

ผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบถามด้วยประยุคต์ที่มีต่อพัฒนาการความสามารถ  
ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)  
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF FEEDBACK FROM MODIFIED ESSAY QUESTION ON MATHEMATICS  
PROBLEM SOLVING ABILITY DEVELOPMENT OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Mr. Katikorn Kamolrattanasombat



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Education Program in Educational Measurement and  
Evaluation

Department of Educational Research and Psychology

Faculty of Education

Chulalongkorn University

Academic Year 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์  
ที่มีต่อพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทาง  
คณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

โดย

นายกิติกร กมลรัตน์สมบัติ

สาขาวิชา

การวัดและประเมินผลการศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ ตั้งชนกานนท์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโททางการศึกษา

..... คณบดีคณะครุศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.บัญชา ชลาภิรมย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.โชติกา ภาชีผล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(รองศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ ตั้งชนกานนท์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล กฤษณะกุล)

กติกกร กมลรัตน์สมบัติ : ผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตรันัยประยุกต์ที่มีต่อพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (EFFECTS OF FEEDBACK FROM MODIFIED ESSAY QUESTION ON MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY DEVELOPMENT OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.กมลวรรณ ดงชนกานนท์, 183 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ (1) เพื่อพัฒนาแบบสอบอัตรันัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เภณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง (2) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอัตรันัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เภณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง และ (3) เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตรันัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การวิจัยประเภทกึ่งทดลองแบบอนุกรมเวลา ตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 30 คน และกลุ่มควบคุม 30 คน แต่ละกลุ่มจะแบ่งเป็นนักเรียนตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ระดับละ 10 คน เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบอัตรันัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เภณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง สถิติที่ใช้คือสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

(1) แบบสอบอัตรันัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีจำนวน 3 ฉบับที่มีความเป็นคู่ขนานกัน แต่ละฉบับมีจำนวน 3 เหตุการณ์เรื่องจำนวน ความยาว ระยะเวลา แต่ละเหตุการณ์มีสถานการณ์และข้อคำถาม 4 ข้อที่วัดความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา และทบทวนและตรวจสอบคำตอบ รวมทั้งฉบับมีข้อคำถาม 12 ข้อ เภณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยใช้องค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2, 1 และ 0 คะแนน) การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2, 1 และ 0 คะแนน) และการตีความ (1 และ 0 คะแนน) ส่วนข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงให้ตามองค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (ระดับ A, B และ C) และการตีความ (ระดับ B และ C)

(2) แบบสอบอัตรันัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีสถานการณ์และข้อคำถามที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดพฤติกรรมและขั้นตอนการแก้ปัญหา (IOC มีค่าระหว่าง .6 – 1.0) เหตุการณ์มีความยากค่อนข้างง่าย (.43 – .69) อำนาจจำแนกดี (.36 – .49) และความเที่ยงสูง (.826 – .923) เภณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยและข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงสอดคล้องกับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนน (IOC มีค่าระหว่าง .6 – 1.0) ความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจคนเดียวมีค่า .875 - .990 และความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจ 2 คนมีค่า .960 - .984

(3) นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงที่สุดในระยะที่ 3 ทั้งกลุ่มที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและกลุ่มที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับ โดยนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง และนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ภาควิชา วิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา

ลายมือชื่อนิติ ..... ..

สาขาวิชา การวัดและประเมินผลการศึกษา

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก ..... ..

ปีการศึกษา 2558

# # 5783801027 : MAJOR EDUCATIONAL MEASUREMENT AND EVALUATION

KEYWORDS: MODIFIED ESSAY QUESTION / FEEDBACK / MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY DEVELOPMENT

KATIKORN KAMOLRATTANASOMBAT: EFFECTS OF FEEDBACK FROM MODIFIED ESSAY QUESTION ON MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY DEVELOPMENT OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: ASSOC. PROF. KAMONWAN TANGDHANAKANOND, Ph.D., 183 pp.

The purposes of this study were (1) to develop the modified essay question for measuring mathematics problem solving ability, an analytic scoring rubric and a directive feedback, (2) to investigate the qualities of the modified essay question for measuring mathematics problem solving ability, an analytic scoring rubric and a directive feedback, and (3) to compare mathematics problem solving ability development of students in different mathematics ability levels obtaining the directive feedback from the modified essay question for measuring mathematics problem solving ability. Quasi-experimental time series design was employed in this study. Samples were 60 students in the eighth grade divided into 2 groups, i.e., 30 students in experimental group and 30 students in control group. Students in each group was divided into 3 different mathematics ability levels, i.e., excellent, moderate and poor. Each mathematics ability level was consisted of 10 students. Research instruments were the modified essay question for measuring mathematics problem solving ability, an analytic scoring rubric and a directive feedback. Data were analyzed by using Cronbach's Alpha Coefficient, Pearson's Product Moment Correlation Coefficient and repeated measures ANOVA.

Findings were as follows:

(1) Three equivalent modified essay questions for measuring mathematics problem solving ability were constructed. Each form consisted of 3 events, i.e., number, length and time. Each event consisted of 4 situations and questions that measured the ability to understand the problem, devise a plan, carry out the plan and look back the answer. There were 12 items in each form. The developed analytic scoring rubric consisted of 3 components, i.e., formulating mathematical problems (2, 1 and 0 points), employing mathematical approach (2, 1 and 0 points), and interpreting the actual situation (1 and 0 points). The directive feedback also consisted of 3 components, i.e., formulating mathematical problems and employing mathematical approach (degree A, B and C) and interpreting the actual situation (degree A and B).

2) Situations and questions in modified essay question for measuring mathematics problem solving ability were consistent with behavioral indicators and problem solving steps (IOC was between .6 to 1.0). The difficulty of events were relatively easy (.43 to .69). The events had good discrimination (.36 to .49). The reliability were high (.826 to .923). The analytic scoring rubric and the directive feedback were consistent with all of the components in the scoring rubric (IOC was between .6 to 1.0). In addition, intra rater reliability were between .875 to .990 and inter rater reliability were .960 to .984.

(3) Students who obtained the directive feedback and those who did not obtain the directive feedback had the highest mathematics problem solving ability development in the third interval. Students obtaining the directive feedback had higher mathematics problem solving ability development than those who did not obtain the directive feedback. The mathematics problem solving ability development of students in the different mathematics ability levels obtaining the directive feedback was not significant different at the .05 level.

Department: Educational Research and Psychology      Student's Signature .....

Field of Study: Educational Measurement and Evaluation      Advisor's Signature .....

Academic Year: 2015

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความเมตตาอย่างยิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.กมลวรรณ ตังธนากานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่เสียสละเวลาให้คำปรึกษาที่มีประโยชน์อย่างยิ่งแก่ผู้วิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดี มาโดยตลอด ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.โชติกา ภาซีผล ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล กฤษชฤทธานนท์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ให้คำปรึกษาและแนะแนวทางในการพัฒนากระบวนการทำงาน พร้อมทั้งแนวทางในการแก้ไขข้อบกพร่องของงานวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา และคณาจารย์ภาควิชาหลักสูตรและการสอน(คณิตศาสตร์) ทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และประสบการณ์ที่มีคุณค่ายิ่งแก่ผู้วิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่เสียสละเวลา

ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยและให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการและคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว ทุกท่าน ขอขอบใจนักเรียนทุกคนที่เป็นตัวอย่างการวิจัยและให้ความร่วมมือกับผู้วิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณทุกท่านสำหรับกำลังใจและความห่วงใยที่มีให้แก่ผู้วิจัย ตลอดจนมีส่วนร่วมช่วยทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยเฉพาะครอบครัวกมลรัตน์ะสมบัติที่ส่งเสริมสนับสนุนและคอยให้กำลังใจตลอดมา

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ .....	ท
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
คำถามวิจัย .....	7
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	7
สมมติฐานการวิจัย .....	7
ขอบเขตของการวิจัย.....	8
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย .....	10
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย .....	12
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	13
ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ .....	13
ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับแบบสออัตโนมัติประยุกต์ .....	25
ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับการให้ข้อมูลย้อนกลับ .....	36
ตอนที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับคะแนนพัฒนาการ.....	45
ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	49
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	50
แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย .....	50

การกำหนดประชากรและตัวอย่าง .....	52
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	55
การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	56
การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	76
การวิเคราะห์ข้อมูล .....	81
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	85
ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบสอบถามอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ เหนือกว่าการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบ ชี้แนะเพื่อการปรับปรุง.....	86
ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เหนือกว่าการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูล ย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง.....	96
ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบ ชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบถามอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์.....	111
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	136
สรุปผลการวิจัย.....	137
อภิปรายผลการวิจัย.....	148
ข้อเสนอแนะ .....	155
รายการอ้างอิง .....	157
ภาคผนวก.....	163
ภาคผนวก ก.....	164
ภาคผนวก ข.....	166
ภาคผนวก ค.....	171



ภาคผนวก ง .....	176
ภาคผนวก จ.....	181
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	183



## สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	การสังเคราะห์ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ .....	16
ตารางที่ 2	ขั้นตอนและพฤติกรรมชีวิตความสามารถตามแนวคิดของ Polya .....	17
ตารางที่ 3	รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับตามความละเอียดของข้อมูลที่ให้นักเรียน .....	38
ตารางที่ 4	ตัวอย่างรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับ .....	39
ตารางที่ 5	ตัวอย่างรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะ .....	40
ตารางที่ 6	ตัวอย่างรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง .....	42
ตารางที่ 7	จำนวนนักเรียนที่ใช้เป็นตัวอย่างในการวิจัย .....	53
ตารางที่ 8	ค่าเฉลี่ยคะแนนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการสอบของนักเรียนที่มีระดับ ความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม .....	53
ตารางที่ 9	ผลการทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลการสอบเฉลี่ยวิชา คณิตศาสตร์เพิ่มเติมของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม .....	54
ตารางที่ 10	ผลการทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลการสอบเฉลี่ยวิชา คณิตศาสตร์เพิ่มเติมของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ .....	55
ตารางที่ 11	วิเคราะห์ผลการเรียนรู้และเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่องโจทย์ปัญหา เกี่ยวกับสมการกำลังสองตัวแปรเดียว .....	57
ตารางที่ 12	โครงสร้างเหตุการณ์ของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการ แก้ปัญหามathematicsแต่ละฉบับ .....	61
ตารางที่ 13	โครงสร้างสถานการณ์ของเหตุการณ์ในของแบบสอบอัตนัยประยุกต์ วัดความสามารถในการแก้ปัญหามathematicsแต่ละฉบับ .....	63
ตารางที่ 14	ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเชิงบรรยายและคุณภาพของแบบสอบจากการทดลองใช้ แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหามathematicsกับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 30 คน .....	67

ตารางที่ 15	รูปแบบเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย.....	71
ตารางที่ 16	รูปแบบแนวทางการให้ข้อมูลย้อนกลับ.....	74
ตารางที่ 17	ผลการตรวจสอบความเป็นคู่ขนานของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ฉบับ.....	91
ตารางที่ 18	ตัวอย่างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยของข้อคำถามข้อที่ 3 เหตุการณ์ที่ 2 ในแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2.....	93
ตารางที่ 19	ตัวอย่างข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงของข้อคำถามที่ 3 เหตุการณ์ที่ 2 ในแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2.....	95
ตารางที่ 20	ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของสถานการณ์และข้อคำถามของ แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	97
ตารางที่ 21	ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบ วิเคราะห์ย่อยของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์.....	99
ตารางที่ 22	ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการ ปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์.....	103
ตารางที่ 23	ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย.....	107
ตารางที่ 24	ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และความเที่ยงของแบบสอบอัตนัยประยุกต์ วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	108
ตารางที่ 25	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของคะแนนที่ได้จากการตรวจโดยผู้ตรวจ คนเดียว.....	109
ตารางที่ 26	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของคะแนนที่ได้จากการตรวจโดยผู้ตรวจ 2 คน.....	110
ตารางที่ 27	ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ฉบับ.....	112

ตารางที่ 28	ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน .....	113
ตารางที่ 29	ผลการทดสอบเงื่อนไข Sphericity ของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน .....	117
ตารางที่ 30	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง .....	118
ตารางที่ 31	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของคะแนนจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง....	119
ตารางที่ 32	ผลการทดสอบเงื่อนไข Sphericity ของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน .....	120
ตารางที่ 33	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง .....	121
ตารางที่ 34	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของคะแนนจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง	122
ตารางที่ 35	ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะ.....	124

ตารางที่ 36	ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน .....	125
ตารางที่ 37	ผลการทดสอบเงื่อนไข Sphericity ของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน .....	129
ตารางที่ 38	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง .....	130
ตารางที่ 39	ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง .....	131
ตารางที่ 40	ผลการทดสอบเงื่อนไข Sphericity ของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน .....	132
ตารางที่ 41	ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง .....	133
ตารางที่ 42	ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงกับระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระยะที่สูงที่สุด (ระยะที่ 3)..	135

## สารบัญภาพ

ภาพที่ 1	ขั้นตอนการแก้ปัญหาของ Wilson .....	15
ภาพที่ 2	กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	49
ภาพที่ 3	แผนภาพการทดลอง .....	50
ภาพที่ 4	โครงสร้างของแบบสอบัดนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ .....	64
ภาพที่ 5	ตัวอย่างการเขียนสรุปสิ่งที่ต้องพัฒนาตนเองจากข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการ ปรับปรุงของนักเรียนจากการทดลองใช้แบบสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ...	76
ภาพที่ 6	ขั้นตอนการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง .....	79
ภาพที่ 7	รูปแบบการวิเคราะห์พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ .....	83
ภาพที่ 8	ตัวอย่างแบบสอบัดนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ...	87
ภาพที่ 9	ตัวอย่างการตอบข้อคำถามของนักเรียนที่เป็นตัวอย่าง .....	105
ภาพที่ 10	คะแนนเฉลี่ยจากแบบสอบัดนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์จำนวน 3 ฉบับของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ...	114
ภาพที่ 11	คะแนนเฉลี่ยจากแบบสอบัดนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์จำนวน 3 ฉบับของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ ปานกลาง .....	115
ภาพที่ 12	คะแนนเฉลี่ยจากแบบสอบัดนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์จำนวน 3 ฉบับของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำ ...	116
ภาพที่ 13	ค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 ระยะ ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง .....	126
ภาพที่ 14	ค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 ระยะ ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ปานกลาง .....	127
ภาพที่ 15	ค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 ระยะ ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำ .....	128

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่นๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตซึ่งช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ให้ดีขึ้น และสามารถดำรงชีวิตอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552b) ดังที่ ยูพิน พิพิธกุล (2539) ได้กล่าวไว้ว่า “คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับความคิด เราใช้คณิตศาสตร์พิสูจน์อย่างมีเหตุผลว่าสิ่งที่เราคิดนั้นเป็นความจริงหรือไม่ ด้วยวิธีคิดนี้เราก็สามารถนำคณิตศาสตร์ไปแก้ไขปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ คณิตศาสตร์ช่วยให้เราเป็นผู้มีเหตุผลเป็นคนใฝ่รู้ ตลอดจนพยายามคิดสิ่งที่แปลกใหม่ คณิตศาสตร์จึงเป็นรากฐานของความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” แต่จากผลการสำรวจปัญหานักเรียนไทยอ่อนคณิตศาสตร์พบว่า นักเรียนขาดทักษะการใช้กระบวนการคิด การคิดแบบรวบยอด และทักษะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กล่าวคือนักเรียนส่วนใหญ่ไม่ชอบคิดและขาดทักษะการแก้ปัญหา โดยไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาสถานการณ์ต่างๆ ได้ (สมวงศ์ แปลงประสพโชค, 2556) สอดคล้องกับผลการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ใน PISA 2012 ที่พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ 427 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD ที่มีคะแนนมาตรฐานที่ 494 คะแนน โดยค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนไทยมีจุดอ่อนที่สุดในทักษะกระบวนการคิดวิธีการ หรือการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ กล่าวคือ การคิดปัญหาตามสถานการณ์ให้เป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) จากผลการสำรวจและผลการประเมินจะเห็นได้ว่านักเรียนไทยมีทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ค่อนข้างต่ำและมีแนวโน้มที่จะลดลงในอนาคต การพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์จึงเป็นกระบวนการที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของระบบการศึกษา

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นับว่าเป็นสิ่งสำคัญส่วนหนึ่งในการประสบความสำเร็จด้านการเรียนรู้ของนักเรียน อีกทั้งยังเป็นส่วนหนึ่งในทักษะการดำรงชีวิตอยู่ในสังคมปัจจุบัน ดังคำกล่าวที่ว่า การแก้ปัญหาไม่ใช่เป็นเพียงเป้าหมายของการเรียนคณิตศาสตร์ แต่เป็น

ทักษะกระบวนการที่เป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (National Council of Teacher of Mathematics, 1980) การฝึกแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์นั้นย่อมมีส่วนช่วยส่งเสริมลำดับขั้นตอนในการคิดแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน เพราะมีความคล้ายคลึงกันกับการแก้ปัญหาทั่วไป (Riedesel, 1990, อ้างถึงใน ปาจรีย์ เยาดำ, 2553) ดังนั้นถ้าครูจัดการเรียนรู้ที่พยายามให้นักเรียนได้ฝึกทำความเข้าใจปัญหา เรียนรู้ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา และฝึกแก้ปัญหาบ่อยๆ นักเรียนก็จะเกิดความคุ้นเคยกับปัญหาและสามารถนำหลักการต่างๆ ไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสภาพจริงหรือในชีวิตประจำวันได้เมื่อเกิดปัญหานั้นซ้ำหรือคล้ายคลึงกับที่นักเรียนเคยพบเห็นมาก่อน เมื่อพิจารณาการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนแล้ว เราจะพบว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีหลักการคิดอย่างมีเหตุผล และที่สำคัญที่สุดคือการจัดการเรียนรู้ที่ฝึกให้นักเรียนเกิดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการคือ ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการคิด ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี และความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นความสามารถที่ผู้เรียนต้องเผชิญและแก้ปัญหาได้บนพื้นฐานของหลักเหตุผล การเข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ มุ่งให้ผู้เรียนนำความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหามีเหตุผล มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์และพัฒนาการคิดอย่างมีระบบและสร้างสรรค์ นอกจากนี้หลักสูตรยังเน้นและส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยกำหนดเป็นมาตรฐานการเรียนรู้ทุกระดับชั้นตั้งแต่ระดับประถมศึกษาปีที่ 1 ถึงระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังนั้นจะเห็นว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ถือว่าเป็นสมรรถนะที่สำคัญจึงได้มีการกำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552b)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์พบว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีความจำเป็นสำหรับนักเรียนเพราะนักเรียนจะได้เรียนรู้สถานการณ์ที่กำหนดให้ และสามารถนำไปปรับประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันเมื่อพบเหตุการณ์เสมือนกับที่ได้เรียนรู้มา ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนจึงต้องเน้นทักษะหลายด้านโดยเฉพาะทักษะการแก้ปัญหา พร้อมทั้งให้นักเรียนรู้จักการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นมีการศึกษาหลายท่านได้กล่าวไว้ แต่จากการศึกษาของแต่ละท่านแล้วพบว่า ขั้นตอนการแก้ปัญหามีจุดเด่น จุดบกพร่องที่ครอบคลุมขั้นตอนแตกต่างกัน และจากการสังเคราะห์ขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Bradley,



1995; Dossey, 2005; Krulik, 1982; Polya, 1957; Sternburg, 1986; Troutman, 1995; Wallas, 1972; Wilson, 1993; กรมวิชาการ, 2545; ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล, 2542; ทิศนา ขัมมณี, 2545) พบว่านักการศึกษาเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา 2) ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) ขั้นทบทวนและตรวจสอบคำตอบ

การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำเป็นต้องใช้เครื่องมือในการวัดให้เหมาะสมกับรูปแบบการวัดเพื่อให้นักเรียนแสดงศักยภาพของตนเองออกมาให้มากที่สุด ซึ่งเครื่องมือที่ใช้มีหลากหลายรูปแบบ เครื่องมือที่เหมาะสมที่สุดและถูกนำมาใช้มากที่สุดคือแบบสอบ โดยแบบสอบที่สามารถใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญมี 6 รูปแบบ คือ แบบสอบการวัดแบบ 3 ขั้น แบบสอบแบบถูกผิด แบบสอบเลือกตอบ แบบสอบแบบลงมือปฏิบัติ แบบสอบอัตนัย และแบบสอบอัตนัยประยุกต์ (กฤษรัตน์ วิทยาเวช, 2551; กิติภูมิ เลิศกิตติกุลโยธิน, 2550; พวงแก้ว ปุณยกนก, 2531; มาฆพันธ์ อำนาคิล, 2557; รัตนภรณ์ วงศ์ศรีอ่อน, 2548; วงษ์สันติ แสงดอกไม้, 2540; สมคิด เทียรพิสุทธิ์, 2553; อภรณ์ ชูดวง, 2535) แบบสอบแต่ละรูปแบบมีจุดเด่น จุดด้อย และจุดบกพร่องแตกต่างกันไปตามสภาพการนำไปใช้ โดยส่วนใหญ่แบบสอบความเรียงหรือแบบสอบอัตนัยมีความเที่ยงต่ำ และแบบสอบเลือกตอบมีความตรงค่อนข้างต่ำ จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า แบบสอบที่นิยมนำมาวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์คือ แบบสอบอัตนัยประยุกต์ ซึ่งเป็นแบบสอบความเรียงแบบหนึ่งที่น่าเสนอเหตุการณ์ที่ละขั้นตอนตามลำดับสถานการณ์ มีคำถามแทรกเป็นระยะ ผู้สอบจะต้องค้นหาคำตอบจากสถานการณ์ด้วยตนเองตามเวลาที่กำหนดแต่ละข้อ และไม่สามารถย้อนกลับไปแก้ไขคำตอบข้อก่อนหน้าหรือพลิกไปทำข้อต่อไปได้จนกว่าจะครบเวลาของข้อนั้น (สุพัฒตา ภูสอดสี และสมนึก ภัททิยธนี, 2553) โดยแบบสอบอัตนัยประยุกต์มีจุดเด่นอยู่ที่การเป็นแบบสอบที่สร้างได้ง่ายคล้ายแบบสอบอัตนัยทั่วไป สามารถประเมินผลสัมฤทธิ์ของผลการเรียนรู้ได้หลายด้านในแบบสอบชุดเดียว ช่วยฝึกวิธีการคิดแก้ปัญหาให้เป็นระบบและวัดกระบวนการคิดแก้ปัญหาได้ดี นอกจากนี้ยังช่วยลดโอกาสการเดาลงได้มาก ลดความลำเอียงในการตรวจให้คะแนน สามารถใช้ประเมินได้ทั้งการประเมินความก้าวหน้า (formative) การประเมินผลรวม (summative) และสามารถใช้ประเมินผู้สอบจำนวนมากในการสอบแต่ละครั้ง (Knox, 1975, อ้างถึงใน สมหวัง พิธิยานุวัฒน์, 2549) ซึ่งแบบสอบนี้มีวิธีการตรวจให้คะแนนที่แตกต่างกัน

วิธีการตรวจให้คะแนนแบบสอบอัตนัยประยุกต์มีอยู่หลากหลายแบบ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและระยะเวลาการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจ โดย Knox ได้เสนอวิธีการตรวจให้คะแนนว่า การตรวจให้คะแนนจะดำเนินการรวบรวมคำตอบที่เป็นไปได้มากที่สุดจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 – 12 คน และมีการตรวจให้คะแนนเป็น 0, 1, 2, 3,... คะแนน และถ้าผู้สอบตอบคำถามที่สร้างความเสียหายต่อวิชาชีพ คะแนนที่ได้จะมีลักษณะเป็นคะแนนติดลบ แต่ภายหลัง Knox พบว่าการให้คะแนนแบบติดลบไม่มีประโยชน์ เนื่องจากสามารถนำไปชดเชยกับการตอบที่ได้คะแนนบวกมากๆ ทำให้ผลคะแนนที่ได้สุดท้ายทั้งหมดอาจเป็นคะแนนบวก ซึ่งไม่ได้แสดงส่วนคะแนนที่สร้างความเสียหายต่อวิชาชีพ ในขณะที่ Feletti ได้อธิบายการตรวจให้คะแนนแบบสอบอัตนัยประยุกต์ไว้ว่า เริ่มต้นจากการสร้างโมเดลคำตอบจากผู้เชี่ยวชาญและกำหนดคะแนนให้ผ่านหรือความสามารถขั้นต่ำที่ผ่านได้ ตัวอย่างเช่น ถ้าโมเดลคำตอบมีอยู่ 15 ข้อ แล้วผู้สอบสามารถตอบได้ 5 ข้อ จะถือว่าผ่านเกณฑ์และได้ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบได้ไม่ถึง 5 ข้อ ก็จะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำและได้ 0 คะแนน (Feletti, 1980, อ้างถึงใน มาฆพันธ์ อานาคิล และกมลวรรณ ตังธกานนท์, 2557) จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า แบบสอบที่มีวิธีการตรวจให้คะแนนแบบ Knox มีความเที่ยงของแบบสอบสูงกว่าวิธีการตรวจให้คะแนนแบบ Feletti เนื่องจากมีความละเอียดในการให้คะแนนมากกว่า (กนกวรรณ เอี่ยมชัย, 2539) แต่แบบสอบอัตนัยประยุกต์ที่มีวิธีการตรวจให้คะแนนแบบ Feletti มีความเป็นปรนัยมากกว่า สำหรับวิธีการตรวจให้คะแนนทั้งสองวิธีนี้มีจุดเด่น จุดด้อย และข้อบกพร่องที่แตกต่างกัน สิ่งที่พบจากทั้งสองวิธีนี้คือ แบบสอบมีความเที่ยงต่ำและผู้สอบจะทราบผลคะแนนของตนเองแต่ไม่สามารถนำผลการตรวจคะแนนมาใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับเพื่อนำไปปรับปรุงตนเองได้ ด้วยข้อจำกัดของสองวิธีการตรวจให้คะแนนดังกล่าว มาฆพันธ์ อานาคิล และกมลวรรณ ตังธกานนท์ (2557) จึงได้เสนอวิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย (analytic method) ที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยมีองค์ประกอบของการให้คะแนน 3 องค์ประกอบ คือ 1) ความถูกต้องของเนื้อหา 2) ความเข้าใจในสิ่งที่ต้องการวัด และ 3) การจัดเรียงความคิด ซึ่งผลการวิจัยพบว่า วิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยของแบบสอบอัตนัยประยุกต์ตามแบบนี้ เป็นวิธีการตรวจให้คะแนนที่มีค่าความเที่ยงสูงที่สุดในทุกเงื่อนไข จำนวนเหตุการณ์และมีค่าความเที่ยงสูงขึ้นเมื่อมีจำนวนเหตุการณ์เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีการให้คะแนนตามแนวทางของ Knox และ Feletti นอกจากนี้การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยยังสามารถทำให้เห็นจุดเด่น จุดด้อย และข้อบกพร่องในแต่ละองค์ประกอบที่นักเรียนตอบ สามารถนำผลการตรวจมาให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อพัฒนานักเรียนที่มีความบกพร่องในประเด็นและขั้นตอนต่างๆ

ของการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ สอดคล้องกับที่ปริชา เนาว์เย็นผล (2544) กล่าวว่า การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยสามารถตรวจสอบขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ ซึ่งไม่ได้พิจารณาเฉพาะส่วนที่เป็นคำตอบเพียงอย่างเดียว แต่จะทำให้ผู้ตรวจเห็นจุดเด่น จุดด้อย และข้อบกพร่องในแต่ละองค์ประกอบของผู้สอบ และสามารถนำผลการตรวจไปใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้นักเรียนนำไปพัฒนาปรับปรุงกระบวนการแก้ปัญหาของตนเองต่อไปได้

สำหรับองค์ประกอบสำคัญในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555a) เสนอไว้ 3 องค์ประกอบคือ 1) การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (formulating) เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถนำเสนอสถานการณ์และแสดงแนวคิดในเชิงคณิตศาสตร์ หรือระบุข้อจำกัดและสมมติฐานให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้ 2) การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (employing) เป็นองค์ประกอบที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงกระบวนการจัดการด้านจำนวน ข้อมูล นิพจน์ พีชคณิต สมการ โดยประยุกต์แนวคิดหลักที่นำไปสู่การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์กับปัญหาที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ และ 3) การตีความ (interpreting) เป็นองค์ประกอบที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถตีความผลที่ได้รับไปสู่บริบทปัญหาในโลกชีวิตจริง และระบุได้ว่าข้อสรุปเป็นเหตุเป็นผลหรือไม่ ซึ่งสอดคล้องกับสุชาติ ปัทมวิภาต (2557) ที่ระบุองค์ประกอบและกรอบโครงสร้างการประเมินคณิตศาสตร์ของโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ PISA 2015 ว่ามี 3 องค์ประกอบคือ 1) การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (formulating) 2) การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (employing) และ 3) การตีความ (interpreting) ดังนั้นจะเห็นว่าองค์ประกอบที่สำคัญของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จึงมีองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ ซึ่งแต่ละองค์ประกอบสามารถนำไปใช้ในการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะที่สำคัญทั้ง 3 องค์ประกอบและนำไปใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การให้ข้อมูลย้อนกลับเมื่อนักเรียนทำแบบฝึกหัดหรือแบบสอบแล้ว จะทำให้นักเรียนทราบผลการตอบของตนเองว่าตนเองทำถูกต้องหรือผิด ซึ่งนักเรียนสามารถนำข้อมูลย้อนกลับที่ได้รับนี้ไปใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาได้ หากตอบถูกต้องการให้ข้อมูลย้อนกลับก็จะเป็นการให้กำลังใจและการเสริมแรงทางบวกกับนักเรียนให้ทำในสิ่งนั้นต่อไปหรือพัฒนาให้ดีขึ้นไปอีก หรือหากตอบผิดการให้ข้อมูลย้อนกลับก็จะทำให้นักเรียนทราบข้อบกพร่องของตนเองและเป็นข้อมูลในการตัดสินใจให้ตอบใหม่อีกครั้งหนึ่ง การเลือกรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับจึงต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับ

เนื้อหาบทเรียนและระดับความสามารถทางการเรียนของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ อนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม และกมลวรรณ ตังธนกานนท์ (2555) ที่พบว่า ผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ระดับสูงที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดและแบบ ชี้แนะมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีกว่าผู้เรียนที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบ ส่วนในกลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ระดับปานกลางที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียด แบบชี้แนะ และแบบผสม มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีกว่าผู้เรียนที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นกระบวนการที่สามารถทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น มีพัฒนาการในการเรียนรู้และแก้ไขข้อบกพร่องของตนเองได้ ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ระดับความสามารถของนักเรียนยังมีผลต่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนอีกด้วย

จากความสำคัญของการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การสร้างแบบสอบอัตนัยประยุกต์ วิธีการตรวจให้คะแนนของแบบสอบอัตนัยประยุกต์ ตลอดจนการให้ข้อมูลย้อนกลับ จะเห็นได้ว่าแบบสอบอัตนัยประยุกต์นั้นเป็นแบบสอบที่เหมาะสมจะนำมาใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นแบบสอบที่สามารถตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยแล้วได้คุณภาพดีที่สุดและทำให้ทราบข้อบกพร่องของนักเรียนแต่ละจุดได้ แต่จากงานวิจัยหลายเรื่องพบว่าแบบสอบอัตนัยประยุกต์จะใช้เป็นแบบสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งผลคะแนนจะแสดงเพียงความสามารถของนักเรียน ไม่ได้นำเสนอการนำผลการวัดไปใช้ในการศึกษาพัฒนาการการเรียนรู้ของนักเรียน อย่างไรก็ตามจากการศึกษาข้อมูลข้างต้นยังไม่พบว่ามิงงานวิจัยใดที่ศึกษาผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อีกทั้งยังไม่พบว่ามิงงานวิจัยใดศึกษาพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนจากการได้รับข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการสร้างและพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์ที่มีคุณภาพในการวัดความสามารถการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีวิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และศึกษาผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์ที่มีต่อพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างแบบสอบดังกล่าวต่อไป

### คำถามวิจัย

1. แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง ควรมีลักษณะอย่างไร
2. คุณภาพของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง เป็นอย่างไร
3. การให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จะทำให้นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง
3. เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

### สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยเป็นวิธีการตรวจให้คะแนนที่มีค่าความเที่ยงสูงที่สุดในทุกเงื่อนไขจำนวนเหตุการณ์และมีค่าความเที่ยงสูงขึ้นเมื่อมีจำนวนเหตุการณ์เพิ่มขึ้น และในกระบวนการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยนั้น จะสามารถนำผลการตรวจมาให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อพัฒนานักเรียนที่มีความบกพร่องในประเด็นและขั้นตอนต่างๆ ของการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ (มาฆพันธ์ อำนาคิล และ

กมลวรรณ ตังธนากานนท์, 2557) ซึ่งสามารถเชื่อมโยงกระบวนการให้ข้อมูลย้อนกลับจากวิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยไปยังงานวิจัยของอนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม และกมลวรรณ ตังธนากานนท์ (2555) ที่พบว่า ผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ระดับสูงที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดและแบบชี้แนะมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีกว่าผู้เรียนที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบ ส่วนในกลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ระดับปานกลางที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดแบบชี้แนะ และแบบผสม มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีกว่าผู้เรียนที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง และยังพบว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะส่งผลให้ผู้เรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของดาวเรือง ลุมทอง และโชติกา ภาชีผล (2553) ที่เสนอผลการวิจัยว่า นักเรียนกลุ่มที่มีทักษะสูงที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อปรับปรุงมีพัฒนาการของผลงานศิลปะสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไปและรูปแบบผสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงคาดว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จะมีผลต่อพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้แนวทางตั้งสมมติฐาน คือ

นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ น่าจะมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้นและแตกต่างกัน โดยนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงน่าจะมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงที่สุด

### ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาอยู่ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 6 กระทรวงศึกษาธิการ สาเหตุที่ผู้วิจัยเลือกประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 นั้นเนื่องจากเพ็ญเจต์ได้กล่าวไว้ในทฤษฎีพัฒนาการทางความคิดสติปัญญา (Piaget's Theory of Cognitive Development) ไว้ว่าเด็กที่อยู่ในช่วงอายุ 11 ปีขึ้นไป จะอยู่ในขั้น formal operations ซึ่งจะเป็นเด็กที่มีพัฒนาการด้านสติปัญญาและความคิดจะพัฒนาอยู่ในระดับสูงสุด มีกระบวนการคิดแบบผู้ใหญ่โดยสามารถคิด

วิเคราะห์ คิดอย่างมีเหตุผล และคิดแก้ปัญหาได้อย่างเต็มที่ (Jean Piaget, 1986, อ้างถึงใน ลักษณ์ สรวิวัฒน์, 2557) และสอดคล้องกับการประเมินผล PISA ที่เลือกประเมินผลนักเรียนที่มีอายุ 15 ปี เพราะเป็นนักเรียนที่กำลังจบหลักสูตรภาคบังคับและเป็นวัยที่สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้ พร้อมทั้งเผชิญปัญหาในโลกจริงได้

## 2. ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์ วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

## 2.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่

- 1) ครูผู้สอน เป็นครูผู้สอนคนเดียวกันตลอดการวิจัย
- 2) แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้แบบสอบที่มีข้อคำถามเหมือนกันทุกข้อ
- 3) จำนวนครั้งที่ใช้สอบ จะได้รับการสอบจำนวนครั้งเท่ากันคือ 3 ครั้ง
- 4) วิธีการจัดการเรียนรู้ ใช้วิธีและเทคนิคเดียวกัน รวมกันทั้ง 3 กลุ่ม

3. เนื้อหาที่นำมาใช้ในการวิจัย เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการกำลังสองตัวแปรเดียว เนื่องจากเป็นเรื่องที่มีความสำคัญและสามารถนำไปปรับประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้มาก เช่น การหาพื้นที่ อายุ เป็นต้น นอกจากนี้ยังเป็นเนื้อหาที่มีกระบวนการในการแก้ปัญหาที่เป็นขั้นตอน สามารถส่งเสริมและพัฒนาให้นักเรียนเกิดพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้

### คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

**ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์** หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนกระทำเพื่อค้นหาคำตอบให้กับปัญหาที่กำลังแก้ไข โดยนำความรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ การตีความ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาตามขั้นตอนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนคือ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นทบทวนและตรวจสอบคำตอบ

**ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์** หมายถึง กลุ่มของคะแนนที่แสดงอันดับสูงต่ำของคะแนนผลการสอบของนักเรียนที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ซึ่งมีคะแนนเต็ม 100 คะแนน พิจารณาจากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ โดยมีการพิจารณาแบ่งกลุ่มนักเรียนไม่ให้นักเรียนที่มีระดับคะแนนเท่ากันอยู่ต่างกลุ่มกัน

**นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง** หมายถึง นักเรียนที่มีคะแนนผลการสอบวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 อยู่ในช่วงตั้งแต่  $\bar{x} + 1SD$  ขึ้นไป กล่าวคือ นักเรียนที่มีคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 82 ขึ้นไป

**นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ปานกลาง** หมายถึง นักเรียนที่มีคะแนนผลการสอบวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 อยู่ในช่วง  $\bar{x} \pm 1SD$  กล่าวคือ นักเรียนที่มีคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 54 ถึงร้อยละ 81

**นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำ** หมายถึง นักเรียนที่มีคะแนนผลการสอบวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 อยู่ในช่วงต่ำกว่า  $\bar{x} - 1SD$  กล่าวคือ นักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 54

**แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์** หมายถึง แบบสอบความเรียงหรือแบบสอบอัตนัยที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน มีความเป็นคู่ขนานกันจำนวน 3 ฉบับ นำเสนอสถานการณ์เป็นกรณีศึกษาที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง โดยนำเสนอสถานการณ์เรียงลำดับและแยกเป็นข้อๆ แต่ละข้อจะมีคำถามตามจุดประสงค์เป็นระยะ แบบสอบอัตนัยประยุกต์นี้ใช้เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการกำลังสองตัวแปรเดียว ซึ่งมีเหตุการณ์จำนวน 3 เหตุการณ์ แต่ละเหตุการณ์มีข้อคำถาม 4 ข้อที่วัดความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา



การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา และการทบทวนและตรวจสอบคำตอบ รวมทั้งแบบสอบมีข้อคำถามจำนวน 12 ข้อ

**เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย** หมายถึง เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบสอบอัตรานัยประยุกต์ที่มีองค์ประกอบของเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อคำถามแต่ละเหตุการณ์ 3 องค์ประกอบ คือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (formulating) 2 คะแนน การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (employing) 2 คะแนน และการตีความ (interpreting) 1 คะแนน

**การคิดเชิงคณิตศาสตร์** หมายถึง องค์ประกอบที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถนำเสนอสถานการณ์และแสดงแนวคิดบนพื้นฐานคณิตศาสตร์ หรือระบุข้อจำกัดและสมมติฐานให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้

**การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์** หมายถึง องค์ประกอบที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงกระบวนการจัดการด้านจำนวน ข้อมูล นิพจน์พีชคณิต สมการ โดยประยุกต์แนวคิดหลักที่นำไปสู่การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์กับปัญหาที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้

**การตีความ** หมายถึง องค์ประกอบที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถตีความผลที่ได้รับไปสู่วิธีแก้ปัญหาในโลกชีวิตจริง และระบุข้อสรุปที่มีความสมเหตุสมผล

**ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง** หมายถึง คำอธิบายที่บอกผลการตอบแบบสอบอัตรานัยประยุกต์แบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่เน้นพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนเชิงบวกสามารถทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกที่ดีในการเรียนรู้และพร้อมที่จะรับข้อมูลแนะแนวทางเพื่อนำกลับไปพัฒนาตนเองโดยไม่เกิดความวิตกกังวลกับข้อผิดพลาดมากเกินไป ซึ่งการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจะให้ข้อมูลตามองค์ประกอบการตรวจให้คะแนน 3 องค์ประกอบ คือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ

**พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์** หมายถึง ผลที่ได้จากการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการความสามารถของนักเรียนด้วยวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (relative gain score) ที่เสนอโดยศิริชัย กาญจนวาสี (2556) มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$DS (\%) = \frac{(Y - X)}{(F - X)} \times 100$$

โดยที่ DS (%) = คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียน (development score)

X = คะแนนที่วัดครั้งแรก

Y = คะแนนที่วัดครั้งหลัง

F = คะแนนเต็ม

### ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพ และเหมาะกับการนำไปใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะทำให้ครูผู้สอนสามารถนำไปพัฒนาเป็นแบบสอบที่เหมาะสมกับบริบทเนื้อหาที่ตนเองสอนได้
2. ได้รูปแบบวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่ส่งผลต่อพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งจะเป็นสิ่งที่นักเรียนได้รับและนำไปพัฒนาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของตนเองได้
3. ได้สารสนเทศสำคัญที่ใช้ประกอบการพิจารณาเลือกใช้แบบสอบและการให้ข้อมูลย้อนกลับที่เหมาะสมกับระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งจะเป็นสิ่งที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบสอบถามวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เถลถายการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เถลถายการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง และเพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบถามวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ รายละเอียดของเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แบ่งเป็น 5 ตอน ดังนี้

- ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
- ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับแบบสอบถามวัดความสามารถ
- ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับการให้ข้อมูลย้อนกลับ
- ตอนที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับคะแนนพัฒนาการ
- ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

#### ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

##### 1.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาต่างประเทศและในประเทศไทยหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้ Krulik (1980) กล่าวถึงความหมายของการแก้ปัญหาไว้ 3 ประการ ประการแรกคือการแก้ปัญหาเป็นเป้าหมายของการเรียนรู้เป็นเหตุผลสำคัญต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จึงเป็นอิสระจากคำถามหรือปัญหาที่เฉพาะเจาะจง ประการที่สองคือการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการ เป็นสาระสำคัญและเป้าหมายของหลักสูตรทางคณิตศาสตร์ และประการสุดท้ายคือ การแก้ปัญหาเป็นทักษะพื้นฐานในการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ อัมพร ม้าคอง (2553) ยังกล่าวโดยสรุปว่าการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนเกี่ยวข้องกับความรู้ ทักษะกระบวนการ และความสามารถหลายอย่าง ทั้งนี้เกี่ยวเนื่องกับประสบการณ์ เจตคติและความเชื่อของผู้แก้ปัญหา และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(2555b) ได้สรุปความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการหรือขั้นตอนในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ ยุทธวิธี และประสบการณ์ที่มีไปประยุกต์ใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาคณิตศาสตร์

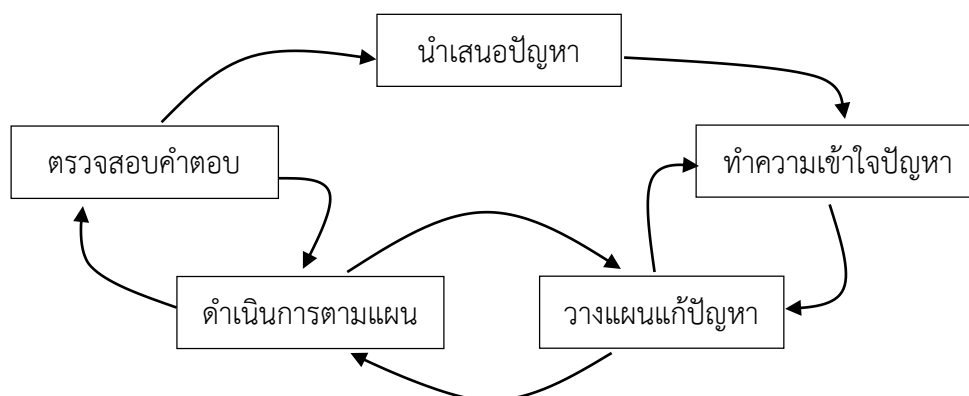
จากแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่านข้างต้น สรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการหรือขั้นตอนที่มีความซับซ้อนในการนำความรู้ไปปรับประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยอาศัยประสบการณ์ของผู้แก้ปัญหา

## 1.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการนำความรู้ ประสบการณ์ มาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหาต่างๆ ซึ่งมีนักการศึกษาต่างประเทศและในประเทศไทยหลายท่านได้กล่าวถึงขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้หลายรูปแบบ ดังนี้

Polya (1957) กรมวิชาการ (2545) และชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2542) ได้เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลาย 4 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เป็นการวิเคราะห์ว่าสิ่งที่ต้องการรู้คืออะไร ข้อมูลที่ให้มามีอะไรบ้าง เงื่อนไขคืออะไร 2) ขั้นวางแผนการดำเนินการ เป็นการเชื่อมโยงข้อมูลกับสิ่งที่ต้องการทราบว่าจะใช้วิธีการหรือความรู้ส่วนใดมาแก้ปัญหจะได้แก้ปัญหาตรงจุดและเหมาะสม 3) ขั้นดำเนินการตามแผน เป็นการลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้ และ 4) ขั้นตรวจสอบย้อนกลับ เป็นการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหว่าถูกต้องตามเงื่อนไขของปัญหาหรือไม่ หรืออาจมีการขยายความคิดจากคำตอบที่ได้ไปใช้กับการแก้ปัญหาแบบอื่น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Troutman (1995) ที่กล่าวถึงขั้นตอนการแก้ปัญหาเช่นเดียวกับ Polya แต่เพิ่มเติมขั้นตอนการขยายผลของปัญหาและการบันทึกผลการแก้ปัญหา ในขณะเดียวกัน Krulik (1982) และทีศนา แคมมณี (2545) ได้กล่าวถึงกระบวนการแก้ปัญหาไปในทางเดียวกันโดยแบ่งขั้นตอนออกเป็น 5 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นการอ่านโจทย์ปัญหา 2) ขั้นสำรวจปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง 3) ขั้นเลือกกลวิธีในการแก้ปัญหา 4) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และ 5) ขั้นทบทวนและขยายคำตอบ

Wilson (1993) ได้กล่าวถึงกระบวนการแก้ปัญหาแบบพลวัตว่ามี 5 ขั้นตอนคือ ขั้นนำเสนอปัญหา ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการตามแผน และขั้นตรวจสอบคำตอบ มีความสัมพันธ์กันดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการแก้ปัญหาของ Wilson

Dossey (2005) ได้นำเสนอกระบวนการแก้โจทย์ทางคณิตศาสตร์ไว้ 7 ขั้นตอนดังนี้

- 1) ทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา
  - 2) แยกแยะประเด็นของปัญหาและวางแผนในการหาคำตอบ
  - 3) จัดรูปแบบของปัญหาและตรวจสอบเงื่อนไขของโจทย์
  - 4) เลือกกลวิธีหรือวิธีการในการแก้ปัญหา
  - 5) ดำเนินการหาคำตอบตามแผนที่วางไว้
  - 6) ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ และ
  - 7) ขยายคำตอบให้มีความชัดเจนมากขึ้น
- ซึ่งสอดคล้องกับขั้นตอนการแก้ปัญหาของ Sternburg (1986) แต่แตกต่างกันตรงขั้นตอนของ Sternberg ไม่มีขั้นของการขยายคำตอบของปัญหา

Wallas (1972) ได้นำเสนอกระบวนการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ 4 ขั้นตอนคือ

- 1) ขั้นเตรียมการ (preparation) เป็นขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่ต้องการแก้
- 2) ขั้นบ่มเพาะ (incubation) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาเบี่ยงเบนความสนใจของตนเองไปยังปัญหาอื่นๆ
- 3) ขั้นเกิดแนวคิด (illumination) เป็นขั้นเกิดความคิดหรือเข้าใจปัญหาอย่างถ่องแท้ และ
- 4) ขั้นตรวจสอบ (verification) เป็นขั้นตรวจสอบคำตอบและขั้นตอนการหาคำตอบกับความถูกต้องและเหมาะสมกับเงื่อนไข

นอกจากนี้ Bradley (1995) ได้สรุปขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ลักษณะใกล้เคียงกันคือ มีขั้นตอนในการมองหาและทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนหรือกำหนดวิธีการแก้ปัญหา และการดำเนินการแก้ปัญหาและพิจารณาวิธีการแก้ปัญหา

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า นักการศึกษาหลายท่านได้เสนอขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้อย่างหลากหลาย ผู้วิจัยจึงสังเคราะห์และแสดงดังตารางที่ 1 พบว่า ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักการศึกษาแต่ละท่านมีรายละเอียดที่โดดเด่นแตกต่างกัน และยังมีสภาพการนำไปใช้ที่แตกต่างกันด้วย ผู้ที่จะแก้ปัญหาจึงจำเป็นต้องเลือกขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาที่เหมาะสมกับสภาพปัญหาของแต่ละคน

ตารางที่ 1 การสังเคราะห์ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ขั้นตอน	นักการศึกษา										คิดเป็นร้อยละ	
	Bradley (1995)	Dossey (2005)	Krulik (1982)	Polya (1957)	Sternberg (1986)	Troutman (1995)	Wallas (1972)	Wilson (1993)	กรมวิชาการ (2545)	ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2542)		ทิศนา แจมมณี (2545)
ขั้นนำเสนอ/เตรียมปัญหา	-	-	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-	18.18
ขั้นรวบรวมข้อมูล	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	9.10
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100.00
ขั้นแสวงหาความรู้	-	✓	✓	-	✓	-	-	-	-	-	✓	36.36
ขั้นเลือกกลวิธีแก้ปัญหา	✓	✓	✓	-	✓	-	-	-	-	-	✓	45.45
ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา	✓	-	-	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	63.64
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	-	✓	✓	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	✓	72.73
ขั้นทบทวน/ตรวจคำตอบ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100.00
ขั้นขยายผลของปัญหา	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	18.18
ขั้นบันทึกผลการแก้ปัญหา	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	9.10

ดังนั้นผู้วิจัยดำเนินการสังเคราะห์ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาจากนักการศึกษาจำนวน 11 ท่านทั้งต่างประเทศและในประเทศ แล้วพิจารณาเลือกขั้นตอนที่นักการศึกษาส่วนใหญ่ให้ความสำคัญ และคิดคำนวณเป็นร้อยละตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไป จึงนำเสนอเป็น 4 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา 2) ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) ขั้นทบทวนและตรวจสอบคำตอบ โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

**1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา** หมายถึง ขั้นตอนที่ต้องทำความเข้าใจสถานการณ์ คำที่ใช้แสดงในปัญหา โดยการแปลงให้เป็นความเข้าใจของผู้แก้ปัญหาอย่างง่าย ต้องพิจารณาข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาให้ชัดเจน หรือพิจารณาว่าสิ่งที่โจทย์ให้มานั้นเพียงพอที่จะนำไปแก้ปัญหาหรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอแล้วยังขาดข้อมูลส่วนไหนบ้าง

2. **ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา** หมายถึง ขั้นตอนที่ต้องพิจารณาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆ ในปัญหา แล้วแยกแยะข้อมูลที่จะนำมาแก้ปัญหา ผสมผสานกับประสบการณ์เดิมของผู้แก้ปัญหาเพื่อเลือกกลวิธีและเทคนิคการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

3. **ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา** หมายถึง ขั้นตอนของการปฏิบัติตามแผนการแก้ปัญหาที่ตั้งไว้ โดยผู้แก้ปัญหามustเลือกและตรวจสอบแต่ละขั้นตอนว่าถูกต้องตามแผนที่ตั้งไว้หรือไม่ และจะต้องคำนวณหาคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งต้องเลือกใช้วิธีคำนวณหรือแนวคิดต่างๆ ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหา

4. **ขั้นทบทวนและตรวจสอบคำตอบ** หมายถึง ขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหามustดำเนินการตรวจสอบทุกกระบวนการตั้งแต่ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆ หากเกิดข้อบกพร่องก็ให้ดำเนินการแก้ไข นอกจากนี้ยังเป็นขั้นตอนในการตรวจสอบคำตอบว่าถูกต้องและเหมาะสมกับเงื่อนไขของปัญหาหรือไม่

### 1.3 การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้ประเมินควรให้ความสำคัญกับการให้คะแนนตามความสามารถของผู้สอบทุกขั้นตอน ซึ่งผู้ประเมินจะต้องให้ผู้สอบแสดงขั้นตอนการหาคำตอบและคิดคำนวณอย่างละเอียด เพราะผู้สอบที่สามารถแก้ปัญหาได้แม้จะได้คำตอบที่ไม่ถูกต้องก็ควรได้รับคะแนน ในส่วนของกระบวนการคิดและความสามารถในการวัดความสามารถของผู้สอบในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จึงมีนักการศึกษาหลายท่านกล่าวถึงไว้ดังนี้

Polya (1973, อ้างถึงใน มัณฑนา พรหมรักษ์ และอัมพร ม้าคนอง, 2556) ได้เสนอรูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ขั้นตอนและพฤติกรรมชี้วัดความสามารถตามแนวคิดของ Polya

ขั้นตอนการแก้ปัญหของ Polya	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	เมื่ออ่านโจทย์แล้ว ผู้สอบสามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ และข้อเท็จจริงของปัญหานั้น
ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา	สามารถใช้เงื่อนไขที่โจทย์กำหนดมาสร้างความสัมพันธ์เป็นลำดับขั้นตอน และเลือกกลวิธีในการหาคำตอบ

## ตารางที่ 2 (ต่อ)

ขั้นตอนการแก้ปัญหาของ Polya	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	สามารถดำเนินการหาคำตอบตามแผนที่วางไว้ โดยใช้ข้อเท็จจริงจากโจทย์ สามารถวิเคราะห์หาคำตอบ เขียนสมการ หรือประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งหาคำตอบของปัญหาโดยใช้การคำนวณ
ขั้นทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	พิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา และตรวจสอบความถูกต้องตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้ รวมถึงตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการแต่ละขั้นตอน

นอกจากนี้ อัมพร ม้าคนอง (2553) ยังได้เสนอรูปแบบรายละเอียดเกี่ยวกับการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับรูปแบบของ Polya คือ ผู้สอบต้องมีความสามารถในการสร้างโจทย์หรือประเด็นปัญหา ความสามารถในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบ ความสามารถในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ความสามารถในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ และที่เพิ่มเติมจากของ Polya ก็คือ ความสามารถในการขยายความคิดของปัญหา ซึ่งเป็นความสามารถของการนำผลของการแก้ปัญหาไปขยายต่อ อาจเป็นการเปลี่ยนแปลงปัญหาใหม่หรือเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขของปัญหาให้หลากหลายมากขึ้น

จากแนวคิดข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีการวัดความสามารถหลากหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบก็มีความสำคัญในการวัดแตกต่างกัน ดังนั้นผู้ประเมินจึงควรดำเนินการวัดความสามารถควบคู่กันไปโดยใช้วิธีการที่หลากหลายและเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับแต่ละปัญหา

#### 1.4 เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบจะมีคุณค่า ข้อดี และข้อเสียแตกต่างกันไป ผู้ประเมินจึงต้องมีหน้าที่เลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับการวัด จากการศึกษาข้อมูลพบว่าเครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมและถูกนำมาใช้มากที่สุดคือ แบบสอบ โดยแบบสอบที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่สำคัญ มี 6 รูปแบบ ดังนี้ (กฤษรัตน์ วิทยาเวช, 2551; กิติภูมิ เลิศกิตติกุลโยธิน, 2550; พวงแก้ว ปุณยกนก, 2531; มาฆพันธ์ อำนาคิล และกมลวรรณ ตังธนภานนท์



, 2557; รัตนาภรณ์ วงศ์ศรีอ่อน, 2548; วงษ์สันติ แสงดอกไม้, 2540; สมคิด เทียรพิสุทธิ์, 2550; อาภรณ์ ชูดวง, 2535)

1. แบบสอบการวัดแบบ 3 ชั้น (triple jump) เป็นการสอบปากเปล่ามี 3 ขั้นตอนคือ ขั้นที่ 1 ให้อ่านโจทย์หรือสถานการณ์ แล้วสอบถามข้อมูลจากผู้ประเมินได้ จากนั้นผู้ประเมินจะดำเนินการทดสอบความเข้าใจของผู้สอบ ขั้นที่ 2 ให้ศึกษาข้อมูลด้วยตนเองจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ และขั้นที่ 3 เป็นการสรุปและอภิปรายปัญหาพร้อมกับผู้ประเมิน ข้อดีของแบบสอบนี้คือสามารถวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและวัดความเข้าใจได้ แต่ข้อเสียคือความชำนาญของผู้ประเมินที่แตกต่างกัน

2. แบบสอบแบบถูกผิด (true-false question) เป็นแบบสอบที่ให้ผู้สอบตัดสินใจและเลือกคำตอบเพียงคำตอบเดียวคือ ถูกหรือผิด ใช่หรือไม่ จริงหรือเท็จ ซึ่งแบบสอบรูปแบบนี้มีข้อดีในเรื่องของกระบวนการสร้างที่ง่าย การให้คะแนนมีความเป็นปรนัย และครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์ครบถ้วน แต่ข้อเสียคือผู้สอบมีโอกาสในการเดาสูงทำให้ได้ผลการวัดความสามารถที่ไม่เป็นจริง

3. แบบสอบเลือกตอบ (multiple question) เป็นแบบสอบให้ผู้สอบเลือกคำตอบจากตัวเลือกที่กำหนดให้ สามารถวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ได้หลายระดับ มีข้อดีกว่าแบบสอบประเภทอื่นๆ คือ การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัย วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา แต่ข้อเสียคือต้องใช้เวลาในการออกข้อสอบมาก ผู้สอบมีโอกาสในการเดาแต่น้อยกว่าแบบสอบถูกผิด

4. แบบสอบแบบลงมือปฏิบัติ (practice question) เป็นแบบสอบที่ประเมินการลงมือปฏิบัติงานของผู้สอบ โดยให้ผู้สอบมีปฏิสัมพันธ์กับอุปกรณ์หรือวัสดุการเรียนรู้ จุดเด่นของแบบสอบประเภทนี้คือ สามารถวัดความสามารถในการวิเคราะห์และตอบคำถามโดยอาศัยพฤติกรรมการสังเกตและการวัด

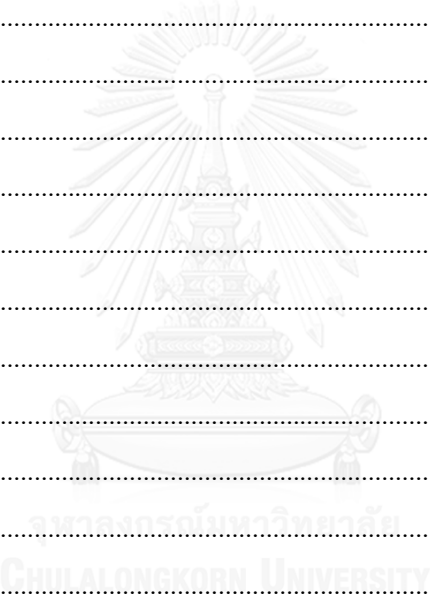
5. แบบสอบอัตนัย (essay question) เป็นแบบสอบความเรียงจำกัดคำตอบ ผู้สอบมีอิสระการตอบและแสดงความสามารถอย่างเต็มที่ ข้อดีของแบบสอบนี้คือเป็นแบบสอบที่ออกง่าย ลดโอกาสในการเดาคำตอบของผู้สอบ ข้อสอบมีส่วนช่วยสนับสนุนการคิดสะท้อน แต่ข้อเสียคือการตรวจให้คะแนนไม่มีความเป็นปรนัย คะแนนที่ได้ขึ้นอยู่กับมาตรฐานของผู้ตรวจ

6. แบบสอบอัตนัยประยุกต์ (modified essay question) เป็นแบบสอบอัตนัยที่นำเสนอสถานการณ์ตามลำดับเหตุการณ์ แล้วมีคำถามแทรกเป็นระยะๆ นักเรียนต้องค้นหาคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ตามเวลาที่กำหนด แล้วจึงเปิดหน้าต่อไปเพื่อทราบสถานการณ์เพิ่มเติมและ

ตอบคำถามข้อต่อไปโดยไม่สามารถย้อนกลับมาแก้ไขคำตอบข้อก่อนหน้าได้ จุดเด่นของแบบสอบ  
อัตนัยประยุกต์คือ เป็นแบบสอบที่สร้างได้ง่ายคล้ายแบบสอบอัตนัยทั่วไป โดยสามารถประเมิน  
ผลสัมฤทธิ์ของผลการเรียนรู้ได้หลายด้านในแบบสอบชุดเดียวกัน ช่วยฝึกวิธีการคิดแก้ปัญหาให้เป็น  
ระบบและวัดกระบวนการคิดและแก้ปัญหาได้ดี นอกจากนี้ยังช่วยลดการเดาคำตอบลงได้มาก  
ลดความลำเอียงในการตรวจให้คะแนน สามารถใช้ประเมินได้ทั้งการประเมินความก้าวหน้า  
(formative) การประเมินผลรวม (summative) และสามารถใช้ประเมินผู้สอบได้จำนวนมาก  
ในการสอบแต่ละครั้ง แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนที่มีการกำหนดค่อนข้างยาก  
จำกัดความเป็นอิสระในการตอบ ใช้เวลาตรวจค่อนข้างมาก และปัญหาด้านความเที่ยงของแบบสอบ  
(Knox, 1975, อ้างถึงใน สมหวัง พิธิยานุวัฒน์, 2549) โดยอำมาลา สารชาติ (2548) และฉลอง  
สวัสดี (2538) ได้เสนอตัวอย่างแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง  
คณิตศาสตร์ไว้ดังนี้



ตัวอย่างแบบสอบอัตนัยประยุกต์ (ฉลอง สวัสดิ์, 2538 และอำมาลา สารชาติ, 2548)

เวลาที่ควรใช้ 1.50 นาที เวลาที่ใช้.....นาที	กรณีศึกษาที่ 1	หน้าที่ 1 ชื่อ..... ชั้น..... เลขที่.....
<p>สมศักดิ์มีกระดาศรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสแผ่นหนึ่ง เขาต้องการตัดมุมกระดาศออกเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีด้านประกอบมุมยอดยาวเท่ากัน</p>		
<p>1. คำถาม: ถ้าสมศักดิ์จะหาพื้นที่ของกระดาศที่เหลือ สมศักดิ์ต้องทราบอะไรบ้าง</p>		
 <p>..... .....</p>		
<p>ขอให้แน่ใจว่าทำเสร็จจึงเก็บข้อสอบ แล้วจึงทำข้อถัดไปเพราะไม่อนุญาตให้นำข้อสอบนั้นกลับมาทำได้อีก</p>		



ตัวอย่างแบบสอบอัตนัยประยุกต์ (ฉลอง สวัสดิ์, 2538 และอำมาลา สารชาติ, 2548)

เวลาที่ควรใช้ 1.50 นาที เวลาที่ใช้.....นาที	กรณีศึกษาที่ 1	หน้าที่ 3 ชื่อ..... ชั้น..... เลขที่.....
<p>สมศักดิ์มีกระดาษรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีด้านยาวด้านละ 18 เซนติเมตร เขาต้องการตัดมุมกระดาษออกเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีด้านประกอบมุมยอดยาวเท่ากัน ยาวด้านละ 5 เซนติเมตร</p> <p>3. คำถาม: ให้นักเรียนแสดงวิธีทำ เพื่อหาพื้นที่ของกระดาษที่ตัดออกทั้งหมด</p> <p>..... .....</p>		
<p>ขอให้แน่ใจว่าทำเสร็จจึงเก็บข้อสอบ แล้วจึงทำข้อถัดไปเพราะไม่อนุญาตให้นำข้อสอบนั้น กลับมาทำได้อีก</p>		



## ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับแบบสอบอัตนัยประยุกต์

### 2.1 ความเป็นมาของแบบสอบอัตนัยประยุกต์

แบบสอบอัตนัยประยุกต์ หรือแบบสอบเอ็มอีคิว (Modified Essay Question: MEQ) ริเริ่มโดยคณะกรรมการเซ็นเซอร์ของราชวิทยาลัยเวชปฏิบัติทั่วไป ประเทศอังกฤษ เพื่อใช้สอบวัดความรู้ทางคลินิกของผู้ที่มีวุฒิหลังปริญญาตรีในการสอบเข้าเป็นสมาชิกของสมาคม สาเหตุเพราะไม่พอใจเครื่องมือวัดผลที่มีในขณะนั้น ซึ่งวัดความสามารถได้เป็นส่วนๆ และเน้นวัดความจำ ในขณะที่แบบสอบความเรียงขาดความเที่ยงและแบบสอบเลือกตอบก็ขาดความตรง นอกจากนี้แบบสอบอัตนัยประยุกต์ยังถูกนำมาพัฒนาที่มหาวิทยาลัยนิวคาสเซิลโดย Eagle และคณะ เมื่อปี ค.ศ.1979 เพื่อใช้ประเมินทักษะการแก้ปัญหาทางคลินิกของนักศึกษาแพทย์ ซึ่งนำผลการศึกษาของ Hodgkin และ Knox มาพัฒนา และใช้ในการกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นหลัก (Problem-based learning)

แบบสอบอัตนัยประยุกต์ที่ Hodgkin และ Knox พัฒนาขึ้นมานั้น มีลักษณะเป็นสถานการณ์หรือกรณีศึกษาที่คัดเลือกมาให้เหมาะสมกับเนื้อหาที่ต้องการและครอบคลุมวัตถุประสงค์ โดยนำเสนอสถานการณ์ตามลำดับเหตุการณ์ที่ละขั้นตอน ไม่นำเสนอต่อเนื่องกันตั้งแต่ต้นจนจบเหมือนแบบสอบความเรียง และมีคำถามประจำแต่ละขั้นตอนที่นำเสนอ คำถามเป็นแบบปลายเปิดที่ผู้สอบต้องหาคำตอบมาตอบเองโดยอาศัยข้อมูลที่กำหนดให้ เมื่อตอบคำถามแล้วผู้สอบจะสามารถเปิดไปทำคำถามต่อไปได้ ซึ่งจะมีข้อมูลมาเสนอเพิ่มเติมและอาจทำให้ผู้สอบรู้ว่าคำตอบที่ตอบไปก่อนหน้านี้เป็นคำตอบที่ผิด แต่จะกลับไปแก้คำตอบไม่ได้หรือเปิดไปดูข้อมูลของหน้าถัดไปก็ไม่ได้ แต่ต่อมา Feletti แห่งมหาวิทยาลัยนิวคาสเซิล ได้นำแบบสอบนี้มาปรับปรุงใน 2 ประเด็น ประเด็นแรกคือการกำหนดเวลาในการตอบของแต่ละข้อ ซึ่งผู้สอบต้องปรับเวลาของตนให้สามารถทำทุกข้อเสร็จทันในเวลารวมที่กำหนด และอีกประเด็นหนึ่งคือการทำโมเดลคำตอบเพื่อใช้ในการตรวจ โดยรวบรวมคำตอบจากผู้ทรงคุณวุฒิและกำหนดระดับคะแนนผ่านหรือเกณฑ์ความสามารถในการเรียนรู้ของแต่ละข้อ (Feletti, 1980)

### 2.2 ลักษณะของแบบสอบอัตนัยประยุกต์

แบบสอบอัตนัยประยุกต์เป็นแบบสอบที่พัฒนามาจากแบบสอบความเรียงหรือแบบสอบอัตนัยที่สามารถใช้ทดสอบกระบวนการทางความคิดในการแก้ปัญหาสถานการณ์ต่างๆ ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง ได้รับการพัฒนาโดย Hodgkin และ Knox ซึ่งมีลักษณะเป็นกรณีศึกษาที่นำเสนอตามลำดับเหตุการณ์ แต่ไม่นำเสนอเป็นเรื่องราวตั้งแต่ต้นจนจบในครั้งเดียวเหมือนแบบสอบ

ความเรียง คำถามในแบบสอบจะถูกพัฒนาให้เป็นแบบปลายเปิดและถามเป็นระยะ ดังนั้นผู้สอบต้องอาศัยข้อมูลที่กำหนดให้เพื่อค้นหาคำตอบของแต่ละคำถามที่ตั้งไว้ และผู้สอบไม่สามารถเปิดย้อนกลับไปดูข้อมูลก่อนหน้าหรือหน้าถัดไปได้ (พวงแก้ว ปุณยภนิก, 2531)

ต่อมา Feletti แห่งมหาวิทยาลัยนิวยอร์กได้นำแบบสอบนี้มาปรับปรุงเพื่อทดสอบการแก้ปัญหาทางการแพทย์ใน 2 ประเด็น ประเด็นแรกคือการกำหนดเวลาในการตอบของแต่ละข้อ ซึ่งผู้สอบต้องปรับเวลาของตนให้สามารถทำทุกข้อเสร็จทันในเวลารวมที่กำหนด และอีกประเด็นหนึ่งคือการทำโมเดลคำตอบเพื่อใช้ในการตรวจ โดยรวบรวมคำตอบจากผู้ทรงคุณวุฒิและกำหนดระดับคะแนนผ่านหรือเกณฑ์ความสามารถในการเรียนรู้ของแต่ละข้อ นอกจากนี้ยังกำหนดจำนวนข้อที่เหมาะสมคือประมาณ 5 – 35 ข้อ (Feletti, 1980)

นอกจากนี้ ไตรรงค์ เจนการ (2530) ได้กล่าวถึงแบบสอบอัตนัยประยุกต์ไว้ว่า แบบสอบอัตนัยประยุกต์เป็นชุดคำถามโดยแยกคำถามไว้หน้าละหนึ่งคำถาม ซึ่งในแต่ละหน้าจะประกอบไปด้วย 4 ส่วนคือ ส่วนบนจะเป็นข้อความที่เป็นส่วนของปัญหาหรือสถานการณ์ ส่วนที่ 2 จะเป็นส่วนของคำถาม ส่วนที่ 3 เว้นว่างให้เขียนตอบ ส่วนล่างสุดเป็นส่วนที่บอกเวลาที่กำหนดให้ทำในแต่ละข้อและเวลาสะสมตั้งแต่ข้อแรก เมื่อทำข้อที่ 2 ไปแล้ว ไม่มีสิทธิ์จะไปแก้คำตอบในข้อที่ 1 และไม่มีสิทธิ์ที่จะดูข้อมูลในข้อคำถามถัดไป ซึ่งลักษณะของแบบสอบอัตนัยประยุกต์นั้นสอดคล้องกับรูปแบบของจักร สุวรรณจรัส (2540) แต่ส่วนที่เพิ่มเติมขึ้นมาคือส่วนสุดท้าย จะเป็นคำเตือนในการทำแบบสอบอัตนัยประยุกต์ สอดคล้องกับมาซพันธุ์ อำนาคิล และกมลวรรณ ตังธนกานนท์ (2557) รัตนภรณ์ วงศ์ศรีอ่อน (2548) สุโรยา หมดหมั่น (2549) และอำมาลา สารชาติ (2548) ที่อธิบายว่าแบบสอบอัตนัยประยุกต์เป็นแบบสอบที่มีสถานการณ์กำหนดมาให้เรียงตามลำดับเหตุการณ์ แต่ละเหตุการณ์จะแยกไว้เป็นชุดๆ โดยแต่ละคำถามจะแบ่งออกเป็นสามส่วนคือ ส่วนที่แสดงเวลาที่ใช้ข้อความหรือสถานการณ์ ข้อคำถาม และที่ว่างเป็นส่วนให้แสดงคำตอบ ส่วนเกณฑ์การตรวจให้คะแนนจะถูกกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญทางวิชาการ



## ตัวอย่างรูปแบบแบบสอบอัตนัยประยุกต์ (อำมาลา สารชาติ, 2548)

เวลาที่ควรใช้.....นาที่ เวลาสะสม.....นาที่	กรณีศึกษาที่ ..... ขอให้แน่ใจว่าทำเสร็จจึงเก็บข้อสอบ แล้วจึงทำข้อถัดไปเพราะไม่อนุญาตให้ นำข้อสอบนั้นกลับมาทำได้อีก	หน้าที่ ..... ชื่อ..... ชั้น..... เลขที่.....
สถานการณ์		
1. คำถาม: ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....		



ตัวอย่างรูปแบบแบบสอบอัตนัยประยุกต์ (มาฆพันธ์ อานาคิล และกมลวรรณ ตังชนกานนท์, 2557)

เวลาสำหรับทำข้อนี้ .....นาที	เหตุการณ์ที่..... ข้อคำถามที่.....	ชื่อ - สกุล..... โรงเรียน.....
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;">           สถานการณ์ที่กำหนด         </div>		
ข้อคำถามที่.....		
คำถาม		
.....		
คำตอบ		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		

**คำเตือน** ก่อนทำข้อคำถามในข้อต่อไป นักเรียนต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าทำข้อคำถามนี้เรียบร้อยแล้ว เพราะจะไม่สามารถกลับมาแก้ไขได้อีก

ดังนั้น แบบสอบอัตนัยประยุกต์จึงเป็นแบบสอบความเรียงหรือแบบสอบอัตนัยที่นำเสนอ สถานการณ์เป็นกรณีศึกษาที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง มีเนื้อหาตามจุดประสงค์ที่ต้องการวัด โดยการนำเสนอสถานการณ์นั้นจะเรียงลำดับและแยกเป็นข้อๆ แต่ละข้อจะมีคำถามตามจุดประสงค์ เป็นระยะ ซึ่งผู้สอบจะต้องทำข้อสอบให้เสร็จทีละหน้าตามเวลาที่กำหนด โดยอาศัยข้อมูลที่ กำหนดให้เพื่อค้นหาคำตอบของแต่ละคำถามที่ตั้งไว้ แล้วจึงเปิดไปทำหน้าต่อไปได้และไม่สามารถ ย้อนกลับมาแก้ไขคำตอบหน้าเดิมได้อีก

### 2.3 การสร้างแบบสอบอัตนัยประยุกต์

การสร้างแบบสอบอัตนัยประยุกต์ถือเป็นกระบวนการสำคัญต่อการวัดความสามารถของ แต่ละบุคคล ถ้าแบบสอบที่สร้างขึ้นเป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพก็จะทำให้ผลการวัดเป็นที่น่าเชื่อถือ และการตัดสินใจนำข้อมูลไปวิเคราะห์แต่ละบุคคลก็จะมีประสิทธิภาพและเป็นความสามารถที่แท้จริง ของบุคคลนั้น ในการสร้างแบบสอบอัตนัยประยุกต์จึงมีผู้กล่าวถึงหลายท่าน โดยมีขั้นตอนการสร้าง เหมือนกับแบบสอบทั่วไป แต่มีความต่างกันในบางขั้นตอน ซึ่งจากการศึกษาขั้นตอนการสร้าง แบบสอบอัตนัยประยุกต์ของปณิตดา คุณวงษ์ (2546) รัตนาภรณ์ วงศ์ศรีอ่อน (2548) สุพัฒตา ภูสอดสี และสมนึก ภัททิยธนี (2553) และสุไรยา หมัดหมั่น (2549) พบว่ามีรายละเอียดขั้นตอนที่ สอดคล้องกันดังนี้ 1) กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบสอบอัตนัยประยุกต์ 2) ศึกษาหลักสูตร ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสอบอัตนัยประยุกต์ 3) กำหนดขอบเขตของคำถาม ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ 4) เขียนข้อสอบตามลักษณะเฉพาะของแบบสอบอัตนัยประยุกต์ 5) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและเกณฑ์การตรวจให้คะแนนโดยผู้เชี่ยวชาญ 6) ทดลองใช้ แบบสอบครั้งที่ 1 7) วิเคราะห์ข้อสอบรายชื่อเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อสอบ 8) ทดลองใช้แบบสอบ ครั้งที่ 2 9) วิเคราะห์ข้อสอบคัดเลือกข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์และดำเนินการปรับปรุงแบบสอบ 10) ทดสอบเพื่อหาคุณภาพของแบบสอบรายชื่อและทั้งฉบับ 11) สร้างเกณฑ์แบบปกติ และ 12) สร้างคู่มือการใช้แบบสอบและจัดพิมพ์เป็นรูปเล่ม

นอกจากนี้ พวงแก้ว ปุณยภนิก (2531) ยังเสนอขั้นตอนที่สำคัญเพิ่มเติมคือ การสร้าง โมเดลคำตอบ ดำเนินการโดยนำแบบสอบที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ความถูกต้องและให้ทดลองทำข้อสอบเพื่อนำคำตอบมาสร้างเป็นโมเดลคำตอบทั้งหมด โดยจะเลือก คำตอบที่ผู้ทรงคุณวุฒิเห็นตรงกันเกินครึ่งหนึ่งมาเป็นคำตอบที่ให้คะแนน ส่วนคำตอบที่ผู้เชี่ยวชาญ มีความเห็นไม่ตรงกันก็จะนำมาอภิปรายเพื่อแก้ไขปรับปรุงหรือตัดทิ้งไป และเพื่อหาเวลาที่เหมาะสม ในการทำข้อสอบแต่ละข้อ

ดังนั้น การสร้างแบบสอบอัตนัยประยุกต์จึงเป็นกระบวนการที่จะทำให้ผลการวัดมีความน่าเชื่อถือหากสร้างด้วยกระบวนการที่ถูกต้อง ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังนี้ 1) กำหนดจุดมุ่งหมาย 2) ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง 3) กำหนดขอบเขตของแบบสอบ 4) สร้างสถานการณ์และข้อคำถาม 5) ตรวจสอบความตรง 6) สร้างโมเดลคำตอบ 7) ทดลองใช้ 8) ปรับปรุงแก้ไข 9) ทดลองใช้อีกครั้งหนึ่ง 10) วิเคราะห์ข้อสอบ 11) ทดสอบคุณภาพ 12) สร้างเกณฑ์ และ 13) สร้างคู่มือการใช้และจัดทำรูปเล่ม

#### 2.4 การดำเนินการสอบโดยใช้แบบสอบอัตนัยประยุกต์

การดำเนินการสอบโดยใช้แบบสอบอัตนัยประยุกต์ค่อนข้างมีข้อจำกัด เพราะแบบสอบนี้มีลักษณะเฉพาะในการนำเสนอสถานการณ์ที่เป็นขั้นตอนที่ละขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง จึงไม่สามารถนำเสนอได้ทั้งหมดในเวลาเดียวกัน ผู้สอบต้องดำเนินการหาคำตอบด้วยตนเองจากสถานการณ์และข้อมูลที่กำหนดให้ เมื่อได้คำตอบที่ต้องการแล้วจึงส่งคำตอบ แต่ไม่สามารถย้อนกลับมาแก้ไขคำตอบใหม่ได้ ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการจัดสอบแบบสอบอัตนัยประยุกต์พบว่า มีนักศึกษานำเสนอรูปแบบการจัดสอบที่น่าสนใจหลายรูปแบบ ดังนี้

การจัดสอบโดยทำเป็นรูปเล่มหรือสมุดแบบสอบ (booklet Format) เป็นรูปแบบที่ใช้กันมากที่สุด ผู้สอบจะต้องตอบคำถามภายในเวลาที่กำหนดและไม่สามารถพลิกไปทำหน้าต่อไปจนกว่าจะหมดเวลาข้อนั้น รวมทั้งไม่สามารถย้อนกลับไปแก้ไขคำตอบข้อก่อนๆ ได้ ข้อดีของการจัดสอบแบบรูปเล่มสมุดคือสามารถจัดสอบได้ครั้งละมากๆ และนำไปตรวจให้คะแนนได้ง่าย แต่ข้อบกพร่องคือใช้กระดาษจำนวนมากทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการจัดสอบ รูปแบบการจัดสอบโดยใช้โสตทัศนูปกรณ์ (audiovisual Format) เป็นการสอบที่ผู้จัดสอบจะต้องเตรียมรูปแบบข้อสอบให้เหมาะสมเพื่อแสดงสถานการณ์หรือข้อมูลเพิ่มเติมในสื่อที่จัดเตรียม ข้อดีของรูปแบบนี้คือทำให้ผู้สอบเห็นสถานการณ์ที่ยกตัวอย่างได้ชัดเจน สามารถให้ข้อมูลป้อนกลับเป็นการประเมินความก้าวหน้าได้ ข้อบกพร่องคือใช้ได้กับผู้สอบที่มีจำนวนน้อยและใช้เวลาในการเตรียมสื่อมาก อีกรูปแบบหนึ่งคือการจัดสอบโดยใช้เครื่องฉายภาพ (visualizer) เป็นการสอบที่ใช้การเขียนคำถามบนแผ่นกระดาษแล้วให้ผู้สอบเขียนคำตอบในเวลาที่กำหนด ข้อดีของการสอบรูปแบบนี้คือจัดเตรียมได้ง่าย ไม่เสียเวลาจัดพิมพ์ ประหยัดกระดาษ และควบคุมเวลาที่ใช้ในการสอบได้ดี ข้อบกพร่องคือใช้กับกลุ่มผู้สอบจำนวนน้อยและมีข้อจำกัดเรื่องการใช้อุปกรณ์ นอกจากนี้ยังมีรูปแบบการสอบที่ใช้คอมพิวเตอร์ (computer) ซึ่งเป็นการจัดสอบที่มีประโยชน์ในการช่วยให้ผู้สอบเลือกใช้แบบสอบในเวลาที่จะตอบ และทราบจุดอ่อนในการทดสอบ สามารถควบคุมเวลาได้ ป้องกันผู้สอบย้อนกลับไปแก้ไขคำตอบ

ข้อก่อนหน้าหรือพลิกไปทำข้อถัดไปได้ แต่ข้อบกพร่องคือถ้าผู้สอบไม่เคยชินกับการใช้คอมพิวเตอร์ หรือรูปแบบการสอบแบบนี้ อาจส่งผลต่อคะแนนความสามารถของผู้สอบได้ และอาจมีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ไม่เพียงพอ

ดังนั้นการดำเนินการสอบโดยใช้แบบสอบอัตโนมัติประยุกต์ ผู้วิจัยต้องคำนึงถึงความเหมาะสมและวัตถุประสงค์ของแบบสอบ ความพร้อมของผู้จัดสอบ จำนวนผู้เข้าสอบ สถานที่สอบ รวมถึงวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการสอบ การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงมุ่งที่จะศึกษาการจัดสอบโดยทำเป็นรูปเล่มหรือสมุดแบบสอบ เนื่องจากมีความเหมาะสมและมีความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล (สมหวัง พิธิยานุวัฒน์, 2549)

## 2.5 คุณภาพของแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์

การพัฒนาแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์ให้มีประสิทธิภาพในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา นั้น สิ่งที่สำคัญคือการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ เพราะถ้าแบบสอบที่สร้างขึ้นมีคุณภาพแสดงว่าผลการวัดจะสามารถสรุปอ้างอิงถึงความรู้ความสามารถของผู้สอบได้อย่างแท้จริงและมีความน่าเชื่อถือ โดยจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องของนักการศึกษาหลายท่านมีการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์ ดังนี้

### 2.5.1 การตรวจสอบคุณภาพรายข้อ

แบบสอบอัตโนมัติประยุกต์เป็นแบบสอบที่มีข้อความคำถามเป็นสถานการณ์หลายสถานการณ์ การตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อจึงมีความจำเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นตัวกำหนดคุณภาพของข้อสอบแต่ละข้อว่ามีความยากง่ายเหมาะสมกับความรู้ความสามารถของนักเรียนหรือไม่ และมีความสามารถในการจำแนกผู้สอบและวัดคุณภาพของผู้สอบในระดับใด โดยมาฆพันธุ์ อำนาคิล และกมลวรรณ ตังธนกานนท์ (2557) ลักษณ์ิ จันทราช (2544) สมคิด เทียรพิสุทธิ์ (2550) สายหมอก ขุนศักดิ์ (2543) และอำมาลา สารชาติ (2548) ใช้การตรวจสอบค่าความยาก ( $p$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ของข้อสอบรายข้อแบบอัตโนมัติที่ใช้การคำนวณโดยสูตรของ Whitney และ Sabers และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป B-index Win 6.5

### 2.5.2 การตรวจสอบความตรงของแบบสอบ

แบบสอบอัตโนมัติประยุกต์เป็นแบบสอบที่ต้องคำนึงถึงผลการเรียนรู้หรือจุดประสงค์ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเพื่อพัฒนาแบบสอบให้มีคุณภาพในการวัดความสามารถได้ตรงกับเป้าหมาย ความต้องการของผู้สร้างแบบสอบ และวัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ดังนั้นผู้สร้างแบบสอบต้องมีการตรวจสอบความตรง (validity) ของแบบสอบรูปแบบต่างๆ

ซึ่งถือว่าเป็นหัวใจของการวัดและประเมินผล (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2557) เพื่อสร้างคานาเชื่อถือให้แบบสอบที่พัฒนาขึ้น โดยมาฆพันธุ์ อำนาคิล และกมลวรรณ ตังธนากานนท์ (2557) รัตนภรณ์ วงศ์ศรีอ่อน (2548) ลักษมี จันทราช (2544) สมคิด เทียรพิสุทธิ์ (2550) สายหมอก ขุนศักดิ์ดา (2543) และอำมาลา สารชาติ (2548) ใช้การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา IOC (Index of Item Objective Congruence) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ลงความเห็นว่ข้อสอบแต่ละข้อนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์อยู่ในระดับใด นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบความตรงเชิงเกณฑ์สัมพัทธ์และความตรงตามสภาพ โดยใช้วิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson (ปิยะรัตน์ ประมวลทรัพย์, 2546; ลักษมี จันทราช, 2544; สายหมอก ขุนศักดิ์ดา, 2543)

### 2.5.3 การตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบ

การนำแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์ไปใช้ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาควรมีการตรวจสอบความคงเส้นคงวาในการวัด เพื่อให้ทราบผลการวัดที่คงที่แน่นอน สร้างคานาเชื่อถือและคุณภาพของเครื่องมือทั้งฉบับที่จะนำไปใช้ หนึ่งใน การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับคือความเที่ยง ซึ่งความเที่ยงของแบบสอบมีหลายหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแบบสอบและจำนวนผู้ตรวจให้คะแนน ส่วนใหญ่แบบสอบอัตโนมัติประยุกต์เป็นแบบสอบที่ใช้ผู้ตรวจตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปเพื่อตรวจสอบความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนหรือใช้วิธีการหาความเที่ยงโดยโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งรัตนภรณ์ วงศ์ศรีอ่อน (2548) และสายหมอก ขุนศักดิ์ดา (2543) ตรวจสอบความเที่ยงแบบสอบด้วยสูตรของคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน KR-20 ส่วน Feletti (1980) ปิยะรัตน์ ประมวลทรัพย์ (2546) และลักษมี จันทราช (2544) ใช้การตรวจสอบความสอดคล้องภายในด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) และสมคิด เทียรพิสุทธิ์ (2550) ยังเสนอวิธีการตรวจสอบความเที่ยงเพื่อการสรุปอ้างอิง โดยโปรแกรมสำเร็จรูป GENOVA (A Generalized Analysis of Variance System) ใช้แผนการวิเคราะห์แบบหลายองค์ประกอบแบบ  $p \times i \times r$  ส่วนอำมาลา สารชาติ (2548) ใช้วิธีการตรวจสอบความเที่ยงโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ Hoyt เนื่องจากมีผู้ตรวจมากกว่า 2 คน นอกจากนี้มาฆพันธุ์ อำนาคิล และกมลวรรณ ตังธนากานนท์ (2557) วิเคราะห์ความเที่ยงของแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง G-Coefficient ซึ่งออกแบบการวัดแบบไขว้ 1 องค์ประกอบ ( $p \times i$ ) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป EduG ตรวจสอบความเที่ยงของการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจ (inter rater reliability) และจากผู้ตรวจคนเดียว (intra rater reliability) โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson ปิยะรัตน์ ประมวลทรัพย์ (2546) และอำมาลา สารชาติ

(2548) ยังเพิ่มเติมในส่วนของการตรวจสอบความเที่ยงของการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจ โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Pearson เช่นกัน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอัตนัยประยุกต์ พบว่า แบบสอบอัตนัยประยุกต์มีการตรวจสอบคุณภาพใน 3 ประเด็นสำคัญคือ การตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อหรือรายเหตุการณ์ การตรวจสอบความตรงของแบบสอบ และการตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบ โดยการตรวจสอบคุณภาพรายเหตุการณ์ใช้การหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนก การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาเป็นวิธีการที่สามารถทำได้ง่ายและมีคุณภาพ การตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบอัตนัยประยุกต์ใช้การหาความเที่ยงของแบบสอบโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ส่วนความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนใช้การหาความเที่ยงในการให้คะแนนของผู้ตรวจคนเดียว (intra rater reliability) และความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจ 2 คน (inter rater reliability)

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอัตนัยประยุกต์เป็นกระบวนการสำคัญในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือ เนื่องจากเป็นการทำให้ผู้สร้างทราบคุณภาพของเครื่องมือเพื่อที่จะนำไปวัดผู้สอบและทำให้ได้ผลการวัดหรือผลการประเมินที่มีความน่าเชื่อถือและสามารถสรุปอ้างอิงถึงความสามารถของผู้สอบได้อย่างแท้จริง อีกทั้งยังสามารถนำแบบสอบไปใช้ได้อย่างแพร่หลายกับผู้สอบทุกกลุ่ม จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยทำให้ผู้วิจัยตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบรายเหตุการณ์และทั้งฉบับดังนี้ 1) ตรวจสอบคุณภาพรายเหตุการณ์ด้วยค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกแบบอัตนัย 2) ตรวจสอบความตรงของแบบสอบด้วยความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ และ 3) ตรวจสอบความเที่ยงของแบบสอบด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค และความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนด้วยความเที่ยงระหว่างผู้ตรวจ (inter rater reliability) เนื่องจากมีผู้ตรวจให้คะแนนจำนวน 2 คน และอยู่บนหลักการที่ว่า การตรวจให้คะแนนแบบสอบเดียวกันด้วยเกณฑ์การให้คะแนนแบบเดียวกัน ผลการตรวจที่ได้ควรจะมีผลสอดคล้องกัน (ศูนย์ทดสอบและประเมินเพื่อพัฒนาการศึกษาและวิชาชีพ, 2558) และเนื่องจากผู้วิจัยต้องการตรวจสอบความคงเส้นคงวาของการตรวจให้คะแนนโดยผู้ตรวจคนเดียวจึงตรวจสอบความเที่ยงของการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจคนเดียว (intra rater reliability)

## 2.6 การตรวจให้คะแนนแบบสอบอัตนัยประยุกต์

แบบสอบอัตนัยประยุกต์ที่ผ่านการตรวจสอบมาดีแล้วจะมีวิธีการตรวจให้คะแนนไม่ยาก เพราะมีเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนไว้เรียบร้อยแล้ว แต่ในบางกรณีอาจมีผู้สอบตอบไม่ตรงกับคำตอบที่ตั้งไว้หรือมีคำตอบนอกเหนือจากเฉลยแบบไม่คาดคิดมาก่อน แต่มีความถูกต้องและสมควรได้รับคะแนนในส่วนดังกล่าว เพื่อให้เกิดความยุติธรรมและลดอคติของผู้ตรวจข้อสอบ จึงควรพิจารณาแนวทางการตรวจให้คะแนนโดยอิงเกณฑ์และอิงกลุ่ม (ทองจันทร์ หงส์ลดาธรมภ์, 2547, อ้างถึงใน สมหวัง พิธิยานุวัฒน์, 2549) ซึ่งสอดคล้องกับที่ Knox อธิบายการตรวจให้คะแนนของแบบสอบอัตนัยประยุกต์ไว้ว่า การตรวจให้คะแนนจะดำเนินการรวบรวมคำตอบที่เป็นไปได้มากที่สุดจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 – 12 คน และมีการตรวจให้คะแนนเป็น 0, 1, 2, 3,... และถ้าผู้สอบตอบคำถามที่สร้างความเสียหายต่อวิชาชีพ คะแนนที่ได้จะมีลักษณะเป็นคะแนนติดลบ แต่ภายหลัง Knox พบว่าการให้คะแนนแบบติดลบไม่มีประโยชน์ เนื่องจากสามารถนำไปชดเชยกับการตอบที่ได้คะแนนบวกมากๆ ทำให้ผลคะแนนที่ได้สุดท้ายทั้งหมดอาจเป็นคะแนนบวก ซึ่งไม่ได้แสดงส่วนคะแนนที่สร้างความเสียหายต่อวิชาชีพ ในขณะที่ Feletti ได้อธิบายการตรวจให้คะแนนแบบสอบอัตนัยประยุกต์ไว้ว่า ควรสร้างโมเดลคำตอบจากผู้เชี่ยวชาญและกำหนดคะแนนให้ผ่านหรือความสามารถขั้นต่ำที่ผ่านได้ ตัวอย่างเช่น ถ้าโมเดลคำตอบมีอยู่ 16 ข้อ แล้วผู้สอบสามารถตอบได้ 6 ข้อ จะถือว่าผ่านเกณฑ์และได้ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบไม่ถึง 6 ข้อ ก็จะถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำและได้ 0 คะแนน (Feletti, 1980, อ้างถึงใน มาฆพันธ์ อำนาคิล และกมลวรรณ ตั้งธนานนท์, 2557)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า แบบสอบอัตนัยประยุกต์ที่มีวิธีการตรวจให้คะแนนแบบ Knox มีความเที่ยงของแบบสอบสูงกว่าวิธีการตรวจให้คะแนนแบบ Feletti เนื่องจากมีความละเอียดในการให้คะแนนมากกว่า (กนกวรรณ เอี่ยมชัย, 2539) แต่แบบสอบอัตนัยประยุกต์ที่มีวิธีการตรวจให้คะแนนแบบ Feletti มีความเป็นปรนัยมากกว่า สำหรับวิธีการตรวจให้คะแนนทั้งสองวิธีนี้ มีจุดเด่น จุดด้อย และข้อบกพร่องที่แตกต่างกันออกไป และสิ่งที่พบคือ ผู้สอบจะทราบผลคะแนนของตนเองแต่ไม่สามารถใช้ผลการตรวจเป็นข้อมูลย้อนกลับเพื่อนำไปปรับปรุงตนเองได้ ด้วยข้อจำกัดของสองวิธีการตรวจให้คะแนนดังกล่าว มาฆพันธ์ อำนาคิล และกมลวรรณ ตั้งธนานนท์ (2557) จึงได้เสนอวิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย (analytic method) ที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยมีองค์ประกอบของการตรวจให้คะแนนตามองค์ประกอบของ Tuckman 3 องค์ประกอบ คือ 1) ความถูกต้องของเนื้อหา 2) ความ



เข้าใจในสิ่งที่ต้องการวัด และ 3) การจัดเรียงความคิด ซึ่งผลการวิจัยพบว่า วิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยของแบบสอบอัตนัยประยุกต์ตามแบบนี้ เป็นวิธีการตรวจให้คะแนนที่มีค่าความเที่ยงสูงที่สุดในทุกเงื่อนไขจำนวนเหตุการณ์และมีค่าความเที่ยงสูงขึ้นเมื่อมีจำนวนเหตุการณ์เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับวิธีการตรวจให้คะแนนตามแนวทางของ Knox และ Feletti นอกจากนี้การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยยังสามารถทำให้เห็นจุดเด่น จุดด้อยและข้อบกพร่องแต่ละองค์ประกอบที่นักเรียนตอบ สามารถนำผลการตรวจมาให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อพัฒนานักเรียนที่มีความบกพร่องในประเด็นและขั้นตอนต่างๆ ของการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้

วิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย (analytic method) เป็นวิธีการตรวจให้คะแนนที่มีการกำหนดองค์ประกอบเฉพาะไว้ล่วงหน้าก่อนดำเนินการตรวจ โดยแยกออกเป็นองค์ประกอบที่สำคัญย่อย และกำหนดการให้คะแนนตามองค์ประกอบนั้นอีกครั้งหนึ่ง หลังจากนั้นจะนำผลคะแนนแต่ละองค์ประกอบมารวมกันเพื่อใช้เป็นคะแนนของข้อสอบข้อนั้น ซึ่งจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนนเพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นพบว่า สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) เสนอองค์ประกอบสำคัญในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ 3 องค์ประกอบคือ 1) การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (formulating) เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถนำเสนอสถานการณ์ และแสดงแนวคิดบนพื้นฐานคณิตศาสตร์ หรือระบุข้อจำกัดและสมมติฐานให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้ 2) การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (employing) เป็นองค์ประกอบที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงกระบวนการจัดการด้านจำนวน ข้อมูล นิพจน์ พีชคณิต สมการ โดยประยุกต์แนวคิดหลักที่นำไปสู่การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์กับปัญหาที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ และ 3) การตีความ (interpreting) เป็นองค์ประกอบที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถตีความผลที่ได้รับไปสู่บริบทปัญหาในโลกชีวิตจริง และระบุได้ว่าข้อสรุปเป็นเหตุเป็นผลหรือไม่ ซึ่งสอดคล้องกับสุชาดา ปัทมวิภาต (2557) ที่ระบุองค์ประกอบและกรอบโครงสร้างการประเมินคณิตศาสตร์ของโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ PISA 2015 ว่ามี 3 องค์ประกอบคือ 1) การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (formulating) 2) การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (employing) และ 3) การตีความ (interpreting) ในขณะที่ ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544) กล่าวว่า การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยสามารถตรวจสอบขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ ซึ่งไม่ได้พิจารณาเฉพาะส่วนที่เป็นคำตอบเพียงอย่างเดียว ทำให้ผู้ตรวจเห็นจุดเด่น จุดด้อย และข้อบกพร่องในแต่ละ

องค์ประกอบของผู้สอบ และสามารถนำผลการตรวจไปใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้นักเรียนนำไปพัฒนาปรับปรุงกระบวนการแก้ปัญหาของตนเองต่อไปได้

ดังนั้น วิธีการตรวจให้คะแนนรูปแบบต่างๆ มีจุดเด่น จุดด้อย และข้อบกพร่องที่แตกต่างกัน แต่รูปแบบวิธีการตรวจให้คะแนนที่เหมาะสมที่สามารถนำผลการตรวจมาใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับให้กับผู้สอบได้นั้น คือวิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย (analytic method) และองค์ประกอบสำคัญในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการตรวจให้คะแนนมี 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ

### ตอนที่ 3 แนวคิดเกี่ยวกับการให้ข้อมูลย้อนกลับ

#### 3.1 ความหมายของข้อมูลย้อนกลับ

ข้อมูลย้อนกลับ เป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถรับรู้ความเข้าใจของตนเองในการตรวจสอบข้อดี ข้อเสีย จุดเด่น จุดด้อย และจุดที่ควรพัฒนา เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาความสามารถของตนเอง ข้อมูลย้อนกลับเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเรียนรู้และตอบสนองจุดประสงค์การเรียนรู้ที่หลากหลาย ทั้งในการพัฒนาตัวผู้เรียน การประเมินแรงจูงใจ และการเสริมแรง และยังเป็นส่วนที่สามารถประเมินความก้าวหน้าระหว่างเรียนของผู้เรียนได้ (Irons, 2008) ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของข้อมูลย้อนกลับไว้ สามารถสรุปได้ดังนี้

พรศรี ลิทธิกุลสมบูรณ์ (2539) ให้ความหมายของข้อมูลย้อนกลับไว้ว่า เป็นข้อมูลที่ทำหน้าที่ช่วยตรวจสอบการตอบสนองของผู้เรียนก่อนที่จะกระทำต่อสิ่งเร้าในขั้นถัดไป ซึ่งเป็นตัวช่วยในกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน และทำให้ผู้เรียนทราบความก้าวหน้าในการเรียนของตนเอง สอดคล้องกับแนวคิดของ วัชรินทร์ เพชรชู (2539) ที่สรุปไว้ว่า ข้อมูลย้อนกลับเป็นข้อมูลที่สำคัญในการเรียนรู้ ซึ่งสามารถทำให้ผู้เรียนทราบผลการตอบของตนเองว่าถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง และยังเป็นการเสริมแรงที่สำคัญเพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

อนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม และกมลวรรณ ตังธนกานนท์ (2555) ได้สรุปความหมายของข้อมูลย้อนกลับไว้ว่า เป็นข้อมูลที่มีลักษณะเป็นข้อความ เสียง หรือรูปภาพ ที่ทำให้ผู้เรียนได้ทราบผลการตอบ ทราบความก้าวหน้าของตนเอง เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องในการเรียนรู้ของตนเองเมื่อตอบผิด หรือเป็นการเสริมแรงให้กับผู้เรียนที่ตอบคำถามได้ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับความหมายที่ ไชยยศ เรื่องสุวรรณ (2544) และวิภาวรรณ วงษ์สุวรรณ คงเภา (2555) ได้สรุปไว้ว่า

ข้อมูลย้อนกลับเป็นข้อมูล ข้อความ หรือกราฟิกเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่าง เช่น ลักษณะของการกระทำ ความก้าวหน้าของสิ่งต่างๆ ผลของกระบวนการ ปฏิบัติการโต้ตอบที่ตอบสนอง คำแนะนำติชมที่ส่งคืนกลับไปให้นักเรียนเพื่อให้นักเรียนนำกลับไปแก้ไขปรับปรุงให้ดีขึ้น

ดังนั้น ข้อมูลย้อนกลับ (feedback) จึงเป็นข้อมูลที่ผู้ประเมินแสดงผลการกระทำของผู้เรียนให้ทราบพัฒนาการและความก้าวหน้าของตนเอง เพื่อนำไปพัฒนาหรือปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของตนเองให้ดีขึ้น ข้อมูลย้อนกลับมีหลายรูปแบบทั้งที่เป็นตัวเลข ข้อความ รูปภาพ กราฟิก หรือเสียง นอกจากนี้การให้ข้อมูลย้อนกลับเชิงบวกยังเป็นการเสริมแรงทางบวกให้กับนักเรียนที่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องด้วย

### 3.2 รูปแบบของข้อมูลย้อนกลับ

การเลือกรูปแบบข้อมูลย้อนกลับที่เหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียนจะทำให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลที่เป็นประโยชน์และสามารถพัฒนาตนเองได้ตรงจุด ซึ่งการเลือกวิธีการหรือรูปแบบที่เหมาะสมควรพิจารณาจากวัตถุประสงค์ของการให้ข้อมูลย้อนกลับแต่ละครั้ง การให้ข้อมูลย้อนกลับมีวิธีการที่สามารถทำได้หลายรูปแบบ โดยมีนักการศึกษาแบ่งรูปแบบของข้อมูลย้อนกลับเป็นหลายประเภท ดังนี้

Lewis (2003, อ้างถึงใน วิทยารรณ วงษ์สุวรรณ คงเฝ้า, 2555) กล่าวว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับกับนักเรียนควรมีการให้ข้อมูลทั้งแบบเชิงบวกคือผลของการกระทำที่นักเรียนทำได้ดีอยู่แล้ว และเชิงลบคือผลของการกระทำที่นักเรียนควรดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น จึงเสนอรูปแบบของข้อมูลย้อนกลับไว้ 2 ประเภทคือ 1) ข้อมูลย้อนกลับสิ่งที่ดี เป็นข้อมูลย้อนกลับหรือข้อคิดเห็นเชิงบวกที่นักเรียนแสดงผลของการกระทำที่ดี ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีกำลังใจในการเอาชนะความยากลำบากและการทำงานที่ตนเองอาจจะไม่ถนัด และ 2) ข้อมูลย้อนกลับสิ่งที่ทำแล้วผิดพลาด เป็นข้อมูลย้อนกลับที่นำผลการกระทำที่อาจเกิดจากความไม่รู้ของนักเรียนมาผ่านกระบวนการสื่อสารให้นักเรียนนำไปใช้ในการปรับปรุงความสามารถของตนเองให้ดีขึ้น

ส่วน Schimmel (1993, อ้างถึงใน พรศรี ลีทวีกุลสมบุญ, 2539) และอนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม และกมลวรรณ ตังธนกานนท์ (2555) แบ่งการให้ข้อมูลย้อนกลับเป็น 4 รูปแบบตามความละเอียดของข้อมูลที่ให้แก่ นักเรียน คือ 1) ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำหรือให้การยืนยัน (confirmation feedback) เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับที่บอกผลของการกระทำกับนักเรียนว่าสิ่งที่ตนเองตอบมานั้นถูกหรือผิด 2) ข้อมูลย้อนกลับที่บอกความถูกต้องหรือบอกข้อถูก (corrective feedback) เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับที่บอกผลของการกระทำกับนักเรียนว่าสิ่งที่ตนเองตอบมานั้น

ถูกหรือผิด พร้อมทั้งบอกแนวทางในการหาคำตอบที่ถูกต้อง 3) ข้อมูลย้อนกลับที่ให้คำอธิบายเพิ่มเติม (explanatory feedback) เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับที่บอกผลของการกระทำกับนักเรียนว่าถูกหรือผิด และบอกแนวทางในการหาคำตอบที่ถูกต้อง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบแนวทางการหาคำตอบที่เหมาะสม เพื่อให้นักเรียนนำไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่อง และ 4) ข้อมูลย้อนกลับที่ให้การวินิจฉัยหรือแบบชี้แนะ (diagnostic/directive feedback) เป็นข้อมูลย้อนกลับที่บอกผลของการกระทำกับนักเรียนว่าถูกหรือผิด บอกหรือชี้แนะแนวทางในการหาคำตอบที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลประกอบแนวทางการหาคำตอบที่เหมาะสม พร้อมทั้งมีการเปรียบเทียบให้เห็นข้อที่ถูกต้อง การให้ข้อมูลย้อนกลับประเภทนี้จะนำเสนอแนวทาง หลักการ และข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญหาให้กับนักเรียน แต่ขาดการอธิบายรายละเอียดของการหาคำตอบทำให้นักเรียนจะต้องค้นหาคำตอบด้วยตนเอง จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับแต่ละแบบนี้จะมีการเพิ่มเติมข้อมูลให้มีรายละเอียดมากขึ้น แต่จะพบว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ให้การวินิจฉัยหรือแบบชี้แนะจะเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีรายละเอียดมากที่สุดซึ่งเป็นจุดเด่นที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีแนวทางในการพัฒนาตนเองตามวิธีการที่ผู้สอนชี้แนะไปให้ ซึ่งสามารถสรุปรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับตามความละเอียดของข้อมูลที่ให้แก่ักเรียน ได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับตามความละเอียดของข้อมูลที่ให้แก่ักเรียน

รูปแบบ	บอกผล ถูก/ผิด	บอก แนวทาง	อธิบาย เหตุผล	เปรียบเทียบ
ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกผลการกระทำหรือให้การยืนยัน (confirmation feedback)	✓	-	-	-
ข้อมูลย้อนกลับที่บอกความถูกต้องหรือบอกข้อถูก (corrective feedback)	✓	✓	-	-
ข้อมูลย้อนกลับที่ให้คำอธิบายเพิ่มเติม (explanatory feedback)	✓	✓	✓	-
ข้อมูลย้อนกลับที่ให้การวินิจฉัยหรือแบบชี้แนะ (diagnostic/directive feedback)	✓	✓	✓	✓

การให้ข้อมูลย้อนกลับแต่ละรูปแบบมีจุดเด่นและจุดด้อยแตกต่างกัน รวมถึงรายละเอียดในการให้ข้อมูลย้อนกลับก็มีจำนวนไม่เท่ากัน ซึ่งแต่ละรูปแบบมีรายละเอียดดังตัวอย่างในตารางที่ 4 และตัวอย่างการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะ (อนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม และกมลวรรณ ตั้งณกานนท์, 2555) แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ตัวอย่างรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับ

รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับ	รายละเอียด
คำถาม: จงหาค่า $x$ จากสมการ $19 + x = 3$	
ข้อมูลย้อนกลับแบบบอก	คุณตอบถูก หรือคุณตอบผิด
ผลการกระทำหรือให้การยืนยัน	
ข้อมูลย้อนกลับที่บอกความถูกต้องหรือบอกข้อถูก	คุณตอบถูก หรือคุณตอบผิด และคำตอบที่ถูกต้องคือ $-16$
ข้อมูลย้อนกลับที่ให้คำอธิบายเพิ่มเติม	คุณตอบถูก หรือคุณตอบผิด และคำตอบที่ถูกต้องคือ $-16$ เนื่องจากต้องการหาค่า $x$ เพียงตัวแปรเดียว จึงนำ $-19$ มาบวกทั้งสองข้างของสมการ จะทำให้ $19 - 19 = 0$ แล้วเหลือตัวแปร $x$ เพียงตัวเดียว
ข้อมูลย้อนกลับที่ให้การวินิจฉัยหรือแบบชี้แนะ	ตัวอย่างเพิ่มเติม จงหาค่า $x$ จากสมการ $15 + x = 2$ วิธีทำ จาก $15 + x = 2$ นำ $(-15$ หรือ $-2)$ มา (บวกหรือคูณ) ทั้งสองข้างของสมการ ดังนั้น $x = \dots\dots\dots$ พิจารณา $19 + x = 3$ 1. โจทย์ถามหาค่าของอะไร 2. ควรใช้สมบัติการเท่ากันข้อใด (การบวกหรือการคูณ) หาสิ่งที่โจทย์ถาม 3. ใช้สมบัติอย่างไร การแก้ปัญหามีกี่ขั้นตอน (1 หรือ 2 ขั้นตอนขึ้นไป) 4. ดังนั้น $x = \dots\dots\dots$

ตารางที่ 5 ตัวอย่างรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะ

**คำถาม: 64, 55, 46, 37, ..... จากรูปแบบที่กำหนดให้ จงหาจำนวนในลำดับต่อไป**

ตัวอย่างเพิ่มเติม

12, 9, 6, 3, ..... จากรูปแบบที่กำหนดให้ จงหาจำนวนในลำดับต่อไป

วิธีทำ

สำรวจจำนวนที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละครั้ง

จำนวนที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละครั้ง (เพิ่มขึ้นหรือลดลง)

พิจารณา 12 กับ 9 จะพบว่า (เพิ่มขึ้น/ลดลง) แบบ (บวก/ลบ/คูณ/หาร) ที่ละ.....

พิจารณา 9 กับ 6 จะพบว่า (เพิ่มขึ้น/ลดลง) แบบ (บวก/ลบ/คูณ/หาร) ที่ละ.....

พิจารณา 6 กับ 3 จะพบว่า (เพิ่มขึ้น/ลดลง) แบบ (บวก/ลบ/คูณ/หาร) ที่ละ.....

ดังนั้น แต่ละจำนวนมีความสัมพันธ์ (เพิ่มขึ้น/ลดลง) แบบ (บวก/ลบ/คูณ/หาร) ที่ละ.....

(เพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่ากันตลอดหรือไม่)

ดังนั้น จำนวนในลำดับต่อไป คือ.....

พิจารณา 64, 55, 46, 37, ..... จำนวนที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละครั้ง (เพิ่มขึ้นหรือลดลง)

แบบ (บวกหรือลบหรือคูณหรือหาร) ที่ละ..... (เพิ่มขึ้นหรือลดลงเท่ากันตลอดหรือไม่)

ดังนั้น จำนวนในลำดับต่อไป คือ.....

จากการศึกษาเอกสาร งานวิจัย และตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับข้างต้น จะเห็นว่ารูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแต่ละแบบที่นักการศึกษาเสนอไว้มีรูปแบบที่หลากหลายและมีจุดเด่น จุดด้อยแตกต่างกันไปตามลักษณะและจุดประสงค์ของการนำไปใช้ประโยชน์กับนักเรียน และจากการศึกษางานวิจัยของอนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม และกมลวรรณ ตั้งธนากานนท์ (2555) เรื่องผลของรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่แตกต่างกันที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ระดับสูงที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียดและแบบชี้แนะมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีกว่าผู้เรียนที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบ ผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ระดับปานกลางที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียด แบบชี้แนะ และแบบผสม มีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีกว่าผู้เรียนที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง ส่วนผู้เรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ระดับต่ำที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบอธิบายรายละเอียด แบบชี้แนะ และแบบผสม

มีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีกว่าผู้เรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบที่ถูกต้อง และผู้เรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบผสมมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีกว่าผู้เรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อย่างไรก็ดี การให้ข้อมูลย้อนกลับทุกรูปแบบล้วนแต่มีประโยชน์ในการส่งเสริมพัฒนาการการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งสิ้น แต่นักเรียนอีกหลายคนอาจไม่รับรู้และไม่เข้าใจข้อมูลย้อนกลับที่ตนเองได้รับ และไม่สามารถแปลผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับได้ถูกต้องตามบริบทต่างๆ นอกจากนี้การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะที่มีการบอกผลของการกระทำกับนักเรียนว่าถูกหรือผิด บอกหรือชี้แนะแนวทางในการหาคำตอบที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลประกอบแนวทางการหาคำตอบที่เหมาะสม พร้อมทั้งมีการยกตัวอย่างเปรียบเทียบให้เห็นข้อที่ถูก อาจเป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีรายละเอียดมากเกินไป และอาจทำให้นักเรียนเกิดความสับสน ส่งผลกระทบต่อความภูมิใจในตนเองของนักเรียน (Quinton, 2010) นอกจากนี้การให้ข้อมูลย้อนกลับในเชิงลบกับนักเรียนอาจทำให้นักเรียนเกิดความผิดพลาดในครั้งต่อไปได้อีก และทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกว่าตนเองถูกตำหนิเกี่ยวกับผลการกระทำมากเกินไป

Brown (2007, อ้างถึงใน ดาวเรือง ลุมทอง และโชติกา ภาชีผล, 2553) และ Carless (2006, อ้างถึงใน ดาวเรือง ลุมทอง และโชติกา ภาชีผล, 2553) จึงเสนอการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง ซึ่งเป็นรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ให้การวินิจฉัยหรือแบบชี้แนะ ข้อมูลย้อนกลับประเภทนี้เป็นข้อมูลย้อนกลับที่เน้นกระบวนการในอนาคตเพื่อให้นักเรียนเกิดพัฒนาการการเรียนรู้เชิงบวก เป็นข้อมูลที่ไม่ได้บ่งบอกถึงความผิดพลาดหรือความคิดเห็นเพียงอย่างเดียว แต่มีการแนะนำเกี่ยวกับสิ่งที่ควรกระทำหรือควรปรับปรุงต่อไป ดังนั้นการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจึงมุ่งเน้นการกระทำที่ต้องการให้เกิดขึ้นในอนาคต โดยไม่เน้นผลของการกระทำเชิงลบที่เกิดขึ้นมาแล้ว

นอกจากนี้ Goldsmith (2002) ได้กล่าวถึงเหตุผลที่ควรใช้การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงไว้ว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงเป็นการให้ข้อมูลที่ทำให้นักเรียนได้รับความรู้สึกที่ดีและได้รับแนวทางในการพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง มุ่งเน้นและให้ความสำคัญกับโอกาสในการพัฒนางานในอนาคต ไม่ย้อนกลับไปกับอดีตที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงยังใช้เวลาน้อยกว่าและให้ผลการพัฒนาที่ดีกว่า โดยผู้ได้รับข้อมูลย้อนกลับสามารถเรียนรู้แนวทางการพัฒนาและพิจารณาแนวทางที่เหมาะสมกับความสามารถของตนเองเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของตนเองได้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของโชติกา

ภาชีผล และคณะ (2558) ที่ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ที่สะท้อนข้อมูลย้อนกลับในการประเมินพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่า การใช้แฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ที่สะท้อนข้อมูลชี้แนะเพื่อการปรับปรุง มีร้อยละของนักเรียนที่มีพัฒนาการสูงกว่าไม่มีพัฒนาการ ส่วนดาวเรือง ลุมทอง และโชติกา ภาชีผล (2553) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการให้ข้อมูลย้อนกลับรูปแบบต่างๆ ในรายวิชาศิลปะ และเสนอผลการวิจัยว่า นักเรียนกลุ่มทักษะสูงที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีพัฒนาการสูงกว่านักเรียนกลุ่มทักษะสูงที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบทั่วไปและแบบผสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 6 ตัวอย่างรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

เกณฑ์	ระดับการประเมิน		
	3	2	1
ด้าน	ผลงานนำเอาทัศนธาตุ	ผลงานนำเอาทัศนธาตุ	ผลงานนำเอาทัศนธาตุ
องค์ประกอบ	มาจัดวางโดยใช้หลัก	มาจัดวางโดยใช้หลัก	มาจัดวางโดยไม่คำนึง
ทัศนศิลป์	องค์ประกอบศิลป์ได้	องค์ประกอบศิลป์ได้	ถึงการใช้หลัก
	อย่างสวยงาม	อย่างเหมาะสม	องค์ประกอบศิลป์
รูปแบบการให้	คงความตั้งใจในการจัด	พัฒนาการจัด	ศึกษาการจัด
ข้อมูลย้อนกลับ	องค์ประกอบและ	องค์ประกอบเพื่อให้	องค์ประกอบเพื่อให้
แบบชี้แนะเพื่อ	ทดลองจัด	ผลงานโดดเด่นและ	ผลงานมีคุณค่าน่าสนใจ
การปรับปรุง	องค์ประกอบแบบอื่น	ฝึกฝนการใช้สีด้วย	มากขึ้น

จากความสำคัญของการให้ข้อมูลย้อนกลับรูปแบบต่างๆ จะเห็นว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะ (directive feedback) เป็นการให้ข้อมูลและคำอธิบายเกี่ยวกับความถูกต้องของคำตอบที่นักเรียนตอบ มีการเปรียบเทียบให้เห็นถึงคำตอบที่ถูกต้องและแนะแนวทางในการหาคำตอบด้วยวิธีการที่เหมาะสม ซึ่งสามารถทำให้นักเรียนนำแนวทางที่ได้จากการชี้แนะไปใช้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ทันที และยังเป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักหาสาเหตุของคำตอบที่ไม่ถูกต้องพร้อมที่จะนำคำแนะนำไปปรับปรุงพัฒนาจุดบกพร่องของตนเองได้ นอกจากนี้การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงยังเน้นพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนเชิงบวกที่ทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกที่ดีในการทำงานและพร้อมที่จะรับข้อมูลแนะแนวทางเพื่อนำกลับไปพัฒนาตนเองโดยไม่เกิดความวิตกกังวลกับ



ข้อผิดพลาดมากเกินไป อีกทั้งในการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงนั้นยังทำให้นักเรียนเรียนรู้และทำความเข้าใจข้อมูลย้อนกลับได้อย่างรวดเร็ว ดังผลการวิจัยของอนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม และกมลวรรณ ตั้งธนานนท์ (2555) และดาวเรือง ลุมทอง และโชติกา ภาชีผล (2553) ที่สรุปว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงกับนักเรียนทั้งกลุ่มที่มีความสามารถระดับสูง ปานกลาง และต่ำ ส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการและความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมาใช้ในการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบถามต้นปีประยุกต์ที่สร้างขึ้น โดยมีองค์ประกอบในการให้ข้อมูลย้อนกลับตามเกณฑ์การตรวจให้คะแนน 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ

### 3.3 หลักการให้ข้อมูลย้อนกลับ

การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นกระบวนการสำคัญในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียน โดยข้อมูลย้อนกลับที่ให้กับนักเรียนต้องมีความสอดคล้องการวัดและประเมินผลที่ดี เพื่อเป็นการส่งเสริมให้ข้อมูลย้อนกลับนั้นเกิดประสิทธิภาพสูงที่สุดกับนักเรียน และสามารถพัฒนานักเรียนให้ตรงกับสิ่งที่ครูตั้งจุดมุ่งหมายไว้ตามหลักสูตร นอกจากนี้การให้ข้อมูลย้อนกลับที่ดีจะส่งผลให้นักเรียนมีกำลังใจในการเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองต่อไป (ดาวเรือง ลุมทอง และโชติกา ภาชีผล, 2553) ดังนั้นการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ดีต้องคำนึงปัจจัยที่สำคัญด้วย เพื่อส่งเสริมให้กระบวนการดังกล่าวเกิดประสิทธิภาพสูงสุดกับผู้ที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับในส่วนนั้น โดย Quinton (2010) เสนอว่า ลักษณะของข้อมูลย้อนกลับที่ดีและมีประสิทธิภาพต้องเป็นข้อมูลย้อนกลับที่ตรงประเด็น (accurate) ตอบสนองทันที (timely) ครอบคลุมเนื้อหา (comprehensive) และมีความเหมาะสม (appropriate) กับนักเรียน

Irons (2008) เสนอหลักการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ดีไว้ 4 ประการ ดังนี้ ประการแรกคือการให้ข้อมูลย้อนกลับต้องมีจุดมุ่งหมายในการประเมินที่ชัดเจนและเข้าใจตรงกัน ประการที่สองคือการให้ข้อมูลย้อนกลับต้องสามารถวัดกระบวนการในการเรียนรู้ของนักเรียนได้ ประการที่สามคือการให้ข้อมูลย้อนกลับต้องเป็นวิธีการที่ทำให้กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนไปสู่เป้าหมายของการประเมินได้ และประการสุดท้ายคือการให้ข้อมูลย้อนกลับควรมีคุณภาพและประสิทธิภาพในการแนะนำให้นักเรียนเกิดพัฒนาการในการเรียนรู้มากขึ้น นอกจากนี้หลักการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ Irons ได้เสนอไว้แล้ว ยังมีหลักการในส่วนอื่นที่สำคัญอีกคือ ควรแสดงคำถาม คำตอบ และข้อมูลย้อนกลับในเวลาเดียวกัน ควรใช้เสียงสูงในการให้ข้อมูลย้อนกลับสำหรับคำตอบที่ถูกต้องและใช้เสียงค่อนข้างต่ำสำหรับคำตอบที่ผิด และการให้ข้อมูลย้อนกลับควรให้ทันทีหลังจากที่นักเรียนตอบสนอง

(สุกรี รอดโพธิ์ทอง, 2544, อ้างถึงใน อนงค์ เมธีพิทักษ์ธรรม และกมลวรรณ ตังธนากานนท์, 2555) สอดคล้องกับอนงค์ เมธีพิทักษ์ธรรม และกมลวรรณ ตังธนากานนท์ (2555) ที่กล่าวไว้ว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับควรให้ทันที หากนักเรียนทราบผลการเรียนรู้เร็วเท่าใดก็จะทำให้การเรียนรู้ของนักเรียนมีผลดีมากชิ้นเท่านั้น

ดังนั้น ในกระบวนการให้ข้อมูลย้อนกลับ ครูจำเป็นต้องยึดหลักการในการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ดี โดยจะต้องเป็นข้อมูลย้อนกลับที่ตรงประเด็นและสอดคล้องกับเป้าหมายของการวัดประเมินครอบคลุมเนื้อหาในกระบวนการจัดการเรียนรู้ และเป็นข้อมูลย้อนกลับที่ตอบสนองนักเรียนได้ทันที เพื่อที่จะทำให้นักเรียนรับทราบผลการกระทำและเกิดแรงจูงใจในการพัฒนาตนเองให้ดีขึ้น

### 3.4 แนวทางการให้ข้อมูลย้อนกลับ

ข้อมูลย้อนกลับมีแนวทางในการให้ข้อมูลจากผู้ให้ที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นผู้สอน เพื่อนร่วมชั้นเรียน ผู้ปกครอง หรืออื่นๆ แต่ Lewis (2003, อ้างถึงใน วิภาวรรณ วงษ์สุวรรณ คงเผ่า, 2555) ได้สรุปวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับตามผู้ให้ข้อมูลไว้ 3 กลุ่ม ดังนี้

1. การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยครูผู้สอน ซึ่งครูจะเป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นส่วนใหญ่ มีวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับหลายวิธี ได้แก่ การทำเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ในกระดาษคำตอบของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนนำกลับไปพิจารณา การพูดคุยกันโดยเปิดโอกาสให้แสดงความคิดเห็นหรือถามคำถามกันซึ่งเป็นวิธีการที่ทำให้นักเรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับที่ชัดเจน สามารถสอบถามสิ่งที่ไม่เข้าใจในขณะนั้นได้เลย การรวบรวมข้อมูลย้อนกลับจากทุกคนในชั้นเรียนแล้วนำมาจัดกลุ่มแบ่งประเภทพร้อมทั้งนำเสนอให้นักเรียนทราบทั้งชั้นเรียน วิธีนี้จะมีประโยชน์กับนักเรียนคือไม่มีภาระบุนักเรียนที่ทำผิดพลาดและยังทำให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นเพิ่มขึ้นด้วย

2. การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเพื่อนร่วมชั้นเรียน เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเตรียมตัวที่จะให้ข้อมูลย้อนกลับแก่เพื่อน โดยนักเรียนจะมีข้อเสนอแนะที่ดีและใช้ภาษาในการให้ข้อมูลย้อนกลับไว้อย่างดีกับเพื่อน สามารถทำให้เพื่อนร่วมชั้นเรียนเข้าใจได้ง่าย แต่ในทางกลับกันต้องระวังการเขียนข้อความบางอย่างที่อาจมีผลกระทบกระเทือนต่อจิตใจนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับนั้น วิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับลักษณะนี้มีหลายวิธี เช่น การแลกเปลี่ยนผลงานกัน การทำงานเป็นคู่หรือกลุ่ม การส่งผลงานไปรอบห้อง การใช้คำถาม การเขียนผลงานลงบนกระดาน เป็นต้น

3. การให้ข้อมูลย้อนกลับโดยตนเอง เป็นวิธีการที่นักเรียนสามารถแก้ไขจุดบกพร่องของผลงานตนเองโดยนักเรียนจะมีอิสระในการให้ข้อมูลย้อนกลับด้านต่างๆ สามารถค้นพบจุดเด่นหรือ

จุดด้อยของตนเองได้ ซึ่งวิธีการนี้ครูผู้สอนจะต้องให้แนวทางในการให้ข้อมูลย้อนกลับตนเองเพื่อป้องกันนักเรียนให้ข้อมูลย้อนกลับตนเองไม่ตรงประเด็น

จากการศึกษาแนวทางการให้ข้อมูลย้อนกลับจากผู้ให้ที่แตกต่างกัน พบว่า แนวทางการให้ข้อมูลย้อนกลับสามารถให้จากครูผู้สอน เพื่อนร่วมชั้นเรียน หรือแม้แต่ตนเองก็สามารถให้ข้อมูลได้ ซึ่งการเลือกรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแนวทางต่างๆ นั้น ควรพิจารณาความเหมาะสมและจุดมุ่งหมายของการให้ข้อมูลย้อนกลับ วุฒิภาวะของผู้ให้ข้อมูล เนื้อหา และบริบทของแต่ละสถานการณ์ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับนั้น

## ตอนที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับคะแนนพัฒนาการ

### 4.1 คะแนนพัฒนาการ

คะแนนพัฒนาการ (growth score) เป็นคะแนนที่แสดงถึงความเปลี่ยนแปลงในกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนหลังจากที่ได้รับการจัดกระทำบางอย่าง ซึ่งอาจเป็นคะแนนในเชิงบวกหรือเชิงลบขึ้นอยู่กับความสามารถของนักเรียนในการพัฒนาตนเอง โดยคะแนนพัฒนาการเป็นคะแนนที่ได้รับความนิยมในหลากหลายสาขาวิชา ทั้งในสาขาวิชาทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ เพราะคะแนนพัฒนาการเป็นดัชนีบ่งบอกถึงความก้าวหน้าของสิ่งที่ได้รับการวัด แต่ในด้านการศึกษาเน้นการวัดคะแนนพัฒนาการเป็นกระบวนการสำคัญของการวัดและประเมินผลการศึกษา เพราะนักเรียนสามารถนำผลคะแนนจากการวัดพัฒนาการมาใช้เป็นสารสนเทศเพื่อการปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเองได้ (นิอร ไชยพรพัฒนา และอวยพร เรื่องตระกูล, 2549) การวัดคะแนนพัฒนาการในยุคแรกเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัดซ้ำ 2 ครั้งคือ ครั้งแรกและครั้งหลังจากการได้รับการจัดกระทำ โดยไม่สนใจความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัดในคุณลักษณะเดียวกัน (Baird, 1988, อ้างถึงใน อวยพร เรื่องตระกูล, 2544)

จากการศึกษาข้างต้นพบว่า คะแนนพัฒนาการเป็นเรื่องที่นักวิจัยให้ความสนใจ โดยคะแนนพัฒนาการเป็นคะแนนที่ได้จากการเปรียบเทียบผลการวัดตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป สามารถคำนวณได้หลายวิธี และคะแนนพัฒนาการยังมีประโยชน์ในด้านการนำไปใช้เพื่อตรวจสอบความรู้และนำไปใช้ในการปรับปรุงการเรียนรู้ของตนเองให้ดีขึ้น

## 4.2 วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ

วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ เป็นกระบวนการนำผลคะแนนที่ได้จากการวัดตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไปมาคำนวณให้ได้คะแนนพัฒนาการ ซึ่งนอร์ ไชยพรพัฒนา (2549) และอวยพร เรื่องตระกูล (2544) ได้รวบรวมและสรุปวิธีในการวัดคะแนนไว้ 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมมี 6 วิธีคือ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากคะแนนมาตรฐาน วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากลอการิทึมของคะแนนดิบ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการส่วนเหลือเทียบกับศักยภาพของผู้สอบ 2) กลุ่มของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบมี 2 วิธีคือ วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างของความสามารถที่แท้จริง และวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยใช้โมเดลราส์ซพหุมิติสำหรับการเรียนรู้และการวัดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งแต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 4.2.1 กลุ่มของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม

1. วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบ (observed difference score method) เป็นคะแนนที่ได้จากผลต่างระหว่างคะแนนครั้งสุดท้ายกับคะแนนครั้งแรก จุดเด่นของวิธีนี้คือเป็นวิธีการคำนวณที่ง่ายที่สุดและเป็นตัวประมาณค่าที่ไม่ลำเอียง แต่วิธีนี้จะมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นระหว่างการวัดมาก และมีความเที่ยงต่ำ
2. วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากคะแนนมาตรฐาน (standard score method) เป็นคะแนนที่ได้จากผลต่างระหว่างคะแนนมาตรฐานของคะแนนครั้งสุดท้ายกับคะแนนมาตรฐานของคะแนนครั้งแรก จุดเด่นของวิธีนี้คือเป็นการแก้ปัญหาเรื่องของคะแนนครั้งแรกกับคะแนนครั้งสุดท้ายที่มีการแจกแจงแตกต่างกัน โดยการทำให้คะแนนมาตรฐานแทน
3. วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากลอการิทึมของคะแนนดิบ (logarithm of observed score method) เป็นคะแนนที่ได้จากผลต่างระหว่างลอการิทึมธรรมชาติของคะแนนครั้งสุดท้ายกับลอการิทึมธรรมชาติของคะแนนครั้งแรก จุดเด่นคือเป็นการแก้ปัญหาเมื่อคะแนนครั้งแรกและคะแนนครั้งสุดท้ายไม่เป็นฟังก์ชันแบบบวก
4. วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (relative gain score) เป็นคะแนนที่ได้จากอัตราส่วนร้อยละระหว่างผลต่างของคะแนนครั้งสุดท้ายและคะแนนครั้งแรก กับผลต่างระหว่างคะแนนเต็มและคะแนนครั้งแรก จุดเด่นคือเป็นการแก้ปัญหาเรื่องอิทธิพลเพดานและลดปัญหาการถดถอยเข้าสู่ส่วนกลาง

5. วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล (balanced relative gain score) เป็นคะแนนที่ได้จากอัตราส่วนร้อยละระหว่างผลต่างของคะแนนครั้งสุดท้ายและคะแนนครั้งแรก กับผลต่างของคะแนนเต็มและครึ่งหนึ่งของผลบวกของคะแนนครั้งสุดท้ายและคะแนนครั้งแรก

6. วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการส่วนเหลือเทียบกับศักยภาพของผู้สอบ (residual growth and potential ratio ability scores) เป็นคะแนนที่ได้จากอัตราส่วนร้อยละระหว่างผลต่างของคะแนนครั้งสุดท้ายกับค่าทำนายคะแนนสอบครั้งสุดท้ายด้วยคะแนนสอบครั้งแรก กับผลต่างระหว่างคะแนนเต็มกับคะแนนครั้งแรก จุดเด่นคือแก้จุดอ่อนของการวัดคะแนนที่มีอิทธิพลเพดาน

#### 4.2.2 กลุ่มของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

1. วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างของความสามารถที่แท้จริง (method of difference between true ability scores) เป็นคะแนนที่ได้จากผลต่างระหว่างความสามารถที่แท้จริงครั้งสุดท้ายกับความสามารถที่แท้จริงครั้งแรก

2. วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยใช้โมเดลราสช์พหุมิติสำหรับการเรียนรู้และการวัดการเปลี่ยนแปลง (Multidimensional Rasch Model for Learning and Change) เป็นคะแนนที่ได้จากความสามารถที่แท้จริงที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของการเรียนรู้ที่วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม LPCM

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการรูปแบบต่างๆ พบว่าการวัดคะแนนพัฒนาการสามารถคำนวณได้หลากหลายวิธี ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของรูปแบบการวัด พัฒนาการ การใช้แบบสอบ และรูปแบบข้อมูลที่ทำการศึกษา ซึ่งดาวเรือง ลุมทอง และโชติกา ภาชีผล (2553) ได้ศึกษาผลของรูปแบบข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อพัฒนาการของผลงานด้านทัศนศิลป์: การประยุกต์ใช้ข้อมูลย้อนกลับทั่วไปและข้อมูลชี้แนะเพื่อการปรับปรุง เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแตกต่างกัน โดยเลือกใช้วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (relative gain score) ในการวิเคราะห์พัฒนาการของนักเรียน ส่วนอวยพร เรื่องตระกูล (2544) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาและวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการประมาณคะแนนพัฒนาการระหว่างกลุ่มของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมกับกลุ่มของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบมีคุณภาพไม่แตกต่างกัน 2) ในกลุ่มของทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมนั้น วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์และวิธีวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบมีคุณภาพสูงกว่าวิธีการอื่นๆ และ 3) ในกลุ่มของทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ

วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยใช้โมเดลราส์ซพหุมิติสำหรับการเรียนรู้และการวัดการเปลี่ยนแปลงมีคุณภาพสูงกว่าวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างของความสามารถที่แท้จริง นอกจากนี้ นีออร์ ไชยพรพัฒนา และอวยพร เรื่องตระกูล (2549) ได้ทำการวิจัยในประเด็นการเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการ โดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์: การศึกษาแบบมอนติคาร์โล พบว่า เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเส้นตรงและไม่เป็นแบบเส้นตรง ในภาพรวมคะแนนพัฒนาการจากวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์มีคุณภาพมากกว่าวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการจากความแตกต่างระหว่างคะแนนดิบและวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สมดุล

จากการรวบรวมข้อมูลและผลการวิจัยเกี่ยวกับการวัดคะแนนพัฒนาการของนักวิจัยหลายท่าน จะเห็นได้ว่า วิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (relative gain score) เป็นวิธีการที่มีคุณภาพมากที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการรูปแบบอื่นๆ (ดาวเรือง ลุ่มทอง และ โชติกา ภาชีผล, 2553; นีออร์ ไชยพรพัฒนา และอวยพร เรื่องตระกูล, 2549; อวยพร เรื่องตระกูล, 2544) เนื่องจากเป็นวิธีการประมาณค่าคะแนนพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนที่สามารถแก้ปัญหาอิทธิพลเพดาน (ceiling effect) ได้ ซึ่งอิทธิพลเพดานเป็นอิทธิพลที่เกิดจากกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถสูง เช่น กลุ่มสูงและกลุ่มปานกลางมีคะแนนในการวัดครั้งแรกสูงกว่ากลุ่มอ่อน แต่เมื่อวัดครั้งหลังจะมีโอกาสที่คะแนนจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเพราะถูกกำหนดด้วยคะแนนเต็ม ทำให้คะแนนเพิ่มของกลุ่มเก่งและกลุ่มปานกลางมีแนวโน้มที่จะต่ำกว่ากลุ่มอ่อน (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (relative gain score) มาใช้ในการวิเคราะห์ผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์ที่มีต่อพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ที่เสนอโดยศิริชัย กาญจนวาสี (2556) มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$DS (\%) = \frac{(Y - X)}{(F - X)} \times 100$$

โดยที่ DS (%) = คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียน

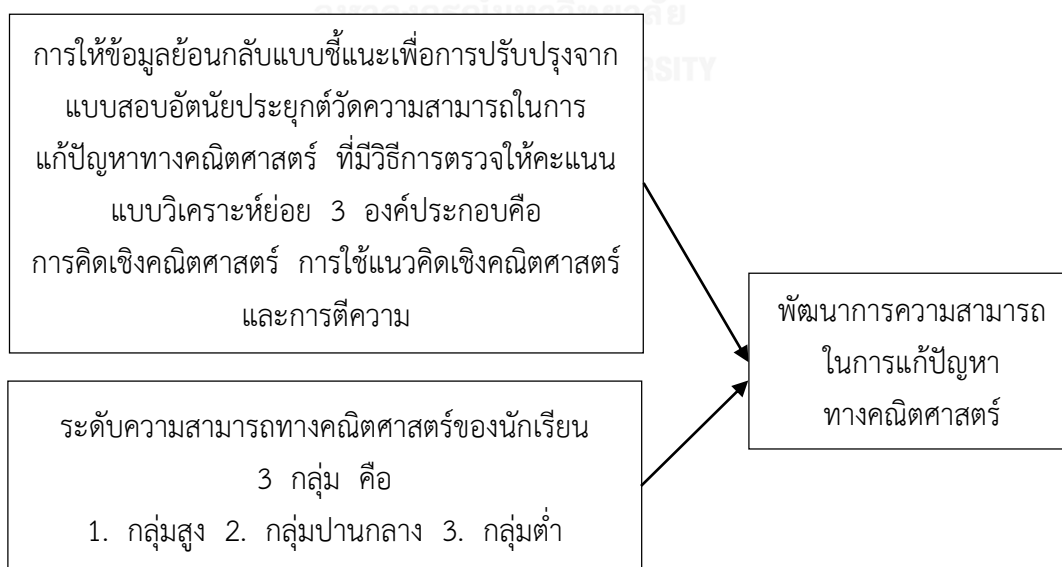
X = คะแนนที่วัดครั้งแรก

Y = คะแนนที่วัดครั้งหลัง

F = คะแนนเต็ม

## ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิด สรุปลงและสังเคราะห์องค์ความรู้จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบสอบอัตนัยประยุกต์ วิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง และการวัดคะแนนพัฒนาการ ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีวิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ โดยนำผลการตรวจให้คะแนนมาให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงแก่นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ โดยมุ่งเน้นวิเคราะห์และเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม หลังจากได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อีกทั้งงานวิจัยนี้ยังมุ่งพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่เหมาะสมกับแบบสอบและมีประโยชน์ในการนำไปใช้ในการสอบหรือใช้ในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์เพื่อวัดความสามารถและพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยผู้วิจัยสรุปเป็นกรอบแนวคิดของการวิจัยเพื่อแสดงถึงผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์ที่มีต่อพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

### บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบสอบถามวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เถลถายการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เถลถายการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง และเพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบถามวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดการดำเนินการวิจัย ดังนี้

#### แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยประเภทกึ่งทดลอง (quasi-experimental designs) แบบอนุกรมเวลา ซึ่งมีแผนภาพการทดลองดังภาพที่ 3

$E_1$	$O_1$	$X_1$	$O_2$	$X_2$	$O_3$
$E_2$	$O_1$	$X_1$	$O_2$	$X_2$	$O_3$
$E_3$	$O_1$	$X_1$	$O_2$	$X_2$	$O_3$
$C_1$	$O_1$	-	$O_2$	-	$O_3$
$C_2$	$O_1$	-	$O_2$	-	$O_3$
$C_3$	$O_1$	-	$O_2$	-	$O_3$

ภาพที่ 3 แผนภาพการทดลอง

- เมื่อ  $E_1$  หมายถึง นักเรียนกลุ่มทดลองที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง  
 $E_2$  หมายถึง นักเรียนกลุ่มทดลองที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ปานกลาง  
 $E_3$  หมายถึง นักเรียนกลุ่มทดลองที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำ



- $C_1$  หมายถึง นักเรียนกลุ่มควบคุมที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง
- $C_2$  หมายถึง นักเรียนกลุ่มควบคุมที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ปานกลาง
- $C_3$  หมายถึง นักเรียนกลุ่มควบคุมที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำ
- $O_1$  หมายถึง การทำแบบสอบอัตรณ์ประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1
- $O_2$  หมายถึง การทำแบบสอบอัตรณ์ประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2
- $O_3$  หมายถึง การทำแบบสอบอัตรณ์ประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 3
- $X_1$  หมายถึง การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตรณ์ประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1
- $X_2$  หมายถึง การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตรณ์ประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2
- หมายถึง การให้ข้อมูลผลคะแนนที่นักเรียนได้รับและการวงกลมคำตอบส่วนที่นักเรียนตอบผิด

จากแบบแผนที่ใช้ในการวิจัยข้างต้น พบว่า การวิจัยครั้งนี้แบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทั้งสองกลุ่มจะแบ่งนักเรียนตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันเป็น 3 กลุ่มย่อยคือ นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ปานกลาง และนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำ โดยนักเรียนกลุ่มทดลองจะได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงตามองค์ประกอบการตรวจให้คะแนนจากแบบสอบอัตรณ์ประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 2 ครั้ง ส่วนกลุ่มควบคุมจะไม่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตรณ์ประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แต่จะได้รับการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย การวงกลมคำตอบส่วนที่ตอบผิด และได้รับทราบคะแนนผลการตรวจจากผู้ตรวจ ซึ่งการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยผู้วิจัยได้ระบุการกำหนดประชากร ตัวอย่าง และรายละเอียดอื่นๆ ไว้ดังนี้

### การกำหนดประชากรและตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาอยู่ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 6

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 6 กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 60 คน ขนาดตัวอย่างกำหนดด้วยการใช้โปรแกรม G\*POWER สถิติที่ใช้ทดสอบคือ ANOVA: Repeated measures กรณีรู้ขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง .50 ความคลาดเคลื่อน .05 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จะได้ตัวอย่าง 14 คน แต่เพื่อป้องกันการสูญหายของตัวอย่างขณะเก็บรวบรวมข้อมูลจึงกำหนดขนาดตัวอย่างเป็น 60 คน ซึ่งมีการพิจารณาตัวอย่าง ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนราชวินิตบางแก้ว จังหวัดสมุทรปราการ แบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) เนื่องจากเป็นโรงเรียนที่มีคุณสมบัติตรงตามประชากรที่กำหนด ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้ 1) นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 2) นักเรียนได้รับคัดเลือกมาจากการสอบคัดเลือกเข้าศึกษาต่อระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั่วประเทศ 3) นักเรียนแต่ละห้องมีการจัดแบบความสามารถและมีจำนวนเท่าๆ กัน 4) เป็นโรงเรียนที่มีผู้บริหารและคณะครูที่ให้ความสนใจในการพัฒนานักเรียนอย่างเต็มที่ เห็นความสำคัญของการวิจัยและให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 2 สุ่มห้องเรียนอย่างง่าย (sample random sampling) โดยวิธีการจับสลากห้องเรียนจากโรงเรียนที่เป็นตัวอย่าง จำนวน 2 ห้องเรียน จากทั้งหมด 14 ห้องเรียน เพื่อให้เป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน

ขั้นตอนที่ 3 แบ่งนักเรียนแต่ละห้องเรียนตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำให้มีจำนวนเท่าๆ กัน พิจารณาจากคะแนนผลการสอบวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 พบว่านักเรียนทั้ง 2 ห้องเรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนนรวม 68.00 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 14.00 ผู้วิจัยจึงกำหนดกลุ่มนักเรียนแต่ละระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงเป็นนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในช่วงตั้งแต่  $\bar{x} + 1SD$  ขึ้นไป กล่าวคือ นักเรียนที่มีคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 82 ขึ้นไป

นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ปานกลางเป็นนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในช่วง  $\bar{x} \pm 1SD$  กล่าวคือ นักเรียนที่มีคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 54 ถึงร้อยละ 81

นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำเป็นนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในช่วงต่ำกว่า  $\bar{x} - 1SD$  กล่าวคือ นักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 54

จากการแบ่งนักเรียนพบว่า ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว ทั้งหมด 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 30 คน ซึ่งจากการคำนวณค่าเฉลี่ยคะแนนผลการเรียนของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันของแต่ละกลุ่ม พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำมีคะแนนเฉลี่ย 83.50, 68.60 และ 52.70 คะแนนตามลำดับ ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำมีคะแนนเฉลี่ย 83.70, 66.80 และ 49.40 คะแนนตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 7 – 8

ตารางที่ 7 จำนวนนักเรียนที่ใช้เป็นตัวอย่างในการวิจัย

กลุ่ม	จำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ (คน)			
	กลุ่มสูง	กลุ่มปานกลาง	กลุ่มต่ำ	รวม
กลุ่มทดลอง				
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/2	10	10	10	30
กลุ่มควบคุม				
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1	10	10	10	30
รวม	20	20	20	60

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ยคะแนนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการสอบของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	กลุ่มสูง		กลุ่มปานกลาง		กลุ่มต่ำ	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
กลุ่มทดลอง						
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/2	83.50	5.04	68.60	3.44	52.70	6.18
กลุ่มควบคุม						
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1	83.70	5.85	66.80	4.32	49.40	11.07

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการลดความแปรปรวนที่เกิดจากความเคลื่อนไหวในการทดลอง จึงดำเนินการตรวจสอบว่านักเรียนแต่ละระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน โดยใช้การทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลการสอบเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมด้วยสถิติ Independent-Sample T Test พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนผลการสอบเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมไม่แตกต่างกัน ( $t = -.082, sig. = .936$ ) นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ปานกลางมีคะแนนผลการสอบเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมไม่แตกต่างกัน ( $t = 1.032, sig. = .316$ ) และนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำมีคะแนนผลการสอบเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมไม่แตกต่างกัน ( $t = .823, sig. = .421$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลการสอบเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ระดับ ความสามารถ ทางคณิตศาสตร์	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				
	F	Sig.	t	df	Sig.	Mean Difference	Std. Error Difference
สูง	.051	.824	-.082	18	.936	-.20000	2.44177
ปานกลาง	.659	.428	1.032	18	.316	1.80000	1.74483
ต่ำ	.488	.494	.823	18	.421	3.30000	4.00902

นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องการตรวจสอบความแปรปรวนที่เกิดจากระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ให้มากที่สุด จึงดำเนินการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยผลการสอบวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ด้วยสถิติทดสอบความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) พบว่า นักเรียนแต่ละระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนผลการสอบวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ( $F = 129.733, sig. = .000$ ) และจากการทดสอบรายคู่แบบ Scheffe พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์

ปานกลางและต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ปานกลางมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลการสอบเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ

score	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10596.900	2	5298.450	129.733**	.000
Within Groups	2327.950	57	40.841		
Total	12924.850	59			

Scheffe	Mean Difference	Sig.
สูง*ปานกลาง	15.90000**	.000
สูง*ต่ำ	32.55000**	.000
ปานกลาง*ต่ำ	16.65000**	.000

\*\*p < .01

เมื่อผู้วิจัยดำเนินการสุ่มตัวอย่างแล้ว ทำให้ได้ตัวอย่างทั้งหมดเป็นนักเรียนโรงเรียนราชวินิต บางแก้ว จังหวัดสมุทรปราการ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลองเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/2 ประกอบด้วยนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงจำนวน 10 คน ปานกลาง 10 คน และต่ำ 10 คน และกลุ่มควบคุมเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 ประกอบด้วยนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงจำนวน 10 คน ปานกลาง 10 คน และต่ำ 10 คน

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง ซึ่งแต่ละเครื่องมือมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 ฉบับที่เป็นแบบสอบคู่ขนานกัน แต่ละฉบับมีเหตุการณ์

จำนวน 3 เหตุการณ์ แต่ละเหตุการณ์มีข้อความ 4 ข้อ รวมทั้งแบบสอบหนึ่งฉบับมีข้อความจำนวน 12 ข้อ โดยข้อความในแต่ละเหตุการณ์จะใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 4 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา 2) ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) ขั้นทบทวนและตรวจสอบคำตอบ ซึ่งข้อความข้อที่ 1 จะวัดความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ข้อความข้อที่ 2 จะวัดความสามารถในการวางแผนการแก้ปัญหา ข้อความข้อที่ 3 จะวัดความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหา และข้อความข้อที่ 4 จะวัดความสามารถในการทบทวนและตรวจสอบคำตอบของการแก้ปัญหา

2. เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย มีองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนนแต่ละข้อความที่เหมือนกัน 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน) การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน) และการตีความ (1 คะแนน)

3. ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง เป็นคำอธิบายที่บอกรายละเอียดความถูกต้อง แนวทาง เหตุผล และเปรียบเทียบให้เห็นข้อมูลชัดเจนขึ้นตามองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ เพื่อให้นักเรียนนำผลการให้ข้อมูลย้อนกลับไปค้นหาคำตอบหรือวิธีการด้วยตนเองต่อไป ซึ่งผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงนี้ไปให้นักเรียนได้ทันที ทั้งนี้ผู้วิจัยจะให้ข้อมูลย้อนกลับแต่ละข้อความกับนักเรียนเป็นรายบุคคลในวันถัดไป โดยใช้วิธีการพิมพ์รายละเอียดลงในแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แต่ละหน้า และให้นักเรียนเขียนสรุปสิ่งที่ต้องพัฒนาต่อไปหลังจากได้รับข้อมูลย้อนกลับของตนเองแล้ว

### การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

#### 1. แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

##### 1.1 การกำหนดขอบเขตของเนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการกำลังสองตัวแปรเดียว กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สามารถวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และเนื้อหาได้ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้และเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับ  
สมการกำลังสองตัวแปรเดียว

ผลการเรียนรู้	เนื้อหา	ตัวชี้วัดพฤติกรรม
1. แก้สมการกำลังสองตัวแปรเดียวโดยใช้การแยกตัวประกอบหรือใช้สูตรคำนวณได้	<p>- การแก้สมการกำลังสอง คือการหาคำตอบของสมการ</p> <p>- คำตอบของสมการกำลังสองตัวแปรเดียวคือ จำนวนซึ่งเมื่อแทนค่าตัวแปรในสมการแล้วทำให้สมการเป็นจริงไม่เกิน 2 คำตอบ</p> <p>- สมบัติของจำนวนจริงที่ว่า ถ้ามีจำนวนจริงสองจำนวนคูณกันเท่ากับศูนย์ แล้วจะมีอย่างน้อยหนึ่งจำนวนที่เท่ากับศูนย์</p>	<p>1. สามารถระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในชีวิตจริงได้</p> <p>2. สามารถแปลปัญหาให้อยู่ในรูปแบบของภาษาทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์แทนได้</p> <p>3. สามารถนำกฎเกณฑ์หรือขั้นตอนวิธีที่เหมาะสมมาใช้ในการแก้ปัญหาได้</p>
2. แก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการกำลังสองตัวแปรเดียว โดยใช้การแยกตัวประกอบหรือใช้สูตรคำนวณได้	<p>- ขั้นตอนการแก้ปัญหสมการกำลังสองตัวแปรเดียว คือ อ่านวิเคราะห์ โจทย์ กำหนดตัวแปร เขียนสมการแก้สมการ และตรวจสอบคำตอบ</p> <p>- การใช้สมบัติของจำนวนจริงที่ว่า ถ้ามีจำนวนจริงสองจำนวนคูณกันเท่ากับศูนย์ แล้วจะมีอย่างน้อยหนึ่งจำนวนที่เท่ากับศูนย์ มาช่วยในการแก้สมการเพื่อหาคำตอบ</p>	<p>4. สามารถประเมินความสมเหตุสมผลของวิธีการแก้ปัญหาและคำตอบที่ได้รับตามบริบทของปัญหาในชีวิตจริงได้</p>
3. ตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้	<p>- การตรวจสอบคำตอบของสมการกำลังสองตัวแปรเดียวตามเงื่อนไขในโจทย์ หากไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขต้องกลับไปวิเคราะห์โจทย์และเขียนสมการเพื่อหาคำตอบใหม่</p>	

## 1.2 การกำหนดลักษณะของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของแบบสอบอัตนัยประยุกต์ของนักวิจัยหลายท่าน พบว่า แบบสอบอัตนัยประยุกต์มีรูปแบบที่หลากหลาย เหมาะกับการใช้งานตามลักษณะของเนื้อหาและบริบทของวิชา แต่ที่น่าสนใจคือแบบสอบอัตนัยประยุกต์ของอำมาลา สารชาติ (2548) และมาฆพันธ์ อ๋านาคิล และกมลวรรณ ตังธนกานนท์ (2557) ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกัน สามารถนำมาปรับประยุกต์ให้เหมาะสมกับวิชาคณิตศาสตร์ได้ ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดเหล่านั้นมาสร้างเป็นแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามรูปแบบของ อำมาลา สารชาติ (2548) และมาฆพันธ์ อ๋านาคิล และกมลวรรณ ตังธนกานนท์ (2557) โดยแบ่งแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แต่ละหน้าออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 คือส่วนด้านบนของกระดาษแบ่งเป็น 3 ช่องย่อย ที่มีช่องย่อยด้านซ้ายแสดงเวลาที่ใช้ในการตอบข้อคำถามและเวลาสะสม ช่องย่อยตรงกลางแสดงเลขข้อของเหตุการณ์และสถานการณ์ในแบบสอบ ช่องย่อยด้านขวาแสดงหมายเลขหน้าของแบบสอบและส่วนที่เว้นไว้ให้เติมเลขประจำตัวของนักเรียนแทนการเขียนชื่อและนามสกุล เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอคติในการตรวจให้คะแนน ส่วนที่ 2 อยู่ด้านล่างถัดจากส่วนที่ 1 คือส่วนที่ใช้ในการแสดงสถานการณ์ ข้อคำถาม และส่วนที่เว้นว่างไว้สำหรับการตอบคำถามของนักเรียน ส่วนที่ 3 อยู่ถัดลงมาด้านล่างถัดจากส่วนที่ 2 คือส่วนที่ใช้ในการแสดงข้อควรระวังในการทำแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนที่จะเปลี่ยนหน้าไปทำหน้าถัดไป และส่วนที่ 4 อยู่บริเวณด้านล่างสุดของกระดาษ คือส่วนที่ใช้สำหรับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและผลคะแนนจากการตรวจของผู้ตรวจ และพื้นที่สำหรับให้นักเรียนเขียนสรุปสิ่งที่ตนเองต้องพัฒนาตามองค์ประกอบต่างๆ ตามรูปแบบดังนี้



รูปแบบของแบบสอบอัตรันัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เวลาสำหรับการทำข้อนี้.....นาที เวลาสะสม.....นาที	เหตุการณ์ที่..... สถานการณ์ที่.....	หน้าที่..... เลขประจำตัวนักเรียน.....									
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;">           สถานการณ์ที่กำหนด         </div>											
<p>ข้อความคำถามข้อที่.....</p> <p>คำถาม</p> <p>.....</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>											
<p><u>ข้อควรระวัง</u> ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อความนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขได้อีก</p>											
<p><b>คะแนนที่ได้และข้อมูลย้อนกลับ</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)</td> <td style="width: 15%;">คะแนน</td> <td style="width: 45%;"></td> </tr> <tr> <td>การใช้แนวความคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)</td> <td>คะแนน</td> <td></td> </tr> <tr> <td>การตีความ (1 คะแนน)</td> <td>คะแนน</td> <td></td> </tr> </table>			การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน		การใช้แนวความคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน		การตีความ (1 คะแนน)	คะแนน	
การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน										
การใช้แนวความคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน										
การตีความ (1 คะแนน)	คะแนน										
<p><b>สรุปสิ่งที่ต้องพัฒนาตนเอง</b></p>											

1.3 การกำหนดจำนวนแบบสอบ เหตุการณ์ สถานการณ์ และข้อคำถามของแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยดำเนินการกำหนดจำนวนแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็น 3 ฉบับ เนื่องจากต้องการศึกษาพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน 3 ระยะ คือ พัฒนาการระยะที่หนึ่งเป็นพัฒนาการระหว่างแบบสอบฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 2 พัฒนาการระยะที่สองเป็นพัฒนาการระหว่างแบบสอบฉบับที่ 2 กับฉบับที่ 3 และพัฒนาการระยะที่สามเป็นพัฒนาการระหว่างแบบสอบฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 3

ผู้วิจัยดำเนินการออกแบบจำนวนเหตุการณ์ในแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แต่ละฉบับให้มีจำนวน 3 เหตุการณ์เนื่องจากเป็นจำนวนที่เหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการสอบของนักเรียนและเป็นเวลาที่โรงเรียนส่วนใหญ่ใช้ในการเรียนการสอนคือ 50 นาที โดยกระบวนการในการเลือกจะเลือกจากเหตุการณ์ที่มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน จึงกำหนดเหตุการณ์ให้ครอบคลุมเนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการกำลังสองตัวแปรเดียว และมีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลและศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับรูปแบบของโจทย์ปัญหาจากเอกสาร หนังสือ งานวิจัย และแบบฝึกหัดต่างประเทศ ได้รูปแบบและเหตุการณ์ที่น่าสนใจ ครอบคลุมเนื้อหา และสามารถนำมาปรับให้อยู่ในบริบทของสถานการณ์ได้ 3 เรื่องคือ จำนวน ความยาว และระยะเวลา

เมื่อผู้วิจัยได้เหตุการณ์ที่จะนำมาสร้างสถานการณ์แล้ว จึงออกแบบสถานการณ์ให้นักเรียนสามารถศึกษาข้อมูลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้และใช้ข้อมูลส่วนดังกล่าวมาตอบข้อคำถาม โดยนักเรียนจะใช้ความรู้ ความสามารถ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ค้นหาคำตอบ ซึ่งผู้วิจัยสร้างสถานการณ์ตามลำดับเหตุการณ์อย่างต่อเนื่องพร้อมทั้งแทรกข้อคำถามที่สามารถวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ แบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีจำนวน 3 ฉบับ แต่ละฉบับมีเหตุการณ์จำนวน 3 เหตุการณ์ซึ่งแบบสอบทั้ง 3 ฉบับที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้จะมีบริบทของลำดับเหตุการณ์ที่เหมือนกัน กล่าวคือ เหตุการณ์ที่ 1 ของแบบสอบทุกฉบับเป็นเรื่องเกี่ยวกับจำนวน เหตุการณ์ที่ 2 ของแบบสอบทุกฉบับเป็นเรื่องเกี่ยวกับความยาว และเหตุการณ์ที่ 3 ของแบบสอบทุกฉบับเป็นเรื่องเกี่ยวกับระยะเวลา เพื่อให้สามารถวิเคราะห์พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ของนักเรียนได้อย่างมีคุณภาพและมีความเป็นคู่ขนานกัน โดยมีรายละเอียดลักษณะเหตุการณ์ที่ใช้ในการสร้างแบบสอบอัตรันัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 โครงสร้างเหตุการณ์ของแบบสอบอัตรันัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แต่ละฉบับ

ฉบับ	เหตุการณ์	เรื่อง	ลักษณะเหตุการณ์ที่กำหนด
1	1	จำนวน	เป็นเหตุการณ์เกี่ยวกับการหาหมายเลขบัตรเข้าชมการแข่งขันกีฬาเพื่อเข้าชมฟรีตามเงื่อนไข ซึ่งกำหนดความสัมพันธ์และผลคูณของหมายเลขบัตร 2 ใบมาให้ แล้วให้แก้ปัญหาเพื่อหาผลรวมของหมายเลข 2 จำนวนนั้น
	2	ความยาว	เป็นเหตุการณ์เกี่ยวกับการตัดผ้าลูกไม้รอบขอบโต๊ะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งกำหนดความสัมพันธ์ของความกว้าง ความยาว และพื้นที่ของผ้าปูโต๊ะมาให้ แล้วให้แก้ปัญหาเพื่อหาความยาวของผ้าลูกไม้ที่ต้องนำมาใช้ตัดพอดี
	3	ระยะเวลา	เป็นเหตุการณ์เกี่ยวกับการหาอายุของเด็กสองคนเพื่อเข้าสวนสนุกฟรีตามเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งกำหนดความสัมพันธ์และผลคูณอายุของพี่น้อง 2 คนมาให้ แล้วให้แก้ปัญหาเพื่อหาผลรวมของอายุของเด็ก 2 คนนั้น
2	1	จำนวน	เป็นเหตุการณ์เกี่ยวกับการหาหมายเลขสลากประจำตัวนักเรียนเพื่อหาผลรวมหมายเลขที่กำหนด ซึ่งกำหนดความสัมพันธ์และผลคูณหมายเลข 2 ใบมาให้ แล้วให้แก้ปัญหาเพื่อหาผลรวมของหมายเลขสลาก 2 ใบนั้น
	2	ความยาว	เป็นเหตุการณ์เกี่ยวกับการล้อมรั้วที่ดินรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งกำหนดความสัมพันธ์ของความกว้าง ความยาว และพื้นที่ของที่ดินมาให้ แล้วให้แก้ปัญหาเพื่อหาความยาวรั้วที่ใช้ล้อมรอบที่ดินให้พอดี
	3	ระยะเวลา	เป็นเหตุการณ์เกี่ยวกับการหาผลรวมระยะเวลา ซึ่งกำหนดความสัมพันธ์ของจำนวนวันในการผลิตโซฟาและโต๊ะรับแขก และผลคูณจำนวนวันมาให้ แล้วให้แก้ปัญหาเพื่อหาผลรวมระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตสิ่งของทั้งสอง

## ตารางที่ 12 (ต่อ)

ฉบับ	เหตุการณ์	เรื่อง	ลักษณะเหตุการณ์ที่กำหนด
3	1	จำนวน	เป็นเหตุการณ์เกี่ยวกับการหาผลรวมคะแนนของทีมที่แข่งขันเกมในรายการ ซึ่งกำหนดความสัมพันธ์และผลคูณของคะแนนมาให้ แล้วให้แก้ปัญหาเพื่อหาผลรวมของคะแนนทีม 2 ทีมนั้น
	2	ความยาว	เป็นเหตุการณ์เกี่ยวกับการเดินทางรอบสระน้ำรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยเดินทางแล้วกลับมาที่จุดเริ่มต้น ซึ่งกำหนดความสัมพันธ์ของความกว้างความยาว และพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามาให้ แล้วให้แก้ปัญหาเพื่อหาระยะทางที่ใช้ในการเดินทางทั้งหมด
	3	ระยะเวลา	เป็นเหตุการณ์เกี่ยวกับการหาผลรวมระยะเวลา ซึ่งกำหนดความสัมพันธ์ของจำนวนวันในการเดินทางท่องเที่ยวด้วย 2 บริษัท และผลคูณจำนวนวันมาให้ แล้วให้แก้ปัญหาเพื่อหาผลรวมระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางทั้งหมด

เมื่อผู้วิจัยออกแบบโครงสร้างของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แต่ละฉบับแล้ว จึงออกแบบสถานการณ์ที่จะนำมาใช้ในแต่ละเหตุการณ์ ซึ่งแต่ละเหตุการณ์ประกอบด้วยข้อคำถาม 4 ข้อ ข้อคำถามในแต่ละสถานการณ์นั้นผู้วิจัยจะใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 4 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา 2) ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) ขั้นทบทวนและตรวจสอบคำตอบ โดยข้อคำถามข้อที่ 1 จะวัดความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ข้อคำถามข้อที่ 2 จะวัดความสามารถในการวางแผนการแก้ปัญหา ข้อคำถามข้อที่ 3 จะวัดความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหา และข้อคำถามข้อที่ 4 จะวัดความสามารถในการทบทวนและตรวจสอบคำตอบของการแก้ปัญหา รายละเอียดดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 โครงสร้างสถานการณ์ของเหตุการณ์ในของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แต่ละฉบับ

ข้อคำถาม	การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ข้อที่ 1	การทำความเข้าใจปัญหา
ข้อที่ 2	การวางแผนการแก้ปัญหา
ข้อที่ 3	การดำเนินการแก้ปัญหา
ข้อที่ 4	การทบทวนและตรวจสอบคำตอบ

จากการกำหนดจำนวนเหตุการณ์ สถานการณ์ และข้อคำถามของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามโครงสร้างดังกล่าว พบว่า แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 1 ฉบับ ประกอบด้วยเหตุการณ์จำนวน 3 เหตุการณ์ แต่ละเหตุการณ์มี 4 สถานการณ์ โดยแต่ละสถานการณ์จะมีข้อคำถามสอดแทรกอยู่ 1 ข้อ ดังนั้น แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 1 ฉบับมีข้อคำถามทั้งสิ้น 12 ข้อ ซึ่งสอดคล้องกับ Feletti (1980) ที่เสนอว่าจำนวนข้อคำถามที่เหมาะสมในแบบสอบอัตนัยประยุกต์ควรมีประมาณ 5 – 35 ข้อคำถามรายละเอียดแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โครงสร้างของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

#### 1.4 การสร้างเหตุการณ์ สถานการณ์ และข้อคำถามของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เนื่องจากผู้วิจัยต้องการสร้างแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ฉบับ ซึ่งแต่ละฉบับมีเหตุการณ์ 3 เหตุการณ์ รวมทั้งสิ้น 9 เหตุการณ์ ประกอบด้วยเหตุการณ์เกี่ยวกับจำนวน 3 เหตุการณ์ เหตุการณ์เกี่ยวกับความยาว 3 เหตุการณ์ และเหตุการณ์เกี่ยวกับระยะเวลา 3 เหตุการณ์ เพื่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ เมื่อกำหนดจำนวนเหตุการณ์ที่ต้องสร้างแล้วผู้วิจัยจึงดำเนินการสร้างเหตุการณ์ สถานการณ์ พร้อมทั้งสร้างข้อคำถามให้ครบถ้วน

1.5 การหาความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เมื่อผู้วิจัยดำเนินการสร้างเหตุการณ์ สถานการณ์ ข้อคำถาม เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาตรวจสอบและให้คำแนะนำ พร้อมทั้งนำคำแนะนำมาแก้ไขปรับปรุงแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และข้อมูลอื่นๆ ให้ดีขึ้น จากนั้นนำแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่แก้ไขแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเหตุการณ์ สถานการณ์ ข้อคำถาม โดยผู้วิจัยกำหนดคุณสมบัติของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญดังนี้

1. เป็นผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางการวัดและประเมินผลการศึกษา กล่าวคือ ผู้ที่มีคุณวุฒิทางการศึกษาระดับปริญญาเอกทางการวัดและประเมินผลการศึกษา และมีประสบการณ์การทำงานด้านการวัดและประเมินผลการศึกษาไม่น้อยกว่า 3 ปี จำนวน 1 ท่าน

2. เป็นผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางการสอนคณิตศาสตร์ระดับมหาวิทยาลัย กล่าวคือ ผู้ที่มีคุณวุฒิทางการศึกษาระดับปริญญาเอกทางการสอนคณิตศาสตร์ และมีประสบการณ์การทำงานด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับมหาวิทยาลัยไม่น้อยกว่า 3 ปี จำนวน 1 ท่าน

3. เป็นผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา กล่าวคือ ผู้ที่มีประสบการณ์การสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 3 ท่าน

สำหรับกระบวนการในการหาความตรงเชิงเนื้อหา นั้น ผู้วิจัยนำแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พร้อมแบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ทำการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของสถานการณ์และข้อคำถามกับตัวชี้วัดพฤติกรรมและขั้นตอนการแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยกำหนดความสอดคล้องเป็นคะแนนระดับต่างๆ ดังนี้ +1 หมายถึง มีความเห็นสอดคล้อง 0 หมายถึง มีความเห็นที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องหรือไม่ และ -1 หมายถึง มีความเห็นที่ไม่สอดคล้อง เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญประเมินแล้วจึงนำผลการประเมินมาหาค่าดัชนีสอดคล้อง IOC (Index of Item Objective Congruence) ซึ่งเป็นวิธีของ Rovinelli และ Hambleton โดยกำหนดเกณฑ์ความสอดคล้อง  $\geq 0.5$  เพื่อนำข้อคำถามไปปรับปรุงให้มีคุณภาพมากขึ้น แต่สำหรับ

ข้อคำถามใดที่มีค่าดัชนีสอดคล้องไม่ถึงเกณฑ์ ผู้วิจัยก็จะดำเนินการนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญต่อไป (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2557)

ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา พบว่า สถานการณ์และข้อคำถามทุกข้อของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดพฤติกรรมและขั้นตอนการแก้ปัญหา โดยผ่านเกณฑ์ความสอดคล้อง  $\geq 0.5$

#### 1.6 การทดลองใช้แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยนำแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 3 ฉบับ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว จำนวน 30 คน ที่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการกำลังสองตัวแปรเดียวมาแล้ว ซึ่งแบบสอบแต่ละฉบับจะมีเหตุการณ์ 3 เหตุการณ์ ให้เวลาสอบเหตุการณ์ละ 15 นาที รวมแต่ละฉบับให้เวลาสอบฉบับละ 45 นาทีและมีระยะห่างในการทำแบบสอบแต่ละฉบับ 1 สัปดาห์ จากนั้นนำแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มาตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยตามองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ โดยมีผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจให้คะแนน จากนั้นผู้วิจัยนำผลคะแนนที่ตรวจไปหาค่าสถิติเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ( $M$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $SD$ ) คะแนนต่ำสุด ( $MIN$ ) และคะแนนสูงสุด ( $MAX$ ) ของแต่ละเหตุการณ์จำนวน 3 เหตุการณ์ และดำเนินการตรวจสอบหาคุณภาพของแบบสอบตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ได้แก่ การหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และความเที่ยงของแต่ละเหตุการณ์ในแบบสอบ สำหรับเกณฑ์ในการแปลความหมายของคุณภาพ ค่าความยาก คือ 0.00 – 0.19 หมายถึงข้อคำถามยากมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง) 0.20 – 0.39 หมายถึงข้อคำถามค่อนข้างยาก 0.40 – 0.59 หมายถึงข้อคำถามยากปานกลาง (ใช้ได้) 0.60 – 0.79 หมายถึงข้อคำถามค่อนข้างง่าย และ 0.80 – 1.00 หมายถึงข้อคำถามง่ายมาก (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง) ส่วนเกณฑ์ในการแปลความหมายของคุณภาพค่าอำนาจจำแนก คือ 0.00 – 0.09 หมายถึงข้อคำถามจำแนกได้ต่ำมาก (ควรตัดทิ้ง) 0.10 – 0.19 หมายถึงข้อคำถามจำแนกได้ค่อนข้างต่ำ (ควรปรับปรุง) 0.20 – 0.39 หมายถึงข้อคำถามจำแนกพอใช้ได้ 0.40 – 0.59 หมายถึงข้อคำถามจำแนกได้ดี และ 0.60 – 1.00 หมายถึงข้อคำถามจำแนกได้ดีมาก (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2557)

ผลการวิเคราะห์ พบว่า โดยภาพรวมนักเรียนสามารถตอบข้อคำถามได้เป็นอย่างดี ส่วนใหญ่นักเรียนสามารถตอบข้อคำถามได้คะแนนเต็มอย่างน้อย 2 องค์ประกอบ คือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ



นอกจากนี้ยังพบว่าเหตุการณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ เหตุการณ์ที่ 2 ในแบบสอบฉบับที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของคะแนนเป็น 16.27 คะแนน และเหตุการณ์ที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดคือ เหตุการณ์ที่ 1 ในแบบสอบฉบับที่ 1 มีค่าเฉลี่ยคะแนนเป็น 14.13 คะแนน เมื่อพิจารณาค่าความยาก พบว่า เหตุการณ์ในแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีค่าความยากระหว่าง 0.69 – 0.79 หมายความว่า เหตุการณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นเหตุการณ์ที่ค่อนข้างง่ายสำหรับนักเรียนที่ทดลองใช้แบบสอบ ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เคยเรียนเนื้อหาเรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการกำลังสองตัวแปรเดียวมาแล้ว ส่วนค่าอำนาจจำแนก พบว่า เหตุการณ์ในแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.21 – 0.50 หมายความว่า เหตุการณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นส่วนใหญ่เป็นเหตุการณ์ที่มีอำนาจจำแนกพอใช้ได้ และแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับมีค่าความเที่ยง (Coefficient Alpha) ระหว่าง 0.78 – 0.91 ซึ่งหมายความว่า แบบสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความคงเส้นคงวาในการวัดในระดับดี คือมีค่าความเที่ยงตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเชิงบรรยายและคุณภาพของแบบสอบจากการทดลองใช้แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 30 คน

ฉบับ	เหตุการณ์	MAX	MIN	<i>M</i>	<i>SD</i>	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	ความเที่ยง
1	1	20	5	14.13	4.33	0.69	0.50	0.78
	2	20	8	16.27	2.90	0.78	0.31	
	3	20	12	15.97	2.11	0.79	0.21	
2	1	18	7	14.83	3.27	0.70	0.36	0.91
	2	20	9	15.90	2.82	0.78	0.32	
	3	19	9	14.37	2.98	0.71	0.34	
3	1	20	8	16.20	2.85	0.78	0.23	0.79
	2	18	8	15.27	2.64	0.73	0.26	
	3	20	7	15.03	3.24	0.73	0.38	

นอกจากนี้ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบความชัดเจนในการใช้ภาษาของสถานการณ์ต่างๆ ความชัดเจนของข้อความ และเวลาที่นักเรียนใช้ในการทำแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงแก้ไขให้แบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นเป็นแบบสอบที่มีคุณภาพและพร้อมใช้กับตัวอย่างในการวิจัยต่อไป

ผลการวิเคราะห์ พบว่า ภาษาที่ใช้ในสถานการณ์และข้อความมีความชัดเจน นักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย เนื่องจากไม่มีนักเรียนแก้ไขข้อความที่ไม่เข้าใจในแบบสอบ โดยแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาแก้ไขแล้ว แสดงในภาคผนวก ข นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนเหตุการณ์ 3 เหตุการณ์ในแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แต่ละฉบับมีความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการสอบ 45 นาที โดยสังเกตนักเรียนจะเห็นว่านักเรียนสามารถทำแบบสอบได้ทันเวลาและมีเวลาทบทวนคำตอบของตนเองเพียงพอ ทำให้ผู้วิจัยกำหนดเวลาการทำแบบสอบแต่ละฉบับของนักเรียนที่เป็นตัวอย่างโดยให้เวลาสอบ 45 นาทีต่อแบบสอบ 1 ฉบับ

1.7 การจัดพิมพ์แบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยดำเนินการพิมพ์เหตุการณ์และสถานการณ์ต่างๆ ตามรูปแบบที่กำหนดไว้ลงในกระดาษสีขาวขนาด A4 สถานการณ์ละ 1 แผ่น พร้อมทั้งจัดพิมพ์หมายเลขแต่ละเหตุการณ์ใส่กระดาษสีที่แตกต่างกันคั่นระหว่างเหตุการณ์ ดังนี้ เหตุการณ์ที่ 1 ใช้กระดาษสีเหลือง เหตุการณ์ที่ 2 ใช้กระดาษสีชมพู และเหตุการณ์ที่ 3 ใช้กระดาษสีเขียว เพื่อป้องกันความสับสนที่อาจเกิดขึ้นกับนักเรียน

1.8 การจัดทำคำชี้แจงและรายละเอียดการทำแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยดำเนินการจัดพิมพ์คำชี้แจงและรายละเอียดในการทำแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

คำชี้แจงและรายละเอียด
<b>การทำแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์</b> <b>เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการกำลังสองตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2</b> <b>โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว จังหวัดสมุทรปราการ</b>
<p>1. แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นี้ มีเหตุการณ์ทั้งหมด 3 เหตุการณ์ โดยแต่ละเหตุการณ์มีสถานการณ์และข้อคำถาม 4 ข้อ รวมข้อคำถามทั้งหมด 12 ข้อ จำนวน 17 แผ่น แบ่งได้เป็นดังนี้</p> <p style="padding-left: 40px;">เหตุการณ์ที่ 1 หน้าปกพิมพ์ด้วยกระดาษสีเหลือง</p> <p style="padding-left: 40px;">เหตุการณ์ที่ 2 หน้าปกพิมพ์ด้วยกระดาษสีชมพู</p> <p style="padding-left: 40px;">เหตุการณ์ที่ 3 หน้าปกพิมพ์ด้วยกระดาษสีเขียว</p> <p>2. ให้นักเรียนเขียนเลขประจำตัวนักเรียนบริเวณมุมขวาด้านบนของกระดาษคำถามทุกแผ่น</p> <p>3. นักเรียนมีเวลาในการทำแบบสอบทั้งหมด 45 นาที โดยแต่ละข้อคำถามจะมีเวลา กำหนดไว้มุมซ้ายด้านบนของแต่ละข้อ นักเรียนจะต้องจัดสรรเวลาในการทำข้อสอบเอง และทำให้ทันในเวลาที่กำหนดที่ละข้อ เมื่อครบกำหนดเวลาจึงเปิดไปทำข้อสอบหน้าถัดไป และไม่สามารถย้อนกลับมาแก้ไขคำตอบเดิม</p> <p>4. ให้นักเรียนเริ่มทำข้อสอบตั้งแต่เหตุการณ์ที่ 1 ข้อคำถามข้อที่ 1 จนครบทั้ง 3 เหตุการณ์ เมื่อครบกำหนดเวลา 45 นาทีแล้ว ให้นักเรียนหยุดทำแบบสอบ</p> <p>5. การเขียนคำตอบให้เขียนด้วยลายมือตัวบรรจงและอ่านง่าย ในบริเวณที่กำหนดให้</p> <p>6. ไม่อนุญาตให้นำเครื่องคิดเลข อุปกรณ์คำนวณ หรือเครื่องมือสื่อสารทุกชนิดเข้าห้องสอบ</p>

1.9 การจัดเรียงหน้าของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยดำเนินการจัดเรียงหน้าของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยเริ่มจากคำชี้แจงและรายละเอียดการทำแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากนั้นตามด้วยเหตุการณ์ที่เป็นสถานการณ์ปัญหา เหตุการณ์ที่ 1 ถึงเหตุการณ์ที่ 3 รวมทั้งสิ้น 17 แผ่น ตามลำดับคือ หน้าปกแสดงคำชี้แจงและรายละเอียดในการทำแบบสอบ หน้าปกคั่นเหตุการณ์ที่ 1 สถานการณ์และข้อคำถามของเหตุการณ์ที่ 1 หน้าปกคั่นเหตุการณ์ที่ 2 สถานการณ์และข้อคำถามของเหตุการณ์ที่ 2 หน้าปกคั่นเหตุการณ์ที่ 3 และสถานการณ์และข้อคำถามของเหตุการณ์ที่ 3

1.10 การบรรจุของแบบสอบอัตรันัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยดำเนินการบรรจุแบบสอบอัตรันัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในซองสีน้ำตาลขนาด A4 เพื่อความสะดวกในการเปิดซองแบบสอบ การนำแบบสอบออก และการเก็บแบบสอบเข้าซอง นอกจากนี้ด้านหน้าซองแบบสอบจะมีชื่อของแบบสอบอัตรันัยประยุกต์ และเลขที่นั่งสอบของนักเรียนทุกซอง เพื่อให้เกิดความสะดวกและป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการเก็บรวบรวมแบบสอบ

## 2. เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย

### 2.1 การพัฒนาเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย

ผู้วิจัยดำเนินการกำหนดเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย (analytic method) ตามผลการวิจัยของมาฆพันธ์ อ๋านาคิล และกมลวรรณ ตังธนภานนท์ (2557) ที่เสนอไว้ว่าวิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยเป็นวิธีการตรวจให้คะแนนที่มีค่าความเที่ยงสูงที่สุดในทุกเงื่อนไขจำนวนเหตุการณ์และมีค่าความเที่ยงสูงขึ้นเมื่อมีจำนวนเหตุการณ์เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีการให้คะแนนตามแนวทางของ Knox และ Feletti โดยแต่ละข้อคำถามของทุกเหตุการณ์ผู้วิจัยกำหนดองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนนเพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ที่เสนอองค์ประกอบสำคัญในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ 3 องค์ประกอบคือ 1) การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (formulating) เป็นองค์ประกอบสำคัญในการชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถนำเสนอสถานการณ์ และแสดงแนวคิดในเชิงคณิตศาสตร์ หรือระบุข้อจำกัดและสมมติฐานให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้ 2) การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (employing) เป็นองค์ประกอบในการชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงกระบวนการจัดการด้านจำนวน ข้อมูล นิพจน์ พีชคณิต สมการ โดยประยุกต์แนวคิดหลักที่นำไปสู่การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์กับปัญหาที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ และ 3) การตีความ (interpreting) เป็นองค์ประกอบในการชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถตีความผลที่ได้รับไปสู่บริบทปัญหาในโลกชีวิตจริง และระบุได้ว่าข้อสรุปเป็นเหตุเป็นผลหรือไม่ ซึ่งสอดคล้องกับสุชาดา ปัทมวิภาต (2557) ที่ระบุองค์ประกอบและกรอบโครงสร้างการประเมินคณิตศาสตร์ของโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ PISA 2015 ว่ามี 3 องค์ประกอบคือ 1) การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (formulating) 2) การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (employing) และ 3) การตีความ

(interpreting) โดยองค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์มีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน 3 ระดับ ได้แก่ 2 คะแนน 1 คะแนน และ 0 คะแนน และองค์ประกอบการตีความมีเกณฑ์การให้คะแนน 2 ระดับ ได้แก่ 1 คะแนน และ 0 คะแนน ซึ่งมีรูปแบบเครื่องมือดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 รูปแบบเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย

องค์ประกอบ	คะแนน	เกณฑ์การตรวจให้คะแนน
การคิด เชิงคณิตศาสตร์	2	
	1	
	0	
การใช้แนวคิด เชิงคณิตศาสตร์	2	
	1	
	0	
การตีความ	1	
	0	

## 2.2 การตรวจสอบคุณภาพของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย

เมื่อผู้วิจัยดำเนินการสร้างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาตรวจสอบและให้คำแนะนำ พร้อมทั้งนำคำแนะนำมาแก้ไขปรับปรุงเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยให้ดีขึ้น จากนั้นนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาเกณฑ์ โดยผู้วิจัยกำหนดคุณสมบัติของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญดังนี้

2.2.1 เป็นผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา กล่าวคือ ผู้ที่มีคุณวุฒิทางการศึกษาระดับปริญญาเอกทางด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา และมีประสบการณ์การทำงานด้านการวัดและประเมินผลการศึกษาไม่น้อยกว่า 3 ปี จำนวน 1 ท่าน

2.2.2 เป็นผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับมหาวิทยาลัย กล่าวคือ ผู้ที่มีคุณวุฒิทางการศึกษาระดับปริญญาเอกทางด้านการสอนคณิตศาสตร์ และมีประสบการณ์การทำงานด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับมหาวิทยาลัยไม่น้อยกว่า 3 ปี จำนวน 1 ท่าน

2.2.3 เป็นผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา กล่าวคือ ผู้ที่มีประสบการณ์การสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 3 ท่าน

สำหรับกระบวนการในการหาความตรงเชิงเนื้อหา นั้น ผู้วิจัยนำเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยพร้อมแบบประเมินความตรงเชิงเนื้อหาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ทำการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยกับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนน โดยผู้วิจัยกำหนดความสอดคล้องเป็นคะแนนระดับต่างๆ ดังนี้ +1 หมายถึง มีความเห็นสอดคล้อง 0 หมายถึง มีความเห็นไม่แน่ใจว่าสอดคล้องหรือไม่ และ -1 หมายถึง มีความเห็นไม่สอดคล้อง เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญประเมินแล้วจึงนำผลการประเมินมาหาค่าดัชนีสอดคล้อง IOC (Index of Item Objective Congruence) ซึ่งเป็นวิธีของ Rovinelli และ Hambleton โดยกำหนดเกณฑ์ความสอดคล้อง  $\geq 0.5$  เพื่อนำเกณฑ์ไปปรับปรุงให้มีคุณภาพมากขึ้น แต่สำหรับเกณฑ์ใดที่มีค่าดัชนีสอดคล้องไม่ถึงเกณฑ์ ผู้วิจัยก็จะดำเนินการนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญต่อไป (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2557)

ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา พบว่า เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนนทุกเกณฑ์ โดยผ่านเกณฑ์ความสอดคล้อง  $\geq 0.5$

### 2.3 การทดลองใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย

ผู้วิจัยนำเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยไปทดลองใช้โดยให้ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เป็นผู้ตรวจให้คะแนนตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม พร้อมทั้งทดลองใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยตรวจสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว จำนวน 30 คน ที่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการกำลังสองตัวแปรเดียวมาแล้ว และให้นักเรียนตรวจสอบความชัดเจนในการใช้ภาษาและความเข้าใจของเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงแก้ไขให้เกณฑ์ที่สร้างขึ้นเป็นเกณฑ์ที่มีคุณภาพและพร้อมใช้กับตัวอย่างในการวิจัยต่อไป

ผลการวิเคราะห์ พบว่า ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์สามารถนำเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไปใช้ได้เป็นอย่างดี มีบางข้อความที่ได้รับคำแนะนำให้เพิ่มเติมเพื่อให้เกณฑ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น เช่น เขียนคำอธิบายกรณีที่นักเรียนไม่เขียน

คำตอบโดยให้คะแนนเป็น 0 คะแนน เป็นต้น ส่วนผลการตรวจสอบความชัดเจนในการใช้ภาษา และความเข้าใจเกณฑ์ของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยทุกเกณฑ์เพราะไม่มีนักเรียนคนใดแก้ไขหรือให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม โดยเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่พัฒนาแก้ไขแล้วแสดงตัวอย่างในภาคผนวก ค

### 3. ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

มีกระบวนการในการสร้างและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

#### 3.1 การเลือกรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับ

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบ แบบฝึกหัด และจากแหล่งเรียนรู้อื่นๆ เพื่อรวบรวมกระบวนการและรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่หลากหลาย และศึกษาผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับที่แตกต่างกันว่า รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบใดที่ส่งเสริมพัฒนาการเรียนรู้นักเรียน ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของอนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม และกมลวรรณ ตั้งชนกานนท์ (2555) และดาวเรือง ลุมทอง และโชติกา ภาชีผล (2553) พบว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีผลต่อพัฒนาการเรียนรู้นักเรียนมากที่สุด ผู้วิจัยจึงเลือกรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมาใช้ในการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงดังกล่าว ยังมีความเหมาะสมทั้งในเรื่องของรูปแบบการให้ข้อมูล ระยะเวลาที่มีอย่างจำกัด และเหมาะสมกับรูปแบบของแบบสอบด้วย

#### 3.2 การสร้างข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จะยึดตามองค์ประกอบในการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ โดยผู้วิจัยเป็นผู้สร้างแบบฟอร์มการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจให้คะแนนและการให้ข้อมูล ซึ่งแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ระดับ A, B และ C โดยจะให้สำหรับนักเรียนที่ได้รับคะแนนจากการตรวจ 2, 1 และ 0 คะแนนตามลำดับ มีรูปแบบดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 รูปแบบแนวทางการให้ข้อมูลย้อนกลับ

องค์ประกอบ	ระดับ/คะแนน	ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง
การคิด เชิงคณิตศาสตร์	ระดับ A (2 คะแนน)	
	ระดับ B (1 คะแนน)	
	ระดับ C (0 คะแนน)	
การใช้แนวคิด เชิงคณิตศาสตร์	ระดับ A (2 คะแนน)	
	ระดับ B (1 คะแนน)	
	ระดับ C (0 คะแนน)	
การตีความ	ระดับ B (1 คะแนน)	
	ระดับ C (0 คะแนน)	

### 3.3 การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ผู้วิจัยนำข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เป็นผู้ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความสอดคล้องของข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงกับองค์ประกอบในการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย 3 องค์ประกอบ คือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิด และการตีความ โดยผู้วิจัยกำหนดความสอดคล้องเป็นคะแนนระดับต่างๆ ดังนี้ +1 หมายถึง มีความเห็นว่าสอดคล้อง 0 หมายถึง มีความเห็นที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องหรือไม่ และ -1 หมายถึง มีความเห็นที่ไม่สอดคล้อง เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญประเมินแล้วจึงนำผลการประเมินมาหาค่าดัชนีสอดคล้อง IOC (Index of Item Objective Congruence) ซึ่งเป็นวิธีของ Rovinelli และ Hambleton



โดยกำหนดเกณฑ์ความสอดคล้อง  $\geq 0.5$  เพื่อนำไปปรับปรุงให้มีคุณภาพมากขึ้น (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2557)

ผลการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา พบว่า ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนนทุกข้อมูล โดยผ่านเกณฑ์ความสอดคล้อง  $\geq 0.5$

### 3.4 การทดลองใช้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ผู้วิจัยนำข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบถามระดับชั้นประถมศึกษาวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 3 ฉบับไปทดลองให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว จำนวน 30 คน ที่เคยเรียนวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการกำลังสองตัวแปรเดียวมาแล้ว ซึ่งผู้วิจัยจะดำเนินการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงตามองค์ประกอบในการให้คะแนนกับนักเรียนแต่ละคน โดยการพิมพ์รายละเอียดลงในแบบสอบถามระดับชั้นประถมศึกษาวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนเป็นรายบุคคลแยกเป็นสถานการณ์และข้อคำถาม เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ข้อมูลย้อนกลับพร้อมทั้งสามารถย้อนกลับไปดูสิ่งที่ตนเองเขียนในแบบสอบถามย้อนหลังได้ จากนั้นส่งแบบสอบถามระดับชั้นประถมศึกษาวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์พร้อมข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงคืนให้นักเรียนแต่ละคนในวันถัดไปจากวันที่นักเรียนสอบ 1 วัน ซึ่งการเลือกข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจะเลือกข้อมูลย้อนกลับตามคะแนนที่ผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจ หากนักเรียนคนใดทำได้ถูกต้องทั้งหมดก็จะได้รับข้อมูลย้อนกลับที่เป็นการเสริมแรงทางบวกให้พัฒนาตนเองเพิ่มขึ้นไปอีก จากนั้นให้นักเรียนแต่ละคนศึกษาข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบถามระดับชั้นประถมศึกษาวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของตนเอง เพื่อทำความเข้าใจสิ่งที่ต้องนำไปพัฒนาตนเองต่อไป และให้เขียนสรุปสิ่งที่ต้องพัฒนาในการสอบครั้งต่อไปเพื่อเป็นการยืนยันว่านักเรียนทุกคนได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงตามที่ผู้วิจัยคาดหวังทุกคน และไม่มีคนใดไม่ได้ศึกษาข้อมูลย้อนกลับ

นอกจากนี้ให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง และตรวจสอบการใช้ภาษาในการสื่อสารเพื่อให้นักเรียนเข้าใจได้ง่ายและสามารถนำไปพัฒนาตนเองต่อไปได้ ผลการวิเคราะห์พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและภาษาที่ใช้สื่อสารมีความชัดเจน เข้าใจง่าย โดยนักเรียนสามารถเขียนสรุปประเด็นสิ่งที่ต้องพัฒนาในการสอบครั้งต่อไปได้อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ผู้วิจัยให้ ดังตัวอย่างการเขียนของนักเรียนในภาพที่ 5

สรุปลิงที่ต้องพัฒนาตนเอง  
ต้องบอกว่า สั้นๆ ง่าย ๆ มาจากไหน

สรุปลิงที่ต้องพัฒนาตนเอง  
ควรอ่านใจที่ ๑, ๒, ๓, ๔, ๕, ๖, ๗, ๘, ๙, ๑๐, ๑๑, ๑๒, ๑๓, ๑๔, ๑๕, ๑๖, ๑๗, ๑๘, ๑๙, ๒๐, ๒๑, ๒๒, ๒๓, ๒๔, ๒๕, ๒๖, ๒๗, ๒๘, ๒๙, ๓๐, ๓๑, ๓๒, ๓๓, ๓๔, ๓๕, ๓๖, ๓๗, ๓๘, ๓๙, ๔๐, ๔๑, ๔๒, ๔๓, ๔๔, ๔๕, ๔๖, ๔๗, ๔๘, ๔๙, ๕๐, ๕๑, ๕๒, ๕๓, ๕๔, ๕๕, ๕๖, ๕๗, ๕๘, ๕๙, ๖๐, ๖๑, ๖๒, ๖๓, ๖๔, ๖๕, ๖๖, ๖๗, ๖๘, ๖๙, ๗๐, ๗๑, ๗๒, ๗๓, ๗๔, ๗๕, ๗๖, ๗๗, ๗๘, ๗๙, ๘๐, ๘๑, ๘๒, ๘๓, ๘๔, ๘๕, ๘๖, ๘๗, ๘๘, ๘๙, ๙๐, ๙๑, ๙๒, ๙๓, ๙๔, ๙๕, ๙๖, ๙๗, ๙๘, ๙๙, ๑๐๐

ภาพที่ 5 ตัวอย่างการเขียนสรุปลิงที่ต้องพัฒนาตนเองจากข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง  
ของนักเรียนจากการทดลองใช้แบบสอบถามกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

### ระยะเตรียมการทดลอง

ระยะเตรียมการทดลองเป็นการเตรียมการก่อนการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อให้กระบวนการ  
ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นไปด้วยความเรียบร้อยและไม่เกิดความคลาดเคลื่อนหรือข้อผิดพลาดของ  
ผลการทดลอง จึงมีการเตรียมการทดลอง ดังนี้

1. ดำเนินการขออนุญาตโดยทำหนังสือจากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ  
บัณฑิตวิทยาลัย เพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนที่เป็นตัวอย่างในการ  
ศึกษาวิจัยและนักเรียนที่ทดลองใช้เครื่องมือ จากผู้อำนวยการโรงเรียนราชวินิตบางแก้ว จังหวัด  
สมุทรปราการ

2. วางแผนเรื่องวันและเวลาที่จะใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อขอความอนุเคราะห์  
ทางโรงเรียนให้จัดการเรียนรู้และขอเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1  
และ 2/2 โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว

3. ชี้แจงรายละเอียดในการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนห้องที่เป็นตัวอย่างในการวิจัยเกี่ยวกับ  
รูปแบบการสอน การให้ข้อมูลย้อนกลับ และการใช้แบบสอบถามวัดความสามารถในการ  
แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ รวมถึงชี้แจงและอธิบายองค์ประกอบในการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์  
ย่อย 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ  
โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่มตามการสุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มทดลองเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 2/2 จะได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง และกลุ่มควบคุมเป็นนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 จะไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

4. จัดเตรียมแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์  
ให้ครบถ้วนและสมบูรณ์ ครบตามจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม  
เพื่อเตรียมไว้สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล และเตรียมการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการ  
ปรับปรุงที่จะให้กับนักเรียน

5. ผู้วิจัยชี้แจงรายละเอียดวิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย องค์ประกอบที่ใช้ใน  
การตรวจให้คะแนนทั้ง 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์  
และการตีความ ให้กับครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์อีกท่านหนึ่งเพื่อเตรียมความพร้อมในการ  
ตรวจให้คะแนน พร้อมทั้งให้ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ฝึกฝนการให้คะแนนกับตัวอย่าง  
แบบสอบที่ใช้ทดลองสอบ

#### ระยะดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองด้วยตนเอง โดยได้รับความร่วมมือจากครูกลุ่มสาระการเรียนรู้  
คณิตศาสตร์ โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินการ ดังนี้

##### 1. ขั้นตอนการดำเนินการสอบ

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม  
วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการกำลังสองตัวแปรเดียว จำนวน 4  
คาบเรียน เมื่อจบแล้วจึงจัดการสอบโดยใช้แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหา  
ทางคณิตศาสตร์จำนวน 3 ฉบับกับกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง  
และต่ำ ทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งมีระยะห่างในการดำเนินการสอบแต่ละฉบับเป็นเวลา  
1 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ โดยนักเรียนกลุ่มทดลองจะได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อ  
การปรับปรุงหลังจากการสอบโดยใช้แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง  
คณิตศาสตร์ แต่นักเรียนกลุ่มควบคุมจะไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง ซึ่งมี  
รายละเอียดการดำเนินการสอบ ดังนี้

1) ดำเนินการแจกซองใส่แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหา  
ทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนบนโต๊ะสอบ โต๊ะละ 1 ชุด เมื่ออนุญาตให้นักเรียนเข้าห้องสอบได้แล้ว  
ผู้วิจัยให้นักเรียนเปิดซองแบบสอบพร้อมกันและเขียนเลขประจำตัวนักเรียนบริเวณมุมบนด้านขวาของ  
แบบสอบทุกแผ่นให้เรียบร้อย และตรวจสอบจำนวนหน้าให้ครบตามที่กำหนดไว้

2) ชี้แจงรายละเอียดการสอบที่ใช้แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เวลาที่ใช้สอบ 45 นาที โดยให้นักเรียนบริหารจัดการเวลาแต่ละข้อด้วยตนเอง ขณะเริ่มทำการสอบให้นักเรียนนำแบบสอบทั้งหมดใส่ไว้ในลิ้นชัก เมื่อได้รับสัญญาณให้ทำแบบสอบได้ จึงหยิบข้อสอบแผ่นแรกขึ้นมาทำให้เรียบร้อย ถ้าครบกำหนดเวลาในการทำข้อสอบข้อนั้นแล้วให้นำข้อสอบแผ่นแรกวางคว่ำไว้ข้างโต๊ะด้านซ้าย และให้หยิบข้อสอบแผ่นต่อไปจากลิ้นชักขึ้นมาทำต่อ เป็นเช่นนี้จนครบทั้งฉบับ โดยไม่สามารถย้อนกลับมาแก้ไขคำตอบหน้าเดิมหรือเปิดไปทำหน้าต่อไปก่อนหมดเวลาแต่ละข้อ

3) ให้สัญญาณนักเรียนเริ่มทำแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งบันทึกเวลาที่เริ่มต้นและเวลาสิ้นสุดในการทำและแสดงเวลาให้นักเรียนทราบตลอดการดำเนินการสอบ

## 2. ขั้นตอนการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย

เมื่อผู้วิจัยได้รับแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำเสร็จแล้ว จึงเริ่มตรวจให้คะแนนแบบสอบซึ่งมีรายละเอียดตามขั้นตอนต่อไปนี้

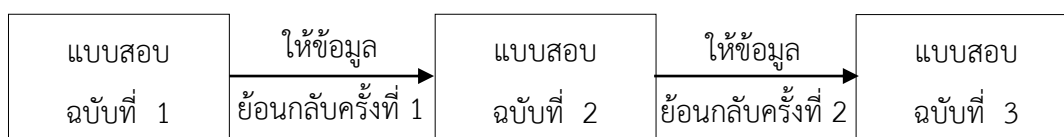
1) ผู้วิจัยรวบรวมแบบสอบให้กับครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว ที่มีความชำนาญในการตรวจแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อีก 1 ท่าน ดำเนินการตรวจแบบสอบโดยใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่มีองค์ประกอบในการให้คะแนน 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน) การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน) และการตีความ (1 คะแนน) ซึ่งองค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีเกณฑ์การให้คะแนน 3 ระดับ ได้แก่ 2 คะแนน 1 คะแนน และ 0 คะแนน และองค์ประกอบการตีความมีเกณฑ์การให้คะแนน 2 ระดับ ได้แก่ 1 คะแนน และ 0 คะแนน เมื่อครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตรวจเสร็จแล้ว ผู้วิจัยจึงดำเนินการตรวจให้คะแนนต่อ ซึ่งมีกระบวนการให้คะแนนที่เป็นอิสระจากกัน โดยให้คะแนนทีละข้อของนักเรียนทุกคนให้เสร็จเรียบร้อยก่อนที่จะตรวจข้อถัดไปของแต่ละคน ไม่ให้ตรวจข้อสอบทุกข้อเป็นรายบุคคล ผู้ตรวจไม่ดูเลขประจำตัวของนักเรียนเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอคติในการตรวจให้คะแนนแต่ละข้อ และตรวจให้คะแนนทีละข้อจนครบทุกคนแล้วจึงหยุดพักเพื่อป้องกันความเมื่อยล้าในการให้คะแนน แต่ไม่หยุดพักในขณะที่กำลังตรวจให้คะแนนข้อใดข้อหนึ่งอยู่

2) ผู้ตรวจแต่ละคนดำเนินการตรวจให้คะแนนแล้วบันทึกคะแนนลงในแบบบันทึกผลคะแนน ซึ่งการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยนั้นแต่ละข้อคำถามจะมีคะแนนเต็ม 5 คะแนน แต่ละเหตุการณ์จะมีคะแนนเต็ม 20 คะแนน คะแนนรวมทั้งฉบับคือทั้ง 3 เหตุการณ์ จะทำให้แบบสอบอัตรณ์ประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นี้จะมีคะแนนเต็ม 60 คะแนน

### 3. ขั้นตอนการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ในระหว่างการตรวจให้คะแนนและบันทึกผลคะแนนลงในแบบบันทึกผลคะแนนของผู้ตรวจ ผู้วิจัยจะดำเนินการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงแก่นักเรียนเป็นรายบุคคล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ผู้วิจัยใช้ระดับคะแนนจากการตรวจของผู้วิจัยมาใช้ในการกำหนดข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ให้กับนักเรียนกลุ่มทดลองจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นรูปแบบที่เน้นพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนเชิงบวกที่ทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกที่ดีในการทำงาน และพร้อมที่จะรับข้อมูลแนะแนวทางเพื่อนำกลับไปพัฒนาตนเองโดยไม่เกิดความวิตกกังวลกับข้อผิดพลาดมากเกินไป อีกทั้งในการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงนั้นผู้วิจัยใช้เวลาในการให้ข้อมูลไม่มากนัก เพราะมีรูปแบบและแนวทางอยู่แล้ว นักเรียนสามารถเรียนรู้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากผู้วิจัยได้รวดเร็วตามองค์ประกอบในการให้คะแนน 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ ซึ่งผู้วิจัยให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงกับนักเรียนจำนวน 2 ครั้ง คือ การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงหลังการตรวจแบบสอบอัตรณ์ประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

2) ผู้วิจัยจะเป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงตามองค์ประกอบในการตรวจให้คะแนนกับนักเรียนแต่ละคนในกลุ่มทดลอง คือ กลุ่มที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ โดยการพิมพ์ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงลงในแบบสอบถามประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนเป็นรายบุคคลแยกเป็นสถานการณ์และข้อคำถาม เพื่อให้ นักเรียนเรียนรู้ข้อมูลย้อนกลับพร้อมทั้งสามารถย้อนกลับไปได้สิ่งที่ตนเองเขียนในแบบสอบถามย้อนหลังได้ จากนั้นส่งแบบสอบถามประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์พร้อมข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงคืนให้นักเรียนแต่ละคนในวันถัดไปจากวันที่นักเรียนสอบ 1 วัน ทั้ง 2 ครั้ง เพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดจากข้อมูลย้อนกลับตามหลักการให้ข้อมูลย้อนกลับตามแนวคิดของ Quinton (2010) ที่กล่าวว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับที่ดีและมีประสิทธิภาพต้องตรงประเด็น (accurate) มีความเหมาะสม (appropriate) ครอบคลุมเนื้อหา (comprehensive) และมีการตอบสนองทันที (timely) และตามแนวคิดของ สุกีร์ รอดโพธิ์ทอง (2544, อ้างถึงใน อนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม และกมลวรรณ ดังธนกานนท์, 2555) ที่กล่าวว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับควรแสดงคำถาม คำตอบ และข้อมูลย้อนกลับในเวลาเดียวกัน และควรให้ทันทีหลังจากที่นักเรียนตอบสนอง หากนักเรียนทราบผลการให้ข้อมูลย้อนกลับเร็วเท่าใดก็จะทำให้การเรียนรู้ของนักเรียนมีผลดีมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งการเลือกข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจะเลือกข้อมูลย้อนกลับตามคะแนนที่ผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจ หากนักเรียนคนใดทำได้ถูกต้องทั้งหมดก็จะได้รับข้อมูลย้อนกลับที่เป็นการเสริมแรงทางบวกให้พัฒนาตนเองเพิ่มขึ้นไปอีก

3) ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มทดลองแต่ละคนศึกษาข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบถามประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของตนเอง เพื่อทำความเข้าใจสิ่งที่ต้องนำไปพัฒนาตนเองต่อไป และให้เขียนสรุปสิ่งที่ต้องพัฒนาในการสอบครั้งต่อไปตามองค์ประกอบในการตรวจให้คะแนน 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ เพื่อเป็นการยืนยันว่านักเรียนทุกคนได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงตามที่ผู้วิจัยคาดหวังทุกคน และไม่มีคนใดไม่ได้ศึกษาข้อมูลย้อนกลับ

4) สำหรับนักเรียนกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยดำเนินการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยและวงกลมคำตอบส่วนที่ตอบผิด พร้อมทั้งเขียนคะแนนผลการตรวจจากผู้ตรวจลงในแบบสอบถามประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนนำกลับไปตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดตามปกติ โดยไม่มีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

### ระยะหลังการทดลอง

ภายหลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามอัตโนมัติวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 3 ฉบับ และให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงแก่นักเรียนกลุ่มทดลองทุกคนตามที่วางแผนไว้ ผู้วิจัยดำเนินการนำผลการตรวจให้คะแนนของนักเรียนแต่ละคนที่ตรวจให้คะแนนโดยผู้วิจัยและครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่มีความเชี่ยวชาญในการให้คะแนนแบบสอบถามอัตโนมัติวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มาวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของผลการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย คุณภาพของแบบสอบถามอัตโนมัติวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อศึกษาพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนต่อไป

### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การตรวจสอบความเป็นคู่ขนานของแบบสอบถามอัตโนมัติวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบความเป็นคู่ขนานของแบบสอบถามอัตโนมัติวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับ โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านเป็นผู้ตรวจสอบ ซึ่งกำหนดความสอดคล้องเป็นคะแนนระดับต่างๆ ดังนี้ +1 หมายถึง มีความเห็นว่ามีความเป็นคู่ขนานกัน 0 หมายถึง มีความเห็นที่ไม่แน่ใจว่ามีความเป็นคู่ขนานกันหรือไม่ และ -1 หมายถึง มีความเห็นที่ไม่มีความเป็นคู่ขนานกัน เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญประเมินแล้วจึงนำผลการประเมินมาหาค่าความสอดคล้อง กำหนดเกณฑ์ความสอดคล้อง  $\geq 0.5$  เพื่อนำไปปรับปรุงให้มีคุณภาพมากขึ้น พร้อมทั้งทดสอบค่าเฉลี่ยของคะแนนเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ด้วยสถิติ one-way ANOVA

2. การตรวจสอบคุณภาพของสถานการณ์และข้อคำถามของแบบสอบถามอัตโนมัติวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ผู้วิจัยนำสถานการณ์และข้อคำถามของแบบสอบถามอัตโนมัติวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาตรวจสอบเพื่อปรับปรุงแก้ไข

ให้ถูกต้อง จากนั้นนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้าน  
 คณิตศาสตร์ระดับมหาวิทยาลัยและระดับมัธยมศึกษา จำนวน 5 คน ตรวจสอบความตรงเชิง  
 เนื้อหาของสถานการณ์และข้อคำถามกับตัวชี้วัดพฤติกรรมและขั้นตอนการแก้ปัญหา ตรวจสอบความ  
 ตรงเชิงเนื้อหาของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยและข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการ  
 ปรับปรุงกับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนน โดยกำหนดความสอดคล้องเป็นคะแนนระดับ  
 ต่างๆ ดังนี้ +1 หมายถึง มีความเห็นว่ายสอดคล้อง 0 หมายถึง มีความเห็นว่ายไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง  
 หรือไม่ และ -1 หมายถึง มีความเห็นว่ายไม่สอดคล้อง เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญประเมิน  
 แล้วจึงนำผลการประเมินมาหาค่าดัชนีสอดคล้อง IOC (Index of Item Objective Congruence)  
 กำหนดเกณฑ์ความสอดคล้อง  $\geq 0.5$  เพื่อนำสถานการณ์และข้อคำถาม เกณฑ์การตรวจให้คะแนน  
 แบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงไปปรับปรุงให้มีคุณภาพมากขึ้น  
 แต่สำหรับเครื่องมือใดที่มีค่าดัชนีสอดคล้องไม่ถึงเกณฑ์ ผู้วิจัยก็จะดำเนินการนำไปปรับปรุงแก้ไขตาม  
 คำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญต่อไป

### 3. การวิเคราะห์สถิติพื้นฐานของคะแนนที่ตรวจด้วยเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย

ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้รับจากการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยของผู้ตรวจคือ  
 ผู้วิจัยและครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มาวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานเชิงบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย  
 เลขคณิต ( $M$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $SD$ ) คะแนนต่ำสุด ( $MIN$ ) และคะแนนสูงสุด ( $MAX$ )  
 แต่ละเหตุการณ์ของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3  
 ฉบับ

### 4. การวิเคราะห์ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของเหตุการณ์ และค่าความเที่ยงของแบบ สอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้รับจากการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยของผู้ตรวจคือ  
 ผู้วิจัย มาวิเคราะห์ค่าความยาก ( $p$ ) ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) และค่าความเที่ยง (Coefficient  
 Alpha) ของแต่ละเหตุการณ์ในแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทาง  
 คณิตศาสตร์แต่ละฉบับ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป B-Index

### 5. การวิเคราะห์ความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยของนักเรียนที่เป็น  
 ตัวอย่างในการวิจัยของผู้ตรวจคือ ผู้วิจัย ที่ดำเนินการตรวจให้คะแนนแบบสอบอัตนัยประยุกต์



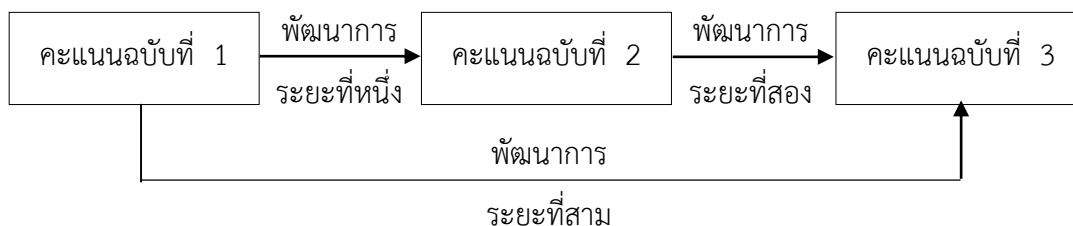
วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 2 ครั้ง ห่างกัน 4 สัปดาห์ มาวิเคราะห์หาความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจคนเดียว (intra rater reliability) และนำคะแนนที่ได้จากการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยของผู้ตรวจจำนวน 2 คนคือ ผู้ตรวจคนที่ 1 เป็นผู้วิจัย และผู้ตรวจคนที่ 2 เป็นครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่ดำเนินการตรวจให้คะแนนแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มาวิเคราะห์หาความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจ 2 คน (inter rater reliability) ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Product Moment Correlation Coefficient) แต่ละเหตุการณ์ โดยใช้สูตร

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

เมื่อ  $r_{xy}$  คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน  
 X คือ คะแนนที่รับจากการตรวจครั้งที่ 1 หรือ คะแนนที่รับจากผู้ตรวจคนที่ 1  
 Y คือ คะแนนที่รับจากการตรวจครั้งที่ 2 หรือ คะแนนที่รับจากผู้ตรวจคนที่ 2  
 N คือ จำนวนผู้สอบ

#### 6. การวิเคราะห์พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยนำคะแนนที่รับจากการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1, 2 และ 3 ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ มากำหนดเป็น 3 ระยะ ดังนี้ ระยะที่หนึ่งเป็นพัฒนาการระหว่างฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 2 ระยะที่สองเป็นพัฒนาการระหว่างฉบับที่ 2 กับฉบับที่ 3 และระยะที่สามเป็นพัฒนาการระหว่างฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 3 ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 รูปแบบการวิเคราะห์พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

โดยการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการใช้วิธีวัดคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (relative gain score) ที่เสนอโดยศิริชัย กาญจนวาสี (2556) มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$DS (\%) = \frac{(Y - X)}{(F - X)} \times 100$$

โดยที่ DS (%) = คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียน

X = คะแนนที่วัดครั้งแรก

Y = คะแนนที่วัดครั้งหลัง

F = คะแนนเต็ม

#### 7. การเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยนำคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ที่ได้จากการคำนวณของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยเรื่อง ผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์ ที่มีต่อพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง 2) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง และ 3) เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งดำเนินการทดสอบโดยใช้แบบสอบอัตนัยประยุกต์จำนวน 3 ฉบับ แต่ละฉบับมี 3 เหตุการณ์ และแต่ละเหตุการณ์จะมีสถานการณ์พร้อมข้อคำถาม 4 ข้อ โดยมีตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 60 คน

ในบทนี้ ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ตอน ดังนี้

- ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง
- ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง
- ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เหนือการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

### 1.1 ผลการพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผลการพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า แบบสอบอัตนัยประยุกต์เป็นแบบสอบอัตนัยที่นำเสนอสถานการณ์เป็นกรณีศึกษาที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง มีความเป็นคู่ขนานกันจำนวน 3 ฉบับ โดยการนำเสนอสถานการณ์นั้นจะเรียงลำดับและแยกเป็นข้อๆ แต่ละข้อจะมีคำถามวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นระยะ ซึ่งนักเรียนจะต้องทำข้อสอบให้เสร็จทีละหน้าตามเวลาที่กำหนดโดยอาศัยข้อมูลที่กำหนดให้มาค้นหาคำตอบของแต่ละคำถามที่ตั้งไว้ แล้วจึงเปิดไปทำหน้าต่อไปได้ ไม่สามารถย้อนกลับมาแก้ไขคำตอบหน้าเดิมได้อีก โดยแบบสอบอัตนัยประยุกต์นี้เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการกำลังสองตัวแปรเดียว ซึ่งมีเหตุการณ์จำนวน 3 เหตุการณ์ แต่ละเหตุการณ์มี 4 ข้อคำถามที่วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ดังนี้ ข้อคำถามข้อที่ 1 วัดความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ข้อคำถามข้อที่ 2 วัดความสามารถในการวางแผนการแก้ปัญหา ข้อคำถามข้อที่ 3 วัดความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหา และข้อคำถามข้อที่ 4 วัดความสามารถในการทบทวนและตรวจสอบคำตอบของการแก้ปัญหา รวมทั้งแบบสอบมีข้อคำถามจำนวน 12 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งหมดจำนวน 3 ฉบับที่มีความเป็นคู่ขนานกัน

ผู้วิจัยแบ่งแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แต่ละหน้าออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 คือส่วนด้านบนของกระดาษแบ่งเป็น 3 ช่องย่อยที่มีช่องย่อยด้านซ้ายแสดงเวลาที่ใช้ในการตอบข้อคำถามและเวลาสะสม ช่องย่อยตรงกลางแสดงเลขข้อของเหตุการณ์และสถานการณ์ในแบบสอบ ช่องย่อยด้านขวาแสดงหมายเลขหน้าของแบบสอบและส่วนที่เว้นไว้ให้เติมเลขประจำตัวของนักเรียนแทนการเขียนชื่อและนามสกุล เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอคติในการตรวจให้คะแนน ส่วนที่ 2 อยู่ด้านล่างถัดจากส่วนที่ 1 คือส่วนที่ใช้ในการแสดงสถานการณ์ ข้อคำถาม และส่วนที่เว้นว่างไว้สำหรับการตอบคำถามของนักเรียน ส่วนที่ 3 อยู่ถัดลงมาด้านล่างถัดจากส่วนที่ 2 คือส่วนที่ใช้ในการแสดงข้อควรระวังในการทำแบบสอบอัตนัย

ประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก่อนที่จะเปลี่ยนหน้าไปทำหน้าถัดไป และ ส่วนที่ 4 อยู่บริเวณด้านล่างสุดของกระดาษ คือส่วนที่ใช้สำหรับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะ เพื่อการปรับปรุงและผลคะแนนจากการตรวจของผู้ตรวจ และพื้นที่สำหรับให้นักเรียนเขียนสรุป สิ่งที่ตนเองต้องพัฒนาตามองค์ประกอบต่างๆ ดังตัวอย่างในภาพที่ 8

ภาพที่ 8 ตัวอย่างแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เวลาสำหรับการทำข้อนี้ 3 นาที เวลาสะสม 3 นาที	เหตุการณ์ที่ 2 สถานการณ์ที่ 1	หน้าที่ 5 เลขประจำตัวนักเรียน.....									
<p>นายคณิตได้รับมรดกจากคุณปู่เป็นที่ดินในจังหวัดสมุทรปราการแปลงหนึ่ง ซึ่งเขาไม่ทราบ ข้อมูลอะไรเกี่ยวกับที่ดิน เขาต้องการสร้างรั้วล้อมรอบที่ดินของเขา เตรียมใช้เป็นคอกวัว แล้ววันหนึ่งเมื่อเขาเดินทางไปที่ดินดังกล่าว พบว่าที่ดินนี้เป็นพื้นที่ว่างเปล่าไม่มีต้นไม้เลย</p> <p>ข้อคำถามข้อที่ 1</p> <p>คำถาม : จากข้อมูลเท่าที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่านายคณิตสามารถดำเนินการล้อมรั้วทันที ได้หรือไม่ ถ้าไม่ แล้วนายคณิตเกิดปัญหาอะไร จึงไม่สามารถดำเนินการได้ อธิบายเหตุผล</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p>											
<p><u>ข้อควรระวัง</u> ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขได้อีก</p>											
<p><b>คะแนนที่ได้และข้อมูลย้อนกลับ</b></p> <table border="1"> <tr> <td>การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)</td> <td>คะแนน</td> <td></td> </tr> <tr> <td>การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)</td> <td>คะแนน</td> <td></td> </tr> <tr> <td>การตีความ (1 คะแนน)</td> <td>คะแนน</td> <td></td> </tr> </table>			การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน		การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน		การตีความ (1 คะแนน)	คะแนน	
การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน										
การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน										
การตีความ (1 คะแนน)	คะแนน										
<p><b>สรุปสิ่งที่ต้องพัฒนาตนเอง</b></p>											

ภาพที่ 8 (ต่อ)

เวลาสำหรับการทำข้อนี้ 4 นาที เวลาสะสม 7 นาที	เหตุการณ์ที่ 2 สถานการณ์ที่ 2	หน้าที่ 6 เลขประจำตัวนักเรียน.....									
<p>นายคณิตคิดว่าที่เขายังไม่สามารถสร้างรั้วล้อมรอบได้ เพราะเขาไม่รู้ความยาวรอบที่ดิน เขาจึงสอบถามบิดาเกี่ยวกับลักษณะของที่ดิน ซึ่งบิดารู้ว่าที่ดินนี้มีพื้นที่เป็นจำนวนหนึ่ง และที่จำได้คือที่ดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ไม่ทราบความกว้างและความยาวที่แน่นอน แต่ทราบว่าที่ดินมีความยาวยาวกว่าความกว้างอยู่ 6 เมตร</p>											
<p>ข้อคำถามข้อที่ 2</p> <p>คำถาม : จากสถานการณ์นี้นักเรียนคิดว่า ทำไมนายคณิตจึงคิดถามข้อมูลเพิ่มเติมจากบิดาของเขา และเมื่อเขาถามแล้วทำให้ทราบอะไรบ้าง และถ้านักเรียนเป็นนายคณิต นักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้ออกมากำหนดตัวแปรให้เป็นอะไรบ้าง (ใช้ตัวแปรเพียงตัวเดียว)</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>											
<p><u>ข้อควรระวัง</u> ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขได้อีก</p>											
<p><b>คะแนนที่ได้และข้อมูลย้อนกลับ</b></p> <table border="1"> <tr> <td>การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)</td> <td>คะแนน</td> <td></td> </tr> <tr> <td>การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)</td> <td>คะแนน</td> <td></td> </tr> <tr> <td>การตีความ (1 คะแนน)</td> <td>คะแนน</td> <td></td> </tr> </table>			การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน		การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน		การตีความ (1 คะแนน)	คะแนน	
การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน										
การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน										
การตีความ (1 คะแนน)	คะแนน										
<p><b>สรุปสิ่งที่ต้องพัฒนาตนเอง</b></p>											

ภาพที่ 8 (ต่อ)

เวลาสำหรับการทำข้อนี้ 5 นาที เวลาสะสม 12 นาที	เหตุการณ์ที่ 2 สถานการณ์ที่ 3	หน้าที่ 7 เลขประจำตัวนักเรียน.....
<p>นอกจากที่นายคณิตจะรู้ว่าที่ดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และมีด้านยาวยาวกว่าด้านกว้างอยู่ 6 เมตรแล้ว นายคณิตจึงไปค้นหาเอกสารเพิ่มเติมที่เป็นหลักฐานของที่ดินพบว่า ที่ดินนี้มีพื้นที่ 72 ตารางเมตร</p>		
<p>ข้อคำถามข้อที่ 3</p> <p>คำถาม : นักเรียนจะมีวิธีการสร้างสมการและอธิบายที่มาของสมการเพื่อใช้แก้ปัญหาได้อย่างไร และหาความกว้างและความยาวของที่ดินได้เท่าไร</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		
<p><u>ข้อควรระวัง</u> ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขได้อีก</p>		
<p><b>คะแนนที่ได้และข้อมูลย้อนกลับ</b></p>		
การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน	
การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน	
การตีความ (1 คะแนน)	คะแนน	
<p><b>สรุปสิ่งที่ต้องพัฒนาตนเอง</b></p>		

ภาพที่ 8 (ต่อ)

เวลาสำหรับการทำข้อนี้ 3 นาที เวลาสะสม 15 นาที	เหตุการณ์ที่ 2 สถานการณ์ที่ 4	หน้าที่ 8 เลขประจำตัวนักเรียน.....
<p>เมื่อนายคณิตทราบความกว้างของที่ดินเป็น 6 เมตร และความยาวของที่ดินเป็น 12 เมตรแล้ว เขาจึงติดต่อจ้างช่างก่อสร้างมาดำเนินการสร้างรั้วล้อมรอบที่ดินของเขาเพื่อใช้สำหรับเป็นคอกวัว</p>		
<p>ข้อคำถามข้อที่ 4</p> <p>คำถาม : นักเรียนคิดว่า ช่างก่อสร้างจะต้องนำรั้วลวดหนามยาวกี่เมตรมาล้อมรอบที่ดิน จึงจะพอดี พร้อมอธิบายแนวคิดที่ใช้</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		
<p><u>ข้อควรระวัง</u> ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขได้อีก</p>		
<p><b>คะแนนที่ได้และข้อมูลย้อนกลับ</b></p>		
การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน	
การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน	
การตีความ (1 คะแนน)	คะแนน	
<p><b>สรุปสิ่งที่ต้องพัฒนาตนเอง</b></p>		



## 1.2 ความเป็นคู่ขนานของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แล้วตรวจสอบความเป็นคู่ขนานของแต่ละสถานการณ์ในแบบสอบอัตนัยประยุกต์ทั้ง 3 พบว่า สถานการณ์และข้อคำถามที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นในแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับ มีความสอดคล้องกันเมื่อเทียบกับเกณฑ์  $\geq 0.5$  ทุกข้อคำถาม แสดงให้เห็นว่าสถานการณ์และข้อคำถามของแบบสอบทั้ง 3 ฉบับ มีความเป็นคู่ขนานกัน และเมื่อพิจารณาคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิพบว่า ควรเพิ่มเติมเงื่อนไขและรายละเอียดในสถานการณ์ให้เพียงพอและครบถ้วนทุกประเด็นเหมือนกันทั้ง 3 ฉบับ ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ผลการตรวจสอบความเป็นคู่ขนานของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ฉบับ

เหตุการณ์	สถานการณ์และข้อคำถาม	ความเป็นคู่ขนานของแบบสอบอัตนัยประยุกต์	
		ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
1 จำนวน	1. ทำความเข้าใจปัญหา	0.8	-
	2. วางแผนการแก้ปัญหา	0.8	-
	3. ดำเนินการแก้ปัญหา	0.8	เพิ่มเติมเงื่อนไขสถานการณ์ฉบับที่ 1 และ 2 ให้เหมือนฉบับที่ 3
	4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	0.8	เพิ่มเติมรายละเอียดให้นักเรียนมีแนวทางในการหาคำตอบที่ชัดเจน
2 ความยาว	1. ทำความเข้าใจปัญหา	1.0	-
	2. วางแผนการแก้ปัญหา	1.0	-
	3. ดำเนินการแก้ปัญหา	1.0	-
	4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	1.0	-

ตารางที่ 17 (ต่อ)

เหตุการณ์	สถานการณ์และข้อความ	ความเป็นคู่ขนานของแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์	
		ค่าความสอดคล้อง	ข้อเสนอแนะ
ระยะเวลา	3 1. ทำความเข้าใจปัญหา	0.6	ปรับเงื่อนไขในฉบับที่ 2 ให้ชัดเจน
	2. วางแผนการแก้ปัญหา	0.8	-
	3. ดำเนินการแก้ปัญหา	0.8	-
	4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	0.8	-

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังดำเนินการวิเคราะห์ความเป็นคู่ขนานของแบบสอบด้วยสถิติ one-way ANOVA พบว่า เหตุการณ์ที่ 1, 2 และ 3 ของแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 3 ฉบับ มีค่าเฉลี่ยของคะแนน ( $F = .790$ ,  $Sig. = .496$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $F = 1.555$ ,  $Sig. = .286$ ) ค่าความยาก ( $F = .720$ ,  $Sig. = .524$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $F = .412$ ,  $Sig. = .680$ ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงถึงความเป็นคู่ขนานกันของเหตุการณ์ในแบบสอบทั้ง 3 ฉบับ โดยแบบสอบทั้ง 3 ฉบับมีค่าความยากเฉลี่ย .74 และค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย .32

### 1.3 ผลการพัฒนาเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยพบว่า สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) เสนอองค์ประกอบสำคัญในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ 3 องค์ประกอบคือ 1) การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (formulating) เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถนำเสนอสถานการณ์ และแสดงแนวคิดในเชิงคณิตศาสตร์ หรือระบุข้อจำกัดและสมมติฐานให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้ 2) การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (employing) เป็นองค์ประกอบที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถแสดงกระบวนการจัดการด้านจำนวน ข้อมูล นิพจน์ พีชคณิต สมการ โดยประยุกต์แนวคิดหลักที่นำไปสู่การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์กับปัญหาที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ และ 3) การตีความ (interpreting) เป็นองค์ประกอบที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนสามารถตีความผลที่ได้รับไปสู่บริบทปัญหาในโลกชีวิตจริง และระบุได้ว่าข้อสรุปเป็นเหตุเป็นผลหรือไม่ ซึ่งสอดคล้องกับ

สุชาดา ปัทมวิภาต (2557) ที่ระบุงค์ประกอบและกรอบโครงสร้างการประเมินคณิตศาสตร์ของโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ PISA 2015 ว่ามี 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ

จากการศึกษารายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนน ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเป็นเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์มีคะแนน 2, 1 และ 0 คะแนน การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์มีคะแนน 2, 1 และ 0 คะแนน และการตีความมีคะแนน 1 และ 0 คะแนน ซึ่งเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยจะใช้ตรวจข้อคำถามแต่ละข้อของแต่ละเหตุการณ์ ดังตัวอย่างในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ตัวอย่างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยของข้อคำถามข้อที่ 3 เหตุการณ์ที่ 2 ในแบบสอบัดนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2

องค์ประกอบ	คะแนน	เกณฑ์การตรวจให้คะแนน
การคิดเชิงคณิตศาสตร์	2	นักเรียนแสดงแนวคิดคณิตศาสตร์ได้ คือ บอกได้ว่า พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า = ความกว้าง $\times$ ความยาว <u>และ</u> เขียนสมการรูปทั่วไปได้ถูกต้อง
	1	นักเรียนแสดงแนวคิดได้บางส่วน คือ บอกได้ว่า พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า = ความกว้าง $\times$ ความยาว <u>หรือ</u> เขียนสมการรูปทั่วไปถูกต้องอย่างใดอย่างหนึ่ง
	0	นักเรียนไม่สามารถแสดงแนวคิดได้ คือ เขียนสมการที่ไม่เกี่ยวข้อง กับสถานการณ์ <u>หรือ</u> ไม่เขียนสมการ
การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์	2	นักเรียนแสดงการจัดการข้อมูลได้ถูกต้อง คือ มีการแสดงวิธีหาคำตอบที่ชัดเจน <u>และ</u> ถูกต้องทุกขั้นตอน จนได้คำตอบเป็น 6 และ -12
	1	นักเรียนแสดงการจัดการข้อมูลได้ถูกต้องบางส่วน คือ มีการกำหนดสมการถูกต้อง <u>และ</u> แสดงวิธีหาคำตอบผิดตั้งแต่ 1 ขั้นตอนขึ้นไป
	0	นักเรียนไม่สามารถแสดงแนวคิดได้ คือ ไม่เขียนแสดงวิธีการหาคำตอบ
การตีความ	1	นักเรียนสรุปคำตอบได้ถูกต้อง คือ ที่ดินมีความกว้าง 6 เมตร และมีความยาว 12 เมตร โดยตัดคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ ออก คือ -12
	0	นักเรียนสรุปคำตอบทั้ง 2 คำตอบคือ 6 และ -12 ไม่ได้ตัดคำตอบ -12 ออก <u>หรือ</u> ไม่สรุปคำตอบ

#### 1.4 ผลการพัฒนาข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงพบว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงเป็นกระบวนการบอกผลการตอบแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่เน้นพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนเชิงบวก สามารถทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกที่ดีในการเรียนรู้และพร้อมที่จะรับข้อมูลแนะแนวทางเพื่อนำกลับไปพัฒนาตนเองโดยไม่เกิดความวิตกกังวลกับข้อผิดพลาดมากเกินไป ซึ่งการให้ข้อมูลย้อนกลับจะให้ตามองค์ประกอบการตรวจให้คะแนน 3 องค์ประกอบ คือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ นอกจากนี้การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงยังมีผลต่อพัฒนาการการเรียนรู้ของนักเรียนมากที่สุด ผู้วิจัยจึงเลือกรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมาใช้ในการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์ นอกจากนี้รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับดังกล่าวยังมีความเหมาะสมทั้งในเรื่องของรูปแบบการให้ข้อมูล ระยะเวลาที่มีอย่างจำกัด และเหมาะสมกับรูปแบบของแบบสอบด้วย

จากการศึกษารายละเอียดของข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงของแต่ละองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนน ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเป็นข้อมูลย้อนกลับสำหรับใช้เป็นข้อมูลตอบกลับให้นักเรียนได้เรียนรู้แล้วนำไปปรับปรุงผลการตอบแบบสอบอัตนัยประยุกต์ของตนเองให้ดีขึ้น โดยผู้วิจัยดำเนินการให้ข้อมูลย้อนกลับกับนักเรียนตามคะแนนที่นักเรียนได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์ของแต่ละข้อคำถาม ซึ่งแต่ละคนจะได้ข้อมูลย้อนกลับแตกต่างกัน ดังตัวอย่างในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ตัวอย่างข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงของข้อคำถามที่ 3 เหตุการณ์ที่ 2  
ในแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2

องค์ประกอบ	ระดับ/คะแนน	ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง
การคิดเชิง คณิตศาสตร์	ระดับ A (2 คะแนน)	แสดงแนวคิดคณิตศาสตร์ได้ดี สามารถเลือกประโยคเงื่อนไขจากโจทย์มาสร้างสมการได้ถูกต้อง และควรวางวิธีการที่หลากหลายมากกว่านี้ อาจได้วิธีการในการหาคำตอบที่ง่ายขึ้น
	ระดับ B (1 คะแนน)	แสดงแนวคิดคณิตศาสตร์ได้ดีพอสมควร แต่อาจยังไม่ครบถ้วน ทั้ง 2 ประเด็น ควรแสดงแนวคิดที่ว่าพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า = ความกว้าง x ความยาว และนำตัวแปรที่กำหนดไว้มาแทนค่าเพื่อสร้างสมการ จะได้เป็น $0 = x^2 + 6x - 72$
	ระดับ C (0 คะแนน)	ศึกษาสถานการณ์ให้ชัดเจนและพยายามเขียนสมการที่เกี่ยวข้อง โดยพิจารณาว่าสูตรที่ใช้คำนวณพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า = ความกว้าง x ความยาว และนำตัวแปรความกว้างและความยาวที่กำหนดไว้มาแทนค่าสร้างสมการ จะได้เป็น $0 = x^2 + 6x - 72$
การใช้ แนวคิด เชิง คณิตศาสตร์	ระดับ A (2 คะแนน)	นำหลักการและสมการที่สร้างขึ้นไปค้นหาคำตอบได้อย่างดี มุ่งมั่นพัฒนาวิธีการหาคำตอบที่หลากหลาย โดดเด่น และเหมาะสมกับตนเองต่อไป เช่น การใช้สูตรในการหาคำตอบ
	ระดับ B (1 คะแนน)	ฝึกฝนการหาคำตอบโดยเน้นไปที่การคูณพหุนาม การแก้สมการ และคำนวณการบวกลบให้คล่องและตรวจสอบวิธีการทุกขั้น ให้รอบคอบ จะได้คำตอบ 2 คำตอบคือ 6 และ -12
	ระดับ C (0 คะแนน)	ทดลองฝึกการคูณพหุนามด้วยพหุนามและจัดรูปแบบสมการให้อยู่ในรูปทั่วไป คือ $ax^2 + bx + c = 0$ เมื่อ $a, b, c$ แทนจำนวนจริงใดๆ และ $a \neq 0$ แล้วแยกตัวประกอบของพหุนามจะได้สมการเป็น $0 = (x + 12)(x - 6)$ แล้วจึงนำแต่ละวงเล็บไปเท่ากับ 0 จะได้คำตอบเป็น 6 และ -12
การตีความ	ระดับ B (1 คะแนน)	ตีความและสรุปคำตอบได้ดี มีการตัดคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ทิ้งไป ให้เหลือแต่คำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์ชีวิตจริง
	ระดับ C (0 คะแนน)	ปรับวิธีการและพิจารณาคำตอบที่ได้มาทั้ง 2 คำตอบว่า ความกว้างหรือความยาวไม่สามารถเป็นจำนวนติดลบได้ จึงต้องตัดคำตอบที่เป็น -12 ออก

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามที่วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เภณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

### 2.1 ความตรงเชิงเนื้อหาของสถานการณ์และข้อคำถามของแบบสอบถามที่วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนา

จากการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาของสถานการณ์และข้อคำถามของแบบสอบถามที่วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนา พบว่า สถานการณ์และข้อคำถามที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นในแบบสอบถามที่วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับมีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดพฤติกรรมและขั้นตอนการแก้ปัญหาเมื่อเทียบกับเกณฑ์  $\geq 0.5$  ทุกข้อคำถาม แสดงให้เห็นว่าสถานการณ์และข้อคำถามมีความตรงเชิงเนื้อหาเกี่ยวกับตัวชี้วัดพฤติกรรมและขั้นตอนการแก้ปัญหา และเมื่อพิจารณาคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิพบว่า ควรปรับภาษาที่ใช้ในสถานการณ์ให้ชัดเจน และเชื่อมโยงสถานการณ์ให้อยู่ในบริบทของชีวิตจริง ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 20 และตัวอย่างแบบสอบถามที่วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาแก้ไขเรียบร้อยแล้วแสดงในภาคผนวก ข

ตารางที่ 20 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของสถานการณ์และข้อคำถามของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เหตุการณ์	สถานการณ์และข้อคำถามที่	ฉบับที่ 1			ฉบับที่ 2			ฉบับที่ 3		
		IOC	ข้อเสนอแนะ	IOC	ข้อเสนอแนะ	IOC	ข้อเสนอแนะ	IOC	ข้อเสนอแนะ	
		1	1. ทำความเข้าใจปัญหา จำนวน	0.8	ปรับภาษาให้ถูกต้อง	0.8	-	0.8	ปรับภาษาให้ถูกต้อง	0.8
	2. วางแผนการแก้ปัญหา	0.8	เชื่อมโยงให้เป็นชีวิตจริง	1.0	-	1.0	-	1.0	-	
	3. ดำเนินการแก้ปัญหา	0.8	เขียนคำถามให้ชัดเจน	1.0	เขียนคำถามให้ชัดเจน	1.0	-	1.0	-	
	4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	1.0	-	1.0	-	1.0	-	1.0	-	
2	1. ทำความเข้าใจปัญหา ความยาว	0.8	เพิ่มรายละเอียดโจทย์	0.8	เชื่อมโยงให้เป็นชีวิตจริง	0.6	ปรับภาษาให้ถูกต้อง	0.6	ปรับภาษาให้ถูกต้อง	
	2. วางแผนการแก้ปัญหา	1.0	ปรับภาษาให้ถูกต้อง	0.8	-	0.8	เชื่อมโยงให้เป็นชีวิตจริง	0.8	เชื่อมโยงให้เป็นชีวิตจริง	
	3. ดำเนินการแก้ปัญหา	1.0	เขียนคำถามให้ชัดเจน	1.0	เขียนคำถามให้ชัดเจน	0.8	เขียนคำถามให้ชัดเจน	0.8	เขียนคำถามให้ชัดเจน	
	4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	1.0	-	1.0	-	0.8	เพิ่มรายละเอียดโจทย์	0.8	เพิ่มรายละเอียดโจทย์	
3	1. ทำความเข้าใจปัญหา ระยะเวลา	0.8	ปรับภาษาให้ถูกต้อง	0.8	-	0.8	-	0.8	-	
	2. วางแผนการแก้ปัญหา	0.8	ปรับภาษาให้ถูกต้อง	0.8	-	1.0	-	1.0	-	
	3. ดำเนินการแก้ปัญหา	1.0	เขียนคำถามให้ชัดเจน	1.0	เขียนคำถามให้ชัดเจน	0.8	เขียนคำถามให้ชัดเจน	0.8	เขียนคำถามให้ชัดเจน	
	4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	1.0	-	0.8	ปรับภาษาให้ถูกต้อง	1.0	-	1.0	-	

## 2.2 ความตรงเชิงเนื้อหาของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่ผู้วิจัยพัฒนา

จากการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่ผู้วิจัยพัฒนา พบว่า เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนนเมื่อเทียบกับเกณฑ์  $\geq 0.5$  ทุกเกณฑ์ แสดงให้เห็นว่าเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยมีความตรงเชิงเนื้อหา กับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนน และเมื่อพิจารณาคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิพบว่า ควรปรับภาษาให้ชัดเจน และปรับเกณฑ์การตรวจคะแนนให้เหมาะสมกับข้อคำถาม ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 21 และตัวอย่างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่พัฒนาแก้ไขเรียบร้อยแล้วแสดงในภาคผนวก ค





ตารางที่ 21 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยของแบบสอบอัตโนมัติวัดความสามารถในการ  
แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ฉบับ	เหตุการณ์	สถานการณ์และข้อคำถาม	ความตรงเชิงเนื้อหาของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย					
			กับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนน					
			การคิดเชิงคณิตศาสตร์		การตีความ			
			IOC	ข้อเสนอแนะ	IOC	ข้อเสนอแนะ		
1	จำนวน	1. ทำความเข้าใจปัญหา	1.0	ปรับภาษาให้ชัดเจน	0.6	ปรับเกณฑ์ตามคำถาม	1.0	-
		2. วางแผนการแก้ปัญหา	1.0	-	0.8	ยกตัวอย่างเพิ่มเติม	1.0	-
		3. ดำเนินการแก้ปัญหา	1.0	-	1.0	-	0.6	ปรับภาษาให้ชัดเจน
		4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	1.0	-	1.0	-	1.0	-
2	ความยาว	1. ทำความเข้าใจปัญหา	1.0	ปรับภาษาให้ชัดเจน	0.6	ปรับเกณฑ์ตามคำถาม	1.0	-
		2. วางแผนการแก้ปัญหา	1.0	-	0.8	ยกตัวอย่างเพิ่มเติม	1.0	-
		3. ดำเนินการแก้ปัญหา	1.0	-	1.0	-	0.6	ปรับภาษาให้ชัดเจน
		4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	1.0	-	1.0	-	1.0	-
3	ระยะเวลา	1. ทำความเข้าใจปัญหา	1.0	ปรับภาษาให้ชัดเจน	0.6	ปรับเกณฑ์ตามคำถาม	1.0	-
		2. วางแผนการแก้ปัญหา	1.0	-	0.8	-	1.0	-
		3. ดำเนินการแก้ปัญหา	1.0	-	1.0	-	0.6	ปรับภาษาให้ชัดเจน
		4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	1.0	-	1.0	-	1.0	-

ตารางที่ 21 (ต่อ)

ฉบับ	เหตุการณ์	สถานการณ์และข้อคำถาม	ความตรงเชิงเนื้อหาของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย		กับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนน		การคิดเชิงคณิตศาสตร์		การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์		การตีความ	
			IOC	ข้อเสนอแนะ	IOC	ข้อเสนอแนะ	IOC	ข้อเสนอแนะ	IOC	ข้อเสนอแนะ	IOC	ข้อเสนอแนะ
2	จำนวน	1. ทำความเข้าใจปัญหา	1.0	ปรับภาษาให้ชัดเจน	0.6	ปรับเกณฑ์ตามคำถาม	1.0	-	1.0	-	-	-
		2. วางแผนการแก้ปัญหา	1.0	-	0.8	-	1.0	-	1.0	-	-	-
		3. ดำเนินการแก้ปัญหา	1.0	-	1.0	-	0.6	ปรับภาษาให้ชัดเจน	0.6	ปรับภาษาให้ชัดเจน	-	-
		4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	1.0	-	1.0	-	1.0	-	1.0	-	-	-
2	ความยาว	1. ทำความเข้าใจปัญหา	1.0	ปรับภาษาให้ชัดเจน	0.6	ปรับเกณฑ์ตามคำถาม	1.0	-	1.0	-	-	-
		2. วางแผนการแก้ปัญหา	1.0	-	0.8	-	1.0	-	1.0	-	-	-
		3. ดำเนินการแก้ปัญหา	1.0	-	1.0	-	0.6	ปรับภาษาให้ชัดเจน	0.6	ปรับภาษาให้ชัดเจน	-	-
		4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	1.0	-	1.0	-	1.0	-	1.0	-	-	-
3	ระยะเวลา	1. ทำความเข้าใจปัญหา	1.0	ปรับภาษาให้ชัดเจน	0.6	ปรับเกณฑ์ตามคำถาม	1.0	-	1.0	-	-	-
		2. วางแผนการแก้ปัญหา	1.0	-	0.8	-	1.0	-	1.0	-	-	-
		3. ดำเนินการแก้ปัญหา	1.0	-	1.0	-	0.6	ปรับภาษาให้ชัดเจน	0.6	ปรับภาษาให้ชัดเจน	-	-
		4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	0.8	-	0.8	-	0.8	-	0.8	-	-	-

ตารางที่ 21 (ต่อ)

ฉบับ	เหตุการณ์	สถานการณ์และข้อคำถาม	ความตรงเชิงเนื้อหาของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย		กับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนน		การคิดเชิงคณิตศาสตร์		การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์		การตีความ	
			IOC	ข้อเสนอแนะ	IOC	ข้อเสนอแนะ	IOC	ข้อเสนอแนะ	IOC	ข้อเสนอแนะ	IOC	ข้อเสนอแนะ
3	จำนวน	1. ทำความเข้าใจปัญหา	1.0	ปรับภาษาให้ชัดเจน	0.6	ปรับเกณฑ์ตามคำถาม	1.0	-	-	-	-	-
		2. วางแผนการแก้ปัญหา	1.0	-	0.8	-	1.0	-	-	-	-	-
		3. ดำเนินการแก้ปัญหา	1.0	-	1.0	-	0.6	-	-	-	-	ปรับภาษาให้ชัดเจน
		4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	1.0	-	1.0	-	1.0	-	-	-	-	-
2	ความยาว	1. ทำความเข้าใจปัญหา	0.8	ปรับภาษาให้ชัดเจน	0.6	ปรับเกณฑ์ตามคำถาม	0.8	-	-	-	-	-
		2. วางแผนการแก้ปัญหา	0.8	-	0.6	-	0.8	-	-	-	-	-
		3. ดำเนินการแก้ปัญหา	0.8	-	0.8	-	0.6	-	-	-	-	ปรับภาษาให้ชัดเจน
		4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	0.8	-	0.8	-	0.8	-	-	-	-	-
3	ระยะเวลา	1. ทำความเข้าใจปัญหา	1.0	ปรับภาษาให้ชัดเจน	0.6	ปรับเกณฑ์ตามคำถาม	1.0	-	-	-	-	-
		2. วางแผนการแก้ปัญหา	1.0	-	0.8	-	1.0	-	-	-	-	-
		3. ดำเนินการแก้ปัญหา	1.0	-	1.0	-	0.6	-	-	-	-	ปรับภาษาให้ชัดเจน
		4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	1.0	-	1.0	-	1.0	-	-	-	-	-

### 2.3 ความตรงเชิงเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ผู้วิจัยพัฒนา

จากการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ผู้วิจัยพัฒนา พบว่า ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับองค์ประกอบที่ใช้ ในการตรวจให้คะแนนเมื่อเทียบกับเกณฑ์  $\geq 0.5$  ทุกเกณฑ์ แสดงให้เห็นว่าข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีความตรงเชิงเนื้อหาที่องค์ประกอบที่ใช้ ในการตรวจให้คะแนน และเมื่อพิจารณาคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิพบว่า ควรปรับภาษาให้ชัดเจน อธิบายรายละเอียดให้ครบถ้วนสมบูรณ์ และเพิ่มเติมตัวอย่างให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 22 และตัวอย่างข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง ที่พัฒนาแก้ไขเรียบร้อยแล้วแสดงในภาคผนวก ง



ตารางที่ 22 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบถามอัตโนมัติประยุกต์

ฉบับ	เหตุการณ์	สถานการณ์และข้อคำถาม	ความตรงเชิงเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง				การตีความ	
			IOC	ข้อเสนอแนะ	IOC	ข้อเสนอแนะ		
1	จำนวน	1. ทำความเข้าใจปัญหา	1.0	เพิ่มตัวอย่าง	0.6	ปรับภาษาให้ชัดเจน	0.8	-
		2. วางแผนการแก้ปัญหา	1.0	-	1.0	ปรับภาษาให้ชัดเจน	1.0	อธิบายรายละเอียดเพิ่ม
		3. ดำเนินการแก้ปัญหา	1.0	เพิ่มตัวอย่าง	0.8	ปรับภาษาให้ชัดเจน	1.0	อธิบายรายละเอียดเพิ่ม
		4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	1.0	เพิ่มตัวอย่าง	1.0	-	0.8	ปรับภาษาให้ชัดเจน
2	ความยาว	1. ทำความเข้าใจปัญหา	1.0	เพิ่มตัวอย่าง	0.8	ปรับภาษาให้ชัดเจน	1.0	-
		2. วางแผนการแก้ปัญหา	1.0	-	1.0	ปรับภาษาให้ชัดเจน	1.0	อธิบายรายละเอียดเพิ่ม
		3. ดำเนินการแก้ปัญหา	1.0	เพิ่มตัวอย่าง	0.8	ปรับภาษาให้ชัดเจน	1.0	อธิบายรายละเอียดเพิ่ม
		4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	1.0	เพิ่มตัวอย่าง	1.0	-	0.8	ปรับภาษาให้ชัดเจน
3	ระยะเวลา	1. ทำความเข้าใจปัญหา	1.0	เพิ่มตัวอย่าง	0.8	ปรับภาษาให้ชัดเจน	1.0	-
		2. วางแผนการแก้ปัญหา	1.0	-	1.0	ปรับภาษาให้ชัดเจน	1.0	อธิบายรายละเอียดเพิ่ม
		3. ดำเนินการแก้ปัญหา	1.0	เพิ่มตัวอย่าง	0.8	ปรับภาษาให้ชัดเจน	1.0	อธิบายรายละเอียดเพิ่ม
		4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	1.0	เพิ่มตัวอย่าง	1.0	-	1.0	-

ตารางที่ 22 (ต่อ)

ฉบับ	เหตุการณ์และข้อความ	ความตรงเชิงเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง		กับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนน		การคิดเชิงคณิตศาสตร์		การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์		การตีความ
		IOC	ข้อเสนอแนะ	IOC	ข้อเสนอแนะ	IOC	ข้อเสนอแนะ	IOC	ข้อเสนอแนะ	
2	1. ทำความเข้าใจปัญหา	1.0	เพิ่มตัวอย่างแนวคิด	0.8	ปรับภาษาให้ชัดเจน	1.0	-			
	2. วางแผนการแก้ปัญหา	1.0	-	1.0	ปรับภาษาให้ชัดเจน	1.0	อธิบายรายละเอียดเพิ่ม			
	3. ดำเนินการแก้ปัญหา	1.0	เพิ่มตัวอย่างแนวคิด	0.8	ปรับภาษาให้ชัดเจน	1.0	อธิบายรายละเอียดเพิ่ม			
	4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	1.0	เพิ่มตัวอย่างแนวคิด	1.0	-	1.0	ปรับภาษาให้ชัดเจน			
2	1. ทำความเข้าใจปัญหา	1.0	เพิ่มตัวอย่างแนวคิด	0.8	ปรับภาษาให้ชัดเจน	1.0	-			
	2. วางแผนการแก้ปัญหา	1.0	-	1.0	ปรับภาษาให้ชัดเจน	1.0	อธิบายรายละเอียดเพิ่ม			
	3. ดำเนินการแก้ปัญหา	1.0	เพิ่มตัวอย่างแนวคิด	0.8	ปรับภาษาให้ชัดเจน	1.0	อธิบายรายละเอียดเพิ่ม			
	4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	1.0	เพิ่มตัวอย่างแนวคิด	1.0	-	0.8	ปรับภาษาให้ชัดเจน			
3	1. ทำความเข้าใจปัญหา	1.0	เพิ่มตัวอย่างแนวคิด	0.8	ปรับภาษาให้ชัดเจน	1.0	-			
	2. วางแผนการแก้ปัญหา	1.0	-	1.0	ปรับภาษาให้ชัดเจน	1.0	อธิบายรายละเอียดเพิ่ม			
	3. ดำเนินการแก้ปัญหา	1.0	เพิ่มตัวอย่างแนวคิด	0.8	ปรับภาษาให้ชัดเจน	1.0	อธิบายรายละเอียดเพิ่ม			
	4. ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ	0.8	เพิ่มตัวอย่างแนวคิด	0.8	-	0.6	ปรับภาษาให้ชัดเจน			

## 2.4 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ตรวจด้วยเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย

ผู้วิจัยดำเนินการนำแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สร้างและพัฒนาขึ้นจำนวน 3 ฉบับไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เป็นตัวอย่างจำนวน 60 คน แล้วนำแบบสอบมาตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย โดยภาพรวมนักเรียนสามารถตอบข้อคำถามได้เป็นอย่างดี นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงและปานกลางบางส่วนสามารถตอบข้อคำถามได้คะแนนเต็มทั้ง 3 องค์ประกอบ และมีนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำส่วนหนึ่งที่ตอบข้อคำถามไม่สมบูรณ์และแสดงวิธีหาคำตอบไม่ถูกต้อง ดังตัวอย่างในภาพที่ 9

คำตอบ

$$\begin{aligned} \text{ความกว้าง} &= x & \text{ความยาว} &= x+6 \\ x(x+6) &= 72 \\ x^2+6x-72 &= 0 \\ (x+12)(x-6) &= 0 \\ x &= -12 \text{ @} & \therefore \text{เราจะใส่ } -12 & \text{ไม่ได้เนื่องจากพื้นที่} \\ & & & \text{จะไม่ติดลบ} \end{aligned}$$

[ ความกว้าง = 6 เมตร ]  
[ ความยาว = 12 เมตร ]

อธิบาย กว้างในหัวกว้าง = x ยาว = x+6 < เนื่องจากกว้างกว่ายาวอยู่ >  
พื้นที่ในพื้นที่ยี่ = 72 จึงนำตัวแปรหัว 2 มาคูณกัน เนื่องจากสูตรหาพื้นที่ = กว้าง x ยาว  
แล้วจึงหาคำตอบต่อไป

คำตอบ

$$\begin{aligned} \text{ความยาว} &= x+6 \\ \text{ความกว้าง} &= x \\ (x+6)(x) &= 72 \\ 2x &= \frac{72}{6} \\ 2x &= 12 \\ x &= \frac{12}{2} \\ x &= 6 \end{aligned}$$

$\therefore$  ความยาว = 12  
ความกว้าง = 6

ภาพที่ 9 ตัวอย่างการตอบข้อคำถามของนักเรียนที่เป็นตัวอย่าง

ในการตรวจให้คะแนนมีผู้ตรวจให้คะแนนจำนวน 2 คน คือ ผู้วิจัยและครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว โดยผู้ตรวจทั้งสองคนจะตรวจให้คะแนนแบบเป็นอิสระต่อกัน แล้วนำคะแนนที่ได้จากผู้ตรวจทั้งสองคนมาวิเคราะห์สถิติพื้นฐาน ผลการวิเคราะห์ พบว่า คะแนนสูงสุด คะแนนต่ำสุด คะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตรวจให้คะแนนโดยผู้วิจัยและครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีค่าใกล้เคียงกัน โดยเหตุการณ์ที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดของผู้วิจัยคือเหตุการณ์ที่ 1 ในแบบสอบฉบับที่ 3 ( $M = 14.33$ ,  $SD = 3.72$ ) ในขณะที่เหตุการณ์ที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดของครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นเหตุการณ์เดียวกัน ( $M = 13.96$ ,  $SD = 3.87$ ) และเหตุการณ์ที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดของผู้วิจัยคือ เหตุการณ์ที่ 1 ในแบบสอบฉบับที่ 1 ( $M = 7.65$ ,  $SD = 3.61$ ) สอดคล้องกับการตรวจให้คะแนนของครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ( $M = 7.60$ ,  $SD = 3.75$ ) เมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่า คะแนนสูงสุดคือ 20 คะแนน คะแนนต่ำสุดคือ 1 คะแนน เหตุการณ์ที่ 1 ในแบบสอบฉบับที่ 3 เป็นเหตุการณ์ที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนสูงที่สุด ( $M = 13.96$ ,  $SD = 3.87$ ) ส่วนเหตุการณ์ที่ 1 ในแบบสอบฉบับที่ 1 เป็นเหตุการณ์ที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนต่ำที่สุด ( $M = 7.60$ ,  $SD = 3.75$ ) ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจให้คะแนนทั้ง 2 คน ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 23



ตารางที่ 23 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะหย่อย

ฉบับ	เหตุการณ์	ผลการวิเคราะห์													
		ผู้วิจัย						ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์						รวม	
		MAX	MIN	M	SD	MAX	MIN	M	SD	MAX	MIN	M	SD		
1	1	16.00	1.00	7.65	3.61	16.00	1.00	7.60	3.75	16.00	1.00	7.60	3.75		
	2	19.00	3.00	10.53	4.11	20.00	3.00	10.53	4.18	20.00	3.00	10.53	4.18		
	3	19.00	5.00	11.97	3.50	19.00	5.00	11.96	3.58	19.00	5.00	11.96	3.58		
2	1	20.00	4.00	12.55	3.89	20.00	4.00	12.36	3.97	20.00	4.00	12.36	3.97		
	2	20.00	4.00	13.05	4.11	20.00	1.00	12.84	4.25	20.00	1.00	12.84	4.25		
	3	19.00	3.00	12.62	3.84	18.00	3.00	12.43	3.94	19.00	3.00	12.43	3.94		
3	1	20.00	5.00	14.33	3.72	20.00	3.00	13.96	3.87	20.00	3.00	13.96	3.87		
	2	20.00	5.00	13.68	3.46	20.00	3.00	13.42	3.61	20.00	3.00	13.42	3.61		
	3	20.00	3.00	13.67	3.70	19.00	2.00	13.37	3.73	20.00	2.00	13.37	3.73		

## 2.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของเหตุการณ์ และความเที่ยงของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยนำแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 3 ฉบับไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจำนวน 60 คน จากนั้นดำเนินการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยแล้วนำผลการตรวจมาวิเคราะห์คุณภาพตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม ผลการวิเคราะห์ พบว่า เหตุการณ์ในแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.43 – 0.60 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.36 – 0.49 แสดงว่าแบบสอบมีความยากง่ายปานกลางและจำแนกผู้สอบพอใช้ได้ เหตุการณ์ในแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2 และ 3 มีค่าความยากที่ใกล้เคียงกันคือมีค่าระหว่าง 0.61 – 0.69 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.41 – 0.49 แสดงว่าแบบสอบค่อนข้างง่ายและจำแนกผู้สอบได้ดี ส่วนความเที่ยง (Coefficient Alpha) ของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 0.826, 0.920 และ 0.923 ตามลำดับ แสดงว่าแบบสอบทั้ง 3 ฉบับมีความเที่ยงสูงและมีความคงเส้นคงวาในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และความเที่ยงของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ฉบับ	เหตุการณ์	ค่าความยาก		ค่าอำนาจจำแนก		ความเที่ยง
		p	ความหมาย	r	ความหมาย	
1	1	0.43	ยากง่ายปานกลาง	0.36	จำแนกพอใช้ได้	0.826
	2	0.52	ยากง่ายปานกลาง	0.49	จำแนกได้ดี	
	3	0.60	ค่อนข้างง่าย	0.38	จำแนกพอใช้ได้	
2	1	0.63	ค่อนข้างง่าย	0.45	จำแนกได้ดี	0.920
	2	0.62	ค่อนข้างง่าย	0.49	จำแนกได้ดี	
	3	0.61	ค่อนข้างง่าย	0.43	จำแนกได้ดี	
3	1	0.69	ค่อนข้างง่าย	0.45	จำแนกได้ดี	0.923
	2	0.66	ค่อนข้างง่าย	0.41	จำแนกได้ดี	
	3	0.66	ค่อนข้างง่าย	0.41	จำแนกได้ดี	

## 2.6 ความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจคนเดียว (intra rater reliability)

ผู้วิจัยวิเคราะห์คะแนนที่ได้จากการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยของผู้ตรวจคือ ผู้วิจัยที่ดำเนินการตรวจให้คะแนนแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 2 ครั้ง ห่างกัน 4 สัปดาห์ ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของคะแนนมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกเหตุการณ์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันอยู่ในช่วง .875 - .990 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของแต่ละเหตุการณ์พบว่า เหตุการณ์ที่ 2 ของแบบสอบฉบับที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์ของคะแนนมากที่สุดคือ .990 รองลงมาคือเหตุการณ์ที่ 3 ของแบบสอบฉบับที่ 3 ส่วนเหตุการณ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของคะแนนน้อยที่สุดคือ เหตุการณ์ที่ 3 ของแบบสอบฉบับที่ 2 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของคะแนนคือ .875 จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ตรวจด้วยเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน โดยคะแนนที่ได้จากการตรวจคนเดียวหลายครั้งจะมีค่าใกล้เคียงกัน ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของคะแนนที่ได้จากการตรวจโดยผู้ตรวจคนเดียว

ฉบับ	เหตุการณ์	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		$r_{xy}$
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
1	1	7.65	3.61	7.72	3.54	.980**
	2	10.53	4.11	10.43	4.12	.990**
	3	11.97	3.50	12.18	3.47	.979**
2	1	12.55	3.89	12.18	3.97	.967**
	2	13.05	4.11	12.83	4.22	.984**
	3	12.62	3.84	12.91	4.06	.875**
3	1	14.33	3.72	14.21	3.85	.986**
	2	13.68	3.46	13.62	3.58	.986**
	3	13.67	3.70	13.62	3.73	.988**

\*\*p < .01

## 2.7 ความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจ 2 คน (inter rater reliability)

ผู้วิจัยวิเคราะห์คะแนนที่ได้จากการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยของผู้ตรวจจำนวน 2 คนคือ ผู้ตรวจคนที่ 1 เป็นผู้วิจัย และผู้ตรวจคนที่ 2 เป็นครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนราชวินิตบางแก้ว ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของคะแนนมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกเหตุการณ์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันอยู่ในช่วง .960 - .984 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของแต่ละเหตุการณ์พบว่า เหตุการณ์ที่ 1 ของแบบสอบฉบับที่ 2 มีค่าสัมประสิทธิ์ของคะแนนมากที่สุดคือ .984 รองลงมาคือเหตุการณ์ที่ 3 ของแบบสอบฉบับที่ 2 ส่วนเหตุการณ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของคะแนนน้อยที่สุดคือ เหตุการณ์ที่ 1 ของแบบสอบฉบับที่ 3 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ของคะแนนคือ .960 จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ตรวจด้วยเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน โดยคะแนนที่ได้จากการตรวจด้วยผู้ตรวจหลายคนจะมีค่าใกล้เคียงกัน ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของคะแนนที่ได้จากการตรวจโดยผู้ตรวจ 2 คน

ฉบับ	เหตุการณ์	ผู้ตรวจคนที่ 1		ผู้ตรวจคนที่ 2		$r_{xy}$
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
1	1	7.65	3.61	7.60	3.75	.969**
	2	10.53	4.11	10.53	4.18	.981**
	3	11.97	3.50	11.96	3.58	.962**
2	1	12.55	3.89	12.36	3.97	.984**
	2	13.05	4.11	12.84	4.25	.981**
	3	12.62	3.84	12.43	3.94	.982**
3	1	14.33	3.72	13.96	3.87	.960**
	2	13.68	3.46	13.42	3.61	.971**
	3	13.67	3.70	13.37	3.73	.977**

\*\*p < .01

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้รับจากการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่ผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจมาคำนวณคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์โดยแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ ระยะที่หนึ่งเป็นพัฒนาการระหว่างแบบสอบฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 2 ระยะที่สองเป็นพัฒนาการระหว่างแบบสอบฉบับที่ 2 กับฉบับที่ 3 และระยะที่สามเป็นพัฒนาการระหว่างแบบสอบฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 3 ซึ่งมีตัวอย่างเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 30 คน

### 3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนจากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ฉบับ ซึ่งแต่ละฉบับมีคะแนนเต็ม 60 คะแนน พบว่า คะแนนสูงสุดที่ได้จากการสอบคือ 59 คะแนนซึ่งเป็นคะแนนจากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 3 และคะแนนต่ำสุดคือ 14 คะแนนซึ่งเป็นคะแนนจากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 โดยคะแนนเฉลี่ยจากแบบสอบฉบับที่ 3 มีค่าสูงที่สุดคือ 41.68 คะแนน รองลงมาเป็นคะแนนเฉลี่ยจากแบบสอบฉบับที่ 2 และ 1 คือ 38.22 และ 30.15 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความเบ้และความโด่งของการแจกแจงของคะแนนสอบพบว่า คะแนนจากการสอบฉบับที่ 1 มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา แต่คะแนนจากการสอบฉบับที่ 2 และ 3 มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย โดยคะแนนจากการสอบฉบับที่ 3 มีลักษณะการเบ้มากที่สุด ( $Sk = -0.58$ ) รองลงมาคือคะแนนจากการสอบฉบับที่ 2 ( $Sk = -0.41$ ) และฉบับที่ 1 ( $Sk = 0.39$ ) ตามลำดับ สำหรับลักษณะของความโด่ง มีลักษณะโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ โดยคะแนนจากการสอบฉบับที่ 3 มีลักษณะโด่งที่สุด ( $Ku = -0.50$ ) รองลงมาคือคะแนนจากแบบสอบฉบับที่ 1 ( $Ku = -0.69$ ) และฉบับที่ 2 ( $Ku = -0.84$ ) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม คะแนนจากการสอบแต่ละฉบับยังมีลักษณะการแจกแจงของคะแนนเป็นโค้งปกติ พิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนของความเบ้และความโด่งที่มีค่าไม่น้อยกว่า  $-2.00$  และไม่เกิน  $2.00$  (SPSS Base 8.0, 1998 อ้างถึงในอวยพร เรืองตระกูล, 2544) ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการ  
แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ฉบับ

ค่าสถิติพื้นฐาน	แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์		
	ฉบับที่ 1	ฉบับที่ 2	ฉบับที่ 3
Maximum	53.00	54.00	59.00
Minimum	14.00	15.00	20.00
Mean	30.15	38.22	41.68
SD	9.69	10.99	10.14
Skewness	0.39	-0.41	-0.58
SE (Sk)	0.31	0.31	0.31
Kurtosis	-0.69	-0.84	-0.50
SE (Ku)	0.61	0.61	0.61

### 3.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ

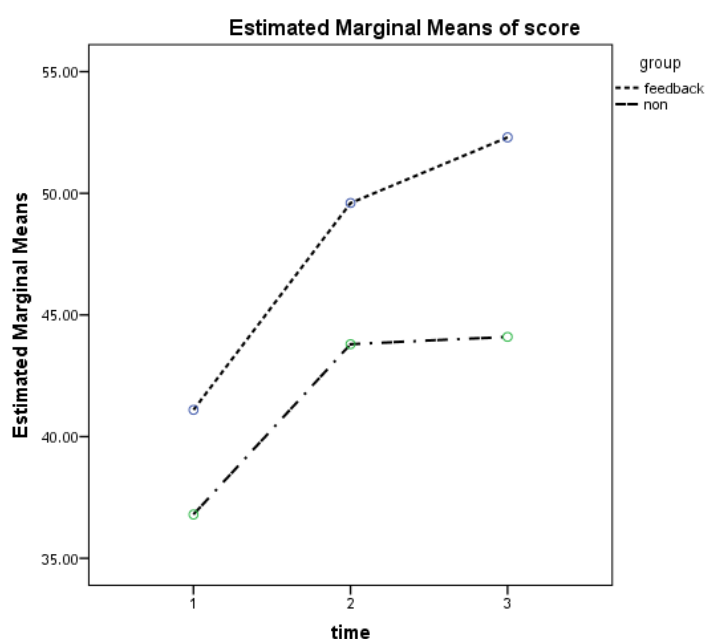
ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ฉบับ แยกตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน 3 ระดับ คือ ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ จำนวน 60 คน จากการวิเคราะห์ พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ คือ สูง ปานกลาง และต่ำ กลุ่มทดลองที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง มีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลการสอบจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงทั้ง 3 ฉบับ เมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่า แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนสูงที่สุดคือ ฉบับที่ 3 ( $M = 41.68$ ,  $SD = 10.14$ ) รองลงมาคือ ฉบับที่ 2 ( $M = 38.22$ ,  $SD = 10.99$ ) และฉบับที่ 1 ( $M = 30.15$ ,  $SD = 9.69$ ) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 28

ตารางที่ 28 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการ  
แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการ  
ปรับปรุงและมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน

ระดับความสามารถทาง คณิตศาสตร์และลักษณะ การให้ข้อมูลย้อนกลับ	คะแนนแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์					
	ฉบับที่ 1		ฉบับที่ 2		ฉบับที่ 3	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
สูง – ให้ข้อมูลย้อนกลับ แบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง	41.10	6.67	49.60	3.92	52.30	3.30
สูง – ไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับ แบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง	36.80	10.33	43.80	7.84	44.10	6.47
ปานกลาง – ให้ข้อมูลย้อนกลับ แบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง	28.80	7.57	38.30	7.83	44.70	9.18
ปานกลาง – ไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับ แบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง	28.40	6.43	34.90	11.00	38.50	6.88
ต่ำ – ให้ข้อมูลย้อนกลับ แบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง	23.40	4.65	36.40	10.09	40.50	9.10
ต่ำ – ไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับ แบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง	22.40	6.20	26.30	8.83	30.00	10.01
รวม	30.15	9.69	38.22	10.99	41.68	10.14

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแบบสอบทั้ง 3 ฉบับของนักเรียนที่มี  
ความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

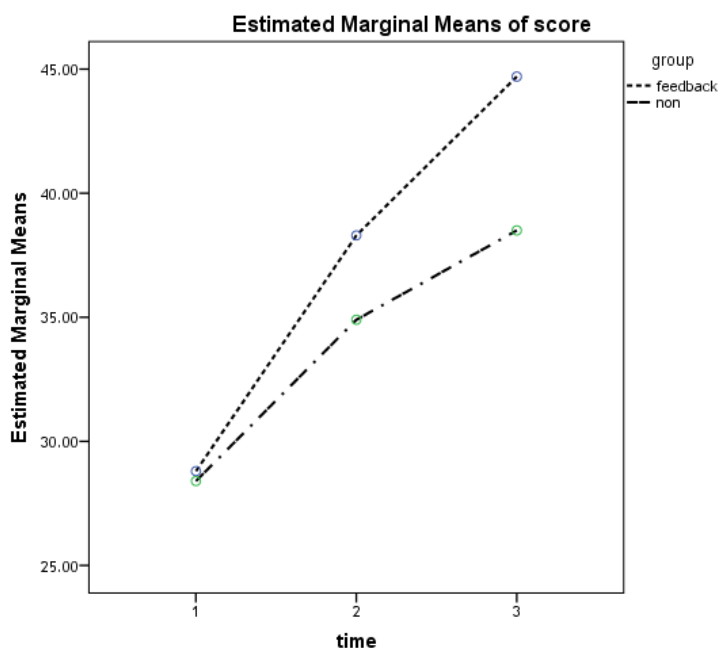
นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง โดยคะแนนเฉลี่ยระหว่างแบบสอบฉบับที่ 1 และ 2 มีอัตราเพิ่มสูงขึ้น แต่คะแนนเฉลี่ยระหว่างแบบสอบฉบับที่ 2 และ 3 มีอัตราเพิ่มขึ้นที่ช้าลง สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 คะแนนเฉลี่ยจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 3 ฉบับของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง

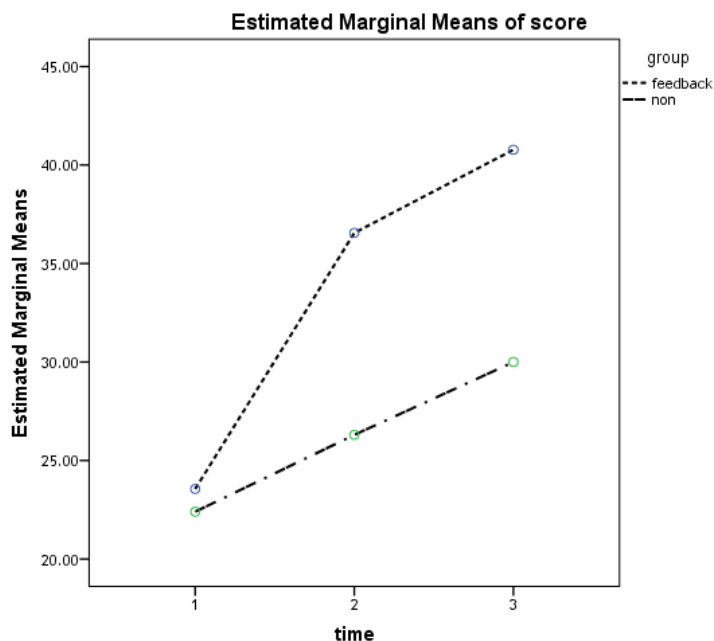
นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ปานกลาง พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง โดยคะแนนเฉลี่ยระหว่างแบบสอบฉบับที่ 1, 2 และ 3 มีอัตราเพิ่มสูงขึ้น สามารถแสดงรายละเอียดได้ ดังภาพที่ 11





ภาพที่ 11 คะแนนเฉลี่ยจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 3 ฉบับของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ปานกลาง

นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำ พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับ โดยคะแนนเฉลี่ยระหว่างแบบสอบฉบับที่ 1 และ 2 มีอัตราเพิ่มสูงขึ้น แต่คะแนนเฉลี่ยระหว่างแบบสอบฉบับที่ 2 และ 3 มีอัตราเพิ่มขึ้นที่ช้าลง สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 คะแนนเฉลี่ยจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 3 ฉบับของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำ

### 3.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์และวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

3.3.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) ของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ โดยทดสอบ Mauchly's Test of Sphericity ซึ่งเป็นข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ จากการวิเคราะห์ พบว่า ค่าสถิติ Mauchly's W ของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ มีค่า .564, .666 และ .923 Approx. Chi-Square มีค่า 4.588, 3.255 และ .642 df = 2, 2 และ 2 และมีค่า p = .101, .196 และ .716 ตามลำดับ แสดงว่าความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จากการสอบด้วยแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับ เป็น

compound symmetry ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการประมาณค่าแบบ Sphericity Assumed ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ผลการทดสอบเงื่อนไข Sphericity ของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน

ระดับ ความสามารถ	Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi- Square	df	Sig.	Epsilon		
						Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Lower- bound
สูง	TEST	.564	4.588	2	.101	.696	.784	.500
ปานกลาง	TEST	.666	3.255	2	.196	.749	.866	.500
ต่ำ	TEST	.923	.642	2	.726	.928	1.000	.500

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง จากการวิเคราะห์ พบว่า นักเรียนแต่ละความสามารถทางคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 3 ฉบับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (กลุ่มสูง  $F = 15.371$ , Sig. = .000, กลุ่มปานกลาง  $F = 24.105$ , Sig. = .000 และกลุ่มต่ำ  $F = 25.931$ , Sig. = .000) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถ พบว่า นักเรียนทุกระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่านักเรียนทุกระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง มีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น ซึ่งเห็นได้จากการที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 30 - 31

ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบสอบถาม  
 ประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับตามระดับ  
 ความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการ  
 ปรับปรุง

ระดับ ความสามารถ	Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
สูง	TEST	Sphericity Assumed	683.267	2	341.633	15.371**	.000	
		Greenhouse-Geisser	683.267	1.392	490.750	15.371	.001	
		Huynh-Feldt	683.267	1.567	435.975	15.371	.001	
		Lower-bound	683.267	1.000	683.267	15.371	.004	
	Error(TEST)	Sphericity Assumed	400.067	18	22.226			
		Greenhouse-Geisser	400.067	12.531	31.927			
		Huynh-Feldt	400.067	14.105	28.364			
		Lower-bound	400.067	9.000	44.452			
	ปานกลาง	TEST	Sphericity Assumed	1280.067	2	640.033	24.105**	.000
			Greenhouse-Geisser	1280.067	1.499	853.987	24.105	.000
Huynh-Feldt			1280.067	1.732	739.214	24.105	.000	
Lower-bound			1280.067	1.000	1280.067	24.105	.001	
Error(TEST)		Sphericity Assumed	477.933	18	26.552			
		Greenhouse-Geisser	477.933	13.490	35.428			
		Huynh-Feldt	477.933	15.585	30.666			
		Lower-bound	477.933	9.000	53.104			
ต่ำ		TEST	Sphericity Assumed	1594.067	2	797.033	25.931**	.000
			Greenhouse-Geisser	1594.067	1.857	858.476	25.931	.000
	Huynh-Feldt		1594.067	2.000	797.033	25.931	.000	
	Lower-bound		1594.067	1.000	1594.067	25.931	.001	
	Error(TEST)	Sphericity Assumed	553.267	18	30.737			
		Greenhouse-Geisser	553.267	16.712	33.107			
		Huynh-Feldt	553.267	18.000	30.737			
		Lower-bound	553.267	9.000	61.474			

\*\*p < .01

ตารางที่ 31 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของคะแนนจากแบบสอบถามวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ระดับความสามารถ	TEST	Mean Difference	Std. Error	Sig.
สูง	ฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 2	-8.500**	2.083	.008
	ฉบับที่ 2 กับฉบับที่ 3	-2.700	1.399	.257
	ฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 3	-11.200**	2.653	.007
ปานกลาง	ฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 2	-9.500**	1.500	.000
	ฉบับที่ 2 กับฉบับที่ 3	-6.400	2.574	.104
	ฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 3	-15.900**	2.656	.001
ต่ำ	ฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 2	-13.000**	2.134	.001
	ฉบับที่ 2 กับฉบับที่ 3	-4.100	2.532	.419
	ฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 3	-17.100**	2.734	.000

\*\*p < .01

3.3.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) ของคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ โดยทดสอบ Mauchly's Test of Sphericity ซึ่งเป็นข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ จากการวิเคราะห์ พบว่า ค่าสถิติ Mauchly's W ของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ มีค่า .538, .966 และ .976 Approx. Chi-Square มีค่า 4.964, .275 และ .196 df = 2, 2 และ 2 และมีค่า p = .084, .871 และ .907 ตามลำดับ แสดงว่าความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จากการสอบด้วยแบบสอบถามวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับ เป็น compound symmetry ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการประมาณค่าแบบ Sphericity Assumed ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 32

ตารางที่ 32 ผลการทดสอบเงื่อนไข Sphericity ของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน

ระดับ ความสามารถ	Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi- Square	df	Sig.	Epsilon		
						Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Lower- bound
สูง	TEST	.538	4.964	2	.084	.684	.765	.500
ปานกลาง	TEST	.966	.275	2	.871	.967	1.000	.500
ต่ำ	TEST	.976	.196	2	.907	.976	1.000	.500

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง จากการวิเคราะห์ พบว่า นักเรียนแต่ละระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (กลุ่มสูง  $F = 8.196$ ,  $Sig. = .003$ , กลุ่มปานกลาง  $F = 7.464$ ,  $Sig. = .004$  และกลุ่มต่ำ  $F = 9.518$ ,  $Sig. = .002$ ) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถ พบว่า นักเรียนทุกระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงมีค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า นักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงก็ยังคงมีคะแนนจากแบบสอบที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 33 - 34

ตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบสอบถาม  
 ประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับตามระดับ  
 ความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการ  
 ปรับปรุง

ระดับ	Source		Type III Sum	df	Mean	F	Sig.
ความสามารถ			of Squares		Square		
สูง	TEST	Sphericity Assumed	341.267	2	170.633	8.196**	.003
		Greenhouse-Geisser	341.267	1.368	249.522	8.196	.009
		Huynh-Feldt	341.267	1.530	223.062	8.196	.007
		Lower-bound	341.267	1.000	341.267	8.196	.019
	Error(TEST)	Sphericity Assumed	374.733	18	20.819		
		Greenhouse-Geisser	374.733	12.309	30.443		
		Huynh-Feldt	374.733	13.769	27.215		
		Lower-bound	374.733	9.000	41.637		
ปานกลาง	TEST	Sphericity Assumed	524.067	2	262.033	7.464**	.004
		Greenhouse-Geisser	524.067	1.935	270.902	7.464	.005
		Huynh-Feldt	524.067	2.000	262.033	7.464	.004
		Lower-bound	524.067	1.000	524.067	7.464	.023
	Error(TEST)	Sphericity Assumed	631.933	18	35.107		
		Greenhouse-Geisser	631.933	17.411	36.296		
		Huynh-Feldt	631.933	18.000	35.107		
		Lower-bound	631.933	9.000	70.215		
ต่ำ	TEST	Sphericity Assumed	288.867	2	144.433	9.518**	.002
		Greenhouse-Geisser	288.867	1.953	147.925	9.518	.002
		Huynh-Feldt	288.867	2.000	144.433	9.518	.002
		Lower-bound	288.867	1.000	288.867	9.518	.013
	Error(TEST)	Sphericity Assumed	273.133	18	15.174		
		Greenhouse-Geisser	273.133	17.575	15.541		
		Huynh-Feldt	273.133	18.000	15.174		
		Lower-bound	273.133	9.000	30.348		

\*\*p < .01

ตารางที่ 34 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของคะแนนจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ระดับความสามารถ	TEST	Mean Difference	Std. Error	Sig.
สูง	ฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 2	-7.000	2.380*	.049
	ฉบับที่ 2 กับฉบับที่ 3	-.300	1.155	1.000
	ฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 3	-7.300	2.343*	.037
ปานกลาง	ฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 2	-6.500	2.865	.148
	ฉบับที่ 2 กับฉบับที่ 3	-3.600	2.446	.525
	ฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 3	-10.100	2.622*	.012
ต่ำ	ฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 2	-3.900	1.602	.113
	ฉบับที่ 2 กับฉบับที่ 3	-3.700	1.820	.218
	ฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 3	-7.600	1.796*	.027

\*p < .05

3.4 ผลการประมาณคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์และการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการคำนวณคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้สูตรการคำนวณคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (relative gain score) ที่เสนอโดยศิริชัย กาญจนวาสี (2556) มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$DS (\%) = \frac{(Y - X)}{(F - X)} \times 100$$

โดยที่ DS (%) = คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียน  
 X = คะแนนที่วัดครั้งแรก  
 Y = คะแนนที่วัดครั้งหลัง  
 F = คะแนนเต็ม



เมื่อคำนวณได้คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แล้ว จึงนำมาวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ทั้ง 3 ระยะ พบว่าคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สูงสุดคือ 96.43 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ที่อยู่ในระยะที่ 3 และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ต่ำสุดคือ -50.00 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ที่อยู่ในระยะที่ 1 และ 2 แสดงให้เห็นว่า มีนักเรียนบางคนที่ทำคะแนนจากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้คะแนนน้อยลงจากครั้งแรก จึงทำให้มีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ติดลบ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ยของระยะที่ 3 มีค่าสูงที่สุดคือ 37.92 คะแนน รองลงมาเป็นคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ยของระยะที่ 1 และ 2 คือ 27.41 และ 12.83 คะแนน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความเบ้และความโด่งของการแจกแจงของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์พบว่า คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของระยะที่ 2 มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา แต่คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของระยะที่ 1 และ 3 มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย โดยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของระยะที่ 1 มีลักษณะการเบ้มากที่สุด ( $S_k = -0.49$ ) รองลงมาคือคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของระยะที่ 3 ( $S_k = -0.26$ ) และระยะที่ 2 ( $S_k = 0.14$ ) ตามลำดับ สำหรับลักษณะของความโด่ง พบว่า คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของระยะที่ 1 มีลักษณะโด่งมากกว่าโค้งปกติ ส่วนคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของระยะที่ 2 และ 3 มีลักษณะโค้งน้อยกว่าโค้งปกติ โดยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของระยะที่ 1 มีลักษณะโด่งที่สุด ( $K_u = 0.40$ ) รองลงมาคือคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของระยะที่ 2 ( $K_u = -0.13$ ) และระยะที่ 3 ( $K_u = -0.23$ ) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของแต่ละระยะยังมีลักษณะการแจกแจงของคะแนนเป็นโค้งปกติ พิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนของความเบ้และความโด่งที่มีค่าไม่น้อยกว่า -2.00 และไม่เกิน 2.00 (SPSS Base 8.0, 1998 อ้างถึงในอวยพร เรืองตระกูล, 2544) ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 35

ตารางที่ 35 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทาง  
คณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะ

ค่าสถิติพื้นฐาน	คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์		
	ระยะที่ 1	ระยะที่ 2	ระยะที่ 3
	ระหว่างฉบับที่ 1-2	ระหว่างฉบับที่ 2-3	ระหว่างฉบับที่ 1-3
Maximum	75.00	90.00	96.43
Minimum	-50.00	-50.00	-28.57
Mean	27.41	12.83	37.92
SD	26.20	30.00	27.03
Skewness	-0.49	0.14	-0.26
SE (Sk)	0.31	0.31	0.31
Kurtosis	0.40	-0.13	-0.23
SE (Ku)	0.61	0.61	0.61

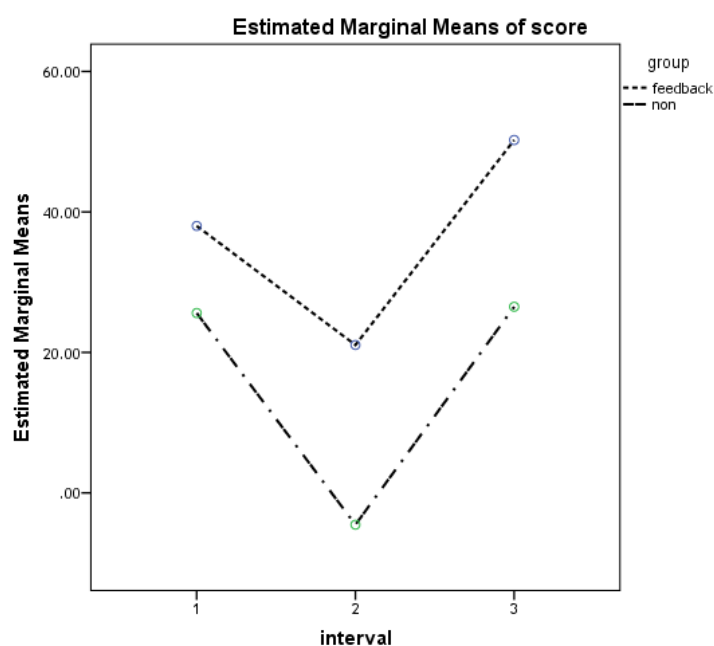
เมื่อคำนวณได้คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แล้ว จึงนำมาวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ทั้ง 3 ระยะตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน 3 ระดับ คือ ระดับความสามารถสูง ปานกลาง และต่ำ จำนวน 60 คน พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ คือ สูง ปานกลาง และต่ำ กลุ่มทดลองที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงทั้ง 3 ระยะ เมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่าระยะที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สูงที่สุดคือ ระยะที่ 3 ( $M = 37.92$ ,  $SD = 27.03$ ) รองลงมาคือ ระยะที่ 1 ( $M = 27.41$ ,  $SD = 26.20$ ) และระยะที่ 2 ( $M = 12.83$ ,  $SD = 29.96$ ) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 36

ตารางที่ 36 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน

ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์และลักษณะการให้ข้อมูลย้อนกลับ	คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์					
	ระยะที่ 1		ระยะที่ 2		ระยะที่ 3	
	ระหว่างฉบับที่ 1 - 2		ระหว่างฉบับที่ 2 - 3		ระหว่างฉบับที่ 1 - 3	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
สูง – ให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง	38.01	30.62	21.06	38.08	50.24	33.79
สูง – ไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง	25.60	32.16	-4.53	22.27	26.50	24.76
ปานกลาง – ให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง	31.12	14.13	28.10	32.55	51.55	22.08
ปานกลาง – ไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง	21.08	32.96	5.46	29.17	30.25	25.03
ต่ำ – ให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง	37.21	21.07	15.33	31.51	47.00	25.30
ต่ำ – ไม่ให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง	11.44	14.84	11.54	17.24	22.00	17.96
รวม	27.41	26.20	12.83	29.96	37.92	27.03

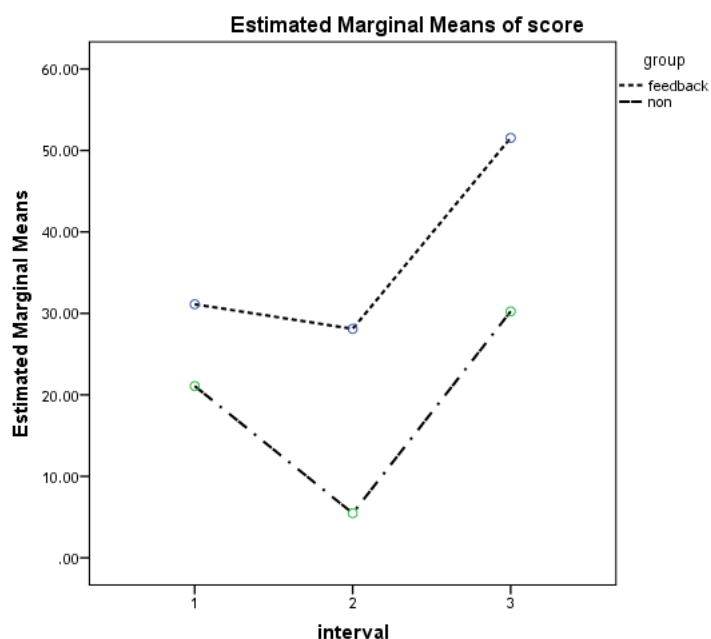
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ทั้ง 3 ระยะ สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงทั้ง 3 ระยะ โดยระยะที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สูงที่สุดคือ ระยะที่ 3 ( $M = 50.24$ ,  $SD = 33.79$ ) สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังภาพที่ 13



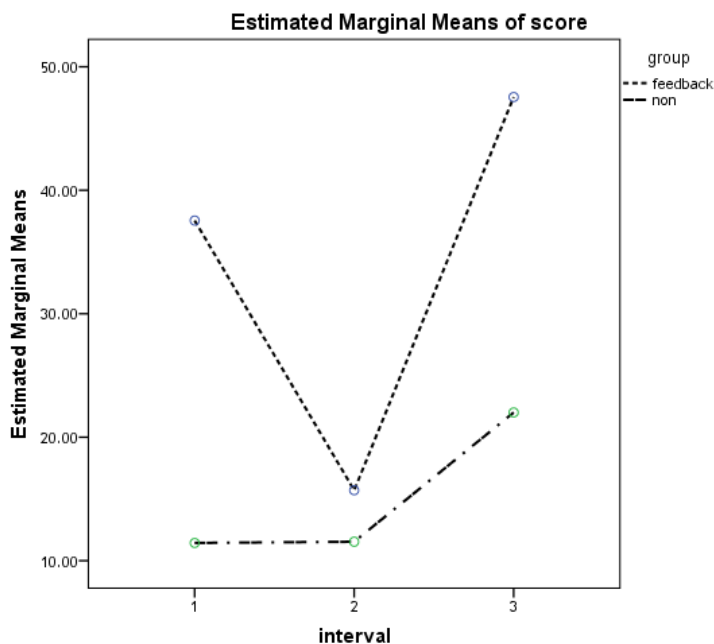
ภาพที่ 13 ค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง

นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ปานกลาง พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีแนวโน้มสูงขึ้นและมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงทั้ง 3 ระยะ โดยระยะที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สูงที่สุดคือ ระยะที่ 3 ( $M = 51.55$ ,  $SD = 22.08$ ) สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะ  
ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ปานกลาง

นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำ พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงทั้ง 3 ระยะ โดยระยะที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สูงที่สุดคือ ระยะที่ 3 ( $M = 47.00$ ,  $SD = 25.30$ ) สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำ

### 3.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์และวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

3.5.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) ของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ โดยทดสอบ Mauchly's Test of Sphericity ซึ่งเป็นข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าสถิติ Mauchly's W ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ มีค่า .229, .168 และ .229 Approx. Chi-Square มีค่า 11.777, 14.286 และ 11.802 df = 2, 2 และ 2 และมีค่า p = .003, .001 และ .003 ตามลำดับ แสดงว่าความแปรปรวนของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทาง

คณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะ ไม่เป็น compound symmetry ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการประมาณค่าแบบ Greenhouse-Geisser ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 ผลการทดสอบเงื่อนไข Sphericity ของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน

ระดับ ความสามารถ	Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi- Square	df	Sig.	Epsilon		
						Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Lower- bound
สูง	INTERVAL	.229	11.777	2	.003	.565	.591	.500
ปานกลาง	INTERVAL	.230	11.761	2	.003	.565	.591	.500
ต่ำ	INTERVAL	.229	11.802	2	.003	.565	.590	.500

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง จากการวิเคราะห์ พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงและปานกลางมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (กลุ่มสูง  $F = 3.518$ ,  $Sig. = .087$  และกลุ่มปานกลาง  $F = 3.079$ ,  $Sig. = .107$ ) ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำ มีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $F = 6.706$ ,  $Sig. = .024$ ) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์รายคู่ พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 3 สูงกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง มีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระยะยาวดีขึ้น (พัฒนาการระหว่างแบบสอบฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 3) ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 38 - 39

ตารางที่ 38 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์  
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะตามระดับความสามารถ  
ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ระดับ ความสามารถ	Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สูง	INTERVAL	Sphericity Assumed	4294.367	2	2147.183	3.518	.051
		Greenhouse-Geisser	4294.367	1.130	3801.747	3.518	.087
		Huynh-Feldt	4294.367	1.181	3635.898	3.518	.084
		Lower-bound	4294.367	1.000	4294.367	3.518	.093
	Error(INTERVAL)	Sphericity Assumed	10986.606	18	610.367		
		Greenhouse-Geisser	10986.606	10.166	1080.700		
		Huynh-Feldt	10986.606	10.630	1033.555		
		Lower-bound	10986.606	9.000	1220.734		
ปานกลาง	INTERVAL	Sphericity Assumed	2444.240	2	1222.120	3.079	.071
		Greenhouse-Geisser	2444.240	1.130	2163.294	3.079	.107
		Huynh-Feldt	2444.240	1.182	2068.730	3.079	.104
		Lower-bound	2444.240	1.000	2444.240	3.079	.113
	Error(INTERVAL)	Sphericity Assumed	7145.259	18	396.959		
		Greenhouse-Geisser	7145.259	10.169	702.663		
		Huynh-Feldt	7145.259	10.634	671.948		
		Lower-bound	7145.259	9.000	793.918		
ต่ำ	INTERVAL	Sphericity Assumed	5258.477	2	2629.239	6.706	.007
		Greenhouse-Geisser	5258.477	1.129	4657.133	6.706*	.024
		Huynh-Feldt	5258.477	1.180	4454.611	6.706	.022
		Lower-bound	5258.477	1.000	5258.477	6.706	.029
	Error(INTERVAL)	Sphericity Assumed	7057.741	18	392.097		
		Greenhouse-Geisser	7057.741	10.162	694.515		
		Huynh-Feldt	7057.741	10.624	664.313		
		Lower-bound	7057.741	9.000	784.193		

\*p < .05



ตารางที่ 39 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ระดับความสามารถ	INTERVAL	Mean Difference	Std. Error	Sig.
สูง	ระยะที่ 1 กับระยะที่ 2	16.946	14.848	.850
	ระยะที่ 2 กับระยะที่ 3	-29.180	10.471	.064
	ระยะที่ 1 กับระยะที่ 3	-12.234	6.009	.217
ปานกลาง	ระยะที่ 1 กับระยะที่ 2	-2.628	12.189	1.000
	ระยะที่ 2 กับระยะที่ 3	-17.698	6.141	.054
	ระยะที่ 1 กับระยะที่ 3	-20.326	7.203	.060
ต่ำ	ระยะที่ 1 กับระยะที่ 2	21.879	12.135	.315
	ระยะที่ 2 กับระยะที่ 3	-31.670**	6.738	.003
	ระยะที่ 1 กับระยะที่ 3	-9.791	6.526	.503

\*\*p < .01

3.5.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) ของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ โดยทดสอบ Mauchly's Test of Sphericity ซึ่งเป็นข้อตกลงเบื้องต้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ พบว่า ค่าสถิติ Mauchly's W ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ มีค่า .121, .165 และ .399 Approx. Chi-Square มีค่า 16.901, 14.421 และ 7.342 df = 2, 2 และ 2 และมีค่า p = .000, .001 และ .025 ตามลำดับ แสดงว่าความแปรปรวนของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะ ไม่เป็น compound symmetry ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการประมาณค่าแบบ Greenhouse-Geisser ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 40

ตารางที่ 40 ผลการทดสอบเงื่อนไข Sphericity ของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน

ระดับ ความสามารถ	Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi- Square	df	Sig.	Epsilon		
						Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Lower- bound
สูง	INTERVAL	.121	16.901	2	.000	.532	.545	.500
ปานกลาง	INTERVAL	.165	14.421	2	.001	.545	.562	.500
ต่ำ	INTERVAL	.399	7.342	2	.025	.625	.677	.500

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง จากการวิเคราะห์ พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ มีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (กลุ่มสูง  $F = 4.540$ ,  $Sig. = .058$ , กลุ่มปานกลาง  $F = 1.940$ ,  $Sig. = .195$  และกลุ่มต่ำ  $F = 2.199$ ,  $Sig. = .165$ ) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์รายคู่ทั้ง 3 ระยะของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถ พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลางและต่ำ มีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 1 กับระยะที่ 2, ระยะที่ 2 กับระยะที่ 3 และระยะที่ 1 กับระยะที่ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 41

ตารางที่ 41 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์  
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะตามระดับความสามารถ  
ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ระดับ ความสามารถ	Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สูง	INTERVAL	Sphericity Assumed	6237.052	2	3118.526	4.540	.025
		Greenhouse-Geisser	6237.052	1.064	5859.972	4.540	.058
		Huynh-Feldt	6237.052	1.089	5726.287	4.540	.057
		Lower-bound	6237.052	1.000	6237.052	4.540	.062
	Error(INTERVAL)	Sphericity Assumed	12365.517	18	686.973		
		Greenhouse-Geisser	12365.517	9.579	1290.880		
		Huynh-Feldt	12365.517	9.803	1261.431		
		Lower-bound	12365.517	9.000	1373.946		
ปานกลาง	INTERVAL	Sphericity Assumed	3140.700	2	1570.350	1.940	.173
		Greenhouse-Geisser	3140.700	1.090	2881.796	1.940	.195
		Huynh-Feldt	3140.700	1.125	2791.896	1.940	.195
		Lower-bound	3140.700	1.000	3140.700	1.940	.197
	Error(INTERVAL)	Sphericity Assumed	14568.381	18	809.354		
		Greenhouse-Geisser	14568.381	9.809	1485.271		
		Huynh-Feldt	14568.381	10.124	1438.936		
		Lower-bound	14568.381	9.000	1618.709		
ต่ำ	INTERVAL	Sphericity Assumed	737.223	2	368.611	2.199	.140
		Greenhouse-Geisser	737.223	1.250	589.984	2.199	.165
		Huynh-Feldt	737.223	1.354	544.398	2.199	.161
		Lower-bound	737.223	1.000	737.223	2.199	.172
	Error(INTERVAL)	Sphericity Assumed	3017.766	18	167.654		
		Greenhouse-Geisser	3017.766	11.246	268.340		
		Huynh-Feldt	3017.766	12.188	247.606		
		Lower-bound	3017.766	9.000	335.307		

### 3.6 ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงกับระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระยะเวลาที่สูงที่สุด (ระยะที่ 3)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (two – way ANOVA) เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงกับระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำของนักเรียน ที่มีต่อคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระยะเวลาที่สูงที่สุด (ระยะที่ 3) จากการวิเคราะห์ พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงกับระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ( $F = .028$ ,  $Sig. = .973$ ) แสดงว่านักเรียนที่ได้รับวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน มีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระยะเวลาที่สูงที่สุด (ระยะที่ 3) ไม่แตกต่างกัน โดยจากการวิเคราะห์พบว่า ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ต่างกัน ไม่มีผลต่อคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ส่วนการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงเป็นวิธีการที่ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สูงสุด เมื่อเทียบกับนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังตารางที่ 42

ตารางที่ 42 ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง  
กับระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถ  
ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระยະที่สูงที่สุด (ระยะที่ 3)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8625.049	5	1725.010	2.702	.030
Intercept	86290.753	1	86290.753	135.144	.000
วิธี	8175.069	1	8175.069	12.803**	.001
ระดับความสามารถ	414.562	2	207.281	.325	.724
วิธี*ระดับความสามารถ	35.418	2	17.709	.028	.973
Error	34479.417	54	638.508		
Total	129395.219	60			
Corrected Total	43104.466	59			

R Squared = 0.200 (Adjusted R Squared = 0.125)

\*\*p < .01

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบสอบถามวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เถกเถียงการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เถกเถียงการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง และเพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบถามวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 รูปแบบที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental designs) ที่มีการทดสอบก่อนและหลังการจัดกระทำ และมีกลุ่มควบคุม ใช้ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 4 สัปดาห์

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาอยู่ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 6 ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 30 คน โดยเริ่มดำเนินการจากการเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนราชวินิตบางแก้ว จังหวัดสมุทรปราการ แบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) เนื่องจากเป็นโรงเรียนที่มีคุณสมบัติตรงตามประชากรที่กำหนด ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้ 1) นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 2) นักเรียนได้รับคัดเลือกมาจากการสอบคัดเลือกเข้าศึกษาต่อระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทั่วประเทศ 3) นักเรียนแต่ละห้องมีการจัดแบบคณะความสามารถและมีจำนวนเท่าๆ กัน 4) เป็นโรงเรียนที่มีผู้บริหารและคณะครูที่ให้ความสนใจในการพัฒนานักเรียนอย่างเต็มที่เห็นความสำคัญของการวิจัยและให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นสุ่มห้องเรียนอย่างง่าย (simple random sampling) โดยวิธีการจับสลากห้องเรียนจากโรงเรียนที่เป็นตัวอย่างจำนวน 2 ห้องเรียน จากทั้งหมด 14 ห้องเรียน เพื่อให้เป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน แล้วแบ่งนักเรียนแต่ละห้องเรียนตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำให้มีจำนวน

เท่าๆ กัน พิจารณาจากคะแนนผลการสอบวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โดยนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงเป็นนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในช่วงตั้งแต่  $\bar{x} + 1SD$  ขึ้นไป กล่าวคือ นักเรียนที่มีคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 82 ขึ้นไป นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ปานกลางเป็นนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในช่วง  $\bar{x} \pm 1SD$  กล่าวคือ นักเรียนที่มีคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 54 ถึงร้อยละ 81 นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำเป็นนักเรียนที่มีคะแนนอยู่ในช่วงต่ำกว่า  $\bar{x} - 1SD$  กล่าวคือ นักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 54

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน วิเคราะห์ประมาณค่าคะแนนพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้สูตรการคำนวณคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (relative gain score) วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) และวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงกับระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีต่อคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

### สรุปผลการวิจัย

การนำเสนอผลการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 การพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง ตอนที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง และตอนที่ 3 การเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยสรุปตามการวิเคราะห์แต่ละตอนได้ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์  
เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

### 1.1 การพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นแบบสอบอัตนัยที่นำเสนอสถานการณ์เป็นกรณีศึกษาที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง มีเนื้อหาตามจุดประสงค์ที่ต้องการวัด โดยการนำเสนอสถานการณ์นั้นจะเรียงลำดับและแยกเป็นข้อๆ แต่ละข้อจะมีคำถามตามจุดประสงค์เป็นระยะ ซึ่งนักเรียนจะต้องทำข้อสอบให้เสร็จทีละหน้าโดยอาศัยข้อมูลที่กำหนดให้เพื่อค้นหาคำตอบของแต่ละคำถามที่ตั้งไว้ แล้วจึงเปิดไปทำหน้าต่อไปได้ ไม่สามารถย้อนกลับมาแก้ไขคำตอบหน้าเดิมได้อีก เนื้อหาที่ใช้เป็นวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการกำลังสองตัวแปรเดียว ซึ่งมีเหตุการณ์จำนวน 3 เหตุการณ์ แต่ละเหตุการณ์มี 4 ข้อคำถามที่วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้ ข้อคำถามข้อที่ 1 จะวัดความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ข้อคำถามข้อที่ 2 จะวัดความสามารถในการวางแผนการแก้ปัญหา ข้อคำถามข้อที่ 3 จะวัดความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหา และข้อคำถามข้อที่ 4 จะวัดความสามารถในการทบทวนและตรวจสอบคำตอบของการแก้ปัญหา รวมทั้งแบบสอบมีข้อคำถามจำนวน 12 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้งหมดจำนวน 3 ฉบับ

### 1.2 ความเป็นคู่ขนานของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจำนวน 3 ฉบับ ได้รับการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน พบว่า สถานการณ์และข้อคำถามที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นในแบบสอบทั้ง 3 ฉบับมีความสอดคล้องกันเมื่อเทียบกับเกณฑ์  $\geq 0.5$  ทุกข้อคำถาม และวิเคราะห์ความเป็นคู่ขนานของแบบสอบด้วยสถิติ one-way ANOVA พบว่า เหตุการณ์ที่ 1, 2 และ 3 ของแบบสอบ 3 ฉบับ มีค่าเฉลี่ยของคะแนน ( $F = .790$ ,  $\text{Sig.} = .496$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $F = 1.555$ ,  $\text{Sig.} = .286$ ) ค่าความยาก ( $F = .720$ ,  $\text{Sig.} = .524$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $F = .412$ ,  $\text{Sig.} = .680$ ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงถึงความเป็นคู่ขนานกันของเหตุการณ์ในแบบสอบทั้ง 3 ฉบับ โดยแบบสอบทั้ง 3 ฉบับมีค่าความยากเฉลี่ย .74 และค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย .32



### 1.3 การพัฒนาเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เป็นเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตามองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบคือ 1) การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (formulating) 2) การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (employing) และ 3) การตีความ (interpreting) โดยแต่ละองค์ประกอบมีระดับคะแนนคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์มีคะแนน 2, 1 และ 0 คะแนน การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์มีคะแนน 2, 1 และ 0 คะแนน และการตีความมีคะแนน 1 และ 0 คะแนน ซึ่งเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยจะใช้ตรวจข้อคำถามแต่ละข้อของแต่ละเหตุการณ์

### 1.4 การพัฒนาข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เป็นข้อมูลย้อนกลับที่เน้นพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนเชิงบวกสามารถทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึที่ดีในการเรียนรู้และพร้อมที่จะรับข้อมูลแนะแนวทางเพื่อนำกลับไปพัฒนาตนเองโดยไม่เกิดความวิตกกังวลกับข้อผิดพลาดมากเกินไป ซึ่งการให้ข้อมูลย้อนกลับจะให้ตามองค์ประกอบการตรวจให้คะแนน 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ โดยผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเป็นข้อมูลย้อนกลับสำหรับใช้เป็นข้อมูลตอบกลับให้นักเรียนได้เรียนรู้แล้วนำไปปรับปรุงผลการตอบแบบสอบอัตนัยประยุกต์ของตนเองให้ดีขึ้น ผู้วิจัยดำเนินการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงกับนักเรียนตามคะแนนที่ได้รับจากการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยของแต่ละข้อคำถาม แบ่งเป็น 3 ระดับคือ ระดับ A คือข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนที่ได้คะแนนจากแต่ละองค์ประกอบ 2 คะแนน ระดับ B คือข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนที่ได้คะแนนจากแต่ละองค์ประกอบ 1 คะแนน และระดับ C คือข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนที่ได้คะแนนจากแต่ละองค์ประกอบ 0 คะแนน ซึ่งแต่ละคนจะได้ข้อมูลย้อนกลับแตกต่างกัน

ตอนที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

### 2.1 ความตรงเชิงเนื้อหาของสถานการณ์และข้อคำถามของแบบสอบถามอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนา

การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของสถานการณ์และข้อคำถามของแบบสอบถามอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยการนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ระดับมหาวิทยาลัยและระดับมัธยมศึกษา จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของสถานการณ์และข้อคำถามกับตัวชี้วัดพฤติกรรมและขั้นตอนการแก้ปัญหา พบว่า สถานการณ์และข้อคำถามที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นในแบบสอบถามอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 ฉบับมีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดพฤติกรรมและขั้นตอนการแก้ปัญหาเมื่อเทียบกับเกณฑ์  $\geq 0.5$  ทุกข้อคำถาม แสดงให้เห็นว่าสถานการณ์และข้อคำถามมีความตรงเชิงเนื้อหาในตัวชี้วัดพฤติกรรมและขั้นตอนการแก้ปัญหา และเมื่อพิจารณาคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิพบว่า ควรปรับภาษาที่ใช้ในสถานการณ์ให้ชัดเจน และเชื่อมโยงสถานการณ์ให้อยู่ในบริบทของชีวิตจริง

### 2.2 ความตรงเชิงเนื้อหาของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่ผู้วิจัยพัฒนา

การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยการนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ระดับมหาวิทยาลัยและระดับมัธยมศึกษา จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยกับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนน พบว่า เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนนเมื่อเทียบกับเกณฑ์  $\geq 0.5$  ทุกเกณฑ์ แสดงให้เห็นว่า เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยมีความตรงเชิงเนื้อหาที่องค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนน และเมื่อพิจารณาคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิพบว่า ควรปรับภาษาให้ชัดเจน และปรับเกณฑ์การให้คะแนนให้เหมาะสมกับข้อคำถาม

### 2.3 ความตรงเชิงเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ผู้วิจัยพัฒนา

การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยการนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิทางการวัดและประเมินผลการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ระดับมหาวิทยาลัยและระดับมัธยมศึกษา จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงกับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนนพบว่า ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนนเมื่อเทียบกับเกณฑ์  $\geq 0.5$  ทุกเกณฑ์ แสดงให้เห็นว่าข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีความตรงเชิงเนื้อหาที่องค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนนและเมื่อพิจารณาคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิพบว่า ควรปรับภาษาให้ชัดเจน อธิบายรายละเอียดให้ครบถ้วนสมบูรณ์ และเพิ่มเติมตัวอย่างให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

### 2.4 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ตรวจด้วยเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ตรวจด้วยเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย พบว่า คะแนนสูงสุด คะแนนต่ำสุด คะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ตรวจให้คะแนนโดยผู้วิจัยและครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีค่าใกล้เคียงกัน โดยเหตุการณ์ที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดของผู้วิจัยและครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์คือ เหตุการณ์ที่ 1 ในแบบสอบฉบับที่ 3 ในขณะที่เหตุการณ์ที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดของผู้ตรวจทั้ง 2 คนก็เป็นเหตุการณ์เดียวกันคือ เหตุการณ์ที่ 1 ในแบบสอบฉบับที่ 1 เมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่า คะแนนสูงสุดคือ 20 คะแนน คะแนนต่ำสุดคือ 1 คะแนน เหตุการณ์ที่ 1 ในแบบสอบฉบับที่ 3 เป็นเหตุการณ์ที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนสูงที่สุด ส่วนเหตุการณ์ที่ 1 ในแบบสอบฉบับที่ 1 เป็นเหตุการณ์ที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจให้คะแนนทั้ง 2 คน

### 2.5 การวิเคราะห์ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของเหตุการณ์ และความเที่ยงของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนกของเหตุการณ์ และความเที่ยงของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 3 ฉบับ พบว่า เหตุการณ์ในแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 มีความยากง่ายปานกลางและจำแนกผู้สอบพอใช้ได้ เหตุการณ์ในแบบสอบอัตนัยประยุกต์ฉบับวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ 2 และ 3 ค่อนข้างง่ายและจำแนกผู้สอบได้ดี ส่วนความเที่ยง

ของแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 0.826, 0.920 และ 0.923 ตามลำดับ แสดงว่า แบบสอบทั้ง 3 ฉบับมีความเที่ยงสูงและมีความคงเส้นคงวาในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

## 2.6 ความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจคนเดียว (intra rater reliability)

การวิเคราะห์ความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจคนเดียว (intra rater reliability) ที่ดำเนินการตรวจให้คะแนนแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 2 ครั้ง ห่างกัน 4 สัปดาห์ มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของคะแนนมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกเหตุการณ์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันอยู่ในช่วง .875 - .990 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของแต่ละเหตุการณ์พบว่า เหตุการณ์ที่ 2 ของแบบสอบฉบับที่ 1 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนมากที่สุดคือ .990 ดังนั้น จะเห็นว่าแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ตรวจด้วยเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน โดยคะแนนที่ได้จากการตรวจคนเดียวหลายครั้งจะมีค่าใกล้เคียงกัน

## 2.7 ความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจ 2 คน (inter rater reliability)

การวิเคราะห์ความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจ 2 คน (inter rater reliability) คือ ผู้ตรวจคนที่ 1 เป็นผู้วิจัย และผู้ตรวจคนที่ 2 เป็นครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่ดำเนินการตรวจให้คะแนนแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นอิสระต่อกันมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของคะแนนมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกเหตุการณ์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันอยู่ในช่วง .960 - .984 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของแต่ละเหตุการณ์พบว่า เหตุการณ์ที่ 1 ของแบบสอบฉบับที่ 2 มีค่าสัมประสิทธิ์ของคะแนนมากที่สุดคือ .984 ดังนั้น จะเห็นว่าแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ตรวจด้วยเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน โดยคะแนนที่ได้จากการตรวจด้วยผู้ตรวจหลายคนจะมีค่าใกล้เคียงกัน

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์ที่มีวิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย ผู้วิจัยจะพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 3 ฉบับ และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะ ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 6 ส่วน ดังนี้

### 3.1 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ฉบับ ซึ่งแต่ละฉบับมีคะแนนเต็ม 60 คะแนน พบว่าคะแนนสูงสุดที่ได้จากการสอบคือ 59 คะแนน และคะแนนต่ำสุดคือ 14 คะแนน โดยคะแนนเฉลี่ยจากแบบสอบฉบับที่ 3 มีค่าสูงสุด รองลงมาเป็นคะแนนเฉลี่ยจากแบบสอบฉบับที่ 2 และ 1 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความเบ้และความโด่งของการแจกแจงของคะแนนสอบพบว่า คะแนนจากการสอบฉบับที่ 1 มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา แต่คะแนนจากการสอบฉบับที่ 2 และ 3 มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย โดยคะแนนจากการสอบฉบับที่ 3 มีลักษณะการเบ้มากที่สุด สำหรับลักษณะของความโด่ง มีลักษณะโด่งน้อยกว่าโค้งปกติ โดยคะแนนจากการสอบฉบับที่ 3 มีลักษณะโด่งที่สุด อย่างไรก็ตาม คะแนนจากการสอบแต่ละฉบับยังมีลักษณะการแจกแจงของคะแนนเป็นโค้งปกติ พิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนของความเบ้และความโด่งที่มีค่าไม่น้อยกว่า -2.00 และไม่เกิน 2.00

### 3.2 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ

การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ฉบับ แยกตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน 3 ระดับ คือ ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ จำนวน 60

คน พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระดับ คือ สูง ปานกลาง และต่ำ กลุ่มทดลองที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลการสอบจากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงทั้ง 3 ฉบับ โดยค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงที่สุดคือ ฉบับที่ 3 รองลงมาคือ ฉบับที่ 2 และฉบับที่ 1 ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จำนวน 3 ฉบับ ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง โดยคะแนนเฉลี่ยระหว่างแบบสอบฉบับที่ 1 และ 2 มีอัตราเพิ่มสูงขึ้น แต่คะแนนเฉลี่ยระหว่างแบบสอบฉบับที่ 2 และ 3 มีอัตราเพิ่มขึ้นที่ช้าลง

### 3.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์และวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

3.3.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) ของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ พบว่า นักเรียนแต่ละระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถ พบว่า นักเรียนทุกระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จาก

แบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า นักเรียนทุกระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์มีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น

3.3.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) ของคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ พบว่า นักเรียนแต่ละระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถ พบว่า นักเรียนทุกระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงมีค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนที่ได้จากแบบสอบอัตโนมัติประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.4 การประมาณคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์และการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์

เมื่อกำหนดได้คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แล้วพบว่า คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สูงสุดคือ 96.43 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ที่อยู่ในระยะที่ 3 และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ต่ำสุดคือ -50.00 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ที่อยู่ในระยะที่ 1 และ 2 โดยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ยของระยะที่ 3 มีค่าสูงที่สุด รองลงมาเป็นระยะที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ทั้ง 3 ระยะ พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบถามน้อยประยุต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีแนวโน้มสูงขึ้นและมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงทั้ง 3 ระยะ โดยระยะที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สูงสุดคือ ระยะที่ 3

### 3.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์และวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

3.5.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) ของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงและปานกลางมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะของนักเรียน พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 3 สูงกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01



3.5.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) ของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ มีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์รายคู่ทั้ง 3 ระยะของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถ พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลางและต่ำมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 1 กับระยะที่ 2, ระยะที่ 2 กับระยะที่ 3 และระยะที่ 1 กับระยะที่ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

**3.6 การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงกับระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระยะที่สูงที่สุด (ระยะที่ 3)**

การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงกับระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำของนักเรียน ที่มีต่อคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระยะที่สูงที่สุด (ระยะที่ 3) พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงกับระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่านักเรียนที่ได้รับวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน มีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระยะที่สูงที่สุด (ระยะที่ 3) ไม่แตกต่างกัน โดยจากการวิเคราะห์พบว่า ระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ต่างกันไม่มีผลต่อคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ส่วนการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงเป็นวิธีการที่ส่งผลให้นักเรียนที่มีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สูงที่สุด เมื่อเทียบกับนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

## อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย ผู้วิจัยนำเสนอประเด็นการอภิปรายที่น่าสนใจ ดังนี้

### 1. การพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เภณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีจำนวน 3 ฉบับที่มีความเป็นคู่ขนานกัน แต่ละฉบับมีเหตุการณ์จำนวน 3 เหตุการณ์ แต่ละเหตุการณ์มีข้อความ 4 ข้อ รวมแบบสอบ 1 ฉบับมีข้อความจำนวน 12 ข้อ ซึ่งจำนวนข้อความนี้มีความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการสอบของนักเรียน และนักเรียนมีเวลาในการทบทวนคำตอบของตนเอง โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Feletti (1980) ที่กล่าวว่าจำนวนข้อความของแบบสอบอัตนัยประยุกต์ที่เหมาะสมคือ ประมาณ 5 – 35 ข้อ ข้อคำถามในแต่ละเหตุการณ์จะใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 4 ขั้นตอน ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์มาจากทฤษฎี แนวคิด เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ดังนี้ ข้อคำถามข้อที่ 1 ของทุกเหตุการณ์จะวัดความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ข้อคำถามข้อที่ 2 ของทุกเหตุการณ์จะวัดความสามารถในการวางแผนการแก้ปัญหา ข้อคำถามข้อที่ 3 ของทุกเหตุการณ์จะวัดความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหา และ ข้อคำถามข้อที่ 4 ของทุกเหตุการณ์จะวัดความสามารถในการทบทวนและตรวจสอบคำตอบของการแก้ปัญหา ในกระบวนการพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้วิจัยพบปัญหาเกี่ยวกับการสร้างสถานการณ์และข้อความในแบบสอบ ที่จะต้องพยายามเชื่อมโยงให้อยู่ในบริบทที่สามารถเกิดขึ้นได้จริงในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะพบว่าบางเหตุการณ์เป็นเหตุการณ์ที่อาจไม่ได้เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันแต่สามารถใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนและนักเรียนสามารถนำไปปรับประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใกล้เคียงได้

สำหรับเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่พัฒนาขึ้น มีองค์ประกอบในการตรวจให้คะแนน 3 องค์ประกอบ คือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ ตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ที่เสนอองค์ประกอบสำคัญในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ โดยองค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์มีเกณฑ์การให้คะแนน 3 ระดับ ได้แก่ 2 คะแนน 1 คะแนน และ 0 คะแนน และองค์ประกอบการตีความมีเกณฑ์การให้คะแนน 2 ระดับ ได้แก่ 1 คะแนน และ 0 คะแนน

ในกระบวนการพัฒนาเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยมีข้อจำกัดในเรื่องของความครอบคลุมและครบถ้วนของคำตอบที่นักเรียนตอบ จึงได้มีการปรับเกณฑ์ให้สมบูรณ์และครอบคลุมมากยิ่งขึ้นโดยพิจารณาจากผลการตรวจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ทดลองใช้แบบสอบ ซึ่งเป็นนักเรียนที่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องที่กำหนดในสถานการณ์เป็นอย่างดี ทำให้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่ผู้วิจัยพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขแล้วมีความสอดคล้องกับสถานการณ์และสามารถนำไปใช้ได้ดี ส่วนผลการตอบของนักเรียนพบว่านักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงและปานกลางสามารถเขียนคำตอบอยู่ในเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยตามองค์ประกอบต่างๆ เป็นอย่างดี โดยจากการสังเกตพบว่านักเรียนบางส่วนเขียนตอบข้อคำถามข้อที่ 1 ที่วัดความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาในองค์ประกอบการใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ไม่ได้และไม่ตรงประเด็น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้อคำถามไม่ค่อยเอื้อต่อการตอบมากนักทำให้นักเรียนไม่ได้รับคะแนนตามองค์ประกอบนั้น ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำบางส่วนเขียนตอบข้อคำถามไม่ตรงประเด็นและไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนด

ส่วนข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่พัฒนาขึ้นเป็นคำอธิบายที่บอกรายละเอียดการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงตามองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ เพื่อให้ให้นักเรียนนำผลการให้ข้อมูลย้อนกลับไปค้นหาคำตอบหรือวิธีการด้วยตนเองต่อไป โดยผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงนี้ไปให้กับนักเรียนได้ทันที นอกจากนี้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงยังทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว และส่งผลให้มีพัฒนาการและความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม และกมลวรรณ ตั้งธนากานนท์ (2555) และดาวเรือง ลุ่มทอง และโชติกา ภาชีผล (2553) กระบวนการในการพัฒนาข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีข้อจำกัดในขั้นตอนการสร้างข้อมูลย้อนกลับของข้อคำถามที่วัดความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหา (ข้อคำถามข้อที่ 3) ของทุกสถานการณ์ เนื่องจากเป็นข้อคำถามที่นักเรียนสามารถใช้วิธีที่หลากหลายในการหาคำตอบ ดังนั้นข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจึงต้องมีความเหมาะสมและครอบคลุมรูปแบบคำตอบของนักเรียนที่ตอบมา สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจได้ง่าย ไม่กำกวม และชี้แนะแนวทางได้ถูกวิธี

## 2. การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เหนือกว่าการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของสถานการณ์และข้อคำถามของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เหนือกว่าการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง พบว่า สถานการณ์และข้อคำถามที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นในแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับมีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดพฤติกรรมและขั้นตอนการแก้ปัญหา เหนือกว่าการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยและข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจคะแนน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากผู้วิจัยสร้างและพัฒนาสถานการณ์และข้อคำถามที่มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดพฤติกรรมและขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามที่ได้สังเคราะห์มา พร้อมทั้งสร้างสถานการณ์ ข้อคำถาม เหนือกว่าการตรวจให้คะแนน และข้อมูลย้อนกลับไปพร้อมกัน ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อย

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากของเหตุการณ์แต่ละเหตุการณ์ในแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า เหตุการณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในแบบสอบฉบับที่ 1 ส่วนใหญ่มีค่าความยากง่ายปานกลาง และเหตุการณ์ในแบบสอบฉบับที่ 2 และ 3 มีค่าความยากง่ายที่ค่อนข้างง่าย ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากนักเรียนที่สอบด้วยแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้เรียนรู้และคุ้นเคยกับรูปแบบโจทย์ปัญหาและแนวคำตอบจากแบบสอบ ทำให้เหตุการณ์ในแบบสอบฉบับที่ 2 และ 3 นั้นค่อนข้างง่ายสำหรับนักเรียน เมื่อพิจารณาค่าอำนาจจำแนกของแต่ละเหตุการณ์ในแบบสอบ พบว่า เหตุการณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในแบบสอบฉบับที่ 1 ส่วนใหญ่มีค่าอำนาจจำแนกพอใช้ได้ และเหตุการณ์ในแบบสอบฉบับที่ 2 และ 3 มีค่าอำนาจจำแนกดีทุกเหตุการณ์ ส่วนความเที่ยงของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับอยู่ในเกณฑ์ 0.8 ขึ้นไป แสดงว่าแบบสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความคงเส้นคงวาในการวัดอยู่ในระดับดี และสามารถนำไปใช้กับนักเรียนได้อย่างหลากหลาย สอดคล้องกับศิริชัย กาญจนวาสี (2556) ที่กล่าวว่าแบบสอบที่ใช้ในการทดสอบควรมีความเที่ยงอย่างน้อยที่สุดไม่ต่ำกว่า .50

ผลการตรวจสอบความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจคนเดียว โดยการตรวจให้คะแนน 2 ครั้ง (intra rater reliability) และความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจ

2 คน (inter rater reliability) พบว่า แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ตรวจด้วยเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนอยู่ในระดับสูง โดยคะแนนที่ได้จากการตรวจโดยผู้ตรวจหลายคน หรือคะแนนที่ได้จากการตรวจคนเดียวหลายครั้งจะมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ มาฆพันธ์ อานาคิล และกมลวรรณ ตั้งธนานนท์ (2557) ที่กล่าวไว้ว่า วิธีการตรวจให้คะแนนแบบสอบอัตนัยประยุกต์แบบวิเคราะห์ย่อยเป็นวิธีการตรวจให้คะแนนที่ทำให้มีความเที่ยงสูงสุดที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากผู้วิจัยดำเนินการอธิบายวิธีการตรวจให้คะแนน เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และตัวอย่างการตรวจให้กับครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เป็นผู้ตรวจอีกคนหนึ่งทราบ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดจากการให้คะแนนของผู้ตรวจ

### 3. การเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผลการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แต่ละระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากนักเรียนที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจะได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แต่ละขั้นตอนตามองค์ประกอบในการตรวจให้คะแนนและสามารถปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดของตนเองได้อย่างถูกต้องสังเกตได้จากการเขียนสรุปสิ่งที่นักเรียนต้องพัฒนาพบว่า นักเรียนได้ศึกษาข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ผู้วิจัยพิมพ์ให้และสามารถสรุปสิ่งที่ต้องพัฒนาต่อไปในการสอบครั้งต่อไปได้ การเขียนสรุปสิ่งที่ต้องพัฒนาของนักเรียนนี้ยังทำให้นักเรียนเห็นมุมมองที่ตนเองต้องพัฒนาเพื่อแสดงศักยภาพความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้ดีขึ้น พร้อมทั้งพัฒนาจุดบกพร่องที่เคยผิดพลาดได้อย่างตรงประเด็น ทำให้นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีพัฒนาการสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงทุกระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ระยะที่

3 มากกว่าระยะที่ 1 และ 2 ทั้งนี้เป็นเพราะพัฒนาการระยะที่ 3 เป็นระยะที่ผู้วิจัยพิจารณาคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการศึกษาทดสอบด้วยแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฉบับที่ 1 เปรียบเทียบกับฉบับที่ 3 ซึ่งมีระยะเวลาห่างกัน 2 สัปดาห์ นานกว่าระยะที่ 1 และ 2 ที่มีระยะเวลาการทดสอบด้วยแบบสอบห่างกันเพียง 1 สัปดาห์ ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงได้อย่างละเอียด ซึ่งมีลักษณะแสดงรายละเอียดและแนะแนวทางที่เน้นพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนเชิงบวกที่ทำให้เกิดความรู้สึกดีในการเรียนรู้ และไม่กังวลกับข้อผิดพลาดมากเกินไป และข้อมูลย้อนกลับยังมีรายละเอียดที่แนะนำเกี่ยวกับสิ่งที่ควรกระทำหรือควรปรับปรุงต่อไปในการทดสอบครั้งต่อไป อีกทั้งนักเรียนยังสามารถฝึกทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามคำแนะนำได้อย่างหลากหลาย และอภิปรายร่วมกับนักเรียนคนอื่นได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการฝึกแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้กระบวนการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นยังมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับแนวคิดของ Quinton (2010) ที่กล่าวว่า ลักษณะของข้อมูลย้อนกลับที่ดีและมีประสิทธิภาพต้องเป็นข้อมูลย้อนกลับที่ตรงประเด็น (accurate) ตอบสนองทันที (timely) ครอบคลุมเนื้อหา (comprehensive) และมีความเหมาะสม (appropriate) กับนักเรียน เมื่อพิจารณาพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 3 ของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถพบว่า ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงเหมาะสมกับนักเรียนทุกระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ปานกลาง จะเห็นได้จากการที่นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ปานกลางมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระยะที่ 3 สูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงและต่ำ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงได้ให้ข้อมูลที่จำเป็นและเหมาะสมกับระดับความสามารถของนักเรียน ทั้งในเรื่องของคำอธิบายแนะแนวทางในการแก้ปัญหาและการยกตัวอย่างประกอบ ทำให้นักเรียนสามารถนำแนวทางชี้แนะและคำแนะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะ ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงและปานกลาง มีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง

3 ระยะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนกลุ่มสูงและปานกลางเป็นนักเรียนที่มีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์เดิมอยู่แล้ว ทำให้การได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงช่วยเพิ่มความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้เพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ผู้วิจัยให้กับนักเรียนอาจเป็นข้อมูลแนะแนวทางที่ใช้วิธีการแก้ปัญหาแตกต่างกับวิธีการของนักเรียน จึงทำให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการที่หลากหลายแต่ไม่สามารถอธิบายแนวทางในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดตามแนวทางของตนเองได้ ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ระยะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีรายละเอียดมากเพียงพอที่จะอธิบายเกี่ยวกับความถูกต้องของคำตอบ การชี้แนะแนวทางการหาคำตอบที่ถูกต้อง อธิบายเหตุผลประกอบแนวทางการหาคำตอบ และยกตัวอย่างวิธีการที่เหมาะสม เพื่อกระตุ้นความคิดให้นักเรียนได้เรียนรู้เชิงบวก ซึ่งข้อมูลย้อนกลับดังกล่าวเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำได้ทราบแนวทางในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เข้าใจง่าย ชัดเจน และส่งเสริมการกระทำเชิงบวกให้นักเรียนมีกำลังใจในการพัฒนาตนเอง พร้อมทั้งจะฝึกฝนแก้ไขข้อบกพร่องของตนเองให้ดียิ่งขึ้น

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบถามระดับประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า ผลการวิจัยสอดคล้องกับสมมติฐานที่คาดว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบถามระดับประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จะมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น แต่ผลการวิจัยอีกส่วนหนึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่คาดว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบถามระดับประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จะมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน โดยนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงจะมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงที่สุด จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมีประเด็นที่น่าสนใจในการพิจารณา ดังนี้

ประเด็นแรก ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบถามระดับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะธรรมชาติของข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่มีลักษณะเป็นคำอธิบาย บอกผลการตอบแบบสอบถามที่เน้นพัฒนาการเรียนรู้เชิงบวกของนักเรียน มีรายละเอียดที่แสดง การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอน ทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกที่ดีในขั้นตอนการเรียนรู้ และพร้อมที่จะรับข้อมูลกลับไปพัฒนาตนเองโดยไม่เกิดความวิตกกังวลกับข้อผิดพลาดมากเกินไป นักเรียนจึงสามารถแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของตนเองได้อย่างถูกต้องตามองค์ประกอบที่ใช้ในการ ตรวจสอบให้คะแนน ในขณะที่นักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงก็ยังมี พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกัน แต่ไม่มากเท่า นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนเกิด ความคุ้นเคยกับลักษณะสถานการณ์และข้อคำถามของแบบสอบถามระดับความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Heilenman (1990) ที่กล่าวว่า รูปแบบสถานการณ์หรือเหตุการณ์ในแบบสอบถามที่นักเรียนเข้าใจและตอบสนองต่อข้อคำถามและเกณฑ์ การตรวจสอบให้คะแนนจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อผลลัพธ์ของการประเมินด้วย

ประเด็นที่สอง ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน หมายความว่าข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงสามารถส่งเสริม ให้นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำเกิดพัฒนาการความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก เมื่อนักเรียนทุกระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง แล้ว ทำให้นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เพิ่มมากขึ้นจนถึงระดับคงที่ สอดคล้องกับลักษณะ โค้งการเรียนรู้ของ Carroll และคณะ (Brown and Sakes, 1985, cited in Tangdhanakanond, 2006) ที่กล่าวว่า พัฒนาการการเรียนรู้จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงขึ้นและจะค่อยๆ คงที่ในช่วงปลาย ซึ่งจากผลการวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าผู้วิจัยสามารถนำแบบสอบถามระดับความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจสอบให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับ แบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงไปใช้กับนักเรียนได้ทุกระดับความสามารถซึ่งส่งผลดีต่อพัฒนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทุกระดับความสามารถ



## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การนำแบบสอบัดนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในการวิจัยครั้งนี้ไปใช้ ผู้วิจัยนำเสนอ 3 แนวทางดังนี้

1. จากผลการวิจัยพบว่า แบบสอบัดนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพทั้งในด้านความตรงและความเที่ยง รวมถึงมีวิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยและข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ส่งผลต่อพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์หรือผู้ที่สนใจสามารถนำไปใช้ประเมินความก้าวหน้า (formative assessment) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

2. การใช้แบบสอบัดนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนจะใช้เวลาในการตอบคำถามแต่ละเหตุการณ์มากพอสมควร เนื่องจากลักษณะของสถานการณ์จะเป็นเรื่องราวต่อเนื่องกันและข้อคำถามวัดความสามารถในการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอนจึงต้องเว้นระยะเวลาให้นักเรียนมีเวลาเพียงพอในการตอบคำถามและเขียนแสดงวิธีทำได้อย่างเต็มตามศักยภาพของตนเอง ควรจัดสรรจำนวนเหตุการณ์ในแบบสอบให้เหมาะสมกับระยะเวลาที่มีเพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่ไม่มีความคลาดเคลื่อน นอกจากนี้ผู้ที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ควรศึกษารูปแบบการสร้างแบบสอบัดนัยประยุกต์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงให้ละเอียด แล้วปรับให้เหมาะสมกับเนื้อหาแต่ละสถานการณ์ที่สร้างขึ้นใหม่ด้วย พร้อมทั้งต้องทำความเข้าใจเครื่องมือแต่ละชนิดและวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับให้ละเอียดและกระตุ้นให้นักเรียนเขียนสรุปสิ่งที่ต้องพัฒนาให้ตรงตามองค์ประกอบและสามารถนำไปปฏิบัติได้

3. เนื่องจากผลการวิจัยพบว่า แบบสอบัดนัยประยุกต์สามารถวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยมีความเที่ยงสูง และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงส่งผลต่อพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ทุกระดับทั้งกลุ่มที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ดังนั้นในการนำเครื่องมือทั้ง 3 อย่างนี้ไปใช้ จึงต้องมีการทำความเข้าใจรายละเอียดให้ชัดเจนและฝึกฝนการใช้จนเกิดความชำนาญ แล้วจึงนำไปใช้ได้ตามความต้องการ

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับรูปแบบอื่นๆ จากแบบสอบถามต้นนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อสรุปผลการวิจัยว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบถามต้นนัยประยุกต์รูปแบบใดส่งผลต่อพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์กับนักเรียนมากที่สุด

2. ควรมีการพัฒนาแบบสอบถามต้นนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาของรายวิชาอื่น หรือการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาแบบบูรณาการหลายวิชา เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขกระบวนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการศึกษา และที่สำคัญที่สุดคือการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนตามสมรรถนะสำคัญของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3. เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ศึกษาศึกษาพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน 3 ระยะ ซึ่งทำให้ผลการวิเคราะห์พัฒนาการของนักเรียนอยู่ในระยะเวลาที่จำกัด ดังนั้นเพื่อให้สามารถวิเคราะห์พัฒนาการได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงควรศึกษาพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากกว่า 3 ระยะ และเปรียบเทียบว่าระยะใดที่นักเรียนมีพัฒนาการสูงที่สุด

4. ควรพัฒนาแบบสอบถามต้นนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีระบบการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (computer-based testing) เพื่อศึกษาพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับจากระบบ ทั้งนี้จะทำให้ผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับใช้เวลาน้อยและมีความถูกต้องค่อนข้างสูง

## รายการอ้างอิง

- Bradley, G. (1995). *Problem Solving with Creative Mathematic*. California: Books/Cole Publishing Company Inc.
- Brown, S. (2007). Feedback and Feed-Forward. *Centre for Bioscience Bulletin*, 22.
- Dossey, J. (2005). *Developing students' literacy levels through interdisciplinary applications of mathematical problem solving*.
- Feletti, G., I. (1980). Reliability and validity studies on modified essay questions. *Academic Medicine*.
- Goldsmith, M. (2002). Leadership Development: Try feedforward instead of feedback. *Journal of Excellence*, 25(8), 15-19.
- Heilenman, L. K. (1990). Self-assessment of second language ability: The role of response effect. *Language testing*, 7(2), 174-201.
- Irons, A. (2008). *Enhancing learning through formative assessment and feedback*. NewYork: Routledge.
- Krulik, S. (1980). *Problem Solving in School Mathematics*. Reston, Virginis: National Council of Teacher of Mathematics.
- Krulik, S. (1982). Teaching Problem solving to preservice teachers. *The Arithmetic teacher*, 29(6), 42-45.
- National Council of Teacher of Mathematics. (1980). *An agenda for action recommendation for school mathematics: Dale Seymour*: The National Council of Teacher of Mathematics.
- Polya, G. (1957). *How to solve it*. United States of America: Princeton University.
- Quinton, S. (2010). Feeding forward: using feedback to promote student reflection and learning-a teaching model. *Innovations in Education and Teaching International*, 47(1), 125-136.
- Sternburg, R. J. (1986). *The psychology of human thought*. New York: The Press Syndicate of the University of Cambridge.
- Tangdhanakanond, K., Pitiyanuwat, S., & Archwamety, T. (2006). A development of poetfolio for learning assessment of students taught by full-scale

- Constructionism approach at Darunsikkhalai school. *Research in the school*, 13(2), 24-36.
- Troutman, A. P., & Lichtenburg, B. K. (1995). *Mathematics a good beginning*. Bangkok: Brooks Cole Publishing.
- Wallas, G. (1972). *In A Systematic Introduction to Psychology of Thinking*. New York: Harper and Row.
- Wilson, J. W. (1993). *Mathematical problem solving: Research ideas for the classroom: High school mathematics*.
- กนกวรรณ เอี่ยมชัย. (2539). การศึกษาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบอัตนัยประยุกต์ วิชาแนวคิดพื้นฐานและหลักการพยาบาลที่ตรวจให้คะแนนต่างกัน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), สาขาวิชาการพัฒนการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- กรมวิชาการ. (2545). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552a). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552b). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กฤษรัตน์ วิทยาเวช. (2551). การพัฒนาแบบสอบวินิจฉัยทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดเมตาคognitionด้านความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กิติภูมิ เลิศกิตติกุลโยธิน. (2550). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบฝึกโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), ภาควิชาการมัธยมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- จิรพันธ์ จันจันะ. (2548). การสร้างแบบฝึกวิชาคณิตศาสตร์เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), สาขาวิชาการพัฒนการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ฉลอง สวัสดิ์. (2538). การสร้างแบบทดสอบความเรียงประยุกต์ (เอ็ม อี คิว) วัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชัยศักดิ์ ธีลาจรัสกุล. (2542). ชุดกิจกรรมค่ายคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการจัดการจัดค่ายคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

- โชติกา ภาชีผล และคณะ. (2558). การพัฒนารูปแบบแฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ที่สะท้อนข้อมูลย้อนกลับในการประเมินพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. วารสารวิธีวิทยาการวิจัย, 28(1), 1-25.
- ไชยยศ เรื่องสุวรรณ. (2544). เทคโนโลยีการศึกษาทฤษฎีและการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.
- ดาวเรือง ลุมทอง และโชติกา ภาชีผล. (2553). ผลของรูปแบบข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อพัฒนาการของผลงานด้านทัศนศิลป์: การประยุกต์ใช้ข้อมูลย้อนกลับทั่วไปและข้อมูลชี้แนะเพื่อการปรับปรุง. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา, 6(1), 353-367.
- ไตรรงค์ เจนการ. (2530). การศึกษาคุณภาพของแบบสอบอัตนัยประยุกต์เพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทีศนา แชมมณี. (2545). ทฤษฎีและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพมหานคร: เทพเนรมิตการพิมพ์.
- ธัชกร สุวรรณจรัส. (2540). การประมาณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเอ็ม อี คิว วัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาบัญชีกิจการบริการที่มีผู้ตรวจให้คะแนน 1 คน. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นิอร ไชยพรพัฒนา และอวยพร เรื่องตระกูล. (2549). การเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยใช้โมเดลโค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์: การศึกษาแบบมอนติคาร์โล. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2(1), 271-281.
- ปนัดดา คุณวงษ์. (2546). ผลของการทดสอบย่อยโดยใช้แบบทดสอบคำถามแบบเอ็มอีคิวและแบบปรนัยที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนไพโรจน์วิทยาคม จังหวัดศรีสะเกษ. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ปรีชา เนาว่าเย็นผล. (2544). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ปาจริย์ เยาดำ. (2553). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้กลวิธี STAR. วารสารคณิตศาสตร์, 54(614), 24-33.
- ปิยะรัตน์ ประมวลทรัพย์. (2546). การพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดสมรรถนะทางวิชาชีพพยาบาล. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรศรี ลีทวีกุลสมบูรณ์. (2539). การเลือกรับผลย้อนกลับในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาภาษาอังกฤษของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีเพศและระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), สาขาวิชาโสตทัศนศึกษา ภาควิชาหลักสูตรการสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- พวงแก้ว ปุณยณก. (2531). แบบสอบอัตนัยประยุกต์ (เอ็ม อี คิว) เพื่อใช้วัดทักษะการแก้ปัญหา: รายงานผลการวิจัยทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มัณฑนา พรหมรักษ์ และอัมพร ม้าคนอง. (2556). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา, 9(1), 56-70.
- มาฆพันธ์ อำนาคิล และกมลวรรณ ตั้งธนกานนท์. (2557). การเปรียบเทียบความเที่ยงของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ที่ใช้วิธีการตรวจให้คะแนนที่แตกต่างกัน ภายใต้จำนวนเหตุการณ์ที่ต่างกัน: การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสุบอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา, 10(1), 459-473.
- ยุพิน พิพิธกุล. (2539). การสอนคณิตศาสตร์: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รัตนภรณ์ วงศ์ศรีอ่อน. (2548). ผลการใช้แบบฝึกตามแนวแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (เอ็ม อี คิว) ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ลักขณา สรวิวัฒน์. (2557). จิตวิทยาสำหรับครู. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.
- ลักขมี จันทร์ราช. (2544). การเปรียบเทียบคุณภาพแบบสอบอัตนัยประยุกต์ (MEQ) และแบบทดสอบเลือกตอบ (MCQ) เพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- วงษ์สันติ แสงดอกไม้. (2540). ผลของการใช้แบบสอบ เอ็ม อี คิว ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), สาขาวิชาการวัดผลและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วัชรินทร์ เพชรชู. (2539). ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคลิกภาพกับการให้ผลย้อนกลับในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต), สาขาวิชาโสตทัศนศึกษา ภาควิชาหลักสูตร การสอน และเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิภาวรรณ วงษ์สุวรรณ คงเฝ้า. (2555). รายงานการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแนวทางการตรวจงาน การให้ข้อมูลย้อนกลับ และผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับงานเขียนของนิสิตระดับปริญญาบัณฑิตชั้นปีที่ 1 (ค. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, Trans.).
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์ทดสอบและประเมินเพื่อพัฒนาการศึกษาและวิชาชีพ. (2558). เครื่องมือในการประเมิน: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555a). ตัวอย่างข้อสอบคณิตศาสตร์ PISA 2012. กรุงเทพมหานคร: วิ.เจ.พรินต์ติ้ง.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555b). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์.

กรุงเทพมหานคร: 3-คिव มีเดีย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร. สมุทรปราการ: แอดวานซ์ พรินต์ติ้ง เซอร์วิส.

สมคิด เทียรพิสุทธิ์. (2550). การเปรียบเทียบค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความเรียงประยุกต์วิชาคณิตศาสตร์ที่มีวิธีการตรวจและจำนวนผู้ตรวจต่างกัน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์), สาขาวิชาการวัดผลการศึกษามหาวิทยาลัยทักษิณ.

สมวงษ์ แปลงประสพโชค. (2556). ผลสำรวจสาเหตุเด็กไทยอ่อนคณิตศาสตร์และแนวทางแก้ไข. Retrieved from [http://www.ripn-math.com/doc/25510502/child\\_low\\_math.doc](http://www.ripn-math.com/doc/25510502/child_low_math.doc).

สมหวัง พิธิยานุวัฒน์. (2549). การพัฒนาแบบทดสอบความเรียง: ตำราโครงการจัดทำตำราเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษาในระดับอุดมศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา.

สายหมอก ขุนศักดิ์. (2543). การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เรื่องฟังก์ชันตรีโกณมิติ และกำหนดการเชิงเส้น ตามเทคนิคเอ็มอีคิว ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์), สาขาวิชาการวัดผลการศึกษามหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2557). การพัฒนาศักยภาพครูผู้สอนและศึกษานิเทศก์ การประเมินผลในชั้นเรียนเพื่อวินิจฉัยข้อบกพร่องผู้เรียน: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.

สุชาติ ปัทมวิภาต. (2557). การประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2015. นิตยสาร สสวท, 45(188), 35-39.

สุพัฒตา ภูสออสดี และสมนึก ภักดิ์ทิพย์. (2553). การสร้างแบบทดสอบเอ็มอีคิววัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารการวัดผลการศึกษามหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 16, 300-306.

สุโรยา หมดหมั่น. (2549). การพัฒนาแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์), สาขาวิชาการวัดผลการศึกษามหาวิทยาลัยทักษิณ.

อนงค์ เมธีพิทักษ์ธรรม และกมลวรรณ ดั่งชนกานนท์. (2555). ผลของรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่แตกต่างกันที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา, 8(1), 2061-2074.

อวยพร เรื่องตระกูล. (2544). การพัฒนาและวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์), สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคนอง. (2553). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อาภรณ์ ชูดวง. (2535). การสร้างแบบสอบเอ็ม อี คิว เพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางการพยาบาลของ  
นักศึกษาพยาบาล. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อำมาลา สารชาติ. (2548). การพัฒนาแบบสอบ เอ็ม อี คิว สำหรับวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา  
คณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), สาขาวิชาวิจัย  
และประเมินผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.







ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY



### รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

#### 1. ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภรณ์ หลาวทอง      อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและ  
จิตวิทยาการศึกษา  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 2. ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับมหาวิทยาลัย

อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ น่วมนุ้ม      อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและ  
การสอน(คณิตศาสตร์)  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 3. ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา

อาจารย์วัฒนา น้าแสงวานิช      อาจารย์ประจำโรงเรียนสาธิต  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม  
อาจารย์จันทร์เพ็ญ สุโพธิ์ทิพย์      อาจารย์ประจำโรงเรียนราชวินิต  
บางแก้ว  
อาจารย์ยุพิน อุดมเดชนวรรณ์      อาจารย์ประจำโรงเรียนพนมสารคาม  
“พนมอดุลวิทยา”

### รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจให้คะแนนแบบสอบถามวัดความสามารถ ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

อาจารย์สุสิทธิ์ สักอยู่สุข      อาจารย์ประจำโรงเรียนราชวินิต  
บางแก้ว



ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแบบสอบอัตรณ์ยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหทางคณิตศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เวลาสำหรับการทำข้อนี้ 3 นาที เวลาสะสม 3 นาที	เหตุการณ์ที่ 2 สถานการณ์ที่ 1	หน้าที่ 5 เลขประจำตัวนักเรียน.....
<p>นายคณิตได้รับมรดกจากคุณปู่เป็นที่ดินในจังหวัดสมุทรปราการแปลงหนึ่ง ซึ่งเขาไม่ทราบข้อมูลอะไรเกี่ยวกับที่ดิน เขาต้องการสร้างรั้วล้อมรอบที่ดินของเขา เตรียมใช้เป็นคอกวัว แล้ววันหนึ่งเมื่อเขาเดินทางไปที่ดินดังกล่าว พบว่าที่ดินนี้เป็นพื้นที่ว่างเปล่าไม่มีต้นไม้เลย</p>		
<p>ข้อคำถามข้อที่ 1</p> <p>คำถาม : จากข้อมูลเท่าที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่านายคณิตสามารถดำเนินการล้อมรั้วทันทีได้หรือไม่ ถ้าไม่ แล้วนายคณิตเกิดปัญหาอะไร จึงไม่สามารถดำเนินการได้ อธิบายเหตุผล</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		
<p><u>ข้อควรระวัง</u> ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขได้อีก</p>		
<p><b>คะแนนที่ได้และข้อมูลย้อนกลับ</b></p>		
การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน	
การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน	
การตีความ (1 คะแนน)	คะแนน	
<p><b>สรุปสิ่งที่ต้องพัฒนาตนเอง</b></p>		

เวลาสำหรับการทำข้อนี้ 4 นาที เวลาสะสม 7 นาที	เหตุการณ์ที่ 2 สถานการณ์ที่ 2	หน้าที่ 6 เลขประจำตัวนักเรียน.....									
<p>นายคณิตคิดว่าที่เขาไม่สามารถสร้างรั้วล้อมรอบได้ เพราะเขาไม่รู้ความยาวรอบที่ดิน เขาจึงสอบถามบิดาเกี่ยวกับลักษณะของที่ดิน ซึ่งบิดารู้ว่าที่ดินนี้มีพื้นที่เป็นจำนวนหนึ่ง และที่จำได้คือที่ดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ไม่ทราบความกว้างและความยาวที่แน่นอน แต่ทราบว่าที่ดินมีความยาวยาวกว่าความกว้างอยู่ 6 เมตร</p>											
<p>ข้อคำถามข้อที่ 2</p> <p>คำถาม : จากสถานการณ์นี้นักเรียนคิดว่า ทำไมนายคณิตจึงคิดถามข้อมูลเพิ่มเติมจากบิดาของเขา และเมื่อเขาถามแล้วทำให้ทราบอะไรบ้าง และถ้านักเรียนเป็นนายคณิตนักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้อีกมากำหนดตัวแปรให้เป็นอะไรบ้าง (ใช้ตัวแปรเพียงตัวเดียว)</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>											
<p><u>ข้อควรระวัง</u> ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขได้อีก</p>											
<p><b>คะแนนที่ได้และข้อมูลย้อนกลับ</b></p> <table border="1"> <tr> <td>การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)</td> <td>คะแนน</td> <td></td> </tr> <tr> <td>การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)</td> <td>คะแนน</td> <td></td> </tr> <tr> <td>การตีความ (1 คะแนน)</td> <td>คะแนน</td> <td></td> </tr> </table>			การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน		การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน		การตีความ (1 คะแนน)	คะแนน	
การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน										
การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน										
การตีความ (1 คะแนน)	คะแนน										
<p><b>สรุปสิ่งที่ต้องพัฒนาตนเอง</b></p>											

เวลาสำหรับการทำข้อนี้ 5 นาที เวลาสะสม 12 นาที	เหตุการณ์ที่ 2 สถานการณ์ที่ 3	หน้าที่ 7 เลขประจำตัวนักเรียน.....
<p>นอกจากที่นายคณิตจะรู้ว่าที่ดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และมีด้านยาวยาวกว่าด้านกว้างอยู่ 6 เมตรแล้ว นายคณิตจึงไปค้นหาเอกสารเพิ่มเติมที่เป็นหลักฐานของที่ดินพบว่า ที่ดินนี้มีพื้นที่ 72 ตารางเมตร</p>		
<p>ข้อคำถามข้อที่ 3</p> <p>คำถาม : นักเรียนจะมีวิธีการสร้างสมการและอธิบายที่มาของสมการเพื่อใช้แก้ปัญหาได้อย่างไร และหาความกว้างและความยาวของที่ดินได้เท่าไร</p> <p>คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		
<p><u>ข้อควรระวัง</u> ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขได้อีก</p>		
<p><b>คะแนนที่ได้และข้อมูลย้อนกลับ</b></p>		
การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน	
การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน	
การตีความ (1 คะแนน)	คะแนน	
<p><b>สรุปสิ่งที่ต้องพัฒนาตนเอง</b></p>		

เวลาสำหรับการทำข้อนี้ 3 นาที เวลาสะสม 15 นาที	เหตุการณ์ที่ 2 สถานการณ์ที่ 4	หน้าที่ 8 เลขประจำตัวนักเรียน.....									
<p>เมื่อนายคณิตทราบความกว้างของที่ดินเป็น 6 เมตร และความยาวของที่ดินเป็น 12 เมตรแล้ว เขาจึงติดต่อจ้างช่างก่อสร้างมาดำเนินการสร้างรั้วล้อมรอบที่ดินของเขาเพื่อใช้สำหรับเป็นคอกวัว</p>											
<p>ข้อคำถามข้อที่ 4 คำถาม : นักเรียนคิดว่า ช่างก่อสร้างจะต้องนำรั้วลวดหนามยาวกี่เมตรมาล้อมรอบที่ดิน จึงจะพอดี พร้อมอธิบายแนวคิดที่ใช้ คำตอบ</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>											
<p><u>ข้อควรระวัง</u> ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขได้อีก</p>											
<p><b>คะแนนที่ได้และข้อมูลย้อนกลับ</b></p> <table border="1"> <tr> <td>การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)</td> <td>คะแนน</td> <td></td> </tr> <tr> <td>การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)</td> <td>คะแนน</td> <td></td> </tr> <tr> <td>การตีความ (1 คะแนน)</td> <td>คะแนน</td> <td></td> </tr> </table>			การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน		การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน		การตีความ (1 คะแนน)	คะแนน	
การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน										
การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน)	คะแนน										
การตีความ (1 คะแนน)	คะแนน										
<p><b>สรุปสิ่งที่ต้องพัฒนาตนเอง</b></p>											





### ข้อคำถามข้อที่ 1

คำตอบ คือ นายคณิตไม่สามารถดำเนินการล้อมรั้วได้ทันที โดยนายคณิตเกิดปัญหาคือ เขาไม่ทราบความยาวรอบที่ดิน ซึ่งถ้าทราบความยาวของที่ดินก็จะสามารถนำรั้วมาล้อมรอบที่ดินตามต้องการได้ เนื่องจากความยาวรอบที่ดินกับความยาวรั้วที่จะนำมาล้อมเป็นความยาวเดียวกัน

### เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย (analytic method)

องค์ประกอบ	คะแนน	เกณฑ์การตรวจให้คะแนน
การคิดเชิงคณิตศาสตร์	2	นักเรียนแสดงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง คือ นายคณิตไม่ทราบความยาวรอบที่ดิน <u>หรือ</u> ไม่ทราบพื้นที่ของที่ดิน
	1	นักเรียนแสดงแนวคิดได้ถูกต้อง <u>แต่</u> ไม่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ เช่น นายคณิตไม่มีเงินเพื่อใช้ในการสร้าง <u>หรือ</u> นายคณิตไม่รู้ข้อมูลอะไร
	0	นักเรียนแสดงแนวคิดไม่ถูกต้องคือ แสดงแนวคิดอื่นๆ ที่ไม่อยู่ในสถานการณ์ <u>หรือ</u> ไม่ตอบคำถาม
การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์	2	นักเรียนแสดงการจัดการข้อมูลได้ถูกต้อง คือ มีการกล่าวถึงเหตุผลว่าการล้อมรั้วจะต้องทราบความยาวรอบที่ดินเพราะเป็นความยาวเดียวกับรั้วที่ต้องนำมาล้อม
	1	นักเรียนแสดงการจัดการข้อมูลได้ถูกต้องบางส่วน คือ มีการกล่าวถึงเหตุผลของปัญหาเกี่ยวกับการล้อมรั้ว <u>แต่</u> ไม่ตรงประเด็น
	0	นักเรียนแสดงการจัดการข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องคือ ไม่มีการกล่าวถึงเหตุผล <u>หรือ</u> ไม่แสดงแนวคิด
การตีความ	1	นักเรียนสรุปความจากสถานการณ์ได้ถูกต้อง คือ มีการตอบคำถามว่า <u>ไม่สามารถดำเนินการล้อมรั้วได้ทันที</u>
	0	นักเรียนไม่สามารถสรุปความจากสถานการณ์ได้ คือ ตอบคำถามว่าสามารถดำเนินการล้อมรั้วได้ทันที <u>ไม่มีปัญหาอะไร หรือ</u> ไม่ตอบคำถาม

## ข้อคำถามข้อที่ 2

คำตอบ คือ เพราะนายคณิตต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับที่ดินเพิ่มเติม จะได้นำไปคำนวณได้ถูกต้อง มิเช่นนั้นจะดำเนินการอะไรต่อไม่ได้ และเมื่อสอบถามแล้วทำให้ทราบว่าที่ดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีพื้นที่เป็นจำนวนหนึ่ง และมีความยาวยาวกว่าความกว้างอยู่ 6 เมตร กำหนดตัวแปรให้ความกว้างเป็น  $X$  เมตร และจะได้ความยาวเป็น  $x + 6$  เมตร

### เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย (analytic method)

องค์ประกอบ	คะแนน	เกณฑ์การตรวจให้คะแนน
การคิดเชิงคณิตศาสตร์	2	นักเรียนแสดงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องครบถ้วน คือ มีการตอบว่าที่ดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีพื้นที่เป็นจำนวนหนึ่ง หรือความยาวยาวกว่าความกว้าง 6 เมตร อย่างน้อย 2 ประเด็น
	1	นักเรียนแสดงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน คือ มีการตอบว่าที่ดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีพื้นที่เป็นจำนวนหนึ่ง หรือมีความยาวยาวกว่าความกว้างอยู่ 6 เมตร เพียง 1 ประเด็น
	0	นักเรียนแสดงแนวคิดไม่ถูกต้องคือ แสดงแนวคิดอื่นๆ ที่ไม่อยู่ในสถานการณ์ <u>หรือ</u> ไม่ตอบคำถาม
การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์	2	นักเรียนแสดงการจัดการข้อมูลได้ถูกต้อง คือ มีการกำหนดตัวแปร ความกว้าง <u>และ</u> ความยาวได้ถูกต้องทั้งหมด โดยใช้ตัวแปรเดียว
	1	นักเรียนแสดงการจัดการข้อมูลได้ถูกต้องบางส่วน คือ มีการกำหนดตัวแปรความกว้าง <u>หรือ</u> ความยาวได้ถูกต้องอย่างใดอย่างหนึ่งโดยใช้ตัวแปรเดียว
	0	นักเรียนแสดงการจัดการข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับการกำหนดตัวแปร คือ กำหนดตัวแปรไม่ถูกต้องทั้งความกว้างและความยาว <u>หรือ</u> กำหนดเป็น 2 ตัวแปร เช่น $x$ และ $y$ <u>หรือ</u> ไม่ตอบคำถาม
การตีความ	1	นักเรียนสรุปความและให้เหตุผลจากสถานการณ์ได้ถูกต้อง คือ มีการให้เหตุผลว่านายคณิตต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับที่ดินเพิ่มเติม จะได้นำไปคำนวณได้ถูกต้อง
	0	นักเรียนไม่สามารถสรุปความและให้เหตุผลจากสถานการณ์ได้ คือ มีการให้เหตุผลที่ไม่เกี่ยวข้องกับที่ดิน <u>หรือ</u> ไม่ตอบคำถาม

### ข้อคำถามข้อที่ 3

คำตอบ คือ พื้นที่ของสี่เหลี่ยมผืนผ้าคำนวณได้จาก ความกว้าง  $\times$  ความยาว ดังนั้นจึงนำแนวคิดการหาพื้นที่มาใช้ในการหาคำตอบ ดังนี้ พื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า = ความกว้าง  $\times$  ความยาว

$$\begin{aligned} \text{จะได้ว่า} \quad & 72 & = & x(x + 6) \\ & 0 & = & x^2 + 6x - 72 \\ & 0 & = & (x + 12)(x - 6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad & x + 12 = 0 & \text{หรือ} & x - 6 = 0 \\ & x = -12 & \text{หรือ} & x = 6 \end{aligned}$$

แต่เนื่องจาก  $x$  เป็นความกว้างของที่ดินตามที่กำหนดไว้ จึงไม่สามารถมีค่าติดลบได้ ดังนั้น ที่ดินมีความกว้าง 6 เมตร และมีความยาว 12 เมตร

### เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย (analytic method)

องค์ประกอบ	คะแนน	เกณฑ์การตรวจให้คะแนน
การคิดเชิงคณิตศาสตร์	2	นักเรียนแสดงแนวคิดคณิตศาสตร์ได้ คือ บอกได้ว่า พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า = ความกว้าง $\times$ ความยาว <u>และ</u> เขียนสมการรูปทั่วไปได้ถูกต้อง
	1	นักเรียนแสดงแนวคิดได้บางส่วน คือ บอกได้ว่า พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า = ความกว้าง $\times$ ความยาว <u>หรือ</u> เขียนสมการรูปทั่วไปถูกต้องอย่างใดอย่างหนึ่ง
	0	นักเรียนไม่สามารถแสดงแนวคิดได้ คือ เขียนสมการที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ <u>หรือ</u> ไม่เขียนสมการ
การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์	2	นักเรียนแสดงการจัดการข้อมูลได้ถูกต้อง คือ มีการแสดงวิธีหาคำตอบที่ชัดเจน <u>และ</u> ถูกต้องทุกขั้นตอน จนได้คำตอบเป็น 6 และ -12
	1	นักเรียนแสดงการจัดการข้อมูลได้ถูกต้องบางส่วน คือ มีการกำหนดสมการถูกต้อง <u>และ</u> แสดงวิธีหาคำตอบผิดตั้งแต่ 1 ขั้นตอนขึ้นไป
	0	นักเรียนไม่สามารถแสดงแนวคิดได้ คือ ไม่เขียนแสดงวิธีการหาคำตอบ
การตีความ	1	นักเรียนสรุปคำตอบได้ถูกต้อง คือ ที่ดินมีความกว้าง 6 เมตร และมีความยาว 12 เมตร โดยตัดคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ออก คือ -12
	0	นักเรียนสรุปคำตอบทั้ง 2 คำตอบคือ 6 และ -12 ไม่ได้ตัดคำตอบ -12 ออก <u>หรือ</u> ไม่สรุปคำตอบ

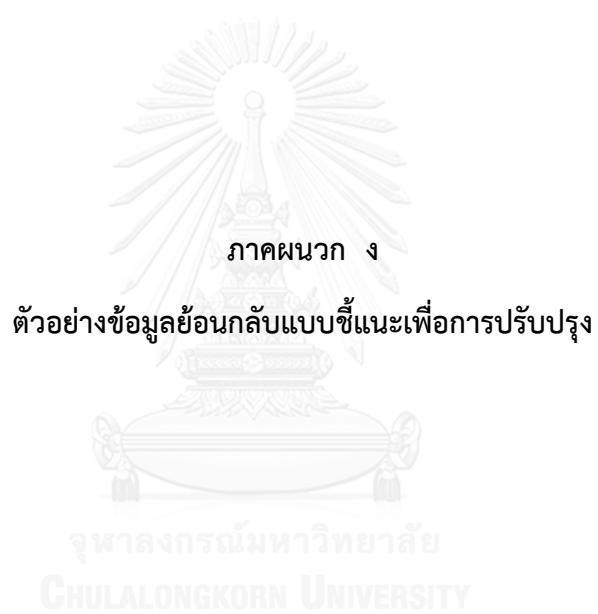
#### ข้อคำถามข้อที่ 4

คำตอบ คือ ความยาวรอบที่ดินเกิดจากการนำความยาวทุกด้านของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามารวมกัน หรือนำความกว้างรวมกับความยาวแล้วคูณ 2 และเนื่องจากที่ดินนี้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า จะได้ว่าความยาวรอบที่ดินเท่ากับ  $6 + 6 + 12 + 12 = 36$  หรือ  $2(6 + 12) = 36$  เมตร

ดังนั้น ช่างก่อสร้างต้องใช้ลวดหนามยาว 36 เมตร จึงจะล้อมรั้วที่ดินได้พอดี

#### เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย (analytic method)

องค์ประกอบ	คะแนน	เกณฑ์การตรวจให้คะแนน
การคิดเชิงคณิตศาสตร์	2	นักเรียนแสดงแนวคิดคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง คือ มีการกล่าวถึงความยาวรอบที่ดินว่าเป็นการนำความยาวทุกด้านของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามารวมกัน <u>หรือ</u> นำความกว้างรวมกับความยาวแล้วคูณ 2
	1	นักเรียนแสดงแนวคิดได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ คือ มีการกล่าวถึงความยาวรอบที่ดิน <u>แต่</u> ไม่กล่าวถึงการนำความยาวทุกด้านของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามารวมกันหรือนำความกว้างรวมกับความยาวแล้วคูณด้วย 2
	0	นักเรียนแสดงแนวคิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ เช่น ใช้ลวดหนามที่มีความยาวเท่ากับพื้นที่ของที่ดิน <u>หรือ</u> ไม่ตอบคำถาม
การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์	2	นักเรียนแสดงการจัดการข้อมูลได้ถูกต้อง คือ มีการคำนวณหาความยาวรอบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยนำความยาวทุกด้านของรูปมาบวกกัน <u>หรือ</u> นำความกว้างรวมกับความยาวแล้วคูณ 2 ได้คำตอบ 36 เมตร
	1	นักเรียนแสดงการจัดการข้อมูลได้ถูกต้องบางส่วน คือ มีการคำนวณโดยนำความกว้างและความยาวมาบวกกันเพียง 2 ด้าน <u>หรือ</u> เขียนคำตอบเป็น 18 เมตร
	0	นักเรียนแสดงการจัดการข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับคำตอบ เช่น แสดงการคำนวณโดยนำความกว้างและความยาวมาคูณกัน แล้วได้คำตอบเป็น 72 ตารางเมตรตามที่กำหนดให้ <u>หรือ</u> ไม่แสดงการคำนวณ
การตีความ	1	นักเรียนตีความและสรุปคำตอบจากสถานการณ์ได้ คือ มีการสรุปคำตอบว่า นายคณิตต้องใช้รั้วลวดหนามยาว 36 เมตร จึงจะล้อมที่ดินได้พอดี
	0	นักเรียนไม่เข้าใจสถานการณ์และไม่สามารถสรุปคำตอบได้ถูกต้อง คือ มีการสรุปคำตอบแต่ไม่ถูกต้อง <u>หรือ</u> ไม่สรุปคำตอบ



## ข้อคำถามข้อที่ 1

องค์ประกอบ	ระดับ/ คะแนน	ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง
การคิดเชิง คณิตศาสตร์	ระดับ A (2 คะแนน)	แสดงแนวคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้ดี ควรหมั่นฝึกวิเคราะห์ แนวคิดให้หลากหลายและสมเหตุสมผลกับสถานการณ์จริง
	ระดับ B (1 คะแนน)	พยายามเชื่อมโยงแนวคิดและปัญหาที่คิดได้ให้เกี่ยวข้องกับ คณิตศาสตร์เช่น นายคณิตไม่ทราบความยาวรอบที่ดิน หรือ ไม่ทราบพื้นที่ของที่ดิน และฝึกวิเคราะห์ปัญหาใหม่ๆ เพิ่มเติม
	ระดับ C (0 คะแนน)	ศึกษาสถานการณ์ให้ละเอียดแล้วลองเขียนว่าเกิดปัญหาอะไรขึ้น บ้าง และปัญหาใดเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ที่เป็นไปได้ เช่น นายคณิตไม่ทราบความยาวรอบที่ดิน หรือไม่ทราบพื้นที่ของ ที่ดิน
การใช้แนวคิด เชิง คณิตศาสตร์	ระดับ A (2 คะแนน)	อธิบายเหตุผลประกอบคำตอบได้ดี รักษาเทคนิคการใช้แนวคิด แบบนี้ไว้ และน่าจะให้เหตุผลของคำตอบที่หลากหลายมากขึ้น
	ระดับ B (1 คะแนน)	พยายามอธิบายเหตุผลให้ครอบคลุม ตรงประเด็นและแสดง เหตุผลเพิ่มเติมว่าเมื่อทราบความยาวรอบที่ดินแล้ว ทำให้ล้อม รั้วได้ เพราะเป็นความยาวเดียวกับความยาวรั้ว
	ระดับ C (0 คะแนน)	ปรับเปลี่ยนวิธีการให้เหตุผลที่เหมาะสมและเกี่ยวข้องกับ สถานการณ์ ฝึกให้เหตุผลว่านายคณิตต้องทราบความยาวรอบ ที่ดินจึงจะล้อมรั้วได้ เนื่องจากความยาวรอบที่ดินกับความยาว รั้วเป็นความยาวเดียวกัน
การตีความ	ระดับ B (1 คะแนน)	สรุปตีความได้ดี เพิ่มเติมรายละเอียดให้ชัดเจนขึ้นและสรุป ปัญหาให้ได้หลายประเด็น
	ระดับ C (0 คะแนน)	ปรับเปลี่ยนวิธีการและพิจารณาถึงความเป็นจริงว่า ถ้านาย คณิตจะล้อมรั้วที่ดินของเขา เขาน่าจะต้องรู้ข้อมูลอะไรก่อน

## ข้อคำถามข้อที่ 2

องค์ประกอบ	ระดับ/ คะแนน	ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง
การคิดเชิง คณิตศาสตร์	ระดับ A (2 คะแนน)	แสดงแนวคิดบนพื้นฐานของคณิตศาสตร์ได้ดี ครอบคลุมทุกประเด็นครบถ้วนมีทวิเคราะห์แนวคิดและนำเสนอแนวคิดที่หลากหลาย
	ระดับ B (1 คะแนน)	พยายามคิดและตรวจสอบให้ครบถ้วนเกี่ยวกับสิ่งที่สถานการณ์กำหนดให้มา และนำมาใช้ในการตอบคำถามทั้งหมด
	ระดับ C (0 คะแนน)	ศึกษาสถานการณ์และสังเกตว่าสิ่งที่สถานการณ์กำหนดให้มา ทำให้ทราบอะไรบ้าง ควรตอบให้ครบทุกประเด็น
การใช้แนวคิด เชิง คณิตศาสตร์	ระดับ A (2 คะแนน)	นำหลักการกำหนดตัวแปรไปใช้วางแผนได้ดี อาจเพิ่มเติมการกำหนดตัวแปรให้หลากหลายยิ่งขึ้น เช่น กำหนดให้ความยาวเป็น $x$ เมตร และความกว้างเป็น $x - 6$ เมตร
	ระดับ B (1 คะแนน)	สังเกตว่าที่ดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า แสดงว่ามีความกว้างและความยาว ดังนั้นการกำหนดตัวแปรต้องกำหนดทั้งความกว้างและความยาว เช่น กำหนดให้ความกว้างเป็น $x$ เมตร ความยาวจะเป็น $x + 6$ เมตร
	ระดับ C (0 คะแนน)	ปรับเปลี่ยนวิธีการให้เหมาะสม โดยกำหนดให้ความกว้างของที่ดินเป็น $x$ เมตร ความยาวของที่ดินเป็น $x + 6$ เมตร ซึ่งพยายามใช้ตัวแปรเพียงตัวเดียวในการกำหนด
การตีความ	ระดับ B (1 คะแนน)	สรุปความที่สมเหตุสมผลดี เพิ่มเติมรายละเอียดให้ชัดเจนขึ้น สรุปประเด็นสำคัญและเหตุผลได้ถูกต้อง
	ระดับ C (0 คะแนน)	ปรับเปลี่ยนวิธีการและพิจารณาสิ่งที่สถานการณ์กำหนดว่าที่ดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า จึงมีความกว้างและความยาว ดังนั้นเราจะนำมาวางแผนอย่างไรให้เหมาะสม

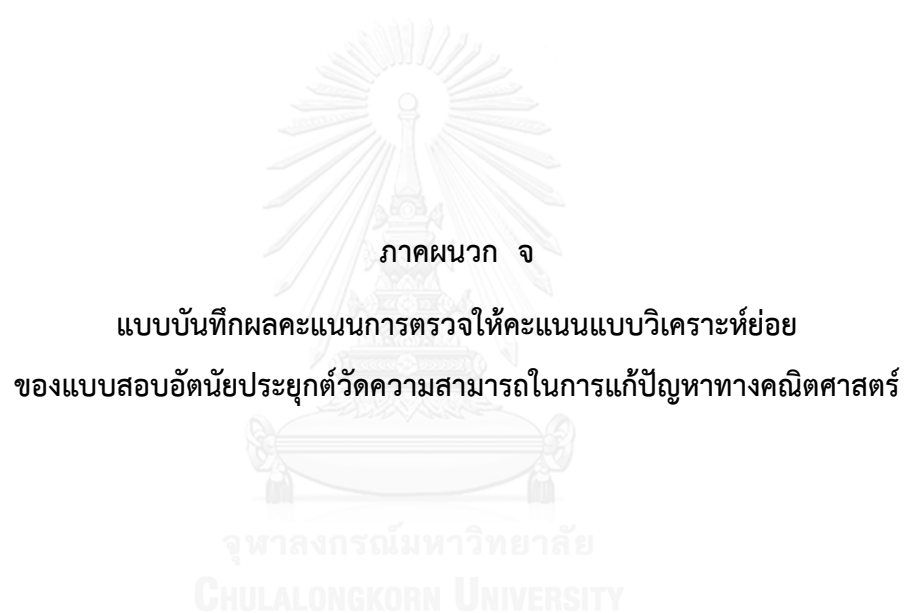


## ข้อคำถามข้อที่ 3

องค์ประกอบ	ระดับ/ คะแนน	ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง
การคิดเชิง คณิตศาสตร์	ระดับ A (2 คะแนน)	แสดงแนวคิดคณิตศาสตร์ได้ดี สามารถเลือกประโยคเงื่อนไขจากโจทย์มาสร้างสมการได้ถูกต้อง และควรวางวิธีการที่หลากหลายมากกว่านี้ อาจได้วิธีการในการหาคำตอบที่ง่ายขึ้น
	ระดับ B (1 คะแนน)	แสดงแนวคิดคณิตศาสตร์ได้ดีพอสมควร แต่อาจยังไม่ครบถ้วน ทั้ง 2 ประเด็น ควรแสดงแนวคิดที่ว่าพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า = ความกว้าง x ความยาว และนำตัวแปรที่กำหนดไว้มาแทนค่าเพื่อสร้างสมการ จะได้เป็น $0 = x^2 + 6x - 72$
	ระดับ C (0 คะแนน)	ศึกษาสถานการณ์ให้ชัดเจนและพยายามเขียนสมการที่เกี่ยวข้อง โดยพิจารณาว่าสูตรที่ใช้คำนวณพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า = ความกว้าง x ความยาว และนำตัวแปรความกว้างและความยาวที่กำหนดไว้มาแทนค่าสร้างสมการ จะได้เป็น $0 = x^2 + 6x - 72$
การใช้แนวคิด เชิง คณิตศาสตร์	ระดับ A (2 คะแนน)	นำหลักการและสมการที่สร้างขึ้นไปค้นหาคำตอบได้อย่างดี มุ่งมั่นพัฒนาวิธีการหาคำตอบที่หลากหลาย โดดเด่น และเหมาะสมกับตนเองต่อไป เช่น การใช้สูตรในการหาคำตอบ
	ระดับ B (1 คะแนน)	ฝึกฝนการหาคำตอบโดยเน้นไปที่การคูณพหุนาม การแก้สมการ และคำนวณ การบวกลบ ให้คล่องและตรวจสอบวิธีการทุกขั้นตอนให้รอบคอบ จะได้คำตอบ 2 คำตอบคือ 6 และ -12
	ระดับ C (0 คะแนน)	ทดลองฝึกการคูณพหุนามด้วยพหุนามและจัดรูปแบบสมการให้อยู่ในรูปทั่วไป คือ $ax^2 + bx + c = 0$ เมื่อ a, b, c แทนจำนวนจริงใดๆ และ $a \neq 0$ แล้วแยกตัวประกอบของพหุนาม จะได้สมการเป็น $0 = (x + 12)(x - 6)$ แล้วจึงนำแต่ละวงเล็บไปเท่ากับ 0 จะได้คำตอบเป็น 6 และ -12
การตีความ	ระดับ B (1 คะแนน)	ตีความและสรุปคำตอบได้ดี มีการตัดคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ทิ้งไป ให้เหลือแต่คำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์ชีวิตจริง
	ระดับ C (0 คะแนน)	ปรับวิธีการและพิจารณาคำตอบที่ได้มาทั้ง 2 คำตอบว่า ความกว้างหรือความยาวไม่สามารถเป็นจำนวนติดลบได้ จึงต้องตัดคำตอบที่เป็น -12 ออก

## ข้อคำถามข้อที่ 4

องค์ประกอบ	ระดับ/ คะแนน	ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง
การคิดเชิง คณิตศาสตร์	ระดับ A (2 คะแนน)	แสดงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ได้ดี สามารถหาคำตอบได้ถูกต้อง และควรวางวิธีการที่หลากหลายโดยอาจวาดภาพประกอบซึ่งจะทำให้ได้วิธีการในการหาคำตอบที่ง่ายขึ้น
	ระดับ B (1 คะแนน)	แสดงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ได้ดีพอสมควร แต่ฝึกอธิบายเกี่ยวกับวิธีหาคำตอบให้ละเอียดและชัดเจนเป็นรูปธรรม เช่น อธิบายว่าจะต้องนำความยาวทุกด้านของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามารวมกัน หรือนำความกว้างรวมกับความยาวแล้วคูณด้วย 2
	ระดับ C (0 คะแนน)	การแสดงแนวคิดมีข้อจำกัด ศึกษาสถานการณ์ให้ชัดเจนและวาดภาพสี่เหลี่ยมผืนผ้าแทนที่ดิน แล้วสังเกตการล้อมรั้วจะต้องนำความยาวด้านใดมารวมกันบ้าง นั่นคือนำความยาวทุกด้านมารวมกัน หรือนำความกว้างรวมกับความยาวแล้วคูณด้วย 2
การใช้แนวคิด เชิง คณิตศาสตร์	ระดับ A (2 คะแนน)	นำหลักการและคำตอบที่ได้มาใช้ในการหาและตรวจสอบคำตอบได้อย่างดีพยายามพัฒนาวิธีการหาและตรวจสอบคำตอบที่หลากหลายต่อไป
	ระดับ B (1 คะแนน)	ฝึกฝนการหาคำตอบ การคำนวณให้ถูกต้อง รอบคอบ โดยพิจารณาหาความยาวรอบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าว่ามีทั้งหมด 4 ด้าน จึงต้องนำมาบวกกันทั้งหมด นั่นคือ $6 + 6 + 12 + 12 = 36$ เมตร จะได้ว่านายคณิตต้องใช้รั้วลวดหนามยาว 36 เมตร
	ระดับ C (0 คะแนน)	ปรับวิธีการและฝึกคำนวณหาความยาวรอบที่ดินว่าจะต้องนำความยาวทุกด้านมาบวกกันนั่นคือ $6 + 6 + 12 + 12 = 36$ เมตร เป็นความยาวรอบที่ดินหรือรั้วที่ต้องการนำมาล้อมรอบ
การตีความ	ระดับ B (1 คะแนน)	ตีความและสรุปคำตอบได้ดี ตามสถานการณ์ที่กำหนดให้
	ระดับ C (0 คะแนน)	ฝึกตีความและสรุปคำตอบตามสถานการณ์ที่กำหนดว่าโจทย์ต้องการทราบความยาวรั้วลวดหนามที่ต้องใช้ล้อมที่ดิน จึงสรุปว่านายคณิตต้องใช้รั้วลวดหนามที่มีความยาว 36 เมตร จึงจะล้อมที่ดินได้พอดี



**แบบบันทึกผลคะแนนการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย  
ของแบบสอบอรรถนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์**

กลุ่ม..... ฉบับที่..... เหตุการณ์ที่.....

- คำชี้แจง**
1. ให้ผู้ตรวจดำเนินการตรวจโดยยึดเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย พิจารณาคำตอบของนักเรียนแล้วให้คะแนนโดยใส่ลงในช่องตารางด้านล่างตามเลขประจำตัวของนักเรียน
  2. เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน) การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2 คะแนน) และการตีความ (1 คะแนน)

เลข ประจำตัว	ข้อคำถามข้อที่ 1				ข้อคำถามข้อที่ 2				ข้อคำถามข้อที่ 3				ข้อคำถามข้อที่ 4				รวม
	2	2	1	รวม	2	2	1	รวม	2	2	1	รวม	2	2	1	รวม	

ลงชื่อผู้ตรวจ.....

(.....)

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายกิติกร กมลรัตน์สมบัติ เกิดเมื่อวันที่ 22 เมษายน พ.ศ.2533 สำเร็จการศึกษา  
ครุศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1) จากสาขาวิชามัธยมศึกษา(วิทยาศาสตร์) ภาควิชา  
หลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2556 และ  
ศึกษาต่อในระดับปริญญาครุศาสตร มหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา  
ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา  
2557 ปัจจุบันประกอบอาชีพรับราชการครู กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนราชวินิต  
บางแก้ว จังหวัดสมุทรปราการ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 6

