การวิเคราะห์โมเดลสมการเชิงโครงสร้างกลุ่มพหุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

วิทยานิพนธ์

ของ

ศานิตย์ ศรีคุณ

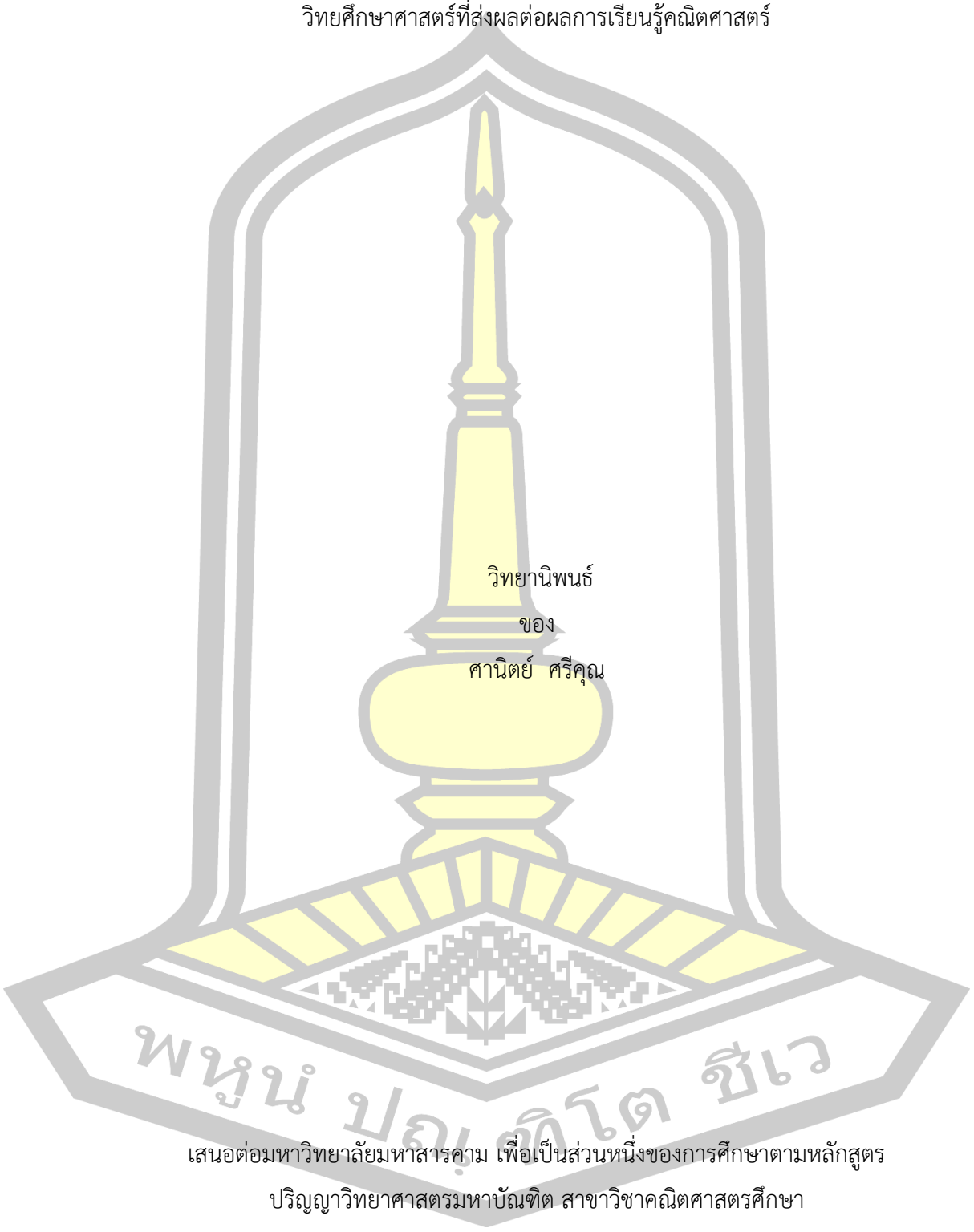
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา

พฤษภาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การวิเคราะห์โมเดลสมการเชิงโครงสร้างกลุ่มพหุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์



วิทยานิพนธ์

ของ

ศานิตย์ ศรีคุณ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา

พฤษภาคม 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Multiple Group Structural Equation Model Analysis of Student's Learning Processes based on Educational Neuroscience on Mathematics Learning Outcomes

Sanit Srikoon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Science (Mathematics Education)

May 2019

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายศานิตย์ ศรีคุณ แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. พัชรี จันทร์เพ็ง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผศ. ดร. นงลักษณ์ วิริยะพงษ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รศ. ดร. นิภาพร ชุติมันต์)

.....กรรมการ
(อ. ดร. มนชยา เจียงประดิษฐ์)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(ผศ. ดร. มนตรี ทองมูล)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(ศ. ดร. ไพโรจน์ ประมวล)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

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

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

ชื่อเรื่อง การวิเคราะห์โมเดลสมการเชิงโครงสร้างกลุ่มพหุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์
ผู้วิจัย ศานิตย์ ศรีคุณ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นงลักษณ์ วิริยะพงษ์
รองศาสตราจารย์ ดร. นิภาพร ชุติมันต์
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** คณิตศาสตรศึกษา
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและตรวจสอบ พร้อมทั้งทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลเชิงสาเหตุของแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การมัธยมศึกษา เขต 32 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 1,504 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบแบ่งชั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) แบบสำรวจรูปแบบการเรียนรู้ (2) ซอฟแวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน (3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (4) แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (5) แบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์ (6) แบบทดสอบสภาวะทางอารมณ์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย การวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และวิเคราะห์สมการโมเดลเชิงโครงสร้าง พร้อมทั้งทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัย พบว่า (1) โมเดลเชิงสาเหตุของแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (X^2=77.818, df=61, p=0.072, X^2/df=1.276, CFI=0.999, TLI=0.998, REMSEA=0.014, SRMR=0.016) และ (2) ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนพบว่า โมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานมีความแปรเปลี่ยนระหว่างเพศ แต่ไม่มีความแปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรงที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และไม่มีความแปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางอ้อม ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

คำสำคัญ : โมเดลสมการเชิงโครงสร้างกลุ่มพหุ, ประสาทวิทยศึกษาศาสตร์, ผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

TITLE Multiple Group Structural Equation Model Analysis of Student's Learning Processes based on Educational Neuroscience on Mathematics Learning Outcomes

AUTHOR Sanit Srikoon

ADVISORS Assistant Professor Nongluk Viriyapong , Ph.D.

Associate Professor Nipaporn Chutiman , Ph.D.

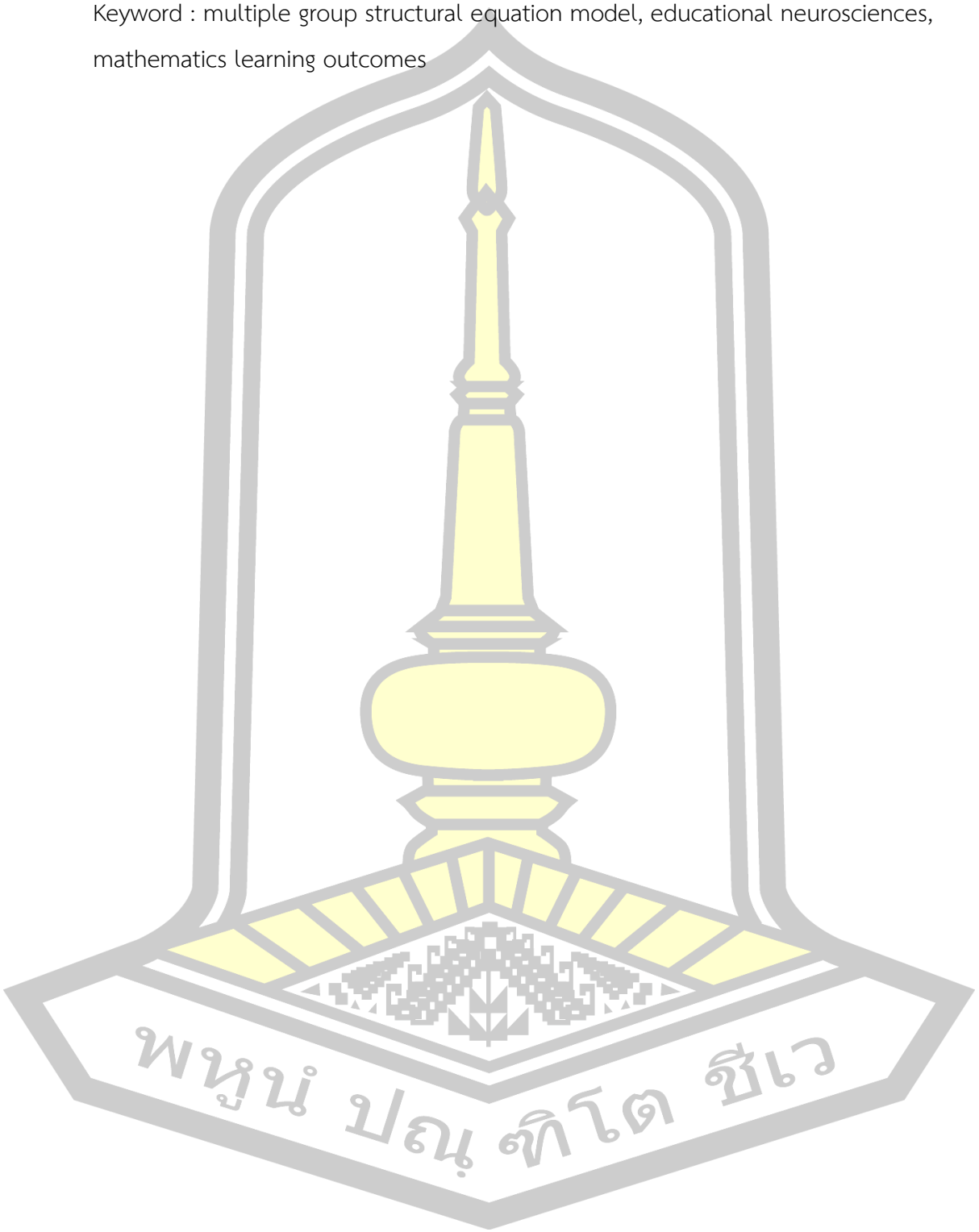
DEGREE Master of Science **MAJOR** Mathematics Education

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2019

ABSTRACT

The objectives research were to develop ,validate and test the multiple group invariance of structural equation model analysis of educational neuroscience on mathematics learning outcomes. The sample were be stratified randomly and be consisted of 1,504 student in Grade 9 of Buriram Secondary Educational Services Area Office 32 in 2017 academic year. The research instruments consist of (1) Learning Style Questionnaire (2) Cognitive Battery Test Software: Attention and Working Memory (3) Mathematics Achievement Test (4) Mathematics Process Skills Test (5) Mathematics Attitudes (6) Bon-Ladder Visual Analogue. The descriptive statistics, Pearson's product moment correlation and the multiple group invariance of structural equation model analysis was analyzed with computer program. The results reveal that (1) the structural equation model analysis of educational neuroscience on mathematics learning outcomes effectiveness fit quite well with the empirical data set (X^2=77.818 , df=61 , p=0.072, X^2/df=1.276 , CFI=0.999 , TLI=0.998, REMSEA=0.014, SRMR=0.016) (2) the test of the invariance of the structural equation model analysis of educational neuroscience on mathematics learning outcomes showed that the model was invariance in baseline SEM model but was noninvariance in the both of direct effect at statistical significance level 0.05 and indirect effects at statistical significance level 0.05.

Keyword : multiple group structural equation model, educational neurosciences, mathematics learning outcomes



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงลักษณ์ วิริยะพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.นิภาพร ชุติมันต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรี จันทร์เพ็ง ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองมูล และอาจารย์ ดร.มนชยา เจียงประดิษฐ์ กรรมการสอบ

ขอขอบพระคุณ โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม โรงเรียนภัทรบพิตร โรงเรียนสองห้องพิทยาคม โรงเรียนสวายจีกพิทยาคม โรงเรียนตูมใหญ่วิทยา โรงเรียนพุทไธสง และโรงเรียนนาโพธิ์พิทยาคม ที่เอื้อเฟื้อแหล่งข้อมูลเพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณคุณผู้อำนวยการโรงเรียน คุณครูทุกท่าน และนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้ ส่งผลให้การดำเนินการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ศานิตย์ ศรีคุณ

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

บัญชีตาราง ..... ฎ

บัญชีภาพประกอบ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1. ภูมิหลัง 1

2. ความมุ่งหมายของการวิจัย 3

3. ความสำคัญของการวิจัย 3

4. ขอบเขตของการวิจัย 3

5. นิยามศัพท์เฉพาะ 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

1. แนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ (educational neuroscience) 9

2. ผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 22

3. การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ 25

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 37

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 38

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 40

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล 41

4. การจัดกระทำกับข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล 41
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 42
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 47
1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 47
2. ผลการพัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ 49
3. ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระหว่างเพศของนักเรียน 56
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 83
1. สรุปผลการวิจัย 84
2. การอภิปรายผล 85
3. ข้อเสนอแนะ 88
บรรณานุกรม 90
ภาคผนวก 105
ภาคผนวก ก คำสั่งของโปรแกรม MPlus ที่ใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ 106
ภาคผนวก ข คำสั่งของโปรแกรม MPlus ที่ใช้ในทดสอบโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานของเพศชายกับข้อมูลเชิงประจักษ์ 110
ภาคผนวก ค คำสั่งของโปรแกรม MPlus ที่ใช้ในทดสอบโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานของเพศหญิงกับข้อมูลเชิงประจักษ์ 113
ภาคผนวก ง คำสั่งของโปรแกรม MPlus ที่ใช้ในการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรงระหว่างกลุ่ม 116

ภาคผนวก จ คำสั่งของโปรแกรม MPlus ที่ใช้ในการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางอ้อมระหว่างกลุ่ม 120
ภาคผนวก ฉ ผลการตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีของแบบวัดความตั้งใจ 124
ภาคผนวก ช ผลการตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีของแบบวัดความจำขณะทำงาน 127
ภาคผนวก ซ หนังสือราชการ 130
ประวัติผู้เขียน 138

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บัญชีตาราง

หน้า

ตาราง 1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนการสอนและกระบวนการเรียนรู้ 11

ตาราง 2 ผลการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 31

ตาราง 3 ผลการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างเพศของตัวแปรอิสระ 34

ตาราง 4 แสดงกลุ่มตัวอย่างจากแต่ละโรงเรียน 38

ตาราง 5 ค่าสถิติพื้นฐาน 49

ตาราง 6 ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่สังเกตได้ 51

ตาราง 7 ขนาดอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวมในโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ 53

ตาราง 8 ค่าประมาณพารามิเตอร์ และค่าสถิติในโมเดลสมมติฐานการวิจัย 54

ตาราง 9 ค่าสถิติพื้นฐานของเพศชาย 56

ตาราง 10 ค่าสถิติพื้นฐานของเพศหญิง 57

ตาราง 11 ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่สังเกตได้แยกตามเพศของนักเรียน 59

ตาราง 12 ขนาดอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวมในโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานของโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของเพศชาย 62

ตาราง 13 ค่าประมาณพารามิเตอร์ และค่าสถิติในโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐาน ของเพศชาย 63

ตาราง 14 ขนาดอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวมในโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานของโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของเพศหญิง 65

ตาราง 15 ค่าประมาณพารามิเตอร์ และค่าสถิติในโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานของเพศหญิง 66

ตาราง 16 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง ระหว่างกลุ่ม ของเพศชาย 69

ตาราง 17 ค่าประมาณพารามิเตอร์ และค่าสถิติในโมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรงระหว่างกลุ่ม ของเพศชาย 70

ตาราง 18 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรงระหว่างกลุ่ม ของเพศหญิง 73

ตาราง 19 ค่าประมาณพารามิเตอร์ และค่าสถิติในโมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง ระหว่างกลุ่ม ของเพศหญิง 74

ตาราง 20 ขนาดอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวมในโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อทดสอบอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) ของเพศชาย 77

ตาราง 21 ค่าประมาณพารามิเตอร์ และค่าสถิติในโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อทดสอบอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) ของเพศชาย 78

ตาราง 22 ขนาดอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวมในโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อทดสอบอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) ของเพศหญิง 80

ตาราง 23 ค่าประมาณพารามิเตอร์ และค่าสถิติในโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อทดสอบอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) ของเพศหญิง 81

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

บัญชีภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 1 แสดงพื้นที่สมองด้านซ้ายของมนุษย์ 10

ภาพประกอบ 2 A Model of Constructivist-based Cognitive Grounded in Neuroscience..... 12

ภาพประกอบ 3 แสดงส่วนประกอบของความจำขณะทำงาน 17

ภาพประกอบ 4 กรอบแนวคิดการวิจัย 36

ภาพประกอบ 5 สรุปขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย 37

ภาพประกอบ 6 ผลการตรวจสอบโมเดลสมมติฐานการวิจัย 55

ภาพประกอบ 7 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐาน (baseline SEM model) ของเพศชาย..... 64

ภาพประกอบ 8 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐาน (baseline SEM model) ของเพศหญิง..... 67

ภาพประกอบ 9 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง ระหว่างกลุ่ม ของเพศชาย..... 71

ภาพประกอบ 10 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง ระหว่างกลุ่ม ของเพศหญิง..... 75

ภาพประกอบ 11 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางอ้อม ระหว่างกลุ่ม ของเพศชาย..... 79

ภาพประกอบ 12 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางอ้อม ระหว่างกลุ่ม ของเพศหญิง..... 82

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 1
บทนำ

1. ภูมิหลัง

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์และความเจริญก้าวหน้าของโลก อีกทั้งยังเป็นพื้นฐานของศาสตร์วิชาอื่น ๆ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2555) แต่เมื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์จากการสอบ Program for International Student Assessment (PISA) ปี 2552 กับปี 2555 พบว่านักเรียนไทยมีผลการประเมินวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและคะแนนคณิตศาสตร์อยู่ในช่วงลำดับที่ 48-52 จาก 65 ประเทศ และจากผลการสอบของ Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) ปี 2554 พบว่าคะแนนวิชาคณิตศาสตร์ของไทยลดลง เมื่อเทียบกับปี 2550 อยู่ในลำดับที่ 28 จาก 63 ประเทศทั่วโลก (กระทรวงศึกษาธิการ, 2559) แสดงว่าผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยยังต่ำกว่าประเทศอื่นมาก ดังนั้นจึงเป็นที่ชัดเจนว่าประเทศไทยได้ประสบปัญหาผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ต่ำกว่านานาประเทศ จึงมีความจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องแก้ไขปัญหานี้

การปฏิรูปการศึกษาไทยได้ดำเนินการมากกว่า 10 ปีแล้วแต่คุณภาพการศึกษาไทยก็ยังไม่อยู่ในระดับที่น่าพอใจ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2559ก; จินตนาภรณ์ วัฒนธร. 2554) แนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหานี้คือ นักการศึกษาควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทและหน้าที่ของระบบประสาทที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ ที่เรียกว่าประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ (educational neuroscience) (จินตนาภรณ์ วัฒนธร. 2554; ทัศนีย์ บุญเติม. 2555) จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ทางประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ของ Anderson (2009) ที่มีชื่อว่า รูปแบบการสร้างความรู้ที่ใช้พุทธิปัญญาเป็นฐานบนฐานรากของประสาทวิทยา(A Model of Constructivist-based Cognitive Grounded in Neuroscience) สรุปว่า เมื่อระบบประสาทนำเข้ารับข้อมูลเข้ามาขึ้นอยู่กับรูปแบบการเรียนรู้ (learning style) หลังจากนั้นความตั้งใจ (attention) และความความจำขณะทำงาน (working memory) เป็นตัวบูรณาการข้อมูลที่รับเข้ามากับความรู้ที่มีมาก่อน (prior knowledge) โดยอารมณ์ (emotion) ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการทำงานของความตั้งใจและความจำขณะทำงาน หลังจากนั้นสารสนเทศที่ผ่านการประมวลแล้วจะถูกนำไปเก็บไว้ในความจำระยะยาว (long-term memory) มากกว่านั้นยังมีงานวิจัยพบว่า รูปแบบการเรียนรู้ส่งผลต่อความตั้งใจ (Anderson. 2009; Riding and others. 2003) และยังส่งผลต่ออารมณ์ (Anderson. 2009; Chen and Wu. 2015) อารมณ์ส่งผลต่อความตั้งใจ (Pêcher, Lemercier and Cellier. 2009; Perlman and others. 2014) อารมณ์ส่งผลต่อความจำขณะทำงาน (Grimm and others.

2012; Meng and others. 2017) ความตั้งใจส่งผลต่อความจำขณะทำงาน (Raphaëlle Bertrand, Valérie Camos. 2015) ความตั้งใจส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (Alana Dulaney, Marina Vasilyeva, Laura O'Dwyer. 2015) และความจำขณะทำงานส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์อีกด้วย (Bresgi, Alexander and Seabi. 2017; Cragg and others. 2017) สรุปว่ามีตัวแปรที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้แก่ รูปแบบการเรียนรู้ ความตั้งใจ ความจำขณะทำงานและอารมณ์ ดังนั้นเราจึงควรศึกษาและทำความเข้าใจปัจจัยที่มีอิทธิผลต่อกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ (จินตนาภรณ์ วัฒนธร. 2554) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรเหล่านี้ที่สามารถอธิบายและให้ข้อมูลและสารสนเทศที่ถูกต้อง สามารถนำไปใช้ในการจัดการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิผล

วิธีวิทยาการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ได้รับการพัฒนาและมีความก้าวหน้ามากเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลระหว่างกลุ่มประชากรที่มีมากกว่า 1 กลุ่มได้พร้อม ๆ กัน คือ การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ (multiple group structural equation model) (Byrne. 2012; Kim and Willson. 2014; Srikoon and others. 2016) จุดเด่นของการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการนี้คือสามารถให้ค่าพารามิเตอร์หรือค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading) ของตัวแปรสังเกตได้ที่วัดในแต่ละกลุ่มประชากรและสามารถตรวจสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ของโมเดลระหว่างกลุ่มประชากรต่างกัน (invariance across groups) ได้ สิ่งนี้เป็นการตรวจสอบว่าค่าพารามิเตอร์หรือค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่ได้ในแต่ละกลุ่มประชากรที่แตกต่างกัน มีความคงที่หรือเท่ากันหรือไม่ ผลการตรวจสอบจะเป็นเครื่องมือยืนยันว่า องค์ประกอบหรือคุณลักษณะ/โครงสร้าง (trait/construct) ที่วัดในแต่ละกลุ่มประชากรเป็นองค์ประกอบเดียวกันหรือไม่ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542; Bollen. 2014) วิธีวิทยาการวิเคราะห์นี้ทำให้ได้โมเดลที่มีความประหยัด นำไปสู่โมเดลที่มีอำนาจทางสถิติสูง สะดวก ประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทำให้ได้สารสนเทศที่มีลักษณะเฉพาะสำหรับกลุ่มประชากรแต่ละกลุ่ม เป็นประโยชน์ต่อการนำผลการวิจัยไปใช้ในทางปฏิบัติได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะของกลุ่มประชากรแต่ละกลุ่มอีกด้วย (Wang and Wang. 2012) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องศึกษาปัจจัยตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ เพื่อให้ได้โมเดลที่สามารถให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ถูกต้อง เที่ยงตรงมากกว่าการวิเคราะห์แบบเดิม เป็นองค์ความรู้ที่น่าเชื่อถือในการนำไปพัฒนาการเรียนการสอนและการกำหนดนโยบายการจัดการศึกษาเพื่อการพัฒนาผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิผล

2. ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยนี้มีความมุ่งหมายของการวิจัย คือ

1) เพื่อพัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

2) เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระหว่างเพศของนักเรียน

3. ความสำคัญของการวิจัย

1) ได้โมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

2) ได้องค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับปัจจัยทางประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเปรียบเทียบตามเพศของผู้เรียน

3) สถานศึกษาได้ข้อมูลเพื่อให้เป็นสารสนเทศในการวางนโยบายการพัฒนากิจกรรมที่ส่งเสริมผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์แก่ผู้เรียนได้อย่างถูกต้อง

4) ได้ข้อมูลให้ครูผู้สอนนำไปสนับสนุนผู้เรียนและนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาหรือคิดหาวิธีการแก้ไขปัญหาเรื่องผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้

4. ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย มีดังนี้

1. ประชากรของการวิจัยนี้ คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การมัธยมศึกษา เขต 32 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 10,292 คน (กลุ่มสารสนเทศสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2560)

2. ตัวอย่างของการวิจัยนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การมัธยมศึกษา เขต 32 ปีการศึกษา 2560 ผู้วิจัยต้องใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างประมาณ 20 เท่าของจำนวนพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าในโมเดล Weiss (อ้างถึงใน นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2537) งานวิจัยนี้มีตัวแปรที่สังเกตได้ทั้งหมด 25 ตัวแปร ดังนั้นขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมกับงานวิจัยครั้งนี้คือ 500 คน แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ (multiple group structural equation model) โดยวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลตามเพศ ประชากรจึงแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ขนาดของกลุ่มตัวอย่างจึงต้องเป็น 2 เท่า คือ 1,000 คน ผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (stratified random sampling) คือ แบ่งโรงเรียนตามขนาดของโรงเรียนได้แก่ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ

และสุ่มเลือกโรงเรียนตามขนาดโรงเรียน หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างนักเรียนในแต่ละโรงเรียนตามสัดส่วนจำนวนนักเรียนในโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

3.1 ตัวแปรอิสระ ประกอบด้วย ตัวแปรแฝง 4 ตัวแปร แบ่งเป็น ตัวแปรแฝงภายนอก 1 ตัวแปร และตัวแปรแฝงภายใน 3 ตัวแปร ดังนี้

3.1.1 ตัวแปรแฝงภายนอก ได้แก่ รูปแบบการเรียนรู้ ประกอบด้วย ตัวแปรที่สังเกตได้แบบนักคิด ตัวแปรที่สังเกตได้แบบนักบริหาร ตัวแปรที่สังเกตได้แบบนักมนุษยนิยม และตัวแปรที่สังเกตได้แบบนักสร้างสรรค์

3.1.2 ตัวแปรแฝงภายใน ได้แก่

3.1.2.1 ความตั้งใจ ได้แก่ ตัวแปรที่สังเกตได้การตอบสนอง ตัวแปรที่สังเกตได้การคัดแยกตัวเลข ตัวแปรที่สังเกตได้การการคัดเลือกตัวเลขขั้นพื้นฐาน และตัวแปรที่สังเกตได้การคัดเลือกตัวเลขขั้นสูง

3.1.2.2 ความจำขณะทำงาน ได้แก่ ตัวแปรที่สังเกตได้การจำแนกประเภทของตัวเลข (Basic Processing) ตัวแปรที่สังเกตได้การผลัดเปลี่ยนความคิด (Shifting working memory) ตัวแปรที่สังเกตได้การรู้ทันตัวเลข (Updating working memory) และตัวแปรที่สังเกตได้ความสอดคล้องของคำและความหมาย (Inhibition working memory)

3.1.2.3 อารมณ์ ได้แก่ ตัวแปรที่สังเกตได้ความตื่นตัว ตัวแปรที่สังเกตได้ความสงบ และตัวแปรที่สังเกตได้ความพอใจ

3.2 ตัวแปรตาม ประกอบด้วย ตัวแปรแฝง 1 ตัวแปร คือ ผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

3.2.1 ตัวแปรที่สังเกตได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.2 ตัวแปรที่สังเกตได้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ตัวแปรที่สังเกตได้การแก้ปัญหา ตัวแปรที่สังเกตได้การให้เหตุผล ตัวแปรที่สังเกตได้การสื่อสาร ตัวแปรที่สังเกตได้การเชื่อมโยง และตัวแปรที่สังเกตได้การคิดริเริ่ม

3.2.3 ตัวแปรที่สังเกตได้เจตคติต่อคณิตศาสตร์ ได้แก่ ความตระหนักในคุณค่า ความรู้สึกต่อคณิตศาสตร์ และความพร้อมที่จะเรียนคณิตศาสตร์

4. ทฤษฎีกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ รูปแบบการประมวลผลสารสนเทศ (information processing model) ที่เรียกว่า รูปแบบการสร้างความรู้ที่ใช้พุทธิปัญญาเป็นฐานบนฐานรากของประสาทวิทยา (A Model of Constructivist-based Cognitive Grounded in Neuroscience) ของ O.R. Anderson. (2009)

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

นิยามศัพท์เฉพาะในการวิจัยนี้ มีดังนี้

1. โมเดลสมการเชิงโครงสร้างกลุ่มพหุ หมายถึง โมเดลที่แสดงความสำคัญระหว่างตัวแปรในรูปของโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นสำหรับกลุ่มประชากรสองกลุ่ม คือ เพศ ได้แก่ เพศหญิงและเพศชาย

2. ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดล หมายถึง คุณสมบัติเฉพาะอย่างของโมเดล ได้แก่ โมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐาน (baseline SEM model) และเส้นสัมประสิทธิ์เชิงโครงสร้าง (structural path coefficient) เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากทุกกลุ่มพร้อมกัน โดยพิจารณาจากค่าความแตกต่างของค่าไคสแคว์ และทดสอบนัยสำคัญทางสถิติด้วยความแตกต่างของค่าองศาอิสระ

2.1 ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐาน หมายถึง ความไม่แปรเปลี่ยนของจำนวนองค์ประกอบ/ตัวแปรแฝง สถานะของพารามิเตอร์ต่าง ๆ และรูปแบบทางพีชคณิตของเมตริกซ์ เป็นต้น

2.2 ความไม่แปรเปลี่ยนของเส้นสัมประสิทธิ์เชิงโครงสร้าง (structural path coefficient) หมายถึง ความไม่แปรเปลี่ยนของประกอบด้วย 2 ส่วนคือ อิทธิพลทางตรง (direct effect) และอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect)

3. ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ หมายถึง โมเดลสมการเชิงโครงสร้างกลุ่มพหุที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ตัวแปร ได้แก่ รูปแบบการเรียนรู้ อารมณ์ ความตั้งใจ และความจำขณะทำงาน

4. ผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หมายถึง ผลลัพธ์ที่เกิดจากการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อคณิตศาสตร์

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้เนื้อหาคณิตศาสตร์ช่วงชั้นที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่วัดได้จากแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาจากแบบสอบของวัชราภรณ์ เกียรติบุญญาฤทธิ์ (2549)

4.2 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความชำนาญด้านกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 5 ทักษะ ได้แก่ 1) การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ 3) การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ 4) การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ 5) การคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ที่วัดได้จากแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของ จริยาวดี ชูวงศ์ศิริกุล (2550) มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการแสดงออกตามขั้นตอนของทักษะกระบวนการแก้ปัญหา ได้แก่ ทำความเข้าใจกับปัญหาโดยระบุประเด็นปัญหา กำหนดตัวแปร ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นไปได้ ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ความถูกต้องและความเป็นไปได้ของการแก้ปัญหาและขั้นตอนการแก้ปัญหา

4.2.2 การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการแสดงออกตามขั้นตอนของทักษะกระบวนการการให้เหตุผล ได้แก่ รวบรวมความรู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการแก้ปัญหา เลือกใช้ความรู้เพื่อจัดลำดับขั้นตอนการให้เหตุผลและลงข้อสรุป ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผล

4.2.3 การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอหมายถึง ความสามารถในการแสดงออกตามขั้นตอนทักษะกระบวนการ การสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ ได้แก่ เลือกรูปแบบการสื่อสาร การสื่อความหมายและนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม ใช้ข้อความ ศัพท์ สูตร สมการหรือแผนภูมิที่เป็นสากล บันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการค้นคว้าความรู้จากแหล่งการเรียนรู้ พร้อมทั้งเสนอความคิดเห็นที่เหมาะสมกับปัญหา

4.2.4 การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ หมายถึง ความสามารถในการแสดงออกตามขั้นตอนของทักษะกระบวนการ การเชื่อมโยงความรู้ ได้แก่ เปรียบเทียบความรู้ของแต่ละสาระ เชื่อมโยงสถานการณ์จริงกับตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ หาข้อสรุปจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เชื่อมโยงความรู้ในแต่ละสาระทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ เพื่อนำสู่การเรียนรู้มโนทัศน์ที่ซับซ้อนและสรุปสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ

4.2.5 การคิดริเริ่มสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการแสดงออกตามขั้นตอนทักษะกระบวนการความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ได้แก่ ใช้ความรู้หรือมโนทัศน์เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่และสร้างสรรค์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์หรือชิ้นงานที่มีประโยชน์ต่อการเรียนรู้

4.3 เจตคติต่อคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ที่ส่งผลให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่จะตอบสนองต่อวิชาคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ 1) ความตระหนักในคุณค่า 2) ความรู้สึกต่อคณิตศาสตร์ 3) ความพร้อมที่จะเรียนคณิตศาสตร์ วัดได้จาก แบบวัดเจตคติคณิตศาสตร์ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) มีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 ความตระหนักในคุณค่า หมายถึง การมองเห็นความสำคัญ คุณค่า หรือประโยชน์ของคณิตศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน การศึกษาต่อ รวมทั้งในการพัฒนาความเจริญต่าง ๆ

4.3.2 ความรู้สึกต่อคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกของผู้เรียนที่แสดงออกว่าชอบหรือไม่ชอบ พอใจหรือไม่พอใจคณิตศาสตร์ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนมีประสบการณ์ในการเรียนคณิตศาสตร์

4.3.3 ความพร้อมที่จะเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง ความพร้อมของผู้เรียนที่จะเรียนหรือทำงานที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์หรือหลีกเลี่ยงที่จะทำสิ่งเหล่านี้เมื่อมีโอกาส

5. รูปแบบการเรียนรู้ หมายถึง ลักษณะและวิธีการที่ผู้เรียนแต่ละคนชอบใช้ในการเรียนรู้ การคิด หรือการแก้ปัญหาในชั้น ประกอบด้วย 4 แบบ ได้แก่ แบบนักคิด แบบนักบริหารจัดการ แบบนักมนุษยนิยม และแบบนักสร้างสรรค์ วัดได้จาก แบบสำรวจรูปแบบการเรียนรู้ของประยุทธ ไทยธานี (2550) มีรายละเอียดดังนี้

5.1 แบบนักคิด (thinker style) หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้ที่ที่มีสมองซีกซ้ายส่วนหน้าเด่น ทำให้ชอบเรียนรู้โดยวิธีการบรรยาย มักแยกแยะสิ่งที่เรียนออกเป็นแบบย่อย ๆ จะจำเนื้อหาที่ได้เรียนได้นานถ้ามีการแยกกรณีศึกษาประกอบ ชอบอ้างอิงข้อมูลจากตำรา หนังสือหรืองานวิจัย เป็นคนมีเหตุมีผลทุกเรื่อง ชอบเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของเนื้อหาใหม่เข้ากับเนื้อหาเก่า พยายามเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย ชอบลักษณะชั้นเรียนที่มีการกำหนดเกณฑ์ตายตัว ชอบติเพื่อก่อ และเป็นคนที่มีความสามารถพิเศษบางอย่าง

5.2 แบบนักบริหาร (organizer style) หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้ของคนที่มีสมองซีกซ้ายเด่น ทำให้ชอบเรียนรู้ด้วยการวางแผนกลยุทธ์ ชอบการเรียนการสอนที่มีการบอกเค้าโครงเรื่องก่อนและเรียงเนื้อหาไปตามลำดับขั้น และจะเรียนรู้ได้ชัดเจนขึ้นถ้ามีการยกตัวอย่างปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น ๆ ขึ้นมาประกอบ ในการรับรู้ข้อมูลข่าวสารใหม่ ๆ ชอบรับรู้ในลักษณะที่เป็นแผนภูมิ แผนผัง หรือภาพคร่าว ๆ มักจะคิดหาแนวทางหรือกลยุทธ์ในการเรียนอยู่เสมอ ชอบประชุมเพื่อช่วยคิดหาแนวทางในการทำงานให้สำเร็จ และใช้วิธีการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้จนกระทั่งได้คำตอบ ทุกสิ่งทุกอย่างที่ทำต้องสามารถตรวจสอบและเชื่อถือได้ เป็นคนละเอียดถี่ถ้วน ทำงานเป็นระบบ และอยากรู้อยากเห็น

5.3 แบบนักมนุษยนิยม (humanitarian style) หมายถึง เป็นคนที่มีสมองซีกขวาส่วนหลังเด่น ทำให้ชอบเรียนรู้ด้วยการแลกเปลี่ยนประสบการณ์และการเรียนรู้ จะเรียนรู้ได้ดีถ้ามีการยกตัวอย่างที่เป็นประสบการณ์ นิทาน คติสอนใจ ขึ้นมาประกอบ ชอบแสดงท่าทางหรือสื่อสารด้วยภาษากาย ให้ความร่วมมือกับการเรียนการสอนดี พยายามมีส่วนร่วมในทุกรูปแบบ ชอบเข้า

สังคม และรู้สึกดีเมื่อได้ช่วยเหลือผู้อื่น ชอบแสดงออกทางเสียงเพลงหรือดนตรี ชอบพูดคุยในเรื่องที่ไม่ต้องมีสาระแต่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตในสังคม

5.4 แบบนักสร้างสรรค์ (innovator style) หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้ของคนที่มีสมองซีกขวาด้านหน้าเด่น ทำให้ชอบเรียนรู้ด้วยการลองผิดลองถูก และระดมสมอง จะเรียนรู้ได้ดีถ้ามีการอุปมา เปรียบเทียบ หรือสาธิตประกอบ ในการรับรู้ข้อมูลจะทำความเข้าใจเนื้อเรื่องโดยรวม ๆ ก่อน เป็นคนที่มีจินตนาการสูง ชอบคิดและชอบคุยอย่างอิสระ ชอบเสี่ยง ชอบริเริ่มสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ และแสวงหาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่นอกเหนือไปจากวิธีการปกติ ชอบรายวิชาที่อาจารย์อนุญาตให้เลือกหัวข้อที่สนใจ วางแผน และจัดระเบียบงานด้วยการสร้างสรรค์ของตนเอง และชอบแสดงออกทางศิลปะ

6. ความตั้งใจ (attention) หมายถึง ความสามารถทางสมองที่จะเลือกหรือรับการกระตุ้นอย่างใดอย่างหนึ่ง และไม่สนใจสิ่งกระตุ้นอื่น ๆ วัดได้จากชุดแบบทดสอบความตั้งใจ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบภาระงาน ที่พัฒนาโดย ศานิตย์ ศรีคุณ อิสรานุวัฒน์ ศรีคุณ และอนุชิต กุระจินดา (2561)

7. ความจำขณะทำงาน (working memory) หมายถึง ความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลในช่วงเวลาสั้น ๆ และมีการประมวลผลข้อมูลไปพร้อมกัน วัดได้จากชุดแบบทดสอบความจำขณะทำงานมีลักษณะเป็นแบบทดสอบภาระงาน ที่พัฒนาโดย ศานิตย์ ศรีคุณ อิสรานุวัฒน์ ศรีคุณ และอนุชิต กุระจินดา (2561)

8. อารมณ์ (mood) หมายถึง สภาวะของความรู้สึกภายในของบุคคล วัดได้จากแบบทดสอบภาวะทางอารมณ์ (Bond-Ladder Visual Analogue Scale) (ฉบับภาษาไทย) ของภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (Wattanathorn and others. 2008) มี 3 องค์ประกอบ คือ

8.1 ความตื่นตัว (alertness) หมายถึง ความเตรียมพร้อม ความมีพลัง ความกระปรี้กระเปร่า การประสานการทำงานของร่างกาย ความสดชื่น ความรวดเร็วในการคิด ความใส่ใจจดจ่อ การมองความสามารถตนเอง ความสนใจต่อสิ่งต่าง ๆ

8.2 ความสงบ (calmness) หมายถึง การคุมสติ การมองการดำเนินชีวิต การมีความสุขการเข้าสังคม

8.3 ความพอใจ (contentedness) หมายถึง ความรู้สึกสงบ ความรู้สึกผ่อนคลาย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุของแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นฐานในการสร้างกรอบแนวคิดการวิจัย รายละเอียดเสนอตามประเด็นต่อไปนี้

1. แนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ (educational neuroscience)
   1.1 แนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์กับการเรียนรู้
   1.2 รูปแบบการเรียนรู้ (learning style)
   1.3 ความตั้งใจ (attention)
   1.4 ความจำขณะทำงาน (working memory)
   1.5 อารมณ์ (mood)
2. ผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์
   2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
   2.2 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
   2.3 เจตคติต่อคณิตศาสตร์
3. การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
4. การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
6. กรอบแนวคิดการวิจัย

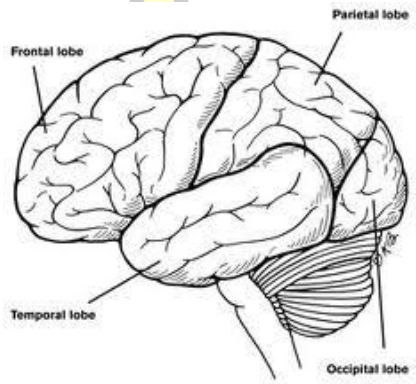
1. แนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ (educational neuroscience)

ความก้าวหน้าทางด้านประสาทวิทยาศาสตร์ (neuroscience) ส่งผลให้ปัจจุบันนักการศึกษามีความพยายามที่จะปฏิรูปการศึกษาโดยการขับเคลื่อนความรู้ทางประสาทวิทย-ศึกษาศาสตร์ (educational neuroscience) เข้าสู่การเรียนการสอนอย่างเป็นรูปธรรม (ทัศนีย์ บุญเติม. 2555; Fischer. 2014; Goswami. 2012) ประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ (educational neuroscience) เป็นศาสตร์และความรู้ใหม่ที่ค้นหาความเชื่อมโยงระหว่างประสาทวิทยาศาสตร์ (neuroscience) และการศึกษา (education) หรือเป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง จิต-สมอง-การศึกษา (mind. brain and education) (Aldrich. 2013) หรือเป็นการค้นหาการผสมผสาน

ระหว่างประสาทวิทยาศาสตร์ (neuroscience) จิตวิทยา (psychology) วิทยาศาสตร์เชิงพุทธิปัญญา (cognitive science) และศึกษาศาสตร์ (education) ที่เรียกว่า ประสาท-ศึกษาศาสตร์ (Neuro-Education)

1.1 แนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์กับการเรียนรู้

การเรียนรู้ (learning) เป็นกระบวนการเชิงพลวัต (dynamic process) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของความตั้งใจ (attention) ความจำขณะทำงาน (working memory) ที่สมองส่วนหน้า (frontal lobe) ดังภาพประกอบ 1 และมีอารมณ์ (emotion) เป็นตัวควบคุมกระบวนการเรียนรู้ทุกระยะ



ภาพประกอบ 1 แสดงพื้นที่สมองด้านซ้ายของมนุษย์

นักการศึกษาพยายามนำความรู้ทางประสาทวิทยามาอธิบายกระบวนการเรียนรู้มากมาย ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดที่สำคัญ ดังนี้

1.1.1 แนวคิดของ Gagné และคณะ

Gagné et. al. (2005) และ Gagne, Briggs, & Wager. (1992) ได้ให้กล่าวถึงการเรียนการสอน (instruction) คือ สิ่งที่เกิดขึ้นเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ (learning) อาจเป็นเหตุการณ์ที่ส่งผลต่อกระบวนการเรียนรู้ภายในบุคคล การเรียนการสอนจึงเกิดขึ้นเพื่อเตรียมการออกแบบวางตำแหน่ง เพื่อส่งเสริมให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ภายในของบุคคล ความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนการสอนและกระบวนการเรียนรู้ มีดังนี้ (Gagné et. al., 2005)

ตาราง 1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนการสอนและกระบวนการเรียนรู้

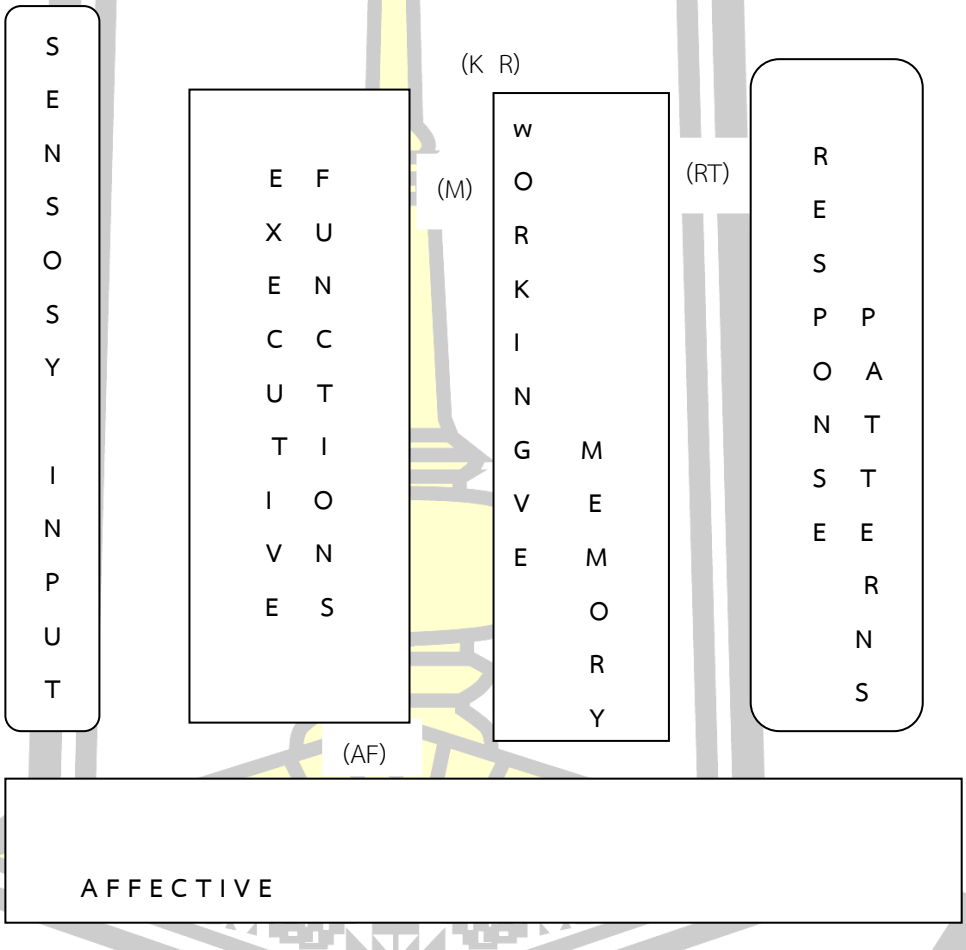
การเรียนการสอน	**กระบวนการเรียนรู้**
ดึงดูดความสนใจ (attention)	การรับรู้ (reception) รูปแบบของของแรงกระตุ้นทางประสาท (neural impulse)
แจ้งวัตถุประสงค์แก่ผู้เรียน	กระตุ้นกระบวนการควบคุมการบริหาร (excecutive control)
กระตุ้นการฟื้นความจำ (recall) สมรรถนะที่จำเป็นต่อการเรียน	การดึงกลับ (retrieval) ความเรียนรู้ที่มีมาก่อน (prior learning) จากความจำขณะทำงาน (working memory)
นำเสนอสิ่งกระตุ้น (stimulus material)	การเน้นที่รูปลักษณะของการเลือกการรับรู้ (selective perception)
การให้คำแนะนำในการเรียนรู้	การเข้ารหัสความหมาย (semantic encoding) หรือการชี้นำการดึงกลับ (retrieval)
การปฏิบัติ (eliciting performance)	การกระตุ้นการตอบสนองของการจัดระเบียบ (organization)
ส่งผลย้อนกลับเกี่ยวกับการปฏิบัติอย่างถูกต้อง	การเสริมกำลัง (reinforcement)
ประเมินการปฏิบัติ	กระตุ้นการดึงกลับ (retrieval) หรือทำให้เกิดการเสริมกำลัง (reinforcement) เท่าที่เป็นไปได้
ยกระดับการเก็บรักษาความจำ (retention) และการเปลี่ยนถ่ายความรู้ (transfer)	ให้การชี้นำและยุทธศาสตร์สำหรับการดึงกลับ (retrieval)

จากตาราง 1 สามารถกล่าวได้ว่า การเรียนการสอนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ต้องสอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ ได้แก่ การรับรู้ (reception) การควบคุมการบริหาร (excecutive control) การดึงกลับ (retrieval) ความจำขณะทำงาน (working memory) การเลือกการรับรู้ (selective perception) การเข้ารหัสความหมาย (semantic encoding) การจัดระเบียบ (organization) การเสริมกำลัง (reinforcement)

1.1.2 แนวคิดของ O.R.Anderson

O.R.Anderson. (2009) เสนอรูปแบบการประมวลผลสารสนเทศ (information

processing model) ที่เรียกว่า “รูปแบบการสร้างความรู้ที่ใช้พุทธิปัญญาเป็นฐานบนฐานรากของประสาทวิทยา (A Model of Constructivist-based Cognitive Grounded in Neuroscience)” ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 A Model of Constructivist-based Cognitive Grounded in Neuroscience

จากภาพประกอบ 2 อธิบายได้ว่า

1) การรับรู้ (perception) ของปัจจัยนำเข้าของระบบประสาท (sensory input) ถูกปรับแต่งโดยความรู้ที่มีมาก่อน (prior knowledge) ที่ถูกทำให้เคลื่อนที่ไปโดย executive function module (M) ที่อยู่บริเวณสมองส่วนหน้า (frontal lobe) สารสนเทศถูกนำเข้าไปและ

สมองประมวลปัจจัยนำเข้า (input) เหล่านั้นทันที ในศูนย์กลางการประมวลผลของสมองในรูปแบบต่าง ๆ รวมทั้งความจำขณะทำงาน (working memory) ด้วย ซึ่งเป็นศูนย์กลางการจัดเก็บข้อมูลเชิงพลวัต (dynamic) อยู่บริเวณสมองส่วนหน้า (frontal lobe) เป็นบริเวณที่นำสารสนเทศเข้ามา (K R) ที่สัมพันธ์กับความรู้ที่มีมาก่อน ที่เก็บไว้ในความจำระยะยาว (long term memory) ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ (1) ความรู้กระบวนการ (procedural knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับวิธีการจัดการกับข้อมูลเพื่อตอบคำถาม “how” และ (2) ความรู้เชิงประกาศ (declarative knowledge) เป็นความรู้เกี่ยวกับสารเทศที่เป็นข้อเท็จจริง (fact) และหลักการ (principle) และอื่น ๆ เพื่อตอบคำถาม “what”

2) การตัดสินใจ (decision making) และแม่แบบสำหรับแบบรูปการตอบสนอง (response patterns) เกี่ยวกับสารสนเทศที่เข้ามาใหม่กับประสบการณ์ที่มีมาก่อนถูกกำหนดโดยอารมณ์ (AF) อารมณ์มีผลต่อทั้งการรับสารสนเทศและการบูรณาการสารสนเทศเหล่านั้นกับความรู้ที่มีมาก่อนด้วย เมื่อมีการเลือกแม่แบบการตอบสนองที่เหมาะสมถูกเลือก แบบรูป (response pattern) จะถูกสั่งให้ทำงานโดยวิถีประสาทสั่งการ (motor pathways)

จากทั้งสองแนวคิดพบว่ามีสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ ได้แก่ รูปแบบการเรียนรู้ (learning style) ความตั้งใจ (attention) ความจำขณะทำงาน (working memory) และอารมณ์ (emotion) ดังที่จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

1.2 รูปแบบการเรียนรู้ (learning style)

รูปแบบการเรียนรู้ (learning style) คือ ปัจจัยหรือวิธีการที่มีความแตกต่างในแต่ละบุคคล เพื่อใช้ในกระบวนการประมวลผลสารสนเทศของผู้เรียน (Rezaeinejad, Azizifar and Gowhary. 2015) และรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนยังช่วยให้ครูสามารถจัดการเรียนการสอนได้เหมาะสมกับผู้เรียน ทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพอีกด้วย (Labib, Canós, and Penadés. 2017) แนวคิดเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้มีหลายแนวคิด เช่น แนวคิดของกราชาและไรช์ชัน (Grasha and Reichmann) แนวคิดของแคนฟิลด์ (Canfield) แนวคิดของโคล์บ (kolb) เป็นต้น (ประยุทธ ไทยธานี. 2550) มีแนวคิดหนึ่งที่ใช้องค์ความรู้ทางประสาทวิทยศึกษาศาสตร์เข้ามาอธิบายรูปแบบการเรียนรู้ คือ แนวคิดทฤษฎีสมองซีกซ้ายและสมองซีกขวา เป็นการค้นพบว่าสมองคนเราแบ่งเป็น 2 ซีก 4 ส่วน มาเป็นหลักในการจัดประเภทของรูปแบบการเรียนรู้ของมนุษย์ ได้แบบการเรียนรู้ 4 แบบ คือ 1) แบบนักคิด (thinker style) 2) แบบนักบริหารจัดการ (organizer style) 3) แบบนักมนุษยนิยม (humanitarian style) 4) แบบนักสร้างสรรค์ (innovators style) มีรายละเอียด

(1) แบบนักคิด (thinker style)

นักเรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้ เป็นคนที่มีสมองซีกซ้ายส่วนหน้าเด่น ทำให้ชอบเรียนรู้ด้วยการฟังบรรยาย (lecture) ที่มีข้อมูลประกอบการเรียนการสอนไว้เป็นหลักฐาน เช่น

เป็นเอกสาร หนังสือ ตำรา รายงานการวิจัย บทความหรือคู่มือต่าง ๆ ชอบแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย ถ้ามีการยกตัวอย่างเป็นกรณีศึกษาประกอบด้วย ก็จะยิ่งเรียนรู้ได้นาน ชอบฟัง ชอบอ่าน ชอบจำ และเชี่ยวชาญเฉพาะเรื่อง นอกจากนี้ยังชอบการพูดคุยหรืออธิบายด้วยเหตุผล คิดเชิงนักปราชญ์ คิดวิเคราะห์ วิพากษ์วิจารณ์ วินิจฉัย ชอบติเพื่อก่อ ชอบความลงตัวของตัวเลข ชอบให้ทุกอย่างเข้าที่เข้าทางและชอบตั้งกฎเกณฑ์ กติกา ข้อบังคับ อาชีพที่เหมาะกับคนกลุ่มนี้ เช่น แพทย์ วิศวกร นักวิทยาศาสตร์ นักเคมี นักฟิสิกส์ นักวิจัย นักสถิติ นิติกร ผู้พิพากษา ฝ่ายการเงิน ฝ่ายเทคนิค นักปราชญ์ นักวิชาการ และนายหน้าซื้อขาย

(2) แบบนักบริหารจัดการ (organizer style)

นักเรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้ เป็นคนที่มีสมองซีกซ้ายส่วนหลังเด่น ทำให้ชอบเรียนรู้ด้วยการวางแผนกลยุทธ์ (thinker strategy) ที่มีเค้าโครง โครงร่าง แผนผัง แผนภูมิหรือภาพคร่าว ๆ ให้ช่วยจัดเรียบเรียงให้เป็นระบบระเบียบ เป็นขั้นตอน เป็นลำดับ ตรวจและวัดได้ จนเป็นเป้าหมายที่ก้าวไปสู่ความเป็นเลิศ ถ้ามีการยกตัวอย่างปัญหาขึ้นมาเพื่อรวบรวมวิธีการแก้ไขปัญหาและสรุปผลก็จะเรียนรู้ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังชอบการจัดประชุมเพื่อช่วยกันคิดหาแนวทางค้นหากลยุทธ์ที่จะดำเนินการไปถึงอนาคตข้างหน้าอย่างเป็นระบบ เป็นขั้นตอน ชอบยึดโครงสร้างตั้งนโยบาย ตั้งยุทธศาสตร์ ตลอดจนรายละเอียดปลีกย่อย และอยากรู้ว่าใคร ทำอะไร ที่ไหน เมื่อไหร่ ทำไม อาชีพที่เหมาะกับคนกลุ่มนี้ เช่น นักบริหารจัดการ นักบัญชี นักวางผังเมือง สถาปนิก นักตรวจสอบคุณภาพ นักก่อสร้าง บรรณารักษ์ นักโบราณคดี นักประวัติศาสตร์และนักอนุรักษ์

(3) แบบนักมนุษยนิยม (humanitarian style)

นักเรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้ เป็นคนทีมีสมองซีกขวาส่วนหลังเด่น ทำให้ชอบเรียนรู้ด้วยการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิด แลกเปลี่ยนประสบการณ์ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การอภิปราย การสัมภาษณ์ การเลียนแบบ การเล่นละครใบ้ หรือบทบาทสมมติ ถ้ายกประสบการณ์เป็นนิทาน คติสอนใจประกอบ ก็จะยิ่งเรียนได้ดี ลึกซึ้งขึ้น นอกจากนี้ยังชอบสร้างความสัมพันธ์ พูดคุยสื่อสารกัน ชอบการเชิญชวนโน้มน้าวใจคนด้วยภาษากาย ชอบความคิดเป็นส่วนรวม เพื่อช่วยเหลือเพิ่งพาอาศัยกัน ชอบพูดคุยในเรื่องที่ไม่ต้องมีสาระแต่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตในสังคม อาชีพที่เหมาะกับคนกลุ่มนี้เช่นนักร้อง นักแสดง นักพูด ครู นักฝึกอบรม ผู้ให้บริการ นักประชาสัมพันธ์ เลขานุการ นักสังคมสงเคราะห์ นักจิตวิทยา นักให้การศึกษา และค้าขาย พบปะผู้คน

(4) แบบนักสร้างสรรค์ (innovators style)

นักเรียนที่มีรูปแบบการเรียนรู้แบบนี้ เป็นคนที่มีสมองซีกขวาส่วนหน้าเด่น ทำให้ชอบเรียนรู้ด้วยการลองผิดลองถูก ระดมสมอง มีจินตนาการสูง สร้างวิมานในอากาศ ชอบคิดและพูดคุย

อย่างอิสระ นอกจากนี้ยังชอบอุปมาอุปไมยเปรียบเทียบ ชอบสาธิตหรือการแสดงและชอบวาดภาพระบายสี ชอบลองทำงานแปลก ๆ ใหม่ ๆ อยู่เสมอ ชอบเสี่ยง ชอบสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ชอบคิดหาวิธีการใหม่ ๆ ในการสร้างผลงาน ชอบแก้ปัญหาและป้องกันปัญหาในภาพรวมหรือบูรณาการ อาชีพที่เหมาะกับคนกลุ่มนี้ เช่น ศิลปิน นักประพันธ์ นักแต่งเพลง นักเขียน แต่งกลอน แต่งนิยาย นักดนตรี นักออกแบบ นักพัฒนา นักปฏิรูปและนักธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการแข่งขัน เป็นต้น

1.3 ความตั้งใจ (attention)

ความตั้งใจเป็นความสามารถทางปัญญาในการจัดการข้อมูลจำนวนมากที่รับเข้าสู่ระบบรับความรู้สึก และใช้ข้อมูลเพื่อการแสดงพฤติกรรมตอบสนอง เป็นความสามารถทางสมองที่จะเลือกที่จะรับการกระตุ้นอย่างใดอย่างหนึ่งและไม่สนใจสิ่งกระตุ้นอื่น ๆ (ราตรี สุดทรวง. 2550) กระบวนการนี้จัดเป็นหน้าที่ขั้นสูงของสมองที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจวัด (detection) การแยกแยะ (discrimination) และการจัดการต่อสิ่งเร้า (cognitive processing) ดังนั้นในกระบวนการดังกล่าวจึงต้องมีการคัดกรองการไหลผ่านองข้อมูลเข้าสู่ระบบประสาทรับความรู้สึกโดยจะเพิ่มประสิทธิภาพการไหลของข้อมูลที่ตรงประเด็นหรือมีความสำคัญขณะเดียวกันก็จะกำจัดหรือลดการไหลของข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องและไม่มีความสนใจซึ่งจะดึงความสนใจไปจากข้อมูลที่ตรงประเด็นเข้าสู่ระบบประสาทรับความรู้สึกในสมอง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนั้นจะขึ้นอยู่กับเป้าหมายและการทำงานของสมองในส่วน prefrontal cortex นั่นเอง (จินตนาภรณ์ วัฒนธร. 2554)

Sternberg (2012) กล่าวว่า กระบวนการของความตั้งใจจะเริ่มจาก

(1) สมองเตรียมพร้อมหรือตื่นตัวที่จะรับสิ่งกระตุ้นใหม่ๆ ซึ่งเรียกว่าalertness หรือ arousal หรือ vigilance

(2) การเลือกรับข้อมูล (selected attention) เป็นความสามารถในการคัดกรองข้อมูลและเลือกรับข้อมูลที่ต้องการและไม่ใส่ใจกับข้อมูลอื่นจากข้อมูลสนเทศจำนวนมาก ที่รับเข้ามา และ

(3) ความสามารถในการจัดการกับภาระงานหลายๆ ภาระงานที่รับเข้ามาในเวลาเดียวกันโดยใช้ระบบ executive control

ความตั้งใจ (attention)สามารถจำแนกความตั้งใจออกได้เป็น 4 ประเภท คือ (Sternberg. 2012)

(1) sustained attention (signal detection and vigilance) เป็นภาวะที่บุคคลพร้อมที่จะค้นหาหรือรับการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์สิ่งเร้าที่จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและเกิดขึ้นในเวลาต่อมา

(2) focus attention (search) คือ การดำเนินการค้นหาเป้าหมายโดยเฉพาะ

(3) elective attention เป็นภาวะที่บุคคลนำข้อมูลหรือรายละเอียดที่เป็นเป้าหมาย (target information) เพื่อนำมามุ่งสู่ความมีสติสัมปชัญญะ (consciousness) และกดการรับรู้หรือค้นหาข้อมูลหรือรายละเอียดที่ไม่ใช่เป้าหมาย (non-target information) และ

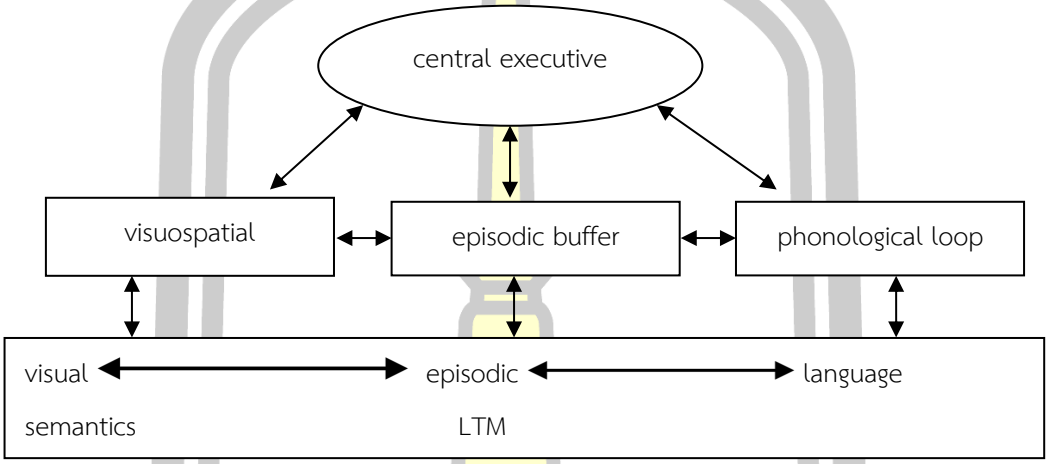
(4) divided attention เป็นภาวะที่บุคคลสามารถจัดการให้แหล่งสถานการณ์สิ่งเร้าหรืองานหลายอย่างเข้าสู่ความสนใจพร้อมกันซึ่งถือว่าเป็นระดับสูงสุดของความตั้งใจ (the highest level of attention) ความตั้งใจประเภทนี้เป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่ที่มีอิทธิพลต่อการจำที่มีประสิทธิภาพ ราตรี สุดทรวงและวีระชัย สิงหนิยม (2550) กล่าวถึง กลไกการทำงานของสมองที่เกี่ยวกับความตั้งใจ คือ ความตั้งใจเกิดจากการทำงานของ cerebral cortexโดยเฉพาะบริเวณ association cortex ซึ่งอยู่ใกล้กับบริเวณรับความรู้สึกเริ่มต้น (primary sensory area) มีหน้าที่ส่งทอดข้อมูลต่อไปเพื่อกระบวนการเรียนรู้ ตำแหน่งของ cerebral cortex ที่ทำให้เกิดความตั้งใจมีการศึกษาโดยใช้ PET scan โดยผู้ถูกทดสอบถูกกระตุ้นทั้ง ตา หู และร่างกาย แต่ต้องการรับรู้หรือมีความตั้งใจเฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่ง ปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงบริเวณนั้น ๆ จะเปลี่ยนแปลงไปมาก เช่นการเกิดความใส่ใจต่อการกระตุ้นทางตา จะเพิ่มการทำงานของ visual association, frontal eye field และบางส่วนของ parietal cortex เมื่อเบนความสนใจไปสู่การกระตุ้นอื่น บริเวณเริ่มต้นและบริเวณประสานงาน (primary and association area) ของการรับการกระตุ้นนั้น ๆ จะเพิ่มการทำงานมากขึ้น การส่งข้อมูลจากกลุ่ม nuclei ต่าง ๆ ของก้านสมองและ basal forebrain ไปยัง cerebral cortex มีความสำคัญทำให้เกิดความใส่ใจ nuclei เหล่านี้จะใช้สารสื่อประสาทหลายอย่างเช่น norepinephrine, serotonin, dopamine และ acetylcholine สารสื่อประสาทเหล่านี้มีความสำคัญกับการเกิดความตั้งใจ

ข้อมูลจากการศึกษาของ Sarter and Lustig (2009) อ้างถึงใน จินตนาภรณ์ วัฒนธร (2554) พบว่า สมองส่วนที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการให้ความสนใจต่อสิ่งเร้าโดยเฉพาะการเลือกให้ความสนใจต่อสิ่งเร้าที่เป็นเป้าหมาย หรือที่เรียกว่า selective attention นั้นจะเป็นสมองส่วน prefrontal cortex และ cingulate gyrus ซึ่งเป็นส่วนของ anterior attention system ส่วนการให้ความสนใจที่เกี่ยวข้องกับทิศทางนั้นจะเกี่ยวข้องกับ parietal lobe. thalamus และบางส่วนของสมองส่วนกลาง (Sternberg. 2009 อ้างถึงใน จินตนาภรณ์ วัฒนธร (2554) ในขณะที่การดำรงความสนใจต่อสิ่งเร้า หรือที่เรียกว่า sustained attention นั้นจะเกี่ยวข้องกับสมองส่วน frontal และ parietal region ของสมองซีกขวา

1.4 ความจำขณะทำงาน (working memory)

ความจำขณะทำงาน หมายถึงความสามารถในการดึงข้อมูลมาใช้ในช่วงเวลาสั้น ๆ ในขณะที่กำลังทำงาน เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และการคิดที่ซับซ้อน (Baddeley and Jarrold. 2007)

ทำหน้าที่จัดเก็บข้อมูลชั่วขณะ จัดการกับข้อมูลและนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ในกระบวนการทางปัญญา (cognitive process) (Baddeley. 2010; Oberauer and others. 2003)
Baddeley (2010)เสนอองค์ประกอบที่สำคัญของ ความจำขณะทำงานว่าประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ส่วนคือ phonological loop, visuospatial sketchpad, episodic buffer และ central executive ตามภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แสดงส่วนประกอบของความจำขณะทำงาน

phonological loop เป็นการเก็บข้อมูลในระยะสั้นๆ เกี่ยวกับคำ โดยเกิดจากการใช้กระบวนการประมวลข้อมูลทางภาษา (language processing) การฝึกซ้ำ (rehearsal) การแก้ปัญหาเกี่ยวกับคำ (verbal problem solving) และเลขคณิต (arithmetic) การวัดความจำระยะสั้นเกี่ยวกับคำ วัดได้โดยการประเมินจากตัวเลข (digit span) หรือการวัดคำ (verbal span) วิธีการวัดทำได้โดยการนำเสนอตัวเลข ตัวอักษร หรือคำ ให้นักเรียนตอบ และวัดตำตอบที่นักเรียนตอบถูก การวัดความจุของความจำขณะทำงาน (working memory capacity) วัดโดยการเพิ่มภาระงานผสมผสานระหว่างการจำคำและวัดโจทย์ปัญหาเลขคณิต โดยให้นักเรียนตอบ

visuospatial sketchpad เป็นความจำที่เกี่ยวกับการมองเห็นภาพ (visual images) ทดสอบได้โดยให้นักเรียนเล่าเรื่องเกี่ยวกับรูปภาพประกอบนักเรียนมองเห็น และการบอกตำแหน่งของวัตถุ (visuospatial) โดยการทดสอบความจำขณะทำงานที่เกี่ยวข้องกับทิศทาง (spatial span test) ใช้ทดสอบการจำตำแหน่งของวัตถุโดยให้นักเรียนตัดสินถึงความสอดคล้องและรูปแบบที่มีอยู่ของวัตถุจะมีการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการมองเห็นภาพและตำแหน่งของวัตถุในความจำระยะสั้น

episodic Buffer เป็นระบบที่เกิดจากการเรียกกลับคืนข้อมูลจากความจำระยะยาวมาใช้ในความจำระยะสั้น เช่นในการเรียนเกี่ยวกับคำหรือเลขคณิต นักเรียนจะต้องดึงข้อมูลที่มีอยู่ในความจำระยะยาวมาใช้

central executive เป็นระบบที่มีการประสานและบูรณาการทั้ง phonological loop. visuospatial sketchpad และ episodic buffer โดยเกี่ยวกับการกำหนดความตั้งใจที่มีต่อการทำงานที่มีความหลากหลาย (multiple task) เช่นการกำหนดความใส่ใจที่มีต่อการทำงาน 2 อย่างในเวลาเดียวกัน

ความจำขณะทำงานประกอบด้วยการจัดเก็บ (storage) และกระบวนการ (processing) จัดการกับข้อมูล กล่าวคือข้อมูลที่รับเข้ามาในระบบความจำจะได้รับการจัดกลุ่มข้อมูล (grouping) มีกระบวนการเรียกคืน (rehearsal) จากความจำระยะยาว เพื่อทำให้ข้อมูลเป็นข้อมูลที่มีความหมาย (meaningful of information) นอกจากนี้ความจำขณะทำงานยังมี central executive หรือ executive process ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีการจัดการกับข้อมูลเพื่อให้เกิดความจำระยะยาวโดยประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ inhibition, switching หรือ shifting และ updating

(1) inhibition Miyake and others (2000) กล่าวว่า inhibition คือ องค์ประกอบหนึ่งของ executive function ที่สำคัญมาก และความบกพร่องของ executive function เป็นความผิดปกติของสมองที่พบบ่อยที่สุด (Baddeley. 2006; Norman and Shallice. 1986) การศึกษาด้วย neuroimaging ได้อธิบายกระบวนการ inhibition ว่า inhibition process เกี่ยวข้องกับพื้นที่หลายส่วนใน cingulate. prefrontal lobe, parietal lobe และ temporallobe (Bench and others. 1993; Chee and others. 2000; Collette and others. 2001; Larrue and others. 1994; Pardo and others. 1990; Taylor. Kornblum and others. 1997) อย่างไรก็ตามพื้นที่สองที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ inhibition ก็ยังไม่เป็นที่แน่ชัด และแต่ละงานวิจัยยังมีความแตกต่างกันค่อนข้างมากของ ยกตัวอย่าง Nelson and others. (2003) อธิบายว่า ความแตกต่างของ cerebral areas มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติตามภาระงาน inhibitory task ที่แตกต่างกัน มากกว่านั้นยังพบว่า inhibition มีความสัมพันธ์กับ right inferior frontal gyrus (Aron, Robbins and Poldrack. 2004) แต่ก็พบว่า inhibition มีความสัมพันธ์กับ the left inferior frontal gyrus เมื่ออาสาสมัครทำภาระงาน verbal working memory tasks (D'Esposito and others. 1999; Jonides and others. 1998) จากข้างต้น จึงสามารถกล่าวได้ว่ากระบวนการทำงานของสมองของ inhibition มีความแตกต่างกันตามภาระงาน (task) (Friedman and Miyake. 2004; Nigg. 2000) ดังนั้น ภาระงานที่ใช้ในการศึกษา มีกระบวนการ inhibition ที่แตกต่าง และอาจทำให้ cerebral areas ที่เกี่ยวข้องมีความแตกต่างกัน

(2) switching ตัวกระตุ้นที่มีประสิทธิภาพควรมีการกระตุ้นที่เร็ว และปรับเปลี่ยนเร็ว ระหว่างตัวกระตุ้นที่แตกต่างกัน และเป็นกระบวนการที่มีการจัดการเชิงพุทธิปัญญา (cognitive operation) ที่หลากหลาย ดังนั้นความสามารถของ switching จึงเป็นสิ่งสำคัญของ executive function (Norman and Shallice. 1986) มีงานวิจัยที่เคยศึกษา executive function โดยใช้ task-shifting paradigms โดยอาสาสมัครทำซ้ำอย่างรวดเร็วในภาระงานเหมือนกัน (repeated task) หรือสลับกันระหว่างภาระงานที่แตกต่าง (switched task) พบว่า การตอบสนองของ latency ยาวนานกว่าเมื่ออาสาสมัครมีการปฏิบัติ switched task มากกว่าเมื่ออาสาสมัครปฏิบัติภาระงาน repeated task การศึกษา neuroimaging พบว่า กระบวนการ switching ขึ้นอยู่กับ prefrontal areas, parietal areas และ subcortical areas (Fink and others. 1997; Gurd and others. 2002; Rogers and others. 2000; Wilkinson and others. 2001)

จากการวิเคราะห์อภิมาน (meta-analysis) ของ Wager. Jonides and Reading (2004)มีพื้นที่สมอง (brain region) ที่เชื่อว่า ถูกกระตุ้นขณะ shifting ประกอบด้วย posterior (parietal และ occipital) และ anterior areas (ประกอบด้วย the dorsolateral prefrontal cortex และ anterior insula) พบว่า superior parietal cortex คือพื้นที่หลัก (supramodal area) ที่เกี่ยวข้องกับ task switching นอกจากนั้นยังพบว่าพื้นที่สมองดังกล่าวถูกกระตุ้นเมื่อปฏิบัติภาระงานที่เกี่ยวข้องกับ visual และ spatial (Vandenberghe. Gitelman. Parrish and Mesulam. 2001) อีกทั้งยังพบในการปฏิบัติภาระงานที่มีสารสนเทศแบบ verbal (Gurd and others. 2002)

Sohn and others (2000) เชื่อว่า superior parietal cortex และ posterior parietal cortex คือ การการเตรียมเป้าหมาย (goal-directed) ของแต่ละภาระงาน ขณะที่ inferior parietal cortex ทำหน้าที่ขับเคลื่อนไปตามตัวกระตุ้นให้เสร็จสมบูรณ์ (Corbetta and Shulman. 2002)

(3) updating Miyake and others (2000) และ Shimamura (2000)กล่าวว่า updating เป็นกระบวนการที่ประกอบด้วยการปรับ (modify) เนื้อหา (content) ของความจำขณะทำงานบนฐานของสารสนเทศที่เข้ามาใหม่ กระบวนการ updating เกี่ยวข้องกับกิจกรรมหลายอย่างในชีวิตประจำวัน เช่น การเรียนรู้และการจัดการสารสนเทศ เป็นต้น การศึกษากระบวนการ updating ใช้ running span task แบบภาษา (verbal) (De Linden and others. 1999; Salmon and others. 1996)และ n-back tasks แบบอักษร (letter) และ spatial positions หรือ non-verbal (Braver and others. 1997; Jonides and others. 1997; Schumacher and others. 1996; Smith. Jonides and Koeppe. 1996) กรณี running span task ให้อาสาสมัครดูพยัญชนะโดยที่อาสาสมัครไม่รู้จะปรากฏกี่ครั้ง แล้วจำหมายเลขที่เฉพาะของรายการล่าสุดในลำดับนั้น ส่วน n-back tasks นั้น รายการ (item) ถูกนำเสนอและอาสาสมัครต้องตัดสินใจว่ารายการที่กำหนดคล้าย

กับรายการใดที่ถูกนำเสนอก่อนหน้านี้ ผลพบว่า การปฏิบัติงานของ n-back task มีความสัมพันธ์กับ cerebral activity ใน prefrontal dorsolateral cortex (BA9/46) ตลอดจน inferior frontal cortex (BA 44), anterior cingulate และ cerebral posterior area เช่น superior parietal cortex และ posterior parietal cortex (BA 40/7) (Braver and others. 1997; Cohen and others. 1997; Jonides and others. 1997; Schumacher and others. 1996; Smith and others. 1996)มีรายงานอีกว่าภาระงานนี้ในแบบอักษร (letter) มีความสัมพันธ์กับ left (or bilateral) activations ในทางตรงกันข้าม spatial หรือ object versions มีแนวโน้มที่เกิดบริเวณ right hemisphere regions (Owen and others. 1998; Smith and others. 1996) และโครงสร้างเหล่านี้จะเพิ่มขึ้น ถ้าระดับของการกระตุ้นเพิ่มขึ้นด้วยการ load มากกว่าการทำภาระงานข้อใหม่ (Jonides and others. 1997)

นักวิจัยได้มีการศึกษา โดยใช้ PET กับ running span task เพื่อสำรวจ cerebral area ที่สัมพันธ์กับ updating process การศึกษาแรก พบว่า cerebral network จำนวนมากมีความสัมพันธ์กับ anterior (right mid-dorsal prefrontal, left middle frontal and right frontal pole) และ posterior (right inferior parietal, angular gyrus และ the left supramarginal gyrus) ดังนั้น cerebral areas มีความสัมพันธ์กับ the updating process (Salmon and others. 1996) อย่างไรก็ตาม memory load ที่สูงและ recognition procedure ควรที่จะถูกใช้เพื่อ induced cognitive strategies มากกว่า serial encoding และ recall (Morris and Jones. 1990; Pollack. Johnson and Knaff. 1959) ดังนั้นนักวิจัยจึงทำการทดสอบซ้ำ running span task ด้วย memory load จำนวน 4 รายการ และ serial recall procedure (De Linden and others. 1999) พบว่าเกิดขึ้นที่ rCBF ใน left frontopolar cortex (BA 10) อย่างมีนัยสำคัญ ถูกกระตุ้นไปจนถึง left middle frontal cortex (BA 46) และยังสามารถสังเกตเห็นได้ที่ right frontopolar cortex อีกด้วย ผลจากการศึกษาเหล่านี้มาจากหลักฐานเชิงประจักษ์แสดงให้เห็นว่า updating process มีความสัมพันธ์ทั้ง prefrontal areas (dorsolateral. inferior และ cingulate) และ parietal areas (posterior and superior) อีกทั้ง De Linden and others. (1999) ได้ยืนยันว่า บทบาทเด่นของ frontopolar cortex มีความสัมพันธ์กับการประเมินและการเลือกสารสนเทศอีกด้วยสมองที่เกี่ยวข้องกับ ความจำขณะทำงานคือ frontal lobe ของสมองด้านซ้าย โดยเกี่ยวข้องกับการรับรู้ตำแหน่ง (spatial perception) และคำพูด (words) ส่วนบริเวณที่ประสานงานคือ cingulate gyrus เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูลในความจำขณะทำงานเพื่อจัดเก็บข้อมูลและเชื่อมโยงไปสู่หน่วยความจำระยะยาว การรับข้อมูลภาพ การมองเห็น (visual information) ทาง occipital lobe การรับข้อมูลเกี่ยวกับคำพูด (verbal) ทาง Temporal lobe ข้อมูลเกี่ยวกับภาพ

คำพูด ตำแหน่ง จะมีการบูรณาการข้อมูล corpus callosum จะทำหน้าที่เชื่อมข้อมูลจากสมองด้านซ้ายไปสู่สมองด้านขวา (Anderson. 2009)

วิธีการทาง Neurophysiological method โดยเฉพาะภาพสมอง (brain image) สามารถเอื้อต่อการทำความเข้าใจธรรมชาติของความจำ (memory) การอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างความจำขณะทำงาน (working memory) และความจำระยะยาว (long-term memory) มาจากงานวิจัยทางประสาทวิทยาซึ่งมีหลักฐานเชิงประจักษ์จำนวนมากเกี่ยวกับการปรุงแต่ง (memory buffer) การปรุงแต่ง (buffer) ถูกใช้สำหรับการจำสารสนเทศชั่วคราว และเชื่อมโยงกับความจำระยะยาว (long-term memory)

งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความจำขณะทำงาน (working memory) โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า positron emission tomography (PET) พบว่า การเก็บ (maintaining) สารสนเทศเกี่ยวกับการพูด (speech-related information) ที่เป็นความจำขณะทำงานชนิดที่เรียกว่า phonological loop เกี่ยวข้องกับการทำงานของ left hemisphere ของ lateral frontal และ inferior parietal lobes ตลอดจน temporal lobe (Baddeley. 2006) visuospatial sketchpad ขึ้นอยู่กับความยากภาระงาน (task) และระยะของการเก็บรักษา (retention interval) (Beschin and others.2003)ถ้าช่วงสั้น (shorter interval) จะกระตุ้นบริเวณ occipital lobe และ สมองส่วนหน้าด้านขวา (right frontal lobe) ถ้าช่วงยาว (longer interval) จะกระตุ้นบริเวณ parietal lobe และสมองส่วนหน้าด้านซ้าย (left frontal lobe) (Haxby. Ungerleider. Horwitz. Rapoport and Grady. 1995)

central executive เกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองส่วนหน้าโดยส่วนใหญ่ (Baddeley. 2006) การทำงานของ Episodic buffer เกี่ยวข้องกับการทำงานของการกระตุ้นสองทิศทาง (bilateral activation) ของสมองส่วนหน้า (frontal lobe) และบางส่วนของ temporal lobe รวมไปถึง left hippocampus (Rudner. Fransson. Ingvar. Nyberg and Rönnberg. 2007)

1.6 อารมณ์ (mood)

อารมณ์ (mood) มีอิทธิพลต่อการประมวลผลสารสนเทศ (information processing) ในการเรียนรู้ (Armitage and others. 1999; Hardiman. 2012; Wenshu Luo. 2014) อารมณ์ทางบวก (positive mood) สามารถเพิ่มการประมวลผลในภาพรวม (heuristic processing) และอารมณ์ทางลบ (negative mood) สามารถเพิ่มการประมวลผลเชิงระบบ (systematic processing) ดังนั้นทั้งอารมณ์ทางบวก (positive mood) และอารมณ์ทางลบ (negative mood) ล้วนส่งผลต่อการประมวลผลสารสนเทศในการเรียนรู้ทั้งสิ้น (Armitage and others. 1999)

อารมณ์ (mood) ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ (Bond and Lader, 1974; Chui and others, 2014; Wattanathorn and others. 2008)

(1) ความตื่นตัว (alertness) หมายถึง ความเตรียมพร้อม ความมีพลัง ความกระปี้กระเป่า การประสานการทำงานของร่างกาย ความสดชื่น ความรวดเร็วในการคิด ความใส่ใจจดจ่อ การมองความสามารถตนเอง ความสนใจต่อสิ่งต่าง ๆ

(2) ความสงบ (calmness) หมายถึง การคุมสติ การมองการดำเนินชีวิต การมีความสุข การเข้าสังคม

(3) ความพอใจ (contentedness) หมายถึง ความรู้สึกสงบ ความรู้สึกผ่อนคลาย

Waraczynski (2009 อ้างถึงใน Binder. Hirokawa and Windhorst. 2009)สรุปส่วนประกอบสมองที่มีความสำคัญต่อกลไกของอารมณ์ความรู้สึกคือ

(1) thalamus รับข้อมูลจากระบบรับความรู้สึก

(2) amygdale เกี่ยวข้องกับการประสานสัมพันธ์ (Co - ordinates) ของพฤติกรรมและการตอบสนองทางสรีรวิทยา เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดสัญญาณข้อมูลไปสู่ cortex เพื่อการแปลผล

(3) hypothalamus เป็นการควบคุมระบบประสาทอัตโนมัติและการตอบสนองของฮอร์โมนที่มีต่ออารมณ์ความรู้สึก

การตอบสนองที่เกี่ยวกับอารมณ์ (emotion response) เริ่มจากประสาทรับความรู้สึก รับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม สถานการณ์หรืออื่นๆ ข้อมูลจะส่งไปที่ thalamus และส่งต่อไปที่ amygdala หรือผ่านกระบวนการประมวลผลใน sensory cortex amygdala มีผลต่อการเรียนรู้และอารมณ์ความรู้สึก (emotion) การเชื่อมต่อของamygdala และ hypothalamus ช่วยในการจำในสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดอารมณ์ความรู้สึก

2. ผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เป็นการวัดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มี 6 สาระ คือ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555) สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ สาระที่ 2 การวัด สาระที่ 3 เรขาคณิต สาระที่ 4 พีชคณิต สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็นและสาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทั้งนี้ผู้สนใจสามารถศึกษารายละเอียดได้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2.2 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555) กล่าวว่า ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการ

เรียนรู้สิ่งต่าง ๆ หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดไว้ 5 ประการ คือ 1) ความสามารถในการแก้ปัญหา 2) ความสามารถในการให้เหตุผล 3) ความสามารถในการสื่อสาร 4) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ 5) ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์พอสรุปได้ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555)

(1) ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการประยุกต์ความรู้ ขั้นตอนหรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กลวิธีและยุทธวิธีแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นปัญหาที่ผู้เรียนไม่คุณเคยมาก่อนและต้องใช้การคิดที่หลากหลาย เพื่อหาแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ความสามารถในการแก้ปัญหาขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้ 1) ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา 2) ความรู้พื้นฐาน 3) ประสบการณ์ในการแก้ปัญหา 4) เจตคติต่อการแก้ปัญหา ส่วนกระบวนการแก้ปัญหาประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) การทำความเข้าใจปัญหา 2) วางแผนการแก้ปัญหา 3) ดำเนินการแก้ปัญหา 4) ตรวจสอบการแก้ปัญหา

(2) ความสามารถในการให้เหตุผล เป็นความสามารถในการใช้ความคิดวิเคราะห์และใช้เหตุผลในการหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลของสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์จากข้อมูลที่กำหนด โดยเหตุผลที่ใช้อาจแสดงถึงแนวคิดเกี่ยวกับความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง หลักการ ข้อความคาดการณ์ หรือข้อสนับสนุนของข้อสรุปที่ได้ในสถานการณ์นั้น ๆ การให้เหตุผลในวิชาคณิตศาสตร์มี 2 ประเภท คือ 1) การให้เหตุผลแบบอุปนัย เป็นการให้เหตุผลจากการสังเกตส่วนย่อย ๆ แล้วหารูปแบบ หลักการหรือข้อสรุปทั่วไป เพื่อไปใช้ในวงกว้างมากขึ้น 2) การให้เหตุผลแบบนิรนัย เป็นการให้เหตุผลจากการใช้ข้อเท็จจริง หลักการ กฎ บทนิยาม หรือความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายปัญหาหรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

(3) ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอเป็นความสามารถในการพูดและการเขียน การใช้คำศัพท์ สัญลักษณ์ ตัวแปร ตาราง กราฟ รูปภาพ และแบบจำลอง เพื่อแสดงแนวคิดหรืออธิบายแนวความคิดของตนเองให้ผู้อื่นได้รับรู้ โดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง มีความกระชับ ชัดเจน และเหมาะสม

(4) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ เป็นความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้ว มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลกับความรู้อื่น หรืองานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จำแนกเป็น 2 ลักษณะ คือ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

(5) ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นการระบวนการคิดที่อาศัยความรู้พื้นฐาน จินตนาการ และวิจารณญาณ ในการพัฒนาหรือคิดค้นองค์ความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม

2.3 เจตคติต่อคณิตศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555) กล่าวว่า “เจตคติต่อคณิตศาสตร์” เป็นความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ที่ส่งผลให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่จะตอบสนองต่อวิชาคณิตศาสตร์ในลักษณะของความชอบหรือไม่ชอบ พอใจหรือไม่พอใจ เห็นคุณค่าหรือไม่เห็นคุณค่า รวมทั้งความพร้อมหรือไม่พร้อมที่จะเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ

(1) ความตระหนักในคุณค่า หรือประโยชน์ของคณิตศาสตร์ เป็นการมองเห็นความสำคัญ คุณค่า หรือประโยชน์ของคณิตศาสตร์ที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ในการศึกษาต่อ รวมทั้งในการพัฒนาความเจริญต่าง ๆ เช่นการเห็นว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ทำให้คนมีเหตุผล หรือวิชาคณิตศาสตร์ช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

(2) ความรู้สึกต่อคณิตศาสตร์ เป็นความรู้สึกต่อผู้เรียนที่แสดงออกว่าชอบหรือไม่ชอบ พอใจหรือไม่พอใจต่อคณิตศาสตร์ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนมีประสบการณ์ในการเรียนคณิตศาสตร์ เช่น ผู้เรียนชอบแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ท้าทาย หรือมีความสุขเมื่อได้เรียนวิชาคณิตศาสตร์

(3) ความพร้อมที่จะกระทำหรือเรียนคณิตศาสตร์ เป็นความพร้อมของผู้เรียนที่จะเรียนหรือทำงานที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ หรือหลีกเลี่ยงที่จะทำสิ่งเหล่านั้นเมื่อมีโอกาส เช่น ผู้เรียนพยายามเข้าร่วมแข่งขันตอบปัญหาคณิตศาสตร์เมื่อมีโอกาส หรือผู้เรียนพร้อมที่จะเข้าร่วมกิจกรรมค่ายคณิตศาสตร์ของโรงเรียน

ปัจจัยที่มีผลต่อเจตคติต่อคณิตศาสตร์ ได้แก่

(1) ความสมดุล เป็นภาวะความคงที่ของความรู้สึกที่ไม่มีความกดดันหรือความไม่สอดคล้อง จึงทำให้เจตคติที่มีอยู่คงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง แต่หากมีความกดดันหรือความไม่กลมกลืนระหว่างความรู้สึกเดิมกับความรู้สึกใหม่ ผู้เรียนอาจปรับเปลี่ยนเจตคติใหม่ให้แตกต่างไปจากเดิม โดยจะมีการหาเหตุผลมาสนับสนุนหรืออธิบายความรู้สึกใหม่ที่เกิดขึ้นนั้น

(2) การเสริมแรง การเสริมแรงโดยการชมเชย ยกย่อง ให้รางวัล หรือวิธีการอื่นๆ เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและยอมรับข้อมูลข่าวสาร ซึ่งจะทำให้เกิดประสบการณ์ใหม่ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเจตคติต่อคณิตศาสตร์

(3) การตัดสินทางสังคม เจตคติของกลุ่มคนในสังคมมักมีผลต่อความรู้สึกของผู้ที่เป็นสมาชิก การที่ผู้เรียนเข้าไปอยู่ในกลุ่มคนที่มีเจตคติแตกต่างจากตน อาจทำให้มีการปรับเปลี่ยนเจตคติไปตามกลุ่มที่ตนสัมพันธ์อยู่ได้

3. การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ

การวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์นั้นมีเทคนิควิธีที่มีความโดดเด่นและได้รับการยอมรับในการยืนยันระหว่างโครงสร้างความสัมพันธ์ของโมเดลการวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์จากกลุ่มประชากรที่มีคุณลักษณะแตกต่างกันตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป คือ การวิเคราะห์กลุ่มพหุ (multiple group analysis หรือ multi sample analysis)

3.1 จุดมุ่งหมายของกลุ่มพหุ

การวิเคราะห์กลุ่มพหุมีจุดมุ่งหมายที่สำคัญ คือ ตรวจสอบว่าโมเดลสมการโครงสร้างที่เป็นกรอบแนวคิด (Conceptual Framework) ที่นักวิจัยสร้างขึ้นจากทฤษฎีนั้นว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ ถ้ามีความสอดคล้องกลมกลืนกันก็จะสามารถนำโมเดลที่ตรวจสอบแล้วไปอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ หัวใจสำคัญของการวิเคราะห์กลุ่มพหุนี้ คือ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจากกลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่ม โดยมีการกำหนดเงื่อนไขบังคับ (Constraints) ให้โมเดลสมการโครงสร้างที่เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยมีลักษณะเป็นแบบเดียวกันก่อนนำโมเดลไปตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ถ้าผลวิเคราะห์ที่ได้พบว่าค่าไค-สแควร์ในการทดสอบความกลมกลืนมีค่าต่ำกว่าค่าวิกฤติอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าโมเดลที่สร้างขึ้นตามทฤษฎีมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ทุกกลุ่ม และโมเดลมีลักษณะเป็นแบบเดียวกันเรียกว่า โมเดลสมการเชิงโครงสร้างไม่แปรเปลี่ยน หรือมีความยืนยงระหว่างกลุ่ม (Invariance Across Groups) (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542)

3.2 หลักการวิเคราะห์กลุ่มพหุของสมการโมเดลเชิงโครงสร้าง (multi-group structural equation model) โดยใช้โปรแกรมเอ็มพลัส (MPLus program)

Wang, J. and Wang, X. (2012) ได้กล่าวถึงหลักการวิเคราะห์กลุ่มพหุของสมการโมเดลเชิงโครงสร้างโดยใช้โปรแกรมเอ็มพลัส ดังนี้

การสร้างโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐาน (baseline SEM model) มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโมเดลสมการเชิงโครงสร้างที่มีความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในแต่ละกลุ่ม โมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานที่เกิดขึ้นอาจมีการปรับโมเดล (modification) และเส้นสัมประสิทธิ์การประมาณค่า (estimated path coefficient) ที่เกิดขึ้นระหว่างกลุ่มนั้นมีความแตกต่างกันได้ ความแปรเปลี่ยน (noninvariance) ของเส้นสัมประสิทธิ์เชิงโครงสร้างนี้ (structural path coefficient) บ่งบอกถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุในแต่ละโมเดล (แต่ละกลุ่ม) จะกล่าวถึงวิธีการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของเส้นสัมประสิทธิ์เชิงโครงสร้างนี้ (structural path coefficient) ในขั้นตอนต่อไป

การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของเส้นสัมประสิทธิ์เชิงโครงสร้าง (structural path coefficient) ระหว่างกลุ่ม

ขั้นตอนแรก การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง (direct effect) ระหว่างกลุ่ม การวิเคราะห์ขั้นตอนนี้ต้องทำการประมาณค่าโมเดลกำหนดค่าของโมเดลสมการเชิงโครงสร้าง (configural SEM model) เส้นสัมประสิทธิ์การประมาณค่า (estimated path coefficient) ทุกเส้นถูกกำหนดให้เป็นอิสระ (free) ระหว่างกลุ่ม โมเดลการวัด (measurement model) ที่ใช้คำสั่ง “BY” ทุกโมเดลจะถูกจำกัดความไม่แปรเปลี่ยน (restricted invariance) ของ item intercept และ factor loading ด้วยเหตุผล 2 ประการ ได้แก่ ประการแรกคือ โมเดลจะถูกประมาณค่า intercept ของตัวแปรแฝง (latent variable) ดังนั้นควรมีการจำกัดอย่างเท่าเทียมโดยมีการกำหนดของ item intercept เพื่อทำให้เกิดค่าเฉลี่ยของโครงสร้าง (mean structure) ให้สามารถระบุค่าได้ในโมเดล ประการที่สอง คือ การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝงและความแปรปรวนร่วม (covariate) เราต้องทำการรับรองว่าเมทริกซ์ของตัวแปรแฝงมีความเท่าเทียมระหว่างกลุ่ม นั่นคือ factor loading ของตัวแปรแฝงควรมีความไม่แปรเปลี่ยน (invariance) ระหว่างกลุ่ม ส่วนคำสั่ง “ON” ที่ใช้สร้างสมการเชิงโครงสร้างในการวิเคราะห์กลุ่มพหุของสมการโมเดลเชิงโครงสร้าง หรือแสดงเส้นอิทธิพลของตัวแปรต้นที่มีผลต่อตัวแปรตาม สมการเชิงโครงสร้างจะระบุสมการโครงสร้างทั้งโมเดล (overall model) ในแต่ละกลุ่มที่เหมือนกันเท่านั้น แต่เส้นสัมประสิทธิ์เชิงโครงสร้าง (structural path coefficient) จะถูกประมาณค่าอย่างอิสระในแต่ละกลุ่มโดยไม่ถูกจำกัดให้เท่าเทียม

ขั้นตอนที่สอง การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) ระหว่างกลุ่ม ความแปรเปลี่ยน (noninvariance) ของอิทธิพลทางอ้อมระหว่างกลุ่ม หมายถึง การเกิดขึ้นของปฏิสัมพันธ์ (interaction) ของอิทธิพลทางอ้อมและปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่ม โปรแกรม MPlus สามารถใช้คำสั่ง Model Constraint เพื่อสร้างอิทธิพลทางอ้อมระหว่างกลุ่ม หลังจากนั้นใช้คำสั่ง Model Test ทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางอ้อมระหว่างกลุ่ม และคำสั่ง Model Test ใช้สถิติ Wald Test เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางอ้อมระหว่างกลุ่ม พิจารณาความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ใช้เกณฑ์ดัชนีตามข้อสรุปและงานวิจัยของ Hu and Bentler (1999) อ้างถึงใน บุรทิน ขำภิรัฐ (2548) มีดังนี้

ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืน	**เกณฑ์ระดับความกลมกลืน**
- χ^2/df	<2
-ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมไม่อิงเกณฑ์ (TLI)	>0.9
-ดัชนีความสอดคล้องเชิงเปรียบเทียบ (CFI)	>0.9
-ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของ	<0.05 =สอดคล้องดี
-การประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (RMSEA)	0.05-0.08=พอใช้ได้
	0.08-0.1=ไม่ค่อยดี

>0.1=สอดคล้องไม่ดี

-ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน (SRMR) <0.05

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยของ Yazicilar and Güven (2009) ที่ศึกษาผลกระทบของรูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ เจตคติ (attitude) และระดับการระลึกได้ (recall level) พบว่า รูปแบบการเรียนรู้ส่งผลต่อผลการเรียนรู้ และระดับการระลึกได้ (recall level) แต่ไม่ส่งผลต่อเจตคติ (attitude) Komarraju and others (2011) ได้ศึกษาอิทธิพลของบุคลิกภาพ (personality) และรูปแบบการเรียนรู้ที่มีต่อผลการเรียนรู้ พบว่าทั้งบุคลิกภาพและรูปแบบการเรียนรู้มีบทบาทสำคัญและส่งผลต่อผลการเรียนรู้ Orhun (2012) ได้ดำเนินการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ โดยเปรียบเทียบตามรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน พบว่า ผลการเรียนรู้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Jahanbakhsh (2012) ได้ดำเนินการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ พบว่า รูปแบบการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับผลการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญ มากกว่านั้นผลการเรียนรู้ยังสัมพันธ์กับปัจจัยนำเข้า (input) อีกด้วย Rezaeinejad, Azizifar and Gowhary (2015) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและรูปแบบการเรียนรู้ พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Omar, Mohamad and Paimin (2015) พบว่า รูปแบบการเรียนรู้มีความแตกต่างในแต่ละบุคคลและสามารถใช้เพื่อระบุแนวโน้มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้ ดังนั้นสรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่แตกต่างกันส่งผลต่อระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อีกทั้ง Anderson (2009) กล่าวว่า รูปแบบการเรียนรู้ส่งผลต่อความตั้งใจอีกด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen and Wu (2015) พบว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่ต่างกันส่งผลต่อผลการเรียนรู้ อารมณ์และสมรรถภาพทางพุทธิปัญญา (cognitive ability) ที่แตกต่างกันRiding and others (2003) พบว่ารูปแบบการเรียนรู้ส่งผลต่อความจำขณะทำงาน (working memory) และพฤติกรรมการเรียนรู้ (learning behavior) ดังนั้นรูปแบบการเรียนรู้นอกจากจะส่งผลต่อผลการเรียนรู้แล้วยังส่งผลต่อความตั้งใจความจำขณะทำงาน และอารมณ์อีกด้วย

จากการศึกษางานวิจัย ของ Anobile, Stievano and Burr (2013) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความตั้งใจและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่า ความตั้งใจมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Dulaney, Vasilyeva, and O'Dwyer (2015) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางพุทธิปัญญา ได้แก่ ความสามารถในการสะสมข้อมูล (storage) และความตั้งใจ (attention) กับผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พบว่า ทั้งสองตัวแปรนี้ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Memmedova (2015) ได้ทำการศึกษาสมการโมเดลเชิงโครงสร้าง (structural equation model) ของผลสัมฤทธิ์คณิตศาสตร์ โดยใช้ความตั้งใจเป็นตัวแปรต้นตัวหนึ่ง พบว่า ความตั้งใจส่งผล

ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เช่นกัน Stevens and Bavelier (2012) ได้ดำเนินการวิจัยเชิงสำรวจ ใช้เครื่องตรวจวัดคลื่นสมอง (electroencephalogram: EEG) พบว่า บริเวณสมองและคลื่นสมองที่ดำเนินการขณะมีความตั้งใจมีความสัมพันธ์กับบริเวณสมองและคลื่นสมองที่ดำเนินงานทางผลการเรียนรู้ทางวิชาการ มากกว่านั้นงานวิจัยของ Srikoon and others (2012) ได้ทำการศึกษาสมการโมเดลเชิงเส้นของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าความตั้งใจส่งผลผ่านความจำขณะทำงานเพื่อส่งต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกด้วย ดังนั้นสรุปว่า ความตั้งใจส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ Ren, Schweizer and Xu (2013) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสนใจอย่างต่อเนื่อง (sustained attention) กับความมีเหตุผล (reasoning) ซึ่งบางทฤษฎีถือว่าความสนใจอย่างต่อเนื่องนี้เป็นหน่วยบริหารจัดการ (executive function) เป็นหน้าที่การทำงานส่วนหนึ่งของความจำขณะทำงาน พบว่า ความสนใจอย่างต่อเนื่องส่งผลต่อการมีเหตุผลอย่างเห็นได้ชัด และ Buehner, Krumm and Pick (2005) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความตั้งใจ ความจำขณะทำงาน และความมีเหตุผล พบว่า ความตั้งใจส่งผลต่อความมีเหตุผลไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความจำขณะทำงานส่งผลต่อความมีเหตุผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Pagano, Lombardi and Mazza (2014) ทำการศึกษาการทำงานของความตั้งใจและความจำขณะทำงาน โดยใช้เครื่องตรวจวัดคลื่นสมอง (electroencephalography: EEG) พบว่า คลื่นอีอาร์พี (event-related potential: ERP) ของความตั้งใจและความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์กันทางบวก แสดงว่าความตั้งใจและความจำขณะทำงานมีปริมาณการดำเนินงานไปในทิศทางเดียวกัน Egami and others (2015) ได้ศึกษาอิทธิพลของความตั้งใจ ความจำระยะสั้น (short-term memory) และความจำขณะทำงานพบว่าความตั้งใจส่งผลต่อทั้งความจำระยะสั้นและความจำขณะทำงาน Bertrand and Camos (2015) ได้ศึกษาบทบาทของความตั้งใจที่ส่งผลต่อความจำขณะทำงาน พบว่า ความตั้งใจส่งผลต่อความจำขณะทำงาน และยังก่อให้เกิดคำถามต่างๆ ตามมาเพื่อช่วยให้รักษาความจำเหล่านั้นไว้ได้Li and others (2017) ได้ศึกษากลไกการทำงานของความจำขณะทำงานและความตั้งใจ โดยใช้เครื่องมือทางการแพทย์ที่เรียกว่า transcranial direct current stimulation (tDCS) ซึ่งสามารถมองเห็นภาพถ่ายพื้นที่สองได้ พบว่า ความตั้งใจส่งผลต่อความจำขณะทำงานอย่างเห็นได้ชัดมากกว่านั้น

Ravizza and Hazeltine (2013) ดำเนินการศึกษาวิธีการกระตุ้นความตั้งใจเพื่อยกระดับกระบวนการประมวลผลสารสนเทศ พบว่า การกระตุ้นความตั้งใจสามารถยกระดับการทำงานของความจำขณะทำงานได้ การกระตุ้นความตั้งใจส่งผลต่อความสามารถในการดำเนินงานของความจำขณะทำงานได้อย่างมีนัยสำคัญ สรุปว่า ความตั้งใจส่งผลทางตรงต่อความจำขณะทำงาน และอาจส่งผลทางอ้อมต่อการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยส่งผ่านทางความจำขณะทำงาน

Bresgi, Alexander and Seabi (2017) ได้ทำการทำนายผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยความจำขณะทำงาน ซึ่งใช้ความจำขณะทำงานเชิงพื้นที่ (spatial working memory) และความจำ

ขณะทำงานด้านวาจา (verbal working memory) พบว่าความจำขณะทำงานทั้งสองประเภทสามารถทำนายผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ แต่ความจำขณะทำงานเชิงพื้นที่มีบทบาทสำคัญมากกว่าความจำขณะทำงานด้านวาจา Maehler and Schuchardt (2016) ได้ทำการศึกษาบาทบาทของความจำขณะทำงานต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ความจำขณะทำงานสามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ ควรพัฒนาความจำขณะทำงานเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน Vandenbroucke, Verschueren and Baeyens (2017) ได้ทำการพัฒนาหน่วยบริหารจัดการ (executive function) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของความจำขณะทำงาน เพื่อเพิ่มผลการเรียนรู้ และได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานและผลการเรียนรู้ พบว่า ความจำขณะทำงานสามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการได้ ดังนั้นจึงควรพัฒนาหน่วยบริหารจัดการ (executive function) เพื่อยกระดับผลการเรียนรู้ของผู้เรียน พร้อมทั้งงานวิจัยของ Giofrè, and others (2013) และ Raghubar, Barnes and Hecht (2010) พบว่า ความจำขณะทำงานส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่ง Cragg and others (2017) กล่าวว่าผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ทั้งด้านเนื้อหา การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเจตคติ ถูกทำนายด้วยหน่วยบริหารจัดการ (executive function) ด้วยค่าความสัมพันธ์ที่สูงมาก สรุปได้ว่า ความจำขณะทำงานส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

Buehner, Krumm and Pick (2005) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความตั้งใจ ความจำขณะทำงาน และการให้เหตุผล พบว่า ความตั้งใจส่งผลต่อการให้เหตุผลไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความจำขณะทำงานส่งผลต่อการให้เหตุผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Gómez-Chacón, and others (2014) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อ การสะท้อนทางพุทธิปัญญา (cognitive reflection) ความจำขณะทำงาน ความมีเหตุผล และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ผลที่สำคัญพบว่า ความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์กับความมีเหตุผลสูงมาก Ariës and others (2016) ได้ดำเนินการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความจำขณะทำงานและการให้เหตุผล ดังนั้นสรุปว่า ความจำขณะทำงานส่งผลต่อการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้

Dettmers and et.al (2011) เพื่อทดสอบอารมณ์ของนักเรียนขณะทำการบ้านวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า อารมณ์ทางลบส่งผลให้นักเรียนมีความพยายามในการทำการบ้าน และส่งผลทางลบต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ Marchand and Gutierrez (2012) ได้ทำการวิจัยบทบาทเกี่ยวกับบทบาทของอารมณ์ในกระบวนการเรียนรู้โดยใช้สมการโมเดลเชิงโครงสร้าง พบว่า อารมณ์ ได้แก่ ความวิตกกังวล (anxiety) ความหวัง (hope) ส่งผลต่อยุทธศาสตร์การเรียนรู้ของผู้เรียน Adams, Simmons and Willis (2015) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อ อารมณ์ และการเรียนรู้ข้อความ พบว่า ความเชื่อเป็นตัวแปรที่ทำนายอารมณ์ได้ และอารมณ์สามารถทำนายผลการเรียนรู้ข้อความได้ Hanin and Van Nieuwenhoven (2016) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของแรงจูงใจ

และอารมณ์ต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา พบว่า อารมณ์สามารถทำนายผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้สูงมาก ดังนั้นสรุปได้ว่าอารมณ์ส่งผลต่อผลการเรียนรู้

Pauly and others (2010) ได้ทำการศึกษาความจำขณะทำงานและอารมณ์ โดยใช้เครื่องเอฟเอ็มอาร์ไอ (fMRI) พบว่าบริเวณสมองที่ทำหน้าที่ควบคุมการนำเข้าสารสนเทศที่เชื่อมโยงกับอารมณ์ถูกกระตุ้นแล้วสารสนเทศเหล่านี้ไปกระตุ้นสมองบริเวณเซเรเบลล่า (cerebellar region) ที่เป็นบริเวณที่ความจำขณะทำงานดำเนินงาน Grimm and others (2012) ได้ศึกษากลไกของระบบประสาทที่บูรณาการระหว่างอารมณ์และความจำขณะงาน พบว่า เมื่อกระตุ้นด้วยตัวกระตุ้นอารมณ์จะเพิ่มการดำเนินงานของพื้นที่สองด้านหน้า (lateral prefrontal regions) Meng and others (2017) ได้ทำการศึกษาอิทธิผลของอารมณ์ที่ส่งผลต่อความจำเชิงการรับรู้ (recognition memory) พบว่าอารมณ์สามารถทำนายความจำเชิงการรับรู้ ดังนั้นสรุปว่า อารมณ์สามารถกระตุ้นให้เกิดความจำขณะทำงานได้

Geday and Gjedde (2009) ได้ทำการวิจัยสำรวจกระบวนการทำงานของความตั้งใจและอารมณ์โดยใช้เครื่อง positron emission tomography (PET) พบว่ากระบวนการทำงานของอารมณ์สามารถกระตุ้นหรือส่งเสริมระบบประสาทบริเวณ inferior prefrontal cortex ซึ่งส่งเสริมการเกิดความตั้งใจ Kissler, and others (2009) ได้ทำการวิจัยศึกษากระบวนการทำงานของความตั้งใจและอารมณ์ โดยใช้เครื่องตรวจวัดคลื่นสมอง (electroencephalography: EEG) โดยวัดจากคลื่นอีอาร์พี (event-related potential: ERP) พบว่า อารมณ์มีปฏิสัมพันธ์กับความตั้งใจสูงมาก

Pêcher, Lemercier and Cellier (2009) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของดนตรีของอารมณ์ต่าง ๆ ในการขับเคลื่อนพฤติกรรม พบว่า อารมณ์เป็นตัวขับเคลื่อนความตั้งใจ Perlman and others (2014) ได้ทำการศึกษา ปฏิกิริยาของอารมณ์และผลกระทบของอารมณ์ต่อความตั้งใจ และความตั้งใจต่ออารมณ์ พบว่า อารมณ์มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับความตั้งใจสูงมาก สรุปได้ว่าอารมณ์ส่งผลต่อความตั้งใจ

เพศ (gender) เป็นตัวแปรหนึ่งอันเป็นที่สนใจของนักวิจัยทางสังคมศาสตร์ ดังเห็นได้จากการวิจัยของ Tabatabaei and Mashayekhi (2013) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและรูปแบบการเรียนรู้ตามเพศ พบว่า เมื่อจำแนกรูปแบบการเรียนรู้ตามเพศแล้วไม่มีความแตกต่างกัน Gradl-Dietsch and others (2016) ยังพบว่า รูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนเมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างเพศนั้นไม่มีความแตกต่างกัน หรือเพศไม่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั่นเอง แต่สิ่งที่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันคือวิธีสอนนั่นเอง ดังนั้นสรุปได้ว่ารูปแบบการเรียนรู้ไม่มีความแตกต่างกันตามเพศ

Buhusi, Bartlett and Buhusi (2017) ได้ทำการศึกษาความแตกต่างระหว่างเพศของความตั้งใจ พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศของความตั้งใจ และKinney, Boffa and Amir

(2017) ได้ศึกษาความแตกต่างของความตั้งใจตามเพศเช่นกัน พบว่า ความตั้งใจไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศ สอดคล้องกับ Solianik, Brazaitis and Skurvydas (2016) พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศของความตั้งใจ และยังพบอีกว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศของความจำขณะทำงานอีกด้วย Hill, Laird and Robinson (2014) ได้ศึกษาความแตกต่างของความจำขณะทำงานระหว่างเพศ พบว่า ความจำขณะทำงานไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศเช่นกัน ดังนั้นสรุปว่าทั้งความจำขณะทำงานและความตั้งใจไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศ มากกว่านั้น Pânişoară, Pânişoară and Sandu (2015) และ Chraif and Anitei (2013) ทำการวิจัยเปรียบเทียบความแตกต่างของอารมณ์ระหว่างเพศ พบว่า ไม่มีความแตกต่างของอารมณ์ระหว่างเพศ ดังนั้นตัวแปรความตั้งใจ ความจำขณะทำงานและอารมณ์ไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศ เมื่อผู้วิจัยพิจารณาตัวแปรอิสระทั้ง 4 ตัวแปร คือ รูปแบบการเรียนรู้ ความตั้งใจ ความจำขณะทำงานและอารมณ์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ผลการสังเคราะห์แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ที่	งานวิจัย	ตัวแปรอิสระ			
		รูปแบบการเรียนรู้	ความตั้งใจ	ความจำขณะทำงาน	อารมณ์
1	Yazicilar and Güven. (2009)	✓			
2	Komarraju and others. (2011)	✓			
3	Orhun. (2012)	✓			
4	Jahanbakhsh. (2012)	✓			
5	Rezaeinejad, Azizifar and Gowhary. (2015)	✓			
6	Omar, Mohamad and Paimin. (2015)	✓			
7	Anderson. (2009)	✓	✓		
8	Chen and Wu. (2015)	✓			✓
9	Riding and others. (2003)	✓	✓	✓	✓
10	Anobile, Stievano and Burr. (2013)		✓		

ตาราง 2 ผลการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ต่อ)

ที่	งานวิจัย	ตัวแปรอิสระ			
		รูปแบบการเรียนรู้	ความตั้งใจ	ความจำขณะทำงาน	อารมณ์
11	Dulaney, Vasilyeva, and O'Dwyer. (2015)		✓		
12	Memmedova. (2015)		✓		
13	Stevens and Bavelier. (2012)		✓		
14	Srikoon and others. (2012)		✓	✓	
15	Ren, Schweizer and Xu. (2013)		✓	✓	
16	Buehner, Krumm and Pick. (2005)		✓	✓	
17	Pagano, Lombardi and Mazza. (2014)		✓	✓	
18	Egami and others. (2015)		✓	✓	
19	Bertrand and Camos. (2015)		✓	✓	
20	Li and others. (2017)		✓	✓	
21	Ravizza and Hazeltine. (2013)		✓	✓	
21	Ravizza and Hazeltine. (2013)		✓	✓	
22	Bresgi, Alexander and Seabi. (2017)			✓	
23	Maehler and Schuchardt. (2016)			✓	
24	Vandenbroucke, Verschueren and Baeyens. (2017)			✓	
25	Giofrè, and others. (2013)			✓	
26	Raghubar, Barnes and Hecht. (2010)			✓	

ตาราง 2 ผลการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ต่อ)

ที่	งานวิจัย	ตัวแปรอิสระ			
		รูปแบบการเรียนรู้	ความตั้งใจ	ความจำขณะทำงาน	อารมณ์
27	Cragg and others. (2017)			✓	
28	Buehner, Krumm and Pick. (2005)			✓	
29	Gómez-Chacón, and others. (2014)				
30	Ariës and others. (2016)			✓	
31	Dettmers and others. (2011)				✓
32	Marchand and Gutierrez. (2012)				✓
33	Adams, Simmons and Willis. (2015)				✓
34	Hanin and Van Nieuwenhoven. (2016)				✓
35	Pauly and others. (2010)			✓	✓
36	Grimm and others. (2012)			✓	✓
37	Meng and others. (2017)			✓	✓
38	Geday and Gjedde. (2009)		✓		✓
39	Kissler, and others. (2009)		✓		✓
40	Pêcher, Lemercier and Cellier. (2009)		✓		✓
41	Perlman and others. (2014)		✓		✓

ผู้วิจัยได้ศึกษาความแตกต่างระหว่างเพศของตัวแปรต่าง ๆ สรุปได้ดังตาราง 3

ตาราง 3 ผลการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างเพศของตัวแปรอิสระ

ที่	งานวิจัย	ตัวแปรอิสระ			
		รูปแบบการเรียนรู้	ความตั้งใจ	ความจำขณะทำงาน	อารมณ์
1	Tabatabaei and Mashayekhi. (2013)	✓			
2	Gradl-Dietsch and others. (2016)	✓			
3	Buhusi, Bartlett and Buhusi. (2017)		✓		
4	Kinney, Boffa and Amir. (2017)		✓		
5	Solianik, Brazaitis and Skurvydas. (2016)		✓	✓	
6	Hill, Laird and Robinson, (2014)			✓	
7	Pânişoară, Pânişoară and Sandu. (2015)				✓
8	Chraif and Anitei. (2013)				✓

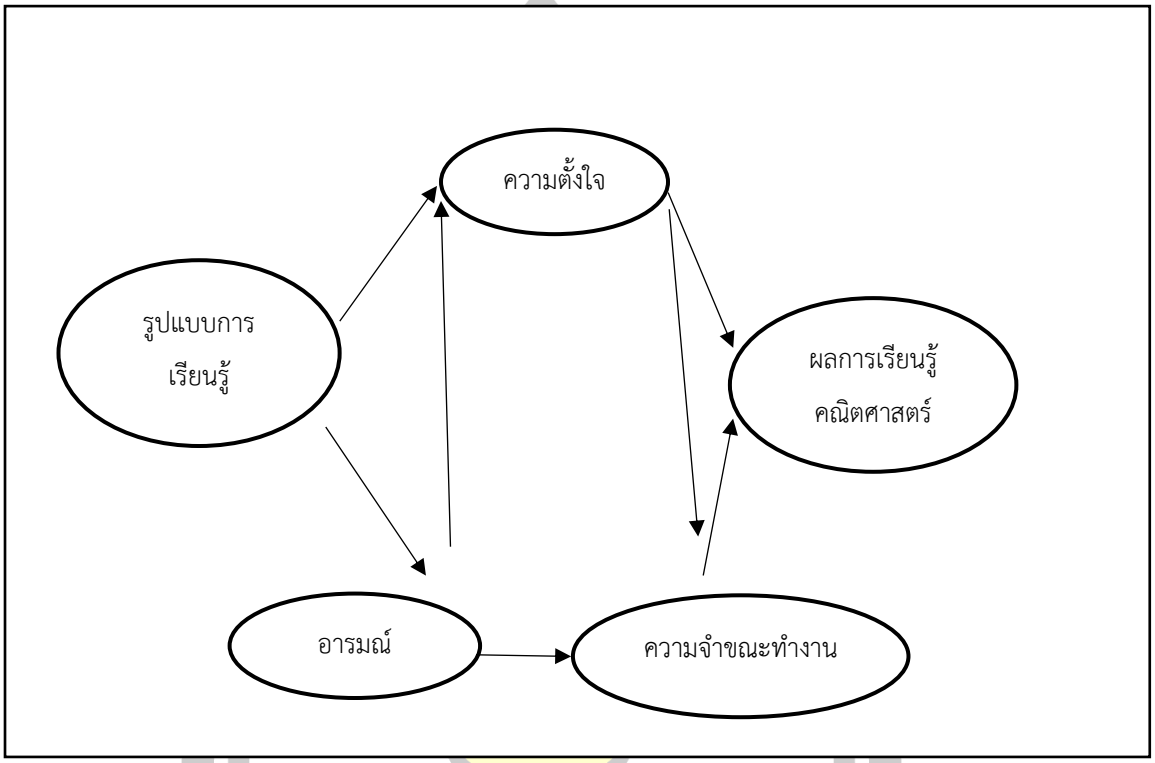
6. กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า กระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยตัวแปรที่สำคัญ ได้แก่ รูปแบบการเรียนรู้ ความตั้งใจ ความจำขณะทำงาน และอารมณ์ (Anderson, 2009) เมื่อพิจารณาผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน (กระทรวงศึกษาธิการ. 2550) ประกอบด้วย 3 ตัวแปรที่สังเกตได้ คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อคณิตศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยมีตัวแปรของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาท

วิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังนี้ รูปแบบการเรียนรู้ ประกอบด้วย 4 แบบ ได้แก่ แบบนักคิด แบบนักบริหารจัดการ แบบนักมนุษยนิยม แบบนักสร้างสรรค์ (ประยุทธ ไทยธานี. 2550) อารมณ์ ประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ ความตื่นตัว ความสงบ และความพอใจ (Bond and Ladder. 1974) ความตั้งใจ ประกอบด้วย 4 ตัวแปร ได้แก่ การตอบสนอง การคัดแยกตัวเลข การคัดเลือกตัวเลขขั้นพื้นฐาน และการคัดเลือกตัวเลขขั้นสูง และความจำขณะทำงาน ประอบด้วย 4 ตัวแปร ได้แก่ การจำแนกประเภทของตัวเลข การผลัดเปลี่ยนความคิด การรู้ทันตัวเลข และความสอดคล้องของคำและความหมาย (ทัศนีย์ บุญเติม. 2557)

มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สรุปได้ดังนี้ รูปแบบการเรียนรู้ส่งผลต่อความตั้งใจ (Anderson. 2009; Riding and others. 2003) และยังส่งผลต่ออารมณ์ (Anderson. 2009; Chen and Wu. 2015) อารมณ์ส่งผลต่อความตั้งใจ (Geday and Gjedde. 2009; Kissler, and others. 2009; Pêcher, Lemercier and Cellier. 2009; Perlman and others. 2014) อารมณ์ส่งผลต่อความจำขณะทำงาน (Pauly and others. 2010; Grimm and others. 2012; Meng and others. 2017) ความตั้งใจส่งผลต่อความจำขณะทำงาน (Raphaëlle Bertrand, Valérie Camos. 2015) ความตั้งใจส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (Anobile, Stievano and Burr. 2013; Dulaney, Vasilyeva, and O'Dwyer. 2015)และความจำขณะทำงานส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์อีกด้วย (Maehler and Schuchardt. 2016; Bresgi, Alexander and Seabi. 2017; Cragg and others. 2017) มากกว่านั้น พบว่า กระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์มีความแตกต่างกันตามเพศอีกด้วย (Anderson. O.R. 2009; Hardiman. 2012) ดังแสดงในภาพประกอบ 4 กรอบแนวคิดการวิจัย

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

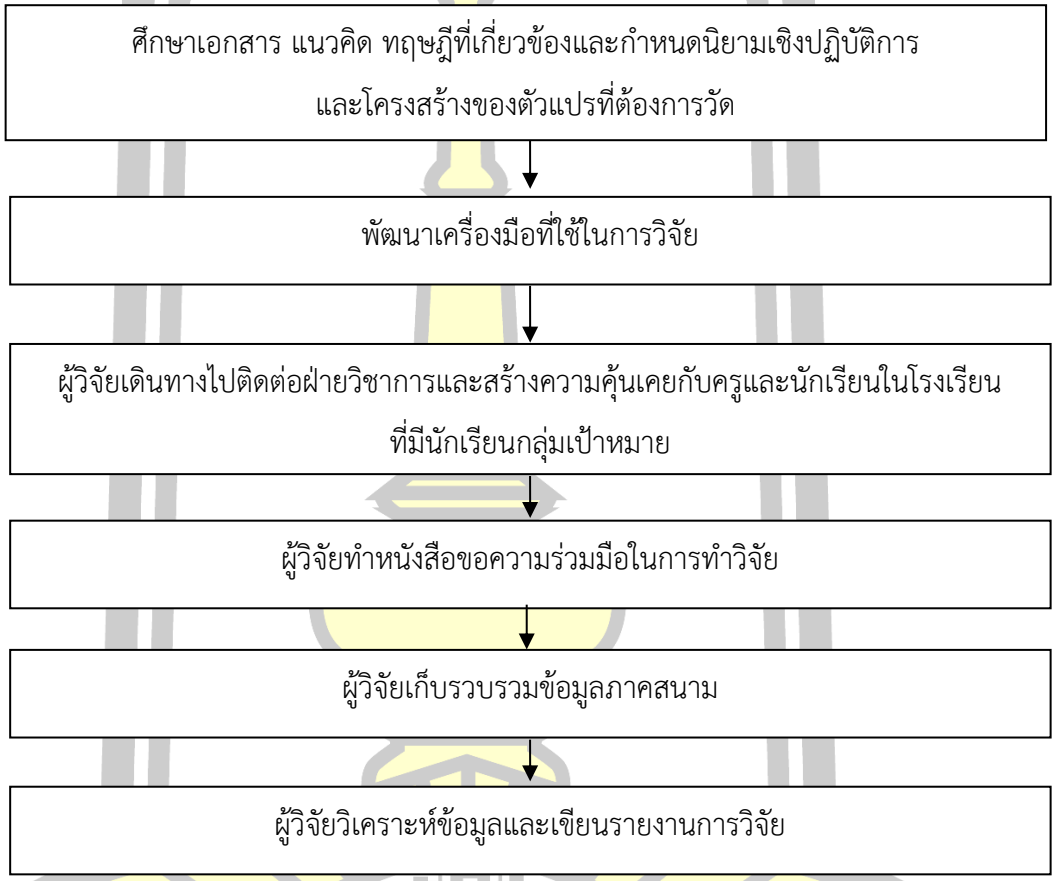


ภาพประกอบ 4 กรอบแนวคิดการวิจัย

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุของแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีวิธีดำเนินการวิจัย สรุปเป็นภาพประกอบ 5 วิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้



ภาพประกอบ 5 สรุปขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย

จากภาพประกอบ 5 แสดงวิธีดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำกับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรของการวิจัยนี้ คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การมัธยมศึกษา เขต 32 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 10,292 คน (กลุ่มสารสนเทศสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2560)

1.2 กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การมัธยมศึกษา เขต 32 ปีการศึกษา 2560 ผู้วิจัยต้องใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างประมาณ 20 เท่าของจำนวนพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าในโมเดล Weiss (อ้างถึงใน นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2537) งานวิจัยนี้มีตัวแปรที่สังเกตได้ทั้งหมด 25 ตัวแปร ดังนั้นขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมกับงานวิจัยครั้งนี้คือ 500 คน แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ (multiple group structural equation model) โดยวิเคราะห์ความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลตามเพศ ประชากรจึงแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ขนาดของกลุ่มตัวอย่างจึงต้องเป็น 2 เท่า คือ 1,000 คน ผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (stratified random sampling) คือ แบ่งโรงเรียนตามขนาดของโรงเรียน ได้แก่ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2555) และสุ่มเลือกโรงเรียนตามขนาดโรงเรียน หลังจากนั้นเลือกตัวอย่างนักเรียนในแต่ละโรงเรียนตามสัดส่วนจำนวนนักเรียนในโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 1,504 คน รายละเอียดดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงกลุ่มตัวอย่างจากแต่ละโรงเรียน

ขนาดโรงเรียน	ชื่อโรงเรียน	เพศชาย	เพศหญิง	รวม
ขนาดเล็ก	โรงเรียนสองห้องพิทยาคม	30	30	60
(น้อยกว่า 499 คน)	โรงเรียนสวายจีกพิทยาคม	30	30	60
ขนาดกลาง	โรงเรียนตูมใหญ่วิทยา	30	30	60
(500-999 คน)	โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาคม	30	30	60
ขนาดใหญ่ (1,000 -1,499 คน)	โรงเรียนภัทรบพิตร	150	150	300
ขนาดใหญ่พิเศษ	โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม	275	275	550
(1,500 คนขึ้นไป)	โรงเรียนพุทไธสง	207	207	414
รวม		752	752	1,504

จากตาราง 4 สรุปได้ดังนี้

2.1 โรงเรียนขนาดเล็ก คือ โรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียนตั้งแต่ 499 คนลงมา สุ่มได้จำนวน 2 โรงเรียน คือ โรงเรียนสองห้องพิทยาคม จำนวน 60 คน และโรงเรียนสวายจีกพิทยาคม จำนวน 60 คนรวมทั้งสิ้น 120 คน

2.2 โรงเรียนขนาดกลาง คือ โรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียน 500-999 คน สุ่มได้จำนวน 2 โรงเรียน คือ โรงเรียนตูมใหญ่วิทยา จำนวน 60 คน และโรงเรียนนาโพธิ์พิทยาคม จำนวน 60 คน รวมทั้งสิ้น 120 คน

2.3 โรงเรียนขนาดใหญ่ คือ โรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียน 1,000 -1,499 คน สุ่มได้จำนวน 1 โรงเรียน คือ โรงเรียนภัทรบพิตร จำนวน 300 คน

2.4 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ คือ โรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียน 1,500 คนขึ้นไป สุ่มได้จำนวน 2 โรงเรียน คือ โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม จำนวน 550 คน และโรงเรียนพุทไธสง จำนวน 414 คน รวมทั้งสิ้น 964 คน

3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

3.1 ตัวแปรแฝงภายนอก ได้แก่ รูปแบบการเรียนรู้ ได้แก่ ตัวแปรที่สังเกตได้แบบนักคิด ตัวแปรที่สังเกตได้แบบนักบริหาร ตัวแปรที่สังเกตได้แบบนักมนุษยนิยม และตัวแปรที่สังเกตได้แบบนักสร้างสรรค์

3.2 ตัวแปรแฝงภายใน ได้แก่

3.2.2 ความตั้งใจ ได้แก่ ตัวแปรที่สังเกตได้การตอบสนอง ตัวแปรที่สังเกตได้การคัดแยกตัวเลข ตัวแปรที่สังเกตได้การคัดเลือกตัวเลขขั้นพื้นฐาน และตัวแปรที่สังเกตได้การคัดเลือกตัวเลขขั้นสูง

3.2.3 อารมณ์ ได้แก่ ตัวแปรที่สังเกตได้ความตื่นตัว ตัวแปรที่สังเกตได้ความสงบ และตัวแปรที่สังเกตได้ความพอใจ

3.2.4 ความจำขณะทำงาน ได้แก่ ตัวแปรที่สังเกตได้การจำแนกประเภทของตัวเลข แปรที่สังเกตได้การผลัดเปลี่ยนความคิด ตัวแปรที่สังเกตได้การรู้ทันตัวเลข และตัวแปรที่สังเกตได้ความสอดคล้องของคำและความหมาย

3.3 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

3.3.1 ตัวแปรที่สังเกตได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3.2 ตัวแปรที่สังเกตได้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 6 ทักษะ ได้แก่ (1) ทักษะการแก้ปัญหา (2) ทักษะการให้เหตุผล (3) ทักษะการสื่อสาร (4) ทักษะการเชื่อมโยง และ (6) ทักษะการคิดริเริ่ม

3.3.3 ตัวแปรที่สังเกตได้เจตคติต่อคณิตศาสตร์ ได้แก่ ความตระหนักในคุณค่า ความรู้สึกต่อคณิตศาสตร์ และความพร้อมที่จะเรียนคณิตศาสตร์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้

1) แบบสำรวจรูปแบบการเรียนรู้ เป็นแบบประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 สเกล จำนวน 40 ข้อ ของ ประยุทธ ไทยธานี (2550) ที่พัฒนาขึ้นตามแนวคิดทฤษฎีสมองซีกซ้ายและซีกขวาเป็นฐาน ประกอบด้วย 4 แบบ คือ แบบนักคิด แบบนักบริหารจัดการ แบบนักมนุษยนิยม และแบบนักสร้างสรรค์ แบบสอบถามนี้ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) เรียบร้อยแล้ว และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.94 ผู้วิจัยจึงดำเนินการหาความเที่ยง (reliability) ด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) อีกครั้งหนึ่งมีค่าเท่ากับ 0.954 ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 30 นาที

2) ซอฟแวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน เป็นแบบทดสอบทางคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เลขที่คำขอแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ต่อกรมทรัพย์สินทางปัญญา เลขที่ 366877 ซอฟแวร์นี้ประกอบด้วยแบบวัดความตั้งใจจำนวน 4 แบบทดสอบ ได้แก่ 1) แบบวัดการตอบสนอง 2) แบบวัดการคัดแยกตัวเลข 3) แบบวัดการคัดเลือกตัวเลขขั้นพื้นฐาน 4) แบบวัดการคัดเลือกตัวเลขขั้นสูง และแบบวัดความจำขณะทำงาน จำนวน 4 แบบทดสอบ ได้แก่ 1) แบบวัดการจำแนกประเภทของตัวเลข (Basic Processing) 2) แบบวัดการผลัดเปลี่ยนความคิด (Shifting working memory) 3) แบบวัดการรู้ทันตัวเลข (Updating working memory) 4) แบบวัดความสอดคล้องของคำและความหมาย (Inhibition working memory) ทั้ง 8 แบบทดสอบได้ผ่านการตรวจสอบความตรงเนื้อหา (content validity) และผู้วิจัยจึงดำเนินการตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎี (construct validity) ของแบบวัดความตั้งใจและแบบวัดความจำขณะทำงาน ดังรายละเอียดดังภาคผนวก ฉ และภาคผนวก ช ตามลำดับ และหาความเที่ยง (reliability) ด้วย KR-20 มีค่า 0.960 และ 0.972 ตามลำดับใช้เวลาทำแบบทดสอบ 60 นาที

3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ของ วัชราภรณ์ เกียรติบุญญาฤทธิ์ (2549) เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ มีเนื้อหาครอบคลุมวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น แบบทดสอบนี้ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) เรียบร้อยแล้ว และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.85 ผู้วิจัยดำเนินการหาค่าความเที่ยงอีกครั้งมีค่าเท่ากับ 0.935 ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 60 นาที

4) แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 32 ข้อ ของ จริยาวดี ชูวงศ์ศิริกุล (2550) วัด 5 ด้าน คือ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การเชื่อมโยง และการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ แบบทดสอบนี้ผ่านการตรวจสอบ

ความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงดำเนินการหาความเที่ยง (reliability) ด้วย KR-20 ในงานวิจัยครั้งนี้มีค่าเท่ากับ 0.970 ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 60 นาที

5) แบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์ เป็นแบบประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 สเกล จำนวน 14 ข้อ ของ กระทรวงศึกษาธิการ (2555) วัด 3 ด้าน คือ การตระหนักในคุณค่า ความรู้สึกต่อคณิตศาสตร์ และ ความพร้อมที่จะเรียนคณิตศาสตร์ ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ และหาความเที่ยง (reliability) ด้วย KR-20 มีค่าเท่ากับ 0.983 ใช้เวลาทำแบบวัดนี้ 20 นาที

6) แบบทดสอบสภาวะทางอารมณ์ เป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 10 สเกล จำนวน 16 ข้อ ประเมิน 3 ด้าน คือ ความตื่นตัว (alertness) ความสงบ (calmness) และความพอใจ (contentedness) ของภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นและดำเนินการตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎี (construct validity) เรียบร้อยแล้ว(Sanit Srikoon, Nongluk Viriyapong, and Nipaporn Chutiman. 2018) และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.888 (ศานิตย์ ศรีคุณ. 2558) และผู้วิจัยดำเนินการหาความเที่ยงอีกครั้งมีค่าเท่ากับ 0.949 ใช้เวลาทำแบบวัดนี้ 20 นาที

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยนี้ มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดความเข้าใจในหลักการแนวคิดต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการกำหนดกรอบแนวคิดในการวัดตัวแปร จากนั้นกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการและโครงสร้างของตัวแปรที่ต้องการวัด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ และปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือจนเครื่องมือมีคุณภาพ

ขั้นตอนที่ 3 ผู้วิจัยทำหนังสือขอความร่วมมือในการทำวิจัยเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 4 ผู้วิจัยเดินทางไปติดต่อฝ่ายวิชาการของโรงเรียน เพื่อขออนุญาตวางแผนในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 5 ผู้วิจัยเดินทางไปเก็บข้อมูลด้วยตนเองและทีมงาน ตามวันเวลาที่วางแผนไว้

4. การจัดกระทำกับข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้มีวิธีการจัดกระทำกับข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาคุณภาพเครื่องมือ ตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎี (construct validity) ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสอดคล้อง

กลมกลืนระหว่างทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis) โดยใช้โปรแกรมเอ็มพลัส (MPlus Program)

4.2 วิเคราะห์เพื่อศึกษาข้อมูลตัวแปรของการวิจัยโดยใช้ค่าความถี่ (frequency: F) ร้อยละ (percent: %) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: S.D.) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (CV) ค่าสูงสุด (maximum) ค่าต่ำสุด (minimum) ค่าเฉลี่ย (mean: $\bar{x}$) ความเบ้ (skewness) ความโด่ง (kurtosis) และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coeffienct) โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window ในการวิเคราะห์

4.3 วิเคราะห์เพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้อ 1 เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลสมการโครงสร้างตามทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยใช้โปรแกรมเอ็มพลัส (MPlus Program)

4.4 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์ข้อ 2 เป็นการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลสมการโครงสร้างระหว่างกลุ่มตัวอย่างเพศชายและเพศหญิง ใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุโดยใช้โปรแกรมเอ็มพลัส (MPlus Program) เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์และค่าดัชนีตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลและทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลระหว่างเพศของนักเรียนที่พัฒนาขึ้น

ค่าสถิติสำคัญที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ คือ ค่าสถิติไคสแคว์ (Chi-square) ดัชนีความสอดคล้องเชิงเปรียบเทียบ (Comparative Fit Index: CFI) ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมไม่อิงเกณฑ์ (Tucker-Lewis Index: TLI) ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน (Standard Root Mean Square Residual: SRMR) ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error of Approximation: RMSEA)

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1.1 การหาค่าความเที่ยง (reliability) ของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Rechardson) ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left(1-\frac{\sum p_i q_i}{S_x^2}\right)$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

k แทน จำนวนข้อสอบ

p_i แทน สัดส่วนของผู้ทำถูกหารด้วยจำนวนคนสอบทั้งหมด

q_i แทน สัดส่วนของผู้ทำผิดในข้อหนึ่งๆ

S_x^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนสอบ

5.1.2 วิเคราะห์ค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่ม หลังจากนั้นนำผลที่ได้ไปเทียบกับเกณฑ์การพิจารณาค่า p, r โดยใช้สูตรดังนี้

$$p = \frac{p_H + p_L}{2n}, \quad r = \frac{p_H - p_L}{2n}$$

เมื่อ p แทน ดัชนีความยากง่าย

r แทน ดัชนีอำนาจจำแนก

p_H แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

p_L แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมดของกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

5.1.3 การหาค่าความเที่ยง (reliability) ของแบบสอบถามโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟ่า (α-Coefficient) โดยใช้สูตร

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right)$$

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นแต่ละองค์ประกอบ

k แทน จำนวนข้อความทั้งหมดในแต่ละองค์ประกอบ

$\sum S_i^2$ แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนรายข้อความในแต่ละองค์ประกอบ

S_t^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมในแต่ละองค์ประกอบ

5.2 สถิติพื้นฐาน ได้แก่

5.2.1 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic mean) กรณีคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตสำหรับข้อมูลแจกแจงความถี่ ดังนี้

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของกลุ่มตัวอย่าง

$\sum x$ แทน ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมดจากกลุ่มตัวอย่าง

5.2.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S.D. แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum x^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนน

$(\sum x)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด ยกกำลังสอง

n แทน จำนวนผู้ประเมินทั้งหมด

5.2.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson product moment correlation coeffienct) ดังนี้

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

เมื่อ r_{xy} แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x กับ y

$\sum x$ แทน ผลรวมของตัวแปรชุด x

$\sum y$ แทน ผลรวมของตัวแปรชุด y

$\sum x^2$ แทน ผลรวมของตัวแปร x แต่ละตัวยกกำลังสอง

$\sum y^2$ แทน ผลรวมของตัวแปร y แต่ละตัวยกกำลังสอง

$\sum xy$ แทน ผลรวมของผลคูณระหว่างตัวแปร x กับ y

N แทน จำนวนคู่ของตัวแปร หรือจำนวนสมาชิกในกลุ่ม

5.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย

5.3.1 ทดสอบความสอดคล้องหรือความตรงของรูปแบบความสัมพันธ์ตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยค่าไคสแควร์ โดยใช้สูตร (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542)

$$\chi^2 = (N-1)F\left[S, \sum\theta\right] \; ; \; d = \frac{K(K+1)}{2}$$

เมื่อ χ^2 แทน ค่าสถิติไคสแควร์

N แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$F\left[S, \sum\theta\right]$ แทน ค่าขั้นต่ำของฟังก์ชันความกลมกลืนของรูปแบบจากพารามิเตอร์

K แทน จำนวนตัวแปรที่สังเกตได้ทั้งหมดในรูปแบบ

df แทน องศาความเป็นอิสระ

t แทน จำนวนพารามิเตอร์อิสระ

5.3.2 ทดสอบความสอดคล้องหรือความตรงของรูปแบบตามทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วย CFI (Comparative Fit Index) Bentler (1992)กล่าวว่า CFI อยู่บนฐานของ noncentral χ^2

distribution ดัชนี CFI มีพิสัยอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 หากมีค่าสูงถึง 0.9 แปลได้ว่าโมเดลตามสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูล มีสูตรดังนี้

$$CFI = 1 - \frac{\max\left[\left(\chi_t^2 - V_t\right), 0\right]}{\max\left[\left(\chi_t^2 - V_t\right), \left(\chi_i^2 - V_i\right), 0\right]}$$

เมื่อ CFI แทน ดัชนีความสอดคล้องเชิงเปรียบเทียบ

χ_i^2 แทน ค่าไคว์-สแคว์ของโมเดลอิสระ (independence model)

χ_t^2 แทน ค่าไคว์-สแคว์ของโมเดลเป้าหมาย (target model)

V_i แทน องศาความเป็นอิสระโมเดลแอสระ (independence model)

V_t แทน องศาความเป็นอิสระโมเดลเป้าหมาย (target model)

5.3.3 ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมไม่อิงเกณฑ์ ของ Tucker -Lewis Inde(TLI) หรือดัชนี NNFI (The Nonnormed Fit Index) ใช้เหมือนกับ NFI แต่มีการปรับแก้จำนวนของ degree of freedom ในโมเดล โดยมีสูตรดังนี้

$$TLI = \frac{\left(\chi_i^2 / V_i\right) - \left(\chi_t^2 / V_t\right)}{\left(\chi_i^2 / V_i\right) - 1}$$

เมื่อ TLI แทน ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมไม่อิงเกณฑ์ของ Tucker -Lewis Index

χ_i^2 แทน ค่าไคว์-สแคว์ของโมเดลอิสระ (independence model)

χ_t^2 แทน ค่าไคว์-สแคว์ของโมเดลเป้าหมาย (target model)

V_i แทน องศาความเป็นอิสระโมเดลแอสระ (independence model)

V_t แทน องศาความเป็นอิสระโมเดลเป้าหมาย (target model)

แม้ว่าการปรับแก้จำนวน degree of freedom จะแก้ปัญหาการประมาณค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริง แต่ค่าของ NNFI ที่โดยปกติจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 นั้น อาจจะเป็นไปได้ว่าจะมีค่าต่ำกว่า 0 และมีค่าเกิน 1 ค่าของ TLI ถ้าหากมีค่าเกินกว่า 0.9 แปลได้ว่าโมเดลตามสมมติฐานสอดคล้องกับข้อมูล

5.3.4 ดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของความแตกต่างโดยประมาณ (Root Mean Error of Approximation: RMSEA) เป็นดัชนีในกลุ่มเศษเหลือ ซึ่งบ่งบอกความไม่เหมาะสมพอดีของเมทริกซ์ความแปรปรวรร่วมของโมเดลตามทฤษฎีกับเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมจากประชากรซึ่งควรมีค่าต่ำกว่า 0.05 โดยใช้สูตร (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

$$\text{RMSEA} = \sqrt{\max\left\{\left(\frac{F\left(S, \Sigma\left(\hat{\theta}\right)\right)}{v} - \frac{1}{n-1}\right), 0\right\}}$$

เมื่อ RMSEA แทน ดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของความแตกต่างโดยประมาณ

$F\left(S,\sum\left(\hat{\theta}\right)\right)$ แทน ค่าฟังก์ชันความเหมาะสมที่ต่ำสุด

max แทน ค่าสูงสุดของฟังก์ชันความเหมาะสมของโมเดลพารามิเตอร์

v แทน ผลต่างระหว่างจำนวนพารามิเตอร์ที่ทราบค่า (l) กับจำนวนพารามิเตอร์ของตัวแปรอิสระ (t) หรือ $v = l - t$

$n-1$ แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

5.3.5 ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน (Standardized Root Mean Square Residual: SRMR) คือดัชนีของค่าเฉลี่ยของส่วนเหลือมาตรฐานระหว่างความแปรปรวนร่วมของค่าที่สังเกตได้และค่าสมมติฐาน โดยมีสูตรดังนี้

$$SRMR = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{i}\left[\left(S_{ij} - \hat{\sigma}_{ij}\right)/\left(S_{ii}S_{jj}\right)\right]^2}{p(p+1)/2}}$$

เมื่อ SRMR แทน ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน

S_{ij} แทน องค์ประกอบของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่าง

$\hat{\sigma}_{ij}$ แทน องค์ประกอบของโมเดลสมมติฐาน $\sum\hat{\theta}$

p แทน จำนวนของตัวแปรที่สังเกตได้

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ผลการพัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์
3. ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระหว่างเพศของนักเรียน

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยกำหนดความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1.1 สัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าสถิติ

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง (sample)
$\bar{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ย (mean)
S.D.	แทน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
CV	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (coefficient of variation)
MAX	แทน	ค่าสูงสุด (maximum)
MIN	แทน	ค่าต่ำสุด (minimum)
SK	แทน	ความเบ้ (skewness)
KU	แทน	ความโด่ง (kurtosis)
TE	แทน	ผลรวมอิทธิพล (total effect)
IE	แทน	อิทธิพลทางอ้อม (indirect effect)
DE	แทน	อิทธิพลทางตรง (direct effect)
S.E.	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error)
χ^2	แทน	ค่าไคว์-สแคว์ (chi-square)
R^2	แทน	สัมประสิทธิ์การทำนาย (coefficient of determination)
df	แทน	องศาความเป็นอิสระ (degree of freedom)
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็น (p-value)

b แทน น้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading)

FS แทน คะแนนปัจจัย (factor score)

CFI แทน ดัชนีความสอดคล้องเชิงเปรียบเทียบ (Comparative Fit Index)

TLI แทน ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมไม่อิงเกณฑ์

RMSEA แทน ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error of Approximation)

SRMR แทน ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน (Standardized Root Mean Square Residual)

1.2 สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแปรแฝง

LST แทน ตัวแปรแฝงรูปแบบการเรียนรู้ (learning style)

TST แทน ตัวแปรที่สังเกตได้แบบนักคิด (thinker style)

OST แทน ตัวแปรที่สังเกตได้แบบนักบริหาร (organizer style)

HST แทน ตัวแปรที่สังเกตได้แบบนักมนุษยนิยม (humanitarian style)

IST แทน ตัวแปรที่สังเกตได้แบบนักสร้างสรรค์ (innovators style)

EMM แทน ตัวแปรแฝงอารมณ์ (mood)

AEM แทน ตัวแปรที่สังเกตได้ความตื่นตัว (alertness)

CAM แทน ตัวแปรที่สังเกตได้ความสงบ (calmness)

COM แทน ตัวแปรที่สังเกตได้ความพอใจ (contentedness)

ATT แทน ตัวแปรแฝงความตั้งใจ (attention)

SAT แทน ตัวแปรที่สังเกตได้การตอบสนอง (simple reaction Time)

FAT แทน ตัวแปรที่สังเกตได้การคัดแยกตัวเลข (focus attention)

SET แทน ตัวแปรที่สังเกตได้การเลือกตัวเลขขั้นพื้นฐาน (selected attention)

SUT แทน ตัวแปรที่สังเกตได้การเลือกตัวเลขขั้นสูง (sustain attention)

WMM แทน ตัวแปรแฝงความจำขณะทำงาน (working memory)

BWM แทน ตัวแปรที่สังเกตได้การจำแนกประเภทตัวเลข (basic processing)

SWM แทน ตัวแปรที่สังเกตได้การผลัดเปลี่ยนความคิด (shifting working memory)

UWM แทน ตัวแปรที่สังเกตได้การรู้ทันตัวเลข (updating working memory)

IWM แทน ตัวแปรที่สังเกตได้ความสอดคล้องของคำและความหมาย (inhibition working memory)

MLO แทน ตัวแปรแฝงผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (mathematics learning outcomes)

AAA แทน ตัวแปรที่สังเกตได้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (achievement)

MAA แทน ตัวแปรที่สังเกตได้เจตคติต่อคณิตศาสตร์ (mathematics attitudes)

MPS แทน ตัวแปรที่สังเกตได้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (mathematics process skills)

2. ผลการพัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

2.1 ค่าสถิติพื้นฐาน

การวิเคราะห์สถิติพื้นฐานเพื่อตรวจสอบลักษณะการแจกแจงหรือการกระจายของข้อมูลในทุกกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ความเบ้ และความโด่ง ดังตาราง 5

ตาราง 5 ค่าสถิติพื้นฐาน

ตัวแปร	ค่าสถิติ						
	$\bar{x}$	S.D.	CV(%)	MIN	MAX	SK	KU
LST							
TST	4.548	0.301	6.610	2.500	5.000	-1.623	0.567
OST	4.540	0.363	7.995	1.830	5.000	-2.657	0.200
HST	4.404	0.368	8.363	1.670	5.000	-2.491	0.158
IST	4.519	0.367	8.121	1.830	5.000	-2.652	0.198
EMM							
AEM	5.799	1.538	26.53	1.00	10.00	-0.124	0.477
CAM	6.445	2.018	31.31	0.20	10.00	-0.592	0.078
COM	5.433	1.775	32.68	0.00	10.00	-0.157	0.199
ATT							
SAT	26.803	2.969	11.076	10.00	30.00	-2.769	0.145

ตาราง 5 ค่าสถิติพื้นฐาน (ต่อ)

ตัวแปร	ค่าสถิติ						
	$\bar{x}$	S.D.	CV(%)	MIN	MAX	SK	KU
FAT	27.217	2.230	8.192	11.00	30.00	-2.630	0.496
SET	25.920	3.252	12.548	5.00	30.00	-2.858	0.766
SUT	26.606	3.599	13.526	3.00	30.00	-3.138	0.544
WMM							
BWM	25.713	1.761	6.847	15.00	30.00	-0.908	0.776
SWM	25.525	2.060	8.068	14.00	29.00	-0.866	0.768
UWM	25.477	2.452	9.622	11.00	30.00	-2.023	0.096
IWM	25.699	1.825	7.101	16.00	30.00	-0.370	0.491
MLO							
AAA	25.820	1.558	6.036	20.000	30.000	-0.417	0.099
MAA	3.730	0.937	25.120	1.233	4.867	-0.504	-0.790
MPS	30.910	8.022	25.952	6.000	42.000	-0.651	-0.066

จากตาราง 5 รายงานค่าสถิติพื้นฐานของทุกตัวแปร และพบว่าค่าความเบ้ (SK) อยู่ระหว่าง -3.138 ถึง -0.124 ซึ่งน้อยกว่า 0.3 และค่าความโด่ง (KU) อยู่ระหว่าง -0.790 ถึง 0.766 ซึ่งน้อยกว่า 0.8 ถือว่าทุกตัวแปรมีการแจกแจงปกติ (normality) (Kline. 2005)

2.2 ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่สังเกตได้ในโมเดล

ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่สังเกตได้ในโมเดล มีรายละเอียดดังตาราง 6

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 6 ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่สังเกตได้

ตัวแปร	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1.TST	1																	
2.OST	0.585**	1																
3.HST	0.615**	0.594**	1															
4.IST	0.644**	0.609**	0.666**	1														
5.AEM	0.435**	0.337**	0.444**	0.362**	1													
6.CAM	0.335**	0.268**	0.337**	0.277**	0.658**	1												
7.COM	0.208**	0.161**	0.229**	0.185**	0.493**	0.406**	1											
8.SAT	0.469**	0.345**	0.374**	0.405**	0.268**	0.250**	0.178**	1										
9.FAT	0.688**	0.852**	0.697**	0.699**	0.410**	0.327**	0.215**	0.411**	1									
10.SET	0.437**	0.430**	0.589**	0.470**	0.309**	0.305**	0.213**	0.296**	0.498**	1								
11.SUT	0.394**	0.386**	0.400**	0.558**	0.234**	0.272**	0.178**	0.315**	0.447**	0.384**	1							
12.BWM	0.542**	0.416**	0.558**	0.481**	0.856**	0.565**	0.433**	0.324**	0.525**	0.380**	0.301**	1						
13.SWM	0.339**	0.271**	0.343**	0.273**	0.700**	0.796**	0.409**	0.222**	0.321**	0.232**	0.197**	0.615**	1					
14.UWM	0.191**	0.154**	0.201**	0.172**	0.374**	0.355**	0.553**	0.157**	0.184**	0.208**	0.197**	0.353**	0.349**	1				
15.IWM	0.273**	0.198**	0.287**	0.220**	0.558**	0.459**	0.660**	0.208**	0.262**	0.207**	0.170**	0.512**	0.505**	0.534**	1			
16.AAA	0.424**	0.322**	0.440**	0.356**	0.794**	0.672**	0.656**	0.277**	0.406**	0.300**	0.244**	0.790**	0.791**	0.595**	0.826**	1		
17.MAA	0.331**	0.257**	0.326**	0.277**	0.659**	0.743**	0.548**	0.256**	0.305**	0.291**	0.226**	0.562**	0.739**	0.480**	0.601**	0.737**	1	
18.MPS	0.258**	0.182**	0.223**	0.208**	0.401**	0.386**	0.376**	0.201**	0.228**	0.210**	0.217**	0.429**	0.414**	0.350**	0.395**	0.514**	0.415**	1
$\bar{x}$	4.548	4.54	4.404	4.519	5.799	6.445	5.433	26.803	27.217	25.92	26.606	25.713	25.525	25.477	25.699	25.82	3.73	30.91
S.D.	0.301	0.363	0.368	0.367	1.538	2.018	1.775	2.969	2.23	3.252	3.599	1.761	2.06	2.452	1.825	1.558	0.937	8.022
Kaiser-Meyer-Olkin Mesure of Sampling Adequacy= 0.889**, Bartlett's Test of Sphericity = 46298.205, df= 276 , p=0.000																		

จากตาราง 6 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สังเกตได้ทั้งหมดที่ใช้ในการวิจัยทั้ง 18 ตัวแปร เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ทั้งหมดระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันว่ามีปัญหาเกี่ยวกับภาวะร่วมเส้นตรงพหุ (multicollinearity) หรือไม่ พบว่า ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจำนวน 153 คู่ พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.157-0.856 และพบว่าขนาดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีค่าสูงกว่า 0.80 มีอยู่ 3 คู่ ได้แก่ คู่ที่ 1 คือ FAT กับ OST คู่ที่ 2 คือ BWM กับ AEM และคู่ที่ 3 คือ AAA กับ IWM และผู้วิจัยนำตัวแปรที่สังเกตได้ทุกตัวไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยอนุโลมว่าตัวแปรทุกตัวไม่ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติเกี่ยวกับภาวะร่วมเส้นตรงพหุ (multicollinearity) (Huynh และ Finch. 2000; Yu. 2000)

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบค่าสถิติ Bartlett's Test of Sphericity ซึ่งเป็นค่าสถิติทดสอบสมมติฐานว่า เมริกซ์สหสัมพันธ์นั้นเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ (identity metric) หรือไม่พบว่ามีค่าเท่ากับ 46298.205 ($p<0.01$) แสดงว่า เมทริกซ์สหสัมพันธ์มีความแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 สอดคล้องกับค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin Mesure of Sampling Adequacy (KMO) ซึ่งมีค่าใกล้ 1 (0.889) แสดงให้เห็นว่าตัวแปรต่างๆ มีความสัมพันธ์กันมากและเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ต่อไป

2.3 ผลการพัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการตรวจสอบความตรงของโมเดลสมมติฐานการวิจัย พบว่า ค่าไค-สแคว์ มีค่าเท่ากับ 77.818 ที่องศาอิสระ 61 ระดับนัยสำคัญ 0.072 ดัชนีความสอดคล้องเชิงเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 0.999 ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมไม่อิงเกณฑ์ (TLI) เท่ากับ 0.998 ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (RMSEA) เท่ากับ 0.014 และดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ 0.016 แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ตัวแปรอิสระในโมเดลทั้ง 4 ตัวแปร อธิบายความแปรปรวนในตัวแปรตามผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 67.10 รายละเอียดดังตาราง 7 ตาราง 8 และภาพประกอบ 5

ตาราง 7 ขนาดอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวมในโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ตัวแปรผล/ตัวแปรเหตุ	LST			EMM			ATT			WMM			MLO		
	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE
LST	-	-	-	.59**	-	.59**	1.00**	.02*	.98**	.50**	.50**	-	.57**	.57**	-
EMM	-	-	-	-	-	-	.04*	-	.04*	-	-	1.02**	-	-	-
ATT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-.11**	-	-.11**	-.07**	-	-.07**
WMM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.14**	-	1.14**
MLO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ค่าสถิติ χ^2 =77.818 , df=61 , p=0.072, χ^2 /df=1.276 , CFI=0.999 , TLI=0.998, REMSEA=0.014, SRMR=0.016

ตัวแปร	STS	OST	HST	IST	AEM	CAM	COM	SAT	FAT	SET	SUT
ความเที่ยง	0.754	0.446	0.789	0.555	0.612	0.431	0.417	0.280	0.615	0.399	0.209

ตัวแปร	BWM	SWM	UWM	IWM	AAA	MAA	MPS
ความเที่ยง	0.547	0.536	0.303	0.457	0.948	0.634	0.277

สมการโครงสร้าง	EMM	ATT	WMM	MLO
R^2	0.635	0.826	0.920	0.671

เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

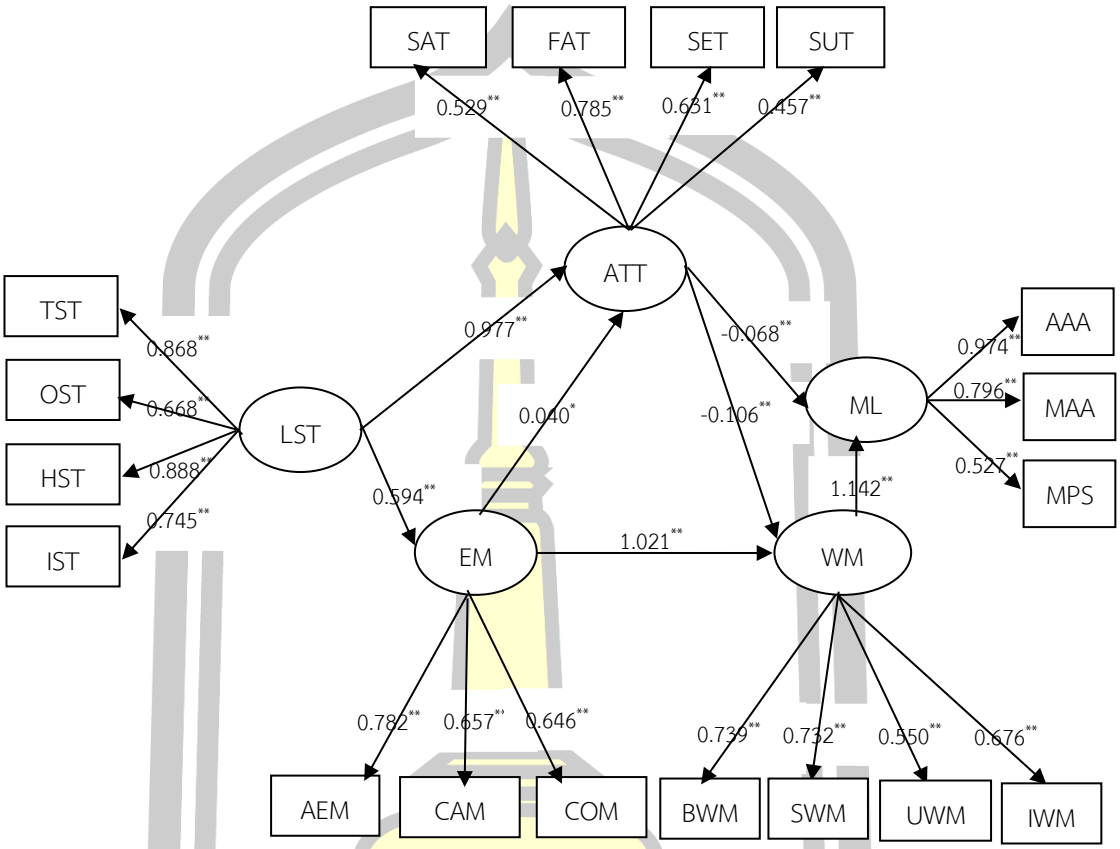
	LST	EMM	ATT	WMM	MLO
LST	1.00				
EMM	0.594	1.00			
ATT	1.001	0.621	1.00		
WMM	0.501	0.955	0.528	1.00	
MLO	0.503	1.048	0.534	1.106	1.00

หมายเหตุ **p<0.01, *p<0.05

ตาราง 8 ค่าประมาณพารามิเตอร์ และค่าสถิติในโมเดลสมมติฐานการวิจัย

ตัวแปรเหตุ → ตัวแปรผล	ค่าประมาณพารามิเตอร์มาตรฐาน	S.E.	t
Matrix BE			
LST → ATT	0.977**	0.015	63.650**
LST → EMM	0.594**	0.026	22.788**
EMM → ATT	0.040*	0.017	2.371**
EMM → WMM	1.021**	0.029	35.790**
ATT → WMM	-0.106**	0.034	-3.154**
ATT → MLO	-0.068**	0.025	-2.701**
WMM → MLO	1.142**	0.027	42.389
Matrix LY			
LST → TST	0.868**	0.017	51.366**
LST → OST	0.668**	0.018	37.467**
LST → HST	0.888**	0.017	53.519**
LST → IST	0.745**	0.016	45.662**
EMM → AEM	0.782**	0.013	60.461**
EMM → CAM	0.657**	0.016	41.116**
EMM → COM	0.646**	0.016	39.758**
ATT → SAT	0.529**	0.024	22.135**
ATT → FAT	0.785**	0.016	48.170**
ATT → SAT	0.631**	0.021	29.599**
ATT → SUT	0.457**	0.022	20.824**
WMM → BWM	0.739**	0.014	53.655**
WMM → SWM	0.732**	0.014	53.298**
WMM → UWM	0.550**	0.018	30.299**
WMM → IWM	0.676**	0.018	36.873**
MLO → AAA	0.974**	0.006	176.359**
MLO → MAA	0.796**	0.012	65.731**
MLO → MPS	0.527**	0.019	27.698**

หมายเหตุ **p<0.01, *p<0.05



[χ^2 =77.818 , df=61 , p=0.072, χ^2 /df=1.276 , CFI=0.999 , TLI=0.998, RMSEA=0.014, SRMR=0.016]

ภาพประกอบ 6 ผลการตรวจสอบโมเดลสมมติฐานการวิจัย

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

3. ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระหว่างเพศของนักเรียน

3.1 ค่าสถิติพื้นฐานของเพศชาย ค่าสถิติพื้นฐานของเพศชาย รายละเอียดดังตาราง 9

ตาราง 9 ค่าสถิติพื้นฐานของเพศชาย

ตัวแปร	ค่าสถิติ						
	$\bar{x}$	S.D.	CV(%)	MIN	MAX	SK	KU
LST							
TST	4.536	0.305	6.724	2.500	5.000	-1.860	0.763
OST	4.548	0.332	7.302	2.500	5.000	-2.153	0.766
HST	4.392	0.358	8.157	2.000	5.000	-2.212	0.738
IST	4.521	0.332	7.351	2.500	5.000	-2.033	0.745
EMM							
AEM	5.723	1.517	26.517	1.000	9.667	-0.149	0.352
CAM	6.327	2.064	32.616	0.600	10.000	-0.539	-0.059
COM	5.440	1.772	32.580	1.000	10.000	-0.105	0.150
ATT							
SAT	26.677	3.132	11.740	10.000	30.000	-2.780	0.798
FAT	27.199	2.076	7.632	15.000	30.000	-2.248	0.773
SET	25.807	3.293	12.759	10.000	30.000	-2.733	0.755
SUT	26.573	3.524	13.263	6.000	30.000	-2.976	0.710
WMM							
BWM	25.627	1.753	6.840	15.000	30.000	-1.004	0.419
SWM	25.442	2.085	8.195	14.000	29.000	-0.760	0.135
UWM	25.428	2.564	10.083	11.000	30.000	-2.072	0.702
IWM	25.686	1.853	7.213	16.000	30.000	-0.404	0.165
MLO							
AAA	25.773	1.577	6.117	20.000	30.000	-0.451	0.109
MAA	3.688	0.962	26.085	1.233	4.867	-0.474	-0.833
MPS	30.727	8.047	26.187	6.000	42.000	-0.617	-0.129

จากตาราง 9 รายงานค่าสถิติพื้นฐานของทุกตัวแปร และพบว่าค่าความเบ้ (SK) อยู่ระหว่าง -2.979 ถึง -0.105 ซึ่งน้อยกว่า 0.3 และค่าความโด่ง (KU) อยู่ระหว่าง -0.833 ถึง 0.798 ซึ่งน้อยกว่า 0.8 ถือว่าทุกตัวแปรมีการแจกแจงปกติ (normality) (Kline. 2005)

3.2 ค่าสถิติพื้นฐานของเพศหญิง

ค่าสถิติพื้นฐานของเพศหญิง รายละเอียดดังตาราง 10

ตาราง 10 ค่าสถิติพื้นฐานของเพศหญิง

ตัวแปร	ค่าสถิติ						
	$\bar{x}$	S.D.	CV(%)	MIN	MAX	SK	KU
LST							
TST	4.560	0.296	6.484	3.170	5.000	-1.358	0.335
OST	4.532	0.392	8.655	1.830	5.000	-2.917	0.131
HST	4.417	0.378	8.563	1.670	5.000	-2.753	0.136
IST	4.516	0.400	8.849	1.830	5.000	-2.964	0.135
EMM							
AEM	5.878	1.557	26.488	1.000	10.000	-0.109	0.599
CAM	6.566	1.964	29.917	0.200	10.000	-0.643	0.248
COM	5.425	1.779	32.795	0.000	10.000	-0.209	0.256
ATT							
SAT	26.933	2.787	10.349	12.000	30.000	-2.709	0.794
FAT	27.235	2.378	8.733	11.000	30.000	-2.872	0.128
SET	26.036	3.208	12.323	5.000	30.000	-3.006	0.113
SUT	26.640	3.676	13.799	3.000	30.000	-3.291	0.129
WMM							
BWM	25.802	1.766	6.843	17.000	30.000	-0.823	0.340
SWM	25.611	2.031	7.930	14.000	29.000	-0.983	0.252
UWM	25.528	2.331	9.132	12.000	30.000	-1.935	0.798
IWM	25.712	1.797	6.988	17.000	30.000	-0.331	0.130

ตาราง 10 ค่าสถิติพื้นฐานของเพศหญิง (ต่อ)

ตัวแปร	ค่าสถิติ						
	$\bar{x}$	S.D.	CV(%)	MIN	MAX	SK	KU
MLO							
AAA	25.868	1.539	5.949	20.000	30.000	-0.377	0.111
MAA	3.773	0.909	24.096	1.400	4.867	-0.526	-0.763
MPS	31.098	7.997	25.716	6.000	42.000	-0.689	0.013
AAA	25.868	1.539	5.949	20.000	30.000	-0.377	0.111

จากตาราง 10 รายงานค่าสถิติพื้นฐานของทุกตัวแปร และพบว่าค่าความเบ้ (SK) อยู่ระหว่าง -3.291 ถึง -0.109 ซึ่งน้อยกว่า 0.3 และค่าความโด่ง (KU) อยู่ระหว่าง -0.763 ถึง 0.798 ซึ่งน้อยกว่า 0.8 ถือว่าทุกตัวแปรมีการแจกแจงปกติ (normality) (Kline. 2005)

3.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์แยกตามเพศของนักเรียน

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตาราง 11 ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่สังเกตได้แยกตามเพศของนักเรียน

ตัวแปร	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kaiser-Meyer-Olkin Mesure of Sampling Adequacy= 0.875 , Bartlett's Test of Sphericity Approx. Cji-Square= 22136.140 , df= 276 , p=0.000																		
$\bar{x}$	4.560	4.532	4.417	4.516	26.933	27.235	26.036	26.640	25.802	25.611	25.528	25.712	5.878	6.566	5.425	25.868	3.773	31.098
S.D.	0.296	0.392	0.378	0.400	2.787	2.378	3.208	3.676	1.766	2.031	2.331	1.797	1.557	1.964	1.779	1.539	0.909	7.997
1.TST	1	.581**	.597**	.614**	.481**	.680**	.400**	.402**	.536**	.346**	.174**	.255**	.461**	.346**	.214**	.420**	.323**	.250**
2.OST	.599**	1	.598**	.597**	.327**	.863**	.402**	.386**	.386**	.251**	.127**	.148**	.308**	.226**	.135**	.292**	.210**	.150**
3.HST	.633**	.593**	1	.658**	.357**	.684**	.613**	.395**	.506**	.303**	.161**	.225**	.419**	.294**	.188**	.388**	.280**	.171**
4.IST	.687**	.625**	.681**	1	.368**	.664**	.446**	.553**	.406**	.225**	.125**	.153**	.318**	.218**	.129**	.293**	.223**	.148**
5.AEM	.459**	.372**	.391**	.454**	1	.404**	.241**	.284**	.323**	.213**	.155**	.199**	.276**	.248**	.198**	.260**	.239**	.184**
6.CAM	.703**	.839**	.714**	.746**	.424**	1	.466**	.433**	.464**	.301**	.138**	.209**	.380**	.302**	.166**	.357**	.260**	.177**
7.COM	.470**	.468**	.565**	.505**	.341**	.536**	1	.336**	.362**	.207**	.150**	.166**	.301**	.331**	.193**	.270**	.245**	.187**
8.SAT	.386**	.388**	.405**	.567**	.345**	.465**	.432**	1	.283**	.181**	.191**	.150**	.236**	.227**	.184**	.230**	.210**	.197**
9.FAT	.546**	.457**	.610**	.576**	.324**	.596**	.396**	.319**	1	.624**	.375**	.480**	.870**	.579**	.402**	.788**	.555**	.410**
10.SET	.330**	.297**	.382**	.332**	.228**	.345**	.253**	.212**	.606**	1	.382**	.454**	.675**	.751**	.370**	.786**	.686**	.421**
11.SUT	.205**	.185**	.238**	.227**	.156**	.234**	.258**	.203**	.333**	.319**	1	.539**	.420**	.358**	.606**	.634**	.506**	.335**
12.BWM	.289**	.256**	.349**	.298**	.215**	.321**	.244**	.189**	.544**	.553**	.531**	1	.530**	.424**	.657**	.793**	.586**	.340**
13.SWM	.408**	.376**	.468**	.419**	.259**	.446**	.314**	.231**	.841**	.724**	.332**	.587**	1	.644**	.445**	.795**	.627**	.395**
14.UWM	.322**	.321**	.377**	.348**	.247**	.357**	.280**	.316**	.550**	.836**	.352**	.492**	.671**	1	.381**	.659**	.711**	.380**
15.IWM	.202**	.191**	.272**	.251**	.163**	.270**	.234**	.172**	.465**	.447**	.508**	.663**	.542**	.433**	1	.639**	.566**	.371**
16.AAA	.427**	.360**	.492**	.432**	.290**	.462**	.326**	.257**	.791**	.795**	.561**	.857**	.792**	.683**	.674**	1	.732**	.495**
17.MAA	.336**	.315**	.370**	.344**	.268**	.354**	.331**	.242**	.568**	.786**	.458**	.614**	.689**	.771**	.534**	.740**	1	.390**
18.MPS	.264**	.221**	.276**	.280**	.215**	.287**	.231**	.238**	.446**	.407**	.362**	.446**	.407**	.391**	.382**	.531**	.436**	1
$\bar{x}$	4.536	4.548	4.392	4.521	26.677	27.199	25.807	26.573	25.627	25.442	25.428	25.686	5.723	6.327	5.440	25.773	3.688	30.727
S.D.	0.305	0.332	0.358	0.332	3.132	2.076	3.293	3.524	1.753	2.085	2.564	1.853	1.518	2.064	1.772	1.577	0.962	8.047
Kaiser-Meyer-Olkin Mesure of Sampling Adequacy= 0.895, Bartlett's Test of Sphericity Approx. Cji-Square= 24796.198 , df= 276 , p=0.000																		

หมายเหตุ **p<0.01, เพศชาย=ใต้แนวทแยง, เพศหญิง=เหนือแนวทแยง

จากตาราง 11 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สังเกตได้ทั้งหมดแยกตามเพศ ที่ใช้ในการวิจัยทั้ง 18 ตัวแปร เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ทั้งหมดระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันว่ามีปัญหาเกี่ยวกับภาวะร่วมเส้นตรงพหุ (multicollinearity) หรือไม่ พบว่า ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจำนวน 153 คู่ ในแต่ละเพศ รวมทั้งสิ้น 306 คู่ พบว่า ทุกคู่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยในเพศชายมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.163-0.857 และพบว่าขนาดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีค่าสูงกว่า 0.80 มีอยู่ 2 คู่ ได้แก่ คู่ที่ 1 คือ AAA กับ BWM และคู่ที่ 2 คือ FAT กับ SWM ส่วนในเพศหญิง พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.129-0.870 พบว่าขนาดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีค่าสูงกว่า 0.80 มีอยู่ 2 คู่เช่นกัน ได้แก่ คู่ที่ 1 คือ OST กับ CAM และคู่ที่ 2 คือ FAT กับ SWM ผู้วิจัยนำตัวแปรที่สังเกตได้ทุกตัวไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยอนุโลมว่าตัวแปรทุกตัวไม่ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติเกี่ยวกับภาวะร่วมเส้นตรงพหุ (multicollinearity) (Huynh และ Finch. 2000; Yu. 2000)

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบค่าสถิติ Bartlett's Test of Sphericity ซึ่งเป็นค่าสถิติทดสอบสมมติฐานว่า เมริกซ์สหสัมพันธ์นั้นเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ (identity metric) หรือไม่ พบว่าในเพศชายมีค่าเท่ากับ 24796.198 ($p<0.01$) แสดงว่า เมทริกซ์สหสัมพันธ์มีความแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 สอดคล้องกับค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin Mesure of Sampling Adequacy (KMO) ซึ่งมีค่าใกล้ 1 (0.895) แสดงให้เห็นว่าตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันมากและเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ต่อไป และในเพศหญิง พบว่า ค่าสถิติ Bartlett's Test of Sphericity มีค่าเท่ากับ 22136.140 ($p<0.01$) แสดงว่า เมทริกซ์สหสัมพันธ์มีความแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 สอดคล้องกับค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin Mesure of Sampling Adequacy (KMO) ซึ่งมีค่าใกล้ 1 (0.875) แสดงให้เห็นว่าตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันมากและเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ต่อไปเช่นเดียวกัน

3.4 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระหว่างเพศของนักเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูลตอนนี้ เป็นการวิเคราะห์เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของรูปแบบโมเดลและสถานะพารามิเตอร์ของโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยมีผลการวิเคราะห์ ดังนี้

3.4.1 ผลการทดสอบโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐาน (baseline SEM model)

3.4.2 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของเส้นสัมประสิทธิ์เชิงโครงสร้าง (structural path coefficient) ระหว่างกลุ่ม

3.4.2.1 การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง (direct effect) ระหว่างกลุ่ม

3.4.2.2 การทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) ระหว่างกลุ่ม

3.4.1 ผลการทดสอบโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐาน (baseline SEM model)

3.4.1.1 ผลการทดสอบโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานของเพศชาย

การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานของแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของเพศชายกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการตรวจสอบโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานของเพศชาย พบว่า ค่าไค-สแคว์ มีค่าเท่ากับ 101.850 ที่องศาอิสระ 86 ระดับนัยสำคัญ 0.116 ดัชนีความสอดคล้องเชิงเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 0.999 ซึ่งมากกว่า 0.900 อยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้อง ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมไม่อิงเกณฑ์ (TLI) เท่ากับ 0.998 ซึ่งมากกว่า 0.900 อยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้อง ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (RMSEA) เท่ากับ 0.016 น้อยกว่า 0.05 อยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้องดี และดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ 0.023 น้อยกว่า 0.05 อยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้องดี แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (บุรทิน ขำภิรัฐ. 2548) ตัวแปรอิสระในโมเดลทั้ง 4 ตัวแปร อธิบายความแปรปรวนในตัวแปรตามผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 56.2 รายละเอียดดังตาราง 12 ตาราง 13 และภาพประกอบ 6

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตาราง 12 ขนาดอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวมในโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานของโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยาศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของเพศชาย

ตัวแปรผล/ตัวแปรเหตุ	LST			EMM			ATT			WMM			MLO		
	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE
LST	-	-	-	.58**	-	.58**	1.76**	.75**	1.01**	.72**	.72**	-	.72**	.72**	-
EMM	-	-	-	-	-	-	-0.01	-	-0.01	.60**	-	.60**	-	-	-
ATT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.34**	-	.34**	-.69**	-	-.68**
WMM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.84**	-	1.84**
MLO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ค่าสถิติ χ^2 =101.850 , df=86 , p=0.116, χ^2 /df=1.219 , CFI=0.999, TLI=0.998, RMSEA=0.016, SRMR=0.023

ตัวแปร	STS	OST	HST	IST	AEM	CAM	COM	SAT	FAT	SET	SUT
ความเที่ยง	0.631	0.547	0.658	0.721	0.815	0.545	0.372	0.250	0.759	0.364	0.258

ตัวแปร	BWM	SWM	UWM	IWM	AAA	MAA	MPS
ความเที่ยง	0.984	0.369	0.203	0.322	0.895	0.277	0.610

สมการโครงสร้าง	EMM	ATT	WMM	MLO
R^2	0.377	0.637	0.719	0.562

เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

	LST	EMM	ATT	WMM	MLO
LST	1				
EMM	0.580	1			
ATT	1.008	0.579	1		
WMM	0.695	0.800	0.691	1	
MLO	0.586	1.074	0.585	1.364	1

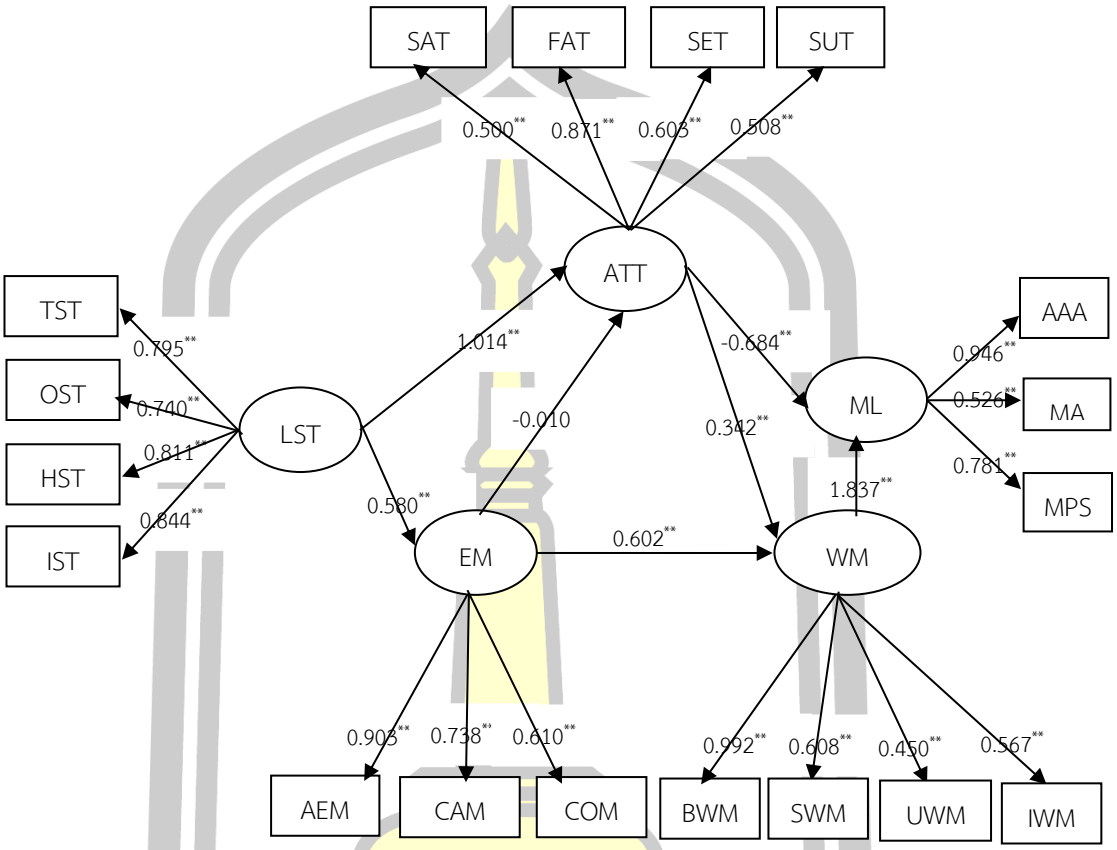
หมายเหตุ **p<0.01

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 13 ค่าประมาณพารามิเตอร์ และค่าสถิติในโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐาน ของเพศชาย

ตัวแปรเหตุ → ตัวแปรผล	ค่าประมาณพารามิเตอร์มาตรฐาน	S.E.	t
Matrix BE			
LST → ATT	1.014**	0.016	64.755**
LST → EMM	0.580**	0.029	20.335**
EMM → ATT	-0.010	0.015	-0.637
EMM → WMM	0.602**	0.027	21.987**
ATT → WMM	0.342**	0.024	14.045**
ATT → MLO	-0.684**	0.073	-9.314**
WMM → MLO	1.837**	0.083	22.012**
Matrix LY			
LST → TST	0.795**	0.015	51.418**
LST → OST	0.740**	0.019	38.837**
LST → HST	0.811**	0.015	55.854**
LST → IST	0.844**	0.013	67.873**
EMM → AEM	0.903**	0.022	41.741**
EMM → CAM	0.738**	0.024	30.257**
EMM → COM	0.610**	0.027	22.703**
ATT → SAT	0.500**	0.029	17.193**
ATT → FAT	0.871**	0.012	73.125**
ATT → SAT	0.603**	0.025	24.268**
ATT → SUT	0.508**	0.029	17.591**
WMM → BWM	0.992**	0.021	46.505**
WMM → SWM	0.608**	0.025	24.588**
WMM → UWM	0.450**	0.033	13.651**
WMM → IWM	0.567**	0.025	22.767**
MLO → AAA	0.946**	0.013	73.252**
MLO → MAA	0.526**	0.028	18.750**
MLO → MPS	0.781**	0.019	42.034**

หมายเหตุ **p<0.01



[χ^2 =101.850 , df=86 , p=0.116, χ^2/df=1.219 , CFI=0.999, TLI=0.998, REMSEA=0.016, SRMR=0.023]

ภาพประกอบ 7 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐาน (baseline SEM model) ของเพศชาย

3.4.1.2 ผลการทดสอบโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐาน (baseline SEM model) ของเพศหญิง

การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานของแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของเพศหญิงกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการตรวจสอบโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานของเพศชาย พบว่า ค่าไค-สแคว์ มีค่าเท่ากับ 101.891 ที่องศาอิสระ 86 ระดับนัยสำคัญ 0.116 ดัชนีความสอดคล้องเชิงเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 0.998 ซึ่งมากกว่า 0.900 อยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้อง ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมไม่อิงเกณฑ์ (TLI) เท่ากับ 0.997 ซึ่งมากกว่า 0.900 อยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้อง ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (RMSEA) เท่ากับ

0.016 น้อยกว่า 0.05 อยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้องดี และดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ 0.029 น้อยกว่า 0.05 อยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้องดี แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (บุรทิน ขำภิรัฐ. 2548) ตัวแปรอิสระในโมเดลทั้ง 4 ตัวแปร อธิบายความแปรปรวนในตัวแปรตามผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 64.3 รายละเอียดดังตาราง 14 ตาราง 15 และภาพประกอบ 7

ตาราง 14 ขนาดอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวมในโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานของโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยาศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของเพศหญิง

ตัวแปรผล/ตัวแปรเหตุ	LST			EMM			ATT			WMM			MLO		
	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE
LST	-	-	-	.53**	-	.53**	1.67**	.69**	.97**	-	-	-	.68**	.68**	-
EMM	-	-	-	-	-	-	.02	-	.02	-	-	1.24**	-	-	-
ATT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.08	-	-0.08	0.03	-	0.03
WMM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.77**	-	.77**
MLO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ค่าสถิติ χ^2 =101.891 , df=86 , p=0.116, χ^2 /df=1.185 , CFI=0.998, TLI=0.997, REMSEA=0.016, SRMR=0.029

ตัวแปร	STS	OST	HST	IST	AEM	CAM	COM	SAT	FAT	SET	SUT
ความเที่ยง	0.708	0.507	0.694	0.620	0.799	0.517	0.251	0.226	0.690	0.331	0.250

ตัวแปร	BWM	SWM	UWM	IWM	AAA	MAA	MPS
ความเที่ยง	0.975	0.398	0.154	0.245	0.946	0.249	0.566

สมการโครงสร้าง	EM	ATT	WM	MLO
R^2	0.286	0.967	0.977	0.643

เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

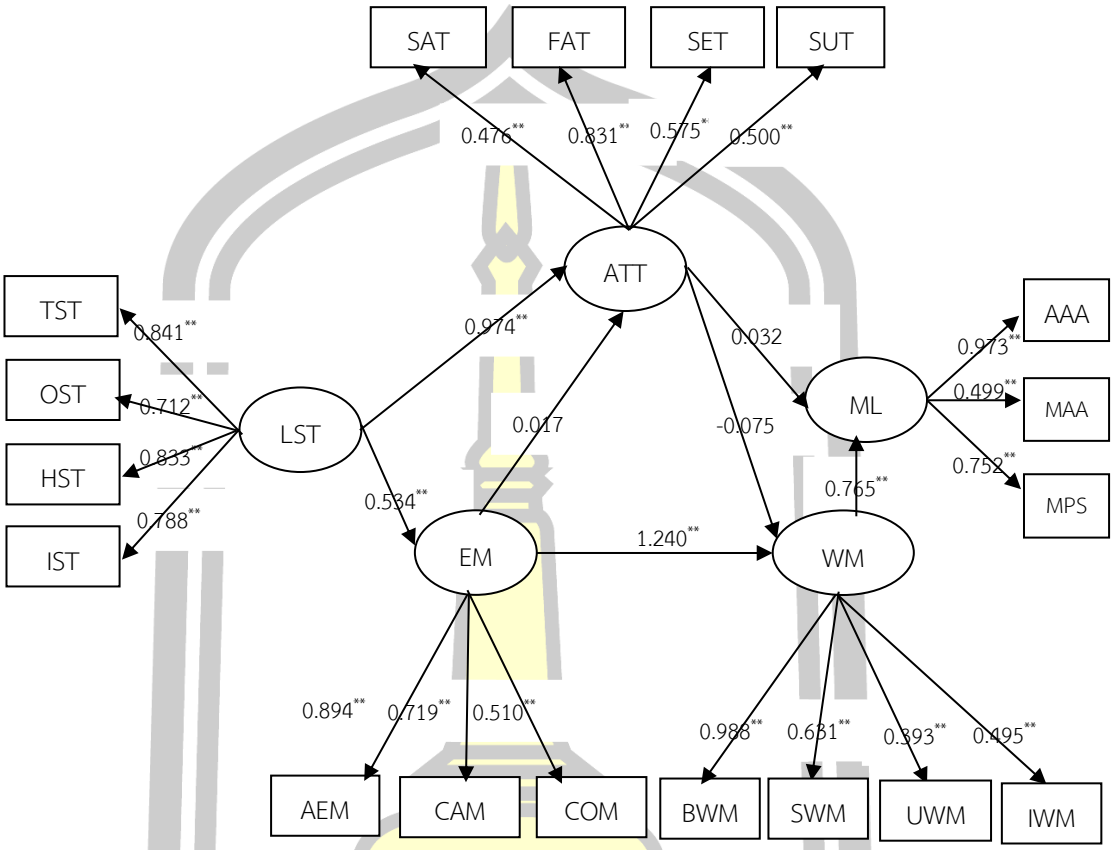
	LST	EMM	ATT	WMM	MLO
LST	1				
EMM	0.534	1			
ATT	0.983	0.538	1		
WMM	0.589	1.200	0.593	1	
MLO	0.482	0.935	0.485	1.279	1

หมายเหตุ **p<0.01

ตาราง 15 ค่าประมาณพารามิเตอร์ และค่าสถิติในโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานของเพศหญิง

ตัวแปรเหตุ ⟶ ตัวแปรผล	ค่าประมาณพารามิเตอร์มาตรฐาน	S.E.	t
Matrix BE			
LST ⟶ ATT	0.974**	0.015	66.801**
LST ⟶ EMM	0.534**	0.031	17.094**
EMM ⟶ ATT	0.017	0.017	1.013
EMM ⟶ WMM	1.240**	0.060	20.805**
ATT ⟶ WMM	-0.075	0.043	-1.719
ATT ⟶ MLO	0.032	0.020	1.596
WMM ⟶ MLO	0.765**	0.034	22.583**
Matrix LY			
LST ⟶ TST	0.841**	0.020	42.312**
LST ⟶ OST	0.712**	0.021	33.441**
LST ⟶ HST	0.833**	0.016	51.126**
LST ⟶ IST	0.788**	0.018	43.825**
EMM ⟶ AEM	0.894**	0.018	50.525**
EMM ⟶ CAM	0.719**	0.021	33.475**
EMM ⟶ COM	0.501**	0.031	16.386**
ATT ⟶ SAT	0.476**	0.031	15.179**
ATT ⟶ FAT	0.831**	0.016	50.593**
ATT ⟶ SAT	0.575**	0.028	20.339**
ATT ⟶ SUT	0.500**	0.030	16.761**
WMM ⟶ BWM	0.988**	0.027	36.120**
WMM ⟶ SWM	0.631**	0.027	23.403**
WMM ⟶ UWM	0.393**	0.030	13.234**
WMM ⟶ IWM	0.495**	0.028	17.765**
MLO ⟶ AAA	0.973**	0.011	85.324**
MLO ⟶ MAA	0.499**	0.029	17.354**
MLO ⟶ MPS	0.752**	0.018	40.694**

หมายเหตุ **p<0.01



[χ^2 =101.891 , df=86 , p=0.116, χ^2/df=1.185 , CFI=0.998, TLI=0.997, REMSEA=0.016, SRMR=0.029]

ภาพประกอบ 8 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐาน (baseline SEM model) ของเพศหญิง

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

3.4.2 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของเส้นสัมประสิทธิ์เชิงโครงสร้าง (structural path coefficient) ระหว่างกลุ่ม

3.4.2.1 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง (direct effect) ระหว่างกลุ่ม

ผลการทดสอบไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานระหว่างกลุ่ม เมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง พบว่า χ^2 = 4981.260 , df=306 , p=0.000 นั่นคือโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานมีความแปรเปลี่ยนระหว่างเพศ และการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง (direct effect) ระหว่างกลุ่ม ด้วยการใช้ Wald Test (Wang, J. and Wang, X. 2012) พบว่า χ^2 =10.704 , df=4 , p=0.0301 นั่นคือ อิทธิพลทางตรงไม่มีความแปรเปลี่ยนระหว่างเพศชายและเพศหญิงที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และได้แสดงรายละเอียดโมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง (direct effect) ระหว่างกลุ่ม ในหัวข้อ 3.4.2.1.1 และ 3.4.2.1.2 ดังนี้

3.4.2.1.1 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง ระหว่างกลุ่มของเพศชาย

ผลการตรวจสอบโมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง ระหว่างกลุ่มของเพศชาย พบว่า ค่าไค-สแคว์ มีค่าเท่ากับ 369.919 ที่องศาอิสระ 202 ระดับนัยสำคัญ 0.000 ดัชนีความสอดคล้องเชิงเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 0.893 ซึ่งน้อยกว่า 0.900 อยู่ในเกณฑ์ไม่สอดคล้อง ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมไม่อิงเกณฑ์ (TLI) เท่ากับ 0.838 อยู่ในเกณฑ์ไม่สอดคล้อง ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (RMSEA) เท่ากับ 0.057 อยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้ และดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ 0.102 ซึ่งมากกว่า 0.05 อยู่ในเกณฑ์ไม่สอดคล้อง สรุปว่าค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนทุกค่าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับ (บุรทิน ขำภิรัฐ. 2548) ดังนั้นโมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง ระหว่างกลุ่มของเพศชายไม่มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ รายละเอียดดังตาราง 16 ตาราง 17 และภาพประกอบ 8

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตาราง 16 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง ระหว่างกลุ่ม ของเพศชาย

ตัวแปรผล/ ตัวแปรเหตุ	LST			EMM			ATT			WMM			MLO		
	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE
LST	-	-	-	.97**	-	.97**	.99**	.76**	.26**	-	-	-	-	-	-
EMM	-	-	-	-	-	-	77**	-	.77**	.77**	-	.74**	-	-	-
ATT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	***	***	***	***	***	***
WMM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.01**	-	1.01**
MLO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ค่าสถิติ χ^2 =369.919, df=202 , p=0.000, χ^2 /df=1.831 , CFI=0.893 , TLI=0.838, RMSEA=0.057, SRMR=0.102

ตัวแปร	STS	OST	HST	IST	AEM	CAM	COM	SAT	FAT	SET	SUT
ความเที่ยง	0.635	0.532	0.664	0.717	0.228	0.293	0.129	0.223	0.752	0.327	0.252

ตัวแปร	BWM	SWM	UWM	IWM	AAA	MAA	MPS
ความเที่ยง	0.603	0.591	0.127	0.375	0.798	0.261	0.486

สมการโครงสร้าง	EMM	ATT	WMM	MLO
R^2	0.946	0.371	0.542	0.585

เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

	LST	EMM	ATT	WMM	MLO
LST	1				
EMM	0.990	1			
ATT	0.716	0.739	1		
WMM	0.973	1.004	0.736	1	
MLO	0.724	0.733	1.011	0.745	1

หมายเหตุ **p<0.01,

*** ไม่มีการเปรียบเทียบกับอิทธิพลทางตรงของเพศหญิงเนื่องจากไม่ significance

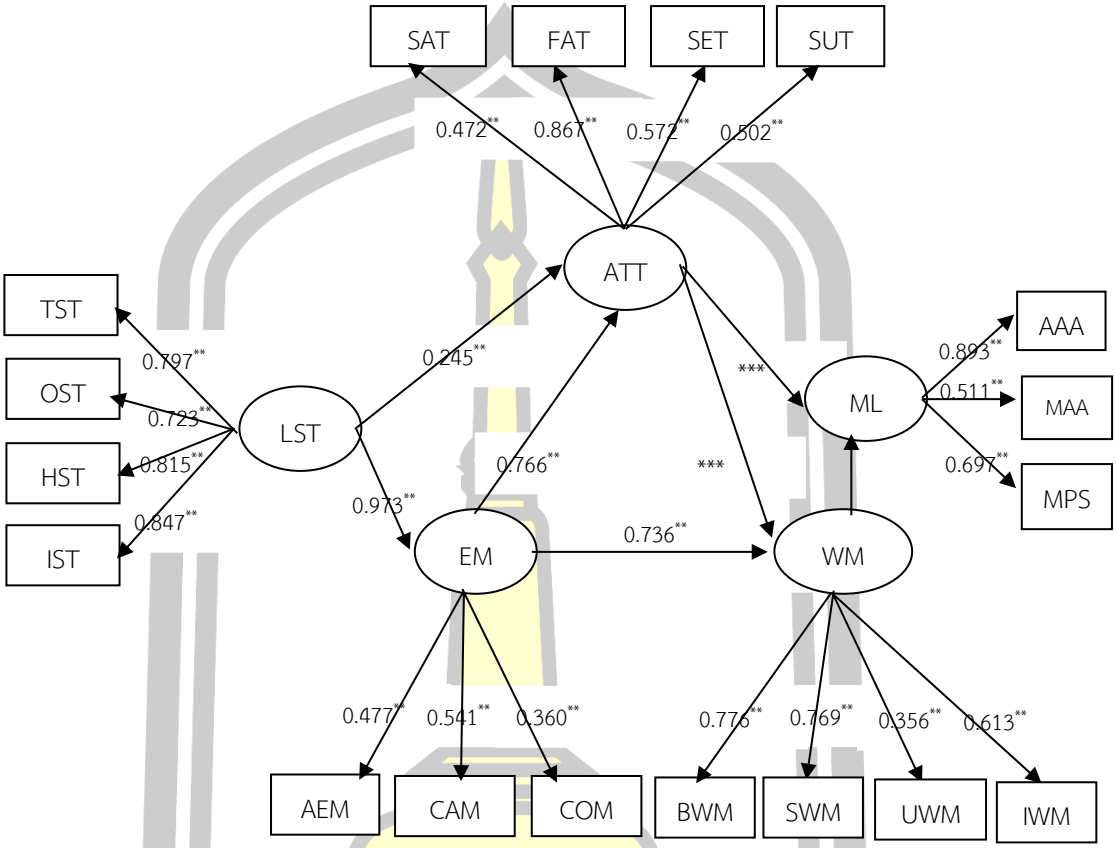
พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 17 ค่าประมาณพารามิเตอร์ และค่าสถิติในโมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรงระหว่างกลุ่ม ของเพศชาย

ตัวแปรเหตุ ⟶ ตัวแปรผล	ค่าประมาณพารามิเตอร์มาตรฐาน	S.E.	t
Matrix BE			
LST ⟶ ATT	0.245**	0.024	10.137**
LST ⟶ EMM	0.973**	0.023	41.523**
EMM ⟶ ATT	0.766**	0.027	28.622**
EMM ⟶ WMM	0.736**	0.042	17.728**
ATT ⟶ WMM	***	***	***
ATT ⟶ MLO	***	***	***
WMM ⟶ MLO	1.011**	0.016	61.722**
Matrix LY			
LST ⟶ TST	0.797**	0.046	17.455**
LST ⟶ OST	0.723**	0.038	18.927**
LST ⟶ HST	0.815**	0.037	22.271**
LST ⟶ IST	0.847**	0.037	22.779**
EMM ⟶ AEM	0.477**	0.036	13.072**
EMM ⟶ CAM	0.541**	0.037	14.733**
EMM ⟶ COM	0.360**	0.037	9.840**
ATT ⟶ SAT	0.472**	0.042	11.150**
ATT ⟶ FAT	0.867**	0.035	25.016**
ATT ⟶ SAT	0.572**	0.042	13.641**
ATT ⟶ SUT	0.502**	0.036	13.866**
WMM ⟶ BWM	0.776**	0.018	42.235**
WMM ⟶ SWM	0.769**	0.022	34.515**
WMM ⟶ UWM	0.356**	0.032	11.085**
WMM ⟶ IWM	0.613**	0.029	20.967**
MLO ⟶ AAA	0.893**	0.017	53.531**
MLO ⟶ MAA	0.511**	0.033	15.440**
MLO ⟶ MPS	0.697**	0.024	29.075**

หมายเหตุ **p<0.01,

*** ไม่มีการเปรียบเทียบกับอิทธิพลทางตรงของเพศหญิงเนื่องจากไม่ significance



[χ^2 =369.919, df=202 , p=0.000, χ^2 /df=1.831 , CFI=0.893 , TLI=0.838, REMSEA=0.057, SRMR=0.102]

หมายเหตุ *** ไม่มีการเปรียบเทียบกับอิทธิพลทางตรงเนื่องจากไม่ significance ทั้งสองเพศ

ภาพประกอบ 9 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรงระหว่างกลุ่ม ของเพศชาย

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

3.4.2.1.2 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง ระหว่างกลุ่ม ของเพศหญิง

ผลการตรวจสอบโมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง ระหว่างกลุ่มของเพศชาย พบว่า ค่าไค-สแคว์ มีค่าเท่ากับ 331.142 ที่องศาอิสระ 202, p= 0.000 ดัชนีความสอดคล้องเชิงเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 0.893 ซึ่งน้อยกว่า 0.900 อยู่ในเกณฑ์ไม่สอดคล้อง ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมไม่อิงเกณฑ์ (TLI) เท่ากับ 0.838 ซึ่งน้อยกว่า 0.900 อยู่ในเกณฑ์ไม่สอดคล้อง ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (RMSEA) เท่ากับ 0.057 อยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้ และดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ 0.102 ซึ่งมากกว่า 0.05 อยู่ในเกณฑ์ไม่สอดคล้อง สรุปว่าค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนทุกค่าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับ (บุรทิน ขำภิรัฐ. 2548) ดังนั้นโมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง ระหว่างกลุ่มของเพศหญิงไม่มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ รายละเอียดดังตาราง 18 ตาราง 19 และภาพประกอบ 9

ตาราง 18 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรงระหว่างกลุ่ม ของเพศหญิง

ตัวแปรผล/ตัวแปรเหตุ	LST			EMM			ATT			WMM			MLO		
	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE
LST	-	-	-	.88**	-	.88**	.24**	-	.24**	.72**	.72**	-	.72**	.72**	-
EMM	-	-	-	-	-	-	.79**	-	.79**	1.00**	-	1.00**	-	-	-
ATT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	***	***	***	***	***	***
WMM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.77**	-	.77**
MLO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ค่าสถิติ χ^2 = 331.142, df=202 , p=0.000, χ^2 /df=1.641 , CFI=0.893 , TLI=0.838, RMSEA=0.057, SRMR=0.102

ตัวแปร	STS	OST	HST	IST	AEM	CAM	CEM	SAT	FAT	SET	SUT
ความเที่ยง	0.727	0.439	0.681	0.566	0.329	0.379	0.155	0.264	0.603	0.315	0.227

ตัวแปร	BWM	SWM	UWM	IWM	AAA	MAA	MPS
ความเที่ยง	0.432	0.354	0.090	0.216	0.831	0.266	0.509

สมการโครงสร้าง	EMM	ATT	WMM	MLO
R^2	0.744	0.478	0.852	0.794

เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

	LST	EMM	ATT	WMM	MLO
LST	1				
EMM	0.930	1			
ATT	0.883	0.999	1		
WMM	0.880	0.996	1.003	1	
MLO	0.675	0.751	1.312	0.768	1

หมายเหตุ **p<0.01,

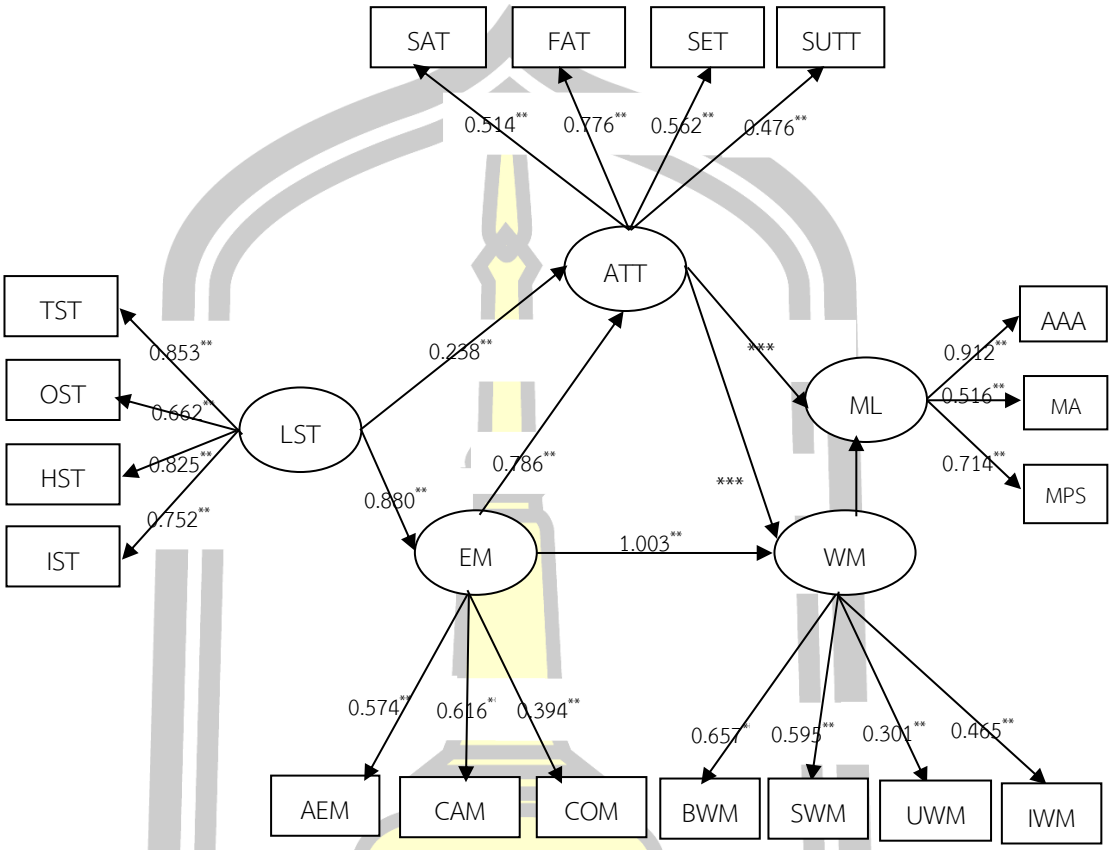
*** ไม่มีการเปรียบเทียบกับอิทธิพลทางตรงของเพศหญิงเนื่องจากไม่ significance

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 19 ค่าประมาณพารามิเตอร์ และค่าสถิติในโมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง ระหว่างกลุ่ม ของเพศหญิง

ตัวแปรเหตุ → ตัวแปรผล	ค่าประมาณพารามิเตอร์มาตรฐาน	S.E.	t
Matrix BE			
LST → ATT	0.238**	0.021	11.617**
LST → EM	0.880**	0.021	42.354**
EMM → ATT	0.786**	0.021	42.354**
EMM → WMM	1.003**	0.044	23.015**
ATT → WMM	***	***	***
ATT → MLO	***	***	***
WMM → MLO	0.765**	0.030	25.142**
Matrix LY			
LST → TST	0.853**	0.035	24.205**
LST → OST	0.662**	0.035	19.037**
LST → HST	0.825**	0.042	19.777**
LST → IST	0.752**	0.043	17.344**
EMM → AEM	0.574**	0.035	16.537**
EMM → CAM	0.616**	0.035	17.378**
EMM → COM	0.394**	0.033	11.935**
ATT → SAT	0.514**	0.046	11.117**
ATT → FAT	0.776**	0.036	21.412**
ATT → SAT	0.562**	0.048	11.810**
ATT → SUT	0.476**	0.040	11.862**
WMM → BWM	0.657**	0.029	22.648**
WMM → SWM	0.595**	0.042	14.027**
WMM → UWM	0.301**	0.032	9.465**
WMM → IWM	0.465**	0.034	13.632**
MLO → AAA	0.912**	0.015	61.421**
MLO → MAA	0.516**	0.033	15.801**
MLO → MPS	0.714**	0.024	29.754**

หมายเหตุ **p<0.01, *** ไม่มีการเปรียบเทียบกับอิทธิพลทางตรงของเพศหญิงเนื่องจากไม่ significance



[χ^2 = 331.142, df=202 , p=0.000, χ^2/df=1.641 , CFI=0.893 , TLI=0.838, RMSEA=0.057, SRMR=0.102]

หมายเหตุ *** ไม่มีการเปรียบเทียบกับอิทธิพลทางตรงเนื่องจากไม่ significance ทั้งสองเพศ

ภาพประกอบ 10 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรงระหว่างกลุ่ม ของเพศหญิง

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

3.4.3.1 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) ระหว่างกลุ่ม

ผลการทดสอบไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานระหว่างกลุ่ม เมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง พบว่า χ^2 = 4981.260 , df=306 , p=0.000 นั่นคือโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานมีความแปรเปลี่ยนระหว่างเพศ และการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) ระหว่างกลุ่ม ด้วยการใช้ Wald Test (Wang, J. and Wang, X. 2012) พบว่า χ^2 =0.021 , df=1 , p=0.8841 นั่นคือ อิทธิพลทางอ้อมไม่มีความแปรเปลี่ยนระหว่างเพศชายและเพศหญิงที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 และได้แสดงรายละเอียดโมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) ระหว่างกลุ่ม ในหัวข้อ 3.4.3.1.1 และ 3.4.3.1.2 ดังนี้

3.4.3.1.1 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางอ้อมระหว่างกลุ่ม ของเพศชาย

ผลการตรวจสอบโมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง ระหว่างกลุ่มของเพศชาย พบว่า ค่าไค-สแคว์ มีค่าเท่ากับ 228.053 ที่องศาอิสระ 202, p= 0.000 ดัชนีความสอดคล้องเชิงเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 0.977 ซึ่งมากกว่า 0.900 อยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้อง ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมไม่อิงเกณฑ์ (TLI) เท่ากับ 0.965 ซึ่งมากกว่า 0.900 อยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้อง ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (RMSEA) เท่ากับ 0.027 อยู่ในเกณฑ์สอดคล้องดี และดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ 0.060 ซึ่งมากกว่า 0.05 อยู่ในเกณฑ์ไม่สอดคล้อง สรุปว่าค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนมีบางค่าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับ (บุรทิน ขำภิรัฐ. 2548) ดังนั้นโมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง ระหว่างกลุ่มของเพศชายไม่มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ รายละเอียดดังตาราง 20 ตาราง 21 และภาพประกอบ 10

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตาราง 20 ขนาดอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวมในโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อทดสอบอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) ของเพศชาย

ตัวแปรผล/ตัวแปรเหตุ	LST			EMM			ATT			WMM			MLO		
	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE
LST	-	-	-	.97**	-	.97**	.25**	.01**	.25**	.48**	.48**	-	.51**	.51**	-
EMM	-	-	-	-	-	-	.77**	-	.77**	.74**	-	.74**	-	-	-
ATT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	***	***	***	***	***	***
WMM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.01**	-	1.01**
MLO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ค่าสถิติ χ^2 =228.053, df=202 , p=0.000 , χ^2 /df=1.129 , CFI=0.977 , TLI=0.965 , RMSEA=0.027 , SRMR=0.060

ตัวแปร	STS	OST	HST	IST	AEM	CAM	COM	SAT	FAT	SET	SUT
ความเที่ยง	0.622	0.560	0.655	0.724	0.740	0.608	0.355	0.210	0.777	0.329	0.250

ตัวแปร	BWM	SWM	UWM	IWM	AAA	MAA	MPS
ความเที่ยง	0.720	0.621	0.184	0.440	0.853	0.597	0.259

สมการโครงสร้าง	EM	ATT	WM	MLO
R^2	0.241	0.997	0.957	0.873

เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

	LST	EMM	ATT	WMM	MLO
LST	1				
EMM	0.998	1			
ATT	0.481	0.501	1		
WMM	0.491	0.512	0.978	1	
MLO	0.512	0.523	1.066	1.043	1

หมายเหตุ **p<0.01,

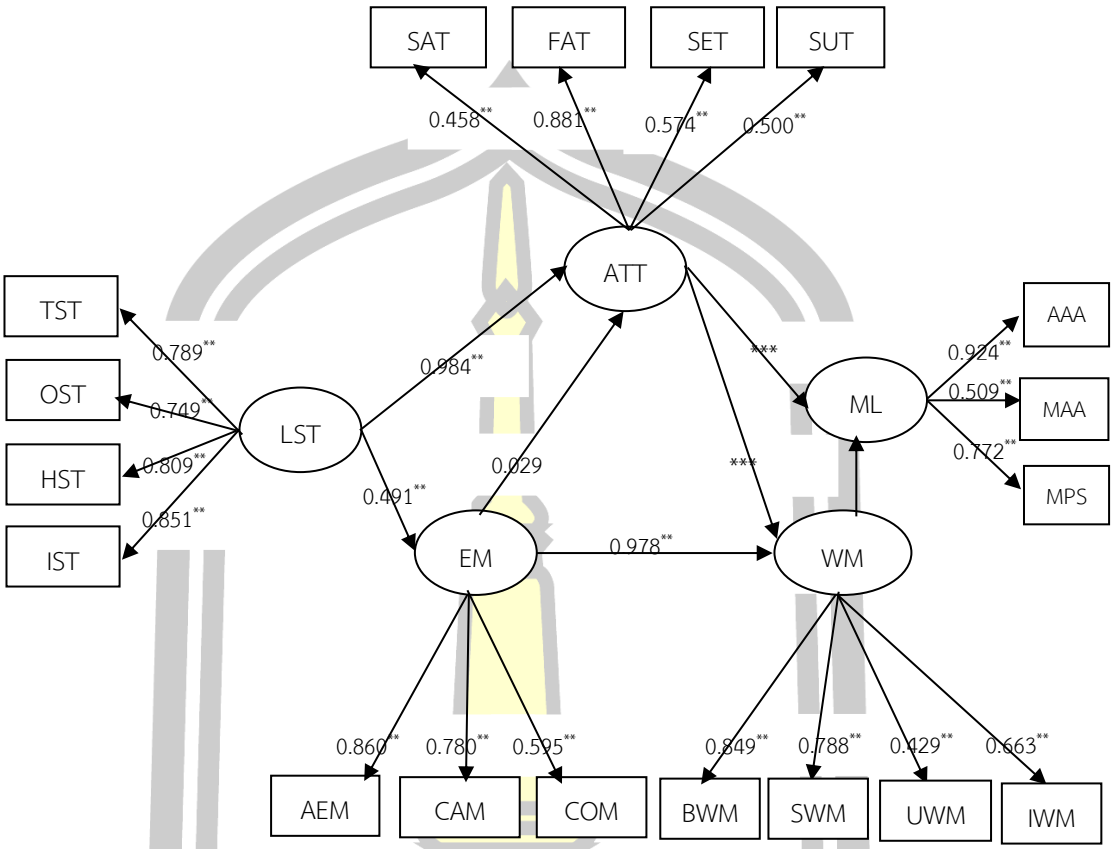
*** ไม่มีการเปรียบเทียบกับอิทธิพลทางตรงของเพศหญิงเนื่องจากไม่ significance

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 21 ค่าประมาณพารามิเตอร์ และค่าสถิติในโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อทดสอบอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) ของเพศชาย

ตัวแปรเหตุ → ตัวแปรผล	ค่าประมาณพารามิเตอร์มาตรฐาน	S.E.	t
Matrix BE			
LST → ATT	0.984**	0.018	54.704**
LST → EMM	0.491**	0.054	9.153**
EMM → ATT	0.029	0.029	0.991
EMM → WMM	0.978**	0.022	44.485**
ATT → WMM	***	***	***
ATT → MLO	***	***	***
WMM → MLO	1.006**	0.019	57.474**
Matrix LY			
LST → TST	0.789**	0.046	17.073**
LST → OST	0.749**	0.037	20.217**
LST → HST	0.809**	0.037	21.801**
LST → IST	0.851**	0.037	23.029**
EMM → AEM	0.860**	0.019	44.814**
EMM → CAM	0.780**	0.025	31.564**
EMM → COM	0.595**	0.027	22.187**
ATT → SAT	0.458**	0.046	17.073**
ATT → FAT	0.881**	0.037	20.217**
ATT → SET	0.574**	0.037	21.801**
ATT → SUT	0.500**	0.037	23.029**
WM → BWM	0.849**	0.021	40.542**
WM → SWM	0.788**	0.021	37.266**
WM → UWM	0.429**	0.033	12.888**
WM → IWM	0.663**	0.025	26.233**
MLO → AAA	0.924**	0.013	72.748**
MLO → MAA	0.509**	0.029	17.244**
MLO → MPS	0.772**	0.021	37.389**

หมายเหตุ **p<0.01, *** ไม่มีการเปรียบเทียบกับอิทธิพลทางตรงของเพศหญิงเนื่องจากไม่ significance



[χ^2 =228.053, df=202 , p=0.000, χ^2 /df=1.129 , CFI=0.977 , TLI=0.965 , RMSEA=0.027 , SRMR=0.060]

หมายเหตุ *** ไม่มีการเปรียบเทียบกับอิทธิพลทางอ้อม เนื่องจากไม่ significance ทั้งสองกลุ่ม

ภาพประกอบ 11 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางอ้อม ระหว่างกลุ่ม ของเพศชาย

3.4.3.1.2 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางอ้อมระหว่างกลุ่ม ของเพศหญิง

ผลการตรวจสอบโมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง ระหว่างกลุ่มของเพศชาย พบว่า ค่าไค-สแคว์ มีค่าเท่ากับ 80.276 ที่องศาอิสระ 200 ระดับนัยสำคัญ 0.000 ดัชนีความสอดคล้องเชิงเปรียบเทียบ (CFI) เท่ากับ 0.977 ซึ่งมากกว่า 0.900 อยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้อง ดัชนีวัดระดับความเหมาะสมไม่อิงเกณฑ์ (TLI) เท่ากับ 0.965 ซึ่งมากกว่า 0.900 อยู่ในเกณฑ์ที่สอดคล้อง ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (RMSEA) เท่ากับ 0.027 อยู่ในเกณฑ์สอดคล้องดี และดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสอง

ของส่วนเหลือมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ 0.060 ซึ่งมากกว่า 0.05 อยู่ในเกณฑ์ไม่สอดคล้อง สรุปว่าค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนมีบางค่าไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับ (บุรทิน ขำภิรัฐ. 2548) ดังนั้นโมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรง ระหว่างกลุ่มของเพศหญิงไม่มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ รายละเอียดดังตาราง 22 ตาราง 23 และภาพประกอบ 11

ตาราง 22 ขนาดอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางอ้อม และอิทธิพลรวมในโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อทดสอบอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) ของเพศหญิง

ตัวแปรผล/	LST			EMM			ATT			WMM			MLO		
ตัวแปรเหตุ	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE	TE	IE	DE
LST	-	-	-	.88**	-	.88**	.26**	.02**	.24**	.63**	.63**	-	.53**	.53**	-
EMM	-	-	-	-	-	-	.79**	-	.79**	1.00**	-	1.00**	-	-	-
ATT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	***	***	***	***	***	***
WMM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.77**	-	.77**
MLO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ค่าสถิติ χ^2 = 80.276, df=200 , p=0.000, χ^2 /df=0.401 , CFI=0.977 , TLI=0.965 , RMSEA=0.027 , SRMR=0.060

ตัวแปร	STS	OST	HST	IST	AEM	CAM	COM	SAT	FAT	SET	SUT
ความเที่ยง	0.622	0.560	0.655	0.724	0.740	0.608	0.355	0.210	0.777	0.329	0.250

ตัวแปร	BWM	SWM	UWM	IWM	AAA	MAA	MPS
ความเที่ยง	0.720	0.621	0.184	0.440	0.853	0.259	0.597

สมการโครงสร้าง	EMM	ATT	WMM	MLO
R^2	0.774	0.997	0.957	0.555

เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

	LST	EMM	ATT	WMM	MLO
LST	1				
EMM	0.998	1			
ATT	0.481	0.501	1		
WMM	0.491	0.912	0.978	1	
MLO	0.512	0.523	1.066	1.043	1

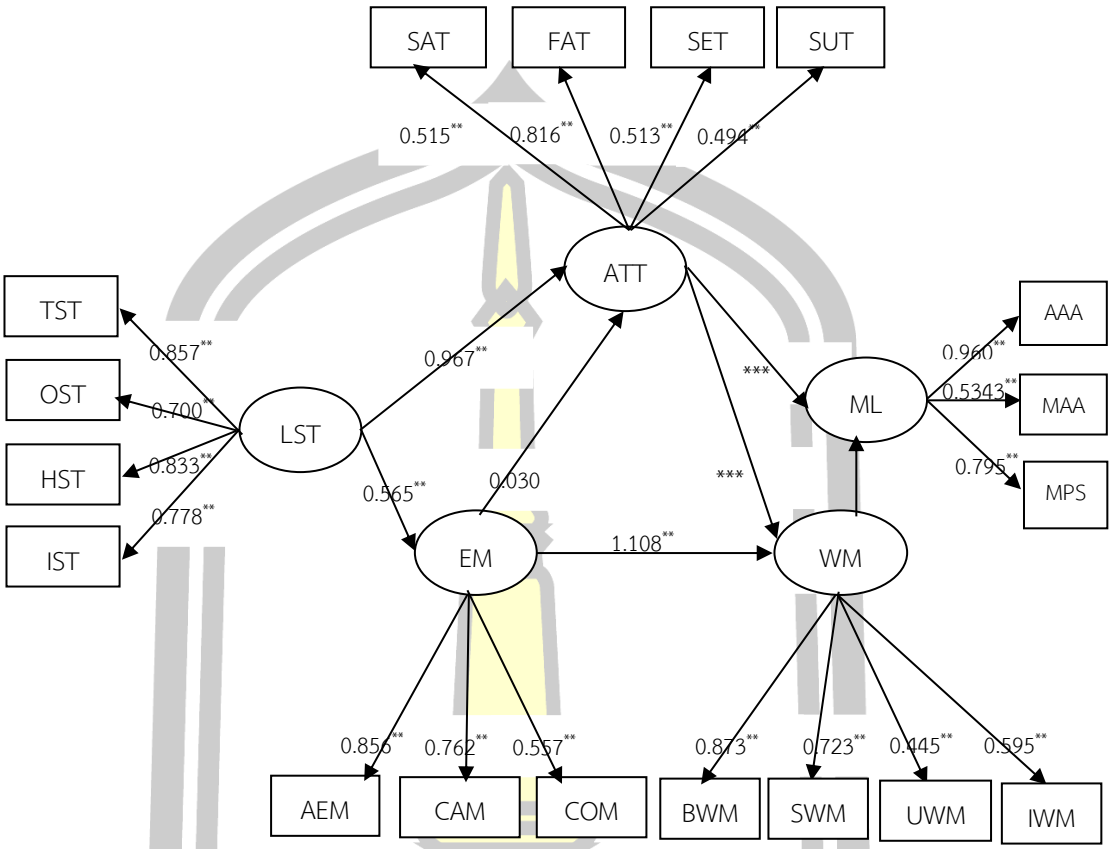
หมายเหตุ **p<0.01

ตาราง 23 ค่าประมาณพารามิเตอร์ และค่าสถิติในโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อทดสอบอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) ของเพศหญิง

ตัวแปรเหตุ → ตัวแปรผล	ค่าประมาณพารามิเตอร์มาตรฐาน	S.E.	t
Matrix BE			
LST → ATT	0.967**	0.018	53.825**
LST → EMM	0.565**	0.053	10.597**
EMM → ATT	0.030	0.025	1.204
EMM → WMM	1.108**	0.039	28.424**
ATT → WMM	***	***	***
ATT → MLO	***	***	***
WMM → MLO	0.853**	0.028	30.899**
Matrix LY			
LST → TST	0.857**	0.035	24.795**
LST → OST	0.700**	0.035	19.889**
LST → HST	0.833**	.0042	19.915**
LST → IST	0.778**	0.044	17.702**
EMM → AEM	0.856**	0.017	50.635**
EMM → CAM	0.762**	0.027	28.094**
EMM → COM	0.557**	0.027	20.261**
ATT → SAT	0.515**	0.047	11.029**
ATT → FAT	0.816**	0.036	22.502**
ATT → SET	0.593**	0.050	11.741**
ATT → SUT	0.494**	0.043	11.587**
WMM → BWM	0.873**	0.020	44.703**
WMM → SWM	0.723**	0.038	18.880**
WMM → UWM	0.445**	0.031	14.203**
WMM → IWM	0.595**	0.032	18.684**
MLO → AAA	0.960**	0.010	99.866**
MLO → MAA	0.534**	0.032	16.944**
MLO → MPS	0.795**	0.017	45.733**

หมายเหตุ **p<0.01,

*** ไม่มีการเปรียบเทียบกับอิทธิพลทางตรงของเพศหญิงเนื่องจากไม่ significance



[χ^2 = 80.276, df=200 , p=0.000, χ^2/df=0.401 , CFI=0.977 , TLI=0.965 , RMSEA=0.027 , SRMR=0.060]

หมายเหตุ *** ไม่มีการเปรียบเทียบกับอิทธิพลทางอ้อม เนื่องจากไม่ significance ทั้งสองกลุ่ม

ภาพประกอบ 12 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางอ้อมระหว่างกลุ่ม ของเพศหญิง

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มีความมุ่งหมายของงานวิจัย ดังนี้

1) เพื่อพัฒนาโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์

2) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3) เพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระหว่างเพศของนักเรียน

กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การมัธยมศึกษา เขต 32 ปีการศึกษา 2560 ผู้วิจัยต้องใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างประมาณ 20 เท่าของจำนวนพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าในโมเดล จำนวนทั้งสิ้น 1,000 คน ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (stratified random sampling) คือ แบ่งโรงเรียนตามขนาดของโรงเรียน ได้แก่ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ และสุ่มเลือกโรงเรียนตามขนาดโรงเรียน หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างนักเรียนในแต่ละโรงเรียนตามสัดส่วนจำนวนนักเรียนในโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) แบบสำรวจรูปแบบการเรียนรู้ เป็นแบบประเมินแบบมาตรส่วนประมาณค่า 5 สเกล จำนวน 40 ข้อ ของ ประยุทธ ไทยธานี (2550) (2) ซอฟแวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน เป็นแบบทดสอบทางคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เลขที่คำขอแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ต่อกรมทรัพย์สินทางปัญญา เลขที่ 366877 (3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ของ วัชราภรณ์ เกียรติบุญญาฤทธิ์ (2549) (4) แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 32 ข้อ ของ จริยาวดี ชูวงศ์ศิริกุล (2550) (5) แบบวัดเจตคติต่อคณิตศาสตร์ เป็นแบบประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 สเกล จำนวน 14 ข้อ ของ กระทรวงศึกษาธิการ (2555) (6) แบบทดสอบสภาวะทางอารมณ์

เป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 10 สเกล จำนวน 16 ข้อ ของภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติบรรยายเพื่อศึกษาและอธิบายลักษณะของตัวแปร วิเคราะห์ความสัมพันธ์เพื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร วิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องและทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้แก่ โปรแกรม SPSS for Windows และโปรแกรมเอ็มพลัส (MPlus Program)

1. สรุปผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น พบว่า โมเดลที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (χ^2 =77.818 , df=61 , p=0.072, χ^2/df=1.276 , CFI=0.999 , TLI=0.998, REMSEA=0.014, SRMR=0.016)

2. ผลการศึกษาความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระหว่างเพศ พบว่า

2.1 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐาน (baseline SEM model) ของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของเพศชาย พบว่า โมเดลที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (χ^2 =101.850 , df=86 , p=0.116, χ^2/df=1.219 , CFI=0.999, TLI=0.998, REMSEA=0.016, SRMR=0.023)

2.2 โมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐาน (baseline SEM model) ของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของเพศหญิง พบว่า โมเดลที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (χ^2 =101.891 , df=86 , p=0.116, χ^2/df=1.185 , CFI=0.998, TLI=0.997, REMSEA=0.016, SRMR=0.029)

2.3 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของสัมประสิทธิ์เส้นทางเชิงโครงสร้าง (structural path coefficient) ของอิทธิพลทางตรง (direct effect) พบว่า ไม่มีความแปรเปลี่ยนระหว่างเพศชายและเพศหญิงที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 (χ^2 =10.704 , df=4 , p=0.0301)

2.4 ผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของสัมประสิทธิ์เส้นทางเชิงโครงสร้าง (structural path coefficient) ของอิทธิพลทางอ้อม (indirect effect) พบว่า อิทธิพลทางอ้อมไม่มีความแปรเปลี่ยนระหว่างเพศชายและเพศหญิงที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 (χ^2 =0.021 , df=1 , p=0.8841)

2. การอภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยนี้ ผู้วิจัยนำเสนอดังนี้

(1) จากผลการวิจัย พบว่าโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ สอดคล้องกับแนวคิดของ Anderson (2009) เมื่อพิจารณาในรายละเอียดในโมเดล พบว่า รูปแบบการเรียนรู้ (ST) ส่งผลต่อความตั้งใจ (ATT) นั่นคือ ความสามารถของความตั้งใจถูกกำหนดโดยรูปแบบการเรียนรู้ สอดคล้องกับแนวคิดของ Anderson (2009) และ Riding and others (2003) ที่กล่าวว่า ความสามารถในการรับรู้ข้อมูลและสารสนเทศเมื่อเข้าสู่กระบวนการประมวลผลภายในสมองจะขึ้นอยู่กับรูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียน มากกว่านั้นรูปแบบการเรียนรู้ยังส่งผลต่อความตั้งใจอีกด้วย นั่นคือเมื่อข้อมูลและสารสนเทศเข้าสู่กระบวนการประมวลผลภายในสมองตามรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนก็จะสามารถเพิ่มความสามารถความตั้งใจได้ จากผลการวิจัยยังพบว่า รูปแบบการเรียนรู้ส่งผลต่ออารมณ์ (EM) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Anderson (2009) และ Chen and Wu (2015)ที่พบว่า รูปแบบการเรียนรู้ส่งผลต่อความสามารถเชิงพุทธิปัญญา นั่นคือ เมื่อข้อมูลและสารสนเทศได้เข้าสู่กระบวนการภายในสมองตามรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมก็จะสามารถเพิ่มอารมณ์ทางบวกได้ และสอดคล้องกับแนวคิดของ Anderson (2009) ที่กล่าวว่า ข้อมูลและสารสนเทศจะเข้าสู่กระบวนการประมวลผลภายในสมองตามรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนและส่งผลให้ผู้เรียนมีอารมณ์ทางบวกก็จะสามารถเรียนรู้ได้ดีขึ้น ผู้เรียนมีอารมณ์ทางบวกแล้วก็ส่งผลต่อสามารถของความจำขณะทำงาน เมื่อความจำขณะทำงานดี ส่งผลต่อความสามารถในการเรียนรู้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cragg and others (2017), Bresgi, Alexander and Seabi (2017), Maehler and Schuchardt (2016), Pauly and others (2010) และ Vandenbroucke, Verschueren and Baeyens (2017)ที่พบว่า ความจำขณะทำงานส่งผลต่อผลการเรียนรู้ มากกว่านั้นผลการวิจัยยังพบว่าอารมณ์ส่งผลต่อความตั้งใจ สอดคล้องกับแนวคิดของ Anderson (2009)

ประเด็นที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งที่ค้นพบจากผลการวิจัยคือ ความตั้งใจส่งผลต่อความจำขณะทำงานในทิศทางตรงกันข้าม นั่นคือ เมื่อความตั้งใจมากขึ้นแล้วส่งผลให้ความจำขณะทำงานลดลง ขัดแย้งกับงานวิจัยของ Anderson (2009) และจากงานวิจัยนี้ยังพบว่าความตั้งใจส่งผลต่อความจำขณะทำงานในทิศทางตรงกันข้าม นั่นคือ ความตั้งใจที่มากเกินไปอาจส่งผลให้ความจำขณะทำงานลดลง ขัดแย้งกับงานวิจัยของ Ravizza and Hazeltine (2013)ที่พบว่าความตั้งใจส่งผลต่อความจำขณะทำงานในทิศทางเดียวกัน แต่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Geday and Gjedde (2009), Kissler, and others (2009), Pêcher, Lemercier and Cellier (2009) และ Perlman and others (2014) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความตั้งใจและความจำขณะทำงาน พบว่า ความตั้งใจ

ส่งผลต่อความจำขณะทำงานในทิศทางตรงกันข้าม มากกว่านั้น Raphaëlle Bertrand, Valérie Camos. (2015) พบว่า ความตั้งใจอาจไม่ได้มีบทบาทต่อความจำขณะทำงาน แต่อาจส่งผลไปในทางตรงกันข้ามถ้าไม่มีการฝึกความตั้งใจอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้มีสมรรถนะเก็บรักษาความจำขณะทำงาน และวิธีการฝึกความตั้งใจยังเป็นปัญหาต่อไปว่าจะฝึกความตั้งใจด้วยวิธีการใด และสร้างสื่อการเรียนการสอนแบบใดจึงจะสามารถพัฒนาความตั้งใจให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการพัฒนาความจำขณะทำงาน ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากค่าความเบ้คะแนนความตั้งใจของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า เบ้ซ้ายสูงมาก (SK อยู่ระหว่าง -2.248 ถึง -2.976) นั่นคือกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนความตั้งใจค่อนข้างสูง จึงมีอิทธิพลต่อความจำขณะทำงานไปในทิศทางตรงกันข้าม แต่อย่างไรก็ตามคะแนนความจำขณะทำงานก็เบ้ซ้าย (SKอยู่ระหว่าง -2.072 ถึง -0.404) นั่นคือ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้มีคะแนนความจำขณะทำงานค่อนข้างสูง สรุปว่า การวิจัยนี้ แม้ความตั้งใจจะส่งผลต่อความจำขณะทำงานในทิศทางตรงกันข้าม แต่เมื่อพิจารณาจากค่าความเบ้ พบว่า ทั้งความตั้งใจและความจำขณะทำงานก็มีค่าคะแนนในระดับที่สูงกว่าค่าเฉลี่ย มากกว่านั้นยังพบว่า ความตั้งใจส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในทิศทางตรงกันข้าม นั่นคือเมื่อความตั้งใจเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ลดลง ขัดแย้งกับงานวิจัยของ Anobile, Stievano and Burr (2013) และDulaney, Vasilyeva, and O'Dwyer (2015) ที่พบว่าความตั้งใจส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในทิศทางตรงกันข้าม นั่นคือ เมื่อความตั้งใจดีขึ้นส่งผลให้ผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ลดลง ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากค่าความเบ้คะแนนความตั้งใจของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า เบ้ซ้ายสูงมาก (SK อยู่ระหว่าง -2.248 ถึง -2.976) นั่นคือกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนความตั้งใจค่อนข้างสูง จึงมีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไปในทิศทางตรงกันข้ามเช่นเดียวกันกับความจำขณะทำงาน แต่อย่างไรก็ตามคะแนนผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ก็เบ้ซ้าย (SKอยู่ระหว่าง -0.617 ถึง -0.451) นั่นคือ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้มีคะแนนผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ค่อนข้างสูง สรุปว่า การวิจัยนี้ แม้ความตั้งใจจะส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในทิศทางตรงกันข้าม แต่เมื่อพิจารณาจากค่าความเบ้ พบว่า ทั้งความตั้งใจและความจำขณะทำงานก็มีค่าคะแนนในระดับที่สูงกว่าค่าเฉลี่ย ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าความตั้งใจส่งผลต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยส่งผ่านความความจำขณะทำงานสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Srikoon and others (2012) ที่พบว่า ความตั้งใจส่งผลต่อผลการเรียนรู้ผ่านความจำขณะทำงาน

เมื่อพิจารณาค่าขนาดอิทธิพลของความจำขณะทำงานที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พบว่า ความจำขณะทำงานส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยค่าผลรวมอิทธิพลเท่ากับ 1.837 สอดคล้องกับงานวิจัยของGómez-Chacón, and others (2014), Maehler and Schuchardt (2016), Bresgi, Alexander and Seabi (2017) และ Cragg and others (2017) ที่พบว่า ความจำขณะทำงานส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์คณิตศาสตร์ โดยเฉพาะจากผลการวิจัยนี้ พบว่า ตัวแปรที่สังเกตได้การจำแนกประเภทของตัวเลข ที่วัดสมบัติกระบวนการพื้นฐานของความจำขณะ

ทำงาน (basic processing working memory) ที่มีค่าประมาณพารามิเตอร์มาตรฐานเท่ากับ 0.992 ซึ่งตัวแปรนี้ควรได้รับการส่งเสริมให้นำทฤษฎีนี้ไปใช้เมื่อมีการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

(2) เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของสัมประสิทธิ์เส้นทางเชิงโครงสร้าง (structural path coefficient) ของอิทธิพลทางตรง (direct effect) พบว่า ไม่มีความแปรเปลี่ยนระหว่างเพศชายและเพศหญิง นั่นคือ ไม่มีความแปรเปลี่ยนของขนาดอิทธิพลของรูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งผลต่อความตั้งใจ ไม่มีความแปรเปลี่ยนของขนาดอิทธิพลของรูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งผลต่ออารมณ์ ไม่มีความแปรเปลี่ยนของขนาดอิทธิพลของอารมณ์ที่ส่งผลต่อความจำขณะทำงาน และไม่มีความแปรเปลี่ยนของขนาดอิทธิพลของความจำขณะทำงานที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มากกว่านั้นงานวิจัยนี้พบว่า การส่งผ่านอิทธิพลของรูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งผลต่ออารมณ์ ส่งผ่านนอิทธิพลผ่านความจำขณธทำงานและส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์นั้น (รูปแบบการเรียนรู้ ⟶ อารมณ์ ⟶ ความจำขณะทำงาน ⟶ ผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์) นั้นไม่มีความแปรเปลี่ยนระหว่างเพศ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tabatabaei and Mashayekhi (2013) และGradl-Dietsch and others (2016) พบว่า รูปแบบการเรียนรู้ของผู้เรียนเมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างเพศนั้นไม่มีความแตกต่างกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Solianik, Brazaitis and Skurvydas (2016) พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศของความจำขณะทำงาน และพบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hill, Laird and Robinson (2014) ที่ศึกษาความแตกต่างของความจำขณะทำงานระหว่างเพศ พบว่า ความจำขณะทำงานไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศเช่นกัน มากกว่านั้นยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pânişoară, Pânişoară and Sandu (2015) และ Chraif and Anitei (2013) ทำการวิจัยเปรียบเทียบความแตกต่างของอารมณ์ระหว่างเพศ พบว่า ไม่มีความแตกต่างของอารมณ์ระหว่างเพศ ดังนั้นอิทธิพลของตัวแปรความรูปแบบการเรียนรู้ ส่งผ่านอารมณ์และความจำขณะทำงาน ตามลำดับ ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์นั้น ไม่มีความแปรเปลี่ยนระหว่างเพศชายและเพศหญิง สอดคล้องกับทฤษฎี

ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ จึงควรนำตัวแปรรูปแบบการเรียนรู้ อารมณ์ ความจำขณะทำงานมาให้เป็นฐานทฤษฎีในการจัดการเรียนการสอน มากกว่านั้นอิทธิพลของตัวแปรดังกล่าวมีความแปรเปลี่ยนระหว่างเพศ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์สามารถจัดการห้องเรียนแบบคละเพศได้ แต่ทว่าเมื่อนำตัวแปรเหล่านี้เข้าไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ต้องพิจารณาอัตราส่วนระหว่างเพศในการจัดการเรียนการสอนแต่ละกลุ่ม อีกทั้งการนำตัวแปรความตั้งใจไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนนั้นยังเป็นประเด็นปัญหาว่า จะสอนด้วยวิธีการใดจึงจะทำให้สามารถพัฒนาความจำขณะทำงานและผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ ดังนั้นจึงควรหาแนวทางฝึกความตั้งใจให้มีความสามารถในการเก็บรักษาความจำที่มีสมรรถนะดีจึงจะสามารรถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้ดี (Raphaëlle Bertrand, Valérie Camos. 2015)

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการเรียนรู้ อารมณ์ และความจำขณะทำงาน ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นสำหรับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ควรนำตัวแปรเหล่านี้เป็นฐานทฤษฎีในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะตัวแปรที่สังเกตได้การจำแนกประเภทของตัวเลข ที่วัดสมบัติกระบวนการพื้นฐานของความจำขณะทำงาน (basic processing working memory) ที่มีค่าประมาณพารามิเตอร์มาตรฐานมากที่สุด จึงควรนำตัวแปรนี้ไปใช้เป็นทฤษฎีในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

3.1.2 ผลการวิจัยพบว่า โมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มีความแปรเปลี่ยนระหว่างเพศ นั่นคือการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์สามารถจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนคละเพศได้ แต่ต้องคำนึงถึงอัตราส่วนจำนวนคนระหว่างเพศในแต่ละห้อง

3.1.3 ผลการวิจัยพบว่า อิทธิพลทางตรงจำนวน 4 คู่ ได้แก่ อิทธิพลทางตรงของรูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งผลต่อความตั้งใจ อิทธิพลทางตรงของรูปแบบการเรียนรู้ที่ส่งผลต่ออารมณ์ อิทธิพลทางตรงของอารมณ์ที่ส่งผลต่อความจำขณะทำงาน และอิทธิพลทางตรงของความจำขณะทำงานที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ไม่มีความแปรเปลี่ยนระหว่างเพศ มากกว่านั้นอิทธิพลทางอ้อมจำนวน 1 คู่ คือ อิทธิพลทางอ้อมจากรูปแบบการเรียนรู้ ส่งผลต่ออารมณ์ ส่งผลต่อความจำขณะทำงานและส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (รูปแบบการเรียนรู้ → อารมณ์ → ความจำขณะทำงาน → ผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์) ดังนั้นควรมีการจัดการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรเหล่านี้สามารถจัดการเรียนการสอนแบบคละเพศได้ดีมาก

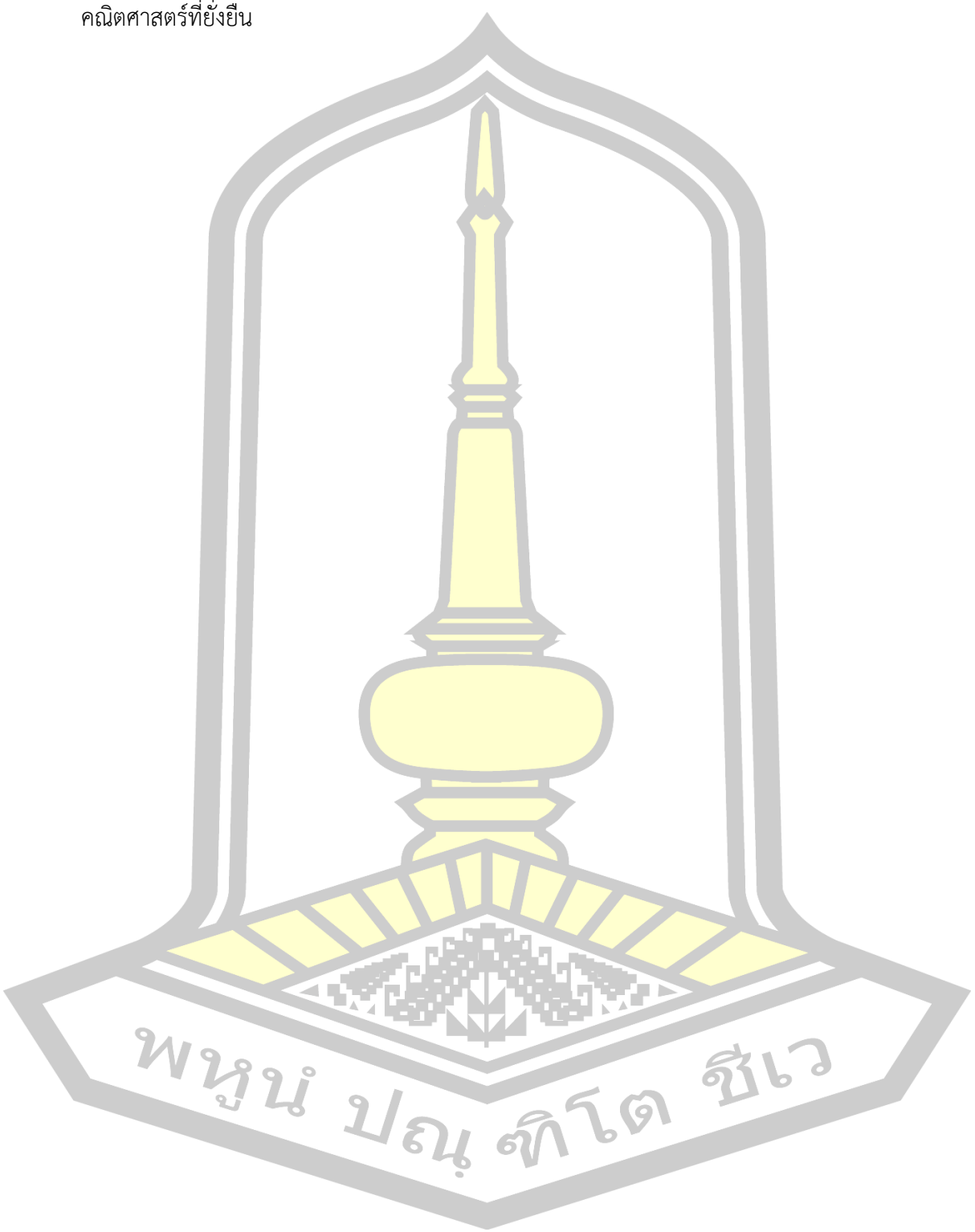
3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการเรียนรู้ ความตั้งใจ อารมณ์ และความจำขณะทำงาน ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังนั้นจึงควรมีการวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบการสอน กิจกรรมการเรียนการสอน เทคนิคการสอน และสื่อการสอนที่สามารถพัฒนาตัวแปรเหล่านี้ได้ ถ้ามีการค้นพบนวัตกรรมเหล่านี้ ก็จะสามารถนำไปใช้สอนเพื่อพัฒนาผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้

3.2.2 ควรมีการศึกษาประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์กลุ่มพหุ โดยเปรียบเทียบระหว่างตัวแปรต่างๆ เช่น อายุ ระดับสติปัญญา หรือรายได้ เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกมากขึ้น

3.2.3 ผลการวิจัยพบว่า ความตั้งใจส่งผลในทิศทางตรงกันข้ามกับความจำขณะทำงานและผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังนั้นควรมีการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการสอน รูปแบบการสอน หรือสื่อการสอนที่เหมาะสมต่อการพัฒนาความตั้งใจให้สามารถพัฒนาหรือส่งผลต่อความตั้งใจและผลสัมฤทธิ์ทาง

คณิตศาสตร์ให้ไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อให้เกิดการยกระดับความจำขณะทำงานและผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ยั่งยืน



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). *การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: เอ็ดยูเคชั่น.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2559a). *นโยบาย ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2559b). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. Retrieved from www.thaischool.in.th/_files/thaischool/01.pdf

กลุ่มสารสนเทศ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). ข้อมูลนักเรียนปีการศึกษา 2560. Retrieved from http://data.bopp-obec.info/emis/schooldata-view_student_area.php?Area_CODE=101732.

กุลนิดา วรสารนันท์. (2552). *ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการอุปนัยที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จริยาวดี ชูวงศ์ศิริกุล. (2550). *การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาภูเก็ต*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิขาการประเมินการศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

จินตนาภรณ์ วัฒนธร. (2554). บทบาทของสมองต่อการเกิด สมาธิ แรงจูงใจ การเรียนรู้ และความจำ. *วารสารหลักสูตรและการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, *4*(1–2), 12–18.

ชนากานต์ กาหลง. (2557). *ความสัมพันธ์ของปัจจัยบางประการกับความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามหาสารคาม*. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ทัศนีย์ บุญเติม. (2557). *การพัฒนาเครื่องมือวัดทางพุทธิปัญญา (ฉบับภาษาไทย)*. ทุนวิจัย วช. ปี 2555.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). *ความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น Lisrel: สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุรทิน ขำภิรัฐ. (2548). *การพัฒนา การตรวจสอบความตรงและความไม่แปรเปลี่ยนของโมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับประสิทธิผลความเป็นคณบดี*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประยุทธ ไทยธานี. (2550). *แบบการเรียนรู้ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาตาม ทฤษฎีสมองซีกซ้ายและซีกขวา.* นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

พัชรี จันทร์เพ็ง. (2558). *สถิติและวิจัยทางการศึกษา.* ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์และพเยาว์ ยินดีสุข. (2558). *การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ราตรี สุดทรวงและวีระชัย สิงหนิยม. (2550). *ประสาทสรีรวิทยา.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วัชราภรณ์ เกียรติบุญญาฤทธิ์. (2549). *การวิเคราะห์ตัวแปรพหุระดับของความต้องการจำเป็นของนักเรียนและครูที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต การวัดและประเมินผลการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศานิตย์ ศรีคุณ. (2558). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้วิจัยเป็นฐานผสานแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์.* วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2552). *สถิติขั้นสูงสำหรับการวิจัยทางการศึกษา.* มหาสารคาม: ประสานพิมพ์.

สุภมาส อังศุโชติ, รัชนีกูล ภิญโญภานุวัฒน์, แ. ส. ว. (2552). *สถิติวิเคราะห์ สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์: เทคนิคการใช้โปรแกรม Lisrel.* กรุงเทพฯ: มิสชั่น มีเดีย.

Adams, A.-M., Simmons, F., & Willis, C. (2015). Exploring relationships between working memory and writing: Individual differences associated with gender. *Learning and Individual Differences*, *40*, 101–107.

Aldrich, R. (2013). Neuroscience, education and the evolution of the human brain. *History of Education*, *42*(3), 396–410.

Anderson, O. R. (2009). Neurocognitive Theory and Constructivism in Science Education: A Review of Neurobiological, Cognitive and Cultural Perspectives. *Neurocognitive Theory and Science Education*, *1*(1), 1–32.

Anobile, G., Stievano, P., & Burr, D. C. (2013). Visual sustained attention and numerosity sensitivity correlate with math achievement in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, *116*(2), 380–391.

Ariës, R. J., Ghysels, J., Groot, W., & Maassen van den Brink, H. (2016). Combined working memory capacity and reasoning strategy training improves reasoning skills in secondary social studies education: Evidence from an experimental study. *Thinking Skills and Creativity*, *22*, 233–246.

Armitage, C. J., Conner, M., & Norman, P. (1999). Differential effects of mood on information processing: evidence from the theories of reasoned action and planned behaviour. . . *European Journal of Social Psychology*, *29*(4), 419–433.

Aron, A. R., Robbins, T. W., & Poldrack, R. A. (2004). Inhibition and the right inferior frontal cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, *8*(4), 170–177.

Baddeley, A., & Jarrold, C. (2007). Working memory and Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, *51*(12), 925–931.

Baddeley, A. (2010). Working memory: theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, *63*, 1–29.

Baddeley, A. D. (2006). Working memory: An overview. . . *Working Memory and Education*, *2*(3), 1–31.

Baniqued, P. L., Allen, C. M., Kranz, M. B., Johnson, K., Sipolins, A., Dickens, C., Kramer, A. F. (2015). Working Memory, Reasoning, and Task Switching Training: Transfer Effects, Limitations, and Great Expectations? *Plos One*, *10*(11), 10–14.

Barger, B., & Derryberry, W. P. (2013). Do negative mood states impact moral reasoning? *Journal of Moral Education*, *42*(4), 443–459.

Basile, L. F. H., Sato, J. R., Alvarenga, M. Y., Henrique, N., Pasquini, H. A., Alfenas, W., Ramos, R. T. (2013). Lack of Systematic Topographic Difference between Attention and Reasoning Beta Correlates. *Plos One*, *8*(3), 59–64.

Bauer, J., Magg, S., & Wermter, S. (2015). Attention modeled as information in learning multisensory integration. *Neural Networks*, *65*, 41–52.

Bench, C., Frith, C. D., Grasby, P. M., Friston, K. J., Paulesu, E., Frackowiak, R. S. J., & Dolan, R. J. (1993). Investigations of the functional anatomy of attention using the Stroop test. *Neuropsychologia*, *31*(9), 907–922.

Bentler, P. M., Bonett, D. G., Bentler, P., Bonett, D., Bonnett, D. G., Bentler, P. M., Bonnet, D. (1980). Significance tests and goodness of fit in the analysis of covariance structures. *Psychological Bulletin*, *88*(3), 588–606.

Bentler, P. m. (1992). On the fit of models to covariances and methodology to the Bulletin. *Psychological Bulletin*, *112*(3), 400–404.

Bertrand, R. & Camos, V. (2015). The role of attention in preschoolers' working memory. *Cognitive Development*, *33*, 14–27.

Beschin, N., Denis, M., Logie, R. H., & Della Sala, S. (13AD). Dissociating mental transformations and visuo-spatial storage in working memory: Evidence from representational neglect. *Memory*, *3*(430–434).

Binder, M. D., Hirokawa, N., & Windhorst, U. (2009). Encyclopedia of neuroscience. Retrieved from http://www.researchgate.net/profile/Ilya_Rybak/publication/216269713_Computational_modeling_of_the_respiratory_network/links/0f714146f08076f841a4d72a.pdf

Bollen, K. A. (2014). Structural equations with latent variables. Retrieved from https://www.google.com/books?hl=th&lr=&id=%0A %09DPBjBAAAQBAJ&oi =fnd&pg=PT8&dq=bollen+structural&ots=JMx4YY4YVR&sig%0A= p13bQw0K_gT-hwUSPkO2Jxj2NfU%0A

Bond, A., & Lader, M. (1974). The use of analogue scales in rating subjective feelings. *British Journal of Medical Psychology*, *47*(3), 211–218.

Braver, T. S., Cohen, J. D., Nystrom, L. E., Jonides, J., Smith, E. E., & Noll, D. C. (1997). A parametric study of prefrontal cortex involvement in human working memory. *Neuroimage*, *5*(1), 49–62.

Bresgi, L., Alexander, D. L. M., & Seabi, J. (2017). The predictive relationships between working memory skills within the spatial and verbal domains and mathematical performance of Grade 2 South African learners. *International Journal of Educational Research*, *8*, 1–10.

Buehner, M., Krumm, S., & Pick, M. (2005). Reasoning=working memory≠attention. *Intelligence*, *33*(3), 251–272.

Buhusi, M., Bartlett, M. J., & Buhusi, C. V. (2017). Sex differences in interval timing and attention to time in C57Bl/6J mice. *Behavioural Brain Research*, *324*, 96–99.

Bush, G., Whalen, P. J., Rosen, B. R., Jenike, M. A., McInerney, S. C., Rauch, S. L., & others. (1998). The counting Stroop: an interference task specialized for functional neuroimaging—validation study with functional MRI. *Human Brain*

Mapping, *6*(4), 270–282.

Byrne, B. M. (2012). *Structural Equation Modeling with Mplus : Basic Concepts, Applications, and Programming*. New York: Routledge.

Chee, M. W., Sriram, N., Soon, C. S., & Lee, K. M. (2000). Dorsolateral prefrontal cortex and the implicit association of concepts and attributes. *Neuroreport*, *11*(1), 135–140.

Chen, C.-M., & Wu, C.-H. (2015). Effects of different video lecture types on sustained attention, emotion, cognitive load, and learning performance. *Computers & Education*, *80*, 108–121.

Chraif, M., & Aniţei, M. (2013). Gender Differences in Measuring Positive and Negative Emotions Self-perception among Romanian High School Students–A Pilot Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *76*, 181–185. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.04.095

Chui, D., Marcellino, M., Marotta, F., Sweed, H., Solimene, U., Vignali, A., … Zerbinati, N. (2014). A Double-Blind, Rct Testing Beneficial Modulation of Bdnf in Middle-Aged, Life Style-Stressed Subjects: A Clue to Brain Protection? *Clinical and Diagnostic Research : JCDR*, *8*(11), 1–6.

Cohen, J. D., Perlstein, W. M., Braver, T. S., Nystrom, L. E., Noll, D. C., Jonides, J., & Smith, E. E. (1997). Temporal dynamics of brain activation during a working memory task. Retrieved from http://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/62513

Collette, F., Majerus, S., Van der Linden, M., Dabe, P., Degueldre, C., Delfiore, G., … Salmon, E. (2001). Contribution of lexico-semantic processes to verbal short-term memory tasks: A PET activation study. *Memory*, *9*(4), 249–259.

Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, *3*(3), 201–215.

Cragg, L., Keeble, S., Richardson, S., Roome, H. E., & Gilmore, C. (2017). Direct and indirect influences of executive functions on mathematics achievement. *Cognition*, *162*, 12–26.

D'Esposito, M., Postle, B. R., Ballard, D., & Lease, J. (1999). Maintenance versus

manipulation of information held in working memory: an event-related fMRI study. *Brain and Cognition*, *41*(1), 66–86.

De Linden, M. V., Collette, F., Salmon, E., Delfiore, G., Degueldre, C., Luxen, A., & Franck, G. (1999). The Neural Correlates of Updating Information in Verbal Working Memory. *Memory*, *7*(5), 549–561.

Dettmers, S., Trautwein, U., Lüdtke, O., Goetz, T., Frenzel, A. C., & Pekrun, R. (2011). Students' emotions during homework in mathematics: Testing a theoretical model of antecedents and achievement outcomes. *Contemporary Educational Psychology*, *36*(1), 25–35.

Dulaney, A., Vasilyeva, M., & O'Dwyer, L. (2015).). Individual differences in cognitive resources and elementary school mathematics achievement: Examining the roles of storage and attention. *Learning and Individual Differences*, *37*, 55–63.

Dussauge, I., & Kaiser, A. (2012). Neuroscience and Sex/Gender. *Neuroethics*, *5*(3), 211–215.

Egami, C., Yamashita, Y., Tada, Y., Anai, C., Mukasa, A., Yuge, K., … Matsuishi, T. (2015). Developmental trajectories for attention and working memory in healthy Japanese school-aged children. *Brain and Development*, *37*(9), 840–848.

Espino, O., Rodriguez, R., Oliva, D., & Sanchez Curbelo, I. (2015). The influence of verbal mood in exceptive conditional reasoning: Indicative versus subjunctive. *Psicothema, 27*(1), 40–44.

Fink, G. R., Halligan, P. W., Marshall, J. C., Frith, C. D., Frackowiak, R. S., & Dolan, R. J. (1997). Neural mechanisms involved in the processing of global and local aspects of hierarchically organized visual stimuli. *Brain*, *120*(11), 1779–1791.

Fischer, K. (2014). Award: Transforming Education Through Neuroscience. *Mind, Brain, and Education*, *8*(1), 1–2.

Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: a latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, *133*(1), 101.

Gagne, R. M., Briggs, L. J., & Wager, W. W. (1992). *Principles of instructional design*. Australia: Wasworth.

Gagné, R. M. (2005). *Principles of instructional design. Belmont, CA*. Thomson: Wadsworth.

Geday, J., & Gjedde, A. (2009). Attention, emotion, and deactivation of default activity in inferior medial prefrontal cortex. *Brain and Cognition*, *69*(2), 344–352.

Giofrè, D., Mammarella, I. C., Ronconi, L., & Cornoldi, C. (2013). Visuospatial working memory in intuitive geometry, and in academic achievement in geometry. *Learning and Individual Differences*, *23*, 114–122.

Gómez-Chacón, I. M., García-Madruga, J. A., Vila, J. Ó., Elosúa, M. R., & Rodríguez, R. (2014). The dual processes hypothesis in mathematics performance: Beliefs, cognitive reflection, working memory and reasoning. . . *Learning and Individual Differences*, *29*, 67–73.

Goswami, U. (2012). *Principles of learning, implications for teaching? Cognitive neuroscience and the classroom*. Oxford University Press.

Gradl-Dietsch, G., Korden, T., Modabber, A., Sönmez, T. T., Stromps, J.-P., Ganse, B., … Knobe, M. (2016). Multidimensional approach to teaching anatomy-Do gender and learning style matter. *Annals of Anatomy = Anatomischer Anzeiger: Official Organ of the Anatomische Gesellschaft*, *208*, 158–164.

Grimm, S., Weigand, A., Kazzer, P., Jacobs, A. M., & Bajbouj, M. (2012). Neural mechanisms underlying the integration of emotion and working memory. *Neuroimage*, *61*(4), 1188=1194.

Gurd, J. M., Amunts, K., Weiss, P. H., Zafiris, O., Zilles, K., Marshall, J. C., & Fink, G. R. (2002). Posterior parietal cortex is implicated in continuous switching between verbal fluency tasks: an fMRI study with clinical implications. *Brain*, *125*(5), 1024–1038.

Hanin, V., & Van Nieuwenhoven, C. (2016). The influence of motivational and emotional factors in mathematical learning in secondary education. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology*, *66*(3), 127–138.

Hardiman, M. M. (2012). *The brain-targeted teaching model for 21st-century schools*. Thousand Oaks: Corwin.

Harrison, T. L., Shipstead, Z., & Engle, R. W. (2015). Why is working memory capacity related to matrix reasoning tasks. *Memory & Cognition*, *43*(3), 389–396.

Haxby, J. V., Ungerleider, L. G., Horwitz, B., Rapoport, S. I., & Grady, C. L. (1995). Hemispheric differences in neural systems for face working memory: A PET-rCBF study. *Human Brain Mapping*, *3*(2), 68–82.

Heywood, L. (2014). *AFFECTIVE FORMS Neuroscience, gender, and sport*. London: Routledge.

Hill, A. C., Laird, A. R., & Robinson, J. L. (2014). Gender differences in working memory networks: A BrainMap meta-analysis. *Biological Psychology*, *102*, 18–29.

Jahanbakhsh, R. (2012). Learning Styles and Academic Achievement: a Case Study of I ranian High School Girl's Students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *51*, 1030–1034.

Jonides, J., Schumacher, E., Smith, E., Lauber, E., Awh, E., Minoshima, S., & Koeppe, R. (1997). Verbal working memory load affects regional brain activation as measured by PET. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *9*(4), 462–475.

Jonides, J., Smith, E. E., Marshuetz, C., Koeppe, R. A., & Reuter-Lorenz, P. A. (1998). Inhibition in verbal working memory revealed by brain activation. In *Proceedings of the National Academy of Sciences* (pp. 8410–8413).

Jung, N., Wranke, C., Hamburger, K., & Knauff, M. (2014). How emotions affect logical reasoning: evidence from experiments with mood-manipulated participants, spider phobics, and people with exam anxiety. *Frontiers in Psychology*, *5*, 570.

Kim, E. S., & Willson, V. L. (2014). Testing Measurement Invariance Across Groups in Longitudinal Data: Multigroup Second-Order Latent Growth Model. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, *21*(4), 566–576.

Kinney, K. L., Boffa, J. W., & Amir, N. (2017). Gender Difference in Attentional Bias Toward Negative and Positive Stimuli in Generalized Anxiety Disorder. *Behavior Therapy*, *48*(3), 277–284.

Kissler, J., Herbert, C., Winkler, I., & Junghofer, M. (2009). Emotion and attention in visual word processing—An ERP study. *Biological Psychology*, *80*(1), 75–83.

Komarraju, M., Karau, S. J., Schmeck, R. R., & Avdic, A. (2011). The Big Five personality traits, learning styles, and academic achievement. *Personality and Individual Differences*, *51*(4), 472–477.

Labib, A. E., Canós, J. H., & Penadés, M. C. (2017). On the way to learning style models integration: a Learner's Characteristics Ontology. *Computers in Human Behavior, 73*, 433–445.

Larrue, V., Celsis, P., Bes, A., & Marc-Vergnes, J. P. (1995). The functional anatomy of attention in humans: Cerebral blood flow changes induced by reading, naming, and the Stroop effect. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, *14*(6), 958–962.

Lee, J. C., Nakama, H., Goebert, D., & Alicata, D. (2015). Gender differences in reasons for methamphetamine use in an ethnically diverse population in Hawaii. *Journal of Substance Use*, *20*(2), 93–96.

Li, S., Cai, Y., Liu, J., Li, D., Feng, Z., Chen, C., & Xue, G. (2017). Dissociated roles of the parietal and frontal cortices in the scope and control of attention during visual working memory. *Neuroimage*, *149*, 210–219.

Maehler, C., & Schuchardt, K. (2016). The importance of working memory for school achievement in primary school children with intellectual or learning disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, *58*, 1–8.

Marchand, G. C., & Gutierrez, A. P. (2012). The role of emotion in the learning process: Comparisons between online and face-to-face learning settings. *The Internet and Higher Education*, *15*(3), 150–160.

Marsh, H. W., Hau, K.-T., & Wen, Z. (2004). In Search of Golden Rules: Comment on Hypothesis-Testing Approaches to Setting Cutoff Values for Fit Indexes and Dangers in Overgeneralizing Hu and Bentler's (1999) Findings. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, *11*(3), 320–341.

Memmedova. k. (2015). Impact of Pilates on Anxiety Attention, Motivation, Cognitive function and Achievement of Students: Structural Modeling. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *186*, 544–548.

Meng, X., Zhang, L., Liu, W., Ding, X., Li, H., Yang, J., & Yuan, J. (2017). The impact of emotion intensity on recognition memory: Valence polarity matters. *International Journal of Psychophysiology*, *116*, 16–25.

Mergl, R., Koburger, N., Heinrichs, K., Szekely, A., Toth, M. D., Coyne, J., … Hegerl, U. (2015). What Are Reasons for the Large Gender Differences in the Lethality of Suicidal Acts? An Epidemiological Analysis in Four European Countries. *Plos One*, *10*(7), 77–88.

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, *41*(1), 49–100.

Monge, Z. A., Greenwood, P. M., Parasuraman, R., & Strenziok, M. (2016). Individual Differences in Reasoning and Visuospatial Attention Are Associated With Prefrontal and Parietal White Matter Tracts in Healthy Older Adults. *Neuropsychology*, *30*(5), 558–567.

Morris, N., & Jones, D. M. (1990). Memory updating in working memory: The role of the central executive. *British Journal of Psychology*, *81*(2), 111–121.

Nelson, J. K., Reuter-Lorenz, P. A., Sylvester, C.-Y. C., Jonides, J., & Smith, E. E. (2003). Dissociable neural mechanisms underlying response-based and familiarity-based conflict in working memory. In *Proceedings of the National Academy of Sciences,* (pp. 11171–11175).

Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, *126*(2), 220.

Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action. Retrieved from http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4757-0629-1_1

Oberauer, K., Süß, H.-M., Wilhelm, O., & Wittman, W. W. (2003). The multiple faces of working memory: Storage, processing, supervision, and coordination. *Intelligence*, *31*(2), 167–182.

Omar, N., Mohamad, M. M., & Paimin, A. N. (2015). Dimension of Learning Styles and Students' Academic Achievement. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *204*, 172–182.

Orhun, N. (2012). The Relationship Between Learning Styles and Achievement in Calculus Course for Engineering Students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *47*, 638–642.

Owen, A. M., Stern, C. E., Look, R. B., Tracey, I., Rosen, B. R., & Petrides, M. (1998). Functional organization of spatial and nonspatial working memory processing within the human lateral frontal cortex. In *Proceedings of the National Academy of Sciences* (pp. 7721–7726).

Pagano, S., Lombardi, L., & Mazza, V. (2014). Brain dynamics of attention and working memory engagement in subitizing. *Brain Research*, *1543*, 244–252.

Pânişoară, G., Pânişoară, I. O., & Sandu, C. M. (2015). Comparative study on emotions analysis in students of psychology by gender. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *180*, 1683–1642.

Pardo, J. V., Pardo, P. J., Janer, K. W., & Raichle, M. E. (1990). The anterior cingulate cortex mediates processing selection in the Stroop attentional conflict paradigm. In *Proceedings of the National Academy of Sciences,* (pp. 256–259).

Pauly, K., Seiferth, N. Y., Kellermann, T., Ruhrmann, S., Daumann, B., Backes, V., … Habel, U. (2010). The interaction of working memory and emotion in persons clinically at risk for psychosis: An fMRI pilot study. *Schizophrenia Research*, *120*(1), 167–176.

Pêcher, C., Lemercier, C., & Cellier, J.-M. (2009). Emotions drive attention: Effects on driver's behaviour. *Safety Science*, *47*(9), 1254–1259.

Perlman, S. B., Hein, T. C., Stepp, S. D., & L. C. (2014). Emotional reactivity and its impact on neural circuitry for attention-emotion interaction in childhood and adolescence. . . *Developmental Cognitive Neuroscience*, *8*, 100–109.

Pollack, I., Johnson, L. B., & Knaff, P. R. (1959). Running memory span. *Experimental Psychology*, *57*(3), 137.

Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, *20*(2), 110–122.

Raphaëlle Bertrand, V. C. (2015). The role of attention in preschoolers' working memory. *Cognitive Development*, *20*(15), 14–27.

Ravizza, S. M., & Hazeltine, E. (2013). The benefits of stimulus-driven attention for working memory encoding. *Journal of Memory and Language*, *69*(3), 384–396.

Ren, X., Schweizer, K., & Xu, F. (2013). The sources of the relationship between sustained attention and reasoning. *Intelligence*, *41*(1), 51–58.

Rezaeinejad, M., Azizifar, A., & Gowhary, H. (2015). The Study of Learning Styles and its Relationship with Educational Achievement Among Iranian High School Students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *199*, 218–224.

Riding, R. J., Grimley, M., Dahraei, H., & Banner, G. (2003). Cognitive style, working memory and learning behaviour and attainment in school subjects. The British. *Journal of Educational Psychology*, *79*(2), 149–169.

Ro, H. K., & Loya, K. I. (2015). The Effect of Gender and Race Intersectionality on Student Learning Outcomes In Engineering. *Review of Higher Education*, *38*(3), 359–396.

Rogers, R., Andrews, T., Grasby, P., Brooks, D., & Robbins, T. (2000). Contrasting cortical and subcortical activations produced by attentional-set shifting and reversal learning in humans. *Cognitive Neuroscience*, *12*(1), 142–162.

Rudner, M., Fransson, P., Ingvar, M., Nyberg, L., & Rönnberg, J. (2007). Neural representation of binding lexical signs and words in the episodic buffer of working memory. *Neuropsychologia*, *45*(10), 2258–2276.

Salmon, E., Van der Linden, M., Collette, F., Delfiore, G., Maquet, P., Degueldre, C., … Franck, G. (1996). Regional brain activity during working memory tasks. *Brain*, *119*(5), 1617–1625.

Sanit Srikoon, Nongluk Viriyapong, and N. C. (2018). Examining Construct Validity and Measurement Invariance of Mood across Gender and Grade. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, *41*(1), 17–38.

Schumacher, E. H., Lauber, E., Awh, E., Jonides, J., Smith, E. E., & Koeppe, R. A. (1996). PET evidence for an amodal verbal working memory system. *Neuroimage*, *3*(2), 79–88.

Sherry, D. (2006). Mathematical reasoning: induction, deduction and beyond. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, *28*(2), 207–218.

Shimamura, A. P. (2000). The role of the prefrontal cortex in dynamic filtering. *Psychobiology*, *28*(2), 207–218.

Smith, E. E., Jonides, J., & Koeppe, R. A. (1996). Dissociating verbal and spatial working memory using PET. *Cerebral Cortex*, *6*(1), 11–20.

Sohn, M.-H., Ursu, S., Anderson, J. R., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2000). The role of prefrontal cortex and posterior parietal cortex in task switching. In *Proceedings of the National Academy of Sciences* (pp. 13448–13453).

Solianik, R., Brazaitis, M., & Skurvydas, A. (2016). Sex-related differences in attention and memory. *Medicina*, *52*(6), 372–377.

Srikoon, S., Bunterm, T., Nethanomsak, T., & Ngang, T. K. (2016). Construct Validity and Measurement Invariance of the Research Skill Inventory. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, *7*(3), 366.

Srikoon, S., Bunterm, T., Wattanathorn, J., & Wantong, K. (2012). The Causal Model of Working Memory Capacity. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *69*(1645–1649).

Sternberg, R. J. (2012). *Cognition*. Australia: Wadsworth Cengage learning.

Stevens, C., & Bavelier, D. (2012). The role of selective attention on academic foundations: A cognitive neuroscience perspective. *Developmental Cognitive Neuroscience*, *2*(1), S30–S48.

Sumpter, L., & Hedefalk, M. (2015). Preschool children's collective mathematical reasoning during free outdoor play. *The Journal of Mathematical Behavior*, *39*, 1–10.

Tabatabaei, O., & Mashayekhi, S. (2013). The Relationship between EFL Learners' Learning Styles and their L2 Achievement. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *70*, 245–253.

Taylor, S. F., Kornblum, S., Lauber, E. J., Minoshima, S., & Koeppe, R. A. (1997). Isolation of specific interference processing in the Stroop task: PET activation studies. *Neuroimage*, *6*(2), 81–92.

Vandenberghe, R., Gitelman, D. R., Parrish, T. B., & Mesulam, M. M. (2001). Functional specificity of superior parietal mediation of spatial shifting. *Neuroimage*, *14*(3), 661–673.

Vandenbroucke, L., Verschueren, K., & Baeyens, D. (2017). The development of executive functioning across the transition to first grade and its predictive value for academic achievement. *Learning and Instruction*, *49*, 103–112.

Wager, T. D., Jonides, J., & Reading, S. (2004). Neuroimaging studies of shifting attention: a meta-analysis. *Neuroimage*, *22*(4), 1679–1693.

Wang, J., & Wang, X. (2012). *Structural equation modeling : applications using Mplus*. Chichester, West Sussex, U.K: Wiley/Higher Education Press.

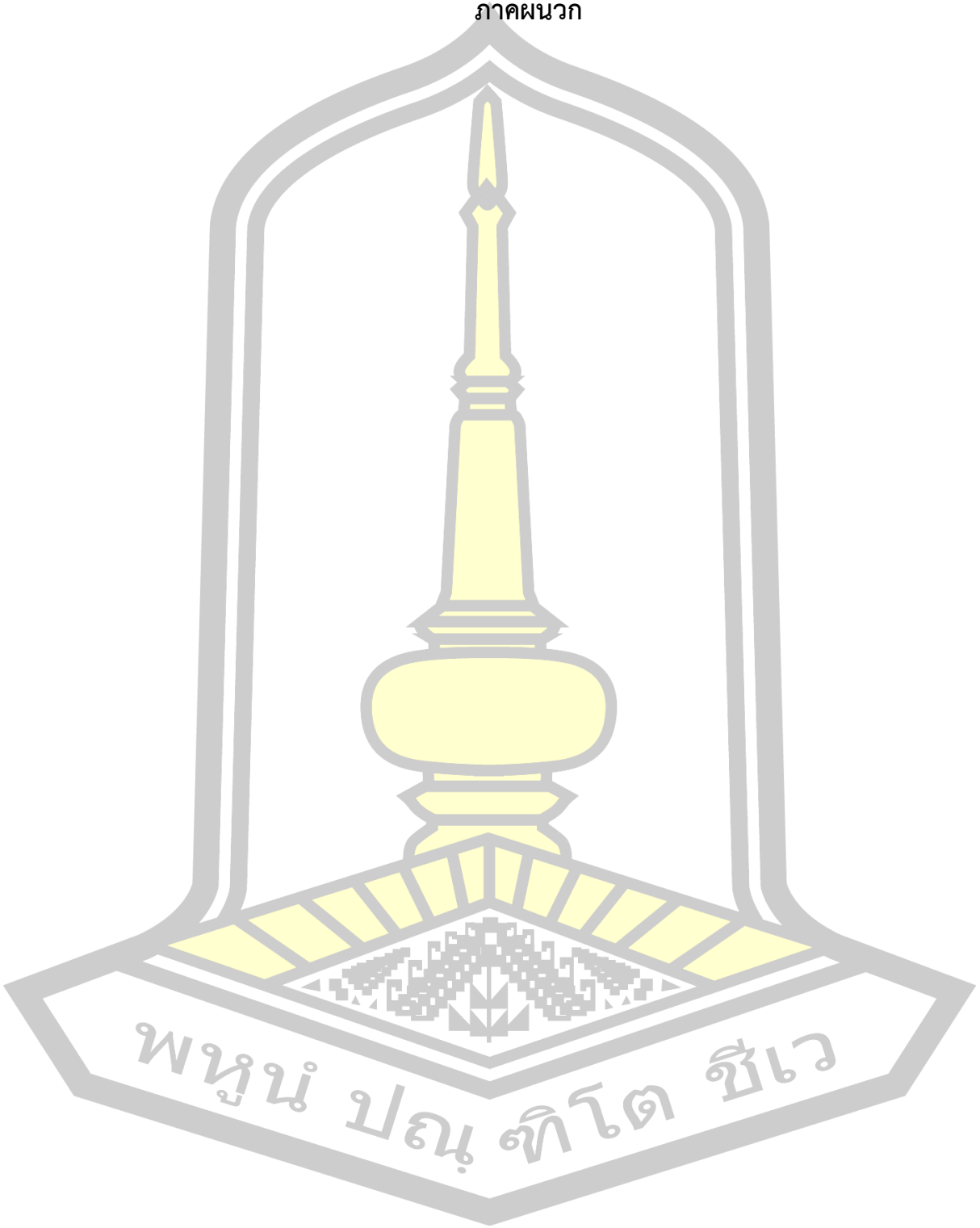
Wattanathorn, J., Mator, L., Muchimapura, S., Tongun, T., Pasuriwong, O., Piyawatkul, N., Singkhoraard, J. (2008). Positive modulation of cognition and mood in the healthy elderly volunteer following the administration of Centella asiatica. *Journal of Ethnopharmacology*, *116*(2), 325–332.

Wenshu Luo, K. L. (2014). Incremental beliefs of ability, achievement emotions and learning of Singapore students. *Educational Psychology*, *34*(5), 114.

Wilkinson, D. T., Halligan, P. W., Marshall, J. C., Büchel, C., & Dolan, R. J. (2001). Switching between the forest and the trees: brain systems involved in local/global changed-level judgments. *Neuroimage*, *13*(1), 56–67.

Yazicilar, Ö., & Güven, B. (2009). The effects of learning style activities on academic achievement, attitudes and recall level. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *1*(1), 2578–2583.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

คำสั่งของโปรแกรม MPlus ที่ใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องโมเดลเชิงสาเหตุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

```
TITLE:          this is SEM;
 DATA:
 FILE  IS "C:\Desktop\Thesis\Datat.txt";

 VARIABLE:
 NAMES ARE Gender TST OST HST IST
                   SATT FATT SeATT SuATT
                   BWM SWM UWM IWM
                   AEM CaEM CoEM
                   PMP RMP ComMP ConMP CreMP
                   AMA FMA RMA
                   A MA MPS;
Missing= ALL(-9);

 USEVARIABLES ARE      !Gender
                   TST OST HST IST
                   SATT FATT SeATT SuATT
                   BWM SWM UWM IWM
                   AEM CaEM CoEM
                   A MPS MA;

 ANALYSIS:
 ESTIMATOR = ML;
  MODEL:
    ST     BY TST OST HST IST; !Learning Style;
    EM      BY AEM CaEM CoEM; !Emotion;
    ATT     By SATT FATT SeATT SuATT; !Attention;
    WM      BY BWM SWM UWM IWM; !Working Memory;
    MLO     BY A MA MPS; !Mathematic Learning Outcome;
    EM      ON ST; !OK;
    ATT     ON EM ST;
```

WM ON EM ATT; !OK;

MLO ON WM ATT;

FATT WITH OST;AEM WITH BWM ;CAEM WITH SWM ;

COEM WITH IWM ;AEM WITH SWM;IWM WITH SWM;

COEM WITH UWM;SUATT WITH IST;SEATT WITH HST;

MA WITH A;IWM WITH BWM;UWM WITH SWM;

SUATT WITH SEATT;SATT WITH TST ;CAEM WITH AEM ;

COEM WITH SWM;IWM WITH UWM ;CAEM WITH SUATT;

CAEM WITH SEATT;CAEM WITH BWM;SWM WITH BWM;

UWM WITH SUATT;BWM WITH FATT ;UWM WITH SEATT ;

SUATT WITH SATT;BWM WITH HST;BWM WITH TST;

BWM WITH IST ;BWM WITH OST;BWM WITH SEATT ;

BWM WITH SUATT;BWM WITH SATT ;COEM WITH SEATT ;

COEM WITH SUATT;HST WITH TST ;CAEM WITH IWM ;

SWM WITH OST;COEM WITH TST;CAEM WITH SATT ;

SEATT WITH TST;SATT WITH HST ;AEM WITH TST;

UWM WITH BWM;AEM WITH UWM;AEM WITH HST;

IST WITH OST ;FATT WITH IST ;SUATT WITH FATT;

SUATT WITH OST;COEM WITH HST ;IWM WITH SATT ;

SEATT WITH SATT ;COEM WITH CAEM;COEM WITH IST;

COEM WITH FATT ;COEM WITH OST ;IWM WITH IST ;

MA WITH CAEM ;MA WITH BWM;MA WITH SWM;

A WITH IWM ; MA WITH SEATT;AEM WITH IWM ;

MPS WITH SUATT;MPS WITH AEM ;

A WITH SEATT;MA WITH FATT;

Model indirect:

ATT IND EM ST;

WM IND ATT ST;

WM IND EM ST;

WM IND ATT EM ST;

MLO IND WM ATT ST;

MLO IND WM ATT EM ST;

MLO IND WM EM ST;

OUTPUT: SAMPSTAT MODINDICES(0) RESIDUAL STANDARDIZED TECH1 TECH4 FSCOEFFICIENT FSDETERMINACY;

ภาคผนวก ข

คำสั่งของโปรแกรม MPlus ที่ใช้ในทดสอบโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานของเพศชายกับข้อมูลเชิงประจักษ์

```
TITLE:        this is MALE Baseline SEM;
 DATA:
 FILE  IS "C:\Desktop\Thesis\Datat.txt";

 VARIABLE:
 NAMES ARE Gender TST OST HST IST SATT FATT SeATT SuATT
                BWM SWM UWM IWM AEm CaEM CoEM
                PMP RMP ComMP ConMP CreMP AMA FMA RMA A MPS MA;
 MIssing= ALL(-9);

 USEVARIABLES ARE     !Gender
                TST OST HST IST
                SATT FATT SeATT SuATT
                BWM SWM UWM IWM
                AEm CaEM CoEM
                !PMP RMP ComMP ConMP CreMP AMA FMA RMA
                A MPS MA;
 USEOBSERVATIONS= Gender EQ 0;

 ANALYSIS:
 ESTIMATOR = ML;

 MODEL:
     ST     BY TST OST HST IST; !Learning Style;
     EM     BY AEM CaEM CoEM; !Emotion;
     ATT    By SATT FATT SeATT SuATT; !Attention;
     WM     BY BWM SWM UWM IWM; !Working Memory;
     MLO    BY A MA MPS; !Mathematic Learning Outcome;

     EM     ON ST; !OK;
     ATT    ON EM ST;
```

WM ON EM ATT; !OK;

MLO ON WM ATT;

AEM WITH BWM;CAEM WITH SWM ;FATT WITH OST;

AEM WITH SWM; COEM WITH IWM;A WITH IWM ;

A WITH CAEM ;MPS WITH BWM ;MA WITH A;

SUATT WITH IST ;COEM WITH CAEM;CAEM WITH SUATT ;

COEM WITH UWM ;IWM WITH UWM ;A WITH UWM;

A WITH COEM;MPS WITH AEM ;SUATT WITH SEATT ;

AEM WITH IWM;A WITH BWM ; IWM WITH SWM;

UWM WITH BWM ;SEATT WITH HST;MA WITH BWM ;

CAEM WITH BWM ;COEM WITH SWM;CAEM WITH IWM;

BWM WITH OST;A WITH OST;MA WITH SUATT ;

COEM WITH TST ;MPS WITH SEATT; UWM WITH SEATT ;

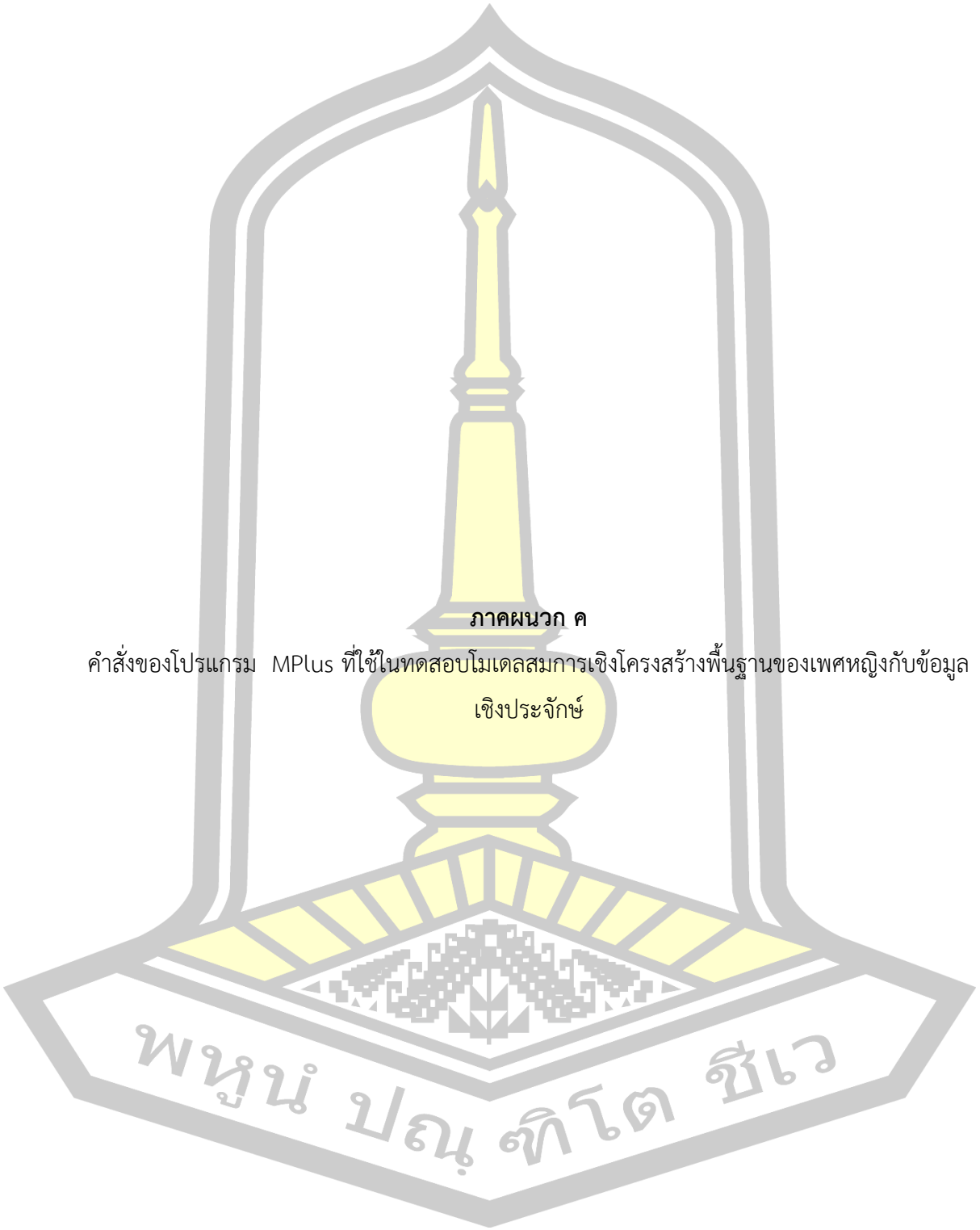
SATT WITH TST;SUATT WITH SATT ;MPS WITH UWM;

MPS WITH CAEM;MPS WITH SWM;CAEM WITH UWM;

UWM WITH SUATT;MA WITH AEM ;A WITH AEM;

OUTPUT: SAMPSTAT MODINDICES(0) RESIDUAL STANDARDIZED TECH1 TECH4 FSCOEFFICIENT FSDETERMINACY;

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาคผนวก ค

คำสั่งของโปรแกรม MPlus ที่ใช้ในทดสอบโมเดลสมการเชิงโครงสร้างพื้นฐานของเพศหญิงกับข้อมูลเชิงประจักษ์

```
TITLE:        this is Female Baseline SEM;
 DATA:
 FILE  IS "C:\Desktop\Thesis\Datat.txt";

 VARIABLE:
 NAMES ARE Gender TST OST HST IST SATT FATT SeATT SuATT
                BWM SWM UWM IWM AEm CaEM CoEM
                PMP RMP ComMP ConMP CreMP AMA FMA RMA A MPS MA;
 MIssing= ALL(-9);

 USEVARIABLES ARE     !Gender
                TST OST HST IST
                SATT FATT SeATT SuATT
                BWM SWM UWM IWM
                AEm CaEM CoEM
                !PMP RMP ComMP ConMP CreMP AMA FMA RMA
                A MPS MA;
 USEOBSERVATIONS= Gender EQ 1;

 ANALYSIS:
 ESTIMATOR = ML;

 MODEL:
   ST     BY TST OST HST IST; !Learning Style;
   EM     BY AEM CaEM CoEM; !Emotion;
   ATT    By SATT FATT SeATT SuATT; !Attention;
   WM     BY BWM SWM UWM IWM; !Working Memory;
   MLO    BY A MA MPS; !Mathematic Learning Outcome;

   EM     ON ST;
   ATT    ON EM ST;
```

WM ON EM ATT;

MLO ON WM ATT;

AEM WITH BWM;FATT WITH OST;CAEM WITH SWM;

COEM WITH UWM ;MLO WITH WM;MPS WITH CAEM ;

SEATT WITH HST ;SUATT WITH IST ;COEM WITH IWM ;

CAEM WITH SEATT;IWM WITH UWM;A WITH IWM;

COEM WITH SWM;MPS WITH COEM ;SATT WITH TST ;

MPS WITH BWM ;A WITH COEM;A WITH UWM ;

MPS WITH IWM ;MPS WITH UWM ;MA WITH COEM;

A WITH BWM ;MPS WITH SWM ;UWM WITH SUATT ;

CAEM WITH BWM ;HST WITH TST ;A WITH SATT ;

MA WITH UWM;MA WITH SUATT;COEM WITH SUATT ;

CAEM WITH FATT;SEATT WITH TST;A WITH AEM ;

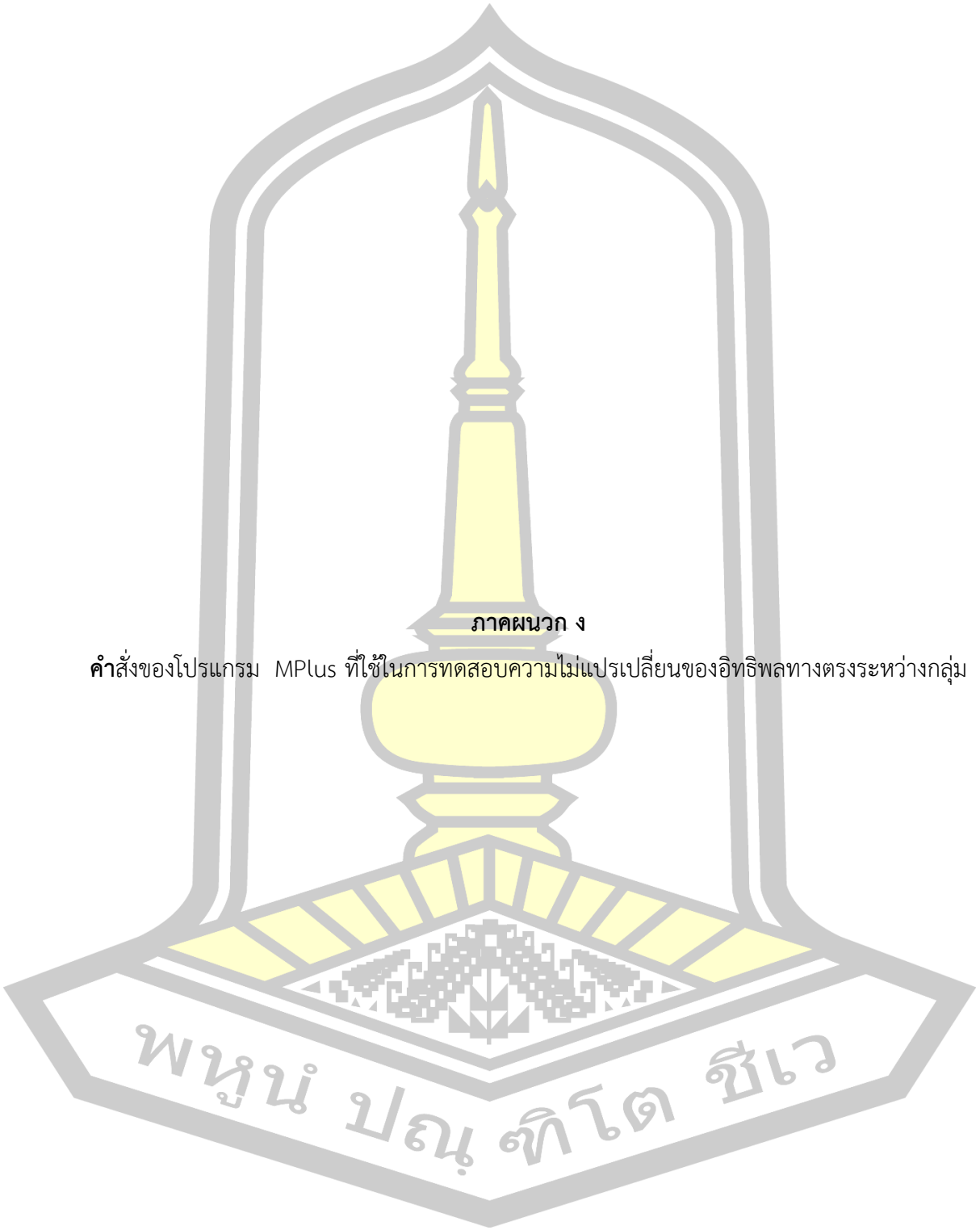
A WITH SEATT ;IST WITH TST ;MA WITH HST ;

MPS WITH SEATT ;COEM WITH SEATT;MA WITH BWM;

COEM WITH BWM;IWM WITH SWM;UWM WITH SWM;

OUTPUT: SAMPSTAT MODINDICES(0) RESIDUAL STANDARDIZED TECH1 TECH4 FSCOEFFICIENT FSDETERMINACY;

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาคผนวก ง

คำสั่งของโปรแกรม MPlus ที่ใช้ในการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางตรงระหว่างกลุ่ม

```
TITLE:        Alternative Approach of Testing H0_1;
DATA:
FILE  IS "C:\Desktop\Thesis\Datat.txt";
LISTWISE=ON;

VARIABLE:
NAMES ARE Gender TST OST HST IST SATT FATT SeATT SuATT
          BWM SWM UWM IWM AEm CaEM CoEM
          PMP RMP ComMP ConMP CreMP AMA FMA RMA A MPS MA;
MIssing= ALL(-9);

USEVARIABLES ARE     !Gender
                     TST OST HST IST
                     SATT FATT SeATT SuATT
                     BWM SWM UWM IWM
                     AEm CaEM CoEM
                     !PMP RMP ComMP ConMP CreMP AMA FMA RMA
                     A MPS MA;
GROUPING= Gender (0=MALE 1=FEMALE);

ANALYSIS:
ESTIMATOR = MLMV;

MODEL:
  ST     BY TST OST HST IST; !Learning Style;
  ATT    By SATT FATT SeATT SuATT; !Attention;
  WM     BY BWM SWM UWM IWM; !Working Memory;
  EM     BY AEm CaEM CoEM; !Emotion;
  MLO    BY A MA MPS; !Mathematic Learning Outcome;

 AEM      WITH BWM;FATT     WITH OST;CAEM     WITH SWM;
```

COEM WITH UWM ; MPS WITH CAEM ;SEATT WITH HST ;
SUATT WITH IST ;COEM WITH IWM ;IWM WITH UWM;
A WITH IWM; COEM WITH SWM;SATT WITH TST ;
MPS WITH BWM ; A WITH COEM;A WITH UWM ;
MPS WITH UWM ; A WITH BWM ;MPS WITH SWM ;
UWM WITH SUATT ; CAEM WITH BWM ; MA WITH SUATT;
A WITH AEM ; MPS WITH SEATT;MA WITH BWM;
IWM WITH SWM;

EM ON ST (Male_b);
ATT ON EM ST (Male_a); !Male_C no Sig;
WM ON EM (Male_d) ATT;
MLO ON WM (Male_g) ATT;

MODEL MALE:
AEM WITH SWM; A WITH CAEM ; MA WITH A; COEM WITH CAEM;
CAEM WITH SUATT; MPS WITH AEM ;SUATT WITH SEATT ;
AEM WITH IWM; UWM WITH BWM; CAEM WITH IWM;BWM WITH
OST;
A WITH OST; COEM WITH TST ;UWM WITH SEATT;
SUATT WITH SATT;CAEM WITH UWM;MA WITH AEM ;

MODEL FEMALE:
MLO WITH WM;CAEM WITH SEATT;MPS WITH COEM ;
MPS WITH IWM ; MA WITH COEM;HST WITH TST ;
A WITH SATT ;MA WITH UWM; COEM WITH SUATT ;
CAEM WITH FATT;SEATT WITH TST; A WITH SEATT ;
IST WITH TST ;MA WITH HST ; COEM WITH SEATT;
MA WITH BWM;COEM WITH BWM;UWM WITH SWM;

EM ON ST (Female_b);

ATT ON EM ST (Female_a); !Female_c no sig;

WM ON EM (Female_d) ATT; !Female_e nosig;

MLO ON WM (Female_g) ATT; !Female_f no sig;

MODEL TEST:

Male_a=Female_a;

Male_b=Female_b;

!Male_c=Female_c; no sig;

Male_d=Female_d;

!Male_e=Female_e;

!Male_f=Female_f;

Male_g=Female_g;

Model indirect:

ATT IND EM ST;

WM IND ATT ST;

WM IND EM ST;

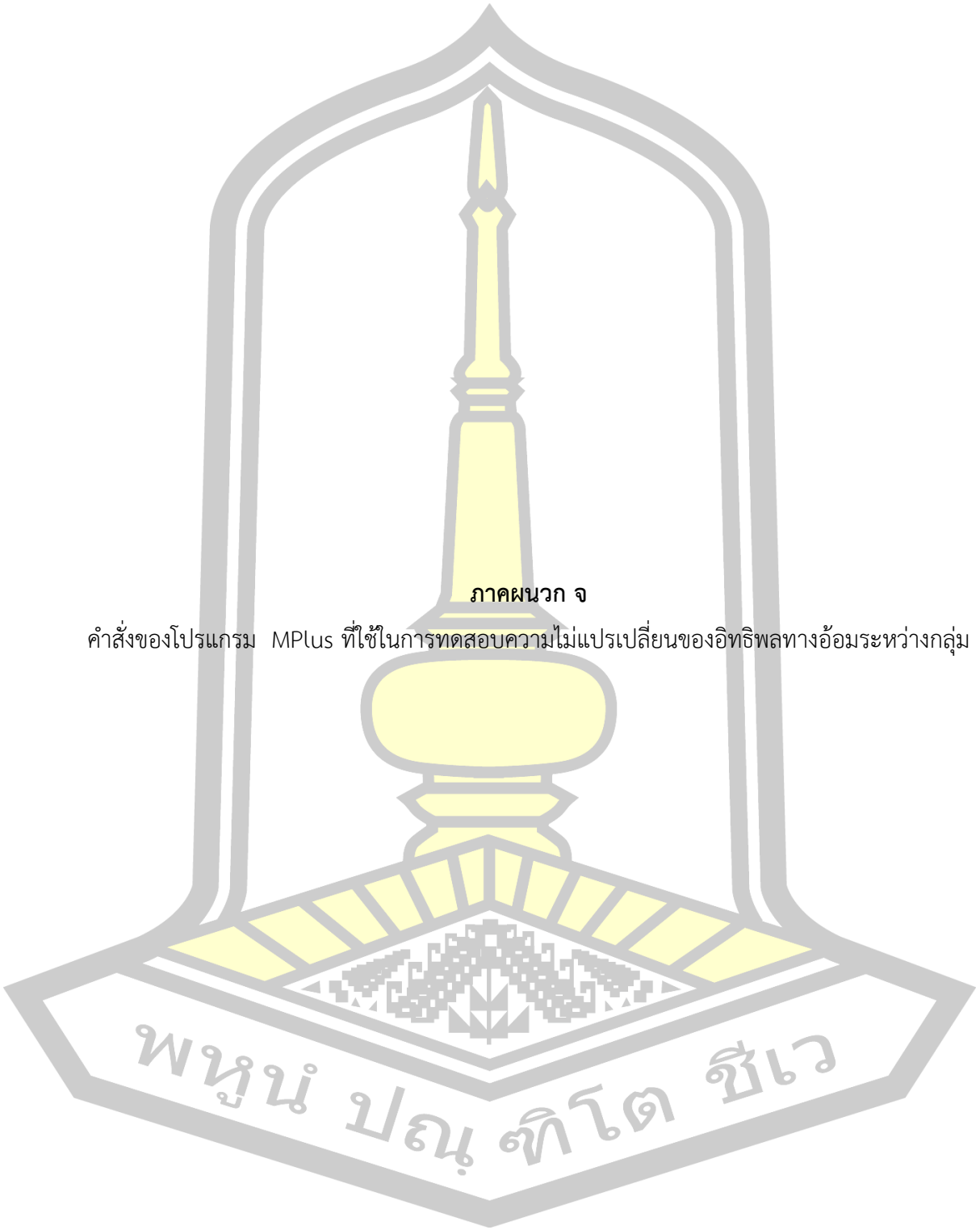
WM IND ATT EM ST;

MLO IND WM ATT ST;

MLO IND WM ATT EM ST;

MLO IND WM EM ST;

OUTPUT: SAMPSTAT MODINDICES(0) RESIDUAL STANDARDIZED TECH1 TECH4 FSCOEFFICIENT FSDETERMINACY;



ภาคผนวก จ

คำสั่งของโปรแกรม MPlus ที่ใช้ในการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของอิทธิพลทางอ้อมระหว่างกลุ่ม

```
TITLE:          Testing H0_2;
DATA:
FILE  IS "C:\Desktop\Thesis\Datat.txt";
LISTWISE=ON;

VARIABLE:
NAMES ARE Gender TST OST HST IST SATT FATT SeATT SuATT
          BWM SWM UWM IWM AEm CaEM CoEM
          PMP RMP ComMP ConMP CreMP AMA FMA RMA A MPS MA;
MIssing= ALL(-9);

USEVARIABLES ARE      !Gender
                      TST OST HST IST
                      SATT FATT SeATT SuATT
                      BWM SWM UWM IWM
                      AEm CaEM CoEM
                      !PMP RMP ComMP ConMP CreMP AMA FMA RMA
                      A MPS MA;
GROUPING= Gender (0=MALE 1=FEMALE);

ANALYSIS:
ESTIMATOR = MLMV;

MODEL:
   ST     BY TST OST HST IST; !Learning Style;
   ATT     By SATT FATT SeATT SuATT; !Attention;
   WM      BY BWM SWM UWM IWM; !Working Memory;
   EM      BY AEm CaEM CoEM; !Emotion;
   MLO     BY A MA MPS; !Mathematic Learning Outcome;

  AEM       WITH BWM;FATT      WITH OST;CAEM      WITH SWM;
```

COEM WITH UWM ; MPS WITH CAEM ;SEATT WITH HST ;
SUATT WITH IST ; COEM WITH IWM ;IWM WITH UWM;
A WITH IWM; COEM WITH SWM;SATT WITH TST ;
MPS WITH BWM ; A WITH COEM;A WITH UWM ;
MPS WITH UWM ; A WITH BWM ;MPS WITH SWM ;
UWM WITH SUATT ; CAEM WITH BWM ; MA WITH SUATT;
A WITH AEM ; MPS WITH SEATT;MA WITH BWM;
IWM WITH SWM;

EM ON ST (Male_b);
ATT ON EM ST;
WM ON EM (Male_d) ATT;
MLO ON WM (Male_g) ATT; !only one b to d to g path;

MODEL MALE:
AEM WITH SWM; A WITH CAEM ; MA WITH A; COEM WITH CAEM;
CAEM WITH SUATT; MPS WITH AEM ;SUATT WITH SEATT ;
AEM WITH IWM; UWM WITH BWM; CAEM WITH IWM;BWM WITH OST;
A WITH OST; COEM WITH TST ; UWM WITH SEATT;
SUATT WITH SATT;CAEM WITH UWM;MA WITH AEM ;

MODEL CONSTRAINT:
NEW(ind_MALE);
ind_MALE=Male_b*Male_d*Male_g;

MODEL FEMALE:
MLO WITH WM;CAEM WITH SEATT;MPS WITH COEM ;
MPS WITH IWM ; MA WITH COEM;HST WITH TST ;
A WITH SATT ;MA WITH UWM; COEM WITH SUATT ;
CAEM WITH FATT;SEATT WITH TST; A WITH SEATT ;

IST WITH TST ;MA WITH HST ; COEM WITH SEATT;

MA WITH BWM;COEM WITH BWM;UWM WITH SWM;

EM ON ST (Female_b);

ATT ON EM ST;

WM ON EM (Female_d) ATT;

MLO ON WM (Female_g) ATT;

MODEL CONSTRAINT:

NEW(ind_FEMALE);

ind_FEMALE=Female_b*Female_d*Female_g;

MODEL TEST:

ind_MALE=ind_FEMALE;

Model indirect:

ATT IND EM ST;

WM IND ATT ST;

WM IND EM ST;

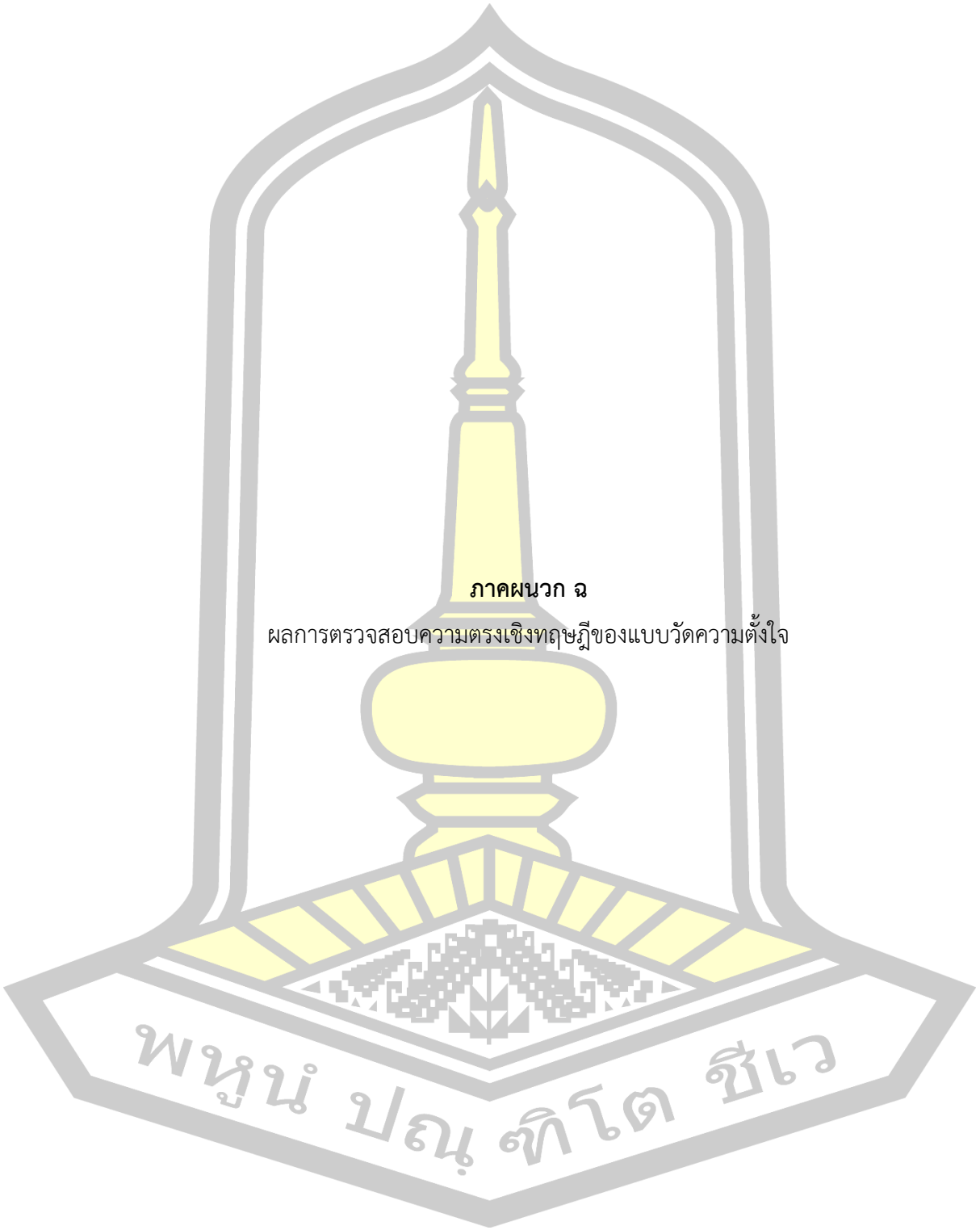
WM IND ATT EM ST;

MLO IND WM ATT ST;

MLO IND WM ATT EM ST;

MLO IND WM EM ST;

OUTPUT: SAMPSTAT MODINDICES(0) RESIDUAL STANDARDIZED TECH1 TECH4 FSCOEFFICIENT FSDETERMINACY;



ภาคผนวก ฉ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีของแบบวัดความตั้งใจ

แบบวัดความตั้งใจครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของซอฟแวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน เป็นแบบทดสอบทางคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามกรอบทฤษฎีของ ทัศนีย์ บุญเติม และคณะ (2557) ซอฟแวร์นี้ประกอบด้วยแบบวัดความตั้งใจจำนวน 4 แบบทดสอบ ได้แก่ 1) แบบวัดการตอบสนอง 2) แบบวัดการคัดแยกตัวเลข 3) แบบวัดการคัดเลือกตัวเลขขั้นพื้นฐาน 4) แบบวัดการคัดเลือกตัวเลขขั้นสูง ซึ่งถือเป็นตัวแปรที่สังเกตได้ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สังเกตได้ ดังตาราง

ตารางความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของแบบวัดความตั้งใจ

ตัวแปรที่สังเกตได้	SAT	FAT	SET	SUT
SAT	1			
FAT	0.411**	1		
SET	0.296**	0.448**	1	
SUT	0.315**	0.497**	0.384**	1
$\bar{x}$	26.803	27.217	25.92	26.606
S.D.	2.969	2.23	3.252	3.599
Kaiser-Meyer-Olkin Mesure of Sampling Adequacy= 0.740**, Bartlett's Test of Sphericity = 1157.008, df= 6 , p=0.000				

หมายเหตุ **p<0.01

จากตารางพบว่าค่าความสัมพันธ์มีจำนวน 6 คู่ พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.296-0.497 เมื่อพิจารณาผลการทดสอบค่าสถิติ Bartlett's Test of Sphericity ซึ่งเป็นค่าสถิติทดสอบสมมติฐานว่า เมริกซ์สหสัมพันธ์นั้นเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ (identity metric) หรือไม่ พบว่ามีค่าเท่ากับ 1157.008 (p<0.01) แสดงว่า เมทริกซ์สหสัมพันธ์มีความแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 สอดคล้องกับค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin Mesure of Sampling Adequacy (KMO) ซึ่งมีค่าใกล้ 1 (0.740) แสดงให้เห็นว่าตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันมากและเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ต่อไป

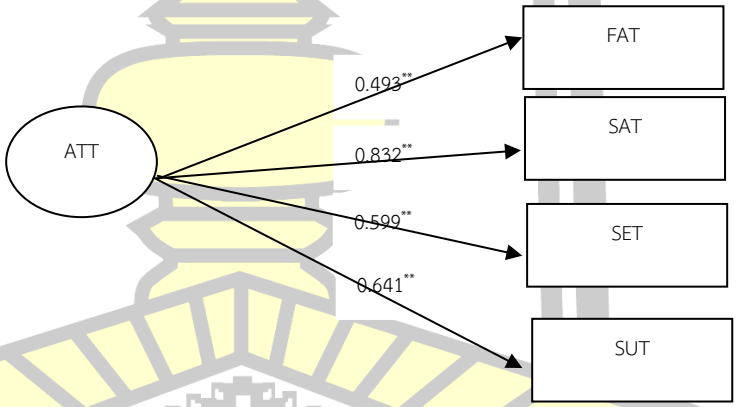
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎี พบว่า โมเดลการวัดความตั้งใจมีความตรงเชิงทฤษฎี พิจารณาได้จากค่าสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบความตรงของโมเดล ได้แก่ χ^2 =0.005, df=1, p=0.9461, χ^2 /df=0.005, CFI=1.000 , TLI=1.005, REMSEA=0.000, SRMR=0.000 รายละเอียดดังตารางและภาพต่อไปนี้

ตารางค่าสถิติผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดความตั้งใจ

ตัวแปรที่สังเกตได้	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดความตั้งใจ				
	b	S.E.	t	FS	R^2
FAT	0.493**	0.026	19.199**	0.059	0.243**
SAT	0.832**	0.031	27.039**	0.376	0.692**
SET	0.599**	0.026	22.865**	0.077	0.369**
SUT	0.641**	0.033	19.668**	0.115	0.411**
χ^2 =0.005, df=1, p=0.9461, χ^2 /df=0.005, CFI=1.000 , TLI=1.005, REMSEA=0.000, SRMR=0.000					

หมายเหตุ **p<0.01

จากภาพสามารถสรุปได้ดังนี้



[χ^2 =0.005, df=1, p=0.9461, χ^2 /df=0.005, CFI=1.000 , TLI=1.005, REMSEA=0.000, SRMR=0.000]

ภาพผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดความตั้งใจ

ภาคผนวก ช

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีของแบบวัดความจำขณะทำงาน

แบบวัดความจำขณะทำงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของซอฟแวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน เป็นแบบทดสอบทางคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามกรอบทฤษฎีของ ทัศนีย์ บุญเติม และคณะ (2557) ซอฟแวร์นี้ประกอบด้วยแบบวัดความจำขณะทำงานจำนวน 4 แบบทดสอบ ได้แก่ 1) แบบวัดการจำแนกประเภทของตัวเลข 2) แบบวัดการผลัดเปลี่ยนความคิด 3) แบบวัดการรู้ทันตัวเลข 4) แบบวัดความสอดคล้องของคำและความหมาย ถือเป็นตัวแปรที่สังเกตได้ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่สังเกตได้ ดังตาราง

ตารางความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของแบบวัดความจำขณะทำงาน

ตัวแปรที่สังเกตได้	BWM	SWM	UWM	IWM
BWM	1			
SWM	0.615**	1		
UWM	0.353**	0.349**	1	
IWM	0.512**	0.505**	0.534**	1
$\bar{x}$	25.713	25.525	25.477	25.699
S.D.	1.761	2.06	2.452	1.825
Kaiser-Meyer-Olkin Mesure of Sampling Adequacy= 0.735**, Bartlett's Test of Sphericity = 1822.920, df= 6 , p=0.000				

หมายเหตุ **p<0.01

จากตารางพบว่าค่าความสัมพันธ์มีจำนวน 6 คู่ พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.349-0.615 เมื่อพิจารณาผลการทดสอบค่าสถิติ Bartlett's Test of Sphericity ซึ่งเป็นค่าสถิติทดสอบสมมติฐานว่า เมริกซ์สหสัมพันธ์นั้นเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ (identity metric) หรือไม่ พบว่ามีค่าเท่ากับ 1822.920 (p<0.01) แสดงว่า เมทริกซ์สหสัมพันธ์มีความแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 สอดคล้องกับค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin Mesure of Sampling Adequacy (KMO) ซึ่งมีค่าใกล้ 1 (0.735) แสดงให้เห็นว่าตัวแปรต่างๆ มีความสัมพันธ์กันมากและเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ต่อไป

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎี พบว่า โมเดลการวัดความจำขณะทำงานมีความตรงเชิงทฤษฎี พิจารณาได้จากค่าสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบความตรง

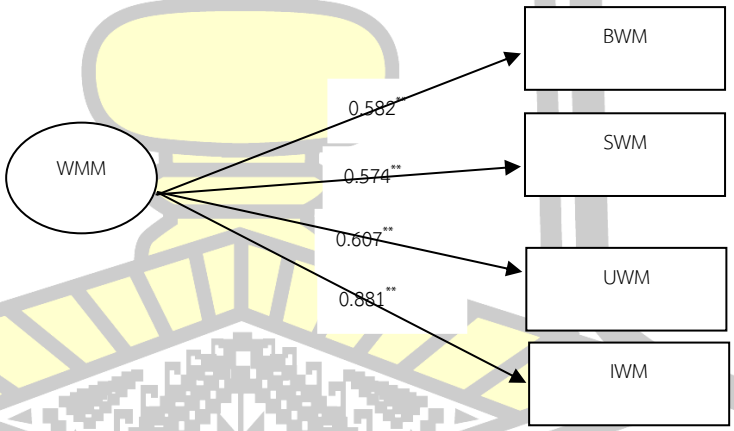
ของโมเดล ได้แก่ χ^2 =0.001, df=1, p=0.9801, χ^2 /df=0.001, CFI=1.000 , TLI=1.003, REMSEA=0.000, SRMR=0.000 รายละเอียดดังตารางและภาพ

ตารางค่าสถิติผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดความจำขณะทำงาน

ตัวแปรที่สังเกตได้	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดความจำขณะทำงาน				
	b	S.E.	t	FS	R^2
BWM	0.582**	0.023	25.801**	0.064	0.339**
SWM	0.574**	0.023	25.273**	0.051	0.329**
UWM	0.607**	0.022	28.004**	0.070	0.368**
IWM	0.881**	0.022	40.880**	0.383	0.775**
χ^2 =0.001, df=1, p=0.9801, χ^2 /df=0.001, CFI=1.000 , TLI=1.003, RMSEA=0.000, SRMR=0.000					

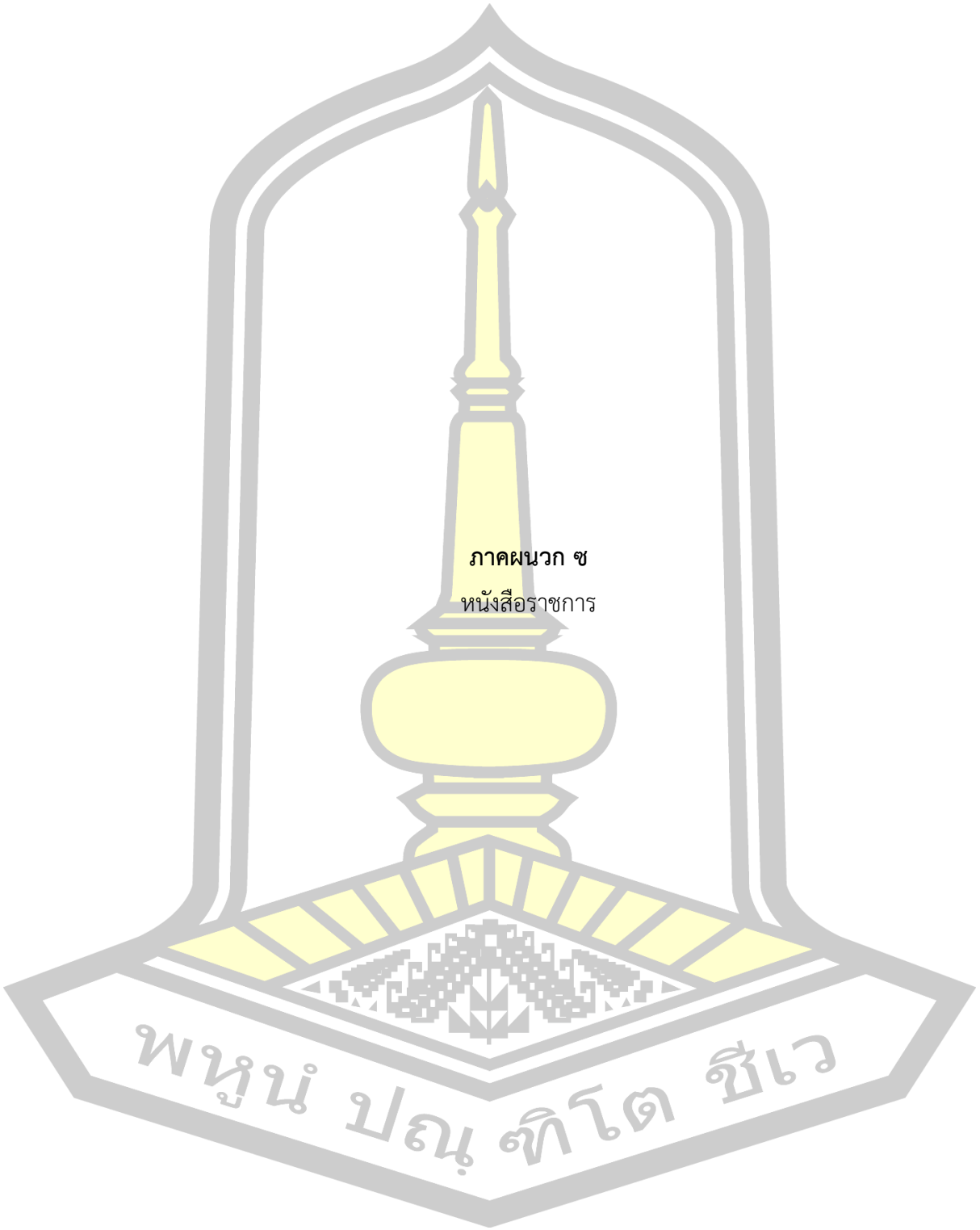
หมายเหตุ **p<0.01

จากภาพสามารถสรุปได้ดังนี้



[χ^2 =0.001, df=1, p=0.9801, χ^2 /df=0.001, CFI=1.000 , TLI=1.003, RMSEA=0.000, SRMR=0.000]

ภาพผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดความจำขณะทำงาน



ภาคผนวก ซ

หนังสือราชการ

ที่ ศธ 0530.4(2)/ว 24

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

11 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์แจกแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสองห้องพิทยาคม

ด้วย นายศานิตย์ ศรีคุณ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำการวิจัยเรื่อง "การวิเคราะห์สมการเชิงโครงสร้างกลุ่มพหุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) โดยมี ผศ.ดร.นงลักษณ์ วิริยะพงษ์ เป็นกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้โปรดอนุญาตให้ นายศานิตย์ ศรีคุณ แจกแบบสอบถามกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งอยู่ในโรงเรียนของท่าน ทั้งนี้จะแจกแบบสอบถามในตั้งแต่วันที่ 15 มกราคม 2561 ถึงวันที่ 15 มีนาคม 2561

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า จักได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร มากตุ่น)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาคณิตศาสตร์
โทร./โทรสาร. 0-4374-5244

ที่ ศธ 0530.4(2)/ว 24

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

11 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์แจกแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสวายจีกพิทยาคม

ด้วย นายศานิตย์ ศรีคุณ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำการวิจัยเรื่อง "การวิเคราะห์สมการเชิงโครงสร้างกลุ่มพหุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) โดยมี ผศ.ดร.นงลักษณ์ วิริยะพงษ์ เป็นกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้โปรดอนุญาตให้ นายศานิตย์ ศรีคุณ แจกแบบสอบถามกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งอยู่ในโรงเรียนของท่าน ทั้งนี้จะแจกแบบสอบถามในตั้งแต่วันที่ 15 มกราคม 2561 ถึงวันที่ 15 มีนาคม 2561

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า จักได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร มากตุ่น)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาคณิตศาสตร์
โทร./โทรสาร. 0-4374-5244

ที่ ศธ 0530.4(2)/ว 24

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

11 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์แจกแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนนาโพธิ์พิทยาคม

ด้วย นายศานิตย์ ศรีคุณ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำการวิจัยเรื่อง "การวิเคราะห์สมการเชิงโครงสร้างกลุ่มพหุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) โดยมี ผศ.ดร.นงลักษณ์ วิริยะพงษ์ เป็นกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้โปรดอนุญาตให้ นายศานิตย์ ศรีคุณ แจกแบบสอบถามกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งอยู่ในโรงเรียนของท่าน ทั้งนี้จะแจกแบบสอบถามในตั้งแต่วันที่ 15 มกราคม 2561 ถึงวันที่ 15 มีนาคม 2561

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า จักได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร มากตุ่น)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาคณิตศาสตร์
โทร./โทรสาร. 0-4374-5244

ที่ ศธ 0530.4(2)/ว 24

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

11 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์แจกแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนตูมใหญ่วิทยา

ด้วย นายศานิตย์ ศรีคุณ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำการวิจัยเรื่อง "การวิเคราะห์สมการเชิงโครงสร้างกลุ่มพหุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) โดยมี ผศ.ดร.นงลักษณ์ วิริยะพงษ์ เป็นกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้โปรดอนุญาตให้ นายศานิตย์ ศรีคุณ แจกแบบสอบถามกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งอยู่ในโรงเรียนของท่าน ทั้งนี้จะแจกแบบสอบถามในตั้งแต่วันที่ 15 มกราคม 2561 ถึงวันที่ 15 มีนาคม 2561

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า จักได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร มากตุ่น)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาคณิตศาสตร์
โทร./โทรสาร. 0-4374-5244

ที่ ศธ 0530.4(2)/ว 24

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

11 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์แจกแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนภัทรบพิตร

ด้วย นายศานิตย์ ศรีคุณ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำการวิจัยเรื่อง "การวิเคราะห์สมการเชิงโครงสร้างกลุ่มพหุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) โดยมี ผศ.ดร.นงลักษณ์ วิริยะพงษ์ เป็นกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้โปรดอนุญาตให้ นายศานิตย์ ศรีคุณ แจกแบบสอบถามกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งอยู่ในโรงเรียนของท่าน ทั้งนี้จะแจกแบบสอบถามในตั้งแต่วันที่ 15 มกราคม 2561 ถึงวันที่ 15 มีนาคม 2561

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า จักได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร มากตุ่น)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาคณิตศาสตร์
โทร./โทรสาร. 0-4374-5244

ที่ ศธ 0530.4(2)/ว 24

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

11 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์แจกแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนพุทไธสง

ด้วย นายศานิตย์ ศรีคุณ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำการวิจัยเรื่อง "การวิเคราะห์สมการเชิงโครงสร้างกลุ่มพหุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) โดยมี ผศ.ดร.นงลักษณ์ วิริยะพงษ์ เป็นกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้โปรดอนุญาตให้ นายศานิตย์ ศรีคุณ แจกแบบสอบถามกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งอยู่ในโรงเรียนของท่าน ทั้งนี้จะแจกแบบสอบถามในตั้งแต่วันที่ 15 มกราคม 2561 ถึงวันที่ 15 มีนาคม 2561

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า จักได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร มากตุ่น)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาคณิตศาสตร์
โทร./โทรสาร. 0-4374-5244

ที่ ศธ 0530.4(2)/ ว 24

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

11 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์แจกแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม

ด้วย นายศานิตย์ ศรีคุณ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำการวิจัยเรื่อง "การวิเคราะห์สมการเชิงโครงสร้างกลุ่มพหุของกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนตามแนวคิดประสาทวิทยศึกษาศาสตร์ที่ส่งผลต่อผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) โดยมี ผศ.ดร.นงลักษณ์ วิริยะพงษ์ เป็นกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้โปรดอนุญาตให้ นายศานิตย์ ศรีคุณ แจกแบบสอบถามกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งอยู่ในโรงเรียนของท่าน ทั้งนี้จะแจกแบบสอบถามในตั้งแต่วันที่ 15 มกราคม 2561 ถึงวันที่ 15 มีนาคม 2561

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า จักได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร มากตุ่น)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ภาควิชาคณิตศาสตร์
โทร./โทรสาร. 0-4374-5244

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายศานิตย์ ศรีคุณ
วันเกิด	วันที่ 21 สิงหาคม พ.ศ. 2525
สถานที่เกิด	อำเภอนาโพธิ์ จังหวัดบุรีรัมย์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 189/2 หมู่ที่ 17 ตำบลบ้านต๋อม อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา รหัสไปรษณีย์ 56000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	พนักงานมหาวิทยาลัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิทยาลัยการศึกษา เลขที่ 19 หมู่ที่ 2 มหาวิทยาลัยพะเยา ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา รหัสไปรษณีย์ 56000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2540 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาคม อำเภอนาโพธิ์ จังหวัดบุรีรัมย์
	พ.ศ. 2543 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนนาโพธิ์พิทยาคม อำเภอนาโพธิ์ จังหวัดบุรีรัมย์
	พ.ศ. 2548 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
	พ.ศ. 2549 ประกาศนียบัตรบัณฑิตทางการสอน (การสอนคณิตศาสตร์) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
	พ.ศ. 2562 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว