

การพัฒนาแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส

The Development of Mathematical Skill and Process on Mathematical Problem Solving Test of
Grade Nine Student according to Biggs and Collis' SOLO Taxonomy

จิรายุ สวงนแก้ว^{1*} มนตา ตูลย์เมธการ² และโชติมา หนูพริก³

¹ครู โรงเรียนเนกขัมมิวิทยา

²อาจารย์ ประจำสาขาวิจัยและพัฒนาศึกษภพมนุษย์

³นักวิชาการชำนาญการพิเศษ สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาคุณภาพและผลการใช้ของแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามตาม SOLO Taxonomy ของบิกและคอลลิส กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 172 คน จากโรงเรียน 4 โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา 8 ปีการศึกษา 2559 โดยใช้วิธีการสุ่มแบบหลายชั้นตอน เครื่องมือในการวิจัยคือ แบบทดสอบที่ประกอบด้วยสถานการณ์จำนวน 3 สถานการณ์ และคู่มือการตรวจ วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า คุณภาพแบบทดสอบได้แก่ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา มีดัชนีความสอดคล้องอยู่ในระดับ 1.00 ความเชื่อมั่น มีดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1 ความยาก อยู่ในช่วง 0.36 - 0.42 และอำนาจจำแนก อยู่ในช่วง 0.21 - 0.46 ซึ่งหมายถึงแบบทดสอบอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ในการทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้ และเกิดลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของนักเรียนกับระดับSOLO Taxonomyของบิกและคอลลิส ขึ้น 10 แบบ ได้แก่ 0 คะแนน ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน, 1 คะแนน ระดับโครงสร้างเดียว, 2 คะแนน ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง, 3 คะแนน ระดับโครงสร้างเดียว, 3 คะแนน ระดับโครงสร้างหลากหลาย, 3 คะแนน ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง, 3 คะแนน ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย, 4 คะแนน ระดับโครงสร้างหลากหลาย, 4 คะแนน ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และ4 คะแนน ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย

คำสำคัญ : แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์, SOLO Taxonomy ของบิกและคอลลิส, คุณภาพของแบบทดสอบ

Abstract

This study aimed at investigating the quality and the result of using Mathematical skill and process on mathematical problem solving test of grade nine students according to Biggs and Collis' SOLO Taxonomy. The sample of this research consisted of 172 grade nine students from 4 schools in Secondary Educational Service Area 8, during the second semester of academic year 2016 by stratified random sampling. The research instruments were a test consisted with 3 situations and 4 items for each and the manual of test checking. The obtained data were analyzed by mean and standard deviation. The results of this research revealed that: the validity level of the test was 1.0, the reliability level of the test was 1.0, the difficulty level of the test was 0.36 - 0.42 and the discrimination level of the test was 0.2-0.46. These

meant that the test was at the acceptable criteria for measuring mathematical skill and process on mathematical problem solving test of grade nine student according to Biggs and Collis' SOLO Taxonomy, and the relation between the students' marks and Biggs and Collis' SOLO Taxonomy occurred in 10 forms as follow: 0P = 0 mark at Pre-structural level, 1U= 1 mark at Uni-structural level, 2R= 2 marks at Relational level, 3U= 3 marks at Uni-structural level, 3M= 3 marks at Multi-structural level, 3R= 3 marks at Relational level, 3E= 3 marks at Extended Abstract level, 4M= 4 marks at Multi-structural level, 4R= 4 score at Relational level, and 4E= 4 marks at Extended Abstract level.
Keywords: mathematical skill and process on mathematical problem solving test, Biggs and Collis' SOLO Taxonomy, quality of test

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน drum_kao@hotmail.com 0947807447

1. บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหาวิจัย

เป้าหมายการจัดการศึกษาระดับขั้นพื้นฐานระบุไว้ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 คือมุ่งให้ผู้เรียนเป็นคนดี มีปัญญาและมีความสุข รวมทั้งมีศักยภาพในการศึกษาต่อและในการประกอบอาชีพ โดยระบุไว้ว่าเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน นักเรียน จะเป็นผู้มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง มีความรู้ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข รวมทั้งมีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551) กล่าวได้ว่านักเรียนต้องได้รับการพัฒนาทั้งความรู้ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ สมรรถนะทางการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การสื่อสาร เทคโนโลยี รวมทั้งการใช้ชีวิตนั้นเอง

แต่จากผลการทดสอบทางการศึกษาในระดับชาติขั้นพื้นฐานหรือการสอบโอเน็ต (O-Net) ชั้นประถม ศึกษาปีที่ 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในช่วงปีการศึกษา 2551 ถึงปีการศึกษา 2553 โดยศ.ดร.สัมพันธ์ พันธุ์พฤกษ์ ผู้อำนวยการสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ(สทศ.) พบว่าในกลุ่มสาระหลัก วิชาคณิตและวิชาภาษาอังกฤษนักเรียนมีผลการทดสอบตกต่ำสุด โดยมีคะแนนไม่ถึงร้อยละ 50 นอกจากนั้นผลการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวยังสอดคล้องกับผลการประเมินความความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์นานาชาติ ระหว่างปี 2547-2551 (Trends in International Mathematics and Science Study 2007) หรือ TIMSS ซึ่งพบว่าเด็กไทยมีผลการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำทุกปี โดยประเทศไทยมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติที่กำหนดไว้ 500 คะแนน ซึ่งควรได้รับการพัฒนาอย่างเร่งด่วน (สำนักทดสอบทางการศึกษา. 2552: 1-4) เช่นเดียวกับผลการประเมินความสามารถของนักเรียนในโครงการสอบของกลุ่มองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจ (PISA) ซึ่งประเมินการรู้ 3 ด้าน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และการอ่าน กลุ่มเป้าหมายของการประเมินเป็นนักเรียนอายุ 15 ปี สาระที่มุ่งประเมินครอบคลุมการรู้เรื่องของการรู้ในแต่ละด้าน และประสบการณ์ที่ได้รับจากการจัดการศึกษามีเพียงพอที่จะนำไปใช้ในชีวิตรจริงหรือโลกความจริงเพียงใด การประเมินจึงเน้นกระบวนการคิด ความเข้าใจในเนื้อหาสาระ

ความสามารถที่จะเข้าใจเรื่องราวที่เกี่ยวข้องและสามารถใช้ความรู้มาจัดการในสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าทั้งด้านความรู้และทักษะกระบวนการคิดวิเคราะห์ แก่ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วนเพราะเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้บรรลุตามเป้าหมายที่หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานได้กำหนดไว้

ในการแก้ปัญหาดังกล่าวต้องมีการแก้ไขทั้งจากจัดการเรียนการสอนและการวัดประเมินผลควบคู่กันไปเนื่องจากข้อมูลจากการศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของเด็กไทยให้มีคะแนนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยนานาชาติพบว่าการที่เด็กไทยได้คะแนนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยนานาชาตินั้นเนื่องมาจากปัญหาที่มีอยู่ในระบบการเรียนการสอนในสังคมไทยมานานมาก นั่นคือการที่ครูไทยใช้ข้อสอบปรนัยในการฝึกและการวัดผลนักเรียน ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวไม่ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาระบบคิด การใช้เหตุผล ปัจจุบันการสอนของครูเป็นการมุ่งสอนเพื่อหวังให้นักเรียนไปสอบเรียนต่อให้ได้ จึงมีการสอนวิธีลัด สอนเทคนิคการทำข้อสอบ และละเลยการสอนเพื่อให้เด็กเกิดความรู้การวิเคราะห์ ดังนั้นนักเรียนจึงเกิดปัญหาเมื่อต้องมาทำข้อสอบอัตนัยหรือข้อสอบที่ต้องใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่าประเทศที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์สูงทั้งสิงคโปร์ มาเลเซีย ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ ไต้หวัน ฮองกงและมาเลเซีย ไม่ใช้ข้อสอบปรนัยในการวัดผลนักเรียน (ณรงค์ ปันนิม, 2552; อ้างอิงจาก สมวงษ์ แปลงประสพโชค, สมเดช บุญประจักษ์, จรรยา ภูอุดม 2552: 1-2)

จากการศึกษาทฤษฎีแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์รวมทั้งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องของนักการศึกษาอาทิ เดวิด ปีเตอร์ (Peter DeWitt, 2014: online.) แอตตี และ บราวน์ (Hattie and Brown, 2004: online ฮุก (Hook, 2012: 123-124) พบว่า หลักการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เรียกว่าโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หรือที่เรียกว่า “SOLO Taxonomy” ย่อมาจากคำว่า Structure of Observed Learning Outcome ซึ่งเป็นโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในด้านกระบวนการทางความรู้หรือพุทธิพิสัยที่บิกส์และคอลลิส (Biggs and Collis) นักวิชาการชาวออสเตรเลียได้พัฒนาขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 1970 และ 1980 จนสำเร็จในปี ค.ศ. 1982 นั้น เป็นโครงสร้างที่น่าสนใจอย่างยิ่งในการนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนและการวัดประเมินผลของครูรวมทั้งในการส่งเสริมการใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เนื่องจากเป็นโครงสร้างการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถอธิบายหรือระบุพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่ซับซ้อนได้ โดยแบ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนออกเป็น 5 ระดับได้แก่ 1) ระดับโครงสร้างพื้นฐาน 2) ระดับโครงสร้างเดี่ยว 3) ระดับหลากหลายโครงสร้าง 4) ระดับที่แสดงความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และ 5) ระดับแสดงความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย ซึ่งช่วยให้ครูแยกแยะระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ง่ายและลงลึกในรายละเอียดถึงการเรียนรู้ว่าสิ่งที่นักเรียนเรียนรู้อยู่ที่นักเรียนเรียนรู้อะไร ได้ประสบการณ์อะไร ได้มากขึ้น ทำให้ครูสามารถนำผลการเรียนรู้นี้มาใช้ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนและการวัดประเมินผลเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างเป็นระบบ

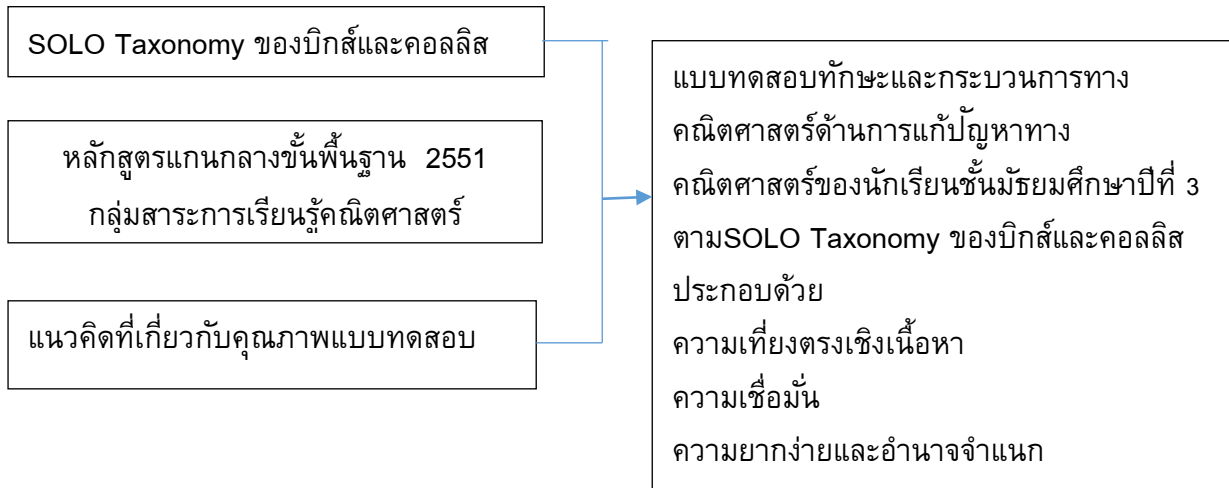
วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ

- 1) เพื่อศึกษาคุณภาพแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกและคอลลิส
- 2) เพื่อศึกษาผลการใช้แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกและคอลลิส

การประมวลเอกสาร

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส โดยผู้วิจัยนำ SOLO Taxonomy เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ เนื่องจากจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของนักการศึกษาอาทิ เดวิด ปีเตอร์ (Peter DeWitt, 2014: online.) แอตตี และ บราวน์ (Hattie and Brown, 2004: online) ฮุก (Hook, 2012: 123-124) SOLO Taxonomy สรุปได้ว่า SOLO taxonomy สามารถใช้ในการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในเชิงคุณภาพ สามารถอธิบายหรือระบุพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่ซับซ้อนได้ โดยแบ่งพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับโครงสร้างพื้นฐาน 2) ระดับโครงสร้างเดี่ยว 3) ระดับหลากหลายโครงสร้าง 4) ระดับที่แสดงความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และ 5) ระดับแสดงความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย นอกจากนี้ SOLO taxonomy มีฐานคิดจากทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนการสอน โดยหมวดหมู่ระดับความรู้ความคิดของ SOLO taxonomy ขึ้นอยู่กับระดับความซับซ้อนขององค์ความรู้ที่เพิ่มขึ้น จึงสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับความก้าวหน้าในการเรียนเพื่อกำหนดก้าวต่อไปหรือการพัฒนาการเรียนรู้ได้อย่างมีความคงเส้นคงวาและมีความตรงรวมทั้งคำที่ระบุการพฤติกรรมที่ใช้ในแต่ละระดับขั้นมีความละเอียด สะท้อนถึงวิธีการเรียนรู้ของนักเรียนได้ชัดเจน ทั้งครูและนักเรียนจะมีการพัฒนาความรู้จากโครงสร้างระดับพื้นฐานสู่โครงสร้างระดับลึก โดยสะท้อนให้เห็นเป็น 4 ระดับโดยระดับความรู้มีความสัมพันธ์กับความสามารถของนักเรียนได้ นอกจากนี้ SOLO taxonomy ยังใช้ในการสร้างข้อสอบเพื่อประเมินระดับความรู้ที่เป็นนามธรรมได้ง่าย รวมทั้งไม่เพียงแต่เป็นแนวทางในการเขียนข้อสอบแต่ยังเป็นแนวทางในการให้คะแนนคำตอบที่น่าเชื่อถือได้ไม่ว่าจะเป็นการประเมินคะแนนด้วยตัวเลขที่สัมพันธ์กับแต่ละระดับความรู้หรือสัมพันธ์กับหลักการที่เป็นนามธรรม ระดับของ SOLO taxonomy ค่อนข้างง่ายในการระบุและจัดระดับความรู้ตามหมวดหมู่ ครูสามารถใช้หลักการเพิ่มขึ้น 'plus one' principle ในการพัฒนาสื่อใช้ในการสอน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนให้ก้าวหน้าขึ้นอีกระดับตามที่ระบุไว้ในหมวดหมู่ระดับความรู้ที่เหมาะสม นอกจากนี้ในการสร้างแบบทดสอบดังกล่าว ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หลักสูตรแกนกลาง ปีพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระคณิตศาสตร์พบว่า เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำหนดในหลักสูตรแกนกลางนั้น สาระที่ 4 พีชคณิต เรื่องแบบรูป (pattern) กับ สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่องการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับแนวทางในการพัฒนากระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน รวมทั้งในการสร้างให้แบบทดสอบให้มีคุณภาพนั้น ผู้วิจัยยังได้ศึกษาแนวคิด เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างแบบทดสอบอาทิ ศิริชัย กาญจนวาสิ (2544: 81) แอตตี และ บราวน์ (Hattie & Brown, 2004 : 12 – 13) เบอร์รี-สตอกและคณะ (Burry-Stock & other, 1996; อ้างอิงจากสุรชัย มีชาญ 2547: 114, 122-123) โอวชู แอนซา นานา อโกซัว (Nana Akosua Owusu, Ansah 2012 : 86 – 94) และแพม ฮุก, เคิร์ทนี กราเวท, มิเชลล์ ฮาวาร์ด และเอลเลน จอห์น (Pam Hook, Courtney Gravett, Mitchell Howard and Ellen John, 2014: 17-18) เพื่อสร้างแบบทดสอบให้มีคุณภาพโดยมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเชื่อมั่น ความยากง่าย และอำนาจจำแนก อยู่ในระดับเหมาะสมในการนำไปใช้ และจากการประมวลเอกสารทำให้สามารถเสนอกรอบแนวความคิด การวิจัยดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ได้โรงเรียนทั้งหมด 4 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 172 คน แบ่งเป็น ขนาดเล็ก 1 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 43 คน ขนาดกลาง 1 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 43 คน ขนาดใหญ่ 1 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 43 คน ขนาดใหญ่พิเศษ 1 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 43 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) ส่วนเครื่องมือใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 1) แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตาม SOLO Taxonomy ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 1 ฉบับ ประกอบด้วยสถานการณ์จำนวน 3 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อคำถาม 4 ข้อย่อยที่มีความสัมพันธ์กัน และ 2) คู่มือการตรวจแบบทดสอบ

วิธีการเก็บข้อมูล

ทดลองใช้แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส ที่ผ่านขั้นตอนการตรวจคุณภาพเครื่องมือในส่วนของความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเชื่อมั่นเรียบร้อยแล้ว โดยนำแบบทดสอบนั้นไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อนำคะแนนมาหาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนก โดยนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจากสถานศึกษา 4 แห่ง ได้แก่ โรงเรียนท่ามะขามวิทยา โรงเรียนประสาทรัฐประชากิจ โรงเรียนคุรุราษฎร์รังสฤษดิ์ โรงเรียนเบญจมราชูทิศราชบุรี ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที ทดลองใช้แบบทดสอบในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคมปี 2559

สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

1 วิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Index of Item – Objective Congruence: IOC) โดยนำแบบทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คนประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ 3 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลทางการศึกษา 2 คน พิจารณาความสอดคล้องระหว่างเนื้อหา สาร มาตรฐาน ตัวชี้วัด และระดับพฤติกรรมตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส โดยผู้เชี่ยวชาญจะให้ค่าเป็น “+1” แต่ถ้าผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อสอบข้อนั้นมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ จะให้ค่าเป็น “-1” ถ้าผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าข้อสอบข้อนั้นไม่มีความสอดคล้องกับ

วัตถุประสงค์และในกรณีที่ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่ก็จะให้ค่าเป็น “0”

2 วิเคราะห์ความเชื่อมั่น (Reliability) โดยคำนวณหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน 2 คนตามสูตร RAI (Rater Agreement Index) เบอร์รี่-สตอกและคณะ (Burry-Stock & other, 1996; อ้างอิงจากสุรชัย มีชาญ 2547: 114, 122-123)

3 วิเคราะห์ความยากง่ายและอำนาจจำแนก (Difficulty and Discrimination) ของแบบทดสอบครั้งนี้โดยความยากง่าย ใช้สัดส่วนของคนทำข้อสอบในแต่ละข้อถูก เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนคนที่เข้าสอบทั้งหมด โดยใช้สูตรหาความยากง่ายของแบบทดสอบแบบอัตนัยของ ดี อาร์ไวท์นีย์ และ ดีแอล ซาเบอร์ส (พิชิต ฤทธิ์จรูญ 2555: 138, 149) ส่วนอำนาจจำแนกคำนวณโดยตัดเฉพาะ 33% ของคะแนนสูงสุดเป็นกลุ่มสูง และ 33% ของคะแนนต่ำสุดเป็นกลุ่มต่ำ คำนวณจากประสิทธิภาพของข้อสอบแต่ละข้อ ที่สามารถจำแนกผู้เรียนออกเป็นกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ จากสูตรการหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบแบบอัตนัยของ ดี อาร์ไวท์นีย์ และ ดีแอล ซาเบอร์ส (พิชิต ฤทธิ์จรูญ 2555: 138, 149)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) สถานการณ์ที่ 1 พบว่าในส่วนเนื้อหาของเนื้อหา สาระ มาตรฐาน ตัวชี้วัด และระดับพฤติกรรมตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส มีดัชนีความสอดคล้องอยู่ในระดับ 1.00 ซึ่งแสดงว่าสถานการณ์ที่ 1 มีคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาอยู่ในระดับใช้ได้ สถานการณ์ที่ 2 พบว่าในส่วนเนื้อหาของเนื้อหา สาระ มาตรฐาน ตัวชี้วัด และระดับพฤติกรรมตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส มีดัชนีความสอดคล้องอยู่ในระดับ 1.00 ซึ่งแสดงว่าสถานการณ์ที่ 1 มีคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาอยู่ในระดับใช้ได้ และสถานการณ์ที่ 3 พบว่าในส่วนเนื้อหาของเนื้อหา สาระ มาตรฐาน ตัวชี้วัด และระดับพฤติกรรมตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส มีดัชนีความสอดคล้องอยู่ในระดับ 1.00 ซึ่งแสดงว่าสถานการณ์ที่ 1 มีคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาอยู่ในระดับใช้ได้ ดังตาราง ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

สถานการณ์	สาระ	เรื่อง	ข้อย่อยที่	มาตรฐาน	ตัวชี้วัด	ระดับพฤติกรรมตามหลักโครงสร้างการสังเกตผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน				ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC
						U	M	R	E	1	2	3	4	5	
1	พิชคณิต	แบบรูป (pattern)	1.1	ค4.1	ม1/1	/				+1	+1	+1	+1	+1	1.00
			1.2				/			+1	+1	+1	+1	+1	1.00
			1.3	ค4.2	ม3/2			/		+1	+1	+1	+1	+1	1.00
			1.4	ค4.1	ม1/1			/		+1	+1	+1	+1	+1	1.00
2			2.1	ค4.1	ม1/1	/				+1	+1	+1	+1	+1	1.00
			2.2				/			+1	+1	+1	+1	+1	1.00
			2.3	ค4.2	ม3/2			/		+1	+1	+1	+1	+1	1.00
			2.4	ค4.1	ม1/1			/		+1	+1	+1	+1	+1	1.00
3			3.1	ค4.1	ม1/1	/				+1	+1	+1	+1	+1	1.00
			3.2				/			+1	+1	+1	+1	+1	1.00
			3.3	ค4.2	ม3/2			/		+1	+1	+1	+1	+1	1.00

สถานี รณ	สาระ	เรื่อง	ข้อ ย่อย ที่	มาตร ฐาน	ตัว ชี้วัด	ระดับพฤติกรรม ตามหลักโครงสร้าง การสังเกตผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน				ระดับความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC
						U	M	R	E	1	2	3	4	5	
						3.4	ค4.1	ม1/1			/	+1	+1	+1	

1.2 ความเชื่อมั่น (Reliability) สถานการณ์ที่ 1 พบว่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจ 2 คนมิติของคะแนนมีค่าเท่ากับ 1 และมิติของระดับมีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง คุณภาพด้านความเชื่อมั่นของสถานการณ์ที่ 1 อยู่ในระดับสูง สถานการณ์ที่ 2 พบว่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจ 2 คนมิติของคะแนนมีค่าเท่ากับ 1 และมิติของระดับมีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง คุณภาพด้านความเชื่อมั่นของสถานการณ์ที่ 2 อยู่ในระดับสูง และสถานการณ์ที่ 3 พบว่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ตรวจ 2 คนมิติของคะแนนมีค่าเท่ากับ 1 และมิติของระดับมีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง คุณภาพด้านความเชื่อมั่นของสถานการณ์ที่ 3 อยู่ในระดับสูง

1.3 ความยากง่ายและอำนาจจำแนก (Difficulty and Discrimination) พบว่า สถานการณ์ที่ 1 มีค่าความยากง่าย 0.36 อำนาจจำแนกเท่ากับ 0.46 นั่นคือ สถานการณ์ที่ 1 ค่อนข้างยากแต่สามารถจำแนกนักเรียนอ่อนและนักเรียนเก่งได้ดีมาก สถานการณ์ที่ 2 มีค่าความยากง่าย 0.42 อำนาจจำแนกเท่ากับ 0.21 นั่นคือ สถานการณ์ที่ 2 มีความยากในระดับปานกลาง และสามารถจำแนกนักเรียนอ่อนและนักเรียนเก่งได้ในระดับปานกลาง และสถานการณ์ที่ 3 มีค่าความยากง่าย 0.36 อำนาจจำแนกเท่ากับ 0.39 นั่นคือ สถานการณ์ที่ 3 ค่อนข้างยาก แต่สามารถจำแนกนักเรียนอ่อนและนักเรียนเก่งได้ดี ซึ่งหมายถึงคุณภาพด้านความยากง่ายและอำนาจจำแนกเป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังตาราง

ตาราง 2 ความยากง่ายและอำนาจจำแนก

ข้อคำถาม	ความยากง่าย (p)	อำนาจจำแนก (r)	ผลการพิจารณา
สถานการณ์ที่ 1	0.36	0.46	ผ่านเกณฑ์
สถานการณ์ที่ 2	0.42	0.21	ผ่านเกณฑ์
สถานการณ์ที่ 3	0.36	0.39	ผ่านเกณฑ์

ตอนที่ 2 ผลการใช้แบบทดสอบทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส ปรากฏดังนี้

2.1 คะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากแบบทดสอบที่มีคะแนนเต็มสถานการณ์ที่ 1 ถึง สถานการณ์ที่ 3 เท่ากับ 4 คะแนน และคะแนนรวมทั้งฉบับเท่ากับ 12 คะแนน ผลปรากฏว่าในสถานการณ์ที่ 1 นักเรียนทั้งหมดได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.53 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.35 สถานการณ์ที่ 2 นักเรียนทั้งหมดได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.36 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.96 สถานการณ์ที่ 3 นักเรียนทั้งหมดได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.89 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.50 และทั้งสามสถานการณ์ นักเรียนทั้งหมดได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.78 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.04 โดยมีนักเรียนจากโรงเรียนที่ 4 ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดทั้ง 3 สถานการณ์ ดังตาราง

ตาราง 3 คะแนนเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในการทำแบบวัดแยกตามขนาดโรงเรียน

โรงเรียน	N	สถานการณ์ที่ 1		สถานการณ์ที่ 2		สถานการณ์ที่ 3	
		\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
โรงเรียนที่ 1	43	1.21	1.74	3.09	0.99	1.77	1.80
โรงเรียนที่ 2	43	2.14	1.50	3.40	1.05	3.26	1.27
โรงเรียนที่ 3	43	2.91	1.38	2.98	1.30	3.02	1.61
โรงเรียนที่ 4	43	3.86	0.41	3.98	0.14	3.51	1.30
รวม	172	2.53	1.35	3.36	0.96	2.89	1.50

2.2 คะแนนจำแนกรายข้อแยกตามขนาดโรงเรียนผลปรากฏว่า สถานการณ์ที่ 1 ระดับโครงสร้างชั้นพื้นฐานส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 1 ระดับโครงสร้างเดียวส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 1 และโรงเรียนที่ 2 ระดับโครงสร้างหลากหลายส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 2 ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 3 และระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยายส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 4 สถานการณ์ที่ 2 ระดับโครงสร้างชั้นพื้นฐานส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 2 ไม่มีโรงเรียนอยู่ในระดับโครงสร้างเดียว ระดับโครงสร้างหลากหลายส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 3 ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 3 และระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยายส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 4 และสถานการณ์ที่ 3 ระดับโครงสร้างชั้นพื้นฐานส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 1 ไม่มีโรงเรียนอยู่ในระดับโครงสร้างเดียว ระดับโครงสร้างหลากหลายส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 3 ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 3 และระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยายส่วนใหญ่มาจากโรงเรียนที่ 4 ดังตาราง

ตาราง 4 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับการตอบแบบทดสอบจำแนกรายข้อแยกตามขนาดโรงเรียน

ระดับ โรงเรียน	สถานการณ์ที่ 1					สถานการณ์ที่ 2					สถานการณ์ที่ 3				
	P	U	M	R	E	P	U	M	R	E	P	U	M	R	E
โรงเรียนที่ 1	27	3	2	4	7	3	0	9	21	10	21	0	2	9	11
โรงเรียนที่ 2	7	3	4	15	14	6	0	6	15	16	9	0	5	13	16
โรงเรียนที่ 3	14	0	3	26	0	3	0	13	27	0	5	0	13	25	0
โรงเรียนที่ 4	0	0	2	6	35	0	0	0	2	41	5	0	1	3	34
รวม	48	6	11	51	56	12	0	28	65	67	40	0	21	50	61

2.3 ความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้นจากการทำแบบทดสอบจำแนกรายข้อปรากฏผลดังนี้ สถานการณ์ที่ 1 มีรูปแบบความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้นครบทั้ง 10 รูปแบบ โดยนักเรียนส่วนใหญ่ทำคะแนนได้ 4 คะแนนอยู่ในระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยายจำนวน 54 คน ขณะที่นักเรียนส่วนน้อยทำคะแนนได้ 2 อยู่ในระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างจำนวน 1 คน สถานการณ์ที่ 2 มีรูปแบบความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้น 7 รูปแบบ โดยรูปแบบความสัมพันธ์ที่ไม่เกิดขึ้นได้แก่ 1 คะแนนอยู่ในระดับโครงสร้างเดียว 3 คะแนนในระดับโครงสร้างเดียว และ 4 คะแนนในระดับโครงสร้างหลากหลาย โดยนักเรียนส่วนใหญ่ทำคะแนนได้ 4 คะแนนอยู่ในระดับความต่อเนื่องในโครงสร้าง

ภาคขยายจำนวน 66 และมีนักเรียนส่วนน้อยทำคะแนนได้ 2 อยู่ในระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างจำนวน 1 คน และ 3 คะแนนอยู่ในระดับโครงสร้างภาคขยายจำนวน 1 คน และสถานการณ์ที่ 3 มีรูปแบบความสัมพันธ์ของคะแนนกับระดับที่เกิดขึ้น 8 รูปแบบ โดยรูปแบบความสัมพันธ์ที่ไม่เกิดขึ้นได้แก่ 1 คะแนนอยู่ในระดับโครงสร้างเดียว และ 3 คะแนนในระดับโครงสร้างเดียว โดยนักเรียนส่วนใหญ่ทำคะแนนได้ 4 คะแนนอยู่ในระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยายจำนวน 59 คน และมีนักเรียนส่วนน้อยทำคะแนนได้ 2 อยู่ในระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้างจำนวน 1 คน ดังตาราง

ตาราง 5 ลักษณะความสัมพันธ์ของมิติคะแนนและมิติระดับจากการทำแบบทดสอบ

แบบที่	คะแนนกับระดับ	สัญลักษณ์
1	0 คะแนน ระดับโครงสร้างขั้นพื้นฐาน	0P
2	1 คะแนน ระดับโครงสร้างเดียว	1U
3	2 คะแนน ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง	2R
4	3 คะแนน ระดับโครงสร้างเดียว	3U
5	3 คะแนน ระดับโครงสร้างหลากหลาย	3M
6	3 คะแนน ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง	3R
7	3 คะแนน ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย	3E
8	4 คะแนน ระดับโครงสร้างหลากหลาย	4M
9	4 คะแนน ระดับความสัมพันธ์ของโครงสร้าง	4R
10	4 คะแนน ระดับความต่อเนื่องในโครงสร้างภาคขยาย	4E

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้ พบว่าแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพผ่านเกณฑ์ทั้งด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเชื่อมั่น ความยากง่ายและอำนาจจำแนกทั้งนี้เพราะขั้นตอนที่ในการสร้างนั้นได้มีการดำเนินการอย่างเป็นระบบโดยมีการศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิเคราะห์ตัวชี้วัดที่ระบุไว้ในแต่ละมาตรฐาน มีการศึกษาและสังเคราะห์แนวทางการสร้างแบบทดสอบตาม SOLO Taxonomy ของบิกส์และคอลลิส จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แฮตตี และบราวน์ (Hattie & Brown. 2004: 12-13) โอวูซู แอนซา นานา อโกซัว (Nana Akosua Owusu, Ansah 2012: 86 – 94) โชติมา หนูพริก (2553: 367-381, 389-391) และแพม ฮุก, เคิร์ทนี กราเวท, มิชเชลล์ ฮาวเวิร์ด และเอลเลน จอห์น (Pam Hook, Courtney Gravett, Mitchell Howard and Ellen John. 2014: 17-18) สังเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาเป็นแนวทางการสร้างแบบทดสอบดังกล่าว โดยดำเนินการสร้างแบบทดสอบขึ้น 1 สถานการณ์และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 60 คน และครูผู้สอนคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อนำข้อมูลในการตอบแบบทดสอบของนักเรียนและครูเป็นแนวทางในการพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนให้ครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน จากนั้นสร้างสถานการณ์ของแบบทดสอบเพิ่มอีก 2 สถานการณ์ นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญการสอนวิชาคณิตศาสตร์จำนวน 3 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลการศึกษาจำนวน 2 คน ตรวจสอบแก้ไขให้คำแนะนำและตรวจสอบหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและนำไปทดลองใช้กับกลุ่ม ทำให้แบบทดสอบเป็นแบบทดสอบที่มีคุณภาพ

อย่างไรก็ตามในการดำเนินการพัฒนาแบบทดสอบ ควรมีการสัมภาษณ์นักเรียนและครูผู้สอนคณิตศาสตร์เพื่อได้ข้อมูลเชิงคุณภาพใช้ในการปรับปรุงพัฒนาแบบทดสอบให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- ศึกษาธิการ, กระทรวง. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงศึกษาธิการ, 2551
- โซติมา หนูพริก. (2553). การพัฒนาระบบประเมินการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ ปร.ด. (หลักสูตรและการสอน). นครปฐม: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศิลปากร. ถ่ายเอกสาร
- พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2555). หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มิสท์.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2544). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สมวงษ์ แปลงประสพโชค สมเดช บุญประจักษ์ และ จรรยา ภูอุดม. (2552). นวัตกรรมเพื่อพัฒนาคุณภาพการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐานของเด็กไทย. การศึกษาศาสนาเหตุเด็กไทยอ่อนคณิตศาสตร์และแนวทางแก้ไข. สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2557, จาก www.ripon-math.com/doc/25510502/child_low_math.doc
- สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2552). สรุปผลการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับนานาชาติและปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเสนอแนะแนวทางยกระดับคุณภาพการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และการอ่าน. สืบค้นเมื่อ 22 ตุลาคม 2557, จาก http://siteresources.worldbank.org/EDUCATION/Resources/278200-1121703274255/1439264-1264455051293/6734290-1264455075354/Summay_policy_recommendations_Thai_Nov2009.doc
- สุรัชย์ มีชาญ. (2547, พฤษภาคม-สิงหาคม). ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน. ว.สงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์. หน้า 113-126. พิมพ์ครั้งที่ 2. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- DeWitt, Peter. (2014). Editorial Projects in Education 6935. Arlington Road. Bethesda MD. สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2557, จาก http://blogs.edweek.org/edweek/finding_common_ground/2014/02/whats_our_best_taxonomy_blooms_or_solo.html
- Frey, Bruce B. (2014). Modern Classroom Assessment. 5th ed. Kansas: The University of Kansas.
- Hook, P. (2012). Teaching and Learning. tales from the ampersand. In L. Rowan and C. Bigum (Eds). Future Proofing Education. Transformative approaches to new technologies and student diversity in futures oriented classrooms. Springer, สืบค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2557, จาก <http://pamhook.com/2012/07/16/transformative-approaches-to-new-technologies-and-student-diversity-in-futures-oriented-classrooms/>
- Hook, Pam. Gravett, Courtney. Howard, Mitchell and John, Ellen. (2014). SOLO Taxonomy in Mathematics, Strategies for thinking like a mathematician. United Kingdom: essential resources.
- J.A.C. Hattie & G.T.L. Brown, (2004, September). Cognitive processes in asTTle. The SOLO taxonomy. asTTle Technical Report #43. University of Auckland/Ministry of Education. สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2557. จาก www.tki.org.nz/r/assessment/atol_online/ppt/solo-taxonomy.ppt

Nana Akosua Owusu, Ansah (2012). Using structure of the observed learning outcome taxonomy to assess the algebraic thinking levels of ghanaian junior high school students on entering senior high school form 1, University of Education, Winneba, สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2557, จาก <http://ir.uew.edu.gh:8080/jspui/handle/123456789/216>