



ผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์ที่มีต่อพัฒนาการความสามารถ
ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

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

นายกิติกร กมลรัตนสมบัติ *

Katikorn Kamolrattanasombat

รศ.ดร.กมลวรรณ ตั้งธนานนท์ **

Assoc. Prof. Kamonwan Tangdhanakanond, Ph.D.

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เหน้การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง และเพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 60 คน ที่กำหนดด้วยโปรแกรม G*POWER โดยให้ขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง .50 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เหน้การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง สถิติที่ใช้ในงานวิจัยคือ สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ ผลการวิจัยพบว่า (1) แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นแต่ละฉบับมีจำนวน 3 เหตุการณ์ เป็นเรื่องจำนวน ความยาว ระยะเวลา ส่วนเหน้การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยและข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่พัฒนาขึ้นมี 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ (2) แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มีสถานการณ์และข้อคำถามที่สอดคล้องกับตัวชี้วัดพฤติกรรมและขั้นตอนการแก้ปัญหา (IOC มีค่าตั้งแต่ .6 – 1.0) เหตุการณ์มีความยากค่อนข้างง่าย (.43 – .69) อำนาจจำแนกดี (.36 – .49) ความเที่ยงสูง (.826 – .923) เหน้การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยและข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงสอดคล้องกับองค์ประกอบในการตรวจให้คะแนน (IOC มีค่าตั้งแต่ .6 – 1.0) ความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจคนเดียวมีค่า .875 - .990 และความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจ 2 คน มีค่า .960 - .984 และ (3) นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงที่สุดในระยะที่ 3 นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับ และนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

* นิสิตมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรวิทยาดงรักและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย E-mail Address: katikorn.k@gmail.com

**อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาและประเมินผลการศึกษา ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย E-mail Address: tkamonwan@hotmail.com

ISSN1905-4491

Abstract

The purposes of this study were to develop and investigate the quality of the modified essay questions for measuring mathematics problem solving ability, to assess the quality an analytic scoring rubric and directive feedback, and to compare mathematics problem solving ability development of students in different mathematics ability levels obtaining directive feedback from the modified essay questions for measuring mathematics problem solving ability. The samples were 60 students in the eighth grade determined by using G*POWER program in the case of moderate effect size .50 at 95% confidence level. The research instruments were the modified essay questions for measuring mathematics problem solving ability, the analytic scoring rubric and the directive feedback. The data were analyzed using Cronbach's Alpha Coefficient, Pearson's Product Moment Correlation Coefficient and repeated measures ANOVA. The findings were as follows: (1) Each modified essay question for measuring mathematics problem solving ability consisted of 3 events, i.e., number, length and time. The developed analytic scoring rubric and the directive feedback consisted of 3 elements, i.e., formulating, employing and interpreting. (2) The situations and questions in the modified essay questions for measuring mathematics problem solving ability were consistent with the behavioral indicators and problem solving steps (with the IOC values between .6 to 1.0). The difficulty of the events were relatively easy (.43 to .69). The events had good discrimination power (.36 to .49). The reliability of the situations was high (.826 to .923). The analytic scoring rubric and the directive feedback were consistent with all of the components in the scoring rubric (with the IOC values between .6 to 1.0). In addition, intra rater reliability was between .875 to .990 and inter rater reliability was .960 to .984. (3) The students 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 directive feedback was not significantly different at the .05 level.

คำสำคัญ: แบบสอบอัตนัยประยุกต์/ข้อมูลย้อนกลับ/พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

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

บทนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์และแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วน รอบคอบ นอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ทำให้มนุษย์สามารถ ดำรงชีวิตอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข แต่จากผลการสำรวจปัญหานักเรียนไทยอ่อนคณิตศาสตร์พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ขาดทักษะการใช้กระบวนการคิดและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยไม่สามารถนำ ความรู้ไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาต่างๆ ได้ (สมวงษ์ แปลงประสพโชค, 2556) สอดคล้องกับผลการประเมิน การรู้เรื่องคณิตศาสตร์ใน PISA 2012 ที่พบว่าจุดอ่อนเรื่องคณิตศาสตร์คือนักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ค่อนข้างต่ำและมีแนวโน้มที่จะลดลงในอนาคต การพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์จึงเป็น กระบวนการที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญและเป็นหัวใจหลักของการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ การฝึกแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์นั้นมีส่วนช่วยส่งเสริมลำดับขั้นตอนในการคิดแก้ปัญหาที่พบใน ชีวิตประจำวันได้เพราะมีความคล้ายคลึงกัน และจากการศึกษาและสังเคราะห์ขั้นตอนการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ของนักการศึกษาหลายท่าน (Bradley, 1995; Dossey, 2005; Krulik, 1982; Polya, 1957; Wilson, 1993; วิชากร, กรม, 2545; ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล, 2542; ทิศนา แคมมณี, 2545) พบว่ามีขั้นตอนที่ สำคัญดังนี้ 1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา 2) ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) ขั้น ทบทวนและตรวจสอบคำตอบ นอกจากนี้การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ยังต้องใช้ เครื่องมือให้เหมาะสมกับรูปแบบการวัดเพื่อให้นักเรียนแสดงศักยภาพของตนเองออกมาให้มากที่สุด เครื่องมือ ที่เหมาะสมและนิยมนำมาใช้มากที่สุดคือแบบสอบอัตนัยประยุกต์ (Modified Essay Question: MEQ) ซึ่งเป็นแบบสอบความเรียงที่นำเสนอเหตุการณ์ที่ละขั้นตอนตามลำดับ มีคำถามแทรกเป็นระยะ สามารถใช้ ประเมินได้ทั้งการประเมินความก้าวหน้า (formative) และการประเมินผลรวม (summative) สำหรับวิธีการ ตรวจให้คะแนนแบบสอบอัตนัยประยุกต์มีอยู่หลายแบบ ทั้งวิธีการตรวจให้คะแนนแบบ Knox และแบบ Feletti ซึ่งมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันและผู้สอบจะทราบผลคะแนนเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถนำผลมาใช้เป็น ข้อมูลย้อนกลับเพื่อนำไปปรับปรุงตนเองได้ ในขณะที่ มาฆพันธ์ อำนาคิล (2557) ได้สรุปผลการวิจัยว่า วิธีการ ตรวจให้คะแนนอีกแบบหนึ่งคือแบบวิเคราะห์ย่อยซึ่งเป็นวิธีที่มีค่าความเที่ยงสูงที่สุดในทุกเงื่อนไขจำนวน เหตุการณ์และมีค่าความเที่ยงสูงขึ้นเมื่อมีจำนวนเหตุการณ์เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีการให้คะแนนของ Knox และ Feletti นอกจากนี้การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยยังสามารถตรวจสอบขั้นตอนกระบวนการ แก้ปัญหาของนักเรียน สามารถนำผลการตรวจมาให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ได้ สำหรับองค์ประกอบสำคัญในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี และสุชาติ ปัทมวิภาต (2557) เสนอไว้ 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (formulating) การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (employing) และการตีความ (interpreting) แต่ละองค์ประกอบสามารถ

นำไปใช้ในการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะที่สำคัญและนำไปใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การให้ข้อมูลย้อนกลับเมื่อนักเรียนทำแบบฝึกหัดหรือแบบสอบแล้ว จะทำให้นักเรียนทราบผลการตอบของตนเองว่าทำถูกต้องหรือผิด ซึ่งนักเรียนสามารถนำกลับไปใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาได้ หากตอบถูกต้องข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะจะเป็นการเสริมแรงทางบวกให้พัฒนาสิ่งนั้นดีขึ้นไปอีก หรือหากตอบผิดข้อมูลย้อนกลับจะทำให้ทราบข้อบกพร่องและเป็นข้อมูลในการตัดสินใจให้ตอบใหม่อีกครั้งหนึ่ง การเลือกรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับจึงต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับเนื้อหาบทเรียนและระดับความสามารถของนักเรียน ซึ่งผลการวิจัยของอนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม (2555) พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีกว่าผู้เรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบบอกคำตอบ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเป็นกระบวนการที่ทำให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ดีขึ้น

จากความสำคัญของการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การสร้างแบบสอบอัตนัยประยุกต์ วิธีการตรวจให้คะแนน ตลอดจนการให้ข้อมูลย้อนกลับ จะเห็นได้ว่าแบบสอบอัตนัยประยุกต์เป็นแบบสอบที่เหมาะสมจะนำมาใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สามารถตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยแล้วได้คุณภาพดีที่สุดและทำให้ทราบข้อบกพร่องของนักเรียนแต่ละขั้นตอนได้ แต่จากงานวิจัยพบว่าแบบสอบอัตนัยประยุกต์จะใช้เป็นแบบสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งผลคะแนนจะแสดงเพียงความสามารถของนักเรียน ไม่ได้นำเสนอการนำผลการวัดไปใช้ในการศึกษาพัฒนาการเรียนรู้นักเรียน อย่างไรก็ตามจากการศึกษาข้อมูลข้างต้นยังไม่พบว่ามีงานวิจัยใดที่ศึกษาผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อีกทั้งยังไม่พบว่ามีงานวิจัยใดศึกษาพัฒนาการเรียนรู้นักเรียนจากการได้รับข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์ ผู้วิจัยจึงได้สนใจศึกษาการสร้างและพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์ที่มีคุณภาพในการวัดความสามารถการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีวิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และศึกษาผลของการให้ข้อมูลย้อนกลับจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์ที่มีต่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้นักเรียน

วัตถุประสงค์

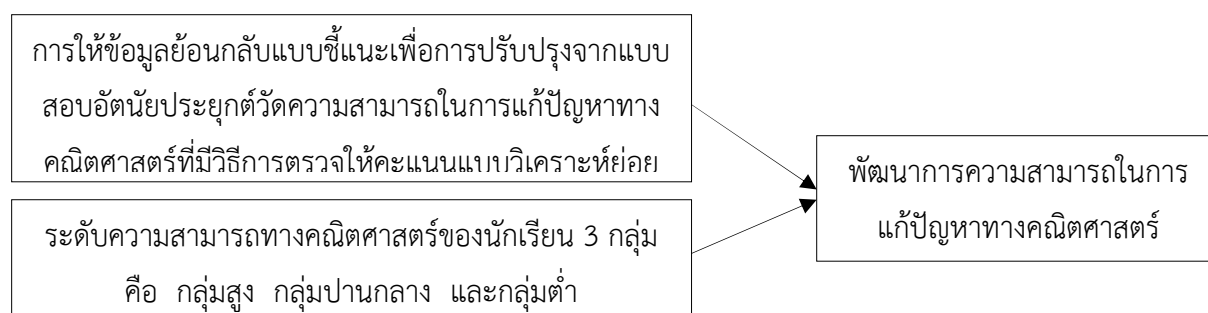
1. เพื่อพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง
2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

3. เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยประเภทกึ่งทดลอง (quasi-experimental designs) แบบอนุกรมเวลา มีรายละเอียดการดำเนินการวิจัย ดังนี้

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาอยู่ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 6 จำนวน 54 โรงเรียน รวม 13,906 คน

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 6 จำนวน 60 คน ที่ได้มาโดยการเลือกโรงเรียนแบบเฉพาะเจาะจงจำนวน 1 โรงเรียน ซึ่งพิจารณาตามเกณฑ์ดังนี้ 1) จัดการเรียนรู้อยู่ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 2) นักเรียนได้รับการคัดเลือกมาจากการสอบเข้า ม.1 ทั่วประเทศ และ 3) จัดห้องเรียนแบบความสามารถ จากนั้นสุ่มห้องเรียนอย่างง่าย (sample random sampling) จำนวน 2 ห้องเรียน เพื่อให้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอย่างละ 1 ห้องเรียน ซึ่งแต่ละกลุ่มมีนักเรียน 30 คน แบ่งระดับความสามารถเป็นสูง กลาง และต่ำ โดยพิจารณาจากคะแนนผลการสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่อยู่ในช่วง $x+1S$, $x\pm 1S$ และ $x-1S$ ตามลำดับ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ (1) แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 ฉบับที่คู่ขนานกัน แต่ละฉบับมีจำนวน 3 เหตุการณ์ แต่ละเหตุการณ์มีข้อความถาม 4 ข้อ รวมแบบสอบหนึ่งฉบับมีข้อความถามจำนวน 12 ข้อ โดยข้อความถามในแต่ละเหตุการณ์จะวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 4 ขั้นตอนตามที่ผู้วิจัยสังเคราะห์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องคือ ข้อคำถามที่ 1 วัดความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา

ข้อคำถามที่ 2 วัดความสามารถในการวางแผนการแก้ปัญหา ข้อคำถามที่ 3 วัดความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหา และข้อคำถามที่ 4 วัดความสามารถในการทบทวนและตรวจสอบคำตอบของการ

แก้ปัญหา (2) เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย มีองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนนแต่ละข้อคำถาม 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2, 1, 0 คะแนน) การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2, 1, 0 คะแนน) และการตีความ (1, 0 คะแนน) (3) ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง เป็นคำอธิบายที่บอกรายละเอียดความถูกต้อง แนวทาง เหตุผล และเปรียบเทียบให้เห็นข้อมูลชัดเจนขึ้นตามองค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ตรวจด้วยเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเชิงบรรยาย คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) คะแนนต่ำสุด (MIN) และคะแนนสูงสุด (MAX) ของแต่ละเหตุการณ์ของแบบสอบทั้ง 3 ฉบับ

2. การวิเคราะห์ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแต่ละเหตุการณ์ และวิเคราะห์ค่าความเที่ยง (Coefficient Alpha) ของแบบสอบแต่ละฉบับโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป B-Index

3. การวิเคราะห์ความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจคนเดียว (intra rater reliability) ที่ตรวจให้คะแนน 2 ครั้ง ห่างกัน 4 สัปดาห์ และความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจ 2 คน (inter rater reliability) ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Product Moment Correlation Coefficient) ของแต่ละเหตุการณ์

4. การวิเคราะห์พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน โดยกำหนดเป็น 3 ระยะ ดังภาพที่ 1



ภาพ 1 รูปแบบการวิเคราะห์พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และคำนวณคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (relative gain score) ที่เสนอโดยศิริชัย กาญจนวาสี (2556) คือ

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

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

5. การเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

1.1 ผลการพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

แบบสอบอัตนัยประยุกต์มีจำนวน 3 ฉบับที่คู่ขนานกัน วิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ระดับม.2 เรื่องโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการกำลังสองตัวแปรเดียว ซึ่งมีจำนวน 3 เหตุการณ์ แต่ละเหตุการณ์มี 4 ข้อคำถามที่วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ดังนี้ ข้อ 1 วัดการทำความเข้าใจปัญหา ข้อ 2 วัดการวางแผนการแก้ปัญหา ข้อ 3 วัดการดำเนินการแก้ปัญหา และข้อ 4 วัดการทบทวนและตรวจสอบคำตอบ รวมทั้งฉบับมีข้อคำถาม 12 ข้อ ใช้เวลาในการสอบ 50 นาที ดังตัวอย่างในภาพที่ 2

1.2 ผลการพัฒนาเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่พัฒนาขึ้นใช้องค์ประกอบในการตรวจตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสุชาดา ปัทมวิภาต 3 องค์ประกอบคือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์และการใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์แบ่งคะแนนเป็น 2, 1 และ 0 คะแนน ส่วนการตีความแบ่งคะแนนเป็น 1 และ 0 คะแนน ดังตัวอย่างในตารางที่ 1

1.3 ผลการพัฒนาข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง เป็นข้อมูลที่เน้นพัฒนาการเชิงบวก สามารถทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกที่ดีในการเรียนรู้และพร้อมที่จะรับข้อมูลแนะแนวทางเพื่อนำกลับไปพัฒนาตนเอง โดยไม่เกิดความวิตกกังวลกับข้อผิดพลาดมากเกินไป ซึ่งจะให้ตามองค์ประกอบการตรวจให้คะแนนแบ่งเป็น 3 ระดับได้แก่ ระดับ A, B และ C คือข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนที่ได้คะแนนจากแต่ละองค์ประกอบ 2, 1 และ 0 คะแนนตามลำดับ ทำให้แต่ละคนจะได้ข้อมูลย้อนกลับแตกต่างกัน ดังตัวอย่างในตารางที่ 2

ภาพ 2 ตัวอย่างแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เวลาสำหรับการทำข้อนี้ 5 นาที	เหตุการณ์ที่ 2	หน้าที่ 3
เวลาสะสม 12 นาที	สถานการณ์ที่ 3	เลขประจำตัวนักเรียน.....
นอกจากที่นายคณิตจะรู้ว่าที่ดินเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และมีด้านยาวยาวกว่าด้านกว้างอยู่ 6 เมตรแล้ว นายคณิตจึงไปค้นหาเอกสารเพิ่มเติมที่เป็นหลักฐานของที่ดินพบว่า ที่ดินนี้มีพื้นที่ 72 ตารางเมตร		
ข้อคำถามข้อที่ 3		

คำถาม	นักเรียนจะมีวิธีการสร้างสมการและอธิบายที่มาของสมการเพื่อใช้แก้ปัญหาได้อย่างไร และหาความกว้างและความยาวของที่ดินได้เท่าไร		
คำตอบ.....			
ข้อควรระวัง	ขอให้ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำ และตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ทำข้อคำถามนี้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว จึงทำข้อถัดไป เพราะไม่อนุญาตให้กลับมาแก้ไขได้อีก		
คะแนนที่ได้และข้อมูลย้อนกลับ			
การคิดเชิงคณิตศาสตร์	(2 คะแนน)	คะแนน	
การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์	(2 คะแนน)	คะแนน	
การตีความ	(1 คะแนน)	คะแนน	
สรุปสิ่งที่ต้องพัฒนาตนเอง			

ตาราง 1 ตัวอย่างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย

องค์ประกอบ	คะแนน	เกณฑ์การตรวจให้คะแนน
การคิดเชิงคณิตศาสตร์	2	นักเรียนแสดงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง คือ บอกได้ว่าพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า = ความกว้าง x ความยาว <i>และ</i> เขียนสมการรูปทั่วไปได้ถูกต้อง
	1	นักเรียนแสดงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ได้บางส่วน คือ บอกได้ว่าพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า = ความกว้าง x ความยาว <i>หรือ</i> เขียนสมการรูปทั่วไปถูกต้อง อย่างใดอย่างหนึ่ง
	0	นักเรียนไม่สามารถแสดงแนวคิดได้ คือ เขียนสมการที่ไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ <i>หรือ</i> ไม่เขียนสมการ
การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์	2	นักเรียนแสดงการจัดการข้อมูลได้ถูกต้อง คือ มีการแสดงวิธีการหาคำตอบที่ชัดเจน <i>และ</i> ถูกต้องทุกขั้นตอน จนได้คำตอบเป็น 6 และ -12
	1	นักเรียนแสดงการจัดการข้อมูลได้ถูกต้องบางส่วน คือ มีการแสดงวิธีการหาคำตอบแต่ผิดตั้งแต่ 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 <i>หรือ</i> ไม่สรุปคำตอบ

ตาราง 2 ตัวอย่างข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

องค์ประกอบ	ระดับ/คะแนน	ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง
การคิดเชิงคณิตศาสตร์	ระดับ A	แสดงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ได้ดี สามารถเลือกประโยคเงื่อนไขมาสร้างสมการได้ถูกต้อง ควรหาวิธีการที่หลากหลายมากขึ้น อาจได้วิธีการหาคำตอบที่ง่ายขึ้น
	ระดับ B	แสดงแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ได้ดีพอสมควร แต่อาจยังไม่ครบถ้วนทั้ง 2

	(1 คะแนน)	ประเด็น ควรแสดงแนวคิดที่พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า = ความกว้าง x ความยาว และนำตัวแปรที่กำหนดไว้มาแทนค่าเพื่อสร้างสมการ จะได้เป็น $0 = x^2 + 6x - 72$
	ระดับ C (0 คะแนน)	ศึกษาสถานการณ์ให้ชัดเจนและพยายามเขียนสมการที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ โดยพิจารณาว่าสูตรพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า = ความกว้าง x ความยาว และนำตัวแปรความกว้างและความยาวที่กำหนดมาแทนค่าสร้างสมการจะได้ $0 = x^2 + 6x - 72$
การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์	ระดับ A (2 คะแนน)	นำหลักการและสมการที่สร้างขึ้นไปหาคำตอบได้อย่างดี มุ่งมั่นพัฒนาวิธีการหาคำตอบที่หลากหลาย โดดเด่น และเหมาะสมต่อไป เช่น การใช้สูตรในการหาคำตอบ เป็นต้น
	ระดับ B (1 คะแนน)	ฝึกฝนหาคำตอบโดยเน้นไปที่เรื่องการคูณพหุนาม การแก้สมการและการคำนวณ การบวก ลบ ให้คล่องและตรวจสอบทุกขั้นตอนให้รอบคอบ จะได้คำตอบคือ 6 และ -12
	ระดับ C (0 คะแนน)	ทดลองฝึกการคูณพหุนามด้วยพหุนามและจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปทั่วไป คือ $ax^2 + bx + c = 0$ เมื่อ a,b,c แทนจำนวนจริงใดๆ และ $a \neq 0$ แล้วแยกตัวประกอบพหุนามจะได้สมการเป็น $0 = (x + 12)(x - 6)$ แล้วจึงนำแต่ละวงเล็บไปเท่ากับ 0 จะได้คำตอบเป็น 6 และ -12
	ระดับ B (1 คะแนน)	ตีความและสรุปคำตอบได้ดี มีการตัดคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ทิ้งไป ให้เหลือแต่คำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์ชีวิตจริง
	ระดับ C (0 คะแนน)	ปรับวิธีการพิจารณาคำตอบที่ได้มาทั้ง 2 คำตอบว่าความกว้างหรือความยาวไม่สามารถเป็นจำนวนลบได้ จึงต้องตัดคำตอบที่เป็น -12 ออก

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

2.1 ความตรงเชิงเนื้อหาของสถานการณ์และข้อคำถาม เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

สถานการณ์และข้อคำถามที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดพฤติกรรมและขั้นตอนการแก้ปัญหา เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยและข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจให้คะแนนเมื่อเทียบกับเกณฑ์ ≥ 0.5 ทุกข้อ และคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิอธิบายว่า ทุกเครื่องมือควรปรับภาษาให้ชัดเจน ส่วนสถานการณ์และข้อคำถามควรเชื่อมโยงให้อยู่ในบริบทของชีวิตจริง เกณฑ์การตรวจให้คะแนนควรปรับให้เหมาะสมกับข้อคำถาม และข้อมูลย้อนกลับควรอธิบายรายละเอียดให้ครบถ้วน และเพิ่มเติมตัวอย่างให้ทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และความเที่ยงของแบบสอบอัตนัยประยุกต์ วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เหตุการณ์ในแบบสอบฉบับที่ 1 มีค่าความยากระหว่าง .43 – .60 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง .36 – .49 แสดงว่ามีความยากง่ายปานกลางและจำแนกผู้สอบพอใช้ได้ เหตุการณ์ในแบบสอบฉบับ

ที่ 2 และ 3 มีค่าความยากใกล้เคียงกันคือมีค่าระหว่าง .61 – .69 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง .41 – .49 แสดงว่าค่อนข้างง่ายและจำแนกผู้สอบได้ดี ส่วนความเที่ยงของแบบสอบฉบับที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ .826, .920 และ .923 ตามลำดับ แสดงว่ามีความเที่ยงสูงและมีความคงเส้นคงวาในการวัด

2.3 ความเที่ยงในการตรวจให้คะแนน

ความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจคนเดียว (intra rater reliability) และความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจ 2 คน (inter rater reliability) พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของคะแนนมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกเหตุการณ์ โดยมีค่าอยู่ในช่วง .875 - .990 สรุปได้ว่าแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ตรวจด้วยเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนน โดยคะแนนที่ได้จากการตรวจคนเดียวหลายครั้งและคะแนนที่ได้จากการตรวจด้วยผู้ตรวจหลายคนมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงถึงความคงเส้นคงวาในการตรวจให้คะแนน ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3 และ 4

ตาราง 3 ความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจคนเดียว

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**

** $p < .01$

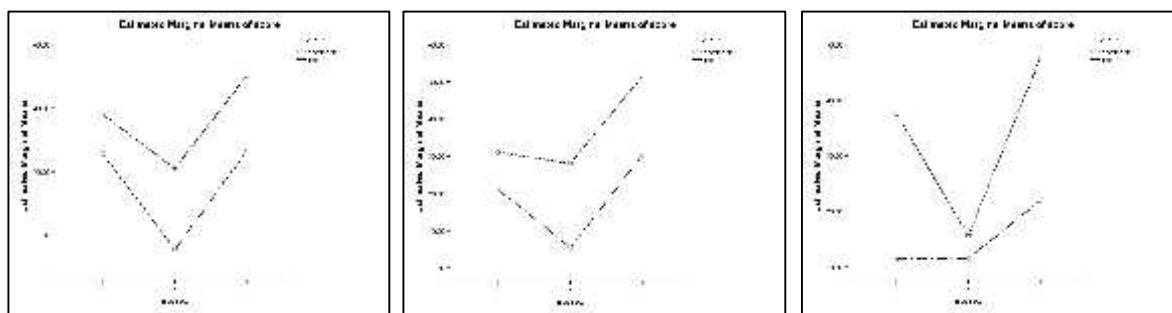
ตาราง 4 ความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจ 2 คน

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**

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3.1 ผลการประมาณคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียน

คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สูงสุดคือ 96.43 คะแนน และต่ำสุดคือ -50.00 คะแนน แสดงให้เห็นว่ามีนักเรียนบางคนที่ได้คะแนนน้อยลงจากครั้งแรก จึงทำให้มีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ติดลบ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ยของระยะที่ 3 มีค่าสูงที่สุดคือ 37.92 คะแนน รองลงมาเป็นคะแนนเฉลี่ยของระยะที่ 1 และ 2 คือ 27.41 และ 12.83 คะแนน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับทั้ง 3 ระยะ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพ 3 ค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ทั้ง 3 ระยะ ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ

3.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) ของค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียน พบว่านักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงและปานกลางมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ทั้ง 3 ระยะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (กลุ่มสูง $F = 3.518$, $Sig. = .087$ และกลุ่มปานกลาง $F = 3.079$, $Sig. = .107$) ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ทั้ง 3 ระยะ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($F = 6.706$, $Sig. = .024$) เมื่อพิจารณารายคู่พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ระยะที่ 3 สูงกว่าระยะที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

แสดงว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง มีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระยะยาวดีขึ้น กล่าวคือ พัฒนาการระหว่างแบบสอบฉบับที่ 1 กับฉบับที่ 3 ซึ่งมีระยะเวลาห่างกัน 2 สัปดาห์ รายละเอียดดังตารางที่ 5-7

ตาราง 5 ผลการทดสอบเงื่อนไข Sphericity ของค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์

ระดับความสามารถ	Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.
สูง	INTERVAL	.229	11.777	2	.003
ปานกลาง	INTERVAL	.230	11.761	2	.003
ต่ำ	INTERVAL	.229	11.802	2	.003

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ทั้ง 3 ระยะตามระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์

ระดับความสามารถ	Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
สูง	INTERVAL	Greenhouse-Geisser	4294.367	1.130	3801.747	3.518	.087
ปานกลาง	INTERVAL	Greenhouse-Geisser	2444.240	1.130	2163.294	3.079	.107
ต่ำ	INTERVAL	Greenhouse-Geisser	5258.477	1.129	4657.133	6.706*	.024

*p < .05

ตาราง 7 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนแต่ละระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์

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

3.3 ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงกับระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระยະที่สูงที่สุด (ระยะที่ 3)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (two – way ANOVA) พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงกับระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($F = .028$, $Sig. = .973$) แสดงว่านักเรียนที่ได้รับวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงและมีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน มีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระยະที่สูงที่สุด (ระยะที่ 3) ไม่แตกต่างกัน โดยจากการวิเคราะห์พบว่าระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียน ส่วนการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงเป็นวิธีการที่ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สูงที่สุดเมื่อเทียบกับนักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงรายละเอียดดังตารางที่ 8

ตาราง 8 ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงกับระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระยະที่สูงที่สุด (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

อภิปรายผล

1. การพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีจำนวน 3 ฉบับคู่ขนานกัน แต่ละฉบับมีจำนวน 3 เหตุการณ์ แต่ละเหตุการณ์มีข้อคำถาม 4 ข้อ รวมแบบสอบ 1 ฉบับมีข้อคำถามจำนวน 12 ข้อ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Feletti (1980) ที่กล่าวว่าจำนวนข้อคำถามของแบบสอบอัตนัยประยุกต์ที่เหมาะสมคือประมาณ 5–35

ข้อ โดยข้อคำถามในแต่ละเหตุการณ์จะใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 4 ขั้นตอน ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์มาจากทฤษฎี แนวคิด เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้ ข้อคำถามที่ 1 วัดการทำความเข้าใจปัญหา ข้อคำถามที่ 2 วัดการวางแผนการแก้ปัญหา ข้อคำถามที่ 3 วัดการดำเนินการแก้ปัญหา และข้อคำถามที่ 4 วัดการทบทวนและตรวจสอบคำตอบของการแก้ปัญหา

สำหรับเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยที่พัฒนาขึ้น มีองค์ประกอบในการตรวจให้คะแนน 3 องค์ประกอบ คือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ การใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการตีความ โดยองค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการใช้แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์มีเกณฑ์การให้คะแนน 3 ระดับ คือ 2, 1 และ 0 คะแนน และองค์ประกอบการตีความมีเกณฑ์การให้คะแนน 2 ระดับ คือ 1 และ 0 คะแนน

ส่วนข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงเป็นคำอธิบายที่บอกรายละเอียดตามองค์ประกอบในการตรวจให้คะแนนเช่นเดียวกัน โดยแต่ละองค์ประกอบแบ่งเป็น 3 ระดับได้แก่ ระดับ A, B และ C คือข้อมูลย้อนกลับสำหรับนักเรียนที่ได้คะแนนจากแต่ละองค์ประกอบ 2, 1 และ 0 คะแนนตามลำดับ เพื่อให้ให้นักเรียนนำข้อมูลย้อนกลับไปค้นหาคำตอบหรือวิธีการด้วยตนเอง นอกจากนี้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงยังทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว และมีพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของอนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม (2555) และดาวเรือง ลุ่มทอง (2553)

2. การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง

สถานการณ์และข้อคำถามที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดพฤติกรรมและขั้นตอนการแก้ปัญหา เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยและข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบที่ใช้ในการตรวจคะแนน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากผู้วิจัยสร้างสถานการณ์และข้อคำถามที่มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดพฤติกรรมและขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามที่ได้สังเคราะห์มา พร้อมทั้งสร้างเครื่องมือทั้ง 3 ประเภทไปพร้อมกัน ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อย

ผลการวิเคราะห์ค่าความยากของเหตุการณ์พบว่า เหตุการณ์ในแบบสอบฉบับที่ 1 ส่วนใหญ่มีค่าความยากง่ายปานกลาง เหตุการณ์ในแบบสอบฉบับที่ 2 และ 3 มีค่าความยากง่ายที่ค่อนข้างง่าย ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้และคุ้นเคยกับรูปแบบโจทย์ปัญหาและแนวคำตอบจึงทำให้เหตุการณ์ในแบบสอบฉบับหลังนั้นค่อนข้างง่าย เมื่อพิจารณาค่าอำนาจจำแนกพบว่า เหตุการณ์ในแบบสอบฉบับที่ 1 ส่วนใหญ่มีค่าอำนาจจำแนกพอใช้ได้ เหตุการณ์ในแบบสอบฉบับที่ 2 และ 3 มีค่าอำนาจจำแนกดีทุกเหตุการณ์ ส่วนความเที่ยงของแบบสอบทั้ง 3 ฉบับมีค่า .8 ขึ้นไปแสดงว่ามีความคงเส้นคงวาในการวัด สอดคล้องกับศิริชัย กาญจนวาสี (2556) ที่กล่าวว่าแบบสอบควรมีความเที่ยงอย่างน้อยที่สุดไม่ต่ำกว่า .50

ผลการตรวจสอบความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนของผู้ตรวจคนเดียว 2 ครั้ง (intra rater reliability) และความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจ 2 คน (inter rater reliability) พบว่า

แบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ตรวจด้วยเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะหีย่อยมีความเที่ยงในการตรวจให้คะแนนอยู่ในระดับสูง โดยคะแนนที่ได้จากการตรวจโดยผู้ตรวจหลายคน และคะแนนที่ได้จากการตรวจคนเดียวหลายครั้งจะมีค่าใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับผลการวิจัยของมาฆพันธ์ อำนาคิล (2557) ที่กล่าวไว้ว่าวิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะหีย่อยเป็นวิธีที่มีความเที่ยงสูง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากผู้วิจัยได้อธิบายวิธีการ เกณฑ์ และตัวอย่างการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะหีย่อยกับผู้ตรวจอีกคนหนึ่งทราบ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดจากการให้คะแนนของผู้ตรวจ

3. การเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันที่ได้รับการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงจากแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1) นักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับจะได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอนตามองค์ประกอบในการตรวจให้คะแนนและสามารถปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดของตนเองได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนทุกระดับความสามารถที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ระยะที่ 3 มากกว่าระยะที่ 1 และ 2 ทั้งนี้เป็นเพราะพัฒนาการระยะที่ 3 เป็นระยะที่คำนวณคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ที่มีระยะเวลาห่างกัน 2 สัปดาห์ นานกว่าระยะที่ 1 และ 2 ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ข้อมูลย้อนกลับได้อย่างละเอียด ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลแนะแนวทางที่เน้นพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนเชิงบวกทำให้เกิดความรู้สึที่ดีในการเรียนรู้และไม่กังวลกับข้อผิดพลาดมากเกินไป และข้อมูลย้อนกลับยังมีรายละเอียดที่แนะนำเกี่ยวกับสิ่งที่ควรกระทำต่อไป อีกทั้งนักเรียนยังสามารถฝึกทักษะตามคำแนะนำได้และอภิปรายร่วมกับนักเรียนคนอื่นได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการฝึกแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เมื่อพิจารณาพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 3 พบว่า ข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงเหมาะสมกับนักเรียนทุกระดับความสามารถ โดยเฉพาะนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ปานกลาง จะเห็นได้จากการที่นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ปานกลางมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระยะที่ 3 สูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงและต่ำ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงให้ข้อมูลที่จำเป็นและเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน ทั้งในเรื่องของคำอธิบายแนะแนวทางและตัวอย่างประกอบ ทำให้นักเรียนสามารถนำแนวทางชี้แนะไปใช้ในการแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี

2) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ทั้ง 3 ระยะ ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันพบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์สูงและปานกลาง มีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ทั้ง 3 ระยะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนกลุ่มสูงและปานกลางเป็นมีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์เดิมอยู่แล้ว ทำให้การได้รับข้อมูลย้อนกลับ

แบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงช่วยเพิ่มพัฒนาการได้เพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ข้อมูลนี้ที่ผู้วิจัยให้กับนักเรียนอาจเป็นข้อมูลแนะแนวทางที่แก้ปัญหาแตกต่างกับวิธีการของนักเรียน จึงทำให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการที่หลากหลายแต่ไม่สามารถอธิบายแนวทางแก้ปัญหาที่ดีที่สุดตามแนวทางของตนเองได้ ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำมีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ 3 ระยะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีรายละเอียดเพียงพอที่จะอธิบายความถูกต้องของคำตอบ การชี้แนะแนวทางการหาคำตอบที่ถูกต้อง อธิบายเหตุผลและยกตัวอย่างที่เหมาะสม กระตุ้นความคิดให้ได้เรียนรู้เชิงบวก ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้นักเรียนได้ทราบแนวทางการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เข้าใจง่าย ชัดเจน และส่งเสริมการกระทำเชิงบวกให้นักเรียนมีกำลังใจในการพัฒนาตนเอง

3) เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงพบว่า นักเรียนทุกระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์มีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะธรรมชาติของข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงเป็นคำอธิบายบอกผลการตอบแบบสอบที่เน้นพัฒนาการเรียนรู้เชิงบวก มีรายละเอียดที่แสดงการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอน ทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกที่ดีในการเรียนรู้และพร้อมจะรับข้อมูลกลับไปพัฒนาตนเองโดยไม่เกิดความวิตกกังวลกับข้อผิดพลาดมากเกินไป นักเรียนจึงสามารถแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของตนเองได้อย่างถูกต้องตามองค์ประกอบในการตรวจให้คะแนน ในขณะที่นักเรียนที่ไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงก็ยังมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกันแต่ไม่มากเท่านักเรียนที่ได้รับข้อมูล ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนเกิดความคุ้นเคยกับลักษณะสถานการณ์ข้อคำถาม สอดคล้องกับ Heilenman (1990) ที่กล่าวว่ารูปแบบสถานการณ์ในแบบสอบที่นักเรียนเข้าใจและตอบสนองต่อข้อคำถามจะเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อผลลัพธ์ของการประเมินด้วย

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ต่อไปพบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน กล่าวคือข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงส่งเสริมให้นักเรียนทุกระดับมีพัฒนาการไม่แตกต่างกัน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเมื่อนักเรียนทุกระดับความสามารถได้รับข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงแล้ว ทำให้นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เพิ่มมากขึ้นจนถึงระดับคงที่ สอดคล้องกับลักษณะโค้งการเรียนรู้ของ Carroll (Brown & Sakes, 1985, cited in Tangdhanakanond, K., 2006) ที่กล่าวว่าพัฒนาการการเรียนรู้จะเพิ่มขึ้นในอัตราสูงขึ้นและค่อยๆ คงที่ในช่วงปลาย ซึ่งจากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าผู้วิจัยสามารถนำแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เปรียบเทียบการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงไปใช้กับนักเรียนได้ ทุกระดับความสามารถซึ่งส่งผลดีต่อพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. แบบสอบอัตนัยประยุกต์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพทั้งความตรงและความเที่ยง รวมถึงมีวิธีการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อยและข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงที่ส่งผลต่อพัฒนาการของนักเรียนได้เป็นอย่างดี ดังนั้น ผู้ที่สนใจสามารถนำไปใช้ประเมินความก้าวหน้าหรือประเมินผลรวมของนักเรียนได้
2. การใช้แบบสอบอัตนัยประยุกต์จะใช้เวลาตอบคำถามค่อนข้างมาก เนื่องจากมีลักษณะเป็นเรื่องราวต่อเนื่องกันและข้อคำถามวัดความสามารถในการแก้ปัญหาแต่ละขั้นตอน จึงต้องเว้นระยะเวลาให้เพียงพอในการตอบคำถามและควรจัดสรรจำนวนเหตุการณ์ให้เหมาะสมกับระยะเวลาที่มี
3. การนำแบบสอบอัตนัยประยุกต์ เสนอการตรวจให้คะแนนแบบวิเคราะห์ย่อย และข้อมูลย้อนกลับแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงไปใช้ ต้องทำความเข้าใจรายละเอียดให้ชัดเจนและฝึกฝนจนชำนาญ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับข้อมูลย้อนกลับรูปแบบอื่นๆ
2. ควรพัฒนาแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการแก้ปัญหาของรายวิชาอื่น หรือแบบบูรณาการหลายวิชา เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขกระบวนการจัดการเรียนรู้
3. ควรศึกษาพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากกว่า 3 ระยะ และเปรียบเทียบว่าระยะใดที่นักเรียนมีพัฒนาการสูงที่สุด

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล. (2542). *ชุดกิจกรรมค่ายคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการจัดค่ายคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ

มหานคร: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

ดาวเรือง ลุมทอง. (2553). ผลของรูปแบบข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อพัฒนาการของผลงานด้านทัศนศิลป์: การ

ประยุกต์ใช้ข้อมูลย้อนกลับทั่วไปและข้อมูลชี้แนะเพื่อการปรับปรุง. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 4(1), 353-367.

ทิตนา แคมมณี. (2545). *ทฤษฎีและแนวปฏิบัติ*. กรุงเทพมหานคร: เทพเนรมิตการพิมพ์.

มาฆพันธ์ อำนาคิล. (2557). การเปรียบเทียบความเที่ยงของแบบสอบอัตนัยประยุกต์วัดความสามารถในการ

แก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ที่ใช้วิธีการตรวจให้คะแนนที่แตกต่างกัน ภายใต้จำนวนเหตุการณ์ที่

ต่างกัน: การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 14(1), 459-473.

วิชาการ, กรม. (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: องค์การ

รับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมวงศ์ แผลงประสพโชค. (2556). *ผลสำรวจสาเหตุเด็กไทยอ่อนคณิตศาสตร์และแนวทางแก้ไข*. สืบค้นจาก

http://www.ripn-math.com/doc/25510502/child_low_math.doc

สุชาติ ปัทมวิภาต. (2557). การประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA 2015. *นิตยสาร สสวท*, 42(188), 35 - 39.

อนงค์ เมธิพิทักษ์ธรรม. (2555). ผลของรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับที่แตกต่างกันที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 8(1), 2061-2074.

ภาษาอังกฤษ

Bradley, G. (1995). *Problem solving with creative mathematics*. California: Books/Cole Publishing Company Inc.

Dossey, J. (2005). *Developing students' literacy levels through interdisciplinary applications of mathematical problem solving*. (Mimeographed)

Feletti, G. I. (1980). *Reliability and validity studies on modified essay questions*. Academic Medicine.

Heilenman, L. K. (1990). Self-assessment of second language ability: The role of response effect. *Language testing*, 7(2), 174-201.

Krulik, S., & Rudnick J, A. (1982). Teaching Problem solving to preservice teachers. *The Arithmetic teacher*, 29(6), 42-45

Polya, G. (1957). *How to solve it*. United States of America: Princeton University.

Tangdhanakanond, K., Pitiyanuwat, S., & Archwamety, T. (2006). A development of portfolio for learning assessment of students taught by full-scale constructionism approach at Darunsikkhalai school. *Research in the school*, 13(2), 24-36.

Wilson, J. W. et al. (1993). *Mathematical problem solving*. Research ideas for the classroom: High school mathematics. (Mimeographed)