อิทธิพลของรูปแบบข้อสอบที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางพิซ่า: การประยุกต์ใช้การตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดด้วยเทคนิคซีทีซียูและเทคนิคซีทีซีเอ็ม

นายวรัญญู ฉายาบรรณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF ITEM FORMATS ON CONSTRUCT VALIDITY OF PISA-LIKED MEASUREMENT MODELS OF MATHEMATICAL COMPETENCIES: APPLICATION OF METHOD EFFECTS EXAMINATION BY CTCU AND CTCM

Mr. Waranyu Chayaban

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Educational Measurement and Evaluation
Department of Educational Research and Psychology
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2015
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของรูปแบบข้อสอบที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางพิซ่า: การประยุกต์ใช้การตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดด้วยเทคนิคซีทีซียูและเทคนิคซีทีซีเอ็ม
โดย	นายวรัญญู ฉายาบรรณ์
สาขาวิชา	การวัดและประเมินผลการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บัญชา ชลาภิรมย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สังวรณ์ งัดกระโทก)

วรัญญู ฉายาบรรณ์ : อิทธิพลของรูปแบบข้อสอบที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางพิซ่า: การประยุกต์ใช้การตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดด้วยเทคนิคซีทีซียูและเทคนิคซีทีซีเอ็ม (EFFECTS OF ITEM FORMATS ON CONSTRUCT VALIDITY OF PISA-LIKED MEASUREMENT MODELS OF MATHEMATICAL COMPETENCIES: APPLICATION OF METHOD EFFECTS EXAMINATION BY CTCU AND CTCM) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง, 226 หน้า.

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงบรรยาย โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบทั่วไป (โมเดลแบบ GENE) โมเดลแบบ CTCU และโมเดลแบบ CTCM และ 2) เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของรูปแบบข้อสอบที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลแบบ GENE เทียบกับโมเดลแบบ CTCU และโมเดลแบบ CTCM กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 549 คน ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยในโมเดลแบบ GENE ประกอบด้วยตัวแปรแฝง 3 ตัวแปร ได้แก่ สมรรถนะด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ สมรรถนะด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ และสมรรถนะด้านการตีความทางคณิตศาสตร์ ซึ่งตัวแปรแฝงทั้งหมดวัดจากตัวแปรสังเกตได้ 27 ตัวแปร เครื่องมือที่ใช้วิจัย ได้แก่ แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA จำนวน 3 ฉบับ โดยทั้ง 3 ฉบับใช้ข้อคำถามที่เหมือนกัน แต่ต่างกันที่รูปแบบการตอบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. โมเดลการวัดแบบ GENE ที่ปรับแล้วมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (ค่าไค-สแควร์ = 281.98, p = 0.752, df = 299, GFI = 0.96, AGFI = 0.95, CFI = 1.00, RFI = 0.98, SRMR = 0.031, RMSEA = 0.000) โมเดลการวัดแบบ CTCU ยังไม่สอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (ค่าไค-สแควร์ = 1213.06, p = 0.00, df = 294, GFI = 0.86, AGFI = 0.82, CFI = 0.95, RFI = 0.92, SRMR = 0.058, RMSEA = 0.076) โมเดลการวัดแบบ CTCM ยังไม่สอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (ค่าไค-สแควร์ = 1072.95, p = 0.00, df = 291, GFI = 0.87, AGFI = 0.84, CFI = 0.96, RFI = 0.93, SRMR = 0.049, RMSEA = 0.070)

2. ผลการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ เมื่อเปรียบเทียบดัชนีความสอดคล้องระหว่างโมเดลแบบ GENE (ค่าไค-สแควร์ = 1456.41, p = 0.00, df = 306, GFI = 0.84, AGFI = 0.81, CFI = 0.92, RFI = 0.94, SRMR = 0.060, RMSEA = 0.080) กับโมเดลแบบ CTCU พบว่า โมเดลแบบ CTCU สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลแบบ GENE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และขนาดความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่มาจากการใช้รูปแบบข้อสอบเดียวกันภายใต้องค์ประกอบเดียวกันทั้งหมดมีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงว่าไม่เกิดอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ เมื่อเปรียบเทียบดัชนีความสอดคล้องระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCM พบว่า โมเดลแบบ CTCM สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลแบบ GENE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบมีค่าต่ำกว่าน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ แสดงว่าไม่เกิดอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ

ภาควิชา วิจัยและจิตวิทยาการศึกษา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การวัดและประเมินผลการศึกษา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2558

5783362927 : MAJOR EDUCATIONAL MEASUREMENT AND EVALUATION
KEYWORDS: METHOD EFFECT / CTCU TECHNIQUE / CTCM TECHNIQUE

WARANYU CHAYABAN: EFFECTS OF ITEM FORMATS ON CONSTRUCT VALIDITY OF PISA-LIKED MEASUREMENT MODELS OF MATHEMATICAL COMPETENCIES: APPLICATION OF METHOD EFFECTS EXAMINATION BY CTCU AND CTCM. ADVISOR: ASST. PROF. NUTTAPORN LAWTHONG, Ph.D., 226 pp.

The purposes of this descriptive research were to 1) investigate fit indices (included chi-square/df, GFI, AGFI, CFI, RFI SRMR and RMSEA) of The general measurement model of mathematical competencies (GENE model), The measurement model of mathematical competencies by Correlated Trait Factors and Correlated Uniquenesses technique (CTCU model), The measurement model of mathematical competencies by Correlated Trait Factors and Correlated Method Factors technique (CTCM model). 2) to analyze effects of item formats on construct validity of the measurement models of mathematical competencies. The research sample consisted of 549 Bangkok ninth grade students. Variables of GENE model consisted of 3 latent variables: formulating situations mathematically, employing mathematical concepts, and interpreting mathematical outcomes. These latent variables were measured by 27 observed variables. The research instruments were the 3 Pisa-liked tests of mathematical competencies which each items of test used the identical question, but used different answer formats. Data were analyzed by confirmatory factor analysis. The conclusions were as follows:

1. The adjusted GENE model fit the empirical data (chi-square = 281.98, p = 0.752, df = 299, GFI = 0.96, AGFI = 0.95, CFI = 1.00, RFI = 0.98, SRMR = 0.031, RMSEA = 0.000). The CTCU model was not fit to the empirical data (chi-square = 1213.06, df = 294, GFI = 0.86, AGFI = 0.82, CFI = 0.95, RFI = 0.92, SRMR = 0.058, RMSEA = 0.076). The CTCM model was not fit to the empirical data (chi-square = 1072.95, df = 291, GFI = 0.87, AGFI = 0.84, CFI = 0.96, RFI = 0.93, SRMR = 0.049, RMSEA = 0.070).

2. The comparison fit indices between GENE model (chi-square = 1456.41, p = 0.00, df = 306, GFI = 0.84, AGFI = 0.81, CFI = 0.92, RFI = 0.94, SRMR = 0.060, RMSEA = 0.080) and CTCU model found that CTCU model fit the empirical data more than GENE model at the .01 significant level, and all of correlation coefficient of error term form identical item formats were less value. It showed that effects of item formats were not occurred. The comparison fit indices between GENE model and CTCM model found that CTCM model fit the empirical data more than GENE model at the .01 significant level, and all factor loadings of item formats less than factor loadings of mathematical competencies. It showed that effects of item formats were not occurred.

Department: Educational Research and Psychology
Field of Study: Educational Measurement and Evaluation
Academic Year: 2015

Student's Signature .....
Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องด้วยความกรุณา การดูแลเอาใจใส่และความเป็นกัลยาณมิตรของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์การทำวิจัยอันทรงคุณค่า ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการดำเนินการวิจัย รับฟังความคิดเห็นของผู้วิจัยพร้อมทั้งร่วมแสดงความคิดเห็นที่สร้างสรรค์ ตลอดจนการให้กำลังใจและการเสริมแรงบวกด้วยการกล่าวชมเชยในสิ่งที่ผู้วิจัยทำได้ดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงและระลึกถึงพระคุณนี้ตลอดไป

ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย กาญจนวาสี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สังวรณ์ งัดกระโทก คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาชี้แนะแนวทางการทำวิทยานิพนธ์ที่ชัดเจน รวมถึงให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ถ่ายทอดประสบการณ์และทักษะกระบวนการทางด้านการวัดและประเมินผล การวิจัย คณิตศาสตร์และสถิติทางการศึกษาให้แก่ผู้วิจัยได้นำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้อย่างถูกต้อง

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านที่สละเวลาในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย รวมถึงให้แนวทางและข้อเสนอแนะในการพัฒนาเครื่องมือที่เป็นประโยชน์และทำให้เครื่องมือวิจัยมีความกระชับ และสมบูรณ์ชัดเจนมากขึ้น

ขอขอบพระคุณคุณครูทุกท่านที่เสียสละคาบสอนของตนเองให้แก่ผู้วิจัยได้ใช้ทำวิจัยในครั้งนี้ และคุณครูทุกท่านที่ดำเนินการเก็บรวมรวมข้อมูลให้ผู้วิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงครูผู้ประสานงานระหว่างผู้วิจัยกับทางโรงเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองใช้และกลุ่มตัวอย่าง ที่คอยติดต่อและอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้วิจัยได้อย่างราบรื่น และขอบใจนักเรียนทั้ง 549 คน ที่ให้ความร่วมมือและตั้งใจทำข้อสอบในแบบวัดเป็นอย่างดี

ขอบคุณเพื่อนร่วมรุ่นสาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา (ทั้งในและนอกเวลา) และสาขาวิธีวิทยาการวิจัยการศึกษาทุกคน ที่คอยกระตุ้น ช่วยเหลือ และให้กำลังใจกันมาตลอด รวมถึงขอบคุณเจ้าหน้าที่ในภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษาทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการออกเอกสารต่างๆ

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณผู้มีพระคุณอย่างสูง คุณแม่มาลี ฉายาบรรณ์ และคุณพ่อวิทยา ฉายาบรรณ์ ที่คอยสนับสนุนผู้วิจัยในทุกๆด้าน และเชื่อมั่นในศักยภาพของผู้วิจัย ตลอดจนขอบใจเพื่อนสนิทที่คอยกระตุ้นและให้กำลังใจ สิ่งเหล่านี้ล้วนช่วยผลักดันให้ผู้วิจัยเกิดความมุ่งมั่นในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จลุล่วง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
คำถามวิจัย 7
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 8
ขอบเขตของการวิจัย 8
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 9
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 11
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12
ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับอิทธิพลของวิธีการวัด 12
1.1 ความหมายของอิทธิพลของวิธีการวัด 12
1.2 สาเหตุที่ก่อให้เกิดอิทธิพลของวิธีการวัด 15
1.3 อิทธิพลของวิธีการวัดในกระบวนการตอบคำถาม 18
1.4 ผลกระทบที่เกิดจากอิทธิพลของวิธีการวัด 19
1.5 วิธีในการควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัด 21
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอิทธิพลของวิธีการวัด 34
ตอนที่ 2 การประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ PISA 42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.1 ความเป็นมาและจุดมุ่งหมายของ PISA 42
2.2 รูปแบบและลักษณะของ PISA 44
2.3 กรอบการประเมินการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 52
2.4 ตัวอย่างข้อสอบ PISA วิชาคณิตศาสตร์ 62
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ PISA 67
กรอบแนวคิดในการวิจัย 73
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 74
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 74
ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย 76
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 77
การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ 79
การเก็บรวบรวมข้อมูล 86
การวิเคราะห์ข้อมูล 88
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 91
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน 94
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยในแต่ละสถานการณ์ จำแนกตามรูปแบบข้อสอบ 99
ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบ 2 พารามิเตอร์ (2PL) 101
ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์ 105
4.1 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE กับข้อมูลเชิงประจักษ์ (ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง) 109

4.2 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCU กับข้อมูลเชิงประจักษ์ 114

4.3 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCM กับข้อมูลเชิงประจักษ์ 118

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ 120

5.1 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ โดยเทียบระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCU 121

5.2 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ โดยเทียบระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCM 123

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 127

สรุปผลการวิจัย 129

อภิปรายผลการวิจัย 133

ข้อเสนอแนะ 139

รายการอ้างอิง 141

ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 147

ภาคผนวก ข รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย 163

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา 165

ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ด้วยโปรแกรม LISREL 176

คำสั่งและผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดแบบ GENE (ดั้งเดิม) ... 177

คำสั่งและผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดแบบ GENE (ปรับโมเดล) 187

คำสั่งและผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดแบบ CTCU 201

คำสั่งและผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดแบบ CTCM 216

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 226

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 สาเหตุที่ทำให้เกิด common method bias 15

ตารางที่ 2.2 กระบวนการที่อิทธิพลของวิธีการวัดมีต่อพฤติกรรมการตอบคำถาม 18

ตารางที่ 2.3 หลักฐานที่แสดงว่าวิธีการวัดมีผลกระทบต่องานวิจัย 20

ตารางที่ 2.4 ประเภทของการใช้สถิติควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัด 29

ตารางที่ 2.5 แนวทางการประเมินผล PISA ในแต่ละรอบ 44

ตารางที่ 2.6 สรุปการรู้ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการอ่าน ตามแนวทางของ PISA 49

ตารางที่ 2.7 สัดส่วนน้ำหนักการออกข้อสอบ PISA ด้านการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ในปี ค.ศ. 2012 52

ตารางที่ 2.8 จำนวนข้อสอบในแบบวัด PISA 2012 61

ตารางที่ 3.1 รายชื่อโรงเรียนและจำนวนนักเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง 76

ตารางที่ 3.2 แผนผังข้อสอบ (test blueprint) ที่ใช้ในการสร้างข้อสอบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ 78

ตารางที่ 3.3 โครงสร้างของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA ในแต่ละฉบับ 79

ตารางที่ 3.4 จำนวนข้อสอบในตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์ PISA 2012 80

ตารางที่ 3.5 สถานการณ์คำถามและรูปแบบการตอบที่ใช้ในฉบับทดลองใช้แต่ละฉบับ 82

ตารางที่ 3.6 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบที่สร้างขึ้น 84

ตารางที่ 3.7 โครงสร้างของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับจริง 86

ตารางที่ 3.8 ลำดับการใช้แบบวัดสรรถนะทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง 87

ตารางที่ 3.9 แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัย 88

ตารางที่ 3.10 เกณฑ์ในการพิจารณาดัชนีความสอดคล้องกลมกลืน 90

ตารางที่ 4.1 จำนวนและร้อยละข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง 94

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานและค่าความยากของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการทำวิจัย 96

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนสอบ จำแนกตามสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ 98

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.4 ความเที่ยงแบบแอลฟาของครอนบาก จำแนกตามสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ รูปแบบข้อสอบ และแบบรวมทั้งฉบับ 99

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของคะแนนสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวัดในแต่ละสถานการณ์ จำแนกตามรูปแบบข้อสอบ 100

ตารางที่ 4.6 ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบและอำนาจจำแนกของข้อสอบ 102

ตารางที่ 4.7 ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบและแบบสอบ 104

ตารางที่ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวแปรสังเกตได้ 107

ตารางที่ 4.9 ค่าดัชนีความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดแบบ GENE 111

ตารางที่ 4.10 น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (B) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ค่าทดสอบนัยสำคัญ (t) และสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) ของตัวแปรสังเกตได้ในในโมเดลการวัดแบบ GENE 112

ตารางที่ 4.11 ความแปรปรวนเฉลี่ยของตัวแปรที่สกัดได้ด้วยองค์ประกอบ (AVE) และความเที่ยงของตัวแปรแฝง (CR) ในโมเดลการวัดแบบ GENE 114

ตารางที่ 4.12 ค่าดัชนีความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดแบบ CTCU 114

ตารางที่ 4.13 น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (B) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ค่าทดสอบนัยสำคัญ (t) และสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) ของตัวแปรสังเกตได้ในในโมเดลการวัดแบบ CTCU 116

ตารางที่ 4.14 ค่าดัชนีความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดแบบ CTCM 118

ตารางที่ 4.15 ค่าดัชนีความสอดคล้องกลมกลืนระหว่างโมเดลแบบ GENE และโมเดลแบบ CTCU 122

ตารางที่ 4.16 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (B) และค่าความคลาดเคลื่อนของคู่ตัวชี้วัดของตัวชี้วัดในแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในโมเดลการวัดแบบ CTCU 122

ตารางที่ 4.17 ค่าดัชนีความสอดคล้องกลมกลืนระหว่างโมเดลแบบ GENE และโมเดลแบบ CTCM 124

ตารางที่ 4.18 น้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากองค์ประกอบของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์และองค์ประกอบของวิธีการวัด 125

สารบัญภาพ

ภาพที่ 2.1 กรอบโครงสร้างการประเมินผลการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ PISA 2012 53

ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์แบบเลือกตอบหลายตัวเลือกตามแนวทาง PISA 62

ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์แบบเลือกตอบเชิงซ้อนตามแนวทาง PISA 63

ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์แบบสร้างคำตอบแบบปิด (ตอบสั้น) ตามแนวทาง PISA 64

ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์แบบสร้างคำตอบอิสระ (แสดงวิธีทำ) ตามแนวทาง PISA... 66

ภาพที่ 2.6 โมเดลการวัดแบบทั่วไป (GENE) 70

ภาพที่ 2.7 โมเดลการวัดแบบ CTCU 71

ภาพที่ 2.8 โมเดลการวัดแบบ CTCM 72

ภาพที่ 2.9 กรอบแนวคิดในการวิจัย 73

ภาพที่ 3.1 ลักษณะเฉพาะของข้อสอบตามแนวทาง PISA (ซ้าย) และตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์ (ขวา) 81

ภาพที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE (ปรับโมเดล) 110

ภาพที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCU 117

ภาพที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCM 119

Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การวิจัยทางสังคมศาสตร์เป็นการวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของมนุษย์ทั้งในด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย ซึ่งสอดคล้องตามแนวคิดและทฤษฎีของบลูม ตลอดจนศึกษาถึงปัจจัยหรือสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อพฤติกรรมของมนุษย์ ทั้งนี้การวิจัยทางสังคมศาสตร์มีความแตกต่างจากการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในแง่ของเครื่องมือที่ใช้วัด ซึ่งการวิจัยทางวิทยาศาสตร์นิยมใช้เครื่องมือวัดทางกายภาพที่เป็นมาตรฐาน โดยสามารถวัดลักษณะที่ต้องการศึกษาได้โดยตรงและให้ผลการวัดที่เป็นรูปธรรมชัดเจน ขณะที่การวิจัยทางสังคมศาสตร์ต้องใช้การวัดโดยอ้อม เพราะไม่สามารถสังเกตพฤติกรรมที่อยู่ในตัวมนุษย์ได้โดยตรง จึงทำให้ต้องมีการสร้างเครื่องมือขึ้นมา เช่น แบบทดสอบ แบบวัด แบบสอบถาม แบบสังเกต แบบสัมภาษณ์ เป็นต้น เพื่อใช้เครื่องมือเหล่านี้ในการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมของมนุษย์ที่สนใจ อย่างไรก็ตามเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวิจัยทางสังคมศาสตร์จะมีความเป็นมาตรฐานและความแม่นยำน้อยกว่าเครื่องมือในการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การสร้างเครื่องมือในการวิจัยทางสังคมศาสตร์ต้องดำเนินการอย่างมีมาตรฐาน รวมไปถึงมีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือก่อนนำไปใช้จริง เพื่อเป็นหลักประกันว่าเครื่องมือที่ใช้วัดมีคุณภาพเพียงพอที่จะทำให้ได้ข้อค้นพบที่น่าเชื่อถือและสามารถตรวจสอบได้ (โชติกา ภาษีผล, ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง และกมลวรรณ ตังธนกานนท์, 2558; วรรณี แกมเกตุ, 2555)

เครื่องมือที่นิยมใช้ในการวิจัยทางสังคมศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นแบบทดสอบ แบบวัด หรือแบบสอบถาม โดยปกติแล้วจะให้ความสำคัญกับการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือก่อนนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลจริง เพื่อให้แน่ใจว่าเครื่องมือมีคุณภาพที่ดีพอ หากนักวิจัยใช้เครื่องมือที่ไม่มีคุณภาพในการเก็บรวบรวมข้อมูล ย่อมจะทำให้ได้ข้อมูลที่ไม่มีคุณภาพ และทำให้ผลการวิจัยซึ่งอยู่บนฐานข้อมูลดังกล่าวอาจขาดความถูกต้อง และไม่น่าเชื่อถือตามไปด้วย ซึ่งมีลักษณะที่เรียกว่า "garbage in garbage out" ด้วยเหตุนี้เครื่องมือที่ใช้วัดในการวิจัยจำเป็นต้องมีคุณภาพที่ดี โดยคุณภาพของเครื่องมือสามารถพิจารณาได้จาก 2 ดัชนีที่สำคัญ ได้แก่ ความตรง (validity) และความเที่ยง (reliability) โดยความตรงเป็นสิ่งที่บอกว่าผลการวัดจากเครื่องมือแสดงถึงลักษณะหรือสิ่งที่มุ่งวัดได้ดีเพียงใด ซึ่งความตรงเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของเครื่องมือวัด อย่างไรก็ตามความตรงเป็นแนวคิดเอกลักษณะ (unitary concept) ที่ต้องอาศัยหลักฐานหลายๆ ด้านในการสนับสนุนประกอบกัน อาทิหลักฐานในเชิงเนื้อหา หลักฐานในเชิงความสัมพันธ์กับเกณฑ์ภายนอก และหลักฐานในเชิงโครงสร้างของการวัด เป็นต้น ส่วนความเที่ยงเป็นสิ่งที่บอกว่าผลการวัดจาก

เครื่องมือมีความคงเส้นคงวามากน้อยเพียงใด ทั้งนี้มีหลากหลายวิธีในการประมาณค่าความเที่ยงของเครื่องมือขึ้นอยู่กับบริบทและความเหมาะสมที่ผู้วิจัยจะเลือกใช้ (วรรณี แกมเกตุ, 2555; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) ในการพัฒนาเครื่องมือวิจัยควรรายงานค่าความเที่ยงอย่างน้อยหนึ่งแบบ ซึ่งวิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบากเป็นวิธีการหาความเที่ยงตามแนวคิดทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมที่ได้รับความนิยมใช้กันมากที่สุดในการทำวิจัย เพราะสามารถหาได้ทั้งการตรวจให้คะแนนแบบสองค่าหรือแบบ 0, 1 และการให้คะแนนแบบหลายค่า (Hogan, Benjamin & Brezinski, 2000) แต่ในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา ในต่างประเทศเริ่มให้ความสำคัญกับการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัด (method effect) ซึ่งเป็นหลักฐานสนับสนุนความตรงเชิงโครงสร้างอีกแบบหนึ่ง นอกเหนือจากการตรวจสอบโดยใช้ความตรงและความเที่ยงตามประเพณีนิยม

อิทธิพลของวิธีการวัด (method effect) เป็นประเด็นที่ Campbell และ Fiske ได้เสนอไว้ตั้งแต่ในปี ค.ศ. 1959 ซึ่งถือว่าเป็นประเด็นในการวิจัยที่ค่อนข้างใหม่ ทั้งนี้ตลอดระยะเวลากว่า 50 ปีที่ผ่านมา มีนักวิจัยของต่างประเทศได้ศึกษาในประเด็นนี้อยู่บ้าง จนต่อมาอิทธิพลของวิธีการวัดกลายเป็นสิ่งที่นักวิจัยควรจะตระหนักถึงและควรดำเนินการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดร่วมด้วย โดยอิทธิพลของวิธีการวัดสามารถพิจารณาจาก 2 ดัชนีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ common method variance (CMV) ซึ่งคือความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตได้ โดยบางส่วนเป็นผลมาจากวิธีการวัด และ common method bias (CMB) ซึ่งคือระดับความสัมพันธ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามอิทธิพลอันเกิดจากวิธีการวัด โดยพบว่า CMB มีอิทธิพลมากกว่า CMV และอาจเรียกความลำเอียงที่เกิดขึ้นจากวิธีการวัดว่าอิทธิพลของวิธีการวัด (Meade, Watson & Kroustalis, 2007; Podsakoff MacKenzie, Lee & Podsakoff, 2003; เพ็ญนภา ศรีโฉม, 2557) โดยทั่วไปอิทธิพลของวิธีการวัดจะเกิดขึ้นเมื่อลักษณะของวิธีการวัดหรือเครื่องมือวัดใดๆ ไปทำให้เกิดความแปรปรวนมากกว่าโครงสร้างที่สนใจศึกษา (Sechrest et al., 2000) จึงกล่าวสรุปได้ว่าอิทธิพลของวิธีการวัด คือ ผลกระทบจากการใช้วิธีการวัดหรือเครื่องมือวัดที่เข้าไปเจือปนในความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือโครงสร้างที่สนใจศึกษา จนทำให้ความแปรปรวนของคะแนนเป็นผลเนื่องมาจากวิธีการวัดมีมากกว่าที่ควรจะมาจากโครงสร้างที่สนใจศึกษา อย่างไรก็ตามนักวิจัยไม่ต้องการให้อิทธิพลของวิธีการวัดเข้าไปเจือปนในความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา เพราะว่าอิทธิพลของวิธีการวัดเป็นแหล่งของความคลาดเคลื่อนที่สำคัญที่อาจส่งผลต่อข้อค้นพบในงานวิจัยได้ และอาจทำให้ได้ข้อสรุปของการวิจัยที่ไม่ถูกต้อง ทั้งนี้การเกิดอิทธิพลของวิธีการวัดในข้อค้นพบยังเป็นตัวบ่งชี้ที่สะท้อนว่าเครื่องมือขาดความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) หรือโมเดลที่ใช้ขาดความตรงเชิงลู่เข้า (convergent validity) เมื่อผลการวัดได้รับอิทธิพลของวิธีการวัดเข้ามาเจือปนร่วมด้วย และความคงเส้นคงวาของผลการวัดที่ได้รับอิทธิพลของวิธีการวัดในการวัดแต่ละครั้งอาจไม่เท่ากัน จึงกล่าวได้ว่าอิทธิพลของวิธีการวัดส่งผลทั้งในแง่ความตรงและความเที่ยงของตัวแปรที่สนใจศึกษา

นอกจากนี้การไม่ควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัด จะทำให้การประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เกิดความผิดพลาดตามไปด้วย เช่น ทำให้ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (type I error) หรือความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (type II error) มีค่าเกินกว่าที่จะยอมรับได้ หรือการประมาณค่าสถิติทดสอบที่อาจทำให้ผลการทดสอบสมมติฐานเกิดข้อผิดพลาดได้ ตลอดจนอาจทำให้เกิดความเข้าใจผิดเกี่ยวกับความแปรปรวนของตัวแปรเกณฑ์ที่ศึกษาว่าเป็นผลมาจากตัวแปรทำนายเท่าใด (Podsakoff et al., 2003; Podsakoff, MacKenzie & Podsakoff, 2012) นอกจากนี้มีหลักฐานของการวิเคราะห์อภิมานงานวิจัยของนักวิจัยหลายท่านที่ศึกษาในประเด็นเกี่ยวกับอิทธิพลของวิธีการวัด โดยแยกพิจารณาความแปรปรวนออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ความแปรปรวนเนื่องมาจากคุณลักษณะหรือตัวแปรทำนาย ความแปรปรวนเนื่องมาจากวิธีการวัด และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน โดยพบว่างานวิจัยบางส่วนได้รับอิทธิพลของวิธีการวัดเจือปนในผลการศึกษาด้วย ซึ่งพิจารณาจากความแปรปรวนเนื่องมาจากวิธีการวัดมีตั้งแต่ร้อยละ 18 ถึง 32 ของการวิเคราะห์อภิมานงานวิจัย 5 งาน (Buckley et al., 1990; Cote & Buckley, 1987; Doty & Glick, 1998; Lance et al., 2010; Williams et al., 1989 cited in Podsakoff et al., 2012) อย่างไรก็ตามยังถือว่าอิทธิพลของวิธีการวัดในงานวิจัยดังกล่าวเป็นที่ยอมรับได้ เพราะความแปรปรวนของวิธี (CMV) หรือความเอนเอียงของวิธี (CMB) หากมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 40 ของความแปรปรวนทั้งหมด ให้ถือว่าผลการวิจัยมีความถูกต้องและยอมรับได้ (Doty & Glick, 1998) จากผลกระทบของอิทธิพลของวิธีการวัดและหลักฐานที่แสดงว่างานวิจัยบางส่วนได้รับอิทธิพลของวิธีการวัด แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ทำให้นักวิจัยจำเป็นจะต้องเข้าใจถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดอิทธิพลของวิธีการวัด เพื่อจะได้หาแนวทางในการควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัด

อิทธิพลของวิธีการวัดเกิดมาจากหลายสาเหตุ โดยสาเหตุหรือแหล่งที่ทำให้เกิดอิทธิพลของวิธีการวัดอาจแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม (Podsakoff et al., 2003) ดังนี้ 1) อิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากแหล่งข้อมูลหรือผู้ตอบ ได้แก่ ความคงเส้นคงวาของการตอบ (consistency motif) ทฤษฎีปริยาย (implicit theories) การตอบตามความพึงปรารถนาของสังคม ความลำเอียงที่เกิดจากความเอื้อเฟื้อ/ปล่อย (leniency biases) ความลำเอียงจากการไม่ใส่ใจในการตอบ (acquiescence biases) ภาวะอารมณ์ที่เป็นตัวตนของผู้ตอบ (mood state) และภาวะอารมณ์ชั่วคราวของผู้ตอบ (transient mood state) 2) อิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากลักษณะของข้อคำถาม ได้แก่ ข้อคำถามตามความพึงปรารถนาของสังคม ข้อคำถามที่ซ่อนคำตอบไว้ในลักษณะของคำถาม (Item demand characteristics) ความกำกวมของคำถาม รูปแบบสเกลการวัดที่ใช้ร่วมกัน ระดับของสเกลการวัดที่จำแนกไม่ได้ (common scale anchors) และการใช้ข้อคำถามทางบวกและข้อคำถามทางลบ 3) อิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากบริบทของข้อคำถาม ได้แก่ การจัดวางตำแหน่งของข้อคำถาม (item priming effects) การจำแนกข้อคำถาม (item embedddedness) ภาวะ

อารมณ์ที่เกิดขึ้นในขณะการตอบ (context-induced mood) ความยาวของสเกลการวัด (scale length) และการใช้ข้อคำถามที่วัดแต่ละโครงสร้างผสมกันในแบบสอบถาม 4) อิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากบริบทของการวัด ได้แก่ การวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ในช่วงเวลาเดียวกัน การวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ในพื้นที่เดียวกัน และการวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์โดยใช้สื่อกลางหรือวิธีการเดียวกัน ทั้งนี้จากการศึกษาของ Podsakoff et al. (2003) สามารถระบุแหล่งที่ทำให้เกิดอิทธิพลของวิธีการวัดที่เข้าไปมีผลในกระบวนการตอบคำถามของผู้ตอบด้วย ซึ่งนักวิจัยควรจะตระหนักถึงอิทธิพลของวิธีการวัดที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละขั้นของกระบวนการตอบคำถามของผู้ตอบที่ใช้เป็นประชากรหรือกลุ่มตัวอย่าง และควรหาแนวทางที่เหมาะสมในการควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัดที่อาจเกิดขึ้นในงานวิจัยได้

การควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัดสามารถทำได้ 2 วิธี โดยวิธีแรกเป็นการออกแบบขั้นตอนการศึกษาให้ดี (procedural control) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการควบคุมปัจจัยแทรกซ้อนในเชิงวิธีการวัดและการเก็บรวบรวมข้อมูลที่อาจส่งผลต่อตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ ซึ่งอยู่ในขั้นตอนของการออกแบบการวัดตัวแปร (measurement design) โดยเป็น 1 ใน 3 เรื่องที่สำคัญสำหรับการออกแบบการวิจัย ทั้งนี้การควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัดโดยใช้การออกแบบขั้นตอนการศึกษาให้ดีมีอยู่หลายเทคนิค ได้แก่ การวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์จากแหล่งข้อมูลที่ต่างกัน การแยกวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ไม่ว่าจะแยกวัดตามช่วงเวลา (temporal separation) การแยกวัดทางจิตวิทยา (psychological separation) หรือการแยกวัดทางวิธีวิทยา (methodological separation) การไม่ระบุชื่อของผู้ตอบ การสร้างข้อคำถามให้มีน้ำหนักที่น่าเชื่อถือพอกัน การระมัดระวังในการสร้างข้อคำถามให้ชัดเจนไม่ให้เกิดความกำกวมของคำถาม การใช้คำหรือข้อความตามความพึงปรารถนาของสังคมให้น้อยลง เป็นต้น (Podsakoff et al., 2003; Podsakoff et al., 2012) อย่างไรก็ตามบางเทคนิคเป็นสิ่งที่นักวิจัยทั่วไปได้ดำเนินการอยู่แล้วในการทำวิจัย เช่น การไม่ให้ผู้ตอบระบุชื่อของตนเองในแบบสอบถาม การสร้างข้อคำถามแต่ละข้อให้มีความน่าเชื่อถือสมดุลกัน และการระมัดระวังไม่ให้ข้อคำถามเกิดความกำกวม โดยอาจให้ผู้ทรงคุณวุฒิเป็นผู้ตรวจสอบร่วมด้วย นอกจากนี้การควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัดอีกวิธี คือ การควบคุมโดยใช้สถิติ (statistical control) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก โดยเทคนิคในการควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัดโดยใช้สถิติมีอยู่ 5 เทคนิค ได้แก่ การทดสอบองค์ประกอบเดียวของฮาร์แมน (harman's single-factor test) การควบคุมความสัมพันธ์บางส่วนในกระบวนการ (partial correlation procedure) การควบคุมอิทธิพลของการวัดตัวแปรแฝงโดยตรง (controlling for the effects of a directly measured latent methods factor: CEML) การควบคุมอิทธิพลที่ไม่วัดตัวแปรแฝงโดยตรง (controlling for the effects of an unmeasured latent methods factor: CEUL) และการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบพหุวิธี (multiple-method factors analysis) ซึ่งมีโมเดล

การวิเคราะห์ย่อยอีก 3 แบบ คือ 1) โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธีที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธี (CFA-model with correlated trait factors and correlated method factors: CTCM) 2) โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธีที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเฉพาะ (CFA-model with correlated trait factors and correlated uniquenesses: CTCU) และ 3) โมเดลผลคูณโดยตรง (direct product model) ทั้งนี้แต่ละเทคนิคของการควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัดโดยใช้สถิติมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไป (Podsakoff et al., 2003; Podsakoff et al., 2012; วรรณี แกมเกตุ, 2540) แต่การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบพหุวิธี ซึ่งเป็นการใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) ในโมเดลพหุลักษณะ-พหุวิธี (multitrait-multimethod: MTMM) ที่ใช้วิธีการวัดมากกว่า 1 แบบ ในการวัดคุณลักษณะมากกว่า 1 คุณลักษณะ เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์มากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งโมเดลแบบ CTCM และโมเดลแบบ CTCU (Distefano & Motl, 2009; Quilty, Oakman & Risko, 2006; Tomás, 2013; อนุ เจริญวงษ์ระยับ, 2549)

งานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของวิธีการวัดมักสนใจศึกษากับตัวแปรหรือโครงสร้างทางจิตวิทยาในด้านจิตพิสัย (affective domain) ซึ่งเป็นคุณลักษณะภายในของมนุษย์ที่ไม่อาจสังเกตได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องหาวิธีการวัดหรือใช้เครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นเพื่อมาสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูลพฤติกรรมที่แสดงออก เพื่อสรุปอ้างอิงเป็นค่าของคุณลักษณะภายใน (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) ด้วยเหตุนี้การวัดโครงสร้างทางจิตวิทยาอาจเกิดอิทธิพลของวิธีการวัดเข้ามาเจือปนร่วมด้วยในผลการศึกษา จึงทำให้นักวิจัยให้ความสำคัญกับการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดบนโครงสร้างด้านจิตพิสัย อย่างไรก็ตามการวัดความสามารถทางปัญญาซึ่งเป็นอีกด้านหนึ่งที่อยู่ในอนุกรมวิธานการเรียนรู้ของบลูม และถือว่าเป็นด้านที่สำคัญและเป็นด้านที่ครูและนักการศึกษาทั่วโลกยังให้ น้ำหนักการประเมินกับด้านนี้อยู่เป็นหลัก แต่กลับพบว่าการวัดความสามารถทางปัญญายังไม่มีใครศึกษาในประเด็นเกี่ยวกับอิทธิพลของวิธีการวัด ทั้งนี้เป็นที่ทราบดีว่าวิธีการที่นิยมใช้วัดความสามารถทางปัญญา คือ การใช้แบบสอบหรือแบบวัด โดยรูปแบบการตอบข้อสอบมีอยู่ 2 แบบ คือ 1) แบบเลือกตอบ เช่น แบบถูกผิด แบบจับคู่ และแบบหลายตัวเลือก 2) แบบเสนอคำตอบ เช่น ตอบสั้น ความเรียงจำกัดคำตอบ และความเรียงไม่จำกัดคำตอบ (โชติกา ภาษีผล, 2554) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่ารูปแบบข้อสอบที่ใช้ต่างกันเพื่อวัดความสามารถทางปัญญาอาจก่อให้เกิดอิทธิพลของวิธีการวัดเจือปนร่วมด้วยในคะแนนสอบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Campbell & Fiske (1959) ที่เคยเสนอไว้ว่ารูปแบบการตอบ (response format) อาจเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดอิทธิพลของวิธีการวัดได้เช่นเดียวกัน

สถาบันการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.) ของประเทศไทยมีแนวคิดจะใช้ข้อสอบรูปแบบ PISA Liked ที่สร้างตามกรอบแนวคิดในการวัดสมรรถนะผู้เรียนแบบเดียวกับ PISA โดยมุ่งเน้นการคิด วิเคราะห์ และประมวลผลโจทย์คำถามที่เชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาสาระแต่ละวิชากับเรื่องราวในชีวิตประจำวัน มาปรับใช้ในการสอบ O-NET ซึ่งเป็นการสอบที่นักเรียนในระดับชั้นสุดท้ายของแต่ละช่วงชั้นทุกคนต้องเข้าสอบ โดยคาดการณ์ว่าจะเริ่มใช้แนวข้อสอบ PISA Liked ในปีการศึกษา 2559 (ผู้จัดการออนไลน์, 2557) ทั้งนี้ PISA เป็นชื่อย่อของโครงการการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment) ซึ่งริเริ่มและดำเนินการโดยองค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD) ตั้งแต่ในปี ค.ศ. 2000 โดยมีจุดมุ่งหมายคือประเมินความรู้และทักษะของนักเรียนในแต่ละประเทศที่มีอายุ 15 ปี ซึ่งถือว่าเป็นวัยที่กำลังจะจบการศึกษาภาคบังคับว่ามีสมรรถนะในการเผชิญกับโลกชีวิตจริงและสามารถใช้ชีวิตในอนาคตได้อย่างมีคุณภาพมากน้อยเพียงใด และให้ความสำคัญกับการประเมินสมรรถนะการรู้เรื่อง (Literacy) ใน 3 ด้าน ได้แก่ การรู้เรื่อง การอ่าน การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (สสวท., 2547) ทั้งนี้การรู้เรื่องคณิตศาสตร์เป็นด้านที่เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างข้อสอบคณิตศาสตร์ตามแนวของ PISA กับข้อสอบคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ของไทย โดยข้อสอบคณิตศาสตร์ตามแนวของ PISA มุ่งเน้นสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยใช้กรอบการประเมินใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) สมรรถนะ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่ OECD ให้ความสำคัญในการประเมิน โดยแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ การตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ 2) เนื้อหา มี 4 ด้าน ได้แก่ ปริมาณ ความไม่แน่นอนและข้อมูล การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ ปริภูมิและรูปทรง 3) บริบทที่ใช้มี 4 ด้าน ได้แก่ บริบทส่วนตัว บริบททางสังคม บริบทของการงานอาชีพ บริบทในแวดวงวิทยาศาสตร์ (OECD, 2013) ขณะที่ข้อสอบคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ของไทยต้องอิงตามกรอบของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน รวมถึงข้อสอบคณิตศาสตร์ที่เน้นไปที่การคิดคำนวณโจทย์เชิงตัวเลข โดยไม่ค่อยมีการประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง จึงทำให้ข้อสอบที่ใช้ประเมินจึงเป็นคำถามในเชิงคณิตศาสตร์ที่ไม่มีสถานการณ์ปัญหาเข้ามาเกี่ยวข้องมากนัก ประกอบกับรูปแบบการตอบใน PISA มีความหลากหลาย โดยรูปแบบข้อสอบในการประเมินความรู้และทักษะหลักๆ ด้านคณิตศาสตร์ มีอยู่ 4 แบบ ได้แก่ เลือกตอบแบบหลายตัวเลือก เลือกตอบเชิงซ้อน สร้างคำตอบแบบปิด และสร้างคำตอบอิสระ (สสวท., 2557a) อย่างไรก็ตามจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ PISA พบว่ามีงานวิจัยอยู่บางส่วนที่สนใจเกี่ยวกับการสร้างข้อสอบตามแนวทาง PISA เพื่อมุ่งพัฒนาดัชนีของข้อสอบ เช่น ความยาก หรือขยายกรอบแนวคิดการประเมินให้มีความเหมาะสมกับประเทศของตน (Neubrand, 2009; Turner et al., 2009) แต่ยังไม่มีงานวิจัยใดที่ตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบตามแนวทาง PISA

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจจะศึกษาลักษณะของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นตามแนวทาง PISA และตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดดังกล่าว แล้วนำแบบวัดที่พัฒนาขึ้นมาศึกษาว่ารูปแบบข้อสอบตามแนวทาง PISA ทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบเลือกตอบหลายตัวเลือก สร้างคำตอบแบบปิด (ตอบสั้น) และสร้างคำตอบอิสระ (แสดงวิธีทำ) จะทำให้เกิดอิทธิพลของวิธีการวัดเจือปนในผลการวัดหรือไม่ โดยประยุกต์ใช้การตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบพหุวิธี ด้วยเทคนิคแบบ CFA-model with Correlated Trait factors and Correlated Uniquenesses (CTCU) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ให้องค์ประกอบคุณลักษณะสัมพันธ์กัน และความคลาดเคลื่อนที่มาจากการใช้รูปแบบข้อสอบเดียวกันภายใต้องค์ประกอบเดียวกันสัมพันธ์กัน และ CFA-model with Correlated Trait factors and Correlated Method factors (CTCM) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ให้องค์ประกอบคุณลักษณะสัมพันธ์กันเอง และองค์ประกอบของวิธีการวัดสัมพันธ์กันเอง โดยเหตุผลที่เลือกใช้ 2 เทคนิคดังกล่าว เพราะว่าการศึกษาครั้งนี้วัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ใน 3 ด้าน และใช้รูปแบบข้อสอบซึ่งเป็นวิธีการวัด 3 รูปแบบ ซึ่งมีลักษณะเป็นการวิเคราะห์แบบพหุลักษณะ-พหุวิธี (Multitrait-Multimethod Analysis) จึงทำให้ต้องวิเคราะห์องค์ประกอบแบบพหุวิธี ซึ่งเทคนิค CTCU และเทคนิค CTCM เป็นโมเดลการวิเคราะห์ย่อยของแบบพหุวิธีที่นิยมใช้ในการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัด เพราะเป็นเทคนิคที่สามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับอิทธิพลของวิธีการวัดได้ค่อนข้างชัดเจน ทั้งนี้ผู้วิจัยต้องการตรวจสอบว่าการใช้รูปแบบข้อสอบที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดอิทธิพลต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์หรือไม่ เพื่อให้ได้สารสนเทศที่สำคัญเกี่ยวกับอิทธิพลของรูปแบบข้อสอบและเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ ซึ่งจะนำไปใช้เป็นข้อคำนึงถึงในการสร้างข้อสอบหรือข้อคำถามของครูและนักการศึกษา รวมถึงเป็นการขยายองค์ความรู้ในการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดในด้านความสามารถทางปัญญา (cognitive domain)

คำถามวิจัย

1. โมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA แบบทั่วไป โมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เทคนิค CTCU และโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เทคนิค CTCM มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ อย่างไร

2. อิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบจากแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA ที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เกิดขึ้นจริงหรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบทั่วไป โมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เทคนิค CTCU และโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เทคนิค CTCM

2. เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของรูปแบบข้อสอบที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบทั่วไป เทียบกับโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เทคนิค CTCU และโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เทคนิค CTCM

ขอบเขตของการวิจัย

1. ผู้วิจัยใช้กรอบการประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางของ PISA โดยยึดตามกรอบการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA ในปี ค.ศ. 2012 เป็นหลัก ด้วยเหตุผลที่ว่ากรอบการประเมินดังกล่าวเป็นช่วงของการประเมินที่ให้น้ำหนักความสำคัญกับคณิตศาสตร์มากที่สุดถึงร้อยละ 60 และเป็นการประเมินที่เน้นหนักในด้านคณิตศาสตร์เป็นครั้งที่ 2 ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลสารสนเทศที่เป็นประโยชน์มากกว่าการประเมินที่เน้นหนักในด้านคณิตศาสตร์เป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 2003 โดยกรอบการประเมินคณิตศาสตร์ในปี ค.ศ. 2012 ได้มีการพัฒนามาจากกรอบการประเมินคณิตศาสตร์ของปี ค.ศ. 2003 ให้มีความกระชับและความทันสมัยมากขึ้น

2. รูปแบบข้อสอบตามแนวทาง PISA มีอยู่ 4 รูปแบบ ได้แก่ เลือกตอบแบบหลายตัวเลือก (multiple-choice) เลือกตอบเชิงซ้อน (complex multiple-choice) สร้างคำตอบแบบปิด (restricted response) และสร้างคำตอบอิสระ (extended response) แต่ผู้วิจัยได้ตัดรูปแบบเลือกตอบเชิงซ้อนออกไปจากการศึกษาครั้งนี้ เพราะแบบเลือกตอบเชิงซ้อนจะเป็นการถามหลายคำถามที่ต่อเนื่องกัน แล้วให้คะแนนเป็นชุดของคำตอบ กล่าวคือเป็นการให้สถานการณ์ปัญหามาแล้วให้ตอบคำถามแบบถูกผิด (ใช่-ไม่ใช่ หรือ จริง-ไม่จริง) ประมาณ 2-4 คำถามที่แต่ละข้อคำถามไม่เกี่ยวข้องและส่งผลถึงกัน และให้คะแนนแบบ 0, 1 โดยถ้าตอบถูกทั้งหมดก็จะได้คะแนนเต็ม และหากตอบผิดแม้แต่คำถามเดียวก็จะไม่ได้คะแนนในข้อนั้นเลย ด้วยเหตุนี้ทำให้การเปรียบเทียบแบบเลือกตอบเชิงซ้อนกับรูปแบบอื่น ซึ่งถามด้วยคำถามเดียวอาจเกิดปัญหาในแง่โครงสร้างของคำถามและความเป็นเอกมิติของคำถามได้ ดังนั้นผู้วิจัยเลือกศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบดังกล่าวเพียง 3 รูปแบบ ได้แก่ เลือกตอบแบบหลายตัวเลือก สร้างคำตอบแบบปิด (เขียนตอบสั้น) และสร้างคำตอบอิสระ (อธิบายหรือแสดงวิธีทำ)

3. เทคนิคการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบพหุวิธี (multiple-method factors analysis) ซึ่งมีโมเดลการวิเคราะห์ย่อย 3 แบบ ได้แก่ 1) โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธีที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะและ

ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธี (CTCM) 2) โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธีที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ คุณลักษณะและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเฉพาะ (CTCU) และ 3) โมเดลผลคูณโดยตรง (direct product model) แต่ผู้วิจัยสนใจโมเดลการวิเคราะห์เพียง 2 โมเดล คือ โมเดล CTCM และ CTCU ซึ่งเป็นโมเดลที่นิยมใช้ในกรณีที่มีวิธีการวัดมากกว่า 1 วิธีในการวัดคุณลักษณะมากกว่า 1 คุณลักษณะ โดยการวิจัยนี้วัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ 3 ด้าน และใช้วิธีการวัดซึ่งคือรูปแบบข้อสอบ 3 แบบ อีกทั้งโมเดลดังกล่าวสามารถทำความเข้าใจในการแปลผลค่าพารามิเตอร์และอิทธิพลของวิธีการวัดได้ไม่ยากนัก ตลอดจนทั้งโมเดล CTCM และ CTCU มีข้อตกลงว่าองค์ประกอบวิธีไม่มีปฏิสัมพันธ์กับตัวแปรเกณฑ์และตัวแปรทำนาย ส่วนโมเดลผลคูณโดยตรงที่ผู้วิจัยเลือกไม่ศึกษานั้น เนื่องจากโมเดลไม่ได้แยกเป็นองค์ประกอบคุณลักษณะ หรือองค์ประกอบวิธีอย่างชัดเจน แต่ใช้องค์ประกอบเป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะกับวิธีการวัด ซึ่งทำให้ยากในการแปลผลองค์ประกอบของปฏิสัมพันธ์ และยากในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับอิทธิพลของวิธีการวัดที่เกิดขึ้นในโมเดล ตลอดจนการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่มากเกินไปจากการที่ให้ความคลาดเคลื่อนในทุกข้อคำถามสัมพันธ์กันเองได้ทั้งหมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาเฉพาะโมเดลการวิเคราะห์แบบ CTCM และ CTCU

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัด หมายถึง การสรุปอ้างอิงโครงสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ว่าการวัดได้ผลตรงตามโครงสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่มาจากกรอบการประเมินด้านคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA โดยการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ การเลือกใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ และการตีความทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้แต่ละด้านวัดจากข้อคำถาม 9 ข้อ แล้วพิจารณาว่าโมเดลการวัดมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์เป็นอย่างไร โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้อง (fit indices) ได้แก่ ค่าไค-สแควร์ (χ^2), ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df), GFI, AGFI, CFI, RFI, SRMR และ RMSEA

ความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ หมายถึง ค่าไค-สแควร์ควรมีค่าน้อยๆ เข้าใกล้ 0 ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ควรมีค่าน้อยกว่า 2 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมพอดีเชิงเปรียบเทียบ (CFI) และดัชนีความเหมาะสมพอดีเชิงสัมพัทธ์ (RFI) มีค่าเข้าใกล้ 1 ดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) และดัชนีรากที่สองของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) มีค่าเข้าใกล้ 0 ทั้งนี้ใช้การพิจารณาโดยรวมจากทุกดัชนีความสอดคล้องกลมกลืนที่กล่าวไปข้างต้น

อิทธิพลของวิธีการวัด หมายถึง ความแปรปรวนของแหล่งข้อมูลของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่อาจก่อให้เกิดความแปรปรวนอันเนื่องมาจากวิธีการวัดมีมากกว่าความแปรปรวนของ

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นโครงสร้างที่สนใจศึกษา ซึ่งสามารถตรวจสอบการเกิดอิทธิพลของวิธีการวัดในโมเดล CTCU โดยพิจารณาจากค่าความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนในตัวแปรสังเกตได้ที่ให้รูปแบบข้อสอบเดียวกันมีความสัมพันธ์กัน หากมีค่าที่สูง แสดงว่าเกิดอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบในโมเดลการวัด แต่กลับกันหากค่าความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนนั้นมีค่าที่ต่ำ แสดงว่าไม่เกิดอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบในโมเดลการวัด สำหรับโมเดล CTCM ตรวจสอบการเกิดอิทธิพลของวิธีการวัดได้จากค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากวิธีการวัด หากมีค่าสูงกว่าน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ แสดงว่าเกิดอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบในโมเดลการวัด ในทางกลับกันหากน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากวิธีการวัด มีค่าต่ำกว่าน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ แสดงว่าคะแนนที่ได้การวัดตามโมเดลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์มากกว่าวิธีการวัด นั่นคือรูปแบบข้อสอบมีอิทธิพลน้อยต่อผลการวัด

รูปแบบข้อสอบ หมายถึง รูปแบบการตอบตามแนวทาง PISA ที่ใช้ในแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมี 3 แบบ ได้แก่ แบบเลือกตอบที่ใช้ตัวเลือก 5 ตัว แบบสร้างคำตอบแบบปิด ซึ่งมีลักษณะเป็นการเขียนตอบสั้น และแบบสร้างคำตอบอิสระ ซึ่งมีลักษณะเป็นการให้เขียนอธิบายเหตุผลหรือแสดงวิธีทำ

แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ หมายถึง แบบทดสอบคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามแนวทาง PISA โดยมีแบบทดสอบทั้งหมด 3 ฉบับ โดยแต่ละฉบับบรรจุข้อสอบ 9 ข้อที่คละรูปแบบข้อสอบทั้ง 3 วิธี และมุ่งวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ใน 3 ด้าน ได้แก่ 1) การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ 2) การเลือกใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ 3) การตีความทางคณิตศาสตร์ และมีการให้คะแนนแบบ 0, 1 ในการตอบข้อสอบทั้ง 3 รูปแบบ โดยถ้าคำตอบถูกจะได้คะแนนเต็มคือ 1 คะแนน แต่หากตอบผิดจะได้ 0 คะแนนสำหรับแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือกและแบบตอบสั้น ส่วนแบบแสดงวิธีทำกำหนดว่าหากทั้งคำตอบถูกและเขียนแสดงวิธีทำได้ถูกต้องชัดเจนโดยทำให้ผู้วิจัยซึ่งเป็นผู้ตรวจให้คะแนนเพียงคนเดียวอ่านได้เข้าใจจะได้คะแนนเต็มคือ 1 คะแนน แต่หากตอบผิดหรือแสดงวิธีทำไม่ถูกต้องชัดเจนอย่างใดอย่างหนึ่ง รวมถึงไม่ตอบข้อสอบข้อนั้นจะได้ 0 คะแนน

1) การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง การคิดเพื่อแปลงสถานการณ์หรือปัญหาในโลกของชีวิตจริงให้อยู่ในขอบเขตของคณิตศาสตร์ โดยมีการกำหนดโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ทั้งการกำหนดตัวแปร การใช้สัญลักษณ์หรือเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ รวมถึงสามารถให้เหตุผล และพิจารณาถึงข้อจำกัด จากการแปลงปัญหาในโลกชีวิตจริงให้กลายเป็นสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

2) การเลือกใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ หรือการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น การคำนวณเลขคณิต การแก้สมการ การอนุมานเชิงตรรกศาสตร์

จากสมมติฐานทางคณิตศาสตร์ การสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากตารางและกราฟ การหาสิ่งที่เป็นตัวแทน และการจัดการกับรูปร่างและรูปทรง และการวิเคราะห์ข้อมูล

3) การตีความทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การตีความ การแปลความ การประยุกต์ และการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อตอบปัญหาของโลกชีวิตจริง

โมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบทั่วไป หรือโมเดลแบบ GENE หมายถึง โมเดลการวัดที่มีองค์ประกอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ 3 ด้านเป็นตัวแปรแฝง ได้แก่ การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ การเลือกใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ การตีความทางคณิตศาสตร์ ซึ่งองค์ประกอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กัน โดยตัวแปรสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แต่ละด้านวัดด้วยข้อสอบ 9 ข้อ ซึ่งมาจากข้อสอบที่แตกต่างกัน 3 ข้อ และแต่ละข้อใช้รูปแบบข้อสอบทั้ง 3 รูปแบบ

โมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เทคนิค CTCU หรือโมเดลแบบ CTCU หมายถึง โมเดลการวัดที่องค์ประกอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ด้านมีความสัมพันธ์กัน และองค์ประกอบเฉพาะมีความสัมพันธ์กัน โดยให้ความคลาดเคลื่อนที่มาจากการใช้รูปแบบข้อสอบเดียวกันภายใต้องค์ประกอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เดียวกันมีความสัมพันธ์กันเอง ทั้งนี้ตัวแปรสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แต่ละด้านวัดด้วยข้อสอบ 9 ข้อ ซึ่งมาจากข้อสอบที่แตกต่างกัน 3 ข้อ และแต่ละข้อใช้รูปแบบข้อสอบทั้ง 3 รูปแบบ

โมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เทคนิค CTCM หรือโมเดลแบบ CTCM หมายถึง โมเดลการวัดที่องค์ประกอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ด้านมีความสัมพันธ์กัน และองค์ประกอบวิธีการวัด (รูปแบบข้อสอบ) มีความสัมพันธ์กัน โดยตัวแปรสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แต่ละด้านวัดด้วยข้อสอบ 9 ข้อ ซึ่งมาจากข้อสอบที่แตกต่างกัน 3 ข้อ และแต่ละข้อใช้รูปแบบข้อสอบทั้ง 3 รูปแบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทำให้ได้สารสนเทศเกี่ยวกับอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากการใช้รูปแบบข้อสอบที่แตกต่างกัน เพื่อใช้เป็นข้อที่ควรคำนึงในการสร้างข้อสอบหรือข้อคำถามของครูและนักการศึกษา

2. ทำให้ได้สารสนเทศเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของข้อสอบ ได้แก่ ความยาก อำนาจจำแนก ซึ่งทำให้ครูและนักการศึกษานำไปวางแผนเลือกใช้รูปแบบข้อสอบในการสร้างข้อสอบได้อย่างเหมาะสม

3. ขยายองค์ความรู้เชิงวิชาการในการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดในด้านความสามารถทางปัญญา (cognitive domain) นอกเหนือจากการตรวจสอบแต่ในด้านจิตพิสัย (affective domain) เท่านั้น

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องอิทธิพลของรูปแบบข้อสอบที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวพิซ่า: การประยุกต์ใช้การตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดด้วยเทคนิคซีทีซียูและเทคนิคซีทีซีเอ็ม มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบทั่วไป โมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เทคนิค CTCU และโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เทคนิค CTCM และ 2) เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของรูปแบบข้อสอบที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบทั่วไป เทียบกับโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เทคนิค CTCU และโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เทคนิค CTCM ตามลำดับ ทั้งนี้ผู้วิจัยขอนำเสนอโดยแบ่งเป็น 2 ตอนหลัก ดังนี้ **ตอนที่ 1** แนวคิดเกี่ยวกับอิทธิพลของวิธีการวัด และ **ตอนที่ 2** แนวคิดเกี่ยวกับการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ PISA รวมถึงกรอบแนวคิดในการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับอิทธิพลของวิธีการวัด

1.1 ความหมายของอิทธิพลของวิธีการวัด

ในที่นี้มีสองคำที่เกี่ยวข้องกับอิทธิพลของวิธีการวัด (method effect) ได้แก่ common method variance (CMV) และ common method bias (CMB) โดยทั้งสองสิ่งนี้เป็นดัชนีบ่งชี้การมีอิทธิพลของวิธีการวัด (เพ็ญนภา ศรีโฉม, 2557) ฉะนั้นผู้วิจัยขอนำเสนอความหมายของทั้งสองคำดังกล่าว เพื่อเป็นพื้นฐานของความเข้าใจในความหมายของทั้งสองคำนี้ แล้วจึงนำไปสู่การสรุปความหมายอิทธิพลของวิธีการวัด

1.1.1 common method variance (CMV)

แนวคิด common method variance เป็นแนวคิดแรกเริ่มของการศึกษาอิทธิพลอันเกิดจากวิธีการวัดก่อนที่จะมีการศึกษาแนวคิดของ common method bias ทั้งนี้มีผู้ให้นิยามของ common method variance ไว้อยู่หลายคน ดังนี้

Bagozzi & Yi (1991) ได้นิยาม CMV คือ ความแปรปรวนอันเนื่องมาจากวิธีที่ใช้ในการวัดมากกว่ามาจากโครงสร้างที่สนใจศึกษา (Refers to variance that is attributable to the measurement method rather than to the construct of interest.)

Spector (2006) ได้นิยาม CMV คือ ความลำเอียงของการใช้วิธีการวัดวิธีเดียว ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ในตัวแปรที่วัดวิธีการวัดเหมือนกันจะมีค่าสูงขึ้น (Refers to as monomethod bias which relationships between variables measured with the same method will be inflated.)

Meade et al. (2007) ได้นิยาม CMV คือ ความแปรปรวนของคะแนนที่สังเกตได้ โดยบางส่วนเป็นผลมาจากวิธีการวัด (Implies that variance in observed scores is partially attributable to a methods effect.)

Richardson, Simmering & Sturman (2009) ได้นิยาม CMV คือ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบที่เจือปนในการวัดตัวแปรด้วยวิธีการวัดหรือแหล่งข้อมูลที่ใช้วัดเดียวกัน (Refers to systematic error variance shared among variables measured with and introduced as a function of the same method and/or source.)

Vinsanathan, Berkman, Dryden & Harting (2012) ได้นิยาม CMV คือ ปริมาณความสัมพันธ์ที่ไม่แท้จริงระหว่างกลุ่มตัวแปรที่ศึกษา ซึ่งบางส่วนเป็นผลมาจากวิธีการวัดร่วมกันที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล (Refers to the amount of spurious correlations shared among variables in a study due to common method used in collecting data.)

จากนิยามของ CMV ข้างต้น มีความเหมือนกันคือ CMV เป็นความแปรปรวนหรือความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวแปรที่ศึกษา โดยบางส่วนเป็นผลมาจากวิธีการวัดที่ใช้วิธีเดียวกันในการวัดตัวแปร ซึ่งจะเห็นว่านิยามเดิมของ Meade et al. (2007) ค่อนข้างครอบคลุมความเหมือนของนิยาม CMV ที่กล่าวไปข้างต้น

1.1.2 common method bias (CMB)

นิยามของ common method bias มีผู้ให้นิยามอยู่ไม่มากนัก แต่บางคนก็เป็นผู้ที่ให้นิยามของ common method variance ด้วย ดังนี้

Meade et al. (2007) ได้นิยาม CMB คือ ระดับความสัมพันธ์ที่มีการเปลี่ยนแปลง (เพิ่มขึ้น) เพราะอิทธิพลอันเกิดจากวิธีการวัด (Refers to the degree to which correlations are altered (inflated) due to a method effect.)

Jones (2009) ได้นิยาม CMB คือ ความไม่คงเส้นคงวาเมื่อระดับความสัมพันธ์เกิดการแปรเปลี่ยนไปในแต่ละครั้งของการวัดคุณลักษณะ แต่สามารถกำหนดให้ค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ได้หากวัดด้วยจำนวนที่มากพอ (Refers to inconsistent when correlation occurs to varying degrees each time the trait is measured, and can be assumed to average out to zero in a large number of measurements.)

Jakobsen & Jensen (2014) ได้นิยาม CMB คือ ความลำเอียงในการประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปร โดยก่อให้เกิด CMV (Refers to the bias in an estimated correlation between two variables produced by common method variance.)

ทั้งนิยามของ Meade et al. และ Jones มีความเหมือนกันคือ CMB เป็นระดับความสัมพันธ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอันเป็นผลมาจากวิธีการวัดเข้ามาร่วมด้วยในความสัมพันธ์ แต่นิยามของ Meade et al. เน้นว่าระดับความสัมพันธ์ที่ได้รับผลจากวิธีการวัดต้องเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่เพิ่มขึ้นเท่านั้น อย่างไรก็ตามนิยามของ Jakobsen & Jensen ค่อนข้างเป็นนามธรรมและเฉพาะเจาะจงในแง่ของการวัดเพียงสองตัวแปรเท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงนิยาม CMB คือ ระดับความสัมพันธ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามอิทธิพลอันเกิดจากวิธีการวัด

1.1.3 อิทธิพลของวิธีการวัด (Method effect)

การให้นิยามของคำว่าอิทธิพลของวิธีการวัดยังไม่มีใครกำหนดไว้อย่างชัดเจน จึงทำให้มีการตีความหมายที่แตกต่างกันออกไป แต่ยังพอมีผู้ที่กล่าวถึงคำดังกล่าวอยู่บ้าง ดังนี้

Sechrest et al. (2000) กล่าวว่า อิทธิพลของวิธีการวัดจะเกิดขึ้นเมื่อลักษณะของวิธีการวัดหรือเครื่องมือวัดใดๆ ไปทำให้เกิดความแปรปรวนมากกว่าโครงสร้างที่สนใจศึกษา

Mual (2013) ได้ระบุแนวคิดของอิทธิพลของวิธีการวัดในการวัดทางจิตวิทยา แม้จะเข้าใจได้อย่างตรงไปตรงมาตามรูปศัพท์ว่า "อิทธิพลของวิธีการวัดเกิดขึ้นเมื่อลักษณะของกระบวนการวัดหรือเครื่องมือวัดก่อให้เกิดความแปรปรวนของคะแนนเกินกว่าสิ่งที่เป็นผลพวงเนื่องมาจากความแปรปรวนของคุณลักษณะที่สนใจ" แต่คำศัพท์เชิงมโนทัศน์ที่แวดล้อมอิทธิพลของวิธีการวัดยังคงเป็นที่สับสน

อิทธิพลของวิธีการวัดทำให้เกิดปัญหาสองประการหลัก คือ 1) อิทธิพลของวิธีการวัดจะส่งผลต่อความตรงและความเที่ยงของโครงสร้างที่ศึกษา โดยเฉพาะความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) และความตรงเชิงลู่เข้า (convergent validity) รวมถึงความเที่ยงในแต่ละสเกลการวัด 2) การไม่ควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัด จะทำให้เกิดความลำเอียงในการประมาณค่าพารามิเตอร์ในความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างที่ต่างกัน (Podsakoff et al., 2003; Podsakoff et al., 2012) รวมไปถึงการใช้ CMV และ CMB เป็นดัชนีบ่งชี้การมีอิทธิพลของวิธีการวัด จึงอาจเรียกความลำเอียงที่เกิดขึ้นจากวิธีการวัดนี้ว่า อิทธิพลของวิธีการวัด (เพ็ญนภา ศรีโฉม, 2557) ฉะนั้นผู้วิจัยขอสรุปว่าอิทธิพลของวิธีการวัด คือ ผลกระทบจากการใช้วิธีการวัดหรือเครื่องมือวัดที่เข้าไปเจือปนในความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือโครงสร้างที่สนใจศึกษา จนทำให้ความแปรปรวนของคะแนนเป็นผลเนื่องมาจากวิธีการวัดมีมากกว่าที่ควรจะมาจากโครงสร้างที่สนใจศึกษา

1.2 สาเหตุที่ก่อให้เกิดอิทธิพลของวิธีการวัด

Scherpenzeel & Saris (1997) ได้ตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดที่มีต่อความตรงและความเที่ยง ในแต่ละรายการจากโมเดลเมทริกซ์พหุลักษณะ-พหุวิธีจำนวน 50 เมทริกซ์ พบว่าสาเหตุจากวิธีการวัดที่สำคัญที่มีผลต่อความตรงและความเที่ยงในการวัดโครงสร้าง ได้แก่ รูปแบบและจำนวนของสเกลที่ใช้ในการตอบ การตอบตามความพึงปรารถนาของสังคมในข้อคำถาม รูปแบบการเก็บข้อมูล การจัดวางตำแหน่งของข้อคำถาม และประเภทของข้อมูลที่ต้องการ (เช่น ให้ตัดสินใจ ให้แสดงว่าเห็นด้วย-ไม่เห็นด้วย)

Podsakoff et al. (2003) ได้สรุปสาเหตุที่ทำให้เกิด common method bias ซึ่งถือว่าเป็นพื้นฐานของการเข้าใจในปัญหาอิทธิพลของวิธีการวัด โดยผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สาเหตุที่ทำให้เกิด common method bias

สาเหตุ	คำอธิบาย
1. อิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากแหล่งข้อมูลหรือผู้ตอบ (Source or rater effects)	
ความคงเส้นคงวาของการตอบ (Consistency motif)	การที่ผู้ตอบพยายามรักษาการตอบคำถามทั้งหลายให้สอดคล้องและไปด้วยกัน หรือการตอบคำถามด้วยคำตอบเดียวกันทุกคำถาม ซึ่งจะเป็นปัญหาอย่างมาก เมื่อคำถามเหล่านั้นศึกษาในด้านทัศนคติ การรับรู้ หรือพฤติกรรม
ทฤษฎีปริยาย (Implicit theories)	การตอบคำถามโดยใช้สมมติฐานหรือความเชื่อที่เกิดจากการร่วมกันของคุณลักษณะ พฤติกรรม หรือผลลัพธ์ที่รับรู้มาของผู้ตอบ ซึ่งมิใช่คุณลักษณะหรือพฤติกรรมที่แท้จริงของผู้ตอบ
การตอบตามความพึงปรารถนาของสังคม (Social desirability)	การที่ผู้ตอบพยายามตอบคำถามให้เป็นไปตามความปรารถนาของสังคมในแง่ของการเป็นที่ยอมรับและความเหมาะสมมากกว่าจะตอบตามความรู้สึกที่แท้จริงในตัวเอง
ความลำเอียงที่เกิดจากความเอื้อเฟื้อ/ปล่อย (Leniency biases)	การที่ผู้ตอบใช้คุณลักษณะ ทัศนคติ พฤติกรรมของใครบางคนที่ผู้ตอบรู้สึกชอบ จึงทำให้ผู้ตอบประเมินหรือให้คะแนนสูงกว่าที่ควรจะเป็น และอิทธิพลจากแหล่งนี้มาจากสเกล การวัดทัศนคติและการรับรู้ของผู้ประเมิน
ความลำเอียงจากการไม่ใส่ใจในการตอบ (Acquiescence biases)	การที่ผู้ตอบมีแนวโน้มของการตอบที่จะคล้อยตามว่าเห็นด้วยหรือต่อต้านที่จะไม่เห็นด้วยกับคำถาม โดยเป็นอิสระจากสิ่งที่ผู้ตอบนั้นรู้หรือเป็นอยู่ และอาจเรียกอิทธิพลในแหล่งนี้ว่าการตอบคำถามในลักษณะใช่หรือไม่ใช่ (yea-saying or nay-saying)
ภาวะอารมณ์ที่เป็นตัวตนของผู้ตอบ (Mood state)	การที่ผู้ตอบใช้การมองโลกในแง่บวก (อารมณ์ดี) หรือการมองโลกในแง่ลบ (อารมณ์ร้าย) ของตนเองในการตอบคำถาม

ตารางที่ 2.1 สาเหตุที่ทำให้เกิด common method bias (ต่อ)

สาเหตุ	คำอธิบาย
ภาวะอารมณ์ชั่วคราวของผู้ตอบ (Transient mood state)	การที่ผู้ตอบใช้เหตุการณ์ล่าสุดบางเหตุการณ์ในชีวิตของตนเองหรือรอบๆ ตัวมาเป็นตัวตัดสินการตอบคำถาม
2. อิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากลักษณะของข้อคำถาม (Item characteristics effects)	
ข้อคำถามตามความพึงปรารถนาของสังคม (Item social desirability)	ข้อคำถามถูกสร้างให้สะท้อนถึงทัศนคติ พฤติกรรม การรับรู้ตามความปรารถนาของสังคมมากขึ้น ซึ่งอาจทำให้ผู้ตอบตอบคำถามให้เป็นไปตามความปรารถนาของสังคมด้วย เพราะถือว่าเป็นสิ่งที่สังคมยอมรับและเป็นวิธีที่เหมาะสม
ข้อคำถามที่ซ่อนคำตอบไว้ในลักษณะของคำถาม (Item demand characteristics)	ข้อคำถามอาจมีสิ่งที่บอกเป็นนัยหรือสื่อถึงคำตอบซ่อนอยู่ในตัวข้อคำถามนั้นหรือข้อคำถามที่ใกล้เคียง
รูปแบบสเกลการวัดที่ใช้ร่วมกัน (Common scale formats)	การใช้รูปแบบสเกลการวัดเดียวกันในการวัดกลุ่มโครงสร้างหลายโครงสร้าง แม้ว่าจะเอื้อต่อการตอบของผู้ตอบ เพราะแบบสอบถามจะมีรูปแบบที่เป็นมาตรฐานและช่วยให้ผู้ตอบลดการทำความเข้าใจในรูปแบบการตอบ แต่อาจมีอิทธิพลจากการใช้รูปแบบการวัดเดียวกันในการวัดโครงสร้างที่ต่างกันได้
ระดับของสเกลการวัดที่จำแนกไม่ได้ (Common scale anchors)	การใช้ระดับการตอบของสเกลการวัดเดียวกันในการวัดโครงสร้างหลายโครงสร้าง ซึ่งบางระดับมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน จนไม่สามารถแยกกันได้อย่างชัดเจน เช่น "มากที่สุด" "เสมอ" "บางครั้ง" "บางส่วน"
ข้อคำถามทางบวกและทางลบ (Positive and negative item wording)	ข้อความในข้อคำถามเป็นลักษณะเชิงบวกหรือเชิงลบ อาจทำให้ข้อคำถามเกิดความสัมพันธ์กันเองในกลุ่มข้อคำถามทางบวกและข้อคำถามทางลบ ทั้งนี้มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าการใช้ข้อคำถามทางลบนั้นส่งผลกระทบต่อกระบวนการตอบของผู้ตอบ
ความกำกวมของคำถาม (Item ambiguity)	แม้ว่านักวิจัยจะพยายามสร้างคำถามให้มีความชัดเจน รัดกุม และเฉพาะเจาจง แต่ในบางโครงสร้างที่ค่อนข้างเป็นนามธรรมนั้นอาจทำให้การสร้างคำถามมีความซับซ้อนจนเกิดความกำกวมได้ จึงทำให้ผู้ตอบแต่ละคนต้องทำความเข้าใจในคำถามด้วยตนเองด้วยการตอบอย่างเป็นระบบหรือใช้การเดา ซึ่งยังรวมไปถึงการที่ผู้สร้างโจทย์ใช้คำถามที่ถามหลายอย่าง (double-barreled questions) การใช้คำที่สื่อได้หลายความหมาย การใช้ภาษาพูด (colloquialisms) และการใช้คำที่ไม่คุ้นเคยหรือไม่นิยมใช้กันอาจมีอิทธิพลต่อตัวแปรที่ศึกษาด้วย

ตารางที่ 2.1 สาเหตุที่ทำให้เกิด common method bias (ต่อ)

3. อิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากบริบทของข้อคำถาม (Item context effects)	
การจัดวางตำแหน่งของข้อคำถาม (Item priming effects)	การจัดวางตำแหน่งของข้อคำถามที่เป็นตัวแทนของตัวแปรทำนายหรือตัวแปรเกณฑ์ในแบบสอบถาม ซึ่งอาจทำให้ผู้ตอบมองเห็นตัวแปรเด่นชัดขึ้น และเห็นแนวโน้มความสัมพันธ์ของตัวแปรในแบบสอบถาม
การจำแนกข้อคำถาม (Item embeddedness)	การมีข้อคำถามที่เป็นกลางในบริบทของการใช้ทั้งคำถามทางบวก และข้อคำถามทางลบในการวัดคุณลักษณะ ซึ่งทำให้ต้องใช้เวลาในการประเมินลักษณะของข้อคำถามเหล่านี้ และอาจรวมไปถึงผลกระทบตกค้างทางปัญญา (cognitive carryover effect)
ภาวะอารมณ์ที่เกิดขึ้นในขณะการตอบ (Context-induced mood)	อิทธิพลนี้เกิดจากข้อคำถามหรือชุดคำถามส่วนต้นๆ ในแบบสอบถามชักนำอารมณ์ในการตอบข้อคำถามที่เหลือในแบบสอบถาม และอาจมีอิทธิพลร่วมกับภาวะอารมณ์ชั่วคราวของผู้ตอบ (transient mood state)
ความยาวของสเกลการวัด (Scale length)	การใช้ข้อคำถามจำนวนน้อยไป อาจทำให้ผู้ตอบจำหรือระลึกคำตอบในข้อก่อนหน้าได้ และไปมีผลกับการตอบคำถามในข้อถัดๆ ไป
การใช้ข้อคำถามที่วัดแต่ละโครง-สร้างผสมกันในแบบสอบถาม (Inter-mixing of items or constructs on the questionnaire)	การใช้ข้อคำถามที่วัดแต่ละโครงสร้างแบบผสมกันหรือจัดกลุ่มรวมกัน ซึ่งอาจไปลดความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างที่ต่างกัน และอาจไปเพิ่มความสัมพันธ์ของข้อคำถามภายในโครงสร้างเดียวกันได้
4. อิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากบริบทของการวัด (Measurement context effects)	
การวัดในช่วงเวลาเดียวกัน (Same point in time)	การวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ต่างกันในช่วงเวลาเดียวกัน
การวัดในพื้นที่เดียวกัน (Same location)	การวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ต่างกันในพื้นที่เดียวกัน
การวัดโดยใช้สื่อกลางหรือวิธีการเดียวกัน (Same medium)	การวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ต่างกันโดยใช้สื่อกลางหรือวิธีการเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 2.1 ทำให้สามารถจำแนกสาเหตุที่ทำให้เกิด common method bias ได้เป็น 4 ประเภท (Podsakoff et al., 2003) ดังนี้

1. อิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากแหล่งข้อมูลหรือผู้ตอบ ได้แก่ ความคงเส้นคงวาของการตอบ ทฤษฎีปริยาย การตอบตามความพึงปรารถนาของสังคม ความลำเอียงที่เกิดจากความเอื้อเฟื้อ ความลำเอียงจากการไม่ใส่ใจในการตอบ ภาวะอารมณ์ที่เป็นตัวตนของผู้ตอบ และภาวะอารมณ์ชั่วคราวของผู้ตอบ

2. อิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากลักษณะของข้อคำถาม ได้แก่ ข้อคำถามตามความพึงปรารถนาของสังคม ข้อคำถามที่ซ่อนคำตอบไว้ในลักษณะของคำถาม ความกำกวมของคำถาม รูปแบบสเกลการวัดที่ใช้ร่วมกัน ระดับของสเกลการวัดที่จำแนกไม่ได้ ข้อคำถามทางบวกและทางลบ

3. อิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากบริบทของข้อคำถาม ได้แก่ การจัดวางตำแหน่งของข้อคำถาม การจำแนกข้อคำถาม ภาวะอารมณ์ที่เกิดขึ้นในขณะการตอบ ความยาวของสเกลการวัด และการใช้ข้อคำถามที่วัดแต่ละโครงสร้างผสมกันในแบบสอบถาม

4. อิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากบริบทของการวัด ได้แก่ การวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ในช่วงเวลาเดียวกัน การวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ในพื้นที่เดียวกัน และการวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์โดยใช้สื่อกลางหรือวิธีการเดียวกัน

1.3 อิทธิพลของวิธีการวัดในกระบวนการตอบคำถาม

Podsakoff (2003) ได้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดที่มีอิทธิพลในกระบวนการตอบคำถามและสังเคราะห์ระดับของพฤติกรรมการตอบคำถามจนได้เป็นโมเดลที่แสดงลำดับขั้นของพฤติกรรมการตอบคำถาม 5 ระดับ โดยเริ่มต้นจากการทำความเข้าใจคำถาม การเรียกหา การพิจารณา การเลือกตอบ และการรายงานผลการตอบ ตามลำดับ พร้อมผนวกอิทธิพลของวิธีการวัดที่อาจเกิดในแต่ละระดับขั้นของกระบวนการตอบ ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 กระบวนการที่อิทธิพลของวิธีการวัดมีต่อพฤติกรรมการตอบคำถาม

ระดับของกระบวนการตอบ	กิจกรรมที่เกี่ยวข้องในแต่ละดับ	แหล่งที่ทำให้เกิดอิทธิพลของวิธีการวัด
การทำความเข้าใจ (Comprehension)	ใส่ใจในคำสั่งและข้อคำถาม ระบุข้อมูลที่ต้องการ และเชื่อมโยงคำสำคัญกับมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้อง	ความกำกวมของคำถาม
การเรียกหา (Retrieval)	ค้นหาสิ่งที่บอกเป็นนัย ระลึกถึงสิ่งทั่วๆไปหรือเฉพาะเจาะจง เพื่อเติมเต็มรายละเอียดที่ยังคลุมเครือหรือขาดหายไป	บริบทของการวัด บริบทของข้อคำถาม ภาวะอารมณ์ชั่วคราวของผู้ตอบ และข้อคำถามตามความพึงปรารถนาของสังคม

ระดับของกระบวนการตอบ	กิจกรรมที่เกี่ยวข้องในแต่ละดับ	แหล่งที่ทำให้เกิดอิทธิพลของวิธีการวัด
การพิจารณา (Judgment)	ประเมินความสมบูรณ์และความถูกต้องของสิ่งที่รู้ รวมถึงหาข้อสรุปในสิ่งที่ยังไม่ชัดเจน โดยอิงข้อมูลจากสิ่งที่เกี่ยวข้อง	ความคงเส้นคงวาของการตอบ ทฤษฎีปริยาย การจัดวางตำแหน่งของข้อคำถาม ข้อคำถามที่ซ่อนคำตอบไว้ในลักษณะของคำถาม และภาวะอารมณ์ที่เกิดขึ้นในขณะการตอบ
การเลือกตอบ (Response selection)	ตัดสินใจในคำตอบ	รูปแบบสเกลการวัดที่ใช้ร่วมกัน ระดับของสเกลการวัดที่จำแนกไม่ได้ และอิทธิพลของบริบทคำถาม
การรายงานผลการตอบ (Response reporting)	แก้ไขคำตอบให้มีความคงเส้นคงวาเป็นที่ยอมรับ หรือสอดคล้องกับเกณฑ์บางอย่าง	ความคงเส้นคงวาของการตอบ ความลำเอียงที่เกิดจากความเอื้อเฟื้อ ความลำเอียงจากการไม่ใส่ใจในการตอบ ข้อคำถามที่ซ่อนคำตอบไว้ในลักษณะของคำถาม และการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคม

หมายเหตุ Podsakoff (2003) ได้ปรับข้อมูล 2 คอลัมภ์หน้าจาก *The Psychology of Survey Response* ของ Tourangeau Rips และ Rasinski (2000)

1.4 ผลกระทบที่เกิดจากอิทธิพลของวิธีการวัด

อิทธิพลของวิธีการวัดนับว่าเป็นปัญหาอย่างยิ่ง เพราะอิทธิพลของวิธีการวัดเป็นแหล่งที่สำคัญของความคลาดเคลื่อนในการวัด (measurement error) ซึ่งจะส่งโดยตรงผลต่อข้อสรุปที่ค้นพบ นั่นอาจทำให้ข้อสรุปที่ได้ไม่ตรงกับความเป็นจริง เพราะความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษาบางส่วนนั้นเป็นผลมาจากอิทธิพลของวิธีการวัดเจือปนร่วมด้วย และยังเป็นสิ่งที่สะท้อนว่าเครื่องมือที่ใช้วัดขาดความตรงเชิงโครสร้าง (construct validity) หรือโมเดลขาดความตรงเชิงลู่เข้า (convergent validity) รวมไปถึงความคงเส้นคงวาของผลการวัดในแต่ละครั้งย่อมได้รับอิทธิพลของวิธีการวัดที่ไม่เท่ากัน จึงกล่าวได้ว่าอิทธิพลของวิธีการวัด ส่งผลทั้งในแง่ความตรงและความเที่ยงของโครงสร้างที่ศึกษา นอกจากนี้การไม่ควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัด จะทำให้เกิดความลำเอียงในการประมาณค่าพารามิเตอร์ในความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างที่ต่างกัน หากค่าอิทธิพลของวิธีการวัดเพิ่มขึ้นหรือลดลงในความสัมพันธ์จะเป็นปัญหาที่ร้ายแรง เพราะว่า 1) ส่งผลต่อการทดสอบสมมติฐานและอาจทำให้ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (type I error) หรือความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (type II error) เกินกว่าที่จะยอมรับได้ 2) ทำให้เกิดความเข้าใจผิดเกี่ยวกับความแปรปรวนของ

ตัวแปรเกณฑ์ว่าเป็นผลมาจากตัวแปรทำนายเท่าไหร่ และ 3) มีผลต่อความตรงตามเกณฑ์ (nomological validity) หรือความตรงเชิงจำแนก (discriminant validity) ของสเกลการวัด นอกจากนี้นักวิจัยได้ศึกษาพบว่าทิศทางของอิทธิพลของวิธีการวัดขึ้นอยู่กับขนาดและเครื่องหมายของความสัมพันธ์ของตัวแปรสองส่วน คือ 1) ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายที่ศึกษากับตัวแปรเกณฑ์ และ 2) ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายที่ศึกษากับตัวแปรทำนายอื่น อย่างไรก็ตามยังเป็นข้อถกเถียงกันอยู่ว่าตัวแปรทุกตัวได้รับอิทธิพลของวิธีการวัดเท่ากันทั้งหมดจริงหรือไม่ (Podsakoff et al., 2003; Podsakoff et al., 2012)

Podsakoff et al. (2012) ได้นำเสนอหลักฐานที่แสดงว่าอิทธิพลของวิธีการวัดมีผลกระทบต่อความตรงและความเที่ยง โดยอ้างอิงมาจากการวิเคราะห์อภิมานของนักวิจัยหลายคนที่ศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดบนผลของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันในเมทริกซ์พหุลักษณะ-พหุวิธี (MTMM) แล้วแยกพิจารณาความแปรปรวนเนื่องมาจากคุณลักษณะ วิธีการวัด และความคลาดเคลื่อน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 หลักฐานที่แสดงว่าวิธีการวัดมีผลกระทบต่องานวิจัย

ผู้ศึกษา	ตัวอย่าง	ความแปรปรวน [1]		
		เนื่องมาจากคุณลักษณะที่ศึกษา	เนื่องมาจากวิธีการวัด	เนื่องมาจากความคลาดเคลื่อน
Cote & Buckley (1987)	70 เมทริกซ์ที่ตรวจสอบในหลายกลุ่มสาขา	42%	26%	32%
Wiliiams et al. (1989)[ข]	11 เมทริกซ์ที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้งานและทรัพยากรในการทำงาน	48%	25%	21%
Buckley et al. (1990)	61 เมทริกซ์ที่ตรวจสอบในหลายกลุ่มสาขา	42%	22%	36%
Doty & Glick (1998)	28 เมทริกซ์	46%	32%	22%
Lance at el. (2010)	18 เมทริกซ์	40%	18%	42%

หมายเหตุ ตารางนี้แปลมาจากงานของ Podsakoff et al. (2012)

[ก] การประมาณค่าความแปรปรวนแยกเป็นคุณลักษณะที่ศึกษา วิธีการวัด และความคลาดเคลื่อนใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบสำหรับเมทริกซ์พหุลักษณะพหุวิธี และใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตในการรายงานค่าความแปรปรวน (Cote & Buckley, 1987; Doty & Glick, 1998)

[ข] ค่าที่รายงานเป็นการประมาณความแปรปรวนโดยใช้มัธยฐาน

จากตารางที่ 2.3 แสดงให้เห็นว่างานวิจัยที่ศึกษาบางส่วนมีการเจือปนอิทธิพลของวิธีการวัด กล่าวคือความแปรปรวนของตัวแปรเกณฑ์ควรจะมาจากคุณลักษณะที่ศึกษาให้มาก จึงจะแสดงว่างานวิจัยมีความเที่ยงและความตรงที่ดี แต่กลับพบว่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นนั้นเป็นผลมาจากวิธีการวัดร่วมด้วย ซึ่งในตารางที่ 2.3 ชี้ให้เห็นว่าร้อยละ 18 ถึง 32 ของความแปรปรวนทั้งหมดในงานวิจัยเป็นผลมาจากอิทธิพลของวิธีการวัด อย่างไรก็ตามความแปรปรวนเนื่องมาจากวิธีการวัดในตารางที่ 2.3 ยังถือว่าเป็นที่ยอมรับได้ เนื่องจากความแปรปรวนของวิธี (CMV) หรือความเอนเอียงของวิธี (CMB) มีค่าต่ำกว่า 40% ให้ถือว่าผลการวิจัยมีความถูกต้องและยอมรับได้ (Doty & Glick, 1998) นอกจากนี้ยังพบว่างานวิจัยทางด้านการศึกษาเป็นแขนงที่พบอิทธิพลของวิธีการวัดเจือปนมากที่สุดเมื่อเทียบกับงานวิจัยทางด้านจิตวิทยา สังคมวิทยา การตลาด และธุรกิจ (Cote & Buckley, 1987)

ผลกระทบที่เกิดจากอิทธิพลของวิธีการวัดต่องานวิจัย มีดังนี้ 1) ข้อสรุปที่ได้ในงานวิจัยมาจากตัวแปรที่สนใจศึกษามากน้อยแค่ไหน หากมีอิทธิพลของวิธีการวัดเจือปนในข้อสรุปด้วย อาจทำให้งานวิจัยขาดความตรงภายใน (internal validity) ได้ 2) ความตรงและความเที่ยงของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งจะส่งผลต่อข้อสรุปที่ได้ด้วย 3) ผลการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ และ 4) การประมาณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และค่าความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นในการวัด

1.5 วิธีในการควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัด

วิธีในการควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัดสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การออกแบบขั้นตอนการศึกษาให้ดี (procedural remedies) และการควบคุมโดยใช้สถิติ (statistical remedies) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การออกแบบขั้นตอนการศึกษาให้ดี

สิ่งสำคัญคือต้องระบุว่าตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ใช้วิธีการวัดอะไรบ้างที่เหมือนกัน โดยพิจารณาจากตัวผู้ตอบ ความหมายตามบริบทในสภาพแวดล้อมของการวัด คำที่เฉพาะเจาะจง และรูปแบบของคำถาม แล้วพยายามกำจัดหรือลดอิทธิพลของวิธีการวัดด้วยการออกแบบขั้นตอนการศึกษา ซึ่งทำได้หลายเทคนิค (Podsakoff et al., 2003; Podsakoff et al., 2012) ดังต่อไปนี้

1.1 การวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์จากแหล่งข้อมูลที่ต่างกัน

หนึ่งในสาเหตุสำคัญของการเกิด common method variance คือ การวัดทั้งตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์จากแหล่งข้อมูลเดียวกันหรือผู้ประเมินคนเดียว ซึ่งมีสองเทคนิคย่อยในการควบคุมอิทธิพลดังกล่าว คือ 1) วัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์จากแหล่งข้อมูลหรือผู้ประเมินที่ต่างกัน และ 2) วัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์จากแหล่งข้อมูลหรือผู้ประเมินคนเดียวโดยข้อมูลในอีกตัวแปรมาจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ เช่น ผลการเรียน รายงานประจำปี เป็นต้น ข้อดีของเทคนิคนี้คือช่วยควบคุมอคติบางประการที่มาจากแหล่งเดียวหรือผู้ประเมินคนเดียวที่อาจมี

อิทธิพลต่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ ซึ่งเท่ากับช่วยกำจัดอิทธิพลที่อาจเกิดจากความคงเส้นคงวาของการตอบ ทฤษฎีปริยาย การตอบตามความพึงปรารถนาของสังคม และภาวะอารมณ์ชั่วคราวของผู้ตอบ แต่ข้อจำกัดของเทคนิคนี้คือใช้ได้เฉพาะในบางกรณีเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น การที่ทั้งตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์เข้าไปครอบงำการรับรู้ ความเชื่อ การตัดสินใจ หรือความรู้สึกของแต่ละบุคคลจะไม่เหมาะที่จะใช้เทคนิคนี้ เพราะว่าบุคคลจะสร้างทัศนคติและการรับรู้ที่เกิดจากการอ้างอิงของตนเอง ซึ่งอาจไม่ตรงกับสิ่งที่จะวัด (Brannick et al., 2010 cited in Podsakoff et al., 2012) นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้มาจากคนละแหล่งต้องทำการเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน ซึ่งแทบจะทำไม่ได้ หรือต่อให้ทำได้ก็เป็นไปได้ว่าข้อมูลจะไม่สอดคล้องกัน รวมไปถึงนักวิจัยอาจต้องใช้ความพยายามสูง เสียเวลา และมีค่าใช้จ่ายมาก

1.2 การแยกวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์

การแยกวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์สามารถทำได้หลายวิธี เช่น 1) การแยกวัดตามเวลา (temporal separation) เป็นการทิ้งช่วงเวลาในการวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ โดยการวัดตัวแปรทั้งสองคนละช่วงเวลากัน เช่น วัดตัวแปรทำนายให้เสร็จก่อน จากนั้นทิ้งระยะเวลาห่างไป 1 ชั่วโมง แล้วจึงวัดตัวแปรเกณฑ์ เป็นต้น เพื่อลดการจำข้อมูลในระยะสั้น 2) การแยกวัดทางจิตวิทยา (psychological separation) เป็นการใช้เรื่องราวเข้ามาในการวัดตัวแปร เพื่อลดความเด่นของการเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรทำนายกับตัวแปรเกณฑ์ เช่น เมื่อต้องการจะวัดตัวแปรทำนาย ก็ใช้เรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับมาวัดแต่เฉพาะตัวแปรทำนาย และหลีกเลี่ยงไม่ให้เนื้อหาหรือการใช้คำในเรื่องราวนั้นไปเชื่อมโยงกับตัวแปรเกณฑ์ที่จะวัด กล่าวคือ ปกปิดไม่ให้เห็นตัวแปรเกณฑ์ เมื่อวัดตัวแปรทำนาย ในทางกลับกันหากวัดตัวแปรเกณฑ์ก็ทำในทำนองเดียวกับการวัดตัวแปรทำนาย 3) การแยกวัดทางวิธีวิทยา (methodological separation) เป็นการวัดโดยให้ผู้ตอบได้ตอบ ในส่วนของตัวแปรทำนายให้เสร็จสมบูรณ์ ภายใต้เงื่อนไขหรือสภาพการณ์ที่แตกต่างกันออกไปของตัวแปรเกณฑ์ รวมถึงตอบในส่วนของตัวแปรเกณฑ์ในแต่ละเงื่อนไขหรือสภาพการณ์ที่แตกต่างกันออกไปตามตัวแปรทำนายให้สมบูรณ์ด้วย เช่น รูปแบบการตอบที่ต่างกัน (ใช้คำถามปลายเปิด ใช้มาตรวัดแบบลิเคิร์ท) สื่อที่ใช้ตอบต่างกัน (ใช้คอมพิวเตอร์ เขียนตอบใส่กระดาษ หรือสัมภาษณ์) เป็นต้น ข้อดีของการแยกวัดด้วยวิธีการต่างๆ จะช่วยลดอิทธิพลของวิธีการวัดในขั้นการเรียกหา (retrieval stage) ของกระบวนการตอบ โดยการขจัดบริบทของสิ่งที่บอกเป็นนัยออกไป นอกจากนี้ยังช่วยลดปัญหาการระลึกหรือจดจำคำตอบของคำถามข้อก่อนหน้ามาเติมในรายละเอียดที่ผู้ตอบไม่รู้ ในส่วนข้อจำกัดของเทคนิคนี้ คือ การแยกวัดตัวแปรอาจเป็นการเปิดให้มีปัจจัยบางอย่างแทรกแซงในระหว่างการวัดได้ เช่น การแยกวัดตามเวลา หากทิ้งช่วงเวลาในการวัดนานเกินไปอาจเกิดปัญหาได้ นั่นคือมีปัจจัยเรื่องเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง หรือถ้าใช้เวลาน้อยไป ผู้ตอบอาจจดจำคำถามและคำตอบได้อยู่ ส่วนการแยกวัดทางจิตวิทยา อาจมีอิทธิพลอันเกิดจากเรื่องราวที่ใช้ปกปิดตัวแปรเข้ามามีอิทธิพล

ร่วมด้วย ส่วนการแยกวัดทางวิธีวิทยานั้น นักวิจัยอาจต้องใช้ความพยายามสูง เสียเวลา และค่าใช้จ่ายมาก รวมถึงการเลือกรูปแบบวิธีการวัดที่จะนำมาใช้ในแยกวัดตัวแปรให้มีความเหมาะสมต้องใช้เวลาอย่างมากในการพิจารณาให้รอบคอบ

1.3 การไม่ระบุชื่อของผู้ตอบ

การที่ผู้ตอบไม่ต้องระบุชื่อในแบบสอบถาม จะทำให้คำตอบของผู้ตอบมีความถูกต้องและตรงกับความเป็นจริงมากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยทำให้ผู้ตอบลดความหวาดหวั่นในการประเมิน และมีโอกาสน้อยที่เขาจะแก้ไขคำตอบ ข้อดีของเทคนิคนี้ คือ ไปช่วยลดการตอบตามความปรารถนาของสังคม ความลำเอียงจากการไม่ใส่ใจในการตอบ การพยายามรักษาคำตอบให้คงเส้นคงวา การคาดเดาคำตอบให้ตรงกับที่ผู้วิจัยอยากได้ แต่ข้อจำกัดของเทคนิคนี้ คือ หากใช้เครื่องมือวัดหลายชุด จะไม่สามารถเชื่อมข้อมูลของผู้ตอบเข้าหากันได้

1.4 การสร้างข้อคำถามให้สมดุลกัน

การสร้างข้อคำถามให้สมดุลกันทั้งการวัดตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ กล่าวคือ พยายามควบคุมสิ่งที่บอกเป็นนัยในบริบทของคำถามทั้งหมด ทำให้คำถามดูมีน้ำหนักที่น่าเชื่อถือพอกัน รวมถึงการใช้คำถามทางบวกและทางลบต้องมีความเหมาะสม ทั้งนี้อิทธิพลในแหล่งนี้จะไปมีผลต่อระดับของกระบวนการตอบในขั้นการเรียกหา ข้อดีของเทคนิคนี้ คือ ช่วยแก้ไขอิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากเกิดจากบริบทของข้อคำถาม เช่น การจัดวางตำแหน่งข้อคำถาม ข้อคำถามที่ชักนำอารมณ์ของผู้ตอบและข้อคำถามที่ซ่อนคำตอบไว้ในลักษณะของคำถาม รวมถึงความลำเอียงจากการไม่ใส่ใจในการตอบ ส่วนข้อเสียของเทคนิคนี้ คือ ไม่สามารถใช้ได้ในการวัดบางอย่างที่อิงตามหลักเหตุผล และใช้ไม่ได้กับการสร้างข้อคำถามที่เฉพาะเจาะจงโดยอ้างอิงมาจากกรณีทั่วไป รวมถึงต้องระวังข้อความที่มีการกลับคำพูด (reversed items) อาจทำให้ผู้ตอบเกิดความสับสนได้

1.5 การพัฒนาสเกลของข้อคำถาม

การพัฒนาสเกลของข้อคำถามในที่นี้ หมายถึง การระมัดระวังในการสร้างข้อคำถามอย่างรัดกุม ทั้งนี้ความกำกวมของคำถามและคำชี้แจงเป็นปัญหาที่พบบ่อยในขั้นการทำความเข้าใจของผู้ตอบ เพราะผู้ตอบอาจตีความหมายของสิ่งที่กำกวมแตกต่างกันออกไป ซึ่งสามารถแก้ไขได้หลายวิธีดังนี้ 1) นิยามคำศัพท์เฉพาะที่ผู้ตอบไม่คุ้นเคยหรืออาจจะเข้าใจผิดได้ 2) หลีกเลี่ยงการใช้คำที่เป็นมโนทัศน์ที่คลุมเครือหรือควรให้ตัวอย่างในมโนทัศน์นั้น 3) ใช้คำถามที่เข้าใจง่าย ชัดเจน และกระชับ 4) หลีกเลี่ยงการถามหลายอย่างในข้อคำถามเดียว 5) ยุบคำถามที่คล้ายๆกันในเชิงคำถามที่ต้องการเน้นเพียงข้อเดียว 6) หลีกเลี่ยงการใช้สัญลักษณ์หรือคำที่ซับซ้อน ข้อดีของเทคนิคนี้ คือ ช่วยกำจัดอิทธิพลของวิธีการวัดที่อาจเกิดจากข้อคำถามตามความพึงปรารถนาของสังคม ข้อคำถามที่ซ่อนคำตอบไว้ในลักษณะของคำถาม และความลำเอียงจากการไม่ใส่ใจในการตอบ อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้

อาจไม่ช่วยลดอิทธิพลของวิธีการวัดได้เป็นที่น่าพอใจเสมอไป เนื่องจากการพัฒนาสเกลของข้อคำถามจะแปรเปลี่ยนไปตามรูปแบบสเกล ระดับของสเกลที่ใช้ และค่าในสเกล (scale values)

1.6 ลดการใช้คำหรือข้อความตามความพึงปรารถนาของสังคม

คำหรือข้อความในคำถามสามารถทำให้ผู้ตอบไขว้เขวได้ และอาจทำให้ผู้ตอบไม่ตอบตามความเป็นจริง โดยเฉพาะสาเหตุจากการตอบตามที่สังคมยอมรับ การควบคุมการสร้างข้อคำถามตามความพึงปรารถนาของสังคมมี 2 วิธีที่นิยมใช้ คือ 1) ให้ผู้เชี่ยวชาญช่วยประเมินคำถามว่ามีการใช้คำหรือข้อความตามความพึงปรารถนาของสังคมมากน้อยแค่ไหน และ 2) คำนวณสหสัมพันธ์ระหว่างการตอบแต่ละรายการกับสเกลการตอบเพื่อให้สังคมยอมรับ เช่น สเกลการวัดของ Paulhus ที่พัฒนาในปีค.ศ. 1984 เป็นต้น และปรับแก้หากพบว่าค่าสหสัมพันธ์ดังกล่าวมีค่าสูงหรือพยายามลดระดับการรับรู้ตามความพึงปรารถนาของสังคม

2) การควบคุมโดยใช้สถิติ

การควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัดด้วยการออกแบบขั้นตอนการศึกษาไม่อาจสามารถกำจัดอิทธิพลดังกล่าวได้ทั้งหมด รวมถึงในบางกรณีไม่อาจควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัดด้วยการออกแบบขั้นตอนการศึกษา แนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าวคือใช้สถิติในการควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัด ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก โดยเทคนิคในการควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัดโดยใช้สถิติมีอยู่ 5 เทคนิค (Podsakoff et al., 2003; Podsakoff et al., 2012; วรรณี แกมเกตุ, 2540) ดังนี้

2.1 การทดสอบองค์ประกอบเดียวของฮาร์แมน (Harman's single-factor test)

เทคนิคนี้เป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่เดิมนั้นเทคนิคนี้ใช้กับทุกตัวแปรที่ศึกษาบนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (EFA) และตรวจสอบการไม่หมุนแกนเพื่อกำหนดจำนวนองค์ประกอบที่จำเป็นที่จะนำมาคำนวณเป็นค่าความแปรปรวนของตัวแปร สำหรับข้อตกลงเบื้องต้นในการใช้เทคนิคนี้ คือ ความสัมพันธ์ของตัวแปรมีความแปรปรวนของวิธีอยู่เป็นจำนวนมาก โดยอาจพิจารณาจากค่าความแปรปรวนขององค์ประกอบเดียวที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบ หรือความแปรปรวนขององค์ประกอบที่ถูกนับว่าเป็นองค์ประกอบที่ใช้ได้ แต่ไม่นานนี้นักวิจัยได้เสนอว่าเทคนิคนี้ควรใช้กับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) ซึ่งสามารถกำหนดจำนวนองค์ประกอบให้มีเพียงองค์ประกอบเดียวในการอธิบายความแปรปรวนทั้งหมดของข้อมูลได้ อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้มีข้อจำกัด คือ 1) การทดสอบองค์ประกอบเดียวอาจเป็นตัวชี้วัดที่บอกแต่เพียงความแปรปรวนของวิธีที่มีอยู่ว่าเกิดปัญหาในการวัดหรือไม่ เช่น โครงสร้างที่ศึกษาขาดความตรงเชิงจำแนก หรือโครงสร้างมีความสัมพันธ์กันเองเชิงสาเหตุ แต่ไม่ได้มีการควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัดโดยใช้สถิติ 2) แม้ว่าองค์ประกอบเดียวจะสอดคล้องกับข้อมูล แต่ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแท้จริง

อาจมีหลายองค์ประกอบ ซึ่งผู้วิจัยต้องหาหลักฐานมาสนับสนุนเหตุผลในการตัดสินใจเลือกจำนวนองค์ประกอบ

2.2 การควบคุมความสัมพันธ์บางส่วนในกระบวนการ (Partial correlation procedure)

วิธีการนี้มีเทคนิคในการควบคุมที่หลากหลาย ได้แก่ 1) การขจัดอิทธิพลบางส่วนของการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคมหรือสภาวะอารมณ์ของผู้ตอบ 2) การขจัดอิทธิพลบางส่วนของตัวแปรที่เข้าไปอยู่ในการศึกษา แต่ไม่สัมพันธ์กับโครงสร้างที่สนใจ และ 3) การขจัดอิทธิพลบางส่วนขององค์ประกอบทั่วไป ทั้งนี้เทคนิคที่กล่าวไปข้างต้นนี้มีความเหมือนกันในเชิงข้อตกลงของการวัดที่ใช้แหล่งความแปรปรวนของวิธีเป็นตัวแปรร่วมในการวิเคราะห์ทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกันตรงลักษณะของแหล่งที่ใช้และขอบเขตการวัดแหล่งข้อมูลได้โดยตรง

การขจัดอิทธิพลบางส่วนของการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคมหรือสภาวะอารมณ์ของผู้ตอบ มีข้อดีคือ ง่ายต่อการทำความเข้าใจและตรงไปตรงมา รวมทั้งมีการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าสหสัมพันธ์แยกส่วนที่ไม่ได้ควบคุมตัวแปรใดๆ หรือที่เรียกว่า zero-order correlation โดยใช้สถิติทดสอบของ Olkin และ Finn (Spector, Chen, & O'Connell, 2000 cited in Podsakoff, 2003) ในส่วนข้อจำกัดของเทคนิคนี้ 1) common method variance ไม่ได้แยกอิทธิพลของวิธีการวัดและอิทธิพลจากตัวโครงสร้างอย่างชัดเจน แต่ให้สมมติว่าความแปรปรวนของวิธีทั้งหมดเป็นผลมาจากอิทธิพลของวิธีการวัด 2) ไม่อนุญาตให้นักวิจัยตรวจสอบว่าการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคมทำหน้าที่เป็นตัวแปรเกินในระดับของการวัด หรือมีผลกระทบต่อความสัมพันธ์ของตัวแปรหรือไม่ และ 3) การควบคุมส่วนของ common method variance โดยใช้ตัวแทนของวิธีการวัดที่คาดว่ามีอิทธิพลร่วมต่อสิ่งที่ศึกษาเพียงตัวอย่างเดียว อาจถือว่าไม่สามารถแก้ปัญหาอิทธิพลของวิธีการวัดได้ทั้งหมด เพราะความแปรปรวนของวิธีแท้จริงแล้วมาจากหลายสาเหตุ นอกเหนือจากตัวแทนของวิธีที่ผู้วิจัยใช้ศึกษา

การขจัดอิทธิพลบางส่วนของตัวแปรที่เข้าไปอยู่ในการศึกษา แต่ไม่สัมพันธ์กับโครงสร้างที่สนใจ ซึ่งอาจเรียกตัวแปรดังกล่าวว่า ตัวแปรที่ทำเครื่องหมาย (marker variable) โดยมีข้อตกลงว่าตัวแปรที่ทำเครื่องหมายนี้ควรจะไม่สัมพันธ์กับตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ที่ศึกษา ในส่วนข้อดีของเทคนิคนี้ คือ สะดวกในการดำเนินการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้เป็นตัวแทนของ common method variance มีความสัมพันธ์กันน้อย ส่วนข้อจำกัดของเทคนิคนี้ คือ 1) ไม่สามารถควบคุมแหล่งอิทธิพลของวิธีการวัดบางแหล่งได้ เช่น ทฤษฎีปริยาย ความคงเส้นคงวาของการตอบ และการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคม โดยตัวแปรที่ทำเครื่องหมายเหล่านี้จะไปสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ ซึ่งขัดกับข้อตกลงที่กล่าวไปก่อนหน้านี้ 2) การสมมติให้ common method variance แทนเฉพาะตัวแปรที่ทำเครื่องหมาย แต่ในความเป็นจริงความแปรปรวนของวิธีมีผลกระทบตัวแปรที่สังเกตได้ทุกตัว 3) เทคนิคนี้ตั้งอยู่บนข้อตกลงที่ว่า

อิทธิพลของวิธีการวัดเพิ่มขึ้นได้เท่านั้น (ไม่ลดลง) ในความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำนายกับ ตัวแปรเกณฑ์ และ 4) ไม่สนใจความคลาดเคลื่อนของการวัดในการขจัดอิทธิพลของวิธีการวัด รวมถึงวิธีการกับคุณลักษณะไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน

การขจัดอิทธิพลบางส่วนขององค์ประกอบทั่วไป ขั้นแรกดำเนินการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (EFA) ในการสกัดองค์ประกอบของตัวแปรที่ศึกษา ขั้นต่อมาคำนวณ scale score ในองค์ประกอบแรกที่ยังไม่หมุนแกนและขจัดอิทธิพลของความสัมพันธ์บางส่วนระหว่างตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์ ข้อดีของเทคนิคนี้ คือ สามารถทำได้ง่าย เพราะว่านักวิจัยไม่ต้องระบุแหล่งอิทธิพลของวิธีการวัด แต่ข้อจำกัดของเทคนิคนี้ คือ 1) แม้ว่าองค์ประกอบทั่วไปเมื่อถูกขจัดอิทธิพลบางส่วนจะถูกนับรวมเป็นอิทธิพลของวิธีการวัด แต่ส่วนที่ขจัดออกไปอาจเจือปนความแปรปรวนที่แท้จริงของโครงสร้างที่ศึกษาด้วย 2) การขจัดความแปรปรวนของวิธีอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ 3) ไม่มีสถิติทดสอบความแตกต่างของความสอดคล้องกลมกลืนในโมเดลที่มีหรือไม่มีองค์ประกอบทั่วไป 4) ไม่สนใจความคลาดเคลื่อนในการวัด และ 5) ข้อสรุปขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรที่ใช้ในการตรวจสอบ

2.3 การควบคุมอิทธิพลของการวัดตัวแปรแฝงโดยตรง (Controlling for the effects of a directly measured latent methods factor)

เทคนิคนี้เป็นการใช้โมเดลของตัวแปรแฝงในการแยกแยะว่าข้อคำถามที่ใช้วัดนั้นได้รับอิทธิพลอันเกิดจากวิธีการวัดและอิทธิพลจากตัวแปรที่ศึกษาเป็นอย่างไร ซึ่งในเทคนิคนี้ต้องระบุแหล่งที่คาดว่าทำให้เกิดอิทธิพลของวิธีการวัด เช่น การตอบตามความพึงปรารถนาของสังคม การมองโลกในแง่บวกแง่ลบของผู้ตอบ เป็นต้น ในการสร้างโมเดลของตัวแปรแฝงยินยอมให้มีข้อคำถามย่อยในองค์ประกอบของวิธีการวัดได้ ข้อดีของเทคนิคนี้ คือ ยอมให้มีการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดในองค์ประกอบของวิธีการวัด และไม่จำกัดว่าอิทธิพลของวิธีการวัดต้องเท่ากันในวิธีการ วัดแต่ละแบบ แต่ข้อจำกัดของเทคนิคนี้ คือ นักวิจัยต้องทราบแหล่งที่ทำให้เกิดอิทธิพลของวิธีการวัดที่สำคัญที่สุดเพียงแหล่งเดียว นอกจากนี้แหล่งที่ทำให้เกิดอิทธิพลของวิธีการวัดบางแหล่งอาจไม่ง่ายที่จะใช้ข้อคำถามมาวัดได้โดยตรง เช่น ทฤษฎีปริยาย ความคงเส้นคงวาของการตอบ การใช้รูปแบบสเกลการวัดที่ใช้ร่วมกัน ระดับของสเกลการวัดที่จำแนกไม่ได้ เป็นต้น รวมไปถึงเทคนิคนี้มีข้อตกลงว่าองค์ประกอบของวิธีการวัดไม่มีปฏิสัมพันธ์ (interaction) กับตัวโครงสร้างที่ศึกษา

2.4 การควบคุมอิทธิพลที่ไม่วัดตัวแปรแฝงโดยตรง (Controlling for the effects of an unmeasured latent methods factor)

เทคนิคนี้ใช้องค์ประกอบอันดับแรกซึ่งแทนด้วย common method variance ไปสัมพันธ์กับทุกข้อคำถามที่ใช้วัดตัวแปรที่ศึกษา โดยไม่มีการวัด common method variance ด้วยข้อคำถามย่อย ข้อดีของเทคนิคนี้ คือ นักวิจัยไม่ต้องระบุแหล่งที่ทำให้เกิดอิทธิพลของวิธีการวัดที่มีต่อตัวแปรที่

ศึกษา และไม่จำกัดว่าอิทธิพลของวิธีการวัดต้องเท่ากันในวิธีการวัดแต่ละแบบ ส่วนข้อจำกัดของเทคนิคนี้ คือ ไม่อนุญาตให้นักวิจัยระบุแหล่งอิทธิพลของวิธีการวัดที่เฉพาะเจาะจง นอกจากนี้หากข้อคำถามที่ใช้วัดโครงสร้างมีจำนวนน้อยกว่าโครงสร้างที่ศึกษาอาจทำให้เกิดปัญหาโมเดลไม่สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ หรือเรียกว่าโมเดลระบุไม่พอดี (underidentified model) รวมไปถึงเทคนิคนี้ได้สมมติให้องค์ประกอบของวิธีการวัดไม่มีปฏิสัมพันธ์กับองค์ประกอบของคุณลักษณะ

2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบพหุวิธี (Multiple-method factors analysis)

วิธีการนี้มีโมเดลที่แตกต่างจากโมเดลการควบคุมอิทธิพลของการวัดตัวแปรแฝงโดยตรง และโมเดลการควบคุมอิทธิพลที่ไม่วัดตัวแปรแฝงอยู่ 2 ประการ คือ 1) เพิ่มวิธีการวัดในโมเดลได้มากกว่าหนึ่งวิธี และ 2) วิธีการวัดแต่ละแบบถูกกำหนดว่ามีอิทธิพลต่อเฉพาะข้อคำถามที่ใช้วิธีการวัดนั้นๆ ไม่ใช่วิธีการวัดหนึ่งไปมีผลอิทธิพลกับข้อคำถามทุกข้อ สำหรับวิธีการนี้มีเทคนิคในการควบคุมที่หลากหลาย ได้แก่ 1) โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบพหุลักษณะ-พหุวิธี (CFA of MTMM model) 2) โมเดลองค์ประกอบเฉพาะสัมพันธ์ (Correlated Uniqueness model) และ 3) โมเดลผลคูณโดยตรง (Direct product model)

โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบพหุลักษณะ-พหุวิธี (CFA of MTMM model) หรืออาจเรียกว่าโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธีที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธี (CFA-model with Correlated Trait Factors and Correlated Method Factors: CFA-CTCM) (วรรณี แกมเกตุ, 2540) เป็นโมเดลที่มีผู้นิยมใช้เป็นจำนวนมาก โดยตัวโมเดลตั้งอยู่บนหลักคิดของโมเดลพหุลักษณะ-พหุวิธี ซึ่งเป็นการวัดหลายคุณลักษณะ ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เทคนิคนี้กำหนดว่าความแปรปรวนของการตอบจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยเป็นผลมาจากคุณลักษณะ วิธีการวัด และความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม จึงทำให้ตัวแปรสังเกตได้หรือข้อคำถามแต่ละข้อจะวัดเพียงหนึ่งคุณลักษณะด้วยวิธีการเดียว และมีเทอมความคลาดเคลื่อนของการวัดอันเดียวด้วย นอกจากนี้ยอมให้นักวิจัยควบคุมได้ทั้งความแปรปรวนของวิธี และความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่มในความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะและองค์ประกอบวิธี โดยสมมติว่าอิทธิพลของวิธีที่สัมพันธ์กันในแต่ละวิธีการวัดเดียวกันให้มีความเป็นเอกมิติ (unidimesionality) ทั้งนี้โมเดลนี้มีความเป็นทั่วไปมากกว่าโมเดลอื่น ข้อดีของเทคนิคนี้ คือ 1) สามารถแปลความหมายความตรงเชิงลู่เข้า ความตรงเชิงจำแนก และอิทธิพลของวิธีการวัดได้ชัดเจน โดยความตรงเชิงลู่เข้าให้พิจารณาจากขนาดสัมประสิทธิ์องค์ประกอบคุณลักษณะ ขณะที่ความตรงเชิงจำแนกให้พิจารณาจากขนาดความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะ และอิทธิพลของวิธีการวัดให้พิจารณาจากสัมประสิทธิ์องค์ประกอบวิธี กล่าวคือ ถ้าน้ำหนักองค์ประกอบมีค่าสูงในองค์ประกอบวิธี แสดงว่ามีอิทธิพลของวิธีการวัดเจือปนอยู่ แต่ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะมีค่าสูงเข้าใกล้ 1 แสดงว่าโมเดลขาดความตรงเชิงจำแนก 2) ยอมให้นักวิจัยทดสอบ

อิทธิพลของหลายวิธีการวัดไปพร้อมๆ กัน 3) ยอมให้นักวิจัยบังคับค่าของน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากวิธีการวัดในเชิงค่าคงที่ได้ 4) ไม่จำเป็นต้องวัดข้อมูลโดยตรง สำหรับข้อจำกัดของเทคนิคนี้ คือ 1) อาจเกิดปัญหาในการวินิจฉัยตัวโมเดล และ 2) สมมติว่าองค์ประกอบของวิธีการวัดไม่มีปฏิสัมพันธ์กับตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์

โมเดลองค์ประกอบเฉพาะสัมพันธ์ (Correlated Uniqueness model) หรืออาจเรียกว่าโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธีที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเฉพาะ (CFA-model with Correlated Trait Factors and correlated Uniquenesses: CFA-CTCU) (วรรณี แกมเกตุ, 2540) จะมีแต่ละตัวแปรสังเกตได้เป็นตัวแทนของคุณลักษณะเดียวและใช้วิธีการวัดเดียว แต่ต่างจาก CFA-CTCM ตรงที่ไม่มีองค์ประกอบวิธี ซึ่งจะมองอิทธิพลของวิธีการวัดเป็นความคลาดเคลื่อน โดยยอมให้ความคลาดเคลื่อนจากการวัดด้วยวิธีเดียวกันสัมพันธ์กัน อย่างไรก็ตามโมเดลนี้ได้ยอมให้ละเมิดข้อตกลงเรื่องความเป็นเอกมิติของอิทธิพลของวิธีการวัด ซึ่งมีผลให้การประมาณค่าพารามิเตอร์เกิดความลำเอียงได้ และแม้โมเดลจะไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างสมบูรณ์ แต่โมเดลนี้ให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่มีความแม่นยำเมื่อเทียบกับค่าพารามิเตอร์จากประชากรมากกว่าโมเดล CFA-CTCM ข้อดีของเทคนิคนี้เหมือนกับข้อดีของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบพหุลักษณะ-พหุวิธีที่ให้สารสนเทศเกี่ยวกับความตรงเชิงลู่เข้า ความตรงเชิงจำแนก และอิทธิพลของวิธีการวัด โดยโมเดลนี้มีโอกาสประมาณค่าได้เหมาะสมมากกว่าโมเดล CFA-CTCM แต่สารสนเทศเกี่ยวกับอิทธิพลของวิธีการวัด อาจไม่ชัดเจนเท่า CFA-CTCM ส่วนข้อเสียของเทคนิคนี้ คือ 1) อิทธิพลของวิธีการวัดถูกกำหนดเป็นค่าคงที่ 2) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลถูกกดค่าให้ต่ำลงและไม่ควรจะใช้สถิติในการทดสอบ 3) อิทธิพลของวิธีการวัดที่ต่างกันจะไม่มีความสัมพันธ์กัน และ 4) สมมติว่าองค์ประกอบของวิธีการวัดไม่มีปฏิสัมพันธ์กับตัวแปรทำนายและตัวแปรเกณฑ์

โมเดลผลคูณโดยตรง (Direct product model) เป็นวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) สำหรับข้อมูลเมทริกซ์พหุลักษณะ-พหุวิธี หากพบว่าระดับของความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะมีปฏิสัมพันธ์กับวิธีการวัด และคุณลักษณะมีความสัมพันธ์กันเอง แสดงถึงอิทธิพลแบบพหุคุณ (multiplicative) จึงทำให้การวิเคราะห์องค์ประกอบต้องใช้องค์ประกอบเป็นคุณลักษณะ x วิธีการวัด โดยมีข้อตกลงให้การวัดคุณลักษณะมีปฏิสัมพันธ์กับวิธีการวัดทุกแบบ อีกทั้งความสัมพันธ์ที่เกิดระหว่างคุณลักษณะจะได้รับอิทธิพลของวิธีการวัดร่วมด้วย ข้อจำกัดของเทคนิคนี้ คือ 1) มโนทัศน์ของปฏิสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะ x วิธีการวัดยังไม่ค่อยชัดเจน ดังนั้นเป็นเรื่องยากที่จะทำนายผลที่จะเกิดขึ้น 2) อิทธิพลที่มาจากคุณลักษณะและองค์ประกอบของวิธีการวัด ไม่ถูกแยะออกมาวิเคราะห์ 3) ไม่สามารถทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างแฝงขณะที่มีการควบคุมอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของคุณลักษณะ x วิธีการวัด และ 4) ไม่สามารถทดสอบปฏิสัมพันธ์หลังมีการควบคุมอิทธิพลหลักไปก่อน

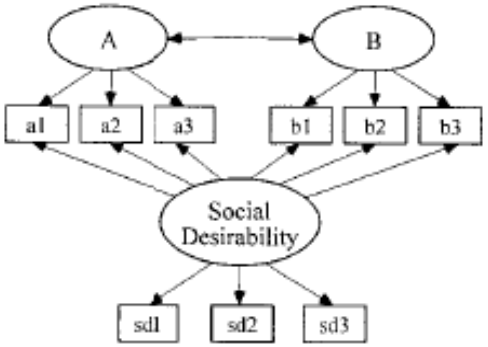
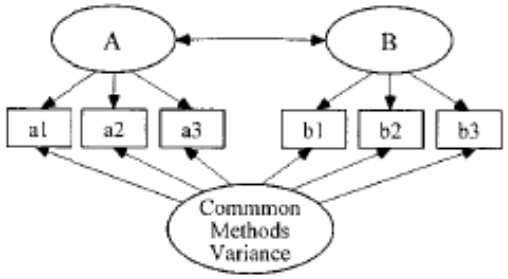
Podsakoff et al. (2003) ได้สรุปเทคนิคการใช้สถิติในการควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัด ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ประเภทของการใช้สถิติควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัด

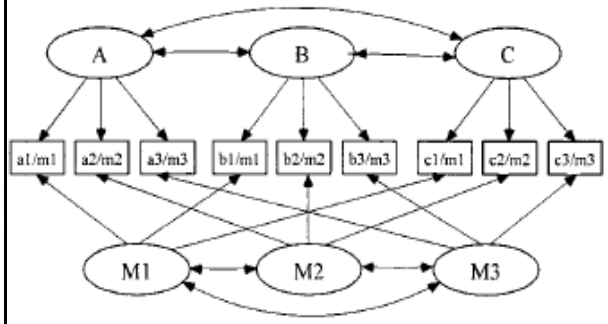
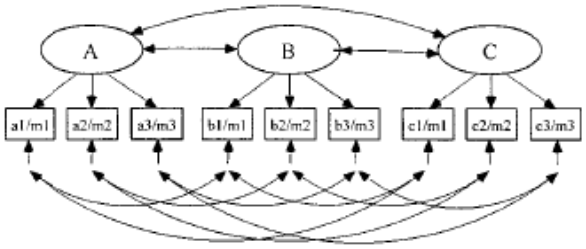
เทคนิค	คำอธิบาย	ตัวอย่างของโมเดล	ข้อจำกัด/ปัญหาที่อาจพบ
การทดสอบองค์ประกอบเดียวของฮาร์แมน	เป็นการรวมข้อคำถามทั้งหมดของทุกโครงสร้างที่ศึกษาเข้าสู่การวิเคราะห์องค์ประกอบ เพื่อตรวจสอบความแปรปรวนทั้งหมดภายในต้องค์ประกอบทั่วไป (องค์ประกอบแรกที่ยังไม่หมุนแกน) เพียงองค์ประกอบเดียว		• เทคนิคนี้ไม่ได้ใช้สถิติในการควบคุม CMV • ไม่มีเกณฑ์ที่เฉพาะเจาะจงในการระบุว่าความแปรปรวนในองค์ประกอบแรกมีค่าเท่าไหร่ที่ควรแยกพิจารณาเป็นองค์ประกอบทั่วไป • ความเป็นไปได้ที่จะได้องค์ประกอบมากกว่าหนึ่งองค์ประกอบขึ้นกับจำนวนตัวแปรที่ใช้ในการตรวจสอบ
การควบคุมความสัมพันธ์บางส่วนในกระบวนการ	• ขจัดอิทธิพลบางส่วนของการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคมหรือสภาวะอารมณ์ของผู้ตอบ ซึ่งเป็นตัวแทนของ CMV โดยใช้การเปรียบเทียบทั้งความสัมพันธ์ที่สังเกตได้กับความสัมพันธ์ที่ขจัดอิทธิพลบางส่วนออก		• สมมติให้ CMV ทั้งหมด คือ ส่วนที่เป็นผลมาจากอิทธิพลของวิธีการวัด แต่ท่าในความเป็นจริงอาจไม่ได้เป็นอย่างที่สมมติ • ไม่มีสถิติทดสอบความแตกต่างของความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลที่มีหรือไม่มีการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคม • ไม่อนุญาตให้นักวิจัยตรวจสอบว่าการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคมทำหน้าที่เป็นตัวแปรเกินในระดับของการวัดหรือมีผลกระทบต่อความสัมพันธ์ของตัวแปร

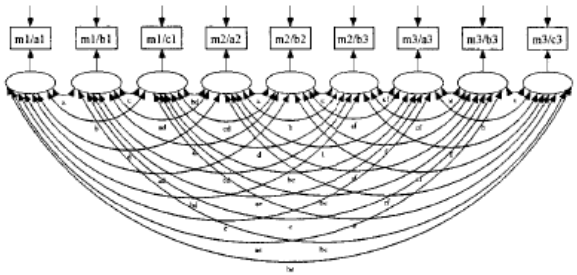
ตารางที่ 2.4 ประเภทของการใช้สถิติควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัด (ต่อ)			
เทคนิค	**คำอธิบาย**	**ตัวอย่างของโมเดล**	**ข้อจำกัด/ปัญหาที่อาจพบ**
การควบคุมความสัมพันธ์บางส่วนในกระบวนการ (ต่อ)	• ขจัดอิทธิพลบางส่วนของตัวแปรที่เข้าไปอยู่ในการศึกษา แต่ไม่สัมพันธ์กับโครงสร้างที่สนใจ	(รูปเดียวกับโมเดลก่อนหน้า)	• ไม่ได้ควบคุมแหล่งอิทธิพลของวิธีการวัดบางแหล่ง เช่น ทฤษฎีปริยาย ความคงเส้นคงวาของการตอบและการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคม • สมมติให้อิทธิพลของวิธีการวัดเป็นตัวแทนของตัวแปรที่ทำเครื่องหมาย แต่ในความเป็นจริงกลับมีผลเหมือนกันในตัวแปรที่สังเกตได้ทุกตัว • สมมติให้อิทธิพลของวิธีการวัดเพิ่มขึ้นได้เท่านั้น (ไม่ลดลง) ในความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม • ไม่สนใจความคลาดเคลื่อนในการวัด
	• ขจัดอิทธิพลบางส่วนขององค์ประกอบทั่วไป หลังจากการวิเคราะห์องค์ประกอบจนได้องค์ประกอบทั่วไปอันแรก แล้วพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่สนใจบางส่วนที่ถูกขจัดออกไปยังคงมีนัยสำคัญทางสถิติอยู่หรือไม่		• แม้ว่าองค์ประกอบทั่วไปเมื่อถูกขจัดอิทธิพลบางส่วนจะถูกนับรวมเป็นอิทธิพลของวิธีการวัด แต่ส่วนที่ขจัดออกไปอาจเจือปนความแปรปรวนที่แท้จริงของโครงสร้างที่ศึกษา • การขจัด CMV อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ • ไม่มีสถิติทดสอบความแตกต่างของความสอดคล้องกลมกลืนในโมเดลที่มีหรือไม่มีองค์ประกอบทั่วไป • ไม่สนใจความคลาดเคลื่อนในการวัด • ข้อสรุปขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรที่ใช้ในการตรวจสอบ

ตารางที่ 2.4 ประเภทของการใช้สถิติควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัด (ต่อ)

เทคนิค	คำอธิบาย	ตัวอย่างของโมเดล	ข้อจำกัด/ปัญหาที่อาจพบ
การควบคุมอิทธิพลของการวัดตัวแปรแฝงโดยตรง	ข้อคำถามที่ใช้เป็นตัวแทนของโครงสร้างที่ศึกษาก็เป็นตัวแทนของวิธีการวัดได้เช่นกันโดยมองวิธีการวัดเป็นโครงสร้างแฝงอันหนึ่ง ทั้งนี้ในวิธีการวัดจะมีข้อคำถามย่อยๆ ส่วนความมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าพารามิเตอร์ของโครงสร้างจะถูกตรวจสอบทั้งในโมเดลที่มีและไม่มีองค์ประกอบแฝงของวิธีการวัด แต่เทคนิคนี้ใช้ตรวจสอบได้เฉพาะกรณี โดยมองว่าวิธีการวัดเป็นตัวแทนของ CMV ที่เกิดร่วมกันระหว่างโครงสร้างที่ศึกษา เช่น การตอบตามความพึงปรารถนาของสังคม หรือการมองโลกในแง่บวกแง่ลบ		• สมมติว่านักวิจัยสามารถระบุแหล่งของอิทธิพลของวิธีการวัดได้ทั้งหมดและเชื่อว่าการวัดอิทธิพลของวิธีการวัดเหล่านี้มีความถูกต้อง • สมมติว่าองค์ประกอบของวิธีการวัดไม่มีปฏิสัมพันธ์ (interact) กับตัวแปรต้นและตัวแปรตาม
การควบคุมอิทธิพลที่ไม่วัดตัวแปรแฝงโดยตรง	ข้อคำถามที่ใช้เป็นตัวแทนของโครงสร้างที่ศึกษาก็เป็นตัวแทนของวิธีการวัดด้วย โดยมองวิธีการวัดเป็นโครงสร้างแฝงอันหนึ่ง ส่วนความมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าพารามิเตอร์ของโครงสร้างจะถูกตรวจสอบทั้งในโมเดลที่มีและไม่มีองค์ประกอบแฝงของ CMV สำหรับเทคนิคนี้ความแปรปรวนของการตอบจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยเป็นผลมาจากคุณลักษณะวิธีการวัด และความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม		• ไม่อนุญาตให้นักวิจัยระบุแหล่งที่ทำให้เกิด CMV • อาจเกิดปัญหาในการวินิจฉัยตัวโมเดล • สมมติว่าองค์ประกอบของวิธีการวัดไม่มีปฏิสัมพันธ์กับตัวแปรต้นและตัวแปรตาม

ตารางที่ 2.4 ประเภทของการใช้สถิติควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัด (ต่อ)

เทคนิค	คำอธิบาย	ตัวอย่างของโมเดล	ข้อจำกัด/ปัญหาที่อาจพบ
การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบพหุวิธี	• โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบพหุลักษณะ-พหุวิธี โดยมากนิยมใช้กับโมเดลที่มีการวัดในหลายคุณลักษณะ และหลายวิธี สำหรับเทคนิคนี้ความแปรปรวนของการตอบจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยเป็นผลมาจากคุณลักษณะ วิธีการวัด และความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม รวมถึงอนุญาตให้นักวิจัยควบคุมได้ทั้ง CMV และความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่มในความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม และอนุญาตให้วิธีการวัดมีความสัมพันธ์กันได้		• อาจเกิดปัญหาในการวินิจฉัยตัวโมเดล • สมมติว่าองค์ประกอบของวิธีการวัดไม่มีปฏิสัมพันธ์กับตัวแปรต้นและตัวแปรตาม
	• โมเดลองค์ประกอบเฉพาะสัมพันธ์ จะมีแต่ละตัวแปรสังเกตได้เป็นตัวแทนของคุณลักษณะเดียวและใช้วิธีการวัดเดียว แต่ไม่มีองค์ประ-กอบของวิธีการวัด ซึ่งจะมองอิทธิพลของวิธีการวัดเป็นความคลาดเคลื่อน โดยอนุญาตให้ความคลาดเคลื่อนจากการวัดด้วยวิธีเดียวกันสัมพันธ์กัน		• ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลถูกกดค่าให้ต่ำลงและไม่ควรใช้สถิติในการทดสอบ • ข้อตกลงของโมเดล คือ อิทธิพลของวิธีการวัดที่ต่างกันจะไม่มีความสัมพันธ์กัน • สมมติว่าองค์ประกอบของวิธีการวัดไม่มีปฏิสัมพันธ์กับตัวแปรต้นและตัวแปรตาม

ตารางที่ 2.4 ประเภทของการใช้สถิติควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัด (ต่อ)			
เทคนิค	**คำอธิบาย**	**ตัวอย่างของโมเดล**	**ข้อจำกัด/ปัญหาที่อาจพบ**
การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบพหุวิธี (ต่อ)	• โมเดลผลคูณโดยตรง มีข้อสมมติให้การวัดคุณลักษณะมีปฏิสัมพันธ์กับวิธีการวัดทุกแบบ อีกทั้งความสัมพันธ์ที่เกิดระหว่างคุณลักษณะจะได้รับอิทธิพลของวิธีการวัดร่วมด้วย		• มโนทัศน์ของปฏิสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะ x วิธีการวัด ยังไม่ค่อยชัดเจน ดังนั้นเป็นเรื่องยากที่จะทำนายผลที่จะเกิดขึ้น • อิทธิพลที่มาจากคุณลักษณะและองค์ประกอบของวิธีการวัดไม่ถูกแยะออกมาวิเคราะห์ • ไม่สามารถทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างแฝงขณะที่มีการควบคุมอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ของคุณลักษณะ x วิธีการวัด • ไม่สามารถทดสอบปฏิสัมพันธ์หลังจากมีการควบคุมอิทธิพลหลักไปก่อนแล้ว

หมายเหตุ ตารางนี้ผู้วิจัยได้แปลมาจากการสรุปเทคนิคสถิติที่ใช้ควบคุมอิทธิพลของวิธีการวัดของ Podsakoff et al. (2003)

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอิทธิพลของวิธีการวัด

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอิทธิพลของวิธีการวัดทั้งงานวิจัยในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศ ซึ่งพบว่างานวิจัยในประเทศยังไม่ค่อยมีใครศึกษามากนัก ซึ่งมีงานวิจัยของอนุ เจริญวงษ์ระยับ (2549) ได้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น 3 สถานการณ์ คือ ตนเองมีความสุข สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้ ทำงานได้ประสบความสำเร็จที่มีต่อผลการวัดปรีชาเชิงอารมณ์ตามแนวพุทธศาสนา และงานวิจัยของเพ็ญนภา ศรีโฉม (2557) ได้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากตอบตามความพึงปรารถนาของสังคมที่มีต่อผลการวัดสุขภาพจิต ในส่วนงานวิจัยของต่างประเทศนั้นพบว่าประเด็นที่มีผู้ศึกษาวิจัยกันมาก คือ อิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากการใช้ข้อความเชิงบวกและข้อความเชิงลบ (Distefano & Motl, 2009; Quilty, Oakman & Risko, 2006; Tomás, 2013) โดยงานวิจัยของ Quilty, Oakman & Risko (2006) ได้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากการใช้ข้อความเชิงบวกและเชิงลบ ที่มีต่อผลของการมองเห็นคุณค่าของตนเอง และบุคลิกภาพ 5 องค์ประกอบหรือที่รู้จักกันในนาม "Big Five personality" ส่วนของ Distefano & Motl (2009) ได้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากการใช้ข้อความเชิงลบที่มีต่อบุคลิกภาพ และ Tomás (2013) ได้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากการใช้ข้อความเชิงบวกและเชิงลบที่มีต่อผลของการมองเห็นคุณค่าของตนเอง นอกจากนี้งานวิจัยของ Chan (2001) ได้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากการใช้การมองโลกในแง่บวก การมองโลกในแง่ลบ และการจัดการความประทับใจที่มีต่อทัศนคติต่อการทำงาน ซึ่งมี 4 องค์ประกอบย่อย โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

อนุ เจริญวงศ์ระยับ (2549) ได้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดต่อโครงสร้างองค์ประกอบมาตราวัดปรีชาเชิงอารมณ์ตามแนวพุทธศาสนาสำหรับวัยรุ่นไทย: การประยุกต์ใช้วิธีพหุลักษณะ-พหุวิธี โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน โดยมุ่งศึกษาอิทธิพลจากการวัด ความตรงเชิงลู่เข้าและความตรงเชิงจำแนกของมาตรวัดปรีชาเชิงอารมณ์ และมุ่งตรวจสอบความกลมกลืนขององค์ประกอบในมาตรวัดปรีชาเชิงอารมณ์ที่สอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และเปรียบเทียบโมเดลองค์ประกอบในสถานการณ์ต่างๆ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดโมเดลสมมติฐานที่ยึดหลักไตรสิกขาไว้ว่าองค์ประกอบของมาตรวัดมี 3 องค์ประกอบ คือ รู้สึก คิด และกระทำ รวมถึงได้เสนอโมเดลทางเลือกโดยโมเดลหนึ่งมีเพียงหนึ่งองค์ประกอบที่ตั้งสมมติฐานไว้ว่าลักษณะขององค์ประกอบมีความเป็นเอกมิติ และอีกโมเดลหนึ่งมี 3 องค์ประกอบเป็นสถานการณ์ คือ มีความสุขในตนเอง สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้ดี และสามารถทำงานประสบความสำเร็จ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่าทั้ง 3 โมเดล ไม่น่าจะมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เนื่องจากมีอิทธิพลของวิธีการวัดรบกวนลักษณะของโครงสร้างองค์ประกอบ โดยเครื่องมือที่ใช้เป็นมาตราวัดปรีชาเชิงอารมณ์ตามแนวพุทธศาสนาสำหรับวัยรุ่นไทยที่พัฒนาโดยผจงจิต อินทสุวรรณ และคณะ (2545) และใช้ข้อมูลจาก

กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยของผจงจิต ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีจากมหาวิทยาลัยในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 7 มหาวิทยาลัย จำนวน 1,683 คน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์โมเดลพหุลักษณะ-พหุวิธี ซึ่งเป็นโมเดลย่อยของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน และโมเดลที่ใช้ในการศึกษานั้นยึดตามแนวทางของ Marsh และ Grayson (1995) ที่เสนอโมเดลการวิเคราะห์ไว้ 2 โมเดล ได้แก่ โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธีที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธี (CFA-model with Correlated Trait Factors and Correlated Method Factors: CTCM) และโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธีที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะ และความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเฉพาะ (CFA-model with Correlated Trait Factors and correlated Uniquenesses: CTCU) ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้ทั้ง 2 โมเดลในการตรวจสอบโมเดลที่กำหนดไว้จำนวน 11 โมเดล และผลการวิจัยพบว่า โมเดล CTCU แบบเต็มรูปมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์สูงสุด เมื่อเทียบกับโมเดลอื่นๆ และเป็นโมเดลเดียวที่มีค่าประมาณที่เหมาะสม ซึ่งชี้ให้เห็นว่าองค์ประกอบวิธีที่ใช้ 3 สถานการณ์มีอิทธิพลต่อโครงสร้างองค์ประกอบคุณลักษณะปรีชาเชิงอารมณ์ นั่นคืออิทธิพลของวิธีการวัดมีผลต่อความตรงของโมเดล โดยเฉพาะอิทธิพลของวิธีการวัดที่ใช้เป็น 3 สถานการณ์ คือ ตนเองมีความสุข สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้ ทำงานได้ประสบความสำเร็จ จะเป็นตัวรบกวนโครงสร้างความสัมพันธ์ของคุณลักษณะที่ผู้วิจัยมุ่งวัด ทำให้ได้โมเดลที่มีความตรงเชิงลู่เข้าและความตรงเชิงจำแนกที่ค่อนข้างต่ำ

เพ็ญนภา ศรีโฉม (2557) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบอิทธิพลของวิธีการวัดที่มีต่อผลการวัดสุขภาพจิตที่มาจากการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคม: การประยุกต์ใช้เทคนิคซีอียูแอลและเทคนิคซีอีเอ็มแอล โดยมุ่งเปรียบเทียบอิทธิพลของวิธีการวัดในแบบวัดสุขภาพจิตที่มีผลมาจากการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคมแบบองค์รวม (วัดทั้งฉบับเป็นองค์ประกอบเดียวของสุขภาพจิต) และแบบเฉพาะด้าน (วัดแยกเป็นองค์ประกอบย่อยๆของสุขภาพจิต) โดยใช้เทคนิค CEUL ซึ่งเป็นเทคนิคการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดที่โมเดลการวัดไม่มีตัวแปรแฝงของการตอบตามความปรารถนาของสังคม และเทคนิค CEML เป็นเทคนิคการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดที่โมเดลการวัดมีตัวแปรแฝงของการตอบตามความปรารถนาของสังคม และใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 1,100 คน ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบวัดดัชนีชี้วัดสุขภาพจิตคนไทยฉบับมาตรฐาน 54 ข้อ ที่พัฒนาโดยอภิชัย มงคล และคณะ (2550) ซึ่งเป็นมาตรวัดแบบประมาณค่า 4 ระดับ และแบบวัดการตอบตามความปรารถนาของสังคมของนิสิตนักศึกษาไทยที่พัฒนาโดยสุกัญญา จันทวาลย์ (2556) จำนวน 40 ข้อ แบบมาตรประมาณค่า 7 ระดับ ในสององค์ประกอบ คือ การหลอกลวงตัวเอง และการจัดการความประทับใจ สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลได้ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน โดยประยุกต์ใช้เทคนิค CEUL และ CEML ในโมเดล

การวิเคราะห์ทั้งหมด 7 โมเดล รวมถึงมีการเปรียบเทียบค่าที่บ่งชี้ความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ว่าโมเดลใดมีความเหมาะสมกับแบบวัดสุขภาพจิต ซึ่งผลการศึกษาพบว่า เมื่อใช้เทคนิค CEUL ในการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดที่มีต่อผลการวัดสุขภาพจิตที่มาจากการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคมแบบองค์รวมมี ความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าแบบเฉพาะด้านแบบเฉพาะด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และยังพบว่าโมเดลที่ใช้เทคนิค CEUL แบบองค์รวม มีอิทธิพลของการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคมน้อยกว่าโมเดลที่ใช้เทคนิค CEUL แบบเฉพาะด้าน แต่เมื่อใช้เทคนิค CEML ในการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดที่มีต่อผลการวัดสุขภาพจิตที่มาจากการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคมแบบองค์รวมมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์น้อยกว่าแบบเฉพาะด้านแบบเฉพาะด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และยังพบว่าโมเดลที่ใช้เทคนิค CEML แบบองค์รวม และโมเดลที่ใช้เทคนิค CEML แบบเฉพาะด้าน กลับไม่พบอิทธิพลที่เกิดจากการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคม รวมไปถึงเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 เทคนิค คือ CEUL กับ CEML ด้วยดัชนีความสอดคล้องกลมกลืน (fit indices) ต่างๆ พบว่าเทคนิค CEUL เหมาะสมในการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดของแบบวัดสุขภาพจิตอันเป็นผลมาจากการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคม

Chan (2001) ได้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากการใช้การมองโลกในแง่บวก (positive affectivity: PA) การมองโลกในแง่ลบ (negative affectivity: NA) และการจัดการความประทับใจ (impression management: IM) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นิยาม PA คือ ความแตกต่างของพื้นนิสัยในแต่ละบุคคลที่เกี่ยวกับมุมมองในด้านบวกของพวกเขาและสิ่งแวดล้อมรอบตัวเขา NA คือ ความแตกต่างของพื้นนิสัยในแต่ละบุคคลที่เกี่ยวกับการใช้อารมณ์เชิงลบและการรับรู้ตัวเองในแง่ลบ และ IM คือ ความพยายามอย่างมีสติและใคร่ครวญในการสร้างผลลัพธ์ที่ปรารถนาโดยใช้การโต้ตอบ ซึ่ง IM จะเกี่ยวข้องการการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคมและเป็นองค์ประกอบวิธีหนึ่งที่อาจมีผลต่ออิทธิพลของวิธีการวัด ทั้งนี้องค์ประกอบวิธีเหล่านี้เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปแล้วว่ามีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างการรายงานตนเองในเรื่องทัศนคติต่อการทำงาน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นพนักงานในฝ่ายที่เกี่ยวกับการสนับสนุนบุคลากรของประเทศสิงคโปร์จำนวน 160 คน ในส่วนการวัดตัวแปรทุกตัวใช้มาตรวัดลิเคิร์ท 5 ระดับ จากระดับ 1 (*ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง*) ไปจนถึงระดับ 5 (*เห็นด้วยอย่างยิ่ง*) โดยผู้วิจัยสนใจทัศนคติต่อการทำงานที่พิจารณาจาก 4 องค์ประกอบ คือ ความพึงพอใจต่องาน (job satisfaction: JS) การรับรู้สิ่งที่องค์กรสนับสนุน (perceived organizational support: POS) ความมุ่งมั่นขององค์กร (organizational commitment: OC) และการตั้งใจออกจากงาน (intent to quit: QU) โดยผลการตรวจสอบความเที่ยงของแต่ละองค์ประกอบโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาก พบว่าข้อคำถามของ JS มีความเที่ยง .94 ข้อคำถามของ POS มีความเที่ยง .92 ข้อคำถามของ OC มีความเที่ยง .93 และข้อคำถามของ OC มีความเที่ยง .90 ใน

ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันในโมเดลพหุลักษณะ-พหุวิธีที่ได้กำหนดไว้หลายโมเดล แล้วนำแต่ละคู่ของโมเดลมาเปรียบเทียบผลต่างของค่าไค-สแควร์ เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัด โดยผลการวิจัยพบว่า ความสัมพันธ์ของตัวแปรแฝงระหว่าง NA กับ IM มีความสัมพันธ์กันสูงในทิศทางเป็นลบ แต่ความสัมพันธ์ของตัวแปรแฝงระหว่าง PA กับ NA นั้นมีความสัมพันธ์กันต่ำในทิศทางบวก ส่วน PA ไม่สัมพันธ์กับ IM ทั้งนี้เกี่ยวกับการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัด พบว่าอิทธิพลของวิธีการวัดโดยการใช้ PA กับทัศนคติต่อการทำงานในทุกองค์ประกอบนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีน้ำหนักของอิทธิพลของวิธีการวัดอยู่มาก กล่าวคือ วิธีการวัดโดยใช้การมองโลกในแง่บวก (PA) ไปมีผลต่อทัศนคติต่อการทำงาน ในส่วนอิทธิพลของวิธีการวัดโดยการใช้ NA กับองค์ประกอบของทัศนคติต่อการทำงานที่ศึกษาทุกตัวนั้นไม่มีนัยสำคัญเลย และอิทธิพลของวิธีการวัดโดยการใช้ IM มีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะองค์ประกอบการตั้งใจออกจากงานเท่านั้น กล่าวคือ การเปรียบเทียบโมเดลตัวแปรแฝงชี้ให้เห็นว่าการทดสอบอิทธิพลของวิธีการวัดด้วย NA และ IM ที่มีต่อการประมาณค่าความสัมพันธ์ที่สำคัญระหว่างตัวบ่งชี้ในตัวแปรทัศนคติต่อการทำงานนั้นมีอิทธิพลของวิธีการวัดอยู่ไม่มากนัก ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

Quilty, Oakman และ Risko (2006) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของสเกลการวัดการเห็นคุณค่าของตนเองตามแนวคิดของ Rosenberg และอิทธิพลของวิธีการวัด โดยนำแบบสอบถามที่พัฒนาโดย Rosenberg ที่มีชื่อว่า The Rosenberg Self-Esteem Scale (RSES) มาแสดงให้เห็นว่าโครงสร้าง 2 โครงสร้างที่ศึกษา ได้แก่ การเห็นคุณค่าของตนเอง และบุคลิกภาพมักได้รับอิทธิพลของวิธีการวัดร่วมด้วย กล่าวคือ เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากการใช้ข้อความเชิงบวกและเชิงลบในแบบสอบถาม RSES กับโครงสร้างการเห็นคุณค่าของตนเอง และบุคลิกภาพ โดยใช้บุคลิกภาพ 5 องค์ประกอบหรือที่เรียกว่า "Big Five" ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวาง จึงทำให้ผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วนการศึกษาที่ 1 นั้นศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการเห็นคุณค่าของตนเอง และอิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากการใช้ข้อคำถามเชิงบวกและเชิงลบ สำหรับการศึกษาแรกนี้ได้ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ลงทะเบียนเรียนวิชาความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจิตวิทยา ในมหาวิทยาลัยวาเตอร์ลู (University of Waterloo) รัฐออนทารีโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 503 คน ในส่วนเครื่องมือที่นำมาใช้ในการศึกษาที่ 1 นี้ประกอบด้วยเครื่องมือ 2 ชุด คือ 1) The Rosenberg Self-Esteem Scale (RSES) เป็นแบบสอบถามที่ให้รายงานตนเองเพื่อประเมินการเห็นคุณค่าของตนเองในองค์รวม จำนวน 10 ข้อคำถาม ซึ่งพัฒนาโดย Rosenberg (1965) และมี 5 ข้อที่เป็นคำถามที่ใช้ข้อความเชิงลบ โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้ระดับการตอบ 9 ระดับ และ 2) แบบวัด BIS/BAS เป็นแบบวัดที่ให้รายงานตนเองเพื่อประเมินการตอบสนองของแต่ละบุคคลเมื่อได้รับรางวัลหรือถูกลงโทษ ที่พัฒนาโดย Carver และ White (1994) ซึ่งในเครื่องมือวัดนี้มีสเกลย่อย 4 สเกล คือ ระบบการยับยั้งพฤติกรรม (behavirol inhibition

system: BIS) แรงขับเคลื่อน การมองหาความสนุก และการตอบสนองต่อรางวัล โดยสเกลย่อย 3 อัน หลังอาจรวมเป็นคะแนนทั้งหมดของแบบวัด ทั้งนี้สเกลการวัดเหล่านี้ได้รับการตรวจสอบว่ามีความเที่ยงเชิงความสอดคล้องภายใน ความเที่ยงแบบการสอบซ้ำ และมีหลักฐานที่สนับสนุนว่าเครื่องมือนี้มีความตรงเชิงลู่เข้า ความตรงเชิงจำแนก และความตรงเชิงทำนายที่ดี สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลใช้โมเดลสมการโครงสร้าง และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันทั้งโมเดลแบบ CTCM และ CTCU โดยการใช้การประมาณค่าแบบ Maximun Likelihood เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ทั้งสิ้น 8 โมเดล โดยผลการวิจัยของการศึกษาที่ 1 พบว่าโมเดลที่มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด 2 โมเดล คือ 1) โมเดลที่ 5 เป็นโมเดลของการเห็นคุณค่าของตนเองแบบองค์รวม เมื่อไม่มีองค์ประกอบวิธีของการใช้ข้อความเชิงบวกและข้อความเชิงลบ แต่ยอมให้ความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กันเองได้ภายใต้รูปแบบข้อความเชิงบวกหรือข้อความเชิงลบที่เป็นกลุ่มเดียวกัน ซึ่งเป็นลักษณะการวิเคราะห์โมเดลแบบ CTCU และโมเดลที่ 8 เป็นโมเดลของการเห็นคุณค่าของตนเองแบบองค์รวม เมื่อมีองค์ประกอบวิธีอันเกิดของการใช้ข้อความเชิงบวกและข้อความเชิงลบเข้ามาร่วมด้วยในโมเดล และยอมให้องค์ประกอบวิธีสัมพันธ์กัน ซึ่งเป็นลักษณะการวิเคราะห์โมเดลแบบ CTCM โดยทั้งสองโมเดลมีน้ำหนักขององค์ประกอบการเห็นคุณค่าของตนเองแบบรวมอยู่ในเกณฑ์ดี นอกจากนี้ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ในโมเดลที่ 5 (CTCU) การใช้ข้อคำถามเหล่านี้ไม่ถือว่าได้รับอิทธิพลของการวัดอันเกิดจากการใช้ข้อความเชิงบวกและข้อความเชิงลบ เนื่องจากข้อคำถามส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์ในกลุ่มข้อความเชิงบวกไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และความสัมพันธ์ในกลุ่มข้อความเชิงลบก็ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ส่วนโมเดลที่ 8 (CTCM) ที่พบว่าข้อคำถามข้อที่ 4 กับข้อที่ 5 มีน้ำหนักองค์ประกอบมีนัยสำคัญทางสถิติกับอิทธิพลของวิธีการวัดด้วยการใช้ข้อความเชิงบวก แต่ขนาดของน้ำหนักองค์ประกอบน้อยมาก (0.13 และ 0.16 ตามลำดับ) จึงกล่าวว่าการใช้ข้อความเชิงบวกไม่ทำให้เกิดอิทธิพลของวิธีการวัดในการวัดการเห็นคุณค่าของตนเอง ส่วนน้ำหนักองค์ประกอบที่ของทุกข้อคำถามที่วัดด้วยข้อความเชิงลบมีนัยสำคัญทางสถิติกับอิทธิพลของวิธีการวัดด้วยการใช้ข้อความเชิงลบ ซึ่งกล่าวได้ว่า การใช้ข้อความเชิงลบเกิดอิทธิพลของวิธีการวัดร่วมในการวัดการเห็นคุณค่าของตนเอง นอกจากนี้ยังพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของการใช้ข้อความเชิงบวกกับองค์ประกอบของการใช้ข้อความเชิงลบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจกล่าวว่าวิธีการวัดทั้งสองนั้นไม่สัมพันธ์กัน

การศึกษาที่ 2 เป็นการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลของวิธีการวัดโดยการใช้ข้อความเชิงบวกและเชิงลบในแบบวัด RSES กับบุคลิกภาพ 5 องค์ประกอบ (Big Five) ที่ใช้แบบวัด IPIP ของ Goldberg (1999) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาที่ 2 เป็นผู้ใหญ่ในชุมชนยูจีน (Eugene) เมืองสปริงฟิลด์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ในส่วนการวัดนั้นผู้วิจัยใช้การส่งชุดแบบสอบถามทางไปรษณีย์ให้กับผู้ที่สนใจเข้าร่วมที่ได้รับการคัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยแบบวัด RSES ใช้ระดับ

การตอบ 5 ระดับ ส่วนแบบวัด IPIP เป็นการออกแบบเพื่อวัดบุคลิกภาพของบุคคลว่าอยู่ในกลุ่มใด จากบุคลิกภาพ 5 องค์ประกอบ โดยประกอบด้วยสเกลการวัดแต่ละองค์ประกอบจาก 5 องค์ประกอบ ซึ่งแต่ละองค์ประกอบจะใช้คำถาม 10 หรือ 20 ข้อ ในการวัด สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์เหมือนกับการศึกษาที่ 1 คือใช้โมเดลสมการโครงสร้าง และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันทั้งโมเดลแบบ CTCM และ CTCU โดยการใช้การประมาณค่าแบบ Maximun Likelihood และใช้รูปแบบโมเดล 8 โมเดลเหมือนกับการศึกษาที่ 1 เพียงแต่เปลี่ยนองค์ประกอบของการเห็นคุณค่าของตนเองเป็นองค์ประกอบของบุคลิกภาพ ทั้งนี้ผลการวิจัยในการศึกษาที่ 2 พบว่าโมเดลที่มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด 2 โมเดล (ผลคล้ายกับการศึกษาที่ 1) คือ 1) โมเดลที่ 5 เป็นโมเดลของบุคลิกภาพเมื่อไม่มีองค์ประกอบวิธีของการใช้ข้อความเชิงบวกและข้อความเชิงลบ แต่ยอมให้ความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กันเองได้ภายใต้รูปแบบข้อความเชิงบวกหรือข้อความเชิงลบที่เป็นกลุ่มเดียวกัน ซึ่งเป็นลักษณะการวิเคราะห์โมเดลแบบ CTCU และโมเดลที่ 8 เป็นโมเดลของบุคลิกภาพ เมื่อมีองค์ประกอบวิธีอันเกิดของการใช้ข้อความเชิงบวกและข้อความเชิงลบเข้ามาร่วมด้วยในโมเดล และยอมให้องค์ประกอบวิธีสัมพันธ์กัน ซึ่งเป็นลักษณะการวิเคราะห์โมเดลแบบ CTCM โดยทั้งสองโมเดลมีน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากบุคลิกภาพอยู่ในเกณฑ์พอรับได้ (.39 ถึง .87) นอกจากนี้ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ในโมเดลที่ 5 (CTCU) ของการวัดบุคลิกภาพ ได้รับอิทธิพลของวิธีการวัดที่เกิดจากการใช้ข้อคำถามเชิงลบ เนื่องจากข้อคำถามที่ใช้ข้อความเชิงลบส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันเองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนโมเดลที่ 8 (CTCM) เมื่อพิจารณาแยกเป็นแต่ละองค์ประกอบของบุคลิกภาพ พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างบุคลิกภาพแบบ conscientiousness กับบุคลิกภาพแบบ stability มีอิทธิพลของวิธีการวัดจากการใช้ข้อความเชิงลบร่วมด้วย และพบว่าอิทธิพลของวิธีการวัดในการศึกษาที่ 2 ซึ่งวัดบุคลิกภาพมีค่าสูงกว่าอิทธิพลของวิธีการวัดในการศึกษาที่ 1 ซึ่งวัดการเห็นคุณค่าของตนเอง ทั้งนี้จากทั้งสองการศึกษาเป็นสิ่งที่สะท้อนว่าการใช้ข้อความเชิงลบอาจทำให้เกิดอิทธิพลต่อคะแนนของแต่ละบุคคลได้

Distefano และ Motl (2009) ได้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดของแบบวัดการเห็นคุณค่าของตนเองที่ มีต่อบุคลิกภาพ โดยวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากการใช้ข้อความเชิงลบที่มีต่อบุคลิกภาพ รวมถึงความแตกต่างของความสัมพันธ์ดังกล่าวเมื่อจำแนกตามเพศ โดยเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้ใช้แบบวัด The Rosenberg Self-Esteem Scale (RSES) ของ Rosenberg และแบบวัดบุคลิกภาพ 6 ฉบับที่ทำในเชิงโมเดลเส้นทาง (path model) ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันในโมเดลพหุลักษณะ-พหุวิธี โดยเลือกใช้โมเดลแบบ CTCM ผลการวิจัยพบว่าความสัมพันธ์อิทธิพลของวิธีการวัดโดยการใช้ข้อความเชิงลบอาจเข้าไปมีผลต่อบุคลิกภาพ นอกจากนี้ความสัมพันธ์ดังกล่าวผันแปรไปตามเพศ

โดยที่เพศหญิงมีพฤติกรรมที่สะท้อนถึงการโต้ตอบผลเชิงลบที่ได้จากบุคคลอื่นค่อนข้างมาก ขณะที่เพศชายมีแนวโน้มในการยับยั้งพฤติกรรมที่มีต่อผลเชิงลบที่เกิดขึ้น

Tomás (2013) ได้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดที่สัมพันธ์กับข้อคำถามที่ใช้ข้อความเชิงลบในคุณลักษณะและสภาวะการเห็นคุณค่าของตนเองแบบองค์รวมและแบบเฉพาะด้าน โดยการวิจัยนี้ได้ขยายการศึกษาในเรื่องอิทธิพลของวิธีการวัดที่สัมพันธ์กับข้อคำถามที่ใช้ข้อความเชิงลบในหลายทาง ดังนี้ 1) ศึกษาการมีอยู่ของอิทธิพลของวิธีการวัดในการวัดประชากรที่กว้างขึ้นและใช้กับสเกลการวัดที่เฉพาะ เจาะจง และ 2) ตรวจสอบความเป็นไปได้ของความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธีที่สัมพันธ์กับข้อคำถามที่ใช้ข้อความเชิงลบ รวมถึงตัวแปรร่วมทั้งหลายที่เกี่ยวข้อง โดยวัตถุประสงค์ในการวิจัย คือ เพื่อประเมินอิทธิพลของวิธีการวัดที่เกี่ยวข้องกับการใช้ข้อคำถามเชิงลบในเครื่องมือวัดการเห็นคุณค่าของตนเอง และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธีกับเพศ ระดับการศึกษา และลักษณะของความวิตกกังวล สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) นักเรียนระดับมัธยมจากเมือง Valencia ประเทศสเปน จำนวน 592 คน และ 2) บุคคลที่เคยทำร้ายร่างกายต่อเด็ก คู่สมรส หรือบุคคลอื่นซึ่งเข้าร่วมในโปรแกรม Programa Contexto และเรียกกลุ่มคนเหล่านี้ว่า batterer โดยมาจากเมือง Valencia ประเทศสเปน จำนวน 285 คน สำหรับการวัดการเห็นคุณค่าของตนเอง ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือจำนวน 4 ชุด ดังนี้ 1) The Rosenberg Self-Esteem Scale (RSES) เป็นแบบสอบถามที่ให้รายงานตนเองเพื่อประเมินการเห็นคุณค่าของตนเองในองค์รวม จำนวน 10 ข้อคำถาม ซึ่งพัฒนาโดย Rosenberg (1965) โดยมีระดับการตอบ 4 ระดับ จาก 1 (*เห็นด้วยอย่างยิ่ง*) ไปจนถึง 4 (*ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง*) ซึ่งมี 5 ข้อที่เป็นคำถามที่ใช้ข้อความเชิงลบ 2) The state self-Esteem Scale (SSES) เป็นแบบสอบถามที่ประกอบด้วย 20 ข้อคำถาม ซึ่งปรับมาจากสเกลการวัดของ Janis และ Field (1959) โดยแต่ละคำถามมีระดับการตอบ 5 ระดับ คือ 1 (*ไม่เลยทั้งหมด*) ไปจนถึง 5 (*อย่างมาก*) โดยมุ่งวัด 3 องค์ประกอบ คือ การเห็นคุณค่าของตนเองในด้านสมรรถนะ (performance) การเห็นคุณค่าของตนเองในด้านสังคม (social) และการเห็นคุณค่าของตนเองในด้านรูปลักษณ์ (appearance) และใช้คำถามที่เป็นข้อความเชิงลบจำนวน 13 ข้อ 3) The State-Trait Anxiety Inventory (STAI) เป็นแบบสอบถามที่มีการวัดการเห็นคุณค่าของตนเองเป็นสเกลย่อยอันหนึ่ง ซึ่งในด้านนี้วัดด้วยข้อคำถามจำนวน 20 ข้อ โดยมีระดับการตอบ 4 ระดับ จาก 0 (*ไม่เคยเลย*) ไปจนถึง 3 (*บ่อยครั้ง*) และ 4) The Spanish Self-Esteem AUT-17 Questionnaire (AUT-17) เป็นแบบสอบถามที่ใช้เฉพาะกับกลุ่ม batterer ซึ่งประกอบด้วย 17 ข้อคำถาม ในมิติของการเห็นคุณค่าของตนเอง 5 ด้าน ได้แก่ ด้านครอบครัว ด้านสังคม ด้านอารมณ์ ด้านสติปัญญา และด้านร่างกาย โดยแต่ละข้อใช้ระดับการตอบแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ จาก 1 (*ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง*) ไปจนถึง 5 (*เห็นด้วยอย่างยิ่ง*) และมี 12 ข้อคำถามที่ใช้ข้อความเชิงลบ ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ในทุกโมเดลที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นใช้โมเดล Multi Indicator Multi Causes (MIMIC) ซึ่งใน

โมเดล MIMIC ได้รวมไปถึงการวิเคราะห์แบบ Correlated Traits-Correlated Methods (CTCM) ที่ทดสอบอิทธิพลของวิธีการวัดทั้งจากองค์ประกอบของการเห็นคุณค่าของตนเองและองค์ประกอบวิธีอันเกิดจากการใช้ข้อความเชิงลบ ในส่วนของการเลือกใช้โมเดล MIMIC ในการประมาณค่านั้นเพราะว่าตัวแปรสังเกตได้ เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา และระดับความวิตกกังวล ถูกรวมอยู่ในโมเดล และมีการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้เหล่านี้กับการเห็นคุณค่าของตนเองและองค์ประกอบวิธี รวมถึงประมาณค่าความสอดคล้องกลมกลืน ด้วยวิธี Maximun Likelihood ผลการศึกษาพบว่า มีอิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากการใช้ข้อความเชิงลบนั้นที่มีต่อผลการเห็นคุณค่าของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่พบในทำนองเดียวกันว่า อิทธิพลจากการใช้ข้อความเชิงลบนั้นได้รับการยอมรับว่ามีผลอยู่จริง อย่างไรก็ตามอิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากการใช้ข้อความเชิงลบมีลักษณะคงที่ข้ามกลุ่มตัวอย่างและเวลา กล่าวคือ ไม่ว่าจะเปลี่ยนกลุ่มผู้ตอบ หรือไม่ว่าจะวัดเมื่อใด ก็จะเกิดอิทธิพลของการใช้ข้อความเชิงลบ แต่จะไม่ผันแปรไม่ตามอายุและระดับการศึกษา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้เห็นว่างานวิจัยทั้งหมดจะศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดที่มีต่อตัวแปรทางจิตวิทยาไม่ว่าจะเป็นการรับรู้คุณค่าของตนเอง บุคลิกภาพ ทัศนคติต่อการทำงาน สุขภาพจิต หรือปรีชาเชิงอารมณ์ และยังพบว่าในงานวิจัยต่างประเทศส่วนใหญ่ที่เกี่ยวกับอิทธิพลของการใช้ข้อความเชิงบวกหรือข้อความเชิงลบ ได้รับการยอมรับว่าอิทธิพลดังกล่าวเกิดขึ้นจริงในการวัด โดยเฉพาะการใช้ ข้อความเชิงลบมักเข้าไปมีอิทธิพลร่วมต่อตัวแปรเกณฑ์ที่ศึกษา ทั้งนี้หากเป็นการศึกษาอิทธิพลของการใช้ข้อความเชิงบวกหรือข้อความเชิงลบ จะนิยมใช้แบบวัด The Rosenberg Self-Esteem Scale (RSES) ที่พัฒนาโดย Rosenberg (1965) นอกจากนี้หากวิธีการวัดที่ใช้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดมีตั้งแต่ 2 วิธีขึ้นไปในการวัดโครงสร้างที่สนใจศึกษา จะใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันในโมเดลพหุลักษณะ-พหุวิธี (CFA of MTMM model) ซึ่งมี 2 รูปแบบย่อยที่ใช้กันมาก คือ โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธีที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธี (CFA-model with Correlated Trait Factors and Correlated Method Factors: CTCM) และโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธีที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะ และความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเฉพาะ (CFA-model with Correlated Trait Factors and correlated Uniquenesses: CTCU) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลที่ส่วนใหญ่ผู้วิจัยจะกำหนดไว้หลายๆ โมเดล เพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน และศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดในโมเดลต่างๆ เหล่านี้

ตอนที่ 2 การประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ PISA

องค์กรในระดับนานาชาติที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนมีอยู่สององค์กรหลัก คือ 1) สมาคมนานาชาติเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา (The International Association for the Evaluation of Educational Achievement: IEA) ซึ่งเป็นหน่วยงานอิสระที่มีหน้าที่ดำเนินการประเมินและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา รวมถึงความคาดหวังอื่นทางการศึกษาในระดับนานาชาติ และเป็นหน่วยงานที่ริเริ่มและดำเนินโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยเทียบกับนานาชาติ (Trends in International Mathematics and Science Study: TIMSS) โดยมุ่งวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ทางด้านสติปัญญาในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์และวิชาวิทยาศาสตร์ และ 2) องค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD) เป็นหน่วยงานที่ริเริ่มและดำเนินโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) โดยมุ่งวัดสมรรถนะการรู้เรื่องที่สำคัญ 3 ด้าน คือ การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ซึ่งสิ่งหนึ่งที่เป็นข้อแตกต่างของข้อสอบ TIMSS กับ PISA คือข้อสอบ TIMSS จะยึดตามกรอบเนื้อหาที่เรียน และส่วนใหญ่เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ ขณะที่ข้อสอบ PISA จะออกข้อสอบไม่อิงตามกรอบเนื้อหา และมีความหลากหลายในรูปแบบการตอบเพื่อเข้าถึงการวัดสมรรถนะของผู้สอบมากขึ้น จึงอาจกล่าวได้ว่า ข้อสอบ PISA ไม่ได้มุ่งวัดเฉพาะพฤติกรรมการเรียนรู้ทางด้านสติปัญญาเท่านั้น แต่ยังวัดทักษะกระบวนการที่ต้องใช้ในการดำรงชีวิตจริง (Goldstein, 2004; สสวท., 2550) จึงทำให้การศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกศึกษาโครงการการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ PISA โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความเป็นมาและจุดมุ่งหมายของ PISA

องค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD) ถือว่าคุณภาพของการศึกษาเป็นตัวชี้วัดศักยภาพที่สำคัญของการพัฒนาเศรษฐกิจ ทั้งนี้การรู้เรื่องและการเข้าใจในด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นหัวใจของการเตรียมความพร้อมสำหรับเยาวชนในสังคมโลกสมัยใหม่ (สสวท., 2547) และจากที่ OCED ก่อตั้งขึ้น เมื่อปี ค.ศ. 1997 และได้มีการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่องเกี่ยวกับการประเมินคุณภาพของการจัดการศึกษาระดับนานาชาติในเชิงมาตรฐาน จึงได้ริเริ่มและดำเนินโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) ในปี ค.ศ. 2000 เป็นปีแรก และดำเนินการประเมินอย่างต่อเนื่องในทุกๆ 3 ปี ทั้งนี้ PISA เป็นโครงการที่มุ่งศึกษานักเรียนที่มีอายุ 15 ปี (โดยการนับอายุ ใช้วันที่ 1 มกราคมของปีที่เก็บข้อมูลเป็นเกณฑ์เทียบอายุ) โดยถือว่าเป็นวัยที่กำลังจะจบการศึกษาภาคบังคับว่ามีศักยภาพใน

ด้านความรู้และทักษะที่จำเป็นในการมีส่วนร่วมในสังคมปัจจุบันมากน้อยเพียงใด อย่างไรก็ตาม ข้อสอบ PISA ไม่ได้ใช้ประเมินเพียงแต่ประเทศที่เป็นสมาชิกของ OECD จำนวน 34 ประเทศเท่านั้น แต่ยังใช้ประเมินกับประเทศที่ไม่ใช่สมาชิก OECF แต่สมัครใจเข้าร่วมโครงการ ซึ่งประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่เข้าร่วมโครงการที่ไม่ใช่สมาชิก OECD ทั้งนี้การประเมินผลของ PISA กำหนดจุดมุ่งหมายเพื่อหาตัวชี้วัดคุณภาพการศึกษาในระดับนโยบายว่าระบบการศึกษาของชาติสมาชิกได้เตรียมเยาวชนของชาติตนให้มีความพร้อมสำหรับการใช้ชีวิตในอนาคตในเชิงประชากรที่มีคุณภาพและสามารถมีส่วนร่วมทำให้ชาติมีศักยภาพในการแข่งขันเชิงเศรษฐกิจ เมื่อเป็นผู้ใหญ่ได้หรือไม่เพียงใด จึงได้เน้นการประเมินสมรรถนะของนักเรียนทั้งด้านความรู้และทักษะเพื่อเผชิญกับโลกชีวิตจริงมากกว่าจะประเมินความรู้ที่ได้เรียนตามหลักสูตรในสถานศึกษา รวมถึงเพื่อชี้อนาคตว่าสมรรถนะที่นักเรียนมีอยู่ซึ่งมาจากคุณภาพของการศึกษาในปัจจุบันจะเป็นประโยชน์เพียงพอให้นักเรียนสามารถใช้ชีวิตในอนาคตได้อย่างมีคุณภาพมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้จุดประสงค์ของ PISA ยังทำเพื่อเป็นการนำเสนอภาพที่ชัดเจนของระบบการศึกษาแก่ระดับนโยบายและฝ่ายปฏิบัติ และช่วยให้สามารถติดตามแนวโน้มของความรู้และทักษะของนักเรียนในแต่ละประเทศ และเปรียบเทียบความรู้และทักษะของนักเรียนระหว่างประเทศ เพื่อให้สามารถกำหนดเป้าหมายเชิงนโยบายโดยดูจากระบบการศึกษาของประเทศที่ประสบความสำเร็จ อาจกล่าวได้ว่า ผลการประเมินของ PISA ใช้เป็นตัวชี้วัดที่บ่งบอกถึงคุณภาพของการจัดการศึกษา รวมถึงศักยภาพในการแข่งขันระหว่างประเทศมีมากหรือน้อยเพียงใด หรืออาจสรุปได้ว่าจุดมุ่งหมายของการประเมินของ PISA สั้นๆ ได้ว่า PISA เป็นการประเมินเพื่อชี้อนาคต นอกจากนี้โครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ PISA มีความพิเศษที่สามารถให้ข้อมูลกับระบบการศึกษาในประเทศที่ เข้าร่วมโครงการ ได้แก่ ผลการประเมินสมรรถนะของนักเรียนในการใช้ความรู้และทักษะในวิชาหลักที่ได้เรียนมาในชีวิตจริง ข้อมูลระดับนโยบายในการพัฒนาคุณภาพทางการศึกษา รวมถึงมีการให้ข้อมูลที่จำเป็นอย่างสม่ำเสมอ (ประกฤติยา ทักษิโณ, 2552; สสวท., 2547; สสวท., 2557a)

โครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ PISA มุ่งประเมินสมรรถนะ "การรู้เรื่อง" (Literacy) ซึ่งเน้นสมรรถนะของนักเรียนในการใช้ความรู้และทักษะในสถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับโลกในบริบทแห่งความเป็นจริงแทนที่จะเป็นการวัดความรู้ตามกรอบเนื้อหาในหลักสูตร ทั้งนี้ PISA เลือกประเมินการรู้เรื่องใน 3 ด้าน ได้แก่ การรู้เรื่องการอ่าน (Reading Literacy) การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) และการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) โดยในแต่ละครั้งที่จัดสอบ PISA จะให้น้ำหนักความสำคัญของการรู้เรื่องใน 3 ด้านนี้ไม่เท่ากัน โดยมีเพียงหนึ่งด้านที่เป็นจุดเน้นที่สำคัญสุดในการจัดสอบปีนั้น ซึ่งจะกำหนดน้ำหนัก 60% ของภารกิจการประเมิน ส่วนวิชารองอีก 2 วิชาที่เหลือจะมีน้ำหนักวิชาละ 20% และสลับความสำคัญเวียนกันไปใน 3 ด้านนี้ เช่น PISA ปี 2000 ให้น้ำหนักความสำคัญมากกับการรู้เรื่องการอ่าน PISA ปี 2003

ให้น้ำหนักความสำคัญมากกับการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ PISA ปี 2006 ให้น้ำหนักความสำคัญมากกับการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ โดยการเวียนครบ 3 ด้านนี้ตั้งแต่ปี 2000 ถึง 2006 เรียกว่ารอบที่หนึ่ง (first cycle) และการประเมินรอบสองก็เวียนกลับมาในวงจรเช่นเดียวกับรอบแรก ทั้งนี้การประเมินเป็นรอบมีจุดประสงค์เพื่อติดตามดูว่า ในเวลาที่เปลี่ยนไปนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละด้านหรือไม่ และมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ยังมีการประเมินที่แต่ละประเทศอาจเลือกประเมินเพิ่มเติมได้ ซึ่งเรียกสิ่งนี้ว่า ตัวเลือกนานาชาติ (international option) เช่น PISA ปี 2003 มีตัวเลือกนานาชาติ คือ การแก้ปัญหา PISA ปี 2006 มีตัวเลือกนานาชาติ คือ การประเมินด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นต้น นอกจากนี้ในแต่ละครั้งที่จัดสอบจะมีการใช้แบบสอบถามวัดในประเด็นที่กำหนดร่วมกันในระดับนานาชาติ เช่น PISA ปี 2000 ใช้แบบสอบถามในเรื่อง วิธีการเรียน ความผูกพัน และพฤติกรรมการอ่าน PISA ปี 2003 ใช้แบบสอบถามในเรื่องวิธีการเรียน เจตคติต่อคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.5 (สสวท., 2547; สสวท., 2557a)

ตารางที่ 2.5 แนวทางการประเมินผล PISA ในแต่ละรอบ

โครงการปีที่ประเมิน	**รอบที่หนึ่ง (first cycle)**			**รอบที่สอง (second cycle)**		
	PISA 2000	**PISA 2003**	**PISA 2006**	**PISA 2009**	**PISA 2012**	**PISA 2015**
วิชาหลัก (60%)	การอ่าน	คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์	การอ่าน	คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์
วิชารอง (วิชาละ 20%)	คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์	วิทยาศาสตร์ การอ่าน	การอ่าน คณิตศาสตร์	คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์	วิทยาศาสตร์ การอ่าน	การอ่าน คณิตศาสตร์
ตัวเลือกนานาชาติ (interna-tional options)		การแก้ปัญหา	การประเมินด้วยคอมพิวเตอร์	การประเมินด้วยคอมพิวเตอร์	• การแก้ปัญหา • การเงิน • การประเมินด้วยคอมพิว-เตอร์	• การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ • การเงิน • การประเมินด้วยคอมพิวเตอร์
แบบสอบถามสำหรับนักเรียน	วิธีการเรียน ความผูกพัน และพฤติ-กรรมการอ่าน	วิธีการเรียน เจตคติต่อคณิตศาสตร์	วิธีการเรียน เจตคติต่อวิทยาศาสตร์	กิจกรรมเกี่ยวกับการอ่าน กลวิธีที่นักเรียนใช้ในการอ่าน	การแก้ปัญหาและโอกาสในการเรียนรู้คณิตศาสตร์	การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

หมายเหตุ ปรับจาก OECD (2013) และ สสวท. (2557a)

2.2 รูปแบบและลักษณะของ PISA

PISA ไม่เพียงแต่ประเมินว่านักเรียนมีความรู้ที่จำเป็นอะไร แต่ขอบข่ายการประเมินรวมไปถึงว่านักเรียนสามารถขยายความรู้ที่ได้เรียนมาและประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ โดยเน้นให้

ความสำคัญกับการที่นักเรียนมีความสามารถด้านกระบวนการ มีความเข้าใจกรอบแนวคิด และมีความสามารถในการทำงานในสถานการณ์ต่างๆอย่างหลากหลาย ซึ่งรูปแบบการประเมินผลของ PISA คือ ใช้เป็นแบบสอบข้อเขียน (paper-pencil test) โดยให้เวลาในการสอบวิชาละ 2 ชั่วโมง และหากประเทศใดเลือกทำข้อสอบด้วยคอมพิวเตอร์ด้วย จะให้นักเรียนใช้เวลาอีกประมาณ 40 นาที ตอบข้อสอบในคอมพิวเตอร์ (ตั้งแต่ปี 2006 เป็นต้นมา) ทั้งนี้ข้อสอบที่ใช้มีผสมกันระหว่างแบบเลือกตอบและแบบเขียนตอบ โดยข้อสอบจะถูกจัดเป็นกลุ่มๆ ตามข้อความต้นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริง และนักเรียนแต่ละคนจะได้แบบสอบต่างชุดที่มีข้อสอบที่ต่างกันคละกันอยู่ นอกจากนี้ยังมีส่วนที่เป็นแบบสอบถาม ซึ่งจะให้เวลานักเรียนตอบ 30 นาทีในด้านภูมิหลังและประเด็นที่ต้องการทราบในปีนั้นๆ (สสวท., 2557a)

แบบสอบที่ใช้ในการประเมินผล PISA ใช้แนวคิดตามทฤษฎีการตอบสนองของข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) ซึ่งข้อสอบแต่ละด้านใช้วิธีดำเนินการที่อยู่ภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นของโมเดลการตอบสนองข้อสอบ และโมเดลราสช์ (Rasch Model) นั่นคือข้อตกลงเบื้องต้นในเรื่องความเป็นเอกมิติของแบบสอบ (unidimensionality) นั่นคือแบบสอบ PISA ที่ใช้ หากพิจารณาในแต่ด้านที่มุ่งวัดจะพบว่าเป็นการวัดเพียงมิติเดียว (Blum et al., 2001 cited in Goldstein, 2004) และเนื่องจาก PISA เลือกประเมินสมรรถนะของนักเรียนใน 3 ด้าน ได้แก่ การรู้เรื่องการอ่าน (Reading Literacy) การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) และการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอแยกเป็นแต่ละด้าน โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 การรู้เรื่องการอ่าน (Reading Literacy)

1) ความหมายของการรู้เรื่องการอ่าน

การนิยามการรู้เรื่องการอ่านของ PISA ได้ให้ความหมายมากกว่าแค่การอ่านออกและเข้าใจในความหมายของคำที่อ่านเท่านั้น ดังนั้นนิยาม การรู้เรื่องการอ่าน หมายถึง ความรู้และความสามารถในการเข้าใจสาระของสิ่งที่อ่าน การค้นหาสาระ คิดวิเคราะห์ แปลความหมาย ตีความหมาย การคิดย้อนกลับประเมินสาระที่ได้อ่านและสะท้อนออกมาเป็นความคิดของตน เพื่อแสดงถึงว่าเข้าใจในจุดประสงค์ของการเรียน และเข้าใจว่าสิ่งที่เขียนต้องการสื่อถึงอะไร รวมถึงรู้ว่าผู้เขียนใช้ภาษาอย่างไรในการส่งข่าวสารไปสู่ผู้อ่านและข้อเขียนนั้นส่งอิทธิพลใดต่อผู้อ่านรวมถึงความสามารถในการตีความจากโครงสร้างของเรื่องหรือจากลักษณะเด่นของการเขียน (เช่น การให้ข้อมูลตรงไปตรงมา เปรียบเทียบ ชมเชย หรือประชดประชัน ฯลฯ) การที่นักเรียนรู้เรื่องการอ่านนี้สะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มว่ามีศักยภาพที่จะมีส่วนในการสร้างสังคมอย่างมีประสิทธิภาพในวัยที่เติบโตเป็นผู้ใหญ่ในสังคม (สสวท., 2547)

2) วิธีการวัดความรู้และทักษะการรู้เรื่องการอ่านของ PISA

การทดสอบการอ่าน นักเรียนจะได้อ่านข้อความต่างๆ ที่หลากหลายซึ่งเป็นตัวแทนของภารกิจการอ่านที่นักเรียนจะได้ต้องพบและใช้ในอนาคต แล้วให้นักเรียนแสดงออกมาว่า มีความเข้าใจอย่างไร โดยให้แสดงออกโดยการตอบโต้ ตอบสนอง สะท้อนออกมาเป็นความคิดหรือคำอธิบายด้วยภาษาของตนเอง หรือให้แสดงว่าจะสามารถใช้สาระจากสิ่งที่ได้อ่านได้อย่างไร การประเมินการรู้เรื่องการอ่านมีทั้งการอ่านข้อเขียนที่เป็นข้อความแบบต่อเนื่อง (เช่น การบอกเล่า การพรรณนา การโต้แย้ง ฯลฯ) ข้อเขียนที่ไม่ใช่ข้อความต่อเนื่อง (เช่น การอ่านรายการ แบบฟอร์ม ตาราง กราฟ และแผนผัง เป็นต้น) โดยใช้สถานการณ์พื้นฐานที่คาดว่านักเรียนจะได้พบเจอในโรงเรียน และที่จะต้องใช้ในชีวิตจริงเมื่อโตขึ้นเป็นผู้ใหญ่ ทั้งนี้ PISA จะประเมินการรู้เรื่องการอ่านในแง่มุมต่อไปนี้ 1) "ค้นหาสาระ" เป็นความสามารถที่จะดึงเอาสาระของสิ่งที่อ่านออกมาได้ 2) "ตีความ" เป็นความเข้าใจข้อความที่ได้อ่าน สามารถตีความ แปลความสิ่งที่อ่าน คิดวิเคราะห์เนื้อหาและรูปแบบของข้อความที่เกี่ยวข้องกับสิ่งต่างๆในชีวิตหรือในโลกแห่งความเป็นจริง 3) "วิเคราะห์" เป็นความสามารถในการประเมินข้อความที่ได้อ่าน และสามารถให้ความเห็น หรือโต้แย้งจากมุมมองของตน และ 4) ความสามารถในการใช้การอ่าน โดยดูความสามารถในการใช้การอ่านว่ามีความเหมาะสมสอดคล้องกับลักษณะของข้อเขียนได้มากน้อยเพียงใด เช่น การใช้แบบฟอร์มเพื่อการสมัครงาน การใช้เอกสารราชการหรือประกาศแจ้งความเพื่อสาธารณะประโยชน์ การใช้รายงานหรือคู่มือต่างๆเพื่อการทำงานวิชาชีพ การใช้ตำราหนังสือเรียนเพื่อการศึกษา เป็นต้น สำหรับแบบทดสอบทั้งหมดประกอบด้วยงานที่ต้องอ่าน (Reading tasks) หรือข้อสอบจำนวนหลายร้อยข้อ (เช่นในปี ค.ศ. 2000 มีข้อสอบการอ่านจำนวน 141 ข้อ) และแปลเป็นภาษาของประเทศที่เข้าร่วมโครงการ แต่เนื่องจากถ้าจะให้นักเรียนทำข้อสอบหลายร้อยข้อทั้งหมดคงต้องใช้เวลาสอบมากกว่า 7 ชั่วโมง ซึ่งไม่สามารถทำได้ จึงมีการแบ่งข้อสอบหลายร้อยข้อออกเป็นชุดข้อสอบ (Test battery) โดยข้อสอบทุกชุดจะมีระดับความยากง่าย ความตรง ความเที่ยงที่ใกล้เคียงกัน โดยการวิเคราะห์คุณภาพใช้ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบรายข้อ (Item Response Theory: IRT) ซึ่งในปี ค.ศ. 2000 ได้เน้นที่ความรู้เรื่องการอ่าน จึงทำให้แบบสอบหนึ่งชุดที่นักเรียน แต่ละคนสอบนั้นภายในเวลา 2 ชั่วโมง จะประกอบด้วยข้อสอบประมาณ 37-38 ข้อ (สสวท., 2547)

2.2.2 ความรู้เรื่องคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy)

1) ความหมายของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์

ความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในการดำเนินชีวิตประจำวัน การประเมินความรู้เรื่องคณิตศาสตร์ไม่ได้เน้นความรู้เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่เรียนตามหลักสูตรในโรงเรียนโดยตรง ดังนั้นนิยาม การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ คือ สมรรถนะของบุคคลในการที่จะบ่งบอกและเข้าใจ

บทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีในโลกเพื่อให้สามารถตัดสินใจบนพื้นฐานความรู้ที่เข้มแข็ง เพื่อนำไปใช้ได้และผูกพันกับคณิตศาสตร์ที่จะตอบสนองความจำเป็นต่อชีวิตของแต่ละบุคคล ในอันที่จะเป็นพลเมืองที่มีความคิด มีความห่วงใย และสร้างสรรค์สังคม (สสวท., 2550)

2) วิธีการวัดความรู้และทักษะการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA

ความรู้ทางคณิตศาสตร์สามารถช่วยทำให้การมองประเด็น การตั้งปัญหา หรือการแก้ปัญหามีความชัดเจนยิ่งขึ้น การใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริงนักเรียนต้องรู้จักสถานการณ์ หรือสิ่งแวดล้อมของปัญหา ต้องเลือกตัดสินใจว่าจะใช้ความรู้คณิตศาสตร์อย่างไร รวมทั้งให้นักเรียนใช้ความคิดที่สูงขึ้นไปจากการคิดคำนวณหาคำตอบเป็นตัวเลข แต่ต้องการให้นักเรียนรู้จักคิด ใช้เหตุผล และคำอธิบายมาประกอบคำตอบของตน (สสวท., 2550) จึงทำให้การประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์โดยใช้ข้อสอบ PISA มุ่งประเมินในสามด้าน ได้แก่ 1) เนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ 2) กระบวนการของคณิตศาสตร์ และ 3) การใช้คณิตศาสตร์ (รายละเอียดจะกล่าวไว้ในหัวข้อ 3.3 กรอบการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของแบบสอบ PISA ซึ่งเป็นด้านที่ผู้วิจัยมุ่งศึกษา) จะเห็นว่าการรู้เรื่องคณิตศาสตร์นั้นเน้นกระบวนการคิดและการใช้ความรู้คณิตศาสตร์เชื่อมโยงกับเรื่องราวชีวิตจริง การสอบด้านคณิตศาสตร์ในแบบสอบ PISA จะมุ่งวัดความรู้และทักษะจากความสามารถของนักเรียนในด้านการรับรู้ และตีความปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนจะต้องพบในชีวิตจริง หรือแปลปัญหาในโลกแห่งความจริงในเชิงปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ และใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์แก้ปัญหา การแปลผลของการแก้ปัญหาในรูปของประเด็นเริ่มต้น การคิดวิเคราะห์วิธีการที่ใช้และการสื่อสารผลที่ได้ให้ผู้อื่นรับรู้และเข้าใจได้ ฉะนั้นแบบสอบ PISA จึงไม่ได้ใช้ข้อสอบที่มีคำตอบเดียวหรือมีคำตอบที่ผู้อื่นคิดไว้ให้ล่วงหน้าทั้งหมด แต่ใช้ข้อสอบที่ให้นักเรียนคิดออกมาบนพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้หรือไม่ อธิบายโดยใช้หลักการของคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมเพียงใด หรือสามารถใช้ความรู้คณิตศาสตร์แก้ปัญหาที่ไม่ใช่โจทย์ปัญหาแบบดั้งเดิมได้หรือไม่ (สสวท., 2547) ส่วนข้อสอบที่ใช้วัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์นั้นใช้หลายรูปแบบทั้งข้อสอบเลือกตอบ เลือกตอบเชิงซ้อน เขียนตอบอิสระ เขียนตอบแบบปิด หรือเขียนตอบสั้น ซึ่งในปี ค.ศ. 2003 ได้เน้นที่ความรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยนักเรียนที่ได้รับการคัดเลือกให้เข้าโครงการ PISA จะได้ทำให้แบบสอบหนึ่งชุดที่นักเรียนแต่ละคนสอบนั้นภายในเวลา 2 ชั่วโมง จะประกอบด้วยข้อสอบประมาณ 36 ข้อ (สสวท., 2552)

2.2.3 ความรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy)

1) ความหมายของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์

การประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของ PISA เป็นการวัดความสามารถและทักษะของนักเรียนในด้านต่างๆ ได้แก่ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเน้นการใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตจริง ไม่ใช่การประเมินการรู้เนื้อหาสาระตามหลักสูตร ดังนั้น

นิยามของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ คือ การรู้กระบวนการ (Process) รู้แนวคิดและสาระเนื้อหา (Concepts and Content) และรู้สถานการณ์หรือบริบทของวิทยาศาสตร์ เพื่อการใช้วิทยาศาสตร์ได้เหมาะสม เพื่อที่จะสามารถเข้าใจและช่วยการตัดสินใจเกี่ยวกับกับโลกธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับตัวนักเรียนทั้งในชีวิตและการศึกษาในปัจจุบัน และการมีส่วนร่วมสร้างสังคมในอนาคต (สสวท., 2547) จากนิยามดังกล่าว PISA 2006 จึงกำหนดองค์ประกอบของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์เป็นสององค์ประกอบ คือ 1) สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในการระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (identifying scientific issue) ส่วนที่สองเป็นการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (explain phenomena scientifically) และส่วนที่สามเป็นการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ (using scientific evidence) และ 2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ความรู้ในเรื่องโลกธรรมชาติ เรียกว่า "ความรู้วิทยาศาสตร์" และความรู้เกี่ยวข้องกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้วิทยาศาสตร์ เรียกว่า "ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์" (สสวท., 2550)

2) วิธีการวัดความรู้และทักษะการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของ PISA

ส่วนหนึ่งของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ คือ การรู้กระบวนการที่ต้องใช้ในการรับรู้สาระ ข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์จากสื่อต่างๆ เช่น หนังสือพิมพ์ การรู้กระบวนการตามนิยามของ PISA หมายถึง การแสดงออกว่ามีความรู้และทักษะที่ประกอบด้วย 5 กระบวนการ ดังต่อไปนี้ 1) การรู้ว่าปัญหาหรือคำถามใดสามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ 2) การระบุได้ว่าจะต้องใช้หลักฐาน ประจักษ์พยาน หรือข้อมูลใดในการสำรวจตรวจสอบ 3) การสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผล หรือประเมินข้อสรุปที่ผู้อื่นสร้างขึ้นว่าสอดคล้องกับประจักษ์พยานที่มีอยู่หรือไม่ 4) การสื่อสารข้อสรุป และ 5) การแสดงออกว่ามีความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แม้ว่าข้อสอบจะไม่ได้เน้นความรู้ความจำในเนื้อหาวิทยาศาสตร์โดยตรง แต่ในการตอบคำถามด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน และนำมาประกอบในการตอบด้วย ทั้งนี้งานหรือภารกิจที่อยู่ในข้อสอบที่มุ่งทดสอบทั้ง 5 กระบวนการ จะประกอบด้วยคำถามที่มีความยากง่ายในระดับต่างๆ กัน นอกจากจะมุ่งวัดกระบวนการทั้ง 5 ที่กล่าวไปแล้วนั้น แนวคิดและสาระเนื้อหาที่ใช้ในการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ มุ่งใช้สาระเนื้อหาที่ใช้ได้ (Relevant) สำหรับการใช้ชีวิตในอนาคตที่มีส่วนช่วยให้เข้าใจโลกที่อยู่ในแง่มุมทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเน้นความชัดเจนของการใช้ได้กับชีวิตจริงและการต้องใช้ได้กับอนาคตด้วย โดยเนื้อหาของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์จะครอบคลุมในประเด็นหลัก 3 ด้าน ได้แก่ 1) วิทยาศาสตร์ในโลกและสิ่งแวดล้อม (Science in earth and environment) 2) วิทยาศาสตร์ในชีวิตและสุขภาพ (Science in life and health) และ 3) วิทยาศาสตร์ในเทคโนโลยี (Science in Technology) ซึ่งทั้ง 3 ด้านนี้เป็นเรื่องที่อยู่ในชีวิตจริงของประชาชนที่นักเรียนสามารถเข้าถึงได้ (สสวท., 2552)

สถาบันส่งเสริมการสอบวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2547) ได้สรุปการรู้เรื่องในด้านต่างๆของการสอบ PISA ใน 4 มิติ ได้แก่ 1) นิยามและลักษณะสำคัญของการรู้เรื่องแต่ละด้าน 2) เนื้อหา 3) สมรรถนะ/กระบวนการ และ 4) สถานการณ์/บริบท โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 สรุปการรู้ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการอ่าน ตามแนวทางของ PISA

มิติที่ครอบคลุม	คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์	การอ่าน
นิยามและลักษณะสำคัญของการรู้เรื่องแต่ละด้าน	สมรรถนะของการเข้าใจบทบาทของคณิตศาสตร์ที่มีต่อโลก ตัดสินใจในประเด็นต่างๆบนพื้นฐานของคณิตศาสตร์ มีความผูกพันกับคณิตศาสตร์ตามความต้องการหรือความจำเป็นของตนในอันที่จะทำให้บุคคลนั้นเป็นผู้ที่มีส่วนร่วมในสังคม ต้องการสมรรถนะที่จะคิดปัญหาในโลกที่อยู่ในสถานการณ์ต่างๆ ออกมาในรูปของปัญหาคณิตศาสตร์และแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์	สมรรถนะที่ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อระบุปัญหาและลงความเห็นจากประจักษ์พยาน เพื่อความเข้าใจและการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นของโลกธรรมชาติ และการเปลี่ยน แปลงที่มนุษย์ทำให้เกิดขึ้นกับโลก ต้องการความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความสามารถใช้มุมมองทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคิดเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการใช้หลักฐานและประจักษ์พยานต่างๆ	สมรรถนะที่จะเข้าใจ ใช้และวิเคราะห์ สะท้อนความคิดตอบสนองงานเขียน ตามจุดประสงค์ เพื่อพัฒนาความรู้และศักยภาพ และเพื่อการมีส่วนร่วมในสังคม การอ่านมีความหมายกว้างกว่าการอ่านตัวอักษรและรู้เรื่องตามตัวหนังสือ แต่หมายความถึง ความเข้าใจและสามารถตอบสนองและความสามารถที่จะใช้การอ่านเพื่อให้ไปสู่เป้าหมายของชีวิต
เนื้อหา	• ปริมาณ • ปริภูมิและรูปทรงสามมิติ • การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ • ความไม่แน่นอน	• ความหลากหลายทางชีวภาพ • แรงและการเคลื่อนที่ • การเปลี่ยนแปลงทางสรีระศาสตร์	รูปแบบของสื่อที่อ่าน • เรื่องราวที่ต่อเนื่องกัน เช่น โคลง กลอน คำบรรยาย การบอกเล่าเรื่องราว การโต้แย้ง • เรื่องราวที่ไม่ต่อเนื่อง รวมทั้ง กราฟ แบบฟอร์ม รายการ

ตารางที่ 2.6 สรุปการรู้ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการอ่าน ตามแนวทางของ PISA (ต่อ)

มิติที่ครอบคลุม	คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์	การอ่าน
สมรรถนะ/กระบวนการ	กลุ่มสมรรถนะบอกถึงทักษะที่จำเป็นทางคณิตศาสตร์ 1) การคิดและการใช้เหตุผล ความสามารถในการตั้งคำถาม รู้คำตอบทางคณิตศาสตร์ ความเหมือนและความแตกต่าง และการใช้ข้อจำกัดของคณิตศาสตร์ 2) การสร้างข้อโต้แย้ง การรู้จักการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ติดตามและประเมินการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ รู้ความจริงและแสดงการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ 3) การสื่อสาร การแสดงออกที่ทำให้ผู้อื่นเข้าในบนพื้นฐานของคณิตศาสตร์ 4) การสร้างตัวแบบ การวางโครงสร้างของสถานการณ์เพื่อสร้างเป็นตัวแบบ (Model) การแปลสถานการณ์จริงให้เข้าสู่โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ และการประเมินความน่าเชื่อถือของตัวแบบ 5) การตั้งและการแก้ปัญหา การตั้งคำถาม การสร้างเป็นปัญหาคณิตศาสตร์แบบต่างๆ และการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 6) การแสดงเครื่องหมายแทนการแปลรหัส (Decoding) และการเข้ารหัส (Encoding)	ความสามารถที่จะใช้ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ เพื่อการแปลความและจัดการกับประจักษ์พยาน 1) การเข้าใจการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ และรอบรู้ว่าปัญหาใดสามารถตรวจสอบได้ทางวิทยาศาสตร์ 2) ระบุประจักษ์พยานและข้อมูลที่จำเป็น ตีความหลักฐาน ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ และสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผล 3) การสื่อสารข้อสรุป 4) การแสดงออกว่ามีความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์	การอ่านในลักษณะต่างๆ 1) การค้นคว้าสาระของงานเขียน 2) การแปลความ ตีความและมองเห็นจุดประสงค์ 3) การวิเคราะห์ ประเมินและสะท้อนความคิดที่มีต่องานเขียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.6 สรุปการรู้ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการอ่าน ตามแนวทางของ PISA (ต่อ)

มิติที่ครอบคลุม	คณิตศาสตร์	วิทยาศาสตร์	การอ่าน
สมรรถนะ/กระบวนการ	การแปลความ การตีความและการแสดงเครื่องหมายของคณิตศาสตร์แบบต่าง 7) การใช้สัญลักษณ์ ภาษา และการดำเนินการ การแปลรหัสและการตีความสัญลักษณ์ และภาษาคณิตศาสตร์เป็นภาษาธรรมดา การแปลภาษาธรรมดาไปเป็นสัญลักษณ์/ภาษาคณิตศาสตร์ 8) ใช้ตัวช่วยและเครื่องมือ รวมทั้งเครื่องมือเทคโนโลยี สารสนเทศ ช่วยทำงานทางคณิตศาสตร์และรู้ข้อจำกัดของเครื่องมือ		
สถานการณ์/บริบท	บริบทของคณิตศาสตร์หรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องตามลำดับความใกล้ไกลต่อบุคคล ดังนี้ • ส่วนตัว/ส่วนบุคคล • ชีวิตในโรงเรียน • การงาน การเล่นกีฬา • ชุมชนท้องถิ่น • ชุมชนในโลกวิทยาศาสตร์	บริบทของวิทยาศาสตร์เน้นความขัดเจนของการใช้ในชีวิตประจำวันที่ไม่ใช่เรื่องของนักวิทยาศาสตร์ แต่เป็นเรื่องเกี่ยวกับ • วิทยาศาตร์ในโลกและสิ่งแวดล้อม • วิทยาศาสตร์ในชีวิต/สุขภาพ • วิทยาศาสตร์ในเทคโนโลยี	ใช้ตามที่ข้อเขียนนั้นถูกสร้างขึ้น เพื่อ • ใช้ส่วนตัว (นิยาม จดหมาย) • ใช้สาธารณประโยชน์ (ทางการบันทึก จดหมาย เหตุ) • ใช้ในการอาชีพ (เช่น รายงาน)

หมายเหตุ ที่มา สถาบันส่งเสริมการสอบวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2547)

จะเห็นว่าลักษณะของการประเมินผล PISA เน้นการใช้แบบสอบที่อิงทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบรายข้อ (IRT) โดยใช้วัดใน 3 ด้าน ได้แก่ การรู้เรื่องการอ่าน การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ และการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ โดยแต่ละด้านจะกำหนดสมรรถนะและบริบทที่จะมุ่งวัดไว้อย่างชัดเจน ทั้งนี้ แบบวัด PISA มุ่งวัดความรู้และสมรรถนะที่นอกเหนือจากเนื้อหาในตำราเรียน แต่เป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ชีวิตจริง หรือสถานการณ์ที่นักเรียนจะได้เจอในอนาคต ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการได้ข้อมูลเพื่อบ่งชี้ว่าคุณภาพของการจัดการศึกษาในปัจจุบัน

2.3 กรอบการประเมินการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA

เนื่องจาก PISA 2003 และ PISA 2012 ได้ให้น้ำหนักความสำคัญกับการรู้เรื่องคณิตศาสตร์เป็นหลัก (60%) ซึ่งผู้วิจัยจะเน้นไปที่กรอบการประเมินการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA ในปี ค.ศ. 2012 เป็นหลัก เนื่องจากมีความทันสมัยและเป็นการประเมินที่เน้นหนักในด้านคณิตศาสตร์เป็นครั้งที่ 2 ซึ่งน่าจะมีข้อมูลสารสนเทศที่เป็นประโยชน์มากขึ้นจากการประเมินที่เน้นหนักในด้านคณิตศาสตร์ครั้งแรกในปี ค.ศ. 2003 โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

การประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ใน PISA 2012 ได้กำหนดองค์ประกอบของการประเมินที่มีสัดส่วนของการให้คะแนนแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

• กลุ่มกระบวนการ (process category) หรือสมรรถนะ มี 3 ด้าน ได้แก่ 1) การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ 2) การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ 3) การตีความและการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

• กลุ่มเนื้อหา (content category) มี 4 ด้าน ได้แก่ 1) ปริมาณ 2) ความไม่แน่นอนและข้อมูล 3) การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ 4) ปริภูมิและรูปทรง

• กลุ่มบริบท (context category) หรือสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวข้องใน 4 ด้าน ดังนี้ 1) บริบทส่วนตัว 2) บริบททางสังคม 3) บริบทของการงานอาชีพ 4) บริบทในแวดวงวิทยาศาสตร์

โดยมีสัดส่วนน้ำหนักการออกข้อสอบแต่ละกลุ่มแสดงดังตารางที่ 2.7 (OECD, 2013)

ตารางที่ 2.7 สัดส่วนน้ำหนักการออกข้อสอบ PISA ด้านการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ ในปี ค.ศ. 2012

องค์ประกอบของการวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์	ร้อยละของคะแนน
กลุ่มกระบวนการ/สมรรถนะ	
การคิดในเชิงคณิตศาสตร์	ประมาณร้อยละ 25
การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์	ประมาณร้อยละ 50
การตีความและการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	ประมาณร้อยละ 25
กลุ่มเนื้อหา	
ปริมาณ	ประมาณร้อยละ 25
ความไม่แน่นอนและข้อมูล	ประมาณร้อยละ 25
การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์	ประมาณร้อยละ 25
ปริภูมิและรูปทรง	ประมาณร้อยละ 25
กลุ่มบริบทที่ใช้ในสถานการณ์	
เกี่ยวข้องกับบุคคล	ประมาณร้อยละ 25
เกี่ยวข้องกับอาชีพ	ประมาณร้อยละ 25
เกี่ยวข้องกับสังคม	ประมาณร้อยละ 25
เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์	ประมาณร้อยละ 25

หมายเหตุ ที่มา OECD (2013)

ทั้งนี้ สสวท. (2557a) ได้แปลกรอบโครงสร้างการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ PISA 2012 มาจากของ OECD ดังภาพที่ 2.1 ซึ่งเป็นกรอบที่แสดงถึงการวัดการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ที่ใช้ความท้าทายในบริบทโลกชีวิตจริง ภายใต้องค์ประกอบ 3 ด้าน คือ เนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ บริบทที่ใช้สร้างสถานการณ์ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้กรอบกลาง แสดงถึงการคิดออกมาในรูปของคณิตศาสตร์ และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา และกรอบเล็กที่สุดแสดงถึงกระบวนการที่ใช้สำหรับแก้ปัญหา

ภาพที่ 2.1 กรอบโครงสร้างการประเมินผลการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ PISA 2012

กรอบโครงสร้างการประเมินผลการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ PISA 2012 เป็นการสรุปแนวทางในการประเมิน รวมถึงแนวทางในการสร้างข้อสอบ PISA 2012 ซึ่งจะเชื่อมโยงกับองค์ประกอบ 3 ด้าน

ของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ คือ เนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ บริบทที่ใช้สร้างสถานการณ์ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

3.3.1 กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Process) หรือสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (Competency)

นิยามของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถของแต่ละบุคคลในการคิด การใช้ และการตีความคณิตศาสตร์ ซึ่งทั้งสามคำนี้มีประโยชน์และมีความสำคัญต่อการจัดกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยสามารถอธิบายได้ว่า แต่ละคนมีสมรรถนะในการเชื่อมโยงบริบทของปัญหากับคณิตศาสตร์ และแก้ปัญหาได้อย่างไร สำหรับ PISA 2012 ได้แบ่งกระบวนการทางคณิตศาสตร์หรือสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1) การคิดในเชิงคณิตศาสตร์

2) การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์

3) การตีความและการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

การรู้ว่านักเรียนมีสมรรถนะเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใดนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญต่อการจัดทำนโยบายทางการศึกษาในปัจจุบัน ซึ่งสมรรถนะ *การคิดในเชิงคณิตศาสตร์* จะเป็นตัวชี้ให้เห็นว่า นักเรียนสามารถรู้และบอกโอกาสที่จะใช้คณิตศาสตร์ในสถานการณ์ของปัญหา แล้วให้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้ในการแปลงสถานการณ์ของปัญหาให้อยู่ในรูปทางคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด ส่วนสมรรถนะ *การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์* เป็นตัวชี้ให้เห็นว่า นักเรียนสามารถลงมือคำนวณ ดำเนินการ และประยุกต์แนวคิดหลัก และข้อเท็จจริงที่นำไปสู่การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์กับปัญหาที่ถูกแปลงในเชิงปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ได้ดีเพียงใด และสำหรับสมรรถนะ *การตีความและการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์* เป็นตัวชี้ให้เห็นว่า นักเรียนสามารถสะท้อนข้อสรุปและวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตีความผลที่ได้ไปสู่บริบทปัญหาในโลกชีวิตจริง และระบุได้ว่าผลลัพธ์หรือข้อสรุปเป็นเหตุเป็นผลหรือไม่ การที่นักเรียนจะนำคณิตศาสตร์มาใช้กับปัญหาหรือสถานการณ์ขึ้นอยู่กับสมรรถนะทั้งสามเหล่านี้ และความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับประสิทธิภาพของสมรรถนะจะช่วยให้สามารถตัดสินใจหรือวางแผนเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนให้ห้องเรียนหรือวางนโยบายการศึกษาได้ต่อไป (OECD, 2013; สสวท., 2557a, 2557b) โดยมีรายละเอียดของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA ดังต่อไปนี้

1) การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ (Formulating situations mathematically)

นิยามของคำว่า *การคิด* ในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของแต่ละบุคคลในการรู้ และบอกโอกาสในการใช้คณิตศาสตร์ แล้วกำหนดโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ให้กับปัญหาที่พบในสถานการณ์สำหรับสมรรถนะ การคิดในเชิงเชิงคณิตศาสตร์ คือการที่บุคคลตัดสินใจได้ว่าส่วนใดที่เขาสามารถดึงคณิตศาสตร์ที่จำเป็นไปใช้ในการวิเคราะห์ สร้างแนวทาง และนำไปแก้ปัญหาโดยบุคคล

เหล่านี้สามารถแปลงปัญหาจากสถานการณ์ในชีวิตจริงให้อยู่ในขอบเขตคณิตศาสตร์ และกำหนดโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ การแสดงเครื่องหมายแทน และลักษณะจำเพาะให้กับปัญหาในโลกชีวิตจริงซึ่งสามารถให้เหตุผล ตั้งสมมติฐาน และพิจารณาข้อจำกัดได้อย่างสมเหตุสมผล สมรรถนะนี้ประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ดังต่อไปนี้

- การระบุประเด็นทางคณิตศาสตร์ของปัญหาหรือสถานการณ์ที่ตั้งอยู่ในบริบทโลกชีวิตจริง รวมถึง การระบุตัวแปรที่สำคัญ
- การรู้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (เช่น กฎเกณฑ์ ความสัมพันธ์ และแบบรูป) ของปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนด
- การทำสถานการณ์หรือปัญหาให้มีความซับซ้อนน้อยลง เพื่อใช้การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ง่ายขึ้น
- การระบุข้อจำกัด และสมมติฐานที่อยู่เบื้องหลังแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (mathematical modeling)
- การนำเสนอสถานการณ์ในเชิงคณิตศาสตร์ โดยการใช้ตัวแปร สัญลักษณ์ แผนภาพ ตาราง และแบบจำลองที่เป็นมาตรฐานอย่างเหมาะสม
- การนำเสนอปัญหาในหลากหลายวิธี รวมถึงการจัดการกับปัญหาให้สอดคล้องกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และการสร้างสมมติฐานที่เหมาะสม
- การทำความเข้าใจและการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างบริบทของปัญหา ภาษาที่เป็นสัญลักษณ์ และภาษาอย่างเป็นทางการที่จำเป็นต้องใช้ในการแสดงเชิงคณิตศาสตร์
- การแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือใช้การแสดงแทน
- การพิจารณาถึงแง่มุมต่างๆ ของปัญหาที่สอดคล้องกับปัญหาที่รู้หรือแนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ที่ทราบ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ ข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ หรือวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์
- การใช้เทคโนโลยีเพื่อแสดงความสัมพันธ์ในการแก้ปัญหาสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ (เช่น ตารางโปรแกรมทำงาน หรือรายการที่มีให้บนเครื่องคำนวณเชิงกราฟ)

2) การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ (Employing mathematical concepts, facts, procedures and reasoning)

นิยามของคำว่า *การใช้* ในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของแต่ละบุคคลในการประยุกต์ใช้แนวคิดหลักทางคณิตศาสตร์ ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการ และเหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ ในสมรรถนะของการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมาจากการใช้แนวคิด ข้อเท็จจริง วิธีดำเนินการ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา โดยเป็นสมรรถนะที่แต่ละคนแสดงวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น เพื่อให้ได้มา

ซึ่งผลลัพธ์ และค้นหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (เช่น แสดงการคำนวณเลขคณิต การแก้สมการ การอนุมานเชิงตรรกศาสตร์จากสมมติฐานทางคณิตศาสตร์ การใช้เชิงสัญลักษณ์ การสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากตารางและกราฟ การแสดงแทนและการจัดการกับรูปร่างและรูปทรง และการวิเคราะห์ข้อมูล) ซึ่งนักเรียนจะต้องพยายามสร้างแบบจำลองของสถานการณ์ปัญหา สร้างกฎเกณฑ์ ระบุความเชื่อมโยงระหว่างองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ และสร้างข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ สมรรถนะนี้ประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ดังต่อไปนี้

- การคิดและนำกลยุทธ์ในการหาวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการหาคำตอบ
- การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งเทคโนโลยีเพื่อช่วยหาวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้องหรือเหมาะสม
- การนำข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ ขั้นตอนวิธี และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา
- การจัดการด้านจำนวน ข้อมูลและข้อสนเทศเกี่ยวกับกราฟและสถิติ นิพจน์พีชคณิตและสมการ และ

การแสดงแทนทางเรขาคณิต

- การสร้างแผนภาพ กราฟ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ รวมถึงการสกัดข้อมูลทางคณิตศาสตร์จากสิ่งเหล่านั้น
- การใช้และการสลับไปมาระหว่างสิ่งที่ใช้เป็นตัวแทนที่แตกต่างกันในการกระบวนการหาคำตอบทางคณิตศาสตร์
- การสร้างข้อสรุปทั่วไปบนพื้นฐานของผลลัพธ์ที่เกิดจากการนำวิธีการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา
- การแสดงข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ และการอธิบายความเป็นเหตุเป็นผลทางคณิตศาสตร์

3) การตีความและการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ (Interpreting, applying and evaluating mathematical outcomes)

นิยามของคำว่า *ตีความ* ในการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ มุ่งเน้นไปที่ความสามารถของแต่ละบุคคลในการสะท้อนวิธีแก้ปัญหา ผลลัพธ์ หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์แล้วตีความออกมาในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง ซึ่งรวมถึงการแปลความหมายของวิธีแก้ปัญหาหรือการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ย้อนกลับไปที่บริบทของปัญหา และตัดสินว่าผลลัพธ์ที่ได้เป็นเหตุเป็นผลและเข้ากันได้กับบริบทของปัญหาหรือไม่ บุคคลที่มีสมรรถนะ นี้อาจสร้างและสื่อสารคำอธิบายหรือข้อโต้แย้งในบริบทของปัญหาและการสะท้อนทั้งกระบวนการสร้างแบบจำลองและผลที่ได้ สมรรถนะนี้จึงรวม “ตีความ” และ “ประเมิน” ไว้ด้วยกัน สมรรถนะนี้ประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- การตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์กลับไปที่บริบทโลกชีวิตจริง
- การประเมินความสมเหตุสมผลของวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในบริบทของปัญหาโลกชีวิตจริง
- การเข้าใจว่าสถานการณ์ในชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์และการคิดคำนวณตามกระบวนการ หรือตัวแบบทางคณิตศาสตร์อย่างไร เพื่อตัดสินใจว่าจะปรับปรุงหรือนำผลไปใช้อย่างไร
- การอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใดผลลัพธ์หรือข้อสรุปทางคณิตศาสตร์จึงเหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับบริบทของปัญหา
- การเข้าใจขอบเขตและข้อจำกัดในแนวคิดคณิตศาสตร์และวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
- การวิจารณ์และการระบุข้อจำกัดของแบบจำลองที่ใช้ในการแก้ปัญหา

นอกจากการใช้ความรู้และทักษะคณิตศาสตร์ทั้งในด้าน เนื้อหาสาระ บริบท และกระบวนการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แล้ว OECD พบว่าการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ยังต้องการความสามารถพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ นับตั้งแต่ PISA 2003 เป็นต้นมา OCED ได้วิจัยอย่างต่อเนื่องจนสามารถระบุความสามารถพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในการประเมินมีอยู่ 7 ประการ (สสวท., 2557a) ได้แก่

1) การสื่อสาร (Communication) เกี่ยวข้องกับการแสดงออกของตน ความสามารถที่ทำให้ผู้อื่นเข้าใจตน ด้วยวิธีการต่างๆ บนพื้นฐานของคณิตศาสตร์

2) การทำในเชิงคณิตศาสตร์ (Mathemastising) เกี่ยวข้องกับการแปลงปัญหาในโลกชีวิตจริงในเชิงสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ หรือหาตัวแบบคณิตศาสตร์ในการจัดการปัญหา

3) การแสดงเครื่องหมาย/สัญลักษณ์แทน (Representation) เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องหมาย สัญลักษณ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา อาจรวมไปถึงกราฟ ตาราง แผนภูมิ รูปภาพ สมการ สูตร คำบรรยาย และแม้กระทั่งวัตถุของจริง

4) การให้เหตุผลและการสร้างข้อโต้แย้ง (Reasoning and argument) เกี่ยวกับการใช้ความเป็นเหตุเป็นผลและการสร้างข้อโต้แย้ง เพื่อวินิจฉัยและตรวจสอบคำอธิบายที่มีอยู่ หรือให้เหตุผลเพื่อยืนยัน อธิบาย การแก้ปัญหา

5) การสร้างกลยุทธ์เพื่อแก้ปัญหา (Devising Strategies for solving problems) เกี่ยวกับการคิดวิธีการที่เหมาะสมเพื่อเลือกใช้ในการแก้ปัญหา

6) การใช้สัญลักษณ์ ภาษาคณิตศาสตร์ หรือภาษาเทคนิคและการดำเนินการ (Using symbolic, formal and technical language and operations) เป็นพื้นฐานของความสามารถนี้

เกี่ยวข้องกับความเข้าใจ การตีความ การลงมือทำโจทย์ และการใช้สัญลักษณ์ ตามบริบทของคณิตศาสตร์ (รวมทั้งการคิดคำนวณ ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงและกฎเกณฑ์ของคณิตศาสตร์)

7) การใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ (Using mathematical tools) เกี่ยวกับการรู้จักใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาเป็นตัวช่วยในการแก้ปัญหา คิดคำนวณ ไปสู่หาผลลัพธ์ ทั้งนี้ยังรวมทั้งเครื่องมือทางกายภาพ เช่น เครื่องมือสำหรับวัด เครื่องคิดเลข หรือเครื่องมือที่เป็นซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

PISA 2012 ไม่สร้างข้อสอบเพื่อวัดความสามารถเฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่ง เพราะความสามารถ พื้นฐานของคนไม่ใช่สิ่งที่จะแยกออกมาวัดได้โดดๆ แต่อาจมีหลายอย่างซ้อนกันอยู่ ดังนั้น ในการตอบข้อสอบ นักเรียนจำเป็นต้องใช้ความสามารถพื้นฐานดังที่ได้กล่าวข้างต้นหลายอย่างในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ข้อสอบของ PISA จะใช้สถานการณ์ที่มีอยู่ในโลกของความเป็นจริงแล้ว ยังต้องการให้นักเรียนใช้ความคิดที่สูงขึ้นไปจากการคิดคำนวณหา คำตอบที่เป็นตัวเลข แต่ต้องการให้นักเรียนรู้จักคิด ใช้เหตุผล และคำอธิบายมาประกอบคำตอบของตนอีกด้วย (สสวท., 2557a)

3.3.2 เนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ (Content)

เนื่องจาก PISA ไม่ได้วัดความรู้เนื้อหาวิชาคณิตศาสตณ์ ข้อสอบ PISA จึงไม่ได้สร้างตามหัวข้อเนื้อหา แต่สร้างขึ้นบนพื้นฐานของบริบทที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ตั้งขึ้น และออกแบบให้ครอบคลุมสาระตามแนวคณิตศาสตร์เป็นเรื่องๆ ซึ่งแบ่งไว้ 4 ด้าน ได้แก่ 1) ปริมาณ 2) ความไม่แน่นอนและข้อมูล 3) การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ และ 4) ปริภูมิและรูปทรง ทั้งนี้ได้กำหนดให้ข้อสอบในแต่ละเนื้อหามีสัดส่วนเท่าๆ กัน โดยรายละเอียดในแต่ละด้าน ดังนี้ (OECD, 2013; สสวท., 2557a)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) ปริมาณ (Quantity)

ปริมาณ เป็นคณิตศาสตร์ที่ต้องพบเห็นและเกี่ยวข้องมากที่สุด รวมถึงความเข้าใจในเรื่องการวัด การนับ ขนาดของปริมาณ หน่วย ดัชนี ขนาด เปรียบเทียบ และแบบรูปและแนวโน้มของจำนวนในด้านความเป็นเหตุผลทางปริมาณ เช่น ความรู้สึกเชิงจำนวน การใช้ตัวแทนแบบพหุคูณ การคำนวณได้อย่างคล่องแคล่ว การคิดคำนวณในใจ การประมาณการ และการประเมินความสมเหตุสมผล ล้วนแล้วแต่เป็นแง่มุมของคณิตศาสตร์ด้านปริมาณ การใช้ความรู้สึกเชิงจำนวนที่เหมาะสมจะทำให้นักเรียนสามารถ แก้ปัญหาที่ตรงไปตรงมา ที่กลับกัน หรือที่ต้องการเรื่องของสัดส่วนมาใช้ สามารถประมาณอัตราของการเปลี่ยนแปลง และบอกเหตุผลในการเลือกใช้ข้อมูลและระดับของความถูกต้อง ที่ต้องการสำหรับเรื่องหนึ่งๆ สามารถเลือกวิธีการ และลำดับขั้นตอนเพื่อแสดงว่าทำไมจึงเป็น เช่นนั้นและมีกรณีใดบ้างที่ทำไม่ได้ สามารถสร้างตัวแบบของวิธีการที่ใช้สำหรับแก้ปัญหาที่ใช้ข้อมูลจากที่มีอยู่ในโลก

2) ความไม่แน่นอนและข้อมูล (Uncertainly and Data)

ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหรือในชีวิตประจำวัน คนเราจะต้องเกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอนอยู่เสมอ ความไม่แน่นอนจึงเป็นหัวใจสำคัญของการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ของสถานการณ์ในปัญหา และทฤษฎีทางสถิติ และความน่าจะเป็น ตลอดจนเทคนิควิธีของการนำเสนอ และการบรรยาย ก็ถูกนำมาใช้เพื่อจัดการกับเรื่องนี้ สาระเนื้อหาของเรื่อง ความไม่แน่นอนและข้อมูล รวมความถึงการรับรู้ที่มีความแปรปรวนในกระบวนการ มีความรู้สึกเชิงปริมาณของความแปรปรวน การยอมรับความไม่แน่นอนและความผิดพลาดของการวัด และการรับรู้เรื่องของโอกาสที่จะเป็นไปได้ นอกจากนี้ยังรวมไปถึงการสร้าง การตีความ และการประเมินข้อสรุปที่มาจากสถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอน

ปรากฏการณ์ที่มีอยู่เสมอในการวิเคราะห์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ในทางวิทยาศาสตร์ก็มีความไม่แน่นอนเป็นหัวใจเช่นกัน จะเห็นว่าการพยากรณ์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การพยากรณ์อากาศหรือการพยากรณ์ทางเศรษฐกิจ การเงิน การพยากรณ์ต่างๆ ที่อาจมีข้อผิดพลาดได้เสมอ แสดงให้เห็นว่าความไม่แน่นอนเป็นปรากฏการณ์ปกติตามธรรมชาติของโลก ทั้งนี้มีการนำเสนอข้อมูล รวมถึงการตีความและแปลความข้อมูลเป็นแนวคิดหลักของเรื่องนี้

3) การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ (Change and Relationships)

การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ เน้นความสำคัญของปรากฏการณ์ทุกอย่างในโลกที่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากมายมหาศาล ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ทั้งชั่วคราวและถาวรระหว่างการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตขณะเจริญเติบโต การหมุนเวียนของฤดูกาล การขึ้นลงของกระแสน้ำ การเปลี่ยนแปลงของอวกาศ การขึ้นลงของหุ้น การว่างงานของคน การเปลี่ยนแปลง มีได้ทั้งแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ความสัมพันธ์บางอย่างเกิดอย่างถาวร การรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับความเข้าใจพื้นฐานเรื่องแบบของการเปลี่ยนแปลง และรู้ว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้วและสามารถใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อบอกหรือคาดคะเนผลของการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ฟังก์ชันและสมการที่เหมาะสม เช่นเดียวกับการสร้าง การตีความและการแปลความหมายระหว่างสัญลักษณ์หรือกราฟที่เป็นเครื่องหมายนำเสนอการเปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลงบางกระบวนการสามารถบอกได้หรือสร้างเป็นตัวแบบได้โดยตรงโดยใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ส่วนมากเป็นรูปของสมการหรืออสมการ แต่ความสัมพันธ์ในธรรมชาติอื่นๆ ก็อาจเกิดขึ้นได้เช่นกัน การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์อาจนำเสนอได้หลายวิธีด้วยกัน ได้แก่ นำเสนอในเนื้อหาคณิตศาสตร์ปกติ ในรูปฟังก์ชันและ พีชคณิต รวมทั้งนิพจน์พีชคณิต สมการและอสมการ ตารางและกราฟิก การใช้สถิติเป็นเครื่องหมายแทนข้อมูลและความสัมพันธ์ก็ใช้มากในการบอกเล่าและตีความการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์

4) ปริภูมิและรูปทรง (Space and Shape)

ปริภูมิและรูปทรงมีปรากฏให้เห็นอยู่ทุกหนทุกแห่งในโลก เช่น แบบรูป ลักษณะของวัตถุ ตำแหน่ง การกำหนดเป้าหมาย การจราจร การก่อสร้าง งานศิลปะ ทั้งในแง่ของการสัมผัสจริง หรือผ่านการใช้สัญลักษณ์แทน แม้ว่าโดยปกติเรขาคณิตจะเป็นพื้นฐานสำคัญของปริภูมิและรูปทรง แต่ในเนื้อหาด้านนี้ได้ขยายขอบเขตไปไกลกว่าเรขาคณิต ทั้งในเนื้อหา ความหมาย และวิธีทำ แต่จะเป็นการดึงเอาคณิตศาสตร์อื่นๆ เข้ามาประกอบด้วย เช่น เรื่องการวัด ทัศนียภาพด้านระยะทางและช่องว่าง พีชคณิต เป็นต้นว่า รูปทรงอาจเปลี่ยนแปลง จุดอาจเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่ง จึงต้องอาศัยแนวคิดเรื่องของความสัมพันธ์ ทางคณิตศาสตร์ของจำนวนที่ขึ้นอยู่กับจำนวนอื่น สูตรที่ใช้ในการคำนวณจึงเป็นหัวใจของด้านนี้ เนื้อหาสาระด้านนี้จึงได้รวมการใช้เครื่องมือนับตั้งแต่เรขาคณิตขั้นต้น ไปจนถึงซอฟต์แวร์ระบบการหาตำแหน่ง (GPS) เพื่อการสร้าง การตีความและแปลความปริภูมิและรูปทรง

ปริภูมิและรูปทรงเกี่ยวข้องกับหลายเรื่อง เช่น ความเข้าใจเรื่องทัศนียภาพ (เช่น ในภาพวาด) การเขียนและการอ่านแผนที่ การเปลี่ยนรูปทรงสามมิติโดยใช้/ไม่ใช้เทคโนโลยี การตีความ ทิวทัศน์ในฉากสามมิติจากมุมมองต่างๆ ตลอดจนการสร้างสัญลักษณ์ของรูปทรง

3.3.3 บริบทที่ใช้ (Context)

ความคาดหวังที่สำคัญของการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ คือ การนำคณิตศาสตร์เข้าไปมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาหรือสร้างความท้าทายที่เกิดขึ้นในโลกที่เป็นบริบทของชีวิตจริง อย่างไรก็ตามการเลือกวิธีการ ทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมมักขึ้นอยู่กับบริบทของปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่ง PISA ได้ให้ความสำคัญกับการเลือกใช้บริบทที่หลากหลายในการสร้างสถานการณ์ที่มีความเป็นไปได้ในการให้ผู้เรียนวัย 15 ปี สามารถเข้าใจบริบทและแก้ปัญหาที่กำหนดได้ ทั้งนี้บริบทที่ใช้ในการสร้างข้อสอบการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ PISA 2012 เกี่ยวข้องอยู่กับ 4 ด้านด้วยกัน (OECD, 2013; สสวท., 2557a) ได้แก่

• บริบทส่วนตัว (personal contexts) เกี่ยวข้องกับกิจกรรมส่วนตัว ครอบครัว หรือในกลุ่มผองเพื่อนที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน เช่น การเตรียมอาหาร การเลือกซื้อสินค้าส่วนตัว การเล่นเกมส์ การเดินทางส่วนบุคคล การท่องเที่ยว สุขภาพส่วนตัว กีฬา การกำหนดตารางส่วนตัว การเงินของแต่ละบุคคล เป็นต้น

• บริบททางสังคม (societal contexts) เกี่ยวข้องกับชุมชน ไม่ว่าจะระดับท้องถิ่น ระดับชาติ หรือ ทั่วโลก เช่น ระบบการโหวต การขนส่งสาธารณะ รัฐบาล นโยบายสาธารณะ ประชากร การโฆษณา สถิติและเศรษฐศาสตร์ระดับชาติ เป็นต้น

• บริบทของการงานอาชีพ (occupational contexts) เกี่ยวข้องกับการประกอบอาชีพหรือการทำงานในโลกแห่งความเป็นจริง เช่น การวัด การกำหนดต้นทุน การสั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์สำหรับ

ก่อสร้าง การบัญชี การควบคุมคุณภาพ การจัดตารางเวลา/รายการสินค้า การออกแบบ และงานที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ

• บริบทในแวดวงวิทยาศาสตร์ (scientific contexts) เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในโลกแห่งความเป็นจริงทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เช่น พื้นที่ สภาพอากาศหรือภูมิอากาศ การแพทย์ นิเวศวิทยา ดาราศาสตร์ พันธุกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์ และการวัดในโลกของคณิตศาสตร์

3.3.4 รูปแบบและตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์ PISA

รูปแบบข้อสอบคณิตศาสตร์ที่ PISA ใช้ 4 รูปแบบ คือ 1) เลือกตอบแบบหลายตัวเลือก 2) เลือกตอบเชิงซ้อน 3) สร้างคำตอบแบบปิด ซึ่งอาจเป็นการเติมคำและวลีสั้นๆ และ 4) สร้างคำตอบอิสระ ซึ่งอาจเป็นการให้อธิบาย แสดงเหตุผล หรือแสดงวิธีทำ โดยให้เวลาแก่นักเรียนในการทำข้อสอบ 2 ชั่วโมง ทั้งนี้แบบสอบ PISA 2012 มี 13 ฉบับ โดยแต่ละฉบับได้ผสมผสานองค์ประกอบทั้งสามด้านหรืออาจไม่ครบทั้งสามด้าน แต่ก็มีความยากง่ายพอกัน ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะได้ข้อสอบต่างฉบับกัน และในด้านคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นจุดเน้นสำคัญของ PISA 2012 จะให้เวลาสอบ 2 ชั่วโมงต่อข้อสอบจำนวน 36-37 ข้อ โดยจำนวนข้อสอบในแบบวัด PISA 2012 แสดงดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 จำนวนข้อสอบในแบบวัด PISA 2012

แบบสอบฉบับที่	การอ่าน (ข้อ)	คณิตศาสตร์ (ข้อ)	วิทยาศาสตร์ (ข้อ)
1	-	25	35
2	29	12	17
3	14	25	18
4	14	37	-
5	-	36	18
6	15	37	-
7	-	36	18
8	15	12	36
9	29	24	-
10	-	36	17
11	14	36	-
12	14	12	35
13	28	12	18

จากตารางที่ 2.8 จะเห็นว่าข้อสอบคณิตศาสตร์มีอยู่ในแบบสอบทุกฉบับ เนื่องจาก PISA 2012 ให้น้ำหนักความสำคัญในการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ โดยมีตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์ใน PISA 2012 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

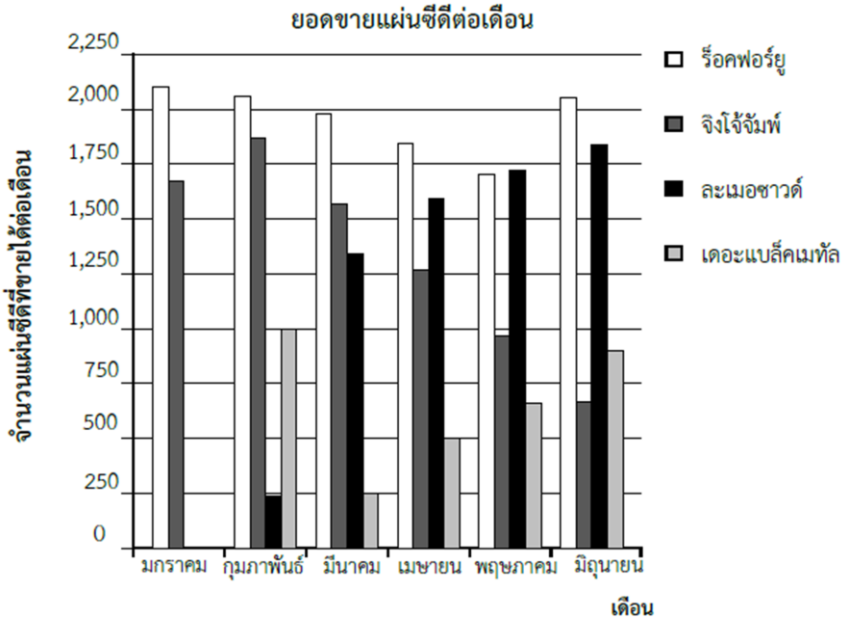
2.4 ตัวอย่างข้อสอบ PISA วิชาคณิตศาสตร์

ข้อสอบคณิตศาสตร์ PISA ที่ผู้วิจัยนำมาเป็นตัวอย่างนั้นได้มาจากตัวอย่างที่ สสวท. เผยแพร่เป็นแนวทางให้แก่ผู้ที่สนใจศึกษา โดยตัวข้อสอบจะประกอบด้วย เนื้อเรื่องและข้อคำถามที่เกี่ยวข้องกับเนื้อเรื่องนั้นๆ ในแต่ละข้อคำถามได้ระบุเกณฑ์การให้คะแนน และลักษณะเฉพาะของข้อสอบ (เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ บริบท กระบวนการ รูปแบบของข้อสอบ) ทั้งนี้จากรูปแบบของข้อสอบ PISA ที่มีอยู่ 4 แบบ ได้แก่ เลือกตอบแบบหลายตัวเลือก เลือกตอบเชิงซ้อน สร้างคำตอบแบบปิด (ตอบสั้น) และสร้างคำตอบอิสระ (เขียนอธิบาย หรือแสดงวิธีทำ) ผู้วิจัยจึงนำเสนอตัวอย่างข้อสอบจำแนกตามรูปแบบของข้อสอบ โดยมีรายละเอียดของตัวอย่างข้อสอบ (OECD, 2013; สสวท., 2557a) ดังนี้

1. เลือกตอบแบบหลายตัวเลือก (Multiple-choice)

อันดับซีดีเพลงขายดี

ในเดือนมกราคม แผ่นซีดีชุดใหม่ของวง *ร็อคฟอร์ยู* และวง *จิ้งโจ้จัมพ์* ได้วางออกจำหน่าย ในเดือนกุมภาพันธ์ แผ่นซีดีของวง *ละเมอซาวด์* และวง *เดอะแบล็คเมทัล* ได้วางออกจำหน่ายตามมา กราฟต่อไปนี้แสดงยอดขายแผ่นซีดีของแต่ละวงตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน



คำถามที่ 1: อันดับซีดีเพลงขายดี

ในเดือนเมษายน วง *เดอะแบล็คเมทัล* ขายแผ่นซีดีได้กี่แผ่น

1. 250 2. 500 3. 1,000 4. 1,270

ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์แบบเลือกตอบหลายตัวเลือกตามแนวทาง PISA

คำถามที่ 1 ในข้อสอบเรื่องอันดับซีดีเพลงขายดี มีการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบดังนี้

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์: ความไม่แน่นอนและข้อมูล

บริบท: สังคม

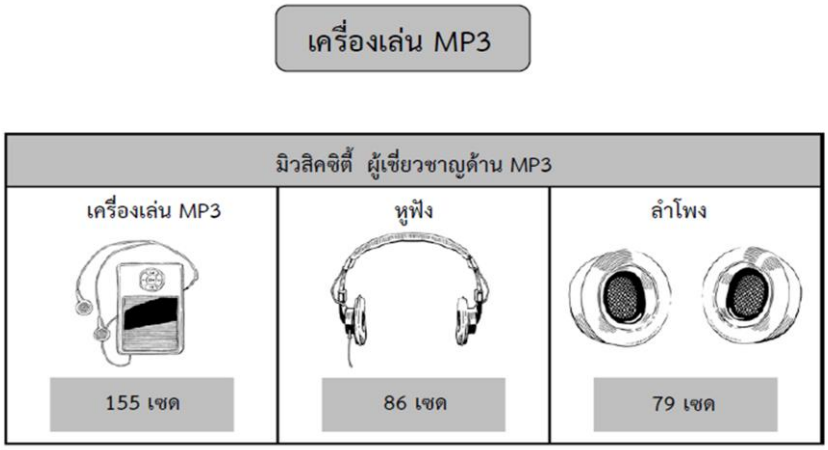
กระบวนการ: ตีความ

รูปแบบของข้อสอบ: เลือกตอบแบบหลายตัวเลือก

เจตนาของคำถาม: อ่านแผนภูมิแท่ง

เกณฑ์ในการให้คะแนนคำถามข้อนี้ หากตอบข้อ 2. 500 ซึ่งเป็นคำตอบถูกจะได้คะแนนเต็ม แต่หากตอบคำตอบอื่นๆ จะไม่ได้คะแนน อย่างไรก็ตามคำถามข้อนี้เป็นข้อสอบที่เคยใช้จริง ซึ่งมีเปอร์เซ็นของการตอบถูกเฉลี่ย (นานาชาติ) ถึง 87.3% แสดงให้เห็นว่าเป็นข้อสอบที่ง่ายมาก เพราะนักเรียนส่วนใหญ่ตอบข้อสอบข้อนี้ได้

2. เลือกตอบเชิงซ้อน (Complex multiple-choice)



คำถามที่ 2: เครื่องเล่น MP3

มิวสิวซิตี้จัดงานลดราคา เมื่อคุณซื้อสินค้า**สองชิ้นหรือมากกว่า**ในงานลดราคานี้ มิวสิวซิตี้จะลดราคาให้ 20% จากราคาขายของสินค้าเหล่านี้ เจษฎามีเงินสำหรับใช้ซื้อของอยู่ 200 เซต เขาสามารถซื้ออะไรได้บ้างในงานลดราคานี้ จงเขียนวงกลมล้อมรอบคำว่า "ใช่" หรือ "ไม่ใช่" ในแต่ละตัวเลือกต่อไปนี้

สินค้า	**เจษฎาสามารถซื้อสินค้าด้วยเงิน 200 เซตได้ใช่หรือไม่**
เครื่องเล่น MP3 และ หูฟัง	ใช่ / ไม่ใช่
เครื่องเล่น MP3 และ ลำโพง	ใช่ / ไม่ใช่
สินค้าทั้ง 3 ชนิด - เครื่องเล่น MP3 หูฟัง และลำโพง	ใช่ / ไม่ใช่

ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์แบบเลือกตอบเชิงซ้อนตามแนวทาง PISA

คำถามที่ 2 ในข้อสอบเรื่องเครื่องเล่น MP3 มีการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบดังนี้

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์:	ปริมาณ
บริบท:	ส่วนตัว
กระบวนการ:	ตีความ
รูปแบบของข้อสอบ:	เลือกตอบเชิงซ้อน
เจตนาของคำถาม:	ตัดสินว่าจำนวนเงินที่จะใช้จ่ายมีเพียงพอกับสินค้าที่เลือกไว้ตามเปอร์เซ็นส่วนลดที่กำหนดให้ได้หรือไม่

เกณฑ์ในการให้คะแนนคำถามข้อนี้ หากตอบถูกทั้งสามข้อ: ใช่ ใช่ ไม่ใช่ ตามลำดับ จะได้คะแนนเต็ม แต่หากตอบคำตอบอื่นๆ จะไม่ได้คะแนน อย่างไรก็ตามคำถามข้อนี้เป็นข้อสอบที่ใช้เฉพาะการทดลองใช้เครื่องมือเท่านั้น ซึ่งประเทศไทย มีเปอร์เซ็นการตอบถูกข้อนี้เพียง 36.30%

3. สร้างคำตอบแบบปิด (Restricted response) เช่น ตอบสั้น

การรั่วไหลของน้ำมัน

เรือบรรทุกน้ำมันในทะเลชนหินโสโครก ทำให้เกิดรูรั่วที่ถังบรรจุน้ำมัน เรือบรรจุอยู่ห่างจากแผ่นดินประมาณ 65 กม. หลังจากนั้นอีกหลายวันน้ำมันได้แพร่กระจายออกไป ดังแสดงในแผนที่ข้างล่าง

คำถามที่ 3: การรั่วไหลของน้ำมัน

จงใช้มาตราส่วนจากแผนที่ ประมาณพื้นที่การรั่วไหลของน้ำมันในหน่วยตารางกิโลเมตร (กม.^{2})

คำตอบ: ..... กม.^{2}

ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์แบบสร้างคำตอบแบบปิด (ตอบสั้น) ตามแนวทาง PISA

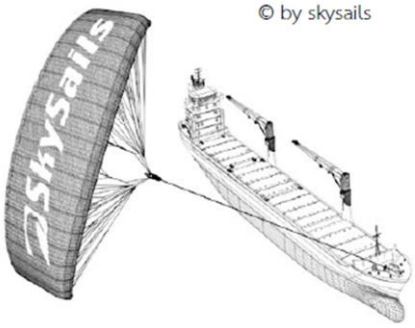
คำถามที่ 3 ในข้อสอบเรื่องการรั่วไหลของน้ำมันกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบดังนี้

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์:	ปริภูมิและรูปทรง
บริบท:	วิทยาศาสตร์
กระบวนการ:	ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์
รูปแบบของข้อสอบ:	สร้างคำตอบแบบปิด (ตอบสั้น)
เจตนาของคำถาม:	การประมาณพื้นที่ที่รูปร่างไม่แน่นอนบนแผนที่ โดยใช้มาตราส่วนที่กำหนดให้

เกณฑ์ในการให้คะแนนคำถามข้อนี้ หากคำตอบอยู่ในช่วงตั้งแต่ 2,200 ถึง 3,300 จะได้คะแนนเต็ม แต่หากตอบคำตอบอื่นๆ จะไม่ได้คะแนน อย่างไรก็ตามคำถามข้อนี้เป็นข้อสอบที่ใช้เฉพาะการทดลองใช้เครื่องมือเท่านั้น ซึ่งประเทศไทย มีเปอร์เซ็นการตอบถูกข้อนี้เพียง 5.28%

4. สร้างคำตอบอิสระ (Extended response) เช่น เขียนอธิบาย ให้เหตุผล หรือแสดงวิธีทำ

เรือเดินทะเล



ร้อยละ 95 ของการค้าโลกใช้การขนส่งทางทะเล ประมาณอย่างคร่าวๆ มีเรือบรรทุกน้ำมัน เรือบรรทุกสินค้า เรือบรรทุกตู้สินค้า ประมาณ 50,000 ลำ เรือเหล่านี้ส่วนใหญ่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

วิศวกรกำลังวางแผนเพื่อพัฒนาพลังลมช่วยในการเดินเรือ ข้อเสนอของพวกเขาคือ ให้ติดร่มจูงเรือไว้กับเรือและใช้พลังของลมช่วยลดการใช้น้ำมันดีเซล และลดผลกระทบของเชื้อเพลิงที่มีต่อสิ่งแวดล้อม

คำถามที่ 4: เรือเดินทะเล

เนื่องจากค่าใช้จ่ายในส่วนของน้ำมันดีเซลสูงถึง 0.42 เซดต่อลิตร เจ้าของเรือ นิวเวฟ กำลังคิดว่าจะติดตั้งร่วมจูงเรือกับเรือของเขา และจากการประมาณ พบว่าร่มจูงเรือลักษณะนี้มีศักยภาพที่จะลดการใช้น้ำมันดีเซลประมาณ 20% ของทั้งหมด

ชื่อเรือ: *นิวเวฟ*

ประเภท: เรือบรรทุกสินค้า

ความยาว: 117 เมตร

ความกว้าง: 18 เมตร

ขีดความสามารถบรรทุก: 12,000 ตัน

ความเร็วสูงสุด: 19 น็อต

การใช้น้ำมันดีเซลต่อปีโดยไม่มีร่มจูงเรือ: ประมาณ 3,500,000 ลิตร

ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งร่มจูงเรือกับเรือ *นิวเวฟ* เป็น 2,500,000 เซด
หลังติดตั้งร่มจูงเรือประมาณกี่ปี จึงจะทำให้ค่าน้ำมันดีเซลที่ประหยัดได้คุ้มกับการลงทุนติดตั้งร่มจูงเรือ จงแสดงวิธีการคำนวณเพื่อสนับสนุนคำตอบของนักเรียน
.....
.....
.....
.....
.....
จำนวนปี: .....

ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์แบบสร้างคำตอบอิสระ (แสดงวิธีทำ) ตามแนวทาง PISA

คำถามที่ 4 ในข้อสอบเรื่องเดินทะเล มีการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบดังนี้

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์:	การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์
บริบท:	วิทยาศาสตร์
กระบวนการ:	คิดในเชิงคณิตศาสตร์
รูปแบบของข้อสอบ:	สร้างคำตอบแบบอิสระ (แสดงวิธีทำ)
เจตนาของคำถาม:	แก้ปัญหาในสถานการณ์โลกชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดค่าใช้จ่ายและการใช้น้ำมัน

เกณฑ์ในการให้คะแนนคำถามข้อนี้ หากระบุคำตอบตั้งแต่ 8 ถึง 9 ปี โดยแสดงวิธีทำที่เพียงพอจะได้คะแนนเต็ม ตัวอย่างของวิธีทำเช่น

• การใช้น้ำมันดีเซลต่อปีโดยไม่มีร่ม 3.5 ล้านลิตร ราคา 0.42 เซด/ลิตร ค่าน้ำมันดีเซลโดยไม่มีร่มเท่ากับ 1,470,000 เซด ถ้าประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 20% โดยการติดร่ม เป็นผลให้ลดค่าใช้จ่ายไป 1,470,000 x 0.2 = 294,000 เซดต่อปี ดังนั้น: 2,500,000 / 294,000 ≈ 8.5 นั่นคือ หลังจากประมาณ 8 ถึง 9 ปี การติดตั้งร่มถึงจะคุ้มค่า (ทางด้านการเงิน)

แต่หากตอบคำตอบอื่นๆ จะไม่ได้คะแนน อย่างไรก็ตามคำถามข้อนี้เป็นข้อสอบที่เคยใช้จริง ซึ่งมีเปอร์เซ็นของการตอบถูกเฉลี่ย (นานาชาติ) เท่ากับ 15.3% แสดงให้เห็นว่าเป็นข้อสอบที่ยากมาก เพราะนักเรียนส่วนใหญ่ตอบข้อสอบข้อนี้ไม่ได้

จากตัวอย่างข้อสอบข้างต้น จะเห็นว่าในการสร้างข้อสอบคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA ต้องมีการกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบที่สร้างขึ้นในประเด็น เนื้อหาที่ใช้ บริบท กระบวนการ และเจตนาของคำถาม ทั้งนี้รูปแบบของข้อสอบ PISA ที่ใช้กันมีอยู่ 4 แบบ ซึ่งแบบเลือกตอบแบบหลายตัวเลือก เลือกตอบเชิงซ้อน และ สร้างคำตอบแบบปิด (ตอบสั้น) จะนิยมให้คะแนนเป็น 0, 1 (*ไม่ได้คะแนน* กับ *ได้คะแนนเต็ม*) แต่รูปแบบของข้อสอบแบบสร้างคำตอบอิสระบางข้ออาจมีการให้

คะแนนแบบ 0, 1 (*ไม่ได้คะแนน* กับ *ได้คะแนนเต็ม*) และบางข้ออาจมีการให้คะแนนบางส่วน (partial credit) ด้วย ซึ่งขึ้นกับลักษณะและความซับซ้อนของสถานการณ์ในคำถามข้อนั้น

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ PISA

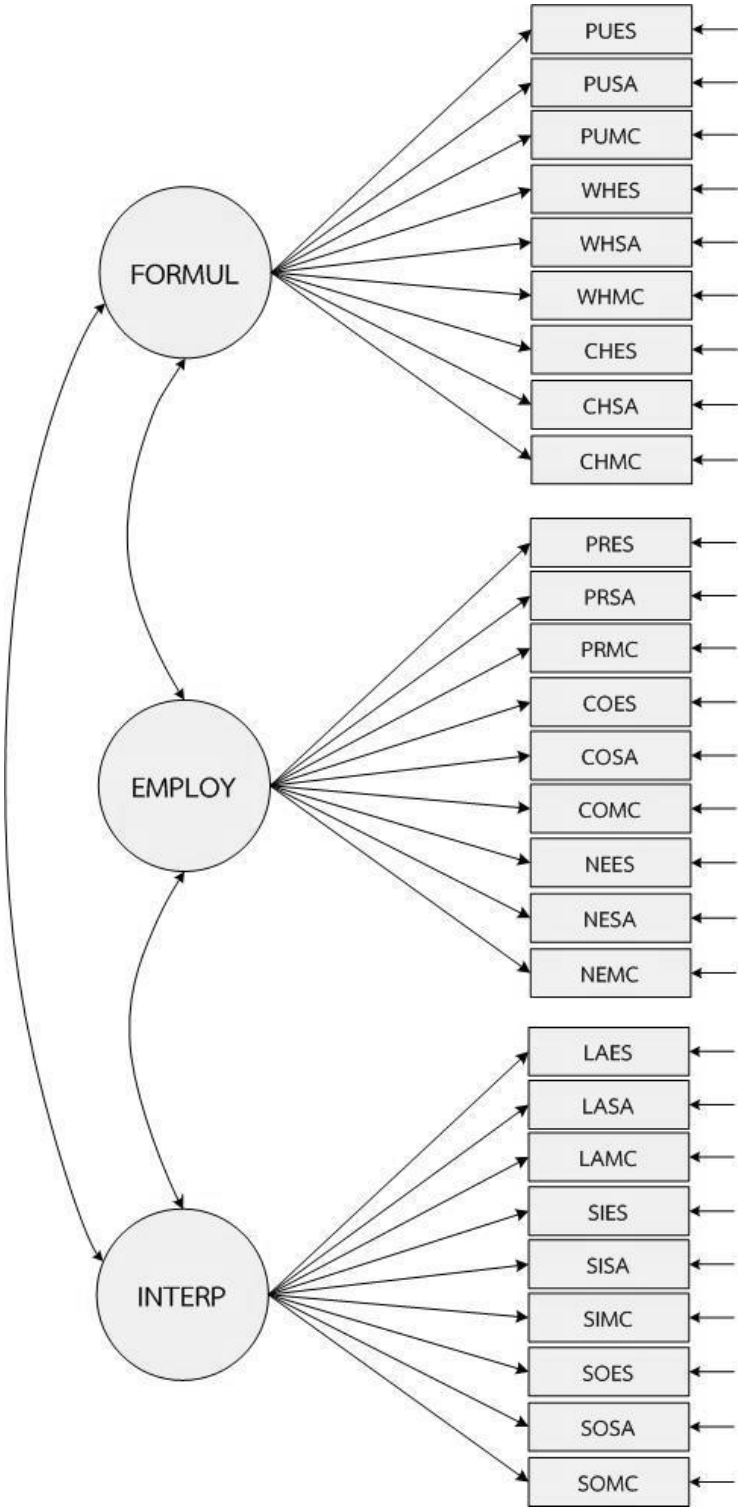
ฉวีวรรณ แก้วไทรฮะ และ สุพจน์ ไชยสังข์ (2557) ได้ศึกษาการวิเคราะห์การสอบพิซ่าและโอเน็ตของสถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ เพื่อปฏิรูปการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยมีวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ 1) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อสอบคณิตศาสตร์ O-NET และ PISA ในด้านสัดส่วนของเนื้อหา ระดับความคิด และบริบทประเภทต่างๆ 2) เพื่อสำรวจความคิดเห็นของครูคณิตศาสตร์เกี่ยวกับความต้องการพัฒนาสมรรถนะของนักเรียนในพฤติกรรมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ที่เพิ่มผลสัมฤทธิ์ในการสอบวิชาคณิตศาสตร์ระดับชาติและนานาชาติ ทั้งนี้ข้อมูลที่คณะผู้วิจัยศึกษาเป็นข้อมูลทุติยภูมิ กล่าวคือ ผู้วิจัยใช้ข้อมูลที่เป็นแบบสอบและผลการสอบของนักเรียนที่สอบ O-NET ในปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2555 จากสำนักงานทดสอบแห่งชาติ (สทศ.) และข้อมูลที่เป็นแบบสอบและผลการสอบของนักเรียนที่สอบ PISA ในปี ค.ศ. 2009 และ ค.ศ. 2012 จากสสวท. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ประกอบด้วย กลุ่มตัวอย่างประเภทที่ 1 คือ ข้อสอบ O-NET ปี 2552 และ 2555 รวมถึง ข้อสอบ PISA ปี 2009 และ 2012 ที่ได้รับการเผยแพร่ และกลุ่มตัวอย่างประเภทที่ 2 คือ ครูคณิตศาสตร์ของโรงเรียนที่เป็นแบบฉบับจากอนุภาคการศึกษา ซึ่งจำแนกตามเกณฑ์ของสสวท. ที่ใช้ผลการสอบของนักเรียนในโรงเรียนที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดของการสอบ O-NET ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แบบสอบและผลการสอบ O-NET ปี 2552 และ 2552 และ PISA ปี 2009 และ 2012 2) ตารางวิเคราะห์บริบท เนื้อหาและสมรรถนะความคิดทางคณิตศาสตร์ของแบบสอบ 3) แบบสอบถามความคิดเห็นเรื่อง "การรู้เรื่องคณิตศาสตร์" ที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติได้ และ 4) แบบสัมภาษณ์การบริหารการจัดการเรียนการสอนและแหล่งทรัพยากรของโรงเรียนที่นักเรียนมีผลคะแนนในระดับสูง การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติพื้นฐาน และการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า เนื้อหาของข้อสอบ O-NET และข้อสอบ PISA มีความสัมพันธ์เทียบเคียงกันได้ดังนี้ สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการใน O-NET เทียบได้กับเนื้อหาเรื่องปริมาณใน PISA ถัดมาสาระที่ 2 และ 3 การวัดและเรขาคณิตใน O-NET เทียบได้กับเนื้อหาเรื่องปริภูมิและรูปทรงใน PISA ต่อมาสาระที่ 4 พีชคณิตใน O-NET เทียบได้กับเนื้อหาเรื่องการเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ใน PISA และสุดท้าย สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็นใน O-NET เทียบได้กับเนื้อหาเรื่องความไม่แน่นอนและข้อมูลใน PISA ในส่วนบริบทหรือสถานการณ์ของปัญหาเทียบเคียงกันไม่ได้ เนื่องจาก PISA มุ่งวัดความรู้และทักษะที่ไม่อิงเนื้อหาตามหลักสูตร และใช้บริบทในโลกความเป็นจริง ขณะที่ O-NET มุ่งวัดความรู้ตามที่หลักสูตรกำหนด ทำให้ส่วนใหญ่เป็นบริบทภายในเนื้อหาของคณิตศาสตร์ รวมถึงในด้านครูพบว่า ครูมีความเข้าใจในเรื่องพฤติกรรมการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในระดับมาก และพบว่าปัจจัยที่มีต่อ

ความสำเร็จของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับนักเรียนและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับครู

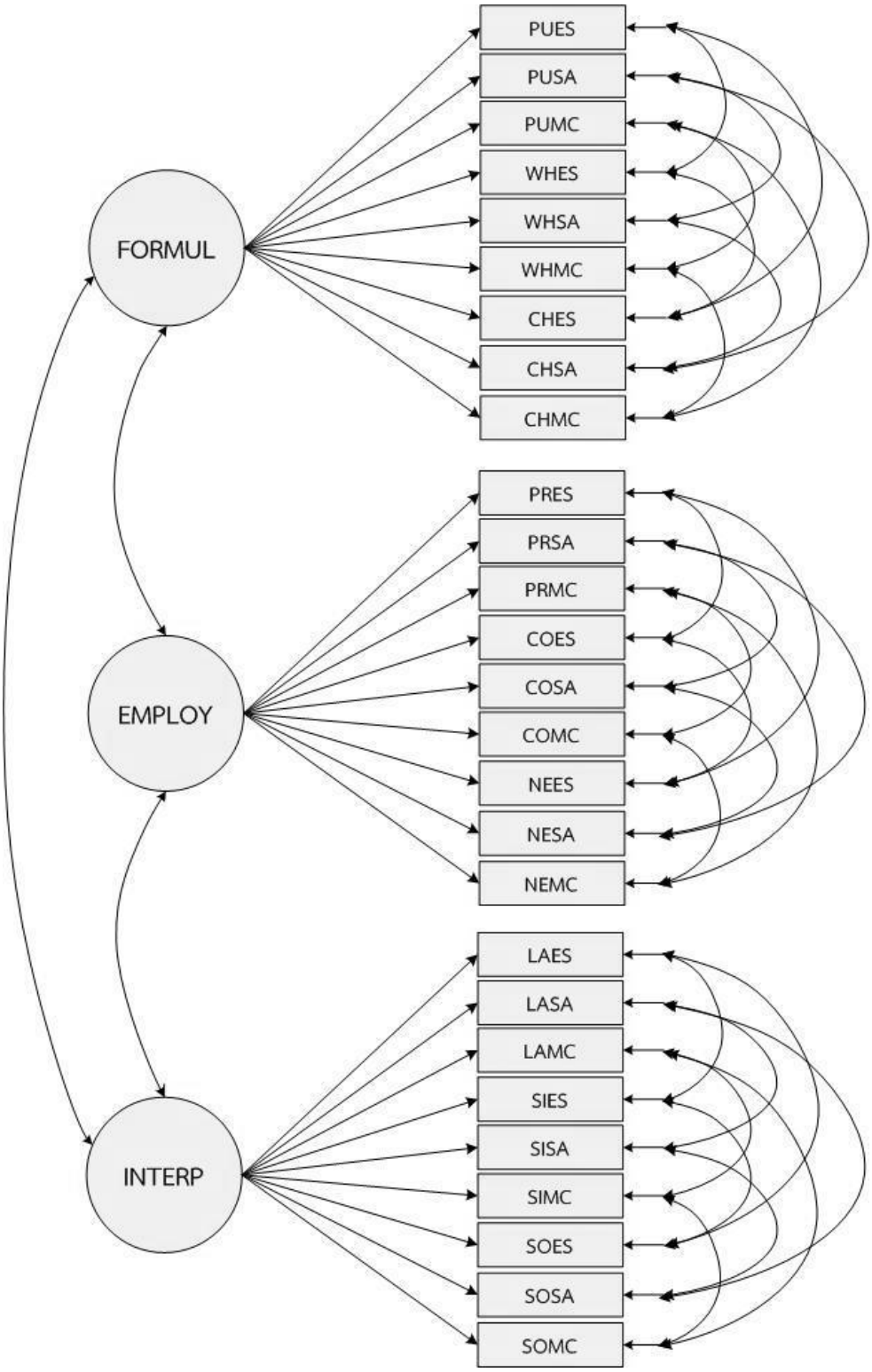
Neubrand (2009) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์จากการใช้แบบสอบคณิตศาสตร์ PISA ในประเทศเยอรมัน โดยขยายกรอบแนวคิดที่เปิดโอกาสให้มีการประเมินที่แตกต่างมากขึ้น สืบเนื่องจากโครงสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ไม่ได้เป็นเนื้อหาที่มีความเป็นเอกพันธ์ กล่าวคือ ต้องใช้ความรู้เบื้องต้นหลายอย่าง และหลายเนื้อหามาใช้ในการตีความหรือแปลความข้อมูลที่ได้มา เช่น ความแตกต่างของเนื้อหาในเรขาคณิต และพีชคณิต ที่ต้องมักใช้ร่วมกันในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับตรีโกณมิติ เป็นต้น ประกอบกับความเชื่อที่ว่าผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ที่วัดด้วยแบบสอบ PISA อาจทำให้เกิดความแตกต่างข้ามกลุ่มประเทศได้ จึงทำให้ประเทศเยอรมันเสนอต่อ OECD ในการพัฒนาตัวเลือกในการประเมินอย่างจริงจัง จึงมีการกำหนดกรอบการประเมินที่พัฒนาใหม่ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อ ขยายแนวคิดลำให้แตกต่างจากกรอบการประเมินของ PISA แต่ยังคงตัวแปรการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ไว้ เพียงแต่ปรับในเชิงภาษาและบริบททางการศึกษาคณิตศาสตร์ของประเทศเยอรมัน นั่นคือจุดประสงค์หลักของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลการประเมินคณิตศาสตร์ภายใต้กรอบการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในบริบทประเทศเยอรมัน รวมถึงศึกษาถึงข้อดีด้วย โดยกรอบการประเมินคณิตศาสตร์อยู่ภายใต้ 4 องค์ประกอบ คือ 1) ประเภทของความรู้ เช่น ความรู้ในข้อเท็จจริง ความรู้เชิงมโนทัศน์ ความรู้เชิงกระบวนการ 2) กระบวนการทำในเชิงคณิตศาสตร์ 3) ความซับซ้อนของงาน และ 4) บริบทของปัญหา ทั้งภายในและภายนอกบริบทของคณิตศาสตร์ รวมถึงสร้างกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ 3 ประเภท คือ 1) งานเชิงเทคนิคที่ฝึกกระบวนการคิดเท่านั้น 2) การสร้างแบบจำลองเชิงกระบวนการ/งานที่มุ่งเน้นกระบวนการทำในเชิงคณิตศาสตร์และแก้ปัญหา 3) การสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์/งานที่มุ่งเน้นการใช้แนวคิดการทำในเชิงคณิตศาสตร์และแก้ปัญหา อย่างไรก็ตามหากเป็นการประเมินของ PISA จะเน้นการสร้างแบบจำลองเชิงกระบวนการ/มโนทัศน์ค่อนข้างมาก แต่ของประเทศเยอรมันได้ปรับใหม่โดยมุ่งให้ความสำคัญกับงานเชิงเทคนิค แต่ให้ความสำคัญน้อยกับการสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ สำหรับกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่ถูกสุ่มมาใน 16 รัฐ ของประเทศเยอรมัน และพบว่า ข้อดีของการประเมินคณิตศาสตร์ที่แตกต่างของประเทศเยอรมัน คือ 1) ลักษณะของข้อสอบสอดคล้องกับจุดเน้นและลักษณะสำคัญในทางทฤษฎี ซึ่งความชัดเจนของกรอบการประเมินช่วยทำให้การสร้างแบบสอบมีความสมดุลยุติธรรม 2) การประเมินที่แตกต่างนี้ทำให้ได้ข้อมูลเชิงลึกในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาและการปฏิรูปการสอนคณิตศาสตร์ รวมถึงการตัดสินใจกำหนดหลักสูตรของประเทศ และ 3) การประเมินที่แตกต่างนี้สะท้อนให้เห็นว่าการปฏิบัติในห้องเรียนควรจัดกิจกรรมที่แตกต่างอย่างหลากหลายและเพิ่มการปฏิบัติในทางคณิตศาสตร์ให้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม การประเมินที่แตกต่างนี้อาจขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการประเมินและบริบทของแต่ละเมือง

Turner et al. (2009) ได้ศึกษาการใช้สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ทำนายความยากของข้อสอบในบริบท PISA โดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะของข้อสอบที่ใช้ในการประเมินคณิตศาสตร์ที่พัฒนาโดย OECD สำหรับการประเมินนานาชาติในความสัมพันธ์ของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ 6 ด้าน ได้แก่ การให้เหตุผลและการสร้างข้อโต้แย้ง การสื่อสาร การทำให้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ การสร้างสิ่งที่เป็นตัวแทน (Representation) การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการใช้สัญลักษณ์ สูตร ภาษาและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสมรรถนะเหล่านี้ได้มาจากกรอบคณิตศาสตร์ของ PISA ทั้งนี้คณะผู้วิจัยได้นำเสนอโครงการที่ใช้สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ การหาหลักฐานที่สนับสนุนการกระตุ้นให้แสดงสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้านของการประเมิน รวมถึงวิธีการตรวจสอบว่าสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับความยากของข้อสอบ โดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยและการวิเคราะห์องค์ประกอบ ซึ่งข้อค้นพบที่ได้ คือ โครงการใช้สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงสมรรถนะเป็นตัวทำนายความยากของข้อสอบได้สูง

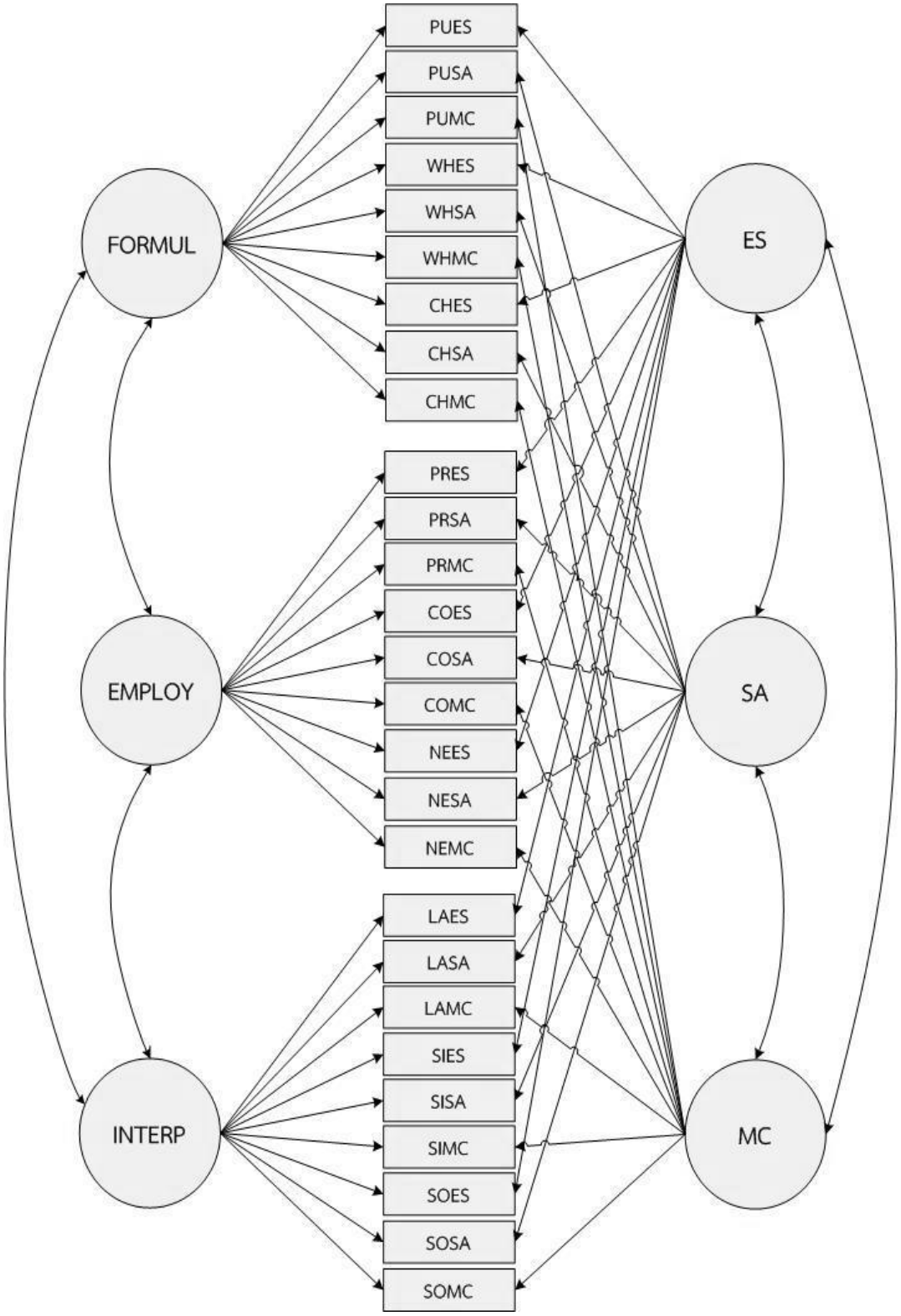
ก่อนที่จะนำเสนอกรอบแนวคิดการวิจัย ผู้วิจัยได้นำเสนอโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 โมเดลที่ใช้ในการอธิบายถึงอิทธิพลของวิธีการวัดในการวิจัยนี้ ได้แก่ โมเดลการวัดแบบ GENE โมเดลแบบ CTCU และ โมเดลแบบ CTCM ทั้งนี้ลำดับแรกของการวิเคราะห์ ผู้วิจัยจะตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลแบบ GENE กับข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อบ่งบอกถึงหลักฐานความตรงเชิงโครงสร้าง จากนั้นจึงเปรียบเทียบอิทธิพลของวิธีการวัดระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCU ซึ่งโมเดลแบบ CTCU เป็นโมเดลที่เพิ่มเติมจากโมเดลแบบ GENE โดยให้ความคลาดเคลื่อนของการใช้รูปแบบข้อสอบเดียวกันมีความสัมพันธ์กันภายใต้แต่ละองค์ประกอบ ซึ่งเป็นที่ทราบดีว่าความคลาดเคลื่อนเป็นสิ่งที่บอกว่า มีอิทธิพลของบางสิ่งที่นอกเหนือจากข้อคำถามที่ใช้วัดมาอธิบายตัวแปรแฝงนั้น แต่การที่ให้ความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันตามแนวคิดของโมเดลแบบ CTCU เป็นข้อคาดการณ์ว่าค่าความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ ต่อจากนั้นผู้วิจัยจึงเปรียบเทียบ อิทธิพลของวิธีการวัดระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCM ซึ่งโมเดลแบบ CTCM เป็นโมเดลที่เพิ่มเติมจากโมเดลแบบ GENE โดยเพิ่มองค์ประกอบของรูปแบบข้อสอบในโมเดล และให้องค์ประกอบของรูปแบบข้อสอบมีความสัมพันธ์กันเอง ทั้งนี้การวิเคราะห์ด้วยโมเดลแบบ CTCM จะทำให้เห็นถึงน้ำหนักองค์ประกอบที่มาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์และรูปแบบข้อสอบทั้งหมด ซึ่งสามารถบอกถึงอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบได้ชัดเจนมากขึ้น ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอโมเดลดังภาพที่ 2.6 – 2.8



ภาพที่ 2.6 โมเดลการวัดแบบทั่วไป (GENE)



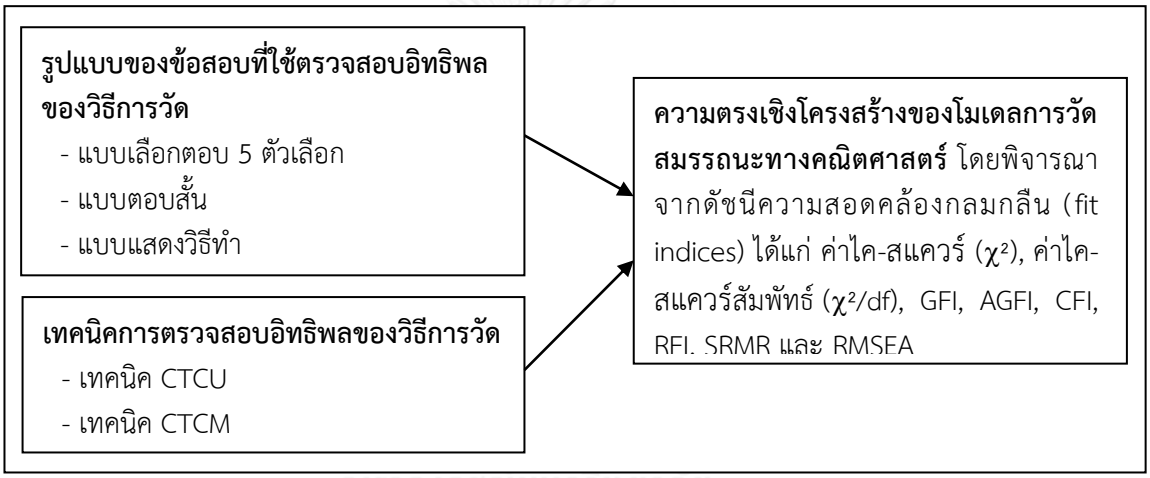
ภาพที่ 2.7 โมเดลการวัดแบบ CTCU



ภาพที่ 2.8 โมเดลการวัดแบบ CTCM

กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากแนวคิดและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย เพื่อแสดงถึงรูปแบบข้อสอบตามแนวทาง PISA ได้แก่ แบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก แบบสร้างคำตอบแบบปิด (ตอบสั้น) และแบบสร้างคำตอบอิสระ (แสดงวิธีทำ) ที่นำมาใช้ในการศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA รวมถึงเปรียบเทียบเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์อิทธิพลของวิธีการวัด 2 โมเดล ได้แก่ โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธีที่มีความสัมพันธ์ ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเฉพาะ (CTCU) กับโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบคุณลักษณะ-วิธีที่มีความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคุณลักษณะและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบวิธี (CTCM) แสดงดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.9 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงบรรยาย (Descriptive research) ซึ่งมีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบทั่วไป โมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCU และโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCM และ 2) เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของรูปแบบข้อสอบที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบทั่วไป เทียบกับโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เทคนิค CTCU และโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เทคนิค CTCM โดยมีรายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้งประเทศที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2558

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2558 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 และเขต 2 ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 549 คน โดยมีรายละเอียดของการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างและการสุ่มกลุ่มตัวอย่างดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยพิจารณาถึงการวิเคราะห์ที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบแบบตรวจให้คะแนน 2 ค่า (dichotomous item response theory) ด้วยโมเดลโลจีสติกแบบ 2 พารามิเตอร์ (2-parameter logistic model: 2PL) ที่ควรใช้กลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำที่สุด คือ 200 คน แต่โดยทั่วไปควรใช้กลุ่มตัวอย่างไม่ต่ำกว่า 500 คน (Bond & Fox, 2007; Morizot et al., 2007 cited in Thorpe & Favia, 2012) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมลิสเรล เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีไลค์ลิฮูดสูงสุด (Maximum Likelihood) ซึ่งต้องใช้จำนวนตัวอย่างขนาดใหญ่ โดยวิธีการที่นิยมใช้กันมากในการวิจัยตัวแปรพหุ คือ การกำหนด 10 - 20 คนต่อตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการวิจัย (Schumacker & Lomax, 1996; Hair, Anderson, Tatham & Black, 1998 อ้างถึงใน นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้ตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลการวัดจำนวน 27 ตัวแปร ซึ่งผู้วิจัยใช้การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ต่อ

หนึ่งตัวแปรสังเกตได้ ดังนั้นขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมจึงควรมีอย่างน้อย 540 คน แต่เพื่อป้องกันความไม่สมบูรณ์ของการตอบข้อสอบของกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยจึงเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเผื่อโดยรวมเป็น 627 คน แต่จากการนำมาตรวจสอบการเข้าสอบของนักเรียนครบทั้ง 3 ครั้ง พบว่ามีนักเรียนที่สอบไม่ครบทั้ง 3 ครั้ง จำนวน 33 คน รวมถึงตรวจสอบร่องรอยการเขียนตอบแบบวัดของนักเรียน โดยหากพบว่านักเรียนที่ส่งแบบวัดในลักษณะที่เป็นกระดาษเปล่า ไม่มีร่องรอยการตอบคำถามในแบบวัดชุดใดชุดหนึ่ง ผู้วิจัยจำเป็นต้องตัดชุดข้อมูลของนักเรียนคนนั้นออกไป เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการที่นักเรียนไม่ใส่ใจในการทำแบบวัดที่ใช้ในการวิจัย โดยนักเรียนที่ส่งแบบวัดในลักษณะที่เป็นกระดาษเปล่ามีจำนวน 45 คน จึงทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้จำนวน 549 คน

การสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

การสุ่มกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกศึกษาโรงเรียนในกรุงเทพมหานคร เนื่องจากข้อจำกัดในด้านการเดินทางของผู้วิจัย แล้วจึงใช้วิธีการสุ่มแบบ 2 ขั้นตอน (two-stage random sampling) ดังรายละเอียดต่อไปนี้และตารางที่ 3.1

<u>ขั้นที่ 1</u> สุ่มโรงเรียนจากแต่ละเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาในกรุงเทพมหานคร ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) โดยการกำหนดตัวเลข 1 ถึง 118 แทนรายชื่อโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 (สพม.1) และเขต 2 (สพม.2) ทั้งหมด 118 โรงเรียน โดยเรียงตามฐานข้อมูลของ สพม.1 ก่อนแล้วตามด้วย สพม.2 จากนั้นใช้โปรแกรม Research Randomizer (https://www.randomizer.org) ซึ่งเป็นโปรแกรมในการสุ่มตัวเลข ทั้งนี้ผู้วิจัยใช้การสุ่มตัวเลข 6 ตัว เพื่อให้ได้ 6 โรงเรียนที่เป็นตัวแทนของการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่

1) โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย

2) โรงเรียนสายปัญญา ในพระบรมราชินูปถัมภ์

3) โรงเรียนอุบลรัตน์ราชกัญญาราชวิทยาลัย กรุงเทพฯ

4) โรงเรียนเทพศิรินทร์

5) โรงเรียนสตรีศรีสุริโยทัย

6) โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี

<u>ขั้นที่ 2</u> สุ่มห้องเรียนระดับชั้นละ 2-3 ห้องเรียน ตามขนาดโรงเรียน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบยกกลุ่ม (cluster random sampling) ได้มา 14 ห้องเรียน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนทุกคนที่ศึกษาในห้องเรียนที่ผู้วิจัยสุ่มตัวอย่างได้ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายชื่อโรงเรียนและจำนวนนักเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง

โรงเรียน	จำนวนห้องเรียน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด	จำนวนนักเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง*
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 (สพม.1)			
• โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย	3	151	108
• โรงเรียนสายปัญญา ในพระบรมราชินูปถัมภ์	2	95	89
• โรงเรียนอุบลรัตน์ราชกัญญาราชวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร	2	70	64
• โรงเรียนเทพศิรินทร์	2	100	99
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 (สพม.2)			
• โรงเรียนสตรีศรีสุริโยทัย	3	115	103
• โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี	2	96	86
รวม	14	627	549

หมายเหตุ * นักเรียนที่ได้ทำแบบวัดครบทั้ง 3 ฉบับ และไม่ได้ส่งแบบวัดในลักษณะที่เป็นกระดาษเปล่าในชุดใดชุดหนึ่ง

กลุ่มทดลองใช้ (Try Out group)

นักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองใช้เครื่องมือวิจัยในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 2 โรงเรียน ได้แก่ นักเรียนโรงเรียนสามเสนวิทยาลัยจำนวน 194 คน และนักเรียนโรงเรียนวัดนวลนรดิศจำนวน 181 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบที่ใช้ในการวิจัยในด้านความยาก อำนาจจำแนก ตามแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory: CTT) ก่อนจะคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ไปใช้ในแบบวัดฉบับจริง

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยในโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE และโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCU ประกอบไปด้วยตัวแปรแฝงด้านสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ทั้งหมด 3 ตัว คือ การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ (FORMUL) การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ (EMPLOY) การตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ (INTERP) โดยตัวแปรแฝงทั้งหมดวัดจากตัวแปรสังเกตได้ 27 ตัวแปร มีรายละเอียดดังนี้

1) การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ เป็นตัวแปรแฝงที่วัดมาจากคำถาม 3 สถานการณ์ ได้แก่ 1. สถานการณ์น้ำพันซ์ (PU) 2. สถานการณ์ชิงช้าสวรรค์ (WH) และ 3. สถานการณ์อัตรา

การแลกเปลี่ยน (CH) ซึ่งแต่ละสถานการณ์จะมีให้ตอบทั้ง 3 รูปแบบ จึงทำให้ตัวแปรแฝงนี้วัดจากตัวแปรสังเกตได้ 9 ตัวแปร

2) การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ เป็นตัวแปรแฝงที่วัดจากคำถาม 3 สถานการณ์ ได้แก่ 1. สถานการณ์พัฒนาการ (PR) 2. สถานการณ์ร้านกาแฟ (CO) และ 3. สถานการณ์การขายหนังสือพิมพ์ (NE) ซึ่งแต่ละสถานการณ์จะมีใช้รูปแบบการตอบทั้ง 3 รูปแบบ จึงทำให้ตัวแปรแฝงนี้วัดจากตัวแปรสังเกตได้ 9 ตัวแปร

3) การตีความและประเมิน ผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ เป็นตัวแปรแฝงที่วัดจากคำถาม 3 สถานการณ์ ได้แก่ 1. สถานการณ์เลเซอร์วีบีม (LA) 2. สถานการณ์นักร้องหญิงยอดนิยม (SI) และ 3. สถานการณ์สังคมออนไลน์ (SO) ซึ่งแต่ละสถานการณ์จะมีใช้รูปแบบการตอบทั้ง 3 รูปแบบ จึงทำให้ตัวแปรแฝงนี้วัดจากตัวแปรสังเกตได้ 9 ตัวแปร

ส่วนตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยในโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCM มีตัวแปรที่ใช้วัดเหมือนกับตัวแปรที่กล่าวไปแล้วข้างต้น แต่จะเพิ่มตัวแปรแฝงที่วิธีการวัดเข้ามาอีก 3 ตัวแปร กล่าวคือ มีตัวแปรแฝงทั้งหมด 6 ตัว โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่เป็นสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่มุ่งศึกษา ซึ่งมี 3 ตัวแปร ได้แก่ การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ การตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ และ 2) กลุ่มที่เป็นวิธีการวัด ซึ่งมี 3 ตัวแปร ได้แก่ แบบแสดงวิธีทำ (ES) แบบตอบสั้น (SA) และแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก (MC) โดยตัวแปรแฝงทั้งหมดวัดจากตัวแปรสังเกตได้ 27 ตัวแปรตามรายละเอียดที่กล่าวไปก่อนหน้านี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้เครื่องมือวิจัยซึ่งเป็นแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA จำนวน 3 ฉบับ (ดังภาคผนวก ก) ในการเก็บรวบรวมข้อมูลนักเรียนแต่ละคนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA ฉบับที่ 1 ประกอบด้วยข้อสอบที่คำถามเป็นสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ในโลกของชีวิตจริงจำนวน 9 ข้อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแผนผังข้อสอบ (test blueprint) ดังตารางที่ 3.2 และข้อสอบแต่ละข้อจะถูกสร้างตามลักษณะเฉพาะของข้อสอบตามแนวทาง PISA ที่กำหนดให้ระบุสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่มุ่งวัด เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ บริบทที่ใช้ และเจตนาของคำถาม โดยสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่มุ่งวัดทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ การตีความและการประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแต่ละสมรรถนะวัดด้วยข้อสอบอย่างละ 3 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ปริมาณ ปริภูมิและรูปทรง การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ ความไม่แน่นอนและข้อมูล รวมถึงครอบคลุมบริบททั้ง 4 ด้าน ได้แก่ บริบทส่วนตัว บริบททางสังคม บริบทของการงานอาชีพ และ

บริบทในแวดวงวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ในแบบวัดจะได้ผสมรูปแบบของข้อสอบทั้งแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก แบบตอบสั้น และแบบแสดงวิธีทำอย่างละ 3 ข้อ แสดงดังตารางที่ 3.3 โดยมีการให้คะแนนแบบ 0, 1 ในการตอบข้อสอบทั้ง 3 รูปแบบ ดังนี้ ถ้าคำตอบถูกจะได้คะแนนเต็มคือ 1 คะแนน แต่หากตอบผิดหรือไม่ตอบจะได้ 0 คะแนนสำหรับข้อสอบแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก และแบบตอบสั้น ส่วนแบบแสดงวิธีทำกำหนดว่าหากทั้งคำตอบถูกและเขียนแสดงวิธีทำได้ถูกต้องชัดเจนตามหลักคณิตศาสตร์และทำให้ผู้วิจัยซึ่งเป็นผู้ตรวจให้คะแนนเพียงคนเดียวอ่านได้เข้าใจจะได้คะแนนเต็มคือ 1 คะแนน แต่หากตอบผิดหรือแสดงวิธีทำไม่ถูกต้องชัดเจนอย่างใดอย่างหนึ่ง รวมถึงไม่ตอบข้อสอบข้อนั้นจะได้ 0 คะแนน

แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA ฉบับที่ 2 และแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA ฉบับที่ 3 มีลักษณะเหมือนกับแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 แต่มีการเปลี่ยนรูปแบบของข้อสอบแต่ละข้อไม่ให้เหมือนกันเลยในทั้ง 3 ฉบับ เช่น ข้อสอบข้อหนึ่งที่วัดสมรรถนะด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้เนื้อหาเรื่องปริมาณ เมื่อนำคำถามมาอยู่ในแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 จะกำหนดรูปแบบข้อสอบให้เป็นแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก แต่เมื่อนำคำถามเดิมมาอยู่ในแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2 จะกำหนดรูปแบบข้อสอบให้เป็นแบบตอบสั้น และเมื่อนำคำถามเดิมนี้มาอยู่ในแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 3 จะกำหนดรูปแบบข้อสอบให้เป็นแบบแสดงวิธีทำ แสดงดังตารางที่ 3.3 แต่อย่างไรก็ตามแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA ทั้ง 3 ฉบับ จะมีการสลับตำแหน่งของข้อสอบทั้ง 9 ข้อใหม่ รวมถึงมีการเปลี่ยนตัวเลขหรือข้อความเพียงเล็กน้อยในบางสถานการณ์เพื่อป้องกันการจำข้อสอบได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.2 แผนผังข้อสอบ (test blueprint) ที่ใช้ในการสร้างข้อสอบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

แผนผังข้อสอบ		สมรรถนะทางคณิตศาสตร์			
		การคิดในเชิงคณิตศาสตร์	การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์	การตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	**รวม**
เนื้อหาทางคณิตศาสตร์	ปริมาณ	1	1	1	3 ข้อ
	ปริภูมิและรูปทรง	1	1	-	2 ข้อ
	ความไม่แน่นอนและข้อมูล	-	-	2	2 ข้อ
	การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์	1	1	-	2 ข้อ
	รวม	3 ข้อ	3 ข้อ	3 ข้อ	9 ข้อ

หมายเหตุ สังเคราะห์จากแนวตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์ PISA 2012 (สสวท., 2557b)

ตารางที่ 3.3 โครงสร้างของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA ในแต่ละฉบับ

ข้อสอบข้อที่	สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่มุ่งวัด	เนื้อหาทางคณิตศาสตร์	รูปแบบข้อสอบ		
			ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 2	ฉบับที่ 3
1	การคิดในเชิงคณิตศาสตร์	การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์	MC	SA	ES
2	การคิดในเชิงคณิตศาสตร์	ปริมาณ	ES	MC	SA
3	การคิดในเชิงคณิตศาสตร์	ความไม่แน่นอนและข้อมูล	SA	ES	MC
4	การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์	การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์	MC	SA	ES
5	การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์	ปริมาณ	ES	MC	SA
6	การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์	ปริภูมิและรูปทรง	SA	ES	MC
7	การตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์	MC	SA	ES
8	การตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	ปริภูมิและรูปทรง	ES	MC	SA
9	การตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	ความไม่แน่นอนและข้อมูล	SA	ES	MC

หมายเหตุ MC คือ ข้อสอบแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก, SA คือ ข้อสอบแบบตอบสั้น และ ES คือข้อสอบแบบแสดงวิธีทำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

ผู้วิจัยมีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของ PISA ซึ่งครอบคลุมกรอบการประเมินการเรียนรู้เรื่องคณิตศาสตร์ สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ (item specification) และแนวตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์ โดยยึดตามกรอบ PISA 2012 ซึ่งให้น้ำหนักความสำคัญกับการประเมินคณิตศาสตร์เป็นหลัก เพื่อกำหนดความหมายของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ และใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

2. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสร้างแบบวัดในการวิจัยครั้งนี้ คือ พัฒนาแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบที่ใช้จริงใน PISA

3. กำหนดแผนผังข้อสอบ (test blueprint) ที่ใช้ในการสร้างข้อสอบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยเป็นลักษณะตาราง 2 ทางระหว่างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่มุ่งวัดกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และพิจารณาจำนวนข้อสอบกับเวลาที่ใช้ ซึ่งพบว่าข้อสอบคณิตศาสตร์ PISA จำนวน 35-36 คำถามที่ใช้สอบจริง จะให้เวลาในการสอบ 2 ชั่วโมง แต่ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดเวลาในการสอบ 30 นาที เพราะเวลาเรียนปกติของนักเรียนไทยต่อ 1 คาบ ประมาณ 40 นาที ดังนั้นเมื่อเทียบสัดส่วนจึงได้ว่าในแบบวัด 1 ฉบับที่ใช้ในการวิจัย ต้องมีคำถามอยู่จำนวน 9 ข้อ ทั้งนี้จากแนวตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์ PISA 2012 (สสวท., 2557b) จึงทำให้ผู้วิจัยกำหนดจำนวนข้อสอบในแผนผังข้อสอบได้ โดยพิจารณาจากช่องทั้ง 12 ช่อง ที่เป็นผลคูณไขว้ (cross) ระหว่างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่มุ่งวัดกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ว่าช่องใดมีจำนวนตัวอย่างของข้อสอบในช่องนั้นน้อยที่สุดจะตัดไม่นำมาออกข้อสอบ เพื่อให้ได้ข้อสอบจำนวน 9 ข้อที่วัดในทุกสมรรถนะทางคณิตศาสตร์อย่างละ 3 ข้อ และครอบคลุมเนื้อหาทั้ง 4 ด้าน ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 จำนวนข้อสอบในตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์ PISA 2012

จำนวนข้อสอบในตัวอย่าง PISA 2012		**สมรรถนะทางคณิตศาสตร์**			
		การคิดในเชิงคณิตศาสตร์	การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์	การตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	**รวม**
เนื้อหาทางคณิตศาสตร์	ปริมาณ	**5**	**7**	3	15
	ปริภูมิและรูปทรง	3	**9**	**2***	14
	ความไม่แน่นอนและข้อมูล	**1***	1*	**7**	9
	การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์	**5**	**7**	**1***	13
	รวม	14	24	13	51

หมายเหตุ ผู้วิจัยไม่ได้นับข้อสอบที่เป็นเลือกตอบแบบเชิงซ้อน ซึ่งไม่ได้เป็นรูปแบบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

*ช่องที่ผู้วิจัยตัดออกไม่นำมากำหนดจำนวนในแผนผังข้อสอบ (test blueprint) เนื่องจากมีจำนวนข้อสอบที่วัดในช่องนั้นอยู่น้อยมาก

4. เขียนข้อสอบตามแผนผังข้อสอบ ดังตารางที่ 3.2 และลักษณะเฉพาะของข้อสอบตามแนวทางที่ PISA ได้กำหนดไว้ ดังภาพที่ 3.1 (ซ้าย) รวมถึงยึดหลักของการสร้างข้อสอบ โดยคำนึงถึงคำถามและตัวเลือกให้สอดคล้องตามหลักการสร้างข้อสอบ กล่าวคือ เขียนข้อคำถามให้มีความชัดเจนไม่กำกวม ถามเพียงคำถามเดียว ไม่ใช้คำถามปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ รวมถึงตัวเลือกมีเพียงคำตอบเดียวและตัวลวงได้มาจากแนวคิดหรือการคำนวณที่ผิดพลาด นอกจากนี้ในการสร้างข้อสอบได้ยึดหลักการสร้างข้อสอบเผื่อไว้ 25% ของข้อสอบที่ต้องสร้าง (โชติกา ภาษีผล, 2554; ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) แต่เนื่องจากข้อสอบที่เป็นสถานการณ์ปัญหาในแบบวัดฉบับจริงนั้นมีจำนวน 9 ข้อ แล้วใช้คำถาม

เหล่านี้ทำให้มีรูปแบบการตอบข้อสอบทั้ง 3 แบบตามที่ผู้วิจัยสนใจศึกษา จึงทำให้ได้ข้อสอบที่ต้องใช้วัดกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 27 ข้อ โดยกระจายในแบบวัดทั้ง 3 ฉบับ อย่างไรก็ตามหากผู้วิจัยร่างข้อสอบเผื่อเพียง 25% ของข้อสอบที่ต้องสร้างขึ้น จะทำให้ผู้วิจัยต้องร่างข้อสอบประมาณ 12 ข้อ ซึ่งเพิ่มมาอีกเพียง 3 ข้อจากข้อสอบที่ต้องนำไปใช้จริง ฉะนั้นผู้วิจัยจึงสร้างข้อสอบเผื่อไว้ 100% ของข้อสอบที่ต้องสร้าง นั่นคือผู้วิจัยต้องร่างข้อสอบทั้งหมด 18 ข้อ โดยตัวอย่างข้อสอบแสดงดังภาพที่ 3.1 (ขวา)

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบตามแนวทาง PISA

1) สมรรถนะหรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์
- คิดในเชิงคณิตศาสตร์
- ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์
- ตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์

2) เนื้อหาทางคณิตศาสตร์
- ปริมาณ
- ปริภูมิและรูปทรง
- การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์
- ความไม่แน่นอนและข้อมูล

3) บริบทที่ใช้
- บริบทส่วนตัว
- บริบททางสังคม
- บริบทของการงานอาชีพ
- บริบทในแวดวงวิทยาศาสตร์

4) เจตนาของคำถาม*: ระบุสิ่งที่ต้องการจะถามให้ชัดเจน เพื่อให้ผู้ออกข้อสอบ ผู้ตรวจให้คะแนน และผู้สอบเข้าใจตรงกัน

5) รูปแบบข้อสอบ*
- เลือกตอบ 4-5 ตัวเลือก
- เลือกตอบเชิงซ้อน
- สร้างคำตอบแบบปิด (ตอบสั้น)
- สร้างคำตอบแบบอิสระ (อธิบาย แสดงวิธีทำ)

หมายเหตุ *ในการวิจัยนี้ไม่ระบุเจตนาของคำถาม เนื่องจากไม่ใช่ข้อสอบที่ใช้นานาชาติ ซึ่งไม่ต้องมีการแปลให้เข้าใจตรงกัน รวมถึงไม่ระบุรูปแบบข้อสอบ เนื่องจากผู้วิจัยใช้รูปแบบข้อสอบทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ เลือกตอบ 5 ตัวเลือก ตอบสั้น และแสดงวิธีทำ ในคำถามข้อเดียวกัน

ตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยร่างขึ้น

เบอร์รองเท้า

พนักงานขายรองเท้ากีฬายี่ห้อ FIFA ได้จดบันทึกรองเท้ากีฬาที่ขายได้ในวันนี้จำนวน 40 คู่ แต่เมื่อพิจารณาดูพบว่าเป็นรองเท้ากีฬารุ่น NEW FIFA 2016 ซึ่งเป็นรุ่นที่เพิ่งออกใหม่ จำนวน 10 คู่ โดยผลการบันทึกแสดงดังตารางนี้

ที่	รายการ	เบอร์รองเท้า	ราคาขาย
1	NEW FIFA 2016	38	2,500
2	NEW FIFA 2016	41	2,500
3	NEW FIFA 2016	45	2,500
4	NEW FIFA 2016	39	2,500
5	NEW FIFA 2016	42	2,500
6	NEW FIFA 2016	42	2,500
7	NEW FIFA 2016	38	2,500
8	NEW FIFA 2016	40	2,500
9	NEW FIFA 2016	37	2,500
10	NEW FIFA 2016	38	2,500

หากผู้จัดการแวะมาที่ร้าน และได้ถามพนักงานขายคนนี้เกี่ยวกับการขายรองเท้ากีฬารุ่น NEW FIFA 2016 แล้วพนักงานคนนี้ ควรรายงานค่ากลางของเบอร์รองเท้ากีฬารุ่น NEW FIFA 2016 ด้วยรองเท้าเบอร์ใดจึงจะเหมาะสมที่สุด (ตอบ รองเท้าเบอร์ 38)

ลักษณะเฉพาะของข้อสอบข้อนี้

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์: การตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์
เนื้อหาทางคณิตศาสตร์: ความไม่แน่นอนและข้อมูล
บริบทที่ใช้: การงานอาชีพ
เจตนาของข้อคำถาม: การเลือกใช้ค่ากลาง (ค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน หรือฐานนิยม) ได้อย่างเหมาะสม

ภาพที่ 3.1 ลักษณะเฉพาะของข้อสอบตามแนวทาง PISA (ซ้าย) และตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์ (ขวา)

5. ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์จำนวน 4 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผลจำนวน 1 ท่าน (ดังภาคผนวก ข) เป็นผู้ตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะ จากนั้นนำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาหาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดมุ่งหมายของการวัด (item objective congruence: IOC) โดยใช้สูตรดังนี้

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

เมื่อ IOC คือ ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดมุ่งหมายของการวัด

$\sum R$ คือ ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

สำหรับการตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาในการวิจัยนี้ คือ ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องของข้อสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับลักษณะเฉพาะของข้อสอบที่กำหนดไว้ 3 ส่วน คือ สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และบริบทที่ใช้ ตลอดจนคำแนะนำเรื่องการใช้ภาษา และข้อเสนอแนะอื่นๆ แล้วจึงคัดเลือกข้อคำถามไปใช้ในแบบวัดฉบับจริง โดยใช้เกณฑ์คัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) ซึ่งผลการตรวจสอบ IOC ของผู้ประเมินทั้ง 5 ท่าน พบว่าข้อสอบที่ร่างไว้ทั้งหมด 18 ข้อ มีค่า IOC เกิน 0.5 ทุกข้อ โดยมี 13 ข้อที่มีค่า IOC เท่ากับ 1 ซึ่งแสดงว่าผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านเห็นว่าข้อสอบส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกับลักษณะเฉพาะที่กำหนดไว้ (รายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ค)

6. คัดเลือกและปรับปรุงข้อสอบตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และจัดทำแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับทดลองใช้จำนวน 6 ฉบับ โดยแต่ละฉบับจะระบุคำชี้แจงและบรรจุข้อสอบจำนวน 9 ข้อที่คละมาจากข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ IOC ทั้ง 18 ข้อ รวมถึงคละรูปแบบการตอบให้แตกต่างกัน โดยที่แต่ละฉบับจะมีรูปแบบข้อสอบครบทั้ง 3 แบบ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 สถานการณ์คำถามและรูปแบบการตอบที่ใช้ในฉบับทดลองใช้แต่ละฉบับ

ข้อที่	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 2	ฉบับที่ 3	ฉบับที่ 4	ฉบับที่ 5	ฉบับที่ 6
1	น้ำพันช์ แสดงวิธีทำ	ห้องอาหารนูเอเว่ แสดงวิธีทำ	การขายหนังสือพิมพ์ แสดงวิธีทำ	สารตกค้างในผัก แสดงวิธีทำ	พัฒนาการ แสดงวิธีทำ	กวางหางขาว แสดงวิธีทำ
2	การสำรวจหุบเหว แสดงวิธีทำ	ส่วนสูง แสดงวิธีทำ	เลเซอร์วีบีม แสดงวิธีทำ	ร้านกาแฟ แสดงวิธีทำ	ชิงช้าสวรรค์ แสดงวิธีทำ	สังคมออนไลน์ แสดงวิธีทำ
3	นักร้องหญิงยอดนิยม แสดงวิธีทำ	อัตราการแลกเปลี่ยน แสดงวิธีทำ	ลูกเต๋า แสดงวิธีทำ	ดอยช้าง แสดงวิธีทำ	เบอร์รองเท้า แสดงวิธีทำ	สถาบันกวดวิชา แสดงวิธีทำ

ข้อที่	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 2	ฉบับที่ 3	ฉบับที่ 4	ฉบับที่ 5	ฉบับที่ 6
4	การขายหนังสือพิมพ์ ตอบสั้น	น้ำพันซ์ ตอบสั้น	ห้องอาหารนูเอเว่ ตอบสั้น	กวางหางขาว ตอบสั้น	สารตกค้างในผัก ตอบสั้น	พัฒนาการ ตอบสั้น
5	เลเซอร์วีบีม ตอบสั้น	การสำรวจหุบเหว ตอบสั้น	ส่วนสูง ตอบสั้น	สังคมออนไลน์ ตอบสั้น	ร้านกาแฟ ตอบสั้น	ชิงช้าสวรรค์ ตอบสั้น
6	ลูกเต๋า ตอบสั้น	นักร้องหญิงยอดนิยม ตอบสั้น	อัตราการแลกเปลี่ยน ตอบสั้น	สถาบันกวดวิชา ตอบสั้น	ดอยช้าง ตอบสั้น	เบอร์รองเท้า ตอบสั้น
7	ห้องอาหารนูเอเว่ 5 ตัวเลือก	การขายหนังสือพิมพ์ 5 ตัวเลือก	น้ำพันซ์ 5 ตัวเลือก	พัฒนาการ 5 ตัวเลือก	กวางหางขาว 5 ตัวเลือก	สารตกค้างในผัก 5 ตัวเลือก
8	ส่วนสูง 5 ตัวเลือก	เลเซอร์วีบีม 5 ตัวเลือก	การสำรวจหุบเหว 5 ตัวเลือก	ชิงช้าสวรรค์ 5 ตัวเลือก	สังคมออนไลน์ 5 ตัวเลือก	ร้านกาแฟ 5 ตัวเลือก
9	อัตราการแลกเปลี่ยน 5 ตัวเลือก	ลูกเต๋า 5 ตัวเลือก	นักร้องหญิงยอดนิยม 5 ตัวเลือก	เบอร์รองเท้า 5 ตัวเลือก	สถาบันกวดวิชา 5 ตัวเลือก	ดอยช้าง 5 ตัวเลือก

หมายเหตุ บรรทัดบนของแต่ละช่อง คือ ชื่อสถานการณ์คำถาม /บรรทัดล่างของแต่ละช่อง คือ รูปแบบข้อสอบ

จากนั้นนำไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนใน 2 โรงเรียน ได้แก่ นักเรียนโรงเรียนสามเสนวิทยาลัยจำนวน 194 คน และนักเรียนโรงเรียนวัดนวลนรดิศจำนวน 181 คน โดยนักเรียนแต่ละคนจะได้รับการสุ่มให้ทำแบบวัดฉบับทดลองใช้เพียงหนึ่งฉบับ เพื่อนำผลการตอบมาวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบรายข้อด้วยทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory: CTT) เนื่องจากกลุ่มทดลองใช้มีขนาดเล็ก ทั้งนี้ผู้วิจัยจะพิจารณาความยาก และอำนาจจำแนก ตามแนวการวัดและประเมินผลแบบอิงกลุ่ม เนื่องจากใช้ผลการตอบของกลุ่มทดลองใช้มาคำนวณหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก เพื่อใช้คัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ไปใช้ในแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับจริง โดยสูตรการคำนวณค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกมีดังนี้ (โชติกา ภาษีผล, 2554)

$$\mathrm{P} = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P คือ ค่าความยาก

R คือ จำนวนผู้ตอบถูกทั้งหมด

N คือ จำนวนผู้สอบทั้งหมด

$$r = P_H - P_L$$

เมื่อ r คือ ค่าอำนาจจำแนก

P_H คือ สัดส่วนของผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L คือ สัดส่วนของผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

7. คัดเลือกข้อสอบเข้าสู่แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับจริง โดยการคำนวณค่าความยากนั้นผู้วิจัยใช้โปรแกรม SPSS for Windows ในการหาจำนวนผู้ตอบข้อสอบถูกในแต่ละข้อ แล้วนำข้อมูลไปใส่ในโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อคำนวณค่าความยากทั้งแบบจำแนกตามวิธีการวัด 3 รูปแบบ และแบบรวมทั้งสถานการณ์ ส่วนการคำนวณค่าอำนาจจำแนกนั้นผู้วิจัยใช้การกำหนดกลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ โดยพิจารณาจากคะแนนรวมของนักเรียนกลุ่มทดลองใช้ ซึ่งเป็นจำนวนเต็มที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 9 โดยนักเรียนที่ได้คะแนนตั้งแต่ 5 ถึง 9 จะอยู่ในกลุ่มสูง นักเรียนที่ได้คะแนน 3 หรือ 4 จะอยู่ในกลุ่มปานกลาง และนักเรียนที่ได้คะแนนไม่เกิน 2 จะอยู่ในกลุ่มต่ำ ทั้งนี้การกำหนดจุดตัดในการแบ่งกลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ ผู้วิจัยพิจารณาจากสัดส่วนของคะแนนซึ่งมีลักษณะการแจกแจงไม่เป็นปกติ จึงใช้เทคนิคคัดกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ กลุ่มละประมาณ 33% จึงจะทำให้ได้ค่าใกล้เคียงกับที่ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด (Cureton, 1957 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) โดยคำนวณค่าอำนาจจำแนกด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งให้รายละเอียดดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบที่สร้างขึ้น

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่วัด	ชื่อสถานการณ์	ค่าความยาก				ค่าอำนาจจำแนก	ข้อที่คัดเลือก**
		5 ตัวเลือก	ตอบสั้น	แสดงวิธีทำ	รวม*		
การคิดในเชิงคณิตศาสตร์	น้ำพันซ์	.466	.208	.300	.316	.616	✓
	กวางหางขาว	.246	.267	.286	.265	.536	
	ชิงช้าสวรรค์	.667	.500	.261	.465	.607	✓
	ลูกเต๋า	.417	.317	.293	.347	.498	
	ดอยช้าง	.423	.348	.167	.314	.524	
	อัตราการแลกเปลี่ยน	.517	.414	.375	.432	.728	✓
การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์	ห้องอาหารนูเอเว่	.217	.069	.181	.158	.312	
	พัฒนาการ	.450	.393	.319	.384	.688	✓
	ร้านกาแฟ	.375	.203	.150	.238	.663	✓
	การสำรวจหุบเหว	.293	.014	.033	.105	.156	
	สถาบันกวดวิชา	.130	.350	.250	.238	.605	
	การขายหนังสือพิมพ์	.431	.300	.207	.321	.572	✓

สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่วัด	ชื่อสถานการณ์	ค่าความยาก				ค่าอำนาจจำแนก	ข้อที่คัดเลือก**
		5 ตัวเลือก	ตอบสั้น	แสดงวิธีทำ	รวม*		
การตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์	เลเซอร์วีบีม	.556	.383	.328	.432	.749	✓
	สารตกค้างในผัก	.482	.391	.217	.362	.698	
	นักร้องหญิงยอดนิยม	.621	.819	.367	.616	.444	✓
	ส่วนสูง	.367	.172	.153	.226	.363	
	สังคมออนไลน์	.464	.267	.393	.378	.629	✓
	เบอร์รองเท้า	.300	.500	.159	.308	.432	

หมายเหตุ * ค่าความยากที่ใช้เทียบกับเกณฑ์ในการคัดเลือกข้อคำถาม, ** ข้อที่คัดเลือกนั้นผู้วิจัยคำนึงถึงค่าความยากและอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านละ 3 ข้อ รวมถึงครอบคลุมเนื้อหาโดยคู่สถานการณ์ติดกันที่คั่นด้วยเส้นประคือสถานการณ์ที่ใช้เนื้อหาทางคณิตศาสตร์เดียวกัน

จากตารางที่ 3.6 พบว่า ค่าความยากโดยส่วนใหญ่ของแต่ละรูปแบบข้อสอบค่อนข้างมีค่าที่แตกต่างกัน แต่การวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบในส่วนนี้เป็นเพียงการคัดเลือกข้อสอบไปใช้ในแบบวัดฉบับจริง ฉะนั้นผู้วิจัยจึงใช้ค่าความยากแบบรวม ซึ่งคำนวณมาจากการให้คะแนนในทุกรูปแบบข้อสอบที่ให้เป็นแบบ 0-1 เหมือนกัน ซึ่งพบว่าข้อสอบที่ร่างทั้ง 18 ข้อ มีค่าความยากตั้งแต่ .105 ถึง .606 โดยมีข้อสอบที่ยากมาก ($P < .20$) จำนวน 2 ข้อ ได้แก่ สถานการณ์ห้องอาหารนูเอเว่ และสถานการณ์การสำรวจหุบเหว ซึ่งเป็นข้อสอบที่ควรตัดทิ้ง ข้อสอบที่ค่อนข้างยาก ($.20 \leq P \leq .39$) มีอยู่ 12 ข้อ ข้อสอบที่ยากปานกลาง ($.40 \leq P \leq .59$) มีอยู่ 3 ข้อ และข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย ($.60 \leq P \leq .80$) มีอยู่ 1 ข้อ คือ สถานการณ์นักร้องหญิงยอดนิยม นั่นคือข้อสอบที่สร้างส่วนใหญ่อยู่ในระดับค่อนข้างยาก ทั้งนี้ข้อสอบที่มีค่าความยากควรมีค่าตั้งแต่ .20 ถึง .80 เป็นข้อสอบที่นำไปใช้ได้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) เมื่อพิจารณาค่าอำนาจจำแนก พบว่า ข้อสอบทั้ง 18 ข้อมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .156 ถึง .749 ซึ่งข้อสอบทั้ง 17 ข้อ ยกเว้นสถานการณ์หุบเหวนั้นมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ซึ่งถือว่าเป็นข้อสอบที่นำไปใช้ได้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) เมื่อคัดเลือกข้อคำถามในแต่ละสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านละ 3 ข้อ โดยการพิจารณาค่าอำนาจจำแนกที่สูงกว่าของคู่สถานการณ์ที่ติดกัน (คั่นด้วยเส้นประ) ซึ่งเป็นร่างข้อสอบที่ใช้เนื้อหาทาคณิตศาสตร์เดียวกัน จึงทำให้ได้สถานการณ์ที่วัดในด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ ได้แก่ น้ำพันช์ ชิงช้าสวรรค์ และอัตราการแลกเปลี่ยน สถานการณ์ที่วัดในด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ พัฒนาการ ร้านกาแฟ และการขายหนังสือพิมพ์ สถานการณ์ที่วัดในด้านการตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ เลเซอร์วีบีม นักร้องหญิงยอดนิยม และสังคมออนไลน์

8) สร้างแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับจริง โดยบรรจุข้อสอบ 9 ข้อตามสถานการณ์ที่คัดเลือกไว้ ทั้งนี้คำถามแต่ละข้อจากสถานการณ์ 9 ข้อ ต้องทำให้มีรูปแบบการตอบ 3 รูปแบบ ได้แก่ แสดงวิธีทำ ตอบสั้น และเลือกตอบ 5 ตัวเลือก ผู้วิจัยจึงสร้างเป็นแบบวัดสมรรถนะทาง

คณิตศาสตร์ 3 ฉบับที่มีสถานการณ์คำถามทั้ง 9 ข้อเหมือนกัน แต่สลับรูปแบบการตอบข้อสอบให้ครอบคลุมทุกรูปแบบ ดังตารางที่ 3.7 รวมถึงได้มีการปรับตัวลวงในการตอบแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จากผลการตอบสั้นและแสดงวิธีทำที่ได้จากนักเรียนในกลุ่มทดลองใช้

ตารางที่ 3.7 โครงสร้างของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับจริง

ข้อที่	แบบวัดฉบับที่ 1*		แบบวัดฉบับที่ 2*		แบบวัดฉบับที่ 3*	
	ชื่อสถานการณ์	รูปแบบการตอบ	ชื่อสถานการณ์	รูปแบบการตอบ	ชื่อสถานการณ์	รูปแบบการตอบ
1	น้ำพันซ์	ES	น้ำพันซ์*	SA	น้ำพันซ์	MC
2	ร้านกาแฟ	ES	ร้านกาแฟ	SA	ร้านกาแฟ	MC
3	นักร้องหญิงยอดนิยม	ES	นักร้องหญิงยอดนิยม	SA	นักร้องหญิงยอดนิยม*	MC
4	การขายหนังสือพิมพ์	SA	การขายหนังสือพิมพ์*	MC	การขายหนังสือพิมพ์	ES
5	เลเซอร์วีบีม	SA	เลเซอร์วีบีม*	MC	เลเซอร์วีบีม	ES
6	ชิงช้าสวรรค์	SA	ชิงช้าสวรรค์	MC	ชิงช้าสวรรค์*	ES
7	สังคมออนไลน์	MC	สังคมออนไลน์	ES	สังคมออนไลน์*	SA
8	พัฒนาการ	MC	พัฒนาการ*	ES	พัฒนาการ	SA
9	อัตราการแลกเปลี่ยน	MC	อัตราการแลกเปลี่ยน	ES	อัตราการแลกเปลี่ยน*	SA

หมายเหตุ ES คือข้อสอบแบบแสดงวิธีทำ, SA คือ ข้อสอบแบบตอบสั้น และ MC คือ ข้อสอบแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก, *สถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนตัวเลขหรือข้อมูลเล็กน้อยจากสถานการณ์ที่เป็นต้นฉบับ เพื่อป้องกันการจำคำตอบของนักเรียนที่เกิดการวัดครั้งก่อนหน้าได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัยครั้งนี้จากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเสนอไปยังผู้อำนวยการโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อขอความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. ผู้วิจัยติดต่อประสานงานกับทางโรงเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยดำเนินเรื่องตามระเบียบราชการ ตั้งแต่ประสานงานกับหน่วยงานที่รับเรื่องขอเข้าไปเก็บข้อมูลวิจัย จนผู้วิจัยสามารถประสานงานกับครูคณิตศาสตร์ที่สอนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้ซึ่งให้คาบทำวิจัยครั้งนี้ โดยผู้วิจัยกับครูผู้ให้คาบทำวิจัยนัดแนะวันและเวลาในการเข้าไปเก็บข้อมูลวิจัยกับนักเรียน รวมถึงผู้วิจัยได้ชี้แจงรายละเอียดในการเก็บข้อมูลวิจัย และนำตัวอย่างแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เป็นเครื่องมือวิจัยให้ครูได้ดู ทั้งนี้ผู้วิจัยต้องเก็บข้อมูลจากนักเรียนแต่ละคนด้วยแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับ แต่เนื่องจากคำถามในแบบวัดแต่ละฉบับนั้นเหมือนกัน แต่ต่างกันที่รูปแบบการตอบ ทำให้ผู้วิจัยต้องเข้าไปเก็บข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในแต่ละโรงเรียนจำนวน 3 ครั้ง โดยทิ้งระยะเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง เพื่อลดการจำข้อสอบและ

คำตอบของนักเรียน รวมถึงผู้วิจัยได้คำนึงถึงลำดับของการใช้แบบวัดทั้ง 3 ฉบับ โดยสามารถจัดเรียงลำดับของการใช้แบบวัดก่อน-หลังได้ 6 แบบ ซึ่งเท่ากับจำนวนโรงเรียนที่สุ่มมาเป็นกลุ่มตัวอย่าง ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ลำดับการใช้แบบวัดสรรถนะทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง

โรงเรียน	เก็บข้อมูลครั้งที่ 1	เก็บข้อมูลครั้งที่ 2	เก็บข้อมูลครั้งที่ 3
สวนกุหลาบวิทยาลัย	แบบวัดฉบับที่ 1	แบบวัดฉบับที่ 2	แบบวัดฉบับที่ 3
อุบลรัตน์ราชกัญญาราชวิทยาลัย กทม.	แบบวัดฉบับที่ 1	แบบวัดฉบับที่ 3	แบบวัดฉบับที่ 2
สายปัญญา ในพระบรมราชินูปถัมภ์	แบบวัดฉบับที่ 2	แบบวัดฉบับที่ 1	แบบวัดฉบับที่ 3
เทพศิรินทร์	แบบวัดฉบับที่ 2	แบบวัดฉบับที่ 3	แบบวัดฉบับที่ 1
สตรีศรีสุริโยทัย	แบบวัดฉบับที่ 3	แบบวัดฉบับที่ 1	แบบวัดฉบับที่ 2
สุรศักดิ์มนตรี	แบบวัดฉบับที่ 3	แบบวัดฉบับที่ 2	แบบวัดฉบับที่ 1

3. ผู้วิจัยได้ติดต่อประสานงานกับครู โดยมี 3 โรงเรียนดังต่อไปนี้ โรงเรียนอุบลรัตน์ราชกัญญาราชวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร โรงเรียนสตรีศรีสุริโยทัย และโรงเรียนเทพศิรินทร์ ได้มีครูผู้สอนของโรงเรียนนั้นเป็นผู้เก็บข้อมูลนักเรียนให้ผู้วิจัย โดยผู้วิจัยส่งชุดแบบวัดทีละฉบับให้ครูผู้ประสานงาน ซึ่งผู้วิจัยได้นำไปฝากไว้ในทุกวันจันทร์ใน 3 สัปดาห์ของเดือนกุมภาพันธ์ ได้แก่ วันที่ 8, 15 และ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 รวมถึงผู้วิจัยได้กำชับให้ครูต้องจัดห้องสอบให้นักเรียนนั่งแยกกัน ดำเนินการคุมสอบอย่างเคร่งครัด และขอให้ครูช่วยพูดเพื่อขอความร่วมมือให้นักเรียนตั้งใจทำข้อสอบในแบบวัด ส่วนอีก 3 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย โรงเรียนสายปัญญา ในพระบรมราชินูปถัมภ์ และโรงเรียนสุรศักดิ์มนตรีนั้น ผู้วิจัยเดินทางไปเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองตามวัน-เวลาที่ได้นัดกับครูผู้ประสานงานของแต่ละโรงเรียน โดยเก็บข้อมูลครั้งที่ 1 ในช่วงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึง 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 เก็บข้อมูลครั้งที่ 2 ในช่วงวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึง 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 และเก็บข้อมูลครั้งที่ 3 ในช่วงวันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ถึง 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ซึ่งจะเห็นว่าการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งทิ้งช่วงห่างประมาณ 1 สัปดาห์ ทั้งนี้ในการเก็บข้อมูลเอง ผู้วิจัยเป็นผู้ชี้แจงให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเข้าใจถึงจุดมุ่งหมายและประโยชน์ของการทำวิจัยครั้งนี้ และอธิบายถึงลักษณะของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่จะใช้วัดให้นักเรียนเข้าใจก่อนจะให้ลงมือทำข้อสอบ รวมถึงเน้นย้ำให้นักเรียนตั้งใจทำข้อสอบในแบบวัด

4. เมื่อผู้วิจัยเก็บข้อมูลจากนักเรียนในทุกโรงเรียนครบทั้ง 3 ครั้งแล้ว ผู้วิจัยตรวจสอบผลการเข้าสอบของนักเรียน หากนักเรียนคนใดขาดสอบในครั้งใดครั้งหนึ่ง ผู้วิจัยจะตัดชุดข้อมูลของนักเรียนคนนั้นออกไปไม่นำมาวิเคราะห์ เพราะ missing data จากการขาดสอบครั้งหนึ่งจะมีมากถึง 9 ค่า จากนั้นตรวจข้อสอบของนักเรียนทุกคนที่เข้าสอบครบทั้ง 3 ครั้ง โดยพิจารณาผลการตอบข้อสอบของนักเรียนที่ไม่เป็นลักษณะการส่งกระดาษเปล่า หากนักเรียนคนใดที่มีลักษณะการส่ง

กระดาษเปล่าในชุดใดชุดหนึ่งจะตัดชุดข้อมูลของนักเรียนคนนั้นออกไปเช่นเดียวกัน หลังจากนั้นผู้วิจัยนำผลการตอบของนักเรียนที่มีความสมบูรณ์มาทำการลงรหัส (coding) เพื่อเตรียมสำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ โดยสรุปเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล รายละเอียดดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย	แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล
1) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบทั่วไป (GENE) โมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCU และโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCM	ตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของทั้ง 3 โมเดล ต่อไปนี้ • โมเดลแบบ GENE • โมเดลแบบ CTCU • โมเดลแบบ CTCM โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้อง(fit indices) ได้แก่ ค่าไค-สแควร์ (χ^2), ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df), GFI, AGFI, CFI, RFI, SRMR และ RMSEA เทียบกับเกณฑ์ในตารางที่ 3.10
2) เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของรูปแบบข้อสอบที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบทั่วไป (GENE) เทียบกับโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCU และโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCM	ผู้วิจัยเปรียบเทียบระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCU ก่อน เพื่อต้องการพิจารณาว่าความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่มาจากการใช้รูปแบบข้อสอบเดียวกันมีค่าที่สะท้อนถึงอิทธิพลของรูปแบบข้อสอบมากน้อยเพียงใด แล้วจึงเปรียบเทียบระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCM ต่อไป เพื่อให้ได้สารสนเทศเกี่ยวกับอิทธิพลของรูปแบบข้อสอบ 2.1 เปรียบเทียบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCU ในการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ โดยทดสอบความแตกต่างของผลต่างของค่าไค-สแควร์ระหว่าง 2 โมเดลดังกล่าว • หากพบว่าโมเดลแบบ GENE มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์<u>มากกว่า</u>โมเดลแบบ CTCU แสดงว่า ไม่เกิดอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย	แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล
	• หากพบว่าโมเดลแบบ GENE มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์น้อยกว่าโมเดลแบบ CTCU แสดงว่าอาจเกิดอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ ซึ่งต้องพิจารณาค่าความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่มาจากการใช้รูปแบบข้อสอบเดียวกัน หากพบว่าค่าความสัมพันธ์ดังกล่าวมีค่าสูง แสดงว่าอาจเกิดอิทธิพลของรูปแบบข้อสอบ ควรใช้โมเดลแบบ CTCM ตรวจสอบต่อไปเพื่ออธิบายถึงระดับของอิทธิพลของรูปแบบข้อสอบ กลับกันหากค่าความสัมพันธ์ดังกล่าวมีค่าต่ำแสดงว่า เกิดอิทธิพลของรูปแบบข้อสอบเพียงเล็กน้อย ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าไม่เกิดอิทธิพลของรูปแบบข้อสอบ 2.2 เปรียบเทียบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCM ในการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ • หากพบว่าโมเดลแบบ GENE มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลแบบ CTCM แสดงว่าไม่เกิดอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ • หากพบว่าโมเดลแบบ GENE มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์น้อยกว่าโมเดลแบบ CTCM แสดงว่าอาจเกิดอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ ซึ่งต้องพิจารณาจากน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เทียบกับน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากวิธีการวัด (รูปแบบข้อสอบ) เพื่ออธิบายถึงระดับของการเกิดอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ *หมายเหตุ* การใช้ทั้งโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เทคนิค CTCU และเทคนิค CTCM เพื่อเป็นหลักฐานยืนยันในการเกิดอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตอบวัตถุประสงค์โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) นอกจากนี้ยังรวมถึงการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบ คุณภาพของแบบวัด ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนสอบ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนสมรรถนะที่วัดได้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ค่าความเบ้ และค่าความโด่ง ทั้งแบบแยกตามสถานการณ์คำถามและแบบรวมเป็นด้านสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ รวมถึงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบระหว่างรูปแบบข้อสอบที่ต่างกันด้วยโปรแกรม SPSS for Windows

2. การวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ (b) ค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบ (a) สารสนเทศของข้อสอบและสารสนเทศของแบบสอบ (test information) ด้วยโปรแกรม IRTPRO รวมถึงการวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงของแบบวัดแต่ละฉบับด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาก (cronbach's alpha coefficient) ด้วยโปรแกรม SPSS for Windows

3. การวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) ของโมเดลการวัดสมรรถทางคณิตศาสตร์แบบ GENE ดังภาพที่ 3.2 โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน รวมถึงการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ โดยในโมเดล CTCU จะไม่ใช้รูปแบบข้อสอบแยกเป็นองค์ประกอบวิธี แต่จะบังคับให้ความคลาดเคลื่อนที่มาจากการใช้รูปแบบข้อสอบเดียวกันมีความสัมพันธ์กันเอง ดังภาพที่ 3.3 ส่วนโมเดล CTCM จะให้รูปแบบข้อสอบแต่ละแบบเป็นองค์ประกอบวิธี และอนุญาตให้องค์ประกอบวิธีของรูปแบบข้อสอบสัมพันธ์กันได้ ดังภาพที่ 3.4 ซึ่งการใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันทั้งโมเดลแบบ GENE โมเดลแบบ CTCU และโมเดลแบบ CTCM จะใช้โปรแกรม LISREL for Windows โดยทุกโมเดลได้ตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการพิจารณา ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 เกณฑ์ในการพิจารณาดัชนีความสอดคล้องกลมกลืน

ดัชนีความสอดคล้องกลมกลืน (fit index)	เกณฑ์ที่ยอมรับได้
1. ค่าสถิติไค-สแควร์ (chi-square)	P-value > .05
2. ค่าสถิติไค-สแควร์สัมพัทธ์ (relative chi-square: chi-square/df)	chi-square/df $\leq$ 2
3. ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI)	GFI > .90
4. ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI)	AGFI > .90
5. ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมพอดีเชิงเปรียบเทียบ (CFI)	CFI > .95
6. ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมเชิงสัมพัทธ์ (RFI)	RFI > .95
7. ดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR)	SRMR < .05
8. ดัชนีรากที่สองของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA)	RMSEA < .05

หมายเหตุ ที่มาของค่าในตารางมาจาก นงลักษณ์ วิรัชชัย (2542) และ Schumacker & Lomax (2010)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงบรรยาย เพื่อศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัด (method effect) อันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางพิซ่า โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE โมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCU และโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCM และ 2) เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของรูปแบบข้อสอบที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE เทียบกับโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCU และโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCM ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยในแต่ละสถานการณ์ จำแนกตามรูปแบบข้อสอบ

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบ 2 พารามิเตอร์ (2PL)

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์

4.1 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE กับข้อมูลเชิงประจักษ์ (ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง)

4.2 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCU กับข้อมูลเชิงประจักษ์

4.3 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCM กับข้อมูลเชิงประจักษ์

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ

5.1 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ โดยเทียบระหว่างโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE กับแบบ CTCU

5.2 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ โดยเทียบระหว่างโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE กับแบบ CTCM

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าสถิติและตัวแปรต่างๆ ดังต่อไปนี้

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าสถิติ

M	หมายถึง	ค่าเฉลี่ย (Mean)
SD	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
CV	หมายถึง	สัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation)
MIN	หมายถึง	ค่าต่ำสุด (Minimum)
MAX	หมายถึง	ค่าสูงสุด (Maximum)
SK	หมายถึง	ค่าความเบ้ (Skewness)
KU	หมายถึง	ค่าความโด่ง (Kurtosis)
χ^2	หมายถึง	ค่าไค-สแควร์ (Chi-Square)
df	หมายถึง	องศาอิสระ (Degrees of Freedom)
p	หมายถึง	ความน่าจะเป็น
χ^2/df	หมายถึง	ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (Relative Chi-Square)
GFI	หมายถึง	ค่าดัชนีวัดความกลมกลืน (Goodness of Fit Index)
AGFI	หมายถึง	ค่าดัชนีวัดความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Index)
CFI	หมายถึง	ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมพอดีเชิงเปรียบเทียบ (Comparative Fit Index)
RFI	หมายถึง	ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมพอดีเชิงสัมพัทธ์ (Relative Fit Index)
SRMR	หมายถึง	ดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษในรูปคะแนนมาตรฐาน (Standardized Root Mean square Residual)
RMSEA	หมายถึง	ดัชนีรากที่สองของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (Root Mean Square Error of Approximation)
R^2	หมายถึง	สัมประสิทธิ์การพยากรณ์
θ	หมายถึง	ความสามารถของผู้สอบ
SE	หมายถึง	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (Standard Error of Estimation)
I	หมายถึง	ค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (Test Information)

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแปรแฝง

FORMUL	หมายถึง	สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ (Formulating situations mathematically)
EMPLOY	หมายถึง	สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ (Employing mathematical concepts, facts, procedures and reasoning)
INTERP	หมายถึง	สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ด้านการตีความทางคณิตศาสตร์ (Interpreting, applying and evaluating mathematical outcomes)

ES หมายถึง รูปแบบข้อสอบแบบแสดงวิธีทำ (Essay)

SA หมายถึง รูปแบบข้อสอบแบบตอบสั้น (Short Answer)

MC หมายถึง รูปแบบข้อสอบแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก (Multiple Choice)

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแปรสังเกตได้

PUES หมายถึง สถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ

PUSA หมายถึง สถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบตอบสั้น

PUMC หมายถึง สถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก

WHES หมายถึง สถานการณ์ชิงช้าสวรรค์ที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ

WHSA หมายถึง สถานการณ์ชิงช้าสวรรค์ที่ใช้รูปแบบตอบสั้น

WHMC หมายถึง สถานการณ์ชิงช้าสวรรค์ที่ใช้รูปแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก

CHES หมายถึง สถานการณ์อัตราการแลกเปลี่ยนที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ

CHSA หมายถึง สถานการณ์อัตราการแลกเปลี่ยนที่ใช้รูปแบบตอบสั้น

CHMC หมายถึง สถานการณ์อัตราการแลกเปลี่ยนที่ใช้รูปแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก

PRES หมายถึง สถานการณ์พัฒนาการที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ

PRSA หมายถึง สถานการณ์พัฒนาการที่ใช้รูปแบบตอบสั้น

PRMC หมายถึง สถานการณ์พัฒนาการที่ใช้รูปแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก

COES หมายถึง สถานการณ์ร้านกาแฟใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ

COSA หมายถึง สถานการณ์ร้านกาแฟที่ใช้รูปแบบตอบสั้น

COMC หมายถึง สถานการณ์ร้านกาแฟที่ใช้รูปแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก

NEES หมายถึง สถานการณ์การขายหนังสือพิมพ์ที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ

NESA หมายถึง สถานการณ์การขายหนังสือพิมพ์ที่ใช้รูปแบบตอบสั้น

NEMC หมายถึง สถานการณ์การขายหนังสือพิมพ์ที่ใช้รูปแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก

LAES หมายถึง สถานการณ์เลเซอร์วีบีมที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ

LASA หมายถึง สถานการณ์เลเซอร์วีบีมที่ใช้รูปแบบตอบสั้น

LAMC หมายถึง สถานการณ์เลเซอร์วีบีมที่ใช้รูปแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก

SIES หมายถึง สถานการณ์นักร้องหญิงยอดนิยมที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ

SISA หมายถึง สถานการณ์นักร้องหญิงยอดนิยมที่ใช้รูปแบบตอบสั้น

SIMC หมายถึง สถานการณ์นักร้องหญิงยอดนิยมที่ใช้รูปแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก

SOES หมายถึง สถานการณ์สังคมออนไลน์ที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ

SOSA หมายถึง สถานการณ์สังคมออนไลน์ที่ใช้รูปแบบตอบสั้น

SOMC หมายถึง สถานการณ์สังคมออนไลน์ที่ใช้รูปแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

ข้อมูลภูมิหลังของกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทำแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับ ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 และเขต 2 ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 549 คน พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศชายกับเพศหญิงมีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน คิดเป็นร้อยละ 50.46 และ 49.54 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จำนวนและร้อยละข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปร		จำนวน (คน)	ร้อยละ
โรงเรียน	สวนกุหลาบวิทยาลัย	108	19.67
	สายปัญญา ในพระบรมราชินูปถัมภ์	89	16.21
	อุบลรัตน์ราชกัญญาราชวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร	64	11.66
	เทพศิรินทร์	99	18.03
	สตรีศรีสุริโยทัย	103	18.76
	สุรศักดิ์มนตรี	86	15.67
	รวม	549	100
เพศ	ชาย	277	50.46
	หญิง	272	49.54
	รวม	549	100

เมื่อพิจารณาสมรรถนะด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ (FORMUL) ซึ่งวัดจาก 3 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์น้ำพันซ์ (PU) สถานการณ์ชิงช้าสวรรค์ (WH) สถานการณ์อัตราการแลกเปลี่ยน (CH) โดยแต่ละสถานการณ์ใช้รูปแบบข้อสอบ 3 รูปแบบ พบว่า สถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ (PUES) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.27 โดยค่านี้สะท้อนถึงค่าความยากตามแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม เพราะเป็นค่าที่บอกถึงสัดส่วนของผู้ตอบข้อสอบข้อนั้นถูกต่อผู้สอบทั้งหมด จึงได้ว่าสถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก สถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบตอบสั้น (PUSA) เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก (M = 0.37) สถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก (PUMC) เป็นข้อสอบที่ยากง่ายปานกลาง (M = 0.45) สถานการณ์ชิงช้าสวรรค์ที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ (WHES) เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก (M = 0.33) สถานการณ์ชิงช้าสวรรค์ที่ใช้รูปแบบตอบสั้น (WHSA) เป็นข้อสอบที่ยากง่ายปานกลาง (M = 0.57) สถานการณ์ชิงช้าสวรรค์ที่ใช้รูปแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก (WHMC) เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย (M = 0.65) สถานการณ์อัตราการแลกเปลี่ยนที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ (CHES) เป็นข้อสอบที่ยากง่ายปานกลาง (M = 0.50) สถานการณ์อัตราการแลกเปลี่ยนที่ใช้รูปแบบตอบสั้น (CHSA) เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย (M = 0.62)

สถานการณ์อัตราการแลกเปลี่ยนที่ใช้รูปแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก (CHMC) เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย (M = 0.69) ซึ่งจะเห็นว่าสถานการณ์เดียวกันที่ใช้รูปแบบข้อสอบที่ต่างกัน ทำให้การแปลผลความยากแตกต่างกันด้วย เมื่อพิจารณาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวที่วัดสมรรถนะด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0.444 – 0.5 เมื่อพิจารณาค่าความเบ้และค่าความโด่งของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดสมรรถนะด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ พบว่าค่าความเบ้และค่าความโด่งในสถานการณ์น้ำพันซ์ทั้ง 3 รูปแบบ (PUES, PUSA, PUMC) และสถานการณ์ชิงช้าสวรรค์ที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ (WHES) มีค่าเป็นบวกและเป็นลบ ตามลำดับ แสดงว่าคำถามทั้ง 4 ข้อนี้มีคะแนนสูงกว่าค่าเฉลี่ยและมีการแจกแจงในลักษณะแบนกว่าโค้งปกติ สถานการณ์ที่เหลือที่วัดสมรรถนะทางด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์มีค่าความเบ้และค่าความโด่งในเป็นลบทั้งคู่ แสดงว่าข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยและมีการแจกแจงในลักษณะแบนกว่าโค้งปกติ

เมื่อพิจารณาสมรรถนะด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ (FORMUL) ซึ่งวัดจาก 3 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์พัฒนาการ (PR) สถานการณ์ร้านกาแฟ (CO) สถานการณ์การขายหนังสือพิมพ์ (NE) โดยแต่ละสถานการณ์ใช้รูปแบบข้อสอบ 3 รูปแบบ พบว่า สถานการณ์พัฒนาการทั้ง 3 รูปแบบ (PRES, PRSA, PRMC) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.29 – 0.51 ซึ่งสะท้อนว่าคำถามมีความยากอยู่ในระดับค่อนข้างยากไปจนถึงยากง่ายปานกลาง สถานการณ์ร้านกาแฟทั้ง 3 รูปแบบ (COES, COSA, COMC) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.18 – 0.42 ซึ่งสะท้อนว่าคำถามมีความยากอยู่ในระดับยากมากไปจนถึงยากง่ายปานกลาง และสถานการณ์การขายหนังสือพิมพ์ทั้ง 3 รูปแบบ (NEES, NESA, NEMC) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.25 – 0.49 ซึ่งสะท้อนว่าคำถามมีความยากอยู่ในระดับค่อนข้างยากไปจนถึงยากง่ายปานกลาง เมื่อพิจารณาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวที่วัดสมรรถนะด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0.382 – 0.5 เมื่อพิจารณาค่าความเบ้และค่าความโด่งของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดสมรรถนะด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ พบว่า ค่าความเบ้และค่าความโด่งในคำถามส่วนใหญ่มีค่าเป็นบวกและเป็นลบ ตามลำดับ แสดงว่าข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยและมีการแจกแจงในลักษณะแบนกว่าโค้งปกติ

เมื่อพิจารณาสมรรถนะด้านการตีความทางคณิตศาสตร์ (INTERP) ซึ่งวัดจาก 3 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์เลเซอร์วีบีม (LA) สถานการณ์นักร้องหญิงยอดนิยม (SI) สถานการณ์สังคมออนไลน์ (SO) โดยแต่ละสถานการณ์ใช้รูปแบบข้อสอบ 3 รูปแบบ พบว่า ในสถานการณ์เลเซอร์วีบีมทั้ง 3 รูปแบบ (LAES, LASA, LAMC) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.38 – 0.60 ซึ่งสะท้อนว่าคำถามมีความยากอยู่ในระดับค่อนข้างยากไปจนถึงค่อนข้างง่าย สถานการณ์นักร้องหญิงยอมนิยมทั้ง 3 รูปแบบ (SIES, SISA, SIMC) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.57 – 0.79 ซึ่งสะท้อนว่าคำถามมีความยากอยู่ในระดับยากง่ายปานกลางไปจนถึงค่อนข้างง่าย และสถานการณ์สังคมออนไลน์ทั้ง 3 รูปแบบ (SOES, SOSA, SOMC) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.28 – 0.53 ซึ่งสะท้อนว่าคำถามมีความยากอยู่ในระดับ

ค่อนข้างยากไปจนถึงยากง่ายปานกลาง เมื่อพิจารณาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวที่วัดสมรรถนะด้านการตีความทางคณิตศาสตร์ พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 0.406 – 0.499 เมื่อพิจารณาค่าความเบ้และค่าความโด่งของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดสมรรถนะด้านการตีความทางคณิตศาสตร์ พบว่า ค่าความเบ้และค่าความโด่งในคำถามส่วนใหญ่มีค่าเป็นลบทั้งคู่ แสดงว่าข้อมูลส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยและมีการแจกแจงในลักษณะแบนกว่าโค้งปกติ

การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรสังเกตได้ในภาพรวม อาจกล่าวได้ว่า สถานการณ์ซึ่งใช้คำถามเดียวกันแต่มีรูปแบบข้อสอบที่แตกต่างกัน ทำให้ค่าเฉลี่ยและการแปลผลค่าความยากตามแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมแตกต่างกันในทุกสถานการณ์ โดยผลการทดสอบค่าเฉลี่ยทางสถิติรายสถานการณ์จำแนกตามรูปแบบข้อสอบ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one- way ANOVA) จะกล่าวถึงในตอนที่ 2 ทั้งนี้ค่าสถิติพื้นฐานต่างๆของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการทำวิจัยแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานและค่าความยากของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการทำวิจัย

ตัวแปร	M	แปลผล[1]	SD	SK	KU
สมรรถนะด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ (FORMUL)					
PUES	0.27	ค่อนข้างยาก	0.444	1.041	-0.919
PUSA	0.37	ค่อนข้างยาก	0.482	0.557	-1.696
PUMC	0.45	ยากง่ายปานกลาง	0.498	0.195	-1.969
WHES	0.33	ค่อนข้างยาก	0.471	0.718	-1.490
WHSA	0.57	ยากง่ายปานกลาง	0.495	-0.292	-1.922
WHMC	0.65	ค่อนข้างง่าย	0.478	-0.615	-1.627
CHES	0.50	ยากง่ายปานกลาง	0.500	-0.018	-2.007
CHSA	0.62	ค่อนข้างง่าย	0.486	-0.501	-1.756
CHMC	0.69	ค่อนข้างง่าย	0.461	-0.844	-1.292
สมรรถนะด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ (EMPLOY)					
PRES	0.29	ค่อนข้างยาก	0.456	0.911	-1.175
PRSA	0.41	ยากง่ายปานกลาง	0.492	0.375	-1.866
PRMC	0.51	ยากง่ายปานกลาง	0.500	-0.055	-2.004
COES	0.18	ยากมาก	0.382	1.700	.893
COSA	0.29	ค่อนข้างยาก	0.452	0.950	-1.102
COMC	0.42	ยากง่ายปานกลาง	0.493	0.345	-1.888
NEES	0.25	ค่อนข้างยาก	0.434	1.149	-0.681
NESA	0.38	ค่อนข้างยาก	0.486	0.493	-1.764
NEMC	0.49	ยากง่ายปานกลาง	0.500	0.040	-2.006

ตัวแปร	M	แปลผล[1]	SD	SK	KU
สมรรถนะด้านการตีความทางคณิตศาสตร์ (INTERP)					
LAES	0.38	ค่อนข้างยาก	0.485	0.517	-1.739
LASA	0.55	ยากง่ายปานกลาง	0.498	-0.195	-1.969
LAMC	060	ค่อนข้างง่าย	0.489	-0.430	-1.822
SIES	0.57	ยากง่ายปานกลาง	0.495	-0.292	-1.922
SISA	0.73	ค่อนข้างง่าย	0.446	-1.021	-0.962
SIMC	0.79	ค่อนข้างง่าย	0.406	-1.445	0.090
SOES	0.28	ค่อนข้างยาก	0.449	0.990	-1.024
SOSA	0.44	ยากง่ายปานกลาง	0.496	0.254	-1.943
SOMC	0.53	ยากง่ายปานกลาง	0.499	-0.128	-1.991

หมายเหตุ ตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวมีการให้คะแนนแบบ 0, 1 ซึ่งทุกตัวแปรสังเกตได้มี MIN = 0 และ MAX = 1,

[1] เนื่องจากค่าเฉลี่ยของการให้คะแนนแบบ 0, 1 คือสัดส่วนของผู้ทำข้อสอบข้อนั้นถูกต่อผู้สอบทั้งหมด ทำให้แปลผลออกมาได้เป็นค่าความยากตามแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม โดยการแปลผลค่าความยากนี้ใช้เกณฑ์ของศิริชัย กาญจนวาสี (2556)

เมื่อพิจารณาคะแนนสอบจำแนกตามสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ พบว่า สมรรถนะด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ที่วัดมาจากคำถาม 9 ข้อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 คะแนน (ร้อยละ 49.56) ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 คะแนน และค่าสูงสุดเท่ากับ 9 คะแนน จากคะแนนเต็ม 9 คะแนน แสดงว่านักเรียนมีสมรรถนะด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ในระดับปานกลาง สมรรถนะด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ที่วัดมาจากคำถาม 9 ข้อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.21 คะแนน (ร้อยละ 35.67) ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 คะแนน และค่าสูงสุดเท่ากับ 9 คะแนน จากคะแนนเต็ม 9 คะแนน แสดงว่านักเรียนมีสมรรถนะด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ในระดับน้อย สมรรถนะด้านการตีความทางคณิตศาสตร์ที่วัดมาจากคำถาม 9 ข้อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.87 คะแนน (ร้อยละ 54.11) ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 คะแนน และค่าสูงสุดเท่ากับ 9 คะแนน จากคะแนนเต็ม 9 คะแนน แสดงว่านักเรียนมีสมรรถนะด้านการตีความทางคณิตศาสตร์ในระดับปานกลาง และสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (คะแนนรวม) ที่วัดมาจากคำถาม 27 ข้อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.54 คะแนน (ร้อยละ 46.44) ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 คะแนน และค่าสูงสุดเท่ากับ 27 คะแนน จากคะแนนเต็ม 27 คะแนน แสดงว่านักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในภาพรวมในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน พบว่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของสมรรถนะด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์มีค่ามากกว่าสมรรถนะด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์และสมรรถนะด้านการตีความทางคณิตศาสตร์ แสดงว่า สมรรถนะด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์มีการกระจายของคะแนนมากกว่าสมรรถนะอีก 2 ด้าน เมื่อพิจารณาความเบ้และความโด่งของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน พบว่า สมรรถนะด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์และสมรรถนะด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์มีค่าความเบ้เป็นบวกและค่าความโด่งเป็นลบ

แสดงว่า คะแนนส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยและมีการแจกแจงในลักษณะแบนกว่าโค้งปกติ ส่วนสมรรถนะด้านการตีความทางคณิตศาสตร์ค่าความเบ้เป็นค่าความโด่งเป็นลบทั้งคู่ แสดงว่า คะแนนส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยและมีการแจกแจงในลักษณะแบนกว่าโค้งปกติ ทั้งนี้สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในภาพรวมมีค่าความเบ้เป็นบวกและค่าความโด่งเป็นลบ แสดงว่า คะแนนส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยและมีการแจกแจงในลักษณะแบนกว่าโค้งปกติ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนสอบ จำแนกตามสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

ตัวแปร	MIN	MAX	M	แปลผล[1]	SD	CV	SK	KU
สมรรถนะด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์	0	9	4.46 (49.56%)	ปานกลาง	3.049	68.36	0.107	-1.243
สมรรถนะด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์	0	9	3.21 (35.67%)	น้อย	2.904	90.47	0.529	-0.965
สมรรถนะด้านการตีความทางคณิตศาสตร์	0	9	4.87 (54.11%)	ปานกลาง	2.913	59.82	-0.099	-1.152
สมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (คะแนนรวม)	0	27	12.54 (46.44%)	ปานกลาง	7.865	62.72	0.222	-1.258

หมายเหตุ [1]ผู้วิจัยใช้การกำหนดจุดตัดในการแปลผลโดยปรับมาจากการแปลผลมาตรประมาณค่า ดังนี้ ร้อยละ 0-19.9 อยู่ในระดับน้อยที่สุด, ร้อยละ 20-39.9 อยู่ในระดับน้อย, ร้อยละ 40-59.9 อยู่ในระดับปานกลาง, ร้อยละ 60-79.9 อยู่ในระดับมาก และร้อยละ 80-100 อยู่ในระดับมากที่สุด

การหาความเที่ยงของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาก ซึ่งเป็นการหาความเที่ยงตามแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (CTT) เมื่อจำแนกตามองค์ประกอบของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ พบว่าค่าความเที่ยงมีค่าอยู่ในระดับสูงทั้งหมด ตั้งแต่ .856 ถึง .874 โดยความเที่ยงด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ (FORMUL) ความเที่ยงด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ (EMPLOY) และความเที่ยงด้านการตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ (INTERP) มีค่าเท่ากับ .874, .863 และ .856 ตามลำดับ เมื่อจำแนกความเที่ยงตามองค์ประกอบของรูปแบบข้อสอบ พบว่าค่าความเที่ยงมีค่าอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง ตั้งแต่ .775 ถึง .845 โดยความเที่ยงของรูปแบบแสดงวิธีทำ ความเที่ยงของรูปแบบตอบสั้น และความเที่ยงของรูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก มีค่าเท่ากับ .845, .833 และ .775 ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความเที่ยงแบบรวมทั้งฉบับ พบว่าได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ .937 ซึ่งเป็นความเที่ยงที่มีค่ามากที่สุด เมื่อเทียบกับความเที่ยงที่จำแนกตามแต่ละองค์ประกอบ รายละเอียดดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความเที่ยงแบบแอลฟาของครอนบาก จำแนกตามสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ รูปแบบข้อสอบ และแบบรวมทั้งฉบับ

ความเที่ยง	จำแนกตามสมรรถนะทางคณิตศาสตร์			จำแนกตามรูปแบบข้อสอบ			รวมทั้งฉบับ
	FORMUL	EMPLOY	INTERP	ES	SA	MC	
ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาก	.874	.863	.856	.845	.833	.775	.937

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยในแต่ละสถานการณ์จำแนกตามรูปแบบข้อสอบ

จากผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ซึ่งทำให้ผู้วิจัยพบข้อสังเกตว่าสถานการณ์ซึ่งใช้คำถามเดียวกันแต่มีรูปแบบข้อสอบที่แตกต่างกัน จะทำให้ได้ค่าเฉลี่ยและการแปลผลค่าความยากตามแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมแตกต่างกันในทุกสถานการณ์ ฉะนั้นผู้วิจัยจึงดำเนินการทดสอบค่าเฉลี่ยทางสถิติรายสถานการณ์จำแนกตามรูปแบบข้อสอบ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one- way ANOVA)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของคะแนนที่วัดได้ในสถานการณ์น้ำพันซ์เมื่อจำแนกตามรูปแบบข้อสอบ พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนในสถานการณ์น้ำพันซ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ Dunnett T3 (เนื่องจากความแปรปรวนของคะแนนในสถานการณ์น้ำพันซ์ในแต่ละรูปแบบข้อสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05) โดยคะแนนในสถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ (PUES) มีค่าต่ำกว่าคะแนนในสถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบตอบสั้น (PUSA) และรูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก (PUMC) และคะแนนในสถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบตอบสั้น (PUSA) มีค่าต่ำกว่าคะแนนในสถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก (PUMC) แสดงว่ารูปแบบข้อสอบที่ต่างกันส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการวัดในสถานการณ์น้ำพันซ์มีค่าแตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาในทุกสถานการณ์ พบว่า ผลการวิเคราะห์และข้อสรุปที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เมื่อใช้รูปแบบข้อสอบที่ต่างกัน จะทำให้ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่วัดได้จากแต่ละสถานการณ์มีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยเมื่อเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ Dunnett T3 (ความแปรปรวนของคะแนนในแต่ละรูปแบบข้อสอบแตกต่างกันในทุกสถานการณ์) โดยคะแนนที่ได้มาจากการใช้รูปแบบแสดงวิธีทำจะมีค่าต่ำกว่าคะแนนที่ได้มาจากการใช้รูปแบบตอบสั้นและรูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก และคะแนนที่ได้มาจากการใช้รูปแบบตอบสั้นจะมีค่าต่ำกว่าคะแนนที่ได้มาจากการใช้รูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก ซึ่งเป็นเช่นนี้ในทุกสถานการณ์ที่ผู้วิจัยศึกษา นั่นคือ รูปแบบข้อสอบที่ต่างกันทำให้คะแนนเฉลี่ยที่วัดได้มีค่าแตกต่างกัน โดยรูปแบบ

แสดงวิธีทำมีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด และรูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกมีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด สอดคล้องกับการพิจารณาคะแนนรวม ซึ่งพบว่า ในการวัดสถานการณ์เดียวกันทั้ง 9 สถานการณ์ คะแนนรวมเฉลี่ยของรูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 5.14 รองลงมาคือคะแนนรวมเฉลี่ยของรูปแบบตอบสั้นมีค่าเท่ากับ 4.35 และคะแนนรวมเฉลี่ยของรูปแบบแสดงวิธีทำมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 3.05 ซึ่งผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนรวมเฉลี่ยในทั้ง 3 รูปแบบ พบว่าแตกต่างกันจริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงอาจกล่าวได้ว่าในการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ รูปแบบแสดงวิธีทำจะเป็นข้อสอบที่ทำให้ได้คะแนนเฉลี่ยน้อยกว่ารูปแบบตอบสั้นและรูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก และรูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกจะเป็นข้อสอบที่มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด รายละเอียดผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวคะแนนสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวัดในแต่ละสถานการณ์ จำแนกตามรูปแบบข้อสอบ แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวของคะแนนสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวัดในแต่ละสถานการณ์ จำแนกตามรูปแบบข้อสอบ

สถานการณ์	รูปแบบข้อสอบ	คะแนน		F test		Levene test		ผลการเปรียบเทียบ[1]
		M	SD	Value	p	value	p	
น้ำพันช์	แสดงวิธีทำ (PUES)	.27	0.444					
	ตอบสั้น (PUSA)	.37	0.482	20.18	0.00*	73.17	0.00*	PUES < PUSA < PUMC
	หลายตัวเลือก (PUMC)	.45	0.498					
ชิงช้าสวรรค์	แสดงวิธีทำ (WHES)	.33	0.471					
	ตอบสั้น (WHSA)	.57	0.495	61.14	0.00*	18.73	0.00*	WHES < WHSA < WHMC
	หลายตัวเลือก (WHMC)	.65	0.478					
อัตราการแลกเปลี่ยน	แสดงวิธีทำ (CHES)	.50	0.500					
	ตอบสั้น (CHSA)	.62	0.486	21.52	0.00*	51.60	0.00*	CHES < CHSA < CHMC
	หลายตัวเลือก (CHMC)	.69	0.461					
พัฒนาการ	แสดงวิธีทำ (PRES)	.29	0.456					
	ตอบสั้น (PRSA)	.41	0.492	28.59	0.00*	76.44	0.00*	PRES < PRSA < PRMC
	หลายตัวเลือก (PRMC)	.51	0.500					
ร้านกาแฟ	แสดงวิธีทำ (COES)	.18	0.382					
	ตอบสั้น (COSA)	.29	0.452	39.59	0.00*	150.22	0.00*	COES < COSA < COMC
	หลายตัวเลือก (COMC)	.42	0.493					
การขายหนังสือพิมพ์	แสดงวิธีทำ (NEES)	.25	0.434					
	ตอบสั้น (NESA)	.38	0.486	34.81	0.00*	114.48	0.00*	NEES < NESA < NEMC
	หลายตัวเลือก (NEMC)	.49	0.500					

สถานการณ์	รูปแบบข้อสอบ	คะแนน		F test		Levene test		ผลการเปรียบเทียบ[1]
		M	SD	Value	p	value	p	
เลเซอร์วีบีม	แสดงวิธีทำ (LAES)	.38	0.485	32.60	0.00*	10.84	0.00*	LAES < LASA < LAMC
	ตอบสั้น (LASA)	.55	0.498					
	หลายตัวเลือก (LAMC)	.60	0.489					
นักร้องหญิงยอดนิยม	แสดงวิธีทำ (SIES)	.57	0.495	34.64	0.00*	104.54	0.00*	SIES < SISA < SIMC
	ตอบสั้น (SISA)	.73	0.446					
	หลายตัวเลือก (SIMC)	.79	0.406					
สังคมออนไลน์	แสดงวิธีทำ (SOES)	.28	0.449	38.65	0.00*	107.34	0.00*	SOES < SOSA < SOMC
	ตอบสั้น (SOSA)	.44	0.496					
	หลายตัวเลือก (SOMC)	.53	0.499					
คะแนนรวม	แสดงวิธีทำ (ES)	3.05	2.759	81.70	0.00*	4.359	0.01*	ES < SA < MC
	ตอบสั้น (SA)	4.35	2.839					
	หลายตัวเลือก (MC)	5.14	2.590					

หมายเหตุ * $p < .05$, [1] การเปรียบเทียบรายคู่ (post hoc comparison) ใช้วิธีของ Dunnett T3 ซึ่งใช้ในกรณีที่ความแปรปรวนในแต่กลุ่มไม่เท่ากัน

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบด้วยทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (IRT) แบบ 2 พารามิเตอร์ (2PL)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ (Item Response Theory: IRT) แบบ 2 พารามิเตอร์ (2PL) ซึ่งจะรายงานค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ (b) และค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบ (a) โดยใช้โปรแกรม IRTPRO พบว่า ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ (b) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าตั้งแต่ -1.31 ถึง 1.24 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบทั้งหมดสอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนดว่าควรมีค่าตั้งแต่ -2.5 ถึง 2.5 จึงเหมาะสมนำไปใช้ในทางปฏิบัติ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555) ทั้งนี้สถานการณ์ร้านกาแฟที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ (COES) เป็นข้อสอบที่มีค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบมากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.24 แสดงว่าสถานการณ์ร้านกาแฟใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ (COES) เป็นข้อสอบที่ยากที่สุด รองลงมา คือ สถานการณ์การขายหนังสือพิมพ์ที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ (NEES) และสถานการณ์ร้านกาแฟที่ใช้รูปแบบตอบสั้น (COSA) เป็นข้อสอบที่มีค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบเท่ากับ 0.82 และ 0.78 ตามลำดับ และสถานการณ์นักร้องหญิงยอดนิยมที่ใช้รูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก (SIMC) เป็นข้อสอบที่ง่ายที่สุด โดยมีค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบเท่ากับ -1.31 สำหรับค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบ (a) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าตั้งแต่ 1.26 ถึง 3.29 โดยมีข้อสอบ 4 ข้อ ได้แก่ สถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ (PUES) สถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบตอบสั้น (PUSA)

สถานการณ์อัตราการแลกเปลี่ยนที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ (CHES) และสถานการณ์การขายหนังสือพิมพ์ (NEES) ที่มีค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกเกินกว่า 2.5 ซึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดว่าควรมีค่าตั้งแต่ 0.5 ถึง 2.5 จึงเหมาะสมนำไปใช้ในทางปฏิบัติ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2555) อย่างไรก็ตามค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบทุกข้อมีค่าเป็นบวกทั้งหมด ซึ่งสะท้อนว่าข้อสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นทุกข้อสามารถจำแนกผู้สอบได้ ทั้งนี้สถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบตอบสั้น (PUSA) เป็นข้อสอบที่มีค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบมากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.29 แสดงว่าสถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบตอบสั้น (PUSA) เป็นข้อสอบที่จำแนกผู้สอบได้ดีที่สุด รองลงมา คือ สถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ (PUES) สถานการณ์อัตราการแลกเปลี่ยนที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ (CHES) และสถานการณ์การขายหนังสือพิมพ์ (NEES) เป็นข้อสอบที่มีค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบเท่ากับ 2.90, 2.60 และ 2.60 ตามลำดับ และสถานการณ์ชิงช้าสวรรค์ที่ใช้รูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก (WHMC) เป็นข้อสอบที่มีค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบน้อยที่สุดเท่ากับ 1.26 กล่าวโดยสรุปข้อสอบส่วนใหญ่ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบและค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในทางปฏิบัติ รายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบและค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบและอำนาจจำแนกของข้อสอบ

ด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์			**ด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์**			**ด้านการตีความทางคณิตศาสตร์**		
ข้อสอบ	พารามิเตอร์ความยาก (b)	พารามิเตอร์อำนาจจำแนก (a)	ข้อสอบ	พารามิเตอร์ความยาก (b)	พารามิเตอร์อำนาจจำแนก (a)	ข้อสอบ	พารามิเตอร์ความยาก (b)	พารามิเตอร์อำนาจจำแนก (a)
PUES	0.73	2.90	PRES	0.71	2.11	LAES	0.39	2.39
PUSA	0.39	3.29	PRSA	0.30	2.08	LASA	-0.17	2.35
PUMC	0.15	2.20	PRMC	-0.06	1.68	LAMC	-0.39	1.66
WHES	0.63	1.62	COES	1.24	2.00	SIES	-0.29	1.39
WHSA	-0.28	1.56	COSA	0.78	1.85	SISA	-0.94	1.45
WHMC	-0.63	1.26	COMC	0.35	1.32	SIMC	-1.31	1.36
CHES	-0.03	2.60	NEES	0.82	2.60	SOES	0.73	2.46
CHSA	-0.40	2.42	NESA	0.39	2.04	SOSA	0.19	2.18
CHMC	-0.66	2.23	NEMC	0.03	1.42	SOMC	-0.12	2.06

จากตารางที่ 4.6 เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ (b) ตามกลุ่มของสถานการณ์เดียวกัน เช่น สถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบข้อสอบ 3 แบบ (PUES, PUSA, PUMC) นับเป็นกลุ่มสถานการณ์เดียวกัน เป็นต้น โดยทุกกลุ่มของสถานการณ์ที่ใช้เป็นเครื่องมือวิจัยนี้

ให้ข้อสรุปที่เหมือนกัน คือ สถานการณ์คำถามที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำจะมีค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบสูงที่สุด รองลงมา คือ สถานการณ์คำถามที่ใช้รูปแบบตอบสั้น และสถานการณ์คำถามที่ใช้รูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกจะมีค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบต่ำที่สุด ซึ่งแสดงว่าข้อสอบแบบแสดงวิธีทำเป็นข้อสอบที่ยากที่สุด และข้อสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกเป็นข้อสอบที่ง่ายที่สุด โดยข้อสรุปนี้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ความยากของข้อสอบตามแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมที่ได้กล่าวไปในตอนที่ 1 ซึ่งพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบ 0, 1 โดยมีข้อสรุปที่คล้ายกันว่า ในสถานการณ์คำถามเดียวกัน ข้อสอบแบบแสดงวิธีทำเป็นข้อสอบที่มีผู้สอบทำได้น้อยที่สุด รองลงมาคือ ข้อสอบแบบตอบสั้น และข้อสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกเป็นข้อสอบที่มีผู้สอบทำได้มากที่สุด นั่นคือ ข้อสอบแบบแสดงวิธีทำเป็นข้อสอบที่ยากที่สุด และข้อสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกเป็นข้อสอบที่ง่ายที่สุด เมื่อพิจารณาค่าอำนาจจำแนกข้องข้อสอบ (a) ตามกลุ่มของสถานการณ์เดียวกัน พบว่า สถานการณ์โดยส่วนใหญ่ (7 สถานการณ์จาก 9 สถานการณ์) ให้ข้อสรุปที่คล้ายกัน คือ สถานการณ์คำถามที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำจะมีค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบสูงที่สุด รองลงมา คือ สถานการณ์คำถามที่ใช้รูปแบบตอบสั้น และสถานการณ์คำถามที่ใช้รูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกจะมีค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบต่ำที่สุด ซึ่งแสดงว่าข้อสอบแบบแสดงวิธีทำเป็นข้อสอบที่จำแนกความผู้สอบที่มีความรู้กับไม่มีความรู้ได้ดีที่สุด และข้อสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกเป็นข้อสอบที่จำแนกความผู้สอบที่มีความรู้กับไม่มีความรู้ได้น้อยที่สุด กล่าวโดยสรุปคือ ในการใช้สถานการณ์คำถามเดียวกัน ข้อสอบแบบแสดงวิธีทำจะเป็นข้อสอบที่ยากที่สุด แต่จำแนกผู้สอบได้ดีที่สุด ขณะที่ข้อสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกจะเป็นข้อสอบที่ง่ายที่สุด และจำแนกผู้สอบได้น้อยที่สุด

ผลการวิเคราะห์ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบรายข้อ (Item Information) และฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ (Test Information: I) พบว่าค่าสารสนเทศของข้อสอบจะสูงขึ้น สำหรับผู้สอบที่มีความสามารถใกล้กับค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ (b) และค่าสารสนเทศของข้อสอบจะลดลง เมื่อผู้สอบมีความสามารถไกลจากค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ (b) เช่น สถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ (PUES) ซึ่งมีพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบเท่ากับ 0.73 โดยจะพบว่าค่าสารสนเทศของข้อสอบจะมีค่าสูงในความสามารถของผู้สอบที่ระดับ 0.4 และ 1.2 ซึ่งเป็นช่วงที่ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ ขณะเดียวกันความสามารถของผู้สอบที่ระดับ -2.8 ถึง -1.2 ซึ่งอยู่ไกลจากค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ จะมีค่าสารสนเทศของข้อสอบที่น้อยมากจนแทบจะเป็นศูนย์ สถานการณ์นักร้องหญิงยอดนิยมที่ใช้รูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก (SIMC) ซึ่งมีพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบเท่ากับ -1.31 โดยจะพบว่าค่าสารสนเทศของข้อสอบจะมีค่าสูงในความสามารถของผู้สอบที่ระดับ -2.0 และ -1.2 ซึ่งเป็นช่วงที่ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ ขณะเดียวกันความสามารถของผู้สอบที่ระดับตั้งแต่

1.2 ขึ้นไป ซึ่งอยู่ไกลจากค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ จะมีค่าสารสนเทศของข้อสอบที่น้อยมากจนแทบจะเป็นศูนย์ เป็นต้น เมื่อพิจารณาค่าสารสนเทศของข้อสอบในภาพรวม พบว่า ข้อสอบส่วนใหญ่มีค่าสารสนเทศของข้อสอบที่สูงอยู่ในช่วง -1.2 ถึง 1.2 แสดงว่าข้อสอบโดยส่วนใหญ่เหมาะสมกับผู้สอบที่มีความสามารถปานกลาง เมื่อพิจารณาค่าสารสนเทศของแบบสอบ (I) ซึ่งเป็นผลรวมของค่าสารสนเทศของข้อสอบแต่ละข้อรวมเข้าด้วยกันทั้งฉบับ ณ ระดับความสามารถเดียวกัน พบว่า แบบสอบหรือแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าสารสนเทศของแบบสอบที่สูงอยู่ในระดับความสามารถผู้สอบในช่วงละแวก 0 ถึง 0.4 (ผู้สอบที่มีความสามารถปานกลาง) เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (SE) ซึ่งเป็นสัดส่วนผกผันกับรากที่สองของค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบ จึงทำให้ระดับความสามารถผู้สอบในช่วงละแวก 0 ถึง 0.4 มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าที่ต่ำกว่าในช่วงความสามารถอื่น ขณะที่ระดับความสามารถที่เข้าใกล้ -3 หรือ 3 จะมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าที่สูงขึ้น เนื่องมาจากค่าฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบมีค่าที่น้อย ทั้งนี้รายละเอียดของค่าฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบและฟังก์ชันสารสนเทศของแบบสอบแสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ฟังก์ชันสารสนเทศของข้อสอบและแบบสอบ

ข้อสอบ	ความสามารถของผู้สอบ (θ)								
	-2.8	-2.0	-1.2	-0.4	0	0.4	1.2	2.0	2.8
PUES	0.00	0.00	0.03	0.30	0.81	1.69	1.36	0.20	0.02
PUSA	0.00	0.00	0.06	0.69	1.84	2.71	0.66	0.05	0.00
PUMC	0.01	0.04	0.23	0.86	1.18	1.12	0.39	0.08	0.01
WHES	0.01	0.04	0.12	0.35	0.51	0.63	0.53	0.23	0.07
WHSA	0.05	0.15	0.38	0.60	0.58	0.47	0.20	0.07	0.02
WHMC	0.09	0.20	0.35	0.39	0.34	0.27	0.13	0.05	0.02
CHES	0.00	0.04	0.29	1.35	1.69	1.26	0.26	0.03	0.00
CHSA	0.02	0.12	0.65	1.47	1.17	0.65	0.12	0.02	0.00
CHMC	0.04	0.23	0.89	1.15	0.75	0.39	0.08	0.01	0.00
PRES	0.00	0.01	0.08	0.36	0.67	1.00	0.86	0.26	0.05
PRSA	0.01	0.04	0.18	0.66	0.98	1.07	0.50	0.12	0.02
PRMC	0.03	0.10	0.32	0.65	0.70	0.61	0.27	0.08	0.02
COES	0.00	0.01	0.03	0.14	0.29	0.53	1.00	0.59	0.16
COSA	0.00	0.02	0.08	0.31	0.53	0.76	0.74	0.29	0.08
COMC	0.03	0.07	0.18	0.34	0.41	0.43	0.32	0.16	0.06
NEES	0.00	0.00	0.04	0.26	0.64	1.28	1.33	0.29	0.04

ข้อสอบ	ความสามารถของผู้สอบ (θ)								
	-2.8	-2.0	-1.2	-0.4	0	0.4	1.2	2.0	2.8
NESA	0.01	0.03	0.15	0.57	0.89	1.04	0.57	0.15	0.03
NEMC	0.03	0.10	0.26	0.46	0.51	0.47	0.27	0.11	0.04
LAES	0.00	0.02	0.13	0.64	1.12	1.37	0.63	0.12	0.02
LASA	0.01	0.07	0.41	1.29	1.33	0.91	0.20	0.03	0.01
LAMC	0.05	0.17	0.45	0.69	0.62	0.46	0.17	0.05	0.01
SIES	0.06	0.15	0.33	0.48	0.46	0.39	0.19	0.07	0.03
SISA	0.12	0.31	0.50	0.45	0.34	0.23	0.09	0.03	0.01
SIMC	0.19	0.37	0.46	0.32	0.23	0.15	0.06	0.02	0.01
SOES	0.00	0.01	0.05	0.34	0.74	1.29	1.10	0.24	0.04
SOSA	0.01	0.04	0.21	0.80	1.14	1.13	0.43	0.09	0.02
SOMC	0.02	0.08	0.37	0.98	1.05	0.81	0.25	0.05	0.01
I	1.79	3.42	8.23	17.9	22.52	24.12	13.71	4.49	1.8
SE	0.75	0.54	0.35	0.24	0.21	0.21	0.27	0.47	0.75

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลเชิงประจักษ์

สำหรับการวิเคราะห์ในตอนนี้เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบต่างๆ กับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างตัวแปรสังเกตได้ (ข้อคำถาม) ในโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันในลำดับถัดไป

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ทั้งหมด 27 ตัวแปร โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน แสดงดังตารางที่ 4.8 พบว่า ตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p < 0.01$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง 0.103 ถึง 0.835 โดยตัวแปรคู่ที่มีค่าสหสัมพันธ์กันมากที่สุด คือ ตัวแปรสถานการณ์นักร้องหญิงยอดนิยมใช้รูปแบบตอบสั้น (SISA) กับตัวแปรสถานการณ์นักร้องหญิงยอดนิยมที่ใช้รูปแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก (SIMC) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.835 รองลงมาคือ ตัวแปรสถานการณ์ชิงช้าสวรรค์ที่ใช้รูปแบบตอบสั้น (WHSA) กับตัวแปรสถานการณ์ชิงช้าสวรรค์ที่ใช้รูปแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก(WHMC) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.824 ส่วนตัวแปรคู่ที่มีค่าสหสัมพันธ์กันน้อยที่สุด คือ ตัวแปรสถานการณ์นักร้องหญิงยอดนิยมที่ใช้รูปแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก (SIMC) กับตัวแปรสถานการณ์ร้านกาแฟที่ใช้รูปแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก (COMC) ทั้งนี้มีข้อสังเกตเกี่ยวกับ

ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ในการวิจัยนี้ คือ กลุ่มตัวแปรที่ใช้สถานการณ์คำถามเดียวกัน แต่ต่างกันที่รูปแบบข้อสอบโดยส่วนใหญ่จะมีค่าสหสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลางไปจนถึงสูง เช่น สถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ (PUES) กับสถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบตอบสั้น (PUSA) มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .791 หรือ สถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำ (PUES) กับสถานการณ์น้ำพันซ์ที่ใช้รูปแบบตอบสั้น (PUSA) มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .669 ซึ่งสหสัมพันธ์ทั้งสองค่าดังกล่าวมีค่าสูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์น้ำพันซ์กับสถานการณ์อื่นๆ เป็นต้น ซึ่งอาจแสดงว่ากลุ่มตัวแปรที่ใช้สถานการณ์คำถามกันเดียวกัน แต่ต่างกันที่รูปแบบข้อสอบ น่าจะมีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกันจากตัวสถานการณ์คำถามที่ใช้เหมือนกัน

ผลการวิเคราะห์ Bartlett's Test พบว่า มีค่าไค-สแควร์ (Chi-Square) เท่ากับ 10825.259 องศาอิสระ (df) เท่ากับ 351 ความน่าจะเป็น (p) เท่ากับ 0.00 แสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ทั้งหมดแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาค่าดัชนีไกเซอร์-ไมเยอร์-ออลคิน (Kaiser-Meyer-Olkin: KMO) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.881 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อมูลชุดนี้มีความสัมพันธ์กันสามารถนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

	PUES	PUSA	PUMC	WHES	WHSA	WHMC	CHES	CHSA	CHMC	PRES	PRSA	PRMC	COES	COSA	COMC	NEES	NESA	NEMC
PUES	1																	
PUSA	.791**	1																
PUMC	.669**	.822**	1															
WHES	.435**	.445**	.395**	1														
WHSA	.302**	.359**	.378**	.609**	1													
WHMC	.243**	.285**	.303**	.521**	.824**	1												
CHES	.446**	.466**	.416**	.326**	.328**	.258**	1											
CHSA	.381**	.422**	.339**	.287**	.311**	.271**	.788**	1										
CHMC	.314**	.373**	.301**	.249**	.272**	.286**	.654**	.809**	1									
PRES	.375**	.391**	.364**	.379**	.363**	.292**	.414**	.346**	.298**	1								
PRSA	.406**	.454**	.408**	.352**	.381**	.296**	.422**	.366**	.326**	.776**	1							
PRMC	.361**	.392**	.334**	.306**	.292**	.226**	.435**	.367**	.358**	.595**	.763**	1						
COES	.397**	.401**	.366**	.404**	.295**	.243**	.287**	.234**	.194**	.331**	.315**	.298**	1					
COSA	.415**	.423**	.365**	.419**	.328**	.257**	.329**	.278**	.254**	.327**	.328**	.325**	.732**	1				
COMC	.354**	.357**	.312**	.325**	.251**	.213**	.273**	.239**	.239**	.318**	.346**	.354**	.550**	.751**	1			
NEES	.424**	.449**	.360**	.404**	.366**	.305**	.398**	.331**	.303**	.401**	.348**	.320**	.293**	.330**	.236**	1		
NESA	.428**	.471**	.411**	.356**	.330**	.258**	.387**	.342**	.285**	.393**	.380**	.343**	.276**	.351**	.314**	.713**	1	
NEMC	.365**	.397**	.326**	.324**	.266**	.199**	.301**	.292**	.248**	.297**	.321**	.305**	.224**	.275**	.246**	.583**	.785**	1
LAES	.411**	.411**	.347**	.373**	.343**	.290**	.452**	.404**	.376**	.393**	.382**	.348**	.361**	.367**	.278**	.540**	.392**	.362**
LASA	.370**	.439**	.464**	.320**	.369**	.301**	.447**	.400**	.350**	.344**	.381**	.347**	.315**	.388**	.327**	.408**	.455**	.384**
LAMC	.315**	.375**	.389**	.237**	.272**	.190**	.346**	.306**	.280**	.275**	.330**	.302**	.248**	.306**	.258**	.348**	.365**	.315**
SIES	.302**	.337**	.260**	.249**	.189**	.169**	.424**	.372**	.328**	.282**	.299**	.278**	.169**	.205**	.169**	.306**	.276**	.207**
SISA	.244**	.279**	.228**	.206**	.213**	.180**	.333**	.330**	.311**	.215**	.268**	.221**	.134**	.198**	.135**	.233**	.228**	.119**
SIMC	.220**	.249**	.185**	.179**	.165**	.138**	.310**	.285**	.245**	.172**	.215**	.185**	.096*	.155**	.103*	.193**	.189**	.116**
SOES	.437**	.447**	.391**	.373**	.349**	.273**	.405**	.310**	.316**	.456**	.410**	.393**	.394**	.353**	.309**	.492**	.391**	.317**
SOSA	.408**	.504**	.447**	.292**	.317**	.260**	.447**	.401**	.410**	.352**	.389**	.395**	.295**	.336**	.293**	.336**	.360**	.311**
SOMC	.438**	.539**	.470**	.304**	.376**	.330**	.421**	.366**	.351**	.388**	.407**	.373**	.320**	.343**	.324**	.350**	.345**	.313**

ตารางที่ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

	LAES	LASA	LAMC	SIES	SISA	SIMC	SOES	SOSA	SOMC
PUES									
PUSA									
PUMC									
WHES									
WHSA									
WHMC									
CHES									
CHSA									
CHMC									
PRES									
PRSA									
PRMC									
COES									
COSA									
COMC									
NEES									
NESA									
NEMC									
LAES	1								
LASA	.696**	1							
LAMC	.611**	.801**	1						
SIES	.366**	.317**	.249**	1					
SISA	.264**	.339**	.273**	.676**	1				
SIMC	.221**	.284**	.247**	.583**	.835**				
SOES	.466**	.352**	.262**	.291**	.226**	.188**	1		
SOSA	.394**	.402**	.329**	.325**	.277**	.225**	.705**	1	
SOMC	.403**	.359**	.294**	.302**	.236**	.186**	.567**	.746**	1

	MEAN	SD
PUES	.27	.444
PUSA	.37	.482
PUMC	.45	.498
WHES	.33	.471
WHSA	.57	.495
WHMC	.65	.478
CHES	.50	.500
CHSA	.62	.486
CHMC	.69	.461
PRES	.29	.456
PRSA	.41	.492
PRMC	.51	.500
COES	.18	.382
COSA	.29	.452
COMC	.42	.493
NEES	.25	.434
NESA	.38	.486
NEMC	.49	.500
LAES	.38	.485
LASA	.55	.498
LAMC	.60	.489
SIES	.57	.495
SISA	.73	.446
SIMC	.79	.406
SOES	.28	.449
SOSA	.44	.496
SOMC	.53	.499

Bartlett's Test of Sphericity:
Approx. Chi-Sqaure = 10825.259
df = 351
Sig. = 0.000
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy. = 0.881

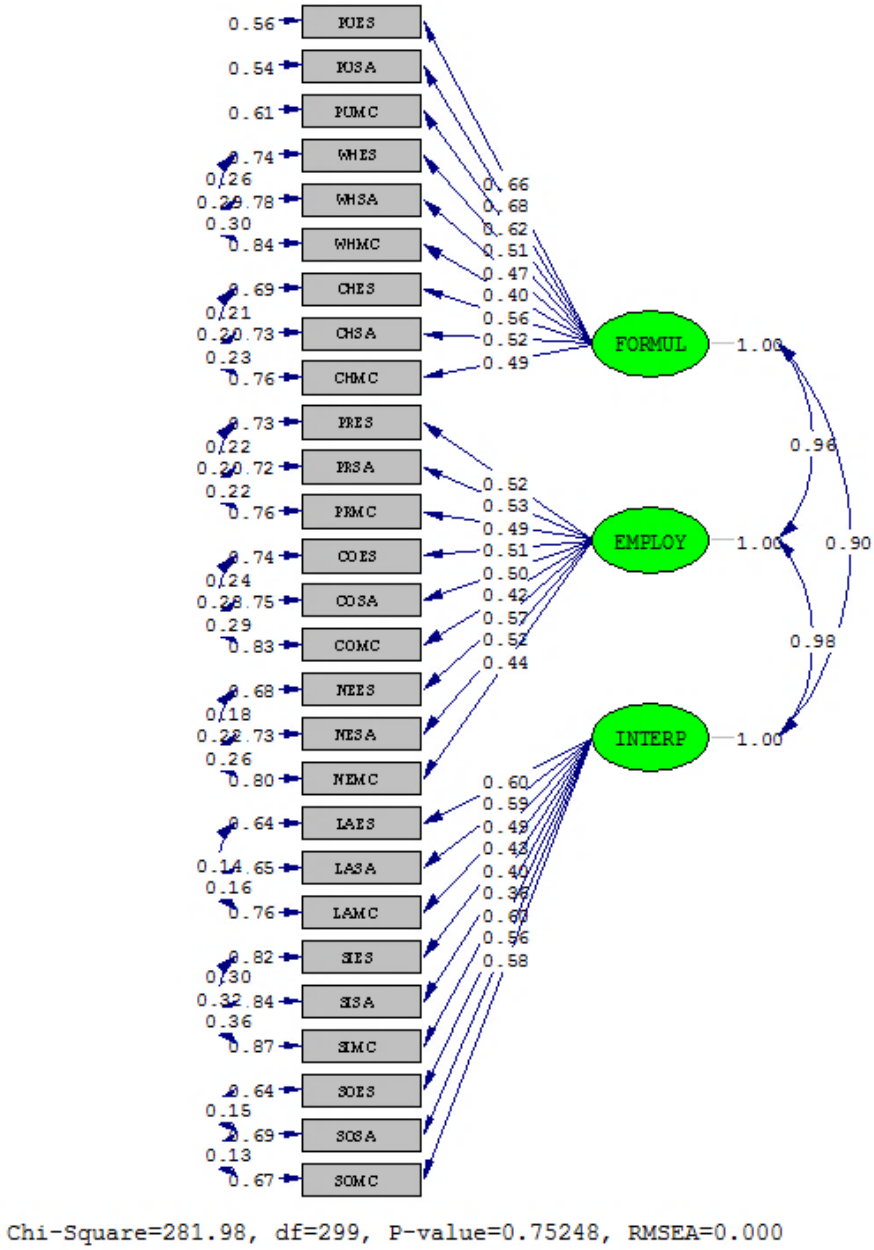
หมายเหตุ ** $p < 0.01$

4.1 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE กับข้อมูลเชิงประจักษ์ (ผลการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง)

การพิจารณาความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีดัชนีความสอดคล้อง (fit indices) หลายดัชนี โดยดัชนีที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่ ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมเชิงเปรียบเทียบ (CFI) ดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) และดัชนีรากที่สองของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542; เสรี ชัดแช้ม, 2547) นอกจากนี้ Schumacker & Lomax (2010) ได้เสนอว่าให้พิจารณาถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยหากวัตถุประสงค์ของการวิจัยต้องการยืนยันโมเดลเพียงโมเดลเดียวว่าสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เป็นอย่างไร ให้ใช้ดัชนีกลุ่ม absolute measure ได้แก่ ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) ดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) และดัชนีรากที่สองของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) แต่ถ้าหากวัตถุประสงค์ของการวิจัยต้องการเปรียบเทียบความเหมาะสมระหว่างโมเดลต่างที่กัน ควรใช้ดัชนีกลุ่ม incremental measure ได้แก่ ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมเชิงเปรียบเทียบ (CFI) ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมเชิงสัมพัทธ์ (RFI) และดัชนีความสอดคล้องที่ไม่ใช่โค้งปกติ (NNFI)

โมเดลการวัดแบบ GENE มีตัวแปรแฝงทั้งหมด 3 ตัวแปร และตัวแปรสังเกตได้หรือข้อคำถามทั้งหมด 27 ตัวแปร ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดแบบ GENE (ดั้งเดิม) พบว่า มีค่าไค-สแควร์เท่ากับ 1456.41 ($p = 0.000$), $df = 306$ จึงคำนวณค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) ได้เท่ากับ 4.54 นอกจากนี้ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ .84 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .81 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืมเชิงเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ .94 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนเชิงสัมพัทธ์ (RFI) เท่ากับ .92 ค่าดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ .060 และค่าดัชนีรากที่สองของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) เท่ากับ .080 ซึ่งทุกดัชนีความสอดคล้องยังไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แสดงว่าโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE (ดั้งเดิม) ยังไม่ค่อยสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ อย่างไรก็ตามค่าดัชนีความสอดคล้องส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกับค่าตามเกณฑ์ ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการปรับโมเดลแบบ GENE โดยให้ความคลาดเคลื่อนของข้อคำถามที่ใช้สถานการณ์คำถามเดียวกันมีความสัมพันธ์กันเป็นส่วนใหญ่ แสดงดังภาพที่ 4.1 ซึ่งพบว่ามีค่าไค-สแควร์เท่ากับ 281.98 ($p = 0.752$) นั่นคือค่าไค-สแควร์มีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05, $df = 299$ จึงคำนวณค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) ได้เท่ากับ 0.94 นอกจากนี้ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ .96 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .95 ค่าดัชนีวัดระดับความเหมาะสมเชิงเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 1.00

ค่าดัชนีวัดระดับความเหมาะสมเชิงสัมพัทธ์ (RFI) เท่ากับ .98 ค่าดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ .031 และค่าดัชนีรากที่สองของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) เท่ากับ .000 ซึ่งพบว่าดัชนีวัดความสอดคล้องกลมกลืนทุกตัวสอดคล้องตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แสดงดังตารางที่ 4.9 นั่นคือโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE (ปรับโมเดล) มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ จากหลักฐานการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลแบบ GENE นี้เป็นตัวสะท้อนถึงความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นนามธรรม



ภาพที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE (ปรับโมเดล)

ตารางที่ 4.9 ค่าดัชนีความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดแบบ GENE

โมเดลการวัด	χ^2	df	χ^2/df	GFI	AGFI	CFI	RFI	SRMR	RMSEA
โมเดลแบบ GENE (ดั้งเดิม ไม่ปรับโมเดล)	1456.41 (p = 0.000)	321	4.54	0.84	0.81	0.94	0.92	0.060	0.080
โมเดลแบบ GENE (ปรับโมเดล)	281.98 (p = 0.752)	299	0.94	0.96	0.95	1.00	0.98	0.031	0.000
เกณฑ์ที่ยอมรับได้*	χ^2 น้อยๆ p > .05	-	χ^2/df $\leq$ 2	GFI, AGFI > 0.90		CFI, RFI > 0.95		SRMR, RMSEA < .05	

หมายเหตุ *เกณฑ์ที่ใช้นำมาจากตารางของนงลักษณ์ วิรัชชัย (2542) และ Schumacker & Lomax (2010)

ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (B) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ค่าการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ (t) และค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) ของตัวแปรสังเกตได้ในแต่ละองค์ประกอบในโมเดลการวัดแบบ GENE (ปรับโมเดล) แสดงดังตารางที่ 4.10 พบว่า ตัวแปรสังเกตได้ในองค์ประกอบด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานตั้งแต่ .40 ถึง .68 และมีนัยสำคัญทางสถิติทุกค่า โดยตัวแปรที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานมากที่สุด คือ PUSA มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานเท่ากับ .68 รองลงมา คือ PUES มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานเท่ากับ .66 และ WHMC มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานน้อยที่สุดเท่ากับ .40 ตัวแปรสังเกตได้ในองค์ประกอบด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานตั้งแต่ .42 ถึง .57 โดยตัวแปรที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานมากที่สุด คือ NEES มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานเท่ากับ .57 รองลงมา คือ PRSA มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานเท่ากับ .53 และ COMC มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานน้อยที่สุดเท่ากับ .42 ตัวแปรสังเกตได้ในองค์ประกอบด้านการตีความทางคณิตศาสตร์มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานตั้งแต่ .36 ถึง .60 โดยตัวแปรที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐาน มากที่สุด คือ LAES และ SOES มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานเท่ากับ .60 รองลงมา คือ LASA มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานเท่ากับ .59 และ SIMC มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานน้อยที่สุดเท่ากับ .36 ทั้งนี้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบทุกค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของตัวแปรสังเกตได้ในองค์ประกอบด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์คิดเป็นร้อยละตั้งแต่ 16 ถึง 46 โดย PUSA มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์มากที่สุดร้อยละ 46 และ WHMC มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์น้อยที่สุดร้อยละ 16 สัมประสิทธิ์พยากรณ์ของตัวแปรสังเกตได้ในองค์ประกอบด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 17 ถึง 32 โดย NEES มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์มากที่สุดร้อยละ 32 และ COMC ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์น้อยที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ร้อยละ 17 สัมประสิทธิ์พยากรณ์ของตัวแปรสังเกตได้ในองค์ประกอบด้านการตีความทางคณิตศาสตร์ มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 13 ถึง 36 โดย LAES มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์มากที่สุดร้อยละ 36 และ SIMC ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์น้อยที่สุดร้อยละ 13 และอาจกล่าวโดยรวมได้ว่าตัวแปรสังเกตได้ส่วนใหญ่มีความผันแปรร่วมกับองค์ประกอบไม่มากนัก

ตารางที่ 4.10 น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (B) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ค่าทดสอบนัยสำคัญ (t) และสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) ของตัวแปรสังเกตได้ในในโมเดลการวัดแบบ GENE

องค์ประกอบ	ตัวชี้วัด	น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (B)	ค่าทดสอบนัยสำคัญ (t)*	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Error term)	สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2)
สมรรถนะด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ (FORMUL)	PUES	0.66	16.32	0.56	0.44
	PUSA	0.68	16.80	0.54	0.46
	PUMC	0.62	15.13	0.61	0.39
	WHES	0.51	11.79	0.74	0.26
	WHSA	0.47	10.89	0.78	0.22
	WHMC	0.40	9.13	0.84	0.16
	CHES	0.56	13.22	0.69	0.31
	CHSA	0.52	12.10	0.73	0.27
	CHMC	0.49	11.41	0.76	0.24
สมรรถนะด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ (EMPLOY)	PRES	0.52	12.22	0.73	0.27
	PRSA	0.53	12.27	0.72	0.28
	PRMC	0.49	11.32	0.76	0.24
	COES	0.51	11.88	0.74	0.26
	COSA	0.50	11.59	0.75	0.25
	COMC	0.42	9.51	0.83	0.17
	NEES	0.57	13.35	0.68	0.32
	NESA	0.52	12.22	0.73	0.27
	NEMC	0.44	10.15	0.80	0.20
สมรรถนะด้านการตีความทางคณิตศาสตร์ (INTERP)	LAES	0.60	14.30	0.64	0.36
	LASA	0.59	14.08	0.65	0.35
	LAMC	0.49	11.21	0.76	0.24
	SIES	0.43	9.72	0.82	0.18
	SISA	0.40	8.93	0.84	0.16
	SIMC	0.36	7.97	0.87	0.13
	SOES	0.60	14.29	0.64	0.36
	SOSA	0.56	12.95	0.69	0.31
	SOMC	0.58	13.65	0.67	0.33

หมายเหตุ *หาก t > 2 แสดงว่าน้ำหนักองค์ประกอบแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ประเมินความสามารถของตัวแปรในโมเดลการวัดแบบ GENE (ปรับโมเดล) และค่าความเที่ยงของตัวแปรแฝง โดยใช้สูตรความแปรปรวนเฉลี่ยของตัวแปรที่สกัดได้ด้วยองค์ประกอบ (Average Variance Extracted: AVE หรือ ρ_V) และความเที่ยง (Construct Reliability: CR หรือ ρ_C) ของตัวแปรแฝง ดังนี้

$$AVE_y = \frac{\sum_{i=1} \lambda_{yi}^2}{\sum_{i=1} \lambda_{yi}^2 + \sum_{i=1} Var(\varepsilon_i)}$$

เมื่อ AVE_y คือ ความแปรปรวนเฉลี่ยของตัวแปรที่สกัดได้ด้วยองค์ประกอบ y

$\sum_{i=1} \lambda_{yi}^2$ คือ ผลรวมของน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานยกกำลังสองของแต่ละตัวชี้วัด i ในองค์ประกอบ y

$\sum_{i=1} Var(\varepsilon_i)$ คือ ผลรวมของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแต่ละตัวชี้วัด i ในองค์ประกอบ y

$$CR_y = \frac{\left(\sum_{i=1} \lambda_{yi}\right)^2}{\left(\sum_{i=1} \lambda_{yi}\right)^2 + \sum_{i=1} (\theta)}$$

เมื่อ CR_y คือ ความเที่ยงของตัวแปรแฝง y

$\sum_{i=1} \lambda_{yi}$ คือ ผลรวมของน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานของแต่ละตัวชี้วัด i ที่วัดตัวแปรแฝง y

$\sum_{i=1} (\theta)$ คือ ผลรวมของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแต่ละตัวชี้วัด i ที่วัดตัวแปรแฝง y

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเฉลี่ยของตัวแปรที่สกัดได้ด้วยองค์ประกอบ (AVE) และความเที่ยงของตัวแปรแฝง (CR) ในโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE (ปรับโมเดล) แสดงดังตารางที่ 4.11 ซึ่งพบว่าองค์ประกอบสมรรถนะด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ (FORMUL) มีค่า AVE มากที่สุดเท่ากับ 0.31 องค์ประกอบสมรรถนะด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ (EMPLOY) มีค่า AVE น้อยที่สุดเท่ากับ 0.25 และองค์ประกอบสมรรถนะด้านการตีความทางคณิตศาสตร์ (INTERP) มีค่า AVE เท่ากับ 0.27 ซึ่งจะเห็นว่าในทุกองค์ประกอบมีค่า AVE ที่ต่ำกว่า 0.50 แสดงว่าทุกองค์ประกอบอธิบายความแปรปรวนของตัวชี้วัดในแต่ละองค์ประกอบได้ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการสรุปผลการวิเคราะห์โมเดลนี้จึงต้องทำด้วยความระมัดระวัง เมื่อพิจารณาความเที่ยงของตัวแปรแฝง (CR) ทุกตัวในโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ พบว่า มีค่าเกาะกลุ่มกันตั้งแต่ 0.75 - 0.79 ซึ่งถือเป็นค่าที่ค่อนข้างสูงและมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดว่าควรมากกว่า 0.60 แสดงว่าองค์ประกอบทุกองค์ประกอบในโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE (ปรับโมเดล) มีความคงเส้นคงวาของผลการวัดอยู่ในระดับที่ดี

ตารางที่ 4.11 ความแปรปรวนเฉลี่ยของตัวแปรที่สกัดได้ด้วยองค์ประกอบ (AVE) และความเที่ยงของตัวแปรแฝง (CR) ในโมเดลการวัดแบบ GENE

องค์ประกอบ (ตัวแปรแฝง)	ตัวชี้วัด	AVE (ρ_V)	CR (ρ_C)
สมรรถนะด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ (FORMUL)	PUES, PUSA, PUMC, WHES, WHSA, WHMC, CHES, CHSA และ CHMC	0.31	0.79
สมรรถนะด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ (EMPLOY)	PRES, PRSA, PRMC, COES, COSA, COMC, NEES, NESA และ NEMC	0.25	0.75
สมรรถนะด้านการตีความทางคณิตศาสตร์ (INTERP)	LAES, LASA, LAMC, SIES, SISA, SIMC, SOES, SOSA และ SOMC	0.27	0.76

4.2 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCU กับข้อมูลเชิงประจักษ์

โมเดลการวัดแบบ CTCU เป็นโมเดลที่มีตัวแปรแฝงทั้งหมด 3 ตัวแปร และตัวแปรสังเกตได้หรือข้อคำถามทั้งหมด 27 ตัวแปรเช่นเดียวกับโมเดลการวัดแบบ GENE แต่จะต่างตรงที่บังคับให้ความคลาดเคลื่อนที่มาจากการใช้รูปแบบข้อสอบเดียวกันภายใต้องค์ประกอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เดียวกันมีความสัมพันธ์กันเอง โดยผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดแบบ CTCU แสดงดังตารางที่ 4.12 พบว่า มีค่าไค-สแควร์ เท่ากับ 1213.06 ($p = 0.000$), $df = 294$ จึงคำนวณค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) ได้เท่ากับ 4.13 นอกจากนี้ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ .86 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .82 ค่าดัชนีวัดระดับความเหมาะสมเชิงเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ .95 ค่าดัชนีวัดระดับความเหมาะสมเชิงสัมพัทธ์ (RFI) เท่ากับ .92 ค่าดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ .058 และค่าดัชนีรากที่สองของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) เท่ากับ .076 ซึ่งทุกดัชนีความสอดคล้องยังไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แสดงว่าโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCU ยังไม่ค่อยสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยเลือกที่จะไม่ปรับโมเดลแบบ CTCU เพราะไม่ได้ต้องการบังคับให้โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เหมือนกับโมเดลแบบ GENE ที่ปรับโมเดลเพื่อสะท้อนถึงหลักฐานของความตรงเชิงโครงสร้าง

ตารางที่ 4.12 ค่าดัชนีความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดแบบ CTCU

โมเดลการวัด	χ^2	df	χ^2/df	GFI	AGFI	CFI	RFI	SRMR	RMSEA
โมเดลแบบ CTCU	1213.06 ($p = 0.00$)	294	4.13	0.86	0.82	0.95	0.92	0.058	0.076
เกณฑ์ที่ยอมรับได้*	χ^2 น้อยๆ ($p > .05$)	-	$\chi^2/df \leq 2$	GFI, AGFI > 0.90		CFI, RFI > 0.95		SRMR, RMSEA < .05	

หมายเหตุ *เกณฑ์ที่ใช้นำมาจากตารางของนงลักษณ์ วิรัชชัย (2542) และ Schumacker & Lomax (2010)

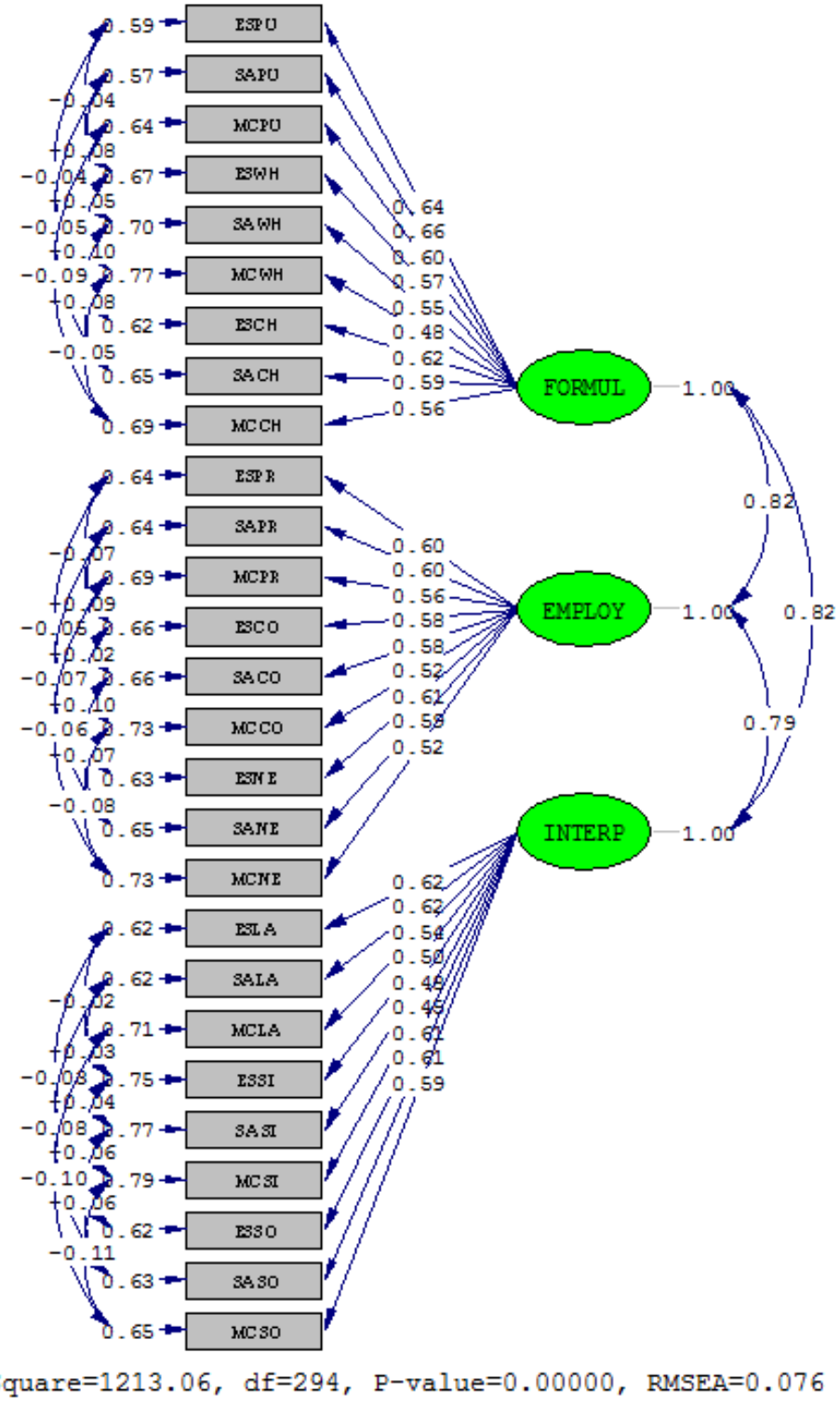
ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (B) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ค่าการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ (t) และค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) ของตัวแปรสังเกตได้ในแต่ละองค์ประกอบในโมเดลการวัดแบบ CTCU แสดงดังตารางที่ 4.13 พบว่า ตัวแปรสังเกตได้ในองค์ประกอบด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานตั้งแต่ .48 ถึง .66 โดยตัวแปรที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานมากที่สุด คือ PUSA มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานเท่ากับ .66 รองลงมา คือ PUES มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานเท่ากับ .64 และ WHMC มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานน้อยที่สุดเท่ากับ .48 ตัวแปรสังเกตได้ในองค์ประกอบด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานตั้งแต่ .52 ถึง .61 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติทุกค่า โดยตัวแปรที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานมากที่สุด คือ NEES มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานเท่ากับ .57 รองลงมา คือ PRES และ PRSA มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานเท่ากับ .60 ตัวแปร COMC และ NEMC มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานน้อยที่สุดเท่ากับ .52 ตัวแปรสังเกตได้ในองค์ประกอบด้านการตีความทางคณิตศาสตร์มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานตั้งแต่ .45 ถึง .62 โดยตัวแปรที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานมากที่สุด คือ LAES และ LASA มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานเท่ากับ .62 รองลงมา คือ SOES และ SOSA มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานเท่ากับ .61 และ SIMC มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานน้อยที่สุดเท่ากับ .45 ทั้งนี้ค่าน้ำหนักองค์ประกอบทุกค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของตัวแปรสังเกตได้ในองค์ประกอบด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์คิดเป็นร้อยละตั้งแต่ 23 ถึง 43 โดย PUSA มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์มากที่สุดร้อยละ 43 และ WHMC มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์น้อยที่สุดร้อยละ 23 สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของตัวแปรสังเกตได้ในองค์ประกอบด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 27 ถึง 37 โดย NEES มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์มากที่สุดร้อยละ 37 ตัวแปร COMC และ NEMC มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์น้อยที่สุดร้อยละ 27 สัมประสิทธิ์พยากรณ์ของตัวแปรสังเกตได้ในองค์ประกอบด้านการตีความทางคณิตศาสตร์มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 21 ถึง 38 โดย LAES, LASA และ SOES มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์มากที่สุดร้อยละ 38 และ SIMC ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์น้อยที่สุดร้อยละ 21 และอาจกล่าวโดยรวมได้ว่าตัวแปรสังเกตได้ส่วนใหญ่มีความผันแปรร่วมกับองค์ประกอบไม่มากนัก สำหรับพารามิเตอร์ที่สำคัญอีกตัวหนึ่งของโมเดลการวัดแบบ CTCU คือ ค่าความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่ใช้รูปแบบข้อสอบเหมือนกันภายใต้องค์ประกอบเดียวกันนั้น ผู้วิจัยจะขอนำเสนอและอธิบายในตอนที่ 5.1 เพื่อจะได้

อธิบายถึงระดับอิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิด จากรูปแบบข้อสอบไปพร้อมกัน แต่ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดแบบ CTCU แสดงดังภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.13 น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (B) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ค่าทดสอบนัยสำคัญ (t) และสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) ของตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลการวัดแบบ CTCU

องค์ประกอบ	ตัวชี้วัด	น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (B)	ค่าทดสอบนัยสำคัญ (t)*	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Error term)	สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2)
สมรรถนะด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ (FORMUL)	PUES	0.64	15.69	0.59	0.41
	PUSA	0.66	16.34	0.57	0.43
	PUMC	0.60	14.63	0.64	0.36
	WHES	0.57	13.64	0.67	0.33
	WHSA	0.55	12.91	0.70	0.30
	WHMC	0.48	11.25	0.77	0.23
	CHES	0.62	14.98	0.62	0.38
	CHSA	0.59	14.18	0.65	0.35
	CHMC	0.56	13.44	0.69	0.31
สมรรถนะด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ (EMPLOY)	PRES	0.60	14.43	0.64	0.36
	PRSA	0.60	14.50	0.64	0.36
	PRMC	0.56	13.41	0.69	0.31
	COES	0.58	13.87	0.66	0.34
	COSA	0.58	13.84	0.66	0.34
	COMC	0.52	12.16	0.73	0.27
	NEES	0.61	14.60	0.63	0.37
	NESA	0.59	14.19	0.65	0.35
	NEMC	0.52	12.13	0.73	0.27
สมรรถนะด้านการตีความทางคณิตศาสตร์ (INTERP)	LAES	0.62	14.90	0.62	0.38
	LASA	0.62	14.84	0.62	0.38
	LAMC	0.54	12.70	0.71	0.29
	SIES	0.50	11.59	0.75	0.25
	SISA	0.48	11.11	0.77	0.23
	SIMC	0.45	10.38	0.79	0.21
	SOES	0.61	14.77	0.62	0.38
	SOSA	0.61	14.66	0.63	0.37
	SOMC	0.59	14.22	0.65	0.35

หมายเหตุ *หาก t > 2 แสดงว่าน้ำหนักองค์ประกอบแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCU

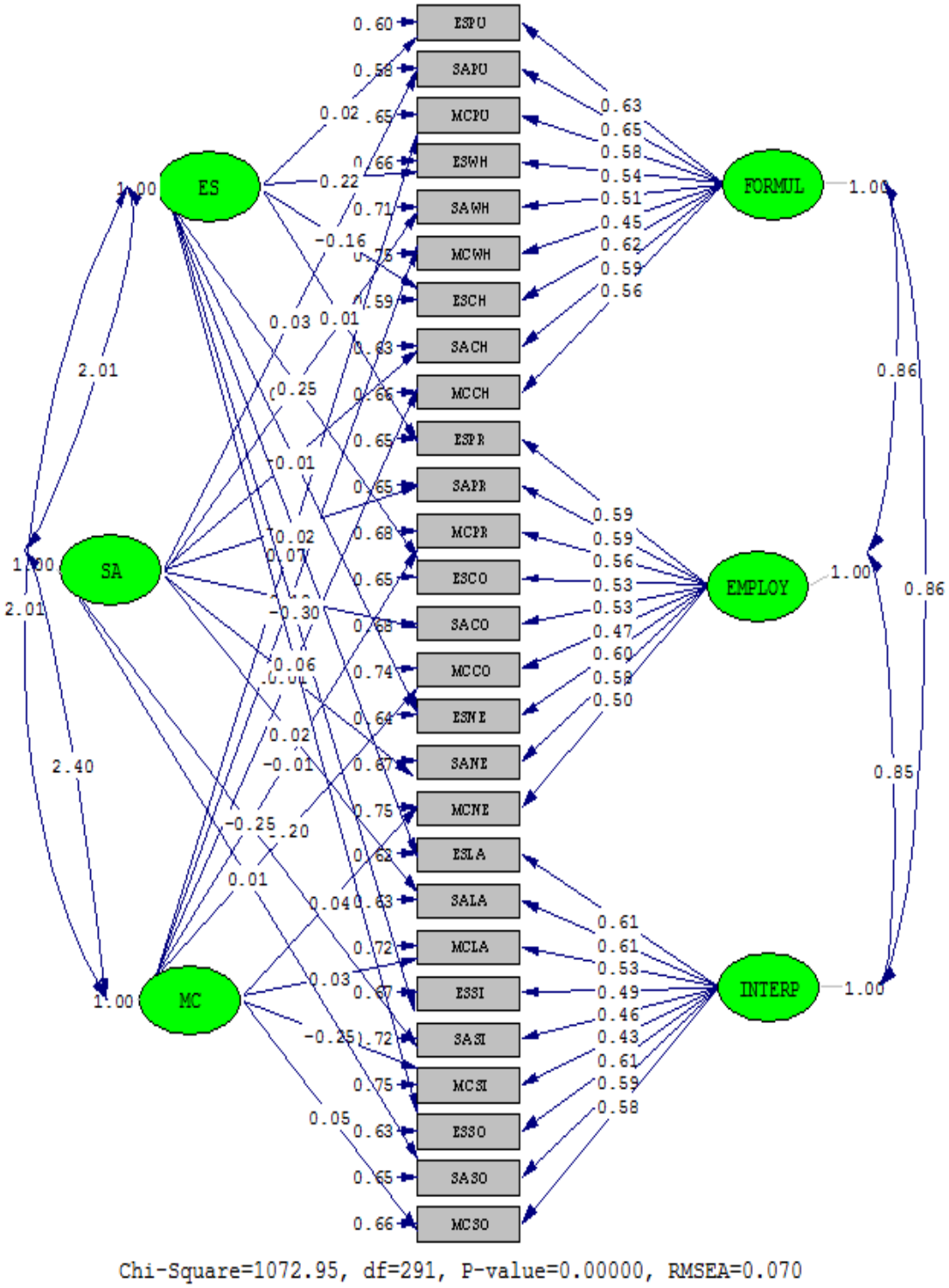
4.3 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCM กับข้อมูลเชิงประจักษ์

โมเดลการวัดแบบ CTCM เป็นโมเดลที่มีตัวแปรแฝงทั้งหมด 3 ตัวแปร และตัวแปรสังเกตได้หรือข้อคำถามทั้งหมด 27 ตัวแปรเช่นเดียวกับโมเดลการวัดแบบ GENE แต่จะต่างตรงที่เพิ่มองค์ประกอบของวิธีการวัดซึ่งในที่นี้คือ รูปแบบข้อสอบอีก 3 องค์ประกอบ ได้แก่ แบบแสดงวิธีทำ (ES) แบบตอบสั้น (SA) และแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก (MC) โดยผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดแบบ CTCM แสดงดังตารางที่ 4.14 พบว่ามีค่าไค-สแควร์ เท่ากับ 1072.95 ($p = 0.000$), $df = 291$ จึงคำนวณค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) ได้เท่ากับ 3.69 นอกจากนี้ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ .87 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .84 ค่าดัชนีวัดระดับความเหมาะสมเชิงเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ .96 ค่าดัชนีวัดระดับความเหมาะสมเชิงสัมพัทธ์ (RFI) เท่ากับ .93 ค่าดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของเศษในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ .049 และค่าดัชนีรากที่สองของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) เท่ากับ .070 ซึ่งดัชนีส่วนใหญ่ยังไม่สอดคล้องตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แสดงว่าโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCM ยังไม่ค่อยสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ อีกทั้งฟี (Phi) ซึ่งเป็นเมทริกซ์ของความแปรปรวน-แปรปรวนร่วม (variance-covariance) ระหว่างตัวแปรแฝงภายนอก (latent exogenous variable) ซึ่งค่าที่อยู่ในเมทริกซ์นี้แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝงหรือองค์ประกอบ โดยพบว่าองค์ประกอบของรูปแบบข้อสอบมีค่าความแปรปรวนร่วมที่สูงเกิน 1 ส่งผลให้โมเดลไม่ลู่เข้า จึงเป็นหลักฐานหนึ่งที่แสดงว่า การเพิ่มองค์ประกอบของรูปแบบข้อสอบเข้าไปในโมเดลการวัด ยิ่งทำให้โมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ทั้งนี้ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของโมเดลแบบ CTCM คือ น้ำหนักองค์ประกอบเป็นผลมาจากองค์ประกอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ องค์ประกอบวิธีการวัด (รูปแบบข้อสอบ) และองค์ประกอบความคลาดเคลื่อน ซึ่งผู้วิจัยจะกล่าวถึงในตอนที่ 5.2 เพื่อจะอธิบายถึงระดับอิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากรูปแบบข้อสอบไปพร้อมกัน แต่ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดแบบ CTCM แสดงดังภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.14 ค่าดัชนีความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดแบบ CTCM

โมเดลการวัด	χ^2	df	χ^2/df	GFI	AGFI	CFI	RFI	SRMR	RMSEA
โมเดลแบบ CTCM	1072.95 ($p = 0.00$)	291	3.69	0.87	0.84	0.96	0.93	0.049	0.070
เกณฑ์ที่ยอมรับได้*	χ^2 น้อยๆ $p > .05$	-	χ^2/df ≤ 2	GFI, AGFI > 0.90		CFI, RFI > 0.95		SRMR, RMSEA $< .05$	

หมายเหตุ *เกณฑ์ที่ใช้นำมาจากตารางของนงลักษณ์ วิรัชชัย (2542) และ Schumacker & Lomax (2010)



ภาพที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCM

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ

การวิจัยในครั้งนี้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ โดยประยุกต์ใช้เทคนิค CFA-model with Correlated Trait factors and Correlated Uniquenesses (CTCU) ซึ่งเป็นโมเดลที่นอกจากให้องค์ประกอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันแล้ว ยังให้ความคลาดเคลื่อนที่มาจากการใช้รูปแบบข้อสอบเดียวกันมีความสัมพันธ์กัน และใช้เทคนิค CFA-model with Correlated Trait factors and Correlated Method factors (CTCM) ซึ่งเป็นโมเดลที่นอกจากให้สมรรถนะทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันแล้ว ยังให้องค์ประกอบรูปแบบข้อสอบมีความสัมพันธ์กันด้วย โดยใช้ทั้งเทคนิค CTCU และเทคนิค CTCM ในการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัด ซึ่งผู้วิจัยจะดำเนินการเปรียบเทียบดัชนีความสอดคล้องระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCU เป็นอันดับแรก เพื่อตรวจสอบว่าโมเดลแบบใดมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่ากัน หากพบว่าโมเดลแบบ GENE มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลแบบ CTCU แสดงว่าไม่เกิดอิทธิพลของรูปแบบข้อสอบ แต่หากโมเดลแบบ CTCU มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลแบบ GENE แสดงว่าอาจเกิดอิทธิพลของรูปแบบข้อสอบ ซึ่งต้องพิจารณาค่าความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่มาจากการใช้รูปแบบข้อสอบที่เหมือนกันภายใต้องค์ประกอบเดียวกันร่วมด้วย โดยค่าดังกล่าวเป็นการสมมติว่าสิ่งที่ยังไม่สามารถอธิบายได้นอกเหนือจากการอธิบายด้วยตัวชี้วัดทั้งหลายนั้นเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบมากน้อยเพียงใด หากพบว่า ค่าความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่มาจากการใช้รูปแบบข้อสอบเดียวกันมีค่าสูง แสดงว่าอาจเกิดอิทธิพลของรูปแบบข้อสอบ ซึ่งต้องอาศัยเทคนิค CTCM เข้ามาตรวจสอบร่วมด้วย ทั้งนี้ผู้วิจัยจะเปรียบเทียบดัชนีความสอดคล้องระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCM เป็นลำดับถัดมา เพื่อตรวจสอบว่าโมเดลแบบใดมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่ากัน หากพบว่าโมเดลแบบ GENE มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลแบบ CTCM แสดงว่าไม่เกิดอิทธิพลของรูปแบบข้อสอบ แต่หากโมเดลแบบ CTCM มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลแบบ GENE แสดงว่า เกิดอิทธิพลของวิธีการวัด ซึ่งต้องพิจารณาน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เทียบกับน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากวิธีการวัด เพื่ออธิบายถึงระดับของการเกิดอิทธิพลของรูปแบบข้อสอบ โดยการเทียบน้ำหนักองค์ประกอบดังกล่าวในแต่ละรายข้อคำถามสะท้อนให้เห็นว่าข้อคำถามที่ใช้วัดแต่ละข้อนั้นเป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์และรูปแบบข้อสอบที่เป็นลักษณะเฉพาะของคำถามข้อนั้น มีค่าเป็นอย่างไร สำหรับการเปรียบเทียบดัชนีความสอดคล้องระหว่างโมเดล จะพิจารณาจากค่าไค-สแควร์สอดแทรก (nested chi-square) หรือการทดสอบความแตกต่างของค่าสถิติไค-สแควร์ ซึ่งใช้สำหรับเปรียบเทียบโมเดลคู่แข่ง (competing models) ว่าโมเดลใดมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่ากัน ในส่วนการคำนวณจะใช้วิธีหาผลต่าง

ของค่าไค-สแควร์ระหว่าง 2 โมเดลที่นำมาเปรียบเทียบกัน และหาผลต่างขององศาอิสระ (df) ระหว่าง 2 โมเดลที่นำมาเปรียบเทียบกัน โดยค่าไค-สแควร์สอดแทรกมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าโมเดลที่มีค่าไค-สแควร์ต่ำกว่า มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าอีกโมเดลหนึ่งที่มีค่าไค-สแควร์ สูงกว่า (Arorian ,1997 cited in Arorian & Norris, 2001) รวมถึงพิจารณาค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) ดัชนีรากที่สองของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) และดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) ต้องมีค่าน้อยๆ เข้าใกล้ 0 ส่วนค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมเชิงเปรียบเทียบ (CFI) และดัชนีวัดระดับความเหมาะสมเชิงสัมพัทธ์ (RFI) ต้องมีค่ามากๆ เข้าใกล้ 1 ซึ่งโมเดลใดที่สอดคล้องตามเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาข้างต้นโดยรวมมากกว่ากัน แสดงว่าโมเดลนั้นที่มีค่าต่างๆ ดีกว่าจะมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าอีกโมเดลหนึ่งที่มีค่าต่างๆ ด้อยกว่า โดยผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ โดยเทียบระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCU

อันดับแรกของการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัด คือ การเปรียบเทียบดัชนีความสอดคล้องระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCU เมื่อพิจารณาค่าผลต่างของไค-สแควร์ระหว่างสองโมเดลดังกล่าว มีค่าเท่ากับ 243.35 และผลต่างขององศาอิสระ (df) เท่ากับ 27 โดยค่าผลต่างของไค-สแควร์มีค่ามากกว่า 46.963 ซึ่งเป็นค่าวิกฤตที่เปิดจากตารางไค-สแควร์ที่ df = 27 ณ ระดับนัยสำคัญ .01 แสดงว่าค่าไค-สแควร์ของโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCU มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยโมเดลแบบ CTCU มีค่าไค-สแควร์ที่ต่ำกว่าโมเดลแบบ GENE แสดงว่า โมเดลแบบ CTCU สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลแบบ GENE เมื่อพิจารณาดัชนีความสอดคล้องตัวอื่น พบว่า ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) ค่าดัชนีรากที่สองของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) และค่าดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) ของโมเดลแบบ CTCU มีค่าน้อยกว่าโมเดลแบบ GENE นอกจากนี้ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมเชิงเปรียบเทียบ (CFI) ของโมเดล CTCU มีค่ามากกว่าโมเดลแบบ GENE รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.15 ซึ่งจะเห็นว่าโมเดลแบบ CTCU มีค่าดัชนีความสอดคล้องที่ดีกว่าโมเดลแบบ GENE แสดงว่าโมเดลแบบ CTCU สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลแบบ GENE ทำให้ต้องไปตรวจสอบระดับอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบต่อไป โดยการเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์กับค่าความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่ใช้รูปแบบข้อสอบเหมือนกันภายใต้องค์ประกอบเดียวกัน

ตารางที่ 4.15 ค่าดัชนีความสอดคล้องกลมกลืนระหว่างโมเดลแบบ GENE และโมเดลแบบ CTCU

โมเดลการวัด	χ^2	df	χ^2/df	GFI	AGFI	CFI	RFI	SRMR	RMSEA
โมเดลแบบ GENE (ดั้งเดิม)	1456.41	321	4.54	0.84	0.81	0.94	0.92	0.060	0.080
โมเดลแบบ CTCU	1213.06	294	4.13	0.86	0.82	0.95	0.92	0.058	0.076
การเปรียบเทียบโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCU	243.35*	27							

หมายเหตุ *ผู้วิจัยทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติของผลต่างไค-สแควร์ โดยการเปิดตารางค่าไค-สแควร์ ซึ่งพบว่า df = 27 ณ ระดับนัยสำคัญ .01 มีค่าวิกฤตของไค-สแควร์เท่ากับ 46.963

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจสอบระดับอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ โดยใช้เทคนิค CTCU แสดงดังตารางที่ 4.16 เมื่อพิจารณาน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ พบว่า มีค่าตั้งแต่ .48 ถึง .66 แสดงว่าความแปรปรวนของคะแนนส่วนใหญ่ที่วัดได้ด้วยข้อคำถามเป็นผลมาจากความแปรปรวนของสมรรถนะที่มุ่งวัดในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาค่าความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่ใช้รูปแบบข้อสอบเหมือนกัน ภายใต้องค์ประกอบเดียวกัน พบว่าค่าความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนทั้งหมดนั้นมีทิศทางเป็นลบและมีขนาดอยู่ในช่วง .05 ถึง .21 ซึ่งถือว่าเป็นขนาดความสัมพันธ์ที่ต่ำ แสดงว่า เกิดอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดเพียงเล็กน้อย หรืออาจกล่าวว่า ไม่เกิดอิทธิพลของรูปแบบข้อสอบ ซึ่งผู้วิจัยจะดำเนินการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดโดยใช้เทคนิค CTCM ต่อไป เพื่อเป็นหลักฐานสนับสนุนข้อค้นพบจากการใช้เทคนิค CTCU ตรวจสอบ และอธิบายถึงระดับอิทธิพลของวิธีการวัดให้ชัดเจนมากขึ้น

ตารางที่ 4.16 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (B) และค่าความคลาดเคลื่อนของคู่ตัวชี้วัดของตัวชี้วัดในแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในโมเดลการวัดแบบ CTCU

องค์ประกอบ	ตัวชี้วัด	น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (B)	คู่ตัวชี้วัดที่ให้ความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กัน (ค่าความสัมพันธ์)
สมรรถนะด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ (FORMUL)	PUES	0.64	• PUES กับ WHES (-0.07) • PUES กับ CHES (-0.07) • WHES กับ CHES (-0.19) • PUSA กับ WHSA (-0.15) • PUSA กับ CHSA (-0.10) • WHSA กับ CHSA (-0.17) • PUMC กับ WHMC (-0.10) • PUMC กับ CHMC (-0.18) • WHMC กับ CHMC (-0.09)
	PUSA	0.66	
	PUMC	0.60	
	WHES	0.57	
	WHSA	0.55	
	WHMC	0.48	
	CHES	0.62	
	CHSA	0.59	
	CHMC	0.56	

องค์ประกอบ	ตัวชี้วัด	น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (B)	คู่ตัวชี้วัดที่ให้ความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กัน (ค่าความสัมพันธ์)
สมรรถนะด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ (EMPLOY)	PRES	0.60	• PRES กับ COES (-0.15) • PRES กับ NEES (-0.11) • COES กับ NEES (-0.21) • PRSA กับ COSA (-0.18) • PRSA กับ NESA (-0.15) • COSA กับ NESA (-0.14) • PRMC กับ COMC (-0.05) • PRMC กับ NEMC (-0.12) • COMC กับ NEMC (-0.15)
	PRSA	0.60	
	PRMC	0.56	
	COES	0.58	
	COSA	0.58	
	COMC	0.52	
	NEES	0.61	
	NESA	0.59	
	NEMC	0.52	
สมรรถนะด้านการตีความและประเมินผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ (INTERP)	LAES	0.62	• LAES กับ SIES (-0.05) • LAES กับ SOES (-0.06) • SIES กับ SOES (-0.12) • LASA กับ SISA (-0.06) • LASA กับ SOSA (-0.15) • SISA กับ SOSA (-0.12) • LAMC กับ SIMC (-0.07) • LAMC กับ SOMC (-0.19) • SIMC กับ SOMC (-0.21)
	LASA	0.62	
	LAMC	0.54	
	SIES	0.50	
	SISA	0.48	
	SIMC	0.49	
	SOES	0.61	
	SOSA	0.61	
	SOMC	0.59	

5.2 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ โดยเทียบระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCM

ผลการเปรียบเทียบดัชนีความสอดคล้องระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCM เมื่อพิจารณาค่าผลต่างของไค-สแควร์ระหว่าง 2 โมเดลดังกล่าว มีค่าเท่ากับ 383.46 และผลต่างขององศาอิสระ (df) เท่ากับ 30 โดยค่าผลต่างของไค-สแควร์มีค่ามากกว่า 50.892 ซึ่งเป็นค่าที่เปิดจากตารางไค-สแควร์ที่ df = 30 ณ ระดับนัยสำคัญ .01 แสดงว่าค่าไค-สแควร์ของโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCM มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยโมเดลแบบ CTCM มีค่าไค-สแควร์ที่ต่ำกว่าโมเดลแบบ GENE แสดงว่า โมเดลแบบ CTCM สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลแบบ GENE เมื่อพิจารณาดัชนีความสอดคล้องตัวอื่น พบว่า ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) ค่าดัชนีรากที่สองของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) และค่าดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) ของโมเดลแบบ CTCM มีค่าน้อยกว่าโมเดลแบบ GENE นอกจากนี้ ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมเชิงเปรียบเทียบ (CFI) ดัชนีวัดระดับความเหมาะสม

เชิงสัมพัทธ์ (RFI) ของโมเดล CTCM มีค่ามากกว่าโมเดลแบบ GENE รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.17 ซึ่งจะเห็นว่าโมเดลแบบ CTCM มีค่าดัชนีความสอดคล้องที่ดีกว่าโมเดลแบบ GENE แสดงว่าโมเดลแบบ CTCM สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลแบบ GENE จึงต้องไปตรวจสอบระดับอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบต่อไป โดยการเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์กับน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบที่ใช้ในการวัด รวมถึงพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานด้วย

ตารางที่ 4.17 ค่าดัชนีความสอดคล้องกลมกลืนระหว่างโมเดลแบบ GENE และโมเดลแบบ CTCM

โมเดลการวัด	χ^2	df	χ^2/df	GFI	AGFI	CFI	RFI	SRMR	RMSEA
โมเดลแบบ GENE (ดั้งเดิม)	1456.41	321	4.54	0.84	0.81	0.94	0.92	0.060	0.080
โมเดลแบบ CTCM	1072.95	291	3.68	0.87	0.84	0.96	0.93	0.049	0.070
การเปรียบเทียบโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCM	383.46*	30							

หมายเหตุ *ผู้วิจัยทดสอบระดับนัยสำคัญทางสถิติของผลต่างไค-สแควร์ โดยการเปิดตารางค่าไค-สแควร์ ซึ่งพบว่า df = 30 ณ ระดับนัยสำคัญ .01 มีค่าวิกฤตของไค-สแควร์เท่ากับ 50.892

ค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่ใช้ตรวจสอบระดับอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ โดยใช้เทคนิค CTCM แสดงดังตารางที่ 4.18 เมื่อพิจารณาน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบมีน้ำหนักในระดับปานกลางในช่วง .43 ถึง .65 แสดงถึงคะแนนของตัวแปรสังเกตได้ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่มุ่งวัดในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากองค์ประกอบของวิธีการวัด (รูปแบบข้อสอบ) พบว่า มีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ในระดับที่ต่ำในช่วง -.30 ถึง .25 ซึ่งในทุกตัวแปรสังเกตได้มีน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบต่ำกว่าน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ แสดงถึง รูปแบบข้อสอบที่นำมาใช้มีผลต่อคะแนนที่ได้จากการวัดบ้าง แต่ไม่มากนัก การที่คะแนนจากการวัดได้รับผลขององค์ประกอบรูปแบบข้อสอบที่ต่ำ แสดงว่าความแปรปรวนของคะแนนจากการวัดเป็นผลเนื่องมาจากความแปรปรวนของวิธีการวัดค่อนข้างน้อย แต่ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากความแปรปรวนของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่มุ่งวัดมากกว่า ในส่วนองค์ประกอบของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีผลต่อคะแนนของตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวด้วยค่าที่อยู่ในระดับปานกลางไปจนค่อนข้างสูงในช่วง .58 ถึง .75 แสดงถึงว่ามีองค์ประกอบอื่นๆ นอกเหนือจากองค์ประกอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์และองค์ประกอบรูปแบบข้อสอบ หรือสิ่งที่ยังไม่สามารถอธิบายได้ไปมีผลต่อความแปรปรวนของคะแนนจากการวัดในระดับที่ค่อนข้างสูง แม้ผลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์จะได้รับอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ

เจือปนอยู่บ้างในระดับที่ต่ำ จึงก็อาจกล่าวได้ว่าอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบมีผลเพียงเล็กน้อยต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัด เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของตัวแปรสังเกตได้ในองค์ประกอบด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์คิดเป็นร้อยละตั้งแต่ 25 ถึง 45 โดย PUSA มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์มากที่สุดร้อยละ 42 และ WHMC มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์น้อยที่สุดร้อยละ 25 สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของตัวแปรสังเกตได้ในองค์ประกอบด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 25 ถึง 36 โดย NEES มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์มากที่สุดร้อยละ 36 ตัวแปร NEMC มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์น้อยที่สุดร้อยละ 25 สัมประสิทธิ์พยากรณ์ของตัวแปรสังเกตได้ในองค์ประกอบด้านการตีความทางคณิตศาสตร์มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 25 ถึง 38 โดย LAES มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์มากที่สุดร้อยละ 38 และ SIMC ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์น้อยที่สุดร้อยละ 25 และอาจกล่าวโดยรวมได้ว่าตัวแปรสังเกตได้ส่วนใหญ่อธิบายความแปรปรวนของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของแต่ละตัวแปรสังเกตได้ในระดับที่ไม่สูงนัก

ตารางที่ 4.18 น้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากองค์ประกอบของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ และองค์ประกอบของวิธีการวัด

ตัวชี้วัด	องค์ประกอบของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์			องค์ประกอบของวิธีการวัด (รูปแบบข้อสอบ)			องค์ประกอบความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE)	สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2)
	FORMUL	EMPLOY	INTERP	ES	SA	MC		
PUES	0.63	-	-	0.02	-	-	0.60	0.40
PUSA	0.65	-	-	-	0.03	-	0.58	0.42
PUMC	0.58	-	-	-	-	0.07	0.65	0.35
WHES	0.54	-	-	0.22	-	-	0.66	0.34
WHSA	0.51	-	-	-	0.19	-	0.71	0.29
WHMC	0.45	-	-	-	-	0.20	0.75	0.25
CHES	0.62	-	-	-0.16	-	-	0.65	0.35
CHSA	0.59	-	-	-	-0.13	-	0.63	0.37
CHMC	0.56	-	-	-	-	-0.13	0.66	0.34
PRES	-	0.59	-	0.01	-	-	0.65	0.35
PRSA	-	0.59	-	-	0.00	-	0.65	0.35
PRMC	-	0.56	-	-	-	-0.01	0.68	0.32
COES	-	0.53	-	0.25	-	-	0.65	0.35
COSA	-	0.53	-	-	0.18	-	0.68	0.32
COMC	-	0.47	-	-	-	0.20	0.74	0.26
NEES	-	0.60	-	0.01	-	-	0.64	0.36
NESA	-	0.58	-	-	0.01	-	0.67	0.33
NEMC	-	0.50	-	-	-	0.04	0.75	0.25

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวชี้วัด	องค์ประกอบของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์			องค์ประกอบของวิธีการวัด (รูปแบบข้อสอบ)			องค์ประกอบความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE)	สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2)
	FORMUL	EMPLOY	INTERP	ES	SA	MC		
LAES	-	-	0.61	0.02	-	-	0.62	0.38
LASA	-	-	0.61	-	0.02	-	0.63	0.37
LAMC	-	-	0.53	-	-	0.03	0.72	0.28
SIES	-	-	0.49	-0.30	-	-	0.67	0.33
SISA	-	-	0.46	-	-0.25	-	0.72	0.28
SIMC	-	-	0.43	-	-	-0.25	0.75	0.25
SOES	-	-	0.61	0.06	-	-	0.63	0.37
SOSA	-	-	0.59	-	0.01	-	0.65	0.35
SOMC	-	-	0.58	-	-	0.05	0.66	0.34

หมายเหตุ ค่าน้ำหนักที่แสดงในตารางเป็นค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (B)

จากผลการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากรูปแบบข้อสอบโดยใช้ทั้งเทคนิค CTCU และเทคนิค CTCM ให้ผลที่สอดคล้องกัน คือ โมเดลแบบ CTCU และโมเดลแบบ CTCM แม้ว่าจะสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลแบบ GENE แต่ทว่าระดับอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลจากรูปแบบข้อสอบเกิดขึ้นไม่มากนัก และอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งพิจารณาจากความแปรปรวนของวิธี (CMV) ที่มีค่าต่ำกว่า 40% (Doty & Glick, 1998) จึงสรุปได้ว่า อิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากรูปแบบข้อสอบมีผลเพียงเล็กน้อยต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องอิทธิพลของรูปแบบข้อสอบที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางพิซ่า: การประยุกต์ใช้การตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดด้วยเทคนิค CTCU และเทคนิค CTCM เป็นการการวิจัยเชิงบรรยาย โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE โมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCU และโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCM และ 2) เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของรูปแบบข้อสอบที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE เทียบกับโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCU และโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCM

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2558 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 และเขต 2 ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 44,897 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2558 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 1 และเขต 2 ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งใช้การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20 คน ต่อหนึ่งตัวแปรสังเกตได้ โดยการวิจัยนี้มีตัวแปรสังเกตได้ 27 ตัวแปร ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมจึงควรมีอย่างน้อย 540 คน และผู้วิจัยสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยใช้การสุ่มแบบ 2 ขั้นตอน (two-stage random sampling) ดังนี้ ขั้นแรกสุ่มโรงเรียนด้วยวิธีการตัวอย่างสุ่มแบบง่าย ซึ่งได้มา 6 โรงเรียน ขั้นที่สอง คือ สุ่มห้องเรียนระดับชั้นละ 2-3 ห้องเรียน ตามขนาดโรงเรียน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบยกกลุ่มได้มา 14 ห้องเรียน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลนักเรียนทั้งหมด 627 คน แต่ข้อมูลของนักเรียนที่มีความสมบูรณ์มี 549 คน คิดเป็นร้อยละ 87.56

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยในโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE และโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCU ประกอบไปด้วยตัวแปรแฝงด้านสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ทั้งหมด 3 ตัว คือ การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ (FORMUL) การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ (EMPLOY) การตีความและประเมิน ผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ (INTERP) โดยตัวแปรแฝงทั้งหมดวัดจากตัวแปรสังเกตได้ 27 ตัวแปร ส่วนตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยในโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCM มีตัวแปรที่ใช้วัดเหมือนกับตัวแปรที่กล่าวไปแล้วข้างต้น แต่จะเพิ่มตัวแปรแฝงเป็นวิธีการวัดเข้ามาอีก 3 ตัวแปร ได้แก่ แบบแสดงวิธีทำ (ES) แบบตอบสั้น (SA) และแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก (MC) จึงทำให้โมเดลแบบ CTCM มีตัวแปรแฝงทั้งหมด 6 ตัว โดยวัดจากตัวแปรสังเกตได้ 27 ตัวแปร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์จำนวน 3 ฉบับ โดยแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA แต่ละฉบับ ประกอบด้วยข้อสอบที่คำถามเป็นสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ในโลกของชีวิตจริงจำนวน 9 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแผนผังข้อสอบและลักษณะเฉพาะของข้อสอบตามแนวทาง PISA ซึ่งกำหนดให้ระบุสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่มุ่งวัด เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และบริบทที่ใช้ นอกจากนี้แบบวัดแต่ละฉบับได้ใช้รูปแบบของข้อสอบทั้งแบบแสดงวิธีทำ แบบตอบสั้น และแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก อย่างละ 3 ข้อ ทั้งนี้คำถามสถานการณ์ทั้ง 9 ข้อนี้จะเหมือนกันในทุกฉบับ แต่จะมีรูปแบบข้อสอบที่ใช้ในแต่ละฉบับที่แตกต่าง รวมถึงมีการสลับตำแหน่งสถานการณ์ในแต่ละฉบับให้ไม่เหมือนกัน และมีการเปลี่ยนตัวเลขหรือข้อความเพียงเล็กน้อยในบางสถานการณ์ เพื่อป้องกันการจำข้อสอบได้ การให้คะแนนเป็นแบบ 0, 1 ในการตอบข้อสอบทั้ง 3 รูปแบบ ดังนี้ ถ้าคำตอบถูกจะได้คะแนนเต็มคือ 1 คะแนน แต่หากตอบผิดหรือไม่ตอบจะได้ 0 คะแนนสำหรับข้อสอบแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก และแบบตอบสั้น ส่วนแบบแสดงวิธีทำกำหนดว่าหากทั้งคำตอบถูกและเขียนแสดงวิธีทำได้ถูกต้องชัดเจนตามหลักคณิตศาสตร์และทำให้ผู้วิจัยซึ่งเป็นผู้ตรวจให้คะแนนเพียงคนเดียวอ่านได้เข้าใจจะได้คะแนนเต็มคือ 1 คะแนน แต่หากตอบผิดหรือแสดงวิธีทำไม่ถูกต้องชัดเจนอย่างใดอย่างหนึ่ง รวมถึงไม่ตอบข้อสอบข้อนั้นจะได้ 0 คะแนน

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้ มี 3 ส่วน คือ 1) การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนสมรรถนะที่วัดได้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ค่าความเบ้ และค่าความโด่ง ทั้งแบบแยกตามสถานการณ์คำถามและแบบรวมเป็นด้านสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ รวมถึงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบระหว่างรูปแบบข้อสอบที่ต่างกัน 2) การวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ โดยการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบ (b) ค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบ (a) สารสนเทศของข้อสอบและสารสนเทศของแบบสอบ (test information) รวมถึงการวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงของแบบวัดแต่ละฉบับด้วยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาก 3) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) ของโมเดลการวัดสมรรถทางคณิตศาสตร์แบบ GENE รวมถึงการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ โดยในโมเดลแบบ CTCU และโมเดลแบบ CTCM โดยการเปรียบเทียบโมเดลระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCU ก่อน แล้วเปรียบเทียบระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCM ต่อมา

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยและข้อสังเกตของผู้วิจัยในประเด็นดังต่อไปนี้ 1) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE โมเดลการวัดแบบ CTCU และโมเดลการวัดแบบ CTCM เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ 2) ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากรูปแบบข้อสอบที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ และ 3) ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ย ค่าพารามิเตอร์ความยากและพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบ แยกตามรูปแบบข้อสอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แต่ละโมเดล เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์

โมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบทั่วไป (โมเดลแบบ GENE) เป็นโมเดลที่วัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ 3 องค์ประกอบ คือ การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ และการตีความทางคณิตศาสตร์ โดยวัดผ่านตัวชี้วัดที่เป็นสถานการณ์คำถามทางคณิตศาสตร์ในบริบทชีวิตจริงจำนวน 27 ข้อ รวมถึงเป็นโมเดลหลักที่ใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เมื่อปรับโมเดลโดยให้ความคลาดเคลื่อนของข้อคำถามที่ใช้สถานการณ์คำถามเดียวกันมีความสัมพันธ์กันเป็นส่วนใหญ่ พบว่า โมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (χ^2 = 281.98, p = 0.752, df = 299, χ^2/df = 0.94, GFI = 0.96, AGFI = 0.95, CFI = 1.00, RFI = 0.98, SRMR = 0.031, RMSEA = 0.000) โดยมีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานที่มาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตั้งแต่ 0.36 ถึง 0.68 แสดงว่า ตัวชี้วัดส่วนใหญ่เป็นผลเนื่องมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในระดับปานกลาง นอกจากนี้ในโมเดลการวัดแบบ GENE พบว่า ผลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในโมเดลการวัดแบบ GENE มีความคงเส้นคงวาอยู่ในระดับที่ดี โดยพิจารณาจากความเที่ยงขององค์ประกอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (Construct Reliability: CR) ซึ่งมีค่าเกาะกลุ่มกันตั้งแต่ 0.75 ถึง 0.79 แต่ทุกองค์ประกอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์อธิบายความแปรปรวนของตัวชี้วัดในแต่ละองค์ประกอบได้ค่อนข้างต่ำ โดยพิจารณาจากค่าความแปรปรวนเฉลี่ยของตัวแปรที่สกัดได้ด้วยองค์ประกอบ (AVE) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.25 ถึง 0.31 แสดงถึงว่า ตัวชี้วัดยังมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร

โมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เทคนิค CTCU (โมเดลแบบ CTCU) ซึ่งเป็นโมเดลที่ใช้ตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ โดยเป็นโมเดลที่คล้ายกับโมเดลการวัดแบบ GENE แต่เพิ่มเติมตรงที่บังคับให้ความคลาดเคลื่อนที่มาจากการใช้รูปแบบ

ข้อสอบเดียวกันภายใต้องค์ประกอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เดียวกันมีความสัมพันธ์กันเอง โดยผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดแบบ CTCU พบว่า โมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCU ยังไม่ค่อยมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์นัก (χ^2 = 1213.06, p = 0.00, df = 294, χ^2/df = 4.13, GFI = 0.86, AGFI = 0.82, CFI = 0.95, RFI = 0.92, SRMR = 0.058, RMSEA = 0.076)

โมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เทคนิค CTCM (โมเดลแบบ CTCM) ซึ่งเป็นโมเดลที่ใช้ตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ โดยเป็นโมเดลที่คล้ายกับโมเดลการวัดแบบ GENE แต่จะต่างตรงที่โมเดลแบบ CTCM จะเพิ่มองค์ประกอบของวิธีการวัด ซึ่งในที่นี้คือรูปแบบข้อสอบเข้าไปอีก 3 องค์ประกอบ ได้แก่ รูปแบบแสดงวิธีทำ (ES) รูปแบบตอบสั้น (SA) และรูปแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก (MC) โดยผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดแบบ CTCM พบว่า โมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ CTCM ยังไม่ค่อยมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์นัก (χ^2 = 1072.95, p = 0.00, df = 291, χ^2/df = 3.69, GFI = 0.87, AGFI = 0.84, CFI = 0.96, RFI = 0.93, SRMR = 0.049, RMSEA = 0.070)

2. ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากรูปแบบข้อสอบที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

ในการวิเคราะห์อิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากรูปแบบข้อสอบนั้น ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบดัชนีความสอดคล้องระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCU เพื่อตัดสินว่าโมเดลใดมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่ากัน แล้วจึงอธิบายถึงระดับอิทธิพลของวิธีการวัด โดยการเปรียบเทียบเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เทียบกับค่าความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่ใช้รูปแบบข้อสอบเหมือนกัน ภายใต้องค์ประกอบเดียวกัน จากนั้นผู้วิจัยจึงเปรียบเทียบดัชนีความสอดคล้องระหว่างโมเดลแบบ GENE กับโมเดลแบบ CTCM เพื่อตัดสินว่าโมเดลใดมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่ากัน แล้วจึงอธิบายถึงระดับอิทธิพลของวิธีการวัดโดยการเปรียบเทียบเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เทียบกับน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ ซึ่งได้ข้อสรุปดังนี้

2.1 ผลการเปรียบเทียบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ระหว่างโมเดลแบบ GENE และโมเดลแบบ CTCU เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากรูปแบบข้อสอบ พบว่า โมเดลแบบ CTCU สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลแบบ GENE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยพิจารณาจากค่าผลต่างไค-สแควร์หรือค่าไค-สแควร์สอดแทรก (nested chi-square) รวมถึงไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) ดัชนีรากที่สองของความคลาดเคลื่อนใน

การประมาณค่า (RMSEA) และดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) ของโมเดลแบบ CTCU มีค่าน้อยกว่าโมเดลแบบ GENE และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมเชิงเปรียบเทียบ (CFI) ของโมเดล CTCU มีค่ามากกว่าโมเดลแบบ GENE ซึ่งโมเดลแบบ GENE มีดัชนีความสอดคล้องเป็นดังนี้ χ^2 = 1456.41, p = 0.00, df = 306, χ^2/df = 4.54, GFI = 0.84, AGFI = 0.81, CFI = 0.92, RFI = 0.94, SRMR = 0.060, RMSEA = 0.080 และโมเดลแบบ CTCU มีดัชนีความสอดคล้องเป็นดังนี้ χ^2 = 1213.06, p = 0.00, df = 294, χ^2/df = 4.13, GFI = 0.86, AGFI = 0.82, CFI = 0.95, RFI = 0.92, SRMR = 0.058, RMSEA = 0.076

การตรวจสอบระดับอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบโดยใช้เทคนิค CTCU ต้องพิจารณาน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เทียบกับค่าความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่ใช้รูปแบบข้อสอบเหมือนกัน ภายใต้องค์ประกอบเดียวกัน ซึ่งพบว่าน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์มีค่าตั้งแต่ 0.48 ถึง 0.66 ขณะที่ค่าความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่ใช้รูปแบบข้อสอบเหมือนกันในองค์ประกอบเดียวกัน พบว่าทุกความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนทั้งหมดนั้นมีทิศทางเป็นลบและมีขนาดอยู่ในช่วง 0.05 ถึง 0.21 ซึ่งถือว่าเป็นขนาดความสัมพันธ์ที่ต่ำ นั่นคือ ความแปรปรวนของคะแนนที่วัดได้ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากความแปรปรวนของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่มุ่งวัด ในขณะที่ความคลาดเคลื่อนซึ่งเป็นส่วนที่อธิบายไม่ได้นั้น ถึงแม้จะให้มีความสัมพันธ์กันตามรูปแบบข้อสอบก็ยังไม่สามารถอธิบายคะแนนที่วัดได้ไม่ดีเท่าสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ กล่าวคือ ผลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แทบจะไม่ได้รับอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ

2.2 ผลการเปรียบเทียบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ระหว่างโมเดลแบบ GENE และโมเดลแบบ CTCM เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากรูปแบบข้อสอบ พบว่าโมเดลแบบ CTCM สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลแบบ GENE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยพิจารณาจากค่าผลต่างไค-สแควร์หรือค่าไค-สแควร์สอดแทรก (nested chi-square) รวมถึงไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) ดัชนีรากที่สองของ ความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) และดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) ของโมเดลแบบ CTCU มีค่าน้อยกว่าโมเดลแบบ GENE และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมเชิงเปรียบเทียบ (CFI) ของโมเดล CTCU มีค่ามากกว่าโมเดลแบบ GENE ซึ่งโมเดลแบบ GENE มีดัชนีความสอดคล้องเป็นดังนี้ χ^2 = 1456.41, p = 0.00, df = 306, χ^2/df = 4.54, GFI = 0.84, AGFI = 0.81, CFI = 0.92, RFI = 0.94, SRMR = 0.060, RMSEA = 0.080 และโมเดลแบบ CTCM มีดัชนีความสอดคล้องเป็น

ดังนี้ χ^2 = 1072.95, p = 0.00, df = 291, χ^2/df = 3.69, GFI = 0.87, AGFI = 0.84, CFI = 0.96, RFI = 0.93, SRMR = 0.049, RMSEA = 0.070

การตรวจสอบระดับอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบโดยใช้เทคนิค CTCM ต้องพิจารณาน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์เทียบกับน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ ซึ่งพบว่า น้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ มีน้ำหนักในระดับปานกลางในช่วง 0.43 ถึง 0.65 และน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ มีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ในระดับที่ต่ำในช่วง -0.30 ถึง 0.25 ซึ่งในทุกตัวแปรสังเกตได้มีน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบต่ำกว่าน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ แสดงถึง รูปแบบข้อสอบที่นำมาใช้มีผลต่อคะแนนที่ได้จากการวัดบ้าง แต่ไม่มากนัก การที่คะแนนจากการวัดได้รับผลขององค์ประกอบรูปแบบข้อสอบที่ต่ำ แสดงว่า ความแปรปรวนของคะแนนจากการวัดเป็นผลเนื่องมาจากความแปรปรวนของวิธีการวัดค่อนข้างน้อย แต่ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากความแปรปรวนของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่มุ่งวัดมากกว่า แม้ผลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์จะได้รับอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบเจือปนอยู่บ้างในระดับที่ต่ำ จึงก็อาจกล่าวได้ว่าอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบมีผลเพียงเล็กน้อยต่อผลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

จากการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ โดยใช้เทคนิค CTCI และเทคนิค CTCM ให้ข้อสรุปที่เหมือนกันว่า ผลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ได้รับอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบเพียงเล็กน้อย จนอาจกล่าวได้ว่า อิทธิพลของรูปแบบข้อสอบแทบจะไม่มีผลต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

3. ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ย ค่าพารามิเตอร์ความยากและพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบ แยกตามรูปแบบข้อสอบ

การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ พบว่า สถานการณ์ที่ใช้คำถามเดียวกัน แต่มีรูปแบบข้อสอบที่แตกต่างกัน จะทำให้ได้คะแนนเฉลี่ยหรือค่าความยากตามแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมแตกต่างกัน เมื่อทดสอบค่าเฉลี่ยทางสถิติรายสถานการณ์จำแนกตามรูปแบบข้อสอบ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ได้ผลการวิเคราะห์และข้อสรุปในทุกชุดสถานการณ์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อใช้รูปแบบข้อสอบที่ต่างกัน จะทำให้ค่าเฉลี่ยของคะแนนที่วัดได้จากแต่ละสถานการณ์มีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ พบว่า คะแนนที่ได้มาจากการใช้รูปแบบแสดงวิธีทำจะมีค่าต่ำกว่าคะแนนที่ได้มาจากการใช้รูปแบบตอบสั้นและรูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก และคะแนนที่ได้มาจากการใช้รูปแบบตอบสั้นจะมีค่าต่ำกว่าคะแนนที่ได้มาจากการใช้รูปแบบเลือกตอบ

หลายตัวเลือก นั่นคือรูปแบบแสดงวิธีทำ จะทำให้ได้คะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด และรูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกจะทำให้ได้คะแนนเฉลี่ยมากที่สุด หรืออาจกล่าวได้ว่า ในการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ รูปแบบแสดงวิธีทำจะเป็นข้อสอบที่ยากกว่ารูปแบบตอบสั้นและรูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก และรูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกจะเป็นข้อสอบที่ง่ายที่สุด นอกจากนี้มีข้อสังเกตจากการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความยากพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบ ตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ โดยพบว่า สถานการณ์คำถามที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำจะมีค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบสูงที่สุด รองลงมา คือ สถานการณ์คำถามที่ใช้รูปแบบตอบสั้น และสถานการณ์คำถามที่ใช้รูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกจะมีค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบต่ำที่สุด ซึ่งแสดงว่าข้อสอบแบบแสดงวิธีทำเป็นข้อสอบที่ยากที่สุด และข้อสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกเป็นข้อสอบที่ง่ายที่สุด ส่วนพารามิเตอร์อำนาจจำแนกข้องข้อสอบโดยส่วนใหญ่ พบว่า สถานการณ์คำถามที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำจะมีค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบสูงที่สุด รองลงมา คือ สถานการณ์คำถามที่ใช้รูปแบบตอบสั้น และสถานการณ์คำถามที่ใช้รูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกจะมีค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกของข้อสอบต่ำที่สุด ซึ่งแสดงว่าข้อสอบแบบแสดงวิธีทำเป็นข้อสอบที่จำแนกความผู้สอบที่มีความรู้กับไม่มีความรู้ได้ดีที่สุด และข้อสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกเป็นข้อสอบที่จำแนกความผู้สอบที่มีความรู้กับไม่มีความรู้ได้น้อยที่สุด กล่าวโดยสรุปคือ ในการใช้สถานการณ์คำถามเดียวกัน ข้อสอบแบบแสดงวิธีทำจะเป็นข้อสอบที่ยากที่สุด แต่จำแนกผู้สอบได้ดีที่สุด ขณะที่ข้อสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกจะเป็นข้อสอบที่ง่ายที่สุด และจำแนกผู้สอบได้น้อยที่สุด

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยมีประเด็นที่น่าสนใจในการอภิปราย ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE ในตอนแรกที่ยังไม่ปรับโมเดล พบว่า ดัชนีวัดความสอดคล้องทั้งหมดไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ใช้ยอมรับ ซึ่งสะท้อนว่าโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE (ดั้งเดิม) ไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แต่เมื่อทำการปรับโมเดลโดยให้ความคลาดเคลื่อนของตัวชี้วัดที่ใช้ข้อคำถามเดียวกันมีความสัมพันธ์กันเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ดัชนีวัดความสอดคล้องทั้งหมดเป็นไปตามเกณฑ์ที่ใช้ยอมรับ ซึ่งรวมถึงค่าไค-สแควร์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE ที่ปรับโมเดลแล้วมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งสาเหตุที่เป็นเช่นนี้ เพราะการให้ความคลาดเคลื่อนของตัวชี้วัดมีความสัมพันธ์กัน จะทำให้ค่าไค-สแควร์มีค่าต่ำลงสอดคล้องกับแนวทางการปรับโมเดล (Modification) ในโปรแกรม LISREL ซึ่งจะระบุถึงค่าไค-สแควร์ที่ลดลง เมื่อให้ความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กัน นอกจากนี้การให้ความคลาดเคลื่อนของตัวชี้วัดมีความสัมพันธ์กันเป็นการเพิ่มจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า ซึ่งทำให้องศาอิสระ (df)

มีค่าลดลง เนื่องมาจากสูตรการคำนวณองศาอิสระนั้นเกี่ยวข้องกับจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า โดยจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่ายิ่งมาก จะยิ่งทำให้องศาอิสระมีค่าลดต่ำลง ส่งผลให้ดัชนีความสอดคล้องบางตัว ได้แก่ ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ ดัชนีความสอดคล้องเชิงเปรียบเทียบ (CFI) และความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) ที่ในสูตรการคำนวณเกี่ยวข้องกับค่าไค-สแควร์และองศาอิสระ (Kenny & McCoach, 2003) มีโอกาสได้ค่าที่ดียิ่งขึ้น อีกสาเหตุหนึ่งของการให้ความคลาดเคลื่อนของตัวชี้วัดที่ใช้ข้อคำถามเดียวกันมีความสัมพันธ์กันเป็นส่วนใหญ่แล้วทำให้โมเดลแบบ GENE มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากยิ่งขึ้น คือ การให้ความคลาดเคลื่อนซึ่งเป็นสิ่งที่ยังอธิบายไม่ได้ มีความสัมพันธ์กันตามโครงสร้างของสถานการณ์คำถามเดียวกัน โดยเชื่อว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวที่เกิดขึ้นนั้นเป็นผลมาจากโครงสร้างของคำถามที่เหมือนกัน แม้จะใช้รูปแบบข้อสอบที่ต่างกัน แต่วิธีการคิดหาคำตอบก็ยังเหมือนเดิม ซึ่งก็ควรจะมีความสัมพันธ์กันอยู่บ้าง สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันในการวิจัยนี้ ซึ่งพบว่าตัวชี้วัดที่เป็นสถานการณ์คำถามเดียวกัน แต่ต่างกันที่รูปแบบข้อสอบมีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับปานกลางไปจนถึงสูง ทั้งนี้การปรับโมเดลโดยให้ความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กันแล้วทำให้โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยหลายงานที่เกี่ยวข้องการกับวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันหรือการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงสาเหตุ เช่น งานวิจัยของคณิตพันธุ์ ทองสืบสาย (2552) ที่พัฒนาแบบวัดความฉลาดทางสังคมสำหรับนักศึกษาปริญญาบัณฑิต ซึ่งใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของโมเดลการวัดชนิดมาตรประมาณค่าและชนิดสถานการณ์เป็นหลักฐานสนับสนุนความตรงเชิงโครงสร้าง โดยมีการปรับโมเดลให้ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรสังเกตได้บางตัวมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งส่งผลให้ดัชนีความสอดคล้องต่างๆ ในโมเดลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และทำให้โมเดลการวัดชนิดมาตรประมาณค่าและชนิดสถานการณ์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

2. จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลแบบ GENE ซึ่งเป็นโมเดลหลักที่ใช้อธิบายถึงสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ซึ่งพบว่าโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์แบบ GENE ที่ปรับโมเดลแล้วมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยมีน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานที่มาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตั้งแต่ 0.36 ถึง 0.68 แสดงว่า ตัวชี้วัดส่วนใหญ่เป็นผลเนื่องมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในระดับปานกลาง นอกจากนี้ในโมเดลการวัดแบบ GENE พบว่า ผลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ในโมเดลการวัดแบบ GENE มีความคงเส้นคงวาอยู่ในระดับที่ดี โดยพิจารณาจากความเที่ยงขององค์ประกอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (Construct Reliability: CR) ซึ่งมีค่าเกาะกลุ่มกันตั้งแต่ 0.75 – 0.79 แต่ทุกองค์ประกอบสมรรถนะทางคณิตศาสตร์อธิบายความแปรปรวนของตัวชี้วัดในแต่ละองค์ประกอบได้ค่อนข้างต่ำ โดยพิจารณาจากค่าความแปรปรวนเฉลี่ยของตัวแปรที่สกัดได้ด้วยองค์ประกอบ (AVE) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.25 ถึง 0.31 แสดงถึงว่าตัวชี้วัดยังมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควรในการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ แต่ให้ผลที่คงเส้นคงวา นั่นคือ การใช้

ตัวชี้วัดเหล่านี้ซ้ำๆ ในการวัด ยังคงทำให้ตัวชี้วัดและองค์ประกอบยังอธิบายร่วมกันได้ไม่สูงนัก ที่เป็นเช่นนี้คงไม่ได้มาจากการสร้างตัวชี้วัดและใช้แต่เพียงอย่างเดียว เพราะผู้วิจัยจะดำเนินการสร้างตัวชี้วัดซึ่งเป็นสถานการณ์คำถามอย่างรัดกุม โดยมีตรวจสอบการตรงเชิงเนื้อหา มีการนำไปทดลองใช้แล้วนำมาวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบเพื่อใช้คัดเลือกข้อที่มีคุณภาพก่อนนำไปใช้จริง หรือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจริงได้มีการสลับตำแหน่งสถานการณ์ของแบบวัดแต่ละฉบับให้ไม่เหมือนกัน และมีการเปลี่ยนตัวเลขหรือข้อความเพียงเล็กน้อยในบางสถานการณ์ เพื่อป้องกันการจำข้อสอบได้ ตลอดจนคำนึงถึงลำดับของการใช้แบบวัดให้แต่ละโรงเรียนมีลำดับการใช้ที่ต่างกัน แต่สาเหตุหนึ่งของการที่น้ำหนักองค์ประกอบและค่า AVE ไม่สูงนักอาจมาจากผลการตอบของนักเรียนด้วย ซึ่งจากการที่ผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจให้คะแนนเพียงคนเดียว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ทำข้อสอบสถานการณ์ตามแนวทาง PISA ไม่ค่อยได้ เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างไม่คุ้นเคยกับข้อสอบสถานการณ์ ซึ่งสะท้อนได้จากคะแนนเฉลี่ยในแต่ละด้านของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ดังนี้ สมรรถนะด้านการคิดในเชิงคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 คะแนน (คะแนนเต็ม 9 คะแนน) สมรรถนะด้านการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.21 คะแนน (คะแนนเต็ม 9 คะแนน) และสมรรถนะด้านการตีความทางคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.87 คะแนน (คะแนนเต็ม 9 คะแนน) โดยจะเห็นว่านักเรียนมีสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ค่อนข้างต่ำไปจนถึงปานกลาง สอดคล้องกับผลการประเมินของ PISA ของนักเรียนไทยที่ผ่านๆ มาพบว่าการรู้เรื่องคณิตศาสตร์เป็นด้านที่มีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยรวมจากผลการสอบของทุกประเทศมาตลอด และยังเป็นด้านที่ได้คะแนนต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับด้านการอ่าน และวิทยาศาสตร์แทบจะทุกครั้ง (สสวท., 2557a)

3. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลแบบ CTCU และโมเดลแบบ CTCM พบว่า ทั้งสองโมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งผู้วิจัยเลือกที่จะไม่ปรับโมเดลเพื่อให้โมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์เฉกเช่นเดียวกับโมเดลแบบ GENE ที่ปรับโมเดลเพราะเป็นหลักฐานของความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยนี้ เนื่องจากโมเดลแบบ CTCU และโมเดลแบบ CTCM เป็นเพียงส่วนขยายของโมเดลแบบ GENE ซึ่งนำมาใช้ในการเปรียบเทียบโมเดลเพื่อตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดอันเกิดจากรูปแบบข้อสอบ จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องปรับให้โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ยิ่งไปกว่านั้นการปรับโมเดลที่ใช้ตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัด จะยิ่งทำให้โมเดลมีความซับซ้อน และอธิบายถึงระดับอิทธิพลของวิธีการวัดได้ไม่ชัดเจน ผู้วิจัยจึงไม่ปรับโมเดลแบบ CTCU และโมเดลแบบ CTCM ซึ่งการกระทำดังเช่นนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Quilty, Oakman และ Risko (2006) ซึ่งได้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากการใช้ข้อความเชิงบวกและเชิงลบที่มีต่อผลของการมองเห็นคุณค่าของตนเอง และบุคลิกภาพ 5 องค์ประกอบ โดยไม่ปรับโมเดลแบบ CTCU และแบบ CTCM ที่นำมาใช้ตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากการใช้ข้อความเชิงบวกและเชิงลบ

นอกจากนี้การไม่ปรับโมเดลที่ใช้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดยังสอดคล้องกับงานวิจัยของเพ็ญนภา ศรีโฉม (2557) ที่ทำการเปรียบเทียบอิทธิพลของการตอบตามความถึงปรารถนาของสังคมในโมเดลการวัดสุขภาพจิตทั้งแบบองค์รวมและแบบเฉพาะด้านโดยใช้เทคนิค CEUL และเทคนิค CEML ซึ่งไม่ปรับโมเดลให้มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ก่อนที่จะนำมาเปรียบเทียบกัน นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์โมเดลแบบ CTCM ซึ่งพบว่าความแปรปรวนร่วมในเมทริกซ์ฟี (Phi) ระหว่างองค์ประกอบรูปแบบข้อสอบทั้ง 3 รูปแบบที่ใช้นั้นมีค่าที่สูงเกินหนึ่ง แสดงว่าองค์ประกอบวิธีการวัดที่ใช้ คือ รูปแบบข้อสอบนั้นมีความสัมพันธ์กันสูงมากจนอาจถือว่าเป็นองค์ประกอบเดียวกัน รวมถึงทำให้โมเดลไม่ลู่เข้า รวมถึงน้ำหนักองค์ประกอบรูปแบบข้อสอบในโมเดล CTCM พบว่ามีบางค่าที่ติดลบ สะท้อนถึงโมเดลนั้นยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์ สอดคล้องกับข้อจำกัดของการวิเคราะห์อิทธิพลของวิธีการวัดด้วยเทคนิค CTCM ที่ระบุว่า อาจเกิดปัญหาในการวินิจฉัยตัวโมเดลจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ถูกต้อง (Podsakoff et al., 2003) ขณะที่โมเดลการวิเคราะห์แบบ CTCU นั้นไม่พบปัญหาใดๆ ในการวิเคราะห์ สอดคล้องกับงานวิจัยของอนุ เจริญวงศ์ระยับ (2549) ที่ได้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการวัดต่อโครงสร้างองค์ประกอบมาตราวัดปรีชาเชิงอารมณ์ตามแนวพุทธศาสนาสำหรับวัยรุ่นไทย โดยได้ประยุกต์ใช้ทั้งโมเดลแบบ CTCU และโมเดลแบบ CTCM ซึ่งพบว่า โมเดลแบบ CTCU เท่านั้นที่มีการประมาณค่าได้อย่างเหมาะสม ขณะที่โมเดลแบบ CTCM มีค่าประมาณบางค่าที่ยังไม่เหมาะสม และการใช้วิธีการนี้ยังมีข้อจำกัด อีกทั้งผลการวิจัยของ Marsh and Bailey (1991) ที่ศึกษาเปรียบเทียบโมเดล CFA แบบต่างๆ โดยใช้ข้อมูลจริงและข้อมูลจำลอง ซึ่งพบว่า โมเดลแบบ CTCM เป็นโมเดลที่มีจำนวนครั้งของการวิเคราะห์ที่ยังไม่ถูกต้องเหมาะสมคิดเป็นร้อยละ 77 ในขณะที่โมเดลแบบ CTCU เป็นโมเดลที่มีจำนวนครั้งของการวิเคราะห์ยังไม่ถูกต้องเหมาะสมคิดเป็นร้อยละ 98 นั่นคือ โมเดลแบบ CTCM มีโอกาสที่จะวิเคราะห์ข้อมูลได้ไม่เหมาะสมมากกว่าโมเดลแบบ CTCU

4. ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ พบว่า ทั้งโมเดลแบบ CTCU และโมเดลแบบ CTCM มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดลแบบ GENE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยพิจารณาจากค่าไค-สแควร์สอดแทรก รวมถึงดัชนีความสอดคล้องตัวอื่น โดยค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ (χ^2/df) ค่าดัชนีรากที่สองของ ความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) และค่าดัชนีรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) ของทั้งโมเดลแบบ CTCU และโมเดลแบบ CTCM มีค่าน้อยกว่าโมเดลแบบ GENE อีกทั้งค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมเชิงเปรียบเทียบ (CFI) ของโมเดล CTCU และโมเดลแบบ CTCM มีค่ามากกว่าโมเดลแบบ GENE ที่เป็นเช่นนี้เพราะทั้งโมเดลแบบ CTCU และโมเดลแบบ CTCM มีการเพิ่มพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่ามากขึ้น โดยโมเดลแบบ CTCU นั้นให้ความคลาดเคลื่อนที่มาจากการใช้รูปแบบ

ข้อสอบเดียวกันมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งมีจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่าเพิ่มขึ้นจากพารามิเตอร์ในโมเดลแบบ GENE อีก 27 พารามิเตอร์ และโมเดลแบบ CTCM ที่เพิ่มตัวแปรแฝงซึ่งเป็นองค์ประกอบวิธีเข้าไปอีก 3 ตัวแปรที่สัมพันธ์กัน และทำให้มีจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่าเพิ่มขึ้นจากพารามิเตอร์ในโมเดลแบบ GENE อีก 30 พารามิเตอร์ ตลอดจนค่าไค-สแควร์ที่ประมาณค่าได้ในโมเดลแบบ CTCU และโมเดลแบบ CTCM มีค่าลดลงกว่าโมเดลแบบ GENE ทำให้ดัชนีความสอดคล้องบางตัว ได้แก่ ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์ ดัชนีความสอดคล้องเชิงเปรียบเทียบ (CFI) และความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (RMSEA) ที่ในสูตรการคำนวณเกี่ยวข้องกับค่าไค-สแควร์และองศาอิสระ (Kenny & McCoach, 2003) มีโอกาสได้ค่าที่ดียิ่งขึ้น รวมถึงสอดคล้องกับข้อสรุปที่ว่าจำนวนตัวแปรที่มากขึ้นในโมเดลจะทำให้ได้ค่า RMSEA ที่ดีขึ้น (Kenny, Kaniskan & McCoach, 2014)

5. การตรวจสอบระดับอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบโดยใช้เทคนิค CTCU พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์มีค่าตั้งแต่ 0.48 ถึง 0.66 เมื่อพิจารณาค่าความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่ใช้รูปแบบข้อสอบเหมือนกัน ภายใต้องค์ประกอบเดียวกัน พบว่าค่าความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนทั้งหมดนั้นมีทิศทางเป็นลบและมีขนาดอยู่ในช่วง 0.05 ถึง 0.21 ซึ่งถือว่าเป็นขนาดความสัมพันธ์ที่ต่ำ และเมื่อเทียบขนาดความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนกับน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ พบว่า ขนาดความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่มาจากการใช้รูปแบบข้อสอบเดียวกันทั้งหมดมีค่าน้อยกว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ แสดงว่าอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบมีผลเพียงเล็กน้อยต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัด สำหรับการตรวจสอบระดับอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบโดยใช้เทคนิค CTCU พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบมีน้ำหนักในระดับปานกลางในช่วง 0.43 ถึง 0.65 แสดงถึงคะแนนของตัวแปรสังเกตได้ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่มุ่งวัดในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากองค์ประกอบรูปแบบข้อสอบ พบว่า มีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ในระดับที่ต่ำในช่วง -0.30 ถึง 0.25 ซึ่งในทุกตัวแปรสังเกตได้มีน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบต่ำกว่าน้ำหนักองค์ประกอบที่เป็นผลมาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ แสดงว่า อิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบมีผลเพียงเล็กน้อยต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัด แม้ผลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์จะได้รับอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบเจือปนอยู่บ้างในระดับที่ต่ำ จึงก็อาจกล่าวได้ว่าอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบแทบจะไม่มีผลต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ จะเห็นว่าการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดด้วยเทคนิค CTCU และเทคนิค CTCM ต่างให้ข้อค้นพบที่เหมือนกันว่าตัวชี้วัดมีน้ำหนักองค์ประกอบ

ที่มาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์มากกว่าค่าที่แสดงถึงความแปรปรวนอันเกิดจากวิธีการวัด แสดงว่าไม่เกิดอิทธิพลของวิธีการวัด ซึ่งเป็นไปตามนิยามของ Sechrest et al. (2000) ที่กล่าวว่า อิทธิพลของวิธีการวัดจะเกิดขึ้นเมื่อลักษณะของวิธีการวัดหรือเครื่องมือวัดใดๆ ไปทำให้เกิดความแปรปรวนมากกว่าโครงสร้างหรือคุณลักษณะที่สนใจศึกษา ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เมื่อตรวจสอบอิทธิพลของรูปแบบข้อสอบด้วยเทคนิค CTCU และเทคนิค CTCM พบว่าไม่เกิดอิทธิพลของวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบที่มีต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตามสารสนเทศเกี่ยวกับอิทธิพลของวิธีการวัดในโมเดลแบบ CTCU ยังไม่ค่อยชัดเจนนัก เพราะการให้ความคลาดเคลื่อนที่มาจากการใช้รูปแบบข้อสอบเดียวกันมีความสัมพันธ์กันเอง ไม่ได้ยืนยันว่าความสัมพันธ์นั้นเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบโดยตรง ซึ่งเป็นเพียงข้อคาดการณ์ว่าให้สิ่งที่อธิบายไม่ได้สัมพันธ์กันตามรูปแบบข้อสอบที่เหมือนกัน น่าจะเป็นอิทธิพลอันเกิดจากรูปแบบข้อสอบ แต่ในความเป็นจริงอาจเป็นความสัมพันธ์ของการใช้คำถามหรือปัจจัยอื่นๆก็ได้ ขณะที่สารสนเทศเกี่ยวกับอิทธิพลของวิธีการวัดในโมเดลแบบ CTCM มีความชัดเจนมาก เพราะอธิบายได้ว่าตัวชี้วัดมีน้ำหนักองค์ประกอบที่มาจากสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ วิธีการวัด หรือความคลาดเคลื่อนมากกว่ากัน สอดคล้องกับงานวิจัยของอนุ เจริญวงศ์ระยับ (2549) ที่ได้กล่าวว่า โมเดลแบบ CTCM จะให้สารสนเทศเกี่ยวกับอิทธิพลของวิธีการวัดได้ชัดกว่าโมเดลแบบ CTCU แต่โมเดลแบบ CTCU จะให้ค่าประมาณที่เหมาะสมกว่าโมเดลแบบ CTCM

6. ผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับพารามิเตอร์ของข้อสอบ พบว่า คะแนนเฉลี่ยที่วัดได้จากแต่ละสถานการณ์มีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ พบว่า คะแนนเฉลี่ยที่ได้มาจากการใช้รูปแบบแสดงวิธีทำจะมีค่าต่ำกว่าคะแนนที่ได้มาจากการใช้รูปแบบตอบสั้นและรูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก และคะแนนที่ได้มาจากการใช้รูปแบบตอบสั้นจะมีค่าต่ำกว่าคะแนนที่ได้มาจากการใช้รูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก ทั้งนี้คะแนนเฉลี่ยของการให้คะแนนแบบ 0, 1 สะท้อนถึงจำนวนผู้ตอบข้อสอบข้อนั้นถูกต่อจำนวนผู้สอบทั้งหมด ซึ่งเป็นแนวคิดของค่าความยากตามแนวทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม จึงทำให้สรุปได้ว่า ข้อสอบแบบแสดงวิธีทำจะเป็นข้อสอบที่ยากที่สุด รองลงมาคือ ข้อสอบแบบตอบสั้น และข้อสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกจะเป็นข้อสอบที่ง่ายที่สุด สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ความยาก (b) ตามแนวทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ซึ่งพบว่าสถานการณ์คำถามที่ใช้รูปแบบแสดงวิธีทำจะมีค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบสูงที่สุด รองลงมา คือ สถานการณ์คำถามที่ใช้รูปแบบตอบสั้น และสถานการณ์คำถามที่ใช้รูปแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกจะมีค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบต่ำที่สุด ซึ่งแสดงว่าข้อสอบแบบแสดงวิธีทำเป็นข้อสอบที่ยากที่สุด รองลงมาคือ ข้อสอบแบบตอบสั้น และข้อสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกจะเป็นข้อสอบที่ง่ายที่สุด สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะข้อสอบแบบแสดงวิธีทำและแบบตอบสั้นแทบจะไม่มีโอกาสในการเดาข้อสอบ ในขณะที่ข้อสอบเลือกตอบ 5 ตัวเลือกมีโอกาส

ในการเดาเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยมีความน่าจะเป็นในการเดาข้อสอบถูกถึงร้อยละ 20 จึงอาจเป็นไปได้ว่าคะแนนที่วัดได้อาจเป็นผลมาจากการเดาข้อสอบ อีกทั้งโดยปกติข้อสอบแบบแสดงวิธีทำมีเกณฑ์การตรวจให้คะแนนที่เป็นรูบริกหรือเกณฑ์ที่มีความเข้มงวดกว่าข้อสอบแบบตอบสั้นและแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกที่นิยมให้คะแนนแต่เฉพาะคำตอบที่ถูกต้องเท่านั้น จึงทำให้การได้คะแนนจากข้อสอบที่ต้องแสดงวิธีทำอาจจะยากกว่า อย่างในกรณีที่ผู้วิจัยตรวจให้คะแนน พบว่า นักเรียนจะไม่ค่อยได้คะแนนกันเมื่อเป็นข้อสอบแบบแสดงวิธีทำ เพราะบางส่วนถึงจะหาคำตอบได้ถูกต้อง แต่ไม่เขียนแสดงวิธีทำมา ซึ่งก็ไม่ต่างอะไรกับรูปแบบตอบสั้น ก็จะทำให้นักเรียนที่ทำเช่นนี้ไม่ได้คะแนนไป บางส่วนเขียนแต่การคำนวณซึ่งเหมือนกับการทดเลข แต่ไม่มีคำอธิบายใดๆ ก็ทำให้เสียคะแนนไปเช่นกัน จึงสรุปได้ว่าข้อสอบแบบแสดงวิธีทำเป็นข้อสอบที่ยากที่สุด รองลงมาคือ ข้อสอบแบบตอบสั้นและข้อสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกจะเป็นข้อสอบที่ง่ายที่สุด ซึ่งข้อสรุปดังกล่าวที่เกี่ยวกับพารามิเตอร์ของข้อสอบเป็นเพียงข้อสังเกตของผู้วิจัย โดยพารามิเตอร์ของข้อสอบกับผลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามโมเดลการวัดเป็นคนละสิ่งกัน ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า อิทธิพลของรูปแบบข้อสอบไม่มีผลต่อความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ แต่ทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ของข้อสอบ (ค่าความยาก) ที่แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยจะนำเสนอข้อเสนอแนะเป็น 2 ส่วน คือ ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. แม้การตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบมีผลต่อความตรงเชิงโครงสร้างและคะแนนสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่วัดได้เพียงเล็กน้อย แต่อาจทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ความยากของข้อสอบที่แตกต่างไป ดังนั้นครูอาจารย์ หรือนักประเมินควรคำนึงถึงรูปแบบข้อสอบที่ใช้วัดความรู้หรือสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้มั่นใจว่าข้อสอบที่ใช้นั้นมีระดับความยากที่เหมาะสมกับผู้สอบที่เป็นกลุ่มเป้าหมายและจุดประสงค์ของการสอบ

2. ครูและนักการศึกษาสามารถนำแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปใช้ในการวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้ โดยอาจเลือกใช้เพียงแบบวัดฉบับเดียวหรือจัดทำแบบวัดใหม่ที่มีรูปแบบข้อสอบแบบใดแบบหนึ่งที่เป็นแบบเดียวกันทั้งฉบับ เนื่องจากข้อสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีค่าพารามิเตอร์ความยากและค่าพารามิเตอร์อำนาจจำแนกอยู่ในระดับที่เหมาะสม ตลอดจนมีการตรวจสอบแล้วว่าไม่มีอิทธิพลของวิธีการวัดอันเป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. เนื่องจากการวิจัยนี้ศึกษาบนโครงสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ตามแนวทาง PISA ฉะนั้นการวิจัยครั้งต่อไปอาจทำในบริบทของวิชาหรือศาสตร์อื่น หรือทำในบริบทเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่นที่มีการจัดการเรียนการสอน เพื่อตรวจสอบและยืนยันอิทธิพลการวัดอันเกิดจากรูปแบบข้อสอบ

2. เนื่องจากการวิจัยนี้ศึกษากับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนในกรุงเทพมหานคร ดังนั้น การวิจัยในครั้งต่อไป อาจศึกษาตามเดิมนี้กับประชากรกลุ่มอื่น เช่น ศึกษาในระดับชั้นอื่น ศึกษาในจังหวัดอื่น หรือศึกษาตามภูมิภาค เป็นต้น

3. เนื่องจากสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ในแต่ละโมเดลมีค่าในระดับปานกลาง สะท้อนว่าอาจมีตัวแปรอื่นๆ มาอธิบายถึงลักษณะการตอบมีปฏิสัมพันธ์กับรูปแบบข้อสอบ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ตรวจสอบอิทธิพลที่เกิดจากวิธีการวัดที่เป็นผลมาจากรูปแบบข้อสอบเพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ในการวิจัยครั้งต่อไปควรตรวจสอบอิทธิพลที่เกิดจากการวิธีการวัดด้วยคุณลักษะอื่นร่วมด้วย เช่น ความลำเอียงจากการไม่ใส่ใจการตอบ (acquiescence biases) การจัดวางตำแหน่งข้อคำถาม (Item priming effects) ความกำกวมของคำถาม (Item ambiguity) จำนวนข้อคำถาม (scale length) ฯลฯ เป็นต้น

4. กรณีที่มีการตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดในการวัดหลายคุณลักษณะ และหลายวิธีการวัด ซึ่งต้องใช้การวิเคราะห์แบบพหุวิธีในการตรวจสอบ หากจำนวนตัวบ่งชี้หรือข้อคำถามมีจำนวนไม่มากนัก ควรใช้เทคนิคด้วยโมเดลผลคูณโดยตรง (direct product model) ร่วมในการตรวจสอบด้วย

5. เนื่องจาการวิจัยนี้ใช้แบบวัดที่เป็นเครื่องมือวิจัยจำนวน 3 ฉบับ ที่มีโครงสร้างคำถามเดียวกันแต่ต่างกันที่รูปแบบข้อสอบ ซึ่งทำให้ต้องใช้เวลาพอประมาณในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนั้นการทำวิจัยต่อๆ ไปที่จะตรวจสอบอิทธิพลของวิธีการวัดในการวัดความสามารถทางปัญญา อาจมีการออกแบบและใช้เครื่องมือวิจัยเพียงฉบับเดียวก็พอ โดยการสร้างข้อคำถามที่วัดโครงสร้างเดียวกันแต่ตัวคำถามที่ไม่เหมือนกันเลย และใช้รูปแบบข้อสอบที่ต่างกัน เพื่อไม่ให้นักเรียนต้องทำข้อสอบที่ถามแบบเดิมซ้ำๆ เพียงแต่ต่างกันที่รูปแบบข้อสอบ

6. การทดสอบที่มีวิธีการวัดหลายรูปแบบ และใช้แบบวัดหลายฉบับ หากต้องการตรวจสอบอิทธิพลของรูปแบบข้อสอบ อาจใช้วิธีแบบไขว้ (cross method) กล่าวคือ แบบวัดต่างฉบับกัน มีการใช้ข้อสอบที่มีคำถามเหมือนกัน แต่รูปแบบข้อสอบต่างกัน โดยให้มีการกระจายการใช้ข้อสอบให้เหมาะสม

รายการอ้างอิง

Aroian, K. J. N., A. E. (2001). *Confirmatory factor anlysis* (4 Ed.). Philadelphia: Lippincott William & Wilknis.

Bagozzi, R. P., & Yi, Y. (1991). Multitrait-multimethod matrices in consumer research. *Journal of Consumer Research, 17*, 426-439.

Campbell, D. T., & Fiske, D. (1959). Convergent and discriminant validation by the multitrait-multimethod matrix. *Psychol. Bull, 56*, 81-105.

Chan, D. (2001). Method Effects of Positive Affectivity, Negative Affectivity, and Impression Management in Self-Reports of Work Attitudes. *Human Performance, 14*(1), 77-96.

Cote, J. A., & Buckley, R. (1987). Estimating trait, method, and error variance: generalizing across 70 construct validation studies. *J. Mark. Res, 24*, 315-318.

DiStefano, C., & Motl, R. W. (2009). Personality correlates of method effects due to negatively worded items on the Rosenberg Self-Esteem scale. *Personality and Individual Differences, 46*, 309-313.

Doty, D. H., & Glick, W. H. (1998). Common methods bias: Does common methods variance really bias results? *Organ. Res. Methods, 1*, 374-406.

Goldstein, H. (2004). International comparisons of student attaianment: some issues arising from the PISA study. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice, 11*(3), 319-390.

Hogan, T. P., Benjamin, A., & Brezinski, K. L. (2000). Reliability methods. *Educational and Psychological Measurement, 60*, 523-531.

Jakobsen, M., & Jensen, R. (2014). Common Method Bias in Public Management Studies. *International Public Management Journal, 18*(1), 3-30.

Jones, B. A. (2009). Minimizing method bias through programmatic research. *Management Information Systems Quarterly, 33*, 445-471.

Kenny, D. A., & McCoach, D. B. (2003). Effect of the number of variables on measures of fit in structural equation modeling. *Structural Equation Modeling, 10*, 333-351.

Kenny, D. A., Kaniskan, B., & McCoach, D. B. (2014). The performance of RMSEA in models with small degrees of freedom. *Sociological Method & Research, 44*, 486-507.

Marsh, H. M., & Bailey, M. (1991). Confirmatory factor analysis Multitrait-Multimethod data: A comparison of alternative models. *Appiled Psychological Measurement, 15*, 47-70.

Maul, A. (2013). *Method Effects And The Meaning of Measurement*: Research and Evaluation Methodology, School of Education, University of Colorado at Boulder, Boulder, CO, USA.

Meade, A. W., Watson, A. M., & Kroustalis, C. M. (2007, April). *"Assessing Common Methods Bias in Organizational Research,".* Paper presented at the Proceedings of the 22nd Annual Meeting of the Society for Industrial and Organizational Psychology, San Diego, CA.

Neubrand, M. (2009). *PISA Mathematics in Germany: Extending the Conceptual Framework to Enable a More Differentiated Assessment*. Paper presented at the PISA: Research Conference 2009.

OECD. (2013). *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD.

Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J. Y., & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *Journal of Applied Psychology, 88*, 879-903.

Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., & Podsakoff, N. P. (2012). Sources of method bias in social science research and recommendations on how to control it. *Annual Review of Psychology, 63*, 539-569.

Quilty, L. C., Oakman, J. M., & Risko, E. (2006). Correlates of the Rosenberg Self-Esteem Scale method effects. *Structural Equation Modeling, 13*(1), 99-117.

Richardson, H. A., Simmering, M. J., & Sturman, M. C. (2009). A tale of three perspectives examining post hoc statistical techniques for detection and correction of common method variance. *Organizational Research Methods, 12*(4), 762-800.

Scherpenzeel, A., & Saris, W. (1997). The validity and reliability of survey questions: a meta-analysis of MTMM studies. *Soc. Methods Res, 25*, 341-383.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Schumacker, R. R., & Lomax, R. G. (2010). *A beginners guild to structural equation modeling*. New York: Routledge.

Sechrest, L., et al.,. (2000). *Understanding method variance*. Thousand Oaks: Sage Publications.

Spector, P. E. (2006). Method Variance in Organizational Research: Truth or Urban Legend? *Organizational Research Methods, 9*(2), 221-232.

Thorpe, G. L., & Favia, A. (2012). "Data Analysis Using Item Response Theory Methodology: An Introduction to Selected Programs and Applications." *Psychology Faculty Scholarship.*, Paper 20.

Tomás. (2013). Explaining Method Effects Associated With Negatively Worded Items in Trait and State Global and Domain-Specific Self-Esteem Scale. *Structural Equation Modeling, 20*, 299-313.

Turner, R., Dossey, J., Blum, W., & Niss, M. (2009). *Using Mathematical Competencies to predict Item Difficulty in PISA: A MEG Study*. Paper presented at the PISA: Research Conference 2009.

Vinsanathan, M., Berkman, N., Dryden, D. M., & Harting, L. (2014). Assessing Risk of Bias and Confounding in Observational Studies of Interventions or Exposures: Further Development of the RTI Item Bank. *PubMed Health*.

คณิตพันธุ์ ทองสืบสาย. (2552). การพัฒนาแบบวัดความฉลาดทางสังคมสำหรับนักศึกษาปริญญาบัณฑิต. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฉวีวรรณ แก้วไทรฮะ และ สุพจน์ ไชยสังข์. (2557). *การวิเคราะห์การสอบพิซ่าและโอเน็ตของสถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ เพื่อปฏิรูปการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์*: วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

โชติกา ภาษีผล. (2554). *การวัดและประเมินผลการศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โชติกา ภาษีผล, ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง และกมลวรรณ ตังธนกานนท์. (2557). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). *โมเดลลิสเรล: สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประกฤติยา ทักษิโณ. (2552). การประเมินคุณภาพการจัดการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ของสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน: การประยุกต์ใช้การทำหน้าที่ต่างกันของข้อสอบและโมเดลมูลค่าเพิ่ม. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ผู้จัดการออนไลน์. *สอบ O-Net ปี 59 ใช้แนวข้อสอบ PISA Liked เน้นคิดวิเคราะห์*. [ออนไลน์]. 2557. แหล่งที่มา http://www.manager.co.th/QOL/ViewNews.aspx?NewsID=9570000102640 [เข้าถึงวันที่ 19 กรกฎาคม 2558]

เพ็ญนภา ศรีโฉม. (2557). การเปรียบเทียบอิทธิพลของวิธีการวัดที่มีต่อผลการวัดสุขภาพจิตที่มาจากการตอบตามความพึงปรารถนาของสังคม: การประยุกต์ใช้เทคนิคซีอียูแอลและเทคนิคซีอีเอ็มแอล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรรณี แกมเกตุ. (2540). การพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู: การประยุกต์ใช้โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุและโมเดลเอ็มทีเอ็มเอ็ม. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรรณี แกมเกตุ. (2555). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). *ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สสวท. (2550). *สมรรถนะการแก้ปัญหาสำหรับโลกพรุ่งนี้ รายงานสรุปเพื่อการบริหาร*. กรุงเทพมหานคร. สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สสวท. (2547). *ความรู้และทักษะของเยาวชนไทยสำหรับโลกวันพรุ่งนี้ รายงานจากการวิจัยโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA 2000 และ PISA Plus*. กรุงเทพมหานคร. สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สสวท. (2552). *ความรู้และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ สำหรับโลกวันพรุ่งนี้*. กรุงเทพมหานคร. สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สสวท. (2557a). *ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไรและทำอะไรได้บ้าง*. กรุงเทพมหานคร. สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สสวท. (2557b). *ตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์ PISA 2012*. กรุงเทพมหานคร. สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

เสรี ชัดแช้ม. (2547). การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน. *วารสารวิจัยและวัดผลทางการศึกษา, 2*(1), 15-42.

อนุ เจริญวงศ์ระยับ. (2549). อิทธิพลของวิธีการวัดต่อโครงสร้างองค์ประกอบมาตราวัดปรีชาเชิงอารมณ์ตามแนวพุทธศาสนาสาหรับวัยรุ่นไทย: การประยุกต์ใช้วิธีคุณลักษณะหลาก-วิธีหลายโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบ. วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1

ชื่อ-นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

โรงเรียน .....

คำอธิบาย

1. แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับนี้มี 3 ตอน (5 หน้า) ดังนี้
   - ตอนที่ 1 ให้เขียนแสดงวิธีทำหรือเขียนอธิบาย จำนวน 3 ข้อ
   - ตอนที่ 2 ให้เติมเฉพาะคำตอบ จำนวน 3 ข้อ
   - ตอนที่ 3 ให้กากบาทตัวเลือกที่ถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียว จำนวน 3 ข้อ
2. ให้เวลาตอบคำถาม 40 นาที
3. ในการเขียนตอบ ***อนุญาต*** ให้เขียนโดยใช้ปากกาสีน้ำเงิน หรือดินสอได้
4. ***อนุญาต*** ให้เขียนทดในแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับนี้ได้
5. ***ไม่อนุญาต*** ให้ใช้เครื่องช่วยคำนวณทุกชนิด
6. ***ไม่อนุญาต*** ให้ออกจากห้องสอบก่อนหมดเวลา

สูตรที่อาจต้องใช้

$c^2 = a^2 + b^2$

$\sin(A) = \frac{a}{c}$

$\cos(A) = \frac{b}{c}$

$v = \frac{s}{t}$

$T = \frac{2\Pi r}{v}$

ตอนที่ 1 ให้เขียนแสดงวิธีทำหรือเขียนอธิบาย (ข้อ 1. ถึง 3.)

1. **น้ำพันช์**

วิธีการทำน้ำพันช์อย่างง่ายๆ ด้วยตัวเอง ส่วนผสมต่อไปนี้เป็นสูตรทั่วไปสำหรับการทำน้ำพันช์ 500 มิลลิลิตร (mL)

ส่วนผสม	ปริมาณ
น้ำแดงเฮลบลูบอย	60 mL
น้ำส้มซันควิก	140 mL
น้ำสไปรท์	200 mL
โซดา	100 mL

หากมาลีต้องการทำน้ำพันช์ 900 มิลลิลิตร ตามสูตรข้างต้น สำหรับให้คนในครอบครัวของเธอได้รับประทาน มาลีต้องเตรียมน้ำสไปรท์มากกว่าน้ำส้มซันควิกอยู่กี่มิลลิลิตร จงแสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

.....

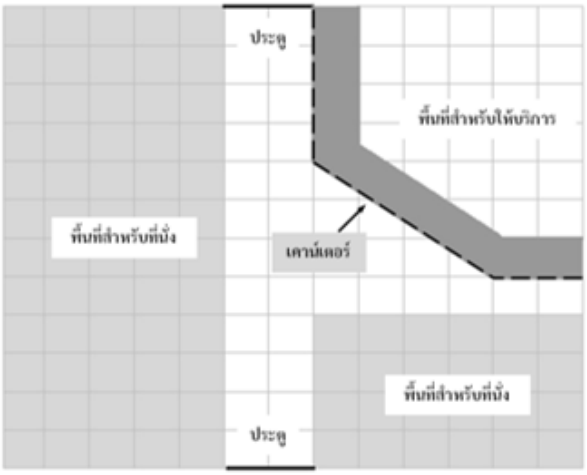
.....

.....

ตอบ .....

2. **ร้านกาแฟ**

สมชาติเป็นนักศึกษาที่เพิ่งเรียนจบ เขาต้องการเปิดร้านกาแฟเล็กๆ แห่งหนึ่ง โดยแบบแปลนพื้นร้านกาแฟของเขาเป็นดังรูป หากพื้นที่สำหรับให้บริการถูกล้อมด้วยเคาน์เตอร์ สมชาติต้องการทำขอบเคาเตอร์ตามขอบด้านนอก (เส้นประที่ลูกศรชี้) ความยาวขอบทั้งหมดที่เขาต้องทำคิดเป็นกี่เมตร จงแสดงวิธีทำ



.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

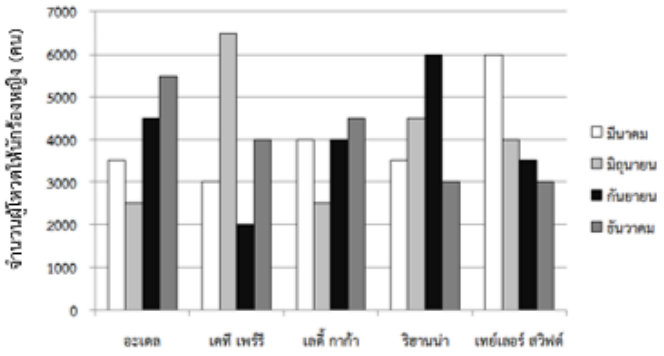
หมายเหตุ : รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสแต่ละรูปในช่องตารางแทน 0.5 เมตร × 0.5 เมตร

ตอบ .....

---

3. **นักร้องหญิงยอดนิยม**

ผลการสำรวจนักร้องหญิงยอดนิยมในทุกๆ 3 เดือนของคลื่นวิทยุแห่งหนึ่ง โดยสำรวจในช่วงเดือนมีนาคม มิถุนายน กันยายน และธันวาคม ซึ่งในการสำรวจใช้กลุ่มตัวอย่างที่ได้มาอย่างสุ่มจำนวน 20,000 คน เป็นผู้โหวตในแต่ละเดือน แสดงดังกราฟต่อไปนี้



.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

หากคลื่นวิทยุแห่งนี้ใช้ผลโหวตจาก 4 เดือนข้างต้นเป็นตัวแทนผลโหวตประจำปี นักร้องหญิงคนใดควรได้รับตำแหน่งนักร้องหญิงยอดนิยมประจำปี พร้อมอธิบายวิธีคิดในการหาคำตอบ

.....
.....

ตอบ .....

<u>ตอนที่ 2</u> ให้เติมเฉพาะคำตอบ (ข้อ 4. ถึง 6.)

4. **การขายหนังสือพิมพ์**

ในประเทศออลแลนด์ มีหนังสือพิมพ์ฉบับหนึ่งที่กำลังรับสมัครผู้ขาย ป้ายประกาศข้างล่างแสดงให้เห็นว่าพวกเขาจ่ายเงินให้กับผู้ขายอย่างไร

ออลแลนด์สตาร์

ต้องการเงินเพิ่มพิเศษหรือไม่?
มาขายหนังสือพิมพ์กับเราสิ

คุณจะได้รับค่าตอบแทน: 0.2 ออล ต่อฉบับ สำหรับหนังสือพิมพ์ 240 ฉบับแรกที่ขายได้ในหนึ่งสัปดาห์ และบวกเพิ่มอีก 0.4 ออล สำหรับแต่ละฉบับที่คุณขายได้เพิ่มขึ้น

หมายเหตุ ออลเป็นหน่วยเงินในประเทศออลแลนด์

มิกกี้ต้องการหารายได้พิเศษด้วยการขายหนังสือพิมพ์ โดยเขาได้ร่วมงานกับ *ออลแลนด์สตาร์* และเขาได้เงินในหนึ่งสัปดาห์เป็นจำนวน 92 ออล ในสัปดาห์นั้นมิกกี้ขายหนังสือพิมพ์ได้กี่ฉบับ

<u>ตอบ</u> ..... **ฉบับ**

---

5. **เลเซอร์วีบีม**

วีบีม (V-beam) เป็นเลเซอร์ที่ใช้เพื่อรักษารอยแดงจากสิว รอยดำต่างๆ รวมถึงปัญหาเส้นเลือดขยาย โดยผู้เข้ารับการรักษาจะได้รับการประเมินจำนวน *จุดที่ต้องยิงด้วยเลเซอร์ หรือเรียกว่าชอท (shot)* จากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในด้านผิวหนังก่อนที่จะทำการรักษาจริง สถาบันรักษาโรคผิวหนังแห่งหนึ่ง ซึ่งมีแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในด้านผิวหนังและการทำเลเซอร์ได้กำหนดอัตราค่าบริการในการทำวีบีม เป็นดังตารางนี้

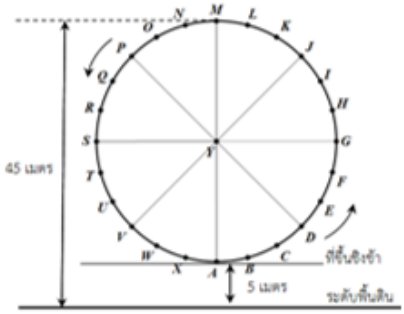
จำนวนชอท	ราคาชอทละ
20 ชอทแรก	50 บาท
ชอทที่ 21 ถึง 100	20 บาท
ชอทที่ 101 ขึ้นไป	10 บาท

หากอารยาได้มาปรึกษาแพทย์เรื่องปัญหารอยแดงจากสิวบนใบหน้าที่สถาบันรักษาโรคผิวหนังแห่งนี้ โดยเธอเสียเงินค่าบริการวีบีมเป็นจำนวนเงิน 3,000 บาท แล้วแพทย์ได้ทำวีบีมให้อารยาไปทั้งหมดกี่ชอท

<u>ตอบ</u> ..... **ชอท**

6. **ชิงช้าสวรรค์**

ซานโตรินี พาร์ค (Santorini Park) เป็นแหล่งช็อปปิ้งขนาดใหญ่และสวนสนุกขนาดย่อมบนพื้นที่กว่า 60 ไร่ ในอำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี โดยสัญลักษณ์ของซานโตรินี พาร์ค คือ ชิงช้าสวรรค์ "Ferris Wheel" ซึ่งเป็นวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เมตร และตำแหน่งสูงที่สุดอยู่สูงจากระดับพื้นดิน 45 เมตร โดยการหมุนมีทิศทางตามที่แสดงด้วยลูกศร ดูภาพและแบบแปลนข้างล่าง



ชิงช้าสวรรค์ "Ferris Wheel" หมุนด้วยความเร็วคงที่ โดยวงล้อหมุนครบหนึ่งรอบใช้เวลา 40 นาทีพอดี หากบรรจงเริ่มขึ้นชิงช้าสวรรค์ ณ ตำแหน่งที่ขึ้นชิงช้า (ตำแหน่ง A) เมื่อเวลาผ่าน 25 นาที บรรจงจะอยู่ที่ตำแหน่งใด

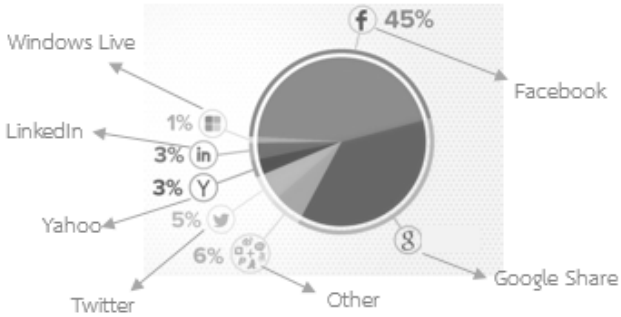
ตอบ ตำแหน่ง .....

ตอนที่ 3 ให้กากบาทตัวเลือกที่ถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียว (ข้อ 7. ถึง 9.)

7. **สังคมออนไลน์**

สังคมออนไลน์ (Social Media) นับว่าเป็นสื่อที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อการใช้ชีวิตของมนุษย์ในโลกยุคปัจจุบัน โดยผลการสำรวจสังคมออนไลน์ที่แต่ละคนใช้มากที่สุดของหน่วยงานแจนเรน (Janrain Company) นำเสนอดังแผนภูมิวงกลมดังนี้

แผนภูมิวงกลมแสดงสังคมออนไลน์ที่แต่ละคนใช้มากที่สุด



หากการสำรวจครั้งนี้มาจากการสอบถามคนจำนวน 25,000 คน แล้วผลต่างของการใช้เฟสบุค (Facebook) เป็นสังคมออนไลน์มากที่สุดกับการใช้กูเกิลแชร์ (Google Share) เป็นสังคมออนไลน์มากที่สุดคิดเป็นกี่คน

1. 500 คน
2. 1,500 คน
3. 2,000 คน
4. 4,500 คน
5. 9,250 คน

8. **พัฒนาการ**

พัฒนาการในการเรียนรู้เป็นสิ่งที่บอกว่านักเรียนมีความรอบรู้ในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้นเพียงใดภายหลังจากได้รับการจัดการเรียนการสอนจากครู โดยมีสูตรในการคำนวณร้อยละของคะแนนพัฒนาการ (Progress: P) ซึ่งใช้เปรียบเทียบระหว่างบุคคลได้ ดังนี้

$$P = \frac{X_{post} - X_{pre}}{X_{full} - X_{pre}} \times 100\%$$

เมื่อ P คือ ร้อยละของคะแนนพัฒนาการ, X_{pre} คือ คะแนนวัดก่อนเรียน

X_{post} คือ คะแนนวัดหลังเรียน, X_{full} คือ คะแนนเต็ม

ครูสมศรีต้องการศึกษาพัฒนาการในรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน 3 คนที่เป็นตัวแทนห้องไปแข่งขันคณิตศาสตร์ระหว่างชั้นเรียน ปรากฏข้อมูลดังตาราง

คะแนนวิชาคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 20)	นักเรียน		
	สมศักดิ์	สมจิตร	สมทรง
ก่อนเรียน	9	11	10
หลังเรียน	13	15	14

นักเรียนใน 3 คนนี้มีค่าร้อยละของคะแนนพัฒนาการมากที่สุดเท่าไร

1. ร้อยละ 36.36
2. ร้อยละ 44.44
3. ร้อยละ 57.14
4. ร้อยละ 66.66
5. ร้อยละ 80.00

---

9. **อัตราการแลกเปลี่ยน**

อัตราการแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศของธนาคารแห่งหนึ่ง มีรายละเอียดการแลกเปลี่ยนเป็นเงินบาทบางสกุลเงินดังนี้

ประเทศ	สกุลเงิน	อัตราการแลก*
ญี่ปุ่น (ต่อ 100 เยน)	เยน	30
อินโดนีเซีย (ต่อ 1000 รูเปียห์)	รูเปียห์	2
จีน (ต่อ 1 หยวน)	หยวน	5

*อัตราการแลกเปลี่ยนเงินบาท ต่อ 1 หน่วยเงินตราต่างประเทศ

คาวาอิเป็นนักท่องเที่ยวชาวญี่ปุ่น หลังจากที่เขาเดินทางไปเที่ยวที่ประเทศจีน และอินโดนีเซีย ตามลำดับแล้วจึงเดินทางมาเที่ยวที่ประเทศไทย ทั้งนี้เขาพบว่ายังมีเงินสดในกระเป๋าสตางค์ซึ่งยังแลกไว้ไม่หมดดังนี้ 900 เยน 10,000 รูเปียห์ และ 600 หยวน หากเขาต้องการแลกเปลี่ยนเงินใน 3 สกุลดังกล่าวที่มีอยู่ทั้งหมดให้เป็นเงินบาท ณ ธนาคารแห่งนี้ แล้วเขาจะได้รับเงินกี่บาท

1. 50,000 บาท
2. 25,700 บาท
3. 8,030 บาท
4. 5,150 บาท
5. 3,290 บาท

แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2

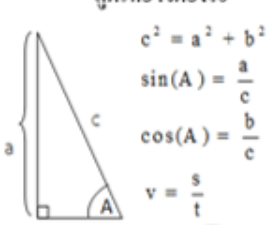
ชื่อ-นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

โรงเรียน .....

คำอธิบาย

1. แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับนี้มี 3 ตอน (5 หน้า) ดังนี้
   - ตอนที่ 1 ให้เขียนแสดงวิธีทำหรือเขียนอธิบาย จำนวน 3 ข้อ
   - ตอนที่ 2 ให้เติมเฉพาะคำตอบ จำนวน 3 ข้อ
   - ตอนที่ 3 ให้กากบาทตัวเลือกที่ถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียว จำนวน 3 ข้อ
2. ให้เวลาตอบคำถาม 40 นาที
3. ในการเขียนตอบ ***อนุญาต*** ให้เขียนโดยใช้ปากกาสีน้ำเงิน หรือดินสอได้
4. ***อนุญาต*** ให้เขียนทดในแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับนี้ได้
5. ***ไม่อนุญาต*** ให้ใช้เครื่องช่วยคำนวณทุกชนิด
6. ***ไม่อนุญาต*** ให้ออกจากห้องสอบก่อนหมดเวลา

สูตรที่อาจต้องใช้



$c^2 = a^2 + b^2$

$\sin(A) = \frac{a}{c}$

$\cos(A) = \frac{b}{c}$

$v = \frac{s}{t}$

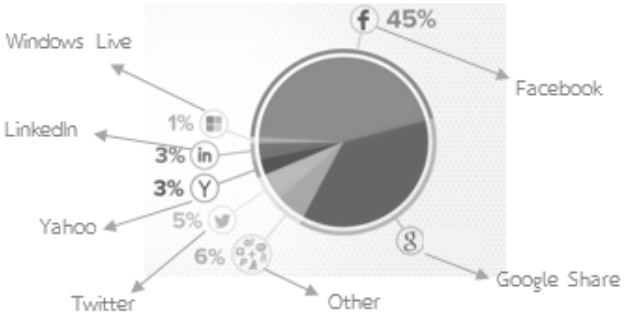
$T = \frac{2\Pi r}{v}$

ตอนที่ 1 ให้เขียนแสดงวิธีทำหรือเขียนอธิบาย (ข้อ 1. ถึง 3.)

1. **สังคมออนไลน์**

สังคมออนไลน์ (Social Media) นับว่าเป็นสื่อที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อการใช้ชีวิตของมนุษย์ในโลกยุคปัจจุบัน โดยผลการสำรวจสังคมออนไลน์ที่แต่ละคนใช้มากที่สุดของหน่วยงานแจนเรน (Janrain Company) นำเสนอดังแผนภูมิวงกลมดังนี้

แผนภูมิวงกลมแสดงสังคมออนไลน์ที่แต่ละคนใช้มากที่สุด



หากการสำรวจครั้งนี้มาจากการสอบถามคนจำนวน 25,000 คน แล้วผลต่างของการใช้เฟสบุค (Facebook) เป็นสังคมออนไลน์มากที่สุดกับการใช้กูเกิลแชร์ (Google Share) เป็นสังคมออนไลน์มากที่สุดคิดเป็นกี่คน จงแสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ตอบ .....

2. **พัฒนาการ**

พัฒนาการในการเรียนรู้เป็นสิ่งที่บอกว่านักเรียนมีความรอบรู้ในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้นเพียงใดภายหลังจากได้รับการจัดการเรียนการสอนจากครู โดยมีสูตรในการคำนวณร้อยละของคะแนนพัฒนาการ (Progress: P) ซึ่งใช้เปรียบเทียบระหว่างบุคคลได้ ดังนี้

$$P = \frac{X_{post} - X_{pre}}{X_{full} - X_{pre}} \times 100\%$$

เมื่อ P คือ ร้อยละของคะแนนพัฒนาการ, X_{pre} คือ คะแนนวัดก่อนเรียน,
X_{post} คือ คะแนนวัดหลังเรียน, X_{full} คือ คะแนนเต็ม

ครูสมศรีต้องการศึกษาพัฒนาการในรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน 3 คนที่เป็นตัวแทนห้องไปแข่งขันคณิตศาสตร์ระหว่างชั้นเรียน ปรากฏข้อมูลดังตาราง

คะแนนวิชาคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 20)	นักเรียน		
	สมศักดิ์	สมจิตร	สมทรง
ก่อนเรียน	7	9	8
หลังเรียน	12	14	13

นักเรียนใน 3 คนนี้มีค่าร้อยละของคะแนนพัฒนาการมากที่สุดเท่าไร จงแสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ตอบ .....

---

3. **อัตราการแลกเปลี่ยน**

อัตราการแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศของธนาคารแห่งหนึ่ง มีรายละเอียดการแลกเปลี่ยนเป็นเงินบาทบางสกุลเงินดังนี้

ประเทศ	สกุลเงิน	อัตราการแลก*
ญี่ปุ่น (ต่อ 100 เยน)	เยน	30
อินโดนีเซีย (ต่อ 1000 รูเปียห์)	รูเปียห์	2
จีน (ต่อ 1 หยวน)	หยวน	5

*อัตราการแลกเปลี่ยนเงินบาท ต่อ 1 หน่วยเงินตราต่างประเทศ

คาวาอิเป็นนักท่องเที่ยวชาวญี่ปุ่น หลังจากที่เขาเดินทางไปเที่ยวที่ประเทศจีน และอินโดนีเซีย ตามลำดับแล้วจึงเดินทางมาเที่ยวที่ประเทศไทย ทั้งนี้เขาพบว่ายังมีเงินสดในกระเป๋าสตางค์ซึ่งยังแลกไว้ไม่หมดดังนี้ 900 เยน 10,000 รูเปียห์ และ 600 หยวน หากเขาต้องการแลกเปลี่ยนเงินใน 3 สกุลดังกล่าวที่มีอยู่ทั้งหมดให้เป็นเงินบาท ณ ธนาคารแห่งนี้ แล้วเขาจะได้รับเงินกี่บาท จงแสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

.....

ตอบ .....

<u>ตอนที่ 2</u> ให้เติมเฉพาะคำตอบ (ข้อ 4. ถึง 6.)

4. **น้ำพันช์**

วิธีการทำน้ำพันช์อย่างง่ายๆ ด้วยตัวเอง ส่วนผสมต่อไปนี้เป็นสูตรทั่วไปสำหรับการทำน้ำพันช์ 500 มิลลิลิตร (mL)

ส่วนผสม	ปริมาณ
น้ำแดงเฮลบลูบอย	60 mL
น้ำส้มซันควิก	140 mL
น้ำสไปรท์	200 mL
โซดา	100 mL

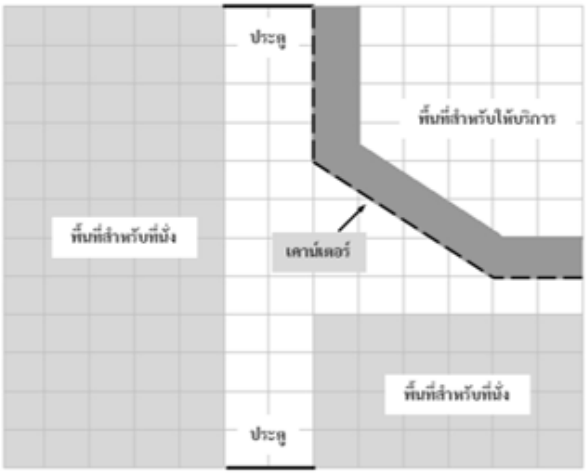
หากมาลีต้องการทำน้ำพันช์ 800 มิลลิลิตร ตามสูตรข้างต้น สำหรับให้คนในครอบครัวของเธอได้รับประทาน มาลีต้องเตรียมน้ำสไปรท์มากกว่าน้ำส้มซันควิกอยู่กี่มิลลิลิตร

<u>ตอบ</u> ..... **มิลลิลิตร**

---

5. **ร้านกาแฟ**

สมชาติเป็นนักศึกษาที่เพิ่งเรียนจบ เขาต้องการเปิดร้านกาแฟเล็กๆ แห่งหนึ่ง โดยแบบแปลนพื้นร้านกาแฟของเขาเป็นดังรูป หากพื้นที่สำหรับให้บริการถูกล้อมด้วยเคาน์เตอร์ สมชาติต้องการทำขอบเคาเตอร์ตามขอบด้านนอก (เส้นประที่ลูกศรชี้) ความยาวขอบทั้งหมดที่เขาต้องทำคิดเป็นกี่เมตร

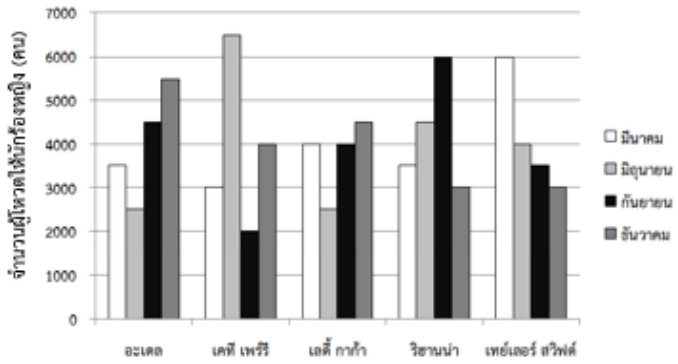


<u>ตอบ</u> ..... **เมตร**

หมายเหตุ : รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสแต่ละรูปในช่องตารางแทน 0.5 เมตร x 0.5 เมตร

6. **นักร้องหญิงยอดนิยม**

ผลการสำรวจนักร้องหญิงยอดนิยมในทุกๆ 3 เดือนของคลื่นวิทยุแห่งหนึ่ง โดยสำรวจในช่วงเดือนมีนาคม มิถุนายน กันยายน และธันวาคม ซึ่งในการสำรวจใช้กลุ่มตัวอย่างที่ได้มาอย่างสุ่มจำนวน 20,000 คน เป็นผู้โหวตในแต่ละเดือน แสดงด้วยกราฟต่อไปนี้



หากคลื่นวิทยุแห่งนี้ใช้ผลโหวตจาก 4 เดือนข้างต้นเป็นตัวแทนผลโหวตประจำปี นักร้องหญิงคนใดควรได้รับตำแหน่งนักร้องหญิงยอดนิยมประจำปี

ตอบ .....

ตอนที่ 3 ให้กากบาทตัวเลือกที่ถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียว (ข้อ 7. ถึง 9.)

7. **การขายหนังสือพิมพ์**

ในประเทศออลแลนด์ มีหนังสือพิมพ์ฉบับหนึ่งที่กำลังรับสมัครผู้ขาย ป้ายประกาศข้างล่างแสดงให้เห็นว่าพวกเขาจ่ายเงินให้กับผู้ขายอย่างไร

ออลแลนด์สตาร์

ต้องการเงินเพิ่มพิเศษหรือไม่?
มาขายหนังสือพิมพ์กับเราสิ

คุณจะได้รับค่าตอบแทน: 0.2 ออล ต่อฉบับ สำหรับหนังสือพิมพ์ 240 ฉบับแรกที่ขายได้ในหนึ่งสัปดาห์ และบวกเพิ่มอีก 0.4 ออล สำหรับแต่ละฉบับที่คุณขายได้เพิ่มขึ้น

หมายเหตุ ออลเป็นหน่วยเงินในประเทศออลแลนด์

หากมิกกี้ต้องการหารายได้พิเศษด้วยการขายหนังสือพิมพ์ โดยเขาได้ร่วมงานกับ *ออลแลนด์สตาร์* และเขาได้เงินในหนึ่งสัปดาห์เป็นจำนวน 84 ออล ในสัปดาห์นั้นมิกกี้ขายหนังสือพิมพ์ได้กี่ฉบับ

1. 420 ฉบับ
2. 330 ฉบับ
3. 260 ฉบับ
4. 210 ฉบับ
5. 90 ฉบับ

8. **เลเซอร์วีบีม**

วีบีม (V-beam) เป็นเลเซอร์ที่ใช้เพื่อรักษารอยแดงจากสิว รอยดำต่างๆ รวมถึงปัญหาเส้นเลือดขยาย โดยผู้เข้ารับการรักษาจะได้รับการประเมินจำนวน *จุดที่ต้องยิงด้วยเลเซอร์ หรือเรียกว่าชอท (shot)* จากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในด้านผิวหนังก่อนที่จะทำการรักษาจริง สถาบันรักษาโรคผิวหนังแห่งหนึ่ง ซึ่งมีแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในด้านผิวหนังและการทำเลเซอร์ได้กำหนดอัตราค่าบริการในการทำวีบีม เป็นดังตารางนี้

จำนวนชอท	ราคาชอทละ
30 ชอทแรก	40 บาท
ชอทที่ 31 ถึง 100	20 บาท
ชอทที่ 101 ขึ้นไป	10 บาท

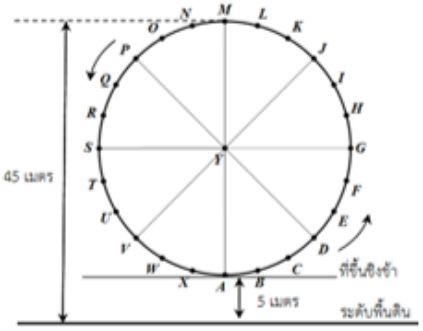
หากอารยาได้มาปรึกษาแพทย์เรื่องปัญหารอยแดงจากสิวบนใบหน้าที่สถาบันรักษาโรคผิวหนังแห่งนี้ โดยเธอเสียเงินค่าบริการวีบีมเป็นจำนวนเงิน 3,200 บาท แล้วแพทย์ได้ทำวีบีมให้อารยาไปทั้งหมดกี่ชอท

1. 100 ชอท
2. 130 ชอท
3. 160 ชอท
4. 190 ชอท
5. 320 ชอท

---

9. **ชิงช้าสวรรค์**

ซานโตรินี พาร์ค (Santorini Park) เป็นแหล่งช็อปปิ้งขนาดใหญ่และสวนสนุกขนาดย่อมบนพื้นที่กว่า 60 ไร่ ในอำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี โดยสัญลักษณ์ของซานโตรินี พาร์ค คือ ชิงช้าสวรรค์ "Ferris Wheel" ซึ่งเป็นวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เมตร และตำแหน่งสูงที่สุดอยู่สูงจากระดับพื้นดิน 45 เมตร โดยการหมุนมีทิศทางตามที่แสดงด้วยลูกศร ดูภาพและแบบแปลนข้างล่าง



ชิงช้าสวรรค์ "Ferris Wheel" หมุนด้วยความเร็วคงที่ โดยวงล้อหมุนครบหนึ่งรอบใช้เวลา 40 นาทีพอดี หากบรรจงเริ่มขึ้นชิงช้าสวรรค์ ณ ตำแหน่งที่ขึ้นชิงช้า (ตำแหน่ง A) เมื่อเวลาผ่าน 25 นาที บรรจงจะอยู่ที่ตำแหน่งใด

1. J
2. O
3. P
4. R
5. S

แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 3

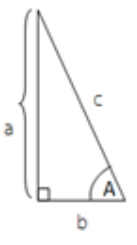
ชื่อ-นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

โรงเรียน .....

คำอธิบาย

1. แบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับนี้มี 3 ตอน (5 หน้า) ดังนี้
   - ตอนที่ 1 ให้เขียนแสดงวิธีทำหรือเขียนอธิบาย จำนวน 3 ข้อ
   - ตอนที่ 2 ให้เติมเฉพาะคำตอบ จำนวน 3 ข้อ
   - ตอนที่ 3 ให้กากบาทตัวเลือกที่ถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียว จำนวน 3 ข้อ
2. ให้เวลาตอบคำถาม 40 นาที
3. ในการเขียนตอบ ***อนุญาต*** ให้เขียนโดยใช้ปากกาสีน้ำเงิน หรือดินสอได้
4. ***อนุญาต*** ให้เขียนทดในแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับนี้ได้
5. ***ไม่อนุญาต*** ให้ใช้เครื่องช่วยคำนวณทุกชนิด
6. ***ไม่อนุญาต*** ให้ออกจากห้องสอบก่อนหมดเวลา

สูตรที่อาจต้องใช้



$c^2 = a^2 + b^2$

$\sin(A) = \frac{a}{c}$

$\cos(A) = \frac{b}{c}$

$v = \frac{s}{t}$

$T = \frac{2\Pi r}{v}$

ตอนที่ 1 ให้เขียนแสดงวิธีทำหรือเขียนอธิบาย (ข้อ 1. ถึง 3.)

1. **การขายหนังสือพิมพ์**

ในประเทศออลแลนด์ มีหนังสือพิมพ์ฉบับหนึ่งที่กำลังรับสมัครผู้ขาย ป้ายประกาศข้างล่างแสดงให้เห็นว่าพวกเขาจ่ายเงินให้กับผู้ขายอย่างไร

ออลแลนด์สตาร์

ต้องการเงินเพิ่มพิเศษหรือไม่?
มาขายหนังสือพิมพ์กับเราสิ

คุณจะได้รับค่าตอบแทน: 0.2 ออล ต่อฉบับ สำหรับหนังสือพิมพ์ 240 ฉบับแรกที่ขายได้ในหนึ่งสัปดาห์ และบวกเพิ่มอีก 0.4 ออล สำหรับแต่ละฉบับที่คุณขายได้เพิ่มขึ้น

หมายเหตุ ออลเป็นหน่วยเงินในประเทศออลแลนด์

หากมิกกี้ต้องการหารายได้พิเศษด้วยการขายหนังสือพิมพ์ โดยเขาได้ร่วมงานกับ *ออลแลนด์สตาร์* และเขาได้เงินในหนึ่งสัปดาห์เป็นจำนวน 92 ออล ในสัปดาห์นั้นมิกกี้ขายหนังสือพิมพ์ได้กี่ฉบับ จงแสดงวิธีทำ

....
....
....
....
....

ตอบ .....

2. **เลเซอร์วีบีม**

วีบีม (V-beam) เป็นเลเซอร์ที่ใช้เพื่อรักษารอยแดงจากสิว รอยดำต่างๆ รวมถึงปัญหาเส้นเลือดขยาย โดยผู้เข้ารับการรักษาจะได้รับการประเมินจำนวน *จุดที่ต้องยิงด้วยแสงเลเซอร์ หรือเรียกว่าชอท (shot)* จากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในด้านผิวหนังก่อนที่จะทำการรักษาจริง สถาบันรักษาโรคผิวหนังแห่งหนึ่ง ซึ่งมีแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในด้านผิวหนังและการทำเลเซอร์ได้กำหนดอัตราค่าบริการในการทำวีบีม เป็นดังตารางนี้

จำนวนชอท	ราคาชอทละ
20 ชอทแรก	50 บาท
ชอทที่ 21 ถึง 100	20 บาท
ชอทที่ 101 ขึ้นไป	10 บาท

หากอารยาได้มาปรึกษาแพทย์เรื่องปัญหารอยแดงจากสิวบนใบหน้าที่สถาบันรักษาโรคผิวหนังแห่งนี้ โดยเธอเสียเงินค่าบริการวีบีมเป็นจำนวนเงิน 3,000 บาท แล้วแพทย์ได้ทำวีบีมให้อารยาไปทั้งหมดกี่ชอท จงแสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

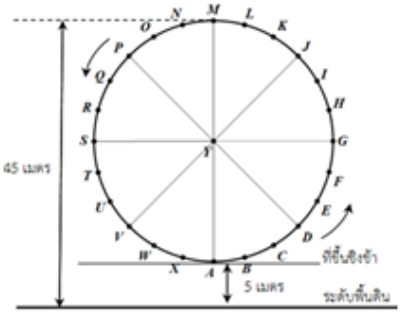
.....

ตอบ .....

---

3. **ชิงช้าสวรรค์**

ซานโตรินี พาร์ค (Santorini Park) เป็นแหล่งช้อปปิ้งขนาดใหญ่และสวนสนุกขนาดย่อมบนพื้นที่กว่า 60 ไร่ ในอำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี โดยสัญลักษณ์ของซานโตรินี พาร์ค คือ ชิงช้าสวรรค์ "Ferris Wheel" ซึ่งเป็นวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เมตร และตำแหน่งสูงที่สุดอยู่สูงจากระดับพื้นดิน 45 เมตร โดยการหมุนมีทิศทางตามที่แสดงด้วยลูกศร ดูภาพและแบบแปลนข้างล่าง



ชิงช้าสวรรค์ "Ferris Wheel" หมุนด้วยความเร็วคงที่ โดยวงล้อหมุนครบหนึ่งรอบใช้เวลา 40 นาทีพอดี หากบรรจงเริ่มขึ้นชิงช้าสวรรค์ ณ ตำแหน่งที่ขึ้นชิงช้า (ตำแหน่ง A) เมื่อเวลาผ่าน 15 นาที บรรจงจะอยู่ที่ตำแหน่งใด พร้อมอธิบายวิธีคิด

.....

.....

.....

.....

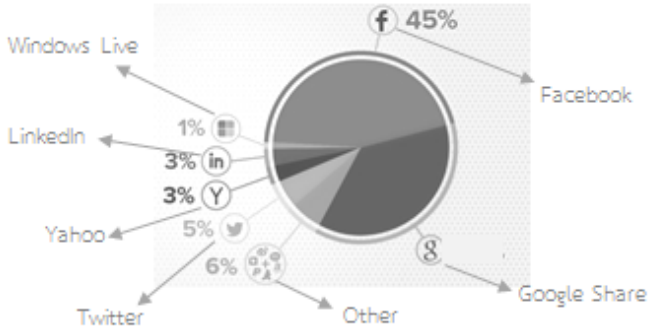
ตอบ .....

<u>ตอนที่ 2</u> ให้เติมเฉพาะคำตอบ (ข้อ 4. ถึง 6.)

4. **สังคมออนไลน์**

สังคมออนไลน์ (Social Media) นับว่าเป็นสื่อที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อการใช้ชีวิตของมนุษย์ในโลกยุคปัจจุบัน โดยผลการสำรวจสังคมออนไลน์ที่แต่ละคนใช้มากที่สุดของหน่วยงานแจนเรน (Janrain Company) นำเสนอดังแผนภูมิวงกลมดังนี้

แผนภูมิวงกลมแสดงสังคมออนไลน์ที่แต่ละคนใช้มากที่สุด



หากการสำรวจครั้งนี้มาจากการสอบถามคนจำนวน 15,000 คน แล้วผลต่างของการใช้เฟสบุค (Facebook) เป็นสังคมออนไลน์มากที่สุดกับการใช้กูเกิลแชร์ (Google Share) เป็นสังคมออนไลน์มากที่สุดคิดเป็นกี่คน

<u>ตอบ</u> ..... **คน**

---

5. **พัฒนาการ**

พัฒนาการในการเรียนรู้เป็นสิ่งที่บอกว่านักเรียนมีความรอบรู้ในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้นเพียงใดภายหลังจากได้รับการจัดการเรียนการสอนจากครู โดยมีสูตรในการคำนวณร้อยละของคะแนนพัฒนาการ (Progress: P) ซึ่งใช้เปรียบเทียบระหว่างบุคคลได้ ดังนี้

$$P = \frac{X_{post} - X_{pre}}{X_{full} - X_{pre}} \times 100\%$$

เมื่อ P คือ ร้อยละของคะแนนพัฒนาการ, X_{pre} คือ คะแนนวัดก่อนเรียน,
X_{post} คือ คะแนนวัดหลังเรียน, X_{full} คือ คะแนนเต็ม

ครูสมศรีต้องการศึกษาพัฒนาการในรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน 3 คนที่เป็นตัวแทนห้องไปแข่งขันคณิตศาสตร์ระหว่างชั้นเรียน ปรากฏข้อมูลดังตาราง

คะแนนวิชาคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 20)	นักเรียน		
	สมศักดิ์	สมจิตร	สมทรง
ก่อนเรียน	9	11	10
หลังเรียน	13	15	14

นักเรียนใน 3 คนนี้มีค่าร้อยละของคะแนนพัฒนาการมากที่สุดเท่าไร

<u>ตอบ</u> **ร้อยละ** .....

6. **อัตราการแลกเปลี่ยน**

อัตราการแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศของธนาคารแห่งหนึ่ง มีรายละเอียดการแลกเปลี่ยนเป็นเงินบาทบางสกุลเงินดังนี้

ประเทศ	สกุลเงิน	อัตราการแลก*
ญี่ปุ่น (ต่อ 100 เยน)	เยน	30
อินโดนีเซีย (ต่อ 1000 รูเปียห์)	รูเปียห์	2
จีน (ต่อ 1 หยวน)	หยวน	5

*อัตราการแลกเปลี่ยนเงินบาท ต่อ 1 หน่วยเงินตราต่างประเทศ

คาวาอิเป็นนักท่องเที่ยวชาวญี่ปุ่น หลังจากที่เขาเดินทางไปเที่ยวที่ประเทศจีน และอินโดนีเซีย ตามลำดับแล้วจึงเดินทางมาเที่ยวที่ประเทศไทย ทั้งนี้เขาพบว่ายังมีเงินสดในกระเป๋าสตางค์ซึ่งยังแลกไว้ไม่หมดดังนี้ 900 เยน 15,000 รูเปียห์ และ 500 หยวน หากเขาต้องการแลกเปลี่ยนเงินใน 3 สกุลดังกล่าวที่มีอยู่ทั้งหมดให้เป็นเงินบาท ณ ธนาคารแห่งนี้ แล้วเขาจะได้รับเงินกี่บาท

ตอบ ..... บาท

ตอนที่ 3 ให้กากบาทตัวเลือกที่ถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียว (ข้อ 7. ถึง 9.)

7. **น้ำพันช์**

วิธีการทำน้ำพันช์อย่างง่ายๆ ด้วยตัวเอง ส่วนผสมต่อไปนี้เป็นสูตรทั่วไปสำหรับการทำน้ำพันช์ 500 มิลลิลิตร (mL)

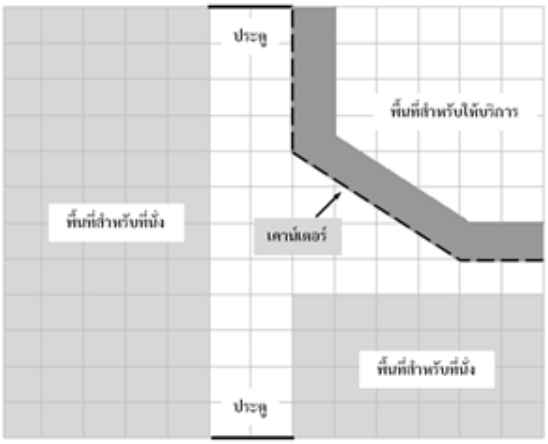
ส่วนผสม	ปริมาณ
น้ำแดงเฮลบลูบอย	60 mL
น้ำส้มซันควิก	140 mL
น้ำสไปรท์	200 mL
โซดา	100 mL

หากมาลีต้องการทำน้ำพันช์ 900 มิลลิลิตร ตามสูตรข้างต้น สำหรับให้คนในครอบครัวของเธอได้รับประทาน มาลีต้องเตรียมน้ำสไปรท์มากกว่าน้ำส้มซันควิกอยู่กี่มิลลิลิตร

1. 120 มิลลิลิตร
2. 110 มิลลิลิตร
3. 108 มิลลิลิตร
4. 90 มิลลิลิตร
5. 60 มิลลิลิตร

8. **ร้านกาแฟ**

สมชาติเป็นนักศึกษาที่เพิ่งเรียนจบ เขาต้องการเปิดร้านกาแฟเล็กๆ แห่งหนึ่ง โดยแบบแปลนพื้นร้านกาแฟของเขาเป็นดังรูป หากพื้นที่สำหรับให้บริการถูกล้อมด้วยเคาน์เตอร์ สมชาติต้องการทำขอบเคาเตอร์ตามขอบด้านนอก (เส้นประที่ลูกศรชี้) ความยาวขอบทั้งหมดที่เขาต้องทำคิดเป็นกี่เมตร



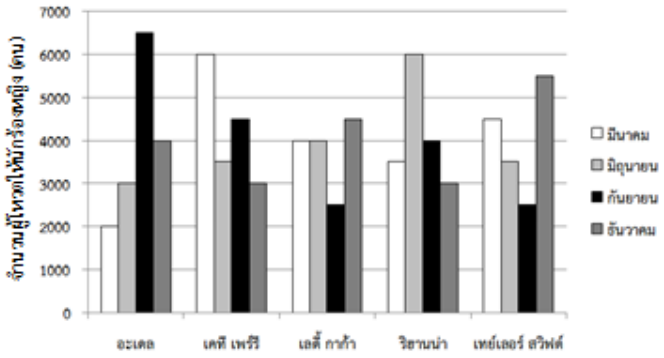
1. 5 เมตร
2. 5.5 เมตร
3. 6 เมตร
4. 8.5 เมตร
5. 11 เมตร

หมายเหตุ : รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสแต่ละรูปในช่องตารางแทน 0.5 เมตร x 0.5 เมตร

---

9. **นักร้องหญิงยอดนิยม**

ผลการสำรวจนักร้องหญิงยอดนิยมในทุกๆ 3 เดือนของคลื่นวิทยุแห่งหนึ่ง โดยสำรวจในช่วงเดือนมีนาคม มิถุนายน กันยายน และธันวาคม ซึ่งในการสำรวจใช้กลุ่มตัวอย่างที่ได้มาอย่างสุ่มจำนวน 20,000 คน เป็นผู้โหวตในแต่ละเดือน แสดงดังกราฟต่อไปนี้



หากคลื่นวิทยุแห่งนี้ใช้ผลโหวตจาก 4 เดือนข้างต้นเป็นตัวแทนผลโหวตประจำปี นักร้องหญิงคนใดควรได้รับตำแหน่งนักร้องหญิงยอดนิยมประจำปี

1. อะเดล
2. เคที เพร์รี
3. เลดี้ กาก้า
4. ริฮานน่า
5. เทย์เลอร์ สวิฟต์

ภาคผนวก ข
รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

1. นักวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 1 ท่าน

รองศาสตราจารย์ ดร. กมลวรรณ ตังธนกานนท์

อาจารย์ประจำสาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษาคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. นักวิชาการด้านการศึกษาคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน

ดร. ไพโรจน์ น่วมนุ่ม

อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา จำนวน 3 ท่าน

3.1 นางพิไลภรณ์ เทียมฉัตร์

ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย

3.2 นางมาลี วรงค์ธรรม

ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย

3.3 นางสาวมณฑิชา ศิริรัตน์

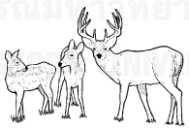
ครู กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนเทพศิรินทร์

ภาคผนวก ค
ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา

Chulalongkorn University

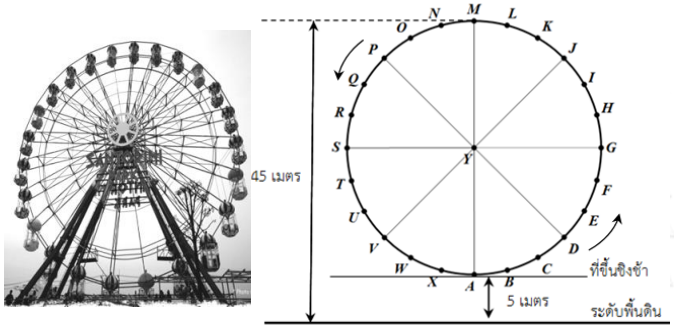
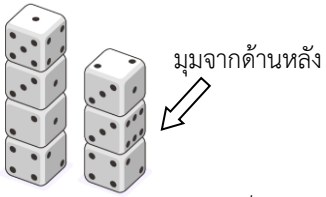
ผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหา

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์

สถานการณ์/ข้อคำถาม	ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ	ค่า IOC	สรุปคำแนะนำในการปรับแก้
1) น้ำพันช์* วิธีการทำน้ำพันช์อย่างง่ายๆ ด้วยตัวเอง ส่วนผสมต่อไปนี้เป็นสูตรทั่วไปสำหรับการทำน้ำพันช์ 500 มิลลิลิตร (mL) **ส่วนผสม** / **ปริมาณ**: น้ำแดงเฮลบลูบอย 60 mL; น้ำส้มซันควิก 140 mL; น้ำสไปรท์ 200 mL; โซดา 100 mL หากมาลีต้องการทำน้ำพันช์ 900 มิลลิลิตร ตามสูตรข้างต้น สำหรับให้คนในครอบครัวของเธอได้รับประทาน มาลีต้องเตรียมน้ำสไปรท์มากกว่าน้ำส้มซันควิกอยู่กี่มิลลิลิตร 1. 60 2. 90 3. 105 (4.) 108 5. 110	• สมรรถนะ: การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ • เนื้อหา: ปริมาณ • บริบท: ส่วนตัว	1.00	
2) กวางหางขาว กวางหางขาวมีถิ่นอาศัยอยู่แถบชายฝั่งตะวันออกของสหรัฐอเมริกา โดยเมืองดอร์ฟิน รัฐเพนซิวาเนีย มีการสำรวจประชากรกวางหางขาวในปี ค.ศ. 2015 ได้ 9,000 ตัว ดังนี้ กวางเพศผู้ตัวเต็มวัย 2,000 ตัว กวางเพศเมียตัวเต็มวัย 3,000 ตัว ลูกกวางเพศผู้ 1,500 ตัว ลูกกวางเพศเมีย 2,500 ตัว  ทั้งนี้จากข้อมูลของหน่วยงานกลางเกี่ยวกับกวางหางขาว พบว่า • ในแต่ละปี ลูกกวางและกวางตัวเต็มวัยมีอัตราการรอดคิดเป็น 60% และ 80% ตามลำดับ • มีลูกกวางเกิดใหม่ในปี ค.ศ. 2016 อยู่รอดเป็นจำนวนทั้งสิ้น 3,000 ตัว เอลลี่ได้รับมอบหมายจากหน่วยงานให้สำรวจประชากรกวางหางขาวของเมืองดอร์ฟินในปี ค.ศ. 2016 เพื่อควบคุมและวางแผนการอนุญาตให้ล่ากวางหางขาวในช่วงฤดูล่าสัตว์ ประชากรกวางหางขาวของเมืองดอร์ฟินในปี ค.ศ. 2016 มีทั้งหมดกี่ตัว โดยใช้ข้อมูล ที่มีอยู่ 1. 6,400 2. 8,200 3. 8,800 (4.) 9,200 5. 9,400	• สมรรถนะ: การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ • เนื้อหา: ปริมาณ • บริบท: วิทยาศาสตร์	0.80	• ทำให้เป็นบริบทของไทย (ผู้วิจัยไม่ได้ปรับแก้ เนื่องจากข้อมูลนี้ได้แปลมาจากงานของต่างประเทศ ซึ่งผู้วิจัยเพียงแต่เปลี่ยนตัวเลขให้ง่ายต่อการคำนวณ)

หมายเหตุ *ข้อที่ได้รับการคัดเลือกไว้ใช้ในแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับจริง

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

สถานการณ์/ข้อคำถาม	ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ	ค่า IOC	สรุปคำแนะนำในการปรับแก้
3) ชิงช้าสวรรค์* ซานโตรินี พาร์ค (Santorini Park) เป็นแหล่งช็อปปิ้งขนาดใหญ่และสวนสนุกขนาดย่อมบนพื้นที่กว่า 60 ไร่ ในอำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี โดยสัญลักษณ์ของซานโตรินี พาร์ค คือ ชิงช้าสวรรค์ "Ferris Wheel" ซึ่งเป็นวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เมตร และจุดสูงที่สุดอยู่สูงจากระดับพื้นดิน 45 เมตร โดยการหมุนมีทิศทางตามที่แสดงด้วยลูกศร ดูภาพและแบบแปลนข้างล่าง  ชิงช้าสวรรค์ "Ferris Wheel" หมุนด้วยความเร็วคงที่ โดยวงล้อหมุนครบหนึ่งรอบใช้เวลา 40 นาทีพอดี หากบรรจงเริ่มขึ้นชิงช้าสวรรค์ ณ จุดที่ขึ้นชิงช้า (จุด A) เมื่อเวลาผ่าน 25 นาที บรรจงจะอยู่ที่จุดใด 1. O (2.) P 3. R 4. S 5. T	• สมรรถนะ: การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ • เนื้อหา: ปริภูมิและรูปทรง • บริบท: สังคม	1.00	• เปลี่ยนคำว่า “จุด” เป็น “ตำแหน่ง” • ในตัวเลือก ควรมี “J” กรณีนักเรียนหมุนผิดด้าน ซึ่งอาจไปแทน “T” (ผู้วิจัยปรับแก้ตามคำแนะนำ)
4) ลูกเต๋า ลูกเต๋ามีลักษณะเป็นลูกบาศก์ที่มี 6 ด้าน ซึ่งลูกเต๋าแต่ละลูกมีแต้มตั้งแต่ 1 ถึง 6 โดยด้านที่อยู่ตรงข้ามกันจะมีผลรวมของแต้มรวมกันเป็น 7 (เช่น หน้าที่มีแต้ม 1 กับหน้าที่มีแต้ม 6 จะอยู่ตรงข้ามกัน) ภาพข้างล่างเป็นการสร้างลูกเต๋าที่เหมือนกัน 7 ลูก  เมื่อมองรูปที่สร้างน์ดวยมุมจากดานหลง จะมองเห็นจุดบนลูกเต๋าทั้ง 7 ลูกนี้ทั้งหมดกี่จุด 1. 17 2. 21 3. 23 4. 24 (5.) 25	• สมรรถนะ: การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ • เนื้อหา: ปริภูมิและรูปทรง • บริบท: ส่วนตัว	0.80	• คำว่า “ด้านหลัง” มีความกำกวมในทางคณิตศาสตร์ เพราะไม่รู้ว่ามองจากตำแหน่งไหน ซึ่งมีผลต่อการมองเห็นแต้มที่เปลี่ยนไป (ผู้วิจัยไม่ได้ปรับแก้เนื่องจากผู้วิจัยใช้ลูกศรชี้เสมือนให้ผู้ตอบมองจากมุมที่ลูกศรชี้)

หมายเหตุ *ข้อที่ได้รับการคัดเลือกไว้ใช้ในแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับจริง

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

สถานการณ์/ข้อคำถาม	ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ	ค่า IOC	สรุปคำแนะนำในการปรับแก้
5) ดอยช้าง เส้นทางศึกษาธรรมชาติบนดอยช้างของจังหวัดเชียงราย มีระยะประมาณ 9 กิโลเมตร (กม.) การเดินขึ้นดอยช้างไปและกลับคิดเป็นระยะทางรวม 18 กม. โดยต้องกลับมาก่อนเวลา 17.00 น. เนื่องจากอาจได้รับอันตรายจากสัตว์ป่าที่ออกล่าในช่วงพลบค่ำ รวมถึงอุณหภูมิของอากาศที่ต่ำลงในช่วงเย็นเป็นต้นไป อำนวยคาดว่า เขาสามารถเดินขึ้นดอยได้ในอัตราเร็วเฉลี่ย 1.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และเดินลงด้วยอัตราเร็วเป็นสองเท่า ที่อัตราเร็วนี้รวมเวลาพักทานอาหารและหยุดพักแล้ว เขาควรเริ่มออกเดินทางอย่างช้าที่สุดในเวลาเท่าใด เพื่อจะกลับมาให้ทันเวลา 17.00 น. 1. 05.00 น. 2. 06.30 น. (3.) 08.00 น. 4. 09.30 น. 5. 11.00 น.	• สมรรถนะ: การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ • เนื้อหา: การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ • บริบท วิทยาศาสตร์	1.00	• ปรับการใช้ภาษาบางจุด • ควรระบุแหล่งอ้างอิงหรือเวปไซต์ที่เอารูปมาเนื่องจากเป็นรูปในสถานที่จริง (ผู้วิจัยปรับแก้ตามคำแนะนำ)
6) อัตราการแลกเปลี่ยน* อัตราการแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศของธนาคารแห่งหนึ่ง มีรายละเอียดบางส่วนดังนี้ ประเทศ | สกุลเงิน | อัตราการแลก* สหรัฐอเมริกา | ดอลลาร์ | 35 อินโดนีเซีย (ต่อ 1000 รูเปียห์) | รูเปียห์ | 3 จีน | หยวน | 5 *อัตราการแลกเปลี่ยนเงินบาท ต่อ 1 หน่วยเงินตราต่างประเทศ เอมม่าเป็นนักท่องเที่ยวชาวอเมริกัน หลังจากที่เธอเดินทางไปเที่ยวที่จีน และอินโดนีเซีย ตามลำดับ แล้วจึงเดินทางมาเที่ยวที่ประเทศไทย ทั้งนี้เธอพบว่ายังมีเงินสดในกระเป๋าสตางค์ซึ่งยังแลกไว้ไม่หมด ดังนี้ 140 ดอลลาร์ 15,000 รูเปียห์ และ 500 หยวน หากเธอต้องการแลกเปลี่ยนเงินใน 3 สกุลดังกล่าวที่มีอยู่ทั้งหมดให้เป็นเงินบาท แล้วเธอจะได้เงินกี่บาทจากการแลกเงินในครั้งนี้ 1. 5,104 (2.) 7,445 3. 7,850 4. 11,900 5. 52,400	• สมรรถนะ: การคิดในเชิงคณิตศาสตร์ • เนื้อหา: การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ • บริบท สังคม	1.00	• ควรเปลี่ยนอัตราการแลกเปลี่ยนในสกุลเงิน ดอลลาร์ หรือหยวน ซึ่งใช้วิธีคิดเหมือนกัน เป็นสกุลเงินที่ต้องคิดแบบสกุลเงินรูเปียห์ • ปรับภาษาบางจุด (ผู้วิจัยปรับแก้ตามคำแนะนำ โดยเปลี่ยนสกุลเงิน “ดอลลาร์” เป็นสกุลเงิน “เยน” รวมถึงปรับ ตัวเลขและแก้ไขจำนวนเงินให้เป็นหน่วยเยน)

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

<table>
<tr><th>สถานการณ์/ข้อคำถาม</th><th>ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ</th><th>ค่า IOC</th><th>สรุปคำแนะนำในการปรับแก้</th></tr>
<tr><td>

7) ห้องอาหารนูเอว่

ห้องอาหารนูเอว่ (Nueve) มีโปรโมชั่นในช่วงปีใหม่ โดยลดราคาค่าเครื่องดื่มทุกประเภท 20% จากราคาปกติ ส่วนลดนี้ไม่รวมค่าบริการ 10% ของค่าอาหารและเครื่องดื่มทั้งหมด และค่าภาษี 7% ของค่าอาหารและเครื่องดื่มทั้งหมด

พิมกับพรได้มารับประทานอาหารที่ห้องอาหารนูเอว่ในช่วงปีใหม่ โดยมีรายการอาหารและเครื่องดื่มที่แต่ละคนสั่งดังนี้

	รายการอาหารและเครื่องดื่มที่สั่ง (ราคาปกติ)
พิม	• สเต็กปลาดอลลี่ (320 บาท) • น้ำส้มคั้นปั่น (80 บาท)
พร	• ชุดข้าวปลาแซลมอนรมควัน (350 บาท) • น้ำผลไม้รวม นูเอว่ (110 บาท)

พิมกับพรได้ตกลงกันว่าต่างคนต่างจ่ายในส่วนของตนเอง และค่าบริการกับค่าภาษีในการรับประทานอาหารให้แบ่งจ่ายเท่ากันคนละครึ่ง ทั้งสองคนจ่ายเงินค่าอาหารและเครื่องดื่มครั้งนี้ต่างกันกี่บาท

1. 24 2. 36 3. 48
(4.) 54 5. 60

</td><td>• สมรรถนะ: การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์
• เนื้อหา: ปริมาณ
• บริบท: ส่วนตัว</td><td>1.00</td><td></td></tr>
<tr><td>

8) พัฒนาการ*

พัฒนาการในการเรียนรู้เป็นสิ่งที่บอกว่านักเรียนมีความรอบรู้ในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้นเพียงใดภายหลังจากได้รับการจัดการเรียนการสอนจากครู โดยมีสูตรในการคำนวณร้อยละของคะแนนพัฒนาการ ซึ่งใช้เปรียบเทียบระหว่างบุคคลได้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) ดังนี้

$$P = \frac{X_{post} - X_{pre}}{X_{full} - X_{pre}} \times 100\%$$

เมื่อ P คือ ร้อยละของคะแนนพัฒนาการ
X_{pre} คือ คะแนนวัดก่อนเรียน
X_{post} คือ คะแนนวัดหลังเรียน
X_{full} คือ คะแนนเต็ม

ครูสมศรีต้องการศึกษาพัฒนาการในรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน 3 คนที่เป็นตัวแทนห้องไปแข่งขันคณิตศาสตร์ระหว่างชั้นเรียน ปรากฏข้อมูลดังตาราง

คะแนนวิชาคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 20)	นักเรียน		
	สมศักดิ์	สมจิตร	สมทรง
ก่อนเรียน	9	11	10
หลังเรียน	13	15	14

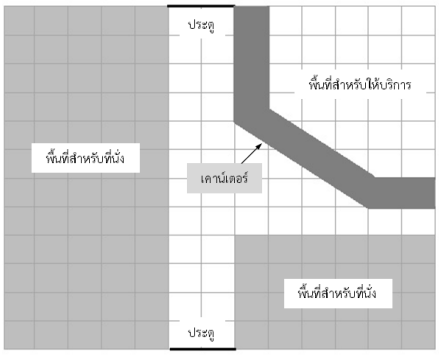
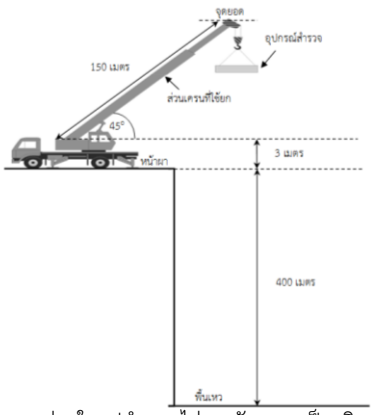
นักเรียนใน 3 คนนี้มีค่าร้อยละของคะแนนพัฒนาการมากที่สุดเท่าไร

</td><td>• สมรรถนะ: การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์
• เนื้อหา: ปริมาณ
• บริบท: การงานอาชีพ</td><td>1.00</td><td>• การนำคำถามนี้ไปใช้ในแบบวัดจริง ควรตัดอ้างอิงออก เนื่องจากอาจทำให้นักเรียนชั้น ม.3 เกิดความสับสนในการทำโจทย์ได้

(ผู้วิจัยปรับแก้ตามคำแนะนำ)</td></tr>
</table>

หมายเหตุ *ข้อที่ได้รับการคัดเลือกไว้ใช้ในแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับจริง

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

สถานการณ์/ข้อคำถาม	ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ	ค่า IOC	สรุปคำแนะนำในการปรับแก้
1. 36.36 (2.) 44.44 3. 57.14 4. 66.66 5. 80.00			
9) ร้านกาแฟ* สมชาติเป็นนักศึกษาที่เพิ่งเรียนจบ เขาต้องการเปิดร้านกาแฟเล็กๆ แห่งหนึ่ง โดยแบบแปลนพื้นร้านกาแฟของเขาเป็นดังนี้  หมายเหตุ: สี่เหลี่ยมจัตุรัสแต่ละรูปในช่องตารางแทน 0.5 เมตร x 0.5 เมตร หากพื้นที่สำหรับให้บริการถูกล้อมด้วยเคาน์เตอร์ สมชาติต้องการทำขอบเคาเตอร์ตามขอบด้านนอก (ขอบที่ลูกศรชี้) ความยาวขอบทั้งหมดที่เขาต้องทำคิดเป็นกี่เมตร 1. 5 (2.) 5.5 3. 6 4. 8.5 5. 11	• สมรรถนะ: การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ • เนื้อหา: ปริภูมิและรูปทรง • บริบท: ส่วนตัว	1.00	
10) การสำรวจหุบเหว การสำรวจหุบเหวแห่งหนึ่ง ซึ่งมีความสูงจากหน้าผาถึงพื้นเหว 400 เมตร นักสำรวจกลุ่มหนึ่งต้องการสำรวจสภาพแวดล้อมที่พื้นเหว โดยใช้อุปกรณ์สำรวจชิ้นหนึ่งที่มีน้ำหนัก 100 ตัน โดยพวกเขาเลือกใช้รถเครนในการย้ายอุปกรณ์สำรวจลงไปที่พื้นเหว โดยการย้ายอุปกรณ์สำรวจลงไปในแนวดิ่ง กำหนดให้ส่วนเครนที่ใช้ยกยาว 150 เมตร และทำมุม 45° ดังรูป  *หมายเหตุ* มาตราส่วนในรูปกำหนดไม่ตรงกับความเป็นจริง	• สมรรถนะ: การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ • เนื้อหา: ปริภูมิและรูปทรง • บริบท วิทยาศาสตร์	1.00	

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

สถานการณ์/ข้อคำถาม	ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ	ค่า IOC	สรุปคำแนะนำในการปรับแก้
หากถือว่ารอกอยู่ที่ตำแหน่งจุดยอด การขนย้ายอุปกรณ์สำรวจลงไปที่พื้นเหวครั้งนี้ ต้องใช้รอกยาวอย่างน้อยกี่เมตร 1. 490 (2.) 510 3. 533 4. 553 5. 616			
11) สถาบันกวดวิชา อาจารย์ท่านหนึ่งต้องการประมาณค่าใช้จ่ายและกำไรที่จะเกิดขึ้นจากการสร้างตึก "วันสอน" ที่เป็นศูนย์รวมสถาบันกวดวิชา โดยเขาเสนอสูตรต่อไปนี้ $P = \underbrace{240{,}000\,y}_{\text{กำไรจากการให้เช่าที่ในตึกต่อเดือน}} - \underbrace{14{,}400{,}000}_{\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างตึกวันสอน}}$ เมื่อ P แทนค่าประมาณของรายได้ (หน่วยเป็นบาท) และ y แทนจำนวนเดือนที่ให้เช่าที่ในตึกภายหลังจากสร้างตึกวันสอนเสร็จ จากสูตรข้างต้น จำนวนปีอย่างน้อยที่สุดเป็นเท่าใด จึงทำให้การเก็บค่าเช่าที่ในตึกวันสอนคุ้มกับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างตึก (1.) 5 2. 6 3. 12 4. 50 5. 60	• สมรรถนะ: การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ • เนื้อหา: การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ • บริบท: ส่วนตัว	1.00	• ควรเปลี่ยนชื่อตึก อาจทำให้ผู้อ่านเกิดความสับสน (ผู้วิจัยปรับแก้ตามคำแนะนำ โดยเปลี่ยนชื่อตึกจาก “วันสอน” เป็น “กวดวิชา”)
12) การขายหนังสือพิมพ์* ในประเทศออลแลนด์ มีหนังสือพิมพ์ฉบับหนึ่งที่กำลังรับสมัครผู้ขาย ป้ายประกาศข้างล่างแสดงให้เห็นว่า พวกเขาจ่ายเงินให้กับผู้ขายอย่างไร ***ออลแลนด์สตาร์*** **ต้องการเงินเพิ่มพิเศษหรือไม่?** **มาขายหนังสือพิมพ์กับเราสิ** คุณจะได้รับค่าตอบแทน: 0.2 ออล ต่อฉบับ สำหรับหนังสือพิมพ์ 240 ฉบับแรกที่ขายได้ในหนึ่งสัปดาห์ และบวกเพิ่มอีก 0.4 ออล สำหรับแต่ละฉบับที่คุณขายได้เพิ่มขึ้น *หมายเหตุ* ออลเป็นหน่วยเงินในประเทศออลแลนด์ มิกกี้ต้องการหารายได้พิเศษด้วยการขายหนังสือพิมพ์ โดยเขาได้ร่วมงานกับ *ออลแลนด์สตาร์* และเขาได้เงินในหนึ่งสัปดาห์เป็นจำนวน 92 ออล ในสัปดาห์นั้นเก่งกล้าขายหนังสือพิมพ์ได้กี่ฉบับ 1. 110 2. 230 3. 320 (4.) 350 5. 460	• สมรรถนะ: การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ • เนื้อหา: การเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์ • บริบท การงานอาชีพ	1.00	

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

<table>
<tr><th>สถานการณ์/ข้อคำถาม</th><th>ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ</th><th>ค่า IOC</th><th>สรุปคำแนะนำในการปรับแก้</th></tr>
<tr><td>

13) เลเซอร์วีบีม*

วีบีม (V-beam) เป็นเลเซอร์ที่ใช้เพื่อรักษารอยแดงจากสิว รอยดำต่างๆ รวมถึงปัญหาเส้นเลือดขยาย โดยผู้เข้ารับการรักษา จะได้รับการประเมินจำนวน *จุดที่ต้องยิงด้วยเลเซอร์ หรือเรียกว่าชอท (shot)* จากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในด้านผิวหนังก่อนที่จะทำการรักษาจริง

สถาบันรักษาโรคผิวหนังแห่งหนึ่ง ซึ่งมีแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในด้านผิวหนังและการทำเลเซอร์ ได้กำหนดอัตราค่าบริการในการทำวีบีม เป็นดังตารางนี้

จำนวนชอท	ราคาชอทละ
20 ชอทแรก	50 บาท
ชอทที่ 21 ถึง 100	20 บาท
ชอทที่ 101 ขึ้นไป	10 บาท

หากอารยาได้มาปรึกษาแพทย์เรื่องปัญหารอยแดงจากสิวบนใบหน้าที่สถาบันรักษาโรคผิวหนังแห่งนี้ โดยเธอเสียเงินค่าบริการ วีบีมเป็นจำนวนเงิน 3,000 บาท แล้วแพทย์ได้ทำวีบีมให้อารยาไปทั้งหมดกี่ชอท

1. 100 2. 120 (3.) 140
4. 160 5. 300

</td><td>• สมรรถนะ: การตีความทางคณิตศาสตร์
• เนื้อหา: ปริมาณ
• บริบท: ส่วนตัว</td><td>0.80</td><td>• ปรับการใช้ภาษาบางจุด

(ผู้วิจัยปรับแก้ตามคำแนะนำ)</td></tr>
<tr><td>

14) สารตกค้างในผัก

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) ได้นำเสนอข้อมูลสถานการณ์สารตกค้างในผักของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2557 โดยเลือกผักที่คนทั่วไปนิยมรับประทานจำนวน 50 ชนิด แล้วสุ่มเก็บข้อมูลผักจำนวน 15,000 ตัวอย่าง เพื่อนำมาตรวจสอบสารตกค้าง โดยมีผลการตรวจสอบดังตารางนี้

ผลการตรวจสอบสารตกค้างในผัก	จำนวน (ตัวอย่าง)
• ไม่พบสารตกค้าง	7,033
• พบแต่ปลอดภัย	3,761
• พบแต่ไม่ปลอดภัย	4,206

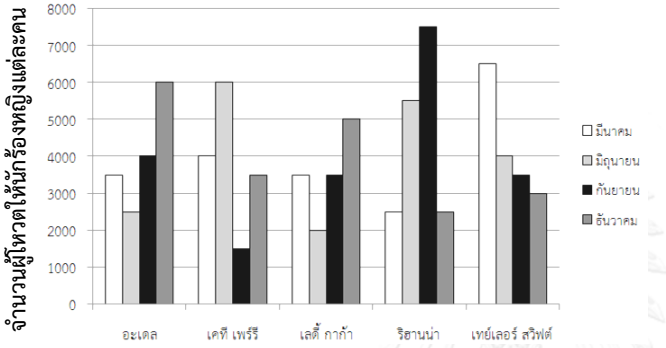
หากการสำรวจตัวอย่างผักนี้เป็นตัวแทนที่ดีในการสรุปอางอิงผลการตรวจสอบสารตกค้างในผักของประเทศไทยได้ แล้วมีผักที่ถือว่าปลอดภัยสามารถนำไปรับประทานได้มีประมาณกี่เปอร์เซ็น

1. 25 2. 47 3. 67
(4.) 72 5. 75

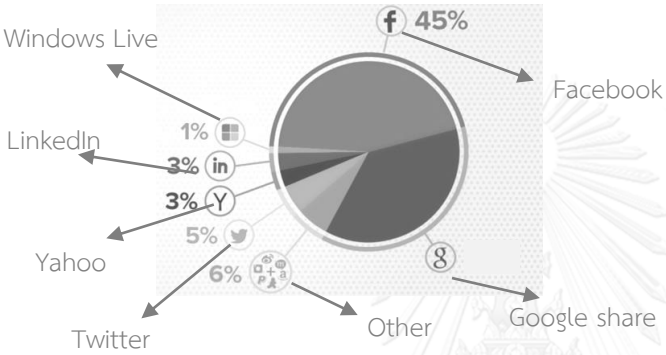
</td><td>• สมรรถนะ: การตีความทางคณิตศาสตร์
• เนื้อหา: ปริมาณ
• บริบท: สังคม</td><td>0.60</td><td></td></tr>
</table>

หมายเหตุ *ข้อที่ได้รับการคัดเลือกไว้ใช้ในแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับจริง

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

สถานการณ์/ข้อคำถาม	ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ	ค่า IOC	สรุปคำแนะนำในการปรับแก้
15) นักร้องหญิงยอดนิยม* ผลการสำรวจนักร้องหญิงยอดนิยมในทุกๆ 3 เดือนของคลื่นวิทยุแห่งหนึ่ง โดยสำรวจในช่วงเดือนมีนาคม มิถุนายน กันยายน และธันวาคม ซึ่งในการสำรวจใช้กลุ่มตัวอย่างที่ได้มาอย่างสุ่มจำนวน 20,000 คน เป็นผู้โหวตในแต่ละเดือน แสดงดังกราฟต่อไปนี้  หากคลื่นวิทยุแห่งนี้ใช้ผลโหวตจาก 4 เดือนข้างต้นเป็นตัวแทนผลโหวตประจำปี นักร้องหญิงคนใดควรได้รับตำแหน่งนักร้องหญิงยอดนิยมประจำปี 1. อะเดล 2. เคที เพร์รี 3. เลดี้ กาก้า (4.) ริฮานน่า 5. เทย์เลอร์ สวิฟต์	• สมรรถนะ: การตีความทางคณิตศาสตร์ • เนื้อหา: ความไม่แน่นอนและข้อมูล • บริบท: สังคม	1.00	• ในแนวแกนตั้งควรระบุหน่วยเป็นคน หรือพันคน (ผู้วิจัยปรับแก้ตามคำแนะนำ โดยใช้หน่วยเป็นคน)
16) ส่วนสูง ห้องเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ห้องหนึ่งมีนักเรียนชาย 15 คน และนักเรียนหญิง 20 คน โดยความสูงเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มนี้เป็น 140 เซนติเมตร ทั้งนี้เจ้าหน้าที่ได้แจ้งภายหลังว่าพบข้อผิดพลาดจากเครื่องวัดส่วนสูง จึงให้นักเรียนทุกคนในห้องมาวัดความสูงใหม่ ซึ่งพบว่ามีนักเรียนหญิง 10 คนหลังเท่านั้นที่พบข้อผิดพลาดจากการวัดความสูง โดยวัดความสูงเกินไปคนละ 7 เซนติเมตรจากความสูงที่แท้จริงของนักเรียน ความสูงเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มนี้ที่ถูกต้องเป็นเท่าใด 1. 136 ซม. 2. 136.5 ซม. (3.) 138 ซม. 4. 142 ซม. 5. 143.5 ซม.	• สมรรถนะ: การตีความทางคณิตศาสตร์ • เนื้อหา: ความไม่แน่นอนและข้อมูล • บริบท: ส่วนตัว	0.60	

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหาของแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

สถานการณ์/ข้อคำถาม	ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ	ค่า IOC	สรุปแนะนำในการปรับแก้
17) สังคมออนไลน์* สังคมออนไลน์ (Social Media) นับว่าเป็นสื่อที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อการใช้ชีวิตของมนุษย์ในโลกยุคปัจจุบัน โดยผลการสำรวจสังคมออนไลน์ที่แต่ละคนใช้มากที่สุดของหน่วยงานแจนเรน (Janrain Company) นำเสนอดังแผนภูมิวงกลมดังนี้ แผนภูมิวงกลมแสดงสังคมออนไลน์ที่แต่ละคนใช้มากที่สุด  หากการสำรวจครั้งนี้มาจากการสอบถามคนจำนวน 25,000 คน แล้วผลต่างของการใช้เฟสบุค (Facebook) เป็นสังคมออนไลน์มากที่สุดกับการใช้กูเกิลแชร์ (Google Share) เป็นสังคมออนไลน์มากที่สุดคิดเป็นกี่คน 1. 200 2. 500 3. 1,500 (4.) 2,000 5. 2,500	• สมรรถนะ: การตีความทางคณิตศาสตร์ • เนื้อหา: ความไม่แน่นอนและข้อมูล • บริบท: สังคม	1.00	
18) เบอร์รองเท้า พนักงานขายรองเท้ากีฬายี่ห้อ FIFA คนหนึ่ง ได้จดบันทึกรองเท้ากีฬาที่ขายได้ในวันนี้จำนวน 40 คู่ แต่เมื่อพิจารณาดูพบว่าเป็นรองเท้ากีฬารุ่น NEW FIFA 2016 ซึ่งเป็นรุ่นที่เพิ่งออกใหม่ จำนวน 10 คู่ โดยผลการบันทึกแสดงดังตารางนี้ ที่ | รายการ | เบอร์รองเท้า (เซนติเมตร) | ราคาขาย 1 | NEW FIFA 2016 | 38 | 2,500 2 | NEW FIFA 2016 | 41 | 2,500 3 | NEW FIFA 2016 | 43 | 2,500 4 | NEW FIFA 2016 | 39 | 2,500 5 | NEW FIFA 2016 | 42 | 2,500 6 | NEW FIFA 2016 | 42 | 2,500 7 | NEW FIFA 2016 | 38 | 2,500 8 | NEW FIFA 2016 | 39 | 2,500 9 | NEW FIFA 2016 | 36 | 2,500 10 | NEW FIFA 2016 | 38 | 2,500	• สมรรถนะ: การตีความทางคณิตศาสตร์ • เนื้อหา: ความไม่แน่นอนและข้อมูล • บริบท: การงานอาชีพ	1.00	

สถานการณ์/ข้อคำถาม	ลักษณะเฉพาะของข้อสอบ	ค่า IOC	สรุปแนะนำในการปรับแก้
หากผู้จัดการแวะมาที่ร้าน และได้ถามพนักงานขายคนนี้เกี่ยวกับการขายรองเท้ากีฬารุ่น NEW FIFA 2016 แล้วพนักงานคนนี้ควรรายงานค่ากลางของเบอร์รองเท้ากีฬารุ่น NEW FIFA 2016 ด้วยค่าใดจึงจะเหมาะสมที่สุด (1.) 38 2. 39 3. 40 4. 41 5. 42			

หมายเหตุ *ข้อที่ได้รับการคัดเลือกไว้ใช้ในแบบวัดสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ฉบับจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง
ผลการวิเคราะห์วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ด้วยโปรแกรม LISREL

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำสั่งและผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดแบบ GENE (ดั้งเดิม)

```
TI
 !DA NI=27 NO=549 MA=CM
 SY='D:\datathesis\TEST.DSF' NG=1
 MO NX=27 NK=3 TD=SY
 LK
 FORMUL EMPLOY INTERP
 FR LX(1,1) LX(2,1) LX(3,1) LX(4,1) LX(5,1) LX(6,1) LX(7,1) LX(8,1) LX(9,1)
 FR LX(10,2) LX(11,2) LX(12,2) LX(13,2) LX(14,2) LX(15,2) LX(16,2) LX(17,2) LX(18,2)
 FR LX(19,3) LX(20,3) LX(21,3) LX(22,3) LX(23,3) LX(24,3) LX(25,3) LX(26,3) LX(27,3)
 PD
 OU AM PC RS EF FS SS SC

TI

                        Number of Input Variables 27
                        Number of Y - Variables    0
                        Number of X - Variables   27
                        Number of ETA - Variables  0
                        Number of KSI - Variables  3
                        Number of Observations   549


 TI

         Covariance Matrix

              ESPU       SAPU       MCPU       ESWH       SAWH       MCWH
         --------   --------   --------   --------   --------   --------
    ESPU       2.00
    SAPU       0.98       2.00
    MCPU       1.00       0.98       2.00
    ESWH       0.65       0.65       0.60       2.00
    SAWH       0.51       0.56       0.57       0.99       2.00
    MCWH       0.44       0.47       0.48       0.99       0.98       2.00
    ESCH       0.71       0.69       0.61       0.51       0.50       0.41
    SACH       0.68       0.68       0.53       0.48       0.48       0.42
    MCCH       0.61       0.65       0.49       0.44       0.43       0.45
    ESPR       0.58       0.60       0.57       0.58       0.60       0.52
    SAPR       0.63       0.66       0.60       0.54       0.58       0.48
    MCPR       0.59       0.59       0.50       0.48       0.45       0.36
    ESCO       0.64       0.66       0.65       0.66       0.58       0.51
    SACO       0.63       0.64       0.57       0.63       0.55       0.46
    MCCO       0.56       0.54       0.47       0.50       0.39       0.35
    ESNE       0.65       0.68       0.58       0.62       0.64       0.57
    SANE       0.65       0.68       0.61       0.54       0.52       0.42
    MCNE       0.59       0.60       0.49       0.51       0.41       0.32
    ESLA       0.63       0.61       0.53       0.57       0.54       0.48
    SALA       0.62       0.67       0.67       0.51       0.55       0.47
    MCLA       0.55       0.60       0.59       0.39       0.42       0.30
    ESSI       0.51       0.53       0.40       0.41       0.29       0.27
    SASI       0.48       0.50       0.38       0.37       0.35       0.30
    MCSI       0.48       0.48       0.33       0.35       0.29       0.24
    ESSO       0.66       0.67       0.61       0.58       0.59       0.49
    SASO       0.64       0.72       0.65       0.46       0.49       0.42
    MCSO       0.72       0.79       0.68       0.48       0.56       0.51

         Covariance Matrix

              ESCH       SACH       MCCH       ESPR       SAPR       MCPR
         --------   --------   --------   --------   --------   --------
    ESCH       2.00
    SACH       1.00       2.00
    MCCH       0.95       0.97       2.00
    ESPR       0.65       0.60       0.55       2.00
    SAPR       0.62       0.57       0.54       1.00       2.00
    MCPR       0.63       0.55       0.56       0.91       0.96       2.00
```

ESCO	0.53	0.47	0.42	0.55	0.55	0.55
SACO	0.53	0.48	0.47	0.52	0.51	0.53
MCCO	0.42	0.38	0.40	0.50	0.52	0.53
ESNE	0.65	0.61	0.61	0.62	0.55	0.54
SANE	0.58	0.55	0.48	0.60	0.57	0.52
MCNE	0.46	0.45	0.40	0.48	0.49	0.46
ESLA	0.67	0.64	0.64	0.60	0.57	0.53
SALA	0.65	0.60	0.55	0.56	0.58	0.52
MCLA	0.53	0.47	0.44	0.47	0.52	0.46
ESSI	0.62	0.56	0.51	0.47	0.47	0.42
SASI	0.54	0.52	0.49	0.41	0.46	0.36
MCSI	0.54	0.48	0.41	0.35	0.40	0.32
ESSO	0.65	0.54	0.61	0.68	0.63	0.63
SASO	0.65	0.62	0.66	0.55	0.58	0.59
MCSO	0.61	0.55	0.55	0.62	0.61	0.55

Covariance Matrix

	ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
ESCO	2.00					
SACO	1.00	2.00				
MCCO	0.99	1.00	2.00			
ESNE	0.50	0.53	0.39	2.00		
SANE	0.48	0.54	0.48	0.96	2.00	
MCNE	0.41	0.45	0.38	0.94	0.98	2.00
ESLA	0.61	0.57	0.43	0.79	0.58	0.55
SALA	0.61	0.64	0.50	0.70	0.68	0.57
MCLA	0.50	0.52	0.41	0.63	0.58	0.48
ESSI	0.32	0.35	0.27	0.53	0.44	0.32
SASI	0.29	0.37	0.23	0.47	0.40	0.20
MCSI	0.22	0.31	0.19	0.42	0.36	0.21
ESSO	0.63	0.55	0.49	0.72	0.60	0.51
SASO	0.52	0.53	0.45	0.54	0.54	0.47
MCSO	0.61	0.56	0.49	0.59	0.53	0.47

Covariance Matrix

	ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
ESLA	2.00					
SALA	0.97	2.00				
MCLA	0.93	0.96	2.00			
ESSI	0.57	0.48	0.39	2.00		
SASI	0.47	0.54	0.44	0.94	2.00	
MCSI	0.42	0.49	0.42	0.94	1.00	2.00
ESSO	0.69	0.58	0.45	0.49	0.44	0.39
SASO	0.59	0.60	0.51	0.50	0.47	0.41
MCSO	0.61	0.54	0.45	0.46	0.39	0.32

Covariance Matrix

	ESSO	SASO	MCSO
ESSO	2.00		
SASO	1.00	2.00	
MCSO	0.91	0.94	2.00

TI

Parameter Specifications

LAMBDA-X

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
ESPU	1	0	0
SAPU	2	0	0
MCPU	3	0	0

ESWH	4	0	0
SAWH	5	0	0
MCWH	6	0	0
ESCH	7	0	0
SACH	8	0	0
MCCH	9	0	0
ESPR	0	10	0
SAPR	0	11	0
MCPR	0	12	0
ESCO	0	13	0
SACO	0	14	0
MCCO	0	15	0
ESNE	0	16	0
SANE	0	17	0
MCNE	0	18	0
ESLA	0	0	19
SALA	0	0	20
MCLA	0	0	21
ESSI	0	0	22
SASI	0	0	23
MCSI	0	0	24
ESSO	0	0	25
SASO	0	0	26
MCSO	0	0	27

PHI

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
FORMUL	0		
EMPLOY	28	0	
INTERP	29	30	0

THETA-DELTA

ESPU	SAPU	MCPU	ESWH	SAWH	MCWH
31	32	33	34	35	36

THETA-DELTA

ESCH	SACH	MCCH	ESPR	SAPR	MCPR
37	38	39	40	41	42

THETA-DELTA

ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
43	44	45	46	47	48

THETA-DELTA

ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
49	50	51	52	53	54

THETA-DELTA

ESSO	SASO	MCSO
55	56	57

TI

Number of Iterations = 7

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

LAMBDA-X

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
ESPU	0.90	- -	- -
	(0.06)		
	15.70		
SAPU	0.92	- -	- -
	(0.06)		
	16.15		
MCPU	0.84	- -	- -
	(0.06)		
	14.38		
ESWH	0.77	- -	- -
	(0.06)		
	13.08		
SAWH	0.73	- -	- -
	(0.06)		
	12.26		
MCWH	0.65	- -	- -
	(0.06)		
	10.74		
ESCH	0.85	- -	- -
	(0.06)		
	14.68		
SACH	0.81	- -	- -
	(0.06)		
	13.79		
MCCH	0.77	- -	- -
	(0.06)		
	13.08		
ESPR	- -	0.83	- -
		(0.06)	
		14.14	
SAPR	- -	0.83	- -
		(0.06)	
		14.13	
MCPR	- -	0.79	- -
		(0.06)	
		13.27	
ESCO	- -	0.79	- -
		(0.06)	
		13.22	
SACO	- -	0.79	- -
		(0.06)	
		13.19	
MCCO	- -	0.70	- -
		(0.06)	
		11.60	
ESNE	- -	0.84	- -
		(0.06)	
		14.34	
SANE	- -	0.81	- -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	(0.06)		
	13.78		
MCNE	- -	0.71	- -
		(0.06)	
		11.76	
ESLA	- -	- -	0.87
			(0.06)
			14.96
SALA	- -	- -	0.86
			(0.06)
			14.69
MCLA	- -	- -	0.75
			(0.06)
			12.41
ESSI	- -	- -	0.68
			(0.06)
			11.18
SASI	- -	- -	0.65
			(0.06)
			10.61
MCSI	- -	- -	0.60
			(0.06)
			9.73
ESSO	- -	- -	0.86
			(0.06)
			14.69
SASO	- -	- -	0.84
			(0.06)
			14.25
MCSO	- -	- -	0.82
			(0.06)
			13.80

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

PHI

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
FORMUL	1.00		
EMPLOY	0.86	1.00	
	(0.02)		
	37.43		
INTERP	0.85	0.83	1.00
	(0.02)	(0.03)	
	36.47	32.60	

THETA-DELTA

ESPU	SAPU	MCPU	ESWH	SAWH	MCWH
1.19	1.15	1.30	1.40	1.46	1.57
(0.08)	(0.08)	(0.09)	(0.09)	(0.09)	(0.10)
14.90	14.77	15.24	15.52	15.67	15.90

THETA-DELTA

ESCH	SACH	MCCH	ESPR	SAPR	MCPR
1.27	1.34	1.40	1.31	1.31	1.38
(0.08)	(0.09)	(0.09)	(0.09)	(0.09)	(0.09)
15.17	15.37	15.52	15.14	15.15	15.35

THETA-DELTA

ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
1.38	1.38	1.51	1.29	1.34	1.49
(0.09)	(0.09)	(0.10)	(0.09)	(0.09)	(0.10)
15.36	15.37	15.68	15.09	15.23	15.65

THETA-DELTA

ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
1.24	1.26	1.44	1.53	1.58	1.64
(0.08)	(0.08)	(0.09)	(0.10)	(0.10)	(0.10)
14.87	14.95	15.50	15.73	15.82	15.95

THETA-DELTA

ESSO	SASO	MCSO
1.26	1.30	1.33
(0.08)	(0.09)	(0.09)
14.95	15.07	15.19

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESPU	SAPU	MCPU	ESWH	SAWH	MCWH
0.40	0.42	0.35	0.30	0.27	0.21

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESCH	SACH	MCCH	ESPR	SAPR	MCPR
0.36	0.33	0.30	0.35	0.35	0.31

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
0.31	0.31	0.25	0.35	0.33	0.25

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
0.38	0.37	0.28	0.23	0.21	0.18

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESSO	SASO	MCSO
0.37	0.35	0.33

Goodness of Fit Statistics

Degrees of Freedom = 321
Minimum Fit Function Chi-Square = 1189.66 (P = 0.0)
Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 1456.41 (P = 0.0)

Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 1135.41
90 Percent Confidence Interval for NCP = (1020.70 ; 1257.63)

Minimum Fit Function Value = 2.17
Population Discrepancy Function Value (F0) = 2.07
90 Percent Confidence Interval for F0 = (1.86 ; 2.29)
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.080
90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.076 ; 0.085)
P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 0.00

Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 2.87
90 Percent Confidence Interval for ECVI = (2.66 ; 3.09)
ECVI for Saturated Model = 1.38
ECVI for Independence Model = 29.20

Chi-Square for Independence Model with 351 Degrees of Freedom = 15950.25
Independence AIC = 16004.25
Model AIC = 1570.41
Saturated AIC = 756.00
Independence CAIC = 16147.57
Model CAIC = 1872.98
Saturated CAIC = 2762.46

Normed Fit Index (NFI) = 0.93
Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.94
Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.85
Comparative Fit Index (CFI) = 0.94
Incremental Fit Index (IFI) = 0.94
Relative Fit Index (RFI) = 0.92

Critical N (CN) = 177.36

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.12
Standardized RMR = 0.060
Goodness of Fit Index (GFI) = 0.84
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.81
Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.71

TI

Standardized Solution

LAMBDA-X

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
ESPU	0.90	- -	- -
SAPU	0.92	- -	- -
MCPU	0.84	- -	- -
ESWH	0.77	- -	- -
SAWH	0.73	- -	- -
MCWH	0.65	- -	- -
ESCH	0.85	- -	- -
SACH	0.81	- -	- -
MCCH	0.77	- -	- -
ESPR	- -	0.83	- -
SAPR	- -	0.83	- -
MCPR	- -	0.79	- -
ESCO	- -	0.79	- -
SACO	- -	0.79	- -
MCCO	- -	0.70	- -
ESNE	- -	0.84	- -
SANE	- -	0.81	- -
MCNE	- -	0.71	- -
ESLA	- -	- -	0.87
SALA	- -	- -	0.86
MCLA	- -	- -	0.75
ESSI	- -	- -	0.68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

SASI	- -	- -	0.65
MCSI	- -	- -	0.60
ESSO	- -	- -	0.86
SASO	- -	- -	0.84
MCSO	- -	- -	0.82

PHI

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
FORMUL	1.00		
EMPLOY	0.86	1.00	
INTERP	0.85	0.83	1.00

TI

Completely Standardized Solution

LAMBDA-X

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
ESPU	0.64	- -	- -
SAPU	0.65	- -	- -
MCPU	0.59	- -	- -
ESWH	0.55	- -	- -
SAWH	0.52	- -	- -
MCWH	0.46	- -	- -
ESCH	0.60	- -	- -
SACH	0.57	- -	- -
MCCH	0.55	- -	- -
ESPR	- -	0.59	- -
SAPR	- -	0.59	- -
MCPR	- -	0.56	- -
ESCO	- -	0.56	- -
SACO	- -	0.56	- -
MCCO	- -	0.50	- -
ESNE	- -	0.59	- -
SANE	- -	0.58	- -
MCNE	- -	0.50	- -
ESLA	- -	- -	0.62
SALA	- -	- -	0.61
MCLA	- -	- -	0.53
ESSI	- -	- -	0.48
SASI	- -	- -	0.46
MCSI	- -	- -	0.43
ESSO	- -	- -	0.61
SASO	- -	- -	0.59
MCSO	- -	- -	0.58

PHI

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
FORMUL	1.00		
EMPLOY	0.86	1.00	
INTERP	0.85	0.83	1.00

THETA-DELTA

ESPU	SAPU	MCPU	ESWH	SAWH	MCWH
0.60	0.58	0.65	0.70	0.73	0.79

THETA-DELTA

ESCH	SACH	MCCH	ESPR	SAPR	MCPR
0.64	0.67	0.70	0.65	0.65	0.69

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

THETA-DELTA

ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
0.69	0.69	0.75	0.65	0.67	0.75

THETA-DELTA

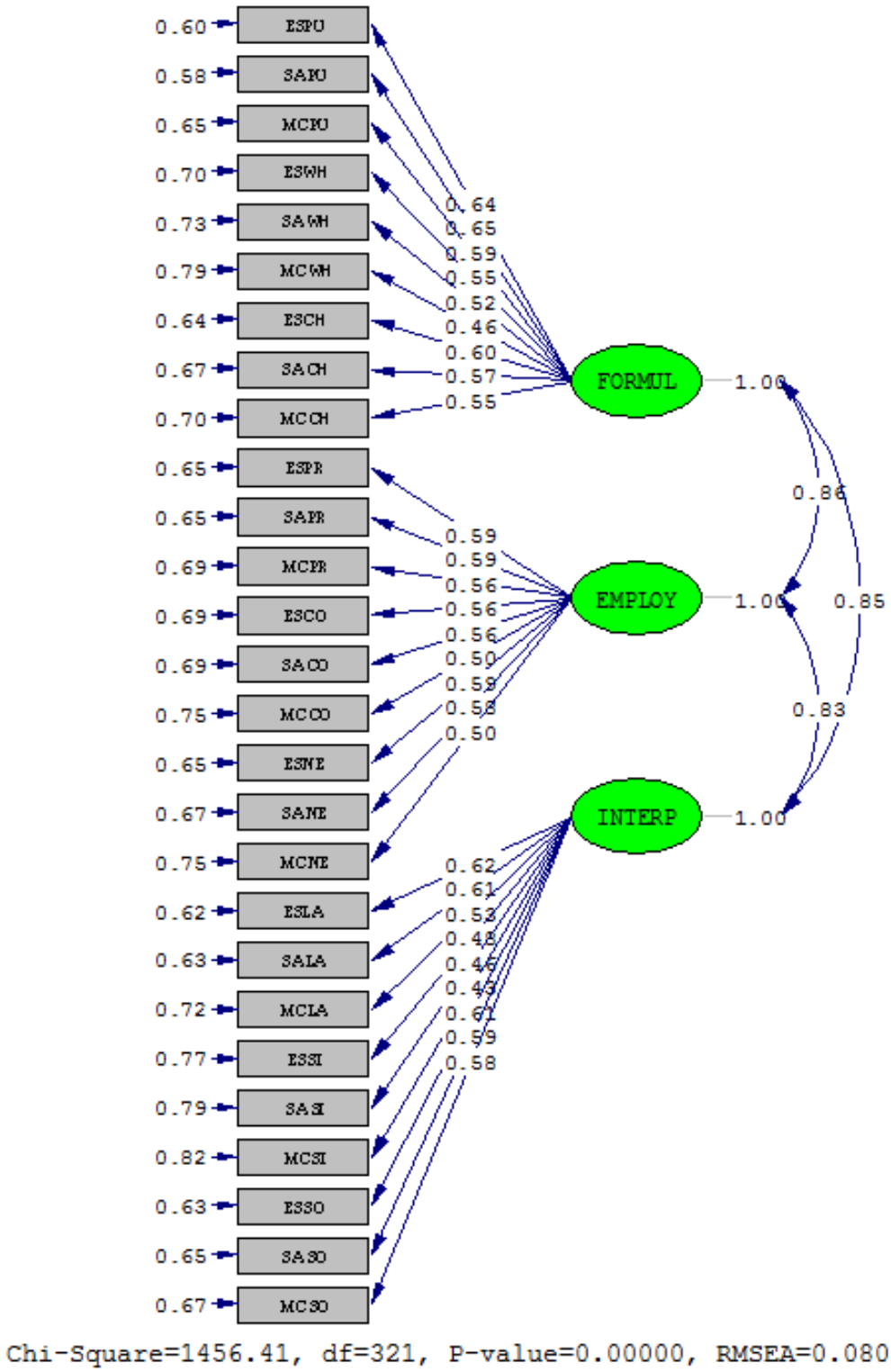
ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
0.62	0.63	0.72	0.77	0.79	0.82

THETA-DELTA

ESSO	SASO	MCSO
0.63	0.65	0.67

Time used: 0.125 Seconds

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



Chi-Square=1456.41, df=321, P-value=0.00000, RMSEA=0.080

คำสั่งและผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดแบบ GENE (ปรับโมเดล)

```
TI
 !DA NI=27 NO=549 MA=CM
 SY='D:\datathesis\TEST.DSF' NG=1
 MO NX=27 NK=3 TD=SY
 LK
 FORMUL EMPLOY INTERP
 FR LX(1,1) LX(2,1) LX(3,1) LX(4,1) LX(5,1) LX(6,1) LX(7,1) LX(8,1) LX(9,1)
 FR LX(10,2) LX(11,2) LX(12,2) LX(13,2) LX(14,2) LX(15,2) LX(16,2) LX(17,2) LX(18,2)
 FR LX(19,3) LX(20,3) LX(21,3) LX(22,3) LX(23,3) LX(24,3) LX(25,3) LX(26,3) LX(27,3)
 FR TD(5,4) TD(6,4) TD(6,5) TD(8,7) TD(9,7) TD(9,8) TD(11,10) TD(12,10) TD(12,11)
 FR TD(14,13) TD(15,13) TD(15,14) TD(17,16) TD(18,16) TD(18,17) TD(21,19) TD(21,20) TD(23,22)
 FR TD(24,22) TD(24,23) TD(26,25) TD(27,26)
 PD
 OU AM PC RS EF FS SS SC

 TI

                          Number of Input Variables 27
                          Number of Y - Variables    0
                          Number of X - Variables   27
                          Number of ETA - Variables  0
                          Number of KSI - Variables  3
                          Number of Observations   549


 TI

         Covariance Matrix

              ESPU       SAPU       MCPU       ESWH       SAWH       MCWH
            --------   --------   --------   --------   --------   --------
    ESPU       2.00
    SAPU       0.98       2.00
    MCPU       1.00       0.98       2.00
    ESWH       0.65       0.65       0.60       2.00
    SAWH       0.51       0.56       0.57       0.99       2.00
    MCWH       0.44       0.47       0.48       0.99       0.98       2.00
    ESCH       0.71       0.69       0.61       0.51       0.50       0.41
    SACH       0.68       0.68       0.53       0.48       0.48       0.42
    MCCH       0.61       0.65       0.49       0.44       0.43       0.45
    ESPR       0.58       0.60       0.57       0.58       0.60       0.52
    SAPR       0.63       0.66       0.60       0.54       0.58       0.48
    MCPR       0.59       0.59       0.50       0.48       0.45       0.36
    ESCO       0.64       0.66       0.65       0.66       0.58       0.51
    SACO       0.63       0.64       0.57       0.63       0.55       0.46
    MCCO       0.56       0.54       0.47       0.50       0.39       0.35
    ESNE       0.65       0.68       0.58       0.62       0.64       0.57
    SANE       0.65       0.68       0.61       0.54       0.52       0.42
    MCNE       0.59       0.60       0.49       0.51       0.41       0.32
    ESLA       0.63       0.61       0.53       0.57       0.54       0.48
    SALA       0.62       0.67       0.67       0.51       0.55       0.47
    MCLA       0.55       0.60       0.59       0.39       0.42       0.30
    ESSI       0.51       0.53       0.40       0.41       0.29       0.27
    SASI       0.48       0.50       0.38       0.37       0.35       0.30
    MCSI       0.48       0.48       0.33       0.35       0.29       0.24
    ESSO       0.66       0.67       0.61       0.58       0.59       0.49
    SASO       0.64       0.72       0.65       0.46       0.49       0.42
    MCSO       0.72       0.79       0.68       0.48       0.56       0.51

         Covariance Matrix

              ESCH       SACH       MCCH       ESPR       SAPR       MCPR
            --------   --------   --------   --------   --------   --------
    ESCH       2.00
    SACH       1.00       2.00
    MCCH       0.95       0.97       2.00
```

ESPR	0.65	0.60	0.55	2.00		
SAPR	0.62	0.57	0.54	1.00	2.00	
MCPR	0.63	0.55	0.56	0.91	0.96	2.00
ESCO	0.53	0.47	0.42	0.55	0.55	0.55
SACO	0.53	0.48	0.47	0.52	0.51	0.53
MCCO	0.42	0.38	0.40	0.50	0.52	0.53
ESNE	0.65	0.61	0.61	0.62	0.55	0.54
SANE	0.58	0.55	0.48	0.60	0.57	0.52
MCNE	0.46	0.45	0.40	0.48	0.49	0.46
ESLA	0.67	0.64	0.64	0.60	0.57	0.53
SALA	0.65	0.60	0.55	0.56	0.58	0.52
MCLA	0.53	0.47	0.44	0.47	0.52	0.46
ESSI	0.62	0.56	0.51	0.47	0.47	0.42
SASI	0.54	0.52	0.49	0.41	0.46	0.36
MCSI	0.54	0.48	0.41	0.35	0.40	0.32
ESSO	0.65	0.54	0.61	0.68	0.63	0.63
SASO	0.65	0.62	0.66	0.55	0.58	0.59
MCSO	0.61	0.55	0.55	0.62	0.61	0.55

Covariance Matrix

	ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
ESCO	2.00					
SACO	1.00	2.00				
MCCO	0.99	1.00	2.00			
ESNE	0.50	0.53	0.39	2.00		
SANE	0.48	0.54	0.48	0.96	2.00	
MCNE	0.41	0.45	0.38	0.94	0.98	2.00
ESLA	0.61	0.57	0.43	0.79	0.58	0.55
SALA	0.61	0.64	0.50	0.70	0.68	0.57
MCLA	0.50	0.52	0.41	0.63	0.58	0.48
ESSI	0.32	0.35	0.27	0.53	0.44	0.32
SASI	0.29	0.37	0.23	0.47	0.40	0.20
MCSI	0.22	0.31	0.19	0.42	0.36	0.21
ESSO	0.63	0.55	0.49	0.72	0.60	0.51
SASO	0.52	0.53	0.45	0.54	0.54	0.47
MCSO	0.61	0.56	0.49	0.59	0.53	0.47

Covariance Matrix

	ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
ESLA	2.00					
SALA	0.97	2.00				
MCLA	0.93	0.96	2.00			
ESSI	0.57	0.48	0.39	2.00		
SASI	0.47	0.54	0.44	0.94	2.00	
MCSI	0.42	0.49	0.42	0.94	1.00	2.00
ESSO	0.69	0.58	0.45	0.49	0.44	0.39
SASO	0.59	0.60	0.51	0.50	0.47	0.41
MCSO	0.61	0.54	0.45	0.46	0.39	0.32

Covariance Matrix

	ESSO	SASO	MCSO
ESSO	2.00		
SASO	1.00	2.00	
MCSO	0.91	0.94	2.00

TI

Parameter Specifications

LAMBDA-X

	FORMUL	EMPLOY	INTERP

ESPU	1	0	0
SAPU	2	0	0
MCPU	3	0	0
ESWH	4	0	0
SAWH	5	0	0
MCWH	6	0	0
ESCH	7	0	0
SACH	8	0	0
MCCH	9	0	0
ESPR	0	10	0
SAPR	0	11	0
MCPR	0	12	0
ESCO	0	13	0
SACO	0	14	0
MCCO	0	15	0
ESNE	0	16	0
SANE	0	17	0
MCNE	0	18	0
ESLA	0	0	19
SALA	0	0	20
MCLA	0	0	21
ESSI	0	0	22
SASI	0	0	23
MCSI	0	0	24
ESSO	0	0	25
SASO	0	0	26
MCSO	0	0	27

PHI

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
FORMUL	0		
EMPLOY	28	0	
INTERP	29	30	0

THETA-DELTA

	ESPU	SAPU	MCPU	ESWH	SAWH	MCWH
ESPU	31					
SAPU	0	32				
MCPU	0	0	33			
ESWH	0	0	0	34		
SAWH	0	0	0	35	36	
MCWH	0	0	0	37	38	39
ESCH	0	0	0	0	0	0
SACH	0	0	0	0	0	0
MCCH	0	0	0	0	0	0
ESPR	0	0	0	0	0	0
SAPR	0	0	0	0	0	0
MCPR	0	0	0	0	0	0
ESCO	0	0	0	0	0	0
SACO	0	0	0	0	0	0
MCCO	0	0	0	0	0	0
ESNE	0	0	0	0	0	0
SANE	0	0	0	0	0	0
MCNE	0	0	0	0	0	0
ESLA	0	0	0	0	0	0
SALA	0	0	0	0	0	0
MCLA	0	0	0	0	0	0
ESSI	0	0	0	0	0	0
SASI	0	0	0	0	0	0
MCSI	0	0	0	0	0	0
ESSO	0	0	0	0	0	0
SASO	0	0	0	0	0	0
MCSO	0	0	0	0	0	0

THETA-DELTA

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	ESCH	SACH	MCCH	ESPR	SAPR	MCPR
ESCH	40					
SACH	41	42				
MCCH	43	44	45			
ESPR	0	0	0	46		
SAPR	0	0	0	47	48	
MCPR	0	0	0	49	50	51
ESCO	0	0	0	0	0	0
SACO	0	0	0	0	0	0
MCCO	0	0	0	0	0	0
ESNE	0	0	0	0	0	0
SANE	0	0	0	0	0	0
MCNE	0	0	0	0	0	0
ESLA	0	0	0	0	0	0
SALA	0	0	0	0	0	0
MCLA	0	0	0	0	0	0
ESSI	0	0	0	0	0	0
SASI	0	0	0	0	0	0
MCSI	0	0	0	0	0	0
ESSO	0	0	0	0	0	0
SASO	0	0	0	0	0	0
MCSO	0	0	0	0	0	0

THETA-DELTA

	ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
ESCO	52					
SACO	53	54				
MCCO	55	56	57			
ESNE	0	0	0	58		
SANE	0	0	0	59	60	
MCNE	0	0	0	61	62	63
ESLA	0	0	0	0	0	0
SALA	0	0	0	0	0	0
MCLA	0	0	0	0	0	0
ESSI	0	0	0	0	0	0
SASI	0	0	0	0	0	0
MCSI	0	0	0	0	0	0
ESSO	0	0	0	0	0	0
SASO	0	0	0	0	0	0
MCSO	0	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

THETA-DELTA

	ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
ESLA	64					
SALA	0	65				
MCLA	66	67	68			
ESSI	0	0	0	69		
SASI	0	0	0	70	71	
MCSI	0	0	0	72	73	74
ESSO	0	0	0	0	0	0
SASO	0	0	0	0	0	0
MCSO	0	0	0	0	0	0

THETA-DELTA

	ESSO	SASO	MCSO
ESSO	75		
SASO	76	77	
MCSO	0	78	79

TI

Number of Iterations = 9

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

LAMBDA-X

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
ESPU	0.94	- -	- -
	(0.06)		
	16.32		
SAPU	0.96	- -	- -
	(0.06)		
	16.80		
MCPU	0.88	- -	- -
	(0.06)		
	15.13		
ESWH	0.72	- -	- -
	(0.06)		
	11.79		
SAWH	0.67	- -	- -
	(0.06)		
	10.89		
MCWH	0.57	- -	- -
	(0.06)		
	9.13		
ESCH	0.79	- -	- -
	(0.06)		
	13.22		
SACH	0.74	- -	- -
	(0.06)		
	12.10		
MCCH	0.70	- -	- -
	(0.06)		
	11.41		
ESPR	- -	0.74	- -
		(0.06)	
		12.22	
SAPR	- -	0.74	- -
		(0.06)	
		12.27	
MCPR	- -	0.69	- -
		(0.06)	
		11.32	
ESCO	- -	0.72	- -
		(0.06)	
		11.88	
SACO	- -	0.71	- -
		(0.06)	
		11.59	
MCCO	- -	0.59	- -
		(0.06)	
		9.51	
ESNE	- -	0.80	- -
		(0.06)	
		13.35	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

SANE	- -	0.74	- -
		(0.06)	
		12.22	
MCNE	- -	0.63	- -
		(0.06)	
		10.15	
ESLA	- -	- -	0.85
			(0.06)
			14.30
SALA	- -	- -	0.84
			(0.06)
			14.08
MCLA	- -	- -	0.69
			(0.06)
			11.21
ESSI	- -	- -	0.61
			(0.06)
			9.72
SASI	- -	- -	0.56
			(0.06)
			8.93
MCSI	- -	- -	0.51
			(0.06)
			7.97
ESSO	- -	- -	0.85
			(0.06)
			14.29
SASO	- -	- -	0.78
			(0.06)
			12.95
MCSO	- -	- -	0.82
			(0.06)
			13.65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

PHI

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
FORMUL	1.00		
EMPLOY	0.96	1.00	
	(0.03)		
	33.52		
INTERP	0.90	0.98	1.00
	(0.03)	(0.03)	
	34.06	32.37	

THETA-DELTA

	ESPU	SAPU	MCPU	ESWH	SAWH	MCWH
ESPU	1.12					
	(0.08)					
	14.31					
SAPU	- -	1.08				

		(0.08)				
		14.11				
MCPU	- -	- -	1.22			
			(0.08)			
			14.74			
ESWH	- -	- -	- -	1.49		
				(0.10)		
				15.55		
SAWH	- -	- -	- -	0.51	1.55	
				(0.07)	(0.10)	
				6.99	15.71	
MCWH	- -	- -	- -	0.58	0.60	1.67
				(0.08)	(0.08)	(0.10)
				7.59	7.71	15.98
ESCH	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SACH	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCCH	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESPR	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SAPR	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCPR	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESCO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SACO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCCO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESNE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SANE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCNE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SALA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

THETA-DELTA

	ESCH	SACH	MCCH	ESPR	SAPR	MCPR
ESCH	1.37					
	(0.09)					
	15.20					

SACH	0.42	1.46				
	(0.07)	(0.09)				
	6.01	15.44				
MCCH	0.39	0.46	1.51			
	(0.07)	(0.07)	(0.10)			
	5.64	6.39	15.57			
ESPR	- -	- -	- -	1.45		
				(0.09)		
				15.42		
SAPR	- -	- -	- -	0.45	1.45	
				(0.07)	(0.09)	
				6.27	15.41	
MCPR	- -	- -	- -	0.39	0.44	1.52
				(0.07)	(0.07)	(0.10)
				5.49	6.16	15.63
ESCO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SACO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCCO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESNE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SANE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCNE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SALA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

THETA-DELTA

	ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
ESCO	1.48					
	(0.10)					
	15.55					
SACO	0.49	1.50				
	(0.07)	(0.10)				
	6.73	15.61				
MCCO	0.56	0.58	1.65			
	(0.08)	(0.08)	(0.10)			
	7.47	7.64	15.99			
ESNE	- -	- -	- -	1.36		
				(0.09)		
				15.08		

SANE	- -	- -	- -	0.36	1.45	
				(0.07)	(0.09)	
				5.24	15.41	
MCNE	- -	- -	- -	0.43	0.51	1.61
				(0.07)	(0.07)	(0.10)
				6.06	6.92	15.86
ESLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SALA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -

THETA-DELTA

	ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
ESLA	1.28					
	(0.09)					
	14.79					
SALA	- -	1.30				
		(0.09)				
		14.86				
MCLA	0.28	0.32	1.49			
	(0.06)	(0.07)	(0.10)			
	4.39	4.96	15.53			
ESSI	- -	- -	- -	1.63		
				(0.10)		
				15.87		
SASI	- -	- -	- -	0.60	1.68	
				(0.08)	(0.11)	
				7.58	15.98	
MCSI	- -	- -	- -	0.63	0.72	1.74
				(0.08)	(0.08)	(0.11)
				7.86	8.69	16.11
ESSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -

THETA-DELTA

	ESSO	SASO	MCSO
ESSO	1.28		
	(0.09)		
	14.75		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

SASO	0.29	1.37		
	(0.06)	(0.09)		
	4.55	15.05		
MCSO	- -	0.25	1.33	
		(0.06)	(0.09)	
		3.96	14.96	

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESPU	SAPU	MCPU	ESWH	SAWH	MCWH
0.44	0.46	0.39	0.26	0.22	0.16

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESCH	SACH	MCCH	ESPR	SAPR	MCPR
0.31	0.27	0.24	0.27	0.28	0.24

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
0.26	0.25	0.17	0.32	0.27	0.20

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
0.36	0.35	0.24	0.18	0.16	0.13

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESSO	SASO	MCSO
0.36	0.31	0.33

Goodness of Fit Statistics

Degrees of Freedom = 299
Minimum Fit Function Chi-Square = 267.58 (P = 0.90)
Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 281.98 (P = 0.75)
Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 0.0
90 Percent Confidence Interval for NCP = (0.0 ; 25.21)

Minimum Fit Function Value = 0.49
Population Discrepancy Function Value (F0) = 0.0
90 Percent Confidence Interval for F0 = (0.0 ; 0.046)
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.0
90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.0 ; 0.012)
P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 1.00

Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 0.83
90 Percent Confidence Interval for ECVI = (0.83 ; 0.88)
ECVI for Saturated Model = 1.38
ECVI for Independence Model = 29.20

Chi-Square for Independence Model with 351 Degrees of Freedom = 15950.25
Independence AIC = 16004.25
Model AIC = 439.98
Saturated AIC = 756.00
Independence CAIC = 16147.57
Model CAIC = 859.32
Saturated CAIC = 2762.46

Normed Fit Index (NFI) = 0.98

Non-Normed Fit Index (NNFI) = 1.00
Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.84
Comparative Fit Index (CFI) = 1.00
Incremental Fit Index (IFI) = 1.00
Relative Fit Index (RFI) = 0.98

Critical N (CN) = 735.85

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.062
Standardized RMR = 0.031
Goodness of Fit Index (GFI) = 0.96
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.95
Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.76

TI

Standardized Solution

LAMBDA-X

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
ESPU	0.94	- -	- -
SAPU	0.96	- -	- -
MCPU	0.88	- -	- -
ESWH	0.72	- -	- -
SAWH	0.67	- -	- -
MCWH	0.57	- -	- -
ESCH	0.79	- -	- -
SACH	0.74	- -	- -
MCCH	0.70	- -	- -
ESPR	- -	0.74	- -
SAPR	- -	0.74	- -
MCPR	- -	0.69	- -
ESCO	- -	0.72	- -
SACO	- -	0.71	- -
MCCO	- -	0.59	- -
ESNE	- -	0.80	- -
SANE	- -	0.74	- -
MCNE	- -	0.63	- -
ESLA	- -	- -	0.85
SALA	- -	- -	0.84
MCLA	- -	- -	0.69
ESSI	- -	- -	0.61
SASI	- -	- -	0.56
MCSI	- -	- -	0.51
ESSO	- -	- -	0.85
SASO	- -	- -	0.78
MCSO	- -	- -	0.82

PHI

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
FORMUL	1.00		
EMPLOY	0.96	1.00	
INTERP	0.90	0.98	1.00

TI

Completely Standardized Solution

LAMBDA-X

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
ESPU	0.66	- -	- -
SAPU	0.68	- -	- -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

MCPU	0.62	- -	- -
ESWH	0.51	- -	- -
SAWH	0.47	- -	- -
MCWH	0.40	- -	- -
ESCH	0.56	- -	- -
SACH	0.52	- -	- -
MCCH	0.49	- -	- -
ESPR	- -	0.52	- -
SAPR	- -	0.53	- -
MCPR	- -	0.49	- -
ESCO	- -	0.51	- -
SACO	- -	0.50	- -
MCCO	- -	0.42	- -
ESNE	- -	0.57	- -
SANE	- -	0.52	- -
MCNE	- -	0.44	- -
ESLA	- -	- -	0.60
SALA	- -	- -	0.59
MCLA	- -	- -	0.49
ESSI	- -	- -	0.43
SASI	- -	- -	0.40
MCSI	- -	- -	0.36
ESSO	- -	- -	0.60
SASO	- -	- -	0.56
MCSO	- -	- -	0.58

PHI

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
FORMUL	1.00		
EMPLOY	0.96	1.00	
INTERP	0.90	0.98	1.00

THETA-DELTA

	ESPU	SAPU	MCPU	ESWH	SAWH	MCWH
ESPU	0.56					
SAPU	- -	0.54				
MCPU	- -	- -	0.61			
ESWH	- -	- -	- -	0.74		
SAWH	- -	- -	- -	0.26	0.78	
MCWH	- -	- -	- -	0.29	0.30	0.84
ESCH	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SACH	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCCH	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESPR	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SAPR	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCPR	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESCO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SACO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCCO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESNE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SANE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCNE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SALA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -

THETA-DELTA

	ESCH	SACH	MCCH	ESPR	SAPR	MCPR

ESCH	0.69					
SACH	0.21	0.73				
MCCH	0.20	0.23	0.76			
ESPR	- -	- -	- -	0.73		
SAPR	- -	- -	- -	0.22	0.72	
MCPR	- -	- -	- -	0.20	0.22	0.76
ESCO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SACO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCCO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESNE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SANE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCNE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SALA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -

THETA-DELTA

	ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
ESCO	0.74					
SACO	0.24	0.75				
MCCO	0.28	0.29	0.83			
ESNE	- -	- -	- -	0.68		
SANE	- -	- -	- -	0.18	0.73	
MCNE	- -	- -	- -	0.22	0.26	0.80
ESLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SALA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

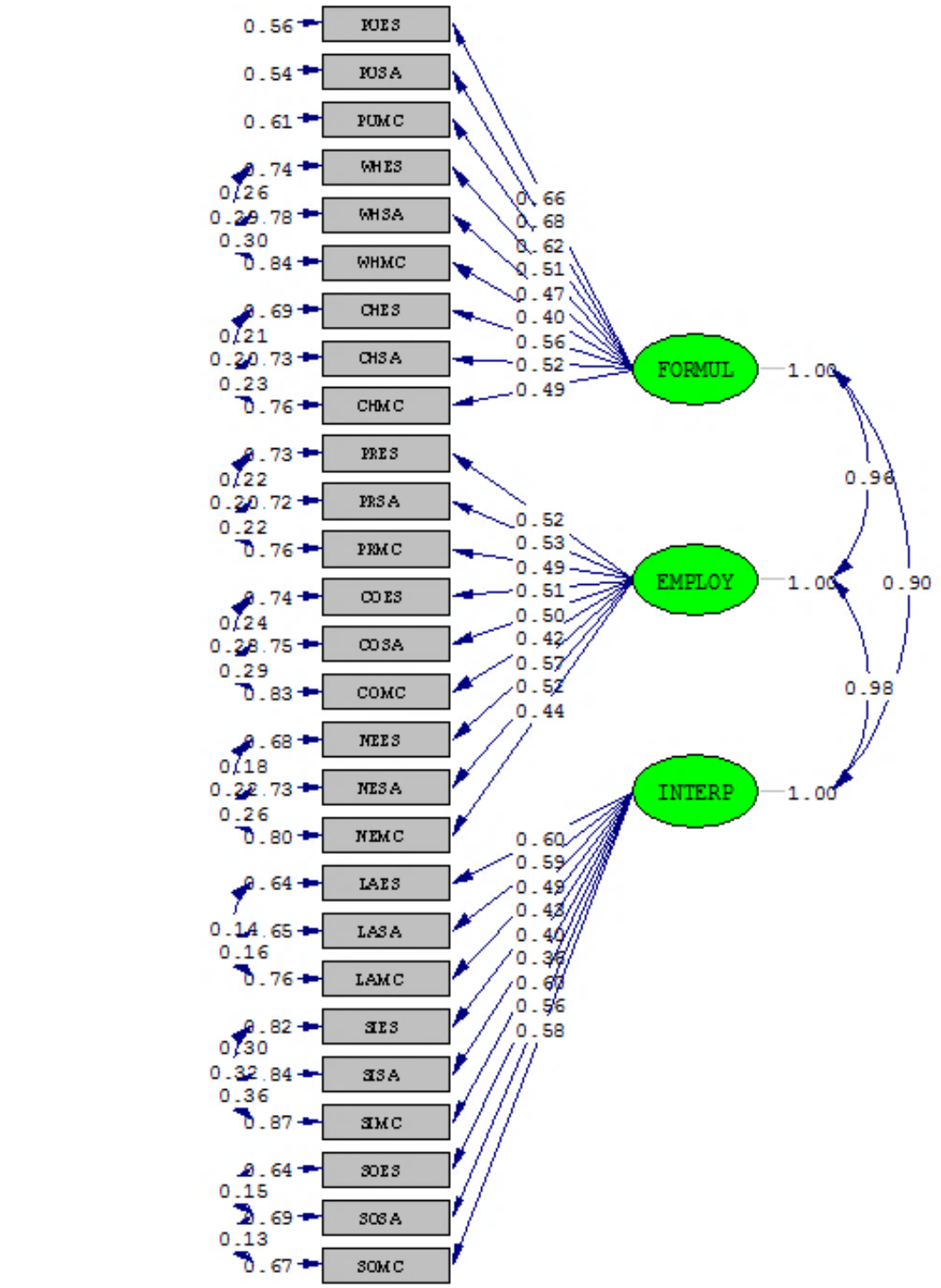
THETA-DELTA

	ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
ESLA	0.64					
SALA	- -	0.65				
MCLA	0.14	0.16	0.76			
ESSI	- -	- -	- -	0.82		
SASI	- -	- -	- -	0.30	0.84	
MCSI	- -	- -	- -	0.32	0.36	0.87
ESSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -

THETA-DELTA

	ESSO	SASO	MCSO
ESSO	0.64		
SASO	0.15	0.69	
MCSO	- -	0.13	0.67

Time used: 0.125 Seconds



Chi-Square=281.98, df=299, P-value=0.75248, RMSEA=0.000

คำสั่งและผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดแบบ CTCU

```
TI
 !DA NI=27 NO=549 MA=CM
 SY='D:\datathesis\TEST.DSF' NG=1
 MO NX=27 NK=3 TD=SY
 LK
 FORMUL EMPLOY INTERP
 FR LX(1,1) LX(2,1) LX(3,1) LX(4,1) LX(5,1) LX(6,1) LX(7,1) LX(8,1) LX(9,1)
 FR LX(10,2) LX(11,2) LX(12,2) LX(13,2) LX(14,2) LX(15,2) LX(16,2) LX(17,2) LX(18,2)
 FR LX(19,3) LX(20,3) LX(21,3) LX(22,3) LX(23,3) LX(24,3) LX(25,3) LX(26,3) LX(27,3)
 FR TD(4,1) TD(5,2) TD(6,3) TD(7,1) TD(7,4) TD(8,2) TD(8,5) TD(9,3) TD(9,6)
 FR TD(13,10) TD(14,11) TD(15,12) TD(16,10) TD(16,13) TD(17,11) TD(17,14) TD(18,12) TD(18,15)
 FR TD(22,19) TD(23,20) TD(24,21) TD(25,19) TD(25,22) TD(26,20) TD(26,23) TD(27,21) TD(27,24)
 PD
 OU AM PC RS EF FS SS SC

 TI

                          Number of Input Variables 27
                          Number of Y - Variables    0
                          Number of X - Variables   27
                          Number of ETA - Variables  0
                          Number of KSI - Variables  3
                          Number of Observations   549



 TI

         Covariance Matrix

              ESPU       SAPU       MCPU       ESWH       SAWH       MCWH
            --------   --------   --------   --------   --------   --------
    ESPU       2.00
    SAPU       0.98       2.00
    MCPU       1.00       0.98       2.00
    ESWH       0.65       0.65       0.60       2.00
    SAWH       0.51       0.56       0.57       0.99       2.00
    MCWH       0.44       0.47       0.48       0.99       0.98       2.00
    ESCH       0.71       0.69       0.61       0.51       0.50       0.41
    SACH       0.68       0.68       0.53       0.48       0.48       0.42
    MCCH       0.61       0.65       0.49       0.44       0.43       0.45
    ESPR       0.58       0.60       0.57       0.58       0.60       0.52
    SAPR       0.63       0.66       0.60       0.54       0.58       0.48
    MCPR       0.59       0.59       0.50       0.48       0.45       0.36
    ESCO       0.64       0.66       0.65       0.66       0.58       0.51
    SACO       0.63       0.64       0.57       0.63       0.55       0.46
    MCCO       0.56       0.54       0.47       0.50       0.39       0.35
    ESNE       0.65       0.68       0.58       0.62       0.64       0.57
    SANE       0.65       0.68       0.61       0.54       0.52       0.42
    MCNE       0.59       0.60       0.49       0.51       0.41       0.32
    ESLA       0.63       0.61       0.53       0.57       0.54       0.48
    SALA       0.62       0.67       0.67       0.51       0.55       0.47
    MCLA       0.55       0.60       0.59       0.39       0.42       0.30
    ESSI       0.51       0.53       0.40       0.41       0.29       0.27
    SASI       0.48       0.50       0.38       0.37       0.35       0.30
    MCSI       0.48       0.48       0.33       0.35       0.29       0.24
    ESSO       0.66       0.67       0.61       0.58       0.59       0.49
    SASO       0.64       0.72       0.65       0.46       0.49       0.42
    MCSO       0.72       0.79       0.68       0.48       0.56       0.51

         Covariance Matrix

              ESCH       SACH       MCCH       ESPR       SAPR       MCPR
            --------   --------   --------   --------   --------   --------
    ESCH       2.00
    SACH       1.00       2.00
```

MCCH	0.95	0.97	2.00			
ESPR	0.65	0.60	0.55	2.00		
SAPR	0.62	0.57	0.54	1.00	2.00	
MCPR	0.63	0.55	0.56	0.91	0.96	2.00
ESCO	0.53	0.47	0.42	0.55	0.55	0.55
SACO	0.53	0.48	0.47	0.52	0.51	0.53
MCCO	0.42	0.38	0.40	0.50	0.52	0.53
ESNE	0.65	0.61	0.61	0.62	0.55	0.54
SANE	0.58	0.55	0.48	0.60	0.57	0.52
MCNE	0.46	0.45	0.40	0.48	0.49	0.46
ESLA	0.67	0.64	0.64	0.60	0.57	0.53
SALA	0.65	0.60	0.55	0.56	0.58	0.52
MCLA	0.53	0.47	0.44	0.47	0.52	0.46
ESSI	0.62	0.56	0.51	0.47	0.47	0.42
SASI	0.54	0.52	0.49	0.41	0.46	0.36
MCSI	0.54	0.48	0.41	0.35	0.40	0.32
ESSO	0.65	0.54	0.61	0.68	0.63	0.63
SASO	0.65	0.62	0.66	0.55	0.58	0.59
MCSO	0.61	0.55	0.55	0.62	0.61	0.55

Covariance Matrix

	ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
ESCO	2.00					
SACO	1.00	2.00				
MCCO	0.99	1.00	2.00			
ESNE	0.50	0.53	0.39	2.00		
SANE	0.48	0.54	0.48	0.96	2.00	
MCNE	0.41	0.45	0.38	0.94	0.98	2.00
ESLA	0.61	0.57	0.43	0.79	0.58	0.55
SALA	0.61	0.64	0.50	0.70	0.68	0.57
MCLA	0.50	0.52	0.41	0.63	0.58	0.48
ESSI	0.32	0.35	0.27	0.53	0.44	0.32
SASI	0.29	0.37	0.23	0.47	0.40	0.20
MCSI	0.22	0.31	0.19	0.42	0.36	0.21
ESSO	0.63	0.55	0.49	0.72	0.60	0.51
SASO	0.52	0.53	0.45	0.54	0.54	0.47
MCSO	0.61	0.56	0.49	0.59	0.53	0.47

Covariance Matrix

	ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
ESLA	2.00					
SALA	0.97	2.00				
MCLA	0.93	0.96	2.00			
ESSI	0.57	0.48	0.39	2.00		
SASI	0.47	0.54	0.44	0.94	2.00	
MCSI	0.42	0.49	0.42	0.94	1.00	2.00
ESSO	0.69	0.58	0.45	0.49	0.44	0.39
SASO	0.59	0.60	0.51	0.50	0.47	0.41
MCSO	0.61	0.54	0.45	0.46	0.39	0.32

Covariance Matrix

	ESSO	SASO	MCSO
ESSO	2.00		
SASO	1.00	2.00	
MCSO	0.91	0.94	2.00

TI

Parameter Specifications

LAMBDA-X

	FORMUL	EMPLOY	INTERP

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ESPU	1	0	0
SAPU	2	0	0
MCPU	3	0	0
ESWH	4	0	0
SAWH	5	0	0
MCWH	6	0	0
ESCH	7	0	0
SACH	8	0	0
MCCH	9	0	0
ESPR	0	10	0
SAPR	0	11	0
MCPR	0	12	0
ESCO	0	13	0
SACO	0	14	0
MCCO	0	15	0
ESNE	0	16	0
SANE	0	17	0
MCNE	0	18	0
ESLA	0	0	19
SALA	0	0	20
MCLA	0	0	21
ESSI	0	0	22
SASI	0	0	23
MCSI	0	0	24
ESSO	0	0	25
SASO	0	0	26
MCSO	0	0	27

PHI

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
FORMUL	0		
EMPLOY	28	0	
INTERP	29	30	0

THETA-DELTA

	ESPU	SAPU	MCPU	ESWH	SAWH	MCWH
ESPU	31					
SAPU	0	32				
MCPU	0	0	33			
ESWH	34	0	0	35		
SAWH	0	36	0	0	37	
MCWH	0	0	38	0	0	39
ESCH	40	0	0	41	0	0
SACH	0	43	0	0	44	0
MCCH	0	0	46	0	0	47
ESPR	0	0	0	0	0	0
SAPR	0	0	0	0	0	0
MCPR	0	0	0	0	0	0
ESCO	0	0	0	0	0	0
SACO	0	0	0	0	0	0
MCCO	0	0	0	0	0	0
ESNE	0	0	0	0	0	0
SANE	0	0	0	0	0	0
MCNE	0	0	0	0	0	0
ESLA	0	0	0	0	0	0
SALA	0	0	0	0	0	0
MCLA	0	0	0	0	0	0
ESSI	0	0	0	0	0	0
SASI	0	0	0	0	0	0
MCSI	0	0	0	0	0	0
ESSO	0	0	0	0	0	0
SASO	0	0	0	0	0	0
MCSO	0	0	0	0	0	0

THETA-DELTA

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	ESCH	SACH	MCCH	ESPR	SAPR	MCPR
ESCH	42					
SACH	0	45				
MCCH	0	0	48			
ESPR	0	0	0	49		
SAPR	0	0	0	0	50	
MCPR	0	0	0	0	0	51
ESCO	0	0	0	52	0	0
SACO	0	0	0	0	54	0
MCCO	0	0	0	0	0	56
ESNE	0	0	0	58	0	0
SANE	0	0	0	0	61	0
MCNE	0	0	0	0	0	64
ESLA	0	0	0	0	0	0
SALA	0	0	0	0	0	0
MCLA	0	0	0	0	0	0
ESSI	0	0	0	0	0	0
SASI	0	0	0	0	0	0
MCSI	0	0	0	0	0	0
ESSO	0	0	0	0	0	0
SASO	0	0	0	0	0	0
MCSO	0	0	0	0	0	0

THETA-DELTA

	ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
ESCO	53					
SACO	0	55				
MCCO	0	0	57			
ESNE	59	0	0	60		
SANE	0	62	0	0	63	
MCNE	0	0	65	0	0	66
ESLA	0	0	0	0	0	0
SALA	0	0	0	0	0	0
MCLA	0	0	0	0	0	0
ESSI	0	0	0	0	0	0
SASI	0	0	0	0	0	0
MCSI	0	0	0	0	0	0
ESSO	0	0	0	0	0	0
SASO	0	0	0	0	0	0
MCSO	0	0	0	0	0	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

THETA-DELTA

	ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
ESLA	67					
SALA	0	68				
MCLA	0	0	69			
ESSI	70	0	0	71		
SASI	0	72	0	0	73	
MCSI	0	0	74	0	0	75
ESSO	76	0	0	77	0	0
SASO	0	79	0	0	80	0
MCSO	0	0	82	0	0	83

THETA-DELTA

	ESSO	SASO	MCSO
ESSO	78		
SASO	0	81	
MCSO	0	0	84

TI

Number of Iterations = 9

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

LAMBDA-X

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
ESPU	0.90	- -	- -
	(0.06)		
	15.69		
SAPU	0.93	- -	- -
	(0.06)		
	16.34		
MCPU	0.85	- -	- -
	(0.06)		
	14.63		
ESWH	0.81	- -	- -
	(0.06)		
	13.64		
SAWH	0.77	- -	- -
	(0.06)		
	12.91		
MCWH	0.68	- -	- -
	(0.06)		
	11.25		
ESCH	0.87	- -	- -
	(0.06)		
	14.98		
SACH	0.83	- -	- -
	(0.06)		
	14.18		
MCCH	0.79	- -	- -
	(0.06)		
	13.44		
ESPR	- -	0.85	- -
		(0.06)	
		14.43	
SAPR	- -	0.85	- -
		(0.06)	
		14.50	
MCPR	- -	0.79	- -
		(0.06)	
		13.41	
ESCO	- -	0.82	- -
		(0.06)	
		13.87	
SACO	- -	0.82	- -
		(0.06)	
		13.84	
MCCO	- -	0.73	- -
		(0.06)	
		12.16	
ESNE	- -	0.86	- -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	(0.06)		
	14.60		
SANE	- -	0.84	- -
		(0.06)	
		14.19	
MCNE	- -	0.73	- -
		(0.06)	
		12.13	
ESLA	- -	- -	0.87
			(0.06)
			14.90
SALA	- -	- -	0.87
			(0.06)
			14.84
MCLA	- -	- -	0.76
			(0.06)
			12.70
ESSI	- -	- -	0.71
			(0.06)
			11.59
SASI	- -	- -	0.68
			(0.06)
			11.11
MCSI	- -	- -	0.64
			(0.06)
			10.38
ESSO	- -	- -	0.87
			(0.06)
			14.77
SASO	- -	- -	0.86
			(0.06)
			14.66
MCSO	- -	- -	0.84
			(0.06)
			14.22

PHI

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
FORMUL	1.00		
EMPLOY	0.82	1.00	
	(0.02)		
	36.18		
INTERP	0.82	0.79	1.00
	(0.02)	(0.03)	
	34.91	31.09	

THETA-DELTA

	ESPU	SAPU	MCPU	ESWH	SAWH	MCWH
ESPU	1.19					
	(0.08)					
	14.79					

SAPU	- -	1.13 (0.08) 14.60				
MCPU	- -	- -	1.28 (0.08) 15.19			
ESWH	-0.07 (0.06) -1.22	- -	- -	1.35 (0.09) 15.28		
SAWH	- -	-0.15 (0.06) -2.58	- -	- -	1.41 (0.09) 15.43	
MCWH	- -	- -	-0.10 (0.06) -1.57	- -	- -	1.53 (0.10) 15.80
ESCH	-0.07 (0.06) -1.24	- -	- -	-0.19 (0.06) -3.13	- -	- -
SACH	- -	-0.10 (0.06) -1.71	- -	- -	-0.17 (0.06) -2.66	- -
MCCH	- -	- -	-0.18 (0.06) -3.00	- -	- -	-0.09 (0.07) -1.37
ESPR	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SAPR	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCPR	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESCO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SACO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCCO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESNE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SANE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCNE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SALA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

THETA-DELTA

	ESCH	SACH	MCCH	ESPR	SAPR	MCPR
ESCH	1.24 (0.08) 14.98					
SACH	- -	1.31 (0.09) 15.16				
MCCH	- -	- -	1.37 (0.09) 15.43			
ESPR	- -	- -	- -	1.28 (0.09) 14.94		
SAPR	- -	- -	- -	- -	1.27 (0.09) 14.94	
MCPR	- -	- -	- -	- -	- -	1.37 (0.09) 15.38
ESCO	- -	- -	- -	-0.15 (0.06) -2.38	- -	- -
SACO	- -	- -	- -	- -	-0.18 (0.06) -3.01	- -
MCCO	- -	- -	- -	- -	- -	-0.05 (0.06) -0.70
ESNE	- -	- -	- -	-0.11 (0.06) -1.82	- -	- -
SANE	- -	- -	- -	- -	-0.15 (0.06) -2.40	- -
MCNE	- -	- -	- -	- -	- -	-0.12 (0.06) -1.82
ESLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SALA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

THETA-DELTA

	ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
ESCO	1.32 (0.09) 15.09					
SACO	- -	1.33 (0.09) 15.10				
MCCO	- -	- -	1.47 (0.09) 15.62			
ESNE	-0.21 (0.06) -3.37	- -	- -	1.27 (0.08) 14.90		
SANE	- -	-0.14 (0.06) -2.31	- -	- -	1.30 (0.09) 15.02	
MCNE	- -	- -	-0.15 (0.07) -2.30	- -	- -	1.47 (0.09) 15.62
ESLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SALA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

THETA-DELTA

	ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
ESLA	1.24 (0.08) 14.77					
SALA	- -	1.24 (0.08) 14.76				
MCLA	- -	- -	1.42 (0.09) 15.36			
ESSI	-0.05 (0.06) -0.74	- -	- -	1.50 (0.10) 15.54		
SASI	- -	-0.06 (0.06)	- -	- -	1.53 (0.10)	

		-0.86			15.61	
MCSI	- -	- -	-0.07	- -	- -	1.59
			(0.07)			(0.10)
			-1.04			15.78
ESSO	-0.06	- -	- -	-0.12	- -	- -
	(0.06)			(0.06)		
	-1.05			-1.90		
SASO	- -	-0.15	- -	- -	-0.12	- -
		(0.06)			(0.06)	
		-2.52			-1.88	
MCSO	- -	- -	-0.19	- -	- -	-0.21
			(0.06)			(0.07)
			-3.01			-3.24

THETA-DELTA

	ESSO	SASO	MCSO
ESSO	1.25		
	(0.08)		
	14.81		
SASO	- -	1.26	
		(0.08)	
		14.81	
MCSO	- -	- -	1.30
			(0.09)
			15.01

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESPU	SAPU	MCPU	ESWH	SAWH	MCWH
0.41	0.43	0.36	0.33	0.30	0.23

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESCH	SACH	MCCH	ESPR	SAPR	MCPR
0.38	0.35	0.31	0.36	0.36	0.31

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
0.34	0.34	0.27	0.37	0.35	0.27

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
0.38	0.38	0.29	0.25	0.23	0.21

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESSO	SASO	MCSO
0.38	0.37	0.35

Goodness of Fit Statistics

Degrees of Freedom = 294

Minimum Fit Function Chi-Square = 1067.28 (P = 0.0)
Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 1213.06 (P = 0.0)
Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 919.06
90 Percent Confidence Interval for NCP = (815.38 ; 1030.27)

Minimum Fit Function Value = 1.95
Population Discrepancy Function Value (F0) = 1.68
90 Percent Confidence Interval for F0 = (1.49 ; 1.88)
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.076
90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.071 ; 0.080)
P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 0.00

Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 2.52
90 Percent Confidence Interval for ECVI = (2.33 ; 2.72)
ECVI for Saturated Model = 1.38
ECVI for Independence Model = 29.20

Chi-Square for Independence Model with 351 Degrees of Freedom = 15950.25
Independence AIC = 16004.25
Model AIC = 1381.06
Saturated AIC = 756.00
Independence CAIC = 16147.57
Model CAIC = 1826.94
Saturated CAIC = 2762.46

Normed Fit Index (NFI) = 0.93
Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.94
Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.78
Comparative Fit Index (CFI) = 0.95
Incremental Fit Index (IFI) = 0.95
Relative Fit Index (RFI) = 0.92

Critical N (CN) = 182.42

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.12
Standardized RMR = 0.058
Goodness of Fit Index (GFI) = 0.86
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.82
Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.67

TI

Standardized Solution

LAMBDA-X

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
ESPU	0.90	- -	- -
SAPU	0.93	- -	- -
MCPU	0.85	- -	- -
ESWH	0.81	- -	- -
SAWH	0.77	- -	- -
MCWH	0.68	- -	- -
ESCH	0.87	- -	- -
SACH	0.83	- -	- -
MCCH	0.79	- -	- -
ESPR	- -	0.85	- -
SAPR	- -	0.85	- -
MCPR	- -	0.79	- -
ESCO	- -	0.82	- -
SACO	- -	0.82	- -
MCCO	- -	0.73	- -
ESNE	- -	0.86	- -
SANE	- -	0.84	- -
MCNE	- -	0.73	- -
ESLA	- -	- -	0.87
SALA	- -	- -	0.87
MCLA	- -	- -	0.76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ESSI	- -	- -	0.71
SASI	- -	- -	0.68
MCSI	- -	- -	0.64
ESSO	- -	- -	0.87
SASO	- -	- -	0.86
MCSO	- -	- -	0.84

PHI

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
FORMUL	1.00		
EMPLOY	0.82	1.00	
INTERP	0.82	0.79	1.00

TI

Completely Standardized Solution

LAMBDA-X

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
ESPU	0.64	- -	- -
SAPU	0.66	- -	- -
MCPU	0.60	- -	- -
ESWH	0.57	- -	- -
SAWH	0.55	- -	- -
MCWH	0.48	- -	- -
ESCH	0.62	- -	- -
SACH	0.59	- -	- -
MCCH	0.56	- -	- -
ESPR	- -	0.60	- -
SAPR	- -	0.60	- -
MCPR	- -	0.56	- -
ESCO	- -	0.58	- -
SACO	- -	0.58	- -
MCCO	- -	0.52	- -
ESNE	- -	0.61	- -
SANE	- -	0.59	- -
MCNE	- -	0.52	- -
ESLA	- -	- -	0.62
SALA	- -	- -	0.62
MCLA	- -	- -	0.54
ESSI	- -	- -	0.50
SASI	- -	- -	0.48
MCSI	- -	- -	0.45
ESSO	- -	- -	0.61
SASO	- -	- -	0.61
MCSO	- -	- -	0.59

PHI

	FORMUL	EMPLOY	INTERP
FORMUL	1.00		
EMPLOY	0.82	1.00	
INTERP	0.82	0.79	1.00

THETA-DELTA

	ESPU	SAPU	MCPU	ESWH	SAWH	MCWH
ESPU	0.59					
SAPU	- -	0.57				
MCPU	- -	- -	0.64			
ESWH	-0.04	- -	- -	0.67		
SAWH	- -	-0.08	- -	- -	0.70	
MCWH	- -	- -	-0.05	- -	- -	0.77
ESCH	-0.04	- -	- -	-0.10	- -	- -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

SACH	- -	-0.05	- -	- -	-0.08	- -
MCCH	- -	- -	-0.09	- -	- -	-0.05
ESPR	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SAPR	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCPR	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESCO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SACO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCCO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESNE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SANE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCNE	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SALA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -

THETA-DELTA

	ESCH	SACH	MCCH	ESPR	SAPR	MCPR
ESCH	0.62					
SACH	- -	0.65				
MCCH	- -	- -	0.69			
ESPR	- -	- -	- -	0.64		
SAPR	- -	- -	- -	- -	0.64	
MCPR	- -	- -	- -	- -	- -	0.69
ESCO	- -	- -	- -	-0.07	- -	- -
SACO	- -	- -	- -	- -	-0.09	- -
MCCO	- -	- -	- -	- -	- -	-0.02
ESNE	- -	- -	- -	-0.05	- -	- -
SANE	- -	- -	- -	- -	-0.07	- -
MCNE	- -	- -	- -	- -	- -	-0.06
ESLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SALA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

THETA-DELTA

	ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
ESCO	0.66					
SACO	- -	0.66				
MCCO	- -	- -	0.73			
ESNE	-0.10	- -	- -	0.63		
SANE	- -	-0.07	- -	- -	0.65	
MCNE	- -	- -	-0.08	- -	- -	0.73
ESLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SALA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCLA	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSI	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ESSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
SASO	- -	- -	- -	- -	- -	- -
MCSO	- -	- -	- -	- -	- -	- -

THETA-DELTA

	ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI

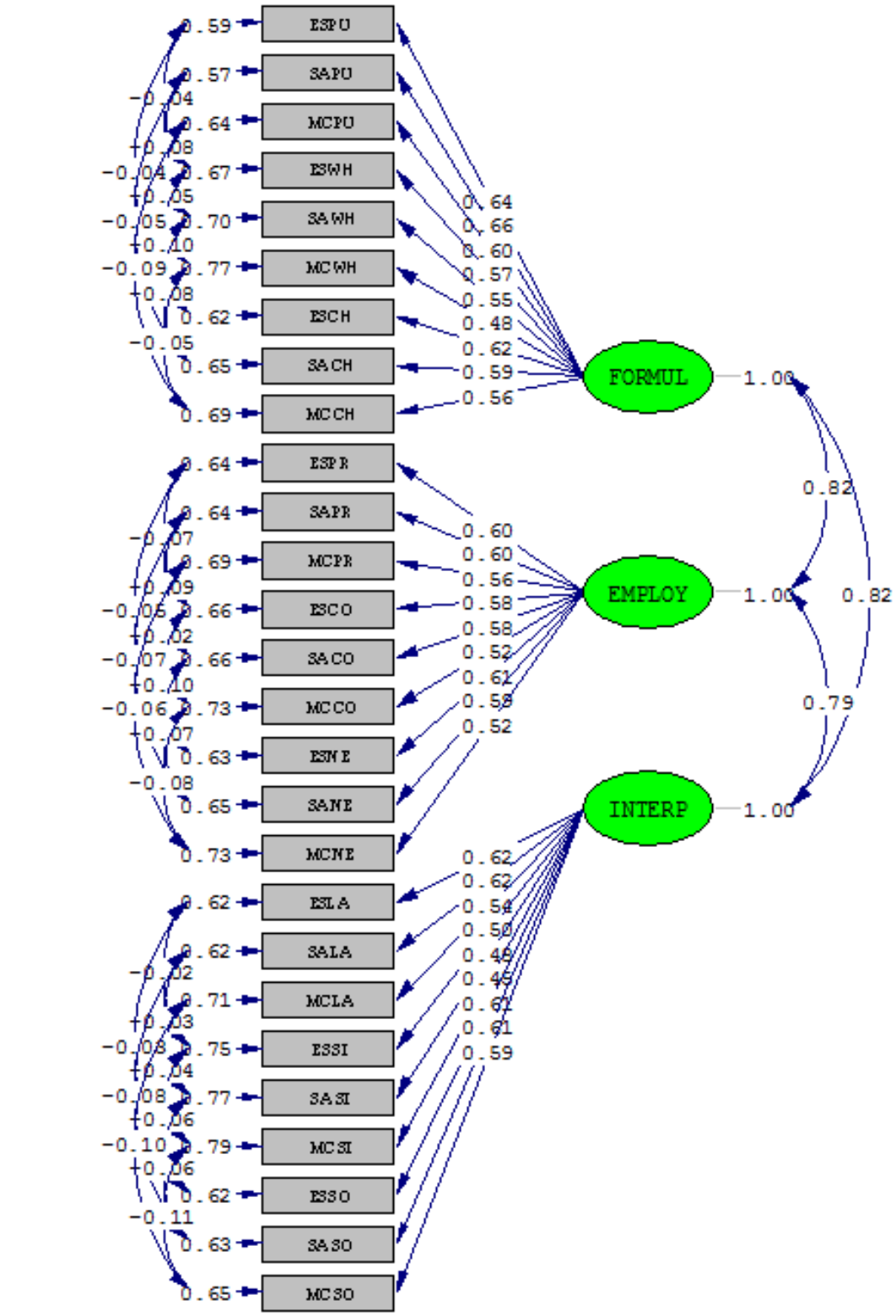
ESLA	0.62					
SALA	- -	0.62				
MCLA	- -	- -	0.71			
ESSI	-0.02	- -	- -	0.75		
SASI	- -	-0.03	- -	- -	0.77	
MCSI	- -	- -	-0.04	- -	- -	0.79
ESSO	-0.03	- -	- -	-0.06	- -	- -
SASO	- -	-0.08	- -	- -	-0.06	- -
MCSO	- -	- -	-0.10	- -	- -	-0.11

THETA-DELTA

	ESSO	SASO	MCSO
ESSO	0.62		
SASO	- -	0.63	
MCSO	- -	- -	0.65

Time used: 0.141 Seconds

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



Chi-Square=1213.06, df=294, P-value=0.00000, RMSEA=0.076

คำสั่งและผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดแบบ CTCM

```
TI
 !DA NI=27 NO=549 MA=CM
 SY='D:\datathesis\TEST.DSF' NG=1
 MO NX=27 NK=6 TD=SY
 LK
 FORMUL EMPLOY INTERP ES SA MC
 FI PH(4,1) PH(4,2) PH(4,3) PH(5,1) PH(5,2) PH(5,3) PH(6,1) PH(6,2) PH(6,3)
 FR LX(1,1) LX(1,4) LX(2,1) LX(2,5) LX(3,1) LX(3,6) LX(4,1) LX(4,4) LX(5,1)
 FR LX(5,5) LX(6,1) LX(6,6) LX(7,1) LX(7,4) LX(8,1) LX(8,5) LX(9,1) LX(9,6)
 FR LX(10,2) LX(10,4) LX(11,2) LX(11,5) LX(12,2) LX(12,6) LX(13,2) LX(13,4) LX(14,2)
 FR LX(14,5) LX(15,2) LX(15,6) LX(16,2) LX(16,4) LX(17,2) LX(17,5) LX(18,2) LX(18,6)
 FR LX(19,3) LX(19,4) LX(20,3) LX(20,5) LX(21,3) LX(21,6) LX(22,3) LX(22,4) LX(23,3)
 FR LX(23,5) LX(24,3) LX(24,6) LX(25,3) LX(25,4) LX(26,3) LX(26,5) LX(27,3) LX(27,6)
 PD
 OU AM PC RS FS SS SC AD=OFF

 TI

                          Number of Input Variables 27
                          Number of Y - Variables    0
                          Number of X - Variables   27
                          Number of ETA - Variables  0
                          Number of KSI - Variables  6
                          Number of Observations   549


W_A_R_N_I_N_G: Matrix to be analyzed is not positive definite,
                 ridge option taken with ridge constant =   1.000

 TI

         Covariance Matrix

               ESPU       SAPU       MCPU       ESWH       SAWH       MCWH
            --------   --------   --------   --------   --------   --------
     ESPU       2.00
     SAPU       0.98       2.00
     MCPU       1.00       0.98       2.00
     ESWH       0.65       0.65       0.60       2.00
     SAWH       0.51       0.56       0.57       0.99       2.00
     MCWH       0.44       0.47       0.48       0.99       0.98       2.00
     ESCH       0.71       0.69       0.61       0.51       0.50       0.41
     SACH       0.68       0.68       0.53       0.48       0.48       0.42
     MCCH       0.61       0.65       0.49       0.44       0.43       0.45
     ESPR       0.58       0.60       0.57       0.58       0.60       0.52
     SAPR       0.63       0.66       0.60       0.54       0.58       0.48
     MCPR       0.59       0.59       0.50       0.48       0.45       0.36
     ESCO       0.64       0.66       0.65       0.66       0.58       0.51
     SACO       0.63       0.64       0.57       0.63       0.55       0.46
     MCCO       0.56       0.54       0.47       0.50       0.39       0.35
     ESNE       0.65       0.68       0.58       0.62       0.64       0.57
     SANE       0.65       0.68       0.61       0.54       0.52       0.42
     MCNE       0.59       0.60       0.49       0.51       0.41       0.32
     ESLA       0.63       0.61       0.53       0.57       0.54       0.48
     SALA       0.62       0.67       0.67       0.51       0.55       0.47
     MCLA       0.55       0.60       0.59       0.39       0.42       0.30
     ESSI       0.51       0.53       0.40       0.41       0.29       0.27
     SASI       0.48       0.50       0.38       0.37       0.35       0.30
     MCSI       0.48       0.48       0.33       0.35       0.29       0.24
     ESSO       0.66       0.67       0.61       0.58       0.59       0.49
     SASO       0.64       0.72       0.65       0.46       0.49       0.42
     MCSO       0.72       0.79       0.68       0.48       0.56       0.51

         Covariance Matrix

               ESCH       SACH       MCCH       ESPR       SAPR       MCPR
```

ESCH	2.00					
SACH	1.00	2.00				
MCCH	0.95	0.97	2.00			
ESPR	0.65	0.60	0.55	2.00		
SAPR	0.62	0.57	0.54	1.00	2.00	
MCPR	0.63	0.55	0.56	0.91	0.96	2.00
ESCO	0.53	0.47	0.42	0.55	0.55	0.55
SACO	0.53	0.48	0.47	0.52	0.51	0.53
MCCO	0.42	0.38	0.40	0.50	0.52	0.53
ESNE	0.65	0.61	0.61	0.62	0.55	0.54
SANE	0.58	0.55	0.48	0.60	0.57	0.52
MCNE	0.46	0.45	0.40	0.48	0.49	0.46
ESLA	0.67	0.64	0.64	0.60	0.57	0.53
SALA	0.65	0.60	0.55	0.56	0.58	0.52
MCLA	0.53	0.47	0.44	0.47	0.52	0.46
ESSI	0.62	0.56	0.51	0.47	0.47	0.42
SASI	0.54	0.52	0.49	0.41	0.46	0.36
MCSI	0.54	0.48	0.41	0.35	0.40	0.32
ESSO	0.65	0.54	0.61	0.68	0.63	0.63
SASO	0.65	0.62	0.66	0.55	0.58	0.59
MCSO	0.61	0.55	0.55	0.62	0.61	0.55

Covariance Matrix

	ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
ESCO	2.00					
SACO	1.00	2.00				
MCCO	0.99	1.00	2.00			
ESNE	0.50	0.53	0.39	2.00		
SANE	0.48	0.54	0.48	0.96	2.00	
MCNE	0.41	0.45	0.38	0.94	0.98	2.00
ESLA	0.61	0.57	0.43	0.79	0.58	0.55
SALA	0.61	0.64	0.50	0.70	0.68	0.57
MCLA	0.50	0.52	0.41	0.63	0.58	0.48
ESSI	0.32	0.35	0.27	0.53	0.44	0.32
SASI	0.29	0.37	0.23	0.47	0.40	0.20
MCSI	0.22	0.31	0.19	0.42	0.36	0.21
ESSO	0.63	0.55	0.49	0.72	0.60	0.51
SASO	0.52	0.53	0.45	0.54	0.54	0.47
MCSO	0.61	0.56	0.49	0.59	0.53	0.47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Covariance Matrix

	ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
ESLA	2.00					
SALA	0.97	2.00				
MCLA	0.93	0.96	2.00			
ESSI	0.57	0.48	0.39	2.00		
SASI	0.47	0.54	0.44	0.94	2.00	
MCSI	0.42	0.49	0.42	0.94	1.00	2.00
ESSO	0.69	0.58	0.45	0.49	0.44	0.39
SASO	0.59	0.60	0.51	0.50	0.47	0.41
MCSO	0.61	0.54	0.45	0.46	0.39	0.32

Covariance Matrix

	ESSO	SASO	MCSO
ESSO	2.00		
SASO	1.00	2.00	
MCSO	0.91	0.94	2.00

TI

Parameter Specifications

LAMBDA-X

	FORMUL	EMPLOY	INTERP	ES	SA	MC
ESPU	1	0	0	2	0	0
SAPU	3	0	0	0	4	0
MCPU	5	0	0	0	0	6
ESWH	7	0	0	8	0	0
SAWH	9	0	0	0	10	0
MCWH	11	0	0	0	0	12
ESCH	13	0	0	14	0	0
SACH	15	0	0	0	16	0
MCCH	17	0	0	0	0	18
ESPR	0	19	0	20	0	0
SAPR	0	21	0	0	22	0
MCPR	0	23	0	0	0	24
ESCO	0	25	0	26	0	0
SACO	0	27	0	0	28	0
MCCO	0	29	0	0	0	30
ESNE	0	31	0	32	0	0
SANE	0	33	0	0	34	0
MCNE	0	35	0	0	0	36
ESLA	0	0	37	38	0	0
SALA	0	0	39	0	40	0
MCLA	0	0	41	0	0	42
ESSI	0	0	43	44	0	0
SASI	0	0	45	0	46	0
MCSI	0	0	47	0	0	48
ESSO	0	0	49	50	0	0
SASO	0	0	51	0	52	0
MCSO	0	0	53	0	0	54

PHI

	FORMUL	EMPLOY	INTERP	ES	SA	MC
FORMUL	0					
EMPLOY	55	0				
INTERP	56	57	0			
ES	0	0	0	0		
SA	0	0	0	58	0	
MC	0	0	0	59	60	0

THETA-DELTA

ESPU	SAPU	MCPU	ESWH	SAWH	MCWH
61	62	63	64	65	66

THETA-DELTA

ESCH	SACH	MCCH	ESPR	SAPR	MCPR
67	68	69	70	71	72

THETA-DELTA

ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
73	74	75	76	77	78

THETA-DELTA

ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
79	80	81	82	83	84

THETA-DELTA

ESSO	SASO	MCSO

85 86 87

TI

Number of Iterations = 64

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

LAMBDA-X

	FORMUL	EMPLOY	INTERP	ES	SA	MC
ESPU	0.89	- -	- -	0.03	- -	- -
	(0.06)			(0.05)		
	15.58			0.47		
SAPU	0.91	- -	- -	- -	0.04	- -
	(0.06)				(0.04)	
	15.98				0.95	
MCPU	0.83	- -	- -	- -	- -	0.10
	(0.06)					(0.05)
	14.08					2.07
ESWH	0.76	- -	- -	0.31	- -	- -
	(0.06)			(0.06)		
	12.56			4.79		
SAWH	0.72	- -	- -	- -	0.26	- -
	(0.06)				(0.07)	
	11.77				3.91	
MCWH	0.64	- -	- -	- -	- -	0.28
	(0.06)					(0.07)
	10.26					4.19
ESCH	0.88	- -	- -	-0.23	- -	- -
	(0.06)			(0.06)		
	15.00			-3.95		
SACH	0.83	- -	- -	- -	-0.19	- -
	(0.06)				(0.06)	
	14.08				-3.39	
MCCH	0.80	- -	- -	- -	- -	-0.19
	(0.06)					(0.05)
	13.29					-3.49
ESPR	- -	0.83	- -	0.01	- -	- -
		(0.06)		(0.05)		
		14.17		0.25		
SAPR	- -	0.84	- -	- -	0.00	- -
		(0.06)			(0.04)	
		14.20			-0.08	
MCPR	- -	0.79	- -	- -	- -	-0.02
		(0.06)				(0.05)
		13.34				-0.34
ESCO	- -	0.75	- -	0.36	- -	- -
		(0.06)		(0.07)		
		12.18		5.38		
SACO	- -	0.75	- -	- -	0.25	- -
		(0.06)			(0.07)	
		12.37			3.82	
MCCO	- -	0.67	- -	- -	- -	0.28
		(0.06)				(0.07)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

		10.70				4.15
ESNE	- -	0.85	- -	0.01	- -	- -
		(0.06)		(0.05)		
		14.43		0.14		
SANE	- -	0.81	- -	- -	0.01	- -
		(0.06)			(0.04)	
		13.75			0.28	
MCNE	- -	0.70	- -	- -	- -	0.05
		(0.06)				(0.05)
		11.60				1.05
ESLA	- -	- -	0.87	0.02	- -	- -
			(0.06)	(0.05)		
			14.92	0.42		
SALA	- -	- -	0.86	- -	0.03	- -
			(0.06)		(0.04)	
			14.66		0.72	
MCLA	- -	- -	0.74	- -	- -	0.04
			(0.06)			(0.05)
			12.35			0.88
ESSI	- -	- -	0.69	-0.42	- -	- -
			(0.06)	(0.07)		
			10.91	-6.01		
SASI	- -	- -	0.66	- -	-0.35	- -
			(0.06)		(0.08)	
			10.33		-4.50	
MCSI	- -	- -	0.61	- -	- -	-0.36
			(0.06)			(0.07)
			9.40			-4.85
ESSO	- -	- -	0.86	0.08	- -	- -
			(0.06)	(0.06)		
			14.69	1.53		
SASO	- -	- -	0.83	- -	0.02	- -
			(0.06)		(0.04)	
			14.19		0.37	
MCSO	- -	- -	0.82	- -	- -	0.07
			(0.06)			(0.05)
			13.78			1.57

PHI

	FORMUL	EMPLOY	INTERP	ES	SA	MC
FORMUL	1.00					
EMPLOY	0.86	1.00				
	(0.02)					
	37.18					
INTERP	0.86	0.85	1.00			
	(0.02)	(0.03)				
	36.71	33.55				
ES	- -	- -	- -	1.00		
SA	- -	- -	- -	2.01	1.00	
				(0.40)		
				4.96		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

MC	- -	- -	- -	2.01	2.40	1.00
				(0.38)	(0.56)	
				5.34	4.26	

THETA-DELTA

ESPU	SAPU	MCPU	ESWH	SAWH	MCWH
1.20	1.17	1.31	1.32	1.41	1.50
(0.08)	(0.08)	(0.09)	(0.09)	(0.09)	(0.10)
14.96	14.85	15.32	15.06	15.19	15.51

THETA-DELTA

ESCH	SACH	MCCH	ESPR	SAPR	MCPR
1.17	1.27	1.33	1.30	1.30	1.37
(0.08)	(0.09)	(0.09)	(0.09)	(0.09)	(0.09)
14.48	14.84	15.07	15.12	15.09	15.29

THETA-DELTA

ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
1.31	1.37	1.47	1.28	1.34	1.50
(0.09)	(0.09)	(0.10)	(0.09)	(0.09)	(0.10)
14.79	15.16	15.49	15.04	15.22	15.70

THETA-DELTA

ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
1.25	1.27	1.45	1.35	1.45	1.51
(0.08)	(0.08)	(0.09)	(0.10)	(0.10)	(0.10)
14.95	15.02	15.54	14.08	14.22	14.51

THETA-DELTA

ESSO	SASO	MCSO
1.25	1.30	1.33
(0.08)	(0.09)	(0.09)
14.95	15.15	15.20

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESPU	SAPU	MCPU	ESWH	SAWH	MCWH
0.40	0.42	0.35	0.34	0.29	0.25

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESCH	SACH	MCCH	ESPR	SAPR	MCPR
0.41	0.37	0.34	0.35	0.35	0.32

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
0.35	0.32	0.26	0.36	0.33	0.25

Squared Multiple Correlations for X - Variables

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
0.38	0.37	0.28	0.33	0.28	0.25

Squared Multiple Correlations for X - Variables

ESSO	SASO	MCSO
0.37	0.35	0.34

Goodness of Fit Statistics

Degrees of Freedom = 291
Minimum Fit Function Chi-Square = 891.49 (P = 0.0)
Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 1072.95 (P = 0.0)
Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 781.95
90 Percent Confidence Interval for NCP = (685.51 ; 885.95)

Minimum Fit Function Value = 1.63
Population Discrepancy Function Value (F0) = 1.43
90 Percent Confidence Interval for F0 = (1.25 ; 1.62)
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.070
90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.066 ; 0.075)
P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 0.00

Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 2.28
90 Percent Confidence Interval for ECVI = (2.10 ; 2.47)
ECVI for Saturated Model = 1.38
ECVI for Independence Model = 29.20

Chi-Square for Independence Model with 351 Degrees of Freedom = 15950.25
Independence AIC = 16004.25
Model AIC = 1246.95
Saturated AIC = 756.00
Independence CAIC = 16147.57
Model CAIC = 1708.76
Saturated CAIC = 2762.46

Normed Fit Index (NFI) = 0.94
Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.95
Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.78
Comparative Fit Index (CFI) = 0.96
Incremental Fit Index (IFI) = 0.96
Relative Fit Index (RFI) = 0.93

Critical N (CN) = 216.17

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.098
Standardized RMR = 0.049
Goodness of Fit Index (GFI) = 0.87
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.84
Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.67

TI

Standardized Solution

LAMBDA-X

	FORMUL	EMPLOY	INTERP	ES	SA	MC
ESPU	0.89	- -	- -	0.03	- -	- -
SAPU	0.91	- -	- -	- -	0.04	- -
MCPU	0.83	- -	- -	- -	- -	0.10
ESWH	0.76	- -	- -	0.31	- -	- -
SAWH	0.72	- -	- -	- -	0.26	- -
MCWH	0.64	- -	- -	- -	- -	0.28

ESCH	0.88	- -	- -	-0.23	- -	- -
SACH	0.83	- -	- -	- -	-0.19	- -
MCCH	0.80	- -	- -	- -	- -	-0.19
ESPR	- -	0.83	- -	0.01	- -	- -
SAPR	- -	0.84	- -	- -	0.00	- -
MCPR	- -	0.79	- -	- -	- -	-0.02
ESCO	- -	0.75	- -	0.36	- -	- -
SACO	- -	0.75	- -	- -	0.25	- -
MCCO	- -	0.67	- -	- -	- -	0.28
ESNE	- -	0.85	- -	0.01	- -	- -
SANE	- -	0.81	- -	- -	0.01	- -
MCNE	- -	0.70	- -	- -	- -	0.05
ESLA	- -	- -	0.87	0.02	- -	- -
SALA	- -	- -	0.86	- -	0.03	- -
MCLA	- -	- -	0.74	- -	- -	0.04
ESSI	- -	- -	0.69	-0.42	- -	- -
SASI	- -	- -	0.66	- -	-0.35	- -
MCSI	- -	- -	0.61	- -	- -	-0.36
ESSO	- -	- -	0.86	0.08	- -	- -
SASO	- -	- -	0.83	- -	0.02	- -
MCSO	- -	- -	0.82	- -	- -	0.07

PHI

	FORMUL	EMPLOY	INTERP	ES	SA	MC
FORMUL	1.00					
EMPLOY	0.86	1.00				
INTERP	0.86	0.85	1.00			
ES	- -	- -	- -	1.00		
SA	- -	- -	- -	2.01	1.00	
MC	- -	- -	- -	2.01	2.40	1.00

TI

Completely Standardized Solution

LAMBDA-X

	FORMUL	EMPLOY	INTERP	ES	SA	MC
ESPU	0.63	- -	- -	0.02	- -	- -
SAPU	0.65	- -	- -	- -	0.03	- -
MCPU	0.58	- -	- -	- -	- -	0.07
ESWH	0.54	- -	- -	0.22	- -	- -
SAWH	0.51	- -	- -	- -	0.19	- -
MCWH	0.45	- -	- -	- -	- -	0.20
ESCH	0.62	- -	- -	-0.16	- -	- -
SACH	0.59	- -	- -	- -	-0.13	- -
MCCH	0.56	- -	- -	- -	- -	-0.13
ESPR	- -	0.59	- -	0.01	- -	- -
SAPR	- -	0.59	- -	- -	0.00	- -
MCPR	- -	0.56	- -	- -	- -	-0.01
ESCO	- -	0.53	- -	0.25	- -	- -
SACO	- -	0.53	- -	- -	0.18	- -
MCCO	- -	0.47	- -	- -	- -	0.20
ESNE	- -	0.60	- -	0.01	- -	- -
SANE	- -	0.58	- -	- -	0.01	- -
MCNE	- -	0.50	- -	- -	- -	0.04
ESLA	- -	- -	0.61	0.02	- -	- -
SALA	- -	- -	0.61	- -	0.02	- -
MCLA	- -	- -	0.53	- -	- -	0.03
ESSI	- -	- -	0.49	-0.30	- -	- -
SASI	- -	- -	0.46	- -	-0.25	- -
MCSI	- -	- -	0.43	- -	- -	-0.25
ESSO	- -	- -	0.61	0.06	- -	- -
SASO	- -	- -	0.59	- -	0.01	- -
MCSO	- -	- -	0.58	- -	- -	0.05

PHI

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	FORMUL	EMPLOY	INTERP	ES	SA	MC
FORMUL	1.00					
EMPLOY	0.86	1.00				
INTERP	0.86	0.85	1.00			
ES	- -	- -	- -	1.00		
SA	- -	- -	- -	2.01	1.00	
MC	- -	- -	- -	2.01	2.40	1.00

THETA-DELTA

ESPU	SAPU	MCPU	ESWH	SAWH	MCWH
0.60	0.58	0.65	0.66	0.71	0.75

THETA-DELTA

ESCH	SACH	MCCH	ESPR	SAPR	MCPR
0.59	0.63	0.66	0.65	0.65	0.68

THETA-DELTA

ESCO	SACO	MCCO	ESNE	SANE	MCNE
0.65	0.68	0.74	0.64	0.67	0.75

THETA-DELTA

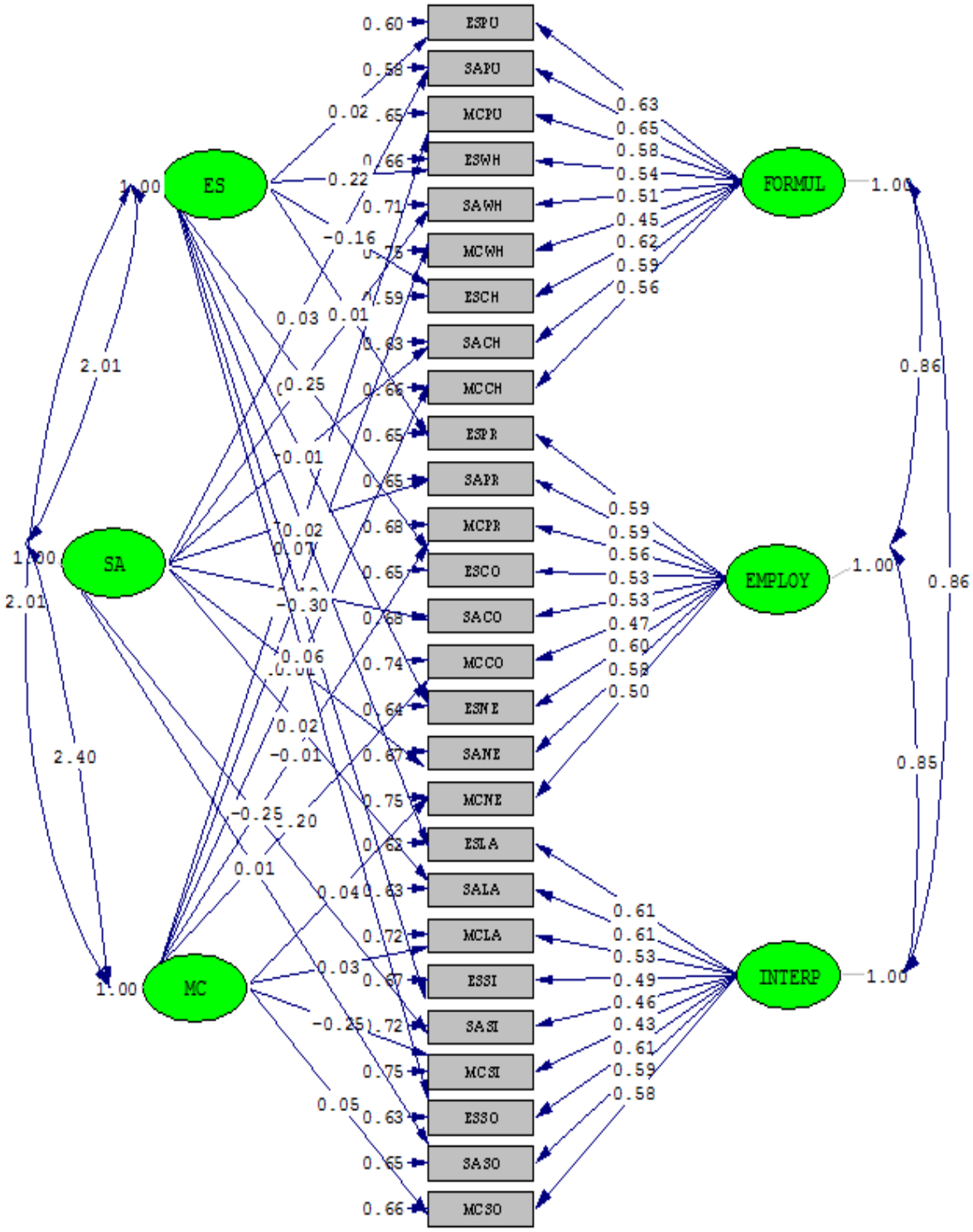
ESLA	SALA	MCLA	ESSI	SASI	MCSI
0.62	0.63	0.72	0.67	0.72	0.75

THETA-DELTA

ESSO	SASO	MCSO
0.63	0.65	0.66

Time used: 0.234 Seconds

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University


ES
SA
MC
FORMUL
EMPLOY
INTERP
ESPU
SAPU
MCPU
ESWH
SAWH
MCWH
ESCH
SACH
MCCH
ESPR
SAPR
MCPR
ESCO
SACO
MCCO
ESNE
SANE
MCNE
ESLA
SALA
MCLA
ESSI
SASI
MCSI
ESSO
SASO
MCSO
1.00
2.01
2.40
0.86
0.85
Chi-Square=1072.95, df=291, P-value=0.00000, RMSEA=0.070

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวรัญญู ฉายาบรรณ์ (ชื่อเดิม นายวันเฉลิม ฉายาบรรณ์) เกิดวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2533 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ครุศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1) วิชาเอกคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2556 และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University