



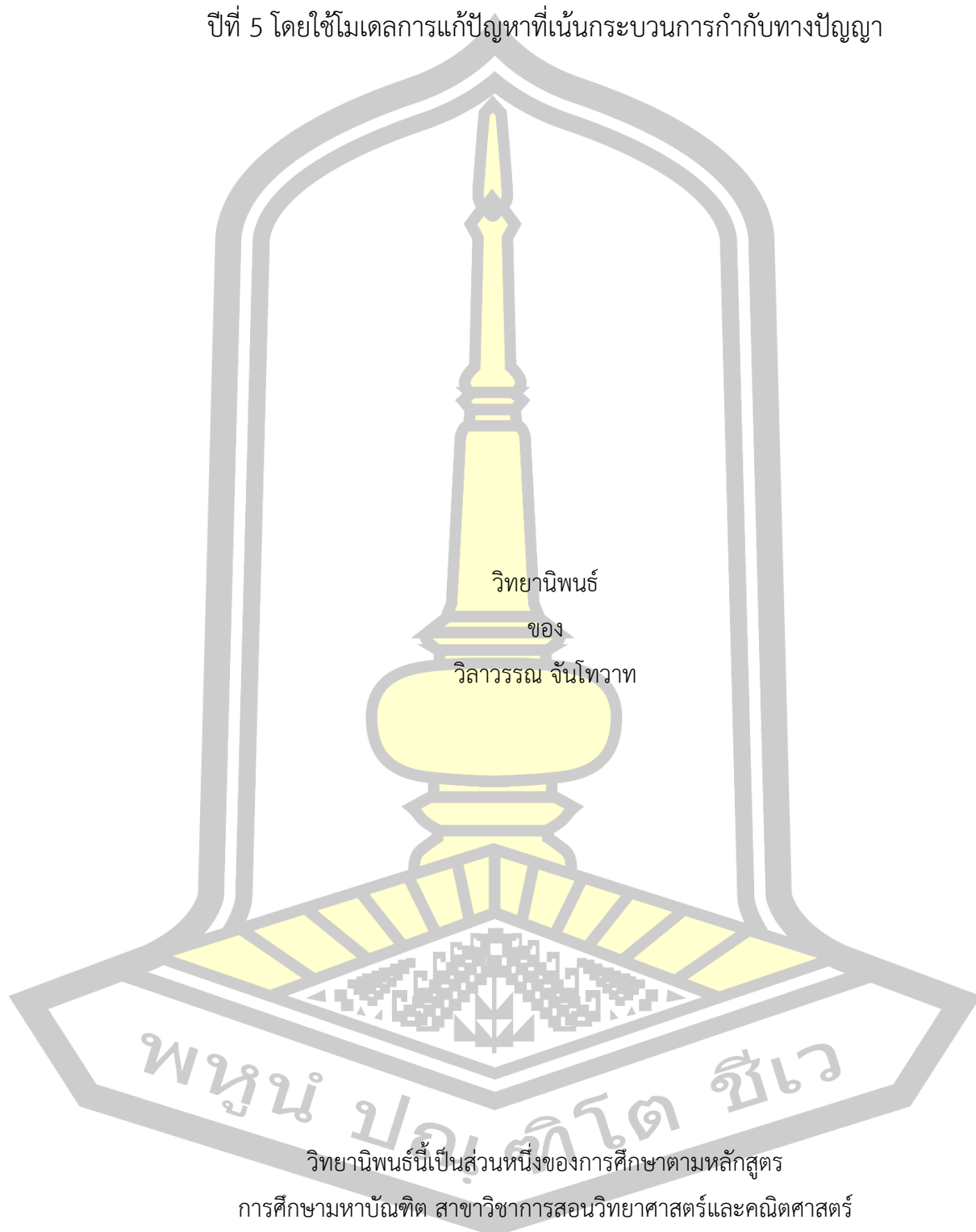
การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดย
ใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา

วิทยานิพนธ์
ของ
วิลาวรรณ จันโทวาท

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
ปีการศึกษา 2560

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 5 โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา



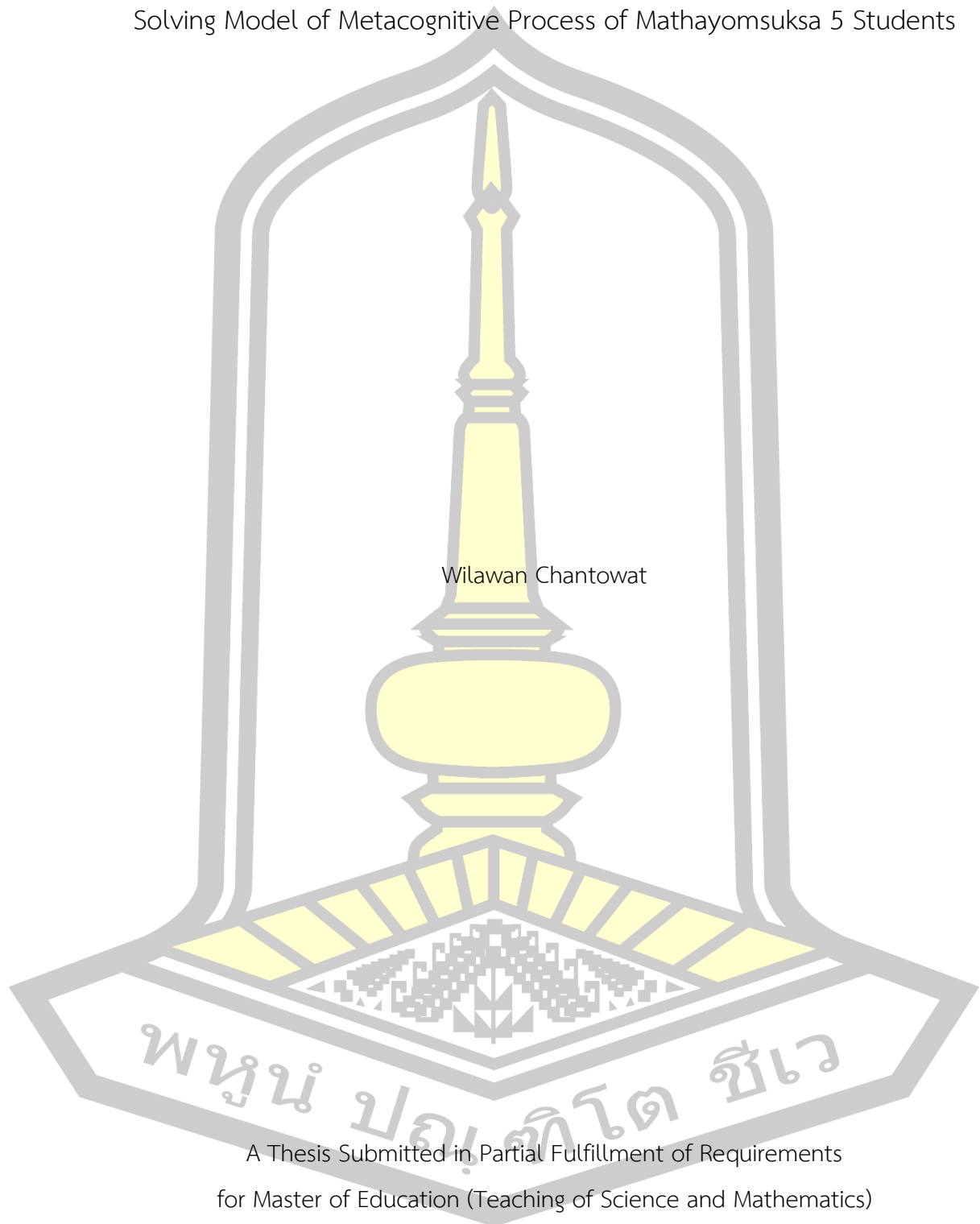
วิทยานิพนธ์
ของ
วิลาวรรณ จันทิมา

พหุบัณฑิต โศภิต ชีวะ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of Mathematics Problem Solving Ability by using the Problem
Solving Model of Metacognitive Process of Mathayomsuksa 5 Students



Wilawan Chantowat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)

Academic Year 2017

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาว วิลาวรรณ จันโท
วาท แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. มนตรี วงษ์สะพาน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. มนตรี ทองมูล)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. สมาน เอกพิมพ์)

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัย
มหาสารคาม

.....
(ผศ. ดร. พชรวิทย์ จันท์ศิริสิริ)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วัน.....เดือน.....ปี.....

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา		
ผู้วิจัย	วิลาวรรณ จันโทวาท		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนตรี ทองมูล		
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต	สาขาวิชา	การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีการศึกษา	2560

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย คือ 1) เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และ 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเวกเตอร์ในสามมิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มเป้าหมายได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 นักเรียนกลุ่มที่มีปัญหาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 21 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 4) แบบสัมภาษณ์นักเรียน เป็นแบบกึ่งโครงสร้าง รูปแบบการวิจัย คือ การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งประกอบด้วย 4 วงจรปฏิบัติการ ได้แก่ วงจรปฏิบัติการที่ 1 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-4 วงจรปฏิบัติการที่ 2 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5-7 วงจรปฏิบัติการที่ 3 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8-9 วงจรปฏิบัติการที่ 4 ใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10-11 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำเสนอข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการพรรณนาวิเคราะห์

ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

1. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 55.23 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 60.47 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 71.76

และในวงจรปฏิบัติการที่ 4 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 78.89 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

โดยกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งผลให้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงขึ้นในแต่ละวงจรปฏิบัติการมีดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ที่ให้ความสำคัญในแต่ละขั้นตอนเท่าๆกัน เพื่อพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

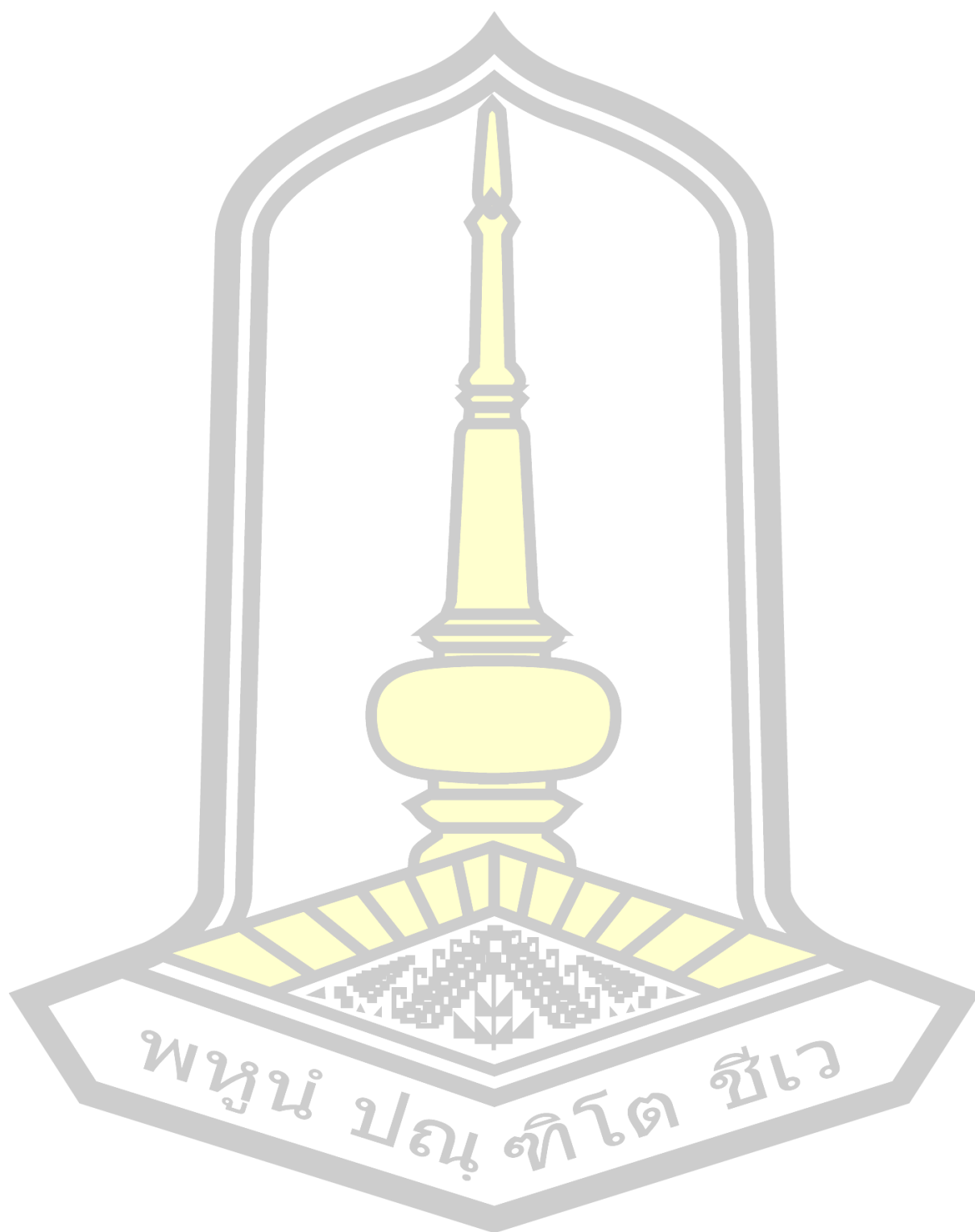
วงจรปฏิบัติการที่ 2 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ที่ให้ความสำคัญในแต่ละขั้นตอนเท่าๆกัน และใช้กิจกรรมเพื่อนคู่คิด นักเรียนจับคู่ร่วมกันทำงานโดยนักเรียนที่เก่งคู่กับคนที่อ่อน เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

วงจรปฏิบัติการที่ 3 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ที่ให้ความสำคัญในขั้นของการวางแผนแก้ปัญหา ขั้นตอนการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบคำตอบ และใช้กิจกรรมเพื่อนคู่คิด นักเรียนจับคู่ร่วมกันทำงานโดยนักเรียนที่เก่งคู่กับคนที่อ่อนเช่นเดิม เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

วงจรปฏิบัติการที่ 4 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ที่ให้ความสำคัญในขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบคำตอบ และใช้กิจกรรมเพื่อนคู่คิดเช่นเดิม นอกจากนั้นผู้วิจัยได้สอนเสริมด้านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ การแก้สมการ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ให้กับนักเรียนที่ยังมีผลคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ต่ำให้สูงขึ้น

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 69 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 82 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 65 และในวงจรปฏิบัติการที่ 4 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 82

คำสำคัญ : การแก้ไข้ปัญหาคณิตศาสตร์, การกำกั้บทางปัญญา



TITLE	Development of Mathematics Problem Solving Ability by using the Problem Solving Model of Metacognitive Process of Mathayomsuksa 5 Students		
AUTHOR	Wilawan Chantowat		
ADVISORS	Assistant Professor Montri Thongmoon , Ph.D.		
DEGREE	Master of Education	MAJOR	Teaching of Science and Mathematics
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2017

ABSTRACT

The proposes of this study were 1) to develop the students' mathematics problem solving ability in order to pass the criteria of 70 percent of full score, and 2) to study the students' achievement. The target group was 21 students of grade 11th students in academic year 2017 from Sarakhampittayakhom School, Muang, Maharakham and obtained using convenience sampling technique. The research methodology is action research which consists of four spirals. The research instruments were: 1) 11 lesson plans of the problem solving model of metacognitive process, 2) Mathematics problem solving ability test, and 3) the interview form. The data was analysed by using mean, percentage, and standard deviation.

The results were as follows

1. The students' mathematics problem solving ability mean scores in the first, the second, the third and the fourth spiral were 55.23, 60.47, 71.76 and 78.89 percent respectively. It obviously be seen that the students' mean score passed the criteria in the third spiral.

The learning activities affect to Mathematics problem solving ability were

as follows

Spiral 1 learning activity by using the problem solving model of metacognitive process, each step were equally important.

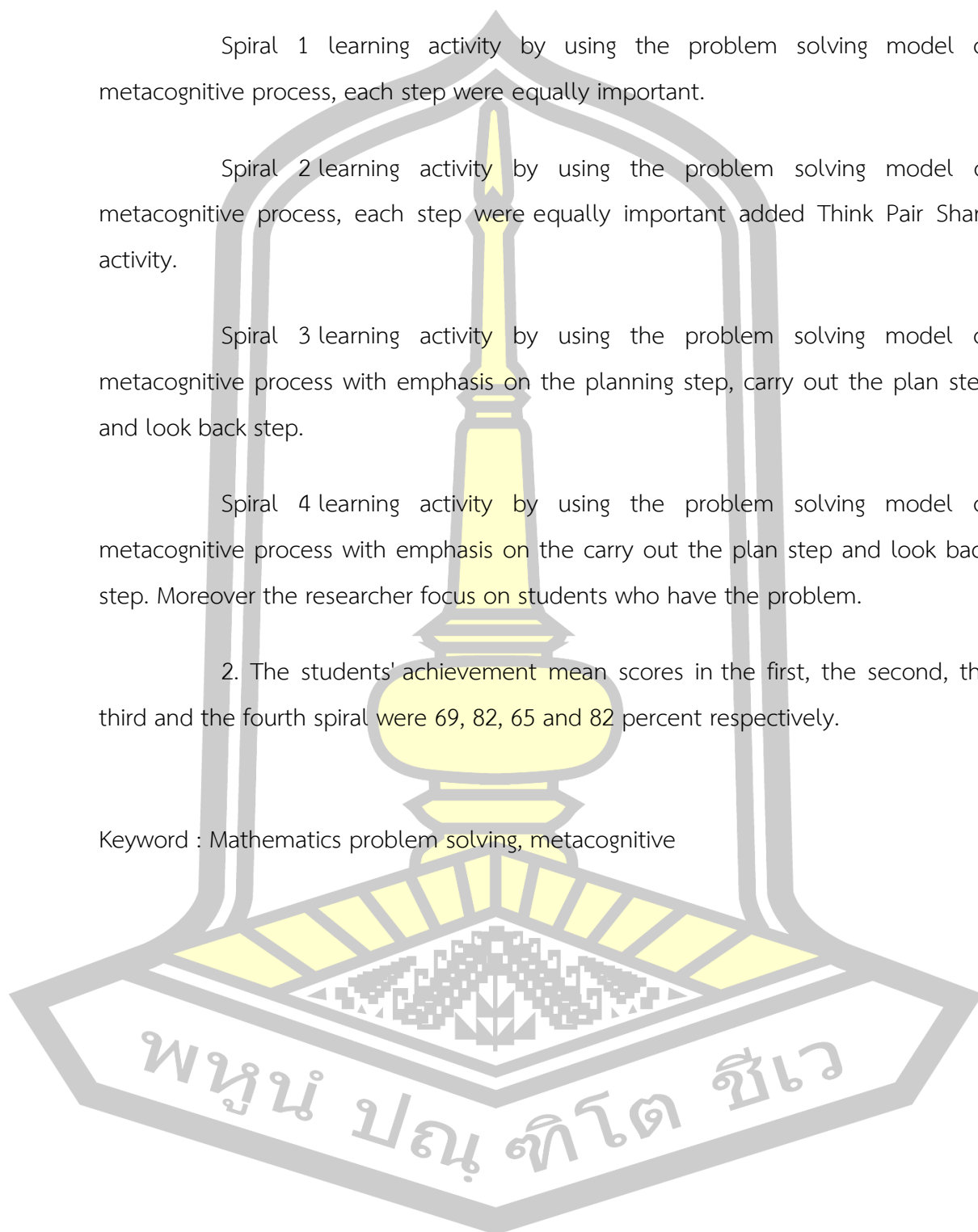
Spiral 2 learning activity by using the problem solving model of metacognitive process, each step were equally important added Think Pair Share activity.

Spiral 3 learning activity by using the problem solving model of metacognitive process with emphasis on the planning step, carry out the plan step and look back step.

Spiral 4 learning activity by using the problem solving model of metacognitive process with emphasis on the carry out the plan step and look back step. Moreover the researcher focus on students who have the problem.

2. The students' achievement mean scores in the first, the second, the third and the fourth spiral were 69, 82, 65 and 82 percent respectively.

Keyword : Mathematics problem solving, metacognitive



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองมูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี วงษ์สะพาน ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์อาจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมาน เอกพิมพ์ กรรมการสอบ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ตรวจและแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการทำการวิจัย ตลอดจนคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำการวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนสารคามพิทยาคม คณะครูและนักเรียนโรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้โรงเรียนเป็นสถานที่เก็บรวบรวมข้อมูลในการทำการวิจัยและคอยอำนวยความสะดวกต่างๆ ทำให้การทำการวิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัย ที่คอยให้การสนับสนุน คอยให้กำลังใจ ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่มีส่วนให้ทำให้การทำการวิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษาในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) และขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือประสานงานในโครงการจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และทำให้การดำเนินงานวิจัยเป็นไปด้วยความราบรื่น

คุณค่าและประโยชน์จากการทำการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดามารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้อันมีค่าแก่ผู้ศึกษาค้นคว้าจนสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

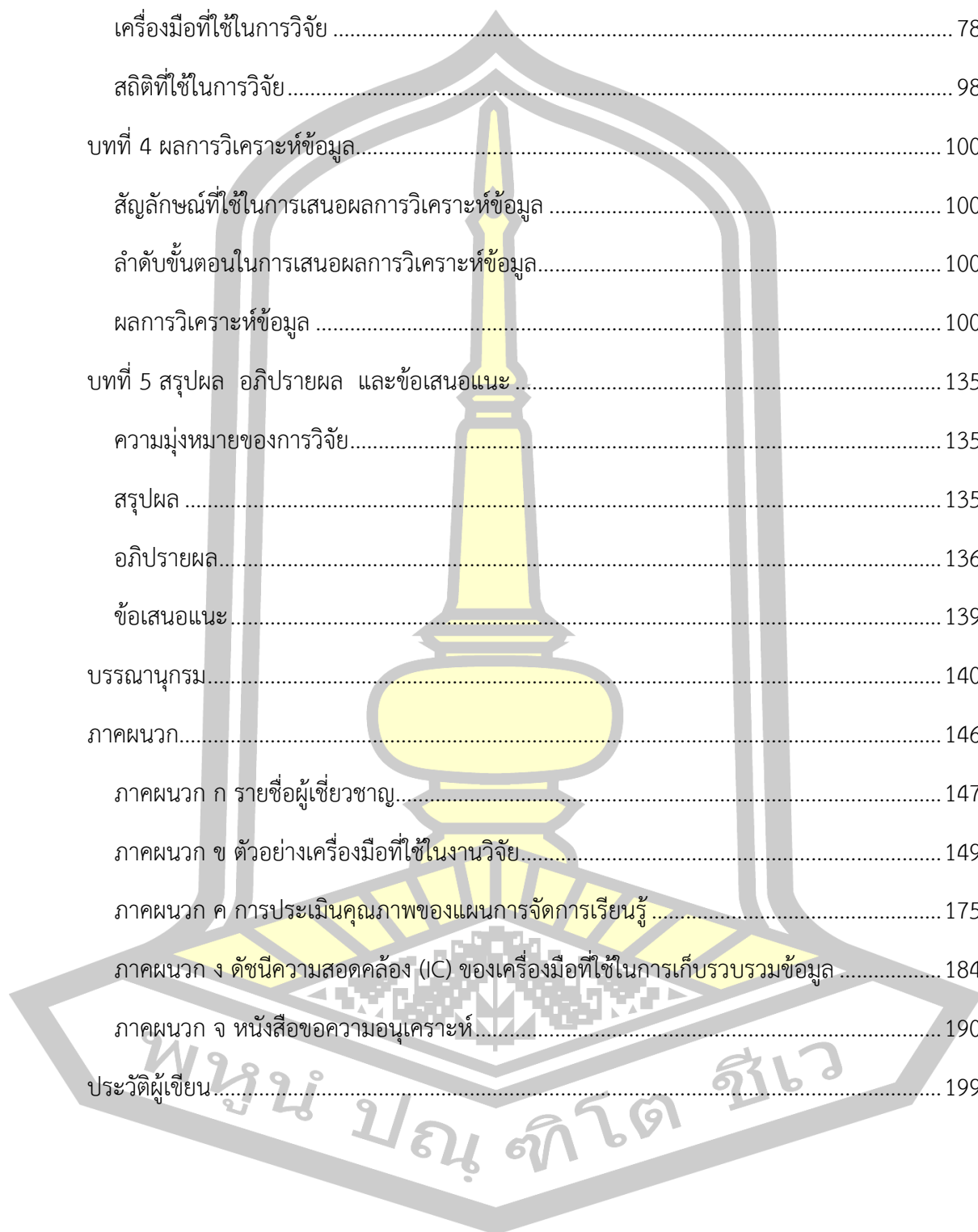
วิลาวรรณ จันโทวาท

พูน ปณ ทิโต ชีเว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ช
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
การกำกับทางปัญญา.....	10
โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา.....	13
การแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	23
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	34
การวิจัยเชิงปฏิบัติการ.....	40
หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551).....	46
โรงเรียนสารคามพิทยาคม.....	51
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	55
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	60
กลุ่มเป้าหมาย.....	60

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย	63
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	78
สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	98
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	100
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	100
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	100
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	100
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	135
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	135
สรุปผล	135
อภิปรายผล.....	136
ข้อเสนอแนะ	139
บรรณานุกรม.....	140
ภาคผนวก.....	146
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ.....	147
ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	149
ภาคผนวก ค การประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้.....	175
ภาคผนวก ง ดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	184
ภาคผนวก จ หนังสือขอความอนุเคราะห์.....	190
ประวัติผู้เขียน.....	199



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่นๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 1)

ถึงแม้ว่าวิชาคณิตศาสตร์จะเป็นวิชาที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อมนุษย์ แต่สภาพการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันพบว่ายังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ดังจะเห็นได้จากค่าสถิติผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประจำปีการศึกษา 2559 มีคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศเท่ากับ 24.88 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2560) ประกอบกับผลการศึกษาแนวโน้มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ พ.ศ.2558 (Trends in International Mathematics and Science Study 2015 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) ซึ่งมีประเทศเข้าร่วมทั้งหมด 39 ประเทศ ประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยจัดอยู่ลำดับที่ 26 ของประเทศที่เข้าร่วมการประเมิน และประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เท่ากับ 431 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ (มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 400 - 474 คะแนน) และต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติที่กำหนดไว้ 500 คะแนนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้จากรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม ได้รายงานผลการทดสอบรายวิชาคณิตศาสตร์ ดังนี้ ปีการศึกษา 2557 มีคะแนนเฉลี่ย 21.74 คะแนน และปีการศึกษา 2558 มีคะแนนเฉลี่ย 24.98 คะแนน (โรงเรียนสารคามพิทยาคม, 2560) อีกทั้งเมื่อวิเคราะห์ในภาพรวมพบว่าคะแนนรายวิชาคณิตศาสตร์ยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก เนื่องจากยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2560) ทั้งนี้อาจเกิดจากหลายสาเหตุ ซึ่งสาเหตุที่สำคัญประการหนึ่งคือ นักเรียนบกพร่องในการอ่านและทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา ไม่สามารถคิดคำนวณได้ถูกต้องแม่นยำ และนักเรียนขาดความเข้าใจกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555: 6-11) ดังนั้นในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

ควรให้ความสำคัญกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งนับเป็นทักษะและกระบวนการหนึ่งตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

จากความสำคัญดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การแก้โจทย์ปัญหาเป็นจุดประสงค์หลักของการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาคือเป็นทักษะกระบวนการที่เป็นหัวใจของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ([NCTM], 1991: 225-250) แต่ในสภาพการณ์ที่เป็นอยู่ปัจจุบันพบว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนยังอยู่ในระดับต่ำ ดังจะเห็นได้จากสอนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสารคามพิทยาคม และจากการสัมภาษณ์นักเรียนที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่านักเรียนส่วนมากไม่สามารถวางแผนแก้โจทย์ปัญหา และไม่สามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาได้ ซึ่งจะพบว่าโดยรวมแล้วนักเรียนยังมีปัญหากับการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งนักเรียนกล่าวว่า ซึ่งเนื้อหาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นเนื้อหาที่ยาก และโจทย์ที่ซับซ้อน เพื่อเป็นการยืนยันปัญหาในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยทำการนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของ เสาวลักษณ์ บุญจันทร์ (เสาวลักษณ์ บุญจันทร์, 2558: 99-104) ซึ่งศึกษาความสามารถแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ มาทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 โรงเรียนสารคามพิทยาคมที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2560 จำนวน 50 คน พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 58.51 เปอร์เซนต์ โดยนักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ มีจำนวน 21 คน ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ผลคะแนนแบบสำรวจความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยแบ่งตามความสูง-ต่ำ ของคะแนน โดยแบ่งออกเป็น 8 ระดับ ได้แก่ คือ ระดับดีเยี่ยม ระดับดีมาก ระดับดี ระดับค่อนข้างดี ระดับน่าพอใจ ระดับพอใช้ ระดับต่ำระดับต่ำกว่าเกณฑ์ พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ซึ่งมีคะแนนช่วงคะแนนเป็นร้อยละ 0 - 49 นั้น สามารถทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาได้ แต่ไม่สามารถวางแผนแก้โจทย์ปัญหาและไม่สามารถดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาได้

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าหลักการ แนวคิดและทฤษฎีการสอน ที่จะนำมาพัฒนากระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ตามรูปแบบของยิมเมอร์และแอลเลอร์ตัน (Yimer, A. and Ellerton, 2010: 250) ซึ่งพัฒนามาจากกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา มี 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement) ประกอบด้วย การทำความเข้าใจปัญหา การวิเคราะห์เทียบกับปัญหาที่คุ้นเคย ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดกระบวนการแก้ปัญหา (Transformation-Formulation) ประกอบด้วย การวางแผนการแก้ปัญหา การตรวจสอบความเหมาะสมของแผน ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation) ประกอบด้วย การดำเนินการแก้ปัญหา การตรวจสอบการดำเนินการตามแผน ขั้นที่ 4 ขั้นประเมิน (Evaluation) ประกอบด้วย การพิจารณาผลของการดำเนินการตามแผน

การสรุปคำตอบ และขั้นที่ 5 ขั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation) ประกอบด้วย การพิจารณา ไตร่ตรอง การนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ซึ่งในแต่ละขั้นจะเน้นให้มีการกำกับ ควบคุมตนเองอย่างมีสติ ตระหนักรู้ถึงขั้นตอนกระบวนการคิดต่างๆ ที่นำมาใช้ในระหว่าง การแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

จากสภาพปัญหา และความสำคัญข้างต้นนั้น ผู้วิจัยจึงมีความจำเป็นในการนำรูปแบบการ สอนโดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามาปรับใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 5 เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ เพื่อให้ให้นักเรียนทุกคนที่มีคะแนนความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทาง คณิตศาสตร์อยู่ในต่ำกว่าเกณฑ์ให้มีคะแนนสูงขึ้นผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเวกเตอร์ในสามมิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย
กลุ่มเป้าหมายได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 นักเรียนกลุ่มที่มีปัญหา ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 21 คน ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีระดับคะแนน ความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ (ระดับคะแนนเป็นร้อยละ 0-49) ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้ผู้วิจัยทราบว่า นักเรียนกลุ่มนี้มีปัญหาในการแก้โจทย์ ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยพบว่าเป็นปัญหาทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่ประสบ ความสำเร็จเท่าที่ควร และกลุ่มเป้าหมายกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่ควรได้รับแก้ปัญหาเป็นอันดับแรก ซึ่งผู้วิจัย ได้ดำเนินการดังนี้

1. ผู้วิจัยและครูประจำวิชาได้มีการประชาสัมพันธ์และชี้แจงวิธีการสำรวจหา
กลุ่มเป้าหมายให้นักเรียนได้รับทราบ และขอความร่วมมือจากนักเรียน
 2. สำรวจหากลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหากับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 ปรากฏว่านักเรียนกลุ่มที่มีปัญหาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทาง
คณิตศาสตร์ จำนวน 21 คน
 3. ผู้วิจัยและครูประจำวิชาได้มีการประชาสัมพันธ์และอธิบายขั้นตอนในการทำการวิจัย
ให้ผู้ร่วมโครงการได้รับทราบ โดยการวิจัยจะใช้ระยะเวลาดำเนินการ ตั้งแต่วันที่ 29 เดือน มกราคม
พ.ศ. 2561 ถึงวันที่ 23 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 ซึ่งอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ของปีการศึกษา 2560
 4. ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมได้อ่านทำความเข้าใจในเอกสารชี้แจงข้อมูลคำอธิบายสำหรับ
ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย พร้อมมีหนังสือยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย ให้ผู้เข้าร่วมลงนามยินยอม
2. ตัวแปรที่ศึกษา
 - ตัวแปรอิสระ คือ โมเดลการแก้ปัญหากที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา
 - ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย
 - เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม หน่วยการเรียนรู้ที่ 2
เรื่องเวกเตอร์ในสามมิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน
11 แผนการเรียนรู้ เวลาเรียน 11 ชั่วโมง
 4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย
 - ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหากที่เน้นกระบวนการ
กำกับทางปัญญา หมายถึง การเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์ที่เน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหาก โดยมี
การกำกับและควบคุมตนเอง ตระหนักรู้ถึงขั้นตอน ทักษะ กลวิธีและแหล่งข้อมูลที่เป็นต่อการทำงาน
อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการตรวจสอบกระบวนการคิดที่นำมาใช้ในระหว่างการแก้ปัญหาก
และตรวจสอบผลที่เกิดจากการคิดของตนเองอย่างมีเป้าหมายและมีทิศทาง โดยมีขั้นตอนการจัด
กิจกรรมการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ชั้นนำ ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้วิธีการต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในเนื้อหา รวมทั้งเตรียมความพร้อมให้แก่ นักเรียน โดยครูและนักเรียนช่วยกันทบทวนพื้นฐานความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการเรียน หรือสอนทฤษฎีบท กฎ นิยาม สูตร สมบัติต่างๆที่เกี่ยวข้อง หรือจัดสถานการณ์หรือกล่าวถึงสถานการณ์ หรือยกตัวอย่างเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน เพื่อนำเข้าสู่บทเรียนและเป็นการเตรียมความพร้อมให้แก่ นักเรียนก่อนการเผชิญกับโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา ซึ่งครูสามารถใช้แนวทางการสอนในรูปแบบต่างๆ ที่มีความเหมาะสมกับบริบทในการจัดการเรียนการสอน

ขั้นสอน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามลำดับขั้นของโมเดล การแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา โดยยิมเมอร์และแอลเลอร์ตันได้พัฒนาเป็นโมเดล การแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา เป็นกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหาซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการแก้ปัญหา 5 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement) ประกอบด้วย

1. การทำความเข้าใจปัญหา

ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้แก่ นักเรียน เพื่อให้ นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนด โดยจะต้องวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสิ่งที่ โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ความรู้ทาง คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เลือกข้อมูลที่เป็น สำหรับการ แก้โจทย์ปัญหา จากนั้นรวบรวมข้อมูลที่ได้พร้อมทั้งพิจารณาข้อมูลที่ได้ เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ของสิ่งที่โจทย์กำหนดให้กับสิ่งที่ โจทย์ต้องการทราบ ซึ่งในระหว่างการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนจะต้อง ใช้การอ่านโจทย์ปัญหาหรืออ่านโจทย์ปัญหาซ้ำเพื่อทำความเข้าใจกับสิ่งที่ ถูกกำหนดมาให้ในปัญหา และมีการเขียนแสดงการอ่านปัญหา โดยอธิบายสิ่งที่ตนรู้และเข้าใจในประเด็นต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูล ให้ นักเรียนใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจของตนเองว่าเข้าใจ ในประเด็นต่างๆ หรือไม่ อย่างไร

2. การวิเคราะห์เทียบกับปัญหาที่คุ้นเคย

ครูให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ที่กำหนดว่าเคย แก้โจทย์ปัญหาในลักษณะนี้มาก่อน หรือไม่ โดยให้ระบุว่าเคยแก้ปัญหานี้มาก่อนหรือไม่เคย แก้ปัญหานี้มาก่อน รวมทั้งประเมินระดับความยากของปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องประเมินว่าปัญหามีระดับความ ยาก-ง่ายอยู่ใน ระดับใด ซึ่งนักเรียนต้องมีการประเมินตนเองว่าเมื่ออ่านปัญหา แล้วตนคิดว่าปัญหานี้

อยู่ในระดับง่าย ปานกลางหรือยาก โดย นักเรียนแต่ละคนไม่จำเป็นต้องได้คำตอบเดียวกัน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาและความคิดเห็นที่ได้จากการ ประเมินตนเองของนักเรียนแต่ละคน

ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดกระบวนการ (Transformation- Formulation) ประกอบด้วย

1. การวางแผนการแก้ปัญหา

ครูให้นักเรียนวางแผนแก้ปัญหา โดยนำข้อมูลต่างๆ ที่มี อยู่มาใช้ในการ ออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยเลือกวิธีการหรือขั้นตอนหรือกลยุทธ์ต่างๆ ที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องเขียนแสดงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาให้ชัดเจน หากนักเรียนยังไม่สามารถเขียนแผนได้ด้วยตนเอง ครูอาจใช้คำถามในการกระตุ้น เช่น จากโจทย์ปัญหาดังกล่าวนักเรียนลองอธิบายให้ครูฟังคร่าวๆ ว่านักเรียน จะแก้ปัญหานี้ อย่างไร จากนั้นครูคอยให้นักเรียนนำคำตอบของตนเองไปเขียนอธิบายเป็นลำดับขั้นตอน เป็นต้น

2. การตรวจสอบความเหมาะสมของแผน

ครูให้นักเรียนพิจารณาความเหมาะสมของแผนที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยนักเรียนต้องอ่านทบทวนแผนที่ใช้ และได้ตรวจสอบอย่างละเอียดว่าแผนดังกล่าวมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่กำหนดในเงื่อนไขของปัญหาหรือไม่ วิธีการต่างๆ ที่ใช้มี ความเหมาะสมกับปัญหาหรือไม่ รวมไปถึงพิจารณาความเป็นไปได้ของแผนการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้นักเรียน ได้ทบทวนความคิดของตนเองเกี่ยวกับแผนที่นำไปใช้ในการ ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation) ประกอบด้วย

1. การดำเนินการแก้ปัญหา

ครูให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหตามแผนที่ได้กำหนด ไว้เพื่อให้ได้คำตอบที่ต้องการ โดยใช้ความรู้ มโนทัศน์ หลักการ ทางคณิตศาสตร์และกลยุทธ์ต่าง ๆ ในการดำเนินการ ซึ่งก่อนการดำเนินการแก้ปัญหาคูใช้คำถามถามนักเรียนว่าโจทย์ ต้องการทราบอะไร เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนกำกับเป้าหมายของ การแก้ปัญหา และในระหว่างการแก้ปัญหาหากนักเรียนไม่สามารถดำเนินการหาคำตอบตามสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ สามารถหยุดการดำเนินการตามแผนเพื่อปรับแก้แผนที่ใช้หรือ เปลี่ยนใช้แผนใหม่ได้เมื่อจำเป็น

2. การตรวจสอบการดำเนินการตามแผน

ครูให้นักเรียนตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นว่าเป็นไปตามแผนที่วางไว้หรือไม่ หากนักเรียนยังดำเนินการไม่ครบตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้หรือดำเนินการไม่ตรง ตามแผนที่วางไว้ ครูอธิบายว่านักเรียนจะต้องย้อนกลับไปดำเนินการแก้ปัญหาใหม่

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผล (Evaluation) ประกอบด้วย

1. การพิจารณาผลของการดำเนินการตามแผน

ครูให้นักเรียนประเมินความสำเร็จตามเป้าหมายว่าบรรลุตามเป้าหมายของการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้หรือไม่ ประเมินความถูกต้องของการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนของแผน รวมถึงการพิจารณาความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ที่ได้ จากการแก้ปัญหา โดยใช้การพิจารณาจากเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาเพื่อพิจารณาว่าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ โจทย์ต้องการทราบหรือไม่

2. การสรุปคำตอบ

ครูให้นักเรียนตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธผลลัพธ์ที่ได้ จากการดำเนินการแก้ปัญหา จากนั้นเขียนสรุปคำตอบให้ สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาและครบถ้วนสมบูรณ์

ขั้นที่ 5 ขั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation) ประกอบด้วย

1. การพิจารณาไตร่ตรอง

ครูให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นของตนเองเกี่ยวกับกระบวนการทั้งหมดที่ใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว อภิปรายถึง จุดเด่นและ/จุดด้อยของการดำเนินการแก้ปัญหา รวมทั้ง ประเมินความยาก-ง่ายของปัญหา เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางใน การแก้ไขปัญหา เพื่อลดปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการแก้ปัญหาลงครั้งต่อไป

2. การนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

ครูให้นักเรียนวิเคราะห์หาแนวทางการดำเนินการ แก้ปัญหาว่ามีแนวทางอื่นที่มีประสิทธิภาพมากกว่านี้หรือไม่ รวมทั้งสะท้อนระดับความพึงพอใจในการแก้ปัญหาและระดับความเชื่อมั่นของตนเองที่มีต่อการแก้ปัญหามีลักษณะคล้ายคลึงกับปัญหาดังกล่าว เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำไปปรับใช้ในสถานการณ์ปัญหาอื่นต่อไป

ขั้นสรุป ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับภาพรวมของกระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมด ทั้งในด้านเนื้อหา ความรู้ต่างๆ มโนทัศน์ที่ได้และกระบวนการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้หลักการ ทักษะและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จนกระทั่งได้คำตอบที่ถูกต้องและมีความสมเหตุสมผล โดยพิจารณาจากการแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาซึ่งวัดได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามกระบวนการแก้ปัญหของโพลยา (1970) โดยมีข้อสอบอัตนัย 5 ข้อ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบประเภทอัตนัยของแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดไว้ โดยวัดความสามารถต่อไปนี้

1. ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา หลังจากอ่านโจทย์แล้วจะต้องระบุได้ว่า โจทย์กำหนดอะไรมาให้ ต้องการทราบอะไร และข้อเท็จจริงเป็นอย่างไร
 2. ความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา การใช้เงื่อนไขความจริงในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง
 3. ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหา ความสามารถในการสร้างตาราง เขียนไดอะแกรม เขียนสมการ หรือประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และทักษะการคำนวณ
 4. ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบ การพิจารณาความสมเหตุสมผล และการสรุปความหมายของคำตอบ
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จในด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำความรู้ไปใช้ การคิดวิเคราะห์ การประมาณค่า และความคิดสร้างสรรค์ ที่ได้จากการวัดโดยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ หลังจากที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ ประเมินโดยใช้สถิติเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ดังนี้

คะแนนร้อยละ	80 - 100	หมายถึง	ได้ระดับผลการเรียน	ดีเยี่ยม
คะแนนร้อยละ	76 - 79	หมายถึง	ได้ระดับผลการเรียน	ดีมาก
คะแนนร้อยละ	70 - 75	หมายถึง	ได้ระดับผลการเรียน	ดี
คะแนนร้อยละ	66 - 69	หมายถึง	ได้ระดับผลการเรียน	ค่อนข้างดี
คะแนนร้อยละ	60 - 65	หมายถึง	ได้ระดับผลการเรียน	น่าพอใจ
คะแนนร้อยละ	55 - 59	หมายถึง	ได้ระดับผลการเรียน	พอใช้
คะแนนร้อยละ	50 - 54	หมายถึง	ได้ระดับผลการเรียน	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ
คะแนนร้อยละ	0 - 49	หมายถึง	ได้ระดับผลการเรียน	ต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ผู้วิจัยได้ค้นคว้า
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้ในการประกอบการวิจัย ประกอบด้วยหัวข้อดังนี้

1. การกำกับทางปัญญา
 - 1.1 ความหมายของการกำกับทางปัญญา
 - 1.2 องค์ประกอบของการกำกับทางปัญญา
2. โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา
3. การแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 3.1 ความหมายของโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 3.2 ประเภทของโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 3.3 ความหมายของการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 3.4 กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 3.5 ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 3.6 การวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
5. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ
6. หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้น
พื้นฐานพุทธศักราช 2551)
7. โรงเรียนสารคามพิทยาคม
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 8.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

การกำกับทางปัญญา

1. ความหมายของการกำกับทางปัญญา

การกำกับทางปัญญาเป็นแนวคิดทางจิตวิทยาซึ่งมีการเรียกการคิดประเภทนี้แตกต่างกัน เช่น การคิดอภิปัญญา การคิดอภิมาน เมตาคอกนิชัน การรู้คิด การควบคุมการรู้คิด เป็นต้น แต่ในทุกชื่อเรียกที่ยกตัวอย่างมาข้างต้นมีรากศัพท์มาจากคำเดียวกัน คือ Metacognition สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้ชื่อเรียกการคิดนี้ว่า “การกำกับทางปัญญา (Metacognition)” ซึ่งจากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของการกำกับทางปัญญาจากเอกสารและงานวิจัยมีผู้ให้ความหมายของการกำกับทางปัญญาไว้ดังนี้

ฟลาวเวล (Flavell, 1979: 906-911) ได้ให้ความหมายการกำกับทางปัญญาไว้ว่า หมายถึง ความสามารถทางการคิดที่บุคคลสามารถรับรู้ถึงกระบวนการทางความคิดและสิ่งต่างๆ ที่เกิดจากกระบวนการคิดของตนเอง ซึ่งปรากฏเป็นความรู้ หรือเป็นกิจกรรมทางการคิดที่มีเป้าหมายที่มีทิศทาง

ปีเยอร์ (Beyer, 1987: 191-192) ได้ให้ความหมายการกำกับทางปัญญาไว้ว่าหมายถึง การคิดเกี่ยวกับการคิด (thinking about thinking) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการวางแผนในการทำงาน การสังเกต หรือตรวจสอบความก้าวหน้า การประเมินผลงานหรือกิจกรรม รวมทั้งการปรับปรุงงานหรือกิจกรรมให้สำเร็จตามแผนที่วางไว้

ดำเนิน ยาท่วม (2548: 8) ได้ให้ความหมายการกำกับทางปัญญาไว้ว่า การพูด หรือการเขียน ที่แสดงถึงความรู้อย่างชัดแจ้งด้านกลวิธี ประโยชน์ และความสำคัญของการที่นักเรียนได้สะท้อน ความคิดจากสถานการณ์เหตุการณ์ หรือสื่อ เพื่อให้เกิดความตระหนักรู้และความเข้าใจในกระบวนการรู้คิดของตนเอง และสามารถติดตาม กำกับควบคุม และประเมินการรู้คิดของตนเองได้

วิทยาการ เชียงกุล (2549: 71) ได้ให้ความหมาย การกำกับทางปัญญาไว้ว่า เป็นความสามารถของนักเรียนในการวิเคราะห์ พินิจพิเคราะห์ เพื่อเข้าใจระบอบการรู้การคิด และการรู้ของตนเอง รวมทั้งจุดแข็งและจุดอ่อนของตนเอง การมีความสามารถชนิดนี้ จะทำให้นักเรียนรู้จักเลือกใช้ยุทธศาสตร์การเรียนรู้ในบริบทหรือสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

พาสนา จุรัตน์ (2556: 5-6) ได้ให้ความหมายการกำกับทางปัญญาไว้ว่าหมายถึง การที่บุคคลตระหนักรู้เกี่ยวกับความรู้ กระบวนการคิด และความสามารถของตนเอง และใช้ความรู้ความเข้าใจดังกล่าวในการจัดการ การควบคุมกระบวนการคิด และการทำงานของตน โดยรู้จักเลือกใช้กลวิธีต่างๆ ที่เหมาะสม อันจะช่วยให้การเรียนรู้และงานที่ทำประสบผลสำเร็จตามที่ต้องการ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 120) ได้สรุปความหมายของ การกำกับทางปัญญาไว้ว่า การกำกับทางปัญญา หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่มีต่อ

กระบวนการ คิดของตนเอง รู้ว่าอะไรที่เหมาะสมกับตนเองในการเรียนรู้ ตลอดจนสามารถเลือกกลวิธีในการ วางแผน กำกับ ควบคุม และประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองได้ เพื่อให้การเรียนรู้หรือการ ปฏิบัติงาน ต่างๆ บรรลุตามวัตถุประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของการกำกับทางปัญญาที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ ว่า การกำกับทางปัญญา หมายถึง กระบวนการทางความคิดของบุคคล ที่สามารถตระหนักรู้ และรับรู้ ความคิดของตนเอง การควบคุมจัดระบบความคิดของตนเอง ซึ่งครอบคลุมถึงการวางแผน และ ตรวจสอบความคิดของตนเองและการประเมินตนเองได้

2. องค์ประกอบของการกำกับทางปัญญา

ฟลาวเวล (Flavell, 1979: 910-911) ได้แบ่งการกำกับทางปัญญาออกเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่

1. องค์ประกอบด้านความรู้ในการกำกับทางปัญญา (Metacognitive Knowledge) เป็นส่วนขององค์ความรู้ทั้งหมดที่บุคคลสะสมไว้ และได้แบ่งความรู้ในการกำกับทางปัญญาเป็น 3 ตัวแปร คือ ตัวแปรด้านบุคคล ตัวแปรด้านงาน และตัวแปรด้านกลยุทธ์

2. องค์ประกอบด้านประสบการณ์ในเมตาคอกนิชัน (Metacognitive Experience) เป็นประสบการณ์ทางการคิดที่บุคคลสามารถควบคุมได้ เริ่มตั้งแต่เข้าสู่สถานการณ์ทางการคิด จนกระทั่งสามารถบรรลุเป้าหมายหรือหยุดการกระทำ โดยประสบการณ์ในเมตาคอกนิชันนี้มี 3 กระบวนการคือ การวางแผน การตรวจสอบ และการประเมิน

ครอสและปารีส (Cross, D. R., and Paris, 1988: 131-142) แบ่งองค์ประกอบของ กลวิธี อภิปัญญา ดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบด้านการประเมินตนเองเกี่ยวกับความรู้ในด้านความรู้ความคิด (Self-appraisals of one's knowledge about cognition) องค์ประกอบนี้มีอิทธิพลต่อ กระบวนการอ่าน รวมถึงการปรับพฤติกรรมการอ่านให้เหมาะสม ซึ่งประกอบด้วย

1.1 การรู้ลักษณะและสภาพภาระงาน (Declarative knowledge) กล่าวคือ ผู้อ่าน ต้องรู้ถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อความเข้าใจในการอ่าน รู้เกี่ยวกับโครงสร้างของบท อ่าน และจุดประสงค์ของการอ่านของตนเอง

1.2 ความรู้ในกระบวนการ (Procedural knowledge) กล่าวคือผู้อ่านต้องรู้ว่า ตนเองต้องใช้ทักษะใดในการอ่าน และต้องประยุกต์ใช้ทักษะนั้นอย่างไร จึงจะทำให้ตนเองประสบ ผลสำเร็จในการอ่านในภาระงานที่ตั้งจุดมุ่งหมายไว้

1.3 ความรู้เกี่ยวกับเงื่อนไข (Conditional knowledge) กล่าวคือ ผู้อ่านต้องเข้าใจ เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของกลวิธีในการอ่านแต่ละกลวิธี ต้องรู้ว่าจะใช้กลวิธีนั้นๆเมื่อใด และเมื่อใดที่ไม่ ควรใช้กลวิธีนั้นๆ

2. องค์กรประกอบด้านการจัดการเกี่ยวกับการคิดของตนเอง (Self-management of one's thinking) ซึ่งประกอบด้วย

2.1 การประเมินผล (Evaluation) กล่าวคือ การวิเคราะห์ลักษณะของบทอ่าน และ ประเมินความสามารถของตนเองเพื่อดำเนินกิจกรรมการอ่านในขั้นตอนต่อไป

2.2 การวางแผน (Planning) กล่าวคือ การคัดเลือกกลวิธีที่เหมาะสมที่นำมาใช้ขณะอ่าน

2.3 การกำหนดเกณฑ์ (Regulation) กล่าวคือ การควบคุมและกำหนดทิศทางในการดำเนินกิจกรรมการอ่าน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555a: 120) ได้แบ่งองค์ประกอบของการกำกับทางปัญญาออกเป็น 3 องค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

1. ความรู้ เป็นความสามารถของผู้เรียนเกี่ยวกับการรู้กระบวนการคิดของตนเองในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานที่มีองค์ประกอบย่อย 3 ด้าน ดังนี้

1.1 ความรู้ด้านเนื้อหาสาระ เป็นความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบพื้นฐานที่ผู้เรียนจำเป็นต้องรู้ในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงาน ทั้งในเรื่องความรู้เกี่ยวกับลักษณะของงานที่ทำและความรู้เกี่ยวกับความสามารถของตนเอง

1.2 ความรู้ในวิธีการ เป็นความรู้เกี่ยวกับวิธีการหรือกระบวนการต่างๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงาน

1.3 ความรู้ที่ใช้เพื่อการตัดสินใจเลือกวิธีการ เป็นความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ลักษณะของวิธีการที่ใช้ในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงาน เพื่อตัดสินใจในการเลือกวิธีการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด

2. การควบคุมตนเอง เป็นความสามารถของผู้เรียนในการควบคุมตนเองให้เรียนรู้หรือปฏิบัติงานได้สำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ดังนี้

2.1 การวางแผน เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์และขั้นตอนการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงาน เพื่อเป็นแนวทางในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานให้สำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 การกำกับควบคุม เป็นการตรวจสอบและคิดทบทวนเกี่ยวกับความเหมาะสมและความถูกต้องของวิธีการและขั้นตอนที่เลือกใช้ในการเรียนรู้หรือปฏิบัติงาน

2.3 การประเมิน เป็นการตรวจสอบผลที่ได้จากการเรียนรู้หรือปฏิบัติงานซึ่งจะทำให้ผลที่ได้มีความถูกต้องและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทำงาน

3. ความตระหนักต่อกระบวนการคิด เป็นความสามารถของผู้เรียนเกี่ยวกับการรู้ปัจจัยที่จำเป็นที่ทำให้การเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผู้เรียนสามารถอธิบายสิ่งที่ตนเองรู้ให้ผู้อื่นฟังได้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการอธิบายเหตุผลใน 3 ด้าน ดังนี้

3.1 การสนับสนุนความคิดหรือวิธีการที่ถูกต้องของตนเอง ผู้เรียนสามารถอธิบายเหตุผลเพื่อสนับสนุนความคิดหรือวิธีการที่ถูกต้องของตนเองได้อย่างชัดเจน ซึ่งแสดงถึงความมั่นใจว่าสิ่งที่ตนเองคิดนั้นถูกต้อง หลังจากมีการประเมินแล้วว่ากระบวนการคิดที่ใช้ในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานทำให้งานสำเร็จ

3.2 การยอมรับความคิดหรือวิธีการอื่นที่ถูกต้อง ผู้เรียนสามารถอธิบายเหตุผลของการยอมรับความคิดหรือวิธีการอื่นที่แตกต่างจากแนวคิดของตนเองว่าถูกต้อง

3.3 การยอมรับความความคิดของวิธีการของตนเองผิดพลาด ผู้เรียนสามารถอธิบายเหตุผลของการยอมรับว่าความคิดหรือวิธีการของตนเองผิดพลาด และพร้อมที่จะแก้ความผิดพลาดที่เกิดขึ้น หลังจากมีการประเมินแล้วว่ากระบวนการคิดที่ใช้การเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานทำให้งานผิดพลาด

จากการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของการกำกับทางปัญญา ที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า องค์ประกอบของการกำกับทางปัญญาประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความรู้ในการกำกับปัญญา ประสบการณ์ในการกำกับปัญญา และ กลวิธีในการควบคุมการกำกับทางปัญญา

โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา

กาโรฟาโล และเลสเตอร์ (Garofalo and Lester, 1985: 163-176) ได้เสนอขั้นตอนของการใช้กระบวนการกำกับทางปัญญาที่ใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การเริ่มต้นกำหนดข้อมูลการแก้ปัญหา (Orientation) หมายถึง พฤติกรรมที่มีกลยุทธ์ใน การวิเคราะห์ข้อมูลและการทำความเข้าใจปัญหา ซึ่งประกอบด้วย

- 1.1 กลยุทธ์การทำความเข้าใจ
- 1.2 วิเคราะห์ข่าวสารข้อมูลและเงื่อนไข
- 1.3 ประเมินความคุ้นเคยกับงาน
- 1.4 สร้างตัวแทนในการแก้ปัญหา
- 1.5 ประเมินความยากและโอกาสที่จะประสบความสำเร็จ

2. การเริ่มต้นกำหนดวิธีการแก้ปัญหา (Organization) หมายถึง การวางแผนกำหนดพฤติกรรม และการเลือกปฏิบัติ ซึ่งประกอบด้วย

- 2.1 ระบุเป้าหมายย่อยและเป้าหมายสุดท้าย
 - 2.2 วางแผนรวม
 - 2.3 วางแผนย่อย
 3. การดำเนินการแก้ปัญหา (Execution) หรือการดำเนินการตามแผน ซึ่งประกอบด้วย
 - 3.1 ดำเนินการตามแผนย่อย
 - 3.2 กำกับและประเมินความก้าวหน้าของการดำเนินการตามแผนย่อยและแผนรวม
 - 3.3 กำกับตนเองในด้านความถูกต้องของงาน และการใช้เวลา
 4. การประเมินความถูกต้อง (Verification) หรือการประเมินการตัดสินใจและผลลัพธ์ของการปฏิบัติตามแผน ซึ่งประกอบด้วย
 - 4.1 ประเมินการนิยามปัญหาและประเมินการวางแผนการแก้ปัญหา
 - 4.1.1 ความถูกต้องของตัวแทนปัญหา
 - 4.1.2 ความถูกต้องของแผนการแก้ปัญหา
 - 4.1.3 ความสอดคล้องของแผนและการดำเนินการ
 - 4.1.4 ความสอดคล้องของแผนรวมกับเป้าหมาย
 - 4.2 ประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหา
 - 4.2.1 ความถูกต้องของการดำเนินการ
 - 4.2.2 ความสอดคล้องของแผนและการดำเนินการ
 - 4.2.3 ความสอดคล้องของผลแต่ละขั้นกับแผนและเงื่อนไขของปัญหา
 - 4.2.4 ความสอดคล้องของผลขั้นสุดท้ายกับแผนและเงื่อนไขของปัญหา
- ปีเยอร์ (Beyer, 1987: 192-196) ได้ศึกษาการกำกับทางปัญญาในการแก้ปัญหา และได้แบ่ง กลยุทธ์การกำกับทางปัญญาในการแก้ปัญหออกเป็น 3 กลยุทธ์ย่อย ดังนี้
1. การวางแผนแก้ปัญหา (Planning) เป็นการทำความเข้าใจข้อมูลหรือเงื่อนไขในโจทย์ปัญหา พิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้กับสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา กับประสบการณ์เดิมของผู้แก้ปัญหา มากำหนดว่าจะแก้โจทย์ปัญหานั้นด้วยวิธีใดและอย่างไร ก่อนที่จะทำโจทย์ปัญหาต่อไป ประกอบด้วย
 - 1.1 การกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหา
 - 1.2 เลือกวิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา
 - 1.3 เรียงลำดับวิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา
 - 1.4 คาดเตาอุปสรรค
 - 1.5 คาดเตาวิธีการแก้ไขอุปสรรคหรือข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น
 - 1.6 ประมาณหรือทำนายผลลัพธ์ที่ต้องการ

2. กำกับกับการแก้ปัญหา (Monitoring) เป็นการควบคุมและตรวจสอบวิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้ ในการแก้ปัญหาไปพร้อมกับการแก้ปัญหาประกอบด้วย

2.1 กำกับเป้าหมายการแก้โจทย์ปัญหา

2.2 กำกับวิธีและขั้นตอนการแก้ปัญหา

2.3 ประเมินการแก้ปัญหา (Assessing) เป็นการมองย้อนกลับไปหที่ขั้นตอนต่างๆ ในการแก้ปัญหาเพื่อพิจารณารายละเอียดในแต่ละขั้นตอนว่ามีความถูกต้องสมบูรณ์เพียงใด ประกอบด้วย

2.3.1 ประเมินความสำเร็จตามเป้าหมาย

2.3.2 พิจารณาความถูกต้องของผลลัพธ์

2.3.3 ประเมินความถูกต้องของวิธีการหรือขั้นตอน

2.3.4 ประเมินการแก้ไขอุปสรรคและข้อผิดพลาด

2.3.5 พิจารณาประสิทธิภาพและความสำเร็จ

ยิมเมอร์และแอลเลอร์ตัน (Yimer and Ellerton, 2006: 575-582) เป็นผู้พัฒนาโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา (The Problem Solving Model of Metacognitive Process) โดยโมเดลนี้ผู้ที่พัฒนาคนแรกคือยิมเมอร์ (Yimer, 2004) ได้ทำการศึกษาข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอกที่เกี่ยวข้องกับการศึกษากระบวนการแก้ปัญหาที่เน้นการกำกับทางปัญญา ยิมเมอร์และแอลเลอร์ตันจึงได้นำแนวคิดดังกล่าวมาทำการศึกษาเพิ่มเติมซึ่งการพัฒนาโมเดลและกรอบแนวคิดนี้เริ่มต้นจากการสังเกตเห็นความจำเป็นของการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้นักเรียน ซึ่งเป็นทักษะที่มีความสำคัญประการหนึ่งที่สมาคมครุคณิตศาสตร์แห่งชาติอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]) ให้ความสำคัญ โดยจะเห็นได้จากการกำหนดให้การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นทักษะกระบวนการในหลักสูตรและมาตรฐานการประเมินคุณภาพวิชาคณิตศาสตร์สำหรับโรงเรียน ([NCTM], 1991) แต่จากการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนพบว่า ยังไม่ประสบผลสำเร็จ เท่าที่ควร ซึ่งจากการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับกระบวนการต่างๆ ที่ผู้แก้ปัญหามาใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ พบว่า ในการแก้ปัญหาส่วนใหญ่เมื่อผู้แก้ปัญหาได้คำตอบแล้วผู้แก้ปัญหาลืมทบทวนและมองย้อนกลับไปตรวจสอบระหว่างการแก้ปัญหาของตน ส่งผลให้การแก้ปัญหบางครั้งไม่ ประสบผลสำเร็จดังที่ต้องการ โดยพฤติกรรมดังกล่าวตรงกับกระบวนการทางความคิดที่เรียกว่า การกำกับทางปัญญา (Metacognition) ซึ่งในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาพบว่า นักวิจัยส่วนใหญ่ได้ ตระหนักถึงการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับความคิดทางคณิตศาสตร์ (Adibina and Putt, 1998) สิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญ คือ การพัฒนาเกี่ยวกับการกำกับทางปัญญา ซึ่งเป็นการประเมินความรู้ของตัวเอง การกำหนดแผนของ การดำเนินการแก้ปัญหา การเลือกกลยุทธ์ และการตรวจสอบและประเมินผลความคืบหน้า นั่นคือ

กระบวนการกำกับทางปัญญาเป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นไปที่การตรวจสอบความสามารถของตนเอง และควบคุมกระบวนการทางความคิดของตัวเองที่ใช้ในระหว่างการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้การแก้ปัญหาสามารถประสบผลสำเร็จได้ตามเป้าหมายที่ต้องการและเป็นตัวช่วยให้สามารถเอาชนะอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการของการแก้ปัญหาด้วย (Goos, M., and Galbraith, 1996)

จากความสำคัญดังกล่าวทำให้ยิมเมอร์และแอลเลอร์ต้นสนใจศึกษาผลการวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีในระหว่างการแก้ปัญหา รวมถึงการศึกษารูปแบบและกรอบแนวคิดที่ใช้ในการอธิบายกระบวนการทางพุทธิปัญญา (Cognitive) ร่วมกับการกำกับทางปัญญา (Metacognitive) ที่ผู้แก้ปัญหามีในระหว่างการแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของอาร์ทและอาเมอร์-โทมัส (Artzt and Armour-Thomas, 1992) ที่ได้จัดองค์ประกอบของการกำกับทางปัญญาเป็น 8 ประเภท ได้แก่ การอ่าน (Read) การทำความเข้าใจ (Understand) การวิเคราะห์ (Analyse) การสำรวจ (Explore) การวางแผน (Plan) การดำเนินการ (Implement) การตรวจสอบ (Verify) และการดูและการฟัง (Watch and listen) หรืองานวิจัยของไกเกอร์และเกลเบรท (Geiger and Galbraith, 1998) ได้วิเคราะห์และพัฒนาเป็นกรอบของการจัดประเภทพฤติกรรมกำกับทางปัญญาซึ่งได้จากการสังเกตผ่านกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยแบ่งเป็นการเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement) พฤติกรรมเกี่ยวกับการแก้ปัญหา (Executive behaviours) ทรัพยากร (Resources) และความเชื่อ (Beliefs)

โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา (The Problem Solving Model of Metacognitive Process) ได้รับการพัฒนาจากกระบวนการแก้ปัญหาทั้ง 4 ขั้นของโพลยา ได้แก่

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understand) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นเริ่มต้นของการแก้ปัญหาที่ต้องการให้ผู้แก้ปัญหาคิดเกี่ยวกับปัญหาและระบุส่วนสำคัญของปัญหาว่าประเด็นปัญหาคืออะไร โจทย์กำหนดอะไรมาให้และโจทย์ถามหาอะไร
2. ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา (Plan) ขั้นตอนนี้ต้องการให้ผู้แก้ปัญหาค้นหาความเชื่อมโยงหรือ ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล แล้วนำความสัมพันธ์นั้นมาผสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหา และเลือกยุทธวิธีที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา
3. ขั้นดำเนินการตามแผน (Carry out the plan) ขั้นตอนนี้ต้องการให้ผู้แก้ปัญหาลงมือ ปฏิบัติตามแนวทางหรือแผนที่ได้วางไว้จนกระทั่งได้คำตอบ ถ้าหากแผนหรือยุทธวิธีที่เลือกไว้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ ผู้แก้ปัญหาก็ต้องเปลี่ยนแผนหรือยุทธวิธีแก้ปัญหาใหม่อีกครั้ง
4. ขั้นตรวจสอบการดำเนินการตามแผน (Look back) ขั้นตอนนี้ต้องการให้ผู้แก้ปัญหามองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา โดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ และยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา

จากพื้นฐานแนวคิดดังกล่าวอิมเมอร์และแอลเลอร์ต้นได้ศึกษาข้อมูลจากงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาพฤติกรรมการกำกับทางปัญญาที่เกิดขึ้นในระหว่างการแก้ปัญหาของผู้แก้ปัญหา รวมทั้งได้ทำการทดลองและเก็บรวบรวมพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการกำกับทางปัญญาโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบเน้นภาระงาน (Task-Based Interviews) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์จำนวน 17 คน โดยใช้การวิเคราะห์พฤติกรรมการกำกับทางปัญญาผ่านการตอบปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งในการนำสถานการณ์ปัญหาไปใช้เพื่อใช้ในการสร้างข้อมูลเพื่อการศึกษากระบวนการแก้ปัญหาที่เน้นการกำกับทางปัญญาของผู้เรียนแต่ละคนนั้น ต้องมีความระมัดระวังในการเลือกสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสม โดยผู้วิจัยยึดตามหลักเกณฑ์ 3 ประการในการใช้พิจารณาสถานการณ์ปัญหาทั้งหมด ได้แก่ 1) ผู้แก้ปัญหามust เข้าใจสถานการณ์ปัญหานั้น และไม่ควรรีบจับให้ผู้แก้ปัญหาประยุกต์ใช้หลักการหรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ไม่มีความคุ้นเคย 2) สถานการณ์ปัญหานั้นต้องมีความท้าทาย กระตุ้นให้ผู้แก้ปัญหายากลงมือแก้ปัญหาดังกล่าว และ 3) สถานการณ์ปัญหานั้นไม่ควรเป็นปัญหาที่ซ้ำซากหรือน่าเบื่อ เช่น เป็นปัญหาที่ใช้แต่หลักการทางพีชคณิตทั้งหมด เป็นต้น

จากการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์กระบวนการทางความคิดที่เกิดขึ้นในระหว่างการแก้ปัญหา ทำให้อิมเมอร์และแอลเลอร์ต้นได้รายละเอียดต่างๆ ของพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการกำกับทางปัญญาของผู้แก้ปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมด และได้จัดรูปแบบพฤติกรรมการกำกับทางปัญญาของผู้แก้ปัญหาแต่ละคนออกเป็นระยะๆ จึงนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเป็นโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา นั่นคือ เป็นกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการแก้ปัญหา 5 ขั้นตอน และในแต่ละขั้นประกอบไปด้วยพฤติกรรมการกำกับทางปัญญาที่เน้นให้ผู้แก้ปัญหามีการกำกับและควบคุมตนเอง ตระหนักถึงขั้นตอน ทักษะ กลวิธีการคิดต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในระหว่างการแก้ปัญหา ได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement) เป็นขั้นเผชิญปัญหาและสร้างความเข้าใจ เกี่ยวกับปัญหา ประกอบด้วย

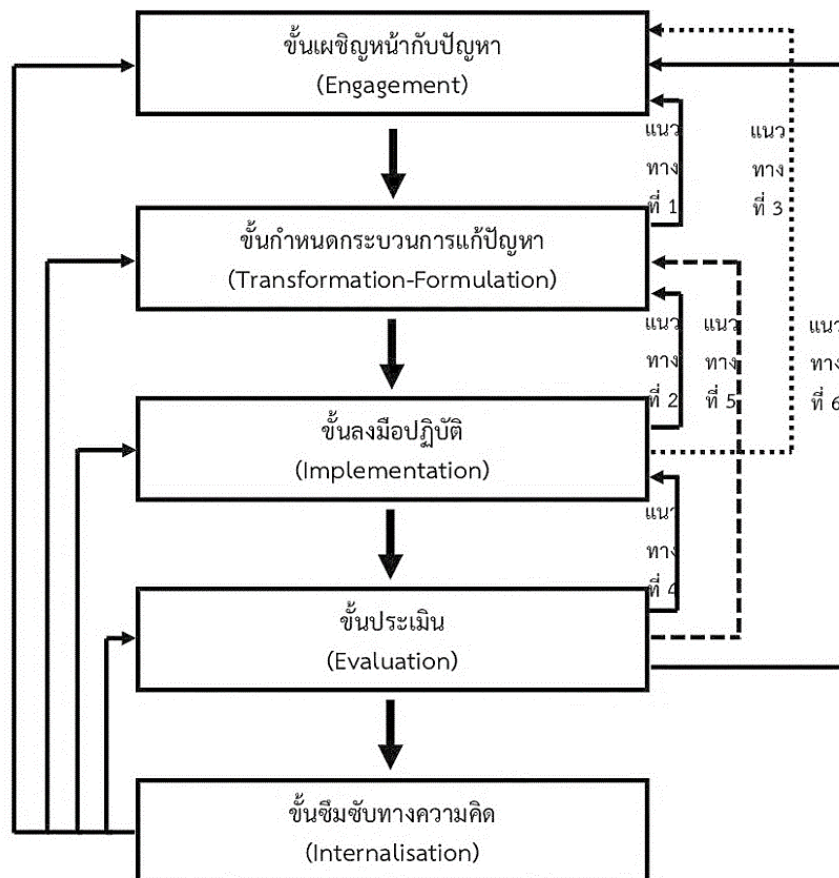
1. สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยการเขียนแนวคิดหลักหรือสร้างโครงร่าง
2. วิเคราะห์ข้อมูลโดยการทำความเข้าใจกับข้อมูล ระบุข้อมูลที่สัมพันธ์กับแนวคิด สำคัญสำหรับการแก้ปัญหา และระบุว่าปัญหามีความเชื่อมโยงกับหลักการทางคณิตศาสตร์ใด
3. พิจารณาปัญหาโดยการประเมินกับปัญหาที่คล้ายคลึงกันว่าเคยแก้ปัญหาในลักษณะนี้หรือไม่ รวมทั้งประเมินระดับความยากง่ายของปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดกระบวนการแก้ปัญหา(Transformation-Formulation) เป็นขั้นวางแผนการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์และกำหนดกรอบในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

1. การสำรวจปัญหาโดยศึกษาจากกรณีเฉพาะเพื่อช่วยให้มองเห็นสถานการณ์

2. การคาดคะเนบนพื้นฐานของการสังเกตและประสบการณ์เดิม
 3. กำหนดกรอบแผนการแก้ปัญหาโดยออกแบบวิธีทดสอบ การคาดคะเนนั้นหรือสร้างแผนการแก้ปัญหาเฉพาะหรือโดยรวม
 4. พิจารณาการคาดคะเนหรือการสำรวจปัญหานั้นว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่
 5. พิจารณาความเป็นไปได้ของแผนการแก้ปัญหา เมื่อเทียบกับลักษณะสำคัญของปัญหานั้น
- ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation) เป็นขั้นดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่ได้วางไว้ ประกอบด้วย
1. การสำรวจลักษณะสำคัญของแผนการเพื่อแยกเป็นแผนการย่อยตามความจำเป็น
 2. ประเมินแผนการกับเงื่อนไขและความต้องการของปัญหา
 3. ดำเนินการตามแผนโดยการคำนวณหรือการวิเคราะห์
 4. พิจารณาความเหมาะสมของการปฏิบัติตามแผน ว่าการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นเป็นไปตามแผนที่วางไว้หรือไม่
- ขั้นที่ 4 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนการตัดสินใจเกี่ยวกับความเหมาะสมของแผน การปฏิบัติตามแผนและวิธีการแก้ปัญหา ประกอบด้วย
1. ประเมินว่าคำตอบที่ได้นั้นตอบคำถามของปัญหาหรือไม่
 2. ตรวจสอบความสอดคล้องของแผนกับเงื่อนไขของปัญหา และตรวจดูข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการคำนวณ
 3. ประเมินความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้
 4. ตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา
- ขั้นที่ 5 ขั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation) เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการสะท้อนความเข้าใจของปัญหาและประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหา ประกอบด้วย
1. สะท้อนกระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมด
 2. พิจารณาลักษณะสำคัญในกระบวนการแก้ปัญหา รวมถึงจุดเด่นและจุดด้อยของการดำเนินการแก้ปัญหา และประเมินความยากง่ายของปัญหา
 3. ประเมินวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น และพิจารณาหาแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลายว่ามีแนวทางอื่นที่มีประสิทธิภาพอีกหรือไม่
 4. สะท้อนถึงความพึงพอใจในการแก้ปัญหาและความเชื่อมั่นที่มีต่อการแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

แนวทางที่สามารถเกิดขึ้นได้ของการดำเนินการแก้ปัญหาในระหว่างห้าขั้นตอนสามารถดังแสดงได้ดังแผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการทำงาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภูมิหลังของผู้แก้ปัญหาซึ่งเกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐานเดิม ความเข้าใจและความสามารถในการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาของผู้แก้ปัญหาด้วยแนวทางที่แตกต่างกันเป็นตัวแทนของผลการแก้ปัญหาที่สามารถเกิดขึ้นได้ซึ่งเกิดจากการตัดสินใจในการแก้ปัญหาต่างๆ อันเป็นผลมาจากพฤติกรรมการกำกับทางปัญญาของผู้แก้ปัญหตามภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 ขั้นตอนโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา

โดยลักษณะที่โดดเด่นของโมเดลนี้สามารถสรุปได้ 2 ประการ คือ

1. เป็นกระบวนการที่ในแต่ละขั้นตอนสามารถดำเนินการย้อนกลับไปขั้นตอนก่อนหน้าได้ ในกรณีที่ดำเนินการแก้ปัญหาดังกล่าวประสบปัญหาทำให้ไม่สามารถหาคำตอบที่ต้องการได้

2. ในขั้นสุดท้าย คือ ขั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation) เป็นขั้นที่ไม่ปรากฏในขั้นตอนการแก้ปัญหาในรูปแบบอื่น ซึ่งเป็นการสะท้อนความคิดเห็นของผู้แก้ปัญหาในประเด็นต่างๆ ที่มีต่อการแก้ปัญหา

จากการศึกษาแนวคิดของโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญานั้น ผู้วิจัยสนใจโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่พัฒนาโดยยิมเมอร์และแอลตัน เนื่องจากเป็นโมเดลที่นอกจากที่จะเป็นกระบวนการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบแล้วยังสามารถฝึกให้นักเรียนเกิดการคิดไตร่ตรองอย่างเป็นระบบ รู้จักควบคุมการคิดของตนเอง ทำให้หากนักเรียนได้รับการฝึกฝนด้วยกระบวนการดังกล่าวส่งผลให้เป็นบุคคลที่มีความรอบคอบในการแก้ปัญหามากยิ่งขึ้น

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา

มัทนา พรหมรักษ์ (2556: 110-114) ได้อธิบายการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา หมายถึง การเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์ที่เน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหา โดยมีการกำกับและควบคุมตนเอง ตระหนักถึงขั้นตอนทักษะ กลวิธีและแหล่งข้อมูลที่จำเป็นต่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการตรวจสอบกระบวนการคิดที่นำมาใช้ในระหว่างการแก้ปัญหาและตรวจสอบผลที่เกิดจากการคิดของตนเองอย่างมีเป้าหมายและมีทิศทาง โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นนำ ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้วิธีการต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในเนื้อหา รวมทั้งเตรียมความพร้อมให้แก่ นักเรียน โดยครูและนักเรียนช่วยกันทบทวนพื้นฐานความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการเรียน หรือสอนทฤษฎีบท กฎ นิยาม สูตร สมบัติต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือจัดสถานการณ์หรือกล่าว ถึงสถานการณ์ หรือยกตัวอย่างเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน เพื่อนำเข้าสู่บทเรียนและเป็นการเตรียมความพร้อมให้แก่ นักเรียนก่อนการเผชิญกับโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา ซึ่งครูสามารถใช้แนวทางการ สอนในรูปแบบต่างๆ ที่มีความเหมาะสมกับบริบทในการจัดการเรียนการสอน

ขั้นสอน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามลำดับขั้นของโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา โดยยิมเมอร์และแอลตันได้พัฒนาเป็นโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา เป็นกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหาซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการแก้ปัญหา 5 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement) ประกอบด้วย

1. การทำความเข้าใจปัญหา

ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียน

เพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนด โดยจะต้องวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสิ่งที่ โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ความรู้ทาง คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เลือกข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการ แก้โจทย์ปัญหา จากนั้นรวบรวมข้อมูลที่ได้พร้อมทั้งพิจารณาข้อมูลที่ได้ เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ของสิ่งที่โจทย์กำหนดให้กับสิ่งที่ โจทย์ต้องการทราบ ซึ่งในระหว่างการแก้โจทย์ปัญหานักเรียนจะต้อง ใช้การอ่านโจทย์ปัญหาหรืออ่านโจทย์ปัญหาซ้ำเพื่อทำความเข้าใจกับสิ่งที่ ถูกกำหนดมาให้ในปัญหา และมีการเขียนแสดงการอ่านปัญหา โดยอธิบายสิ่งที่ตนรู้และเข้าใจในประเด็นต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูล ให้นักเรียนใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจของตนเองว่าเข้าใจ ในประเด็นต่างๆ หรือไม่ อย่างไร

2. การวิเคราะห์เทียบกับปัญหาที่คุ้นเคย

ครูให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ที่กำหนดว่า

เคยแก้โจทย์ปัญหาในลักษณะนี้มาก่อน หรือไม่ โดยให้ระบุว่าเคยแก้ปัญหานี้มาก่อนหรือไม่เคยแก้ปัญหานี้มาก่อน รวมทั้งประเมินระดับความยากของปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องประเมินว่าปัญหามีระดับความยาก-ง่ายอยู่ใน ระดับใด ซึ่งนักเรียนต้องมีการประเมินตนเองว่าเมื่ออ่านปัญหา แล้วตนคิดว่าปัญหานี้อยู่ในระดับง่าย ปานกลางหรือยาก โดย นักเรียนแต่ละคนไม่จำเป็นต้องได้คำตอบเดียวกัน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาคิดเห็นที่ได้จากการ ประเมินตนเองของนักเรียนแต่ละคน

ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดกระบวนการ (Transformation- Formulation) ประกอบด้วย

1. การวางแผนการแก้ปัญหาค

ครูให้นักเรียนวางแผนแก้ปัญหาค โดยนำข้อมูลต่างๆ ที่มี อยู่มาใช้ในการ ออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาค โดยเลือกวิธีการหรือขั้นตอนหรือกลยุทธ์ต่างๆ ที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหาค ซึ่งนักเรียนต้องเขียนแสดงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาคให้ชัดเจน หากนักเรียนยังไม่สามารถเขียนแผนได้ด้วยตนเอง ครูอาจใช้คำถามในการกระตุ้น เช่น จากโจทย์ปัญหาคดังกล่าวให้นักเรียนลองอธิบายให้ครูฟังคร่าวๆ ว่านักเรียน จะแก้ปัญหาคนี้ อย่างไร จากนั้นครูคอยให้นักเรียนนำคำตอบของตนเองไปเขียนอธิบายเป็นลำดับขั้นตอน เป็นต้น

2. การตรวจสอบความเหมาะสมของแผน

ครูให้นักเรียนพิจารณาความเหมาะสมของแผนที่ใช้ในการแก้ปัญหาค โดยนักเรียนต้องอ่านทบทวนแผนที่ใช้ และไตร่ตรองอย่างละเอียดว่าแผนดังกล่าวมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่กำหนดในเงื่อนไขของปัญหาคหรือไม่ วิธีการต่างๆ ที่ใช้มี ความเหมาะสมกับปัญหาคหรือไม่ รวม

ไปถึงพิจารณาความ เป็นไปได้ของแผนการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้นักเรียน ได้ทบทวน ความคิดของตนเองเกี่ยวกับแผนที่นำไปใช้ในการ ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation) ประกอบด้วย

1. การดำเนินการแก้ปัญหา

ครูให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหตามแผนที่ได้กำหนด ไว้เพื่อให้ได้คำตอบที่ ต้องการ โดยใช้ความรู้ มโนทัศน์ หลักการ ทางคณิตศาสตร์และกลยุทธ์ต่าง ๆ ในการดำเนินการ ซึ่ง ก่อนการดำเนินการแก้ปัญหาคูใช้คำถามถามนักเรียนว่า โจทย์ ต้องการทราบอะไร เพื่อกระตุ้นให้ นักเรียนกำกับเป้าหมายของ การแก้ปัญหา และในระหว่างการแก้ปัญหาหากนักเรียนไม่ สามารถ ดำเนินการหาคำตอบตามสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ สามารถหยุดการดำเนินการตามแผนเพื่อปรับแก้ แผนที่ใช้หรือ เปลี่ยนใช้แผนใหม่ได้เมื่อจำเป็น

2. การตรวจสอบการดำเนินการตามแผน

ครูให้นักเรียนตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละ ขั้นตอนว่าเป็นไปตาม แผนที่วางไว้หรือไม่ หากนักเรียนยังดำเนินการไม่ครบตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้หรือดำเนินการไม่ ตรง ตามแผนที่วางไว้ ครูอธิบายว่านักเรียนจะต้องย้อนกลับไปดำเนินการแก้ปัญหาใหม่

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผล (Evaluation) ประกอบด้วย

1. การพิจารณาผลของการดำเนินการตามแผน

ครูให้นักเรียนประเมินความสำเร็จตามเป้าหมายว่าบรรลุตามเป้าหมาย ของการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้หรือไม่ ประเมินความถูกต้องของการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนของ แผน รวมไปถึงการพิจารณาความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ที่ได้ จากการแก้ปัญหา โดยใช้การพิจารณา จากเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาเพื่อพิจารณาว่าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ โจทย์ต้องการทราบ หรือไม่

2. การสรุปคำตอบ

ครูให้นักเรียนตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธผลลัพธ์ที่ได้ จากการดำเนินการ แก้ปัญหา จากนั้นเขียนสรุปคำตอบให้ สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาและครบถ้วนสมบูรณ์

ขั้นที่ 5 ขั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation) ประกอบด้วย

1. การพิจารณาไตร่ตรอง

ครูให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นของตนเองเกี่ยวกับกระบวนการทั้งหมดที่ ใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว อภิปรายถึง จุดเด่นและ/จุดด้อยของการดำเนินการแก้ปัญหา รวมทั้ง ประเมินความยาก-ง่ายของปัญหา เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางใน การแก้ไขปัญหา เพื่อลดปัญหาและ อุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการแก้ปัญหาครั้งต่อไป

2. การนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

ครูให้นักเรียนวิเคราะห์หาแนวทางการดำเนินการ แก้ปัญหาว่ามีแนวทางอื่นที่มีประสิทธิภาพมากกว่านี้หรือไม่ รวมทั้งสะท้อนระดับความพึงพอใจในการแก้ปัญหาและระดับความเชื่อมั่นของตนเองที่มีต่อการแก้ปัญหาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับปัญหาดังกล่าว เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำไปปรับใช้ในสถานการณ์ปัญหาอื่นต่อไป

ขั้นสรุป ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับภาพรวมของกระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมด ทั้งในด้านเนื้อหา ความรู้ต่างๆ มโนทัศน์ที่ได้และกระบวนการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

การแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1. ความหมายของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

อาดัมส์ (Adams, S., 1977: 173-174) ได้ให้ความหมายโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องปริมาณและต้องมีการตัดสินใจลงมือกระทำเพื่อหาคำตอบ โดยปัญหานั้นเป็นปัญหาที่เป็นข้อเขียนหรือคำพูดก็ได้

ดักลาส อี คูอิกแซงก์ และลินดา เจ เซฟฟิลด์ (Cruikshank Douglas E. and Sheffield Linda Jensen, 1992: 37) ได้ให้ความหมายโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ หมายถึง คำถามหรือสถานการณ์ที่มีเนื้อหาสาระเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ แต่ไม่ได้หมายความว่าเกี่ยวข้องกับจำนวนเท่านั้น ปัญหาคณิตศาสตร์บางปัญหาเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางกายภาพ หรือการให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์โดยไม่เกี่ยวข้องกับจำนวนก็ได้

สุนิเทศก ไชยกุล (2538: 33) ได้ให้ความหมายของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ว่า หมายถึง สภาพปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยข้อความและตัวเลขที่นักเรียนจะต้อง วิเคราะห์ขอความนั้นเสียก่อนที่จะดำเนินการหาคำตอบ โดยจะต้องใช้ความรู้ประสบการณ์ การวางแผน และการตัดสินใจที่ถูกต้องจึงจะสามารถแก้โจทย์ปัญหานั้นได้

นลินี ทิทองคำ (2541: 15) ได้ให้ความหมายของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ว่า โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นโจทย์ภาษา โจทย์เรื่องราวที่บรรยายสภาพการณ์ด้วยถ้อยคำ ข้อความ ตัวเลข และอื่น ๆ โดยต้องการหาคำตอบเชิงปริมาณหรือตัวเลขหรือกระบวนการแก้ปัญหาซึ่งผู้แก้ปัญหาจะต้องค้นคว้าว่าจะใช้วิธีใดที่มีกระบวนการอย่างเหมาะสม โดยใช้ความรู้ ประสบการณ์ การวางแผน และการตัดสินใจประกอบการพิจารณาแก้ปัญหาต่างๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551: 7) ได้ให้ความหมายโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์หมายถึง สถานการณ์ที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ซึ่งเผชิญอยู่และต้องหาคำตอบโดยที่ยังไม่รู้วิธีการหรือขั้นตอนที่จะได้คำตอบของสถานการณ์ในทันที

จากข้างต้นสรุปได้ว่า โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึงสถานการณ์ของปัญหา หรือข้อความ ที่ต้องการคำตอบโดยต้องอาศัยความรู้ หลักการ ทักษะกระบวนการ และประสบการณ์ในการแก้ปัญหา

2. ประเภทของโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ซาร์เลส และเลสเตอร์(1982: 6-10) ได้พิจารณาจำแนกประเภทของโจทย์ปัญหา และเป้าหมายของการฝึกแก้โจทย์ปัญหาแต่ละประเภท ดังนี้

1. โจทย์ปัญหาที่ใช้ฝึก (Drill exercise) เป็นโจทย์ปัญหาที่ใช้ฝึกขั้นตอนวิธีการและกรคำนวณเบื้องต้น
2. โจทย์ปัญหาข้อความอย่างง่าย (Simple translation problem) เป็นโจทย์ปัญหาข้อความที่เคยพบเช่น โจทย์ปัญหาในหนังสือเรียน ต้องการฝึกให้คุ้นเคยกับการเปลี่ยนประโยคภาษาเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เป็นโจทย์ปัญหาขั้นตอนเดียวมุ่งให้เข้าใจนิมิตทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดคำนวณ
3. โจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อน (Complex translation problem) คล้ายกับโจทย์ปัญหาข้อความอย่างง่าย แต่เพิ่มเป็นโจทย์ปัญหาที่มีสองขั้นหรือมากกว่าสองขั้นตอน หรือมากกว่าสองการดำเนินการ
4. โจทย์ปัญหาที่เป็นกระบวนการ (Process problem) เป็นโจทย์ปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นประโยคสัญลักษณ์ได้ทันที จะต้องจัดปัญหาให้ง่ายขึ้นหรือแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยๆ แล้วหารูปแบบทั่วไปของปัญหา ซึ่งนำไปสู่การคิดและการแก้ปัญหา เป็นการพัฒนายุทธวิธีต่างๆ เพื่อความเข้าใจ วางแผนการแก้ปัญหาและการประเมินผลคำตอบ
5. โจทย์ปัญหาประยุกต์ (Applied problem) เป็นโจทย์ปัญหาที่ต้องใช้ทักษะความรู้มนมตีและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์เป็นสำคัญ เช่น การจัดกระทำ การรวบรวมและการแทนข้อมูลและต้องตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงปริมาณ เป็นโจทย์ปัญหาที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการ มโนมติและข้อเท็จจริงในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งจะทำให้นักเรียนเห็นประโยชน์และเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ในสถานการณ์โจทย์ปัญหาในชีวิตจริง
6. โจทย์ปัญหาปริศนา (Puzzle problem) เป็นโจทย์ปัญหาที่บางครั้งได้คำตอบจากการสุ่ม ไม่จำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์ในการแก้โจทย์ปัญหา บางครั้งต้องใช้เทคนิคเฉพาะ เป็น

โจทย์ปัญหาที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ มีความยืดหยุ่นในการแก้โจทย์ปัญหาที่มองแล้วได้หลายมุมมอง

สุนีย์ เหมาะประสิทธิ์ (2533: 24) อ้างอิงจาก Ashlock, 1983: 239) ได้แบ่งรูปแบบของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. โจทย์ปัญหาในหนังสือ หรือโจทย์ปัญหาที่แก้ด้วยการแปลงให้เป็นประโยคคณิตศาสตร์ (Standard text or translation problem) เป็นโจทย์ปัญหาที่แก้ด้วยหลักการหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ที่ตายตัวไม่ยุ่งยากนัก
2. โจทย์ปัญหาที่แก้ด้วยกระบวนการ (Process problem) เป็นโจทย์ปัญหาที่ต้องแก้ด้วยกลวิธีต่างๆ ที่ยุ่งยากมากกว่าประเภทที่ 1 โจทย์ประเภทนี้จำเป็นต้องแก้ด้วยกระบวนการ 3 ขั้น คือ

1. การทำความเข้าใจปัญหา
2. การพัฒนาและหากกลวิธีในการแก้ปัญหา
3. การประเมินการแก้ปัญหา

สุนีย์ เหมาะประสิทธิ์ (2533 : 73 อ้างอิงจาก Baroody, 1987 : 260-261) แบ่งโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท

1. โจทย์ปัญหาปกติ (Routine Problem) คือ โจทย์ปัญหาในหนังสือแบบเรียนทั่วไป ซึ่งมุ่งเน้นการฝึกทักษะใดทักษะหนึ่ง มีข้อมูลที่กำหนดและมีข้อมูลที่ถูกเพียงคำตอบเดียว
2. โจทย์ปัญหาที่ไม่ปกติ (Nonroutine Problem) คือโจทย์ปัญหาที่มีลักษณะสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของชีวิตมากกว่าโจทย์ปัญหาปกติ คือมีข้อมูลมากกว่าที่กำหนด และไม่จำเป็นต้องมีคำตอบเดียว อาจมีคำตอบมากกว่า 1 คำตอบ เน้นการคิดวิเคราะห์ อย่างเป็นเหตุเป็นผล

จากการแบ่งประเภทของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่นักการศึกษาได้กล่าวสรุปไว้ในข้างต้นนั้นสามารถแบ่งได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการแบ่ง ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์สามารถ แบ่งได้ 2 ประเภทคือ

1. โจทย์ปัญหาอย่างง่ายหรือโจทย์ปัญหาพื้นฐาน เป็นปัญหาที่ไม่ซับซ้อน ผู้แก้ปัญหามีความคุ้นเคยต่อการแก้ปัญหา เมื่อเจอปัญหาแล้วสามารถหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้
2. โจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อนหรือโจทย์ปัญหาหลายชั้น เป็นปัญหาที่ผู้แก้ปัญหามีความคุ้นเคยต่อการแก้ปัญหา ในการหาคำตอบ จะต้องมีย่อยองค์ประกอบ ต้องประมวลความรู้หลายๆส่วนเข้าด้วยกัน จึงจะสามารถแก้ปัญหาได้

3. ความหมายของการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

อัมพร ม้าคอง (2553: 39) ได้ให้ความหมายของการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ว่าการแก้โจทย์ปัญหาเป็นกระบวนการที่มีความ ซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับความรู้ ทักษะและความสามารถหลายอย่าง เช่น ความรู้ในเนื้อหา ความรู้ที่ เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการทำงาน ทักษะทางการคิดและความสามารถในการประเมินการทำงานของตนเอง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีความเกี่ยวข้องกับประสบการณ์ เจตคติและความเชื่อของผู้แก้ปัญหาคด้วย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 6) ได้ให้ความหมายของการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ว่า สถานการณ์หรือเรื่องราวที่ต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์มาคิด คำนวณหรือให้เหตุผลเพื่อหาคำตอบที่ต้องการ

จากข้างต้นสรุปได้ว่า การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ คือกระบวนการหาคำตอบเพื่อให้ได้มาซึ่ง คำตอบ จะต้องอาศัยทักษะ ความรู้ วิธีการและประสบการณ์ ที่ถูกต้องและเหมาะสมในการหาคำตอบ

4. กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

โพลยา (Polya, 1957: 5-40) ได้กล่าวถึงกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ว่า ประกอบด้วย กระบวนการ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นการวิเคราะห์เพื่อทำความเข้าใจ ประโยคย่อยๆ สัญลักษณ์ต่างๆ ของปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องสามารถสรุปโจทย์ปัญหาเป็นภาษา หรือคำพูด ของตนเองได้ สามารถระบุได้ว่าโจทย์กำหนดสิ่งใดมาให้และโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด

2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่ต้องพิจารณาโดยอาศัยข้อมูล จากขั้นที่ 1 นำไปสู่การกำหนดว่าจะแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีการใดโดยพิจารณาว่าสิ่งที่โจทย์ กำหนดให้จะ ก่อให้เกิดผลอย่างไรบ้าง และต้องใช้ความรู้เรื่องใดที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าว โดยนำทฤษฎี กฎ หลักการ สูตร บทนิยาม ที่เรียนมากำหนดเป็นวิธีการที่ใช้ในการดำเนินการ แก้ปัญหา

3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบเป็นขั้นดำเนินการตามแผนหรือวิธีการที่ กำหนดไว้ จนกระทั่งได้คำตอบที่ต้องการ สำหรับปัญหาที่มีการคิดคำนวณ ขั้นนี้เป็นขั้นลงมือคิด คำนวณเพื่อหา คำตอบตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์

4. ขั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ เป็นขั้นที่ต้องพิจารณาตรวจสอบ กระบวนการแก้ปัญหาของตนเองว่าเรียบร้อยครบถ้วนทุกกรณีที่เป็นไปได้หรือไม่ ตลอดจนตรวจสอบ ความถูกต้องรวมทั้งความสมเหตุสมผลของคำตอบ

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2542: 15-16) กล่าวถึงขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นตอนที่ระบุสิ่งที่ต้องการ ระบุข้อมูลที่กำหนดให้ และระบุเงื่อนไขเชื่อมโยงสิ่งที่ต้องการกับข้อมูลที่กำหนดให้

2. วางแผนแก้ปัญหา ในขั้นนี้เป็นการระบุข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็นสำหรับการได้มาซึ่งสิ่งที่ต้องการ ระบุปัญหาย่อย และการเลือกใช้ยุทธศาสตร์ที่เหมาะสม ได้แก่ การสังเกต การสืบสวนหรือ รูปแบบการคิดจากปลายเหตุย้อนสู่ต้นเหตุ การเดาและทดสอบ การทดลองและสร้างสถานการณ์ จำลอง การลดความซับซ้อนของปัญหา การแบ่งปัญหาออกเป็นส่วนย่อยๆ การใช้วิธีอนุมานทาง ตรรกวิทยา และการรายงานแจกแจงสมาชิกทั้งหมด

3. ดำเนินการตามแผน ในขั้นนี้เป็นการดำเนินการตามวิธีที่เลือกเพื่อแก้ปัญหา

4. ตรวจสอบกระบวนการและคำตอบ ในขั้นนี้เป็นการตรวจสอบที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่ คำตอบมีความสมเหตุสมผลหรือไม่ สามารถหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีกว่า สั้นหรือกระชับกว่า วิธีการที่ เลือก หรือไม่และสามารถดัดแปลงเพิ่มเติมเงื่อนไขหรือข้อมูลเพื่อสร้างปัญหาใหม่ได้หรือไม่

กรมวิชาการ (กรมวิชาการ, 2545) ได้สรุปขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตลอดจนคำตอบที่ได้ ในการเริ่มต้นพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งมีอยู่ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจหรือวิเคราะห์ปัญหา ต้องอาศัยทักษะการอ่านโจทย์ปัญหา ทักษะการแปลความหมายทางภาษา

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ต้องอาศัยทักษะในการเลือกยุทธวิธีที่เหมาะสม เช่น การวาดรูป หรือแผนภาพ ตาราง หรือ การสังเกตความสัมพันธ์

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา ต้องอาศัยทักษะในการคิดคำนวณหรือการดำเนินการทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบหรือมองย้อนกลับ ต้องอาศัยทักษะการคำนวณ การประมาณ คำตอบ ความรู้สึกเชิงจำนวน หรือความรู้สึกเชิงปริภูมิ

จากข้างต้น สรุปได้ว่า กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์มีลักษณะขั้นตอนที่คล้ายเคียงกัน อาจมีความแตกต่างกันในบางขั้นตอน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นวิเคราะห์ปัญหาหรือทำความเข้าใจปัญหา

2. ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา

3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา

4. ขั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ

5. ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

กาเย่ (Gagne', 1970: 186-187) กล่าวถึงสาระสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ทักษะทางปัญญา (Intellectual Skills) หมายถึง ความสามารถในการนำกฎ สูตร บทนิยาม ความคิดรวบยอด และ/หรือหลักการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหได้อย่างเหมาะสม ทักษะทางปัญญาเป็นความรู้ที่ผู้เรียนเคยเรียนมาก่อน

2. ลักษณะของปัญหา (Problem Schemata) หมายถึง ข้อมูลในสมองที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาลักษณะหนึ่งๆ ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่โจทย์ต้องการกับสิ่งที่กำหนดให้ได้ ข้อมูลเหล่านี้ ได้แก่ คำศัพท์ และวิธีการแก้ปัญหาลักษณะต่างๆ

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2533: 25 อ้างอิงจาก Suydam, 1990: 36) กล่าวถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ว่าเป็นกระบวนการคิดแก้ปัญหาซึ่งมีองค์ประกอบที่ช่วยส่งเสริมความสามารถ ได้แก่ ความสามารถในการเข้าใจความคิดรวบยอดและข้อความทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการแยกแยะความคล้ายคลึง หรือความแตกต่างกัน ความสามารถในการเลือกใช้ข้อมูลและวิธีการที่ถูกต้อง ความสามารถในการแยกแยะข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลและประมาณค่า ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์และตีความหมายของข้อเท็จจริงเชิงปริมาณ

กองวิจัยทางการศึกษา (2545: 10-18) ได้ให้ความหมายความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์หมายถึง กระบวนการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยความสามารถในการเข้าใจโจทย์ ความสามารถในการหาวิธีการได้ถูกต้อง และความสามารถในการคิดคำนวณ และความสามารถในการหาคำตอบได้ถูกต้อง

จากความหมายข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจโจทย์ปัญหา ความสามารถในการหาวิธีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการคิดคำนวณและความสามารถในการสรุปคำตอบที่ถูกต้อง

6. การวัดและการประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ในการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะการตรวจข้อสอบแบบอัตนัยควรให้คะแนนตามความสามารถของนักเรียนทุกขั้นตอน ดังนั้นการให้คะแนนตามความสามารถ เนื่องจากการที่นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้แม้จะได้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง นักเรียนก็ควรได้คะแนนตามความถูกต้องลดหลั่นกันตามความเหมาะสม ซึ่งผู้วิจัยจะอ้างถึงรูปแบบการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา (Polya, 1973) ตามที่แสดงในตาราง 1 ดังนี้

ตาราง 1 ตารางรูปแบบการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวคิดของ Polya

ขั้นตอนการแก้ปัญหของ Polya	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	หลังจากอ่านโจทย์แล้วจะต้องระบุได้ว่า โจทย์กำหนดอะไรมาให้ ต้องการทราบอะไร และข้อเท็จจริงเป็นอย่างไร
ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	ใช้เงื่อนไขความจริงในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	ความสามารถในการสร้างตาราง เขียนไดอะแกรม เขียนสมการ หรือประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และทักษะการคำนวณ
ขั้นตรวจสอบคำตอบ	การพิจารณาความสมเหตุสมผล และการสรุปความหมายของคำตอบ

ดั่งนี้ สิริพร ทิพย์คง(2545: 113-114) ได้เสนอเกณฑ์แนวทางการประเมินการแก้โจทย์ไว้

1. ความเข้าใจปัญหา
 - 2 หมายถึง สำหรับความเข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง
 - 1 หมายถึง สำหรับความเข้าใจโจทย์บางส่วนไม่ถูกต้อง
 - 0 หมายถึง เมื่อมีหลักฐานแสดงว่าเข้าใจน้อยมาก หรือไม่เข้าใจเลย
2. การเลือกกลยุทธ์วิธีการแก้ปัญหา
 - 2 หมายถึง สำหรับการเลือกกลยุทธ์วิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและเขียนประโยคคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง
 - 1 หมายถึง สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งอาจจะนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง แต่ยังมีบางส่วนผิด โดยอาจเขียนประโยคคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง
 - 0 หมายถึง สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง
3. การใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา
 - 2 หมายถึง สำหรับการนำยุทธวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง
 - 1 หมายถึง สำหรับการนำวิธีการแก้ปัญหบางส่วนไปใช้ได้ถูกต้อง
 - 0 หมายถึง สำหรับการใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง

4. การตอบ

2 หมายถึง สำหรับการตอบคำถามได้ถูกต้อง สมบูรณ์

1 หมายถึง สำหรับการตอบที่ไม่สมบูรณ์หรือใช้สัญลักษณ์ผิด

0 หมายถึง เมื่อไม่ได้ระบุคำตอบ

อัมพร ม้าคนอง (2553: 173-174) ได้กล่าวถึง การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาว่าความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนประกอบด้วยความสามารถหลายอย่างดังต่อไปนี้

1. การแก้ปัญหาได้ เป็นความสามารถของผู้เรียนในการหาคำตอบ ผลเฉลยหรือแนวทางใน การจัดการกับปัญหา
2. การสร้างโจทย์หรือประเด็นปัญหา เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูลที่มีอยู่เพื่อหา ความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ อันจะนำไปสู่การสร้างโจทย์ ปัญหา สถานการณ์ หรือคำถาม
3. การใช้วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการที่ แตกต่างกันหลายวิธี
4. การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ เป็นความสามารถในการพิจารณา คำตอบ หรือการแก้ปัญหาที่ได้ว่าเหมาะสม สอดคล้อง และสมเหตุสมผลหรือไม่
5. การขยายความคิดจากผลการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการนำผลจากการแก้ปัญหา ไปคิดต่อ เช่น การมองเห็นรูปทั่วไป การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นเมื่อเงื่อนไขของปัญหา เปลี่ยนไป

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 127-128) ได้เสนอแนวความคิดการประเมินผลการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่าให้พิจารณาจากรายการประเมิน 4 ประเด็น คือ (1) ความเข้าใจโจทย์ปัญหา (2) การเลือกกลยุทธ์วิธีการแก้ปัญหา (3) การใช้กลยุทธ์วิธีการแก้ปัญหา (4) การสรุปคำตอบ ทั้งนี้อาจกำหนดเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์รวมที่พิจารณาขั้นตอนการแก้ปัญหาของผู้เรียนในภาพรวมโดยกำหนดระดับคุณภาพเป็น 4 ระดับ ดังตาราง 2

ตาราง 2 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์รวมของการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

คะแนน(ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
4 (ดีมาก)	<ul style="list-style-type: none"> - เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องชัดเจน - เลือกวิธีการที่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสมสอดคล้องกับปัญหา นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้อย่างถูกต้องและแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน - สรุปคำตอบได้ถูกต้องสมบูรณ์

ตาราง 2 (ต่อ)

คะแนน(ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
3 (ดี)	<ul style="list-style-type: none"> - เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องชัดเจน - เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง เหมาะสม สอดคล้องกับปัญหา นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน - สรุปคำตอบได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สมบูรณ์
2 (พอใช้)	<ul style="list-style-type: none"> - เข้าใจปัญหาบางส่วนไม่ถูกต้อง - เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ไม่เหมาะสมหรือไม่ครอบคลุมประเด็นของปัญหา นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน - สรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน หรือสรุปคำตอบไม่ครบถ้วน
1 (ต้องปรับปรุง)	<ul style="list-style-type: none"> - เข้าใจปัญหาบางส่วนไม่ถูกต้อง - เลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง และนำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหา - ไม่มีการสรุปคำตอบหรือสรุปคำตอบไม่ถูกต้อง

แต่ในกรณีที่ผู้ประเมินต้องการตรวจสอบการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละประเด็นย่อยตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา อาจกำหนดเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์ย่อยที่มีการกำหนดระดับคุณภาพของแต่ละประเด็นย่อย เป็น 3 ระดับ คือ 1, 2 และ 3 ดังตาราง 3



ตาราง 3 ตารางเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์ย่อย

รายการประเมิน	คะแนน(ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
1. ความเข้าใจปัญหา	3 (ดี) 2(พอใช้) 1(ต้องปรับปรุง)	- เข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง - เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องเป็นบางส่วน - เข้าใจปัญหาน้อยมากหรือไม่เข้าใจปัญหา
2. การเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา	3 (ดี) 2(พอใช้) 1(ต้องปรับปรุง)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องเหมาะสม และสอดคล้องกับปัญหา - เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องแต่ยังไม่เหมาะสมหรือไม่ครอบคลุมประเด็นของปัญหา - เลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้
3. การใช้อยุทธวิธีการแก้ปัญหา	3 (ดี) 2(พอใช้) 1(ต้องปรับปรุง)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้อย่างถูกต้อง และแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้ชัดเจน - นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง แต่การแสดงผลลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน - นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ไม่ถูกต้องหรือไม่แสดงผลลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา
4. การสรุปคำตอบ	3 (ดี) 2(พอใช้) 1(ต้องปรับปรุง)	- สรุปคำตอบได้ถูกต้องสมบูรณ์ - สรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน หรือสรุปคำตอบไม่ครบถ้วน - ไม่มีการสรุปคำตอบ หรือสรุปคำตอบไม่ถูกต้อง

จากการศึกษาค้นคว้าแนวทางการวัด การประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา คณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้สร้างเกณฑ์การวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ดังตาราง 4

ตาราง 4 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

ความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์	เกณฑ์	คะแนน
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา หรือวิเคราะห์ปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> - ระบุข้อมูลและเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้ได้ถูกต้อง ระบุสิ่งที่ โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้องและครบถ้วน - ระบุข้อมูลและเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้ ระบุสิ่งที่โจทย์ ต้องการทราบได้ถูกต้องเพียงบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน - ระบุข้อมูลและเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้ระบุสิ่งที่โจทย์ ต้องการทราบไม่ถูกต้อง - ระบุข้อมูลและเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้ระบุสิ่งที่โจทย์ ต้องการทราบไม่ได้เลย 	<p style="text-align: center;">3</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">0</p>
ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> - เขียนอธิบายขั้นตอนในการหาคำตอบได้ถูกต้อง เหมาะสม ชัดเจน นำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์ - เขียนอธิบายขั้นตอนในการหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ ครบถ้วนหรือมีบางส่วนผิดโดยอาจแสดงลำดับขั้นตอนการหา คำตอบไม่ถูกต้อง หรือเขียนในรูปวิธีการทางคณิตศาสตร์ไม่ ถูกต้อง - เขียนอธิบายขั้นตอนในการหาคำตอบไม่ถูกต้อง - ไม่เขียนอธิบายเลย 	<p style="text-align: center;">3</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">0</p>
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และหาคำตอบ	<ul style="list-style-type: none"> - แสดงวิธีการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ หรือคำนวณได้ถูกต้อง และสรุปคำตอบ สมบูรณ์ชัดเจน - แสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องเป็นส่วนมาก แต่ยังไม่เสร็จ สมบูรณ์ หรือคิดเป็น 2 ส่วนใน 3 ส่วน สรุปคำตอบได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน - แสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ยังไม่เสร็จ สมบูรณ์ หรือคิดเป็น 1 ส่วนใน 3 ส่วน สรุปคำตอบไม่ถูกต้อง - แสดงวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่มีร่องรอยการ ดำเนินการแก้ปัญหาและการสรุปคำตอบ 	<p style="text-align: center;">3</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">0</p>

ตาราง 4 (ต่อ)

ความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์	เกณฑ์	คะแนน
ขั้นตรวจสอบกระบวนการ แก้ปัญหาและคำตอบ	- แสดงวิธีการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของ กระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบได้ถูกต้องและครบถ้วน	3
	- แสดงวิธีการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของ กระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ ไม่ครบถ้วน	2
	- แสดงวิธีการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของ กระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบไม่ถูกต้อง	1
	- ไม่แสดงการตรวจสอบเลย	0
รวมข้อละ		12

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิลสัน (Wilson, 1993: 196-197) ได้นำเอาการจำแนกจุดประสงค์ทางการศึกษาตามแนวคิดของบลูม (Bloom) และคณะมาแบ่งพฤติกรรมในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ทางด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. ความรู้และความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ (Computation) หมายถึง ความสามารถในการคิดคำนวณ ได้แก่ ความรู้ ความจำแบบง่าย ๆ เกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนผ่านมาแล้ว พฤติกรรมระดับนี้ แบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ

1.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Knowledge of Specifics) หมายถึง การถาม เพื่อจะวัดความรู้ความจำเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาในรูปหรือแบบเดียวกับที่นักเรียนได้รับการเรียน การสอนมาแล้ว นอกจากนี้ยังรวมถึงความรู้พื้นฐานซึ่งนักเรียนต้องนำมาใช้เสมอ

1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (Knowledge of Terminology) หมายถึง ความสามารถบอกความหมายคำศัพท์ คำนิยามต่าง ๆ ที่เคยเรียนมาแล้ว โดยไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณแต่อย่างใด

1.3 ความรู้ความจำเกี่ยวกับการใช้กระบวนการคิดคำนวณ (Ability to Carry out Algorithms) หมายถึง ความสามารถนำสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มาดำเนินการตามกระบวนการของการคิดคำนวณในแบบที่ได้เคยเรียนมาแล้ว ในขั้นนี้มิได้มุ่งหมายให้นักเรียนคิดหากระบวนการคิดคำนวณแบบใหม่ด้วยตนเอง

2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ที่รู้แล้วมาสัมพันธ์กับโจทย์หรือปัญหาใหม่ ตลอดจนสามารถตีความ แปลความ สรุปความ และขยายความได้ การวัด พฤติกรรมด้านนี้ แบ่งเป็น 6 ชั้น คือ

2.1 ความรู้เกี่ยวกับมโนคติ (Knowledge of Concepts) หมายถึง ความสามารถในการสรุป ความหมายของสิ่งที่ ได้เรียนมาตามความเข้าใจของตนเอง รู้จักนำขอเท็จจริงของเนื้อหาที่เรียนมาสัมพันธ์กัน โดยการนำมาสรุป ความหมายของสิ่งนั้นอีกครั้งหนึ่งหรืออาจจะกล่าวได้ว่า มโนคติเป็นเซตของสิ่งที่เกี่ยวกับความรู้ที่เป็นขอเท็จ

2.2 ความรู้เกี่ยวกับหลักการ กฎ และการทำให้เป็นกรณีทั่วไป (Knowledge of Principles, Rules and Generalization) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างมโนคติกับตัวปัญหาซึ่งนักเรียนควรจะ รู้หลังจากที่เรียนเรื่องนั้นจบไปแล้ว คำถามในระดับนี้บางครั้งอาจเป็นการวัดพฤติกรรมในชั้นการวิเคราะห์ก็ได้

2.3 ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (Knowledge of Mathematical Structure) หมายถึง ความสามารถในการมองเห็นส่วนประกอบย่อยของข้อความทางด้านคณิตศาสตร์ตาม ลักษณะที่มุ่งหวัง ส่วนใหญ่จะเป็นคำถามเกี่ยวกับศัพท์ และนิยามในคณิตศาสตร์

2.4 ความสามารถในการแปลงส่วนประกอบของปัญหาจากแบบหนึ่งไปสู่อีกแบบหนึ่ง (Ability of Transform Problem Elements form One Mode to Another) หมายถึง ความสามารถในการเปลี่ยนข้อความเป็นสัญลักษณ์หรือสมการ ในขั้นนี้มิได้รวมถึงการคิดคำนวณคำตอบจากสมการนั้น

2.5 ความสามารถในการดำเนินการตามเหตุผล (Ability of Follow a Line of Reasoning) คณิตศาสตร์ส่วนมากอยู่ในรูปการอนุมาน ดังนั้น การที่จะเข้าใจบทความหรือผลงานทางคณิตศาสตร์ จึงต้องอาศัยความสามารถในการดำเนินตามแนวเหตุผลขณะที่อ่าน

2.6 ความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Ability to Read and Interpret a Mathematics Problem) หมายถึง ความสามารถในการอ่าน และตีความจากโจทย์ ความสามารถระดับนี้รวมทั้งการแปลความหมายจากกราฟ หรือข้อมูลทางสถิติ ตลอดจนการแปล สมการหรือตัวเลขให้เป็นรูปภาพ

3. การนำไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้ว ไปแก้ปัญหาใหม่ให้เป็นผลสำเร็จทั้งนี้ โจทย์ปัญหาที่ใช้วัดในระดับนี้จะต้องไม่ใช่โจทย์ข้อเดิมที่อยู่ ในแบบฝึกหัด หรือเคยทำมาแล้ว การวัดพฤติกรรมในระดับนี้ แบ่งเป็น 4 ระดับ ดังนี้

3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหารoutine (Ability to Solve Routine Problem) ปัญหารoutine หมายถึง ปัญหาคล้ายกับปัญหาที่เคยเรียนมาแล้วในห้องเรียน โดยที่นักเรียนจะต้อง จัดรูปของพฤติกรรมขั้นความเข้าใจและการใช้กระบวนการเพื่อที่จะแก้ปัญหา

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ (Ability to Comparison) หมายถึง การถามที่คาดหวังให้นักเรียนนึกถึงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องของต่าง ๆ เช่น มโนคติ กฎ ศัพท์ นิยามของข้อมูล 2 ชุด เพื่อค้นพบความสัมพันธ์เปรียบเทียบและนำมาสรุปในการตัดสินใจ

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อสอบ (Ability to Analyze Data) หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะ จำแนกโจทย์ออกเป็นสวณย่อยว่ามีความจำเป็นหรือไม่ ในการนำไปใช้แก้โจทย์ปัญหา

4. การวิเคราะห์ (Analysis) พฤติกรรมในขั้นนี้เป็นพฤติกรรมขั้นสูงสุดของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในด้านพุทธิพิสัย นักเรียนที่ตอบปัญหาที่วัดพฤติกรรมขั้นนี้ได้ ต้องมีความสามารถ ในระดับสูง จะเป็นการแก้ปัญหาที่แปลกกว่าธรรมดา หรือโจทย์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยกับที่รู้จักมาก่อน ไม่เคย ฝึกทำมาก่อนแต่ทั้งนี้ไม่ได้หมายความว่า โจทย์ปัญหานั้นจะอยู่นอกขอบข่ายเนื้อหาวิชาที่เคยเรียนมา ดังนั้นการแก้ปัญหานี้จึงครอบคลุม ความรู้ความสามารถในสามขั้นที่กล่าวมา รวมทั้งมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ที่สามารถค้นพบวิธีการหรือแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหานั้น ๆ ได้ พฤติกรรมในขั้นนี้แบ่งเป็น 5 ขั้น ดังนี้

4.1 ความสามารถในการแก้ปัญหายกเว้น routine (Ability to Solve No Routine Problem) หมายถึง ความสามารถในการถ่ายโอนความรู้ทางคณิตศาสตร์ ที่ได้เรียนมาแล้ว ไปสู่เนื้อหาใหม่ ซึ่งนักเรียนจะต้องแยกปัญหาออกเป็นสวณย่อย ๆ สืบเสาะว่ารู้อะไรบ้างในแต่ละตอน รวมทั้งการเรียนรู้ สัญลักษณ์ใหม่เพื่อนำไปสู่คำตอบ การแก้ปัญหาลักษณะนี้ส่วนมากเป็นปัญหาสถานการณ์ด้วย จะนำกระบวนการคิดคำนวณมาใช้โดยตรงไม่ได้ ต้องพยายามหาวิธีการใหม่

4.2 ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ (Ability to Discover Relationships) หมายถึง ความสามารถในการค้นพบความสัมพันธ์ใหม่ หรือนำสัญลักษณ์จากสิ่งที่กำหนดให้มาสร้างสูตรใหม่ด้วยตนเอง หรือเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการหาคำตอบ

4.3 ความสามารถในการแสดงพิสูจน์ (Ability to Construct Proofs) หมายถึง ความสามารถในการพิสูจน์ด้วยตนเอง ไม่เหมือนกับความสามารถในการพิสูจน์ขั้นนำไปใช้ โดยผู้ตอบจะต้องอาศัยนิยามและทฤษฎีต่าง ๆ เข้ามาช่วยแก้ปัญหา

4.4 ความสามารถในการวิพากษ์วิจารณ์ (Ability to Criticize Proofs) หมายถึง ความสามารถในการวิพากษ์วิจารณ์ การพิสูจน์เป็นการใช้เหตุผลที่ควบคู่กับความสามารถในการเขียน พิสูจน์ แต่เป็นความสามารถที่ย่างยากซับซ้อนกว่าการเขียนการพิสูจน์ เพราะจะต้องใช้เหตุผลว่าการ พิสูจน์นั้นถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดพลาดบ้าง

4.5 ความสามารถในการสร้างและแสดงความสมเหตุสมผลของการทำให้เป็น กรณีสัมพัทธ์ (Ability to Formulate And Validate Generalization) หมายถึง ความสามารถในการ ค้นพบความสัมพันธ์และการเขียนพิสูจน์ความสัมพันธ์ที่ค้นพบข้อคำถามจะแสดงความ สมเหตุสมผล

เวเฮเมอร์ (Wehmeier, 2000: 9) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ความสำเร็จในด้านความรู้ ทักษะและสมรรถภาพต่างๆ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควร ประกอบด้วยอย่างน้อย 3 ส่วน คือ ความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพของด้านอื่นๆ

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2540: 29) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง คุณลักษณะ รวมถึงความรู้ความสามารถของบุคคล อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอนหรือมวล ประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงใน พฤติกรรมด้านต่างๆของสมรรถภาพสมอง

จากข้างต้นสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จในด้านความรู้ ความ เข้าใจ การนำความรู้ไปใช้ การคิดวิเคราะห์ การประเมินค่าและความคิดสร้างสรรค์ ในการเรียนได้รับ จากการเรียนการสอน ให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงในพฤติกรรมด้านต่างๆของสมรรถภาพสมอง สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ของ นักเรียนโดยใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การที่เราจะทราบได้นักเรียนคนใดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับใด เป็นไป ตามวัตถุประสงค์หรือไม่นั้น จำเป็นต้องมีเครื่องในการวัดซึ่งเครื่องที่มีความสำคัญที่ใช้ในการวัดผล สัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ลิวัน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539: 20) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผล สัมฤทธิ์ว่า หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดเนื้อหาวิชาที่เรียนผ่านมาแล้วว่านักเรียนมีความรู้ ความสามารถมาน้อยเพียงใด ดังเช่น การสอบวัดผลการเรียนการสอนในชั้นเรียนในปัจจุบัน

พิชิต ฤทธิ์จรรยา (2544: 96) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะและความสามารถทางวิชาการที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้ว ว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

สิริพร ทิพย์คง (2545: 193) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ชุดคำถามที่มุ่งวัดพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนว่ามีความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพทางสมองด้านต่างๆในเรื่องที่เรียนรู้ไปแล้วมากน้อยเพียงใด

วิไล ทองแผ่น (2547: 142) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ความสามารถทางวิชาการของผู้เรียนที่เกิดจากประสบการณ์การเรียนรู้

ธงชัย ช่อพฤษภา (2548: 300) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบวัดความรู้ ทักษะ และความสามารถทางวิชาการ ซึ่งเป็นพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจะเกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนว่าบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้เพียงใด

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2544: 213) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดสมรรถภาพด้านสมองมี 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher-made Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน ซึ่งใช้กันทั่วไปในโรงเรียนทำให้ครูสามารถวัดได้ตรงจุดมุ่งหมายเพราะผู้สอนเป็นผู้ออกข้อสอบเอง
2. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทั่วไป เป็นแบบทดสอบที่ได้หาคคุณภาพมาแล้ว มีมาตรฐานในการดำเนินการสอบและมาตรฐานในการแปลความหมายของคะแนนซึ่งมีข้อดี คือ คุณภาพของแบบทดสอบเป็นที่น่าเชื่อถือได้ ทำให้สามารถนำไปเปรียบเทียบได้กว้างขวางกว่า

จากข้างต้นสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และความสามารถทางวิชาการในเรื่องต่างๆที่นักเรียนได้เรียนไปแล้ว ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้มากน้อยเพียงใด ซึ่งมี 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง และแบบทดสอบมาตรฐาน สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จริงปฏิบัติการละ 1 ชุด ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 มีข้อคำถามจำนวน 10 ข้อ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ชุดที่ 4 มีข้อคำถามจำนวน 2 ข้อ เป็นอัตนัย โดยมีระดับของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ดังแสดงไว้ในตาราง 5

ตาราง 5 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ

ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	คุณภาพ	ความหมาย
3	ดีเยี่ยม	มีผลงานที่แสดงถึงความสามารถในด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำความรู้ไปใช้ การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินค่าในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ที่มีคุณภาพดีเลิศอยู่เสมอ
2	ดี	มีผลงานที่แสดงถึงความสามารถในด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำความรู้ไปใช้ การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินค่าในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับ
1	ผ่าน	มีผลงานที่แสดงถึงความสามารถในด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำความรู้ไปใช้ การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินค่าในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ที่มีข้อบกพร่องบางประการ
0	ไม่ผ่าน	ไม่มีผลงานที่แสดงถึงความสามารถในด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำความรู้ไปใช้ การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินค่าในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ หรือถ้ามีผลงาน ผลงานนั้นยังมีข้อบกพร่องที่ต้องได้รับการปรับปรุง แก้ไขหลายประการ

ที่มา : ปรับปรุงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(2555: 26)

นอกจากนี้การประเมินโดยการเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวิเคราะห์จากคะแนนสอบหลังเรียน ใช้สถิติเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด (สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2547: 15) ดังนี้

คะแนนร้อยละ	80 -100	หมายถึง	ได้ระดับผลการเรียน	ดีเยี่ยม
คะแนนร้อยละ	76 - 79	หมายถึง	ได้ระดับผลการเรียน	ดีมาก
คะแนนร้อยละ	70 - 75	หมายถึง	ได้ระดับผลการเรียน	ดี
คะแนนร้อยละ	66 - 69	หมายถึง	ได้ระดับผลการเรียน	ค่อนข้างดี
คะแนนร้อยละ	60 - 65	หมายถึง	ได้ระดับผลการเรียน	น่าพอใจ

คะแนนร้อยละ	55 - 59	หมายถึง	ได้ระดับผลการเรียน	พอใช้
คะแนนร้อยละ	50 - 54	หมายถึง	ได้ระดับผลการเรียน	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ
คะแนนร้อยละ	0 - 49	หมายถึง	ได้ระดับผลการเรียน	ต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการ

1. ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

จอห์นสัน (Johnson, 2008: 28) ได้ให้ความหมายการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า เป็นการวิจัยระหว่างการทำงานเพื่อแก้ปัญหาที่ผู้ปฏิบัติงานกำลังเผชิญอยู่ โดยเป็น กระบวนการศึกษาสภาพหรือสถานการณ์ที่เป็นจริงของสถานศึกษาเพื่อทำความเข้าใจ และพัฒนา ปรับปรุงคุณภาพของการทำงาน

เคมมิส และแมคแทกกาท (Kemmis and Mc Taggart ,1988: 10) ได้ให้ความหมายการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นรูปแบบหนึ่งของการวิจัยที่ไม่ได้แตกต่างไปจากการวิจัยอื่นๆ ใน เชิงเทคนิค แต่แตกต่างในด้านวิธีการ ซึ่งวิธีการของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือ การทำงาน ที่เป็นการสะท้อนผลการปฏิบัติงานของตนเองที่เป็นวงจรแบบขดลวด (Spiral of Self-Reflecting) โดยเริ่มต้นที่ขั้นตอนการวางแผน (planning) การปฏิบัติ (action) การสังเกต (observing) และการสะท้อนกลับ (reflecting) เป็นการวิจัยที่จำเป็นต้อง อาศัยผู้มีส่วนร่วมในกระบวนการสะท้อนกลับเกี่ยวกับการปฏิบัติเพื่อให้เกิดการพัฒนา ปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น

นกดล เจนอักษร (2544: 15-16) ได้กล่าวเกี่ยวกับการวิจัยของครู (Action Research) ไว้ว่า เป็นงานที่แสดงให้เห็นคุณค่าของการเป็นครู เพราะเป็นการสอนเรื่องราวต่างๆในการจัดการเรียนการสอนต่อสาธารณชน ดังนั้นครูควรได้รับการสนับสนุนให้ทำวิจัยโดยไม่จำเป็นว่ารูปแบบการวิจัยจะต้องเหมือนกับการวิจัยทั่วไป การที่งานวิจัยของครูปฏิบัติในห้องเรียนส่วนใหญ่จึงเรียกว่าวิจัยในชั้นเรียน (Classroom Research) หรือการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research)

สุวิมล ว่องวานิช (2544:11) ได้กล่าวถึงการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนว่า เป็นการวิจัยที่ต้องดำเนินการไปกับการปฏิบัติงานของครู โดยใช้กระบวนการที่น่าเชื่อถือ เป็นระบบ เพื่อค้นหาคำตอบในสภาพการณ์ของชั้นเรียน โดยมีครูเป็นผู้วิจัยและนำผลการวิจัยไปใช้ การวิจัยในชั้นเรียนมีเป้าหมาย 3 ประการ คือ

1. เพื่อแก้ปัญหาคำตอบต่อการจัดการเรียนการสอนหรือพฤติกรรมของผู้เรียน
2. เพื่อค้นหาคำตอบต่อข้อสงสัยในการปฏิบัติงานของครู
3. เพื่อพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอน

องอาจ นัยวัฒน์ (2548: 338) ได้ให้ความหมายการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่ทำโดยนักวิจัยและคณะบุคคลที่เป็นผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน องค์กร หรือชุมชน โดยมี จุดมุ่งหมายหลักเพื่อนำผลการศึกษาวิจัยที่ค้นพบหรือสรรคสร้างขึ้นไปใช้ปรับปรุงแก้ ปัญหา หรือพัฒนาคุณภาพการปฏิบัติงานได้อย่างทันต่อเหตุการณ์ สอดคล้องกับสภาพ ปัญหาที่ ต้องการแก้ไข รวมทั้งกลมกลืนกับโครงสร้างการบริหารงาน ตลอดจนบริบททาง ด้านสังคมและ วัฒนธรรมและด้านอื่นๆ ที่แวดล้อมหรือเกิดขึ้นในสถานที่เหล่านั้น

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า การวิจัยในชั้นเรียนเป็นการวิจัยที่มีเป้าหมายเพื่อช่วยเหลือ ครูให้ค้นหาปัญหาหรือสิ่งที่เกิดขึ้นในห้องเรียน แล้วใช้ข้อมูลเหล่านั้นมาเป็นแนวทางในการสร้าง นวัตกรรมหรือแนวทางในการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการที่น่าเชื่อถือ เป็นระบบ โดยไม่จำเป็นต้อง เหมือนกับงานวิจัยทั่วไป อาจเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ การวิจัยเชิงบรรยาย หรือการวิจัยเชิงทดลองก็ ได้ ซึ่งการวิจัยในชั้นเรียนนั้นต้องดำเนินการควบคู่ไปกับการปฏิบัติงานของครู

2. ความสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

Mary et al (Mary, 2003: 10-11) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการวิจัยในชั้นเรียนโดย แยกเป็นประเด็นได้ 6 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. ประเด็นเกี่ยวกับงานที่เกี่ยวข้อง
 - เป็นการแสดงภาพ แนวทางการจัดการเรียนการสอนให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทราบ
 - เป็นการแสดงให้เห็นผู้บริหาร ผู้ปกครอง นักเรียน หรือแม้แต่ตัวผู้สอนได้ทราบว่า การปฏิบัติการสอนมีประโยชน์อย่างไร
2. ประเด็นเกี่ยวกับเพื่อนร่วมงาน
 - ทำให้มีเวลาที่จะคุยกับเพื่อนร่วมงานเกี่ยวกับกิจกรรมการสอน
 - พัฒนาความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงานได้ดีขึ้น
3. ประเด็นเกี่ยวกับการพัฒนาบุคลากรและวิชาชีพ
 - เป็นการสนับสนุนและผลักดันให้เกิดการพัฒนาตนเองในฐานะผู้สอน
 - สร้างความตระหนักว่าแท้จริงแล้ว ความเจริญงอกงามยังไม่ได้เกิดขึ้นอย่าง แท้จริง จึงจำเป็นต้องมีโครงสร้างที่เป็นทางการเพื่อสร้างความเจริญขึ้น
4. ประเด็นเกี่ยวกับการเริ่มต้นของตนเอง
 - ต้องเริ่มต้นที่ตัวเรากับสภาพที่เป็นจริง ไม่ใช่เริ่มต้นตามที่ผู้อื่นคาดหวัง
5. ประเด็นเกี่ยวกับความคงที่แน่นอน
 - ในการปฏิบัติจริงต้องเป็นผู้เรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ต้องตั้งอยู่บนแนวคิดว่าคุณจะ ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ให้ดีขึ้นได้อย่างไร

- เพื่อสร้างการประสานระหว่างครูที่มีความแตกต่างกันในเรื่องกฎ โรงเรียน พื้นที่
ผลที่เกิดขึ้นจึงทำให้ทุกคนมีวิธีการที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

6. ประเด็นเกี่ยวกับเกณฑ์ในการทำงาน

- เพื่อสร้างรูปแบบใหม่ของการพัฒนาวิชาชีพ
- เพื่อสร้างรูปแบบใหม่ของการวิจัย
- เพื่อสร้างความรู้ใหม่โดยใช้ครูเป็นศูนย์กลาง

สุวิมล ว่องวานิช (2544: 14) กล่าวถึงความสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการด้วยกัน 7
ข้อ ดังต่อไปนี้

1. เป็นการเปิดโอกาสให้ครูผู้สอนมีการสร้างองค์ความรู้ทักษะการประยุกต์ที่จะใช้
เปลี่ยนแปลงการเรียนให้ดีขึ้น
2. เป็นการสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้และสะท้อนผลของการทำงาน
3. เป็นประโยชน์ต่อผู้ปฏิบัติโดยตรง
4. ช่วยทำให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและเกิดการเปลี่ยนแปลงโดย
กระบวนการวิจัย ซึ่งเกิดประโยชน์นำไปสู่การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติและแก้ปัญหา
5. เป็นการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการมีส่วนร่วม ทำให้การวิจัยมีความเป็นประชาธิปไตย
เกิดการยอมรับในความรู้ของผู้ปฏิบัติ
6. ช่วยตรวจสอบวิธีการทำงานของครูที่มีประสิทธิภาพ
7. ทำให้ครูเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลง

ชาติรี เกิดธรรม (2545: 13) กล่าวถึงการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า เป็นการวิจัยที่พัฒนา
ทางเลือกในการแก้ปัญหาโดยตัวของครูผู้สอนที่มีจุดมุ่งหมายคือการพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอน
โดยสามารถบอกความสำคัญของการวิจัยในชั้นเรียนได้ ดังนี้

1. เป็นการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอนด้วยวิจัย
2. เป็นการพัฒนาวิชาชีพครูให้มีมาตรฐานมากยิ่งขึ้น
3. เป็นการเผยแพร่ความรู้จากการปฏิบัติจริง
4. เป็นการส่งเสริมความก้าวหน้าทางการวิจัยทางการศึกษาและสามารถนำ
ผลงานเพื่อขอกำหนดตำแหน่งที่สูงขึ้น

จากความสำคัญของการวิจัยในชั้นเรียนที่กล่าวไปข้างต้น สรุปความสำคัญของการวิจัยใน
ชั้นเรียนได้ ดังนี้

1. เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนของครูให้ตรงตามมาตรฐานและมี
ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ทำให้ผู้เรียนเกิดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ด้านต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3. เพื่อเป็นการพัฒนาความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน และเกิดการประสานงานทำให้ทุกคนมีการสอนที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

4. เป็นการแสดงความก้าวหน้าทางวิชาชีพครู ด้วยการเผยแพร่ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติจริง

5. ส่งเสริมความก้าวหน้าทางด้านการวิจัยทางการศึกษา

6. สามารถนำผลงานไปใช้กำหนดขอตำแหน่งทางวิชาการที่สูงขึ้นได้

3. ขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ดอนเนอร์ (Donner, 2017) ได้เสนอว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการควรแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดปัญหา เป็นการอธิบายถึงเหตุที่ต้องทำเรื่องนี้ มีความสำคัญและเป็น ปัญหาในทางปฏิบัติจริง หรือมีคุณค่าต่อความพยายามที่เสียไป มีคำถามได้ถูกระบุให้เห็นอย่างชัดเจน มีขอบเขตชัดเจนที่อยู่ในช่วงที่สามารถมองเห็นและค้นพบได้

ขั้นที่ 2 การวางแผนปฏิบัติการ เป็นการพัฒนาประยุกต์ศาสตร์ใหม่หรือวิธีการใหม่ๆ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาวิจัย โดยพิจารณาว่าจะสามารถทำได้แบบไหนและควรมีลักษณะอย่างไร การกำหนดจุดมุ่งหมายที่ต้องการให้เกิดขึ้นสอดคล้องกับปัญหาหรือไม่และส่วนที่สำคัญพิเศษมีอะไรบ้าง อีกทั้งกำหนดว่าจะใช้กรอบเวลาเท่าไรจึงจะทำให้งานนี้บรรลุผลสัมฤทธิ์ได้

ขั้นที่ 3 การเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นการจำแนกลักษณะของข้อมูล ลักษณะใดบ้างที่จะต้องเก็บรวบรวม เพื่อให้สามารถตอบคำถามการวิจัยได้ อีกทั้งยังต้องมีกระบวนการในการทำให้เกิดความแน่ใจว่าสามารถมองเห็นทุกอย่างได้ครอบคลุมแล้ว ทำการกำหนดว่ามีแหล่งข้อมูลใดบ้าง หรือสารสนเทศจากแหล่งอื่นๆที่จำเป็นที่จะช่วยกำหนดกรอบวิจัย รูปแบบข้อมูลที่เก็บรวบรวมอันจะช่วยในการแปลความหมายสิ่งที่ค้นพบได้

ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการสรุปว่าได้สาระอะไรบ้างจากข้อมูล รูปแบบความรู้เชิงลึกหรือความเข้าใจใหม่ที่ค้นพบ โดยมีการแปลความหมายของรูปแบบที่ค้นพบและความรู้ใหม่ที่ได้จากการปฏิบัติจริง

ขั้นที่ 5 วางแผนเพื่อการวิจัยในอนาคต เป็นขั้นที่เราจะนำองค์ความรู้ต่างๆที่ค้นพบมาใช้ในการวางแผนในการจัดการเรียนการสอนที่แตกต่างจากเดิมได้อย่างไร อีกทั้งมีข้อเสนอแนะใดบ้างที่ต้องการให้ผู้ที่ต้องการนำการวิจัยของเราไปต่อยอดหรือนำไปแก้ไขปรับปรุง และท้ายสุดจะมีวิธีการเขียนสรุปสิ่งที่เราค้นพบอย่างไร เพื่อให้สิ่งที่เราค้นพบเป็นประโยชน์แก่ผู้อื่น

วาร์ เพ็งสวัสต์ (2546: 4-5) ได้กล่าวถึงกระบวนการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 สำรวจและวิเคราะห์ปัญหา ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญในการวางแผนเพื่อแก้ปัญหาในการพัฒนาการเรียนการสอน ในการสำรวจและวิเคราะห์ปัญหาสามารถกระทำได้ในหลายรูปแบบ เช่น การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นต้น หากครูผู้สอนพบปัญหาหลายปัญหา ควรพิจารณาจัดเรียงลำดับความสำคัญของปัญหาว่าปัญหาใดควรจะได้รับแก้ไขหรือพัฒนา ก่อนขั้นตอนนี้จะนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาของการวิจัยจากแหล่งข้อมูล

ขั้นที่ 2 การกำหนดวิธีการในการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่ครูผู้สอนจะต้องศึกษาเอกสารต่างๆ เช่น วารสาร บทความ ผลงานวิจัย คู่มือ แนวคิดทฤษฎีต่างๆ ตลอดจนประสบการณ์ของครูผู้สอน ซึ่งจะช่วยให้ทราบว่าปัญหาของเรามีผู้ศึกษาไว้บ้างหรือยังใช้วิธีหรือนวัตกรรมใดในการแก้ปัญหาเหล่านั้นใน ขั้นตอนนี้จะนำไปสู่ขอบเขตของการวิจัยและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ขั้นที่ 3 พัฒนาการหรือนวัตกรรม ในขั้นนี้ครูผู้สอนต้องกำหนดวิธีการหรือสร้างนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนา แล้วดำเนินการหาคุณภาพของเครื่องมือ แล้วจัดทำเป็นต้นแบบให้เสร็จสมบูรณ์ แล้วนำไปให้เพื่อนครูหรือนักวิชาการที่เกี่ยวข้องให้ความคิดเห็น เพื่อนำข้อคิดเห็นต่างๆไปปรับปรุงและนำไปใช้ในการแก้ไขหรือพัฒนาต่อไป ขั้นตอนนี้จะนำไปสู่ตัวแปรที่ศึกษาและวิธีการที่จะพัฒนาหรือแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 นำวิธีการหรือนวัตกรรมไปใช้ ในขั้นนี้เป็นการนำวิธีการหรือนวัตกรรมที่สร้างขึ้นโดยใช้โดยระบุขั้นตอนในการปฏิบัติว่าจะใช้กับใคร เมื่อใด อย่างไร และทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง ขั้นตอนนี้ต้องมีเครื่องมือและวิธีเก็บรวบรวมข้อมูลรวมทั้งแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นที่ 5 สรุปผล ขั้นตอนนี้จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยเลือกใช้สถิติให้เหมาะสมกับข้อมูลที่รวบรวมได้แล้วสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล หากยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาก็ทำตามที่ต้องการก็ทำการแก้ไขปรับปรุง โดยย้อนไปค้นหาวิธีการหรือนวัตกรรมใหม่แล้วพัฒนาวิธีการหรือนวัตกรรมไปใช้อีกครั้งจนสามารถแก้ปัญหาที่ต้องการ แล้วเขียนสรุปผลการดำเนินงานตั้งแต่ขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 4 ขั้นตอนนี้จะได้ผลการวิจัยที่นำไปสู่การพัฒนาการเรียนการสอนหรือการแก้ปัญหา

องอาจ นัยพัฒน์ (2548: 343) ซึ่งกิจกรรมการวิจัยหลักแต่ละขั้นตอนมี รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การวางแผน (Planning) เป็นการกำหนดแนวทางปฏิบัติการไว้ก่อนล่วงหน้า โดยอาศัยการคาดคะเนแนวโน้มของผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ ประกอบกับการระลึกถึงเหตุการณ์หรือเรื่องราวในอดีตที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขตามประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมของผู้วางแผน ภายใต้การไตร่ตรองถึงปัจจัยสนับสนุนขัดขวางความสำเร็จใน

การแก้ไข ปัญหาการต่อต้าน รวมทั้งสภาวะการณ์ เงื่อนไขอื่นๆ ที่แวดล้อมปัญหาอยู่ในเวลานั้น โดยทั่วไปการวางแผนจะต้องคำนึงถึงความ ยืดหยุ่น ทั้งนี้เพื่อจะสามารถปรับเปลี่ยนให้เข้ากับ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคต

2. การปฏิบัติการ (Action) เป็นการลงมือดำเนินงานตามแผนที่กำหนดไว้อย่าง ระมัดระวังและควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในแผน อย่างไรก็ตามในความเป็นจริง การปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้มีโอกาสแปรเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขและข้อจำกัด ของสภาวะการณ์เวลานั้นได้ ด้วยเหตุนี้แผนปฏิบัติการที่ดีจะต้องมีลักษณะเป็นเพียงแผน ชั่วคราว ซึ่งเปิดช่องให้ผู้ปฏิบัติการ สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามเงื่อนไขและปัจจัยที่เป็นอยู่ ในขณะนั้น การปฏิบัติการที่ดีจะต้องดำเนินไป อย่างต่อเนื่องเป็นพลวัตรภายใต้การใช้ ดุลยพินิจในการตัดสินใจ

3. การสังเกตการณ์ (Observation) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับ กระบวนการและผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานที่ได้ลงมือกระทำลงไป รวมทั้งสังเกตการณ์ปัจจัย สนับสนุนและปัจจัยอุปสรรคการดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ ตลอดจนประเด็น ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น ระหว่างปฏิบัติการตามแผนว่ามีสภาพหรือลักษณะเป็นอย่างไร การสังเกตการณ์ที่ดีจะต้องมีการ วางแผนไว้ก่อนคร่าวๆ โดยจะต้องมีขอบเขตไม่แคบหรือจำกัดจนเกินไป เพื่อจะได้เป็นแนวทางสำหรับการ สะท้อนกลับกระบวนการและผลการปฏิบัติที่จะเกิดขึ้นตามมา

4. การสะท้อนกลับ (Reflection) เป็นการให้ข้อมูลถึงการกระทำตามที่บันทึก ข้อมูลไว้จากการสังเกตในเชิงวิพากษ์กระบวนการและผลการปฏิบัติงานตามที่วางแผนไว้ ตลอดจน การวิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรคการพัฒนา รวมทั้ง ประเด็นปัญหาต่างๆ ที่ เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ การสะท้อนกลับ โดยอาศัยกระบวนการกลุ่มในลักษณะ วิพากษ์วิจารณ์ หรือประเมินผลการปฏิบัติงาน ระหว่างบุคคลที่มีส่วนร่วมในการวิจัย จะเป็นวิธีการ ปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานตามแนวทางดั้งเดิมไปเป็นการปฏิบัติงานตามวิธีการใหม่ ซึ่งใช้เป็นข้อมูล พื้นฐานสำหรับการทบทวน และปรับปรุงวางแผนปฏิบัติการในวงจรกระบวนการวิจัยในรอบหรือ เกลียต่อไป

บุญชม ศรีสะอาด และคณะ(บุญชม ศรีสะอาด, 2555 อ้างอิงจาก Carr and Kemmis, 1986; Kemmis and McTaggart, 1988) ได้กล่าวถึงการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ตามแนวคิด เชิงปฏิรูป ซึ่งมีขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

ขั้นการวางแผน (Planning: P) เป็นขั้นตอนการเตรียมการจัดการเรียนรู้ของครู เช่น การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ (แผนการสอน) การเตรียมสื่อ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล (แบบทดสอบ แบบสังเกต แบบสอบถาม ฯลฯ) เป็นต้น

ขั้นการปฏิบัติ (Action: A) เป็นขั้นตอนต่อเนื่องจากขั้นตอนการวางแผน นั่นคือการดำเนินการจัดการเรียนรู้ หรือดำเนินกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาผู้เรียน ซึ่งอาจเป็นปัญหาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการ หรือพฤติกรรมลักษณะอันพึงประสงค์

ขั้นการสังเกต (Observation: O) เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการจัดการเรียนรู้ หรือดำเนินการจัดกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาผู้เรียน จะใช้การสังเกตผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน มีการดำเนินการทดสอบหรือสัมภาษณ์พูดคุย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งในขั้นตอนนี้จะดำเนินการขณะจัดการเรียนรู้ หรือจัดกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหาผู้เรียน

ขั้นการสะท้อนผล (Reflection: R) เป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องจากการสังเกต โดยนำข้อมูลจากการสังเกต การสัมภาษณ์หรือข้อมูลมาไตร่ตรอง เปรียบเทียบกับผลหรือเกณฑ์ที่ตั้งเป้าหมายไว้ ยังห่างจากเป้าหมายมากน้อยเพียงใด เพื่อจะได้เตรียมปรับแผนในการดำเนินการต่อไป

จากขั้นตอนการวิจัยในชั้นเรียนที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนการวิจัยในชั้นเรียนตามแนวคิดเชิงปฏิรูปของ Carr, Kemmis and McTaggart เนื่องจากเห็นว่ามีความเหมาะสมกับการวิจัย ผู้เรียนและระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากมีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน สามารถกระทำได้หลายวงรอบ ซึ่งในแต่ละวงรอบก็จะทำให้ได้ข้อมูลจากขั้นการสะท้อนผลที่เป็นประโยชน์ที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาวงรอบต่อไป ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการวางแผน (Planning: P) 2) ขั้นการปฏิบัติ (Action: A) 3) ขั้นการสังเกต (Observation: O) และ 4) ขั้นการสะท้อนผล (Reflection: R) โดยผู้วิจัยได้วางแผนในการวิจัยไว้ทั้งสิ้น 4 วงรอบ

หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556: 1-18) ได้กล่าวถึงหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551) ดังนี้

1. เรียนรู้อะไรในคณิตศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เปิดโอกาสให้เยาวชนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่อง ตามศักยภาพ โดยกำหนดสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคนดังนี้

จำนวนและการดำเนินการ : ความคิดรวบยอดและความรู้สึกเชิงจำนวน ระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

การวัด : ความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตรและความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่างๆ กาคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัด ไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ

เรขาคณิต : รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิตหนึ่งมิติ สองมิติ และสามมิติ การนิยามแบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิต (geometric transformation) ในเรื่องการเลื่อนขนาน (translation) การสะท้อน (reflection) และการหมุน (rotation)

พีชคณิต : แบบรูป (pattern) ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เซตและการดำเนินการของเซต การให้เหตุผล นิพจน์ สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ลำดับเลขคณิต ลำดับเรขาคณิต อนุกรม เลขคณิต และอนุกรมเรขาคณิต

การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น : การกำหนดประเด็น การเขียนข้อความ การกำหนดวิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดระบบข้อมูล การนำเสนอข้อมูล ค่ากลางและการกระจายของข้อมูล การวิเคราะห์และการแปลความข้อมูล การสำรวจความคิดเห็น ความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่างๆ และช่วยในการตัดสินใจในการดำเนินชีวิตประจำวัน

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การแก้ปัญหาด้วยวิธีที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

2. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวน และความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และสามารถใช้ในการดำเนินการในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจในระบบจำนวนและสามารถนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

สาระที่ 2 การวัด

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด

มาตรฐาน ค 2.2 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด

สาระที่ 3 เรขาคณิต

มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ

มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนิยามภาพ (visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (spatial reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (geometric model) ในการแก้ปัญหา

สาระที่ 4 พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.1 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป (pattern) ความสัมพันธ์ และฟังก์ชัน

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical model) อื่นๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

สาระที่ 6 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

3. ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3.1 สาระจำนวนและพีชคณิต

3.1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้

1. เข้าใจจำนวนเชิงซ้อนและใช้สมบัติของ จำนวนเชิงซ้อนในการแก้ปัญหา

2. ทหารากที่ n ของจำนวนเชิงซ้อนเมื่อ n เป็นจำนวนนับที่มากกว่า 1

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

จำนวนเชิงซ้อน

- จำนวนเชิงซ้อน และสมบัติของจำนวนเชิงซ้อน

- จำนวนเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้ว

- รากที่ n ของจำนวนเชิงซ้อน เมื่อ n เป็นจำนวนนับที่มากกว่า 1

3.1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้

1. เข้าใจฟังก์ชันตรีโกณมิติและลักษณะ กราฟของฟังก์ชันตรีโกณมิติ และนำไปใช้ ในการแก้ปัญหา

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

ฟังก์ชันตรีโกณมิติ

- ฟังก์ชันตรีโกณมิติ

- ฟังก์ชันตรีโกณมิติผกผัน

3.1.3 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ และเมทริกซ์ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

ผลการเรียนรู้

1. แก้สมการตรีโกณมิติ และนำไปใช้ ในการแก้ปัญหา
2. ใช้กฎของโคไซน์และกฎของไซน์ ในการแก้ปัญหา
3. เข้าใจความหมาย หาผลลัพธ์ของการบวก เมทริกซ์ การคูณเมทริกซ์กับจำนวนจริง การคูณระหว่างเมทริกซ์ และหาเมทริกซ์ สลับเปลี่ยน หาดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์ $n \times n$ เมื่อ n เป็นจำนวนนับที่ไม่เกินสาม

4. หาเมทริกซ์ผกผันของเมทริกซ์ 2×2

5. แก้ระบบสมการเชิงเส้นโดยใช้เมทริกซ์ผกผันและการดำเนินการตามแถว

6. แก้สมการพหุนามตัวแปรเดียวดีกรีไม่เกินสี่ ที่มีสัมประสิทธิ์เป็นจำนวนเต็ม และนำไปใช้ ในการแก้ปัญหา

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

1. ฟังก์ชันตรีโกณมิติ

- เอกลักษ์ณ์และสมการตรีโกณมิติ

- กฎของโคไซน์และกฎของไซน์

2. เมทริกซ์

- เมทริกซ์ และเมทริกซ์สลับเปลี่ยน

- การบวกเมทริกซ์ การคูณเมทริกซ์กับจำนวนจริงการคูณระหว่างเมทริกซ์

- ดีเทอร์มิแนนต์
- เมทริกซ์ผกผัน
- การแก้ระบบสมการเชิงเส้นโดยใช้เมทริก

3. จำนวนเชิงซ้อน

- สมการพหุนามตัวแปรเดียว

3.2 สาระการวัดและเรขาคณิต

เข้าใจเวกเตอร์ การดำเนินการของเวกเตอร์ และนำไปใช้
ผลการเรียนรู้

1. หาผลลัพธ์ของการบวก การลบเวกเตอร์ การคูณเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์ หา
ผลคูณ เชิงสเกลาร์ และผลคูณเชิงเวกเตอร์

2. นำความรู้เกี่ยวกับเวกเตอร์ในสามมิติไปใช้ ในการแก้ปัญหา

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

เวกเตอร์ในสามมิติ

- เวกเตอร์ นิเสธของเวกเตอร์
- การบวก การลบเวกเตอร์ การคูณเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์
- ผลคูณเชิงสเกลาร์ ผลคูณเชิงเวกเตอร์

3.3 สาระสถิติและความน่าจะเป็น

เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้
ผลการเรียนรู้

1. เข้าใจและใช้หลักการบวกและการคูณ การเรียงสับเปลี่ยน และการจัดหมู่
ในการแก้ปัญหา

2. หาความน่าจะเป็นและนำความรู้เกี่ยวกับ ความน่าจะเป็นไปใช้

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

1. หลักการนับเบื้องต้น

- หลักการบวกและการคูณ
- การเรียงสับเปลี่ยน
- การเรียงสับเปลี่ยนเชิงเส้น
- การเรียงสับเปลี่ยนเชิงวงกลมกรณีที่ สิ่งของแตกต่างกันทั้งหมด
- การจัดหมู่กรณีที่สิ่งของแตกต่างกันทั้งหมด
- ทฤษฎีบททวินามหลักการนับเบื้องต้น

2. ความน่าจะเป็น

พหุนามเอกโกโต ชีเว

- การทดลองสุ่มและเหตุการณ์
- ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์

จากความสำคัญข้างต้น ในการจัดการเรียนรู้ ที่มีสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ มีความสำคัญอย่างยิ่ง ที่ผู้วิจัยต้องเน้นพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

โรงเรียนสารคามพิทยาคม

1. บริบทของโรงเรียนสารคามพิทยาคม

โรงเรียนสารคามพิทยาคมตั้งอยู่ที่เขตเทศบาลเมืองมหาสารคาม ตำบลตลาด อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม เป็นโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มหาสารคาม เขต 1 กระทรวงศึกษาธิการ ตั้งอยู่ที่ถนนนครสวรรค์ เทศบาลเมืองมหาสารคาม ตำบลตลาด อำเภอเมืองมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม มีบริเวณพื้นที่ทั้งหมด 36 ไร่ 2 งาน เดิมเปิดสอนเฉพาะนักเรียนชายในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ส่วนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รับทั้งนักเรียนหญิงและนักเรียนชาย ในปีการศึกษา 2538 กรมสามัญศึกษา อนุญาตให้เปิดสอนสหศึกษา ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

โรงเรียนสารคามพิทยาคม (2560: ออนไลน์) เปิดทำการสอนนักเรียนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 แต่ละระดับชั้นมี 16 ห้องเรียน ดังนี้
ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย

1. หลักสูตรห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ (Gifted) 4 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 40 คน
2. หลักสูตรห้องเรียนหลักสูตรภาษาอังกฤษ (English Program) 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 30 คน
3. หลักสูตรห้องเรียนทั่วไป 8 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 50 คน

ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย

1. หลักสูตรห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ (Gifted) 4 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 30 คน
2. หลักสูตรห้องเรียนหลักสูตรภาษาอังกฤษ (English Program) 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คน
3. หลักสูตรห้องเรียนพิเศษภาษาอังกฤษ - จีน 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน

4. หลักสูตรศิลป์ – ภาษา 2 ห้องเรียน ห้องละ 50 คน

5. หลักสูตรห้องเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ 8 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 50

คน

6. หลักสูตรห้องเรียนคู่ขนานสายสามัญกับสายอาชีพ 1 ห้องเรียน จำนวน 26

คน

ในการแบ่งนักเรียนออกเป็นรายห้องนั้นแบ่งโดยการใช้เกรดเฉลี่ย ซึ่งนักเรียนที่มีคะแนนใกล้เคียงกันจะได้อยู่ห้องเดียวกัน นักเรียนที่ได้เกรดเฉลี่ยสูงจะอยู่ห้องที่สูง อีกทั้งแต่ละห้องเรียนยังแบ่งย่อยออกเป็นห้อง ก และห้อง ข เนื่องจากจำนวนนักเรียนแต่ละห้องมีจำนวนมากทำให้จำเป็นต้องแบ่งห้องย่อยอีกครั้งเพื่อให้การบริหารจัดการสามารถทำได้โดยสะดวกและมีประสิทธิภาพ

โรงเรียนสารคามพิทยาคมนับได้ว่าเป็นโรงเรียนที่มีประสิทธิภาพสูงในการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากมีครุภัณฑ์ที่เพียงพอต่อนักเรียนทุกคน เช่น โต๊ะ เก้าอี้ หนังสือเรียน เป็นต้น อีกทั้งในแต่ละห้องเรียนยังมีอุปกรณ์ที่ช่วยในการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ โปรเจคเตอร์ เครื่องขยายเสียง ลำโพง ไมค์โครโฟน เครื่องฉายภาพ 3 มิติ จะเห็นได้ว่าโรงเรียนสารคามพิทยาคมสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยการใช้สื่อหรือเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งทางกลุ่มสาระคณิตศาสตร์ได้มีการสนับสนุนให้ผู้สอนใช้เครื่องมือต่างๆเหล่านี้ในการจัดการเรียนการสอน อันจะส่งผลให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหา ย่อมสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 เป็นกลุ่มเป้าหมายในการพัฒนาความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยนักเรียนห้องนี้เรียนในหลักสูตรวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่อยู่ในระดับดีของหลักสูตรวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนและการสอบถามจากครูในกลุ่มสาระคณิตศาสตร์จำนวน 3 ท่าน กล่าวสอดคล้องกันว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 ภาพรวมแล้วนักเรียนเป็นคนขยัน ตั้งใจเรียน เรียนดี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แย่ แต่ยังคงนักเรียนบางคนยังไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้แม้ว่าจะเป็นโจทย์ที่ง่ายๆ รวมทั้งยังพบมีนักเรียนเข้ามาถามครูบ่อยเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหาต่างๆทางคณิตศาสตร์ทำให้การจัดการเรียนรู้ไม่ราบรื่นเท่าที่ควร โดยผู้วิจัยได้พิจารณากระบวนการการแก้โจทย์ปัญหาตามโพลยาได้ 4 ขั้นตอนคือ ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจกับปัญหา ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน ขั้นที่ 4 ตรวจสอบผล ซึ่งจะพบว่านักเรียนบางคนยังคงมีปัญหา บางคนมีปัญหาแค่ขั้นเดียว หรือหลายขั้น ทำให้นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้ได้

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการสำรวจความสามารถการแก้โจทย์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มนี้ โดยการใช้แบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ เห็นได้จากนักเรียนบางคนไม่สามารถวางแผนแก้โจทย์ปัญหาได้ หรือบางคนไม่สามารถปฏิบัติการแก้โจทย์ปัญหาได้ จึงส่งผลให้นักเรียนมีผลคะแนนความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ต่ำ โดยมีจำนวน 21 คน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกนักเรียนกลุ่มนี้เป็นเป้าหมายในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2. หลักสูตรโรงเรียนสารคามพิทยาคม

การเรียนการสอนในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2560 ของโรงเรียนสารคามพิทยาคม ได้จัดการเรียนการสอนตามสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยเนื้อหาปรากฏในตาราง 6



ตาราง 6 ผลการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2560

ภาคเรียนที่	หน่วยการเรียนรู้ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
1	1	ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึม	<ol style="list-style-type: none"> 1. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลฟังก์ชันลอการิทึมและการเขียนกราฟของฟังก์ชันที่กำหนดให้ 2. นำความรู้เกี่ยวกับฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียลและฟังก์ชันลอการิทึมไปใช้ได้
	2	ฟังก์ชันตรีโกณมิติ	<ol style="list-style-type: none"> 1. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับฟังก์ชันตรีโกณมิติและเขียนกราฟของฟังก์ชันที่กำหนดได้ 2. นำความรู้เกี่ยวกับฟังก์ชันตรีโกณมิติ และการประยุกต์ไปใช้แก้ปัญหาได้
2	1	จำนวนเชิงซ้อน	<ol style="list-style-type: none"> 1. นำนิยามของจำนวนเชิงซ้อนไปใช้ในการบวก ลบ คูณ หารจำนวนเชิงซ้อนทั้งในรูปคู่อันดับ ปละ รูปเชิงเส้นได้ 2. เขียนจำนวนเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้ว สามารถนำรูปในรูปเชิงขั้วไปใช้ในการยกกำลัง หารากที่ n ของจำนวนเชิงซ้อนได้
	2	เวกเตอร์ในสามมิติ	<ol style="list-style-type: none"> 1. บวก ลบ เวกเตอร์ในรูปภาพ และผลคูณเชิงเวกเตอร์ได้ 2. หาผลคูณเชิงสเกลาร์ และผลคูณเชิงเวกเตอร์ ได้ 3. ประยุกต์ใช้ผลคูณของเวกเตอร์ในการหาพื้นที่ และปริมาตรรูปเชิงเรขาคณิตได้
	3	ความน่าจะเป็น	<ol style="list-style-type: none"> 1. แก่สมการพหุนามดีกรีมากกว่าสองที่มีสัมประสิทธิ์เป็นจำนวนจริงได้ 2. สามารถใช้กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ การเรียงสับเปลี่ยน การจัดหมู่ และการใช้ทฤษฎีบททวินามได้

จากการวิเคราะห์เนื้อหาและผลการเรียนรู้ของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการเลือก หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ของภาคเรียนที่ 2 เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยการใช้ โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา เนื่องจากเนื้อหาในหน่วยเหมาะกับการสร้าง แผนการจัดการเรียนรู้และมีโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย ให้นักเรียนได้ฝึกฝนการใช้ โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา เพื่อพัฒนาความสามารถการแก้โจทย์ปัญหา ของนักเรียน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

หุติยา จันทรปลอด (2550: 101-117) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ โดยใช้กลวิธีการรู้คิดที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และการ กำกับตนเองใน การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องละ 80 คน พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธีการรู้คิดมี ความสามารถในการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ คือ สูงกว่าร้อยละ 50 ของคะแนน สอบทั้งฉบับและนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ กลวิธีการรู้คิดมี ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้ คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จันทรขจร มะลิจันทร์ (2554: 141) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการ คิด เชิงเมตาคอกนิชันที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ความตระหนักในการรู้คิด และการกำกับ ตนเองในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง วิธีเรียงสับเปลี่ยนและวิธีจัดหมู่ โดยกลุ่ม ตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 42 คน เครื่องมือที่ใช้ในการ วิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่อง วิธี เรียงสับเปลี่ยนและวิธีจัดหมู่ แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ แบบวัดความ ตระหนักในการรู้คิด และแบบสอบถามวัดการกำกับตนเองในการเรียน ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการ เรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่อง วิธีเรียงสับเปลี่ยนและวิธีจัดหมู่ ผ่านเกณฑ์ ร้อย ละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75.67 และความสามารถ ใน การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้น

กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่อง วิธีเรียงสับเปลี่ยนและวิธีจัดหมู่ สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิสิทธิ์ โคตรนรินทร์ (2555: 98-102) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน วิชา คณิตศาสตร์ โดยใช้ยุทธวิธี เมตาคอกนิชัน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้ยุทธวิธีเมตาคอกนิชัน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กระบวนการหรือทักษะเชิงเมตาคอกนิชัน สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70 และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับมาก และผลสัมฤทธิ์จากการขยายผลและประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้ยุทธวิธีเมตาคอกนิชัน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มณฑนา พรหมรักษ์ (2556: 161-166) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้อัตนศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนห้วยวัง จำนวน 108 คน เป็นกลุ่มนักเรียนทดลอง 54 คน และนักเรียนกลุ่มควบคุม 54 คน พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5

เสาวลักษณ์ บุญจันทร์ (2558: 61-66) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเมตาคอกนิชัน โดยทำการทดลอง 1 ห้องเรียน จำนวน 31 คน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้วิชา คณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเมตาคอกนิชัน แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ค่าดัชนีประสิทธิผลของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเมตาคอกนิชัน เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ มีค่าเท่ากับ 0.6624 และเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ อยู่ในระดับมาก

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Eyler (1989: 1971-A) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับผลการใช้ เมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 จำนวน 31 คน เป็นนักศึกษาที่ประสบความสำเร็จและนักศึกษาที่ไม่ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้เทคนิคการคิดออกเสียงในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งจะใช้เทปบันทึกเสียง ตามด้วยการสัมภาษณ์ ในการสัมภาษณ์จะถามสิ่งที่เขาอธิบายไม่ชัดเจนในการแก้โจทย์ปัญหา หรือในช่วงที่เขาเงียบ จากนั้นจะถอดเทปการสัมภาษณ์และทำรหัส (Code) เพื่อนับจำนวนการตัดสินใจโดยใช้เมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักศึกษา และบันทึกความถูกต้องในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าผู้ประสบความสำเร็จในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านบุคคล ด้านงาน และด้านกลวิธี มากกว่าผู้ที่ไม่ประสบความสำเร็จในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งด้านบุคคล เป็นความรู้เกี่ยวกับลักษณะที่มีอยู่ของบุคคล ในเรื่องความสามารถทางปัญญา การเรียนรู้ หรือในการทำงาน ด้านงาน เป็นความรู้เกี่ยวกับงานที่ทำ รู้ว่าสิ่งใดทำให้งานยากหรือง่าย รวมไปถึงปัญหาและอุปสรรคของงานที่จะเกิดขึ้นกับตน และด้านกลวิธีเป็นความรู้เกี่ยวกับวิธีที่เหมาะสมในการทำงาน ให้บรรลุเป้าหมาย จากผลการวิจัยนี้ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า

Hall (1992: 446-A) ได้ศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมทางเมตาคอกนิชันและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นำมาให้นักเรียนคิด ซึ่งมี 2 แบบ คือ แบบที่ 1 เป็นแบบง่ายในการหาคำตอบ แต่ปัญหาแบบที่ 2 เป็นปัญหาที่ยากในการหาคำตอบ นักเรียนแสดงการใช้เมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากกว่าการแก้ปัญหาแบบที่ 1 ซึ่ง เป็นปัญหาที่ง่ายกว่า และในการแก้ปัญหาแบบที่ 1 จะมีการนำเอา เมตาคอกนิชันมาใช้ในการแก้ปัญหาเฉพาะของการดำเนินการแก้ปัญหาเท่านั้น

ยิมเมอร์และแอลตัน(Yimer and Ellerton, 2006: 575-582) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการกำกับทางปัญญาผ่านการตอบปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาครูจำนวน 17 คน ซึ่งผลจากการศึกษาพฤติกรรมการกำกับทางปัญญาของกลุ่มตัวอย่างดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำมาพัฒนาเป็นโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา (The problem Solving Model of Metacognitive Process) ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement) ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดกระบวนการ (Transformation – Formulation) ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation) ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผล (Evolution) ขั้นที่ 5 ขั้นซึมซับความคิด (Internalisation) ซึ่งจากงานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้แก่นักเรียนได้ เนื่องจากเป็นโมเดลที่ใช้ปัญหาโดยตรง

ยูนัส และเอลิ (Yunus and Ali, 2008: 121-130) ได้ทำการศึกษาในระดับเมตาคอกนิชัน และแรงจูงใจในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน และหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับแรงจูงใจกับ ระดับเมตาคอกนิชัน ที่มีต่อความสำเร็จทางคณิตศาสตร์และความสำเร็จทางการศึกษาโดยรวม ซึ่ง การแก้ปัญหาประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 อย่าง คือ การเข้าใจเนื้อหา กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาเมตา คอกนิชัน และแรงจูงใจ ซึ่งความเข้าใจเนื้อหาของนักเรียนและกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาได้ถูก ตรวจสอบผ่านการสัมภาษณ์ ส่วนเมตาคอกนิชันและแรงจูงใจถูกตรวจสอบผ่านเครื่องมือตรวจสอบ เพื่อวัดระดับแรงจูงใจของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษา ชั้นปีที่ 4 จำนวน 195 คน ที่เรียนเอก คณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า แรงจูงใจมีความเกี่ยวข้องที่สำคัญกับความสามารถในหลักสูตร คณิตศาสตร์ในมหาวิทยาลัย และระดับเมตาคอกนิชันมีความสัมพันธ์กับระดับของแรงจูงใจในการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ซึ่งสรุปได้ว่าการศึกษานี้แสดงถึงปัจจัยบางอย่างซึ่งมีอิทธิพลต่อความ สามารถทางคณิตศาสตร์ของบุคคลหนึ่งๆ ในการแก้ปัญหา

อซซอยและอทาแมน (Ozsoy and Ataman, 2009: 67-82) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของ การ ใช้กระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และทักษะการ กำกับ ทางปัญญาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 47 คน ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 9 สัปดาห์ โดยแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 24 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 23 คน กลุ่ม ทดลอง ได้รับการสอนด้วยกระบวนการกำกับทางปัญญาโดยใช้กิจกรรมการแก้ปัญหา ซึ่งในระหว่าง การ ดำเนินการจัดกิจกรรมครูจะเป็นผู้ถามคำถามเมื่อจำเป็น เช่น นักเรียนอ่านปัญหานี้แล้วนักเรียน เข้าใจ หรือไม่ นักเรียนคิดว่านักเรียนสามารถแก้ปัญหานี้ได้หรือไม่ เป็นต้น และกลุ่มควบคุมได้รับการ สอน แบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า (1) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วย กระบวนการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วย กลวิธีการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบ ปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แมนนิต้า และคนอื่นๆ (Manita ;et al, 2010: 219-229) ได้ศึกษาการเพิ่มบทบาท ของ ทักษะเมตาคอกนิชันในวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 29 คน (อายุ 13-14 ปี) และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 30 คน (อายุ 14-15 ปี) นักเรียนทุก คนต้องแก้โจทย์คณิตศาสตร์ที่มีความยากไปตามอายุ การเก็บรวบรวมข้อมูลจะดูจาก การพูดแสดง ความคิดเห็น ซึ่งถูกวิเคราะห์ตามความถี่ และคุณภาพของกิจกรรมเมตาคอกนิชัน ส่วนโจทย์ คณิตศาสตร์อื่นๆจะเป็นการสอบ post-test ผลการวิจัยพบว่า ความถี่ของกิจกรรม เมตาคอกนิชัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวางแผนและการประเมินนั้นเพิ่มขึ้นตามอายุ เด็กอายุ 13-14 ปี จะมีความ ฉลาดในการแก้โจทย์คณิตศาสตร์มาก แต่ก็ไม่ได้โดดเด่น กระบวนการ เมตาคอกนิชันจะแสดงให้

เห็นถึงการแก้โจทย์ปัญหาได้ดีในเด็กอายุ 14-15 ปี ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ การเรียนคณิตศาสตร์ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการเมตาคอกนินชั้นในการเรียนรู้คณิตศาสตร์จะเพิ่มขึ้น ตามอายุ

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการกำกับทางปัญญาทั้งในประเทศและต่างประเทศพบว่า การสอนโดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามีส่วนสำคัญในการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งพบว่ามีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนสูงขึ้น



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหานั้นเน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ผู้วิจัยได้กำหนด
วิธีดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 โรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอ
เมือง จังหวัดมหาสารคาม ปีการศึกษา 2560 จำนวน 50 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง
(Purposive Sampling) โดยผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทาง
คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่นำมาจากงานวิจัยของเสาวลักษณ์ บุญจันทร์(2558: 99-104) เรื่อง
กฎของไซน์และโคไซน์ มาทดสอบกับนักเรียนกลุ่มดังกล่าว คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบสามารถแบ่ง
นักเรียนออกเป็น 8 ระดับคือ คือ ระดับดีเยี่ยม ระดับดีมาก ระดับดี ระดับค่อนข้างดี ระดับน่าพอใจ
ระดับพอใช้ ระดับต่ำกว่าระดับต่ำกว่าเกณฑ์ โดยวิเคราะห์ตามเกณฑ์ โดยนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบ
วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แล้วนำค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละเทียบกับเกณฑ์
โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2547 :15 อ้างอิง
จาก เสาวลักษณ์ บุญจันทร์, 2558: 51-52) โดยมีแนวการให้ระดับความสามารถ ดังนี้

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ 80 - 100 หมายถึง ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
คณิตศาสตร์ดีเยี่ยม

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ 75 - 79 หมายถึง ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
ดีมาก

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ 70 - 74 หมายถึง ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
ดี

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ 65 - 69 หมายถึง ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
ค่อนข้างดี

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ 60 - 64 หมายถึง ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
น่าพอใจ

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ 55 - 59 หมายถึง ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
พอใช้

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ 50 - 54 หมายถึง ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
ต่ำ

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ 0 - 49 หมายถึง ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
ต่ำกว่าเกณฑ์

ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์คะแนนทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/11 จำนวน 50 คน

เลขที่	คะแนน (27)	คะแนน (ร้อยละ)	ระดับความสามารถ การแก้โจทย์ปัญหา คณิตศาสตร์
1ก	11	40.74	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
2ก	9	33.33	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
3ก	17.5	64.81	ระดับน่าพอใจ
4ก	16	59.26	ระดับพอใช้
5ก	16	59.26	ระดับพอใช้
6ก	11.5	42.60	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
7ก	14	51.85	ระดับต่ำ
8ก	18.5	68.52	ระดับค่อนข้างดี
9ก	11.5	42.59	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
10ก	11.5	42.59	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
11ก	12.5	46.30	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
12ก	27	100.00	ระดับดีเยี่ยม

ตาราง 7 (ต่อ)

เลขที่	คะแนน (27)	คะแนน (ร้อยละ)	ระดับความสามารถการแก้ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
13ก	9.5	35.18	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
14ก	3	11.11	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
15ก	17	62.96	ระดับน่าพอใจ
16ก	19	70.37	ระดับดี
17ก	24	88.89	ระดับดีเยี่ยม
18ก	10	37.04	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
19ก	13	48.15	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
20ก	13.5	50.00	ระดับต่ำ
21ก	12.5	46.30	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
22ก	16	59.26	ระดับพอใช้
23ก	9	33.33	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
24ก	20.5	75.93	ระดับดีมาก
25ก	13	48.15	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
1ข	24.5	90.74	ระดับดีเยี่ยม
2ข	14.5	53.70	ระดับต่ำ
3ข	26.5	98.15	ระดับดีเยี่ยม
4ข	19	70.37	ระดับดี
5ข	21	77.78	ระดับดีมาก
6ข	15.5	57.41	ระดับพอใช้
7ข	24	88.89	ระดับดีเยี่ยม
8ข	23.5	87.04	ระดับดีเยี่ยม
9ข	23	85.19	ระดับดีเยี่ยม
10ข	16.5	61.11	ระดับน่าพอใจ
11ข	9	33.33	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
12ข	21.5	79.63	ระดับดีมาก

ตาราง 7 (ต่อ)

เลขที่	คะแนน (27)	คะแนน (ร้อยละ)	ระดับความสามารถการแก้ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
13ข	16.5	61.11	ระดับน่าพอใจ
14ข	10.5	38.89	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
15ข	22	81.48	ระดับดีเยี่ยม
16ข	22	81.48	ระดับดีเยี่ยม
17ข	24	88.89	ระดับดีเยี่ยม
18ข	18.5	68.52	ระดับค่อนข้างดี
19ข	6	22.22	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
20ข	12	44.44	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
21ข	13	48.15	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
22ข	13	48.15	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
23ข	13.5	50.00	ระดับต่ำ
24ข	13	48.15	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์
25ข	11.5	42.59	ระดับต่ำกว่าเกณฑ์

ตาราง 7 พบว่า นักเรียนกลุ่มที่มีคะแนนความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์(ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ 0 - 49) มีจำนวน 21 คน เป็นกลุ่มที่ผู้วิจัยเห็นแล้วว่า จะเป็นปัญหาและอุปสรรคในการกิจกรรมจัดการเรียนรู้ ควรได้รับการแก้ปัญหา ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกแก้ปัญหากับนักเรียนทุกคนที่มีคะแนนความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในต่ำกว่าเกณฑ์ให้มีคะแนนสูงขึ้นผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาตามรูปแบบของยิมเมอร์และแอลเลอร์ตัน (มัลลนา พรหมรักษ์, 2556: 70-75) โดยมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในแต่ละวงจรปฏิบัติการ มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) เป็นการวางแผนที่นำไปสู่การปฏิบัติเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ โดยจะทำการสำรวจปัญหา วิเคราะห์ปัญหาเพื่อที่จะเสาะหาแนวทางในการแก้ปัญหา โดยทำการศึกษา ตำรา ทฤษฎี แนวคิด เพื่อวางแผนวิธีการแก้ปัญหา และสร้างเครื่องมือที่จะใช้แก้ปัญหาดังกล่าว เช่น การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ (แผนการสอน) การเตรียมสื่อ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล (แบบทดสอบ แบบสอบถาม ฯลฯ) เป็นต้น

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Act) เป็นการปฏิบัติงานตามแผนที่กำหนดไว้ โดยจะดำเนินการจัดการ เรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้วางแผนไว้ในขั้นที่ 1

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observe) เป็นการติดตามผลการปฏิบัติ โดยผู้วิจัยจะดำเนินการไปพร้อม ๆ กับขั้นตอนการปฏิบัติ คือในระหว่างที่ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้นั้น ผู้วิจัยจะเก็บรวบรวมข้อมูลที่แสดงถึงผลการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) เป็นการสะท้อนคิดผลที่ได้จากการวิเคราะห์ ข้อมูลในขั้นตอนการสังเกต ว่าได้ดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ เป็นการส่งเสริมให้ผู้วิจัยได้เรียนรู้หรือเข้าใจจุดอ่อนและจุดแข็งของแผน เพื่อนำไปสู่การปรับแผนการดำเนินงานเพื่อที่จะเริ่มต้นเข้าสู่วงจรปฏิบัติการต่อไป

การวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย 4 วงจรปฏิบัติการ โดยขั้นตอนในแต่ละวงจรปฏิบัติการมีรายละเอียด ดังนี้

วงจรปฏิบัติที่ 1

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน

1. สำรวจปัญหาเกี่ยวกับการแก้ไขภัยปัญหาทางคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งวิเคราะห์ถึงสาเหตุปัญหาที่เกิดขึ้น โดยจะทำการสำรวจการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการแรกเท่านั้น ส่วนใน วงจรต่อไป จะเป็นการนำปัญหาที่เกิดขึ้นที่วิเคราะห์ได้เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจร ปฏิบัติการมาวางแผนการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ต่อไป

2. ศึกษา และวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง วิชาคณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม กำหนดเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้จัด กิจกรรมการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย และทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการจัดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพนักเรียน และแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน โดยทำการศึกษาในวงจรปฏิบัติการแรกเท่านั้น

3. ดำเนินการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสัมภาษณ์นักเรียนตามขั้นตอนการสร้างเครื่องมือวิจัย จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และนำมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปขอคำปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหาและดำเนินการปรับปรุงแก้ไข ตามคำแนะนำต่างๆ ให้ถูกต้องเหมาะสมยิ่งขึ้น การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือวิจัยนั้นจะ สร้างในวงจรปฏิบัติการแรกเท่านั้น แต่ในการนำไปใช้ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือ วิจัยที่สร้างขึ้นไปใช้ในหลายๆวงจรปฏิบัติการ

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการการเรียนการสอน ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา เรื่องเวกเตอร์ในสามมิติ ซึ่งในแต่ละวงจรปฏิบัติการจะประกอบด้วยเนื้อหาสาระที่แตกต่างกัน ดังแสดงไว้ใน ตาราง 8 ดังนี้



ตาราง 8 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ

วงจร ปฏิบัติกา รที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
1	1	1 บวก ลบ เวกเตอร์ใน เชิงรูปภาพ และในเชิง เวกเตอร์มุม ฉากได้	เวกเตอร์ ในระบบ พิกัดฉาก สองมิติ	ให้ a และ b เป็นจำนวนจริงใดๆจะเขียน $\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ แทน เวกเตอร์ซึ่งเป็นผลบวกของเวกเตอร์สองเวกเตอร์ โดยที่ เวกเตอร์แรกมีขนาด $ a $ หน่วย ซึ่งถ้า $a > 0$ เวกเตอร์นี้จะ ทิศทางขนานกับแกน X ไปทางขวา ถ้า $a < 0$ เวกเตอร์นี้จะ มีทิศทางขนานกับแกน X ไปทางซ้าย เวกเตอร์ที่สองมี ขนาด $ b $ หน่วย ซึ่งถ้า $b > 0$ เวกเตอร์นี้จะมิติศทางขนานกับ แกน Y ไปข้างบน ถ้า $b < 0$ เวกเตอร์นี้จะมิติศทางขนานกับ แกน Y ไปข้างล่าง	1. นักเรียนสามารถนำความรู้ เกี่ยวกับเวกเตอร์ในระบบพิกัด ฉากสองมิติไปใช้ในการแก้ปัญหา ได้ 2. นักเรียนสามารถเขียน ประโยคทางคณิตศาสตร์ที่ เกี่ยวกับเวกเตอร์ในระบบพิกัด ฉากสองมิติได้ 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นตั้งใจ ในการเรียน	1

ตาราง 8 (ต่อ)

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
1	2	บอก ลบ เวกเตอร์ใน เชิงรูปภาพ และในเชิง เวกเตอร์มุม ฉากได้	เวกเตอร์ ในระบบ พิกัดฉาก สามมิติ	<p>เวกเตอร์ในสองมิติกำหนดได้ในรูป $\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ ซึ่งแทน</p> <p>เวกเตอร์ในเชิงเรขาคณิตที่มีจุดเริ่มต้นที่จุดกำเนิดและ จุดสิ้นสุดที่ (a, b) หรือมีจุดเริ่มต้นที่ (x, y) และมีจุดสิ้นสุด ที่ $(x + a, y + b)$ ซึ่งสามารถขยายแนวคิดจากเวกเตอร์ใน สองมิติไปเป็นเวกเตอร์ในสามมิติ โดยใช้ระบบพิกัดฉากสาม มิติ</p> <p>บทนิยาม กำหนดให้ x, y และ z เป็นจำนวนจริง เรียก $\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$</p> <p>ว่า เวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสามมิติ หรือ เวกเตอร์ในสาม มิติ หรือ เรียกสั้นๆ ว่า เวกเตอร์</p>	<p>1. นักเรียนสามารถนำ ความรู้เกี่ยวกับเวกเตอร์ในระบบ พิกัดฉากสามมิติไปใช้ในการ แก้ปัญหาได้</p> <p>2. นักเรียนสามารถบอก ลบ เวกเตอร์ในเชิงรูปภาพ และใน เชิงเวกเตอร์มุมฉากได้</p> <p>3. นักเรียนมีความมุ่งมั่น ตั้งใจในการเรียน</p>	1

ตาราง 8 (ต่อ)

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
1	3	บอก ลบ เวกเตอร์ในเชิง รูปภาพ และ ในเชิงเวกเตอร์ มุมฉากได้	ขนาด ของ เวกเตอร์ ในระบบ พิกัดฉาก สองมิติ	ถ้า \vec{PQ} เป็นเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ P มีพิกัดเป็น (x_2, y_2) จะได้ว่า $\vec{PQ} = \begin{bmatrix} x_2 - x_1 \\ y_2 - y_1 \end{bmatrix}$ และ $ \vec{PQ} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$ ถ้าให้ $x_2 - x_1 = a$ และ $y_2 - y_1 = b$ แล้วจะได้ $\vec{PQ} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ แทนขนาดของเวกเตอร์ $\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ เท่ากับ $\sqrt{a^2 + b^2}$	<ol style="list-style-type: none"> นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติได้ นักเรียนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ นักเรียนมีความมุ่งมั่นตั้งใจในการเรียน 	1

ตาราง 8 (ต่อ)

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้ ที่คาดหวัง	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
1	4	บอก ลบ เวกเตอร์ใน เชิงรูปภาพ และในเชิง เวกเตอร์มุม ฉากได้	ขนาด ของ เวกเตอร์ ในระบบ พิกัดฉาก สามมิติ	<p>ถ้า \overrightarrow{AB} เป็นเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสามมิติ A มีพิกัดเป็น (x_1, y_1, z_1) และ B มีพิกัดเป็น (x_2, y_2, z_2)</p> $\overrightarrow{AB} = \begin{bmatrix} x_2 - x_1 \\ y_2 - y_1 \\ z_2 - z_1 \end{bmatrix} \text{ และ}$ $ \overrightarrow{AB} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$ <p>ถ้าให้ $x_2 - x_1 = a, y_2 - y_1 = b$ และ $z_2 - z_1 = c$ แล้วจะได้</p> $ \overrightarrow{AB} = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} \text{ เท่ากับ } \sqrt{a^2 + b^2 + c^2} \text{ หน่วย}$	<ol style="list-style-type: none"> นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสามมิติได้ นักเรียนสามารถให้เหตุผลได้ว่าเพราะเหตุใดขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสามมิติถึงมีขนาดเท่านี้หน่วย นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการเรียน 	1

ตาราง 8 (ต่อ)

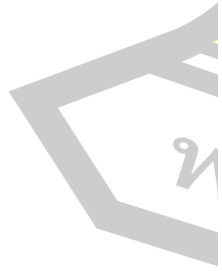
วาระ ปฏิบัติกา รที่	แผนที	ผลการเรี ยรู้ ที่คาดหวัง	สาระการ เรี ยรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรี ยรู้	จำนวน ชั่วโมง
2	5	บวก ลบ เวกเตอร์ในเชิง รูปภาพ และ ในเชิงเวกเตอร์ มุมฉากได้	เวกเตอร์ หนึ่ง หน่วยใน ระบบ พิกัดฉาก สองมิติ	บทนิยาม เวกเตอร์ที่มีขนาดหนึ่งหน่วยเรียกว่า เวกเตอร์หนึ่งหน่วย (Unit vector) เนื่องจากเวกเตอร์ $\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ ใดๆจะมีขนาดเท่ากับ $\sqrt{a^2 + b^2}$ ดังนั้นเวกเตอร์ที่มีขนาดหนึ่งหน่วย และมีทิศทางเดียวกับ เวกเตอร์ $\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ ใดๆที่ไม่ใช่เวกเตอร์ศูนย์ คือ $\frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉากสองมิติที่สำคัญคือ $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ และ $\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ และเพื่อความสะดวกจึงแทน $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ ด้วย \vec{i} และ $\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ ด้วย \vec{j}	1. นักเรียนสามารถคำนวณหา เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัด ฉากสองมิติได้ 2. นักเรียนสามารถสร้าง เวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทาง ตามที่กำหนด ในระบบพิกัดฉาก สองมิติได้ 3. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ ปัญหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบ พิกัดฉากสองมิติได้ 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นตั้งใจ ในการเรียน	1

ตาราง 8 (ต่อ)

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
2	6	บอก ลบ เวกเตอร์ใน เชิงรูปภาพ และในเชิง เวกเตอร์มุม ฉากได้	เวกเตอร์ หนึ่ง หน่วยใน ระบบ พิกัดฉาก สามมิติ	บทนิยาม เวกเตอร์ที่มีขนาดหนึ่งหน่วยเรียกว่า เวกเตอร์หนึ่งหน่วยใน ระบบพิกัดฉากสามมิติ เวกเตอร์ที่มีขนาดหนึ่งหน่วยและมีทิศทาง เดียวกันกับเวกเตอร์ b ในจุดที่ไม่ใช่เวกเตอร์ศูนย์ คือ $\frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}$ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉากสามมิติที่สำคัญคือ $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ และ } \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ ด้วย } \vec{i} \text{ และ } \vec{j} \text{ และ}$ แทน \vec{k} ด้วย $\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	1. นักเรียนสามารถ คำนวณหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วย ในระบบพิกัดฉากสามมิติได้ 2. นักเรียนสามารถสร้าง เวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทาง ตามที่กำหนด ในระบบพิกัดฉาก สามมิติได้ 3. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเวกเตอร์หนึ่ง หน่วยในระบบพิกัดฉากสามมิติ ได้ 4. นักเรียนมีความมุ่งมั่น ตั้งใจในการเรียน	1

ตาราง 8 (ต่อ)

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การ เรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
				<p>α, β, γ คือขนาดของมุมที่ \vec{OP} ทำกับแกน X, Y, Z ทางด้านบวก ตามลำดับ เรียกมุมดังกล่าวว่า มุมกำหนดทิศทาง (Direction Angle) ของ \vec{OP} และเรียก $\cos \alpha, \cos \beta$ และ $\cos \gamma$ ว่า โคไซน์แสดงทิศทาง (Direcyion Cosines) ของ \vec{OP} สามารถนิยามโคไซน์แสดงทิศทางของเวกเตอร์ใดๆได้ ดังนี้</p> <p>บทนิยาม ให้ $\vec{a} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}$ เป็นเวกเตอร์ที่ไม่ใช่เวกเตอร์ศูนย์โคไซน์แสดงทิศทาง (Direcyion Cosines) ของ \vec{a} เทียบกับแกน X, Y, Z ตามลำดับ คือจำนวนของสามจำนวนซึ่งเรียงตามลำดับ ดังนี้ $\frac{a_1}{ \vec{a} }, \frac{a_2}{ \vec{a} }, \frac{a_3}{ \vec{a} }$</p>		



ตาราง 8 (ต่อ)

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
2	7	บอก ลบ เวกเตอร์ในเชิง รูปภาพ และใน เชิงเวกเตอร์มุม ฉากได้	โคไซน์แสดง ทิศทาง	กำหนด $P(a_1, a_2, a_3)$ จะได้ $\overrightarrow{OP} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}$ กำหนด $\alpha, \beta, \gamma \in [0, \pi]$ เป็นขนาดของมุมที่วัด จากแกนพิกัดด้านบวกทั้งสามตามลำดับไปยัง \overrightarrow{OP} จะได้อ	1. นักเรียนสามารถคำนวณหา โคไซน์แสดงทิศทางของเวกเตอร์ ได้ 2. นักเรียนสามารถนำความรู้ เรื่องโคไซน์แสดงทิศทาง ไปใช้ในการ การแก้โจทย์ปัญหาได้ 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นตั้งใจ ในการเรียน	1

ตาราง 8 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
3	8	หาผลคูณเชิงสเกลาร์ และผลคูณเชิงเวกเตอร์ได้	ผลคูณเชิงสเกลาร์ เชิงสเกลาร์	<p>ผลคูณเชิงสเกลาร์ หมายถึง ผลของการคูณเวกเตอร์ที่ได้ผลลัพธ์เป็นสเกลาร์ ซึ่งนิยามระบบพิกัดฉากสองมิติและสามมิติ ได้ดังนี้</p> <p>บทนิยาม</p> <p>ถ้า $\vec{u} = x_1\vec{i} + y_1\vec{j}$ และ $\vec{v} = x_2\vec{i} + y_2\vec{j}$</p> <p>ผลคูณเชิงสเกลาร์ (Scalar Product) ของ \vec{u} และ \vec{v} คือ $x_1x_2 + y_1y_2$</p> <p>ถ้า $\vec{u} = x_1\vec{i} + y_1\vec{j} + z_1\vec{k}$ และ $\vec{v} = x_2\vec{i} + y_2\vec{j} + z_2\vec{k}$ ผลคูณเชิงสเกลาร์ (Scalar Product) ของ \vec{u} และ \vec{v} คือ $x_1x_2 + y_1y_2 + z_1z_2$ เขียนแทนผลคูณเชิงสเกลาร์ของ \vec{u} และ \vec{v} ด้วย $\vec{u} \cdot \vec{v}$</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนสามารถหาผลคูณเชิงสเกลาร์ของเวกเตอร์ได้ 2. นักเรียนสามารถใช้สมบัติที่สำคัญของผลคูณเชิงสเกลาร์แก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับผลคูณเชิงสเกลาร์ได้ 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นตั้งใจในการเรียน 	1

วงจรมติการปฏิบัติการที่	แผนที	ผลกาเรียนรู้อ	สารการเรียนรู้อ	สารสำคัญ	จุดประสงค้การเรียนรู้อ	จำนวนชั่วโมง
3	9	หาผลคูณเชิงสเกลาร์ และผลคูณเชิงเวกเตอร์ ได้	ผลคูณเชิงเวกเตอร์	<p>ผลคูณเชิงเวกเตอร์ (Cross Product) ของ $\vec{u} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}$ และ $\vec{v} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix}$ คือ</p> $\begin{bmatrix} a_2b_3 - a_3b_2 \\ a_3b_1 - a_1b_3 \\ a_1b_2 - a_2b_1 \end{bmatrix} \text{ หรือ } \begin{bmatrix} a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 \end{bmatrix} \vec{i} - \begin{bmatrix} a_1 & a_3 \\ b_1 & b_3 \end{bmatrix} \vec{j} + \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{bmatrix} \vec{k}$ <p>เขียนแทนผลคูณเชิงเวกเตอร์ขง \vec{u} และ \vec{v} ด้วย $\vec{u} \times \vec{v}$ อ่านว่า เวกเตอร์ยูครอส เวกเตอร์วี</p> <p>ในทางปฏิบัตินิยมใช้รูปของดีเทอร์มิแนนต์ เพื่อหาผลลัพธ์ของ $\vec{u} \times \vec{v}$ ดังนี้</p> $\vec{u} \times \vec{v} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix}$ <p>โดยถือว่ากาเรียนเขียน $\vec{u} \times \vec{v}$ ในรูปดังกล่าว เป็นวิธีการหรือเครื่องมือที่ช่วยให้กาการจำรูปแบบง่ายขึ้น</p>	<p>1. นักเรียนสามารถหาผลคูณเชิงเวกเตอร์ของเวกเตอร์ได้</p> <p>2. นักเรียนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับผลคูณเชิงเวกเตอร์ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้</p> <p>3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นตั้งใจในการเรียน</p>	1

ตาราง 8 (ต่อ)

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้ที่ คาดหวัง	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
4	10	1. ทาผลคูณเชิงสเกลาร์ และผลคูณเชิงเวกเตอร์ ได้ 2. ประยุกต์ใช้ผลคูณของเวกเตอร์ในการหาพื้นที่ และปริมาตรรูปเชิงเรขาคณิตได้	การใช้เวกเตอร์ในการหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน	จากรูป $ABCD$ เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่มี $\vec{AB} = \vec{u}$, $\vec{AD} = \vec{v}$ เป็นมุมระหว่าง \vec{u} กับ \vec{v} และ $ \vec{v} \sin \theta$ เป็นส่วนสูงของสี่เหลี่ยมด้านขนาน ดังนั้น $ \vec{u} \times \vec{v} = \vec{u} \vec{v} \sin \theta$ เป็นพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่มีด้านขนานกันยาว $ \vec{u} $ และ $ \vec{v} $ หน่วย	1. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานได้ 2. นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องผลคูณเชิงเวกเตอร์แก้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการหาพื้นที่ของสี่เหลี่ยมด้านขนานได้ 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นตั้งใจในการเรียน	1

ตาราง 8 (ต่อ)

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
4	11	1. หาผลคูณเชิงสเกลาร์ และผลคูณเชิงเวกเตอร์ ได้ 2. ประยุกต์ใช้ผลคูณของเวกเตอร์ ในการหาพื้นที่ และปริมาตรรูปเชิงเรขาคณิตได้	การใช้เวกเตอร์ ในการหา ปริมาตรของ ทรงสี่เหลี่ยม ด้านขนาน	กำหนดทรงสี่เหลี่ยมด้านขนาน $ABCDEFGH$ มี $\overline{AB} = \vec{u}$, $\overline{AD} = \vec{v}$ และ $\overline{AF} = \vec{r}$ เป็นต้น ดังรูป ถ้า h เป็นความยาวของเส้นตั้งฉากที่ลากจากจุดยอด A ของ \vec{u} มานิ่งระนาบที่กำหนดด้วย \vec{v} และ \vec{r} θ เป็นมุมระหว่าง \vec{u} และ $\vec{v} \times \vec{r}$ จะได้ว่า $h = \vec{u} \cos \theta$ โดยที่ $ \vec{v} \times \vec{r} $ คือพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่มีด้านประกอบมุมเป็น \vec{v} และ \vec{r} ดังนั้น ปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยมด้านขนาน (Parallelepiped) คือ $ \vec{u} \cos \theta \vec{v} \times \vec{r} = \vec{u} \vec{v} \times \vec{r} \cos \theta$ $= \vec{u} \cdot (\vec{v} \times \vec{r}) $	1. นักเรียนสามารถหา ปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยม ด้านขนานได้ 2. นักเรียนสามารถนำ ความรู้เรื่องผลคูณเชิงเวกเตอร์แก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการหาปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยมด้านขนานได้ 3. มีความมุ่งมั่นตั้งใจในการเรียน	1

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต

1. นำแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

3. ทำการสัมภาษณ์นักเรียนเพื่อประเมินความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยทำการสัมภาษณ์หลังสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ นำแบบสัมภาษณ์นักเรียนไปใช้กับนักเรียนทั้งสองกลุ่ม คือ นักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์และนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ขึ้นไป เพื่อเปรียบเทียบว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มมีการเรียนรู้ที่เหมือนหรือต่างกันอย่างไร อันจะนำไปสู่การปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติต่อไป

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ

ผู้วิจัยประเมินผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา เทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ พร้อมทั้งศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยวิเคราะห์จากคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของแต่ละวงจรปฏิบัติการ และบทสัมภาษณ์นักเรียนหลังจากสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการแต่ละวงจร เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไปให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ประเภทและลักษณะของเครื่องมือ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 11 แผน

1.2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1.2.1 แบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประเภทอัตนัย จำนวน 4 ชุด ชุดละ 4 ข้อ

1.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 ชุด ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 เป็นประเภทปรนัย 4 ตัวเลือก ชุดละ 10 ข้อ และชุดที่ 4 เป็นประเภทอัตนัย จำนวน 2 ข้อ

1.2.2 แบบสัมภาษณ์นักเรียน เป็นแบบกึ่งโครงสร้าง

2. การสร้างและการหาประสิทธิภาพเครื่องมือ

2.1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาจากเอกสาร วารสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยนำแนวคิดของยิมเมอร์และแอลเลอร์ตัน (Yimer and Ellerton, 2010: 250) มาปรับเป็นขั้นตอนซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดและขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement) เป็นขั้นเผชิญปัญหาและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา ประกอบด้วย

1. การทำความเข้าใจปัญหา
2. การวิเคราะห์เทียบกับปัญหาที่คุ้นเคย

ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดกระบวนการ (Transformation – Formulation) เป็นขั้นวางแผนการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์และกำหนดกรอบในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

1. การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา
2. การตรวจสอบความเหมาะสมของแผน

ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation) เป็นขั้นดำเนินการแก้ปัญหตามแผนที่วางไว้ ประกอบด้วย

1. การดำเนินการแก้ปัญหา
2. การตรวจสอบการดำเนินการตามแผน

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นการตัดสินใจเกี่ยวกับความเหมาะสมของแผนและวิธีการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

1. การพิจารณาผลการดำเนินการตามแผน
2. การสรุปคำตอบ

ขั้นที่ 5 ขั้นซึมซับความคิด (Internalisation) เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการสะท้อนความเข้าใจของปัญหาและประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

1. พิจารณาไตร่ตรอง
2. การนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

2. ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนสารคามพิทยาคม ที่พัฒนาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

3. ศึกษาหลักการสอน วิธีสอน การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้และรายละเอียดของเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเวกเตอร์ในสามมิติ โดยศึกษาจากเอกสาร หนังสือคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม คณิตศาสตร์ เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

4. ศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเวกเตอร์ในสามมิติ แบ่งเนื้อหา เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ให้เหมาะสมกับเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งได้ทั้งหมด 11 คาบ

5. เขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นนำ ขั้นสอน และขั้นสรุป (ในการสอนแบ่งออกเป็น 5 ขั้นคือ ขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา ขั้นกำหนดกระบวนการ ขั้นลงมือปฏิบัติ ขั้นประเมินผลและขั้นซึมซับทางความคิด) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล และบันทึกหลังสอน

สำหรับกรอบแนวคิดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยได้เสนอรายละเอียดไว้ดังตาราง 9

ตาราง 9 กรอบแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับกลุ่มเป้าหมาย

ขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา
ขั้นนำ	<p>ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้วิธีการต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในเนื้อหา รวมทั้งเตรียมความพร้อมให้แก่ นักเรียน โดยครูและนักเรียนช่วยกันทบทวนพื้นฐานความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการเรียนหรือสอนทฤษฎีบท กฎ นิยาม สูตร สมบัติต่างๆที่เกี่ยวข้อง หรือจัดสถานการณ์หรือกล่าว ถึงสถานการณ์ หรือยกตัวอย่างเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน เพื่อนำเข้าสู่บทเรียนและเป็นการเตรียมความพร้อมให้แก่ นักเรียนก่อนการเผชิญกับโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา ซึ่งครูสามารถใช้แนวทางการ สอนในรูปแบบต่างๆ ที่มีความเหมาะสมกับบริบทในการจัดการเรียนการสอน เช่น</p> <p>- ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ</p>

ตาราง 9 (ต่อ)

<p>ขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</p>	<p>การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการ กำกับทางปัญญา</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - ครูอาจใช้การนำเสนอข้อมูล ข่าวสาร ปัญหาที่น่าสนใจให้นักเรียน ใช้ เกมส์ หรือเปิดวิดีโอให้นักเรียนชมเพื่อประกอบการจัดการเรียนการ สอน - ครูใช้การถามคำถามเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม เพื่อเป็นการตรวจสอบ ความรู้เดิมหรือพื้นฐานเดิม ของนักเรียน ซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อหา หัวข้อ หรือประเด็นที่กำลังจะศึกษา - ครูสังเกตการตอบคำถามของนักเรียนเป็นรายบุคคลว่ามีพื้นฐาน เพียงพอหรือไม่หากพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ขาดความรู้พื้นฐาน ไม่มีความ พร้อมที่จะเรียน ครูต้องทบทวนเนื้อหา มโนทัศน์หรือ ความรู้ที่สำคัญ ให้นักเรียนก่อนเริ่มการสอน แต่ถ้าหากพบว่ามีนักเรียนส่วนน้อยหรือ บางคนที่ขาด ความรู้พื้นฐาน ครูสามารถสอนเนื้อหาเพิ่มเติมเฉพาะนักเรียน เป็นรายบุคคลในระหว่างการทำกิจกรรมหรือนัด สอนซ่อมเสริมนอกเวลา เรียน
<p>ขั้นสอน</p>	<p>ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement)</p> <p>ประกอบด้วย</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การทำความเข้าใจปัญหา <p>ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียน เพื่อให้ นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนด โดย จะต้องวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสิ่งที่ โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการ ทราบ ความรู้ทาง คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เลือกข้อมูลที่เป็นสำหรับ การ แก้ไขปัญหา จากนั้นรวบรวมข้อมูลที่ได้พร้อมทั้งพิจารณาข้อมูลที่ได้ ได้ เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ของสิ่งที่โจทย์กำหนดให้กับสิ่งที่ โจทย์ ต้องการทราบ ซึ่งในระหว่างการแก้ไขปัญหานักเรียนจะต้อง ใช้การ อ่านโจทย์ปัญหาหรืออ่านโจทย์ปัญหาซ้ำเพื่อทำความเข้าใจกับสิ่งที่ ถูก</p>

ตาราง 9 (ต่อ)

<p>ขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</p>	<p>การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการ กำกับทางปัญญา</p>
<p>ขั้นสอน</p>	<p>กำหนดมาให้ในปัญหา และมีการเขียนแสดงการอ่านปัญหา โดยอธิบายสิ่งที่ตนรู้และเข้าใจในประเด็นต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูล ให้นักเรียนใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจของตนเองว่าเข้าใจ ในประเด็นต่างๆ หรือไม่อย่างไร</p> <p>2. การวิเคราะห์เทียบกับปัญหาที่คุ้นเคย</p> <p>ครูให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ที่กำหนดว่าเคยแก้โจทย์ปัญหาในลักษณะนี้มาก่อน หรือไม่ โดยให้ระบุว่าเคยแก้ปัญหานี้มาก่อนหรือไม่เคย แก้ปัญหานี้มาก่อน รวมทั้งประเมินระดับความยากของปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องประเมินว่าปัญหามีระดับความยาก-ง่ายอยู่ใน ระดับใด ซึ่งนักเรียนต้องมีการประเมินตนเองว่าเมื่ออ่านปัญหาแล้วตนคิดว่าปัญหานี้อยู่ในระดับง่าย ปานกลางหรือยาก โดย นักเรียนแต่ละคนไม่จำเป็นต้องได้คำตอบเดียวกัน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการแก้ปัญหาและความคิดเห็นที่ได้จากการ ประเมินตนเองของนักเรียนแต่ละคน</p> <p>ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดกระบวนการ (Transformation- Formulation)</p> <p>ประกอบด้วย</p> <p>1. การวางแผนการแก้ปัญหา</p> <p>ครูให้นักเรียนวางแผนแก้ปัญหา โดยนำข้อมูลต่างๆ ที่มี อยู่มาใช้ในการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยเลือกวิธีการหรือขั้นตอนหรือกลยุทธ์ต่างๆ ที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องเขียนแสดงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาให้ชัดเจน หากนักเรียนยังไม่สามารถเขียนแผนได้ด้วยตนเอง ครูอาจใช้คำถามในการกระตุ้น เช่น จากโจทย์ปัญหาดังกล่าวนักเรียนลองอธิบายให้ครูฟังคร่าวๆ ว่านักเรียน จะแก้ปัญหานี้ได้อย่างไร จากนั้นครูคอยให้นักเรียนนำคำตอบของตนเองไปเขียนอธิบายเป็นลำดับขั้นตอน เป็นต้น</p>

ตาราง 9 (ต่อ)

<p>ขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</p>	<p>การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการ กำกับทางปัญญา</p>
<p>ขั้นสอน</p>	<p>2. การตรวจสอบความเหมาะสมของแผน</p> <p>ครูให้นักเรียนพิจารณาความเหมาะสมของแผนที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยนักเรียนต้องอ่านทบทวนแผนที่ใช้ และไตร่ตรองอย่างละเอียดว่าแผนดังกล่าวมีความสอดคล้องกับ ข้อมูลที่กำหนดในเงื่อนไขของปัญหาหรือไม่ วิธีการต่างๆ ที่ใช้มี ความเหมาะสมกับปัญหาหรือไม่ รวมไปถึงพิจารณาความ เป็นไปได้ของแผนการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้นักเรียน ได้ ทบทวนความคิดของตนเองเกี่ยวกับแผนที่นำไปใช้ในการ ดำเนินการ แก้ปัญหา</p> <p>ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation) ประกอบด้วย</p> <p>1. การดำเนินการแก้ปัญหา</p> <p>ครูให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหตามแผนที่ได้กำหนด ไว้เพื่อให้ได้ คำตอบที่ต้องการ โดยใช้ความรู้ มโนทัศน์ หลักการ ทางคณิตศาสตร์และ กลยุทธ์ต่าง ๆ ในการดำเนินการ ซึ่งก่อนการดำเนินการแก้ปัญหาครูใช้ คำถามถามนักเรียนว่าโจทย์ ต้องการทราบอะไร เพื่อกระตุ้นให้นักเรียน กำกับเป้าหมายของ การแก้ปัญหา และในระหว่างการแก้ปัญหาหาก นักเรียนไม่ สามารถดำเนินการหาคำตอบตามสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ สามารถหยุดการดำเนินการตามแผนเพื่อปรับแก้แผนที่ใช้หรือ เปลี่ยนใช้ แผนใหม่ได้เมื่อจำเป็น</p> <p>2. การตรวจสอบการดำเนินการตามแผน</p> <p>ครูให้นักเรียนตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นว่า เป็นไปตามแผนที่วางไว้หรือไม่ หากนักเรียนยังดำเนินการไม่ครบ ตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้หรือดำเนินการไม่ตรง ตามแผนที่วางไว้ ครู อธิบายว่านักเรียนจะต้องย้อนกลับไปดำเนินการแก้ปัญหาใหม่</p>

ตาราง 9 (ต่อ)

ขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา
ขั้นสอน	<p>ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผล (Evaluation) ประกอบด้วย</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การพิจารณาผลของการดำเนินการตามแผน ครูให้นักเรียนประเมินความสำเร็จตามเป้าหมายว่าบรรลุตามเป้าหมายของการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้หรือไม่ ประเมินความถูกต้องของการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนของแผน รวมไปถึงการพิจารณาความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ที่ได้ จากการแก้ปัญหา โดยใช้การพิจารณาจากเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาเพื่อพิจารณาว่าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ โจทย์ต้องการทราบหรือไม่ 2. การสรุปคำตอบ ครูให้นักเรียนตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธผลลัพธ์ที่ได้ จากการดำเนินการแก้ปัญหา จากนั้นเขียนสรุปคำตอบให้ สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาและครบถ้วนสมบูรณ์ <p>ขั้นที่ 5 ขั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation) ประกอบด้วย</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การพิจารณาไตร่ตรอง ครูให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นของตนเองเกี่ยวกับกระบวนการทั้งหมดที่ใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว อภิปรายถึง จุดเด่นและ/จุดด้อยของการดำเนินการแก้ปัญหา รวมทั้งประเมินความยาก-ง่ายของปัญหา เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางใน การแก้ไขปัญหา เพื่อลดปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการแก้ปัญหาครั้งต่อไป 2. การนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ครูให้นักเรียนวิเคราะห์หาแนวทางการดำเนินการ แก้ปัญหาว่ามีแนวทางอื่นที่มีประสิทธิภาพมากกว่านี้หรือไม่ รวมทั้งสะท้อนระดับความพึงพอใจในการแก้ปัญหาและระดับความเชื่อมั่นของตนเองที่มีต่อการแก้ปัญหาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับปัญหาดังกล่าว เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำไปปรับใช้ในสถานการณ์ปัญหาอื่นต่อไป

ตาราง 9 (ต่อ)

ขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการ กำกับทางปัญญา
ขั้นสรุป	ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับ ภาพรวมของกระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมด ทั้งในด้านเนื้อหา ความรู้ ต่างๆ มโนทัศน์ที่ได้และกระบวนการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

6. นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจ
พิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา และให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

7. นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

8. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงพร้อมแล้วพร้อมแบบ
ประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความ
ถูกต้องความเหมาะสม ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ได้แก่

(1) อาจารย์ ดร.สมทรง สิริธิ ศษ.ต. (หลักสูตรและการสอน) คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

(2) อาจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ ค.ต. (วัดและประเมินผล) คณะ
ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

(3) นายสวัสดิ์ จันทมนตรี วท.ม. (คณิตศาสตร์) ครูชำนาญการพิเศษ และหัวหน้า
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

(4) นางสิริพร ภูหัวดอน ศษ.ม. (การบริหารการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่ม
สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

(5) นายทรงรัตน์ ภารสทธิย์ ค.ม. (การบริหารการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

9. นำผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยเทียบกับ
เกณฑ์ ซึ่งเป็นคะแนนที่คำนวณจากแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 อันดับ และ
พิจารณา ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2554: 121)

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

เปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญกับดัชนีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ ซึ่งต้องมีค่าตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป ซึ่งเมื่อนำผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ใน วงจรปฏิบัติการที่ 1 มาหาค่าเฉลี่ยได้เท่ากับ 4.58 (S.D. = 0.16) ซึ่งแสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด ผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มาหาค่าเฉลี่ยได้เท่ากับ 4.61 (S.D. = 0.18) ซึ่งแสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด ผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มาหาค่าเฉลี่ยได้เท่ากับ 4.61 (S.D. = 0.18) ซึ่งแสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด และผลการประเมินคุณภาพ ของแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 มาหาค่าเฉลี่ยได้เท่ากับ 4.66 (S.D. = 0.14) ซึ่งแสดง ว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ค

10. นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นเรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ เป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 4 ชุด ชุดละ 4 ข้อ โดยแต่ละข้อประกอบด้วยโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และข้อคำถาม ที่วัดความสามารถในการเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา ความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหา และหาคำตอบ และความสามารถในการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ ตามกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา (Polya, 1957: 40 อ้างถึงใน มณฑนา พรหมรักษ์, 2556: 115)

มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนสารคามพิทยาคม ที่พัฒนาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนเชิงซ้อน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2. วิเคราะห์เนื้อหา จุดประสงค์ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หนังสือคู่มือครูวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม คณิตศาสตร์ เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6

3. ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ จากตำรา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดและรูปแบบของข้อสอบที่เหมาะสมในการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

4. กำหนดกรอบการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยกำหนดกรอบของการแสดงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา (Polya, 1957: 40 อ้างถึงใน มณฑนา พรหมรักษ์, 2556: 115) ซึ่งประกอบด้วยความสามารถ ดังนี้ ความสามารถในการเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา ความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ และความสามารถในการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ

5. สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 4 ชุด ชุดละ 4 ข้อ

6. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบประเภทอัตนัยของแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดไว้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555: 128-130) แต่ละข้อจะประกอบไปด้วยข้อคำถาม ดังนี้

ตาราง 10 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์	เกณฑ์	คะแนน
ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา	- ระบุข้อมูลและเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้ได้ถูกต้อง ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้องและครบถ้วน	3
	- ระบุข้อมูลและเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้ ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้องเพียงบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน	2
	- ระบุข้อมูลและเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไม่ถูกต้อง	1
	- ระบุข้อมูลและเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไม่ได้เลย	0

ตาราง 10 (ต่อ)

ความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์	เกณฑ์	คะแนน
ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> - เขียนอธิบายขั้นตอนในการหาคำตอบได้ถูกต้อง เหมาะสม ชัดเจน นำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์ - เขียนอธิบายขั้นตอนในการหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วนหรือมีบางส่วนผิดโดยอาจแสดงลำดับขั้นตอนการหาคำตอบไม่ถูกต้อง หรือเขียนในรูปวิธีการทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง - เขียนอธิบายขั้นตอนในการหาคำตอบไม่ถูกต้อง - ไม่เขียนอธิบายเลย 	<p style="text-align: center;">3</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">0</p>
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และหาคำตอบ	<ul style="list-style-type: none"> - แสดงวิธีการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ หรือคำนวณได้ถูกต้อง และสรุปคำตอบ สมบูรณ์ชัดเจน - แสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องเป็นส่วนมาก แต่ยังไม่เสร็จสมบูรณ์ หรือคิดเป็น 2 ส่วนใน 3 ส่วน สรุปคำตอบได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน - แสดงวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ยังไม่เสร็จสมบูรณ์ หรือคิดเป็น 1 ส่วนใน 3 ส่วน สรุปคำตอบไม่ถูกต้อง - แสดงวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหาและการสรุปคำตอบ 	<p style="text-align: center;">3</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">0</p>
ขั้นตรวจสอบกระบวนการ แก้ปัญหาและคำตอบ	<ul style="list-style-type: none"> - แสดงวิธีการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบได้ถูกต้องและครบถ้วน - แสดงวิธีการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ไม่ครบถ้วน - แสดงวิธีการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบไม่ถูกต้อง - ไม่แสดงการตรวจสอบเลย 	<p style="text-align: center;">3</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">0</p>
รวมข้อละ		12

7. นำแบบทดสอบเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมด้านเนื้อหาและด้านภาษา

8. นำแบบทดสอบพร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและนิยามเชิงปฏิบัติการ ซึ่งได้แก่

(1) อาจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ ค.ด. (วัดและประเมินผล) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

(2) อาจารย์ ดร.สมทรง สิทธิ ศษ.ด. (หลักสูตรและการสอน) คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

(3) นางสมพร พลพันธ์ ค.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

(4) นางยุพิน พลเรือง วท.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

(5) นางสิริพร ภูหัวดอน ศษ.ม. (การบริการการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

ซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบไม่มีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

9. นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์เพื่อหาดัชนีความสอดคล้อง (IC : Index of Consistency) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540: 117) ระหว่างข้อสอบกับนิยามเชิงปฏิบัติการ แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ .50 ถึง 1.00 ผลการพิจารณาพบว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.93 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 และในวงจรปฏิบัติการที่ 4 มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ง ซึ่งจัดว่า เป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงตามพหุติกรรมชีวิต

10. จัดพิมพ์ข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วเพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

2.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ โดยจะทำการทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดแต่ละวงจรปฏิบัติการ ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

- 1) ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบจากเอกสารและหนังสือต่างๆที่เกี่ยวข้อง
- 2) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติสำหรับแต่ละวงจรปฏิบัติการจำนวนวงจรละหนึ่งชุด โดยในแต่ละชุดประกอบด้วยคำถามจำนวน 10 ข้อ เป็นปรนัย 4 ตัวเลือก ข้อละ 1 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 10 คะแนน ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังปรากฏในตาราง 11



ตาราง 11 วิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ

วงจรรูปปฏิบัติ ที่	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับพฤติกรรมการวัด										รวม			
		๕๙๕๕๕ - ๖๖๖๖๖		๕๖๖๖๖๖๖		๖๖๖๖๖๖๖๖๖		๖๖๖๖๖๖๖๖๖๖๖		๖๖๖๖๖๖๖๖๖๖๖๖๖๖๖๖๖		สร้าง	ใช้		
		สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้				
1	1.นักเรียนสามารถบอกและลบเวกเตอร์ ได้	2	1	2	1	1	1	1	1					5	3
				2	1	2	1							4	2
		2	2	2	2	2	2							6	5

ตาราง 11 (ต่อ)

วงจรมูลนิธิ	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับพฤติกรรมการวัด														
		๒๕๕๒ - ๒๕๕๓		๒๕๕๓-๒๕๕๔		๒๕๕๔-๒๕๕๕		๒๕๕๕-๒๕๕๖		๒๕๕๖-๒๕๕๗		๒๕๕๗-๒๕๕๘		รวม		
		สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	
2	4. นักเรียนสามารถคำนวณหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉากสามมิติได้	2	1	2	1	1	1									
				2	1	1	1			2	1			5	3	
	5. นักเรียนสามารถสร้างเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทางตามที่กำหนด ในระบบพิกัดฉากสามมิติได้															
	6. นักเรียนสามารถคำนวณหาโคไซน์แสดงทิศทางของเวกเตอร์ได้	2	1	2	2	1	1							5	4	

ตาราง 11 (ต่อ)

วจร ปฏิบัติ ที่	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับพฤติกรรมการวัด												รวม				
		๒๕๕๒ - ๒๕๕๓		๒๖-๒๗๕๒		๒๘๕๒-๒๙๕๒		๓๐-๓๑๕๒		๓๒๕๒๖๗๘๙๕๒		๓๓๕๒๖๗๘๙๕๒						
		สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้					
3	7. นักเรียนสามารถหาผลคูณเชิง เวกเตอร์ของเวกเตอร์ได้	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	5
				1	1	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	5
4	9. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ของรูป สี่เหลี่ยมด้านขนานได้ 10. นักเรียนสามารถหาปริมาตรของรูป สี่เหลี่ยมด้านขนานได้					2	2	1							2	1	1	
																2	1	1
	รวม														49	32	32	

3) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเวกเตอร์ในสามมิติเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมด้านภาษา

4) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ และแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย

(1) อาจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ ค.ค. (วัดและประเมินผล) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

(2) นายทรงรัตน์ ภารสถิตย์ ค.ม. (การบริหารการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

(3) นางสาวสมพร พลพันธ์ ค.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

(4) นางยุพิน พลเรือง วท.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

(5) นางสาวสิริพร ภูหัวดอน ศษ.ม. (การบริการการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

ซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบไม่มีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

5) นำผลการประเมินที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of item objective congruence) (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2558: 118) ระหว่างข้อสอบแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ จากนั้นทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยตั้งแต่ .50-1.00 ผลการพิจารณาพบว่าข้อสอบมีค่าความ สอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.96 ในวงจร ปฏิบัติการที่ 2 มีค่าความ สอดคล้องเท่ากับ 0.95 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.88 และในวงจรปฏิบัติการที่ 4 มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ง ซึ่งจัดว่า เป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงตามพฤติกรรมชีวิต

6) ทำการพิมพ์ข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขแล้ว เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

2.2.3 แบบสัมภาษณ์นักเรียน

แบบสัมภาษณ์นักเรียน เป็นแบบกึ่งโครงสร้าง โดยนำแบบสัมภาษณ์นักเรียนไปใช้กับนักเรียนทั้งสองกลุ่ม คือ นักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีคะแนนความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์และนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ขึ้นไป เพื่อเปรียบเทียบว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มมีการเรียนรู้ที่เหมือนหรือต่างกันอย่างไร หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหานั้น กระบวนการกำกับทางปัญญาในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาการสร้างแบบสัมภาษณ์จากหนังสือ และงานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์
2. ดำเนินการสร้างแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่มีลักษณะเป็นกึ่งโครงสร้าง ให้ครอบคลุมทุกข้อคำถามในแบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ในตาราง 12 ซึ่งประเด็นในการสัมภาษณ์ปรากฏในตาราง 12

ตาราง 12 ประเด็นที่ใช้ในการสัมภาษณ์เพื่อบ่งชี้การมีความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์	ประเด็น
ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา	<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนเข้าใจหรือวิเคราะห์ปัญหาได้หรือไม่ 2. เพราะเหตุใดนักเรียนจึงไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ได้ 3. ปัญหาและอุปสรรคในการทำความเข้าใจหรือวิเคราะห์ปัญหาคืออะไร
ขั้นวางแผนแก้โจทย์ปัญหา	<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนมีการวางแผนแก้ปัญหอย่างไร 2. สิ่งที่เป็นอุปสรรคในการวางแผนแก้ปัญหของนักเรียนคืออะไร
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาคำตอบ	<ol style="list-style-type: none"> 1. ในการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนมีปัญหาหรืออุปสรรคหรือไม่ เพราะเหตุใด 2. นักเรียนจะพัฒนาตนเองด้านใด เพื่อให้การดำเนินการแก้ปัญหได้ อย่างถูกต้อง

ตาราง 12 (ต่อ)

ความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์	ประเด็น
ขั้นตรวจสอบกระบวนการ แก้ปัญหาและคำตอบ	1. นักเรียนมีวิธีตรวจสอบขั้นตอนได้อย่างไร 2. ปัญหาและอุปสรรคในการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและ คำตอบคืออะไร

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการสัมภาษณ์เพิ่มเติมในส่วนของการจัดการเรียนการสอน เรื่อง
วิธีการจัดการเรียนรู้ โดยมีเรื่องและประเด็น ดังปรากฏในตารางที่ 13 เพื่อการปรับปรุงและพัฒนาใน
วงจรปฏิบัติต่อไป

ตาราง 13 ประเด็นการสัมภาษณ์นักเรียนด้านการจัดการเรียนการสอน

เรื่อง	ประเด็น
วิธีการจัดการเรียนรู้	นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนการสอน
สื่อการสอน	นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อสื่อที่ใช้ในการเรียนการสอน
ปัญหาและอุปสรรค	นักเรียนคิดว่าการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้ มีปัญหาหรืออุปสรรคต่อ การเรียนรู้ของนักเรียนหรือไม่ อย่างไร
ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมอื่นๆ	นักเรียนอยากให้มีการเพิ่มหรือลดกิจกรรมใดบ้าง เพราะเหตุใด

3. นำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อทำการ
ตรวจสอบและดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

4. นำแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่ได้ทำปรับปรุงแก้ไขแล้วและแบบประเมินที่ผู้วิจัย
สร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับ
ประเด็นที่ต้องการทราบ ซึ่งประกอบด้วย

(1) ผศ.ดร.ภมรพรรณ อยุธยาตรี กศ.ด.(จิตวิทยาการให้คำปรึกษา)

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เชี่ยวชาญด้านจิตวิทยาการศึกษาและการแนะแนว

(2) นายสวัสดิ์ จันทร์มนตรี วท.ม. (คณิตศาสตร์) ครูชำนาญการพิเศษ และ

หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอน
คณิตศาสตร์

(3) นางสาวสิริพร ภูหัวดอน ศษ.ม. (การบริหารการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

(4) นายทรงรัตน์ ภารสถิตย์ ค.ม. (การบริหารการศึกษา) ครูชำนาญการ
พิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอน
คณิตศาสตร์

(5) นางสาวสมพร พลจันทร์ ค.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่ม
สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

ซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

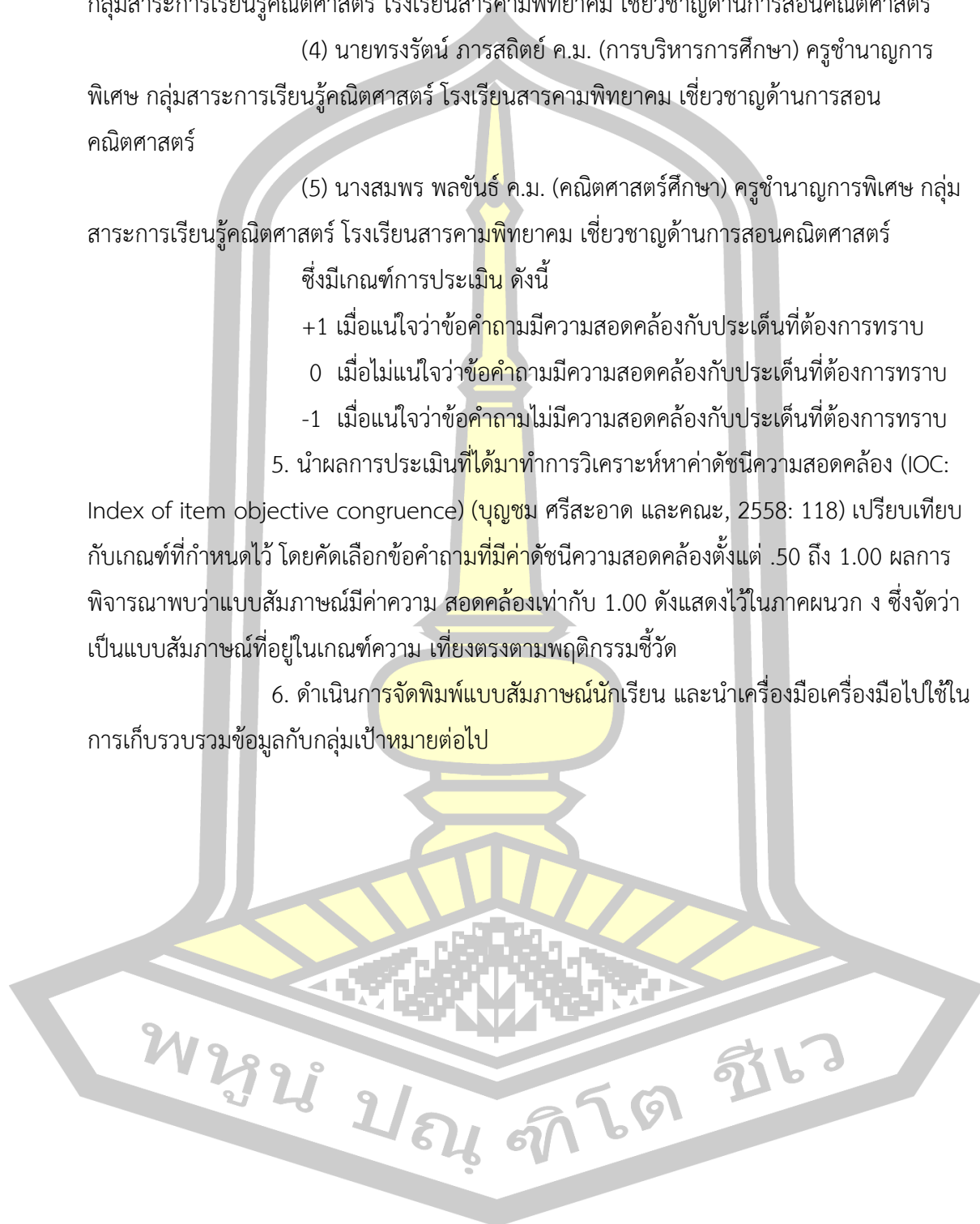
+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับประเด็นที่ต้องการทราบ

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับประเด็นที่ต้องการทราบ

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับประเด็นที่ต้องการทราบ

5. นำผลการประเมินที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of item objective congruence) (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2558: 118) เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .50 ถึง 1.00 ผลการพิจารณาพบว่าแบบสัมภาษณ์มีค่าความ สอดคล้องเท่ากับ 1.00 ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ง ซึ่งจัดว่าเป็นแบบสัมภาษณ์ที่อยู่ในเกณฑ์ความ เทียบตรงตามพฤติกรรมชีวิต

6. ดำเนินการจัดพิมพ์แบบสัมภาษณ์นักเรียน และนำเครื่องมือเครื่องมือไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป



สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

ดัชนีความสอดคล้องของข้อสอบ (IOC) (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2558ก: 118) จาก

สูตร

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ
 $\sum R$ แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
 n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมิน

2. สถิติพื้นฐาน

2.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยมีสูตรคำนวณ (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2555: 29)

คือ

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

เมื่อ \bar{X} แทน คะแนนเฉลี่ย
 $\sum X$ แทน ผลรวมของค่าทั้งหมด
 n แทน จำนวนสมาชิก

2.2 ร้อยละ โดยมีสูตรในการคำนวณ (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2555: 23) ดังนี้

$$P = \frac{f}{n} \times 100$$

เมื่อ P แทน ร้อยละ
 f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้อยู่ในรูปร้อยละ
 n แทน จำนวนสมาชิก

พจนานุกรมศัพท์ สถิติ

2.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยมีสูตรในการคำนวณ (บุญ
ชม ศรีสะอาด และคณะ, 2555: 49) คือ

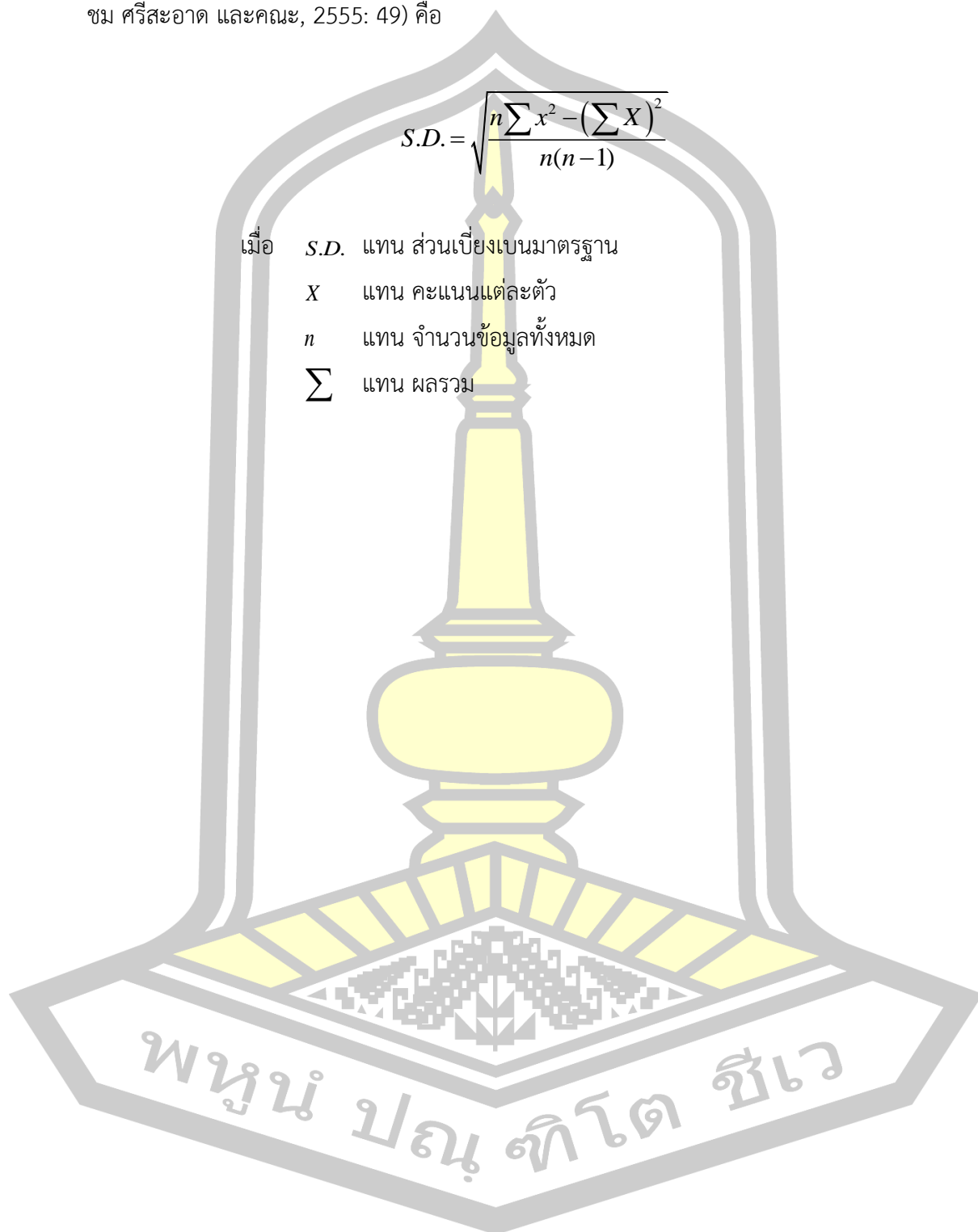
$$S.D. = \sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ $S.D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X แทน คะแนนแต่ละตัว

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

\sum แทน ผลรวม



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

\bar{X} แทน คะแนนเฉลี่ย

$S.D.$ แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการดำเนินการตามขั้นตอนในการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เป็นจำนวน 4 วงจรปฏิบัติการ โดยใช้การจัดการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์หลังจากได้รับการจัดการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวของกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทำการทดสอบหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยนำคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์มาพิจารณาเทียบกับเกณฑ์ ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏในตาราง 14

ตาราง 14 คะแนนรวมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งหมด 4 วงจรปฏิบัติการ

นักเรียนคนที่	คะแนนรวมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์							
	วงจรปฏิบัติที่ 1		วงจรปฏิบัติที่ 2		วงจรปฏิบัติที่ 3		วงจรปฏิบัติที่ 4	
	ร้อยละ	การประเมิน	ร้อยละ	การประเมิน	ร้อยละ	การประเมิน	ร้อยละ	การประเมิน
1	88.89	ผ่าน	88.89	ผ่าน	91.77	ผ่าน	94.44	ผ่าน
2	55.56	ไม่ผ่าน	61.11	ไม่ผ่าน	80.56	ผ่าน	83.33	ผ่าน
3	52.78	ไม่ผ่าน	44.44	ไม่ผ่าน	55.56	ไม่ผ่าน	72.22	ผ่าน
4	63.00	ไม่ผ่าน	61.11	ไม่ผ่าน	72.22	ผ่าน	83.33	ผ่าน
5	52.00	ไม่ผ่าน	52.78	ไม่ผ่าน	55.56	ไม่ผ่าน	80.56	ผ่าน
6	33.34	ไม่ผ่าน	55.56	ไม่ผ่าน	61.11	ไม่ผ่าน	75.00	ผ่าน
7	36.11	ไม่ผ่าน	47.22	ไม่ผ่าน	55.56	ไม่ผ่าน	72.22	ผ่าน
8	52.78	ไม่ผ่าน	52.78	ไม่ผ่าน	58.33	ไม่ผ่าน	75.00	ผ่าน
9	80.56	ผ่าน	83.33	ผ่าน	88.89	ผ่าน	75.00	ผ่าน
10	61.11	ไม่ผ่าน	55.56	ไม่ผ่าน	61.11	ไม่ผ่าน	100	ผ่าน
11	61.11	ไม่ผ่าน	61.11	ไม่ผ่าน	69.44	ไม่ผ่าน	88.89	ผ่าน
12	38.89	ไม่ผ่าน	41.66	ไม่ผ่าน	47.22	ไม่ผ่าน	75.00	ผ่าน
13	30.56	ไม่ผ่าน	58.33	ไม่ผ่าน	91.67	ผ่าน	72.22	ผ่าน

ตาราง 14 (ต่อ)

นักเรียนคนหนึ่	คะแนนรวมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์							
	วงจรปฏิบัติที่ 1		วงจรปฏิบัติที่ 2		วงจรปฏิบัติที่ 3		วงจรปฏิบัติที่ 4	
	ร้อยละ	การประเมิน	ร้อยละ	การประเมิน	ร้อยละ	การประเมิน	ร้อยละ	การประเมิน
14	38.89	ไม่ผ่าน	47.22	ไม่ผ่าน	58.33	ไม่ผ่าน	58.33	ไม่ผ่าน
15	69.44	ไม่ผ่าน	75.00	ผ่าน	86.11	ผ่าน	75.00	ผ่าน
16	55.56	ไม่ผ่าน	72.22	ผ่าน	86.11	ผ่าน	86.11	ผ่าน
17	47.22	ไม่ผ่าน	52.77	ไม่ผ่าน	58.33	ไม่ผ่าน	58.33	ไม่ผ่าน
18	69.44	ไม่ผ่าน	75.00	ผ่าน	86.11	ผ่าน	91.67	ผ่าน
19	69.44	ไม่ผ่าน	72.22	ผ่าน	88.89	ผ่าน	88.89	ผ่าน
20	58.33	ไม่ผ่าน	61.11	ไม่ผ่าน	83.33	ผ่าน	75.00	ผ่าน
21	47.22	ไม่ผ่าน	52.78	ไม่ผ่าน	61.11	ไม่ผ่าน	75.00	ผ่าน
\bar{X}	55.23	ไม่ผ่าน	60.47	ไม่ผ่าน	71.76	ผ่าน	78.89	ผ่าน
S.D.	15.26	-	12.80	-	14.97	-	10.56	-

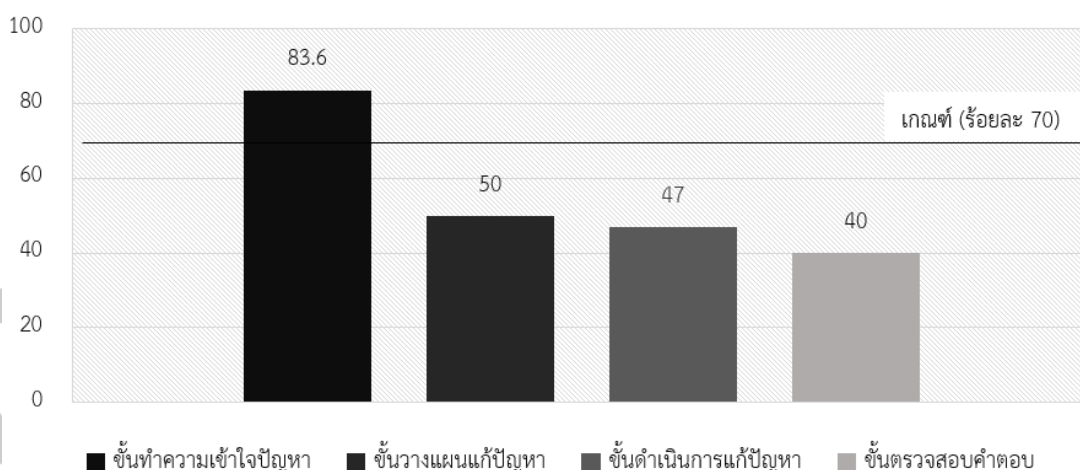
จากตาราง 14 พบว่า คะแนนรวมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังจากที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 55.23 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 60.47 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 71.76 และในวงจรปฏิบัติการที่ 4 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 78.89 ซึ่งแสดงว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น เมื่อได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ และพบว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติที่ 3

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในแต่ละชั้น โดยการวิเคราะห์จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลรายงานในแต่ละวงจรถับปฏิบัติดังนี้

1. วงจรถับปฏิบัติที่ 1

ผู้วิจัยได้ทำการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ซึ่งมีขั้นนำ ขั้นสอน ขั้นสรุป ในขั้นสอนจะมีการใช้ขั้นโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนในนั้น คือ ขั้นที่ 1 เเชิฐหน้ากับปัญหา ขั้นที่ 2 กำหนดกระบวนการ ขั้นที่ 3 ลงมือปฏิบัติ ขั้นที่ 4 ประเมินผล และขั้นที่ 5 ซึมซับทางความคิด โดยในวงจรถับปฏิบัติที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง เวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ เวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสามมิติ ขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ และขนาดเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสามมิติ ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญในแต่ละขั้นตอนเท่าๆ กัน เพื่อพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ในแต่ละขั้นตอนของโพลยา ได้แก่ ขั้นที่ 1 การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา ขั้นที่ 2 การวางแผนแก้โจทย์ปัญหา ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้โจทย์และขั้นที่ 4 การตรวจสอบคำตอบ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏในภาพประกอบ 2

ร้อยละของคะแนนเต็ม



ภาพประกอบ 2 คะแนนเฉลี่ย \bar{X} ความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 1 ในวงจรถับปฏิบัติที่ 1

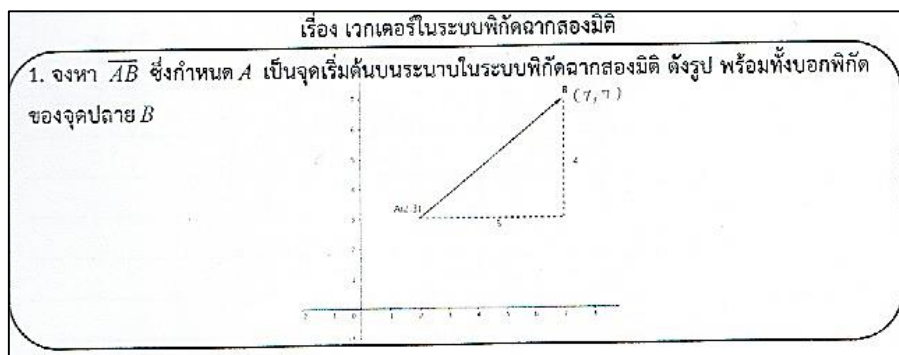
จากภาพประกอบ 2 เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถแก้ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ชุดที่ 1 พบว่าในชั้นทำความเข้าใจปัญหานักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 83.6 ของคะแนนเต็ม ชั้นวางแผนแก้ปัญหานักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ชั้น ดำเนินการแก้ปัญหานักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 47 ของคะแนนเต็ม และในชั้นตรวจสอบคำตอบ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 40 ของคะแนนเต็ม ซึ่งผู้วิจัยพบว่า ในชั้นของการวางแผนแก้ปัญหานั้น การดำเนินการแก้ปัญหานั้นและชั้นตรวจสอบคำตอบ ยังอยู่ในระดับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผู้วิจัยได้ศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหานั้นเน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาตาม แนวคิดของโพลยา (Polya, 1957: 5-40) ดังนี้

ขั้นที่ 1 ชั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา เป็นความสามารถที่บอกได้ว่า ประเด็นปัญหาคืออะไร โจทย์กำหนดอะไรมาให้ และโจทย์ถามหาอะไร

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ชั้น ทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 1 การอธิบายข้อมูล และการตอบคำถามของนักเรียนเกี่ยวข้องกับการ วิเคราะห์หาสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 1 จะพบว่านักเรียน ส่วนใหญ่สามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ แต่อาจจะยังไม่ครบถ้วนและสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาได้ และยังได้พบว่านักเรียนบางคนมีร่องรอยการเขียนซึ่งเป็นการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาเบื้องต้น ซึ่ง รูปแบบของข้อความส่วนใหญ่ของนักเรียนจะเป็นการลอกประโยคหรือข้อความจากโจทย์ปัญหา ดัง ภาพประกอบ 3





1. **ชั้นเผชิญหน้ากับปัญหา**

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

A เป็นจุดเริ่มต้นบนระนาบในระบบพิกัดฉากสองมิติ

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา คือ

\overline{AB} และ พิกัดของจุดปลาย B

ภาพประกอบ 3 ภาพตัวอย่างการระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้แต่ไม่ครบถ้วน ในแบบบันทึกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา เรื่อง เวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ (1)

จากภาพประกอบ 3 พบว่านักเรียนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาได้ แต่เขียนรายละเอียดไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งหมด ซึ่งในภาพที่ 9 นักเรียนจะต้องเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้คือ A เป็นจุดเริ่มต้นบนระนาบในระบบพิกัดฉากสองมิติ ซึ่งพิกัดของ A คือ $(2,3)$

ชั้นที่ 2 ชั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการใช้ข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ไปแล้ว ในชั้นที่ 1 ประกอบกับข้อมูลที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ให้มาเพียงพอหรือไม่ และพิจารณาหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสม โดยแบ่งเป็นลำดับขั้นตอน

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้นวางแผนแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 1 พฤติกรรมแสดงความคิดเห็น การเขียนอธิบายและการตอบคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังตอบไม่ตรงกับข้อคำถาม นักเรียนไม่อธิบายการวางแผนหรือขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหา ส่วนใหญ่นักเรียนจะเขียนเป็นสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา ดังแสดงในภาพประกอบ 4

1. จงหาขนาดของ AB เมื่อกำหนดพิกัดของจุด A และ B ดังนี้ $A(2,3), B(-5,-7)$

2. ชั้นกำหนดกระบวนการ

2.1 นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญหาอย่างไร (ระบุเป็นข้อ)

1. น1 A, B

2. น1 $|AB|$

ภาพประกอบ 4 ภาพตัวอย่างการระบุการวางแผนในการแก้ปัญหาที่ครบถ้วน ในแบบบันทึกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา เรื่อง ขนาดของเวกเตอร์ ในระบบพิกัดฉากสองมิติ (1)

จากภาพประกอบ 4 พบว่า นักเรียนระบุการวางแผนแก้ปัญหาจากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา นักเรียนไม่ได้ระบุลำดับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา

ชั้นที่ 3 ขึ้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ เป็นความสามารถในการดำเนินการตามแผน ที่วางไว้ หรือวิธีที่เลือกไว้จนได้มาซึ่งคำตอบ สำหรับโจทย์ปัญหาที่มีการคิดคำนวณหาคำตอบ ชั้นนี้จะเป็นชั้นลงมือคิดคำนวณหาคำตอบตามวิธีการทางคณิตศาสตร์

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 1 พฤติกรรมแสดงความคิดเห็น การเขียนอธิบายและการตอบคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถดำเนินการตามแผนและไม่สามารถแสดงวิธีทำเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง และยังพบว่านักเรียนบางคนเว้นช่องว่างในขั้นตอนนี้และมีนักเรียนบางคนที่แสดงวิธีการหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างการแสดงวิธีทำที่พบเห็นดังภาพประกอบ 5

พูน ปณ ทิโต ชีเว

2. $OPRQ$ เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ถ้า $\vec{OP} = \begin{bmatrix} -2 \\ -3 \end{bmatrix}$, $\vec{OQ} = \begin{bmatrix} 2 \\ -3 \end{bmatrix}$ จงหาเวกเตอร์ของเส้นทแยงมุมทั้งสองของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

4) แสดงวิธีทำ

$\vec{OP} = \begin{bmatrix} -2 \\ -3 \end{bmatrix}$ $\vec{RP} = ?$
 $\vec{OQ} = \begin{bmatrix} 2 \\ -3 \end{bmatrix}$ $\vec{RQ} = ?$

(ฉป) \vec{OQ}

ภาพประกอบ 5 ภาพตัวอย่างการอธิบายที่นักเรียนไม่สามารถดำเนินการแสดงวิธีทำและไม่สามารถหาคำตอบที่ถูกต้องได้ ในแบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 1 (2)

จากภาพประกอบ 5 พบว่า นักเรียนการวาดภาพ และวางแผนที่จะหาคำตอบ แต่ นักเรียนไม่สามารถดำเนินการแสดงวิธีทำและไม่สามารถหาคำตอบที่ถูกต้องได้

ชั้นที่ 4 ชั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและหาคำตอบ เป็นความสามารถ ตรวจสอบการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งในด้านที่เป็นไปได้ของคำตอบ ความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ ความสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดให้หรือไม่ ตลอดจนตรวจสอบกระบวนการต่างๆ ในการหาคำตอบ

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 1 พฤติกรรมแสดงความคิดเห็น การเขียนอธิบายและการตอบคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ซึ่งผู้วิจัยพบว่า นักเรียนส่วนมากไม่สามารถสรุปคำตอบ และไม่สามารถดำเนินการตรวจสอบคำตอบได้ เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหา เพื่อหาคำตอบได้

นอกจากนี้จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้การวิเคราะห์ตามองค์ประกอบแต่ละชั้นเป็นรายบุคคล ดังที่แสดงในตาราง 15

ตาราง 15 ตารางวิเคราะห์คะแนนความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นรายชั้น ของนักเรียนแต่ละคน ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

นักเรียนคนที่	คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์					
	ชั้นทำความเข้าใจปัญหา (9)	ชั้นวางแผนแก้ปัญหา (9)	ชั้นดำเนินการแก้ปัญหา (9)	ชั้นตรวจสอบคำตอบ (9)	รวม (36)	ร้อยละ (100)
1	8	9	8	7	32	88.88
2	8	4	4	4	20	55.55
3	6	6	4	3	19	52.77
4	8	4	6	5	23	63.88
5	8	6	3	2	19	52.77
6	8	2	1	1	12	33.33
7	8	3	2	0	13	36.11
8	9	2	4	4	19	52.77
9	9	8	6	6	29	80.55
10	9	5	4	4	22	61.11
11	8	6	4	4	22	61.11
12	6	1	4	3	14	38.88
13	9	1	1	0	11	30.55
14	6	1	4	3	14	38.88
15	6	5	6	6	23	63.88
16	8	5	4	3	20	55.55
17	5	4	4	4	17	47.22
18	8	7	6	4	25	69.44
19	8	7	6	4	25	69.44

ตาราง 15 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์					
	ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (9)	ขั้นวางแผน แก้ปัญหา (9)	ขั้นดำเนินการ แก้ปัญหา (9)	ขั้นตรวจสอบ คำตอบ (9)	รวม (36)	ร้อยละ (100)
20	8	5	4	4	21	58.33
21	5	4	4	4	17	47.22
\bar{X}	7.52	4.50	4.20	3.60		
S.D.	1.28	2.29	1.70	1.78		
ร้อยละ	83.6	50.00	47.00	40.00	55.23	

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ชุดที่ 1 ดังตาราง 15 ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์นักเรียน ที่เห็นว่ามีความแน่นในแต่ละด้านและคะแนนรวมต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้สรุป ประเด็นได้ ดังนี้

1. ปัญหาในขั้นทำความเข้าใจปัญหา จากการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนสามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหา สามารถกำหนดสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ แต่นักเรียนเขียนข้อมูลหรือตอบไม่ครบตามข้อคำถามได้ ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“หนูอ่านโจทย์แล้วเข้าใจค่ะ แต่หนูเขียนในสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ไม่ครบ”

(นักเรียนคนที่ 6, 5 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

“ถ้าหนูเจอโจทย์ที่มีความแปลกใหม่ หรือซับซ้อน หนูจะแสดงวิธีทำไม่ได้ค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 13, 5 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

2. ปัญหาในขั้นวางแผนแก้ปัญหา จากการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนที่ไม่สามารถวางแผนแก้โจทย์ปัญหาได้ และนักเรียนที่ไม่สามารถอธิบายการวางแผนแก้โจทย์ปัญหานั้น นักเรียนไม่ทราบวิธีการแก้โจทย์ปัญหา และนักเรียนไม่สามารถอธิบายเป็นข้อความ หรือเป็นขั้นตอนในการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาได้ ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“หนูไม่รู้วิธีจะหาคำตอบ หนูจึงวางแผนในการแก้ปัญหาไม่ได้”

(นักเรียนคนที่ 13, 5 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

“หนูรู้วิธีการหาคำตอบนะคะ แต่หนูไม่รู้ว่าจะเขียนอธิบายขั้นตอนการวางแผนในการหาคำตอบยังไงคะ”

(นักเรียนคนที่ 14, 5 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

3. ปัญหาในขั้นตอนการแก้ปัญหา จากการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนที่ไม่สามารถดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาได้นั้น นักเรียนไม่เข้าใจในโจทย์ปัญหา หรือไม่มั่นใจตั้งแต่แรก นักเรียนจึงไม่ดำเนินการแก้ปัญหา หรือการแก้ปัญหที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ไม่มั่นใจว่าเข้าใจถูกหรือเปล่านั้น หนูทำไปก็กลัวจะผิด หนูก็เลยไม่ทำต่อ”

(นักเรียนคนที่ 13, 5 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

4. ปัญหาในขั้นตรวจสอบคำตอบ จากการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนที่ไม่มีการตรวจสอบคำตอบนั้นเป็นไปได้อีกสองประเด็น ประเด็นแรกคือนักเรียนไม่รู้วิธีการตรวจสอบคำตอบ และประเด็นที่สองคือ นักเรียนมีความมั่นใจในคำตอบของตนเอง จึงไม่มีการตรวจสอบคำตอบอีก ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“หนูไม่รู้จะแสดงการตรวจสอบคำตอบได้อย่างไรคะ”

(นักเรียนคนที่ 17, 5 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

“หนูมั่นใจในคำตอบ หนูจะไม่ตรวจตรวจสอบคำตอบคะ”

(นักเรียนคนที่ 21, 5 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

จากการวิเคราะห์ประเด็นที่ได้จากการสัมภาษณ์ในปัญหาแต่ละขั้นของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนยังมีปัญหาในแต่ละขั้นที่แตกต่างกันไป และทุกขั้นมีความสำคัญ ซึ่งจะทำให้ครูสามารถนำปัญหาเหล่านี้ไปแก้ไขในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งต่อไปได้

อีกทั้งผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งจากการสัมภาษณ์สามารถสรุป ได้นักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหานั้นเน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา อีกทั้งนักเรียนบางคนยังตามไม่ทัน ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ครูสอนแบบใหม่ หนูยังไม่เคยเจอ หนูยังงงๆกับขั้นตอนการทำกิจกรรม”

(นักเรียนคนที่ 6, 5 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

“การทำกิจกรรมมีหลายขั้นตอน มันใช้เวลามากเกินไป”

(นักเรียนคนที่ 7, 5 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

“ครูพาทำเร็วเกินไป หนูตามไม่ทัน”

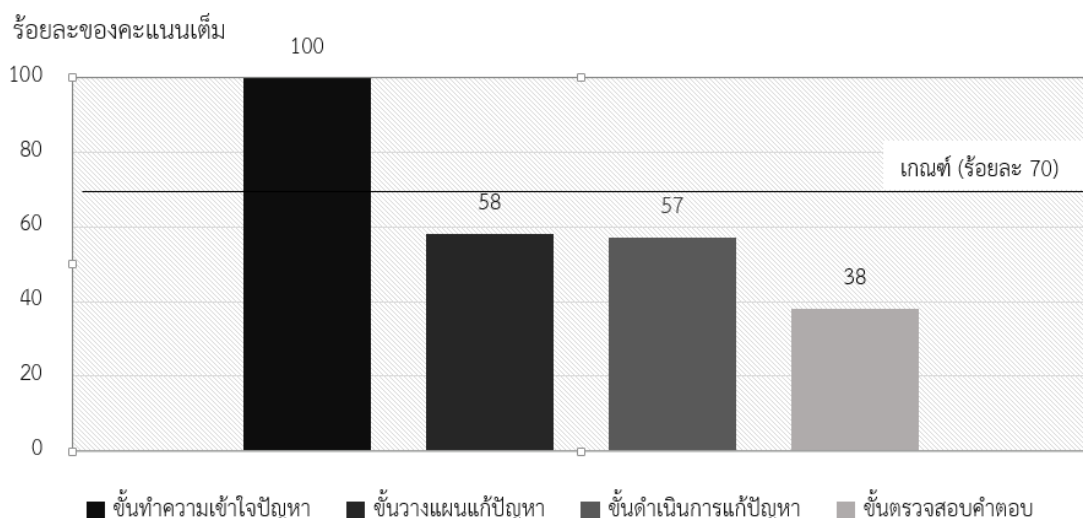
(นักเรียนคนที่ 13, 5 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการสัมภาษณ์นักเรียน บอกได้ว่าเมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนยังมีความสามารถแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ผู้วิจัยจึงได้นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ไปออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เพื่อพัฒนาความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ให้ดียิ่งขึ้นและผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

2. วงจรปฏิบัติการที่ 2

เมื่อทราบปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาเช่นเดิม ประกอบด้วย เนื้อหาเรื่อง เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉากสองมิติ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉากสามมิติ และโคไซน์แสดงทิศทาง และผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญกับทุกชั้นเช่นเดิม แต่ผู้วิจัยจะเน้นความสำคัญในแต่ละชั้น ซึ่งจะทำการกิจกรรมไปซ้ำๆ ให้นักเรียนได้ทำตามทัน และผู้วิจัยจะปรับเปลี่ยนการตั้งคำถาม ให้นักเรียนสนใจมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียน ผู้วิจัยให้นักเรียนจับคู่ซึ่งครูเป็นคนจับคู่ให้ ให้คนเก่งคู่กับคนอ่อน ซึ่งได้จากผลการทำแบบทดสอบวัดความสามารถแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยกันคิดและทำแบบบันทึกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา นักเรียนช่วยกันทำแบบฝึกหัด ซึ่งเป็นการกระตุ้นผู้เรียนทุกคนรวมทั้งส่งผลให้นักเรียนที่อ่อนสามารถทำกิจกรรมในชั้นเรียน และการทำแบบฝึกหัดมีความมั่นใจมากยิ่งขึ้น ให้นักเรียนมีความตื่นตัวต่อกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนดังกล่าวกว่า อีกทั้งยังสอดแทรกการเสริมแรง ด้วยการให้คะแนนให้นักเรียนคู่ที่ให้ความร่วมมือในการตอบคำถาม การรายงานผลคะแนนในแต่ละชั้นของการแก้โจทย์ปัญหา ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏในภาพประกอบ 6

พูน ปณ ทิโต ชีเว



ภาพประกอบ 6 คะแนนเฉลี่ย \bar{X} ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

จากภาพประกอบ 6 เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ชุดที่ 2 พบว่าในขั้นทำความเข้าใจปัญหานักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 100 ของคะแนนเต็ม ขั้นวางแผนแก้ปัญหานักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 58 ของคะแนนเต็ม ขั้นดำเนินการแก้ปัญหานักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 57 ของคะแนนเต็ม และในขั้นตรวจสอบคำตอบนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 38 ของคะแนนเต็ม

ผู้วิจัยได้ศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ตามแนวคิดของโพลยา (Polya, 1957: 5-40) ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2 การอธิบายข้อมูล และการตอบคำถามของนักเรียนเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์หาสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่ต้องการให้หา ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จะพบว่านักเรียนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาได้ ซึ่งนักเรียนมีการเขียนระบุและตอบคำถามได้ครบถ้วนชัดเจน

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2 พฤติกรรมแสดงความคิดเห็น การเขียนอธิบายและการตอบคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถวางแผนและมีการอธิบายขั้นตอนการวางแผนในการหาคำตอบมากขึ้น แต่ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ดังแสดงในภาพประกอบ 7 และภาพประกอบ 8

2. กำหนดให้ $\vec{u} = 6\vec{i} - 5\vec{k}$ และ $\vec{v} = 3\vec{i} + 4\vec{j} + x\vec{k}$ จงหาค่าของ x ที่ทำให้ $|\vec{u}| = |\vec{v}|$

3) นักเรียนมีขั้นตอนในการหาคำตอบ คือ

1. หาค่า $|\vec{u}|$ และ $|\vec{v}|$

2. หาค่า x

ภาพประกอบ 7 ภาพตัวอย่างอธิบายการวางแผนในการแก้ปัญหาที่ยังไม่ครบถ้วน ในแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ชุดที่ 2 (2)

3. จงใช้โคไซน์แสดงทิศทาง เพื่อตรวจสอบว่า \vec{u} และ \vec{v} ขนานกันหรือไม่

เมื่อกำหนดให้ $\vec{u} = \begin{bmatrix} 5 \\ 0 \\ 10 \end{bmatrix}$ และ $\vec{v} = \begin{bmatrix} 20 \\ 0 \\ 40 \end{bmatrix}$

3) นักเรียนมีขั้นตอนในการหาคำตอบ คือ

① ใช้สูตรโคไซน์แสดงทิศทาง

② แทนค่าในสูตรแล้วหาค่า \vec{u} และ \vec{v}

③ หาค่าตรวจสอบว่าขนานกันหรือไม่

ภาพประกอบ 8 ภาพตัวอย่างอธิบายการวางแผนในการแก้ปัญหาที่ครบถ้วน ในแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ชุดที่ 2 (3)

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2 พฤติกรรมแสดงความคิดเห็น การเขียนอธิบายและการตอบคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงวิธีทำ หรือดำเนินการตามแผนเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง แต่ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนมากยังเขียนแสดงวิธีทำที่ยังไม่ค่อยชัดเจน และยังไม่ถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์ ดังแสดงในภาพประกอบ 9 และภาพประกอบ 10

1. จงหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่มีทิศทางตรงข้ามกับ \vec{n} เมื่อ $\vec{n} = \begin{bmatrix} -2 \\ -5 \\ -7 \end{bmatrix}$

4) แสดงวิธีทำ

$$\frac{1}{\sqrt{a^2+b^2+c^2}} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} \vec{v} = \frac{1}{\sqrt{(-2)^2+(-5)^2+(-7)^2}} \begin{bmatrix} 2 \\ 5 \\ 7 \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{4+25+49}} \begin{bmatrix} 2 \\ 5 \\ 7 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{78}} \begin{bmatrix} 2 \\ 5 \\ 7 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{2\vec{i} + 5\vec{j} + 7\vec{k}}{\sqrt{78}}$$

5) สรุปคำตอบ คือ $\frac{\sqrt{78}}{34} \vec{i} + \frac{5\sqrt{78}}{78} \vec{j} + \frac{7\sqrt{78}}{78} \vec{k}$ หรือ $\frac{2\sqrt{78}\vec{i}}{78} + \frac{5\sqrt{78}\vec{j}}{78} + \frac{7\sqrt{78}\vec{k}}{78}$

ภาพประกอบ 9 ภาพตัวอย่างการดำเนินการแสดงวิธีทำ ในแบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2(1)

พูนุ ปรณ ทิโต ชิว

2. กำหนดให้ $\bar{u} = 6\bar{i} - 5\bar{k}$ และ $\bar{v} = 3\bar{i} + 4\bar{j} + x\bar{k}$ จงหาค่าของ x ที่ทำให้ $|\bar{u}| = |\bar{v}|$

4) แสดงวิธีทำ

$$\bar{u} = 6\bar{i} - 5\bar{k}$$

$$\bar{v} = 3\bar{i} + 4\bar{j} + x\bar{k}$$

$$\begin{aligned} |\bar{u}| &= \sqrt{6^2 + 0^2 + (-5)^2} & |\bar{v}| &= \sqrt{3^2 + 4^2 + x^2} & |\bar{v}| &= \sqrt{3^2 + 4^2 + 6^2} & |\bar{v}| &= |\bar{u}| \\ &= \sqrt{36 + 0 + 25} & &= \sqrt{9 + 16 + x^2} & &= \sqrt{9 + 16 + 36} & &= \sqrt{61} \\ &= \sqrt{61} & &= \sqrt{25 + x^2} & &= \sqrt{61} & & \end{aligned}$$

ภาพประกอบ 10 ภาพตัวอย่างการดำเนินการแสดงวิธีทำ ในแบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2 (2)

จากภาพประกอบ 9 และภาพประกอบ 10 พบว่า นักเรียนพยายามแสดงวิธีทำเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องแต่การเขียนอธิบายขั้นตอนแสดงวิธีทำนั้น อาจจะทำให้ผู้ตรวจสับสน และเกิดความผิดพลาดได้ เช่น ในภาพประกอบ 9 นักเรียนเขียนเครื่องหมายเท่ากับเชื่อมต่อกันระหว่างสูตรที่นำมาใช้ กับตัวเลขที่นำไปแทนค่าโดยไม่ทราบสาเหตุและที่มา นักเรียนควรจะเขียนสูตรไว้ข้างบน แล้วอธิบายว่า “นำไปแทนค่าในสูตร ดังนี้.....” และในภาพประกอบ 10 นักเรียนเขียนเครื่องหมายเท่ากับเชื่อมต่อกัน จะทำให้ดูสับสน

ชั้นที่ 4 ชั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและหาคำตอบ

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2 ผลดีกรรมแสดงความคิดเห็น การเขียนอธิบายและการตอบคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ซึ่งผู้วิจัยพบว่า นักเรียนส่วนมากสามารถแสดงวิธีการหาคำตอบได้ดังนั้นนักเรียนจึงสามารถสรุปคำตอบ และอีกทั้งยังพบว่านักเรียนมีการเขียนอธิบายขั้นตอนการตรวจสอบคำตอบมากยิ่งขึ้น ตามความเข้าใจของนักเรียน ดังแสดงในภาพประกอบ 11 และภาพประกอบ 12

2. กำหนดให้ $\bar{u} = 6\bar{i} - 5\bar{k}$ และ $\bar{v} = 3\bar{i} + 4\bar{j} + x\bar{k}$ จงหาค่าของ x ที่ทำให้ $|\bar{u}| = |\bar{v}|$

5) สรุปคำตอบ คือ
 $x = 6$

6) แสดงวิธีการตรวจคำตอบ
 $|\bar{u}| = \sqrt{61}$ $|\bar{v}| = \sqrt{3^2 + 4^2 + x^2}$ $|\bar{u}| = |\bar{v}|$ โดยแทนค่าหาค่า
 $= \sqrt{9 + 16 + x^2}$ $\sqrt{61} = \sqrt{61}$
 $= \sqrt{61}$

ภาพประกอบ 11 ภาพตัวอย่างการสรุปคำตอบและแสดงวิธีการตรวจคำตอบ ในแบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2 (2)

2. กำหนดให้ $\bar{u} = 6\bar{i} - 5\bar{k}$ และ $\bar{v} = 3\bar{i} + 4\bar{j} + x\bar{k}$ จงหาค่าของ x ที่ทำให้ $|\bar{u}| = |\bar{v}|$

5) สรุปคำตอบ คือ
 $x = 6$

6) แสดงวิธีการตรวจคำตอบ
 แทน $x = 6$ ใน $|\bar{v}|$ จะได้ $|\bar{v}| = \sqrt{3^2 + 4^2 + x^2} = \sqrt{9 + 16 + 36}$
 $= \sqrt{61}$
 \therefore เมื่อ x มีค่าเท่ากับ 6 แล้ว $|\bar{u}| = |\bar{v}|$

ภาพประกอบ 12 ภาพตัวอย่างการสรุปคำตอบและแสดงวิธีการตรวจคำตอบ ในแบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 2 (2)

นอกจากนี้จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้การวิเคราะห์ตามองค์ประกอบแต่ละชั้นเป็นรายบุคคล ดังที่แสดงใน ตาราง 16

ตาราง 16 ตารางวิเคราะห์คะแนนความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นรายชั้น ของนักเรียนแต่ละคน ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

นักเรียนคนที่	คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์					รวม (36)	ร้อยละ (100)
	ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (9)	ขั้นวางแผน แก้ปัญหา (9)	ขั้นดำเนินการ แก้ปัญหา (9)	ขั้นตรวจสอบ คำตอบ (9)			
1	9	8	8	7	32	88.88	
2	9	5	5	3	22	61.11	
3	9	1	3	3	16	44.44	
4	9	5	5	3	22	61.11	
5	9	5	3	2	19	52.77	
6	9	5	3	3	20	55.55	
7	9	2	3	3	17	47.22	
8	9	5	3	2	19	52.77	
9	9	8	7	6	30	83.33	
10	9	5	3	3	20	55.55	
11	9	5	4	4	22	61.11	
12	9	2	2	2	15	41.66	
13	9	5	4	3	21	58.33	
14	9	2	3	3	17	47.22	
15	9	7	5	6	27	75.00	
16	9	7	6	4	26	72.22	
17	9	7	3	0	19	52.77	
18	9	7	5	6	27	75.00	
19	9	7	6	4	26	72.22	

ตาราง 16 (ต่อ)

นักเรียนคน ที่	คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์					
	ชั้นทำความเข้าใจ ปัญหา (9)	ชั้นวางแผน แก้ปัญหา (9)	ชั้นดำเนินการ แก้ปัญหา (9)	ชั้นตรวจสอบ คำตอบ (9)	รวม (36)	ร้อยละ (100)
20	9	5	4	4	22	61.11
21	9	7	3	0	19	52.77
\bar{X}	9.00	5.20	4.20	3.00		
S.D.	0	2.05	1.57	1.80		
ร้อยละ	100	58.00	47.00	38.00		60.47

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ชุดที่ 2 ดังตาราง 16 ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์นักเรียน ที่เห็นว่ามีความคะแนนในแต่ละด้านและคะแนนรวมต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้สรุป ประเด็นได้ ดังนี้

1. ปัญหาในชั้นดำเนินการแก้ปัญหา จากการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนไม่มีความมั่นใจ และมีความกังวล และยังมีปัญหาในการแก้สมการหาคำตอบ รวมถึงวิธีการที่จะได้คำตอบ ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“มีปัญหาในการหาคำตอบ แก้สมการ คำนวณไม่ถูกต้อง”

(นักเรียนคนที่ 3, 14 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

“ไม่มั่นใจในการหาคำตอบ โดยเฉพาะการแก้สมการ รวมทั้งการคำนวณด้านตัวเลข”

(นักเรียนคนที่ 12, 14 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

2. ปัญหาในชั้นตรวจสอบคำตอบ จากการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนยังแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบไม่ได้ ถึงแม้ว่าจะหาคำตอบได้ก็ตาม รวมถึงนักเรียนกังวลเรื่องเวลา กลัวทำไม่ทัน เลยข้ามขั้นตอนการตรวจสอบคำตอบไป จึงไม่มีการตรวจสอบคำตอบอีก ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“สามารถหาคำตอบได้ค่ะ แต่หนูแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบไม่เป็นค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 7, 14 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

“หนูไม่ได้ตรวจสอบคำตอบเพราะกลัวเวลาไม่ทัน ถ้ามีเวลามากพอหนูจะตรวจสอบคำตอบค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 14, 14 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

จากการวิเคราะห์ประเด็นที่ได้จากการสัมภาษณ์ในปัญหาแต่ละขั้นของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนยังมีปัญหาที่เห็นได้ชัดในขั้นของการหาคำตอบ และขั้นของการตรวจสอบคำตอบ ซึ่งในขั้นของการหาคำตอบนั้นนักเรียนมีปัญหาด้านการคิดคำนวณ รวมถึงการแก้สมการเพื่อหาคำตอบ ส่วนในขั้นการตรวจสอบคำตอบ นักเรียนยังมีปัญหา ไม่สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบ

อีกทั้งผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งจากการสัมภาษณ์สามารถสรุป ได้ว่านักเรียนมีปัญหาเกี่ยวกับคู่ของตนเอง นักเรียนที่อ่อนยังกล้าถาม ไม่กล้าคุยกับนักเรียนที่เก่ง ทำให้การพูดคุยกันระหว่างเพื่อนคู่คิดมีน้อย ซึ่งจะเห็นได้จากแนวตอบของนักเรียน ดังนี้

“ไม่กล้าถามเพื่อนที่เป็นคู่ แบบฝึกหัดบางข้อหนูทำไม่ได้ก็ให้เพื่อนทำเลย”

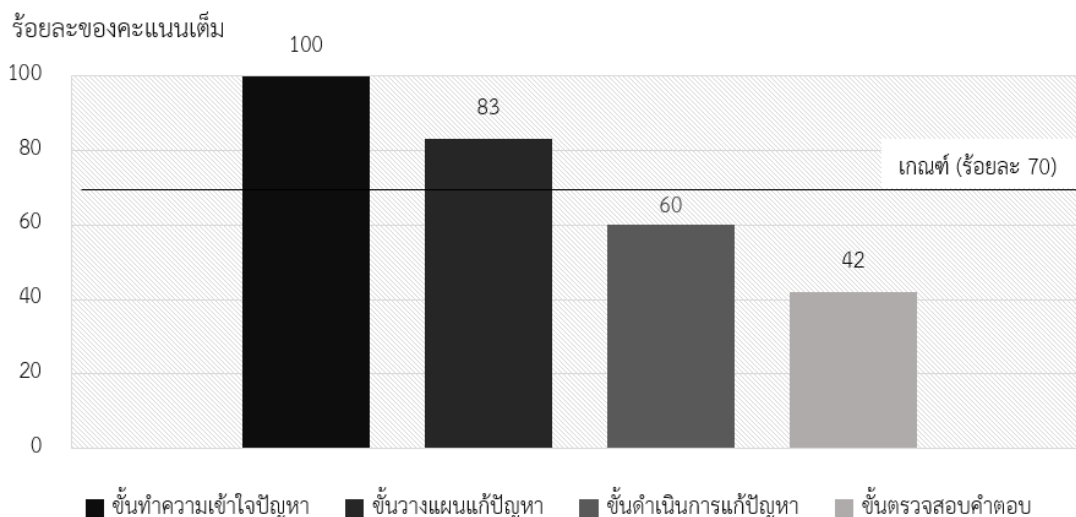
(นักเรียนคนที่ 3, 14 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการสัมภาษณ์นักเรียน บอกได้ว่าเมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนยังมีความสามารถแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ผู้วิจัยจึงได้นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ไปออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยเน้นในขั้นของการวางแผน ขั้นการดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นการตรวจสอบคำตอบ เพื่อพัฒนาความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ให้ดียิ่งขึ้นและผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

2. วงจรปฏิบัติการที่ 3

เมื่อทราบปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาเช่นเดิม ประกอบด้วยเนื้อหา เรื่องผลคูณเชิงสเกลาร์ และผลคูณเชิงเวกเตอร์ ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญกับขั้นกำหนดกระบวนการ โดยให้นักเรียนได้วางแผนการแก้โจทย์ปัญหาเบื้องต้นก่อน ให้นักเรียนทบทวนการวางแผน อีกทั้งให้นักเรียนได้เสนอแผนของตนเอง ให้เพื่อนๆ ได้รับฟังและเปรียบเทียบกับแผนของตนเอง ขั้นลงมือปฏิบัติ ผู้วิจัยยังคงให้นักเรียนทำงานร่วมกับเพื่อนคู่คิดของตนเองคนเดิม เพื่อให้เกิดความสนิทสนมกล้าพูด กล้าคุย และปรึกษากันมากยิ่งขึ้น ให้นักเรียนช่วยกันคิด และดำเนินการแก้ปัญหาร่วมกัน เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง ขั้นประเมินผล ขั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนได้สรุปคำตอบ และช่วยกันเสนอแนวทางการตรวจสอบคำตอบของตนเอง และขั้นซึมซับความคิด ขั้นนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดของตนเองรวมทั้งประเมินตนเองถึงการแก้ปัญหามา เป็นการพูดคุยกันในชั้นเรียน ทำให้นักเรียนเกิดการผ่อนคลาย ไม่เครียดจนเกินไป การรายงานผลคะแนนในแต่ละขั้นของการแก้โจทย์ปัญหา ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏในภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 คะแนนเฉลี่ย \bar{X} ความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

จากภาพประกอบ 13 เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ชุดที่ 3 พบว่าในชั้นทำความเข้าใจปัญหานักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 100 ของคะแนนเต็ม ชั้นวางแผนแก้ปัญหานักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 83 ของคะแนนเต็ม ชั้น ดำเนินการแก้ปัญหานักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม และในขั้นตรวจสอบคำตอบ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 42 ของคะแนนเต็ม

ผู้วิจัยได้ศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาใน วงจรปฏิบัติการที่ 3 ดังนี้

ขั้นที่ 1 ชั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ชั้น ทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 การอธิบายข้อมูล และการตอบคำถามของนักเรียนเกี่ยวข้องกับการ วิเคราะห์หาสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 3 จะพบว่านักเรียน สามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาได้ ซึ่งนักเรียนมีการเขียนระบุและตอบ คำถามได้ครบถ้วนชัดเจน

ขั้นที่ 2 ชั้นวางแผนแก้ปัญหา

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้น วางแผนแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 พฤติกรรมแสดงความคิดเห็น การเขียนอธิบายและการตอบคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับ การวางแผนแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถวางแผนและมีการอธิบายขั้นตอนการวางแผน ในการหาคำตอบมากขึ้น แต่ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ดังแสดงในภาพประกอบ 14

พูน ปณ ทิโต ชีเว

1. ถ้า $\bar{u} = i + j$ และ $\bar{v} = i - 3j$ แล้วจงหามุมระหว่าง $\bar{u} + \bar{v}$ และ $3\bar{u} + \bar{v}$

4) แสดงวิธีทำ

$$\begin{aligned} \bar{u} + \bar{v} &= 2i - 2j \\ 3\bar{u} + \bar{v} &= 4i \end{aligned}$$

$ \bar{u} + \bar{v} = \sqrt{2^2 + 2^2} = \sqrt{8} = 2\sqrt{2}$	$ \bar{u} + \bar{v} \cdot 3\bar{u} + \bar{v} = (2\sqrt{2})(4) = 8\sqrt{2}$	$\cos \theta = \frac{2}{8\sqrt{2}} = \frac{1}{4\sqrt{2}}$	$\cos \theta = 45^\circ$
$ 3\bar{u} + \bar{v} = \sqrt{4^2} = 4$	$(\sqrt{8})(4) = 2(2) + (-2)(0) = 4$	$\frac{1}{\sqrt{2} \times \sqrt{2}} = \frac{1}{2}$	

5) สรุปคำตอบ คือ $(\sqrt{8})(4)$

ภาพประกอบ 14 ภาพตัวอย่างอธิบายการวางแผนในการแก้ปัญหาที่ครบถ้วน ในแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ชุดที่ 3 (1)

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 1 พฤติกรรมแสดงความคิดเห็น การเขียนอธิบายและการตอบคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียนส่วนมากสามารถแสดงวิธีทำ หรือดำเนินการตามแผนเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง แต่ผู้วิจัยพบว่านักเรียนบางคนยังคงมีปัญหาในการแสดงวิธีทำ ที่ไม่ถูกต้องตามสัญลักษณ์ที่โจทย์กำหนดให้ ทำให้นักเรียน ได้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง ดังแสดงในภาพประกอบ 15

2. กำหนดให้ $\bar{u} = 2j + 5k$, $\bar{v} = 4i + 3j + 6k$ จงหาค่าของ $\bar{u} \cdot \bar{v}$

4) แสดงวิธีทำ

$$\begin{aligned} \bar{u} \cdot \bar{v} &= \begin{vmatrix} i & j & k \\ 0 & 2 & 5 \\ 4 & 3 & 6 \end{vmatrix} = 12i + 20j + 0k - 8k - 15j - 0i \\ &= -3i + 20j - 8k \end{aligned}$$

ภาพประกอบ 15 ภาพตัวอย่างการดำเนินการแสดงวิธีทำ ในแบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 (2)

จากภาพประกอบ 15 พบว่า นักเรียนพยายามแสดงวิธีทำเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง การเขียนอธิบายขั้นตอนแสดงวิธีทำถูกต้อง แต่นักเรียนเข้าใจผิดด้านสัญลักษณ์ซึ่งข้อนี้ นักเรียนจะต้องหาคำตอบของผลคูณเชิงสเกลาร์ แต่นักเรียนแสดงวิธีทำการหาผลคูณเชิงเวกเตอร์ ทำให้ได้คำตอบที่ไม่ตรงกับสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและหาคำตอบ

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ขั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 พฤติกรรมแสดงความคิดเห็น การเขียนอธิบายและการตอบคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ซึ่งผู้วิจัยพบว่า นักเรียนส่วนมากสามารถแสดงวิธีการหาคำตอบได้ดังนั้นนักเรียนจึงสามารถสรุปคำตอบ และอีกทั้งยังพบว่านักเรียนมีการเขียนอธิบายขั้นตอนการตรวจสอบคำตอบมากยิ่งขึ้น ตามความเข้าใจของนักเรียน ดังแสดงในภาพประกอบ 16

$$1. \text{ ถ้า } \vec{u} = i + j \text{ และ } \vec{v} = i - 3j \text{ แล้วจงหามุมระหว่าง } \vec{u} + \vec{v} \text{ และ } 3\vec{u} + \vec{v}$$

5) สรุปคำตอบ คือ

$$\text{มุมระหว่าง } \vec{u} + \vec{v} \text{ คือ } 3\vec{u} + \vec{v} = 45^\circ$$

6) แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

$$\cos 45^\circ = \frac{(\vec{u} + \vec{v}) \cdot (3\vec{u} + \vec{v})}{|\vec{u} + \vec{v}| |3\vec{u} + \vec{v}|}$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{8}{8\sqrt{2}}$$

ภาพประกอบ 16 ภาพตัวอย่างการสรุปคำตอบและแสดงวิธีการตรวจคำตอบ ในแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 3 (2)

นอกจากนี้จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้การวิเคราะห์ตามองค์ประกอบแต่ละขั้นเป็นรายบุคคล ดังที่แสดงใน ตาราง 17

ตาราง 17 ตารางวิเคราะห์คะแนนความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นรายชั้น ของนักเรียนแต่ละคน ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ชั้น นักเรียนคนที่	คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์					
	ขั้นทำความเข้าใจ ปัญหา (9)	ขั้นวางแผน แก้ปัญหา (9)	ขั้นดำเนินการ แก้ปัญหา (9)	ขั้นตรวจสอบ คำตอบ (9)	รวม (36)	ร้อยละ (100)
1	9	6	9	9	33	91.66
2	9	9	6	5	29	80.55
3	9	9	2	0	20	55.55
4	9	8	5	4	26	72.22
5	9	6	3	2	20	55.55
6	9	6	4	3	22	61.11
7	9	6	3	2	20	55.55
8	9	4	6	2	21	58.33
9	9	9	8	6	32	88.88
10	9	6	4	3	22	61.11
11	9	6	6	4	25	69.44
12	9	3	3	2	17	47.22
13	9	9	8	7	33	91.66
14	9	9	3	0	21	58.33
15	9	9	7	6	31	86.11
16	9	9	7	6	31	86.11
17	9	9	3	0	21	58.33
18	9	9	8	5	31	86.11
19	9	9	8	6	32	88.88

ตาราง 17 (ต่อ)

นักเรียนคน ที่	คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์					
	ขั้นทำความเข้าใจ ปัญหา (9)	ขั้นวางแผน แก้ปัญหา (9)	ขั้นดำเนินการ แก้ปัญหา (9)	ขั้นตรวจสอบ คำตอบ (9)	รวม (36)	ร้อยละ (100)
20	9	9	7	5	30	83.33
21	9	6	4	3	22	61.11
\bar{X}	9.00	7.40	5.40	3.80		
S.D.	0	1.91	2.18	2.44		
ร้อยละ	100	83.00	60.00	42.00	71.76	

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ชุดที่ 3 ดังตาราง 17 ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์นักเรียน ที่เห็นว่ามีคะแนนในแต่ละด้านและคะแนนรวมต่ำกว่าร้อยละ 70 ซึ่งจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้สรุป ประเด็นได้ ดังนี้

1. ปัญหาในขั้นดำเนินการแก้ปัญหา จากการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนมีความสับสนในสัญลักษณ์ และดำเนินการเพื่อหาคำตอบไม่ได้โดยเฉพาะการคำนวณ ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“หนูสับสนระหว่างสัญลักษณ์ผลคูณเชิงสเกลาร์กับผลคูณเชิงเวกเตอร์ หนูก็เลยทำผิด”

(นักเรียนคนที่ 12, 21 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

“หนูไม่มั่นใจในการหาคำตอบที่มีติดราก มีเลขยกกำลัง และมีเศษส่วน”

(นักเรียนคนที่ 14, 21 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

3. ปัญหาในขั้นตรวจสอบคำตอบ จากการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนไม่ทราบวิธีการตรวจสอบ ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“หนูไม่รู้วิธีตรวจสอบคำตอบค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 13, 21 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

จากการวิเคราะห์ประเด็นที่ได้จากการสัมภาษณ์ในปัญหาแต่ละชั้นของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนยังมีปัญหาที่เห็นได้ชัดในชั้นของการดำเนินการหาคำตอบ และชั้นของการตรวจสอบคำตอบ ซึ่งในชั้นของการดำเนินการหาคำตอบนั้นนักเรียนมีปัญหาด้านสับสนในสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และด้านการคิดคำนวณ รวมถึงการแก้สมการเพื่อหาคำตอบ ส่วนในชั้นการตรวจสอบคำตอบ นักเรียนยังมีปัญหา ไม่สามารถแสดงวิธีการตรวจสอบคำตอบ อีกทั้งผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งจากการสัมภาษณ์สามารถสรุป ได่ว่านักเรียนอยากให้ครูสอนวิธีการหาคำตอบแบบลัด เพื่อให้ได้คำตอบเลย ไม่ต้องทำหลายขั้นตอน และอยากให้ครูสอนเสริมด้านความรู้พื้นฐานการแก้สมการ และการคำนวณทางคณิตศาสตร์ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“อยากให้ครูสอนวิธีลัดหาคำตอบแบบง่ายๆ ไม่ต้องมาทำหลายขั้นตอนให้ใช้เวลานาน”

(นักเรียนคนที่ 13, 21 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

“อยากให้ครูสอนเสริมด้านความรู้พื้นฐานการแก้สมการ และการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เพราะหนูยังอ่อนเรื่องนี้”

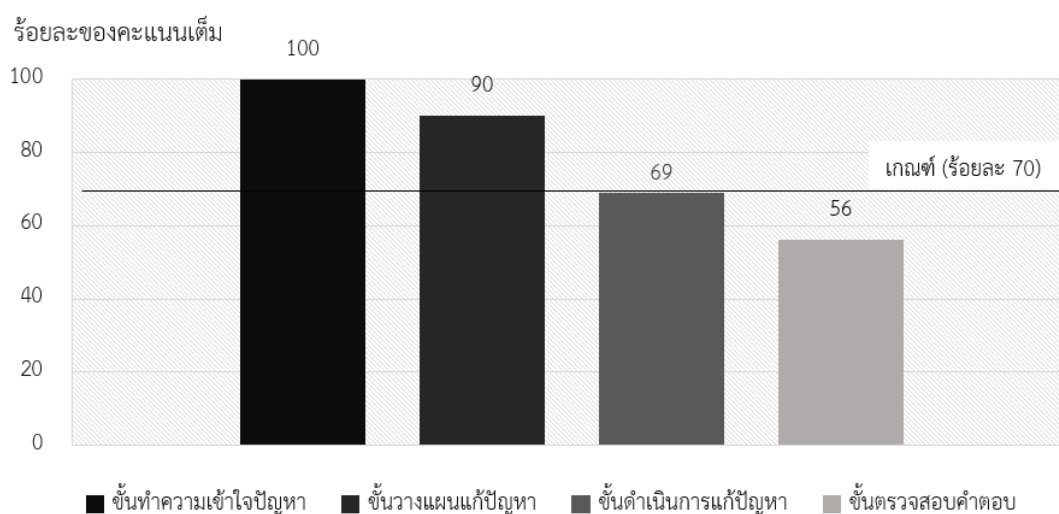
(นักเรียนคนที่ 12, 21 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการสัมภาษณ์นักเรียน บอกได้ว่าเมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม แต่ผู้วิจัยก็ยังดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา โดยได้นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ไป ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 โดยเน้นชั้นการดำเนินการแก้ปัญหา และชั้นการตรวจสอบคำตอบ เพื่อพัฒนาความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ให้ดียิ่งขึ้น

2. วงจรปฏิบัติการที่ 4

หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม แต่ผู้วิจัยได้ทำการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 เพื่อพัฒนาความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาจากการเก็บข้อมูลในวงจรปฏิบัติการที่ 3 ต่ำกว่าร้อยละ 70 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา เช่นเดิม ประกอบด้วยเนื้อหา เรื่องการใช้เวกเตอร์ในการหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน และการใช้เวกเตอร์ในการปริมาตรทรงสี่เหลี่ยมด้านขนาน ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญกับ ชั้นลงมือปฏิบัติ เป็นการ

ดำเนินการหาคำตอบ ผู้วิจัยเน้นเป็นการตั้งคำถามมากๆ ให้นักเรียนได้คิดตามและมีความรอบคอบในการแสดงวิธีทำเพื่อหาคำตอบมากยิ่งขึ้น ชั้นประเมินผล ชั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนได้สรุปคำตอบ และช่วยกันเสนอแนวทางการตรวจสอบคำตอบของตนเอง และชั้นซึมซับความคิด ชั้นนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดของตนเองรวมทั้งประเมินตนเองถึงการแก้ปัญหาที่ผ่านมา เป็นการพูดคุยกันในชั้นเรียน ให้นักเรียนเกิดการผ่อนคลาย ไม่เครียดจนเกินไป การรายงานผลคะแนนในแต่ละชั้นของการแก้โจทย์ปัญหา ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏในภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 คะแนนเฉลี่ย \bar{X} ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 4 ในวงจรปฏิบัติการที่ 4

จากภาพที่ 17 เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ชุดที่ 4 พบว่าในขั้นทำความเข้าใจปัญหานักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 100 ของคะแนนเต็ม ขั้นวางแผนแก้ปัญหานักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 90 ของคะแนนเต็ม ขั้นดำเนินการแก้ปัญหานักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 69 ของคะแนนเต็ม และในขั้นตรวจสอบคำตอบนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 56 ของคะแนนเต็ม ซึ่งพบว่า ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 คะแนนความสามารถในแต่ละชั้นของนักเรียนมีการเพิ่มขึ้นจากวงรอบก่อนหน้านี้ตามลำดับ

ผู้วิจัยได้ศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 4 การอธิบายข้อมูล และการตอบคำถามของนักเรียนเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์หาสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 3 จะพบว่านักเรียนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาได้ ซึ่งนักเรียนมีการเขียนระบุและตอบคำถามได้ครบถ้วนชัดเจน

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 4 พฤติกรรมแสดงความคิดเห็น การเขียนอธิบายและการตอบคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถวางแผนและมีการอธิบายขั้นตอนการวางแผนในการหาคำตอบมากขึ้น

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 4 พฤติกรรมแสดงความคิดเห็น การเขียนอธิบายและการตอบคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ซึ่งในวงจรปฏิบัติการที่ 4 พบว่านักเรียนส่วนมากสามารถแสดงวิธีทำ หรือดำเนินการตามแผนเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง ดังแสดงในภาพประกอบ 18



1. จงหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน $ABCD$ เมื่อ $\overline{AB} = 3\overline{i} + 3\overline{j} - \overline{k}$ และ $\overline{AD} = \overline{i} + 5\overline{j} - 2\overline{k}$

4) แสดงวิธีทำ

$$\overline{AB} \times \overline{AD} = \begin{vmatrix} \overline{i} & \overline{j} & \overline{k} \\ 3 & 3 & -1 \\ 1 & 5 & -2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 3 & -1 & 1 \\ 3 & -1 & 5 \\ 1 & -2 & -2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 3 & -1 & 1 \\ 3 & -1 & 5 \\ 1 & -2 & -2 \end{vmatrix}$$

$$\overline{AB} \times \overline{AD} = \sqrt{(4)^2 + (-5)^2 + (12)^2}$$

$$= \sqrt{16 + 25 + 144} = \sqrt{185}$$

ภาพประกอบ 18 ภาพตัวอย่างการดำเนินการแสดงวิธีทำ ในแบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 4 (1)

ชั้นที่ 4 ชั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและหาคำตอบ

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 4 พฤติกรรมแสดงความคิดเห็น การเขียนอธิบายและการตอบคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ซึ่งผู้วิจัยพบว่ามีนักเรียนเขียนอธิบายขั้นตอนการตรวจสอบคำตอบมากยิ่งขึ้น ตามความเข้าใจของนักเรียน ดังแสดงในภาพประกอบ 19

3. กำหนด $\vec{u} = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 2 \end{bmatrix}$, $\vec{v} = \begin{bmatrix} 3 \\ 3 \\ 2 \end{bmatrix}$ และ $\vec{r} = \begin{bmatrix} 4 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix}$ โดยที่ \vec{u} , \vec{v} และ \vec{r} เป็นด้านทั้งสามของทรงสี่เหลี่ยมด้าน

ขนาน ถ้าปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยมด้านขนานเท่ากับ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร จงหาค่าของ x

6) แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

$$\text{ถ้า } x \text{ ไม่ทศนิยม } x \text{ จึงได้ } 4\vec{i} - (3x-3)\vec{j} + (14-2x)\vec{k} = 4\vec{i} - 3x\vec{j} + 14\vec{k}$$

$$\text{นำมาคูณกับ } \vec{u} \text{ จึงได้ } (4-1)(4) + (0)(-3x) + (2)(7) = -4 + 14 = 10$$

จึงเห็น ถ้ามีปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยมด้านขนานเท่ากับ 10 คม.รม. แล้ว x จึงเท่ากับ 10
เป็นจริง

ภาพประกอบ 19 ภาพตัวอย่างการสรุปคำตอบและแสดงวิธีการตรวจคำตอบ ในแบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชุดที่ 4 (3)

นอกจากนี้จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถการแก้
 โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ผู้วิจัยได้การวิเคราะห์ตามองค์ประกอบแต่ละชั้น
 เป็นรายบุคคล ดังที่แสดงใน ตาราง 18

ตาราง 18 ตารางวิเคราะห์คะแนนความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นรายชั้น ของ
 นักเรียนแต่ละคน ในวงจรปฏิบัติการที่ 4

นักเรียนคนที่	คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์					
	ชั้นทำความเข้าใจปัญหา (9)	ชั้นวางแผน แก้ปัญหา (9)	ชั้นดำเนินการ แก้ปัญหา (9)	ชั้นตรวจสอบ คำตอบ (9)	รวม (36)	ร้อยละ (100)
1	9	9	8	8	34	94.44
2	9	9	6	6	30	83.33
3	9	6	6	5	26	72.22
4	9	8	7	6	30	83.33
5	9	9	7	4	29	80.55
6	9	6	6	6	27	75.00
7	9	6	6	5	26	72.22
8	9	6	6	6	27	75.00
9	9	9	5	4	27	75.00
10	9	9	9	9	36	100.00
11	9	9	8	6	32	88.88
12	9	8	6	4	27	75.00
13	9	6	6	5	26	72.22
14	9	9	3	0	21	58.33
15	9	8	6	4	27	75.00
16	9	9	7	6	31	86.11
17	9	9	3	0	21	58.33
18	9	9	8	7	33	91.66
19	9	9	8	6	32	88.88

ตาราง 18 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์					
	ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (9)	ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (9)	ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา (9)	ขั้นตรวจสอบคำตอบ (9)	รวม (36)	ร้อยละ (100)
20	9	9	5	4	27	75.00
21	9	9	5	4	27	75.00
\bar{X}	9.00	8.10	6.20	5.00		
S.D.	0	1.28	1.55	2.15		
ร้อยละ	100	90.00	69.00	56.00		78.89

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ชุดที่ 4 ดังตาราง 18 พบว่า นักเรียนมีคะแนนรวมเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 70 จำนวน 19 คน และมีนักเรียนที่คะแนนต่ำกว่า ร้อยละ 70 จำนวน 2 คน คือนักเรียนคนที่ 14 และนักเรียนคนที่ 17 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 58.33 เท่ากัน จากการวิเคราะห์ในแต่ละวงจรรูปปฏิบัติ พบว่านักเรียนทั้งสองคนนี้มีพัฒนาการความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาของแต่ละวงจรรูปปฏิบัติการทั้ง 4 วงจรรูปปฏิบัติการผู้วิจัยได้นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปวัดกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 21 คน เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ผลปรากฏดังตาราง 19

ตาราง 19 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา

นักเรียนคนที่	คะแนนรวมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน						
	วงจรถูกปฏิบัติที่ 1 (10)	วงจรถูกปฏิบัติที่ 2 (10)	วงจรถูกปฏิบัติที่ 3 (10)	วงจรถูกปฏิบัติที่ 4 (10)	รวม (40)	ร้อยละ (100)	การประเมินอยู่ในระดับ
1	10	10	8	9	37	92.50	ดีเยี่ยม
2	3	7	6	8	24	60.00	น่าพอใจ
3	4	9	2	8	23	57.50	น่าพอใจ
4	6	8	6	10	30	75.00	ดีมาก
5	4	8	6	8	26	65.00	ค่อนข้างดี
6	7	5	6	8	26	65.00	ค่อนข้างดี
7	4	6	7	8	25	62.50	น่าพอใจ
8	7	9	6	8	30	75.00	ดีมาก
9	7	9	8	8	32	80.00	ดีเยี่ยม
10	10	9	9	10	38	95.00	ดีเยี่ยม
11	9	8	6	9	32	80.00	ดีเยี่ยม
12	7	8	6	8	29	72.50	ดี
13	7	7	5	7	26	65.00	ค่อนข้างดี
14	3	9	7	6	25	62.50	น่าพอใจ
15	8	9	8	9	34	85.00	ดีเยี่ยม
16	8	9	7	9	33	82.50	ดีเยี่ยม
17	9	8	6	6	29	72.50	ดี
18	10	9	8	9	36	90.00	ดีเยี่ยม
19	9	9	6	9	33	82.50	ดีเยี่ยม

ตาราง 19 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนรวมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน						
	วงจรร ปฏิบัติการ ที่ 1 (10)	วงจรร ปฏิบัติการ ที่ 2 (10)	วงจรร ปฏิบัติการ ที่ 3 (10)	วงจรร ปฏิบัติการ ที่ 4 (10)	รวม (40)	ร้อยละ (100)	การประเมิน อยู่ในระดับ
20	6	8	7	8	29	72.50	ดี
21	7	9	6	8	30	75.00	ดีมาก
\bar{X}	6.90	8.20	6.50	8.20			
S.D.	2.26	1.18	1.44	1.04			
ร้อยละ	69.00	82.00	65.00	82.00		74.64	

จากตาราง 19 พบว่า ผลการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยมีคะแนนเฉลี่ยในวงจรรปฏิบัติการที่ 1 เท่ากับ 6.9 คิดเป็นร้อยละ 69 ของคะแนนเต็ม คะแนนเฉลี่ยในวงจรรปฏิบัติการที่ 2 เท่ากับ 8.2 คิดเป็นร้อยละ 82 ของคะแนนเต็ม คะแนนเฉลี่ยในวงจรรปฏิบัติการที่ 3 เท่ากับ 6.5 คิดเป็นร้อยละ 65 ของคะแนนเต็ม และคะแนนเฉลี่ยในวงจรรปฏิบัติการที่ 4 เท่ากับ 8.2 คิดเป็นร้อยละ 82 ของคะแนนเต็ม และนอกจากนั้นยังพบว่านักเรียนที่อยู่ในระดับการประเมินดีเยี่ยม จำนวน 8 คน นักเรียนที่อยู่ในระดับการประเมินดีมาก จำนวน 3 คน นักเรียนที่อยู่ในระดับการประเมินดี จำนวน 3 คน นักเรียนที่อยู่ในระดับการประเมินค่อนข้างดี จำนวน 3 คน และนักเรียนที่อยู่ในระดับการประเมินน่าพอใจ จำนวน 4 คน และจากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ในวงจรรปฏิบัติการที่ 3 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนคือคะแนนรวมร้อยละ 65 ซึ่งลดลงจากวงจรรปฏิบัติการที่ 2 คือคะแนนรวมร้อยละ 82 เกิดจากสองประเด็น คือ ประเด็นที่แรก นักเรียนมีความสับสนในสัญลักษณ์ ทำให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหา และได้มาซึ่งคำตอบที่ไม่ถูกต้องตามข้อความถาม ประเด็นที่สองเกิดจากเนื้อหาในวงจรรปฏิบัติการที่ 3 คือ ผลคูณเชิงสเกลาร์ และผลคูณเชิงเวกเตอร์ เนื้อหามีความยาก ซับซ้อน และมีการนำความรู้คณิตศาสตร์ในเรื่องอื่นๆ มาประยุกต์ใช้ในเนื้อหานี้ด้วย เช่น เมตริกซ์ การหาดีเทอร์มิแนนต์ เป็นต้น ซึ่งนั่นเป็นผลทำให้นักเรียนที่ไม่แม่นในเนื้อหาที่นำมาประยุกต์ เกิดปัญหาในการเรียนในเรื่องนี้ด้วย ซึ่งจะเห็นได้จากบทสัมภาษณ์นักเรียนดังต่อไปนี้

“หนูมีความสับสนระหว่างสัญลักษณ์ของผลคูณเชิงสเกลาร์และผลคูณเชิงเวกเตอร์ค่ะ
ชื่อมันคล้ายๆกัน”

(นักเรียนคนที่ 3, 21 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

“ขั้นตอนการหาคำตอบมันซับซ้อนค่ะ ต้องหาดีเทอร์มิแนนต์ของเมตริกซ์อีก ซึ่งหนูไม่
ค่อยคล่อง และจำไม่ค่อย”

(นักเรียนคนที่ 13, 21 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการสรุปผล และอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

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

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม
2. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเวกเตอร์ในสามมิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สรุปผล

ผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้

1. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 55.23 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 60.47 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 71.76 และในวงจรปฏิบัติการที่ 4 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 78.89 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ในวงจรปฏิบัติที่ 3
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 69 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย

เป็นร้อยละ 82 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 65 และในวงจรปฏิบัติการที่ 4 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 82

อภิปรายผล

ผลการศึกษาการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ในรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ทำการพัฒนาเป็นจำนวน 4 วงจรปฏิบัติการซึ่งได้ผลในแต่ละวงจรปฏิบัติการดังนี้ วงจรปฏิบัติการที่ 1 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ที่ให้ความสำคัญในแต่ละขั้นตอนเท่าๆกัน เพื่อพัฒนาของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 55.23 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ที่ให้ความสำคัญในแต่ละขั้นตอนเท่าๆกัน และใช้กิจกรรมเพื่อคิด นักเรียนจับคู่กันทำงาน โดยนักเรียนที่เก่งคู่กับนักเรียนที่อ่อน เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 60.47 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ที่ให้ความสำคัญขั้นของการวางแผนแก้ปัญหา ขั้นตอนการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบคำตอบ และใช้กิจกรรมเพื่อนคู่คิด โดยนักเรียนที่เก่งคู่กับนักเรียนที่อ่อนเช่นเดิม เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 71.76 และในวงจรปฏิบัติการที่ 4 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ที่ให้ความสำคัญขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบคำตอบ และใช้กิจกรรมเพื่อนคู่คิดเช่นเดิม นอกจากนั้นผู้วิจัยได้ส่งเสริมด้านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ การแก้สมการ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนที่ยังผลคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ต่ำให้สูงขึ้น นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 78.89 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ตั้งไว้ ในวงจรปฏิบัติที่ 3 และวงจรปฏิบัติการที่ 4 ที่ปรากฏผลเช่นนี้อาจเนื่องมาจากแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าสร้างขึ้นนั้น ได้มีการวางแผนอย่างมีขั้นตอน เป็นระบบมีวิธีการที่เหมาะสมโดยเริ่มจากการเลือกรูปแบบการสอนและการเรียบเรียงหน่วยการเรียนรู้ การศึกษา เอกสารหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 คู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เอกสารต่าง ๆ เกี่ยวกับการสอนวิชาคณิตศาสตร์ วิเคราะห์หลักสูตร วิเคราะห์เนื้อหา ผลการเรียนรู้ ศึกษาค้นคว้าประกอบในการเขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้วจึงลงมือสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยให้สอดคล้องกับ

ผลการเรียนรู้ (วิลลาร์ด สุนทรโรจน์, 2551: 228) นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอ อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมิน จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ทำให้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีคุณภาพยิ่งขึ้น อีกทั้งการใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทาง ทำให้นักเรียนถูกกระตุ้นให้มีกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีลำดับขั้นตอน ในการแก้โจทย์ปัญหา ตระหนักรู้ถึงขั้นตอน ทักษะ กลวิธีและแหล่งข้อมูลที่จำเป็นต่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งหากพิจารณาจากขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาจะเห็นได้ว่า กระบวนการดังกล่าวสามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 ชั้นของโพลยา (Polya, 1957: 5-40) ได้เป็นอย่างดี กล่าวคือ ในขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement) สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ในขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหาได้ ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องเผชิญกับโจทย์ปัญหา จึงต้องมีการวิเคราะห์และทำความเข้าใจกับโจทย์ปัญหานั้น ในขั้นกำหนดกระบวนการ (Transformation-Formulation) สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในขั้นวางแผนแก้ปัญหาได้ เนื่องจากขั้นตอนนี้ เป็นขั้นถัดมาจากการทำความเข้าใจปัญหา และนักเรียนจะต้องทำการวางแผนเพื่อจะแก้โจทย์ปัญหา ในขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation) สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ เนื่องจากในขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้ หรือการแสดงวิธีการหาคำตอบ และในขั้นประเมินผล (Evaluation) สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในขั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบได้ เนื่องจากขั้นนี้เป็นขั้นที่ต้องตัดสินใจเกี่ยวกับความเหมาะสมของแผน กระบวนการแก้ปัญหา และคำตอบที่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มณฑนา พรหมรักษ์ (2556: 161-166) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนห้วยวัง จำนวน 108 คน เป็นกลุ่มนักเรียนทดลอง 54 คน และนักเรียนกลุ่มควบคุม 54 คน พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยงานวิจัยนี้จุดเด่นคือ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ซึ่งเป็นการวิจัยประยุกต์ที่ ดำเนินการเพื่อแก้ปัญหา และเพื่อปรับปรุงและพัฒนางานโดยใช้กระบวนการดำเนินการ เป็นวงจรปฏิบัติการ (Cycle) ดำเนินการทั้ง 4 ขั้นตอนในแต่ละวงจรปฏิบัติการของการวิจัยคือการวางแผน การปฏิบัติ การสังเกต และการสะท้อนผลการปฏิบัติการ ผลการปฏิบัติการวิจัย จะทำให้งาน

ที่กำลังทำอยู่ดีขึ้นมีประสิทธิภาพขึ้น หรือเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น (ชาญวิทย์ โสภิตะชา, 2546: 39) นอกจากนี้การใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาเป็นกระบวนการที่ทำให้บุคคลสามารถคาดคะเนถึงขอบเขตความสามารถในแก้โจทย์ปัญหานั้นๆ ได้ ช่วยให้ตระหนักรู้ว่าจะนำกลวิธีที่รู้มาแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างไรและแต่ละวิธีจะใช้อย่างไรให้เหมาะสม ช่วยในการวางแผนและเลือกกลยุทธ์ที่เหมาะสม เพื่อจะใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ช่วยในการควบคุมและตรวจสอบประสิทธิภาพของกลยุทธ์ และช่วยในการประเมินประสิทธิภาพของกลยุทธ์ที่นำมาใช้ ซึ่งผลจากการวิจัยครั้งนี้พบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ เสาวลักษณ์ บุญจันทร์ (2558: 61-66) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเมตาคอกนิชัน โดยทำการทดลอง 1 ห้องเรียน จำนวน 31 คน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้วิชา คณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องกฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเมตาคอกนิชัน แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ค่าดัชนีประสิทธิผลของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนโดยใช้กระบวนการคิดเมตาคอกนิชัน เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ มีค่าเท่ากับ 0.6624

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 69 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 82 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 65 และในวงจรปฏิบัติการที่ 4 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็นร้อยละ 82 และนอกจากนั้นยังพบว่านักเรียนที่อยู่ในระดับการประเมินดีเยี่ยม จำนวน 8 คน นักเรียนที่อยู่ในระดับการประเมินดีมาก จำนวน 3 คน นักเรียนที่อยู่ในระดับการประเมินดี จำนวน 3 คน นักเรียนที่อยู่ในระดับการประเมินค่อนข้างดี จำนวน 3 คน และนักเรียนที่อยู่ในระดับการประเมินน่าพอใจ จำนวน 4 คน ที่ปรากฏผลเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการวางแผนสร้างแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ ที่มีการปรับปรุงเรื่อยๆ ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และอีกนัยหนึ่งนั่นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยออกแบบนั้นเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งทำการวัดเป็นวงจรปฏิบัติการทั้ง 4 ปฏิบัติการนั้น โดยส่วนมากก็เป็นการทำความเข้าใจในเนื้อหาที่ที่เรียน และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การจัดกิจกรรมการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนในนั้น คือ ขั้นที่ 1 เฝ้าดูหน้ากับปัญหา ขั้นที่ 2 กำหนดกระบวนการ ขั้นที่ 3 ลงมือปฏิบัติ ขั้นที่ 4 ประเมินผล และขั้นที่ 5 ซึมซับทางความคิด สามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาจะเป็นไปตามขั้นตอนอย่างละเอียด จะต้องใช้เวลาในการดำเนินแต่ละขั้นให้เหมาะสม ทำให้นักเรียนมีเวลาในการทำความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

นอกจากนั้นการแก้โจทย์ปัญหาเป็นจุดประสงค์หลักของการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เป็นทักษะกระบวนการที่เป็นหัวใจของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ (NCTM, 2002: 225-250) ซึ่งหนึ่งในเป็นการหาคำตอบในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนั้นการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์จึงต้องอาศัยทักษะและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ผู้สอนควรเข้าใจขั้นตอนกระบวนการในการจัดการเรียนการสอนเนื่องจากเป็นกิจกรรมมีหลายขั้นตอน ดังนั้น ครูผู้สอนต้องวางแผนกิจกรรม คำถาม และเวลาให้ เหมาะสมในการกิจกรรมการเรียนรู้

1.2 ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ผู้สอนควรจะอธิบายในแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียดเพื่อไม่ให้ผู้เรียนเกิดความสับสน และยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ให้ผู้เรียนได้ฝึกทำ เยอะๆ เพื่อสร้างความคุ้นเคย

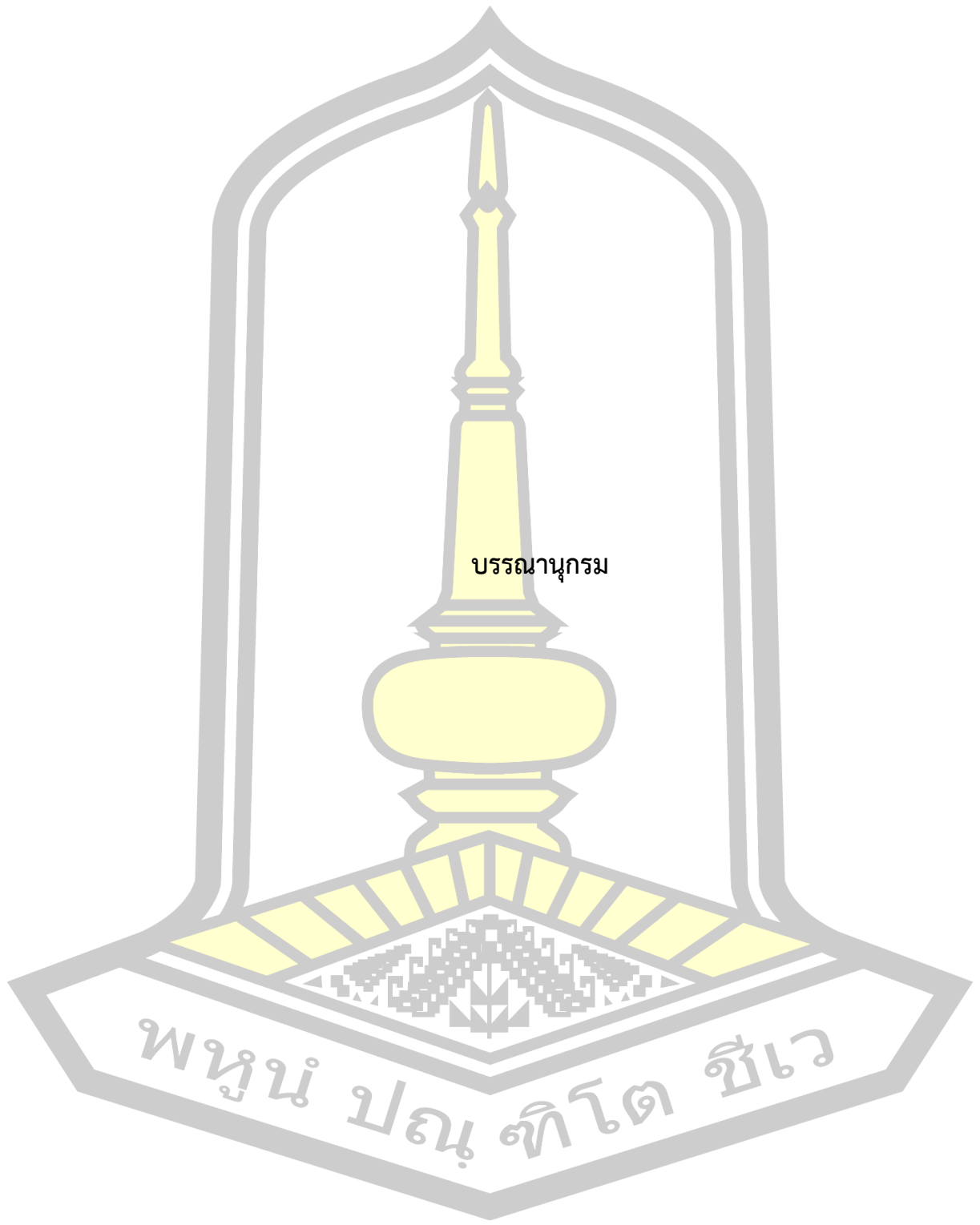
1.3 โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่นำมาใช้ในการเรียนการสอนต้องมีลักษณะแตกต่างจากตัวอย่างที่สอนเพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดการท่องจำ

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา พัฒนาความสามารถหรือทักษะในด้านอื่นๆ เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นต้น

2.2 ควรศึกษาในรูปแบบการวิจัยนี้กับเรื่องหรือหัวข้ออื่นๆ ในวิชาคณิตศาสตร์ว่าวิธีการนี้ สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ครอบคลุมในทุกเรื่องหรือไม่

พูน ปณ ทิโต ชีเว



บรรณานุกรม

พจนานุกรม ปณฺ ทิโต ชีเว

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2545). คู่มือจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพมหานคร: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กองวิจัยทางการศึกษา. (2545). การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร: กองวิจัยทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- จันทร์ขจร มะลิจันทร์. (2554). ผลของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคognition ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ความตระหนักรู้ในการรู้คิด และการกำกับตนเองในการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง วิธีเรียงสลับเปลี่ยนและวิธีจัดหมู่. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล. (2542). ชุดกิจกรรมค่ายคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการจัดค่ายคณิตศาสตร์ (1st ed.). กรุงเทพมหานคร: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- ชาญวิทย์ โสภิตะชา. (2546). การดำเนินงานเพื่อพัฒนาวินัยนักเรียน โรงเรียนบ้านโคกเลาะ (มิตรภาพที่ 159)อำเภอกุตุขาวปู้นจังหวัดอุบลราชธานี. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ดำเนิน ยาทั่วม. (2548). ผลการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนอภิปัญญา และวัฏจักรการเรียนรู้ร่วมกับการสะท้อนและความตระหนักรู้อภิปัญญา. มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทุติยา จันทร์ปลอด. (2550). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธีการรู้คิดที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และการกำกับตนเองในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดนครศรีธรรมราช. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธงชัย ช่อพฤกษา. (2548). การบริการหลักสูตรของสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน. กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.
- นภดล เจนอักษร. (2544). แก่นวิจัยในชั้นเรียน (2nd ed.). กรุงเทพมหานคร: ภาคพิมพ์.
- นิลินี ทีหอคำ. (2541). ผลการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องโจทย์ปัญหาและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒน ประสานมิตร.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2555). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย (ครั้งที่ 6). กทม: ประสานการพิมพ์.

- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สำนักทดสอบทางการศึกษาจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- พิชิต ฤทธิจรรยา. (2544). การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้: ปฏิบัติการวิจัยในชั้นเรียน (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.
- มันทนา พรหมรักษ์. (2556). การศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญหาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โรงเรียนสารคามพิทยาคม. (2560). ข้อมูลโรงเรียนสารคามพิทยาคม[ออนไลน์]. Retrieved from www.spk.ac.th
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
- วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2546). การวิจัยในชั้นเรียน. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
- วิทยากร เชียงกูล. (2549). การเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ. กรุงเทพมหานคร: สายธาร.
- วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์. (2551). *นวัตกรรม แนวคิดแบบ Backword Design*. มหาสารคาม: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วีไล ทองแผ่น. (2547). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา. ลพบุรี: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏเทพสตรี.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2560). ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนการสอบ O-NET ป.6 ม.3 และ ม.6 ปีการศึกษา 2559 จำแนกตามวิชา (คะแนนเต็ม 100 คะแนน).
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: เจริญการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). การวัดการประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ตามหลักสูตรแกนกลาง พุทธศักราช 2551)*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *สรุปผลการวิจัยโครงการTIMSS 2015*. กรุงเทพมหานคร: สสวท.

- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2547). *แนวปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544*. กรุงเทพมหานคร: สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา.
- สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).
- สุนิเทศก์ ไชยกุล. (2538). *การสร้างชุดการสอนที่มีประสิทธิภาพ วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหา การคูณ และการหารเศษส่วน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรประถมศึกษาพุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533)*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.
- สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2533). *การพัฒนาชุดการเรียนรู้การสอนเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- สุวิมล ว่องวานิช. (2544). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (พิมพ์ครั้งที่)*. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เสาวลักษณ์ บุญจันทร์. (2558). *ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กฎของไซน์และโคไซน์ ที่สอนโดยกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน*. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- องอาจ นัยพัฒน์. (2548). *วิธีวิทยาการวิจัยเชิงปริมาณและวิจัยเชิงคุณภาพทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: สามลดา.
- อภิสิทธิ์ โคตรนรินทร์. (2555). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้ยุทธวิธีเมตาคอกนิชัน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย*. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อัมพร ม้าคอง. (2553). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [NCTM], N. C. (1991). *Professional and Standards for Teaching Mathematics*. Reston, Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.
- [NCTM], N. C. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Adams, S., Leslie, E. and Beeson, B. F. (1977). *Teaching Mathematics with Emphasis on the Diagnostic Approach*. New York: Harper & Row.
- Adibina, A. and Putt, I. J. (1998). Teaching problem solving to year 6 students: A new approach. *Mathematics Education Research Journal*, (10), 42–58.
- Arzt, A. F., and Armour-Thomas, E. (1992). Development of a cognitive-metacognitive framework for protocol analysis of mathematical problem solving. *Cognition and*

Instruction, (9), 137–175.

Beyer, B. K. (1987). *Practical Strategies for Teaching of Thinking*. Boston. New York: Allyn and Bacon.

Charles, Randal and Lester, Frank K. (1982). *Teaching Problem Solving : What, why & how*. California: Dale Seymour.

Cross, D. R., and Paris, S. G. (1988). Development Instruction Analysis of Children's Metacognition and Reading Comprehension. *The Reading Teacher Journal of Educational Psychology*, (36), 121.

Cruikshank, Douglas E. and Sheffield Linda Jensen. (1992). *Teaching and Learning Elementary and Middle School Mathematics*. Macmillan Publishing Company.

Donner, M. (2017). "Madison Metropolitan School District," Five Phases of Action Research 2017. Retrieved from <https://pd.madison.k12.wi.us/node/234>

Flavell, J. H. (1979). Metacognition and Cognition Monitoring: A New Area of Cognitive Developmental Inquiry. *American Psychologist*, (34), 906–911.

Gagne', R. M. (1970). *The condition of Learning* (2nd ed.). Holt: Rinehart and Winston.

Garofalo, J., and Lester, F. K. (1985). Metacognition: Answered and Unanswered Questions. *Education Psychologist*, 24(2), 143–158.

Goos, M., and Galbraith, P. (1996). Do it this way! Metacognitive strategies in collaborative mathematical problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 30, 229–260.

Johnson, A.P. (2008). *A Short Guide to Action Research* (3rd ed.). Boston: Pearson Education.

Kemmis, S and Mc Taggart, R. (1988). *The Action Research Planer* (3rd ed.). Victoria: Deakin University.

Manita ;et al. (2010). The Increasing role of Metacognitive skills in math: a cross sectional study from a developmental perspective. *ZDM*, 219–229.

Mary, B., Greenwood, D. and Maguire, P. (2003). "Why action research." *SAGE Journal*. Retrieved from

<http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/14767503030011002>

Polya, G. (1957). *How to solve It : A New Aspect of Mathematic Method*. New York:

Doubleday and company.

Polya, G. (1973). *How to Solve It*. New jersey Princeton: Printon University Press.

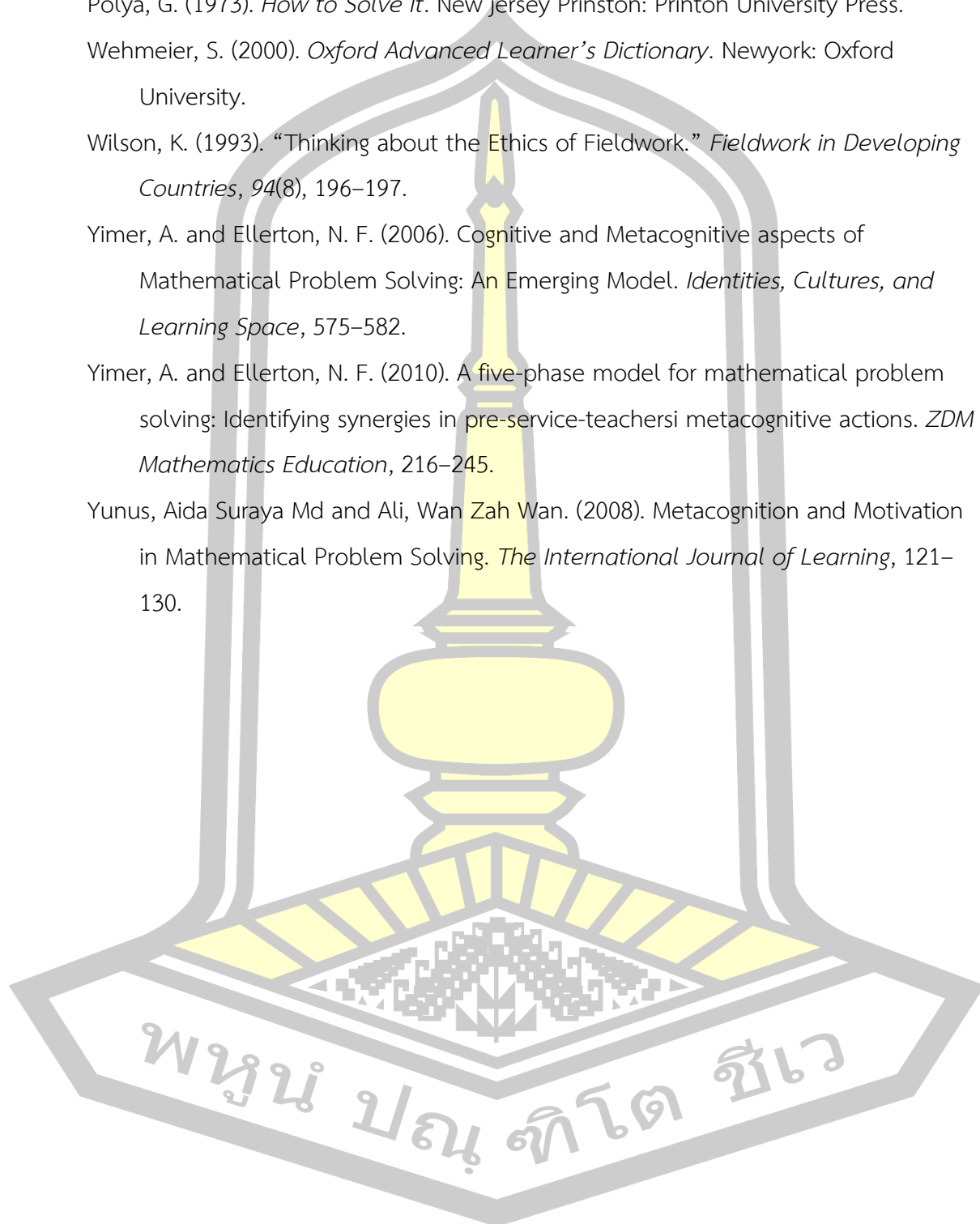
Wehmeier, S. (2000). *Oxford Advanced Learner's Dictionary*. Newyork: Oxford University.

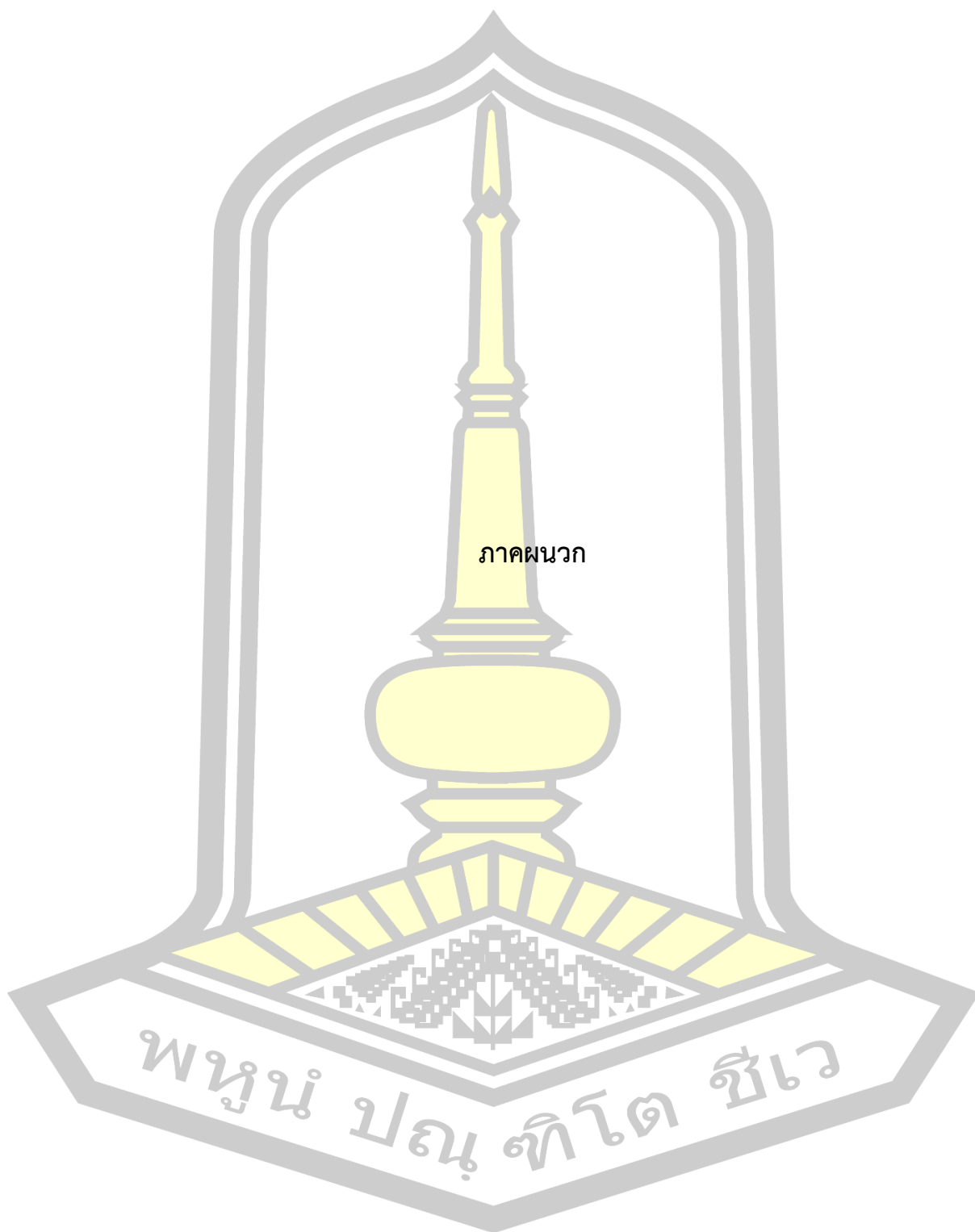
Wilson, K. (1993). "Thinking about the Ethics of Fieldwork." *Fieldwork in Developing Countries*, 94(8), 196–197.

Yimer, A. and Ellerton, N. F. (2006). Cognitive and Metacognitive aspects of Mathematical Problem Solving: An Emerging Model. *Identities, Cultures, and Learning Space*, 575–582.

Yimer, A. and Ellerton, N. F. (2010). A five-phase model for mathematical problem solving: Identifying synergies in pre-service-teachersi metacognitive actions. *ZDM Mathematics Education*, 216–245.

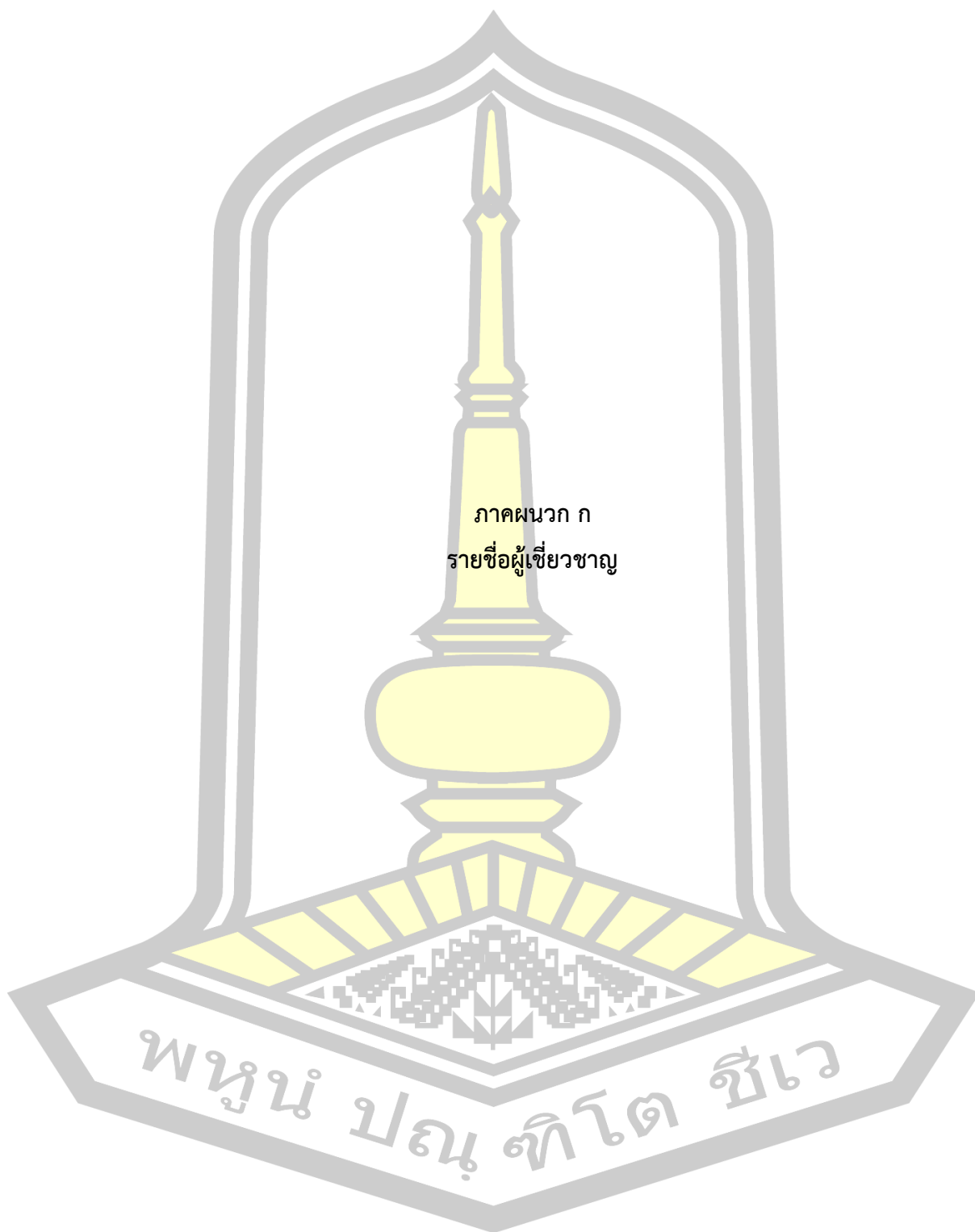
Yunus, Aida Suraya Md and Ali, Wan Zah Wan. (2008). Metacognition and Motivation in Mathematical Problem Solving. *The International Journal of Learning*, 121–130.





ภาคผนวก

พหุมนุ ปณ ทิโต ชีเว



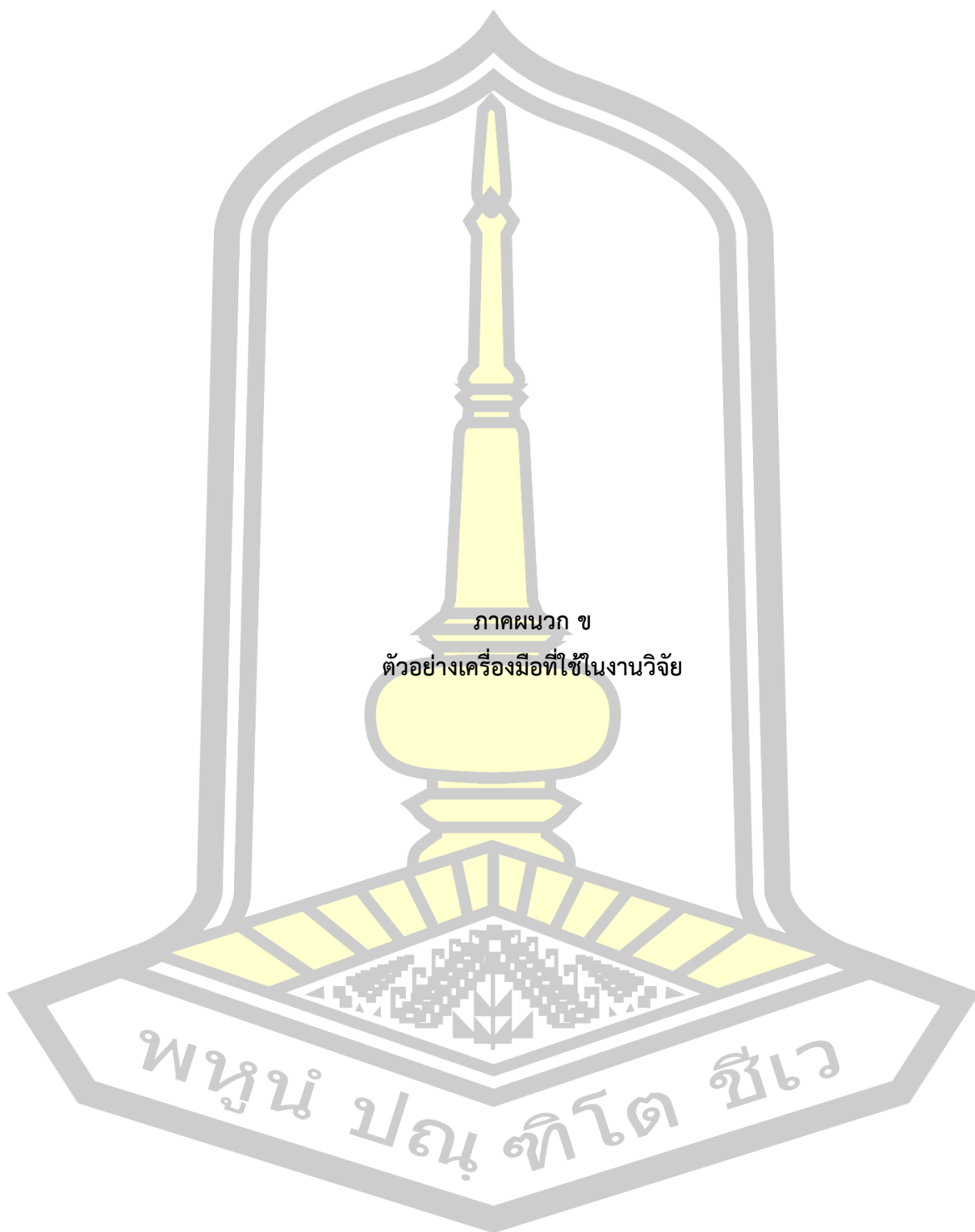
ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

พหุบัณฑิตวิทยาลัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินเครื่องมือวิจัย

1. อาจารย์ ดร.สมทรง สิทธิ ศษ.ด. (หลักสูตรและการสอน) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. ผศ.ดร.วราพร เอราวรรณ ค.ด. (การวัดและประเมินผลการศึกษา) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
3. อาจารย์ ดร.ทัศน์ศิริรินทร์ สว่างบุญ ค.ด. (วัดและประเมินผลการศึกษา) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
4. นายสวัสดิ์ จันทมนตรี วท.ม. (คณิตศาสตร์) ครูชำนาญการพิเศษ และหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม
5. นางสิริพร ภูหัวดอน ศษ.ม. (การบริหารการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม
6. นายทรงรัตน์ ภารสถิตย์ ค.ม. (การบริหารการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม
7. นางสมพร พลจันทร์ ค.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม
8. นางยุพิน พลเรือง วท.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม





ภาคผนวก ข
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

พหุจน์ ปณฺ ทิโต ชีเว

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

โรงเรียนสารคามพิทยาคม

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

วิชา คณิตศาสตร์เพิ่มเติม รหัส ค 32202

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560

เรื่อง โคไซน์แสดงทิศทาง

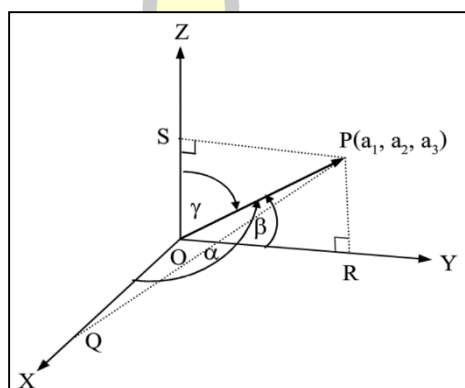
จำนวน 1 คาบ เวลา 55 นาที

ผู้สอน นางสาววิลาวรรณ จันโทวาท

1. ผลการเรียนรู้

บอก ลบ เวกเตอร์ในเชิงรูปภาพ และในเชิงเวกเตอร์มุมฉากได้

2. สาระสำคัญ



กำหนด $P(a_1, a_2, a_3)$ จะได้ $\vec{OP} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}$

กำหนด $\alpha, \beta, \gamma \in [0, \pi]$ เป็นขนาดของมุมที่วัดจากแกนพิกัดด้านบวกทั้งสามตามลำดับไปยัง \vec{OP} จะได้

$$\cos \alpha = \frac{OQ}{|OP|} = \frac{a_1}{|OP|}, \quad \cos \beta = \frac{OR}{|OP|} = \frac{a_2}{|OP|}$$

$$\cos \gamma = \frac{OS}{|OP|} = \frac{a_3}{|OP|}$$

α, β, γ คือขนาดของมุมที่ \vec{OP} ทำกับแกน X, Y, Z ทางด้านบวก ตามลำดับ เรียกมุมนี้นี้ว่า มุมกำหนดทิศทาง (Direction Angle) ของ \vec{OP} และเรียก $\cos \alpha, \cos \beta$ และ $\cos \gamma$ ว่า โคไซน์แสดงทิศทาง (Direction Cosines) ของ \vec{OP} สามารถนิยามโคไซน์แสดงทิศทางของเวกเตอร์ใดๆ ได้ดังนี้

บทนิยาม ให้ $\vec{a} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}$ เป็นเวกเตอร์ที่ไม่ใช่เวกเตอร์ศูนย์โคไซน์แสดงทิศทาง (Direction

Cosines) ของ \vec{a} เทียบกับแกน X, Y, Z ตามลำดับ คือจำนวนของสามจำนวนซึ่งเรียงตามลำดับ ดังนี้

$$\frac{a_1}{|\vec{a}|}, \frac{a_2}{|\vec{a}|}, \frac{a_3}{|\vec{a}|}$$

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

นักเรียนสามารถคำนวณหาโคไซน์แสดงทิศทางของเวกเตอร์ได้

ด้านทักษะ

นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องโคไซน์แสดงทิศทาง ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้

ด้านเจตคติ

นักเรียนมีความมุ่งมั่นตั้งใจในการเรียน

4. สาระการเรียนรู้

- มุมกำหนดทิศทาง
- โคไซน์แสดงทิศทาง

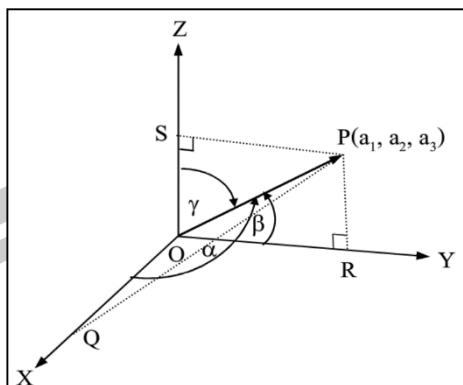
5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ

1. ครูทบทวนความรู้เดิม คือ เรื่อง ขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ และ สามมิติ โดยอ้างอิงแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่ 3 และแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่ 4 และแบบฝึกหัดที่ 4 ที่นักเรียนได้ศึกษามาแล้ว

2. ครูนำเสนอภาพประกอบการอธิบาย ดังนี้

พหุ ประถมศึกษา



3. ครูได้อธิบายประกอบภาพ พร้อมให้นักเรียนได้พิจารณา และเสนอนิยาม ดังนี้

กำหนด $P(a_1, a_2, a_3)$ จะได้ $\overrightarrow{OP} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}$

กำหนด $\alpha, \beta, \gamma \in [0, \pi]$ เป็นขนาดของมุมที่วัดจากแกนพิกัดด้านบวกทั้งสามตามลำดับไปยัง \overrightarrow{OP} จะได้

$$\cos \alpha = \frac{OQ}{|\overrightarrow{OP}|} = \frac{a_1}{|\overrightarrow{OP}|}, \quad \cos \beta = \frac{OR}{|\overrightarrow{OP}|} = \frac{a_2}{|\overrightarrow{OP}|}$$

$$\cos \gamma = \frac{OS}{|\overrightarrow{OP}|} = \frac{a_3}{|\overrightarrow{OP}|}$$

α, β, γ คือขนาดของมุมที่ \overrightarrow{OP} ทำกับแกน X, Y, Z ทางด้านบวก ตามลำดับ เรียกมุมดังกล่าวว่า มุมกำหนดทิศทาง (Direction Angle) ของ \overrightarrow{OP} และเรียก $\cos \alpha, \cos \beta$ และ $\cos \gamma$ ว่า โคไซน์แสดงทิศทาง (Direction Cosines) ของ \overrightarrow{OP} สามารถนิยามโคไซน์แสดงทิศทางของเวกเตอร์ใดๆ ได้ ดังนี้

บทนิยาม ให้ $\vec{a} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}$ เป็นเวกเตอร์ที่ไม่ใช่เวกเตอร์ศูนย์ โคไซน์แสดงทิศทาง (Direction

Cosines) ของ \vec{a} เทียบกับแกน X, Y, Z ตามลำดับ คือจำนวนของสามจำนวนซึ่งเรียงตามลำดับ ดังนี้

$$\frac{a_1}{|\vec{a}|}, \frac{a_2}{|\vec{a}|}, \frac{a_3}{|\vec{a}|}$$

4. ครูยกตัวอย่างที่ 11 ตัวอย่างที่ 12 และตัวอย่างที่ 13 หน้า 204 ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม คณิตศาสตร์เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ของ สสวท. โดยใช้การถามตอบประกอบการอธิบาย เพื่อให้นักเรียนมีความรู้พื้นฐานเพียงพอสำหรับการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับโคไซน์แสดงทิศทาง

ชั้นสอน

1. ครูแจกแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญหาที่ 7 เรื่อง โคไซน์แสดงทิศทาง เพื่อให้นักเรียนได้บันทึกขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการกำกับทางปัญหาของตนเอง จากนั้นครูยกตัวอย่าง ข้อที่ 1 ในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้น กระบวนการกำกับทางปัญหาที่ 7 เรื่อง โคไซน์แสดงทิศทาง บนกระดาน

ขั้นที่ 1 ชั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement)

การทำความเข้าใจปัญหา

2. ครูให้นักเรียนอ่านโจทย์ เพื่อทำความเข้าใจปัญหา จากนั้นให้นักเรียนฝึกการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา และความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานี้ ซึ่งครูและนักเรียนช่วยกันหาคำตอบ โดยครูจะใช้คำถามดังนี้

- โจทย์กำหนดอะไรมาให้บ้าง (กำหนดเวกเตอร์ ดังนี้

1) เวกเตอร์ \overline{PQ} มีจุดเริ่มต้นที่ $P(1, 4, 3)$ และจุดสิ้นสุดที่ $Q(-2, 0, 1)$

$$2) \bar{a} = \begin{bmatrix} 3 \\ 4 \\ 2 \end{bmatrix}$$

3) เวกเตอร์ \overline{OR} ซึ่งมีจุดเริ่มต้นที่จุดกำเนิดและจุดสิ้นสุดที่ $R(5, 0, 2)$

- โจทย์ต้องการหาอะไร (ตรวจสอบว่าเวกเตอร์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้เป็นเวกเตอร์ใดบ้างที่ขนานกัน)

- ต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องอะไรบ้าง (เวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสามมิติ, การหาโคไซน์แสดงทิศทาง, เวกเตอร์ที่ขนานกัน)

การวิเคราะห์เทียบกับปัญหาที่คุ้นเคย

3. ครูถามคำถามเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ว่าตนเองเคยแก้ปัญหาที่มีความคล้ายคลึงกับปัญหานี้หรือไม่ (เคย/ไม่เคย) และนักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรว่าโจทย์นี้ควรจัดระดับความยาก-ง่ายอยู่ในระดับใด (ง่าย/ปานกลาง/ยาก)

ขั้นที่ 2 ชั้นกำหนดกระบวนการ (Transformation - Formulation)

การวางแผนแก้ปัญหา

4. ครูให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแผนที่จะใช้สำหรับการแก้ปัญหา นี้ โดยครูใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนนำข้อมูลต่างๆที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้ามาออกแบบลำดับขั้นตอนที่จะใช้ในการแก้ปัญหานี้ โดยพิจารณาถึงเงื่อนไขต่างๆ และความเหมาะสมของแผนที่จะใช้ เช่น 1. ดูสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ 2.หาโคไซน์แสดงทิศทาง 3. เปรียบเทียบโคไซน์แสดงทิศทางในแต่ละเวกเตอร์ว่าเวกเตอร์ใดบ้างที่ขนานกัน

การตรวจสอบการดำเนินการตามแผน

5. ครูให้นักเรียนอ่านแผนที่ใช้ในการแก้ปัญหาอีกครั้ง จากนั้นให้นักเรียนพิจารณาว่าแผนมีความสอดคล้องกับข้อมูลต่างๆที่โจทย์กำหนดให้หรือไม่ (สอดคล้อง/ไม่สอดคล้อง ในกรณีที่ ไม่สอดคล้องให้นักเรียนแก้ไขแผนในการแก้ปัญหาอีกครั้ง) และให้นักเรียนคาดเดาว่าแผนที่ใช้สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จหรือไม่ (สำเร็จ/ไม่สำเร็จ/ไม่แน่ใจ)

ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation)

การดำเนินการแก้ปัญหา

6. ครูถามนักเรียนว่าโจทย์ข้อนี้ต้องการทราบอะไร เพื่อให้นักเรียนกำกับเป้าหมายในการแก้ปัญหาของตนเอง

7. ครูให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาจนกระทั่งได้คำตอบ โดยครูใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถดำเนินการได้ตามแผนที่วางไว้ และให้ข้อเสนอแนะว่าในกรณีที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ นักเรียนสามารถปรับแก้แผนที่ใช้หรือเปลี่ยนแผนใหม่ได้ถ้าจำเป็น

การตรวจสอบการดำเนินการตามแผน

8. ครูให้นักเรียนตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นของตนเองอีกครั้งว่าเป็นไปตามแผนหรือไม่ (เป็นไปตามแผน/ไม่เป็นไปตามแผนในขั้นที่... ในกรณีนี้จะให้นักเรียนย้อนกลับไปดำเนินการแก้ปัญหาใหม่)

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผล (Evaluation)

การพิจารณาผลของการดำเนินการตามแผน

9. ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้พิจารณาว่าคำตอบที่ได้ตรงกับสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่ (ตรง/ไม่ตรง) พร้อมทั้งตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและความสมเหตุสมผลของคำตอบ

การสรุปคำตอบ

10. ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปคำตอบที่ได้

ขั้นที่ 5 ขั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation)

การพิจารณาไตร่ตรอง

11. ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนพิจารณากระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมดดังนี้

- หลังจากนักเรียนแก้ปัญหาแล้วนักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน (เช่น โจทย์ค่อนข้างง่าย ยังไม่ซับซ้อนมาก เป็นต้น)

- จุดเด่นและ/หรือจุดด้อยของกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน (จุดเด่น : แผนที่ใช้เป็นแผนที่กะทัดรัด เข้าใจง่าย, จุดด้อย : -)

- หลังจากแก้ปัญหาแล้วนักเรียนคิดว่าโจทย์นี้มีระดับความยาก-ง่ายอยู่ในระดับใด (ง่าย/ปานกลาง/ยาก)

การเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

12. ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาว่ามีวิธีการอื่นที่สามารถแก้ปัญหานี้ได้หรือไม่ อย่างไร (มี ใช้การวาดภาพประกอบ) จากนั้นให้นักเรียนประเมินความพึงพอใจในการแก้ปัญหา (น้อย/ปานกลาง/มาก) และประเมินระดับความมั่นใจในการแก้ปัญหถ้าเจอปัญหาที่คล้ายคลึงกัน (น้อย/ปานกลาง/มาก)

13. ครูแจกแบบฝึกหัดที่ 7 เรื่อง โคะไซน์แสดงทิศทาง และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหา และทำความเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น

ขั้นสรุป

14. ครูเฉลยแบบฝึกหัดให้นักเรียนแลกเปลี่ยนกันตรวจคำตอบ เสร็จแล้วครูบันทึกคะแนน

15. ครูกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปในเรื่อง โคะไซน์แสดงทิศทาง และสรุปเกี่ยวกับภาพรวมของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาทั้งหมด

6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

6.1 หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (สสวท.)

6.2 คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐาน คณิตศาสตร์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551)

6.3 หนังสือแบบฝึกหัดและประเมินผลการเรียนรู้ คณิตศาสตร์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 เล่ม 3

6.4 แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่ 7 เรื่อง โคะไซน์แสดงทิศทาง

6.5 แบบฝึกหัดที่ 7 เรื่อง โคะไซน์แสดงทิศทาง

6.6 แหล่งสืบค้น เช่น หนังสือ ฐานข้อมูลบนอินเทอร์เน็ต

7. การวัดและการประเมินผล

รายการประเมิน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ความรู้ (K) นักเรียนสามารถ คำนวณหาโคไซน์แสดง ทิศทางของเวกเตอร์ได้	- การตรวจ แบบฝึกหัด	- แบบฝึกหัด	ผ่าน 70 เปอร์เซ็นต์
2. ทักษะกระบวนการ (P) นักเรียนสามารถนำ ความรู้เรื่องโคไซน์แสดง ทิศทาง ไปใช้ในการแก้โจทย์ ปัญหาได้	- การตรวจแบบ บันทึกกระบวนการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่เน้นกระบวนการ กำกับทางปัญญา	- แบบบันทึกกระบวนการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ เน้นกระบวนการกำกับ ทางปัญญา	ผ่าน 70 เปอร์เซ็นต์
3. เจตคติ (A) ความมุ่งมั่นตั้งใจในการเรียน	- การสังเกต พฤติกรรมนักเรียน	- การสังเกตพฤติกรรม นักเรียน	ผ่าน 70 เปอร์เซ็นต์

เกณฑ์การประเมินด้านความรู้ (K)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
นักเรียน สามารถคำนวณหาโคไซน์ แสดงทิศทางของเวกเตอร์ ได้	คำนวณหาโคไซน์แสดง ทิศทางของเวกเตอร์ได้ ถูกต้องทั้งหมด	คำนวณหาโคไซน์แสดง ทิศทางของเวกเตอร์ได้ ถูกต้องบางส่วน	ไม่สามารถ คำนวณหา โคไซน์แสดง ทิศทางของ เวกเตอร์ได้
คะแนนรวม	6 คะแนน		
คะแนนผ่านเกณฑ์	4 คะแนน		

เกณฑ์การประเมินการแก้ปัญหา

รายการประเมิน	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องโคไซน์มาแสดงทิศทางไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้	ใช้ยุทธวิธีการดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จ อย่างมีประสิทธิภาพ อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการแก้โจทย์ปัญหาได้ เข้าใจชัดเจน	ใช้ยุทธวิธีการดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จ แต่อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวไม่ชัดเจน	ใช้ยุทธวิธีการดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จเพียงบางส่วน อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้บางส่วน	มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหา บางส่วน เริ่มคิดว่าทำไมจึงต้องใช้วิธีการนั้นแล้ว หยุด อธิบายต่อไม่ได้ แก้ปัญหาไม่สำเร็จ	ทำได้ไม่ถึงเกณฑ์ ข้างต้น หรือไม่มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหา
คะแนนรวม	4 คะแนน				
คะแนนผ่านเกณฑ์	3 คะแนน				

เกณฑ์การประเมินความมุ่งมั่นตั้งใจในการเรียน

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	3	2	1	0
ความมุ่งมั่นตั้งใจในการเรียน	มีการค้นคว้าหาความรู้หรือซักถามข้อสงสัย อยู่เสมอ ตั้งใจเรียน ตอบคำถาม และส่งงานตรง เวลา	มีการค้นคว้าหาความรู้หรือซักถามข้อสงสัย แต่ตั้งใจเรียนบ้าง ตอบคำถามบ้างและส่งงานตรงเวลา	มีการค้นคว้าหาความรู้หรือ ซักถามข้อสงสัย แต่ตั้งใจเรียนบ้าง ตอบคำถามบ้าง และส่งงานตรงเวลา	ไม่ทำอะไรเลยในชั้นเรียน และไม่ส่งงาน
คะแนนรวม	3 คะแนน			
คะแนนผ่านเกณฑ์	2 คะแนน			

บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

ผลการเรียนรู้

.....

.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นางสาววิลาวรรณ จันทอวาท)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ความคิดเห็นของครูพี่เลี้ยง/ข้อเสนอแนะ

.....

.....

พจนานุกรมศัพท์โต ชิว

ลงชื่อ.....ครูพี่เลี้ยงประจำวิชา

(นางสิริพร ภูหัวดอน)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ตัวอย่างแบบฝึกหัด

เรื่อง โคไซน์แสดงทิศทาง

จงหาเวกเตอร์พร้อมทั้งบอกขนาดและโคไซน์แสดงทิศทางของเวกเตอร์ซึ่งมีจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดดังต่อไปนี้

1) จุดเริ่มต้น $P(2,5,3)$ จุดสิ้นสุด $Q(3,5,-1)$

2) จุดเริ่มต้น $R(-1,4,-2)$ จุดสิ้นสุด $S(2,-4,7)$

3) จุดเริ่มต้น $T(-3,1,0)$ จุดสิ้นสุด $V(4,2,8)$

พจนานุกรม ศัพท์ โด่ ชีวะ

ตัวอย่างแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา
เรื่อง โคไซน์แสดงทิศทาง

1. จงตรวจสอบว่าเวกเตอร์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้เวกเตอร์ใดบ้างที่ขนานกัน

1) เวกเตอร์ \overline{PQ} มีจุดเริ่มต้นที่ $P(1,4,3)$ และจุดสิ้นสุดที่ $Q(-2,0,1)$

2) $\vec{a} = \begin{bmatrix} 3 \\ 4 \\ 2 \end{bmatrix}$

3) เวกเตอร์ \overline{OR} ซึ่งมีจุดเริ่มต้นที่จุดกำเนิดและจุดสิ้นสุดที่ $R(5,0,2)$

1. ชั้นเผชิญหน้ากับปัญหา

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

.....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา คือ

.....

.....

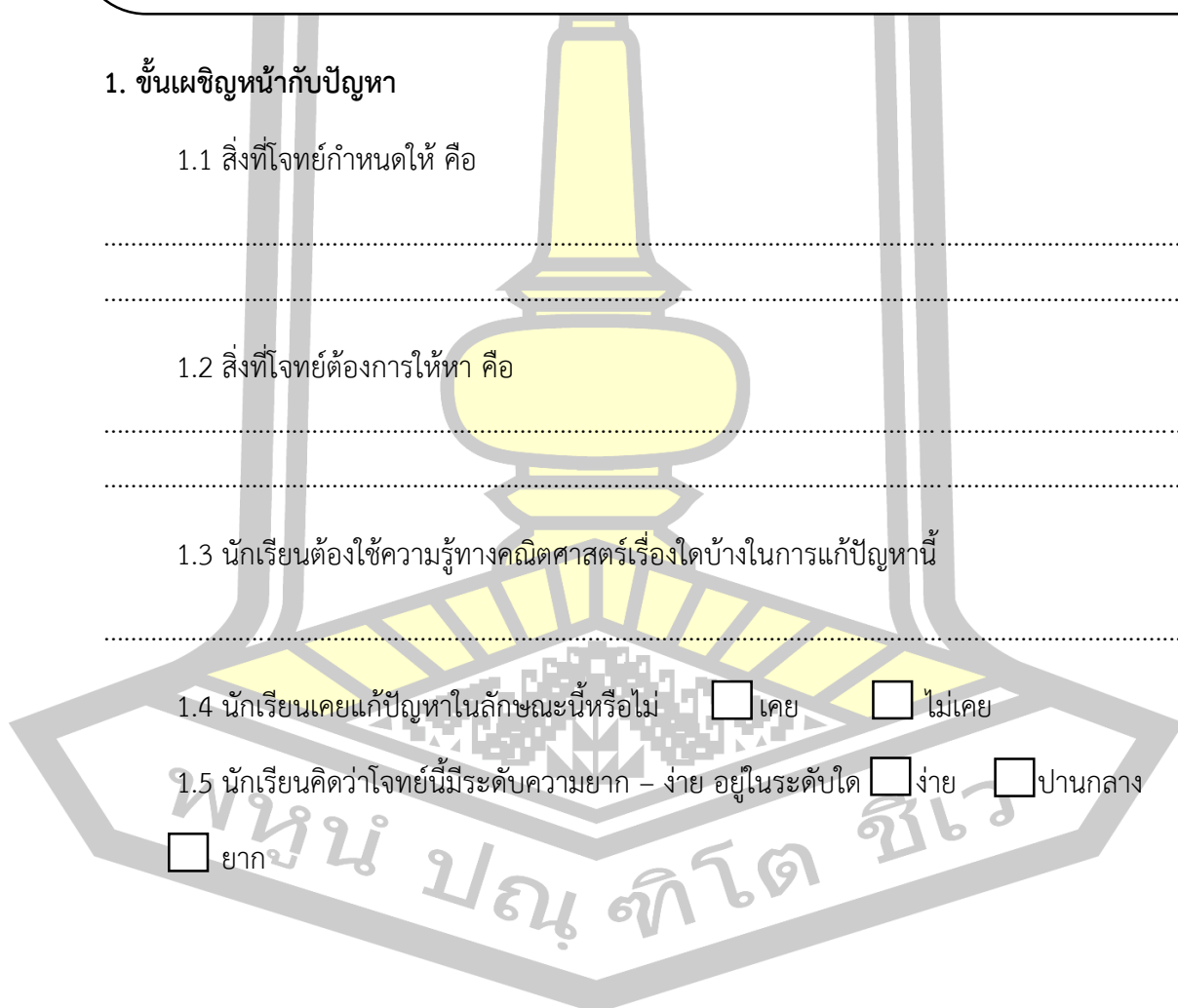
1.3 นักเรียนต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดบ้างในการแก้ปัญหา

.....

1.4 นักเรียนเคยแก้ปัญหาในลักษณะนี้หรือไม่ เคย ไม่เคย

1.5 นักเรียนคิดว่าโจทย์นี้มีระดับความยาก - ง่าย อยู่ในระดับใด ง่าย ปานกลาง

ยาก



2. ขั้นตอนกำหนดกระบวนการ

2.1 นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญหาได้อย่างไร (ระบุเป็นข้อ)

.....

.....

.....

2.2 นักเรียนอ่านบททวนแผนอีกครั้งและพิจารณาว่าแผนมีความสอดคล้องกับข้อมูลต่าง ๆ ที่
 โจทย์กำหนดให้หรือไม่ สอดคล้อง ไม่สอดคล้อง

(ถ้าไม่สอดคล้อง ให้นักเรียนแก้ไข แผนในการแก้ปัญหาอีกครั้ง)

2.3 นักเรียนคิดว่าการวางแผนครั้งนี้สามารถใช้แก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องได้สำเร็จ
 หรือไม่

สำเร็จ ไม่สำเร็จ ไม่แน่ใจ

3. ขั้นลงมือปฏิบัติ

3.1 นักเรียนทบทวนอีกครั้งว่าโจทย์ถามอะไร

.....

.....

.....

3.2 นักเรียนดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

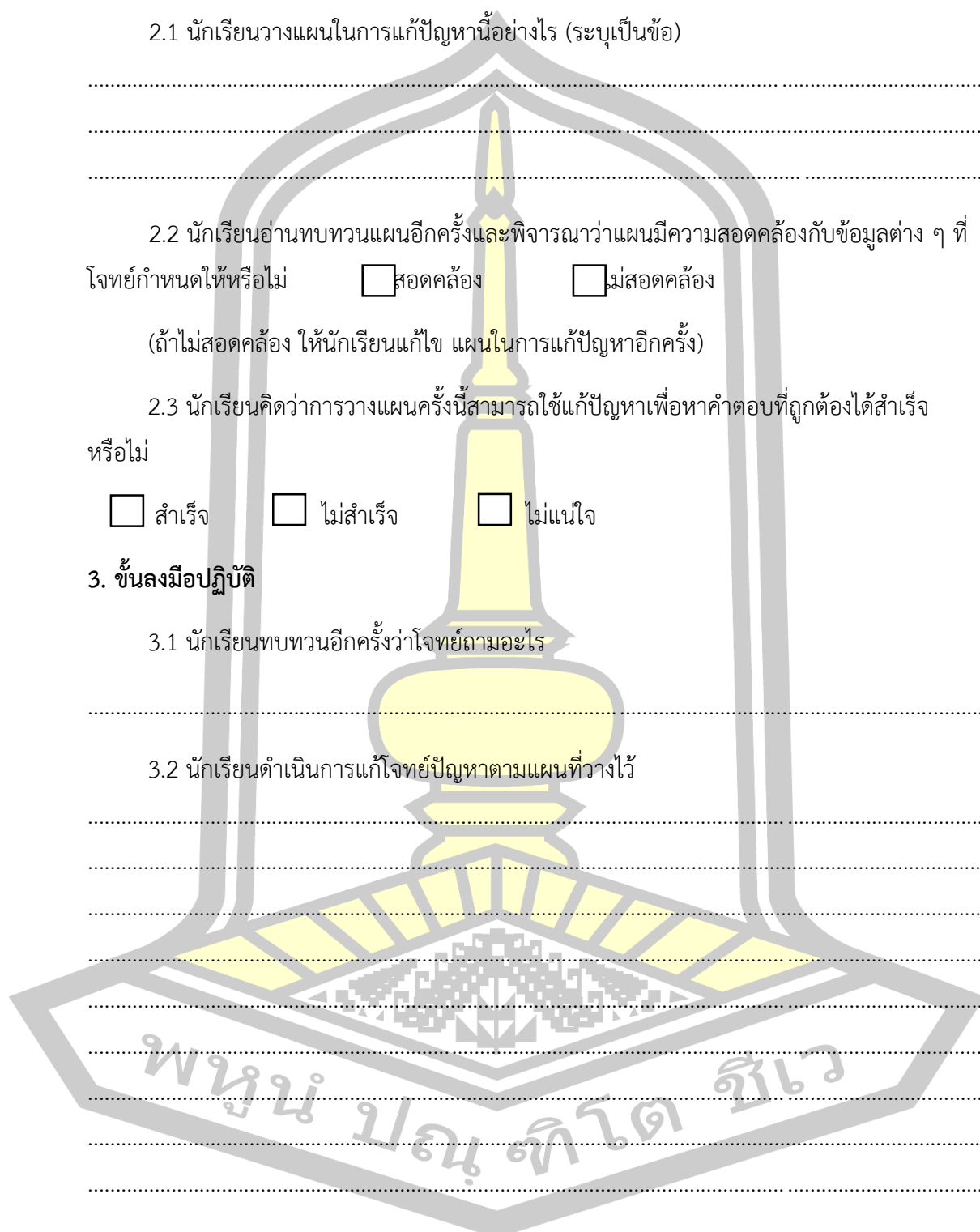
.....

.....

.....

.....

.....



3.3 นักเรียนตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นอีกครั้งว่าเป็นไปตามแผนที่ได้กำหนดไว้ หรือไม่

เป็นไปตามแผน ไม่เป็นไปตามแผน ในขั้นที่.....

(หากไม่เป็นไปตามแผนให้นักเรียนย้อนกลับไปดำเนินการแก้ปัญหาใหม่)

4. ชั้นประเมินผล

4.1 นักเรียนคิดว่าคำตอบที่ได้ตรงกับสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่ ตรง ไม่ตรง

4.2 ให้นักเรียนตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ

.....

.....

.....

4.3 ให้นักเรียนสรุปคำตอบ

.....

5. ชั้นซึมซับทางความคิด

5.1 หลังจากนักเรียนแก้ปัญหาแล้ว นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน

.....

5.2 นักเรียนคิดว่ากระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนมีจุดเด่นและ/หรือจุดด้อยอะไรบ้าง

จุดเด่น

.....

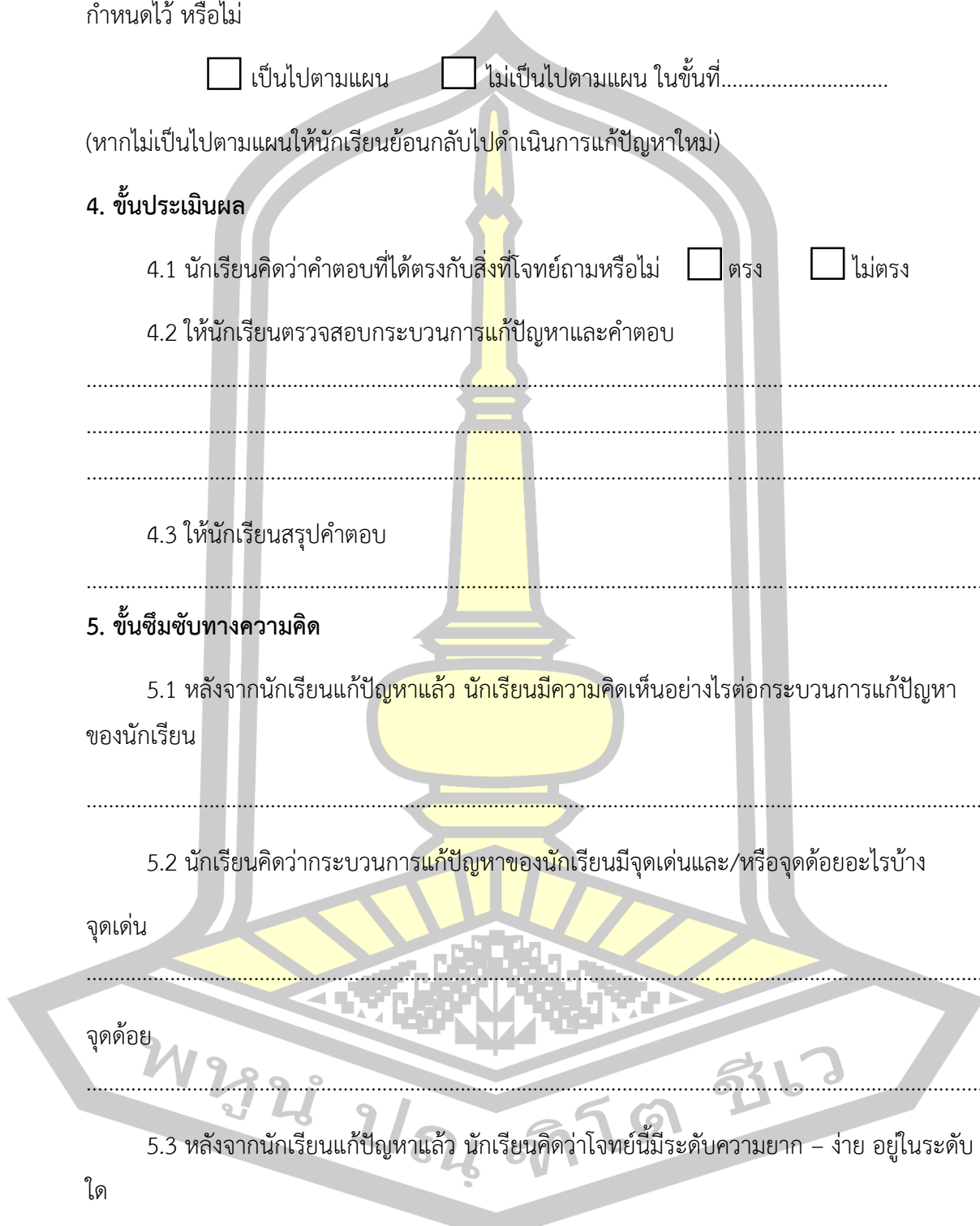
จุดด้อย

.....

5.3 หลังจากนักเรียนแก้ปัญหาแล้ว นักเรียนคิดว่าโจทย์นี้มีระดับความยาก – ง่าย อยู่ในระดับใด

ง่าย ปานกลาง ยาก

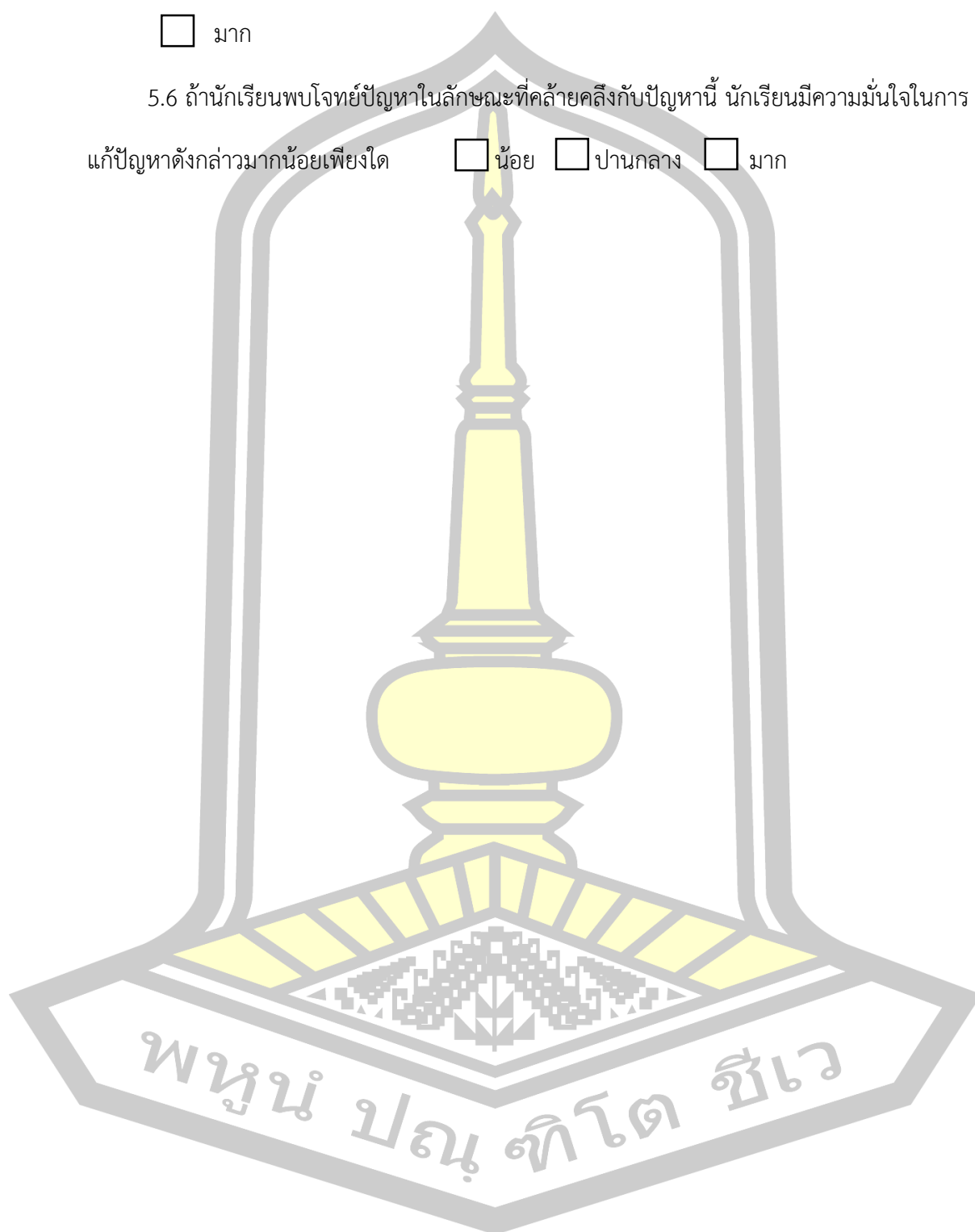
5.4 นักเรียนคิดว่ามีวิธีการอื่นที่สามารถแก้ปัญหานี้ได้หรือไม่ อย่างไร.....



5.5 นักเรียนมีความพึงพอใจในการแก้ปัญหาครั้งนี้ในระดับใด น้อย ปานกลาง

มาก

5.6 ถ้านักเรียนพบโจทย์ปัญหาในลักษณะที่คล้ายคลึงกับปัญหานี้ นักเรียนมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาดังกล่าวมากน้อยเพียงใด น้อย ปานกลาง มาก



ชื่อ.....เลขที่.....ห้อง.....

แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่ 7
เรื่อง โคไซน์แสดงทิศทาง

1. จงตรวจสอบว่าเวกเตอร์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้เวกเตอร์ใดบ้างที่ขนานกัน

1) เวกเตอร์ \overline{PQ} มีจุดเริ่มต้นที่ $P(1, 4, 3)$ และจุดสิ้นสุดที่ $Q(-2, 0, 1)$

2) $\vec{a} = \begin{bmatrix} 3 \\ 4 \\ 2 \end{bmatrix}$

3) เวกเตอร์ \overline{OR} ซึ่งมีจุดเริ่มต้นที่จุดกำเนิดและจุดสิ้นสุดที่ $R(5, 0, 2)$

1. ชื่นเฉยหน้ากับปัญหา

1.1 สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนดให้ คือ

1) เวกเตอร์ \overline{PQ} มีจุดเริ่มต้นที่ $P(1, 4, 3)$ และจุดสิ้นสุดที่ $Q(-2, 0, 1)$ | 3) เวกเตอร์ \overline{OR} มีจุดเริ่มต้นที่จุดกำเนิด (0,0,0) และจุดสิ้นสุดที่ $R(5, 0, 2)$
 2) $\vec{a} = \begin{bmatrix} 3 \\ 4 \\ 2 \end{bmatrix}$

1.2 สิ่งที่เกี่ยวข้องต้องการให้หา คือ

ตรวจสอบว่าเวกเตอร์ที่กำหนดให้เวกเตอร์ใดบ้างที่ขนานกัน

1.3 นักเรียนต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดบ้างในการแก้ปัญหา

เวกเตอร์ และ การบวกลบ

1.4 นักเรียนเคยแก้ปัญหาในลักษณะนี้หรือไม่ เคย ไม่เคย

1.5 นักเรียนคิดว่าโจทย์นี้มีระดับความยาก - ยาก อยู่ในระดับใด ง่าย ปานกลาง ยาก

2. ชื่นกำหนดกระบวนการ

2.1 นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญหาอย่างไร (ระบุเป็นข้อ)

① หาเวกเตอร์ของข้อ 1 และ ข้อ 3

② หาขนาดของทั้ง สาม เวกเตอร์

③ หาโคไซน์ของทั้ง สาม เวกเตอร์

2.2 นักเรียนอ่านบททบทวนอีกครั้งและพิจารณาว่าแผนมีความสอดคล้องกับข้อมูลต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้หรือไม่ สอดคล้อง ไม่สอดคล้อง (ถ้าไม่สอดคล้อง ให้นักเรียนแก้ไข แผนในการแก้ปัญหาอีกครั้ง)

2.3 นักเรียนคิดว่าการวางแผนครั้งนี้สามารถใช้แก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องได้สำเร็จหรือไม่

สำเร็จ ไม่สำเร็จ ไม่แน่ใจ

ตัวอย่างแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาของนักเรียน

3. ชั้นลงมือปฏิบัติ

3.1 นักเรียนทบทวนอีกครั้งว่าโจทย์ถามอะไร

ตรวจสอบว่าคำตอบที่คำนวณได้สอดคล้องกับโจทย์หรือไม่

3.2 นักเรียนดำเนินการแก้ไขโจทย์ปัญหาตามแผนที่วางไว้

① $\vec{PQ} = \begin{bmatrix} -2-3 \\ 0-4 \\ 1-3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -5 \\ -4 \\ -2 \end{bmatrix}$, $|\vec{PQ}| = \sqrt{(-5)^2 + (-4)^2 + (-2)^2}$, $|\vec{PQ}|$ เป็น สอดคล้องตามขอ. $|\vec{PQ}|$ คือ $\frac{7}{\sqrt{29}}$, $\frac{6}{\sqrt{29}}$, $\frac{2}{\sqrt{29}}$
 $= \sqrt{25+16+4} = \sqrt{29}$

② $\vec{a} = \begin{bmatrix} 3 \\ 4 \\ 2 \end{bmatrix}$, $|\vec{a}| = \sqrt{3^2+4^2+2^2}$, $|\vec{a}|$ เป็น สอดคล้องตามขอ. $|\vec{a}|$ คือ $\frac{3}{\sqrt{29}}$, $\frac{4}{\sqrt{29}}$, $\frac{2}{\sqrt{29}}$
 $= \sqrt{9+16+4} = \sqrt{29}$

③ $\vec{OR} = \begin{bmatrix} 5-0 \\ 0-0 \\ 2-0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ 0 \\ 2 \end{bmatrix}$, $|\vec{OR}| = \sqrt{5^2+2^2}$, $|\vec{OR}|$ เป็น สอดคล้องตามขอ. $|\vec{OR}|$ คือ $\frac{5}{\sqrt{29}}$, $\frac{0}{\sqrt{29}}$, $\frac{2}{\sqrt{29}}$
 $= \sqrt{25+4} = \sqrt{29}$

$\vec{PQ} \parallel \vec{a}$ แต่ไม่ขนานกับ \vec{OR}

3.3 นักเรียนตรวจสอบการดำเนินการแก้ไขโจทย์ปัญหาในแต่ละขั้นอีกครั้งว่าเป็นไปตามแผนที่ได้กำหนดไว้

หรือไม่

เป็นไปตามแผน ไม่เป็นไปตามแผน ในขั้นที่.....

(หากไม่เป็นไปตามแผนให้นักเรียนย้อนกลับไปดำเนินการแก้ไขโจทย์ปัญหาใหม่)

4. ชั้นประเมินผล

4.1 นักเรียนคิดว่าคำตอบที่ได้ตรงกับสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่ ตรง ไม่ตรง

4.2 ให้นักเรียนตรวจสอบกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาและคำตอบ
 ตรวจสอบที่ตรงกับเงื่อนไข

$\vec{PQ} \parallel \vec{a}$ แต่ไม่ขนานกับ \vec{OR}

4.3 ให้นักเรียนสรุปคำตอบ

$\vec{PQ} \parallel \vec{a}$ แต่ไม่ขนานกับ \vec{OR}

5. ชั้นซึมซับทางความคิด

5.1 หลังจากนักเรียนแก้โจทย์ปัญหาแล้ว นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของ

นักเรียน

คิดว่าโจทย์กระบวนการแก้ปัญหานี้

5.2 นักเรียนคิดว่ากระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนมีจุดเด่นและ/หรือจุดด้อยอะไรบ้าง

จุดเด่น ที่ทำได้ใช้

จุดด้อย

ตัวอย่างแบบบันทึกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาของนักเรียน

- 5.3 หลังจากนักเรียนแก้ปัญหาแล้ว นักเรียนคิดว่าโจทย์นี้มีระดับความยาก - ง่าย อยู่ในระดับใด
 ง่าย ปานกลาง ยาก
- 5.4 นักเรียนคิดว่ามีวิธีการอื่นที่สามารถแก้ปัญหานี้ได้หรือไม่ อย่างไร..... *ได้*
- 5.5 นักเรียนมีความพึงพอใจในการแก้ปัญหาค้างนี้ในระดับใด น้อย ปานกลาง มาก
- 5.6 ถ้านักเรียนพบโจทย์ปัญหาในลักษณะที่คล้ายคลึงกับปัญหานี้ นักเรียนมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาดังกล่าวมากน้อยเพียงใด น้อย ปานกลาง มาก

[Handwritten signature]

๘ ก.พ. 2561

ตัวอย่างแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาของนักเรียน



ตัวอย่างข้อสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ชุดที่ 1

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับนี้เป็นชนิดอัตนัย จำนวน 3 ข้อ
2. แบบวัดฉบับนี้ใช้เวลาในการทำ 55 นาที
3. ให้นักเรียนเขียนชื่อ – สกุล เลขที่ และชั้นในแบบวัดฉบับนี้ให้ชัดเจน
4. แบบวัดฉบับนี้มีคะแนนเต็มข้อละ 12 คะแนน โดยพิจารณาจากความถูกต้องในการแก้ โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งให้คะแนนแต่ละข้อเป็นอิสระต่อกัน
5. หากนักเรียนมีข้อสงสัยใดๆ ให้ถามครูผู้คุมสอบเท่านั้น
6. ไม่อนุญาตให้นักเรียนใช้เครื่องคิดเลขหรือเครื่องคำนวณใดๆ ในการทำแบบวัดฉบับนี้
7. เมื่อหมดเวลาสอบ ให้ส่งแบบวัดฉบับนี้กับครูผู้คุมสอบ



1. จงหาจำนวนจริง x และ y ที่สอดคล้องกับสมการ $x \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 0 \end{bmatrix} + y \begin{bmatrix} 3 \\ 0 \\ 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ 4 \\ 4 \end{bmatrix}$

จากโจทย์ปัญหา จงตอบคำถามต่อไปนี้

1) สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

.....

2) สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา คือ

.....

.....

3) นักเรียนมีขั้นตอนในการหาคำตอบ คือ

.....

.....

4) แสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

5) สรุปคำตอบ คือ

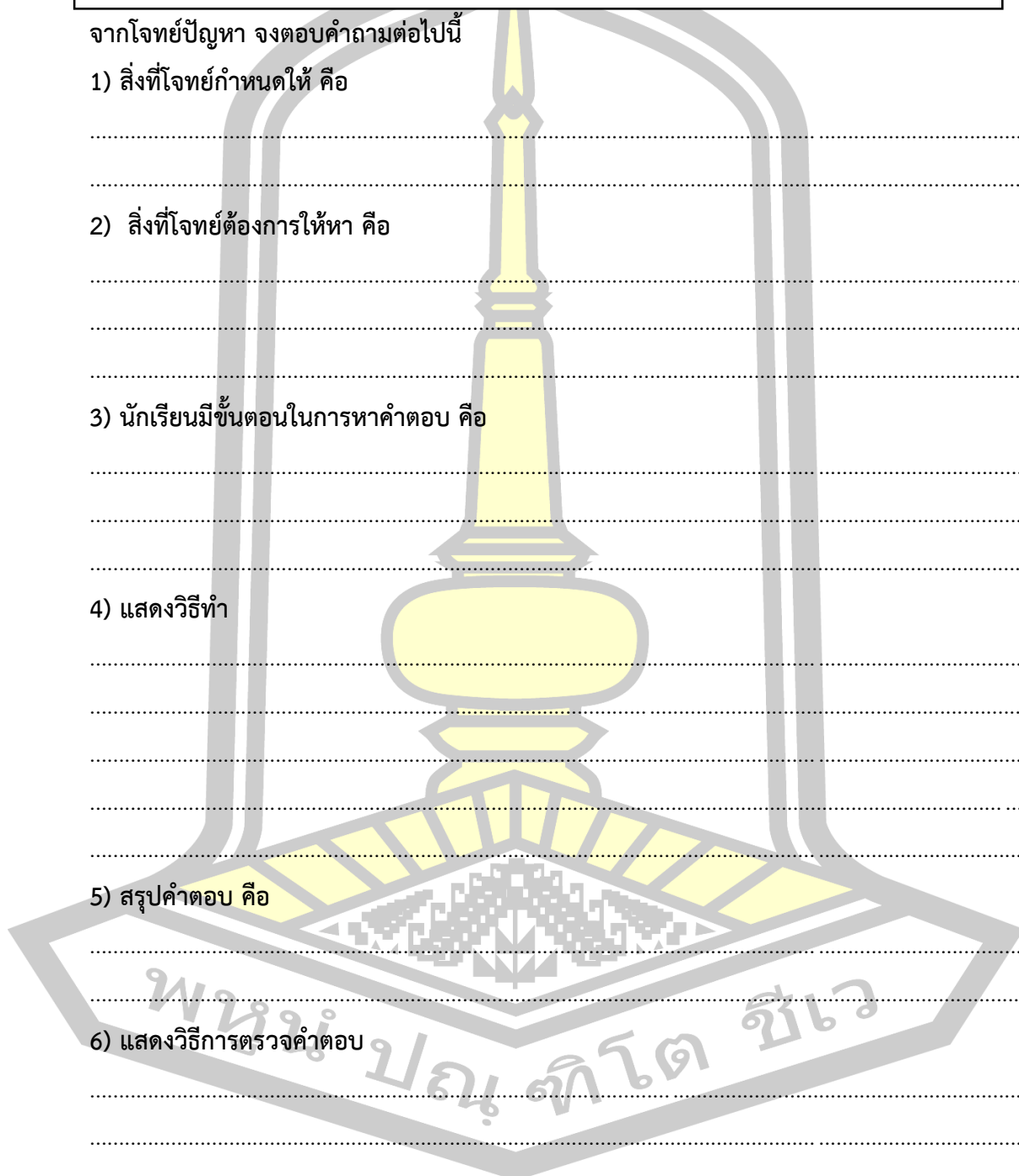
.....

.....

6) แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

.....

.....



2. $OPRQ$ เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ถ้า $\overline{OP} = \begin{bmatrix} -2 \\ -3 \end{bmatrix}$, $\overline{OQ} = \begin{bmatrix} 2 \\ -3 \end{bmatrix}$ จงหาเวกเตอร์ของเส้นทแยงมุมทั้งสองของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

จากโจทย์ปัญหา จงตอบคำถามต่อไปนี้

1) สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

.....

2) สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา คือ

.....

.....

3) นักเรียนมีขั้นตอนในการหาคำตอบ คือ

.....

.....

4) แสดงวิธีทำ

.....

.....

5) สรุปคำตอบ คือ

.....

.....

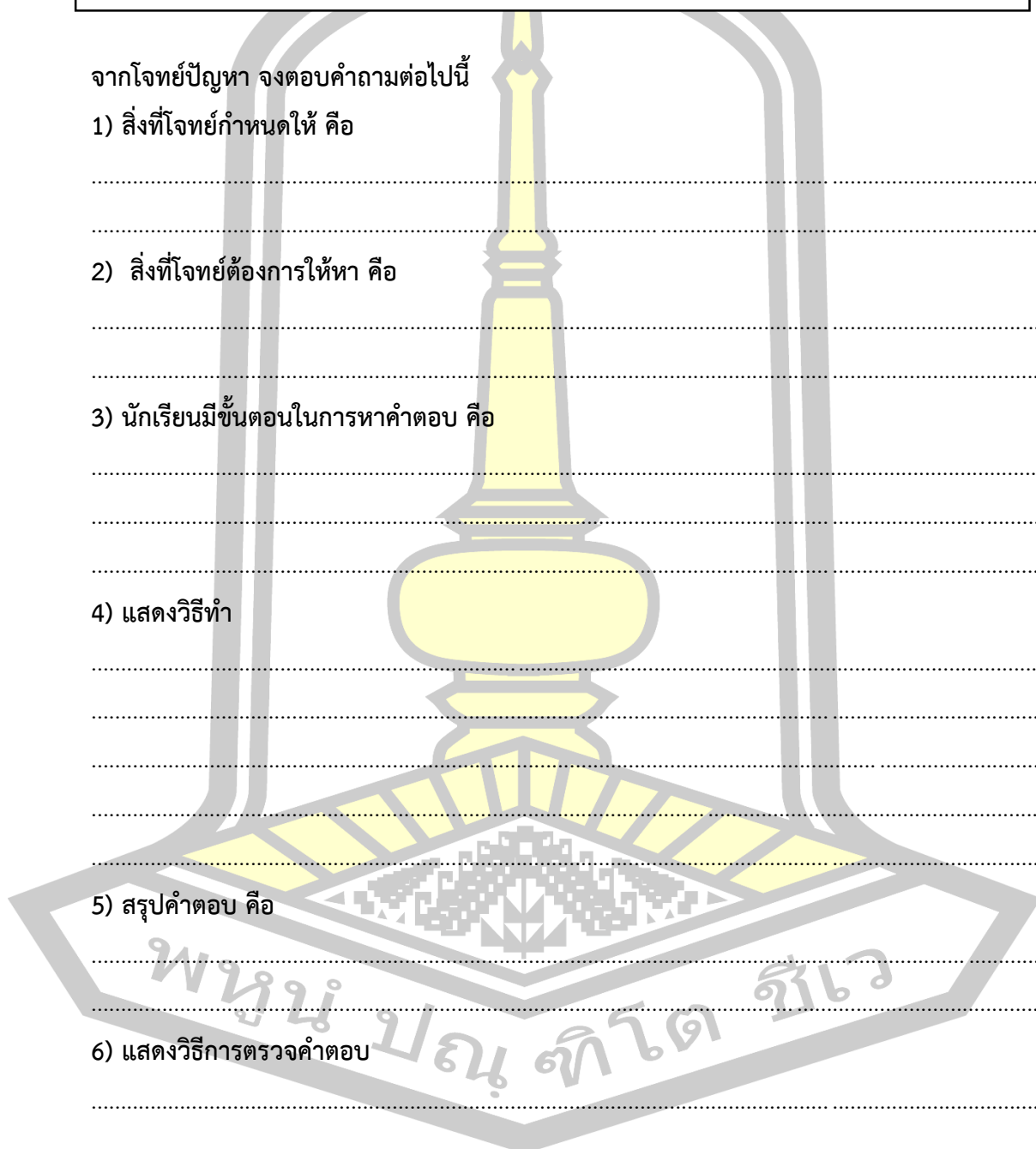
6) แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

.....

.....

.....

.....



3. รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน $ABCD$ มี $A(1,4), B(2,1)$ และ $C(8,2)$ ถ้า AB และ BC เป็นด้านที่ประชิดกัน แล้วจงหาเวกเตอร์ BD

จากโจทย์ปัญหา จงตอบคำถามต่อไปนี้

1) สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

.....

2) สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา คือ

.....

.....

3) นักเรียนมีขั้นตอนในการหาคำตอบ คือ

.....

.....

4) แสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

5) สรุปคำตอบ คือ

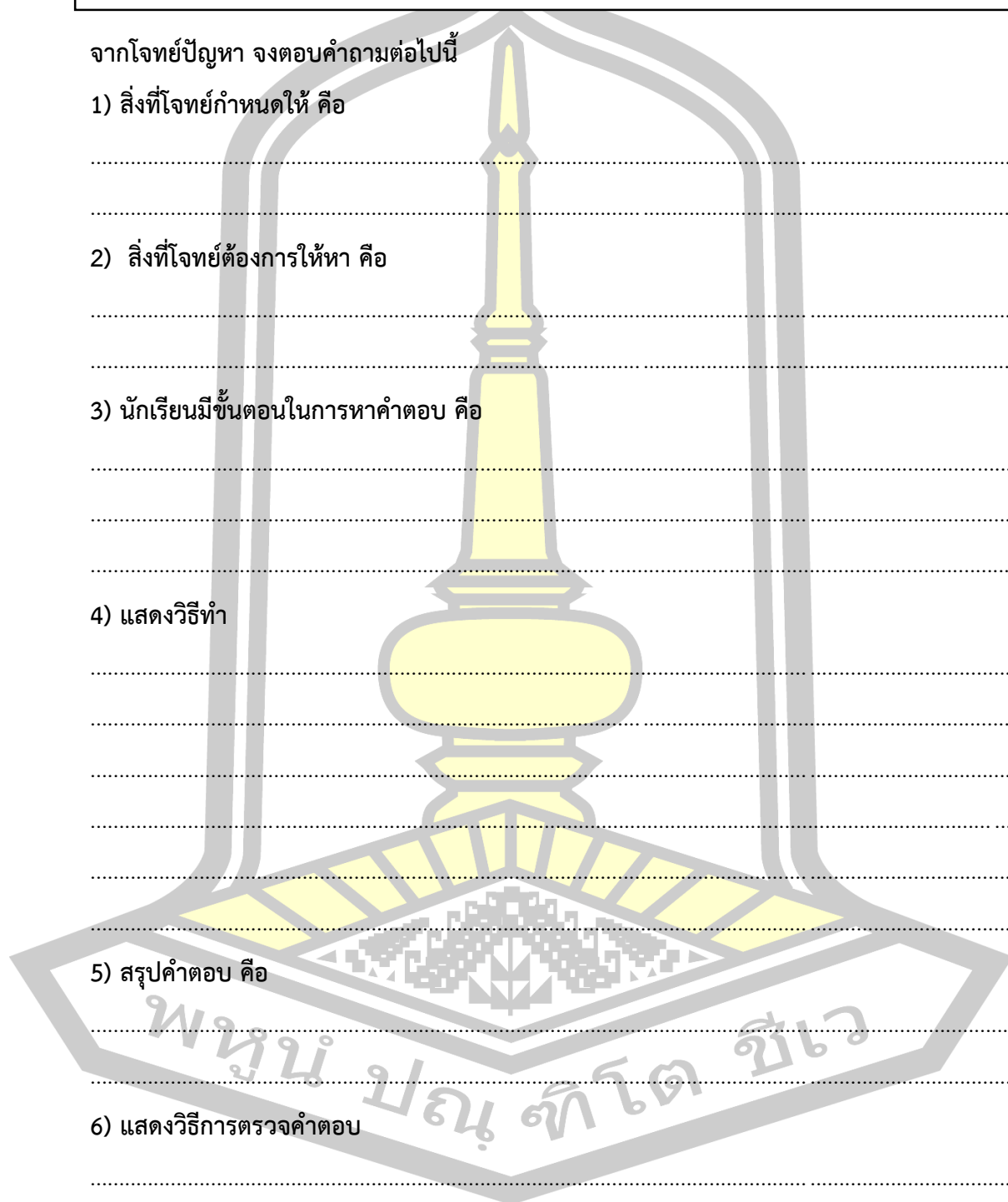
.....

6) แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

.....

.....

.....



ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
แบบทดสอบ เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ชุดที่ 2

1. กำหนด $A(3,2), B(-4,1), C(-3,4)$ และ $D(1,-2)$ จะได้ $\overline{BA} + \overline{CD}$ ในรูป \bar{i} และ \bar{j} ตรงกับข้อใด

ก. $11\bar{i} - 5\bar{j}$

ข. $-3\bar{i} - 7\bar{j}$

ค. $11\bar{i} + 5\bar{j}$

ง. $3\bar{i} + 7\bar{j}$

2. เวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่มีทิศทางเดียวกับ $\vec{u} = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix}$ คือข้อใด

ก. $\frac{\sqrt{5}}{5}\bar{i} + \frac{\sqrt{5}}{5}\bar{j}$

ข. $\frac{\sqrt{5}}{5}\bar{i} - \frac{\sqrt{5}}{5}\bar{j}$

ค. $\frac{2\sqrt{5}}{5}\bar{i} + \frac{\sqrt{5}}{5}\bar{j}$

ง. $\frac{2\sqrt{5}}{5}\bar{i} + \frac{2\sqrt{5}}{5}\bar{j}$

3. กำหนดให้ $A(-2,4)$ และ $B(5,3)$ เมื่อ O เป็นจุดกำเนิด ผลของ $\overline{OA} + \overline{OB}$ ตรงกับข้อใด

ก. $3\bar{i} + 7\bar{j}$

ข. $-3\bar{i} + 7\bar{j}$

ค. $3\bar{i} - 7\bar{j}$

ง. $-3\bar{i} - 7\bar{j}$

4. กำหนด $\vec{a} = \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \end{bmatrix}, \vec{b} = \begin{bmatrix} 9 \\ 3 \end{bmatrix}, \vec{c} = \begin{bmatrix} 3 \\ 9 \end{bmatrix}$ และ $\vec{d} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$ เวกเตอร์ในข้อใดขนานกัน

ก. \vec{a} กับ \vec{b}

ข. \vec{a} กับ \vec{c}

ค. \vec{a} กับ \vec{d}

ง. \vec{b} กับ \vec{c}

5. เวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่มีทิศทางเดียวกับ \overline{AB} โดยที่ $A(1,-3)$ และ $B(-4,5)$ คือข้อใด

ก. $\frac{2\sqrt{89}}{89}\bar{i} + \frac{3\sqrt{89}}{89}\bar{j}$

ข. $\frac{-2\sqrt{89}}{89}\bar{i} + \frac{3\sqrt{89}}{89}\bar{j}$

ค. $\frac{5\sqrt{89}}{89}\bar{i} + \frac{8\sqrt{89}}{89}\bar{j}$

ง. $\frac{-5\sqrt{89}}{89}\bar{i} + \frac{8\sqrt{89}}{89}\bar{j}$

6. เวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่มีทิศทางเดียวกับ $\bar{a} = \begin{bmatrix} 1 \\ -3 \\ -1 \end{bmatrix}$ คือข้อใด

ก. $\frac{\sqrt{11}}{11}\bar{i} - \frac{3\sqrt{11}}{11}\bar{j} - \frac{\sqrt{11}}{11}\bar{k}$

ข. $\frac{\sqrt{11}}{11}\bar{i} + \frac{3\sqrt{11}}{11}\bar{j} + \frac{\sqrt{11}}{11}\bar{k}$

ค. $\frac{\sqrt{7}}{10}\bar{i} + \frac{3\sqrt{7}}{10}\bar{j} + \frac{\sqrt{7}}{10}\bar{k}$

ง. $\frac{\sqrt{7}}{10}\bar{i} - \frac{3\sqrt{7}}{10}\bar{j} - \frac{\sqrt{7}}{10}\bar{k}$

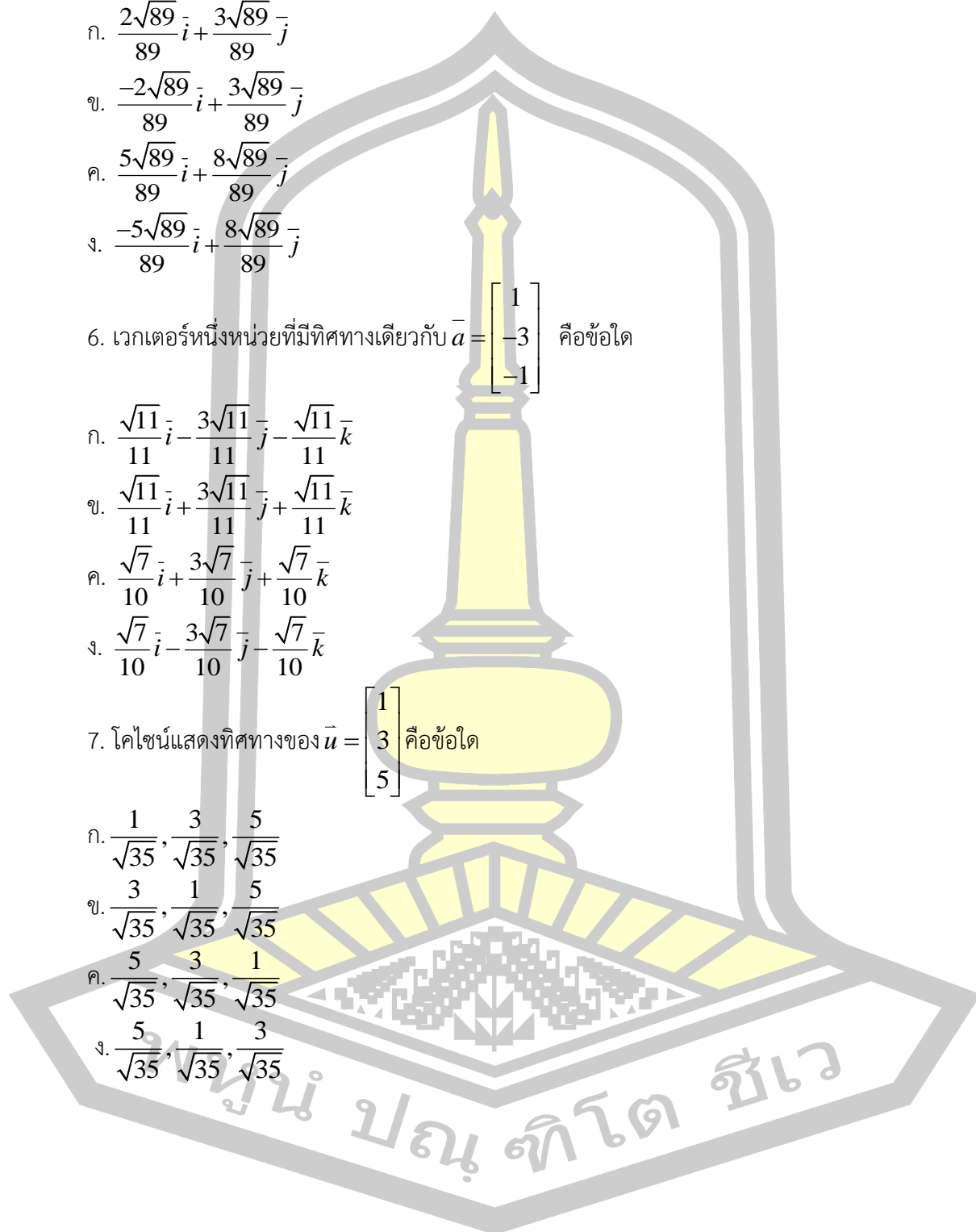
7. โคไซน์แสดงทิศทางของ $\bar{u} = \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 5 \end{bmatrix}$ คือข้อใด

ก. $\frac{1}{\sqrt{35}}, \frac{3}{\sqrt{35}}, \frac{5}{\sqrt{35}}$

ข. $\frac{3}{\sqrt{35}}, \frac{1}{\sqrt{35}}, \frac{5}{\sqrt{35}}$

ค. $\frac{5}{\sqrt{35}}, \frac{3}{\sqrt{35}}, \frac{1}{\sqrt{35}}$

ง. $\frac{5}{\sqrt{35}}, \frac{1}{\sqrt{35}}, \frac{3}{\sqrt{35}}$



8. โคไซน์แสดงทิศทางของ \overline{OP} คือข้อใด เมื่อ O เป็นจุดกำเนิด และ P มีพิกัด $(-3, -5, 2)$

ก. $-\frac{3}{\sqrt{19}}, -\frac{5}{\sqrt{19}}, \frac{2}{\sqrt{19}}$

ข. $-\frac{3}{2\sqrt{19}}, -\frac{5}{2\sqrt{19}}, \frac{2}{2\sqrt{19}}$

ค. $-\frac{3}{\sqrt{2}}, -\frac{5}{\sqrt{2}}, \frac{2}{\sqrt{2}}$

ง. $-\frac{3}{\sqrt{38}}, -\frac{5}{\sqrt{38}}, \frac{2}{\sqrt{38}}$

9. โคไซน์แสดงทิศทางของ \overline{AB} คือข้อใด เมื่อ A(1, -2, 6) และ B(0, 2, 4)

ก. $\frac{1}{\sqrt{2}}, 0, -\frac{2}{\sqrt{21}}$

ข. $\frac{1}{\sqrt{21}}, \frac{4}{\sqrt{21}}, -\frac{2}{\sqrt{21}}$

ค. $-\frac{1}{\sqrt{21}}, \frac{4}{\sqrt{21}}, -\frac{2}{\sqrt{21}}$

ง. $\frac{1}{\sqrt{21}}, \frac{4}{\sqrt{21}}, \frac{2}{\sqrt{21}}$

10. กำหนดให้ \overline{OP} มีจุดเริ่มต้นที่จุดกำเนิด และจุดสิ้นสุดที่ $P(4, -2, -6)$ เวกเตอร์ในข้อใดมีทิศทางตรงข้ามกับ \overline{OP}

ก. $\vec{u} = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 3 \end{bmatrix}$

ข. $\vec{u} = \begin{bmatrix} -2 \\ 1 \\ 3 \end{bmatrix}$

ค. $\vec{u} = \begin{bmatrix} -2 \\ -1 \\ 3 \end{bmatrix}$

ง. $\vec{u} = \begin{bmatrix} -2 \\ -1 \\ -3 \end{bmatrix}$

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์นักเรียน

ชื่อ-สกุล (ผู้ถูกสัมภาษณ์) ชั้น.....เลขที่.....กลุ่มที่.....
 วงจรปฏิบัติการที่.....เรื่อง.....วันที่.....

ข้อคำถาม

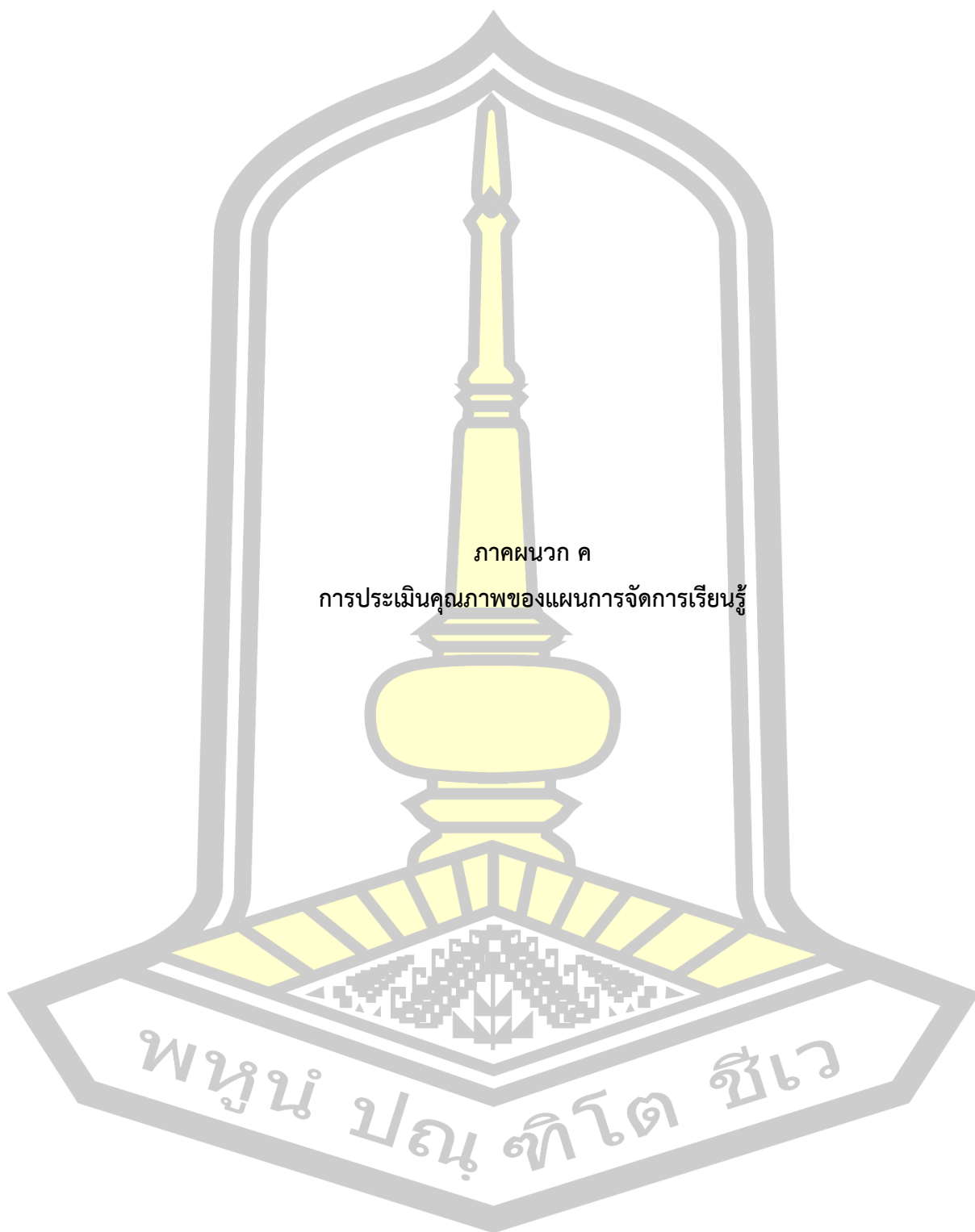
1. นักเรียนสามารถทำความเข้าใจ หรือวิเคราะห์โจทย์ปัญหาได้หรือไม่
 ได้ ไม่ได้ เพราะ.....
2. ปัญหาและอุปสรรคในการทำความเข้าใจ หรือวิเคราะห์โจทย์ปัญหาคืออะไร

3. นักเรียนสามารถวางแผนแก้โจทย์ปัญหาได้หรือไม่
 ได้ ไม่ได้ เพราะ.....
4. นักเรียนสามารถดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาได้หรือไม่
 ได้ ไม่ได้ เพราะ.....
5. หากนักเรียนไม่สามารถดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาได้ นักเรียนจะอย่างไร

6. นักเรียนจะพัฒนาตนเองในด้านใด เพื่อให้ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาได้

7. นักเรียนมีวิธีการตรวจสอบขั้นตอน และและตรวจสอบคำตอบของการแก้โจทย์ปัญหาหรือไม่
 มี อย่างไรก็ตาม.....
 ไม่มี เพราะ.....

พหุ ประถมศึกษา



ภาคผนวก ค

การประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

พหุบัณฑิตวิทยาลัย

ตาราง 20 ผลการประเมินกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทาง
ปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	\bar{X}	S.D.	ความเหมาะสม
1. สาระสำคัญ			
1.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4.53	0.52	มากที่สุด
1.2 ครอบคลุมจุดประสงค์และเนื้อหาสาระที่กำหนด	4.53	0.52	มากที่สุด
1.3 กะทัดรัด ได้ความชัดเจน สมบูรณ์	4.53	0.52	มากที่สุด
1.4 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.73	0.46	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 ระบุความสามารถของนักเรียนที่ต้องการพัฒนา ชัดเจน	4.73	0.46	มากที่สุด
2.2 ประเมินผลได้	4.93	0.26	มากที่สุด
2.3 เรียงลำดับจุดประสงค์จากพฤติกรรมขั้นต้นไปหา ขั้นสูง	4.87	0.35	มากที่สุด
2.4 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.80	0.41	มากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้			
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	0.49	มากที่สุด
3.2 บอกขอบข่ายเนื้อหาที่จะจัดให้นักเรียนในชั่วโมง นั้น	4.60	0.74	มากที่สุด
3.3 มีความถูกต้อง	4.33	0.72	มาก
3.4 มีประโยชน์	4.40	0.74	มาก
3.5 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.47	0.52	มาก
4. กิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 ได้รับความสนใจของผู้เรียน	4.40	0.51	มาก
4.2 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4.47	0.52	มาก
4.3 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.53	0.52	มากที่สุด
4.4 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.53	0.52	มากที่สุด
4.5 เหมาะสมกับเวลาที่กำหนดในแต่ละแผน	4.67	0.49	มากที่สุด
4.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้	4.67	0.49	มากที่สุด

ตาราง 20 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	\bar{X}	S.D.	ความเหมาะสม
4.7 ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้ด้วยตนเอง	4.47	0.52	มาก
5. สื่อการเรียนการสอน			
5.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.80	0.41	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.47	0.52	มาก
5.3 เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	4.47	0.52	มาก
6. การวัดและประเมินผล			
6.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.73	0.46	มากที่สุด
6.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	4.73	0.46	มากที่สุด
6.3 ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย	4.47	0.64	มาก
6.4 การวัดที่ระบุไว้สามารถประเมินได้	4.40	0.63	มาก
6.5 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4.40	0.63	มาก
รวมเฉลี่ย	4.58	0.16	มากที่สุด

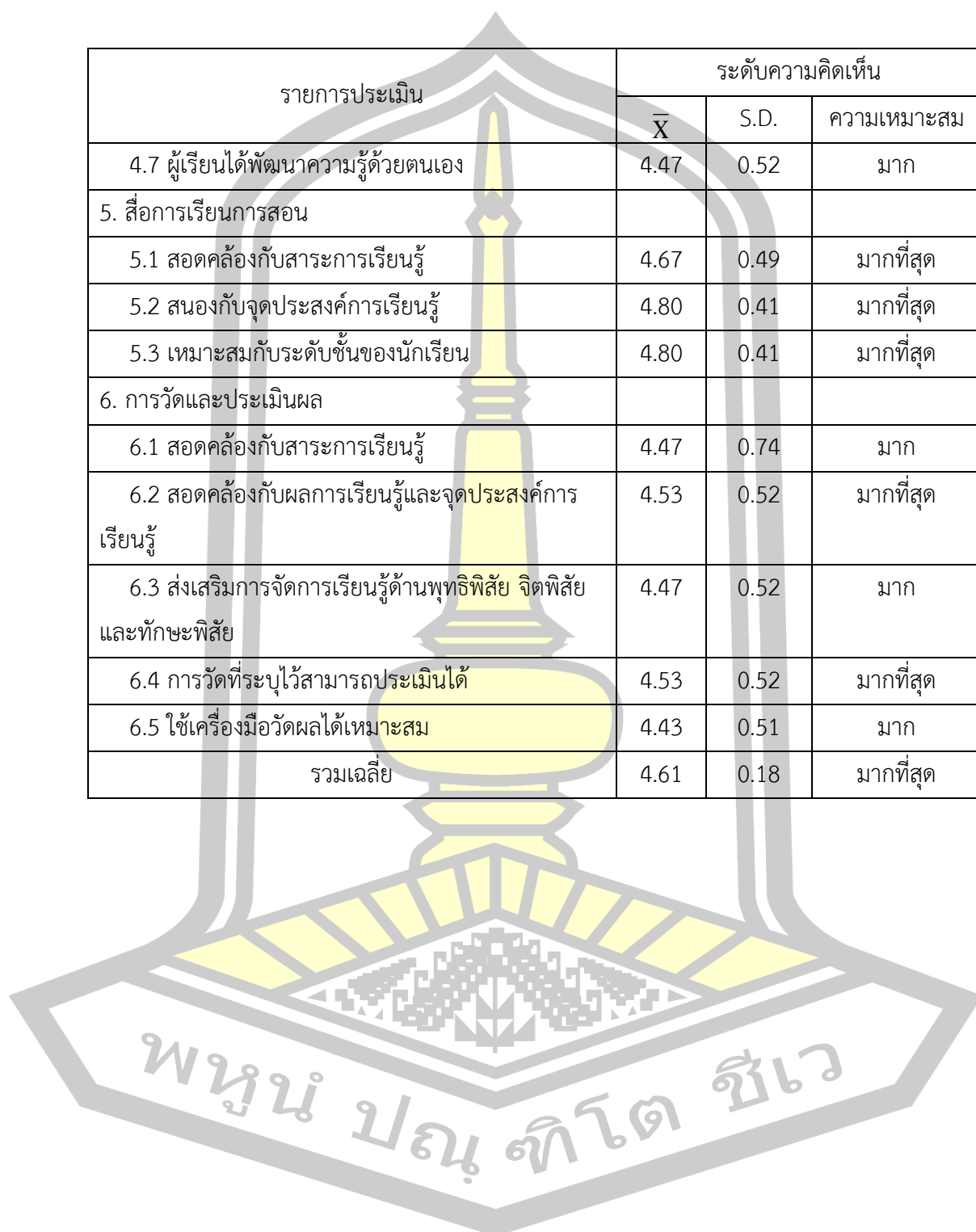
พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตาราง 21 ผลการประเมินกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทาง
ปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	\bar{X}	S.D.	ความเหมาะสม
1. สารระสำคัญ			
1.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4.80	0.41	มากที่สุด
1.2 ครอบคลุมจุดประสงค์และเนื้อหาสาระที่กำหนด	4.40	0.51	มาก
1.3 กะทัดรัด ได้รับความชัดเจน สมบูรณ์	4.80	0.41	มากที่สุด
1.4 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.60	0.51	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 ระบุความสามารถของนักเรียนที่ต้องการพัฒนา ชัดเจน	4.80	0.41	มากที่สุด
2.2 ประเมินผลได้	4.93	0.26	มากที่สุด
2.3 เรียงลำดับจุดประสงค์จากพฤติกรรมขั้นต้นไปหา ขั้นสูง	4.87	0.35	มากที่สุด
2.4 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.80	0.41	มากที่สุด
3. สารการเรียนรู้			
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.47	0.41	มาก
3.2 บอกขอบข่ายเนื้อหาที่จะจัดให้นักเรียนในชั่วโมง นั้น	4.27	0.80	มาก
3.3 มีความถูกต้อง	4.33	0.82	มาก
3.4 มีประโยชน์	4.60	0.83	มากที่สุด
3.5 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.80	0.41	มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 ได้รับความสนใจของผู้เรียน	4.60	0.51	มากที่สุด
4.2 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4.67	0.49	มากที่สุด
4.3 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.60	0.51	มากที่สุด
4.4 สอดคล้องกับสารการเรียนรู้	4.47	0.52	มากที่สุด
4.5 เหมาะสมกับเวลาที่กำหนดในแต่ละแผน	4.73	0.46	มากที่สุด
4.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้	4.40	0.51	มาก

ตาราง 21 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	\bar{X}	S.D.	ความเหมาะสม
4.7 ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้ด้วยตนเอง	4.47	0.52	มาก
5. สื่อการเรียนการสอน			
5.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.67	0.49	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.80	0.41	มากที่สุด
5.3 เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	4.80	0.41	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล			
6.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.47	0.74	มาก
6.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	4.53	0.52	มากที่สุด
6.3 ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย	4.47	0.52	มาก
6.4 การวัดที่ระบุไว้สามารถประเมินได้	4.53	0.52	มากที่สุด
6.5 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4.43	0.51	มาก
รวมเฉลี่ย	4.61	0.18	มากที่สุด

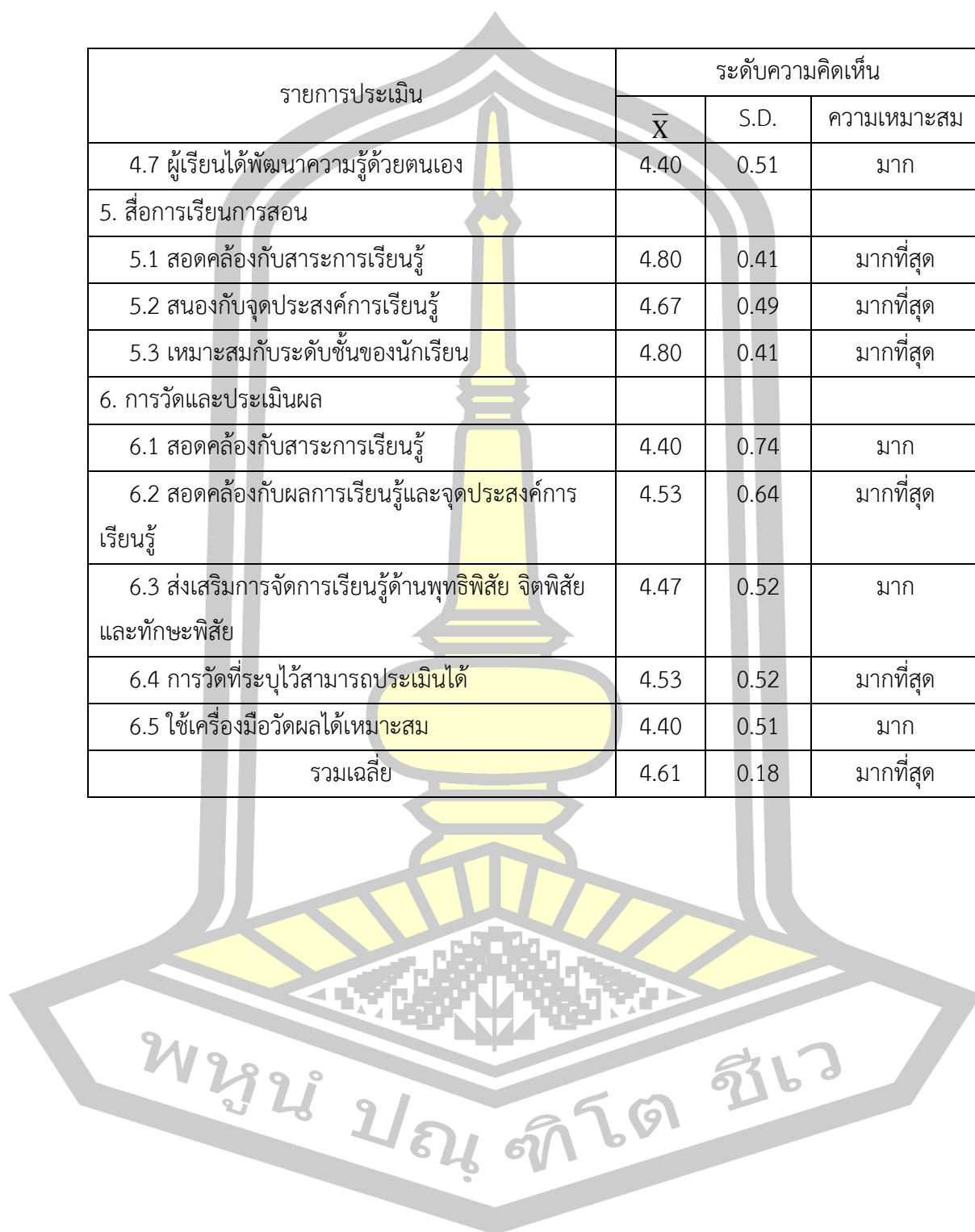


ตาราง 22 ผลการประเมินกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทาง
ปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	\bar{X}	S.D.	ความเหมาะสม
1. สารระสำคัญ			
1.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4.80	0.41	มากที่สุด
1.2 ครอบคลุมจุดประสงค์และเนื้อหาสาระที่กำหนด	4.40	0.51	มาก
1.3 กะทัดรัด ได้รับความชัดเจน สมบูรณ์	4.80	0.41	มากที่สุด
1.4 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.67	0.49	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 ระบุความสามารถของนักเรียนที่ต้องการพัฒนา ชัดเจน	4.80	0.41	มากที่สุด
2.2 ประเมินผลได้	4.87	0.26	มากที่สุด
2.3 เรียงลำดับจุดประสงค์จากพฤติกรรมขั้นต้นไปหา ขั้นสูง	4.87	0.35	มากที่สุด
2.4 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.73	0.41	มากที่สุด
3. สารการเรียนรู้			
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.53	0.52	มากที่สุด
3.2 บอกขอบข่ายเนื้อหาที่จะจัดให้นักเรียนในชั่วโมง นั้น	4.27	0.96	มาก
3.3 มีความถูกต้อง	4.33	0.82	มาก
3.4 มีประโยชน์	4.60	0.83	มากที่สุด
3.5 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.80	0.41	มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 ได้รับความสนใจของผู้เรียน	4.67	0.49	มากที่สุด
4.2 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4.60	0.51	มากที่สุด
4.3 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.60	0.51	มากที่สุด
4.4 สอดคล้องกับสารการเรียนรู้	4.47	0.52	มาก
4.5 เหมาะสมกับเวลาที่กำหนดในแต่ละแผน	4.73	0.46	มากที่สุด
4.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้	4.47	0.52	มาก

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	\bar{X}	S.D.	ความเหมาะสม
4.7 ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้ด้วยตนเอง	4.40	0.51	มาก
5. สื่อการเรียนการสอน			
5.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.80	0.41	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	0.49	มากที่สุด
5.3 เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	4.80	0.41	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล			
6.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.40	0.74	มาก
6.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	4.53	0.64	มากที่สุด
6.3 ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย	4.47	0.52	มาก
6.4 การวัดที่ระบุไว้สามารถประเมินได้	4.53	0.52	มากที่สุด
6.5 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4.40	0.51	มาก
รวมเฉลี่ย	4.61	0.18	มากที่สุด

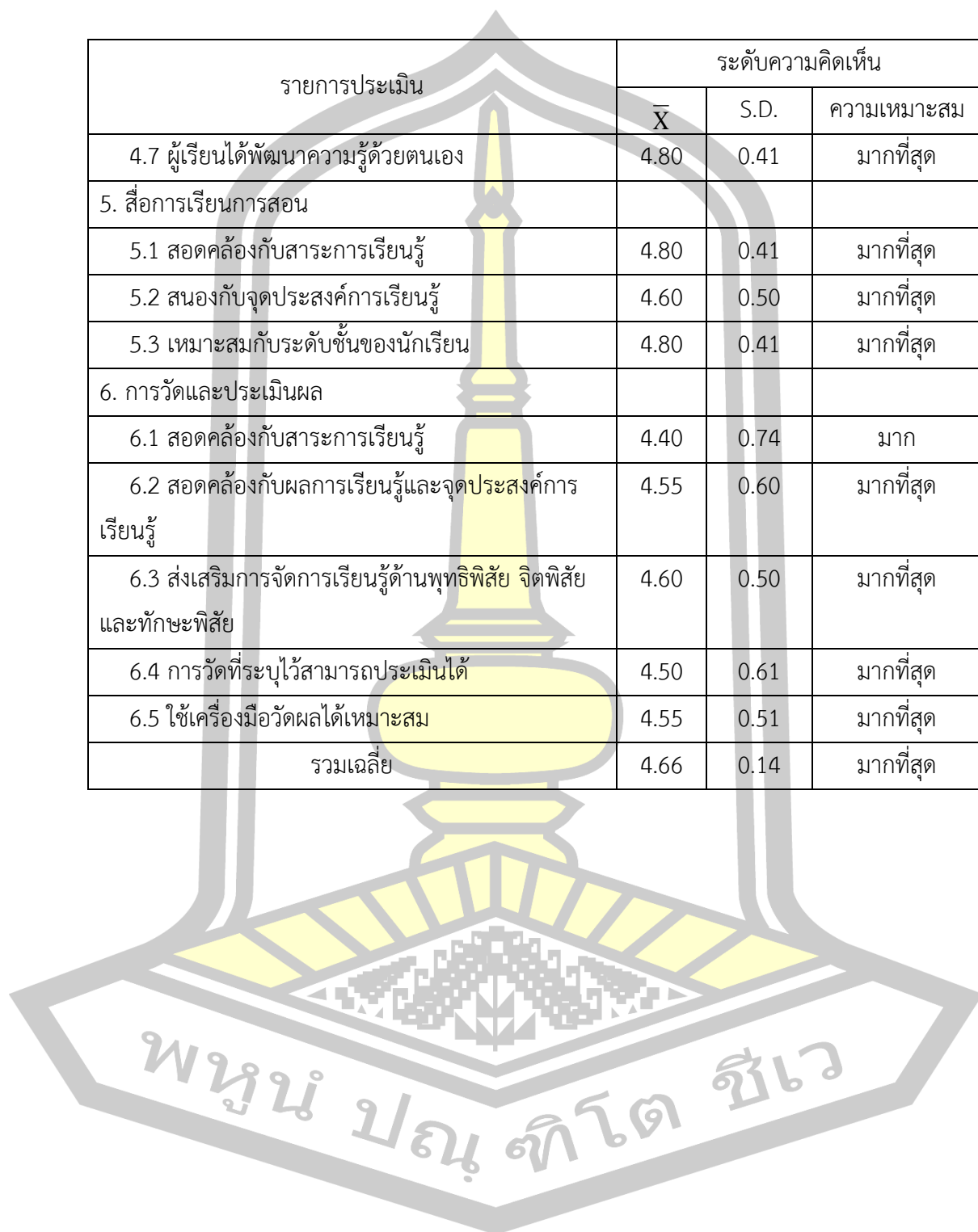


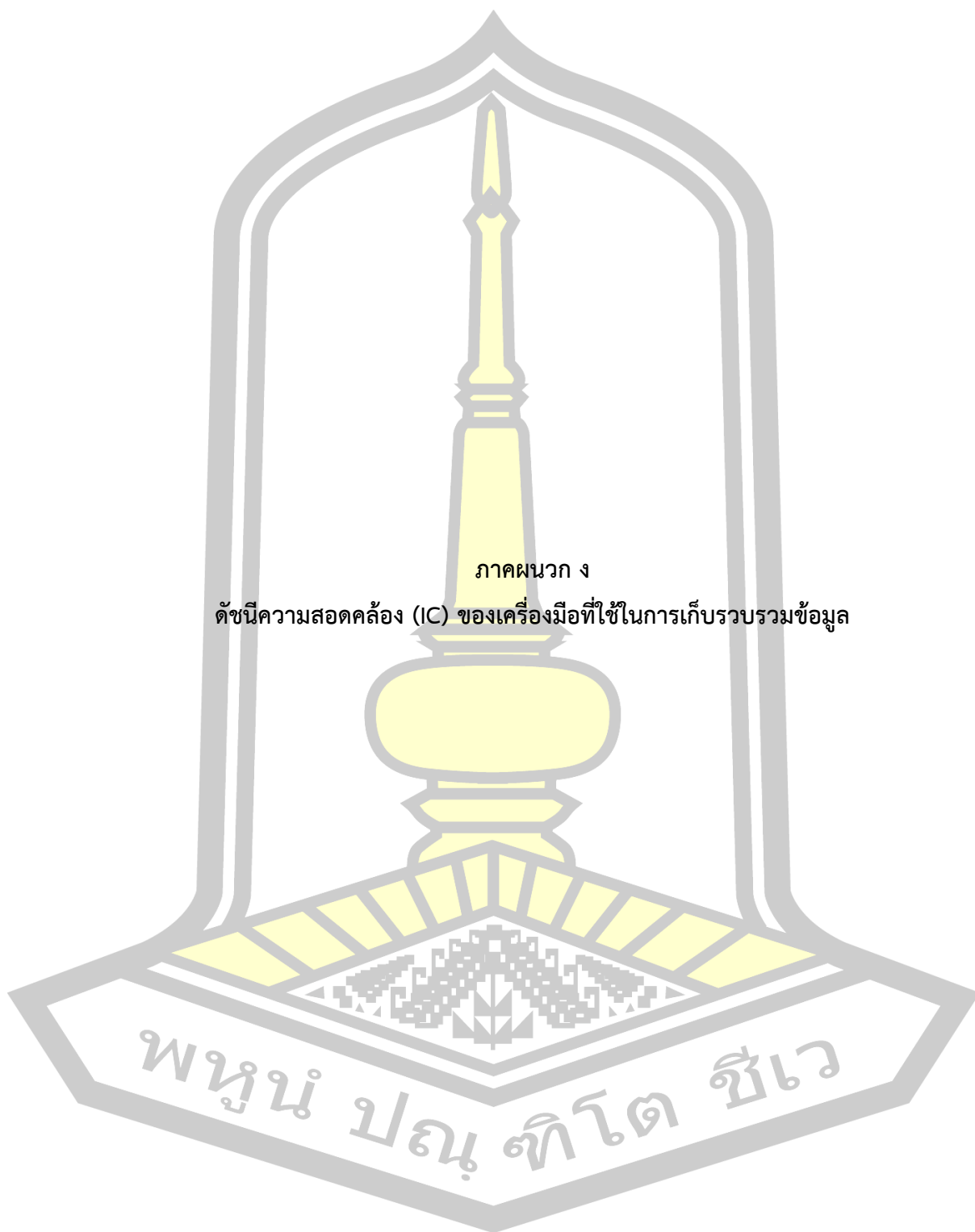
ตาราง 23 ผลการประเมินกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทาง
ปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวงจรปฏิบัติการที่ 4

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	\bar{X}	S.D.	ความเหมาะสม
1. สารระสำคัญ			
1.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4.80	0.41	มากที่สุด
1.2 ครอบคลุมจุดประสงค์และเนื้อหาสาระที่กำหนด	4.80	0.51	มากที่สุด
1.3 กะทัดรัด ได้ความชัดเจน สมบูรณ์	4.40	0.50	มาก
1.4 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.80	0.41	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 ระบุความสามารถของนักเรียนที่ต้องการพัฒนา ชัดเจน	4.80	0.41	มากที่สุด
2.2 ประเมินผลได้	4.80	0.41	มากที่สุด
2.3 เรียงลำดับจุดประสงค์จากพฤติกรรมขั้นต้นไปหา ขั้นสูง	4.80	0.41	มากที่สุด
2.4 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.75	0.55	มากที่สุด
3. สารการเรียนรู้			
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.80	0.41	มากที่สุด
3.2 บอกขอบข่ายเนื้อหาที่จะจัดให้นักเรียนในชั่วโมง นั้น	4.75	0.55	มากที่สุด
3.3 มีความถูกต้อง	4.55	0.60	มากที่สุด
3.4 มีประโยชน์	4.45	0.83	มาก
3.5 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.60	0.50	มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 ได้รับความสนใจของผู้เรียน	4.55	0.51	มากที่สุด
4.2 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4.60	0.50	มากที่สุด
4.3 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.80	0.41	มากที่สุด
4.4 สอดคล้องกับสารการเรียนรู้	4.60	0.50	มากที่สุด
4.5 เหมาะสมกับเวลาที่กำหนดในแต่ละแผน	4.60	0.50	มากที่สุด
4.6 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้	4.75	0.44	มากที่สุด

ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	\bar{X}	S.D.	ความเหมาะสม
4.7 ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้ด้วยตนเอง	4.80	0.41	มากที่สุด
5. สื่อการเรียนการสอน			
5.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.80	0.41	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.60	0.50	มากที่สุด
5.3 เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	4.80	0.41	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล			
6.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.40	0.74	มาก
6.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	4.55	0.60	มากที่สุด
6.3 ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย	4.60	0.50	มากที่สุด
6.4 การวัดที่ระบุไว้สามารถประเมินได้	4.50	0.61	มากที่สุด
6.5 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4.55	0.51	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย	4.66	0.14	มากที่สุด





ภาคผนวก ง

ดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

พหุบัน ปณุ ทิโต ชีเว

ตาราง 24 ดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 3 ข้อ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	สรุป
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2	1	0	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 25 ดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 จำนวน 3 ข้อ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	สรุป
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 26 ดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 จำนวน 3 ข้อ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	สรุป
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 27 ดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ในวงจรปฏิบัติการที่ 4 จำนวน 3 ข้อ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	สรุป
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 28 ดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ในวงจร
ปฏิบัติการที่ 1 จำนวน 15 ข้อ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	สรุป
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4	0	1	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
5	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
7	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
8	0	0	1	1	1	4	0.60	สอดคล้อง
9	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
10	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
11	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
12	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
13	1	1	0	1	1	4	1.00	สอดคล้อง
14	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
15	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 29 ดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ในวงจร
ปฏิบัติการที่ 2 จำนวน 15 ข้อ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	สรุป
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4	0	1	0	1	0	2	0.40	ไม่สอดคล้อง
5	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
7	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
8	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
9	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
10	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
11	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
12	0	1	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
13	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
14	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
15	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง



ตาราง 30 ดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ในวงจร
ปฏิบัติการที่ 3 จำนวน 15 ข้อ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

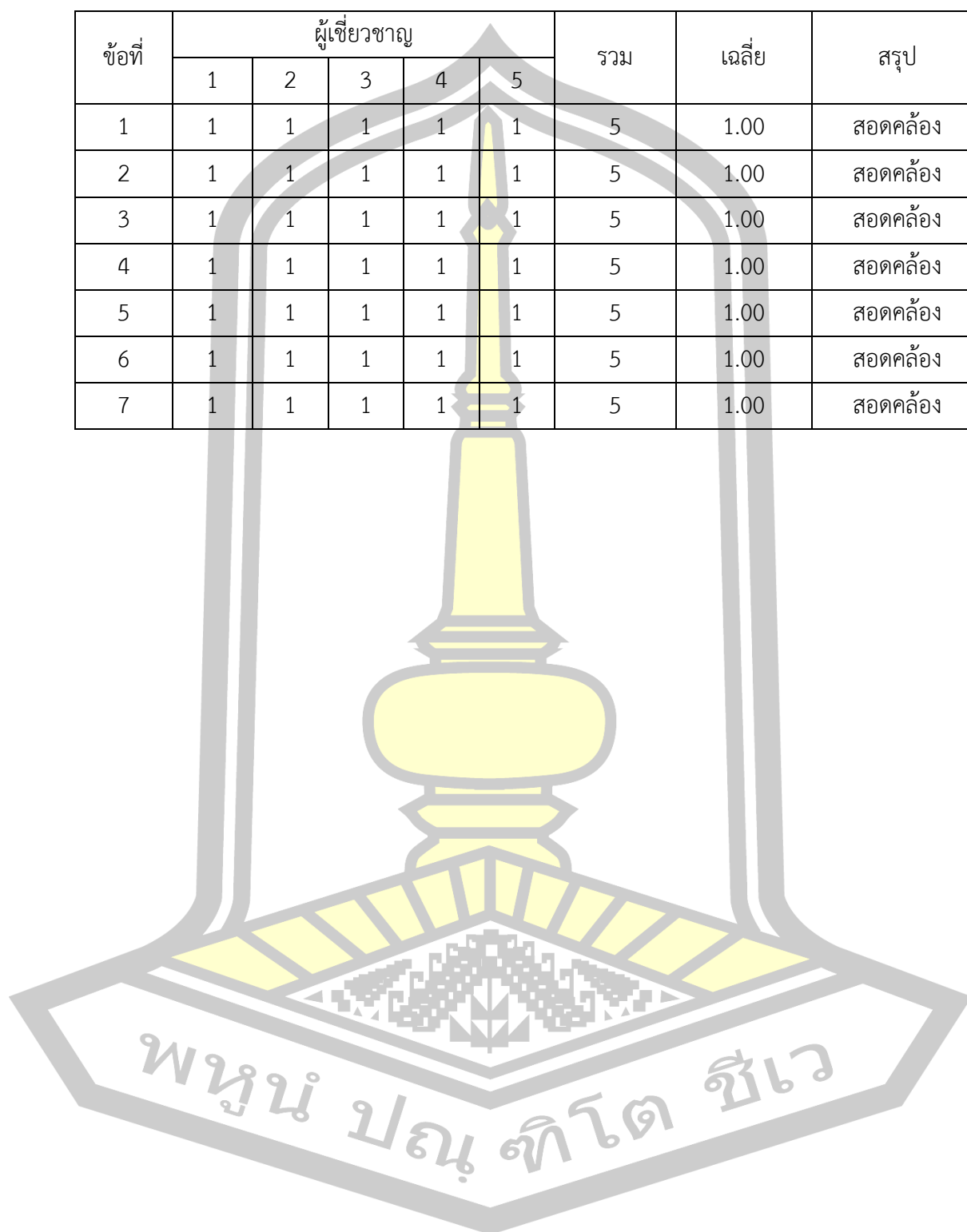
ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	สรุป
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
7	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
8	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
9	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
10	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
11	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
12	0	1	0	1	0	2	0.40	ไม่สอดคล้อง
13	0	1	0	0	1	2	0.40	ไม่สอดคล้อง
14	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
15	0	1	0	1	0	2	0.40	ไม่สอดคล้อง

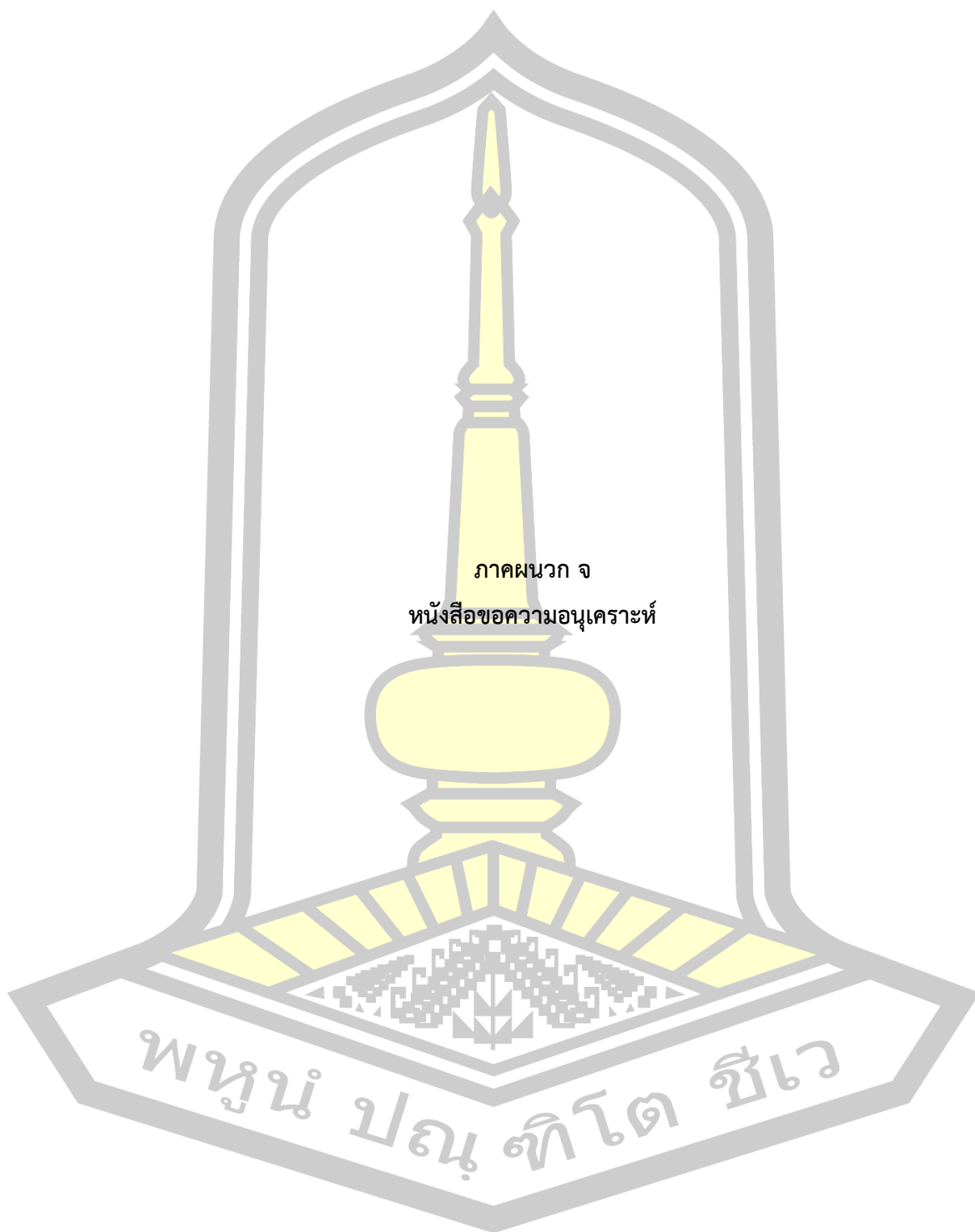
ตาราง 31 ดัชนีความสอดคล้อง (IC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ในวงจร
ปฏิบัติการที่ 4 จำนวน 4 ข้อ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	สรุป
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 32 ดัชนีความสอดคล้อง(IC)ของแบบสัมภาษณ์นักเรียนจำนวน 10 ข้อ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	สรุป
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
7	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง





ภาคผนวก จ
หนังสือขอความอนุเคราะห์

พหุ ประจักษ์ ชัยเว



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 088

12 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.สมทรง สิทธิ

ด้วย นางสาววิลาวรรณ จันโทวาท นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
 ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 088 12 มกราคม 2561
 เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ

ด้วย นางสาววิลาวรรณ จันโทวาท นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และ
 คณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนา
 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โมเดลการ
 แก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอน
 วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา
 วิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์
 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และ
 มีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้
 ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)
 รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
 คณบดีคณะศึกษาศาสตร์



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 088

12 มกราคม 2561

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.ภมรพรรณ ยุระยาตร์

ด้วย นางสาววิลาวรรณ จันโหวาท นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์



ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 088

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

12 มกราคม 2561

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางสาวสิริพร ภูหัวดอน

ด้วย นางสาววิลาวรรณ จันโหวาท นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0879205941



ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 088

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

12 มกราคม 2561

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางยุพิน พลเรือง

ด้วย นางสาววิลาวรรณ จันโหวาท นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0879205941



ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 088

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

12 มกราคม 2561

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางสาวสมพร พลจันทร์

ด้วย นางสาววิลาวรรณ จันโทวาท นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์

โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174

เบอร์โทรนิสิต 0879205941



ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 088

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

12 มกราคม 2561

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นายสวัสดิ์ จันทมนตรี

ด้วย นางสาววิลาวรรณ จันโหวาท นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0879205941



ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 088

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

12 มกราคม 2561

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นายทรงรัตน์ ภารสถิตย์

ด้วย นางสาววิลาวรรณ จันโทวาท นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์

โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174

เบอร์โทรนิสิต 0879205941

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาววิลาวรรณ จันโทวาท
วันเกิด	วันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ.2534
สถานที่เกิด	บ้านเลขที่ 163 หมู่ที่ 8 ตำบลหนองบ่อ อำเภอนาแก จังหวัดนครพนม 48130
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 163 หมู่ที่ 8 ตำบลหนองบ่อ อำเภอนาแก จังหวัดนครพนม 48130
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2550 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนนาแกสามัคคีวิทยา อำเภอนาแก จังหวัดนครพนม พ.ศ. 2553 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนนาแกสามัคคีวิทยา อำเภอนา แก จังหวัดนครพนม พ.ศ. 2557 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี พ.ศ. 2561 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการสอน วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูนุ์ ปณุ์ ทิโต ชีเว