

การพัฒนาแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในจังหวัดกาฬสินธุ์

Development of a Mathematical Reasoning Ability Test for
Grade 11 Students in Kalasin Province

โชติกา จันทะวัน¹ และ ญาณภัทร สีหะมงคล²

Shotika Chantawan¹ and Yannapat Sihamongkhon²

(Received: April 10, 2019; Revised: June 7, 2019; Accepted: June 12, 2019)

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) สร้างแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 2) หาคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 3) สร้างเกณฑ์ปกติ (norms) ของแบบทดสอบที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาจังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 650 คน จากโรงเรียน 10 แห่ง ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multi – stage random sampling) เครื่องมือที่ใช้วิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 1 ฉบับ 75 ข้อ เพื่อคัดเลือกไว้ใช้จริงเพียง 45 ข้อ วิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ โดยการหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (reliability) และสร้างเกณฑ์ปกติ (norms) ในรูปคะแนนที่ - ปกติ ซึ่งทำการขยายคะแนน T โดยอาศัยสมการพยากรณ์

ผลการวิจัยปรากฏดังนี้

1. การสร้างแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ 75 ข้อ ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรม 3 ด้าน ๆ ละ 25 ข้อ ได้แก่ ด้านการจัดประเภท ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และด้านการสังเคราะห์ความสัมพันธ์

2. การทดสอบ 3 ครั้ง ผลเป็นดังนี้

¹ นิสิตปริญญาโท สาขาการวัดผลและประกันคุณภาพการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิจัยและพัฒนากการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

¹ Master degree student in Educational Measurement and Quality Assurance Program, Faculty of Education, Mahasarakham University

² Assistant professor, Department of Educational Research and Development, Faculty of Education, Mahasarakham University

2.1 การทดสอบครั้งที่ 1 พบว่า ข้อสอบจำนวน 75 ข้อ มีค่าความยากรายข้อ ตั้งแต่ 0.18 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ -0.03 ถึง 0.66 มีข้อสอบเข้าเกณฑ์ จำนวน 62 ข้อ

2.2 การทดสอบครั้งที่ 2 พบว่า ข้อสอบจำนวน 60 ข้อ มีค่าความยากรายข้อ ตั้งแต่ 0.16 ถึง 0.64 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.11 ถึง 0.84 มีข้อสอบเข้าเกณฑ์ จำนวน 55 ข้อ

2.3 ผลการทดสอบครั้งที่ 3 พบว่า แบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 45 ข้อ ประกอบด้วยพฤติกรรมที่ต้องทดสอบ 3 ด้าน ๆ ละ 15 ข้อ มีค่าความยากรายข้อ ตั้งแต่ 0.34 ถึง 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.22 ถึง 0.65 แสดงว่า มีค่าตามเกณฑ์ทุกข้อ และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.87

3. เกณฑ์ปกติ (norms) ของแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ทั้งฉบับ จำนวน 45 ข้อ โดยการแปลงคะแนนดิบเป็นคะแนนที่ - ปกติ พบว่า คะแนนดิบของแบบทดสอบ มีค่าตั้งแต่ 7 ถึง 42 คะแนน และในรูปของคะแนนที่ - ปกติ มีค่าตั้งแต่ T_{13} ถึง T_{68} และทำการขยายคะแนนที่ - ปกติ เพื่อให้ครอบคลุมคะแนนดิบทุกคะแนน โดยใช้สมการเส้นตรง $T_c = 2.08 + 1.56X$ ผลการขยาย T ปกติ ส่วนแรกขยายจาก 43 - 45 คะแนน ได้ T_c ตั้งแต่ T_{70} ถึง T_{72} และส่วนที่สองขยายจาก 1 - 6 คะแนน ได้ T_c ตั้งแต่ T_4 ถึง T_{11}

สรุปได้ว่า จากคะแนนดิบตั้งแต่ 1 - 45 คะแนน แปลงเป็นคะแนนที่ - ปกติ ได้ตั้งแต่ T_4 ถึง T_{72}

คำสำคัญ การพัฒนาแบบทดสอบ แบบทดสอบ ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ABSTRACT

This research aimed to 1) construct a test on mathematical reasoning ability for grade 11 students, 2) find the quality of the test on mathematical reasoning ability for grade 11 students, and 3) create the norms of the test from the results of testing mathematical reasoning ability. The sample in this study consisted of 650 grade 11 students who were studying in the second semester of the academic year 2018 in 10 secondary schools in Kalasin Province, obtained through multi-stage random sampling. The research instrument in this study was a 4-choice test containing 75 items of which 45 were to be selected. The analysis of the quality of the test was to find the item difficulty, item discrimination, and total reliability. The norms were constructed in the form of normalized *T*-score which was expanded, using a predictive equation.

The results of this research were as follows:

1. The 75-item test on mathematical reasoning ability that was constructed consisted of 3 aspects of behavior- categorizing, relation analysis, and relation synthesis, having 25 items on each aspect.

2. The results of three times of giving the test were:

2.1 The first time revealed that the 75 question items had the difficulty ranged from 0.18 to 0.80 and the discrimination ranged from -0.03 to 0.66. There were 62 good items.

2.2 The second time revealed that the 60 question items had the difficulty ranged from 0.16 to 0.64 and the discrimination ranged from 0.11 to 0.84. There were 55 good items.

2.3 The third time revealed that 45 question items were composed of 15 question items on each of the three aspects, with the difficulty ranged from 0.34 to 0.80 and the discrimination ranged from 0.22 to 0.65. That means all of the items were identified as good and the total reliability was 0.87.

3. The norms of the 45-item mathematical reasoning ability test were obtained by converting the raw scores to normalized T -scores. The raw scores ranged from 7 to 42 and the normalized T -scores were between T_{13} and T_{68} . The normalized T -scores were expanded into linear equation in order to cover every raw score. Thus $T_c = 2.08 + 1.56X$, and the first half normalized T -scores were expanded from 43 to 45, thus T_c ranged from T_{70} to T_{72} , and the second half was expanded from 1 to 6, thus T_c ranged from T_4 to T_{11} .

In conclusion, when the raw scores that ranged from 1 to 45 were converted to normalized T -scores, they ranged from T_4 to T_{72} .

Keywords: test development, test, mathematical reasoning ability

บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาคุณภาพคน เนื่องจากเป็นวิชาที่ต้องใช้เหตุผล กระบวนการคิด และการแก้ปัญหา ช่วยเสริมสร้างให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผล คิดอย่างมีวิจารณญาณ และเป็นระบบ มีทักษะการแก้ปัญหา วิเคราะห์ปัญหาได้อย่างรอบคอบ สามารถคาดการณ์ วางแผนตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม เป็นเครื่องมือสำคัญในการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและก่อให้เกิดการพัฒนาในศาสตร์ต่าง ๆ (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550) ดังนั้นจึงถือว่าคณิตศาสตร์มีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น โดยหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดคุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐานกลุ่มสาระคณิตศาสตร์ ให้มีความรู้ความเข้าใจในคณิตศาสตร์พื้นฐานเกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการ การวัด เรขาคณิต พีชคณิต การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น พร้อมทั้งสามารถนำความรู้ที่ไปประยุกต์ได้ ซึ่งเป็นประการแรก และประการต่อมาให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา

ด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และประการสุดท้ายผู้เรียนจะต้องมีความสามารถทำงานอย่างเป็นระบบ มีระเบียบวินัย มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ มีวิจารณญาณ มีความเชื่อมั่นในตนเอง พร้อมทั้งตระหนักในคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ (กรมวิชาการ, 2551) เมื่อพบว่าวิชาคณิตศาสตร์มีความสำคัญเช่นนี้แล้ว นักวัดผลจึงสนใจที่จะทำการวัดและประเมินผลวิชาคณิตศาสตร์นี้หลายรูปแบบ ซึ่งการวัดผลและประเมินผลการศึกษานั้น นับว่ามีความสำคัญต่อการเรียนทุกระดับ ทุกวิชา เพราะเป็นกระบวนการที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพการเรียนการสอนว่า นักเรียนได้บรรลุจุดมุ่งหมายที่วางไว้หรือไม่ (สมนึก ภัททิยธนี, 2560)

การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ถือว่าเป็นการคิดทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญมากส่วนหนึ่ง ประกอบด้วย การสรุปกรณีทั่วไป หรือการสรุปความสมเหตุสมผลเกี่ยวกับแนวคิดและความสัมพันธ์ของแนวคิดเหล่านั้น การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ต้องอาศัยการวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ ดังนั้นการให้เหตุผลเป็นมาตรฐานหนึ่งที่ครูต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นในผู้เรียน การเป็นผู้รู้จักคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนเป็นเครื่องมือสำหรับการเป็นผู้เรียนรู้ตลอดชีวิต ซึ่งมีงานวิจัยจำนวนมากยืนยันว่า การสอนให้นักเรียนอย่างเข้าใจ และมีเหตุผลเป็นสิ่งที่ดีกว่าการสอนแบบให้จดจำ อีกทั้งสามารถนำความรู้ความเข้าใจไปปรับใช้กับสถานการณ์ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552) ซึ่งสอดคล้องกับสาระบางประการในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยกล่าวว่า การให้เหตุผลเป็นมาตรฐานหนึ่งของสาระที่ 6 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ได้แก่ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญที่ใช้ประกอบการตัดสินใจในชีวิตประจำวัน เป็นทักษะกระบวนการที่ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผล คิดอย่างมีระบบ สามารถวิเคราะห์เห็นปัญหาได้อย่างถ่องแท้ คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจและแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม การคิดอย่างมีเหตุผล จึงเป็นหัวใจของการสอนคณิตศาสตร์ การสอนให้นักเรียนเรียนด้วยความเข้าใจอย่างมีเหตุผลจะให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ สามารถจดจำได้ดี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550) อีกทั้งตัวบ่งชี้ที่ใช้ในการประเมินตามมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐานด้านผู้เรียนในมาตรฐานที่ 4 ยังระบุว่าผู้เรียนจะต้องมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ มีวิจารณญาณ มีความคิดสร้างสรรค์ คิดไตร่ตรอง มีวิสัยทัศน์ โดยในส่วนของเกณฑ์การพิจารณาว่า ผู้เรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดไตร่ตรองหรือไม่นั้น สามารถพิจารณาได้จากการที่ผู้เรียนสามารถวิจารณ์สิ่งที่ได้เรียนรู้ โดยผ่านการไตร่ตรองอย่างมีเหตุผล สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลความคิดต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องมีเหตุผล และสามารถประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลและเลือกความคิดหรือทางเลือกที่เหมาะสม (สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา, 2549) อีกทั้งการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ยังเป็นสมรรถนะหนึ่งทางคณิตศาสตร์ ซึ่งโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment : PISA) เลือกใช้วัดและประเมินผลโครงการด้านสมรรถนะของนักเรียนที่ควรได้รับการกระตุ้นให้เชื่อมโยงกับโลกจริง (สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชา เดชศรี และ อัมพิกา ประโมจันย์, 2549)

การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรที่ควรศึกษา เนื่องจากจะสังเกตได้ว่าการประเมินในลักษณะที่มุ่งเน้นการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์นั้นขาดความต่อเนื่อง โดยจะสังเกตได้ว่านักเรียนได้รับการประเมินสมรรถนะในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 รายการ คือ การสอบโอเน็ต และการประเมินในโครงการ PISA ต่อมาคือ การสอบในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 คือ การสอบโอเน็ต แสดงให้เห็นว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ไม่มีการทดสอบที่มุ่งเน้นสมรรถนะด้านพฤติกรรมการเรียนรู้โดยเฉพาะด้านความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ทำให้ไม่สามารถมองภาพรวมคุณภาพนักเรียนในระดับชั้นนี้ได้ อีกทั้งการประเมินส่วนใหญ่จะดำเนินการและรายงานผลการประเมินหลังจากนักเรียนจบการเรียนในระดับชั้นนั้นแล้ว ทำให้ครูไม่สามารถนำผลการประเมินมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนหรือพัฒนาศักยภาพของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น จึงควรมีการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ดำเนินการในระหว่างเรียน ทั้งนี้เพื่อนำผลการประเมินมาใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอน และพัฒนาศักยภาพนักเรียนได้อย่างทันท่วงที อีกทั้งยังสามารถนำผลการประเมินนี้ไปใช้เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการทดสอบโอเน็ตของนักเรียน เมื่อเลื่อนระดับชั้นเป็นชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งนับว่าเป็นยุทธศาสตร์หนึ่งในการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้อีกด้วย (สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ, 2555)

จากความสำคัญของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และความจำเป็นในการวัดและประเมินผลความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อให้บรรลุเป้าหมายข้างต้นนั้น จึงต้องเลือกใช้รูปแบบการวัดและประเมินผลที่เหมาะสม ซึ่งวิธีการการวัดผลและประเมินผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มีหลายรูปแบบหลายวิธี เช่น การสังเกต การเขียนอนุทิน การสัมภาษณ์ การตรวจแบบฝึกหัด การทำแบบทดสอบ และการประเมินแฟ้มงาน (สิริพร ทิพย์คง, 2544) ข้อสอบแบบเลือกตอบเป็นข้อสอบปรนัยที่นิยมใช้กันมากกว่าข้อสอบปรนัยแบบอื่น (ชวาล แพร์ตกุล, 2520) เพราะมีข้อดีคือ สามารถวัดผลผลิตทางการเรียนได้หลายด้าน ตั้งแต่ความรู้ความจำจนถึงกระบวนการทางปัญญาชั้นสูง เช่น วิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า อีกทั้งสามารถควบคุมระดับความยากง่ายของข้อสอบได้ โดยการเขียนตัวล่อกล่อให้เป็นเอกพันธ์ จึงสามารถใช้กับนักเรียนได้ทุกระดับ ตรวจให้คะแนนง่าย รวดเร็วเป็นปรนัยสามารถใช้เครื่องตรวจได้ รวมถึงสามารถวินิจฉัยข้อบกพร่อง หรือความไม่เข้าใจเนื้อหาได้ โดยพิจารณาจากตัวล่อ อย่างไรก็ตามการสร้างตัวเลือกให้มีประสิทธิภาพนั้น สร้างลำบากมาก เพราะต้องคิดตัวเลือกให้เหมาะสม และไม่เหมาะที่จะวัดความคิดริเริ่ม หรือความคิดสร้างสรรค์ ไม่สามารถวัดการรวบรวมความคิด และการเสนอความคิดและทักษะการเขียน นอกจากนี้เกี่ยวกับการให้เหตุผลหากยึดพฤติกรรมที่ต้องการวัดตามแนวความคิดของบลูม (Bloom) และคณะ ด้านพุทธิพิสัย (cognitive domain) ต้องอาศัยการเขียนข้อสอบวัด 3 ด้าน ได้แก่ การจำแนกประเภท (1.23) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (4.20) และการสังเคราะห์ความสัมพันธ์ (5.30) (ชวาล แพร์ตกุล, 2520 และสมนึก ภัททิยธนี, 2560)

จากแนวคิดและหลักการ ตลอดจนความสำคัญของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น อีกทั้งจากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยในปัจจุบันพบว่า เครื่องมือในการวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ยังมีน้อย ซึ่งที่ผ่านมามีการวิจัยในลักษณะนี้จะใช้กับกลุ่มตัวอย่างระดับประถมศึกษาตอนปลาย และมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาแบบทดสอบ

ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการใช้แบบทดสอบแบบตัวเลือก ที่มีกระบวนการสร้างตัวเลือกจากการใช้คำถามปลายเปิดในการพัฒนาเครื่องมือการวัดการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อให้แบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นสามารถวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มากขึ้นเพียงใดนั้น จะต้องใช้เครื่องมือที่มีคุณภาพในการวัดจึงจะสามารถบ่งชี้ความเข้าใจในเนื้อหาและความสามารถของผู้เรียน เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมสู่การประเมินสมรรถนะและคุณภาพผู้เรียนในทุกด้าน อีกทั้งเป็นการพัฒนารูปแบบการวัดและการประเมินให้สอดคล้องกับแนวทางการประเมินทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ เพื่อให้เครื่องมือที่ใช้ในการวัดการคุณภาพผู้เรียนนั้นมีความแม่นยำสามารถบ่งชี้ถึงสมรรถนะของนักเรียนได้อย่างเที่ยงตรง และสามารถนำผลที่ได้จากการวัดและการประเมินนั้นมาเป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพตามเป้าหมายในการจัดการศึกษาต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
3. เพื่อสร้างเกณฑ์ปกติ (norms) ของแบบทดสอบที่ได้จากการทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ในจังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 6,076 คน จากโรงเรียน 55 โรงเรียน
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ในจังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 650 คน จากโรงเรียน 10 โรงเรียน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (multi-stage random sampling) เพื่อใช้ทดลองสอบ 3 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 และ 2 ใช้กลุ่มตัวอย่างครั้งละ 200 คน สอบครั้งที่ 3 เป็นการทดลองจริง จึงใช้กับกลุ่มตัวอย่าง 250 คน

เครื่องมือที่พัฒนา

เครื่องมือที่ใช้วิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 1 ฉบับ 75 ข้อ เพื่อนำมาทดลองใช้ 3 ครั้ง แล้วคัดเลือกไว้ใช้จริงเพียง 45 ข้อ การทดลองใช้ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง ครั้งละ 200 คน เพื่อหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ และครั้งที่ 3 ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 250 คน เพื่อหาค่า

ความยากและค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (reliability) และสร้างเกณฑ์ปกติ (norms) ในรูปคะแนนที่ - ปกติ ซึ่งทำการขยายคะแนน T โดยอาศัยสมการพยากรณ์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ดำเนินการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ชนิดกาถูกผิดและเติมคำ จำนวน 1 ฉบับ 25 ข้อ แยกตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และจำแนกตามการวัดพฤติกรรมพุทธิพิสัย 3 ด้าน ประกอบด้วยด้านการจัดประเภท ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และด้านการสังเคราะห์ความสัมพันธ์ในเรื่อง สถิติและข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น และการสำรวจความคิดเห็นแล้วนำคำตอบมาวิเคราะห์เพื่อนำไปสร้างแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 1 ฉบับ 75 ข้อ เพื่อนำไปทดลอง 3 ครั้ง โดยผู้วิจัยไปเก็บข้อมูลด้วยตนเองทุกครั้ง

2. ดำเนินการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 3 ครั้ง ดังนี้

2.1 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้น จำนวน 75 ข้อ ไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 200 คน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกรายข้อ แล้วคัดเลือกข้อคำถามที่เข้าเกณฑ์จำนวน 60 ข้อ เพื่อนำไปทดลองครั้งที่ 2

2.2 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกแล้วจากการทดลองใช้ครั้งที่ 1 จำนวน 60 ข้อ ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างครั้งที่ 2 จำนวน 200 คน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ แล้วคัดเลือกข้อคำถามที่เข้าเกณฑ์ จำนวน 45 ข้อ เพื่อนำไปทดลองครั้งที่ 3

2.3 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกแล้วจากการทดลองใช้ครั้งที่ 2 จำนวน 45 ข้อ ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างครั้งที่ 3 จำนวน 250 คน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาคุณภาพทั้งเป็นรายข้อและทั้งฉบับ และสร้างเกณฑ์ปกติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบทดสอบที่พัฒนาขึ้น ได้มาจากการพิจารณาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

2. ความยากของข้อสอบรายข้อแบบทุกตัวเลือกของแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ เรื่อง สถิติและข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นและการสำรวจความคิดเห็น

3. อำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อแบบทุกตัวเลือกของแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ เรื่อง สถิติและข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น และการสำรวจความคิดเห็น

4. ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR-20

5. เกณฑ์ปกติ โดยการนำคะแนนจากการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง ไปแปลงเป็นคะแนน T ปกติ (normalized T- score) โดยอาศัยการหาค่าตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ (PR) และทำการขยายคะแนนที่-ปกติด้วยอาศัยสมการพยากรณ์

ผลการวิจัย

1. ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ 75 ข้อ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน พิจารณาความสอดคล้องพบว่า ได้ข้อสอบเข้าเกณฑ์ทุกข้อมีค่าตั้งแต่ 0.60 ถึง 1.00 จึงสามารถนำข้อสอบทั้ง 75 ข้อ ไปทดลอง 3 ครั้ง เพื่อหาคุณภาพเป็นรายข้อและทั้งฉบับต่อไป

2. การหาคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อและทั้งฉบับ

2.1 ค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบเป็นรายข้อจากการทดลอง 3 ครั้ง ผลเป็นดังนี้

2.1.1 การทดลองครั้งที่ 1 แบบทดสอบ จำนวน 75 ข้อ มีข้อเข้าเกณฑ์ 62 ข้อ จึงคัดเลือกให้เหลือ 60 ข้อ ตามต้องการ มีค่าความยากรายข้อ ตั้งแต่ 0.23 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.22 ถึง 0.66

2.1.2 การทดสอบครั้งที่ 2 แบบทดสอบ จำนวน 60 ข้อ มีข้อเข้าเกณฑ์ 55 ข้อ จึงคัดเลือกให้เหลือ 45 ข้อ ตามต้องการ มีค่าความยากรายข้อ ตั้งแต่ 0.28 ถึง 0.64 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.27 ถึง 0.84

2.1.3 การทดสอบครั้งที่ 3 แบบทดสอบ จำนวน 45 ข้อ มีค่าความยากรายข้อ ตั้งแต่ 0.34 ถึง 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.22 ถึง 0.65 แสดงว่า มีค่าผ่านเกณฑ์ทุกข้อ

2.2 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

ผลจากการทดลองครั้งที่ 3 เมื่อหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับด้วย โดยใช้สูตร KR - 20 พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.87

3. เกณฑ์ปกติ (norms)

ผู้วิจัยสร้างเกณฑ์ปกติ โดยนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบครั้งที่ 3 ละผ่านการหาคุณภาพของแบบทดสอบมาแล้วจึงทำการแปลงเป็นคะแนน T ปกติ แล้วปรับขยายคะแนน T ปกติ โดยอาศัยสมการพยากรณ์พบว่า แบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีคะแนนดิบ ตั้งแต่ 7 คะแนน ถึง 42 คะแนน และคะแนน T ปกติ มีค่าตั้งแต่ T_{13} ถึง T_{68} และทำการขยายคะแนนที่ - ปกติ เพื่อให้ครอบคลุมคะแนนดิบทุกคะแนน โดยใช้สมการเส้นตรง $T_c = 1.56X + 2.08$ ผลการขยาย T ปกติ ส่วนแรกขยายจาก 43 - 45 คะแนน ได้ T_c ตั้งแต่ T_{70} ถึง T_{72} และส่วนที่สองขยายจาก 1 - 6 คะแนน ได้ T_c ตั้งแต่ T_4 ถึง T_{11}

สรุปได้ว่าคะแนนดิบตั้งแต่ 1 - 45 แปลงเป็นคะแนน T ปกติ ได้เป็น T_4 ถึง T_{72}

อภิปรายผล

1. ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ

การหาความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจสอบดัชนีความสอดคล้องมีค่าตั้งแต่ 0.60 ถึง 1.00 แสดงให้เห็นว่า แบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและพฤติกรรมแสดงว่าสามารถวัดได้ตรงกับจุดมุ่งหมายของการทดสอบดังกล่าวซึ่งสอดคล้องกับ พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2540) ที่กล่าวไว้ว่า ถ้าดัชนีความสอดคล้องที่คำนวณได้ มีค่าตั้งแต่ 0.60 - 1.00 ถือว่าข้อคำถามนั้นเป็นตัวแทนลักษณะของกลุ่มพฤติกรรมนั้น

2. การหาค่าความยากและอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ

2.1 ความยากและอำนาจจำแนกรายข้อจากการทดลองสอบครั้งที่ 1 พบว่า แบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 75 ข้อ มีค่าความยาก รายข้อตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.81 และมีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ - 0.03 ถึง 0.66 เมื่อพิจารณาเฉพาะข้อที่เข้าเกณฑ์ พบว่า มี 62 ข้อ ซึ่งมีจำนวนข้อมากกว่าที่ต้องการ คือ 60 ข้อ จึงตัดข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์ระดับต่ำออกไป 2 ข้อ เหลือที่จะนำไปใช้ทดลองครั้งที่ 2 จำนวน 60 ข้อ มีค่าความยากรายข้อตั้งแต่ 0.23 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.22 ถึง 0.66 ข้อสอบส่วนใหญ่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกรายข้ออยู่ในเกณฑ์ดี แต่มีบางข้อมีค่าความยากต่ำเกินไป แสดงว่าข้อสอบนั้นยาก สอดคล้องกับผลการวิจัยของไตรรงค์ เจนการ (2530) ที่พบว่าแบบทดสอบปรนัยประยุกต์ เพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกรายข้อต่ำกว่าแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2 ผู้วิจัยได้นำข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 60 ข้อ ไปทดลองสอบครั้งที่ 2 พบว่า ค่าความยากและอำนาจจำแนกรายข้อ มีค่าความยากตั้งแต่ 0.16 ถึง 0.64 และมีค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.11 ถึง 0.84 เมื่อพิจารณาเฉพาะข้อที่ผ่านเกณฑ์ พบว่า มี 55 ข้อ ซึ่งมีจำนวนข้อมากกว่าที่ต้องการ คือ 45 ข้อ จึงพิจารณาตัดข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์ต่ำ ๆ และข้อสอบความมีเหตุผลเท่า ๆ กันทั้ง 3 ด้าน ด้านละ 15 ข้อ มีค่าความยากรายข้อตั้งแต่ 0.28 ถึง 0.64 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.27 ถึง 0.84 เพื่อนำไปทดลองใช้ครั้งที่ 3 ต่อไป

สาเหตุของการทดลองครั้งที่ 2 ด้วยแบบทดสอบที่เข้าเกณฑ์ 60 ข้อ แล้วทำให้มีข้อเข้าเกณฑ์เหลือเพียง 55 ข้อ ทั้งนี้เป็นเพราะกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดลอง จำนวน 200 คน เป็นกลุ่มใหม่ ผลการสอบจึงเคลื่อนที่ไปตามความสามารถของกลุ่มตัวอย่างที่เปลี่ยนไป ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (classical test theory) (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556) แต่มีข้อสอบที่เข้าเกณฑ์ลดลงเหลือ 55 ข้อ ก็เพียงพอที่จะนำไปทดลองครั้งที่ 3 เพราะต้องการข้อสอบที่เข้าเกณฑ์เพียง 45 ข้อ

2.3 ผู้วิจัยได้นำข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 45 ข้อ ไปทดลองสอบครั้งที่ 3 พบว่า มีค่าความยากรายข้อตั้งแต่ 0.34 ถึง 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.22 ถึง 0.65 ซึ่งมีข้อสอบเข้าเกณฑ์ทั้ง 45 ข้อ ซึ่งสอดคล้องกับ ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539) ซึ่งกล่าวไว้ว่า ค่าความยากของข้อสอบควรอยู่ในเกณฑ์ 0.20 ถึง 0.80 และยังสอดคล้องกับ สมนึก ภัททิยธนี (2551) ที่กล่าวว่าค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบควรมีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 1.00 และที่ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้น่าจะเป็นเพราะว่าการทดลองสอบครั้งที่ 2 มีข้อเข้าเกณฑ์มากถึง 55 ข้อ และเนื่องจากการกระจายของคะแนนมากขึ้น จึงทำให้ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบทุกข้ออยู่ในเกณฑ์และยังมีค่าใกล้เคียงกับแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ พัฒนาโดย วิสุตา รักชู (2547) ซึ่งมีค่าความยากตั้งแต่ 0.37 ถึง 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.84 กล่าวได้ว่าแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นสามารถใช้วัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้

3. ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

จากการทดลองสอบครั้งที่ 3 แบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้มีการตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับด้วย ซึ่งพบว่า มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 สูตรที่ใช้ คือ KR-20

ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน การที่มีค่าความเชื่อมั่นค่อนข้างสูง น่าจะเป็นเพราะแบบทดสอบมีจำนวนข้อมาก ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ May (1975) ที่กล่าวว่าค่าความเชื่อมั่นและความยากของข้อสอบขึ้นอยู่กับจำนวนของข้อสอบ การเพิ่มความยากของข้อสอบจะให้ค่าความเชื่อมั่นสูง เพราะสามารถวัดพฤติกรรมได้มากและพอเพียง ตลอดจนคะแนนที่เกิดจากการเดาก็ลดน้อยลง และข้อสอบมีค่าความยากง่ายอยู่ในระดับปานกลาง ไม่ยากหรือง่ายเกินไป จึงทำให้มีความเชื่อมั่นสูง อีกทั้งยังสอดคล้องกับ ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539) ซึ่งกล่าวว่า ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบควรมีค่ามากกว่า 0.70 จึงเป็นแบบทดสอบที่เชื่อมั่นได้

4. เกณฑ์ปกติ (norms)

เกณฑ์ปกติ ผู้วิจัยได้สร้างเกณฑ์ปกติในรูปคะแนน T ปกติ เพื่อใช้เปรียบเทียบความสามารถให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้จากการทดสอบหาคุณภาพแล้ว ผู้วิจัยหาคะแนน T ปกติ และปรับขยายคะแนน T ปกติ โดยอาศัยสมการพยากรณ์พบว่า มีคะแนนดิบ ตั้งแต่ 7 คะแนน ถึง 42 คะแนน และคะแนน T ปกติ มีค่าตั้งแต่ T_{13} ถึง T_{68} ซึ่งคะแนนดิบของแบบทดสอบ การกระจายของคะแนนยังไม่ครอบคลุมทุกค่า สอดคล้องกับ พงษ์รัตน์ ทวีรัตน์ (2530) ที่กล่าวว่า การทดสอบใด ๆ ก็ตามมีอยู่น้อยนักที่นักเรียนจะสอบได้คะแนนครอบคลุมทุกระดับตั้งแต่คะแนน 0 ถึงคะแนนเต็ม จึงมีความจำเป็นที่การสร้างเกณฑ์ปกติจะต้องมีการขยายขอบเขตของคะแนนที่ได้จากการทดสอบให้กว้างออกไปครอบคลุมคะแนนทุกระดับของแบบทดสอบนั้น ๆ ด้วยเสมอ วิธีที่มีคุณภาพและนิยมใช้กับการแปลงคะแนนดิบให้เป็นคะแนน T ปกติ และทำการขยายคะแนน T ปกติ โดยการสร้างสมการพยากรณ์ (สมนึก ภัททิยธนี, 2560) ซึ่งการอธิบายผลของเกณฑ์ปกติ ต้องอาศัยสมการพยากรณ์ เพื่อขยายคะแนนของแบบทดสอบ เพราะธรรมชาติของการทดสอบแต่ละครั้งจะไม่ครอบคลุมคะแนนต่ำสุดและสูงสุด

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการขยายคะแนนดิบจาก 1 - 6 คะแนน และ 43 - 45 คะแนน ซึ่งอาศัยการแปลงให้เป็นคะแนน T ปกติ และทำการขยายคะแนน T ปกติ โดยอาศัยสมการพยากรณ์ : $T_c = 1.56X + 2.08$ และยังสามารถแปลความหมายของความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรูปคะแนน T ปกติ ช่วยให้ผลการทดสอบการมีเหตุผลมีคุณค่ายิ่งขึ้น

ส่วนผลการแปลความหมายของคะแนน T ปกติ ที่มีแนวโน้มว่านักเรียนผู้เข้าสอบต้องได้คะแนนดิบค่อนข้างสูง คือ ตั้งแต่ 28 - 45 คะแนน จากคะแนนเต็ม 45 คะแนน หรือคะแนน T ปกติ ตั้งแต่ 46 - 72 จึงจะอยู่ในกลุ่มมีความสามารถพอใช้ ปานกลาง สูง หรือสูงมาก ที่เป็นเช่นนี้เพราะเป็นแบบทดสอบความมีเหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งนักเรียนต้องคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์คำถามของโจทย์ จึงจะได้คำตอบถูก ซึ่งเป็นไปตามหลักของข้อสอบการมีเหตุผลที่ต้องประกอบด้วย พฤติกรรมการจัดประเภท (1.23) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (4.20) และการสังเคราะห์ความสัมพันธ์ (5.30) (สมนึก ภัททิยธนี, 2560) ต่างจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หรือวิชาอื่น ๆ ที่ไม่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ - สังเคราะห์เกือบทุกข้อ และจะเน้นเนื้อหาสาระที่ทำการเรียนการสอนเป็นหลัก

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ควรใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชาคณิตศาสตร์ และพัฒนาความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น

1.2 ในการวิจัยครั้งนี้ ประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 24 กาฬสินธุ์ ดังนั้นในการนำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างอื่นที่แตกต่าง จึงควรหาเกณฑ์ปกติ (norms) ใหม่เพื่อใช้สำหรับการแปลคะแนนด้วย

2. ข้อเสนอแนะสำหรับวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในแต่ละระดับชั้น เนื่องจากความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนในแต่ละระดับชั้นแตกต่างกัน

2.2 ควรมีการวิจัยเชิงทดลองในวิชาคณิตศาสตร์ โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่แสดงถึงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ แล้วพัฒนาเครื่องมือประเมินตามสภาพจริง เพื่อวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญ จำเป็นที่จะต้องเน้นให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตร*

แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ชวาล แพ้ตกุล. (2520). *เทคนิคการเขียนข้อสอบ*. กรุงเทพฯ : โรงเรียนแพร์ตอสนุสรณ์.

ไตรรงค์ เจนการ. (2530). *การศึกษาคุณภาพแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ เพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). *การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

วิสุตา รักชู. (2547). *การพัฒนาแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดระนอง*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. พิมพ์ครั้งที่ 7 กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.). (2555). *ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนโอเน็ต ระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 6 ปีการศึกษา 2555*. สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ.

http://www.onetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/Login.aspx_10 กันยายน 2556.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2552). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมคณิตศาสตร์ เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- _____. (2550) *ทักษะ/กระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สมนึก ภัททิยธนี. (2560). *การวัดผลการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 11. กทม. : ประสานการพิมพ์.
- _____. (2551) *เทคนิคการสอนและรูปแบบการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กทม. : ประสานการพิมพ์.
- สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี และอัมพิกา ประโมจน์ย์. (2549). *รายงานการประเมินผลการเรียนรู้จาก PISA 2003*. กรุงเทพฯ : เซเว่นพริ้นติ้ง.
- สำนักงานรับรองมาตรฐานและประกันคุณภาพทางการศึกษา. (2547). *มาตรฐานการศึกษา ตัวบ่งชี้และเกณฑ์การพิจารณาเพื่อการประเมินคุณภาพภายนอก ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2547*. กรุงเทพฯ : กลุ่มงานประเมินคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐาน.
- May and M. Eileen. (1975). "An Investigation of the Relationship of Moral and Cognitive Modes of Thought in Second and fifth Grade Children", *Dissertation Abstracts International*, 36(1), 192-A ; July.