การพัฒนาตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

Development of Indicators for Mathematical Habits of Mind of Upper Secondary Education Students

วาสนา จันเสริม[1] และ ญาณภัทร สีหะมงคล[2]
Wasana Chanserm [1] and Yannapat Seehamongkon[2]

(Received: March 20, 2019; Revised: June 28, 2019; Accepted: July 3, 2019)

บทคัดย่อ

วิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนาตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 2) เพื่อวิเคราะห์โมเดลการวัดจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่าง แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มตัวอย่าง 1 เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดบุรีรัมย์ ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (exploratory factor analysis : EFA) จำนวน 847 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น กลุ่มตัวอย่าง 2 เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในจังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 1,241 คน ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis: CFA) ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ 1) แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง 2) แบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และการวิเคราะห์องค์ประกอบ

ผลการวิจัยพบว่า 1) ตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย 9 องค์ประกอบ 60 ตัวบ่งชี้ 2) ผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า โมเดลเชิงโครงสร้างมีความความสอดคล้องและกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีดัชนีวัดระดับความกลมกลืนระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ได้ค่าไคสแควร์ (χ^2) = 1602.43, df = 1531, p = 0.0645, GFI = 0.958, AGFI = 0.950, CFI = 0.999, SRMR = 0.0356, RMSEA = 0.00669 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบเรียงลำดับจากมากไปน้อย คือ การถามและตั้งข้อสงสัย มีความสนใจใฝ่รู้ มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การพยายามให้เกิดความถูกต้องแม่นยำ การมีความยืดหยุ่นในการคิด การมี

[1] นิสิตปริญญาโท สาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
[1] M.Ed. student, Educational Research and Evaluation Program, Faculty of Education, Mahasarakham University
[2] Asst. Prof, Department of Education Research and Development, Faculty of Education, Mahasarakham University
Corresponding Author E-mail: mathsciwasong@gmail.com

ความรับผิดชอบต่อการตัดสินใจของตนเอง การย้อนคิดเกี่ยวกับความคิดของตน การมีความมุ่งมั่น และมีความรู้ในเนื้อหาคณิตศาสตร์ เท่ากับ 0.923, 0.918, 0.913, 0.908, 0.907, 0.778, 0.733 และ 0.564 ตามลำดับ

คำสำคัญ ตัวบ่งชี้ จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

Abstract

The purposes of this research were: 1) to develop indicators for mathematical habits of minds of upper secondary education students; 2) to analyze the model of mathematical habits of minds of upper secondary education students. The sample was divided into 2 groups: group 1 consisted of 847 upper secondary education students in Buriram Province, who were to be the subjects in the exploratory factor analysis (EFA), obtained through stratified random sampling; group 2 consisted of 1,241 upper secondary education students in Buriram Province, who were to be the subjects in the confirmatory factor analysis (CFA), obtained through stratified random sampling. The instruments comprised: 1) a structured interview form, 2) a rating scale questionnaire. The analysis of data employed the mean, standard deviation, correlation coefficient and factor analysis.

The findings of this research were as follows: 1) The indicators for mathematical habits of minds of upper secondary education students composed of 9 components and 60 indicators; 2) the analysis of the model of mathematical habits of minds of upper secondary education students revealed that the construct model was in congruence with the empirical data. The goodness of fit index showed the following summation between the model and the empirical data: chi - square (χ^2) of 1602.43, degrees of freedom (df) = 1531, p = 0.0645, GFI = 0.958, CFI = 0.999, AGFI = 0.950, SRMR = 0.0356 and RMSEA = 0.00669. The factor loadings were sorted in descending order as follows: questioning and posing doubts, having curiosity, having mathematical process skills, striving for accuracy, having thinking flexibly, having responsibility for one's own decisions, thinking about thinking, having persistence, and having knowledge in mathematics content, with the factor loading values of 0.923, 0.918, 0.913, 0.908, 0.907, 0.778, 0.733 and 0.564 respectively.

Keywords: indicators, mathematical habits of mind, upper secondary education students

บทนำ

จิตนิสัย (habits of mind) เป็นลักษณะของบุคคลที่ใช้ความคิดในการทำงานจนเป็นนิสัยทำให้สามารถเผชิญกับสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพช่วยส่งเสริมสังคมให้มีความเมตตากรุณาและมีความเห็นอกเห็นใจผู้อื่น (Costa & Kallick, 2000) ตรงกับอุปนิสัย (habits of mind) ซึ่ง สตีเฟน อาร์. โคว์วีย์ (Stephen R. Covey, 2004) ได้ให้ความหมายของอุปนิสัยว่าเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตลอดเวลาแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมของแต่ละบุคคล อุปนิสัยเกิดขึ้นจากองค์ประกอบจากความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ทักษะและความปรารถนาเข้าด้วยกัน (Covey, 2004) ซึ่งอุปนิสัยของบุคคลนั้นสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาได้หากบุคคลตั้งใจทำ (วิทยา นาควัชระ, 2545) ดังนั้น คำว่า habits of mind จึงหมายถึง จิตนิสัย หรือ อุปนิสัย และเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันในงานวิจัยนี้จะใช้คำว่า “จิตนิสัย” แทน “อุปนิสัย”

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มุ่งเน้นการนำความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา การดำเนินชีวิต และศึกษาต่อ การมีเหตุมีผล มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ พัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบและสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ซึ่งเป้าหมายสูงสุดของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ คือ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยมุ่งที่กระบวนการในการแก้ปัญหา เนื่องจากคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นในศตวรรษนี้จะเป็นพื้นฐานสำหรับเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ที่จะพัฒนาขึ้นในครั้งต่อไปกระบวนการคิด วิธีการมองสิ่งที่เป็นจิตนิสัยของจิตโดยนักคณิตศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์และนักวิทยาศาสตร์จะถูกสะท้อนในระบบที่จะมีผลต่อเกือบทุกอย่างและทุกด้านในชีวิตประจำวัน หากต้องการที่จะให้นักเรียนสามารถนำไปใช้ได้หลังจากเรียนจบไป จำเป็นต้องเตรียมตัวพวกเขาให้สามารถใช้ ทำความเข้าใจ ควบคุม และควรที่จะปรับเปลี่ยนชั้นเรียนเพื่อรองรับเทคโนโลยีในอนาคต นั่นหมายความว่าจะต้องช่วยให้พวกเขาพัฒนาวิธีคิดทางคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง ซึ่งนิสัยเหล่านี้จะต้องพยายามให้เกิดกับนักเรียนทุกคน นักเรียนที่เรียนรู้เฉพาะข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ นิยาม กฎและขั้นตอนในการใช้งาน เป็นเรื่องง่ายในการให้คะแนนในวิชาคณิตศาสตร์ แต่นักเรียนเหล่านี้หลายคนพบว่าไม่สามารถนำความรู้นี้ไปใช้เมื่อพบปัญหาหรือสถานการณ์ใด ๆ ที่ยังไม่ได้เจาะจงวิธีการแก้ปัญหา (Cathy L.Seeley, 2014) สอดคล้องกับสิ่งที่สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2553) ได้กำหนดจุดเน้นการพัฒนาผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไว้ว่า จะมุ่งพัฒนาผู้เรียนอย่างต่อเนื่องในด้านความสามารถในการแสวงหาความรู้เพื่อการแก้ปัญหา ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี โดยเน้นเพิ่มเติมความสามารถด้านการใช้ภาษาต่างประเทศโดยเฉพาะภาษาอังกฤษในการสื่อสารได้ ทักษะการคิดขั้นสูง ทักษะชีวิต ทักษะการสื่อสารอย่างสร้างสรรค์ตามช่วงวัย สอดคล้องกับแผนการศึกษาแห่งชาติ ฉบับ พ.ศ. 2552 – 2559 (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2553) ได้กำหนดนโยบายและกรอบการดำเนินงานในด้านการพัฒนาคุณภาพการศึกษาและการเรียนรู้ในทุกระดับและประเภทของการศึกษาให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถ มีสมรรถนะทั้งด้านการอ่านและการเขียนภาษาไทยและภาษาต่างประเทศ การคิดคำนวณ การวิเคราะห์ การแก้ปัญหา คิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีนิสัยใฝ่เรียนรู้ สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง แสวงหาความรู้ และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต มีความรู้เชิงวิชาการและสมรรถนะทางวิชาชีพ มีคุณธรรม จริยธรรม สามารถประกอบอาชีพ และอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุขตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาจัดอยู่ในช่วงวัยรุ่นซึ่งเป็นช่วงชีวิตระหว่างวัยเด็กกับวัยผู้ใหญ่และเป็นช่วงหัวเลี้ยวหัวต่อที่สำคัญยิ่งเพราะมีการเปลี่ยนแปลงอันซับซ้อนและสับสนร่วมกันหลายด้าน ทั้งด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม สติปัญญา และจริยธรรม ซึ่งสุรางค์ โค้วตระกูล (2553) ได้กล่าวว่านักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นวัยที่กำลังจะจบการศึกษาในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน เป็นช่วงชีวิตที่ตัดสินใจเลือกแนวทางการดำเนินชีวิตในอนาคตของตนเอง ทั้งนี้เด็กจำเป็นต้องรู้จักโลกภายนอกที่นอกเหนือจากครอบครัวและกลุ่มเพื่อน ต้องสำรวจตนเองเพื่อให้ตระหนักถึงสมรรถภาพและศักยภาพของตนทั้งด้านดีและด้านบกพร่องเพื่อนำมาปรับปรุงและตัดสินใจเลือกทางเดินชีวิตให้เหมาะกับตนเองและสามารถวางแผนอนาคตได้ตามสภาพความเป็นจริง (กรมสุขภาพจิต, 2546)

จะเห็นว่าจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนมีความสำคัญต่อการศึกษาและการพัฒนาคุณภาพชีวิตและสังคม จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง จากการศึกษางานวิจัยพบว่ามีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับตัวบ่งชี้และองค์ประกอบของจิตนิสัย ได้แก่ จิตนิสัย 16 องค์ประกอบ ตามทฤษฎีของคอสตาและคอลลิค จิตนิสัยแห่งความสำเร็จตามทฤษฎีของสตีเฟน สำหรับจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่านักการศึกษายังมีความคิดเห็นที่ไม่ตรงกันในเรื่องของตัวบ่งชี้และองค์ประกอบ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. เพื่อวิเคราะห์โมเดลการวัดจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

นิยามศัพท์เฉพาะ

จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ (mathematical habits of mind : MHoM) หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหา โดยใช้วิธีการที่หลากหลาย เชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ รวมทั้งใช้เหตุผล หลักฐานเพื่อสนับสนุนความคิดนั้น สามารถสื่อความหมายได้อย่างถูกต้อง โดยปฏิบัติได้อย่างเป็นปกติจนเกิดเป็นนิสัย

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.4 – ม.6) ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 32 จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 26,815 คน การพัฒนาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้ของจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อสังเคราะห์เป็นร่างองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ (พงศธร มหาวิจิตร และสุนทรีย์ ปาลวัฒน์ชัย, 2561; คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย, 2561; Costa &

Kallick, 2000; Common Core State Standards Initiative, 2010; Cuoco, A., Goldenberg, E. P., & Mark, J., 1996; Cuoco, A., Goldenberg, E. P., & Mark, J., 2010; Driscoll, M., DiMatteo, R. W., Nikula, J. E., & Egan, M., 2007; Goldenberg, E. P., Shteingold, N., & Feurzeig,N., 2003 ; Hull, T., Balka, Don, & Miles, R. H., 2012; Levasseur, K., & Cuoco, A., 2003; Marzano,R. J., 1992; National Council of Teachers of Mathematics (NCTM)., 2000; National Council of Teachers of Mathematics (NCTM)., 2009; RAND Mathematics Study Panel., 2003; Seaman, C. E., & Szydlik, J. E., 2007; Texas Education Agency, 2012; Kien Lim, 2013) จากนั้นผู้วิจัยจึงใช้การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อพัฒนาองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์

วิธีการในการหาคุณภาพของแบบสอบถามตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ความตรงตามเนื้อหา อำนาจจำแนก ความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน ความตรงตามโครงสร้าง

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การสร้างตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และ ระยะที่ 2 การพัฒนาและตรวจสอบองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย รายละเอียด ดังนี้

ระยะที่ 1 การสร้างตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อกำหนดองค์ประกอบ นิยาม และตัวบ่งชี้ จากนั้นใช้วิธีการเชิงคุณภาพ ด้วยการสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลที่เป็นผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน โดยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจงจากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญไปใช้ในการสร้างแบบสอบถามตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแล้วนำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 50 คน เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง จำนวน 1 ฉบับ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ โดยผ่านการหาคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของข้อคำถามและวัตถุประสงค์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00

2. แบบสอบถามจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ที่สร้างจากการวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ประกอบและข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญโดยผ่านการหาคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของข้อคำถามและวัตถุประสงค์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.80 – 1.00 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.236 ถึง 0.722 และ ค่าความเที่ยง (reliability) ของแบบสอบถามเท่ากับ 0.962 ประกอบด้วย 8 องค์ประกอบ 77 ตัวบ่งชี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยนำแบบสัมภาษณ์ดังกล่าวไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ และนำแบบสอบถามไปแจกให้กับนักเรียนด้วยตนเอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) และหาค่าอำนาจจำแนก (discrimination) โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (pearson product moment correlation coefficient) หาค่าความเที่ยง (reliability) ด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach Method)

ระยะที่ 2 การพัฒนาและตรวจสอบองค์ประกอบและตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.4 – ม.6) ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 32 จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 26,815 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาตัวบ่งชี้และตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

กลุ่มตัวอย่างที่ 1 ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (exploratory factor analysis : EFA) ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ในจังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 847 คนได้มาโดยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (stratified random sampling) โดยใช้ขนาดของโรงเรียนและระดับชั้น เป็นชั้นในการสุ่ม

กลุ่มตัวอย่างที่ 2 ใช้ในการวิจัยเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis : CFA) เพื่อเป็นการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างระหว่างโมเดลสมการโครงสร้างกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ในจังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 1,241 คน ใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (stratified random sampling)

การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง อาศัยแนวคิดของ Hair et al (2010) ได้เสนอเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างในการวิเคราะห์โมเดลลิสเรล โดยพิจารณาจากขนาดของโมเดล ซึ่งโดยทั่วไปมักใช้ผู้ตอบจำนวน 10 - 20 คน ต่อค่าพารามิเตอร์ที่ ต้องการประมาณค่า 1 ตัวทั้งนี้ในโมเดลการวิจัยมี จำนวนตัวแปรที่ต้องการประมาณค่า จำนวน 60 ค่า ดังนั้น ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมตาม แนวคิดของ Hair et al, (2010) ควรมีจำนวน 600 – 1,200 คน ผู้วิจัยได้แจกแบบสอบถาม จำนวน 1,260 ฉบับ ซึ่งคิดเป็น 21 เท่าของจำนวนตัวแปร เพื่อชดเชยกรณีที่อัตราการตอบแบบสอบถามไม่ครบ จากการเก็บรวบรวมข้อมูลได้รับแบบสอบถาม กลับคืนมา จำนวน 1,241 ฉบับ คิดเป็นอัตราการตอบ กลับร้อยละ 98.49 ดังนั้น จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ถือว่าขนาดของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้มีความเหมาะสมและเพียงพอที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์โมเดลลิสเรล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามผลการวิจัยในระยะที่ 1 ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ และแบบสอบถามตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยคัดเลือกจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจทั้ง 77 ข้อ และคัดเลือกเหลือ 60 ข้อ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ ประกอบด้วย 9 องค์ประกอบ 60 ตัวบ่งชี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำหนังสือจากมหาวิทยาลัยมหาสารคามขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลเอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อทราบลักษณะของกลุ่มตัวอย่างและการแจกแจงของตัวบ่งชี้ โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันเพื่อทราบลักษณะความสัมพันธ์ของตัวบ่งชี้ใช้พิจารณาความเหมาะสมของเมตริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวบ่งชี้ วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (exploratory factor analysis : EFA) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยวิธีการสกัดแบบตัวประกอบสำคัญ (principal component analysis : PC) และหมุนแกนแบบออโธกอนอล (orthogonal) โดยวิธีแวริแมกซ์ (Varimax) เพื่อสังเคราะห์ตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พิจารณาองค์ประกอบที่มีค่าไอเกน (eigen values) มากกว่า 1 มีน้ำหนักองค์ประกอบมากกว่า .30 และมีจำนวนตัวบ่งชี้ตั้งแต่ 3 ตัวขึ้นไป และวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองโดยใช้โปรแกรม Lisrel

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้องค์ประกอบจำนวน 9 องค์ประกอบ ตัวบ่งชี้จำนวน 60 ตัวบ่งชี้ ดังนี้ 1) องค์ประกอบมีความสนใจใฝ่รู้ (curiosity ouotient: CQ) จำนวน 10 ตัวบ่งชี้ 2) องค์ประกอบการมีความรับผิดชอบต่อการตัดสินใจของตนเอง (responsibility for own decisions: RfoD) จำนวน 6 ตัวบ่งชี้ 3) องค์ประกอบมีความรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ (knowledge in mathematics content: Kmc) จำนวน 11 ตัวบ่งชี้ 4) องค์ประกอบ การมีความยืดหยุ่นในการคิด (thinking flexibly: TF) จำนวน 4 ตัวบ่งชี้ 5) องค์ประกอบการย้อนคิดเกี่ยวกับความคิดของตน (thinking about thinking: TaT) จำนวน 6 ตัวบ่งชี้ 6) องค์ประกอบมีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (mathematical process skills: Mps) จำนวน 7 ตัวบ่งชี้ 7) องค์ประกอบ การถามและตั้งข้อสงสัย (questioning and posing ploblems: QaPP) จำนวน7 ตัวบ่งชี้ 8) องค์ประกอบการพยายามให้เกิดความถูกต้องแม่นยำ (striving for accuracy: SfA) จำนวน 6 ตัวบ่งชี้ และ 9) องค์ประกอบการมีความมุ่งมั่น (persisting : Pst) จำนวน 3 ตัวบ่งชี้ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 ความสนใจใฝ่รู้ (curiosity quotient : CQ) หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่มีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้หรือมีความสนใจซึ่งจะนำไปสู่การเสาะแสวงหาความรู้ในเรื่องนั้น ๆ เพิ่มเติมด้วยตนเองและชอบที่จะเรียนรู้ตลอดเวลา

ตัวบ่งชี้ที่ 1.1 นักเรียนมีความรู้สึกว่าต้องเรียนรู้ตลอดเวลาให้ทันต่อยุคสมัย

ตัวบ่งชี้ที่ 1.2 นักเรียนเข้าร่วมแก้ปัญหาเพื่อให้เกิดการเรียนรู้

ตัวบ่งชี้ที่ 1.3 นักเรียนชอบหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับคณิตศาสตร์เสมอ ๆ

ตัวบ่งชี้ที่ 1.4 นักเรียนบริหารจัดการทุกเรื่องในชีวิตได้ดีเพราะการคิดวิเคราะห์

ตัวบ่งชี้ที่ 1.5 เมื่อพบสถานการณ์ใหม่ๆนักเรียนจะวิเคราะห์สถานการณ์นั้นๆก่อนเสมอ

ตัวบ่งชี้ที่ 1.6 นักเรียนจะตั้งใจเรียนในสิ่งที่ยังไม่มีความรู้เสมอ

ตัวบ่งชี้ที่ 1.7 นักเรียนมักคิดวิเคราะห์ทุกเรื่องที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

ตัวบ่งชี้ที่ 1.8 เรียนสนุกกับการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ตัวบ่งชี้ที่ 1.9 นักเรียนมักแสวงหาความรู้อยู่ตลอดเวลา

ตัวบ่งชี้ที่ 1.10 นักเรียนมีความสุขทุกครั้งที่สามารถแก้ปัญหาได้

องค์ประกอบที่ 2 การมีความรับผิดชอบต่อการตัดสินใจของตนเอง (responsibility for own decisions: Rfod) หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่ยอมที่จะเอาตัวเองเข้าไปอยู่ในสถานการณ์ที่ไม่ทราบว่าผลลัพธ์จะออกมาเป็นอย่างไร ยอมรับสภาพที่วุ่นวายสับสนหรือความทดถอยว่าเป็นสิ่งที่น่าสนใจ ท้าทายความสามารถ และความเจริญงอกงามของตนเอง จะไม่แสดงความมุทะลุหรือบุ่มบ่าม การเสี่ยงของพวกเขาเป็นการศึกษาเพราะจะรวบรวมเอาประสบการณ์ ความรู้เดิม คิดคำนึงถึงผลที่จะตามมาและรู้ว่าความพอเหมาะ พอควรอยู่ที่ใดและรู้ว่าอะไรอันตรายเกินไป

ตัวบ่งชี้ที่ 2.1 นักเรียนมักพิจารณาความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ก่อนตัดสินใจ

ตัวบ่งชี้ที่ 2.2 นักเรียนเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาได้เหมาะสมกับเครื่องมือที่มี

ตัวบ่งชี้ที่ 2.3 นักเรียนรู้ว่าทำได้ อะไรที่ทำไม่ได้ควรหยุดและคิดหาวิธีการใหม่

ตัวบ่งชี้ที่ 2.4 นักเรียนมักประเมินสถานการณ์ก่อนลงมือปฏิบัติเสมอ

ตัวบ่งชี้ที่ 2.5 นักเรียนยอมให้ครูทำโทษเมื่อทำผิด

ตัวบ่งชี้ที่ 2.6 เมื่อนำเสนองานกลุ่มผิดพลาด นักเรียนจะขอโทษสมาชิกในกลุ่มและยอมรับผิด

องค์ประกอบที่ 3 มีความรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ (knowledge in mathematics content: Kmc) หมายถึง บุคคลที่มีความรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ทั้ง 4 สาระ ตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)

ตัวบ่งชี้ที่ 3.1 นักเรียนเคยใช้รูปเรขาคณิต ช่วยอธิบาย และหาคำตอบของปัญหา

ตัวบ่งชี้ที่ 3.2 นักเรียนเลือกใช้ค่ากลางในการประมาณค่าข้อมูลทั้งหมดได้อย่างเหมาะสม

ตัวบ่งชี้ที่ 3.3 นักเรียนคาดการณ์ได้ถูกต้อง เพราะมีความรู้เรื่องความน่าจะเป็น

ตัวบ่งชี้ที่ 3.4 นักเรียนเคยใช้ความรู้เรื่องตรีโกณมิติแก้ปัญหาในชีวิตจริง

ตัวบ่งชี้ที่ 3.5 นักเรียนเคยแก้ปัญหาโดยใช้การประมาณค่าของจำนวนจริง

ตัวบ่งชี้ที่ 3.6 นักเรียนเคยแก้ปัญหาโดยใช้สมการและกราฟ

ตัวบ่งชี้ที่ 3.7 นักเรียนใช้กรณีตัวอย่างหลายๆกรณี ช่วยหาคำตอบในการแก้ปัญหา

ตัวบ่งชี้ที่ 3.8 แคลคูลัสเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เช่น การเขียนคำสั่งในโปรแกรมการคำนวณต่าง ๆ ที่ต้องการความแม่นยำมาก ๆ

ตัวบ่งชี้ที่ 3.9 ความรู้เรื่องลิมิตเป็นพื้นฐานเชื่อมโยงในวิชาคณิตศาสตร์และวิชาอื่น

ตัวบ่งชี้ที่ 3.10 แคลคูลัสช่วยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นๆ เช่น หาความเร็ว ความเร่ง

ตัวบ่งชี้ที่ 3.11 นักเรียนคิด ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้เร็วขึ้นเพราะมีความรู้ในวิชาแคลคูลัส

องค์ประกอบที่ 4 การมีความยืดหยุ่นในการคิด (thinking flexibly: TF) หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อทำให้ตนเองเก่งขึ้น คนที่มีความคิดยืดหยุ่นจะสามารถควบคุมสถานการณ์ได้ดี เพราะสามารถเปลี่ยนแปลงความคิดตามข้อมูลที่ได้รับเพิ่มเติม คนเหล่านี้มักจะเข้าไปเกี่ยวข้องกับกิจกรรมที่หลากหลายให้พวกเขามีความสามารถในการปรับเปลี่ยน สามารถคาดเดาถึงผลลัพธ์ที่เกิดตามมา คนที่มีความยืดหยุ่นจะสามารถวิเคราะห์และแก้ปัญหาด้วยมุมมองใหม่ เปลี่ยนแปลงความคิดได้ไว มีความมั่นใจในการแก้ปัญหาของตนเอง

ตัวบ่งชี้ที่ 4.1 นักเรียนจะสามารถปรับเปลี่ยนแนวคิดในการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว

ตัวบ่งชี้ที่ 4.2 เมื่อไม่สามารถแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่เตรียมไว้ นักเรียนก็สามารถหาวิธีแก้ปัญหาแบบใหม่ได้สำเร็จ

ตัวบ่งชี้ที่ 4.3 นักเรียนพยายามคิดหาหลาย ๆ วิธีในการแก้ปัญหา เพื่อเลือกวิธีที่ดีที่สุด

ตัวบ่งชี้ที่ 4.4 นักเรียนคาดเดาผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นโดยใช้หลักฐาน เหตุผลทางคณิตศาสตร์สนับสนุน

องค์ประกอบที่ 5 การย้อนคิดเกี่ยวกับความคิดของตน (thinking about thinking : TaT) หรือเมตตาคอกนิชัน (metacognition) หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่มีการสำรวจความคิดของตนเองทำให้ทราบว่าเรารู้อะไรแล้ว และยังไม่รู้อะไรบ้าง เป็นความสามารถของคนในการวางแผนเพื่อหาข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม รู้ตัวตลอดเวลาว่ากำลังทำอะไรอยู่ อยู่ในขั้นตอนใด และคอยประเมินตนเองตลอดเวลา องค์ประกอบหลักของการสำรวจความคิดของตนเอง คือ การวางแผนปฏิบัติจดจำแผนงานไว้ในสมองแล้วย้อนคิด และประเมินแผนงานนั้นเมื่องานเสร็จ

ตัวบ่งชี้ที่ 5.1 นักเรียนวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาได้

ตัวบ่งชี้ที่ 5.2 นักเรียนสามารถอธิบายความคิดของตนเองได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน

ตัวบ่งชี้ที่ 5.3 ทุกสิ่งที่นักเรียนทำ จะมีคำอธิบายเสมอ

ตัวบ่งชี้ที่ 5.4 นักเรียนใช้ความผิดพลาดในอดีตมาเป็นบทเรียนในการทำงาน

ตัวบ่งชี้ที่ 5.5 นักเรียนจะจดจำแผนงานไว้ในความสมองแล้วคิดหาวิธีแก้ปัญหา

ตัวบ่งชี้ที่ 5.6 นักเรียนจะจดจำแผนงานไว้ในความสมองแล้วคิดหาวิธีแก้ปัญหา

องค์ประกอบที่ 6 มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (mathematical process skills: Mps) หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้

รวมทั้งนำไปใช้ในการแก้ปัญหาและประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตัวบ่งชี้ที่ 6.1 นักเรียนใช้ทฤษฎีบททางคณิตศาสตร์บางทฤษฎีมาช่วยในการแก้ปัญหา

ตัวบ่งชี้ที่ 6.2 วิธีแก้ปัญหาของนักเรียนมีลำดับขั้นตอนที่สามารถตรวจสอบได้

ตัวบ่งชี้ที่ 6.3 หากไม่เข้าใจทฤษฎีทางคณิตศาสตร์แล้วนักเรียนอาจคิดวิธีแก้ปัญหานี้ไม่ได้

ตัวบ่งชี้ที่ 6.4 นักเรียนใช้ข้อมูลที่สามารถสังเกตได้หรือหลักฐานเชิงประจักษ์ช่วยในการตัดสินใจ

ตัวบ่งชี้ที่ 6.5 นักเรียนเคยนำความรู้คณิตศาสตร์และวิชาอื่นๆมาเชื่อมโยงกันเพื่อปัญหา

ตัวบ่งชี้ที่ 6.6 การสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ช่วยให้ผู้อื่นเข้าใจในสิ่งที่นักเรียนนำเสนอ

ตัวบ่งชี้ที่ 6.7 นักเรียนนำการเหตุผลทางคณิตศาสตร์ช่วยแก้ปัญหา สถานการณ์ได้ดี

องค์ประกอบที่ 7 การถามและตั้งข้อสงสัย (questioning and posing problems: QaPP) หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่มีการถามคำถามให้เติมเต็มในสิ่งที่ตนรู้และสิ่งใดที่ยังไม่รู้ ผู้ถามคำถามที่ดีมักจะถามคำถามแบบครอบคลุม เช่น มีหลักฐานอะไร ทราบได้อย่างไรว่าหลักฐานถูกต้อง แหล่งข้อมูลมีความน่าเชื่อถือเพียงไร

ตัวบ่งชี้ที่ 7.1 เมื่อเกิดข้อสงสัยขณะเรียน นักเรียนจะถามคุณครูทันที

ตัวบ่งชี้ที่ 7.2 เมื่อพบปัญหาขณะทำงาน นักเรียนจะสอบถามจนเข้าใจและสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง

ตัวบ่งชี้ที่ 7.3 นักเรียนชอบคิดสูตรลัด เทคนิค วิธีการหาคำตอบที่รวดเร็วและแม่นยำ

ตัวบ่งชี้ที่ 7.4 นักเรียนจะตรวจคำตอบของตนเองว่าตรงกับเพื่อนๆหรือไม่ก่อนส่งงาน

ตัวบ่งชี้ที่ 7.5 นักเรียนหาสาเหตุของสิ่งที่ทำให้เกิดปัญหาและหาแนวทางแก้ปัญหาได้

ตัวบ่งชี้ที่ 7.6 นักเรียนซักถามครูจนเข้าใจภาระงานที่ได้รับมอบหมาย

ตัวบ่งชี้ที่ 7.7 นักเรียนมักถามเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาที่เรียนไม่เข้าใจกับเพื่อน

องค์ประกอบที่ 8 การพยายามให้เกิดความถูกต้องแม่นยำ (striving for accuracy : SfA) หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่มีความพยายามในการหาวิธีการที่ใช้ตรวจสอบงานของตนอย่างแม่นยำ เขาจะฝึกให้ตนเองมีความซื่อสัตย์ในการตรวจสอบงาน และพร้อมที่จะแก้ไขข้อบกพร่องตลอดเวลาจนกว่าจะเสร็จ

ตัวบ่งชี้ที่ 8.1 เมื่อพบข้อบกพร่องของงาน นักเรียนก็จะพยายามแก้ไขจนกว่าจะสมบูรณ์

ตัวบ่งชี้ที่ 8.2 นักเรียนตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้เสมอ

ตัวบ่งชี้ที่ 8.3 เมื่อทำงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จ นักเรียนจะตรวจทานก่อนส่ง

ตัวบ่งชี้ที่ 8.4 นักเรียนหาหลักฐานที่ถูกต้องมาสนับสนุนความคิดของตนเอง

ตัวบ่งชี้ที่ 8.5 นักเรียนใช้การพิสูจน์ทั้งแบบอุปนัยและนิรนัยช่วยแก้ปัญหา

ตัวบ่งชี้ที่ 8.6 นักเรียนพิสูจน์สิ่งที่พิสูจน์ได้ก่อนลงข้อสรุป

องค์ประกอบที่ 9 การมีความมุ่งมั่น (persisting : Pst) หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่มีการวิเคราะห์ปัญหา พวกเขาจะมองออกว่าวิธีการใดไม่ขัดผลและต้องลองวิธีใหม่ ระบบวิธีการในการวิเคราะห์

ปัญหาซึ่งเริ่มตั้งแต่ทราบว่าจะทำอย่างไร ควรมีขั้นตอนอย่างไร ต้องการข้อมูลอะไรบ้างเพราะพวกเขามีความอดทนที่จะใช้เวลาในการแก้ปัญหาและไม่ตระหนกตกใจเมื่อเกิดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาขึ้น

ตัวบ่งชี้ที่ 9.1 นักเรียนมักทำงานทุกอย่างด้วยตนเองจนกว่าจะสำเร็จ

ตัวบ่งชี้ที่ 9.2 เมื่อนักเรียนสนใจสิ่งใด ก็จะพยายามมุ่งมั่นทำให้สำเร็จ

ตัวบ่งชี้ที่ 9.3 นักเรียนคิดเสมอว่าจะต้องทำงานนั้นให้สำเร็จ หากไม่เสร็จไม่เลิก

2. ผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง พบว่า โมเดลการวัดจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พิจารณาได้จากไค - สแควร์ (χ^2) = 1602.43, df = 1531, p = 0.0645, GFI = 0.958, AGFI = 0.950, CFI = 0.999, SRMR = 0.0356, RMSEA = 0.00669 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (β) ตั้งแต่ 0.335 ถึง 0.769 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า มีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง R^2 อยู่ระหว่าง 0.112 ถึง 0.591) สำหรับค่าสัมประสิทธิ์น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (β) ขององค์ประกอบย่อยพบว่า ทุกค่ามีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยองค์ประกอบการถามและตั้งข้อสงสัย (questioning and posing problems : QaPP) มีน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุด (β = 0.923) และองค์ประกอบมีความรู้ในเนื้อหาคณิตศาสตร์ (knowledge in mathematics content: Kmc) มีน้ำหนักองค์ประกอบน้อยที่สุด (β=0.564) และมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (R^2 อยู่ระหว่าง 0.26 ถึง 0.86) รายละเอียดดังแสดงในตาราง 1 และภาพประกอบ 1

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง

ตัวแปร	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ			β	FS	R^2
		b	SE	t			
องค์ประกอบที่ 1 : CQ		0.517	0.024	21.594	0.913	-	0.834
Y1	ตัวบ่งชี้ที่ 1.1	1.000	-	-	0.611	0.070	0.373
Y2	ตัวบ่งชี้ที่ 1.2	0.959	0.055	17.502	0.585	0.055	0.342
Y3	ตัวบ่งชี้ที่ 1.3	0.967	0.052	18.466	0.599	0.066	0.359
Y4	ตัวบ่งชี้ที่ 1.4	0.942	0.053	17.856	0.596	0.064	0.355
Y5	ตัวบ่งชี้ที่ 1.5	1.021	0.055	18.457	0.624	0.069	0.390
Y6	ตัวบ่งชี้ที่ 1.6	1.013	0.056	18.017	0.610	0.086	0.372
Y7	ตัวบ่งชี้ที่ 1.7	0.978	0.054	18.079	0.608	0.060	0.369
Y8	ตัวบ่งชี้ที่ 1.8	0.905	0.056	16.276	0.535	0.030	0.286
Y9	ตัวบ่งชี้ที่ 1.9	0.969	0.057	17.044	0.565	0.053	0.320
Y10	ตัวบ่งชี้ที่ 1.10	0.725	0.052	13.858	0.424	0.034	0.180
องค์ประกอบที่ 2 : Rfod		0.457	0.021	21.328	0.733	-	0.537
Y11	ตัวบ่งชี้ที่ 2.1	1.000	-	-	0.688	0.066	0.474

ตาราง 1 (ต่อ)

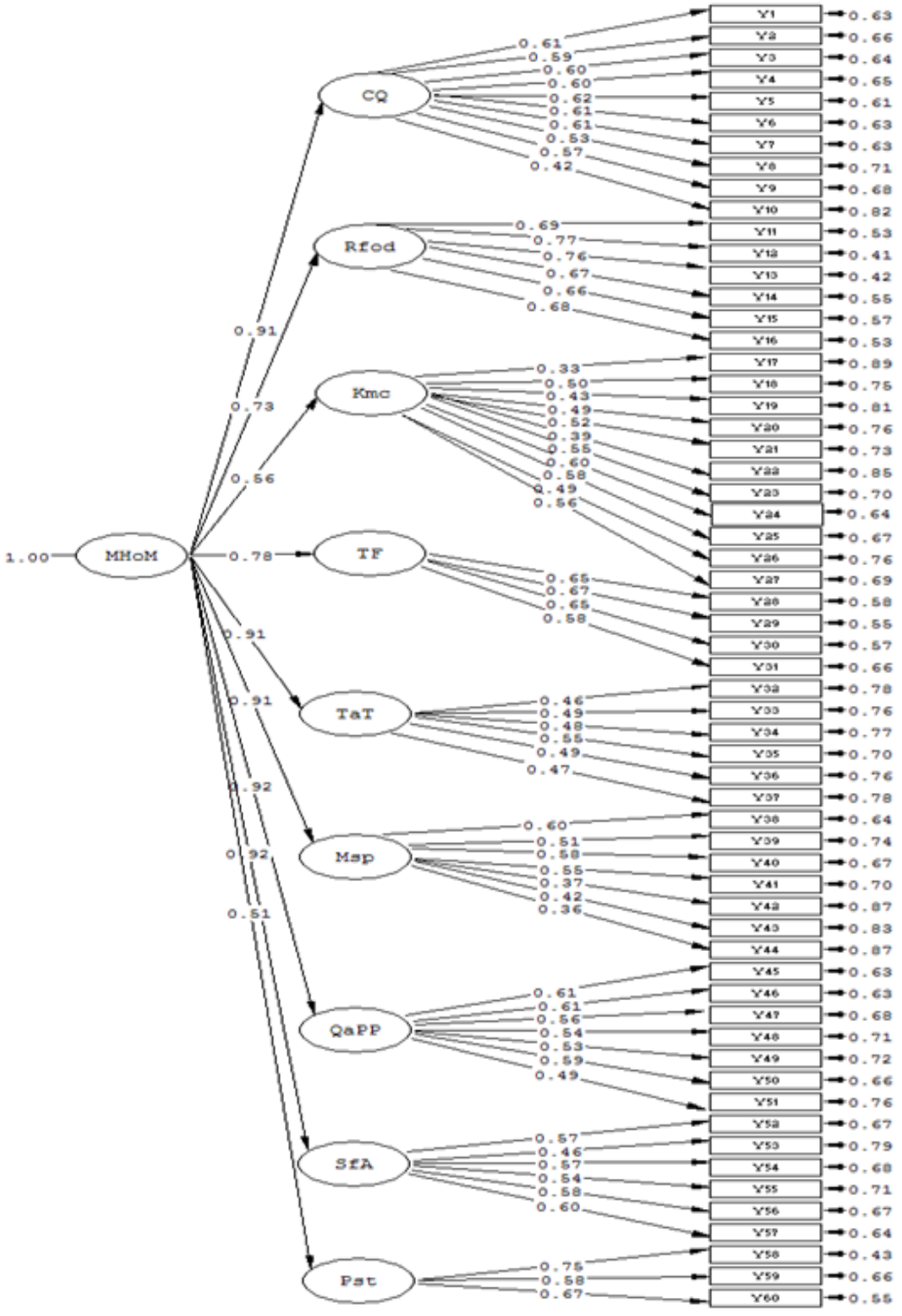
ตัวแปร	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ			β	FS	R^2
		b	SE	t			
Y12	ตัวบ่งชี้ที่ 2.2	1.133	0.046	24.615	0.769	0.206	0.591
Y13	ตัวบ่งชี้ที่ 2.3	1.155	0.046	24.993	0.763	0.173	0.583
Y14	ตัวบ่งชี้ที่ 2.4	1.034	0.048	21.720	0.669	0.087	0.448
Y15	ตัวบ่งชี้ที่ 2.5	1.022	0.047	21.585	0.659	0.152	0.435
Y16	ตัวบ่งชี้ที่ 2.6	1.049	0.047	22.492	0.684	0.131	0.467
องค์ประกอบที่ 3 : Kmc		0.181	0.018	10.135	0.564	-	0.318
Y17	ตัวบ่งชี้ที่ 3.1	1.000	-	-	0.335	-0.008	0.112
Y18	ตัวบ่งชี้ที่ 3.2	1.502	0.125	12.008	0.503	0.026	0.253
Y19	ตัวบ่งชี้ที่ 3.3	1.236	0.113	10.970	0.432	0.020	0.187
Y20	ตัวบ่งชี้ที่ 3.4	1.429	0.143	9.965	0.489	0.050	0.239
Y21	ตัวบ่งชี้ที่ 3.5	1.438	0.140	10.242	0.521	0.052	0.271
Y22	ตัวบ่งชี้ที่ 3.6	1.124	0.117	9.595	0.393	0.038	0.154
Y23	ตัวบ่งชี้ที่ 3.7	1.765	0.168	10.486	0.546	0.051	0.298
Y24	ตัวบ่งชี้ที่ 3.8	1.730	0.149	11.578	0.601	0.121	0.361
Y25	ตัวบ่งชี้ที่ 3.9	1.439	0.135	10.653	0.578	0.079	0.334
Y26	ตัวบ่งชี้ที่ 3.10	1.446	0.143	10.099	0.490	0.036	0.240
Y27	ตัวบ่งชี้ที่ 3.11	1.414	0.136	10.421	0.555	0.103	0.308
องค์ประกอบที่ 4 : TF		0.472	0.024	19.677	0.778	-	0.606
Y28	ตัวบ่งชี้ที่ 4.1	1.000	-	-	0.648	0.106	0.420
Y29	ตัวบ่งชี้ที่ 4.2	1.014	0.046	22.273	0.671	0.151	0.450
Y30	ตัวบ่งชี้ที่ 4.3	0.938	0.051	18.498	0.653	0.207	0.426
Y31	ตัวบ่งชี้ที่ 4.4	0.849	0.048	17.708	0.580	0.161	0.337
องค์ประกอบที่ 5 : TaT		0.369	0.024	15.367	0.907	-	0.823
Y32	ตัวบ่งชี้ที่ 5.1	1.000	-	-	0.465	0.023	0.216
Y33	ตัวบ่งชี้ที่ 5.2	1.153	0.095	12.128	0.486	0.051	0.236
Y34	ตัวบ่งชี้ที่ 5.3	1.055	0.087	12.097	0.479	0.031	0.230
Y35	ตัวบ่งชี้ที่ 5.4	1.170	0.078	15.015	0.546	0.079	0.299
Y36	ตัวบ่งชี้ที่ 5.5	1.038	0.071	14.550	0.489	0.039	0.239
Y37	ตัวบ่งชี้ที่ 5.6	1.125	0.089	12.674	0.471	0.030	0.222

ตาราง 1 (ต่อ)

ตัวแปร	ตัวบ่งชี้	น้ำหนักองค์ประกอบ			β	FS	R^2
		b	SE	t			
องค์ประกอบที่ 6 : Mps		0.500	0.024	20.616	0.908	-	0.825
Y38	ตัวบ่งชี้ที่ 6.1	1.000	-	-	0.602	0.119	0.363
Y39	ตัวบ่งชี้ที่ 6.2	0.875	0.054	16.351	0.515	0.046	0.265
Y40	ตัวบ่งชี้ที่ 6.3	0.974	0.056	17.383	0.575	0.045	0.331
Y41	ตัวบ่งชี้ที่ 6.4	0.883	0.057	15.398	0.547	0.095	0.299
Y42	ตัวบ่งชี้ที่ 6.5	0.570	0.053	10.756	0.366	0.048	0.134
Y43	ตัวบ่งชี้ที่ 6.6	0.695	0.055	12.685	0.416	0.055	0.173
Y44	ตัวบ่งชี้ที่ 6.7	0.637	0.057	11.234	0.360	0.028	0.130
องค์ประกอบที่ 7 : QaPP		0.558	0.026	21.316	0.923	-	0.853
Y45	ตัวบ่งชี้ที่ 7.1	1.000	-	-	0.608	0.087	0.370
Y46	ตัวบ่งชี้ที่ 7.2	0.942	0.053	17.701	0.611	0.099	0.373
Y47	ตัวบ่งชี้ที่ 7.3	0.906	0.055	16.587	0.562	0.093	0.316
Y48	ตัวบ่งชี้ที่ 7.4	0.799	0.052	15.417	0.541	0.078	0.293
Y49	ตัวบ่งชี้ที่ 7.5	0.830	0.049	17.040	0.534	0.011	0.285
Y50	ตัวบ่งชี้ที่ 7.6	0.991	0.058	17.026	0.585	0.090	0.342
Y51	ตัวบ่งชี้ที่ 7.7	0.792	0.053	14.861	0.495	0.068	0.245
องค์ประกอบที่ 8 : SfA		0.476	0.024	19.647	0.918	-	0.842
Y52	ตัวบ่งชี้ที่ 8.1	1.000	-	-	0.574	0.074	0.329
Y53	ตัวบ่งชี้ที่ 8.2	0.773	0.055	13.998	0.462	0.038	0.214
Y54	ตัวบ่งชี้ที่ 8.3	0.999	0.063	15.817	0.566	0.043	0.320
Y55	ตัวบ่งชี้ที่ 8.4	0.938	0.062	15.214	0.538	0.045	0.290
Y56	ตัวบ่งชี้ที่ 8.5	1.023	0.062	16.494	0.579	0.085	0.335
องค์ประกอบที่ 9 : Pst		0.340	0.023	0.508	14.848	-	0.258
Y58	ตัวบ่งชี้ที่ 9.1	1.000	-	-	0.754	0.406	0.568
Y59	ตัวบ่งชี้ที่ 9.2	0.766	0.046	16.759	0.582	0.161	0.339
Y60	ตัวบ่งชี้ที่ 9.3	0.930	0.062	15.093	0.674	0.358	0.454

(χ^2)=1602.43, df=1531, p=0.0645, GFI=0.958, AGFI=0.950, CFI=0.999, SRMR=0.0356, RMSEA=0.00669

หมายเหตุ | t | > 1.96 หมายถึง p < .05; | t | > 2.58 หมายถึง p < .01



Chi-Square=1615.85, df=1531, P-value=0.06451, RMSEA=0.007

ภาพประกอบ 1 โมเดลตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

อภิปรายผล

1. ผลการพัฒนาตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากผลการวิจัยทำให้ได้องค์ประกอบจำนวน 9 องค์ประกอบ 60 ตัวบ่งชี้ ดังที่ได้กล่าวข้างต้นสอดคล้องกับผลการสังเคราะห์งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจาก พงศธร มหาวิจิตร และ สุนทรีย์ ปาลวัฒน์ชัย (2561), คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนคณิตศาสตร์ พุทธศักราช 2551(ฉบับปรับปรุง 2560) ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. (2561), Costa & Kallick (2000), Common Core State Standards Initiative (2010), Cuoco, A., Goldenberg, E. P., & Mark, J. (1996), Cuoco, A., Goldenberg, E. P., & Mark, J. (2010), Driscoll, M., DiMatteo, R. W., Nikula, J. E., & Egan, M. (2007), Goldenberg, E. P., Shteingold, N., & Feurzeig,N. (2003), Hull, T., Balka, Don, & Miles, R. H. (2012), Levasseur, K., & Cuoco, A.(2003), Marzano,R. J. (1992), National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000), National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2009), RAND Mathematics Study Panel. (2003), Seaman, C. E., & Szydlik, J. E. (2007), Texas Education Agency. (2012), Kien Lim. (2013)

2. ผลการวิเคราะห์โมเดลการวัดจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง พบว่า โมเดลการวัดจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยองค์ประกอบการถามและตั้งข้อสงสัย (questioning and posing ploblems : QaPP) มีน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุด (β=0.923) องค์ประกอบการถามและตั้งข้อสงสัยเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญมากที่สุดอาจเนื่องมาจาก ความสงสัยจนเกิดเป็นคำถามเป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนอยากจะค้นหาคำตอบ สอดคล้องกับอุษณีย์ โพธิสุข (2537) ซึ่งกล่าวถึงลักษณะของผู้ที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์ คือ ชอบตั้งคำถามที่เป็นเหตุผลต่อกัน สอดคล้องกับ วรรณี โสมประยูร (มปป.) ที่กล่าวถึงลักษณะพฤติกรรมของเด็กที่เก่งคณิตศาสตร์ ว่ามีรูปแบบที่จะแตกต่างจากเด็กทั่ว ๆ ไป คือ ชอบซักถาม อยากรู้อยากเห็น แล้วใช้คำถามว่า “ทำไม” และองค์ประกอบมีความรู้ในเนื้อหาคณิตศาสตร์ (knowledge in mathematics content : Kmc) มีน้ำหนักองค์ประกอบน้อยที่สุด (β=0.564) ส่วนองค์ประกอบมีความรู้ในเนื้อหาคณิตศาสตร์ มีความสำคัญน้อยที่สุด เนื่องจากการนำความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาไม่ได้อยู่ในลักษณะที่เป็นนามธรรม จึงอาจทำให้นักเรียน เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เพราะคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเราทุกคน ซึ่งสอดคล้องกับ ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี (2555) ซึ่งกล่าวว่าคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ การศึกษาการวิเคราะห์ผลการทดลองทางชีววิทยาและทางการแพทย์ ใช้ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งในทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมศาสตร์ ทั้งสถาปนิกและวิศวกรจำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์มาช่วยในการออกแบบและคำนวณเกี่ยวกับโครงสร้างและชิ้นส่วนต่างๆในการทำงานได้ตามจุดประสงค์ที่กำหนด

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 การที่จะให้นักเรียนมีจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาทุกฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นผู้บริหารระดับประเทศ ผู้บริหารโรงเรียน ครูผู้สอน ผู้ปกครองและชุมชน ควรให้ความสำคัญในการปลูกฝังผู้เรียนให้เกิดเป็นจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์โดยนำทั้ง 9 องค์ประกอบ มาพิจารณาวางแผนการจัดการเรียนการสอน และสร้างแนวปฏิบัติร่วมกัน เพื่อสร้างจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ให้กับผู้เรียน

1.2 จากผลการวิจัย องค์ประกอบที่มีความสำคัญ 3 อันดับแรกคือ องค์ประกอบด้านการถามและตั้งข้อสงสัย พยายามให้เกิดความถูกต้องแม่นยำ และมีความสนใจใฝ่รู้ ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากแรงขับภายในตัวของผู้เรียนเอง แสดงให้เห็นว่าในการที่ผู้เรียนจะมีจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์นั้นต้องได้รับการปลูกฝังหรือกระตุ้นมาจากผู้ปกครอง คนรอบข้าง สิ่งแวดล้อมรอบตัวและพัฒนาการทางสมองของผู้เรียนเอง

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การพัฒนาตัวบ่งชี้ในครั้งนี้ได้มาจากการศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และการ สัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น ควรมีการสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องด้านอื่นด้วย เช่น ผู้ปกครอง ชุมชน และรวมถึงตัวนักเรียนเอง เพื่อจะได้ข้อมูลในแนวกว้างและได้ข้อมูลที่เป็นจริงจากผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย

2.2 ควรมีการพัฒนาตัวบ่งชี้จิตนิสัยทางคณิตศาสตร์กับกลุ่มประชากร อื่น ๆ เช่น กลุ่มนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น หรือนักเรียนในจังหวัดอื่น ๆ เพราะความแตกต่างในด้านต่าง ๆ ของประชากร จะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงและชัดเจนมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมสุขภาพจิต. (2546). *คู่มือดูแลสุขภาพจิตนักเรียนระดับมัธยมศึกษาสำหรับครู.* พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. สืบค้นจาก http://math.ipst.ac.th/wp-content/uploads/2015/PDF/Curriculum%202551.pdf

ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี. (2555) *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดขั้นสูงและจิตนิสัยของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* ปริญญานิพนธ์ ปร.ด. (หลักสูตรและการสอน). กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตมหาวิทยาลัยศิลปากร.

พงศธร มหาวิจิตร และสุนทรีย์ ปาลวัฒน์ชัย. (2561). การพัฒนาชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีจิตนิสัยทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา. *วารสารปัญญาภิวัฒน์*, 10(1) ประจำเดือนมกราคม – เมษายน.

วิทยา นาควัชระ. (2545). *คนนิสัยดี.* กรุงเทพฯ : บริษัทอัมรินทร์พริ้นติ้งแอนพับลิสชิ่ง จำกัด (มหาชน).

วรรณี โสมประยูร. (2541). *การวิจัยและพัฒนารูปแบบการสอนและสื่อการสอนคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษา.* กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560).* สืบค้นจาก http://www.scimath.org/e-books/8379/8379.pdf.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2553). *ROADMAP จุดเน้นสู่การพัฒนาคุณภาพผู้เรียนเพื่อการขับเคลื่อนหลักสูตรการจัดการเรียนรู้การวัดผลและประเมินผล.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2553). *แผนการศึกษาแห่งชาติ ฉบับปรับปรุง (พ.ศ. 2552-2559) : ฉบับสรุป.* สืบค้นเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2560, จาก http : //www.onec.go.th/onec_adminitstrator /uploads/Book/698-file.pdf

สุรางค์ โคว์ตระกูล. (2553). *จิตวิทยาการศึกษา.* พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุษณีย์ โพธิสุข. (2537). *การพัฒนาความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของเด็กและเยาวชน.* หน้า 32 – 53. กรุงเทพมหานคร.

Common Core State Standards Initiative. (2010). *Common Core State Standards in Mathematics.* Retrieved Desember 2, 2017, from http://www.corestandards.org /Math/Practice.

Covey, Stephen R. (2004). *The 7 Habits of Hightly Effective People.* New York : Simon and Schuster.

Costa, A.L. & Kallick, B. (2000). *Discoverring and Exploring Habits of mind.* Alexandia, VA : Assosiation for A supervision and curriculum Devenlopment.

Cuoco, A., Goldenberg, E.P., and Mark, J. (1996). Habits of mind: An organizing principle for a mathematics curriculum. *Journal of Mathematical Behavior,* 15 (4), 375-402. from http://www2.edc.org/cme/showcase/HabitsOfMind.pdf.

Cuoco, A., Goldenberg, E. P., & Mark, J. (2010). Contemporary curriculum issues: Organizing a curriculum around mathematical habits of mind. *Mathematics Teacher, 103(9),* 682-688.

Driscoll, M., DiMatteo, R. W., Nikula, J. E., & Egan, M. (2007). *Fostering geometric Thinking : A guide for teachers grades 5-10.* Portsmouth, NH : Heinemann.

Goldenberg, E. P., Shteingold, N., & Feurzeig, N. (2003). Mathematical habits of mind form young children. In F. K. Lester & R. I. Charles (Eds.), *Teaching mathematics through problem solving: Prekindergarten - Grade 6* (pp. 15- 29). Reston, VA : National Council of Teachers of Mathematics.

Hair, J. F., Black,W. C.,Babin, B. J. & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate data analysis. 10th ed.* NJ: Pearson Education inc.

Hull, T., Balka, Don, & Miles, R. H. (2012). Mathematical thinking and reasoning : Achieving the process standards. *Texas Mathematics Teacher, 59 (2),* 15-18.

Levasseur, K., & Cuoco, A. (2003). Mathematical habits of mind. In H. L. Schoen (Ed.), *Teaching mathematics through problem solving: Grade 6-12* (pp. 23-37). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Lim, K. *A Collection of Lists of Mathematical habits of Mind.* (2013). from http://math.utep.edu/Faculty/kienlim/HoM_Collection.pdf

Marzano, R. J. (1992). *A different kind of classroom: Teaching with Dimensions of Learning.* Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). *Principles and standards for school mathematics.* Reston, VA: Author.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2009). *Focus in High School Mathematics: Reasoning and Sense Making.* Reston, VA: Author.

RAND Mathematics Study Panel. (2003). *Mathematical proficiency for all students: Toward a strategic research and development program in mathematics education.* Santa Monica, CA: RAND Corporation MR-1643.0-OERI.

Seaman, C. E., & Szydlik, J. E. (2007). Mathematical sophistication among preservice elementary teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education, 10,* 167-182.

Seeley, C. L. (2014). *Smarter Than We Think: More Messages About Math.* USA : Scholastic.

Texas Education Agency (2012). *Texas Administrative Code (TAC), Title 19, Part II Chapter 111. Texas Essential Knowledge and Skills for Mathematics.* From http://ritter.tea.state.tx.us/rules/tac/chapter111/index.html.