



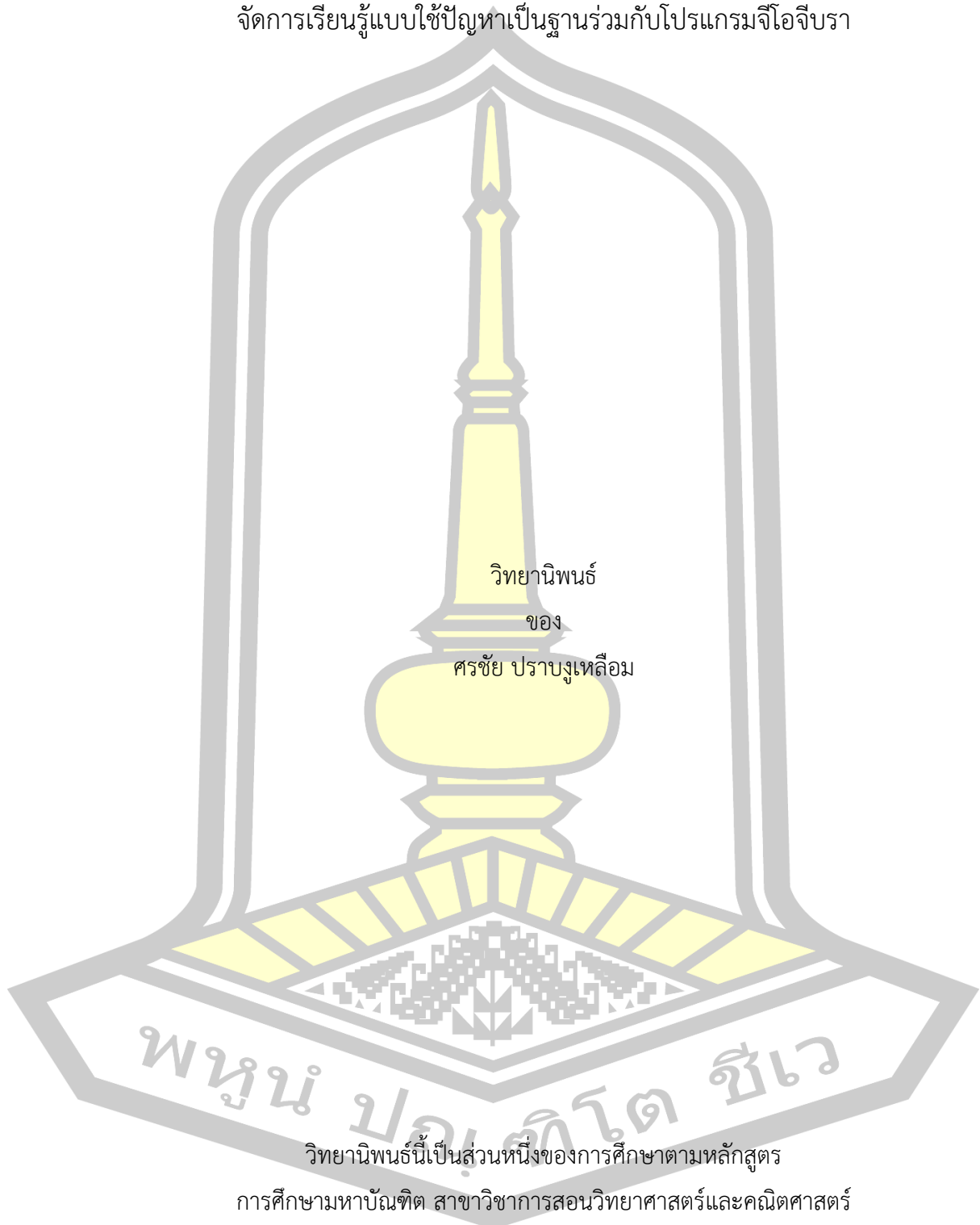
การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้
แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา

วิทยานิพนธ์
ของ
ศรชัย ปราบงเหลืออม

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
ปีการศึกษา 2560

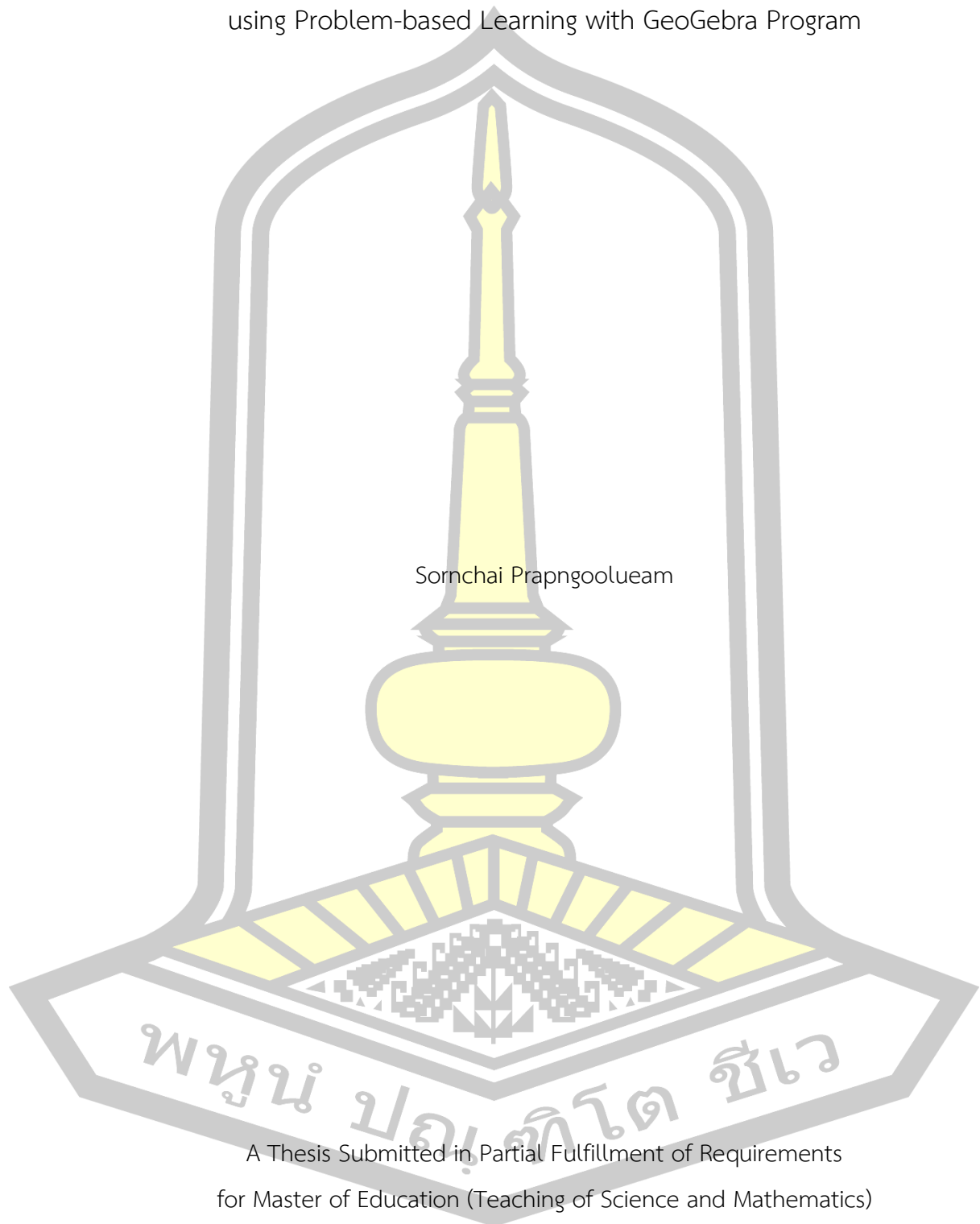
สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการ
จัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of Mathematical Connection skills of Grade 11 Students by
using Problem-based Learning with GeoGebra Program



Sornchai Prapngoolueam

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 ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนาย ศรชัย ปราบงูเหลือม
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา
การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ 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 สาขาวิชา การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัย
มหาสารคาม

.....
(ผศ. ดร. พชรวิทย์ จันทร์ศิริสิริ)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วัน.....เดือน.....ปี.....

ชื่อเรื่อง การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจีบรา

ผู้วิจัย ศรชัย ปราบงเหลืออม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนตรี ทองมูล

ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต **สาขาวิชา** การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีการศึกษา** 2560

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย คือ 1) เพื่อพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม 2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติกับระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจีบรา กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/6 โรงเรียนสารคามพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 26 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ซึ่งนักเรียนกลุ่มที่มีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน 37 คน รูปแบบการวิจัย คือ การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ซึ่งประกอบด้วย 3 วงจรปฏิบัติการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจีบรา 2) แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ 4) แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน 5) แบบสัมภาษณ์นักเรียน และ 6) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน

ผลวิจัยปรากฏดังนี้

1) นักเรียนมีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หลังจากที่ได้รับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจีบราในวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ

45.45 57.49 และ 62.78 ตามลำดับ เมื่อนำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ ผ่านเกณฑ์ และพอใช้ ตามลำดับ อีกทั้งจากการสังเกตพฤติกรรมการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์จากแบบสังเกตพฤติกรรมพบว่า นักเรียนสามารถระบุนิยามความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นในการแก้ปัญหาได้อย่างครบถ้วน และยังสามารถนำเอาความรู้เหล่านั้นมาทำการเชื่อมโยงกันอย่างเป็นเหตุเป็นผลได้ โดยครูเพียงแค่ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทาง และสนับสนุน

2) คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ มีความสัมพันธ์กันทางบวกด้วยระดับความสัมพันธ์สูงมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : ปัญหาเป็นฐาน, จีโอจีบรา, ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์, การวิจัยในชั้นเรียน



TITLE	Development of Mathematical Connection skills of Grade 11 Students by using Problem-based Learning with GeoGebra Program		
AUTHOR	Sornchai Prapngoolueam		
ADVISORS	Assistant Professor Doctor. 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' mathematical connection skills in order to pass the criteria of 50 percent of full score, 2) to study the relationship between the students' learning achievement and mathematical connection skills, and 3) to study the students' satisfaction toward the problem-based learning with GeoGebra program learning activities. The target group was 45 students of grade II student in academic year 2017 from Sarakhampittayakhom School, Muang, Maharakham. The research methodology is classroom action research which consists of three cycles. The research instruments were: 1) 12 lesson plans of the problem-based learning with GeoGebra program, 2) the mathematical connection skills test, 3) the learning achievement test, 4) the observation form, 5) the interview form, and 6) the satisfaction toward learning activity test. The data was analyzed by using mean, percentage, standard deviation and Pearson correlation coefficient. The results were as follows

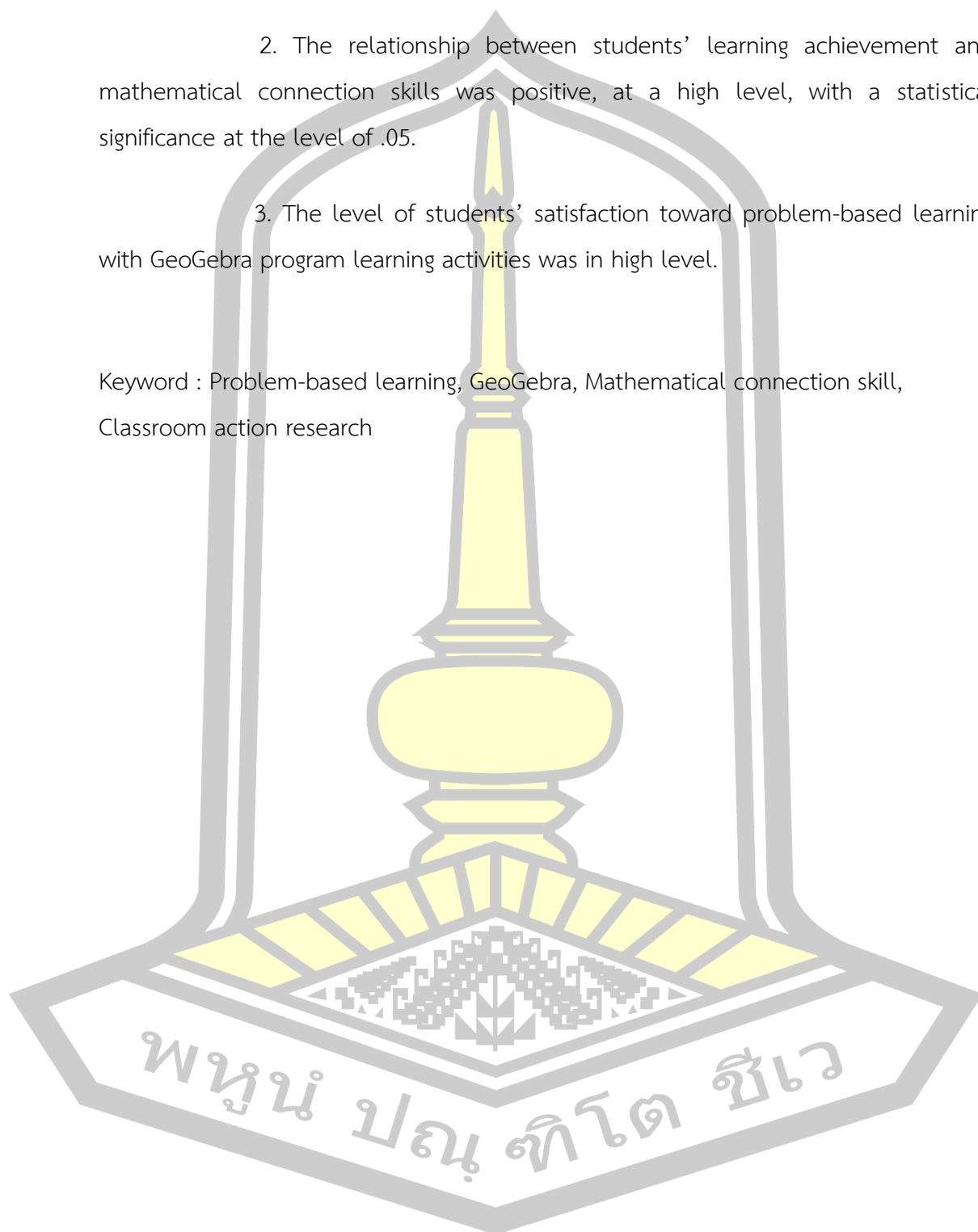
1. The students' mathematical connection skills mean scores in the first, the second, and the third cycle were 45.43, 57.47 and 62.76 percent respectively. Students can identify all mathematical knowledges which necessary to use in solving problems. Moreover, students be able to connect all mathematical knowledges together reasonably which a little recommendations guidance and

support from teacher.

2. The relationship between students' learning achievement and mathematical connection skills was positive, at a high level, with a statistical significance at the level of .05.

3. The level of students' satisfaction toward problem-based learning with GeoGebra program learning activities was in high level.

Keyword : Problem-based learning, GeoGebra, Mathematical connection skill, Classroom action research



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองมูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี วงษ์สะพาน ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมาน เอกพิมพ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน กรรมการสอบ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ตรวจและแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยตลอดจนคำแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการทำการวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนสารคามพิทยาคม คณะครูและนักเรียนโรงเรียนสารคามพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้โรงเรียนเป็นสถานที่เก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยและคอยอำนวยความสะดวกต่างๆทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัย ที่คอยให้การสนับสนุน คอยให้กำลังใจ ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่มีส่วนทำให้การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี

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

คุณค่าและประโยชน์จากการทำวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดามารดา ครู อาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้อันมีค่าแก่ผู้ศึกษาค้นคว้าจนสามารถจนสามารถจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ศรชัย ปรานงูเหลือม

พูน ปรนุ ทิโต ชีเว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
ขอบเขตการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์.....	9
ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์.....	12
การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....	31
โปรแกรมจีโอจีบรา (GeoGebra Program).....	44
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	48
ความสัมพันธ์และสหสัมพันธ์.....	59
ความพึงพอใจ.....	62
การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน.....	69
โรงเรียนสารคามพิทยาคม.....	77
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	79
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	83

กลุ่มเป้าหมาย.....	83
ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย	86
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	89
การเก็บรวบรวมข้อมูล	131
สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	134
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	136
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	136
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	136
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	137
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	161
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	161
สรุปผล	161
อภิปรายผล.....	162
ข้อเสนอแนะ	166
บรรณานุกรม.....	168
ภาคผนวก.....	178
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ.....	179
ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	182
ภาคผนวก ค ผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้.....	212
ภาคผนวก ง ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	219
ภาคผนวก จ คณะนักวิชาการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน.....	225
ภาคผนวก ฉ หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	232
ประวัติผู้เขียน.....	250

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตาราง 1 องค์ประกอบพฤติกรรมการคิดเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์.....	30
ตาราง 2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของสำนักงานมาตรฐานการศึกษาและ พัฒนาการเรียนรู้.....	42
ตาราง 3 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ	53
ตาราง 4 เกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ.....	54
ตาราง 5 เกณฑ์การแบ่งระดับนักเรียนจากแบบประเมินทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์.....	84
ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/6 จำนวน 45 คน.....	84
ตาราง 7 เกณฑ์สำหรับแปลความหมายของของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน.....	85
ตาราง 8 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ	88
ตาราง 9 ผลการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2560	91
ตาราง 10 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ.....	93
ตาราง 11 วิเคราะห์แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์.....	112
ตาราง 12 เกณฑ์การแปลความหมายระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากแบบทดสอบ วัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์.....	113
ตาราง 13 วิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ.....	116
ตาราง 14 พฤติกรรมบ่งชี้การมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้จากการ วิเคราะห์ตามองค์ประกอบของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์.....	124
ตาราง 15 ประเด็นที่ใช้ในการสัมภาษณ์เพื่อบ่งชี้การมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์.....	127
ตาราง 16 ประเด็นการสัมภาษณ์นักเรียนด้านการจัดการเรียนการสอน.....	128
ตาราง 17 คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์.....	138

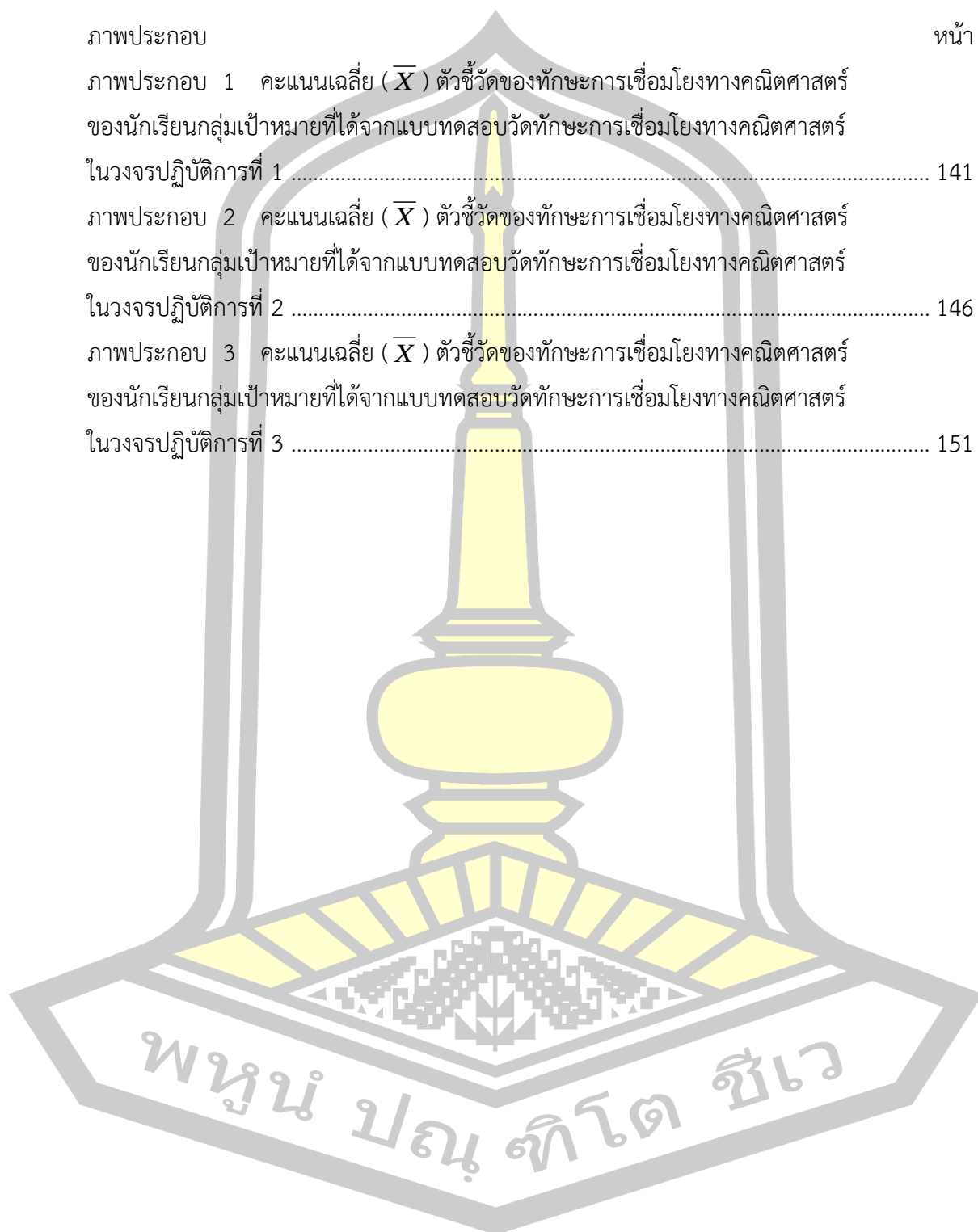
ตาราง 18 ระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 37 คน ที่ได้ จากแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1	142
ตาราง 19 ระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 37 คน ที่ได้ จากแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2	147
ตาราง 20 ระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 37 คน ที่ได้ จากแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3	152
ตาราง 21 ผลการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 เทียบกับ เกณฑ์ร้อยละ 50	154
ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับ โปรแกรมจีโอจีบราและคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3	155
ตาราง 23 ผลการทดสอบนัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนทักษะการเชื่อมโยง ทางคณิตศาสตร์และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ	158
ตาราง 24 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดกิจกรรม การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา	159
ตาราง 25 ผลผลการประเมินกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวงจรปฏิบัติการที่ 1	213
ตาราง 26 ผลผลการประเมินกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	215
ตาราง 27 ผลผลการประเมินกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3	217
ตาราง 28 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในวงจร ปฏิบัติการที่ 1 - 3 จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน	220
ตาราง 29 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 - 3 จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน	221

ตาราง 30	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความพึงพอใจ จำนวน 11 ข้อ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน.....	223
ตาราง 31	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน จำนวน 6 ข้อ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน	224
ตาราง 32	ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสัมภาษณ์นักเรียน จำนวน 6 ข้อ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน.....	224
ตาราง 33	คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1	226
ตาราง 34	คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	228
ตาราง 35	คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 3	230



สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
ภาพประกอบ 1 คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ตัวชี้วัดของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 1	141
ภาพประกอบ 2 คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ตัวชี้วัดของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2	146
ภาพประกอบ 3 คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ตัวชี้วัดของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 3	151



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีระเบียบแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วน รอบคอบ ช่วยคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา นำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่นๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 56)

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นสาระที่ 6 ได้กำหนดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไว้ 5 ทักษะ คือ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 47) โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะที่จำเป็นของนักเรียนซึ่งกระทรวงศึกษาธิการได้ระบุถึงการพัฒนาทักษะกระบวนการเชื่อมโยงว่า ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ที่ต้องการให้นักเรียนมีความรู้และพื้นฐานในการนำไปศึกษาต่อ จำเป็นจะต้องเชื่อมโยงเนื้อหาภายในวิชาคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ โดยใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้และแก้ปัญหาแล้ว ยังจำเป็นต้องนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ดังนั้นครูผู้สอนคณิตศาสตร์มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปรับเปลี่ยนวิธีสอนของตนให้เข้ากับยุคสมัย โดยจัดการเรียนการสอนด้วยการบูรณาการเนื้อหาสาระที่มีความเกี่ยวข้องกันมาสัมพันธ์ให้เป็นเรื่องเดียวกัน และจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในลักษณะที่เป็นองค์รวม และสามารถนำความรู้ ความเข้าใจไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ (ทีศนา แคมมณี, 2559: 146-147) สอดคล้องกับแนวคิดของการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ หรือ PISA (Program for International Student Assessment) ซึ่งองค์กรที่รับผิดชอบคือ OECD (Organization for the Economic Cooperation and Development) ซึ่งเป็นองค์กรของ 34 ประเทศที่พัฒนาแล้วทางเศรษฐกิจ ซึ่งข้อสอบ PISA เป็นข้อสอบที่ออกแบบมาเพื่อทดสอบว่านักเรียนจะสามารถนำสิ่งที่ได้เรียนในห้องเรียน ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิต

จริงหรือสถานการณ์จริงได้หรือไม่ โดยข้อสอบ PISA ไม่ได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับความจำด้านเนื้อหา
 ของนักเรียน แต่เป็นการทดสอบว่านักเรียนมีทักษะในการอ่านเพื่อทำความเข้าใจกับปัญหา และ
 สามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมหรือไม่ ซึ่งในปี 2015 พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนการ
 สอบ PISA ในวิชาคณิตศาสตร์เฉลี่ย 415 คะแนน จากคะแนนเต็ม 1,000 คะแนน โดยจัดอยู่ในกลุ่มที่
 ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD โดยมีคะแนนเฉลี่ยทั่วโลกอยู่ที่ 490 คะแนน (OECD, 2017) จากผล
 คะแนนดังกล่าวสามารถบอกได้ว่านักเรียนไทยมีทักษะทางคณิตศาสตร์ที่ต่ำเมื่อเทียบกับนักเรียนใน
 ประเทศอื่น เพื่อเป็นการยืนยันปัญหาเกี่ยวกับทักษะทางคณิตศาสตร์โดยเฉพาะทักษะการเชื่อมโยง
 ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทย ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่
 อ้างอิงมาจากการวิจัยของ อรรถเจษฎ์ ชูช่วยสุวรรณ (2552: 94-112) ซึ่งเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการ
 พัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ภายในวิชาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ข้อสอบที่ใช้
 เป็นข้อสอบแบบอัตนัยที่ให้นักเรียนได้เขียนอธิบายแนวคิด องค์กรความรู้ต่างๆ และการนำเอาแนวคิด
 และองค์ความรู้เหล่านั้นมาทำการเชื่อมโยงเพื่อทำการแก้สถานการณ์ปัญหา มาทดสอบกับนักเรียนชั้น
 มัธยมศึกษาปีที่ 5/6 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม ปีการศึกษา 2560 จำนวน 45
 คน ซึ่งผู้วิจัยเลือกแบบทดสอบมาใช้จำนวน 2 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 8 คะแนน
 จากนั้นผู้วิจัยได้นำคะแนนของนักเรียนแต่ละคนที่ได้มาเทียบเป็นร้อยละ เพื่อนำไปจัดระดับทักษะการ
 เชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งคะแนนจากแบบทดสอบถูกแบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ
 คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ระดับดีมาก ดี พอใช้ ผ่านเกณฑ์ และต่ำกว่าเกณฑ์ (สำนัก
 นิเทศและพัฒนามาตรฐานการศึกษา, 2545: 126 อ้างอิงจาก อรรถเจษฎ์ ชูช่วยสุวรรณ, 2552: 67)
 พบว่าไม่มีนักเรียนที่ได้คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในระดับดีมากและดี แต่มีนักเรียนที่
 ได้คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในระดับพอใช้จำนวน 4 คน ในระดับผ่านเกณฑ์ร้อยละ
 50 ของคะแนนเต็ม จำนวน 4 คน และในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน 37
 คน ซึ่งนักเรียนในกลุ่มระดับต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็มนี้จะไม่สามารถนำความรู้ทาง
 คณิตศาสตร์ต่างๆที่ได้เรียนมาแล้วมาทำการเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้
 บางคนสามารถนำความรู้มาเชื่อมโยงได้ แต่เป็นความรู้ที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่กำหนด นั่นคือ
 นักเรียนไม่สามารถระบุได้อย่างถูกต้องว่าในแต่ละปัญหานั้นจำเป็นต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่อง
 ไตบ้าง ส่งผลให้คำตอบหรือกระบวนการที่ได้มีความผิดพลาด

ผู้วิจัยจึงได้ทำการค้นคว้าแนวคิดและทฤษฎีด้านการเรียนและการสอนเพื่อที่จะนำมาใช้ใน
 การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน พบว่าการที่นักเรียนจะพัฒนาความคิด
 ทางคณิตศาสตร์ได้ดีนั้น สถานการณ์ปัญหาที่ครูนำมาจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดทาง
 คณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่สำคัญ การเรียนการสอนต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง
 อย่างอิสระซึ่งมีส่วนร่วมช่วยในการจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและ

ความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล และผู้สอนควรทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษา ให้คำแนะนำและชี้แนะข้อบกพร่องของผู้เรียน นอกจากนี้การจัดการเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียน เรียนเป็นกลุ่ม มีการร่วมกันคิด ร่วมกันแก้ปัญหา อภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันละกัน จะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทั้งด้านความรู้ ทักษะ/กระบวนการคิด และมีประสบการณ์มากขึ้น (สสวท., 2560: 172-173) ซึ่งจะเห็นได้ว่าสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning: PBL) โดยการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัด สภาพการณ์ของการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตาม เป้าหมาย โดยผู้สอนอาจนำผู้เรียนไปเผชิญกับปัญหาจริง หรือผู้สอนอาจจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียน เผชิญกับปัญหา และฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาพร้อมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้ ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน ได้เห็นทางเลือกและวิธีการที่หลากหลายในการ แก้ปัญหา รวมทั้งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิดและกระบวนการแก้ปัญหา ต่างๆ (ทศนา แคมมณี, 2559: 137-138) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน สามารถพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้ เนื่องจากเป็นรูปแบบการเรียน การสอนที่ให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหาจริง ได้คิดและหาหนทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง มีการร่วมกัน คิด ร่วมกันแก้ปัญหา อภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันละกัน นอกจากนี้ สื่อการเรียนก็ จัดเป็นส่วนหนึ่งในการจัดการเรียนการสอนที่จะช่วยให้เพิ่มความเข้าใจในด้านเนื้อหาของนักเรียน ได้มากขึ้น เนื่องจากสื่อการเรียนรู้เป็นเครื่องมือส่งเสริมและสนับสนุนการจัดกระบวนการเรียนรู้ ให้ นักเรียนเข้าถึงความรู้ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะตามมาตรฐานของหลักสูตรได้อย่างมี ประสิทธิภาพ สื่อการเรียนรู้มีอยู่หลายประเภท ทั้งสื่อธรรมชาติ สื่อสิ่งพิมพ์ สื่อเทคโนโลยี และ เครื่องมือการเรียนรู้ต่างๆที่มีอยู่ในท้องถิ่น การเลือกใช้สื่อควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับระดับของ พัฒนาการ และรูปแบบการเรียนรู้ที่หลากหลายของผู้เรียน การจัดหาสื่อการเรียนรู้ ผู้เรียนและผู้สอน สามารถจัดทำและพัฒนาขึ้นเอง หรือปรับปรุงเลือกใช้อย่างมีคุณภาพจากสื่อต่างๆที่มีอยู่รอบตัว เพื่อ นำมาใช้ประกอบในการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมและสื่อสารให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553: 6-7)

สื่อโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบันนี้ เนื่องจากเป็นสื่อการ เรียนรู้ที่สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียน อีกทั้งในปัจจุบันมีการพัฒนาโปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน ต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นประกอบกับการพัฒนาความเร็วในการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ที่ เร็วกว่าเดิมเป็นอย่างมาก อันจะส่งผลให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายและมากกว่าเดิม รวมทั้งยังสามารถ ช่วยในเรื่องกระบวนการเรียนการสอนของตัวผู้สอนด้วย เพราะในตัวโปรแกรมมีเครื่องมือต่างๆที่ สามารถใช้งานได้ทันทีและมีความแม่นยำมากกว่าการวาดหรือคำนวณด้วยตัวเองเป็นอย่างมาก ส่งผล ให้ครูสามารถใช้เวลากับการสอนทฤษฎีและเนื้อหา เทคนิคต่างๆได้มากขึ้น โดยปัจจุบันมีโปรแกรม

ทางคณิตศาสตร์ที่มีชื่อว่า จีโอจีบรา (GeoGebra Program) ซึ่งเป็นโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับความนิยมจากครูคณิตศาสตร์และผู้ใช้มากกว่าหนึ่งล้านคนทั่วโลก (International GeoGebra Institute: 2017) โปรแกรมจีโอจีบราได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีประสิทธิภาพเพียงพอในการนำมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนได้ โปรแกรมจีโอจีบราเป็นโปรแกรมประเภทที่สามารถนำมาใช้งานได้ฟรี (Freeware) โดยไม่ต้องเสียเงินหรือค่าลิขสิทธิ์ใดๆทั้งสิ้น อันเกิดจากการร่วมมือกันในการพัฒนาของบุคคลต่างๆในวงการคณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนและผู้สอนมีโปรแกรมที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยไม่มีข้อผูกมัดทางด้านลิขสิทธิ์ อีกทั้งหากผู้ใช้งานมีความสามารถในการเขียนโปรแกรมยังสามารถช่วยปรับปรุงแก้ไขให้โปรแกรมมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นได้ โปรแกรมจีโอจีบราเป็นโปรแกรมทางคณิตศาสตร์แบบพลวัต (Dynamic Mathematics Software) ที่เหมาะกับการศึกษาในทุกระดับชั้น โดยสามารถนำความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ในด้านต่างๆมาประยุกต์เพื่อสร้างเป็นเครื่องมือ จำลอง และสื่อการสอนได้ เช่น เรขาคณิต พีชคณิต กราฟ สถิติ และแคลคูลัส เป็นต้น ซึ่งสามารถสร้างได้อย่างสะดวกและรวดเร็วเพราะมีเครื่องมือสำเร็จรูปที่โปรแกรมมีให้แล้วอย่างมากมาย เช่น เครื่องมือวงกลม เส้นตรง การวัดขนาด เครื่องมือวาดกราฟ เป็นต้น โปรแกรมจีโอจีบรา ได้รับความนิยมอย่างรวดเร็ว โดยมีผู้ใช้งานมากกว่าหนึ่งล้านคนจากทั่วทุกมุมโลก อีกทั้งยังเป็นผู้นำในด้านโปรแกรมทางคณิตศาสตร์แบบพลวัต เพราะสนับสนุนการใช้งานทางด้านวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineer) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) หรือ STEM ซึ่งเป็นนวัตกรรมการเรียนการสอนที่มีการใช้ทั่วโลก (International GeoGebra Institute, 2017) ดังนั้น เมื่อนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนร่วมกับสื่อที่สร้างโปรแกรมจีโอจีบรา ผู้วิจัยคาดว่าจะส่งผลให้ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงขึ้น และจะทำให้บรรยากาศของการเรียนรู้ในห้องเรียนไม่น่าเบื่อ อันจะส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้นสอดคล้องกับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และนักเรียนเกิดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

จากเหตุผลและสภาพปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้นำกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับสื่อที่สร้างจากโปรแกรมจีโอจีบรา มาช่วยแก้ปัญหาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อให้ นักเรียนมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ทุกคนให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติกับระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจีบรา

ขอบเขตการวิจัย

การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจีบรา มีขอบเขตในการศึกษาดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/6 โรงเรียนสารคามพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 26 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 37 คน ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้มีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน 37 คน

2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือ

2.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม

จีไอจีบรา

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

2.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่นำมาใช้ในการวิจัย ได้แก่ เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 12 แผนการเรียนรู้ เวลาเรียน 12 ชั่วโมง

4. ระยะเวลาในการวิจัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560

นียมศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจิบรา หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนเป็นผู้จัดสภาพแวดล้อมที่เป็นปัญหาหรือเสนอสถานการณ์ปัญหาแก่ผู้เรียน อีกทั้งยังกระตุ้นและส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดหาหนทางร่วมกันเพื่อแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง โดยมีการบูรณาการความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา ซึ่งปัญหาที่ใช้จะเป็นปัญหาในชีวิตประจำวันหรือเกี่ยวข้องกับตัวผู้เรียน เพื่อเป็นการให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน โดยที่ครูและนักเรียนจะมีบทบาทในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ครูจัดสถานการณ์ต่างๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหา สามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่ผู้เรียนอยากรู้อยากเรียนได้และเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ

ขั้นตอนที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา ผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนจะต้องสามารถอธิบายสิ่งต่างๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ โดยครูมีหน้าที่ในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิด และช่วยแนะนำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้เรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียน ดำเนินการศึกษา ค้นคว้า/ศึกษาและทำการบันทึกด้วยตนเอง จากแหล่งความรู้ต่างๆ โดยบทบาทของครูคือการอำนวยความสะดวกในด้านของแหล่งการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน ซึ่งประกอบด้วย หนังสือเรียน ใบความรู้ และสื่อที่สร้างจากโปรแกรมจีไอจิบรา โดยเฉพาะสื่อที่สร้างจากโปรแกรมจีไอจิบราที่ครูจะแสดงให้นักเรียนได้ทำการสังเกตปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงต่างๆ จากนั้นให้นักเรียนทำการวิเคราะห์และจดบันทึก

ขั้นตอนที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผลและสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยครูมีหน้าที่ในการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอด

ขั้นตอนที่ 5 สรุปและประเมินคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของตนเอง และประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเอง ทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง โดยครูจะมีหน้าที่ในการตรวจสอบการสร้าองค์ความรู้ของนักเรียนว่ามีความถูกต้องหรือไม่

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้ และนำเสนอผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย โดยครูจะทำการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนโดยการ ใช้แบบทดสอบ

2. โปรแกรมจีโอจีบรา หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ที่บูรณาการกันระหว่างเรขาคณิตและพีชคณิตโดยเมื่อทำการป้อนข้อมูลทางพีชคณิตเข้าไปหรือทำการปรับค่าต่างๆ โปรแกรมจะทำการประมวลผลแล้วแสดงออกมาเป็นภาพทางเรขาคณิตที่สอดคล้องกัน ทำให้นักเรียนสามารถสืบเสาะ ค้นหา คาดเดา และสรุปผลได้ด้วยตนเอง

3. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการที่อาศัยการคิด วิเคราะห์ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการนำความรู้ หลักการทางคณิตศาสตร์มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างความรู้ และทักษะ/กระบวนการที่มีเนื้อหาคณิตศาสตร์กับงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา และการเรียนรู้ใหม่ที่มีความซับซ้อนขึ้น ซึ่งประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ ได้แก่

3.1 การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆ คือ สามารถนำความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และเป็นเหตุเป็นผลได้ บอกได้ว่าต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดบ้างในการแก้ปัญหา และประเมินได้ว่าต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดก่อนและเรื่องใดหลัง

3.2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริงได้ คือ สามารถใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ต่างๆที่ได้เรียนรู้ไปแล้วไปประยุกต์ เชื่อมโยง และผสมผสาน เพื่อแก้ปัญหาใหม่และปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พบในชีวิตจริงได้ และประเมินความถูกต้องของคำตอบกับสถานการณ์จริงได้

ซึ่งประเมินได้จากการทำแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเป็นข้อสอบแบบอัตนัยที่ให้นักเรียนได้เขียนอธิบายแสดงวิธีการเชื่อมโยงเพื่อแก้ปัญหาของสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ จำนวนวงจรถ้าปฏิบัติการละ 1 ชุด และในแต่ละชุดประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหาจำนวน 2 สถานการณ์ อีกทั้งทำการวัดโดยการสัมภาษณ์นักเรียนและสังเกตพฤติกรรมนักเรียน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จในการเรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ซึ่งวัดได้จากคะแนนที่ทำจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ โดยใช้แบบทดสอบ 1 ชุด สำหรับแต่ละวงจรถ้าปฏิบัติการ โดยภายใน 1 ชุด ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 8 ข้อ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 6 ข้อ และแบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

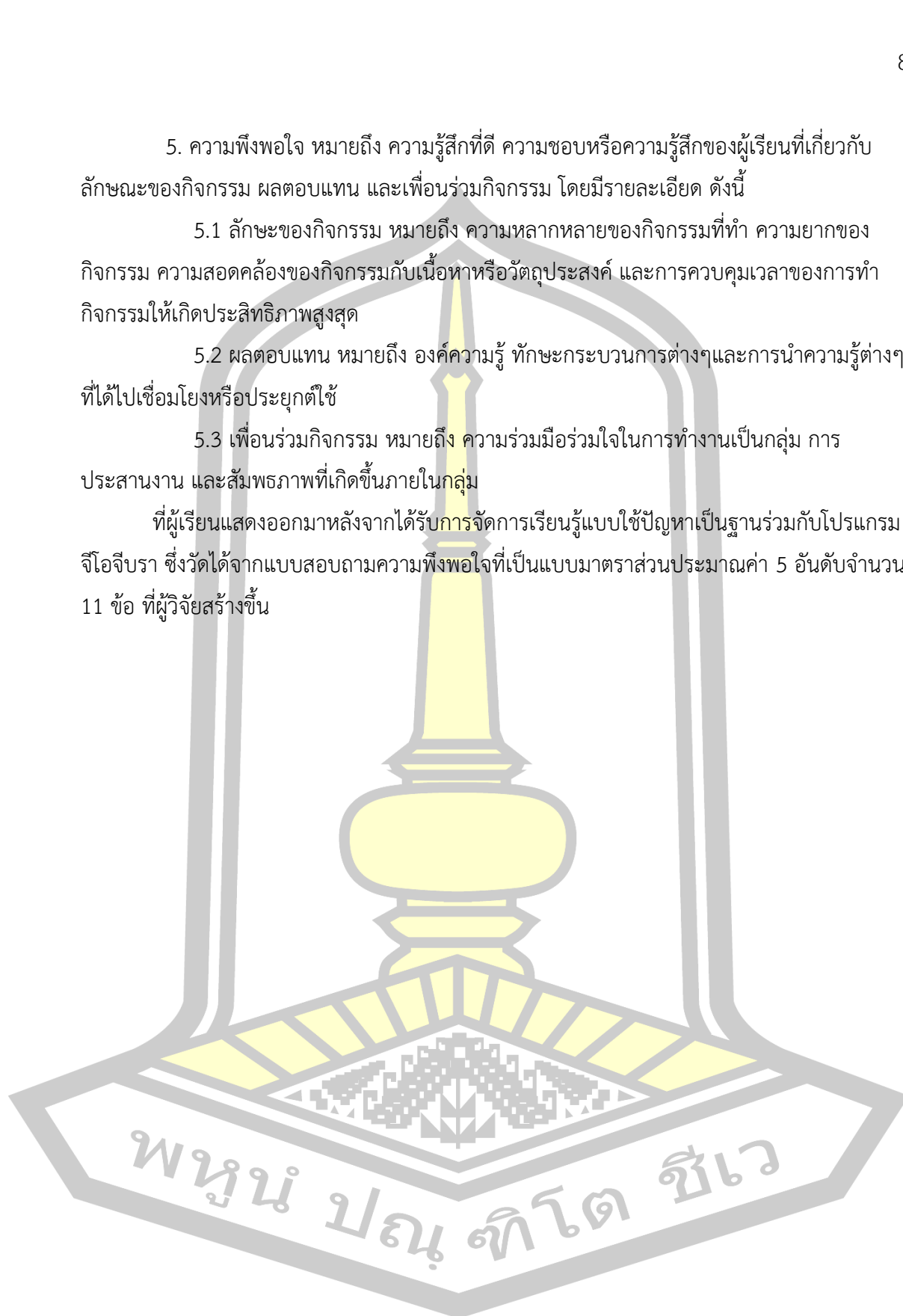
5. ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่ดี ความชอบหรือความรู้สึกของผู้เรียนที่เกี่ยวกับลักษณะของกิจกรรม ผลตอบแทน และเพื่อนร่วมกิจกรรม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

5.1 ลักษณะของกิจกรรม หมายถึง ความหลากหลายของกิจกรรมที่ทำ ความยากของกิจกรรม ความสอดคล้องของกิจกรรมกับเนื้อหาหรือวัตถุประสงค์ และการควบคุมเวลาของการทำกิจกรรมให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

5.2 ผลตอบแทน หมายถึง องค์ความรู้ ทักษะกระบวนการต่างๆและการนำความรู้ต่างๆที่ได้ไปเชื่อมโยงหรือประยุกต์ใช้

5.3 เพื่อนร่วมกิจกรรม หมายถึง ความร่วมมือร่วมใจในการทำงานเป็นกลุ่ม การประสานงาน และสัมพันธภาพที่เกิดขึ้นภายในกลุ่ม

ที่ผู้เรียนแสดงออกมาหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ซึ่งวัดได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจที่เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับจำนวน 11 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
2. ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
4. โปรแกรมจีโอจีบรา
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
6. ความสัมพันธ์และสหสัมพันธ์
7. ความพึงพอใจ
8. การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน
9. โรงเรียนสารคามพิทยาคม
10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 10.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 10.2 งานวิจัยต่างประเทศ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ช่วงชั้นที่ 4 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6)

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้งานในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวน และความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และสามารถใช้ในการดำเนินการในการแก้ปัญหาได้

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหาได้

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจในระบบจำนวนและสามารถนำเสนอสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้ได้

สาระที่ 2 การวัด

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด

มาตรฐาน ค 2.2 วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัดได้

มาตรฐาน ค 2.3 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัดได้

สาระที่ 3 เรขาคณิต

มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติได้

มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนิกภาพ (Visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (Spatial Reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (Geometric Model) ในการแก้ปัญหาได้

สาระที่ 4 พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.1 อธิบายและวิเคราะห์แบบรูป (Pattern) ความสัมพันธ์และฟังก์ชันต่างๆได้

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อื่นๆ แทนสถานการณ์ต่างๆตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหาได้

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลได้

มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติ และความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในภาคการณได้อย่างสมเหตุสมผล

มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหาได้

สาระที่ 6 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 6.2 มีความสามารถในการให้เหตุผล

มาตรฐาน ค 6.3 มีความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

มาตรฐาน ค 6.4 มีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้

มาตรฐาน ค 6.5 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

พูน บณุกิจโต ชิว

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้แบ่งสาระที่เป็นองค์ความรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ออกเป็น 6 สาระ และสาระที่ 6 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

จะประกอบด้วย 5 มาตรฐาน ซึ่งประกอบด้วยทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการให้เหตุผล ทักษะในการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ แต่การวิจัยในครั้งนี้ มุ่งศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดังนั้นจึงขอกำหนดเฉพาะมาตรฐานที่เกี่ยวข้องในการวิจัยครั้งนี้ คือ มาตรฐานการเชื่อมโยงในระดับมัธยมศึกษา ช่วงชั้นที่ 4 ซึ่งทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550: 38) ได้กำหนดไว้ดังนี้

มาตรฐาน ค 6.4 มีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้

1. เชื่อมโยงความรู้เนื้อหาต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ
2. นำความรู้และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และในการดำรงชีวิต

ซึ่งสอดคล้องกับ กรมวิชาการ (2544: 26-27) ที่ได้กล่าวไว้ว่า ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ มีองค์ประกอบที่จำเป็น ดังนี้

1. การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่าง ๆ ได้ คือ สามารถนำความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ มาใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และเป็นเหตุเป็นผลได้ บอกได้ว่าต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดบ้างในการแก้ปัญหา ประเมินได้ว่าต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดก่อนและเรื่องใดหลัง
2. การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริงได้ คือ สามารถใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้ไปแล้วไปประยุกต์ เชื่อมโยง และผสมผสาน เพื่อแก้ปัญหาใหม่และปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พบในชีวิตจริงได้ และประเมินความถูกต้องของคำตอบกับสถานการณ์จริงได้

จากมาตรฐาน ค 6.4 ผู้วิจัยสนใจศึกษาการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 องค์ประกอบ โดยอ้างอิงองค์ประกอบของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์จากกรมวิชาการเป็นหลัก เนื่องจากให้รายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบไว้อย่างละเอียดและชัดเจน อันจะส่งผลให้การสร้างเครื่องมือและการจัดการเรียนรู้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด

ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ความหมายของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (The National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 1991: 102) ได้ให้ความหมายของการเชื่อมโยงไว้ว่า คือ การผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกันให้รวมเป็นองค์ประกอบเดียวกันซึ่งแบ่งออกเป็น

1. การเชื่อมโยงภายในวิชา เป็นการนำเนื้อหาภายในวิชาเดียวกัน ไปสัมพันธ์กันให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ความรู้ และทักษะไปใช้ในชีวิตจริง ช่วยนักเรียนให้ทำความเข้าใจถึงความแตกต่างของเนื้อหาวิชา รวมทั้งพีชคณิต เรขาคณิต และตรีโกณมิติ ซึ่งจะทำให้การเรียนรู้ของผู้เรียนมีความหมาย

2. การเชื่อมโยงระหว่างวิชา เป็นการรวมศาสตร์ต่าง ๆ ตั้งแต่ 2 สาขาขึ้นไปภายใต้เนื้อเรื่องที่เกี่ยวข้องกันให้มาสัมพันธ์กัน เช่น วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ สังคม กีฬาหรือศิลปะ เป็นการเรียนรู้โดยใช้ความรู้ ความเข้าใจและทักษะในวิชาต่าง ๆ มากกว่า 1 วิชาขึ้นไป จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างลึกซึ้งและตรงกับสภาพชีวิตจริง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550: 83) กล่าวว่า ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการที่อาศัยการคิด วิเคราะห์ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการนำความรู้ หลักการทางคณิตศาสตร์มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างความรู้และทักษะ/กระบวนการที่มีเนื้อหาคณิตศาสตร์กับงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา และการเรียนรู้ใหม่ที่มีความซับซ้อนขึ้น นอกจากนี้ กรมวิชาการ (2544: 26-27) ได้กล่าวเสริมไว้ว่า ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ มีองค์ประกอบที่จำเป็น ดังนี้

1. การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆได้ คือ สามารถนำความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และเป็นเหตุเป็นผลได้ บอกได้ว่าต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดบ้างในการแก้ปัญหา ประเมินได้ว่าต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดก่อนและเรื่องใดหลัง

2. การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริงได้ คือ สามารถใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ต่างๆที่ได้เรียนรู้ไปแล้วไปประยุกต์ เชื่อมโยง และผสมผสาน เพื่อแก้ปัญหาใหม่และปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พบในชีวิตจริงได้ และประเมินความถูกต้องของคำตอบกับสถานการณ์จริงได้

จากเอกสารและงานวิจัยต่างๆข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้นำเอาแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและกรมวิชาการมาใช้ เนื่องจากเป็นสถาบันทางการศึกษาที่มีความ

น่าเชื่อถือ อีกทั้งยังเป็นสถาบันของประเทศที่รับผิดชอบการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งได้ให้ความหมายของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า เป็นกระบวนการที่อาศัยการคิด วิเคราะห์ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการนำความรู้ หลักการทางคณิตศาสตร์มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างความรู้และทักษะ/กระบวนการที่มีเนื้อหาคณิตศาสตร์กับงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา และการเรียนรู้ใหม่ที่มีความซับซ้อนขึ้น ซึ่งทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ ได้แก่

1. การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆได้ คือ สามารถนำความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และเป็นเหตุเป็นผลได้ บอกได้ว่าต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดบ้างในการแก้ปัญหา ประเมินได้ว่าต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดก่อนและเรื่องใดหลัง

2. การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริงได้ คือ สามารถใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ต่างๆที่ได้เรียนรู้ไปแล้วไปประยุกต์ เชื่อมโยง และผสมผสาน เพื่อแก้ปัญหาใหม่และปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พบในชีวิตจริงได้ และประเมินความถูกต้องของคำตอบกับสถานการณ์จริงได้

รูปแบบการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550: 83-96) กล่าวว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 แบบ คือ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ โดยการรวมและนำความรู้ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้กับสถานการณ์ในชีวิตจริงด้วย อีกทั้งการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นการนำความรู้และทักษะกระบวนการต่างๆทางคณิตศาสตร์ไปสัมพันธ์กัน อย่างเป็นเหตุเป็นผลทำให้สามารถแก้ไขปัญหาต่างๆได้ด้วยหลากหลายวิธีหรือในแบบที่กะทัดรัดขึ้น และทำให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีความหมายสำหรับนักเรียนมากยิ่งขึ้น ซึ่งอาจแบ่งแยกออกเป็นการเชื่อมโยง 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาสาระทางคณิตศาสตร์ และด้านวิธีการทางคณิตศาสตร์ ในทางปฏิบัติการเชื่อมโยงทั้งสองด้านไม่สามารถแยกออกจากกันได้โดยเด็ดขาด และยังคงกล่าวเพิ่มเติมอีกว่า การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ เป็นการนำความรู้และทักษะกระบวนการต่างๆทางคณิตศาสตร์ไปสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลไปสัมพันธ์กับเนื้อหาสาระของศาสตร์อื่นๆ เช่น วิทยาศาสตร์ ดาราศาสตร์ พันธุกรรมศาสตร์ จิตวิทยา และเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น ทำให้การเรียนคณิตศาสตร์มีความน่าสนใจ มีความหมาย และนักเรียนเห็นความสำคัญของการเรียนคณิตศาสตร์ ตัวอย่าง การใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้และใช้ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เช่น ปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนหน่วยอุณหภูมิ อุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิของร่างกายนิยมบอกเป็น

องศาเซลเซียสและองศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งเป็นหน่วยของอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เพื่อให้มีความเข้าใจที่ตรงกัน นักวิทยาศาสตร์จึงต้องมีการคิดสูตรในการเปลี่ยนหน่วยของอุณหภูมิ

จากรูปแบบการเชื่อมโยงรูปแบบการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า เป็นการรวบรวมและนำองค์ความรู้ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหาต่างๆด้วยวิธีการที่หลากหลายหรือในแบบที่มีความกะทัดรัดมากขึ้น โดยสามารถแบ่งรูปแบบการเชื่อมโยงออกได้เป็น 2 รูปแบบด้วยกันคือ การเชื่อมโยงความรู้ภายในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างศาสตร์ต่างๆ ซึ่งเป็นการนำความรู้ ทักษะ/กระบวนการต่างๆทางคณิตศาสตร์ไปสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผล ซึ่งอาศัยความรู้ในเรื่องเลขยกกำลัง ใช้เรื่องผลบวกของอนุกรมในงานศิลปะ และการออกแบบบางชนิดใช้ความรู้ในเรื่องเรขาคณิต

การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยง

กรมวิชาการ (2544: 200-202) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้และมีพื้นฐานในการที่จะนำไปศึกษาต่อนั้น จำเป็นต้องบูรณาการเนื้อหาต่าง ๆ ในวิชาคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เช่น การใช้ความรู้ในเรื่องเซตในการให้คำจำกัดความหรือบทนิยามในเรื่องต่าง ๆ เช่น บทนิยามของฟังก์ชันในรูปของเซต บทนิยามของลำดับในรูปของฟังก์ชัน นอกจากการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันแล้วยังมีการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ โดยใช้คณิตศาสตร์ในการเรียนรู้และใช้ในการแก้ปัญหา เช่น เรื่องการเงิน การคิดดอกเบี้ยทบต้น

จรรยา ภูอุดม (2545: 23-24) ได้ให้หลักการในการคัดเลือกหรือใช้สถานการณ์ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนตามเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1. เป็นสถานการณ์แบบองค์รวม มีการบูรณาการเนื้อหา เน้นมโนคติหรือแนวคิดหลัก การสอนคณิตศาสตร์ที่แยกเป็นส่วน ๆ ทำให้นักเรียนไม่สามารถสร้างมโนคติที่เป็นภาพรวมและนำคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถสร้างมโนคติที่เป็นภาพรวมจากส่วนย่อย ๆ ได้ แต่จะจำเฉพาะลักษณะที่เป็นส่วนย่อย ๆ ในทางตรงข้าม เมื่อมโนคติถูกนำเสนอในลักษณะที่เป็นภาพรวม นักเรียนจะหาวิธีการสร้างความหมายโดยการแยกภาพรวมออกเป็นส่วน ๆ เพื่อให้สามารถมองเห็นและเข้าใจได้ ส่วนการเน้นมโนคติหลักก็เนื่องมาจากจุดประสงค์การเรียนรู้ทุกจุดประสงค์ไม่ได้มีความสำคัญเท่ากันทั้งหมด บางจุดประสงค์เป็นเพียงกรณีเฉพาะหรือเป็นผลที่ได้โดยอ้อมจากการเรียนรู้บางจุดประสงค์ นอกจากนี้ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นความสำคัญทุกจุดประสงค์จะทำให้เวลาที่มีในหลักสูตรไม่เพียงพอสำหรับจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้คิดอย่างจริงจัง การจัดบรรยากาศการเรียนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้โดยการกระทำจะต้องไม่เป็นบรรยากาศที่อัดแน่นด้วยเนื้อแต่เป็นการเน้น ที่แนวคิดใหญ่ ๆ จึงต้องมีการวิเคราะห์เพื่อตัดสินว่าจะเลือกจุดประสงค์ใดที่เป็นจุดประสงค์หลักสำหรับจัดประสบการณ์การเรียนรู้ โดยอาจใช้การสร้างแผนผังมโนคติ (Concept

Maps) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ เนื่องจากแผนผังมโนคติเป็นระบบการแทนความรู้ที่มีโครงสร้างเป็นลำดับขั้นมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันระหว่างมโนคติต่าง ๆ สามารถแสดงให้เห็นถึงเนื้อหาที่ขึ้นต่อกันอย่างชัดเจนโดยมโนคติที่เป็นกรณีทั่วไปที่สุดจะเป็นมโนคติหลัก ส่วนมโนคติที่เฉพาะเจาะจงจะเป็นมโนติรองแผนผังมโนคติจึงสามารถแสดงให้เห็นถึงมโนคติหลักและความรู้พื้นฐานได้อย่างดี

2. ข้อมูลในสถานการณ์ปัญหาสอดคล้องและตรงตามสภาพจริงในชีวิตประจำวันไม่เป็นเพียงข้อมูลที่แต่งขึ้น จากประสบการณ์ที่ผ่านมาเรามักพบว่านักเรียนไม่สามารถนำสิ่งที่เรียนไปใช้กับสถานการณ์ในชีวิตจริงได้ เพราะสถานการณ์ในชีวิตจริงส่วนใหญ่มีลักษณะซับซ้อน มีการผสมผสานกันของเนื้อหาต่าง ๆ มากกว่าที่จะแยกออกเป็นส่วน ๆ ด้วยเหตุนี้ สถานการณ์ปัญหาที่จะนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงควรมีลักษณะเป็นแบบองค์รวม มีการบูรณาการของเนื้อหาและมีความซับซ้อนตรงตามความเป็นจริงมากกว่าเป็นการแต่งขึ้น การฝึกให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริงย่อมทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของวิชาคณิตศาสตร์ เห็นว่าคณิตศาสตร์สัมพันธ์โดยตรงกับชีวิตประจำวันและสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน การให้โอกาสนักเรียนได้แก้ปัญหาแบบนี้จะทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนในชีวิตจริงได้ และเห็นว่าการเรียนรู้ต่อไปอีกเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง

3. เป็นสถานการณ์ปัญหาที่อยู่รอบตัวนักเรียน เหมาะกับวัย ความสนใจ และมีความหมายต่อนักเรียน เนื่องจากการใช้สถานการณ์ที่เหมาะสมกับวัย ความสนใจ และมีความหมายต่อนักเรียน เป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะผลักดันให้นักเรียนเกิดความอยากแก้ปัญหาหรือการกระทำอันก่อให้เกิดการเรียนรู้

4. เป็นสถานการณ์ที่ส่งเสริมการสำรวจ การอภิปราย และการตัดสินใจ เนื่องจากสถานการณ์ที่ส่งเสริมการสำรวจ อภิปราย และตัดสินใจ เป็นสถานการณ์ที่มีประสิทธิภาพต่อการเร้าให้นักเรียนรู้จักคิด อันเป็นจุดเริ่มต้นของการสำรวจอย่างนักวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้สถานการณ์ที่ส่งเสริมการสำรวจ อภิปราย และการตัดสินใจ ยังเป็นสถานการณ์ที่ส่งเสริมให้เกิดการใช้ระบบสัญลักษณ์ในการสื่อสาร เกิดปฏิสัมพันธ์ของสมาชิกในสังคม ที่สำคัญคือการใช้สถานการณ์ที่ส่งเสริมการสำรวจ อภิปราย และการตัดสินใจ จะช่วยส่งเสริมและพัฒนาความสามารถของนักเรียนทางด้านทักษะ/กระบวนการ ทั้งทางด้านการสื่อสาร การแก้ปัญหา และการให้เหตุผลได้เป็นอย่างดี

5. เป็นสถานการณ์ที่ท้าทาย สามารถหาคำตอบได้หลายวิธี นักเรียนแต่ละคนมีระดับความรู้ ทักษะ และความเข้าใจ ต่อสถานการณ์ปัญหาแตกต่างกัน การใช้สถานการณ์ปัญหาที่สามารถหาคำตอบได้หลายวิธีจึงเอื้อต่อการใช้วิธีการของนักเรียนในการหาคำตอบ ซึ่งจะส่งเสริมการคิดและอภิปรายของนักเรียน ประกอบกับปัญหาในชีวิตประจำวันส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาที่สามารถแก้ไขได้หลายวิธี ดังนั้นการใช้สถานการณ์ปัญหาที่สามารถแก้ไขได้หลายวิธีจึงส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและสอดคล้องกับความเป็นจริงได้มากขึ้น นอกจากนี้การแก้ปัญหาเพียงไม่กี่

ปัญหาแต่มีวิธีแก้ที่หลากหลายเป็นสิ่งที่มีความสำคัญกว่าการแก้ปัญหาหลาย ๆ ปัญหาแต่ใช้วิธีเดียวกัน เนื่องจากการใช้เพียงวิธีเดียวมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดความล้มเหลวในการแก้ปัญหาของนักเรียน กล่าวโดยสรุปว่าในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงนั้นครูควรบูรณาการเนื้อหาต่าง ๆ ภายในวิชาคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ รวมถึงการนำวิชาคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับชีวิตความเป็นอยู่ประจำวัน นอกจากนี้ครูยังควรจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาที่ให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริง เพื่อที่จะได้นำความรู้ เนื้อหาสาระ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้เรียนรู้เนื้อหาใหม่ หรือนำมาแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น

จากแนวทางในการคัดเลือกสถานการณ์ปัญหาและองค์ประกอบที่ช่วยในการพัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่กล่าวไปข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นสถานการณ์ปัญหาที่ใช้ควรมีลักษณะที่เป็นองค์รวม กล่าวคือมีการนำความรู้จากหลาย ๆ ศาสตร์เข้ามาบูรณาการเข้าด้วยกัน อีกทั้งปัญหาที่นำมาใช้ควรเป็นปัญหาที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน มีความหมายต่อผู้เรียน ทำทนายความสามารถของผู้เรียน มีแนวทางในการแก้ปัญหาที่มากกว่าหนึ่งวิธี และองค์ประกอบที่จำเป็นต่อการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ มีความรู้ในเนื้อหาที่จะนำไปเชื่อมโยงเป็นอย่างดี มีทักษะในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Modelling) และสามารถแปลผลที่ได้จากแบบจำลอง

แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

การจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้นำความรู้ต่าง ๆ มาทำการเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหา จะช่วยให้การเรียนการสอนมีความหมายต่อผู้เรียน โดยได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้แนวทางในการจัดการเรียนการสอนไว้ดังนี้

Donald (1993: 53) กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่สามารถแสดงการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างปัญหาจากโลกความจริง (Real World Problem) เป็นขั้นตอนที่ใช้ปัญหาที่นักเรียนสามารถพบในชีวิตจริงหรือชีวิตประจำวัน มาใช้ประกอบการเรียนการสอนในเนื้อหาและหลักสูตร

ขั้นที่ 2 สร้างแบบจำลองจากเรื่องจริง (Real Model) เป็นการนำปัญหาจากขั้นตอนที่ 1 มาสร้างเป็นรูปแบบหรือแบบจำลองของปัญหาโดยมีลักษณะง่าย ๆ ไม่มีกฎเกณฑ์หรือข้อบังคับที่ยุงยากถ้าปัญหาในชีวิตที่นำมาสร้างแบบจำลองมีรายละเอียดของกฎเกณฑ์ หรือเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์มาก ให้ตัดกฎเกณฑ์และเงื่อนไขที่ไม่สำคัญแต่ต้องมั่นใจว่าสิ่งที่ตัดทิ้งไม่สำคัญและไม่ส่งผลต่อการสร้างแบบจำลอง มิฉะนั้นจะทำให้ผลลัพธ์ของแบบจำลองผิดพลาด

ขั้นที่ 3 สร้างแบบจำลองในชั้นเรียน (Classroom Model) เป็นแบบจำลองที่ครูสร้างในชั้นเรียนเพื่อประกอบการเรียนการสอน เป็นแบบจำลองที่กระทำต่อจากแบบจำลองขั้นที่ 2

เป็นการแสดงให้เห็นการบูรณาการ หรือการประยุกต์ใช้กระบวนการ ซึ่งขั้นตอนนี้แสดงให้เห็นการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงแก่นักเรียน

ขั้นที่ 4 แบบจำลองคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เป็นการนำแบบจำลองจากขั้นตอนที่ 2 หรือขั้นตอนที่ 3 แทนที่ด้วยสัญลักษณ์คณิตศาสตร์ที่แทนความหมายในเรื่องนั้นๆ

ขั้นที่ 5 สรุปผลลัพธ์หรือคำตอบ (Conclusion) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาจะหาผลสรุป หรือคำตอบของปัญหาโดยใช้เครื่องมือ หลักการและเทคนิคทางคณิตศาสตร์ กระทำต่อแบบจำลองหรือรูปแบบคณิตศาสตร์ของขั้นที่ 4 เมื่อได้ผลลัพธ์หรือคำตอบแล้ว จะต้องตรวจสอบคำตอบโดยการนำไปเปรียบเทียบหรือตรวจสอบกับแบบจำลองในขั้นตอนที่ 1, 2 และ 3 ว่าถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องถือว่าแบบจำลองใช้ไม่ได้ต้องสร้างรูปแบบจำลองใหม่ หากคำตอบ ทดลองใช้และตรวจสอบหลายๆครั้งจนได้คำตอบหรือผลสรุปที่ถูกต้อง

Julie-Ann and Keith (2006: 9-17) กล่าวถึง องค์ประกอบที่จำเป็นในการสร้างการเชื่อมโยงในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งจะให้ผู้เรียนได้เห็นความสำคัญของวิชาและมีความเข้าใจในหัวข้อทางคณิตศาสตร์ โดยองค์ประกอบที่จำเป็นมีดังนี้

1. สื่อที่ได้รับเป็นการนำอุปกรณ์ต่าง ๆ มาใช้ในการเรียนการสอนเพื่อสื่อให้เกิดการเรียนรู้ ความเข้าใจ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะในการสอนระดับประถมศึกษา ครูสามารถใช้สื่อได้หลายรูปแบบ เช่น ผลไม้ ของเล่นของนักเรียน มาพัฒนาความรู้และเชื่อมโยงเรื่องการนับ การจำแนกรูปเรขาคณิต ฯลฯ ส่วนการสอนระดับที่สูงขึ้น สามารถใช้สื่อเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์ได้เช่นกัน การใช้เหรียญ ลูกเต๋า ไฟ หรือ ลอตเตอรี่ เชื่อมโยงความรู้ เรื่องกฎการนับ เศษส่วน และความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ เป็นต้น

2. ภาษา เป็นการแสดงออกของการเรียนในกระบวนการเชื่อมโยงที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถแสดงในการพูด การเขียน หรือ การอภิปราย เช่น ในระดับประถมศึกษา นักเรียนจะเรียนรู้จำนวนนับโดยการพูดนับสิ่งของเป็น หนึ่ง สอง สาม ... หลังจากนั้นจึงเชื่อมโยงไปสู่การเขียนจำนวนในรูป 1, 2, 3, ... เป็นต้น ครูและนักเรียนสามารถใช้ภาษาในการซักถามอธิบาย อภิปราย ให้เห็นการเชื่อมโยงทั้งระหว่างคณิตศาสตร์กับคณิตศาสตร์ คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวันได้

3. รูปภาพ การใช้รูปภาพเป็นตัวแทน สื่อให้เห็นพัฒนาการและการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับคณิตศาสตร์ คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นหรือชีวิตประจำวันได้ การใช้รูปภาพจัดเป็นกิจกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์จากสิ่งที่เป็น รูปธรรม ไปเป็นสิ่งที่เป็นนามธรรม หรือจากสิ่งที่เป็นนามธรรมเป็นรูปธรรม เช่น การนำเสนอ ข้อมูลทางสถิติโดย

ใช้รูปคน 1 คน แทนจำนวนคน 100 คน การใช้รูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม วงกลม แทนส่วนต่าง ๆ ใน แพลนบ้าน เป็นต้น

4. สัญลักษณ์ การเขียนสัญลักษณ์เป็นกระบวนการสุดท้ายของการพัฒนา กระบวนการคณิตศาสตร์ เป็นการแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ ความเข้าใจ ของเนื้อหาต่าง ๆ ที่ เกี่ยวข้องกัน การเขียนสัญลักษณ์เป็นเสมือนการเขียนรหัสที่จะแสดงรูปทั่วไป เช่น การใช้ตัวเลขเป็น สัญลักษณ์แทนจำนวนสิ่งของหรือการนับ หรือสัญลักษณ์ $a + b = b + a$ แทนการเขียนสมบัติการ สลับที่ของการบวกจำนวนจริง เมื่อ a, b แทนจำนวนจริงใด ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 25) กล่าวไว้ว่าในการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวันนั้น ผู้สอนอาจจัด กิจกรรม สถานการณ์ หรือปัญหาที่สอดแทรกในการเรียนรู้อยู่เสมอ เพื่อให้ให้นักเรียนได้นำความรู้และ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในกรแก้สถานการณ์ปัญหาที่ผู้สอนกำหนดขึ้น และเห็นการ นำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

จากข้อมูลดังกล่าวมาสามารถสรุปได้ว่าแนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการ เชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ให้แก่ผู้เรียนนั้น สามารถทำได้โดยนำกระบวนการจากแนวคิดของ โดนัล และแมกกี ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 สร้างปัญหาจากโลกความจริง ขั้นที่ 2 สร้าง แบบจำลองจากเรื่องจริง ขั้นที่ 3 สร้างแบบจำลองในชั้นเรียน ขั้นที่ 4 แบบจำลองคณิตศาสตร์ และ ขั้นที่ 5 สรุปผลลัพธ์หรือคำตอบ จากนั้นนำกระบวนการและขั้นตอนที่ได้มาทำการพิจารณาเพิ่มหรือ ปรับปรุงองค์ประกอบที่จำเป็นตามที่เอ็ดเวิร์ดส์ได้กล่าวไว้ ซึ่งประกอบด้วย การใช้สื่อ ภาษา รูปภาพ สัญลักษณ์ ที่เหมาะสม อันจะทำให้เนื้อหาทางคณิตศาสตร์สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายมากยิ่งขึ้น และยังส่งผลให้นักเรียนได้เรียนคณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย

ประโยชน์ของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

National Council of Teacher of Mathematics (1989: 84-93) กล่าวไว้ว่า การ จัดการเรียนการสอนให้เกิดความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างความคิดรวบยอดในศาสตร์ต่างๆทำให้เกิด การเรียนรู้ที่มีความหมาย การเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์ไม่จำเป็นว่าความคิดรวบยอดจะต้อง แยกจากความคิดรวบยอดในวิชาอื่นๆ เนื้อหาและกระบวนการเรียนในวิชาหนึ่งอาจช่วยให้ นักเรียนมี ความเข้าใจในวิชาอื่นดีขึ้นได้ การสอนที่สัมพันธ์เชื่อมโยงความคิดรวบยอดจากหลายๆ สาขาวิชาเข้า ด้วยกันมีประโยชน์หลายอย่าง ที่สำคัญที่สุดคือ ช่วยให้เกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ (Transfer of Learning) สิ่งที่เรียนเข้ากับชีวิตจริงได้และในทางกลับกันก็จะสามารถเชื่อมโยงเรื่องจริงภายนอก ห้องเรียนเรียนเข้ากับสิ่งที่เรียนได้ ทำให้นักเรียนเข้าใจว่า สิ่งตนเรียนมีประโยชน์หรือพร้อมที่จะ นำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ กระบวนการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์จะช่วยขยายการรับรู้ของ นักเรียนให้กว้างมากยิ่งขึ้นทำให้นักเรียนรับรู้ว่าคุณคณิตศาสตร์เป็นส่วนเดียวกันทั้งหมด ไม่ใช่เป็นเพียง

กลุ่มของสิ่งที่เกี่ยวข้องกันเท่านั้นและทำให้นักเรียนสามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้ทั้งในการเรียนในโรงเรียนและในชีวิตประจำวัน การสอนคณิตศาสตร์ในระดับนี้ควรเตรียมนักเรียนให้พร้อมสำหรับการขยายแนวคิดและเจาะลึกแนวคิดในระดับมัธยมปลายต่อไป โดยผ่านการสำรวจความเชื่อมโยงต่างๆ ระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ซึ่งนักเรียนควรมีโอกาสในการสังเกตความสัมพันธ์ ระหว่างคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นๆ ที่นักเรียนเรียนในโรงเรียนและในชีวิตประจำวันของนักเรียน ซึ่งจะ ทำให้นักเรียนพบว่าแนวความคิดทางคณิตศาสตร์สามารถช่วยให้พวกเขาเข้าใจวิชาอื่นๆ หรือชีวิตประจำวันได้อย่างไร และเป็นการแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของวิชาอื่นๆ ที่มีในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ การอธิบายและออกแบบปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงและการสื่อสารที่ซับซ้อนการนำเสนอ ปัญหาที่สามารถทำให้นักเรียนแปลความหมายและแก้ปัญหานั้น ถ้านักเรียนมีศักยภาพทางคณิตศาสตร์จะมีความยืดหยุ่นเพียงพอในการเข้าสู่สถานการณ์ด้วยวิธีการที่หลากหลายและตระหนัก ในความสัมพันธ์ต่างๆ

Blaskopf and Chazan (2001: 625) ได้กล่าวว่า การเชื่อมโยงจะช่วยให้นักเรียนตระหนักได้ว่าคณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เป็นจริง สามารถนำไปใช้ประยุกต์กับเรื่องต่างๆรอบตัวได้ ส่งผลให้มีความหมายและมีประโยชน์สำหรับทุกคน การเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์จะช่วยให้ นักเรียนมีความเข้าใจและเห็นคุณค่าในคณิตศาสตร์มากขึ้น

กรมวิชาการ (2545: 203) กล่าวว่า ประโยชน์ของทักษะการเชื่อมโยงเป็นการนำความรู้ ไปประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพบางอย่างโดยตรง เช่น การตัดเย็บเสื้อผ้า งานคหกรรมเกี่ยวกับ อาหาร งานเกษตร งานออกแบบสร้างบรรจุกุณฑ์ต่างๆรวมถึงการนำคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับชีวิต ความเป็นอยู่ประจำวัน เช่น การซื้อขาย การชั่ง ตวง วัด เป็นต้น

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สามารถช่วยให้ผู้เรียน เห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาได้ลึกซึ้งและยาวนาน ทำให้สามารถนำความรู้ไปปรับประยุกต์ใช้ใน กิจกรรมต่างๆในชีวิตจริงได้ กระบวนการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์จะช่วยขยายการรับรู้ของนักเรียน ให้กว้างมากยิ่งขึ้น ทำให้นักเรียนพบว่าแนวความคิดทางคณิตศาสตร์สามารถช่วยให้พวกเขาเข้าใจวิชา อื่นๆ

การวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ (2546: 75-125) กล่าวว่าในการวัดและประเมินผลทักษะการ เชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์นั้น สามารถใช้วิธีการประเมินตามสภาพจริงในการประเมิน เนื่องจากเป็น การประเมินที่ผู้สอน นักเรียน และผู้ที่เกี่ยวข้องร่วมกันประเมิน หรือนักเรียนประเมินตนเอง จาก ผลงานในรูปของภาระงานที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนมีโอกาสใช้ความรู้ ความคิด ทักษะและ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ และการแสดงออกด้านต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา ด้วยวิธีการที่หลากหลาย มีการให้เหตุผล การสื่อสาร การนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ และมี

ความคิด สร้างสรรค์ รวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนได้ตระหนักในคุณค่า และมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ ตลอดจนฝึกให้ทำงานอย่างเป็นระบบ มีระเบียบวินัย มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ มี วิจารณ์ญาณ และมีความเชื่อมั่นมั่นในตนเอง

อรจณีย์ ชูช่วยสุวรรณ (2552: 22) ได้กล่าวถึงวิธีการวัดทักษะการเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์ไว้ว่า สามารถวัดได้โดยใช้การประเมินตามสภาพจริงโดยการใช้แบบทดสอบอัตนัยหรือ แบบความเรียง (Essay Test) โดยได้ให้เหตุผลไว้ว่า การวัดผลประเมินผลเป็นกระบวนการตรวจสอบ คุณภาพของผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การประเมินตามสภาพจริง การใช้แบบทดสอบ ซึ่ง เครื่องมือทางการวัดผลแต่ละวิธีก็มีจุดเด่นและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการเลือกใช้เครื่องมือ หรือวิธีในการวัดผลประเมินผลในแต่ละครั้งควรคำนึงถึงความเหมาะสม และจากการศึกษาเอกสาร เกี่ยวกับการสร้างเครื่องมือในการวัดผลประเมินผลวิชาคณิตศาสตร์ เอกสารหลักสูตรการศึกษาขั้น พื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และคู่มือวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์ ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีในการวัด ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบอัตนัยหรือแบบทดสอบความเรียง (Essay Test)

คณิตา สาลี (2555: 73-74) และ นาฎยา วงศ์อินทรรัตน์ (2555: 36) ได้ใช้วิธีการ ประเมินตามสภาพจริงในการประเมินทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยได้ให้เหตุผลไว้ว่า การ ประเมินทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ด้วยการประเมินตามสภาพจริงนั้น กระทรวงศึกษาธิการ กล่าวถึง การประเมินผลตามสภาพจริงของวิชาคณิตศาสตร์ว่าเป็นการประเมินผลที่ได้จากการเรียนรู้ ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การสังเกต การบันทึก การทดลอง และการรวบรวมข้อมูลจากผลงานที่ นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แสดงถึงสมรรถภาพของนักเรียนอย่างเพียงพอและตรงตาม ความเป็นจริง การประเมินตามสภาพจริงควรให้ความสำคัญกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนที่สอดคล้องกับคุณภาพของนักเรียนแต่ละคน ตามหลักสูตร การศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลที่สอดคล้องกับวิธีการประเมินผล จำแนกได้ 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบเป็นเครื่องมือวัดผลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ทดสอบวัดทักษะการ เชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบประเภทเลือกตอบแบบ 4 ตัวเลือก
2. ภาระงานที่ได้รับมอบหมาย เป็นเครื่องมือวัดผลที่ผู้วิจัยและนักเรียนอาจมีส่วนร่วม ร่วมกันกำหนดขอบเขตและเกณฑ์ต่างๆ ในการทำงาน ซึ่งประกอบด้วย แบบฝึกเสริมทักษะและการ ร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้สอนนักเรียน และผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ อาจร่วมกันประเมินผลนักเรียนตาม ความเหมาะสม

จากเอกสารและงานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการประเมินทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยการใช้การประเมินตามสภาพจริง ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบแบบอัตนัยที่ให้นักเรียนได้เขียนอธิบายแสดงวิธีการเชื่อมโยงเพื่อแก้ปัญหาของสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ จำนวนวงจรปฏิบัติการละ 1 ชุด และในแต่ละชุดประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหาจำนวน 2 สถานการณ์ รวมทั้งประเมินจากแบบสัมภาษณ์นักเรียนและแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับการเครื่องมือที่ใช้วัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ตามสภาพจริง เกณฑ์การให้คะแนน และการตรวจข้อสอบที่เป็นแบบอัตนัย ดังนี้

เครื่องมือที่ใช้วัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

การประเมินทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยการใช้การประเมินตามสภาพจริง กระทรวงศึกษาธิการ (2546: 17-25) ได้จำแนกประเภทของแบบทดสอบเพื่อประเมินผลตามสภาพจริงออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบ เป็นเครื่องมือวัดผลที่ผู้สอนสร้างขึ้นเพื่อใช้ทดสอบนักเรียน ประกอบด้วยแบบทดสอบประเภทต่างๆ ได้แก่ แบบเลือกตอบ แบบถูกผิด แบบจับคู่ แบบเติมคำแบบเปรียบเทียบ แบบเขียนตอบ และแบบแสดงวิธีทำ

2. ภาระงานที่ได้รับมอบหมาย เป็นเครื่องมือวัดผลที่ผู้สอนและนักเรียนอาจมีส่วนร่วมกันกำหนดขอบเขตและเกณฑ์ต่างๆ ในการทำงาน ซึ่งประกอบด้วยแบบฝึกหัด ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การศึกษาค้นคว้าทางคณิตศาสตร์ การร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ แฟ้มสะสมงานและโครงการคณิตศาสตร์ก็เป็นภาระงานที่ได้รับมอบหมาย ที่ผู้สอน นักเรียน และผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ร่วมกันประเมินผลงานของนักเรียนตามความเหมาะสม โดยภาระงานที่ได้รับมอบหมายควรมีลักษณะ กระทรวงศึกษาธิการ (2546: 75-125) ดังนี้

2.1 เป็นกิจกรรมที่สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ตามมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นหรือสอดคล้องกับสาระเพิ่มเติมโดยบูรณาการกับสถานการณ์จริงหรือกับศาสตร์อื่นๆ

2.2 ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงออกและประยุกต์ใช้มันโนทัศน์ รวมทั้งใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อการสร้างสรรค์งาน

2.3 เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการค้นพบด้วยตนเอง ที่ทำให้เกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย

2.4 แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียน รวมทั้งความสามารถด้านการจัดการและการลงมือปฏิบัติจริง

2.5 ปลุกฝังนักเรียนให้มีนิสัยในการทำงานที่ดี มีความมุ่งมั่น พากเพียรพยายามมีเหตุ

ภาระงานที่ได้รับมอบหมายทางคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีรูปแบบหลากหลาย ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

1. แบบฝึกหัด เป็นภาระงานที่ช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสทบทวนผลการเรียนรู้เนื้อหาสาระต่างๆ ที่ได้เรียนรู้มาแล้ว แบบฝึกหัดที่มอบหมายให้นักเรียนฝึกฝน จำแนกได้เป็นแบบฝึกหัดในชั้นเรียน แบบฝึกหัดท้ายเรื่อง แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

2. ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นสถานการณ์หรือคำถามที่มีเนื้อหาสาระกระบวนการหรือความรู้ที่นักเรียนไม่คุ้นเคยมาก่อน และไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที การหาคำตอบจะต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ ประกอบกับความสามารถด้านการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการตัดสินใจ

3. การศึกษาค้นคว้าทางคณิตศาสตร์ เป็นภาระงานที่นักเรียนได้รับมอบหมายให้ศึกษาการค้นคว้า เรียบเรียง เพื่อให้ได้ความหมายอย่างครอบคลุมกับประเด็นที่ต้องการศึกษาและนำเสนอผลการศึกษาในรูปแบบต่างๆ โดยผู้สอนทำหน้าที่แนะนำเกี่ยวกับแหล่งเรียนรู้และแนวทางในการค้นคว้า ตลอดจนเป็นที่ปรึกษาระหว่างการค้นคว้าด้วยกัน

4. การร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะต่างๆ เช่น การเข้าร่วมกิจกรรมการสาธิต การทดลอง การศึกษาสำรวจ และการชมนิทรรศการ หรือการแสดงผลงาน

แบบฝึกเสริมทักษะที่มอบหมายให้นักเรียนได้ฝึกฝน อาจจำแนกได้ 3

ประเภท คือ

1. แบบฝึกเสริมทักษะระหว่างเรียน ที่ผู้สอนกำหนดให้ใช้วิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีเพื่อวัดผลการเชื่อมโยง เช่น ให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม ในห้องเรียนหรือนอกห้องเรียน ให้อธิบายหรือแสดงวิธีทำบนกระดานเพื่อให้นักเรียนได้ค้นหากฎเกณฑ์ต่างๆ ได้ด้วยตนเองโดยการแนะนำของครูผู้สอน

2. แบบฝึกเสริมทักษะท้ายเรื่องมีลักษณะเป็นการสรุปผลการเรียนรู้ที่ผู้สอนกำหนดให้นักเรียนทำในลักษณะของการบ้านก็ได้ โดยผู้สอนกำหนดตามความสามารถของนักเรียนเพื่อเป็นการฝึกทักษะให้เกิดความแม่นยำและรวดเร็ว

3. แบบฝึกเสริมทักษะท้ายบทเรียน เป็นแบบฝึกทักษะที่ต้องใช้ความรู้และวิธีการที่หลากหลายผสมกัน เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้ด้านต่างๆ หรือเพื่อเป็นการทบทวนความรู้และฝึกทักษะเพิ่มเติม

เกณฑ์การให้คะแนน

อรรถนีย์ ชูช่วยสุวรรณ (2552: 22-23 อ้างอิงจาก Goodrich: 1997) กล่าวว่า รูปรีค (Rubric) เป็นเครื่องมือการให้คะแนนซึ่งจะแสดงเกณฑ์สำหรับชิ้นงาน โดยจะเป็นการเชื่อมต่อ

กัน ในการแบ่งลำดับของคุณลักษณะแต่ละเกณฑ์ จากตีมากจนถึงต้องปรับปรุงแก้ไข และยังได้กล่าวถึงประโยชน์ของรูบริกไว้ดังนี้

1. รูบริกสามารถจะพัฒนาการปฏิบัติงานของนักเรียนคล้ายกับเป็นการกำกับติดตาม โดยทำให้ความคาดหวังของครุมีความชัดเจน และเป็นการแสดงว่านักเรียนจะพบกับสิ่งทีคาดหวังได้อย่างไร ผลที่ได้จะเป็นการบอกระดับของการปรับปรุงแก้ไขในคุณลักษณะของงานนักเรียนและในการเรียนรู้

2. รูบริกสามารถช่วยตัดสินใจเกี่ยวกับคุณลักษณะงานของนักเรียนด้วยตนเอง และงานอื่น ๆ เมื่อรูบริกนำมาใช้ประเมินตนเองและกลุ่มจะทำให้เพิ่มความสามารถในการแก้ปัญหา นั้น

3. รูบริกจะช่วยลดเวลาของครูที่ใช้ในการประเมินงานของนักเรียนได้

4. รูบริกใช้ง่าย และมีการอธิบายที่ชัดเจน

กรมวิชาการ (2539: 54) ได้กล่าวถึง รูบริก (Rubrics) ไว้ว่าเป็น แนวทางการให้คะแนน (Scoring Guide) ซึ่งจะต้องกำหนดมาตราวัด (Scale) และรายการคุณลักษณะที่บรรยายถึงความสามารถในการแสดงออกของแต่ละจุดในมาตราวัดไว้อย่างชัดเจน การให้คะแนนของรูบริกก็คือการตอบคำถามว่านักเรียนทำอะไรได้สำเร็จหรือว่ามีระดับความสำเร็จในขั้นต่างๆ กันหรือมีผลงานเป็นอย่างไร

เสาวนีย์ เกรียร์ (2540: 159) กล่าวว่า รูบริก (Rubrics) เป็นเครื่องมือในการให้คะแนนที่ประกอบด้วยประเด็นต่าง ๆ ที่จะใช้พิจารณางานงานหนึ่ง และคำอธิบายระดับคุณภาพของแต่ละประเด็นประเมิน ซึ่งอาจเรียงลำดับตั้งแต่ดีเลิศไปจนถึงต้องปรับปรุง หรือให้เป็นระดับตัวเลขตั้งแต่หนึ่งไปจนถึงมากที่สุด ประเด็นประเมินอาจกำหนดเพิ่มเติมได้หลายข้อ คำอธิบายระดับคุณภาพควรอธิบายให้ชัดเจน กระชับที่สุด เป็นคำอธิบายที่สามารถบอกได้ว่า ทำไม่ต้องดีเลิศ ดี และต้องปรับปรุง

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2547: 89) กล่าวว่า กฎเกณฑ์การให้คะแนนคือชุดของแนวทางให้คะแนนผลการปฏิบัติเรื่องใดเรื่องหนึ่งสำหรับใช้ประเมินคุณภาพของการปฏิบัติของผู้เรียน แนวทางในการให้คะแนนอาจทำให้รูปของมาตราประมาณค่าหรือแบบตรวจสอบรายการ โดยปกติกฎเกณฑ์การให้คะแนนชุดหนึ่งสำหรับประเมินจุดหมายการเรียนรู้ข้อหนึ่งหรือส่วนหนึ่งของการปฏิบัติ ในกรณีที่มีการปฏิบัติมีความสลับซับซ้อนมากขึ้น จำเป็นต้องทำการประเมินหลาย ๆ จุดหมายการเรียนรู้ หรือการปฏิบัติหลายๆ อย่าง ดังนั้นจึงต้องใช้กฎเกณฑ์การให้คะแนนหลายชุดในการประเมินการปฏิบัติจากหลาย ๆ จุดหมายการเรียนรู้ กฎเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละชุดประกอบด้วยตัวเลขที่สะท้อนระดับคุณภาพของการปฏิบัติ เช่น 1 ถึง 4 เมื่อ 4 หมายถึงคุณภาพระดับสูงสุด, 3

หมายถึง คุณภาพระดับสูง, 2 หมายถึง คุณภาพระดับพอใช้ และ 1 หมายถึงคุณภาพยังไม่เป็นที่น่าพอใจ

จากเอกสารและงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า เกณฑ์การให้คะแนนที่เป็นแบบรูบริก (Rubrics) นั้นสามารถช่วยให้การวัดและประเมินผลที่ได้มีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือ ช่วยลดเวลาในการประเมิน โดยจะต้องทำการกำหนดมาตรวัดและคำอธิบายของคะแนนที่ได้ในแต่ละระดับไว้อย่างชัดเจน และหากการประเมินนั้นมีการประเมินหลายจุดมุ่งหมายหรือผลงานการปฏิบัติของนักเรียนมีความสลับซับซ้อน จำเป็นต้องมีการประเมินในหลายๆจุดมุ่งหมายการเรียนรู้

การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบอัตนัย

Stenmark (1991: 20) กล่าวว่าในการตรวจแบบทดสอบที่เป็นแบบอัตนัยสามารถทำได้ 2 วิธี ดังนี้

1. วิธีการวิเคราะห์ (Analytical Method หรือ Point Method) ใช้การวิเคราะห์ด้วยประเด็นที่มีลักษณะแตกต่างกันของคำตอบ
2. วิธีประเมินรวม (Holistic Method) เป็นวิธีที่ผู้ประเมินพิจารณาคำตอบโดยรวมมากกว่าตรวจสอบรายละเอียดปลีกย่อยเฉพาะ

นักวัดผลการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของการตรวจแบบทดสอบอัตนัยทั้งสองแบบไว้ ดังต่อไปนี้

Mehrens and Lehmann (1969: 229-238) ได้อธิบายถึงการตรวจให้คะแนนแบบวิธีวิเคราะห์และวิธีประเมินรวมไว้ ดังนี้

1. วิธีการวิเคราะห์ (Analytical Method) เป็นวิธีที่มีรูปแบบคำตอบประกอบด้วยประเด็นเฉพาะที่กำหนดไว้ก่อนแล้ว คะแนนของนักเรียนที่ได้จะขึ้นอยู่กับจำนวนประเด็นที่เขาตอบ รวมไปถึงส่วนอื่น ๆ เช่น แสดงความคิดเห็นได้ชัดเจน การให้เหตุผลและการยกตัวอย่างสนับสนุนในประเด็นคำตอบ และการกำหนดคะแนนในแต่ละประเด็นจะขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการตอบ ความซับซ้อนของคำถาม และเนื้อหาที่ครูสอน
2. วิธีประเมินรวม (Holistic Method) วิธีนี้คำตอบจะไม่ถูกแบ่งเป็นส่วน ๆ เป็นประเด็นเฉพาะ แต่ผู้ตรวจจะอ่านคำตอบอย่างรวดเร็วแล้วใช้มาตรฐานบางอย่าง กำหนดระดับของคำตอบ การตรวจคำตอบจะขึ้นอยู่กับระดับของการแบ่ง อาจแบ่งข้อสอบเป็น 2 กลุ่ม คือ “กลุ่มที่ยอมรับได้และกลุ่มที่ยอมรับไม่ได้” หรือ 5 กลุ่ม คือ ดีมากจนถึงต่ำกว่ามาตรฐาน โดยมากจะแบ่งประมาณ 4 หรือ 5 กลุ่ม สำหรับกรณีที่แบ่งเป็น 5 กลุ่ม ประกอบด้วย

1. คุณภาพดีมาก
2. คุณภาพดีกว่าปานกลาง

3. คุณภาพปานกลาง
4. คุณภาพต่ำกว่าปานกลาง
5. คุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน

การอ่านและตรวจคำตอบอย่างรวดเร็วนั้น ผู้ตรวจจะกำหนดคุณภาพของคำตอบให้อยู่ 1 ใน 5 กลุ่มนี้ แต่ละคำตอบจะต้องอ่านอย่างน้อยที่สุด 2 ครั้ง เพื่อจัดอันดับคุณภาพ วิธีนี้จะไม่ลำบากและไม่เสียเวลามากไป จึงทำได้เร็วกว่าวิธีการวิเคราะห์ ซึ่งวิธีประเมินรวมจะมีประสิทธิภาพมากเมื่อแบบทดสอบมีจำนวนมาก

ข้อเสนอแนะสำหรับการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบแบบอัตนัย ซึ่งเป็นข้อเสนอแนะเพื่อให้การตรวจให้คะแนนมีความเชื่อมั่นเพิ่มขึ้น

1. ตรวจให้คะแนนที่ให้ไปแล้วอีกครั้งกับระดับคะแนนที่กำหนดให้
2. พยายามให้การตรวจให้คะแนนคงที่ สม่ำเสมอ
3. ตรวจให้คะแนนที่ละคำถามให้ครบทุกคนก่อน
4. ตรวจให้คะแนนคำตอบโดยไม่บอกชื่อผู้ทำ
5. การพิจารณาต้องแยกกันระหว่างเนื้อหาเกี่ยวกับความสามารถในการเขียนของนักเรียน
6. พยายามให้คะแนนคำตอบทั้งหมดในแต่ละคำถามโดยไม่มีกรหยุดชะงัก
7. ถ้าเป็นไปได้ ควรมีผู้ตรวจ 2 คน ที่เป็นอิสระจากกัน ในการตรวจแบบทดสอบ 1 ฉบับ และใช้ค่าเฉลี่ยเป็นคะแนนสรุป
8. จัดให้มีข้อคิดเห็นและการแก้ไขข้อผิดพลาด
9. จัดชุดคำตอบมาตรฐานที่เป็นไปได้จริง

ไพศาล หวังพานิช (2526: 96 – 97) ได้กล่าวถึงข้อเสนอแนะในการตรวจให้คะแนนว่า ไม่ว่าจะใช้วิธีใดตรวจให้คะแนนการตรวจที่จะช่วยเพิ่มความเชื่อถือได้ของคะแนนควรกระทำดังต่อไปนี้

1. ไม่ควรให้เด็กเขียนชื่อในกระดาษคำตอบ เพื่อป้องกันการให้คะแนนจากความรู้สึกประทับใจในเรื่องอื่น ๆ ของเด็ก ซึ่งเรียกว่า Halo Effect เช่น ให้คะแนนจากความคุ้นเคย ความสำนึกว่าเด็กมีความตั้งใจและขยันขันแข็ง เป็นต้น
2. ตรวจคำตอบทีละข้อ ไม่ควรตรวจทุกข้อของแต่ละคน เพราะจะก่อให้เกิด Halo Effect ได้เช่นกัน เช่น เห็นว่าข้อแรก ๆ ของเด็กได้คะแนนมาก ข้อต่อไปจึงให้คะแนนน้อย (ทั้งที่ตอบดี) หรือในทางตรงกันข้าม การตรวจคำถามข้อเดียวกันของทุก ๆ คน ให้เสร็จจะช่วยในแง่การเปรียบเทียบคุณภาพการตอบของเด็กทั้งกลุ่มได้ด้วย อีกทั้งช่วยให้การตรวจแต่ละข้อนั้น ๆ ของแต่ละคนยึดเกณฑ์ที่เหมือนกัน

3. ไม่ควรย้อนกลับไปดูคะแนนของเด็กจากข้อที่ตรวจแล้ว ในการตรวจข้อต่อ ๆ ไป ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้คะแนนจากข้ออื่น ๆ มีผลกระทบกับการให้คะแนน ในข้ออื่น ๆ

4. ไม่ควรให้คะแนนโดยยึดความถูกต้องทางภาษาเป็นหลัก ถ้าหากไม่ได้มุ่งวัดความถูกต้องในการเขียนและการใช้ภาษา ความถูกต้องสละสลวยในการใช้ถ้อยสำนวนในการตอบไม่ควรมีอิทธิพลต่อการให้คะแนนมากหรือน้อย ผู้ตรวจควรพิจารณาเฉพาะเป้าหมายการตอบในแง่ของความสมบูรณ์ครบถ้วนของเนื้อหาหรือความสมเหตุสมผลของความคิดเป็นหลักในการให้คะแนน

5. ถ้าเป็นไปได้ควรให้คนอื่นช่วยตรวจสอบผลการตรวจให้คะแนนทั้งนี้เพื่อให้คนอื่นได้ประเมินความเหมาะสมในการให้คะแนนของเรา ตามหลักการที่ถูกต้องนั้นคะแนนที่เด็กควรได้เป็นคะแนนเฉลี่ยที่เกิดจากผู้ตรวจให้คะแนนหลาย ๆ คน ซึ่งคงเป็นเรื่องยากในเชิงปฏิบัติ แต่อย่างไรก็ตามถ้าไม่อาจปฏิบัติได้ อย่างน้อยผู้ตรวจควรได้ทบทวนความเหมาะสมในการตรวจให้คะแนนของตนอีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะนำคะแนนเหล่านั้นไปใช้

6. ควรเขียนข้อวิจารณ์ (Comments) ลงบนคำตอบเพื่อประโยชน์ในการเรียนรู้ของผู้เรียน หรืออย่างน้อยให้เป็นหลักฐานว่า ทำไมจึงให้คะแนนเท่านี้ สำหรับคำตอบของเด็กคนนี้

7. การตรวจให้คะแนนต้องกระทำอย่างตั้งใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องมีเกณฑ์การให้คะแนนและต้องอ่านคำตอบของเด็กอย่างถี่ถ้วน เมื่อใดที่ผู้ตรวจขาดหลักเกณฑ์การให้คะแนนหรือไม่ได้อ่านคำตอบอย่างตั้งใจ คะแนนที่ให้กับเด็กมักออกมาในรูปกลาง ๆ ซึ่งเป็นไปตามหลักของ Central Tendency Error ซึ่งเป็นไปในลักษณะที่ว่า “เมื่อไม่แน่ใจก็ให้คะแนนกลาง ๆ ไว้ก่อน” ซึ่งคะแนนที่ได้จากการสอบวัดนั้นจะมีความเชื่อมั่นต่ำลง

กรมวิชาการ (2539: 54-59) กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนทั้ง 2 วิธีไว้ ดังนี้

1. เกณฑ์การให้คะแนนเป็นภาพรวม หรือเกณฑ์รวม (Holistic Scoring Rubric) คือเกณฑ์การให้คะแนนงานชิ้นใดชิ้นหนึ่งโดยดูภาพรวมของชิ้นงานว่ามีความเข้าใจในความคิดรวบยอด การสื่อความหมายกระบวนการที่ใช้และผลงานเป็นอย่างไร แล้วเขียนอธิบายคุณภาพของงานหรือความสำเร็จของงานเป็นขั้น ๆ โดยอาจจะแบ่งระดับคุณภาพตั้งแต่ 0 – 4 หรือ 0 - 6 สำหรับในขั้นต้นการให้คะแนนรูบริค อาจแบ่งวิธีการให้คะแนนหลายวิธี เช่น

วิธีที่ 1 แบ่งงานตามคุณภาพเป็น 3 กอง คือ

กองที่ 1 ได้แก่ งานที่มีคุณภาพเป็นพิเศษและเขียนอธิบายลักษณะของงานที่มีคุณลักษณะเป็นพิเศษ

กองที่ 2 ได้แก่ งานที่ยอมรับได้และเขียนอธิบายลักษณะของงานที่ยอมรับได้

กองที่ 3 ได้แก่ งานที่ยอมรับได้น้อย หรือยอมรับไม่ได้ และเขียนอธิบายลักษณะของงานที่ยอมรับได้น้อย

จากนั้นก็นำงานแต่ละกองมาให้คะแนนเป็น 2 ระดับ คือ

งานกองที่ 1 จะให้คะแนน 6 หรือ 5

งานกองที่ 2 จะให้คะแนน 4 หรือ 3

งานกองที่ 3 จะให้คะแนน 2 หรือ 1

วิธีที่ 2 กำหนดตามระดับความผิดพลาด คือ พิจารณาความบกพร่องจากคำตอบว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยจะหักจากระดับคะแนนสูงสุดลงมาทีละระดับ ดังนี้

4 คะแนน หมายถึง คำตอบถูก แสดงเหตุผลถูก แนวคิดชัดเจน

3 คะแนน หมายถึง คำตอบถูกเหตุผลถูกแต่มีค่าข้อผิดพลาดเล็กน้อย

2 คะแนน หมายถึง เหตุผลหรือการคำนวณผิดพลาด แต่มีแนวทางที่จะ

นำไปสู่คำตอบ

1 คะแนน หมายถึง แสดงวิธีคิดเล็กน้อยแต่ไม่ได้คำตอบ

0 คะแนน หมายถึง ไม่ตอบหรือตอบไม่ถูกเลย

วิธีที่ 3 กำหนดระดับการยอมรับและคำอธิบาย เช่น กฎเกณฑ์การให้คะแนนของความเข้าใจเนื้อหาสาระ เขียนได้เป็น 4 ระดับ ดังนี้

4 หมายถึง การสาธิตหรือแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจที่สมบูรณ์ครบถ้วนถูกต้องในหลักการ ความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์ที่กำหนดรวมทั้งเสนอแนวคิดใหม่ที่แสดงถึงความเข้าใจอย่างลึกซึ้งถึงกฎเกณฑ์ หรือลักษณะของข้อมูล

3 หมายถึง การแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจที่สมบูรณ์ ครบถ้วนถูกต้องในหลักการ ความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์ที่กำหนด

2 หมายถึง การแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์ครบถ้วนถูกต้องในหลักการ ความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์ที่กำหนดในบางส่วน

1 หมายถึง การแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจในหลักการความคิดรวบยอดข้อเท็จจริงของงาน หรือ สถานการณ์ที่กำหนดได้น้อยมาก และเข้าใจไม่ถูกต้องบางส่วน

0 หมายถึง ไม่แสดงความคิดเห็นใด ๆ

วิธีการให้คะแนนทั้ง 3 วิธีข้างต้น มีส่วนที่คล้ายกันคือ เป็นการตรวจให้คะแนนที่มองภาพรวมของผลงานนักเรียน แล้วทำการแยกเป็นกองๆ โดยมีส่วนที่แตกต่างกันของทั้งสามวิธีคือวิธีที่ใช้ในการแยกออกเป็นกองๆใช้คุณสมบัติในการแยกที่แตกต่างกัน กล่าวคือ

วิธีที่ 1 แยกโดยใช้คุณภาพของผลงานเป็นหลัก

วิธีที่ 2 แยกโดยใช้ความผิดพลาดของผลงานเป็นหลัก

วิธีที่ 3 แยกโดยใช้ความสามารถในการอธิบายหรือการแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจเป็นหลัก

2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ หรือเกณฑ์ย่อย (Analytic Scoring Rubric) เพื่อให้การมองคุณภาพงานหรือความสามารถของนักเรียนได้อย่างชัดเจน จึงได้มีการแยกองค์ประกอบของการให้คะแนน และการอธิบายคุณภาพของงานในแต่ละองค์ประกอบเป็นระดับ โดยทั่วไปแล้วจะมีการแยกองค์ประกอบของงานเป็น 4 ด้าน คือ

1. ความเข้าใจในความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริง เป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจในความคิดรวบยอด หลักการในแก้ปัญหาที่ถามอย่างกระจ่างชัด
2. การสื่อความหมาย สื่อสาร คือ ความสามารถในการอธิบายนำเสนอ การบรรยาย เหตุผล แนวคิด ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดี มีความคิดสร้างสรรค์
3. การใช้กระบวนการและยุทธวิธี สามารถเลือกใช้ยุทธวิธีกระบวนการนำไปสู่ความสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ
4. ผลสำเร็จของงาน ความถูกต้องแม่นยำในผลสำเร็จของงาน หรืออธิบายที่มา และตรวจสอบผลงาน

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2547: 89) กล่าวถึงการจัดทำเกณฑ์การให้คะแนน อาจพิจารณาตามลักษณะงาน / กิจกรรม ได้เป็นสองรูปแบบ คือ 1) กฎเกณฑ์การให้คะแนนทั่วไป สำหรับใช้ประเมินงานหรือกิจกรรมหลาย ๆ ชิ้น ที่อยู่ในกรอบเรื่องเดียวกัน 2) กฎเกณฑ์การให้คะแนนเฉพาะ เป็นแนวทางการให้คะแนนทั่วไปที่เขียนให้เฉพาะเจาะจงกับการปฏิบัติของงาน/หรือกิจกรรมแต่ละชิ้น ดังตัวอย่างต่อไปนี้

กฎเกณฑ์ทั่วไป (ใช้ได้กับหลายงานหรือกิจกรรม)

- 4 แทน แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทั่วไปและข้อเท็จจริงเฉพาะในสถานการณ์อย่างถูกต้องทั้งหมด และมีแนวคิดใหม่
- 3 แทน แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทั่วไปและข้อเท็จจริงเฉพาะในสถานการณ์อย่างถูกต้องครบถ้วน
- 2 แทน แสดงความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทั่วไปและข้อเท็จจริงเฉพาะในสถานการณ์ไม่ครบถ้วนและมีบางความคิดผิดพลาด
- 1 แทน แสดงความคิดรวบยอดทั่วไปและข้อเท็จจริงเฉพาะในสถานการณ์ผิดพลาดไม่ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่

กฎเกณฑ์เฉพาะ (ใช้ได้เฉพาะงานหรือกิจกรรมเดียว)

- 4 แทน แสดงความเข้าใจในความคิดรวบยอดทั่วไปในกระบวนการต่อสู้เพื่อประชาธิปไตยที่ส่งผลกระทบต่อผู้อื่นได้ถูกต้อง ครบถ้วน และมีแนวคิดใหม่เกี่ยวกับตัวประกัน
- 3 แทน แสดงความเข้าใจในความคิดรวบยอดทั่วไปในกระบวนการต่อสู้เพื่อประชาธิปไตยที่ส่งผลกระทบต่อผู้อื่นถูกต้องครบถ้วน

2 แทน แสดงความเข้าใจในความคิดรวบยอดทั่วไปในการต่อสู้เพื่อ
ประชาธิปไตยที่ส่งผลกระทบต่อผู้อื่นอย่างถูกต้อง ครบถ้วน แต่บางส่วนผิดพลาด

1 แทน แสดงความเข้าใจในความคิดรวบยอดทั่วไปในกระบวนการต่อสู้เพื่อ
ประชาธิปไตยที่ส่งผลกระทบต่อผู้อื่นไม่ถูกต้องหลายส่วน

กฎเกณฑ์การให้คะแนนอาจพิจารณาตามเกณฑ์หรือองค์ประกอบเป็นสอง
ลักษณะ คือ 1) เกณฑ์รวม (Holistic) และ 2) เกณฑ์ย่อย (Analytic) การให้คะแนนแบบเกณฑ์รวม
เป็นการพิจารณาผลงานของผู้เรียนในภาพรวมว่ามีคุณภาพระดับใด ดังตัวอย่างต่อไปนี้

กฎเกณฑ์การให้คะแนนรวม

ทักษะการแก้ปัญหา

4 แทน เขียนอธิบายงานที่ทำชัดเจน ใช้วิธีการสมเหตุสมผล มีการ
ตรวจสอบคำตอบ แสดงวิธีทำชัดเจน มีคำบรรยายประกอบ

3 แทน เขียนอธิบายงานที่ทำชัดเจน ใช้วิธีการสมเหตุสมผล แสดงวิธี
ทำ

2 แทน เขียนอธิบายงานที่ทำ ใช้วิธีการไม่เหมาะสมบางส่วน

1 แทน เขียนอธิบายงานที่ทำไม่ครบถ้วน ใช้วิธีการไม่เหมาะสม

ส่วนการให้คะแนนแบบเกณฑ์ย่อยเป็นการพิจารณาผลงานของผู้เรียนแยก
เป็นด้าน ๆ ดังตัวอย่างกฎเกณฑ์การให้คะแนนเกณฑ์ย่อยทักษะการแก้ปัญหาแยกเป็นด้านความเข้าใจ
ในงาน และคุณภาพของวิธีทำความเข้าใจในงาน

ด้านความเข้าใจในงาน

4 แทน เขียนอธิบายงานที่ทำชัดเจนถูกต้อง ใช้วิธีการสมเหตุสมผล
ตรวจสอบคำตอบถูก

3 แทน เขียนอธิบายงานที่ทำชัดเจนถูกต้อง ใช้วิธีการสมเหตุสมผล
ตรวจสอบคำตอบถูก เขียนอธิบายงานที่ทำชัดเจน ถูกต้อง ใช้วิธีการสมเหตุสมผล ตรวจสอบคำตอบ
ถูกต้อง

2 แทน เขียนอธิบายงานที่ทำชัดเจนบางส่วนใช้วิธีการที่ขาดความ
สมเหตุสมผล

1 แทน เขียนอธิบายงานที่ทำได้บางส่วน ส่วนใหญ่ไม่ชัดเจน
คุณภาพของวิธีทำ

4 แสดงวิธีทำถูกต้อง ชัดเจน มีคำบรรยายประกอบ มีต้นฉบับ ร่าง
แก้ไข

3 แสดงวิธีทำชัดเจนถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ มีคำบรรยายประกอบ ไม่มี ร่องรอยของการแก้ไข ปรับปรุง

2 แสดงวิธีทำถูกต้องบางส่วน มีคำบรรยายประกอบแต่ไม่ชัดเจน

1 แสดงวิธีทำไม่ได้ไม่เหมาะสม ไม่ชัดเจน ส่วนใหญ่ไม่ถูกต้อง

จากเอกสารที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยเป็นแบบทดสอบประเภทอรรถนัยที่ให้นักเรียนได้เขียนอธิบายวิธีการในการแก้ปัญหาสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ซึ่งจะใช้วิธีการตรวจโดยใช้กฎเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubrics) แบบวิเคราะห์ (Analytical Method) โดยในการตรวจแต่ละข้อจะทำการกำหนดคะแนนเป็นส่วนย่อยๆซึ่งจะเป็นการตรวจให้คะแนนแบบเฉพาะ (Specific Rubric) และแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนโดยเป็นแบบสังเกตที่มีโครงสร้าง ซึ่งมีพฤติกรรมที่ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตตามองค์ประกอบด้านการคิดเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ดังตาราง 1

ตาราง 1 องค์ประกอบพฤติกรรมด้านการคิดเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบ	พฤติกรรม
1. เชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆ	1. ระบุความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างครบถ้วน ถูกต้อง และเหมาะสม 2. ตัดสินใจได้ว่าต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดก่อนและเรื่องใดหลัง และให้เหตุผลในการตัดสินใจได้ 3. นำความรู้ต่างๆที่ได้ระบุไว้มาผสมผสานจนสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม
2. นำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริง	1. ระบุความรู้ทางคณิตศาสตร์จำเป็นต้องใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พบได้ในชีวิตจริงได้อย่างครบถ้วน ถูกต้อง และเหมาะสม 3. นำความรู้ต่างๆที่ได้ระบุไว้มาผสมผสานจนสามารถการแก้สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์พบได้ในชีวิตจริงได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม 3. เปรียบเทียบและประเมินความถูกต้องของคำตอบที่ได้จากการคำนวณกับสถานการณ์จริงได้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ประวัติความเป็นมาของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

การใช้ปัญหาเป็นฐานมีการพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดยคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ ของมหาวิทยาลัยแม็คมาสเตอร์ (McMaster University) ที่ประเทศแคนาดา ได้นำมาใช้ในกระบวนการเรียนเสริมให้กับนักศึกษาแพทย์ฝึกหัด วิธีการดังกล่าวนี้ได้กลายเป็นรูปแบบที่ทำให้มหาวิทยาลัยในสหรัฐอเมริกาไปเป็นแบบอย่าง โดยเริ่มจากปลายปี ค.ศ. 1950 มหาวิทยาลัยเคสเวสเทิร์นรีเซิร์ฟ (Case Western Reserve) ได้นำมาใช้เป็นแห่งแรก และได้จัดตั้งห้องทดลองพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Laboratory) เพื่อทำเป็นห้องปฏิบัติการสำหรับการสอนรูปแบบใหม่ๆ รูปแบบการสอนที่มหาวิทยาลัยเคสเวสเทิร์นรีเซิร์ฟพัฒนาขึ้นมานั้นกลายเป็นรูปแบบพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตรของโรงเรียนหลายแห่งในสหรัฐอเมริกาทั้งในระดับมัธยมศึกษา ระดับอุดมศึกษา และบัณฑิตวิทยาลัย ในช่วงปลายทศวรรษที่ 60 มหาวิทยาลัยแม็คมาสเตอร์ได้พัฒนาหลักสูตรแพทย์ที่ใช้ในการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักในการสอนเป็นครั้งแรก ทำให้มหาวิทยาลัยแห่งนี้เป็นที่ยอมรับและรู้จักกันทั่วโลกว่าเป็นผู้นำด้านการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ต่อมาได้มีการขยายไปใช้กับหลักสูตรแพทยศาสตร์ในประเทศต่างๆ ทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทยด้วย จนกระทั่งในปี ค.ศ.1980 รูปแบบการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานจึงได้ขยายไปสู่การสอนในสาขาอื่นๆ กว้างขวางวิชาชีพ เช่น วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ภาษาศาสตร์ สังคมศาสตร์ พฤติกรรมศาสตร์ เป็นต้น (มัทธรา ธรรมบุศย์, 2545: 4-15)

ในประเทศไทยการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเริ่มใช้ครั้งแรกในหลักสูตรแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2531 และประยุกต์ใช้ในหลักสูตรสาธารณสุขศาสตร์ พยาบาลศาสตร์ อีกทั้งการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นวิธีการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งที่น่ามาปรับใช้ใช้ในหลายกลุ่มสาระการเรียนรู้ได้ เช่น กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (อาภรณ์ แสงรัศมี, 2543) ซึ่งการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานได้รับการยอมรับว่าเป็นการเรียนการสอนที่ให้ประสบการณ์ ทำทลายความคิด ลักษณะนิสัย และการปฏิบัติร่วมกับการแก้ปัญหา เป็นการจูงใจผู้เรียนให้เรียนรู้ด้วยการแก้ปัญหาโดยผ่านการสืบเสาะหาความรู้ และการเรียนด้วยการค้นพบด้วยตัวเองและจากการทำงานกลุ่ม (รัชนิกร หงส์พนัส, 2547: 46-47)

ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

Barrows and Tamblyn (1980: 1) ได้ให้ความหมายของการใช้ปัญหาเป็นหลัก สรุปได้คือ เป็นการเรียนรู้ที่เป็นผลของกระบวนการทำงานที่มุ่งสร้างความเข้าใจและหาทางแก้ปัญหา ตัวปัญหาเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการเรียนรู้ และเป็นตัวกระตุ้นต่อไปในการพัฒนาทักษะการ

แก้ปัญหาด้วยเหตุผล และการสืบค้นข้อมูลที่ต้องการ เพื่อสร้างความเข้าใจในตัวปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา

Gallagher (1997: 332) ได้ให้ความหมายของการใช้ปัญหาเป็นฐานว่า เป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนเรียนรู้จากการเรียน (Learn to Learn) โดยนักเรียนจะทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อค้นหาวิธีการแก้ปัญหา โดยบูรณาการความรู้ที่ต้องการให้นักเรียนได้รับการแก้ปัญหาเข้าด้วยกัน ปัญหาที่ใช้ที่มีลักษณะที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและมีความสัมพันธ์กับนักเรียน การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก จะมุ่งเน้นนักเรียนในด้านทักษะการเรียนรู้มากกว่าความรู้ที่นักเรียนจะได้มาและพัฒนานักเรียนสู่การเป็นผู้ที่สามารถเรียนรู้โดยการชี้นำตนเองได้

Torp and Sage (1998: 5) ได้ให้ความหมายว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเน้นการจัดประสบการณ์เรียนรู้ที่ได้จากการสำรวจ ค้นคว้า และการแก้ปัญหาที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับชีวิตประจำวันซึ่งนักเรียนอาจพบ การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นเป็นทั้งยุทธวิธีการเรียนการสอนและใช้เป็นแนวทางในการจัดหลักสูตร ซึ่งมีลักษณะดึงดูดนักเรียนให้เข้าไปมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา ครูจะเป็นผู้ที่คอยให้คำแนะนำและออกแบบสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนคิดและสำรวจ หลักสูตรที่สร้างขึ้นจะมีลักษณะที่เป็นแกนกลาง มีบทบาทในการเตรียมประสบการณ์จริงที่ส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้ สนับสนุนให้สร้างความรู้ด้วยตนเองและบูรณาการสิ่งต่างๆที่เรียนรู้ในโรงเรียนกับชีวิตจริงเข้าด้วยกัน ในขณะที่เรียนรู้นักเรียนจะถูกทำให้เป็นนักแก้ปัญหาและพัฒนาไปสู่การเป็นผู้ที่สามารถเรียนรู้โดยการชี้นำตนเองได้ ในกระบวนการเรียนรู้ด้วยวิธีนี้ ครูจะเป็นผู้ร่วมในการแก้ปัญหาที่มีหน้าที่สร้างความสนใจ สร้างความกระตือรือร้นให้กับนักเรียน เป็นผู้แนะนำและอำนวยความสะดวก เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างสมบูรณ์

Edens (2000: 55) ได้ให้ความหมายของการใช้ปัญหาเป็นฐานว่าเป็นรูปแบบการสอนการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ที่จะคิดและแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและมีความซับซ้อน เป็นแรงกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาและเกิดทักษะการแก้ปัญหา

เฉลิม วราวิทย์ (2531: 8) ได้ให้ความหมายของการใช้ปัญหาเป็นหลักว่า เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะหาความรู้ เพื่อแก้ปัญหาโดยเน้นผู้เรียนเป็นผู้ตัดสินใจในสิ่งที่ต้องการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และรู้จักการทำงานร่วมกันเป็นทีมภายในกลุ่มผู้เรียนด้วยกันเอง

สุนทรี คนเที่ยง (2544: 12) ได้กล่าวถึงไว้ว่า การใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ผู้เรียนควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเอง กำหนดวัตถุประสงค์และเลือกแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง ผู้สอนมีบทบาทในการให้คำแนะนำเท่านั้น

มัทธา ธรรมบุศย์ (2545: 13) ได้ให้ความหมายว่า การใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นรูปแบบ การเรียนรู้ที่เกิดจากแนวคิดตามทฤษฎีการเรียนรู้แบบสรคินิยม โดยนักเรียนสร้างความรู้ใหม่จากการ ใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นในโลกแห่งความเป็นจริงเป็นบริบทของการเรียนรู้ เพื่อให้ นักเรียนเกิดทักษะในการ คิดวิเคราะห์และคิดแก้ปัญหา รวมทั้งได้ความรู้ตามศาสตร์ในสาขาวิชาที่ตนศึกษา การเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นฐานจึงเป็นผลมาจากกระบวนการทำงานที่ต้องอาศัยความเข้าใจและแก้ปัญหาเป็นหลัก

ทิสนา แคมมณี (2559: 137-138) ได้ให้ความหมายว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ ปัญหาเป็นฐานเป็นการจัดสภาพการณ์ของการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย โดยผู้สอนอาจนำผู้เรียนไปเผชิญกับปัญหาจริง หรือผู้สอนอาจจัด สภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญกับปัญหา และฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาพร้อมกันเป็น กลุ่ม ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างชัดเจน ได้เห็นทางเลือกและวิธีการที่ หลากหลายในการแก้ปัญหา รวมทั้งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิดและ กระบวนการแก้ปัญหาต่างๆ

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นกระบวนการ เรียนรู้ที่ครูผู้สอนเป็นผู้จัดสภาพแวดล้อมที่เป็นปัญหาหรือเสนอสถานการณ์ปัญหาแก่ผู้เรียน อีกทั้งยัง กระตุ้นและส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดหาหนทางร่วมกันเพื่อแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง โดยมีการบูรณาการ ความรู้จากศาสตร์ต่างๆเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา ซึ่งปัญหาที่ใช้จะเป็นปัญหาในชีวิตประจำวันหรือ เกี่ยวข้องกับตัวผู้เรียน เพื่อเป็นการให้ผู้เรียนเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์และคิดแก้ปัญหา

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการใช้ปัญหาเป็นฐาน

การเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นวิธีการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียน ได้เกิดกระบวนการคิดแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆและได้เรียนรู้กระบวนการในการทำงานเป็นทีม โดยให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้และใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาในการให้ผู้เรียนได้ เรียนรู้และค้นคว้าด้วยตัวเอง การเรียนจะอยู่ในรูปของกลุ่มย่อย นักเรียนจะเป็นผู้กระทำด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นเพียงผู้ชี้แนะและให้ข้อมูลที่จำเป็นประโยชน์ เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะที่จำเป็นแก่ผู้เรียน ได้แก่ การแก้ปัญหา การชี้นำตนเองในการเรียนรู้ และการทำงานเป็นทีม อีกทั้งยังมีนักการศึกษาทั้ง ในประเทศและต่างประเทศได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับการใช้ปัญหาเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้ได้ ดังนี้

ทองจันทร์ หงส์ดารมภ์ (2531: 78-84) ได้กล่าวถึงแนวคิดการใช้ปัญหาเป็นหลักไว้ 2 ประการคือ การเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student-Centered Learning) และการเรียนรู้ แบบเอกัตภาพ (Individualized Learning) ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. การเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student-Centered Learning) ทฤษฎี การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง คือ ทฤษฎีมนุษยนิยมของคาร์ล อาร์ โรเจอร์ (Carl R. Rogers) ซึ่งมีความเชื่อว่าเป้าหมายของการศึกษา คือ การอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนเห็นการเปลี่ยนแปลง

ในโลกที่เกิดการเรียนรู้ การที่คนเราอยู่ในโลกที่สิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องได้อย่างมั่นคงนั้น คนต้องเรียนรู้ว่าจะเรียนรู้ได้อย่างไร เนื่องจากไม่มีความรู้ใดที่มั่นคง ดังนั้นการที่บุคคลรู้ถึงกระบวนการแสวงหาความรู้เท่านั้น จึงทำให้เกิดพื้นฐานที่มั่นคง ซึ่งโรเจอร์ได้เน้นความสำคัญของกระบวนการเรียนรู้ (Learning Process) เพราะถือว่าการเปลี่ยนแปลงนั้น กระบวนการสำคัญกว่าความรู้ที่หยุดนิ่ง เป้าหมายการศึกษา คือ การอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้บุคคลมีพัฒนาการและเจริญเติบโตสู่การทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

2. การเรียนรู้แบบเอกัตภาพ เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่นำไปสู่การบรรลุประสงค์ของผู้เรียนเป็นรายบุคคล หรือการจัดการเรียนการสอนที่คล้ายคลึงกันให้กับกลุ่มผู้เรียน เทคนิคการสอนอาจใช้อย่างเดียวหรือหลายอย่างร่วมกัน โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนระบุเป้าหมาย เลือกวิธีการสอน เลือกสื่อและอุปกรณ์การเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน

พวงรัตน์ บุญญานุรักษ์ และ Basantu (2544: 43) ได้กล่าวถึงการใช้ปัญหาเป็นฐานว่าเป็นการเรียนรู้สิ่งที่ตนเองอยากรู้หรืออยากเรียนเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมอย่างจริงจังในกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง และวิธีการที่ผู้เรียนเลือกเอง โดยใช้ปัญหาเป็นสาระหลักให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทักษะในการแก้ปัญหาและสร้างเสริมความรู้ทางคลินิก การเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นจะเริ่มต้นโดยนำตัวปัญหาเข้ามาเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการเรียนรู้ ปัญหาจะเป็นตัวกระตุ้นการเรียนรู้ที่จะทำให้เกิดคำถามที่ยังไม่มีคำตอบ ซึ่งจะชักนำให้ผู้เรียนไปสืบค้นต่อไป

จากแนวคิดที่กล่าวมาสามารถสรุปแนวคิดในการใช้ปัญหาเป็นฐานในการเรียนรู้ได้ว่า เป็นแนวคิดที่นำเอาสถานการณ์หรือปัญหามาเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะเรียนรู้และแสวงหาแนวทางในการแก้ปัญหาตามแบบที่ตนสนใจ โดยอาศัยความรู้เดิมเป็นพื้นฐาน อีกทั้งยังมีการสร้างความรู้ใหม่ด้วยตัวของผู้เรียนเอง

ในส่วนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น มีนักการศึกษาหลายท่านที่ได้กล่าวถึงไว้ ดังนี้

Hmelo and Evensen (2000: 4) ได้กล่าวไว้ว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเกี่ยวข้องกับทฤษฎีสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) และทฤษฎีทางสังคมและวัฒนธรรม (Sociocultural Theories) และมิโลและลิน (Hmelo and Lin, 2000: 231-232) ได้สนับสนุนการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานว่าเกี่ยวข้องกับทฤษฎีกระบวนการทางสมอง (Information Processing Theories) และทฤษฎีทางสังคมและวัฒนธรรม (Sociocultural Theories) จากทฤษฎีที่กล่าวมาข้างต้นสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

ทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) มีรากฐานมาจากทฤษฎีการเรียนรู้ของเพียเจต์ (Piaget) และไวทสกี (Vygotsky) ที่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการพัฒนาทางสติปัญญาที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างด้วยตนเอง กระบวนการสร้างความรู้เกิดจากการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์

กับสิ่งแวดล้อมเกิดการซึมซับหรือดูดซึมประสบการณ์ใหม่ ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนแนวคิดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยมอีกรูปแบบหนึ่ง คือ การเรียนรู้การค้นพบของ เจอร์โรมี เอส บรูเนอร์ (Jerome S. Bruner) ซึ่งเชื่อว่าการเรียนรู้ที่แท้จริงมาจากการค้นพบของแต่ละบุคคล โดยผ่านกระบวนการสืบเสาะความรู้ ในกระบวนการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น เมื่อผู้เรียนเผชิญกับปัญหา สิ่งที่ไม่รู้ทำให้ผู้เรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญหา และผลักดันให้ผู้เรียนไปแสวงหาความรู้ และนำความรู้ใหม่มาเชื่อมโยงกับความรู้เดิม เพื่อแก้ปัญหา เป็นความรู้ที่เพิ่มขึ้นมาอย่างมีความหมาย

ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Information Processing Theories) เป็นทฤษฎีที่เกี่ยวกับกระบวนการพัฒนาสติปัญญาของมนุษย์ โดยให้ความสนใจเกี่ยวกับกระบวนการทำงานของสมอง ทฤษฎีนี้มีแนวคิดว่าการทำงานของสมองมีความคล้ายคลึงกับการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้ 1) การรับรู้ข้อมูล (Input) 2) การเข้ารหัส (Encoding) 3) การส่งออกข้อมูล (Output) โดยเริ่มต้นจากการที่มนุษย์รับสิ่งเร้าเข้ามาจากประสาทสัมผัสทั้ง 5 สิ่งที่เราที่เข้ามาจะถูกบันทึกไว้ในความทรงจำระยะสั้น ซึ่งการบันทึกนี้จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบสองประการคือ การรู้จัก (Recognition) และการใส่ใจ (Attention) ของบุคคลที่รับสิ่งเร้า บุคคลจะเลือกรับสิ่งเร้าที่ตนรู้จักหรือสนใจ สิ่งเร้านั้นจะถูกบันทึกลงในความจำระยะสั้น (Short-term memory) ซึ่งสามารถดำรงอยู่ได้ในเวลาที่สั้นมาก การเก็บข้อมูลไว้ในภายหลัง สามารถทำได้โดยข้อมูลนั้นต้องได้รับการประมวลและเปลี่ยนรูปโดยการเข้ารหัส (Encoding) เพื่อนำไปเก็บไว้ในความจำระยะยาว (Long-term memory) โดยดาร์สันสันส์สิ่งที่เรียนรู้ใหม่กับความรู้ที่มีอยู่ก่อน ซึ่งเรียกว่ากระบวนการขยายความคิด (Elaborative Operations Process) เมื่อข้อมูลข่าวสารได้รับการบันทึกลงในความจำระยะยาวแล้วบุคคลจะสามารถเรียกความรู้ต่างๆออกมาได้ ซึ่งในการเรียกข้อมูลออกมาใช้ บุคคลจำเป็นต้องมีการถอดรหัสข้อมูล (Decoding) จากความทรงจำระยะยาวนั้น และส่งต่อไปยังตัวก่อกำเนิดพฤติกรรมตอบสนอง ซึ่งจะเป็แรงขับหรือกระตุ้นให้บุคคลมีการเคลื่อนไหว หรือการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆ กระบวนการทางสมองนั้น จะได้รับการบริหารควบคุมอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งหากเปรียบเทียบกับคอมพิวเตอร์แล้ว ก็คือโปรแกรมสั่งงานหรือ “Software” นั้นเอง การบริหารควบคุมการประมวลของสมองก็คือการที่บุคคลรู้ถึงความคิดของตนและสามารถควบคุมความคิดของตนให้เป็นไปตามที่ต้องการ การเรียนรู้ในลักษณะนี้ใช้ศัพท์ทางวิชาการว่า “Metacognition” หรือ “การรู้คิด” ซึ่งหมายถึงการตระหนักรู้ (Awareness) เกี่ยวกับความรู้และความสามารถของตนเอง และใช้ความเข้าใจในการเรียนรู้ดังกล่าวในการจัดการควบคุมกระบวนการคิด การทำงานของตนด้วยกลวิธีต่างๆอันจะช่วยให้การเรียนรู้หรืองานที่ทำประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย (ทิตนา แคมมณี, 2559: 80-82)

ทฤษฎีทางสังคมและวัฒนธรรม (Sociocultural Theories) เป็นทฤษฎีที่เกี่ยวกับการฝึกฝนพหุปัญญา (Cognition Apprenticeship) รูปแบบการฝึกฝนพหุปัญญาโดยใช้

สถานการณ์การเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์จริงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ เพราะสถานการณ์ปัญหาที่มีความซับซ้อน ค่อนข้างยุ่งยาก จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ผู้เรียนต้องได้รับการส่งเสริมแนวความคิด และรวบรวมความรู้เพื่อนำมาแก้ปัญหา ทฤษฎีนี้แนะนำว่า การมีส่วนร่วมในการสนทนาเกี่ยวกับการเรียนกับผู้อื่น ผู้เรียนจะได้พัฒนากิจกรรมการคิดภายในตนเองเพื่อนำไปใช้ภายนอก นั่นคือการนำไปสู่การอธิบายที่หลากหลายในกลุ่มใหญ่

จากทฤษฎีที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการใช้ปัญหาเป็นฐาน ประกอบด้วย ทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) ทฤษฎีกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล (Information Processing Theories) และทฤษฎีทางสังคมและวัฒนธรรม (Sociocultural Theories) ซึ่งทุกทฤษฎีมีใจความสำคัญที่คล้ายกันคือ เป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดหรือนำผู้เรียนไปอยู่ในสภาพแวดล้อมหรือสถานการณ์ปัญหาที่สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้มากที่สุด โดยทำให้ผู้เรียนทำความเข้าใจที่มีอยู่แล้วมาเชื่อมกับความรู้ใหม่ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของปัญญา อีกทั้งยังเป็นการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับคนรอบข้าง มีการวางแผนและร่วมมือกัน

ลักษณะการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

Barrows and Tamblyn (1980: 191-192) ได้สรุปลักษณะของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้

1. ปัญหาจะถูกเสนอให้ผู้เรียนเป็นอันดับแรกในชั้นของกระบวนการเรียนรู้
2. ปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้จะเป็นปัญหาที่เหมือนกับปัญหาที่นักเรียนสามารถพบได้ในชีวิตจริง
3. นักเรียนจะทำงานเป็นกลุ่มในการแก้ปัญหา โดยมีอิสระในการแสดงความสามารถและการให้เหตุผล การประยุกต์ใช้ความรู้การประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเองที่เหมาะสมกับขั้นตอนของการเรียนรู้ในแต่ละขั้น
4. เป็นการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีขั้นตอนในการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นแนวทางในการกำหนดกระบวนการทำงานเพื่อแก้ปัญหา
5. ความรู้และทักษะที่ต้องการให้นักเรียนได้รับจะเกิดหลังจากการแก้ปัญหาหรือการทำงานที่ใช้ความรู้หรือทักษะเหล่านั้น
6. การเรียนรู้จะประกอบด้วยการทำงานในการแก้ปัญหาและการศึกษาด้วยตนเอง โดยมีการบูรณาการทั้งความรู้ที่นักเรียนมีทักษะกระบวนการเข้าด้วยกัน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550: 2-3) ได้สรุปหลักสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้

1. ต้องมีสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเริ่มต้นจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วยการใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้
 2. ปัญหาที่นำมาใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ ควรเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถพบเห็นได้ในชีวิตจริงของผู้เรียน
 3. ผู้เรียนเรียนรู้โดยการนำตนเอง (Self-Directed Learning) ค้นหาและแสวงหาความรู้คำตอบด้วยตนเอง ดังนั้น ผู้เรียนจึงต้องมีการเรียนรู้การวางแผนด้วยตนเอง บริหารเวลาเอง คัดเลือกวิธีการเรียนรู้และประสบการณ์เรียนรู้ รวมทั้งประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตัวเอง
 4. ผู้เรียนเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อย เพื่อประโยชน์ในการค้นหาความรู้ข้อมูลร่วมกัน เพื่อเป็นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยเหตุผล ฝึกให้ผู้เรียนมีทักษะในการรับส่งข้อมูล เรียนรู้เกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างบุคคล ฝึกการจัดการระบบตนเองเพื่อพัฒนาความสามารถในการทำงานร่วมกันเป็นทีม ความรู้และคำตอบมีความหลากหลายองค์ความรู้จะผ่านการวิเคราะห์โดยผู้เรียน มีการสังเคราะห์ตัดสินใจร่วมกัน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนี้นอกจากจะสามารถจัดการเรียนแบบเป็นกลุ่มได้แล้วยังสามารถจัดให้ผู้เรียนเรียนรู้เป็นรายบุคคลได้ แต่อาจทำให้ผู้เรียนขาดทักษะในการทำงานร่วมกับผู้อื่น
 5. การเรียนรู้มีลักษณะการบูรณาการความรู้และบูรณาการทักษะกระบวนการต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้และคำตอบที่กระจ่างชัด
 6. ความรู้ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้จะได้มาหลังจากการผ่านกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแล้วเท่านั้น
 7. การประเมินผลจะเป็นการประเมินตามสภาพจริง โดยพิจารณาจากการปฏิบัติงานและความก้าวหน้าของผู้เรียน
- Stepien and William (1993: 1-3) ได้กล่าวถึงลักษณะของการใช้ปัญหาเป็นหลักไว้ดังนี้

1. ในการใช้ปัญหาเป็นหลักนั้น ปัญหาที่มีแนวทางในการหาคำตอบหลากหลาย (ill-structured problem) จะถูกนำเสนอเป็นอันดับแรกและจัดเป็นศูนย์กลางของเนื้อหาสาระและบริบทของการเรียนรู้
2. ปัญหาที่เป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ มีลักษณะดังนี้
 - 2.1 โครงสร้างที่มีลักษณะ สามารถหาแนวทางการหาคำตอบได้หลากหลาย (ill-structured) เป็นลักษณะปัญหาตามแบบธรรมชาติทั่วไป
 - 2.2 สถานการณ์จะมีลักษณะที่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่ตายตัว (Messy)
 - 2.3 มีการเปลี่ยนแปลงได้เสมอเมื่อมีข้อมูลใหม่ ๆ เพิ่มเข้ามา
 - 2.4 ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ง่าย ๆ หรือรูปแบบการแก้ปัญหาไม่แน่นอน

2.5 ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องเสมอไป

3. การเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักในชั้นเรียนนั้น นักเรียนจะถูกจัดให้มีบทบาทเป็นนักแก้ปัญหา ครูถูกจัดให้มีบทบาทเป็นผู้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือ (Tutor and Coaches)

4. ในกระบวนการสอนและการเรียน จะมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อมูลต่าง ๆ แต่ความรู้ที่นักเรียนแต่ละคนจะต้องสร้างขึ้นด้วยตนเอง การคิดต้องเต็มไปด้วยความชัดเจนมีความหมาย

5. การประเมินการเรียนรู้จะประเมินตามสภาพจริง โดยดูที่ปัญหาและกระบวนการแก้ปัญหา
 ทิศนา ขแมมณี (2559: 135-137) ได้เสนอตัวบ่งชี้การใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ 10 ประการดังนี้

1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมมือกันแก้ปัญหาที่ตรงกับความสนใจหรือความต้องการ
2. ผู้สอนผู้เรียนมีการออกไปเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาจริง หรือผู้สอนมีการจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้เผชิญกับปัญหา
3. ผู้สอนผู้เรียนมีการร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาสาเหตุของปัญหา
4. ผู้เรียนมีการวางแผนการแก้ปัญหาร่วมกัน
5. ผู้สอนให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนในการแสวงหาแหล่งข้อมูล การศึกษาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล
6. ผู้เรียนมีการศึกษา ค้นคว้าและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง
7. ผู้สอนมีการกระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาทางเลือกในการแก้ปัญหาที่หากหลายและพิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสม
8. ผู้เรียนมีการลงมือแก้ปัญหา รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุปและประเมินผล
9. ผู้สอนมีการติดตามการปฏิบัติงานของผู้เรียนและให้คำปรึกษา
10. ผู้สอนมีการประเมินผลการเรียนรู้ทั้งทางผลงานและกระบวนการ

จากลักษณะการเรียนรู้ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปลักษณะของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานได้ ดังนี้

1. เสนอสถานการณ์ปัญหาเป็นอันดับแรกของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้
2. ปัญหาที่นำมาใช้เป็นปัญหาที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตจริงหรือมีความเกี่ยวข้องกับตัวผู้เรียน
3. จัดการเรียนรู้โดยแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม เพื่อให้เกิดการปฏิสัมพันธ์และร่วมมือกัน

แก้ปัญหา

4. ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความต้องการค้นคว้าและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยครูมีหน้าที่ในการอำนวยความสะดวกในการจัดหาแหล่งการเรียนรู้ที่เหมาะสมให้
5. ความรู้และทักษะต่างๆจะเกิดหลังจากที่ผู้เรียนได้ทำการแก้ปัญหาไปแล้ว
6. มีการบูรณาการความรู้เก่าและความรู้ใหม่หรือความรู้จากศาสตร์อื่นๆเข้าด้วยกันเพื่อทำการแก้ปัญหา
7. ประเมินผลผู้เรียนตามสภาพจริงโดยพิจารณาจากผลงานหรือการปฏิบัติ

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ต้องมีความสอดคล้องและต่อเนื่องกัน อีกทั้งยังกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการเรียนรู้อย่างแท้จริง ซึ่งขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้กำหนดขั้นตอนไว้ ดังนี้

Good (1973: 25-30) ได้กล่าวถึงกระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมี 7

ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กลุ่มผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาและข้อความที่ปรากฏอยู่ในปัญหาให้ชัดเจน โดยอาศัยความรู้พื้นฐานของสมาชิกภายในกลุ่มหรือศึกษาค้นคว้าจากเอกสารและงานวิจัยอื่นๆ

ขั้นตอนที่ 2 กลุ่มผู้เรียนระบุปัญหาหรือข้อมูลสำคัญร่วมกัน โดยทุกคุยในกลุ่มเข้าใจปัญหา เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่กล่าวถึงในปัญหานั้น

ขั้นตอนที่ 3 กลุ่มผู้เรียนร่วมกันระดมสมองเพื่อวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ อธิบายความเชื่อมโยงต่างๆของข้อมูลหรือปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 กลุ่มผู้เรียนกำหนดและจัดลำดับความสำคัญของสมมติฐาน พยายามที่จะหาเหตุผลอธิบายปัญหาหรือข้อมูลที่ค้นพบ โดยใช้พื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน การแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล ตั้งสมมติฐานอย่างสมเหตุสมผลสำหรับปัญหานั้น

ขั้นตอนที่ 5 กลุ่มผู้เรียนกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เพื่อค้นหาข้อมูลหรือความรู้ที่จะอธิบายหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ผู้เรียนสามารถบอกได้ว่าความรู้ส่วนใดรู้แล้ว ส่วนใดต้องกลับไปทบทวน ส่วนใดยังไม่รู้หรือจำเป็นต้องกลับไปค้นคว้าเพิ่มเติม

ขั้นตอนที่ 6 ผู้เรียนค้นคว้ารวบรวมสารสนเทศจากสื่อ และแหล่งการเรียนรู้ต่างๆ เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ขั้นตอนที่ 7 จากการรายงานข้อมูลหรือสารสนเทศใหม่ที่ได้นำมา กลุ่มผู้เรียนนำมาอภิปราย วิเคราะห์ สังเคราะห์ ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แล้วนำมาสรุปเป็นหลักการและประเมินผลการเรียนรู้

Tan (2017) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยมี 5 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพบปัญหา (Meeting the problem) ในขั้นตอนนี้สถานการณ์ปญญาที่เกิดขึ้นทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นและขยายบริบทของนักเรียนที่เหมือนจริง นักเรียนตกแต่งรายละเอียด ของประเด็นปัญหาที่น่าจะเกิดขึ้น รับฟังความคิดเห็นของคนส่วนใหญ่ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของปัญหา และมุ่งมั่นที่จะพิจารณาเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาและการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ปัญหาและการเรียนรู้ประเด็นปัญหา (Problem analysis and learning Issue) เป็นการนำเข้ามาในการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยตรงในขั้นตอนนี้ความรู้เดิมของ นักเรียนจะมีการเปิดใช้งานและสร้างความคิดสำหรับการเรียนรู้ต่อไป นักเรียนระดมสมอง และ วิเคราะห์ปัญหาที่พบ ระบุดูประเด็นการเรียนรู้และกำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 3 การค้นพบและการรายงานผล (discovery and reporting) นักเรียนแต่ละคน รายงานขอคนพบที่ได้จากการไปศึกษาคนควา แขนงปนข้อมูลหรือสารสนเทศใหม่ ๆ ที่แต่ละคนได้ไป ศึกษา มา และวิเคราะห์ สังเคราะห์ ทบทวนและประเมินคำตอบหรือข้อค้นพบที่ได้

ขั้นตอนที่ 4 การนำเสนอคำตอบของปัญหาและสะท้อนผล (solution presentation and reflection) นำเสนอขอคนพบหรือคำตอบของปัญหาและการเรียนรู้ร่วมกันผ่านการอภิปราย สะท้อน ผลและประเมินผล

ขั้นตอนที่ 5. ขอบิดเห็น การบูรณาการ และการประเมินผล (overview, integration and evaluation) ครูผู้สอนและนักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น สรุปผลหรือตกแต่งรายละเอียดของการแก้ปัญหาที่ได้นำเสนอ และช่วยกันประเมินผลสิ่งที่ได้ร่วมกันทำหลังจากได้นำเสนอปัญหาและผลการ แก้ปัญหาที่ผ่านการสะท้อนผลหรือผ่านการพิจารณาแล้ว

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2550: 6 - 8) ได้สรุปขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ด้วยกัน 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่างๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหา สามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่ผู้เรียนอยากเรียนรู้ได้และเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนจะต้องสามารถอธิบายสิ่งต่างๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้เรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียน ดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองและด้วยวิธีการที่หลากหลาย

ขั้นตอนที่ 4 ชั้นสังเคราะห์ความรู้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผลและสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด

ขั้นตอนที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของกลุ่มตัวเองและประเมินผลว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนอย่างอิสระ ทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้มาจัดระดับองค์ความรู้และนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย ผู้เรียนทุกกลุ่มรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาร่วมกันประเมินผลงาน

ชูรายา สัสดีวงศ์ (2555: 58 อ้างอิงจาก สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนาระบบการเรียนรู้, 2550: 9) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ผู้สอนจัดสถานการณ์ต่างๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหา สามารถกำหนดสิ่งที่เป็นปัญหาที่ผู้เรียนอยากรู้อยากเรียนได้และเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ

ขั้นตอนที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา ผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจปัญหาที่ต้องการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนจะต้องสามารถอธิบายสิ่งต่างๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ผู้เรียนกำหนดสิ่งที่ต้องเรียน ดำเนินการศึกษา ค้นคว้าด้วยตนเอง ด้วยวิธีการที่หลากหลาย

ขั้นตอนที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายผลและสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด

ขั้นตอนที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปผลงานของตัวเอง และประเมินผลงานว่าข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ ทุกกลุ่มช่วยกันสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหาอีกครั้ง

ขั้นตอนที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาจัดระบบองค์ความรู้และนำเสนอผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย

จากกระบวนการและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานที่กล่าวมา ผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนการจัดกระบวนการเรียนรู้ของสำนักงานมาตรฐานการศึกษาและพัฒนาระบบการเรียนรู้

เนื่องจากเห็นว่ามีความเหมาะสมกับผู้เรียนและระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอน โดยมีทั้งหมด 6 ขั้นตอนดังแสดงในตาราง 2

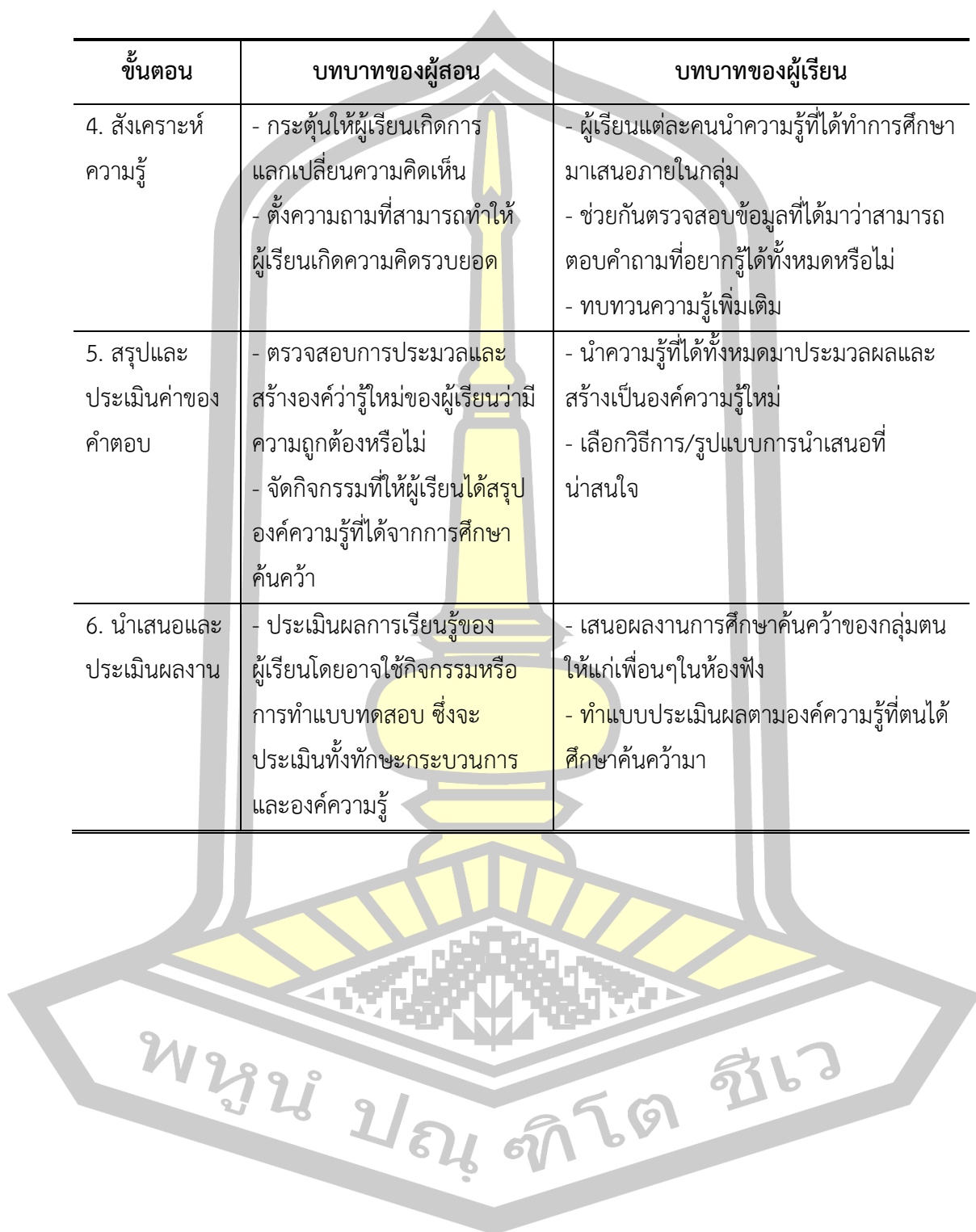
ตาราง 2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของสำนักงานมาตรฐานการศึกษาและ
พัฒนาการเรียนรู้

ขั้นตอน	บทบาทของผู้สอน	บทบาทของผู้เรียน
1. กำหนด ปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> - ยกตัวอย่างปัญหา/สถานการณ์ต่างๆ - ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการคิดต่อ - แนะนำแนวทาง/วิธีการเรียนรู้ 	<ul style="list-style-type: none"> - คิดและเสนอปัญหาที่หลากหลาย - เลือกปัญหาที่ตนสนใจ
2. ทำความ เข้าใจปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> - ตั้งคำถามและกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิด - ช่วยแนะนำหากผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่คาดเคลื่อนเกี่ยวกับปัญหา 	<ul style="list-style-type: none"> - ตั้งคำถามในประเด็นที่ตนอยากรู้หรือสงสัย - ระดมสมองเพื่อทำความเข้าใจปัญหา - อธิบายสถานการณ์ของปัญหา - บอกแนวทางและวิธีการศึกษาค้นคว้าหาคำตอบ - จัดทำแผนผังความคิด (Mind Map)/บันทึกการทำงาน
3. ดำเนิน การศึกษา ค้นคว้า	<ul style="list-style-type: none"> - อำนวยความสะดวกในด้านของแหล่งการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน - แนะนำแนวทางในการศึกษาค้นคว้าให้แก่ผู้เรียน 	<ul style="list-style-type: none"> - แบ่งหน้าที่ในกลุ่ม - จัดเรียงกระบวนการและขั้นตอนในการทำงานพร้อมทั้งจัดลำดับความสำคัญ - ค้นคว้า/ศึกษาและทำการบันทึก

พูนุ ปรณ ทิโต ชีเว

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอน	บทบาทของผู้สอน	บทบาทของผู้เรียน
4. สังเคราะห์ ความรู้	<ul style="list-style-type: none"> - กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น - ตั้งคำถามที่สามารถทำให้ ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด 	<ul style="list-style-type: none"> - ผู้เรียนแต่ละคนนำความรู้ที่ได้ทำการศึกษา มาเสนอภายในกลุ่ม - ช่วยกันตรวจสอบข้อมูลที่ได้มาว่าสามารถ ตอบคำถามที่อยากรู้ได้ทั้งหมดหรือไม่ - ทบทวนความรู้เพิ่มเติม
5. สรุปและ ประเมินค่าของ คำตอบ	<ul style="list-style-type: none"> - ตรวจสอบการประมวลผลและ สร้างองค์ความรู้ใหม่ของผู้เรียนว่ามี ความถูกต้องหรือไม่ - จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้สรุป องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษา ค้นคว้า 	<ul style="list-style-type: none"> - นำความรู้ที่ได้ทั้งหมดมาประมวลผลและ สร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ - เลือกวิธีการ/รูปแบบการนำเสนอที่ น่าสนใจ
6. นำเสนอและ ประเมินผลงาน	<ul style="list-style-type: none"> - ประเมินผลการเรียนรู้ของ ผู้เรียนโดยอาจใช้กิจกรรมหรือ การทำแบบทดสอบ ซึ่งจะ ประเมินทั้งทักษะกระบวนการ และองค์ความรู้ 	<ul style="list-style-type: none"> - เสนอผลงานการศึกษาค้นคว้าของกลุ่มตน ให้แก่เพื่อนๆในห้องฟัง - ทำแบบประเมินผลตามองค์ความรู้ที่ตนได้ ศึกษาค้นคว้ามา



โปรแกรมจีโอจีบรา (GeoGebra Program)

โปรแกรมจีโอจีบรา

GeoGebra (2017) ได้กล่าวถึงโปรแกรมจีโอจีบราว่า เป็นโปรแกรมทางคณิตศาสตร์เชิงพลวัตสำหรับการศึกษาระดับ ซึ่งสามารถนำเนื้อหาต่างๆทางคณิตศาสตร์เข้ามารวมกันได้อย่างง่ายดาย เช่น เรขาคณิต กระจาดขาคำนวณ (Spreadsheets) การวาดกราฟ สถิติและแคลคูลัส โดยโปรแกรมจีโอจีบรา ได้รับความนิยมและแพร่ขยายไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีผู้ใช้งานมากกว่าหนึ่งล้านคนทั่วโลก อีกทั้งโปรแกรมจีโอจีบรา ยังเป็นผู้นำในด้านของโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์แบบพลวัต ตัวโปรแกรมมีระบบสนับสนุนการสร้างเครื่องที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรม (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) หรือ STEM ซึ่งเป็นนวัตกรรมที่ใช้ในการเรียนการสอนที่นิยมกับทั่วโลก

พงษ์ศักดิ์ วุฒิสันต์ (2556: 13-14) กล่าวว่า GeoGebra เป็นคำที่ย่อมาจาก Geometry และ Algebra ร่วมกัน เป็นโปรแกรมทางคณิตศาสตร์อีกโปรแกรมหนึ่งที่นำมาใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ โดยผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้งานได้โดยง่าย สามารถสร้างกราฟภาคตัดกรวย แสดงสมการทั่วไปหรือสมการมาตรฐานของกราฟนั้นๆได้ด้วย นอกจากนี้ยังมีวิดีโอการสอนการใช้งานมากมายใน YouTube

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2553: 28) กล่าวว่า โปรแกรมจีโอจีบรา เป็นโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ที่ได้ตอบกับผู้ใช้งาน สำหรับการศึกษาในระดับโรงเรียนมัธยมศึกษา สามารถเรียนรู้เกี่ยวกับเรขาคณิต พีชคณิต แคลคูลัส วงกลม และส่วนตัดของวงกลม โปรแกรมจีโอจีบรา สามารถสร้างจุด ภาคตัดกรวย สมการ นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการส่งออกไฟล์ในรูปแบบของภาษา Java ซึ่งเป็นสื่อที่ปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน โดยผู้เรียนสามารถปรับแต่งค่ารวมถึงรูปร่างของสื่อได้เป็นอย่างดี

จากข้อมูลทีกล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า โปรแกรมจีโอจีบรา เป็นโปรแกรมทางคณิตศาสตร์แบบพลวัตที่สามารถปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งานได้ อีกทั้งยังสามารถสร้างสื่อการสอนได้อย่างหลากหลายที่ใช้สำหรับการสอนตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาจนถึงระดับมหาวิทยาลัย เนื่องจากมีเครื่องมือสำเร็จรูปต่างๆมากมายที่สามารถใช้งานได้อย่างสะดวก และเครื่องมือต่างๆในโปรแกรมยังสนับสนุนการสร้างสื่อในการจัดการเรียนรู้แบบ STEM โดยผู้ใช้งานสามารถโหลดโปรแกรมจีโอจีบรา มาทำการติดตั้งได้โดยไม่ค่าลิขสิทธิ์

ประวัติของโปรแกรมจีโอจีบรา

ปิยะวุฒิ ศรีชนะ (2556: 22 อ้างอิงจาก Hohenwarter and Preiner, 2007) ได้กล่าวถึงโปรแกรมจีโอจีบรา ว่าเป็นโปรแกรมทางคณิตศาสตร์แบบผสมผสานที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก เติบโตอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุโรปและอเมริกาเหนือ โดยโปรแกรมจีโอจีบรา นี้ เป็นโครงการวิทยานิพนธ์ของ Markus Hohenwarter ที่มหาวิทยาลัย Salzburg ประเทศออสเตรีย สร้างจากแนวความคิดพื้นฐานเพื่อใช้ในการพัฒนาโปรแกรมด้านเรขาคณิต เช่น Cari Geometry, Sketchpad Geometry และพีชคณิตในระบบคอมพิวเตอร์ต่างๆ โดยสร้างให้ง่ายต่อการใช้งานในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ Hohenwarter ยังคงพัฒนาโปรแกรมจีโอจีบรา จนได้รับปริญญาเอกด้วยโครงการ “ตรวจสอบการใช้งานโปรแกรมจีโอจีบรา ในการสอนโรงเรียนในออสเตรีย” ปัจจุบัน Hohenwarter เป็นอาจารย์ที่มหาวิทยาลัยฟอริตาแอตแลนติก (FAU) และเริ่มทำงานในโครงการฝึกอบรมครู ได้รับทุนจากมูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (NSF) วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ Partnership (MAP) โดรนโครงการวิจัยโปรแกรมจีโอจีบรา มุ่งเน้นไปที่เนื้อหาความรู้ของครูเพื่อส่งเสริมการสอนวิชาคณิตศาสตร์ และการปฏิบัติการเรียนการสอนผ่านเทคโนโลยี ตั้งแต่ปี 2002 เป็นต้นมา ครูจำนวนมากสนใจการใช้โปรแกรมจีโอจีบรา ในการจัดการเรียนการสอน ทำให้ Hohenwarter ได้รับเชิญจากสมาคมครูและมหาวิทยาลัยเพื่อนำเสนอการใช้โปรแกรมจีโอจีบรา ในยุโรปและอเมริกาเหนือ นอกจากนี้ยังมีการแปลภาษาในโปรแกรมไปแล้วมากกว่า 35 ภาษาทั่วโลก ปัจจุบัน www.geogebra.org มีผู้เข้าชมประมาณ 3,000,000 ครั้งต่อเดือนจาก 188 ประเทศทั่วโลก และครูที่เข้าร่วมเป็นสมาชิกในเว็บไซต์มากกว่า 100,000 คน

เมธาสิทธิ์ ธีรรัตน์ศรีสกุล (2558) ได้กล่าวถึงโปรแกรมจีโอจีบราไว้ว่า เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปทางคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นพลวัต (Dynamic) ยืดหยุ่นสูง อีกทั้งยังเป็นโปรแกรมฟรีที่ไม่ต้องเสียค่าลิขสิทธิ์ก่อนที่จะนำมาใช้งาน (Freeware) คำว่าจีโอจีบรา มาจากคำว่า Geometric ผสมกับคำว่า Algebra นั่นคือโปรแกรมนี้มีคุณสมบัติในการใช้งานทั้งด้านเรขาคณิต (Geometric) คณิตและพีชคณิต (Algebra) ความแตกต่างของโปรแกรมนี้นี้กับโปรแกรมคณิตศาสตร์แบบพลวัตโปรแกรมอื่นคือ การสร้างกราฟของภาคตัดกรวยได้อย่างได้ตายด้วยการคลิกเพียงอย่างเดียว ไม่จำเป็นต้องมีการสร้างฟังก์ชันให้เกิดความยุ่งยาก อีกทั้งยังสามารถแสดงสมการภาคตัดกรวยเป็นรูปทั่วไปหรือสมการมาตรฐานของกราฟนั้นๆได้ โปรแกรมจีโอจีบรา ถูกพัฒนาขึ้นจากการทำวิทยานิพนธ์ในระดับปริญญาโทของ Markus Hohenwarter ที่มหาวิทยาลัย Salzburg ประเทศออสเตรีย ในปี ค.ศ. 2001 ต่อมาในปี 2007 Michael Borcherds ได้ทำการพัฒนาต่อจนเป็นที่นิยมแพร่หลายทั่วโลก ได้รับการแปลเป็นภาษาต่างๆ และได้รับการสนับสนุนจากสถาบันการศึกษาหลายแห่งทั่วโลก ปัจจุบันโปรแกรมจีโอจีบรา ถูกพัฒนาจนถึง Version 5.0 ซึ่งมีความสามารถในการสร้างสื่อสามมิติ เป็นเอกลักษณ์ที่เพิ่มเข้ามาอย่างหนึ่งของโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ที่น่าสนใจโปรแกรมนี้นี้

การสอนคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมจีโอจีบรา

Sangwin (2007: online) ได้กล่าวว่า โปรแกรมจีโอจีบราถูกสร้างมาเพื่อใช้กับการศึกษาในระดับมัธยมศึกษา แต่มันก็ยังมีประโยชน์หรือสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาระดับสูงได้ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ประกอบการเรียนการสอนหรือใช้สำหรับนักศึกษาในการศึกษาฟังก์ชัน กราฟ และอื่นๆ นอกจากนั้นยังทำให้นักศึกษาค้นเคยกับโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ที่ใช้กันในปัจจุบัน โดยโปรแกรมจีโอจีبرانี้เป็นโปรแกรมที่สามารถนำไปใช้ได้โดยไม่ต้องลงทะเบียนและไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ ซึ่งเป็นเหตุผลหลักทำให้มีการนำโปรแกรมจีโอจีบราไปใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยมีความคาดหวังว่าโปรแกรมจีโอจีบราจะเป็นปัจจัยสำคัญ ในการส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้กับนักศึกษา และเป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนของนักศึกษาอีกด้วย

Joubert (2008: 4) ได้สรุปไว้ว่า อุปสรรคบางอย่างจากการใช้โปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัตในการจัดการเรียนการสอน สามารถทำให้ลดลงได้โดยการใช้โปรแกรมจีโอจีบรา ซึ่งเป็นโปรแกรมใหม่ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกสร้างขึ้นโดย Markus Hohenwarter ซึ่งเป็นการพัฒนาจากโปรแกรมเดิมคือ Cabri และ Geometer's sketchpad ทำให้ผู้ใช้งานสามารถป้อนข้อมูลฟังก์ชันพีชคณิตและตัวแปรทางหน้าต่างได้โดยตรง ตัวโปรแกรมสามารถประสานการทำงานระหว่างเรขาคณิตกับฟังก์ชันและแคลคูลัสได้อย่างลงตัว จึงสามารถทำให้ขยายขอบเขตของหลักสูตรในการนำไปใช้ จากที่ผ่านมาที่มีการให้ครูผู้สอนได้นำโปรแกรมจีโอจีบราไปใช้ ผลที่ปรากฏคือครูสามารถใช้งานได้ง่ายแต่ต้องมีการจัดอบรมให้เพียงเล็กน้อย ก่อนนำไปใช้จริงในชั้นเรียน

Antohe (2009: 221-230) ได้กล่าวโดยสรุปไว้ว่า โปรแกรมจีโอจีบราเป็นเครื่องมือที่นักเรียนสามารถใช้เรียนรู้ร่วมกับเรขาคณิตแบบ Euclidean หรือ Non-Euclidean พีชคณิต แคลคูลัสและจีโอเมตรี ในการทำความเข้าใจแนวคิดทางเรขาคณิตนั้น โปรแกรมจีโอจีบราสามารถช่วยสร้างเรขาคณิตในมิติต่างๆ ทำให้นักเรียนได้เกิดการสำรวจและทำความเข้าใจเนื้อหาทางเรขาคณิตได้ง่ายขึ้นกว่าการเรียนแบบดั้งเดิม โปรแกรมจีโอจีบราเป็นเครื่องมือที่กระตุ้นให้เกิดการค้นพบ โดยนักเรียนจะเห็นภาพในตอนแรกแล้วทำการวิเคราะห์ปัญหา หลังจากนั้นนักเรียนจะตั้งข้อคาดการณ์ก่อนที่จะทำการพิสูจน์ในเรื่องนั้นๆ กระบวนการเรียนรู้จากโปรแกรมจีโอจีบรา ทำให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้พื้นฐานของตนเองในเชิงรูปธรรม จากนั้นจะค่อยพัฒนาขึ้นไปสู่ระดับที่สูงขึ้น ผู้ใช้สามารถสร้างรูปทางเรขาคณิต วัดขนาดสัดส่วนของเส้นตรงส่วนโค้งของมุมและพื้นที่ได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง อันจะนำไปสู่การค้นหาค่าสมบัติต่างๆ ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้น ดึงดูดความสนใจ เกิดจินตนาการในการศึกษาค้นคว้าหาเหตุผลและเพิ่มพูนความรู้ ซึ่งการเรียนเรขาคณิตในลักษณะดังกล่าวจะทำให้ผู้เรียนมองเห็นสิ่งต่างๆ รอบตัวอย่างมีความหมายมากขึ้น การใช้โปรแกรมจีโอจีบราในการเรียนการสอนจะแก้ปัญหาเรื่องการวาดภาพที่มีความซับซ้อนได้อย่างง่ายดาย อีกทั้งยัง

มีประสิทธิภาพและช่วยประหยัดเวลาในการเรียนรู้ วิธีการใช้งานผู้สอนสามารถทำเป็นสคริปต์ในการสาธิตหรือทำการสรุปให้ผู้เรียนศึกษาตามเพื่อทำการทบทวนได้

Lopez (2011: 183-188) ได้กล่าวไว้ว่า จากการฝึกอบรมครูคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาในประเทศสเปนเกี่ยวกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ โดยการใช้โปรแกรมจีโอจีบราไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนได้ทำให้เกิดประโยชน์ ดังนี้

1. โปรแกรมจีโอจีบราทำให้ผู้เรียนเกิดวิสัยทัศน์ในการแก้ปัญหา
2. ทำให้ผู้เรียนต้องมีความเข้าใจคำศัพท์ทางเรขาคณิต
3. โปรแกรมจีโอจีบราช่วยให้นักเรียนตรวจสอบคุณสมบัติและความสัมพันธ์ของรูปร่าง ที่ไม่สามารถสร้างด้วยกระดาษและดินสอได้หรือสามารถทำได้แต่ต้องใช้เวลาในการวาดค่อนข้างมาก
4. นักเรียนที่อ่อนวิชาคณิตศาสตร์ อาจเกิดแรงบันดาลใจจากการใช้โปรแกรมที่ช่วยในการแก้ปัญหาและมีความรู้คงทนในการแก้ปัญหา
5. โปรแกรมจีโอจีบราเป็นโปรแกรมเกมที่ใช้งานได้สะดวกและนักเรียนสามารถเรียนรู้กับเครื่องมือต่างๆได้ง่ายด้วยตนเอง

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า โปรแกรมจีโอจีบราสามารถนำมาใช้ควบคู่ไปกับการจัดการเรียนสอนของครูได้ เนื่องจากโปรแกรมจีโอจีบรามีเครื่องมือต่างๆที่สามารถสร้างรูปทางเรขาคณิต กราฟ ฟังก์ชัน พีชคณิตและแคลคูลัสที่มีความซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว ทำให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ต่างๆได้อย่างเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้การเรียนในเรื่องนั้นๆมีความหมายต่อตัวผู้เรียนและความรู้ที่ได้เรียนไปนั้นจะคงทน โดยในการนำไปใช้นั้นผู้สอนสามารถทำเป็นสคริปต์ขั้นตอนหรือให้นักเรียนศึกษาตามก็ได้



ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

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

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

1.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Knowledge of Specifics) หมายถึงการถาม เพื่อจะวัดความรู้ความจำเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาในรูปหรือแบบเดียวกับที่นักเรียนได้รับจากการเรียน การสอนมาแล้ว นอกจากนี้ยังรวมถึงความรู้พื้นฐานซึ่งนักเรียนต้องนำมาใช้เสมอ

1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (Knowledge of Terminology) หมายถึงความสามารถบอกความหมายคำศัพท์ คำนิยามต่าง ๆ ที่เคยเรียนมาแล้ว โดยไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณแต่อย่างใด

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

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

2.1 ความรู้เกี่ยวกับมโนคติ (Knowledge of Concepts) หมายถึงความสามารถในการสรุป ความหมายของสิ่งที่ ได้เรียนมาตามความเข้าใจของตนเอง รู้จักนำข้อเท็จจริงของเนื้อหาที่เรียนมาสัมพันธ์กัน โดยการนำมาสรุป ความหมายของสิ่งนั้นอีกครั้งหนึ่งหรืออาจจะกล่าวได้ว่า มโนคติเป็นเซตของสิ่งเกี่ยวกับความรู้ที่เป็นข้อเท็จ

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 ไปแก้ปัญหาใหม่ให้เป็นผลสำเร็จทั้งนี้โจทย์ปัญหาที่ใช้วัดในระดับนี้จะต้องไม่ใช่โจทย์ข้อเดิมที่อยู่ในแบบฝึกหัด 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 จำแนกโจทย์ออกเป็นส่วนย่อยว่ามีความจำเป็นหรือไม่ ในการนำไปใช้แก้โจทย์ปัญหา

4. การวิเคราะห์ (Analysis) พฤติกรรมในขั้นนี้เป็นพฤติกรรมขั้นสูงสุดของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในด้านพุทธิพิสัย นักเรียนที่ตอบปัญหาที่วัดพฤติกรรมขั้นนี้ได้ ต้องมีความสามารถ ในระดับสูง จะเป็นการแก้ปัญหาก็แปลกกว่าธรรมดา หรือโจทย์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยกับที่รู้จักมาก่อน ไม่เคย ฝึกทำมาก่อนแต่ทั้งนี้มิได้หมายความว่า โจทย์ปัญหานั้นจะอยู่นอกขอบข่ายเนื้อหาวิชาที่เคยเรียนมา ดังนั้นการแก้ปัญหานี้จึงครอบคลุม ความรู้ความสามารถในสามขั้นที่กล่าวมา

รวมทั้งมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ที่สามารถค้นพบวิธีการหรือแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหานั้น ๆ ได้ พฤติกรรมในขั้นนี้แบ่งเป็น 5 ชั้น ดังนี้

4.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาที่แปลกกว่าธรรมดา (Ability to Solve No Routine Problem) หมายถึง ความสามารถในการถ่ายโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ที่ได้เรียนมาแล้ว ไปสู่เนื้อหาใหม่ ซึ่งนักเรียนจะต้องแยกปัญหาออกเป็นสว่นย่อย ๆ สำนวจว่ารู้อะไรบ้างในแต่ละตอน รวมทั้งการเรียนรู้ สัญลักษณ์ใหม่เพื่อนำไปสู่คำตอบ การแก้ปัญหาลักษณะนี้ส่วนมากเป็นปัญหา สถานการณ์ด้วย จะนำกระบวนการคิดคำนวณมาใช้โดยตรงไม่ได้ ต้องพยายามหาวิธีการใหม่

4.2 ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ (Ability to Discover Relationships) หมายถึง ความสามารถในการค้นพบความสัมพันธ์ใหม่ หรือนำสัญลักษณ์จากสิ่งที่ กำหนดให้มาสร้างสูตรใหม่ด้วยตนเอง หรือเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการหาคำตอบ

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

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

4.5 ความสามารถในการสร้างและแสดงความสมเหตุสมผลของการทำให้เป็น กรณีส่วไป (Ability to Formulate And Validate Generalization) หมายถึง ความสามารถในการ ค้นพบความสัมพันธ์และการเขียนพิสูจน์ความสัมพันธ์ที่ค้นพบข้อคำถามจะให้แสดงความ สมเหตุสมผล

Wehmeier (2000: 9) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ความสำเร็จในด้านความรู้ ทักษะและสมรรถภาพต่างๆ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรประกอบด้วย อย่างน้อย 3 ส่วน คือ ความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพของด้านอื่นๆ

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530: 29) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง คุณลักษณะ รวมถึงความรู้ความสามารถของบุคคล อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอนหรือมว ลประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงใน พฤติกรรมด้านต่างๆของสมรรถภาพสมอง

จากเอกสารงานวิจัยข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จในด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำความรู้ไปใช้ การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมิน ค่า ในการเรียนได้รับจากการเรียนการสอน ให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงในพฤติกรรมด้านต่างๆของ

สมรรถภาพสมอง สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาลักษณะสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ ในสามมิติ ของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การที่เราจะทราบได้ว่านักเรียนคนใดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับใด เป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่นั้น จำเป็นที่ต้องมีเครื่องในการวัดซึ่งเครื่องที่มีความสำคัญที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ลัวัน สายยศ และอังคณา สายยศ (2443: 20) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ว่า หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดเนื้อหาวิชาที่เรียนผ่านมาแล้วว่านักเรียนมีความรู้ความสามารถน้อยเพียงใด ดังเช่น การสอบวัดผลการเรียนการสอนในชั้นเรียนในปัจจุบัน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545: 96) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะและความสามารถทางวิชาการที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

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

วิไล ทองแผ่น (2547: 142) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ความสามารถทางวิชาการของผู้เรียนที่เกิดจากประสบการณ์การเรียนรู้

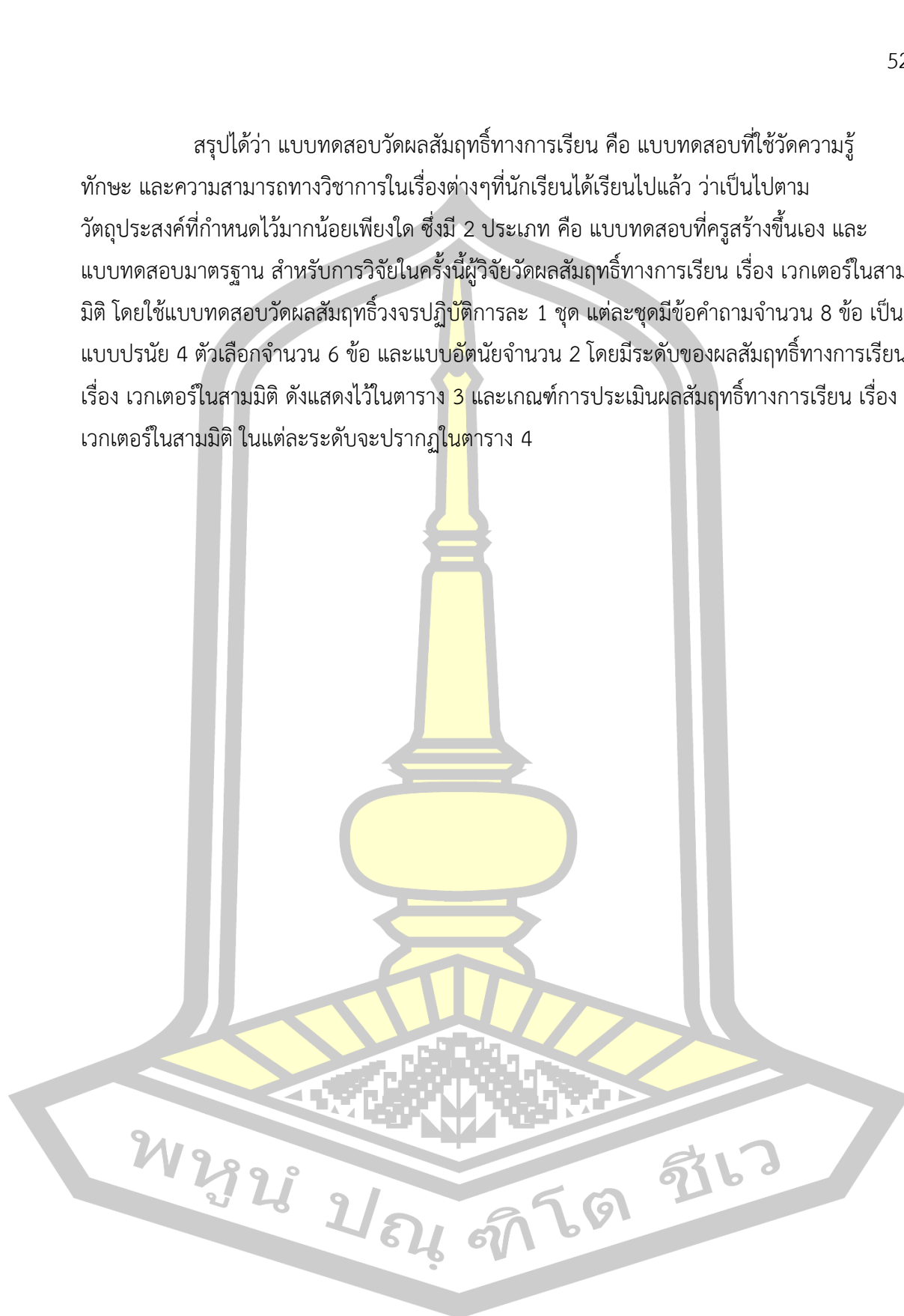
ธงชัย ช่อพุกษา (2548: 300) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบวัดความรู้ ทักษะ และความสามารถทางวิชาการ ซึ่งเป็นพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจะเกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนว่าบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้เพียงใด

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2549: 213) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดสมรรถภาพด้านสมองมี 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher-made Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอน ซึ่งใช้กันทั่วไปในโรงเรียนทำให้ครูสามารถวัดได้ตรงจุดมุ่งหมายเพราะผู้สอนเป็นผู้ออกข้อสอบเอง

2. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทั่วไป เป็นแบบทดสอบที่ได้หาคุณภาพมาแล้ว มีมาตรฐานในการดำเนินการสอบและมาตรฐานในการแปลความหมายของคะแนนซึ่งมีข้อดี คือ คุณภาพของแบบทดสอบเป็นที่น่าเชื่อถือได้ ทำให้สามารถนำไปเปรียบเทียบได้กว้างขวางกว่า

สรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และความสามารถทางวิชาการในเรื่องต่างๆที่นักเรียนได้เรียนไปแล้ว ว่าเป็นไปตาม วัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้มากน้อยเพียงใด ซึ่งมี 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง และ แบบทดสอบมาตรฐาน สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสาม มิติ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จริงปฏิบัติการละ 1 ชุด แต่ละชุดมีข้อคำถามจำนวน 8 ข้อ เป็น แบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 6 ข้อ และแบบอัตนัยจำนวน 2 โดยมีระดับของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ดังแสดงไว้ในตาราง 3 และเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ในแต่ละระดับจะปรากฏในตาราง 4



ตาราง 3 ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ

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

ที่มา : ปรับปรุงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 26)



ตาราง 4 เกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ

จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			
	3	2	1	0
<p>1. นักเรียนสามารถอธิบาย ส่วนประกอบต่างๆของระบบ พิกัดฉากสามมิติได้</p> <p>2. นักเรียนสามารถอ่านและ เขียนพิกัดของจุดในระบบพิกัด ฉากสามมิติได้</p> <p>3. นักเรียนสามารถ คำนวณหาระยะห่างจุด สองจุดในระบบพิกัดฉากสามมิติ ได้</p>	<p>อธิบายส่วนประกอบต่างๆ ในระบบพิกัดฉากสามมิติ ได้ทั้ง 6 ส่วน</p> <p>อ่านและเขียนพิกัดของจุด ในระบบพิกัดฉากสามมิติ ได้ถูกต้องทั้ง 3 แกน (X, Y, Z)</p> <p>คำนวณหาระยะห่าง ระหว่างจุดสองจุดใน ระบบพิกัดฉากสามมิติได้ ถูกต้อง และระบุหน่วยได้ อย่างถูกต้อง</p>	<p>อธิบายส่วนประกอบต่างๆ ในระบบพิกัดฉากสามมิติ ได้ 3-5 ส่วน</p> <p>อ่านและเขียนพิกัดของจุด ในระบบพิกัดฉากสามมิติ ได้ถูกต้องอย่างน้อย 2 แกน</p> <p>คำนวณหาระยะห่าง ระหว่างจุดสองจุดใน ระบบพิกัดฉากสามมิติได้ ถูกต้อง แต่ระบุหน่วยไม่ ถูกต้อง</p>	<p>อธิบายส่วนประกอบต่างๆ ในระบบพิกัดฉากสามมิติ ได้ 1-2 ส่วน</p> <p>อ่านและเขียนพิกัดของจุด ในระบบพิกัดฉากสามมิติ ได้ถูกต้องอย่างน้อย 1 แกน</p> <p>คำนวณหาระยะห่าง ระหว่างจุดสองจุดใน ระบบพิกัดฉากสามมิติไม่ ถูกต้อง แต่มีความ พยายามในการเขียนแสดง วิธีทำหรือแนวทางการหา คำตอบ</p>	<p>ไม่สามารถอธิบาย ส่วนประกอบต่างๆใน ระบบพิกัดฉากสามมิติ</p> <p>ไม่สามารถอ่านและเขียน พิกัดของจุดในระบบพิกัด ฉากสามมิติได้</p> <p>ไม่มีการเขียนสิ่งใดเลย</p>

ตาราง ตาราง 4 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน		
	3	2	1
4. นักเรียนสามารถหาภาพฉายของจุดบนระนาบและแกนต่างๆได้	หาภาพฉายของจุดบนระนาบและแกนต่างๆได้ทั้ง 3 แกน	หาภาพฉายของจุดบนระนาบและแกนต่างๆได้เพียง 2 แกน	หาภาพฉายของจุดบนระนาบและแกนต่างๆได้เพียง 1 แกน ไม่สามารถหาภาพฉายของจุดบนระนาบและแกนต่างๆได้
5. นักเรียนสามารถจำแนกประเภทของปริมาตรได้	จำแนกประเภทของปริมาตรได้		0
6. นักเรียนสามารถบอกได้ว่าเวกเตอร์ใดที่ขนาน เท่ากัน หรือเป็นนิเสธได้	บอกได้ว่าเวกเตอร์ใดที่ขนาน เท่ากัน หรือเป็นนิเสธได้	บอกได้ว่าเวกเตอร์ใดที่ขนาน เท่ากัน หรือเป็นนิเสธได้	ไม่สามารถบอกได้ว่าเวกเตอร์ใดที่ขนาน เท่ากัน หรือเป็นนิเสธได้
7. นักเรียนสามารถลบเวกเตอร์ได้	บวกและลบเวกเตอร์ได้ถูกต้อง	บวกหรือลบเวกเตอร์ได้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง	บวกและลบเวกเตอร์ไม่ถูกต้อง แต่มีความพยายามในการเขียนแสดงวิธีทำหรือแนวทางการหาคำตอบ

จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			
	3	2	1	0
8. นักเรียนสามารถหาผลคูณของสเกลาร์กับเวกเตอร์ได้	หาผลคูณของสเกลาร์กับเวกเตอร์ได้ถูกต้อง แสดงลำดับขั้นตอนการคูณที่ถูกต้อง	หาผลคูณของสเกลาร์กับเวกเตอร์ได้ถูกต้อง แต่แสดงลำดับขั้นตอนการคูณไม่ถูกต้อง	หาผลคูณของสเกลาร์กับเวกเตอร์ไม่ถูกต้อง แต่มีความพยายามในการเขียนแสดงวิธีทำหรือแนวทางการหาคำตอบ	ไม่มีการเขียนสิ่งใดเลย
9. นักเรียนสามารถเขียนเวกเตอร์ในระนาบสองมิติจากจุดที่กำหนดให้ได้	เขียนเวกเตอร์ในระนาบสองมิติจากจุดที่กำหนดให้ได้	เขียนเวกเตอร์ในระนาบสองมิติได้ แต่ไม่ใช้จุดที่กำหนดให้	เขียนเวกเตอร์ในระนาบสองมิติที่มีจุดเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุดถูกต้องเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น	ไม่สามารถเขียนเวกเตอร์ในระนาบสองมิติได้
10. นักเรียนสามารถตัดสินใจได้ว่าเวกเตอร์ในระนาบสามมิติเกิดจากจุดที่กำหนดให้หรือไม่	ตัดสินใจได้ว่าเวกเตอร์ในระนาบสามมิติเกิดจากจุดที่กำหนดให้หรือไม่ และให้เหตุผลที่ถูกต้อง	ตัดสินใจได้ว่าเวกเตอร์ในระนาบสามมิติเกิดจากจุดที่กำหนดให้หรือไม่ แต่ให้เหตุผลยังไม่ถูกต้อง	ไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าเวกเตอร์ในระนาบสามมิติเกิดจากจุดที่กำหนดให้หรือไม่ มีความพยายามในการเขียนแสดงวิธีทำหรือแนวทางการแสดงแนวคิดของตนเอง	ไม่มีการเขียนสิ่งใดเลย

จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			
	3	2	1	0
11. นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดสองมิติได้	คำนวณหาขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดสองมิติได้ถูกต้อง และแสดงลำดับขั้นตอนการหาค่าตอบที่ถูกต้อง	คำนวณหาขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดสองมิติได้ถูกต้อง แต่แสดงลำดับขั้นตอนการหาค่าตอบไม่ถูกต้อง	คำนวณหาขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดสองมิติไม่ถูกต้อง แต่มีความพยายามในการเขียนแสดงวิธีทำหรือแนวทางการหาค่าตอบ	ไม่มีการเขียนสิ่งใดเลย
12. นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดสามมิติได้	คำนวณหาขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดสามมิติได้ถูกต้อง และแสดงลำดับขั้นตอนการหาค่าตอบที่ถูกต้อง	คำนวณหาขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดสามมิติได้ถูกต้อง แต่แสดงลำดับขั้นตอนการหาค่าตอบไม่ถูกต้อง	คำนวณหาขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดสามมิติไม่ถูกต้อง แต่มีความพยายามในการเขียนแสดงวิธีทำหรือแนวทางการหาค่าตอบ	ไม่มีการเขียนสิ่งใดเลย
13. นักเรียนสามารถคำนวณหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระนาบพิกัดสองมิติได้	คำนวณหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระนาบพิกัดสองมิติที่มีขนาดและแสดงทิศทางถูกต้อง และแสดงลำดับขั้นตอนแสดงวิธีทำที่ถูกต้อง	คำนวณหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระนาบพิกัดสองมิติที่มีขนาด แต่แสดงลำดับขั้นตอนแสดงวิธีทำไม่ถูกต้อง	คำนวณหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระนาบพิกัดสองมิติที่มีขนาดหรือทิศทางถูกต้องเพียงอย่างเดียว	ไม่สามารถคำนวณหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดสองมิติได้

ตาราง 4 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน			
	3	2	1	0
14. นักเรียนสามารถสร้างเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทางตามที่กำหนด ในระบบพิกัดฉากสองมิติได้	สร้างเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทางตามที่กำหนด ในระบบพิกัดฉากสองมิติได้	สร้างเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทางในระบบพิกัดฉากสองมิติ ได้ ที่มีขนาดหรือทิศทางถูกต้องตามที่กำหนดเพียงอย่างเดียว หนึ่งเท่านั้น	สร้างเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทาง ในระบบพิกัดฉากสองมิติได้ แต่ไม่ใช้ขนาดและทิศทางที่กำหนด	ไม่สามารถสร้างเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทางตามที่กำหนด ในระบบพิกัดฉากสองมิติได้
15. นักเรียนสามารถคำนวณหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉากสามมิติได้	คำนวณหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉากสามมิติที่มีขนาดและทิศทางถูกต้อง	คำนวณหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉากสามมิติที่มีขนาดและทิศทางถูกต้องเพียงอย่างเดียวหนึ่ง	ไม่สามารถคำนวณหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉากสามมิติได้ แต่มีความพยายามในการเขียนแสดงวิธีทำหรือแนวทางการหาคำตอบ	ไม่มีการเขียนสิ่งใดเลย
16. นักเรียนสามารถสร้างเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทางตามที่กำหนด ในระบบพิกัดฉากสามมิติได้	สร้างเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทางตามที่กำหนด ในระบบพิกัดฉากสามมิติได้	สร้างเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทางในระบบพิกัดฉากสามมิติ ที่มีขนาดหรือทิศทางถูกต้องตามที่กำหนดเพียงอย่างเดียว หนึ่งเท่านั้น	สร้างเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทาง ในระบบพิกัดฉากสามมิติได้ แต่ไม่ใช้ขนาดและทิศทางที่กำหนด	ไม่สามารถสร้างเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทางตามที่กำหนด ในระบบพิกัดฉากสามมิติได้
17. นักเรียนสามารถคำนวณหาโคไซน์ แสดงทิศทางของเวกเตอร์ได้	คำนวณหาโคไซน์แสดงทิศทางของเวกเตอร์ได้ถูกต้องทั้ง 3 แกน	คำนวณหาโคไซน์แสดงทิศทางของเวกเตอร์ได้ถูกต้องเพียง 2 แกน	คำนวณหาโคไซน์แสดงทิศทางของเวกเตอร์ได้ถูกต้องเพียง 1 แกน	ไม่คำนวณหาโคไซน์แสดงทิศทางของเวกเตอร์ได้

ความสัมพันธ์และสหสัมพันธ์

ความหมายของความสัมพันธ์

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ และระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ที่ได้ศึกษาจากเอกสาร ดังนี้

บุญชม ศรีสะอาด และคณะ (2555: 80-88) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ไว้ว่าเป็น การศึกษาเกี่ยวกับสหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นการศึกษาความเกี่ยวข้องหรือความสอดคล้องของ ตัวแปรหรือข้อมูลตามที่นักวิจัยต้องการ การศึกษาดังกล่าวสามารถวัดได้ในรูปของค่าที่แสดง ความสัมพันธ์ เรียกว่า “สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์” (Correlation Coefficient) ซึ่งมีสูตรการคำนวณ หลากหลาย ขึ้นอยู่กับระดับการวัดตัวแปรและจำนวนตัวแปรตามวัตถุประสงค์การวิจัย ค่าที่ได้แม้จะ มาจากสูตรที่แตกต่างกัน แต่เมื่อคำนวณแล้วจะมีค่าตั้งแต่ -1 ไปจนถึง 1 เสมอ ในเชิงความหมายนั้น ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หมายถึง ดัชนีที่แสดงให้เห็นถึงความ เชื่อมโยง (Association) หรือความ เข้ม (Strength) ค่าที่ได้จะใช้แปลความหมาย 2 นัย คือ ขนาดของความสัมพันธ์ (The magnitude of the relationship) คือปริมาณความเกี่ยวข้องกันระหว่างตัวแปร และทิศทางความสัมพันธ์ (The direction of the relationship) คือการเปลี่ยนแปลงค่าแบบแปรผันหรือแปรผกผันระหว่างตัวแปร การวิจัยที่มุ่งหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนั้นสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ได้หลายประเภทแต่ที่นิยมนำมาใช้ศึกษาความสัมพันธ์ในปัจจุบันนั้นทางด้านพฤติกรรมศาสตร์และ สังคมศาสตร์ มากที่สุดมี 3 ลักษณะคือ

1. ความสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation) ใช้บรรยายความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรสองตัวแปรคือตัวแปร X และตัวแปร Y เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความถนัด ทางภาษาจำนวน 1 ตัว
2. สหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Correlation) ใช้บรรยายความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 3 ตัวขึ้นไปและตัวแปรตามหนึ่งตัว เช่น เจตคติต่อการเรียน ความมั่นใจตนเอง การรับรู้ในความสามารถของตัวเอง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. ความสัมพันธ์อินนิคอล (Canonical Correlation) ใช้บรรยาย ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจำนวนสองชุดหรือความสัมพันธ์ของตัวแปร X ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปกับตัว แปร Y ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป เช่น เจตคติต่อการเรียน และ อัตราการโน้มน้าว กับ ทักษะการคิดวิเคราะห์ และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นต้น

ความสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรโดยวิธีการสหสัมพันธ์อย่างง่ายเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดเป็นการพิจารณาความสัมพันธ์กันของตัว

แปรสองตัวว่าเกี่ยวข้องกันหรือไม่ลักษณะใด วิธีพื้นฐานในการพิจารณาว่าตัวแปรสองตัวมีความสัมพันธ์กันหรือไม่นั้น สามารถพิจารณาโดยการนำค่าลำดับของข้อมูลสองชุดมาเขียนในรูปแผนภาพการกระจาย ซึ่งเป็น แผนภาพการแสดงการจัดวางของคู่อันดับตัวแปร 2 ตัวหากคู่ลำดับที่จัดเรียงมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงแสดงว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์กัน และหากคู่ลำดับมีการกระจายไม่สามารถพิจารณารูปร่างเป็นเส้นตรงแสดงว่าตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน

ลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยทั่วไปสามารถพิจารณาได้ 2 ลักษณะ

ได้แก่

1. ความสัมพันธ์ทางบวก (Positive Relationship) เป็นลักษณะความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง การจัดเรียงตัวของคู่ลำดับระหว่างตัวแปรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกค่าของตัวแปรทั้งสองตัว หรือมีแนวโน้มปรากฏเป็นเส้นตรงในลักษณะเฉียงขึ้นในแผนภาพการกระจาย หากการจัดเรียงตัวของคู่ลำดับระหว่างตัวแปรเป็นเส้นตรง (straight line) พอดี แสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในทิศทางบวกอย่างสมบูรณ์ (Perfect Positive Relationship) ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์จะมีค่าเท่ากับ +1 ยิ่งค่าที่ได้จากการคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรใดๆ ยิ่งห่างจาก +1 เข้าใกล้ 0 มากขึ้น แสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ทางบวกน้อยลงไปตามลำดับ

2. ความสัมพันธ์ทางลบ (Negative Relationship) เป็นลักษณะความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงการจัดเรียงตัวของคู่ลำดับระหว่างตัวแปรมีแนวโน้มลดลงนั่นคือ เมื่อค่าสังเกตของตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มขึ้น ค่าสังเกตของตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีแนวโน้มลดลง หากการจัดเรียงตัวของคู่ลำดับระหว่างตัวแปรเป็นเส้นตรง (straight line) พอดี แสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในทิศทางลบอย่างสมบูรณ์ สมบูรณ์ (Perfect Negative Relationship) ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์จะมีค่าเท่ากับ -1 ยิ่งค่าที่ได้จากการคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรใดๆ ยิ่งห่างจาก -1 เข้าใกล้ 0 มากขึ้น แสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์ทางลบน้อยลงไปตามลำดับ หรือไม่มีความสัมพันธ์กันเลย

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองลักษณะสามารถพิจารณาด้วยวิธีการอย่างง่าย ๆ จากการเขียนแผนภาพการกระจาย (scatter diagram or scatter plot) แม้จะเป็นวิธีการที่สะดวก แต่ผลการพิจารณาความสัมพันธ์ก็มีข้อจำกัดในการได้ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอย่างคร่าว ๆ หากนักวิจัยต้องการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยละเอียดจำเป็นต้องอาศัยการคำนวณดัชนีวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เรียกว่า “สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์”

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ในการคำนวณหาความสัมพันธ์สหสัมพันธ์เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่มีสูตรที่เกี่ยวข้องจำนวนหลายสูตร ขึ้นอยู่กับระดับการวัดและจำนวนตัวแปรที่นักวิจัยมุ่งศึกษา สูตรที่ใช้ในการคำนวณสหสัมพันธ์อย่างง่ายที่นิยมใช้มีดังต่อไปนี้

1. สูตรคะแนนเบี่ยงเบน (Deviation Score Formula) การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยสูตรคะแนนเบี่ยงเบนเป็นการนำข้อมูลแต่ละตัวลบจากค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งชุดก่อนนำมาจัดกระทำกับข้อมูลตามสูตร ดังนี้

สูตรการคำนวณ

$$r_{xy} = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

เมื่อ r_{xy} แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X และตัวแปร Y
 x แทน คะแนนเบี่ยงเบนของ X (คำนวณจาก $X - \bar{X}$)
 y แทน คะแนนเบี่ยงเบนของ Y (คำนวณจาก $Y - \bar{Y}$)

2. สูตรคำนวณจากคะแนนดิบ (Raw Score Formula) ใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สำหรับตัวแปรที่อยู่ในระดับการวัดอันตรภาคขึ้นไป สูตรที่ใช้เรียกว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient)

สูตรในการคำนวณ

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

เมื่อ r_{XY} แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X และ Y
 $\sum X$ แทน ผลรวมทั้งหมดของ X
 $\sum Y$ แทน ผลรวมทั้งหมดของ Y
 $\sum X^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของกำลังสองของ X
 $\sum Y^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของกำลังสองของ Y
 $\sum XY$ แทน ผลรวมของผลคูณของ X และ Y แต่ละคู่
 n แทน จำนวนคู่ของข้อมูล

3. สูตรคำนวณจากคะแนนจัดอันดับ (Ranked Data Formula) ใช้ในการคำนวณหาความสัมพันธ์สำหรับข้อมูลที่อยู่ในระดับการวัดเรียงอันดับ (Ordinal Scale) ใช้สูตรในการคำนวณเรียกว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอันดับของสเปียร์แมน (Spearman's Rank Correlation) ใช้สัญลักษณ์ย่อ r_s

สูตรในการคำนวณ

$$r_s = \frac{6 \sum (R_x - R_y)^2}{n(n^2 - 1)}$$

เมื่อ r_s แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอันดับ

$R_x - R_y$ แทน ผลต่างระหว่างอันดับที่ของ X และ Y ในแต่ละคู่

n แทน จำนวนคู่ของข้อมูล

จากเอกสารที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเลือกใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ และระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้เป็นข้อมูลอยู่ในระดับการวัดมาตราส่วน (Ratio Scale) ซึ่งเป็นระดับการวัดที่สอดคล้องกับเงื่อนไขของสูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) ที่กำหนดว่าต้องเป็นตัวแปรที่อยู่ในระดับการวัดอันดับขึ้นไป

ความพึงพอใจ

ความหมายของความพึงพอใจ

ปรียาพร วงษ์อนุตรโรจน์ (2535: 143) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกรวมของบุคคลที่มีต่อการทำงานทางบวก เป็นความสุขของคนที่เกิดจากการปฏิบัติงาน และได้รับผลตอบแทน คือ ผลที่เป็นความพึงพอใจที่ทำให้บุคคลเกิดความรู้สึกกระตือรือร้น มีความมุ่งมั่นที่จะทำงาน มีขวัญกำลังใจ สิ่งเหล่านี้จะมีผลต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการทำงาน รวมทั้งการส่งต่อความสำเร็จและเป็นไปตามเป้าหมายขององค์กร

กาญจน์ เรืองมนตรี (ม.ป.ป.: 1) กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึก เช่น ความรู้สึก รัก ชอบ สุขใจ เห็นด้วย ประทับใจ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความพึงพอใจในการทำงาน มีการเสียสละ อุทิศ แรงกาย แรงใจและสติปัญญาให้แก่งานอย่างแท้จริง

สุจิตรา พรมนุชาธิป (2549: 146) ให้ความหมายว่า ความพึงพอใจในงาน หมายถึง การเห็นชอบ หรือไม่เห็นชอบของคนที่มีต่อการทำงานของเขา ความพอใจในงานสามารถลดการขาดงาน

การเปลี่ยนงานและอุบัติเหตุระหว่างการทำงานได้และแม้ว่าความพึงพอใจในการทำงานเป็นสัญลักษณ์ของการจัดองค์การได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ไม่สามารถที่จะทำให้เกิดขึ้นได้โดยการชักจูงหรือซื้อจูงกัน ถ้าคนทำงานขาดความพึงพอใจในการทำงาน จะทำให้องค์การขาดความมั่นคง และเกิดผลร้ายต่างๆตามมา

จากเอกสารและงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกหรือทัศนคติทางของบุคคลที่มีต่อสภาพของการทำงานหรือกิจกรรมต่างๆที่ตนเข้าไปมีส่วนร่วม โดยมีทั้งความพึงพอใจที่เป็นทางด้านบวกและด้านลบ หากบุคคลมีความพึงพอใจทางบวกในการทำงานจะส่งผลให้ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการทำงานสูง ในทางตรงกันข้ามหากบุคคลมีความพึงพอใจทางลบในการทำงาน จะทำให้องค์การขาดความมั่นคง และเกิดผลร้ายต่างๆตามมา สิ่งเหล่านี้จะมีผลต่อความสำเร็จขององค์การ

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับความพึงพอใจ

ความพึงพอใจเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างมากในการที่จะทำให้บุคคลทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยความพึงพอใจเป็นผลมาจากแรงจูงใจต่างๆที่เป็นตัวกระตุ้น ผู้วิจัยจึงได้ค้นคว้าเกี่ยวกับที่มาอันก่อให้เกิดความพึงพอใจ ดังนี้

ทิสนา แคมมณี (2559: 69 อ้างอิงจาก Maslow, 1962) ได้กล่าวถึงความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ว่า มนุษย์ทุกคนมีความต้องการพื้นฐานตามธรรมชาติเป็นลำดับขั้น คือ ความต้องการทางร่างกาย (Physical need) ชั้นความต้องการความมั่นคงปลอดภัย (Safety need) ชั้นความต้องการความรัก (Love need) ชั้นความต้องการการยอมรับและการยกย่องจากสังคม (Esteem need) และชั้นที่ต้องการจะพัฒนาศักยภาพของตนอย่างเต็มที่ (Self-Actualization) หากความต้องการพื้นฐานได้รับการตอบสนองอย่างเพียงพอสำหรับตนในแต่ละขั้น มนุษย์จะสามารถพัฒนาตนไปสู่ขั้นที่สูงขึ้น อีกทั้งมนุษย์มีความต้องการที่จะรู้จักตนเองและพัฒนาตนเอง ประสบการณ์ที่เรียกว่า “Peak Experience” เป็นประสบการณ์ของบุคคลที่อยู่ในภาวะดีมีค่า จากการรู้จักตนเองตามสภาพความเป็นจริง มีลักษณะน่าตื่นเต้น เป็นความรู้สึกปิติ เป็นช่วงเวลาที่คุณคนเข้าใจเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างถ่องแท้ เป็นสภาพที่สมบูรณ์ มีลักษณะผสมผสานกลมกลืน เป็นช่วงเวลาแห่งการรู้จักตนเองอย่างแท้จริง บุคคลที่มีประสบการณ์เช่นนี้บ่อยๆ จะสามารถพัฒนาตนไปสู่ความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์

สมพงษ์ เกษมสิน (2546: 206 อ้างอิงจาก Alderfer, 1972) ได้แบ่งความต้องการของมนุษย์ออกเป็น 3 ระดับ ดังต่อไปนี้

ระดับที่ 1 ความต้องการดำรงอยู่ (Existence need) เป็นความต้องการดำรงชีวิตได้แก่ ความต้องการทางด้านร่างกายและความปลอดภัย

ระดับที่ 2 ความต้องการทางด้านสัมพันธ์ (Relatedness need) เป็นความต้องการที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นๆในสังคม

ระดับที่ 3 ความต้องการด้านความก้าวหน้า (Growth need) เป็นความต้องการขั้นสูงสุด เป็นความต้องการที่จะได้รับการยกย่องในสังคมและประสบความสำเร็จในชีวิต

สุทธิ ทองประดิษฐ์ (2536: 116) ได้กล่าวถึง ทฤษฎีการจูงใจทางพระพุทธศาสนา (Motivation Theory in Buddhism) ว่าหลักการส่วนใหญ่คล้ายคลึงกับการจูงใจของมาสโลว์ ถึงแม้ว่าในรายละเอียดจะมีความแตกต่างกัน โดยการจูงใจทางพระพุทธศาสนาจำแนกความต้องการของคนไว้ 3 ประการ คือ

ประการแรก กล่าวถึง ความต้องการพื้นฐานของคนทุกคน ได้แก่ ปัจจัย 4 อันประกอบด้วย 1) อาหาร 2) ที่อยู่อาศัย 3) เครื่องนุ่งห่ม และ 4) ยารักษาโรค

ประการที่สอง กล่าวถึง กิเลส หรือ ความอยากของมนุษย์ที่แสดงถึงธรรมชาติของมนุษย์ที่ต้องการสิ่งที่จะมาบำบัดความใคร่ของมนุษย์ ทั้งทางร่างกายและจิตใจ ซึ่งจำแนกไว้ 3 ประการคือ

1) กามตัณหา หมายถึง ความอยากทางเพศ อยากในสิ่งที่รักใคร่พอใจ ซึ่งอาจจะเป็น รูป รส กลิ่น เสียงและโสฬสสัมผัสอื่นๆ

2) ภวตัณหา หมายถึง ความอยากมี ความอยากเป็น

3) วิภวตัณหา หมายถึง ความไม่อยากมี ความไม่อยากเป็น

ประการที่สาม กล่าวถึง ความต้องการของมนุษย์ ทุกรูปทุกนามว่าต้องการ ลาภ ยศ สุข และสรรเสริญ

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า มนุษย์จะมีความพึงพอใจก็ต่อเมื่อความต้องการของตนได้รับการตอบสนองจนเป็นที่พอใจ โดยความต้องการของมนุษย์นั้นมีลักษณะที่เป็นลำดับขั้น โดยจำแนกเป็นความต้องการทางด้านร่างกายและจิตใจ เมื่อความต้องการขั้นใดขั้นหนึ่งได้รับการตอบสนองจนเพียงพอ มนุษย์จะพัฒนาตนไปสู่ขั้นที่สูงกว่า

ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความพึงพอใจ

การที่บุคคลจะเกิดความพึงพอใจได้นั้น เกิดจากความต้องการของบุคคลนั้นได้รับการตอบสนองอย่างเพียงพอ โดยต้องสามารถตอบสนองความต้องการได้ทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ ด้วยเหตุนี้เองผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับ ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความพึงพอใจ โดยมีผู้เสนอแนวคิดที่น่าสนใจไว้ด้วยกันหลายท่าน ดังนี้

Herzberg et al (1959: 150) ได้กล่าวไว้ว่า แรงจูงใจหรือสิ่งที่จะทำให้บุคคลทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งนั้นมีปัจจัยอยู่ 2 ชนิด ดังนี้

1. ปัจจัยจูงใจ (Motivator factors) เป็นปัจจัยภายในตัวบุคคล เป็นสิ่งที่อยู่ในความรู้สึกนึกคิดหรือจิตใจของแต่ละบุคคลที่จะกระตุ้นให้ผู้ทำงานมีความรู้สึกในด้านดี มีความพึงพอใจในการทำงาน ถึงแม้จะขาดปัจจัยเหล่านี้ก็ไม่ได้ทำให้เกิดความไม่พึงพอใจต่อผู้ทำงานแต่อย่างใด แต่เป็นปัจจัยที่ช่วยจูงใจให้บุคคลทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความมุ่งมั่นในการทำงาน อีกทั้งยังมีผลต่อความพึงพอใจในงานที่ทำ

2. ปัจจัยเกื้อหนุน (Hygiene factors) เป็นปัจจัยจากภายนอก เช่น นโยบายขององค์กรและการบริหาร การนิเทศ เงินตอบแทน สภาพการทำงาน เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้มิได้เป็นแรงจูงใจในการทำงาน แต่ถ้าขาดหรือไม่มีปัจจัยเหล่านี้จะก่อให้เกิดความไม่พึงพอใจต่อผู้ปฏิบัติงานได้ จากการวิเคราะห์ของ Herzberg พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความรู้สึกพึงพอใจหรือไม่พึงพอใจในการทำงานนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. ปัจจัยที่สร้างความพอใจ (Satisfiers or Factors) ประกอบด้วย ความสำเร็จ การได้รับการยอมรับนับถือ ลักษณะของงาน ความรับผิดชอบ ความก้าวหน้า

2. ปัจจัยที่สร้างความไม่พึงพอใจ (Dissatisfiers or Hygiene factors) ประกอบด้วยเงินเดือน ความเป็นไปได้ที่จะเจริญก้าวหน้าในการทำงาน ความสัมพันธ์กับผู้บังคับบัญชา ความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน สภาพภาพ การนิเทศงาน นโยบายขององค์กร เงื่อนไขในการทำงาน ความมั่นคงในงาน

Gilmer (1971: 255) กล่าวถึงองค์ประกอบที่มีผลต่อความพึงพอใจของบุคคลในการทำงานไว้ด้วยกัน 10 ประการ ดังนี้

1. ลักษณะการงานที่ทำ (Intrinsic aspect of the job) เป็นองค์ประกอบที่สัมพันธ์กับความรู้ความสามารถของผู้ปฏิบัติงาน หรือกล่าวได้ว่าหากผู้ปฏิบัติงานได้ทำงานที่ตนถนัดก็จะเกิดความพึงพอใจ

2. การนิเทศงาน (Supervision) มีส่วนสำคัญที่ทำให้ผู้ทำงานมีความรู้สึกพอใจหรือไม่พอใจ การนิเทศเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการขาดงาน หรือการลาออกจากงาน

3. ความมั่นคงในงาน (Security) ประกอบด้วย ความมั่นคงในการทำงาน ได้ทำงานตามหน้าที่อย่างเต็มความสามารถ การได้รับความเป็นธรรมจากผู้บังคับบัญชา คนที่มีความรู้สั้นหรือขาดความรู้ย่อมเห็นความสำคัญในงานมีความสำคัญกับเขามาก แต่คนที่มีความสามารถสูงจะมีความรู้สึกว่าไม่มีความสำคัญมากนักและสำหรับบุคคลที่มีอายุมากขึ้นจะมีความต้องการความมั่นคงในหน้าที่การงานสูงขึ้น

4. เพื่อนร่วมงานและการดำเนินงานภายใน (Company and Management) ได้แก่ ความพอใจต่อเพื่อนร่วมงาน ชื่อเสียงของสถาบัน การดำเนินงานภายในสถาบัน โดยพบว่าคนที่มีอายุมากมีความต้องการในเรื่องนี้มากกว่าคนอายุน้อย

5. สภาพการทำงาน (Working Condition) ได้แก่ แสง เสียง อากาศ ห้องอาหาร ห้องสุขา ชั่วโมงการทำงาน มีงานวิจัยหลายเรื่องสนับสนุนว่า สภาพการทำงานมีความสำคัญสำหรับผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย

6. ค่าจ้าง (Wages) ได้แก่ ค่าตอบแทนหรือค่าแรงในการทำงาน เช่น เงินเดือน โบนัส เป็นต้น

7. ความก้าวหน้าในการทำงาน (Advancement) เช่น การได้เลื่อนตำแหน่งสูงขึ้น การได้รับสิ่งตอบแทนตามความสามารถในการทำงาน

8. ลักษณะทางสังคม (Social aspect of the job) ถ้างานใดมีผู้ปฏิบัติงานทำงานร่วมกันอย่างมีความสุข ก็จะเกิดความพอใจในงานนั้น

9. การติดต่อสื่อสาร (Communication) ทั้งภายในและภายนอกหน่วยงาน การติดต่อมีความสำคัญอย่างมากต่อผู้ที่มีการศึกษา

10. ผลตอบแทนที่ได้รับจากการทำงาน (Benefits) เช่น เงินบำนาญหรือบำนาญที่ตอบแทนเมื่อออกจากการทำงาน

สมพงษ์ เกษมสินธ์ (2546: 320) ได้แบ่งประเภทของสิ่งจูงใจออกเป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. สิ่งจูงใจที่เป็นเงิน (Financial Incentive) สิ่งจูงใจประเภทนี้สามารถพบเห็นได้ง่าย และมีอิทธิพลโดยตรงต่อผู้ปฏิบัติงาน โดยสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1.1 สิ่งจูงใจทางตรง (Direct Incentive) เป็นสิ่งจูงใจที่มีผลโดยตรงต่อผลผลิตของการปฏิบัติงาน เช่น การจ่ายค่าจ้างให้สูงขึ้นในกรณีที่มีผลการปฏิบัติงานได้สูงกว่าระดับมาตรฐานที่กำหนดไว้ อันเป็นแรงจูงใจตามแนวคิดที่ว่า “Plus Pay for Plus Performance”

1.2 สิ่งจูงใจทางอ้อม (Indirect Incentive) เป็นสิ่งจูงใจที่มีผลทางการสนับสนุนหรือส่งเสริมให้พนักงานเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานปฏิบัติได้ดีขึ้น เช่น การจ่ายบำนาญ บำนาญ และค่ารักษาพยาบาลเมื่อเจ็บป่วย ลักษณะของการใช้เงินเป็นสิ่งจูงใจทางอ้อมส่วนมาก ได้แก่ ประโยชน์เกื้อกูล (Fringe Benefit)

2. สิ่งจูงใจที่ไม่ใช่เงิน (Non Financial Incentive) สิ่งจูงใจประเภทนี้ส่วนใหญ่มักเป็นเรื่องที่สนองความต้องการทางด้านจิตใจ เช่น การยกย่องชมเชย การยอมรับว่าได้เป็นส่วนหนึ่งของคณะ โอกาสก้าวหน้าในการปฏิบัติงานที่เท่าเทียมกัน และความมั่นคงในการทำงาน

สุพรรณษา ศรีโพธิ์ (2546: 28) กล่าวว่า ปัจจัยประกอบที่มีผลต่อความพึงพอใจในงานปฏิบัติมีอยู่ 5 ประการ ดังนี้

1. สิ่งจูงใจเกี่ยวกับวัตถุ ประกอบด้วย วัสดุ อุปกรณ์ อาคารสถานที่ เป็นต้น

2. สิ่งจูงใจเกี่ยวกับโอกาส เช่น โอกาสเกี่ยวกับความมีชื่อเสียง ความเด่น ความมีอำนาจ อิทธิพล เป็นต้น
3. สิ่งจูงใจเกี่ยวกับสภาพวัสดุอุปกรณ์ ความร่วมมือ การได้รับการบริการ ซึ่งอาจจะได้โดยรู้ตัวหรือไม่รู้ตัว
4. ความสามารถของครูผู้สอนที่จะให้ความพึงพอใจแก่บุคคล โดยเปิดโอกาสให้เขาได้แสดงอุดมคติโดยเสรี เพื่อก่อให้เกิดความภาคภูมิใจในฝีมือ
5. สิ่งจูงใจเกี่ยวกับเพื่อนร่วมงาน การมีสัมพันธ์ฉันท์มิตรกับบุคคลภายในห้อง ความผูกพันกับสถาบัน และการมีส่วนร่วมกับกิจกรรมโรงเรียน

จากแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความพึงพอใจในตัวบุคคลนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ 1) ปัจจัยที่เกิดขึ้นภายในตัวบุคคล 2) ปัจจัยที่เกิดจากภายนอกตัวบุคคล โดยการศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จาก 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ลักษณะของกิจกรรม หมายถึง ความหลากหลายของกิจกรรมที่ทำ ความยากของกิจกรรม ความสอดคล้องของกิจกรรมกับเนื้อหาหรือวัตถุประสงค์ และการควบคุมเวลาของการทำกิจกรรมให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด
2. ผลตอบแทน หมายถึง องค์กรความรู้ ทักษะกระบวนการต่างๆและการนำความรู้ต่างๆที่ได้ไปเชื่อมโยงหรือประยุกต์ใช้
3. เพื่อนร่วมงาน หมายถึง ความร่วมมือร่วมใจในการทำงานเป็นกลุ่ม การประสานงาน และสัมพันธภาพที่เกิดขึ้นภายในกลุ่ม

การวัดระดับความพึงพอใจ

บังอร ผงผ่าน (2538: 27) ได้เสนอวิธีในการวัดระดับความพึงพอใจไว้ด้วยกันหลายด้าน ดังต่อไปนี้

1. การวัดความพึงพอใจด้านความรู้สึก เป็นลักษณะทางความรู้สึกหรืออารมณ์ของแต่ละบุคคล องค์กรประกอบของความรู้สึกสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ความรู้สึกทางบวก ได้แก่ ชอบ พอใจ และความรู้สึกทางลบ ได้แก่ ไม่ชอบ ไม่พอใจ กลัว รังเกียจ
2. การวัดความพึงพอใจด้านความคิด เป็นการที่สมองของบุคคลรับรู้ และวินิจฉัยข้อมูลต่างๆที่ได้รับ เกิดเป็นความรู้ ความคิด ซึ่งเกี่ยวข้องกับการพิจารณาที่มาของทัศนคติออกมาว่าถูกหรือผิด
3. การวัดระดับความพึงพอใจด้านพฤติกรรม เป็นความพร้อมที่จะกระทำหรือความพร้อมที่จะตอบสนองที่มาของทัศนคติ

ถวิล ธาราโรจน์ (2536: 77-86) ได้กล่าวถึง การวัดความพึงพอใจไว้ว่า ในการวัดความรู้สึกหรือทัศนคติจะวัดออกมาในลักษณะของทิศทาง (Direction) ซึ่งมีอยู่ 2 ทิศทาง คือ มีทิศทางทางบวกและทางลบ ทิศทางทางบวก หมายถึง การประเมินค่าความรู้สึกในทางดี ชอบหรือพอใจ ส่วนทิศทางทางลบ หมายถึงการประเมินค่าความรู้สึกในทางไม่ดี ไม่ชอบ ไม่พอใจ การวัดในลักษณะนี้เป็นการวัดในลักษณะปริมาณ (Magnitude) ซึ่งเป็นความเข้มแข็ง ความรุนแรงหรือระดับทัศนคติไป ในทางที่พึงประสงค์หรือไม่พึงประสงค์นั่นเอง

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2536: 3-4) ได้เสนอวิธีการวัดความพึงพอใจไว้ ดังนี้

1. การสังเกต (Observation) เป็นการวัดโดยคอยสังเกตพฤติกรรมที่บุคคลแสดงออกต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งแล้วนำข้อมูลไปอนุมานว่าบุคคลมีเจตคติต่อสิ่งนั้นๆ อย่างไร
 2. การรายงานตนเอง (Self – Report) เป็นการวัดโดยการให้บุคคลเล่าความรู้สึกที่มีต่อสิ่งนั้นออกมา จากการเล่านี้สามารถที่จะกำหนดค่าของคะแนนความพึงพอใจ
 3. วิธีการสัมภาษณ์ (Interview) เป็นการซักถามกลุ่มบุคคลที่ใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษา แต่บางครั้งอาจไม่ได้ความจริงตามที่คาดหวังไว้ เพราะบุคคลที่ใช้เป็นตัวอย่างอาจไม่ยอมเปิดเผยความรู้สึกที่แท้จริง
 4. เทคนิคจินตนาการ (Projective Techniques) วิธีนี้อาศัยสถานการณ์หลายอย่างไปเร้าผู้สอบ เมื่อผู้สอบเห็นภาพแปลกๆ ก็จะเกิดจินตนาการออกมาแล้วนำมาตีความหมายจากการตอบนั้นๆ ก็พอจะวัดเจตคติได้ว่าพอใจหรือไม่
 5. วิธีการวัดทางสรีระ คือ ใช้เครื่องมือเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางร่างกายการวัดทางสรีระนี้สามารถกระทำได้โดย การวัดการต้านกระแสไฟฟ้าของผิวหนัง การขยายของลูกนัยน์ตา การวัดฮอร์โมนบางชนิด
 6. การใช้แบบสอบถาม ซึ่งเป็นวิธีที่แพร่หลายอีกวิธีหนึ่ง
- จากการศึกษาเอกสารข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การวัดระดับความพึงพอใจสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับสถานการณ์ ปัจจัยแวดล้อม ความเหมาะสม ความสะดวก ตลอดจนจุดมุ่งหมายของการวัด การเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมจะทำให้การวัดนั้นมีประสิทธิภาพน่าเชื่อถือ โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถาม ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ เป็นเครื่องมือในการวัดระดับความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

พึงพอใจมากที่สุด	ให้	5 คะแนน
พึงพอใจมาก	ให้	4 คะแนน
พึงพอใจปานกลาง	ให้	3 คะแนน
พึงพอใจน้อย	ให้	2 คะแนน
พึงพอใจน้อยที่สุด	ให้	1 คะแนน

การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน

ความหมายของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน

พรชัย หนูแก้ว (2546: 32 อ้างอิงจาก Mettetal, 2001: 1) ได้ให้ความหมายของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนว่า เป็นการวิจัยที่ออกแบบเพื่อช่วยเหลือให้ครูได้ค้นหาสิ่งที่เกิดขึ้นในห้องเรียน แล้วใช้ข้อมูลเหล่านั้นให้เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจในอนาคตโดยวิธีที่ใช้ อาจเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ เชิงปริมาณ การวิจัยเชิงบรรยายหรือการวิจัยเชิงทดลองก็ได้

ทิตินา แคมมณี (2540: 5) ได้กล่าวถึงการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนว่า เป็นการมุ่งนำผลการวิจัยไปใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอน โดยนำกระบวนการวิจัยไปใช้ในการพัฒนาครูให้ไปสู่ความเป็นเลิศและมีอิสระทางวิชาการ

นภดล 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 การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนมีเป้าหมาย 3 ประการ คือ

1. เพื่อแก้ปัญหาการจัดการจัดการเรียนการสอนหรือพฤติกรรมของผู้เรียน
2. เพื่อค้นหาคำตอบต่อข้อสงสัยในการปฏิบัติงานของครู
3. เพื่อพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอน

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นการวิจัยที่มีเป้าหมายเพื่อช่วยเหลือครูให้ค้นหาปัญหาหรือสิ่งที่เกิดขึ้นในห้องเรียน แล้วใช้ข้อมูลเหล่านั้นมาเป็นแนวทางในการสร้างนวัตกรรมหรือแนวทางในการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการที่น่าเชื่อถือ เป็นระบบ โดยไม่จำเป็นต้องเหมือนกับงานวิจัยทั่วไป อาจเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ การวิจัยเชิงบรรยาย หรือการวิจัยเชิงทดลองก็ได้ ซึ่งการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนนั้นต้องดำเนินการควบคู่ไปกับการปฏิบัติงานของครู

ความสำคัญของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน

Mary et al (2003: 10-11) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยแยกเป็นประเด็นได้ 6 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. ประเด็นเกี่ยวกับงานที่เกี่ยวข้อง
 - เป็นการแสดงภาพ แนวทางการจัดการเรียนการสอนให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทราบ
 - เป็นการแสดงให้เห็นผู้บริหาร ผู้ปกครอง นักเรียน หรือแม้แต่ตัวผู้สอนได้ทราบว่าการปฏิบัติการสอนมีประโยชน์อย่างไร
2. ประเด็นเกี่ยวกับเพื่อนร่วมงาน
 - ทำให้มีเวลาที่จะคุยกับเพื่อนร่วมงานเกี่ยวกับกิจกรรมการสอน
 - พัฒนาความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงานได้ดีขึ้น
3. ประเด็นเกี่ยวกับการพัฒนาบุคลากรและวิชาชีพ
 - เป็นการสนับสนุนและผลักดันให้เกิดการพัฒนาตนเองในฐานะผู้สอน
 - สร้างความตระหนักว่าแท้จริงแล้ว ความเจริญงอกงามยังไม่ได้เกิดขึ้นอย่างแท้จริง จึงจำเป็นต้องมีโครงสร้างที่เป็นทางการเพื่อสร้างความเจริญขึ้น
4. ประเด็นเกี่ยวกับการเริ่มต้นของตนเอง
 - ต้องเริ่มต้นที่ตัวเรากับสภาพที่เป็นจริง ไม่ใช่เริ่มต้นตามที่ผู้อื่นคาดหวัง
5. ประเด็นเกี่ยวกับความคงที่แน่นอน
 - ในการปฏิบัติจริงต้องเป็นผู้เรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ต้องตั้งอยู่บนแนวคิดว่าคุณจะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ให้ดีขึ้นได้อย่างไร
 - เพื่อสร้างการประสานระหว่างครูที่มีความแตกต่างกันในเรื่องกฎ โรงเรียน พื้นที่ ผลที่เกิดขึ้นจึงทำให้ทุกคนมีวิธีการที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน
6. ประเด็นเกี่ยวกับเกณฑ์ในการทำงาน
 - เพื่อสร้างรูปแบบใหม่ของการพัฒนาวิชาชีพ
 - เพื่อสร้างรูปแบบใหม่ของการวิจัย
 - เพื่อสร้างความรู้ใหม่โดยใช้ครูเป็นศูนย์กลาง

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ (2544: 10) ได้กล่าวถึงคุณค่าและความสำคัญของการวิจัยในชั้นเรียนว่าเป็นการบูรณาการวิธีการปฏิบัติงานกับการพัฒนาองค์ความรู้เพื่อพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการในการปฏิบัติงานให้เกิดคุณภาพต่อการจัดการเรียนการสอนด้วยการวิจัยเป็นการพัฒนาวิชาชีพครูซึ่งแสดงให้เห็นความก้าวหน้าด้วยการเผยแพร่ความรู้ อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมสนับสนุนความก้าวหน้าของการวิจัยทางการศึกษา

สุวิมล ว่องวานิช (2544: 14) กล่าวถึงความสำคัญของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนไว้ด้วยกัน 7 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. เป็นการเปิดโอกาสให้ครูผู้สอนมีการสร้างองค์ความรู้ทักษะการประยุกต์ที่จะใช้เปลี่ยนแปลงการเรียนให้ดีขึ้น

2. เป็นการสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้และสะท้อนผลของการทำงาน
3. เป็นประโยชน์ต่อผู้ปฏิบัติโดยตรง
4. ช่วยทำให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการวิจัย ซึ่งเกิดประโยชน์นำไปสู่การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติและแก้ปัญหา
5. เป็นการวิจัยที่เกี่ยวข้องข้องกับการมีส่วนร่วม ทำให้การวิจัยมีความเป็นประชาธิปไตย เกิดการยอมรับในความรู้ของผู้ปฏิบัติ
6. ช่วยตรวจสอบวิธีการทำงานของครูที่มีประสิทธิภาพ
7. ทำให้ครูเป็นผู้นำในการเปลี่ยนแปลง

ประวิต เอราวรรณ์ (2545: 2-3) กล่าวถึงความสำคัญของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนว่า เป็นการวิจัยที่ดำเนินการควบคู่ไปกับการปฏิบัติงานของครูโดยมีการกระทำอย่างเป็นระบบ มีระเบียบแบบแผน และจำเป็นต้องใช้กระบวนการที่นำเชื่อถือในการหาคำตอบในสภาพการณ์หรือบริบทของชั้นเรียนอย่างเหมาะสม จนกระทั่งก่อให้เกิดผลดีต่อการศึกษาและวิชาชีพ คือ ให้ผู้เรียนเกิดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ด้านต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ชาติรี เกิดธรรม (2545: 13) กล่าวถึงการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนว่า เป็นการวิจัยที่พัฒนาทางเลือกในการแก้ปัญหาโดยตัวของครูผู้สอนที่มีจุดมุ่งหมายคือการพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอน โดยสามารถบอกความสำคัญของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนได้ ดังนี้

1. เป็นการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอนด้วยวิจัย
2. เป็นการพัฒนาวิชาชีพครูให้มีมาตรฐานมากยิ่งขึ้น
3. เป็นการเผยแพร่ความรู้จากการปฏิบัติจริง
4. เป็นการส่งเสริมความก้าวหน้าทางด้านการศึกษาและสามารถนำผลงานเพื่อขอกำหนดตำแหน่งที่สูงขึ้น

จากความสำคัญของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนที่กล่าวไปข้างต้น สรุปความสำคัญของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนได้ ดังนี้

1. เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนของครูให้ตรงตามมาตรฐานและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
2. ทำให้ผู้เรียนเกิดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ด้านต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
3. เพื่อเป็นการพัฒนาความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงาน และเกิดการประสานงานทำให้ทุกคนมีการสอนที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน
4. เป็นการแสดงความก้าวหน้าทางวิชาชีพครู ด้วยการเผยแพร่ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติจริง

5. ส่งเสริมความก้าวหน้าทางด้านการวิจัยทางการศึกษา

6. สามารถนำผลงานไปใช้กำหนดขอตำแหน่งทางวิชาการที่สูงขึ้นได้

ขั้นตอนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน

Donner (2017) ได้เสนอว่า การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนควรแบ่งออกเป็น 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

กรมวิชาการ (2542: 7-10) ได้กล่าวถึงกระบวนการทวิวิจัยในชั้นเรียนว่าเป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการซึ่งมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 สสำรวจและวิเคราะห์ปัญหา ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญในการวางแผนเพื่อแก้ปัญหาในการพัฒนาการเรียนการสอน ในการสำรวจและวิเคราะห์ปัญหาสามารถกระทำได้ในหลายรูปแบบ เช่น การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นต้น หากครูผู้สอนพบปัญหาหลายปัญหาควร

พิจารณาจัดเรียงลำดับความสำคัญของปัญหาว่า ปัญหาใดควรจะได้รับแก้ไขหรือพัฒนา ก่อน
ขั้นตอนนี้จะนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาของการวิจัยจากแหล่งข้อมูล

ขั้นที่ 2 การกำหนดวิธีการในการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่ครูผู้สอนจะต้องศึกษาเอกสาร
ต่างๆ เช่น วารสาร บทความ ผลงานวิจัย คู่มือแนวคิดทฤษฎีต่างๆ ตลอดจนประสบการณ์ของ
ครูผู้สอนซึ่งจะทำให้ทราบว่าปัญหาของเรามีผู้ศึกษาไว้บ้างหรือยังใช้วิธีหรือนวัตกรรมใดในการ
แก้ปัญหาเหล่านั้น ในขั้นตอนนี้จะนำไปสู่ขอบเขตของการวิจัยและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ขั้นที่ 3 พัฒนารูปแบบหรือนวัตกรรม ในขั้นนี้ครูผู้สอนต้องกำหนดวิธีการหรือสร้าง
นวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนาแล้วดำเนินการหาคุณภาพของเครื่องมือ แล้วจัดทำเป็น
ต้นแบบให้เสร็จสมบูรณ์แล้วนำไปให้เพื่อนครูหรือนักวิชาการที่เกี่ยวข้องให้ความคิดเห็นเพื่อนำ
ข้อคิดเห็นต่างๆ ไปปรับปรุงและนำไปใช้ในการแก้ไขหรือพัฒนาต่อไป ขั้นตอนนี้จะนำไปสู่ตัวแปรที่
ศึกษาและวิธีการที่จะพัฒนาหรือแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 นำวิธีการหรือนวัตกรรมไปใช้ในชั้น นี่เป็นการนำวิธีการหรือนวัตกรรมที่สร้าง
ขึ้นไปใช้โดยระบุนั้น ตอนในการปฏิบัติว่าจะใช้กับใคร เมื่อใด อย่างไร และทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำ
ข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง ขั้นตอนนี้ต้องมีเครื่องมือและวิธีเก็บรวบรวมข้อมูลรวมทั้ง
แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นที่ 5 สรุปผลขั้น ตอนนี้จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมกับ
ข้อมูลที่รวบรวมได้แล้วสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล หากยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาก็ตามที่ต้องการก็ทำ
การแก้ไขปรับปรุง โดยย้อนไปค้นหารูปแบบหรือนวัตกรรมใหม่แล้วพัฒนารูปแบบหรือนวัตกรรมไปใช้
อีกครั้งจนสามารถแก้ปัญหาที่ต้องการแล้วเขียนสรุปผลการดำเนินงานตั้งแต่ขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 4
ขั้นตอนนี้จะได้ผลการวิจัยที่นำไปสู่การพัฒนาการเรียนการสอนหรือการแก้ปัญหา

พิชิต ฤทธิจรรณ (2544: 3-5) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยปฏิบัติการในชั้น
เรียนที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหาการเรียนรู้อยู่เป็นจุดเริ่มต้นในการวางแผนเพื่อพัฒนาการ
เรียนรู้ ซึ่งทำให้ทราบปัญหาและการดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ เหล่านั้นอาจได้มาจากการ
สังเกต การสอบถาม หรือการตรวจผลงานของผู้เรียน ซึ่งจะทำให้ครูสามารถรู้และเข้าใจถึงปัญหาและ
นำไปสู่การกำหนดปัญหาการวิจัย (Research Problem) ที่เกี่ยวกับการเรียนรู้เพื่อค้นหาคำตอบและ
แนวทางในการดำเนินการต่อไป

ขั้นที่ 2 การเลือกนวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหา เมื่อพบปัญหาในการเรียนรู้แล้ว ครู
นักวิจัยจะต้องเลือกนวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม ในการที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา
หรือพัฒนาการเรียนรู้อยู่เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนและพัฒนาผู้เรียนให้มี
คุณภาพ

ขั้นที่ 3 การออกแบบและสร้างนวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหา เป็นการออกแบบ นวัตกรรมกระบวนการแก้ปัญหาตามที่ได้เลือกไว้ในขั้นที่ 2 การออกแบบนวัตกรรมจะช่วยให้ครู นักวิจัยเห็นภาพโครงสร้างของนวัตกรรมซึ่งสะดวกต่อการจัดทำต่อไป หากต้องการให้ได้นวัตกรรมที่มี คุณภาพ มีความเชื่อมั่นต่อการนำไปใช้มากขึ้น ก็อาจให้เพื่อนครู หรือผู้ช่วยตรวจสอบพิจารณา นวัตกรรมและทำการปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง ซึ่งจะทำให้ได้นวัตกรรมที่มีคุณภาพมากขึ้น

ขั้น 4 การใช้นวัตกรรม วิธีการแก้ปัญหาหรือพัฒนา เป็นขั้นตอนของการนำ นวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหาที่จัดทำไว้ไปใช้กับประชากรหรือกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการพัฒนาตาม ระยะเวลาที่กำหนดไว้ แล้วสังเกตผลหรือเก็บรวบรวมข้อมูลและนำไปวิเคราะห์ข้อมูล การสรุป ผลการวิจัยและเขียนรายงานวิจัยต่อไป

ขั้นที่ 5 การสรุปและรายงานผลการวิจัย เป็นการสรุปข้อค้นพบที่ได้จากการวิจัยหรือ วิธีการแก้ปัญหาที่นำไปใช้ว่าพัฒนาผู้เรียนได้อย่างไรแล้วเขียนไว้เป็นหลักฐานการปฏิบัติงานใน รูปแบบของการวิจัย โดยอาจเขียนแบบไม่เน้นวิชาการหรือแบบกึ่งวิชาการก็ได้

พิมพันธ์ เตชะคุปต์ และคณะ (2544: 10-11) ได้กล่าวถึงกระบวนการที่ใช้ในการวิจัย ปฏิบัติการในชั้นเรียนหรือวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนประกอบด้วยขั้น ตอนที่สำคัญ 5 ขั้นตอน คือ 1) การกำหนดปัญหาวิจัย 2) การตั้งสมมุติฐาน 3) การออกแบบวิจัย 4) การดำเนินการวิจัย 5) การสรุป ผลการวิจัย ซึ่งกระบวนการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ขั้นตอนที่ 1, 2 และ 3 เป็นขั้นตอนของการ วางแผนในการวิจัยขั้นที่ 4 เป็นขั้นตอนของการดำเนินการวิจัย ในการจัดเก็บวิเคราะห์ข้อมูล โดยมี การตรวจสอบการดำเนินงานเพื่อหาทางปรับปรุงแก้ไขเมื่อพบข้อผิดพลาดและดำเนินการอย่าง ต่อเนื่องขั้นที่ 5 เป็นขั้นตอนในการสรุปผลการวิจัยเป็นการสร้างองค์ความรู้จากนั้นจึงนำความรู้ที่ได้ไป ใช้

ประวิต เอรารธรรม (2545: 5-7) ได้กล่าวถึงกระบวนการในการวิจัยปฏิบัติการในชั้น เรียนว่าเป็นกระบวนการที่เป็นระบบและดำเนินการอย่างต่อเนื่องคือ เริ่มจากการสำรวจปัญหา การ วางแผนการลงมือปฏิบัติและการสะท้อนผลการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1. การสำรวจสภาพการปฏิบัติงาน (Reconnaissance) เป็นขั้นตอนในการสำรวจ สภาพการปฏิบัติงานของครูว่ามีปัญหาอะไรบ้าง โดยครูสามารถสำรวจจากการจัดกิจกรรมการเรียน การสอนพฤติกรรมผู้เรียนสภาพแวดล้อม ซึ่งการสำรวจและวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าวจะนำไปสู่ความ เข้าใจปัญหาและสามารถจัดลำดับความสำคัญของปัญหาและกำหนดวัตถุประสงค์การวิจัยได้

2. การวางแผน (Planing) เป็นขั้นตอนในการกำหนดวัตถุประสงค์วิธีการและ วางแผนเพื่อลงมือปฏิบัติ ในการหาคำตอบหรือพัฒนานวัตกรรมและการแก้ไขเปลี่ยนแปลงสภาพการ ปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนการสอน

3. การลงมือปฏิบัติ (Action) เป็นขั้นตอนการปฏิบัติตามแผนที่กา หนดไว้

4. การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflection) หลังจากการปฏิบัติจนเกิดผลแล้วจะต้องมีการสะท้อนผลการปฏิบัติว่ามีการพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่อย่างไร เพื่อที่จะได้ดำเนินการสรุปผลและวางแผนในการปรับปรุงต่อไป

วาร์โร เฟ็งสวัสต์ (2546: 4-5) ได้กล่าวถึงกระบวนการทำวิจัยในชั้นเรียนว่าเป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ซึ่งมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 สำรองและวิเคราะห์ปัญหา ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญในการวางแผนเพื่อแก้ปัญหาในการพัฒนาการเรียนการสอน ในการสำรองและวิเคราะห์ปัญหาสามารถกระทำได้ในหลายรูปแบบ เช่น การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นต้น หากครูผู้สอนพบปัญหาหลายปัญหา ควรพิจารณาจัดเรียงลำดับความสำคัญของปัญหาว่าปัญหาใดควรจะได้รับแก้ไขหรือพัฒนา ก่อนขั้นตอนนี้จะนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาของการวิจัยจากแหล่งข้อมูล

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

ขั้นที่ 3 พัฒนาวิธีการหรือนวัตกรรม ในขั้นนี้ครูผู้สอนต้องกำหนดวิธีการหรือสร้างนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนา แล้วดำเนินการหาคุณภาพของเครื่องมือ แล้วจัดทำเป็นต้นแบบให้เสร็จสมบูรณ์ แล้วนำไปให้เพื่อนครูหรือนักวิชาการที่เกี่ยวข้องให้ความคิดเห็น เพื่อนำข้อคิดเห็นต่างๆไปปรับปรุงและนำไปใช้ในการแก้ไขหรือพัฒนาต่อไป ขั้นตอนนี้จะนำไปสู่ตัวแปรที่ศึกษาและวิธีการที่จะพัฒนาหรือแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 นำวิธีการหรือนวัตกรรมไปใช้ ในขั้นนี้เป็นการนำวิธีการหรือนวัตกรรมที่สร้างขึ้นไปใช้โดยระบุขั้นตอนในการปฏิบัติว่าจะใช้กับใคร เมื่อใด อย่างไร และทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง ขั้นตอนนี้ต้องมีเครื่องมือและวิธีเก็บรวบรวมข้อมูลรวมทั้งแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นที่ 5 สรุปผล ขั้นตอนนี้จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ โดยเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมกับข้อมูลที่รวบรวมได้แล้วสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล หากยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาก็ทำการแก้ไขปรับปรุง โดยย้อนไปค้นหาวิธีการหรือนวัตกรรมใหม่แล้วพัฒนาวิธีการหรือนวัตกรรมไปใช้อีกครั้งจนสามารถแก้ปัญหาที่ต้องการ แล้วเขียนสรุปผลการดำเนินงานตั้งแต่ขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 4 ขั้นตอนนี้จะได้ผลการวิจัยที่นำไปสู่การพัฒนาการเรียนการสอนหรือการแก้ปัญหา

บุญชม ศรีสะอาด และคณะ (2558ก: 188-189 อ้างอิงจาก Carr and Kemmis, 1986; Kemmis and McTaggart, 1988) ได้กล่าวถึงการดำเนินการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ตามแนวคิดเชิงปฏิรูป 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

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



โรงเรียนสารคามพิทยาคม

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

ในการแบ่งนักเรียนออกเป็นรายห้องนั้นแบ่งโดยใช้เกรดเฉลี่ย 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 อันจะส่งผลให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาง่าย สะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีโอกาสในการสอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยทำการฝึกสอนอยู่ 3 ห้อง คือ ห้อง 5/6, 5/7 และ 5/10 จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนและการสอบถามจากครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์จำนวน 4 ท่าน กล่าวสอดคล้องกันว่า นักเรียนยังไม่สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ในเรื่องต่างๆที่ได้เรียนไปแล้ว มาเชื่อมโยงหรือสร้างความสัมพันธ์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ โดยนักเรียนจะสอบถามผู้สอนตลอดว่า “เรียนเรื่องนี้แล้วเอาไปทำอะไรได้บ้าง” หรือ “เรียนไปทำไม” ส่งผลให้นักเรียนไม่ให้ความสนใจในเวลาที่คุณครูสอน อีกทั้งการสอนที่นิยมใช้นั้นจะเป็นการสอนแบบผู้สอนทำการอธิบายหน้ากระดาน ทำให้นักเรียนแทบไม่มีส่วนร่วมในการเรียนการสอนเลย ทำให้เกิดความน่าเบื่อ หลับในห้อง หรือโดดเรียน ครูทั้ง 4 ท่านให้ความเห็นที่สอดคล้องกันว่า นักเรียนชอบการเรียนรู้ที่พวกเขามีโอกาสในการคิดและตัดสินใจ ได้แสดงความคิดเห็น ได้ค้นคว้าหาความรู้ต่างๆด้วยตัวเอง และที่สำคัญต้องทำให้ผู้เรียนทราบด้วยว่าเรียนเรื่องนี้ไป

แล้วสามารถนำไปใช้อะไรได้บ้างหรือสามารถนำไปเชื่อมโยงเชื่อมโยงกับเรื่องใดได้บ้าง หากเป็นการเชื่อมโยงที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันหรือเรื่องที่นักเรียนสนใจยิ่งจะทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนมากกว่าเดิม เมื่อผู้วิจัยได้ทำการสำรวจทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มนี้โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนส่วนมากไม่สามารถนำความรู้ต่างๆที่เคยเรียนมาแล้วมาทำการเชื่อมโยงเพื่อแก้ปัญหาได้ ไม่สามารถระบุหรืออธิบายได้ว่าต้องใช้ความรู้เรื่องใดมาใช้ในการแก้ปัญหาได้บ้าง จึงส่งผลให้นักเรียนมีผลคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ต่ำ อีกทั้งผู้วิจัยได้ทำการใช้แบบทดสอบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไปใช้กับนักเรียนทั้ง 3 ห้อง พบว่า นักเรียนห้อง 5/6, 5/7 และ 5/10 มีนักเรียนที่มีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็มจำนวน 37, 31 และ 27 คน ตามลำดับ

จากผลการสำรวจข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/6 จำนวน 37 เป็นกลุ่มเป้าหมายในการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม เนื่องจากเป็นห้องเรียนที่จำนวนนักเรียนมีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของจำนวนเต็มมากที่สุด



งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

นุชนารถ ทองกระจ่าง (2556: 163) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็นด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งการวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เรื่อง ความน่าจะเป็น ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดโสธรวรารามวรวิหาร จังหวัดฉะเชิงเทรา ก่อนและหลังการใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ความน่าจะเป็น 2) แบบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ 3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความน่าจะเป็น 4) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ทักษะการเชื่อมโยงและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง ความน่าจะเป็น หลังการใช้กิจกรรมการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการใช้กิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความพึงพอใจมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านสื่อการเรียนการสอน ด้านสาระการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผลทั้งสิ้นที่ด้านนักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ชญญา อุทิศ (2557 : 75-77) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง “กำหนดการเชิงเส้น” ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสมุทรสาครบูรณะ จังหวัดสมุทรสาคร โดยการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง “กำหนดการเชิงเส้น” โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และ โปรแกรมจีโอจีบรา 2) ศึกษาพฤติกรรมการด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และ 3) ศึกษาความคิดเห็นต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง “กำหนดการเชิงเส้น” โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และโปรแกรมจีโอจีบราของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสมุทรสาครบูรณะ จังหวัดสมุทรสาคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 48 คน ซึ่งได้มาจาก การสุ่มแบบกลุ่ม จากนักเรียนทั้งหมด 10 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 10 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง “กำหนดการ

เชิงเส้น” จำนวน 17 ข้อ แบบสังเกตพฤติกรรมด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียน ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง “กำหนดการเชิงเส้น” ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าร้อยละค่าเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติที่ ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง “กำหนดการเชิงเส้น” โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยใช้ โปรแกรม GeoGebra หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ 60% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาการให้เหตุผลการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และ การนำเสนอและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และ 3) นักเรียนส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการจัดกิจกรรม การเรียนรู้เรื่อง “กำหนดการเชิงเส้น” ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra

สมเกียรติ พานู (2558 : 1-2) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การใช้โปรแกรมจีโอจีบรา

ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่องแคลคูลัสเบื้องต้นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยการใช้โปรแกรมจีโอจีบราประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่องแคลคูลัสเบื้องต้นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการใช้โปรแกรมจีโอจีบราประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตาม

กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่องแคลคูลัสเบื้องต้น 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีต่อการใช้โปรแกรมจีโอจีบรา ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหา

ทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่องแคลคูลัสเบื้องต้น กลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า จังหวัด

นครราชสีมา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 25 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบทดสอบวัด

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แคลคูลัสเบื้องต้น 3) แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยการใช้โปรแกรมจีโอจีบรา ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตาม

กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่องแคลคูลัสเบื้องต้นสำหรับนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนโดยใช้โปรแกรมจีโอจีบรา ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อ

แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่องแคลคูลัสเบื้องต้นสูงกว่า

ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้โปรแกรมจีโอจีบรา ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาอยู่ในระดับมาก

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Baharvand (2002) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลการสอนเรขาคณิตระหว่างสอนโดยใช้โปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัตเทียบกับการสอนของครูแบบปกติโดยใช้กระดาษ ดินสอ และครูเป็นผู้บรรยาย โดยกลุ่มควบคุมเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 26 คน ให้ได้รับการสอนของครูแบบปกติ และอีกกลุ่มเป็นกลุ่มทดลองซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 24 คน ให้เรียนด้วยเนื้อหาเดียวกับกลุ่มควบคุมแต่ใช้โปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัตในการเรียน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนซึ่งเรียนโดยใช้โปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัตที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคะแนนการทำแบบทดสอบหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนในกลุ่มทดลองมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ในทางบวก

Edwards (2006) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเชื่อมต่อทางเรขาคณิตกับพีชคณิตด้วยโปรแกรมแกรมจีโอจีบรา โดยชี้ให้เห็นว่าโปรแกรมจีโอจีบรา ได้รวมเอาเรขาคณิตและพีชคณิตเข้าไว้ด้วยกัน โดยด้านหนึ่งมันสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหวได้ ส่วนอีกด้านหนึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างเรขาคณิตเชิงตัวเลขกับตัวแทนทางพีชคณิต มันสามารถเขียนสมการ คู่อันดับ และยังสามารถปรับเปลี่ยนแก้ไขตัวเลขได้ทันที อีกทั้งยังสามารถพิมพ์สมการเข้าไปได้โดยตรงซึ่งจะปรากฏรูปทรงทางเรขาคณิต โปรแกรมจีโอจีบรา สามารถขยายไปสู่กิจกรรมการคิดระดับสูง โดยให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าและพบด้วยตนเอง

Hohenwarter (2007) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนแคลคูลัสด้วยโปรแกรมจีโอจีบรา โปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัตที่ไม่เสียค่าใช้จ่าย งานวิจัยของเขาแสดงให้เห็นว่า แม้จะมีผลดีมากมายของการนำเอาเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ แต่กระบวนการในการนำเอาเทคโนโลยีเข้าไปใช้ในห้องเรียนนั้นค่อนข้างช้าและซับซ้อน ซึ่งโปรแกรมจีโอจีบรา เป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สสำหรับการสอนและการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในส่วนของเรขาคณิต พีชคณิตและแคลคูลัส มีลักษณะการใช้งานที่สามารถใช้งานได้ง่าย สามารถใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย โปรแกรมมีความแพร่หลายเนื่องจากมีนักเรียนและครูทั่วโลกใช้ในการเรียนการสอนด้านคณิตศาสตร์ ดังนั้นโปรแกรมจีโอจีบรา จึงเป็นการบูรณาการเทคโนโลยีสำหรับการสอนและการเรียนรู้วิชาแคลคูลัส

Joko (2016) ได้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาชิ้นงานของนักเรียนโดยการใช้โปรแกรมจีโอจีบราร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน และทักษะการค้นพบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Discovery) ที่มีผลต่อนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยการวิจัยมีจุดประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาชิ้นงานของนักเรียนให้มีคุณภาพในระดับดี โดยการใช้โปรแกรมจีโอจีบราร่วมกับ

การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน 2) เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดจากทักษะการค้นพบทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนโรงเรียน MTs (427) Kota Ternate ประเทศอินโดนีเซีย โดยใช้นักเรียนห้อง VII6 เป็นกลุ่มทดลอง และห้อง VII7 เป็นกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า 1) คุณภาพผลงานของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมจีโอจีบราร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานอยู่ในระดับที่มีคุณภาพดี 2) ทักษะการค้นพบของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมจีโอจีบราร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานสูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

Rincon (2009) ได้ศึกษาและออกแบบโปรแกรมจีโอจีบรา สำหรับการสอนในหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์ระดับ Grade 7-11 (ม.1-ม.6) พบว่าโปรแกรมจีโอจีบรา เป็นโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ที่มีความสามารถที่มากมาย เหมาะสมสำหรับครูผู้สอนที่จะใช้ในการสร้างสื่อการเรียนการสอนที่เป็นแบบพลวัตในระดับชั้นมัธยมศึกษา ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับ พีชคณิต ฟังก์ชัน พาราโบลา วงกลม วงรี ไฮเพอร์โบลา ฟังก์ชันค่าสัมบูรณ์ เรขาคณิต แคลคูลัส เป็นต้น

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ พบว่า ในการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์จำเป็นที่จะต้องให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาด้วยตนเอง โดยการให้นักเรียนได้ทำการคิดวิเคราะห์ วางแผน และสรุปเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่ถูกต้องและเหมาะสม สามารถนำองค์ความรู้ต่างๆที่ได้เรียนมาแล้วมาผสมผสานกันอย่างเป็นเหตุเป็นผลเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ได้ อีกทั้งการที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้ดีขึ้นนั้น สื่อที่นำมาใช้ก็มีความสำคัญ โดยโปรแกรมพลวัตทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรแกรมจีโอจีบรา มีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางทั้งในและต่างประเทศ เนื่องจากสามารถนำไปใช้ในการสร้างสื่อได้กับเนื้อหาที่หลากหลาย และสามารถส่งเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้ โดยเมื่อนำรูปแบบการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้เผชิญสถานการณ์ปัญหาด้วยตนเองหรือการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานมาใช้ร่วมกับสื่อการสอนที่สร้างจากโปรแกรมจีโอจีบราจะช่วยให้นักเรียนมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น

พูน ปณ ทิโต ชีเว

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนสารคามพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 26 จำนวนนักเรียนได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่อ้างอิงมาจากงานวิจัยของ อรรถนีย์ ชูช่วยสุวรรณ (2552: 94-112) ซึ่งเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วยคำถามแบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 8 คะแนน โดยจะนำคะแนนที่ได้มาเทียบเป็นร้อยละเพื่อนำไปจัดระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน ซึ่งคะแนนจากแบบทดสอบถูกแบ่งออกเป็น 5 ระดับคือ คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ระดับดีมาก ดี พอใช้ ผ่านเกณฑ์ และต่ำกว่าเกณฑ์ (สำนักนิเทศและพัฒนามาตรฐานการศึกษา, 2545: 126 อ้างอิงจาก อรรถนีย์ ชูช่วยสุวรรณ, 2552: 67) ดังปรากฏในตาราง 5 เกณฑ์การแบ่งระดับนักเรียนจากแบบประเมินทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในตาราง 6

พูนุ ปณฺ ทิโต ชีเว

ตาราง 5 เกณฑ์การแบ่งระดับนักเรียนจากแบบประเมินทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ร้อยละของคะแนน	ระดับของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
80 - 100	ดีมาก
70 - 79	ดี
60 - 69	พอใช้
50 - 59	ผ่านเกณฑ์
0 - 49	ต่ำกว่าเกณฑ์

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/6 จำนวน 45 คน

เลขที่	คะแนน	ร้อยละ	ระดับของทักษะ	เลขที่	คะแนน	ร้อยละ	ระดับของทักษะ
1ก	5	62.5	พอใช้	1ข	2	25.0	ต่ำกว่าเกณฑ์
2ก	1	12.5	ต่ำกว่าเกณฑ์	2ข	1	12.5	ต่ำกว่าเกณฑ์
3ก	1	12.5	ต่ำกว่าเกณฑ์	4ข	1	12.5	ต่ำกว่าเกณฑ์
4ก	3	37.5	ต่ำกว่าเกณฑ์	5ข	1	12.5	ต่ำกว่าเกณฑ์
5ก	3	37.5	ต่ำกว่าเกณฑ์	6ข	3	37.5	ต่ำกว่าเกณฑ์
6ก	2	25.0	ต่ำกว่าเกณฑ์	7ข	3	37.5	ต่ำกว่าเกณฑ์
7ก	2	25.0	ต่ำกว่าเกณฑ์	8ข	1.5	18.7	ต่ำกว่าเกณฑ์
8ก	3	37.5	ต่ำกว่าเกณฑ์	10ข	2	25.0	ต่ำกว่าเกณฑ์
10ก	2	25.0	ต่ำกว่าเกณฑ์	11ข	2.5	31.2	ต่ำกว่าเกณฑ์
11ก	3	37.5	ต่ำกว่าเกณฑ์	13ข	3	37.5	ต่ำกว่าเกณฑ์
12ก	4	50.0	ผ่านเกณฑ์	14ข	1	12.5	ต่ำกว่าเกณฑ์
13ก	3	37.5	ต่ำกว่าเกณฑ์	15ข	5	62.5	พอใช้
14ก	2	25.0	ต่ำกว่าเกณฑ์	16ข	2	25.0	ต่ำกว่าเกณฑ์
15ก	2	25.0	ต่ำกว่าเกณฑ์	17ข	5	62.5	พอใช้
16ก	1	12.5	ต่ำกว่าเกณฑ์	18ข	3	37.5	ต่ำกว่าเกณฑ์

ตาราง 6 (ต่อ)

เลขที่	คะแนน	ร้อยละ	ระดับของทักษะ	เลขที่	คะแนน	ร้อยละ	ระดับของทักษะ
17ก	4	50.0	ผ่านเกณฑ์	19ข	1.5	18.7	ต่ำกว่าเกณฑ์
18ก	2	25.0	ต่ำกว่าเกณฑ์	20ข	3	37.5	ต่ำกว่าเกณฑ์
19ก	3	37.5	ต่ำกว่าเกณฑ์	21ข	1	12.5	ต่ำกว่าเกณฑ์
20ก	2	25.0	ต่ำกว่าเกณฑ์	22ข	3	37.5	ต่ำกว่าเกณฑ์
22ก	5	62.5	พอใช้	23ข	3	37.5	ต่ำกว่าเกณฑ์
23ก	3	37.5	ต่ำกว่าเกณฑ์	24ข	3	37.5	ต่ำกว่าเกณฑ์
25ก	4	50.0	ผ่านเกณฑ์	25ข	4	50.0	ผ่านเกณฑ์
26ก	2	25.0	ต่ำกว่าเกณฑ์				

จากตาราง 6 นักเรียนที่มีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์มีจำนวน 37 คน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกแก้ปัญหาแก่นักเรียนทุกคนที่มีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ให้มีคะแนนสูงขึ้นผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ โดยการใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่าง -1 และ 1 โดยมีการประเมินระดับของความสัมพันธ์ดังตาราง 7 (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2555: 92 อ้างอิงจาก Bartz, 1999:184)

ตาราง 7 เกณฑ์สำหรับแปลความหมายของของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน

ขนาดของความสัมพันธ์	การแปลความหมาย
$ r $ มีค่าระหว่าง 0.81 ถึง 1.00	มีความสัมพันธ์ในระดับสูงมาก
$ r $ มีค่าระหว่าง 0.61 ถึง 0.80	มีความสัมพันธ์ในระดับสูง
$ r $ มีค่าระหว่าง 0.41 ถึง 0.60	มีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง
$ r $ มีค่าระหว่าง 0.21 ถึง 0.40	มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำ
$ r $ มีค่าระหว่าง 0.00 ถึง 0.20	มีความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามแนวคิดเชิงปฏิรูป (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2558ก: 188 อ้างอิงจาก Carr and Kermmis, 1986., Kermis and Mctaggart, 1988) โดยนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งมีวงจรในการปฏิบัติดังนี้

ขั้นวางแผน (Planning) เป็นขั้นตอนการเตรียมการจัดการเรียนรู้ของครู เช่น การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ (แผนการสอน) การเตรียมสื่อ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล (แบบทดสอบ แบบสังเกต แบบสอบถาม ฯลฯ) เป็นต้น

ขั้นการปฏิบัติ (Action) เป็นขั้นตอนต่อเนื่องจากขั้นตอนการวางแผน นั่นคือการดำเนินการจัดการเรียนรู้ หรือดำเนินกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาผู้เรียน ซึ่งอาจเป็นปัญหาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการ หรือพฤติกรรมลักษณะอันพึงประสงค์

ขั้นการสังเกต (Observation) เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการจัดการเรียนรู้ หรือดำเนินการจัดกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาผู้เรียน จะใช้การสังเกตผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน มีการดำเนินการทดสอบหรือสัมภาษณ์พูดคุย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งในขั้นตอนนี้จะดำเนินการขณะจัดการเรียนรู้ หรือจัดกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหาผู้เรียน

ขั้นการสะท้อนผล (Reflection) เป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องจากการสังเกต โดยนำข้อมูลจากการสังเกต การสัมภาษณ์หรือข้อมูลมาไตร่ตรอง เปรียบเทียบกับผลหรือเกณฑ์ที่ตั้งเป้าหมายไว้ ยังห่างจากเป้าหมายมากน้อยเพียงใด เพื่อจะได้เตรียมปรับแผนในการดำเนินการต่อไป

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งวงจรปฏิบัติการออกเป็นวงจร โดยแต่ละวงจรปฏิบัติการมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวางแผน (Planning)

1. สสำรวจผู้เรียนที่มีปัญหาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยเครื่องมือที่ใช้คือแบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะทำให้การสำรวจเพียงแค่วงจรปฏิบัติแรกเท่านั้น ในวงจรปฏิบัติต่อไปนั้น จะนำผลการวิเคราะห์และปัญหาต่างๆจากวงจรปฏิบัติที่ได้สิ้นสุดลงไปใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป

2. ทำการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนสารคามพิทยาคม สารະการเรียนรู้อคณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 4 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กำหนดเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย และทำการศึกษาแนวคิด หลักการในการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน แบบสัมภาษณ์นักเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจีบรา โดยจะทำการศึกษาในวงจรปฏิบัติการแรกเท่านั้น

3. ดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจีบรา และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน แบบสัมภาษณ์นักเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจีบรา จากนั้นนำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยต่างๆที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ จากนั้นนำเครื่องมือวิจัยต่างๆที่สร้างขึ้นไปยื่นต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของเนื้อหาแล้วดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ส่วนในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เป็นต้นไปนั้น จะทำการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือหลังจากสิ้นสุดแต่ละวงจรปฏิบัติการก่อนที่จะนำไปใช้ในวงจรปฏิบัติการต่อไป ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงนั้นได้จากวงจรปฏิบัติการก่อนหน้า

ขั้นที่ 2 การปฏิบัติ (Action)

1. นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจีบรา เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยในแต่ละวงจรปฏิบัติการจะใช้เนื้อหาสาระที่แตกต่างกัน ซึ่งเกณฑ์ในการแบ่งเนื้อหาสาระในแต่ละวงรอบนั้น ผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์การจัดเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกันมากที่สุดให้อยู่ภายในวงรอบเดียวกัน เพื่อให้การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละวงรอบมีมากที่สุด อันจะส่งผลให้การเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนต่อไปมีประสิทธิภาพ ดังได้แสดงไว้ในตาราง 8 ดังนี้

ตาราง 8 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ

วงรอบที่	แผนการจัดการเรียนรู้ที่	สาระการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
1	1	ระบบพิกัดฉากสามมิติ	1
	2	ระยะห่างระหว่างจุดสองจุดในระบบพิกัดฉากสามมิติ	1
	3	เวกเตอร์	1
	4	การบวกและการลบเวกเตอร์	1
	5	การคูณเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์	1
2	6	เวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ	1
	7	เวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสามมิติ	1
	8	ขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ	1
	9	ขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสามมิติ	1
3	10	เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉากสองมิติ	1
	11	เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉากสามมิติ	1
	12	โคไซน์แสดงทิศทาง	1
รวม			12

ขั้นที่ 3 การสังเกต (Observation)

- นำแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนไปใช้ในการสังเกตนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในระหว่างการจัดกิจกรรมในแต่ละแผนการเรียนรู้
- นำแบบสัมภาษณ์นักเรียนไปใช้กับนักเรียนทั้งสองกลุ่ม คือ นักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์และนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ขึ้นไป เพื่อเปรียบเทียบว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มมีการเรียนรู้ที่เหมือนหรือต่างกันอย่างไร อันจะนำไปสู่การปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติต่อไป
- นำแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเวกเตอร์ในสามมิติและนำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้ทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดกิจกรรมในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

ขั้นที่ 4 การสะท้อนผล (Reflection)

ผู้วิจัยจะทำการประเมินผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา โดยวิเคราะห์คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ วิเคราะห์ผลจากแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน แบบสัมภาษณ์นักเรียนและแบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หลังจากสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการในแต่ละวงจร ซึ่งจะนำข้อมูลที่ได้มาช่วยในการออกแบบวงจรปฏิบัติการต่อไปให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการสุดท้าย จะทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ลักษณะของเครื่องมือสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา จำนวน 12 แผน ใช้เวลา 12 ชั่วโมง

1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและประเมินผล ประกอบด้วย

1.2.1 แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยในแต่ละวงจรปฏิบัติการจะใช้แบบทดสอบจำนวนหนึ่งชุด ในแต่ละชุดมีสถานการณ์ปัญหาอยู่ 2 สถานการณ์ โดยในแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยคำถามแบบอัตนัยจำนวน 2 คำถาม ซึ่งจะใช้ทดสอบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

1.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ โดยในแต่ละวงจรปฏิบัติการจะใช้แบบทดสอบจำนวนหนึ่งชุด ในแต่ละชุดมีข้อคำถามจำนวน 8 ข้อ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 6 ข้อ และ แบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ ซึ่งจะใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

1.2.3 แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน ใช้สำหรับสังเกตพฤติกรรมนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยจะทำการสังเกตระหว่างที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบสังเกตพฤติกรรมที่สร้างขึ้นเป็นแบบมีโครงสร้าง ซึ่งทำการสร้างให้สอดคล้องกับองค์ประกอบพฤติกรรมด้านการคิดเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ดังปรากฏในตาราง 2

1.2.4 แบบสัมภาษณ์นักเรียน จะใช้สัมภาษณ์เพื่อประเมินทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม คือ นักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าเกณฑ์และนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ขึ้นไป เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

1.2.5 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ใช้สำหรับวัดความพึงพอใจของผู้เรียนหลังจากสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราในแต่ละวงจรปฏิบัติ โดยมีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ จำนวน 11 ข้อ

2. การสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา

1) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนสารคามพิทยาคม จุดมุ่งหมายรายวิชา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ดังนี้

การเรียนการสอนในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2560 ของโรงเรียนสารคามพิทยาคม ได้จัดการเรียนการสอนตามสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยเนื้อหาปรากฏในตาราง 9



ตาราง 9 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 หารจำนวนเชิงซ้อนทั้งในรูปคู่ อันต์บ 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 ผู้วิจัยทำการเลือกหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ของภาคเรียนที่ 2 เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา เนื่องจากเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้นี้ง่ายและเหมาะสมต่อการสร้างสื่อจากโปรแกรมจีโอจีบรา เพราะภายในโปรแกรมมีเครื่องมือที่รองรับการทำงานที่เกี่ยวกับภาพสามมิติ มีเครื่องมือสำเร็จรูปที่ใช้ในการสร้างเวกเตอร์อย่างครบถ้วน อีกทั้งยังเนื้อไม่ยากเกินไปที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 เวกเตอร์ในสามมิติ และได้กำหนดสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ ดังปรากฏในตาราง 10



ตาราง 10 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ

วงจร ปฏิบัติการที่	แผนที่	ผลการ เรียนรู้ที่ คาดหวัง	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
1	1	บอก ลบ เวกเตอร์ใน เชิงรูปภาพ และในเชิง เวกเตอร์มุม ฉากได้	ระบบพิกัด ฉากสามมิติ	ระบบพิกัดฉากในปริภูมิสามมิติ ประกอบด้วยระนาบ 3 ระนาบ ซึ่งตั้งฉากซึ่งกันและกันเรียกว่าระบบพิกัดฉาก ได้แก่ ระนาบ xy ระนาบ yz และระนาบ xz ระนาบทั้งสามตัดกัน รอย ตัดเกิดเป็นเส้นตรง 3 เส้นตั้งฉากซึ่งกันและกัน เรียกว่า แกนพิกัด คือ แกน x แกน y และ แกน z แกนทั้งสามตัดกันที่จุด O เรียกว่า จุดกำเนิด (origin) ระนาบ xy มีแกน x และ แกน y อยู่ในระนาบ ระนาบ yz มีแกน y และ แกน z อยู่ในระนาบ ระนาบ xz มีแกน x และแกน z อยู่ในระนาบ โดยระนาบทั้งสามจะแบ่งระบบพิกัด ฉากสามมิติออกเป็น 8 บริเวณ คือ เทนอร์ระนาบ xy จำนวน 4 บริเวณ และได้ระนาบ xy จำนวน 4 บริเวณ เรียกแต่ละบริเวณว่า อัฐภาค (Octant) อัฐภาคที่ x, y และ z เป็นบวกจะเรียกว่าอัฐภาค ที่ 1 และอัฐภาคอื่นๆจะนับทวนเข็มนาฬิกาไปตามลำดับ	1. นักเรียนสามารถอธิบายส่วนประกอบ ต่างๆของระบบพิกัดฉากสามมิติได้ 2. นักเรียนสามารถอ่านและเขียนพิกัด ของจุดในระบบพิกัดฉากสามมิติได้ 3. นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องระบบ พิกัดฉากสามมิติมาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการ แก้ปัญหาได้ 4. นักเรียนสามารถเขียนแสดงประโยค ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง 5. นักเรียนมีวินัยในการทำงาน	1

ตาราง 10 (ต่อ)

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้ ที่คาดหวัง	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
1	2	บอก ลบ เวกเตอร์ในเชิง รูปภาพ และ ในเชิงเวกเตอร์ มุมฉากได้	สาระการ เรียนรู้ ระหว่างจุด สองจุดใน ระบบพิกัด ฉากสามมิติ	1. ลากเส้นผ่านจุด $P(x, y, z)$ ให้ขนานกับแกน z ไปตัดกับระนาบ XY ได้จุดตัด $Q(x, y, 0)$ เรียกจุดนี้ว่า เป็นภาพฉาย ของจุด P บนระนาบ XY ในทำนองเดียวกันจะเรียกจุด $R(0, y, z)$ ว่าเป็น ภาพฉายของจุด P บนระนาบ YZ และเรียกจุด $S(x, 0, z)$ ว่าเป็นภาพฉายของจุด P บนระนาบ XZ และเรียกจุด $P'(x, 0, 0)$, $P''(0, y, 0)$ และ $P'''(0, 0, z)$ ว่าเป็นภาพฉายของจุด P บนแกน X แกน Y และแกน Z ตามลำดับ 2. ให้จุด A และ C เป็นภาพฉายของจุด P และจุด Q บนระนาบ XY ตามลำดับ จากนั้นสร้างสามเหลี่ยม มุมฉาก PQR โดยอาศัยเรื่องระยะห่างระหว่างจุดสอง จุดบนระนาบ XY (พิกัดฉากสองมิติ) จะได้	1. นักเรียนสามารถคำนวณหา ระยะห่างระหว่างจุดสองจุดในระบบพิกัด ฉากสามมิติได้ 2. นักเรียนสามารถหาภาพฉายของจุด บนระนาบและแกนต่างๆได้ 3. นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่อง ระยะห่างระหว่างจุดสองจุดในระบบพิกัด ฉากสามมิติมาเชื่อมโยงเพื่อแก้ปัญหาใน ชีวิตจริงได้ 4. นักเรียนสามารถให้เหตุผลเกี่ยวกับ ระยะห่างของจุดสองจุดในระบบพิกัดฉาก สามมิติได้ 5. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน	1

ตาราง 10 (ต่อ)

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผน ที่	ผลการ เรียนรู้ที่ คาดหวัง	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง	
				$ AC = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$ เนื่องจาก $PR = AC$ และ $\overline{QR} = z_2 - z_1 $ และ $PQ^2 = PR^2 + \overline{QR}^2$ ดังนั้น $PQ^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$ นั่นคือ ระยะห่างระหว่างจุด $P(x_1, y_1, z_1)$ และ $Q(x_2, y_2, z_2)$ เท่ากับ $PQ = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$ หน่วย			

ตาราง 10 (ต่อ)

วจร ปฏิบัติการ ที่	แผน ที่	ผลการ เรียนรู้ที่ คาดหวัง	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
1	3	บอก ลบ เวกเตอร์ ในเชิง รูปภาพ และใน เชิง เวกเตอร์ มุมฉาก ได้	เวกเตอร์	<p>ปริมาณที่ใช้ในทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ</p> <p>ปริมาณสเกลาร์ คือ ปริมาณที่มีเพียงแต่ขนาด เช่น อุณหภูมิ เวลา ความยาว ความสูง เป็นต้น</p> <p>ปริมาณเวกเตอร์ คือ ปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง เช่น แรง ความเร็ว ความเร่ง เป็นต้น บางครั้งเขียนสัญลักษณ์ของเวกเตอร์โดยใช้อักษรเพียงตัวเดียว เช่น เวกเตอร์ \vec{u} เขียนแทนด้วย \vec{u}</p> <p>ใช้สัญลักษณ์ \vec{AB} แทนขนาดของ \vec{AB} และใช้สัญลักษณ์ \vec{u} แทนขนาดของ \vec{u}</p> <p>บทนิยาม ให้ \vec{u} และ \vec{v} เป็นเวกเตอร์ในระนาบ</p> $\vec{u} = \vec{v} \text{ ก็ต่อเมื่อ } \vec{u} = \vec{v} \text{ และ } \vec{u} \text{ มีทิศทางเดียวกับ } \vec{v}$ <p>บทนิยาม ให้ \vec{u} เป็นเวกเตอร์ในระนาบ</p> <p>นิเสธของเวกเตอร์ \vec{u} คือ เวกเตอร์ที่มีขนาดเท่ากับ \vec{u} และมีทิศทางตรงกันข้ามกับเวกเตอร์ \vec{u} นิเสธของ \vec{u} เขียนแทนด้วย $-\vec{u}$</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนสามารถจำแนกประเภทของปริมาณได้ 2. นักเรียนสามารถบอกได้ว่าเวกเตอร์ใดที่ขนาน เท่ากัน หรือเป็นนิเสธได้ 3. นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เรื่องเวกเตอร์เพื่อนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ 4. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเวกเตอร์ได้ 5. นักเรียนทำงานรวมมือกับเพื่อนในกลุ่มได้ 	1

ตาราง 10 (ต่อ)

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้ที่ คาดหวัง	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
1	4	บอก ลบ เวกเตอร์ในเชิง รูปภาพ และ ในเชิงเวกเตอร์ มุมฉากได้	การบวก และการ ลบ เวกเตอร์	<p>การบวกเวกเตอร์</p> <p>บทนิยาม</p> <p>ให้ \vec{u} และ \vec{v} เป็นเวกเตอร์ เลือกจุด A ใดๆ เป็นจุดเริ่มต้น ทาดำแหน่ง ของจุด B ที่ทำให้ $\vec{AB} = \vec{u}$ แล้วหาตำแหน่งของ C ที่ทำให้ $\vec{BC} = \vec{v}$ เวกเตอร์ที่เกิดขึ้นใหม่คือ \vec{AC} เป็นผลบวกของ $\vec{AB} + \vec{BC}$ เขียนแทนด้วย $\vec{AC} = \vec{AB} + \vec{BC}$ และถ้า $\vec{w} = \vec{AC}$ จะได้ $\vec{w} = \vec{u} + \vec{v}$</p> <p>การลบเวกเตอร์</p> <p>บทนิยาม</p> <p>ให้ \vec{u} และ \vec{v} เป็นเวกเตอร์ใดๆ ในระนาบ การนำ \vec{v} ไปลบกับ \vec{u} เขียน แทนด้วย $\vec{u} - \vec{v}$ หรือ $\vec{u} + (-\vec{v})$</p>	<p>1. นักเรียนสามารถบวก และลบเวกเตอร์ได้</p> <p>2. นักเรียนสามารถนำ ความรู้เรื่องการบวกและการ ลบเวกเตอร์มาเชื่อมโยงเพื่อ ใช้ในการแก้ปัญหาได้</p> <p>3. นักเรียนมีวินัยในการ ทำงาน</p>	1

ตาราง 10 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
1	5	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง บอก ลบ เวกเตอร์ในเชิงรูปภาพ และในเชิงเวกเตอร์มุมฉากได้	การคูณ เวกเตอร์ ด้วย สเกลาร์	<p>เมื่อพิจารณาผลบวกของ $\vec{u} + \vec{u}$ จะพบว่า $\vec{u} + \vec{u}$ เป็นเวกเตอร์ที่ขนาดกับ \vec{u} และมีทิศทางเดียวกัน แต่ขนาดของ $\vec{u} + \vec{u}$ เป็นสองเท่าของขนาดของ \vec{u}</p> <p>บทนิยาม</p> <p>ให้ a เป็นสเกลาร์ \vec{u} เป็นเวกเตอร์ ผลคูณของเวกเตอร์ \vec{u} ด้วยสเกลาร์ a เป็นเวกเตอร์ เขียนแทนด้วย $a\vec{u}$ โดยที่</p> <ol style="list-style-type: none"> ถ้า $a = 0$ แล้ว $a\vec{u} = \vec{0}$ ถ้า $a > 0$ แล้ว $a\vec{u}$ จะมีขนาดเท่ากับ $a \vec{u}$ และมีทิศทางเดียวกันกับ \vec{u} ถ้า $a < 0$ แล้ว $a\vec{u}$ จะมีขนาดเท่ากับ $a \vec{u}$ และมีทิศทางตรงข้ามกับ \vec{u} 	<ol style="list-style-type: none"> นักเรียนสามารถหาผลคูณของสเกลาร์กับเวกเตอร์ได้ นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องการคูณเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์ ไปเชื่อมโยงเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับการขนานกันของเวกเตอร์ได้ นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน นักเรียนมีความรับผิดชอบในการทำงาน 	1

ตาราง 10 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติกรที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
2	6	บอก ลบ เวกเตอร์ในเชิงรูปภาพ และในเชิงเวกเตอร์มุมฉากได้	เวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ	<p>ให้ a และ b เป็นจำนวนจริงใดๆจะเขียน $\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ แทนเวกเตอร์ ซึ่งเป็นผลบวกของเวกเตอร์สองเวกเตอร์ โดยที่เวกเตอร์แรกมีขนาด a หน่วย ซึ่งถ้า $a > 0$ เวกเตอร์นี้จะชี้ทิศทางขนานกับแกน X ไปทางขวา ถ้า $a < 0$ เวกเตอร์นี้จะชี้ทิศทางขนานกับแกน X ไปทางซ้าย เวกเตอร์ที่สองมีขนาด b หน่วย ซึ่งถ้า $b > 0$ เวกเตอร์นี้จะชี้ทิศทางขนานกับแกน Y ไปข้างบน ถ้า $b < 0$ เวกเตอร์นี้จะชี้ทิศทางขนานกับแกน Y ไปข้างล่าง</p>	<p>1. นักเรียนสามารถเขียนเวกเตอร์ในระนาบสองมิติจากจุดที่กำหนดให้ได้</p> <p>2. นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ต่างๆที่ได้เรียนแล้ว มาเชื่อมโยงเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติได้</p> <p>3. นักเรียนมีความไม่เรียนรู้</p> <p>4. นักเรียนทำงานร่วมกับเพื่อนในกลุ่มได้</p>	1

ตาราง 10 (ต่อ)

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้ที่ คาดหวัง	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
2	7	บอก ลบ เวกเตอร์ในเชิง รูปภาพ และ ในเชิงเวกเตอร์ มุมฉากได้	เวกเตอร์ ในระบบ พิกัดฉาก สามมิติ	<p>เวกเตอร์ในสองมิติกำหนดได้ในรูป $\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ ซึ่งแทน</p> <p>เวกเตอร์ในเชิงเรขาคณิตที่มีจุดเริ่มต้นที่จุดกำเนิดและจุดสิ้นสุดที่ (a, b) หรือมีจุดเริ่มต้นที่ (x, y) และมีจุดสิ้นสุดที่ $(x+a, y+b)$ ซึ่งสามารถขยายแนวคิดจากเวกเตอร์ในสองมิติไปเป็นเวกเตอร์ในสามมิติ โดยใช้ระบบพิกัดฉากสามมิติ</p> <p>บทนิยาม กำหนดให้ x, y และ z เป็นจำนวนจริง เรียก $\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$ ว่า เวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสามมิติ หรือ เวกเตอร์ในสามมิติ หรือ เรียกสั้นๆว่า เวกเตอร์</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนสามารถเขียนเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสามมิติจากจุดที่กำหนดให้ได้ 2. นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ต่างที่ได้เรียนแล้ว มาเชื่อมโยงเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสามมิติได้ 3. นักเรียนมีวินัยในการทำงาน 4. นักเรียนมีความรับผิดชอบในการทำงาน 	1

ตาราง 10 (ต่อ)

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผน ที่	ผลการ เรียนรู้ที่ คาดหวัง	สาระ การ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
				<p>ในทางเรขาคณิต แทนเวกเตอร์ $\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$ ด้วยส่วน</p> <p>ของเส้นตรงที่กำหนดทิศทางซึ่งมีจุดเริ่มต้นที่จุดกำเนิด O และจุดสิ้นสุดที่ P(x, y, z)</p>		

ตาราง 10 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
2	8	บอก ลบ เวกเตอร์ในเชิงรูปภาพ และในเชิงเวกเตอร์มุมฉากได้	ขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ	<p>ถ้า \overline{PQ} เป็นเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ P มีพิกัดเป็น (x_2, y_2) จะได้ $\overline{PQ} = \begin{bmatrix} x_2 - x_1 \\ y_2 - y_1 \end{bmatrix}$ และ $\overline{PQ} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$ ถ้าให้ $x_2 - x_1 = a$ และ $y_2 - y_1 = b$ แล้วจะได้ $\overline{PQ} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ แทนขนาดของเวกเตอร์ $\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ เท่ากับ $\sqrt{a^2 + b^2}$</p>	<ol style="list-style-type: none"> นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติได้ นักเรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติมาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน นักเรียนมีวินัยในการทำงาน 	1

ตาราง 10 (ต่อ)

วาระ ปฏิบัติกา รที่	แผนที	ผลการเรียนรู้ที่ คาดหวัง	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
2	9	บอก ลบ เวกเตอร์ในเชิง รูปภาพ และ ในเชิงเวกเตอร์ มุมฉากได้	ขนาดของ เวกเตอร์ ในระบบ พิกัดฉาก สามมิติ	<p>ถ้า \overline{AB} เป็นเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสามมิติ A มีพิกัดเป็น (x_1, y_1, z_1) และ B มีพิกัดเป็น (x_2, y_2, z_2) จะได้ $\overline{AB} = \begin{bmatrix} x_2 - x_1 \\ y_2 - y_1 \\ z_2 - z_1 \end{bmatrix}$ และ</p> $ \overline{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> $\overline{AB} = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}$ <p>และขนาดของ $\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}$ เท่ากับ $\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ หน่วย</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสามมิติได้ 2. นักเรียนสามารถให้เหตุผลในการหาขนาดของเวกเตอร์ในสามมิติได้ 3. นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เรื่องขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสามมิติ มาใช้ในการหาขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสามมิติได้ 4. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน 	1

ตาราง 10 (ต่อ)

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้ที่ คาดหวัง	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
3	10	บอก ลบ เวกเตอร์ในเชิง รูปภาพ และใน เชิงเวกเตอร์มุม ฉากได้	เวกเตอร์ หนึ่ง หน่วยใน ระบบ พิกัดฉาก สองมิติ	<p>บทนิยาม เวกเตอร์ที่มีขนาดหนึ่งหน่วยเรียกว่า เวกเตอร์หนึ่งหน่วย (Unit vector)</p> <p>เนื่องจากเวกเตอร์ $\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ ใดๆจะมีขนาดเท่ากับ $\sqrt{a^2 + b^2}$ ดังนั้นเวกเตอร์ที่มีขนาดหนึ่งหน่วย และมีทิศทางเดียวกับเวกเตอร์ $\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ ใดๆที่ไม่ใช่เวกเตอร์ศูนย์ คือ $\frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$</p> <p>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}</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. นักเรียนสามารถคำนวณหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉากสองมิติได้ 2. นักเรียนสามารถสร้างเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทางตามที่กำหนด ในระบบพิกัดฉากสองมิติได้ 3. นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่อง เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉากสองมิติ มาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ 4. นักเรียนมีความรับผิดชอบในการทำงาน 	1

ตาราง 10 (ต่อ)

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้ที่ คาดหวัง	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
3	11	บอก ลบ เวกเตอร์ในเชิง รูปภาพ และ ในเชิงเวกเตอร์ มุมฉากได้	เวกเตอร์ หนึ่ง หน่วยใน ระบบ พิกัดฉาก สามมิติ	<p>บทนิยาม เวกเตอร์ที่มีขนาดหนึ่งหน่วยเรียกว่า เวกเตอร์หนึ่งหน่วย (Unit vector) ในระบบพิกัดฉากสามมิติ เวกเตอร์ที่มีขนาดหนึ่งหน่วยและมีทิศทางเดียวกับเวกเตอร์ $\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}$ คือ $\frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}$</p>	<p>1. นักเรียนสามารถคำนวณหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉากสามมิติได้</p> <p>2. นักเรียนสามารถสร้างเวกเตอร์ที่มีขนาดและทิศทางตามที่กำหนด ในระบบพิกัดฉากสามมิติได้</p> <p>3. นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่อง เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉากสามมิติ มาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้</p> <p>4. นักเรียนทำงานร่วมกับเพื่อนในกลุ่มได้</p>	1

ตาราง 10 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการที่	แผนที่ยื่นรู้ที่	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง	
				<p>เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉากสามมิติที่สำคัญ</p> <p>คือ $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$, $\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ และ $\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ โดยแทน \vec{i} ด้วย $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$ แทน \vec{j} และ \vec{k} ด้วย $\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$</p>			

ตาราง 10 (ต่อ)

วงจร ปฏิบัติการ ที่	แผน ที่	ผลการเรียนรู้ ที่คาดหวัง	สาระ การเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
3	12	บอก ลบ เวกเตอร์ใน เชิงรูปภาพ และในเชิง เวกเตอร์มุม ฉากได้	โคไซน์ แสดง ทิศทาง	กำหนด $P(a_1, a_2, a_3)$ จะได้ $\overrightarrow{OP} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}$ กำหนด $\alpha, \beta, \gamma \in [0, \pi]$ เป็นขนาดของมุมที่ วัดจากแกนพิกัดด้านบวกทั้งสามตามลำดับไปยัง \overrightarrow{OP} จะได้ว่า	1. นักเรียนสามารถคำนวณหาโคไซน์ แสดงทิศทางของเวกเตอร์ได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนประโยคทาง คณิตศาสตร์เพื่อสื่อถึงโคไซน์แสดงทิศทาง ได้ 3. นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่อง โคไซน์แสดงทิศทาง ไปเชื่อมโยงเพื่อใช้ใน การแก้ปัญหาได้ 3. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน 4. นักเรียนมีความรับผิดชอบในการ ทำงาน	1

ตาราง 10 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการณ์ที่	แผนที่	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง	
				<p> $\cos \alpha = \frac{OQ}{ OP } = \frac{a_1}{ OP }$, $\cos \beta = \frac{OR}{ OP } = \frac{a_2}{ OP }$, $\cos \gamma = \frac{OS}{ OP } = \frac{a_3}{ OP }$ α, β, γ คือขนาดของมุมที่ \vec{OP} ทำกับแกน X, Y, Z ทางด้านบวก ตามลำดับ เรียกมุมดังกล่าวว่า มุมกำหนดทิศทาง (Direction Angle) ของ \vec{OP} และเรียก $\cos \alpha, \cos \beta$ และ $\cos \gamma$ ว่า โคไซน์แสดงทิศทาง (Direction Cosines) ของ \vec{OP} สามารถนิยามโคไซน์แสดงทิศทางของเวกเตอร์ใดๆได้ ดังนี้ 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 คือจำนวนของสามจำนวนเชิงเรียงตามลำดับ ดังนี้ $\frac{a_1}{ \vec{a} }, \frac{a_2}{ \vec{a} }, \frac{a_3}{ \vec{a} }$ </p>			

ตาราง 10 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการที่	แผน ที่	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
				<p> $\cos \alpha = \frac{OQ}{ OP } = \frac{a_1}{ OP }$, $\cos \beta = \frac{OR}{ OP } = \frac{a_2}{ OP }$, $\cos \gamma = \frac{OS}{ OP } = \frac{a_3}{ OP }$ α, β, γ คือขนาดของมุมที่ \vec{OP} ทำกับแกน X, Y, Z ทางด้านบวกตามลำดับ เรียกมุมดังกล่าวว่า มุมกำหนดทิศทาง (Direction Angle) ของ \vec{OP} และเรียก $\cos \alpha, \cos \beta$ และ $\cos \gamma$ ว่า โคไซน์แสดงทิศทาง (Direction Cosines) ของ \vec{OP} สามารถนิยามโคไซน์แสดงทิศทางของเวกเตอร์ใดๆ ได้ ดังนี้ 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 $\frac{a_1}{ \vec{a} }, \frac{a_2}{ \vec{a} }, \frac{a_3}{ \vec{a} }$ </p>		

2) วิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา สรุปลักษณะการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม

ที่ต้องเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560

3) ศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานโดยใช้โปรแกรมจีโอจีบรา จากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศและปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ

4) ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา จำนวน 12 แผน เวลาที่ใช้ 12 ชั่วโมง

5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่อที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความเรียบร้อย ความถูกต้องของเนื้อหา จุดประสงค์ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้/ แหล่งการเรียนรู้ ระยะเวลาที่ใช้และภาษาที่ใช้มีความถูกต้อง และนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงโดยปรับแก้ประโยคทางคณิตศาสตร์ต่างๆให้มีความหมายที่ชัดเจนและกระชับกระชับมากยิ่งขึ้น ปรับแก้กิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนไม่ให้มากเกินไป เพื่อให้สามารถสอนได้ทันเวลา ปรับแก้เกณฑ์การให้คะแนนคะแนนให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น และปรับปรุงแบบฝึกหัดให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ทำการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำแล้วพร้อมแบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้องและเหมาะสม ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ซึ่งได้แก่

(1) อาจารย์ ดร.สมทรง สิทธิ ศษ.ด. (หลักสูตรและการสอน) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

(2) ผศ.ชวลิต เอี่ยมเจริญ กศ.ม. (คณิตศาสตร์) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์และสถิติและโปรแกรมจีโอจีบรา

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

(4) นายสุรเดช แก้วแสนเมือง วท.บ. (คอมพิวเตอร์) ศษ.ม. (การบริการการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

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

ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ทำการปรับแก้สื่อที่สร้างจากโปรแกรมจีโอจีบราให้ใช้งานง่าย โดยการสร้างปุ่มสำเร็จรูปที่สามารถใช้งานได้ทันที ปรับแก้ภาษาที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความหมายที่ชัดเจนถูกต้องตามการทางคณิตศาสตร์และมีความเป็นทางการ

7) นำผลการประเมินที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาทำการหาค่าเฉลี่ยแล้วเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งเป็นแบบมาตรฐานประมาณค่า 5 อันดับ จากนั้นพิจารณาระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2558ข: 81)

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 ซึ่งเมื่อนำผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มาหาค่าเฉลี่ยได้ตั้งแต่ 4.40 – 4.65 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าตั้งแต่ 0.15 - 0.29 ซึ่งหมายความว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมในระดับมากถึงมากที่สุด ผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีค่าเฉลี่ยได้ตั้งแต่ 4.36 – 4.68 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าตั้งแต่ 0.10 - 0.34 ซึ่งหมายความว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมในระดับมากถึงมากที่สุด และผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีค่าเฉลี่ยได้ตั้งแต่ 4.20 – 4.68 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าตั้งแต่ 0.10 - 0.33 ซึ่งหมายความว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมในระดับมากถึงมากที่สุด ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ค

8) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ทำการปรับปรุงจนสมบูรณ์แล้วมาทำการจัดพิมพ์ และนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและประเมินผล

2.2.1 แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยจะทำการทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดแต่ละวงจรปฏิบัติการ ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

1) ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ตาราง 11 (ต่อ)

วงจร ปฏิบัติการ ที่	เรื่องที่ทำกรทดสอบ	องค์ประกอบของทักษะการเชื่อมโยง ทางคณิตศาสตร์				รวม	
		องค์ประกอบที่ 1		องค์ประกอบที่ 2			
		สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้
3	- เวกเตอร์หนึ่งหน่วยใน ระบบพิกัดฉากสองมิติ	2	1	2	1	4	2
	- เวกเตอร์หนึ่งหน่วยใน ระบบพิกัดฉากสามมิติ						
	- โคไซน์แสดงทิศทาง						
	รวม	7	3	6	3	13	6

ตาราง 12 เกณฑ์การแปลความหมายระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากแบบทดสอบ
วัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ร้อยละของคะแนน	ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
80 - 100	มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ในระดับ ดีมาก
70 - 79	มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ในระดับ ดี
60 - 69	มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ในระดับ พอใช้
50 - 59	มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ในระดับ ผ่านเกณฑ์
0 - 49	มีความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ในระดับ ต่ำกว่าเกณฑ์

3) นำแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมด้านภาษา โดยอาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ทำการปรับแก้คำถามให้มีความถูกต้องตามหลักการทางคณิตศาสตร์ แก้ไขสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนเข้าใจได้ง่ายมากขึ้น และปรับแก้เกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจและประเมินคำตอบให้มีความชัดเจนมากขึ้น

4) นำแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการ ซึ่งประกอบด้วย

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

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

(3) นางสุตารักษ์ นรินทร์รัมย์ กศ.ม. (การวิจัยทางการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

(4) นางยุพิน พลเรือง ค.บ. (การสอนคณิตศาสตร์) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

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

ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ปรับแก้เกณฑ์การประเมินให้มีความชัดเจนมากขึ้น แก้ไขภาษาให้มีความเป็นทางการ กระชับและได้ใจความ

โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบไม่มีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

5) นำผลการประเมินที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of item objective congruence) (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2558: 118) ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับนิยามเชิงปฏิบัติการ จากนั้นทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยตั้งแต่ .50 - 1.00 ผลการพิจารณาพบว่าข้อสอบมีค่าความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.90 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.90 ซึ่งจัดได้ว่าเป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงตามพฤติกรรมชีวิต ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ง

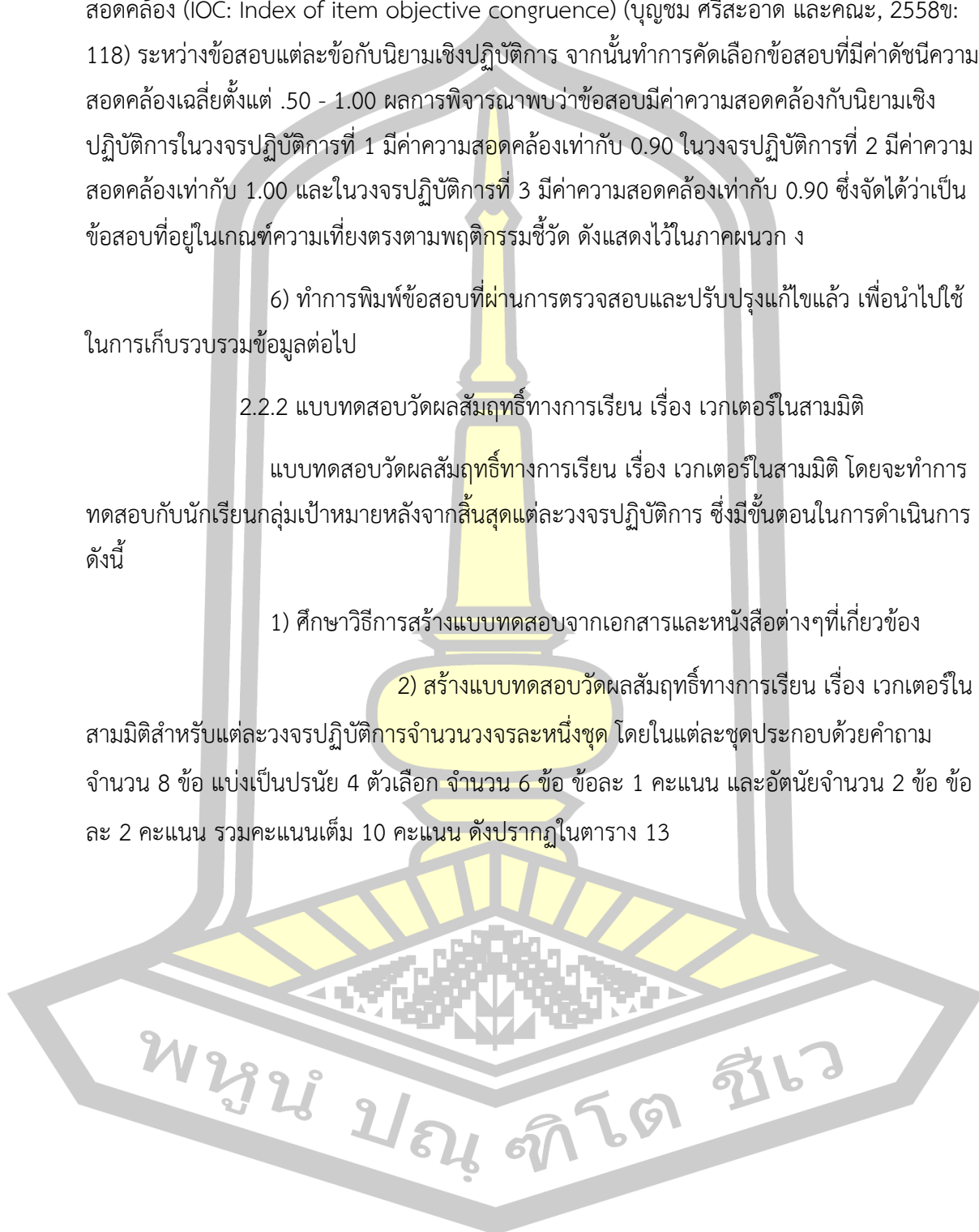
6) ทำการพิมพ์ข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขแล้ว เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

2.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ โดยจะทำการทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดแต่ละวงจรปฏิบัติการ ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1) ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบจากเอกสารและหนังสือต่างๆที่เกี่ยวข้อง

2) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติสำหรับแต่ละวงจรปฏิบัติการจำนวนวงจรละหนึ่งชุด โดยในแต่ละชุดประกอบด้วยคำถามจำนวน 8 ข้อ แบ่งเป็นปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 6 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน และอัตนัยจำนวน 2 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 10 คะแนน ดังปรากฏในตาราง 13



ตาราง 13 วิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ

วาระ ปีที่	จุดประสงค์เชิง พฤติกรรม	จำนวนข้อสอบ		ระดับพฤติกรรมการวัด														
		ปรนัย		อัตนัย		๑-๑๕%		๑๖-๓๐%		๓๑-๕๐%		๕๑-๗๐%		๗๑-๙๐%		รวม		
		สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	
1	1. นักเรียนสามารถอธิบายส่วนประกอบต่างๆของระบบพิกัดฉากสามมิติได้	2	1			2	1											
	2. นักเรียนสามารถอ่านและเขียนพิกัดของจุดในระบบพิกัดฉากสามมิติได้	2	1					2	1									

ตาราง 13 (ต่อ)

วางรอบที่	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	จำนวนข้อสอบ		ระดับพฤติกรรมการวัด														
		ปรนัย		อัตนัย		ความรู้เกี่ยวกับ		ความรู้เกี่ยวกับ		ความรู้เกี่ยวกับ		ความรู้เกี่ยวกับ		ความรู้เกี่ยวกับ		รวม		
		สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	
1	3. นักเรียนสามารถคำนวณหาระยะทางระหว่างจุดสองจุดในระบบพิกัดฉากสามมิติได้ 4. นักเรียนสามารถหาภาพฉายของจุดบนระนาบและแกนต่างๆได้ 5. นักเรียนสามารถจำแนกประเภทของปริมาตรได้	2	1															

ตาราง 13 (ต่อ)

วางร บที่	จุดประสงค์เชิง พฤติกรรม	จำนวนข้อสอบ						ระดับพฤติกรรมการวัด						รวม					
		ปรนัย		อัตนัย		ความรู้ความเข้าใจ		การประยุกต์ใช้		การวิเคราะห์		การประเมิน				สร้าง	ใช้		
		สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้						
1	6. นักเรียนสามารถบอกได้ว่าเวกเตอร์ใดที่ขนาน เท่ากัน หรือเป็นนิเสธได้	2	1			2	1											2	1
	7. นักเรียนสามารถบวกและลบเวกเตอร์ได้			2	1							2	1					2	1
	8. นักเรียนสามารถหาผลคูณของสเกลาร์กับเวกเตอร์ได้			2	1							2	1					2	1

ตาราง 13 (ต่อ)

วางร บที่	จุดประสงค์เชิง พฤติกรรม	จำนวนข้อสอบ					ระดับพฤติกรรมการวัด											รวม			
		ปรนัย		อัตนัย			๕๐% - ๖๐%		๖๐% - ๗๐%		๗๐% - ๘๐%		๘๐% - ๙๐%		๙๐% - ๑๐๐%		สร้าง		ใช้		
		สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้		สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้							
2	9. นักเรียนสามารถเขียน เวกเตอร์ในระนาบสอง มิติจากจุดที่กำหนดให้ได้	4	2				2	1						2	1					4	2
		2	1																		2
2	11. นักเรียนสามารถ คำนวณหาขนาดของ เวกเตอร์ในระบบพิกัด ฉากสองมิติได้	2	1	2	1					2	1									4	2

ตาราง 13 (ต่อ)

วงรอบ ปีที่	จุดประสงค์เชิง พฤติกรรม	จำนวนข้อสอบ				ระดับพฤติกรรมการวัด													
		ปรนัย		อัตนัย		คำขยายนัย - บรรยาย		ความรู้จำ		ความรู้เข้าใจ		ความรู้ใช้		ความรู้ประเมิน		ความรู้สร้าง			
		สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้		
2	12. นักเรียนสามารถ คำนวณหาขนาดของ เวกเตอร์ในระบบพิกัด ฉากสามมิติได้	4	2	2	1			2	1	4	2							6	3
3	13. นักเรียนสามารถ คำนวณหาเวกเตอร์ หนึ่งหน่วยในระบบ พิกัดฉากสองมิติได้	2	1							2	1							2	1

ตาราง 13 (ต่อ)

วางร บที่	จุดประสงค์เชิง พฤติกรรม	จำนวนข้อสอบ						ระดับพฤติกรรมการวัด						รวม					
		ปรนัย		อัตนัย		๕๐%		๖๐%		๗๐%		๘๐%				๙๐%			
		สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้	สร้าง	ใช้		
3	14. นักเรียนสามารถ สร้างเวกเตอร์ที่มีขนาด และทิศทางตามที่ กำหนด ในระบบพิกัด ฉากสองมิติได้	2	1																
	15. นักเรียนสามารถ คำนวณหาเวกเตอร์ หนึ่งหน่วยในระบบ พิกัดฉากสามมิติได้	2	1	2	1														

ตาราง 13 (ต่อ)

วางร บที่	จุดประสงค์เชิง พฤติกรรม	จำนวนข้อสอบ				ระดับพฤติกรรมการวัด							รวม				
		ปร นัย	อ ัต นัย		๕๐๕๕๕๕ - ๕๕๕๕๕๕		๕๕๕๕๕๕๕๕		๕๕๕๕๕๕๕๕๕๕		๕๕๕๕๕๕๕๕๕๕๕๕				สร ้าง	ใ ้ใช้	
		สร ้าง	ใ ้ใช้	สร ้าง	ใ ้ใช้	สร ้าง	ใ ้ใช้	สร ้าง	ใ ้ใช้	สร ้าง	ใ ้ใช้	สร ้าง	ใ ้ใช้	สร ้าง	ใ ้ใช้	สร ้าง	ใ ้ใช้
3	16. นักเรียนสามารถ สร้างเวกเตอร์ที่มีขนาด และทิศทางการที่ กำหนด ในระบบพิกัด ฉากสามมิติได้	2	1	2	1				2	1	2	1	2	2	1	4	2
	17. นักเรียนสามารถ คำนวณหาโคไซน์แสดง ทิศทางของเวกเตอร์ได้	4	2						2	1						4	2
		36	18	12	6	2		12	6							48	24

3) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเวกเตอร์ในสามมิติเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมด้านภาษา โดยอาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ทำการปรับปรุงข้อคำถามให้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ปรับการใช้ภาษาให้มีความเป็นทางการและถูกต้องตามหลักการทางคณิตศาสตร์

4) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ และแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย

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

(2) ผศ. ดร.ญาณภัทร สีหะมงคล กศ.ด. (การทดสอบและวัดผลทางการศึกษา) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

(3) นางสาวพิน เหลืองวิริยะศิริ ค.ม. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

(4) นางอาภาพร ปัญญาฟู ศษ.ม. (หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

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

ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ปรับแก้ตัวเลือกของคำถามที่เป็นแบบปรนัยให้มีคำตอบลวงมากขึ้น และปรับแก้คำผิดให้ถูกต้อง

โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบไม่มีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

5) นำผลการประเมินที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of item objective congruence) (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2558ข:

118) ระหว่างข้อสอบแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ จากนั้นทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความ สอดคล้องเฉลี่ยตั้งแต่ .50-1.00 ผลการพิจารณาพบว่าข้อสอบมีค่าความสอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.95 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีค่าความ สอดคล้องเท่ากับ 0.93 และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.95 ซึ่งจัดว่าเป็น ข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงตามพฤติกรรมชี้วัด ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ง

6) ทำการพิมพ์ข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขแล้ว เพื่อนำไปใช้ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

2.2.3 แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน

แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน จะใช้ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน กลุ่มเป้าหมายระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

1) ศึกษาการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนจากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่ เกี่ยวข้อง

2) สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน โดยเป็นแบบสังเกตที่มีโครงสร้าง ซึ่งมี พฤติกรรมที่ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตตามองค์ประกอบดังปรากฏในตาราง 14

ตาราง 14 พฤติกรรมบ่งชี้การมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้จากการ วิเคราะห์ตามองค์ประกอบของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบ	พฤติกรรมที่สังเกต
องค์ประกอบที่ 1 เชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทาง คณิตศาสตร์ เพื่ออธิบาย ข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆ	1. ระบุความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ได้อย่างครบถ้วน ถูกต้อง และเหมาะสม 2. ตัดสินใจได้ว่าต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดก่อนและเรื่องใด หลัง และให้เหตุผลในการตัดสินใจได้ 3. นำความรู้ต่างๆที่ได้ระบุไว้มาผสมผสานจนสามารถการแก้โจทย์ ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

ตาราง 14 (ต่อ)

องค์ประกอบ	พฤติกรรมที่สังเกต
องค์ประกอบที่ 2 นำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริง	<p>1. ระบุความรู้ทางคณิตศาสตร์จำเป็นต้องใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พบได้ในชีวิตจริงได้อย่างครบถ้วน ถูกต้อง และเหมาะสม</p> <p>3. นำความรู้ต่างๆที่ได้ระบุไว้มาผสมผสานจนสามารถการแก้สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์พบได้ในชีวิตจริงได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม</p> <p>3. เปรียบเทียบและประเมินความถูกต้องของคำตอบที่ได้จากการคำนวณกับสถานการณ์จริงได้</p>

3) นำแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม โดยอาจารย์ที่ปรึกษาให้ให้ปรับข้อความให้มีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ ปรับแก้เกณฑ์ในการประเมินให้มีความชัดเจนและง่ายต่อการทำความเข้าใจ

4) นำแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนที่ทำการปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของข้อความกับพฤติกรรมที่ต้องการสังเกตซึ่งประกอบด้วย

(1) ผศ.ดร.วราพร เอราวรรณ ค.ต. (การวัดและประเมินผลการศึกษา) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

(2) นางนงคัลักษณ์ วรรณประภา ศษ.ม. (การบริหารการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

(3) นางสาวพิน เหลืองวิริยะศิริ ค.ม. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

(4) นางสาวพร พลพันธ์ ค.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

(5) นางวิมาน ศรีผิวจันทร์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ปรับแก้ข้อคำถามให้กระชับ ได้ใจความและเข้าใจง่าย ปรับแก้ข้อคำถามให้สอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการมากยิ่งขึ้น ปรับแก้การใช้ภาษาในข้อคำถามให้มีความเหมาะสม

โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

- สั้กเกด
- +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการสังเกต
 - 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการสังเกต
 - 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการสังเกต

5) นำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการสังเกต โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of item objective congruence) (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2558ข: 118) จากนั้นทำการคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ .50 ถึง 1.00 ผลการพิจารณาพบว่าแบบสังเกตพฤติกรรมมีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.80 ถึง 1.00 ซึ่งจัดว่าเป็นแบบสังเกตพฤติกรรมที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงตามพฤติกรรมชี้วัด ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ง

6) นำแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนมาจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์แล้วนำไปใช้เป็นเครื่องมือเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

2.2.4 แบบสัมภาษณ์นักเรียน

แบบสัมภาษณ์นักเรียน เป็นแบบกึ่งโครงสร้าง โดยนำแบบสัมภาษณ์นักเรียนไปใช้กับนักเรียนทั้งสองกลุ่ม คือ นักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์และนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ขึ้นไป เพื่อเปรียบเทียบว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มมีการเรียนรู้ที่เหมือนหรือต่างกันอย่างไร หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการสร้าง ดังนี้

1) ศึกษาการสร้างแบบสัมภาษณ์จากหนังสือ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

2) ดำเนินการสร้างแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่มีลักษณะเป็นกิ่งโครงสร้าง ให้ครอบคลุมองค์ประกอบของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในตาราง 8 ซึ่งประเด็นในการสัมภาษณ์ปรากฏในตาราง 15

ตาราง 15 ประเด็นที่ใช้ในการสัมภาษณ์เพื่อบ่งชี้การมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบ	ประเด็น
องค์ประกอบที่ 1 เชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆ	<ol style="list-style-type: none"> 1. ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่องใดเรื่องหนึ่ง นักเรียนจะตัดสินใจเลือกความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดมาใช้ในการแก้ปัญหาบ้าง เพราะเหตุใด 2. นักเรียนรู้อย่างไรว่าต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดก่อนและเรื่องใดหลัง 3. นักเรียนจะนำความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องต่างๆที่นักเรียนได้ระบุไว้ มาเชื่อมโยงเพื่อแก้สถานการณ์ปัญหาใดปัญหาหนึ่งอย่างไร
องค์ประกอบที่ 2 นำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริง	<ol style="list-style-type: none"> 1. หากนักเรียนพบสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงที่จำเป็นต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ นักเรียนจะมีวิธีการตัดสินใจเลือกความรู้ทางคณิตศาสตร์ต่างๆเหล่านั้นมาใช้ได้อย่างไร 2. นักเรียนจะนำความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ที่ได้ระบุไว้มาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่พบได้ในชีวิตจริงอย่างไร 3. นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าคำตอบที่ได้จากการคำนวณเป็นคำตอบที่ถูกต้องหรือสอดคล้องกับความเป็นจริง

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการสัมภาษณ์เพิ่มเติมในส่วนของการจัดการเรียนการสอน โดยเรื่องและประเด็นที่ใช้ในการสัมภาษณ์ปรากฏในตาราง 16

ตาราง 16 ประเด็นการสัมภาษณ์นักเรียนด้านการจัดการเรียนการสอน

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

3) นำแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อคำถามและการใช้ภาษา โดยอาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ทำการปรับปรุงข้อคำถามให้มีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

4) นำแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่ได้ทำปรับปรุงแก้ไขแล้วและแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับประเด็นที่ต้องการทราบ ซึ่งประกอบด้วย

(1) อาจารย์ ดร.กันยรัตน์ สอนสุภาพ Ph.D. (Education) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

(2) นางสาวศุภวรรณ โคตรท่าน ศษ.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

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

(4) นางสมพร พลจันทร์ ค.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

(5) นางสุจิตรา ภูคว่างค์ ศษ.ม. (หลักสูตรและการสอน) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ทำการปรับปรุงข้อคำถามให้มีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ และปรับปรุงการใช้ภาษาให้กระชับ ได้ใจความและนักเรียนสามารถเข้าใจได้ง่าย

โดยมีเกณฑ์การประเมิน 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 ผลการพิจารณาพบว่าแบบสัมภาษณ์มีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.80 – 1.00 ซึ่งจัดว่าเป็นแบบสัมภาษณ์ที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงตามพฤติกรรมชีวิต ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ง

6) ดำเนินการจัดพิมพ์แบบสัมภาษณ์นักเรียน และนำเครื่องมือเครื่องมือไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

2.2.5 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยจะนำมาใช้เมื่อสิ้นสุดแต่ละวงจรปฏิบัติ ที่ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

1) ศึกษาเนื้อหาสาระ ทฤษฎี แนวคิด เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการวัดความพึงพอใจในการเรียนรู้

2) สร้างแบบสอบถามวัดความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ครอบคลุมพฤติกรรมชีวิตเกี่ยวกับลักษณะของงาน ผลตอบแทน และเพื่อนร่วมงาน โดยแบบวัดจะมีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งมี 5 ระดับ คือ เห็นด้วยมากที่สุด เห็นด้วยมาก เห็นด้วยปานกลาง เห็นด้วยน้อย เห็นด้วยน้อยที่สุด จำนวน 11 ข้อ โดยกำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก

ระดับ 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

3) นำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมด้านเนื้อหาและด้านภาษาที่ใช้ โดยอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ได้ให้ปรับปรุงข้อคำถามให้มีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ ปรับข้อคำถามให้มีความกระชับและได้ใจความ ปรับปรุงรูปแบบการพิมพ์แบบสอบถามความพึงพอใจให้ถูกต้อง

4) นำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและพฤติกรรมชี้วัดความพึงพอใจ ซึ่งประกอบด้วย

(1) ผศ. ดร. ภมรพรรณ อยุธยา คศ.ด. (จิตวิทยาการให้คำปรึกษา) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เชี่ยวชาญด้านจิตวิทยาการศึกษาและการแนะแนว

(2) นางสาวพิน เหลืองวิริยะศิริ ค.ม. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

(3) นางสุตารักษ์ นรินทร์รัมย์ คศ.ม. (การวิจัยทางการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

(4) นางจิตรานาฏ ภูสีฤทธิ์ ค.ม. (หลักสูตรและการสอน) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

(5) นางสุจิตรา ภูคำวงศ์ ศษ.ม. (หลักสูตรและการสอน) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์

ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ทำการปรับปรุงประโยคคำถามให้ถูกต้องและสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ ปรับปรุงภาษาที่ให้ความเป็นทางการมากยิ่งขึ้น

โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมชี้วัดความพึงพอใจ

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมชี้วัดความพึง

พอใจ

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับพฤติกรรมชี้วัดความพึง

พอใจ

5) นำผลการประเมินมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมชี้วัดความพึงพอใจ โดยหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of item objective congruence) (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2558ข: 118) แล้วคัดเลือกเอาข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ .50-1.00 ผลการพิจารณาพบว่าแบบสอบถามความพึงพอใจมีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.80 – 1.00 ซึ่งจัดว่าเป็นแบบสัมภาษณ์ที่อยู่ในเกณฑ์ความเที่ยงตรงตามพฤติกรรมชี้วัด ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ง

6) สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบมาตรฐานประมาณค่า 5 อันดับ จำนวน 11 ข้อ

7) จัดพิมพ์แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินการการเก็บข้อมูลออกเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ ดังนี้

1. วงจรปฏิบัติการที่ 1

1.1 ชั้นวางแผน

ทำการทดสอบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยทำการทดสอบจำนวน 3 ห้อง คือ ม. 5/6, ม. 5/7 และ ม. 5/10 โดยใช้แบบทดสอบที่อ้างอิงมาจากงานวิจัยของ อรรถเจียรย์ ชูช่วยสุวรรณ (2552: 94-112) ซึ่งเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลปรากฏว่าจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/6 ที่ได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานมีจำนวนมากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/6 มาเป็นนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

1.2 ชั้นปฏิบัติ

ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา จำนวน 5 แผนการเรียนรู้ เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

1.3 ชั้นสังเกต

ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ทำการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีปัญหาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสังเกตนักเรียน เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบทดสอบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์จำนวน 2 สถานการณ์ จากนั้นทำการวิเคราะห์ห้้นักเรียนที่มีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดโดยใช้แบบสัมภาษณ์นักเรียน อีกทั้งยังทำการสัมภาษณ์นักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาปัจจัยที่ทำให้นักเรียนสอบผ่าน

1.4 ชั้นสะท้อนผล

คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ขององค์ประกอบที่ 1 การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆและองค์ประกอบที่ 2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริง ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 25 คน ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของ

คะแนนเต็ม จากการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนไม่คุ้นเคยกับข้อสอบที่ต้องนำความรู้ต่างๆทาง
คณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงเพื่อแก้ปัญหาและไม่สามารถระบุได้ว่าในการแก้ปัญหาจะต้องใช้ความรู้ทาง
คณิตศาสตร์เรื่องใดบ้าง นักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ที่นำเอา
ปัญหาในชีวิตจริงมาใช้ นักเรียนคิดว่าปัญหาที่กำหนดมาไม่มีความเกี่ยวข้องหรือไม่สำคัญกับตน และ
ปัญหาที่กำหนดมานั้นมีความยากและซับซ้อนเกินไป

2. วจรปฏิบัติการที่ 2

2.1 ชั้นวางแผน

ผู้วิจัยต้องให้ความสนใจไปที่ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า และขั้นตอนที่
4 สังเคราะห์ความรู้ ในกิจกรรมการเรียนรู้ของวงจรปฏิบัติการนี้ให้มากยิ่งขึ้น ต้องพยายามชี้แนะ
แนวทางในการค้นหาความรู้ของนักเรียน โดยการจัดหาแหล่งความรู้ที่หลากหลาย และอธิบาย
ขั้นตอนการจัดกิจกรรมว่าในขั้นตอนนี้ต้องทำอะไรบ้างให้นักเรียนเข้าใจอย่างละเอียด

2.2 ชั้นปฏิบัติ

ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรม
จีไอจีบรา จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

2.3 ชั้นสังเกต

ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ทำการสังเกตพฤติกรรมนักเรียน
กลุ่มเป้าหมายที่มีปัญหาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบสังเกตนักเรียน เมื่อสิ้นสุด
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลคะแนนทักษะการเชื่อมโยง
ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบทดสอบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
จำนวน 2 สถานการณ์ จากนั้นทำการวิเคราะห์นักเรียนที่มีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทาง
คณิตศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดโดยใช้แบบสัมภาษณ์นักเรียน อีกทั้งยังทำการสัมภาษณ์
นักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาปัจจัยที่ทำให้นักเรียนสอบผ่าน

2.4 ชั้นสะท้อนผล

คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ขององค์ประกอบที่ 1 การเชื่อมโยง
ความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆและ
องค์ประกอบที่ 2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ใน
สิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริง ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 4 คนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของ
คะแนนเต็ม จากการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนสามารถระบุความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการ
แก้ปัญหาได้ แต่พอถึงขั้นตอนที่จะต้องนำความรู้ที่ได้ระบุไว้มาทำการเชื่อมโยง นักเรียนจะสับสน
และไม่รู้ว่าจะต้องดำเนินการต่อไปอย่างไร นักเรียนยังมองภาพที่เกิดขึ้นในระบบพิกัดฉากสามมิติไม่
เป็น เนื่องจากเป็นนักเรียนคุ้นเคยการมองภาพในระบบพิกัดฉากสองมิติเท่านั้น สมาชิกแต่ละคนใน

กลุ่มสื่อสารและแบ่งหน้าที่กันอย่างไม่เหมาะสม เพราะบางกลุ่มจะมีนักเรียนที่เก่งเพียงคนเดียวที่ทำงานและบางกลุ่มนั้นแบ่งกันทำงานแต่ไม่มีการแลกเปลี่ยนความรู้หรือปรึกษากันในกลุ่มเลย

3. วงจรปฏิบัติการที่ 3

3.1 ชั้นวางแผน

ผู้วิจัยต้องสร้างสื่อการเรียนการสอนจากโปรแกรมจีโอจีบราที่ให้นักเรียนสนใจ และสามารถเข้าใจได้ง่ายมากยิ่งขึ้น อีกทั้งผู้วิจัยต้องให้ความสำคัญกับขั้นตอนที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ โดยให้นักเรียนในกลุ่มและต่างกลุ่มแลกเปลี่ยนความรู้ที่ตนได้มาให้มากที่สุด และชี้แนะให้นักเรียนในกลุ่มแบ่งหน้าที่ในการทำกิจกรรมให้เหมาะสม

3.2 ชั้นปฏิบัติ

ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา จำนวน 3 แผนการเรียนรู้ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

3.3 ชั้นสังเกต

ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ทำการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีปัญหาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยการใช้แบบสังเกตนักเรียน เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบทดสอบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จำนวน 2 สถานการณ์ จากนั้นทำการวิเคราะห์นักเรียนที่มีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดโดยการใช้แบบสัมภาษณ์นักเรียน อีกทั้งยังทำการสัมภาษณ์นักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาปัจจัยที่ทำให้นักเรียนสอบผ่าน อีกทั้งผู้วิจัยได้วัดความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ จำนวน 11 ข้อ

3.4 ชั้นสะท้อนผล

คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้ง 4 คนที่เหลือ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราอยู่ในระดับมาก

ปทุม ปณ ทิโต ชเว

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสถิติต่างๆในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ

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

จากสูตร

$$IOC = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับข้อสอบหรือข้อความคำถามกับพฤติกรรมชี้วัดที่เกี่ยวข้อง

$\sum_{i=1}^n R_i$ แทน ผลรวมของคะแนนระดับความสอดคล้องที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนประเมินในแต่ละข้อ

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมิน

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2555ก: 85) จากสูตร

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

เมื่อ r_{XY} แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร X และ Y

$\sum X$ แทน ผลรวมทั้งหมดของ X

$\sum Y$ แทน ผลรวมทั้งหมดของ Y

$\sum X^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของกำลังสองของ X

$\sum Y^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของกำลังสองของ Y

$\sum XY$ แทน ผลรวมของผลคูณของ X และ Y แต่ละคู่

n แทน จำนวนคู่ของข้อมูล

3. สถิติพื้นฐาน

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

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

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

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

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

เมื่อ P แทน ร้อยละ
 f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้อยู่ในรูปร้อยละ
 n แทน จำนวนสมาชิก

3.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยมีสูตรในการคำนวณ (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2555: 49) คือ

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

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน
 X แทน คะแนนแต่ละคน
 $\sum (X - \bar{X})^2$ แทน ผลรวมของผลต่างระหว่างคะแนนแต่ละตัวกับค่าเฉลี่ย
 n แทน จำนวนสมาชิก

กำลังสอง

พหุ ประถมศึกษา

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้เสนอการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแปลความหมายของการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย
\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ย
S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
r_{XY}	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทาง

คณิตศาสตร์และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราและคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ

ตอนที่ 4 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจิบรา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการดำเนินการตามขั้นตอนในการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เป็นจำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ โดยการใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจิบรา เพื่อพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และศึกษาความพึงพอใจหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจิบรา ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ซึ่งผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ โดยจะทำการทดสอบหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจิบราในแต่ละวงจรปฏิบัติการ โดยนำคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มาพิจารณาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏในตาราง 17



ตาราง 17 คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

นักเรียนคนที่	คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์					
	วงจรปฏิบัติการที่ 1		วงจรปฏิบัติการที่ 1		วงจรปฏิบัติการที่ 1	
	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน
1	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้
2	50.00	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้	63.64	พอใช้
3	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
4	50.00	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้	59.09	ผ่านเกณฑ์
5	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์
6	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
7	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	63.64	พอใช้	59.09	ผ่านเกณฑ์
8	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้
9	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	68.18	พอใช้
10	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์	68.18	พอใช้
11	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้
12	54.55	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้	72.73	ดี
13	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์	68.18	พอใช้
14	50.00	ผ่านเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์
15	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	68.18	พอใช้	68.18	พอใช้
16	59.09	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้	54.55	ผ่านเกณฑ์
17	50.00	ผ่านเกณฑ์	68.18	พอใช้	59.09	ผ่านเกณฑ์
18	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์
19	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้
20	50.00	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้	77.27	ดี
21	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์	63.64	พอใช้	54.55	ผ่านเกณฑ์

ตาราง 17 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์					
	วงจรรปฏิบัติการที่ 1		วงจรรปฏิบัติการที่ 1		วงจรรปฏิบัติการที่ 1	
	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน
22	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้
23	27.27	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	72.73	ดี
24	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์	50.00	ผ่านเกณฑ์	68.18	พอใช้
25	31.82	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	63.64	พอใช้
26	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	72.73	ดี
27	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้
28	31.82	ต่ำกว่าเกณฑ์	63.64	พอใช้	63.64	พอใช้
29	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์	63.64	พอใช้	54.55	ผ่านเกณฑ์
30	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	63.64	พอใช้	68.18	พอใช้
31	50.00	ผ่านเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
32	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	68.18	พอใช้	54.55	ผ่านเกณฑ์
33	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	63.64	พอใช้	63.64	พอใช้
34	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้
35	50.00	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์
36	59.09	ผ่านเกณฑ์	68.18	พอใช้	54.55	ผ่านเกณฑ์
37	68.18	พอใช้	54.55	ผ่านเกณฑ์	68.18	พอใช้
\bar{X}	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	57.49	ผ่านเกณฑ์	62.78	พอใช้
S.D.	7.98	-	7.64	-	6.06	-

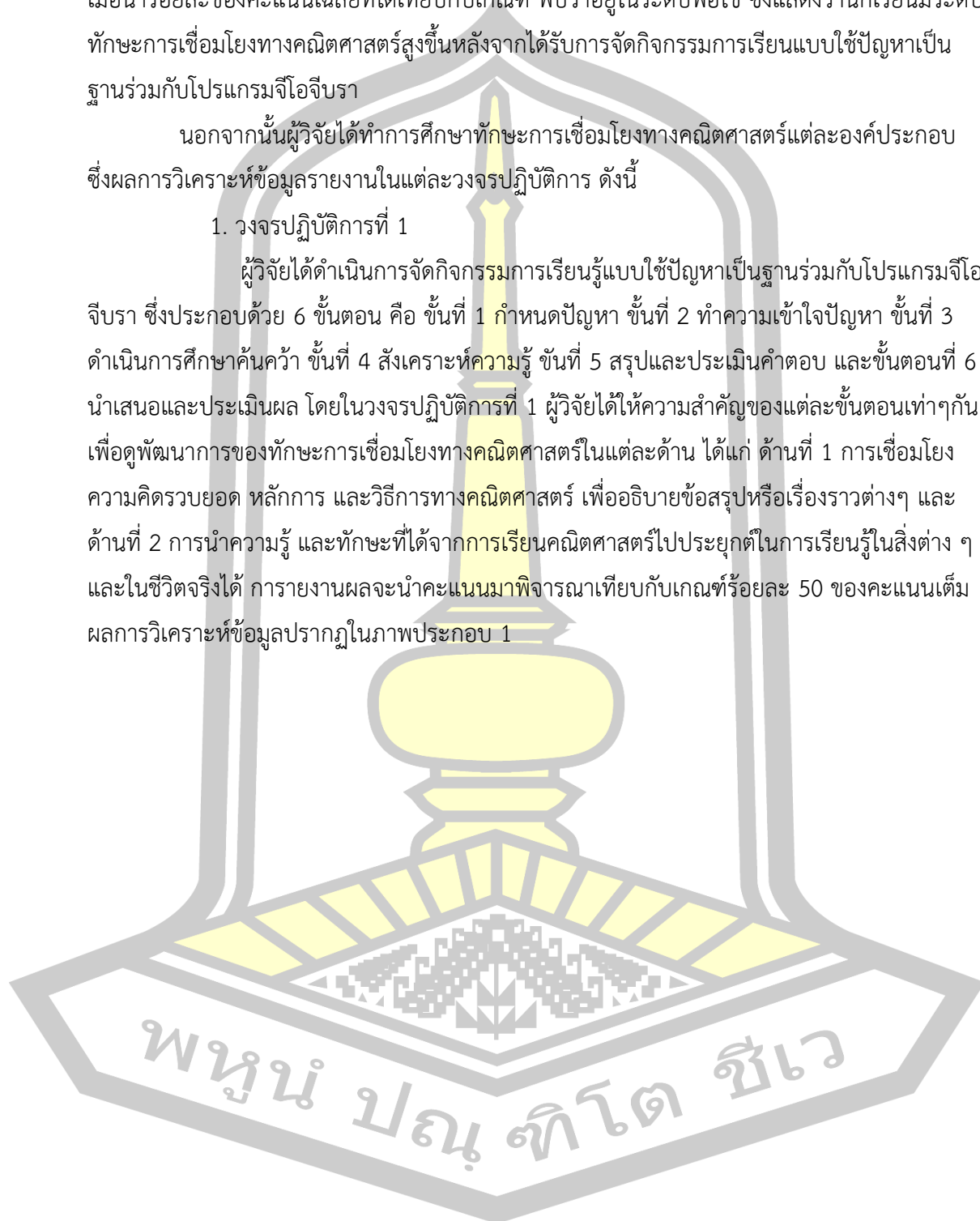
จากตาราง 17 จะเห็นได้ว่า คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังจากที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานในวงจรรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 45.45 เมื่อนำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ ในวงจรรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 57.49 เมื่อนำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์

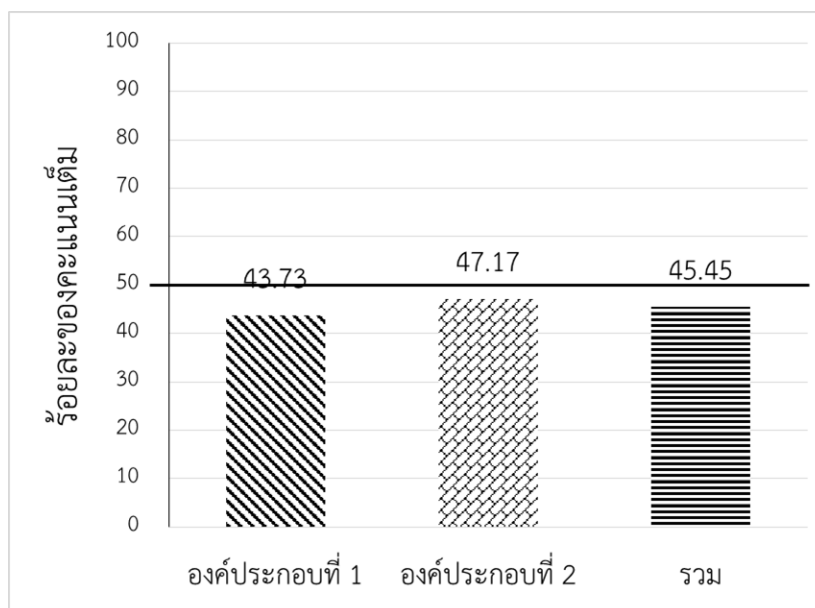
พบว่าอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 62.78 เมื่อนำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับพอใช้ ซึ่งแสดงว่านักเรียนมีระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สูงขึ้นหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจีบรา

นอกจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์แต่ละองค์ประกอบ ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลรายงานในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ดังนี้

1. วงจรปฏิบัติการที่ 1

ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจีบรา ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินคำตอบ และขั้นตอนที่ 6 นำเสนอและประเมินผล โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้ให้ความสำคัญของแต่ละขั้นตอนเท่าๆกัน เพื่อพัฒนาการของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆ และ ด้านที่ 2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริงได้ การรายงานผลจะนำคะแนนมาพิจารณาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏในภาพประกอบ 1





ภาพประกอบ 1 คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) องค์ประกอบของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

จากภาพประกอบ 1 เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า นักเรียนมีคะแนนรวมทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 45.45 โดยคะแนนอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม เมื่อนำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ เมื่อทำการวิเคราะห์คะแนนรายองค์ประกอบ พบว่านักเรียนมีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 1 การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆ และองค์ประกอบที่ 2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริงเฉลี่ยอยู่ที่ 43.73 และ 47.17 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าคะแนนขององค์ประกอบทั้ง 2 ด้านของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็มหรืออยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนที่บ่งบอกถึงการมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจิบราในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ดังปรากฏในตาราง 18

ตาราง 18 ระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 37 คน ที่ได้จากแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1

นักเรียนคนที่	ระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์								
	องค์ประกอบที่ 1			องค์ประกอบที่ 2			รวม		
	คะแนน (3)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน	คะแนน (3)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน	คะแนน (6)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน
1	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
2	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
3	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
4	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
5	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
6	0	0.00	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	16.67	ต่ำกว่าเกณฑ์
7	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	0	0.00	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	16.67	ต่ำกว่าเกณฑ์
8	2	66.67	พอใช้	3	100	ดีมาก	5	83.33	ดีมาก
9	3	100	ดีมาก	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	4	66.67	พอใช้
10	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
11	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
12	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	0	0.00	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	16.67	ต่ำกว่าเกณฑ์
13	0	0.00	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	16.67	ต่ำกว่าเกณฑ์
14	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
15	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
16	3	100	ดีมาก	3	100	ดีมาก	6	100	ดีมาก
17	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
18	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
19	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
20	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์

ตาราง 18 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์								
	องค์ประกอบที่ 1			องค์ประกอบที่ 2			รวม		
	คะแนน (3)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน	คะแนน (3)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน	คะแนน (6)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน
21	0	0.00	ต่ำกว่าเกณฑ์	0	0.00	ต่ำกว่าเกณฑ์	0	0.00	ต่ำกว่าเกณฑ์
22	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
23	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
24	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
25	3	100	ดีมาก	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	4	66.67	พอใช้
26	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
27	0	0.00	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	16.67	ต่ำกว่าเกณฑ์
28	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	0	0.00	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	16.67	ต่ำกว่าเกณฑ์
29	2	66.67	พอใช้	0	0.00	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
30	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
31	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
32	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
33	0	0.00	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
34	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
35	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
36	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
37	2	66.67	พอใช้	0	0.00	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
\bar{X}	-	45.95	ต่ำกว่าเกณฑ์	-	39.64	ต่ำกว่าเกณฑ์	-	42.79	ต่ำกว่าเกณฑ์
S.D.	-	27.23	-	-	25.51	-	-	20.70	-

จากตาราง 18 พบว่าพฤติกรรมของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีคะแนนบ่งชี้ว่านักเรียนมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ ซึ่งแยกเป็นองค์ประกอบที่ 1 การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราว

ต่างๆ มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 45.95 เมื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้เปรียบเทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ และองค์ประกอบที่ 2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริงต่างๆ มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 42.79 เมื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้เปรียบเทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์

นอกจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียนที่มีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้สรุปประเด็น ดังนี้

1. ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบที่ 1 การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆ จากการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนไม่สามารถระบุและนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนมาแล้วมาเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเพื่อแก้ปัญหาได้ ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ไม่รู้จะต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องไหนบ้าง แต่เราก็สามารถแก้ปัญหาได้เพราะถ้าเราจำสูตรได้เราก็สามารถทำโจทย์ได้”

(นักเรียนคนที่ 11, 23 มกราคม 2561: สัมภาษณ์)

“นำความรู้ต่างๆมาทำการเชื่อมโยงตามลำดับที่ปรากฏในสถานการณ์ปัญหา”

(นักเรียนคนที่ 6, 25 มกราคม 2561: สัมภาษณ์)

2. ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบที่ 2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริง จากการสัมภาษณ์นักเรียนทราบว่านักเรียนไม่คุ้นเคยกับโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง อีกทั้งยังมีความเห็นว่าเป็นโจทย์ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงมีความยากกว่าโจทย์รูปแบบธรรมดาที่ตนเคยเรียนมา ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ไม่รู้จะเอาความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดมาใช้ เพราะปกติก็ไม่เคยเห็นปัญหาต่างๆเหล่านี้ในชีวิตจริงสักเท่าไร”

(นักเรียนคนที่ 11, 23 มกราคม 2561: สัมภาษณ์)

“ตรวจสอบคำตอบโดยการนำเครื่องมือจริงๆไปวัดความยาวเลย แต่เป็นวิธีที่ยาก เพราะถ้าเป็นแบบโจทย์ปกติก็นำไปแทนค่าในสมการก็พอ”

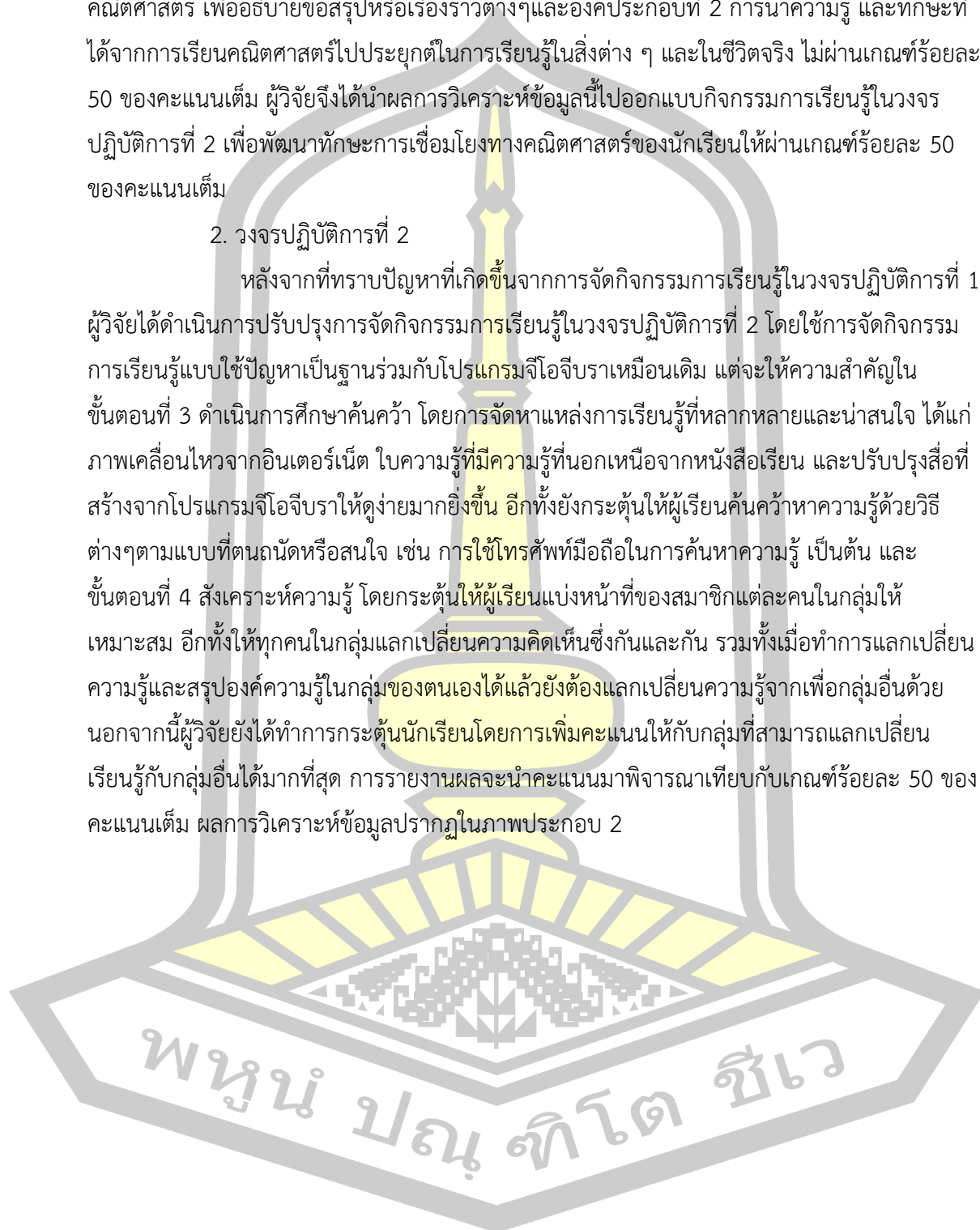
(นักเรียนคนที่ 6, 25 มกราคม 2561: สัมภาษณ์)

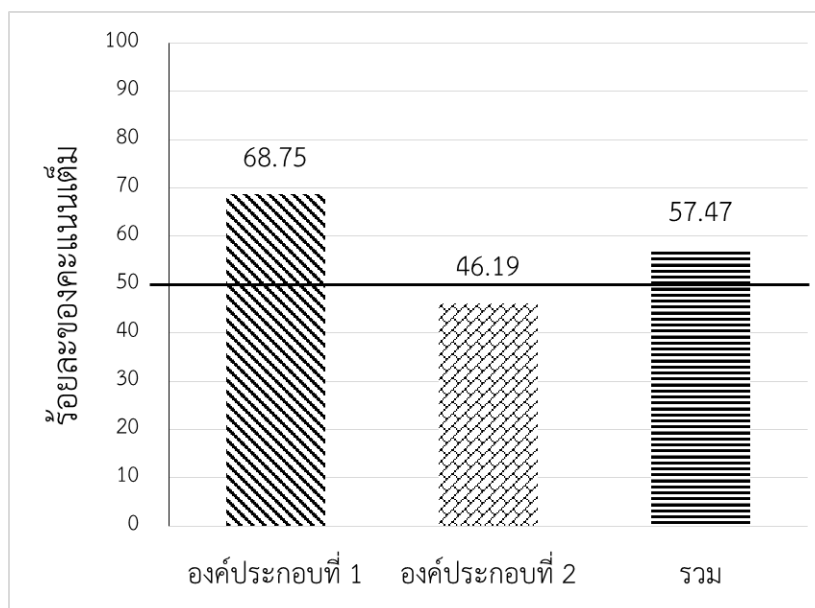
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน และแบบสัมภาษณ์นักเรียน สามารถบอกได้ว่าเมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนยังมีทักษะการ

เชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์องค์ประกอบที่ 1 การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆ และองค์ประกอบที่ 2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริง ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ผู้วิจัยจึงได้นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ไปออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เพื่อพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

2. วงจรปฏิบัติการที่ 2

หลังจากที่ทราบปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราเหมือนเดิม แต่จะให้ความสำคัญในขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า โดยการจัดหาแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลายและน่าสนใจ ได้แก่ ภาพเคลื่อนไหวจากอินเทอร์เน็ต ใบความรู้ที่มีความรู้ที่นอกเหนือจากหนังสือเรียน และปรับปรุงสื่อที่สร้างจากโปรแกรมจีโอจีบราให้ดูง่ายมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังกระตุ้นให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยวิธีต่างๆ ตามแบบที่ตนเองถนัดหรือสนใจ เช่น การใช้โทรศัพท์มือถือในการค้นหาความรู้ เป็นต้น และขั้นตอนที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ โดยกระตุ้นให้ผู้เรียนแบ่งหน้าที่ของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มให้เหมาะสม อีกทั้งให้ทุกคนในกลุ่มแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน รวมทั้งเมื่อทำการแลกเปลี่ยนความรู้และสรุปองค์ความรู้ในกลุ่มของตนเองได้แล้ว ยังต้องแลกเปลี่ยนความรู้จากเพื่อนกลุ่มอื่นด้วย นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการกระตุ้นนักเรียนโดยการเพิ่มคะแนนให้กับกลุ่มที่สามารถแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มอื่นได้มากที่สุด การรายงานผลจะนำคะแนนมาพิจารณาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏในภาพประกอบ 2





ภาพประกอบ 2 คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) องค์ประกอบของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

จากภาพประกอบ 2 เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบว่า นักเรียนมีคะแนนรวมทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 57.47 โดยคะแนนอยู่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม เมื่อนำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ เมื่อทำการวิเคราะห์คะแนนรายองค์ประกอบ พบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 1 การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆ เฉลี่ย 68.75 ซึ่งผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม เมื่อนำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับที่พอใช้ และองค์ประกอบที่ 2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริง เฉลี่ยอยู่ที่ 46.15 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม เมื่อนำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนที่บ่งบอกถึงการมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังปรากฏในตาราง 19

ตาราง 19 ระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 37 คน ที่ได้จากแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 2

นักเรียนคนที่	ระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์								
	องค์ประกอบที่ 1			องค์ประกอบที่ 2			รวม		
	คะแนน (3)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน	คะแนน (3)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน	คะแนน (6)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน
1	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
2	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
3	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
4	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
5	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
6	0	0.00	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
7	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
8	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
9	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
10	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
11	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
12	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
13	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
14	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
15	2	66.67	พอใช้	0	0.00	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
16	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
17	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
18	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
19	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
20	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์

ตาราง 19 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์								
	องค์ประกอบที่ 1			องค์ประกอบที่ 2			รวม		
	คะแนน (3)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน	คะแนน (3)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน	คะแนน (6)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน
21	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
22	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
23	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
24	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
25	0	0.00	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	16.67	ต่ำกว่าเกณฑ์
26	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
27	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	0	-	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	16.67	ต่ำกว่าเกณฑ์
28	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
29	2	66.67	พอใช้	0	-	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
30	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
31	3	100	ดีมาก	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	4	66.67	พอใช้
32	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
33	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
34	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
35	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
36	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
37	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์
\bar{X}	-	48.65	ต่ำกว่าเกณฑ์	-	47.75	ต่ำกว่าเกณฑ์	-	48.20	ต่ำกว่าเกณฑ์
S.D.	-	21.36	-	-	18.47	-	-	14.90	-

จากตาราง 19 พบว่าพฤติกรรมของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีคะแนนบ่งชี้ว่านักเรียนมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ ซึ่งแยกเป็นองค์ประกอบที่ 1 การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราว

ต่างๆ มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 47.75 และองค์ประกอบที่ 2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียน
คณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริงต่างๆ มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 48.20
เมื่อนำค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบทั้งสองตัวที่ได้เปรียบเทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์

นอกจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
และแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์นักเรียนที่มีคะแนนทักษะการเชื่อมโยง
ทางคณิตศาสตร์ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้สรุปประเด็น
ดังนี้

1. ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบที่ 1 การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด
หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆ จากการสัมภาษณ์พบว่า
นักเรียนสามารถระบุความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ แต่พอถึงขั้นตอนที่จะต้อง
นำความรู้ต่างที่ได้อธิบายไว้มาทำการเชื่อมโยง นักเรียนจะสับสนและไม่รู้ว่าจะต้องดำเนินการต่อไป
อย่างไร ซึ่งจะเห็นได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ก็ลองเอาความรู้แต่ละอันมาลองเชื่อมกันดู ถ้าไม่ได้ก็เปลี่ยนไปเรื่อยๆ เคี้ยวก็
ได้ผลลัพธ์เอง”

(นักเรียนคนที่ 3, 30 มกราคม 2561: สัมภาษณ์)

“นำเอาความรู้ที่มันง่ายๆ ที่ตัวเองเข้าใจมาเชื่อมโยงกันก่อน เช่น การใช้การ
แก้สมการ การบวกลบ คูณ หาร ถ้าไม่ได้จริงๆ ก็ลองเดาดู”

(นักเรียนคนที่ 21, 5 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

2. ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบที่ 2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการ
เรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริง จากการสัมภาษณ์นักเรียน
ทราบว่านักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับรูปแบบปัญหาที่เป็นรูปแบบสามมิติเนื่องจากการเรียนการสอนที่ผ่านมา
ส่วนมากจะเป็นการคำนวณที่เป็นแบบนามธรรมหรือถ้าเป็นภาพก็จะเป็นภาพแบบสองมิติซึ่งจะเห็น
ได้จากแนวคำตอบของนักเรียน ดังนี้

“ปัญหาในโลกความเป็นจริงต้องใช้ความรู้ที่มีความยาก สลับซับซ้อนมา
แก้ไข”

(นักเรียนคนที่ 5, 30 มกราคม 2561: สัมภาษณ์)

“ปัญหาในชีวิตจริงไม่มีแกน X Y Z ทำให้นึกไม่ออกว่าถ้าต้องเอามาแก้ปัญหา
ในชีวิตจริงต้องทำอะไร”

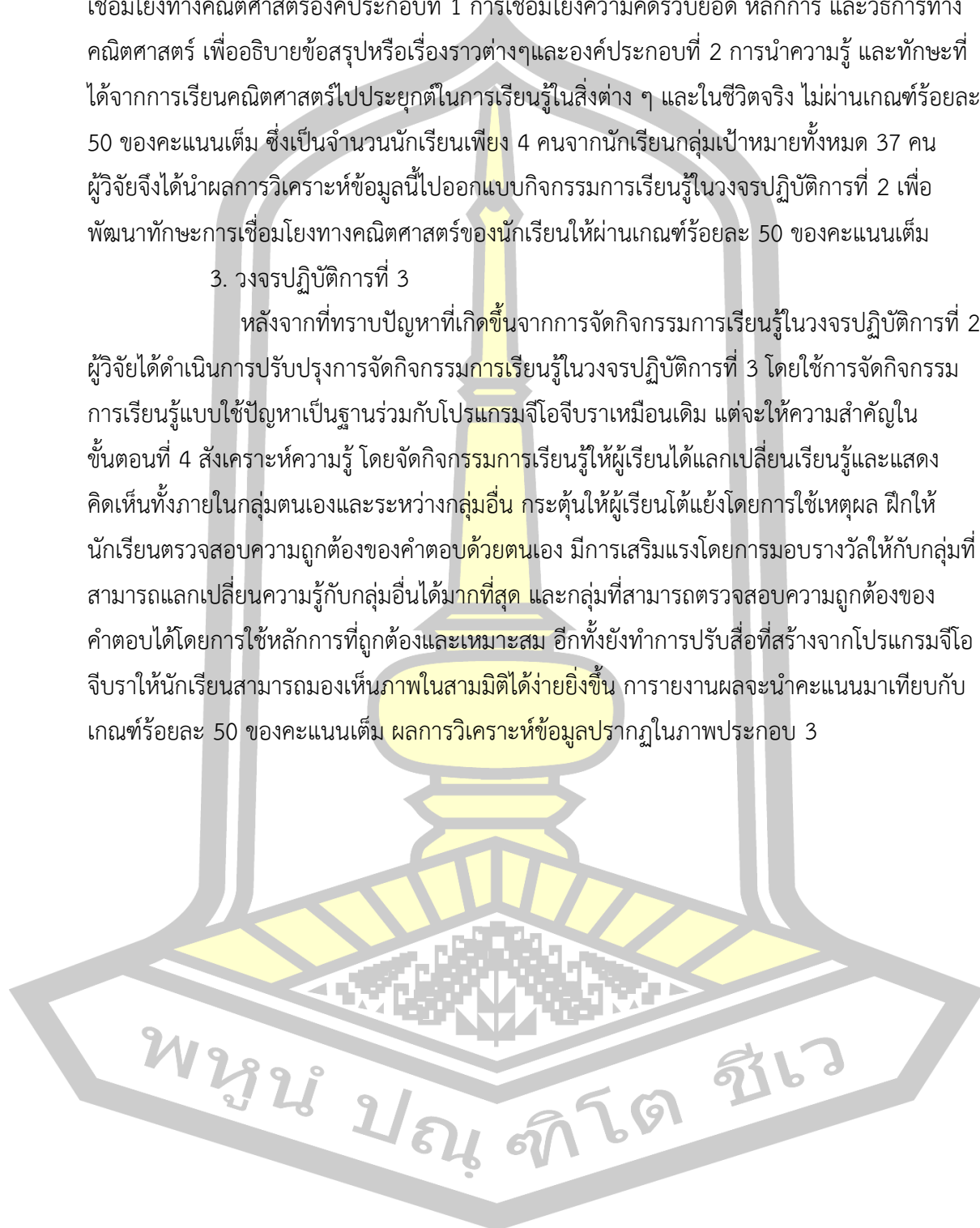
(นักเรียนคนที่ 21, 5 กุมภาพันธ์ 2561: สัมภาษณ์)

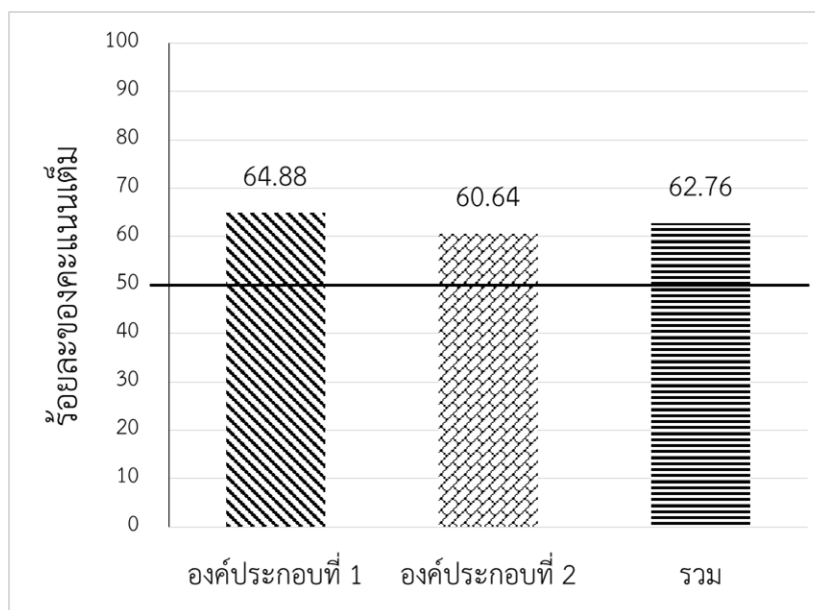
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ แบบ
สังเกตพฤติกรรมนักเรียน และแบบสัมภาษณ์นักเรียน สามารถบอกได้ว่าเมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนยังมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์องค์ประกอบที่ 1 การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆและองค์ประกอบที่ 2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริง ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ซึ่งเป็นจำนวนนักเรียนเพียง 4 คนจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 37 คน ผู้วิจัยจึงได้นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ไปออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เพื่อพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

3. วงจรปฏิบัติการที่ 3

หลังจากที่ทราบปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราเหมือนเดิม แต่จะให้ความสำคัญในขั้นตอนที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้และแสดงความคิดเห็นทั้งภายในกลุ่มตนเองและระหว่างกลุ่มอื่น กระตุ้นให้ผู้เรียนโต้แย้งโดยใช้เหตุผล ฝึกให้นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบด้วยตนเอง มีการเสริมแรงโดยการมอบรางวัลให้กับกลุ่มที่สามารถแลกเปลี่ยนความรู้กับกลุ่มอื่นได้มากที่สุด และกลุ่มที่สามารถตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบได้โดยใช้หลักการที่ถูกต้องและเหมาะสม อีกทั้งยังทำการปรับสื่อที่สร้างจากโปรแกรมจีโอจีบราให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพในสามมิติได้ง่ายยิ่งขึ้น การรายงานผลจะนำคะแนนมาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏในภาพประกอบ 3





ภาพประกอบ 3 คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) องค์ประกอบของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

จากภาพประกอบ 3 เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในวงจรปฏิบัติการที่ 3 พบว่า นักเรียนมีคะแนนรวมทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 62.76 โดยคะแนนอยู่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม เมื่อนำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับพอใช้ เมื่อทำการวิเคราะห์คะแนนรายองค์ประกอบ พบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในองค์ประกอบที่ 1 การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆ เฉลี่ย 64.88 ซึ่งผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม เมื่อนำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับพอใช้ และองค์ประกอบที่ 2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริงเฉลี่ยอยู่ที่ 60.64 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม เมื่อนำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับพอใช้

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนที่บ่งบอกถึงการมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราในวงจรปฏิบัติการที่ 2 ดังปรากฏในตาราง 20

ตาราง 20 ระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 37 คน ที่ได้จากแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 3

นักเรียนคนที่	ระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์								
	องค์ประกอบที่ 1			องค์ประกอบที่ 2			รวม		
	คะแนน (3)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน	คะแนน (3)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน	คะแนน (6)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน
1	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
2	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
3	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
4	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
5	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
6	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
7	2	66.67	พอใช้	3	100	ดีมาก	5	83.33	ดีมาก
8	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
9	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
10	3	100	ดีมาก	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	4	66.67	พอใช้
11	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
12	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
13	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
14	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
15	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
16	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
17	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
18	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
19	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	100	ดีมาก	4	66.67	พอใช้
20	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์

ตาราง 20 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์								
	องค์ประกอบที่ 1			องค์ประกอบที่ 2			รวม		
	คะแนน (3)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน	คะแนน (3)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน	คะแนน (6)	ร้อยละ (100)	ผลการประเมิน
21	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
22	3	100	ดีมาก	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	4	66.67	พอใช้
23	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
24	3	100	ดีมาก	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	4	66.67	พอใช้
25	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
26	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
27	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
28	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
29	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
30	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
31	3	100	ดีมาก	2	66.67	พอใช้	5	83.33	ดีมาก
32	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
33	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
34	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
35	2	66.67	พอใช้	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
36	1	33.33	ต่ำกว่าเกณฑ์	2	66.67	พอใช้	3	50.00	ผ่านเกณฑ์
37	2	66.67	พอใช้	2	66.67	พอใช้	4	66.67	พอใช้
\bar{X}	-	63.06	พอใช้	-	54.05	ผ่านเกณฑ์	-	58.56	ผ่านเกณฑ์
S.D.	-	18.63	-	-	19.53	-	-	9.97	-

จากตาราง 20 พบว่าพฤติกรรมของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่มีคะแนนบ่งชี้ว่านักเรียนมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ ซึ่งแยกเป็นองค์ประกอบที่ 1 การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราว

ต่างๆ มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 63.06 เมื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับพอใช้ และองค์ประกอบที่ 2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริงต่างๆ มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 54.05 เมื่อนำค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบทั้งสองตัวที่ได้เปรียบเทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน และแบบสัมภาษณ์นักเรียน สามารถบอกได้ว่าเมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์องค์ประกอบที่ 1 การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆ และองค์ประกอบที่ 2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริง ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ซึ่งจากการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์นักเรียนเป็นร้อยละที่ผ่านเกณฑ์ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ผลปรากฏดังตาราง 19

ตาราง 21 ผลการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 50

วงจรปฏิบัติการที่	ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50		ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50		หมายเหตุ
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	
1	25	67.57	12	32.43	ไม่ผ่าน
2	4	10.81	33	89.19	ไม่ผ่าน
3	0	0.00	37	100.00	ผ่าน

จากตาราง 21 พบว่า จำนวนนักเรียนที่ร้อยละของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีจำนวน 12 คน คิดเป็น

ร้อยละ 32.43 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 มีจำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 89.19 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีจำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยจะเห็นว่า คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็มในวงจรปฏิบัติการที่ 3

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอเจีبراและคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน โดยแบ่งออกเป็นแต่ละวงจรปฏิบัติการ ผลปรากฏดังตาราง 20

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอเจีبراและคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ ในวงปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3

คนที่	วงจรปฏิบัติการที่ 1		วงจรปฏิบัติการที่ 2		วงจรปฏิบัติการที่ 3	
	ร้อยละของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	ร้อยละของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ร้อยละของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	ร้อยละของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ร้อยละของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	ร้อยละของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
1	40.91	40	59.09	70	63.64	70
2	50.00	55	50.00	60	63.64	75
3	45.45	50	45.45	40	54.55	65
4	50.00	55	59.09	65	59.09	65
5	45.45	40	45.45	50	59.09	60

ตาราง 22 (ต่อ)

คนที่	วงจรปฏิบัติการที่ 1		วงจรปฏิบัติการที่ 2		วงจรปฏิบัติการที่ 3	
	ร้อยละของคะแนน ทักษะการเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์	ร้อยละของคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ร้อยละของคะแนน ทักษะการเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์	ร้อยละของคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ร้อยละของคะแนน ทักษะการเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์	ร้อยละของคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
6	40.91	35	54.55	60	54.55	50
7	45.45	40	54.55	60	59.09	65
8	54.55	50	54.55	60	63.64	70
9	40.91	40	63.64	60	68.18	70
10	40.91	50	63.64	65	68.18	70
11	40.91	40	68.18	70	63.64	65
12	54.55	55	68.18	75	72.73	70
13	45.45	40	45.45	50	68.18	75
14	50.00	50	59.09	60	59.09	65
15	45.45	40	68.18	70	68.18	70
16	59.09	70	54.55	55	54.55	60
17	50.00	60	54.55	55	59.09	65
18	40.91	50	50.00	50	59.09	70
19	36.36	40	50.00	50	63.64	70
20	50.00	55	54.55	55	77.27	80
21	40.91	40	40.91	40	54.55	55
22	40.91	45	54.55	55	63.64	65
23	27.27	30	72.73	70	72.73	75
24	40.91	45	63.64	60	68.18	75
25	31.82	30	54.55	60	63.64	65

ตาราง 22 (ต่อ)

คนที่	วงจรปฏิบัติการที่ 1		วงจรปฏิบัติการที่ 2		วงจรปฏิบัติการที่ 3	
	ร้อยละของคะแนน ทักษะการเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์	ร้อยละของคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ร้อยละของคะแนน ทักษะการเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์	ร้อยละของคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ร้อยละของคะแนน ทักษะการเชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์	ร้อยละของคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
26	45.45	50	72.73	70	72.73	80
27	36.36	35	50.00	60	63.64	65
28	31.82	30	54.55	60	63.64	70
29	40.91	40	50.00	50	54.55	65
30	45.45	45	59.09	60	68.18	70
31	50.00	50	63.64	70	54.55	55
32	45.45	45	63.64	65	54.55	55
33	45.45	45	68.18	75	63.64	65
34	54.55	55	59.09	60	63.64	70
35	50.00	50	54.55	60	59.09	65
36	59.09	60	63.64	60	54.55	65
37	68.18	60	59.09	65	68.18	80
\bar{X}	45.45	46.22	57.50	60.00	62.78	67.30
S.D.	7.98	9.11	7.78	8.30	6.05	6.84

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 23 ผลการทดสอบนัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ

คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์		คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ		ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	sig
\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.		
57.84	11.94	5.78	1.19	0.840**	0.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 23 พบว่าคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.84 เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ (หน้า 80) พบว่าอยู่ในระดับที่มีความสัมพันธ์สูงมาก

ตอนที่ 4 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราครบทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามความพึงพอใจไปวัดกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 35 คน เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ผลปรากฏดังตาราง 24

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 24 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา

ข้อที่	ข้อความคำถาม	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านที่ 1 ลักษณะของกิจกรรม				
1	นักเรียนเห็นว่ากิจกรรมที่นำมาใช้ไม่ยากเกินไปสำหรับนักเรียน	4.20	0.62	มาก
2	นักเรียนเห็นว่ากิจกรรมที่ใช้เวลาไม่นานจนเกินไป	4.26	0.60	มาก
3	นักเรียนคิดว่ากิจกรรมที่ใช้เข้าใจได้ง่าย และไม่น่าเบื่อ	4.03	0.74	มาก
4	นักเรียนรู้สึกชอบความท้าทายของกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้ และทำการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง	4.34	0.58	มาก
รวมด้านที่ 1 เฉลี่ย		4.20	0.64	มาก
ด้านที่ 2 เพื่อนร่วมงาน				
5	นักเรียนชอบที่สมาชิกในกลุ่มทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี	4.29	0.61	มาก
6	นักเรียนชอบที่เพื่อนในกลุ่มให้เกียรติและรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกคนอื่นในกลุ่ม	4.26	0.65	มาก
7	นักเรียนชอบที่สมาชิกทุกคนในกลุ่มอภัยภัยดี มีความเป็นมิตร	4.49	0.55	มาก
8	นักเรียนชอบกิจกรรมที่ต้องทำงานเป็นกลุ่ม	3.83	0.70	ปานกลาง
รวมด้านที่ 2 เฉลี่ย		4.22	0.63	มาก
ด้านที่ 3 ผลตอบแทน				
9	นักเรียนพึงพอใจที่กิจกรรมทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ต่างๆมาเชื่อมโยงเพื่อแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้	4.40	0.60	มาก
10	นักเรียนชอบที่กิจกรรมทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น	4.60	0.49	มากที่สุด
11	นักเรียนพึงพอใจที่กิจกรรมทำให้นักเรียนจำเนื้อหาต่างๆได้นานขึ้น	4.54	0.55	มากที่สุด
รวมด้านที่ 3 เฉลี่ย		4.50	0.55	มาก
รวมเฉลี่ย		4.31	0.61	มาก

จากตาราง 24 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจีบรา เรื่องเวกเตอร์ในสามมิติ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 (S.D.=0.61) ซึ่งอยู่ในระดับมาก เมื่อวิเคราะห์ในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจในด้านผลตอบแทนมากที่สุดโดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 (S.D. = 0.55) ซึ่งอยู่ในระดับมาก ต่อมาคือด้านเพื่อนร่วมงานโดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 (S.D. = 0.63) ซึ่งอยู่ในระดับมาก และต่อมาคือด้านลักษณะของงานโดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.2 (S.D. = 0.64) ซึ่งอยู่ในระดับมากเช่นกัน



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมโปรแกรมจีโอจีบรา ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ ดังนี้

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

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ทุกคนให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติกับระดับทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา

สรุปผล

ผลการวิจัยสรุปได้ ดังนี้

1. นักเรียนมีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังจากที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานในวงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 45.45 เมื่อนำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 57.49 เมื่อนำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับผ่าน

เกณฑ์ และในวงจรปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 62.78 เมื่อนำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์ พบว่าอยู่ในระดับพอใช้

2. คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ มีความสัมพันธ์กันทางบวกด้วยระดับความสัมพันธ์สูงมากที่ระดับนัยสำคัญ .05

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความพึงพอใจหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราอยู่ในระดับมาก

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ใน 3 มิติและทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยแบ่งออกเป็น 3 วงจรปฏิบัติการ โดยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ทำการพัฒนาเป็นจำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ ดังนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 45.45 โดยคะแนนอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม เมื่อทำการวิเคราะห์เป็นรายองค์ประกอบพบว่าองค์ประกอบที่มีคะแนนสูงสุด คือ องค์ประกอบที่ 2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริงได้โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 47.17 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และองค์ประกอบที่ 1 ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 43.73 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ที่เป็นเช่นนี้เพราะนักเรียนไม่เคยผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนี้มาก่อน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความสับสนในขั้นตอนการจัดกิจกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งขั้นตอนที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ ที่นักเรียนไม่ทราบว่าจะนำความรู้ต่างๆที่ตนได้ศึกษามาจากขั้นตอนก่อนหน้ามาทำการสังเคราะห์ได้อย่างไร ส่งผลให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ต่างๆได้ไม่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน อีกทั้งในการจัดการเรียนการสอนนั้นจะเป็นการจัดกิจกรรมกลุ่มที่ทุกคนในกลุ่มจะต้องช่วยกันค้นคว้า สังเคราะห์ และสรุปองค์ความรู้ร่วมกัน แต่จะมีนักเรียน 1-2 คนของแต่ละกลุ่มเท่านั้นที่ทำการกิจกรรมต่างๆเหล่านี้ ส่งผลให้นักเรียนที่ทำกิจกรรมได้ฝึกฝนการค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งความรู้ต่างๆ ได้ฝึกฝนการสรุปและประเมินคำตอบด้วยตนเอง จึงส่งผลให้นักเรียนที่ทำ

กิจกรรมมีคะแนนที่ค่อนข้างสูง ส่วนนักเรียนที่ไม่ทำกิจกรรมมีคะแนนต่ำ แต่เนื่องจากนักเรียนที่ไม่สนใจการทำกิจกรรมนั้นมีมากกว่านักเรียนที่สนใจส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยของทั้งสององค์ประกอบต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

วงจรถูกปฏิบัติที่ 2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้สังเกต ตั้งคำถาม ค้นคว้า และสรุปองค์ความรู้มากขึ้น อีกทั้งยังได้เพิ่มการให้คะแนนในการตอบคำถามและร่วมกันค้นคว้าหาความรู้ของแต่ละกลุ่มด้วย โดยให้เป็นคะแนนกลุ่มในลักษณะที่ให้แต่ละกลุ่มแข่งขันกัน เมื่อทำชั่วโมงกลุ่มไหนได้คะแนนมากที่สุดก็จะมีคะแนนพิเศษให้แต่ละคนภายในกลุ่มนั้นเท่าๆกัน ซึ่งส่งผลให้คะแนนรวมทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 57.47 และคะแนนอยู่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม เมื่อวิเคราะห์เป็นรายองค์ประกอบพบว่านักเรียนมีคะแนนในส่วนขององค์ประกอบที่ 1 การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆเฉลี่ยร้อยละ 55.85 และผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ส่วนองค์ประกอบที่ 2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริงได้ นั้นมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 43.51 ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม จะเห็นได้ว่าในวงจรถูกปฏิบัติที่ 2 นี้ นักเรียนสามารถทำคะแนนได้ผ่านร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากขั้นตอนในการจัดกิจกรรมผู้วิจัยได้กระตุ้นให้นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มค้นคว้าหาความรู้ให้ได้มากที่สุดแล้วเขียนลงในใบกิจกรรม โดยไม่ได้บอกกับนักเรียนทันทีว่าสิ่งที่เขียนลงไปใบกิจกรรมนั้นถูกต้องหรือไม่ จากนั้นให้แต่ละคนในกลุ่มนำเอาความรู้ต่างๆที่ได้เขียนมาทำการสังเคราะห์ด้วยกันอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งหากนักเรียนได้ทำการฝึกการค้นคว้าหาความรู้และสังเคราะห์ความรู้ด้วยตนเองบ่อยๆและต่อเนื่อง ความสามารถและทักษะนั้นจะเกิดความชำนาญมากยิ่งขึ้น (พันธ์ ทองชุมนุม: 2556) นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการเสริมแรงระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการให้คะแนนกับนักเรียนที่ร่วมกันทำกิจกรรมกลุ่มและหักคะแนนนักเรียนที่ไม่สนใจช่วยเพื่อนทำงาน ซึ่งคะแนนที่ได้นี้จะถูกนำมารวมและเฉลี่ยออกเป็นคะแนนของกลุ่มต่อไป ส่งผลให้นักเรียนที่ไม่สนใจที่จะทำงานร่วมกับเพื่อนมีความกระตือรือร้นในการทำงานร่วมกับเพื่อนมากขึ้น เนื่องจากหากไม่ตั้งใจจะทำให้เพื่อนในกลุ่มได้รับผลกระทบจากคะแนนที่โดนหักตามไปด้วย โดยที่พฤติกรรมที่กระทำแล้วได้รับการเสริมแรง พฤติกรรมนั้นมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นอีกหรือมากขึ้นในอนาคต (Skinner, 1938) แต่ในวงจรถูกปฏิบัติที่ 2 ยังมีคะแนนองค์ประกอบที่ 2 ที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม ที่เป็นเช่นนี้เพราะองค์ประกอบที่ 2 นั้นนักเรียนจะต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ต่างๆมาเชื่อมโยงกันเพื่อแก้ปัญหาที่พบได้ในชีวิตจริง ซึ่งเป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนไม่คุ้นเคย โดยทั่วไปแล้วโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะให้นักเรียนใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เพียง 1 – 2 เรื่องเท่านั้นมาใช้ในการแก้ปัญหาและสามารถแก้ปัญหาได้ตามตัวอย่างในหนังสือ ซึ่งมี

การประยุกต์ไม่มาก ส่งผลให้นักเรียนทำโจทย์ปัญหาในลักษณะแบบนี้ได้ดีกว่าโจทย์ปัญหาที่ใช้สถานการณ์จากชีวิตจริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551: 58)

วงจรถอบการที่ 3 ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้ความสำคัญกับขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 ซึ่งเป็นขั้นทำความเข้าใจปัญหามากที่สุด เนื่องจากต้องการให้นักเรียนสามารถเข้าใจปัญหาที่พบได้ในชีวิตจริงและสามารถนำความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงเพื่อแก้ปัญหาได้ โดยทำการจัดกิจกรรมที่นำเอาตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่อยู่ใกล้ตัวและปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่นักเรียนส่วนมากให้ความสนใจ เช่น ใช้สถานการณ์ในภาพยนตร์ ละคร กีฬา และเทคโนโลยีหรือใช้สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวข้องกับนักเรียนมากที่สุดมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะทำความเข้าใจกับปัญหามากยิ่งขึ้น และยังคงมีการเสริมแรงในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เช่นเดิม ส่งผลให้คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 62.76 และคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม เมื่อทำการวิเคราะห์รายองค์ประกอบพบว่า นักเรียนมีคะแนนในองค์ประกอบที่ 1 การเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุปหรือเรื่องราวต่างๆ สูงสุดเฉลี่ย 64.21 และผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และในองค์ประกอบที่ 2 การนำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริง มีคะแนนเฉลี่ย 57.13 ซึ่งผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม จะเห็นได้ว่าในวงจรถอบการนี้ นักเรียนสามารถทำคะแนนของทั้งสององค์ประกอบได้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของจำนวนเต็ม ที่เป็นเช่นนี้ผู้วิจัยได้กระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกการทำทำความเข้าใจปัญหาในชีวิตจริงในสถานการณ์ที่หลากหลายด้วยตนเอง กระตุ้นให้นักเรียนระบุนิยามความรู้ต่างๆที่ใช้ในการแก้ปัญหาให้ได้มากที่สุด อีกทั้งเมื่อได้คำตอบมาแล้วยังได้ให้นักเรียนทำการตรวจประเมินคำตอบด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การใช้อินเตอร์เน็ต และโปรแกรมจีโอจีบราในการจำลองสถานการณ์จริง อันจะส่งผลให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันที่หลากหลาย และสามารถตัดสินใจได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม (ทัตตริน เครือทอง, 2553: 56-59) ซึ่งส่งผลให้องค์ประกอบที่ 2 ของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยองค์ประกอบนี้จะเกี่ยวกับการนำองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ต่างๆไปเชื่อมโยงเพื่อแก้ปัญหาที่พบได้ในชีวิตจริงเพิ่มสูงขึ้นจากวงจรถอบการที่ 2 จนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็มตามที่ตั้งเป้าหมายไว้

จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาให้นักเรียนสืบค้นความรู้ ระบุนิยามความรู้ทางคณิตศาสตร์และนำความรู้เหล่านั้นมาทำการเชื่อมโยงกันเพื่อแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยผู้สอนมีหน้าที่เพียงคอยแนะนำ และทำการจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะแก่การเรียนรู้ของผู้เรียน อันส่งผลให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกันอย่างเป็นเหตุเป็นผลเพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

อีกทั้งยังสามารถนำองค์ความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงเพื่อแก้ปัญหาที่พบได้ในชีวิตจริง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชัญญา อุทิศ (2557 : 75-77) ที่ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง “กำหนดการเชิงเส้น” โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และ โปรแกรมจีโอจีบรา ผลปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง “กำหนดการเชิงเส้น” โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยใช้ โปรแกรม GeoGebra หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ 60% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ นุชนารถ ทองกระจ่าง (2556: 163) ที่ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เรื่อง ความน่าจะเป็น ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดโสธรวรารามวรวิหาร จังหวัดฉะเชิงเทรา ก่อนและหลังการใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ผลปรากฏว่าทักษะการเชื่อมโยงและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง ความน่าจะเป็น หลังการใช้กิจกรรมการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการใช้กิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราอยู่ในระดับมาก เมื่อทำการพิจารณาเป็นรายด้านพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในด้านผลตอบแทนมากที่สุด ที่เป็นเช่นนี้เพราะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น จะเน้นให้นักเรียนได้ทำการค้นคว้าหาความรู้ วิเคราะห์ สังเคราะห์ อย่างเป็นระบบเพื่อนำเอาความรู้ต่างๆที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการแก้ปัญหา (Sackett, 1997: 3) ส่งผลให้นักเรียนสามารถแก้ไขปัญหาด้วยการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้ นักเรียนจดจำเนื้อหาได้นานมากยิ่งขึ้นเนื่องจากได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่างๆด้วยตนเอง ประกอบกับผู้วิจัยนำสื่อที่สร้างจากโปรแกรมจีโอจีบรามาใช้ในขั้นตอนการจัดกิจกรรมด้วย ทำให้นักเรียนเข้าใจปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีเนื้อหาที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรมได้ง่ายมากยิ่งขึ้นอีกทั้งสื่อที่สร้างนี้ยังมีความน่าสนใจเพราะแสดงภาพได้อย่างสมจริง สอดคล้องตามหลักการทางคณิตศาสตร์ ประมวลผลได้รวดเร็ว ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้นักเรียนมีความพึงพอใจในด้านนี้มากที่สุด ลำดับต่อมาคือด้านเพื่อนร่วมงาน ที่เป็นเช่นนี้เพราะในกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบราจะเน้นการทำงานเป็นกลุ่มเป็นหลัก ดังนั้นเพื่อนร่วมงานหรือสมาชิกในกลุ่มจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจ (สำนักงานคณะกรรมการศึกษาแห่งชาติ, 2540) โดยในแต่ละคาบของการเรียนการสอนนักเรียนแต่ละกลุ่มให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกันเป็นอย่างดี เมื่อถึงขั้นตอนการสังเคราะห์ความรู้นักเรียนแต่ละคนรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนในกลุ่มและหากเพื่อนในกลุ่มกระทำการสิ่งใดที่ผิดพลาดหรือไม่เหมาะสมเพื่อนในกลุ่มก็ช่วยแนะนำด้วยท่าทีที่เป็นมิตร ลำดับสุดท้ายคือลักษณะของงาน โดยในแต่ละคาบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยได้เสนอสถานการณ์ปัญหาที่มีความเหมาะสมแก่นักเรียน ไม่ซับซ้อน

จนนักเรียนไม่สามารถทำได้ และแต่ละสถานการณ์มีความเกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียนหรือเป็นเรื่องที่นักเรียนสนใจ ส่งผลให้นักเรียนพอใจที่ได้ทำงานด้วยตนเอง (Morse, 1953: 27) อีกทั้งงานที่ได้รับมอบหมายในแต่ละคาบไม่มากจนเกินไป จึงส่งผลให้นักเรียนมีความพึงพอใจในด้านลักษณะของงานในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมเกียรติ พานู (2558 : 1-2) ที่ได้ทำการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีต่อการใช้โปรแกรมจีโอจีบรา ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่องแคลคูลัสเบื้องต้น ผลปรากฏว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้โปรแกรมจีโอจีบรา ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการการแก้ปัญหาของโพลยาอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ นุชนารถ ทองกระจ่าง (2556: 163) ที่ได้ทำการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลปรากฏว่า ความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความพึงพอใจมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านสื่อการเรียนการสอน ด้านสาระการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผลทั้งสี่ด้าน นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ในขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน มีขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรมที่นักเรียนยังไม่คุ้นเคย ทำให้การจัดการเรียนการสอนค่อนข้างติดขัดและล่าช้า ผู้สอนควรมีการอธิบายการจัดกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนให้นักเรียนเข้าใจก่อนทำการสอนตั้งแต่ชั่วโมงแรก เพื่อให้การสอนเป็นไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ

1.2 ในเสนอสถานการณ์ปัญหาที่จะแก้ด้วยโปรแกรมจีโอจีบราให้กับนักเรียนนั้น ครูควรอธิบายที่มาของค่าต่างๆที่โปรแกรมทำการคำนวณให้นักเรียนด้วย เพราะในบางครั้งโปรแกรมคำนวณค่าต่างๆออกมาได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว แต่นักเรียนยังไม่ทราบที่มาของค่าต่างๆเหล่านั้นมากนัก ซึ่งหากนักเรียนเข้าใจที่มาของค่าต่างๆเหล่านี้แล้วจะส่งผลให้นักเรียนเข้าใจพื้นฐานของความรู้ทางคณิตศาสตร์นั้นๆได้อย่างลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น

1.3 เนื่องจากการจัดกิจกรรมนั้นเป็นกิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ในบางเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่ค่อนข้างยาก นักเรียนจะไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ด้วยตนเองได้หรือได้แต่ก็ต้องใช้เวลาค่อนข้างมาก เพื่อเป็นการกระชับเวลา ครูผู้สอนควรให้แนวทางการคิดกับนักเรียนโดยใช้การออกไปแบบกิจกรรมเข้ามาช่วย เช่น การให้ตัวอย่างสถานการณ์ที่ต้องใช้

องค์ความรู้ที่ชัดเจน และตัวอย่างในการแก้โจทย์ปัญหาที่หลากหลาย เป็นต้น อีกทั้งการออกแบบสื่อที่สร้างจากโปรแกรมจีโอจีบราที่สอดคล้องกับใบกิจกรรมก็สามารถช่วยให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ได้เร็วขึ้นเช่นกัน

ข้อเสนอแนะในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

2.1 ครูผู้สอนควรกระตุ้นให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ด้วยความตั้งใจและพยายามทำให้ครบถ้วนสมบูรณ์ เนื่องจากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นแบบทดสอบที่นักเรียนต้องทำการอธิบายการคำนวณต่างๆ อธิบายว่านำความรู้เรื่องใดบ้างมาทำการเชื่อมโยงกัน ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่นักเรียนไม่คุ้นเคยกับวิชาคณิตศาสตร์ ทำให้บางครั้งนักเรียนไม่ยอมเขียนอธิบายความรู้ลงไปส่งผลให้การประเมินไม่ได้ประสิทธิภาพ

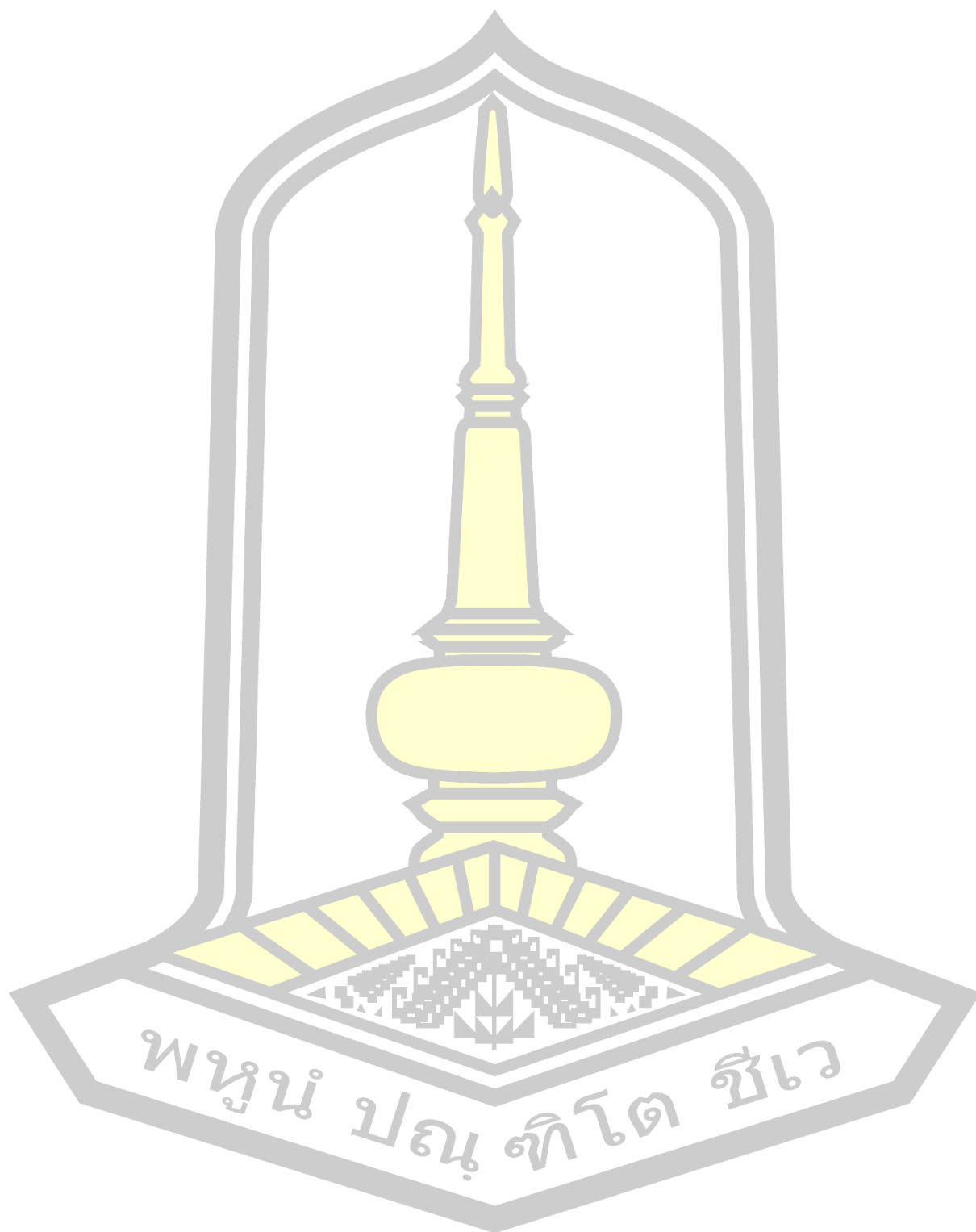
2.2 ควรทดลองใช้สื่อจากแหล่งอื่นๆ เช่น สื่อที่สร้างจากโปรแกรม Geometry's Sketchpad (GSP) โปรแกรม Microsoft Math และโปรแกรม Maple เป็นต้น เพราะสื่อแต่ละชนิดย่อมมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป ในบางเนื้อหาทางคณิตศาสตร์สื่อชนิดหนึ่งเมื่อนำไปใช้กับนักเรียนแล้วอาจจะไม่ได้ผล แต่ถ้าลองใช้สื่ออีกชนิดหนึ่งอาจจะได้ผลที่แตกต่าง อีกทั้งยังทำให้การเรียนการสอนไม่น่าเบื่อ

2.3 ควรทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรากับกลุ่มนักเรียนที่มีลักษณะแตกต่างกันทั้งระดับการศึกษา พื้นที่การศึกษา และระดับห้องเรียน เพื่อให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบนี้ใช้ได้ผลดีกับนักเรียนกลุ่มไหนมากที่สุด

2.4 ควรทำการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบอื่นๆ ที่มีลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคล้ายคลึงกับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เช่น กิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) วิธีสอนแบบโมเดลชิปปา (CIPPA Model) และการจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐาน (Project based learning) เป็นต้น เพื่อพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนให้สูงยิ่งขึ้นไป

พจนัน ปณุกิจโต ชิว

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2539). การประเมินผลตามสภาพจริง. กรุงเทพฯ: ศูนย์สภาการศึกษา.
- กรมวิชาการ. (2542). กระบวนการเรียนรู้และยุทธศาสตร์การเรียนรู้. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์ จำกัด.
- กรมวิชาการ. (2544). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและวัสดุภัณฑ์.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). คู่มือการวัดผลและประเมินผลทางคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: กรมฯ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. สืบค้น 15 มีนาคม 2560, จาก http://math.ipst.ac.th/wp-content/uploads/2015/PDF/Curriculum_2551.pdf
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). *หมวด 6 มาตรฐานและการประกันคุณภาพทางการศึกษา*. สืบค้น 2 มีนาคม 2560, จาก <http://www.moe.go.th/hp-vichai/ex-prb05-6.htm>
- กาญจน์_เรื่องมนตรี. (ม.ป.ป.). *เอกสารประกอบการสอนวิชา 0506735 การบริหารและประกันคุณภาพการศึกษา ภาควิชาบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*.
- คณิตา สาลี. (2555). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความฉลาดทางอารมณ์ และความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีพหุปัญญากับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ TAI เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส*. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- จรรยา ภูอุดม. (2542). กระบวนการเรียนรู้และยุทธศาสตร์การเรียนรู้. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์ จำกัด.
- เฉลิม วราวิทย์. (2531). *แนวคิดใหม่ในแพทยศาสตร์ศึกษา*. วารสารครุศาสตร์, ก-ฐ.
- ชัยญา อุทิศ. (2557). *แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง “กำหนดการเชิงเส้น” ที่ส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสมุทรสาครบูรณะ จังหวัดสมุทรสาคร*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาตรี เกิดธรรม. (2545). *อยากทำวิจัยในชั้นเรียนแต่เขียนไม่เป็น (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: ดวงกลมสมัย.

ชูรายา สัสดีวงศ์. (2555). *การพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการรูปแบบการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์และแนวทางการใช้ปัญหาเป็นหลักเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ถวิล ธารโรจน์. (2536). *จิตวิทยาสังคม*. กรุงเทพฯ: อักษราพัฒนา.

ทองจันทร์ หงษ์ดารมณี. (2531). *ทักษะการแก้ปัญหา (Problem solving skills) กับการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก (Problem-based Learning)*. กรุงเทพฯ: หน่วยแพทยศาสตร์ศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทัศนิน เครือทอง. (2553). *การใช้การเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ Learning Science in Context*. นิตยสาร สสวท, 38(166), 56–59.

ทีศนา แคมมณี. (2540). *แบบแผนและเครื่องมือการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทีศนา แคมมณี. (2559). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 20)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธงชัย ช่อพลุกษา. (2548). *การบริการหลักสูตรของสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กำแพงเพชร: มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

นภดล เจนอักษร. (2544). *แก่นวิจัยในชั้นเรียน (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: ภาคพิมพ์.

นาฎยา วงศ์อินทรรัตน์. (2555). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และความสามารถเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง บทประยุกต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT*. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

นุชนารถ ทองกระจ่าง. (2556). *การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความน่าจะเป็น ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วารสารวิชาการศรีปทุม.

- บ้งอร ผงผ่าน. (2538). *ความพึงพอใจของผู้รับบริการของโรงพยาบาลชุมชน ศึกษาเฉพาะกรณี โรงพยาบาลกันทรลักษณ์ จังหวัดศรีสะเกษ*. สถาบันบัณฑิตบริหารศาสตร.
- บุญชม ศรีสะอาด และคณะ. (2555). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 6)*. กทม: สันริฐ: ประสานการพิมพ์.
- บุญชม ศรีสะอาด และคณะ. (2558ก). *การวัดและประเมินผลการศึกษา*. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.
- บุญชม ศรีสะอาด และคณะ. (2558ข). *พื้นฐานการวิจัยการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 7)*. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.
- บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2547). *การวัดประเมินการเรียนรู้ (การวัดประเมินแนวใหม่)*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ประวิต เอราวรรณ์. (2545). *การวิจัยปฏิบัติการ*. กรุงเทพฯ: บริษัท สำนักพิมพ์ดอกหญ้าวิชาการ จำกัด.
- ปรียาพร วงษ์อนุตรโรจน์. (2535). *จิตวิทยาการบริหารงานบุคคล*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมกรุงเทพ.
- ปิยะวุฒิ ศรีชนะ. (2556). *ชุดการเรียนรู้การสอนเรื่องกำหนดการเชิงเส้นโดยใช้โปรแกรม GeoGebra สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- พงษ์ศักดิ์ วุฒิสันต์. (2556). *จีโอจีบราอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจของครูคณิตศาสตร์*. นิตยสาร สสวท, 41(181).
- พรชัย หนูแก้ว. (2545). *การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการวิจัยในชั้นเรียนสำหรับครูในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.
- พวงรัตน์ บุญญานุรักษ์ และ Basanti, M. (2544). *การเรียนรู้โดยใช้ปัญหา*. กรุงเทพฯ: ธนาเพชร แอนด์กราฟฟิค.
- พันธ์ ทองชุมนุม. (2547). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2544). *การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้: ปฏิบัติการวิจัยในชั้นเรียน (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

- พิชิต ฤทธิจรรยา. (2545). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เฮาส์ ออฟ เคอร์มีส์.
- พิชิต ฤทธิจรรยา. (2549). ระเบียบวิธีการทางสังคมศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์ และคณะ. (2544). การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์ กรุป แมเนจเม้นท์.
- ไพศาล หวังพานิช. (2526). การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- มณฑรา ธรรมบุศย์. (2545). การพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้โดยใช้ Problem -Based Learning (PBL). วารสารวิชาการ, 4-15.
- เมธาสิทธิ์ ัญรัตนศรีสกุล. (2558). *เกี่ยวกับโปรแกรม GeoGebra*. สืบค้น 15 มีนาคม 2560, จาก <https://plus.google.com/rop/1/wm/11246035876483222236/posts/YhRAEMoT4Wu>
- รัชนิกร หงส์พันธ์. (2547). การเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ความหมายสู่การเรียนการสอนกลุ่มสาระ การเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม. *วารสารมนุษยศาสตร์ปริทรรศน์*, 46-47.
- รุ่งอรุณ เรืองเดช. (2551). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอน เรื่อง การวัดโดยเชื่อมโยง คณิตศาสตร์กับชีวิตจริง ของชาวเขาเผ่าปากเกอะญอที่บ้านห้วยต้ม จังหวัดลำพูน*. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2541). เทคนิคการสร้างและสอบ ข้อสอบความถนัดทางการเรียน. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2546). การวิจัยในชั้นเรียน. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วิไล ทองแผ่น. (2547). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา. ลพบุรี: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏ เทพสตรี.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2560). *ระบบประกาศผลสอบวิชาสามัญ 9 วิชา ประจำปี การศึกษา 2559*. สืบค้น 1 มีนาคม 2560, จาก <http://www.gatpat.niets.or.th/AMS60/mdLogin/frmLogin2.aspx>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *คู่มือการวัดผลและประเมินผล
คณิตศาสตร์*. สืบค้น 12 มีนาคม 2560, จาก <http://sa.ipst.ac.th/?ddownload=470>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). *ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์*.
สืบค้น 31 มีนาคม 2560, จาก [http://www.ipst.ac.th/files/curriculum2556/
ManualMathM4-M6.pdf](http://www.ipst.ac.th/files/curriculum2556/ManualMathM4-M6.pdf)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *ความรู้และสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์
สำหรับโลกวันนี้*. กรุงเทพฯ: เซเว่นพรีนติ้ง กรุ๊ป.

สมเกียรติ พายุ. (2558). *การใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อ
แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่องแคลคูลัสเบื้องต้น
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

สมพงษ์ เกษมสิน. (2546). *การบริหารงานบุคคลแผนใหม่*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชัยศิริการพิมพ์.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2553). *การเรียนรู้ดิจิทัลเทคโนโลยีโรงเรียน
มาตรฐานสากล*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2540). *การคิดและการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิด :
ต้นแบบการเรียนรู้ทางด้านหลักทฤษฎีและแนวปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการ
การศึกษาแห่งชาติ.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). *แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*.
กรุงเทพฯ: ชุมนุมการเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักนิเทศและพัฒนามาตรฐานการศึกษา. (2545). *แนวทางการวัดและประเมินผลในชั้นเรียน*.
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.).

สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนาการเรียนรู้. (2550). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน*.
กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

สุจิตรา พรมนุชาธิป. (2549). *มนุษย์สัมพันธ์*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

สุทธิ ทองประดิษฐ์. (2536). *ทฤษฎีการบริหาร*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาสารคาม.

สุนทรีย์ คนเที่ยง. (2544). การจัดการเรียนการสอนตามแนวปฏิรูปการศึกษา. วารสารข่าวกองบริการการศึกษา, 10-19.

สุพรรณษา ศรีโพธิ์. (2546). การพัฒนากิจกรรมประเทืองปัญญาหนูน้อยนักวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนประชาราษฎร์บำเพ็ญ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุวิมล ว่องวานิช. (2544). การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เสาวนีย์ เกียรติ. (2540). ค่มือการอบรมการใช้แฟ้มสะสมงานนักเรียน. กรุงเทพฯ: เนติกุลการพิมพ์.

อรจรรย์ ชูช่วยสุวรรณ. (2552). การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อาภรณ์ แสงรัศมี. (2543). ผลของการเรียนแบบใช้ปัญหาเป็นหลักต่อลักษณะการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Antohe, V. (2006). Limits of educational soft geogebra in a critical constructive review annals. *Computer Science Series, Tibiscus University of Timisoara*, 5(14), 221-230.

Barrows, H. and Tamblyn, P. (1980). *Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education*. New York: Spring Publishing. Retrieved April 3, 2017, from <http://apps.fischlerschool.nova.edu/toolbox/instructionalproducts/edd8124/fall11/1980-BarrowsTamblyn-PBL.pdf>

Blask, B. and Chazan, D. (2001). Welcome to Our Focus Issue on Connections. *Mathematics Teacher*, 94(8), 625.

Donald, R. (1993). *Mathematical model to provide application in the classroom*. Virginia: The national Council of Teacher of Mathematics.

Donner, M. (2017). Madison Metropolitan School District. Retrieved March 13, 2017, from <https://pd.madison.k12.wi.us/node/234>

Edens, K. (2000). Preparing Problem Solver for the 21st Century through problem-Based Learning. *College Teaching*, 55.

Edward, J. (2006). Linking geometry and algebra with Geogebra mathematics teaching. Retrieved May 31, 2017, from <http://eprints.soton.ac.th>

Gallagher, S. (1997). Problem-Based Learning: Where did it come from, What dose it do, and Where is it going ? *Journal for the Education of the Gifted*, 5(14), 332.

Gilmer. (1973). *Industrial and Organization Psychology*. New York: McGraw-Hill Book.

Good, C. (1973). *Dictionary of Education*. New York: McGraw-Hill Book.

Herzberg, F., Frederik, M., Bernard, S. and Barbara, S. (1959). *The Motivation to Work*. New York: Jonh Willay and Sons.

Hmelo, C. and Evensen, D. (2000). Introduction to problem-Based Learning: Gaining Insights on Learning Interactions Through Multiple methods of Inquiry. *Problem-Based Learning A Research Perspective on Learning Interactions*, 1–16.

Hmelo, C. and Lin, X. (2000). Becoming self-Directed Learners: Strategy Development in Problem-Based Learning. *Problem-Based Learning A Research Perspective on Learning Interactions*, 227–248.

Hohenwater, M. (2007). Cooperating GeoGebra into teaching mathematics at the college level. Retrieved March 12, 2017, from http://www.geogebra.org/publications/2007_ICTCM_geogebra1.index=17&did=766448711&SrchMode=1&sid=68Fnt-28VSt-PROD&

International GeoGebra Institute. (2017). About GeoGebra. Retrieved February 23, 2017, from <https://www.geogebra.org/about>

Joko, S. (2016). The Development of Students Worksheet Using GeoGebra Assisted Problem-Based Learning and Its Effect on Ability of Mathematical Discovery of Junior High Students. *Proceeding of 3rd International Conference on Research*, ME-385.

Joubert, M. (2008). Old barriers and new opportunities. *Interactive Geometry in the Classroom*. Retrieved August 23, 2017, from <http://www.bsrlm.org.uk>

- Julie-Ann, E. and Keith, J. (2006). Linking geometry and algebra with Geogebra mathematics teaching. *University of Southampton*. Retrieved May 31, 2017, from https://eprints.soton.ac.uk/19198/1/Edwards_Jones_linking_geometry_and_algebra_MT_2006.pdf
- Lopez, C. (2006). Using GeoGebra in secondary mathematics. *MOspace Institutional Repository*. Retrieved August 10, 2017, from <http://mospace.umsystem.edu/xmlui/bitstream/handle/10355/10367/UsingGeoGebraSecondary.pdf?sequence=1>
- Mary, B., Greenwood, D. and Maguire, P. (2003). Why action research? *SAGE Journal*. Retrieved September 3, 2017, from <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/14767503030011002>
- Mehrens, W. and Lehmann, I. (1969). *Standard Test in Education*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Morse, N. (1953). *Satisfactions in the White Collar Job*. Michigan: University of Michigan Press.
- OECD. (2017b). OECD Better Policies for Better Lives No Title. Retrieved February 23, 2017, from <https://www.oecd.org/pisa/aboutpisa/>
- Rincon, F. (2009). *Designing dynamic and interactive application using GeoGebra software*. New Jersey: ERIC Full text and Thesis.
- Sackett, D. (1997). Evidence - Based Medicine. *Seminar in Perinatology*, 21(1), 3–5.
- Sangwin, C. (2007). A brief review of GeoGebra. *Dynamic Mathematics*. Retrieved September 3, 2017, from <http://web.bham.ac.uk>
- Skinner, B. (1938). *The Behavior of Organisms: An Experimental Analysis*. New York: Appleton - Century - Crofts.
- Stenmark, J. (1991). *Mathematic Assessment: model, good question, and practical suggestion*. California: NCTM.

Stepien, W. and Gallagher, S. (2017). Problem-based learning: As authentic as it gets. *Educational Leadership*, 50(7), 1–3. Retrieved October 12, 2017, from https://www.wou.edu/~girodm/middle/PBL_Art3.pdf

Tan, O. (2017). Thinking skills, creativity and problem – based learning. *Thinking Skills*. Retrieved January 23, 2017, from http://www.eng.tp.edu.sg/pbl_tanoonseng.pdf

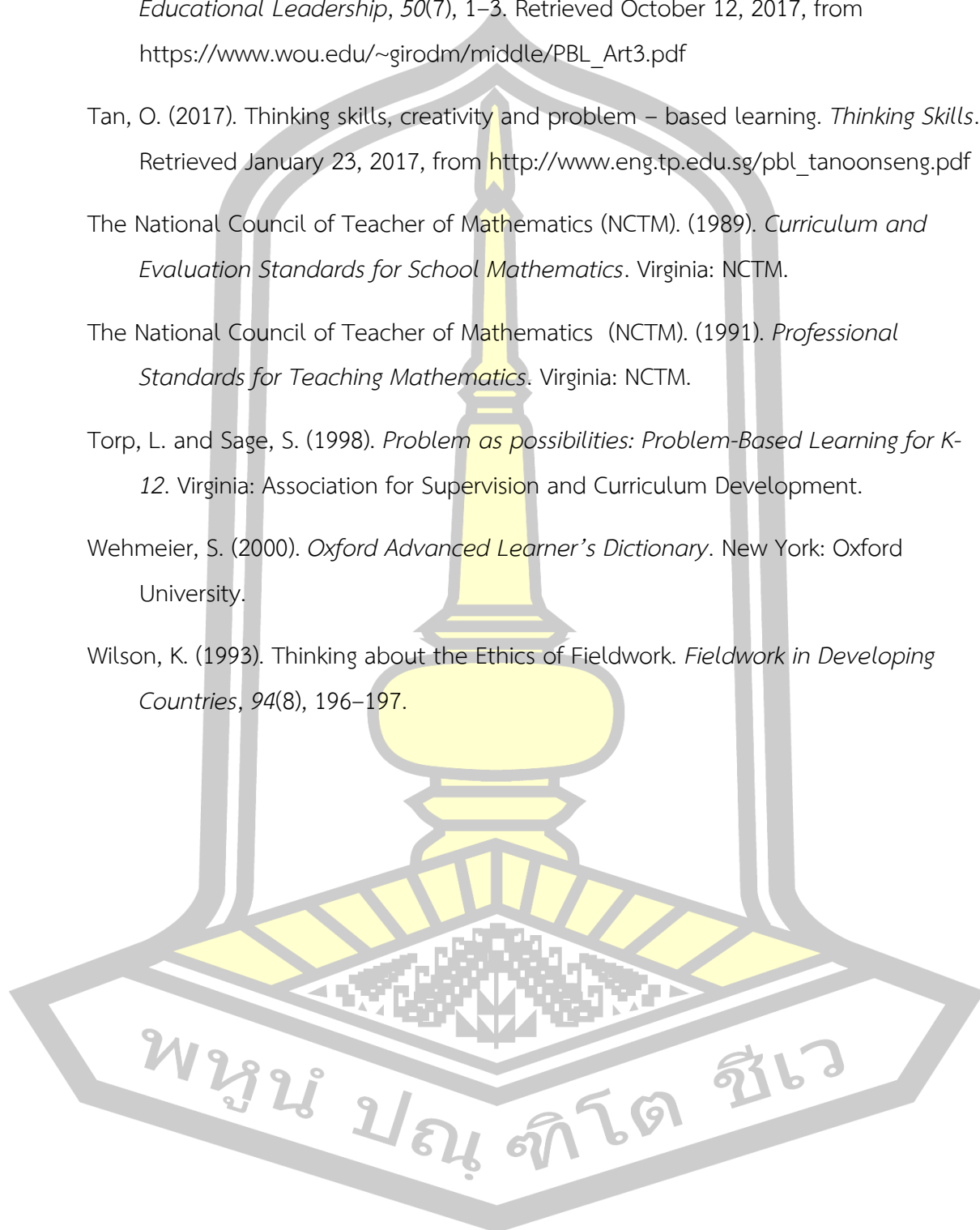
The National Council of Teacher of Mathematics (NCTM). (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Virginia: NCTM.

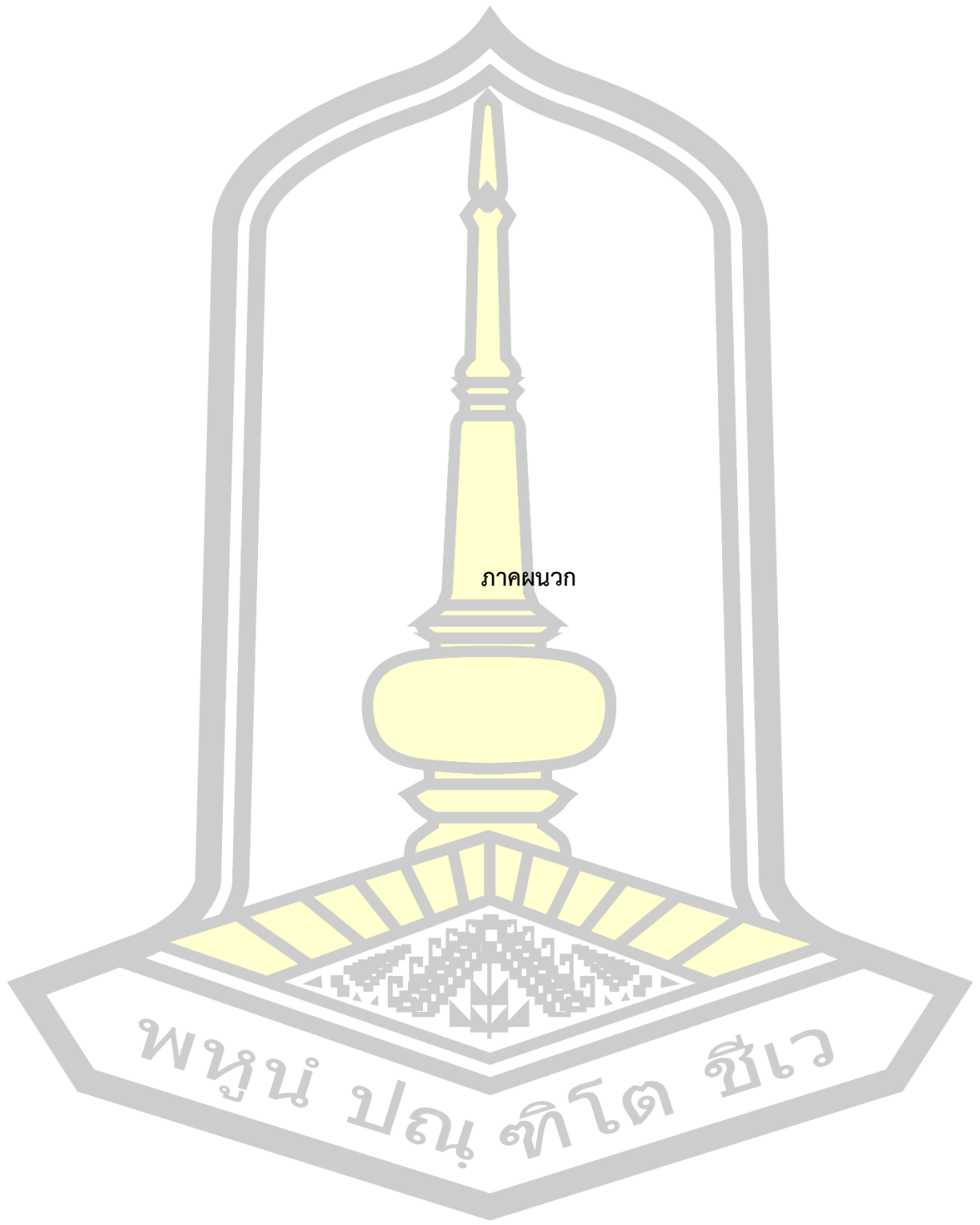
The National Council of Teacher of Mathematics (NCTM). (1991). *Professional Standards for Teaching Mathematics*. Virginia: NCTM.

Torp, L. and Sage, S. (1998). *Problem as possibilities: Problem-Based Learning for K-12*. Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.

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

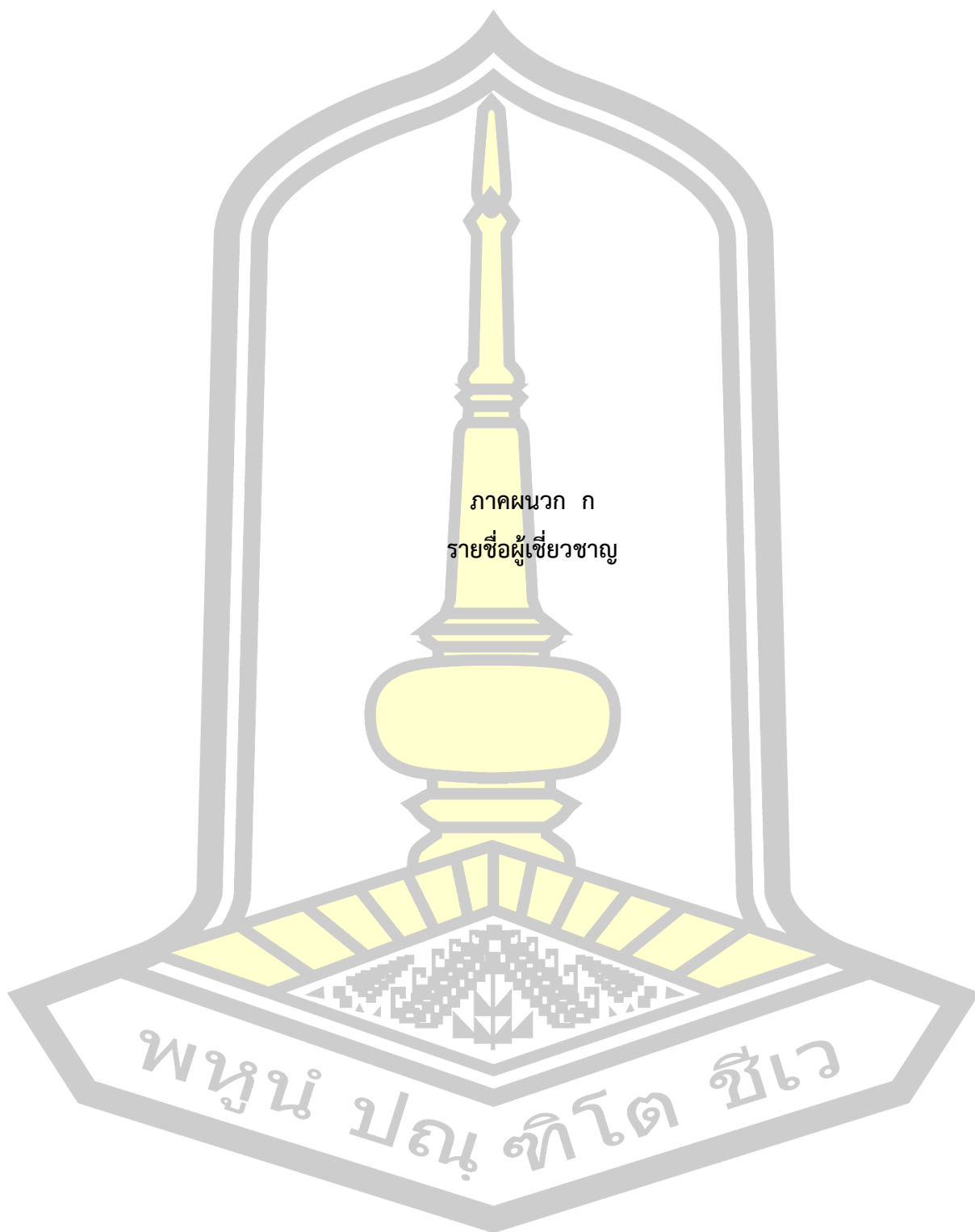
Wilson, K. (1993). Thinking about the Ethics of Fieldwork. *Fieldwork in Developing Countries*, 94(8), 196–197.





ภาคผนวก

พหุมนุ ปณ ทิโต ชีเว



ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

พูนัน ปณ ทิโต ชีเว

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินเครื่องมือวิจัย

อาจารย์ ดร.สมทรง สิทธิ ศษ.ด. (หลักสูตรและการสอน) คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผศ.ชวลิต เอี่ยมเจริญ กศ.ม. (คณิตศาสตร์) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

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

ผศ. ดร.ญาณภัทร สีหะมงคล กศ.ด. (การทดสอบและวัดผลทางการ
ศึกษา) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผศ.ดร.วราพร เอรารวรรณ ค.ด. (การวัดและประเมินผลการศึกษา) คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภมรพรรณ ยุระยาตร์ กศ.ด. (จิตวิทยาการให้คำปรึกษา)
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

อาจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ Ph.D. (Education) คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

นายสวัสดิ์ จันทมนตรี วท.ม. (คณิตศาสตร์) ครูชำนาญการพิเศษ และหัวหน้ากลุ่มสาระ
การเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม

นายสุรเดช แก้วแสนเมือง วท.บ. (คอมพิวเตอร์) ศษ.ม. (การบริการการศึกษา) ครูชำนาญ
การพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม

นางสิริพร ภูหัวดอน ศษ.ม. (การบริการการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการ
เรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม

นางสุตารักษ์ นรินทร์รัมย์ กศ.ม. (การวิจัยทางการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม

นางยุพิน พลเรือง กศ.ม. (การสอนคณิตศาสตร์) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้
คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม

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

นางสายพิน เหลืองวิริยะศิริ ค.ม. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม

นางอาภาพร ปัญญาฟู ศษ.ม. (หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์) ครูชำนาญการ
พิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม

นางนงคัลักษณ์ วรรณประภา ศษ.ม. (การบริหารการศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม

นางวิมาน ศรีผิวจันทร์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์) ครูชำนาญการพิเศษ
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม

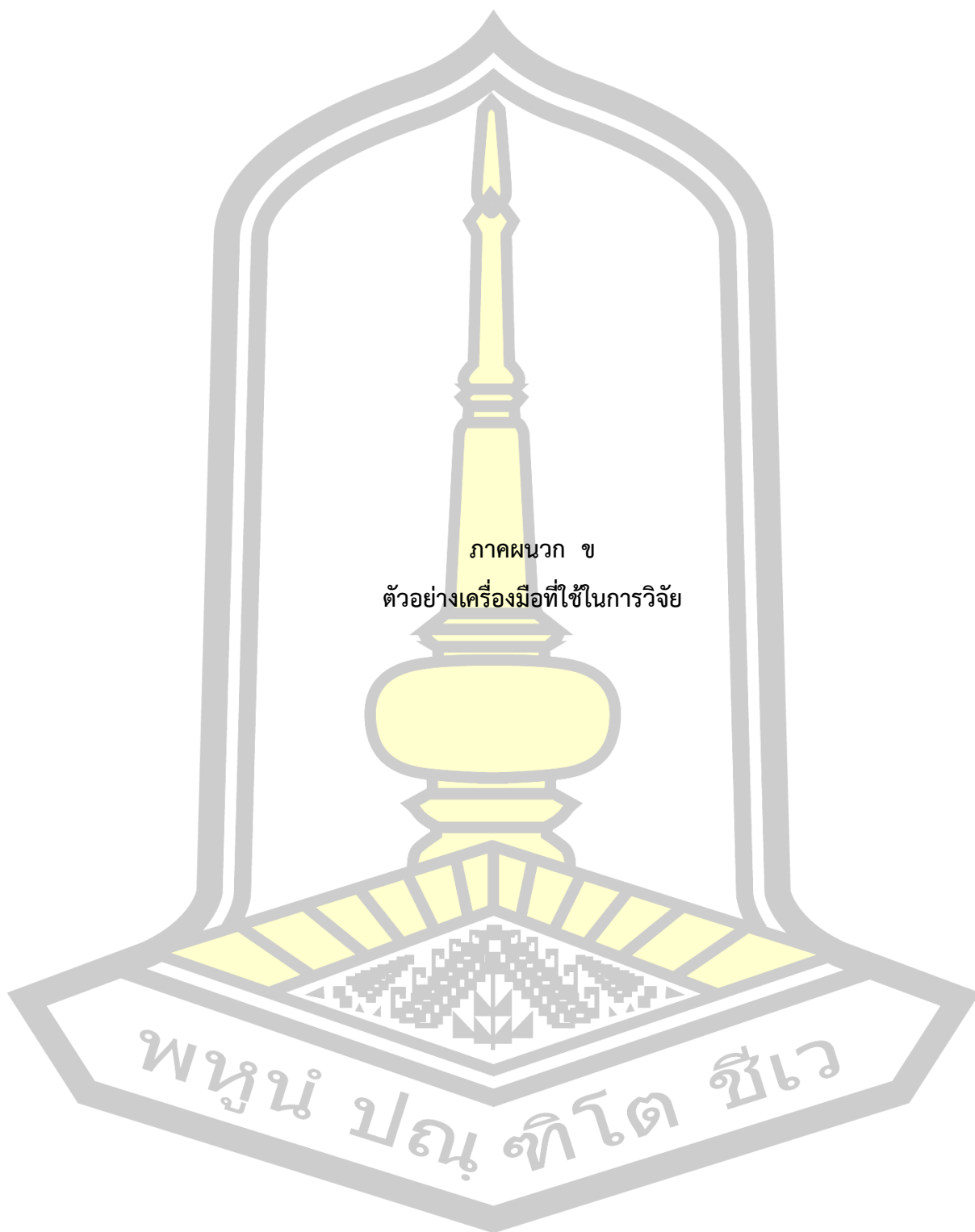
นางสาวสุภวรรณ โคตรท่าน ศษ.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม

นางสมพร พลพันธ์ ค.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้
คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม

นางสุจิตรา ภูคำวงศ์ ศษ.ม. (หลักสูตรและการสอน) ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการ
เรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม

นางจิตรานาฏ ภูสีฤทธิ์ ค.ม. (หลักสูตรและการสอน) ครูชำนาญการพิเศษ
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสารคามพิทยาคม





ภาคผนวก ข
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

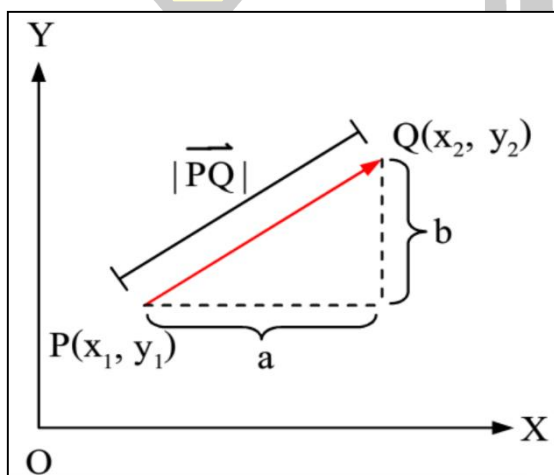
พหุ ประจักษ์ ชัยเว

แผนที่ 8	แผนจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา	
วิชาคณิตศาสตร์ เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	หน่วยการเรียนรู้เรื่อง: เวกเตอร์ในสามมิติ หน่วยการเรียนรู้ย่อยเรื่อง: ขนาดของเวกเตอร์ในระบบ พิกัดฉากสองมิติ	จำนวน 1 ชั่วโมง
สอนวันที่.....เดือน.....พ.ศ.		

1. ผลการเรียนรู้

บอก ลบ เวกเตอร์ในเชิงรูปภาพ และในเชิงเวกเตอร์มุมฉากได้

2. สารสำคัญ



ถ้า \overrightarrow{PQ} เป็นเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ P มีพิกัดเป็น (x_1, y_1) จะได้ $\overrightarrow{PQ} = \begin{bmatrix} x_2 - x_1 \\ y_2 - y_1 \end{bmatrix}$ และ

$$|\overrightarrow{PQ}| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \text{ ถ้าให้ } x_2 - x_1 = a \text{ และ } y_2 - y_1 = b \text{ แล้วจะได้ } \overrightarrow{PQ} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \text{ แทน}$$

ขนาดของเวกเตอร์ $\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ เท่ากับ $\sqrt{a^2 + b^2}$

พหุบัน ปณุ ทิโต ชีเว

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

- ด้านความรู้ความเข้าใจ (K)

1. นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติได้

- ด้านทักษะกระบวนการ (P)

1. นักเรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติมาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้

- ด้านคุณลักษณะ (A)

1. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน
2. นักเรียนมีวินัยในการทำงาน

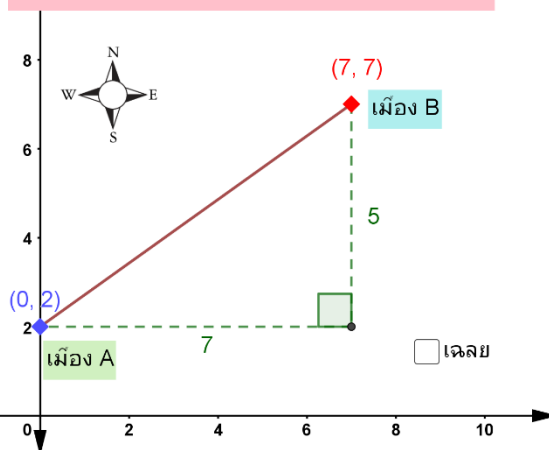
4. กิจกรรม/กระบวนการเรียนรู้

4.1 กำหนดปัญหา

4.1.1 ครูทำการแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มกลุ่มละ 4-6 คน คละความสามารถ (เก่ง ปานกลาง อ่อน)

4.1.2 ครูทำการแสดงสื่อโปรแกรม GeoGebra ชื่อไฟล์ PBL+GeoGebra_P78_1 ซึ่งเป็นไฟล์ที่แสดงโจทย์ปัญหาในการหาระยะทางโดยใช้ความรู้จากเรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัสเข้ามาช่วย

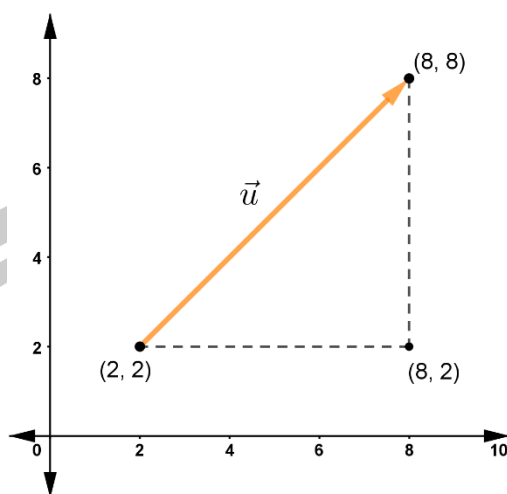
นายต้อมพักอยู่เมือง A ต้องการบินไปหาแฟนสาวซึ่งอยู่เมือง B จึงทำการเปิดแผนที่ ดังภาพที่ปรากฏ อยากรทราบว่าเมือง A และเมือง B ห่างกันกี่กิโลเมตร



(นักเรียน: เมือง A อยู่ห่างจากเมือง B เป็นระยะทาง $\sqrt{7^2 + 5^2} = \sqrt{49 + 25} = \sqrt{74} \approx 8.6$ กิโลเมตร)

4.1.3 เมื่อนักเรียนตอบคำถามข้อที่ผ่านมามากจนถูกต้อง สมบูรณ์แล้ว ครูทำการเสนอสถานการณ์ปัญหาดังนี้ (ทำการเปิดไฟล์ PBL+GeoGebra_P8_2 ประกอบ)

“การหาขนาดของเวกเตอร์ ดังปรากฏในภาพ เราจะมีวิธีในการหาได้อย่างไร ”



4.2 ทำความเข้าใจปัญหา

4.2.1 ครูให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ปัญหาในขั้นตอนที่ 4.1.3 แล้วให้นักเรียนในกลุ่มช่วยกันเสนอคำตอบ จากนั้นเขียนลงในข้อสมมติฐานในใบกิจกรรมที่ 8.1

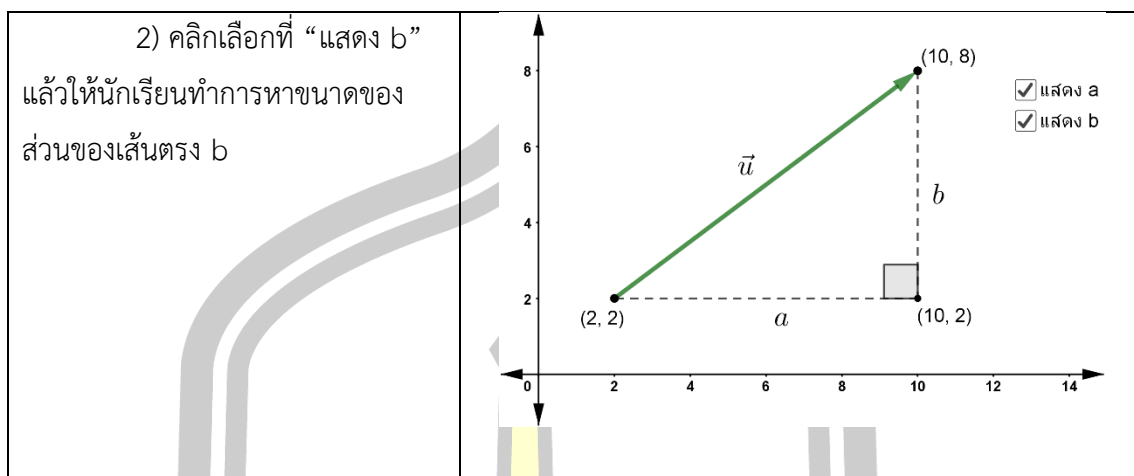
(นักเรียนแต่ละคนจะมีคำตอบที่แตกต่างกันตามความเข้าใจและประสบการณ์ของตนเอง โดยครูจะให้นักเรียนในกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์ และหาคำตอบ ในขั้นนี้ครูยังไม่เฉลยคำตอบที่ถูกต้องแต่จะเป็นคนคอย กระตุ้นให้นักเรียนได้คิด และหาคำตอบด้วยตนเอง)

4.3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า

4.3.1 ครูทำการเปิดไฟล์ PBL+GeoGebra_P8_3.ggb

4.3.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาแหล่งความรู้ต่างๆ เช่น ใบความรู้ หนังสือเรียน อินเทอร์เน็ต พร้อมกันนั้นก็ให้ครูทำดำเนินการกับโปรแกรมสื่อการสอน ดังต่อไปนี้ (ทุกขั้นตอนนักเรียนจะต้องทำการบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 8.1)

<p>1) คลิกเลือกที่ “แสดง a” แล้วให้นักเรียนทำการหาขนาดของ ส่วนของเส้นตรง a</p>	
--	--



4.4 สังเคราะห์ความรู้

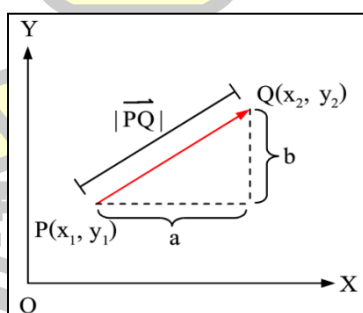
4.4.1 ครูให้นักเรียนนำขนาดของส่วนของเส้นตรง a และ b ที่ได้ทำการหามาแล้วในขั้นตอนที่ 4.3 มาทำการหาความเชื่อมโยงเพื่อหาขนาดของเวกเตอร์

4.4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้ศึกษาค้นคว้าและคำตอบที่เขียนลงในใบกิจกรรมมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้วยกันในกลุ่มและต่างกลุ่ม

4.4.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาว่าความรู้ที่ได้มีความถูกต้อง สมบูรณ์และครบถ้วนหรือไม่ หากข้อมูลยังไม่เพียงพอให้ร่วมกันอภิปรายและช่วยกันหาคำตอบเพิ่มเติมจากใบความรู้ เอกสาร หนังสือเรียนและสื่อจากโปรแกรมจีโอจีบรา

4.5 สรุปและประเมินคำตอบ

4.5.1 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้สาระสำคัญ ดังนี้



ถ้า \overrightarrow{PQ} เป็นเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ P มีพิกัดเป็น (x_1, y_1) และ Q มีพิกัดเป็น (x_2, y_2) จะได้ $\overrightarrow{PQ} = \begin{bmatrix} x_2 - x_1 \\ y_2 - y_1 \end{bmatrix}$

และ $|\overrightarrow{PQ}| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$ ถ้าให้ $x_2 - x_1 = a$ และ $y_2 - y_1 = b$ แล้วจะได้ $\overrightarrow{PQ} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$

แทนขนาดของเวกเตอร์ $\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$ เท่ากับ $\sqrt{a^2 + b^2}$

4.6 นำเสนอและประเมินผล

4.6.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอผลงานการศึกษาค้นคว้าของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน

4.6.2 นักเรียนทุกคนทำแบบฝึกหัด เพื่อเป็นการประเมินความรู้หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้

4.6.3 ครูและนักเรียนช่วยกันเฉลยแบบฝึกหัด

6. การวัดและประเมินผล

การวัดผล	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์การประเมิน
1. ด้านความรู้ 1. นักเรียนสามารถคำนวณหาขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติได้	แบบฝึกหัด	ได้คะแนนจากแบบประเมินมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 70
2. ด้านทักษะ/กระบวนการ 1. นักเรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติมาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้	ใบกิจกรรม	ได้คะแนนจากแบบประเมินมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 70
3. ด้านคุณลักษณะ 1. นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน 2. นักเรียนมีวินัยในการทำงาน	แบบประเมินด้านคุณลักษณะ	ได้คะแนนจากแบบประเมินมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 70

7. สื่อการเรียนรู้และแหล่งการเรียนรู้

1. ใบกิจกรรม
2. แบบฝึกหัด
3. แหล่งสืบค้นต่างๆ (เอกสารและอินเทอร์เน็ต)
4. สื่อที่สร้างจากโปรแกรมจีโอจีบรา
5. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม คณิตศาสตร์เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6

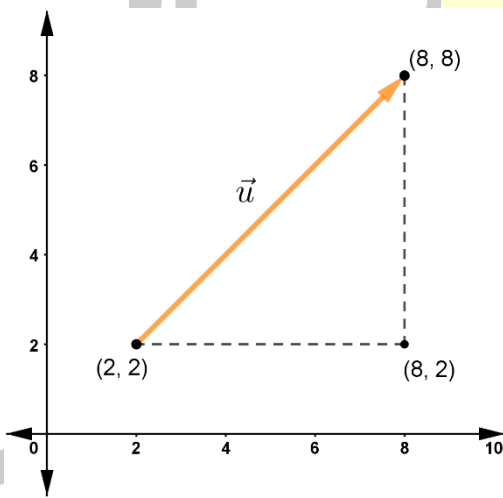
ใบกิจกรรมที่ 8.1
เรื่อง **ขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ**

สมาชิกในกลุ่ม

ชื่อ.....	เลขที่.....
ชื่อ.....	เลขที่.....
ชื่อ.....	เลขที่.....
ชื่อ.....	เลขที่.....
ชื่อ.....	เลขที่.....
ชื่อ.....	เลขที่.....

1) สถานการณ์ปัญหา

ปัญหา: “การหาขนาดของเวกเตอร์ ดังปรากฏในภาพ เราจะมีวิธีในการหาได้อย่างไร ”



สมมติฐาน:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

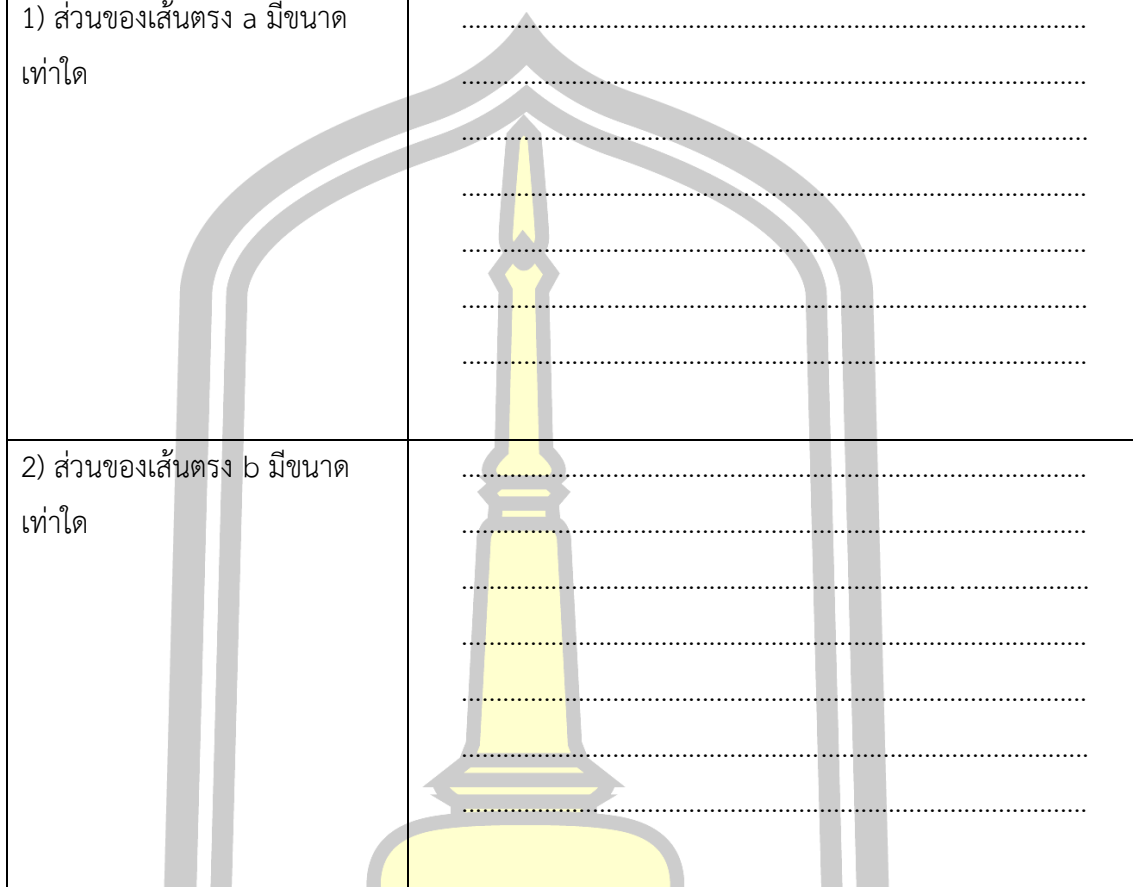
.....

.....

.....



2) ให้นักเรียนบันทึกผลการสังเกตลงในตาราง

<p>1) ส่วนของเส้นตรง a มีขนาดเท่าใด</p>	 <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>2) ส่วนของเส้นตรง b มีขนาดเท่าใด</p>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

3) ให้นักเรียนเขียนสรุปวิธีการหาขนาดของ \hat{a} ตามที่นักเรียนได้ทำการศึกษาค้นคว้า

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

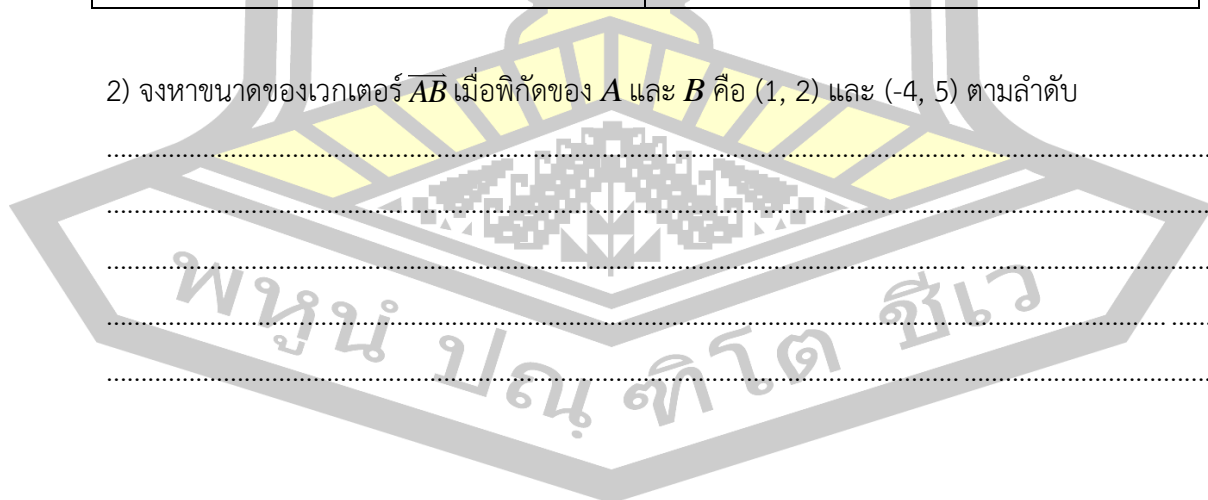
พุ่ม ปณฺ ทิโต ชเว

แบบฝึกหัด

เรื่อง ขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ

1) จงหาขนาดของเวกเตอร์ต่อไปนี้

1.1) $\begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$	1.2) $\begin{bmatrix} 3 \\ -4 \end{bmatrix}$
1.3) $\begin{bmatrix} -1 \\ -4 \end{bmatrix}$	1.4) $\begin{bmatrix} 3 \\ 2 \end{bmatrix}$

2) จงหาขนาดของเวกเตอร์ \overline{AB} เมื่อพิกัดของ A และ B คือ $(1, 2)$ และ $(-4, 5)$ ตามลำดับ

เฉลยแบบฝึกหัด
เรื่อง ขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ

1) จงหาขนาดของเวกเตอร์ต่อไปนี้

<p>1.1) $\begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$</p> $\sqrt{1^2 + 2^2} = \sqrt{1+4} = \sqrt{5} \text{ หน่วย}$	<p>1.2) $\begin{bmatrix} 3 \\ -4 \end{bmatrix}$</p> $\sqrt{3^2 + (-4)^2} = \sqrt{9+16} = \sqrt{25} = 5 \text{ หน่วย}$
<p>1.3) $\begin{bmatrix} -1 \\ -4 \end{bmatrix}$</p> $\sqrt{(-1)^2 + (-4)^2} = \sqrt{1+16} = \sqrt{17} \text{ หน่วย}$	<p>1.4) $\begin{bmatrix} 3 \\ 2 \end{bmatrix}$</p> $\sqrt{3^2 + 2^2} = \sqrt{9+4} = \sqrt{13} \text{ หน่วย}$

2) จงหาขนาดของเวกเตอร์ \overline{AB} เมื่อพิกัดของ A และ B คือ $(1, 2)$ และ $(-4, 5)$ ตามลำดับ

$$\overline{AB} = \begin{bmatrix} -4-1 \\ 5-2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -5 \\ 3 \end{bmatrix}$$

$$|\overline{AB}| = \sqrt{(-5)^2 + 3^2} = \sqrt{25+9} = \sqrt{34}$$

ดังนั้นขนาดของเวกเตอร์ \overline{AB} คือ $\sqrt{34}$ หน่วย

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการสอน

ผลการตรวจใบงาน

.....

.....

.....

ผลการตรวจแบบวัดทักษะ/กระบวนการ

.....

.....

.....

การสังเกตพฤติกรรมในการเรียน

.....

.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ลงชื่อ.....

(นายศรชัย ปราบุญเหลือม)

ผู้สอน

วันที่.....เดือน.....ปี.....

บันทึกข้อเสนอแนะครูพี่เลี้ยงและหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

.....

ลงชื่อ.....

(นายสวัสดิ์ จันทมนตรี)

ครูพี่เลี้ยงวิชาเฉพาะและหัวหน้ากลุ่ม
 สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

วันที่.....เดือน.....ปี.....

บันทึกข้อเสนอแนะฝ่ายบริหารงานวิชาการ

.....

ลงชื่อ.....

()

ผู้อำนวยการกลุ่มบริหารงานวิชาการ

วันที่.....เดือน.....ปี.....

บันทึกข้อเสนอแนะผู้บริหารสถานศึกษา

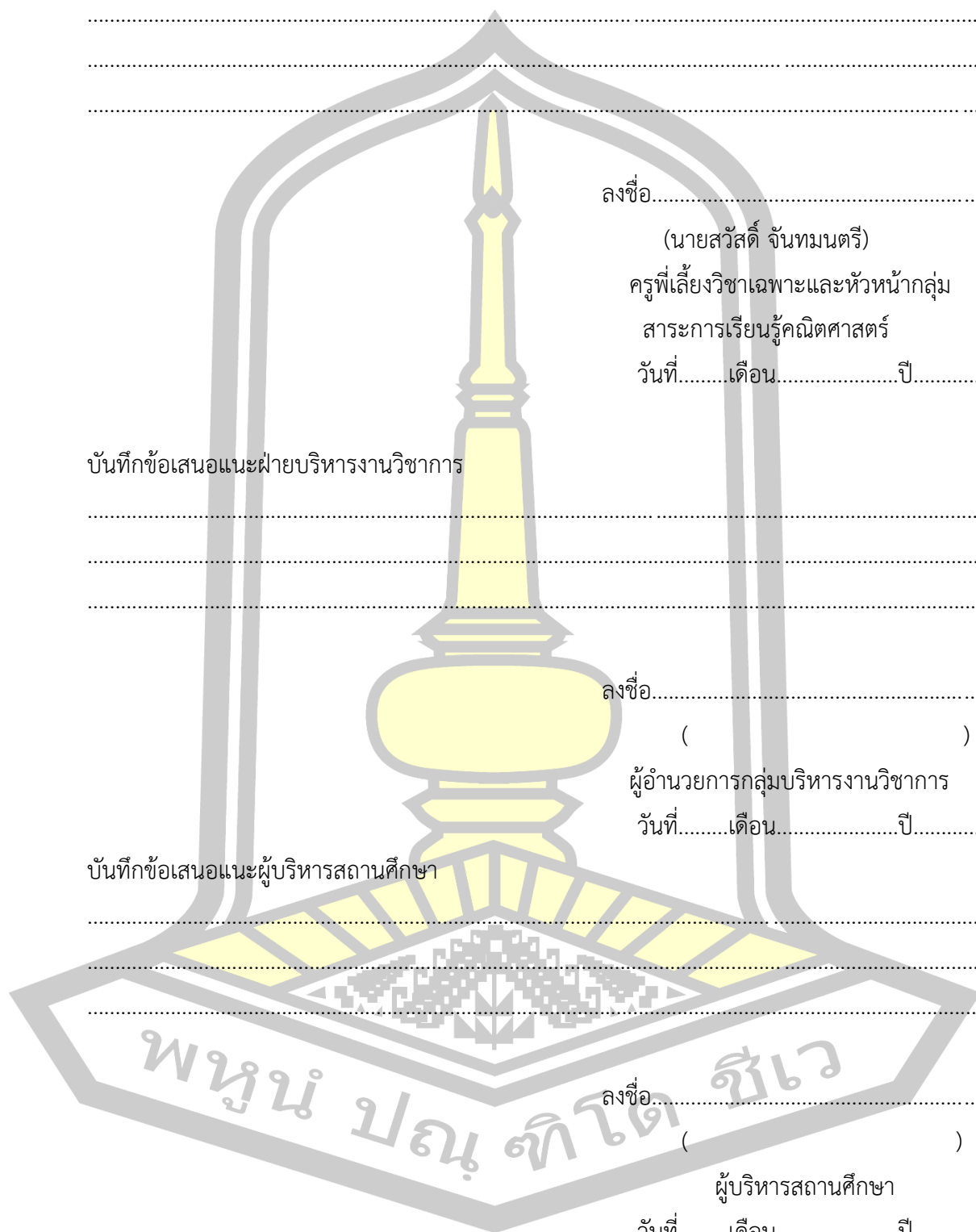
.....

ลงชื่อ.....

()

ผู้บริหารสถานศึกษา

วันที่.....เดือน.....ปี.....



แบบประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม

วันที่.....เดือน.....ปี..... เรื่อง ขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ

คำชี้แจง ให้ครูผู้สอนเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องเมื่อนักเรียนมีลักษณะตามเกณฑ์ที่ต้องการ

เลขที่	ชื่อ-นามสกุล	ทักษะการ เชื่อมโยงทาง คณิตศาสตร์	ผลการประเมิน	
			ผ	มผ
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

ลงชื่อ.....

(นายศรชัย ปราบุญเหลือ้ม)

ผู้สอน

วันที่.....เดือน.....ปี.....

แบบประเมินด้านคุณลักษณะรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม

วันที่.....เดือน.....ปี..... เรื่อง ขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ
คำชี้แจง ให้ครูผู้สอนเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องเมื่อนักเรียนมีลักษณะตามเกณฑ์ที่ต้องการ

เลขที่	ชื่อ-นามสกุล	ความมุ่งมั่นในการทำงาน			ความมีระเบียบวินัย			ผลการประเมิน	
		3	2	1	3	2	1	ผ	มผ
		1							
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

ลงชื่อ.....

(นายศรชัย ปราบูรณ์)

ผู้สอน

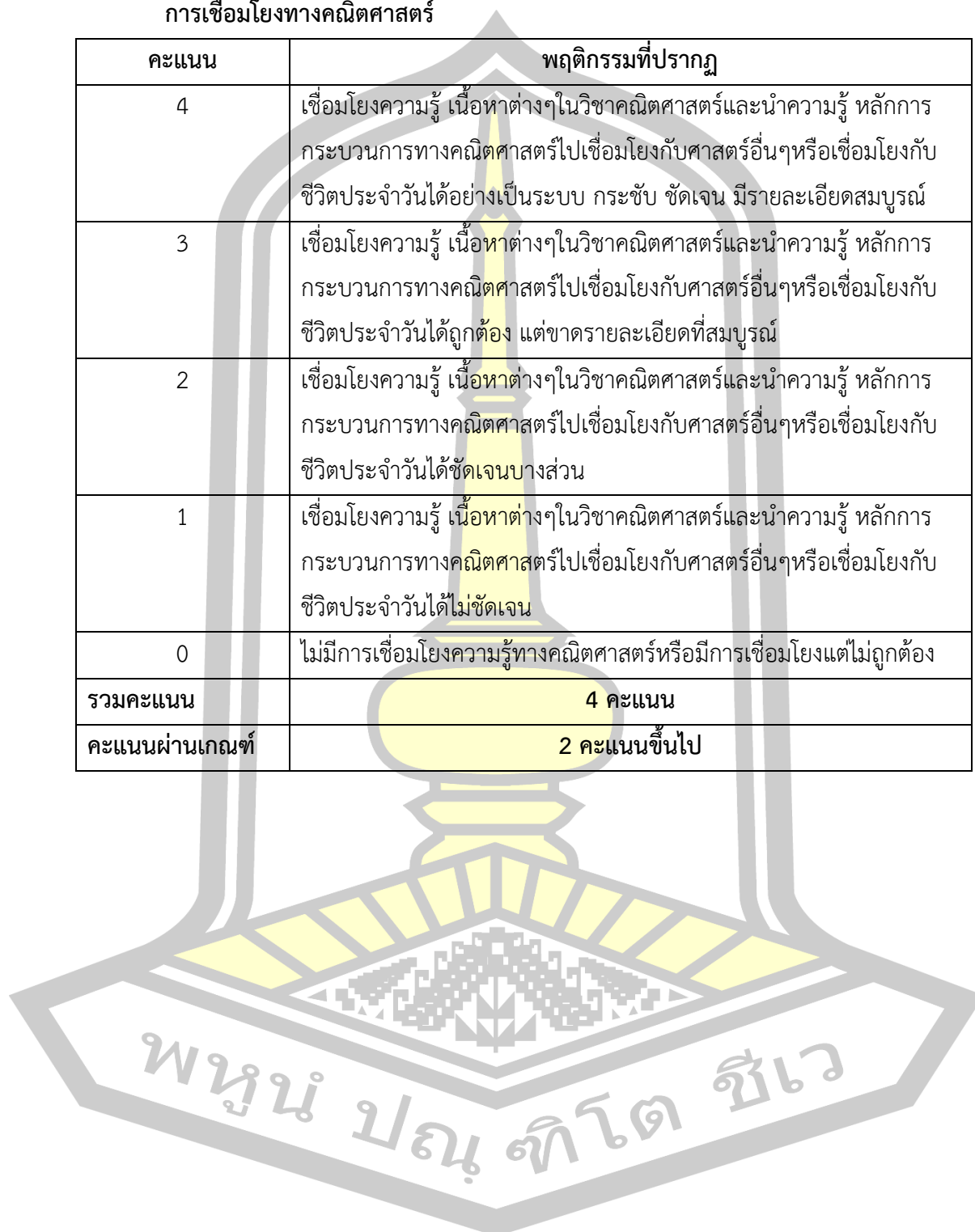
วันที่.....เดือน.....ปี.....

พหุ ประถมศึกษา

เกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

คะแนน	พฤติกรรมที่ปรากฏ
4	เชื่อมโยงความรู้ เนื้อหาต่างๆในวิชาคณิตศาสตร์และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆหรือเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้อย่างเป็นระบบ กระชับ ชัดเจน มีรายละเอียดสมบูรณ์
3	เชื่อมโยงความรู้ เนื้อหาต่างๆในวิชาคณิตศาสตร์และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆหรือเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้ถูกต้อง แต่ขาดรายละเอียดที่สมบูรณ์
2	เชื่อมโยงความรู้ เนื้อหาต่างๆในวิชาคณิตศาสตร์และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆหรือเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้ชัดเจนบางส่วน
1	เชื่อมโยงความรู้ เนื้อหาต่างๆในวิชาคณิตศาสตร์และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆหรือเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้ไม่ชัดเจน
0	ไม่มีการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์หรือมีการเชื่อมโยงแต่ไม่ถูกต้อง
รวมคะแนน	4 คะแนน
คะแนนผ่านเกณฑ์	2 คะแนนขึ้นไป



เกณฑ์การประเมินด้านคุณลักษณะ

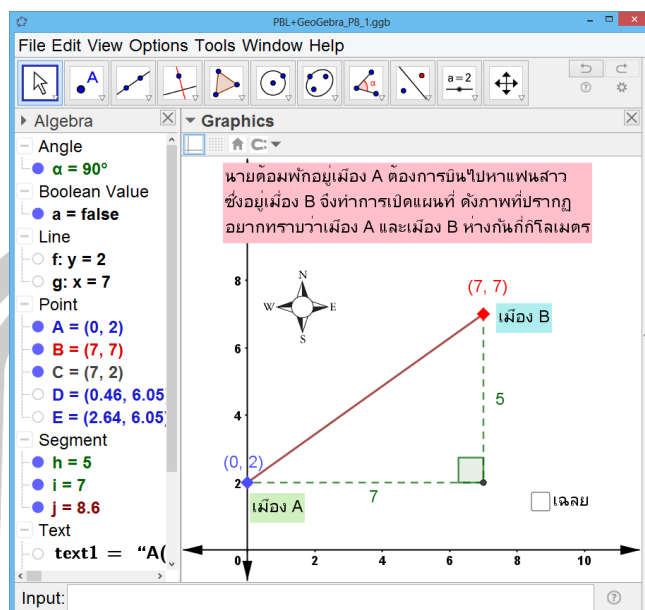
เกณฑ์การให้คะแนนความมุ่งมั่นในการทำงาน

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
ความมุ่งมั่นในการทำงาน	มีการค้นคว้าหาความรู้หรือซักถามข้อสงสัย อยู่เสมอ ตั้งใจเรียน ตอบคำถาม และส่งงานตรงเวลา	มีการค้นคว้าหาความรู้หรือซักถามข้อสงสัย แต่ตั้งใจเรียนบ้าง ตอบคำถามบ้าง และส่งงานตรงเวลา	มีการค้นคว้าหาความรู้หรือซักถามข้อสงสัย บ้าง แต่ตั้งใจเรียนบ้าง ตอบคำถามบ้าง และส่งงานไม่ตรงเวลา
รวมคะแนน	3 คะแนน		

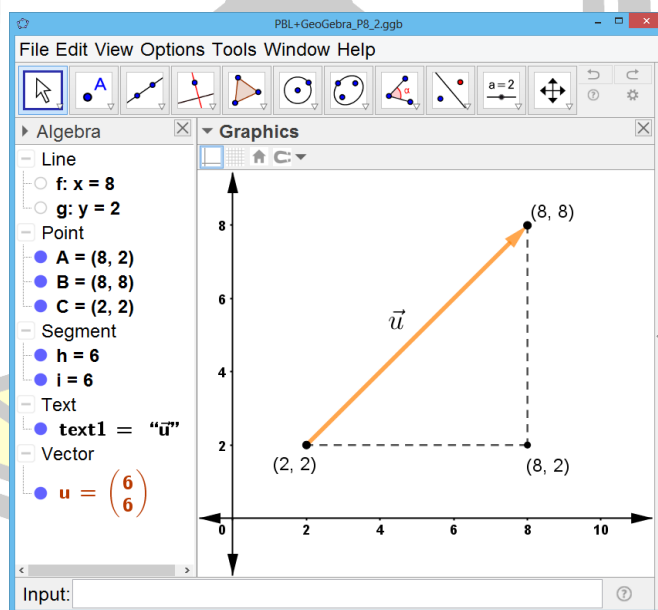
เกณฑ์การให้คะแนนความมีระเบียบวินัย

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
ความมีระเบียบวินัย	ผลงานสะอาด เรียบร้อย และปฏิบัติตนอยู่ในข้อตกลงที่กำหนดให้ร่วมกันทุกครั้ง	ผลงานส่วนใหญ่สะอาด เรียบร้อย และปฏิบัติตนอยู่ในข้อตกลงที่กำหนดให้ร่วมกันเป็นส่วนใหญ่	ผลงานไม่ค่อยสะอาด เรียบร้อย และปฏิบัติตนอยู่ในข้อตกลงที่กำหนดให้ร่วมกันในบางครั้ง ต้องอาศัยการแนะนำ ตักเตือน
รวมคะแนน	3 คะแนน		
คะแนนผ่านเกณฑ์	2 คะแนนขึ้นไป		

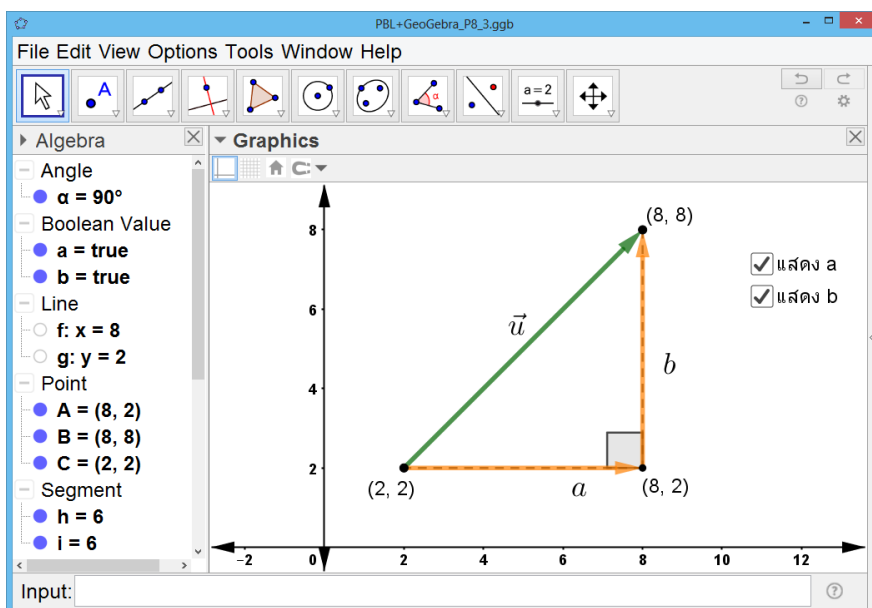
พูน ปรณ ทิโต ชีเว



ภาพประกอบ 1 สืบจากโปรแกรมจีโอจีบรา ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา หน้า ที่ 1



ภาพประกอบ 2 สืบจากโปรแกรมจีโอจีบรา ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา หน้า ที่ 2



ภาพประกอบ 3 สื่อกิจกรรมจีโอจีบรา ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา หน้า 3



ใบกิจกรรมที่ 8.1

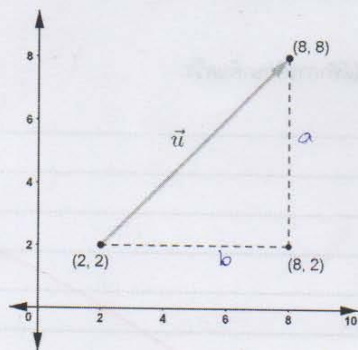
เรื่อง ขนาดของเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉากสองมิติ

สมาชิกในกลุ่ม

ชื่อ นาย ชัยฤทธิ์	10กฏ	เลขที่ 20
ชื่อ นาย ถิ่นนอ	10กฏ	เลขที่ 19
ชื่อ นางสาว ธนัสวี	ศษชบวศ	เลขที่ 110
ชื่อ นางสาวสุกัญษา	วิเศษ	เลขที่ 94
ชื่อ		เลขที่
ชื่อ		เลขที่

1) สถานการณ์ปัญหา

ปัญหา: "การหาขนาดของเวกเตอร์ ดังปรากฏในภาพ เราจะมึวิธีในการหาได้อย่างไร "



สมมติฐาน:

กำหนดเวกเตอร์ (หาค่าเวกเตอร์)

$a+b$ เพื่อจะได้ u

$$u = a + b$$

$$a = \sqrt{(9-3)^2 + (8-2)^2}$$

$$= \sqrt{36} = 6$$

$$b = \sqrt{(9-2)^2 + (9-1)^2}$$

$$= \sqrt{36} = 6$$

หา u ด้วย ทฤษฎี

$$u^2 = a^2 + b^2$$

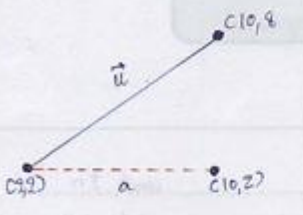
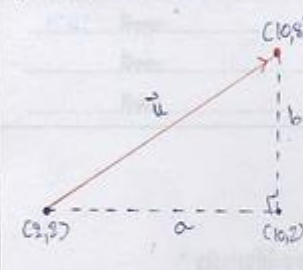
$$u^2 = \sqrt{6^2 + 6^2}$$

$$u = \sqrt{72}$$

$$u = 9.5$$

ตัวอย่างใบกิจกรรมนักเรียน

2) ให้นักเรียนบันทึกผลการสังเกตลงในตาราง

<p>1) ส่วนของเส้นตรง a มีขนาดเท่าใด</p> 	<p>8 องศา $x_2 - x_1 = 10 - 9$ $= 1$</p>
<p>2) ส่วนของเส้นตรง b มีขนาดเท่าใด</p> 	<p>6 องศา $y_2 - y_1 = 4 - 2$ $= 2$</p>

3) ให้นักเรียนเขียนสรุปวิธีการหาขนาดของ \vec{u} ตามที่นักเรียนได้ทำการศึกษาค้นคว้า

ขนาด $|\vec{u}| = \sqrt{a^2 + b^2}$
 $|\vec{u}| = \sqrt{1^2 + 2^2}$
 $= \sqrt{1 + 4}$
 $= \sqrt{5}$
 $= 2.236$
 ≈ 2.24

ตัวอย่างใบกิจกรรมนักเรียน

ตัวอย่างแบบวัดความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับ

โปรแกรมจีไอจีบรา

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
1	สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด					
	1.1 แสดงถึงความคิดรวบยอดหรือแก่นของเรื่อง					
	1.2 สัมพันธ์กับตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา					
2	ตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้					
	2.1 ถูกต้องตามหลักการเขียน					
	2.2 เข้าใจง่ายและชัดเจน					
	2.3 ครอบคลุมพฤติกรรมกรการเรียนรู้					
3	เนื้อหา/สาระการเรียนรู้					
	3.1 ถูกต้องตามหลักวิชาการ					
	3.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้					
	3.3 มีความชัดเจน ไม่สับสน น่าสนใจ					
	3.4 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้					
4	การจัดกระบวนการเรียนรู้					
	4.1 เรียงลำดับขั้นตอนได้เหมาะสม					
	4.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้					
	4.3 กิจกรรมเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ					
	4.4 ส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์					
5	สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้					
	5.1 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน					
	5.2 สอดคล้องกับเนื้อหาและกระบวนการเรียนรู้					
	5.3 ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหา สาระการเรียนรู้ได้					

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
6	การวัดและประเมินผล					
	6.1 สอดคล้องกับตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้					
	6.2 สอดคล้องกับเนื้อหาและธรรมชาติของวิชา					
	6.3 สอดคล้องกับขั้นตอนและกระบวนการ					
	6.4 ใช้เครื่องมือวัดผลและประเมินผลได้อย่างเหมาะสม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....



ตัวอย่างแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ข้อที่ 1

1. นายสมชายออกเดินทางจากบ้านไปในทิศ 030° เป็นระยะทาง 10 กิโลเมตร แล้วออกเดินทางต่อไปในทิศ 120° เป็นระยะทาง 5 กิโลเมตร จงหาว่านายสมชายอยู่ห่างจากบ้านของเขาเป็นระยะทางเท่าไร และอยู่ในทิศทางใดของบ้านเขา

1.1 นักเรียนคิดว่าจะนำความรู้ หลักการ วิธีการทางคณิตศาสตร์เรื่องใดบ้างมาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

1.2 ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาโดยการนำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนได้ระบุไว้ในข้อ 1.1 มาเชื่อมโยงในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างละเอียด พร้อมทั้งวาดรูปประกอบและแสดงวิธีตรวจสอบคำตอบที่ได้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

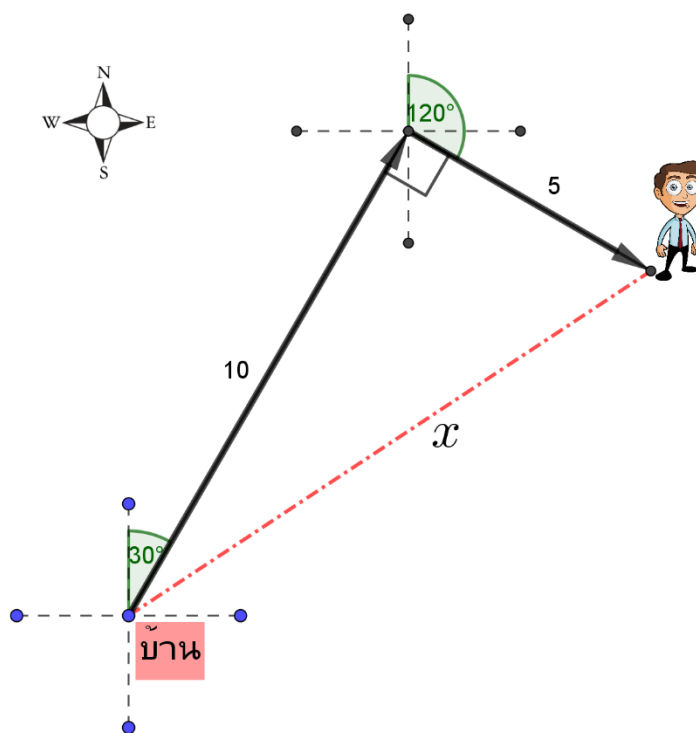
.....

.....

.....

พหุบัน ปณฺ ทิโต ชิว

แนวทางในการตอบ



ให้ระยะทางระหว่างบ้านและสมชาย คือ x

จากการหาระยะห่างระหว่างจุดสองจุดในระบบพิกัดฉากสองมิติที่ว่า ให้ $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$

ระยะห่างระหว่าง A และ B คือ $|AB| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$

การหาระยะห่างระหว่างบ้านและนายสมชายสามารถหาได้ ดังนี้

$$x = \sqrt{10^2 + 5^2}$$

$$= \sqrt{125}$$

$$= 5\sqrt{5}$$

ดังนั้น นายสมชายอยู่ห่างจากบ้านของตนเป็นระยะทาง $5\sqrt{5}$ หน่วย และอยู่ที่ทิศตะวันออกเฉียงเหนือของบ้าน

พูนุ ปณุกิตโต ชิว

เกณฑ์การให้คะแนน

ความรู้ความเข้าใจ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1. การแปลงข้อมูลที่กำหนดให้ ให้อยู่ | 4. สมบัติของมุมแย้ง |
| ในรูปประโยคสัญลักษณ์หรือรูปภาพ | 5. สมบัติของมุมตรงและมุมฉาก |
| 2. การกำหนดทิศทางของเวกเตอร์ | 6. สมบัติของกรณท์ |
| 3. ระยะห่างระหว่างจุดสองจุดในระบบ | |

พิกัดฉากสามมิติ

รายการประเมิน	คะแนน	พฤติกรรมที่ปรากฏ
การระบุนิยาม หลักการ และ วิธีการทาง คณิตศาสตร์	3	ระบุนิยาม หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ได้ครบและถูกต้อง ทั้ง 6 ข้อ
	2	ระบุนิยาม หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ได้ครบและถูกต้อง มากกว่าหรือเท่ากับ 3 ข้อ แต่ไม่ถึง 6 ข้อ
	1	ระบุนิยาม หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ได้ครบและถูกต้อง น้อยกว่า 3 ข้อ
	0	ไม่สามารถระบุนิยาม หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ได้หรือไม่ เขียนสิ่งใดเลย
การนำความรู้มา เชื่อมโยง	6	นำความรู้ทั้งหมดที่ได้ระบุไว้มาเชื่อมโยงได้อย่างถูกต้อง
	5	นำความรู้ทั้งหมดที่ได้ระบุไว้มาเชื่อมโยง แต่ไม่ถูกต้อง
	4	นำความรู้มากกว่าหรือเท่ากับครึ่งหนึ่ง แต่ไม่ครบทั้งหมด ตามที่ได้ ระบุไว้มาเชื่อมโยงอย่างถูกต้อง
	3	นำความรู้มากกว่าหรือเท่ากับครึ่งหนึ่ง แต่ไม่ครบทั้งหมด ตามที่ได้ ระบุไว้มาเชื่อมโยง แต่ไม่ถูกต้อง
	2	นำความรู้น้อยกว่าครึ่งหนึ่งที่ได้ระบุไว้มาเชื่อมโยงอย่างถูกต้อง
	1	นำความรู้น้อยกว่าครึ่งหนึ่งที่ได้ระบุไว้มาเชื่อมโยง แต่ไม่ถูกต้อง
	0	ไม่นำความรู้ที่ระบุไว้มาเชื่อมโยง
การตรวจสอบ คำตอบ	2	ตรวจสอบคำตอบได้อย่างถูกต้อง
	1	ตรวจสอบคำตอบไม่ถูกต้อง
	0	ไม่มีการตรวจคำตอบ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ สำหรับบวจรปฏิบัติการที่ 1

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม รหัส ค32202

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560

ข้อสอบทั้งหมด 8 ข้อ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 6 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน

และ แบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ ข้อละ 2 คะแนน

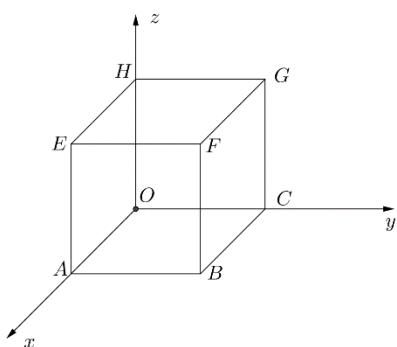
ตอนที่ 1 จงเลือกข้อที่ถูกต้องเพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. ส่วนประกอบในระบบพิกัดฉากสามมิติในข้อใดเกิดจากแกน X และ Z ตัดกัน

- ก. แกน XZ ข. ระนาบ XZ
ค. แกน XZ และ ระนาบ XZ ง. ไม่มีข้อถูก

2. ข้อใดต่อไปนี้ไม่ถูกต้อง

- ก. ตำแหน่งบนแกน Z ของจุด $A(5, 3, -2)$ คือ -2
ข. ภาพฉายของจุด $(8, 5, 2)$ บนระนาบ XY คือ $(5, 2)$
ค. ภาพฉายบนแกน Y ของ $(-5, 2, 1)$ คือ 2
ง. ในระบบพิกัดฉากสามมิติมีส่วนที่เกิดจากการตัดกันของแกน X, Y และ Z อยู่ด้วยกัน 8 ส่วน



จากรูปให้จุด F มีพิกัด $(3, 2, 4)$ ข้อใดคือพิกัดของจุด G

- ก. $(3, 2, 4)$ ข. $(3, 2, 0)$
ค. $(3, 0, 4)$ ง. $(0, 2, 4)$

4. จุดสองจุดในข้อใดที่มีระยะห่างเท่ากับ $\sqrt{86}$ หน่วย

- ก. $A(1, -2, 3), B(5, 1, 3)$
ข. $C(1, 3, 2), D(6, 2, 3)$
ค. $F(5, 7, -4), G(8, 9, -2)$
ง. $H(-2, -2, 2), I(-5, 1, 4)$

5. ปริมาณในข้อใดต่อไปนี้ เป็นปริมาณเวกเตอร์ทั้งหมด

- ก. น้ำหนัก, ความเร่ง, ความหนาแน่น
ข. ความหนาแน่น, การกระจัด, ความเร็ว
ค. ความเร่ง, แรง, โมเมนตัม
ง. อัตราเร็ว, การกระจัด, ความเร็ว

6. ระยะห่างระหว่างจุด $A(3, 2, 5)$ และ $B(-1, 2, -3)$ คือข้อใด

- ก. $2\sqrt{5}$ หน่วย ข. $3\sqrt{5}$ หน่วย
ค. $4\sqrt{5}$ หน่วย ง. $5\sqrt{5}$ หน่วย

ตัวอย่างแบบประเมินความพึงพอใจ
แบบประเมินความพึงพอใจ
การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจิบรา
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ลงในช่อง ตามความคิดเห็นของนักเรียน

ระดับ 5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด

ระดับ 3 หมายถึง เห็นด้วยมากปานกลาง

ระดับ 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก

ระดับ 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

ข้อที่	รายการ	ระดับ				
		1	2	3	4	5
1	นักเรียนเห็นว่ากิจกรรมที่นำมาใช้ไม่ยากเกินไปสำหรับนักเรียน					
2	นักเรียนเห็นว่ากิจกรรมที่ใช้เวลาไม่นานจนเกินไป					
3	นักเรียนคิดว่ากิจกรรมมีความยุ่งยาก น่าเบื่อ					
4	นักเรียนรู้สึกชอบความท้าทายของกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้ และทำการแก้ปัญหาด้วยตัวเอง					
5	นักเรียนชอบที่สมาชิกในกลุ่มทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี					
6	นักเรียนชอบที่เพื่อนในกลุ่มให้เกียรติและรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกคนอื่นในกลุ่ม					
7	นักเรียนชอบที่สมาชิกทุกคนในกลุ่มอธยาศัยดี มีความเป็นมิตร					
8	นักเรียนไม่ชอบกิจกรรมที่ต้องทำงานเป็นกลุ่ม					
9	นักเรียนพึงพอใจที่กิจกรรมทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ต่างๆมาเชื่อมโยงเพื่อแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้					
10	นักเรียนชอบที่กิจกรรมทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น					
11	นักเรียนพึงพอใจที่กิจกรรมทำให้นักเรียนจำเนื้อหาต่างๆได้นานขึ้น					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างแบบสังเกตทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

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

คำชี้แจง ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความเป็นจริง

ตัวชี้วัดที่ 1 เชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายข้อสรุป
 หรือเรื่องราวต่างๆ

ข้อที่	พฤติกรรมที่สังเกต	ใช่	ไม่ใช่	หมายเหตุ
1	1. ระบุได้ว่าต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดบ้างที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์			
2	2. ตัดสินใจได้ว่าต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดก่อนและเรื่องใดหลัง			
3	3. ผสมผสานความคิดรวบยอด หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม			

ตัวชี้วัดที่ 2 นำความรู้ และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ และในชีวิตจริง

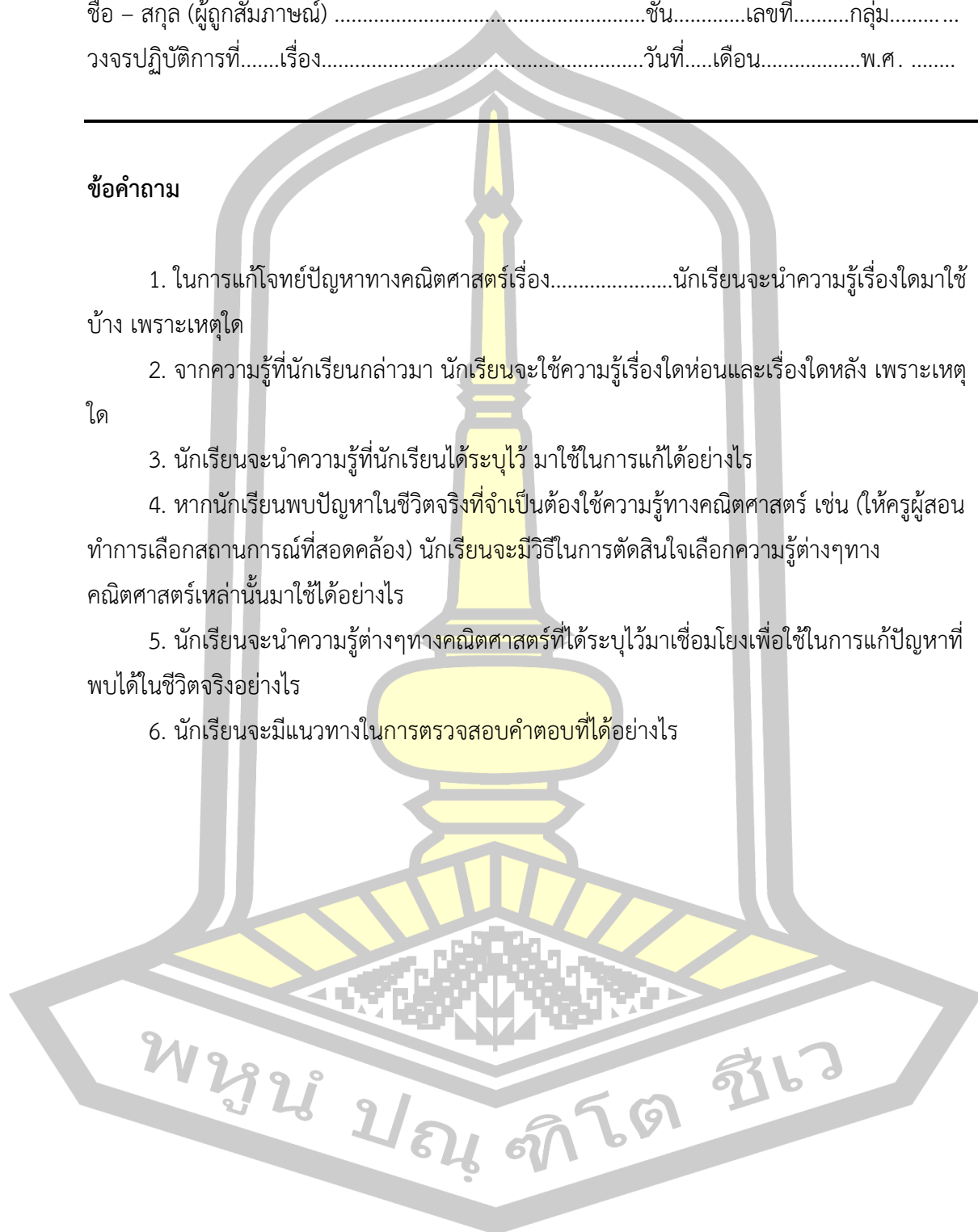
ข้อที่	พฤติกรรมที่สังเกต	ใช่	ไม่ใช่	หมายเหตุ
1	1. ระบุได้ว่าต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดบ้างที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พบได้ในชีวิตจริง			
2	2. ผสมผสานความคิดรวบยอด หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พบได้ในชีวิตจริงได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม			
3	3. เปรียบเทียบและประเมินความถูกต้องของคำตอบที่ได้จากการคำนวณกับสถานการณ์จริงได้			

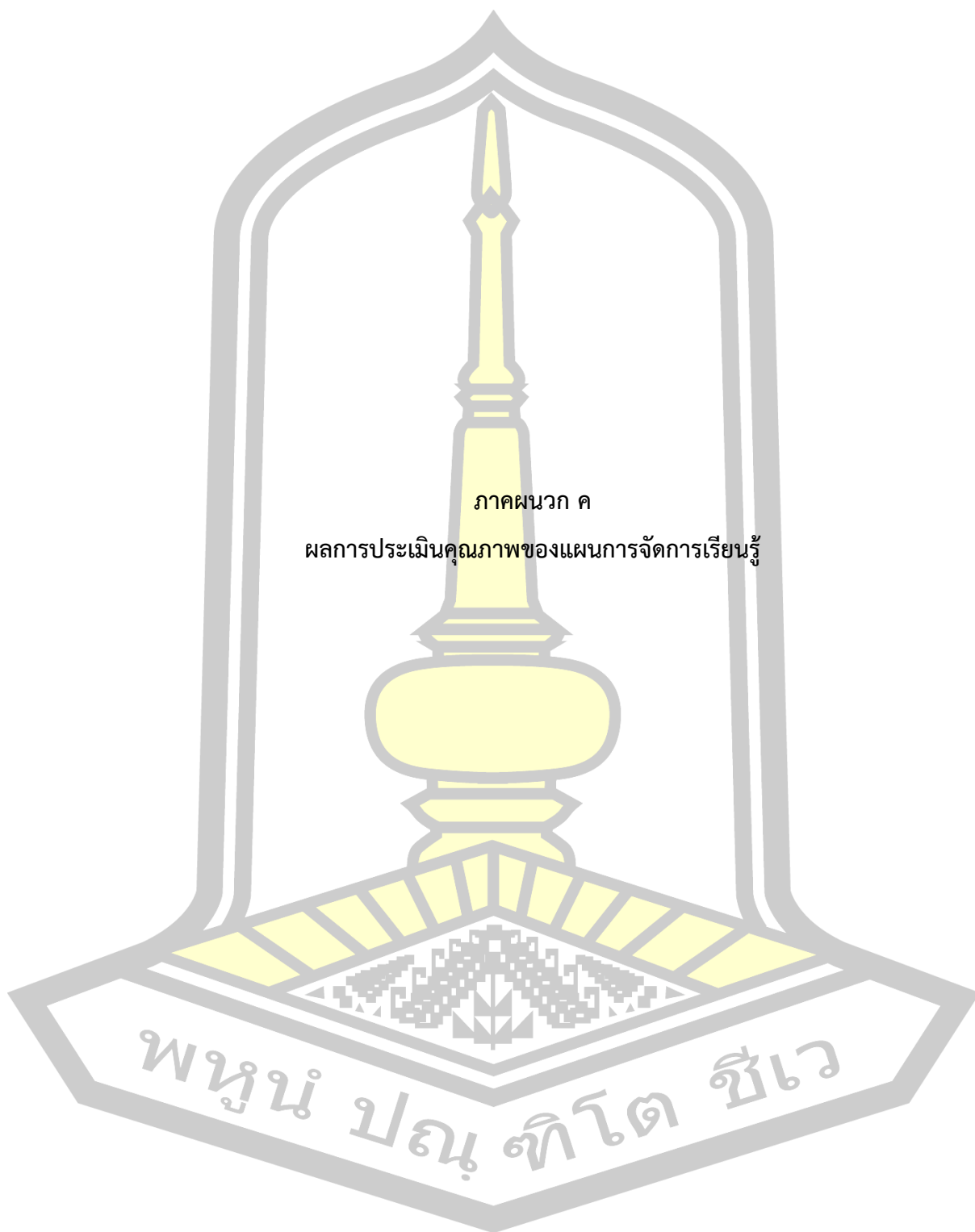
ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์นักเรียน

ชื่อ – สกุล (ผู้ถูกสัมภาษณ์)ชั้น.....เลขที่.....กลุ่ม.....
 วงจรปฏิบัติการที่.....เรื่อง.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

ข้อคำถาม

1. ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่อง.....นักเรียนจะนำความรู้เรื่องใดมาใช้บ้าง เพราะเหตุใด
2. จากความรู้ที่นักเรียนกล่าวมา นักเรียนจะใช้ความรู้เรื่องใดก่อนและเรื่องใดหลัง เพราะเหตุใด
3. นักเรียนจะนำความรู้ที่นักเรียนได้ระบุไว้ มาใช้ในการแก้ได้อย่างไร
4. หากนักเรียนพบปัญหาในชีวิตจริงที่จำเป็นต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เช่น (ให้ครูผู้สอนทำการเลือกสถานการณ์ที่สอดคล้อง) นักเรียนจะมีวิธีการตัดสินใจเลือกความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์เหล่านั้นมาใช้ได้อย่างไร
5. นักเรียนจะนำความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ที่ได้ระบุไว้มาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่พบได้ในชีวิตจริงอย่างไร
6. นักเรียนจะมีแนวทางในการตรวจสอบคำตอบที่ได้อย่างไร





ภาคผนวก ค

ผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

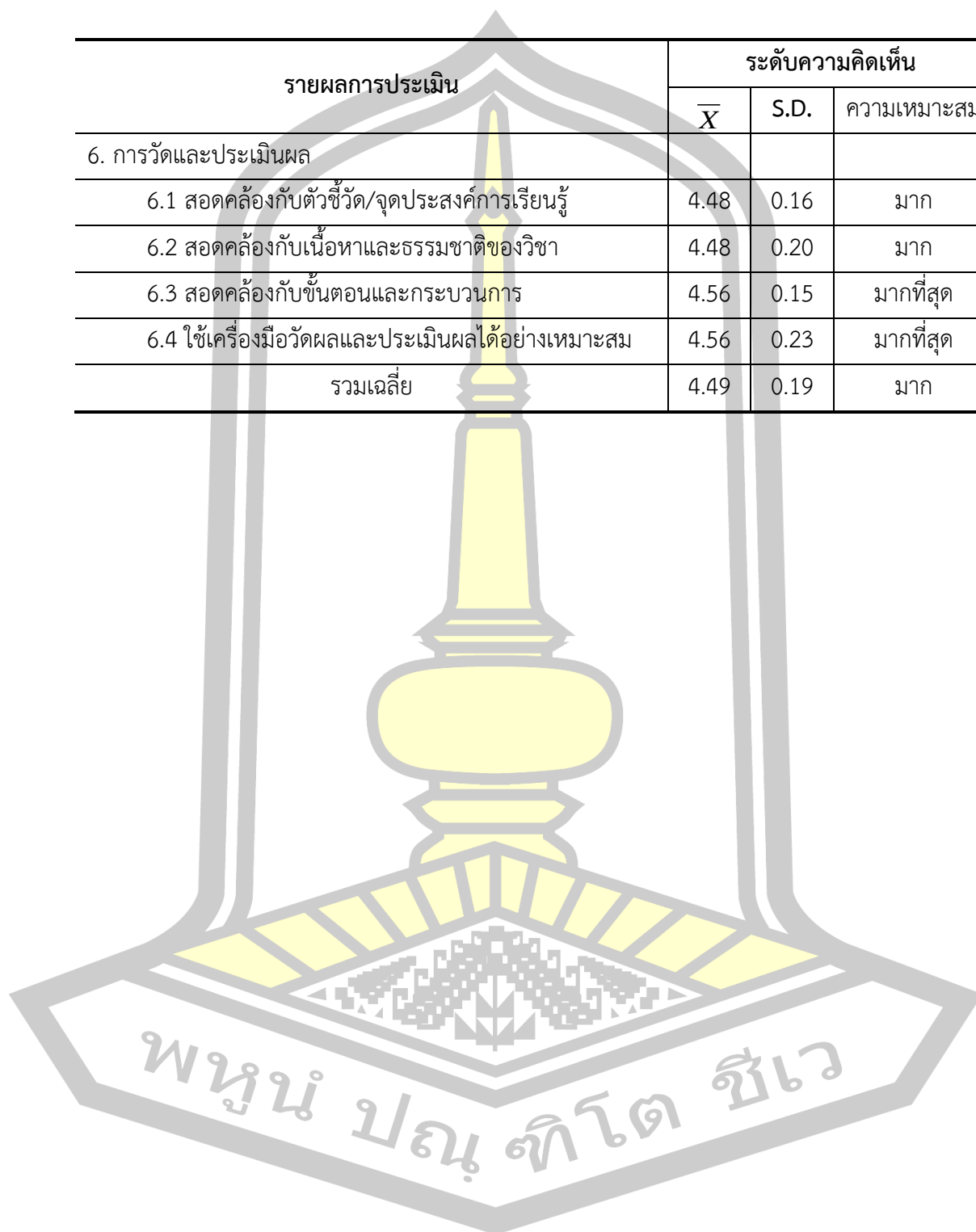
พหุบัณฑิตยสถาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 25 ผลผลการประเมินกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจีบรา
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	\bar{X}	S.D.	ความเหมาะสม
1. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด			
1.1 แสดงถึงความคิดรวบยอดหรือแก่นของเรื่อง	4.64	0.27	มากที่สุด
1.2 สัมพันธ์กับตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา	4.20	0.20	มาก
2. ตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 ถูกต้องตามหลักการเขียน	4.36	0.23	มาก
2.2 เข้าใจง่ายและชัดเจน	4.60	0.22	มากที่สุด
2.3 ครอบคลุมพฤติกรรมกรเรียนรู้	4.36	0.23	มาก
3. เนื้อหา/สาระการเรียนรู้			
3.1 ถูกต้องตามหลักวิชาการ	4.44	0.15	มาก
3.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้	4.52	0.24	มากที่สุด
3.3 มีความชัดเจน ไม่สับสน น่าสนใจ	4.48	0.20	มาก
3.4 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	4.48	0.16	มาก
4. การจัดกระบวนการเรียนรู้			
4.1 เรียงลำดับขั้นตอนได้เหมาะสม	4.40	0.18	มาก
4.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้	4.64	0.20	มากที่สุด
4.3 กิจกรรมเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	4.56	0.23	มากที่สุด
4.4 ส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	4.60	0.18	มากที่สุด
5. สื่อการเรียน/แหล่งการเรียนรู้			
5.1 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.68	0.10	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับเนื้อหาและกระบวนการเรียนรู้	4.44	0.20	มาก
5.3 ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหา สาระการเรียนรู้ได้	4.36	0.29	มาก

ตาราง 25 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	\bar{X}	S.D.	ความเหมาะสม
6. การวัดและประเมินผล			
6.1 สอดคล้องกับตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้	4.48	0.16	มาก
6.2 สอดคล้องกับเนื้อหาและธรรมชาติของวิชา	4.48	0.20	มาก
6.3 สอดคล้องกับขั้นตอนและกระบวนการ	4.56	0.15	มากที่สุด
6.4 ใช้เครื่องมือวัดผลและประเมินผลได้อย่างเหมาะสม	4.56	0.23	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย	4.49	0.19	มาก

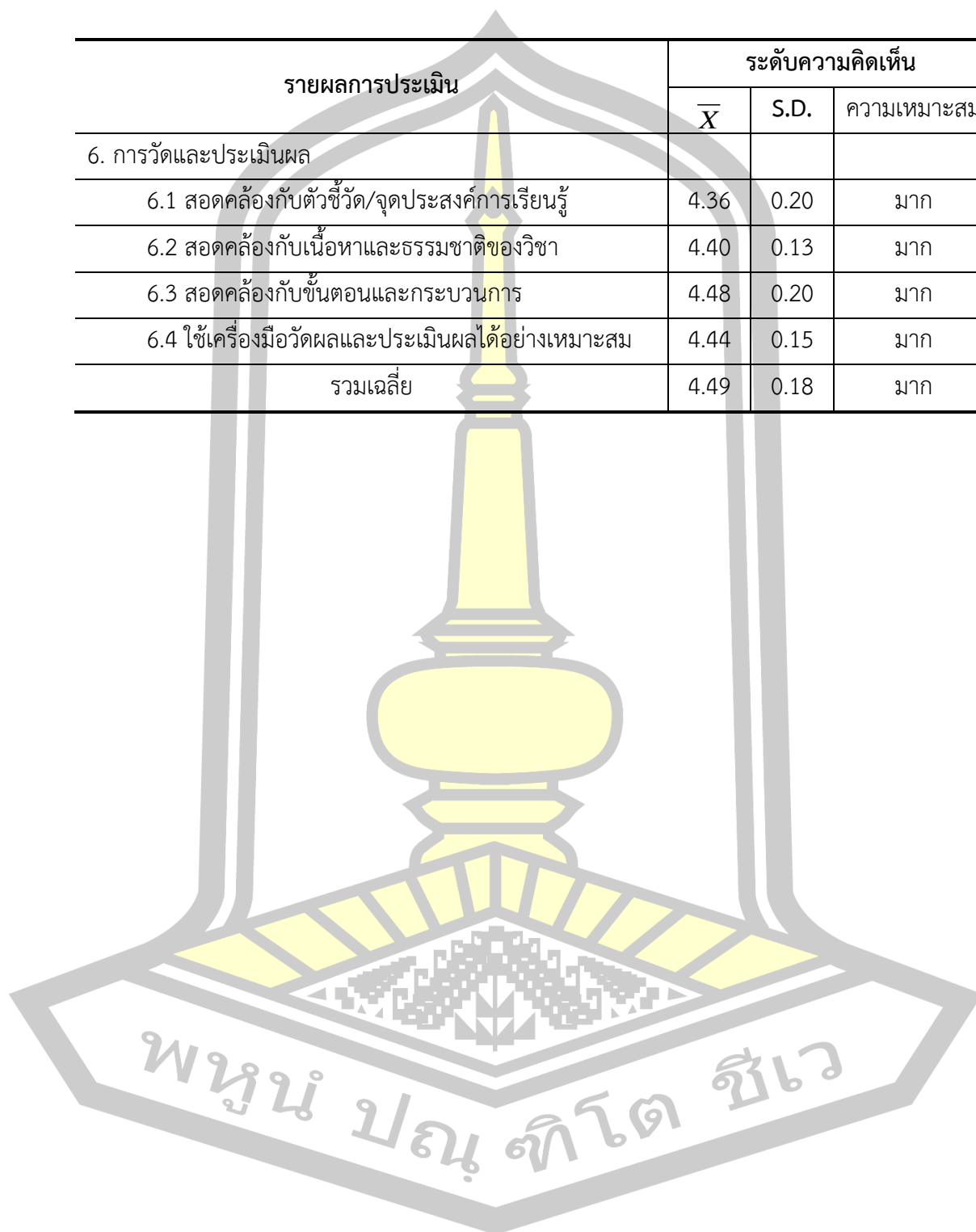


ตาราง 26 ผลผลการประเมินกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจีบรา
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	\bar{X}	S.D.	ความเหมาะสม
1. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด			
1.1 แสดงถึงความคิดรวบยอดหรือแก่นของเรื่อง	4.52	0.16	มากที่สุด
1.2 สัมพันธ์กับตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา	4.64	0.15	มากที่สุด
2. ตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 ถูกต้องตามหลักการเขียน	4.56	0.15	มากที่สุด
2.2 เข้าใจง่ายและชัดเจน	4.48	0.16	มาก
2.3 ครอบคลุมพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้	4.52	0.20	มากที่สุด
3. เนื้อหา/สาระการเรียนรู้			
3.1 ถูกต้องตามหลักวิชาการ	4.48	0.20	มาก
3.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้	4.44	0.20	มาก
3.3 มีความชัดเจน ไม่สับสน น่าสนใจ	4.68	0.16	มากที่สุด
3.4 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	4.44	0.15	มาก
4. การจัดกระบวนการเรียนรู้			
4.1 เรียงลำดับขั้นตอนได้เหมาะสม	4.36	0.15	มาก
4.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้	4.52	0.10	มากที่สุด
4.3 กิจกรรมเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	4.44	0.34	มาก
4.4 ส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	4.36	0.15	มาก
5. สื่อการเรียน/แหล่งการเรียนรู้			
5.1 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.56	0.15	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับเนื้อหาและกระบวนการเรียนรู้	4.60	0.18	มากที่สุด
5.3 ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหา สาระการเรียนรู้ได้	4.56	0.27	มากที่สุด

ตาราง 26 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	\bar{X}	S.D.	ความเหมาะสม
6. การวัดและประเมินผล			
6.1 สอดคล้องกับตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้	4.36	0.20	มาก
6.2 สอดคล้องกับเนื้อหาและธรรมชาติของวิชา	4.40	0.13	มาก
6.3 สอดคล้องกับขั้นตอนและกระบวนการ	4.48	0.20	มาก
6.4 ใช้เครื่องมือวัดผลและประเมินผลได้อย่างเหมาะสม	4.44	0.15	มาก
รวมเฉลี่ย	4.49	0.18	มาก

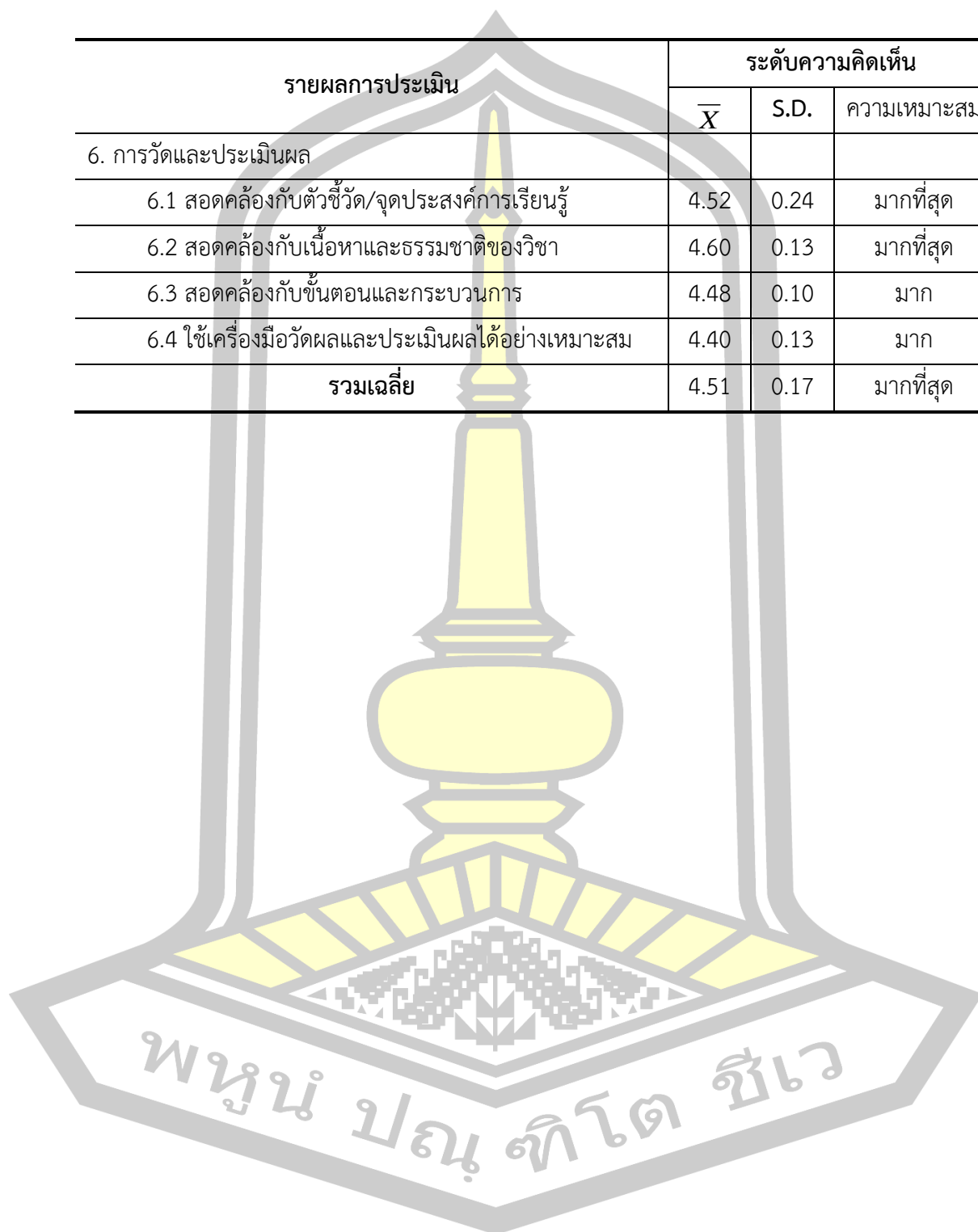


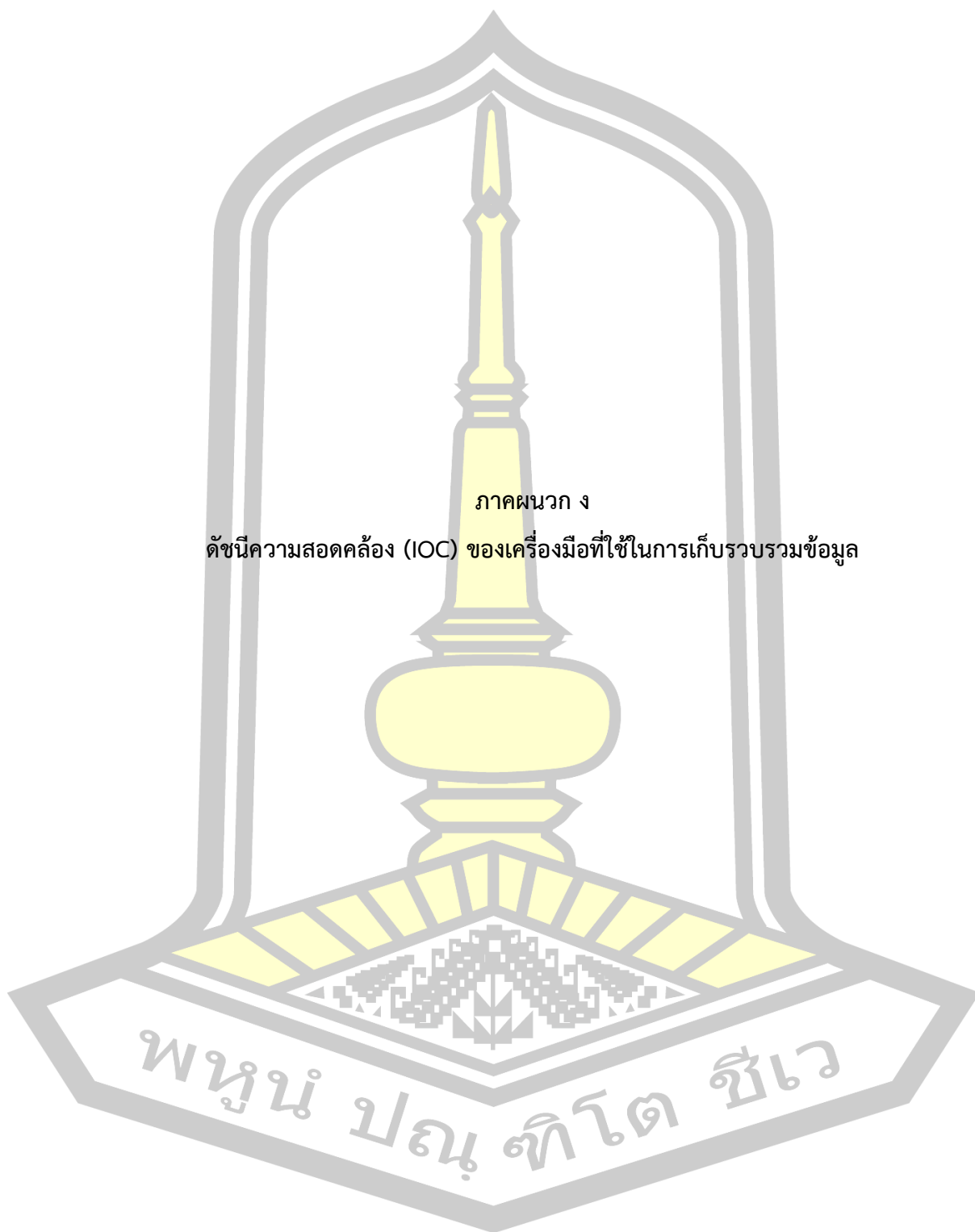
ตาราง 27 ผลผลการประเมินกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจีบรา
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	\bar{X}	S.D.	ความเหมาะสม
1. สารสำคัญ/ความคิดรวบยอด			
1.1 แสดงถึงความคิดรวบยอดหรือแก่นของเรื่อง	4.52	0.16	มากที่สุด
1.2 สัมพันธ์กับตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา	4.64	0.08	มากที่สุด
2. ตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 ถูกต้องตามหลักการเขียน	4.56	0.15	มากที่สุด
2.2 เข้าใจง่ายและชัดเจน	4.44	0.23	มาก
2.3 ครอบคลุมพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้	4.40	0.22	มาก
3. เนื้อหา/สาระการเรียนรู้			
3.1 ถูกต้องตามหลักวิชาการ	4.52	0.20	มากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้	4.52	0.10	มากที่สุด
3.3 มีความชัดเจน ไม่สับสน น่าสนใจ	4.48	0.16	มาก
3.4 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	4.56	0.20	มากที่สุด
4. การจัดกระบวนการเรียนรู้			
4.1 เรียงลำดับขั้นตอนได้เหมาะสม	4.56	0.15	มากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้	4.56	0.20	มากที่สุด
4.3 กิจกรรมเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	4.44	0.29	มาก
4.4 ส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	4.56	0.23	มากที่สุด
5. สื่อการเรียน/แหล่งการเรียนรู้			
5.1 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.48	0.16	มาก
5.2 สอดคล้องกับเนื้อหาและกระบวนการเรียนรู้	4.60	0.18	มากที่สุด
5.3 ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหา สาระการเรียนรู้ได้	4.44	0.15	มาก

ตาราง 27 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	\bar{X}	S.D.	ความเหมาะสม
6. การวัดและประเมินผล			
6.1 สอดคล้องกับตัวชี้วัด/จุดประสงค์การเรียนรู้	4.52	0.24	มากที่สุด
6.2 สอดคล้องกับเนื้อหาและธรรมชาติของวิชา	4.60	0.13	มากที่สุด
6.3 สอดคล้องกับขั้นตอนและกระบวนการ	4.48	0.10	มาก
6.4 ใช้เครื่องมือวัดผลและประเมินผลได้อย่างเหมาะสม	4.40	0.13	มาก
รวมเฉลี่ย	4.51	0.17	มากที่สุด





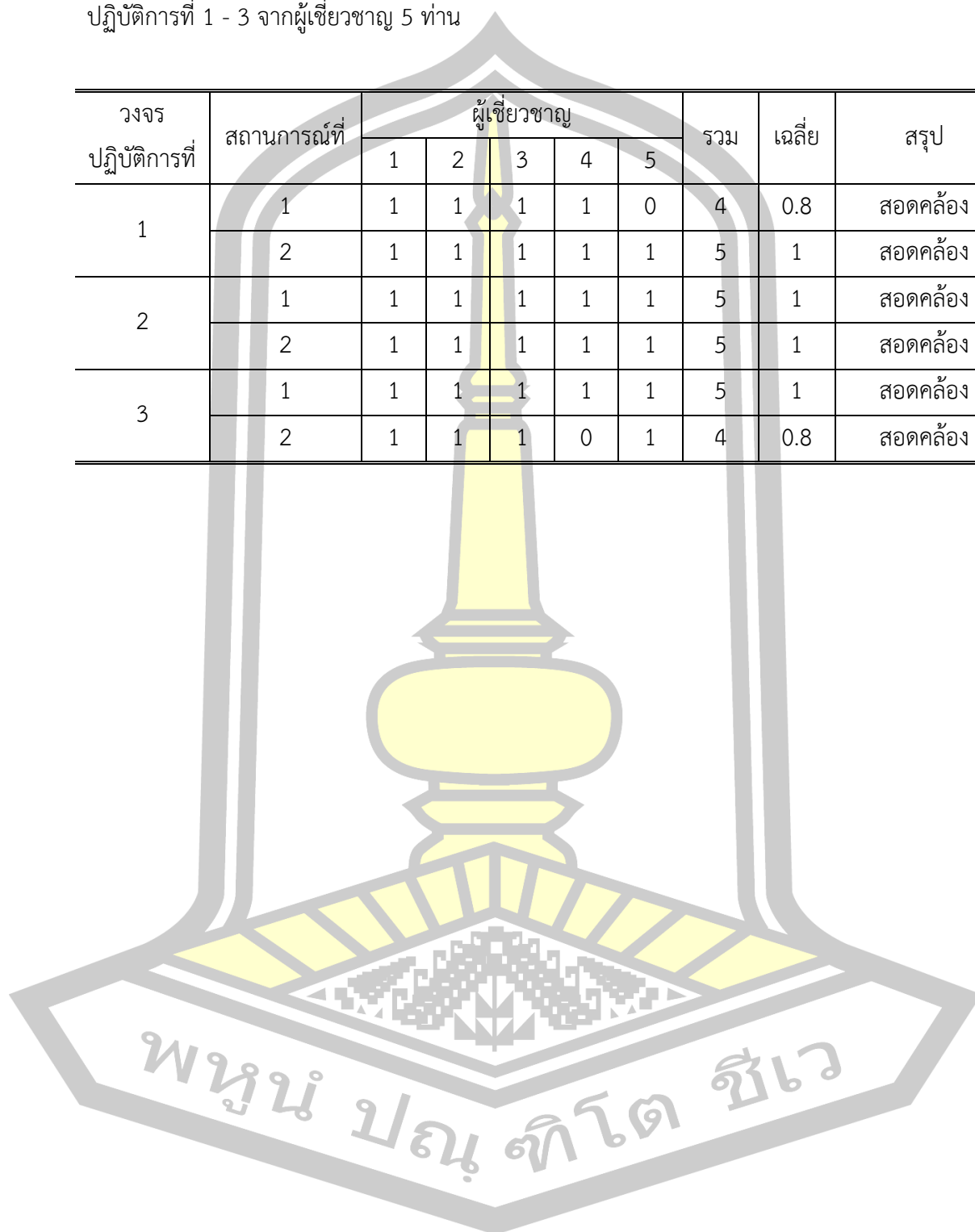
ภาคผนวก ง

ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

พหุบัณฑิตยาลัย

ตาราง 28 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในวงจร
 ปฏิบัติการที่ 1 - 3 จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

วงจร ปฏิบัติการที่	สถานการณ์ที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	สรุป
		1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	0	4	0.8	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	2	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
	2	1	1	1	0	1	4	0.8	สอดคล้อง



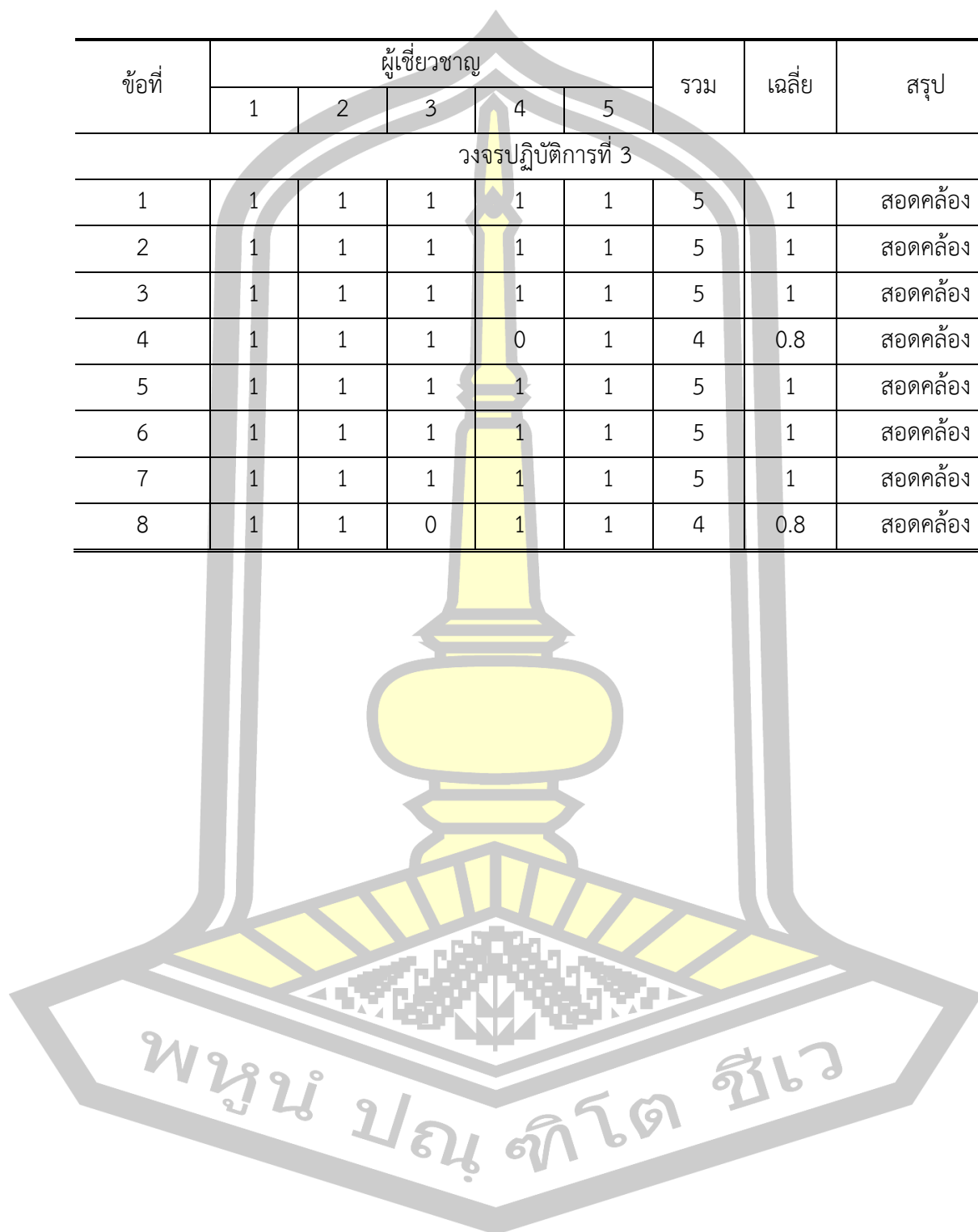
ตาราง 29 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เวกเตอร์ในสามมิติ
ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 - 3 จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	สรุป
	1	2	3	4	5			
วงจรปฏิบัติการที่ 1								
1	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	0	4	0.8	สอดคล้อง
7	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
8	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
วงจรปฏิบัติการที่ 2								
1	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2	0	0	1	1	1	3	0.6	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
7	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
8	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง

พหุ ประถมศึกษา

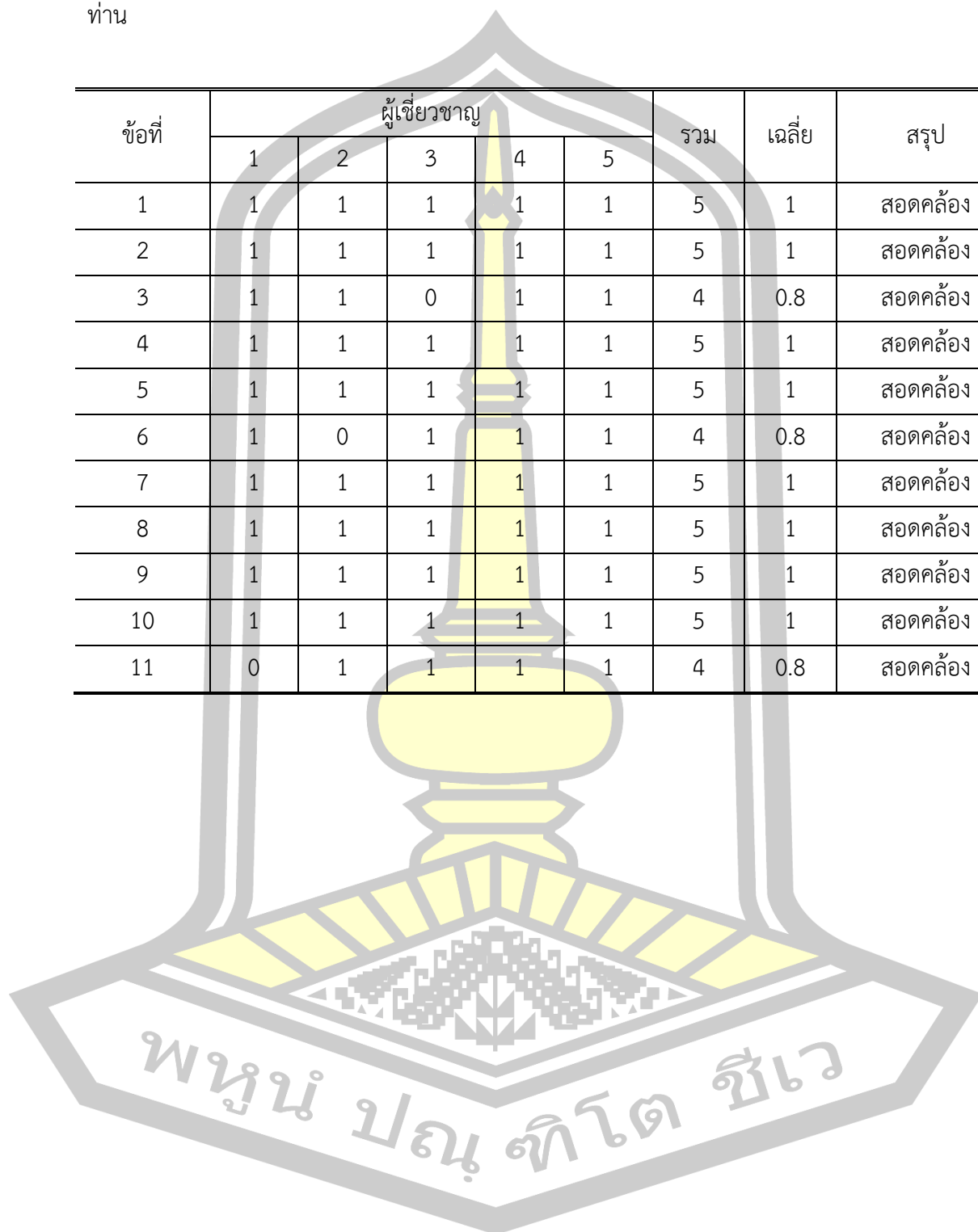
ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	สรุป
	1	2	3	4	5			
วงจรปฏิบัติการที่ 3								
1	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4	1	1	1	0	1	4	0.8	สอดคล้อง
5	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
7	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
8	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง



ตาราง 30 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความพึงพอใจ จำนวน 11 ข้อ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	สรุป
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
6	1	0	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
7	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
8	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
9	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
10	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
11	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง



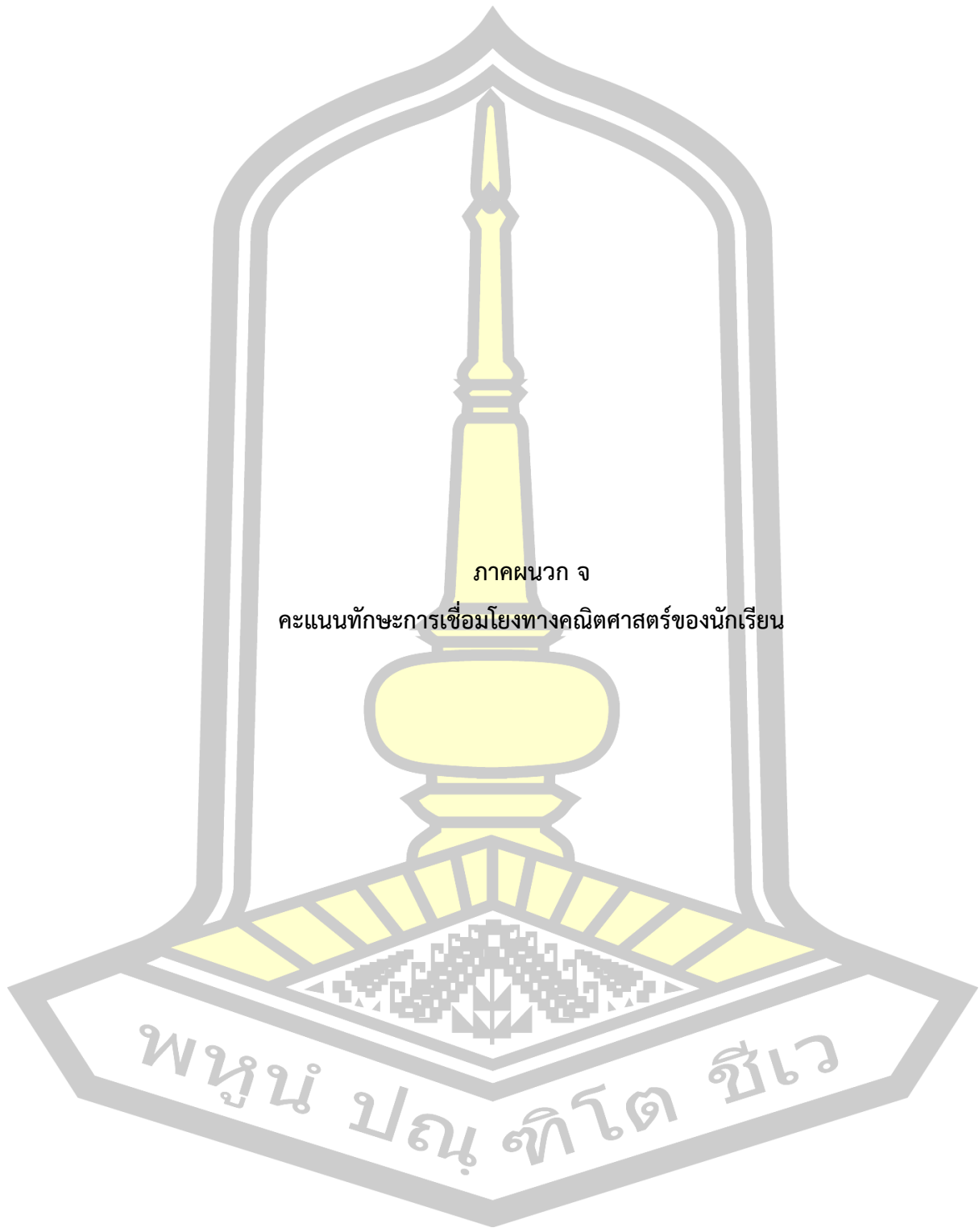
ตาราง 31 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน จำนวน 6 ข้อ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	สรุป
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5	1	1	0	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
6	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง

ตาราง 32 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสัมภาษณ์นักเรียน จำนวน 6 ข้อ จากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	เฉลี่ย	สรุป
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง
5	0	1	1	1	1	4	0.8	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	1	5	1	สอดคล้อง

พหุ ประถมศึกษา



ภาคผนวก จ

คะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

พหุบัน ปณฺ ทิโต ชีเว

ตาราง 33 คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 1

นักเรียนคนที่	ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์					
	องค์ประกอบที่ 1		องค์ประกอบที่ 2		รวม	
	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการประเมิน	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการประเมิน	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการประเมิน
1	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์
2	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	50.00	ผ่านเกณฑ์
3	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์
4	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	63.64	พอใช้	50.00	ผ่านเกณฑ์
5	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์
6	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์
7	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์
8	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
9	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์
10	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์
11	27.27	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์
12	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
13	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์
14	54.55	ผ่านเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	50.00	ผ่านเกณฑ์
15	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์
16	63.64	พอใช้	54.55	ผ่านเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์
17	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	50.00	ผ่านเกณฑ์
18	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์
19	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์
20	63.64	พอใช้	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	50.00	ผ่านเกณฑ์

ตาราง 33 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์					
	องค์ประกอบที่ 1		องค์ประกอบที่ 2		รวม	
	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการประเมิน	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการประเมิน	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการประเมิน
21	54.55	ผ่านเกณฑ์	27.27	ต่ำกว่าเกณฑ์	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์
22	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์
23	27.27	ต่ำกว่าเกณฑ์	27.27	ต่ำกว่าเกณฑ์	27.27	ต่ำกว่าเกณฑ์
24	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์
25	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	27.27	ต่ำกว่าเกณฑ์	31.82	ต่ำกว่าเกณฑ์
26	54.55	ผ่านเกณฑ์	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์
27	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	27.27	ต่ำกว่าเกณฑ์	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์
28	27.27	ต่ำกว่าเกณฑ์	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	31.82	ต่ำกว่าเกณฑ์
29	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์
30	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์
31	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	50.00	ผ่านเกณฑ์
32	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์
33	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์
34	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	63.64	พอใช้	54.55	ผ่านเกณฑ์
35	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	63.64	พอใช้	50.00	ผ่านเกณฑ์
36	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	72.73	ดี	59.09	ผ่านเกณฑ์
37	63.64	พอใช้	45.45	ดี	68.18	พอใช้
\bar{X}	43.73	ต่ำกว่าเกณฑ์	47.17	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์
S.D.	9.41	-	11.55	-	7.98	-

ตาราง 34 คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทาง
 คณิตศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการ
 เชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 2

นักเรียนคนที่	ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์					
	องค์ประกอบที่ 1		องค์ประกอบที่ 2		รวม	
	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการ ประเมิน	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการ ประเมิน	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการประเมิน
1	81.81	ดีมาก	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์
2	72.72	ดี	27.27	ต่ำกว่าเกณฑ์	50.00	ผ่านเกณฑ์
3	54.54	ผ่านเกณฑ์	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์
4	90.90	ดีมาก	27.27	ต่ำกว่าเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์
5	54.54	ผ่านเกณฑ์	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์
6	54.54	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
7	63.63	พอใช้	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
8	54.54	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
9	72.73	ดี	54.55	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้
10	63.64	พอใช้	63.64	พอใช้	63.64	พอใช้
11	81.82	ดีมาก	54.55	ผ่านเกณฑ์	68.18	พอใช้
12	90.91	ดีมาก	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	68.18	พอใช้
13	72.73	ดี	18.18	ต่ำกว่าเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์
14	63.64	พอใช้	54.55	ผ่านเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์
15	72.73	ดี	63.64	พอใช้	68.18	พอใช้
16	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
17	63.64	พอใช้	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
18	72.73	ดี	27.27	ต่ำกว่าเกณฑ์	50.00	ผ่านเกณฑ์
19	54.55	ผ่านเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	50.00	ผ่านเกณฑ์
20	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์

ตาราง 34 (ต่อ)

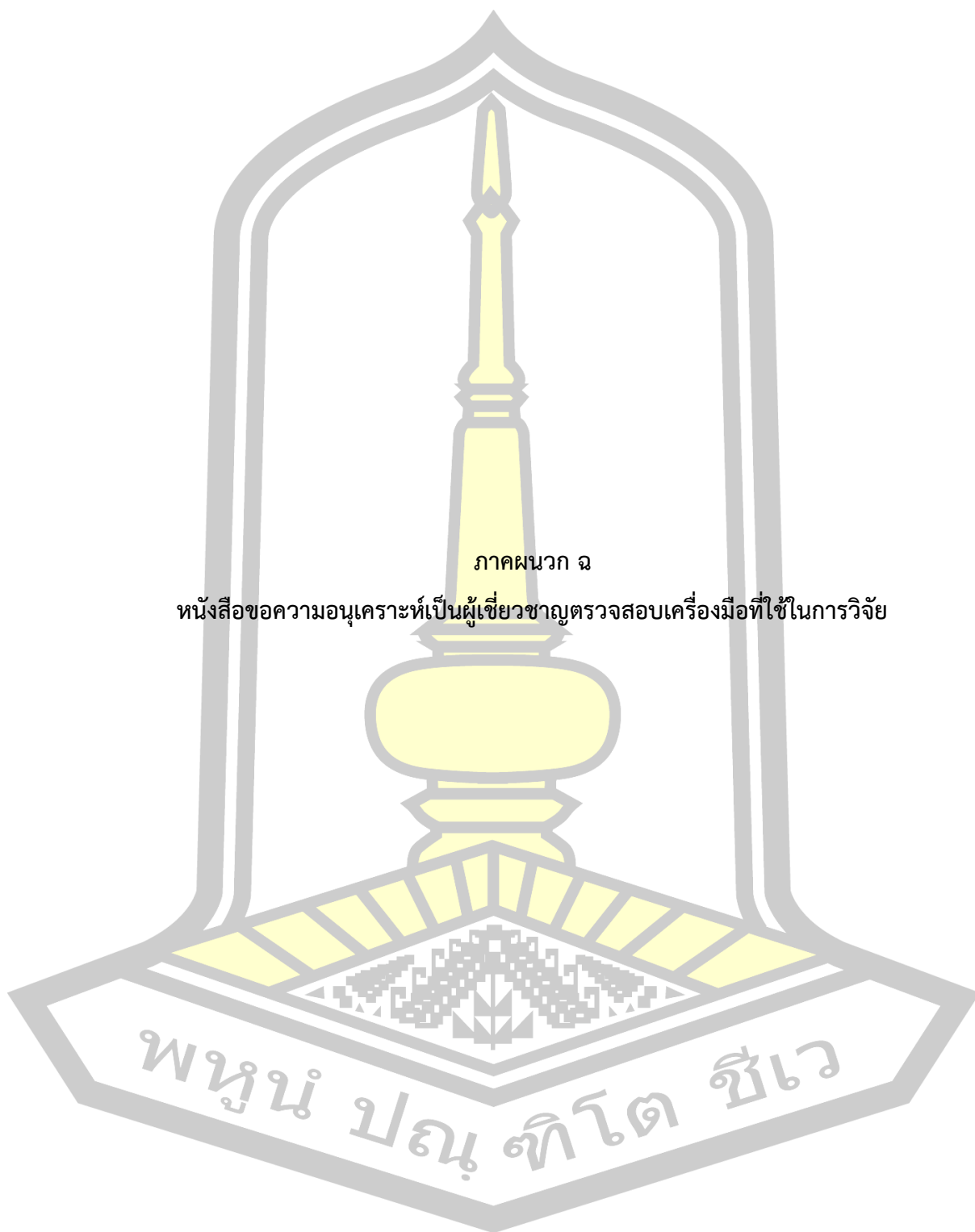
นักเรียนคนที่	ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์					
	องค์ประกอบที่ 1		องค์ประกอบที่ 2		รวม	
	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการประเมิน	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการประเมิน	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการประเมิน
21	54.55	ผ่านเกณฑ์	27.27	ต่ำกว่าเกณฑ์	40.91	ต่ำกว่าเกณฑ์
22	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
23	81.82	ดีมาก	63.64	พอใช้	72.73	ดี
24	81.82	ดีมาก	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	63.64	พอใช้
25	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
26	90.91	ดีมาก	54.55	ผ่านเกณฑ์	72.73	ดี
27	63.64	พอใช้	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	50.00	ผ่านเกณฑ์
28	72.73	ดี	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
29	54.55	ผ่านเกณฑ์	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	50.00	ผ่านเกณฑ์
30	63.64	พอใช้	54.55	ผ่านเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์
31	63.64	พอใช้	63.64	พอใช้	63.64	พอใช้
32	72.73	ดี	54.55	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้
33	90.91	ดีมาก	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	68.18	พอใช้
34	81.82	ดีมาก	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์
35	63.64	พอใช้	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
36	72.73	ดี	54.55	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้
37	81.82	ดีมาก	36.36	ต่ำกว่าเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์
\bar{X}	68.75	พอใช้	46.19	ต่ำกว่าเกณฑ์	57.47	ผ่านเกณฑ์
S.D.	12.24	-	11.55	-	7.78	-

ตาราง 35 คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่ได้จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการที่ 3

นักเรียนคนที่	ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์					
	องค์ประกอบที่ 1		องค์ประกอบที่ 2		รวม	
	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการประเมิน	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการประเมิน	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการประเมิน
1	54.55	ผ่านเกณฑ์	72.73	ดี	63.64	พอใช้
2	63.64	พอใช้	63.64	พอใช้	63.64	พอใช้
3	63.64	พอใช้	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
4	63.64	พอใช้	54.55	ผ่านเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์
5	54.55	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้	59.09	ผ่านเกณฑ์
6	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
7	63.64	พอใช้	54.55	ผ่านเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์
8	72.73	ดี	54.55	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้
9	81.82	ดีมาก	54.55	ผ่านเกณฑ์	68.18	พอใช้
10	72.73	ดี	63.64	พอใช้	68.18	พอใช้
11	81.82	ดีมาก	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	63.64	พอใช้
12	72.73	ดี	72.73	ดี	72.73	ดี
13	72.73	ดี	63.64	พอใช้	68.18	พอใช้
14	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	72.73	ดี	59.09	ผ่านเกณฑ์
15	63.64	พอใช้	72.73	ดี	68.18	พอใช้
16	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
17	54.55	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้	59.09	ผ่านเกณฑ์
18	63.64	พอใช้	54.55	ผ่านเกณฑ์	59.09	ผ่านเกณฑ์
19	72.73	ดี	54.55	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้
20	90.91	ดีมาก	63.64	พอใช้	77.27	ดี

ตาราง 35 (ต่อ)

นักเรียนคนที่	ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์					
	องค์ประกอบที่ 1		องค์ประกอบที่ 2		รวม	
	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการประเมิน	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการประเมิน	คะแนน (ร้อยละ)	ผลการประเมิน
21	63.64	พอใช้	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
22	63.64	พอใช้	63.64	พอใช้	63.64	พอใช้
23	72.73	ดี	72.73	ดี	72.73	ดี
24	72.73	ดี	63.64	พอใช้	68.18	พอใช้
25	63.64	พอใช้	63.64	พอใช้	63.64	พอใช้
26	72.73	ดี	72.73	ดี	72.73	ดี
27	63.64	พอใช้	63.64	พอใช้	63.64	พอใช้
28	72.73	ดี	54.55	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้
29	63.64	พอใช้	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
30	63.64	พอใช้	72.73	ดี	68.18	พอใช้
31	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	63.64	พอใช้	54.55	ผ่านเกณฑ์
32	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
33	72.73	ดี	54.55	ผ่านเกณฑ์	63.64	พอใช้
34	63.64	พอใช้	63.64	พอใช้	63.64	พอใช้
35	45.45	ต่ำกว่าเกณฑ์	72.73	ดี	59.09	ผ่านเกณฑ์
36	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์	54.55	ผ่านเกณฑ์
37	72.73	ดี	63.64	พอใช้	68.18	พอใช้
\bar{X}	64.88	พอใช้	60.64	พอใช้	62.76	พอใช้
S.D.	12.24	-	11.55	-	7.78	-



ภาคผนวก ฉ

หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

พหุ ประทีป ชีวะ



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 2859

6 ธันวาคม 2560

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.สมทรง สิทธิ

ด้วย นายศรชัย ปราบงเหลื่อม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา 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

พหุ อนุ ทิโต ชีเว



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 2859

6 ธันวาคม 2560

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชวลิต เอี่ยมเจริญ

ด้วย นายศรชัย ปรามบุญเหลือม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี 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 2859

6 ธันวาคม 2560

เรื่อง ขออนุมัติครุภัณฑ์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร. ทศน์ศิริรินทร์ สว่างบุญ

ด้วย นายศรชัย ปราบุญเหลืออม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขออนุมัติครุภัณฑ์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์





บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 2859

6 ธันวาคม 2560

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ญาณภัทร สีหะมงคล

ด้วย นายศรชัย ปราบุญเหลือม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี

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 2859

6 ธันวาคม 2560

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราพร เอราวรรณ

ด้วย นายศรชัย ปรามงูเหลือม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี

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 2859 6 ธันวาคม 2560
 เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ

ด้วย นายศรชัย ปราบบงเหลื่อม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และ
 คณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนา
 ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็น
 ฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และ
 คณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้
 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 2859 6 ธันวาคม 2560
 เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภมรพรรณ บุระยาตร์

ด้วย นายศรชัย ปราบบงเหลือม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และ
 คณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนา
 ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็น
 ฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และ
 คณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี
 เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์
 คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และ
 มีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้
 ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้นำไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
 คณบดีคณะศึกษาศาสตร์





ที่ ศช. 0530.5(2) / ว 2859

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

6 ธันวาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นายสวัสดิ์ จันทร์มนตรี

ด้วย นายศรชัย ปราบภูเหล็กนิม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี 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 0843915955



ที่ ศธ. 0530.5(2) /ว 2859

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

6 ธันวาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นายสุรเดช แก้วแสนเมือง

ด้วย นายศรชัย ปรามบุงเหลื่อม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และ
คณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนา
ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็น
ฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และ
คณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และ
มีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้
ในการวิจัย 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 0843915955



ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 2859

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

6 ธันวาคม 2560

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางสิริพร ภูหัวดอน

ด้วย นายศรชัย ปรากฏเหลือม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิตินจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิติน 0843915955



ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 2859

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

6 ธันวาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางสาวสมพร พลพันธ์

ด้วย นายศรชัย ปราบงเหลือม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีไอจีบรา 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 0843915955



ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 2859

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

6 ธันวาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางสาวรัชนี นรินทร์รัมย์

ด้วย นายศรชัย ปราบงเหลือม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิตินจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.อารยา ปิยะกุล)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิติน 0843915955



ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 2859

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

6 ธันวาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางยุพิน พลเรือง

ด้วย นายศรชัย ปราบงเหลื่อม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี 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 0843915955



ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 2859

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

6 ธันวาคม 2560

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นายทรงรัตน์ ภารสถิตย์

ด้วย นายศรชัย ปราบงเหลือม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา 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 0843915955



ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 2859

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

6 ธันวาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางสาวพิน เหลืองวิริยะศิริ

ด้วย นายศรชัย ปราบงูเหลือม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และ
คณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนา
ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็น
ฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร กศ.ม. การสอนวิทยาศาสตร์และ
คณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี ทองมูล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักในครั้งนี
เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และ
มีประสบการณ์ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้
ในการวิจัย 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 0843915955



ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 2859

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

6 ธันวาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางอากาศพร ปัญญาฟู

ด้วย นายศรชัย ปราบงเหลือม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา 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 0843915955



ที่ ศธ. 0530.5(2) / ว 2859

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

6 ธันวาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางวิมาน ศรีผิวจันทร์

ด้วย นายศรชัย ปราบบงเหลื่อม นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมจีโอจีบรา 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 0843915955

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายศรชัย ปราบงเหลื่อม
วันเกิด	วันที่ 9 พฤศจิกายน พ.ศ. 2536
สถานที่เกิด	อำเภอวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 297 หมู่ 18 ตำบลวาริชภูมิ อำเภอวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร รหัสไปรษณีย์ 47150
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2551 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนวาริชวิทยา จังหวัดสกลนคร พ.ศ. 2554 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวาริชวิทยา จังหวัดสกลนคร พ.ศ. 2559 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร พ.ศ. 2561 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการสอน วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	ทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)

พูนัน ปณฺ ทิโต ชีเว