



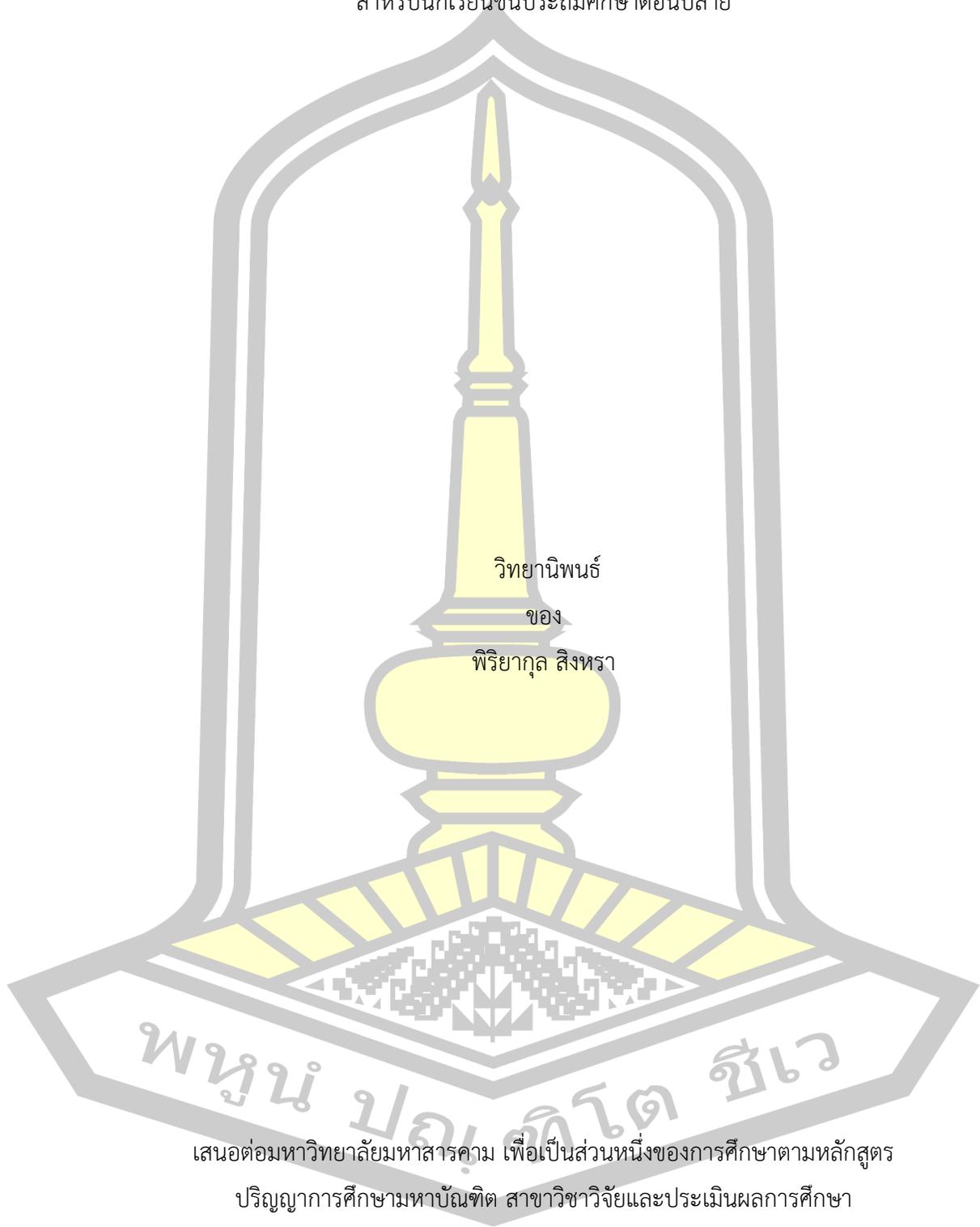
การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพระดัตถ์จิตนีสัยทางสะเต็ม
สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย

วิทยานิพนธ์
ของ
พริยากุล สิงหรา

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา
กรกฎาคม 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพระดับจิตนิสัยทางสะเต็ม
สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย

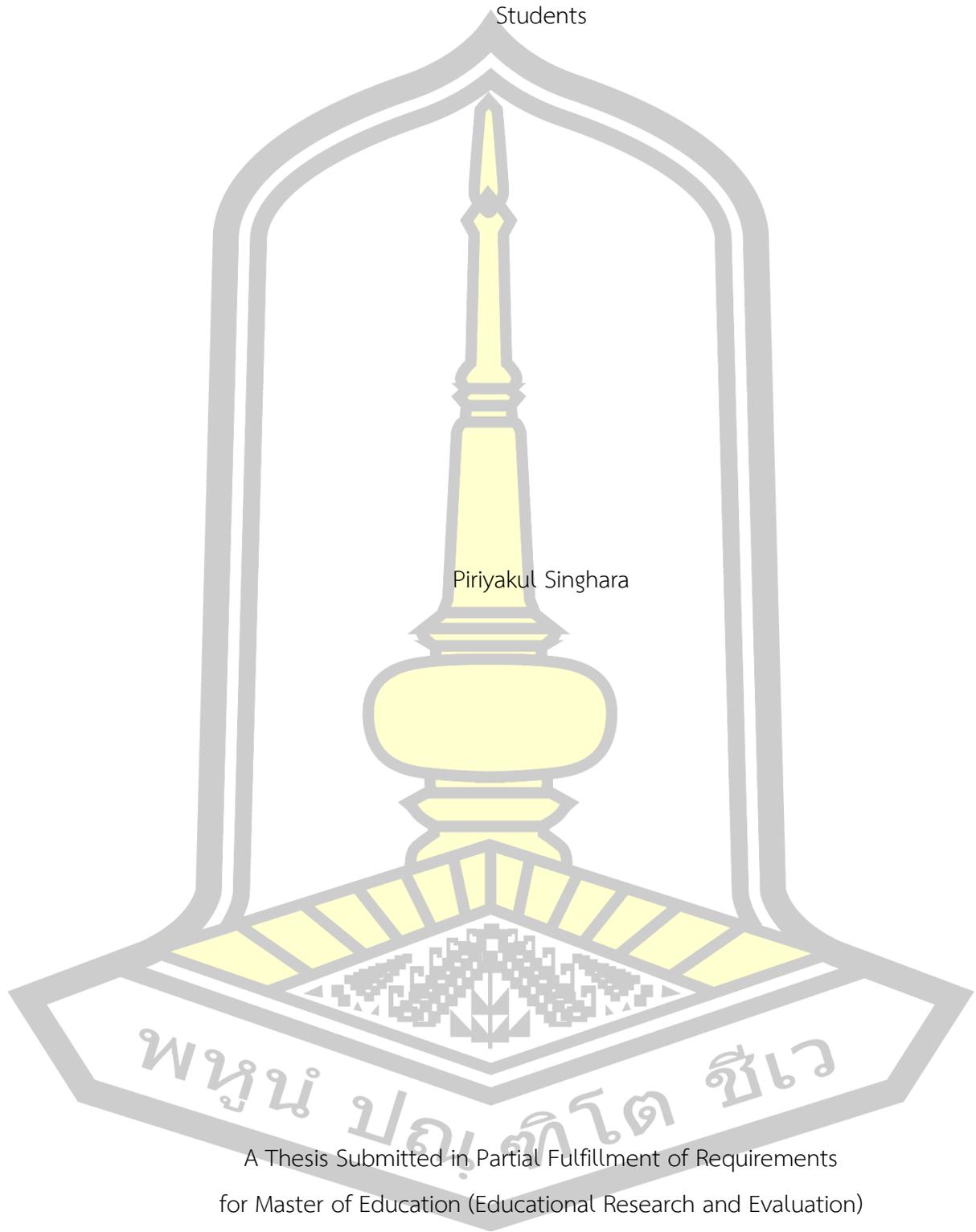


เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา

กรกฎาคม 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Multilevel Confirmatory Factor Analysis of STEM Habits of Mind for Upper Elementary
Students



Piriyakul Singhara

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Education (Educational Research and Evaluation)

July 2021

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวพิริยากุล สิงหระ
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา
วิจัยและประเมินผลการศึกษา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. วราพร เอรารวรรณ)

กรรมการ

(ผศ. ดร. ทศน์ศิริินทร์ สว่างบุญ)

กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. ศักดิ์สิทธิ์ ฤทธิลั่น)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา ของมหาวิทยาลัย
มหาสารคาม

(รศ. ดร. พชรวิทย์ จันทร์ศิริสิริ)

(รศ. ดร. กิรสน์ ชัยมูล)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพระดับจิตนิสัยทางสะเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย		
ผู้วิจัย	พิริยากุล สิงหรา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วราพร เอรวารณ์		
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต	สาขาวิชา	วิจัยและประเมินผลการศึกษา
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2564

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีความมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการวัดจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพระดับ ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนในจังหวัดยโสธร จำนวน 605 คน ได้จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดจิตนิสัยทางสะเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย จำนวน 42 ข้อ มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.346 ถึง 0.576 มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.918 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนา ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพระดับ (MCFA)

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

ผลการพัฒนาและตรวจสอบความตรงของโมเดลองค์ประกอบจิตนิสัยทางสะเต็มสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ในจังหวัดยโสธร พบว่า องค์ประกอบจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายมี 6 องค์ประกอบ ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความคิดสร้างสรรค์ ความร่วมมือร่วมใจ ความสามารถในการสื่อสาร การคิดแบบบูรณาการ และความมีเหตุผล โมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยมีค่าสถิติ ดังนี้ $\text{Chi-square} = 16.772$, $\text{df} = 18$, $p = 0.539$, $\text{CFI} = 1.000$, $\text{RMSEA} = 0.000$, $\text{SRMR}_w = 0.021$, $\text{SRMR}_0 = 0.010$ และ $\text{Chi-square/df} = 0.931$ องค์ประกอบจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายระดับนักเรียน ได้แก่ ความสามารถในการสื่อสาร ความมีเหตุผล ความคิดสร้างสรรค์ การคิดแบบบูรณาการ ความร่วมมือร่วมใจ และความสนใจใฝ่รู้ สามารถอธิบายความแปรปรวนของจิตนิสัยทางสะเต็มสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ได้ร้อยละ 14.10, 25.40, 26.00, 27.10, 28.10 และ 41.60 ตามลำดับ ส่วนองค์ประกอบจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายระดับ

ห้องเรียน ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความร่วมมือร่วมใจ ความมีเหตุผล ความสามารถในการสื่อสาร
ความคิดสร้างสรรค์ และการคิดแบบบูรณาการ สามารถอธิบายความแปรปรวนของจิตนิสัยทางสะ
เต็มสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ได้ร้อยละ 90.40, 96.30, 97.60, 99.10, 99.98 และ
99.99 ตามลำดับ

คำสำคัญ : จิตนิสัยทางสะเต็ม, สะเต็มศึกษา, การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพระดัต



TITLE	Multilevel Confirmatory Factor Analysis of STEM Habits of Mind for Upper Elementary Students		
AUTHOR	Piriyakul Singhara		
ADVISORS	Assistant Professor Waraporn Erawan , Ph.D.		
DEGREE	Master of Education	MAJOR	Educational Research and Evaluation
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2021

ABSTRACT

This study aimed to: 1) develop and investigate the consistency of the upper elementary student's STEM Habits of Mind using multi-level confirmatory factor analysis. The samples were 605 upper elementary students in Yasothon Province using Multi-Stage Random Sampling. The instrument was the STEM Habits of Mind Scale for upper elementary students, a 5-point rating scale with total 42 items, which its discrimination index was in range of 0.346 to 0.576 and reliability was 0.918. The data was analyzed using descriptive statistics, correlation coefficient and Multi-Level Confirmatory Factor Analysis (MCFA).

The results could be concluded as follows:

The results of development and validation of STEM Habits of Mind model for upper elementary students in Yasothon Province were found that the upper elementary student's STEM Habits of Mind consisted of 6 components, namely curiosity, creative, collaboration, communication, integrative thinking and reasonable. The model consistent with empirical data with statistical values as follows: Chi-square = 16.772, df = 18, p = 0.539, CFI = 1.000, RMSEA = 0.000, SRMR_w = 0.021, SRMR_b = 0.010 and Chi-square/df = 0.931. The components of the upper elementary student's STEM Habits of Mind consisting of communication, reasonable, creative, integrative thinking, collaboration and curiosity, were able to describe the

variance of the STEM Habits of Mind for upper elementary students of 14.10, 25.40, 26.00, 27.10, 28.10 and 41.60 percent, respectively. For the components of the upper elementary student's STEM Habits of Mind at classroom level consisting of curiosity, collaboration, reasonable, communication, creative and integrative thinking, were able to describe the variance of the STEM Habits of Mind for upper elementary students of 90.40, 96.30, 97.60, 99.10, 99.98 and 99.99 percent, respectively.

Keyword : STEM Habits of Mind, Science Technology Engineering and Mathematics Education (STEM Education), Multi-Level Confirmatory Factor Analysis



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราพร เอรารวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศน์ศิริรินทร์ สว่างบุญ กรรมการสอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์สิทธิ์ ฤทธิลัน กรรมการสอบผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ผู้วิจัยขอขอบพระคุณที่กรุณาให้ที่ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อพนันตรี พูลพุทธา อาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนา การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม นายเอกสิทธิ์ ปิยะแสงทอง นักวิชาการศึกษา ชำนาญการ สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดร.วุฒิไกร ไสเหลี่ยม อาจารย์ประจำสาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลขอนแก่น นางวาสนา จันเสริม ครูโรงเรียนพุทไธสง อำเภอพุทไธสง จังหวัดบุรีรัมย์ และนางสาวพรลภัส เมฆไชยภักดิ์ นักจิตวิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษายโสธร เขต 2 ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัยและให้คำแนะนำอย่างดียิ่ง ซึ่งเป็นส่วนสำคัญทำให้งานวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย มหาสารคาม ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตลอดจนให้คำแนะนำด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณ ผู้บริหารโรงเรียน คณะครู และขอขอบใจนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย จังหวัดยโสธร ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่กาญจนา สิงหรา คุณวิษณุพงศ์ สุขบัติ และคุณพิทยาภรณ์ หรสิทธิ์ ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ด้วยดีตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบุพการีและบูรพาจารย์ ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้ผู้วิจัยเป็นคนดี มีคุณธรรม ตั้งแต่ต้นจนถึงปัจจุบัน

พูน ปณ สิโต ชีเว

พิริยากุล สิงหรา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฅ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพประกอบ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
สมมติฐานของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	9
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับจิตนิสัย.....	10
ความหมายของจิตนิสัย.....	10
องค์ประกอบของจิตนิสัยทั่วไป.....	12
แนวคิดเกี่ยวกับจิตนิสัยทางสะเต็ม.....	21
จิตนิสัยวิทยาศาสตร์ (Scientific Habits of Mind : SHoM).....	21
จิตนิสัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ (Technological and Engineering Habits of Mind : THoM & EHoM).....	29

จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Habits of Mind : MHoM).....	31
จิตนิสัยทางสะเต็ม (STEM Habits of Mind : SHoM).....	36
การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพระระดับ (Multilevel Confirmatory Factor Analysis : MCFA)	45
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	53
งานวิจัยในประเทศ	53
งานวิจัยต่างประเทศ	60
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	64
ประชากรและตัวอย่าง	64
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	67
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ	68
การเก็บรวบรวมข้อมูล	71
การวิเคราะห์ข้อมูล	71
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	74
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	79
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	79
ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	81
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	81
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างและข้อมูลเบื้องต้นของตัวแปรสังเกต ได้ที่ใช้ในการวิจัย	81
ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบความตรงของโมเดลการวัดพระระดับจิตนิสัยทางสะเต็มระดับ ประถมศึกษา.....	84
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	89
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	89
สรุปผล	89

อภิปรายผล.....	90
ข้อเสนอแนะ.....	92
บรรณานุกรม.....	93
ภาคผนวก.....	105
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย	106
ภาคผนวก ข หนังสือขอความอนุเคราะห์.....	108
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบบสอบถามจิตนิสัยทางสะเต็ม สำหรับนักเรียนชั้น ประถมศึกษาตอนปลาย.....	113
ภาคผนวก ง ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดจิตนิสัยทางสะเต็ม.....	119
ภาคผนวก จ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดจิตนิสัยทางสะเต็มในชั้นทดลองใช้.....	123
ภาคผนวก ฉ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันชั้นพหุระดับ ด้วยโปรแกรม Mplus.....	125
ประวัติผู้เขียน.....	145



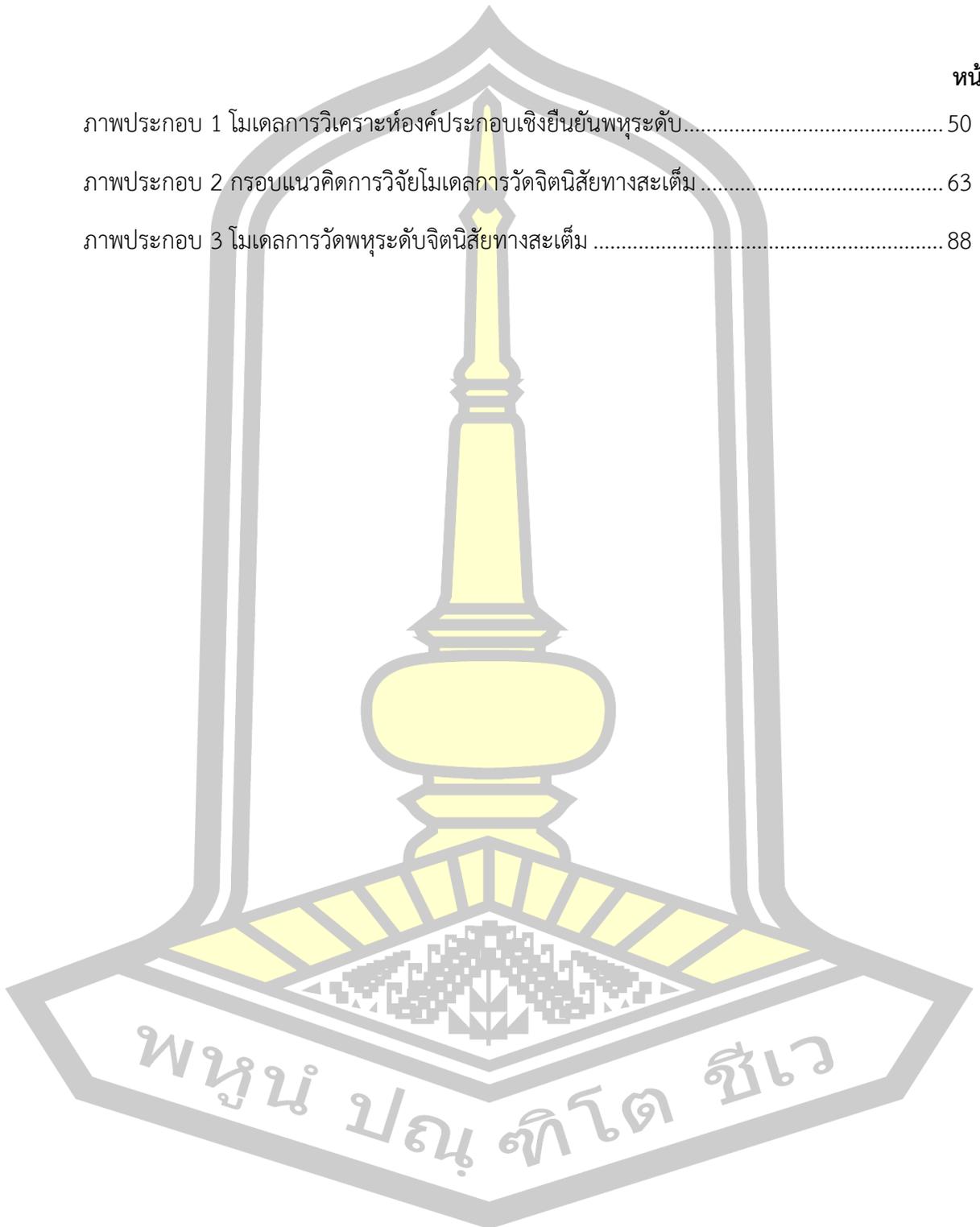
สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 การสังเคราะห์องค์ประกอบจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย	37
ตาราง 2 การสังเคราะห์ตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย.....	40
ตาราง 3 สรุปลักษณะขององค์ประกอบของจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย	45
ตาราง 4 รายละเอียดประชากร โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา จำนวน นักเรียนและห้องเรียน ระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลายในจังหวัดยโสธร	64
ตาราง 5 จำนวนตัวอย่างนักเรียนที่ได้จากการสุ่มและอัตราการตอบกลับ จำแนกตามขนาดโรงเรียน	66
ตาราง 6 จำนวนห้องเรียนและนักเรียนที่ได้จากการสุ่ม จำแนกตามขนาดโรงเรียนและระดับชั้น	66
ตาราง 7 โครงสร้างเนื้อหาของแบบวัดจิตนิสัยทางสะเต็ม	70
ตาราง 8 ผลการสังเคราะห์เกณฑ์ดัชนีความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดล	73
ตาราง 9 จำนวนและร้อยละข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างจำนวนด้วยเพศ ระดับชั้นและขนาดของ โรงเรียน	81
ตาราง 10 ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการวิจัย	83
ตาราง 11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรในโมเดล สมการโครงสร้างพหุระดับ ($n = 605$).....	85
ตาราง 12 ค่าสถิติผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับของโมเดลจิตนิสัยทางสะเต็ม	86
ตาราง 13 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC).....	120
ตาราง 14 ค่าอำนาจจำแนกรายชื่อของแบบวัดจิตนิสัยทางสะเต็มในชั้นทดลองใช้	124

สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 โมเดลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงยีนย่นพระดัย.....	50
ภาพประกอบ 2 กรอบแนวคิดการวิจัยโมเดลการวัดจิตนีสัยทางสะเต็ม.....	63
ภาพประกอบ 3 โมเดลการวัดพระดัยจิตนีสัยทางสะเต็ม.....	88



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การจัดการศึกษารูปแบบหนึ่งซึ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาด้านกระบวนการคิด วิเคราะห์ เชื่อมโยง หรือประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้จากห้องเรียนไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง คือ สะเต็มศึกษา (STEM education) โดยสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการเชื่อมโยงระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ผ่านการทำกิจกรรมหรือโครงการ (Bybee, 2010 ; Honey, Pearson and Schweingruber, 2014 ; Kelley and Knowles, 2016) ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้นักเรียนมีทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและความก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21 สะเต็มศึกษามีจุดเริ่มต้นมาจากประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นประเทศที่ช่วงหนึ่งเคยประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่มีคุณภาพ เนื่องจากเยาวชนไม่ให้ความสำคัญกับความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี อีกทั้งเมื่อผู้เรียนสำเร็จการศึกษา ผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้ที่ได้จากในห้องเรียนมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหรือการประกอบอาชีพได้ จึงมีนโยบายให้นำสะเต็มศึกษาไปใช้ในการปฏิรูปการศึกษา จุดมุ่งหมายของการนำสะเต็มมาใช้ในการปฏิรูปการศึกษาของสหรัฐอเมริกา คือ เพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ พัฒนาทักษะการปฏิบัติในด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อให้ได้แรงงานที่มีคุณภาพ (Seo and Pinela, 2015 ; Wells, 2008) อีกทั้งยังช่วยยกระดับผลการทดสอบ PISA และ TIMSS ให้สูงขึ้น (รัฐสภา ตั้งพุทธิพงศ์, 2559)

นอกจากประเทศสหรัฐอเมริกาแล้ว พบว่า ยังมีอีกหลายประเทศที่พัฒนาการศึกษาโดยใช้สะเต็มศึกษา เช่น ประเทศจีน ญี่ปุ่น เกาหลี ออสเตรเลีย เป็นต้น และประเทศไทยก็เป็นอีกประเทศหนึ่งที่นำสะเต็มศึกษาเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการขับเคลื่อนนโยบายเพื่อปฏิรูปการศึกษา ทั้งนี้เพราะการเร่งรัดพัฒนาองค์ความรู้ กรอบแนวคิดและนวัตกรรมเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ หรือที่บัญญัติศัพท์ว่าสะเต็ม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) ได้ถูกผลักดันให้เป็นแผนปฏิบัติการในระดับชาติ ดังจะเห็นได้จากการนำเสนอรายงานข้อเสนอเชิงนโยบายสะเต็มศึกษา นโยบายเชิงรุกเพื่อพัฒนาเยาวชนและกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของคณะกรรมการธิการ การสื่อสารมวลชน การวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสารสนเทศต่อประธานสภานิติบัญญัติแห่งชาติ

สถานการณ์ปัจจุบันของประเทศไทยที่กำลังประสบปัญหาเกี่ยวกับการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี เห็นได้จากผลการสอบของเด็กไทยในการสอบ PISA 2000 จนถึง PISA 2015 พบว่า ผลการประเมินทั้งสามด้านมีแนวโน้มลดลง แม้ว่าช่วง PISA 2009 ถึง PISA 2012 ผลการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์จะมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ใน PISA 2015 ทั้งสามด้านกลับมีคะแนนลดลงจาก PISA 2012 โดยการอ่านเป็นด้านที่มีคะแนนลดลงมากที่สุด (ลดลง 32 คะแนน) รองลงมาคือ วิทยาศาสตร์ (ลดลง 23 คะแนน) และคณิตศาสตร์ (ลดลง 11 คะแนน) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) จากผลการประเมินดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนและยกระดับมาตรฐานการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญในการขับเคลื่อนและพัฒนาคุณภาพการศึกษา ดังนั้นประเทศไทยจึงมีความจำเป็นในการพัฒนาการศึกษาด้าน STEM เพื่อเด็กรู้จักวิธีคิดและแก้ปัญหาอย่างมีระบบ เนื่องจากการสอนแบบ STEM เป็นการสอนแบบใหม่ ยังไม่ค่อยมีโรงเรียนใดทำการสอนได้อย่างเต็มที่ ครูส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจ ขาดแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ถูกต้อง ทำให้ไม่สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใดที่จะครอบคลุมประกอบการเป็น STEM (วศินีส อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559)

ในปี พ.ศ. 2558 รัฐบาลได้เห็นความสำคัญของสะเต็มศึกษา จึงมีการประกาศนโยบายให้ทุกโรงเรียนจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษาภายใน 5 ปี (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2559) ส่งผลให้ประเทศไทยมีหน่วยงานที่ทำหน้าที่ดำเนินการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษามากถึง 7 หน่วยงาน ได้แก่ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ (สป.วท.) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ผ่านเครือข่ายมหาวิทยาลัย สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาเอกชน (สช.) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) และสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) หน่วยงานในระดับนโยบายที่ทำหน้าที่ดำเนินการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษาที่มีหลากหลายหน่วยงาน ทำให้เกิดประเด็นที่น่าสนใจเกี่ยวกับกระบวนการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษา จากหน่วยงานระดับชาติ หน่วยงานต่าง ๆ ลงไปสู่ห้องเรียนที่มีแนวโน้มจะดำเนินการในรูปแบบที่เป็นอิสระจากกัน ขับเคลื่อนนโยบายไปยังกลุ่มเป้าหมายที่แตกต่างกัน จึงอาจส่งผลต่อการรับรู้ และความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาในระดับของผู้ปฏิบัติ ในส่วนของหน่วยขับเคลื่อนนโยบาย (Policy delivery unit) ที่มี สสวท. ร่วมกับ สพฐ. เป็นหน่วยงานหลักในระดับนโยบาย ซึ่งทั้งสองหน่วยงานนี้เป็นหน่วยงานที่มีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษาลงสู่เขตพื้นที่การศึกษา สถานศึกษา จนถึงระดับผู้ปฏิบัติตามนโยบายสะเต็มศึกษา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ ในส่วนของครูผู้ทำนโยบายสะเต็มศึกษาลงไปปฏิบัติในห้องเรียน อีกทั้งยังเป็นหน่วยงานที่มีความสำคัญในการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานให้กับผู้เรียน ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึง

ระดับมัธยมศึกษา (รัฐฎีกา ตั้งพุทธพิงศ์, 2559) ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้เพื่อตอบสนองนโยบาย สະเต็มศึกษาจะต้องไม่ใช่แค่การพัฒนาความรู้เพียงอย่างเดียว แต่ต้องพัฒนาให้ครบทั้งด้านความรู้ ทักษะและจิตพิสัย ซึ่งจิตนิสัยเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งทางจิตพิสัย (อนงค์นาฏ ครุณรัมย์, 2561)

จิตนิสัย (Habit of mind) เป็นคุณลักษณะของบุคคลที่ใช้ความคิดในการทำงานจนเป็น นิสัย ทำให้สามารถเผชิญกับสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยส่งเสริมสังคมให้มีความเมตตา กรุณาและมีความเห็นอกเห็นใจผู้อื่น (Costa and Kallick, 2000) ซึ่งสอดคล้องกับ Covey (2004) ที่ให้ความหมายของอุปนิสัย (Habit of mind) ว่าเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตลอดเวลา แสดงให้เห็นถึง พฤติกรรมของแต่ละบุคคลเป็นสิ่งที่ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาได้ หากตั้งใจทำแต่จะพัฒนา หรือปรับเปลี่ยนได้ยากเมื่อมีอายุมากขึ้น (วิทยา นาควัชระ, 2545) ดังนั้น จิตนิสัยจึงเป็นสิ่งสำคัญ ที่ต้องส่งเสริมและพัฒนาให้เกิดขึ้นในสมาชิกของสังคมที่ต้องการเรียนรู้ตลอดเวลา(อนงค์นาฏ ครุณรัมย์, 2561) เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันในงานวิจัยเล่มนี้ผู้วิจัยจะใช้คำว่า “จิตนิสัย” แทน “อุปนิสัย”

จิตนิสัยทางสะเต็ม (STEM Habits of mind) คุณลักษณะภายในของบุคคลในการทำงาน จนเป็นนิสัย ทำให้สามารถเผชิญกับสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้วิธีการที่หลากหลาย บูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม มาใช้ในการดำเนินชีวิตอย่างมีเหตุผล มีความคิดสร้างสรรค์ มีความสนใจใฝ่รู้ ร่วมมือกับ ผู้อื่นเป็นอย่างดี รู้จักการสื่อสาร และคิดอย่างบูรณาการ ซึ่งความหมายนี้เป็นการสังเคราะห์อยู่บน พื้นฐานของจิตนิสัย คือ คุณลักษณะของบุคคลที่ใช้ความคิดในการทำงานจนเป็นนิสัย ส่งผลต่อการ ตัดสินใจ และการแก้ปัญหาในการทำงาน ทำให้สามารถเผชิญกับปัญหาหรือสิ่งต่าง ๆ ที่ไม่สามารถรู้ คำตอบได้ในทันทีอย่างมีประสิทธิภาพ (Costa and Kallick, 2000) ดังนั้น จิตนิสัยทางสะเต็มจึงเป็น คุณลักษณะการคิดของผู้เรียนเพื่อนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องและ เหมาะสม ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจิตนิสัยทางสะเต็ม พบว่า หน่วยงานและนักวิจัย ส่วนใหญ่จะศึกษาเกี่ยวกับสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการ การวิเคราะห์นโยบายสะเต็มศึกษา นิยามของสะเต็ม ลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็ม แนวทางการจัดการเรียนรู้ ทางสะเต็มและการพัฒนาตัวชี้วัดที่ส่งเสริมจิตวิทยาศาสตร์และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ เช่น ทราหยอง พวกสันเทียะ (2553) ศึกษาการพัฒนาแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน ประถมศึกษา ชลิตา ไชยพันธ์กุล (2559) ศึกษาการพัฒนาตัวชี้วัดและเกณฑ์การประเมินจิต วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พงศธร มหาวิจิตร และคณะ (2561) ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีจิตนิสัย ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 วาสนา จันเสริม (2562) ศึกษาการพัฒนา

ตัวบ่งชี้จิตินัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำรัส อินทลาภาพร (2557) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนประถมศึกษา นัสรินทร์ ปือชา (2557) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัด การเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นิตยา ภูผาบาง (2559) ศึกษาการใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สุกัญญา เชื้อหลุบโพธิ์ และคณะ (2561) ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นุชนภา ราชนิยม (2558) ศึกษาสภาพ ปัญหาและความพร้อมของการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาในระดับประถมศึกษา และรัฐภักดา ตั้งพุทธิพงศ์ (2559) ศึกษาการวิเคราะห์กระบวนการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษาจากระดับชาติสู่ห้องเรียน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับจิตินัยทางสะเต็มมีจำนวนน้อย ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาองค์ประกอบของจิตินัยทางสะเต็ม โดยการวิเคราะห์พหุระดับ และการวิจัยครั้งนี้เก็บข้อมูลกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ซึ่งข้อมูลที่ได้มีลักษณะโครงสร้างที่มีระดับลดหลั่น (Hierarchical structure) เพราะหน่วยการวิเคราะห์ที่เล็กที่สุด คือ นักเรียน ซึ่งนักเรียนหลาย ๆ คนรวมกันเป็นห้องเรียน ๆ หลาย ๆ ห้องเรียนรวมเป็นโรงเรียน ๆ หลาย ๆ โรงเรียนเป็นกลุ่มโรงเรียน ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าลักษณะของข้อมูลมีลักษณะเป็นโครงสร้างที่ระดับลดหลั่น ซึ่งการสุ่มหน่วยตัวอย่างมักใช้การสุ่มแบบหลายขั้นตอน แล้วจึงนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติต่าง ๆ เพื่อรายงานผลการวิจัย แต่สถิติวิเคราะห์ทั่วไปมักมีข้อตกลงเบื้องต้นว่าหน่วยตัวอย่างต้องเป็นอิสระจากกัน (Independent of observation) ซึ่งหน่วยตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มหลายขั้นตอนมักไม่เป็นอิสระกัน และการได้มาซึ่งข้อมูลจากตัวอย่างขนาดใหญ่ จำเป็นต้องใช้การสุ่มหลายขั้นตอน ดังนั้นหากไม่ตระหนักถึงโครงสร้างข้อมูลที่มีลักษณะลดหลั่นกันแล้ว จะทำให้ฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นดังกล่าวจะส่งผลให้การประมาณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) ต่ำกว่าความเป็นจริง (Osborne, 2000 ; Duncan and others, 1998 ; Heck and Thomas, 2000) เพื่อแก้ไขข้อจำกัดการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีระดับลดหลั่นดังกล่าว (สังวรรณ รัตประโทก, 2543)

ผู้วิจัยจึงศึกษาองค์ประกอบจิตินัยทางสะเต็ม โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับ ซึ่งมีทั้งหมด 6 องค์ประกอบ ได้แก่ ความสนใจใฝ่เรียนรู้ ความคิดสร้างสรรค์ ความร่วมมือร่วมใจ ความสามารถในการสื่อสาร การคิดแบบบูรณาการ และความมีเหตุผล ซึ่งองค์ประกอบที่

กล่าวมานั้นมีความสำคัญและช่วยเสริมสร้างจิตนิสัยทางสะเต็มให้เกิดขึ้นได้ อีกทั้งผลที่ได้จากการศึกษายังสามารถนำไปเป็นแนวทางให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษานำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีจิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อเป็นกรอบคุณลักษณะที่จะช่วยในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ หรือแนวทางการประเมินการจัดการเรียนรู้ทางสะเต็มศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการวัดจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ด้วยการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบเชิงยืนยันนพหุระดับ

สมมติฐานของการวิจัย

โมเดลการวัดจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย มีความตรงและสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยโสธรเขต 1 ซึ่งมี 183 โรงเรียน จำนวน 6,735 คน และสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยโสธรเขต 2 ซึ่งมี 179 โรงเรียน จำนวน 6,290 คน รวมประชากรทั้งสิ้น 13,025 คน จาก 362 โรงเรียน

2. ตัวอย่าง

ตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จังหวัดชัยโสธร ซึ่งแบ่งออกเป็นสองระดับ คือ ระดับนักเรียน จำนวน 605 คน และระดับห้องเรียน 64 ห้องเรียน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Random Sampling)

3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรแฝง ระดับนักเรียนและระดับห้องเรียนมี 6 ตัวแปร ได้แก่

1. ความสนใจใฝ่เรียนรู้ (Curiosity) วัดได้จากตัวแปรสังเกตได้ ดังนี้

1.1 ความอยากรู้อยากเห็น (Cur1)

ดังนี้

- 1.2 การถามคำถามและข้อสงสัย (Cur2)
- 1.3 การมองโลกในแง่ดี (Cur2)
- 1.4 แสวงหาความรู้ (Cur4)
2. ความคิดสร้างสรรค์ (Creative) วัดได้จากตัวแปรสังเกตได้ ดังนี้
 - 2.1 ความคิดริเริ่ม (Cre1)
 - 2.2 ความคิดละเอียดลออ (Cre2)
3. ความร่วมมือร่วมใจ (Collaboration) วัดได้จากตัวแปรสังเกตได้ ดังนี้
 - 3.1 ความร่วมแรงร่วมใจ (Coll1)
 - 3.2 การทำงานร่วมกับผู้อื่น (Coll2)
4. ความสามารถในการสื่อสารทาง (Communication) วัดได้จากตัวแปรสังเกตได้
 - 4.1 การอธิบายได้อย่างชัดเจน (Com1)
 - 4.2 การสังเกตและบันทึกผลได้ถูกต้องแม่นยำ (Com2)
5. การคิดแบบบูรณาการ (Integrative Thinking) วัดได้จากตัวแปรสังเกตได้ ดังนี้
 - 5.1 การเชื่อมโยงความรู้ (Itt1)
 - 5.2 การคิดวิเคราะห์ องค์ประกอบต่าง ๆ (Itt2)
6. ความมีเหตุผล (Reasonable) วัดได้จากตัวแปรสังเกตได้ ดังนี้
 - 6.1 การยอมรับเหตุผล (Rea1)
 - 6.2 ความพยายามค้นหาและพิสูจน์คำตอบ (Rea2)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. จิตนิสัย (Habit of mind) หมายถึง คุณลักษณะภายในของบุคคลที่ใช้ความคิดในการทำงานจนเป็นนิสัย สามารถเผชิญกับสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ฝึกฝนและเตรียมพร้อมสำหรับการปรับตัวในอนาคตได้อย่างถูกต้องเหมาะสม
2. จิตนิสัยทางสะเต็ม (STEM Habit of mind) หมายถึง คุณลักษณะภายในของบุคคลในการทำงานจนเป็นนิสัย ทำให้สามารถเผชิญกับสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้วิธีการที่หลากหลาย บูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาใช้ในการดำเนินชีวิตอย่างมีเหตุผล มีความคิดสร้างสรรค์ มีความสนใจใฝ่รู้ร่วมมือกับผู้อื่นเป็นอย่างดี รู้จักการสื่อสาร และคิดอย่างบูรณาการ ซึ่งเครื่องมือวัดได้แก่ แบบวัด

จิตนิสัยทางสะเต็ม ที่มีลักษณะเป็นแบบมาตรฐานค่า 5 ระดับ จำนวน 42 ข้อ โดยวัด 6 องค์ประกอบ 14 ตัวบ่งชี้ รายละเอียดดังนี้

2.1 ความสนใจใฝ่รู้ (Curiosity) หมายถึง คุณลักษณะภายในของผู้เรียนที่มีความอยากรู้อยากเห็น เกิดการถามและข้อสงสัย ชอบคนมองโลกในแง่ดีและชอบแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ คือ

2.1.1 ความอยากรู้อยากเห็น หมายถึง ผู้เรียนเป็นคนที่มีความต้องการที่จะรู้หรือเสาะแสวงหาความรู้เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ หรือเรื่องราวต่าง ๆ ที่แปลกใหม่ โดยการแสดงออกด้วยคำถาม หรือมีความกระตือรือร้นเกี่ยวกับสิ่งที่ตนเองสนใจ

2.1.2 การถามคำถามและแสวงหาความรู้ หมายถึง ผู้เรียนตั้งคำถามในสิ่งที่อยากรู้ และพยายามค้นหาความรู้ ค้นหาคำตอบจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อหาคำตอบหรือข้อเท็จจริง

2.1.3 การมองโลกในแง่ดี หมายถึง ผู้เรียนคาดหวังสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นล้วนเป็นสิ่งที่ดี แม้ว่าเจอปัญหาหรืออุปสรรคก็พยายามที่จะแก้ปัญหา เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

2.1.4 แสวงหาความรู้ใหม่ ๆ อยู่เสมอ หมายถึง ผู้เรียนแสวงหาความรู้หรือสถานการณ์ที่แปลกใหม่อยู่เสมอ เพื่อหาคำตอบและยินดีมากที่ได้ค้นพบความรู้ใหม่

2.2 ความคิดสร้างสรรค์ (Creative) หมายถึง คุณลักษณะการคิดโดยใช้องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กันไปสู่การคิดค้นพบสิ่งแปลกใหม่หรือสิ่งเดิมผสมกับสิ่งใหม่ เพื่อสร้างผลผลิตใหม่ ๆ ประกอบด้วย 2 ตัวบ่งชี้

2.2.1 ความคิดริเริ่ม หมายถึง ผู้เรียนมีความกล้าที่จะคิด กล้าที่จะทำสิ่งที่ผิดแปลกไปจากที่ผู้อื่นคิด และเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและส่วนรวม โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเดิมผสมกับสิ่งใหม่ เพื่อออกแบบและสร้างสิ่งใหม่ ๆ

2.2.2 ความคิดละเอียดลออ หมายถึง ผู้เรียนสามารถคิดในรายละเอียดย่อย ๆ ของแต่ละเรื่องได้อย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนที่ชัดเจน สามารถอธิบายให้ผู้อื่นเห็นภาพได้อย่างชัดเจน และถูกต้อง

2.3 ความร่วมมือร่วมใจ (Collaboration) หมายถึง คุณลักษณะภายในของผู้เรียนที่ร่วมแรงร่วมใจกันและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ โดยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และร่วมกันตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายตรวจสอบได้ เพื่อบรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งประกอบด้วย 2 ตัวบ่งชี้ คือ

2.3.1 ความร่วมแรงร่วมใจ หมายถึง ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น

ยอมรับช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีการวางแผนและกำหนดเป้าหมายเดียวกัน ค้นหาความรู้ และวางแผนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ตระหนักถึงการใช้หลักการคณิตศาสตร์ช่วยในการตัดสินใจ และใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่กับการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อการทำงานใดงานหนึ่งบรรลุตาม เป้าหมายที่กำหนดไว้

2.3.2 การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ หมายถึง ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กันกับผู้อื่น รู้จักบทบาทหน้าที่ของตนเอง เคารพซึ่งกันและกัน รู้จักเอาใจเขามาใส่ใจเรา สื่อสารพูดคุยกันอย่าง ตรงไปตรงมาด้วยเหตุและผล ร่วมกันวางแผนและกำหนดเป้าหมายเดียวกัน เพื่อให้บรรลุตาม เป้าหมายที่กำหนดไว้

2.4 ความสามารถในการสื่อสาร (Communication) หมายถึง คุณลักษณะภายในของ ผู้เรียนที่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจน สังเกตและบันทึกผลได้ถูกต้องแม่นยำ จากเหตุการณ์ หรือสถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ หรือปัญหาที่เกิดขึ้น โดยใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบการสื่อสารได้อย่าง เหมาะสม ซึ่งประกอบด้วย 2 ตัวบ่งชี้ คือ

2.4.1 การอธิบายได้อย่างชัดเจน หมายถึง ผู้เรียนสามารถนำเสนอ อภิปราย อธิบายเหตุการณ์หรือสถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ อย่างเป็นระบบด้วยวิธีการต่าง ๆ และถ่ายทอดความคิดของตนไปยังผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้อื่นเข้าใจหรือสรุปผลได้อย่าง ชัดเจนและถูกต้อง

2.4.2 การสังเกตและบันทึกผลได้ถูกต้องแม่นยำ หมายถึง ผู้เรียนสังเกตและสามารถ จดบันทึกเหตุการณ์ สถานการณ์ ปรากฏการณ์ หรือปัญหาที่เกิดขึ้น อย่างเป็นระบบได้อย่างชัดเจน และถูกต้องแม่นยำ ไม่ผิดพลาด

2.5 การคิดแบบบูรณาการ (Integrative Thinking) หมายถึง คุณลักษณะภายในของ ผู้เรียนที่เชื่อมโยงความรู้และคิดวิเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อนำมาแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต โดยบูรณาการ ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้าด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วย 2 ตัวบ่งชี้ คือ

2.5.1 การเชื่อมโยงความรู้ หมายถึง ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ปัญหา ต่างๆ สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เก่ากับความรู้ใหม่ และบูรณาการความรู้ทางด้าน วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อนำมาใช้ในการ แก้ปัญหาในชีวิตจริง

2.5.2 การคิดวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ หมายถึง ผู้เรียนสามารถคิดวิเคราะห์ ระบุ จำแนก หาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

2.6 ความมีเหตุผล (Reasonable) หมายถึง คุณลักษณะภายในของผู้เรียนที่ยอมรับ เหตุผล และมีความพยายามค้นหาและพิสูจน์หาคำตอบอย่างเป็นระบบ แสวงหาหลักฐานแหล่งข้อมูล ต่าง ๆ จากการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม มาสนับสนุนข้อมูลให้เพียงพอก่อนที่จะสรุปผล ซึ่งประกอบด้วย 2 ตัวบ่งชี้ คือ

2.6.1 การยอมรับเหตุผล หมายถึง ผู้เรียนรับฟังคำอธิบาย แนวคิด สถานการณ์ หรือเหตุการณ์ ข้อมูลที่น่าเชื่อถือและถูกต้อง ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นความสัมพันธ์ของเหตุและผล อย่างเป็นระบบ มีการประยุกต์ความรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่กับ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาสนับสนุนข้อมูลให้เพียงพอที่จะสรุปผล

2.6.2 ความพยายามค้นหาและพิสูจน์คำตอบ หมายถึง ผู้เรียนพยายามค้นหา และพิสูจน์หาคำตอบอย่างเป็นระบบ ด้วยความมุ่งมั่น มีการแสวงหาหลักฐานแหล่งข้อมูลต่าง ๆ โดยใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และจะไม่ยอมรับจนกว่าจะเข้าใจอย่างลึกซึ้งและพิสูจน์ว่าเป็นจริง

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันชั้นพหุระดับ (Multilevel Confirmatory factor analysis : MCFA) หมายถึง การตรวจสอบและยืนยันความสอดคล้องขององค์ประกอบตัวแปรจิต นิสัยทางสะเต็มกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับนักเรียน (within groups : W) และระดับห้องเรียน (between groups : B) ไปพร้อม ๆ กัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบโมเดลการวัดจิตนิสัยทางสะเต็มและเครื่องมือวัดจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาที่มีความตรงและความเชื่อมั่น
2. ครูผู้สอนได้ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิด จิตนิสัยทางสะเต็ม
3. ผู้บริหารในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาได้ข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางให้ ครูผู้สอนได้ออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการเสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดจิตนิสัยทางสะเต็ม
4. สถานศึกษาได้ผลการวัดจิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการส่งเสริม และพัฒนาจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียน
5. สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาได้ข้อมูลเพื่อนำไปจัดกิจกรรมหรือโครงการที่ เน้นการส่งเสริมและพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดจิตนิสัยทางสะเต็ม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันนพหุระดับจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้จำแนกตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับจิตนิสัยทั่วไป
 - 1.1 ความหมายของจิตนิสัยทั่วไป
 - 1.2 องค์ประกอบของจิตนิสัยทั่วไป
2. แนวคิดเกี่ยวกับจิตนิสัยทางสะเต็ม
 - 2.1 จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Habits of Mind : SHoM)
 - 2.2 จิตนิสัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ (Technological and Engineering Habits of Mind : THoM & EHoM)
 - 2.3 จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Habits of Mind : MHoM)
 - 2.4 ความหมายของจิตนิสัยทางสะเต็ม (STEM Habits of Mind : SHoM)
3. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันนพหุระดับ (Multilevel Confirmatory Factor Analysis: MCFA)
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 4.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับจิตนิสัย

ความหมายของจิตนิสัย

จิตนิสัย (Habits of mind) หรือ อุปนิสัย (Habits of mind) เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตลอดเวลา แสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมของแต่ละบุคคล จิตนิสัยเกิดขึ้นจากองค์ประกอบจากความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ทักษะและความปรารถนาเข้าด้วยกัน (Covey, 2004) ซึ่งจิตนิสัยของบุคคลนั้นสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาได้หากบุคคลตั้งใจทำ (วิทยา นาควัชระ, 2545)

ผู้วิจัยได้รวบรวมความหมายของคำว่าจิตนิสัยดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

Marzano (1994) ได้ให้ความหมายของจิตนิสัยว่า เป็นลักษณะของบุคคลที่ใช้ความคิดที่เป็นอัตโนมัติหรือเป็นนิสัย ไม่ต้องใช้เวลาในการจัดการ แต่กระบวนการคิดเองอาจต้องการการตรวจสอบมากกับทำให้เกิดการพิจารณาตัวเลือกอย่างระมัดระวัง การประเมินความเสี่ยงและประเมินถึงผลที่ตามมา

Massachusetts Department of Education (1995) ได้ให้ความหมายของจิตนิสัยว่า เป็นลักษณะของบุคคลที่ใช้ความคิดเจตคติในการทำงานด้วยการเรียนรู้ตลอดชีวิต

Resnick (1999) ได้ให้ความหมายของจิตนิสัยว่าเป็นลักษณะของบุคคลที่แสดงการกระทำที่บ่งบอกถึงความคิดในการใช้ปัญญาที่แตกต่างกัน

Costa และ Kallick (2000) ได้ให้ความหมายของจิตนิสัยว่า เป็นลักษณะของบุคคลที่ใช้ความคิดในการทำงานจนเป็นนิสัย ทำให้สามารถเผชิญกับสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยส่งเสริมสังคมให้มีความเมตตากรุณาและมีความเห็นอกเห็นใจผู้อื่น

Covey (2004) ได้ให้ความหมายของจิตนิสัยว่าเป็นแบบของพฤติกรรมซึ่งมีส่วนประกอบสามประการที่เหลื่อมล้ำกัน คือ ความรู้ ทักษะ และทัศนคติ

Gareth (2004) ได้ให้ความหมายของจิตนิสัยว่า หมายถึง สิ่งที่บุคคลแสดงออกเป็นประจำ ตอบสนองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นด้วยการกระทำที่เคยชิน

นวลล่อ สุภาพล (2527) ได้ให้ความหมายของจิตนิสัยว่า หมายถึง ตัวกำหนดแนวโน้มหรือความโอนเอนในการตอบสนองและเป็นสิ่งชี้้นำพฤติกรรมจิตนิสัย สามารถสังเกตได้จากพฤติกรรมที่ปรากฏออกมา

วิทยา นาควัชระ (2545) ได้ให้ความหมายของจิตนิสัยว่า หมายถึง สิ่งที่บุคคลแสดงออก เป็นสิ่งที่ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาได้ หากตั้งใจทำแต่จะพัฒนาหรือปรับเปลี่ยนได้ยากเมื่อมีอายุมากขึ้น เมื่อเข้าใจและรู้ว่าสิ่งใดดีและสิ่งใดไม่เหมาะสมจะเกิดความอยากปรับและเปลี่ยนนิสัยจึงสามารถทำได้

สงกรานต์ จิตสุทธิภากร (2544) ได้ให้ความหมายของจิตนิสัยว่า หมายถึง ปัจจัยที่สำคัญของชีวิตเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตลอดเวลาจนเกือบตลอดเวลาไม่รู้สึกรู้สีกตัวแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมว่าบุคคลนั้นเป็นคนที่มีประสิทธิผลหรือไร้ประสิทธิผล เกิดขึ้นจากองค์ประกอบจากความสัมพันธ์ร่วมระหว่างความรู้ ทักษะ และความปรารถนาเข้าด้วยกัน

แมนมาศ สีสัตยกุล (2545) ได้ให้ความหมายของจิตนิสัยว่าเป็นลักษณะของบุคคลที่ใช้ความคิดในการแก้ปัญหาอย่างชาญฉลาด

จิราภรณ์ คงคุ้ม (2548) ได้ให้ความหมายว่า เป็นลักษณะของบุคคลที่ใช้ความคิดในการทำงานจนเป็นนิสัย สามารถเผชิญกับสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยัง

เสริมสร้างสังคมให้มีเมตตา กรุณา มีความเห็นอกเห็นใจผู้อื่น และเตรียมพร้อมสำหรับการปรับตัวใน อนาคตได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

นภดล เวชสวัสดิ์ (2548) ได้ให้ความหมายของจิตนิสัยว่า หมายถึง องค์ประกอบที่ สำคัญในชีวิตองค์ประกอบที่สำคัญในชีวิตของคุณบุคคลเกิดขึ้นสม่ำเสมอบ่อยครั้ง อยู่ในโครงสร้างไว้สำนึก แสดงออกให้เห็นเป็นค่าคงที่ ต่อเนื่องรายวัน แสดงคุณลักษณะและแสดงควมมีประสิทธิผล หรือไม่มีประสิทธิผล

พพบพร รักษาจิต (2554) ได้ให้ความหมายของจิตนิสัยว่า หมายถึง สิ่งที่บุคคลแสดง ออกเป็นประจำจนเคยชิน เกิดจากความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่าง ความรู้ ทักษะและความปรารถนา เป็นสิ่งที่สามารถเปลี่ยนแปลง ปรับปรุงและพัฒนาได้เมื่อบุคคลต้องการเปลี่ยนจิตนิสัยอย่างจริงจัง องค์ประกอบของจิตนิสัยทั่วไป

America Association Advancement of Science (1989) ได้รวบรวมองค์ประกอบ ของจิตนิสัยทั้งหมด 7 องค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

1. ความซื่อสัตย์ (Integrity)
2. ความขยัน (Diligence)
3. ความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity)
4. ความยุติธรรม (Fairness)
5. ความเคลือบแคลงใจสงสัย (Skepticism)
6. จินตนาการ (Imagination)
7. การเปิดรับความคิดใหม่ (Open to new Idea)

Marzano (1992) จัดจิตนิสัยไว้ในกลุ่มของมิติแห่งการเรียนรู้ทั้งห้า ซึ่งประกอบด้วย

1. มิติที่ 1 ความเข้าใจและทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้ ผู้เรียนจะรู้สึกถึงความสำคัญ ของการเรียนรู้ รู้สึกสนใจ รู้สึกปลอดภัยที่จะเรียนรู้จึงทำให้ประสบผลสำเร็จในการเรียน
2. มิติที่ 2 ซึมซับและบูรณาการความรู้ที่ได้โดยผนวกความรู้ใหม่กับความรู้เก่า ที่มีอยู่เดิม ซึ่งจะช่วยให้จำเรื่องที่เรียนได้นานและมีความหมาย
3. มิติที่ 3 ขยายและขัดเกลาความรู้ การบูรณาการความรู้ไม่ได้เป็นจุดสิ้นสุดของ การเรียนรู้ ผู้เรียนจะต้องขยาย และขัดเกลาความรู้ โดยผนวกเอาสิ่งที่แตกต่างกันเข้ากับมวลความรู้ เดิมและสร้างความรู้เชื่อมโยงความรู้เหล่านั้น เพื่อให้การเรียนรู้ของตนลึกซึ้งกว้างขวางยิ่งขึ้น
4. มิติที่ 4 ใช้ความรู้อย่างมีความหมายการเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพก็เมื่อผู้เรียนนำ ความรู้ไปใช้ทำงานจริง
5. มิติที่ 5 การมีจิตนิสัย ซึ่งเป็นมิติที่สำคัญที่สุดของมิติทั้ง 5 เพราะเป็นมิติที่เน้นให้ ผู้เรียนใช้ความคิดวิจารณ์ญาณ ความคิดสร้างสรรค์ และการกำกับดูแลความคิดของตนเอง

Marzano (1992) ได้ระบุองค์ประกอบที่ประกอบเป็นจิตนิสัยไว้ 15 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ตระหนักในความคิดของตนเอง (Being aware of your own thinking) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการสำรวจความคิดของตนเองและพยายามคิดหาหนทางในการแก้ไขข้อผิดพลาด
2. วางแผน (Planning) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการจัดสรรเวลาในการทำงานและทำงานสำเร็จลุล่วง
3. ตระหนักในความจำเป็นของทรัพยากร (Being aware of necessary resources) คือ ลักษณะของบุคคลที่ให้ความสำคัญในการรวบรวมข้อมูลหรือทรัพยากร เพื่อใช้ในการสร้างงาน ตระหนักในความจำเป็นของทรัพยากร คือ ลักษณะของบุคคลที่ให้ความสำคัญในการรวบรวมข้อมูลหรือทรัพยากรเพื่อใช้ในการสร้างงาน
4. มีความรู้สึกไวต่อการย้อนกลับ (Being sensitive to feedback) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีความระมัดระวังรอบคอบในการทำงานเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความผิดพลาดมีความรู้สึกไวต่อการย้อนกลับ คือ ลักษณะของบุคคลที่มีความระมัดระวังรอบคอบในการทำงาน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความผิดพลาด
5. ประเมินผลการกระทำของตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ (Evaluating the effectiveness of your actions) คือ ลักษณะของบุคคลที่เข้าใจและยอมรับศักยภาพ ความสามารถ และข้อจำกัดของตนเอง
6. ต้องการความแม่นยำและแสวงหาความถูกต้อง (Being accurate and seeing accuracy) คือ ลักษณะของบุคคลที่ทำงานอย่างประณีตและไม่สะเพร่า
7. มีความกระจ่างและแสวงหาความชัดเจน (Being clear and seeking accuracy) คือ ลักษณะของบุคคลที่รับรู้และเข้าใจถึงปัญหาที่เผชิญหรืองานที่ต้องกระทำ โดยจะไม่ปฏิบัติจนกว่าจะเข้าใจอย่างลึกซึ้ง
8. เปิดใจ (Being Open-minded) คือ ลักษณะของบุคคลรู้จักปรับเปลี่ยนความคิดเมื่อได้ทราบข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลใหม่
9. ควบคุมความหุนหัน (Resisting impulsivity) คือ ลักษณะของบุคคลที่รู้จักคิดไตร่ตรองก่อนตัดสินใจ หรือก่อนที่จะลงมือปฏิบัติ
10. ปฏิบัติและคัดค้านเมื่อมีหลักฐาน (Taking and defending a position) คือ ลักษณะของบุคคลที่รู้จักควบคุมตนเองในการคิดและการแสดงออกตามข้อมูลที่ตนเองมีอยู่ โดยไม่ตกอยู่ในอิทธิพลของผู้อื่นและมีความมั่นใจในตนเอง
11. ไวต่อความรู้สึกจากสิ่งอื่น ๆ (Being sensitive to other) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการรับรู้และเข้าใจสิ่งต่าง ๆ เมื่อถูกกระตุ้น

12. มุ่งมั่นในการทำงานโดยไม่หวังคำตอบหรือข้อสรุปในทันที (Engaging Intensely in task even when answers or immediately apparent) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีความเพียรพยายามทำสิ่งต่าง ๆ ให้ประสบความสำเร็จ

13. นำความรู้ของตนมาใช้อย่างเต็มกำลังและความสามารถ (Pushing the limits of your Knowledge and ability) คือ ลักษณะของบุคคลที่พยายามต่อสู้กับอุปสรรค โดยไม่ย่อท้อต่อปัญหา

14. สร้างความไว้วางใจและรักษามาตรฐานในการประเมินตนเอง (Generating Trusting and maintaining your own standards of evaluation) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการสำนึกและตระหนักถึงคุณค่าของตนเอง

15. สร้างความคิดใหม่จากพื้นฐานความรู้ที่เป็นระเบียบแบบแผน (Generating new of viewing situations outside the boundaries of standard convention) คือ ลักษณะของบุคคลที่รู้จักคิดและริเริ่มทำสิ่งใหม่ใหม่โดยอาศัยความรู้ที่มีอยู่แล้ว

Meier (1995) ได้รวบรวมคุณลักษณะของจิตนิสัยออกเป็น 5 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. การอ้างอิงหลักฐาน (Evidence)
2. ความคิดเห็น ความคิดเห็น (Viewpoint)
3. การเชื่อมโยง การเชื่อมโยง (Connections)
4. การคาดเดาหรือการทำนาย (Supposition)
5. การให้คุณค่า (Meaningfulness)

Massachusetts Department of Education (1995) ได้รวบรวมคุณลักษณะของผู้ที่มีจิตใจนิสัยไว้ 3 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. การคิดและการสื่อสาร (Thinking and Communicating) ได้แบ่งองค์ประกอบย่อยออกเป็น 3 องค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

1.1 การคิดโดยใช้จินตนาการ (Imaginative thinking) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการจัดการและปฏิบัติ โดยใช้ความคิดริเริ่ม ความจำ ความเข้าใจ เพื่อที่จะออกแบบให้ได้ความรู้ใหม่ ซึ่งจะมีการเสี่ยงต่อการผิดพลาด

1.2 การรับรู้และมีความเข้าใจในระดับสูง (Heightened perceptual awareness) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการเรียนรู้และสนใจในสิ่งที่ได้เห็น เพื่อที่จะนำไปปรับปรุงเปลี่ยนแปลง โดยจะต้องมีความละเอียดรอบคอบในการรับรู้จากการใช้ประสาทสัมผัสทางการมองเห็น การได้ยินและสื่อสารโดยใช้ภาษา

1.3 การคิดไตร่ตรอง (Reflective Thinking) คือ ลักษณะของบุคคลที่สามารถอภิปรายและประเมินตนเองได้ตามความจริง โดยการยอมรับข้อวิจารณ์ที่มีความคิดสร้างสรรค์ และการให้ความสำคัญกับการสื่อสารที่มีความสมบูรณ์

2. การรับรู้และประยุกต์ใช้ความรู้ (Gaining and applying Knowledge) ได้แบ่งองค์ประกอบย่อยออกเป็นสององค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

2.1 การรวบรวมความอยากรู้อยากเห็นและการมีความมุ่งมั่น (Organization curiosity and persistence) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการวางแผนลำดับขั้นในการกระทำปฏิบัติสร้างสรรค์ นอกจากนี้ยังจะต้องมีการพัฒนาข้อคำถามและไม่รู้สียกย่องต่ออุปสรรคที่เผชิญ

2.2 การคิดวิเคราะห์และความสามารถในการเชื่อมโยง (Analytical thinking and ability to make connections) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการวิเคราะห์ผลงานการวิจัยเหตุการณ์ในอดีตแต่เหตุการณ์ที่เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของปัญหา นอกจากนี้ยังสรุปความคิดเห็นและทำการพิจารณาเรื่องราว

3. การทำงานและการให้ความช่วยเหลือ (Working and Contributing) ได้แบ่งองค์ประกอบย่อยออกเป็นสององค์ประกอบ ดังนี้

3.1 การมีความรับผิดชอบต่อสังคม (Social responsibility) คือ ลักษณะของบุคคลที่จะตระหนักถึงความเป็นไปของสังคมและรับรู้ถึงความรู้สึกของคนในสังคม การแสดงออกจะยึดสังคมเป็นศูนย์กลาง โดยจะประพฤติปฏิบัติตามความรู้สึกผิดชอบชั่วดีและกฎกติกาของสังคม

3.2 การเคารพในความคิดสร้างสรรค์ของผู้อื่น (Respect for creativity in other) คือ ลักษณะของบุคคลที่เข้าใจยอมรับและยกย่องผลงานของผู้อื่นอย่างจริงจัง

Perkins (1997) ได้รวบรวมองค์ประกอบของจิตนิสัยไว้ 9 องค์ประกอบ คือ

1. การถามและตั้งข้อสงสัย (Questioning and Posing Problems) คือ ลักษณะของบุคคลที่สามารถถามคำถามให้เติมเต็มในสิ่งที่ตนรู้และยังไม่รู้

2. พยายามให้ถูกต้องแม่นยำ (Striving for Accuracy) คือ ลักษณะของบุคคลที่พยายามหาวิธีการตรวจสอบงานของตนอย่างแม่นยำ เขาจะฝึกให้ตนเองมีความซื่อสัตย์ในการตรวจสอบงาน

3. ความยืดหยุ่นในการคิด (Thinking Flexibly) คือ ลักษณะของบุคคลที่สามารถเปลี่ยนแปลงความคิดตามที่ได้รับข้อมูลเพิ่มเติม

4. การประยุกต์ (Transference) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการนำเอาความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อแก้ปัญหาที่เผชิญ

5. การมีความมุ่งมั่น (Persisting) คือ ลักษณะของบุคคลที่ยืนหยัดอยู่กับงานจนกว่าจะสำเร็จ

6. การมีความรับผิดชอบในการเสี่ยง (Tasking Responsible Risks) คือ ลักษณะของบุคคลที่ยอมเอาตัวเองเข้าไปอยู่ในสถานการณ์ที่ไม่ทราบว่าจะผลลัพธ์จะออกมาเป็นอย่างไร ยอมรับสภาพที่วุ่นวายสับสนหรือความท้อถอยว่าเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ทำทลายความสามารถ และความเจริญงอกงามของตนเอง

7. การจัดการความหุนหัน (Managing Impulsivity) คือ ลักษณะของบุคคลที่ทำงานอย่างสุขุม คิดก่อนกระทำ โดยมีการวางแผน ตั้งเป้าหมายและพยายามเข้าใจทิศทางของการดำเนินงานก่อนที่จะลงมือกระทำ

8. การฟังด้วยความเข้าใจ และใส่ใจ (Listening with Understanding & Empathy) คือ ลักษณะของบุคคลที่ตั้งใจฟังผู้อื่นด้วยความเข้าใจและรับรู้ความคิดของผู้พูด

9. การย้อนคิดเกี่ยวกับความคิดของตน (Thinking about Thinking) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการสำรวจความคิดของตนเอง ทำให้ทราบว่าเรารู้อะไรแล้ว และยังไม่รู้อะไรบ้าง เป็นความคิดของคนในการวางแผน เพื่อหาข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม รู้ตัวอยู่ตลอดเวลาว่ากำลังทำอะไรอยู่ อยู่ในขั้นตอนใดและคอยประเมินตนเองอยู่ตลอดเวลา

Godfrey และ Napolitano (1998) ได้รวบรวมองค์ประกอบของจิตนิสัยไว้

9 องค์ประกอบ คือ

1. การยอมรับการเปลี่ยนแปลง (Embraces Change) คือ ลักษณะของบุคคลที่รู้จักเปลี่ยนแปลงความคิดและความเข้าใจต่อความคิดใหม่

2. การทดสอบเบื้องต้น (Test Assumption) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการเปิดเผยและตรวจสอบพื้นฐานจากหลักฐานที่อ้างอิงไว้และสนับสนุนสิ่งอื่นที่เกี่ยวข้อง

3. การเปลี่ยนแปลงจากตัวอย่าง (Shifts Paradigms) คือ ลักษณะของบุคคลที่รู้จักใช้วิธีการใหม่ในการพัฒนาสิ่งอื่น ๆ โดยจะปรับเปลี่ยนแนวคิดของตนเองที่มีอยู่มาใช้กับปัจจุบัน

4. การคิดแบบองค์รวม (Thinking Holistically) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีความคิดเป็นระบบ โดยจะตระหนักถึงองค์ประกอบย่อยที่มีความสัมพันธ์และมีหน้าที่เชื่อมอยู่ เป็นการมองหลาย ๆ มุม เพื่อให้ได้ภาพโดยรวมที่ครบถ้วนเท่าที่จะเป็นได้ และเพื่อเป็นการเปิดกว้างรูปแบบทางความคิดของตนเอง

5. การอดทนต่อความกำกวมและข้อขัดแย้งที่ขัดต่อความรู้สึก (Tolerates Ambiguity and paradox) คือ ลักษณะของบุคคลที่สามารถคลี่คลายความวุ่นวายของเหตุการณ์จากข้อมูลที่ได้รับมาตามจุดมุ่งหมายและสามารถประเมินข้อขัดแย้งที่มีอยู่

6. การเชื่อในสัญชาตญาณ (Trust Intuition) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการรับรู้และตระหนักในข้อมูลหรือประสบการณ์ที่นำมาใช้ในการตัดสินใจ

7. การเสี่ยง (Takes Risk) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีความเข้าใจและยอมรับถึง ผลการกระทำของตนอย่างไม่กลัวความล้มเหลว

8. การทำงานร่วมกัน (Seeks Synergies) คือ ลักษณะของบุคคลที่สามารถ ปฏิบัติงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสำเร็จ

9. การประเมินรูปแบบ (Models Values) คือ ลักษณะของบุคคลที่รู้จักประเมิน ทักษะในการติดต่อสื่อสารและการกระทำว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่

Costa และ Kallick (2000) ได้รวบรวมองค์ประกอบของจิตนิสัยไว้ 16 ประการ คือ

1. การมีความมุ่งมั่น (Persisting) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการวิเคราะห์ปัญหา จัดสร้างระบบแบบแผนและกลยุทธ์ที่จะแก้ปัญหา มีความรอบรู้พอที่จะปรับเปลี่ยนยุทธวิธีในการ แก้ปัญหาและความสามารถวิธีที่ดีที่สุดเหมาะสมที่สุดมาใช้ หรือใช้หลาย ๆ วิธีในการแก้ปัญหา พวกเขา มักจะเก็บข้อมูลหลักฐานของวิธีการที่จะแก้ปัญหาได้สำเร็จ และถ้าวิธีการใดวิธีการหนึ่งที่ไม่ประสบความสำเร็จก็จะทราบว่าเป็นเพราะเหตุใด และสามารถหยิบกลวิธีอื่นมาช่วยทันที พวกเขา จะมองออกว่าวิธีการใด ไม่ชัดเจนและต้องลองวิธีใหม่ ระบบวิธีการในการวิเคราะห์ปัญหาซึ่งเริ่มตั้งแต่ ทราบว่าจะทำอย่างไร ควรมีขั้นตอนอย่างไร ต้องการข้อมูลอะไรบ้าง เพราะพวกเขามีความอดทนที่จะ ใช้เวลาในการแก้ปัญหา และไม่ตระหนกตกใจเมื่อเกิดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา

2. การควบคุมความหุนหัน (Managing Impulsivity) คือ ลักษณะของบุคคลที่ ทำงานอย่างสุขุม คิดก่อนทำ เขาจะพยายามจินตนาการถึงผลการกระทำ แผนงาน เป้าหมาย จุดหมายปลายทาง ว่าจะเป็นอย่างไก่อนลงมือปฏิบัติเราต้องการความเข้าใจ ความกระจ่างชัดใน ทิศทางที่จะดำเนินงานแล้วมองหากกลยุทธ์ในการจัดการ เขาจะไม่ใช้ความคิดที่แวบขึ้นมาในสมองครั้งแรกในการจัดการปัญหา โดยไม่ไตร่ตรองและทำความเข้าใจกับแนวคิดที่เกิดขึ้น เขาจะคิดได้ เพราะตัวเลือกต่าง ๆ ว่ากลยุทธ์ใดจะให้ผลอย่างไรก่อนลงมือปฏิบัติเสมอ และลดการลองผิดลองถูก โดยการหาข้อมูลมาประกอบการตัดสินใจใช้เวลาคิดก่อนตอบ ใช้เวลาในการฟังความคิดเห็นของผู้อื่น อย่างตั้งใจ

3. การฟังเพื่อความเข้าใจ และใส่ใจ (Listening with Understanding and Empathy) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีความเข้าใจและใส่ใจฟังผู้อื่น จนสามารถเข้าใจความรู้สึกนึกคิด ของผู้พูดเป็นรูปแบบของพฤติกรรมที่แสดงถึงการมีปัญหาขั้นสูงสุด ความสามารถในการถ่ายทอด มุมมองของความคิด ความรู้สึกนึกคิดที่ซ่อนอยู่ภายในตัวผู้พูดโดยดูจากท่วงท่า วาจา และสามารถ บรรยายถึงสิ่งเหล่านี้ได้อย่างแม่นยำ สิ่งเหล่านี้เป็นตัวบ่งชี้พฤติกรรมการเป็นผู้ฟังที่ดี และเป็นคนที่มีความสามารถด้านการฟัง ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะเข้าใจมุมมองของผู้อื่นอย่างแท้จริง ทำให้สามารถ เข้าถึงผู้พูดได้เกิดความเห็นอกเห็นใจ เข้าใจว่าทำไมเขาถึงคิดหรือทำเช่นนั้น และหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะได้มีความแม่นยำสูง

4. การมีความยืดหยุ่นในการคิด (Thinking Flexibly) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือซ่อมแซม เพื่อที่ช่วยให้คุณเก่งขึ้น คนที่มีความคิดยืดหยุ่นจะสามารถควบคุมสถานการณ์ได้ดี เพราะสามารถเปลี่ยนแปลงความคิดตามข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติม ดังนั้นคนเหล่านี้มักจะเข้าไปเกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่หลากหลาย ทำให้พวกเขามีความสามารถในการปรับเปลี่ยน สามารถคาดเดาถึงผลลัพธ์ที่เกิดตามมา คนที่มีความยืดหยุ่นจะสามารถวิเคราะห์ และแก้ปัญหาด้วยมุมมองใหม่ เปลี่ยนแปลงความคิดได้ไว ความมั่นใจในการแก้ปัญหาของตนเอง

5. การย้อนคิดเกี่ยวกับความคิดของตน (Thinking about Thinking) หรือ เมตาคอกนิชัน (Metacognition) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการสำรวจความคิดของตนเอง ทำให้ทราบว่าเรารู้อะไรแล้ว และยังไม่รู้อะไรบ้างเป็นความสามารถของคนในการวางแผนเพื่อหาข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม รู้ตัวตลอดเวลาที่กำลังทำอะไรอยู่ อยู่ในขั้นตอนใด และคอยประเมินตนเองตลอดเวลา องค์ประกอบหลักของการสำรวจความคิดของตนเอง คือ การวางแผนปฏิบัติ จดจำ แผนงานไว้ในสมองแล้วย้อนคิดและประเมินแผนงานนั้นเมื่องานเสร็จ

6. การพยายามให้เกิดความถูกต้องแม่นยำ (Striving for Accuracy) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีความพยายามในการหาวิธีการที่ใช้ตรวจสอบงานของตนเองอย่างแม่นยำ เขาจะฝึกให้ตนเองมีความซื่อสัตย์ในการตรวจสอบงาน และพร้อมที่จะแก้ไขข้อบกพร่องตลอดเวลาจนกว่าจะเสร็จ

7. การถามและตั้งข้อสงสัย (Questioning and Posing Problems) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการถามคำถามให้เต็มเต็มในสิ่งที่ตนรู้และสิ่งใดที่ยังไม่รู้ ผู้ถามคำถามที่ดี มักจะถามคำถามแบบครอบคลุม เช่น มีหลักฐานอะไร ทราบได้อย่างไรว่าหลักฐานถูกต้อง แหล่งข้อมูลมีความน่าเชื่อถือเพียงไร

8. การใช้ความรู้เดิมแก้ปัญหาใหม่ (Applying Past Knowledge to New Situations) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการใช้ประสบการณ์เดิมที่มีอยู่หรือวิธีการที่เคยเรียนรู้มาใช้แก้ปัญหาที่เผชิญ

9. การคิดและการสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน ถูกต้อง (Thinking and Communicating with Clarity and Precision) คือ ลักษณะของบุคคลที่รู้จักหาวิธีการที่จะสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพทั้งทางการพูดและเขียน ระวังที่จะใช้ภาษาที่ชัดเจน คำศัพท์ที่ถูกต้อง หลีกเลี่ยงการสรุปความที่เกินจริงตัดข้อความที่บิดเบือนข้อเท็จจริง และสนับสนุนกับความคิดของตนด้วยการอธิบาย เปรียบเทียบหาตัวเลขและหลักฐานมาสนับสนุน

10. การรวบรวมข้อมูลจากทุกแหล่ง (Data Through All Senses) คือ ลักษณะของบุคคลที่พยายามแสวงหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องผ่านทางประสาทสัมผัส เช่น จากการลิ้มรส ดมกลิ่น การสัมผัสทางกาย การเคลื่อนไหว การได้ยิน การมองเห็น การเรียนรู้ทางภาษา ศิลปะ และพลศึกษาเกิดจากการสังเกตสิ่งแวดล้อม และบันทึกผ่านประสาทสัมผัสต่าง ๆ

11. การมีความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ และประดิษฐ์คิดค้น (Creating Imagining Innovating) คือ ลักษณะของบุคคลที่รู้จักคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ ๆ ถ้าทักษะนี้ได้รับการพัฒนา คนที่ฉลาดจะพยายามมองหาวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยใช้การอุปมาอุปไมยเริ่มจากการเอาตัวเองเข้าไปอยู่ในสถานที่หรือสิ่งของนั้น คนที่มีความคิดริเริ่มจะยอมเสี่ยงและพยายามจนถึงที่สุด ไม่ยอมให้ถูกจำกัดอยู่ในกรอบ คนพวกนี้จะได้รับแรงกระตุ้นจากภายในไม่ใช่ภายนอก คนที่มีความคิดริเริ่มจะยอมรับฟังคำวิจารณ์และเปิดเผยตนในการนำเสนอผลงานหรือแนวคิด เพื่อให้คนอื่นวิจารณ์ พวกเขาต้องการผลสะท้อนกลับจากคนอื่น เพื่อพัฒนาตนเองและไม่ชอบอยู่ในกรอบแต่ต้องการกระจายความคิดอย่างกว้างขวาง ต้องการความใหม่ เรียบง่าย สวยงาม แพร่พรายอย่างที่ตนคิดไว้

12. การตอบสนองต่อความสงสัยและเคลือบแคลงใจ (Responding to doubts) คือ ลักษณะของบุคคลที่สามารถมองเห็นปัญหาและพยายามจะแก้ไขได้ด้วยตนเอง หรือนำเสนอให้ผู้อื่นรู้ด้วย พวกนี้จะมีความสุขในการค้นพบปัญหาและการแก้ปัญหาชอบการทำทนาย และหาแนวทางการแก้ไขสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ด้วยตนเองและชอบที่จะเรียนรู้ตลอดเวลา

13. การมีความรับผิดชอบในการเสี่ยง (Tasking Responsible Risks) คือ ลักษณะของบุคคลที่ยอมที่จะเอาตัวเองเข้าไปอยู่ในสถานการณ์ที่ไม่ทราบว่าผลลัพธ์จะออกมาเป็นอย่างไร ยอมรับสภาพที่วุ่นวายสับสนหรือความท้อถอยว่าเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ทำทนายความสามารถและความเจริญงอกงามของตนเอง คนที่ยืดหยุ่นจะไม่แสดงความมูทะลุหรือบุ่มบ่าม การเสี่ยงของพวกเขาเป็นการศึกษาเพราะคนที่ยืดหยุ่นจะรวบรวมเอาประสบการณ์ ความรู้เดิมคิดคำนึงถึงผลที่จะตามมา และรู้ว่าความพอเหมาะพอควรอยู่ที่ใด และรู้ว่าอะไรอันตรายเกินไป

14. การมีอารมณ์ขัน (Finding Humor) คือ ลักษณะของบุคคลที่สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งที่ปรากฏในแง่มุมใหม่ จินตนาการ และใช้อุปมาอุปไมยที่แตกต่างกัน คนที่สร้างอารมณ์ขันได้จะมีทักษะในการรับรู้สถานการณ์จากต้นตอของเรื่อง และจากแง่มุมที่น่าสนใจ

15. การคิดอย่างมีอัยยาศัย (Thinking Interdependently) คือ ลักษณะของบุคคลที่สามารถคิดประสานไปกับกลุ่ม มองเห็นความสำคัญที่ต้องพึ่งพาอาศัยกัน และมองเห็นความจำเป็นที่ต้องช่วยเหลือของผู้อื่น นับวันปัญหาจะมีความยุ่งยากซับซ้อนมากจนไม่สามารถแก้ปัญหาได้ เพราะไม่มีใครคนเดียวที่มีข้อมูลพร้อมสรรพที่จะสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้

16. การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง (Remaining Open of Continuous Learning) คือ ลักษณะของบุคคลที่พยายามแสวงหาความรู้ใหม่ตลอดเวลา มีความมั่นใจในตนเอง แสวงหาความรู้ อย่างสม่ำเสมอ ต้องการเรียนรู้การทำงานด้วยวิธีการที่ดีกว่า ใหม่กว่า การที่มีคุณลักษณะดังกล่าวทำให้มีการพัฒนาตนเองอยู่เสมอเรียนรู้อยู่ตลอดเวลาและพร้อมที่จะปรับปรุงตนเอง

Sizer (2002) ได้รวบรวมองค์ประกอบของจิตนิสัยไว้ 8 องค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

1. การมองการณ์ไกล (Perspective) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการวางแผนชีวิตของตนเองที่เกี่ยวข้องกับอนาคต และสามารถเตรียมพร้อมรับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง
2. การรู้จักวิเคราะห์ (Analysis) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการคิดไตร่ตรองหาเหตุผลในแต่ละสิ่งที่จะกระทำ ใช้ประโยชน์จากเหตุผล และความถูกต้องของหลักฐาน
3. การใช้จินตนาการ (Imagination) คือ ทักษะของบุคคลที่มองเห็นเหตุการณ์เพื่อที่จะแสวงหารูปแบบทั้งเก่าและใหม่ที่เป็นประโยชน์ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน
4. การใส่ใจ (Empathy) คือ ลักษณะของบุคคลที่ใช้ความรู้สึกกับเหตุผลที่มีในสถานการณ์ตอนที่ลำบาก
5. การสื่อสาร (Communication) คือ ทักษะของบุคคลที่มีความสัมพันธ์ที่ดีกับบุคคลอื่น โดยอาศัยทักษะการติดต่อสื่อสารให้บุคคลอื่นเข้าใจว่าเราต้องการสื่อสารความคิดใดออกไป และนอกจากนี้ยังต้องเป็นผู้ฟังที่ดีด้วย
6. การผูกมัดตนเอง (Commitment) คือ ลักษณะของบุคคลที่ยอมรับการกระทำเมื่อมีความจำเป็น โดยจะต้องมีความมุ่งมั่นและมีความอดทน
7. รู้จักถ่อมตน (Humility) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการรับรู้และตระหนักถึงความถูกต้องรู้ว่าใครที่คอยช่วยเหลือเรา
8. มีความสนุกสนาน (Joy) คือ ลักษณะของบุคคลที่สามารถมองสิ่งที่ปรากฏในแงุ่มใหม่ได้อย่างตอบสนองด้วยการมีอารมณ์ขัน

Karin (2003) ได้รวบรวมองค์ประกอบของจิตนิสัยไว้ 3 องค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

1. ตระหนักในความคิดของตนเอง (Is aware of own thinking) คือ ลักษณะของบุคคลที่เข้าใจถึงความคิดของตนเอง สามารถอธิบายถึงความคิดจากการทำงานหรือแก้ปัญหาและสามารถเพิ่มคุณค่าทางการปฏิบัติได้
2. เปิดใจ (Is Open-Minded) คือ ลักษณะของบุคคลที่มีการเปลี่ยนแปลงความคิดตามข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติม แม้ว่าจะแตกต่างจากความคิดหรือทัศนคติของตนเอง
3. ควบคุมความหุนหัน (Restrain Impulsivity) คือ ลักษณะของบุคคลที่ใช้ความคิดอย่างรอบคอบในการอธิบายถึงเหตุการณ์ และต้องการศึกษาหาข้อมูลก่อนที่จะลงมือกระทำ

สรุปได้ว่า จิตนิสัย หมายถึง คุณลักษณะภายในของบุคคลที่ใช้ความคิดในการทำงานจนเป็นนิสัย สามารถเผชิญกับสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ฝึกฝนและเตรียมพร้อมสำหรับการปรับตัวในอนาคตได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

แนวคิดเกี่ยวกับจิตนิสัยทางสะเต็ม

จิตนิสัยวิทยาศาสตร์ (Scientific Habits of Mind : SHoM)

1. ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์

จิตวิทยาศาสตร์ เป็นคำใหม่ที่ใช้การจัดการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มาจากภาษาอังกฤษ คำว่า Scientific Mind ซึ่งความหมายของ Scientific หมายถึง การแสวงหา ความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ และ Mind หมายถึง จิตสำนึก จิตใจ ความสามารถในการเข้าใจ ความหมายรวมของ Scientific Mind จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัย ที่เกี่ยวข้อง พบว่า นักจิตวิทยาและผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์ดังนี้

กรมวิชาการ (2545) ได้ให้ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์ว่า เป็นคุณลักษณะ หรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เกิดขึ้นจากศึกษาหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มาจากภาษาอังกฤษคำว่า Scientific Mind ซึ่งจิตวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความมุ่งมั่น อดทน รอบคอบ ความซื่อสัตย์ การมีใจกว้างยอมรับฟังความคิดเห็น มีความคิดสร้างสรรค์ มีความสงสัยและกระตือรือร้นที่จะหาคำตอบ ยอมรับเมื่อมีประจักษ์พยาน หรือเหตุผลที่เพียงพอ

สำนักนิเทศและพัฒนามาตรฐานการศึกษา (2546) ได้ให้ความหมายของจิต วิทยาศาสตร์ คือ คุณลักษณะที่พึงประสงค์ของบุคคลที่เกิดจากการแสวงหาความรู้ โดยใช้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความมุ่งมั่น อดทน รอบคอบ ความซื่อสัตย์ ความประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นต่อผู้อื่น การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล

กิตติมา ไกรพิรพรรณ (2550) ได้ให้ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะของบุคคลที่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่สนใจ มีทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ สามารถกำหนดปัญหาจากสิ่งที่ต้องการรู้ สามารถตั้งสมมติฐาน ออกแบบการศึกษา ค้นคว้า ลงมือศึกษาวิจัยทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล และสามารถวิเคราะห์สรุปผลการค้นคว้า มีทัศนคติที่ดีต่อการทดลองทางวิทยาศาสตร์ มีความรักในการค้นคว้า อดทน มุ่งมั่นทำการทดลอง โดยไม่ย่อท้อต่ออุปสรรคใด ๆ มีคุณธรรมของนักวิทยาศาสตร์ ซื่อสัตย์ในการศึกษาค้นคว้า และศึกษาค้นคว้าเรื่องที่เป็นประโยชน์ต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ทรายทอง พวงสันเทียะ (2554) ได้ให้ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะที่มีความคิด ความรู้สึกโน้มเอียง และยึดมั่นในคุณค่าของวิธีการคิดทางวิทยาศาสตร์และ การมองโลกแบบวิทยาศาสตร์ ในการวิพากษ์วิจารณ์ความรู้ขององค์ความรู้ที่มีอยู่ก่อนแล้ว เพื่อพัฒนา เป็นองค์ความรู้ที่สมบูรณ์

ณัฐรินีย์ อภิวงค์งาม (2554) ได้ให้ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะสำคัญของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งจิตวิทยาศาสตร์สามารถช่วยให้บุคคลเกิดการแสวงหาความรู้ปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม เป็นคนมีเหตุผล ใจกว้าง มีความซื่อสัตย์ ไม่ย่อท้อต่อการแก้ปัญหา ความเข้าใจในงานทางวิทยาศาสตร์และนำไปใช้ในการดำรงชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ได้ให้ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์ว่า เป็นจิตสำนึกที่ก่อให้เกิดลักษณะนิสัยหรือความรู้สึกทางจิตใจของบุคคลที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หรือจากการได้ศึกษาหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความมุ่งมั่น อดทน รอบคอบ ซื่อสัตย์ ความประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและการยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

นัจรีภรณ์ สิมมารุณ (2559) ได้ให้ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้สึกนึกคิดพฤติกรรมการแสดงออก ตลอดจนคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของบุคคลที่เอื้อต่อการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความมุ่งมั่นอดทน รอบคอบ ความรับผิดชอบความซื่อสัตย์ประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผลการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

Munby (1983) ได้ให้ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์ หมายถึง การแสดงออกทางด้านจิตใจที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความคิด ซึ่งแสดงออกให้เห็นถึงกระบวนการใช้สติปัญญาหรือความคิดของนักวิทยาศาสตร์ในขณะปฏิบัติงาน

Honderich (1995) ได้ให้ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์ หมายถึง การคิดที่อยู่บนพื้นฐานวิธีการทางวิทยาศาสตร์และทรรศนะการมองโลกแบบวิทยาศาสตร์ ซึ่งวิทยาศาสตร์สำคัญกว่าศิลปะในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับโลกหรือเหตุการณ์ที่ต้องทำความเข้าใจ วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการทางปัญญาเพียงวิธีการเดียวที่ได้รับการยอมรับปัญหาทางปรัชญา เป็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์และควรจะจัดการได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

Visser (2000) กล่าวว่า จิตวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยเจตคติ (Attitude) และทักษะการคิด (Cognitive Skill) เกี่ยวกับการย้อนคิดเกี่ยวกับความคิดของตน (Meta-Cognitive) ที่มีลักษณะเป็นนิสัยของจิตใจในการวิพากษ์วิจารณ์ความรู้ของผู้รู้หรือความรู้เดิมที่มีอยู่ ซึ่งแสดงถึงความมีจริยธรรมและสุนทรียศาสตร์ในระดับสูงของบุคคล

Rowland (2005) ได้ให้ความหมายของจิตวิทยาศาสตร์ คือ จิตวิญญาณ ความรู้สึกนึกคิด ลักษณะนิสัย หรือแนวโน้มในการปฏิบัติของบุคคลที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ อันเกิดขึ้นจากการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า จิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะนิสัยหรือความรู้สึกทางจิตใจของนักเรียนที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือการศึกษาหาความรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ มีเหตุผล มีใจกว้าง ซื่อสัตย์ ความสนใจใฝ่เรียนรู้ ความอยากรู้อยากเห็น ความรับผิดชอบ การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นและการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

2. องค์ประกอบของจิตวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารที่มีความเกี่ยวข้องกับจิตวิทยาศาสตร์จะเห็นว่า จิตวิทยาศาสตร์เป็นพฤติกรรมด้านจิตพิสัยซึ่งไม่สามารถวัดได้โดยตรง ได้มีการจัดหมวดหมู่ของพฤติกรรมด้านจิตพิสัยในการศึกษาวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของบลูมและการ์คเนอร์ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการจัดหมวดหมู่ของพฤติกรรมด้านจิตพิสัยในการศึกษาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมจากแนวคิดของคลอฟเฟอร์ว่า เจตคติที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์นั้น สามารถนำมาจัดกลุ่มได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (Attitude towards science) และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific attitude) (ทรายทอง พวกสันเทียะ, 2553 ; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) เป็นคำที่มีความหมายเดียวกันกับ “scientific mindedness” “the habit of scientific thinking” หรือ “The spirit of scientific” (Gauld, 1982) และ “scientific habits of mind” (AAAS, 1990) ซึ่ง Gauld (2005) กล่าวไว้ว่า จิตนิสัยวิทยาศาสตร์ (scientific habits of mind) เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ และคุณลักษณะบ่งชี้จิตวิทยาศาสตร์จากทั้งทางด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) และจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปเป็นคุณลักษณะหรือองค์ประกอบของจิตวิทยาศาสตร์ ได้ดังต่อไปนี้

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542) ได้กล่าวถึงจิตวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือวิธีการแก้ปัญหาอื่น ๆ เพื่อให้การศึกษาหาความรู้ได้ผลดี ซึ่งขึ้นอยู่กับความคิด การกระทำที่อาจเป็นอุปนิสัยของนักวิทยาศาสตร์ผู้นั้น ความรู้สึกนึกคิดดังกล่าวนี้จัดเป็นจิตวิทยาศาสตร์ และผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ควรมีลักษณะดังนี้

1. ความอยากรู้อยากเห็น นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นคนที่มีความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ เพื่อหาคำตอบที่มีเหตุผลในข้อปัญหาต่าง ๆ และจะมีความยินดีมากที่ได้ค้นพบความรู้ใหม่

2. ความเพียรพยายาม นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นคนที่มีความเพียรพยายามไม่ท้อถอยเมื่อมีอุปสรรค หรือมีความล้มเหลวในการทำการทดลอง มีความตั้งใจแน่วแน่ต้องการแสวงหาความรู้ เมื่อได้คำตอบที่ไม่ถูกต้องก็จะได้ทราบว่าเป็นวิธีการเดิมใช้ไม่ได้ ต้องหาแนวทางในการแก้ปัญหาใหม่และความล้มเหลวที่เกิดขึ้นถือว่าเป็นข้อมูลที่ต้องบันทึกไว้

3. ความมีเหตุผล นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีเหตุผล ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐาน หรือข้อมูลเพียงพอ อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลเกิดขึ้นตรวจสอบความถูกต้อง สมเหตุสมผล ของแนวคิดต่าง ๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ แสวงหาหลักฐานและข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลอง เพื่อสนับสนุนหรือคิดค้นหาคำอธิบายมีหลักฐานข้อมูลเพียงพอเสมอก่อนจะสรุปผล เห็นคุณค่าของการใช้เหตุผล ยินดีให้มีการพิสูจน์ตามเหตุผล ข้อเท็จจริง

4. ความซื่อสัตย์ นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นที่มีความซื่อสัตย์ บันทึกข้อมูลตามความเป็นจริงด้วยความละเอียดถูกต้อง ผู้อื่นสามารถตรวจสอบได้ภายหลัง เห็นคุณค่าของการเสนอข้อมูลตามความเป็นจริง

5. ความรอบคอบและยอมรับ ซึ่งมีประโยชน์ในการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงานนำวิธีการหลาย ๆ วิธีมาตรวจสอบผลการทดลอง ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์ละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน ทำงานอย่างมีระเบียบเรียบร้อย มีความละเอียดรอบคอบก่อนตัดสินใจ

6. ความมีใจกว้าง นักวิทยาศาสตร์ต้องมีใจกว้าง รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น โดยไม่ยึดมั่นในความคิดของตนฝ่ายเดียว ยอมรับการเปลี่ยนแปลง ยอมรับพิจารณาข้อมูลความคิดเห็นที่ยังสรุปไม่ได้แน่นอน และพร้อมที่จะหาข้อมูลเพิ่มเติม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้ระบุไว้ว่า คุณลักษณะที่เป็นตัวบ่งชี้จิตวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งในแต่ละคุณลักษณะเป็นดังนี้

1. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Attitude toward science) เป็นลักษณะนิสัยของผู้เรียนที่คาดหวังจะได้รับการพัฒนาโดยผ่านกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คุณลักษณะของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย ความสนใจ ใฝ่รู้ ความมุ่งมั่น อดทน รอบคอบ ความซื่อสัตย์ ความประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดของผู้อื่น ความมีเหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์

2. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (Scientific attitude) เป็นความรู้สึกที่ผู้เรียนมีต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมที่หลากหลาย คุณลักษณะของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความสนใจ ความชอบ การเห็นความสำคัญและคุณค่าของวิทยาศาสตร์

ทรายทอง พวกสันเทียะ (2553) ระบุคุณลักษณะของจิตวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้

1. ความอยากรู้อยากเห็น
2. ความมีเหตุผล

3. ความใจกว้าง
4. ความซื่อสัตย์
5. ความเพียรพยายาม
6. ความรอบคอบ
7. ความร่วมมือช่วยเหลือ
8. ความรับผิดชอบ
9. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
10. เจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

นพมณี เชื้อวิฆรินทร์ (2556) ได้สรุปลักษณะอุปนิสัยของผู้มีจิตวิทยาศาสตร์ว่า จิตวิทยาศาสตร์เป็นกลุ่มลักษณะเชิงซ้อนของความนึกคิดเชิงตรรกะ ซึ่งสามารถบรรยายออกมาเป็น ลักษณะหลายแง่มุมของอุปนิสัย ดังนี้

1. มุ่งมั่นในการค้นหาคำตอบปัญหาในจิตใจ
2. มุ่งมั่นที่จะร่วมมือกันทำงานให้สำเร็จ
3. มีจิตวิญญาณของการสร้างสรรค์สิ่งแปลกใหม่
4. มีความกระตือรือร้นที่จะรับฟังการวิพากษ์วิจารณ์
5. มีจิตวิญญาณของการคิดแหวกแนว
6. สละเวลาทำความเข้าใจในงาน ความคิดเห็นที่เกี่ยวข้อง
7. มุ่งแสวงหาความร่วมมือร่วมใจ
8. มุ่งสร้างสรรค์เรื่องราวที่เกี่ยวกับความรู้ ความสามารถของมนุษย์
9. ความอดทนพยายามฟันฝ่าอุปสรรค ความยากลำบากเพื่อให้ประสบ

ความสำเร็จ ทั้งในแง่การรักษาความสมานฉันท์ การยอมสูญเสียเงินอย่างประหยัด สมเหตุสมผลและการรักษาความเป็นหนึ่งเดียว

America Association Advancement of Science (1990) กล่าวถึง เป้าหมายของการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ สิ่งหนึ่งที่ควรพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน คือ จิตตนิสัยเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

1. ค่านิยมและเจตคติ (Values and Attitude)
 - 1.1 ค่านิยมของบุคคลในวิทยาศาสตร์ (The Value Inherent in Science)
 - 1.2 ค่านิยมทางสังคมเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (The Social Value of Science)

1.3 เจตคติต่อการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Attitude toward Learning Science)

2. ทักษะ (Skill)

2.1 ทักษะในการคำนวณและประมาณค่า (Computation and Estimation)

2.2 ทักษะในการสังเกตและการปฏิบัติ (Manipulation and Observation)

2.3 ทักษะในการสื่อสาร (Communication)

2.4 การแสดงเหตุผลในการโต้แย้ง (Critical Response to Argument)

Lee และ Fradd (1998) ได้กล่าวไว้ว่า จิตตเชิงนิสัยเชิงวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับค่านิยมและเจตคติ ดังนี้

1. เจตคติและค่านิยมโดยทั่วไปของมนุษย์ มีพฤติกรรมที่บ่งชี้ ได้แก่ ความอยากรู้ อยากรู้อยากเห็น ความสามารถที่จะเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ความสนใจ ความกระตือรือร้น ความขยันหมั่นเพียร

2. เจตคติและค่านิยมที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์ มีพฤติกรรมที่บ่งชี้ ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์ การเปิดใจกว้างยอมรับความคิดใหม่ ๆ ความคิดที่เป็นอิสระและคิดอย่างวิพากษ์วิจารณ์

3. เจตคติและค่านิยมสำหรับการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ มีพฤติกรรมที่บ่งชี้ ได้แก่ การทำงานเป็นทีม การยินดีร่วมกับผู้อื่น มีความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้กับสังคม

Roy (1998) ได้กล่าวถึงจิตวิทยาศาสตร์ใน 2 มิติ คือ ความคิด (Thought) และจิตสำนึก (Conscience) ของการแสวงหาความรู้โดยวิธีทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ที่สมบูรณ์ โดยสรุปเป็นองค์ประกอบของจิตวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้

1. มีความสนใจในธรรมชาติ (Interesting Nature)
2. มีความอยากรู้อยากเห็น (Inquisitive)
3. มีความสร้างสรรค์ (Creative)
4. มีการคิดอย่างอิสระด้วยหลักตรรกะ (Logical Free Thinking)
5. มีการวิเคราะห์อย่างวิพากษ์วิจารณ์ (Critical Analysis)
6. มีการคิดเข้าใจได้ด้วยตนเอง (Intuition)

Visser (2000) ระบุองค์ประกอบของจิตวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. มีจิตของการสืบเสาะหาความรู้
2. มีจิตของการร่วมมือช่วยเหลือ

3. การแสวงหาเพื่อความดีงาม (ความสามัคคี ความประหยัด ส่วนรวม)
4. ความปรารถนาที่จะเข้าใจและกระทำโดยใช้ความคิดอย่างลึกซึ้ง
5. มีจิตของความคิดสร้างสรรค์
6. การกระตุ้นให้เกิดการวิพากษ์วิจารณ์
7. มีจิตของความพยายาม ทุ่มเท
8. มีจิตของการสร้างความรู้ต่อยอดจากความรู้เดิม
9. การแสวงหาความเป็นเอกมิตี
10. การสร้างเรื่องราวจากความรู้ของมนุษย์และความสามารถของบุคคล
11. มีจิตวิญญาณของการสร้างองค์ความรู้

Bently, Ebert และ Ebert (2000) กล่าวว่า ควรสนับสนุนการสอนวิทยาศาสตร์ให้ผู้เรียนเกิดจิตตนิสัยเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยมิติของความรู้สึกและสติปัญญา ดังนี้

1. ความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity)
2. ความกระตือรือร้น (Enthusiasm)
3. ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity)
4. การให้ความร่วมมือ (Cooperativeness)
5. ความใจกว้าง (Openness)
6. ความห่วงใยสิ่งแวดล้อม (Concern for the Environment)
7. ความมุ่งมั่น (Precision)
8. การริเริ่มและความเพียรพยายาม (Initiative and Persistence)
9. ความสงสัย (Skepticism)

Institute (2003) กล่าวว่า จิตวิทยาาสตร์เกี่ยวข้องกับความรู้สึกของบุคคลในด้านต่อไปนี้

1. ความรู้สึกเป็นอิสระ (Sense of freedom)
2. ความรับผิดชอบ (Responsibility)
3. ความอัศจรรย์ใจ (Astonishment)
4. ความเอาใจใส่ (Recognition)
5. ความกตัญญูหรือความรู้สึกขอบคุณ (Gratitude)

Learning Development Institute (2003) กล่าวว่า จิตวิทยาาสตร์เกี่ยวข้องกับความรู้สึกของบุคคลในด้านต่อไปนี้

1. ความรู้สึกเป็นอิสระ (Sense of freedom)

2. ความรับผิดชอบ (Responsibility)

3. ความอัศจรรย์ใจ (Astonishment)

4. ความเอาใจใส่ (Recognition)

5. ความกตัญญูหรือความรู้สึกขอบคุณ (Gratitude)

Sunal และคณะ (2003) ระบุไว้ว่า เจตคติที่ควรสร้างให้เกิดขึ้นสำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย ประกอบด้วย

1. ความอยากรู้อยากเห็น ได้แก่ การตั้งคำถาม ความต้องการที่จะรู้

2. การยอมรับเกี่ยวกับหลักฐาน ได้แก่ การเปิดใจกว้าง ความบากบั่น

อุตสาหะ ความเต็มใจที่จะพิจารณาหลักฐานที่ขัดแย้ง

3. การมีลักษณะที่ยืดหยุ่นได้ ได้แก่ ความเต็มใจที่จะพิจารณาทบทวน

ความคิดเห็น ความเต็มใจจะพิจารณาวิธีการอื่น

4. ความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและผู้อื่น

5. ความซาบซึ้งเกี่ยวกับธรรมชาติ

Rowland (2005) ได้ระบุไว้ว่า จิตวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

1. ความเชื่อว่าความรู้สามารถพิสูจน์ได้

2. การพิจารณาอย่างละเอียดรอบคอบเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือ

และข้อกำหนดของเหตุการณ์เพื่อการตัดสินใจ

3. มีความคิดพิพากษ์วิจารณ์ (มีจิตสำนึกที่จะไม่ลำเอียง หรือตระหนักและ

รับรู้ถึงสิ่งที่ลำเอียง)

4. ความสามารถในการปรับตัวและเปิดใจกว้าง

5. ความอยากรู้อยากเห็น

6. การรู้จักปฏิเสธความเชื่อที่ไม่มีการพิสูจน์

7. เสาะแสวงหาความเข้าใจจากเหตุ

8. การมีส่วนร่วมในสังคมวิทยาศาสตร์

9. เข้าใจและใช้ประโยชน์จากวิทยาศาสตร์ เช่น ใช้ภาษาและเครื่องมือ

เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

Kansas Science Education Standard (2005) ระบุตัวชี้วัดจิตตนิสัยเชิง

วิทยาศาสตร์ในมาตรฐานการเรียนรู้ธรรมชาติและความเป็นมาของวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนเกรด

5-7 ประกอบด้วย ความซื่อสัตย์ การแสดงออกอย่างเหมาะสม การเปิดใจกว้างยอมรับแนวความคิด

ใหม่และการตัดสินใจโดยใช้หลักฐานประกอบ

สรุปได้ว่า องค์ประกอบของจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ ควรมีลักษณะสำคัญ ได้แก่ ข้างสงสัย ความอยากรู้อยากเห็น ใจกว้าง มีเหตุมีผล รอบคอบในการตัดสินใจ ซื่อสัตย์ รับผิดชอบ มีความคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวจะทำให้บุคคลสามารถแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จิตนิสัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ (Technological and Engineering Habits of Mind : THoM & EHoM)

1. ความหมายของจิตนิสัยทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

สำหรับในรายวิชาเทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ โดยความหมายทั่วไปอาจมีข้อแตกต่างกันอยู่บ้าง กล่าวคือ วิศวกรรมศาสตร์จะมุ่งเน้นที่กระบวนการทำงาน หรือการแก้ปัญหา ในขณะที่เทคโนโลยีจะเป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยวิธีการ แต่ในการจัดการเรียนการสอนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานนั้นรายวิชาเทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ จะไม่ได้แยกจากกันอย่างชัดเจน โดยจะผนวกเอาแนวคิดของทั้งสองเข้าด้วยกัน ดังจะเห็นได้จากกระบวนการเทคโนโลยี (Technological Process) ที่นำมาใช้กับการเรียนการสอน พัฒนามาจากกระบวนการออกแบบทางเทคโนโลยี (Technological Design Process) และได้รวมกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering Design Process) เข้าไปด้วย ซึ่งเป็นกระบวนการของการวางแผนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน (อุปการ จีระพันธ์, 2556) สอดคล้องกับเลิฟแลนด์ และดันน์ (Loveland and Dunn, 2014) ได้วิเคราะห์มาตรฐานวิศวกรรมศาสตร์ศึกษาสำหรับนักเรียนระดับอนุบาลถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย (Standard for K12 Engineering Education) ของสภาวิชาการวิศวกรรมศาสตร์แห่งชาติ (The National Academy of Engineering: NAE) และมาตรฐานเพื่อการรู้เทคโนโลยี (Standard for Technological Literacy) และ ความเป็นเลิศที่ก้าวหน้าในการรู้เทคโนโลยี (Advancing Excellence in Technological Literacy) ของสมาคมเทคโนโลยีศึกษานานาชาติ (International Technology Education Association: ITEA) ต่อมาสมาคมได้เปลี่ยนชื่อเป็น สมาคมนักวิศวกรรมศาสตร์ศึกษาและเทคโนโลยีนานาชาติ (International Technology and Engineering Educators Association :ITEEA) พบว่ามาตรฐานวิศวกรรมศาสตร์ศึกษาสำหรับนักเรียนระดับอนุบาลถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์นั้นมาสนับสนุน และส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดจิตนิสัยทางวิศวกรรมศาสตร์ มีความสอดคล้องกับมาตรฐานเพื่อการรู้เทคโนโลยี และความเป็นเลิศที่ก้าวหน้าในการรู้เทคโนโลยี ก็ได้สนับสนุน และส่งเสริมให้นักเรียนได้ปฏิบัติงานโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์เช่นกัน จะเห็นว่า จิตนิสัยทางเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นจึงเทียบได้กับ จิตนิสัยทางวิศวกรรมศาสตร์ นอกจากนี้เทคโนโลยีก็เกิดจากกระบวนการในการทำงานของวิศวกร ดังนั้น จิตนิสัยทางเทคโนโลยีที่ใช้ในการปฏิบัติงานจึงกล่าวอ้างอิงได้จากจิตนิสัยทางวิศวกรรมศาสตร์

จากการศึกษาเอกสาร บทความ ได้กล่าวถึง จิตนิสัยทางวิศวกรรมศาสตร์เป็นคุณลักษณะที่บุคคลได้ใช้ความคิด และวิธีการปฏิบัติงานเช่นเดียวกับนักวิศวกร เมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์หรือปัญหาที่มีความท้าทาย ซึ่งเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของความคิด และการวิธีการปฏิบัติงานของวิศวกร ซึ่งคุณลักษณะของจิตนิสัยทางวิศวกรรมศาสตร์ ดังกล่าวนั้น นับว่าเป็นทักษะที่มีความสำคัญสำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21

อาจกล่าวโดยสรุปถึงความหมายของจิตนิสัยทางวิศวกรรมศาสตร์ได้ว่าเป็นคุณลักษณะที่นักเรียนได้ใช้ความคิดและวิธีการ เพื่อนำมาใช้ในการปฏิบัติงานเช่นเดียวกับวิศวกร เมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์หรือปัญหาที่ท้าทาย

องค์ประกอบของจิตนิสัยทางเทคโนโลยีและทางวิศวกรรมศาสตร์

จากการศึกษาองค์ประกอบของจิตนิสัยทางเทคโนโลยี และทางวิศวกรรมศาสตร์ จาก NAE (2010), Loveland และ Dunn (2014) กล่าวถึงองค์ประกอบของจิตนิสัยทางเทคโนโลยี และทางวิศวกรรมศาสตร์ มี 6 ประการ ดังนี้

1. การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) ในทางเทคโนโลยี เป็นมุมมองความคิดว่าส่วนต่าง ๆ หรือทุกส่วนของระบบที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับส่วนอื่น ๆ อย่างไร ส่วนในทางวิศวกรรมศาสตร์ เป็นการรับรู้ว่าเทคโนโลยีทั้งหมดเป็นระบบที่ความสัมพันธ์กันของส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันและเป็นส่วนหนึ่งของระบบที่ใหญ่กว่า
2. ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) ในทางเทคโนโลยีความคิดสร้างสรรค์ ช่วยให้เกิดการพัฒนาของเทคโนโลยีผ่านทางกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ส่วนในทางวิศวกรรมศาสตร์ความคิดสร้างสรรค์มีความจำเป็นต่อกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์
3. การมองในแง่ดี (Optimism) ในทางเทคโนโลยีการมองในแง่ดีเป็นแรงจูงใจที่จะนำไปสู่ความสำเร็จ โดยทำให้นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการแก้ปัญหา ในการหาวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้เทคโนโลยี ซึ่งสอดคล้องกับในทางวิศวกรรมศาสตร์ มีแนวคิดที่ว่าปัญหาหรืออุปสรรคเป็นโอกาส และมีความเข้าใจว่าทุกเทคโนโลยีสามารถพัฒนาดีขึ้นได้
4. ความร่วมมือร่วมใจ (Collaboration) สำหรับมาตรฐานเพื่อการเรียนรู้เทคโนโลยี มีการสนับสนุนการมีปฏิสัมพันธ์ และส่งเสริมความสามารถของนักเรียนให้มีการตั้งคำถาม การสืบเสาะ การออกแบบ การคิดค้น และสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ซึ่งสอดคล้องกับทางวิศวกรรมศาสตร์ ความร่วมมือร่วมใจ ส่งเสริมให้เกิดการใช้ประโยชน์จากมุมมอง ความรู้ความสามารถของสมาชิก ภายในกลุ่มที่แตกต่างกันนำมาใช้เพื่อการแก้ปัญหา
5. การสื่อสาร (Communication) ในทางเทคโนโลยีกระบวนการออกแบบนั้น จะมีการแลกเปลี่ยนแนวคิดของสมาชิก อาทิเช่น นิยามปัญหา การระดมความคิด การเลือกวิธีการ การพัฒนาโครงสร้างการออกแบบ สร้างรูปแบบหรือต้นแบบ การทดสอบและประเมินผลการออกแบบ

การประดิษฐ์คิดค้นจะต้องมีการสื่อสารทั้งในส่วนของกระบวนการออกแบบ และการอธิบายถึงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในทางวิศวกรรมศาสตร์ การสื่อสารเป็น กระบวนการที่บุคคลได้มีการให้ข้อมูลให้ความรู้ การโน้มน้าว การควบคุม การจัดการ และความบันเทิง ส่วนในทางวิศวกรรมศาสตร์ศึกษานั้น กระบวนการออกแบบจะทำให้มีการสื่อสารกันระหว่างสมาชิกในกลุ่มและ ระหว่างครูกับนักเรียน

6. การใส่ใจในจรรยาบรรณ (Attention to Ethics Considerations)

ในทางเทคโนโลยี การตัดสินใจในการเลือกใช้เทคโนโลยีหรือการพัฒนาเทคโนโลยีควรพิจารณาถึงผลกระทบที่ตามมาว่าจะเป็นสิ่งที่พึงประสงค์หรือไม่พึงประสงค์ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม ส่วนในทางวิศวกรรมศาสตร์ ค่านิยม ความรู้ และทักษะที่มีในแต่ละบุคคล จะส่งผลต่อการคำนึงถึงผลกระทบของเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม และสิ่งแวดล้อม

สรุปได้ว่า องค์ประกอบของจิตนิสัยทางเทคโนโลยีและทางวิศวกรรมศาสตร์ ควรมีลักษณะสำคัญ ดังนี้

1. การคิดเชิงระบบ คือ การให้นักเรียนมีมุมมองในการรับรู้ถึงความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันและองค์ประกอบหนึ่งมีผลต่อองค์ประกอบอื่น ๆ
2. ความคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถในการหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากผู้อื่น มีการตรวจสอบหลากหลายแง่มุม โดยผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์
3. การมองในแง่ดี คือ การให้นักเรียนมีมุมมองหรือมีแนวคิดที่ว่าปัญหาหรืออุปสรรค เป็นโอกาสทำให้นักเรียนมีความมุ่งมั่น ตั้งใจ และมีความเข้าใจว่าทุกเทคโนโลยีสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นได้
4. ความร่วมมือร่วมใจ คือ การทำงานร่วมกันของสมาชิกภายในกลุ่มในการประสานมุมมอง ความรู้ ความสามารถ นำมาใช้ในการตั้งคำถาม การสืบเสาะ การออกแบบ การคิดค้นและสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ
5. การสื่อสาร คือ คือ ความสามารถในการใช้ภาษา ท่าทางสัญลักษณ์ เพื่อสื่อสารความคิดในการออกแบบ อธิบายกระบวนการและผลของการแก้ปัญหา
6. การใส่ใจในจรรยาบรรณ คือ การส่งเสริมให้นักเรียนให้ความสำคัญต่อการสร้างและการเลือกใช้ ผลผลิตที่เกิดจากเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ที่มีต่อสังคม บุคคล และสิ่งแวดล้อม

จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Habits of Mind : MHoM)

1. ความหมายของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์

Cuoco, Goldenberg และ Mark (1996) ได้เสนอว่าจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ หมายถึง หลักการสำคัญในการจัดหลักสูตรคณิตศาสตร์เพื่อให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาและ

วิทยาลัยได้ทำความเข้าใจคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการคิด แบบนักคณิตศาสตร์จึงเป็นส่วนที่เติมเต็มช่องว่างระหว่างผู้สร้างกับผู้ใช้คณิตศาสตร์

Mason และ Spence (1999) มีความเห็นว่า ลักษณะที่เป็นความเคยชินจะต้องเป็นนิสัยที่รู้และปฏิบัติได้ทันที โดยแบ่งความรู้ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. รู้เนื้อหา (Knowing-about) ประกอบด้วย การรู้ข้อเท็จจริง รู้กระบวนการ และรู้เหตุผลเบื้องลึก

2. รู้จักใช้ (Knowing-to) เป็นความรู้ฝังแน่นที่สามารถแสดงได้ตามบริบทหรือสถานการณ์ในทันทีที่ต้องการ ซึ่งความรู้ประเภทหลังนี้เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นยิ่งกว่า

Harel (2008) ได้ให้ทรรศนะเกี่ยวกับจิตินิสัยในมุมมองเป็นวิธีคิดว่า คณิตศาสตร์ประกอบด้วย 2 สับเซต คือ

1. วิธีทำความเข้าใจ ได้แก่ สัจพจน์ ทฤษฎีบท ข้อพิสูจน์ ปัญหาและการหาคำตอบ

2. วิธีคิด (Ways of thinking) เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อการสร้างสับเซตแรก และสิ่งที่ทำให้วิธีคิดแตกต่างจากเครื่องมือทำความเข้าใจก็คือ จิตินิสัยทางคณิตศาสตร์ ทั้งสองความหมายนี้ไม่สามารถจะแยกกันพัฒนาได้

Lim และ Selden (2009) ได้อธิบายความหมายของจิตินิสัยทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย ๆ โดยใช้คำสำคัญ 2 คำ คือ “การคิด (Thinking)” และ “ความเคยชินเป็นนิสัย (Habituated)” ซึ่งเราสามารถปลูกฝังสมบัติสองสิ่งนี้แก่ผู้เรียนได้โดยอัตโนมัติขณะฝึกหัดโดยใช้โจทย์ปัญหาในชั้นเรียน เพียงแต่ครูต้องตั้งคำถามหรือจัดหาปัญหาที่เหมาะสมทำให้ผู้เรียนทำเพื่อกระตุ้นการคิด

ไพจิตร สะดวกการ (2553) อธิบายว่า จิตินิสัยทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ลักษณะการเกิดความเข้าใจและการแลกเปลี่ยนมโนทัศน์และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ระหว่างบุคคลและในชุมชนคณิตศาสตร์

พงศธร มหาวิจิตร (2559) ได้เสนอว่าจิตินิสัยทางคณิตศาสตร์ หมายถึง เป็นการมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ และสามารถคิดเชื่อมโยงนำโครงสร้างความรู้ที่มีอยู่มาจัดการกับสถานการณ์หรือปัญหาที่พบเพื่อหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างสม่ำเสมอจนเกิดเป็นนิสัย

วาสนา จันเสริม (2561) ได้ให้ความหมายไว้ว่า จิตินิสัยทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหา โดยใช้วิธีการที่หลากหลาย เชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ รวมทั้งใช้เหตุผลหลักฐานเพื่อสนับสนุนความคิดนั้น สามารถสื่อความหมายได้อย่างถูกต้อง โดยปฏิบัติได้อย่างเป็นปกติจนเกิดเป็นนิสัย

สรุปได้ว่า จิตนียทางคณิตศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะที่บุคคลได้ใช้ความคิด ความรู้ทางคณิตศาสตร์และใช้วิธีการปฏิบัติงานเช่นเดียวกับนักคณิตศาสตร์จัดการกับสถานการณ์ หรือปัญหา โดยเชื่อมโยงความรู้ ประสบการณ์ที่พบเพื่อหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คุณลักษณะของผู้มีจิตนียทางคณิตศาสตร์

คุณลักษณะการมีจิตนียทางคณิตศาสตร์ตามที่ Cuoco, Goldenberg และ Mark (1996) ได้เสนอลักษณะเฉพาะของผู้ที่มีจิตนียทางคณิตศาสตร์ไว้ 9 ประการ ได้แก่

1. สามารถเข้าใจกรณีทั่วไปได้โดยใช้กรณีตัวอย่างหลายกรณี โดยการนำหลักการใหญ่ที่มักเป็นนามธรรม เพื่อให้เห็นภาพและเข้าใจด้วยตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม

2. คิดพิจารณาจากจุดเล็ก ๆ เพื่อนำไปสู่หลักการที่ยิ่งใหญ่ มีบ่อยครั้งที่ความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้แตกสาขาการพัฒนารุ่งขึ้นมาจากความพยายามจะแก้ปัญหาระบบใด ๆ ตัวอย่างเช่น จงหาผลคูณของจำนวนที่เกิดจากผลรวมของจำนวนกำลังสอง (Square number) ที่สามารถเขียนให้อยู่ในรูปผลรวมของจำนวนกำลังสองที่แตกต่างจากจำนวนเดิม

3. รู้จักใช้เครื่องมือคณิตศาสตร์ เพราะความรู้ คณิตศาสตร์ที่ค้นพบวันนี้ จะกลายเป็นเครื่องมือสำหรับการค้นคว้าต่อไปในอนาคต เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญได้แก่ ขั้นตอนวิธี (Algorithms) การแปรตาม (Dependencies) และการส่ง (Mappings)

4. ใช้มุมมองที่หลากหลาย (use multiple points of view) เช่น ในการศึกษา ระบบจำนวนเชิงซ้อนจำเป็นต้องอาศัยทั้งมุมมองแบบพีชคณิต (ความรู้เกี่ยวกับสมการ) การวิเคราะห์ (ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน) และเรขาคณิต (รูปหลายเหลี่ยมปกติ)

5. ผสมผสานระหว่างวิธีการนิรนัยกับการทดลอง (mix deduction and experiment) การพิสูจน์ด้วยวิธีนิรนัย (deductive proof) ยังเป็นเรื่องที่นักคณิตศาสตร์ถกเถียงกัน อยู่ว่ามีความจำเป็นหรือไม่สำหรับการเรียนในโรงเรียน หรือเพิ่มเข้าไปเพียงเพื่อให้เนื้อหาน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น เพราะแม้นักคณิตศาสตร์หลายคนจะเชื่อว่าองค์ความรู้คณิตศาสตร์ เกิดจากการพิสูจน์ และทุกอย่างเป็นจริงจะต้องสามารถพิสูจน์ได้ แต่บางครั้งองค์ความรู้ก็สามารถเกิดได้จากการทดลอง โดยการสังเกตเห็นบางสิ่งบางอย่างแล้วมีความสงสัยจนนำมาซึ่งการสรุปเป็นคำอธิบายได้ แต่อย่างน้อยการพิสูจน์ และสร้างคำอธิบายก็สามารถช่วยให้เกิดกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ได้ 2 แนวทาง คือ

5.1 ใช้วิธีการพิสูจน์ช่วย ยืนยันผลลัพธ์

5.2 ใช้การพิสูจน์เป็นเครื่องมือในการสร้างทฤษฎีบทใหม่

6. ส่งเสริมการใช้ภาษา (push the language) เพื่อสร้างคำอธิบาย เช่น นิยามการมีอยู่ของจำนวน 20 ซึ่งในบางครั้งการพบข้อขัดแย้งก็อาจสามารถนำมา ซึ่งการสร้างทฤษฎีบทใหม่ ๆ ได้

7. ร่วมกันใช้ปัญญาครุ่นคิด (use intellectual chants) ทั้งแบบร่างบนกระดาษ และคิดในใจ ซึ่งครูสามารถส่งเสริมได้โดยการสัมภาษณ์นักเรียนคนที่สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ โดยอาจขอให้อธิบายและเขียนวิธีการที่ใช้แก้ปัญหา

8. ใช้วิธีการทางเรขาคณิตในการแก้ปัญหา (geometric approaches to things) ความคิดแนวเรขาคณิต ได้มีบทบาทสำคัญต่อคณิตศาสตร์ทุกสาขามาโดยตลอดมุมมองเชิงเรขาคณิตจะช่วยสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องในการค้นพบใหม่ ๆ อาทิ ใช้ในการวิเคราะห์เชิงซ้อน (complex analysis)

9. ใช้วิธีการทางพีชคณิตในการแก้ปัญหา (algebraic approaches to things) อาทิใช้เป็นเครื่องมือคำนวณที่ดีที่แปลงให้อยู่ในสภาพนามธรรมใช้เป็นขั้นตอนวิธี (use algorithms) ใช้แบ่งเป็นส่วนย่อยใช้ขยาย และใช้เป็นตัวแทน

องค์ประกอบของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์

Cuoco, Goldenberg และ Mark (1996) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ 8 ประการ ดังนี้

1. นักสืบค้นแบบรูป (Pattern shifters) คือ สามารถนำแบบรูปที่ค้นพบนั้นมาใช้ ในการแก้ปัญหาและสามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

2. นักทดลอง (Experimenters) คือ ความช่างสงสัยและหาคำตอบในสิ่งที่อยากรู้โดยใช้การทดสอบและทดลอง สำหรับการหาผลลัพธ์ของคำตอบ

3. นักพรรณนา (Describers) คือ ความสามารถในการอธิบายขั้นตอน กระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน สามารถใช้สัญลักษณ์ การพิสูจน์ การให้เหตุผลประกอบการ อธิบายและการนำเสนอได้

4. นักคิด (Tinkerers) คือ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ เพื่อนำมาใช้ออกแบบในการแก้ปัญหา

5. นักประดิษฐ์ (Inventors) คือ ความสามารถในการประดิษฐ์คิดค้นสิ่งต่าง ๆ พร้อมทั้งอธิบายการทำงาน หรือหลักการที่สำคัญทางคณิตศาสตร์ได้

6. นักจินตนาการ (Visualizes) คือ ความสามารถในการสร้างจินตนาการ กับสิ่งต่าง ๆ จากสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม

7. นักคาดการณ์ (Conjecturers) คือ ความสามารถในการทำนายผล โดยใช้หลักฐานจากแหล่งต่าง ๆ

8. นักเดาคำตอบ (Guessers) คือ ความสามารถในการคาดคะเนคำตอบ ตรวจสอบผลจากการคาดคะเนคำตอบ และนำผลจากการคาดคะเนคำตอบมาวิเคราะห์ เพื่อการปรับใช้อย่างมีเหตุผล

วาสนา จันเสริม (2561) ได้กล่าวว่า องค์ประกอบของจิตินัยทางคณิตศาสตร์ มี 9 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การถามและตั้งข้อสงสัย หมายถึง ลักษณะของผู้ที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ คือ ขอบตั้งคำถามที่เป็นเหตุผลต่อกัน
2. ความถูกต้องแม่นยำ หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่มีความพยายามในการหาวิธีการที่ใช้ตรวจสอบงานของตนอย่างแม่นยำ เขาจะฝึกให้ตนเองมีความซื่อสัตย์ในการตรวจสอบงาน และพร้อมที่จะแก้ไขข้อบกพร่องตลอดเวลาจนกว่าจะเสร็จ
3. มีความสนใจใฝ่รู้ หมายถึง ความอยากรู้อยากเห็นที่เกิดขึ้นภายในตัวผู้เรียนในการที่จะค้นหาคำตอบของปัญหา
4. มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ เพื่อตอบปัญหาของสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำและรวดเร็ว โดยใช้กระบวนการคิดที่มีวิจารณญาณ และมีความรอบคอบในการคิดหาข้อสรุป ซึ่งประกอบด้วยความสามารถ 4 ด้าน คือ 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) ความสามารถในการให้เหตุผล 3) ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ 4) ความสามารถในการเชื่อมโยง
5. การมีความยืดหยุ่นในการคิด หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือซ่อมแซมเพื่อที่ทำให้คุณเก่งขึ้น คนที่มีความคิดยืดหยุ่นจะสามารถควบคุมสถานการณ์ได้ดี เพราะสามารถเปลี่ยนแปลงความคิดตามข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติม
6. การมีความรับผิดชอบต่อการตัดสินใจของตนเอง หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่ยอมที่จะเอาตัวเองเข้าไปอยู่ในสถานการณ์ที่ไม่ทราบว่าผลลัพธ์จะออกมาเป็นอย่างไร ยอมรับสภาพที่วุ่นวายสับสนหรือความท้อถอยว่าเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ทำลายความสามารถ และความเจริญงอกงามของตนเอง คนที่ยืดหยุ่นจะไม่แสดงความมุกหรือปมบ้าม การเสียดสีของพวกเขาเป็นการศึกษา เพราะคนที่ยืดหยุ่นจะรวบรวมเอาประสบการณ์ ความรู้เดิม คิดคำนึงถึงผลที่จะตามมาและรู้ว่าความพอเหมาะพอควรอยู่ที่ใดและรู้ว่าอะไรอันตรายเกินไป
7. การย้อนคิดเกี่ยวกับความคิดของตน หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่มีการสำรวจความคิดของตนเองทำให้ทราบว่าเรารู้อะไรแล้ว และยังไม่รู้ อะไรบ้าง เป็นความสามารถของคนในการวางแผนเพื่อหาข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม รู้ตัวตลอดเวลาที่กำลังทำอะไรอยู่ อยู่ในขั้นตอนใด และคอยประเมินตนเองตลอดเวลา
8. การมีความมุ่งมั่น หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่มีการวิเคราะห์ปัญหาจัดสร้างระบบแบบแผนและกลยุทธ์ที่จะแก้ปัญหา ความรอบรู้พอที่จะปรับเปลี่ยนยุทธวิธีในการแก้ปัญหาและความสามารถวิธีที่ดีที่สุด เหมาะสมที่สุดมาใช้หรือใช้หลาย ๆ วิธีในการแก้ปัญหา

9. ความรู้ในเนื้อหาคณิตศาสตร์ หมายถึง มีความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้สร้างสรรค์ผลงานต่าง ๆ มากมาย เช่น การวิเคราะห์เรขาคณิต ตรีโกณมิติ ทฤษฎีจำนวน การวิเคราะห์เชิงตัวเลข ความน่าจะเป็นและสถิติ คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้การศึกษา การวิเคราะห์ผลการทดลองทางชีววิทยาและทางการแพทย์ ใช้ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งในทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมศาสตร์ ทั้งสถาปนิกและวิศวกรจำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์มาช่วยในการออกแบบและคำนวณเกี่ยวกับโครงสร้างและชิ้นส่วนต่าง ๆ ในการทำงานได้ตามจุดประสงค์ที่กำหนด

สรุปได้ว่า องค์ประกอบของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ควรมีลักษณะสำคัญ ดังนี้ การมีความยืดหยุ่นในการคิด มีความมุ่งมั่น นักทดลอง นักคาดการณ์ นักคิดช่างสงสัย นักเดาคำตอบ นักจินตนาการ และนักพรรณนา

จิตนิสัยทางสะเต็ม (STEM Habits of Mind : SHoM)

จากการทบทวนเอกสาร พบว่า ได้มีการกำหนดความหมายและให้ความหมาย องค์ประกอบของจิตนิสัยทั่วไป องค์ประกอบของจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ จิตนิสัยทางเทคโนโลยีและทางวิศวกรรมศาสตร์และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ โดยได้ให้ความหมายของแต่ละศาสตร์แยกกัน และนำลักษณะที่สำคัญของจิตนิสัยทางวิทยาศาสตร์ จิตนิสัยทางเทคโนโลยีและทางวิศวกรรมศาสตร์ และจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ มาทำการสังเคราะห์หาจุดสัมพันธ์ และความเชื่อมโยงระหว่างจิตนิสัยแต่ละศาสตร์ ดังนี้

พหุบัน ปณฺ ทิโต ชิวเว

ตาราง 1 (ต่อ)

องค์ประกอบ	แหล่งที่มา												องค์ประกอบที่สังเคราะห์ได้	
	NCTM (2000)	Costa and Kallick (2000)	Levasseur and Cuoco (2003)	RAMD Mathematics Study Panel (2003)	NCTM (2009)	Mark and others (2010)	Cuoco, Goldenberg and Mark (2010)	CCSSI (2010)	TEA (2012)	Hull, Balka and Miles (2012)	Dwirahayu, Kustiawati and Bidari (2017)	พงศธร มทาวิจิตร และสุนทรีย์ ปาลวัฒน์ชัย (2561)		วาสนา จันเสริม (2562)
1.ความสนใจใฝ่เรียนรู้		✓								✓		✓	8	✓
2.ความคิดสร้างสรรค์		✓				✓							11	✓
3.ความร่วมมือร่วมใจ													9	✓
4.ความสามารถในการสื่อสาร	✓	✓			✓		✓		✓		✓		8	✓
5. การคิดแบบบูรณาการ	✓	✓			✓						✓	✓	8	✓
6.ความมีเหตุผล	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			16	✓
7.การสร้างนวัตกรรม													1	
8.การคิดเชิงระบบ													2	
9.ความซื่อสัตย์													3	

จากตาราง 1 พบว่า องค์ประกอบจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายที่สังเคราะห์ได้เหมือนกันมีทั้งหมด 6 องค์ประกอบ ซึ่งผู้วิจัยคัดเลือกองค์ประกอบโดยอาศัยความถี่ของการสังเคราะห์งานวิจัยที่มีความถี่ตั้งแต่ 3 ขึ้นไป (วาสนา จันเสริม, 2561) ดังนั้น องค์ประกอบของจิตนิสัยทางสะเต็มที่สังเคราะห์ได้มีดังนี้ 1. ความสนใจใฝ่รู้ 2. ความคิดสร้างสรรค์ 3. ความร่วมมือร่วมใจ 4. ความสามารถในการสื่อสาร 5. การคิดแบบบูรณาการ และ 6. ความมีเหตุผล สรุปได้ว่า จิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายมีองค์ประกอบทั้งหมด 6 องค์ประกอบ

1. ความสนใจใฝ่รู้ (Curiosity) หมายถึง คุณลักษณะภายในของผู้เรียนที่มีความอยากรู้อยากเห็น เกิดการถามและข้อสงสัย ชอบคนมองโลกในแง่ดีและชอบแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2. ความคิดสร้างสรรค์ (Creative) หมายถึง คุณลักษณะการคิดโดยใช้องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาเชื่อมโยงสัมพันธ์กันไปสู่การคิดค้นพบสิ่งแปลกใหม่หรือสิ่งเดิมผสมกับสิ่งใหม่ เพื่อสร้างผลผลิตใหม่ ๆ

3. ความร่วมมือร่วมใจ (Collaboration) หมายถึง คุณลักษณะภายในของผู้เรียนที่ร่วมแรงรวมใจกันและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ โดยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และร่วมกันตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลที่หลากหลาย ตรวจสอบได้ เพื่อบรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

4. ความสามารถในการสื่อสาร (Communication) หมายถึง คุณลักษณะภายในของผู้เรียนที่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจน สังเกตและบันทึกผลได้ถูกต้องแม่นยำ จากเหตุการณ์หรือสถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ หรือปัญหาที่เกิดขึ้น โดยใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบการสื่อสารได้อย่างเหมาะสม

5. การคิดแบบบูรณาการ (Integrative Thinking) หมายถึง คุณลักษณะภายในของผู้เรียนที่เชื่อมโยงความรู้และคิดวิเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อนำมาแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต โดยบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เข้าด้วยกัน

6. ความมีเหตุผล (Reasonable) หมายถึง คุณลักษณะภายในของผู้เรียนที่ยอมรับเหตุผล และมีความพยายามค้นหาและพิสูจน์หาคำตอบอย่างเป็นระบบ แสวงหาหลักฐานแหล่งข้อมูลต่าง ๆ จากการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาสนับสนุนข้อมูลให้เพียงพอก่อนที่จะสรุปผล

จากนั้น ผู้วิจัยได้นำองค์ประกอบจิตนิสัยทางสะเต็มที่สังเคราะห์ได้ทั้ง 6 องค์ประกอบ ได้แก่ 1. ความสนใจใฝ่รู้ 2. ความคิดสร้างสรรค์ 3. ความร่วมมือร่วมใจ 4. ความสามารถในการสื่อสาร 5. การคิดแบบบูรณาการ และ 6. ความมีเหตุผล มาหาตัวบ่งชี้คุณลักษณะของผู้มีจิตนิสัยทางสะเต็ม โดยการสังเคราะห์เอกสาร งานวิจัยของวิชาการและนักการศึกษา ที่ได้รวบรวมลักษณะผู้มีจิตนิสัยตามองค์ประกอบของจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย สังเคราะห์ได้ตามตาราง 2

จากตาราง 2 การสังเคราะห์ตัวบ่งชี้ จิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายขององค์ประกอบที่ 1 ถึง องค์ประกอบที่ 6 ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกตัวบ่งชี้โดยการนับความถี่ 3 ขึ้นไป (วาสนา จันเสริม, 2561) และได้ตัวบ่งชี้ของจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายมีดังนี้ องค์ประกอบที่ 1 ความสนใจใฝ่รู้ ประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ คือ 1) ความอยากรู้อยากเห็น 2) การถามและข้อสงสัย 3) การมองโลกในแง่ดี 4) แสวงหาความรู้ องค์ประกอบที่ 2 ความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 2 ตัวบ่งชี้ คือ 1) ความคิดริเริ่ม 2) ความคิดละเอียดลออ องค์ประกอบที่ 3 ความร่วมมือร่วมใจ ประกอบด้วย 2 ตัวบ่งชี้ คือ 1) ความร่วมแรงร่วมใจ 2) การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ องค์ประกอบที่ 4 ความสามารถในการสื่อสาร ประกอบด้วย 2 ตัวบ่งชี้ คือ 1) การอธิบายได้อย่างชัดเจน 2) การสังเกตและบันทึกผลได้ถูกต้องแม่นยำ องค์ประกอบที่ 5 การคิดแบบบูรณาการ ประกอบด้วย 2 ตัวบ่งชี้ คือ 1) การเชื่อมโยงความรู้ 2) การคิดวิเคราะห์ องค์ประกอบต่างๆ องค์ประกอบที่ 6 ความมีเหตุผล ประกอบด้วย 2 ตัวบ่งชี้ คือ 1) การยอมรับเหตุผล 2) การพยายามค้นหาและพิสูจน์คำตอบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้ชื่อนิยามขององค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายตามงานวิจัยข้างต้น

สรุปได้ว่า จิตนิสัยทางสะเต็ม มีทั้งหมด 6 องค์ประกอบ 14 ตัวบ่งชี้ ดังนี้

1. จิตนิสัยทางสะเต็ม (STEM Habit of mind) หมายถึง คุณลักษณะภายในของบุคคลในการทำงานจนเป็นนิสัยทำให้สามารถเผชิญกับสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้วิธีการที่หลากหลาย บูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการดำเนินชีวิตอย่างมีเหตุผล มีความคิดสร้างสรรค์ มีความสนใจใฝ่รู้ร่วมมือกับผู้อื่นเป็นอย่างดี รู้จักการสื่อสาร และคิดอย่างบูรณาการ โดยมี 6 องค์ประกอบ 14 ตัวบ่งชี้ ดังนี้

1.1 ความสนใจใฝ่รู้ (Curiosity) หมายถึง คุณลักษณะภายในของผู้เรียนที่มีความอยากรู้อยากเห็น เกิดการถามและข้อสงสัย ชอบคนมองโลกในแง่ดีและชอบแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งประกอบด้วย 4 ตัวบ่งชี้ คือ

1.1.1 ความอยากรู้อยากเห็น หมายถึง ผู้เรียนเป็นคนที่มีความต้องการที่จะรู้หรือเสาะแสวงหาความรู้เกี่ยวกับสิ่งต่างๆ หรือเรื่องราวต่างๆ ที่แปลกใหม่ โดยการแสดงออกด้วยคำถามหรือมีความกระตือรือร้นเกี่ยวกับสิ่งที่ตนเองสนใจ

1.1.2 การถามคำถามและแสวงหาความรู้ หมายถึง ผู้เรียนตั้งคำถามในสิ่งที่อยากรู้และพยายามค้นหาความรู้ ค้นหาคำตอบจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อหาคำตอบหรือข้อเท็จจริง

1.1.3 การมองโลกในแง่ดี หมายถึง ผู้เรียนคาดหวังสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นล้วนเป็นสิ่งที่ดี แม้ว่าจะเจอปัญหาหรืออุปสรรคก็พยายามที่จะแก้ปัญหา เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

1.1.4 แสวงหาความรู้ใหม่ ๆ อยู่เสมอ หมายถึง ผู้เรียนแสวงหาความรู้หรือสถานการณ์ที่แปลกใหม่อยู่เสมอ เพื่อหาคำตอบและยินดีมากที่ได้ค้นพบความรู้ใหม่

1.2 ความคิดสร้างสรรค์ (Creative) หมายถึง คุณลักษณะการคิดโดยใช้องค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาเชื่อมโยงสัมพันธ์กันไปสู่การคิดค้นพบสิ่งแปลกใหม่หรือสิ่งเดิมผสมกับสิ่งใหม่ เพื่อสร้างผลผลิตใหม่ ๆ ประกอบด้วย 2 ตัวบ่งชี้

1.2.1 ความคิดริเริ่ม หมายถึง ผู้เรียนมีความกล้าที่จะคิด กล้าที่จะทำสิ่งที่ผิดแปลกไปจากที่ผู้อื่นคิด และเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและส่วนรวม โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเดิมผสมกับสิ่งใหม่ เพื่อออกแบบและสร้างสิ่งใหม่ ๆ

1.2.2 ความคิดละเอียดลออ หมายถึง ผู้เรียนสามารถคิดในรายละเอียดย่อย ๆ ของแต่ละเรื่องได้อย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนที่ชัดเจน สามารถอธิบายให้ผู้อื่นเห็นภาพได้อย่างชัดเจน และถูกต้อง

1.3 ความร่วมมือร่วมใจ (Collaboration) หมายถึง คุณลักษณะภายในของผู้เรียนที่ร่วมแรงรวมใจกันและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ โดยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และร่วมกันตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายตรวจสอบได้ เพื่อบรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งประกอบด้วย 2 ตัวบ่งชี้ คือ

1.3.1 ความร่วมแรงร่วมใจ หมายถึง ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น ยอมรับช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีการวางแผนและกำหนดเป้าหมายเดียวกัน ค้นหาความรู้ และวางแผนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ตระหนักถึงการใช้หลักการคณิตศาสตร์ช่วยในการตัดสินใจ และใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่กับการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อการทำงานใดงานหนึ่งบรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

1.3.2 การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ หมายถึง ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น รู้จักบทบาทหน้าที่ของตนเอง เคารพซึ่งกันและกัน รู้จักเอาใจเขามาใส่ใจเรา สื่อสารพูดคุยกันอย่างตรงไปตรงมาด้วยเหตุและผล ร่วมกันวางแผนและกำหนดเป้าหมายเดียวกัน เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

1.4 ความสามารถในการสื่อสาร (Communication) หมายถึง คุณลักษณะภายในของผู้เรียนที่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจน สังเกตและบันทึกผลได้ถูกต้องแม่นยำ จากเหตุการณ์หรือสถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ หรือปัญหาที่เกิดขึ้น โดยใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบการสื่อสารได้อย่างเหมาะสม ซึ่งประกอบด้วย 2 ตัวบ่งชี้ คือ

1.4.1 การอธิบายได้อย่างชัดเจน หมายถึง ผู้เรียนสามารถนำเสนอ อภิปราย อธิบายเหตุการณ์หรือสถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ อย่างเป็นระบบด้วยวิธีการต่าง ๆ และถ่ายทอดความคิดของตนไปยังผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้อื่นเข้าใจหรือสรุปผลได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง

1.4.2 การสังเกตและบันทึกผลได้ถูกต้องแม่นยำ หมายถึง ผู้เรียนสังเกต และสามารถจดบันทึกเหตุการณ์ สถานการณ์ ปรากฏการณ์ หรือปัญหาที่เกิดขึ้น อย่างเป็นระบบได้อย่างชัดเจนและถูกต้องแม่นยำ ไม่ผิดพลาด

1.5 การคิดแบบบูรณาการ (Integrative Thinking) หมายถึง คุณลักษณะภายในของผู้เรียนที่เชื่อมโยงความรู้และคิดวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบต่างๆ เพื่อนำมาแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต โดยบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เข้าด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วย 2 ตัวบ่งชี้ คือ

1.5.1 การเชื่อมโยงความรู้ หมายถึง ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เก่ากับความรู้ใหม่ และบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

1.5.2 การคิดวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบต่าง ๆ หมายถึง ผู้เรียนสามารถคิดวิเคราะห์ระบุ จำแนก หาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

1.6 ความมีเหตุผล (Reasonable) หมายถึง คุณลักษณะภายในของผู้เรียนที่ยอมรับเหตุผล และมีความพยายามค้นหาและพิสูจน์หาคำตอบอย่างเป็นระบบ แสวงหาหลักฐานแหล่งข้อมูลต่าง ๆ จากการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาสนับสนุนข้อสรุปให้เพียงพอก่อนที่จะสรุปผล ซึ่งประกอบด้วย 2 ตัวบ่งชี้ คือ

1.6.1 การยอมรับเหตุผล หมายถึง ผู้เรียนรับฟังคำอธิบาย แนวคิด สถานการณ์ หรือเหตุการณ์ ข้อมูลที่น่าเชื่อถือและถูกต้อง ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นความสัมพันธ์ของเหตุและผล อย่างเป็นระบบ มีการประยุกต์ความรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มาสนับสนุนข้อสรุปให้เพียงพอที่จะสรุปผล

1.6.2 ความพยายามค้นหาและพิสูจน์คำตอบ หมายถึง ผู้เรียนพยายามค้นหาและพิสูจน์หาคำตอบอย่างเป็นระบบ ด้วยความมุ่งมั่น มีการแสวงหาหลักฐานแหล่งข้อมูลต่าง ๆ โดยใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และจะไม่ยอมรับจนกว่าจะเข้าใจอย่างลึกซึ้งและพิสูจน์ว่าเป็นจริง

ตาราง 3 สรุปลักษณะขององค์ประกอบของจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย

องค์ประกอบของจิตนิสัยทางสะเต็ม	จำนวน ตัวบ่งชี้	ตัวบ่งชี้
ความสนใจใฝ่รู้ (Curiosity)	4	1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. การถามคำถามและแสวงหาความรู้ 3. การมองโลกในแง่ดี 4. แสวงหาความรู้ใหม่ ๆ อยู่เสมอ
ความคิดสร้างสรรค์ (Creative)	2	1. ความคิดริเริ่ม 2. ความคิดละเอียดลออ
ความร่วมมือร่วมใจ (Collaboration)	2	1. ความร่วมแรงร่วมใจ 2. การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้
ความสามารถในการสื่อสาร (Communication)	2	1. การอธิบายได้อย่างชัดเจน 2. การสังเกตและบันทึกผลได้ถูกต้องแม่นยำ
การคิดแบบบูรณาการ (Integrative Thinking)	2	1. การเชื่อมโยงความรู้ 2. การคิดวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ
ความมีเหตุผล (Reasonable)	2	1. การยอมรับเหตุผล 2. ความพยายามค้นหาและพิสูจน์คำตอบ
รวมตัวบ่งชี้ทั้งหมด	14	

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันขั้นพหุระดับ (Multilevel Confirmatory Factor Analysis : MCFA)

โดยทั่วไปแล้วการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันนักวิจัยส่วนใหญ่จะทำการวิเคราะห์ใน ระดับบุคคล (Individual Level) เพียงระดับเดียวเท่านั้น ซึ่งการวิเคราะห์องค์ประกอบในระดับเดียว (Single-Level Confirmatory Factor Analysis) โดยไม่ได้นำลักษณะธรรมชาติของข้อมูลที่มีความ เป็นลำดับชั้นหรือโครงสร้างขององค์กรมมาพิจารณา (Heck and Thomas, 2000) อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ Single-Level CFA สามารถนำมาดัดแปลงให้เหมาะสมเพื่อนำมาใช้กับข้อมูลใน ลักษณะที่เป็นลำดับชั้นได้ โดยการวิเคราะห์ Multi CFA ซึ่งเป็นการนำโมเดลการวิเคราะห์ระดับเดียว ที่ใช้เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมมาคิดสูตรใหม่สำหรับการวิเคราะห์สองระดับ

เพื่อตรวจสอบแหล่งของความผันแปรในตัวแปรสังเกตได้ทั้งระดับบุคคลและระดับกลุ่มรวมทั้งความคาดเคลื่อนทั้งสองระดับ (Muthen, 1994)

การพัฒนาการวิเคราะห์พหุระดับ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันลักษณะนี้ ทำให้สามารถตรวจสอบลักษณะเฉพาะของโมเดลการวัดทั้งในระดับบุคคลและระดับกลุ่มไปพร้อม ๆ กันได้ โมเดลการวิเคราะห์พหุระดับเดียว (single-level) ความเป็นอิสระของตัวแปรต้นจะพิจารณาจำนวนกลุ่มตัวอย่าง (N observation) แต่ในการวิเคราะห์พหุระดับความเป็นอิสระจะประมาณจากจำนวนกลุ่ม (C) (Muthen, 1994) ตัวอย่างเช่น องค์ประกอบของการวัดประสิทธิผลความเป็นคนบดีมีสมมติฐานเพื่อต้องการอธิบายความผันแปรของตัวแปรสังเกตได้ ดังนั้น ถ้าหากกำหนดให้ข้อมูลระดับบุคคลแทนด้วยเวกเตอร์ y_{ci} เมื่อ C เป็นกลุ่ม (หรือสถาบัน) และ i เป็นบุคคลที่อยู่ในแต่ละกลุ่มความสัมพันธ์ระดับบุคคลจะเขียนสมการได้ดังนี้

$$y_{ci} = \nu + \lambda \eta_{ci} + \epsilon_{ci}$$

y = เวกเตอร์ของแต่ละข้อ (Items) ในการวัดองค์ประกอบ

ν = เวกเตอร์ของค่าจุดตัดแกนหรือค่าเฉลี่ย (Intercepts หรือ means)

λ = เวกเตอร์ของ factor loadings

η = องค์ประกอบใด ๆ ที่ต้องการวัด (factor)

ϵ = เวกเตอร์ของส่วนที่เหลือแต่ละข้อ (residuals)

เนื่องจากโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเหล่านี้สำหรับประชากรจำเป็นอย่างยิ่งที่จะตรวจสอบว่าสิ่งที่เกี่ยวข้องใด (Implication) มีอยู่ในกลุ่มประชากร ทั้งนี้เพื่อจำแนกคะแนนของแต่ละบุคคล (Individual) เป็นองค์ประกอบภายในกลุ่ม (Within Group Component: Σ_w) และองค์ประกอบระหว่างกลุ่ม (Between Group Component: Σ_b) (Cronbach and Webb, 1975) โดยมีสมมติฐานว่าประชากรแต่ละบุคคลที่อยู่ในแต่ละกลุ่ม (Groups) จะมีความแตกต่างกัน ดังนั้น เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของประชากร (Σ_T) สำหรับอิทธิพลสุ่ม (Random Effect) ในโมเดลนี้เขียนสมการได้เป็น

$$v(y_{ci}) = \Sigma_T = \Sigma_B + \Sigma_W$$

โดยเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่ม (Σ_B) เขียนแทนได้ด้วยสมการ

$$\Sigma_B = \Lambda_B \Psi_B \Lambda'_B + \Theta_B$$

จากสมการ Λ_B = เมทริกซ์ factor loading

Ψ_B = เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม-ความแปรปรวนร่วมขององค์ประกอบ

Λ'_B = เมทริกซ์ transposed

Θ_B = เมทริกซ์ของส่วนที่เหลือ (residuals)

สำหรับเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่ม (Σ_W) เขียนแทนได้ด้วยสมการ

$$\Sigma_W = \Lambda_W \Psi_W \Lambda'_W + \Theta_W$$

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันขั้นพหุระดับจะเป็นวิธีการพัฒนาสมการเมทริกซ์ 2 สมการ (Muthen, 1989, 1994) เสนอว่า การประมาณค่าที่ไม่ลำเอียง (Unbiased Estimate) และสม่ำเสมอของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่ม (Σ_W) ได้จากการรวมเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่มของกลุ่มตัวอย่าง (Sample Pooled Within Group Covariance Matrix: S_{pw}) (ใช้ Σ_{pw} แทน Σ_W) ซึ่งสอดคล้องกับสมการทั่วไปของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมที่มีความแตกต่างในคะแนน โดยตัวหาร N-C ใช้แทน N-1 คำนวณได้จากสมการ

$$S_{pw} = \frac{\sum_{C=1}^C \sum_{i=1}^{N_C} (y_{ci} - \bar{y}_c)^2}{N-C}$$

สำหรับเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมสำหรับค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มที่ไม่ได้รวมค่า (Disaggregated Group Means) ในกลุ่มตัวอย่างคำนวณจาก

$$S_B = \frac{\sum_{C=1}^C N_C (\bar{y}_c - \bar{y})(\bar{y}_c - \bar{y})}{C-1}$$

สำหรับเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่างระหว่างกลุ่ม (S_B) เป็นตัวประมาณค่าที่สม่ำเสมอ (Constant) และไม่ลำเอียง (Unbiased) ของ

$$S_B = \Sigma_W + c \Sigma_B$$

จากสมการ เมื่อ C เป็นขนาดของกลุ่ม (Muthen, 1994) ดังนั้นเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่ม (Between Group Covariance Matrix) จะแตกต่างจากเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมโดยรวม (Total Covariance Matrix: $\Sigma_B + \Sigma_W$) เนื่องจากค่า C ที่มีอยู่ระหว่างกลุ่ม หมายความว่า ส่วนประกอบระหว่างกลุ่มของตัวแปรจะถูกปรับโดยค่ารากที่สองของ C (\sqrt{C}) (Muthen, 1994) เพื่อให้การประมาณค่าในส่วนของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่มเหมาะสม

ในกรณีที่มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน (Balanced Data) C จะเป็นขนาดของกลุ่ม (Common Group Size) ส่วนกรณีขนาดกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน (Unbalanced Data) C จะเป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนกลุ่มตัวอย่างภายในกลุ่ม (Means of the Within Group Sample Sizes) (Muthen, 1994) ถ้าหากวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Mplus โปรแกรมจะปรับค่า C เพื่อให้การประมาณค่าในส่วนของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่มเหมาะสม ทั้งนี้กรณีที่ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับไม่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือโมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ไม่มาก Muthen (1994) ได้เสนอขั้นตอนในการตรวจสอบองค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่หนึ่ง การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโดยใช้โมเดลโครงสร้างความแปรปรวนร่วมรวม (Conventional Confirmatory Factor Analysis of the Total Covariance Structure) เป็นการวิเคราะห์โดยใช้เมทริกซ์โครงสร้างความแปรปรวนร่วมรวม (S_T) การวิเคราะห์ดังกล่าวนี้จะประมาณค่าไม่ถูกต้องเมื่อข้อมูลมีความสัมพันธ์กันแบบลดหลั่น ผลการทดสอบอาจผิดพลาดได้เมื่อค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้นมีขนาดใหญ่ ขนาดของชั้นเรียนมีขนาดใหญ่ และตัวแปรมีความสัมพันธ์กันสูง อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ดังกล่าวมีความเหมาะสมในระดับหนึ่ง (ไม่ละเอียดเท่าที่ควร)

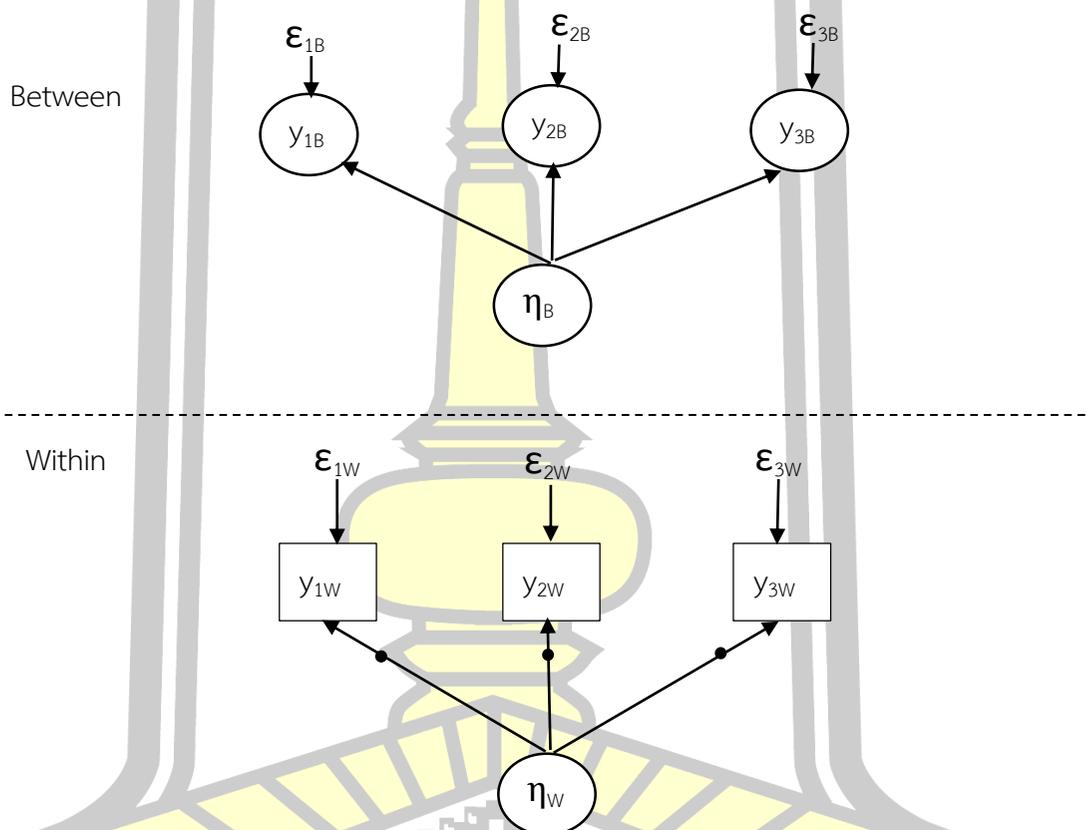
ขั้นตอนที่สอง การประมาณค่าความผันแปรระหว่างหน่วย หรือการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Estimation of Between-Level Variation or Intraclass Correlation: ICC) เป็นขั้นตอนแรกที่ใช้สำหรับตรวจสอบการวิเคราะห์ข้อมูลพหุระดับ มีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาว่าตัวแปรต่าง ๆ ในโมเดลการวิเคราะห์มีความผันแปรระหว่างหน่วยเพียงพอที่จะวิเคราะห์พหุระดับหรือไม่ โดยค่า ICC ของทุกตัวแปรควรมีค่ามากกว่าศูนย์จึงจะเหมาะสมที่จะทำการวิเคราะห์พหุระดับเกณฑ์การพิจารณาค่า ICC ควรมีค่ามากกว่า 0.05 (Snijders & Bosker, 1999) ถ้าค่า ICC มีขนาดใหญ่แสดงว่าตัวแปรมีความสอดคล้องกันสูง แต่ถ้า ICC มีขนาดเล็ก (<0.05) แสดงว่าข้อมูลในระดับล่างไม่มีความผันแปรในระดับบนจึงไม่จำเป็นที่จะนำข้อมูลไปวิเคราะห์พหุระดับ

ขั้นตอนที่สาม การประมาณค่าโครงสร้างความผันแปรภายในหน่วย (Estimation of Within Level Covariance Structure) ถ้าโมเดลพหุระดับมีความถูกต้องการวิเคราะห์เมทริกซ์

ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่มของกลุ่มตัวอย่าง (S_{PW}) จะคล้ายกับการวิเคราะห์องค์ประกอบพหุระดับที่ไม่ได้จำกัดเมทริกซ์ขององค์ประกอบระหว่างกลุ่ม (Between Group Component: Σ_B) การวิเคราะห์ในส่วนนี้ประมาณค่าเฉพาะพารามิเตอร์ในระดับล่างหรือระดับนักเรียนเท่านั้น การวิเคราะห์จะใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับจำนวนกลุ่มตัวอย่างในระดับล่างลบด้วยจำนวนกลุ่มตัวอย่างในระดับบนและใช้วิธีการประมาณค่า Maximum Likelihood (ML) หรือ Generalized Least Squares (GLS) ดังนั้นการวิเคราะห์เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่มของกลุ่มตัวอย่าง (S_{PW}) ดังกล่าวนี้จึงไม่ถูกบิดเบือนจากความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่ม ซึ่งถูกคาดหวังว่าโมเดลจะมีความเหมาะสมกว่าการวิเคราะห์เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมโดยรวม (S_T) ดังนั้นในการวิเคราะห์ในส่วนนี้จึงเป็นการวิเคราะห์ที่เหมาะสมที่ใช้เพื่อสำรวจความแปรปรวนในระดับบุคคล

ขั้นตอนที่สี่ การประมาณค่าโครงสร้างความผันแปรระหว่างกลุ่ม (Estimation of Between Structure) การวิเคราะห์โครงสร้างความผันแปรระหว่างกลุ่มเป็นส่วนที่ยากของการวิเคราะห์พหุระดับ ซึ่งส่วนน้อยมักจะรู้เกี่ยวกับโครงสร้างความแปรปรวนร่วมขององค์ประกอบระหว่างกลุ่ม (Between Group Component: Σ_B) ความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่มในโมเดลปกติยังไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cronbach (1976) และ Harnqvist (1978) ได้นำเสนอว่า โครงสร้างความแปรปรวนร่วมขององค์ประกอบภายในกลุ่ม (within group component: Σ_W) ไม่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ข้อมูลต้องนำโครงสร้างความแปรปรวนร่วมขององค์ประกอบระหว่างกลุ่ม (Between Group Component: Σ_B) จึงต้องสำรวจเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่างระหว่างกลุ่ม (S_B) การวิเคราะห์ในส่วนนี้จึงเป็นการวิเคราะห์ที่เหมาะสมที่ใช้เพื่อสำรวจความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างระหว่างกลุ่ม หลังจากการตรวจสอบเพื่อดูโครงสร้างของความผันแปรทั้งหมดและโครงสร้างของความผันแปรภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม จึงทำการวิเคราะห์โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับเป็นขั้นตอนสุดท้าย และเพื่อให้เห็นเป็นรูปธรรมของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับ ผู้วิจัยจึงขอยกตัวอย่างโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน 2 ระดับ ภาพที่ 1 ภาพที่อยู่ด้านล่างแสดงการวิเคราะห์ในระดับบุคคล (Within) มีตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัว ($y_{1W} - y_{3W}$) แสดงในกรอบสี่เหลี่ยมซึ่งเกิดจากตัวแปรแฝง (η_W) ระดับบุคคลและมีความเคลื่อนไหวในการสุ่ม 3 ตัว ($\epsilon_{1W} - \epsilon_{3W}$) การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับในระดับบุคคลนี้เป็นการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม โดยตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัว ข้างต้นวัดได้จากข้อมูลของแต่ละบุคคลที่ไม่ได้เกิดจากการรวมกลุ่มของข้อมูล (Disaggregate Data) ส่วนในระดับกลุ่ม (Between) ที่อยู่ด้านบนของรูปมีตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัว ($y_{1B} - y_{3B}$) ที่แสดงในวงกลมที่เกิดจากตัวแปรแฝง (η_B) ในระดับกลุ่มและมีความเคลื่อนไหวในการสุ่ม 3 ตัว ($\epsilon_{1B} - \epsilon_{3B}$) ในระดับกลุ่มนี้ตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัววัดได้จากข้อมูลที่เกิดจากการรวมกลุ่มของข้อมูล (Aggregate Data) ไม่ใช่ข้อมูลดิบแต่เป็นข้อมูลที่เป็นตัวแทนของค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่ม

ซึ่งแทนได้จากสัญลักษณ์รูปวงกลมที่ปลายลูกศร แทนค่าเฉลี่ยในสมการถดถอยที่แยกวิเคราะห์รายกลุ่ม ทั้งนี้ โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับเป็นการนำโมเดลในระดับบุคคลและระดับกลุ่ม มารวมกันเป็นโมเดลเต็มรูปและวิเคราะห์เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมพร้อมกันทั้งในระดับบุคคลและระดับกลุ่ม ข้อดีของโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (MCFA) คือ โครงสร้างองค์ประกอบในระดับบุคคลและระดับกลุ่มถูกคำนวณพร้อมกันโดยแยกความแปรปรวนร่วมออกเป็นสองส่วนส่วนหนึ่งเป็นความแปรปรวนร่วมระหว่างกลุ่มอีกส่วนเป็นความแปรปรวนร่วมภายในกลุ่ม



ที่มา : Muthén (1994)

ภาพประกอบ 1 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับ

1 ข้อตกลงเบื้องต้นของตัวแปรการวิเคราะห์พหุระดับ

1.1 กลุ่มตัวอย่างระดับบุคคล (Individual Level / Within Level) จำเป็นต้องใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่พอสมควร โดยทั่วไปมักใช้ผู้ตอบ จำนวน 5-10 คน ต่อพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า 1 ตัว (Hair and others. 1998) ทั้งนี้ โดยทั่วไปจำนวนกลุ่มตัวอย่างขั้นต่ำที่สุดควรต้องใช้คือ อย่างน้อย 200 ตัวอย่าง

1.2 กลุ่มตัวอย่างระดับสถาบัน (Institutional Level/Between Level) Muthén (1989) เสนอว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์พหุระดับคือระดับกลุ่มตัวควรมี 50-100 กลุ่ม (ในแต่ละกลุ่มควรมีผู้ให้ข้อมูลกลุ่มละ 2 คนขึ้นไป) ส่วน Hox (1995) ระบุว่า the higher level sample size be at least 20, preferably 50

2. ข้อดีของการวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรม Mplus

2.1 เนื่องจากโปรแกรมที่ออกแบบสำหรับการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพหุระดับที่มีอยู่โดยทั่วไปมีข้อจำกัดในเรื่องการวิเคราะห์องค์ประกอบพหุระดับ โดยใช้แนวทางการวิเคราะห์พหุกลุ่ม (Multi-Group) ซึ่ง Mplus สามารถทำได้ โดย Mplus มีลักษณะพิเศษที่สามารถใช้ในการสร้าง (Formulate) Multilevel Covariance Structure Model เพื่อตรวจสอบความแตกต่างต่างของค่าเฉลี่ย (means) และ intercept ระหว่าง (Muthen, 1989) และยังสามารถเลือกวิธีการประมาณค่าได้หลายแบบเพื่อให้เหมาะกับข้อมูลที่ใช่ อาทิ ML MLR MUML FIML เป็นต้น

2.2 โปรแกรม Mplus จะสามารถคำนวณค่าองศาอิสระ (df) ค่า χ^2 และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error) ของการวิเคราะห์พหุระดับที่ถูกต้องได้ดีกว่าสำหรับการวิเคราะห์พหุระดับที่มีขนาดข้อมูลในแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน (unbalance group size) และมีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติ เนื่องจากถ้าหากจำนวนหน่วยตัวอย่างที่ใช้ศึกษา (ระดับบุคคล) มีจำนวนหน่วยภายในกลุ่ม (ระดับกลุ่ม) ในแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน และตัวแปรมีการแจกแจงไม่ปกติ พหุนาม (Multivariate non-normality) จะใช้ฟังก์ชันความกลมกลืน (Fitting function) ในการประมาณ ค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum-likelihood) ที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและค่า χ^2 ที่ไม่ลำเอียง (Muthen, 2004 ; Farmer, 2000 ; Hox, 2002) โดยค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานโปรแกรมจะใช้วิธีการประมาณค่าแบบ Huber Sandwich Estimator หรือบางที่เรียกว่า Robust Covariance Matrix Estimator ซึ่งจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่แกร่ง (Robust standard error) (Carroll and others, 1998 ; Muthen, 2004 ; Freedman, 2005 ; Koenker, 2005) ส่วนค่า χ^2 สำหรับทดสอบความกลมกลืนประมาณค่า โดยใช้ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนที่ปรับแก้แล้ว (mean and variable adjustments) ร่วมกับวิธีโลคัลลิซึ่ดตามแนวทาง Satorra-Bentler Scale Chi-Square (Muthen, 2004)

2.3 การวิเคราะห์พหุระดับด้วยโปรแกรม Mplus จะใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood : ML) หรือวิธีความเป็นไปได้สูงสุดแบบให้ข้อมูลเต็ม (Full information maximum likelihood : FIML) สำหรับให้จำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มเท่ากัน (Balance group size) และมีการแจกแจงที่ไม่เป็นโค้งปกติ

สามารถประมาณค่าได้ด้วยวิธีที่ความเป็นไปได้สูงสุดบางส่วน (Partial maximum likelihood) และวิธี maximum likelihood with robust standard errors and chi-square (MLR) (Wong and Mason, 1985 ; Morris, 1995 ; Heck and Thomas, 2000 ; Goldstein, 2003 ; Muthen, 2004) ถ้าหากกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่กว่าการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี ML และวิธี MUML จะให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน (Hox and Maas, 2001)

2.4 การแปลงค่าพารามิเตอร์ให้เป็นคะแนนมาตรฐาน (Standardization) โปรแกรม Mplus จะใช้หลัก within group and between group standardization ซึ่งถ้าหากเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลภายในกลุ่มจะพิจารณาที่ค่าความแปรปรวนภายในกลุ่ม และถ้าเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดลระหว่างกลุ่มจะพิจารณาที่ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มซึ่งจะเป็นวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลทุกระดับ

2.5 สามารถใช้คำสั่งในการประมาณค่าสูญหาย และการคำนวณค่าต่าง ๆ ได้ เช่น การรวมค่าตัวแปรรากที่สอง เป็นต้น โปรแกรม Mplus จะแทนค่าข้อมูลขาดหายด้วยการประมาณค่าความเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood) ซึ่งโปรแกรมจะคำนวณให้โดยใช้คำสั่ง TYPE = MISSING H1 ค่าที่ประมาณได้มีความถูกต้องกว่า (Muthen and Muthen, 2004 ; Marsh, Hay and Kong, 2002 ; Graham, 2003 ; Enders and Peugh, 2004)

2.6 ในการวิเคราะห์ผู้วิจัยไม่ต้องสร้างตัวแปรแฝงพิเศษ เนื่องจากโปรแกรมจะทำการคำนวณให้

2.7 โปรแกรมจะคำนวณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนและค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้นอัตโนมัติ และให้ผลใกล้เคียงกับการคำนวณด้วยโปรแกรม HLM

2.8 สามารถนำทั้งค่า Intercept และ Slope มาวิเคราะห์เป็นตัวแปรตามในระดับ Macro

2.9 สามารถใช้คำสั่งคำนวณขนาดอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมได้ (Muthen and Muthen, 2004)

3. การตรวจสอบความตรงของโมเดล

การพิจารณาว่าโมเดลที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ การวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความตรงโดยทั่วไปจะพิจารณาจากค่า χ^2 ที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติอย่างไรก็ตามเนื่องจากค่า χ^2 มีความอ่อนไหวต่อขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จึงควรระมัดระวังในใช้ค่า χ^2 ตัดสินโมเดลว่ามีความตรงหรือไม่ หรือกล่าวอีกทางหนึ่งคือ สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ (มากกว่า 250) การทดสอบด้วยค่า χ^2 มีแนวโน้มที่ปฏิเสธสมมติฐาน (Anderson and Gerbing, 1984) และถ้าหากการแจกแจงพหุนามของตัวแปรสังเกตได้มีลักษณะการกระจายที่ไม่เป็นโค้งปกติ (Non-normal distribution) หรือมีจำนวนตัวแปรเชิงกลุ่ม (Categorical data) การทดสอบด้วยค่า

χ^2 มีแนวโน้มที่จะปฏิเสธสมมติฐานมากเช่นกัน (Browne and others, 1998) ดังนั้นนักวิจัยจะต้องตัดสินใจด้วยตนเองในการใช้ค่า χ^2 ตรวจสอบความสอดคล้อง (Hu and Bentler, 1995 ; 1999) เพื่อความชัดเจนและถูกต้อง

สำหรับการประเมินความสอดคล้องของโมเดลตามกฎหมายแห่งความชัดเจน (Rule of thumb) ให้พิจารณาจากสัดส่วนของค่า χ^2 ต่อ df ที่ควรมีค่าน้อยกว่า 2 ($\chi^2/df < 2$) (Ullman, 2001) หรือน้อยกว่า 5 กรณีโมเดลซับซ้อน (สุนทรพจน์ ดำรงค์พานิช, 2555) และควรพิจารณาความสอดคล้องของโมเดลจากค่าดัชนีอื่น (Hox, 2002 ; Yu and Muthen, 2002) ได้แก่ ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) ค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (RMR) ค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน (SRMR) ค่าดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (RMSEA) ค่าดัชนี Tucker-Lewis (TLI) ทั้งนี้สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เท่ากันควรพิจารณาความสอดคล้องของดัชนี RMSEA และ ค่า χ^2/df เท่านั้น (Hu and Bentler, 1995 ; Muthen and Muthen, 1998 ; Raykov and Marcoulides, 2000) ถ้าโมเดลที่ได้ไม่มีความตรงจะปรับโมเดลแล้ววิเคราะห์ใหม่ การปรับแก้ไขข้อเสนอแนะที่โปรแกรมรายงานโดยพิจารณาจากดัชนีปรับรูปแบบ (Modification indices) และพื้นฐานทางทฤษฎีและการวิจัยที่เกี่ยวข้องจนกว่าจะได้โมเดลที่มีความตรง ภายหลังจากที่ได้โมเดลที่มีความตรงแล้วจึงพิจารณาค่าพารามิเตอร์หรือค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor loading) ของตัวแปรสังเกตได้ จึงจะทำให้องค์ประกอบที่ต้องการวัดสมบูรณ์และสามารถอภิปรายผลได้อย่างแม่นยำ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

จิราภรณ์ คงคุ้ม (2548) ศึกษาการวิเคราะห์องค์ประกอบจิตนิสัยตามแนวทฤษฎีของคอสตาและคอลลิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยภาพรวมและจำแนกตามเพศ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยตั้งความมุ่งหมายไว้เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบจิตนิสัยตามแนวทฤษฎีของคอสตาและคอลลิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเลย จำนวน 1,117 คน เป็นนักเรียนชาย จำนวน 521 คน และนักเรียนหญิง จำนวน 656 ที่เลือกมาโดยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) ซึ่งขนาดของโรงเรียนเป็นชั้น (Strata) และมีห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม (Sampling Unit) เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยเป็นแบบวัดจิตนิสัยที่สร้างขึ้นตามแนวทฤษฎีของคอสตาและคอลลิก โดยสร้างเป็นแบบมาตราส่วน

ประมาณค่า 5 ระดับ มีคำถามทั้งทางบวกและทางลบทั้งหมด 16 ด้าน คือ ด้านการมีความมุ่งมั่น, ด้านการจัดการความหุนหัน ด้านการฟังด้วยความเข้าใจ และใส่ใจ ด้านการมีความยืดหยุ่นทางความคิด ด้านการย้อนคิดเกี่ยวกับความคิดของตน หรือเมตตาอกนิษฐ์ ด้านการพยายามให้เกิดความถูกต้องและแม่นยำ ด้านการถามและตั้งข้อสงสัย ด้านการใช้ความรู้เดิมแก้ปัญหาใหม่ ด้านการคิดและสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน ถูกต้อง ด้านการรวบรวมข้อมูลจากทุกแหล่ง ด้านการมีความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ และประดิษฐ์คิดค้น ด้านการตอบสนองด้วยความเคลือบแคลงใจ ด้านการมีความรับผิดชอบในการเสี่ยง ด้านการมีอารมณ์ขัน ด้านการคิดอย่างมีอรรถาธิบาย และด้านการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ .200 ถึง .655 มีค่าความเที่ยงตรงตามสภาพทั้งฉบับเท่ากับ .742 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .961 ผลการวิจัยปรากฏว่า จิตนิสัยของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยภาพรวม มีรูปแบบโครงสร้างสอดคล้องตามแนวทฤษฎีของคอสตาและคอลลิค เพราะมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (b) ตั้งแต่ .287 ถึง .617

ทรายทอง พวกสันเทียะ (2553) ศึกษาการพัฒนาแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษา พบว่า โมเดลการวัดที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น(โมเดลที่ 1) ประกอบด้วย 10 คุณลักษณะ ได้แก่ 1) ความอยากรู้อยากเห็น 2) ความมีเหตุผล 3) ความใจกว้าง 4) ความซื่อสัตย์ 5) ความเพียรพยายามมุ่งมั่น 6) ความร่วมมือช่วยเหลือ 7) ความรับผิดชอบ 8) ความริเริ่มสร้างสรรค์ 9) ความรอบคอบ และ 10) การมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ และโมเดลการวัดจิตวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Rowland (2005) (โมเดลที่ 2) ประกอบด้วย 9 คุณลักษณะ ได้แก่ 1) มีความเชื่อว่าความรู้สามารถพิสูจน์ได้ 2) มีการพิจารณาอย่างละเอียดรอบคอบเกี่ยวกับข้อกำหนดของเหตุการณ์เพื่อการตัดสินใจ 3) มีความคิดวิพากษ์วิจารณ์โดยมีจิตสำนึกที่จะไม่ลำเอียง 4) มีความสามารถในการปรับตัวและเปิดใจกว้าง 5) มีความอยากรู้อยากเห็น 6) มีการรู้จักปฏิเสธความเชื่อที่ไม่มีการพิสูจน์ 7) มีการเสาะแสวงหาความเข้าใจจากสาเหตุ 8) มีส่วนร่วมในสังคมวิทยาศาสตร์ และ 9) มีความเข้าใจและใช้ประโยชน์จากวิทยาศาสตร์ โมเดลที่ 1 โมเดลที่ 2 มีความตรงตามเกณฑ์สัมพันธ์กับแบบวัด Scientific Attitude ของ Moore และ Foy (1995) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 มีความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในของแบบวัดเท่ากับ 0.93 และ 0.92 โมเดลการวัดจิตวิทยาศาสตร์ทั้งสองโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยที่โมเดลที่ 1 อธิบายความแปรปรวนในตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ได้ร้อยละ 71 โดยมีค่า $\chi^2 = 156.70$, $p = 0.14$, $df = 209$, $GFI = 0.97$, $AGFI = 0.93$ และ $RMR = 0.02$ ส่วนโมเดลที่ 2 อธิบายความแปรปรวนในตัวแปรจิตวิทยาศาสตร์ได้ร้อยละ 70 โดยมี $\chi^2 = 156.70$, $p = 0.14$, $df = 139$, $GFI = 0.98$, $AGFI = 0.92$ และ $RMR = 0.02$

จรัส อินทลาภาพร (2558) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา วิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนในการวิจัย 2 ขั้นตอน คือ

1. ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาจากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัย
2. จัดประชุมสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) เพื่อสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษาประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านสะเต็มศึกษา จำนวน 2 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร จำนวน 1 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้และการวัดและประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษา จำนวน 2 คน ผลการวิจัย พบว่า ในการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรปฏิบัติดังนี้คือ 1) ศึกษาสาระสำคัญของสาขาวิชาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยีและกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในลักษณะของการบูรณาการ 2) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยตนเองก่อนที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน 3) จัดการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน(Problem-based Learning) 4) จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน(Project-based Learning) 5) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน 6) วัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ซึ่งแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาดังกล่าวเป็นการจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic learning)

นัสนรินทร์ ปือชา (2557) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัด การเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียน 39 คน ซึ่งได้จากวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับสลาก (Simple Random Sampling) โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 18 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มี ขั้นตอนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบวัดความ พึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบบันทึกภาคสนามและแบบสัมภาษณ์ ซึ่งดำเนินการทดลองแบบกลุ่ม ทดลองหนึ่งกลุ่ม วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One group Pretest-Posttest Design) วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าทีชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent group) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม ศึกษา มีคะแนนพัฒนาการ ร้อยละ 41.03 อยู่ในระดับต้น ร้อยละ 30.77 อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 20.51 อยู่ในระดับสูง และร้อยละ 7.69 อยู่ในระดับสูงมาก นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่า

ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และ นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับ มาก

จำรัส อินทลาภาพร (2558) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา สำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา สามารถสรุปผลงานวิจัยได้ ดังนี้ สะเต็มศึกษา (STEM Education) ในบริบทของต่างประเทศ และประเทศไทยมีความหมายที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการหาแนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามาใช้ในประเทศไทย ผู้สอนควรศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 โดยเฉพาะสาระสำคัญในสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยีที่มีความแตกต่างกัน สะเต็มศึกษามีความสำคัญต่อผู้สอนและผู้เรียน การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการมีระดับของการบูรณาการออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1) การบูรณาการแบบสอดแทรก (Infusion Integration) 2) การบูรณาการแบบคู่ขนาน (Parallel Integration) 3) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration) 4) การบูรณาการแบบข้ามวิชา (Transdisciplinary Integration) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรศึกษาและทำความเข้าใจระดับของบูรณาการทั้ง 4 ระดับ ดังกล่าวให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน ผู้สอนทั้ง 3 สาระ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยีควรวางแผนในการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามแบบสะเต็มศึกษา เป็นการประเมินผู้เรียนตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ผู้สอนควรใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลายและวัดหลายครั้ง

ภัสสร ติตมา และคณะ (2558) ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่องระบบของร่างกายมนุษย์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 นี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาแนวทางการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่องระบบของร่างกายมนุษย์กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียน จำนวน 48 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดสุโขทัย ที่ได้จากการสุ่มอย่างเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education 2) แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ 3) แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ของชิ้นงานนักเรียน 4) แบบสัมภาษณ์ถึงโครงสร้าง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนมีพัฒนาการด้านความคิดสร้างสรรค์ระหว่างเรียนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เพิ่มสูงขึ้น

นุชนภา ราชนิยม (2558) ศึกษาสภาพ ปัญหาและความพร้อมของการจัดการเรียน การสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาในระดับประถมศึกษา กรุงเทพมหานคร มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1) เพื่อศึกษาสภาพและปัญหาการจัดการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาระดับประถมศึกษาโรงเรียน เครือข่ายสะเต็ม กรุงเทพมหานคร 2) เพื่อศึกษาระดับความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบ สะเต็มศึกษาระดับประถมศึกษาโรงเรียนที่ไม่ได้อยู่ในโรงเรียนเครือข่ายสะเต็มศึกษา โดยเก็บรวบรวม ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ครูผู้สอนในโรงเรียนเครือข่ายสะเต็มศึกษา 8 โรงเรียน จำนวน 22 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม แบบสังเกต และ แบบสัมภาษณ์ กลุ่มที่ 2 คือ ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ที่ไม่ได้อยู่ใน โรงเรียนเครือข่ายสะเต็ม กรุงเทพมหานคร จำนวน 128 โรงเรียน รวมทั้งสิ้น 380 คน เครื่องมือที่ใช้ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถาม พบว่า 1) ครูขาดความรู้ความเข้าใจในการออกแบบ การเรียนการสอนสะเต็มศึกษา เวลาในการจัดการสอนไม่เพียงพอ และขาดงบประมาณสนับสนุน 2) ครูส่วนใหญ่มีความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาระดับน้อยทั้ง 3 ด้าน เมื่อจำแนกระดับความพร้อมในด้านต่างๆ พบว่า ครูส่วนใหญ่มีความพร้อมด้านการจัดการเรียน การสอนมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านการวัดและประเมินผล และด้านการเตรียมการสอน เมื่อพิจารณา ระดับความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาตามสังกัดของโรงเรียน พบว่า มีระดับความพร้อมระดับน้อย โดยโรงเรียนที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา กรุงเทพมหานครมีระดับความพร้อมมากที่สุด รองลงมาคือ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริม การศึกษาเอกชน และสังกัดกรุงเทพมหานคร เมื่อพิจารณาระดับความพร้อมครูผู้สอนทั้ง 3 วิชา พบว่า ครูวิทยาศาสตร์มีระดับความพร้อมในการจัดการเรียนการสอนมากที่สุด รองลงมาคือ ครูคณิตศาสตร์ และครูคอมพิวเตอร์

ชลิดา ไชยพันธ์ (2559) ศึกษาการพัฒนาตัวชี้วัดและเกณฑ์การประเมินจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จังหวัดภูเก็ต มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาตัวชี้วัดจิต วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 2) พัฒนาเกณฑ์การประเมินจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และ 3) ตรวจสอบความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมินจิต วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 520 คน โดยเลือกมาด้วยการสุ่มแบบแบ่งชั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ มาตรฐานค่า 5 ระดับ พบว่า 1) ตัวชี้วัดจิตวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมี 28 ตัวชี้วัด ครอบคลุม องค์ประกอบ 4 ด้าน ได้แก่ ความมีเหตุผล ประกอบด้วย 11 ตัวชี้วัด ความอยากรู้อยากเห็น ประกอบด้วย 5 ตัวชี้วัด ความใจกว้าง ประกอบด้วย 4 ตัวชี้วัด ความซื่อสัตย์และมีใจเป็นกลาง พิจารณาอย่างรอบคอบก่อนตัดสินใจ ประกอบด้วย 8 ตัวชี้วัด โมเดลการวัดจิตวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ น้ำหนักองค์ประกอบของตัวชี้วัดทั้ง 28 ตัวมีค่าเป็น

บวกและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความเที่ยงขององค์ประกอบมีค่าระหว่าง 0.82 ถึง 0.94
 2) คะแนนจุดตัดสำหรับประเมินจิตวิทยาศาสตร์มีค่าเท่ากับ 85 คะแนน และ 3) เกณฑ์การประเมิน
 จิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีความเหมาะสม โดยมีค่าความไวและค่าความจำเพาะเท่ากับ 85.13
 และ 82.22 ตามลำดับ

นิตยา ภูผาบาง (2559) ศึกษาการใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจาก
 แป้งมันสำปะหลัง เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียน
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์ม
 พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อสร้างกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจาก
 แป้งมันสำปะหลังเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียน
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และเพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของ
 นักเรียนระหว่างกิจกรรมที่ 1 (คาบเรียนที่ 1-4) และกิจกรรมที่ 2 (คาบเรียนที่ 5-6) โดยใช้กิจกรรม
 สะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง คือ
 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนชลกันยานุกูล ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 52 คน
 ผลการวิจัยพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกแผ่นฟิล์มจะมีค่าความต้านทาน
 แรงดึงสูงสุดและค่ามอดูลัสของยังสูงขึ้น แต่จะมีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวลดลง และเมื่อเพิ่มกลีเซอรอล
 ในปริมาณที่มากขึ้น จะทำให้แผ่นฟิล์มมีค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดและค่ามอดูลัสของยังลดลง
 แต่จะมีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงขึ้น และแผ่นฟิล์มที่ผ่านการเคลือบผิวจะมีเปอร์เซ็นต์การบวมน้ำที่ต่ำ
 กว่าแผ่นฟิล์มที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า กิจกรรม เรื่อง พลาสติก
 ชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องตามแนวทางสะเต็มศึกษาและส่งเสริมให้
 นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการผ่านการทำกิจกรรม และนักเรียนที่
 เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังในกิจกรรมที่ 2 มีทักษะ
 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่ากิจกรรมที่ 1

รัฎฐิกา ตั้งพุทธิพงศ์ (2559) ศึกษาการวิเคราะห์กระบวนการขับเคลื่อนนโยบาย
 สะเต็มศึกษาจากระดับชาติสู่ห้องเรียน การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์ความเข้าใจ
 เกี่ยวกับสะเต็มศึกษาและสภาพการรับรู้เกี่ยวกับการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษาของผู้มีส่วน
 เกี่ยวข้องกับการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษาจากระดับชาติสู่ระดับห้องเรียน 2) วิเคราะห์ปัจจัย
 สนับสนุนและอุปสรรคในการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษาจากระดับชาติสู่ระดับห้องเรียนของ
 ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในแต่ละระดับ และผลกระทบที่มีต่อการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษา และ
 3) เสนอแนวทางเชิงนโยบายในการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษาจากระดับชาติสู่ห้องเรียน
 โดยเก็บข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งในระดับนโยบาย เขตพื้นที่
 การศึกษามัธยมศึกษาสถานศึกษา และห้องเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงบรรยาย การวิเคราะห์

ความแปรปรวนพหุนาม และการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยที่สำคัญพบว่า ผู้บริหารสถานศึกษา ประเมินตนเองว่ามีความเข้าใจเกี่ยวกับสะเต็มศึกษาสูงที่สุด ($M = 4.50$) และมีระดับการรับรู้เกี่ยวกับการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษาสูงที่สุด ($M = 3.65$) รองลงมาคือศึกษานิเทศก์และครูตามลำดับ ปัจจัยสนับสนุนการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษาที่สำคัญ ได้แก่ ความพร้อมของผู้ปฏิบัติงานในทุกกระดับ งบประมาณที่เพียงพอ การมีพี่เลี้ยงสะเต็มศึกษาที่มีประสิทธิภาพ ความชัดเจนและคงเส้นคงวาของนโยบาย และการให้ความร่วมมือของทุกฝ่าย การขาดแคลนหรือการละเลยปัจจัยข้างต้นนี้ กลายเป็นอุปสรรคที่สำคัญในการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษา ผลการวิจัยทั้งหมดข้างต้นนำมาสู่แนวทางเชิงนโยบายและปฏิบัติในการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษาสำหรับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกระดับ ทั้งยังได้แบ่งข้อเสนอออกเป็นแนวทางสำหรับโรงเรียนศูนย์และโรงเรียนเครือข่ายสะเต็มศึกษา และสำหรับโรงเรียนทั่วไปอีกด้วย

สุกัญญา เชื้อหลุโพธิ์ และคณะ (2561) ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุนงานมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตาม แนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนจำนวน 24 คน ซึ่งเป็นนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง การวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม และการนำเสนอ การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพและปริมาณ ได้แก่ การวิเคราะห์ด้าน เนื้อหาและการหาร้อยละ ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ซึ่งเรียงจากมากไปหาน้อยตามลำดับ ดังนี้ ด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดริเริ่ม ด้านความคิดละเอียดลออ และด้านความคล่องแคล่ว

พงศธร มหาวิจิตร และสุนทรีย์ ปาลวัฒน์ชัย (2561) ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีจิตินัยทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีจิตินัยทาง คณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหา อย่างมีจิตินัยทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียน โดยใช้ชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์ และมีสมมติฐานการวิจัยดังนี้ 1) ชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีจิตินัยทางคณิตศาสตร์ ที่พัฒนามีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีจิตินัยทาง

คณิตศาสตร์หลังเรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน โดยมีประชากรและกลุ่มตัวอย่างคือประชากรของงานวิจัยนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา ปีการศึกษา 2559 จำนวน 7 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 282 คน

วาสนา จันเสริม (2561) ศึกษาการพัฒนาตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จุดมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนาตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 2) เพื่อวิเคราะห์โมเดลองค์ประกอบตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง 2) แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.236 ถึง 0.722 ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.962 ผลการวิจัยพบว่า ผลการวิจัยพบว่า ผลการวิเคราะห์โมเดลองค์ประกอบตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่ามีค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (β) ตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ทั้ง 9 องค์ประกอบ มีค่าเป็นบวก มีค่าตั้งแต่ 0.508 ถึง 0.923 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า โดยค่าน้ำหนักองค์ประกอบเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ การถามและตั้งข้อสงสัย มีความสนใจใฝ่รู้ มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การพยายามให้เกิดความถูกต้องแม่นยำ การมีความยืดหยุ่นในการคิด การมีความรับผิดชอบต่อการตัดสินใจของตนเอง การย้อนคิดเกี่ยวกับความคิดของตน การมีความมุ่งมั่น และมีความรู้ในเนื้อหาคณิตศาสตร์ เท่ากับ 0.923, 0.918, 0.913, 0.908, 0.907, 0.778, 0.733 และ 0.564 ตามลำดับ มีดัชนีวัดระดับความกลมกลืนระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ค่าไคสแควร์ $\chi^2 = 1602.43$, $df = 1531$, $p = 0.0645$, $GFI = 0.958$, $AGFI = 0.950$, $CFI = 0.999$, $SRMR = 0.0356$, $RMSEA = 0.00669$ แสดงว่าโมเดลมีความตรงเชิงโครงสร้าง

งานวิจัยต่างประเทศ

Sharon Friesen (1998) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานที่ดีทางการคำนวณ:

กรณีศึกษาการพัฒนาจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในการศึกษาภาคบังคับ โดยปัญหาคือพื้นฐานการคำนวณขั้นต่ำที่คนทั่วไปในยุคที่มีคอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณควรจะต้องมี โดยกลุ่มนักคณิตศาสตร์และครูได้เริ่มดำเนินการแก้ปัญหาของการคำนวณสำหรับการศึกษาภาคบังคับในอัลเบอร์ตา โดยเริ่มจากการศึกษาในชั้นเรียน ความคิดริเริ่มนี้ให้ครูนักเรียนและผู้ปกครองมีโอกาสได้มีส่วนร่วมกับการคณิตศาสตร์และความสามารถของครูให้โอกาสในการมีส่วนร่วมกับการคณิตศาสตร์และให้โอกาสครูทำงานร่วมกันและเรียนรู้จากนักคณิตศาสตร์และนักการศึกษาคณิตศาสตร์ภายในบริบทห้องเรียนของตนเอง ความสำคัญของการศึกษานี้เพื่อช่วยเหลือครูในการเรียนรู้ระบุและสร้างการสำรวจคณิตศาสตร์ที่ดีสำหรับนักเรียน เป็นการค้นหาปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่น่าสนใจ และจากการศึกษา

บทเรียนกระบวนการพัฒนาวิชาชีพครูของชาวญี่ปุ่นนั้น พบว่า ในชีวิตคณิตศาสตร์มีอยู่ทั่วไป และความรับผิดชอบในการเสริมสร้างการเรียนรู้จากหนังสือซึ่งเป็นเชิงปริมาณควรแพร่หลายไปทั่วทั้งหลักสูตร การพัฒนาจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ควรได้รับการยกย่องมากกว่าเรื่องของห้องเรียนคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว เพียงแต่ว่ามันคือสถานที่เริ่มต้นในการปลูกฝังเท่านั้น

Schuchman (2010) ได้ทำการศึกษาเชิงปริมาณเกี่ยวกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโรงเรียนสาธารณะโดยมุ่งศึกษาเปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีเพศต่างกัน และระดับชั้นต่างกันผลการวิจัยพบว่า นักเรียนเพศชายมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกันส่วนนักเรียนหญิงในระดับที่ต่างกันมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ต่างกันโดยสามารถนำผลดังกล่าวไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาเจตคติของนักเรียนโดยการเพิ่มโอกาสและทางเลือกในการประกอบอาชีพให้เหมาะสมในแต่ละกลุ่ม

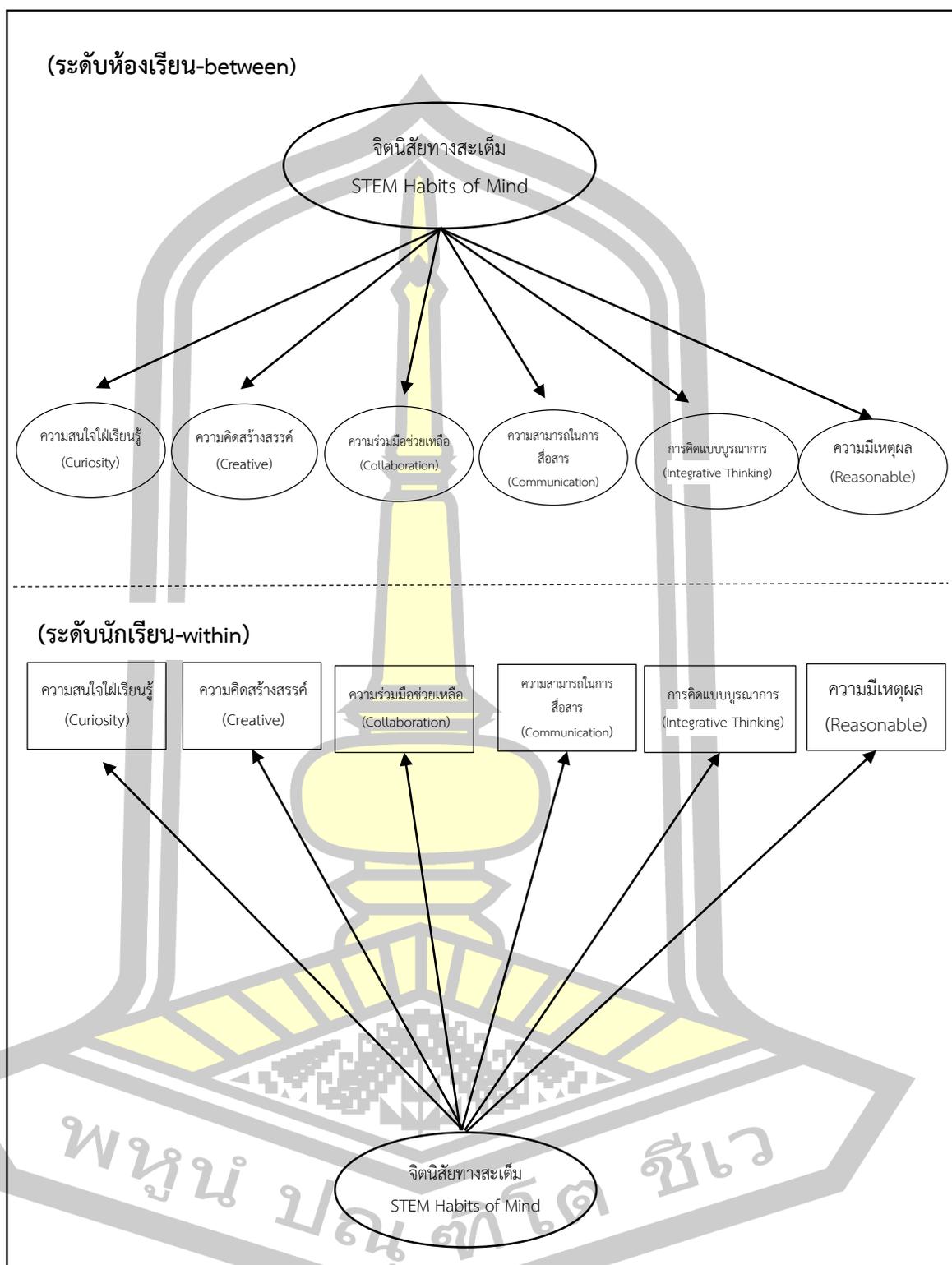
Kien และ Annie (2013) ได้ศึกษาจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์โดยเชิญนักคณิตศาสตร์ที่สนใจในการที่จะช่วยพัฒนาจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียน โดยมีวัตถุประสงค์ คือ (ก) เพื่อหารือเกี่ยวกับมุมมองและแง่มุมต่าง ๆ ของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ (ข) การสำรวจหนทางในการวิจัย (ค) เพื่อส่งเสริมความร่วมมือด้านการวิจัยและ (ง) เป็นความสนใจของนักศึกษาปริญญาเอกในเรื่องนี้ โดยนักศึกษาระดับปริญญาเอกที่จัดงานนี้ขึ้นจะช่วยอำนวยความสะดวกในการอภิปรายในระหว่างการประชุม ได้ภาพรวมของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ รวมถึงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับนิสัยของการคิดเชิงจิตวิธีการทางคณิตศาสตร์ การรู้ในการปฏิบัติหน้าที่ในขณะนี้ การจัดจำหน่ายทางปัญญา และ พฤติกรรม จึงเชิญนักการศึกษาคณิตศาสตร์ที่มีความสนใจในจิตนิสัยและโดยเฉพาะผู้ที่ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับจิตนิสัยเพื่อแบ่งปันผลงานของพวกเขา และได้สรุปเป็นภาพรวมของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ที่รวบรวมจากการร่วมประชุมของนักการศึกษาคณิตศาสตร์

Dwirahayu , Kustiawati และ Bidari (2017) ได้ศึกษาเกี่ยวกับนิสัยที่สอดคล้องกับความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยให้ความสำคัญกับความสนใจของครูคณิตศาสตร์ต่อนิสัยการเรียนรู้ของนักเรียน การวิจัยทำได้สำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความคิดและความสามารถในการสรุป ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 8 ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่โรงเรียนอิสลาม 32 ที่จากการดำ ตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2555 ประกอบไปด้วย นักเรียน จำนวน 38 คน มีเครื่องมืออยู่ 3 ชนิด 1. แบบสอบถามจิตนิสัยผ่านการสังเกตการณ์ 2. การทดสอบความเข้าใจทั่วไป 3. แบบสอบถามนิสัยและข้อสังเกต โดยแบบวัดจิตนิสัยมีตัวชี้วัด 4 อย่าง ได้แก่ ความมุ่งมั่น การคิดเกี่ยวกับความคิด ความคิดยืดหยุ่น และการใช้ความรู้เดิมกับสถานการณ์ใหม่ โดยผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าจิตนิสัยมีผลต่อความสามารถทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 8 จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์การถดถอย ได้ข้อสรุปคือความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมและความสามารถทางคณิตศาสตร์ ได้อิทธิพลของจิตนิสัยต่อความสามารถทางคณิตศาสตร์

เท่ากับ 40.9% สรุปผลการวิจัยได้ว่า โดยทั่วไปทุกคนมีศักยภาพในตนเองไม่ว่าจะเป็นรูปแบบของความรู้ ทักษะและทักษะ ผลการวิเคราะห์พบว่ากระบวนการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของนิสิต การเรียนรู้ของนักเรียนมีพัฒนาการน้อยลงในกระบวนการเรียนรู้ผลกระทบของนิสิตที่มีต่อความสามารถทางคณิตศาสตร์ คือ 40% ถ้าครูสามารถพัฒนาความรู้ ทักษะและทักษะของนักเรียน ในแบบองค์รวมตามความคาดหวังศักยภาพของนักเรียนในการได้รับความรู้ทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น หรือดีกว่าเดิม

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในไทยและต่างประเทศ จะเห็นได้ว่า จิตินิสัยทางสะเต็มมีความสำคัญ ซึ่งจิตินิสัยทางสะเต็มจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการดำเนินงานจนเป็นนิสัยทำให้สามารถเผชิญกับสิ่งต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจิตินิสัยทางสะเต็มนี้จะช่วยให้ผู้เรียน บูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม มาใช้ในการดำเนินชีวิตอย่างมีเหตุผล มีความคิดสร้างสรรค์ มีความสนใจใฝ่รู้ ร่วมมือกับผู้อื่นเป็นอย่างดี รู้จักการสื่อสาร และคิดอย่างบูรณาการ สำหรับนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา ตอนปลายนั้นควรมีคุณลักษณะใดบ้างที่บ่งชี้ว่าเป็นผู้มีจิตินิสัยทางสะเต็ม

พหุบัน ปณุ สกิต ชีเว



ภาพประกอบ 2 กรอบแนวคิดการวิจัยโมเดลการวัดจิตนิสัยทางสะเต็ม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันยันพุทธระดับจิตนิสัยทางสะเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาในครั้งนี ผู้วิจัยดำเนินการตามลำดับ ดังต่อไปนี้

1. ประชากรและตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ของโรงเรียนในจังหวัดยโสธร แบ่งเป็น 2 เขต ได้แก่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาประถมศึกษา ยโสธรเขต 1 ซึ่งมี 183 โรงเรียน จำนวน 6,735 คน และสังกัดสำนักงานเขต พื้นที่การศึกษาประถมศึกษา ยโสธรเขต 2 ซึ่งมี 179 โรงเรียน จำนวน 6,290 คน รวมประชากรทั้งสิ้น 13,025 คน จาก 362 โรงเรียน แสดงดังตาราง 4

ตาราง 4 รายละเอียดประชากร โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา จำนวนนักเรียนและห้องเรียน ระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลายในจังหวัดยโสธร

ขนาดโรงเรียน	จำนวน		
	โรงเรียน (โรง)	ห้องเรียน (ห้อง)	นักเรียน(คน)
ขนาดใหญ่พิเศษ	1	24	818
ขนาดใหญ่	2	26	748
ขนาดกลาง	101	330	5,755
ขนาดเล็ก	258	770	5,704
รวม	362	1,150	13,025

2. ตัวอย่าง

ตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2563 จังหวัดยโสธร จำนวน 605 คน จำนวน 64 ห้องเรียน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Random Sampling) มีวิธีการกำหนดตัวอย่างและการสุ่มตามลำดับ ดังนี้

1. การกำหนดขนาดตัวอย่างผู้วิจัยได้กำหนดขนาดตัวอย่างโดยอาศัยแนวคิดของ Linderman, Merenda และ Gold (1980) ตั้งข้อคำถามกำหนดว่าการประมาณค่าขนาดกลุ่มตัวอย่างของตัวแปรแฝง 1 ตัว ควรกำหนดตัวอย่างจาก Linderman, Merenda และ Gold ประมาณ 20 หน่วย ตัวอย่างควรใช้อย่างน้อย 20 เท่าของจำนวนตัวแปร ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดตัวอย่างนักเรียน 20 เท่าของจำนวนตัวแปร ซึ่งตัวแปรในการวิจัยครั้งนี้ มีทั้งหมด 14 ตัวแปร ดังนั้น ดังนั้นตัวอย่างที่ใช้จึงต้องมีอย่างต่ำ จำนวน 280 คน แต่เพื่อให้โมเดลมีความแข็งแกร่งในการวิจัยครั้งนี้จึงใช้ตัวอย่าง จำนวน 605 คน จากห้องเรียน จำนวน 64 ห้องเรียน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Random Sampling) การสุ่มของตัวอย่างตามขั้นตอนดังนี้

2. สุ่มตัวอย่างตามลำดับขั้นดังนี้

ขั้นที่ 1 การสุ่มเลือกโรงเรียน โดยจำแนกโรงเรียนในแต่ละเขตพื้นที่ออกเป็น 4 ขนาด ตามเกณฑ์การแบ่งขนาดโรงเรียนของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 1 โรง ขนาดใหญ่ 2 โรง ขนาดกลาง 101 โรง และโรงเรียนขนาดเล็ก 258 โรง เนื่องจากโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษมี 1 โรง ผู้วิจัยจึงไม่ได้สุ่มโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ สุ่มโรงเรียนขนาดใหญ่ 50% สุ่มโรงเรียนขนาดกลาง 10% และสุ่มโรงเรียนขนาดเล็ก 2% ได้จำนวนโรงเรียนทั้งสิ้น 17 โรงเรียน คือ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 1 โรง ขนาดใหญ่ 1 โรง ขนาดกลาง 10 โรง และขนาดเล็ก 5 โรง โดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) กระทรวงศึกษาธิการ ได้กำหนดขนาดโรงเรียนดังนี้ (สำนักงานศึกษาธิการจังหวัดอุดรธานี, 2563)

ขนาดใหญ่พิเศษ	จำนวนนักเรียน 1,501 ขึ้นไป
ขนาดใหญ่	จำนวนนักเรียน 601-1,500 คน
ขนาดกลาง	จำนวนนักเรียน 121-600 คน
ขนาดเล็ก	จำนวนนักเรียน 1-120 คน

ขั้นที่ 2 การสุ่มเลือกห้องเรียน โดยสุ่มห้องเรียนจากโรงเรียนตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ได้ห้องเรียนในโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 15 ห้อง ห้องเรียนในโรงเรียนขนาดใหญ่ 6 ห้อง ห้องเรียนในโรงเรียนขนาดกลาง 30 ห้อง และห้องเรียนในโรงเรียนขนาดเล็ก 15 ห้อง ซึ่งมีทั้งสิ้น 66 ห้อง ได้นักเรียนที่ใช้เป็นตัวอย่างซึ่งมีจำนวนมากกว่า ตัวอย่างที่กำหนดไว้ 615 คน ปรากฏดังตาราง 5-6

ตาราง 5 จำนวนตัวอย่างนักเรียนที่ได้จากการสุ่มและอัตราการตอบกลับ จำแนกตามขนาดโรงเรียน

ขนาดโรงเรียน	สุ่มได้จำนวน		ตอบกลับจำนวน (ร้อยละ)	
	ห้องเรียน	นักเรียน	นักเรียน	ห้องเรียน
ใหญ่พิเศษ	15	300	300(100)	15(100)
ใหญ่	6	120	120(100)	6(100)
กลาง	30	150	145(96.67)	29(96.67)
เล็ก	15	45	40(88.89)	14(93.33)
รวม	66	615	605(98.37)	64(96.97)

ตาราง 6 จำนวนห้องเรียนและนักเรียนที่ได้จากการสุ่ม จำแนกตามขนาดโรงเรียนและระดับชั้น

ขนาด โรงเรียน	โรงเรียน	ระดับชั้น						รวม	
		ป.4		ป.5		ป.6		ห้องเรียน (ห้อง)	นักเรียน (คน)
		ห้องเรียน (ห้อง)	นักเรียน (คน)	ห้องเรียน (ห้อง)	นักเรียน (คน)	ห้องเรียน (ห้อง)	นักเรียน (คน)		
ใหญ่พิเศษ	อนุบาลโสธร	5	100	5	100	5	100	15	300
ใหญ่	อนุบาลเลิงนกทา	2	40	2	40	2	40	6	120
กลาง	คำเขื่อนแก้ว	1	5	1	5	1	5	3	145
	บ้านตาดทอง	1	5	1	5	1	5	3	
	บ้านทุ่งแต้	1	5	1	5	1	5	3	
	อนุบาลฟ้าหยาดฯ	1	5	1	5	1	5	3	
	อนุบาลค้อวัง	1	5	1	5	1	5	3	
	กุดคอกก่านโคก								
	สำราญฯ	1	5	1	5	1	5	3	
	บ้านช่องเม็ก	1	5	1	5	1	5	3	
	ทรายมูลประชา								
	ราษฎร์	1	5	1	5	1	5	3	
	อนุบาลกุดชุม	1	5	1	5	1	5	3	
	พัฒนาฯ								
บ้านห้องแซง	1	5	0	0	1	5	2		

ตาราง 6 (ต่อ)

ขนาด โรงเรียน	โรงเรียน	ระดับชั้น						รวม	
		ป.4		ป.5		ป.6		ห้องเรียน (ห้อง)	นักเรียน (คน)
		ห้องเรียน (ห้อง)	นักเรียน (คน)	ห้องเรียน (ห้อง)	นักเรียน (คน)	ห้องเรียน (ห้อง)	นักเรียน (คน)		
เล็ก	บ้านเดิด	0	0	1	3	1	3	2	40
	บ้านสำราญ	1	3	1	3	1	3	3	
	บ้านดอนม่วงป่าโมง	1	3	1	2	1	2	3	
	บ้านสร้างแต้นา								
	ประเสริฐ	1	3	1	3	1	3	3	
	บ้านโคกเจริญ	1	3	1	3	1	3	3	
รวม		21	202	21	199	22	204	64	605

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบวัดจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย จังหวัดยโสธร มีลักษณะเป็นแบบวัด แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด โดยแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไป ประกอบด้วย เพศ ระดับชั้น

ตอนที่ 2 แบบวัดคุณลักษณะจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย จังหวัดยโสธร ซึ่งประกอบไปด้วย ความสนใจใฝ่รู้ (Curiosity) ความคิดสร้างสรรค์ (Creative) ความร่วมมือช่วยเหลือ (Collaboration) ความสามารถในการสื่อสาร (Communication) การคิดแบบบูรณาการ (Integrative Thinking) และความมีเหตุผล (Reasonable) โดยเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 42 ข้อ

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แบบวัดคุณลักษณะจิตนิสัยทาง สะเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ชนิดมาตราส่วนประมาณค่า ประกอบด้วย 2 ตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ถ้ามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนบุคคลของนักเรียนลักษณะของแบบวัดเป็นแบบ ตรวจสอบรายการ (Check list)

ตอนที่ 2 แบบวัดคุณลักษณะจิตนิสัยทางสะเต็มที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งมีลักษณะ ข้อคำถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ดังนี้

มากที่สุด หมายถึง นักเรียนเห็นด้วยกับข้อความนั้นทุกประการ
 มาก หมายถึง นักเรียนเห็นด้วยกับข้อความนั้นมากหรือค่อนข้างมาก
 ปานกลาง หมายถึง นักเรียนไม่แน่ใจที่จะตัดสินใจเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับ
 ข้อความนั้น ๆ
 น้อย หมายถึง นักเรียนค่อนข้างไม่เห็นด้วยกับข้อความนั้น
 น้อยที่สุด หมายถึง นักเรียนไม่เห็นด้วยกับข้อความนั้นเลย

ในการดำเนินการสร้างเครื่องมือวัดจิตนิสัยทางสะเต็มนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบวัดดังนี้
 - 1.1 เพื่อสร้างแบบวัดจิตนิสัยทางสะเต็มสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย
 - 1.2 เพื่อหาคุณภาพของแบบวัดจิตนิสัยทางสะเต็ม ด้านค่าอำนาจจำแนก

โดยการหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม ค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน และค่าความเชื่อมั่นโดยใช้หลักสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของ คอร์นบาค

2. ศึกษาทฤษฎีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับจิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างนิยามปฏิบัติการในการสร้างแบบวัด

3. เขียนนิยามปฏิบัติการคุณลักษณะจิตนิสัยทางสะเต็มตามที่ได้ทำการศึกษา และกำหนดแผนการเขียนข้อคำถาม

4. เขียนข้อคำถามตามนิยามศัพท์เฉพาะ และเขียนข้อคำถามจิตนิสัยทางสะเต็มให้มีความครอบคลุมตามโครงสร้างนิยามปฏิบัติการแบบวัดคุณลักษณะจิตนิสัยทางสะเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย

5. วิพากษ์และปรับแก้ข้อคำถามกับที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อให้ข้อคำถามมีความเที่ยงตรงและครอบคลุมตามโครงสร้างทฤษฎีและคัดเลือกข้อคำถาม

6. นำแบบวัดที่สร้างให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ พิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ตลอดจนความชัดเจนของข้อความและความถูกต้องของภาษา ต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วย

6.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อพันธ์ พิลาพิชิต อาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัยและประเมินผลการศึกษา

6.2 นายเอกสิทธิ์ ปิยะแสงทอง นักวิชาการศึกษานำวิทยากร กลุ่มพัฒนาการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษ สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์

6.3 ดร.วุฒิกโร ไสเหลียม อาจารย์ประจำสาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลขอนแก่น ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

6.4 นางวาสนา จันเสริม ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนพุทไธสง อำเภอพุทไธสง จังหวัดบุรีรัมย์ ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์

6.5 นางสาวพรลภัส เมฆไชยภักดิ์ นักจิตวิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษา โสธร เขต 2 ผู้เชี่ยวชาญด้านจิตวิทยาการศึกษา

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับนิยาม

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับนิยาม

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับนิยาม

7. วิเคราะห์ข้อมูลการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะโดยใช้สูตร IOC (Index of Item Objective Congruence) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2554) เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องและพิจารณาคัดเลือกข้อคำถามที่มีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 0.50-1.00 ไว้ และปรับปรุงแก้ไขข้อความที่ไม่เหมาะสมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า เมื่อพิจารณาข้อคำถามจำนวน 65 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ทุกข้อ และมีจำนวน 5 ข้อ ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60-0.80 ผู้วิจัยคัดเลือกค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 (ภาคผนวก ง) ปรากฏดังตาราง 7

ตาราง 7 โครงสร้างเนื้อหาของแบบวัดจิตนิสัยทางสะเต็ม

องค์ประกอบจิตนิสัย ทางสะเต็ม	จำนวนตัว แปรสังเกต ได้	คำถาม (ข้อ)			
		สร้าง	จำนวนข้อที่ค่า IOC ผ่านเกณฑ์	นำไป ทดลองใช้	นำไปใช้ จริง
1. ความสนใจใฝ่รู้	4	20	20	20	12
2. ความคิดสร้างสรรค์	2	10	9	9	6
3. ความร่วมมือร่วมใจ	2	10	8	8	6
4. ความสามารถในการสื่อสาร	2	10	8	8	6
5. การคิดแบบบูรณาการ	2	10	10	10	6
6. ความมีเหตุผล	2	10	10	10	6
รวม	14	70	65	65	42

8. นำข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ไปทดลองใช้ (Try-Out) กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 ที่ไม่ใช่ตัวอย่าง จำนวน 200 คน จากโรงเรียนที่ไม่ใช่ตัวอย่าง ได้แก่ โรงเรียนอนุบาลลุมพุก (วันครู2503) จำนวน 90 คน โรงเรียนบ้านกุดแห่ จำนวน 60 คน โรงเรียนบ้านหนองชุม จำนวน 50 คน จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์หาคุณภาพรายข้อ เพื่อหาค่าอำนาจจำแนกโดยใช้ Item–Total Correlation (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2552) ผู้วิจัยได้ข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ 65 ข้อ และคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนกสูงสุดในแต่ละองค์ประกอบ และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จนได้ข้อคำถามแบบมาตรฐานค่าเพียง 42 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.346 ถึง 0.576 (ภาคผนวก จ)

9. นำข้อคำถามที่ได้จากข้อ 8 มาหาคุณภาพของเครื่องมือในด้านความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbarch's alpha coefficient) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2554) ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.918

10. ปรับปรุงแก้ไขจนได้แบบสอบถามที่มีคุณภาพ แล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับจริง เพื่อนำไปไว้ใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

1. ขอนหนังสือจากคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ติดต่อโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่ออนุญาตจากผู้บริหารเพื่อกำหนดวันและเวลา
3. ผู้วิจัยและอาจารย์ผู้สอนเป็นผู้ดำเนินการเก็บข้อมูล
4. อธิบายให้นักเรียนฟังทุกครั้งในการทำแบบวัดคุณลักษณะจิตนิสัยทางสะเต็ม เพื่อให้นักเรียนทุกคนมีความเข้าใจ
5. นำข้อมูลจากแบบวัดที่เก็บรวบรวมกลับมาตรวจสอบความสมบูรณ์ของคำตอบและทำการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ตอน คือ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น 2) การวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือ 3) การวิเคราะห์เพื่อตอบจุดมุ่งหมายการวิจัย รายละเอียดแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าความเบ้ (Skewness) และค่าความโด่ง (Kurtosis) สำหรับตัวแปรกลุ่ม ผู้วิจัยวิเคราะห์ด้วยการคำนวณร้อยละและความถี่ของตัวแปรแต่ละตัว ผลการวิเคราะห์เพื่อศึกษาลักษณะการแจกแจง การกระจายตรวจดูค่าขาดหายและค่าสุดได้

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือ

1. ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของข้อคำถามแต่ละข้อกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการถามหรือวัดโดยใช้สูตร IOC หาค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2. ความเที่ยง (Reliability) ของเครื่องมือทั้งฉบับโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach)

3. ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยใช้วิธีการหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวมของข้ออื่น ๆ ที่เหลือทั้งหมด (Item Total Correlation) โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation)

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์เพื่อตอบจุดมุ่งหมายการวิจัย

1. การวิเคราะห์เพื่อพิจารณาความเหมาะสมว่าตัวแปรมีความเหมาะสมในการวิเคราะห์องค์ประกอบหรือไม่ ด้วยการวิเคราะห์ ค่าสถิติ Bartlett's test of sphericity ซึ่งเป็นค่าสถิติทดสอบสมมติฐานว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์นั้นเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ (Identity Matrix) หรือไม่ โดยพิจารณาจากค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ .05 ($P < .05$) ซึ่งแสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ของประชากรไม่เป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ และเมทริกซ์สหสัมพันธ์นั้นมีความเหมาะสมที่จะใช้วิเคราะห์องค์ประกอบต่อไป การวิเคราะห์ค่าดัชนี Kaiser Meyer Olkin (KMO) เป็นดัชนีเปรียบเทียบขนาดของค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างตัวแปรแต่ละคู่ เมื่อจัดความแปรปรวนของตัวแปรอื่น ๆ ออกไปว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรมากพอ (Measure of Sampling adequacy) ที่จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบหรือไม่ ถ้าหาก KMO มีค่าใกล้ 1 แสดงว่ามีความเหมาะสมมาก ส่วนต่ำที่น้อยกว่า 0.50 เป็นค่าที่ไม่เหมาะสมและไม่สามารถยอมรับได้ (ฉัตรศิริ ปิยพิมลสิทธิ์, 2555)

ค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)	ระดับความเหมาะสม
KMO > .90	ดีมาก
.80 < KMO < .89	ดี
.70 < KMO < .79	ปานกลาง
.60 < KMO < .69	น้อย
.50 < KMO < .59	น้อยมาก
KMO < .50	ไม่เหมาะสมและไม่สามารถยอมรับได้

2. การวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์พหุระดับ โดยวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass correlations ; ICC) ระหว่างตัวแปรทั้ง 2 ระดับ เพื่อพิจารณาว่าร้อยละของการผันแปรทั้งหมดในแต่ละระดับชั้น นอกจากมีความผันแปรภายในกลุ่มแล้ว ยังมีความผันแปรระหว่างกลุ่มหรือไม่ เนื่องจากการวิเคราะห์พหุระดับนั้น ตัวแปรที่ศึกษานั้น ต้องมีความผันแปรทั้งในระดับนักเรียนและระดับห้องเรียน จึงจะมีความเหมาะสมที่จะนำตัวแปรไปวิเคราะห์พหุระดับ ซึ่งพิจารณาจากค่า ICC ถ้า ICC มีขนาดใหญ่ แสดงว่ามีความสอดคล้องกันสูง แต่ถ้า ICC มีขนาดเล็ก ($< .05$) แสดงว่าข้อมูลในระดับบุคคลไม่มีความผันแปรในระดับห้องเรียน ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องนำข้อมูลไปวิเคราะห์พหุระดับ ทั้งนี้ค่า ICC ควรมีความมากกว่า 0.05 (Snijders and Bosker, 1999) สำหรับการวิเคราะห์ครั้งในใช้โปรแกรม Mplus 8.3 ในการตรวจสอบความตรงของโมเดลการวัดพหุระดับด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบพหุระดับ (MCFA)

หากผลการวิเคราะห์พบว่า รูปแบบมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แสดงว่ารูปแบบมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง พิจารณาจากค่าไค-สแควร์ ค่าดัชนีวัดระดับ

ความกลมกลืนเปรียบเทียบ (Comparative Fit Index : CFI) ค่าดัชนี Tucker-Lewis (TLI) ค่าดัชนีรากของกำลังที่สองเฉลี่ยของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square Error of Approximation : RMSEA) ค่าของดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของเศษที่เหลือมาตรฐาน (Standardized Root Mean Square Residual : SRMR) เป็นต้น (สุภมาส อังศิโชติและคณะ, 2557) ถ้ารูปแบบที่ได้ไม่มีความตรง ผู้วิจัยจะปรับรูปแบบแล้ววิเคราะห์ใหม่ด้วยการปรับแก้ไขตามข้อเสนอแนะที่โปรแกรมรายงานหลังจากเสร็จสิ้นการคำนวณ พิจารณาจากดัชนีปรับรูปแบบ (Modification Indices) เพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงของแบบวัดจิตนิสัยทางสะเต็ม จนกว่าจะได้รูปแบบที่มีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง เพื่อพิจารณาว่าตัวบ่งชี้ที่วัดมีความสอดคล้องตรงกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่

ตาราง 8 ผลการสังเคราะห์เกณฑ์ดัชนีความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดล

ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืน	ระดับความสอดคล้อง	คำอธิบาย
Chi-Square χ^2	ระดับนัยสำคัญมากกว่า .05 $P > 0.05$	ต้องดูประกอบกับดัชนีอื่นๆ อาจเกิดความลำเอียงเนื่องจากขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
χ^2/df	2:1 (Tabachnik and Fidell, 2007) 3:1 (Kline, 2005)	ปรับตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง ถ้ากลุ่มตัวอย่างมากควรใช้เกณฑ์ 2:1
RMSEA (Root mean square error of approximation) ดัชนีรากของกำลังสองของการประมาณค่าความคลาดเคลื่อน	RMSEA ควรมีค่าน้อยกว่า 0.07 (Steiger, 2007)	น้อยกว่า 0.03 มีความสอดคล้องดีมาก
GFI (Goodness of Fit Index) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน	GFI ควรมีค่ามากกว่า 0.95	มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ค่ายิ่งมากแสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องดี
SRMR (Standard root mean square resident) ดัชนีฐานรากค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ	SRMR ควรมีค่าน้อยกว่า 0.08 (Hu and Bentler, 1999)	ค่า SRMR มาตรฐานง่ายต่อการแปลความหมาย
NFI (Normed Fit Index) NFI	ควรมีค่ามากกว่า 0.95	ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก มีแนวโน้มที่จะประมาณค่าเกินจริง
CFI (Comparative Fit Index) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนเปรียบเทียบ	CFI ควรมีค่ามากกว่า 0.90	เป็นค่ามาตรฐานมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

ที่มา : Hooper and others (2008)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

1.1 ร้อยละ (Percentage) สูตรการหาร้อยละมีดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

$$P = \frac{T}{N} \times 100$$

เมื่อ P แทน ร้อยละ

T แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นค่าร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) กรณีคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตสำหรับข้อมูลที่แจกแจงความถี่ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551)

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

เมื่อ $\sum x$ แทน ผลรวมของข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง

n แทน จำนวนข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง

1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) กรณีรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างใช้สูตร (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551)

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

เมื่อ X แทน ค่าของข้อมูลและตัวหรือจุดกึ่งกลางชั้นแต่ละชั้น

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่าง

f แทน ค่าความถี่ของข้อมูลแต่ละชั้น

2. การวิเคราะห์หาคคุณภาพของเครื่องมือ

2.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ของแบบวัดและแบบประเมิน โดยใช้วิธีหา
ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อคำถามแต่ละข้อกับนิยามศัพท์เฉพาะ โดยใช้สูตรดังนี้
(ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2554)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีของความสอดคล้อง
 $\sum R$ แทน ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
 n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยใช้วิธีหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง
คะแนนรายข้อกับคะแนนรวมจากข้ออื่น ๆ ที่เหลือทั้งหมด (Corrected Item-Total Correlation)
โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2560)

$$r_{xy} = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ r_{xy} แทน ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ
 n แทน จำนวนนักเรียน
 X แทน คะแนนของข้อคำถาม
 Y แทน คะแนนรวมของข้ออื่น ๆ ที่เหลือทุกข้อ

2.3 หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบราค
มีสูตรดังนี้ (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2554)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_x^2} \right]$$

เมื่อ α แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
 k แทน จำนวนข้อสอบของแบบวัด

$\sum S_i^2$ แทน ผลรวมของความแปรปรวนของแต่ละข้อ

S_X^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

3. การวิเคราะห์เพื่อตอบจุดมุ่งหมายการวิจัย

3.1 หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) โดยใช้สูตรดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2555)

$$r_{xy} = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ r_{xy} แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x กับ y

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนตัวแปร x

$\sum Y$ แทน ผลรวมของคะแนนตัวแปร y

$\sum XY$ แทน ผลรวมของผลคูณทั้งหมดของคะแนน x กับ y

$\sum X^2$ แทน ผลรวมคะแนนของชุด x แต่ละตัวยกกำลังสอง

$\sum Y^2$ แทน ผลรวมคะแนนของชุด y แต่ละตัวยกกำลังสอง

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

3.2 ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square Statistic) ค่าสถิติไค-สแควร์เป็นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานทางสถิติว่าฟังก์ชันความถ่วงมีค่าเป็นศูนย์ ค่าสถิติไค-สแควร์มีค่าต่ำมากยิ่งมีค่าใกล้ศูนย์มากเท่าไร หรือค่าใกล้เคียงกับจำนวนองศาแห่งความเป็นอิสระ (Degree of Freedom) แสดงว่า โมเดลทางทฤษฎีมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

$$\chi^2 = (n-1) F[s, \Sigma(\theta)]; d = \frac{1}{2}(k)(k+1) - t$$

เมื่อ χ^2 แทน ฟังก์ชันความถ่วงของโมเดลจากพารามิเตอร์

n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

D แทน องศาเสรี (Degree of freedom)

k แทน จำนวนตัวแปรสังเกตได้

$F[s, \Sigma(\theta)]$ แทน ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความถ่วงของโมเดลจากพารามิเตอร์

3.3 ดัชนีวัดความกลมกลืนเปรียบเทียบ CFI (comparative fit index)

Bentler (1990) ได้เสนอ CFI ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของ (non central χ^2 distribution) ดัชนี CFI มีพิสัยอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 หากมีค่าสูงถึง 0.9 แปลได้ว่าโมเดลตามสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลมีสูตร ดังนี้ (ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, 2541)

$$CFI = 1 - \frac{\chi^2_t - df_t}{\chi^2_f - df_f}$$

เมื่อ	CFI	แทน	ดัชนีวัดความกลมกลืนเปรียบเทียบ
	χ^2_t	แทน	ดัชนีตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลตามสมมติฐาน
	χ^2_f	แทน	ดัชนีตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลอิสระ
	df_t	แทน	ค่าองศาอิสระของโมเดลตามสมมติฐาน
	df_f	แทน	ค่าองศาอิสระของโมเดลอิสระ

3.4 ดัชนีค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (Root Mean Square Error of Approximation : RMSEA) มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้าค่าดัชนี RMSEA มีค่าต่ำกว่า 0.05 แสดงว่า โมเดลตามสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

$$RMSEA = \sqrt{\frac{\hat{F}_0}{d}}$$

เมื่อ	RMSEA	แทน	ดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของความแตกต่างโดยประมาณ
	\hat{F}_0	แทน	MAX (nF - d, 0)
	F	แทน	ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความกลมกลืนของโมเดลจากพารามิเตอร์
	n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
	d	แทน	องศาอิสระ

3.5 ดัชนีค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน (Standardized Root Mean Square Residual : SRMR) เป็นค่าดัชนีบอกความคลาดเคลื่อนจากการเปรียบเทียบระดับความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าดัชนี SRMR มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้ามีค่าต่ำกว่า .05 แสดงว่า โมเดลตามสมมุติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Byrne, 1998 ; Diamantopoulos and Sigauw, 2000)

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

เมื่อ	SRMR	แทน	ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน
	$S_{ii} S_{jj}$	แทน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปร i และ j
	$\hat{\sigma}_{ij}$	แทน	ค่ามาตรฐาน
	p	แทน	จำนวนตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์

พหุ ประถมศึกษา

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการวัด จิตนิสัยทางสะสมเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน พหุระดับ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล และการทำความเข้าใจเกี่ยวกับผลการวิเคราะห์ ข้อมูลมีความสะดวกยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงกำหนดสัญลักษณ์และความหมายที่ใช้แทนค่าสถิติและตัวแปร ต่าง ๆ ในการนำเสนอ ดังนี้

\bar{X}	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (mean)
n	หมายถึง	จำนวนนักเรียนตัวอย่าง
SD	หมายถึง	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)
SE	หมายถึง	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error)
Min	หมายถึง	ค่าคะแนนต่ำสุด
Max	หมายถึง	ค่าคะแนนสูงสุด
Skewness	หมายถึง	ค่าความเบ้ (skewness)
Kurtosis	หมายถึง	ค่าความโด่ง (kurtosis)
χ^2	หมายถึง	ค่าสถิติไค-สแควร์
df	หมายถึง	องศาอิสระ (degree of freedom)
p	หมายถึง	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ
R^2	หมายถึง	สัมประสิทธิ์การทำนาย (coefficient of Determination)
β	หมายถึง	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ
χ^2/df	หมายถึง	ค่าไค-สแควร์สัมพัทธ์

RMSEA	หมายถึง	ค่าความคาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (Root Mean Square Error of Approximation)
GFI	หมายถึง	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน
AGFI	หมายถึง	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนปรับแก้
CFI	หมายถึง	ค่าวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบ (Comparative Fit Index)
SRMR	หมายถึง	ค่าดัชนีมาตรฐานรากของกำลังสองเฉลี่ยของเศษ (Standard Root Mean Square Residual)
W	หมายถึง	ระดับนักเรียน หรือ ภายในกลุ่ม (within group)
B	หมายถึง	ระดับห้องเรียน หรือ ระหว่างกลุ่ม (between group)
Cur	หมายถึง	ความสนใจใฝ่รู้ (Curiosity)
Cre	หมายถึง	ความคิดสร้างสรรค์ (Creative)
Coll	หมายถึง	ความร่วมมือร่วมใจ (Collaboration)
Com	หมายถึง	ความสามารถในการสื่อสาร (Communication)
Itt	หมายถึง	การคิดแบบบูรณาการ (Integrative Thinking)
Rea	หมายถึง	ความมีเหตุผล (Reasonable)
Cur1	หมายถึง	ความอยากรู้อยากเห็น
Cur2	หมายถึง	การถามคำถามและข้อสงสัย
Cur3	หมายถึง	การมองโลกในแง่ดี
Cur4	หมายถึง	แสวงหาความรู้
Cre1	หมายถึง	ความคิดริเริ่ม
Cre2	หมายถึง	ความคิดละเอียดลออ
Coll1	หมายถึง	ความร่วมมือร่วมใจ
Coll2	หมายถึง	การทำงานร่วมกับผู้อื่น
Com1	หมายถึง	การอธิบายได้อย่างชัดเจน
Com2	หมายถึง	การสังเกตและบันทึกผลได้ถูกต้องแม่นยำ
Itt1	หมายถึง	การเชื่อมโยงความรู้
Itt2	หมายถึง	การคิดวิเคราะห์ องค์ประกอบต่าง ๆ
Rea1	หมายถึง	การยอมรับเหตุผล
Rea2	หมายถึง	ความพยายามค้นหาและพิสูจน์คำตอบ

ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างและข้อมูลเบื้องต้นของตัวแปร
สังเกตได้ที่ใช้ในการวิจัย

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบความตรงของโมเดลการวัดพุทธระดับจิตนิสัยทางสะเต็มระดับ
ประถมศึกษา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างและข้อมูลเบื้องต้นของตัวแปร
สังเกตได้ที่ใช้ในการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงผลการวัดวัดจิตนิสัยทางสะเต็มของ
นักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ 1) ผลการวิเคราะห์
ข้อมูลเบื้องต้นของตัวอย่าง 2) ข้อมูลเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้การวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของตัวอย่าง

ตัวแปร จัดประเภทที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ 3 ตัวแปร ได้แก่ เพศ ระดับชั้น
และขนาดของโรงเรียน สามารถแสดงผลดังตาราง 9

ตาราง 9 จำนวนและร้อยละข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างจำนวนด้วยเพศ ระดับชั้นและขนาดของ
โรงเรียน

ตัวแปรจัดประเภท	ประเภท	จำนวน	ร้อยละ
เพศ	ชาย	292	48.30
	หญิง	313	51.70
	รวม	605	100.00
ระดับชั้น	ประถมศึกษาปีที่ 4	203	33.55
	ประถมศึกษาปีที่ 5	203	33.55
	ประถมศึกษาปีที่ 6	199	32.90
	รวม	605	100.00

ตาราง 9 (ต่อ)

ตัวแปรจัดประเภท	ประเภท	จำนวน	ร้อยละ
ขนาดโรงเรียน	ขนาดใหญ่พิเศษ	300	49.59
	ขนาดใหญ่	120	19.83
	ขนาดกลาง	145	23.97
	ขนาดเล็ก	40	6.61
	รวม	605	100.00

จากตาราง 9 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ตัวอย่างเป็นเพศหญิง (ร้อยละ 51.70) เพศชาย (ร้อยละ 48.30) ตัวอย่างชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 (ร้อยละ 33.55) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (ร้อยละ 33.55) และชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (ร้อยละ 32.90) ตัวอย่างขนาดของโรงเรียน ขนาดใหญ่พิเศษ (ร้อยละ 49.59) ขนาดกลาง (ร้อยละ 23.97) ขนาดใหญ่ (ร้อยละ 19.83) และขนาดเล็ก (ร้อยละ 6.61) ตามลำดับ

2. ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ เพื่อศึกษาลักษณะการกระจายและการแจกแจงของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการวิจัยของแต่ละตัว ใช้สถิติเบื้องต้นได้แก่ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าความเบ้ (Skewness) ค่าความโด่ง (Kurtosis) คะแนนสูงสุด (Max) คะแนนต่ำสุด (Min) ซึ่งตัวแปรแฝงคือ ความสนใจใฝ่รู้ (Curiosity) ความคิดสร้างสรรค์ (Creative) ความร่วมมือช่วยเหลือ (Collaboration) ความสามารถในการสื่อสาร (Communication) การคิดแบบบูรณาการ (Integrative Thinking) และความมีเหตุผล (Reasonable) ผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตาราง 10

พหุบัน ปณ จิต โศ ชีเว

ตาราง 10 ค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรสังเกตได้	\bar{X}	SD	Min	Max	Skewness	Kurtosis
ความสนใจใฝ่เรียนรู้						
ความอยากรู้อยากเห็น	3.952	0.850	1.00	5.00	-.724	0.398
การถามคำถามและข้อสงสัย	3.753	0.954	1.00	5.00	-.695	0.121
การมองโลกในแง่ดี	3.610	0.976	1.00	5.00	-.600	-.146
แสวงหาความรู้	3.633	0.918	1.00	5.00	-.581	-.165
ความคิดริเริ่ม	3.610	0.946	1.00	5.00	-.562	-.234
ความคิดละเอียดลออ	3.577	0.893	1.00	5.00	-.495	-.145
ความร่วมมือช่วยเหลือ						
ความร่วมมือแรงร่วมใจ	3.675	0.899	1.00	5.00	-.473	-.247
การทำงานร่วมกับผู้อื่น	3.673	0.888	1.00	5.00	-.494	-.210
ความสามารถในการสื่อสารทาง						
การอธิบายได้อย่างชัดเจน	3.548	0.924	1.00	5.00	-.455	-.481
การสังเกตและบันทึกผลได้ถูกต้องแม่นยำ	3.624	0.863	1.00	5.00	-.402	-.442
การคิดแบบบูรณาการ						
การเชื่อมโยงความรู้	3.546	0.938	1.00	5.00	-.545	-.274
การคิดวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ	3.559	0.905	1.00	5.00	-.433	-.331
ความมีเหตุผล						
การยอมรับเหตุผล	3.562	0.906	1.00	5.00	-.545	-.273
ความพยายามค้นหาและพิสูจน์คำตอบ	3.567	0.919	1.00	5.00	-.433	

จากตาราง 10 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของตัวแปรที่สังเกตได้ที่ใช้ในการวิจัย พบว่า ตัวแปรสังเกตได้มีช่วงคะแนนของการตอบแบบวัดตั้งแต่ 1.00–5.00 ตัวแปรสังเกตได้ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง (3.546-3.952) ตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวมีการกระจายน้อย มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อยู่ระหว่าง 0.850 ถึง 0.976 และตัวแปรสังเกตได้ ส่วนใหญ่

มีการแจกแจงข้อมูลไม่เป็นโค้งปกติ มีค่าความเบ้เป็นลบ ยกเว้นตัวแปรความอยากรู้อยากเห็น และการถามคำถามและข้อสงสัย ซึ่งลักษณะของข้อมูลเบ้ซ้าย แสดงว่าค่าเฉลี่ยตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวค่อนข้างสูง ส่วนค่าความโด่งของตัวแปรสังเกตได้ส่วนใหญ่เป็นลบซึ่งเป็นลักษณะความโด่งเตี้ยแบนกว่าโค้งปกติ แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนในด้านดังกล่าวกระจายกัน

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบความตรงของโมเดลการวัดพุทธระดับจิตินิสัยทางสะเต็มระดับประถมศึกษา

ผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้มีวัดอุปสรรคเพื่อแสดงตรวจสอบความตรงของโมเดลการวัด ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ 1) การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการวิจัย 2) ผลการตรวจสอบความตรงโมเดลการวัดด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพุทธระดับ (MCFA)

2.1 การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ที่ใช้ในการวิจัย

ผลการวิเคราะห์เมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลสมการการวัดจิตินิสัยทางสะเต็ม วัดได้จากตัวแปรสังเกตได้ 14 ตัว คือ ความอยากรู้อยากเห็น (Cur1) การถามคำถามและข้อสงสัย (Cur2) การมองโลกในแง่ดี (Cur3) แสวงหาความรู้ (Cur4) ความคิดริเริ่ม (Cre1) ความคิดละเอียดลออ (Cre2) ความร่วมแรงร่วมใจ (Coll1) การทำงานร่วมกับผู้อื่น (Coll2) การอธิบายได้อย่างชัดเจน (Com1) การสังเกตและบันทึกผลได้ถูกต้องแม่นยำ (Com2) การเชื่อมโยงความรู้ (Itt1) การคิดวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ (Itt2) การยอมรับเหตุผล (Rea1) และความพยายามค้นหาและพิสูจน์คำตอบ (Rea2) มีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.250-0.560 แสดงว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง มีค่า Bartlett's test of sphericity มีค่า Approx Chi-square = 3045.415, df = 91, p = 0.000 แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าดัชนี Kaiser Meyer Olkin (KMO) = 0.943 แสดงว่าเมทริกซ์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลการวัดจิตินิสัยทางสะเต็ม ไม่เป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีมากพอที่จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร พบว่า การมองโลกในแง่ดีมีความสัมพันธ์กับการแสวงหาความรู้ค่อนข้างสูง และการสังเกตบันทึกผลได้ถูกต้องแม่นยำมีความสัมพันธ์กับการคิดวิเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ น้อยมาก แสดงดังตาราง 11

ตาราง 11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรในโมเดล
สมการโครงสร้างพุทธระดับ (n = 605)

ตัวแปร	ค่าสหสัมพันธ์													
	Cur1	Cur2	Cur3	Cur4	Cre1	Cre2	Coll1	Coll2	Com1	Com2	ltt1	ltt2	Rea1	Rea2
Cur1	1.000													
Cur2	.482**	1.000												
Cur3	.329**	.533**	1.000											
Cur4	.307**	.449**	.560**	1.000										
Cre1	.366**	.410**	.459**	.482**	1.000									
Cre2	.410**	.501**	.380**	.380**	.468**	1.000								
Coll1	.362**	.462**	.425**	.434**	.427**	.444**	1.000							
Coll2	.381**	.403**	.436**	.437**	.427**	.406**	.465**	1.000						
Com1	.322**	.399**	.428**	.358**	.370**	.359**	.341**	.352**	1.000					
Com2	.367**	.335**	.429**	.385**	.389**	.349**	.351**	.361**	.459**	1.000				
ltt1	.364**	.391**	.376**	.366**	.408**	.445**	.414**	.390**	.430**	.440**	1.000			
ltt2	.337**	.420**	.450**	.358**	.365**	.378**	.397**	.357**	.374**	.250**	.388**	1.000		
Rea1	.316**	.380**	.461**	.364**	.398**	.419**	.392**	.406**	.367**	.308**	.354**	.414**	1.000	
Rea2	.291**	.399**	.373**	.351**	.337**	.392**	.397**	.351**	.273**	.315**	.319**	.293**	.375**	1.000
ค่าเฉลี่ย	3.952	3.753	3.611	3.633	3.610	3.577	3.675	3.673	3.548	3.624	3.545	3.549	3.562	3.567
SD	0.850	0.954	0.976	0.918	0.946	0.893	0.899	0.888	0.924	0.863	0.938	0.905	0.906	0.919
KMO = 0.943 Bartlett's test of sphericity Approx. Chi - square = 3045.415, df = 91, Sig = 0.000														

หมายเหตุ *p < .01, n = 605

2.2 ผลการตรวจสอบความตรงของโมเดลการวัดด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิง ยืนยันพุทธระดับ (MCFA)

การตรวจสอบความตรงของโมเดลการวัดพุทธระดับจำเป็นต้องดำเนินการ
ก่อนการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างพุทธระดับ โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบพุทธระดับ (MCFA)
ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โมเดลสองกลุ่มไปพร้อม ๆ กัน กลุ่มแรก คือ โมเดลระดับบุคคล (Individual
level) หรือโมเดลภายในกลุ่ม (Within groups : W) และกลุ่มที่สองเป็นโมเดลระดับห้องเรียน
(Classroom level) หรือโมเดลระหว่างกลุ่ม (Between groups : B) การวิเคราะห์นี้ครอบคลุม
เนื้อหาการประมาณค่าความผันแปรระหว่างกลุ่ม การประมาณค่าโครงสร้างภายในกลุ่ม สำหรับ
การวิจัยครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 605 คน ซึ่งอยู่ภายใต้ห้องเรียนจำนวน 64 ห้อง

เนื่องจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพุทธระดับ (MCFA) ตัวแปรที่นำมา
ศึกษาต้องมีความผันแปรทั้งสองระดับจึงมีความเหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบพุทธระดับ

โดยพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass correlation: ICC) เพื่อตรวจสอบว่านอกจากตัวแปรระดับนักเรียน (Individual level) จะมีความผันแปรภายในกลุ่ม (Within groups) แล้วยังมีความผันแปรระหว่างกลุ่ม (Between groups) หรือระดับห้องเรียน (Classroom level) หรือไม่ ถ้าค่า ICC มีขนาดใหญ่ (>.05) แสดงว่ามีความสอดคล้องกันสูง เหมาะที่จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบพหุระดับ แต่ถ้า ICC มีขนาดเล็ก (<.05) แสดงว่าข้อมูลในระดับนักเรียนไม่มีความผันแปรในระดับห้องเรียน จึงไม่จำเป็นต้องนำข้อมูลไปวิเคราะห์พหุระดับ ทั้งนี้ค่า ICC ควรมีขนาดมากกว่า 0.05 (Snijder and Bosker, 1999)

ผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้นของแต่ละตัวแปรสังเกตได้ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.316-0.569 แสดงว่าตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 6 ตัวแปร ในที่นี้คือ ความสนใจใฝ่รู้ ความคิดสร้างสรรค์ ความร่วมมือร่วมใจ ความสามารถในการสื่อสาร การคิดแบบบูรณาการ และควมามีเหตุผล ประมาณร้อยละ 31.60 ถึง 56.90 ซึ่งระดับความผันแปรมีมากพอที่จะนำข้อมูลนี้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบพหุระดับต่อไป โดยเรียงลำดับตัวแปรที่มีความผันแปรมากที่สุดไปน้อยที่สุด ดังนี้ ความสนใจใฝ่รู้ (ICC = 0.569) ความคิดสร้างสรรค์ (ICC = 0.434) ความร่วมมือร่วมใจ (ICC = 0.414) ความสามารถในการสื่อสาร (ICC = 0.359) การคิดแบบบูรณาการ (ICC = 0.334) และควมามีเหตุผล (ICC = 0.316) ตามลำดับ ปรากฏดังตาราง 12

ตาราง 12 ค่าสถิติผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันชั้นพหุระดับของโมเดลจิตนิสัยทางสะเต็ม

องค์ประกอบโมเดลการวัด	ระดับนักเรียน (within groups: W)				ระดับห้องเรียน (between groups: B)				ค่าสหสัมพันธ์ ภายในชั้น (ICC)
	β	SE	t	R ²	β	SE	t	R ²	
ความสนใจใฝ่รู้ (Cur)	0.645**	0.038	16.876	0.416	0.951**	0.018	52.901	0.904	0.569
ความคิดสร้างสรรค์ (Cre)	0.509**	0.041	12.332	0.260	0.999**	0.014	71.010	0.998	0.434
ความร่วมมือร่วมใจ (Coll)	0.530**	0.041	12.820	0.281	0.981**	0.016	60.974	0.963	0.414
ความสามารถในการสื่อสาร (Com)	0.376**	0.046	8.243	0.141	0.996**	0.015	68.326	0.991	0.359
การคิดแบบบูรณาการ(Itt)	0.521**	0.041	12.637	0.271	1.000**	0.034	29.791	0.999	0.334
ควมามีเหตุผล(Rea)	0.504**	0.042	12.052	0.254	0.988**	0.017	58.394	0.976	0.316

$\chi^2 = 16.772$, $df = 18$, $p = 0.539$, $\chi^2/df = 0.931$, CFI = 1.000, RMSEA = 0.000, SRMR_w = 0.021, SRMR_b = 0.010

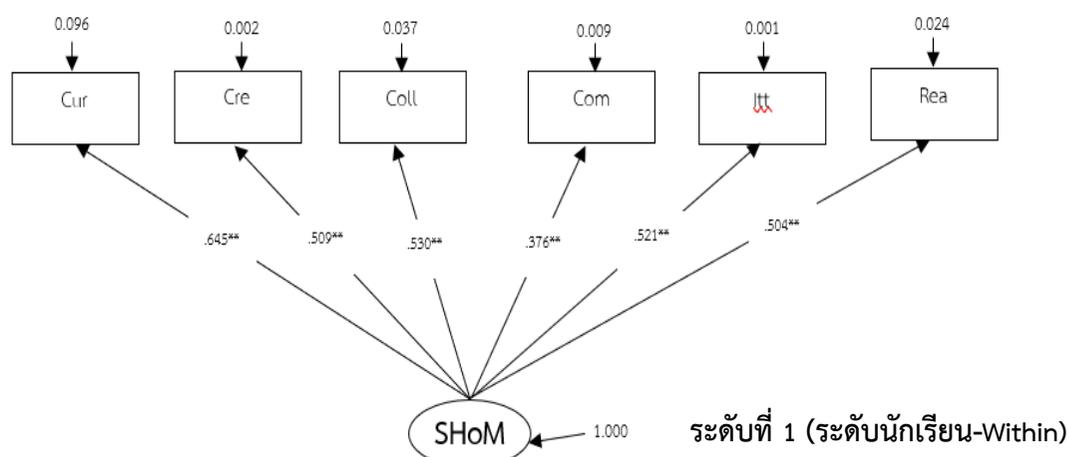
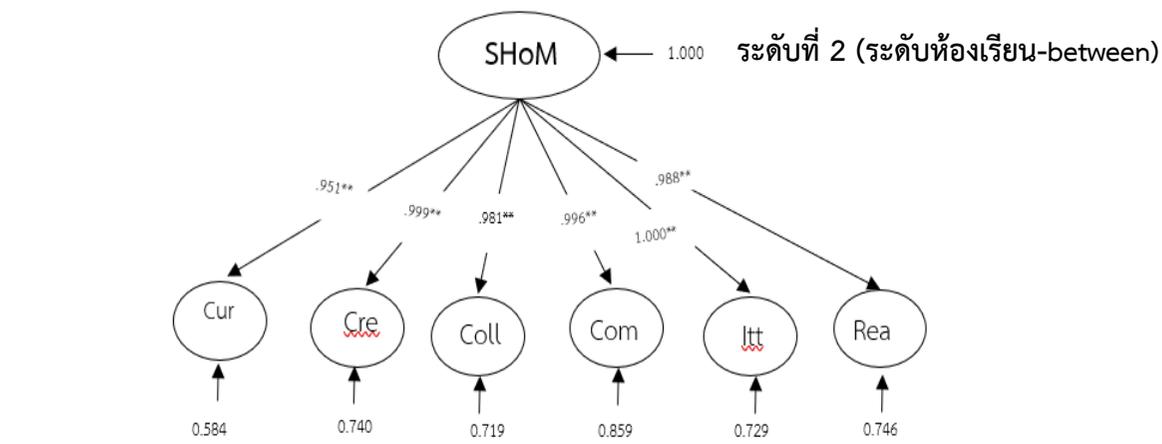
**P < .01

จากตาราง 12 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับ พบว่า โมเดลการวัด จิตนีสัยทางสะเต็มมีความตรงเชิงโครงสร้างหรือมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ทั้งสองระดับ โดยพิจารณาจากค่าสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบความตรงของโมเดลได้แก่ ค่า $\chi^2 = 16.772$, $df = 18$, $\chi^2/df = 0.931$, $p = 0.539$, $CFI = 1.000$, $RMSEA = 0.000$, $SRMR_w = 0.021$, $SRMR_b = 0.010$ แสดงว่าโมเดลมีความตรงเชิงโครงสร้าง ซึ่งสอดคล้องกับค่า χ^2/df ที่มีค่าต่ำกว่า 2.00 ค่า CFI และ TLI ที่มีค่าใกล้ 1 ค่า RMSEA มีค่าต่ำกว่า 0.06 ดัชนี $SRMR_w$ และ $SRMR_b$ มีค่าต่ำกว่า 0.08 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Hooper et al., 2008)

เมื่อพิจารณาความสำคัญขององค์ประกอบแต่ละตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลการวัดจิตนีสัยทางสะเต็ม พบว่าค่าสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (β) ของตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 6 ตัว ในระดับนักเรียน (Within groups) มีค่าตั้งแต่ .376 ถึง .645 แสดงว่าในระดับนักเรียนตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 6 ตัวเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่บ่งบอกถึงจิตนีสัยทางสะเต็มของนักเรียน และทุกตัวแปร มีความสำคัญ โดยตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานมากที่สุด คือ ความสนใจใฝ่รู้ ($\beta = 0.645$) รองลงมาได้แก่ ความร่วมมือร่วมใจ ($\beta = 0.530$) การคิดแบบบูรณาการ ($\beta = 0.521$) ส่วนตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานต่ำกว่าตัวแปรอื่น คือ ความสามารถในการสื่อสาร ($\beta = 0.376$) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (β) ในระดับห้องเรียน (Between groups) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานของตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวแปรมีค่าสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุด คือ การคิดแบบบูรณาการ ($\beta = 1.000$) รองลงมาได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์ ($\beta = 0.999$) ความสามารถในการสื่อสาร ($\beta = 0.996$) ส่วนตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานต่ำกว่าตัวแปรอื่น คือ ความสนใจใฝ่รู้ ($\beta = 0.951$) แสดงว่าในระดับห้องเรียนตัวแปรสังเกตได้ทั้งหมดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่บ่งบอกถึงจิตนีสัยทางสะเต็มของนักเรียน และทุกตัวแปรมีความสำคัญเท่าเทียมกัน

สำหรับความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนร่วมในตัวแปรแฝงจิตนีสัยทางสะเต็มของนักเรียน นั้นพิจารณาได้จากค่า R^2 ของตัวแปรสังเกตได้ทุกค่า ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น โดยระดับนักเรียนค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.141-0.416 หมายความว่า ตัวแปรสังเกตได้เหล่านี้สามารถ อธิบายความแปรปรวนร่วมในตัวแปรแฝงจิตนีสัยทางสะเต็มของนักเรียนได้ประมาณร้อยละ 14.10 ถึง 41.60 ส่วนระดับห้องเรียนค่า R^2 เกือบทุกตัวแปรมีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ใกล้เคียงกัน (ระหว่าง 0.904-0.999) หมายความว่า ตัวแปรสังเกตได้เหล่านี้สามารถอธิบายความแปรปรวนร่วมในตัวแปรแฝงจิตนีสัยทางสะเต็มของนักเรียนได้ประมาณร้อยละ 90.40 ถึง 99.90 แสดงว่าตัวแปรสังเกตได้สามารถอธิบายความแปรปรวนในตัวแปรแฝงจิตนีสัยทางสะเต็มของนักเรียนได้ในระดับสูง โดยระดับห้องเรียนสามารถวัดได้ดีกว่าระดับนักเรียน

จากข้อมูลสรุปได้ว่า ตัวแปรสังเกตได้จิตนีสัยทางสะเต็มสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ระดับนักเรียนและระดับห้องเรียน ในโมเดลการวัดมีความตรงเชิงโครงสร้างหรือมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับสูง นั่นคือ ตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวแปรในโมเดลเป็นตัวแปรสังเกตได้ที่สำคัญ และมีความสัมพันธ์เกื้อกูลซึ่งกันและกัน ซึ่งผลการตรวจสอบโมเดลนี้สรุปในภาพประกอบ 3



$\chi^2 = 16.772$, $df = 18$, $p = 0.539$, $\chi^2/df = 0.931$, $CFI = 1.000$, $RMSEA = 0.000$, $SRMR_w = 0.021$, $SRMR_b = 0.010$

** $p < 0.01$

ภาพประกอบ 3 โมเดลการวัดพุทธระดับจิตนีสัยทางสะเต็ม

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการวัดจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายในจังหวัดยโสธร จำนวน 605 คน จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-Stage Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดจิตนิสัยทางสะเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย จำนวน 42 ข้อ มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.346 ถึง 0.576 มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.918 ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาและตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการวัดจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันนัยนัยพหุระดับ

สรุปผล

ผลการพัฒนาและตรวจสอบความตรงของโมเดลองค์ประกอบจิตนิสัยทางสะเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ในจังหวัดยโสธร พบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยมีค่าสถิติประกอบด้วย Chi-square = 16.772, df = 18, p = 0.539, CFI = 1.000, RMSEA = 0.000, SRMR_w = 0.021, SRMR_b = 0.010 และ Chi-square/df = 0.931 องค์ประกอบจิตนิสัยทางสะเต็มระดับนักเรียนได้แก่ ความสามารถในการสื่อสาร ความมีเหตุผล ความคิดสร้างสรรค์ การคิดแบบบูรณาการ ความร่วมมือร่วมใจ และความสนใจใฝ่รู้ สามารถอธิบายความแปรปรวนของจิตนิสัยทางสะเต็มสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ได้ร้อยละ 14.10, 25.40, 26.00, 27.10, 28.10 และ 41.60 ตามลำดับ ส่วนองค์ประกอบจิตนิสัยทางสะเต็มระดับ

ห้องเรียน ได้แก่ ความสนใจใฝ่รู้ ความร่วมมือร่วมใจ ความมีเหตุผล ความสามารถในการสื่อสาร ความคิดสร้างสรรค์ และการคิดแบบบูรณาการ สามารถอธิบายความแปรปรวนของจิตนิสัยทาง สะเต็มสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ได้ร้อยละ 90.40, 96.30, 97.60, 99.10, 99.98 และ 99.99 ตามลำดับ

อภิปรายผล

ผลการพัฒนาและตรวจสอบความตรงของโมเดลองค์ประกอบจิตนิสัยทางสะเต็มกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ในจังหวัดยโสธร พบว่า โมเดลตามสมมติฐาน มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอย่างละเอียดและชัดเจนทำให้การพัฒนาโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (B) ของตัวแปรระดับนักเรียน พบว่า องค์ประกอบที่มีน้ำหนักความสำคัญมากที่สุดในการอธิบายตัวแปรจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ระดับนักเรียนมากที่สุด คือ ความสนใจใฝ่รู้ รองลงมาคือ ความร่วมมือร่วมใจ การคิดแบบบูรณาการ ความคิดสร้างสรรค์ ความมีเหตุผล และความสามารถในการสื่อสาร ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับ (Multilevel Confirmatory Factor Analysis : MCFA) นั้น เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการวัดทั้งในระดับบุคคล (Individual level) หรือภายในกลุ่ม (Within group: W) และระดับกลุ่ม (Group level) หรือระหว่างกลุ่ม (Between group : B) ครึ่งเดียวพร้อม ๆ กัน โดยที่ระดับบุคคล เป็นการนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ CFA แบบดั้งเดิม (Traditional CFA) จะไม่มีการนำมารวมกันแต่อย่างใด (Disaggregate data) (Dyer and others, 2005 อ้างถึงใน วราพร เอรารวรรณ์, 2564) ดังนั้นข้อมูลในระดับนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนประถมศึกษาตอนปลายมีความสนใจใฝ่รู้ ซึ่งความสนใจใฝ่รู้เป็นคุณลักษณะภายในของนักเรียนที่แสดงออกด้วยความกระตือรือร้น ความอยากรู้อยากเห็น ชอบแสวงหาความรู้หรือเรื่องราวหรือสถานการณ์แปลกใหม่อยู่เสมอ และพยายามค้นหาคำตอบหรือข้อเท็จจริง เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ นารินารถ นาคหลวง (2550) ที่กล่าวว่า ความสนใจใฝ่รู้เป็นพฤติกรรมที่แสดงถึงความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับสถานการณ์ใหม่ ๆ หรือปรากฏการณ์ธรรมชาติ เพื่อแสวงหาคำตอบที่มีเหตุผลในข้อปัญหาต่าง ๆ และพร้อมที่จะค้นคว้าหาความรู้ใหม่ ๆ ความสนใจใฝ่รู้เป็นสิ่งที่นักเรียนต้องตระหนักในความสำคัญและพยายามพัฒนาตนเองให้เกิดการปฏิบัติจนเป็นนิสัย ซึ่งสอดคล้องกับ นกเนตร ธรรมบวร (2544) กล่าวว่า เมื่อเด็กได้ทำสิ่งต่าง ๆ ที่สนใจด้วยตนเองและประสบความสำเร็จ

เด็กจะเกิดความพอใจ ความสนใจใฝ่รู้และนำไปสู่ความปรารถนาที่จะกระทำซ้ำและอยากประสบความสำเร็จอีก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วาสนา จันเสริม (2561) ได้พัฒนาตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน พบว่า ความสนใจใฝ่รู้เป็นตัวบ่งชี้ที่มีความสำคัญและส่งเสริมจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนได้

องค์ประกอบที่มีความสำคัญน้อยที่สุดในระดับนักเรียน คือ ความสามารถในการสื่อสาร ซึ่งแสดงว่าผู้เรียนไม่สามารถอธิบาย สังเกต จดบันทึก เหตุการณ์หรือสถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ หรือปัญหาที่เกิดขึ้นได้ถูกต้องและแม่นยำ ทั้งนี้อาจเกิดจากประสบการณ์ในเหตุการณ์หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ยังน้อย การสังเกตและจดบันทึกยังไม่เป็นระบบ ทำให้เกิดความผิดพลาดระหว่างสมาชิกในกลุ่มหรือการสื่อสารระหว่างครูกับผู้เรียน (อนงค์นาฏ ครุณรัมย์, 2561) และเมื่อพิจารณาค่า R^2 องค์ประกอบความสามารถในการสื่อสาร สามารถอธิบายความแปรปรวนของจิตนิสัยทางสะเต็มสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายได้ร้อยละ 14.10 แสดงว่า ยังมีตัวแปรหรือตัวบ่งชี้อื่นที่ส่งผลต่อจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย

ส่วนตัวแปรในระดับห้องเรียน พิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (β) ของตัวแปรระดับห้องเรียน พบว่า องค์ประกอบที่มีน้ำหนักความสำคัญมากที่สุดในการอธิบายตัวแปรจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ระดับห้องเรียนมากที่สุด คือ การคิดแบบบูรณาการ รองลงมาคือ ความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการสื่อสาร ความมีเหตุผล ความร่วมมือร่วมใจ และความสนใจใฝ่รู้ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพหุระดับ (Multilevel Confirmatory Factor Analysis : MCFA) นั้น ในการวิเคราะห์ระดับกลุ่มจะมีการรวมข้อมูลให้เป็นค่าเฉลี่ยกลุ่ม (group means) ของตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ (Dyer and others, 2005 อ้างถึงใน วราพร เอรารวรรณ์, 2564) ดังนั้น แสดงให้เห็นว่าในระดับห้องเรียนมีการส่งเสริมการคิดแบบบูรณาการแก่ผู้เรียน ซึ่งในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเน้นการบูรณาการข้ามวิชานั้นทำให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ มีความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เก่ากับความรู้ใหม่ วิเคราะห์ ระบุ จำแนก และหาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ สอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558) ที่กล่าวว่า การสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษานำจุดเด่นของธรรมชาติวิชาตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัวเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหาค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานศึกษาโลกปัจจุบันซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูสอนหลายสาขาร่วมมือกัน เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้หลายด้านในการทำงานทั้งสิ้น ไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ ซึ่งสอดคล้องกับ นิตยา ภูผาบาง (2559) ได้ศึกษาการใช้กิจกรรม

สะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ พบว่านักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 จากผลการตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการวัดจิตนิสัยทางสะเต็ม พบว่ามีความเที่ยงตรงทั้งในระดับนักเรียนและระดับห้องเรียน ดังนั้น แสดงให้เห็นว่าทั้งองค์ประกอบทั้ง 6 องค์ประกอบ สามารถอธิบายลักษณะของตัวแปรนี้ได้ ดังนั้นสามารถนำองค์ประกอบและตัวบ่งชี้เหล่านี้ไปวัดตัวแปรจิตนิสัยทางสะเต็มกับนักเรียนได้

1.2 จากผลการวิจัยพบว่าในระดับนักเรียน ความสนใจใฝ่รู้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญยิ่งของจิตนิสัยทางสะเต็ม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ดังนั้นครูควรส่งเสริมและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนชอบศึกษาหาความรู้ ตื่นตัวกับสิ่งแปลกใหม่รอบตัว อยากรู้อยากเห็น เสาะแสวงหาความรู้ มีวิจรรย์ญาณ ค้นหาคำตอบ กระตือรือร้นต่อการเปลี่ยนแปลง สามารถปรับตัวเองให้ทันสมัย ทันยุคทันโลกและทันต่อความเปลี่ยนแปลง เพื่อให้สามารถอยู่ในสังคมการเรียนรู้ได้อย่างมีความสุข

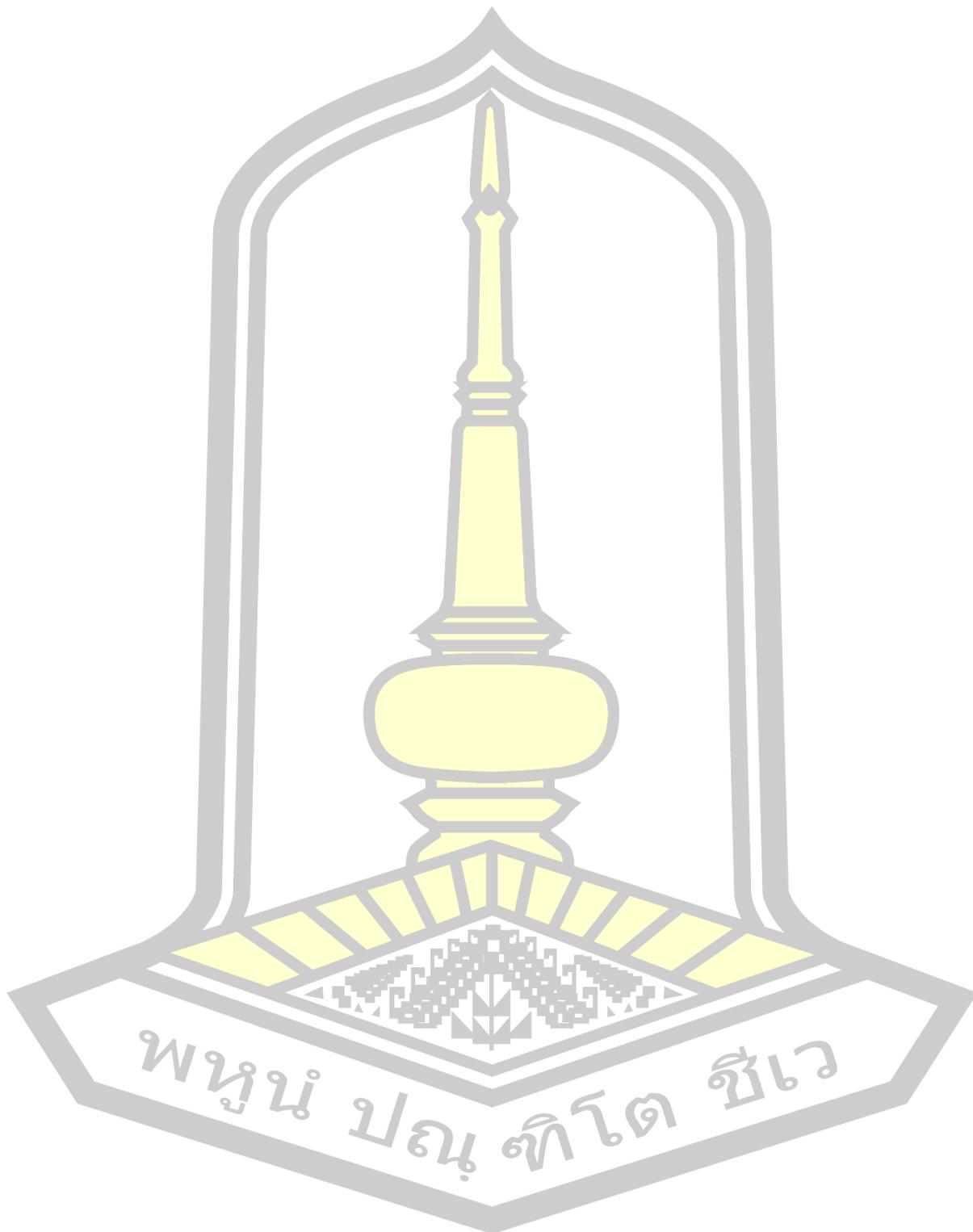
1.3 จากผลการวิจัยพบว่าในระดับห้องเรียน การคิดแบบบูรณาการเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สำคัญยิ่งของจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ดังนั้น ผู้บริหารควรเน้นการส่งเสริมและจัดให้มีกิจกรรมที่เน้นการบูรณาการระหว่างวิชาให้แก่ผู้เรียนเพราะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีจิตนิสัยทางสะเต็ม และครู ควรปรับเปลี่ยนวิธีการสอน ออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ได้ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ สร้างสถานการณ์ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและคิดหาวิธีการแก้ปัญหา หาคำตอบด้วยตนเอง ตลอดจนการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นประถมศึกษา เพื่อให้ทราบว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียน ทำให้ได้สารสนเทศเพื่อนำไปวางแผนในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้และพัฒนาผู้เรียนให้เต็มศักยภาพต่อไป

2.2 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อทดสอบความไม่แปรเปลี่ยน (Multigroup Analysis) ของโมเดลและค่าพารามิเตอร์ในระดับต่าง ๆ เช่น สังกัดการศึกษา ภูมิภาค เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการขยายขอบเขตความรู้ของการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือต่อไป

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2545). การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ครุสภาลาดพร้าว.
- กิตติมา ไกรพิรพรรณ. (2550). การพัฒนาหลักสูตรพหุศาสตร์พื้นฐานสู่การสร้างจิตวิทยาศาสตร์ โดยความร่วมมือของชุมชน : กรณีชุมชนบ้านศิรีวง อำเภอลานสกา จังหวัด นครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตร และการสอน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จำรัส อินทลาภาพร. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียน ระดับประถมศึกษา. วารสาร Veridian E-Journal, 8(1), 62-74.
- จิราภรณ์ คงคุ้ม. (2548). การวิเคราะห์องค์ประกอบจิตตนิสัยตามแนวทฤษฎีของคอสตาและคาลลิก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. (2541). การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน. การวัดผลการศึกษา, 20(59), 27-42.
- ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. (2555). การแนะนำวิเคราะห์พระดุษฎี. [ออนไลน์]. ได้จาก : <http://www.watpon.in.th/Elearning/multilevel.pdf>. [สืบค้นเมื่อ วันที่ 20 มิถุนายน 2563].
- ชลิตา ไชยพันธ์กุล. (2559). การพัฒนาตัวชี้วัดและเกณฑ์การประเมินจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา การวัดและประเมินผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ณัฐรีนีย์ อภิวงค์งาม. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานและการจัดการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา การมัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. (2554). การประยุกต์ใช้ SPSS วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 4. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ทรายทอง พวงสันเทียะ. (2553). การพัฒนาแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผล การศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทรายทอง พวกสันเทียะ. (2554). จิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาไทย. *วารสารวิชาการ*, 14(3), 52-61.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). *โมเดลลิสเรล : สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย*. กรุงเทพฯ :

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นพมณี เชื้อวัชรินทร์. (2556). จิตวิทยาศาสตร์กับธรรมะทางพุทธศาสนา. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 24(3), 1-14.

นภเนตร ธรรมบวร. (2544). *การประเมินผลพัฒนาการเด็กปฐมวัย*. กรุงเทพฯ :

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นवलลออ สุภาพล. (2527). *จิตวิทยาปกติ*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาจิตวิทยา คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

นัจรีภรณ์ สิมมารุณ. (2559). *การพัฒนาโปรแกรมสร้างเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการความสามารถในการวิเคราะห์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยบูรณาการการประเมินตามสภาพจริง : การวิจัยผลานวิธี*. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

นัสรินทร์ ปือชา. (2557). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นารีนารถ นาคหลวง. (2550). *การพัฒนาแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ด้านความสนใจใฝ่รู้ ความมีเหตุผล และความใจกว้าง ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 กลุ่มโรงเรียนเทศบาลเมืองอุตรดิตถ์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

นิตยา ภูบาบง. (2559). *การใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

นุชนภา ราชนิยม. (2558). *การศึกษาสภาพ ปัญหาและความพร้อมของการจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาในระดับประถมศึกษา กรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาประถมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

- พงศธร มหาวิทยาลัย และคณะ. (2561). ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อเสริมสร้าง
ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้น
ประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารปัญญาภิวัฒน์*, 10, 209-221.
- พงศธร มหาวิทยาลัย และสุนทรีย์ ปาลวัฒน์ชัย. (2561). การพัฒนาชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อ
เสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน
ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ศูนย์วิจัยและ
พัฒนาการศึกษา. *วารสารปัญญาภิวัฒน์*, 10(1), 209-221.
- พงศธร มหาวิทยาลัย. (2559). จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Habits of Mind). *วารสาร
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 44(201), 20-23.
- พบพร จิตรรักษา. (2554). *การสร้างแบบวัดอุปนิสัยแห่งความสำเร็จ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา
ปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ไพจิตร สะดวกการ. (2553). *จิตคณิตศาสตร์*. [ออนไลน์]. ได้จาก : www.krupai.net/math/mathematical_mind.doc. [สืบค้นเมื่อ วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2562].
- ภพ เลหาไพบุลย์. (2542). *แนวทางการสอนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- ภัสสร ติตมา และคณะ (2559). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่อง ระบบของ
ร่างกายมนุษย์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.
วารสารราชพฤกษ์, 13(3), 71-76.
- แม้นมาศ สีสัตยกุล. (2545). การพัฒนาจิตนิสัย. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 1(17), 19-28.
- รัฐฎีกา ตั้งพุทธิพงศ์. (2559). *การวิเคราะห์กระบวนการขับเคลื่อนนโยบายสะเต็มศึกษาจาก
ระดับชาติสู่ห้องเรียน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิธีวิทยาการ
วิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรารพร เอรารธรรม. (2564). *การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยทางการศึกษาด้วยโปรแกรม Mplus*.
กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วศินีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). *เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM education (สะเต็มศึกษา)*.
กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วาสนา จันเสริม. (2562). *การพัฒนาตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา
ตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผล
การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วิทยา นาควัชระ. (2545). *คนนิสัยดี*. กรุงเทพฯ : อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง.
- สงกรานต์ จิตสุทธิภากร. (2545). *7 อุปนิสัย พัฒนาสู่ผู้มีประสิทธิภาพสูง*. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*.

กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์
หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *เอกสารประกอบการเปิดศูนย์สะเต็ม
ศึกษาแห่งชาติ 16 มกราคม 2557*. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี (สสวท.).

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *สะเต็มศึกษา (STEM Education)*.

กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *รายงานประจำปี สสวท. พ.ศ. 2559*.

กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *สรุปผลการวิจัย PISA 2015*

วิทยาศาสตร์การอ่าน และคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี.

สมนึก ภัททิยธนี. (2560). *การวัดผลการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 11. กทม. : ประสานการพิมพ์.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2551). *ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กทม. :
ประสานการพิมพ์.

ประสานการพิมพ์.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2552). *ระเบียบวิธีการวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 3.

มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2555). *ระเบียบวิธีวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 5. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สังวรณ์ งดกระโทก. (2543). การใช้โมเดลสมการโครงสร้างพระดัตถ์ตรวจสอบความตรงของโมเดล
สมการโครงสร้างแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยครู ปัจจัยโรงเรียน กับความพึงพอใจใน
การปฏิบัติงานของครู. *วารสารวิธีวิทยาการวิจัย*, 13(3), 109-128.

สำนักนิตยเทศและพัฒนามาตรฐานการศึกษา. (2546). *รายงานวิจัยปฏิบัติการพัฒนาระบบประกัน
คุณภาพภายในสถานศึกษา*. กรุงเทพฯ : องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2559). *รายงานการวิจัยเพื่อจัดทำข้อเสนอแนะนโยบายการส่งเสริม
การจัดการศึกษา ด้านสะเต็มศึกษาของประเทศไทย*. กรุงเทพฯ : พรักหวานกราฟฟิค.

สำนักงานศึกษาธิการจังหวัดอุดรธานี. (2563). *สำนักงานศึกษาธิการจังหวัดอุดรธานี*. [ออนไลน์].

ได้จาก : <https://www.udonpeo.go.th>. [สืบค้นเมื่อ วันที่ 16 พฤษภาคม 2563].

- สุกัญญา เชื้อหลุโพธิ์ และคณะ. (2561). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตาม แนวสะเต็มศึกษา ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์*, 13(37), 119-132.
- สุนทรพจน์ ดำรงค์พานิช. (2555). โปรแกรม Mplus กับการวิเคราะห์ข้อมูลทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. มหาสารคาม : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สุภมาส อังสุโชติ และคณะ. (2557). สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์: เทคนิคการใช้โปรแกรม LISREL. พิมพ์ครั้งที่ 4 (ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ : เจริญดีมั่นคงการพิมพ์.
- อนงค์นาฏ ครุณรัมย์. (2561). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมจิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษา ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อุปกาล จีระพันธุ์. (2556). สะเต็มศึกษาของใหม่สำหรับประเทศไทยหรือไม่. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 42(185), 32-37.
- America Association Advancement of Science. (1989). *Project 2061 : Science for all American*. Washington : America Association Advancement of Science.
- American Association for the Advancement of Science. (1990). *Science for All Americans*. New York : Oxford University Press.
- Anderson, J. and Gerbing, D.W. (1984). The effects of sampling errors on convergence, improper solution and goodness of fit indices for maximum likelihood confirmatory factor analysis. *Psychometrika*, 49, 155-173.
- Bentley, M., Ebert, C. and Ebert, E.S. (2000). *The natural investigator: A constructivist approach to teaching elementary and middle school science*. Belmont, CA: Wadsworth.
- Browne, W. and others. (1998). *User's guide to MLwin*. London : Institute of Education.
- Bybee, R.W. (2010). Advancing STEM education : A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70, 30-35.
- Byrne, D. (1998). *Complexity Theory and the Social Sciences And Introduction*. London : Routledge.
- Carroll, R.J. and others. (1998). *The sandwich (robust covariance matrix) estimator*. [online]. Available from : <http://www.stat.tamu.edu/ftp/pub/rjcarroll/sandwich.pdf>. [accessed 16 August 2020].

- Costa, A.L. and Kallick, B. (2000). *Discovering and exploring habits of mind*. United States : Association for Supervision & Curriculum Development.
- Covey, S.R. (2004). *The 7 Habits of Highly Effective People*. New York : Simon and Schuster.
- Cronbach, L.J. (1976). On the design of educational measures. In D. N. M. de Gruijter & L. J. T. van der Kamp (Eds.), *Advances in psychological and educational measurement* (pp. 199–208). New York : Wiley.
- Cronbach, L.J. and Webb, N. (1975). Between-class and within-class effects in a reported aptitude * treatment interaction: Reanalysis of a study by G.L. Anderson. *Journal of Educational Psychology*, 67(6), 717–724.
- Cuoco, A.L., Goldenberg, B.P. and Mark, J. (1996). Habits of mind : An Organizing Principle for Mathematics Curriculum. *Journal of Mathematics Behavior*, 15, 375-402.
- Diamantopoulos, A. and Siguaw, A.D. (2000). *Introducing LISREL : A guide for the uninitiated*. London : Sage Publications.
- Duncan, T.E. and others. (1998). Multilevel covariance structure analysis of sibling antisocial behavior. *Structural Equation Modeling*, 5(3), 211-228.
- Dwirahayu, G., Kustiawati, D. and Bidari, I. (2017). *Corresponding Habits of Mind and Mathematical Ability*. [online]. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/895/1/012013>. [accessed 30 October 2020].
- Dyer, N.G. and others. (2005). Applying multilevel confirmatory factor analysis techniques to the study of leadership. *Leadership Quarterly*, 16, 149-167.
- Enders, C.K. and Peugh, J.L. (2004). Using an EM covariance matrix to estimate structural equation models with missing data: Choosing an adjusted sample size to improve the accuracy of inferences. *Structural Equation Modeling*, 11(1), 1-19.
- Farmer, G.L. (2000). Use of multilevel covariance structure analysis to evaluate the multilevel nature of theoretical constructs. *Social Worker Research*, 24(3), 180-191.

- Freedman, D.A. (2005). *On the so-called "Huber Sandwich Estimator" and "Robust" standard errors*. [online]. Available from : <http://www.stat.berkeley.edu/~census/mlsan.pdf>. [accessed 16 August 2020].
- Gareth, J.R. (2004). *Organizational Theory, Design, and Change*. 4th ed. Harlow, United Kingdom : Pearson Education Limited.
- Gauld, C. (1982). The scientific Attitude and Science Education. *A Critical Reappraised, Science Education*, 66, 109-121.
- Godfrey, S. and Napolitano, J. (1998). Light Meson Spectroscopy. *Reviews of Modern Physics*, 71, 1411.
- Goldstein, H. (2003). *Multilevel statistical models*. 3rd ed. London : Edward Arnold.
- Gould, E. (2005). Trade Treaties and Alcohol Advertising Policy. *Journal of Public Health Policy*, 26(3), 359-376.
- Graham, J.W. (2003). Adding missing-data-relevant variables to FIML-based structural equation models. *Structural Equation Modeling*, 10(1), 80-100.
- Harel, G. (2008). *What is mathematics? A Pedagogical Answer to A Philosophical Question : Current Issues in the Philosophy of Mathematics From the Perspective of Mathematicians*. Washington : Mathematical American Association.
- Härnqvist, K. (1978). *Individual Demand for Education*. Paris : OECD.
- Heck, H.R. and Thomas, L.S. (2000). *An Introduction to Multilevel Modeling Techniques*. New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Heck, R.H. and Thomas, S.L. (2000). *An introduction to multilevel modeling techniques*. London : Lawrence Erlbaum Associates.
- Honderich, T. (1995). *The Oxford Companion to Philosophy*. Oxford : Oxford University Press.
- Honey, M., Pearson, G. and Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects and an agenda for research*. Washington, DC : The National Academies Press.
- Hooper, D. and others. (2008). Structural Equation Modeling: Guidelines for Determining Model Fit. *Electronic Journal on Business Research Methods*, 6(1), 53-60.

- Hox, J. (2002). *Multilevel analysis : Techniques and applications*. Mahwah, NJ : Erlbaum.
- Hox, J.J. (1995). *Applied Multilevel Analysis*. Amsterdam : TT-Publikaties.
- Hox, J.J. and Maas, C.J.M. (2001). The accuracy of multilevel structural equation modeling with pseudo balanced groups and small samples. *Structural Equation Modeling*, 8(2), 157–174.
- Hu, L.T. and Bentler, P.M. (1995). Evaluating model fit. In R. H. Hoyle (Ed.), *Structural equation modeling: Concepts, issues and application* (pp. 77-99). Thousand Oaks, CA : Sage.
- Hu, L.T. and Bentler, P.M. (1999). Cutoff Criteria for Fit Indexes in Covariance Structure Analysis: Conventional Criteria versus New Alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6, 1-55.
- Kansas Science Education Standards. (2005). *History and Nature of Science*. [online]. Available from : <http://www3.ksde.org/outcomes/sciencstd.doc>. [accessed 16 August 2020].
- Kelley, T.R. and Knowles, J.G. (2016). A Conceptual Framework for Integrated STEM Education. *International Journal of STEM Education*, 3, 11.
- Kien, L. and Annie, S. (2013). *A Collection of Lists of Habits of Mind*. Ph.D. Thesis, University of Texas at El Paso.
- Kline, R.B. (2005). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling*. 2nd ed. New York : Guilford.
- Lee, O. and Fradd, S. (1998). Science for all, including students from non-English-language backgrounds. *Educational Researcher*, 27, 12-21.
- Lim, K.H. and Selden, A. (2009). *Mathematical Habits of Mind*. In *Proceedings of the Thirty-First Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Atlanta : Georgia State University.
- Lindeman, R.H., Merenda, P.F. and Gold, R.Z. (1980). *Introduction to bivariate and multivariate analysis*. Glenview, IL : Scott, Foresman.
- Loveland, T. and Dunn, D. (2014). Teaching Engineering Habits of mind in Technology Education. *Technology and Engineering Tezcher*, 73(8), 13-19.

- Marsh, H.W., Hay, K.T. and Kong, C.K. (2002). Multilevel causal ordering of academic self concept and achievement : Influence of language of instruction (English compared with Chinese) for Hong Kong students. *American Educational Research Journal*, 39(3), 727-763.
- Marzano, R.J. (1992). *A Different Kind of Classroom: Teaching with Dimensions of Learning*. Alexandria : Association for Supervision and Curriculum Development.
- Mason, J. and Spence, M. (1999). Beyond Mere Knowledge of Mathematics: The Importance of Knowing to Act in the Moment. *Educational Studies in Mathematics*, 38,135-161.
- Massachusetts Department of Education. (1995). *Mathematics curriculum framework*. Malden : The Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education.
- Meier, D. (1995). *The Power of Their Ideas : Lessons for America from a Small School in Harlem*. United State : Beacon Press.
- Morris, C.N. (1995). Hierarchical models for educational data: An overview. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 20(2), 190-200.
- Munby, H. (1983). Thirty studies Involving the scientific attitude inventory : What confidence can we have in this instrument?. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(3), 141–159.
- Muthén, B. (1989d). Multiple-group factor analysis with non-normal continuous variables. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 42, 55–62.
- Muthen, B.O. (1994). Multilevel Covariance Structure Analysis. *Sociological Methods and Research*, 22(1), 376-398.
- Muthen, L.K. and Muthen, B.O. (2004). *Mplus user's guide*. 3rd ed. Los Angeles, CA : Muthen and Muthen.
- Osborne, J.W. (2000). *Advantages of hierarchical linear model Practical Assessment, Research & Evaluation*. [online]. Available from <http://ericae.net/pare/grtvn.asp>. [accessed 20 October 2010].

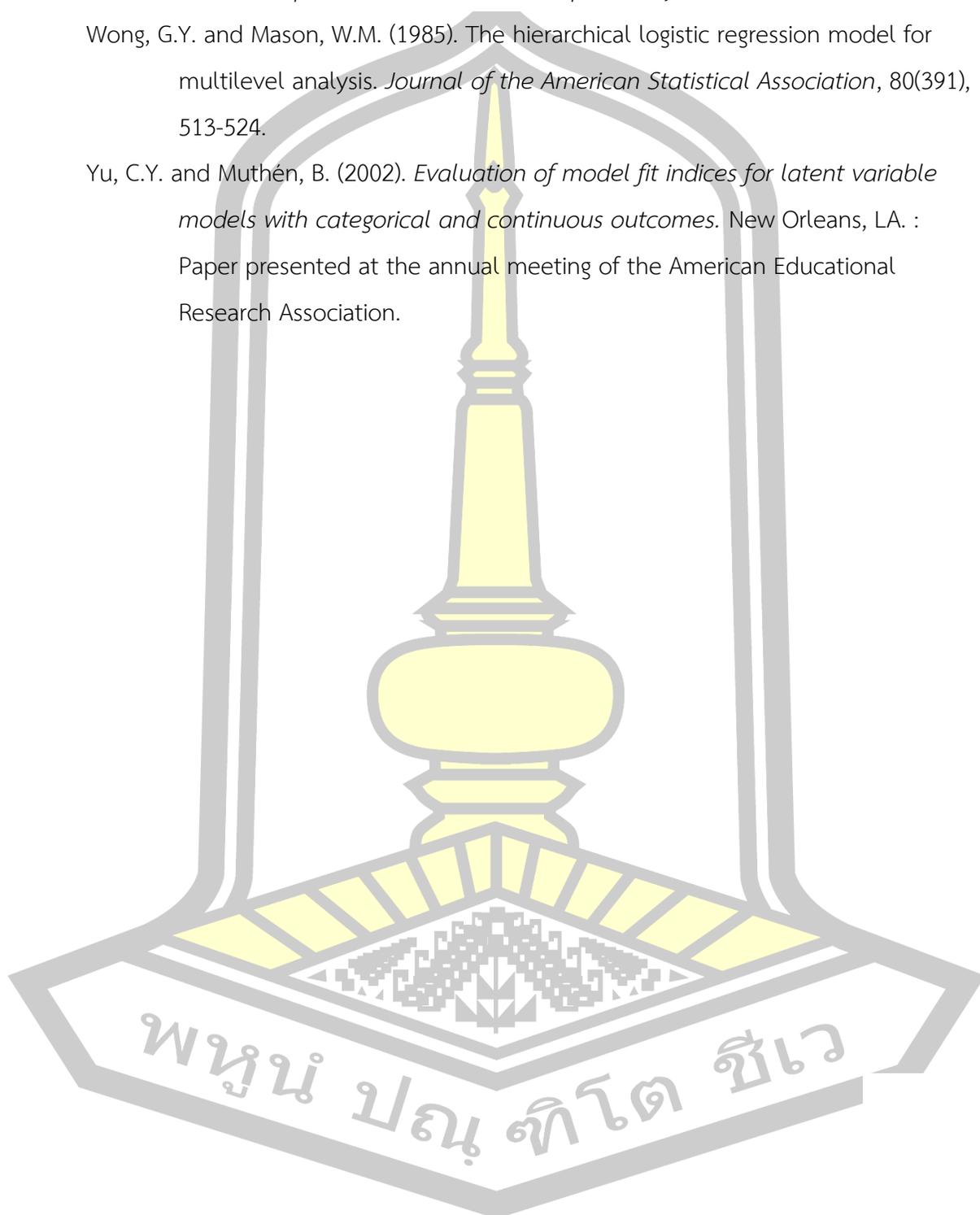
- Perkins, D. (1997). *Habits of mind*. [online]. Available from : www.habits-of-mind.net. [accessed 15 October 2020].
- Raykov, T. and Marcoulides, G.A. (2000). *A first course in structural equation modeling*. Mahwah, NJ : Erlbaum.
- Resnick, A. (1999). *350 ideas for teachers*. London : Kogan.
- Rowland, T.W. (2005). *Children's Exercise Physiology*. 2nd ed. Champaign, IL : Human Kinetics.
- Roy, A. (1998). *Scientific Mind and Building of a Society based on Science Oriented Thought*. [online]. Available from : http://www.mukto-mona.com/new_site/mukto-mona/Articles/ajoy/Scientific_mind.htm. [accessed 16 August 2020].
- Schuchman, M.E.A. (2010). Quantitative Examination of Public School Student Attitudes Toward Science. Ed.D. Thesis, Walden University.
- Seo, Y. and Pinela, F. (2015). A new approach to learning Science under STEM : Peer Project Learning. *Revista Tecnologica-ESPOL*, 28(3), 18-28.
- Sizer, T.R. (2002). *Habits of Mind*. [online]. Available from : www.essentialschools.org/pub/ces_docs/about/phil/habits.html. [accessed 5 October 2020].
- Snijders, T.A.B. and Bosker, R.J. *Multilevel analysis : An introduction to basic and advanced multilevel modeling*. London : Sage.
- Steiger, J.H. (2007). Understanding the Limitations of Global Fit Assessment in Structural Equation Modeling. *Personality and Individual Differences*, 42, 893-898.
- Sunal, W.D. and others. (2003). Research-supported best practices for developing online learning. *The Journal of Interactive Online Learning*, 2(1), 1-40.
- Tabachnick, B.G. and Fidell, L.S. (2007). *Using Multivariate Statistics*. 5th ed. New York Allyn and Bacon.
- The National Academy of Engineering (NAE). (2010). *Standard for K-12 Engineering Education?*. [online]. Available from : www.nap.edu. [accessed 16 August 2020].
- Ullman, M.T. (2001). The declarative/procedural model of lexicon and grammar. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30(1), 37-69.

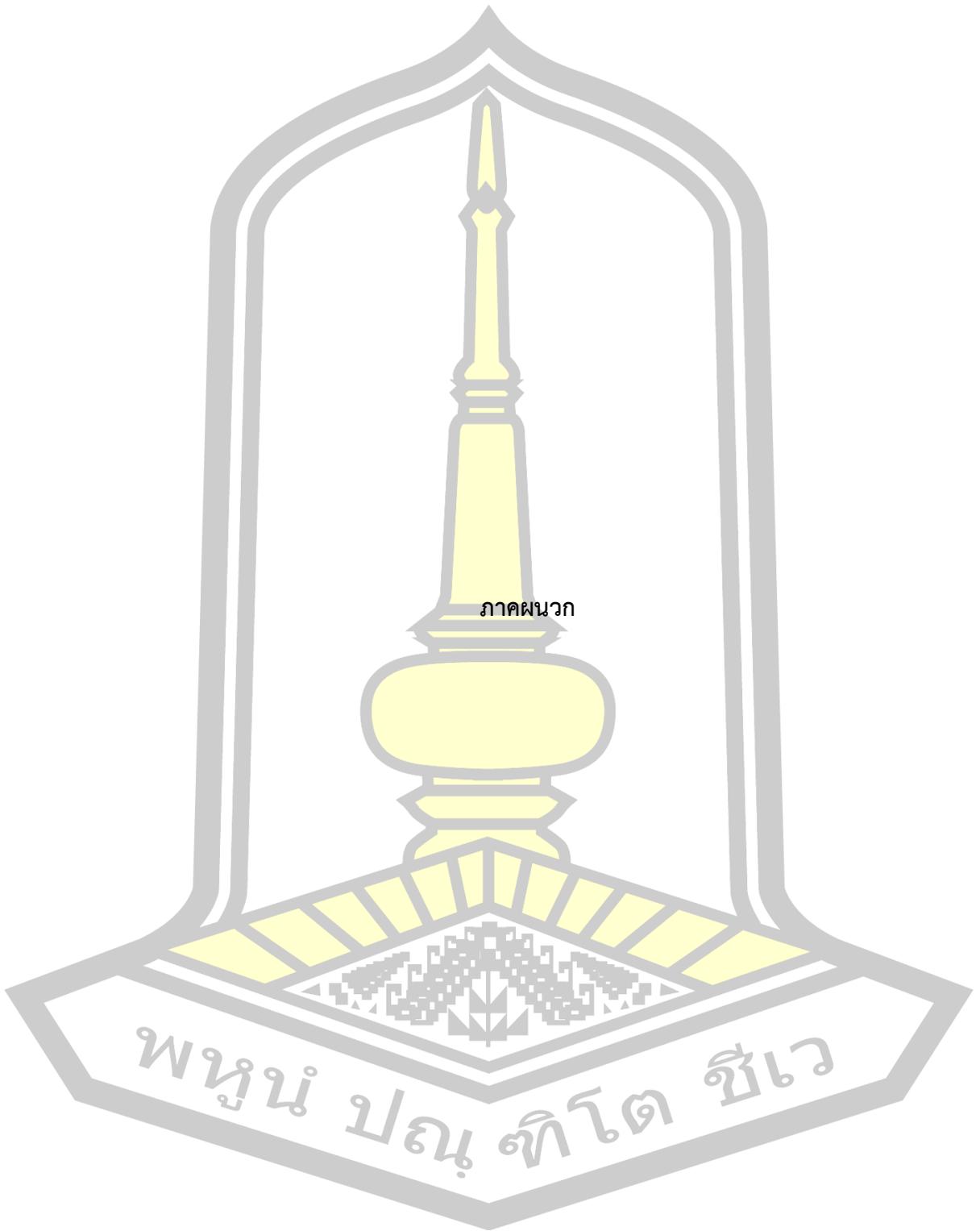
Visser, J. (2000). *Managing behavior in classrooms*. London : David Fulton.

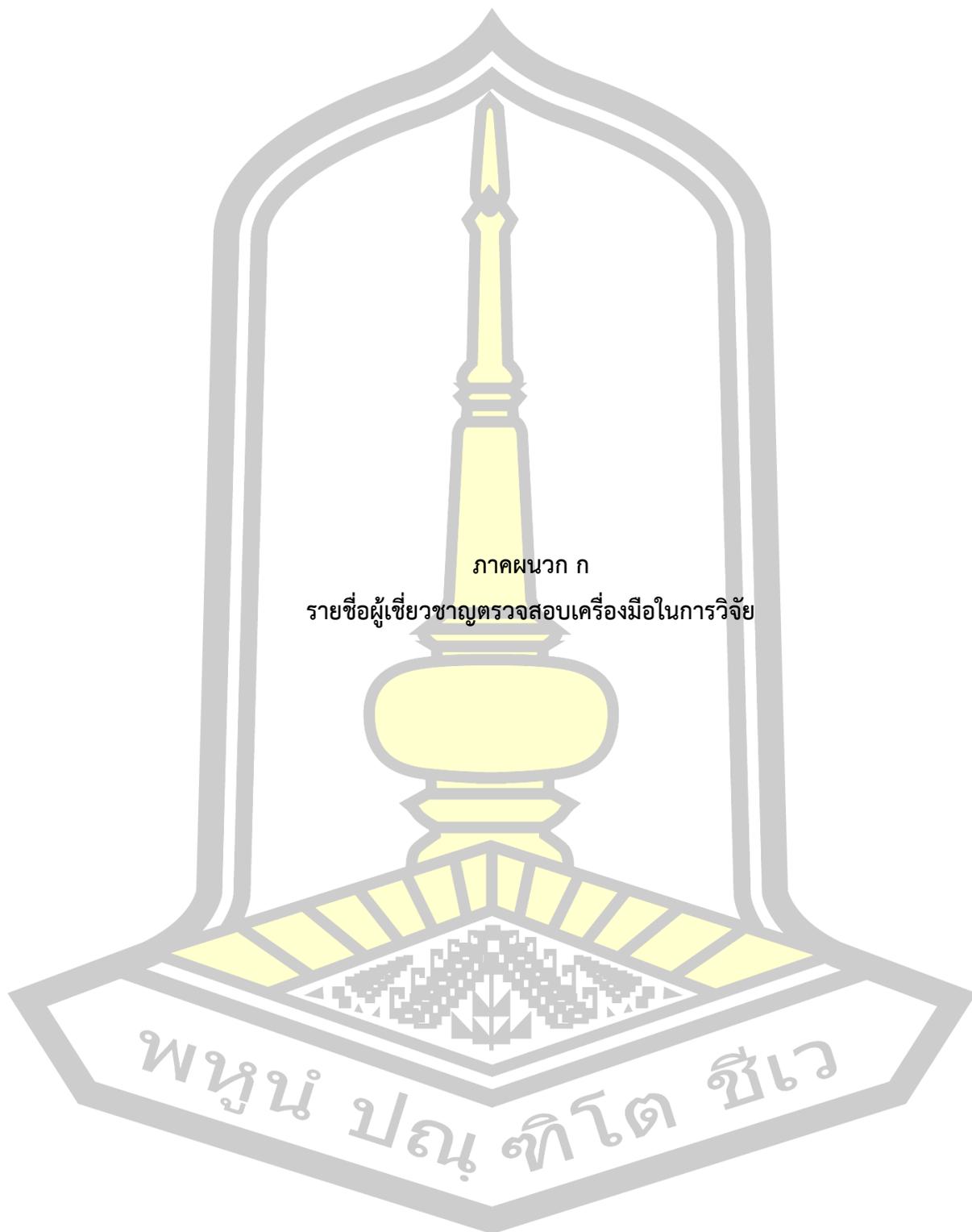
Wells, C. (2008). *Corporations and criminal responsibility*. London : Sweet & Maxwell.

Wong, G.Y. and Mason, W.M. (1985). The hierarchical logistic regression model for multilevel analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 80(391), 513-524.

Yu, C.Y. and Muthén, B. (2002). *Evaluation of model fit indices for latent variable models with categorical and continuous outcomes*. New Orleans, LA. : Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association.







ภาคผนวก ก

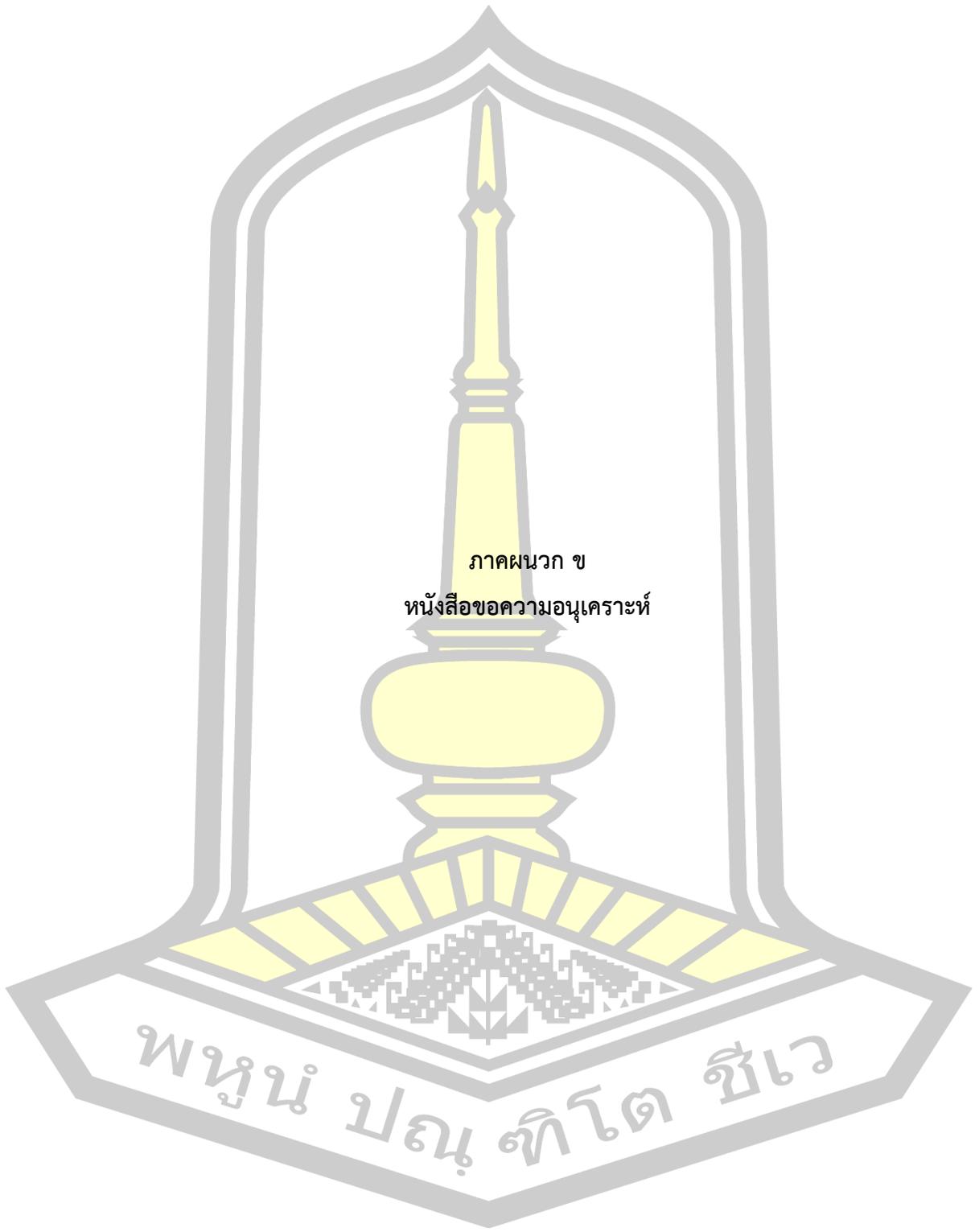
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

พหุบัณฑิตยสถาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อพันธ์ พูลพุทธา อาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนา
การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญ
ด้านวิจัยและประเมินผลการศึกษา
2. นายเอกสิทธิ์ ปิยะแสงทอง นักวิชาการศึกษานำวิชาการ
กลุ่มพัฒนาการศึกษาสำหรับผู้
มีความสามารถพิเศษ สำนักวิชาการและมาตรฐาน
การศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้น
พื้นฐาน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์
3. ดร.วุฒิไกร ไสเหลี่ยม อาจารย์ประจำสาขาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลขอนแก่น
ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและ
วิศวกรรมศาสตร์
4. นางวาสนา จันเสริม ครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนพุทไธสง อำเภอพุทไธสง
จังหวัดบุรีรัมย์ ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์
5. นางสาวพรลภัส เมฆไชยภักดิ์ นักจิตวิทยา สำนักงานเขตพื้นที่
การศึกษาประถมศึกษาชัยโสธร เขต 2
ผู้เชี่ยวชาญด้านจิตวิทยาการศึกษา

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ



ภาคผนวก ข
หนังสือขอความอนุเคราะห์

พหุบัน ปณ จิต ชีเว



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ อว 0605.5(2)/ว597 วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2564

เรื่อง ขออนุมัติคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อพันธ์ พูลพุทธา

ด้วย นางสาวพริยากุล สิงหราช นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : “การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันนพหุระดับจิตนิสัยทางสะเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราพร เอรารวรรณ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขออนุมัติคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โนมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์



ที่ อว 0605.5(2)/ว597

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

25 กุมภาพันธ์ 2564

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
เรียน นางสาวพรภัส เมฆไชยภักดิ์

ด้วย นางสาวพิริยากุล สิงหระ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : “การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันชั้นพุทธระดับจิตนิสัยทางสะเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรารพร เอรารวรรณ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0898457008



ที่ อว 0605.5(2)/ว598

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

25 กุมภาพันธ์ 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ดร.วุฒิไกร ไสเหลือ้ม

ด้วย นางสาวพิริยากุล สิงหระ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง : “การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันขั้นพหุระดับจิตนิสัยทางสะเต็ม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) วิจัยและประเมินผลการศึกษา โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราพร เอรารวรรณ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รังสรรค์ โฉมยา)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0898457008

มณู ภิ เก



ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบบสอบถามจิตนีสัยทางสะเต็ม
สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย

พหุณฺ์ ปณฺุ ทิโต ชีเว

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย เรื่อง การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันนพทุระดับจิตินิสัยทางสะเต็ม
สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดจิตินิสัยทางสะเต็มของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย
2. แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้
ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม
ตอนที่ 2 ตัวบ่งชี้จิตินิสัยทางสะเต็มของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย
จำนวน 6 องค์ประกอบ 14 ตัวบ่งชี้
3. ความคิดเห็นของท่านมีคุณค่า และมีความสำคัญต่องานวิจัยชิ้นนี้ ข้อมูลจากแบบสอบถามผู้วิจัยจะเก็บเป็นความลับและไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อท่าน ซึ่งผู้วิจัยจะนำผลมาวิเคราะห์และนำเสนอผลในภาพรวมเท่านั้น

ขอขอบคุณเป็นอย่างสูงที่ท่านให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเป็นอย่างดี

นางสาวพริยากุล สิงหรา

นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

0898457008

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง หน้าข้อความที่ตรงกับข้อมูลของท่าน

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

1. เพศ

เพศชาย

เพศหญิง

2. ระดับชั้น

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ตอนที่ 2 ตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางสะเต็มของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย

คำชี้แจง โปรดพิจารณาข้อความต่อไปนี้ว่าใช้ลักษณะของนักเรียนที่มีจิตนิสัยทางสะเต็มที่ตรงกับ
ความคิดเห็นของท่าน แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่าน

ข้อ	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ความสนใจใฝ่รู้ (Curiosity)						
1.	ผู้เรียนกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาข้อมูลสิ่งที่ตนเองสนใจ					
2.	ผู้เรียนค้นคว้าทดลอง เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ที่แปลกใหม่					
3.	ผู้เรียนชอบหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเสมอ					
4.	ผู้เรียนชอบซักถาม ค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม					
5.	ผู้เรียนค้นหาวิธีการใหม่ ๆ เพื่อหาคำตอบหรือข้อเท็จจริง					
6.	ผู้เรียนเจอปัญหาขณะเรียน จะสอบถามจนเข้าใจและลงมือ ปฏิบัติด้วยตนเอง					
7.	ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อข้อบกพร่องของตนเองเพื่อการพัฒนาที่ดี ขึ้น					
8.	ผู้เรียนมองถึงปัญหาหรืออุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งที่ดีเสมอ					
9.	ผู้เรียนเผชิญปัญหาต่างๆ ได้อย่างราบรื่น					
10.	ผู้เรียนมีความสุขที่ได้เจอสถานการณ์ใหม่ ๆ					
11.	ผู้เรียนค้นหาคำตอบเมื่อพบสถานการณ์ใหม่ๆ ด้วยความยินดี					
12.	ผู้เรียนค้นหาแนวทาง วิธีการใหม่หรือปรับปรุงวิธีการเดิมที่มีอยู่ ให้เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน					

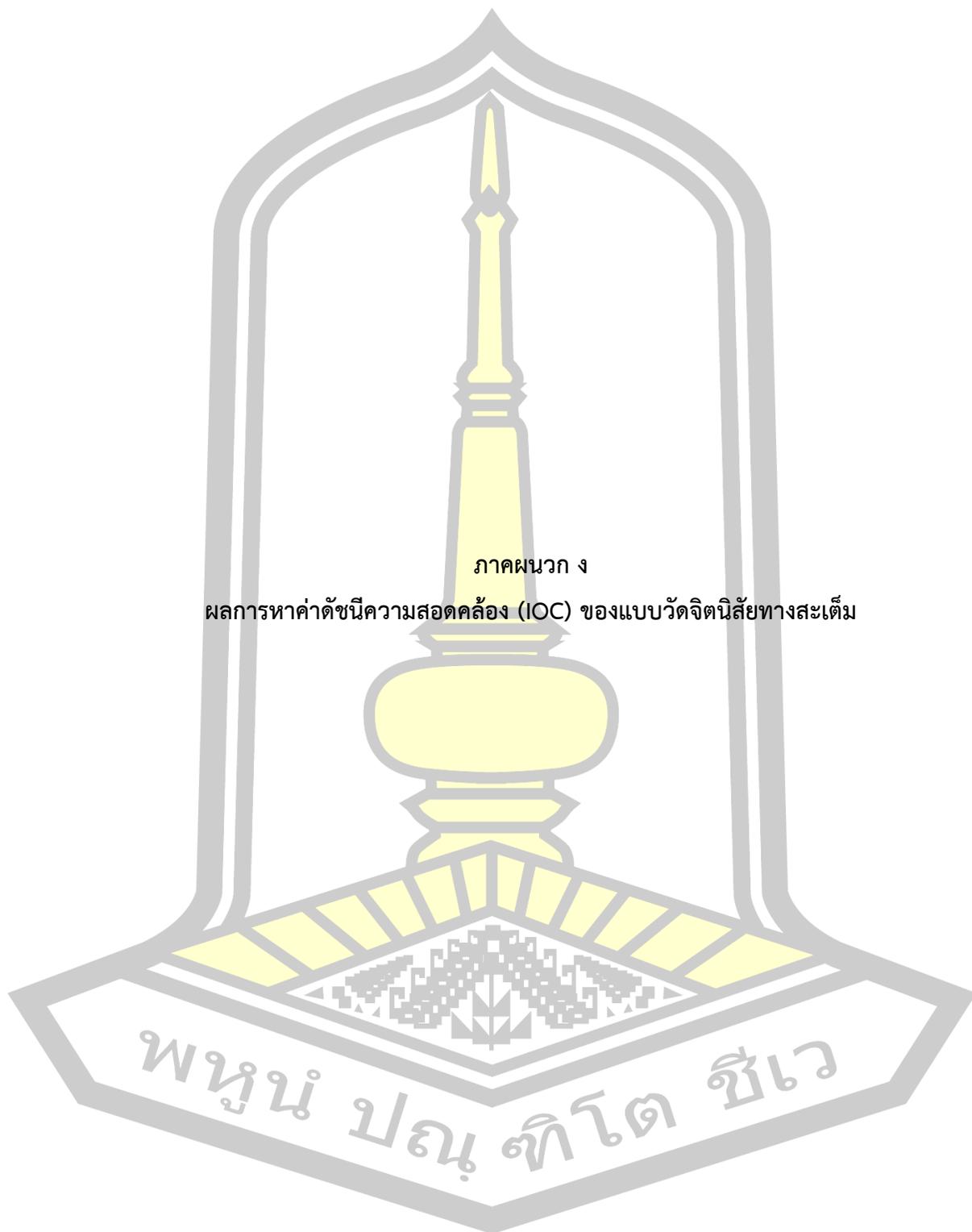
ข้อ	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ความคิดสร้างสรรค์ (Creative)						
13.	ผู้เรียนกล้าคิด กล้าทำสิ่งที่ผิดแปลกไปจากที่ผู้อื่นคิดและเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดประโยชน์ต่อตนเองและส่วนรวม					
14.	ผู้เรียนหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเดิมผสมกับสิ่งใหม่					
15.	ผู้เรียนต้องการคิดอย่างอิสระและใช้จินตนาการในการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม					
16.	ผู้เรียนคิดอย่างมีระบบและมีขั้นตอนกระบวนการที่ชัดเจน					
17.	ผู้เรียนสังเกตเห็นรายละเอียดในสิ่งที่คนอื่นมองไม่เห็น					
18.	ผู้เรียนคิดรายละเอียดย่อย ๆ และสามารถเชื่อมโยงระหว่างแต่ละสาระวิชาได้					
ความร่วมมือช่วยเหลือ (Collaboration)						
19.	ผู้เรียนยอมรับ ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน					
20.	ผู้เรียนต้องการที่จะสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่น					
21.	ผู้เรียนร่วมกันวางแผนและกำหนดเป้าหมาย ตระหนักถึงการใช้หลักการคณิตศาสตร์ช่วยในการตัดสินใจและใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อการทำงานใดงานหนึ่งบรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้					
22.	ผู้เรียนรู้จักบทบาทหน้าที่ของตนเองในการทำงานร่วมกับผู้อื่น					
23.	ผู้เรียนมีการวางแผนและยอมรับ กำหนดเป้าหมายเดียวกัน					
24.	ผู้เรียนให้ความเคารพซึ่งกันและกัน เอาใจเขามาใส่ใจเรา					
ความสามารถในการสื่อสาร (Communication)						
25.	ผู้เรียนอธิบายนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน					

ข้อ	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
26.	ผู้เรียนอธิบายความหมายและความเกี่ยวข้องของปัญหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและคณิตศาสตร์ได้					
27.	ผู้เรียนอธิบายเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ให้กับผู้อื่นเข้าใจได้อย่างชัดเจน					
28.	ผู้เรียนสังเกตเหตุการณ์ สถานการณ์ ปรากฏการณ์ หรือปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างละเอียด					
29.	ผู้เรียนจัดบันทึกเหตุการณ์ สถานการณ์ ปรากฏการณ์ หรือปัญหาที่เกิดขึ้นได้ครบถ้วนทุกรายละเอียด					
30.	ผู้เรียนจัดบันทึกผลอย่างเป็นระบบและมีความถูกต้อง					
การคิดแบบบูรณาการ (Integrative Thinking)						
31.	ผู้เรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ได้					
32.	ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ จากการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม					
33.	ผู้เรียนเชื่อมโยงความรู้เนื้อหาในทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ ได้					
34.	ผู้เรียนวิเคราะห์ข้อบกพร่อง ข้อจำกัดของกระบวนการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้					
35.	ผู้เรียนหาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา					
36.	ผู้เรียนวิเคราะห์องค์ความรู้ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา					

ข้อ	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ความมีเหตุผล (Reasonable)						
37.	ผู้เรียนรับฟัง คำอธิบาย แนวคิด สถานการณ์หรือเหตุการณ์จาก แหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ					
38.	ผู้เรียนสามารถสร้างคำอธิบายหรือข้อโต้แย้ง จากข้อมูลและ หลักฐานต่างๆ ที่ค้นพบ					
39.	ผู้เรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม พิสูจน์ตรวจสอบข้อมูล ก่อนสรุปเสมอ					
40.	ผู้เรียนแสวงหาหลักฐาน เพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริง					
41.	ผู้เรียนมีความมุ่งมั่นในการหาคำตอบโดยจะไม่ยอมรับจนกว่า พิสูจน์ว่าเป็นจริง					
42.	ผู้เรียนมีความตั้งใจแน่วแน่ต่อการแสวงหาความรู้อย่างต่อเนื่อง					

ขอขอบคุณ.....

พหุบัณฑิต โท ชีเว



ภาคผนวก ง

ผลการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดจิตนีสัยทางสะเต็ม

พหุบัน ปณฺ ทิโต ชีเว

ตาราง 13 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

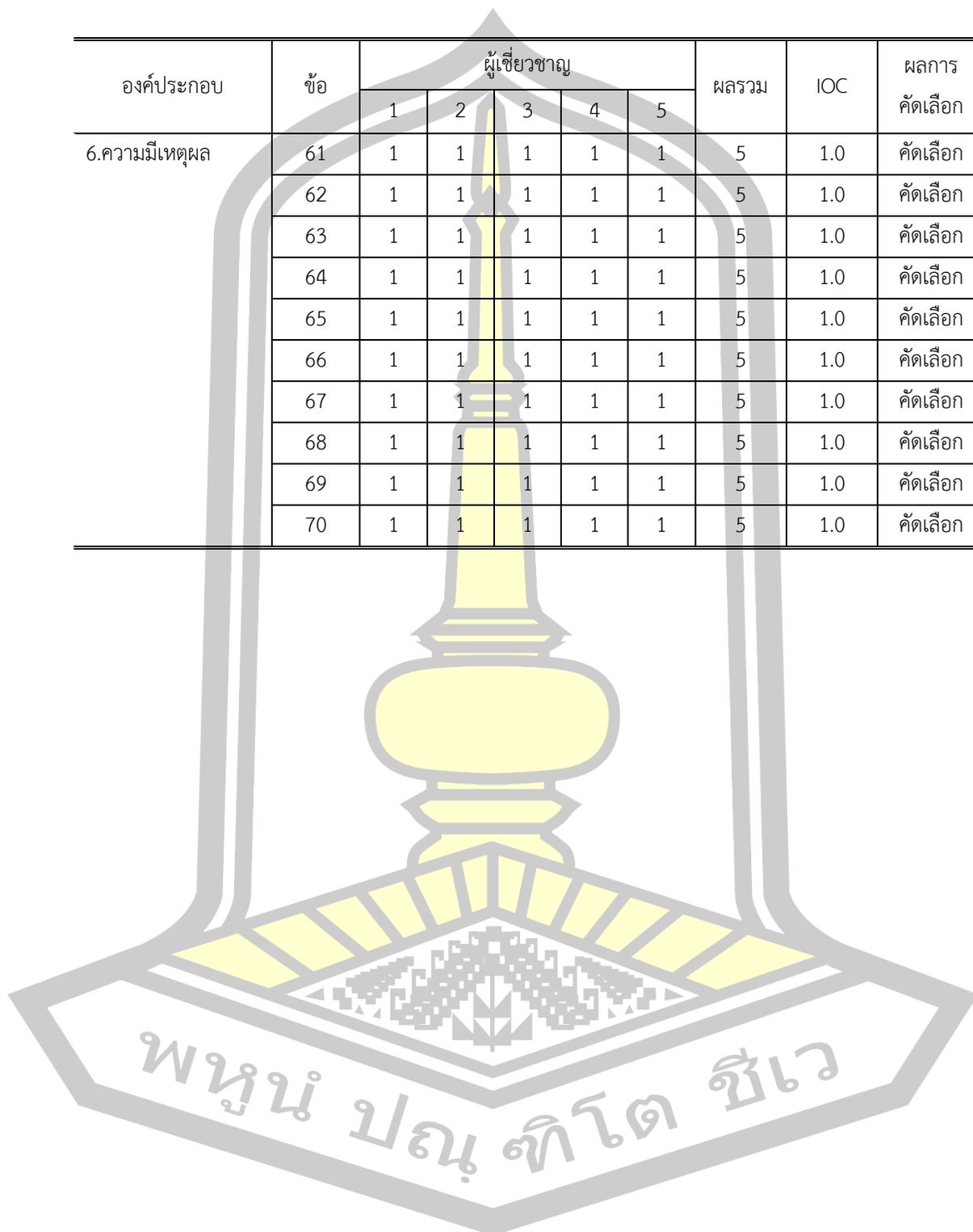
องค์ประกอบ	ข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ					ผลรวม	IOC	ผลการ คัดเลือก
		1	2	3	4	5			
1.ความสนใจใฝ่รู้	1	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	2	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	3	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	4	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	5	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	6	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	7	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	8	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	9	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	10	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	11	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	12	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	13	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	14	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	15	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	16	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	17	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	18	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	19	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	20	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
2.ความคิดสร้างสรรค์	21	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	22	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	23	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	24	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	25	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	26	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	27	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	28	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	29	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	30	1	1	1	0	0	3	0.6	ตัดทิ้ง

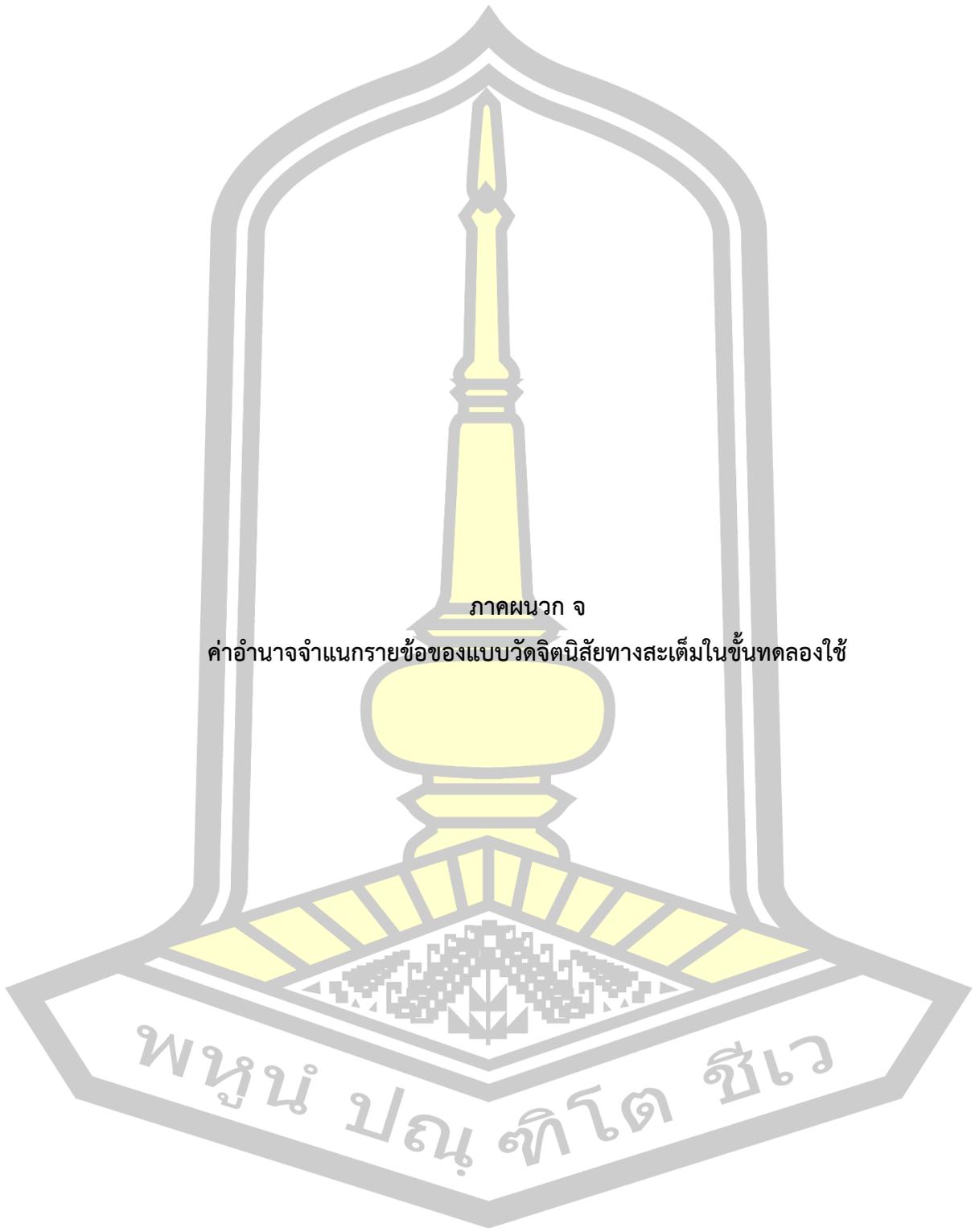
ตาราง 13 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ					ผลรวม	IOC	ผลการ คัดเลือก
		1	2	3	4	5			
3.ความร่วมมือร่วมใจ	31	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	32	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	33	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	34	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	35	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	36	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	37	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	38	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	39	0	1	0	0	1	3	0.6	ตัดทิ้ง
	40	1	0	0	1	1	3	0.6	ตัดทิ้ง
4.ความสามารถในการ สื่อสาร	41	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	42	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	43	0	0	1	1	1	3	0.6	ตัดทิ้ง
	44	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	45	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	46	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	47	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	48	0	1	1	1	1	4	0.8	ตัดทิ้ง
	49	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	50	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
5.การคิดแบบบูรณา การ	51	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	52	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	53	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	54	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	55	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	56	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	57	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	58	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	59	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	60	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก

ตาราง 13 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ					ผลรวม	IOC	ผลการ คัดเลือก
		1	2	3	4	5			
6.ความมีเหตุผล	61	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	62	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	63	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	64	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	65	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	66	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	67	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	68	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	69	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก
	70	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือก





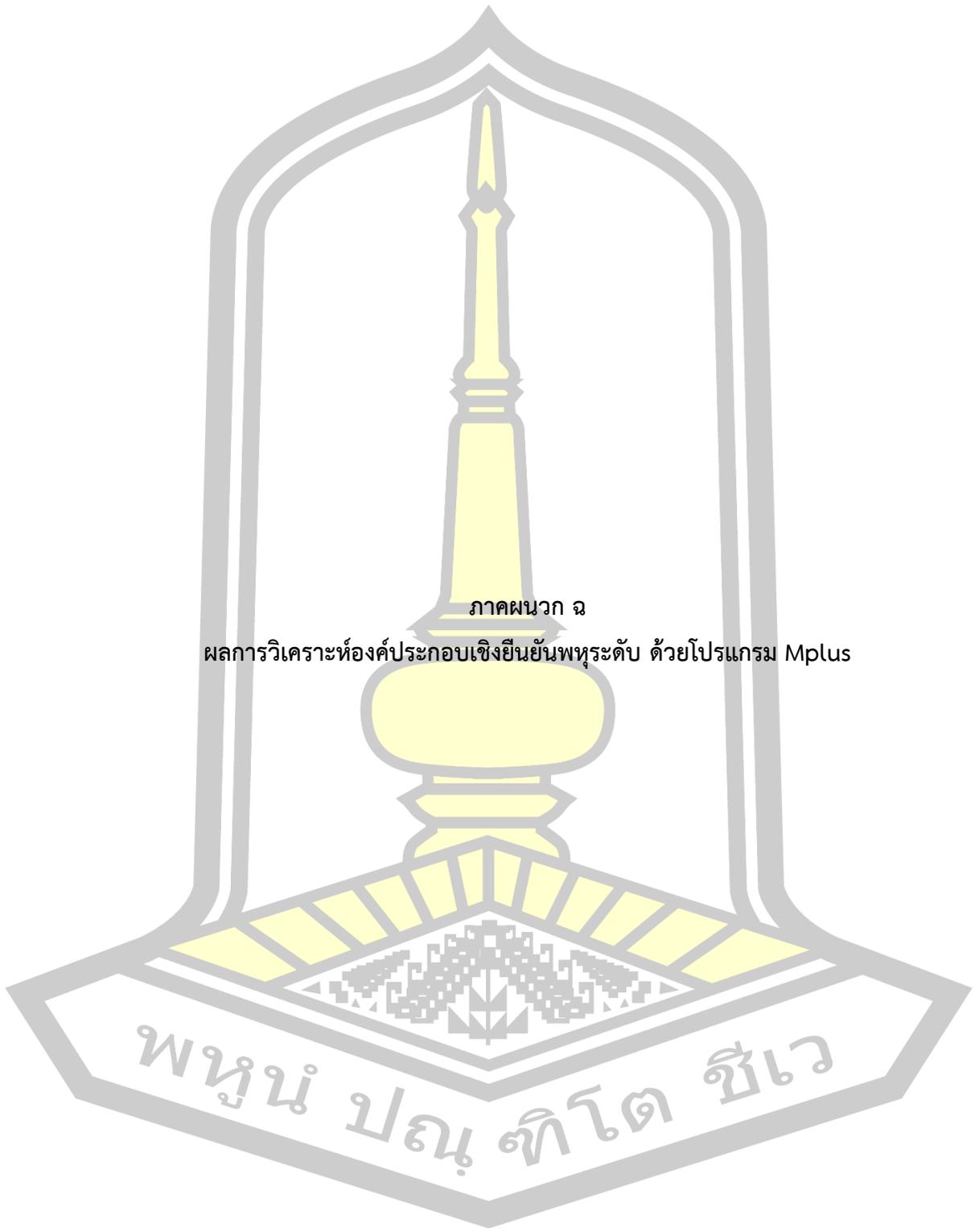
ภาคผนวก จ

คำอำนาจจำแนกรายชื่อของแบบวัดจิตนีสัยทางสะเต็มในชั้นทดลองใช้

พหุบัน ปณุ ทิโต ชีเว

ตาราง 14 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดจิตนิสัยทางสะเต็มในชั้นทดลองใช้

ข้อที่	r	ข้อที่	r	ข้อที่	r
1	.449*	26	.464*	51	.491*
2	.335*	27	.460*	52	.270*
3	.293*	28	.446*	53	.396*
4	.429*	29	.447*	54	.424*
5	.371*	30	.342*	55	.553*
6	.346*	31	.390*	56	.466*
7	.441*	32	.427*	57	.432*
8	.311*	33	.457*	58	.314*
9	.312*	34	.407*	59	.442*
10	.277	35	.424*	60	.386*
11	.294*	36	.494*	61	.529*
12	.409*	37	.539*	62	.427*
13	.397*	38	.441*	63	.340*
14	.361*	39	.396*	64	.335*
15	.449*	40	.396*	65	.278*
16	.316*	41	.419*		
17	.326*	42	.508*		
18	.408*	43	.394*		
19	.369*	44	.307*		
20	.400*	45	.425*		
21	.397*	46	.409*		
22	.427*	47	.278*		
23	.495*	48	.443*		
24	.380*	49	.409*		
25	.576*	50	.397*		



ภาคผนวก ฉ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพระดัตบ ด้วยโปรแกรม Mplus

พหุบัน ปณฺ ทิโต ชีเว

Mplus VERSION 8.3
 MUTHEN & MUTHEN
 05/20/2021 5:42 PM

INPUT INSTRUCTIONS

TITLE: MCFA

DATA:

FILE IS "C:\Users\sassy\Desktop\mplus\st.txt";

VARIABLE:

NAMES ARE y1-y6 clus;

USEVARIABLES ARE y1-y6 clus;

CLUSTER IS clus;

ANALYSIS:

TYPE IS TWOLEVEL;

ESTIMATOR IS ML;

ITERATIONS = 1000;

CONVERGENCE = 0.000001;

model:

%WITHIN%

fw BY y1-y6;

%BETWEEN%

fb BY y1-y6;

OUTPUT: SAMPSTAT MODINDICES RESIDUAL STANDARDIZED;

SAVEDATA:

RESULTS IS C:\Users\sassy\Desktop\mplus;

*** WARNING

One or more individual-level variables have no variation within a cluster for the following clusters.

Variable Cluster IDs with no within-cluster variation

Y3 63 61 62 51

Y4 58

Y6 41

1 WARNING(S) FOUND IN THE INPUT INSTRUCTIONS

MFCA

SUMMARY OF ANALYSIS

Number of groups	1
Number of observations	605
Number of dependent variables	6
Number of independent variables	0
Number of continuous latent variables	2
Observed dependent variables	
Continuous	
Y1	Y2
Y3	Y4
Y5	Y6
Continuous latent variables	
FW	FB
Variables with special functions	
Cluster variable	CLUS
Estimator	ML
Information matrix	OBSERVED
Maximum number of iterations	1000
Convergence criterion	0.100D-05
Maximum number of EM iterations	500
Convergence criteria for the EM algorithm	
Loglikelihood change	0.100D-02
Relative loglikelihood change	0.100D-05
Derivative	0.100D-03
Minimum variance	0.100D-03
Maximum number of steepest descent iterations	20
Maximum number of iterations for H1	2000
Convergence criterion for H1	0.100D-03
Optimization algorithm	EMA

Input data file(s)

C:\Users\sassy\Desktop\mplus\st.txt

Input data format FREE

SUMMARY OF DATA

Number of clusters 63

Average cluster size 9.603

Estimated Intraclass Correlations for the Y Variables

Intraclass		Intraclass		Intraclass	
Variable	Correlation	Variable	Correlation	Variable	Correlation
Y1	0.569	Y2	0.434	Y3	0.414
Y4	0.359	Y5	0.334	Y6	0.316

SAMPLE STATISTICS

NOTE: The sample statistics for within and between refer to the maximum-likelihood estimated within and between covariance matrices, respectively.

ESTIMATED SAMPLE STATISTICS FOR WITHIN

Means

Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
----	----	----	----	----

0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-------	-------	-------	-------	-------

Means

Y6

0.000

Covariances

Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
----	----	----	----	----

Y1	0.202			
Y2	0.088	0.339		
Y3	0.091	0.089	0.333	

Y4	0.072	0.056	0.057	0.363	
Y5	0.087	0.098	0.100	0.097	0.382
Y6	0.090	0.099	0.102	0.062	0.097

Covariances

Y6

Y6

0.385

Correlations

Y1

Y2

Y3

Y4

Y5

Y1

1.000

Y2

0.335 1.000

Y3

0.349 0.264 1.000

Y4

0.267 0.158 0.164 1.000

Y5

0.313 0.273 0.280 0.261 1.000

Y6

0.321 0.273 0.284 0.165 0.253

Correlations

Y6

Y6

1.000

ESTIMATED SAMPLE STATISTICS FOR BETWEEN

Means

Y1

Y2

Y3

Y4

Y5

3.791

3.707

3.790

3.677

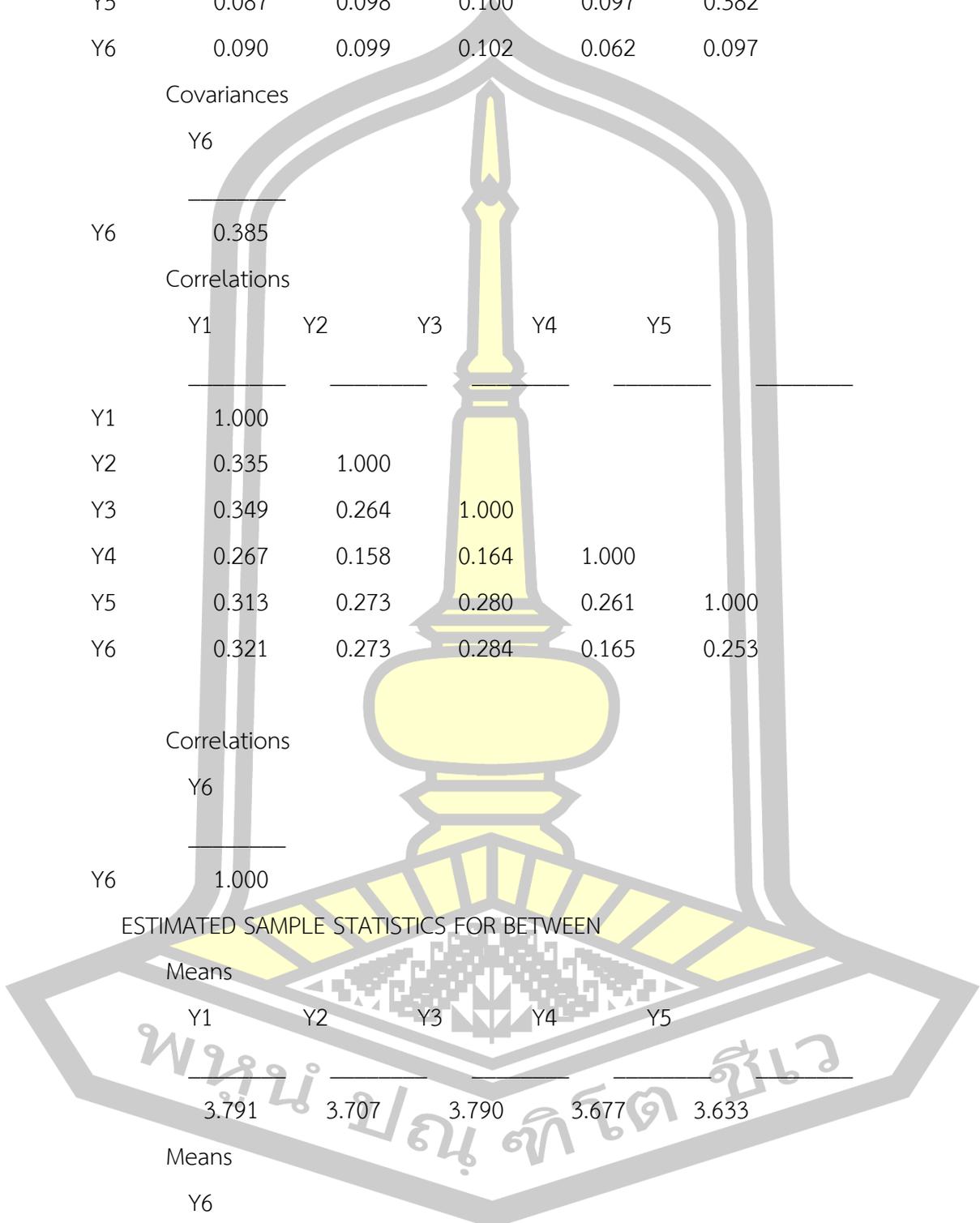
3.633

Means

Y6

3.666

Covariances



	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Y1	0.266				
Y2	0.248	0.260			
Y3	0.232	0.243	0.235		
Y4	0.219	0.228	0.207	0.203	
Y5	0.218	0.222	0.205	0.196	0.191
Y6	0.203	0.211	0.201	0.183	0.180

Covariances

Y6

Y6	0.177
----	-------

Correlations

Y1 Y2 Y3 Y4 Y5

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Y1	1.000				
Y2	0.942	1.000			
Y3	0.929	0.982	1.000		
Y4	0.941	0.990	0.949	1.000	
Y5	0.964	0.994	0.968	0.995	1.000
Y6	0.933	0.980	0.984	0.963	0.979

Correlations

Y6

Y6	1.000
----	-------

พหุ ประสิทธิภาพ

UNIVARIATE SAMPLE STATISTICS

UNIVARIATE HIGHER-ORDER MOMENT DESCRIPTIVE STATISTICS

Variable/ Sample Size	Mean/ Variance	Skewness/ Kurtosis	Minimum/ Maximum	% with Min/Max	Percentiles		
40%/80% Median					20%/60%		
Y1	3.737	-0.177	1.583	0.17%	3.083	3.500	3.833
605.000	0.500	-0.571	5.000	4.79%	4.000	4.417	
Y2	3.593	-0.382	1.000	0.17%	3.000	3.333	3.667
605.000	0.619	-0.198	5.000	4.30%	3.833	4.333	
Y3	3.674	-0.208	1.167	0.17%	3.000	3.500	3.667
605.000	0.584	-0.414	5.000	7.60%	4.000	4.333	
Y4	3.586	-0.303	1.333	0.50%	2.833	3.333	3.667
605.000	0.582	-0.337	5.000	4.13%	3.833	4.167	
Y5	3.547	-0.388	1.000	0.17%	2.833	3.333	3.500
605.000	0.589	-0.282	5.000	1.49%	3.833	4.167	
Y6	3.564	-0.225	1.000	0.17%	3.000	3.333	3.500
605.000	0.571	-0.269	5.000	3.31%	3.833	4.167	

THE MODEL ESTIMATION TERMINATED NORMALLY

MODEL FIT INFORMATION

Number of Free Parameters	30
Loglikelihood	
H0 Value	-3027.391
H1 Value	-3019.004
Information Criteria	
Akaike (AIC)	6114.781
Bayesian (BIC)	6246.938
Sample-Size Adjusted BIC	6151.695
$(n^* = (n + 2) / 24)$	

Chi-Square Test of Model Fit

Value	16.772
Degrees of Freedom	18

P-Value	0.5388
RMSEA (Root Mean Square Error Of Approximation)	
Estimate	0.000
CFI/TLI	
CFI	1.000
TLI	1.002
Chi-Square Test of Model Fit for the Baseline Model	
Value	936.016
Degrees of Freedom	30
P-Value	0.0000
SRMR (Standardized Root Mean Square Residual)	
Value for Within	0.021
Value for Between	0.010

MODEL RESULTS

		Two-Tailed			
		Estimate	S.E.	Est./S.E.	P-Value
Within Level					
FW	BY				
Y1		1.000	0.000	999.000	999.000
Y2		1.024	0.118	8.666	0.000
Y3		1.057	0.119	8.851	0.000
Y4		0.783	0.113	6.911	0.000
Y5		1.110	0.129	8.627	0.000
Y6		1.080	0.127	8.511	0.000
Variances					
FW		0.084	0.012	6.736	0.000
Residual Variances					
Y1		0.118	0.010	11.435	0.000
Y2		0.252	0.017	14.419	0.000
Y3		0.241	0.017	13.849	0.000
Y4		0.313	0.020	15.739	0.000

Y5	0.278	0.019	14.310	0.000
Y6	0.288	0.020	14.329	0.000
Between Level				
FB	BY			
Y1	1.000	0.000	999.000	999.000
Y2	1.038	0.075	13.795	0.000
Y3	0.969	0.074	13.160	0.000
Y4	0.915	0.070	13.060	0.000
Y5	0.896	0.066	13.497	0.000
Y6	0.843	0.068	12.324	0.000
Intercepts				
Y1	3.791	0.069	54.915	0.000
Y2	3.703	0.070	52.917	0.000
Y3	3.785	0.067	56.273	0.000
Y4	3.682	0.063	58.216	0.000
Y5	3.642	0.062	58.543	0.000
Y6	3.661	0.061	60.342	0.000
Variances				
FB	0.240	0.053	4.558	0.000
Residual Variances				
Y1	0.025	0.008	3.183	0.001
Y2	0.001	0.007	0.079	0.937
Y3	0.009	0.007	1.181	0.237
Y4	0.002	0.006	0.301	0.764
Y5	0.000	0.013	0.010	0.992
Y6	0.004	0.006	0.714	0.475

STANDARDIZED MODEL RESULTS

STDYX Standardization

		Two-Tailed			
		Estimate	S.E.	Est./S.E.	P-Value
Within Level					
FW	BY				
	Y1	0.645	0.038	16.876	0.000
	Y2	0.509	0.041	12.332	0.000
	Y3	0.530	0.041	12.820	0.000
	Y4	0.376	0.046	8.243	0.000
	Y5	0.521	0.041	12.637	0.000
	Y6	0.504	0.042	12.052	0.000
Variances					
FW		1.000	0.000	999.000	999.000
Residual Variances					
	Y1	0.584	0.049	11.865	0.000
	Y2	0.740	0.042	17.592	0.000
	Y3	0.719	0.044	16.438	0.000
	Y4	0.859	0.034	25.088	0.000
	Y5	0.729	0.043	16.978	0.000
	Y6	0.746	0.042	17.693	0.000
Between Level					
FB	BY				
	Y1	0.951	0.018	52.901	0.000
	Y2	0.999	0.014	71.010	0.000
	Y3	0.981	0.016	60.974	0.000
	Y4	0.996	0.015	68.326	0.000
	Y5	1.000	0.034	29.791	0.000
	Y6	0.988	0.017	58.394	0.000

Intercepts

Y1	7.357	0.742	9.920	0.000
Y2	7.272	0.757	9.610	0.000
Y3	7.822	0.836	9.359	0.000
Y4	8.181	0.896	9.129	0.000
Y5	8.291	0.957	8.667	0.000
Y6	8.753	0.989	8.848	0.000

Variances

FB	1.000	0.000	999.000	999.000
----	-------	-------	---------	---------

Residual Variances

Y1	0.096	0.034	2.808	0.005
Y2	0.002	0.028	0.079	0.937
Y3	0.037	0.032	1.184	0.236
Y4	0.009	0.029	0.303	0.762
Y5	0.001	0.067	0.010	0.992
Y6	0.024	0.033	0.726	0.468

STDY Standardization

Two-Tailed

Estimate S.E. Est./S.E. P-Value

Within Level

FW	BY	Estimate	S.E.	Est./S.E.	P-Value
Y1		0.645	0.038	16.876	0.000
Y2		0.509	0.041	12.332	0.000
Y3		0.530	0.041	12.820	0.000
Y4		0.376	0.046	8.243	0.000
Y5		0.521	0.041	12.637	0.000
Y6		0.504	0.042	12.052	0.000

Variances

FW	1.000	0.000	999.000	999.000
----	-------	-------	---------	---------

Residual Variances

Y1	0.584	0.049	11.865	0.000
Y2	0.740	0.042	17.592	0.000
Y3	0.719	0.044	16.438	0.000
Y4	0.859	0.034	25.088	0.000
Y5	0.729	0.043	16.978	0.000
Y6	0.746	0.042	17.693	0.000

Between Level

FB	BY				
Y1		0.951	0.018	52.901	0.000
Y2		0.999	0.014	71.010	0.000
Y3		0.981	0.016	60.974	0.000
Y4		0.996	0.015	68.326	0.000
Y5		1.000	0.034	29.791	0.000
Y6		0.988	0.017	58.394	0.000

Intercepts

Y1	7.357	0.742	9.920	0.000
Y2	7.272	0.757	9.610	0.000
Y3	7.822	0.836	9.359	0.000
Y4	8.181	0.896	9.129	0.000
Y5	8.291	0.957	8.667	0.000
Y6	8.753	0.989	8.848	0.000

Variances

FB	1.000	0.000	999.000	999.000
----	-------	-------	---------	---------

Residual Variances

Y1	0.096	0.034	2.808	0.005
Y2	0.002	0.028	0.079	0.937
Y3	0.037	0.032	1.184	0.236
Y4	0.009	0.029	0.303	0.762

		Estimate	S.E. Est./S.E.	Two-Tailed P-Value
Y5		0.001	0.067	0.010
Y6		0.024	0.033	0.726
STD Standardization				
Wthin Level				
FW	BY			
	Y1	0.290	0.022	13.472
	Y2	0.297	0.028	10.641
	Y3	0.307	0.028	10.929
	Y4	0.227	0.030	7.612
	Y5	0.322	0.030	10.852
	Y6	0.313	0.030	10.441
Variances				
	FW	1.000	0.000	999.000
Residual Variances				
	Y1	0.118	0.010	11.435
	Y2	0.252	0.017	14.419
	Y3	0.241	0.017	13.849
	Y4	0.313	0.020	15.739
	Y5	0.278	0.019	14.310
	Y6	0.288	0.020	14.329
Between Level				
FB	BY			
	Y1	0.490	0.054	9.115
	Y2	0.509	0.053	9.545
	Y3	0.475	0.052	9.123
	Y4	0.448	0.049	9.163

Y5	0.439	0.048	9.154	0.000
Y6	0.413	0.047	8.752	0.000
Intercepts				
Y1	3.791	0.069	54.915	0.000
Y2	3.703	0.070	52.917	0.000
Y3	3.785	0.067	56.273	0.000
Y4	3.682	0.063	58.216	0.000
Y5	3.642	0.062	58.543	0.000
Y6	3.661	0.061	60.342	0.000
Variances				
FB	1.000	0.000	999.000	999.000
Residual Variances				
Y1	0.025	0.008	3.183	0.001
Y2	0.001	0.007	0.079	0.937
Y3	0.009	0.007	1.181	0.237
Y4	0.002	0.006	0.301	0.764
Y5	0.000	0.013	0.010	0.992
Y6	0.004	0.006	0.714	0.475
R-SQUARE				
Within Level				
Observed			Two-Tailed	
Variable	Estimate	S.E.	Est./S.E.	P-Value
Y1	0.416	0.049	8.438	0.000
Y2	0.260	0.042	6.166	0.000
Y3	0.281	0.044	6.410	0.000
Y4	0.141	0.034	4.122	0.000
Y5	0.271	0.043	6.319	0.000
Y6	0.254	0.042	6.026	0.000

Between Level

Observed Variable	Estimate	S.E.	Two-Tailed Est./S.E.	P-Value
Y1	0.904	0.034	26.450	0.000
Y2	0.998	0.028	35.505	0.000
Y3	0.963	0.032	30.487	0.000
Y4	0.991	0.029	34.163	0.000
Y5	0.999	0.067	14.895	0.000
Y6	0.976	0.033	29.197	0.000

QUALITY OF NUMERICAL RESULTS

Condition Number for the Information Matrix 0.250E-04
(ratio of smallest to largest eigenvalue)

RESIDUAL OUTPUT

ESTIMATED MODEL AND RESIDUALS (OBSERVED - ESTIMATED) FOR WITHIN

Model Estimated Means

Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Model Estimated Means

Y6
0.000

Residuals for Means

Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Residuals for Means

Y6
0.000

Model Estimated Covariances

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Y1	0.202				
Y2	0.086	0.340			
Y3	0.089	0.091	0.335		
Y4	0.066	0.067	0.070	0.365	
Y5	0.093	0.096	0.099	0.073	0.382
Y6	0.091	0.093	0.096	0.071	0.101

Model Estimated Covariances

	Y6
Y6	0.386

Residuals for Covariances

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Y1	0.000				
Y2	0.002	-0.001			
Y3	0.002	-0.002	-0.002		
Y4	0.007	-0.012	-0.013	-0.002	
Y5	-0.006	0.003	0.001	0.024	0.000
Y6	-0.001	0.006	0.006	-0.009	-0.004

Residuals for Covariances

	Y6
Y6	-0.001

Model Estimated Correlations

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Y1	1.000				
Y2	0.328	1.000			

Y3	0.341	0.270	1.000		
Y4	0.242	0.191	0.199	1.000	
Y5	0.336	0.265	0.276	0.196	1.000
Y6	0.325	0.257	0.267	0.189	0.263

Model Estimated Correlations

Y6	
Y6	1.000

Residuals for Correlations

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Y1	0.000				
Y2	0.006	0.000			
Y3	0.007	-0.006	0.000		
Y4	0.025	-0.033	-0.035	0.000	
Y5	-0.022	0.007	0.004	0.065	0.000
Y6	-0.004	0.016	0.017	-0.024	-0.010

Residuals for Correlations

Y6	
Y6	0.000

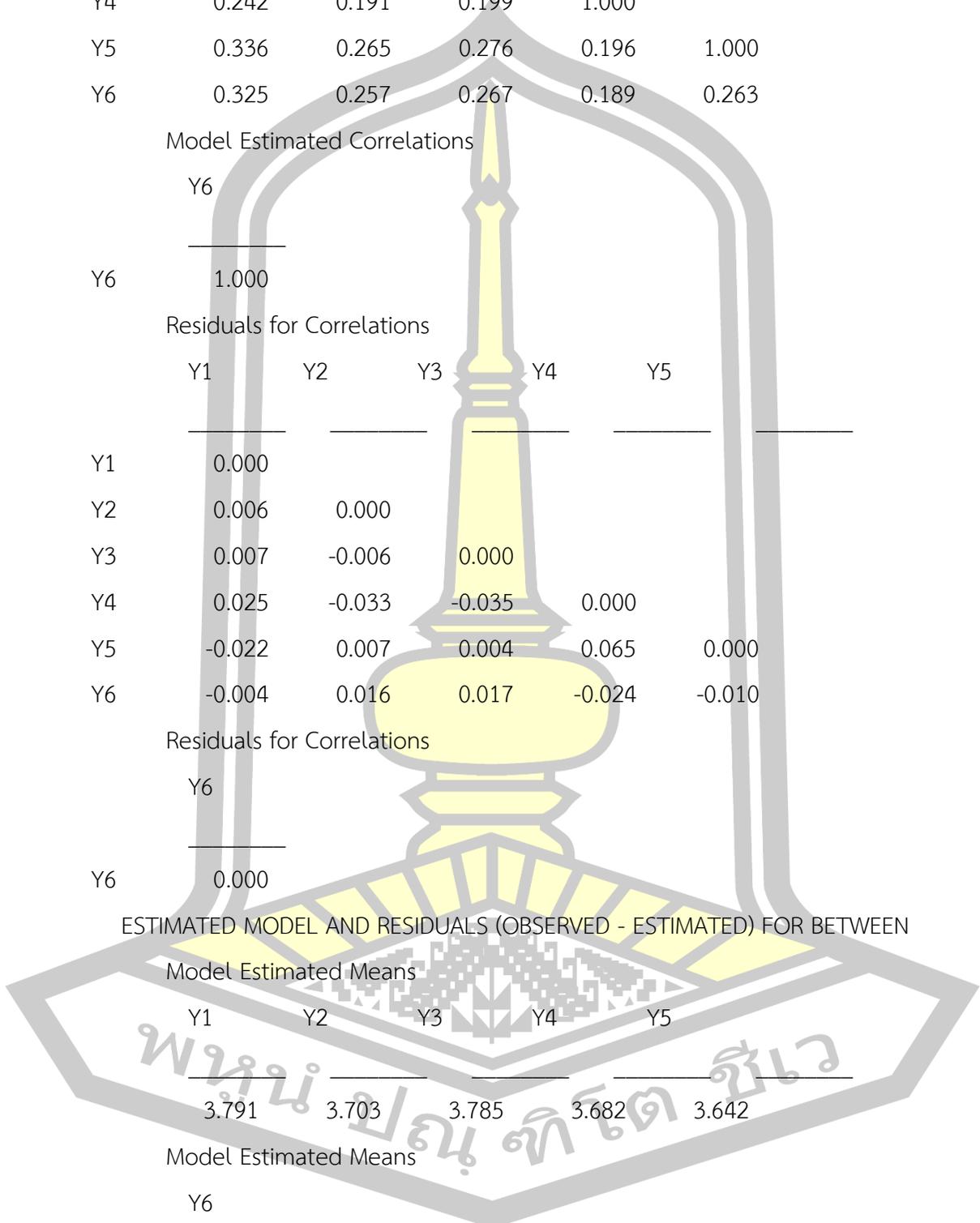
ESTIMATED MODEL AND RESIDUALS (OBSERVED - ESTIMATED) FOR BETWEEN

Model Estimated Means

Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
3.791	3.703	3.785	3.682	3.642

Model Estimated Means

Y6	
Y6	3.661



Residuals for Means

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
	0.000	0.004	0.005	-0.005	-0.009

Residuals for Means

Y6
0.006

Model Estimated Covariances

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Y1	0.266				
Y2	0.249	0.259			
Y3	0.233	0.241	0.234		
Y4	0.220	0.228	0.213	0.203	
Y5	0.215	0.223	0.208	0.197	0.193
Y6	0.202	0.210	0.196	0.185	0.181

Model Estimated Covariances

Y6
0.175

Residuals for Covariances

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Y1	0.001				
Y2	-0.001	0.001			
Y3	0.000	0.001	0.001		
Y4	-0.001	0.000	-0.005	0.001	
Y5	0.003	-0.002	-0.003	-0.001	-0.002
Y6	0.001	0.000	0.005	-0.002	-0.001

พหุ ประสิทธิภาพ

Residuals for Covariances

Y6

Y6 0.003

Model Estimated Correlations

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Y1	1.000				
Y2	0.950	1.000			
Y3	0.933	0.980	1.000		
Y4	0.947	0.994	0.977	1.000	
Y5	0.950	0.999	0.981	0.995	1.000
Y6	0.939	0.987	0.969	0.983	0.987

Model Estimated Correlations

Y6

Y6 1.000

Residuals for Correlations

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
Y1	0.000				
Y2	-0.007	0.000			
Y3	-0.004	0.002	0.000		
Y4	-0.006	-0.004	-0.028	0.000	
Y5	0.014	-0.005	-0.013	-0.001	0.000
Y6	-0.006	-0.007	0.015	-0.020	-0.009

Residuals for Correlations

Y6

Y6 0.000

MODEL MODIFICATION INDICES

NOTE: Modification indices for direct effects of observed dependent variables regressed on covariates may not be included. To include these, request MODINDICES (ALL).

Minimum M.I. value for printing the modification index 10.000

	M.I.	E.P.C.	Std E.P.C.	StdYX E.P.C.
Within Level				
Means/Intercepts/Thresholds				
[Y2]	999.000	0.000	0.000	0.000
[Y5]	999.000	0.000	0.000	0.000

Between Level

RESULTS SAVING INFORMATION

There was an error opening the RESULTS file for writing. No results were saved. The path may not exist for the following file:

C:\Users\sassy\Desktop\mplus

DIAGRAM INFORMATION

Mplus diagrams are currently not available for multilevel analysis.

No diagram output was produced.

Beginning Time: 17:42:10

Ending Time: 17:42:15

Elapsed Time: 00:00:05

MUTHEN & MUTHEN

3463 Stoner Ave.

Los Angeles, CA 90066

Tel: (310) 391-9971

Fax: (310) 391-8971

Web: www.StatModel.com

Support: Support@StatModel.com

Copyright (c) 1998-2019 Muthen & Muthen

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวพิริยากุล สิงหรา
วันเกิด	วันที่ 13 มิถุนายน พ.ศ. 2528
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดยโสธร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 71 หมู่ที่ 13 ถนนเจริญผล ตำบลสามแยก อำเภอเลิงนกทา จังหวัดยโสธร รหัสไปรษณีย์ 35120
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนอนุบาลเลิงนกทา อำเภอเลิงนกทา จังหวัดยโสธร รหัสไปรษณีย์ 35120
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2546 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย จังหวัดมุกดาหาร พ.ศ. 2552 ปริญญาการศึกษาบัณฑิต (กศ.บ.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา พ.ศ. 2564 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูนุ่ ปณุ่ กิโต ชีเว