ (Perfect Key)

1.2.1 คำถามแต่ละข้อต้องมีเกณฑ์การให้คะแนนที่เป็นปรนัย (Scoring Rubric)

1.2.2 เกณฑ์การให้คะแนนที่เป็นปรนัย มีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่

1) จะต้องระบุมิติคุณภาพหรือประเด็นของคำตอบว่ามีมิติคุณภาพพื้นฐาน กี่มิติและแต่ละมิติ (ประเด็น) มีน้ำหนักหนักของคำตอบตามสัดส่วนความสำคัญเท่าไหร่

2) ในแต่ละมิติคุณภาพ (ประเด็นคำตอบ) มีมาตรฐานหรือนิยามระดับคุณภาพของการให้คะแนนที่ชัดเจน

1.2.3 เกณฑ์การให้คะแนน แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม (Holistic Scoring Rubric) เป็นรายการคำบรรยายคุณลักษณะของแต่ละระดับคุณภาพของคำตอบในภาพรวมโดยไม่ได้แยกองค์ประกอบ ของการให้คะแนน

2) เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกส่วน (Analytical Scoring Rubric) เป็นรายการคุณลักษณะของคำตอบในแต่ละองค์ประกอบหรือประเด็นแบบแยกส่วนเพื่อนำคะแนนของแต่ละองค์ประกอบ (ประเด็น) มารวมเป็นคะแนนรวม

ตัวอย่างคำถาม : จงเปรียบเทียบความแตกต่างที่สำคัญระหว่าง “การวัดผล” และ “การประเมินผล” ในประเด็นของความหมายและกระบวนการ (6 คะแนน)

ตาราง 4 ตัวอย่างเกณฑ์ในการให้คะแนนแบบภาพรวม (Holistic Scoring Rubric)

ระดับคุณภาพโดยรวม	เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง การวัด กับ การประเมิน	
	ความหมาย (3 คะแนน)	กระบวนการ (3 คะแนน)
ถูกต้องสมบูรณ์ (5-6 คะแนน)	การวัดเป็นการกำหนดค่าเป็นตัวเลขให้แก่สิ่งที่มุ่งวัดอย่างมีกฎเกณฑ์ ส่วนการประเมินเป็นการตัดสินคุณค่าของสิ่งที่มุ่งประเมินเทียบกับเกณฑ์หรือมาตรฐาน	การวัดเป็นกระบวนการใช้เครื่องมือวัดค่าของสิ่งต่าง ๆ เพื่อทราบค่าเชิงปริมาณของสิ่งนั้น ส่วนการประเมินเป็นกระบวนการนำผลการวัดมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือมาตรฐานเพื่อตัดสินระดับคุณค่าของสิ่งนั้น
ถูกต้องส่วนใหญ่ (3-4 คะแนน)	เปรียบเทียบความหมายได้ถูกต้อง แต่เปรียบเทียบกระบวนการได้ถูกต้องบางส่วน หรือ เปรียบเทียบความหมายได้ถูกต้องบางส่วน แต่เปรียบเทียบกระบวนการได้ถูกต้อง	
ถูกต้องบางส่วน (1-2 คะแนน)	เปรียบเทียบความหมายได้ถูกต้องบางส่วนและเปรียบเทียบกระบวนการได้ถูกต้องบางส่วน	
ไม่ถูกต้อง/ไม่เหมาะสม (0 คะแนน)	เปรียบเทียบความหมายได้ไม่ถูกต้อง และเปรียบเทียบกระบวนการได้ไม่ถูกต้อง	

ตาราง 5 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกส่วน (Analytical Scoring Rubric)

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการวัดกับการประเมิน	ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การให้คะแนน
1. ความหมาย (3 คะแนน)	3 คะแนน = ถูกต้องสมบูรณ์	ตอบได้ถูกต้องทั้ง 3 ข้อ การวัดเป็นการกำหนดค่าตัวเลขให้กับสิ่งที่มุ่งวัดอย่างมีกฎเกณฑ์ การประเมินเป็นการตัดสินคุณค่า ของสิ่งที่มุ่งประเมินโดย เทียบกับเกณฑ์หรือมาตรฐาน การวัดทำให้ได้ค่าเชิงปริมาณของสิ่งที่มุ่งวัด ส่วนการประเมินทำให้ได้การตัดสินคุณค่าของสิ่งที่มุ่งประเมิน
	2 คะแนน = ถูกต้องส่วนใหญ่	ตอบได้ถูกต้อง 2 ข้อ
	1 คะแนน = ถูกต้องบางส่วน	ตอบได้ถูกต้อง 1 ข้อ
	0 คะแนน = ไม่ถูกต้อง	ตอบได้ไม่ถูกต้อง หรือไม่เหมาะสม หรือไม่ตอบ
2. กระบวนการ (3 คะแนน)	3 คะแนน = ถูกต้องสมบูรณ์	ตอบได้ถูกต้องทั้ง 3 ข้อ การวัดเป็นกระบวนการจะเกิดขึ้นได้ต้องมีองค์ประกอบของสิ่งที่มุ่งวัด เครื่องมือวัด และหน่วย/มาตรการวัด การประเมินเป็นกระบวนการตัดสินคุณค่า จะเกิดขึ้นได้ต้องมีองค์ประกอบของผลการวัดเกณฑ์หรือมาตรฐานและการเปรียบเทียบผลการวัดกับเกณฑ์หรือมาตรฐาน การวัดทำให้ทราบค่าเชิงปริมาณของสิ่งที่มุ่งวัดเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์/มาตรฐานเพื่อทราบคุณค่าของสิ่งนั้นในการประเมิน
	2 คะแนน = ถูกต้องส่วนใหญ่	ตอบได้ถูกต้อง 2 ข้อ
	1 คะแนน = ถูกต้องบางส่วน	ตอบได้ถูกต้อง 1 ข้อ
	0 คะแนน = ไม่ถูกต้อง	ตอบได้ไม่ถูกต้อง หรือไม่เหมาะสม หรือไม่ตอบ

2. ทักษะการตรวจ

ผู้ตรวจเป็นแหล่งความคลาดเคลื่อนที่สำคัญของการตรวจให้คะแนน ผู้ตรวจให้คะแนนจึงควรทำความเข้าใจความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นในตัวผู้ตรวจเอง และควรฝึกฝนพัฒนาทักษะการตรวจในแต่ละครั้ง ให้มีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

2.1 ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากผู้ตรวจ

ความคลาดเคลื่อน (Errors) เป็นการเบี่ยงเบนจากความถูกต้องเป็นจริง ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากผู้ตรวจ อาจเกิดขึ้นด้วยความไม่ตั้งใจ (Unintentional Error) แต่บางครั้งอาจเกิดขึ้นด้วยความตั้งใจ (Intentional Bias) อันเป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการมีอคติต่อการสอบหรือผู้สอบ

ความคลาดเคลื่อนที่มักเกิดขึ้นกับผู้ตรวจ (Common Errors) ซึ่งผู้ตรวจจะต้องพยายามหลีกเลี่ยง ดังต่อไปนี้

1. การให้คะแนนเฉพาะตรงกลาง (Central Tendency Error) ให้คะแนนกระจุกตัวเฉพาะตรงกลางของสเกลคะแนน จึงไม่เป็นธรรมสำหรับผู้สอบที่มีผลการสอบที่ดีและผู้ที่มีคุณภาพการตอบที่ต่ำ

2. การใช้ความประทับใจส่วนตัว (The Halo Error) ใช้ความประทับใจส่วนตัวในการตรวจให้คะแนนคำตอบ ทำให้ผู้ตอบนั้นได้คะแนนสูงกว่าความเป็นจริง

3. การใช้ความไม่ชอบส่วนตัว (The Horns Error) ใช้ความไม่ชอบส่วนตัวในการตรวจให้คะแนนคำตอบ ทำให้ผู้ตอบนั้นได้คะแนนต่ำกว่าความเป็นจริง

4. การปล่อยคะแนน (Leniency Error or Sunflower Effect) ผู้ตรวจที่มีลักษณะชอบปล่อยคะแนนมีลักษณะเป็นคนใจดี ทำให้คะแนนที่ได้เฟ้อกว่าความเป็นจริง

5. การกดคะแนน (Severity Error or Strictness Effect) ผู้ตรวจที่มีลักษณะชอบกดคะแนน คาดหวังความสมบูรณ์ไม่มีที่ติ มีลักษณะเป็นคนขี้ระแวง ทำให้คะแนนที่ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง

6. ผลตกค้างจากการตรวจ (Carry-Over Effect) ผลตกค้างจากการตรวจคำตอบก่อนหน้าอาจทำให้เกิดความประทับใจ/ความไม่ประทับใจ ซึ่งสะสมมาในการเปรียบเทียบกับกระดาษคำตอบที่กำลังตรวจอยู่ อาจนำไปสู่การให้คะแนนที่สูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริง

7. การให้ความสำคัญต่อลายมือ และลักษณะของภาษาที่ใช้ ทำให้ผู้ตรวจบางท่านเคร่งครัดต่อความเป็นระเบียบของการเขียน ไวยากรณ์ การสะกดคำและการใช้เครื่องหมายวรรคตอนแทนที่จะเน้นเนื้อหาสาระและคุณภาพของการตอบ ผู้ตรวจจึงไม่ควรนำลายมือ

และลักษณะของภาษาที่ใช้มาลงโทษผู้ตอบ เพราะเป็นองค์ประกอบที่ไม่ตรงประเด็นต่อคุณภาพของการตอบ ยกเว้นเป็นการสอบวัดทางด้านภาษา

8. ความลำเอียงส่วนตัว (Personal Bias) ผู้ตรวจมีประสบการณ์บางอย่างที่ผ่านมาจนเกิดความรู้สึกนึกคิดที่ไม่ดีต่อเหตุการณ์/สถานการณ์เฉพาะอย่าง ทำให้เกิดความลำเอียงส่วนตัวด้านเพศ เชื้อชาติ ผิวพรรณ ศาสนา ภูมิลำเนา เป็นต้น

2.2 การพัฒนาทักษะการตรวจ

การพัฒนาทักษะการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจทุกคน เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการตรวจ มีความจำเป็นต้องใช้ผู้ตรวจหลายคน หรือการใช้ผู้ตรวจจำนวนมาก เมื่อเป็นการทดสอบขนาดใหญ่

1. การฝึกฝนเชิงปฏิบัติการ (Workshop) ควรมีการอบรมเชิงปฏิบัติการผู้ตรวจให้คะแนนเพื่อทำความเข้าใจถึงเกณฑ์การตรวจให้คะแนน (Scoring Rubric) มิติด้านคุณภาพหรือประเด็นคำตอบว่ามีมิติคุณภาพพื้นฐานกี่มิติ มีน้ำหนักตามสัดส่วน ความสำคัญเท่าไหร่และแต่ละมิติหรือประเด็นมีมาตรฐานการให้คะแนนอย่างไร ผู้ตรวจควรฝึกฝนเชิงปฏิบัติการทั้งวิธีการตรวจแบบภาพรวม (Holistic Scoring Rubric) และวิธีการตรวจแบบแยกส่วน (Analytical Scoring Rubric)

2. การประชุมอภิปรายกลุ่ม (Group Discussions) ควรมีการประชุมอภิปรายกลุ่มผู้ตรวจ เพื่อแลกเปลี่ยนความเข้าใจและประสบการณ์ของการตรวจให้คะแนนและตรวจสอบคุณภาพของการตรวจ โดยการคำนวณค่าดัชนีต่อไปนี้

2.1 ความสอดคล้องภายในผู้ตรวจ (Intra-Rater Reliability) เป็นความสอดคล้องภายใน ผู้ตรวจคนเดียวกันเมื่อทำการตรวจซ้ำ (r_{xy})

2.2 ความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจ (Inter-Rater Reliability) เป็นความสอดคล้องระหว่าง ผู้ตรวจต่างคนกัน (r_{xy})

2.3 ความสอดคล้องกับผู้เชี่ยวชาญ (Concurrent Validity) เป็นความสอดคล้องระหว่าง ผู้ตรวจกับผู้เชี่ยวชาญ (r_{xy})

2.3 การบริหารการตรวจให้คะแนน ในการบริหารจัดการตรวจให้คะแนนอย่างเป็นระบบ ผู้บริหารการสอบจะต้องมีการเตรียม อุปกรณ์ให้พร้อมกระบวนการตรวจให้คะแนนที่มีคุณภาพและการปรับเทียบมาตรฐานของการตรวจ ดังนี้

1) การจัดเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์

การจัดเตรียมเฉลยคำตอบและแบบฟอร์มบันทึกผลการตรวจ

1. เตรียมเฉลยคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ของข้อสอบแต่ละข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจนทั้งเกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม (Holistic Scoring Rubric) และเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกส่วน (Analytical Scoring Rubric)

2. เตรียมพร้อมบันทึกผลการตรวจให้คะแนนแต่ละข้อรายประเด็น และคะแนนรวม

2) กระบวนการตรวจให้คะแนน

การตรวจให้คะแนนมีกระบวนการดำเนินงาน ดังนี้

1. ปิดบังรายชื่อของผู้สอบ ทำการตรวจกระดาษคำตอบโดยการตรวจทีละข้อของผู้สอบทุกคน

2. ทำการตรวจให้คะแนนแบบวิธีผสม (Mixed Methods Scoring) โดยทำการตรวจให้คะแนนแบบภาพรวมก่อน จำแนกคุณภาพการตอบเป็นกลุ่ม เช่น กลุ่มดี กลุ่มปานกลางและกลุ่มต่ำ เป็นต้น จากนั้น จึงตรวจให้คะแนนแบบแยกส่วนของแต่ละคนในแต่ละกลุ่ม โดยควรเริ่มจากกลุ่มดี กลุ่มปานกลาง และกลุ่มต่ำ

3. บันทึกคะแนนรายข้อของแต่ละคน ประกอบด้วย คะแนนรายประเด็น คะแนนรวมของข้อ และคะแนนรวมทั้งหมด

3) การปรับเทียบมาตรฐานของคะแนน (Score Equating)

ในกรณีที่ใช้ผู้ตรวจหลายคนและผลของคะแนนจะต้องนำไปใช้ในการตัดสินที่สำคัญจึงควรมีการตรวจสอบความสมมูลกันของคะแนนจากผู้ตรวจที่ต่างกัน เพื่อปรับเทียบคะแนนคะแนนให้มีความเป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งสามารถกระทำได้ 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ผู้ตรวจหลายคน ตรวจข้อสอบของทุกคน

ตัวอย่าง : ผู้สอบ 30 คน ทำข้อสอบ 3 ข้อ ตรวจโดยผู้ตรวจ 3 คน [p x i x r]

1.1 ผู้ตรวจแต่ละคนตรวจข้อสอบทุกข้อของทุกคน

1.2 เปรียบเทียบคะแนนรายข้อของผู้สอบคนเดียวกันเกิน 15% ผู้ตรวจอภิปรายเกณฑ์ร่วมกันและตรวจซ้ำ

1.3 ถ้าคะแนนใหม่ต่างกันไม่เกิน 15% คำนวณค่าเฉลี่ยเป็นคะแนนของข้อนั้น

1.4 รวมคะแนนของแต่ละคน

กรณีที่ 2 ผู้ตรวจหลายคน ตรวจเฉพาะบางข้อ

ตัวอย่าง : ผู้สอบ 30 คน ทำข้อสอบ 3 ข้อ ผู้ตรวจ 3 คน ตรวจคนละข้อ [p x (i:r)]

2.1 ถ้า Assumed ว่าผู้ตรวจเป็นผู้เชี่ยวชาญและมีมาตรฐานการตรวจเหมือนกัน สามารถนำคะแนนแต่ละข้อมารวมกันได้เลย

2.2 ถ้าผู้ตรวจแต่ละคนมีมาตรฐานการตรวจแตกต่างกัน

2.2.1สุ่มกระดาษคำตอบประมาณ 15% ให้ผู้ทรงคุณวุฒิให้คะแนน

2.2.2 นำกระดาษคำตอบที่สุ่มมาคำนวณค่าเฉลี่ยของผู้ตรวจ (Grader's mean; $\overline{X}_G$) และ ค่าเฉลี่ยของผู้ทรงคุณวุฒิ (Expert's mean; $\overline{X}_E$)

2.2.3 นำ [$\overline{X}_E$ - $\overline{X}_G$] ไป ± คะแนนรายข้อตามกลุ่มผู้ตรวจ

2.2.4 รวมคะแนนของผู้สอบแต่ละคน

ข้อแนะนำในการตรวจให้คะแนนข้อสอบแบบอัตนัย (สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน, 2553)

1. การตรวจให้คะแนนต้องกระทำอย่างตั้งใจ โดยผู้ตรวจต้องอ่านคำตอบของผู้สอบอย่างถี่ถ้วน เมื่อใด ที่ผู้ตรวจขาดหลักเกณฑ์การให้คะแนนหรือไม่ได้อ่านคำตอบอย่างตั้งใจ คะแนนที่ได้อาจจะออกมาในลักษณะกลางๆ (Central Tendency Error) ซึ่งเป็นไปในลักษณะที่ว่า เมื่อไม่แน่ใจก็ให้คะแนนกลาง ๆ ไว้ก่อน คะแนนที่ได้นั้นก็จะขาดความน่าเชื่อถือ

2. ไม่ควรดูชื่อของผู้สอบ เพื่อป้องกันการให้คะแนนจากความรู้สึกประทับใจในเรื่องอื่น ๆ ของผู้สอบ (Halo Effect) เช่น ให้คะแนนจากความคุ้นเคย เป็นต้น

3. ตรวจคำตอบทีละข้อของทุกคน ไม่ตรวจทุกข้อของแต่ละคน เพราะจะทำให้คะแนนข้อแรกๆ ส่งผล ถึงคะแนนข้อหลัง ๆ เช่น เห็นว่าคะแนนข้อแรก ๆ ได้คะแนนมาก ข้อต่อไปมักได้คะแนนน้อย หรืออาจเป็นไปในทางตรงกันข้ามก็ได้ การตรวจคำตอบข้อเดียวกันของทุกคน จะช่วยในการเปรียบเทียบคุณภาพการตอบของแต่ละคน และตรวจโดยยึดเกณฑ์เดียวกัน

4. ไม่ควรย้อนกลับไปดูคะแนนของข้อที่ตรวจไปแล้วในการตรวจข้อต่อไป ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ คะแนนจากข้อหนึ่งมีผลต่อการได้คะแนนในข้ออื่น ๆ

5. ไม่ควรให้คะแนนโดยยึดความถูกต้องทางภาษาเป็นหลัก ถ้าหากมิได้มุ่งวัดความถูกต้องในการเขียน และการใช้ภาษา ความถูกต้องสละสลวยในการใช้ถ้อยคำสำนวนในการตอบไม่ควรมีอิทธิพลต่อการได้คะแนนมาก หรือน้อย ผู้ตรวจควรพิจารณาเฉพาะเป้าหมายการตอบความสมบูรณ์ครบถ้วนของเนื้อหา หรือความสมเหตุสมผลของความคิดเห็นเป็นหลักในการให้คะแนน

6. ถ้าเป็นไปได้ควรให้คนอื่นช่วยตรวจสอบผลการตรวจให้คะแนน เพื่อประเมินความเหมาะสม ตามหลักการที่ถูกต้องนั้นคะแนนที่ผู้สอบได้รับควรเป็นคะแนนเฉลี่ยที่เกิดจากผู้ตรวจให้คะแนนหลาย ๆ คน ซึ่งเป็นเรื่องยากในเชิงปฏิบัติ แต่อย่างไรก็ตามถ้าไม่อาจปฏิบัติได้ อย่างน้อย

ผู้ตรวจให้คะแนนควรจะได้ทบทวนความเหมาะสม ในการตรวจให้คะแนนของตนก่อนที่จะนำคะแนนเหล่านั้นไปใช้

7. ควรเขียนวิจารณ์ (Comments) แต่ละคำตอบ เพื่อใช้เป็นหลักฐานว่าทำไมคำตอบนี้จึงได้คะแนนเท่านี้

9. วิธีการวิเคราะห์ข้อสอบอัตนัย

การวิเคราะห์ข้อสอบแบบอัตนัย จะพิจารณาคุณลักษณะของข้อสอบ 2 ประการ ดังนี้ (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2535)

1. ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (Discrimination Power : R) หมายถึง ความสามารถของข้อสอบที่จะจำแนกความแตกต่างระหว่างบุคคล หรือสามารถจำแนกผู้สอบที่มีความรู้ความสามารถสูงกับผู้สอบที่มีความสามารถต่ำออกจากกันได้ถูกต้อง

2. ดัชนีความยากของข้อสอบ (Index of Difficulty : P) หมายถึง สัดส่วนของผู้สอบ ที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูกต่อจำนวนผู้สอบทั้งหมด

วิธีการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อแบบอัตนัย มีวิธีการ ดังนี้

1. ตรวจให้คะแนนกระดาษคำตอบ แล้วเรียงคะแนนจากลำดับมากไปน้อย

2. แบ่งกระดาษคำตอบออกเป็น 2 กลุ่ม โดยแบ่งเป็นกลุ่มสูง (PH) นับจากคะแนนมากสุดลงไป ประมาณ 50 % ของกระดาษคำตอบทั้งหมด และกลุ่มต่ำ (PL) โดยนับคะแนนต่ำสุดขึ้นไปประมาณ 50 % ของกระดาษคำตอบทั้งหมด

3. ในการวิเคราะห์ข้อสอบจะต้องรวมคะแนนรายข้อของผู้สอบทุกคนของแต่ละกลุ่มโดยใช้ $\sum H$ เป็น คะแนนรวมรายข้อของทุกคนในกลุ่มสูง ส่วน $\sum L$ เป็นคะแนนรวมรายข้อของทุกคนในกลุ่มต่ำและรวมคะแนนเต็มรายข้อที่เป็นไปได้ของผู้สอบทุกคนในแต่ละกลุ่ม โดยให้ $\sum T_H$ เป็นคะแนนเต็มรวมรายข้อของทุกคนในกลุ่มสูง และ $\sum T_L$ เป็นคะแนนเต็มรวมรายข้อของทุกคนในกลุ่มต่ำ จากนั้นจึงคำนวณสัดส่วนของคะแนนรายข้อที่แต่ละกลุ่มทำได้ โดยใช้สูตร ดังนี้

$$P_H = \frac{\sum H}{\sum T_H}$$

$$P_L = \frac{\sum L}{\sum T_L}$$

ค่าดัชนีความยากและค่าอำนาจจำแนกของแต่ละข้อสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

ค่าดัชนีความยาก $p = \frac{P_H + P_L}{2}$

ค่าอำนาจจำแนก $r = P_H - P_L$

ตัวอย่าง แบบทดสอบความเรียงวิชาหนึ่งมี 5 ข้อ แต่ละข้อมีคะแนนเต็มเป็น 10, 10, 20, 30 และ 30 คะแนน ตามลำดับ แบบทดสอบฉบับนี้นำไปใช้สอบผู้สอบ 8 คน หลังจากตรวจให้คะแนนเป็นรายข้อและและรวมคะแนนแล้ว จึงเรียงคะแนนตามลำดับจากผู้ที่ได้คะแนนมากไปหาคะแนนน้อยเป็นอันดับ 1–8 ดังแสดงในตาราง 3 จากนั้นจึงแบ่งผู้เรียนออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้เทคนิค 50% จึงได้กลุ่มคะแนนสูง 4 คน (อันดับที่ 1–4) และกลุ่มคะแนนต่ำ 4 คน (อันดับที่ 5–8)

ตาราง 6 คะแนนเต็มและคะแนนรายข้อของผู้สอบที่ได้คะแนนอยู่ในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

ข้อ	คะแนนเต็ม	กลุ่มสูง (H) (4 คน)				กลุ่มต่ำ (L) (4 คน)			
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	10	10	10	9	8	10	8	8	7
2	10	9	10	8	9	8	7	6	3
3	20	20	15	15	17	15	9	10	8
4	30	25	25	24	20	16	17	13	10
5	30	16	10	10	7	11	7	6	2
รวม	100	80	70	66	61	60	48	43	30

ตาราง 7 การวิเคราะห์ค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบแบบอัตนัย

ข้อ	คะแนนเต็ม	กลุ่มสูง (N_H = 4)		กลุ่มต่ำ (N_L = 4)		P_H	P_L	p	r
		$\sum H$	$\sum T_H$	$\sum L$	$\sum T_L$				
1	10	37	40	33	40	0.93	0.83	0.88	0.10
2	10	36	40	24	40	0.90	0.60	0.75	0.30
3	20	67	80	42	80	0.84	0.53	0.68	0.31
4	30	94	120	56	120	0.78	0.47	0.62	0.31
5	30	43	120	26	120	0.36	0.22	0.29	0.14

3. คะแนนเต็มที่เป็นไปได้ ($\sum T_H$, $\sum T_L$) หมายถึง คะแนนเต็มที่ถือว่าทุกคนได้คะแนนข้อนั้นเต็ม จากตัวอย่าง ข้อที่มีคะแนนเต็ม 10 คะแนน ผู้สอบจำนวน 4 คน ฉะนั้น คะแนนเต็มที่เป็นไปได้เท่ากับ 4 × 10 เท่ากับ 40 คะแนน

10. การแปลความหมายข้อสอบอัตนัย

การวิเคราะห์ข้อสอบแบบอัตนัย เป็นกระบวนการในการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อ พิจารณาคุณลักษณะของข้อสอบ 2 ประการ คือ ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ และดัชนีความยากของข้อสอบ ซึ่งมีเกณฑ์ในการแปลความหมาย ดังนี้

1. ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (Discrimination Power) สัญลักษณ์แทนด้วยตัวอักษร r คุณสมบัติของค่าอำนาจจำแนก เป็นดังนี้

1.1 ค่าอำนาจจำแนกจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และ 0 ถึง -1

1.2 ข้อสอบที่มีค่า r เป็นบวก หมายถึง ผู้สอบที่มีความรู้ความสามารถจะมีแนวโน้มที่จะตอบถูกในข้อสอบข้อนั้นมาก ส่วนผู้สอบที่มีความรู้ความสามารถน้อยจะมีแนวโน้มตอบข้อนั้นผิดมาก

1.3 ข้อสอบที่มีค่า r เป็นลบ หมายถึง ผู้สอบที่มีความรู้ความสามารถจะมีแนวโน้มที่จะตอบข้อนั้นผิดมาก ส่วนผู้สอบที่มีความรู้ความสามารถน้อย จะมีแนวโน้มที่จะตอบข้อนั้นถูกมาก

1.4 ข้อสอบที่มีค่า r ใกล้ 0 หมายถึง ผู้สอบทั้งที่มีและไม่มีความรู้ความสามารถอาจจะตอบถูกหรือผิดก็ได้ ไม่แน่นอน

1.5 เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ มีดังนี้

ตาราง 8 เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนกข้อสอบ

ค่าอำนาจจำแนก	การประเมินผล
.40 ขึ้นไป	เป็นข้อสอบที่ดี
.30 - .39	เป็นข้อสอบที่ดี แต่ควรนำไปปรับปรุง
.20 - .29	เป็นข้อสอบที่พอใช้ได้ แต่ควรนำไปปรับปรุงใหม่
ต่ำกว่า .19	เป็นข้อสอบที่ไม่ดี ไม่ควรใช้

2. ดัชนีความยากของข้อสอบ (Index of Difficulty) ใช้สัญลักษณ์ของดัชนีความยากของข้อสอบด้วยตัวอักษร p คุณสมบัติของดัชนีความยากของข้อสอบ เป็นดังนี้

2.1 ค่า p จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง +1

2.2 ข้อสอบที่มีค่า p มาก หมายถึง ข้อสอบข้อนั้นมีผู้สอบตอบถูกเป็นจำนวนมาก แสดงว่าข้อสอบง่าย

2.3 ข้อสอบที่มีค่า p น้อย หมายถึง ข้อสอบข้อนั้นมีผู้สอบตอบถูกเป็นจำนวนน้อย แสดงว่าข้อสอบยาก

ตาราง 9 เกณฑ์การพิจารณาค่าดัชนีความยาก

ค่าดัชนีความยาก	ความหมาย
.81 - 1.00	ง่ายมาก
.61 - .80	ง่าย
.51 - .60	ค่อนข้างง่าย
.50	ยากง่ายพอเหมาะ
.40 - .49	ค่อนข้างยาก
.20 - .39	ยาก
.00 - .19	ยากมาก

จากตาราง 9 สามารถแปลความหมายค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบแบบอัตนัย ได้ดังนี้

ตาราง 10 ค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบแบบอัตนัย

ข้อ	*p*	*r*	การแปลความหมาย
1	0.88	0.10	ข้อสอบง่ายเกินไป อำนาจจำแนกต่ำ
2	0.75	0.30	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
3	0.68	0.31	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
4	0.62	0.31	เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
5	0.29	0.14	ข้อสอบค่อนข้างยาก อำนาจจำแนกต่ำ

ลักษณะข้อสอบที่มีคุณภาพดี ควรมีค่าดัชนีความยากของข้อสอบระหว่าง .20–.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ข้อที่ยากหรือง่ายเกินไป และข้อที่ค่าอำนาจจำแนกไม่ดี ควรนำไปปรับปรุงแก้ไขถ้าต้องการนำไปใช้ต่อไป

ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Multidimensional Item Response Theory)

โมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Multidimensional IRT Theory Models : MIRT Models) ตามแนวคิดพื้นฐานของนักจิตวิทยาเป็นการวิเคราะห์ทางสถิติหลายตัวแปร ได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) หรือแบบจำลองสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling) และแนวคิดที่ขยายมาจากโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ (Unidimensional IRT Model : UIRT Model) แนวคิดเกี่ยวกับ MIRT ทั้งสองแนวคิดนี้ นำไปสู่แนวทางการประยุกต์ใช้และการแปลความหมายของการวิเคราะห์ผล ในที่นี้ผู้วิจัยจะนำเสนอในประเด็นเกี่ยวกับความเป็นมาของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ประเภทของโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ โมเดลการตอบสนองข้อสอบพหุมิติ (MRCMLM) การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ มีรายละเอียดดังนี้

1. ความเป็นมาของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

แนวคิดของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT) เกิดมาจากแนวคิดพื้นฐานสำคัญจาก 2 กลุ่มแนวคิด โดยกลุ่มแรกเชื่อว่าทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติมาจากการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis : FA) และการวิเคราะห์สมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling : SEM) เนื่องจากลักษณะของการวิเคราะห์องค์ประกอบจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการวิเคราะห์โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ นักทฤษฎีในกลุ่มนี้ ได้แก่ Spearman (1927), Thurstone (1935), Christoffersson (1975), Muthen (1978), McDonald (1967) และ Bock and Aitkin (1981) ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งเชื่อว่าทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติที่ได้รับอิทธิพลมาจากมาจากทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ (UIRT) นักทฤษฎีในกลุ่มนี้ ได้แก่ Rasch (1960), Fischer and Molenaar (1995), Lord and Novick (1968), Samejima (1969) และเพื่อให้เห็นถึงความเหมือนและความต่างของการวิเคราะห์องค์ประกอบซึ่งเป็นรากฐานของโมเดล MIRT และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory : IRT) ที่มีความสัมพันธ์กับรากฐานของแนวคิด MIRT ผู้วิจัยจึงนำเสนอรายละเอียด ดังนี้

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis : FA)

Reckase (2009) อธิบายถึงความเป็นมาของการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ กล่าวคือในปี 1965 Horst เป็นผู้ริเริ่มเกี่ยวกับแนวความคิดของ MIRT โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบที่สามารถสรุปในรูปเมทริกซ์ข้อมูล (Factor Analysis of Matrices) ซึ่งให้ความสำคัญกับความสอดคล้องของเมทริกซ์ข้อมูลเต็มรูป (Full Data Matrix) มากกว่าที่จะให้ความสำคัญกับเมทริกซ์สหสัมพันธ์ (Correlation Matrix) เพราะจะทำให้เกิดการเข้าใจที่คลาดเคลื่อนแต่อย่างไรก็ตามแม้แนวคิดของเขาจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับแนวคิดของโมเดล MIRT ในปัจจุบัน แต่ยังมุ่งศึกษาไปที่การวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) มากกว่าการมุ่งศึกษาคุณลักษณะของข้อสอบและผู้สอบ

ต่อมา Chistoffersson ได้นำเสนอแนวคิดที่ใกล้เคียงกับแนวคิดของโมเดล MIRT ในปัจจุบันมากขึ้น โดยที่เขาได้สร้างโมเดลความน่าจะเป็นของความสัมพันธ์ระหว่างการตอบข้อสอบ และเวคเตอร์ค่าพารามิเตอร์ของผู้สอบ โดยใช้โมเดลปกติสะสม (Normal Ogive Model) เพื่อประมาณค่าความยาก (Threshold) ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบในโมเดล MIRT โดยค่าพารามิเตอร์ความยากจะมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ซึ่งมีค่าเท่ากับสัดส่วนของการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง นอกจากนี้เขายังนำเสนอค่าน้ำหนักองค์ประกอบและมีการประมาณค่าอำนาจจำแนกที่มีความคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์ MIRT แต่มีความแตกต่างกันที่เด่นชัด 2 ประการ คือ ประการแรกมุ่งไปที่คุณลักษณะข้อสอบที่มีลักษณะต่อเนื่องตามสมมุติฐานมากกว่าที่จะมุ่งศึกษาความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง ส่วนประการที่สอง ความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องไม่ได้นำเสนอในฟังก์ชั่นของพารามิเตอร์ของข้อสอบและเวคเตอร์ของค่าพารามิเตอร์ของผู้สอบ แต่ความน่าจะเป็นในที่นี้ คือ โมเดลซึ่งแทนค่าสถิติของประชากรหลังจากนั้นปี 1978 Muthen ได้นำเสนอแนวคิดของการวิเคราะห์องค์ประกอบที่ใกล้เคียงกับ MIRT มากกว่าสองแนวคิดแรกนั่นคือได้นำเสนอโมเดลเวคเตอร์ p ซึ่งเป็นสัดส่วนของคะแนนที่สังเกตได้ในลักษณะ m มิติ (M-Dimension) ของสัดส่วนคะแนนที่ตอบข้อสอบได้ถูกต้องซึ่งจากการศึกษาแนวคิดของ Christoffersson และ Muthen พบว่า มีความใกล้เคียงกับแนวคิดของ MIRT ในปัจจุบัน แต่ขาดในส่วนของสูตรที่เกี่ยวข้องกับเงื่อนไขของความน่าจะเป็นในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องกับฟังก์ชั่นที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของผู้สอบในมิติความสามารถ

นอกจากนี้ปี 1967 McDonald นำเสนอแนวคิดของระเบียบวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Factor Analysis) ซึ่งถือได้ว่าเป็นแนวคิดที่ใกล้เคียงกับแนวคิดของ MIRT มากที่สุด เนื่องจากเขาประสบกับปัญหาการวิเคราะห์ตัวแปรที่ให้คะแนนแบบ 2 ค่า คือ 0 และ 1 จึงแก้ปัญหาโดยการระบุองค์ประกอบความยากในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ 2 ค่าเพื่อจัดกระทำกับ ข้อมูล ได้ง่ายขึ้นและเขาได้ให้แนวคิดที่สำคัญของความเป็นอิสระระหว่างข้อสอบ (Local Independence) ซึ่งเป็นพื้นฐานของการวิเคราะห์ข้อสอบเมื่อพิจารณาแนวคิดของ

McDonald และ MIRT จะเห็นประเด็นของความแตกต่างคือการใช้โมเดลที่ตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า (Polynomial Model) สามารถนำมาจัดกระทำให้อยู่ในรูปของตัวแปรที่มีการตรวจให้คะแนน 2 ค่าอยู่ในช่วง 0 และ 1 อย่างไรก็ตาม McDonald มุ่งไปที่การประมาณค่าองค์ประกอบมากกว่าที่จะมุ่งประเด็น ของคุณลักษณะตัวแปรหรือปฏิสัมพันธ์ของตัวแปร

ในปี 1981 Bock and Aitkin ได้นำเสนอแนวคิดที่คล้ายกันระหว่างการวิเคราะห์องค์ประกอบ กับ IRT และผลที่ได้จากการวิเคราะห์ MIRT โดยระบุโมเดลปกติสะสม (Normal Ogive Model) สำหรับการวัดคุณลักษณะพหุมิติ รวมทั้งคุณลักษณะของข้อสอบในโมเดลของ FA และ IRT ซึ่งส่วนใหญ่ จะนำเสนอค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบ เพื่อเป็นตัวแทนของค่าจุดแทนแกน (Intercept) และความชัน (Slopes) แต่ยังขาดในส่วนของโมเดลเต็มรูปแบบของ MIRT ใช้ความหมายค่าพารามิเตอร์ ข้อสอบว่าเป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบและข้อสอบ ซึ่งการตีความหมายยังเป็นลักษณะของการวิเคราะห์องค์ประกอบ

2. ทฤษฎีการตอบสนองรายข้อ (IRT)

เมื่อพิจารณาแนวคิดของ IRT และการวิเคราะห์องค์ประกอบจะเห็นว่ามีจุดมุ่งหมายในการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันอย่างมาก โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบจะมุ่งไปที่การกำหนดองค์ประกอบให้น้อยที่สุดด้วยการจำลองข้อมูลในโมเดลของเมทริกซ์การตอบข้อสอบ ส่วน IRT จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบและข้อสอบ โดยในช่วงแรกปี 1960 Rasch ได้ศึกษาเฉพาะโมเดล UIRT ต่อมาในปี 1962 ได้นำเสนอโมเดลที่ยอมรับโดยทั่วไปรวมถึงความเป็นไปได้ของความสามารถของผู้สอบ โดยนำเสนอในรูปของเวคเตอร์หรือความสามารถจริงมากกว่าค่าสเกลลา ซึ่งเป็นโมเดลแบบมิติเดียวที่มีการกำหนด คะแนนให้กับข้อสอบเพียงสองค่าเท่านั้น คือ 1 สำหรับการตอบสนองรายข้อที่ถูกต้อง และ 0 สำหรับการตอบสนองข้อสอบที่ไม่ถูกต้องซึ่งนักวิชาการคนอื่นเห็นว่าควรแบ่งคะแนนมากกว่า 2 ค่า เพื่อให้การวิเคราะห์สมเหตุสมผลยิ่งขึ้นต่อมาในปี 1968 Lord and Noick (1968) ได้เสนอโมเดลพื้นฐานของ MIRT ที่ยังไม่ใช้โมเดล MIRT ที่สมบูรณ์ แต่ก็มีนิยามขอบเขตคุณลักษณะแฝงและข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นอิสระได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างโมเดลปกติสะสมตามทฤษฎีตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ (Unidimensional Normal Ogive IRT Model) และโมเดลองค์ประกอบร่วม (Common Factor Model) หลังจากนั้น Samejima (1969) ได้เสนอโมเดล MIRT แม้ว่าส่วนใหญ่โมเดล IRT พัฒนาขึ้นสำหรับข้อสอบที่มีคะแนนเป็นแบบสองค่า (Dichotomous) หรือ แบบมากกว่าสองค่า (Polytomous) ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะมีข้อสอบที่มีการให้คะแนนในระดับต่อเนื่องแต่ไม่สามารถนำไปใช้ได้จริงในทางปฏิบัติ เพราะข้อสอบส่วนมากให้คะแนนแบบไม่ต่อเนื่อง

3. เปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบและโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Comparison of the Factor Analytic and MIRT Approaches)

การวิเคราะห์องค์ประกอบและโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติมีสูตรทางสถิติเหมือนกันเมื่อถูกนำไปใช้กับเมทริกซ์ของการตอบสนองข้อสอบและสามารถเห็นได้จากการเปรียบเทียบโมเดลที่นำเสนอโดย Bock และ Aitken ในปี 1981 Samejima ในปี 1974 และ McDonald ในปี 1967 ซึ่งในความเป็นจริงซอฟต์แวร์สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบที่ให้สารสนเทศสมบูรณ์ที่นำเสนอโดย Bock และคณะในปี 1988 ที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้ทั้งการวิเคราะห์องค์ประกอบและโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Reckase, 2009) เมื่อพิจารณาถึงแนวความคิดของทั้งการวิเคราะห์องค์ประกอบและโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ พบว่ามีทั้งส่วนที่คล้ายคลึงกันและส่วนที่ต่างกันในประเด็นระเบียบวิธีการวิเคราะห์ (Methodology) โดยในส่วนของความเหมือนกันคือ

1. กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบกับโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติมีลักษณะระเบียบวิธีทางด้านตัวเลขที่คล้ายกันซึ่งทั้งสองวิธีพยายามที่จะระบุสเกลสมมุติฐานเพื่อถอดแบบข้อมูลที่จะนำไปสู่การวิเคราะห์ข้อมูลโดยสเกลของการวิเคราะห์องค์ประกอบและโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติจะต้องกำหนดจุดกำเนิดและมีหน่วยของการวัดเหมือนกัน

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบในปัจจุบันมีลักษณะการหมุนแกนที่ปรับปรุงขยายมาจากวิธีการวิเคราะห์ของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติดังนั้นวิธีการหมุนแกนของการวิเคราะห์องค์ประกอบและโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติจึงเหมือนกัน

ตาราง 11 สรุปความแตกต่างของการวิเคราะห์องค์ประกอบและโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

การวิเคราะห์องค์ประกอบ	โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุ
1. เป็นเทคนิคสำหรับลดข้อมูล (Data Reduction Technique) โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อให้ได้องค์ประกอบจำนวนน้อยที่สุด	1. เป็นเทคนิคสำหรับสร้างโมเดลปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบและข้อสอบ

ตาราง 11 (ต่อ)

การวิเคราะห์องค์ประกอบ	โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุ
2. โดยทั่วไปไม่สนใจคุณสมบัติของตัวแปรสังเกตได้ เห็นได้จากในการวิเคราะห์เมทริกซ์ความสัมพันธ์ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของตัวแปรมีผลต่อการวิเคราะห์น้อยมากหรือไม่มีผลเลย และในทางตรงข้ามการวิเคราะห์องค์ประกอบวิธีใหม่ เช่น โมเดลสมการโครงสร้าง จะพิจารณาค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และความแปรปรวนร่วมของตัวแปร แต่ก็ไม่ได้ทำเพื่อวัตถุประสงค์ ที่จะเข้าใจคุณสมบัติของตัวแปรสังเกตได้	2. สนใจความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของคะแนนจากการตอบข้อสอบ เพราะคุณสมบัติของตัวแปรสังเกตได้มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับคุณสมบัติที่สำคัญของข้อสอบ เช่น ความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบ

2. ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Assumptions of the MIRT Model)

Reckase (2009) ระบุข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติไว้ 4 ประการ ได้แก่

1. ตำแหน่ง (Location) ที่ถูกวัดของบุคคล หรือระดับความสามารถต้องไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างกระบวนการวัด ซึ่งในความเป็นจริงแล้วเป็นไปได้ยากเนื่องจากบุคคลอาจมีการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับข้อสอบ สภาพแวดล้อมการสอบ เป็นต้น

2. คุณลักษณะของข้อสอบมีความคงที่ข้ามสถานการณ์การทดสอบนั่นคือ พารามิเตอร์ของข้อสอบไม่เปลี่ยนแปลงไปตามกลุ่มผู้สอบ

3. จากข้อตกลงเบื้องต้นข้อ 1 และ 2 ความน่าจะเป็นที่ถูกทำนายของการตอบสนองข้อสอบของบุคคลแต่ละคนต่อข้อสอบแต่ละข้อต้องไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นคุณสมบัติความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ นั่นคือ

3.1 ข้อตกลงเกี่ยวกับความเป็นอิสระในการตอบข้อสอบ (Local Independence Assumption) กล่าวคือเป็นข้อตกลงเกี่ยวกับการตอบข้อสอบของบุคคลหนึ่งไม่ได้เป็นผลมาจากผู้ตอบคนอื่น ๆ นั่นคือ การตอบข้อสอบของบุคคลไม่สัมพันธ์กันหรือเป็นอิสระต่อกัน

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของมิติหลาย ๆ มิติกับความสามารถในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องของบุคคลจะแสดงในรูปฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แบบต่อเนื่อง ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญในการอธิบายปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบกับข้อสอบ

4. ความน่าจะเป็นในการตอบถูกของบุคคลต้องเพิ่มขึ้นหรืออย่างน้อยต้องไม่ลดลง (คงที่) เมื่อตำแหน่งความสามารถของบุคคลเพิ่มขึ้นในมิติอื่น ซึ่งเรียกว่าข้อตกลงของการเพิ่มขึ้นทางเดียว (Monotonicity Assumption) แต่ก็มีบางโมเดลที่ละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นนี้กล่าวได้ว่าข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ประกอบด้วยข้อตกลงเกี่ยวกับระดับความสามารถของบุคคลคุณลักษณะของข้อสอบ ความเป็นอิสระในการตอบข้อสอบ และการใช้ฟังก์ชันทาง คณิตศาสตร์แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอบกับข้อสอบเหมือนโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ แต่ที่แตกต่างคือข้อตกลงของการเพิ่มขึ้นทางเดียวที่ไม่พบในโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ

สรุปได้ว่า ข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติประกอบไปด้วยข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความสามารถของบุคคล และคุณลักษณะของข้อสอบ ที่มีความคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามสถานการณ์การทดสอบ

3. ประเภทของโมเดลทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Types of Multidimensional Item Response Theory Models)

จากการศึกษาแนวคิดของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติซึ่ง Embretson and Reise (2000) ได้รวบรวมแนวคิดเกี่ยวกับโมเดล MIRT ในหนังสือ "Item Response Theory for Psychologists" โดยแบ่งโมเดลออกเป็น 2 หัวข้อคือ 1) โมเดลพหุมิติเชิงสำรวจ (Exploratory Multidimensional Model) และ 2) โมเดลพหุมิติเชิงยืนยัน (Confirmatory Multidimensional Model) ที่นำไปใช้สำหรับข้อมูลแบบสองค่า (Binary Data) โดยในแต่ละหัวข้อได้นำเสนอโมเดลดังนี้

1. โมเดลพหุมิติเชิงสำรวจ (Exploratory Multidimensional Model) ประกอบด้วย

1.1 โมเดลโลจิสติกแบบพหุมิติ (Multidimensional Logistic Model) ซึ่งประกอบด้วยโมเดลโลจิสติกแบบพหุมิติชนิด 1 พารามิเตอร์ (Multidimensional Rasch Model) โมเดลโลจิสติกแบบพหุมิติชนิด 2 พารามิเตอร์ (Multidimensional Extension of the Two Parameter Logistic Model) และโมเดลโลจิสติกแบบพหุมิติชนิด 3 พารามิเตอร์ (Multidimensional Extension of the Three Parameter Logistic Model)

1.2 โมเดลปกติสะสมแบบพหุมิติ (Multidimensional Normal Ogive Model) ซึ่งประกอบด้วยโมเดลปกติสะสมแบบพหุมิติชนิด 2 พารามิเตอร์ (Multidimensional Extension of the Two Parameter Normal Ogive Model) โมเดลปกติสะสมแบบพหุมิติกับโอกาสการเดาข้อสอบ (Multidimensional Normal Ogive Model with Guessing) นอกจากนี้จากการศึกษาในหนังสือ "ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (Modern Test Theories)" ของ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2555) ยังได้นำเสนอโมเดลโค้งปกติสะสมแบบพหุมิติชนิด 3 พารามิเตอร์ (Multidimensional Three-Parameter Normal Ogive Model) ไว้ด้วย

2. โมเดลพหุมิติเชิงยืนยัน (Confirmatory Muliclimensional Model) ประกอบด้วย

2.1 โมเดลสำหรับการวัดมิติที่ไม่สามารถทดแทนได้ (Models for Non-Compensatory Dimensions)

2.2 โมเดลสำหรับการวัดการเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลง (Models for Learning and Change)

2.3 โมเดลในการระบุโครงสร้างของระดับคุณลักษณะ (Models with Specified Trait Level Structures)

2.4 โมเดลสำหรับการจำแนกกลุ่มบุคคล (Models for Distinct Cases of Persons)

คำถามในเรื่องของมิติโครงสร้างลักษณะทางพฤติกรรมศาสตร์ยังเป็นที่สนใจของผู้ศึกษาค้นคว้าเป็นอย่างมาก เนื่องจากความสนใจที่ต้องการทราบว่าโครงสร้างของคุณลักษณะที่ทำการวัดอาจจะมีลักษณะของความเป็นพหุมิติ (Multidimensionality) นั่นคืออาจจะมีลักษณะมิติที่มากกว่าหนึ่งมิติ โดย Allen and Wilson (2002) ได้กล่าวไว้ว่าในการสร้างมาตรวัด (Scales) หรือตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ นักวิจัยต้องการข้อสอบที่เพียงพอและมีค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ที่มีความเหมาะสม การตีความหมายของคะแนนตามข้อสอบทุกข้อที่ใช้ในการวัดคุณลักษณะที่มุ่งวัดซึ่งเป็นการวิเคราะห์รวม (Composite Analysis) อาจจะทำให้ได้ค่าความเชื่อมั่นที่ดีแต่อาจจะละเลยในเรื่องของมิติโครงสร้างคุณลักษณะที่มุ่งวัดที่มีมิติหรือองค์ประกอบที่แยกจากกันและหากมีการตีความหมายของคะแนนแบบแยกตามมิติซึ่งเป็นการวิเคราะห์ในแต่ละมิติ (Consecutive Analysis) จะเป็นการพัฒนาสารสนเทศในแต่ละมิติย่อยของมาตรวัดแต่อาจจะมีค่าความเชื่อมั่นที่ต่ำกว่าการวิเคราะห์รวม จึงได้มีการพัฒนาการวิเคราะห์มิติหรือองค์ประกอบย่อยไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งเรียกว่าการวิเคราะห์แบบพหุมิติ (Multidimensional Analysis)

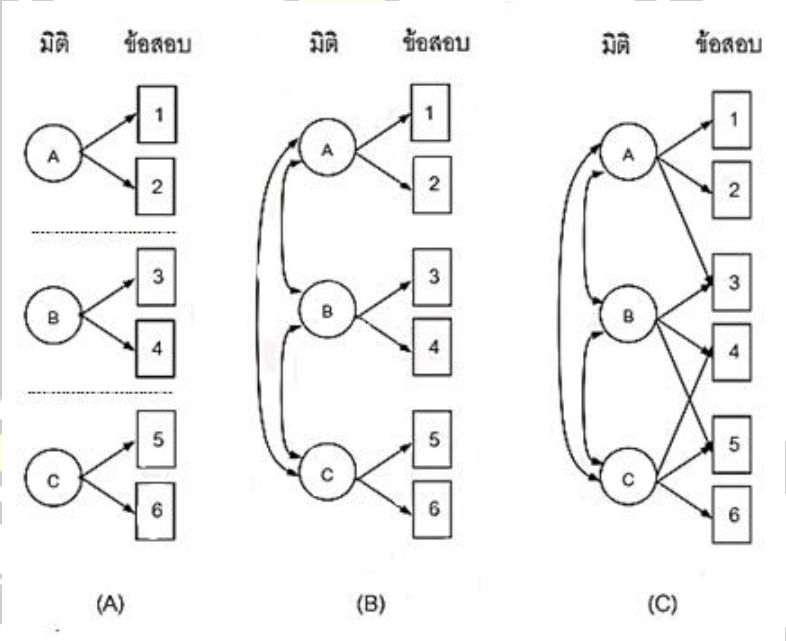
สำหรับแนวคิดโมเดลการวัดแบบพหุมิตินั้น Wilson and Hoskens (2005) ได้กล่าวถึงความน่าสนใจในโมเดลการวัดแบบพหุมิติมีสาเหตุเนื่องมาจากการที่มีข้อตกลงเบื้องต้นของโมเดลการตอบสนองข้อสอบที่ข้อสอบในแบบสอบต้องวัดคุณลักษณะแฝงมิติเดียว นั่นคือเป็นข้อตกลงเบื้องต้นของความเป็นเอกมิติ (Unidimensionality) ซึ่งเป็นข้อตกลงเบื้องต้นที่ทำให้มีปัญหาตามมาอย่างน้อย 2 ประเด็นคือ 1) ข้อตกลงเบื้องต้นของความเป็นเอกมิติไม่มีความเหมาะสมสำหรับแบบสอบที่ถูกสร้างจากองค์ประกอบย่อยๆ หลายองค์ประกอบ (Sub-Components) จะพบได้บ่อย ๆ ที่โมเดลการตอบสนองข้อสอบมีการฝ่าฝืนข้อตกลงของความเป็นเอกมิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

เมื่อคุณลักษณะที่วัดมีความสัมพันธ์กันสูง นอกจากนี้แล้วเมื่อจัดทำข้อสอบในแบบสอบย่อยหรือภายใต้มิติที่มีค่าความสัมพันธ์กันไม่สูง การใช้โมเดลเอกมิติยังอาจจะทำให้เกิดความลำเอียงในการประมาณค่าพารามิเตอร์ การเลือกข้อสอบที่เหมาะสม และการประมาณค่าความสามารถได้ 2) ปัญหาของการประเมินที่ยังขาดความถูกต้อง บ่อยครั้งที่มักจะเห็นการรวมคุณลักษณะความสามารถของผู้เรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความรู้ความเข้าใจหรือความชอบ นำมาสรุปเป็นมิติเดียว การวิเคราะห์รูปแบบใหม่นั้นต้องการที่จะตรวจสอบในแต่ละคุณลักษณะที่มาจากหลากหลายองค์ประกอบ เช่น การให้ผู้ตอบถอดรหัสไม่เพียงแต่ที่จะทดสอบความถูกต้องเท่านั้น แต่อาจจะทดสอบกลยุทธ์ที่นำมาใช้ด้วยหรืออาจจะเป็นการแสดงถึงความรู้ความเข้าใจความคิดรวบยอดได้ด้วย

โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิตินั้นได้พัฒนาโดยสามารถตรวจสอบผลจากลักษณะข้อมูลแบบพหุมิติเหมือนกับว่าข้อมูลนั้นเป็นแบบมิติเดียวและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MIRT) เป็นโมเดลที่รวมจุดเด่นของเทคนิควิธีวิเคราะห์ตัวประกอบ (Factor Analysis) และทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory) เข้าไว้ด้วยกันในการวัดคุณลักษณะต่าง ๆ (Kacmar and others, 2006) แม้ว่าการพัฒนาวรรณกรรมทางวิธีวิทยาการประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติในทางพฤติกรรมศาสตร์ยังมีข้อจำกัด อันมีสาเหตุเนื่องมาจากปัญหาทางสถิติที่เกี่ยวกับความเหมาะสมของโมเดลและความยากในการตีความหมายโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ แต่ทั้งนี้ได้มีการแก้ปัญหาทางสถิติของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติโดยได้พัฒนา Multidimensional Random Coefficients Multinomial Logit Model (MRCMLM) ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาทางสถิติ ซึ่งโมเดลนี้อยู่ในตระกูลของราสช์ในโมเดลการตอบสนองข้อสอบ โดยโมเดลนี้มีการพัฒนาเพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในการตอบสนองข้อสอบให้มีลักษณะที่แผ่ขยายออกไปสามารถประยุกต์ใช้ในมาตรวัดทั้งการตอบที่เป็นลักษณะใช่/ไม่ใช่ (Yes/No) หรือการตอบในมาตรประมาณค่าแบบลิเคิร์ท นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ในมาตรวัดที่มีข้อสอบเกิดจากสถานการณ์ที่ซับซ้อน (Complex Situations) ใช้ในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (Differential Item Functioning) และยังประยุกต์ใช้กับการให้คะแนนโดยผู้ตรวจคะแนน (Raters) ได้อีกด้วย (Allen and Wiison, 2002)

นอกจากนี้ Wang and Cheng (2004) ได้กล่าวว่าทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) มีการใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลกันอย่างแพร่หลาย โดยทฤษฎีนี้มีข้อตกลงเบื้องต้นที่ว่าโมเดลการตอบสนองข้อสอบต้องเป็นแบบเอกมิติ นั่นคือข้อสอบในแบบสอบต้องวัดในคุณลักษณะแฝงเดียวกัน เช่น คุณลักษณะความเชี่ยวชาญ เจตคติ หรือบุคลิกภาพ เป็นต้น ถ้าแบบสอบที่เป็นเอกมิติหลายชุด เช่น ชุดของแบบสอบถูกตรวจสอบโดยการประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติโดยตรวจสอบแยกเป็นชุด ซึ่งเรียกว่าวิธีการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติ (Unidimensional Item Response Approach) โดยโมเดลนี้จะละเลยความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะแฝง (Latent Traits)

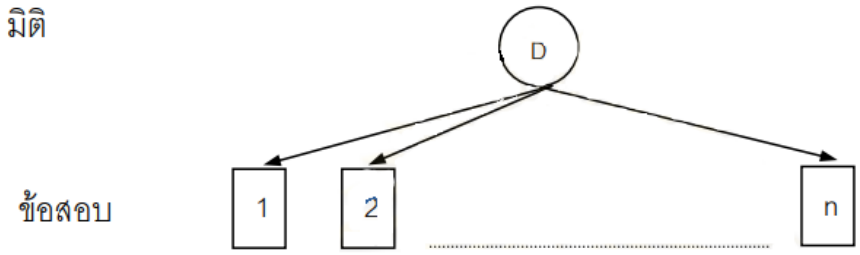
อันจะทำให้ผลการวัดขาดความถูกต้องเมื่อใช้แบบสอบที่มีจำนวนข้อน้อย ในการวัดคุณลักษณะซึ่งมีความสัมพันธ์กันโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติสามารถตรวจสอบทุก ๆ แบบทดสอบไปพร้อมกันและการที่มีความสัมพันธ์จะนำไปสู่การพัฒนาการวัดที่มีความถูกต้องมากขึ้น ซึ่งเรียกโมเดลนี้ว่า โมเดลแบบพหุมิติ (Multidimensional Approach) จากภาพประกอบ 3 (A) ได้แสดงถึงโมเดลแบบเอกมิติ (Unidimensional Approach) และภาพประกอบ 3 (B) แสดงถึงโมเดลแบบพหุมิติ (Multidimensional Approach) ในธรรมชาติของข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะแฝงจะมีความสัมพันธ์ไม่เป็นศูนย์ นั่นคือจากภาพประกอบ 3 (B) มีความเหมาะสมมากกว่าภาพประกอบ 3 (A) กล่าวคือหากมีการละเลยความสัมพันธ์กันของคุณลักษณะแฝงภาพประกอบ 3 (A) จะมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในการประมาณค่ามากกว่าภาพประกอบ 3 (B) แต่หากคุณลักษณะแฝงมีความสัมพันธ์กัน ภาพประกอบ 3 (A) จะมีประสิทธิภาพน้อยกว่า ภาพประกอบ 3 (B) สำหรับในกรณีที่มีความสัมพันธ์เป็นศูนย์จะทำให้แบบเอกมิติและแบบพหุมิติมีความเท่าเทียมกัน โดยส่วนใหญ่แบบพหุมิติจะมีค่าสหสัมพันธ์และค่าประสิทธิภาพการวัด (Measurement Efficiency) ที่สูงกว่าแบบเอกมิติ



ที่มา : Wang and Cheng (2004)

ภาพประกอบ 3 แนวคิดเอกมิติ (Unidimensionality) (A) พหุมิติระหว่างข้อสอบ (Between-Items Multidimensionality) (B) และพหุมิติภายในข้อสอบ (Within-Items Multidimensionality) (C)

นอกจากแนวคิดของความเป็นเอกมิติ (Unidimensional) ที่ได้นำเสนอดังภาพประกอบ 3 (A) ซึ่งเป็นโมเดลแบบเอกมิติแยกตามมิติ (Consecutive Approach) ยังมีแนวคิดของความเป็นเอกมิติที่ประมาณค่าทุกตัวชี้วัดในมิติเดียวหรือองค์ประกอบเดียว เรียกว่า โมเดลแบบเอกมิติรวม (Composite Approach) ดังภาพประกอบ 4



ที่มา : Allen and Wiison (2002)

ภาพประกอบ 4 แบบเอกมิติรวม (Composite Approach)

ถ้าแบบทดสอบมีความยาวที่เพียงพอการวัดในแต่ละคุณลักษณะแฝงจากแบบเอกมิติ (Unidimensional Approach) จะมีความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งทำให้การวัดด้วยแบบพหุมิติ (Multidimensional Approach) นั้นมีความถูกต้องเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเท่านั้น อีกมุมหนึ่งถ้าแบบทดสอบหากเป็นแบบทดสอบสั้นเมื่อใช้แบบเอกมิติแล้วทำให้ผลการวัดมีความถูกต้องแม่นยำเมื่อใช้แบบพหุมิติจะทำให้ผลการวัดเกิดความกระชับ (Squeeze) ถูกต้องแม่นยำมากกว่าแบบเอกมิติ (Wang and Cheng, 2004)

โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Multidimensional Item Response Model) มีทั้งแบบที่เป็นโครงสร้างอย่างง่าย (Simple Structure) ซึ่งเป็นการออกแบบข้อสอบที่จะวัดในคุณลักษณะแฝงเดียวกัน ดังภาพประกอบ 3 (B) และโมเดลที่เป็นแบบโครงสร้างซับซ้อน (Complex Structure) ซึ่งเป็นการออกแบบข้อสอบที่จะวัดมากกว่าหนึ่งคุณลักษณะแฝง ดังภาพประกอบ 3 (C) กรณีการใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติมาวิเคราะห์โดยในแต่ละคุณลักษณะแฝงมีความอิสระจากกัน นั่นคือเป็นแบบสอบที่เป็นแบบเอกมิติและแบบสอบนั้นจะถูกนำมาวิเคราะห์แบบแยกแต่ละชุด สำหรับแบบเอกมิติ (Unidimensional Approach) ดังภาพประกอบ 3 (A) เป็นแบบที่นิยมนำมาใช้เพราะมีลักษณะของคุณลักษณะแฝงที่ต่างกันในแต่ละคุณลักษณะและแบบเอกมิติจะมีความคงเส้นคงวากับเป้าหมายและโครงสร้างของชุดแบบสอบ แต่กลับพบว่าแบบเอกมิติจะให้ผลการวัดที่ขาดความถูกต้องหากเป็นแบบทดสอบสั้น

ในส่วนของความแตกต่างโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพุมิตินั้น Wilson and Hoskens (2005) ได้อธิบายถึงความแตกต่างระหว่างโมเดลวัดความสามารถระหว่างข้อสอบ (Between-Item) และโมเดลวัดความสามารถภายในข้อสอบ (Within-Item) โดยมีประเด็นความแตกต่างคือ 1) ในเทอมของเมตริกซ์แบบแผน (Design Matrix) โมเดลวัดความสามารถระหว่างข้อสอบ (Between Model) ถูกจำแนกเข้าไปในเมตริกซ์บล็อกโดยตายตัวเพื่อสะท้อนโครงสร้างข้อสอบ (Item Structure) ส่วนโมเดลวัดความสามารถภายในข้อสอบ (Within Model) ไม่มีการจำแนกเข้าไปยังบล็อกโดยตายตัว 2) ในเทอมของเมตริกซ์คะแนนข้อสอบ (Score Matrix) โมเดลวัดความสามารถระหว่างข้อสอบ แต่ละข้อสอบให้คะแนนในการวัดเพียงมิติเดียว ในขณะที่โมเดลวัดความสามารถภายในข้อสอบ ข้อสอบอาจจะให้คะแนนมากกว่าหนึ่งมิติก็ได้

4. โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (MRCMLM)

สำหรับโมเดลการตอบสนองแบบพหุมิติที่จะนำเสนอนี้คือ Multidimensional Random Coefficients Multinomial Logit Model (MRCMLM) เป็นโมเดลของ Adams, Wilson and Wang พัฒนาขึ้นมาในปี ค.ศ. 1997 ซึ่งประโยชน์ของการใช้โมเดล MRCMLM คือ 1) เป็นโมเดลที่ได้รับการยอมรับจากนักพัฒนาแบบวัดในเรื่องการตัดสินความเหมาะสมของโครงสร้างมิติที่ทำการวัด 2) เป็นโมเดลที่ประมาณค่าโดยตรง (Direct Estimates) ของความสัมพันธ์ระหว่างมิติแฝง และ 3) เป็นโมเดล ที่มีความแกร่งของความสัมพันธ์ระหว่างมิติแฝงกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่จะให้ผลอย่างถูกต้อง (Wilson and Hoskens, 2005) นอกจากนี้โมเดล MRCMLM ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในสาระอื่น ๆ ได้อีก ดังที่ Wolfe and others ได้กล่าวถึงประโยชน์ในการนำโมเดล MRCMLM มาใช้มีดังนี้ 1) หากจำนวนคุณลักษณะแฝงยังขาดความชัดเจนสามารถเปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลการวัดเพื่อช่วยในการตัดสินความเหมาะสมของโครงสร้างมิติที่ทำการวัด 2) ใช้ในการวินิจฉัยจำแนกคุณลักษณะตัวแปรแฝง (Latent Trait) ที่ได้จากการวัดที่หลากหลายซึ่งยังขาดความสอดคล้องทั้งในเชิงสถิติและเชิงแนวคิด และ 3) โมเดลการวัดแบบพหุมิติจะมีความเชื่อมั่น (Reliability) สูงเนื่องจากโมเดลนี้ มีความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะแฝง

นอกจากนี้ในการนำไปใช้ประโยชน์นั้น Allen and Wilson (2002) ยังได้เสนอในการที่จะนำไปใช้ในการตรวจสอบการทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบ (Differential Item Functioning) และยังประยุกต์ใช้กับการให้คะแนนโดยผู้ตรวจคะแนน (Raters) ได้อีกด้วย โดยโมเดล MRCMLM เป็นโมเดลที่สร้างบนพื้นฐานของบล็อก (Block) ข้อสอบที่นำมาใช้วัดมีความเหมาะสมกับข้อสอบที่มีลักษณะเป็นรายการคำตอบ เช่น ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย เห็นด้วยอย่างยิ่ง รวมทั้งสามารถประยุกต์ใช้ในมาตรวัดทั้งการตอบที่เป็นลักษณะใช่/ไม่ใช่ (Yes/No) หรือการตอบในมาตรประมาณค่าของลิเคิร์ท นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ในมาตรวัดที่มีข้อสอบเกิดจากสถานการณ์ที่ซับซ้อน (Complex Situations) (Allen and Wilson, 2002) หากข้อสอบมีเป้าหมายในการวัดคุณลักษณะ

แฝงเด่นเพียงมิติเดียวจะเรียกโมเดลนี้ว่า โมเดลการวัดความสามารถหลายมิติระหว่างข้อสอบ (Multidimensional Between Items) และถ้าหากข้อสอบมีเป้าหมายในการวัดคุณลักษณะแฝงสองมิติหรือมากกว่าจะเรียกโมเดลนี้ว่าโมเดลการวัดความสามารถหลายมิติภายในข้อสอบ (Multidimensional Within Items) (Allen and Wilson, 2002) โมเดลนี้จะอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบและการตอบของผู้ตอบที่มีต่อมิติ (d) อธิบายดังสมการที่ (1) จะเห็นได้ว่าโอกาสในการตอบรายการคำตอบ k ของข้อที่ i ของผู้ตอบ (P_{ik}) ค่อนข้างจะมากกว่ารายการคำตอบ $k-1(P_{ik-1})$ ซึ่งสัมพันธ์กับระดับเจตคติที่มีต่อมิติ (θ_d) และความยากสัมพัทธ์ (Relative Difficulty) ของรายการคำตอบ $k(\delta_{ik})$

$$\log(P_{ik}/P_{ik-1}) = \theta_d - \delta_{ik} \quad \text{.....} \quad (1)$$

โมเดลมีสมมติฐานในเซตของคุณลักษณะแฝง (D) ที่ถูกกำหนดให้ทำแบบสอบระดับบุคคลในมิติคุณลักษณะแฝง D จาก $\theta_n = (\theta_{n1}, \ldots, \theta_{nD})$ ในอันที่จะมีการพิจารณาความเป็นตัวแทนของการสุ่มตัวอย่างจากประชากรด้วย Multivariate Density Function $(g(\theta_n : \alpha))$ โดยที α เป็นเวกเตอร์พารามิเตอร์ลักษณะการกระจาย ถ้า g ถูกกำหนดให้เป็นปกติ ดังนั้น $\alpha = (\mu, \sum)$ ภายใต้โมเดล MRCMLM โอกาสที่จะตอบรายการคำตอบ k ของข้อสอบข้อที่ i สำหรับคนที่ n แสดงได้ดังสมการ (2)

$$\mathrm{f}(X_{nik} = 1; \xi | \theta_x) = \frac{\exp(b_{ik}\theta_n + a_{ik}\xi)}{\sum_{n=1}^{K_i} \exp(b_{ik}\theta_n + a_{ik}\xi)} \quad \text{.....} \quad (2)$$

เมื่อ X_{nik} = 1 ถ้าการตอบสนองของข้อสอบข้อที่ i ของบุคคล n เป็นรายการคำตอบ k และ 0 เป็นอื่นๆ

K_i = จำนวนรายการคำตอบในข้อสอบข้อที่ i

ξ = เวกเตอร์พารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ

b_{ik} = เวกเตอร์คะแนนที่เป็นรายการคำตอบ k ของข้อสอบข้อที่ i ตามคุณลักษณะแฝง D รวบรวมจากเมตริกซ์คะแนน B

a_{ik} = เวกเตอร์แบบแผนของรายการคำตอบ k ของข้อสอบข้อที่ i ที่อธิบายความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่าง Element ของ ξ โดยรวบรวมจากข้อสอบในเมตริกซ์แบบแผน A

สมการที่ (3) แสดงได้ดังนี้

$$\ln\left[\frac{f(X_{nik}=1;\xi|\theta_x)}{f(X_{ni,k-1}=1;\xi|\theta_n)}\right]=(b_{ik}-b_{i,k-1})\theta_n+(a_{ik}-a_{i,k-1})\xi \quad \text{..... (3)}$$

โดยปกติโมเดลแบบราสช์ มีข้อสังเกตตรงที่ b_{ik} และ a_{ik} ไม่ใช่พารามิเตอร์ นอกจากนี้แล้วการวิเคราะห์แบบสอบโดยเป็นโมเดล Customize Item Response Models โดยค่า ξ และ α จะเป็นค่าที่ถูกประมาณ ซึ่งถ้าเป็นปกตินั่นคือ θ และ Σ

การใช้ a_{ik} และ b_{ik} เป็นตัวที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างข้อสอบและบุคคลที่ตอบ เพื่อที่จะทำให้เป็นโมเดลทั่วไปซึ่งรวบรวมโมเดลราสช์แบบเอกมิติต่างๆ ไว้ด้วยกัน อย่างเช่น Simple Logistic Model, Linear Logistic Test Model, Rating Scale Model, Partial Credit Model, Partial Order Model, Facets Model, Linear Partial Credit Model สำหรับโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์โมเดล MRCMLM คือโปรแกรม ACER ConQuest ซึ่งโปรแกรม ACER ConQuest จะประมาณค่าโดยใช้ Marginal Maximum-Likelihood (MML) กับสูตร Expectation Maximization (EM) ที่จะอยู่บนเงื่อนไขข้อตกลงเบื้องต้นของความเป็นอิสระระหว่างข้อสอบและบุคคล โดยความน่าจะเป็นของเวกเตอร์การตอบ x บนจำนวน θ_n คือ

$$\mathrm{f}(X=x;\xi|\theta_n)=\frac{\exp[x'(B\theta_n+A\xi)]}{\Psi(\theta_n,\xi)} \quad \text{..... (4)}$$

กับ

$$\Psi(\theta_n,\xi)=\sum_{ze\Omega}exp[z'(B\theta_n+A\xi)] \quad \text{..... (5)}$$

โดยที่ Ω = เซตของเวกเตอร์การตอบทุกเซต โดยที่ marginal density ของการตอบ x คือ

$$\mathrm{f}(X=x)=\int_{\theta_n}\frac{\exp[x'(B\theta_n+A\xi)]}{\Psi(\theta_n,\xi)}dG(\theta_n;\alpha) \quad \text{..... (6)}$$

โดยที่ G = Cumulative Distribution ของ ϱ และ Likehood, ^ , สำหรับเซตของเวกเตอร์การตอบ N คือ

$$\wedge(\xi,a|X)=\prod_{n=1}^{N}\int_{\theta_n}\frac{\exp[x'(B\theta_n+A\xi)]}{\Psi(\theta_n,\xi)}dG(\theta_n;\alpha) \quad \text{..... (7)}$$

สมการ Likelihood สำหรับพารามิเตอร์ คือ

$$\frac{\partial \ln \wedge(\xi,\alpha|X)}{\partial \xi} = \prod_{n=1}^{N} \int_{\theta_n} \frac{\partial \ln f[x'_n;\xi,\alpha]}{\partial \xi} dH(\theta_n;\alpha|x_n)=0 \quad \text{..... (8)}$$

โดยที่ $H(\theta_n;\alpha|x_n)$ เป็นการแจกแจง Cummutive Posterior Marginal ของ θ_n ที่มี X_n พร้อมกับ Density Function

$$h(\theta_n;\xi,\alpha|x_n) = \frac{f(x_n;\xi|\theta_n)g(\theta_n;\alpha)}{f(x_n;\xi)} \quad \text{..... (9)}$$

บนข้อสันนิษฐานการแจกแจงคุณลักษณะแฝงที่เป็น Multivariate Normal ซึ่ง $\alpha = (\mu, \Sigma)$ และสมการ Likelihood สำหรับค่าเฉลี่ยและเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม คือ

$$\frac{\partial \ln \wedge(\xi,\Sigma|X)}{\partial \Sigma} = \prod_{n=1}^{N} \int_{\theta_n} \frac{\partial \ln g[\theta_n;\mu,\Sigma]}{\partial \mu} dH(\theta_n;\xi,\mu,\Sigma|x_n)=0 \quad \text{..... (10)}$$

และ

$$\frac{\partial \ln \wedge(\xi,\Sigma|X)}{\partial \Sigma} = \prod_{n=1}^{N} \int_{\theta_n} \frac{\partial \ln g[\theta_n;\mu,\Sigma]}{\partial \Sigma} dH(\theta_n;\xi,\mu,\Sigma|x_n)=0 \quad \text{..... (11)}$$

โมเดล MRCMLM พัฒนาเพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวางและสามารถที่จะใช้ในการวิเคราะห์แบบสอบวัดความสามารถพหุมิติระหว่างข้อสอบ (Between-Items Multidimensional Tests) ซึ่งข้อสอบถูกออกแบบให้วัดในคุณลักษณะแฝงเดียว (Same Latent Trait) และการวิเคราะห์แบบสอบวัดความสามารถพหุมิติภายในข้อสอบ (Within-Items Multidimensional Tests) ซึ่งข้อสอบถูกออกแบบให้วัดคุณลักษณะแฝงที่มากกว่าหนึ่งคุณลักษณะ ดังนั้นประเด็นที่ต้องพิจารณาคือการวิเคราะห์โมเดลการตอบสนองข้อสอบเชิงยืนยัน (Confirmatory) มากกว่าที่จะเป็นโมเดลเชิงสำรวจ (Exploratory) โดยโมเดล MRCMLM ไม่ต้องการที่จะนำข้อสอบซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับชุดแบบทดสอบมารวมไว้ แบบทดสอบที่ต่างชุดกันอาจมีความแตกต่างกันไปตามช่วงเวลาและแบบทดสอบสามารถวัดได้แตกต่างกัน แต่ทั้งนี้คุณลักษณะแฝงยังมีลักษณะที่สัมพันธ์กัน (Wang and Cheng, 2004)

การพัฒนาความแม่นยำในการวัดโดยแบบพหุมิติ (Multidimensional Approach) เกิดขึ้นจากพารามิเตอร์โมเดลทั้ง ξ , μ และ Σ ถูกทำการประมาณค่าร่วมกัน ถ้าหากเมตริกซ์

ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม โดยที่ Σ เป็นเมตริกซ์เฉียง (Diagonal Matrix) ซึ่งแสดงถึงคุณลักษณะแฝง (Latent Trait) มีความเป็นอิสระจะมีประสิทธิภาพการวัด (Measurement Efficiency) ของแบบพหุมิติเท่ากันกับแบบเอกมิติ เมื่อโมเดลมีความถูกต้องการประมาณค่าแบบ MML จะประมาณค่าที่ไม่มีความผิดพลาดในพารามิเตอร์โมเดลทั้ง ξ , μ และ Σ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยศึกษาบนพื้นฐานโมเดลพหุมิติ (Multidimensional Model) ที่เรียกว่า Multidimensional Random Coefficients Multinomial Logit Model (MRCMLM) (Adams, Wilson and Wang, 1997) ใช้การวิเคราะห์แบบพหุมิติพาเชียลเดรดิตโมเดล (Multidimensional form of the Partial Credit Model) เนื่องจากแบบวัดกลยุทธ์การเรียนรู้แบบพหุมิติที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการวิเคราะห์จากโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติพาเชียลเดรดิตโมเดล (Multdimensional form of the Partial Credit Model) ซึ่งเป็นโมเดลที่แผ่ขยายมาจากโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติพาเชียลเดรดิตโมเดล (Unidimensional form of the Partial Credit Model) โดยพาเชียลเดรดิตโมเดล (Partial Credit Model; PCM) เป็นโมเดลของ Masters ที่พัฒนาขึ้นมาในปี ค.ศ. 1982 ซึ่งเป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมกับการวัดที่มีลักษณะการตอบแบบหลายค่า เหมาะสมกับการวัดด้านบุคลิกภาพ การรู้คิด และเจตคติ และเหมาะสมกับการวัดที่ใช้ข้อคำถามแบบให้คะแนนหลายค่าที่มีลักษณะการตอบเป็นลำดับขั้น (Ordered Polytomous Items) (ศิริชัย กาญจนวาสี, (2550) ซึ่งจะนำเสนอเพิ่มเติมในส่วนของโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติพาเชียลเดรดิตโมเดล ดังนี้

จากสมการที่ (2.3) สามารถเขียนได้อีกรูปแบบคือ (Wang and Cheng, 2004)

$$\log it_{ikn} \equiv \ln\left(\frac{P_{nik}}{P_{ni(k-1)}}\right) = \ln\left(\frac{P_{ik}(\theta_n)}{P_{i(k-1)}(\theta_n)}\right) = \left(b'_{ik} - b'_{i(k-1)}\right)\theta_n + \left(a'_{ik} - a'_{i(k-1)}\right)\xi \equiv b^{*'}_{ik}\theta_n + a^{*'}_{ik}\xi, \quad \text{.....(12)}$$

หมายเหตุ สัญลักษณ์ต่าง ๆ ได้อธิบายในรายละเอียดของสมการที่ (3) จากสมการที่ (12) สามารถแสดงในรูปแบบโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติพาเชียลเดรดิตโมเดล ดังนี้

$$\ln\left(\frac{P_{ik}(\theta_n)}{P_{i(k-1)}(\theta_n)}\right) = \theta_n - \delta_i - \tau_k, \quad \text{.....(13)}$$

$P_{ik}(\theta_n)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้ตอบที่มีคุณลักษณะแฝง (θ) คนที่ n จะตอบข้อคำถามข้อที่ i ด้วยการเลือกรายการคำตอบ k,

$P_{i(k-1)}(\theta_n)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้ตอบที่มีคุณลักษณะแฝง (θ) คนที่ n จะตอบข้อคำถามข้อที่ i ด้วยการเลือกรายการคำตอบ $k-1$,

θ_n คือ คุณลักษณะแฝงคนที่ n

δ_i คือ ค่าความยากทั้งหมด (Overall Difficulty) ของข้อคำถามข้อที่ i

τ_k คือ ค่าพารามิเตอร์ Threshold สำหรับข้อคำถามข้อที่ k

จากโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติพาเชียลเดรดิตโมเดล ดังสมการที่ (13) สามารถแผ่ขยายไปสู่โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติพาเชียลเดรดิตโมเดล (ซึ่งก็คือ Partial Credit Model (PCM) ในแต่ละมาตรวัด (Scale)) (Cheng, 2009) แสดงดังสมการที่ (14)

$$\ln\left(\frac{P_{ikd}(\theta_{nd})}{P_{i(k-1)d}(\theta_{nd})}\right) = \theta_{dn} - \delta_{id} - \tau_{ikd}, \quad \text{.....(14)}$$

$P_{ikd}(\theta_{nd})$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้ตอบที่มีคุณลักษณะแฝง (θ) คนที่ n จะตอบข้อคำถามข้อที่ i ด้วยการเลือกรายการคำตอบ k ในมาตรวัดย่อยหรือ มิติ d,

$P_{i(k-1)d}(\theta_{nd})$ คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้ตอบที่มีคุณลักษณะแฝง (θ) คนที่ n จะตอบข้อคำถามข้อที่ i ด้วยการเลือกรายการคำตอบ $k-1$ ในมาตรวัดย่อยหรือมิติ d,

θ_{nd} คือ คุณลักษณะแฝงคนที่ n ในมาตรวัดย่อยหรือมิติ

$d\delta_{id}$ คือ ค่าความยากทั้งหมด (Overall Difficulty) ของข้อคำถามข้อที่ i ในมาตรวัดย่อยหรือมิติ d

τ_{ikd} คือ ค่าพารามิเตอร์ Threshold สำหรับข้อคำถามข้อที่ i ในมาตรวัดย่อยหรือมิติ d

5. ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติที่มีการตรวจให้คะแนนแบบพหุวิภาค (Polytomous MIRT Models)

องค์ประกอบหลักของตัวแปรในโมเดล MIRT ก็คือจำนวนของคะแนนที่เป็นไปได้ของข้อสอบที่จะนำมาทำโมเดล ในอดีตมีการนำเสนอโมเดล MIRT ที่เกี่ยวข้องกับข้อสอบที่มีการตอบสนองแบบสองค่าเท่านั้น แต่ต่อมานักสถิติหลายท่าน (Adams, Wilson and Wang, 1997 ; Kelderman and Rijkes, 1994 ; Muraki and Carlson, 1995 and Yao and Schwarz, 2006)

ได้ขยายแนวคิดโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบเอกมิติให้เป็นการให้คะแนนแบบหลายค่าแบบพหุมิติ ในช่วงเวลานี้ โมเดล MIRT ที่มีการให้คะแนนหลายค่า (Polytomous Items) เป็นโมเดล Compensatory Models ทั้งสิ้น โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบให้คะแนนหลายค่าขยายคุณลักษณะของบุคคลโดยใช้ θ -Vectors Muraki and Karlson (1995) ได้ขยายแนวคิดของ Grade Response Model และ Yao and Schwarz (2006) ได้ขยายแนวคิดของ Generalized Partial Credit Model ต่อจากนี้ไปจะนำเสนอโมเดลที่เป็นส่วนขยายของโมเดล Generalized partial Credit Model, Partial Credit Model และ Grade Response Model มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. Multidimensional Generalized Partial Credit Model

Multidimensional Generalized Partial Credit Model (MGPC) เป็นการออกแบบเพื่ออธิบายปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและข้อสอบที่ให้คะแนนมากกว่าสองค่าคะแนนสูงสุดสำหรับข้อที่ i แสดงได้ด้วยสัญลักษณ์ K_i ค่าคะแนนต่ำสุดให้เท่ากับ 0 และ $K_i + 1$ คะแนนการตอบสนองข้อสอบของบุคคล แสดงได้ด้วย k = 0, 1, ..., K_i เขียนสมการได้ดังนี้

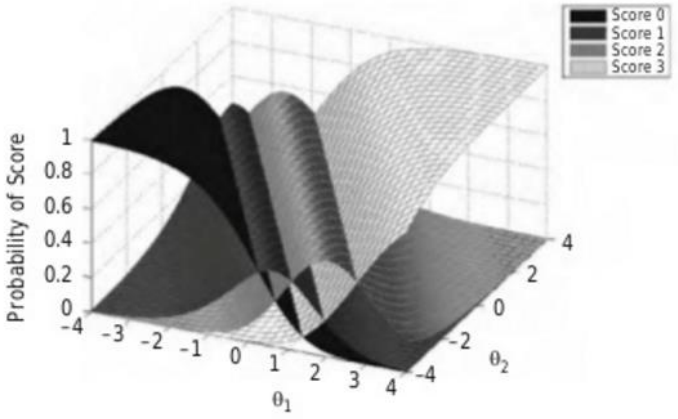
$$P(u_{ij}=k\mid\theta_j)=\frac{e^{ka_i\theta_j^{'}-\sum_{u=0}^{k}\beta_{iu}}}{\sum_{v=0}^{K_i}e^{va_i\theta_j^{'}-\sum_{u=0}^{v}\beta_{iu}}} \quad \text{..... (15)}$$

เมื่อ β_{iu} แทน Threshold Parameter สำหรับประเภทของคะแนน u

β_{i0} ถูกกำหนดให้เป็น 0

ความแตกต่างระหว่างสมการ MGPC Model และ GPC Model มี 2 ประการ คือ ประการแรก โมเดลไม่รวมค่าความยากและ Threshold Parameter ประการที่สอง เพราะ θ เป็นเวกเตอร์ และ β_s เป็น Scalars มันเป็นไปไม่ได้ที่จะลบ Threshold Parameter ออกจาก θ ความชัน/จุดตัดของ GPC Model ถูกนำไปใช้เป็นพื้นฐานของ Multidimensional Generalization, $a\theta+d$ แต่ด้วยค่าสัญลักษณ์ของจุดตัดที่ตรงข้าม ผลลัพธ์ก็คือ β_s ไม่สามารถตีความได้เช่นเดียวกับ Threshold Parameter ในโมเดล UIRT

พื้นผิวการตอบสนองข้อสอบของ MGPC Model สำหรับกรณีที่การปฏิสัมพันธ์ของข้อสอบ/บุคคล สามารถเสนอในสเปซที่มีพิกัด 2 มิติ ดังแสดงในภาพ 4 ข้อสอบที่แสดงในที่นี้แสดงค่า จาก 0 ถึง 3 พารามิเตอร์ข้อสอบสำหรับโมเดล เป็น $a_i=[1.2\ .7]$ และ β_{iu} = 0, -2.5, -1.5, .5



ที่มา : Reckase (2009)

ภาพประกอบ 5 ภาพพื้นผิวการตอบสนองข้อสอบของ MGPC กับค่าพารามิเตอร์

$$\beta_{iu} = 0, -2.5, -1.5, .5 \; and \; a_i = [1.2.7]$$

ภาพประกอบ 5 แสดงพื้นผิว 4 พื้นผิว แต่ละพื้นผิวเป็นคะแนนรายข้อที่เป็นไปได้ พื้นผิวที่เข้มที่สุดจากซ้ายมือ มีค่าคะแนนเป็น 0 ความเป็นไปได้ของคะแนนจะลดลง เมื่อ θ -Coordinate เพิ่มขึ้นในมิติอื่น พื้นผิวของคะแนน 1 และ 2 จะเพิ่มขึ้นก่อนแล้วค่อยลดลง θ -Coordinate เพิ่มขึ้น พื้นผิวของคะแนน 3 เพิ่มขึ้น เมื่อ θ -Coordinate เพิ่มขึ้น พื้นผิวของคะแนน 0 และ 3 มี Upper Asymptotes เป็น 1 และ Lower Asymptotes เป็น 0 ส่วนอีกสองพื้นผิวมีรูปร่างที่มี Lower Asymptotes เป็น 0

การตัดกันระหว่างพื้นผิวของคะแนนที่อยู่ติดกันอยู่เหนือเส้นตรงที่ระนาบของ θ โดยทั่วไป Line เป็นชุดของคะแนนในระนาบของ θ ซึ่งความน่าจะเป็นของการได้รับคะแนนที่ติดกันนั้นเท่ากัน ชุดของคะแนนนี้หาได้จากสมการ 16 สมการนี้ได้จากการกำหนดเลขยกกำลังในสมการ 15 สำหรับคะแนนที่เท่ากัน

$$ka_i\theta_j' - \sum_{u=0}^{k}\beta_{iu} = (k+1)a_i\theta_j' - \sum_{u=0}^{k+1}\beta_{iu} \quad \text{..... (16)}$$

ผลการคำนวณพีชคณิตสำหรับการตัดกันระหว่างพื้นผิวที่ k^{th} และ (k+1) นี่เป็นสมการในมิติ m ที่ใช้ในการแสดงข้อสอบ แสดงให้เห็นว่า มีแค่เพียงส่วนของการแสดงออกที่เปลี่ยนคะแนนที่

ติดกันเป็นจุดตัด (Intercept Term) β ดังกรณีใน โมเดล Generalized Partial Credit Model ใน UIRT พารามิเตอร์เหล่านี้จะควบคุมตำแหน่งของ Thresholds ระหว่างคะแนน

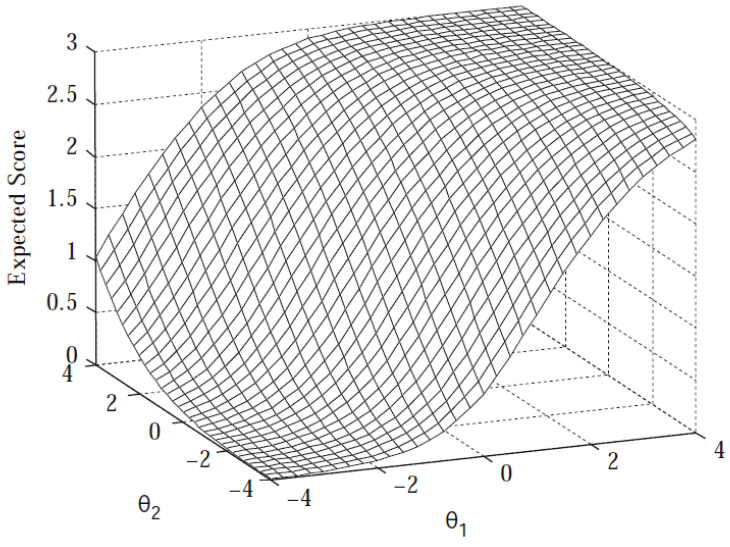
$$0=a_i\theta_j^{'}-\beta_{i,k+1},\ k=0,\ldots,k-1 \qquad \text{..... (17)}$$

สมการที่ 5 แสดงถึงความน่าจะเป็นของคะแนนในข้อสอบแต่ละข้อ พื้นผิวที่กำหนดคะแนนที่คาดหวังของข้อสอบสำหรับบุคคลหนึ่งคนกับ θ -vector เฉพาะ หาได้จากสมการ 18

$$E(u_{ij}\mid\theta_j)=\sum_{k=0}^{K_i}kP(u_{ij}=k\mid\theta_j). \qquad \text{..... (18)}$$

พื้นผิวที่กำหนดโดยสมการ 18 สำหรับข้อสอบที่แสดงในภาพประกอบ 5 แสดงได้ในภาพประกอบ 6

พื้นผิวนี้มีลักษณะของพื้นผิวการตอบสนองข้อสอบสำหรับการให้คะแนนสองค่าของ Compensatory Model แต่ค่า Upper Asymptotes มีค่าเป็น 3 ซึ่งเป็นค่าคะแนนสูงสุดของข้อสอบ MGPC เป็น Compensatory Model เช่นเดียวกับโมเดล UIRT ซึ่งค่าสูงๆ ใน θ_v สามารถชดเชยค่าที่ต่ำบน θ_w ได้



ที่มา : Reckase (2009)

ภาพประกอบ 6 ภาพพื้นผิวของคะแนนที่คาดหวังของข้อคำถามจากภาพประกอบ 5

2. Multidimensional Partial Credit Model

Kelderman and Rijkes (1994) ได้เสนอรูปแบบพหุมิติที่ขยายจากราชโมเดล เป็นการให้คะแนนแบบหลายค่า โมเดลนำเสนอในสมการ 19 ใช้สัญลักษณ์ค่อนข้างแตกต่างจากแบบดั้งเดิมเพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบในหนังสือเล่มนี้ มีโมเดลที่คล้ายคลึงกันนำเสนอโดย Adams และคณะ ดังนี้

$$P(u_{ij}=k\,|\,\theta_j)=\frac{e^{\sum_{l=1}^{m}(\theta_{jl}-b_{ilk})W_{ilk}}}{\sum_{r=0}^{K_i}e^{\sum_{l=1}^{m}(\theta_{jl}-b_{ilk})W_{ilk}}} \qquad \text{..... (19)}$$

เมื่อ b_{ilk} แทน พารามิเตอร์ความยากสำหรับข้อสอบข้อที่ i บนมิติ l สำหรับประเภทของการให้คะแนน k

W_{ilk} แทน ค่าน้ำหนักคะแนนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า สำหรับข้อสอบข้อที่ i บนมิติ l สำหรับประเภทของการให้คะแนน k

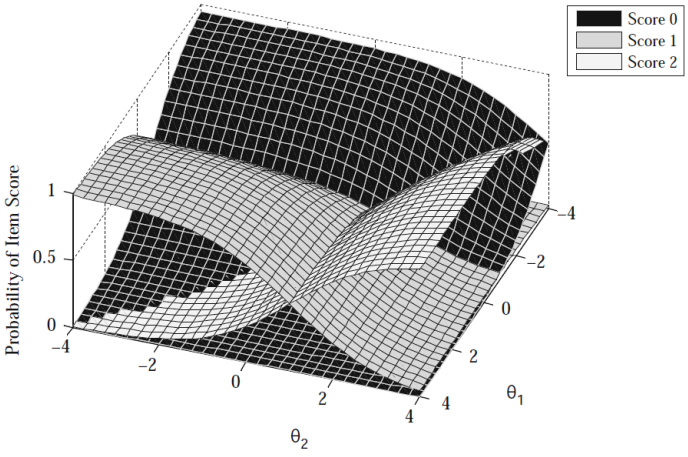
ฟังก์ชันที่สำคัญของโมเดลนี้ คือ มีเมทริกซ์เฉพาะของน้ำหนัก W_{ilk} เช่น ถ้าข้อคำถามให้คะแนนเป็น 3 ระดับ $K_i = 3$ ได้แก่ 0, 1 และ 2 ดังนั้น คำตอบจะมีความไวบนความแตกต่างของ 2 มิติ ค่าน้ำหนักเมทริกซ์สำหรับข้อสอบจะกำหนดได้ดังนี้ เช่น $\begin{bmatrix}0&0\\1&0\\1&1\end{bmatrix}$ ในเมทริกซ์นี้ แถว (Row) แสดงค่าระดับคะแนน k และในคอลัมน์ (Column) แสดงมิติ l ในเมตริกนี้แสดงให้เห็นว่าคำตอบที่ได้ 0 คือ ผู้ที่สอบได้ 0 คะแนนทั้งสองมิติ คำตอบที่ได้คะแนน 1 แสดงให้เห็นว่าผู้สอบตอบถูกในมิติที่ 1 แต่ตอบผิด ในมิติที่ 2 และคำตอบที่ได้ 2 คะแนน แสดงให้เห็นว่า ผู้สอบทำข้อสอบได้ทั้งสองมิติ

สำหรับกรณีเฉพาะนี้ เมื่อ k = 0 เทอมในสมการ (19) มีค่า $e^0 = 1$ ค่าอื่น ๆ สำหรับ k จากสมการ (19) คำนวณได้จากสมการ

$$P(u_{ij}=k\,|\,\theta_j)=\frac{e^{\sum_{l=1}^{k}(\theta_{jl}-b_{ilk})}}{1+\sum_{r=1}^{K_i}e^{\sum_{l=1}^{m}(\theta_{jl}-b_{ilr})}},\quad k=1,..K_i. \qquad \text{..... (20)}$$

ผู้พัฒนาโมเดลนี้ได้ให้ข้อสังเกตไว้ว่า มีความไม่มั่นคงในการประมาณค่าของพารามิเตอร์ b_{ilk} ดังนั้นพวกเขาจึงตั้งค่าพารามิเตอร์ให้เท่ากับประเภทของการตอบสนอง k = 1, 2, ..., K_i. ข้อคำถามจะมีค่าพารามิเตอร์ความยากแตกต่างกันตามมิติที่แตกต่างกัน แต่มีความเหมือนกันในประเภทของการตอบสนองภายในมิติเดียวกัน หมายความว่า ฟังก์ชันของข้อสอบเป็นชุดของข้อสอบที่ให้คะแนนสองค่าสำหรับแต่ละมิติ ที่มีค่าความยากในมิตินั้น

พื้นผิวการตอบสนองข้อสอบสำหรับแต่ละประเภทของการให้คะแนนสำหรับข้อสอบที่ให้คะแนน 0, 1, 2 ใช้โมเดลที่แสดงในภาพ 6 เป็นกรณีที่มีสองมิติที่แสดงค่าเมทริกซ์ก่อนหน้านี้ พารามิเตอร์ b_{ilk} ของข้อสอบมีค่าเป็น -1 สำหรับมิติที่ 1 และเป็น +1 สำหรับมิติที่ 2 เมื่อพิจารณาภาพประกอบ 4.13 ให้ดีจะเห็นว่า พื้นผิวของคะแนน 0 เป็นค่าที่สูงสุดสำหรับ θ -Vector (-4, -4) และเป็นค่าต่ำสุดสำหรับ Vector (4, 4) พื้นผิวของคะแนน 0 ตัดกับพื้นผิวของคะแนน 1 ตลอดเส้น θ_1 = -1 พื้นผิวของคะแนน 1 เข้าใกล้ 1 เมื่อ θ -Vector เป็น (4, -4) และเข้าใกล้ 0 สำหรับเวกเตอร์ (-4, 4) พื้นผิวที่ตัดกันสำหรับคะแนน 2 ตลอดเส้น θ_2 = 1 ดังนั้นบริเวณที่มี θ_1 มีค่า มากกว่า -1 และ θ_2 มีค่ามากกว่า 1 คะแนน 2 ก็เป็นคะแนนที่น่าจะเป็นไปได้

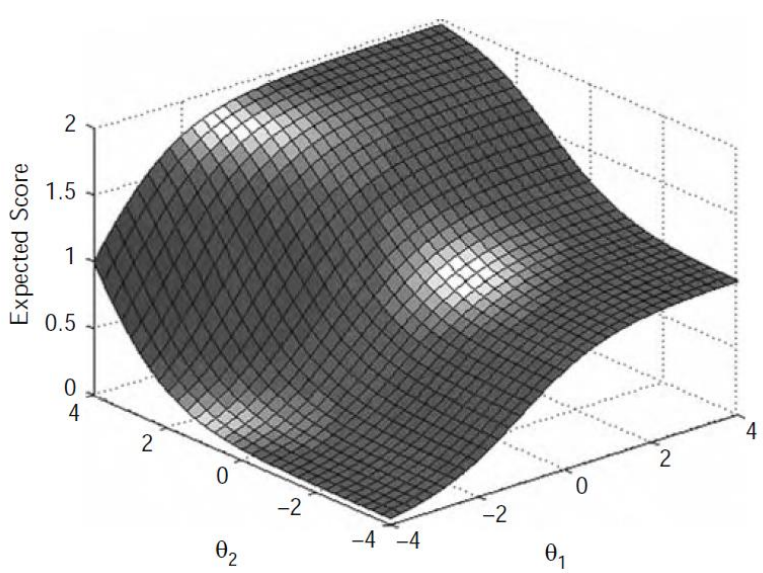


ที่มา : Reckase (2009)

ภาพประกอบ 7 ภาพพื้นผิวการตอบข้อคำถามของโมเดล Kelderman และ Rijkes ของคำตอบที่ต้องการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานใน 2 มิติ

ภาพพื้นผิวการตอบข้อคำถามของโมเดล Kelderman และ Rijkes ของคำตอบที่ต้องการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานใน 2 มิติ โดยที่คะแนนที่ตอบถูกจะมีระดับคะแนน 0,1,2 และค่าพารามิเตอร์ความยากเป็น -1 เมื่ออยู่ในมิติที่ 1 และเป็น + เมื่ออยู่ในมิติที่ 2 (

พื้นผิวของคะแนนที่คาดหวังสำหรับข้อสอบได้จากการคูณประเภทของคะแนนด้วยความน่าจะเป็นและคะแนนรวมของประเภทของคะแนนทั้งหมด พื้นผิวคะแนนที่คาดหวังสำหรับพื้นผิวการตอบสนองของคะแนน (Score Response Surfaces) ในภาพประกอบ 7 นั้นแสดงในภาพประกอบ 8



ที่มา : Reckase (2009)

ภาพประกอบ 8 พื้นผิวของคะแนนที่คาดหวังของโมเดล Kelderman และ Rijkes ของคำตอบในภาพประกอบ 7

พื้นผิวนี้มีค่าคะแนนที่คาดหวังเข้าใกล้คะแนน 2 เมื่อระดับของ θ -Coordinates เป็น 4 ค่า คะแนนที่คาดหวังจะลดลงเมื่อ θ -Coordinates ถูกลดลง แต่จะอยู่ในขอบเขต (4, -4) ผู้สอบในขอบเขตนี้มีความรอบรู้ในภาระงานแรกของข้อสอบ แต่มีสมรรถนะต่ำในงานที่สอง ดังนั้นค่าคะแนนที่คาดหวังจึงเป็น 1

3. Multidimensional Graded Response Model

Muraki and Karlson (1995) นำเสนอโมเดลการตอบสนองข้อสอบพหุมิติที่ให้คะแนนมากกว่าสองค่า (Multidimensional Graded Response Model) ซึ่งขยายแนวคิดจาก Unidimensional Graded Response Model และฟังก์ชันการตอบสนองเป็นแบบโมเดลปกติสะสม (Normal Ogive) โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิตินี้ยอมรับว่า สำเร็จได้เป็นขั้นตอน k ขั้น และสำเร็จในขั้น k-1 โมเดลนี้เหมาะสำหรับมาตรประมาณค่า

การประมาณค่าโมเดลพิจารณาค่าคะแนนต่ำสุดของข้อสอบข้อที่ i เป็น 0 และคะแนนสูงสุด เป็น m_i ความน่าจะเป็นของการทำให้สำเร็จในขั้นตอน k หรือมากกว่า ก็คือ การเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียว กับการเพิ่มขึ้นของโครงสร้างของสมมติฐานภายใต้ข้อสอบที่นำเสนอโดย องค์ประกอบของ θ-Vector ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าคะแนนที่แบ่งเป็นสองค่า ที่ k และให้คะแนน k ค่าสูงกว่าเป็น 1 และค่าต่ำกว่าเป็น 0 และตั้งค่าโมเดลเป็นสองค่า ความน่าจะเป็นที่ทำให้สำเร็จได้ด้วย ขั้นตอน k ขั้นหรือมากกว่า ถูกสร้างแบบโดย โมเดลปกติสะสมสองพารามิเตอร์ (Two-Parameter Normal Ogive Model) กับพารามิเตอร์มิเตอร์บุคคลที่กำหนดเป็นสมการรวมเชิงเส้น ของ องค์ประกอบใน θ-Vector ซึ่งให้ค่าน้ำหนักโดยพารามิเตอร์อำนาจจำแนก ความน่าจะเป็นของการรับคะแนนเฉพาะ, k , เป็นความแตกต่างระหว่างความน่าจะเป็นของการปฏิบัติงานที่สำเร็จสำหรับขั้นตอน k ขั้นหรือมากกว่า และปฏิบัติงานสำเร็จสำหรับ k+1 ขั้นตอนหรือมากกว่า ถ้าความน่าจะเป็นของการได้รับคะแนนหนึ่งข้อสำหรับ k ขั้นหรือมากกว่าที่ระดับ θ-Level เป็น $P^*(u_{ij} = k|\theta_j)$ ดังนั้นความน่าจะเป็นที่ผู้สอบจะได้คะแนนของ k เป็น

$$P(u_{ij}=k\,|\,\theta_j)=P^*(u_{ij}=k\,|\,\theta_j)-P^*(u_{ij}=k+1|\,\theta_j) \quad \text{..... (21)}$$

เมื่อ $P^*(u_{ij}=0\,|\,\theta_j)=1$ เพราะว่าการปฏิบัติงานในขั้นที่ 0 หรือมากกว่าเป็นความแน่นอนสำหรับผู้สอบทุกคน และ

$P^*(u_{ij}=m_i+1|\,\theta_j)=0$ เพราะว่ามันเป็นไปไม่ได้ที่จะทำงานมากกว่าประเภท m_i

ความน่าจะเป็นถัดมาถูกกำหนด ดังนั้น ความน่าจะเป็นของแต่ละคะแนนสามารถกำหนดได้จากสมการ 21 (Semajima, 1969) กำหนดเทอมด้านขวามือของสมการเป็นประเภทฟังก์ชันการตอบสนองสะสม และทางด้านซ้ายมือเป็นประเภทฟังก์ชันการตอบสนอง

รูปแบบปกติสะสมของ Graded Response Model ได้มาจาก

$$P(u_{ij}=k\,|\,\theta_j)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{a_i\theta_j+d_{i.k+1}}^{a_i\theta_j+d_{ik}} e^{\frac{-t^2}{2}}dt, \quad \text{..... (22)}$$

เมื่อ k เป็น คะแนนของข้อสอบ มีค่า 0, 1,..., m_i ,

a_i เป็น เวกเตอร์ของพารามิเตอร์อำนาจจำแนกข้อสอบ

พหุน ปณฑิโต ชีเว

d_{ik} เป็น พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความยากง่ายเมื่อผู้สอบจะไปถึงขั้นตอนที่ k ของข้อสอบ

กล่าวได้ว่า พารามิเตอร์ d_{ik} มีค่าทางบวกสูงเมื่อมีความสัมพันธ์อย่างง่ายในการรับคะแนนเฉพาะ และมีค่าทางลบกว้างเมื่อรับคะแนนเฉพาะได้ยาก พารามิเตอร์ d_{ik} มีความสัมพันธ์ที่ตรงกันข้ามกับคะแนนของข้อสอบ สำหรับคะแนน 0, $d_{i0} = \infty$ และเมื่อประเภทของคะแนนเป็น $m_i + 1$ ค่าที่ได้จะเป็นคะแนนที่ได้สูงกว่าปกติบนสเกลคะแนนของข้อสอบ $d_{i.m_i+1} = -\infty$ มีเพียงค่า d_{ik} จาก k = 1 ไปยัง m_i ที่ถูกประมาณค่าได้

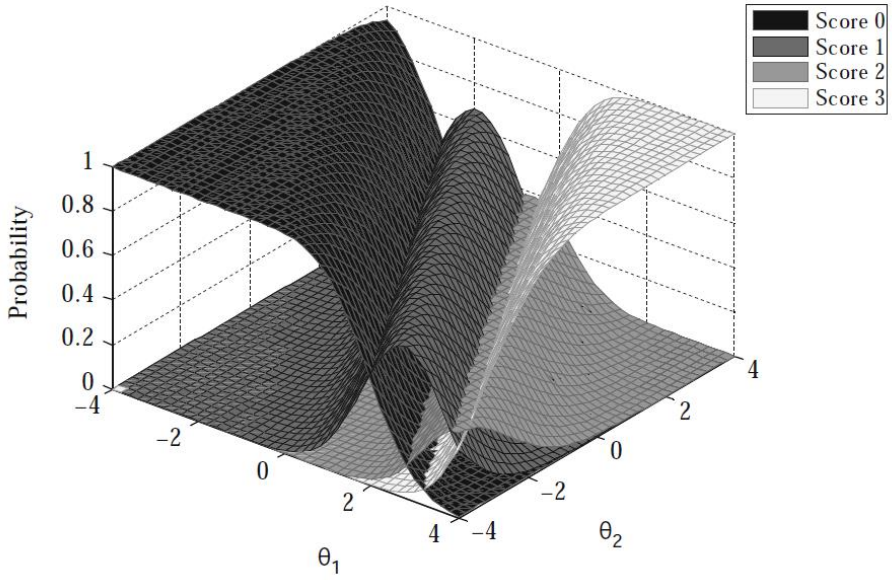
ความน่าจะเป็นของการตอบสนองประเภท k สามารถคำนวณได้จากความแตกต่างของสอง Integral Expressions ดังสมการ 22

$$P(u_{ij} = k \mid \theta_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{a_i'\theta_j + d_{ik}} e^{\frac{-t^2}{2}} dt - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{a_i'\theta_j + d_{ik+1}} e^{\frac{-t^2}{2}} dt. \quad \text{..... (22)}$$

การนำเสนอของโมเดลทำให้เห็นได้ชัดว่ามันมีฐานอยู่บนสเกลการให้คะแนนแบบสองค่าสำหรับข้อสอบที่ค่าคะแนนต่างกัน และใช้โมเดลปกติสะสมในการอธิบายความน่าจะเป็นของการได้รับคะแนนที่เหนือหรือ ณ ตำแหน่งของค่านั้น ความน่าจะเป็นของค่าคะแนนเฉพาะ, k, ก็คือ ความแตกต่างของความน่าจะเป็นของ ความเป็น k หรือ มากกว่า และ k+1 หรือมากกว่า

พล็อตของฟังก์ชันประเภทการตอบสนองสำหรับข้อสอบที่มีการตอบสนอง 4 ประเภท 0, 1, 2, 3 แสดงในภาพประกอบ 8 ข้อสอบนี้มีพารามิเตอร์ของข้อสอบ $a_{i1} = 1.2$, $a_{i2} = .7$, $d_{i1} = .5$, $d_{i1} = -1.5$ และ $d_{i3} = -2.5$ งานวิจัยที่ศึกษาแผนภาพเปิดเผยว่า ถ้า θ_s เพิ่มขึ้น ความน่าจะเป็นของคะแนน 0 ลดลง และคะแนนของ 3 จะเพิ่มขึ้น ค่าคะแนนกลางของ 1 และ 2 เพิ่มขึ้น แล้ว ลดลง เมื่อ θ_s เพิ่มขึ้น

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

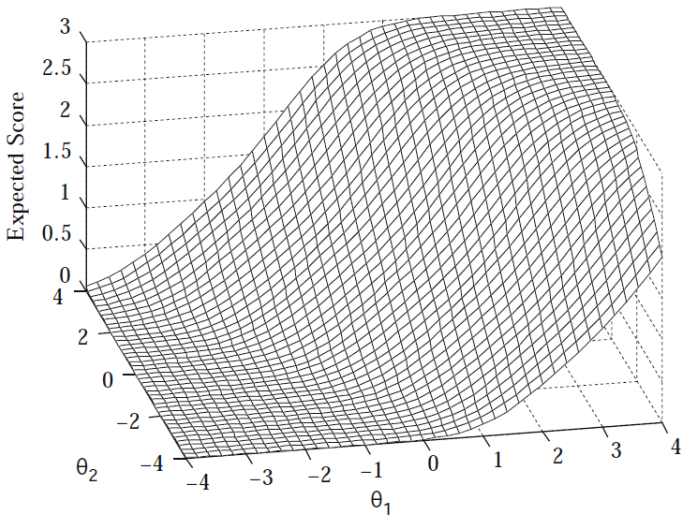


ที่มา : Reckase (2009)

ภาพประกอบ 9 พื้นผิวของคะแนน 4 ระดับในการตอบข้อคำถามตามโมเดล Grade Response

คะแนนที่คาดหวังของข้อสอบคำนวณได้จากการคูณคะแนนด้วยความน่าจะเป็นของคะแนน พื้นผิวของคะแนนที่คาดหวังสำหรับข้อสอบที่แสดงในภาพประกอบ 9 นำเสนอในภาพประกอบ 10 ค่าคะแนน ที่คาดหวังเข้าใกล้ 0 เมื่อองค์ประกอบของ θ -Vector เข้าใกล้ -4 ทั้งคู่ และเพิ่มเข้าใกล้ 3 เมื่อองค์ประกอบของ θ -Vector เข้าใกล้ 4 ทั้งคู่ เพราะว่า Multidimensional Graded Response Model มีพื้นฐานบน Compensatory Multidimensional Model พื้นผิวของความน่าจะเป็นของการตอบสนองคู่ขนานไปกับความน่าจะเป็นของเส้นขอบ ดังนั้นพื้นผิวของคะแนนที่คาดหวังจะคู่ขนานไปกับคะแนนเส้นขอบ

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว



ที่มา : Reckase (2009)

ภาพประกอบ 10 พื้นผิวของคะแนนที่คาดหวังของข้อคำถามในภาพประกอบ 9

ความชันของพื้นผิวขึ้นอยู่กับขนาดขององค์ประกอบของ เวกเตอร์ a-พารามิเตอร์ และจำนวนของการแปรเปลี่ยนบน d-พารามิเตอร์ พื้นผิวการตอบสนองที่คาดหวังจะยิ่งชันขึ้นเมื่อความแปรเปลี่ยนใน d-พารามิเตอร์ลดลง ถ้า d-พารามิเตอร์ มีจำนวนเท่ากัน ฟังก์ชันของข้อสอบจะเป็นสองค่าที่มีคะแนนเป็น 0 และ m

โมเดล Multidimensional Graded Response Model มีประเภทของฟังก์ชันการตอบสนองที่ปรากฏคล้ายคลึงกับ Multidimensional Generalized Partial Credit Model

ภาพประกอบ 4 และ 8 แสดงให้เห็นความคล้ายคลึงกันได้อย่างชัดเจน ถึงแม้ว่าโมเดลจะมีความคล้ายคลึงกันก็ยังมีความแตกต่างในกระบวนการให้คะแนน และ Van Der Ark and Bergsma (2010) ที่ได้ศึกษาโมเดลที่เป็นเอกมิติแสดงให้เห็นว่าเป็นไปได้ที่จะจำแนกความแตกต่างได้ระหว่างชุดของข้อสอบที่สร้างจากโมเดลทั้งสอง

6. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

6.1 ประสิทธิภาพการวัด

ตัวบ่งชี้ที่จะใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการวัด (Measurement Efficiency) ของแบบเอกมิติและแบบพหุมิติ คือความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Test Reliability) และจำนวนของข้อสอบที่ทำให้เกิดความถูกต้องแม่นยำในการวัด สำหรับทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory) ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีสูตรดังนี้

$$\rho_{CTT} = \frac{\sigma_T^2}{\sigma_X^2} \quad \text{.....(23)}$$

เมื่อ ρ_{CTT} = ความเชื่อมั่นของแบบสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT)

σ_T^2 = ความแปรปรวนของคะแนนจริง

σ_X^2 = ความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตได้

ภายใต้ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (Item Response Theory) ความคลาดเคลื่อนของการวัดไม่ได้เป็นเอกพันธ์เนื่องจากขึ้นอยู่กับคุณลักษณะแฝงที่ระดับความสามารถผู้ตอบ (θ) นอกจากนี้แล้วข้อสอบแต่ละข้อยังให้ระดับความถูกต้องแม่นยำที่ต่างกันไปตามแต่ละคุณลักษณะแฝงที่ระดับความสามารถผู้ตอบ (θ) ซึ่งเรียกว่า สารสนเทศของข้อสอบ (Item Information) เขียนแทนด้วย $I,(\theta)$ สำหรับผลรวมของสารสนเทศของข้อสอบในแบบสอบจะทำให้ได้ค่าสารสนเทศของแบบสอบ (Test Information) เขียนแทนด้วย $T(\theta)$

$$T(\theta) = \sum I,(\theta) \quad \text{.....(24)}$$

ค่าสารสนเทศของแบบสอบ (Test Information) เป็นค่าตามระดับความสามารถของผู้ตอบ (θ) และผกผันกับความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (Error Variance) ณ ระดับความสามารถของผู้ตอบ (θ)

$$\sigma_{\theta\backslash\theta}^2 = \frac{1}{T(\theta)} \quad \text{.....(25)}$$

ความเชื่อมั่นของแบบสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) มีค่าไม่คงที่ซึ่งมีค่าตามระดับความสามารถของผู้ตอบ (θ) แต่สามารถที่จะทำให้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบมีรูปแบบที่คล้ายกับความเชื่อมั่นตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ดังสมการที่ (26) โดยมีวิธีการคือ 1) นำสารสนเทศของแบบสอบ (Test Information) มาหาค่าเฉลี่ยทุก ๆ ระดับความสามารถของผู้ตอบ (θ) จะได้ค่าเฉลี่ยสารสนเทศของแบบสอบ $(\bar{T})$ ซึ่งเป็นค่าที่อธิบายถึงระดับค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการวัดของแบบสอบ จะถูกนำไปแทนค่าเพื่อหาความเชื่อมั่นแบบสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความเชื่อมั่นของแบบสอบรวม (Composite Test Reliability) หาได้จากสูตร

$$\rho_{CTT} = 1 - \frac{\bar{T}^{-1}}{\sigma_{\theta}^{2}} \quad \text{.....(26)}$$

เมื่อ σ_{θ}^{2} แทน ความแปรปรวนของการแจกแจง θ

ในการคำนวณความเชื่อมั่นของแบบสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) ต้องใช้เวลามากในการคำนวณ เนื่องจากต้องหาค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบ (Item Information Function) และหาค่าสารสนเทศของแบบสอบ (Test Information) แล้วทำการรวมทุก ๆ ระดับความสามารถของผู้ตอบ (θ) จึงจะได้ค่าเฉลี่ยสารสนเทศของแบบสอบ Mislevy and others (1992) จึงได้เสนอให้ใช้การประมาณค่าแบบ Marginal Maximum-Likelihood (MML) ดังสมการ (27) ทั้งนี้ Wang and Wilson (2005) ได้เสนอสูตรการประมาณค่าความเชื่อมั่นตามแนวคิดของ Mislevy และคนอื่น ๆ ที่เสนอในปี 1992 โดยใช้การประมาณค่าแบบ Marginal Maximum-Likelihood (MML)ว่าเป็นความเชื่อมั่นของแบบสอบ เช่นกัน

$$\rho_{MML} = \frac{\sigma_{EAP}^{2}}{\sigma^{2}} \quad \text{.....(27)}$$

เมื่อ σ_{EAP}^{2} แทน ความแปรปรวนของการประมาณค่าแบบ Expected a Posterior (EAP)

σ^{2} แทน ความแปรปรวนของคุณลักษณะแฝง (Latent Trait)

เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่วิเคราะห์ IRT จะใช้การประมาณค่าแบบ Marginal Maximum-Likelihood (MML) รายงานผลทั้งการประมาณค่าความแปรปรวนคุณลักษณะแฝง (σ^{2}) และการประมาณค่าแบบ Expected a Posterior (EAP) สมการที่ (27) มีความเหมาะสมการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงเชิงปฏิบัติมากกว่าสมการที่ (26)

สมการที่ (26) และ (27) สามารถนำมาบูรณาการได้ดังสมการที่ (28)

$$\bar{T} = \frac{1}{\sigma_{\theta}^{2} - \sigma_{EAP}^{2}} \quad \text{.....(28)}$$

ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative Efficiency ; RE) ของแบบพหุมิติมีค่ามากกว่าแบบเอกมิติ ซึ่งเป็นอัตราส่วนของสารสนเทศแบบสอบ (Test Information) ของแบบพหุมิติมีค่ามากกว่าแบบเอกมิติ สามารถหาค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ ได้ดังสมการ (29)

$$RE_{M/U}(\theta) = \frac{T_M(\theta)}{T_U(\theta)} \quad \text{.....(29)}$$

เมื่อ M แกน แบบพหุมิติ

U แทน แบบเอกมิติ

ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ (Relative Efficiency) จะขึ้นอยู่กับระดับความสามารถของผู้ตอบ (θ) แต่ทั้งนี้สามารถแปลงเป็นค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ย (Average Relative Efficiency; ARE) ได้ดังสูตร

$$ARE_{M/U}(\theta) = \frac{\bar{T}_M}{\bar{T}_U} \quad \text{.....(30)}$$

ค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์เฉลี่ยเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความถูกต้องในการวัดของแบบพหุมิติ (Multidimensional Approach) มีค่าเป็นเท่าใดต่อค่าเฉลี่ยสัมพัทธ์ในการวัดแบบเอกมิติ (Unidimensional Approach) ซึ่งหากมีค่าเท่ากันความต้องการของข้อสอบในแบบเอกมิติที่จะทำให้เกิดความถูกต้องแม่นยำในการวัดจะเท่ากับความต้องการข้อสอบแบบพหุมิติ ตัวอย่างเช่น ถ้ามีค่า ARE เท่ากับ 2 หมายความว่าความต้องการข้อสอบแบบเอกมิติที่จะให้มีความทัดเทียมแบบพหุมิติ หากจะให้มีความถูกต้องในการวัดเหมือนกันต้องเพิ่มข้อสอบถึงสองเท่า

6.2 การประมาณค่าสหสัมพันธ์ของคุณลักษณะแฝง

การหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะแฝง (Latent Trait) การใช้แบบพหุมิติ (Multidimensional Approach) มีการประมาณค่าเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมโดยตรง การประมาณค่านี้สามารถใช้โปรแกรม ACER Conquest แต่หากเป็นแบบเอกมิติ (Unidimensional Approach) การประมาณค่าทางตรง (Direct Estimation) ของเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมหรือค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะแฝง (Latent Trait) ไม่สามารถที่จะหาค่าได้ การที่จะหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะแฝงในแบบเอกมิตินั้นสามารถหาได้ด้วยวิธีการ 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนแรก หาค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างคุณลักษณะแฝง 2 คุณลักษณะที่มีการประมาณค่าแบบ Maximum-Likelihood (ML) สำหรับแบบทดสอบที่สั้น ความคลาดเคลื่อนของการวัด (Measurement Errors) ที่มาจากการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะแฝงจะมีความคลาดเคลื่อนสูง การปรับค่าสหสัมพันธ์อ่อนตัว (Attenuated Correlation) ให้มีการปรับแก้ค่าการอ่อนตัว (Disattenuation) ที่อยู่ภายใต้ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) ปรับได้จากสูตร

$$\rho'_{XY} = \frac{\rho_{XY}}{\sqrt{\rho_{XX'}\rho_{yy'}}} \qquad \text{.....(31)}$$

เมื่อ ρ'_{XY} แทน ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะแฝง X กับ Y ที่ปรับแก้การอ่อนตัว

ρ_{XY} แทน ค่าสหสัมพันธ์ที่มีการอ่อนตัว

$\rho_{XX'}$ แทน ความเชื่อมั่นของแบบสอบ X

$\rho_{yy'}$ แทน ความเชื่อมั่นของแบบสอบ Y

ขั้นตอนที่สอง จากสมการที่ (31) คำนวณค่าสหสัมพันธ์ที่ปรับให้มีค่าแกร่ง การประยุกต์ใช้สูตรที่ปรับค่าจะไม่ทำให้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบเพิ่มขึ้น แต่จะเป็นตัวสะท้อนสหสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะแฝงมากกว่าสหสัมพันธ์ระหว่างการวัด ซึ่งการใช้สูตรที่ปรับค่าจะใช้ต่อเมื่อความคลาดเคลื่อนของการวัด (Measurement Error) มีความคลาดเคลื่อนที่สูง

ในการใช้สูตรที่ปรับแก้อาจจะทำให้ค่าสหสัมพันธ์เกิน 1 ได้ เช่น ถ้ามีค่าสหสัมพันธ์ที่อ่อนตัว (Attenuated Correlation) เท่ากับ .80 และมีคำความเชื่อมั่นของแบบสอบทั้งสองฉบับ เท่ากับ .70 แทนค่าในสูตรสหสัมพันธ์ที่ปรับแก้การอ่อนตัว (Disattenuated Correlation) เท่ากับ $8/\sqrt{.70 \times .70}$ = 1.14 เมื่อใช้แบบทดสอบที่สั้นจำเป็นที่ต้องใช้สูตรสหสัมพันธ์ที่ปรับค่าส่วนใหญ่แล้ว สูตรที่ปรับแก้มักใช้ในทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) มากกว่าทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT)

6.3 การประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติในการตรวจสอบความตรง

ความตรง (Validity) เป็นลักษณะที่สำคัญที่สุดที่ใช้ในการพัฒนาและการประเมินเครื่องมือวัด ซึ่งเป็นเรื่องเกี่ยวกับการลงความคิดเห็นจากคะแนนที่วัดได้อย่างเหมาะสมและให้ประโยชน์ ส่วนการตรวจสอบความตรง (Validation) เป็นกระบวนการในการรวบรวมหลักฐาน

อย่างเป็นระบบ เพื่อสนับสนุนการลงความคิดเห็นจากคะแนนที่วัด (AERA, APA, และ NCME) ในการทดสอบแบบประเพณีนิยมสามารถจำแนกความตรงได้เป็น 3 ประเภท (Cronbach, 1971) คือ

1. ความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-Related Validity) เป็นหลักฐานในการวัดลักษณะที่สนใจได้สอดคล้องกับเกณฑ์ภายนอก โดยการวัดลักษณะที่สนใจสอดคล้องกับสภาพปัจจุบันเป็นความตรงเชิงสภาพ (Concurrent Validity) และการวัดลักษณะที่สนใจสอดคล้องกับสิ่งที่จะเกิดในอนาคตเป็นความตรงเชิงทำนาย (Predictive Validity)

2. ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นหลักฐานในการวัดกลุ่มตัวอย่างเนื้อเรื่องที่วัดได้อย่างครอบคลุมและเป็นตัวแทนของมวลเนื้อเรื่องที่มุ่งวัด

3. ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) เป็นหลักฐานการวัดโครงสร้างลักษณะที่มุ่งวัดที่มีความสอดคล้องกับผลการวัด

มโนทัศน์ความตรงได้เปลี่ยนแปลงไปโดยในยุคปัจจุบันจะเน้นโมเดลอิงโครงสร้างทฤษฎี (Construct Based-Mode) ซึ่ง Messick (1989) ได้กล่าวสรุปถึงแนวโน้มมโนทัศน์ความตรงจะอยู่ที่การตรวจสอบที่ใช้วิธีการที่หลากหลาย โดยวิธีการที่หลากหลายในการตรวจสอบนั้นจะแสดงถึงความเหมาะสมของการตีความหมายและการนำไปใช้เกี่ยวกับการวัดมโนทัศน์ความตรงที่ Messick ได้กล่าวไว้มี 6 มิติ คือ 1. ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Aspect of Validity) 2) ความตรงเชิงสภาพจริง (Substantive Aspect of Validity) 3) ความตรงเชิงโครงสร้าง (Structural Aspect of Validity) 4) ความตรงเชิงสรุปอ้างอิง (Generalizability Aspect of Validity) 5) ความตรงเชิงเกณฑ์ภายนอก (External Aspect of Validity) และ 6) ความตรงเชิงผลลัพธ์ (Consequential Aspect of Validity (Messick, 1995) นอกจากนี้แล้ว Onwuegbuzie and others (2007) ได้ผนวกความเชื่อแนวคิดของความตรงตามประเพณีนิยมกับแนวคิดความตรงของ Messick (1989) ทำให้ได้มโนทัศน์ใหม่ของความตรงที่เรียกว่า โมเดลการตรวจสอบความตรงอภิมาน (Meta-Validation Model) ซึ่งมีการตรวจสอบความตรงโดยอิงฐานเชิงเหตุผล (Logical Based) และการตรวจสอบความตรงโดยอิงฐานเชิงประจักษ์ (Empirically Based) ซึ่งสามารถจำแนกความตรงที่ใช้ด้วยการอิงฐานดังนี้ 1.1 การตรวจสอบความตรงโดยอิงฐานเชิงเหตุผล (Logically Based) คือการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content-Related Validity) ประกอบด้วย ความตรงเชิงปรากฏ (Face Validity) ความตรงของข้อสอบ (Item Validity) และความตรงการสุ่ม (Sampling Validity) 1.2 การตรวจสอบความตรงโดยอิงฐานเชิงประจักษ์ (Empirically Based) เป็นการตรวจสอบความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-Related Validity) และความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct-Related Validity) ซึ่งความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion-Related Validity) ประกอบด้วย ความตรงเชิงสภาพ (Concurrent Validity) และความตรงเชิงทำนาย (Predictive Validity) ส่วนการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct-Related Validity) ประกอบด้วย

ความตรงเชิงสภาพจริง (Substantive Validity) ความตรงเชิงโครงสร้าง (Structural Validity) ความตรงเชิงเกณฑ์ภายนอก (Comparative Validity) ความตรงเชิงผลลัพธ์ (Outcome Validity) และความตรงเชิงสรุปอ้างอิง (Generalizability)

ความตรงที่ใช้เป็นส่วนใหญ่ในการวัดคุณลักษณะทางจิตคือความตรงเชิงโครงสร้าง ซึ่งหมายถึงความถูกต้องแม่นยำของการประเมินโครงสร้างคุณลักษณะที่มุ่งวัด ซึ่งสามารถแสดงหลักฐานความตรงได้โดย 1) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation Analyses) 2) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis) 3) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) 4) ลักษณะความเป็นเอกมิติ (Unidimensionality) 5) ลักษณะความเป็นพหุมิติ (Multidimensionality) (Wolfe and Smith, 2007) ซึ่งในธรรมชาติของคุณลักษณะสิ่งที่มุ่งวัดนั้นส่วนใหญ่จะมีหลายมิติและมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันในแต่ละมิติและการนำวิธีการตรวจสอบความตรงตามโครงสร้างตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบยังมิได้มีผู้ศึกษามากนัก รวมไปถึงข้อตกลงเบื้องต้นของความเป็นเอกมิติในโมเดลการตอบสนองข้อสอบที่ส่วนใหญ่จะมีการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นนี้เนื่องด้วยธรรมชาติของโครงสร้างองค์ประกอบลักษณะที่มุ่งวัดมีหลายองค์ประกอบนั่นเอง ด้วยเหตุอันนี้การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างมีวิธีการตรวจสอบที่เหมาะสมกับข้อมูลมากขึ้นด้วยวิธีการตรวจสอบความเป็นพหุมิติ

ในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการของความเป็นพหุมิตินั้นมีวิธีการแสดงหลักฐานความเป็นพหุมิติ โดยเป็นการประเมินพิจารณาเมื่อการวัดมีลักษณะที่มุ่งวัดเป็นแบบพหุมิติหรือการวิเคราะห์ที่มุ่งจะชี้วัดความเป็นเอกมิติไม่มีความเหมาะสม จึงต้องมีการใช้โมเดลการวัดแบบพหุมิติช่วยยืนยันโครงสร้างให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น (Wolfe and Smith, 2007) ตัวชี้วัดที่จะแสดงถึงความตรงเชิงโครงสร้างนั้นพิจารณาโดยหากโมเดลซ้อนสัมพันธ์กัน (Nested) หรือสัมพันธ์กันลักษณะเชิงลดหลั่น (Hierarchically Related) นั่นก็คือ โมเดลแบบพหุมิติ (Multidimensional Approach) กับโมเดลแบบเอกมิติรวม (Composite Approach) (Briggs and Wilson, 2003 ; Allen and Wilson, 2002) ประเมินเปรียบเทียบโมเดลจากค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic ; G^2) ซึ่งเป็นสถิติทดสอบอัตราส่วนไลค์ลิฮูด (Likelihood-Ratio-Test) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สถิติทดสอบไคสแควร์อัตราส่วนไลค์ลิฮูด (Likelihood Ratio Chi-Squared Statistic) โดยจะเป็นสถิติที่ใช้ในการประเมินบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของโมเดล (Hoskens and Boeck, 2001) และหากโมเดลไม่ซ้อนสัมพันธ์กัน (Non-Nested) หรือไม่สัมพันธ์กันลักษณะเชิงลดหลั่น (Non Hierarchically Related) ดังเช่น โมเดลแบบพหุมิติ (Multidimensional Approach) กับโมเดลแบบเอกมิติแยกตามมิติ (Consecutive Approach) ประเมินเปรียบเทียบจากเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterion ; AIC) (Briggs and Wilson, 2003 ; Allen and Wilson, 2002) ประเมินเปรียบเทียบโมเดลจากค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic ;

G^2) ซึ่งเป็นสถิติทดสอบ โดยจะเป็นค่าสถิติที่ใช้ในการประเมินบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของโมเดลเช่นกัน (Hoskens and Boeck, 2001)

ในการแสดงหลักฐานความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการของความเป็นพหุมิติจะเป็นการแสดงหลักฐานจากการประเมินเปรียบเทียบโมเดล (Competing Models) ระหว่างโมเดลโครงสร้างแบบพหุมิติกับโมเดลโครงสร้างเอกมิติ โดยพิจารณาความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลคุณลักษณะแฝงกับข้อมูลว่าโมเดลโครงสร้างคุณลักษณะแฝงใดจะมีความสอดคล้องกับข้อมูลมากกว่ากัน ประเมินโดยใช้สถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic ; G^2) ซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของโมเดล (Allen and Wilson, 2002 ; Liu, Wilson and Paek, 2008) และเป็นสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบโมเดลที่มีการซ้อนสัมพันธ์กัน (Nested Models) คือ การเปรียบเทียบระหว่างโมเดลแบบพหุมิติ (Multidimensional Approach) กับ โมเดลแบบเอกมิติรวม (Composite Approach) คำนวณได้จากสูตร G^2 =-2(L_M-L_S) โดย L_M คือ ค่า Maximum Log-Likelihood สำหรับโมเดลที่ศึกษา และ L_S คือ ค่า Maximum Log-Likelihood สำหรับโมเดลอิ่มตัว (Saturated Model) (Agresti, 1996 ; Wolfe and Smith, 2007) การเปรียบเทียบความเหมาะสมเชิงสัมพัทธ์ (Relative Fit) ของสองโมเดล คือ โมเดลเต็มรูป (Fuller Model) กับโมเดลซ้อนสัมพันธ์ (Nested Model) สามารถประเมินโดยการเปรียบเทียบจากค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic) ของสองโมเดลด้วยวิธีการทางสถิติที่เรียกว่า สถิติทดสอบไคสแควร์อัตราส่วนไลค์ลิฮูด (Likelihood Ratio Chi-Squared Statistic) ดังสูตร $G^2(M_{Nested}|M_{Fuller})$ =χ^2_{LR}=$G^2_N - G^2_F$ โดย χ^2_{LR} คือ การแจกแจงที่มีลักษณะเหมือนสถิติไคสแควร์กับองศาความเป็นอิสระ (Degree of Freedom) ซึ่งองศาความเป็นอิสระก็คือความแตกต่างระหว่างจำนวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์ของสองโมเดล (McCullagh and Nelder, 1990) สำหรับค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic) จะลดลงตามการเพิ่มขึ้นของพารามิเตอร์โมเดล (Allen and Wilson, 2002) ทั้งนี้ดัชนีการเปรียบเทียบโมเดลคือสถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic) ที่กล่าวมามีความไวต่อขนาดกลุ่มตัวอย่างในการตีความหมายอาจจะประยุกต์ใช้ค่าสัดส่วนคงที่ (Proportionality Constant ; PC) สามารถคำนวณจากสูตร PC = G^2/df (ในกรณีศึกษาค่าสัดส่วนคงที่ (PC) จากสูตรดังกล่าว df = จำนวนผู้ตอบ-จำนวนพารามิเตอร์) (Agresti, 1996 ; Wolfe and Smith, 2007) ซึ่งค่าสัดส่วนคงที่เป็นดัชนีที่บ่งชี้ถึงค่าเฉลี่ยรวมของความแปรปรวนคะแนนสังเกตที่อธิบายได้ ด้วยพารามิเตอร์ของโมเดล

สำหรับการประเมินโมเดลไม่ซ้อนสัมพันธ์กัน (Non-Nested) พิจารณาจากเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterion ; AIC) คำนวณมาจากสูตร AIC = (-2) Logmaximum Likehood + 2 (จำนวนพารามิเตอร์) (Akaike, 1987) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งนั่นคือสูตร AIC = G^2 +2p (เมื่อ p คือ จำนวนพารามิเตอร์) นั่นเอง (Yao and Schwarz, 2006) ซึ่งเป็นค่าสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบความเหมาะสมเชิงสัมพัทธ์ (Relative Fit) ของสองโมเดลที่ไม่มีการ

ซ้อนสัมพันธ์กัน (Nonnested Models) และยังเป็นสถิติสามารถที่จะอธิบายความแตกต่างจำนวนพารามิเตอร์ระหว่างสองโมเดลได้โดยเป็นการเปรียบเทียบระหว่างโมเดลแบบพหุมิติกับโมเดลแบบเอกมิติแยกตามมิติ ซึ่งโมเดลแบบเอกมิติแยกตามมิติ จะเป็นโมเดลที่มีโครงสร้างเอกมิติที่อิสระจากกัน ประมาณค่าความสามารถคุณลักษณะแฝงในแต่ละมิติอย่างอิสระจากกัน ซึ่งในแต่ละมิติสามารถทำการวิเคราะห์ โดยการรวมคะแนนจากข้อคำถามในแต่ละมิติเพื่อทำการวิเคราะห์ เมื่อต้องทำการเปรียบเทียบโมเดลเพื่อสะท้อนโมเดลที่มีลักษณะเอกมิติแยกตามมิติในภาพรวม สามารถคำนวณค่าสถิติของโมเดลได้จากการรวมค่าสถิติที่ได้ในแต่ละมิติเข้าด้วยกัน (Agresti, 1984 ; Briggs and Wilson, 2003 ; Allen and Wilson, 2002) เช่น โมเดลเอกมิติแยกตามมิติ มี 3 มิติ หากต้องคำนวณค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic ; G^2) และจำนวนพารามิเตอร์ (p) คำนวณได้จากการรวมค่าสถิติทุกมิติเข้าด้วยกัน (Consecutive Approach G^2 = $G_{d1}^2 + G_{d2}^2 + G_{d3}^2$ และจำนวนพารามิเตอร์ = $P_{d1} + P_{d2} + P_{d3}$, เมื่อd คือ มิติ) แต่ทั้งนี้สถิติ AIC ยังเป็นสถิติที่ยากต่อการตีความหมายของข้อมูล Wolfe and others (2007) จึงเสนอแนะให้ประยุกต์ใช้สถิติ PC_{AIC} ซึ่งเป็นสัดส่วนคงที่ของค่าสามารถคำนวณจากสูตร PC_{AIC} = AIC/df ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับคำสัดส่วนคงที่ (Proportionality Constant; PC)

ทั้งนี้ในการตีความหมายของค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic ; G) และเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterion ; ANC) พิจารณาจากโมเดลใดมีค่าน้อยจะแสดงถึงโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่า และสถิติทั้งสองยังเป็นตัวบ่งชี้ถึงโมเดลที่คาดว่า ดีที่สุดจากการพิจารณาจากความแตกต่างระหว่างโมเดล ซึ่งจะนำโมเดลไปใช้ในการตีความหมายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Briggs and Wilson, 2003 ; Allen and Wilson, 2002)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเด็นการตรวจสอบความตรงโดยใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติมีผู้ได้กล่าวไว้คือ McDonald (1967) กล่าวไว้ว่าประโยชน์ของการนำโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติมาใช้ประโยชน์เพื่อสร้างแบบสอบศึกษาความตรง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มคุณค่าในด้านการตรวจสอบความตรงให้มีความเหมาะสมกับข้อมูล นอกจากนี้แล้ว Myers and others (2006) ยังได้แสดงหลักฐานความตรงของสมรรถนะการเป็นโค้ชด้วยการตรวจสอบจากโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ และ Wolfe and Smith (2007) ได้ตรวจสอบความตรงของการวัดประสิทธิภาพครูที่มีต่อการประเมินในชั้นเรียน ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการพัฒนาการตรวจสอบความตรงด้วยโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

6.4 การตรวจสอบความเหมาะสมรายข้อ

ค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT Item Fit Statistics) เป็นค่าสถิติที่ระบุว่าข้อมูลรายข้อนั้นสอดคล้องกับโมเดล IRT ที่กำหนดไว้หรือไม่ ข้อมูลรายข้อที่สอดคล้องกับโมเดล IRT แสดงว่าข้อนั้นมีรูปแบบการตอบที่สอดคล้องกับโมเดลที่มีลักษณะ

เป็นรูปโค้งความถี่สะสม กล่าวคือคนที่มีความสามารถในสิ่งที่วัดสูงมีโอกาสในการตอบข้อสอบได้ดีกว่าคนที่มีความสามารถในสิ่งที่วัดต่ำ (อรพินทร์ ชูชม, 2545)

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Conquest จะให้ดัชนีชี้วัดความเหมาะสมของข้อสอบรายข้อ 2 ค่าคือ OUTFIT MNSQ (OUTFIT Mean Square หรือ Unweighted Mean Square) และ INFIT MNSQ (INFIT Mean Square หรือ Weighted Mean Square) โดยทั้งสองค่านี้อยู่บนฐานแนวคิดของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานระหว่างผลการตอบข้อสอบและโมเดลการวัดนั้น (DeMars, 2004) ทั้งนี้การพิจารณาความเหมาะสมข้องโมเดลกับข้อคำถามโดยใช้ค่าสถิติ OUTFIT MNSQ มีจุดด้อยคือเป็นสถิติที่มีความไว (Sensitivity) ต่อการบ่งชี้ข้อคำถามใดไม่มีความเหมาะสม (Misfit) คับโมเดล ซึ่งอาจจะปฏิเสธ (Reject) ข้อคำถามนั้น ๆ เพียงเพราะผู้ตอบ 2-3 คน ที่ตอบไม่เหมาะสมแตกต่างออกไปจากลักษณะการตอบข้อคำถามของกลุ่มผู้ตอบโดยรวม เช่น คนที่มีคุณลักษณะ (Trait) ที่วัดในระดับสูงตอบข้อคำถามบางรายการในระดับต่ำหรือในทางตรงข้ามคนที่มีคุณลักษณะ (Trait) ที่วัดในระดับต่ำกลับตอบข้อคำถามบางรายการในระดับสูง ซึ่งลักษณะการตอบดังกล่าวถือว่าไม่มีความเหมาะสมกับค่าความน่าจะเป็น (Probability) ที่ควรจะตอบ (Wright and Masters, 1982) ทางเลือกหนึ่งที่สามารถกระทำได้คือการพิจารณาร่วมกับค่าสถิติ INFIT MNSQ ที่มีการถ่วงน้ำหนัก

ในโปรแกรม ConQuest ค่าสถิติ OUTFIT MNSQ มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (32) และค่าสถิติ INFIT MNSQ มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (33) (Wu and others, 2007)

$$FIT_{out,p} = \int_{\theta_1}\int_{\theta_2}\dots\int_{\theta_N}\left[\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}\hat{Z}^2{}_{np}(\theta_n)\right]\prod_{n=1}^{N}h_\theta\left(\theta_n; Y_n, \hat{\xi}, \hat{\beta}, \hat{\sigma}^2 \middle| X_n\right)d\theta_N d\theta_{N-1}\dots d\theta_1, \quad \text{.....(32)}$$

$$FIT_{in,p} = \int_{\theta_1}\int_{\theta_2}\dots\int_{\theta_N}\left[\frac{\sum_{n=1}^{N}\hat{Z}^2{}_{np}(\theta_n)\nu_{np}(\theta_n)}{\sum_{n=1}^{N}\nu_{np}(\theta_n)}\right]\prod_{n=1}^{N}h_\theta\left(\theta_n; Y_n, \hat{\xi}, \hat{\beta}, \hat{\sigma}^2 \middle| X_n\right)d\theta_N d\theta_{N-1}\dots d\theta_1, \quad \text{.....(33)}$$

โดย Wright and Masters (1982) เสนอให้ใช้ค่า OUTFIT MNSQ และ INFIT MNSQ ที่มีค่าอยู่ระหว่าง .75 ถึง 1.33 Linacre and Wright (1994) เสนอให้ใช้ค่าที่อยู่ระหว่าง .60 ถึง 1.50 และ Roiser (1995) ; Mok and others (2006) เสนอแนะให้ใช้ค่าที่อยู่ระหว่าง .70 ถึง 1.30 จึงจะแสดงถึงโมเดลมีความเหมาะสมรายข้อ นอกจากนี้แล้ว Wright and others (1994) ยังได้เสนอแนะให้ใช้ค่า OUTFIT MNSQ และ INFIT MNSQ ให้มีความเหมาะสมกับประเภทการสอบวัดต่าง ๆ โดยมีรายละเอียด ดังตาราง 12

ตาราง 12 ช่วงการพิจารณาค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อตามประเภทการสอบ

ประเภทการสอบวัด	ช่วงของการพิจารณาค่า OUTFIT MNSQ และ INFIT MNSQ
การวัดที่มีผลกระทบสูง ๆ (High Stakes)	.80 ถึง 1.20
การวัดทั่วไป	.70 ถึง 1.30
มาตรประเมินค่า (Rating Scale) (เชิงสำรวจ)	.60 ถึง 1.40
การวัดเชิงคลินิก (Clinical Observation)	.50 ถึง 1.70
การวัดที่ต้องลงความเห็น (Judged)	.40 ถึง 1.20

Wright and others (1994) ยังได้อธิบายถึงการตีความหมายจากค่าสถิติ OUTFIT MNSQ และ INFIT MNSQ ดังตาราง 13

ตาราง 13 การตีความหมายของระดับค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อ

ระดับของค่า OUTFIT MNSQ และ INFIT MNSQ	การตีความหมาย
> 2.00	ข้อสอบผิดเพี้ยนไปจากโครงสร้างการวัด (Distorts or Degrading)
1.50 ถึง 2.00	ข้อสอบไม่มีความเหมาะสมสำหรับโครงสร้างการวัดแต่ข้อสอบไม่ได้ผิดเพี้ยนออกไปจากโครงสร้างการวัด (Not Degrading)
0.50 ถึง 1.50	ข้อสอบมีความเหมาะสมสำหรับโครงสร้างการวัด
< .50	ข้อสอบมีความเหมาะสมน้อยสำหรับโครงสร้างการวัดแต่ข้อสอบไม่ได้ผิดเพี้ยนออกไปจากโครงสร้างการวัด (Not Degrading) ทั้งนี้อาจจะมีผลทำให้ค่าความเที่ยง (Reliabilities) ผิดเพี้ยนไป

นอกจากนี้โปรแกรม ConQuest ยังได้รายงานค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อ (Item Fit) ที่ถูกแปลงให้อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐานที่มีการกระจายเป็นโค้งปกติ คือ ค่าสถิติ OUTFIT T มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (34) และค่าสถิติ INFIT T มีสูตรการคำนวณดังสมการที่ (35) (Wu and others, 2007)

$$t_{out,p} = \frac{Fit_{out,p}^{\frac{1}{3}} - 1 + \frac{2}{9rN}}{\left(\frac{2}{9rN}\right)^{\frac{1}{2}}} \quad \text{.....(34)}$$

เมื่อ r คือ การประมาณค่าที่ได้จาก Monte Carlo ในสมการที่ (32)

$$t_{in,p} = \left[Fit_{out,p}^{\frac{1}{3}} - 1\right] \frac{3}{\sqrt{var(Fit_{in,p})}} + \frac{\sqrt{var(Fit_{in,p})}}{3} \quad \text{.....(35)}$$

เมื่อ $var(Fit_{in,p}) = \left[\frac{1}{\sum_n \upsilon_{np}}\right]^2 \left[\sum_n (E\left(\left(A_p' X_n - E_{np}\right)^4\right) - \upsilon_{np}^2)\right]$

การพัฒนาข้อสอบตามแนวคิดพหุมิติ

สมบัติ ท้ายเรือคำ (2552) กล่าวถึงการพัฒนาข้อสอบหรือแบบสอบโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ (Multidimensional Item Response Theory : MIRT) โดยมีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 วางแผนสร้างข้อสอบ

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องวิเคราะห์สังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีเอกสารตำราที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาที่ต้องการออกข้อสอบ โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติดังนี้

1.1 กำหนดเนื้อหาวิชาที่ต้องการจะออกข้อสอบผู้สร้างข้อสอบจะต้องกำหนดขอบเขตเนื้อหา มาตรฐานการเรียน และสาระการเรียนรู้

1.2 กำหนดโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ มี 2 ประเภทคือโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติเชิงสำรวจ (Exploratory MIRT Model) และโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติเชิงยืนยัน (Confirmatory MIRT Model) ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์องค์ประกอบโดย Exploratory MIRT Model เป็นโมเดลที่เกี่ยวข้องกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบและผู้สอบมากกว่า 1 มิติเพื่อให้โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลโดยไม่ได้กำหนดจำนวนขององค์ประกอบไว้ล่วงหน้าซึ่งตรงข้ามกับ Confirmatory MIRT Model เป็นโมเดลที่เกี่ยวข้องกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ในมิติที่มีความเฉพาะเจาะจงซึ่งคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยการวิเคราะห์จะเกี่ยวข้องกับการระบุความสัมพันธ์ของข้อสอบไปยังมิติต่าง ๆ โมเดลที่นิยมใช้เป็นโมเดลที่ขยายมาจาก UIRT ได้แก่

2.1 โมเดลโลจิสติกแบบพหุมิติ (Multidimensional Logistic Model) โมเดลโลจิสติกตามทฤษฎี UIRT จะประกอบด้วยโมเดลโลจิสติก 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์โมเดล MIRT ก็เช่นเดียวกันจะประกอบไปด้วยโมเดลโลจิสติก 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์แต่จะต่างกันในจำนวนมิติที่ศึกษาโดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 โมเดลโลจิสติกแบบพหุมิติ 1 พารามิเตอร์ (Multidimensional Rasch Model)

$$P(X_{is}=1|\theta_s,\delta_i)=\frac{\exp(\sum_{ms}\theta_{sm}+\delta_i)}{1+\exp(\sum_{ms}\theta_{sm}+\delta_i)} \quad \text{..... (36)}$$

2.1.2 โมเดลโลจิสติกแบบพหุมิติชนิด 2 พารามิเตอร์ (Multidimensional 2-Parameter Logistic Model)

$$P(X_{is}=1|\theta_s,\delta_i,\alpha_i)=\frac{\exp(\sum_{ms}\alpha_{im}\theta_{sm}+\delta_i)}{1+\exp(\sum_{ms}\alpha_{im}\theta_{sm}+\delta_i)} \quad \text{..... (37)}$$

2.1.3 โมเดลโลจิสติกแบบพหุมิติชนิด 3 พารามิเตอร์ (Multidimensional 3-Parameter Logistic Model)

$$P(X_{is}=1|\theta_s,\delta_i,\alpha_i,\gamma_i)=\gamma_i+(1-\gamma_i)\frac{\exp(\sum_{ms}\alpha_{im}\theta_{sm}+\delta_i)}{1+\exp(\sum_{ms}\alpha_{im}\theta_{sm}+\delta_i)} \quad \text{..... (38)}$$

2.2 โมเดลปกติสะสมแบบพหุมิติ (Multidimensional Normal Ogive Model) เมื่อพิจารณาถึงโมเดลปกติสะสมตามทฤษฎี IRT ก็มีส่วนที่คล้ายคลึงกันระหว่าง UIRT และ MIRT ซึ่งประกอบด้วยโมเดลปกติสะสม ชนิด 1, 2 และ 3 พารามิเตอร์ แต่จะแตกต่างกันในจำนวนมิติที่ทำการศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 โมเดลปกติสะสมแบบพหุมิติ 2 พารามิเตอร์ (Multidimensional 2-Parameter Normal Ogive Model)

$$P(X_{is}=1|\theta_s,\delta_i,\alpha_i)=\int_{Z_{is}}^{\infty}\frac{1}{(2\pi)^{1/2}}\exp(-t^2/2)dt \quad \text{..... (39)}$$

2.2.2 โมเดลปกติสะสมแบบพหุมิติกับโอกาสการเดาข้อสอบ (Multidimensional Normal Ogive Model With Guessing)

$$P(X_{is}=1|\theta_s,\beta_i,\delta_i,\alpha_i,\gamma_i)=\gamma_i+(1-\gamma_i)\int_{Z_{is}}^{\infty}\frac{1}{(2\pi)^{1/2}}\exp(-t^2/2)dt \quad \text{..... (40)}$$

2. กำหนดเนื้อหาที่ต้องการวัดเป็นการกำหนดน้ำหนักของเนื้อหาความสำคัญของเนื้อหา เช่นในวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องสมการดังตาราง 14

ตาราง 14 การกำหนดเนื้อหาและน้ำหนักของเนื้อหา (ตัวอย่างวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องสมการ)

เรื่อง	เนื้อหา	ความสำคัญ
สมการ	สมบัติของการเท่ากันของการบวกและลบ	10%
	สมบัติของการเท่ากันของการคูณและการหาร	10%
	การแก้สมการ	40%
	โจทย์สมการ	40%
	รวม	100%

3. กำหนดพฤติกรรม (มิติ) ที่ต้องการวัดเป็นการกำหนดน้ำหนักของพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด ในการที่จะกำหนดว่าในแต่ละเนื้อหาต้องการที่จะให้เกิดพฤติกรรมอะไรบ้างแก่ผู้สอบ ในที่นี้จะยกตัวอย่าง 2 มิติ คือ มิติกระบวนการพุทธิปัญญากับมิติความรู้

มิติกระบวนการ (The Cognitive Process Dimension) หมายถึงความสามารถในการนำเอาความรู้ความคิดการดำเนินการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลของนักเรียนซึ่งประกอบด้วย 6 กระบวนการคือจำเข้าใจประยุกต์ใช้วิเคราะห์ประเมินค่าและสร้างสรรค์ตามลำดับตามแนวคิดของบลูมและคณะที่ปรับปรุงใหม่ในปี 2001 โดย Anderson

มิติความรู้ (The Knowledge Dimension) หมายถึงความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับสาขาวิชาที่เรียนทฤษฎีโมเดลโครงสร้างการจำแนกแยกแยะเทคนิควิธีการและการเข้าใจการ

คิดของตนเองซึ่งประกอบด้วย 4 มิติคือความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงมโนทัศน์ วิธีดำเนินการและอภิปัญญาตามลำดับตัวอย่างการกำหนดพฤติกรรม(มิติ)ที่ต้องการวัด แสดงได้ตามตาราง 15-18

ตาราง 15 การกำหนดพฤติกรรม (มิติ) ที่ต้องการวัด เนื้อหา สมบัติของการเท่ากันของการบวกและลบ

มิติด้านความรู้	จำนวนข้อ	มิติด้านกระบวนการ				
		จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า/สร้างสรรค์
ข้อเท็จจริง	3	3				
มโนทัศน์	5		5			
วิธีดำเนินการ	2		2			
อภิปัญญา						

ตาราง 16 การกำหนดพฤติกรรม(มิติ) ที่ต้องการวัด เนื้อหา สมบัติของการเท่ากันของการคูณและหาร

มิติด้านความรู้	จำนวนข้อ	มิติด้านกระบวนการพุทธิปัญญา				
		จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า/สร้างสรรค์
ข้อเท็จจริง	5	5				
มโนทัศน์	2		2			
วิธีดำเนินการ	3			3		
อภิปัญญา						

ตาราง 17 การกำหนดพฤติกรรม (มิติ) ที่ต้องการวัด เนื้อหาการแก้สมการ

มิติด้านความรู้	จำนวนข้อ	มิติด้านกระบวนการพุทธิปัญญา				
		จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า/สร้างสรรค์
ข้อเท็จจริง	5	5				
มโนทัศน์	10		10			
วิธีดำเนินการ	25			25		
อภิปัญญา						

ตาราง 18 การกำหนดพฤติกรรม (มิติ) ที่ต้องการวัดเนื้อหาโจทย์สมการ

มิติด้านความรู้	จำนวนข้อ	มิติด้านกระบวนการพุทธิปัญญา				
		จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า/สร้างสรรค์
ข้อเท็จจริง	5	5				
มโนทัศน์	5		5			
วิธีดำเนินการ	30		5	10	10	5

ขั้นที่ 2 สร้างแบบทดสอบ

สร้างแบบทดสอบแบบเขียนตอบโดยสร้างข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Item) จำนวน 5 ตัวเลือกเรื่อง สมการ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในเนื้อหาที่กำหนดตามมิติด้านกระบวนการและมิติด้านความรู้

ขั้นที่ 3 หาคุณภาพของข้อสอบ

1. สร้าง Q-Matrix เป็นการสร้างแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความเชื่อมั่นตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของการระบุกระบวนการพุทธิปัญญากับข้อสอบ มีรายละเอียดดังนี้

1.1 การพิจารณาความเหมาะสมของการระบุกระบวนการพุทธิปัญญากับข้อสอบ ให้พิจารณาความเหมาะสมดังนี้

ให้ +1 คะแนนเมื่อแน่ใจว่ากระบวนการพุทธิปัญญาที่ระบุมีความจำเป็นต่อการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง

ให้ 0 คะแนนเมื่อไม่แน่ใจว่ากระบวนการพุทธิปัญญาที่ระบุมีความจำเป็นต่อการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง

ให้ -1 คะแนนเมื่อแน่ใจว่ากระบวนการพุทธิปัญญาที่ระบุไม่มีความจำเป็นต่อการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง

1.2 การพิจารณาความสอดคล้องของข้อสอบกับเนื้อหาให้พิจารณาความสอดคล้อง ดังนี้

ให้ +1 คะแนนเมื่อแน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงตามเนื้อหา

ให้ 0 คะแนนเมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงตามเนื้อหา

ให้ -1 คะแนนเมื่อแน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ไม่ตรงตามเนื้อหา

ผู้ที่ทำการออกข้อสอบแบบพหุมิติจะต้องทำการกำหนดมิติที่จำเป็นต่อการตอบข้อสอบได้ถูกต้องอีกครั้งหนึ่ง เพื่อดูว่าในการตอบข้อสอบได้ถูกต้องในข้อนั้น ๆ ผู้ตอบได้ใช้มิติอะไรบ้างในการตอบข้อสอบได้ถูก ในที่นี้ขอยกตัวอย่างกระบวนการพุทธิปัญญา มีรายละเอียดดังนี้

กระบวนการพุทธิปัญญา (Cognitive Process) หมายถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้ความคิดการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลของนักเรียนมีลักษณะเป็นสองมิติที่เกี่ยวข้องกับมิติด้านความรู้และมิติด้านกระบวนการโดยมิติด้านกระบวนการประกอบด้วย 6 กระบวนการคือ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์ ประเมินค่าและสร้างสรรค์ ตามลำดับ ส่วนมิติด้านความรู้ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง มโนทัศน์ วิธีดำเนินการและอภิปัญญา ตามลำดับ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้กระบวนการพุทธิปัญญาตามแนวคิดของบลูมและคณะที่ปรับปรุงใหม่ในปี 2001 โดย Anderson and others (2001) ดังนี้

1. จำข้อเท็จจริง (Remember of Factual Knowledge) หมายถึงความสามารถในการดึงเอาข้อเท็จจริงที่มีอยู่ในหน่วยความจำระยะยาวออกมาเช่นความรู้เกี่ยวกับศัพท์เฉพาะ (Knowledge of Terminology) ความรู้เฉพาะเกี่ยวกับรายละเอียดหรือส่วนประกอบ (Knowledge of Specific Details and Elements) เป็นต้น

2. เข้าใจมโนทัศน์ (Understand of Conceptual Knowledge) หมายถึง ความสามารถในการตีความ (Interpreting) การยกตัวอย่าง (Exemplifying) การจำแนกประเภท (Classifying) การสรุป (Summarizing) การอนุมาน (Inferring) การเปรียบเทียบ (Comparing) และการอธิบาย (Explaining) โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับการแบ่งชั้นและจำแนกประเภท (Knowledge of Classifications and Categories) ความรู้เกี่ยวกับหลักการและการสรุปอ้างอิง (Knowledge of Principles and Generalizations) และความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีโมเดลและโครงสร้าง (Knowledge of Theories Models and Structures)

3. ประยุกต์ใช้วิธีดำเนินการ (Apply of Procedural Knowledge) หมายถึงความสามารถในการดำเนินการงานตามกฎเกณฑ์ (Executing) และการใช้ระเบียบวิธีการเป็นเครื่องมือในการดำเนินงานในสถานการณ์ใหม่ (Implementing) โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับวิธีการทำงานเช่นความรู้เกี่ยวกับทักษะและวิธีการแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนตามลำดับในแต่ละเรื่อง (Knowledge of Subject-Specific Skills and Algorithms) ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการในในแต่ละเรื่อง (Knowledge of Subject-Specific Techniques and Methods) และความรู้เกี่ยวกับหลักเกณฑ์ที่ใช้เป็นแนวทางในกำหนดวิธีการทำงานที่เหมาะสม (Knowledge of Criteria for Determining When to Use Appropriate Procedures)

4. วิเคราะห์มโนทัศน์ (Analyze of Conceptual Knowledge) หมายถึงความสามารถในการแยกส่วนประกอบของสิ่งต่าง ๆ และค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบกับ

โครงสร้างรวมหรือส่วนประกอบเฉพาะเกี่ยวกับความแตกต่าง (Differentiating) การจัดโครงสร้าง (Organizing) และการระบุคุณลักษณะ (Attributing) โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับโดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับการแบ่งชั้นและจำแนกประเภท (Knowledge of Classifications and Categories) ความรู้เกี่ยวกับหลักการและการสรุปอ้างอิง (Knowledge of Principles and Generalizations)และความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีโมเดลและโครงสร้าง (Knowledge of Theories Models and Structures)

ตาราง 19 แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของการระบุกระบวนการพุทธิปัญญากับข้อสอบ (Q-Matrix)

ข้อสอบเรื่อง สมการ เนื้อหา สมบัติของการเท่ากันของการบวกและลบ	กระบวนการพุทธิปัญญาที่จำเป็นต่อการตอบข้อสอบได้ถูกต้อง		ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับ					
			ความเหมาะสมของกระบวนการพุทธิปัญญากับข้อสอบ			ความเหมาะสมของข้อสอบกับเนื้อหา		
			-1	0	+1	-1	0	+1
1. ถ้า a = b แล้ว b = a เป็นไปตามสมบัติในข้อใด ก. สมบัติการสมมาตร ข. สมบัติการถ่ายทอด ค. สมบัติการคูณ ง. สมบัติการบวก	✓	จำข้อเท็จจริง เข้าใจมโนทัศน์ ประยุกต์ใช้วิธีดำเนินการ วิเคราะห์มโนทัศน์						
2. 1, 3, 5, 7, 9,..จำนวนในลำดับที่ 7 คือจำนวนใด ก. 11 ข. 12 ค. 13 ง. 14	✓ ✓ ✓	จำข้อเท็จจริง เข้าใจมโนทัศน์ ประยุกต์ใช้วิธีดำเนินการ วิเคราะห์มโนทัศน์						

2. ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสม แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ของความตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของการะบุกระบวนการพุทธิปัญญาตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปเพื่อนำไปใช้ในการจัดทำแบบทดสอบแบบเขียนตอบหาค่าความเชื่อมั่นตรงเชิงเนื้อหาโดยการพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ (Index of Consistency) (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2552)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad \text{..... (33)}$$

เมื่อ IOC แทนดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทนผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทนจำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3. จัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปหาค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบนักเรียนมาวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเชิงซ้อนด้วยโมเดลปกติสะสมแบบพหุมิติโดยใช้โปรแกรม NOHARM 3.0 หรือโปรแกรมอื่น ๆ ที่สามารถวิเคราะห์แบบพหุมิติได้ เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ได้แก่ ค่าอำนาจจำแนก (a) และจุดตัดของค่าความยากแบบพหุมิติ (Eassiness Intercept) (d) ส่วนค่าโอกาสการเดา (c) กำหนดให้ทุกข้อมีค่าคงที่เท่ากับ 0.20 (ถ้าข้อสอบเป็นชนิด 5 ตัวเลือก) และโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติไม่สามารถการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์การเดาได้รายละเอียดมีดังนี้

3.1 ค่าอำนาจจำแนก (MDISC)

$$MDISC_i = \sqrt{\sum_{k=1}^{M} a_{ik}^2} \quad \text{..... (34)}$$

โดย $MDISC_i$ แทน ค่าอำนาจจำแนกรวมของข้อสอบข้อที่ i ใน m มิติ

M แทน จำนวนของมิติใน θ-Space

a_{ik} แทน ส่วนประกอบของ a_i-เวคเตอร์ของมิติที่ k

พหุน ปณฑิโต ชีเว

3.2 ค่าความยากของข้อสอบ (MDIFF)

$$MDIFF_i = \frac{-d}{MDISC_i} \quad \text{..... (35)}$$

โดย d แทน พารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับค่าความยากของข้อสอบในแบบสอบ ในที่นี้จะยกตัวอย่างข้อสอบที่วัด 3 มิติ โดยการประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองพหุมิติ

ตาราง 20 ตัวอย่างข้อสอบที่พัฒนาโดยการประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองพหุมิติ

ข้อสอบ	มิติด้านความรู้	มิติด้านกระบวนการพุทธิปัญญา			
		จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์
a + 14 = -4 , a มีค่าตรงกับข้อใดจึงจะทำให้สมการเป็นจริง	ข้อเท็จจริง	✓			
	มโนทัศน์		✓		
ก. -18	วิธีดำเนินการ			✓	
ข. -10	อภิปัญญา				
ค. 10	ค่าพารามิเตอร์				
ง. 18	a_1			0.668	
จ. 56	a_2			0.168	
	a_3			0.620	
	a_4				
	d			-0.653	
	MDISC			0.927	
	MDIFF			0.705	

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าการพัฒนาคุณภาพของข้อสอบและแบบสอบนั้นต้องอาศัยทฤษฎีทางการทดสอบเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนา โดยทฤษฎีการทดสอบที่นำมาใช้ในการพัฒนาข้อสอบและแบบสอบได้แก่ CTT UIRT และ MIRT ซึ่งแต่ละทฤษฎีมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันไป โดย CTT มีแนวคิดในการพัฒนาที่เข้าใจง่ายไม่ซับซ้อนแต่สามารถนำไปใช้ได้เฉพาะกลุ่ม ส่วน UIRT สามารถประมาณความสามารถที่แท้จริงของผู้สอบได้แต่อยู่ภายใต้เงื่อนไขของความเป็นเอกมิติของข้อสอบ และ MIRT เป็นทฤษฎีที่ต้องการศึกษาประเด็นการประเมินที่มีความซับซ้อน จะเห็นว่าทฤษฎี

การทดสอบที่พัฒนามาก่อนจะส่งผลให้ข้อสอบหรือแบบสอบมีคุณภาพต่ำกว่าทฤษฎีการทดสอบที่พัฒนาขึ้นมาทีหลังเพื่อผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นของทฤษฎีเดิม แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังมีการนำเอาแนวคิดทฤษฎีทั้งเก่าและใหม่มาใช้ในการพัฒนาข้อสอบและแบบสอบเพื่อใช้ประโยชน์ในทางการวัดผลและประเมินผลให้เห็นอยู่อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นถ้าต้องการพัฒนาข้อสอบหรือแบบสอบที่ให้สารสนเทศ ไม่ว่าจะเป็นค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก หรือค่าพารามิเตอร์ที่แยกตามมิติในแต่ละข้อ นักวิจัยหรือนักวัดผล จึงควรพัฒนาแบบทดสอบพหุมิติที่ให้ผลการวัดที่ดีกว่า

กระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมาน

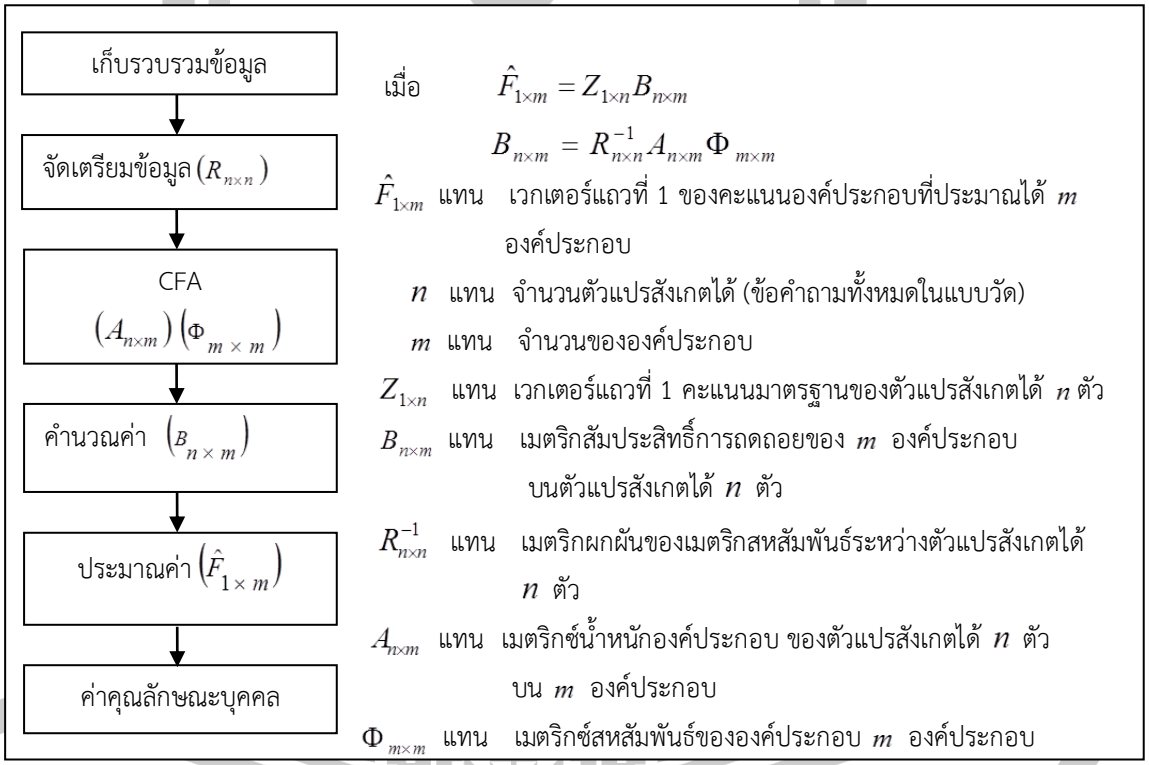
กระบวนการประมาณค่าความสามารถเป็นขั้นตอนของการประมาณค่าคะแนนที่ได้จากการวัดเพื่อสรุปอ้างอิงไปยังคุณลักษณะภายในของบุคคลหรือคุณลักษณะแฝง (Latent Trait) ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ไม่สามารถวัดได้โดยตรงต้องอาศัยการวัดทางอ้อม โดยกระบวนการประมาณค่าที่ดีจะส่งผลให้ได้ผลการประมาณที่มีความถูกต้องและใกล้เคียงกับคุณลักษณะที่แท้จริงของบุคคลมากที่สุด ดังนั้นกระบวนการประมาณค่าความสามารถจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการวัดคุณลักษณะภายในของบุคคล สำหรับการวัดคุณลักษณะทางจิตวิทยาเป็นคุณลักษณะที่ต้องอาศัยการวัดทางอ้อมการอนุมานผลการวัดไปยังคุณลักษณะภายในของบุคคล จึงต้องทำการประมาณค่าคะแนน ที่ได้จากการวัดเพื่ออนุมานไปยังคุณลักษณะที่ต้องการศึกษานั้น โดยในปัจจุบันกระบวนการประมาณค่าที่นำมาใช้ในการวัดคุณลักษณะทางจิตวิทยาอย่างแพร่หลาย คือ กระบวนการประมาณค่าโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis)

กระบวนการประมาณค่าคุณลักษณะภายในหรือคุณลักษณะแฝง โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เป็นวิธีการทางสถิติที่พัฒนาขึ้นครั้งแรกโดย Charles Spearman ในปี ค.ศ. 1904 นักจิตวิทยาชาวอังกฤษ เพื่อใช้ในการศึกษาตัวแปรที่ไม่สามารถวัดได้โดยตรง หรือตัวแปรที่มีอยู่ตามสมมติฐาน เช่น สติปัญญา แรงจูงใจ ความสามารถ ทัศนคติ และความคิดเห็น ซึ่งเป็นตัวแปรแฝงหรือคุณลักษณะที่ไม่สามารถวัดได้โดยตรงและเป็นสิ่งที่น่าสนใจทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ โดยครั้งแรกได้นำมาใช้ในการวัดคุณลักษณะแฝงที่อยู่ภายใต้โครงสร้างแบบวัดแบบเอกมิติ (Unidimensional Test Structure) ที่ประกอบด้วยข้อคำถามแต่ละข้อมุ่งวัดคุณลักษณะเดียวหรือหนึ่งมิติ ซึ่งการวัดเพียงคุณลักษณะเดียวเป็นไปได้ค่อนข้างยากเนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผล ต่อคะแนนสอบ ปัจจัยทางด้านความรู้ (Cognitive) บุคลิกภาพ และองค์ประกอบของการจัดสอบ ซึ่งอาจรวมถึงแรงจูงใจ ความวิตกกังวล ความสามารถในการทำงานได้อย่างรวดเร็ว ความรู้ในการใช้กระดาษคำตอบ จากปัจจัยดังกล่าวการที่ทำให้ข้อตกลงนี้เป็นไปได้ คือ การพิจารณาชุดของข้อคำถามในแบบสอบนั้นมีองประกอบใดที่เด่น (Dominant Component)

กว่าองค์ประกอบอื่น แต่จากหลักการดังกล่าวส่งผลให้การประมาณค่าเพียงมิติเดียวไม่เหมาะกับสภาพความเป็นจริงในการสอบและให้ผล การสรุปอ้างอิงที่ไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะภายในที่แท้จริงของผู้ตอบในสภาพการวัดที่มีลักษณะเป็นพหุมิติ (Multidimensional) ซึ่งผู้ตอบต้องใช้คุณลักษณะที่หลากหลายในการตอบข้อคำถามโดยเฉพาะการวัดคุณลักษณะทางจิตวิทยาที่มีโครงสร้างของพฤติกรรมที่มีความซับซ้อน นอกจากนี้ ในการกำหนดความเป็นเอกมิติของข้อคำถามนั้นกำหนดเพื่อลดความซับซ้อนของโมเดลและง่ายต่อ การแปลความหมายของคะแนนเท่านั้น (Hambleton, Swaminathan and Roger, 1991) ดังนั้นจึงมีการทบทวนรูปแบบใหม่ในการประเมินและการให้คะแนนโดยผ่านโมเดลของแบบวัดที่มีความซับซ้อนและเป็นพหุมิติจะสามารถอธิบายคุณลักษณะภายในของผู้สอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Van Der Linder and Hambleton, 2010) จากแนวคิดดังกล่าวทำให้นักวัดผลได้พัฒนามาสู่แนวทางการวัดที่อยู่ภายใต้โครงสร้างแบบวัดแบบพหุมิติ (Multidimensional Test Structure) ข้อคำถามหนึ่งข้อสามารถวัดคุณลักษณะภายในได้มากกว่า 1 คุณลักษณะหรือ 1 มิติ ทั้งนี้ทั้งสองแนวคิดที่กล่าวมายังต้องใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นวิธีการวัดคุณลักษณะแฝงที่ต้องการศึกษาผ่านตัวชี้วัดที่สามารถวัดได้โดยตรง โดยมุ่งศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของตัวแปรที่สังเกตได้หลาย ๆ ตัวแปร โดยความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากตัวแปรเหล่านั้นมีองค์ประกอบร่วมกัน ซึ่งเรียกว่าองค์ประกอบร่วม (Common Factor) และองค์ประกอบร่วมนี้เรียกว่าเป็นคุณลักษณะแฝงหรือตัวแปรแฝง (Latent Variables) ซึ่งเป็นตัวแปรที่สร้างขึ้นใหม่ ภายในตัวแปรแฝงจะประกอบด้วยค่าคุณลักษณะที่ต้องการศึกษาเป็นรายบุคคล หรือเรียกว่าคะแนนองค์ประกอบ (Factor Scores : FS) ที่เกิดจากผลรวมเชิงเส้นของกลุ่มของตัวแปรที่สังเกตได้กับอัตราความสัมพันธ์ร่วมกันกับองค์ประกอบซึ่งเรียกว่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ของตัวแปรแต่ละตัว ดังสมการ $F_{ik} = W_{i1}Z_{1k} + W_{i2}Z_{2k} + \cdots + W_{ij}Z_{jk}$ เมื่อ Z_{jk} แทน ค่าตัวแปรที่ j ที่ Standardized แล้วของ Case ที่ k W_{ij} แทน น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรที่ j ในตัวประกอบที่ i และ F_{ik} แทน คะแนนขององค์ประกอบที่ i ของ Case ที่ k (สุภมาศ อังสุโชติ และคณะ, 2554) ค่าน้ำหนักองค์ประกอบสามารถอธิบายถึงความแปรปรวนร่วมกันระหว่างตัวแปรกับองค์ประกอบนั้นอันแสดงถึงขนาด (Magnitude)ของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับองค์ประกอบ (อัมพร แต้เกษม, 2539) ซึ่งจะแสดงให้ทราบถึงแบบแผนโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรกับองค์ประกอบด้วย

โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบที่ใช้ในการประมาณค่าคุณลักษณะแฝง คือ โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis : EFA) และโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis : CFA) ซึ่งโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจเป็นโมเดลการวิเคราะห์ที่ไม่มีการกำหนดองค์ประกอบไว้ล่วงหน้าแต่เป็นการแสวงหาองค์ประกอบคุณลักษณะแฝงเพื่อแสดงถึงคุณลักษณะแฝงของบุคคลที่ต้องการศึกษาโดยที่

องค์ประกอบคุณลักษณะแฝงจะต้องมีจำนวนน้อยกว่าตัวแปรส่วนโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเป็นโมเดลการวิเคราะห์ที่มีการกำหนดองค์ประกอบคุณลักษณะแฝงไว้ล่วงหน้าซึ่งเรียกว่าโมเดลสมมติฐานแล้วทำการตรวจสอบเกี่ยวกับแบบแผนและโครงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลจากข้อมูลเชิงประจักษ์ว่ามีความสอดคล้องกลมกลืนกับสมมติฐานเพียงใด จากทั้งสองโมเดลจะมีวัตถุประสงค์ร่วมกันคือเป็นวิธีการที่นำมาใช้ในการวัดองค์ประกอบแฝงหรือตัวแปรแฝงเพื่อแสดงถึงคุณลักษณะภายในที่ต้องการวัด ซึ่งการสร้างตัวแปรแฝงจะใช้หลักการเดียวกัน คือ การนำผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบมาสร้างคะแนนองค์ประกอบ ซึ่งค่าที่ได้เป็นค่าของตัวแปรแฝงที่สร้างขึ้นใหม่ที่แสดงถึงค่าคุณลักษณะภายในของแต่ละบุคคลซึ่งสามารถเขียนในรูปของเมตริกซ์และแผนภาพกระบวนการการประมาณค่าดังนี้ (Christine and other, 2009)



ภาพประกอบ 11 กระบวนการประมาณค่าคุณลักษณะรายบุคคล

จากโมเดลข้างต้น จะพบว่ากระบวนการประมาณค่าเดิม เริ่มต้นจาก การเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วจัดเตรียมข้อมูลเมตริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ n ตัว $(R_{n\times n})$และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละตัวแปร เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันตามโมเดลสมติฐาน นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมาจัดเตรียมเมตริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบ $(A_{n\times m})$ เมตริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ $(\Phi_{m\times m})$ และ เมตริกซ์ผกผันของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร

สังเกตได้ n ตัว เพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ $B_{n\times m} = R^{-1}_{n\times n} A_{n\times m} \Phi_{m\times m}$ (Thurstone, 1935) แล้วทำการประมาณค่าด้วย เวกเตอร์ Z ซึ่งเป็นค่าคะแนนมาตรฐานของคนตามจำนวนตัวแปรสังเกตได้ n ตัว เป็นค่าที่นำเข้าไปพยากรณ์เพื่อให้ทราบถึงค่าองค์ประกอบที่เป็นไปได้ของบุคคลในแต่ละองค์ประกอบ ผลที่เกิดจากการประมาณค่าจะทำให้ทราบว่าบุคคลแต่ละคนนั้นมีค่าคุณลักษณะเท่าใด ดังรายละเอียดดังนี้

จากโมเดล $\hat{F}_{1\times m} = Z_{1\times n} B_{n\times m}$ (Thurstone, 1935) กำหนดให้

$\hat{F}_{1xm}$ เป็นเวกเตอร์ของผลการประมาณค่าองค์ประกอบคุณลักษณะของแต่ละบุคคล m องค์ประกอบ แสดงรายละเอียดได้ดังนี้

$$\hat{F} = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} & \dots & F_{1m} \end{bmatrix}$$

$Z_{1\times n}$ เป็นเวกเตอร์ของคะแนนมาตรฐานของตัวแปรสังเกตได้ (ข้อคำถาม) เพื่อนำเข้าไปคูณกับเมตริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอย แสดงรายละเอียดได้ดังนี้

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1n} \end{bmatrix}$$

$B_{n\times m}$ เป็นเมตริกซ์ของสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ของแต่ละข้อคำถามตามจำนวนองค์ประกอบ (m) ที่ข้อคำถามนั้นมุ่งวัดซึ่งพิจารณาตามโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบคุณลักษณะที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ แสดงรายละเอียดได้ดังนี้

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1m} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2m} \\ . & . & & . \\ . & . & \dots & . \\ . & . & & . \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nm} \end{bmatrix}$$

จากรายละเอียดของเมตริกซ์แต่ละเมตริกซ์สามารถเขียนผลการประมาณค่าคุณลักษณะในรูปการคูณเมตริกซ์ดังนี้

พหุ ปณฺฑิโต ชีเว

$$\begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} & \dots & F_{1m} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1m} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2m} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nm} \end{bmatrix}$$

ในขั้นตอนการพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ ผู้วิจัยนำหลักการการประมาณค่าคะแนนด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย และใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมาน มีรายละเอียดดังนี้

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้เป็นเครื่องมือในการที่ใช้ในการวัดตัวแปรแฝงและตรวจสอบสมมติฐานเกี่ยวกับแบบแผนโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้กับองค์ประกอบร่วมว่าตัวแปรแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบนั้นตามที่กำหนดไว้ในโมเดลหรือไม่ (Stanley, 2010) หรือกล่าวได้ว่าเป็นการมุ่งที่จะทดสอบหรือยืนยันเกี่ยวกับโครงสร้างขององค์ประกอบ (Factor Structure) และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละตัวกับองค์ประกอบซึ่งสามารถพิจารณาได้จากความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยการประมาณค่าเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมของประชากรเปรียบเทียบกับเมตริกความแปรปรวนร่วมจากข้อมูลสังเกตได้โดยให้เกิดความแตกต่างกันน้อยที่สุด การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเป็นส่วนหนึ่งของโมเดลสมการโครงสราง (Structural Equation Modelling : SEM) ซึ่งเรียกว่าเป็นโมเดลวัดตัวแปรแฝงโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันสามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่ให้รายละเอียดมากกว่าองค์ประกอบเชิงสำรวจ และยอมให้ความคลาดเคลื่อนสามารถสัมพันธ์กันได้ซึ่งผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ รวมทั้งดัชนีที่แสดงถึงความเหมาะสมที่หลากหลายและยังมีความยืดหยุ่นมากขึ้นในการสร้างแบบจำลอง (Bollen, 1989)

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญอยู่ 3 ประการ คือ

1. เพื่อระบุองค์โครงสร้างประกอบร่วม เป็นการวิเคราะห์ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองของคุณลักษณะที่สนใจศึกษาตามโครงสร้างสมมติฐานหรือตามทฤษฎี โดยผ่านตัวแปรหลาย ๆ ตัว หรือตัวชี้วัด (Indicators) ที่สามารถวัดได้โดยตรงเป็นตัวแทนคุณลักษณะที่สนใจเพื่อต้องการทราบว่าคุณลักษณะนี้มีกี่องค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบวัดด้วยตัวแปรใดบ้าง ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบช่วยให้นักวิจัยทราบถึงแบบแผน (Pattern) และโครงสร้าง (Structure) ความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วย

2. เพื่อตรวจสอบทฤษฎีหรือทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับแบบแผนและโครงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูล ที่ได้จากการศึกษาจากทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องกลมกลืนกับแบบแผนและโครงสร้างความสัมพันธ์ตามสมมติฐานเพียงใด

3. เพื่อสร้างตัวแปรใหม่ ที่แต่ละตัวแปรใหม่หรือองค์ประกอบ ประกอบด้วยตัวแปรหลายตัว แล้วนำค่าของตัวแปรใหม่ หรือค่าของคะแนนองค์ประกอบ (Factor Scores หรือ Factor Scale) ไปทำการศึกษาเป็นตัวแปรสำหรับการวิจัยต่อไป

จากวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ทำให้นักวิจัยและนักวัดผลทางการศึกษาและจิตวิทยาได้นำเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความสามารถด้านความตรง (Validity) ของเครื่องมือทางจิตวิทยาซึ่งถือว่าเป็นการยืนยันด้วยวิธีการทางสถิติหลังจากการพิจาณาของผู้เชี่ยวชาญ และในปัจจุบันการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันถือว่าเป็นวิธีการที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือวัดคุณลักษณะทางจิตวิทยากว้างขวางหลายแง่มุม

แนวคิดในการนำวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) ไปใช้วิเคราะห์เครื่องมือวัดทางจิตวิทยา

วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันช่วยให้สามารถศึกษาเรื่องการพัฒนาเครื่องมือวัดทางจิตวิทยาได้อย่างน้อย 3 ประเด็นดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555)

1. วิธี CFA สนับสนุนการใช้ทฤษฎีเป็นแนวทางในการศึกษาความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) (คุณสมบัติของเครื่องมือที่ให้ผลการวัดสอดคล้องกับคุณลักษณะที่มุ่งวัดในทางทฤษฎี) ผู้วิจัยสามารถตรวจสอบว่าคำถามแต่ละข้อในเครื่องมือใช้วัดได้ตรงตามองค์ประกอบของทฤษฎีที่คาดหวังไว้หรือไม่ ผู้วิจัยอาจกำหนดให้คำถามแต่ละข้อวัดได้มากกว่าหนึ่งองค์ประกอบ แล้วใช้สถิติวัดความสอดคล้องของโมเดลตรวจสอบว่า โมเดลองค์ประกอบที่กำหนดไว้สอดคล้องกับข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้หรือไม่ หรืออาจกล่าวได้ว่าข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้เป็นไปตามองค์ประกอบของโมเดลที่กำหนดไว้หรือไม่ คล้าย ๆ กับวิธีการตรวจสอบความตรงเชิงลู่เข้า (Convergent Validity) และความตรงเชิงจำแนก (Divergent Validity) แบบดั้งเดิม ซึ่งผู้วิจัยต้องสร้างข้อคำถามในแบบทดสอบตามคุณลักษณะของทฤษฎี แล้วตรวจสอบว่าข้อคำถามวัดตามทฤษฎีที่คาดหวังไว้หรือไม่ คุณลักษณะใดในทฤษฎีควรสัมพันธ์กันสูง และคุณลักษณะใดควรสัมพันธ์กันต่ำเมื่อใช้วิธีวัดต่างชนิดกัน ในวิธี CFA มีสถิติวัดความสอดคล้องของโมเดลสำหรับเสนอแนะว่าโมเดลองค์ประกอบสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ ในความเป็นจริงแล้ว ความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบตามทฤษฎีก็คือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์

(ความแปรปรวนร่วมของข้อคำถาม) นั่นเอง นอกจากนี้ สถิติวัดความสอดคล้องของโมเดลและค่าสถิติอื่น ๆ ยังช่วยเสนอแนะว่า ข้อคำถามที่สร้างขึ้นวัดองค์ประกอบที่กำหนดไว้หรือไม่ องค์ประกอบต่างๆ ของทฤษฎีสัมพันธ์กันหรือไม่ มีขนาดความสัมพันธ์มากน้อยเพียงใด

2. วิธี CFA ใช้ในการประมาณค่าความเที่ยง (Reliability) ของเครื่องมือวัดทางจิต เช่น ความเที่ยงแบบความคงที่ภายใน ความเที่ยงแบบสอบซ้ำ เป็นต้น การใช้วิธี CFA ประมาณค่าความเที่ยงแบบความคงที่ภายในแตกต่างไปจากวิธีการประมาณค่าความเที่ยงแบบดั้งเดิม ดังเช่น วิธีการของคูเดอร์-ริชาร์ดสันหรือวิธีการของครอนบาค กล่าวคือ วิธี CFA ขจัดความคลาดเคลื่อนในการวัด (Measurement Error) ออกจากผลการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้ผลการประมาณค่าความเที่ยงของเครื่องมือถูกต้องมากขึ้น ส่วนการใช้วิธี CFA ประมาณค่าความเที่ยงแบบสอบซ้ำเป็นการตรวจสอบความคงที่ของค่าน้ำหนักองค์ประกอบและค่าความคลาดเคลื่อนในการวัด เมื่อเก็บข้อมูลต่างเวลากันหรือเป็นช่วงเวลา

3. วิธี CFA ใช้เปรียบเทียบโครงสร้างองค์ประกอบของเครื่องมือระหว่างกลุ่มประชากรตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไปพร้อมๆ กันได้ เป็นการตรวจสอบว่าโครงสร้างองค์ประกอบของเครื่องมือคงที่หรือไม่ เมื่อนำไปใช้กับกลุ่มประชากรที่แตกต่างกัน เพื่อยืนยันว่าโครงสร้างองค์ประกอบหรือคุณลักษณะที่วัดในแต่ละกลุ่มประชากรเป็นองค์ประกอบเดียวกันหรือไม่ (Bollen, 1989) เช่น ถ้าต้องการรู้ว่ากลุ่มประชากรต่างเพศกัน จะทำให้โครงสร้างองค์ประกอบของเครื่องมือแตกต่างกันหรือไม่ ผู้วิจัยสามารถใช้วิธี CFA ตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงหรือความไม่แปรเปลี่ยน (invariance) ของโครงสร้างองค์ประกอบระหว่างกลุ่มประชากรต่างเพศ ในกรณีที่ตัวแปรทุกตัวในโมเดลและโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลทั้งสองเป็นแบบเดียวกัน กล่าวคือเมตริกซ์พารามิเตอร์ของโมเดลทั้งสองเหมือนกัน มีขนาดเท่ากันและสถานะของพารามิเตอร์ในเมตริกซ์(กำหนดหรืออิสระ) เหมือนกัน โดยไม่จำเป็นต้องมีค่าพารามิเตอร์เท่ากัน (Bollen, 1989) แสดงว่าโครงสร้างองค์ประกอบของเครื่องมือในกลุ่มประชากรทั้งสองเหมือนกัน เครื่องมือนั้นเหมาะที่จะนำไปใช้กับกลุ่มประชากรทั้งสอง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการสร้างปกติวิสัยของแบบทดสอบหรือแบบวัดมาตรฐาน

ลักษณะข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันต้องการข้อมูลที่มีลักษณะ ดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555)

1. ข้อมูลควรวัดเป็นค่าต่อเนื่อง (Continuous) และมีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติ แต่โปรแกรม LISREL มีวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์และการสร้างมาตรให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลจำแนกประเภท (Categorical Data) ได้ รวมทั้งมีวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์แบบพิเศษที่มีความแกร่ง (Robustness) ต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องลักษณะการแจกแจงข้อมูลเป็นแบบปกติ

2. ควรใช้ข้อมูลจำนวนมาก วิธี CFA ต้องการข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ เนื่องจากการประมาณค่าที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันคือวิธีความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood: ML) (Jöreskog, 1969) เพราะวิธี ML จะใช้ได้ดีกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติพหุนาม (Multivariate Normal Distribution) ซึ่งการใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่โอกาสที่ตัวแปรจะมีการแจกแจงตามปกติมีมากว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก (สุภมาศ อังสุโชติ และคณะ, 2554) จากการศึกษาของ แฟนและแวง (Fan and Wang, 1998) ได้ศึกษาขนาดกลุ่มตัวอย่างในโมเดล 3 องค์ประกอบ โดยใช้สถานการณ์จำลอง พบว่า การใช้กลุ่มตัวอย่างขนาด 100-200 หน่วยตัวอย่างอาจได้คำตอบไม่เหมาะสมหรือได้ค่าสถิติที่เป็นไปไม่ได้ เช่น ค่าความแปรปรวนติดลบ เป็นต้น แต่ถ้าใช้กลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 500 หน่วยตัวอย่างขึ้นไป กลับไม่พบค่าที่ไม่เหมาะสม

ในเรื่องขนาดกลุ่มตัวอย่างยังไม่มีกฎเกณฑ์ที่ตายตัว โบลเลน (Bollen, 1989) ได้เสนอแนะไว้กว้าง ๆ ว่า การประมาณค่าพารามิเตอร์อิสระ 1 ตัว ต้องใช้หลายหน่วยตัวอย่าง ในกรณีที่ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่มาก (มากกว่า 1,000 คน) ไม่ต้องห่วงเรื่องลักษณะการแจกแจงข้อมูลไม่เป็นแบบปกติ (Amemiya and Anderson, 1990) แต่โดยปกติในการวิเคราะห์สถิติประเภทพหุตัวแปร มีข้อเสนอว่าควรกำหนดกลุ่มตัวอย่างประมาณ 20 เท่า ของตัวแปรในโมเดล

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน มีข้อตกลงเบื้องต้นใหญ่ ๆ 2 ประการ ดังต่อไปนี้

1. ข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติ

วิธี CFA มีข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติทั่ว ๆ ไป 3 ประการดังนี้

1.1 ข้อมูลควรมีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติ (Normal Distributions) มีความเป็นเอกพันธ์ของการกระจาย (Homoscedasticity) และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละคู่เป็นแบบเส้นตรง (Linear Relationships) เนื่องจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเป็นการแก้สมการถดถอยหลาย ๆ สมการ นั่นเอง

1.2 โมเดล CFA มีเทอมความคลาดเคลื่อน (Error Terms) ที่เรียกว่าเศษเหลือ ข้อตกลงเบื้องต้นทั่ว ๆ ไปในเรื่องเทอมความคลาดเคลื่อนมีว่า 1) ต้องไม่สัมพันธ์กับตัวแปรแฝงใด ๆ ในโมเดล 2) เป็นอิสระจากเทอมความคลาดเคลื่อนตัวอื่น ๆ 3) มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติ แต่ปัจจุบันเรื่องข้อมูลมีลักษณะแจกแจงเป็นแบบปกติพหุนาม (Multivariate Normal) ฝ่าฝืนได้ กรณีที่ใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (Chou and Bentler, 1995) และสามารถวิเคราะห์ข้อมูลกรณีเทอมความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันได้

1.3 กลุ่มตัวอย่างควรมีการแจกแจงแบบเชิงเส้นกำกับ (Asymptotic) กลุ่มตัวอย่างยิ่งมีขนาดใหญ่ยิ่งเข้าใกล้ค่าอนันต์ (Bollen, 1989) กล่าวคือ ค่าสถิติไค-สแควร์

มีแนวโน้มที่จะมีค่าสูง ทำให้ค่าสถิติไค-สแควร์มีโอกาสให้ค่านัยสำคัญ ($p \leq .05$) (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) ซึ่งชี้ว่าโมเดลองค์ประกอบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ไม่สอดคล้องกัน ส่วนกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (น้อยกว่า 100 หน่วยตัวอย่าง) มีความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธโมเดลที่ถูกต้อง (True Model) มากขึ้น (West and others, 1995) หรืออาจสรุปได้ว่า การใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กมีความเสี่ยงในการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ II (Type II Error) เพิ่มขึ้น

การฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเหล่านี้อาจทำให้โมเดลองค์ประกอบไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์และอาจทำให้ดัชนีวัดความสอดคล้องให้ค่าไม่ดีนัก รวมทั้งนักวิจัยอาจสรุปโครงสร้างองค์ประกอบไม่ถูกต้อง ทั้ง ๆ ที่ในความเป็นจริงแล้ว โครงสร้างองค์ประกอบนั้นถูกต้อง

2. ข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์

ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีการประมาณค่าความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood: ML) เท่านั้น เนื่องจากผู้ใช้วิธี CFA ประมาณค่าพารามิเตอร์แบบนี้มากที่สุด (Chou and Bentler, 1995) เพราะเป็นวิธีที่มีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นมากกว่าวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์แบบอื่น ๆ (Bollen, 1989 ; West and others, 1995) วิธี ML มีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

2.1 ไม่มีข้อคำถามเดี่ยว ๆ หรือข้อคำถามกลุ่มใด อธิบายข้อคำถามอื่นในกลุ่มข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์ (Bollen, 1989)

2.2 คะแนนจากข้อคำถามต้องมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติพหุ (Multi-Variate Normal) (West and others, 1995) ข้อตกลงเบื้องต้นข้อแรกแสดงให้เห็นว่าข้อคำถามในเครื่องมือต้องไม่ซ้ำซ้อนกัน (มีความสัมพันธ์กันสูง) วิธี ML ไม่มีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องนี้ ดังนั้น ผู้วิจัยไม่ควรใช้ข้อคำถามที่มีความสัมพันธ์กันตั้งแต่ 0.90 ขึ้นไปประมาณค่าพารามิเตอร์ (Aroian and Norris, 2001)

ส่วนข้อตกลงเบื้องต้นข้อสองเป็นเรื่องที่ปฏิบัติยาก แต่วิธี ML มีความแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นเรื่องนี้ (Chou and Bentler, 1995) เว้นแต่กรณีใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กและโมเดลมีความซับซ้อน ดังนั้น นักวิจัยควรใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 100-200 หน่วยตัวอย่างขึ้นไป หรือ ในกรณีตรวจสอบเครื่องมือที่มีตั้งแต่ 3 องค์ประกอบขึ้นไป ควรใช้กลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 500 หน่วยตัวอย่างขึ้นไป (Aroian and Norris, 2001)

โมเดลทางคณิตศาสตร์ของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

โมเดลสมมติฐานของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน มีรูปแบบคล้ายกับโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจเป็นโมเดลที่แสดงถึงการถดถอยเชิงเส้นตรง ดังสมการ (Stanley, 2010)

$$Y = \Lambda\xi + \Psi\mathrm{E}$$

เมื่อ Y แทน เวกเตอร์ตัวแปรสังเกตได้ ขนาด $n \times 1$

Λ แทน เมตริกน้ำหนักองค์ประกอบ ขนาด $n \times r$

ξ แทน เวกเตอร์องประกอบแฝง ขนาด $r \times 1$

Ψ แทน เมตริกซ์แนวทแยงของน้ำหนักองค์ประกอบเฉพาะ ขนาด nxn

E แทน เวกเตอร์ของความคลาดเคลื่อนขององตัวแปร ขนาด $nx1$

n แทน จำนวนตัวแปรสังเกตได้

r แทน จำนวนองค์ประกอบแฝง

โดยทั่วไปแล้วการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจมีข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับองค์ประกอบร่วมและองค์ประกอบเฉพาะ (Unique Factor) หรือความคลาดเคลื่อนจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน $r(\xi, \mathrm{E}_i) = 0$ และความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน $r(\mathrm{E}_1, \mathrm{E}_2) = 0$ แต่ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันได้ผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นโดยยอมให้ความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กันได้ในบางกรณี

โดยเมตริกซ์ความแปรปรวนแปรปรวนร่วมที่ได้จากการประมาณค่าของตัวแปรสังเกตได้ เขียนให้อยู่ในรูปของโมเดล

$$\sum = \Lambda\Phi\Lambda' + \Theta$$

เมื่อ Λ แทน เมตริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรสังเกตได้บนองค์ประกอบ

Φ แทน เมตริกซ์ความแปรปรวนแปรปรวนร่วมระหว่างองค์ประกอบ

Θ แทน เมตริกซ์ความแปรปรวนแปรวนร่วมระหว่างความคลาดเคลื่อน

ขนาด nxn ซึ่งปกติจะเป็นเมตริกซ์แนวทแยงแต่จากการที่ยอมให้ความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันจึงทำให้ Θ ไม่จำเป็นต้องอยู่ในรูปของแนวทแยงและสามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของ

$$\sum = \Lambda\Phi\Lambda' + \Psi^2$$

หรือเขียนในรูปของเมตริกซ์ความสัมพันธ์ R สามารถเขียนให้ในรูปแบบของ

$$R = \Lambda\Phi\Lambda' + \Psi^2$$

เมื่อตัวแปรสังเกตได้อยู่ในรูปของคะแนนมาตรฐาน $R = \Sigma$ และวิธีการสกัดองค์ประกอบที่อิสระจากมาตรวัดจะทำให้สามารถวิเคราะห์ในรูปของ R หรือ Σ

การประมาณค่าในโมเดล

การประมาณค่าในโมเดลการวิเคราะห์องค์กอบเชิงยืนยันประกอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

1. วิธีการใช้ตัวแปรเป็นเครื่องมือ (Instrumental Variables, IV) และวิธีกำลังสองน้อยที่สุดสองขั้น (Two Stage Least Square, TSLS)

วิธีการประมาณค่าแบบ ULS,GLS, ML, WLS และ DWLS ของโปรแกรม LISREL เป็นการประมาณค่าแบบวนซ้ำ (Interactive) ในขั้นแรกต้องการเดาค่าเริ่มต้นของค่าพารามิเตอร์(Starting Value) ก่อน ค่าเริ่มต้นนี้โปรแกรมคำนวณจากวิธีการ Instrumental Variable (IV) และ Two Stage Least Square (TSLS) แต่มีจุดอ่อนที่ไม่รายงานค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (SE) ค่าเริ่มต้นที่โปรแกรมคำนวณเองเรียกว่า Initial Estimation วิธีการในการกำหนดค่าเริ่มต้นของโปรแกรม คือ การเลือกตัวแปรอ้างอิง (Reference Variables) ซึ่งเป็นการเลือกตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝง โดยตัวแปรแฝงแต่ละตัวจะมีตัวแปรอ้างอิงเพียง 1 ตัวแปร เท่านั้น การคัดเลือกตัวแปรสังเกตได้ให้เป็นตัวแปรอ้างอิงของตัวแปรแฝงพิจารณาจากตัวแปรสังเกตได้ในเมตริกซ์ LX และ LY สมาชิกตัวแรกของแต่ละตัวแปรแฝงจะถูกคัดเลือกให้เป็นตัวแปรอ้างอิง โดยทั่วไปโปรแกรมจะกำหนดค่าเริ่มต้นให้โดยอัตโนมัติ แต่ในโมเดลที่ซับซ้อนมากผู้วิจัยต้องกำหนดค่าเริ่มต้นเอง ผู้วิจัยสามารถเลือกให้โปรแกรมกำหนดตัวแปรแฝงได้โดยคัดเลือกตัวแปรนั้นให้เป็นตัวแปรแรกในเมตริกซ์ LX หรือ LY แล้วโปรแกรมก็จะคำนวณค่าเริ่มต้นให้โดยไม่ต้องใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นเอง แต่ค่าเริ่มต้นที่โปรแกรมกำหนดเองจะไม่ใช่ค่าเริ่มต้นที่ผู้วิจัยต้องการ โดยทั่วไปผู้วิจัยมักกำหนดค่าเริ่มต้นเป็น 1.00

2. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดไม่ถ่วงน้ำหนัก (Unweighted Least Squares ; ULS) วิธี ULS มีฟังก์ชันความกลมกลืนเป็น

$$F = \frac{1}{2} tr[(S - \Sigma)^2]$$

เมื่อ $tr[(S-\Sigma)^2]$ แทน ผลรวมของกำลังสองของสมาชิกในแนวทแยงของเมตริกซ์เศษเหลือ $(S - \Sigma)$

Σ แทน เมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่ได้จากการระบุโมเดล (Covariance Matrix Implied by the Model or Computed Covariance Matrix)

S แทน เมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง (Sample-Covariance Matrix)

ตัวประมาณค่าแบบ ULS มีความคงที่คงวาและคำนวณได้อย่างรวดเร็ว แต่จะไม่มีประสิทธิภาพเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่และมีความแปรปรวนน้อย การประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าด้วยวิธี ULS ใช้ทฤษฎีการแจกแจงปกติ ข้อเด่นของวิธี ULS คือเหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะการแจกแจงต่างไปจากการแจกปกติพหุ (Multivariate Normal Distribution)

3. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดวางนัยทั่วไป (Generalized Least Squares : GLS) วิธี GLS มีฟังก์ชันความกลมกลืนเป็น

$$F = \frac{1}{2} tr\left[\left((S-\Sigma)S^{-1}\right)^2\right]$$

$$F = \frac{1}{2} tr[(I - S^{-1}\Sigma)^2]$$

เมื่อ $tr\left[\left(I - S^{-1}\Sigma\right)^2\right]$ แทน ผลรวมของกำลังสองของสมาชิกแนวทแยงของเมตริกซ์เศษเหลือ $(S-\Sigma)$ ที่ถ่วงน้ำหนักด้วย S^{-1}

S^{-1} แทน อินเวอร์สของเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่าง

ซึ่งเป็นฟังก์ชันความกลมกลืนของวิธี ULS ที่ถ่วงน้ำหนักด้วยอินเวอร์สของเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่าง (S^{-1})

ตัวประมาณค่าแบบ GLS มีความคงเส้นคงวา มีประสิทธิภาพเป็นอิสระจากมาตรวัด (Scale Free) กล่าวคือหากตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลมีหน่วยวัดต่างกันจะไม่มีผลต่อค่าพารามิเตอร์ และประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานโดยใช้ทฤษฎีการแจกแจงปกติ ดังนั้นค่าประมาณของพารามิเตอร์จะไม่ถูกต้องถ้าข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นว่าด้วยการแจกแจงปกติพหุ และถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็กค่าประมาณของพารามิเตอร์ที่ได้จะมีความลำเอียงเข้าหาค่าศูนย์

4. วิธีความเป็นได้สูงสุด (Maximum Likelihood : ML)

วิธี ML มีฟังก์ชันความกลมกลืนเป็น

$$F = \log\|\Sigma\| + tr(S\Sigma^{-1}) - \log\|S\| - (p+q)$$

เมื่อ log แทน ค่าล็อกฐาน 10

$\|S\|$ แทน ดีเทอร์มิเนนท์ของเมตริกซ์ S

p และ q แทน จำนวนตัวแปรสังเกตได้ X และ Y ตามลำดับ

วิธี ML เป็นวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่แพร่หลายมากที่สุด ค่าประมาณของพารามิเตอร์ที่ประมาณโดยวิธี ML มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับวิธี GLS คือ มีความคงเส้นคงวา มีประสิทธิภาพ เป็นอิสระจากมาตรวัด และใช้เวลาในการคำนวณพอ ๆ กัน

การประมาณค่าด้วยวี ML จะใช้ได้ดีในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงปกติพหุ (Multivariate Normal Distribution) และมีกลุ่มตัวอย่างมีมากพอ หากข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงนี้ ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้จะมีความลำเอียง และค่าสถิติไค-สแควร์ (χ^2) ที่ใช้ทดสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น

5. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักทั่วไป (Generally Weighted Least Squares : WLS) วิธี WLS มีฟังก์ชันความกลมกลืนเป็น

$$F = (S-\sigma)'W^{-1}(S-\sigma)$$
$$= \Sigma\Sigma\Sigma\Sigma W^{gh,ij}(S_{gh}-\sigma_{gh})(S_{ij}-\sigma_{ij})$$

เมื่อ $S' = (S_{11}, S_{21}, S_{22}, S_{31}, \ldots, S_{kk})$ แทน เวคเตอร์ของสมาชิกในเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่างครึ่งล่างรวมค่าในแนวทแยง เพื่อใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูล

$\sigma = (\sigma_{11}, \sigma_{21}, \sigma_{22}, \sigma_{31}, \ldots, \sigma_{kk})$ แทน เวคเตอร์ของสมาชิกในเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมครึ่งล่างรวมค่าในแนวทแยง ที่สร้างมาจากโมเดล

S แทน สมาชิกในแนวทแยงและใต้แนวทแยงของเมตริกซ์ S

σ แทน สมาชิกในแนวทแยงและใต้แนวทแยงของเมตริกซ์ σ

W แทน เมตริกซ์ใช้ถ่วงน้ำหนัก

W^{-1} แทน อินเวอร์สของเมตริกซ์ W

$W^{gh,ij}$ แทน สมาชิกในแนวทแยงและใต้แนวทแยงของอินเวอร์สของเมตริกซ์ W

g แทน ลำดับตัวอย่างในแนวทแยงของเมตริกซ์

h แทน ตัวแปรอิสระในแนวทแยงของเมตริกซ์

i แทน ลำดับตัวอย่างใต้แนวทแยงของเมตริกซ์

j แทน ตัวแปรอิสระใต้แนวทแยงของเมตริกซ์

วิธี WLS เป็นวิธีที่มีการวางนัยทั่วไปกว้างขวาง กล่าวได้ว่าวิธี ULS,GLS และ ML เป็นกรณีเฉพาะของวิธี WLS

6. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักแนวทแยง (Diagonal Weighted Least Squares : DWLS)

วิธี DWLS มีฟังก์ชันความกลมกลืนเป็น

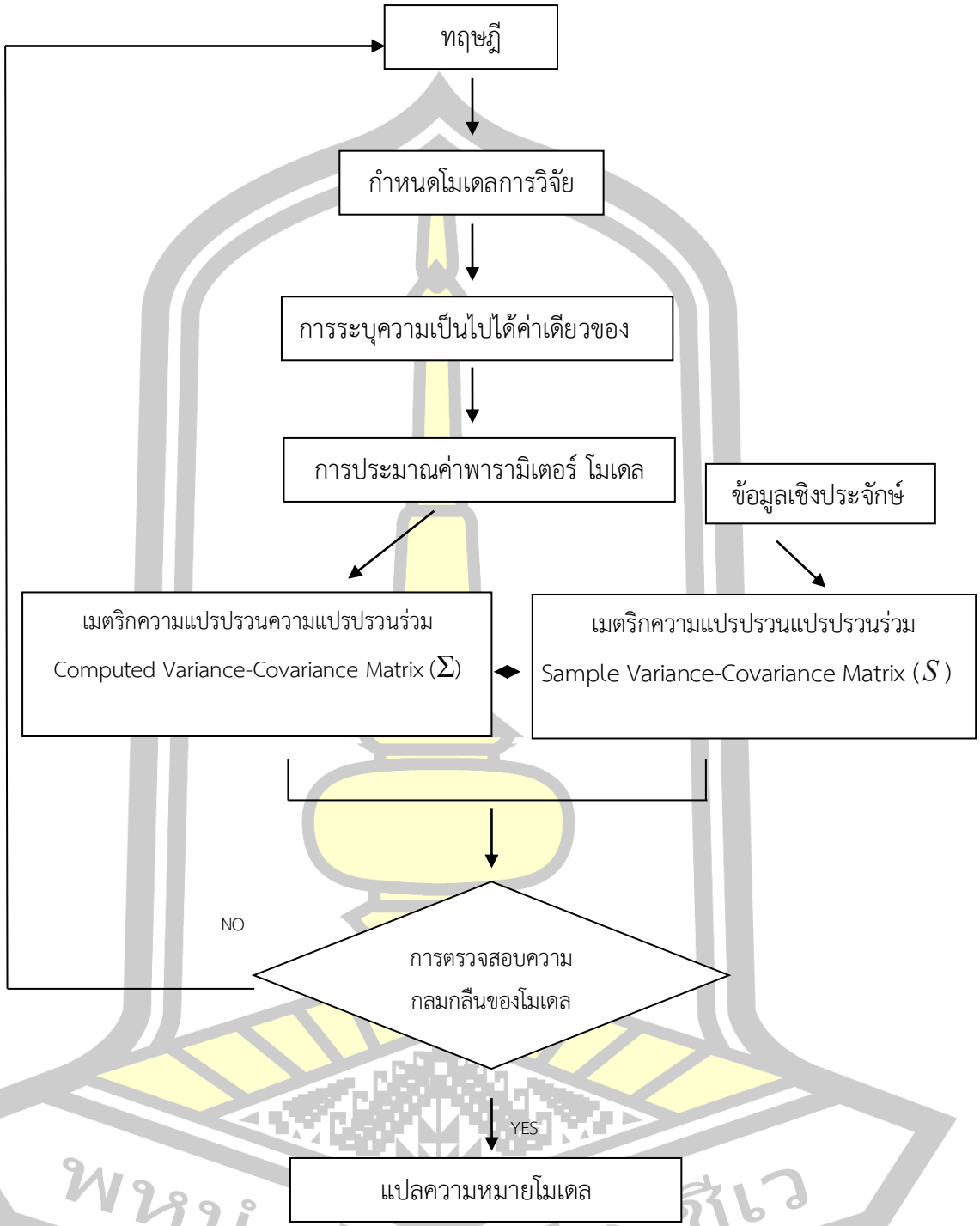
$$F(\theta) = \sum_{g=1}^{k}\sum_{h=1}^{k}\left(\frac{1}{w_{gh}}\right)(S_{gh} - \sigma_{gh})^2$$

วิธี DWLS ใช้เวลาในการคำนวณและหน่วยความจำน้อย เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเมตริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

วิธีการประมาณค่าที่นิยมกันมากที่สุดในโมเดลสมการโดยสร้าง คือ การประมาณค่าแบบความเป็นได้สูงสุด (ML) เพราะการประมาณค่าแบบ ML จะให้ค่าพารามิเตอร์ที่คงที่ แต่ต้องใช้กลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่และตัวแปรมีการแจกแจงปกติ แต่หากพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่แต่ตัวแปรแจกแจงไม่เป็นปกติการใช้การประมาณค่าแบบ GLS ก็จะเหมาะสมมากกว่า (สุภมาศ อังสุโชติและคณะ, 2554)

หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

หลักการการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมี 6 ขั้นตอน ดังนี้

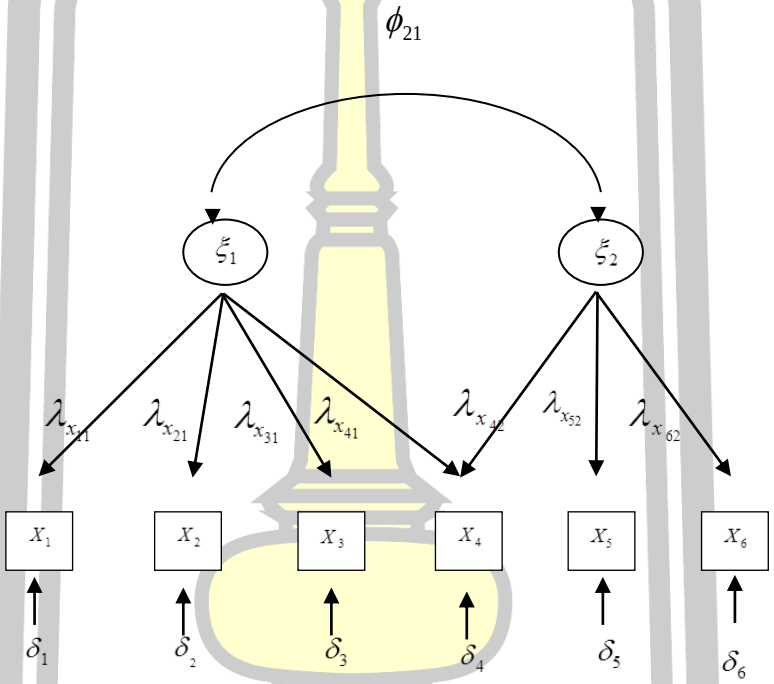


ภาพประกอบ 12 หลักการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

1. การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ความสำคัญของการศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการศึกษานอกจากจะทำให้นักวิจัยสามารถพัฒนากรอบแนวคิด

ของการวิจัยได้เหมาะสมแล้ว ยังช่วยให้นักวิจัยทราบว่าควรเลือกตัวแปรใดบ้างเข้ามาอยู่ในโมเดลและทำให้ทราบว่าตัวแปรที่เลือกมานั้นควรสร้างเครื่องมือวัดตัวแปรเหล่านั้นอย่างไร

2. การพัฒนาโมเดลการวิจัย หลังจากที่ศึกษาทฤษฎีอย่างดีพอแล้วจะสามารถนำตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยมาพัฒนาเป็นกรอบแนวคิดของการวิจัยและกำหนดให้เป็นโมเดลการวิจัยของนักวิจัย ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 13 โมเดลที่ได้หลังจากการศึกษาทฤษฎี

ตาราง 21 ตัวแปรและค่าพารามิเตอร์ในโมเดล

ชื่อ	พารามิเตอร์	เมตริกซ์	ชนิดของเมตริกซ์	คำอธิบาย
x		X		Name of Observed Variables
Lambda X	λ_x	Λ_x	Regression	Factor loading
Theta Dellta	δ	Θ_δ	Variance-Covariance	Error Variance and Covariance
Phi	ϕ	Φ	Variance-Covariance	Factor Variance and Covariance
Xi (Ksi)	ξ		Vector	Name of Latent Variables

ตาราง 22 สัญลักษณ์ที่ใช้ในโมเดล

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
	ตัวแปรสังเกตได้
	ตัวแปรแฝง
	ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ
	ความสัมพันธ์

3. การระบุความเป็นได้ค่าเดียวของโมเดล (Model Identification) เป็นการศึกษาลักษณะการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ยังไม่ทราบค่าในโมเดลการวิจัยว่าเป็นไปตามเงื่อนไขของการวิเคราะห์หรือไม่ในวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันผู้วิจัยต้องตรวจสอบโมเดลระบุเกินพอดี Over Identification Model ที่มีจำนวนพารามิเตอร์ที่ทราบค่ามากกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า โดยการเปรียบเทียบค่า n(n+1)/2 กับจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า (n แทนจำนวนตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลทั้ง ตัวแปรสังเกตได้ X และ Y) โดยมีเงื่อนไขการพิจารณา ดังนี้

ถ้า n(n+1)/2 น้อยกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า เป็นภาวะ Under Identification โปรแกรมจะรายงานว่า df เป็นลบ ไม่มีการประมาณค่าพารามิเตอร์

ถ้า n(n+1)/2 เท่ากับจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า เป็นภาวะ Just Identification โปรแกรมจะรายงานว่า df เป็น 0 (Fit Perfect) ไม่มีการรายงานค่า SE และ T-Value

ถ้า n(n+1)/2 มากกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า เป็นภาวะ Over Identification โปรแกรมจะรายงานว่า df เป็นบวก โปรแกรมจะทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในโมเดล และรายงานค่า SE และ T-Value

ในการกำหนดความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล ผู้วิจัยควรมีตัวแปรสังเกตได้อย่างน้อย 3 ตัวต่อตัวแปรแฝง 1 ตัว ที่เรียกว่า กฎสามตัวบ่งชี้ (Three Indicator Rule) แล้วกำหนดให้ตัวบ่งชี้ 1 ตัวเป็นตัวแปรอ้างอิงหรือการทำให้ตัวแปรแฝงเป็นค่ามาตรฐาน โดยกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรอ้างอิงเท่ากับ 1.00 การใช้ตัวบ่งชี้หลายตัววัดตัวแปรแฝงหนึ่งตัว ทำให้สามารถวัดลักษณะของตัวแปรแฝงได้หลายแง่มุม โมเดลที่มีข้อคำถามหลายข้อต่อตัวแปรแฝงหนึ่งตัว ทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถูกต้องมากขึ้น ค่าพารามิเตอร์แม่นยำขึ้นและค่าความเที่ยงของตัวแปรสังเกตได้เพิ่มขึ้น (Marsh and others, 1998) โมเดลองค์ประกอบในภาพประกอบ 1 เป็นโมเดลที่มีตัวแปรสังเกตได้มากกว่าตั้งแต่ 3 ขึ้นไปจึงเป็น Over Identification

4. การประมาณค่าพารามิเตอร์ เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์จากกลุ่มตัวอย่างโดยการแก้สมการโครงสร้างเพื่อหาค่าที่ไม่ทราบค่าทุกค่าในโมเดล เช่น ϕ, ξ และ δ แล้วนำค่าพารามิเตอร์เหล่านั้นคำนวณกลับเป็นค่าความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรสังเกตได้ในโมเดล แล้วแสดงในรูปของเมตริกซ์เรียกเมตริกซ์นี้ว่า เมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมจากการประมาณค่าตามโมเดล (Computed Covariance Matrix : Σ)

5. การตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลการวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Model Fit) เป็นการตรวจสอบผลต่างระหว่างเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมจากการประมาณค่าตามโมเดล (Computed Covariance Matrix : Σ) กับเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของข้อมูลดิบ (Sample Covariance Matrix : S)นั่นคือ S -Σ เรียกเมตริกซ์ผลต่างนี้ว่า เมตริกซ์ส่วนเหลือ (Residual Covariance Matrix) โปรแกรมจะใช้สถิติทดสอบ χ^2 -test ตรวจสอบว่า Computed Covariance Matrix(Σ) ต่างจาก Sample Covariance Matrix (S) หรือไม่ โดยตั้งสมมุติฐานว่าง H_0 : $S = \Sigma$ ค่า χ^2 ที่ไม่มีนัยสำคัญจะแสดงว่าโมเดลการวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์สอดคล้องกลมกลืนกัน นอกจากค่าไค-สแควร์(χ^2 -test) แล้วยังมีดัชนีแสดงความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลอีกมากมายหลายค่า

6. การปรับโมเดล ในการปรับโมเดลมีวัตถุประสงค์เพื่อจะให้มีการประมาณค่าพารามิเตอร์ใหม่โดยคาดหวังว่าจะทำให้ S และ Σ มีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้น ถ้าผลจากการวิเคราะห์พบว่าโมเดลการวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ยังไม่สอดคล้องกลมกลืนกัน (χ^2 มีนัยสำคัญ) ทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ว่าการกำหนดความสัมพันธ์ (เส้นทาง) ต่าง ๆ ในโมเดลไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงเช่น ผู้วิจัยมีสมมติฐานว่า คำถามบางข้อมีน้ำหนักบนองค์ประกอบ 1 ตัว แต่คำถามข้อนั้นควรมีน้ำหนักบนองค์ประกอบมากกว่า 1 ตัว หรือตามทฤษฎีแล้วองค์ประกอบต่างๆ สัมพันธ์กันแต่ในสภาพความเป็นจริงแล้วไม่สัมพันธ์กัน ผู้วิจัยสามารถปรับพารามิเตอร์ในโมเดลสมมติฐานแล้วทดสอบผลการปรับโมเดลได้ โปรแกรมให้ค่าดัชนีดัดแปรโมเดล (Modification Indices : MI) ดัชนี MI จะเสนอแนะว่า ควรเพิ่มหรือตัดพารามิเตอร์ตัวใดออกจากโมเดลเพื่อให้โมเดล

สอดคล้องกับข้อมูล ส่วนการตัดสินใจปรับพารามิเตอร์ตัวใดขึ้นอยู่กับดุลยพินิจ ผู้วิจัยต้องปรับพารามิเตอร์อย่างมีความหมายในเชิงเนื้อหาและสามารถตีความหมายค่าพารามิเตอร์นั้น ๆ ได้ชัดเจน (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) นอกจากนี้ผู้วิจัยควรพิจารณาค่าเศษเหลือของตัวแปรสังเกตได้แต่ละค่าด้วย เศษเหลือที่อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐานที่มีค่ามาก (เกินกว่า 2.00) เศษเหลือมีค่ามากอาจชี้ว่ามีปัญหาเกี่ยวกับการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้กับตัวแปรแฝง
(สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555)

ดัชนีที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์

การตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลองค์ประกอบ โดยการพิจารณาค่าสถิติต่าง ๆ ในผลการวิเคราะห์ข้อมูล ค่าสถิติเหล่านี้ใช้เป็นค่าดัชนีที่แสดงถึงความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีหรือไม่ หรือแนะนำว่าโมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลอย่างไร ซึ่งในกรณีโมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลต้องปฏิเสธโมเดลองค์ประกอบตามสมมติฐาน หรืออาจใช้ค่าสถิติที่ให้มากับผลการวิเคราะห์ประกอบการตัดสินใจกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลหรือปรับโมเดลใหม่

ขั้นแรกในการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดล ต้องพิจารณาว่าค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้สมเหตุสมผลหรือไม่ เป็นไปตามทฤษฎีที่คาดหวังไว้หรือไม่ แต่ถ้าพบกรณีต่อไปนี้อาจเกิดจากกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลองค์ประกอบไม่ถูกต้อง

1. ค่าพารามิเตอร์มีค่ากลับกัน (เช่น ค่าน้ำหนักองค์ประกอบเป็นบวกทั้ง ๆ ที่ในตามทฤษฎีต้องมีค่าเป็นลบ เป็นต้น)

2. ค่าพารามิเตอร์น้อยเกินไป มากเกินไป หรือไม่เหมาะสม (เช่น ค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบมีค่าติดลบ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบมีค่ามากกว่า 1.00 เป็นต้น)

3. ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานมากกว่าปกติ (มีค่าเกินกว่า 2.00)

4. ค่าประมาณความเที่ยงของตัวแปรสังเกตได้เป็นลบ หรือใกล้ ๆ 0 หรือมากกว่า 1.00 ผู้วิจัยต้องตรวจสอบค่าสถิติวัดความสอดคล้องของโมเดลหลายตัว เพราะโมเดลองค์ประกอบที่มีค่าพารามิเตอร์สมเหตุสมผล อาจสอดคล้องกับข้อมูลไม่ดี ก็ได้

ดัชนีที่ใช้บอกความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลมีหลายตัวแต่ไม่มีตัวใดตัวหนึ่งดีกว่าดัชนีตัวอื่นเพราะค่าดัชนีขึ้นอยู่กับแต่ละกรณี เช่น ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง วิธีการประมาณค่า ความซับซ้อนของโมเดล การไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของพหุนาม (Multivariate Normal Distribution) จำนวนตัวแปรอิสระ หรือหลาย ๆ กรณีรวมกันดัชนีเหล่านั้นประกอบด้วย (สุภมาศ อังสุโชติ และคณะ, 2554)

1. ค่าไค-สแควร์ (Chi-Square Statistics) เป็นดัชนีที่ใช้แพร่หลายในการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยภาพรวมค่าไค-สแควร์คำนวณจากผลคูณระหว่าง Minimum Fit Function Value (F_{min}) กับ n-1 เมื่อ n แทนขนาดของกลุ่มตัวอย่าง มีชั้นของความเป็นอิสระ (df) เท่ากับ K(k+1)/2-t เมื่อ k แทนจำนวนตัวแปรสังเกตได้ และ t แทนจำนวนพารามิเตอร์ในโมเดลที่ต้องประมาณค่า สมมุติฐานของการทดสอบคือ $H_0: S = \Sigma$ เมื่อ S แทนเมตริกซ์ความแปรปรวน –ความแปรปรวนร่วม ของข้อมูลเชิงประจักษ์ และ Σ แทนเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรสังเกตได้ที่ประมาณมาจากโมเดล ถ้าค่าไคสแควร์มีนัยสำคัญแสดงว่า โมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ไม่สอดคล้องกลมกลืนกัน

การใช้ไคสแควร์เป็นค่าสถิติทดสอบวัดความสอดคล้องกลมกลืนต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เพราะค่าสถิติมีข้อตกลงเบื้องต้นอยู่ 4 ประการ คือ (1) ตัวแปรภายนอกสังเกตได้ต้องมีการแจกแจงปกติ (2) การวิเคราะห์ข้อมูลต้องใช้เมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม (3) ขนาดของกลุ่มตัวอย่างต้องมีขนาดใหญ่ (กลุ่มตัวอย่างไม่ต่ำกว่า 100 และอัตราส่วนระหว่างหน่วยตัวอย่างและจำนวนพารามิเตอร์หรือตัวแปรควรจะเป็น 20 ต่อ 1) และ (4) ฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็นศูนย์จริงตามสมมุติฐานที่ใช้ทดสอบไคสแควร์ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) และถ้าตัวแปรสังเกตได้มีการแจกแจงแบบ Leptokurtic จะทำให้ค่าไคสแควร์สูงกว่าความเป็นจริง ทำให้มีโอกาสปฏิเสธสมมุติฐานศูนย์ได้มาก ส่วนข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบ Platykurtic ก็จะทำให้ค่าไคสแควร์ต่ำกว่าความเป็นจริง ถ้าข้อมูลมีความเบ้สูง ก็จะทำให้ค่าไคสแควร์สูงกว่าปกติ นอกจากนั้นค่าไคสแควร์ยังขึ้นกับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างยิ่งใหญ่ ค่าไคสแควร์ก็จะยิ่งสูงมาก จนอาทำให้สรุปผลได้ไม่ถูกต้อง ดังนั้นจึงแก้ไขโดยการพิจารณา ค่าไคสแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) ซึ่งควรมีค่าน้อยกว่า 2.00 หรือบางตำราอาจกล่าวว่าค่า (χ^2/df) ควรมีค่าน้อยกว่า 5.00 (Bollen, 1989)

2. ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index : GFI) เป็นดัชนีที่แสดงถึงปริมาณความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมที่อธิบายได้ด้วยโมเดล ดัชนี GFI มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 และไม่ขึ้นกับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ดัชนี GFI ที่เข้าใกล้ 1.00 แสดงว่าแบบจำลองมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์แต่ควรมีค่ามากกว่า 0.90

3. ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Index : AGFI) เป็นดัชนีที่แสดงถึงปริมาณความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมที่อธิบายได้ด้วยโมเดล โดยนำดัชนี GFI มาปรับแก้โดยคำนึงถึงขนาดขององศาอิสระ ซึ่งรวมทั้งจำนวน ตัวแปรและขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จะได้ค่าดัชนี AGFI ซึ่งมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับดัชนี GFI คือ ค่าดัชนี AGFI ที่เข้าใกล้ 1.00 แสดงว่า แบบจำลองมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แต่ควรมีค่ามากกว่า 0.90

4. ดัชนีวัดความสอดคล้องกลมกลืนเปรียบเทียบ (Comparative Fit Index: CFI) เป็นดัชนีที่ตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์กันเลย (Baseline Model) หรือโมเดลอิสระ

(Independence Model) ค่าของดัชนีค่ามีตั้งแต่ 0 ถึง 1 CFI ที่ดีควรมีค่าตั้งแต่ 0.90 ขึ้นไป

5. ดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (Root Mean Square Error of Approximation : RMSEA) เป็นค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนระหว่าง $S-\Sigma$ ค่าที่บ่งบอกความไม่สอดคล้องของโมเดลที่สร้างขึ้นกับเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมของประชากร ค่า RMSEA เท่ากับศูนย์แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีมากนั่นคือ ($S=\Sigma$) ค่า RMSEA ที่น้อยกว่า .05 แสดงว่ามีความสอดคล้องสนิท (Close Fit) ค่าที่ใช้ได้และถือว่าโมเดลที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมของประชากรควรอยู่ระหว่าง 0.05-0.08 ส่วนค่าที่มากว่า 0.10 แสดงว่าโมเดลยังไม่สอดคล้องกับความแปรปรวนร่วมของประชากร

6. การวิเคราะห์เศษเหลือหรือความคลาดเคลื่อน (Analysis of Residuals) ถ้าแบบจำลองมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานจะเข้าใกล้ศูนย์และไม่ควรมีค่าเกิน 2.00 ถ้ามีค่าเกิน 2.00 ต้องปรับแบบจำลอง (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) ค่าดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลที่พัฒนากับข้อมูลเชิงประจักษ์ สรุปได้ดังแสดงในตาราง 23

ตาราง 23 เกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดล

ดัชนี	ระดับการยอมรับ
(χ^2-test)	χ^2 ที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ หรือค่า P-value >0.05
χ^2/df	< 2.00 โมเดลสอดคล้องกลมกลืนดี 2.00-5.00 โมเดลสอดคล้องกลมกลืนพอใช้ได้
ค่าดัชนี CFI	≥0.95 โมเดลสอดคล้องกลมกลืนดี 0.90-0.95 โมเดลสอดคล้องกลมกลืนพอใช้ได้
ค่าดัชนี GFI	≥0.95 โมเดลสอดคล้องกลมกลืนดี 0.90-0.95 โมเดลสอดคล้องกลมกลืนพอใช้ได้
ค่าดัชนี AGFI	≥0.95 โมเดลสอดคล้องกลมกลืนดี 0.90-0.95 โมเดลสอดคล้องกลมกลืนพอใช้ได้
ค่า RMSEA	<0.05 โมเดลสอดคล้องกลมกลืนดี 0.05-0.08 โมเดลสอดคล้องกลมกลืนพอใช้ได้ 0.08-0.10 โมเดลสอดคล้องกลมกลืนไม่ค่อยดี >0.10 สอดคล้องกลมกลืนไม่ดี
ค่า Largest Standardized Residual	$\lvert 2.00 \rvert$

การประเมินความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นของโมเดล

โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเป็นโมเดลการวัด (Measurement Model) ซึ่งเป็นโมเดลที่ใช้ตัวแปรสังเกตได้วัดตัวแปรแฝง ดังนั้นในการแปลผลการวิเคราะห์ควรจะพิจารณาด้วยว่าตัวแปรสังเกตได้วัดตัวแปรแฝงได้มากน้อยเพียงใด การพิจารณาประสิทธิภาพของโมเดลการวัดต้องพิจารณาทั้งความเที่ยงตรง (Validity) และความเที่ยง (Reliability)

ความเที่ยงตรง หมายถึง ความสามารถของตัวแปรสังเกตได้หรือตัวบ่งชี้ที่ใช้วัดตัวแปรแฝงในโมเดล โดยพิจารณาจากความมีนัยสำคัญของน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ในเมตริกซ์ LX หรือ LY ค่าน้ำหนักองค์ประกอบควรมีค่าสูงและมีนัยสำคัญทางสถิติ (T-Value มากกว่า 1.96) (Diamantopoulos and Siguaw, 2000) นอกจากนี้สามารถเปรียบเทียบความสำคัญของตัวแปรว่าตัวแปรใดใช้วัดตัวแปรแฝงได้ดีที่สุด โดยการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (Standardized Loading) ตัวแปรสังเกตได้ที่มีความสำคัญ ๆ จะมีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานสูง ๆ

ความเชื่อมั่น หมายถึง ความคงเส้นคงวาของการวัดหรือระดับที่ตัวแปรปราศจากความคลาดเคลื่อน การพิจารณาความเที่ยงของตัวแปรพิจารณาที่ผลการวิเคราะห์ในส่วนของ SQUARE MULTIPLE CORRELATION (R^2) เป็นสัดส่วนความแปรปรวนของตัวแปรที่อธิบายได้โดยตัวแปรแฝงซึ่งมีค่าเท่ากับค่าการร่วม (Communality) ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

นอกจากนี้สามารถพิจารณาความเที่ยงของตัวแปรแฝง (Construct Reliability ; ρ_c) และค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนที่ถูกสกัดไว้ (Average Variance Extracted, ρ_v) โดยการใช้สูตรดังนี้ (Diamantopoulos and Siguaw, 2000)

ความเที่ยงของตัวแปรแฝงหรือ Composite Reliability

$$\rho_c = \frac{(\Sigma\lambda)^2}{(\Sigma\lambda)^2 + \Sigma(\theta)}$$

λ คือ น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน

θ คือ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

Σ คือ ผลรวม

ค่าความเที่ยงของตัวแปรแฝงควรมีค่ามากกว่า 0.60 ((Diamantopoulos and Siguaw, 2000)

ค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนที่ถูกสกัดได้

$$\rho_v = \frac{\left(\Sigma\lambda^2\right)}{\left(\Sigma\lambda^2\right) + \Sigma(\theta)}$$

ค่า ρ_v เป็นค่าเฉลี่ยความแปรปรวนของตัวแปรแฝงที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรสังเกตซึ่งมีค่าเทียบเท่ากับค่าไอเกน (Eigen Values) ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจควรมีค่ามากกว่า 0.5 (Diamantopoulos and Siguaw, 2000)

คะแนนองค์ประกอบ (Factor Score)

การประมาณค่าคุณลักษณะภายในของบุคคลโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบจะนำเสนอในรูปของคะแนนองค์ประกอบ $F_{ji} = w_{j1}z_{i1} + w_{j2}z_{i2} + \ldots + w_{jk}z_{ik}$ (Grice, 2001) ซึ่งเป็นการประมาณค่าขององค์ประกอบร่วมหรือเรียกว่าค่าของตัวแปรแฝงซึ่งเป็นตัวใหม่ที่สร้างขึ้นเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ การสร้างคะแนนองค์ประกอบทำได้โดยการนำเอาผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบมาใช้ในการประมาณค่า ผลจากการประมาณค่าจะทำให้ทราบถึงค่าคุณลักษณะภายในของแต่ละบุคคล ในองค์ประกอบแฝงนั้น เนื่องจากการวัดองค์ประกอบแฝงมีความคาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ คะแนนองค์ประกอบที่ได้จากการประมาณค่าควรมีค่าใกล้เคียงกับองค์ประกอบร่วมตามทฤษฎีให้มากที่สุด ดังนั้นการสร้างคะแนนองค์ประกอบต้องมีเกณฑ์การสร้างให้สเกลองค์ประกอบใกล้เคียงกับองค์ประกอบร่วมที่ควรจะเป็นมากที่สุด

วิธีการประมาณค่าคะแนนองค์ประกอบ มีด้วยกันหลายวิธี เช่น วิธีการถดถอยของ Thurstone วิธีของ Bartlett วิธีของ Anderson-Rubin วิธีใช้องค์ประกอบเป็นฐาน ฯลฯ แต่ในการวิจัยครั้งนี้นำเสนอเกี่ยวกับการสร้างคะแนนองค์ประกอบตามหลักวิธีการถดถอยของ Thurstone ขององค์ประกอบแบบ Oblique เนื่องจากเป็นวิธีการที่ให้ผลการประมาณค่าสัมพันธ์กับองค์ประกอบร่วมจากข้อมูลจริงสูงที่สุดนั่นคือค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุดและเป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่นักวิจัยจะนำมาตัดสินใจในการเลือกใช้วิธีการประมาณค่าคะแนนองค์ประกอบ (Costell and Osborne, 2005 ; Christine and other, 2009) การประมาณค่าคะแนนองค์ประกอบตามหลักการถดถอยขององค์ประกอบแบบ Oblique เป็นวิธีที่ใช้หลักการความสัมพันธ์ระหว่างสเกลองค์ประกอบที่สร้างขึ้นกับองค์ประกอบร่วมทางทฤษฎีให้มีค่าสูงสุด หรือให้ค่าผลรวมของกำลังสองของความแตกต่างระหว่างสเกลองค์ประกอบ และองค์ประกอบร่วมตามทฤษฎีมีค่าน้อยที่สุด ตามหลักการถดถอยค่าของสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ (Factor Score Coefficient) จะได้จากผลคูณระหว่างเมตริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบกับอินเวอร์สของเมตริกซ์สหสัมพันธ์จากกลุ่มตัวอย่างและเพิ่มเมตริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบด้วยกันเองเมื่อองค์ประกอบมีความสัมพันธ์กัน ดังโมเดล (Thurstone, 1935)

$$\hat{F}_{1\times m} = Z_{1\times n} B_{n\times m}$$
$$B_{n\times m} = R^{-1}_{n\times n} A_{n\times m} \Phi_{m\times m}$$

และ n แทน จำนวนตัวแปรสังเกตได้

m แทน จำนวนขององค์ประกอบ

$\hat{F}_{1\times m}$ แทน เวกเตอร์แถวที่1ของคะแนนองค์ประกอบที่ประมาณได้ m องค์ประกอบ

$Z_{1\times n}$ แทน เวกเตอร์แถวที่1คะแนนมาตรฐานของตัวแปรสังเกตได้ n ตัว

$B_{n\times m}$ แทน เมตริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอยของ m องค์ประกอบ บนตัวแปรสังเกตได้ n ตัว

$R^{-1}_{n\times n}$ แทน เมตริกผกผันของเมตริกสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ n ตัว

$A_{n\times m}$ แทน เมตริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบ ของตัวสังเกตได้ n ตัว บน m องค์ประกอบ

$\Phi_{m\times m}$ แทน เมตริกซ์สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบ m องค์ประกอบ

และ Hatted Matrices ของการประมาณค่าความเป็นไปได้สูงสุดของพารามิเตอร์ของโมเดลภายใต้ข้อตกลงที่ข้อมูลจากตัวแปรสังเกตได้มีการแจกแบบปกติพหุ

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามหนึ่งตัวกับตัวแปรอิสระหรือตัวแปรพยากรณ์หลายตัว ที่มีลักษณะความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น (Linear Relationship) โดยกำหนดให้ $Y = (Y_1, \ldots, Y_n)'$ เป็นตัวแปรตามและ $X = (X_1, \ldots, X_k)'$ เป็นตัวแปรอิสระ โดยมีเป้าหมายเพื่อทำนายค่า (Prediction) หรือประมาณค่า (Estimation) ของตัวแปรที่ต้องการศึกษา ซึ่งมีความซับซ้อนมากกว่ากรณีที่มีตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียวซึ่งการที่มีตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัว จะสามารถสร้างสมการการถดถอยได้หลายสมการทำให้เกิดความยุ่งยากในการคัดเลือกสมการที่ดีที่สุด ทำให้ได้มีการพัฒนาวิธีการที่มุ่งหาสมการที่ดีที่สุดเพื่อใช้ในการพยากรณ์ตัวแปรตามหลากหลายวิธีแต่วิธีการหาคำตอบที่เป็นที่นิยมกันมากและสะดวกกว่าวิธีอื่น ๆ คือ เขียนให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ (Matrix Approach) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น ดังนี้

$$Y_i = \alpha_i + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \ldots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i \quad \text{เมื่อ} \quad i = 1,2,\ldots,n$$

โดยที่ Y_i แทน ค่าสังเกตที่ i ของตัวแปรตาม

α_i แทน ค่าคงที่ในสมการถดถอย ซึ่งเป็นค่าของ Y_i เมื่อกำหนดค่าของสำหรับทุกค่าของ $X_{ij} = 0$ เมื่อ $j = 1,2,\ldots,k$ $i = 1,2,\ldots,n$

X_{ik} แทน ค่าสังเกตที่ i ของตัวแปรอิสระที่ k

β แทน สัมประสิทธิ์ของเส้นถดถอย ซึ่งสอดคล้องกับแต่ละค่าของตัวแปรอิสระ นั่นคือ β_j แสดงความเปลี่ยนแปลงใน Y หรือ β_1 แสดงความเปลี่ยนแปลงใน Y เมื่อ X_{i1} เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย เมื่อ $X_{i2},\ldots,X_{ik}$ คงที่ และเรียก β_j ว่า สัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงส่วน (Partial Regression Coefficient)

ε_i แทน ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

n แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

k แทน จำนวนตัวแปรอิสระ

2. ε_i เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และความแปรปรวนเป็น σ_ε^2

3. $\varepsilon_i, \varepsilon_j$ เป็นอิสระ นั่นคือ Cov$\varepsilon_i, \varepsilon_j$) = 0

4. ตัวแปรอิสระ $X_i, X_j; i \neq j$ เป็นอิสระกัน เมื่อ $i = 1,\ldots,k$

การประมาณค่าพารามิเตอร์ในรูปเมตริกซ์

ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ในรูปเมตริกซ์ในสมการถดถอย สามารถทำการประมาณได้จากข้อมูลที่วัดในตัวแปรต่าง ๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

จากข้อมูล

Y	X_1	X_2	...	X_k
Y_1	X_{11}	X_{12}		X_{1k}
Y_2	X_{21}	X_{22}		X_{2k}
Y_3	X_{31}	X_{32}		X_{3k}
.	.	.		.
.	.	.		.
.	.	.		.
Y_n	X_{n1}	X_{n2}		X_{nk}

สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลชุดนี้ ได้ดังนี้

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \ldots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i \quad \text{เมื่อ } i = 1,\ldots,k$$

ถ้ากำหนด $X_{i0} = 1$ จะได้

$$Y_1 = \alpha X_{10} + \beta_1 X_{11} + \beta_2 X_{12} + \ldots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_1$$
$$Y_2 = \alpha X_{20} + \beta_1 X_{21} + \beta_2 X_{22} + \ldots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_2$$
$$\vdots$$
$$Y_n = \alpha X_{n0} + \beta_1 X_{n1} + \beta_2 X_{n2} + \ldots + \beta_k X_{nk} + \varepsilon_n$$

สามารถเขียนในรูปของเมตริกซ์ได้ดังนี้

จะได้ $\tilde{Y} = X\tilde{\beta} + \tilde{\varepsilon}$ เมื่อ

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} X_{10} & X_{11} & X_{12} & \ldots & X_{1k} \\ X_{20} & X_{21} & X_{22} & \ldots & X_{2k} \\ . & . & . & \ldots & . \\ . & . & . & \ldots & . \\ X_{n0} & X_{n1} & X_{n2} & \ldots & X_{nk} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \ldots & X_{1k} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \ldots & X_{2k} \\ . & . & . & & . \\ . & . & . & \ldots & . \\ . & . & . & & . \\ 1 & X_{n1} & X_{n2} & \ldots & X_{nk} \end{bmatrix}$$

พหุน ปอ ศโต ชีเว

$$\beta = \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ . \\ . \\ . \\ \beta_k \end{bmatrix}, \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ . \\ . \\ . \\ \varepsilon_k \end{bmatrix}$$

โดยที่ $\tilde{Y}$ แทน เวกเตอร์ของตัวแปรตามที่มีขนาด $n \times 1$

X แทน เมตริกซ์ของตัวแปรอิสระที่มีขนาด $n \times (k+1)$

$\tilde{\beta}$ แทน เวกเตอร์ของสัมประสิทธิ์การถดถอย $(k+1) \times 1$

$\tilde{\varepsilon}$ แทน เวกเตอร์ความคลาดเคลื่อนที่มีขนาด $n \times 1$

n แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

k แทน จำนวนตัวแปรอิสระ

$$\mathrm{E}(Y) = \mathrm{E}(a + b_1 X_{i1} + b_k X_{ik} + \varepsilon)$$
$$\mathrm{E}(Y) = \mathrm{E}(a + b_1 X_{i1} + b_2 X_{i2} + b_k X_{ik})$$
$$\mathrm{E}(\hat{Y}) = \hat{X} + \hat{b}_1 X_{i1} + \ldots + \hat{b}_k X_{ik}$$

เมื่อทำการศึกษาข้อมูลตัวอย่าง จะได้สมการถดถอย คือ $\hat{Y} = a + b_1 X_{i1} + b_2 X_{i2} + \ldots + b_k X_{ik}$

หรือ $\hat{Y} = X\,b$ เมื่อ

$$\hat{Y} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1k} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2k} \\ . & . & . & \cdots & . \\ . & . & . & \cdots & . \\ . & . & . & \cdots & . \\ 1 & X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{nk} \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} a \\ b_1 \\ b_2 \\ . \\ . \\ . \\ b_k \end{bmatrix}$$

โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) จะได้ว่า

$$\sum e_i^2 = \sum (Y - \hat{Y})^2$$

$$= \sum (Y - a - b_1X_1 - b_2X_2 - \ldots - b_kX_k)^2$$

$$\frac{\partial \sum e^2}{\partial a} = -2\sum (Y - a - b_1X_1 - b_2X_2 - \ldots - b_kX_k) = 0$$

$$\sum (Y - a - b_1X_1 - b_2X_2 - \ldots - b_kX_k) = 0$$

$$\sum Y = na + b_1\sum X_1 + b_2\sum X_2 + \ldots + b_k\sum X_k \quad \text{—} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \sum e^2}{\partial b_1} = -2\sum (Y - a - b_1X_1 - b_2X_2 - \ldots - b_kX_k)(X_1) = 0$$

$$\sum (Y - a - b_1X_1 - b_2X_2 - \ldots - b_kX_k)(X_1) = 0$$

$$\sum (YX_1 - aX_1 - b_1X_1^2 - b_2X_1X_2 - \ldots - b_kX_1X_k) = 0$$

$$\sum X_1Y = a\sum X_1 + b_1\sum X_1^2 + b_2\sum X_1X_2 + \ldots + b_k\sum X_1X_k \quad \text{—} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \sum e^2}{\partial b_2} = -2\sum (Y - a - b_1X_1 - b_2X_2 - \ldots - b_kX_k)(X_2) = 0$$

$$\sum (Y - a - b_1X_1 - b_2X_2 - \ldots - b_kX_k)(X_2) = 0$$

$$\sum (YX_2 - aX_2 - b_1X_1X_2 - b_2X_2^2 - \ldots - b_kX_2X_k) = 0$$

$$\sum X_2Y = a\sum X_2 + b_1\sum X_1X_2 + b_2\sum X_2^2 + \ldots + b_k\sum X_2X_k \quad \text{—} \quad (3)$$

$$\frac{\partial \sum e^2}{\partial b_k} = -2\sum (Y - a - b_1X_1 - b_2X_2 - \ldots - b_kX_k)(X_k) = 0$$

$$\sum\left(Y-a-b_1X_1-b_2X_2-\ldots-b_kX_k\right)\left(X_k\right)=0$$

$$\sum\left(YX_k-aX_k-b_1X_1X_k-b_2X_2X_k-\ldots-b_kX_k^2\right)=0$$

$$\sum X_kY=a\sum X_k+b_1\sum X_1X_k+b_2\sum X_2X_k+\ldots+b_k\sum X_k^2 \quad \text{—(k)}$$

จากวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) สามารถสร้างสมการปกติได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
&\sum Y=na+b_1\sum X_1+b_2\sum X_2+\ldots+b_k\sum X_k\\
&\sum X_1Y=a\sum X_1+b_1\sum X_1^2+b_2\sum X_1X_2+\ldots+b_k\sum X_1X_k\\
&\sum X_2Y=a\sum X_2+b_1\sum X_1X_2+b_2\sum X_2^2+\ldots+b_k\sum X_2X_k\\
&\vdots\\
&\sum X_kY=a\sum X_k+b_1\sum X_1X_k+b_2\sum X_2X_k+\ldots+b_k\sum X_k^2
\end{aligned}$$

ซึ่งสามารถเขียนสมการปกติในรูปของเมตริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix}\sum Y\\ \sum X_1Y\\ \sum X_2Y\\ \vdots\\ \sum X_kY\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}n & \sum X_1 & \sum X_2 & \cdots & \sum X_k\\ \sum X_1 & \sum X_1^2 & \sum X_1X_2 & \cdots & \sum X_1X_k\\ \sum X_2 & \sum X_1X_2 & \sum X_2^2 & \cdots & \sum X_2X_k\\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots\\ \sum X_k & \sum X_1X_k & \sum X_2X_k & \cdots & \sum X_k^2\end{bmatrix}\cdot\begin{bmatrix}a\\ b_1\\ b_2\\ \vdots\\ b_k\end{bmatrix}$$

$$X'Y=(X'X)\,\underset{\sim}{b}$$

จาก $Y=X\,\underset{\sim}{b}$

$$X'Y=X'X\,\underset{\sim}{b}$$

$\underset{\sim}{b}=(X'X)^{-1}X'Y$ เมื่อ $(X'X)$ เป็น Non-Singular Matrix นั่นคือ สามารถหาเมตริกซ์ผกผันได้ คือ $(X'X)^{-1}$

เมื่อพิจารณาเฉพาะตัวแปรอิสระจะได้เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมจากกลุ่มตัวอย่างดังนี้

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

$$(X'X)^{-1} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1k} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2k} \\ . & . & & . \\ . & . & \dots & . \\ . & . & & . \\ C_{k1} & C_{k2} & \dots & C_{kk} \end{bmatrix}$$

หรือ

$$S = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1k} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2k} \\ . & . & & . \\ . & . & \dots & . \\ . & . & & . \\ S_{k1} & S_{k2} & \dots & S_{kk} \end{bmatrix}$$

โดยที่ $S_{jj} = S_j^2$ คือ ค่าความแปรปรวนจากกลุ่มตัวอย่างของตัวแปรที่ $j; j = 1,2,\dots,k$

$$S_{jj} = S_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(X_{ij} - \bar{X}_j\right)^2}{n-1}$$

$S_{jj'}$ คือ ค่าความแปรปรวนร่วมตัวอย่างที่ j และ $j'; j = 1,2,\dots,k$

$$S_{jj'} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(X_{ij} - \bar{X}_j\right)\left(X_{ij'} - \bar{X}_{j'}\right)}{n-1}$$

การปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปมาตรฐาน

จากสมการถดถอยพหุคูณ $\tilde{Y} = X\tilde{\beta} + \tilde{\varepsilon}$

กำหนดให้ $X_{ij}^{\bullet} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{S_j}$, $\bar{X}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_{ij}}{n}$, $Y_i^{\bullet} = \frac{Y_i - \bar{Y}_i}{S_{y_i}}$

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(X_{ij} - \bar{X}_j\right)^2}{n-1}}; j = 1,2,\dots,k$$

จะได้ $Y_i^{\bullet} = \alpha + \beta_1^{\bullet} X_{i1}^{\bullet} + \beta_2^{\bullet} X_{i2}^{\bullet} + \dots + \beta_k^{\bullet} X_{ik}^{\bullet} + \varepsilon_i$

หรือ $\tilde{Y} = X^{\bullet}\tilde{\beta} + \tilde{\varepsilon}$

$$X^{\bullet} = \begin{bmatrix} \frac{X_{11}-\bar{X}_1}{S_1} & \frac{X_{12}-\bar{X}_2}{S_2} & \cdots & \frac{X_{1k}-\bar{X}_k}{S_k} \\ \frac{X_{21}-\bar{X}_1}{S_1} & \frac{X_{22}-\bar{X}_2}{S_2} & \cdots & \frac{X_{2k}-\bar{X}_k}{S_k} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \frac{X_{n1}-\bar{X}_1}{S_1} & \frac{X_{n2}-\bar{X}_2}{S_2} & \cdots & \frac{X_{nk}-\bar{X}_k}{S_k} \end{bmatrix}$$

$$X^{\bullet T}X^{\bullet} = \begin{bmatrix} \frac{X_{11}-\bar{X}_1}{S_1} & \frac{X_{21}-\bar{X}_1}{S_1} & \cdots & \frac{X_{n1}-\bar{X}_1}{S_1} \\ \frac{X_{12}-\bar{X}_2}{S_2} & \frac{X_{22}-\bar{X}_2}{S_2} & \cdots & \frac{X_{n2}-\bar{X}_2}{S_2} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \frac{X_{1k}-\bar{X}_k}{S_k} & \frac{X_{2k}-\bar{X}_k}{S_k} & \cdots & \frac{X_{nk}-\bar{X}_k}{S_k} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{X_{11}-\bar{X}_1}{S_1} & \frac{X_{12}-\bar{X}_2}{S_2} & \cdots & \frac{X_{1k}-\bar{X}_k}{S_k} \\ \frac{X_{21}-\bar{X}_1}{S_1} & \frac{X_{22}-\bar{X}_2}{S_2} & \cdots & \frac{X_{2k}-\bar{X}_k}{S_k} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \frac{X_{n1}-\bar{X}_1}{S_1} & \frac{X_{n2}-\bar{X}_2}{S_2} & \cdots & \frac{X_{nk}-\bar{X}_k}{S_k} \end{bmatrix}$$

$$X^{\bullet T}X^{\bullet} = \begin{bmatrix} \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{i1}-\bar{X}_1)^2}{S_1^2} & \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{i1}-\bar{X}_1)(X_{i2}-\bar{X}_2)}{S_1S_2} & \cdots & \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{i1}-\bar{X}_1)(X_{ik}-\bar{X}_k)}{S_1S_k} \\ \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{i2}-\bar{X}_2)(X_{i1}-\bar{X}_1)}{S_2S_1} & \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{i2}-\bar{X}_2)^2}{S_2^2} & \cdots & \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{i2}-\bar{X}_2)(X_{ik}-\bar{X}_k)}{S_2S_k} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{ik}-\bar{X}_k)(X_{i1}-\bar{X}_1)}{S_kS_1} & \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{ik}-\bar{X}_k)(X_{i2}-\bar{X}_2)}{S_kS_2} & \cdots & \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{ik}-\bar{X}_k)^2}{S_k^2} \end{bmatrix}$$

เมตริกซ์สหสัมพันธ์ (Correlation Matrices)

กรณีที่มีตัวแปร 2 ตัว สามารถหาค่าสหสัมพันธ์ตัวอย่างของตัวแปรที่ j และ j'

$$r_{jj'} = \frac{S_{jj'}}{S_jS_{j'}} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{ij}-\bar{X}_j)(X_{ij'}-\bar{X}_{j'})}{S_jS_{j'}}$$

เมตริกซ์สหสัมพันธ์ตัวอย่าง กำหนดให้ R เป็นเมตริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร k ตัวแปร

$$R=\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1k} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2k} \\ . & . & & . \\ . & . & \dots & . \\ . & . & & . \\ r_{k1} & r_{k2} & \text{L} & r_{kk} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1k} \\ r_{21} & 1 & \dots & r_{2k} \\ . & . & & . \\ . & . & \dots & . \\ . & . & & . \\ r_{k1} & r_{k2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

จะได้ว่า $X^{\bullet T}X^{\bullet}=R$

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบในการประมาณค่าคุณลักษณะพหุมิติจึงใช้ R^{-1} เป็นเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (The Standard Errors of Estimate)

ในกรณีที่เป็นการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ เมื่อทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการถดถอยแล้ว การนำเส้นถดถอยไปใช้ประโยชน์ยังคงมีเป้าหมายเหมือนการวิเคราะห์เชิงเส้นตรงอย่างง่ายคือ การประมาณค่า นั่นคือ ต้องการให้ทุกจุดของข้อมูล Y นั่นอยู่ใกล้กับเส้นถดถอยมากที่สุด โดยที่ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการประมาณค่า Y ด้วย $\hat{Y}$ คือ e หรือกล่าวได้ว่าความคลาดเคลื่อนเป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างค่าจริง (Y) กับค่าที่ได้จากการประมาณ ($\hat{Y}$) นั่นคือ $e=\hat{Y}-Y$ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จาก รากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE) (Babcock and Weiss, 2009) ดังนี้

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{N}\left(\hat{Y}_j-Y_j\right)^2}{N}}$$

เมื่อ Y_j แทน คาคุณลักษณะจริงของคนที่ j

$\hat{Y}_j$ แทน คาคุณลักษณะที่ได้จากการประมาณของคนที่ j

N แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (Coefficient of Multiple Determination : R^2 หรือ r^2)

ความหมายของสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุนั้นจะเหมือนกับความหมายของสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในกรณีที่มีตัวแปรอิสระเพียง 1 ตัว นั่นคือ ตัวแปรอิสระ $X_1,\dots,X_k$

สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y ได้มากน้อยเพียงใด โดยใช้สัญลักษณ์ R^2 หรือ r^2 แทนสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

จาก $$R^2 = \frac{SumSquare-regression(X_1,..., X_k)}{SumSquareTotal}$$

$$= \frac{SSR}{SST}$$

$$= \frac{\sum(\hat{Y} - \bar{Y})^2}{\sum(Y - \bar{Y})^2}$$

$$= 1 - \frac{\sum(Y - \hat{Y})^2}{\sum(Y - \bar{Y})^2} = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

โดย $0 \leq R^2 \leq 1$ นั่นคือ

ถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 จะหมายถึง $X_1....X_k$ สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงค่า Y ได้มาก

ถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 0 จะหมายถึง $X_1,...,X_k$ สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงค่า Y ได้ค่อนข้างน้อยมาก

ในกรณีที่เพิ่มตัวแปรอิสระ X_j เข้าไปในสมการ ส่งผลให้ค่า SSR มีค่าเพิ่มมากขึ้น ทำให้ R^2 มีค่าสูงขึ้น ซึ่ง X_j ที่เพิ่มเข้าไปนั้นอาจจะไม่มีความสัมพันธ์กับ Y เลย ก็จะทำให้การแปลความหมาย R^2 ผิดไป(มีค่าสูงกว่าความเป็นจริง) ดังนั้นจะต้องมีการปรับ R^2 ให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้นโดยคำนึงถึงองศาความเป็นอิสระด้วย ซึ่ง R^2 ที่มีการปรับค่าแล้วจะเรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดที่ปรับค่า ($Adjusted\ R^2$: R_a^2) โดยที่

$$R_a^2 = 1 - \frac{\frac{SSE}{n-k-1}}{\frac{SST}{(n-1)}}$$

$$= 1 - \frac{MSE}{S_Y^2} \quad ; \quad (S_Y^2 = \frac{\sum(Y - \bar{Y})^2}{n-1}$$

$$= 1 - \frac{(n-1)}{n-k-1}(R^2 - 1)$$

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

อัญชลี ศรีกลชาญ (2547) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาแบบวัดพหุปัญญาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาแบบวัดพหุปัญญาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นตามทฤษฎี พหุปัญญาของการ์ดเนอร์ 3 ด้าน ได้แก่ ภาษา ตรรกะและคณิตศาสตร์ มิติ ร่างกายและการเคลื่อนไหว ดนตรี มนุษยสัมพันธ์ การเข้าใจตนเอง และธรรมชาติ ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัด และสร้างปกติวิสัยของแบบวัด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดชลบุรี จำนวน 800 คน วิเคราะห์ค่าสถิติของแบบวัดโดยใช้โปรแกรม Lartap 5 วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานโดยใช้โปรแกรม SPSS และ ตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง โดยใช้โปรแกรมลิสเรล 8.50

ผลการวิจัยพบว่า

1. แบบวัดพหุปัญญา จำนวน 60 ข้อ มีความตรงเชิงเนื้อหาทุกข้อ ความเที่ยงของแบบวัดพหุปัญญาทั้งฉบับ เท่ากับ 0.84 ดัชนีความยากของข้อสอบอยู่ระหว่าง 0.39-0.83 ดัชนีอำนาจจำแนกของข้อสอบอยู่ระหว่าง 021-0.85

2. แบบวัดพหุปัญญามีความตรงเชิงโครงสร้างอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่า Chi-Square = 120427 (p = .100), df = 1461, GFI = 0.95, AGFI = 0.94, CFI = 1.00, Standardized RMR = 0.03, RMSEA = 0.00 และองค์ประกอบทั้ง 8 องค์ประกอบ กับข้อสอบทั้ง 60 ข้อมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ปกติวิสัยของแบบวัดพหุปัญญาจำแนกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ผู้ที่มีพหุปัญญาระดับสูงมีตำแหน่งเปอร์เซนไทล์ตั้งแต่ 78 ขึ้นไป ผู้ที่มีพหุปัญญาระดับปานกลาง มีตำแหน่งเปอร์เซนไทล์อยู่ระหว่าง 240-779 ผู้ที่มีพหุปัญญาระดับต่ำ มีตำแหน่งเปอร์เซนไทล์ต่ำกว่า 24 ลงไป

ชัยวิชิต เชียรชนะ (2552) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาแบบวัดกลยุทธ์การเรียนรู้แบบพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อพัฒนาแบบวัดกลยุทธ์การเรียนรู้แบบพหุมิติ โดยตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดกลยุทธ์การเรียนรู้ ด้านความเชื่อมั่นด้วยวิธีวิเคราะห์พหุมิติ และด้านความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีวิเคราะห์พหุมิติ และวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน 2) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลการวัดกลยุทธ์การเรียนรู้ 4 โมเดล ประกอบด้วย (a) โมเดลของ Weinstein และ Palmer (b) โมเดลของ Stevens และ Tallent-Runnels (c) โมเดลของ Cano และ (d) โมเดลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น 3) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการวัดกลยุทธ์การเรียนรู้ของนักเรียนที่มีต่อการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และ 4) เพื่อสร้างเกณฑ์ปกติของกลยุทธ์การเรียนรู้สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับ

มัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6) สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 2,187 คน ได้มาจากการสุ่มแบบสามขั้นตอน (Three-Stage Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบวัดกล ยุทธ์การเรียนรู้แบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows, โปรแกรม Microsoft Office Excel, โปรแกรม ConQuest และ โปรแกรม LISREL ผลการวิจัยพบว่า

1. แบบวัดกลยุทธ์การเรียนรู้แบบพหุมิติที่ประกอบด้วย โครงสร้าง 3 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบด้านกลยุทธ์การรู้คิด กลยุทธ์จิตพิสัย และกลยุทธ์ทักษะการเรียนรู้ มีความเที่ยงโดยการ วิเคราะห์พหุมิติ (EAP Reliability) เท่ากับ .849, .878, และ .844 ตามลำดับ และมีความตรงเชิงโครงสร้าง โดยโมเดลโครงสร้างกลยุทธ์การเรียนรู้แบบพหุมิติมีความเหมาะสมมากกว่าแบบเอกมิติรวม (Deviance Statistic ของโมเดลพหุมิติ = 56,461.589 โมเดลเอกมิติรวม = 56,527.426) และเหมาะสมมากกว่าแบบเอกมิติแยกตามมิติ (AIC ของโมเดลพหุมิติ = 56,737.589, โมเดลเอกมิติแยก ตามมิติ = 63,750.977) และโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีค่าสถิติไคสแควร์ เท่ากับ 758.582 (df = 705, p = .079) GFI = .942, AGFI = .993, RMR = .035 และ RMSEA = .011

2. โมเดลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ เช่นเดียวกัน เป็นโมเดลที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด มีค่าสถิติไคสแควร์ เท่ากับ 2224.666 (df=17, p=.102), χ^2/df = 1.451, GFI = 998, AGFI = .993, RMR = .008, RMSEA = .014, CFI = 1.000 และ AIC = 100.666 (Saturated AIC = 110.000)

3. กลยุทธ์ทักษะการเรียนรู้ กลยุทธ์จิตพิสัย และกลยุทธ์การรู้คิด ส่งผลทางบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน (สัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐาน = .274, .241 และ .227 ตามลำดับ) แต่ละกลยุทธ์สามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ร้อยละ 7.500, 5.800 และ 5.100 ตามลำดับ และแต่ละกลยุทธ์มีความคลาดเคลื่อนในการทำนายต่ำ (RMR = .008, .007 และ .010 ตามลำดับ)

4. นักเรียนกลุ่มเกณฑ์ปกติระดับชาติมีคะแนนกลยุทธ์การรู้คิด อยู่ในระดับค่อนข้างสูง ระดับค่อนข้างต่ำ ระดับสูง และระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 49.06, 41.24, 5.77 และ 3.93 ตามลำดับ มีคะแนนกลยุทธ์จิตพิสัย อยู่ระดับค่อนข้างสูง ระดับค่อนข้างต่ำ ระดับสูง และระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 62.46, 20.90, 15.68 และ 0.96 ตามลำดับ และมีคะแนนกลยุทธ์ทักษะการเรียนรู้อยู่ในระดับค่อนข้างสูง ระดับค่อนข้างต่ำ ระดับสูง และระดับต่ำ คิดเป็นร้อยละ 54.73, 26.62, 16.19 และ 2.46 ตามลำดับ

สุกัญญา ทองนาค (2555) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบสมรรถนะนักศึกษาตามมาตรฐานวิชาชีพครูแบบพหุมิติที่มีการตรวจให้คะแนนแบบพหุวิภาค มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแบบทดสอบสมรรถนะนักศึกษา คณะครุศาสตร์ ตามมาตรฐานวิชาชีพครูแบบพหุมิติที่มีการตรวจให้คะแนนแบบพหุวิภาค 2) ตรวจสอบคุณภาพของ แบบทดสอบสมรรถนะนักศึกษาคณะครุศาสตร์ตามมาตรฐานวิชาชีพครูแบบพหุมิติที่มีการตรวจให้คะแนนแบบพหุวิภาค และ 3) พัฒนาเกณฑ์การผ่านขั้นต่ำในของการทดสอบสมรรถนะนักศึกษาคณะครุศาสตร์ตาม มาตรฐานวิชาชีพครูแบบพหุมิติที่มีการให้คะแนนแบบพหุวิภาค กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ นักศึกษาครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ ที่กำลังศึกษาระดับชั้นปีที่ 4 และ5 ปีการศึกษา 2554 ของสถาบันอุดมศึกษา ในกำกับของรัฐบาล 11 สถาบัน จำนวน 2,108 คน ได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการ วิจัยคือแบบทดสอบสมรรถนะนักศึกษาตามมาตรฐานวิชาชีพครูแบบพหุมิติ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม สำเร็จรูป SPSS for Window โปรแกรม Microsoft Office Excel, โปรแกรม ConQuest และโปรแกรม ISREL ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. แบบทดสอบสมรรถนะนักศึกษาตามมาตรฐานวิชาชีพครูแบบพหุมิติที่พัฒนาขึ้นมีจำนวน 125 ข้อ วัดสมรรถนะ 3 ด้าน คือ ด้านความรู้คิด ด้านทักษะและความสามารถ และด้านคุณลักษณะ มีความเที่ยงโดย การวิเคราะห์พหุมิติ (EAP Reliability) เท่ากับ 0.8381 0.8303 และ 0.7875 ตามลำดับ และมีความตรงเชิงโครงสร้างโดยโมเดลการวัดสมรรถนะนักศึกษาตามมาตรฐานวิชาชีพครูแบบพหุมิติภายในข้อมีความเหมาะสมมากกว่าแบบเอกมิติรวม (Deviance Statistic ของโมเดลพหุมิติภายในข้อ = 600,930.415 โมเดลเอกมิติรวม = 601,154.556) และเหมาะสมมากกว่าแบบเอกมีติแยกตามมติ (AIC ของโมเดลพหุมิติภายในข้อ = 601,982.415 โมเดลเอกมิติแยกตามมีติ = 602,993.114) และโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีค่าสถิติไคสแควร์ เท่ากับ 58.46 (df = 44, p=0.071), GFI = 0.999, AGFI = 0.995, RMR = 0.041 และ RMSEA = 0.012

2. เกณฑ์การผ่านขั้นต่ำสำหรับการตัดสินสมรรถนะนักศึกษาตามมาตรฐานวิชาชีพครูแบบพหุมิติ ในแต่ละด้านจากการกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญทางวิชาชีพครู พบว่า ด้านสมรรถนะด้านความรู้คิด ด้านทักษะความสามารถ และด้านคุณลักษณะ ต้องได้คะแนนร้อยละขั้นต่ำ คือ ร้อยละ 65 ร้อยละ 60 และ ร้อยละ 60 ตามลำดับ สำหรับการพิจารณาคะแนนรวมทั้งฉบับ ต้องได้คะแนนขั้นต่ำคือ ร้อยละ 60

วนิดา ดีแป้น (2556) ได้ศึกษาการสร้างโมเดลการตอบสนองรายข้อแบบพหุนิติพหุระดับของพฤติกรรมการเป็นสมาชิกองค์กรของครู นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดโดยใช้ทฤษฎีการตอบสนองรายข้อแบบพหุมิติ (MRT) และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับ (MCFA) ตัวอย่างในการวิจัย คือ ครูสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 1,241 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ โปรแกรม Mplus 7.11

ผลการวิจัยพบว่า แบบวัดพฤติกรรมการเป็นสมาชิกองค์กรของครู มีความเที่ยงเท่ากับ 9606 มีความตรงเชิงโครงสร้างแบบพหุมิติ โดยมีความแตกต่างของค่าไคสแควร์เมื่อเทียบกับโมเดลแบบเอกมิติ เท่ากับ 1,502.333 (df = 21, p = 000) มีค่าพารามิเตอร์ความยากและอำนาจจำแนกแบบพหุมิติเป็นไปตามตามเกณฑ์ คือ มีค่า Threshold แบบเรียงลำดับ (B, B-B, 8,) และค่าอำนาจจำแนกแบบพหุมิติอยู่ระหว่าง 0.362-1463 และผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับบ่งชี้ความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดพฤติกรรมการเป็นสมาชิกองค์กรของครู โดยมีค่าไคสแควร์ เท่ากับ 171.701 (df 161, p = 0.2178), CFI = 0.999, TLI = 0.998, RMSEA = 0.010, $SRMR_W$ = 0.012 และ $SRMR_b$ = 0.048

วนิดา หอมจันทร์ (2558) ได้ศึกษาการพัฒนากระบวนการประมาณค่าคุณลักษณะพหุมิติ จำแนกตามสเกลรายการคำตอบ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหาในการพัฒนากระบวนการประมาณค่าคุณลักษณะ พหุมิติจำแนกตามสเกลรายการคำตอบเพื่อพัฒนากระบวนการประมาณค่าคุณลักษณะพหุมิติจำแนกตามสเกลรายการคำตอบ และเพื่อหาประสิทธิภาพของกระบวนการประมาณค่าคุณลักษณะพหุมิติจำแนกตามสเกลรายการคำตอบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 12,000 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multistage Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบวัดคุณลักษณะทางจิตวิทยาแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ 3 องค์ประกอบ คือ ความต้องการความสำเร็จ ความต้องการความผูกพัน และความต้องการอำนาจตามทฤษฎีของ McClelland จำนวน 80 ข้อ แต่คัดเลือกไว้ใช้จริง 15 ข้อ สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และการทดสอบค่าทีเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีความสัมพันธ์กัน ผลการวิจัยพบว่า

1. กระบวนการประมาณค่าคุณลักษณะพหุมิติแบบเดิมไม่สามารถให้ผลการประมาณค่าเป็นค่าประจำข้อแยกตามมิติตามที่ข้อคำถามนั้นมุ่งวัด

2. กระบวนการประมาณค่าคุณลักษณะพหุมิติจำแนกตามสเกลรายการคำตอบที่พัฒนาขึ้นมีรูปแบบ ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 เก็บรวบรวมข้อมูล ขั้นตอนที่ 2 จัดเตรียมข้อมูล (R_{nxn}) ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันจัดเตรียม (Λ_{nxd}) และ (Φ_{dxd}) ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่า (B_{nxd}) จาก $B_{nxd} = R^{-1}_{nxn} \Lambda_{nxd}\Phi_{dxd}$ ขั้นตอนที่ 5 ประมาณค่า (θ_{kxd}) จาก $\theta_{kxd} = S_{kx1}B_{1xd}$

3. ประสิทธิภาพของกระบวนการประมาณค่าที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีค่ารากที่สองของความ คลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error) ต่ำกว่ากระบวนการเดิม

เมษา นวลศรี (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาและตรวจสอบโครงสร้างพหุมิติของความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น: การประยุกต์ใช้แนวคิด

การสร้างแผนที่โครงสร้าง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาโครงสร้างพหุมิติของความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาตอนต้น โดยประยุกต์ใช้แนวคิดการสร้างแผนที่โครงสร้าง 2) พัฒนาแบบวัดตามโครงสร้างพหุมิติของความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 3) ตรวจสอบโครงสร้างพหุมิติของความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ 4) สร้างคะแนนจุดตัดของแบบวัดตามโครงสร้างพหุมิติของความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 5) ประเมินความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 1,420 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบวัดความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีลักษณะเป็นแบบหลายตัวเลือก ที่ลักษณะลดหลั่นกันตามลำดับ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน ความเบ้ และความโด่ง ใช้สถิติตรวจสอบความ ได้แก่ INFIT MNSQ, OUTFIT MNSQ, AIC, BIC และ G มีการพัฒนาคะแนน จุดตัดโดยใช้วิธีการกำหนดเกณฑ์พื้นที่จาก Wright Map ผลการวิจัยพบว่า

1. แผนที่โครงสร้างพหุมิติของความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย 3 มิติ ได้แก่ มิติความรู้ มิติทักษะ และมิติจิตพิสัย โดย มิติความรู้ ประกอบด้วย 4 ระดับ (การระบุองค์ความรู้ การอธิบาย การวิเคราะห์ และการประเมินผลกระทบในอนาคต) มิติทักษะ ประกอบด้วย 3 ระดับ (การเลียนแบบ การมีส่วนร่วม และการเป็นแบบอย่างที่ดี) มิติ จิตพิสัย ประกอบด้วย 3 ระดับ (การรับรู้ ค่านิยม และจิตสำนึก)

2. แบบวัดความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบประกอบด้วย 3 มิติ ตามแผนที่โครงสร้างพหุมิติ มีจำนวน 36 ข้อ ทุกข้อ ค่า MNSQอยู่ในช่วง 0.93-1.11 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้ มีค่าความเที่ยงแบบ EAP ในมิติความรู้ มิติทักษะ และมิติจิตพิสัย เท่ากับ 954, 901, 895 ตามลำดับ

3. ความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โมเดลแบบพหุมิติ (G^2 = 100,478.753, AIC = 100,658.753, BIC = 100,762.459) มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลเอกมิติแบบแยกตามมิติ (G^2 = 101,076.172, AIC =101,250.172, BIC = 101,350.421) และโมเดลแบบเอกมิติรวม (G^2 = 100,997.547, AIC = 101,167.547, BIC = 101,265.492) ตามลำดับ

4. จุดตัดของคะแนนความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบโดยใช้วิธีการกำหนดเกณฑ์พื้นที่ พบว่า โดยภาพรวมแบ่ง นักเรียนออกเป็น 8 กลุ่ม ซึ่งมีจุดตัดของคะแนนที่ระดับความสามารถ = -1.829, -1.116, -0.999, -0.064, 1,431, 1.474 และ 2.177 ตามลำดับ

5. โดยภาพรวม นักเรียนมีความเป็นพลเมืองอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 96.41 เมื่อพิจารณาจำแนกเป็นรายมิติ พบว่า ในมิติด้านความรู้ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเป็นพลเมือง

อยู่ในระดับค่อนข้างสูง คิดเป็นร้อยละ 62.00 ในมิติด้านทักษะ มีความ เป็นพลเมืองอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 59.86 และในมิติด้านจิตพิสัย มีความเป็นพลเมืองอยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อย ละ 93.41

งานวิจัยต่างประเทศ

Reckase (1985) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความยากของข้อสอบที่วัดความสามารถหลายอย่าง โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษา 1,000 คน ทำข้อสอบ ACT Assessment Mathematics Usage Test จำนวน 40 ข้อ ซึ่งทดสอบในปี ค.ศ. 1983 ประมาณค่าพารามิเตอร์ตามโมเดล M2PL โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MAXLOG ในการศึกษาครั้งนี้ ไม่มีการตรวจสอบมิติของแบบทดสอบ แต่ใช้ M2PL เพราะเป็นตัวอย่างที่อธิบายให้เข้าใจได้ง่ายและใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน คำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป LOGIST เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการทดสอบแบบ 3 พารามิเตอร์ ผลการวิเคราะห์พบว่าข้อสอบที่ง่ายมีแนวโน้มที่จะวัด θ_1 (ความสามารถในการอ่านโจทย์ปัญหา) และข้อสอบที่ยากมีแนวโน้มที่จะวัด θ_2 (ทักษะในการคำนวณ) ในการเปรียบเทียบความยากของข้อสอบต้องเปรียบเทียบข้อสอบที่วัดองค์ประกอบความสามารถเหมือนกัน นั่นคือมีทิศทางเดียวกัน ข้อสอบที่วัดทิศทางเดียวกันนำมารวมไว้ในฉบับเดียวได้ และสามารถคัดเลือกข้อสอบนำไปรวมเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถมิติเดียว จัดเป็นแบบทดสอบประเภทย่อยดำเนินการทดสอบเหมือนเป็นแบบทดสอบย่อยมิติเดียวเพราะทุกข้อวัดองค์ประกอบ θ_1 และ θ_2 เหมือนกัน ในกรณีที่ต้องการวัดข้อสอบทุกมิติต้องเลือกข้อสอบที่มีความชันของ IRS ไม่เป็น 0 สาหรับทิศทางใด ๆ ที่ขนานกันแกนของ θ

Reckase and McKinly (1991) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอำนาจจำแนกของข้อสอบที่วัดความสามารถหลายอย่าง โดยใช้ข้อมูลการตอบข้อสอบ ACT Assessment Mathematics Usage Test จำนวน 40 ข้อ ซึ่งทดสอบในปี ค.ศ. 1983 ใช้กลุ่มตัวอย่าง 1,000 คน ได้มาจากการสุ่มอย่างเป็นระบบ วิเคราะห์ข้อมูลผลการตอบข้อสอบด้วยโปรแกรม MAXLOG ผลปรากฏว่า ข้อสอบข้อที่ 27 มีอำนาจจำแนกสูงสุด ถ้าพิจารณาโดยภาพรวมอาจเปรียบเทียบอำนาจจำแนกของข้อสอบ 2 ข้อได้โดยตรง ถ้าวัดในทิศทางเดียวกัน เช่น ข้อ 29 และ 30 ซึ่งมี $\alpha_{29,1}$ = $\alpha_{36,1}$ = 52 และ $\alpha_{29,2}$ = $\alpha_{36,2}$ = 38 ส่วนอำนาจจำแนกของข้อ 3 และข้อ 30 เปรียบเทียบกันไม่ได้เพราะมีทิศทางต่างกัน ถ้าพิจารณาโดยภาพรวมแล้วข้อ 3 มีอำนาจจำแนกมากกว่า ($\alpha_{3,1}$ = 13, $\alpha_{3,2}$ 3,2= 77, MDISC3 = 1.61, $\alpha_{30,1}$ = 61, $\alpha_{30,2}$ = 29, MDISC30 = 1.39)

Ackerman (1996) เสนอผลการวิจัยโดยใช้กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ตามแนวทางทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป NOHARM ประมาณค่าข้อมูลการตอบข้อสอบของ ACT Assessment Mathematics Usage Test Form B และ From C ซึ่งดำเนินการทดสอบในปี ค.ศ. 1989 และเสนอกราฟแสดงผลการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม

คอมพิวเตอร์สำเร็จรูป DISSPLA (Computer Associated International, Inc., 1989) กราฟที่นำเสนอแบ่งเป็น 5 กลุ่ม คือ แสดงการประมาณค่าความสามารถ (Trait Estimation Representation) พารามิเตอร์ข้อสอบ (Item Representation) สารสนเทศ (Information Representation) การวิเคราะห์ตามเงื่อนไข (Condition Analysis) และการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ผู้ตอบข้อสอบแต่ละคนจะตอบในแบบสอบได้ถูกต้อง (ENC Distribution) ผลการวิเคราะห์เมื่อนำมาแสดงด้วยกราฟทำให้เห็นภาพของข้อสอบและแบบสอบได้อย่างชัดเจน ถ้าผู้สร้างแบบสอบนำผลที่ได้มาศึกษาทำให้สามารถตรวจสอบความสอดคล้องของสาระสำคัญที่กำหนดไว้ในแผนผังการออกข้อสอบ แก้ไข และปรับปรุงคุณภาพของแบบสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Yao and Schwarz (2006) ได้ศึกษาความเกี่ยวพันและค่าสถิติของการวัดแบบพหุมิติสำหรับการให้ความรู้บางส่วน (PCM) โดยประยุกต์ใช้ในแบบสอบแบบผสมคือ แบบสอบแบบเลือกตอบและแบบสอบแบบเขียนตอบวิชาภาษาอังกฤษ จำนวน 54 ข้อ แบบสอบเลือกตอบจำนวน 41 ข้อ (จากข้อ 1-41) แบบสอบเขียนตอบจำนวน 13 ข้อ (จากข้อ 42-54) โดยมีการให้คะแนนสูงสุดตามลำดับข้อดังนี้ (2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 5, 5, 3, 5, 5, 5) โดยใช้โมเดลหลายมิติ (ศึกษา 2 มิติ) คือ การเขียนตอบตามสถานการณ์ และการเขียนตอบตามแบบแผน โดยการใช้โมเดล 2 พารามิเตอร์ กับแบบสอบเขียนตอบ และโมเดลพหุมิติ 3 พารามิเตอร์กับแบบสอบเลือกตอบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 5 จำนวน 2,500 คน วิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ข้อสอบ และความสามารถผู้สอบโดยวิธี MCMC การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่าค่าพารามิเตอร์ จากการวัดแบบพหุมิติแบบมิติเดียว และแบบดั้งเดิมแตกต่างกันหรือไม่ ผลการวิจัยพบว่า ค่าอำนาจจำแนก (MDISC) ใน 2 มิติมีค่ามากกว่าในมิติเดียว (β_2) และ แบบดั้งเดิม (rBIS) ค่าความยาก (MID) ใน 2 มิติมีค่าเท่ากันกับในมิติเดียว ในแบบสอบเลือกตอบแต่ในแบบเขียนตอบค่าความยาก (MID) ในหลายมิติมีค่าน้อยกว่าในมิติเดียว

Brigs and Wilson (2003) ได้ศึกษาวิธีการวัดแบบพหุมิติ โดยใช้ Multidimensional Random Coefficient Multinomial Logit Model (MRCMLM) ที่แผ่ขยายจาก Unidimensional Rash Model โดยอาศัยการเชื่อมโยงคะแนนจากการศึกษา 4 มิติ ทำการศึกษาจากข้อมูลเชิงประจักษ์จากจำนวนนักเรียน 541 คน เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยทำการเปรียบเทียบวิธีการศึกษา 3 วิธี คือ 1) เอกมิติแบบแยกตามมิติ (Consecutive Unidimensional) 2) เอกมิติแบบรวม (Composite Unidimensional) และ 3) พหุมิติ (Multidimensional) ประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้โปรแกรม ConQuest และตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการวิจัยพบว่า วิธีพหุมิติมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าวิธีอื่น และให้ค่าความเชื่อมั่นในการประมาณค่าของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มากกว่าแบบเอกมิติแยก

ตามมิติและแบบเอกมิติรวม นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีการแบบพหุมิติมีความเหมาะสมกับการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

DeMars (2004) ได้ทำการวัดผลลัพธ์ของการศึกษาในระดับอุมดศึกษาด้วยโมเดลราส์ชแบบพหุมิติ ซึ่งวัดในขอบเขตของหลักสูตรการศึกษาทั่วไปและเกรดจากหลักสูตรที่เป็นมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม ConQuest ผลการวิจัยพบว่า ทั้งข้อสอบในแบบทดสอบและเกรดของหลักสูตรแสดงถึงโมเดลมีความเหมาะสมที่ดีที่มี 2 องค์ประกอบ และความสัมพันธ์ระหว่างการวัดมีความสัมพันธ์สูงปานกลาง

Wang and Cheng (2004) ได้ทำการพัฒนาความถูกต้องในการวัดของชุดแบบทดสอบโดยใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่จะพัฒนาความถูกต้องของการวัดที่ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะแฝง ทำการวิเคราะห์จากข้อมูล 2 แบบ คือ แบบที่ 1 เป็นแบบทดสอบที่มีหลายตัวเลือก (Multiple-Choice) จำนวน 50 ข้อ ที่มีเนื้อหาทางด้านวิทยาศาสตร์ และแบบที่ 2 เป็นแบบวัดบุคลิกภาพชนิดมาตรประมาณค่าแบบลิเคิร์ท 4 ระดับ จำนวน 10 มาตรวัดย่อย ซึ่งทำการเปรียบเทียบแบบเอกมิติ กับแบบพหุมิติ ในประเด็นของประสิทธิภาพการวัด และความถูกต้องในการประมาณค่าของเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของคุณลักษณะแฝง ผลการวิจัยพบว่า ทั้งข้อมูลแบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีประสิทธิภาพการวัดที่ใช้ตัวชี้วัดคือความเชื่อมั่นของแบบทดสอบของแบบพหุมิติมีค่ามากกว่าแบบเอกมิติ ส่วนค่าความสัมพันธ์ ในแบบที่ 1 มีค่าความสัมพันธ์ของแบบพหุมิติอยู่ในระดับสูงอยู่ระหว่าง .85-.94 สำหรับแบบเอกมิติมีค่าความสัมพันธ์ที่อ่อนตัว (Attenuated Correlation) ในระดับปานกลาง อยู่ระหว่าง .40-.64 เมื่อมีการปรับแก้ความสัมพันธ์ที่อ่อนตัวแล้วมีค่าความสัมพันธ์ระหว่าง .85-1.03 (นั่นคือเป็น 1) ใกล้เคียงกับค่าความสัมพันธ์ของแบบพหุมิติ ส่วนค่าความสัมพันธ์ในแบบที่ 2 มีค่าความสัมพันธ์ของแบบพหุมิติใน ระดับสูงอยู่ระหว่าง .47-.90 สำหรับแบบเอกมิติมีค่าความสัมพันธ์ที่อ่อนตัว (Attenuated Correlation) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณลักษณะแฝง 10 คุณลักษณะมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง อยู่ระหว่าง .30-.61 เมื่อมีการปรับแก้ความสัมพันธ์ที่อ่อนตัวแล้วมีค่าความสัมพันธ์อยู่ระหว่าง .46-.95 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์กันในระดับปานกลางถึงระดับสูงและมีค่าใกล้เคียงกันมากกับแบบเอกมิติ

Wang and Cheng (2004) ได้ทำการพัฒนาประสิทธิภาพการวัด (Measurement Efficacy) ของการทดสอบแบบปรับเหมาะเชิงพหุมิติ (Multidimensional Adaptive Testing) โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการประมาณค่าคุณลักษณะแฝงด้วยวิธีแบบ Bayesian และการคัดเลือกข้อสอบการศึกษาข้อมูลจำลองครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการวัดของการทดสอบแบบปรับเหมาะเชิงพหุมิติกับการทดสอบแบบปรับเหมาะเชิงเอกมิติ (Unidimensional Adaptive Testing) และการจัดการอย่างสุ่ม (Random Administration) ผลการศึกษาพบว่าการทดสอบแบบปรับเหมาะเชิงพหุมิติมีค่าสหสัมพันธ์สูงระหว่างคุณลักษณะแฝง และมีประสิทธิภาพมากกว่าการ

ทดสอบแบบปรับเหมาะเชิงเอกมิติและการจัดการอย่างสุ่ม และการทดสอบแบบปรับเหมาะเชิงพหุมิติมีความครอบคลุมเหมาะสมของข้อสอบในแบบทดสอบ ส่วนการทดสอบแบบปรับเหมาะเชิงเอกมิติไม่มีความเหมาะสมของข้อสอบในแบบทดสอบ

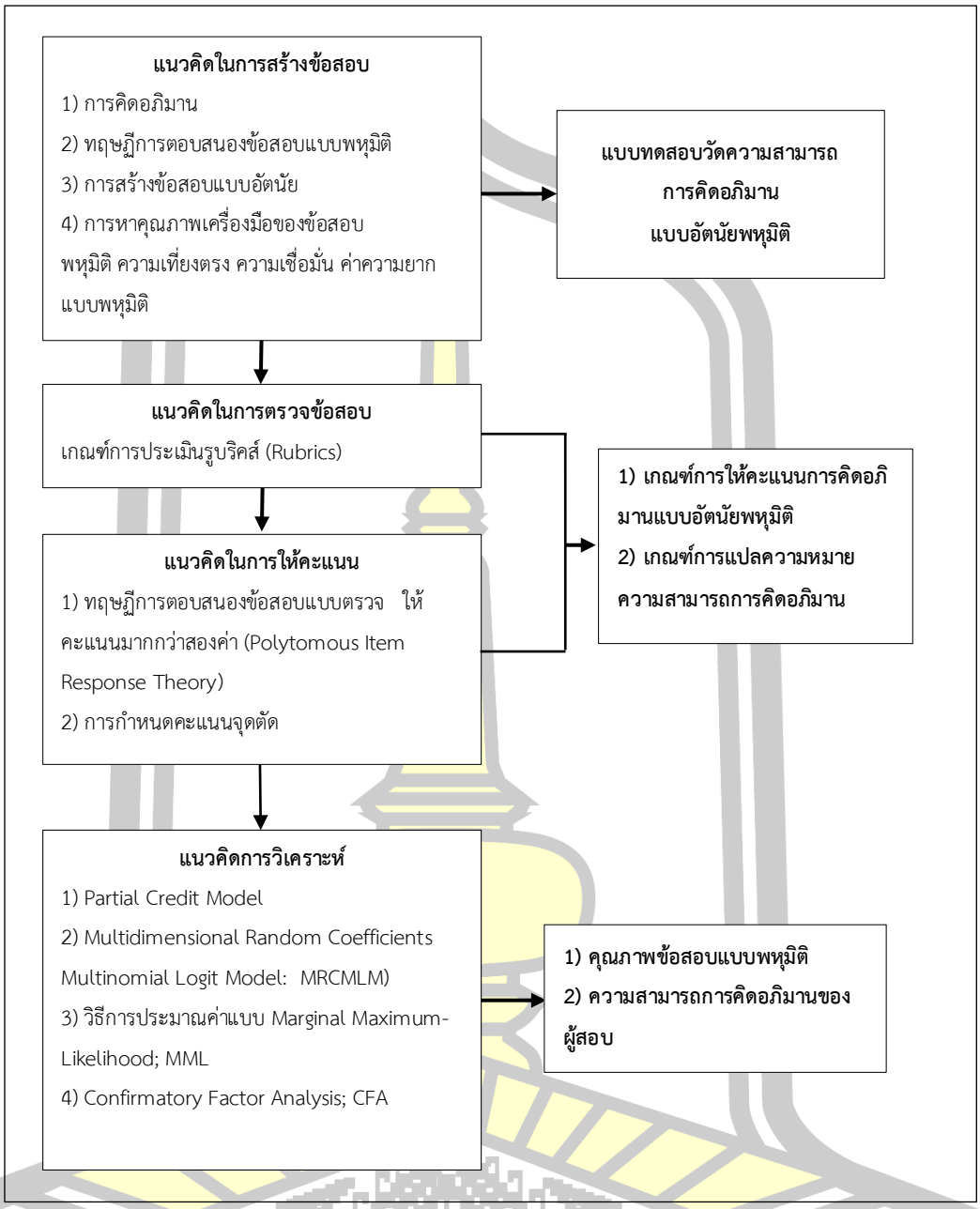
Wang and Wilson (2005) ได้กล่าวถึงโมเดลชุดแบบทดสอบแบบราส์ช (Rash Testlet Model) สามารถใช้โมเดล Multidimensional Random Coefficients Multinomial Logit Model (MRCMLM) ได้ทั้งข้อสอบที่เป็นแบบสองค่า (Dichotomous) และหลายค่า (Polytomous) จากการศึกษาแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลที่เป็นแบบสองค่าในชุดแบบทดสอบวิชาภาษาอังกฤษ ผลที่ได้บ่งชี้ถึงพารามิเตอร์ข้อสอบและบุคคลสามารถประมาณค่าได้อย่างถูกต้องภายใต้การศึกษาข้อมูลจำลองขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample Size) ที่เพิ่มขึ้น ค่า Root Mean Square Errors ของการประมาณค่าลดลงในระดับที่ยอมรับได้

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แนวคิดในการสร้างข้อสอบอัตนัยพหุมิติ นั่นคือ ข้อคำถามมีลักษณะเป็นข้อสอบสถานการณ์ ที่ให้ผู้ตอบตอบแบบอิสระ โดยหนึ่งข้อคำถามวัดสององค์ประกอบภายในข้อสอบชุดเดียวร่วมกัน (Within-Items) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2550) ข้อมูลจากการตอบจะถูกนำมาตรวจให้คะแนน ตามระดับคะแนนที่กำหนดไว้เป็นเกณฑ์การประเมิน (Rubrics) โดยกำหนดคะแนน เป็น 0, 1, 2, 3 และ 4 ในการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบ ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ของข้อสอบด้วยวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirm Factor Analysis) ตรวจสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ ด้วยวิธีการคำนวณด้วยสูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Coefficients) และวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ (EAP Reliability) และคำนวณค่าความยาก (δ) และขั้นความยาก (Threshold) แบบพหุมิติ ทำการประมาณค่าแบบมาร์จิแน็ลแม็คซิมัมไลค์ลิฮูด (Marginal Maximum-Likelihood ; MML) บนพื้นฐานการศึกษาโมเดลพหุมิติ (Multidimensional Model) ที่เรียกว่า Multidimensional Random Coefficients Multinomial Logit Model (MRCMLM) (Adams, Wilson and Wang, 1997) ซึ่งเป็นโมเดลที่ออกแบบเพื่ออธิบายปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและข้อสอบที่มีการให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า สำหรับการตอบสนองแบบพหุมิติ ในการประมาณค่าความสามารถใช้หลักการของการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Confirmatory Factor Analysis) เป็นวิธีการทางสถิติที่นำมาใช้ในการประมาณค่าคุณลักษณะภายในของบุคคล โดยการนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาสร้างคะแนนองค์ประกอบ (Factor Score) จากค่าของตัวแปรสังเกตได้

และขนาดของความสัมพันธ์หรือน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ (ข้อคำถาม) กับองค์ประกอบร่วมแต่ละองค์ประกอบ คำนวณเมตริกสัมประสิทธิ์การถดถอยขององค์ประกอบบนตัวแปรสังเกตได้ แล้วประมาณค่าคุณลักษณะประจำขั้น และการประมาณค่าความสามารถของผู้สอบ โดยใช้สูตร $S_{k\times 1}B_{1\times d}=\hat{\theta}_{k\times d}$ (วนิดา หอมจันทร์, 2558) สรุปเป็นแผนภาพได้ดังนี้

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 14 กรอบแนวคิดในการวิจัย

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบและการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีระเบียบวิธีวิจัยเป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ดำเนินการตามวัตถุประสงค์ 2 ประการคือ เพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และเพื่อประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยดำเนินการวิจัยเป็น 2 ระยะ มีรายละเอียดดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ระยะที่ 2 การประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ระยะที่ 1 การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ 3 ขั้นตอนด้วยกัน คือ ขั้นตอนที่ 1 การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ขั้นตอนที่ 2 การสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ขั้นตอนที่ 3 การหาคุณภาพของแบบทดสอบ มีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

วิธีดำเนินการ

วิธีดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีขั้นตอนดังนี้

1. การวางแผนการสร้างข้อสอบ

1.1 กำหนดจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบทดสอบ เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ ซึ่งตัวคำถาม มีลักษณะเป็นสถานการณ์

1.2 ศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดอภิมาน ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติที่ตรวจให้คะแนนมากกว่า 2 ค่า การสร้างข้อสอบแบบอัตนัยที่เป็นพหุมิติ วิธีการวัดการคิด การให้คะแนน และการแปลความหมายคะแนน

1.3 การพัฒนากรอบแนวคิดในการคิดอภิมาน โดยวิเคราะห์และสังเคราะห์กรอบแนวคิดและนิยามเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการคิดอภิมานจากการศึกษาแนวคิดของ Flavell (1979), Baker and Brown (1984), Brown (1987), Blakery and Spence (1990), Cross and Paris (1988), Pintrich (2000), Lee and Bayer (2006), Veenman (2006), McCormick (2009), Yang (2009), Negel (2014) โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการดังนี้

1.3.1 การสังเคราะห์เอกสารและการวิเคราะห์เนื้อหา ศึกษารวบรวมแนวคิดทฤษฎีจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอภิมานและแนวการวัดการคิดอภิมาน เพื่อสังเคราะห์เป็นกรอบแนวคิดในการวัดการคิดอภิมานในเบื้องต้น ได้องค์ประกอบ ดังตาราง 24

ตาราง 24 องค์ประกอบและนิยามเกี่ยวกับการคิดอภิมาน

องค์ประกอบ	นิยาม
1. ความรู้ในการคิดอภิมาน	เป็นความสามารถของผู้เรียนเกี่ยวกับกระบวนการคิดของตนเองในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงาน
2. ประสบการณ์ด้านการคิดอภิมาน	เป็นประสบการณ์ทางการคิดที่บุคคลสามารถควบคุมได้ และมีความสำคัญต่อการกำกับตนเองในกิจกรรมการคิด เริ่มตั้งแต่การเข้าสู่สถานการณ์การคิดจนกระทั่งสามารถบรรลุเป้าหมายหรือเลิกกระทำ

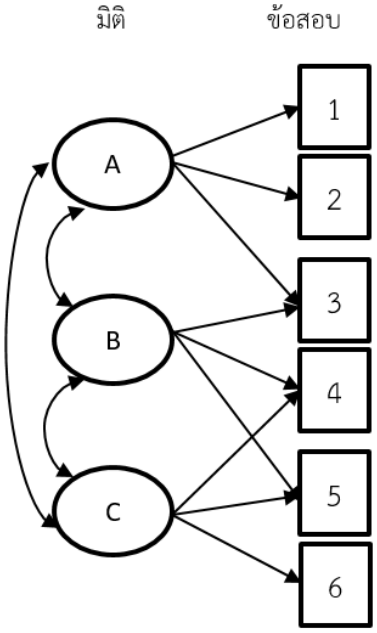
1.3.2 วิเคราะห์เนื้อหาจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้กำหนดพฤติกรรม บ่งชี้ของการคิดอภิมานที่ต้องการวัด ได้ 6 องค์ประกอบย่อย มีพฤติกรรมบ่งชี้ สรุปได้ดังตาราง 25

ตาราง 25 องค์ประกอบหลักและองค์ประกอบย่อยของการคิดอภิมาน

โครงสร้าง	พฤติกรรมบ่งชี้
1. ความรู้ในการคิดอภิมาน	
1.1 ความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย	1.1 ผู้เรียนสามารถอธิบายได้ว่าสถานการณ์ที่พบเกี่ยวข้องกับเรื่องใดในข้อเท็จจริง และสามารถวิเคราะห์จุดแข็งจุดอ่อนของตนเองว่ามีความรู้ความสามารถในการจัดการกับสิ่งที่พบมากน้อยเพียงใด
1.2 ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ	1.2 ผู้เรียนสามารถอธิบายได้ว่ามีวิธีการหรือกระบวนการต่าง ๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในแก้ไขปัญหา
1.3 ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข	1.3 ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ได้ว่าวิธีการหรือกระบวนการแก้ปัญหา ที่มีอยู่ วิธีการใดเป็นวิธีที่ใช้แก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว ง่ายต่อการอธิบายให้ผู้อื่นเข้าใจและเหมาะสมกับการปฏิบัติหรือการเรียนรู้
2. ประสบการณ์ด้านการคิดอภิมาน	2.1 ผู้เรียนสามารถกำหนดวัตถุประสงค์และขั้นตอนของการแก้ปัญหา เพื่อเป็นแนวทางในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานให้สำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ
2.1 การวางแผน	
2.2 การตรวจสอบ	2.2 ผู้เรียนสามารถตรวจสอบและคิดทบทวนความเหมาะสมและความถูกต้องของวิธีการและขั้นตอนที่เลือกใช้ในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานได้
2.3 การประเมินผล	2.3 ผู้เรียนสามารถตรวจสอบผลที่ได้จากการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงาน ว่ามีความถูกต้องและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่วางไว้หรือไม่

1.4 กำหนดโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

กำหนดโมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ ที่มีลักษณะเป็นโมเดลการตอบสนองข้อสอบพหุมิติแบบพหุมิติภายในข้อสอบ (Within–Items Multidimensional IRT Model) ซึ่งความสามารถในแต่ละด้านมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันโดยความสามารถแต่ละด้านถูกวัดภายในข้อสอบชุดเดียวกัน (Within–Items) โมเดลมีลักษณะดังนี้



ที่มา : Wang and Cheng (2004)

ภาพประกอบ 15 โมเดลการตอบสนองข้อสอบพหุมิติแบบพหุมิติภายในข้อสอบ (Within–Items Multidimensional IRT Model)

1.5 สร้างผังข้อสอบความสามารถการคิดอภิมาน ได้ดังตาราง 26

ตาราง 26 ผังข้อสอบวัดความสามารถทางการคิดอภิมาน

องค์ประกอบที่ต้องการวัด	ข้อ/ข้อย่อยที่																	
	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2	6.1	6.2	7.1	7.2	8.1	8.2	9.1	9.2
1. ความรู้ในการคิดอภิมาน																		
1.1 ความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (K1)	✓		✓		✓													
1.2 ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (K2)							✓		✓		✓							
1.3 ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (K3)													✓		✓		✓	

ตาราง 26 (ต่อ)

องค์ประกอบที่ต้องการวัด	ข้อ/ข้อย่อยที่																	
	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2	6.1	6.2	7.1	7.2	8.1	8.2	9.1	9.2
2. ประสบการณ์ด้านการคิดอภิมาน																		
2.1 การวางแผน (K4)		✓						✓						✓				
2.2 การตรวจสอบ (K5)				✓						✓						✓		
2.3 การประเมินผล (K6)						✓						✓						✓

เขียนเมตริกซ์การสร้างข้อสอบ ได้ดังนี้

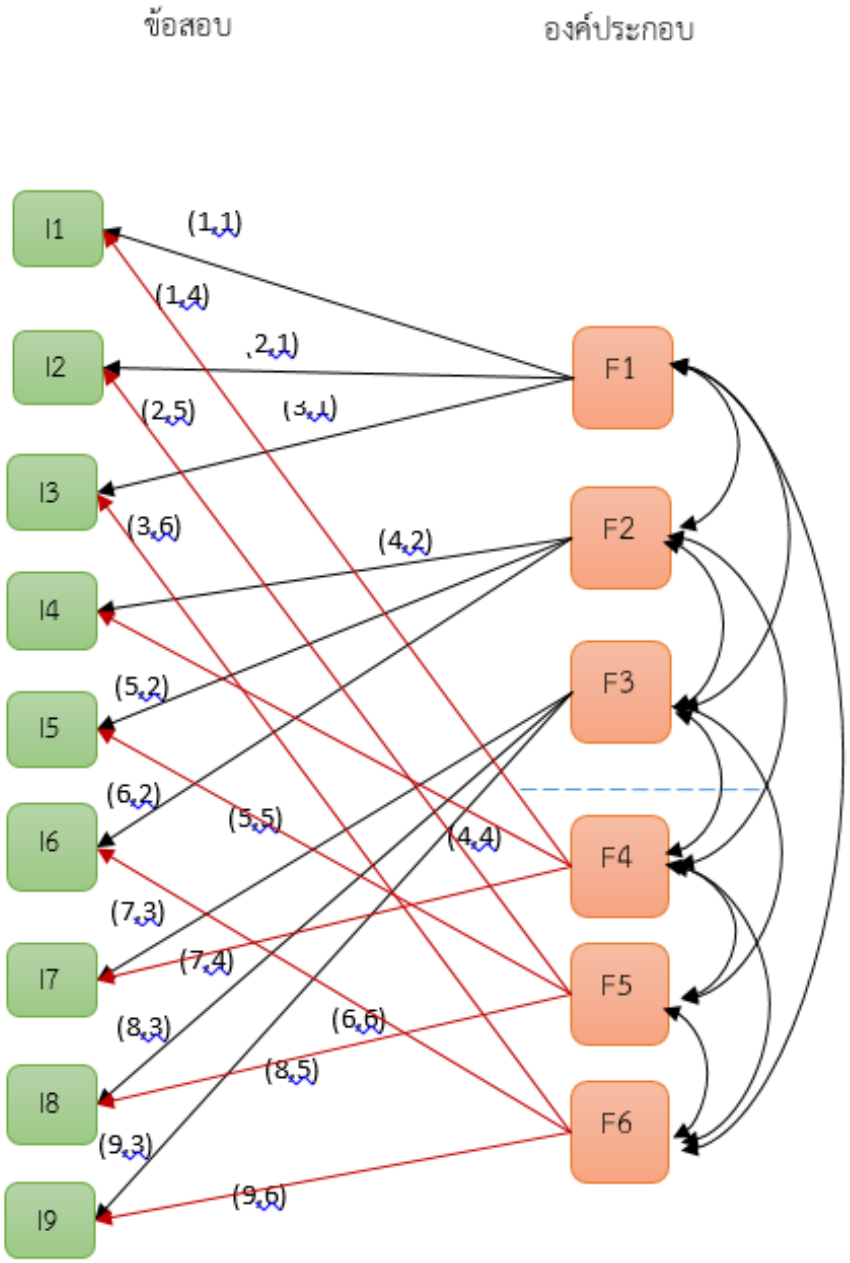
ข้อ **องค์ประกอบที่**

	1	2	3	4	5	6
1	*	0	0	*	0	0
2	*	0	0	0	*	0
3	*	0	0	0	0	*
4	0	*	0	*	0	0
5	0	*	0	0	*	0
6	0	*	0	0	0	*
7	0	0	*	*	0	0
8	0	0	*	0	*	0
9	0	0	*	0	0	*

ภาพประกอบ 16 เมตริกซ์การสร้างข้อสอบ

จากตาราง 26 และภาพประกอบ 16 อธิบายได้ว่า แบบทดสอบวัดการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ มีองค์ประกอบการคิดอภิมาน 6 องค์ประกอบ ทั้งฉบับมีทั้งสิ้นจำนวน 9 ข้อ โดยข้อสอบแต่ละข้อ มี 2 องค์ประกอบ เช่น ข้อที่ 1 ประกอบด้วย องค์ประกอบที่ 1 และองค์ประกอบที่ 4 ข้อที่ 2 ประกอบด้วยองค์ประกอบที่ 1 และองค์ประกอบที่ 5 ซึ่งเมื่อเขียนเป็นเมตริกซ์ข้อสอบ ใช้สัญลักษณ์ * (ดอกจัน) แทนการมีองค์ประกอบในข้อนั้น ๆ และ 0 (ศูนย์) แทนการไม่มีองค์ประกอบในข้อนั้น ๆ

และเขียนโมเดลการวัดการคิดอภิมานได้ดังนี้



ภาพประกอบ 17 โมเดลการวัดความสามารถในการคิดอภิมาน

พหุน ปณ ศ โล ชีเว

2. การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบ

2.1 การสร้างข้อคำถามการวัดการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ มีรายละเอียดดังนี้

1) กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบ จุดมุ่งหมายของการทดสอบครั้งนี้ต้องการ เพื่อใช้ในการประเมินความก้าวหน้า (Formative Evaluation) ความสามารถทางการคิดอภิมานของนักเรียน และกำหนดให้มีการแปลผลแบบอิงเกณฑ์

2) เขียนนิยามความหมายขององค์ประกอบการคิดอภิมาน

3) สร้างสถานการณ์ และข้อคำถาม โดยเขียนข้อสอบการคิดอภิมานตามนิยามเชิงปฏิบัติการ กำหนดรูปแบบข้อสอบเป็นแบบอัตนัย ข้อคำถามมีลักษณะเป็นพหุมิติ คือ แต่ละข้อถาม 2 องค์ประกอบ นั่นคือ 1 ข้อ สามารถวัดได้มากกว่า 1 คุณลักษณะ ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างคำถาม

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ แล้วตอบคำถาม

บนโลกใบนี้เมื่อมนุษย์มีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กัน มนุษย์ก็จะรวมกลุ่มอยู่ด้วยกัน สร้างบ้านเรือนและที่อยู่อาศัย ทำมาหากิน และอาศัยอยู่ร่วมพึ่งพาอาศัยกัน ซึ่งในลักษณะนี้จะเรียกว่าเป็นชุมชน หลังจากที่มีมนุษย์อาศัยอยู่รวมกันก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมกับการดำรงชีพ ความสะดวกสบายในความเป็นอยู่ และต้องการความปลอดภัยในชีวิต สิ่งแวดล้อมนั้นเป็นปัจจัยประการหนึ่งในการทำให้คุณภาพชีวิตดีขึ้นซึ่งเรียกว่า Quality Of Life

ในปัจจุบันปัญหาชุมชนแออัดมักเกิดขึ้นจากสังคมเมืองมากกว่าในชนบท มีหน่วยงานหลักที่เข้ามาดูแลได้แก่ การเคหะแห่งชาติ และองค์กรท้องถิ่น การแก้ไขปัญหาชุมชนแออัดกลายเป็นปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่งของสังคมเมือง ชุมชนแออัดเป็นบริเวณที่มีอาคารบ้านเรือนปลูกอาศัยอยู่อย่างแออัดยัดเยียด สิ่งของอุปโภคและบริโภคขาดแคลน มีที่อยู่คับแคบ สรกปรก เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค มากมาย ในปัจจุบันเราจะเห็นชุมชนแออัดได้ส่วนมากตามเมืองใหญ่ ๆ ซึ่งเรียกว่า สลัม

คำถาม

คำถามข้อที่ 1 : มีปัจจัยใดบ้างที่ทำให้เกิดชุมชนแออัดหรือสลัมในสังคมเมืองมากกว่าชนบท และนักเรียนจำแนกปัจจัยดังกล่าวได้กี่ด้าน อะไรบ้าง (มี 2 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย และองค์ประกอบเกี่ยวกับการวางแผน)

คำถามข้อที่ 1 แยกประเด็นคำถามได้ดังนี้

1.1 มีปัจจัยใดบ้างที่ทำให้เกิดชุมชนแออัดหรือสลัมในสังคมเมืองมากกว่าชนบท

1.2 นักเรียนจำแนกปัจจัยดังกล่าวได้กี่ด้าน อะไรบ้าง

4) เสนอผู้เชี่ยวชาญ (ภาคผนวก) ตรวจสอบคุณภาพด้านการใช้ภาษาและความตรงเชิงโครงสร้าง และความเหมาะสมของการระบุองค์ประกอบการคิดอภิมานกับข้อสอบ โดยสร้าง Q-Matrix ซึ่งเป็นแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความตรงเชิงโครงสร้างและความเหมาะสมของการระบุองค์ประกอบการคิดอภิมานกับข้อสอบ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตาราง 27 แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความตรงเชิงโครงสร้างและความเหมาะสมของการระบุองค์ประกอบการคิดอภิมานกับข้อสอบ (Q-Matrix)

ข้อคำถาม	องค์ประกอบของการคิดอภิมาน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					
		องค์ประกอบที่ 1			องค์ประกอบที่ 2		
		-1	0	+1	-1	0	+1
คำถามที่ 1 : นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาข้างต้นคืออะไรบ้าง (K1) จะมีแนวทางแก้ปัญหาอย่างไร (K4)	องค์ประกอบที่ 1 (K1) ความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย หมายถึง ความรู้ในทักษะ กลวิธี และแหล่งข้อมูลที่จำเป็น เป็นความรู้ที่บุคคลรู้ว่าจะต้องทำอย่างไร รู้ว่าอะไรเป็นกลยุทธ์ที่แตกต่าง รู้ว่ามีปัจจัยใดที่มีอิทธิพลที่ทำให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ ได้ องค์ประกอบแรกนี้เป็นเรื่องของการที่บุคคลรู้ถึงสิ่งที่ตนเองคิดและความสอดคล้องกับสถานการณ์ที่พบ รวมไปถึงการแสดงออกในสิ่งที่รู้ออกมาโดยการอธิบายให้ผู้อื่นฟังได้ สามารถสรุปใจความสำคัญของสิ่งที่เรียนรู้นั้น มีวิธีจำสิ่งนั้นได้ง่าย						

ตาราง 27 (ต่อ)

ข้อคำถาม	องค์ประกอบของการคิดอภิมาน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					
		องค์ประกอบที่ 1			องค์ประกอบที่ 2		
		-1	0	+1	-1	0	+1
	องค์ประกอบที่ 2 (K4) การวางแผน (Planning) หมายถึง การรู้ตนเองว่าคิดจะแก้ปัญหานั้นอย่างไร และเมื่อไหร่ โดยคัดเลือกใช้กลยุทธ์ที่เหมาะสม มีการคาดคะเนหรือทำนายผลล่วงหน้า มีการรวบรวมหรือบอกแนวทางต่าง ๆ เพื่อที่จะให้การเรียนรู้บรรลุผล มีการจัดหมวดหมู่ปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้น						

แล้วพิจารณาความสอดคล้องดังนี้

ให้ +1 คะแนน เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบมีความตรงตามโครงสร้างของการระบุองค์ประกอบ

ให้ 0 คะแนน เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบมีความตรงตามโครงสร้างของการระบุองค์ประกอบ

ให้ -1 คะแนน เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบไม่มีความตรงตามโครงสร้างของการระบุองค์ประกอบ

ผลการพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ (Index of Consistency: IOC) จำนวน 19 คน พบว่า ข้อคำถามมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.75-1.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์การคัดเลือก 0.50 นำผลที่ได้มาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วจัดทำแบบทดสอบการคิดอภิมาน เพื่อนำไปทดลองหาแนวคำตอบ และสร้างเกณฑ์การให้คะแนน สรุปได้สถานการณ์ 3 สถานการณ์ ข้อคำถามจำนวน 9 ข้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ติดต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ

2. ติดต่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจข้อสอบความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ

3. ส่งแบบประเมินความสอดคล้องให้ผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมาน

4. รวบรวมข้อมูล สำหรับเตรียมวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

วิธีวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ โดยการพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ (Index of Consistency) (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555) คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

เพื่อสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบ อัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยในขั้นนี้ มี 2 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ใน การสร้างเกณฑ์การให้คะแนน และกลุ่มเป้าหมายที่ใช้หาคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนน

1. กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการสร้างเกณฑ์ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 18 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง จากนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 6 คน นักเรียนโรงเรียนผดุงนารี จ.มหาสารคาม จำนวน 6 คน และโรงเรียนมัธยมเชียงขวัญ จ.ร้อยเอ็ด จำนวน 6 คน โดยแต่ละโรงเรียนแยกเป็นกลุ่มเก่ง

กลาง อ่อน อย่างละ 2 คน ซึ่งเป็นกลุ่มที่ผู้วิจัยใช้เทคนิค Think Aloud Protocol เพื่อหาแนวคำตอบของแบบทดสอบ แล้วนำมาสร้างเกณฑ์การให้คะแนน

2. กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการทดลองเพื่อตรวจสอบความเชื่อมั่นของเกณฑ์การให้คะแนนเป็นนักเรียนโรงเรียนรมย์บุรีพิทยาคม รัชมังคลาพิเษก จำนวน 30 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบทดสอบความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติที่สร้างในขั้นตอนที่ 1 มีลักษณะเป็นสถานการณ์เพื่อให้ผู้ตอบได้ใช้ความรู้ความสามารถในการคิดและเขียน โดยในข้อคำถาม 1 ข้อ วัดองค์ประกอบของการคิดอภิมาน 2 องค์ประกอบซึ่งเป็นข้อสอบที่ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบพหุมิติแบบพหุมิติภายในข้อสอบ (Within–Items Multidimensional IRT Model)

2. เครื่องบันทึกเสียง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนตามแนวทางของการสร้างรูบริกส์เกณฑ์การให้คะแนนคำตอบของนักเรียนตามมาตรวัด เมตาคอคนิชั่น แบบรายบุคคล (IAMs) ของ Paris and Jacob มีรายละเอียดการให้คะแนน ดังตาราง 28

ตาราง 28 เกณฑ์การให้คะแนนคำตอบในการคิดอภิมานของนักเรียน

คะแนน	ลักษณะคำตอบที่วัดได้
3	คำตอบแสดงถึง การใช้กระบวนการทางการคิดอภิมาน และคำตอบสอดคล้องกับนิยาม
2	คำตอบแสดงถึง การใช้กระบวนการทางการคิดอภิมาน แต่คำตอบมีความคลาดเคลื่อนกับนิยามเล็กน้อย
1	คำตอบแสดงถึง การใช้กระบวนการทางการคิดอภิมาน แต่คำตอบมีความคลาดเคลื่อนกับนิยามมาก
0	นักเรียนไม่ตอบ หรือตอบไม่ตรงประเด็น

2. ศึกษาเทคนิคการคิดออกเสียง (Think Aloud Protocol) ซึ่งเป็นวิธีการให้นักเรียนรายงานความคิดขณะที่กำลังทำอยู่ในกระบวนการคิด เช่น ใช้คำถามว่านักเรียนกำลังคิดอะไร บอกวิธีคิดว่านักเรียนมีวิธีคิดอย่างไร การให้รายงานความคิด ทำได้ 2 แบบ คือ การให้นักเรียน

รายงานความคิดในขณะที่กำลังทำงานหรือแก้ปัญหา และการให้นักเรียนรายงานความคิดหลังจากที่แก้ปัญหาเสร็จแล้ว

3. นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายในการสร้างเกณฑ์การให้คะแนน (Rubrics Score) คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 18 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง ได้แก่ นักเรียนจากโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคามฝ่ายมัธยม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 6 คน โรงเรียนผดุงนารี จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 6 คน และนักเรียนจากโรงเรียนเชียงขวัญพิทยาคม อำเภอเชียงขวัญ จังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 6 คน โดยแต่ละโรงเรียนแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม เก่ง ปานกลาง อ่อน อย่างละ 2 คน มีวิธีการคือ ให้นักเรียนอ่านแบบทดสอบความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ แล้วถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นการเขียนตอบลงในกระดาษคำตอบแทนการพูด และเมื่อผู้ตอบไม่สามารถเขียนตอบได้ เนื่องจากคิดไม่ออกและมีปัญหาในการเขียน ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการสัมภาษณ์ (Interview) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนมากขึ้น โดยการกระตุ้นด้วยคำถามอื่น และชวนพูดคุยในสิ่งที่นักเรียนสนใจแล้วยกตัวอย่างให้เห็นชัดเจน จะทำให้นักเรียนเริ่มนึกเชื่อมโยงได้และสามารถถ่ายทอดความคิดออกมาได้ โดยผู้วิจัยขออนุญาตผู้ให้สัมภาษณ์ใช้เครื่องบันทึกเสียงเป็นเครื่องมือช่วยบันทึกเสียงขณะสัมภาษณ์

4. สังเคราะห์คำตอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย สรุปแนวทางการตอบได้ 3 ระดับขั้น คือ นักเรียนไม่ตอบหรือตอบไม่ตรงประเด็น ให้ 0 คะแนน นักเรียนตอบได้แต่ไม่ตรงประเด็นหรือให้เหตุผลไม่สมเหตุสมผล ให้ 1 คะแนน และนักเรียนตอบได้ตรงประเด็น พร้อมให้เหตุผลที่สมเหตุสมผล ให้ 2 คะแนน ได้แนวคำตอบ และเกณฑ์การให้คะแนน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างแนวคำตอบการให้คะแนนการคิดอภิมาน (Metacognition Rubrics)

คำถามข้อที่ 1 :

1.1 มีปัจจัยใดบ้างที่ทำให้เกิดชุมชนแออัดหรือสลัมในสังคมเมืองมากกว่าชนบท

ตัวอย่างแนวคำตอบ	
คะแนน	แนวคำตอบ
2 คะแนน	การอพยพของผู้คนจากชนบทเข้าสู่เมือง ทำให้จำนวนประชากรในเมืองเพิ่มขึ้น ผู้คนที่อพยพเข้าไปในเมืองมีฐานะยากจน เกิดการแย่งที่อยู่อาศัย อยู่กันอย่างแออัดยัดเยียด ทำให้เกิดชุมชนแออัด

ตัวอย่างแนวคำตอบ	
คะแนน	แนวคำตอบ
1 คะแนน	1. ประชากรในเมืองมากขึ้นเรื่อยๆ ไม่รักษาสุขภาพ ต้องหาความรู้ในด้านเศรษฐกิจพอเพียง ไม่จำเป็นต้องสร้างตึกมากๆ ควรจะปลูกต้นไม้และปลูกผักจะได้มีสิ่งอุปโภค และบริโภคได้ 2. การที่พื้นที่ในชุมชนนั้นมีพื้นที่คับแคบ มีประชากรในชุมชนนั้น ๆ มากเกินไป การปลูกบ้านเรือนที่แออัดยัดเยียดกัน
0 คะแนน	ตอบไม่ได้ หรือตอบในประเด็นที่ไม่เกี่ยวข้อง หรือ ไม่ตอบ เช่น “การที่มีประชากรมากเกินไป และการอยู่ร่วมกันทำให้เกิดปัญหาการบริโภคอุปโภคที่ขาดแคลน เรียกได้ว่า มีคนใช้มากกว่าของที่ใช้ แล้วเมื่อมีสิ่งที่ทำให้เกิดความสบายหรือของใช้แล้วก็จะมีความเห็นแก่ตัวอยู่บ้างบางครั้ง ก็เกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมา เช่น บริเวณชุมชนนั้นสกปรก”

ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนการวัดความสามารถการคิดอภิมาน

คำถาม	ตัวชี้วัด	ระดับการประเมิน			คะแนน
		2	1	0	
1.1 มีปัจจัยใดบ้างที่ทำให้เกิดชุมชนแออัดหรือสลัมในสังคมเมืองมากกว่าชนบท	1.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลที่ทำให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ ☐ บอกปัจจัยได้หลากหลาย ☐ มีความสมเหตุสมผล	นักเรียนสามารถระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลทำให้เกิดเหตุการณ์นั้นได้สอดคล้องสมเหตุสมผล	นักเรียนสามารถระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลทำให้เกิดเหตุการณ์นั้นได้ แต่ไม่ค่อยสมเหตุสมผล	นักเรียนไม่สามารถระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลทำให้เกิดเหตุการณ์นั้นได้	

คำถาม	ตัวชี้วัด	ระดับการประเมิน			คะแนน
		2	1	0	
1.2 นักเรียนจำแนกปัจจัยดังกล่าวได้กี่ด้านอะไรบ้าง	1.2 จัดหมวดหมู่ปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นได้ ☐ จัดหมวดหมู่ปัญหาและอุปสรรคได้ชัดเจน ☐ จัดหมวดหมู่ได้อย่างเหมาะสม	เมื่อนักเรียนสามารถเขียนคำตอบได้ตรงประเด็น โดยสามารถจัดหมวดหมู่ปัญหาอุปสรรคได้เป็นด้านๆ ที่แตกต่างกันอย่างสมเหตุสมผล	เมื่อนักเรียนสามารถเขียนคำตอบได้ตรงประเด็น แต่จัดหมวดหมู่ปัญหาอุปสรรคได้ไม่สมเหตุสมผล	ไม่สามารถจำแนกปัญหาอุปสรรคเป็นหมวดหมู่ได้	

จากตารางข้างต้น อธิบายเกี่ยวกับเกณฑ์การให้คะแนนได้ดังนี้คือข้อคำถาม 1 ข้อ ซึ่งมี 2 องค์ประกอบหลัก ให้คะแนนแต่ละองค์ประกอบเป็น 0, 1, 2 เมื่อจะนำคะแนนไปประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมาน จะรวมคะแนน 2 องค์ประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งจะทำให้มีคะแนนเต็ม 4 คะแนน และระดับการให้คะแนนเป็น 0, 1, 2, 3 และ 4

5. การหาคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนน

5.1 เสนอเกณฑ์การให้คะแนนการวัดความสามารถการคิดอภิมานและแนวคำตอบ ให้ผู้เชี่ยวชาญ (ภาคผนวก) ตรวจสอบคุณภาพด้านการใช้ภาษา และความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน โดยแบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญ มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ ซึ่ง คะแนน 3 หมายถึง ดีมาก คะแนน 2 หมายถึง พอใช้ คะแนน 1 หมายถึง ควรปรับปรุง โดยมีเกณฑ์การแปลความหมาย ดังนี้ (วิเชียร เกตุสิงห์, 2538)

คะแนนเฉลี่ย	ความหมาย
2.34-3.00	หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด
1.67-2.33	หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง
1.00-1.66	หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

โดยมีประเด็นในการประเมินในแต่ละข้อดังนี้

ที่	ข้อความ	ความเหมาะสม			ข้อเสนอแนะ
		1	2	3	
1	เกณฑ์การให้คะแนนมีความสอดคล้องระหว่างระดับคะแนนกับจุดมุ่งหมายของการประเมิน				
2	ข้อความที่ใช้อธิบายในแต่ละระดับคะแนนเป็นข้อความที่สามารถประเมินหรือสังเกตได้				
3	แสดงขั้นตอนหรือลำดับขั้นที่เหมะสมของคะแนนในแต่ละระดับ				
4	ระบบของการให้คะแนนมีความเป็นไปได้ (ในแต่ละระดับคะแนนมีความชัดเจนและแยกจากกันได้)				
5	แนวคำตอบมีความสอดคล้องกับประเด็นคำถาม				

5.2 ความคิดเห็นโดยภาพรวมของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเกณฑ์การให้คะแนนการคิดอภิมาน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 2.67) ผู้วิจัยได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เรียบเรียงเป็นเกณฑ์การให้คะแนนที่สมบูรณ์

5.3 นำแบบทดสอบการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในการหาคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนน คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนรมย์บุรีพิทยาคม รัชมังคลาพิเษก จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 30 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง

5.4 หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability : r_{xy}) ของเกณฑ์การให้คะแนน ด้วยวิธีหาค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Inter-Rater Reliability : IRR) โดยนำคำตอบชุดเดียวกันไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 2 คนตรวจ เพื่อตรวจสอบว่าผู้ตรวจ 2 คนตรวจได้สอดคล้องกันหรือไม่ ซึ่งผลการตรวจของผู้ตรวจ 2 คน พบว่า มีความเชื่อมั่นเท่ากับ .994

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ติดต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญและหนังสือ ขอความอนุเคราะห์โรงเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย (Try Out)

2. ติดต่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเกณฑ์การให้คะแนนการคิดอภิมาน

3. ส่งแบบประเมินเกณฑ์การให้คะแนนการคิดอภิมานให้ผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบภาษา และความเหมาะสมของเกณฑ์

4. ติดต่อโรงเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการรวบรวมข้อมูลหาแนวคำตอบ คือ โรงเรียนรมย์บุรีพิทยาคม รัชมังคลาพิเษก และดำเนินการเก็บข้อมูล

5. รวบรวมข้อมูล แล้วนำกระดาษคำตอบไปให้ผู้ตรวจ 2 คนตรวจคำตอบเพื่อหาค่า ความเชื่อมั่นของเกณฑ์การให้คะแนน

วิธีวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คำนวณได้จากสูตร (ล้วน สายยศ, 2538)

$$\overline{X} = \frac{\sum \mathrm{X}}{\mathrm{N}}$$

เมื่อ $\overline{\mathrm{X}}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum \mathrm{X}$ แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2. วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์การให้คะแนน ด้วยวิธี integrator โดยสหสัมพันธ์เพียร์สันโปรดักโมเมนต์ (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\left[n\sum x^2 - (\sum x)^2\right]\left[n\sum y^2 - (\sum y)^2\right]}}$$

เมื่อ n แทน จำนวนคู่ของกลุ่มตัวอย่าง

X,Y แทน ค่าของตัวแปรชุดที่ 1 และค่าของตัวแปรชุดที่ 2

3. การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ใช้วิเคราะห์คำตอบจากการใช้เทคนิค Think Aloud Protocol

ขั้นตอนที่ 3 การหาคุณภาพของแบบทดสอบ

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ประชากรและตัวอย่าง

1. ประชากร เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 203,087 คน จากโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 15 เขตพื้นที่ จำนวน 933 โรงเรียน

2. ตัวอย่างที่ใช้ทดลองหาคุณภาพของแบบทดสอบเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2560 จากโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 1,222 คน จาก 29 โรงเรียน ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่ายโดยใช้โรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่มจากการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากการคำนวณ 20 เท่าของพารามิเตอร์ (Hair and others, 2010) ซึ่งในโมเดลของการวิจัยครั้งนี้มี 42 พารามิเตอร์จึงคำนวณตัวอย่างได้จำนวน 840 คน ผู้วิจัยเก็บตัวอย่างให้มากกว่าค่าที่คำนวณ แสดงดังตาราง 29

ตาราง 29 แสดงจำนวนตัวอย่างที่ใช้ทดลองหาคุณภาพของแบบทดสอบการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ

ที่	ชื่อโรงเรียน	สพม.	จังหวัด	จำนวนนักเรียน
1	ชุมพลโพนพิสัย	21	หนองคาย	51
2	จุฬาภรณ์ราชวิทยาลัยมุกดาหาร	22	มุกดาหาร	52
3	คำชะอีวิทยาคาร	22	มุกดาหาร	49
4	ธาตุพนม	22	นครพนม	53
5	หว้านใหญ่วิทยา	22	มุกดาหาร	53
6	กมลาไสย	24	กาฬสินธุ์	48
7	กาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์	24	กาฬสินธุ์	44
8	นามนพิทยาคม	24	กาฬสินธุ์	44
9	อุบลรัตน์พิทยาคม	25	ขอนแก่น	31
10	ชื่นชมพิทยาคาร	26	มหาสารคาม	37

ตาราง 29 (ต่อ)

ที่	ชื่อโรงเรียน	สพม.	จังหวัด	จำนวนนักเรียน
11	บรบือวิทยาคาร	26	มหาสารคาม	48
12	พยัคมภูมิวิทยาคาร	26	มหาสารคาม	34
13	พุทไธสง	26	มหาสารคาม	53
14	มัธยมยางสีสุราช	26	มหาสารคาม	26
15	เชียงใหม่ประชานุสรณ์	27	ร้อยเอ็ด	41
16	ทรายทองวิทยา	27	ร้อยเอ็ด	10
17	โพนทองพัฒนาวิทยา	27	ร้อยเอ็ด	50
18	ร้อยเอ็ดวิทยาลัย	27	ร้อยเอ็ด	37
19	สุวรรณภูมิพิทยไพศาล	27	ร้อยเอ็ด	56
20	ศรีสะเกษวิทยาลัย	28	ศรีสะเกษและยโสธร อุบลราชธานีและ	50
21	คึมใหญ่วิทยา	29	อำนาจเจริญ	47
22	เพชรวิทยาคาร	30	ชัยภูมิ	24
23	เมืองพญาแลวิทยา	30	ชัยภูมิ	14
24	โนนเจริญพิทยาคม	32	บุรีรัมย์	48
25	บ้านกรวดวิทยาคาร	32	บุรีรัมย์	37
26	ไพศาลพิทยาคม	32	บุรีรัมย์	40
27	ช้างบุญวิทยา	33	สุรินทร์	51
28	โนนเทพ	33	สุรินทร์	51
29	ศรีขรภูมิพิสัย	33	สุรินทร์	43
	รวมทั้งสิ้น			1,222

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัย พหุมิติที่สร้างในขั้นตอนที่ 1

วิธีดำเนินการวิจัย

1. นำแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติฉบับสมบูรณ์ไปทดลองใช้ (Try Out) กับตัวอย่างที่ใช้หาคุณภาพเครื่องมือเพื่อวิเคราะห์หาคุณภาพความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ของตัวแปรว่ามีโครงสร้างตามนิยามทางทฤษฎี (Constitutive Definition) หรือไม่และสอดคล้องกลมกลืนกับสภาพประกอบเป็นจริงอย่างไร โดยการตรวจสอบความตรง เชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirm Factor Analysis) และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ

2. ตรวจสอบค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ โดยวิธีการคำนวณด้วยสูตร สัมประสิทธิ์แอลฟาและวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ ใช้ค่าความเชื่อมั่น EAP Reliability ด้วยการประมาณค่าแบบมาร์จิแน็ลแม็คซิมัมไลค์ลิฮูด (Marginal Maximum-Likelihood ; MML) บนพื้นฐานการศึกษาโมเดลพหุมิติ (Multidimensional Model) ที่เรียกว่า Multidimensional Random Coefficients Multinomial Logit Model (MRCMLM) (Adams, Wilson and Wang, 1997) ใช้วิธีการวิเคราะห์แบบพหุมิติพาเชียลเครดิตโมเดล (Multidimensional form of the Partial Credit Model) โดยใช้โปรแกรม ConQuest 2.0 จำแนกตามองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังตรวจสอบคุณภาพ เครื่องมือรายข้อคือค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของข้อคำถามแต่ละข้อกับคะแนนรวมแต่ละด้าน ของแบบวัด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ติดต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลไปยังโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

2. ติดต่อประสานงานกับโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งกำหนดขอบเขตของการรับกระดาษคำตอบกลับคืน

3. เมื่อโรงเรียนดำเนินการสอบเสร็จแล้วให้ส่งข้อสอบและกระดาษคำตอบทางไปรษณีย์

4. รวบรวมแบบทดสอบจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ตรวจสอบความสมบูรณ์แล้วดำเนินการตรวจข้อสอบ ให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด

5. นำคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบไปหาคุณภาพความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างและความเชื่อมั่นแบบพหุมิติประมาณค่าพารามิเตอร์ความสามารถการคิดอภิมานของนักเรียน

วิธีวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้จัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS foo Window (Statistical Package for Social Science), โปรแกรม ConQuest และโปรแกรม LISREL (Linear Structure Relationship) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะกลุ่มตัวอย่างและตัวแปร วิเคราะห์ข้อมูลโดย การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย ค่าความเบ้ และความโด่ง ด้วยโปรแกรม SPSS

2. วิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยการพิจารณาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of congruency; IOC)

3. วิเคราะห์รายข้อของแบบทดสอบการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ

3.1 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนข้อคำถามแต่ละข้อกับคะแนนรวมแต่ละด้านของแบบทดสอบ (Item-Total Correlation Coefficient) คำนวณโดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation) วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS

3.2 วิเคราะห์คำถามรายข้อ โดยตรวจสอบความเหมาะสมรายข้อ (Item Fit) พิจารณาจากดัชนีความเหมาะสมของข้อคำถามรายข้อ คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนที่ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก (OUTFIT Means Square ; MNSQ) และค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนที่มีการถ่วงน้ำหนัก (INFIT Mean Square ; INFIT MNSQ) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ConQuest

3.3 ตรวจสอบมิติของแบบทดสอบการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ด้วยโปรแกรม LISREL

3.4 ตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ด้วยการวิเคราะห์พหุมิติ เรียกความเชื่อมั่นนี้ว่า EAP Reliability โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ConQuest ด้วยการประมาณค่าแบบมาร์จิแน็ลแม็คซิมัมไลค์ลิฮูด (Marginal Maximum-Likelihood; MML) มีสูตรดังนี้ (Mislevy and others, 1992)

$$\rho_{MML} = \frac{\sigma^2_{EAP}}{\sigma^2}$$

เมื่อ σ^2_{EAP} แทน ความแปรปรวนของการประมาณค่าแบบ Expected a Posterior (EAP)

σ^2 แทน ความแปรปรวนของคุณลักษณะแฝง (Latent Trait)

3.5 ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ด้วยการวิเคราะห์พหุมิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ConQuest และ LISREL ดังนี้

3.5.1 ตรวจสอบความเที่ยงตรงในรูปแบบโมเดลที่ซ้อนสัมพันธ์กัน (Nested) กล่าวคือ เปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลการวัดการคิดอภิมานแบบพหุมิติ (Multidimensional Approach) กับโมเดลการวัดการคิดอภิมานแบบเอกมิติรวม (Composite Approach) ซึ่งประเมินเปรียบเทียบจากค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic ; G^2) และค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterion ; AIC)

3.5.2 ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน พิจารณาจากค่าสถิติค่าไคสแควร์ (χ^2) ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index ; GFI) ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Index ; AGFI) ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (Root Mean Square Residual ; RMR) และค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (Root Mean Square Error of Approximation, RMSEA)

ระยะที่ 2 การประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

เพื่อประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรและตัวอย่างเป็นกลุ่มเดียวกันกับระยะที่ 1 ขั้นตอนที่ 3 การหาคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่สร้างขึ้นในระยะที่ 1

วิธีดำเนินการวิจัย

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยนำเสนอวิธีการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานที่วัดจากแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ ดังนี้

1. ศึกษาแนวคิดทฤษฎี จากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีประเด็นของการศึกษา คือ

1.1 วิธีการประมาณค่าคุณลักษณะของบุคคล 3 วิธี คือ วิธีของ Bartlett วิธีของ Anderson-Rubin และวิธีของ Thurstone ซึ่งการประมาณค่าด้วยวิธีการถดถอย (Regression Score) ของ Thurstone เป็นวิธีการที่ให้ผลการประมาณค่าสัมพันธ์กับองค์ประกอบร่วมจากข้อมูลจริงสูงที่สุด (Costello and Osborne, 2005 ; Christine and others, 2009)

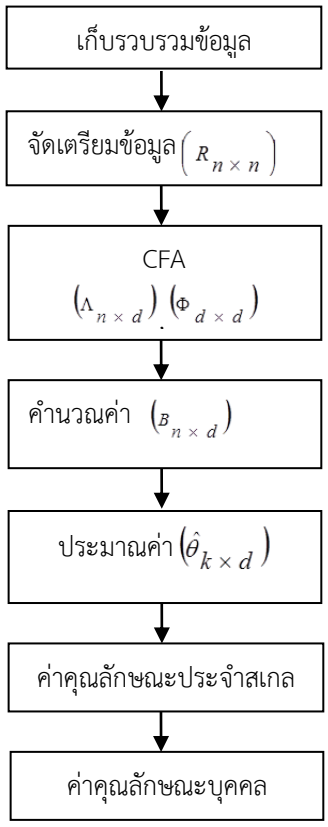
1.2 วิธีการประมาณค่าของ Thurstone จากสูตร $\hat{F}_{1\times m} = Z_{1\times n}B_{n\times m}$ (Thurstone, 1935) ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับค่าที่ได้แปรเปลี่ยนตามจำนวนของกลุ่มตัวอย่างเนื่องจากสัมประสิทธิ์การถดถอยจากสูตร $\boldsymbol{B}_{n\times m} = \boldsymbol{R}^{-1}_{n\times n}\boldsymbol{A}_{n\times m}\boldsymbol{\Phi}_{m\times m}$ (Thurstone, 1935) เป็นผลคูณของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้กับค่าน้ำหนักองค์ประกอบและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบซึ่งค่าสหสัมพันธ์และน้ำหนักองค์ประกอบจะเปลี่ยนแปลงตามจำนวนของกลุ่มตัวอย่าง (Hair and others, 2010) และผลการประมาณค่าให้สารสนเทศเฉพาะบุคคลเท่านั้น ไม่สามารถให้ผลการประมาณค่าคุณลักษณะประจำข้อแยกตามมิติ

1.3 เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่มีลักษณะของโมเดลสอดคล้องกับโครงสร้างโมเดลพหุมิติภายใน (Within Item Multidimensional) ที่ถือว่าคุณลักษณะแฝงของบุคคลมากกว่า 1 องค์ประกอบส่งผลต่อการตอบข้อคำถาม ในการประมาณค่าคุณลักษณะภายในของบุคคลโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบ จะนำเสนอในรูปของคะแนนองค์ประกอบ (Factor Score) ซึ่งเป็นค่าขององค์ประกอบร่วมหรือค่าตัวแปรแฝงใหม่ที่สร้างขึ้น การประมาณค่าจะนำเสนอในรูปการคูณของเมตริกซ์ ผลที่ได้จะแสดงถึงคุณลักษณะภายในที่ต้องการศึกษา คะแนนองค์ประกอบจะให้ผลการประมาณค่าที่คำนึงถึงระดับความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ (น้ำหนักองค์ประกอบ) กับตัวแปรสังเกตได้ โดยค่าความสัมพันธ์นั้นจะถูกนำมาประมาณค่าสัมประสิทธิ์องค์ประกอบ (B) จากแนวคิดนี้ทำให้การประมาณค่าคะแนนองค์ประกอบมีความสอดคล้องกับคุณลักษณะภายในที่แท้จริงมากขึ้น

1.4 วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เป็นเทคนิคทางสถิติที่มีเป้าหมายเพื่อทำนายค่าหรือประมาณค่าตัวแปรที่ต้องการศึกษา และได้มีการนำเอาเทคนิคการถดถอยมาใช้ในประมาณค่าคุณลักษณะภายในของบุคคล โดยการสร้างคะแนนองค์ประกอบซึ่งเป็นค่าขององค์ประกอบ หรือ คุณลักษณะที่ต้องการศึกษาในรูปของเมตริกซ์ (Matrix Approach)

1.5 ศึกษาวิธีการประมาณค่าคุณลักษณะพหุมิติจำแนกตามสเกลรายการคำตอบของวนิดา หอมจันทร์ (2558) ที่พัฒนากระบวนการประมาณค่าคุณลักษณะพหุมิติจำแนกตามสเกลรายการคำตอบ และพัฒนาเครื่องมือเป็นแบบวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีหลักการประมาณค่าคะแนนองค์ประกอบด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย และใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อประมาณค่าคุณลักษณะ โดยโมเดลการประมาณค่าคุณลักษณะพหุมิติจำแนกตามสเกลรายการคำตอบ คือ $S_{k\times1}B_{1\times d}=\hat{\theta}_{k\times d}$ มีกระบวนการดังนี้



เมื่อ $S_{k\times1}B_{1\times d}=\hat{\theta}_{k\times d}$

$R^{-1}_{n\times n}\Lambda_{n\times d}\Phi_{d\times d}=B_{n\times d}$

$\hat{\theta}_{k\times d}$ แทน เมตริกซ์ของคะแนนองค์ประกอบที่ประมาณได้ d องค์ประกอบเมื่อจำแนกตามสเกล จำนวน k สเกล

n แทน จำนวนตัวแปรสังเกตได้ (ข้อคำถามทั้งหมดในแบบวัด)

d แทน จำนวนองค์ประกอบคุณลักษณะภายใน

k แทน จำนวนสเกลรายการคำตอบ

$S_{k\times1}$ แทน เวกเตอร์หลัก สเกลรายการคำตอบของแต่ละข้อคำถามในแบบวัด มีค่าเท่ากับ 1,2,3,4 และ 5

$B_{n\times d}$ แทน เมตริกสัมประสิทธิ์การถดถอยของ d องค์ประกอบบนตัวแปรสังเกตได้ n ตัว

$B_{1\times d}$ แทน เวกเตอร์สัมประสิทธิ์การการถดถอยของ d องค์ประกอบ

$R^{-1}_{n\times n}$ แทน เมตริกผกผันของเมตริกสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ n ตัว , $\det(R)\neq0$

$\Lambda_{n\times d}$ แทน เมตริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบ ของตัวแปรสังเกตได้ n ตัว บน d องค์ประกอบ

$\Phi_{d\times d}$ แทน เมตริกซ์สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบ d องค์ประกอบ

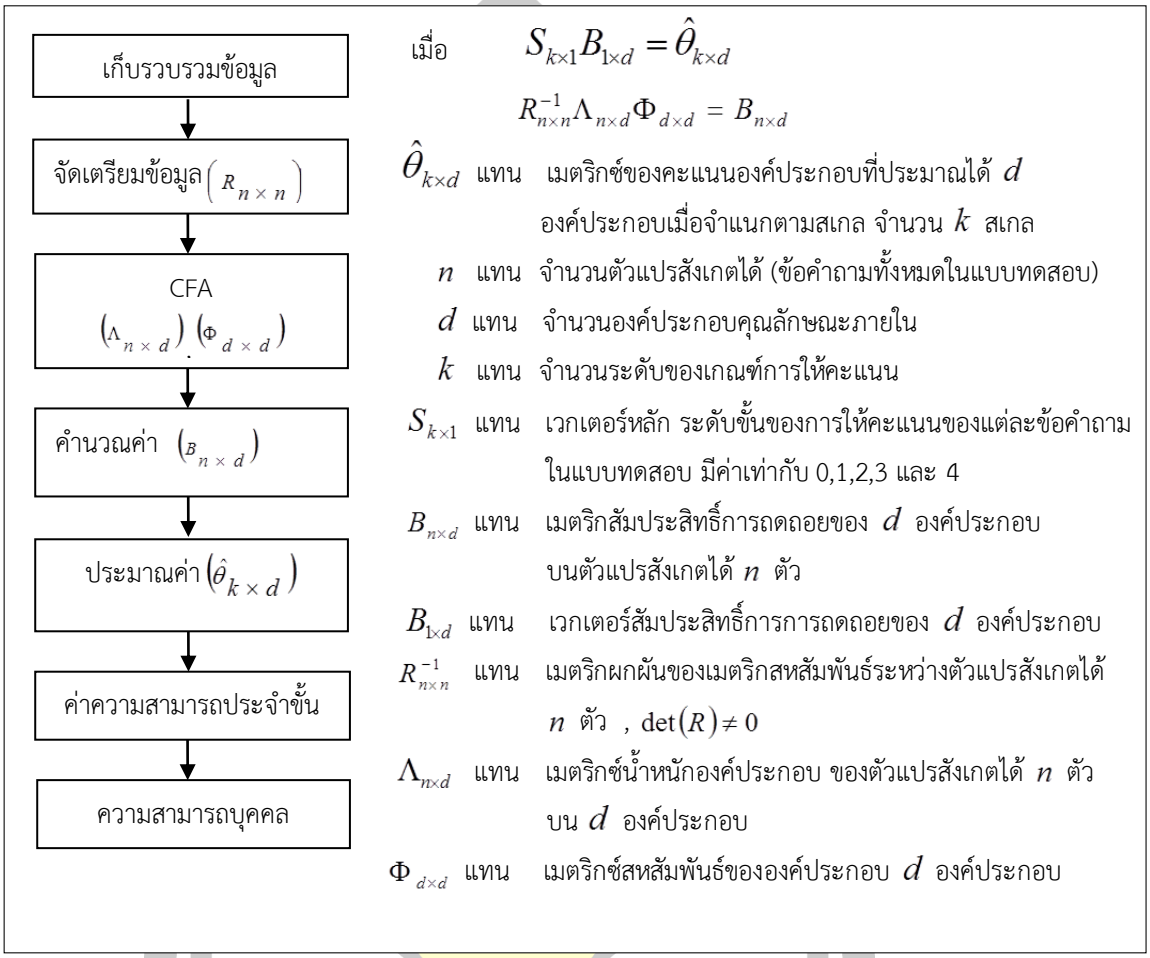
ที่มา : วนิดา หอมจันทร์ (2558)

ภาพประกอบ 18 กระบวนการประมาณค่าคุณลักษณะพหุมิติจำแนกตามสเกลรายการคำตอบ

2. กระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติ

จากกระบวนการดังกล่าว ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดมาสู่การประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยพหุมิติ โดยปรับสเกลรายการคำตอบ ($S_{k\times1}$) ของข้อคำถามที่สเกล

มีค่าเท่ากับ 1, 2, 3, 4, 5 ให้มีระดับขั้นการให้คะแนน 5 ระดับ เป็น 0, 1, 2, 3, 4 ซึ่งมีกระบวนการดังนี้



ภาพประกอบ 19 กระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติ

โดยขั้นตอนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติ มีรายละเอียดดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูล จัดเตรียมข้อมูล ได้แก่ เมตริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละตัวแปร

2. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ด้วยโปรแกรม LISREL 8.72

3. จัดเตรียมเมตริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบ ($\Lambda_{n\times d}$) เมตริกซ์สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบ ($\Phi_{d\times d}$) และเมตริกซ์ผกผันของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ($R^{-1}_{n\times n}$) แล้วคำนวณเมตริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอย ($B_{n\times d}$)

4. จัดเตรียมเวกเตอร์สัมประสิทธิ์การถดถอย ($B_{1\times d}$) รายข้อที่ได้จากการประมาณ แต่ละข้อโดยพิจารณาตามโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบซึ่งจะต้องมี ความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ถ้าพบว่าไม่มีนัยสำคัญให้ถือว่าสัมประสิทธิ์การถดถอยข้อคำถามบน องค์ประกอบนั้นมีค่าเป็นศูนย์

5. จัดเตรียมเวกเตอร์ของระดับขั้นของการให้คะแนน ($S_{k\times 1}$) ของแต่ละข้อคำถามในแบบทดสอบ เมื่อสเกลมีค่าเท่ากับ 0,1,2,3 และ 4

6. ทำการประมาณค่าความสามารถตามระดับขั้นของคะแนน ด้วยโปรแกรม MATLAB 7.8.0.347 (R2009a ตามโมเดล $S_{k\times 1}B_{1\times d}=\hat{\theta}_{k\times d}$ โดยการประมาณค่าจะใช้ในรูปของเมตริกซ์ (Matrix Approach) ซึ่งผลที่ได้จะนำเสนอเป็นรายข้อ ตามรายละเอียดดังนี้

$\hat{\theta}_{k\times d}$ เป็นเมตริกซ์ของผลการประมาณค่าองค์ประกอบความสามารถของแต่ละข้อคำถามของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมาน ประกอบด้วยค่าความสามารถประจำขั้นของการตอบ (จำนวน k รายการ) แยกตามจำนวนองค์ประกอบที่ข้อคำถามนั้นมุ่งวัด สามารถเขียนแจกแจงให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ดังนี้

$$\hat{\theta}=\begin{bmatrix}\theta_{11} & \theta_{12} & \cdots & \theta_{1d}\\ \theta_{21} & \theta_{22} & \cdots & \theta_{2d}\\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots\\ \theta_{k1} & \theta_{k2} & \cdots & \theta_{kd}\end{bmatrix}$$

$S_{k\times 1}$ เป็นเวกเตอร์หลัก ของระดับขั้นของการให้คะแนน (k) แต่ละข้อที่นำเข้าไปคูณกับเวกเตอร์สัมประสิทธิ์การถดถอยตามจำนวนองค์ประกอบที่ข้อคำถามนั้นมุ่งวัด สามารถเขียนแจกแจงให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์ดังนี้

$$S=\begin{bmatrix}S_{11}\\ S_{21}\\ \vdots\\ S_{k1}\end{bmatrix}$$

$B_{1\times d}$ เป็นเวกเตอร์สัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละข้อคำถามตามจำนวนองค์ประกอบ (d) ที่ข้อคำถามนั้นมุ่งวัดสัมประสิทธิ์การถดถอยของแต่ละข้อคำถามจะพิจารณาตามโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบซึ่งจะต้องมีความสัมพันธ์ ถ้าพบว่า

พหุน ปณ ศ โต ชีเว

ไม่มีนัยสำคัญให้ถือว่าสัมประสิทธิ์การถดถอยข้อคำถามบนองค์ประกอบนั้นมีค่าเป็นศูนย์ (สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์ และลัดดาวัลย์ รอดมณี, 2527) สามารถเขียนแจกแจงให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์ดังนี้

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1d} \end{bmatrix}$$

จากรายละเอียดของเมตริกซ์แต่ละเมตริกซ์สามารถเขียนผลการประมาณค่าความสามารถในรูปการคูณของเมตริกซ์ดังนี้

Item i

$$\begin{bmatrix} S_{11} \\ S_{21} \\ \vdots \\ S_{k1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1d} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta_{11} & \theta_{12} & \cdots & \theta_{1d} \\ \theta_{21} & \theta_{22} & \cdots & \theta_{2d} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \theta_{k1} & \theta_{k2} & \cdots & \theta_{kd} \end{bmatrix}$$

7. รวมคะแนนค่าความสามารถของแต่ละบุคคลแยกเป็น 6 องค์ประกอบ เขียนสัญลักษณ์ได้ดังนี้

$$\theta_1 = \theta_{11}a_{11} + \theta_{21}a_{21} + \theta_{31}a_{31}$$
$$\theta_2 = \theta_{42}a_{42} + \theta_{52}a_{52} + \theta_{62}a_{62}$$
$$\theta_3 = \theta_{73}a_{73} + \theta_{83}a_{83} + \theta_{93}a_{93}$$
$$\theta_4 = \theta_{14}a_{14} + \theta_{44}a_{44} + \theta_{74}a_{74}$$
$$\theta_5 = \theta_{25}a_{25} + \theta_{55}a_{55} + \theta_{85}a_{85}$$
$$\theta_6 = \theta_{36}a_{36} + \theta_{66}a_{66} + \theta_{96}a_{96}$$

โดยอธิบายได้ดังตาราง

พหุ ปณ ฑิโต ชีเว

มิติ (j) / ข้อ (i)	มิติความสามารถการคิดอภิมาน					
	1	2	3	4	5	6
1	a11	-	-	a14	-	-
2	a21	-	-	-	a25	-
3	a31	-	-	-	-	a36
4	-	a42	-	a44	-	-
5	-	a52	-	-	a55	-
6	-	a62	-	-	-	a66
7	-	-	a73	a74	-	-
8	-	-	a83	-	a85	-
9	-	-	a93	-	-	a96
รวม	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6

โดย a_{ij} คือ สมาชิกในแถวที่ i และ หลักที่ j

ในที่นี้หมายถึง คะแนนของนักเรียนที่ได้จากข้อคำถามที่ i ในมิติที่ j

θ_j คือ ความสามารถของนักเรียนในมิติที่ j

8. แปลความหมายของคะแนน ตามเกณฑ์จุดตัดคะแนนความสามารถการคิดอภิมาน

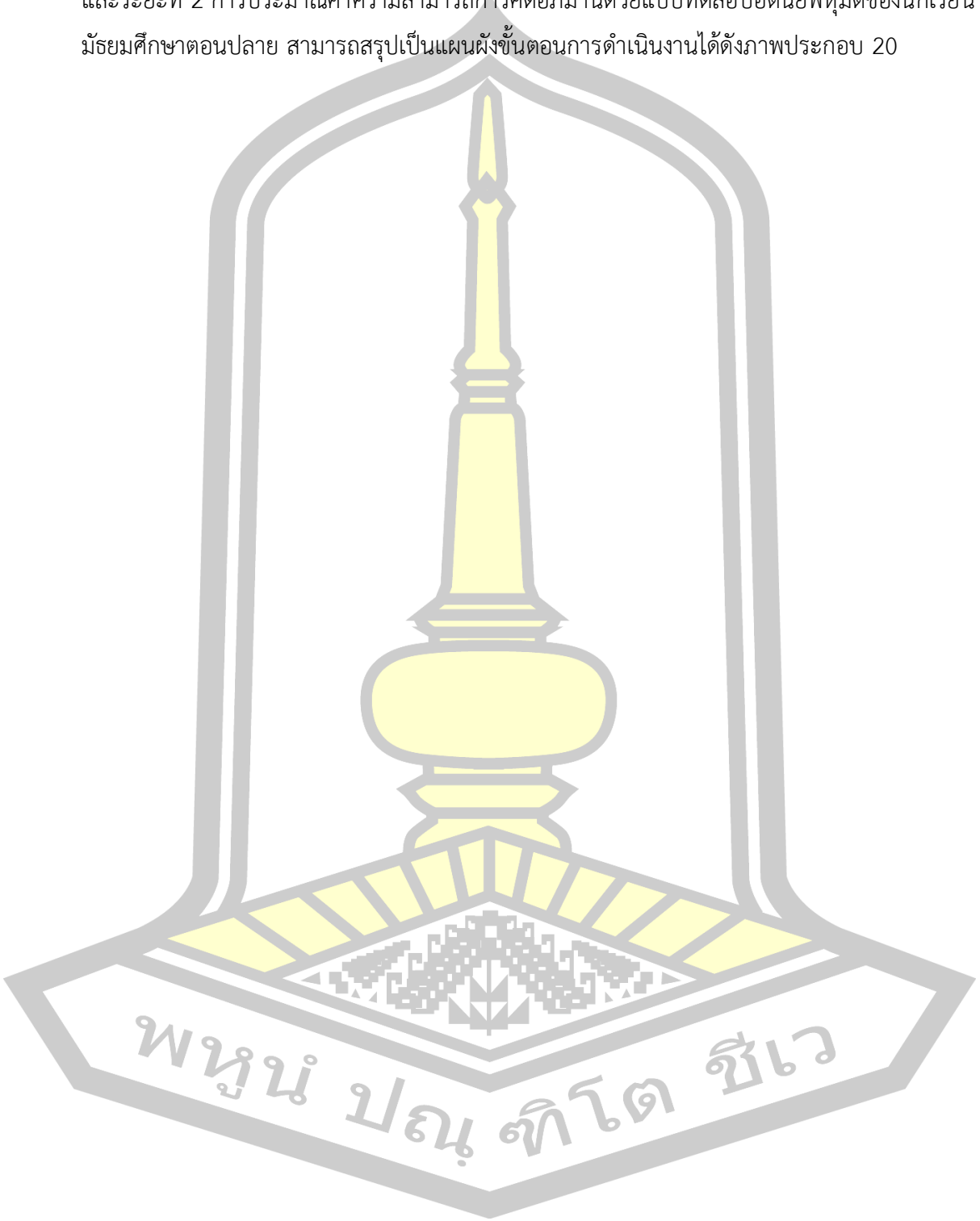
9. แปลงคะแนนเป็นคะแนนสเกล โดยใช้สูตร 50+10(θ) (พัชรี จันทร์เพ็ง, 2561) โดยให้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10 และ θ หมายถึง ระดับความสามารถผู้เรียน

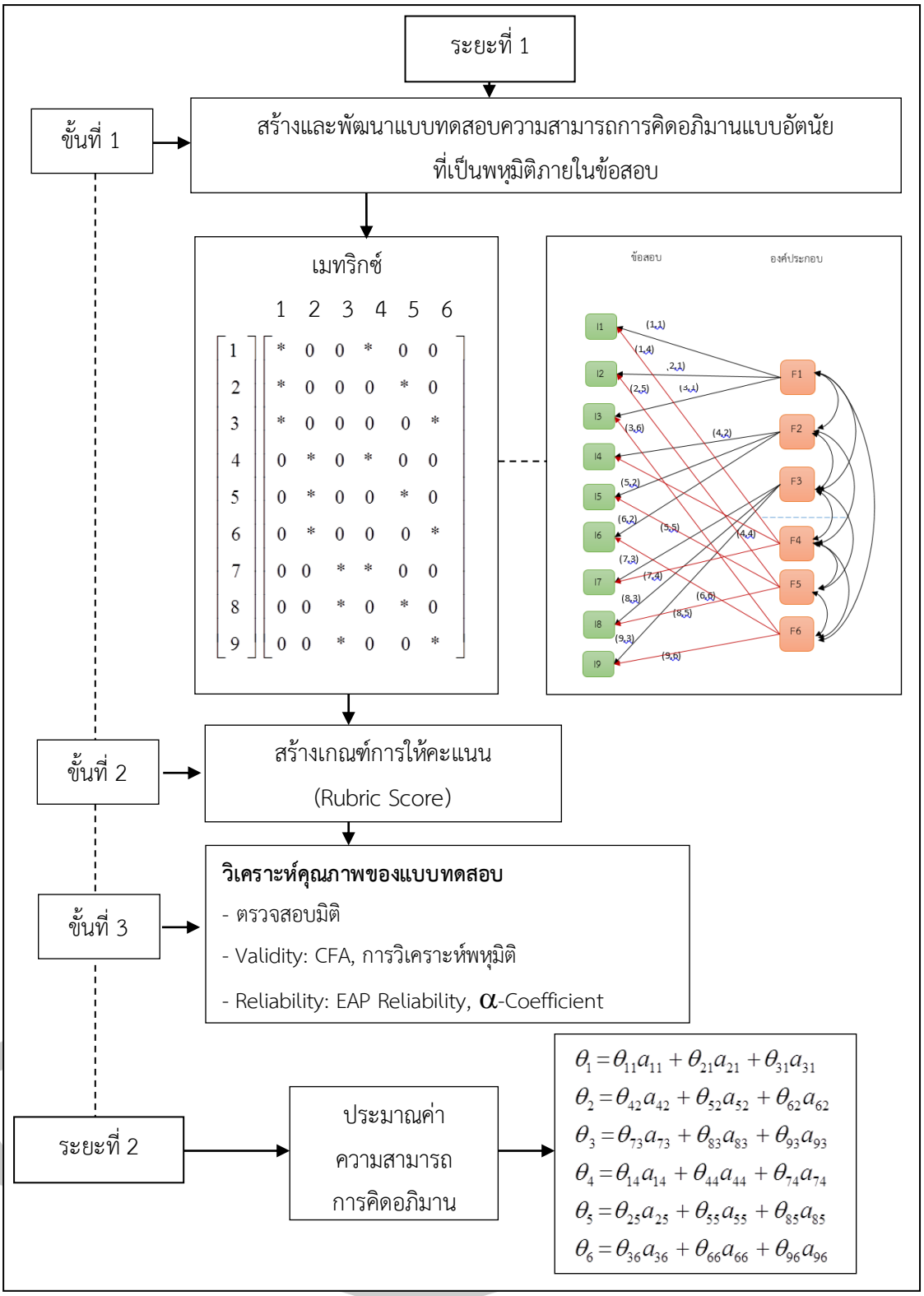
วิธีวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

หาคะแนนองค์ประกอบ จากวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) ในรูปของเมตริกซ์ ตามโมเดล $S_{k\times1}B_{1\times d}=\hat{\theta}_{k\times d}$

จากวิธีดำเนินการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบและการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีระเบียบวิธีวิจัยเป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ดำเนินการตามวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ เพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และเพื่อประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยดำเนินการวิจัยเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การพัฒนา

แบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และระยะที่ 2 การประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถสรุปเป็นแผนผังขั้นตอนการดำเนินงานได้ดังภาพประกอบ 20





ภาพประกอบ 20 ขั้นตอนการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัย พหุมิติ และการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมาน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 2 ประการ คือ เพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และเพื่อประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงนำเสนอเพื่อตอบคำถามตามวัตถุประสงค์เฉพาะของการวิจัย โดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน คือ ตอนแรก ผลการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ และตอนที่สอง ผลการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยนำเสนอข้อมูล ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล
2. ขั้นตอนการนำเสนอข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าสถิติและตัวแปรต่าง ๆ ในการนำเสนอ ดังต่อไปนี้

n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
C.V.	แทน	สัมประสิทธิ์การกระจาย
Min.	แทน	คะแนนต่ำสุด
Max.	แทน	คะแนนสูงสุด
S.K.	แทน	ค่าความเบ้
K.U.	แทน	ค่าความโด่ง
MSA.	แทน	ค่าการวัดความพอเพียงในการสุ่ม (Measure of Sampling Adequacy)
r_i	แทน	สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของข้อคำถามแต่ละข้อกับคะแนนรวมแต่ละด้านของแบบทดสอบ (Item-Total Correlation)
OUTFIT MNSQ	แทน	ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนที่ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก (Unweight Fit)

INFIT MNSQ แทน ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนที่มีการถ่วงน้ำหนัก (Weight Fit)

G^2 แทน สถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic)

χ^2 แทน สถิติไคสแควร์

df แทน องศาความเป็นอิสระ

p แทน ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

GFI แทน ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน

AGFI แทน ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว

RMR แทน ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ

RMSEA แทน ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ

χ^2/df แทน ค่าไคสแควร์สัมพัทธ์

CFI แทน ดัชนีเปรียบเทียบ

AIC แทน ค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterion)

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแปร

K1 แทน ความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge)

K2 แทน ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (Procedural Knowledge)

K3 แทน ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge)

K4 แทน ประสบการณ์ด้านการวางแผน (Planning)

K5 แทน ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (Monitoring)

K6 แทน ประสบการณ์ด้านการประเมินผล (Evaluating)

ขั้นตอนการนำเสนอข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตอนที่ 2 ผลการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.1 ค่าสถิติพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบจำแนกตาม เพศของกลุ่มตัวอย่าง ปรากฏผลการวิเคราะห์ ดังตาราง 30

ตาราง 30 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานโดยประยุกต์ใช้โมเดลการตอบสนองข้อสอบแบบพหุมิติ

เพศ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ชาย	308	25.2
หญิง	914	74.8
รวม	1222	100.0

จากตาราง 30 ผลการวิเคราะห์จำนวนร้อยละและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ พบว่า กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 1,222 คน เมื่อพิจารณาตามเพศของนักเรียน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 74.8 (914 คน) และเพศชายร้อยละ 25.2 (308 คน)

1.2 ค่าสถิติพื้นฐานและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของข้อคำถามความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ นำเสนอดังตาราง 31

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 31 ค่าสถิติพื้นฐานและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของข้อคำถามความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ

	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9
i1	1								
i2	.392**	1							
i3	.344**	.592**	1						
i4	.318**	.389**	.347**	1					
i5	.308**	.380**	.343**	.498**	1				
i6	.293**	.373**	.365**	.462**	.523**	1			
i7	.258**	.302**	.337**	.456**	.388**	.389**	1		
i8	.318**	.376**	.344**	.383**	.360**	.390**	.432**	1	
i9	.240**	.337**	.346**	.376**	.435**	.442**	.372**	.544**	1
Mean	1.98	2.14	1.78	2.49	1.96	2.22	1.75	1.86	1.94
SD	1.09	1.19	1.19	1.16	1.24	1.23	1.14	1.23	1.17
SK	0.09	-0.14	0.11	-0.47	0.00	-0.27	0.12	-0.06	-0.01
KU	-0.51	-0.66	-0.78	-0.50	-0.84	-0.80	-0.70	-0.87	-0.68
MSA	0.92	0.83	0.84	0.90	0.89	0.91	0.90	0.86	0.87

Bartlett's Test of Sphericity = 3464.979, p < .000

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy (KMO) = 0.878

P < .01

จากตาราง 31 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน มีผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง และการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของข้อคำถามวัดความสามารถการคิดอภิมาน มีรายละเอียด ดังนี้

ความสามารถการคิดอภิมาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.75-2.49 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 1.09–1.24 โดยส่วนใหญ่ผลการตอบข้อคำถามมีลักษณะการกระจายข้อมูลแบบเบ้ซ้ายและเตี้ยแบน

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถาม มีทั้งหมด จำนวน 36 คู่ ทุกคู่มีความสัมพันธ์กันทางบวกทั้งหมด มีค่าขนาดความสัมพันธ์อยู่ระหว่าง .240 ถึง .592

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามมีรายละเอียด ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกข้อ โดยที่ข้อคำถาม i2 กับ i3 มี ความสัมพันธ์กันสูงสุด เท่ากับ .592 ส่วนข้อคำถาม i1 กับ i9 มีความสัมพันธ์กันต่ำสุด เท่ากับ .240

ผลการวิเคราะห์ค่าการวัดความพอเพียงในการสุ่ม (Measure of Sampling Adequacy ; MSA) พบว่า องค์ประกอบของการคิดอภิมาน มีค่า MSA อยู่ระหว่าง 0.83-0.92 แสดงว่า ข้อคำถามทุกข้อได้รับการทำนายได้ดีปราศจากความคลาดเคลื่อนจากข้อคำถามอื่น

เมื่อพิจารณาค่า Bartlett's Test of Sphericity เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม มีค่าเท่ากับ 3464.979 ($p < .000$) แสดงว่า เมตริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามแตกต่างจากเมตริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณาค่า Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy (KMO) ซึ่งใช้ในการประเมินความเหมาะสมของข้อมูล มีค่าเท่ากับ 0.878

1.3 การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการวัดความสามารถการคิดอภิมานของนักเรียน มาแสดงหลักฐานความตรงเชิงโครงสร้างด้วยการวิเคราะห์ 2 วิธี คือ วิธีแรก การวิเคราะห์พหุมิติ และวิธีที่สอง การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน มีรายละเอียดดังนี้

1.3.1 การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการวัดความสามารถการคิดอภิมานของนักเรียนมาแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ด้วยการวิเคราะห์พหุมิติพิจารณาจากการประเมินระหว่างโมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติ (Multidimensional Approach) กับโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติรวม (Composite Approach) ซึ่งทั้ง 2 โมเดลเป็นโมเดลซ้อนสัมพันธ์กัน (Nested) พิจารณาเปรียบเทียบจากค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic ; G^2) ของสองโมเดลด้วยวิธีการทางสถิติ เรียกว่า สถิติไคกำลังสองอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (Likelihood Ratio Chi-Squared Statistic) มีการแจกแจงลักษณะเหมือนสถิติไควสแควร์ พร้อมกับพิจารณาองศาเสรี (Degree of Freedom) ควบคู่ไปด้วย ซึ่งองศาเสรีคือความแตกต่างระหว่างจำนวนของการประมาณค่าพารามิเตอร์ของสองโมเดล (McCullagh and Nelder, 1990) พิจารณาจากค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterion; AIC) คำนวณมาจากสูตร AIC = (-2)

Logmaximum Likelihood +2 (จำนวนพารามิเตอร์) (Akaike, 1987) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือสูตร AIC = G^2 + 2p (เมื่อ p คือ จำนวนพารามิเตอร์) (Yao and Schwarz, 2006) บนพื้นฐานการศึกษาโมเดลพหุมิติ (Multidimensional Model) ที่เรียกว่า Multidimensional Random Coefficients Multinomial Logit Model (MRCMLM) (Adams, Wilson and Wang, 2006) ใช้การวิเคราะห์พหุมิติพาเชียลเครดิตโมเดล (Multidimensional form of the Partial Credit Model) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ConQuest 2.0 ผลจากการวิเคราะห์นำเสนอดังนี้ การเปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลความสามารถการคิดอภิมานเอกมิติและพหุมิติ และผลการวิเคราะห์ค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อ (Item Fit) แผนผังการตอบสนองข้อคำถาม และค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถามมีรายละเอียดดังนี้

1) สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแฝงของความสามารถการคิดอภิมาน แสดงดังตาราง 32

ตาราง 32 สหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบแฝงของความสามารถการคิดอภิมาน (n = 1,222)

องค์ประกอบแฝง	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1.00					
K2	0.38	1.00				
K3	0.89	0.30	1.00			
K4	0.79	0.38	0.89	1.00		
K5	0.76	0.59	0.75	0.76	1.00	
K6	0.71	0.53	0.80	0.81	0.82	1.00

จากตาราง 32 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์องค์ประกอบแฝงของความสามารถการคิดอภิมาน พบว่า สหสัมพันธ์องค์ประกอบแฝงของมิติที่มีความสัมพันธ์กันสูงสุดสามลำดับแรกได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge : K1) กับ ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge : K3) มีความสัมพันธ์กัน เท่ากับ 0.89 และ ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge : K3) กับ ประสบการณ์ด้านการวางแผน (Planning : K4) มีความสัมพันธ์กัน เท่ากับ 0.89 และประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (Monitoring : K5) กับ ประสบการณ์ด้านการประเมินผล (Monitoring : K6) มีความสัมพันธ์กัน เท่ากับ 0.82

ส่วนมิติที่สัมพันธ์กันน้อยที่สุด คือ ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (Procedural Knowledge : K2) กับ ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge : K3)

2) การเปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลความสามารถการคิดอภิมานเอกมิติและพหุมิติ แสดงดังตาราง 33

ตาราง 33 การเปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลความสามารถการคิดอภิมานเอกมิติและพหุมิติ (n = 1,222)

โมเดลการคิดอภิมาน	สถิติดีเวียนซ์ (G^2)	จำนวนพารามิเตอร์	ค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (AIC)
เอกมิติ (Composite Approach)	30,179.99250	37	30,253.99250
พหุมิติ (Multidimensional Approach)	29,870.16805	57	29,984.16805
พหุมิติ (Multidimensional Approach) เปรียบเทียบกับเอกมิติ (Composite Approach) สถิติไคกำลังสองอัตราส่วนภาวะน่าจะเป็น (Likelihood Ratio Chi-Squared Statistic; G^2) : χ^2 = 309.82445, df = 20, p = .01			
ค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterian ; AIC): 29,984.16805 < 30,253.99250			

หมายเหตุ : ความแตกต่าง χ^2 (df = 20, α = .01) มีค่าเท่ากับ 37.57

จากตาราง 33 การเปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลการคิดอภิมานพหุมิติและเอกมิติ เพื่อแสดงหลักฐานความตรงเชิงโครงสร้าง เมื่อพิจารณาจากการเปรียบเทียบโมเดลระหว่างโมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติ (Multidimensional Approach) กับโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ (Composite Approach) พบว่า โมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติ มีค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic) เท่ากับ 29,870.16805 (จำนวนพารามิเตอร์เท่ากับ 57) โมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ มีค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic) เท่ากับ 30,179.99250 (จำนวนพารามิเตอร์เท่ากับ 37) ซึ่งโมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติ มีค่าสถิติดีเวียนซ์น้อยกว่าโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ โดยโมเดลทั้งสองมีค่าสถิติดีเวียนซ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเมื่อพิจารณา

เปรียบเทียบตามค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterion ; AIC) ระหว่างโมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติกับโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ พบว่า โมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติ มีค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (AIC) เท่ากับ 29,984.16805 โมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ มีค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (AIC) เท่ากับ 30,253.99250 ซึ่งโมเดล การคิดอภิมานแบบพหุมิติ มีค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (AIC) น้อยกว่าโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ จากการเปรียบเทียบโมเดลแสดงว่า โมเดลความสามารถการคิดอภิมานแบบพหุมิติมีความเหมาะสมของโมเดลที่สอดคล้องกับข้อมูลมากกว่าโมเดลความสามารถการคิดอภิมานแบบเอกมิติ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงโครงสร้างของความสามารถการคิดอภิมานมีความเหมาะสมกับการวัดพหุมิติ อันเป็นหลักฐานแสดงถึงความตรงตามโครงสร้างทฤษฎีของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมาน แบบอัตนัยพหุมิติ

3) ความสอดคล้องระหว่างโมเดลความสามารถการคิดอภิมานแบบพหุมิติกับข้อคำถามรายข้อ แสดงดังตาราง 34

ตาราง 34 ความสอดคล้องระหว่างโมเดลความสามารถการคิดอภิมานแบบพหุมิติกับข้อคำถามรายข้อ (n = 1,222)

ข้อคำถาม	ระดับขั้น	ความเหมาะสมรายข้อ (Item Fit)					
		OUTFIT (Unweighted)			INFIT (Weighted)		
		MNSQ	ช่วงความเชื่อมั่น (CI)	T	MNSQ	ช่วงความเชื่อมั่น (CI)	T
i1	0	2.71	(0.92, 1.08)	29.2	1.05	(0.86, 1.14)	0.8
i1	1	1.19	(0.92, 1.08)	4.4	1.04	(0.93, 1.07)	1.1
i1	2	1.03	(0.92, 1.08)	0.6	1.02	(0.97, 1.03)	0.9
i1	3	1.06	(0.92, 1.08)	1.6	1.00	(0.92, 1.08)	-0.0
i1	4	1.19	(0.92, 1.08)	4.5	0.97	(0.88, 1.12)	-0.5
i2	0	0.69	(0.92, 1.08)	-8.7	0.92	(0.89, 1.11)	-1.4
i2	1	0.97	(0.92, 1.08)	-0.7	1.01	(0.89, 1.11)	0.2
i2	2	0.95	(0.92, 1.08)	-1.2	0.98	(0.96, 1.04)	-0.9
i2	3	0.92	(0.92, 1.08)	-2.1	0.98	(0.93, 1.07)	-0.6
i2	4	2.23	(0.92, 1.08)	22.7	0.90	(0.90, 1.10)	-2.0

ตาราง 34 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ระดับขั้น	ความเหมาะสมรายข้อ (Item Fit)					
		OUTFIT (Unweighted)			INFIT (Weighted)		
		MNSQ	ช่วงความเชื่อมั่น (CI)	T	MNSQ	ช่วงความเชื่อมั่น (CI)	T
i3	0	0.99	(0.92, 1.08)	-0.1	0.96	(0.91, 1.09)	-0.8
i3	1	1.18	(0.92, 1.08)	4.1	1.03	(0.92, 1.08)	0.8
i3	2	0.96	(0.92, 1.08)	-0.9	0.99	(0.96, 1.04)	-0.3
i3	3	0.90	(0.92, 1.08)	-2.6	0.98	(0.92, 1.08)	-0.5
i3	4	0.74	(0.92, 1.08)	-7.2	1.00	(0.86, 1.14)	-0.0
i4	0	1.15	(0.92, 1.08)	3.4	0.95	(0.84, 1.16)	-0.6
i4	1	1.02	(0.92, 1.08)	0.5	1.00	(0.88, 1.12)	0.1
i4	2	1.02	(0.92, 1.08)	0.5	0.98	(0.95, 1.05)	-0.8
i4	3	0.96	(0.92, 1.08)	-0.9	0.99	(0.95, 1.05)	-0.5
i4	4	0.91	(0.92, 1.08)	-2.3	0.96	(0.92, 1.08)	-1.0
i5	0	1.45	(0.92, 1.08)	9.8	0.98	(0.89, 1.11)	-0.3
i5	1	1.10	(0.92, 1.08)	2.3	0.98	(0.91, 1.09)	-0.5
i5	2	0.97	(0.92, 1.08)	-0.6	1.00	(0.96, 1.04)	0.1
i5	3	1.35	(0.92, 1.08)	7.9	1.03	(0.91, 1.09)	0.8
i5	4	1.56	(0.92, 1.08)	11.9	1.00	(0.89, 1.11)	-0.1
i6	0	2.33	(0.92, 1.08)	24.2	0.98	(0.87, 1.13)	-0.3
i6	1	0.97	(0.92, 1.08)	-0.7	0.98	(0.90, 1.10)	-0.5
i6	2	1.00	(0.92, 1.08)	0.1	1.01	(0.96, 1.04)	0.3
i6	3	1.11	(0.92, 1.08)	2.6	1.05	(0.94, 1.06)	1.7
i6	4	1.36	(0.92, 1.08)	8.0	1.02	(0.90, 1.10)	0.4
i7	0	1.60	(0.92, 1.08)	12.6	0.96	(0.90, 1.10)	-0.7
i7	1	0.92	(0.92, 1.08)	-2.1	0.97	(0.94, 1.06)	-0.9
i7	2	0.99	(0.92, 1.08)	-0.2	1.00	(0.96, 1.04)	0.1
i7	3	0.99	(0.92, 1.08)	-0.2	1.03	(0.91, 1.09)	0.7

ตาราง 34 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ระดับขั้น	ความเหมาะสมรายข้อ (Item Fit)					
		OUTFIT (Unweighted)			INFIT (Weighted)		
		MNSQ	ช่วงความเชื่อมั่น (CI)	T	MNSQ	ช่วงความเชื่อมั่น (CI)	T
i7	4	0.90	(0.92, 1.08)	-2.5	1.06	(0.83, 1.17)	0.7
i8	0	1.45	(0.92, 1.08)	9.8	1.00	(0.90, 1.10)	-0.0
i8	1	1.05	(0.92, 1.08)	1.2	0.99	(0.89, 1.11)	-0.1
i8	2	0.97	(0.92, 1.08)	-0.7	1.00	(0.96, 1.04)	-0.1
i8	3	0.91	(0.92, 1.08)	-2.3	1.00	(0.92, 1.08)	-0.1
i8	4	1.01	(0.92, 1.08)	0.2	0.98	(0.86, 1.14)	-0.3
i9	0	1.06	(0.92, 1.08)	1.5	0.97	(0.88, 1.12)	-0.4
i9	1	0.94	(0.92, 1.08)	-1.5	0.97	(0.92, 1.08)	-0.7
i9	2	0.96	(0.92, 1.08)	-0.9	0.99	(0.97, 1.03)	-0.3
i9	3	0.98	(0.92, 1.08)	-0.5	1.02	(0.92, 1.08)	0.6
i9	4	1.19	(0.92, 1.08)	4.5	0.99	(0.87, 1.13)	-0.2

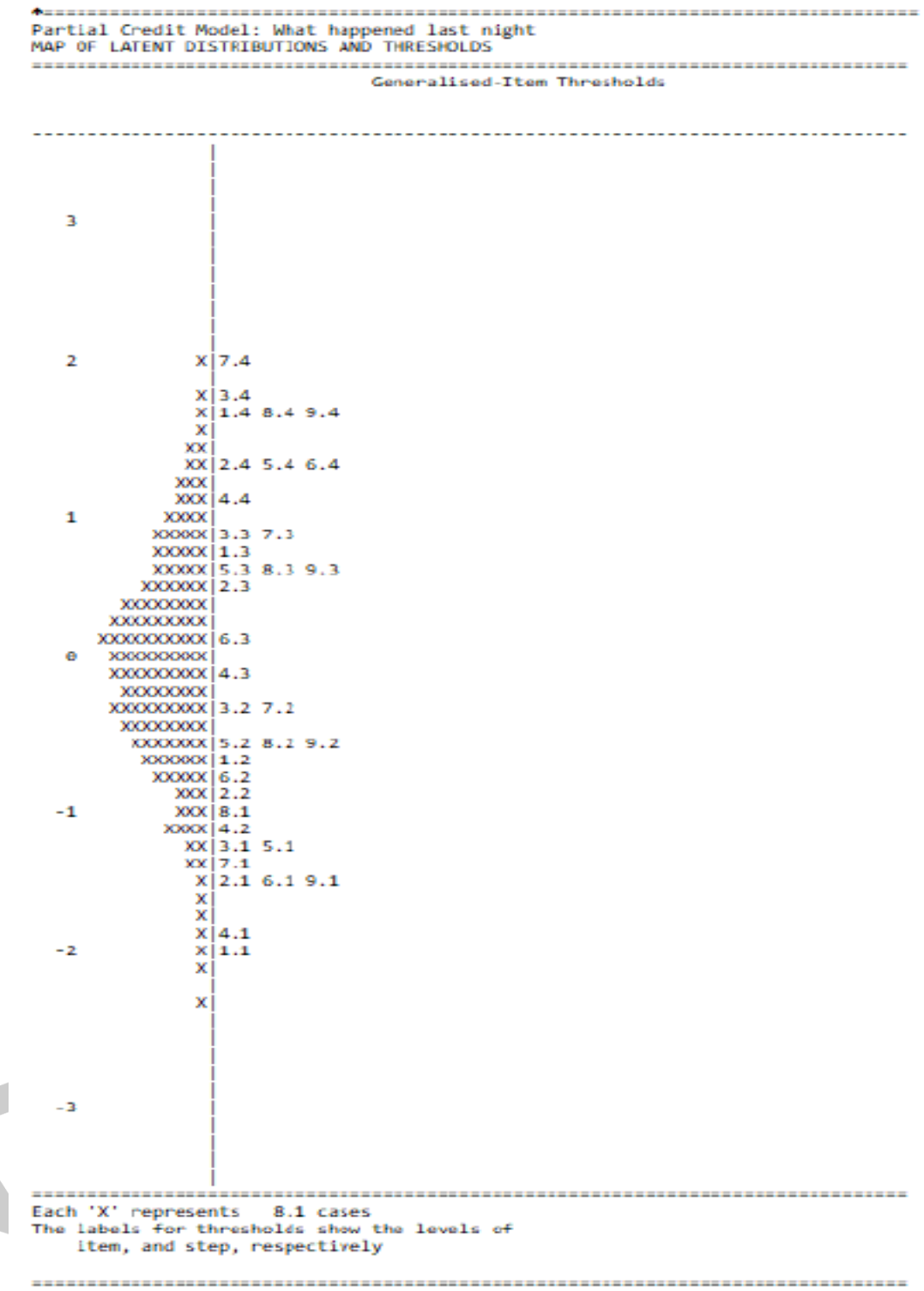
จากตาราง 34 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างโมเดลความสามารถการคิดอภิมานแบบพหุมิติกับข้อคำถามด้วยค่าความเหมาะสมรายข้อ (Item Fit) ตามทฤษฎีการตอบสนองพหุมิติที่มีการวิเคราะห์ตามโมเดลการตรวจให้คะแนนแบบพหุวิภาคชนิดโมเดลการให้คะแนนความรู้บางส่วน โดยพิจารณาค่า OUTFIT MNSQ และ INFIT MNSQ ของข้อคำถามทั้ง 9 ข้อ พบว่า ค่าสถิติ OUTFIT MNSQ ของข้อคำถามทั้งฉบับมีค่าอยู่ระหว่าง 0.90–2.71 และค่าสถิติ INFIT MNSQ ของข้อคำถามทั้งฉบับมีค่าอยู่ระหว่าง 0.90–1.06 ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์การพิจารณาค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อการสอบประเภทการวัดทั่วไป โดยยอมรับค่าอยู่ระหว่าง .70-1.30 (Wright and others, 1994) จากหลักฐานดังกล่าวจึงสามารถสรุปได้ว่า โมเดลความสามารถการคิดอภิมานแบบพหุมิติเหมาะสมกับข้อมูลข้อคำถามรายข้อ ด้วยค่าความเหมาะสมรายข้อ ซึ่งค่าความเหมาะสมรายข้อสามารถเป็นหลักฐานช่วยในการสนับสนุนความเที่ยงตรง (Validity) อันเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงโมเดลมีความเหมาะสมกับข้อคำถามรายข้อ (Baghaei, 2008)

4) แผนภาพ (Wright Map) การตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถของนักเรียน และค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถาม

แผนภาพ (Wright Map) แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถของนักเรียนเป็นหลักฐานสนับสนุนความเที่ยงตรงได้ ซึ่งเป็นขั้นตอนการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างระหว่างแผนภาพการกระจายความสามารถของนักเรียนที่เปรียบเสมือนโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากผลการตอบของนักเรียน โดยจะนำผลการตอบข้อสอบของนักเรียนมาใช้ประมาณค่าความสามารถแฝงและค่าพารามิเตอร์ข้อสอบและค่าพารามิเตอร์ลำดับขั้นการตอบด้วยโมเดลของราสช์ (The Rasch Model) และนำเสนอภายใต้โครงสร้างการตอบสนองข้อคำถาม (Baghaei, 2008) มีลักษณะเป็นไดอะแกรมที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างโมเดลของราสช์กับแผนภาพการตอบสนองข้อคำถาม (Wright Map) สำหรับผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้ ผู้วิจัยขอนำเสนอแผนภาพการตอบสนองข้อคำถามของทั้งการวิเคราะห์โมเดลความสามารถการคิดอภิมานแบบเอกมิติรวม (Composite Model) และแบบพหุมิติ (Multidimensional Model) เพื่อให้ได้สารสนเทศเชิงเปรียบเทียบ มีรายละเอียดดังนี้

แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถของนักเรียน ด้วยการวิเคราะห์โมเดลเอกมิติรวม รายละเอียดดังภาพประกอบ 21

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 21 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนและการประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ ด้วยการวิเคราะห์โมเดลเอกมิติรวม

จากภาพ นำเสนอค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถามด้วยการวิเคราะห์โมเดลเอกมิติ ได้ดังตาราง 35

ตาราง 35 ค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถาม ด้วยการวิเคราะห์โมเดลเอกมิติ

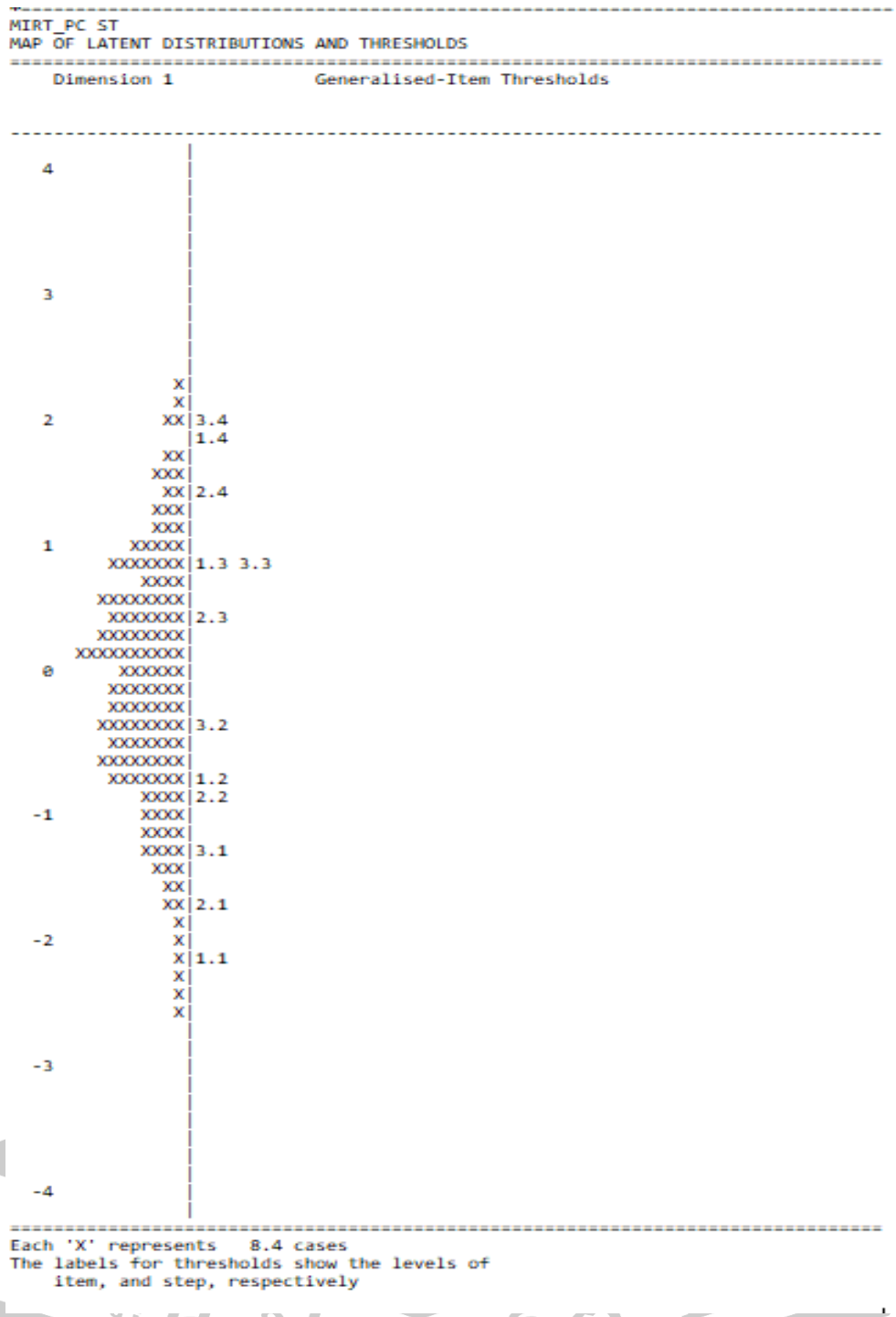
ข้อที่	ค่าความยาก (δ)	Threshold 1	Threshold 2	Threshold 3	Threshold 4
1	-0.041	-1.621	-0.716	1.003	1.335
2	-0.145	-0.722	-1.201	0.963	0.961
3	0.264	-0.974	-0.893	0.738	1.129
4	-0.514	-0.792	-0.936	0.470	1.258
5	0.035	-0.701	-1.018	0.927	0.793
6	-0.202	-0.738	-0.885	0.449	1.174
7	0.306	-1.246	-0.808	0.692	1.362
8	0.218	-0.425	-1.371	0.649	1.147
9	0.078	-1.006	-0.994	0.840	1.159
ค่าเฉลี่ย	0.000	-0.914	-0.980	0.748	1.146

จากภาพประกอบ 35 แสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนและการประมาณค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ ด้วยการวิเคราะห์โมเดลเอกมิติรวม ซึ่งแผนภาพด้านซ้ายเป็นการแสดงการกระจายของนักเรียน และด้านขวาเป็นค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบทั้งหมด 9 ข้อ แสดงในระดับขั้นการตอบเดียวกัน ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าความยากข้อสอบ (δ) โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0 (เป็นค่าเฉลี่ยทั่วไปจากการวิเคราะห์ลักษณะนี้) ซึ่งอยู่ในระดับขั้นที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยความสามารถของนักเรียน (θ) ซึ่งมีค่าเท่ากับ -0.914 นั่นคือ แบบวัดนี้ถือว่าค่อนข้างยากเล็กน้อยสำหรับนักเรียนกลุ่มนี้ เมื่อพิจารณาในรายละเอียด พบว่า นักเรียนมีช่วงของความสามารถ (θ) กระจายอยู่ในช่วง -2 ถึง +2 โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถปานกลาง และการกระจายมีลักษณะใกล้เคียงโค้งปกติ เมื่อพิจารณาการกระจายค่าความยากของข้อสอบ (δ) พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง -0.514 ถึง 0.264 (ดูตาราง 35 ประกอบ) โดยข้อที่มีค่าความยากมากที่สุด ได้แก่ ข้อ 7 ซึ่งอยู่ตำแหน่งบนสุดของแผนภาพ นั่นหมายความว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีโอกาสต่ำในการตอบเพื่อให้ได้คะแนนในระดับสูงเนื่องจากเป็นข้อคำถามที่ยากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้อคำถามทั้งฉบับ ส่วนข้อที่

มีค่าความยากน้อยที่สุด หรือข้อที่ง่ายที่สุด ได้แก่ ข้อ 1 ซึ่งอยู่ตำแหน่งต่ำที่สุดของแผนภาพ นั่นคือเป็นข้อคำถามที่นักเรียนส่วนใหญ่มีโอกาสสูงในการตอบให้ได้คะแนนในระดับที่สูง

นอกจากนี้ผู้วิจัยนำเสนอแผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนและการประมาณค่าความยากในแต่ละ threshold ของข้อคำถามด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ ในรูปแบบตาราง โดยแยกตามมิติที่ 1-6 ได้แก่ มิติความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (K1) มิติความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอน (K2) มิติความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (K3) มิติประสบการณ์ด้านการวางแผน (K4) มิติประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (K5) มิติประสบการณ์ด้านการประเมินผล (K6) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 22 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนและการประมาณค่าความยากในแต่ละ Threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 1ด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (K1) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ

จากภาพประกอบ 22 นำเสนอค่าความยากและค่า Threshold ในมิติที่ 1 ด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge : K1) ได้ดังตาราง 36

ตาราง 36 ค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถาม ในมิติที่ 1 ด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge :K1)

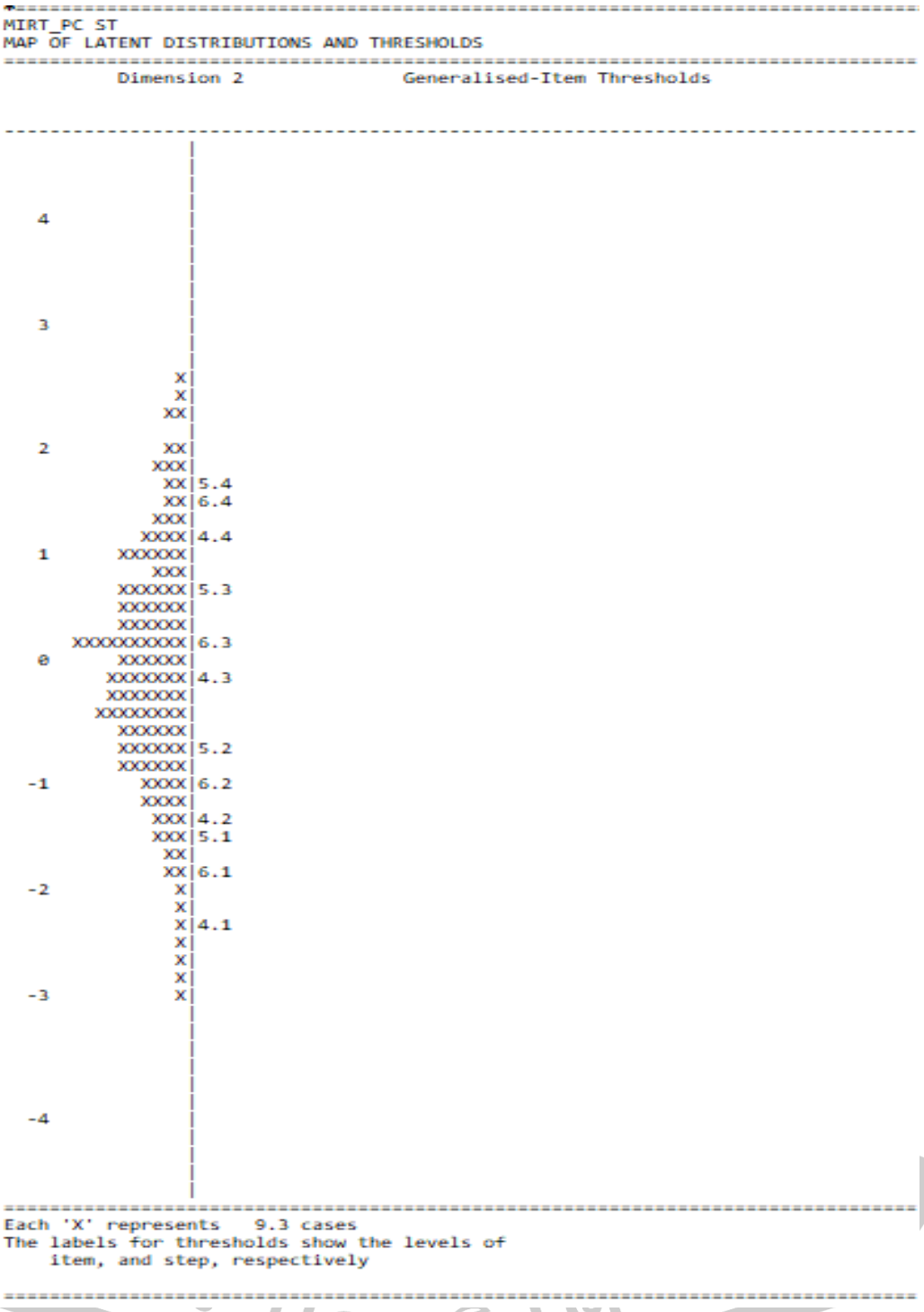
ข้อที่	ค่าความยาก (δ)	Threshold 1	Threshold 2	Threshold 3	Threshold 4
1	-0.020	-1.836	-0.805	1.081	1.560
2	-0.148	-0.918	-1.289	1.028	1.179
3	0.309	-1.184	-0.971	0.816	1.339
ค่าเฉลี่ย	0.047	-1.313	-1.022	0.975	1.359

จากภาพประกอบ 22 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน (ด้านซ้ายของภาพ) และการประมาณค่าความยากในแต่ละ Threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 1 ด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (K1) (ด้านขวาของภาพ) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ พบว่า โดยภาพรวม Threshold ในแต่ละขั้นของการตอบ แยกกลุ่มกันอย่างชัดเจน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Threshold ที่ 1 กลุ่ม Threshold ที่ 2 กลุ่ม Threshold ที่ 3 และกลุ่ม Threshold ที่ 4 และไม่มีข้อใดที่ threshold ของแต่ละขั้นการตอบไปกระจายรวมอยู่กับกลุ่ม Threshold อื่น ๆ กล่าวคือ กลุ่มล่างสุดของแผนผังประกอบด้วยกลุ่มของ Threshold ที่ 1 ของ แต่ละข้อ ส่วนกลุ่มของ Threshold ที่ 2 ประกอบด้วย Threshold ที่ 2 ของแต่ละข้อเท่านั้น โดยไม่มี Threshold ลำดับขั้นการตอบอื่น ๆ มาปะปนอยู่ด้วย ส่วนกลุ่ม Threshold ที่ 3 และ 4 ประกอบด้วย Threshold ที่ 3 และ 4 ของแต่ละข้อเท่านั้น โดยไม่มี Threshold ลำดับขั้นการตอบอื่น ๆ มาปะปนอยู่ด้วย

จากตาราง 36 สำหรับการแปลความหมายเมื่อพิจารณาโดยภาพรวม พบว่า นักเรียนต้องมีความสามารถ (θ) เท่ากับ -1.313 ขึ้นไป จึงจะสามารถตอบให้ถึงในระดับที่ 2 ได้ เนื่องจากตำแหน่ง ณ θ เท่ากับ -1.313 เป็นจุดแบ่งระหว่างความสามารถในระดับที่ 1 กับความสามารถในระดับที่ 2 ขึ้นไป ส่วนค่าความสามารถที่ใช้ในระดับที่ 3 ขึ้นไป ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ -1.022 ขึ้นไป ค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 4 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 0.975 ขึ้นไปและค่าความสามารถ ที่ใช้ตอบในระดับที่ 5 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 1.359 ขึ้นไป

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ อธิบายได้ทำนองเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่นข้อที่ 1 นักเรียนต้องมีความสามารถ (θ) เท่ากับ -1.836 ขึ้นไป จึงจะสามารถตอบให้ถึงในระดับที่ 2 ได้ ส่วนค่าความสามารถที่ใช้ในระดับที่ 3 ขึ้นไป ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ -0.805 ขึ้นไป ค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 4 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 1.081 ขึ้นไป และค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 5 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 1.560 ขึ้นไป

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 23 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนและการประมาณค่าความยากในแต่ละ Threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 2 ด้านความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (Procedural Knowledge) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ

จากภาพประกอบ 23 นำเสนอค่าความยากและค่า Threshold ในมิติที่ 2 ด้านความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (Procedural knowledge : K2) ได้ดังตาราง 37

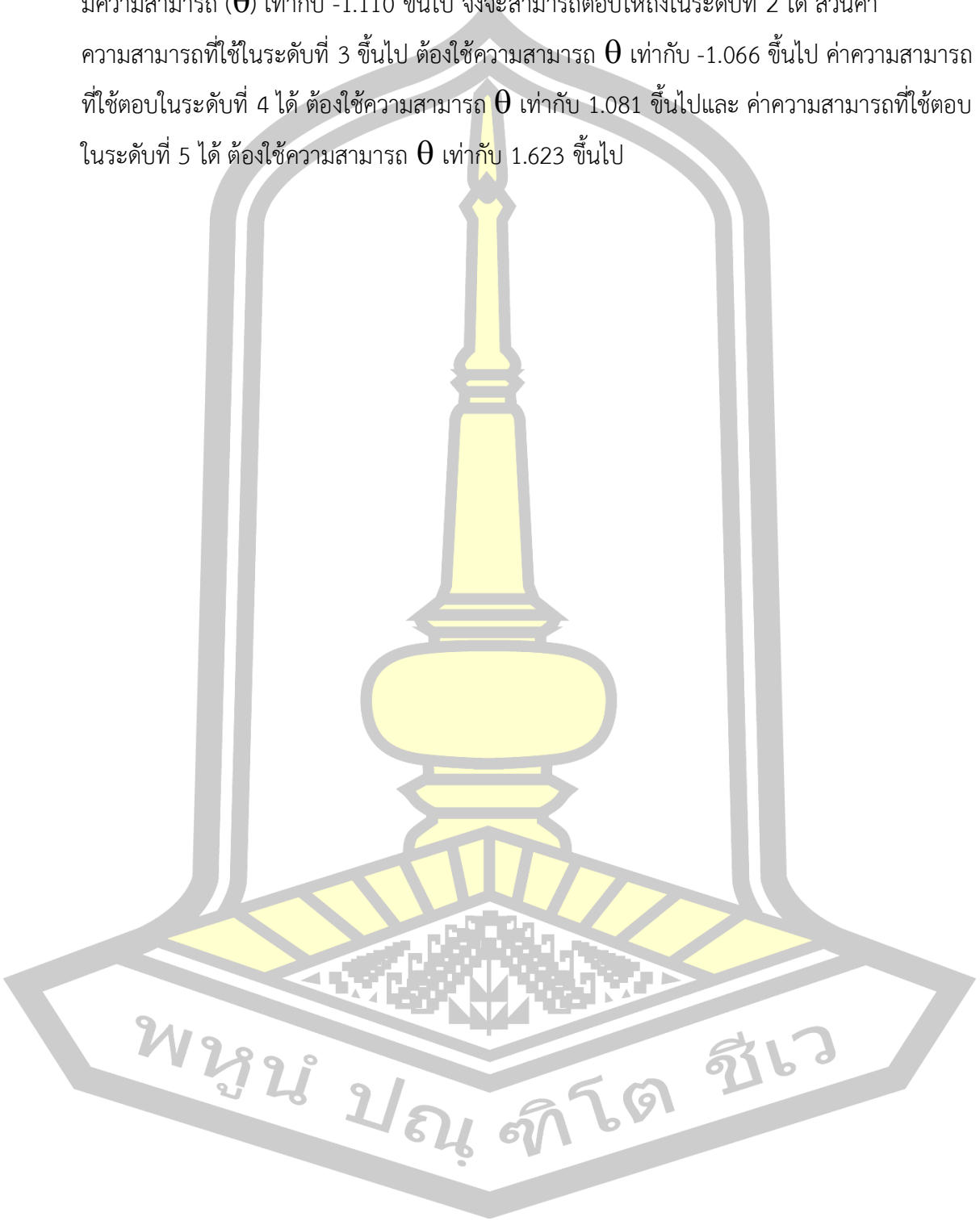
ตาราง 37 ค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถาม ในมิติที่ 2 ด้านความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (Procedural Knowledge : K2)

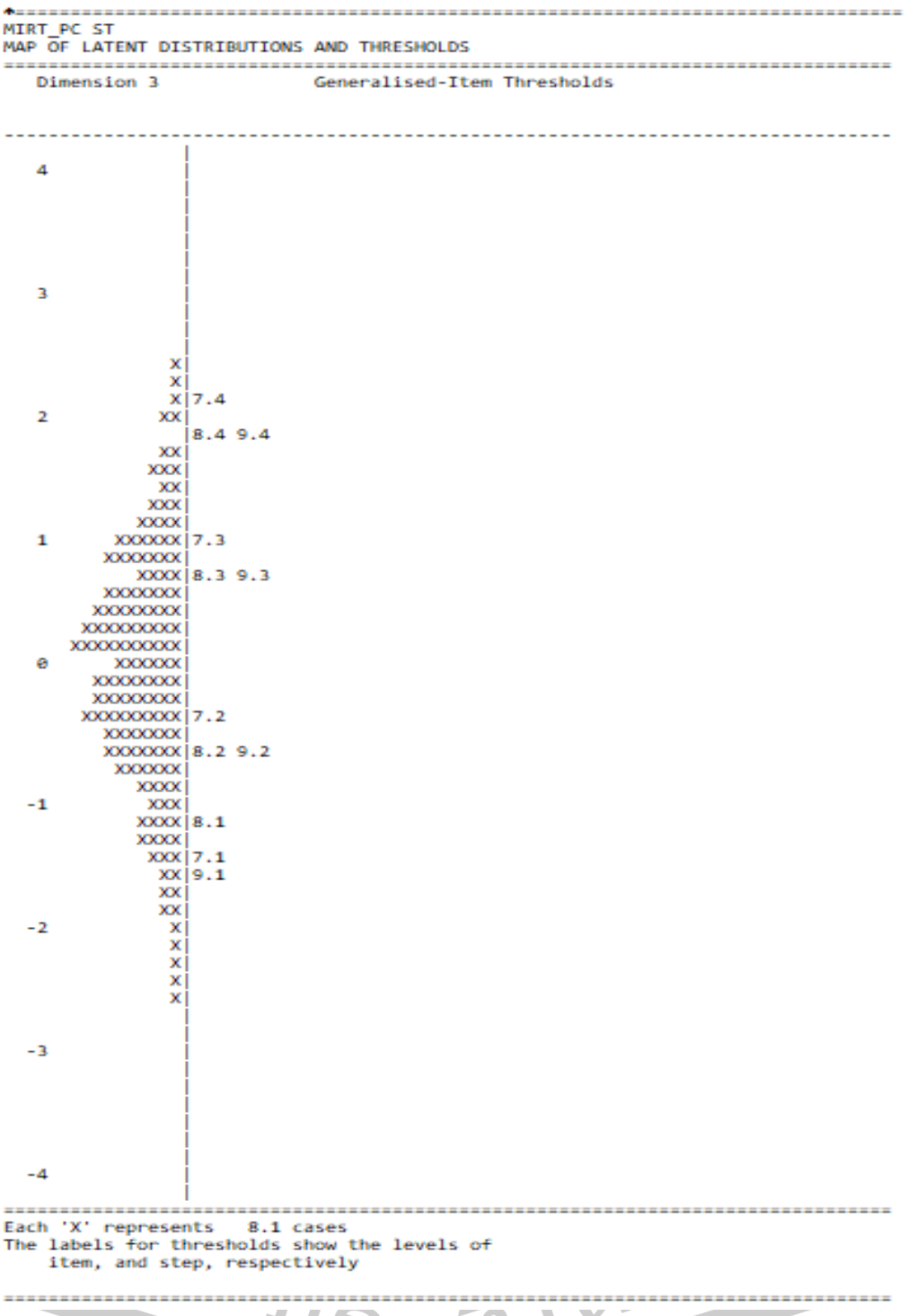
ข้อที่	ค่าความยาก (δ)	Threshold 1	Threshold 2	Threshold 3	Threshold 4
4	-0.621	-1.110	-1.066	0.554	1.623
5	0.052	-1.035	-1.147	1.029	1.153
6	-0.245	-1.058	-1.014	0.537	1.535
ค่าเฉลี่ย	-0.271	-1.068	-1.076	0.707	1.437

จากภาพประกอบ 23 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน (ด้านซ้ายของภาพ) และการประมาณค่าความยากในแต่ละ Threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 2 ด้านความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (Procedural Knowledge : K2) (ด้านขวาของภาพ) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ พบว่า โดยภาพรวม Threshold ในแต่ละขั้นของการตอบแยกกลุ่มกันอย่างชัดเจน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Threshold ที่ 1 กลุ่ม Threshold ที่ 2 กลุ่ม Threshold ที่ 3 และกลุ่ม Threshold ที่ 4 และไม่มีข้อใดที่ Threshold ของแต่ละขั้นการตอบไปกระจายรวมอยู่กับกลุ่ม Threshold อื่น ๆ กล่าวคือ กลุ่มล่างสุดของแผนภาพประกอบด้วยกลุ่มของ Threshold ที่ 1 ของแต่ละข้อ ส่วนกลุ่มของ Threshold ที่ 2 ประกอบด้วย Threshold ที่ 2 ของแต่ละข้อเท่านั้น โดยไม่มี Threshold ลำดับขั้นการตอบอื่น ๆ มาปะปนอยู่ด้วย ส่วนกลุ่ม Threshold ที่ 3 และ 4 ประกอบด้วย Threshold ที่ 3 และ 4 ของแต่ละข้อเท่านั้น โดยไม่มี Threshold ลำดับขั้นการตอบอื่น ๆ มาปะปนอยู่ด้วย

จากตาราง 37 สำหรับการแปลความหมายเมื่อพิจารณาโดยภาพรวม พบว่า นักเรียนต้องมีความสามารถ (θ) เท่ากับ -1.068 ขึ้นไป จึงจะสามารถตอบให้ถึงในระดับที่ 2 ได้ เนื่องจากตำแหน่ง ณ θ เท่ากับ -1.068 เป็นจุดแบ่งระหว่างความสามารถในระดับที่ 1 กับความสามารถในระดับที่ 2 ขึ้นไป ส่วนค่าความสามารถที่ใช้ในระดับที่ 3 ขึ้นไป ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ -1.076 ขึ้นไป ค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 4 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 0.554 ขึ้นไปและค่าความสามารถ ที่ใช้ตอบในระดับที่ 5 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 1.437 ขึ้นไป

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ อธิบายได้ทำนองเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่นข้อที่ 1 นักเรียนต้องมีความสามารถ (θ) เท่ากับ -1.110 ขึ้นไป จึงจะสามารถตอบให้ถึงในระดับที่ 2 ได้ ส่วนค่าความสามารถที่ใช้ในระดับที่ 3 ขึ้นไป ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ -1.066 ขึ้นไป ค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 4 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 1.081 ขึ้นไปและ ค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 5 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 1.623 ขึ้นไป





ภาพประกอบ 24 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนและการประมาณค่าความยากในแต่ละ Threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 3 ด้านความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ

จากภาพประกอบ 24 นำเสนอค่าความยากและค่า Threshold ในมิติที่ 3 ด้านความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge : K3) ได้ดังตาราง 38

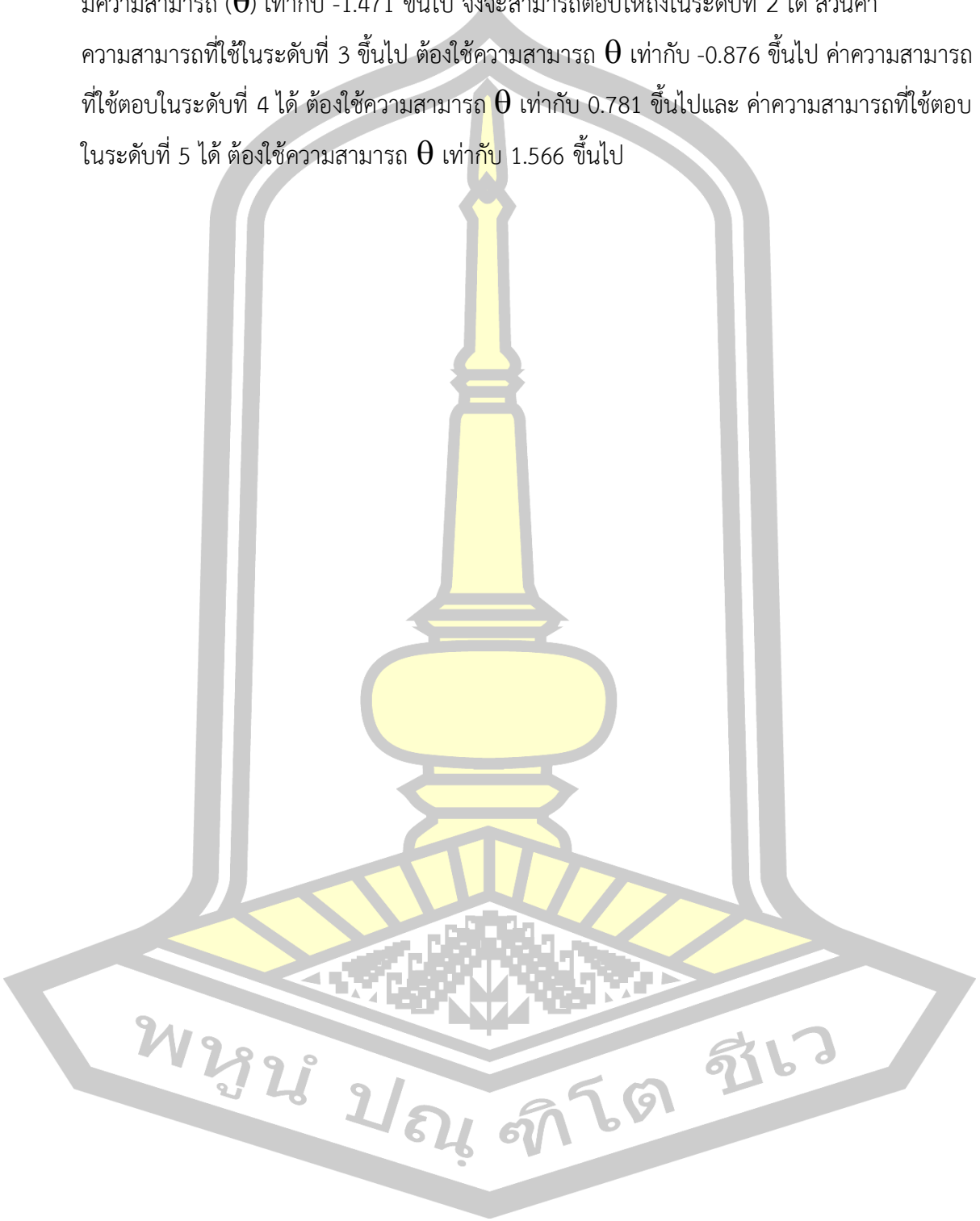
ตาราง 38 ค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถาม ในมิติที่ 3 ด้านความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge: K3)

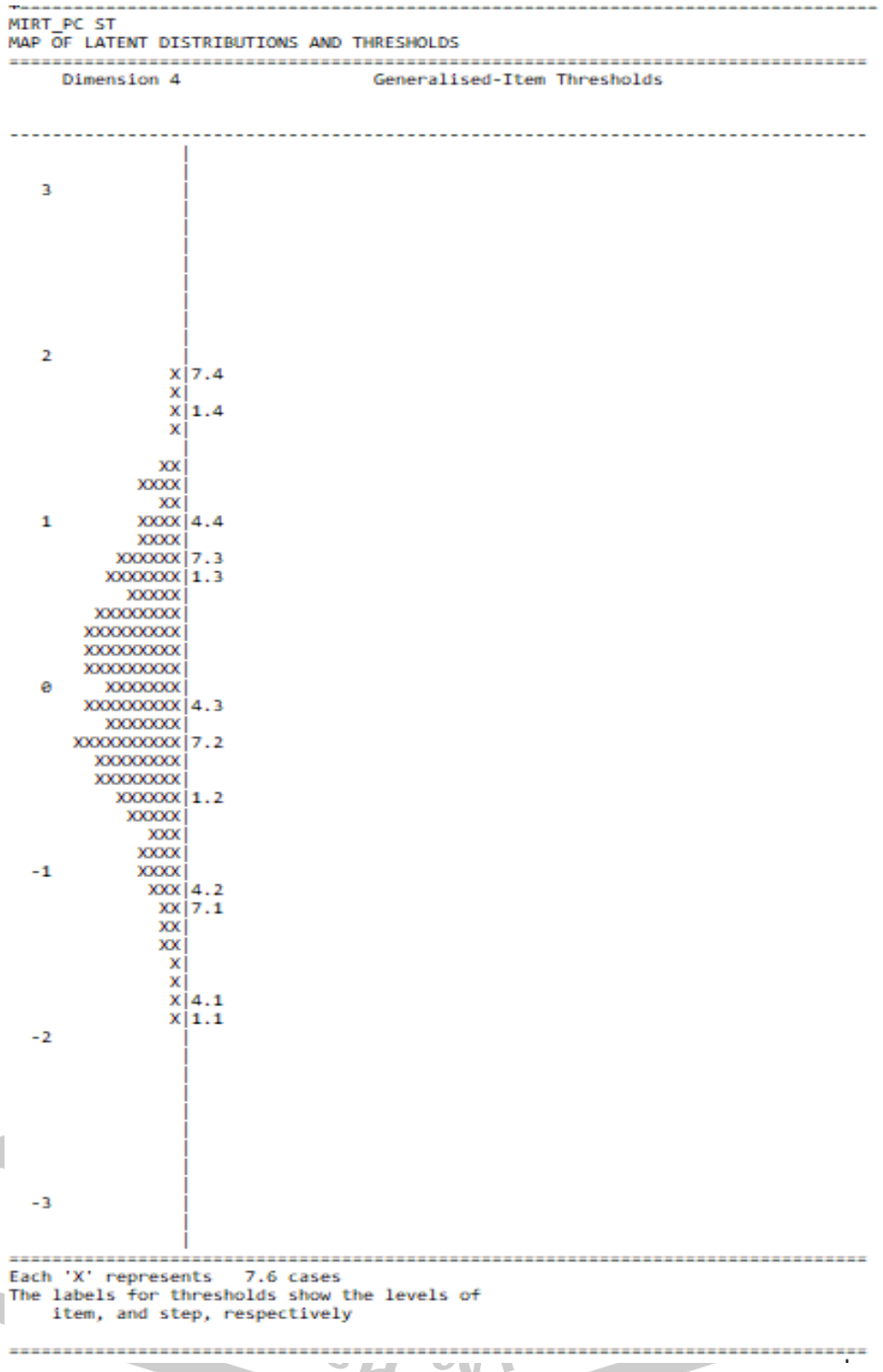
ข้อที่	ค่าความยาก (δ)	Threshold 1	Threshold 2	Threshold 3	Threshold 4
7	0.354	-1.471	-0.876	0.781	1.566
8	0.250	-0.636	-1.442	0.728	1.350
9	0.100	-1.227	-1.069	0.924	1.372
ค่าเฉลี่ย	0.235	-1.111	-1.129	0.811	1.429

จากภาพประกอบ 24 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน (ด้านซ้ายของภาพ) และการประมาณค่าความยากในแต่ละ threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 3 ด้านความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge: K3) (ด้านขวาของภาพ) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ พบว่า โดยภาพรวม Threshold ในแต่ละขั้นของการตอบ แยกกลุ่มกันอย่างชัดเจน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Threshold ที่ 1 กลุ่ม Threshold ที่ 2 กลุ่ม Threshold ที่ 3 และกลุ่ม Threshold ที่ 4 และไม่มีข้อใดที่ Threshold ของแต่ละขั้นการตอบไปกระจายรวมอยู่กับกลุ่ม Threshold อื่น ๆ กล่าวคือ กลุ่มล่างสุดของแผนภาพประกอบด้วยกลุ่มของ Threshold ที่ 1 ของแต่ละข้อ ส่วนกลุ่มของ Threshold ที่ 2 ประกอบด้วย Threshold ที่ 2 ของแต่ละข้อเท่านั้น โดยไม่มี Threshold ลำดับขั้นการตอบอื่น ๆ มาปะปนอยู่ด้วย ส่วนกลุ่ม Threshold ที่ 3 และ 4 ประกอบด้วย Threshold ที่ 3 และ 4 ของแต่ละข้อเท่านั้น โดยไม่มี Threshold ลำดับขั้นการตอบอื่น ๆ มาปะปนอยู่ด้วย

จากตาราง 38 สำหรับการแปลความหมายเมื่อพิจารณาโดยภาพรวม พบว่า นักเรียนต้องมีความสามารถ (θ) เท่ากับ -1.111 ขึ้นไป จึงจะสามารถตอบให้ถึงในระดับที่ 2 ได้ เนื่องจาก ตำแหน่ง ณ θ เท่ากับ -1.111 เป็นจุดแบ่งระหว่างความสามารถในระดับที่ 1 กับความสามารถในระดับที่ 2 ขึ้นไป ส่วนค่าความสามารถที่ใช้ในระดับที่ 3 ขึ้นไป ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ -1.129 ขึ้นไป ค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 4 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 0.811 ขึ้นไปและค่าความสามารถ ที่ใช้ตอบในระดับที่ 5 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 1.429 ขึ้นไป

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ อธิบายได้ทำนองเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่นข้อที่ 1 นักเรียนต้องมีความสามารถ (θ) เท่ากับ -1.471 ขึ้นไป จึงจะสามารถตอบให้ถึงในระดับที่ 2 ได้ ส่วนค่าความสามารถที่ใช้ในระดับที่ 3 ขึ้นไป ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ -0.876 ขึ้นไป ค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 4 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 0.781 ขึ้นไปและ ค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 5 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 1.566 ขึ้นไป





ภาพประกอบ 25 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนและการประมาณค่าความยากในแต่ละ Threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 4 ด้านประสบการณ์การวางแผน (Planning) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ

จากภาพประกอบ 25 นำเสนอค่าความยากและค่า Threshold ในมิติที่ 4 ด้านประสบการณ์การวางแผน (Planning : K4) ได้ดังตาราง 39

ตาราง 39 ค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถาม ในมิติที่ 4 ด้านประสบการณ์การวางแผน (Planning : K4)

ข้อที่	ค่าความยาก (δ)	Threshold 1	Threshold 2	Threshold 3	Threshold 4
1	-0.024	-1.565	-0.718	0.994	1.289
4	-0.483	-0.725	-0.944	0.449	1.221
7	0.312	-1.204	-0.803	0.692	1.314
ค่าเฉลี่ย	-0.065	-1.165	-0.822	0.712	1.275

จากภาพประกอบ 25 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน (ด้านซ้ายของภาพ) และการประมาณค่าความยากในแต่ละ threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 4 ด้านประสบการณ์การวางแผน (Planning : K4) (ด้านขวาของภาพ) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ พบว่า โดยภาพรวม Threshold ในแต่ละขั้นของการตอบแยกกลุ่มกันอย่างชัดเจน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Threshold ที่ 1 กลุ่ม Threshold ที่ 2 กลุ่ม Threshold ที่ 3 และกลุ่ม Threshold ที่ 4 และไม่มีข้อใดที่ Threshold ของแต่ละขั้นการตอบไปกระจายรวมอยู่กับกลุ่ม Threshold อื่น ๆ กล่าวคือ กลุ่ม ล่างสุดของแผนภาพประกอบด้วยกลุ่มของ Threshold ที่ 1 ของแต่ละข้อ ส่วนกลุ่มของ Threshold ที่ 2 ประกอบด้วย Threshold ที่ 2 ของแต่ละข้อเท่านั้น โดยไม่มี Threshold ลำดับขั้นการตอบอื่น ๆ มาปะปนอยู่ด้วย ส่วนกลุ่ม Threshold ที่ 3 และ 4 ประกอบด้วย Threshold ที่ 3 และ 4 ของแต่ละข้อเท่านั้น โดยไม่มี Threshold ลำดับขั้นการตอบอื่น ๆ มาปะปนอยู่ด้วย

จากตาราง 39 สำหรับการแปลความหมายเมื่อพิจารณาโดยภาพรวม พบว่า ค่าความยากมีค่าเท่ากับ -0.065 นักเรียนต้องมีความสามารถ (θ) เท่ากับ -1.165 ขึ้นไป จึงจะสามารถตอบให้ถึงในระดับที่ 2 ได้ เนื่องจาก ตำแหน่ง ณ θ เท่ากับ -1.165 เป็นจุดแบ่งระหว่างความสามารถในระดับที่ 1 กับความสามารถในระดับที่ 2 ขึ้นไป ส่วนค่าความสามารถที่ใช้ในระดับที่ 3 ขึ้นไป ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ -0.822 ขึ้นไป ค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 4 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 0.712 ขึ้นไป และค่าความสามารถ ที่ใช้ตอบในระดับที่ 5 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 1.275 ขึ้นไป

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ อธิบายได้ทำนองเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่นข้อที่ 1 นักเรียนต้องมีความสามารถ (θ) เท่ากับ -1.565 ขึ้นไป จึงจะสามารถตอบให้ถึงในระดับที่ 2 ได้ ส่วนค่าความสามารถที่ใช้ในระดับที่ 3 ขึ้นไป ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ -0.718 ขึ้นไป ค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 4 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 0.994 ขึ้นไปและ ค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 5 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 1.289 ขึ้นไป

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ภาพประกอบ 26 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนและการประมาณค่าความยากในแต่ละ Threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 5 ด้านประสบการณ์การตรวจสอบ (Monitoring) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ

จากภาพประกอบ 26 นำเสนอค่าความยากและค่า Threshold ในมิติที่ 5 ด้านประสบการณ์การตรวจสอบ (Monitoring : K5) ได้ดังตารา 40

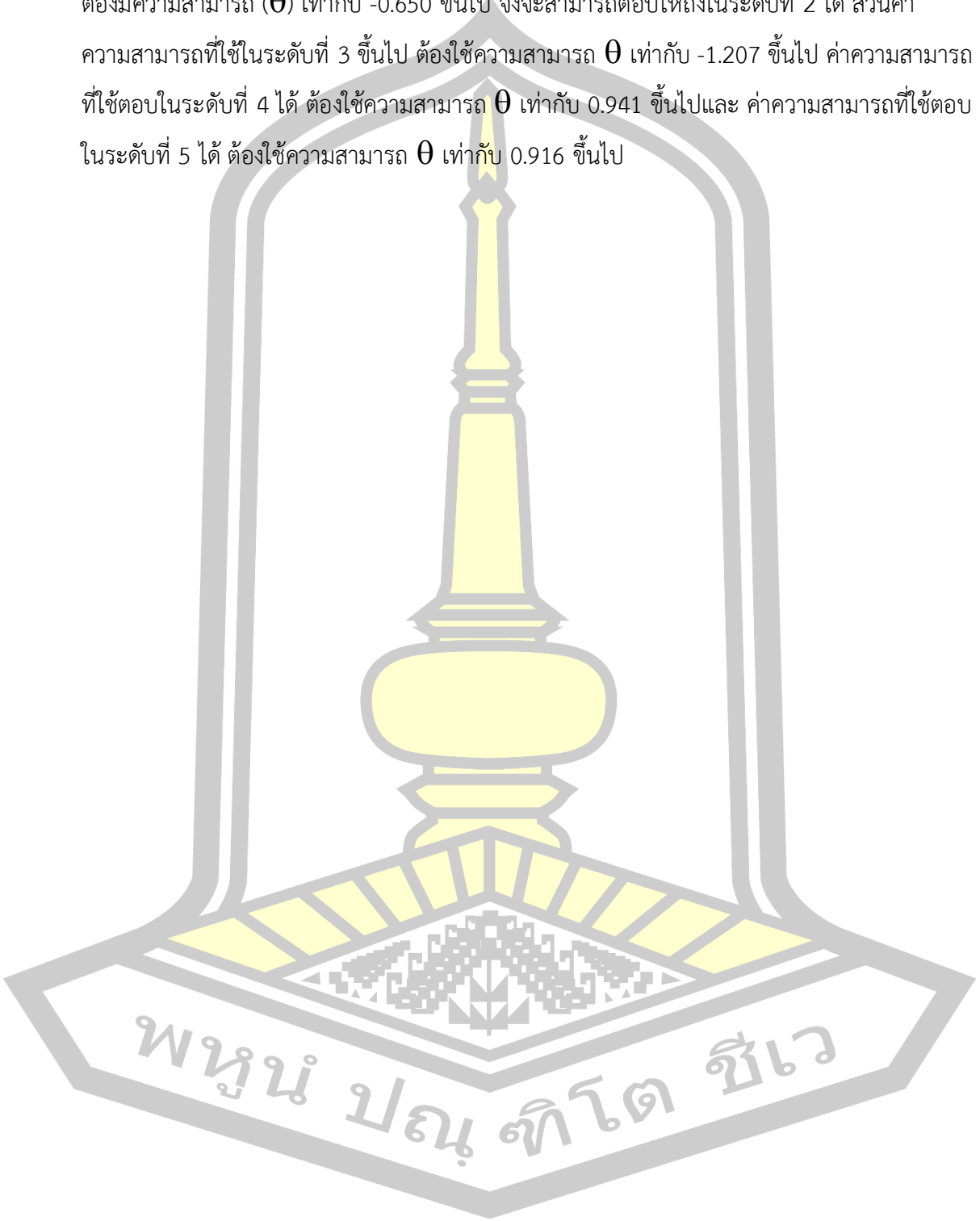
ตาราง 40 ค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 5 ด้านประสบการณ์การตรวจสอบ (Monitoring : K5)

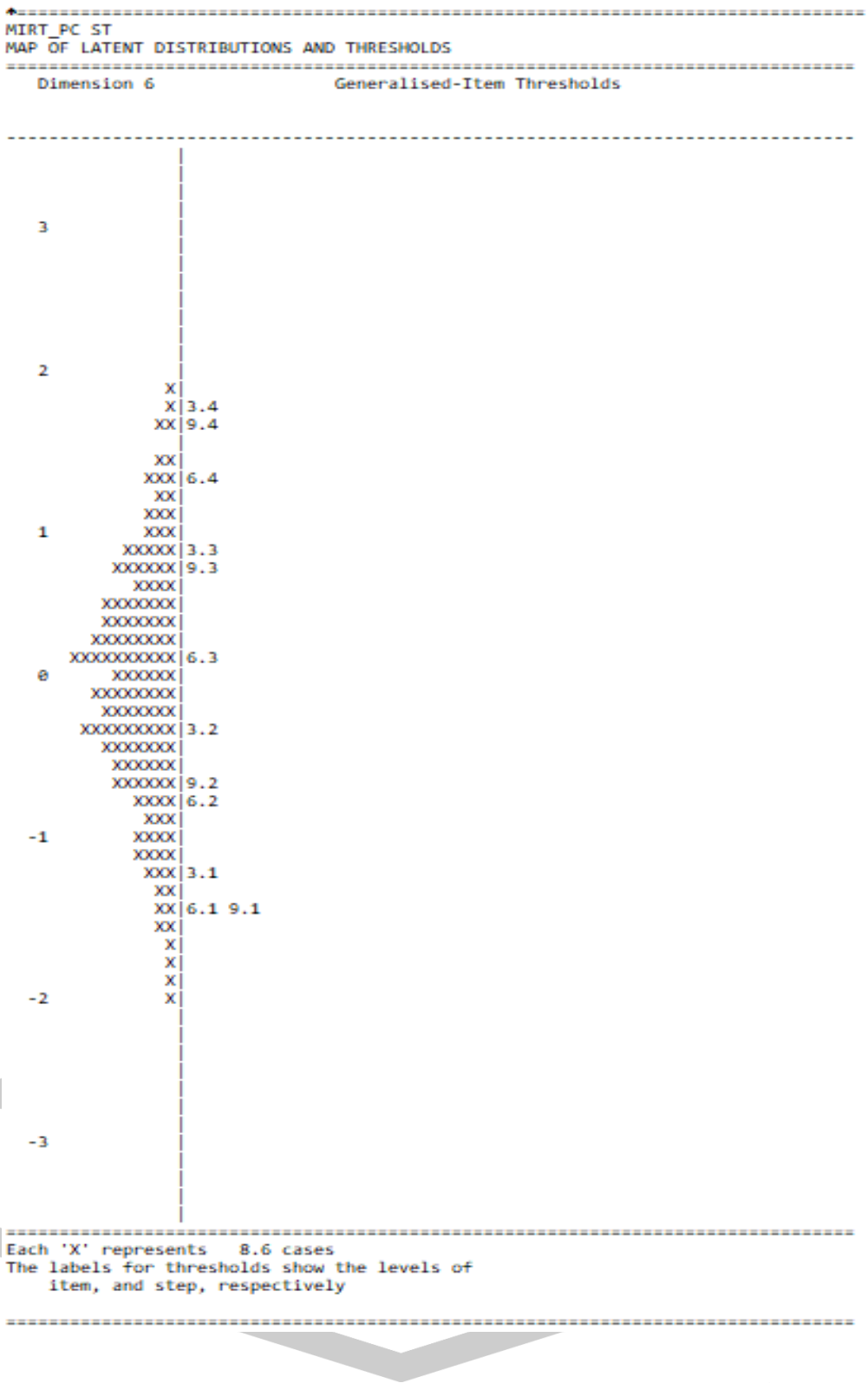
ข้อที่	ค่าความยาก (δ)	Threshold 1	Threshold 2	Threshold 3	Threshold 4
2	-0.125	-0.650	-1.207	0.941	0.916
5	0.046	-0.643	-1.023	0.912	0.754
8	0.224	-0.371	-1.373	0.639	1.105
ค่าเฉลี่ย	0.048	-0.555	-1.201	0.831	0.925

จากภาพประกอบ 26 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน (ด้านซ้ายของภาพ) และการประมาณค่าความยากในแต่ละ Threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 5 ด้านประสบการณ์การตรวจสอบ (Monitoring : K5) (ด้านขวาของภาพ) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ พบว่า โดยภาพรวม Threshold ในแต่ละขั้นของการตอบ แยกกลุ่มกันอย่างชัดเจน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Threshold ที่ 1 กลุ่ม Threshold ที่ 2 กลุ่ม Threshold ที่ 3 และกลุ่ม Threshold ที่ 4 และไม่มีข้อใดที่ Threshold ของแต่ละขั้นการตอบไปกระจายรวมอยู่กับกลุ่ม Threshold อื่น ๆ กล่าวคือ กลุ่มล่างสุดของแผนภาพประกอบด้วยกลุ่มของ Threshold ที่ 1 ของแต่ละข้อ ส่วนกลุ่มของ Threshold ที่ 2 ประกอบด้วย Threshold ที่ 2 ของแต่ละข้อเท่านั้น โดยไม่มี Threshold ลำดับขั้นการตอบอื่น ๆ มาปะปนอยู่ด้วย ส่วนกลุ่ม Threshold ที่ 3 และ 4 ประกอบด้วย Threshold ที่ 3 และ 4 ของแต่ละข้อเท่านั้น โดยไม่มี Threshold ลำดับขั้นการตอบอื่น ๆ มาปะปนอยู่ด้วย

จากตาราง 40 สำหรับการแปลความหมาย เมื่อพิจารณาโดยภาพรวม พบว่า ค่าความยากมีค่าเท่ากับ 0.048 นักเรียนต้องมีความสามารถ (θ) เท่ากับ -0.555 ขึ้นไป จึงจะสามารถตอบให้ถึงในระดับที่ 2 ได้ เนื่องจาก ตำแหน่ง ณ θ เท่ากับ -0.555 เป็นจุดแบ่งระหว่างความสามารถในระดับที่ 1 กับความสามารถในระดับที่ 2 ขึ้นไป ส่วนค่าความสามารถที่ใช้ในระดับที่ 3 ขึ้นไป ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ -1.201 ขึ้นไป ค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 4 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 0.831 ขึ้นไปและค่าความสามารถ ที่ใช้ตอบในระดับที่ 5 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 0.925 ขึ้นไป

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ อธิบายได้ทำนองเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่นข้อที่ 1 นักเรียนต้องมีความสามารถ (θ) เท่ากับ -0.650 ขึ้นไป จึงจะสามารถตอบให้ถึงในระดับที่ 2 ได้ ส่วนค่าความสามารถที่ใช้ในระดับที่ 3 ขึ้นไป ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ -1.207 ขึ้นไป ค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 4 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 0.941 ขึ้นไปและ ค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 5 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 0.916 ขึ้นไป





ภาพประกอบ 27 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนและการประมาณค่าความยากในแต่ละ Threshold ของข้อคำถามในมิติที่ 6ด้านประสบการณ์การประเมินผล (Evaluating) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ

จากภาพประกอบ 27 นำเสนอค่าความยากและค่า Threshold ในมิติ ที่ 6 ด้านประสบการณ์การประเมินผล (Evaluating : K6) ได้ดังตาราง 41

ตาราง 41 ค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถามในมิติ ที่ 6 ด้านประสบการณ์การประเมินผล (Evaluating : K6)

ข้อที่	ค่าความยาก (δ)	Threshold 1	Threshold 2	Threshold 3	Threshold 4
3	0.279	-0.987	-0.907	0.752	1.142
6	-0.191	-0.74	-0.906	0.452	1.194
9	0.091	-1.014	-1.011	0.85	1.175
ค่าเฉลี่ย	0.060	-0.914	-0.941	0.685	1.170

จากภาพประกอบ 27 แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน (ด้านซ้ายของภาพ) และการประมาณค่าความยากในแต่ละ Threshold ของข้อคำถามในมิติ ที่ 6 ด้านประสบการณ์การประเมินผล (Evaluating : K6) (ด้านขวาของภาพ) ด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติ พบว่า โดยภาพรวม Threshold ในแต่ละขั้น ของการตอบ แยกกลุ่มกันอย่างชัดเจน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Threshold ที่ 1 กลุ่ม Threshold ที่ 2 กลุ่ม Threshold ที่ 3 และกลุ่ม Threshold ที่ 4 และไม่มีข้อใดที่ Threshold ของแต่ละขั้นการตอบไปกระจายรวมอยู่กับกลุ่ม Threshold อื่น ๆ กล่าวคือ กลุ่มล่างสุดของแผนผังประกอบด้วยกลุ่มของ Threshold ที่ 1 ของแต่ละข้อ ส่วนกลุ่มของ Threshold ที่ 2 ประกอบด้วย Threshold ที่ 2 ของแต่ละข้อเท่านั้น โดยไม่มี Threshold ลำดับขั้น การตอบอื่น ๆ มาปะปนอยู่ด้วย ส่วนกลุ่ม Threshold ที่ 3 และ 4 ประกอบด้วย Threshold ที่ 3 และ 4 ของแต่ละข้อเท่านั้น โดยไม่มี Threshold ลำดับขั้น การตอบอื่น ๆ มาปะปนอยู่ด้วย

จากตาราง 41 สำหรับการแปลความหมาย เมื่อพิจารณาโดยภาพรวม พบว่า ค่าความยากมีค่าเท่ากับ 0.060 นักเรียนต้องมีความสามารถ (θ) เท่ากับ -0.914 ขึ้นไป จึงจะสามารถตอบให้ถึงในระดับที่ 2 ได้ เนื่องจาก ตำแหน่ง ณ θ เท่ากับ -0.914 เป็นจุดแบ่งระหว่างความสามารถในระดับที่ 1 กับความสามารถในระดับที่ 2 ขึ้นไป ส่วนค่าความสามารถที่ใช้ในระดับที่ 3 ขึ้นไป ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ -0.941 ขึ้นไป ค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 4 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 0.685 ขึ้นไปและค่าความสามารถ ที่ใช้ตอบในระดับที่ 5 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 1.170ขึ้นไป

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ อธิบายได้ทำนองเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่นข้อที่ 1 นักเรียนต้องมีความสามารถ (θ) เท่ากับ -0.987 ขึ้นไป จึงจะสามารถตอบให้ถึงในระดับที่ 2 ได้ ส่วนค่าความสามารถที่ใช้ในระดับที่ 3 ขึ้นไป ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ -0.907 ขึ้นไป ค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 4 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 0.752 ขึ้นไปและ ค่าความสามารถที่ใช้ตอบในระดับที่ 5 ได้ ต้องใช้ความสามารถ θ เท่ากับ 1.142 ขึ้นไป

จากผลการแสดงค่าความยากและค่า Threshold ของข้อคำถามทั้ง 6 มิติ ผู้วิจัยสรุปค่าขั้นความยาก (Threshold) และหาค่าเฉลี่ยเพื่อกำหนดเป็นคะแนนจุดตัดในแต่ละมิติ ได้ดังนี้

ตาราง 42 ค่าขั้นความยาก (Threshold) ในแต่ละมิติ

Threshold	มิติความสามารถการคิดอภิมาน					
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
1	-1.313	-1.068	-1.111	-1.165	-0.555	-0.914
2	-1.022	-1.076	-1.129	-0.822	-1.201	-0.941
3	0.975	0.707	0.811	0.712	0.831	0.685
4	1.359	1.437	1.429	1.275	0.925	1.170

จากตาราง 42 มิติ ทั้ง 6 มิติ ซึ่งประกอบด้วย มิติความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge : K1) มิติความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอน (K2) มิติความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (K3) มิติประสบการณ์ด้านการวางแผน (K4) มิติประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (K5) มิติประสบการณ์ด้านการประเมินผล (K6) พบว่า แต่ละมิติมีค่าขั้นความยากสูงขึ้นเรื่อย ๆ แสดงว่า นักเรียนจะต้องใช้ความสามารถในการตอบข้อสอบสูงขึ้น

ความสามารถการคิดอภิมานของนักเรียนในมิติที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge : K1) แบ่งได้เป็น 5 ระดับ โดยมีคะแนนจุดตัดแบ่งระดับความสามารถของนักเรียนออกเป็น 5 ระดับมีจุดตัด 4 จุดตัดที่ระดับความสามารถ (θ) -1.313, -1.022, 0.975 และ 1.359 ตามลำดับ โดยนักเรียนที่มีความสามารถต่ำกว่า -1.313 เป็นผู้มีความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมายอยู่ในระดับที่ 1 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) -1.313 ถึง -1.022 อยู่ในระดับที่ 2 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) -1.022 ถึง 0.975 อยู่ในระดับที่ 3 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) 0.975 ถึง 1.359 อยู่ในระดับที่ 4 นักเรียนที่มีความสามารถสูงกว่า 1.359 อยู่ในระดับที่ 5 (ดูตาราง 43 ประกอบ)

ความสามารถการคิดอภิมานของนักเรียนในมิติที่ 2 ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (Procedural Knowledge : K2) แบ่งได้เป็น 5 ระดับ โดยมีคะแนนจุดตัดแบ่งระดับความสามารถ ของนักเรียนออกเป็น 5 ระดับ มีจุดตัด 4 จุดตัด ที่ระดับความสามารถ (θ) -1.068, -1.076, 0.707 และ 1.437 ตามลำดับ โดย นักเรียนที่มีความสามารถต่ำกว่า -1.068 มีความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนอยู่ในระดับที่ 1 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) -1.068 ถึง -1.076 อยู่ในระดับที่ 2 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) -1.076 ถึง 0.707 อยู่ในระดับที่ 3 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) 0.707 ถึง 1.437 อยู่ในระดับที่ 4 นักเรียนที่มีความสามารถสูงกว่า 1.437 อยู่ในระดับที่ 5 (ดูตาราง 44ประกอบ)

ความสามารถการคิดอภิมานของนักเรียนในมิติที่ 3 ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge: K3) แบ่งได้เป็น 5 ระดับ โดยมีคะแนนจุดตัดแบ่งระดับความสามารถ ของนักเรียนออกเป็น 5 ระดับ มีจุดตัด 4 จุดตัด ที่ระดับความสามารถ (θ) -1.111, -1.129, 0.811 และ 1.429 ตามลำดับ โดยนักเรียนที่มีความสามารถต่ำกว่า -1.111 มีความรู้ที่เป็นเงื่อนไขอยู่ในระดับที่ 1 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) -1.111 ถึง -1.129 อยู่ในระดับที่ 2 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) -1.129 ถึง 0.811 อยู่ในระดับที่ 3 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) 0.811 ถึง 1.429 อยู่ในระดับที่ 4 นักเรียนที่มีความสามารถสูงกว่า 1.429 อยู่ในระดับที่ 5 (ดูตาราง 45 ประกอบ)

ความสามารถการคิดอภิมานของนักเรียนในมิติที่ 4 ประสบการณ์ด้านการวางแผน (Planning : K4) แบ่งได้เป็น 5 ระดับ โดยมีคะแนนจุดตัดแบ่งระดับความสามารถของนักเรียนออกเป็น 5 ระดับ มีจุดตัด 4 จุดตัด ที่ระดับความสามารถ (θ) -1.165, -0.822, 0.712 และ 1.275 ตามลำดับ โดยนักเรียนที่มีความสามารถต่ำกว่า -1.165 มีประสบการณ์ด้านการวางแผนอยู่ในระดับที่ 1 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) -1.165 ถึง -0.822 อยู่ในระดับที่ 2 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) -0.822 ถึง 0.712 อยู่ในระดับที่ 3 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) 0.712 ถึง 1.275 อยู่ในระดับที่ 4 นักเรียนที่มีความสามารถสูงกว่า 1.275 อยู่ในระดับที่ 5 (ดูตาราง 46 ประกอบ)

ความสามารถการคิดอภิมานของนักเรียนในมิติที่ 5 ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (Monitoring : K5) แบ่งได้เป็น 5 ระดับ โดยมีคะแนนจุดตัดแบ่งระดับความสามารถของนักเรียนออกเป็น 5 ระดับ มีจุดตัด 4 จุดตัด ที่ระดับความสามารถ (θ) -0.555, -1.201, 0.831 และ 0.925 ตามลำดับ โดยนักเรียนที่มีความสามารถต่ำกว่า -0.555 มีประสบการณ์ด้านการวางแผนอยู่ในระดับที่ 1 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) -0.555 ถึง -1.201 อยู่ในระดับที่ 2 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) -1.201 ถึง 0.831 อยู่ในระดับที่ 3 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) 0.831 ถึง 0.925 อยู่ในระดับที่ 4 นักเรียนที่มีความสามารถสูงกว่า 0.925 อยู่ในระดับที่ 5 (ดูตาราง 47 ประกอบ)

ความสามารถการคิดอภิมานของนักเรียนในมิติที่ 6 ประสบการณ์ด้านการประเมินผล (Evaluating : K6) แบ่งได้เป็น 5 ระดับ โดยมีคะแนนจุดตัดแบ่งระดับความสามารถของนักเรียนออกเป็น 5 ระดับ มีจุดตัด 4 จุดตัด ที่ระดับความสามารถ (θ) -0.914, -0.941, 0.685 และ 1.170 ตามลำดับ โดยนักเรียนที่มีความสามารถต่ำกว่า -0.914 มีประสบการณ์ด้านการวางแผนอยู่ในระดับที่ 1 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) -0.914 ถึง -0.941 อยู่ในระดับที่ 2 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) -0.941 ถึง 0.685 อยู่ในระดับที่ 3 นักเรียนที่มีความสามารถ (θ) 0.685 ถึง 1.170 อยู่ในระดับที่ 4 นักเรียนที่มีความสามารถสูงกว่า 1.170 อยู่ในระดับที่ 5 (ดูตาราง 48 ประกอบ)

โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายในแต่ละมิติ ปรากฏดังตาราง 43–48

ตาราง 43 เกณฑ์จุดตัดความสามารถการคิดอภิมาน มิติที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge : K1)

คะแนนจุดตัด	ช่วงระดับความสามารถ (θ)	ระดับความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย	คำบรรยายความสามารถของนักเรียน
θ =1.359	สูงกว่า θ =1.359	ระดับที่ 5	นักเรียนสามารถบอกถึงกลวิธี และแหล่งข้อมูล ที่จำเป็น บอกปัจจัยที่ทำให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ ได้ ระบุแนวทาง/วิธีการในการแก้ ปัญหา โดยอธิบายเป็นลำดับขั้นตอน ได้ชัดเจนมีความเป็นไปได้ นักเรียนสามารถระบุได้ว่าเหตุใดจึงใช้เทคนิควิธีการนั้น และให้เหตุผลสนับสนุนได้ชัดเจนเหมาะสม
θ =0.975	θ = 0.975 ถึง θ =1.359	ระดับที่ 4	นักเรียนสามารถบอกถึงกลวิธี และแหล่งข้อมูลที่จำเป็น บอกปัจจัยที่ทำให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ ได้ ระบุแนวทาง/วิธีการในการแก้ ปัญหา โดยอธิบายเป็นลำดับขั้นตอนได้ชัดเจน มีความเป็นไปได้ นักเรียนสามารถระบุได้ว่าเหตุใดจึงใช้เทคนิควิธีการนั้น และให้เหตุผลสนับสนุนได้

ตาราง 43 (ต่อ)

คะแนนจุดตัด	ช่วงระดับความสามารถ (θ)	ระดับความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย	คำบรรยายความสามารถของนักเรียน
θ =-1.022	θ = -1.022 ถึง θ = 0.975	ระดับที่ 3	นักเรียนสามารถบอกถึงกลวิธี และแหล่งข้อมูลที่จำเป็น บอกปัจจัยที่ทำให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ ได้ ระบุแนวทาง/วิธีการในการแก้ ปัญหา โดยอธิบายเป็นลำดับขั้นตอนได้ นักเรียนสามารถระบุได้ว่าเหตุใดจึงใช้เทคนิควิธีการนั้น แต่ไม่ให้เหตุผลสนับสนุนหรือเหตุผลไม่เหมาะสม
θ =-1.313	θ = -1.313 ถึง θ = -1.022	ระดับที่ 2	นักเรียนสามารถบอกถึงกลวิธี และแหล่งข้อมูล ที่จำเป็น บอกปัจจัยที่ทำให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ ได้ ระบุแนวทาง/วิธีการในการแก้ปัญหา แต่ไม่สามารถอธิบายเป็นลำดับขั้นตอนได้ชัดเจน
	ต่ำกว่า θ =-1.313	ระดับที่ 1	นักเรียนสามารถบอกถึงกลวิธี และแหล่งข้อมูลที่จำเป็น ปัจจัยที่ทำให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ ได้ แต่ไม่สามารถระบุแนวทาง/วิธีการในการแก้ปัญหา

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 44 เกณฑ์จุดตัดความสามารถการคิดอภิมาน มิติที่ 2 ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (Procedural Knowledge : K2)

คะแนนจุดตัด	ช่วงระดับความสามารถ (θ)	ระดับความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอน	คำบรรยายความสามารถของนักเรียน
θ =1.437	สูงกว่า θ = 1.437	ระดับที่ 5	นักเรียนสามารถระบุอุปสรรคของการดำเนินงานได้ครอบคลุม สมเหตุสมผล สามารถระบุสาเหตุของปัญหาและบอกกลวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา ได้อย่างชัดเจน และสมเหตุสมผล สามารถระบุได้ว่าจะเริ่มใช้ยุทธวิธี/วิธีการนั้นได้เมื่อไหร่ และให้เหตุผลสมเหตุสมผล
θ =0.707	θ = 0.707 ถึง θ =1.437	ระดับที่ 4	นักเรียนสามารถระบุอุปสรรคของการดำเนินงานได้ครอบคลุม สมเหตุสมผล สามารถระบุสาเหตุของปัญหาและบอกกลวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา ได้อย่างชัดเจน และสมเหตุสมผล สามารถระบุได้ว่าจะเริ่มใช้ยุทธวิธี/วิธีการนั้นได้เมื่อไหร่ แต่ไม่สมเหตุสมผล
θ =-1.076	θ = -1.076 ถึง θ = 0.707	ระดับที่ 3	นักเรียนสามารถระบุอุปสรรคของการดำเนินงานได้ครอบคลุม สมเหตุสมผล สามารถระบุสาเหตุของปัญหาและบอกกลวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา ได้อย่างชัดเจน และสมเหตุสมผล แต่ไม่ระบุว่า จะเริ่มใช้ยุทธวิธี/วิธีการนั้นได้เมื่อไหร่
θ =-1.068	θ = -1.068 ถึง θ = -1.076	ระดับที่ 2	นักเรียนสามารถระบุอุปสรรคของการดำเนินงาน และสาเหตุของปัญหาได้ครอบคลุม แต่ไม่บอกกลวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา
	ต่ำกว่า θ =-1.068	ระดับที่ 1	นักเรียนสามารถระบุอุปสรรคของการดำเนินงานได้บ้าง แต่ไม่ระบุสาเหตุของปัญหา

ตาราง 45 เกณฑ์จุดตัดความสามารถการคิดอภิมาน มิติที่ 3 ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge : K3)

คะแนนจุดตัด	ช่วงระดับความสามารถ (θ)	ระดับความรู้ที่เป็นเงื่อนไข	คำบรรยายความสามารถของนักเรียน
θ =1.429	สูงกว่า θ = 1.429	ระดับที่ 5	นักเรียนสามารถระบุได้ว่าต้องมีความรู้เรื่องใดและต้องใช้ทักษะใดในการแก้ปัญหา และบอกแหล่งที่มาของความรู้ได้หลากหลายสรุปใจความสำคัญได้ด้วยภาษาของตนเองและครอบคลุม บอกวิธีการที่ช่วยจำได้ง่าย ๆ สามารถเลือก ยุทธวิธี ปรับเปลี่ยนยุทธวิธีได้ตามความเหมาะสมอย่างมีคุณค่ามีความหมายในสถานการณ์นั้น ๆ
θ =0.811	θ = 0.811 ถึง θ =1.429	ระดับที่ 4	นักเรียนสามารถระบุได้ว่าต้องมีความรู้เรื่องใดและต้องใช้ทักษะใดในการแก้ปัญหาและบอกแหล่งที่มาของความรู้ได้หลากหลายสรุปใจความสำคัญได้ด้วยภาษาของตนเองและครอบคลุม บอกวิธีการที่ช่วยจำได้ง่าย ๆ แต่ไม่สามารถเลือก ยุทธวิธี ปรับเปลี่ยนยุทธวิธีได้
θ =-1.129	θ = -1.129 ถึง θ = 0.811	ระดับที่ 3	นักเรียนสามารถระบุได้ว่าต้องมีความรู้เรื่องใดและต้องใช้ทักษะใดในการแก้ปัญหาและบอกแหล่งที่มาของความรู้ได้หลากหลายสรุปใจความสำคัญได้ด้วยภาษาของตนเองและครอบคลุม แต่ไม่บอกวิธีการที่ช่วยจำได้ง่ายๆ
θ =-1.111	θ = -1.111 ถึง θ = -1.129	ระดับที่ 2	นักเรียนสามารถระบุได้ว่าต้องมีความรู้เรื่องใดและต้องใช้ทักษะใดในการแก้ปัญหาและบอกแหล่งที่มาของความรู้ได้หลากหลาย แต่ไม่สามารถสรุปใจความสำคัญได้ด้วยภาษาของตนเอง
	ต่ำกว่า θ =-1.111	ระดับที่ 1	นักเรียนสามารถระบุได้ว่าต้องมีความรู้เรื่องใดแต่ไม่สามารถบอกว่าใช้ทักษะใดในการแก้ปัญหา

ตาราง 46 เกณฑ์จุดตัดความสามารถการคิดอภิมาน มิติที่ 4 ประสบการณ์ด้านการวางแผน (Planning : K4)

คะแนนจุดตัด	ช่วงระดับความสามารถ (θ)	ระดับประสบการณ์ด้านการวางแผน	คำบรรยายความสามารถของนักเรียน
θ =1.275	สูงกว่า θ = 1.275	ระดับที่ 5	นักเรียนสามารถกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ เลือกวิธีการ เรียงลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้การปฏิบัติ มีการคาดคะเนหรือทำนายผลล่วงหน้า มีการรวบรวมหรือบอกแนวทางต่าง ๆ เพื่อที่จะให้การเรียนรู้บรรลุผล มีการจัดหมวดหมู่ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น
θ =0.712	θ = 0.712 ถึง θ =1.275	ระดับที่ 4	นักเรียนสามารถกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ เลือกวิธีการ เรียงลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้การปฏิบัติ มีการคาดคะเนหรือทำนายผลล่วงหน้า มีการรวบรวมหรือบอกแนวทางต่าง ๆ เพื่อที่จะให้การเรียนรู้บรรลุผล แต่ไม่มีการจัดหมวดหมู่ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น
θ =-0.822	θ = -0.822 ถึง θ = 0.712	ระดับที่ 3	นักเรียนสามารถกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ เลือกวิธีการ เรียงลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้การปฏิบัติ มีการคาดคะเนหรือทำนายผลล่วงหน้า มีการรวบรวมหรือบอกแนวทางต่าง ๆ เพื่อที่จะให้การเรียนรู้บรรลุผล
θ =-1.165	θ = -1.165 ถึง θ = -0.822	ระดับที่ 2	นักเรียนสามารถกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ เลือกวิธีการ เรียงลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้การปฏิบัติ แต่ไม่มีการคาดคะเนหรือทำนายผลล่วงหน้า
	ต่ำกว่า θ =-1.165	ระดับที่ 1	นักเรียนสามารถเลือกวิธีการ แต่ไม่เรียงลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้การปฏิบัติ

ตาราง 47 เกณฑ์จุดตัดความสามารถการคิดอภิมาน มิติที่ 5 ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (Monitoring : K5)

คะแนนจุดตัด	ช่วงระดับความสามารถ (θ)	ระดับประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ	คำบรรยายความสามารถของนักเรียน
θ = 0.925	สูงกว่า θ = 0.925	ระดับที่ 5	นักเรียนมีการทบทวนการคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ถึงความเป็นไปได้ ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนและวิธีการที่เลือกใช้ เรียงลำดับปัญหาและข้อผิดพลาดที่พบ นำวิธีไม่เหมาะสมออกมีการพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้อย่างละเอียดและเพียงพอ อธิบายกระบวนการคิดที่ใช้ เขียนปัญหาและข้อผิดพลาดของการเรียนรู้ ทราบวิธีที่จะขจัดปัญหา และข้อผิดพลาดนั้น
θ = 0.831	θ = 0.831 ถึง θ = 0.925	ระดับที่ 4	นักเรียนมีการทบทวนการคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ถึงความเป็นไปได้ ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนและวิธีการที่เลือกใช้ เรียงลำดับปัญหาและข้อผิดพลาดที่พบ นำวิธีไม่เหมาะสมออกมีการพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้อย่างละเอียดและเพียงพอ แต่ไม่อธิบายกระบวนการคิดที่ใช้ไม่เขียนปัญหาและข้อผิดพลาดของการเรียนรู้ไม่ทราบวิธีที่จะขจัดปัญหา และข้อผิดพลาดนั้น
θ = -1.202	θ = -1.201 ถึง θ = 0.831	ระดับที่ 3	นักเรียนมีการทบทวนการคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ถึงความเป็นไปได้ ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนและวิธีการที่เลือกใช้ แต่ไม่เรียงลำดับปัญหาและข้อผิดพลาดที่พบ นำวิธีไม่เหมาะสมออก ไม่มีการพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้อย่างละเอียดและเพียงพอ
θ = -0.555	θ = -0.555 ถึง θ = -1.201	ระดับที่ 2	นักเรียนมีการทบทวนการคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ถึงความเป็นไปได้
	ต่ำกว่า θ =-0.555	ระดับที่ 1	นักเรียนมีการทบทวนการคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้บ้าง

ตาราง 48 เกณฑ์จุดตัดความสามารถการคิดอภิมาน มิติที่ 6 ประสบการณ์ด้านการประเมินผล (Evaluating : K6)

คะแนนจุดตัด	ช่วงระดับความสามารถ (θ)	ระดับประสบการณ์ด้านการประเมินผล	คำบรรยายความสามารถของนักเรียน
θ = 1.170	สูงกว่า θ = 1.170	ระดับที่ 5	นักเรียนสามารถสรุปความรู้ที่ได้รับ มีการแปลความหมายของข้อมูล สรุปวิธีที่จะเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต มีการประเมินความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ เรียงลำดับปัญหาและข้อผิดพลาด ที่พบ นำวิธีที่ไม่เหมาะสมออก มีการพิจารณาผลลัพธ์อย่างละเอียดและเพียงพอ
θ = 0.685	θ = 0.685 ถึง θ = 1.170	ระดับที่ 4	นักเรียนสามารถสรุปความรู้ที่ได้รับ มีการแปลความหมายของข้อมูล สรุปวิธีที่จะเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต มีการประเมินความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ เรียงลำดับปัญหาและข้อผิดพลาด ที่พบ นำวิธีที่ไม่เหมาะสมออก แต่ไม่มีการพิจารณาผลลัพธ์อย่างละเอียดและเพียงพอ
θ = -0.941	θ = -0.941 ถึง θ = 0.685	ระดับที่ 3	นักเรียนสามารถสรุปความรู้ที่ได้รับ มีการแปลความหมายของข้อมูล แต่ไม่ได้สรุปวิธีที่จะเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต
θ = -0.914	θ = -0.914 ถึง θ = -0.941	ระดับที่ 2	นักเรียนสามารถสรุปความรู้ที่ได้รับ แต่ไม่มีการแปลความหมายของข้อมูล
	ต่ำกว่า θ = -0.914	ระดับที่ 1	รู้ว่าตนมีข้อผิดพลาด

1.3.2 การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ผลการวิเคราะห์ ปรากฏผลดังตาราง 49

ตาราง 49 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบพหุมิติ

องค์ประกอบ/มิติ	ข้อคำถาม	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (b)	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE)	ค่าที (t)	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (Completely Standard Solution)	ค่าความเชื่อมั่น (r^2)
ด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (K1)	i1	0.563	0.090	6.254	0.455	0.210
	i2	0.546	0.113	4.817	0.532	0.283
	i3	0.453	0.086	5.254	0.568	0.323
ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอน (K2)	i4	0.672	0.086	7.807	0.258	0.067
	i5	0.658	0.095	6.912	0.551	0.304
	i6	0.574	0.058	9.897	0.376	0.141
ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (K3)	i7	0.687	0.094	7.346	0.340	0.116
	i8	0.524	0.056	9.437	0.469	0.220
	i9	0.425	0.049	8.715	0.552	0.305
ประสบการณ์ด้านการวางแผน (K4)	i1	0.647	0.126	5.119	0.740	0.548
	i4	0.657	0.084	7.812	0.568	0.323
	i7	0.854	0.067	12.767	0.975	0.951
ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (K5)	i2	0.765	0.092	8.334	0.385	0.148
	i5	0.583	0.073	8.029	0.376	0.141
	i8	0.794	0.085	9.335	0.831	0.691
ประสบการณ์ด้านการประเมินผล (K6)	i3	0.678	0.107	6.346	0.615	0.378
	i6	0.495	0.075	6.567	0.436	0.190
	i9	0.567	0.106	5.345	0.369	0.136
χ^2 = 3.972, (df = 3, p = 0.265) GFI = .995, AGFI = .985, RMR = .0048, RMSEA = 0.0163						

จากตาราง 49 ผลการวิเคราะห์โมเดลโครงสร้างการคิดอภิมานแบบพหุมิติที่ประกอบด้วย 6 มิติย่อย คือ มิติด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (K1) ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอน (K2) ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (K3) ประสบการณ์ด้านการวางแผน (K4) ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (K5) ประสบการณ์ด้านการประเมินผล (K6) พบว่า มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.453–0.563, 0.574–0.672, 0.425–0.687, 0.647–0.854, 0.583–0.794 และ 0.495–0.678 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าความเชื่อมั่น (r^2) ของข้อคำถามความสามารถการคิดอภิมานมีค่าอยู่ระหว่าง 0.210–0.323, 0.067–0.304, 0.116–0.305, 0.323–0.951, 0.141–0.691 และ 0.136–0.378 แสดงว่า สัดส่วนความแปรปรวนของข้อคำถามอธิบายได้โดยองค์ประกอบอยู่ในระดับต่ำจนถึงระดับสูง ร้อยละ 21.0–32.3, 6.70–30.40, 11.60–30.50, 32.30-95.10 และ 14.10–69.10 ตามลำดับ

เมื่อทำการตรวจสอบความสอดคล้องของโครงสร้างทฤษฎีการคิดอภิมานแบบพหุมิติกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการทดสอบสถิติไคสแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 3.972 (df = 3, p = 0.265) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ พร้อมพิจารณาค่าสถิติตัวอื่น ๆ ร่วมด้วย ซึ่งดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ .995 ซึ่งดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับค่าแล้ว (AGFI) เท่ากับ .985 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (RMR) เท่ากับ .0048 และค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ 0.0163 จากค่าดัชนีความเหมาะสมสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างทฤษฎีความสามารถการคิดอภิมานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อันเป็นหลักฐานแสดงถึงความตรงตามโครงสร้างทฤษฎีของความสามารถการคิดอภิมานแบบพหุมิติ

2.5 การตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการวัดความสามารถการคิดอภิมานของนักเรียน มาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยวิธีการคำนวณด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา และวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ ใช้ค่าความเชื่อมั่น EAP Reliability ด้วยการประมาณค่าแบบมาร์จิแน็ล แม็คซิมัมไลค์ลิฮูด (Marginal Maximum-Likelihood; MML) บนพื้นฐานการศึกษาโมเดลพหุมิติ (Multidimensional Model) ที่เรียกว่า Multidimensional Random Coefficients Multinomial Logit Model (MRCMLM) (Adams, Wilson and Wang, 1997) ใช้วิธีการวิเคราะห์แบบพหุมิติพาเชียลเครดิตโมเดล (Multidimensional form of the Partial Credit Model) โดยใช้โปรแกรม ConQuest 2.0 จำแนกตามองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือรายข้อคือค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของข้อคำถามแต่ละข้อกับคะแนนรวมแต่ละด้านของแบบวัด (Item-Total Correlation ; r_i) ปรากฏผลดังตาราง 50

ตาราง 50 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ (n = 1,222)

องค์ประกอบ/มิติ	ข้อคำถาม	r_i	ค่าความเชื่อมั่น (Reliability)	
			สัมประสิทธิ์แอลฟา	การวิเคราะห์พหุมิติ (EAP Reliability)
ความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (K1)	i1 i2 i3	.413 .606 .568	.707 (SEM = 1.496)	.846
ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอน (K2)	i4 i5 i6	.550 .598 .570	.746 (SEM = 1.494)	.853
ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (K3)	i7 i8 i9	.458 .590 .545	.711 (SEM =1.519)	.845
ประสบการณ์ด้านการวางแผน (K4)	i1 i4 i7	.338 .490 .444	.714 (SEM =1.365)	.717
ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (K5)	i2 i5 i8	.459 .446 .443	.740 (SEM =1.427)	.787
ประสบการณ์ด้านการประเมินผล (K6)	i3 i6 i9	.419 .491 .477	.752 (SEM =1.375)	.714

จากตาราง 50 ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ จำนวน 9 ข้อ พบว่า การประมาณค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา มีค่าความเชื่อมั่นด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (K1) ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอน (K2) ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (K3) ประสบการณ์ด้านการวางแผน (K4) ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (K5) และประสบการณ์ด้านการประเมินผล (K6) เท่ากับ .707, .746, .711, .714, .640 และ .652

ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM) เท่ากับ 1.496, 1.494, 1.519, 1.365, 1.427 และ 1.375 ตามลำดับ โดยการประมาณค่าแบบมาร์จิแน็ลแม็คซิมัมไลค์ลิฮูด (Marginal Maximum-Likelihood : MML) มีค่าความเชื่อมั่นแบบ EAP Reliability ความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (K1) ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอน (K2) ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (K3) ประสบการณ์ด้านการวางแผน (K4) ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (K5) และประสบการณ์ด้านการประเมินผล (K6) เท่ากับ 0.846, 0.853, 0.845, 0.717, 0.787 และ 0.714 ตามลำดับ

นอกจากนี้การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือรายข้อ จากค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของข้อคำถามแต่ละข้อกับคะแนนรวมแต่ละด้านของแบบทดสอบ (Item-Total Correlation; r_i) ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของข้อคำถามแต่ละข้อกับคะแนนรวมแต่ละด้านของแบบทดสอบด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (K1) ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอน (K2) ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (K3) ประสบการณ์ด้านการวางแผน (K4) ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (K5) และประสบการณ์ด้านการประเมินผล (K6) อยู่ระหว่าง .413–.606, .550-.598, .458-.590, .338-.490, .443-.459, และ .419-.491 ตามลำดับ ซึ่งทุกข้อคำถามมีค่าเกินเกณฑ์ .20 ขึ้นไป กล่าวคือ ข้อคำถามสามารถอธิบายความแปรปรวนของคะแนนคุณลักษณะที่วัดด้านความรู้ อยู่ระหว่างร้อยละ 17.05–36.72, 30.25-35.76, 20.97-34.81, 14.44-24.01, 19.62-21.06 และ 17.55-24.10 แสดงว่าข้อคำถามทุกข้อมีคุณภาพสามารถวัดในคุณลักษณะแต่ละด้านได้ หรืออาจกล่าวได้ว่า ข้อคำถามทุกข้อสามารถจำแนกค่าความสามารถที่ทำการวัดซึ่งมีความสามารถสูงและต่ำออกจากกันได้

ตอนที่ 2 การประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผลการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย นำเสนอตามกระบวนการดังนี้

1) เก็บรวบรวมข้อมูล จัดเตรียมข้อมูล โดยจัดเตรียมเมตริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละตัวแปร นำเสนอดังตาราง 51

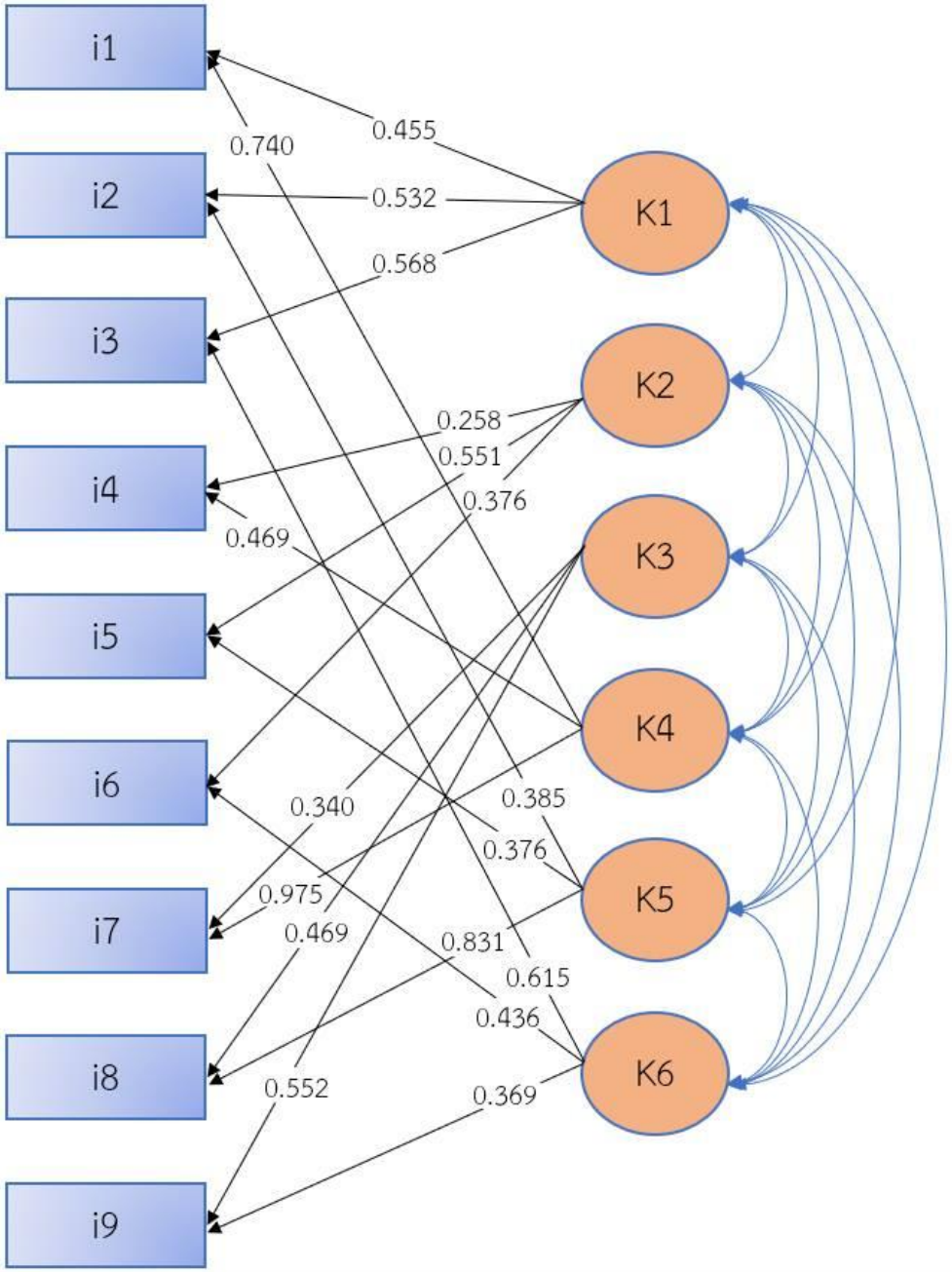
พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 51 เมตริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละตัวแปร

item	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9
i1	1.00								
i2	.392	1.00							
i3	.344	.592	1.00						
i4	.318	.389	.347	1.00					
i5	.308	.380	.343	.498	1.00				
i6	.293	.373	.365	.462	.523	1.00			
i7	.258	.302	.337	.456	.388	.389	1.00		
i8	.318	.376	.344	.383	.360	.390	.432	1.00	
i9	.240	.337	.346	.376	.435	.442	.372	.544	1.00
SD	1.09	1.19	1.19	1.16	1.24	1.23	1.14	1.23	1.17

2) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ด้วยโปรแกรม LISREL ได้ผลดังภาพประกอบ 28

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว



χ^2 = 3.972, (df = 3, p = 0.265) GFI = .995, AGFI = .985, RMR = .0048, RMSEA = 0.0163

ภาพประกอบ 28 โมเดลความสามารถการคิดอภิมาน ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

ตาราง 52 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของความสัมพันธ์ระหว่าง 9 ข้อคำถามกับองค์ประกอบความสามารถการคิดอภิมาน

ข้อ	มิติความสามารถการคิดอภิมาน					
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Item1	0.455	0	0	0.740	0	0
Item2	0.532	0	0	0	0.385	0
Item3	0.568	0	0	0	0	0.615
Item4	0	0.258	0	0.568	0	0
Item5	0	0.551	0	0	0.376	0
Item6	0	0.376	0	0	0	0.436
Item7	0	0	0.340	0.975	0	0
Item8	0	0	0.469	0	0.831	0
Item9	0	0	0.552	0	0	0.369
ความสัมพันธ์ระหว่างมิติ						
มิติ	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1.00					
K2	0.38	1.00				
K3	0.89	0.30	1.00			
K4	0.79	0.38	0.89	1.00		
K5	0.76	0.59	0.75	0.76	1.00	
K6	0.71	0.53	0.80	0.81	0.82	1.00
Chi-Square = 3.972 df = 3, P-value = 0.265, $RMSE$ = 0.0163						

นำผลที่ได้มาจัดเตรียมเมตริกซ์น้ำหนักองค์ประกอบ $(\Lambda_{n\times d})$ และเมตริกซ์สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบ $(\Phi_{d\times d})$ เมื่อ (n = 9 และ d = 6) ตามโมเดลสมมติฐานเขียนให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ ดังนี้

$$\Lambda_{9x6} = \begin{bmatrix} 0.455 & 0 & 0 & 0.740 & 0 & 0 \\ 0.532 & 0 & 0 & 0 & 0.385 & 0 \\ 0.568 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.615 \\ 0 & 0.258 & 0 & 0.568 & 0 & 0 \\ 0 & 0.551 & 0 & 0 & 0.376 & 0 \\ 0 & 0.376 & 0 & 0 & 0 & 0.436 \\ 0 & 0 & 0.340 & 0.975 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.469 & 0 & 0.831 & 0 \\ 0 & 0 & 0.552 & 0 & 0 & 0.369 \end{bmatrix}$$ และ

$$\Phi_{6\times6} = \begin{bmatrix} 1.00 & 0.38 & 0.89 & 0.79 & 0.76 & 0.71 \\ 0.38 & 1.00 & 0.30 & 0.38 & 0.59 & 0.53 \\ 0.89 & 0.30 & 1.00 & 0.89 & 0.75 & 0.80 \\ 0.79 & 0.38 & 0.89 & 1.00 & 0.76 & 0.81 \\ 0.76 & 0.59 & 0.75 & 0.76 & 1.00 & 0.82 \\ 0.71 & 0.53 & 0.80 & 0.81 & 0.82 & 1.00 \end{bmatrix}$$

3) คำนวณเมตริกซ์ผกผันของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ n ตัว $\left(R^{-1}_{n\times n}\right)$ เมื่อ n = 9 จะได้ (เมื่อ $\det\left(R_{n\times n}\right)$ = 0.058 ได้ผลดังนี้

$$R^{-1}_{9x9} = \begin{bmatrix} 1.2875 & -0.2552 & -0.1383 & -0.1174 & -0.1077 & -0.0634 & -0.0334 & -0.1694 & 0.0484 \\ -0.2552 & 1.7670 & -0.7629 & -0.1731 & -0.1409 & -0.0897 & 0.0421 & -0.1729 & -0.0258 \\ -0.1383 & -0.7629 & 1.6773 & -0.0342 & -0.0303 & -0.1214 & -0.1610 & -0.0332 & -0.1324 \\ -0.1174 & -0.1731 & -0.0342 & 1.6361 & -0.3752 & -0.2486 & -0.3442 & -0.0977 & -0.0626 \\ -0.1077 & -0.1409 & -0.0303 & -0.3752 & 1.6799 & -0.4455 & -0.1333 & 0.0128 & -0.2663 \\ -0.0634 & -0.0897 & -0.1214 & -0.2486 & -0.4455 & 1.6444 & -0.1347 & -0.0960 & -0.2498 \\ -0.0334 & 0.0421 & -0.1610 & -0.3442 & -0.1333 & -0.1347 & 1.4763 & -0.3093 & -0.0844 \\ -0.1694 & -0.1729 & -0.0332 & -0.0977 & 0.0128 & -0.0960 & -0.3093 & 1.6639 & -0.6061 \\ 0.0484 & -0.0258 & -0.1324 & -0.0626 & -0.2663 & -0.2498 & -0.0844 & -0.6061 & 1.6538 \end{bmatrix}$$

4) คำนวณหาเมตริกซ์สัมประสิทธิ์การถดถอยขององค์ประกอบ $\left(B_{n\times d}\right)$ เมื่อ n = 9 และ d = 6 จากสูตร $R^{-1}_{n\times n}\Lambda_{n\times d}\Phi_{d\times d} = B_{n\times d}$

จะได้ $R^{-1}_{9x9}\Lambda_{9\times6}\Phi_{6\times6} = B_{9\times6}$

ดังนั้น

$$B_{9\times6}=\begin{bmatrix} 0.6660 & 0 & 0 & 0.7577 & 0 & 0 \\ 0.0647 & 0 & 0 & 0 & 0.0160 & 0 \\ 0.5163 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.6223 \\ 0 & -0.0586 & 0 & -0.0959 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5732 & 0 & 0 & 0.1547 & 0 \\ 0 & 0.1887 & 0 & 0 & 0 & -0.0624 \\ 0 & 0 & 0.8872 & 0.9737 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.4897 & 0 & 0.8005 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2660 & 0 & 0 & 0.1465 \end{bmatrix}$$

5) จัดเตรียมเวกเตอร์หลักของระดับขั้นของการให้คะแนน $\left(s_{k\times1}\right)$ แต่ละข้อ เมื่อ $k=5$

$$S_{5\times1}=\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix}$$

6) ทำการวิเคราะห์การประมาณค่าความสามารถจำแนกตามระดับขั้นตามโมเดล $S_{k\times1}B_{1\times d}=\hat{\theta}_{k\times d}$ โดยพิจารณาโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบ ถ้าพบว่าไม่มีนัยสำคัญหรือไม่สัมพันธ์กัน (ไม่ได้วัด) ให้ถือว่าสัมประสิทธิ์การถดถอยข้อคำถามบนองค์ประกอบนั้นมีค่าเป็นศูนย์ โดยทำการประมาณเป็นรายข้อ ในที่นี้ยกตัวอย่างข้อคำถามที่ 1 ตามรายละเอียดดังนี้

ในข้อคำถามที่ 1 เมื่อพิจารณาตามโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบพบว่า ข้อคำถามที่ 1 ไม่มีความสัมพันธ์ (ไม่วัด) กับองค์ประกอบ k2, k3, k5, k6 ดังนั้นจึงกำหนดสัมประสิทธิ์การถดถอยของข้อคำถามที่ 1 ในองค์ประกอบ k2, k3, k5, k6 มีค่าเป็นศูนย์ (0) ดังนี้

$$S_{5\times1}B_{1\times6}=\hat{\theta}_{5\times6}$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.6660 & 0 & 0 & 0.7577 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.6660 & 0 & 0 & 0.7577 & 0 & 0 \\ 1.3320 & 0 & 0 & 1.5154 & 0 & 0 \\ 1.9980 & 0 & 0 & 2.2731 & 0 & 0 \\ 2.6640 & 0 & 0 & 3.0308 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

ในข้ออื่น ๆ ให้นำเวกเตอร์แถวของสัมประสิทธิ์การถดถอยขององค์ประกอบ $(B_{1\times d})$ ของแต่ละข้อคำถามมาคูณกับเวกเตอร์หลักสเกลรายการคำตอบ ผลที่ได้ดังตาราง 53

ตาราง 53 ผลการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานจำแนกตามระดับขั้นการตอบของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมาน 6 มิติ จำนวน 9 ข้อ

ข้อ	ระดับคะแนน	มิติความสามารถการคิดอภิมาน					
		K1	K2	K3	K4	K5	K6
1	0	0	-	-	0	-	-
	1	0.6660	-	-	0.7577	-	-
	2	1.3320	-	-	1.5154	-	-
	3	1.9980	-	-	2.2731	-	-
	4	2.6640	-	-	3.0308	-	-
2	0	0	-	-	-	0	-
	1	0.0647	-	-	-	0.0160	-
	2	0.1294	-	-	-	0.0320	-
	3	0.1941	-	-	-	0.0480	-
	4	0.2588	-	-	-	0.0640	-
3	0	0	-	-	-	-	0
	1	0.5163	-	-	-	-	0.6223
	2	1.0326	-	-	-	-	1.2446
	3	1.5489	-	-	-	-	1.8669
	4	2.0652	-	-	-	-	2.4892
4	0	-	0	-	0	-	-
	1	-	-0.0586	-	-0.0959	-	-
	2	-	-0.1172	-	-0.1918	-	-
	3	-	-0.1758	-	-0.2877	-	-
	4	-	-0.2344	-	-0.3836	-	-

ตาราง 53 (ต่อ)

ข้อ	ระดับคะแนน	องค์ประกอบความสามารถการคิดอภิมาน					
		K1	K2	K3	K4	K5	K6
5	0	-	0	-	-	0	-
	1	-	0.5732	-	-	0.1547	-
	2	-	1.1464	-	-	0.3094	-
	3	-	1.7196	-	-	0.4641	-
	4	-	2.2928	-	-	0.6188	-
6	0	-	0	-	-	-	0
	1	-	0.1887	-	-	-	-0.0624
	2	-	0.3774	-	-	-	-0.1248
	3	-	0.5661	-	-	-	-0.1872
	4	-	0.7548	-	-	-	-0.2496
7	0	-	-	0	0	-	-
	1	-	-	0.8872	0.9737	-	-
	2	-	-	1.7744	1.9474	-	-
	3	-	-	2.6616	2.9211	-	-
	4	-	-	3.5488	3.8948	-	-
8	0	-	-	0	-	0	-
	1	-	-	0.4897	-	0.8005	-
	2	-	-	0.9794	-	1.6010	-
	3	-	-	1.4691	-	2.4015	-
	4	-	-	1.9588	-	3.2020	-
9	0	-	-	0	-	-	0
	1	-	-	0.2660	-	-	0.1465
	2	-	-	0.5320	-	-	0.2930
	3	-	-	0.7980	-	-	0.4395
	4	-	-	1.0640	-	-	0.5860

จากตาราง 53 ผลการวิเคราะห์ ยกตัวอย่างข้อ 1 มี 2 องค์ประกอบคือ องค์ประกอบที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge : K1) และองค์ประกอบที่ 4 ประสบการณ์ด้านการวางแผน (Planning : K4) สามารถอธิบายได้ว่า ถ้านักเรียนได้ 0 คะแนน นักเรียนจะมีค่าความสามารถการคิดอภิมานเป็น 0 ถ้าได้ 1 คะแนน จะมีค่าความสามารถการคิดอภิมาน ด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge : K1) เท่ากับ 0.6660 และมีค่าความสามารถการคิดอภิมานด้านประสบการณ์การวางแผน (Planning : K4) เท่ากับ 0.7577 ถ้า ได้ 2 คะแนน จะมีค่าความสามารถการคิดอภิมานด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge : K1) เท่ากับ 1.3320 และมีค่าความสามารถการคิดอภิมานด้านประสบการณ์การวางแผน (Planning : K4) เท่ากับ 1.5154 ถ้าได้ 3 คะแนน จะมีค่าความสามารถการคิดอภิมานในความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge : K1) เท่ากับ 1.9980 และมีค่าความสามารถการคิดอภิมานด้านประสบการณ์การวางแผน (Planning : K4) เท่ากับ 2.2731 ถ้าได้ 4 คะแนน จะมีค่าความสามารถการคิดอภิมานในความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge : K1) เท่ากับ 2.6640 และมีค่าความสามารถการคิดอภิมานด้านประสบการณ์การวางแผน (Planning : K4) 3.0308 ส่วนองค์ประกอบที่ 2, 3, 5 และ 6 ไม่ได้วัดในข้อที่ 1 และข้ออื่นๆ ก็อธิบายได้เช่นเดียวกัน

เพื่ออธิบายความสามารถรายบุคคลที่ทำแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ จะยกตัวอย่างนักเรียนที่ได้คะแนนต่างกัน ว่ามีความสามารถในแต่ละด้านอยู่ในระดับใด และเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้จึงแปลงคะแนนเป็นคะแนนสเกล โดยใช้สูตร $50+10(\theta)$ (พัชรี จันทร์เพ็ง, 2550) โดยให้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10 และ θ หมายถึง ระดับความสามารถผู้เรียน ในที่นี้จะยกตัวอย่างนักเรียน 3 คน ที่ได้คะแนนต่างกันจะมีความสามารถแตกต่างกัน

ค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนคนที่ 1 แสดงดังตาราง 54

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

ตาราง 54 ค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนคนที่ 1

ข้อ	คะแนนที่ได้	มิติความสามารถการคิดอภิมาน					
		K1	K2	K3	K4	K5	K6
1	4	2.6640	-	-	3.0308	-	-
2	4	0.2588	-	-	-	0.0640	-
3	4	2.0652	-	-	-	-	2.4892
4	4	-	-0.2344	-	-0.3836	-	-
5	4	-	2.2928	-	-	0.6188	-
6	4	-	0.7548	-	-	-	-0.2496
7	4	-	-	3.5488	3.8948	-	-
8	4	-	-	1.9588	-	3.2020	-
9	4	-	-	1.0640	-	-	0.5860
รวมเฉลี่ย (θ)		1.663	0.938	2.191	2.181	1.295	0.942
คะแนนสเกล		66.63	59.38	71.91	71.81	62.95	59.42

จากตารา 54 พบว่า ค่าความสามารถของนักเรียนคนที่ 1 อธิบายได้ว่า ในมิติที่ 1 ด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge : K1) นักเรียนคนนี้มีความสามารถเฉลี่ย เท่ากับ 1.663 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 1 (ดูตาราง 43 ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีระดับความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมายอยู่ที่ระดับ 5 และเมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 66.63

มิติที่ 2 ด้านความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (Procedural Knowledge: K2) นักเรียนคนนี้มีความสามารถเฉลี่ย เท่ากับ 0.938 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 2 (ดูตาราง 44 ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการอยู่ที่ระดับ 4 เมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 59.38

มิติที่ 3 ด้านความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge: K3) นักเรียนคนนี้มีความสามารถเฉลี่ย เท่ากับ 2.191 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 3 (ดูตาราง 45 ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีความรู้ที่เป็นเงื่อนไขอยู่ที่ระดับ 5 เมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 71.91

มิติที่ 4 ประสบการณ์ด้านการวางแผน (Planning : K4) นักเรียนคนนี้มีความสามารถเฉลี่ย เท่ากับ 2.181 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 4 (ดูตาราง 46ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีประสบการณ์ด้านการวางแผนอยู่ที่ระดับ 5 เมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 71.81

มิติที่ 5 ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (Monitoring : K5) นักเรียนคนนี้มีความสามารถเฉลี่ยเท่ากับ 1.295 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 5 (ดูตาราง 47 ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีประสบการณ์ด้านการตรวจสอบอยู่ที่ระดับ 5 เมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 62.95

มิติที่ 6 ประสบการณ์ด้านการประเมินผล (Evaluating : K6) นักเรียนคนนี้มีความสามารถเฉลี่ยเท่ากับ 0.942 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 5 (ดูตาราง 48 ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีประสบการณ์ด้านการประเมินผลอยู่ที่ระดับ 4 เมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 59.42

สรุปได้ว่า ผลการวินิจฉัยระดับความสามารถของนักเรียนคนที่ 1 โดยเทียบกับคะแนนจุดตัด เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า

ระดับความสามารถด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมายอยู่ในระดับที่ 5 โดยนักเรียนสามารถบอกถึงกลวิธี และแหล่งข้อมูลที่จำเป็น บอกปัจจัยที่ทำให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ ได้ สามารถระบุแนวทาง/วิธีการในการแก้ปัญหา อธิบายเป็นลำดับขั้นตอนได้ชัดเจน มีความเป็นไปได้ และสามารถระบุได้ว่าเหตุใดจึงใช้ เทคนิควิธีการนั้น และให้เหตุผลสนับสนุนได้ชัดเจน เหมาะสม

ระดับความสามารถด้านความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการอยู่ในระดับ 4 โดยนักเรียนสามารถระบุอุปสรรคของการดำเนินงานได้ครอบคลุม สามารถระบุสาเหตุของปัญหาและบอกกลวิธี ที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน สามารถระบุได้ว่าจะเริ่มใช้ยุทธวิธี/วิธีการนั้นได้เมื่อไหร่ และให้เหตุผลสมเหตุสมผล

ระดับความสามารถด้านความรู้ที่เป็นเงื่อนไขอยู่ในระดับ 5 โดยนักเรียนสามารถระบุได้ว่าต้องมีความรู้เรื่องใด และต้องใช้ทักษะใดในการแก้ปัญหา และบอกแหล่งที่มาของความรู้ได้หลากหลายสรุปใจความสำคัญได้ด้วยภาษาของตนเองและครอบคลุม บอกวิธีการที่ช่วยจำได้ง่าย ๆ สามารถเลือก ยุทธวิธี ปรับเปลี่ยนยุทธวิธีได้ตามความเหมาะสมอย่างมีคุณค่ามีความหมายในสถานการณ์นั้น ๆ

ระดับความสามารถด้านประสบการณ์การวางแผนอยู่ในระดับ 5 โดยนักเรียนสามารถกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ เลือกวิธีการ เรียงลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้การปฏิบัติ มีการคาดคะเนหรือทำนายผลล่วงหน้า มีการรวบรวมหรือบอกแนวทางต่าง ๆ เพื่อที่จะให้การเรียนรู้บรรลุผล มีการจัดหมวดหมู่ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น

ระดับความสามารถด้านประสบการณ์ด้านการตรวจสอบอยู่ในระดับ 5 โดยนักเรียนมีการ ทบทวนการคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ถึงความเป็นไปได้ ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนและวิธีการที่เลือกใช้ เรียงลำดับปัญหาและข้อผิดพลาดที่พบ นำวิธีไม่เหมาะสมออกมีการพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้ อย่างละเอียดและเพียงพอ อธิบายกระบวนการคิดที่ใช้ เขียนปัญหาและข้อผิดพลาดของการเรียนรู้ ทราบวิธีที่จะขจัดปัญหา และข้อผิดพลาดนั้น

ระดับความสามารถในประสบการณ์ด้านการประเมินผลอยู่ในระดับ 4 โดยนักเรียนสามารถ สรุปความรู้ที่ได้รับ มีการแปลความหมายของข้อมูล สรุปวิธีที่จะเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต มีการประเมินความสำเร็จตามวัตถุประสงค์เรียงลำดับปัญหาและข้อผิดพลาดที่พบ นำวิธีที่ไม่เหมาะสมออก มีการพิจารณาผลลัพธ์อย่างละเอียดและเพียงพอ

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวม พบว่า นักเรียนคนที่ 1 มีความสามารถในด้านความรู้ที่เป็นเงื่อนไขสูงกว่าทุกด้าน และมีความสามารถประสบการณ์ด้านการประเมินผลที่อยู่ในระดับต่ำที่สุด ซึ่งนักเรียนจะต้องได้รับการพัฒนามากกว่าด้านอื่น ๆ

ค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนคนที่ 2 แสดงดังตาราง 55

ตาราง 55 ค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนคนที่ 2

ข้อ	คะแนนที่ได้	มิติความสามารถการคิดอภิมาน					
		K1	K2	K3	K4	K5	K6
1	1	0.6660	-	-	0.7577	-	-
2	1	0.0647	-	-	-	0.0160	-
3	1	0.5163	-	-	-	-	0.6223
4	3	-	-0.1758	-	-0.2877	-	-
5	3	-	1.7196	-	-	0.4641	-
6	2	-	0.3774	-	-	-	-0.1248
7	3	-	-	2.6616	2.9211	-	-
8	3	-	-	1.4691	-	2.4015	-
9	2	-	-	0.5320	-	-	0.2930
รวมเฉลี่ย (θ)		0.416	0.640	1.554	1.130	0.961	0.264
คะแนนสเกล		54.16	56.40	65.54	61.30	59.61	52.64

จากตาราง 55 พบว่า ค่าความสามารถของนักเรียนคนที่ 2 อธิบายได้ว่า ในมิติที่ 1 ด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge : K1) นักเรียนคนนี้มีความสามารถเฉลี่ย เท่ากับ 0.416 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 1 (ดูตาราง 43 ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย อยู่ระดับ 3 เมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 54.16

มิติที่ 2 ด้านความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (Procedural Knowledge : K2) นักเรียนคนนี้มีความสามารถเฉลี่ย เท่ากับ 0.640 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 2 (ดูตาราง 44 ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการอยู่ในระดับ 3 เมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 56.40

มิติที่ 3 ด้านความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge : K3) นักเรียนคนนี้มีความสามารถเฉลี่ย เท่ากับ 1.554 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 2 (ดูตาราง 45 ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีความรู้ที่เป็นเงื่อนไขอยู่ระดับ 5 เมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 65.54

มิติที่ 4 ประสบการณ์ด้านการวางแผน (Planning : K4) นักเรียนคนนี้มีความสามารถเฉลี่ยเท่ากับ 1.130 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 2 (ดูตาราง 46 ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีประสบการณ์ด้านการวางแผนอยู่ระดับ 4 เมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 61.30

มิติที่ 5 ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (Monitoring : K5) นักเรียนคนนี้มีความสามารถ เฉลี่ยเท่ากับ 0.961 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 2 (ดูตาราง 47 ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีประสบการณ์ด้านการตรวจสอบอยู่ระดับ 5 เมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 59.61

มิติที่ 6 ประสบการณ์ด้านการประเมินผล (Evaluating : K6) นักเรียนคนนี้มีความสามารถ เฉลี่ยเท่ากับ 0.264 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 2 (ดูตาราง 48 ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีประสบการณ์ด้านการประเมินผลอยู่ระดับ 3 เมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 52.64

สรุปได้ว่า ผลการวินิจฉัยระดับความสามารถของนักเรียนคนที่ 2 โดยเทียบกับคะแนนจุดตัด เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า

ระดับความสามารถด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมายอยู่ในระดับที่ 3 โดยนักเรียนสามารถนักเรียนสามารถบอกถึงกลวิธี และแหล่งข้อมูลที่จำเป็น บอกปัจจัยที่ทำให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ ได้ ระบุแนวทาง/วิธีการในการแก้ ปัญหา โดยอธิบายเป็นลำดับขั้นตอนได้ นักเรียนสามารถระบุได้ว่าเหตุใดจึงใช้เทคนิควิธีการนั้น แต่ไม่ให้เหตุผลสนับสนุนหรือเหตุผลไม่เหมาะสม

ระดับความสามารถด้านความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการอยู่ในระดับ 3 โดยนักเรียนสามารถระบุอุปสรรคของการดำเนินงานได้ครอบคลุม สมเหตุสมผล สามารถระบุสาเหตุของปัญหาและบอกกลวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน และสมเหตุสมผล แต่ไม่ระบุว่าจะเริ่มใช้ยุทธวิธี/วิธีการนั้นได้เมื่อไหร่

ระดับความสามารถด้านความรู้ที่เป็นเงื่อนไขอยู่ในระดับ 5 โดยนักเรียนสามารถระบุได้ว่าต้องมีความรู้เรื่องใด และต้องใช้ทักษะใดในการแก้ปัญหา และบอกแหล่งที่มาของความรู้ได้หลากหลายสรุปใจความสำคัญได้ด้วยภาษาของตนเองและครอบคลุม บอกวิธีการที่ช่วยจำได้ง่าย ๆ สามารถเลือก ยุทธวิธี ปรับเปลี่ยนยุทธวิธีได้ตามความเหมาะสมอย่างมีคุณค่ามีความหมายในสถานการณ์นั้น ๆ

ระดับความสามารถด้านประสบการณ์การวางแผนอยู่ในระดับ 4 โดยนักเรียนสามารถกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ เลือกวิธีการ เรียงลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้การปฏิบัติ มีการคาดคะเนหรือทำนายผลล่วงหน้า มีการรวบรวมหรือบอกแนวทางต่าง ๆ เพื่อที่จะให้การเรียนรู้บรรลุผล แต่ไม่มีการจัดหมวดหมู่ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น

ระดับความสามารถด้านประสบการณ์ด้านการตรวจสอบอยู่ในระดับ 5 โดยนักเรียนมีการ ทบทวนการคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ถึงความเป็นไปได้ ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนและวิธีการที่เลือกใช้ เรียงลำดับปัญหาและข้อผิดพลาดที่พบ นำวิธีไม่เหมาะสมออกมีการพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้อย่างละเอียดและเพียงพอ อธิบายกระบวนการคิดที่ใช้ เขียนปัญหาและข้อผิดพลาดของการเรียนรู้ ทราบวิธีที่จะขจัดปัญหา และข้อผิดพลาดนั้น

ระดับความสามารถในประสบการณ์ด้านการประเมินผลอยู่ในระดับ 3 โดยนักเรียนสามารถ สรุปความรู้ที่ได้รับ มีการแปลความหมายของข้อมูล แต่ไม่ได้สรุปวิธีที่จะเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวม พบว่า นักเรียนคนที่ 2 มีความสามารถในด้านด้านความรู้ที่เป็นเงื่อนไขและประสบการณ์ด้านการตรวจสอบระดับ 5 ซึ่งสูงกว่าทุกด้าน และมีความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย และความสามารถประสบการณ์ด้านการประเมินผล ที่อยู่ในระดับต่ำที่สุดระดับ 3 ซึ่งนักเรียนจะต้องได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็ว

ค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนคนที่ 3 แสดงดังตาราง 56

ตาราง 56 ค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนคนที่ 3

ข้อ	คะแนนที่ได้	มิติความสามารถการคิดอภิมาน					
		K1	K2	K3	K4	K5	K6
1	1	0.6660	-	-	0.7577	-	-
2	0	0	-	-	-	0	-
3	0	0	-	-	-	-	0
4	1	-	-0.0586	-	-0.0959	-	-
5	1	-	0.5732	-	-	0.1547	-
6	0	-	0	-	-	-	0
7	1	-	-	0.8872	0.9737	-	-
8	1	-	-	0.4897	-	0.8005	-
9	0	-	-	0	-	-	0
รวมเฉลี่ย (θ)		0.222	0.172	0.459	0.545	0.318	0.000
คะแนนสเกล		52.22	51.72	54.59	55.45	53.18	50.00

จากตาราง 56 พบว่า ค่าความสามารถของนักเรียนคนที่ 3 อธิบายได้ว่า ในมิติที่ 1 ด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (Declarative Knowledge : K1) นักเรียนคนนี้มีความสามารถเฉลี่ย เท่ากับ 0.222 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 1 (ดูตาราง 43 ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมายอยู่ระดับ 3 เมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 52.22

มิติที่ 2 ด้านความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ (Procedural Knowledge: K2) นักเรียนคนนี้มีความสามารถเฉลี่ย เท่ากับ 0.172 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 1 (ดูตาราง 44 ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการอยู่ระดับ 3 เมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 51.72

มิติที่ 3 ด้านความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (Conditional Knowledge: K3) นักเรียนคนนี้มีความสามารถเฉลี่ย เท่ากับ 0.459 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 1 (ดูตาราง 45 ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีความรู้ที่เป็นเงื่อนไขอยู่ระดับ 3 เมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 54.59

มิติที่ 4 ประสบการณ์ด้านการวางแผน (Planning : K4) นักเรียนคนนี้มีความสามารถเฉลี่ยเท่ากับ 0.545 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 1 (ดูตาราง 46 ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีประสบการณ์ด้านการวางแผนอยู่ระดับ 3 เมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 55.45

มิติที่ 5 ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (Monitoring : K5) นักเรียนคนนี้มีความสามารถ เฉลี่ยเท่ากับ 0.318 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 1 (ดูตาราง 47 ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีประสบการณ์ด้านการตรวจสอบอยู่ระดับ 3 เมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 53.18

มิติที่ 6 ประสบการณ์ด้านการประเมินผล (Evaluating : K6) นักเรียนคนนี้มีความสามารถ เฉลี่ยเท่ากับ 0.000 เมื่อเทียบค่าความสามารถกับเกณฑ์จุดตัดการคิดอภิมานตามมิติที่ 1 (ดูตาราง 48 ประกอบ) นักเรียนคนนี้มีประสบการณ์ด้านการประเมินผลอยู่ระดับ 3 เมื่อแปลงเป็นคะแนนสเกลแล้วได้คะแนนเท่ากับ 50.00

สรุปได้ว่า ผลการวินิจฉัยระดับความสามารถของนักเรียนคนที่ 3 โดยเทียบกับคะแนนจุดตัด เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า

ระดับความสามารถด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมายอยู่ในระดับที่ 3 โดยนักเรียนสามารถนักเรียนสามารถบอกถึงกลวิธี และแหล่งข้อมูลที่จำเป็น บอกปัจจัยที่ทำให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ ได้ ระบุแนวทาง/วิธีการในการแก้ ปัญหา โดยอธิบายเป็นลำดับขั้นตอนได้ นักเรียนสามารถระบุได้ว่าเหตุใดจึงใช้เทคนิควิธีการนั้น แต่ไม่ให้เหตุผลสนับสนุนหรือเหตุผลไม่เหมาะสม

ระดับความสามารถด้านความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการอยู่ในระดับ 3 โดยนักเรียนสามารถระบุอุปสรรคของการดำเนินงานได้ครอบคลุม สมเหตุสมผล สามารถระบุสาเหตุของปัญหาและบอกกลวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน และสมเหตุสมผล แต่ไม่ระบุว่าจะเริ่มใช้ยุทธวิธี/วิธีการนั้นได้เมื่อไหร่

ระดับความสามารถด้านความรู้ที่เป็นเงื่อนไขอยู่ในระดับ 3 โดยนักเรียนสามารถระบุได้ว่าต้องมีความรู้เรื่องใด และต้องใช้ทักษะใดในการแก้ปัญหาและบอก แหล่งที่มาของความรู้ได้หลากหลายสรุปใจความสำคัญได้ด้วยภาษาของตนเองและครอบคลุม แต่ไม่บอกวิธีการที่ช่วยจำได้ง่าย ๆ

ระดับความสามารถด้านประสบการณ์การวางแผนอยู่ในระดับ 3 โดยนักเรียนสามารถกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ เลือกวิธีการ เรียงลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้การปฏิบัติ มีการคาดคะเนหรือทำนายผลล่วงหน้า มีการรวบรวมหรือบอกแนวทางต่าง ๆ เพื่อที่จะให้การเรียนรู้บรรลุผล

ระดับความสามารถด้านประสบการณ์ด้านการตรวจสอบอยู่ในระดับ 3 โดยนักเรียนมีการทบทวนการคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ถึงความเป็นไปได้ ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนและวิธีการที่เลือกใช้ แต่ไม่เรียงลำดับปัญหาและข้อผิดพลาดที่พบ นำวิธีไม่เหมาะสมออก ไม่มีการพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้อย่างละเอียดและเพียงพอ

ระดับความสามารถในประสบการณ์ด้านการประเมินผลอยู่ในระดับ 3 โดยนักเรียนสามารถสรุปความรู้ที่ได้รับ มีการแปลความหมายของข้อมูล แต่ไม่ได้สรุปวิธีที่จะเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต

เมื่อพิจารณาโดยภาพรวม พบว่า นักเรียนคนที่ 3 มีความสามารถอยู่ในระดับ 3 ทุกด้าน นักเรียนจึงต้องได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็ว

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบทดสอบและการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีระเบียบวิธีวิจัยเป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีวัตถุประสงค์ 2 ประการคือ เพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และเพื่อประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. วัตถุประสงค์ของการวิจัย
2. สรุปผลการวิจัย
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. เพื่อประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

สรุปผล

ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตอนที่ 2 ผลการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของข้อคำถามความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ มีค่าขนาดความสัมพันธ์อยู่ระหว่าง .240 ถึง .592 โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกข้อ ส่วนผลการวิเคราะห์ค่าการวัดความพอเพียงในการสุ่ม (Measure of Sampling Adequacy; MSA) พบว่า องค์ประกอบของการคิดอภิมาน มีค่า MSA อยู่ระหว่าง 0.83-0.92 แสดงว่า ข้อคำถามทุกข้อได้รับการทำนายได้ดีปราศจากความคลาดเคลื่อนจากข้อคำถามอื่น เมื่อพิจารณาค่า Bartlett's Test of Sphericity เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม มีค่าเท่ากับ 3464.979 ($p < .000$) แสดงว่า เมตริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามแตกต่างจากเมตริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ ตัวแปรตามในการวิเคราะห์ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันเพียงพอที่จะใช้สถิติวิเคราะห์ทั้งการวิเคราะห์องค์ประกอบและการวิเคราะห์พหุมิติ เมื่อพิจารณาค่า Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy (KMO) ซึ่งใช้ในการประเมินความเหมาะสมของข้อมูล มีค่าเท่ากับ 0.878

2. การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ

2.1 การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ ผลการเปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลการคิดอภิมานพหุมิติและเอกมิติเพื่อแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง โดยเปรียบเทียบโมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติ (Multidimensional Approach) กับโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ (Composite Approach) พบว่า โมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติ มีค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic) เท่ากับ 299870.16805 (จำนวนพารามิเตอร์เท่ากับ 57) โมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ มีค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic) เท่ากับ 30179.99250 (จำนวนพารามิเตอร์เท่ากับ 37) ซึ่งโมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติ มีค่าสถิติดีเวียนซ์น้อยกว่าโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ผลการเปรียบเทียบตามค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterion ; AIC) ระหว่างโมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติกับโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ พบว่า โมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติ มีค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (AIC) เท่ากับ 29984.16805 โมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ มีค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (AIC) เท่ากับ 30253.99250 ซึ่งโมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติ มีค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (AIC) น้อยกว่าโมเดล การคิดอภิมานแบบเอกมิติ เมื่อเปรียบเทียบค่า χ^2 = 309.82445 กับ Critical Values ที่ df = 20, p = .01 ซึ่งเท่ากับ 37.57 พบว่า ค่า χ^2 มีค่าน้อยกว่าค่า Critical Values นั่นคือ โมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติ

แตกต่างจากโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวได้ว่า โมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติมีความเหมาะสมกับข้อมูลมากกว่าโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างโมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติกับข้อคำถามรายข้อด้วยค่าความเหมาะสมรายข้อ (Item Fit) ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าสถิติ OUTFIT MNSQ ของข้อคำถามทั้งฉบับมีค่าอยู่ระหว่าง 0.90–2.71 และค่าสถิติ INFIT MNSQ ของข้อคำถามทั้งฉบับมีค่าอยู่ระหว่าง 0.90–1.06 ซึ่งค่าสถิติ INFIT MNSQ อยู่ในช่วงเกณฑ์การพิจารณาค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อการสอบประเภทการวัดทั่วไป โดยยอมรับค่าอยู่ระหว่าง .70-1.30 (Wright and others, 1994)

แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถของนักเรียนด้วยการวิเคราะห์โมเดลเอกมิติรวมและการประมาณค่าความยากและค่าขั้นความยาก (Threshold) ของข้อคำถาม ผลการวิเคราะห์พบว่า นักเรียนมีลักษณะการกระจายใกล้เคียงโค้งปกติ ในช่วงความสามารถ -2 ถึง +2 ส่วนใหญ่มีความสามารถปานกลาง ข้อที่ยากที่สุดคือ ข้อ 7 และข้อที่ง่ายที่สุดคือ ข้อ 1 เมื่อพิจารณาค่าความยากของข้อสอบ (δ) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ซึ่งสูงกว่าความสามารถขั้นต่ำในการตอบของนักเรียน และค่าขั้นความยากมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในแต่ละขั้น

แผนภาพการตอบสนองข้อคำถามแสดงการกระจายความสามารถของนักเรียนด้วยการวิเคราะห์โมเดลพหุมิติและการประมาณค่าความยากและค่าขั้นความยาก (Threshold) ของข้อคำถาม โดยแยกวิเคราะห์เป็น 6 มิติย่อย ได้แก่ มิติที่ 1 ความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย มิติที่ 2 ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอนหรือวิธีการ มิติที่ 3 ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข มิติที่ 4 ประสบการณ์ด้านการวางแผน มิติที่ 5 ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ และมิติที่ 6 ประสบการณ์ด้านการประเมินผล ผลการวิเคราะห์พบว่า ทุกมิตินักเรียนมีลักษณะการกระจายใกล้เคียงโค้กปกติ มิติที่ 1, 2, 3 นักเรียนมีความสามารถอยู่ในช่วง -3 ถึง +3 ส่วนมิติที่ 4, 5, 6 นักเรียนมีช่วงความสามารถอยู่ในช่วง -2 ถึง +2 เมื่อพิจารณาขั้นความยากของข้อสอบ พบว่า ทุกมิติมีขั้นความยาก แบ่งเป็น 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มแยกกลุ่มกันอย่างชัดเจน และระดับขั้นความยากสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในแต่ละขั้น แสดงว่า นักเรียนต้องใช้ความสามารถสูงขึ้นในการตอบเพื่อให้ได้คะแนนที่สูงขึ้น

เกณฑ์จุดตัดความสามารถการคิดอภิมาน ผลการวิเคราะห์ขั้นความยาก (Threshold) พบว่า ทุกมิติมีขั้นความยากแบ่งเป็น 4 ระดับ มีจุดตัด 4 จุดตัด ทำให้แบ่งระดับความสามารถของนักเรียนได้ 5 ระดับ

2.2 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

ผลการวิเคราะห์โมเดลโครงสร้างการคิดอภิมานแบบพหุมิติประกอบด้วย 6 มิติย่อย คือ มิติด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (K1) ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอน (K2) ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (K3) ประสบการณ์ด้านการวางแผน (K4) ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (K5) ประสบการณ์ด้านการประเมินผล (K6) พบว่า มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 0.453 – 0.563, 0.574–0.672, 0.425–0.687, 0.647–0.854, 0.583–0.794 และ 0.495–0.678 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าความเชื่อมั่น (r^2) ของข้อคำถามความสามารถการคิดอภิมานมีค่าอยู่ระหว่าง 0.210–0.323, 0.067–0.304, 0.116–0.305, 0.323–0.951, 0.141–0.691 และ 0.136–0.378 แสดงว่า สัดส่วนความแปรปรวนของข้อคำถามอธิบายได้โดยองค์ประกอบอยู่ในระดับต่ำจนถึงระดับสูง ร้อยละ 21.0–32.3, 6.70–30.40, 11.60–30.50, 32.30-95.10 และ 14.10–69.10 ตามลำดับ

เมื่อทำการตรวจสอบความสอดคล้องของโครงสร้างทฤษฎีการคิดอภิมานแบบพหุมิติกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการทดสอบสถิติไคสแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 3.972 (df = 3, p = 0.265) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ พร้อมพิจารณาค่าสถิติตัวอื่น ๆ ร่วมด้วย ซึ่งดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ .995 ซึ่งดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับค่าแล้ว (AGFI) เท่ากับ .985 ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (RMR) เท่ากับ .0048 และค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ 0.0163 จากค่าดัชนีความเหมาะสมสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างทฤษฎีความสามารถการคิดอภิมานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ อันเป็นหลักฐานแสดงถึงความตรงตามโครงสร้างทฤษฎีของความสามารถการคิดอภิมานแบบพหุมิติ

3. การตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ

ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ จำนวน 9 ข้อ พบว่า การประมาณค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟามีค่าความเชื่อมั่นด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (K1) ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอน (K2) ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (K3) ประสบการณ์ด้านการวางแผน (K4) ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (K5) และประสบการณ์ด้านการประเมินผล (K6) เท่ากับ .707, .746, .711, .714, .740 และ .752 ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM) เท่ากับ 1.496, 1.494, 1.519, 1.365, 1.427 และ 1.375 ตามลำดับ โดยการประมาณค่าแบบมาร์จิแน็ลแม็คซิมัมไลค์ลิฮูด (Marginal Maximum-Likelihood : MML) มีค่าความเชื่อมั่นแบบ EAP Reliability ความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (K1) ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอน (K2) ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (K3) ประสบการณ์ด้านการวางแผน (K4)

ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (K5) และประสบการณ์ด้านการประเมินผล (K6) เท่ากับ 0.846, 0.853, 0.845, 0.717, 0.787 และ 0.714 ตามลำดับ

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือรายข้อจากค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของข้อคำถามแต่ละข้อกับคะแนนรวมแต่ละด้านของแบบทดสอบ (Item-Total Correlation; r_i) ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของข้อคำถามแต่ละข้อกับคะแนนรวมแต่ละด้านของแบบทดสอบด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (K1) ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอน (K2) ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (K3) ประสบการณ์ด้านการวางแผน (K4) ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (K5) และประสบการณ์ด้านการประเมินผล (K6) อยู่ระหว่าง .413–.606, .550-.598, .458-.590, .338-.490, .443-.459, และ .419-.491 ตามลำดับ ซึ่งทุกข้อคำถามมีค่าเกินเกณฑ์ .20 ขึ้นไป กล่าวคือ ข้อคำถามสามารถอธิบายความแปรปรวนของคะแนนคุณลักษณะที่วัดด้านความรู้อยู่ระหว่างร้อยละ 17.05–36.72, 30.25-35.76, 20.97-34.81, 14.44-24.01, 19.62-21.06 และ 17.55-24.10 แสดงว่าข้อคำถามทุกข้อมีคุณภาพสามารถวัดในคุณลักษณะแต่ละด้านได้ หรืออาจกล่าวได้ว่า ข้อคำถามทุกข้อสามารถจำแนกคุณลักษณะที่ทำการวัดแต่ละด้านซึ่งจำแนกออกจากกันได้

ตอนที่ 2 ผลการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

การประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมาน ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ตามโมเดล $S_{k\times1}B_{1\times d}=\hat{\theta}_{k\times d}$ (วนิดา หอมจันทร์, 2558) โดยพิจารณาโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบ (มิติ) ถ้าพบว่าไม่มีนัยสำคัญหรือไม่สัมพันธ์กัน (องค์ประกอบนั้นไม่ได้วัด) ให้ถือว่าสัมประสิทธิ์การถดถอยข้อคำถามบนองค์ประกอบนั้นมีค่าเป็นศูนย์ โดยประมาณค่าเป็นรายข้อจำแนกตามระดับคะแนนที่ได้ จำนวน 5 ระดับ คือ 0, 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งในแต่ละระดับขั้นของคะแนนจะให้ค่าความสามารถประจำข้อที่แตกต่างกัน ยิ่งได้คะแนนสูงขึ้นจะมีค่าความสามารถที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อตรวจให้คะแนนนักเรียน 1 คน ทั้ง 9 ข้อแล้วจะสามารถสรุปค่าความสามารถการคิดอภิมานของนักเรียนคนนั้นได้ในแต่ละมิติ โดยนำคะแนนความสามารถจากแต่ละมิติรวมกันแล้วหารเฉลี่ยด้วยจำนวนข้อที่มีมิตินั้น จะได้ค่าความสามารถเฉลี่ยของแต่ละมิติ และสามารถวินิจฉัยความสามารถของนักเรียนคนนั้นได้ด้วยการนำคะแนนความสามารถของนักเรียนที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์จุดตัดเพื่อแปลความหมายของคะแนนว่าตกอยู่ในระดับความสามารถใด แต่เมื่อพิจารณาการนำคะแนนความสามารถการคิดอภิมานที่แท้จริงแล้วยากต่อการนำไปใช้ในทางปฏิบัติ จึงจำเป็นต้องมีการแปลงคะแนนสเกลให้สามารถเปรียบเทียบกันเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้ โดยทั่วไปมักกำหนดให้มีค่าเฉลี่ยเป็น 500 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 100 ดังเช่น

ผลการประเมิน PISA 2015 และ TIMSS 2015 แต่สำหรับบริบทของสังคมไทย คะแนนควรอยู่ช่วง 1-100 (พัชรี จันทร์เพ็ง, 2550) เพื่อให้เข้าใจง่ายในการนำไปใช้ประโยชน์ จึงกำหนดให้มีคะแนนเฉลี่ย 50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10 เขียนเป็นสมการได้ $50+10(\theta)$ ซึ่ง θ คือ ค่าความสามารถการคิดอภิมาน

อภิปรายผล

ผู้วิจัยอภิปรายผลการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของข้อคำถามความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ มีค่าขนาดความสัมพันธ์อยู่ระหว่าง .240 ถึง .592 โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกข้อ แสดงให้เห็นว่าทุกข้อมีความสัมพันธ์กันทางบวก มีความสัมพันธ์กันตั้งแต่ระดับต่ำจนระดับสูง ส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันระดับปานกลาง ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถาม เป็นการบอกความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ มีขนาดและทิศทางความสัมพันธ์อย่างไร มีเกณฑ์การแปลความหมายคือ $-.3 < r \leq .3$ แสดงว่ามีขนาดความสัมพันธ์ต่ำ $-.3 < r \leq -.5$ หรือ $.3 < r \leq .5$ แสดงว่ามีขนาดความสัมพันธ์ปานกลาง $-.5 < r \leq -.7$ หรือ $.5 < r \leq .7$ แสดงว่ามีขนาดความสัมพันธ์สูง และ $r > .7$ หรือ $r < -.7$ แสดงว่ามีขนาดความสัมพันธ์สูงมาก (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2552) และจากหลักการแปลความหมายของค่าสหสัมพันธ์สามารถแปลความหมายค่าร้อยละความแปรปรวนร่วม (Percentage of Covariance) คือ $r^2 \leq .09$ แสดงว่า ร้อยละความแปรปรวนร่วมต่ำ $.09 < r^2 \leq .25$ แสดงว่า ร้อยละความแปรปรวนร่วมปานกลาง $.25 < r^2 \leq .49$ แสดงว่าร้อยละความแปรปรวนร่วมสูง และ $r^2 > .49$ แสดงว่า ร้อยละความแปรปรวนร่วมสูงมาก

ผลการวิเคราะห์ค่าการวัดความพอเพียงในการสุ่ม (Measure of Sampling Adequacy ; MSA) พบว่า องค์ประกอบของการคิดอภิมาน มีค่า MSA อยู่ระหว่าง 0.83-0.92 แสดงว่า ข้อคำถามทุกข้อได้รับการทำนายได้ดีปราศจากความคลาดเคลื่อนจากข้อคำถามอื่น เนื่องจากค่าการวัดความพอเพียงในการสุ่มนี้ ปรากฏในเมตริกซ์สหสัมพันธ์แอนติอิเมจ (Anti-Image Correlation Matrix) หรือเมตริกสหสัมพันธ์พาเชียลระหว่างตัวแปรแต่ละคู่เมื่อขจัดความแปรปรวนของตัวแปรอื่น ๆ ออกไป ค่าของ MSA จะแสดงเป็นรายข้อตามแนวทแยงของเมตริกซ์ โดยข้อคำถามที่ควรนำมาพิจารณาควรมีค่า MSA ตั้งแต่ 0.7 ขึ้นไป จึงจะเป็นค่าที่พอใช้ หากค่า MSA มีค่าเข้าใกล้หนึ่งหมายความว่า ข้อคำถามหรือตัวแปรได้รับการทำนายได้ดี ปราศจากความคลาดเคลื่อนจากข้อคำถามหรือตัวแปรอื่น (Hair and others, 2006)

เมื่อพิจารณาค่า Bartlett's Test of Sphericity เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรตาม มีค่าเท่ากับ 3464.979 ($p < .000$) แสดงว่า เมตริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามแตกต่างจากเมตริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ ตัวแปรตามในการวิเคราะห์ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันเพียงพอที่จะใช้สถิติวิเคราะห์ทั้งการวิเคราะห์องค์ประกอบและการวิเคราะห์พหุมิติ ทั้งนี้ Bartlett's Test of Sphericity เป็นการตรวจสอบว่าเมตริกซ์สหสัมพันธ์ของเทอมความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแตกต่างจากเมตริกซ์เอกลักษณ์ (Identity Matrix) หรือไม่ ถ้าผลการทดสอบพบว่าปฏิเสธสมมติฐาน หมายถึงตัวแปรตามในการวิเคราะห์ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันเพียงพอที่จะใช้สถิติวิเคราะห์ตัวแปรพหุนามได้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2548 ; Hair and others, 2006) เมื่อพิจารณาค่า Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy (KMO) ซึ่งใช้ในการประเมินความเหมาะสมของข้อมูล มีค่าเท่ากับ 0.878 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ของ Hair and others (2006) ได้เสนอไว้ตั้งแต่ .500 และสุภมาส อังศุโชติ และคณะ (2552) เสนอเกณฑ์ไว้ว่า ค่า KMO 0.80 ขึ้นไปว่าเหมาะสมที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบมากที่สุด จึงกล่าวได้ว่า ข้อมูลมีความ เหมาะสมในการที่จะทำการวิเคราะห์องค์ประกอบและการวิเคราะห์พหุมิติ

2. การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ

2.1 การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ

ผลการเปรียบเทียบความเหมาะสมของโมเดลการคิดอภิมานพหุมิติและเอกมิติเพื่อแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง โดยเปรียบเทียบโมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติ (Multidimensional Approach) กับโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ (Composite Approach) พบว่า โมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติ มีค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic) เท่ากับ 299870.16805 (จำนวนพารามิเตอร์เท่ากับ 57) โมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ มีค่าสถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic) เท่ากับ 30179.99250 (จำนวนพารามิเตอร์เท่ากับ 37) ซึ่งโมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติ มีค่าสถิติดีเวียนซ์น้อยกว่าโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 กล่าวได้ว่า โมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติมีความเหมาะสมกับข้อมูลมากกว่าโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ โดยพิจารณาตามเกณฑ์ความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดังที่ Hoskens and Boeck, (2001) Allen and Willson (2006) Liu, Wilson and Paek (2008) กล่าวว่า สถิติดีเวียนซ์ (Deviance Statistic ; G^2) เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของโมเดล โมเดลใดที่มีค่าสถิติน้อยกว่า จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของโมเดลมากกว่า และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบตามค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (Akaike Information Criterion ; AIC) ระหว่างโมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติกับโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ พบว่าโมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติมีค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (AIC) เท่ากับ 29984.16805 โมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ มีค่า

เกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (AIC) เท่ากับ 30253.99250 ซึ่งโมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติ มีค่าเกณฑ์สารสนเทศเอไคคี (AIC) น้อยกว่าโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ เมื่อเปรียบเทียบค่า χ^2 = 309.82445 กับ Critical Values ที่ df = 20, p = .01 ซึ่งเท่ากับ 37.57 พบว่าค่า χ^2 มีค่าน้อยกว่าค่า Critical Values นั่นคือ โมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติมีค่าสารสนเทศ AIC น้อยกว่าโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวได้ว่า โมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลการคิดอภิมานแบบเอกมิติ โดยค่า AIC เป็นสถิติที่ใช้ในการประเมินบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของโมเดล โมเดลใดที่มีค่า AIC น้อยกว่าจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของโมเดลมากกว่า (Hoskens and Boeck, 2001 ; Allen and Willson, 2002 ; Liu, Wilson and Paek, 2008) ซึ่งทั้งสถิติดีเวียนซ์และ AIC ยังเป็นตัวบ่งชี้ถึงโมเดลที่คาดว่าน่าจะเป็นโมเดลที่ดีที่สุด สามารถนำโมเดลนั้นไปใช้ในการตีความหมายได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Briggs and Wilson, 2003 ; Allen and Willson, 2002) สอดคล้องกับงานวิจัยของชัยวิชิต เชียรชนะ (2552) ที่พบว่า แบบวัดกลยุทธ์การเรียนรู้แบบพหุมิติที่ประกอบด้วย โครงสร้าง 3 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบด้านกลยุทธ์การรู้คิด กลยุทธ์จิตพิสัย และกลยุทธ์ทักษะการเรียนรู้ มีความเที่ยงโดยการ วิเคราะห์พหุมิติ (EAP Reliability) เท่ากับ .849, .878, และ .844 ตามลำดับ และมีความตรงเชิงโครงสร้าง โดยโมเดลโครงสร้างกลยุทธ์การเรียนรู้แบบพหุมิติมีความเหมาะสมมากกว่าแบบเอกมิติรวม (Deviance Statistic ของโมเดลพหุมิติ = 56,461.589 โมเดลเอกมิติรวม = 56,527.426) และเหมาะสมมากกว่าแบบเอกมิติแยก ตามมิติ (AIC ของโมเดลพหุมิติ = 56,737.589, โมเดลเอกมิติแยก ตามมิติ = 63,750.977) และโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีค่าสถิติไคสแควร์ เท่ากับ 758.582 (df = 705, p = .079) GFI = .942, AGFI = .993, RMR = .035 และ RMSEA = .011 และสอดคล้องกับ สุกัญญา ทองนาค (2555) ที่พบว่า แบบทดสอบมีความตรงเชิงโครงสร้างโดยโมเดลการวัดสมรรถนะนักศึกษาตามมาตรฐานวิชาชีพครูแบบพหุมิติภายในข้อมีความเหมาะสมมากกว่าแบบเอกมิติรวม (Deviance Statistic ของโมเดลพหุมิติภายในข้อ = 600,930.415 โมเดลเอกมิติรวม = 601,154.556) และเหมาะสมมากกว่าแบบเอกมิติแยกตามมิติ (AIC ของโมเดลพหุมิติภายในข้อ = 601,982.415 โมเดลเอกมิติแยกตามมิติ = 602,993.114) และโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีค่าสถิติไคสแควร์ เท่ากับ 58.46 (df = 44, p = 0.071), GFI = 0.999, AGFI = 0.995, RMR = 0.041 และ RMSEA = 0.012 นอกจากนี้ยังคล้ายคลึงกับ เมษา นวลศรี (2559) ได้ศึกษาพบว่า ความเป็นพลเมือง ที่มีความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โมเดลแบบพหุมิติ (G^2 = 100,478,753, AIC = 100,658.753, BIC = 100,762,459) มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลเอกมิติแบบแยกตามมิติ (G^2 = 101,076.172, AIC =101,250.172, BIC = 101,350.421) และโมเดลแบบเอกมิติรวม (G^2 = 100,997,547, AIC = 101,167,547, BIC = 101,265.492) ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างโมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติกับข้อคำถามรายข้อด้วยค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อ (Item Fit) ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าสถิติ OUTFIT MNSQ ของข้อคำถามทั้งฉบับมีค่าอยู่ระหว่าง 0.90–2.71 และค่าสถิติ INFIT MNSQ ของข้อคำถามทั้งฉบับมีค่าอยู่ระหว่าง 0.90–1.06 ซึ่งค่าสถิติ INFIT MNSQ อยู่ในช่วงเกณฑ์การพิจารณาค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อการสอบประเภทการวัดทั่วไป โดยยอมรับค่าอยู่ระหว่าง .70-1.30 (Wright and others, 1994) แสดงว่า โมเดลการคิดอภิมานแบบพหุมิติมีความเหมาะสมกับข้อมูลข้อคำถามรายข้อ อธิบายได้ว่า ค่าสถิติความเหมาะสมรายข้อ (Item Fit) เป็นค่าที่แสดงความแตกต่างระหว่างค่าที่คาดหวังและค่าที่สังเกตได้ในการตอบรายข้อ โดยพิจารณาจากดัชนีชี้วัดความเหมาะสมของข้อคำถามรายข้อที่ยังไม่ได้แปลงค่าคือ สถิติ OUTFIT MNSQ (OUTFIT Mean Square หรือ Unweighted Mean Square) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนที่ไม่มีการถ่วงน้ำหนัก (Unweighted Fit) และค่าสถิติ INFIT MNSQ (INFIT Mean Square หรือ Weighted Mean Square) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนที่มีการถ่วงน้ำหนัก (Weighted Fit) โดยค่าสถิติ OUTFIT MNSQ และ INFIT MNSQ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง + ∞ หากมีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าโมเดลมีความเหมาะสมกับข้อมูลรายข้ออย่างสมบูรณ์ หากมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าความแปรปรวนของข้อมูลมีน้อยกว่าที่คาดหวัง (Wilson, 2005 ; Mok and others, 2006 ; Liu, Wilson and Paek, 2008) คล้ายคลึงกับงานวิจัยของเมษา นวลศรี (2559) ที่พบว่าแบบวัดความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบประกอบด้วย 3 มิติ ตามแผนที่โครงสร้างพหุมิติ มีจำนวน 36 ข้อ ทุกข้อค่า MNSQ อยู่ในช่วง 0.93-1.11 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้

2.2 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

ผลการตรวจสอบความสอดคล้องของโครงสร้างทฤษฎีการคิดอภิมานแบบพหุมิติมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ของ Kelloway (1998) โดยค่าสถิติไคสแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 3.972 (df = 3, p = 0.265) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เนื่องจากค่าไคสแควร์มีความไวต่อขนาดกลุ่มตัวอย่าง จึงพิจารณาค่าสถิติตัวอื่น ๆ ร่วมด้วย คือดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI = .995) ซึ่งมีค่าเกิน 0.90 เป็นตัวแสดงประสิทธิภาพของโมเดลในภาพรวมทั้งหมด ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับค่าแล้ว (AGFI = .985) มีค่าเกิน 0.90 มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) โดยนำค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) มาปรับแก้ ซึ่งคำนึงถึงขนาดขององศาความอิสระ รวมถึงจำนวนตัวแปรและกลุ่มตัวอย่าง ค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (RMR = .0048) มีค่าต่ำกว่า 0.05 เป็นค่าที่บ่งบอกขนาดของความคลาดเคลื่อนในการวัด ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนที่แสดงความแตกต่างระหว่างความแปรปรวนที่ได้รับการพยากรณ์และความแปรปรวนที่แท้จริง และค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดย

ประมาณ (RMSEA = 0.0163) มีค่าต่ำกว่า 0.05 เป็นค่าที่แสดงถึงขนาดของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ จากเกณฑ์การพิจารณา ค่าสถิติอยู่ในเกณฑ์การยอมรับทุกค่าจึงเป็นสิ่งบ่งชี้ว่าโมเดลความสามารถการคิดอภิมานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อันเป็นหลักฐานความตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบ ซึ่งมีความสอดคล้องกับแนวคิดของ ศิริชัย กาญจนวาสี (2555) และ McIntire and Miller (2007) ที่กล่าวไว้ว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเป็นการแสดงหลักฐานความตรงเชิงโครงสร้างโดยหลักฐานที่แสดงนั้นเป็นการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูล หากโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลจะบ่งชี้ถึงโมเดลองค์ประกอบที่ศึกษาเป็นหลักฐานสำหรับยืนยันองค์ประกอบคุณลักษณะที่วัดจากหลักฐานดังกล่าวจึงแสดงถึงความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างทฤษฎีของแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานแบบพหุมิติด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน คล้ายคลึงกับงานวิจัยของ อัญชลี ศรีกลชาญ (2547) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาแบบวัดพหุปัญญาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า แบบวัดพหุปัญญามีความตรงเชิงโครงสร้างอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่า Chi-Square =120427 (p = .100), df = 1461, GFI = 0.95, AGFI = 0.94, CFI = 1.00, Standardized RMR = 0.03, RMSEA = 0.00 และองค์ประกอบทั้ง 8 องค์ประกอบ กับข้อสอบทั้ง 60 ข้อมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และวนิดา ดีแป้น (2556) ได้ศึกษาการสร้างโมเดลการตอบสนองรายข้อแบบพหุนิติ พหุระดับของพฤติกรรมการเป็นสมาชิกองค์กรของครู พบว่า ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับบ่งชี้ความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดพฤติกรรมการเป็นสมาชิกองค์กรของครู โดยมีค่า ไคสแควร์ เท่ากับ 171.701 (df 161, p = 0.2178), CFI = 0.999, TLI = 0.998, RMSEA = 0.010, $SRMR_W$ =0.012 และ $SRMR_b$ = 0.048

3. การตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ

ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ จำนวน 9 ข้อ พบว่า การประมาณค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟามีค่าความเชื่อมั่นด้านความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (K1) ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอน (K2) ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (K3) ประสบการณ์ด้านการวางแผน (K4) ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (K5) และประสบการณ์ด้านการประเมินผล (K6) เท่ากับ .707, .746, .711, .714, .740 และ .752 ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SEM) เท่ากับ 1.496, 1.494, 1.519, 1.365, 1.427 และ 1.375 ตามลำดับ โดยการประมาณค่าแบบมาร์จิแน็ลแม็คซิมัมไลค์ลิฮูด (Marginal Maximum-Likelihood : MML) มีค่าความเชื่อมั่นแบบ EAP reliability ความรู้เกี่ยวกับการให้นิยามความหมาย (K1) ความรู้ที่เป็นลำดับขั้นตอน (K2) ความรู้ที่เป็นเงื่อนไข (K3) ประสบการณ์ด้านการวางแผน (K4) ประสบการณ์ด้านการตรวจสอบ (K5) และประสบการณ์ด้านการประเมินผล (K6) เท่ากับ 0.846, 0.853, 0.845, 0.717, 0.787 และ 0.714 ตามลำดับ ทั้งนี้ในการประมาณค่าความ

เชื่อมั่นด้วยการวิเคราะห์พหุมิติ ได้ค่าความเชื่อมั่นเรียกว่า EAP Reliability เป็นการประยุกต์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบตามทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ให้มีรูปแบบที่คล้ายกับความเชื่อมั่นตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ดังที่ Adams and Becky (2005) สรุปไว้ว่า ค่าความเชื่อมั่นทั้งตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมเป็นค่าที่เหมือนกับทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบที่ใช้โมเดลมาร์จิแน็ล (Marginal Model) โดยสามารถใช้ค่าความเชื่อมั่นในการแสดงถึงคุณภาพของการออกแบบการวัด (Measurement Design) ดังนั้น ในการพิจารณาความเชื่อมั่นจึงพิจารณาตามเกณฑ์เดียวกันกับความเชื่อมั่นตามทฤษฎีทดสอบแบบดั้งเดิม โดยที่ Nunnally and Bernstein (1994) ; Hair and others, 2006) ได้เสนอเกณฑ์การพิจารณาค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตรสัมประสิทธิ์อัลฟาไว้สอดคล้องกัน โดยพิจารณายอมรับค่า .700 ขึ้นไป ส่วน Cohen and Swerdlik (2005) เสนอเกณฑ์การพิจารณาค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา ยอมรับค่า .800 ขึ้นไป และ Peterson (1994) ได้ทำการวิเคราะห์อภิมาน (Meta-Analysis) ค่าความเชื่อมั่นที่ใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา จำนวนทั้งสิ้น 4,286 ค่า พบว่า ค่ามัธยฐานของค่าความเชื่อมั่นที่ใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ .790 จะเห็นได้ว่าจากเกณฑ์การพิจารณาค่าความเชื่อมั่น แบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิมานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าความเชื่อมั่นเกินเกณฑ์พิจารณาทุกด้าน ซึ่งแสดงถึงความคงเส้นคงวาของการวัดโดยใช้แบบทดสอบการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ คล้ายคลึงกับงานวิจัยของ สุกัญญา ทองนาค (2555) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบสมรรถนะนักศึกษาตามมาตรฐานวิชาชีพครูแบบพหุมิติที่มีการตรวจให้คะแนนแบบพหุวิภาค แบบทดสอบสมรรถนะนักศึกษาตามมาตรฐานวิชาชีพครูแบบพหุมิติที่พัฒนาขึ้นมีจำนวน 125 ข้อ วัดสมรรถนะ 3 ด้าน คือ ด้านความรู้คิด ด้านทักษะและความสามารถ และด้านคุณลักษณะ พบว่า มีความเชื่อมั่นโดยการวิเคราะห์พหุมิติ (EAP Reliability) เท่ากับ 0.8381 0.8303 และ0.7875 ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

การประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมาน ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ตามโมเดล $S_{k\times 1}B_{1\times d}=\hat{\theta}_{k\times d}$ (วนิดา หอมจันทร์, 2558) โดยพิจารณาโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อคำถามกับองค์ประกอบ (มิติ) ถ้าพบว่าไม่มีนัยสำคัญหรือไม่สัมพันธ์กัน (องค์ประกอบนั้นไม่ได้วัด) ให้ถือว่าสัมประสิทธิ์การถดถอยข้อคำถามบนองค์ประกอบนั้นมีค่าเป็นศูนย์ โดยประมาณค่าเป็นรายข้อจำแนกตามระดับคะแนนที่ได้ จำนวน 5 ระดับ คือ 0, 1, 2, 3 และ 4 ซึ่งในแต่ละระดับขั้นของคะแนนจะให้ค่าความสามารถประจำข้อที่แตกต่างกัน ยิ่งได้คะแนนสูงขึ้นจะมีค่าความสามารถที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อตรวจให้คะแนนนักเรียน 1 คน ทั้ง 9 ข้อ แล้วจะสามารถสรุปค่าความสามารถการคิดอภิมานของนักเรียนคนนั้นได้ในแต่ละมิติ โดยนำคะแนนความสามารถจาก

แต่ละมิติรวมกันแล้วหารเฉลี่ยด้วยจำนวนข้อที่มีมิตินั้น จะได้ค่าความสามารถเฉลี่ยของแต่ละมิติ ซึ่งอธิบายได้ว่า ผลการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานเป็นค่าความสามารถประจำระดับคะแนนในแต่ละข้อ และแยกตามมิติที่ข้อคำถาม โดยที่ค่าความสามารถประจำข้อที่แยกมิตินี้จะให้ค่าความสามารถของผู้ตอบคงเดิมไม่ว่าผู้ตอบคนนั้นจะอยู่ในกลุ่มตอบอื่นหรือจำนวนกลุ่มผู้ตอบเปลี่ยนไป เนื่องจากว่าค่าความสามารถที่ได้จากการประมาณนั้นเป็นค่าประจำข้อที่กำหนดแล้วว่าเมื่อผู้ตอบตอบได้คะแนนในระดับใดจะสามารถให้คำตอบได้ทันทีว่า ผู้ตอบคนนั้นมีค่าความสามารถในแต่ละมิติอยู่เท่าใด ซึ่งค่าประจำข้อที่ได้จากการประมาณนี้ จะทำให้ได้แบบทดสอบที่มีค่าความสามารถประจำข้อแยกตามมิติ สามารถนำแบบทดสอบนี้ไปวัดความสามารถกับผู้ตอบและหาผลรวมได้ทันทีเมื่อทำแบบทดสอบสิ้นสุดลง โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการประมาณค่าอีก เนื่องจาก การประมาณค่าจะให้ค่าทันทีที่ตอบในแต่ละข้อ สอดคล้องกับงานวิจัยของ วนิดา หอมจันทร์ (2558) ที่ศึกษาการพัฒนากระบวนการประมาณค่าคุณลักษณะพหุมิติจำแนกตามสเกลรายการคำตอบ โดยประมาณค่าคุณลักษณะของแบบวัดแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามทฤษฎีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของ McClelland จำแนกเป็น 3 องค์ประกอบ คือ ความต้องการความสำเร็จ ความต้องการความผูกพันและความต้องการอำนาจ ซึ่งพบว่า ผลการประมาณค่าคุณลักษณะพหุมิติจำแนกตามสเกลรายการคำตอบเป็นค่าคุณลักษณะประจำสเกลในแต่ละข้อ ซึ่งจะแยกตามมิติที่ข้อคำถามนั้นวัดตามโครงสร้างการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันและค่าคุณลักษณะประจำข้อที่แยกมิตินี้จะให้ค่าคุณลักษณะของผู้ตอบคงเดิมไม่ว่าผู้ตอบคนนั้นจะอยู่ในกลุ่มตอบอื่นหรือจำนวนกลุ่มผู้ตอบเปลี่ยนไป

สำหรับการวินิจฉัยความสามารถของนักเรียนทำได้ด้วยการนำคะแนนความสามารถของนักเรียนที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์จุดตัดเพื่อแปลความหมายของคะแนนว่าตกอยู่ในระดับความสามารถใด ซึ่งในการกำหนดเกณฑ์จุดตัดระดับความสามารถของนักเรียน อาศัยหลักการของการประมาณค่าความยากเป็นรายลำดับขั้นการตอบ (Threshold) ของแต่ละข้อคำถาม แล้วคำนวณหาค่าความยากเฉลี่ยของแต่ละข้อ เพื่อเป็นการกำหนดจุดตัดและจำแนกระดับความสามารถของนักเรียนออกเป็นแต่ละระดับ (Level) (พัชรี จันทร์เพ็ง, 2550) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้คำนวณจุดตัดได้ 4 จุดตัดในทุกมิติ จึงแบ่งความสามารถของนักเรียนออกได้ 5 ระดับ ตั้งแต่ระดับที่ 1 ถึงระดับที่ 5 คล้ายคลึงกับงานวิจัยของ เมษา นวลศรี (2559) ที่ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาและตรวจสอบโครงสร้างพหุมิติของความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น: การประยุกต์ใช้แนวคิด การสร้างแผนที่โครงสร้าง โดยสร้างคะแนนจุดตัดของแบบวัดตามโครงสร้างพหุมิติของความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จุดตัดของคะแนนความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบโดยใช้วิธีการกำหนดเกณฑ์พื้นที่ พบว่า โดยภาพรวมแบ่งนักเรียนออกเป็น 8 กลุ่ม ซึ่งมีจุดตัดของคะแนนที่ระดับความสามารถ = -1.829, -1.116, -0.999, -0.064, 1,431, 1.474 และ 2.177 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานไปใช้ ดังนี้

1.1 ควรนำกระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานไปใช้ในการพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยที่เป็นตัวแปรทางจิตวิทยาอื่น เพื่อนำไปใช้ในการวัดคุณลักษณะของผู้เรียนซึ่งสามารถใช้ในการประมาณค่าในกลุ่มผู้เรียนจำนวนน้อย และจะทำให้ได้สารสนเทศเพื่อนำไปสู่การวางแผนในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนและผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพ

1.2 ครูผู้สอนสามารถใช้ Rubrics ในการพัฒนาหรือปรับปรุงความสามารถทางการคิด อภิมานของนักเรียนได้ โดยการตรวจให้คะแนนแบบรูบริคส์ทำให้ได้ทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพที่ผนวกอยู่กับข้อมูลเชิงปริมาณมีประโยชนในการให้ขอมูลปอนกลับแก่ผู้ถูกประเมินซึ่งเปนการตอบสนองหลักการของการประเมินผลเพื่อการปรับปรุง ช่วยให้ครูสามารถตั้งเป้าหมายทางการคิดของนักเรียนได้อย่างชัดเจน และสามารถให้นักเรียนเห็นได้อย่างชัดเจนว่าทำอย่างไรจึงสามารถคิดได้ตามความคาดหวังที่ตั้งไว้

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

จากผลการวิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้

2.1 สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดเกณฑ์จุดตัดคะแนนความสามารถเพื่อเปรียบเทียบความสามารถของนักเรียนว่ามีความสามารถตกอยู่ในระดับใด ซึ่งจะต้องแปลคะแนนเป็นรายบุคคล ในกรณีที่นักเรียนจำนวนมากจะทำให้เสียเวลา ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรพัฒนาโปรแกรม การประมาณค่าความสามารถเพื่อช่วยในการแปลความหมายได้อย่างรวดเร็วและสามารถวิเคราะห์นักเรียนรายบุคคลได้ในคราวเดียวกัน

2.2 การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาแบบทดสอบความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัย พหุมิติ และการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยแบบทดสอบอัตนัยพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผ่านการวิเคราะห์คุณภาพด้วยวิธีที่หลากหลาย ทำให้ได้ข้อมูลสารสนเทศที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ ในการศึกษาครั้งต่อไปซึ่งเป็นตัวแปรเดียวกันนี้ ผู้สนใจควรศึกษาค่าความสามารถ (θ) โดยเปรียบเทียบค่าความสามารถที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบตามแนวคิดของกลุ่ม Thurstone กับ ค่าความสามารถที่ได้จากโปรแกรม IRT PRO และ Conquest แล้วนำมาหาค่าสหสัมพันธ์ เพื่อดูความเหมือนและความต่างของค่าความสามารถที่ได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

คมกริบ ธีรานุรักษ์. (2552). *การพัฒนามาตรวัดเมตาคอคนิชั่นโดยใช้คอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชนาธิป พรกุล. (2554). *การสอนกระบวนการคิดทฤษฎีและการนำไปใช้*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : วีพริ้นท์.

ชัยวิชิต เชียรชนะ. (2552). *การพัฒนาแบบวัดกลยุทธ์การเรียนรู้แบบพหุมิติสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.* วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการจัดการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไซลัน สาและ. (มปป.). *เกณฑ์การให้คะแนน.* [ออนไลน์]. ได้จาก : http:www.educms.pn.psu.ac.th/ojs-student/include/getdoc.php?id. [สืบค้นเมื่อ วันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2559].

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). *การวิเคราะห์อภิมาน*. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2535). *การวัดและประเมินผลการเรียนการสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : B and B.

พรทิพย์ ไชยโส. (2545). *เอกสารคาสอนวิชา153521 หลักการวัดและการประเมินผลการศึกษาขั้นสูง*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรี จันทร์เพ็ง. (2550). การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง : จากแนวคิดสู่การปฏิบัติ. *วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา*, 33(4), 22-41.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน 1*. กรุงเทพฯ : เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

เพ็ญพิไล ฤทธาคณานนท์. (2550). *พัฒนาการมนุษย์*. กรุงเทพฯ : คณะจิตวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เมษา นวลศรี. (2559). *การพัฒนาและตรวจสอบโครงสร้างพหุมิติของความเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น: การประยุกต์ใช้แนวคิดการสร้างแผนที่โครงสร้าง.* วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการจัดการศึกษาภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี. (2552). *การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ (Measurement and Achievement Test Construction).* กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ล้วน สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา.* กรุงเทพฯ : สุวีริยาส์น.

วนิดา ดีแป้น. (2556). *การสร้างโมเดลการตอบสนองรายข้อแบบพหุนิติ พหุระดับของพฤติกรรมการเป็นสมาชิกองค์กรของครู.* วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการจัดการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วนิดา หอมจันทร์. (2558). *การพัฒนากระบวนการประมาณค่าคุณลักษณะพหุมิติจำแนกตามสเกลรายการคำตอบ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดาฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วราวรรณ จันทรนุวงศ์ และกิ่งฟ้า สินธุวงษ์. (2557). *รายงานการวิจัยการคิดและการคิดเกี่ยวกับการรู้ : แนวการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดของผู้เรียน*. ขอนแก่น : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์.* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : มูลนิธิสดศรีสฤษดิ์วงศ์.

ศรีเรือน แก้วกังวาน. (2553). *จิตวิทยาพัฒนาการชีวิตทุกช่วงวัย เล่ม 1*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2544). *การเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมกับการวิจัย.* กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2550). *ทฤษฎีการประเมิน*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2551). *การเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมกับการวิจัย.* พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). *ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่.* พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมนึก ภัททิยธนี. (2556). *การวัดผลการศึกษา.* พิมพ์ครั้งที่ 9. กาฬสินธุ์ : ประสานการพิมพ์.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2552). *สถิติขั้นสูงสำหรับการวิจัยทางการศึกษา (Advanced Statistics for Educational).* มหาสารคาม : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2555). *ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์.* พิมพ์ครั้งที่ 5. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน. (2553). *คู่มือการสร้างข้อสอบเพื่อการเลือกสรรบุคคล*. กรุงเทพฯ : กลุ่มงานเครื่องมือประเมินบุคคล ศูนย์สรรหาและเลือกสรร สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน.

สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2546). *การประเมินผลการศึกษาในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษา.

สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2559). *คู่มือการพัฒนาศักยภาพครูผู้สอนและศึกษานิเทศก์ ในการสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเขียนตอบตามแนวการทดสอบระดับนานาชาติ (Essay Test Based on International Testing) ฉบับปรับปรุง 2559*. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.

สำเริง บุญเรืองรัตน์ และราชันย์ บุญธิมา. (2546). ความเชื่อมั่นของการตรวจให้คะแนนข้อสอบอัตนัย. *วารสารการวัดผลการศึกษา*, 25(73), 9-15.

สุกัญญา ทองนาค. (2555). *การพัฒนาแบบทดสอบสมรรถนะนักศึกษาตามมาตรฐานวิชาชีพครูแบบพหุมิติที่มีการตรวจให้คะแนนแบบพหุวิภาค*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการจัดการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์ และลัดดาวัลย์ รอดมณี. (2527). *เทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวสำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.

สุภมาศ อังศุโชติ และคณะ. (2554). *สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ เทคนิคการใช้โปรแกรม LISREL*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : เจริญดีมั่นคงการพิมพ์.

อรพินทร์ ชูชม. (2545). *เอกสารคำสอนวิชา วป 502 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวัดทางพฤติกรรมศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อัญชลี ศรีกลชาญ. (2547). การพัฒนาแบบวัดพหุปัญญาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารวิจัยและวัดผลการศึกษา*, (2)1, 112-129.

อัมพร แต้มเกษม. (2539). *การวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะทางด้านมนุษยสัมพันธ์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Ackerman, P.L. (1996). A theory of Adult Intellectual Development : Process, Personality, Interests, and Knowledge. *Intelligence*, 22(2), 227-257.

Ackerman, T.A., Gierl, M.J. and C.M. Walker. (2003). Using Multidimensional Item Response Theory to Evaluate Educational and Psychological Tests. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 22(3), 37-53.

Adams, R.J., Wilson, M. and W.C. Wang. (1997). The Multidimensional Random Coefficients Multinomial Logit Model. *Applied Psychological Measurement,* 21(1), 1-23.

Adams, W.R. and P. Becky. (2005). *Developing Reading Versatility*. 9th ed. New York : Thomson Wadsworth.

Agresti, A. (1996). *An Introduction to Categorical Data Analysis*. New York : John Wiley and Sons.

Akaike, H. (1987). Factor Analysis and AIC. *Psychometrika,* 52(3), 317-332.

Alfred, H. and J. P. Guilford. (1955*). Logical Reasoning*. California : Sheridan.

Allen, M.J. and M.Y. Willson. (2002). *Introduction to Measurement Theory*. Long Grove, IL : Waveland Press.

Amemiya, Y. and T.W. Anderson. (1990). Asymptotic Chi-Square Tests for a Large Class of Factor Analysis Models. *Annals of Statistics*, 18(3), 1453-1463.

Anderson W.L. and others. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing : A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives.* USA : Addison Wesley Longman.

Anderson, R.D. (1990). *Developing Children's Thinking through Science*. New Jersey : Prentice-Hall.

Anderson, T.L. (2002). *Practical Ethics Series: Rawls' Social Contract : Justice as Fairness*. [online]. available from : http://www.mnyaforum.org. [Retrieved 12 November 2017].

Aroian, K.J. and A.E. Norris. (2001). *Statistical Methods for Healthcare Research*. 4th ed. Philadelphia : Lippincott William and Wilkins.

Babcock, B. and D.J. Weiss. (2009). *Termination Criteria in Computerized Adaptive Tests : Variable-Length CATs are not Biased*. [online]. available from : http://publicdocs.iacat.org/cat2010/cat09babcock. [Retrieved 12 November 2017].

Baghaei, P. (2008). The Rasch Model as a Construct Validation Tool. *Rasch Measurement Transactions*, 22(1), 1145-1146.

Baker, L. and A. Brown. (1984). *Metacognitive Skills and Reading*. New York : Longman.

Birnbaum, A. (1968). *Statistical Theories of Mental Test Score*. Massachusetts : Addison-Wesley.

Blakey, E. and S. Spence. (1990). *Developing Metacognition*. New York : ERIC.

Bock, R.D. and M. Aitkin. (1981). Marginal Maximum Likelihood Estimation of Item Parameters : Application of an EM Algorithm. *Psychometrika*, 46(4), 443-459.

Bollen. K.A. (1989). *Structual Equations with Latent Variables*. New York : John Wiley and Sons.

Briggs, D.C. and M. Wilson. (2003). An Introduction to Multidimensional Measurement using Rasch Models. *Journal of Applied Measurement*, 4(1), 87-100.

Brown, A.L. and S.S Smiley. (1977). Rating the Importance of Structural Units of Prose Passages: A Problem of Metacognitive Development. *Child Development*, 48(1), 1-8.

Brown, H.D. (1987). *Principles of Language Learning and Teaching*. New Jersey : Prentice Hall.

Carlson, N.R. (1987). *Psychology : The Science of Behavior*. 2 ed. U.S.A. : Allyn and Bacon.

Chase, W.G. and K.A. Ericsson, K.A. (1982). Skill and Working Memory. *The Psychology of Learning and Motivation*, 16(1), 1-58.

Chen, M. (2009). Multinational Banking in China After WTO Accession : a Survey. *Journal* of Financial Regulation and Compliance, 17(1), 29-40.

Chou, C.P. and P.M. Bentler. (1995). *Estimates and Tests in Structural Equation Modeling*. California : SAGE.

Christine, W. and other. (2009). Factors Affecting Financial Performance of new and Beginning Farmers. *Agricultural Finance Review*, 69(2), 160-179

Christoffersson, A. (1975). Factor Analysis of Dichotomized Variables. *Psychometrika*, 40(1), 5-32.

Costello, A.B. and J.W. Osborne. (2005). Best Practices in Exploratory Factor Analysis Four Recommendations for Getting the Most from your Analysis. *Practical Assessment, Research and Evaluation*, 10(7), 1-9.

Cronbach, L.J. (1971). *Test Validation*. Washington, DC : American Council on Education.

Cross, D.R. and S.G. Paris. (1988). Developmental and Instructional Analyses of Children's Metacognition and Reading Comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 80(2), 131.

Davidson, N. (1994). *Cooperative and Collaborative Learning An Integrative Perspective Creativity and Collaborative Learning: A practical guide to Empowering Students and Teachers*. Maryland : Paul H. Brooks.

DeMars, C.E. (2004). *A Comparison of the Recovery of Parameters Using the Nominal Response and Generalized Partial Credit Models*. [online]. available from : http://www.jmu.edu/assessment/research/faculty/demars/DemarsAERA04_recovery. [Retrieved 12 November 2017].

Diamantopoulos, A. and J.A. Siguaw. (2000). *Introducing LISREL*. London : SAGE.

Diao, Q. and M. Reckase. (2009). *Comparison of Ability Estimation and Item Selection Methods in Multidimensional Computerized Adaptive Testing*. [online]. available from : http://www.psych.umn.edu/psylabs/CATCentral. [Retrieved 12 November 2017].

Douglas, G.B. ; and others. (1999). Effect of Condensed Tannins in Birds Foot Trefoil (Lotus Corniculatus) and Sulla (Hedysarum Coronarium) on Body Weight, Carcass fat Depth, and Wool Growth of Lambs in New Zealand. *New Zeal. J. Agric. Res.*, 42(1), 55-64.

Embretson, S.E. and S.P. Reise. (2000). *Multivariate Applications Books Series. Item Response theory for Psychologists*. New Jersey : Lawrence Erlbaum.

Ennis, R.H. and E. Weir. (1985). *The* Ennis–Weir Critical Thinking Essay Test. California : Midwest Publications.

Ennis, R.H. and J. Millman. (1985). *Cornell Critical Thinking Tests Level X & Level Z - Manual*. 3rd ed. California : Midwest Publication.

Ennis, R.H. and others. (1964). *An Annotated List of Critical Thinking Tests*. [online]. available from : http://www.criticalthinking.net/TestList.html. [Retrieved 12 November 2017].

Erikson, E.H. (1968). *Identity : Youth and Crisis*. New York : W.W. Norton.

Erskine, L. (2009). A Question of Leadership : What does Effective Leadership Look Like in a Virtual Work Environment and can Web-based Leadership Operate the same way that Face-to-face Leadership does?. *Leadership in Action*, 28(6), 198-205.

Fan, W.X. and Z.Q. Wang. (1998). A Global Synchronization Theorem for a Class of Chaotic Systems. *International Journal* of *Bifurcation and Chaos*, 8(6), 13663-1369.

Fischer, G.H. and I.W. Molenaar. (1995). *Rasch Models: Foundations, Recent Developments, and Applications*. New York : Springer.

Flavell, J.H. (1979). Metacognition and Cognitive Monitoring : A new Are of Cognitive-Development Inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911.

Flavell, J.H. (1981) *Children's Oral Communication*. New York : Academic Press.

Flavell, J.H. (1985). *Cognitive Development*. New Jersey : Prentice Hall.

Flavell, J.H. (1987). Speculation About the Nature and Development of Metacognition. New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates.

Frey, A. and N.N. Seitz. (2009) Multidimensional Adaptive Testing in Educational and PsychologicalMeasurement : Current State and Future Challenges. *Studies in Educational Evaluation*, 35(2), 89-94.

Georghiades, P. (2000). Beyond Conceptual Change Learning in Science Education : Focusing on Transfer, Durability, and Metacognition. *Educational Research*, 42(2), 119-139.

Grice, H.P. (2001). *Aspects of Reason*. Oxford : Oxford University Press.

Gunstone, R.F. (1992). *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. Kiel, FDR : Institute for Science Education.

Hacker, D.J. (1998). *Metacognition in Educational theory and Practice*. New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates.

Hair, J.F. and others. (2006). *Multivariate Data Analysis.* 6th ed. New Jersey : Prentice Hall.

Hambleton, R.K., Swaminathan, H. and H.J. Rogers. (1991). *Fundamentals of Item Response Theory*. London : SAGE.

Hartman, H.J. (1998). Metacognition in Teaching and Learning : An Introduction. *Instructional Science*, 26(1-2), 1-3.

Hoskens, M. and P. Boeck. (2001). Multidimensional Componential Item Response Theory Models for Polytomous Items. *Applied Psychological Measurement*, 25(1), 19-37.

Jacobs, J. and S. Paris. (1987). Children's Metacognition Sbout Reading Issues in Definition, Measurement, and Instruction. *Educational Psychologist*, 22(3), 255-278.

Jöreskog, K.G. (1969). A General Approach to Confirmatory Maximum Likelihood Factor Analysis. *Psychometrika*, 34(2), 183–202.

Kacmar, M.K. and others. (2006). Sure, Everyone can be Replaced... but at what cost? Turnover as a Predictor of Unit-Level Performance. *Academy of Management Journal*, 49(1), 133-144.

Kelderman, H., Rijkes, C.P.M. and C. Rijkes. (1994). Loglinear Multidimensional IRT Models for Polytomously Scored Items. *Psychometrika*, 59(2), 149-176.

Kelloway, E.K. (1998). *Using LISREL* for *Structural Equation Modeling* : A *Researcher's Guide*. California : SAGE.

Lawley, D. (1943). A note on Karl Pearson's Selection Formulae. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 62(1), 28-30.

Lee, M. and A.L. Baylor. (2006). Designing Metacognitive Maps for Web-Based Learning. *Educational Technology and Society*, 9(1), 344-348.

Linacre, J.M. and B.D. Wright. (1994). Reasonable Mean-Square Fit Values. *Rasch Measurement Transactions*, 8(3), 370-371.

Liu, O.L., Wilson, M. and I. Paek. (2008). A Multidimensional Rasch Analysis of Gender Differences in PISA Mathematics. *Journal of Applied Measurement*, 9(1), 18-35.

Lord, F.M. and M.R. Novick. (1968) *Statistical Theories of Mental Test Scores*. Oxford : Addison-Wesley.

Marsh, J.A. and others. (1998). Cns1 is an Essential Protein Associated with the hsp90 Chaperone Complex in Saccharomyces Cerevisiae that can Restore Cyclophilin 40-Dependent Functions in cpr7Delta cells. *Mol Cell Biol*, 18(12), 73-93.

Marzano, R.J. (1988). *Metacognition : The First step in Teaching Thinking*. New Jersey : Silver Burdett and Ginn.

Marzano, R.J. and others. (1988). *Dimensions of Thinking: A framework for Curriculum and Instruction*. Alexandria VA : Association for Supervision and Curriculum Development.

McCormick, R.J. (2009). *Applied Muscle Biology and Meat Science*. Boca Ratton : CRC Press.

McCullagh P. and J.A. Nelder. (1990). *Generalized Linear Models*. Cambridge : Chapman and Hall.

McDonald, F.J. (1967). *Educational Psychology*. 2nd ed. San Francisco : Wadsworth Publishing.

McDonald, Malcolm. (1999). *Strategic Marketing Planning: theory and Practice*. Melbourne : Butterworth-Heinemann.

McIntire, S.A. and L.A. Miller. (2007). *Foundations of Psychological Testing : A Practical Approach*. 2nd ed. California : SAGE.

McKinley, R.L. and M.D. Reckase. (1983). MAXLOG : A Computer Program for the Estimation of the Parameters of a Multidimensional Logistic Model. *Behavior Research Methods and Instrumentation*, 15(3), 389-390.

McMillan, J.H. (2001). *Essential Assessment Concepts for Teachers and Administrators*. California : Corwin.

Messick, S. (1989). *Validity*. New York : Macmillan.

Messick, S. (1995). Validity of Psychological Assessment Validation of Inferences from Persons' Responses and Performances as Scientific Inquiry into Score Meaning. *American Psychologist*, 50(9), 741-749.

Meyer. A. and others. (2006). AtGAT1, a High Affinity Transporter for Gamma-Aminobutyric Acid in Arabidopsis Thaliana. *J Biol Chem*, 281(11), 7197-204.

Mislevy, R.J. and others. (1992). Estimating Population Characteristics from Sparse Matrix Samples of Item Responses. *Journal of Educational Measurement*, 29(2), 133–161.

Mislevy, R.J. and R.D. Bock. (1990). BILOG 3 *Item Analysis* and *Test Scoring* with *Binary Logistic Models*. Chicago : Scientific Software International.

Mok and others. (2006). School-Based Management and Paradigm Shift in Education: an Empirical Study. *International Journal of Educational Management*, 21(6), 517-542.

Muraki, E. (1993). Information Functions of the Generalized Partial Credit Model. *Applied Psychological Measurement*, 17(4), 351–363.

Muraki, E. and J.E. Carlson. (1995). Full-information Factor Analysis for Polychromous Item Responses. *Applied Psychological Measurement*, 19(1), 73-90.

Muthen, B. (1978). Muthén Contributions to Factor Analysis of Dichotomous Variables. *Psychometrika*, 43(4), 551-560.

Nagel, J. (2014). The Meanings of Metacognition. *Philosophy and Phenomenological Research*, 89(3), 710-718

Novick, M.R. and P.H. Jackson. (1974). *Statistical Theories of Mental Test Scores*. Massachusetts : Addison-Wesley.

Nunnally, J.C. and I.H. Bernstein. (1994) The Assessment of Reliability. *Psychometric Theory*, 3(1), 248-292.

Onwuegbuzie, A.J. and others. (2010). *A Meta-Framework for Conducting Mixed Research Syntheses for Stress and Coping Researchers and Beyond*. North Carolina : Information Age.

Peterson, R.A. (1994). A Meta-Analysis of Cronbach's Coefficient Alpha. *Journal of Consumer Research*, 21(2), 381-391.

Pinkerton, E. (1999). Factors in Overcoming Barriers to Implementing Co-Management in British Columbia Salmon Fisheries. *Conservation Ecology*, 3(2), 1-13.

Pintrich, P.R. (2000). Multiple Goals, Multiple Pathways : The Role of Goal Orientation in Learning and Achievement. *Journal of Educational Psychology*, 92(3), 544-555.

Rasch, G. (1960). *Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests*. Copenhagen : Danish Institute for Educational Research.

Rasekh, E.Z. and R. Ranjbary. (2003). Metacognitive Strategy Training for Vocabulary Learning. *Teaching English as a Foreign or Second Language*, 7(2), 1-11.

Reckase, M.D. (1985). The Difficulty of Test Items that Measure More than One Ability. *Applied Psychological Measurement*, 9(4), 401-412.

Reckase, M.D. (1995). Portfolio Assessment : A Theoretical Estimate of Score Reliability. *Educational Measurement : Issues and Practice*, 14(1), 12-14.

Reckase, M.D. (1997). The Past and Future of Multidimensional Item Response Theory. *Applied Psychological Measurement*, 21(1), 25-36.

Reckase, M.D. (2009). *Multidimensional Item Response Theory*. New York : Springer.

Reckase, M.D. and R.L. McKinley. (1991). The Discriminating Power of Items that Measure More than One Dimension. *Applied Psychological Measurement*, 15(4), 361-373.

Reckase, M.D., Ackerman, T.A. and J.E. Carlson. (1988). Building a Unidimensional Test Using Multidimensional Items. *Journal of Educational Measurement*, 25(3), 193-203.

Rosier, M. (1995). *Applied Measurement in Social Research*. Moorooduc : Survey Design and Analysis Service.

Ross, D. and S.A. Ross. (1976). *Imitation of Film-Mediated Aggressive Models*. New Jersey : Prentice-Hall.

Samejima, F. (1969). Estimation of Latent Ability Using a Response Pattern of Graded Scores. *Psychometrika Monograph Supplement*, 34(4), 100-114.

Schoenfeld, A. (1987). *Cognitive Science and Mathematics Education.* New Jersey : Erlbaum Assoc.

Schoenfeld, A.H. (1992). *Learning to Think Mathematically : Problem-Solving, Metacognition, and Sense-Making in Mathematics*. New York : Macmillan.

Schraw, G. and D. Moshman. (1995). Metacognitive Theories. *Educational Psychology Review*, 7(4), 351-371.

Schraw, G. and R.S. Dennison. (1994). Assessing Metacognitive Awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19(4), 460-475.

Schumacker, R.E. and R.G Lomax. (2010). *A Beginner's Guide to Structural Equation Modeling*. 3rd ed. New York : Routledge/Taylor and Francis Group.

Segall D.O. (1996). Multidimensional Adaptive Testing. *Psychometrika*, 61(2), 331-354.

Sheridan, B., Andrich, D. and G. Luo. (1996). *Welcome to RUMM : A Windows-Based Item Analysis Program Employing Rasch Unidimensional Measurement Models*. New Jersey : User's Guide.

Spearman, C. (1927). *The Abilities of Man*. New York : MacMillan.

Stanley A.M. (2010). Article (PDF Available). *Journal of Classification*, 27(3), 404-407.

Stanley, D. (2010). Multigenerational Workforce Issues and their Implication for Leadership in Nursing. *Journal of Nursing Management*, 18(7), 846–852.

Swaminathan, H. and J.A.Gifford. (1986). Bayesian Estimation in the Three-Parameter Logistic Model. *Psychometrika*, 51(4), 589-601.

Thissen, D. (1982). Marginal Maximum Likelihood Estimation for the Oneparameter Llogistic Model. *Psychometrika*, 47(2), 175-186.

Thomas, K.W. (1992). Conflict and Conflict Management Reflections and Update. *Journal of Organizational Behavior*, 13(3), 265-274.

Thomas, L. (2002). Student Retention in Higher Education: The Role of Institutional habitus. *Journal of Education Policy*, 17(4), 423-432.

Thurstone, L.L. (1935). *The Vectors of Mind*. Chicago : University of Chicago Press,.

Tuckman, B.W. (1975). *Measuring Education Outcomes Fundamentals of Testing*. New York : Harcourt Bruce Jovanovich.

Van der Ark, L.A. and W. Bergsma. (2010). A note on Stochastic Ordering of the Latent Trait using the Sum of Polytomous Item Scores. *Psychometrika*, 75(2), 272-279.

Veenman, P. (2006). Animal Physiotherapy. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 10(4), 317-327.

Wang, C.L. and Z.X. Cheng. (2004). Consumer Ethnocentrism and Willingness to buy Domestic Products in a Developing Country Setting : Testing Moderating Effects. *Journal of Consumer Marketing*, 21(6), 391-400.

Wang, W.C. and M. Wilson. (2005). Exploring Local Item Dependence Using a Random Effects Facet Model. *Applied Psychological Measurement*, 29(4), 296–318.

Watson, G. and E.M. Glaser. (2010), Watson-Glaser™ II Critical Thinking Appraisal. *Journal of Psych Educational Assessment*, 34(6), 607-611.

Weinert, C. (1987). A Social Support Measure : PRQ85. *Nursing Research*, 36(5), 273-277.

Wen, Ya-Hui. (2012). A Study on Metacognition of College Teachers. *The* Journal *of* Human Resource *and* Adult *Learning*, 8(1), 80-91.

West, S.G. and others. (1995). *Structural Equation Models with Non-Normal Variables: Problems and Remedies*. California : SAGE.

White, B.D. (1999). Interactions Between Children's Metacognitive Abilities, Working Memory Capacity, Strategies and Performance During Problem-Solving. *European Journal of Psychology of Education*, 14(4), 489–507.

Wiggins, G.P. (1998). *Educative Assessment : Designing Assessments to inform and Improve Student Performance*. San Francisco : Jossey-Bass.

Wilson, J.R. and others. (1991). Temperature Effects on Anatomy and Digestibility of Leaf and Stem of Tropical and Temperate Forage Species. *Nether. J. Agric. Science*, 39(1), 31-48.

Wilson, M. and M. Hoskens. (2005). *Multidimensional Item Response : Multimethod/ Multitrait Perspective*. Netherlands: Springer.

Wolfe, E.W. and E.V. Smith. (2007). Instrument Development Tools and Activities for Measure Validation Using Rasch Models: Part II-Validation Activities. *Journal of Applied Measurement*, 8(2), 204-234.

Wright, B.D. and G.N. Masters. (1982). *Rating Scale Analysis Rasch Measurement*. Chicago : Mesa Press.

Wright, B.D. and M.H. Stone. (1979). *Best Test Design*. Chicago : MESA Press.

Wright, P. and others. (1974). Human Resources and Sustained Competitive Advantage : A Resource-Based Perspective. *The International Journal of Human Resource Management*, 5(2), 301-306.

Wu, J. and others. (2007). Crystal Structures of Saccharomyces Cerevisiae N-Myristoyltransferase with Bound Myristoyl-CoA and Inhibitors Reveal the Functional Roles of the N-terminal Region. *J Biol Chem*, 282(30), 22185-94.

Ya-Hui, W. (2012). A Study on Metacognition of College Teachers. *The Journal of Human Resource and Adult Learning*, 8(1), 80-91.

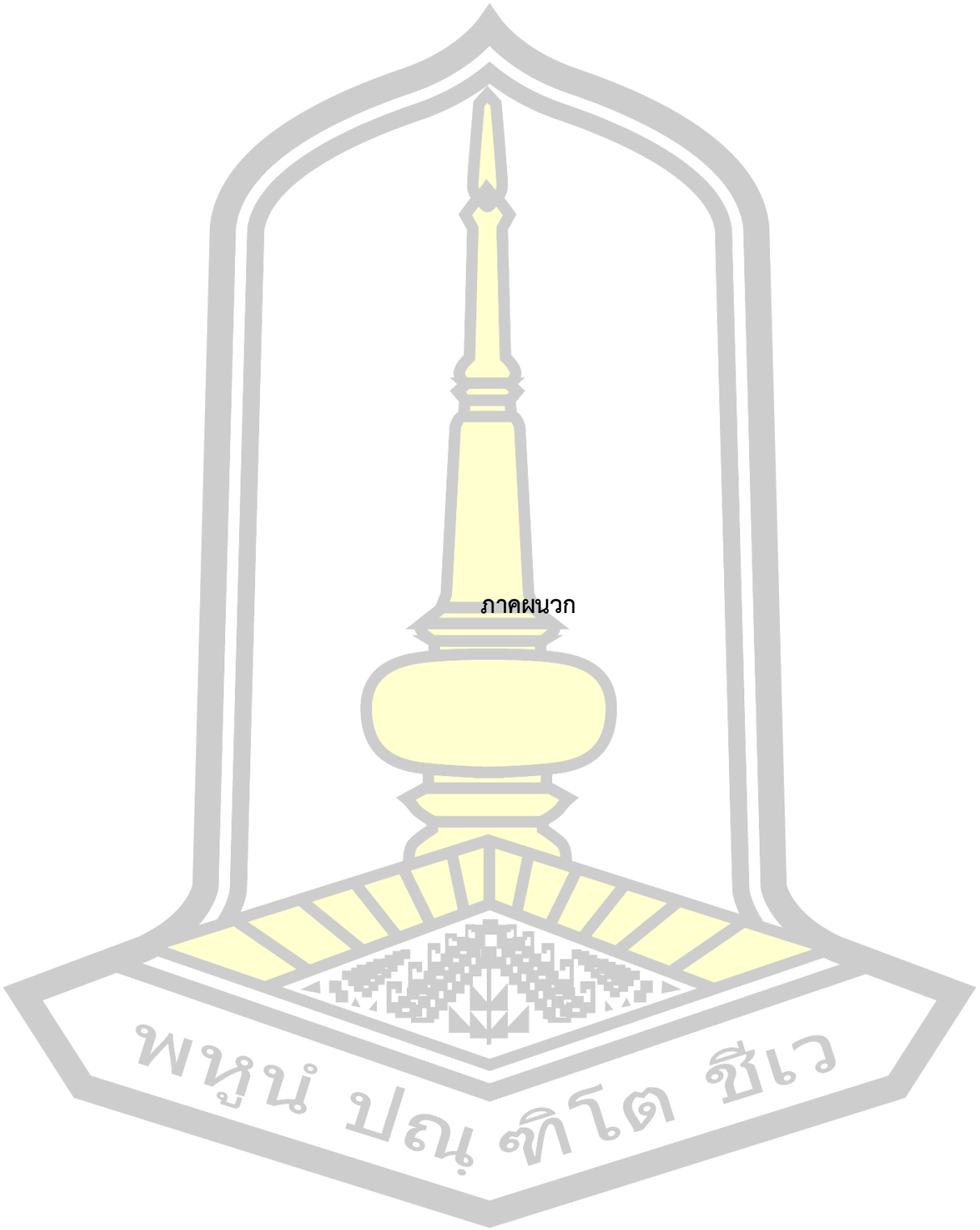
Yang, C. (2009). A Study of Metacognitive Strategies Employed by English Listeners in an EFL Setting. *International Education Studies*, 2(4), 134-139.

Yao, L. and R.D. Schwarz. (2006). A Multidimensional Partial Credit Model with Associated Item and Test Statistics: An Application to Mixed-Format Tests. *Applied Psychological Measurement*, 30(6), 469-492.

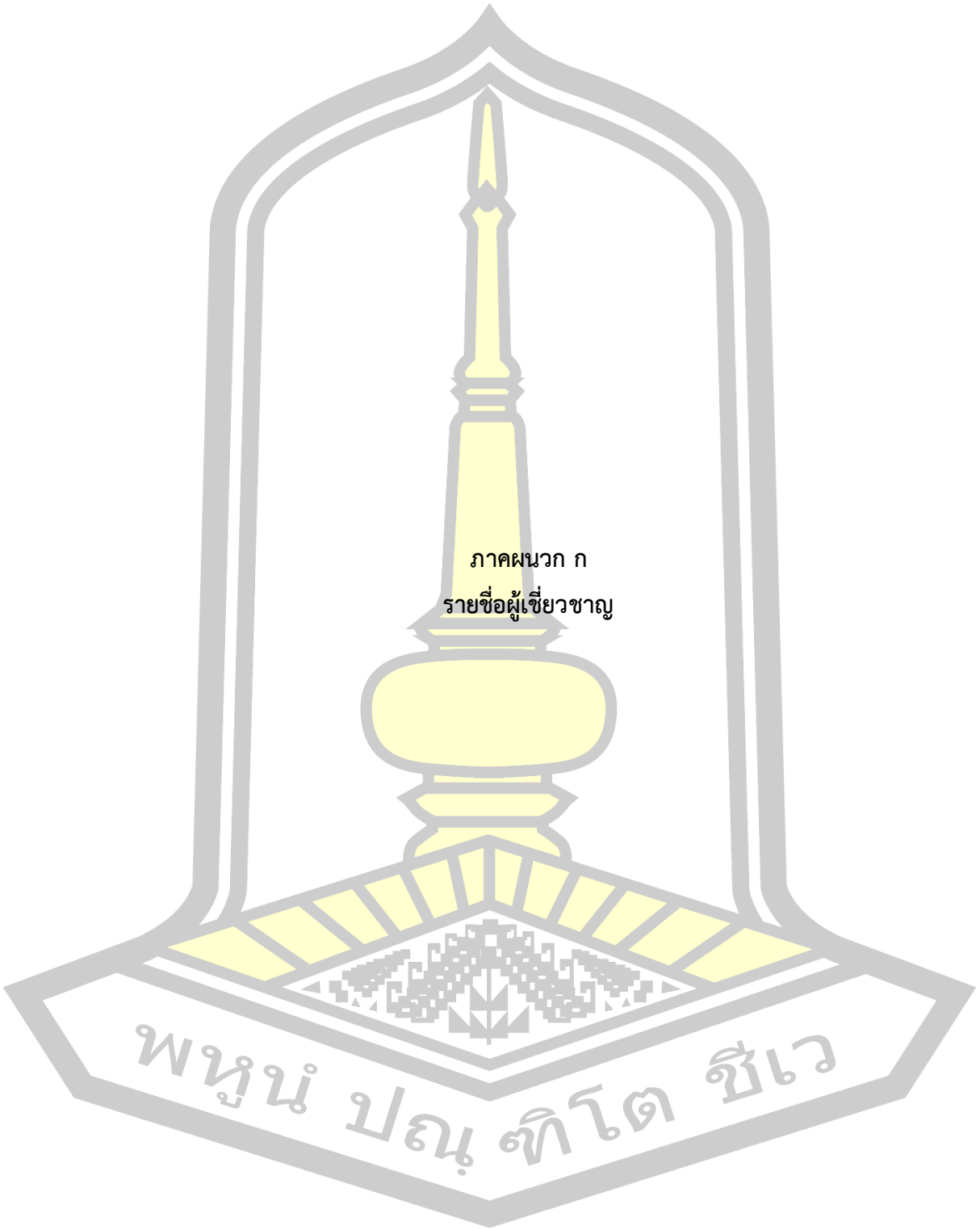
Yao, L. and R.D. Schwarz. (2006). A Multidimensional Partial Credit Model with Associated Item and Test Statistics : An Application to Mixed-Format Tests. *Applied Psychological Measurement*, 30(6), 469-492.

Zhang, J. and W. Stout. (1999). The Theoretical DETECT Index of Dimensionality and its Application to Approximate Simple Structure. *Psychometrika*, 64(2), 213–249..

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ตรวจสอบความตรงแบบทดสอบความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. รองศาสตราจารย์ ดร.วีณา วีสเพ็ญ	คณะวัฒนธรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
3. อาจารย์ ดร. อารยา ปิยะกุล	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ญาณภัทร สีหะมงคล	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
6. อาจารย์ ดร.อัฐพล อินต๊ะเสนา	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
7. อาจารย์ ดร.ดนิตา ดวงวิไล	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
8. ผศ.ดร.ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
9. อาจารย์ ดร.อพันตรี พูลพุทธา	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะธิดา ปัญญา	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
11. ดร.รุ่งนภา แสนอำนวยผล	ศึกษานิเทศก์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาขอนแก่น เขต 3
12. ดร.ชุตินันท์ จันทรเสนานนท์	ศึกษานิเทศก์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาปราจีนบุรี เขต 1
13. ดร.อิทธิฤทธิ์ พงษ์ปิยะรัตน์	ศึกษานิเทศก์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 5
14. อาจารย์ ดร.น้ำผึ้ง อินทะเนตร	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
15. ดร.ณัชชา มหปุญญานนท์	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
16. รองศาสตราจารย์ ดร. ปกรณ์ ประจันบาน	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
17. ผศ.ดร.กฤธยากาญจน์ โตพิทักษ์	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
18. รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทราภรณ์ เกษสังข์	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
19. ดร.โชติมา หนูพริก	ศูนย์สารนิเทศการศึกษาขั้นพื้นฐาน อาคารสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

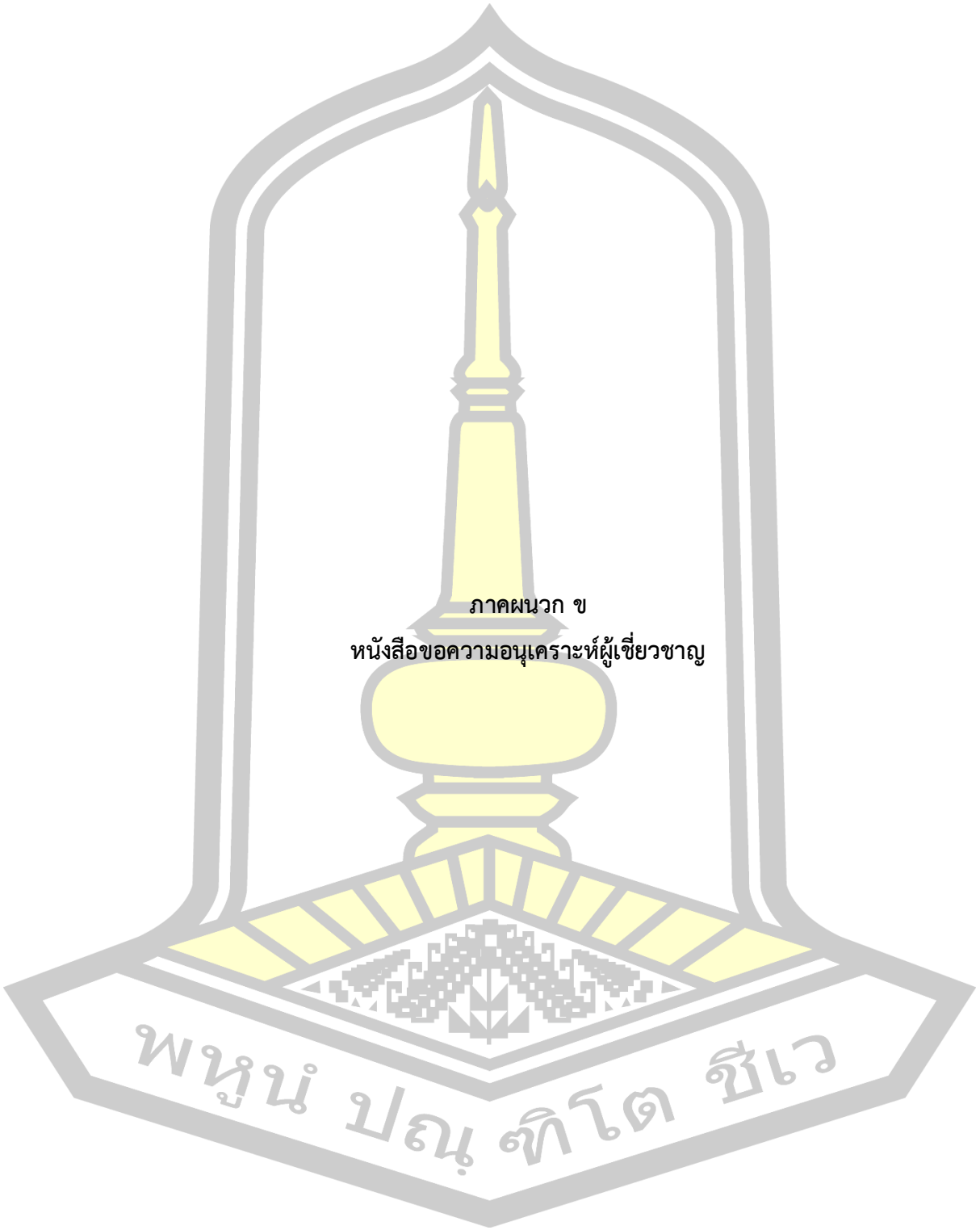
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ตรวจสอบความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนน

แบบทดสอบความสามารถการคิดอภิมานแบบอัตนัยพหุมิติ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทราภรณ์ เกษสังข์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
3. รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรวุฒิ เอกะกุล คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลรา

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาคผนวก ข

หนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญ

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 773 10 มีนาคม 2560
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ วีณา วีสเพ็ญ

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 773 10 มีนาคม 2560
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 773 10 มีนาคม 2560
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ญาณภัทร สีหะมงคล

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผล การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 773 10 มีนาคม 2560
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 1373 19 พฤษภาคม 2560
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.ดนิตา ดวงวิไล

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

พหูน ปณฺ ฑิโต ชีเว

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 1373 19 พฤษภาคม 2560
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.อัฐพล อินต๊ะเสนา

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 1373

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 พฤษภาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์ ประจันบาน

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4374-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 1373

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 พฤษภาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.น้ำผึ้ง อินทะเนตร

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4374-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

ที่ ศธ. 0530.5(2) /ว 1373

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 พฤษภาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์อพันตรี พูลพุทธา

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4374-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 1373

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 พฤษภาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทราพร เกษสังข์

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4374-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 1373

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 พฤษภาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ดร.โชติมา หนูพริก

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4374-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 1373

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 พฤษภาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.ณัชชา มหปุญญานนท์

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4374-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 1373

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 พฤษภาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.จำลอง วงษ์ประเสริฐ

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4374-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 1373

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 พฤษภาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤธยากาญจน์ โตพิทักษ์

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4374-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 1373

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 พฤษภาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะธิดา ปัญญา

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4374-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 1373

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 พฤษภาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ดร.อิทธิฤทธิ์ พงษ์ปิยะรัตน์

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4374-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 1373

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 พฤษภาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ดร.ชุตินันท์ จันทรเสนานนท์

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4374-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 1373

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 พฤษภาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ดร.รุ่งนภา แสนอำนวยผล

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4374-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 1373

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

19 พฤษภาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

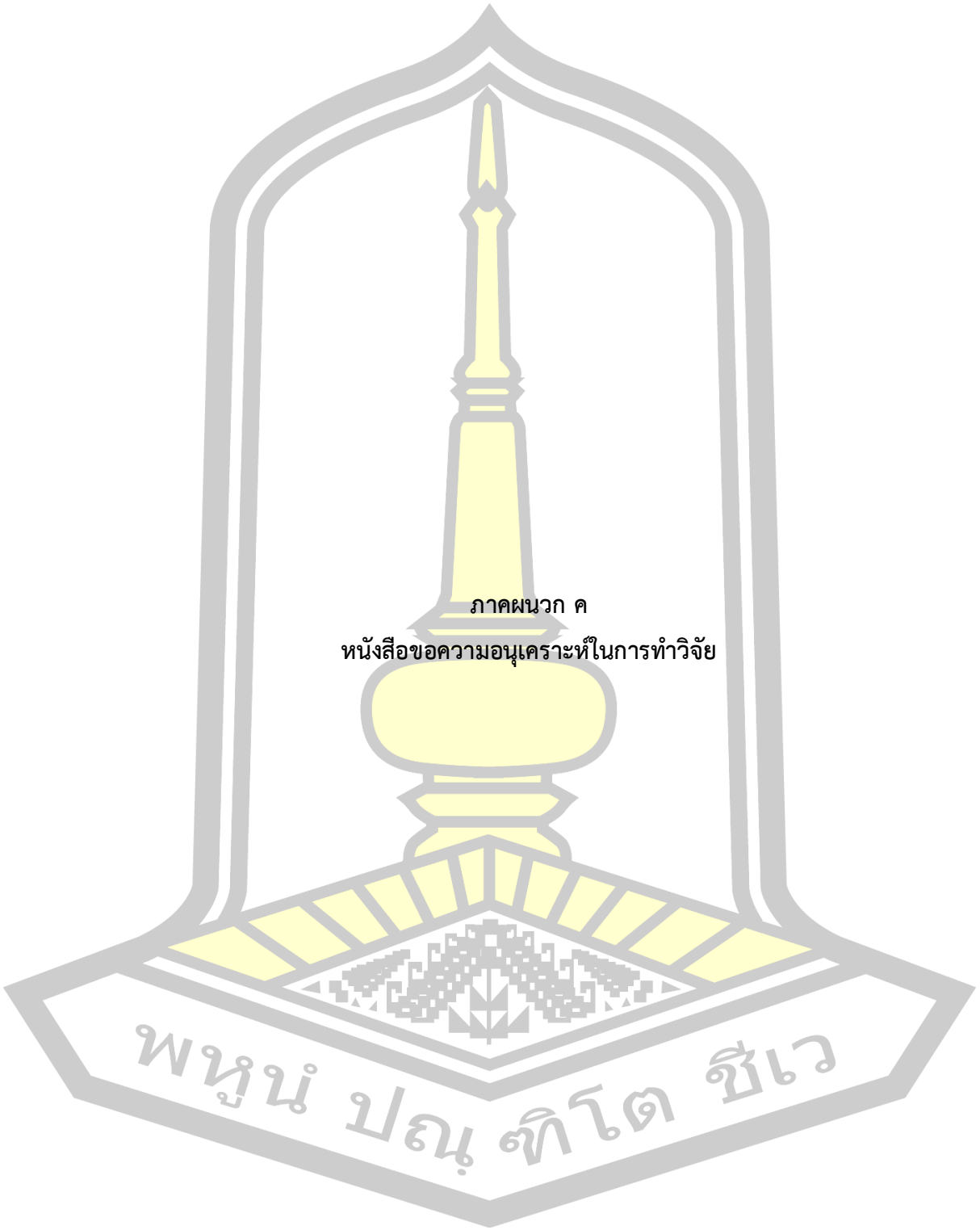
เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4374-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429



ภาคผนวก ค

หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการทำวิจัย

ที่ ศธ. 0530.5(2) /ว 2224

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

12 กันยายน 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ทดลองใช้เครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเชียงขวัญพิทยาคม

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน ทำการทดลอง ใช้เครื่องมือเพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหุน ปณ ฑิโต ชีเ

ที่ ศธ. 0530.5(2) /ว 2224

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

12 กันยายน 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ทดลองใช้เครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนผดุงนารี

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน ทำการทดลอง ใช้เครื่องมือเพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 2224

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

12 กันยายน 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ทดลองใช้เครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ฝ่ายมัธยม

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน ทำการทดลอง ใช้เครื่องมือเพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหูน ปณฺฑิโต ขิ.

ที่ ศธ. 0530.5(2)/ ว096 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนชุมพลโพนพิสัย

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหูน ปณ ฑิโต ขบ.

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว096 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนบรบือวิทยาคาร

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว096

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสุวรรณภูมิพิทยาไพศาล

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว096 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนโพนทองพัฒนาวิทยา

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ที่ ศธ. 0530.5(2)/ ว096 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยาคาร

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหุน ปณ ฑิโต ชีเ

ที่ ศธ. 0530.5(2)/ ว096 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนนามนพิทยาคม

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ที่ ศธ. 0530.5(2)/ ว096 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนกมลาไสย

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหุ ปณ ฑิโต ชีเว

ที่ ศธ. 0530.5(2)/ ว096 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนอุบลรัตน์พิทยาคม

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

ทีปัน ปณฺฑิโต

ที่ ศธ. 0530.5(2)/ ว096 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ที่ ศธ. 0530.5(2)/ ว096 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนคีมใหญ่วิทยา

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหุน ปณ ฑิโต ขอ

ที่ ศธ. 0530.5(2)/ ว096

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนช้างบุญวิทยา

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

ทวีป ปณฺฑิโต

ที่ ศธ. 0530.5(2)/ ว096 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนโนนเจริญพิทยาคม

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหุน ปณ ฑิโต ขอ

ที่ ศธ. 0530.5(2)/ ว096 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนโนนเทพ

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหุน ปณ ฑิโต ขบ.

ที่ ศธ. 0530.5(2)/ ว096 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเมืองพญาแลวิทยา

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

ทัฬน ปณ ฑิโต

ที่ ศธ. 0530.5(2)/ ว096 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนไพศาลพิทยาคม

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหุน ปณ ฑิโต ข

ที่ ศธ. 0530.5(2)/ ว096 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเพชรวิทยาคาร

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ที่ ศธ. 0530.5(2)/ ว096 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนศีขรภูมิพิสัย

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหูน ปณ ฑิโต ชีเ

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว096

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์
เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว096

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนธาตุพนม

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปร.ด. วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ที่ ศธ. 0530.5(2)/ ว096 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนหว้านใหญ่วิทยา

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว129 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

16 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหุน ปณ ฑิโต ชีเ

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว129

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

16 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านกรวดวิทยาคาร

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว129 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

16 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนพุทไธสง

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว129

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

16 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนชื่นชมพิทยาคาร

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหุน ปณ ฑิโต ขิ.ง

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว129

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

16 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนมัธยมยางสีสุราช

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว129 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

16 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนทรายทองวิทยา

ด้วย นางสาวพรวิมล ระวันประโคน นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนากระบวนการประมาณค่าความสามารถการคิดอภิมานด้วยข้อสอบอัตนัยแบบพหุมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (ปร.ด.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ท้ายเรือคำ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวพรวิมล ระวันประโคน เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

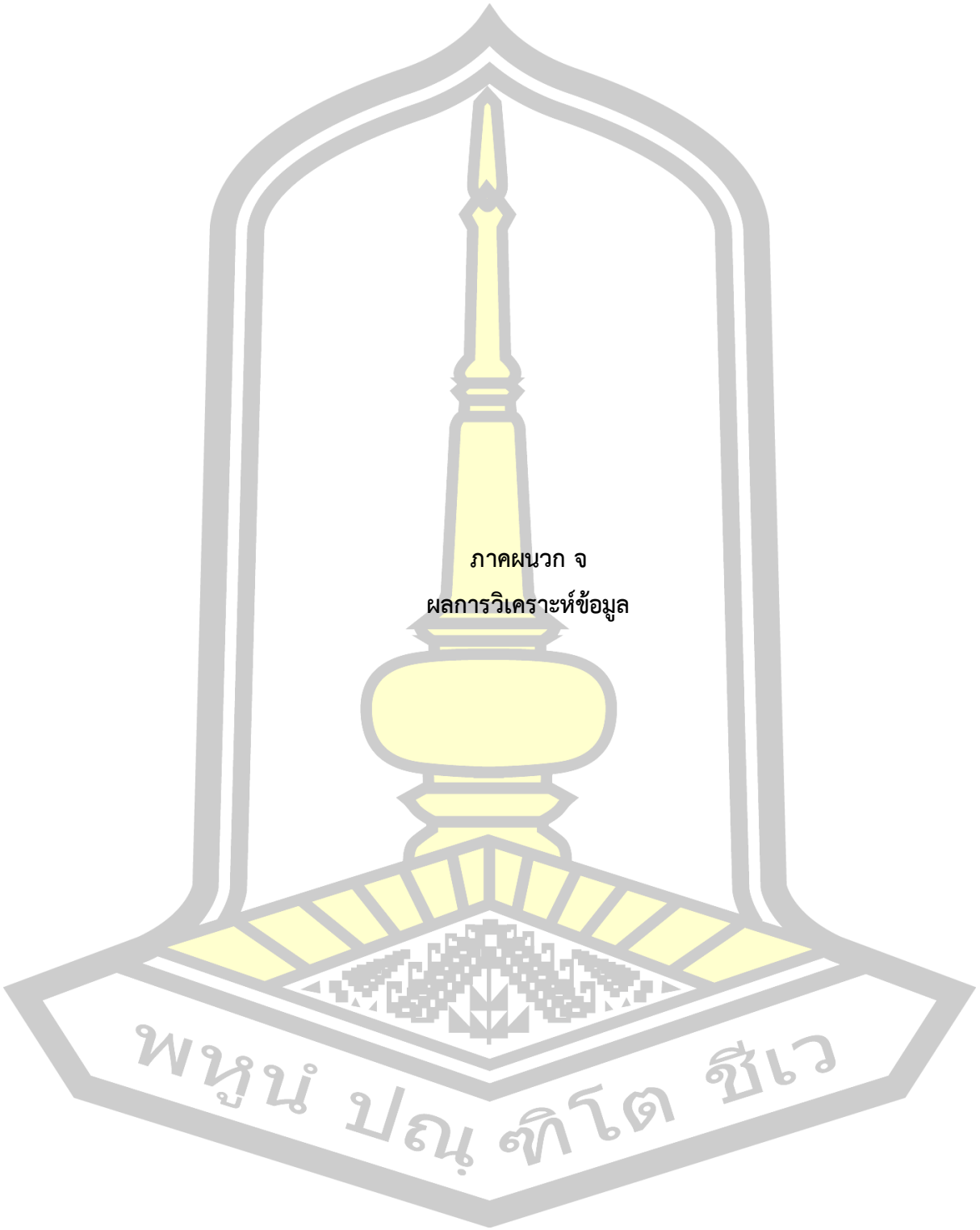
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์,โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0959951429

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

```
>> R=[1 0.392 0.344 0.318 0.308 0.293 0.258 0.318 0.24;
0.392 1 0.592 0.389 0.38 0.373 0.302 0.376 0.337;
0.344 0.592 1 0.347 0.343 0.365 0.337 0.344 0.346;
0.318 0.389 0.347 1 0.498 0.462 0.456 0.383 0.376;
0.308 0.38 0.343 0.498 1 0.523 0.388 0.36 0.435;
0.293 0.373 0.365 0.462 0.523 1 0.389 0.39 0.442;
0.258 0.302 0.337 0.456 0.388 0.389 1 0.432 0.372;
0.318 0.376 0.344 0.383 0.36 0.39 0.432 1 0.544;
0.24 0.337 0.346 0.376 0.435 0.442 0.372 0.544 1]

R =

 1.0000  0.3920  0.3440  0.3180  0.3080  0.2930  0.2580  0.3180  0.2400
 0.3920  1.0000  0.5920  0.3890  0.3800  0.3730  0.3020  0.3760  0.3370
 0.3440  0.5920  1.0000  0.3470  0.3430  0.3650  0.3370  0.3440  0.3460
 0.3180  0.3890  0.3470  1.0000  0.4980  0.4620  0.4560  0.3830  0.3760
 0.3080  0.3800  0.3430  0.4980  1.0000  0.5230  0.3880  0.3600  0.4350
 0.2930  0.3730  0.3650  0.4620  0.5230  1.0000  0.3890  0.3900  0.4420
 0.2580  0.3020  0.3370  0.4560  0.3880  0.3890  1.0000  0.4320  0.3720
 0.3180  0.3760  0.3440  0.3830  0.3600  0.3900  0.4320  1.0000  0.5440
 0.2400  0.3370  0.3460  0.3760  0.4350  0.4420  0.3720  0.5440  1.0000
```

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

```
>> V=inv(R)

V =
1.2875   -0.2552   -0.1383   -0.1174   -0.1077   -0.0634   -0.0334   -0.1694    0.0484
-0.2552    1.7670   -0.7629   -0.1731   -0.1409   -0.0897    0.0421   -0.1729   -0.0258
-0.1383   -0.7629    1.6773   -0.0342   -0.0303   -0.1214   -0.1610   -0.0332   -0.1324
-0.1174   -0.1731   -0.0342    1.6361   -0.3752   -0.2486   -0.3442   -0.0977   -0.0626
-0.1077   -0.1409   -0.0303   -0.3752    1.6799   -0.4455   -0.1333    0.0128   -0.2663
-0.0634   -0.0897   -0.1214   -0.2486   -0.4455    1.6444   -0.1347   -0.0960   -0.2498
-0.0334    0.0421   -0.1610   -0.3442   -0.1333   -0.1347    1.4763   -0.3093   -0.0844
-0.1694   -0.1729   -0.0332   -0.0977    0.0128   -0.0960   -0.3093    1.6639   -0.6061
0.0484   -0.0258   -0.1324   -0.0626   -0.2663   -0.2498   -0.0844   -0.6061    1.6538

>> det(R)
ans =
    0.0580

>> L=[0.455    0   0   0.74   0    0;
0.532     0   0   0   0.385 0;
0.568     0   0   0   0   0.615;
0         0.258 0   0.568 0   0;
0         0.551 0   0   0.376 0;
0         0.376 0   0   0   0.436;
0         0   0.34   0.975 0   0;
0         0   0.469 0   0.831 0;
0         0   0.552 0   0   0.369]
L =

    0.4550         0         0    0.7400         0         0
    0.5320         0         0         0    0.3850         0
    0.5680         0         0         0         0    0.6150
```

```
         0    0.2580         0    0.5680         0         0
         0    0.5510         0         0    0.3760         0
         0    0.3760         0         0         0    0.4360
         0         0    0.3400    0.9750         0         0
         0         0    0.4690         0    0.8310         0
         0         0    0.5520         0         0    0.3690
>> C=V*L
C =

    0.3715   -0.1134   -0.0641    0.8535   -0.2795   -0.0948
    0.3906   -0.1560   -0.0810   -0.2461    0.4836   -0.5178
    0.4839   -0.0711   -0.1434   -0.2787   -0.3327    0.9297
   -0.1649    0.1219   -0.1974    0.5068   -0.2889   -0.1525
   -0.1411    0.6613   -0.1864   -0.4228    0.5880   -0.3111
   -0.1455    0.3087   -0.2287   -0.3195   -0.2818    0.5502
   -0.0842   -0.2129    0.3103    1.2191   -0.2909   -0.1889
   -0.1880   -0.0543    0.3407   -0.4824    1.3209   -0.2859
   -0.0669   -0.2568    0.5999   -0.0820   -0.6137    0.4199

>> K=[1.00 0.38  0.89  0.79  0.76    0.71;
0.38      1.00  0.30  0.38  0.59      0.53;
0.89      0.30  1.00  0.89  0.75      0.80;
0.79      0.38  0.89  1.00  0.76      0.81;
0.76      0.59  0.75  0.76  1.00      0.82;
0.71      0.53  0.80  0.81  0.82      1.00]
```

K =

1.0000	0.3800	0.8900	0.7900	0.7600	0.7100
0.3800	1.0000	0.3000	0.3800	0.5900	0.5300
0.8900	0.3000	1.0000	0.8900	0.7500	0.8000
0.7900	0.3800	0.8900	1.0000	0.7600	0.8100
0.7600	0.5900	0.7500	0.7600	1.0000	0.8200
0.7100	0.5300	0.8000	0.8100	0.8200	1.0000

>> B=C*K

B =

0.6660	0.1177	0.7067	0.7577	0.4588	0.5198
0.0647	-0.1146	-0.0508	-0.1208	0.0160	-0.1908
0.5163	0.2603	0.5121	0.4491	0.4361	0.6223
-0.2217	-0.0586	-0.1952	-0.0959	-0.2302	-0.1893
-0.1637	0.5732	-0.2977	-0.2540	0.1547	-0.0702
-0.3077	0.1887	-0.3212	-0.2892	-0.1735	-0.0624
0.7189	0.0396	0.8872	0.9737	0.5238	0.6356
0.5144	0.4210	0.4897	0.4240	0.8005	0.5168
0.1363	-0.2730	0.2660	0.1752	-0.0842	0.1465

>> S=[0;1;2;3;4]

S =

0
1
2
3
4

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

```
>> B1=[0.6660     0         0    0.7577       0        0]

B1 =

    0.6660         0         0    0.7577         0         0

>> item1=S*B1
item1 =

         0         0         0         0         0         0
    0.6660         0         0    0.7577         0         0
    1.3320         0         0    1.5154         0         0
    1.9980         0         0    2.2731         0         0
    2.6640         0         0    3.0308         0         0

>> B2=[0.0647     0         0         0    0.0160    0]

B2 =

    0.0647         0         0         0    0.0160         0

>> item2=S*B2

item2 =

         0         0         0         0         0         0
    0.0647         0         0         0    0.0160         0
    0.1294         0         0         0    0.0320         0
    0.1941         0         0         0    0.0480         0
    0.2588         0         0         0    0.0640         0

>> B3=[0.5163         0         0         0         0    0.6223]
B3 =

    0.5163              0         0         0         0    0.6223
```

พหุปัญญาโต ชีเว

```
>> item3=S*B3

item3 =
         0         0         0         0         0         0
    0.5163         0         0         0         0    0.6223
    1.0326         0         0         0         0    1.2446
    1.5489         0         0         0         0    1.8669
    2.0652         0         0         0         0    2.4892

>> B4=[  0      -0.0586         0   -0.0959         0    0]

B4 =
         0      -0.0586         0   -0.0959         0         0

>> item4=S*B4

item4 =
         0         0         0         0         0         0
         0   -0.0586         0   -0.0959         0         0
         0   -0.1172         0   -0.1918         0         0
         0   -0.1758         0   -0.2877         0         0
         0   -0.2344         0   -0.3836         0         0

>> B5=[  0     0.5732         0         0    0.1547    0]

B5 =
         0    0.5732         0         0    0.1547         0

>> item5=S*B5
```

พหุน ปณฑิโต ชีเว

item5 =

0	0	0	0	0	0
0	0.5732	0	0	0.1547	0
0	1.1464	0	0	0.3094	0
0	1.7196	0	0	0.4641	0
0	2.2928	0	0	0.6188	0

>> B6=[0 0.1887 0 0 0 -0.0624]

B6 =

0	0.1887	0	0	0	-0.0624

>> item6=S*B6

item6 =

0	0	0	0	0	0
0	0.1887	0	0	0	-0.0624
0	0.3774	0	0	0	-0.1248
0	0.5661	0	0	0	-0.1872
0	0.7548	0	0	0	-0.2496

>> B7=[0 0 0.8872 0.9737 0 0]

B7 =

0	0	0.8872	0.9737	0	0

>> item7=S*B7

item7 =

0	0	0	0	0	0
0	0	0.8872	0.9737	0	0
0	0	1.7744	1.9474	0	0
0	0	2.6616	2.9211	0	0
0	0	3.5488	3.8948	0	0

```
>> B8=[ 0       0    0.4897         0    0.8005     0]
B8 =
         0         0    0.4897         0    0.8005         0

>> item8=S*B8

item8 =
         0         0         0         0         0         0
         0         0    0.4897         0    0.8005         0
         0         0    0.9794         0    1.6010         0
         0         0    1.4691         0    2.4015         0
         0         0    1.9588         0    3.2020         0

>> B9=[ 0       0    0.2660         0      0     0.1465]

B9 =
         0         0    0.2660         0         0    0.1465

>> item9=S*B9
item9 =
         0         0         0         0         0         0
         0         0    0.2660         0         0    0.1465
         0         0    0.5320         0         0    0.2930
         0         0    0.7980         0         0    0.4395
         0         0    1.0640         0         0    0.5860
```

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวพรวิมล ระวันประโคน
วันเกิด	วันที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2519
สถานที่เกิด	อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 29 หมู่ที่ 1 ตำบลปังกู อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ รหัสไปรษณีย์ 31140
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ศึกษานิเทศก์ ชำนาญการพิเศษ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาบุรีรัมย์ เขต 2 ถนนอำนวยกิจ ตำบลประโคนชัย อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ รหัสไปรษณีย์ 31140
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2537 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนประโคนชัยพิทยาคม อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์
	พ.ศ. 2541 ปริญญาการศึกษาบัณฑิต (กศ.บ.) สาขาวิชาภาษาอังกฤษ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
	พ.ศ. 2545 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
	พ.ศ. 2562 ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว