

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่อง การพัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำเสนอตามลำดับ ดังนี้

ตอนที่ 1 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ตอนที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 1 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.1 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มีผู้ให้ความหมาย ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้

อัมพร ม้าคนอง (2554 : 21) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
หมายถึง ความสามารถหรือความชำนาญในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์
ในการแก้ปัญหาหรือทำงานที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 76) กล่าวว่า ทักษะ
กระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ไป
ประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันได้อย่าง
มีประสิทธิภาพ

สุวัฒนา เอี่ยมอรพรรณ (2550: 1) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
หมายถึง จำนวน (number) การวัด (measurement) เรขาคณิต (geometry) พีชคณิต (algebra)
และการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น (data analysis and probability) และยังคงกล่าวอีกว่า
ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญมี 5 ด้าน คือ 1) ทักษะการแก้ปัญหา 2) ทักษะการ
ให้เหตุผล 3) ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ 4) ทักษะ
การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และ 5)
ทักษะความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้อง และแม่นยำ ในด้าน 1) การแก้ปัญหา 2) การให้เหตุผล 3) การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ 4) การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และ 5) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

1.2 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ 2551 : 56-91) ได้กำหนดกรอบสาระการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังนี้

1. คุณภาพผู้เรียน เมื่อเรียนจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 3

1.1 มีความรู้ความเข้าใจและความรู้สึกเชิงจำนวนเกี่ยวกับจำนวนนับไม่เกินหนึ่งแสนและศูนย์ และการดำเนินการของจำนวน สามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบวก การลบ การคูณ และการหาร พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้

1.2 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความยาว ระยะทาง น้ำหนัก ปริมาตร ความจุ เวลาและเงิน สามารถวัดได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

1.3 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม รูปวงกลม รูปวงรี ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ทรงกลม ทรงกระบอก รวมทั้งจุด ส่วนของเส้นตรง รัศมี เส้นตรงและมุม

- 1) มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบรูป และอธิบายความสัมพันธ์ได้
- 2) รวบรวมข้อมูล และจำแนกข้อมูลเกี่ยวกับตนเอง และสิ่งแวดล้อมใกล้ตัวที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน และอภิปรายประเด็นต่าง ๆ จากแผนภูมิรูปภาพและแผนภูมิแท่งได้
- 3) ใช้วิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหา ใช้ความรู้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอได้อย่างถูกต้อง เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

2. สารการเรียนรู้

สารการเรียนรู้ที่กำหนดไว้นี้เป็นสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคน ประกอบด้วยเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ในการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนควรบูรณาการสาระต่าง ๆ เข้าด้วยกันเท่าที่เป็นไปได้

สาระที่เป็นองค์ความรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

สาระที่ 2 การวัด

สาระที่ 3 เรขาคณิต

สาระที่ 4 พีชคณิต

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

สำหรับผู้เรียนที่มีความสนใจหรือมีความสามารถสูงทางคณิตศาสตร์

สถานศึกษาอาจจัดให้ผู้เรียนเรียนรู้สาระที่เป็นเนื้อหาวิชาให้กว้างขึ้น เข้มข้นขึ้น หรือฝึกทักษะกระบวนการมากขึ้น โดยพิจารณาจากสาระที่กำหนดไว้นี้ หรือสถานศึกษาอาจจัดสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์อื่นๆ เพิ่มเติมได้ โดยพิจารณาให้เหมาะสมกับความสามารถและความต้องการของผู้เรียน

3. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐานการเรียนรู้สำหรับสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคน ดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่างๆ และสามารถใช้ในการดำเนินการในการแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา

มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำเสนอสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

สาระที่ 2 การวัด

มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด

มาตรฐาน ค 2.2 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด

สาระที่ 3 เรขาคณิต

มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสาม

มิติ

มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนิกภาพ (visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (spatial reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (geometric model) ในการแก้ปัญหา

สาระที่ 4 พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.1 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป (pattern) ความสัมพันธ์และฟังก์ชันมาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical model) อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่างๆ ตลอดจนแปลความหมาย และนำไปใช้แก้ปัญหา

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

จากสาระการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นทางคณิตศาสตร์ที่มุ่งให้นักเรียนได้มี คือ 1) ความสามารถในการแก้ปัญหา 2) ความสามารถในการให้เหตุผล 3) ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ 4) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ได้ และ 5) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซึ่งในแต่ละด้านมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NCTM, 2000: 52) กล่าวว่า การแก้ปัญหา คือ การทำงานที่ยังไม่รู้วิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบในทันที ซึ่งการหาคำตอบ นักเรียนต้อง

นำความรู้ที่มีอยู่ไปเข้าสู่กระบวนการแก้ปัญหา เพื่อที่จะทำให้เกิดความรู้ใหม่ ๆ การแก้ปัญหาไม่ได้มีเป้าหมายเพียงการหาคำตอบ แต่อยู่ที่วิธีการได้มาซึ่งคำตอบนักเรียนควรได้ฝึกฝน ได้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้นและให้มีการสะท้อนความคิดในการแก้ปัญหาออกมาด้วย

คอสมีย์ และคนอื่นๆ (Dossey and other. 2002 : 72) กล่าวว่า การแก้ปัญหา เป็นกระบวนการหาคำตอบให้คำถามหรือการจัดการกับสถานการณ์ต่าง ๆ ปัญหาที่ยากและน่าเบื่อสำหรับคนหนึ่งอาจเป็นปัญหาธรรมดา ๆ สำหรับอีกคนหนึ่ง กระบวนการแก้ปัญหาจึงต้องใช้ในการสร้างองค์ความรู้ตามวิถีทางใหม่ๆ ที่แตกต่างจากเดิม ใช้หลักในการวางแผน หรือยุทธวิธีที่จะนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ และเป็นการได้มาซึ่งความรู้ใหม่จากสถานการณ์นั้น ๆ กระบวนการนี้อาจยุ่งยากซับซ้อนขึ้นเมื่อมีการขยายไปสร้างการเชื่อมโยง ซึ่งนักเรียนจะได้ประสบการณ์จากกระบวนการนี้และสามารถพัฒนายุทธวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

อัมพร ม้าคอง (2554 : 39) กล่าวว่า การแก้ปัญหา เป็นการทำงานโดยใช้กระบวนการที่ยังไม่ทราบมาก่อนล่วงหน้าในการหาคำตอบของปัญหา การแก้ปัญหาเป็นทักษะซึ่งเป็นความสามารถพื้นฐานในการทำความเข้าใจปัญหาและการหาคำตอบของปัญหา และกระบวนการเป็นวิธีการหรือขั้นตอนการทำงานที่มีการวิเคราะห์และวางแผนโดยมีการใช้เทคนิคต่าง ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555 : 77) กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ขั้นตอนหรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กลวิธีและยุทธวิธีแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการแก้ปัญหา

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537 : 62-64) กล่าวว่า ทักษะการแก้ปัญหาคือองค์ประกอบหนึ่งของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทักษะเกิดจากการฝึกฝนทำอยู่บ่อยๆ จนเกิดความชำนาญ เมื่อนักเรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหาอยู่เสมอ นักเรียนจะมีโอกาสได้พบปัญหาต่างๆ หลากรูปแบบซึ่งอาจจะมีโครงสร้างของปัญหาที่คล้ายคลึงกันหรือแตกต่างกัน นักเรียนได้มีประสบการณ์ในการเลือกใช้ยุทธวิธีต่างๆ เพื่อนำไปใช้ได้เหมาะสมกับปัญหา เมื่อเผชิญกับปัญหาใหม่ก็จะสามารถนำประสบการณ์เดิมมาเทียบเคียง พิจารณาว่าปัญหาใหม่มีโครงสร้างคล้ายกับปัญหาที่ตนคุ้นเคยหรือไม่ สามารถแยกปัญหาใหม่ออกเป็นปัญหาย่อยๆ ที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับปัญหาที่เคยแก้มาแล้ว สามารถใช้ยุทธวิธีใดในการแก้ปัญหานั้นได้บ้าง นักเรียนที่มีทักษะในการแก้ปัญหาก็จะสามารถวางแผนเพื่อกำหนดยุทธวิธีในการแก้ปัญหได้อย่างรวดเร็ว และเหมาะสม

สมวงษ์ แปลงประสพโชค และคณะ (2543 : 5) กล่าวถึง ทักษะการแก้ปัญหาวางแผนคณิตศาสตร์ว่า เหตุผลหลักของการศึกษาคณิตศาสตร์ก็เพื่อนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์

ที่พบ นักเรียนต้องสามารถประยุกต์รูปแบบการคิดอย่างสมเหตุสมผล เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่ถูกต้อง สามารถอธิบายข้อมูลและสรุปผลจากข้อมูลที่ปรากฏ ในชีวิตจริงนักเรียนต้องพบกับปัญหา หลากหลายรูปแบบ ปัญหาข้อความ หรือปัญหาเรื่องราวเป็นเพียงรูปแบบหนึ่งของการแก้ปัญหา

ปาน (Pan. อ้างถึงใน อารี สันหลวิ. 2530 : 25) ได้อธิบายไว้ว่า ในการฝึกคิด แก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ควรจะฝึกให้เกิดสมดุลในตัวเด็ก กล่าวคือ ควรจะมีทั้งวิจารณ์ญาณ เหตุผล และจินตนาการ

เมย์ (May 1970 : 266) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนทาง สมองซึ่งเกี่ยวข้องกับภาระที่ยังเห็น การจินตนาการ การจัดกระทำ และการรวบรวมความคิด

บอร์น เอกาเตรนต์ และโดวินอสกี (Bourne and Dominowski 1971 : 9) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นกิจกรรมที่เป็นทั้งการแสดงความรู้ ความคิด จากประสบการณ์เดิม และ ส่วนประกอบของสถานการณ์ที่เป็นปัญหาในปัจจุบัน นำมาจัดเรียงลำดับใหม่เพื่อผลของ ความสำเร็จในจุดมุ่งหมายเฉพาะอย่าง

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถหรือความชำนาญในการใช้กระบวนการต่าง ๆ โดยนำความรู้ ความคิด จากประสบการณ์เดิมและส่วนประกอบของสถานการณ์ของปัญหา มากำหนดยุทธวิธีในการ แก้ปัญหา โดยดำเนินการเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อนำไปสู่ความสำเร็จในการแก้ปัญหา

พฤติกรรมบ่งชี้

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (2552 : 90) ได้ กำหนดตัวชี้วัดชั้นปี สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 สาระที่ 6 ทักษะ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการแก้ปัญหาดังนี้

1. ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา
2. ใช้ความรู้ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาสถานการณ์ ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

อัมพร ม้าคนอง (2554 : 39) กล่าวว่า นักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหานั้น คือผู้เรียนที่มีความสามารถดังต่อไปนี้

1. ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการเข้าใจปัญหา และวิเคราะห์แนวทางแก้ปัญหา
2. ประเมินกระบวนการแก้ปัญหาที่เชื่อว่าเหมาะสมและมีประสิทธิภาพเพียงใด และประเมินความสมเหตุสมผลหรือความถูกต้องของคำตอบที่ได้
3. พิสูจน์และแปลความหมายผลที่ได้จากการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงปัญหาคั้งเดิม

4. พัฒนาและใช้กลวิธีแก้ปัญหามากมาย โดยเน้นปัญหาหลายขั้นตอนและปัญหาที่ไม่คุ้นเคย
 5. ปรับเปลี่ยนและขยายความเกี่ยวกับวิธีแก้ปัญห โดยใช้แนวคิดในการหาคำตอบและกลวิธีแก้ปัญหากับปัญหาใหม่
 6. บูรณาการกลวิธีแก้ปัญหเพื่อแก้ปัญหทั้งในและนอกห้องเรียน
 7. สร้างปัญหาและสถานการณ์จากชีวิตประจำวัน ทั้งในและนอกห้องเรียน และตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาเหล่านั้น
 8. ใช้กระบวนการสร้างแบบจำลองหรือตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริง
 9. มีความมั่นใจในการใช้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย
- สุเทพ ทองอยู่ (2527: 211) กล่าวว่า นักเรียนที่เกิดทักษะการแก้ปัญหานั้น พิจารณาได้จากพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออก โดยนำขั้นตอนการแก้ปัญหามาระบุพฤติกรรมบ่งชี้ของนักเรียน ดังนี้

ขั้นตอน	พฤติกรรมบ่งชี้
1. ทำความเข้าใจปัญหา	<ol style="list-style-type: none"> 1. - ระบุสิ่งที่ต้องการ - ระบุข้อมูลที่กำหนด - ระบุเงื่อนไขเชื่อมโยงสิ่งที่ต้องการกับข้อมูลที่กำหนด
2. วางแผนการแก้ปัญห	<ol style="list-style-type: none"> 2. - ระบุข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็นสำหรับการได้มาซึ่งสิ่งที่ต้องการ - ระบุปัญหาย่อย - เลือกใช้ยุทธศาสตร์ที่เหมาะสม คือ รูปแบบ - คิดจากปลายเหตุย้อนสู่ต้นเหตุ - เดาและทดสอบ - ทดสอบและสร้างสถานการณ์จำลอง - ลดความซับซ้อนของปัญหา - แบ่งปัญหาออกเป็นส่วนย่อย - รายงานแจกแจงสมาชิกทั้งหมด

ขั้นตอน	พฤติกรรมบ่งชี้
3. ดำเนินการตามแผน	3. - ดำเนินการตามยุทธวิธีที่เลือก - คำนวณหาคำตอบ - ให้เหตุผล
4. ตรวจสอบกระบวนการและคำตอบ	4. - ระบุคำตอบสมเหตุสมผลหรือไม่ - ตรวจสอบว่าคำตอบถูกต้องหรือไม่ - หาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีกว่า สั้นกว่า - คัดแปลงเพิ่มเติม เงื่อนไข หรือสร้างข้อมูลเพื่อสร้างปัญหาใหม่

โพลยา (Polya. 1957 : 16 - 17) กล่าวถึง กระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน ดังนี้
 ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) นั่นคือ เข้าใจว่า
 อะไรคือสิ่งที่ไม่รู้ อะไรคือข้อมูล โจทย์กำหนดเงื่อนไขอะไรบ้าง และเพียงพอที่จะแก้ปัญหาหรือไม่
 หากเกิดความกำกวม ลังเลหรือขัดแย้ง ควรใช้การวาดรูป และควรแยกสถานการณ์หรือเงื่อนไข
 ออกเป็นส่วนๆ โดยการเขียนลงบนกระดาษ จะทำให้เข้าใจโจทย์ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น 19

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา (Devising a Plan) เป็นขั้นที่ค้นหาความเชื่อมโยง
 ระหว่างข้อมูลกับสิ่งที่ไม่รู้ ถ้าหากไม่สามารถหาความเชื่อมโยงได้ก็ควรอาศัยหลักการวางแผนใน
 การแก้ปัญหาดังนี้

2.1 เป็น โจทย์ปัญหาที่เคยประสบมาก่อนหรือไม่ หรือมีลักษณะคล้ายคลึง
 กับโจทย์ที่เคยแก้มาก่อนหรือไม่

2.2 รู้จัก โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับโจทย์ที่จะแก้หรือไม่
 เพียงใด และรู้จักทฤษฎีที่จะใช้แก้หรือไม่

2.3 พิจารณาสິงที่ไม่รู้ใน โจทย์และพยายามคิดถึงปัญหาที่คุ้นเคย ซึ่งมีสิ่งที่ไม่
 รู้เหมือนกัน และพิจารณาว่าจะใช้วิธีการแก้ปัญหาที่เคยพบมาใช้กับ โจทย์ปัญหาที่กำลังจะแก้
 ได้หรือไม่

2.4 ควรอ่าน โจทย์ปัญหาอีกครั้ง และวิเคราะห์เพื่อดูว่าแตกต่างจากปัญหาที่
 เคยพบมาหรือไม่

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the Plan) เป็นขั้นของการปฏิบัติตาม
 แผนที่วางไว้ และต้องตรวจสอบแต่ละขั้นตอนที่ปฏิบัติว่าถูกต้องหรือไม่

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผล (Looking Back) เป็นการตรวจสอบผลที่ได้ในแต่ละขั้นตอนว่าถูกต้องหรือไม่ หรืออาจตรวจสอบโดยใช้วิธีการแก้ปัญหาวิธีอื่นๆ แล้วตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ว่าตรงกันหรือไม่ หรืออาจใช้การประมาณคำตอบอย่างคร่าวๆ

พรชัย จันทะคุณ (2546 : 21) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และพฤติกรรมบ่งชี้ในแต่ละขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา เป็นการวิเคราะห์ว่า ปัญหาถามอะไร กำหนดอะไรมาให้ จำแนกแยกแยะสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาออกจากกัน

ขั้นที่ 2 แผนการแก้ปัญหา ต้องหาความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ทั้งที่เป็นสิ่งที่กำหนดให้ และข้อมูลที่ได้จากสิ่งที่กำหนดให้ หาวิธีการแก้ปัญหาโดยการนำหลักเกณฑ์ หลักการเหตุผลมาประกอบกับข้อมูลแล้วนำเสนอในรูปแบบวิธีการ

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน เป็นการดำเนินการแผนที่วางไว้เพื่อตอบปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหาและตรวจคำตอบ เป็นการพิจารณาความถูกต้องของวิธีการแก้ปัญหา และคำตอบที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 19) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการแก้ปัญหาคือ การแสดงพฤติกรรมตามขั้นตอนของทักษะการแก้ปัญหาดังนี้ ทำความเข้าใจกับปัญหา กำหนดตัวแปร และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นไปได้ ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ความถูกต้องและความเป็นไปได้ ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ความถูกต้องหรือความเป็นไปได้ของการแก้ปัญหา และขั้นตอนของการแก้ปัญหา

ออตัน (Orton. 1987 : 111-112) ได้วิเคราะห์ลักษณะของผู้ที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดั่งนั้นควรประกอบด้วย

1. ความสามารถในการประมาณและวิเคราะห์
2. ความสามารถในการมองเห็น ตีความข้อเท็จจริงได้ในเชิงปริมาณและความสัมพันธ์
3. ความสามารถในการเข้าใจ และความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์
4. ความสามารถในการพิจารณาเปรียบเทียบความเหมือน ความแตกต่าง และความคิดแบบอุปมาอุปมัย
5. ความสามารถในการเลือกกระบวนการและข้อมูลที่ถูกต้อง
6. ความสามารถในการพิจารณารายละเอียดที่ถูกต้อง
7. ความสามารถในการสรุปอ้างอิงจากตัวอย่างที่เป็นพื้นฐาน

8. ความสามารถในการเปลี่ยนวิธีการคิดได้เป็นอย่างดี

9. ได้คะแนนจากแบบทดสอบวัดความตระหนักในคุณค่าของตนเองสูง และได้คะแนนจากแบบทดสอบวัดความวิตกกังวลต่ำ

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ 1) ระบุเงื่อนไข และเชื่อมโยงสิ่งที่ต้องการกับข้อมูลที่กำหนดได้ 2) ใช้วิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหา 3) ใช้ความรู้ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม 4) ระบุคำตอบที่สมเหตุสมผลและตรวจสอบคำตอบได้

1.2 ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1989: 81) กล่าวว่า การให้เหตุผล เป็นการสร้างข้อคาดเดาและตรวจสอบข้อคาดเดา จากสถานการณ์ที่กำหนดจำเป็นต้องใช้การให้เหตุผลทั้งแบบอุปนัยและนิรนัย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555: 79) กล่าวว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถที่ต้องใช้การคิดวิเคราะห์ และใช้เหตุผลในการหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลของสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์จากข้อมูลที่กำหนด โดยเหตุผลที่ใช้อาจแสดงถึงแนวคิดเกี่ยวกับความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง หลักการ ข้อความคาดการณ์ หรือข้อสนับสนุนของข้อสรุปที่ได้ในสถานการณ์นั้น

ซัชชัย คุ่มทวีพร (2534: 121) กล่าวว่า การให้เหตุผล หมายถึง ลักษณะหนึ่งของการคิดที่พยายามอธิบายเหตุการณ์บางอย่าง ไม่ว่าจะเป็นการใช้หลักฐานการสังเกตหรือข้อความต่าง ๆ ที่ได้รับการยอมรับ

ศรินทร วิริยะสิรินันท์ (2544: 131) กล่าวว่า การให้เหตุผล หมายถึง ความสามารถย่อย ๆ ในการคิดลักษณะต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยทักษะย่อย ๆ ดังนี้

1. การพิจารณาและระบุให้ชัดเจนว่าผลที่เกิดขึ้นคืออะไร
2. การพิจารณาเหตุการณ์หรือสิ่งที่เกิดขึ้นก่อนหน้านั้นและระบุว่าเหตุการณ์ใดมีความสัมพันธ์กับผลโดยเกิดก่อนเสมอ
3. การพิจารณาแต่ละเหตุการณ์ หรือสิ่งที่เกิดขึ้นก่อนและมีความสัมพันธ์กันอย่างไร สม่าเสมอ นั้น และตัดสินใจว่า เป็นผลมาจากสิ่งใดสิ่งหนึ่งรวมกัน หรือเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดผลโดยการสรุปอ้างอิงจากความรู้หรือประสบการณ์เดิม
4. การเลือกระบุเหตุการณ์หรือสิ่งที่พิจารณาและตัดสินใจว่าเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดผลที่กำหนด

ศรีสุรางค์ ทีนะกุล (2542: 47) ได้กล่าวไว้ว่า กระบวนการของเหตุผลนั้น เป็นปรากฏการณ์ทางจิต (Psychological phenomena) ซึ่งมนุษย์ใช้เป็นเครื่องมือในการสื่อความหมายทางใจ (mental talk) กระบวนการดังกล่าวนี้ เป็นการเรียบเรียงข้อเท็จจริงที่มีอยู่ เป็นสื่อทำให้จิตสามารถสร้างข้อเท็จจริงขึ้นมาใหม่ได้อีกหรือเห็นเกี่ยวกับข้อเท็จจริงใหม่ที่สร้างขึ้นมา หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่ากระบวนการของเหตุและผลเป็นกระบวนการนำข้อความหรือปรากฏการณ์ที่เป็นเหตุผลนำมาแจกแจงแสดงความสัมพันธ์หรือความต่อเนื่องกันเพื่อทำให้เกิดข้อความใหม่ หรือปรากฏการณ์ใหม่เรียกว่า ผลสรุปหรือผล

ทิสนา เขมมณี (2545: 114) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีเหตุผลว่า เป็นการคิดที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเข้าใจความคิดที่สามารถอธิบายได้ด้วยหลักเหตุผล โดยสามารถจำแนกข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงและพิจารณาเรื่องที่คิดบนพื้นฐานของข้อเท็จจริงโดยใช้หลักเหตุผลแบบ นิรนัย และอุปนัย ซึ่งประกอบด้วยทักษะย่อยๆ ดังนี้

1. สามารถแยกข้อเท็จจริงและความคิดเห็นออกจากกันได้
2. สามารถใช้เหตุผลแบบนิรนัยหรืออุปนัย พิจารณาข้อเท็จจริงได้
3. สามารถใช้เหตุผลทั้งแบบนิรนัยและอุปนัย พิจารณาข้อเท็จจริงได้

ศุภกิจ เฉลิมวิสุตม์กุล (2546: 50-54) ได้ให้ความหมายของการให้เหตุผลว่าคือ การอ้างหลักฐานเพื่อยืนยัน “ข้อสรุป” ของเราว่าเป็นความจริง การให้เหตุผลแต่ละครั้งจะมีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นข้ออ้าง ซึ่งหมายถึงหลักฐานหรือเหตุผล (บางครั้งเรียกข้ออ้างว่าเหตุ) และส่วนที่เป็นข้อสรุป ซึ่งหมายถึงสิ่งที่เราต้องการบอกว่าเป็นจริง (บางครั้งเรียกข้อสรุปว่าผล)

กรมวิชาการ (2546 : 16) กล่าวว่า ผู้เรียนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาจนเกิดความเที่ยงในความสามารถด้านเหตุผลและทำให้เกิดการคิดการตัดสินใจ ทั้งในเรื่องที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์และในชีวิตอื่น ๆ ความสามารถในด้านเหตุผลจะช่วยให้ผู้เรียนมีสมรรถนะของการรับรู้ในทางคณิตศาสตร์ มีตรรกะในการคิดและสามารถให้เหตุผลต่าง ๆ ให้ผู้อื่นรับรู้ข้อเท็จจริงได้ การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงตรรกะขึ้นอยู่กับพัฒนาการด้านเชาวน์ปัญญาและการใช้ภาษาของผู้เรียน ผู้เรียนในชั้นประถมศึกษาในฐานะนักคิดเชิงรูปธรรมซึ่งใช้บริบทเชิงรูปธรรมและกายภาพสนับสนุนเหตุผลของตนและพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ เมื่ออยู่มัธยมศึกษาด้วยการถ่ายโยง การให้เหตุผลที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมแม้ผู้เรียนที่อยู่ในระดับที่สูงแล้ว ก็ยังมีความจำเป็นในการใช้สิ่งที่เป็นรูปธรรมเพื่อการสนับสนุนให้เหตุผล

การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญมี 2 วิธี ได้แก่

1. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (inductive reasoning) หมายถึง วิธีการสรุปผลในการค้นหาความจริงจากการสังเกต หรือการทดลองหลาย ๆ ครั้ง จากกรณีย่อย ๆ แล้วนำมาสรุปเป็นข้อสรุปการหาข้อเท็จจริงหรือความจริง โดยใช้วิธีการให้เหตุผลแบบอุปนัยนั้นข้อสรุปไม่ต้องถูกต้องทุกครั้ง เนื่องจากการให้เหตุผลแบบอุปนัยเป็นการสรุปผลที่เกิดจากหลักฐานที่มีอยู่ดังนั้นข้อสรุปจะเชื่อได้มากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลหลักฐานและข้อเท็จจริงที่นำมาอ้าง รวมถึงประสบการณ์ของผู้ให้เหตุผลด้วย

2. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (deductive reasoning) หมายถึง วิธีการสรุปความรู้ที่เป็นผลมาจากความรู้พื้นฐาน อาจเป็นความเชื่อ ข้อตกลง กฎ หรือบทนิยาม ซึ่งเป็นสิ่งที่รู้มาก่อน และยอมรับว่าเป็นจริง เพื่อหาเหตุผลนำไปสู่ข้อสรุป ความรู้พื้นฐานที่ยอมรับเป็นข้อตกลงมีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน เช่น เหตุ (premise) สมมติฐาน (hypothesis) หรือสัจพจน์ (axioms หรือ postulate)

พนาร์ตัน แซ่มซัน (2548 : 53) กล่าวว่า ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการให้เหตุผล ซึ่งได้แสดงแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างหลักการ หาความสัมพันธ์ของแนวคิด และการสรุปที่สมเหตุสมผลตามแนวคิดนั้นๆ ซึ่งทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย ความสามารถในการวิเคราะห์และระบุถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล ความสามารถในการหาข้อสรุปหรือข้อความคาดการณ์ และความสามารถในการยืนยันหรือคัดค้านข้อสรุปหรือข้อความคาดการณ์อย่างสมเหตุสมผล

นริศราภรณ์ ศรีพงษ์ชัย (2548 : 26) กล่าวว่า ทักษะการให้เหตุผล คือ ความสามารถในการคิดการตัดสินใจ มีสมรรถนะของการรับรู้ในทางคณิตศาสตร์ และสามารถอธิบายให้เหตุผลต่างๆ ให้ผู้อื่นรับรู้ข้อเท็จจริงได้โดยนำวิธีการให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัยมาช่วยในการค้นหาความจริงหรือข้อสรุปและช่วยในการตัดสินใจบางอย่างได้

อลิซ และชิเรล (Alice and Shirel, 1999: 114) กล่าวถึงการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนที่ทำให้การแก้ปัญหาสมบูรณ์ นักเรียนจะไม่สามารถเข้าใจปัญหา วิเคราะห์ปัญหาหรือวางแผนในการแก้ปัญหาได้หากปราศจากการให้เหตุผล กล่าวได้ว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์จะมีความสำคัญควบคู่ไปกับการแก้ปัญหา

โอดาฟเฟอร์ (O'Daffer, อ้างถึงใน สมเดช บุญประจักษ์ 2540 : 36) ได้ให้ทัศนะเกี่ยวกับการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ว่า การให้เหตุผลเป็นส่วนหนึ่งของการคิดทางคณิตศาสตร์ และเป็นการคิดเกี่ยวกับการสร้างหลักการ การสรุปแนวคิดที่สมเหตุสมผล และการหาความสัมพันธ์ของแนวคิด

สติฟฟ์ (Stiff, อ้างถึงใน วิสสุดา รัชช 2547 : 11) กล่าวถึงการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ต้องตั้งอยู่บนศูนย์กลางการเรียนรู้ของวิชาคณิตศาสตร์ และเนื่องจากวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม การให้เหตุผลเป็นเครื่องมือที่จะเข้าใจนามธรรมนั้น และการให้เหตุผลคือสิ่งที่ใช้คิดเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัตถุประสงควิชาคณิตศาสตร์

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถหรือความชำนาญในการอธิบาย สนับสนุนหรือคัดค้าน ขั้นตอนหรือคำตอบที่ได้โดยอาศัยหลักการ ข้อมูล ข้อเท็จจริงประกอบการอธิบายได้อย่างเหมาะสม

พฤติกรรมบ่งชี้

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (2552: 90) กำหนดตัวชี้วัดชั้นปี สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 สาระที่ 6 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการให้เหตุผลไว้ดังนี้ ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม

จิริยวดี ชูวงศ์ศิริกุล (2550: 15) กล่าวว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ คือ รวบรวมความรู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการแก้ปัญหา เลือกใช้ความรู้เพื่อจัดลำดับขั้นตอนการให้เหตุผลและลงข้อสรุป ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผล

จิตติมา ขอบเอียด (2551: 26) กล่าวว่า การให้เหตุผล คือ การอ้างหลักฐานเพื่อยืนยันข้อสรุปของเราว่าเป็นจริง หรือการแสดงแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างหลักการ การหาความสัมพันธ์ของแนวคิด กฎเกณฑ์หรือความจริงนั้น ๆ พร้อมทั้งสามารถที่จะยืนยันหรือคัดค้านข้อความคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ คือ 1) บอกขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ 2) บอกเหตุผลของขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ 3) ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผลได้ และ 4) สรุปผลได้อย่างเหมาะสม

1.3 ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ

วรณิ โสมประยูร (2537: 24) กล่าวว่า การสื่อสารเป็นการแลกเปลี่ยนแนวคิด การให้ความรู้ความคิดเห็นหรือข้อมูลต่างๆ โดยการพูด การเขียน หรือการใช้สัญลักษณ์

อัมพร ม้าคนอง (2554 : 56) กล่าวว่า ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย ชี้แจง แสดงความเข้าใจหรือความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของตนเองให้ผู้อื่นรับรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555 : 79) กล่าวว่า ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ หมายถึง ความสามารถในการพูดและการเขียน การใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ ตัวแปร ตาราง กราฟ รูปภาพ และแบบจำลอง เพื่อแสดงแนวคิด หรืออธิบายแนวคิดของตนเองให้ผู้อื่นได้รับรู้ โดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง มีความกระชับ ชัดเจน และเหมาะสม

ทัศนีย์ กระจ่างอินทร์ และสุกิตร์ อนุศาสตร์ (2542: 3) ให้ความหมายของการสื่อสารไว้ว่า เป็นกระบวนการถ่ายทอดสารผ่านสื่อต่างๆทั้งที่เป็นารพูด การเขียน การแสดง และการจัดกิจกรรมไปยังผู้รับสารอย่างมีวัตถุประสงค์ ทำให้เกิดการรับรู้ร่วมกัน มีปฏิริยาตอบสนองกัน

กิดานันท์ มลิทอง (2543: 21) กล่าวว่า การสื่อสารหรือการสื่อความหมาย หมายถึง การถ่ายทอดเรื่องราว การแลกเปลี่ยนความคิด การแสดงออกของข้อความคิดและความรู้สึก นอกจากนี้การสื่อสารยังเป็นการที่บุคคลในสังคมมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกันโดยผ่านทางข้อมูล ข่าวสาร สัญลักษณ์และเครื่องหมายต่างๆด้วย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544: 197-198) เสนอว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นการฝึกทักษะให้ผู้เรียนได้รู้จักคิดวิเคราะห์ปัญหา สามารถเขียนปัญหาในรูปแบบของ ตาราง กราฟหรือข้อความ เพื่อสื่อสารความสัมพันธ์ของจำนวนเหล่านั้น โดยการกำหนดโจทย์ปัญหาให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ กำหนดตัวแปร เขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปแบบของสมการหรือสมการตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด และดำเนินการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางพีชคณิต

เนตรชนก คงทน (2545: 2) ให้ความหมายของการสื่อสารว่า คือ กระบวนการถ่ายทอดข้อมูล ข่าวสารจากผู้ส่งสาร ไปยังผู้รับสาร โดยผ่านช่องทางการสื่อสาร เพื่อมีอิทธิพลต่อผู้รับไม่ว่าทางใดก็ทางหนึ่ง

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM, 1989: 214) เสนอว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถในการใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และ โครงสร้างทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงแนวคิดหรือทำความเข้าใจแนวคิดและความสัมพันธ์ของแนวคิด นอกจากนี้ยังได้ระบุว่า ลักษณะของความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการให้เกิดขึ้นในตัวของผู้เรียนนั้น มีลักษณะดังนี้

1. สามารถแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยการพูด การเขียน การสาธิต และการแสดงให้เห็นภาพ

2. สามารถทำความเข้าใจ แปลความหมาย และประเมินแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอโดยการพูดการเขียน หรือภาพต่างๆ

3. สามารถใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์แสดงแนวคิด อธิบายความสัมพันธ์และจำลองสถานการณ์

เฟินเซล และ โรวาน (Fensell; & Rowan. 2001: 202) กล่าวว่า การสื่อความหมาย เป็นองค์ประกอบที่สำคัญทั้งการเรียนและการสอน เพราะการสื่อความหมายเป็นวิธีการจัดรูปแบบ ความรู้ทางคณิตศาสตร์และเป็นการแสดงความคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

รีส์ และคนอื่นๆ (Reys; et al. 2001: 83) กล่าวว่า การสื่อสารเป็นเครื่องมือที่มี ศักยภาพสำหรับการรวบรวมแนวคิดทางคณิตศาสตร์ทั้งโดยการพูดและการเขียน เพื่อแสดงและ อธิบายแนวคิด โดยเฉพาะการสื่อสารสองทางช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบาย รวบรวม และขยาย แนวคิด แลกเปลี่ยนแนวคิดกับคนอื่น ซึ่งนักเรียนควรได้รับการส่งเสริมให้มีการสื่อสารแนวคิดทาง คณิตศาสตร์อย่างหลากหลาย เช่น การสื่อสารด้วยภาพ การแสดงท่าทาง การเขียนกราฟ การเขียน แผนภูมิ และการใช้สัญลักษณ์ไปพร้อมกับการใช้คำทั้งการพูดและการเขียน

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมาย ทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ หมายถึง ความสามารถหรือความชำนาญในการใช้ภาษา ศัพท์ สูตร แผนภูมิ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงแนวคิด อธิบายแนวคิด ของตนให้ผู้อื่นเข้าใจ ได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน

พฤติกรรมบ่งชี้

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (2551 : 90) ได้ กำหนดตัวชี้วัดชั้นปี สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 สาระที่ 6 ทักษะ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ดังนี้คือ ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการ นำเสนออย่างถูกต้อง

อัมพร ม้าคนอง (2554 : 57) กล่าวว่า ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถ ที่จะนำเสนอข้อมูลสารสนเทศ เพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจตรงกัน นักเรียนจะมีความสามารถ ดังนี้

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสื่อรูปธรรม รูปภาพ และแผนภาพกับแนวคิด ทางคณิตศาสตร์

2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาในชีวิตประจำวันกับภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และสามารถใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์สื่อสารความคิดทางคณิตศาสตร์
 3. ใช้ทักษะการอ่านและการฟังในการแปลความหมายและประเมินแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และสามารถเขียนด้วยความเข้าใจ
 4. สร้างคำจำกัดความทางคณิตศาสตร์และอธิบายสิ่งที่ค้นพบจากการตรวจสอบ
 5. สร้างสถานการณ์โดยใช้การพูดและการเขียน วัตถุรูปธรรม รูปภาพ กราฟ และวิธีการทางคณิตศาสตร์
 6. ออกแบบและนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่สื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างชัดเจน
 7. สะท้อน อภิปราย และอธิบายแนวคิดและความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ และสร้างข้อความ ทดการณ์หรือข้อขัดแย้งที่น่าสนใจ
 8. สะท้อน และอธิบายแนวคิดของตนเองเกี่ยวกับแนวคิดและสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยวาจา ด้วยการเขียน
 9. ถามคำถาม ขยายความที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ที่เคยอ่านหรือที่เคยได้ยินมาก่อน
 10. เห็นคุณค่าของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์และบทบาทของสัญลักษณ์เหล่านั้นในการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์
 11. ตระหนักว่าการแสดง การอภิปราย การอ่าน การเขียน และการฟังเกี่ยวกับคณิตศาสตร์เป็นส่วนสำคัญสำหรับการเรียนรู้และการใช้คณิตศาสตร์
- สมชาย วรกิจเกษมสกุล (2544 :75) กล่าวว่า การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ เป็นวิธีการให้ผู้เรียนได้แสดงแนวความคิดทางคณิตศาสตร์โดยการพูด การเขียน การแสดงด้วยภาพ ศัพท์ สัญลักษณ์ในการนำเสนอแนวความคิดอธิบายความสัมพันธ์และจำลองสถานการณ์
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 19) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอคือ การแสดงออกตามขั้นตอนของทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอดังนี้ เลือกรูปแบบของการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอด้วยวิธีที่เหมาะสม ใช้ข้อความ ศัพท์ สูตร สมการ หรือแผนภูมิที่เป็นสากล บันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุ สมผล สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ และเสนอแนวคิดที่เหมาะสมกับปัญหา

ศิริพร รัตนโกสินทร์ (2446: 5) กล่าวว่า ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้ภาษาพูดและเขียน การใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างคณิตศาสตร์ หรือ สื่อต่าง ๆ เช่น รูปภาพ ตาราง กราฟ แบบจำลอง เพื่อนำเสนอแนวคิด แสดงความหมาย และความสัมพันธ์ของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน รัดกุม

ธิดารัตน์ พรหมณะ (2546: 45) กล่าวว่า ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ นักเรียนจะต้องมีความสามารถในการแปลงปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดโดยใช้แผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิ ตาราง หรือกราฟได้ อีกทั้งสามารถบอกรายละเอียดของปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดอะไร มีเงื่อนไขอะไร และต้องการทราบอะไร และต้องบอกความสัมพันธ์ของปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ โดยใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์บอกความสัมพันธ์ได้

อัมพร ม้าคนอง (2547: 102-103) กล่าวว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถของผู้เรียนในการอธิบาย ชี้แจง แสดงความเข้าใจหรือความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของตนเองให้ผู้อื่นรับรู้ เช่น การใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อความหมาย การอธิบายลำดับขั้นตอนของการทำงาน การแสดงผลเพื่อสนับสนุนข้อสรุปที่ได้ การใช้ตาราง กราฟ หรือค่าสถิติ ในการอธิบายหรือการนำเสนอข้อมูล

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 60-63) เสนอว่า เป้าหมายของการสื่อสารนั้นเพื่อให้ให้นักเรียนมีความสามารถดังนี้

1. จัดเรียงและรวบรวมแนวคิดทางคณิตศาสตร์ให้ชัดเจนขึ้นผ่านการสื่อสาร
2. สื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนเองให้เพื่อน ครู และผู้อื่นเข้าใจอย่างชัดเจน
3. วิเคราะห์ ประเมินแนวคิดและวิธีการทางคณิตศาสตร์ของผู้อื่นได้
4. สามารถใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสื่อสารการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ได้ดังนี้คือ 1) เลือกรูปแบบของการสื่อสารการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอได้อย่างเหมาะสม 2) แปลงปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้เป็นประโยคภาษา ประโยคสัญลักษณ์ หรือแผนภูมิที่เป็นสากลได้ 3) บอกความสัมพันธ์ของปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ และ 4) สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการศึกษาข้อมูลได้

1.4 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555 : 80) กล่าวว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้ว มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลกับความรู้อื่น ๆ หรืองานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์

สภาคุรุคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NCTM, 1989 : 102) ได้ให้ความหมายของการเชื่อมโยง คือ การผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกันให้รวมเป็นองค์ประกอบเดียวกัน ซึ่งแบ่งออกเป็น

1. การเชื่อมโยงภายในวิชา เป็นการนำเนื้อหาภายในวิชาเดียวกันไปสัมพันธ์กัน ให้นักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะไปใช้ในชีวิตจริง ช่วยนักเรียนให้ทำความเข้าใจถึงความแตกต่างของเนื้อหาวิชารวมทั้งพีชคณิต เรขาคณิต และตรีโกณมิติ ซึ่งจะทำให้การเรียนของนักเรียนมีความหมาย

2. การเชื่อมโยงระหว่างวิชา เป็นการรวมศาสตร์ต่างๆ ตั้งแต่ 2 สาขาขึ้นไป ภายใต้หัวข้อที่เกี่ยวข้องกันให้มาสัมพันธ์กัน เช่น วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ สังคม กีฬาหรือศิลปะ เป็นการเรียนรู้โดยใช้ความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในวิชาต่างๆ มากกว่า 1 วิชาขึ้นไป จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้ง และตรงกับสภาพชีวิตจริง

อุยวดี จันทรสนธิ (2543 : 4-5) กล่าวถึง การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ ว่ามี 2 รูปแบบคือ (1) การสร้างแบบจำลองเชื่อมโยงระหว่างปัญหาในสิ่งแวดล้อมหรือปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์ หัวข้ออื่นๆกับตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหา (2) การเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหาที่สมนัยกันและระหว่างกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้งนี้ นักเรียนที่สามารถประยุกต์ระหว่างตัวแทนที่ต่างกันซึ่งแทนปัญหาเดียวกัน หรือแทนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เดียวกัน ย่อมเกิดการพัฒนาระบวนการคิดในการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับปัญหาใหม่ และมีกระบวนการคิดแบบยืดหยุ่นที่จะค้นหาวิธีแก้ปัญหามากหลาย ผลที่ตามมาคือผู้เรียนเกิดทักษะการให้เหตุผลและสื่อความคิดโดยใช้คณิตศาสตร์ ซาบซึ้งในความสอดคล้อง และความงดงามของคณิตศาสตร์ ความคงทนในการเรียนรู้ และถ่ายโอนความคิดทางคณิตศาสตร์ย่อมเพิ่มพูนตามไปด้วย

กระทรวงศึกษาธิการ (2552 : 90) กำหนดให้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการเชื่อมโยงเป็นมาตรฐานหนึ่งในสาระการเรียนรู้เรื่องทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่มุ่งหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเมื่อจบหลักสูตรการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยระบุไว้ว่า

ผู้เรียนต้องมีความสามารถเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ได้เช่นเดียวกับหลักสูตรการศึกษาคณิตศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกาที่เป็นประเทศผู้นำของโลกปัจจุบันได้กำหนดให้ผู้เรียนมีมาตรฐานด้านทักษะกระบวนการเชื่อมโยงไว้เช่นกันโดยกำหนดสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเกี่ยวกับการเชื่อมโยงไว้ 3 ประการคือ

1. ผู้เรียนตระหนักและสามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างคณิตศาสตร์กับคณิตศาสตร์ได้ ผู้เรียนมีความเข้าใจและสามารถเชื่อมโยงวิธีการแนวคิดทางคณิตศาสตร์มาทำให้เกิดการเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งได้อย่างเป็นระบบ
2. ผู้เรียนมีความเข้าใจ สามารถเชื่อมโยงวิธีการ แนวคิดทางคณิตศาสตร์มาทำให้เกิดการเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งได้อย่างเป็นระบบ
3. ผู้เรียนมีความเข้าใจสามารถเชื่อมโยงและประยุกต์ความรู้คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ได้

อัมพร ม้าคนอง (2554: 60) กล่าวว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถของผู้เรียนในการสัมพันธ์ความรู้หรือปัญหาคณิตศาสตร์ที่เรียนมากับความรู้ ปัญหาหรือสถานการณ์อื่นที่ตนเองพบ การเชื่อมโยงความรู้ใหม่ ความรู้เดิม ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงอาจทำได้หลากหลาย แต่ที่นิยมทำในห้องเรียนคณิตศาสตร์มี 3 ประเภท ดังนี้

1. การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับคณิตศาสตร์
2. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ
3. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน

ออซูเบล โนวาคและโกวิน (Ausubel, Novak and Gowin. อ้างถึงใน ชนศักดิ์ บ่ายเที่ยง. 2538 : 28) กล่าวถึง ความสำคัญของการเชื่อมโยงไว้ว่า การเชื่อมโยงเป็นสิ่งที่จำเป็นที่จะทำให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาผสมผสานหรือเป็นพื้นฐานในการเรียนความรู้ใหม่ นอกจากนั้นการเชื่อมโยงยังสามารถสื่อให้เห็นความสัมพันธ์ที่แต่ละวิชามีความเกี่ยวข้องกัน ทำให้เกิดการเรียนแบบมีความหมายที่แตกต่างจากการเรียนแบบท่องจำ

เคนเนดี และ ทิปป์ส (Kennedy and Tipps. 1994 : 194) กล่าวว่า การเชื่อมโยงเป็นกระบวนการที่สำคัญในการเรียนคณิตศาสตร์ ผู้เรียนจะต้องมีความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างความรู้หรือมโนทัศน์ภายในวิชาคณิตศาสตร์ด้วยกันได้ อีกทั้งสามารถเชื่อมโยงบูรณาการความรู้คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือการดำเนินชีวิตในโลกแห่งความเป็นจริงได้

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ได้ หมายถึง ความสามารถหรือความ

ชำนาญในการเชื่อมโยงความคิดรวบยอด หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์กับคณิตศาสตร์ด้วยกัน และเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ รวมทั้งสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้

พฤติกรรมบ่งชี้

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (2551 : 90) ได้กำหนดตัวชี้วัดชั้นปี สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 สาระที่ 6 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้ ดังนี้คือ เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

เคนเนดีและทิปส์ (Kennedy and Tipps. 1994: 194-198) กล่าวว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญ นักเรียนจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรม ได้แก่ รูปภาพ แผนภาพ สัญลักษณ์ และมโนคติ กับกระบวนการรวมเนื้อหาและวิธีการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน และจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

ดวงเดือน อ่อนน่วม (2547: 50-51) ได้กล่าวถึงการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นไปได้อย่างมีลักษณะดังนี้

1. การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่
2. การเชื่อมโยงระหว่างเรื่องต่างๆ ของคณิตศาสตร์
3. การเชื่อมโยงแบบจำลองหลายๆ แบบสู่ความคิดรวบยอดเดียวกัน

อัมพร ม้าคนอง (2547: 101) กล่าวว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถของผู้เรียนในการสัมพันธ์ความรู้หรือปัญหาคณิตศาสตร์ที่เรียนมากับความรู้ ปัญหา หรือสถานการณ์อื่นที่ตนเองพบ และยังกล่าวอีกว่า การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน และการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์ด้วยกันนั้นนักเรียนจะต้องตรวจสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้ว่าเป็นเหตุเป็นผล และสามารถตรวจสอบความสัมพันธ์เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

จารุวรรณ ทวันเวช (2552 : 56-57) กล่าวว่า การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์นั้นนักเรียนจะต้องเลือกหรือนำข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาในรูปสัญลักษณ์ ประโยคสัญลักษณ์ ตาราง แผนภาพ แผนผัง ได้สอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่โจทย์ต้องการทราบ เพื่อนำไปสู่การหาคำตอบได้ถูกต้อง อีกทั้งสามารถแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เรียนมาแล้วอ้างอิง อธิบาย บรรยาย วิธีการแก้ปัญหาสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาชัดเจน และได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมเหตุสมผล นอกจากนี้ยังจะต้อง

สามารถอธิบาย สนับสนุนคำตอบ หรือคัดค้านคำตอบที่ได้ว่าถูกต้องเหมาะสม โดยอาศัยหลักการข้อเท็จจริง ประกอบการอธิบายข้อสรุปได้ และอาจจะมีการยกตัวอย่างประกอบการอธิบายได้

ปาจารย์ ไทรงาม (2549: 19) กล่าวว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จะต้องประกอบด้วยพฤติกรรมด้านต่างๆ ดังนี้

1. ความสามารถในการอ้างอิง ประยุกต์ใช้ความรู้ เนื้อหาต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาแล้วไปสู่เนื้อหาใหม่โดยนำความรู้ที่เรียนมาไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่กำหนด

2. ความสามารถในการนำความรู้หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในวิชาอื่น เป็นความสามารถในการตีความ โจทย์ปัญหา ให้ทราบว่าโจทย์ต้องการให้หาอะไรเพื่อเลือกใช้ความรู้ หลักการ วิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องในการแก้โจทย์ปัญหา

3. ความสามารถในการนำความรู้ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ เป็นความสามารถในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่มีสถานการณ์สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน

อัมพร ม้าคนอง (2554 : 61) กล่าวว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนเป็นความสามารถดังต่อไปนี้

1. เชื่อมโยงและสัมพันธ์ความรู้เชิงมโนทัศน์กับความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการ

2. ใช้คณิตศาสตร์ในสาขาวิชาอื่น เช่น ศิลปะ ดนตรี จิตวิทยา วิทยาศาสตร์ ธุรกิจ และในชีวิตประจำวัน

3. เชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาหรือหัวข้อคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย รวมถึงการใช้งานของเนื้อหาหรือหัวข้อเหล่านั้น และมองเห็นคณิตศาสตร์เป็นภาพรวมของบูรณาการ

4. วิเคราะห์ปัญหาและอภิปรายผลโดยใช้กราฟ ตัวเลข วัตถุ ภาษา แบบจำลอง และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

5. ใช้ความคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ในการทำความเข้าใจการคิดทางคณิตศาสตร์อื่น และความคิดในศาสตร์อื่น

6. เชื่อมโยงวิธีการที่แตกต่างกันที่ใช้ในการแสดงมโนทัศน์เดียวกัน และที่ใช้ในการนำเสนออย่างเดียวกัน

7. เห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ในสังคมและในวัฒนธรรมของตนเอง

8. ใช้และเห็นคุณค่าของการเชื่อมโยงระหว่างหัวข้อต่าง ๆ ของคณิตศาสตร์และระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้ดังนี้คือ 1) เปรียบเทียบความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้ 2) เชื่อมโยงสถานการณ์กับรูปสัญลักษณ์ ตาราง แผนภาพ แผนผัง และหาข้อสรุปได้ 3) เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้ และ 4) บอกข้อสรุปของสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ ได้

1.5 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555 : 81) กล่าวว่า ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความคิดที่แปลกใหม่ในการแก้ปัญหาหรือทำงานทางคณิตศาสตร์

อัมพร ม้าคนอง (2554: 64) กล่าวว่า ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์เป็นการคิดระดับสูง เป็นความสามารถของผู้เรียนในการคิดออกนอกกรอบความคิดเดิมที่มีอยู่ ทำให้ได้แนวทางใหม่ ๆ ที่ไม่เคยมีมาก่อน จึงเป็นความคิดที่ถูกสร้างขึ้นใหม่โดยไม่มีกรอบแบบความคิดอื่น ๆ เป็นความสามารถในการคิดสิ่งแปลกใหม่ หาแนวทางใหม่ในการแก้ปัญหา และนำความคิดเดิมมาผสมผสานเป็นแนวคิดใหม่ที่แตกต่างจากเดิม

อารี พันธุ์ณี (2540: 6) ได้อธิบายความหมายของความคิดสร้างสรรค์ ได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

1. ลักษณะทางกระบวนการ หมายถึง ความรู้สึกไวต่อปัญหา และความสามารถแก้ไขปัญหาย่างเป็นขั้นตอน และเป็นระบบนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในสิ่งใหม่ต่อไป

2. ลักษณะของบุคคล หมายถึง บุคคลมีความอยากรู้อยากเห็น กระตือรือร้น กล้าคิด กล้าแสดง มีความคิดสร้างสรรค์ มีอารมณ์ขัน มีจินตนาการ มีความยืดหยุ่นทั้งความคิดและการกระทำ เป็นบุคคลที่มีความสุขกับการทำงาน หรือสิ่งที่ตนพอใจ ตลอดจนไม่หวังผลต่อการประเมินภายนอก

3. ลักษณะทางผลผลิต หมายถึง คุณภาพของผลงานที่เกิดขึ้นมีตั้งแต่ขั้นต่ำ ที่แสดงผลที่เกิดความพอใจของตนที่แสดงออกซึ่งความคิด และการกระทำจนกระทั่งพัฒนาขึ้นเป็นการฝึกทักษะค่อยคิดได้เองจนถึงระดับความคิดทฤษฎี หลักการ และการประดิษฐ์คิดค้นต่าง ๆ

สมศักดิ์ ภู่วิภาคารวรรณ (2541: 2) ให้นิยามความคิดสร้างสรรค์ดังนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์เป็นเรื่องที่สลับซับซ้อน ยากแก่การให้คำจำกัดความที่มีความแน่นอนตายตัว

2. ถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงผลงาน (Product) ผลงานนั้นต้องเป็นผลงานที่แปลกใหม่และมีคุณค่า กล่าวคือ ใช้ได้โดยมีคนยอมรับ และถ้าพิจารณาความคิด

สร้างสรรค์ในเชิงกระบวนการ (Process) กระบวนการคิดสร้างสรรค์ คือ การเชื่อมโยงสัมพันธ์
 สิ่งของหรือความคิดที่มีความแตกต่างกันมากเข้าด้วยกัน ถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์เชิงบุคคล
 บุคคลนั้นจะต้องเป็นคนที่มีความแปลก เป็นตัวของตัวเอง (Originality) เป็นผู้ที่มีความคิดคล่อง
 (Fluency) มีความยืดหยุ่น (Flexibility) และสามารถให้รายละเอียดในความคิดนั้น ๆ ได้
 (Elaboration)

สุริย์ จันทร์โมลี (2543 : 69) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของ
 สมอของบุคคลในการที่จะใช้ความคิดเพื่อหาคำตอบหลาย ๆ คำตอบ และจากหลายทิศทางหลาย
 แง่หลายมุม เพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่บุคคลได้รับ บุคคลจะใช้ประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ เป็น
 พื้นฐานในการคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ความคิดใหม่ การประดิษฐ์ดัดแปลงสิ่งใหม่ มีความคิดเป็น
 อิสระไม่ใช่ตามคนอื่น ความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นดาบสองคมที่อาจจะนำไปในทางที่ดี หรืออาจ
 นำไปใช้ในทางที่ไม่ดี ก่อให้เกิดความเสียหายได้

วิลโด แพงศรี (2544 : 9) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทำงาน
 ของสมองมนุษย์ (Mental Process) ซึ่งเป็นไปในลักษณะของการประมวลความรู้ และ
 ประสบการณ์เดิมผสมผสานหรือบูรณาการเข้ากับความรู้และประสบการณ์ใหม่ ก่อให้เกิดผลผลิต
 (Products) ใหม่ในหลายลักษณะ ซึ่งอาจจะเกิดผลผลิตในเชิงนามธรรมหรือรูปธรรม ซึ่งมีคุณค่า
 ต่อมนุษย์ในเชิงเศรษฐศาสตร์หรือในทางจิตใจ

รุ่งศิริ เข้มตระกูล (2547: 23) ได้กล่าวว่า ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คือ
 ความสามารถในการคิดได้ถูกต้อง คิดเก่ง คิดไวและคิดสิ่งใหม่ๆ ได้

กิลฟอร์ด (Guilford. 1959 : 380) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า
 เป็นความสามารถทางสมองที่สามารถ “คิดได้หลายทิศทาง” หรือ “คิดแบบอนกนัย” และ
 ความคิดสร้างสรรค์นี้ประกอบด้วย ความคล่องในการคิด ความคิดยืดหยุ่น และความคิดที่เป็น
 ตนเองโดยเฉพาะคนที่มึลักษณะดังกล่าวเป็นคนที่กล้าคิด ไม่กลัวถูกวิพากษ์วิจารณ์ และมีอิสระใน
 การคิดด้วย

เทอร์เรนซ์ (Torrance. 1962: 16) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถ
 ของบุคคลในการคิดสร้างสรรค์ผลิตผล หรือสิ่งแปลกใหม่ที่ไม่มีใครรู้จักมาก่อน สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้มักจะ
 เกิดจากการรวมความรู้ต่าง ๆ ที่ได้รับประสบการณ์แล้วเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่

เกอร์ฮาร์ด (Gerhard. 1971: 157) นิยามความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า
 เป็นการสร้างหรือจัดระบบความคิดใหม่จากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่นำไปสู่วิธีการแก้ปัญหา
 ที่แปลกใหม่ ริเริ่ม คาดไม่ถึง และมองเห็นผลผลิตในรูปแบบใหม่

เจนเซน (Jansen, 1973: 2168-A; อ้างถึงใน สุภาวดี ตั้งนุบผา.2533 : 58) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่ซับซ้อน แต่ก็สามารถสังเกตได้ โดยเกณฑ์พิจารณาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ได้แก่

1. ความสามารถในการสรุปเป็นหลักการทั่วไป
2. ความสามารถในการตีความคำตอบ
3. ความสามารถในการค้นพบเนื้อหาที่สำคัญ

ครูลิก และ รูดนิค (Krulik and Rudnick. 1993, อ้างถึงใน อัมพร ม้าคนอง 2554 : 64) กล่าวว่า ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ หมายถึง การคิดที่เป็นต้นฉบับ สะท้อนสิ่งต่าง ๆ และ ผลงานที่ซับซ้อน ซึ่งรวมถึงการสังเคราะห์แนวคิด สร้างแนวคิดใหม่ และการตัดสินใจประสิทธิภาพของแนวคิดเหล่านั้น

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า ความสามารถในการความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถหรือความชำนาญในการใช้ความรู้จากประสบการณ์เดิมหรือมโนทัศน์เพื่อสร้างสรรค์องค์ความรู้ใหม่ และสร้างสรรค์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์หรือชิ้นงานที่มีประโยชน์ต่อการเรียนรู้

พฤติกรรมบ่งชี้

ครูสตี (Krutesty. 1976, อ้างถึงใน สุภาวดี ตั้งนุบผา 2533: 41-42) กล่าวว่า บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ควรประกอบด้วยความสามารถดังนี้

1. ความสามารถในการจัดกระทำโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้อยู่ในรูปของโครงสร้างทางคณิตศาสตร์
2. ความสามารถในการนำผลลัพธ์มาสรุปเป็นกรณีทั่วไป
3. ความสามารถในการจัดกระทำข้อมูลที่เป็นสัญลักษณ์หรือตัวเลข
4. ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของความคิดรวบยอดเกี่ยวกับสาระต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์
5. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงตรรกศาสตร์
6. ความสามารถในการทำขั้นตอนการคิดให้สั้นได้ย่อมมีเหตุมีผล
7. ความสามารถในการเปลี่ยนแนวทางการคิดเป็นวิธีอื่น ๆ ได้โดยหลีกเลี่ยงความคิดเดิมและวิธีการคิดย้อนกลับ
8. ความสามารถในการพิสูจน์ข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ได้อย่างชัดเจน ง่าย และให้เหตุผลที่กระชับ
9. ความจำที่ดีเกี่ยวกับแนวคิดและความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคณิตศาสตร์

ดาร์ราน และ อัลเลน (Darran and Allen, 1971: 108-109) กล่าวว่า ความสามารถพื้นฐานที่จะให้เด็กมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ทักษะการให้เหตุผลเชิงอ้างอิง (Skill of Reference Study) และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (Skill Scientific and Mathematical Reasoning) ซึ่งตัวอย่างทั้งสององค์ประกอบนี้ ได้แก่

1. การนำหลักการไปใช้และการสรุปอ้างอิง
2. การประยุกต์ข้อมูล และการสรุปเป็นกรณีทั่วไปในสถานการณ์ใหม่
3. การประเมินความเพียงพอของข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา
4. เลือกข้อมูลที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาโดยตรง
5. การใช้ข้อมูลแสดงให้เห็นถึงวิธีการคิด
6. มองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล
7. เตรียมข้อมูลในรูปกราฟหรือตาราง
8. การเตรียมโครงร่าง
9. การจัดระเบียบข้อมูลสารสนเทศ
10. มีการซักถามเพื่อให้ได้ข้อมูล
11. ใช้ความสังเกตที่มีการทดลอง
12. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกต
13. การใช้แผนผัง ลูกโลก แผนที่
14. การใช้มาตราของแผนผัง ลูกโลก และแผนที่
15. การกำหนดลักษณะทางกายภาพ และพัฒนารูปภาพ
16. การตีความสัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนที่
17. การรวบรวมวัตถุหรือสิ่งของเป็นกลุ่ม
18. การอ่านและการเขียนสัญลักษณ์ทางตัวเลข
19. การบวก การลบ การคูณ การหาร
20. การเปรียบเทียบขนาด
21. การเปรียบเทียบรูปร่าง
22. การใช้วิธีการวัดต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความสูง น้ำหนัก ความจุ ปริมาตร
23. การใช้ชั่งน้ำหนัก
24. การบอกเวลา
25. หาความสัมพันธ์ของสิ่งของที่อยู่ต่างกลุ่ม

26. ความไวต่อการรับรู้ ถึงองค์ประกอบที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาภายใต้สถานการณ์ทั้งหมด

27. การเดาอย่างมีเหตุผล

28. การใช้วิธีการที่หลากหลายในการนิยามปัญหา

29. ความสามารถในการอธิบาย

30. การปฏิบัติ และอธิบายวิธีการทดสอบได้ทุกขั้นตอน

31. การค้นหาสาเหตุที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

คีสเซน (Kissen, 1988 : 520-521) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย

1. การตั้งปัญหา

2. การยกตัวอย่าง

3. ความสามารถพิเศษและการสรุปอ้างอิง

4. การกำหนดสัญลักษณ์และการแทนค่า

5. การบันทึกข้อมูลจากการสังเกต

6. การสำรวจคำถามอย่างเป็นระบบ

7. การกำหนดลำดับขั้นตอนการคิด

8. การตรวจสอบความคิดที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีโดยมีหลักฐานที่มาสนับสนุน

9. การสรุปอ้างอิงโดยใช้ข้อมูลพื้นฐานสนับสนุน

10. การสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจ

สุภาวดี ตั้งบุปผา (2533 : 39) กล่าวว่า ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยความสามารถดังนี้

1. ความสามารถในการตั้งโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2. ความสามารถในการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์

3. ความสามารถในการคาดคะเนถึงผลที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

4. ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบและวิธีการคิด

5. ความสามารถในการนำหลักการหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ไปใช้เป็นกรณี

ทั่วไป

6. ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวเลข หรือภาพเรขาคณิต หรือทรงเรขาคณิต หรือการจัดกระทำทางคณิตศาสตร์

สุภาวดี ประเสริฐศรี (2546: 177-178) กล่าวว่า ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยความสามารถดังนี้

1. ความสามารถในการตั้งโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์
2. ความสามารถในการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์
3. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีการที่แปลกใหม่
4. ความสามารถในการคิดคาดคะเนถึงผลที่เกิดขึ้น
5. ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบ และวิธีการคิด
6. ความสามารถในการนำหลักการหรือกฎเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ไปใช้เป็นกรณี

ทั่วไป

7. ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวเลข หรือภาพเรขาคณิต หรือทรงเรขาคณิต

ไพชยนต์ บุญสุภา (2546 : 119) กล่าวว่า ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยความสามารถดังนี้

1. ความสามารถในการจัดระบบสัญลักษณ์ตัวเลข และเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในแง่มุมต่าง ๆ
2. ความสามารถในการนำสัญลักษณ์ตัวเลขและเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในแง่มุมต่าง ๆ
3. ความสามารถในการเชื่อมโยง หรือมองเห็นความสัมพันธ์ของข้อความที่เป็นสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดในแง่มุมต่าง ๆ กัน
4. ความสามารถในการเชื่อมโยง หรือมองเห็นความสัมพันธ์ของสัญลักษณ์ตัวเลขและเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดในแง่มุมต่าง ๆ กัน
5. ความสามารถในการจัดระบบข้อความที่เป็นสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ได้อย่างเป็นระเบียบแบบแผนในแง่มุมต่าง ๆ
6. ความสามารถในการนำข้อความที่เป็นสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ไปใช้ในแง่มุมต่างๆ กัน

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปพฤติกรรมบ่งชี้ของความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้คือ 1) ความสามารถในการตั้งโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) ความสามารถในการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ 3) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่แปลกใหม่ และ 4) ความสามารถในการคิดคาดคะเนถึงผลที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

2.1 ลักษณะของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ชวาล แพรัตกุล (2520: 46-47) ได้กล่าวถึงลักษณะโครงสร้างของแบบทดสอบคณิตศาสตร์ที่ใช้ในปัจจุบันนิยมแยกคำถามออกเป็น 3 ฉบับ คือ แบบทดสอบสำหรับการวัดทักษะหรือความคล่องแคล่วแม่นยำในการคำนวณตัวเลข แบบทดสอบสำหรับวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และแบบทดสอบสำหรับวัดความคิดรวบยอดหรือที่เรียกว่าแบบทดสอบวัดเหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. แบบทดสอบประเภททักษะ แบบทดสอบชนิดนี้ต้องวัดความคล่องแคล่วแม่นยำในการบวก ลบ คูณ หาร ตัวเลขซึ่งเป็นสมรรถภาพพื้นฐานในการเรียนคณิตศาสตร์เทียบได้กับความสามารถในการสะกดคำในวิชาภาษาไทย ฉะนั้น โครงสร้างของแบบทดสอบชนิดนี้จึงไม่ต้องการอิทธิพลของภาษาที่เกี่ยวข้องด้วยเลย จัดเป็นการวัดความคล่องแคล่วในการคำนวณตัวเลขโดยเฉพาะ

2. แบบทดสอบประเภทโจทย์ปัญหา แบบทดสอบชนิดนี้ประกอบด้วยคำถามประเภทโจทย์ต่างๆ ทำนองเดียวกับโจทย์คณิตศาสตร์ทั่วไป แต่ลีลาคำถามมุ่งที่จะวัดความสามารถในการแปลความหมายและการให้ความสัมพันธ์ของตัวเลขจำนวน กับวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ เป็นสำคัญ คำถามประเภทโจทย์ปัญหานี้มิได้หมายถึงคำถามที่ให้นักเรียนนำตัวเลขไปแทนค่าในสูตรโดยตรง เช่น ในเรื่องการหาดอกเบี้ยหรือให้หาพื้นที่ของวงกลม เพราะคำถามชนิดนี้ไม่มีลักษณะเป็นปัญหาแต่เป็นการวัดความสามารถในการจำสูตรและกฎเกณฑ์ต่างๆ แล้วเอาตัวเลขจากโจทย์ไปแทนค่าในสูตรเท่านั้นเอง

3. แบบทดสอบประเภทเหตุผล แบบทดสอบชนิดนี้ต้องการวัดสมรรถภาพด้านความคิดรวบยอดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับหลักการ วิธีการ และมโนภาพ ในความคิดแบบนามธรรม นั่นคือ ต้องการวัดว่าเมื่อเด็กได้เรียนรู้กฎเกณฑ์ต่างๆ แล้ว เขาจะสามารถขยายความหมายนั้นออกไปในรูปของภาษา หรือสัญลักษณ์ให้กว้างขวางจากเดิมได้หรือไม่ หรือเพียงแต่จำสูตรหรือวิธีการตามตำราได้เท่านั้น ไม่มีจินตนาการในกฎเกณฑ์นั้นเลย

ล้วน สายยศ (2517: 26-30) ได้กล่าวถึง ลักษณะของแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ว่าควรเน้น 3 ประการ คือ คณิตศาสตร์ทักษะ คณิตศาสตร์เหตุผล และคณิตศาสตร์โจทย์ปัญหา เพื่อจะได้ทราบจุดบกพร่องในการคิดคณิตศาสตร์ของเด็ก เมื่อเด็กบกพร่องด้านใดจะได้สร้างบทเรียนให้สอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้น เป็นการแก้ปัญหาดังแต่จุดเริ่มต้น

1. **คณิตศาสตร์ทักษะ** หมายถึง ความคล่องแคล่วในการบวก ลบ คูณ หาร ถอดรากหรือทำเลขซ้อน ได้อย่างรวดเร็วถูกต้องในระยะเวลาที่กำหนดให้ การทำข้อสอบนี้ได้ดีนั้นไม่เกี่ยวข้องกับอิทธิพลของความเข้าใจด้านภาษา การเขียนข้อสอบจึงเป็นเรื่องของความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขหรือตัวแปร โดยอาศัยเครื่องหมายคณิตศาสตร์ตลอดเวลา

2. **คณิตศาสตร์เหตุผล** การออกข้อสอบคณิตศาสตร์แบบนี้ จะถามเน้นในเรื่องวิธีการ หลักการ การแปลความ การตีความ การขยายความ การไล่เลียงหาเหตุผล การเปรียบเทียบ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มโนภาพ ขั้นตอนการพิสูจน์ และการประเมินค่า เป็นต้น ข้อสอบคณิตศาสตร์แบบนี้ความเข้าใจด้านภาษามีอิทธิพลอยู่ เพราะข้อคำถามจะต้องใช้อธิบายด้วยภาษาเป็นส่วนใหญ่

3. **คณิตศาสตร์โจทย์ปัญหา** การเขียนข้อสอบคณิตศาสตร์โจทย์ปัญหานั้น มุ่งตรวจสอบผลสัมฤทธิ์สูงสุดท้ายในการคิด นั่นคือสร้างโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา แล้วหาว่าผลลัพธ์เป็นเท่าไร จะไม่สนใจวิธีการหรือเหตุผล จุดมุ่งหมายในการออกแบบข้อสอบคณิตศาสตร์ก็เพื่อประสงค์ให้นักเรียนได้แก้ปัญหาเป็น คือสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ได้

จากลักษณะของแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์ที่กล่าวข้างต้น สรุปได้ว่าแบบทดสอบวิชาคณิตศาสตร์จะต้องสามารถวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการให้เหตุผล มีความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

2.2 การประเมินผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

การประเมินผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการที่ช่วยให้ได้ข้อมูลสารสนเทศ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการและความก้าวหน้าในการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ คือ

1. ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการ การวัด เรขาคณิต พีชคณิต การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น รวมทั้งการนำความรู้ดังกล่าวไปประยุกต์

2. ด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยความสามารถในด้านต่าง ๆ คือ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ การเชื่อมโยง และความคิดสร้างสรรค์

ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ต้องยึดหลักการของการประเมินผลการเรียนรู้ ดังนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ 2551 : 208)

1. การประเมินผลต้องกระทำอย่างต่อเนื่องและควบคู่ไปกับกระบวนการเรียนการสอน ผู้สอนควรใช้งานหรือกิจกรรมทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งเร้าให้ผู้เรียนเข้าไปมีส่วนร่วมในการ

เรียนรู้ และใช้การถามคำถาม เพื่อตรวจสอบและส่งเสริมความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา รวมถึงการตรวจสอบและส่งเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้วย

2. การประเมินผลต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์และเป้าหมายการเรียนรู้ ผู้สอนควรประเมินผลการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในระดับชั้นเรียน ระดับสถานศึกษา และระดับชาติ ในลักษณะของสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ที่ประกาศไว้ในหลักสูตร เพื่อให้สามารถบอกได้ว่าผู้เรียนบรรลุผลการเรียนรู้ตามมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่ ผู้สอนต้องแจ้งจุดประสงค์และเป้าหมายการเรียนรู้ในแต่ละเรื่องให้ผู้เรียนทราบ เพื่อให้ผู้เรียนเตรียมพร้อมและปฏิบัติตนให้บรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่กำหนด

3. การประเมินผลทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความเท่าเทียมกับการวัดความรู้ ความเข้าใจเนื้อหา ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่ต้องปลูกฝังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเพื่อการเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพ รู้จักแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ปรับตัวและดำรงชีวิตอย่างมีความสุข ผู้สอนต้องออกแบบงานหรือกิจกรรมซึ่งส่งเสริมให้เกิดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ อาจใช้วิธีการสังเกต สัมภาษณ์หรือตรวจสอบคุณภาพผลงานเพื่อประเมินความสามารถของผู้เรียน งานหรือกิจกรรมจึงควรมีลักษณะดังนี้

- สาระในงานหรือกิจกรรมอาศัยการเชื่อมโยงความรู้หลาย ๆ เรื่อง
- ทางเลือกในการดำเนินงานหรือการแก้ปัญหาหลายวิธี
- เงื่อนไขหรือสถานการณ์ปัญหาที่มีลักษณะเป็นปัญหาปลายเปิด ให้ผู้เรียนที่มีความสามารถต่างกันมีโอกาสแสดงกระบวนการคิดตามความสามารถของตน ต้องเอื้ออำนวยให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอในรูปแบบการพูด การเขียน การวาดรูป

ความสามารถต่างกันมีโอกาสแสดงกระบวนการคิดตามความสามารถของตน ต้องเอื้ออำนวยให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอในรูปแบบการพูด การเขียน การวาดรูป

- งานหรือกิจกรรมต้องใกล้เคียงกับสภาพจริงหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เพื่อให้ผู้เรียนตระหนักคุณค่าของคณิตศาสตร์

4. การประเมินผลการเรียนรู้ต้องนำไปสู่ข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับผู้เรียนรอบด้าน การประเมินผลการเรียนรู้มิใช่เป็นเพียงการให้นักเรียนทำแบบทดสอบในช่วงเวลาที่กำหนดเท่านั้น แต่ควรใช้เครื่องมือวัดและวิธีการวัดที่หลากหลาย เช่น การทดสอบ การสังเกต การสัมภาษณ์ การมอบหมายงานให้ทำเป็นการบ้าน เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ผู้สอนมีข้อมูลรอบด้านเกี่ยวกับผู้เรียน เพื่อนำไปตรวจสอบกับจุดประสงค์และเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ โดยการเลือกใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลควรเลือกใช้เครื่องมือให้ตรงกับจุดประสงค์ของการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

5. การประเมินผลการเรียนรู้ต้องเป็นกระบวนการที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการปรับปรุงความสามารถด้านคณิตศาสตร์ของตน การประเมินผลที่ดีโดยเฉพาะ

การประเมินผลระหว่างเรียนต้องทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น คิดปรับปรุงข้อบกพร่องและพัฒนาความสามารถด้านคณิตศาสตร์ของตนให้สูงขึ้น เป็นหน้าที่ของผู้สอนที่ต้องสร้างเครื่องมือวัดหรือวิธีการที่ทำท้าย และส่งเสริมกำลังใจแก่ผู้เรียนในการขวนขวายเรียนรู้เพิ่มขึ้น

ขั้นตอนการประเมินผลการเรียนรู้ เพื่อให้การวัดและประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นไปตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 อีกทั้งสอดคล้องกับแนวทางการปฏิรูปการศึกษา และถูกต้องตามหลักการวัดและประเมินผลการศึกษา อาจกำหนดขั้นตอนดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2555 : 30)

1. ศึกษาจุดมุ่งหมายของการวัดผลประเมินผล สาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และเนื้อหาที่ต้องการ
2. วิเคราะห์เนื้อหาและระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด
3. กำหนดรูปแบบของข้อสอบที่จะใช้ในแบบทดสอบให้สอดคล้องกับเนื้อหาและระดับพฤติกรรมที่ต้องการวัด
4. กำหนดจำนวนข้อสอบ การกระจายของเนื้อหาสาระที่ต้องการทดสอบ และเวลาที่ใช้ในการสอบ
5. สร้างข้อสอบตามที่กำหนด โดยคำนึงถึงเทคนิคการสร้างข้อสอบ
6. ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความตรง และความเที่ยงของข้อสอบ
7. จัดระบบข้อมูลจากการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้
8. นำข้อมูลจากการวัดและประเมินผลมาวิเคราะห์และสังเคราะห์

2.3 แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือวัดที่มีการกำหนดสถานการณ์หรือกิจกรรมต่างๆ ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง และวัดพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนได้โดยตรง เช่น การวางแผน การทำงาน การดำเนินงานตามแผน การใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือ การบันทึกข้อมูล การจัดกระทำกับข้อมูล การวิเคราะห์ การแปลผล การลงสรุป รวมทั้งการเสนอแนวทางในการนำความรู้ไปใช้ ทั้งนี้แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2555 : 89)

1. สถานการณ์ เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาสาระ ข้อสนเทศ หรือความรู้ที่ผู้เรียนต้องใช้ลงมือปฏิบัติภาระงาน

2. คำสั่งหรือคำชี้แจง เป็นเงื่อนไขหรือสิ่งที่ระบุให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ภายใต้อาณัติที่กำหนดให้ เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงออกในพฤติกรรมที่ต้องการวัด ซึ่งครอบคลุมทักษะปฏิบัติดังนี้

- การวางแผนการดำเนินงาน กำหนดให้ผู้เรียนตรวจสอบความสามารถ เกี่ยวกับการกำหนดปัญหา การสร้างข้อความคาดการณ์ และการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

- การลงมือปฏิบัติ กำหนดให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติ หรือ แสดงความสามารถในการสังเกต การใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือ การบันทึกผล การคำนวณค่า และการดำเนินงานอย่างเป็นขั้นตอนตามแผนที่วางไว้

- การวิเคราะห์และการแปลผล กำหนดให้ผู้เรียนจัดกระทำข้อมูล ตรวจสอบ ความแม่นยำของข้อมูลที่ได้ สรุปความสัมพันธ์ของข้อมูล และแปลความหมายของข้อมูล

- การสร้างความรู้และการนำความรู้ไปใช้ กำหนดให้ผู้เรียนแสดง ความสามารถในการลงข้อสรุปหรือสร้างความรู้ ประยุกต์ความรู้ในรูปแบบการสร้างแบบจำลอง และนำเสนอแนวคิดที่แตกต่างไปจากเดิม

ในการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผู้วัดจะต้องคำนึงถึงความเชื่อมโยง ความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระของผู้เรียนในแต่ละชั้นปี การเก็บรวบรวมข้อมูลที่แสดงถึงความรู้ ความสามารถของผู้เรียนให้ได้มากที่สุดจะช่วยวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างครอบคลุม แต่ทั้งนี้ต้องให้ผู้เรียนได้ทำงานหรือกิจกรรมที่สอดคล้องกับความสนใจ ความถนัด และความสามารถของผู้เรียน โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างคำตอบขึ้นด้วยตนเอง หรือปฏิบัติงานตามแนวทางของตนเองมุ่งมั่นให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ ความคิด ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่มีคุณค่าและมีความหมายต่อการเรียนรู้ จึงจะสามารถสะท้อนความคิดระดับสูง และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้ ซึ่งการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สามารถพิจารณาได้จากกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติงาน และผลงานที่ได้จากการปฏิบัติงาน โดยใช้เกณฑ์การวัดที่กำหนดขึ้นอย่างเหมาะสมกับลักษณะของงานหรือกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนปฏิบัติ นอกจากนี้ผู้วัดต้องนำผลการวัดไปใช้ พัฒนาการจัดการเรียนรู้ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการคิด การปฏิบัติและการประเมินตนเอง รวมทั้งให้ผู้เรียนนำผลจากการวัดมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาตนเองต่อไป

2.4 ขั้นตอนการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

แบบวัดเป็นเครื่องมือมาตรฐานสำหรับวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้เครื่องมือนี้นำไปใช้ได้มีประสิทธิภาพ สามารถนำผลไปใช้ได้อย่างถูกต้อง น่าเชื่อถือ

จึงควรมีการดำเนินการสร้างแบบวัดอย่างเป็นระบบ ดังนั้นจึงมีนักวิชาการได้กล่าวถึงหลักการสร้างแบบวัด ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555 : 17- 23) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการสร้างแบบวัดว่ามี 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการวางแผน

- ศึกษาหลักสูตรและมาตรฐานการเรียนรู้ ช่วยให้สามารถกำหนดกรอบแนวคิดของเนื้อหาสาระและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังที่เหมาะสมในแต่ละชั้น
- วิเคราะห์พฤติกรรมที่ต้องการวัด สามารถพิจารณาได้โดยตรงจากมาตรฐานการเรียนรู้
- กำหนดน้ำหนักและความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด เพื่อเป็นการกำหนดความสำคัญของเนื้อหาและระดับพฤติกรรมที่ระบุไว้ในมาตรฐานการเรียนรู้
- เลือกชนิดของเครื่องมือวัด เครื่องมือวัดและประเมินผลมีอยู่อย่างหลากหลาย การที่จะเลือกใช้เครื่องมือในลักษณะใดนั้นขึ้นอยู่กับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ระดับของผู้เรียน ผู้ประเมิน การนำไปใช้เป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม

2. ขั้นตอนการสร้างแบบวัด

- การออกแบบเครื่องมือวัด เริ่มด้วยการสร้างเครื่องมือฉบับร่าง เป็นการออกแบบเครื่องมือที่ใช้วัดพฤติกรรมของผู้เรียน และออกแบบการตรวจและประเมินพฤติกรรม รวมทั้งการกำหนดเกณฑ์การประเมิน การให้คะแนน การออกแบบแบบบันทึกคะแนน การกำหนดวิธีการแปลความหมายคะแนนตามที่วางแผนไว้
- การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด ถ้าต้องการให้เครื่องมือมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น จำเป็นต้องมีการนำเครื่องมือไปทดลองใช้ก่อน โดยเลือกกลุ่มผู้เรียนที่เป็นตัวแทนที่ดีของกลุ่มที่ใช้จริง ซึ่งคุณภาพของเครื่องมือวัดมีหลายประการในที่นี้คุณภาพเครื่องมือที่สำคัญมี 4 ประการ คือ ด้านความตรง ความเที่ยง ความยาก อำนาจจำแนก

- การจัดทำเครื่องมือวัดผลประเมินผลที่มีคุณภาพเพื่อนำไปใช้

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2540 : 88-90) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการสร้างแบบวัดว่ามี 6 ขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบวัด

ผู้พัฒนาแบบวัดจะต้องพิจารณาจุดมุ่งหมายของการนำแบบวัดไปใช้ และแปลผลการวัด เน้นการเปรียบเทียบกับมาตรฐานของกลุ่มหรือต้องการเปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้

2. กำหนดกรอบของการวัดและนิยามเชิงปฏิบัติการ

ผู้พัฒนาแบบวัดควรศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับจุดมุ่งหมายที่ต้องการแล้วคัดเลือกหรือทฤษฎีที่เหมาะสมกับบริบทและจุดมุ่งหมายที่ต้องการหลักยึดเพื่อกำหนดโครงสร้างและองค์ประกอบ และให้นิยามเชิงปฏิบัติการของแต่ละองค์ประกอบ

3. สร้างผังข้อสอบ (table of specification)

4. เขียนข้อสอบ

กำหนดรูปแบบของการเขียนข้อสอบ ตัวคำถาม ตัวคำตอบ และวิธีตรวจให้คะแนน

5. นำแบบวัดไปทดลองใช้

วิเคราะห์ข้อสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อ รายด้าน ความยาก (p) อำนาจจำแนก (r) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะ และมีอำนาจจำแนกสูงไว้ และปรับปรุงข้อสอบที่ไม่เหมาะสม และ/หรือข้อสอบที่ปรับปรุงแล้ว ให้ได้จำนวนตามผังข้อสอบ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจความตรงเชิงเนื้อหา และนำไปทดลองใช้ใหม่อีกครั้ง เพื่อวิเคราะห์แบบวัดในด้านความเที่ยง (reliability) แบบวัดควรมีความเที่ยงเบื้องต้นอย่างน้อย .05 จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ได้ ส่วนการตรวจสอบความตรง (validity) ของแบบวัด

6. นำแบบวัดไปใช้จริง

หลังจากวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบแบบรายข้อ และวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับว่าเป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพที่ต้องการแล้ว จึงนำแบบวัดไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายจริง ในการใช้แบบวัดทุกครั้งควรมีการรายงานค่าความเที่ยง ก่อนนำผลการวัดไปแปลความหมาย

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2536 : 34) ได้กล่าวถึงหลักการสร้างแบบวัดดังนี้

1. ชั้นเตรียมหรือชั้นวางแผนการสร้างแบบวัด

1.1 ตั้งจุดประสงค์ของการสร้างแบบวัดว่ามุ่งวัดพฤติกรรมใด

1.2 จัดทำตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือตารางวิเคราะห์เนื้อหา

2. ชั้นสร้าง

2.1 ควรเป็นข้อสอบที่สามารถวัดพฤติกรรมขั้นสูง

2.2 ควรมีกรอบโครงสร้างของข้อคำถามที่ชัดเจน ไม่กำกวม

2.3 ข้อสอบควรเน้นคำตอบสั้น ๆ ชัดเจนได้ใจความ

2.4 ไม่ควรสร้างข้อสอบแบบให้เลือกทำ

2.5 ควรสร้างข้อสอบให้เหมาะสมกับความสามารถ และวุฒิภาวะของผู้สอบ

2.6 ควรสร้างข้อสอบให้มีรูปแบบใหม่ สถานการณ์ใหม่ ที่ท้าทาย กระตุ้นพัฒนาการของผู้ตอบ ในด้านความสามารถทางสมองระดับสูง

3. ขึ้นสร้างคู่มือเฉลยคำตอบและเกณฑ์การให้คะแนน
4. ขึ้นทบทวนและคัดเลือกข้อสอบ

สุจิตรา หังสพฤกษ์ (2538: 78-79) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบวัดว่ามี 3 ขั้นตอน คือ

1. วางแผนการสร้างแบบวัด
 - 1.1 กำหนดเนื้อหาวิชาที่จะประเมิน
 - 1.2 วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
 - 1.3 กำหนดประเภทและจำนวนข้อสอบ
 - 1.4 ทำแผนผังการสร้างแบบวัด
 - 1.5 เลือกจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อเขียนข้อสอบ
2. เขียนข้อสอบ
3. ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดก่อนนำไปใช้

จากหลักการสร้างแบบวัดข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า หลักการสร้างแบบวัดจะต้องประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ ขึ้นวางแผน ขึ้นเตรียม ขึ้นสร้างแบบวัด ขึ้นประเมิน หรือตรวจสอบคุณภาพ ขึ้นจัดพิมพ์ และจัดทำคู่มือการใช้

2.5 คุณภาพของเครื่องมือในการวัดผล

การนำเครื่องมือไปใช้ในการวัดผลจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่เครื่องมือเหล่านั้นจะต้องได้รับการตรวจสอบหาคุณภาพของเครื่องมือวัดเสียก่อน โดยการตรวจสอบคุณภาพนั้นจะต้องตรวจสอบในด้านต่างๆ เหล่านี้ คือ (ริงสรร์ มณีเล็ก 2545 : 29)

1. ความตรง (Validity) เป็นคุณภาพของเครื่องมือที่สามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งได้แก่ ความตรงเชิงเนื้อหา เป็นความสอดคล้องกันระหว่างข้อสอบกับเนื้อหาที่ใช้ถาม ความตรงเชิงโครงสร้าง เป็นความสอดคล้องกันระหว่างข้อคำถามในแบบวัดกับโครงสร้างของเนื้อหาที่ต้องการวัด ความตรงเชิงเกณฑ์สัมพัทธ์ เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการวัดกับสภาพที่เป็นจริงของผู้ให้ข้อมูลขณะนั้นเพื่อพยากรณ์ความสามารถในอนาคต

2. ความเที่ยง (Reliability) เป็นคุณภาพของเครื่องมือที่แสดงความคงเส้นคงวาของคะแนนที่ได้จากการวัด เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลจะต้องเป็นเครื่องมือที่มีความเที่ยงสูงจึงจะถือว่าเชื่อถือได้

3. มีอำนาจจำแนก (Discriminating Power) เป็นคุณภาพของเครื่องมือที่สามารถจำแนกผู้สอบออกจากกันได้ตามสภาพ โดยสามารถจำแนกคนเก่งกับคนอ่อนออกจากกันได้

4. ความเป็นปรนัย (Objectivity) เป็นคุณภาพของเครื่องมือที่มีความชัดเจนในเรื่องของคำชี้แจงว่าจะตอบอย่างไร ชัดเจนในเรื่องการตรวจให้คะแนน ชัดเจนในเรื่องการแปลผลคะแนน ไม่ว่าจะใครก็ตามที่มาอ่านคำชี้แจงก็จะเข้าใจตรงกันตรวจให้คะแนนก็จะแปลผลได้เหมือนกัน

5. ความยาก (Difficulty) แบบวัดที่ดีจะต้องมีความยากพอเหมาะ คือ ไม่ง่ายและไม่ยากจนเกินไป

6. ชั่วๆ (Exemplary) แบบวัดที่ดีจะต้องเป็นแบบวัดที่มีความชั่วๆ ง่ายๆ น่าตอบจะต้องมีการเรียงข้อสอบจากง่ายไปหายาก ตัวอักษรไม่เล็กจนเกินไป ข้อคำถามกะทัดรัดได้ใจความ และมีข้อคำถามไม่มากเกินไปจนน่าเบื่อ หากมีหลายชุด ก็ต้องแยกชุดออกจากกันให้ชัดเจน

7. ความลึก (Searching) คำถามในเครื่องมือแต่ละชนิดไม่ควรถามแต่เพียงความรู้ความจำเท่านั้น ควรถามวัดความเข้าใจ และถามลึกไปถึงขั้นการนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และประเมินค่า

8. ยุติธรรม (Fairness) แบบวัดที่ดีจะต้องไม่ลำเอียง ไม่เปิดโอกาสให้ผู้สอบได้เปรียบเสียเปรียบกัน

9. มีประสิทธิภาพ (Efficiency) เครื่องมือที่ดีต้องมีประสิทธิภาพสามารถเก็บข้อมูลได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ มีความเที่ยงสูง สามารถนำไปใช้ได้สะดวก คุ้มค่า และเชื่อถือได้

จากการศึกษาเอกสารดังกล่าวข้างต้น เห็นได้ว่าในแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ จะต้องใช้แบบวัดที่มีคุณภาพสำหรับเก็บข้อมูลนั้น แบบวัดนั้นต้องสร้างตามขั้นตอนของการสร้างแบบวัด คือ ขั้นวางแผน ขั้นเตรียม ขั้นสร้างแบบวัด ขั้นประเมิน หรือตรวจสอบคุณภาพ ขั้นจัดพิมพ์ และจัดทำคู่มือการใช้ และแบบวัดนั้นจะต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในด้านต่าง ๆ ดังนี้ 1) ความตรง 2) ความเที่ยง 3) ความยาก 4) อำนาจจำแนกก่อน ซึ่งในการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดทั้ง 4 ด้าน ทำให้คุณภาพด้านอื่นๆ เกิดขึ้นตามมาด้วย จึงจะถือว่าเป็นแบบวัดที่มีคุณภาพสามารถนำไปใช้ในการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้

ตอนที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นันทพร ตื้อจันทา (2552: 127) ได้พัฒนาแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (2) หาคูณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (3) สร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (4) สร้างคู่มือการใช้แบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนที่กำลังเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2551 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานจังหวัดเชียงใหม่ และสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชนจังหวัดเชียงใหม่ โดยจำแนกเป็น (1) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยการวิเคราะห์หาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก จำนวน 400 คน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (2) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการหาความตรงเชิงโครงสร้างโดยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ จำนวน 540 คน โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า (1) ได้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา จำนวน 20 ข้อ มีความตรงเชิงเนื้อหาอยู่ระหว่าง .67 ถึง 1.00 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .33 ถึง .78 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .43 ถึง .80 มีค่าน้ำหนักถ่วงอยู่ระหว่าง .31 ถึง .60 ค่าความเที่ยงเท่ากับ .83 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด เท่ากับ .62 (2) ได้แบบวัดความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ มีความตรงเชิงเนื้อหา เท่ากับ .67 ถึง 1.00 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .30 ถึง .74 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .41 ถึง .85 มีค่าน้ำหนักถ่วงอยู่ระหว่าง .32 ถึง .52 มีค่าความเที่ยง เท่ากับ .78 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (SE) เท่ากับ 2.74 (3) ได้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล จำนวน 20 ข้อ มีความตรงเชิงเนื้อหา เท่ากับ .67 ถึง 1.00 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .31 ถึง .78 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .41 ถึง .80 มีค่าน้ำหนักถ่วงตั้งแต่ .32 ถึง .61 มีค่าความเที่ยง เท่ากับ .82 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด เท่ากับ 3.22 (4) ได้แบบวัดความสามารถเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ จำนวน 20 ข้อ มีความตรงเชิงเนื้อหา อยู่ระหว่าง .67 ถึง 1.00 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .22 ถึง .78 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .43 ถึง .77 มีค่าน้ำหนักถ่วงอยู่ระหว่าง .31 ถึง .58 มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .81 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด เท่ากับ 3.19 และ (5) ได้แบบวัดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ จำนวน 3 ข้อ ซึ่งเป็นข้อสอบอัตนัย มีความตรงเชิงเนื้อหา

เท่ากับ 1.00 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .40 ถึง 52 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .29 ถึง .56 มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .83 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด เท่ากับ 3.68

สันนิสา สมัยอยู่ (2554 : 103) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการอ่านและการเขียน เป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ ข้อละ 24 คะแนน โดยแต่ละข้อแบ่งเป็นการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา 14 คะแนน วัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการอ่าน 4 คะแนน ด้านการเขียน 6 คะแนน รวมเป็น 120 คะแนน โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบวัดดังนี้ วิเคราะห์สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์และตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ศึกษาหลักการและวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้อง สร้างแบบวัดข้อสอบอัตนัยจำนวน 10 ข้อ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน นำแบบวัดและเกณฑ์การให้คะแนนเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง .5 – 1.00 ปรับปรุงแก้ไขตามคำชี้แนะของผู้เชี่ยวชาญ และนำไปทดสอบกับนักเรียนจำนวน 50 คน ที่เคยเรียนเรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวมาแล้ว เพื่อหาค่าความยาก อำนาจจำแนก โดยได้ค่าความยากอยู่ระหว่าง .41 ถึง .62 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .69 ถึง .94 คัดเลือกข้อสอบที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 5 ข้อ นำไปทดสอบกับนักเรียนจำนวน 50 คน ที่เคยเรียนเรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวมาแล้ว เพื่อหาค่าความเที่ยง โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ .80

นันท์ภัส พลเดมา (2550: 74) ได้พัฒนาแบบวัดความสามารถในการสื่อสารและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษากทม.มหานคร โดยแบบทดสอบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน ได้พัฒนามาจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของเยาวพร วรรณทิพย์ (2548) เป็นแบบทดสอบเขียนตอบที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดในรูปของสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 4 ข้อ และในแต่ละข้อสถานการณ์จะมีข้อความย่อย ใช้เนื้อหาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิธีวิเคราะห์ โดยเยาวพร วรรณทิพย์ (2548) ได้ปรับปรุงมาจากการกำหนดกฎเกณฑ์การให้คะแนนของซูซาน และคณะ (Zuzanne Lane, et al. 1996) และจากเอกสารการประเมินทางคณิตศาสตร์ของเสตินมาร์ค (Stenmark. 1991) และปฏิพัทธ์ สุวรรณสร (กรมวิชาการ 2529) ซึ่งนำไปใช้ศึกษากับนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2547 จำนวน 140 คน โดยแบบทดสอบมีค่าความยากอยู่ระหว่าง .28 ถึง .56 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .25 ถึง .72 ค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบักได้ความเที่ยงเท่ากับ .74 และค่าความเที่ยงของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนเท่ากับ .84 และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของมะลิวรรณ โครตศรี (2547) ที่สร้างขึ้นตามแนวคิดกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา (Polya, 1985) มีลักษณะเป็นแบบทดสอบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก มีทั้งหมด 5 ข้อปัญหาโดยในแต่ละข้อปัญหาเป็นข้อความสถานการณ์ที่ประกอบด้วยคำถามย่อย 4 ข้อ ตามลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาของโพลยา คือ การวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผล รวมทั้งฉบับมี 20 ข้อ ใช้เนื้อหาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ซึ่งใช้ศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2546 โรงเรียนคลองกุ่มยี่ง จังหวัดชลบุรี จำนวน 100 คน ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ .84 ซึ่งก่อนที่ผู้วิจัยจะนำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 4 โรงเรียน คือ โรงเรียนพิทยาลงกรณ์พิทยาคม โรงเรียนไชยฉิมพลีพิทยาคม โรงเรียนสุวรรณารามพิทยาคม และโรงเรียนวัดนวลนรดิศ จำนวน 140 คนจากนั้นนำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อคำถามรายข้อเพื่อหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และหาค่าความเที่ยง ของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน หลังจากที่ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปทดลองใช้ พบว่าแบบทดสอบมีค่าความยากอยู่ระหว่าง .13 ถึง .82 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .15 ถึง .71 และค่าความเที่ยงเท่ากับ .71

พรรณทิภา ทองนวล (2554 : 161) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผล และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ด้านการเขียนเรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน เป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 5 ข้อ โดยจำแนกเป็นแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ข้อละ 10 คะแนน และแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ข้อละ 12 คะแนน รวมเป็นข้อละ 22 คะแนน ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างแบบวัดดังนี้ ศึกษาเนื้อหา มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ด้านการเขียนจำนวน 10 ข้อ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีค นำแบบวัดที่ได้เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ได้ดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 แก้วไขแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ด้านการเขียนทั้ง 10

ข้อตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญให้นำแบบวัดที่ได้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คน ที่เคยเรียนเรื่องความสัมพันธ์และฟังก์ชัน เพื่อหาความยาก อำนาจจำแนก ได้ค่าความยากอยู่ระหว่าง .36 ถึง .65 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .32 ถึง .76 คัดเลือกข้อสอบจำนวน 5 ข้อ ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คน ที่เคยเรียนเรื่องความสัมพันธ์และฟังก์ชัน เพื่อหาค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ .98

ฉลอง สวัสดิ์ (2538: 69) ได้สร้างแบบทดสอบความเรียงประยุกต์ (เอ็ม อี คิว) วัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ พร้อมทั้งสร้างคู่มือการใช้แบบทดสอบ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 สังกัดกรมสามัญศึกษาในจังหวัดลำพูน โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือ จำนวน 178 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับหาคุณภาพของแบบทดสอบจำนวน 350 คน โดยใช้วิธีสุ่มแบบสองชั้นตอน แบบทดสอบความเรียงประยุกต์ (เอ็ม อี คิว) วัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ ที่สร้างขึ้นมี 3 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 เรื่องคุณสมบัติของสามเหลี่ยมมุมฉาก ฉบับที่ 2 เรื่องพื้นที่ ฉบับที่ 3 เรื่องความเท่ากันทุกประการของสามเหลี่ยม ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1. ความตรงเชิงเนื้อหาระหว่างเนื้อหาในหลักสูตรกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมกับแบบทดสอบ โดยหาดัชนีความสอดคล้องตามวิธีของโรวิเนลลีและแฮมเบิลตัน 2. ความตรงเชิงสภาพของแบบทดสอบความเรียงประยุกต์ (เอ็ม อี คิว) วัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 ฉบับ โดยเมื่อใช้ผลคะแนนจากแบบวัดด้านการคิดและการตัดสินใจอย่างมีเหตุผลของนักเรียนนอกโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นเกณฑ์ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน 3. ความเที่ยงแบบทดสอบความเรียงประยุกต์ (เอ็ม อี คิว) วัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับ โดยหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค 4. ค่าความยากของแบบทดสอบความเรียงประยุกต์ (เอ็ม อี คิว) วัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 ฉบับ โดยหาดัชนีความยากของวิทนีและซาเบอร์ 5. ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบความเรียงประยุกต์ (เอ็ม อี คิว) วัดความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 ฉบับ วิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกรายปัญหาโดยหาดัชนีความยากของวิทนีและซาเบอร์ 6. คู่มือการใช้แบบทดสอบประกอบด้วย ลักษณะของแบบทดสอบจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบ โครงสร้างของแบบทดสอบ การสร้างแบบทดสอบ คุณภาพของแบบทดสอบ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสอบ การดำเนินการสอบ การตรวจให้คะแนน การแปลผลคะแนน และเวลาที่ใช้ในการสอบ

สมสว่าง ชนะพานิชย์สกุล (2539: 54) ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างแบบทดสอบการวัดกระบวนการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียน ค 015 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2537 ของโรงเรียนกุนนทีรุทธาราม

วิทยาคม โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน ทำแบบทดสอบเพื่อศึกษาคุณภาพด้านภาษา ความชัดเจนของข้อสอบและสร้างเกณฑ์การให้คะแนน ใช้กลุ่มตัวอย่าง 70 คน ทำแบบทดสอบเพื่อศึกษาความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อ และใช้กลุ่มตัวอย่าง 140 คน ทำแบบทดสอบเพื่อศึกษาความเที่ยงของแบบทดสอบและค่าความเที่ยงของผู้ตรวจให้คะแนน 3 คน ผลการวิจัยพบว่า แบบทดสอบวัดกระบวนการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น จำนวน 10 ข้อ ได้ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ 11 คน โดยค่าความตรงเชิงเนื้อหาจากการประเมิน 1.00 ทุกข้อ และเกณฑ์การให้คะแนนอยู่ในระดับเหมาะสม ความยากรายข้อมีค่าประมาณ .38 ถึง .77 ซึ่งทุกข้อมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คำนวณค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคมีค่าเป็น .71 ค่าความเที่ยงของผู้ตรวจให้คะแนน 3 คน โดยคำนวณจากสูตรสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องของเคนดอลล์ มีค่าเป็น .87

ภูรินาด โภคากรณ์ (2545: 174) ได้สร้างแบบทดสอบวินิจฉัยตามพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องร้อยละ วิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบพร้อมทั้งเกณฑ์การวินิจฉัยสาเหตุของข้อบกพร่องในแต่ละพฤติกรรมของการแก้โจทย์ปัญหา จำนวน 6 ฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแปลความหมายของคำหรือข้อความที่โจทย์กำหนด แบบทดสอบวัดความสามารถในการนำหลักการคูณไขว้มาใช้ในการแก้ปัญหาแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดคำนวณ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการตรวจสอบคำตอบ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2543 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาในจังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 450 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอนและมีขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบทั้ง 6 ฉบับ ดังนี้ สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจข้อบกพร่อง และหาความตรง โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 คน แล้วนำข้อบกพร่องมาสร้างเป็นแบบทดสอบวินิจฉัยสาเหตุของข้อบกพร่องในการตอบแต่ละตัวลง และให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ตรวจสอบแล้วนำไปทดลอง 2 ครั้ง เพื่อปรับปรุงแล้วนำไปทดสอบเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบแต่ละฉบับ ซึ่งแบบทดสอบทั้ง 6 ฉบับ มีค่าความตรงอยู่ระหว่าง .57 ถึง 1.00 ค่าความยากของข้อสอบอยู่ระหว่าง .57 ถึง .85 ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบอยู่ระหว่าง .20 ถึง .53 ความเที่ยงมีค่า .80, .83, .82, .84, .83, .80 ตามลำดับ สำหรับคะแนนเกณฑ์ของแบบทดสอบทั้ง 6 ฉบับ คือ 12 คะแนน และสาเหตุของข้อบกพร่องของนักเรียนปรากฏว่าส่วนใหญ่มาจากการแปลความหมายของคำหรือข้อความที่โจทย์กำหนดให้ไม่ถูกต้อง รองลงมาเป็นความผิดพลาดจากการคิดคำนวณ

สุนิสา แก้วกระจ่าง (2553: 45) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา เรื่อง เส้นขนานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมกระบวนการกลุ่มสัมพันธ์ และเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมกระบวนการกลุ่มสัมพันธ์กับเกณฑ์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนอัสสัมชัญ เขตบางรัก จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 200 คน โดยวิธีการแบบเจาะจง ในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยปัญหาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 9 ข้อ โดยแต่ละปัญหาจะตั้งคำถาม 4 ข้อ แบบอثنัย มีค่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าระหว่าง .67 ถึง 1.00 จากนั้นนำแบบทดสอบที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน โดยใช้เทคนิค 25% กลุ่มสูงกลุ่มต่ำ ได้แบบทดสอบมีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 3.48 ถึง 7.08 จากนั้นนำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ 5 ปัญหา จำนวน 20 ข้อ ไปทดสอบกับนักเรียนจำนวน 100 คน เพื่อหาค่าความเที่ยง โดยวิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ .82

สมเดช บุญประจักษ์ (2540: 338) ได้พัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใน 3 ประการ คือ ความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการใช้คณิตศาสตร์สื่อสาร โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ พัฒนาโดยการแก้ปัญหา ขั้นตอนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา คือ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและขั้นการตรวจสอบผล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนพระนารายณ์และโรงเรียนดงตาลวิทยา จังหวัดลพบุรี จำนวน 154 คน โดยแบ่งเป็นนักเรียนกลุ่มทดลอง 75 คน และนักเรียนกลุ่มควบคุม 79 คน พัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือกับกลุ่มทดลอง ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า 1. ประสิทธิภาพของแผนการสอนที่แสดงกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพ 66.31/59.12 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการและผลลัพธ์โดยเฉลี่ยที่คาดหวังไว้คือ 70/70 2. ศักยภาพทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารหลังการทดลองกับก่อนการทดลองของกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนกลุ่มควบคุมไม่พบว่ามีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 3. ศักยภาพทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมแตกต่าง

กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยศึกษาภาพทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม 4. ผลการตรวจผลงานและการสังเกตระหว่างเรียนของกลุ่มทดลอง พบว่า ด้านการแก้ปัญหาให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น ด้านการให้เหตุผลนักเรียนสรุปและอธิบายเหตุผลในการดำเนินการแก้ปัญหา ใช้เหตุผลยืนยันคำตอบที่หาได้และด้านการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารนักเรียนสามารถนำเสนอแนวคิดได้ชัดเจนขึ้น

จิตติมา ชอบเอียด (2551: 73) ได้พัฒนาแบบทดสอบวัดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย สร้างแบบทดสอบวัดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย จำนวน 20 ข้อ เพื่อหาคุณภาพแบบทดสอบด้านความยากอำนาจจำแนกกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนศรีบุญยานนท์ จังหวัดนนทบุรี ซึ่งได้ผ่านการเรียนเรื่อง บทประยุกต์ 2 มาแล้วจำนวน 100 คน โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบอัตนัย ของวิทนิย์ และซาเบอร์ส เลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยาก ระหว่าง .20 ถึง .80 และค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง .20 ขึ้นไป พบว่าแบบทดสอบมีค่าความยาก อยู่ระหว่าง .21 ถึง .68 และค่าอำนาจจำแนก อยู่ระหว่าง .25 ถึง .67 จำนวน 10 ข้อ ที่ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนศรีบุญยานนท์จำนวน 100 คน เพื่อหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบโดยคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา โดยใช้สูตรของครอนบัก ได้ค่าความเที่ยง .83 อัญชลี มาลา (2553 : 91) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ได้แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างแบบวัดดังนี้ ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ศึกษาทฤษฎีและวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์แบบอิงเกณฑ์ สร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ใช้เป็นแบบทดสอบจริง 20 ข้อ ได้แก่วิธีการในการให้เหตุผลแบบนิรนัย 20 ข้อ ต้องการ 10 ข้อ ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย 20 ข้อ ต้องการ 10 ข้อ ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ได้ดัชนีความสอดคล้อง .50 ถึง 1.00 นำแบบวัดที่มีดัชนีความสอดคล้องตามเกณฑ์จำนวน 30 ข้อ ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน เพื่อวิเคราะห์ข้อสอบหาคุณภาพรายข้อ ได้ค่าความยาก อยู่ระหว่าง .22 ถึง .77 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .21 ถึง .67 หลังจากนั้นนำข้อสอบที่คัดเลือกไว้จำนวน 20 ข้อ ไปหาความเที่ยงทั้งฉบับโดยวิธีของคูเดอร์-ริชาร์สัน ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ .82

จิตติมา อุดมพรมนตรี (2555: 68) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้แบบวัดปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ประกอบด้วยแบบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลเชิงอุปนัย

จำนวน 30 ข้อ และแบบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลเชิงนิรนัย จำนวน 30 ข้อ ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างแบบวัดดังนี้ กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบวัด ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ จัดทำแผนออกข้อสอบ เขียนข้อคำถามจำนวน 90 ข้อ ประกอบด้วยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัย จำนวน 45 ข้อ ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงนิรนัย จำนวน 45 ข้อ นำแบบวัดที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เพื่อพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาได้ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง .67 ถึง 1.00 นำแบบทดสอบที่เลือกไว้ไปทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 100 คน เพื่อหาค่าความยาก อำนาจจำแนก เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานได้แบบวัดด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัย จำนวน 30 ข้อ ที่มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .32 ถึง .78 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .20 ถึง .76 และด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิง นิรนัย จำนวน 30 ข้อ ที่มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .32 ถึง .70 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .24 ถึง .72 นำแบบทดสอบที่ 60 ข้อ ไปตรวจสอบความเที่ยงกับนักเรียนจำนวน 100 คน ซึ่งใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน พบว่าแบบวัดด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัย จำนวน 30 ข้อ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .93 และด้านความสามารถในการให้เหตุผลเชิงนิรนัย จำนวน 30 ข้อ มีค่าความเที่ยง เท่ากับ .89 และค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ .86

รุจิพัชญ์ อรุณีวัฒนานนท์ (2553: 69) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นข้อสอบเลือกตอบจำนวน 30 ข้อ แบ่งเป็นแบบวัดการให้เหตุผลแบบอุปนัย จำนวน 15 ข้อ แบบวัดการให้เหตุผลแบบนิรนัยจำนวน 15 ข้อ ในการสร้างแบบวัดผู้วิจัยได้กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบวัด ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ แล้วเขียนข้อคำถามของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และบางส่วนปรับใช้จากงานวิจัยของ จิณัฐตา เจียรพันธ์ ผู้วิจัยได้เขียนข้อคำถามวัดความสามารถด้านการให้เหตุผลแบบอุปนัย จำนวน 25 ข้อ ต้องการใช้จริง 15 ข้อ และข้อคำถามวัดความสามารถด้านการให้เหตุผลแบบนิรนัย จำนวน 25 ข้อ ต้องการใช้จริง 15 ข้อ แบบวัดจะเป็นลักษณะแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก หลังจากนั้นนำแบบวัดที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาได้ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง .50 ถึง 1.00 และปรับแบบวัดตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 117 คนเพื่อหาค่าความยาก อำนาจจำแนก โดยแบบวัดที่ได้มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .26 ถึง .60 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .27 ถึง .84 หลังจากนั้นคัดเลือกข้อสอบที่ใช้ได้จำนวน 30 ข้อ แล้วหาค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ .86

รุจิรัตน์ พรหมรักษ์ (2553 : 64) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ เป็นแบบวัดปรนัย แบบ 5 ตัวเลือก โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาแบบวัดดังนี้ กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบวัด ศึกษาแนวคิดและเอกสารที่เกี่ยวข้อง กำหนดนิยามและเขียนแผนผังการสร้างแบบวัด เขียนข้อคำถามตามนิยาม และแผนผังการสร้างแบบวัด คือการให้เหตุผลแบบอุปนัยและการให้เหตุผลแบบนิรนัย ได้คำถามด้านละ 20 ข้อ รวมเป็น 40 ข้อ นำแบบวัดที่ได้ไปหาความตรงเชิงโครงสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ผลการคัดเลือกได้จำนวนข้อสอบในแต่ละด้าน 18 ข้อ รวมทั้งฉบับ 36 ข้อ มีดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง .60 ถึง 1.00 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 150 คน เพื่อค่าความยาก และอำนาจจำแนก พบว่าได้ค่าความยากอยู่ระหว่าง .34 ถึง .77 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .23 ถึง .62 ได้แบบวัดด้านละ 15 ข้อ นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 150 คน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงของเครื่องมือทั้งฉบับ ใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน พบว่าได้ค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ .83

สญามณ รูปคำ (2554: 75) ได้สร้างแบบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยได้สร้างข้อสอบเพื่อวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการเขียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องกราฟ เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 50 ข้อ นำแบบทดสอบที่ได้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด ด้านความตรงเชิงเนื้อหา ความถูกต้องของการใช้ภาษา ความเหมาะสมของคำถามและตัวเลือก เวลาที่ใช้ในการสอบ ได้ดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง .60 ถึง 1.00 ได้นำแบบทดสอบที่ได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขและนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน โรงเรียนสาธิตพิบูลบำเพ็ญ มหาวิทยาลัยบูรพาที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 เป็นกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการเรียนเรื่องกราฟ นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์รายข้อ คำนวณค่าความยาก ซึ่งได้ข้อสอบที่มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .37 ถึง .77 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .25 ถึง .88 โดยคัดเลือกข้อสอบไว้ใช้จริง 30 ข้อ และนำไปวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตามวิธีของคูเดอร์และริชาร์ดสัน ซึ่งได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ .95

อัจฉราพรรณ อาโน (2555 : 50) ได้สร้างแบบวัดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือเทคนิค STAD เรื่องรูปเรขาคณิตสามมิติ และปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพนารี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาแพร่ เขต 2 ซึ่งแบบวัดที่ได้เป็นแบบสังเกตพฤติกรรม การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้านการพูดที่เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน จำนวน 5 ข้อ ในการพัฒนาแบบวัด

ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในครั้งนี้ได้ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สร้างแบบวัด และหาคุณภาพของแบบวัด โดยนำแบบวัดที่ได้ไปตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหา จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ความครอบคลุมของคำถามและความเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง .50 ถึง 1.00 หลังจากนั้นนำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนบ้านหัวดง จำนวน 30 คน เพื่อหาค่า ความยาก อำนาจจำแนก ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ โดยมีค่าความยากอยู่ระหว่าง .59 ถึง .75 อำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .50 ถึง .69 และค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 เท่ากับ .71

ธิดารัตน์ พรหมณะ (2546: 52) ได้พัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยหาคุณภาพของแบบทดสอบ สร้างเกณฑ์ปกติและคู่มือการใช้ ซึ่งประกอบด้วยแบบทดสอบเขียนตอบ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ความสามารถในการนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยการแปลงปัญหาหรือสถานการณ์ไปสู่รูปแบบที่เข้าใจง่าย ฉบับที่ 2 ความสามารถในการนำเสนอแนวคิดคณิตศาสตร์ โดยการแปลผลจากปัญหาหรือสถานการณ์ไปสู่ประโยคภาษาหรือประโยคสัญลักษณ์ ใช้กลุ่มตัวอย่างโดยวิธีสุ่มอย่างง่ายจากนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2545 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 864 คน ผลการศึกษาพบว่า ความตรงตามเนื้อหาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับคุณลักษณะรวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนน มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง .71 ถึง 1.00 ความตรงตามโครงสร้างของแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนทั้งฉบับมีค่าอยู่ระหว่าง .83 ถึง .96 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกข้อ ความยากรายข้อมีค่าอยู่ระหว่าง .49 ถึง .42 อำนาจจำแนก รายข้อมีค่าอยู่ระหว่าง .37 ถึง .94 ความเที่ยงของแบบทดสอบโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัก 2 ฉบับ มีค่าความเที่ยง อยู่ระหว่าง .93 ถึง .97 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนความเที่ยงของเกณฑ์การให้คะแนน โดยผู้ตรวจให้คะแนน 3 คน มีค่าอยู่ระหว่าง .95 ถึง .97 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เกณฑ์ปกติของแบบทดสอบ ฉบับที่ 1 ความสามารถในการนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยการแปลงปัญหาหรือสถานการณ์ไปสู่รูปแบบที่เข้าใจง่าย มีคะแนน T ปกติอยู่ระหว่าง T_{31} ถึง T_{64} ฉบับที่ 2 ความสามารถในการนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยการแปลผลจากปัญหาหรือสถานการณ์ไปสู่ประโยคภาษาหรือประโยคสัญลักษณ์ มีคะแนน T ปกติอยู่ระหว่าง T_{19} ถึง T_{63}

ไพโรจน์ สุวรรณ (2542: 178-179) ได้พัฒนาแบบประเมินความสามารถในการใช้ภาษาและความสามารถทางคณิตศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามมาตรฐานที่ 2 ด้านคุณภาพนักเรียนของสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2541 แบบประเมินที่พัฒนามี 2 ลักษณะ คือ ลักษณะที่ 1 เป็นแบบประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์และการใช้ภาษาประกอบด้วย แบบประเมินทักษะการคิดคำนวณ (คิดเลขเร็ว) แบบประเมินทักษะการแก้ปัญหาโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ และแบบประเมินความเข้าใจในหลักเกณฑ์ทางภาษา ส่วนลักษณะที่ 2 เป็นแบบประเมินภาคปฏิบัติด้านการใช้ภาษา ประกอบด้วยแบบประเมินทักษะการพูด การอ่านร้อยแก้ว การอ่านร้อยกรอง และการเขียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในครั้งนี้มี 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาแบบประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์และการใช้ภาษา ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดกระบี่ จำนวน 798 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน กลุ่มตัวอย่างที่ 2 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาแบบประเมินภาคปฏิบัติด้านการใช้ภาษา เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ จังหวัดกระบี่ จำนวน 32 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย แบบประเมินแต่ละด้านได้พัฒนาและหาคุณภาพในด้านต่างๆ ดังนี้ แบบประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์และการใช้ภาษา ได้หาคุณภาพในด้านความยาก อำนาจจำแนก ความเที่ยง โดยใช้ KR-20 และสร้างเกณฑ์ปกติในรูปคะแนน T ปกติ แบบประเมินภาคปฏิบัติ ได้หาคุณภาพในด้านค่าอำนาจจำแนกโดยใช้ t-test เทคนิค 25 เปอร์เซนต์ ค่าความเที่ยงของแบบประเมินโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา ค่าความเที่ยงของผู้ประเมินใช้การหาค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับของเคนดอลล์ ค่าความตรงตามสภาพ ใช้การหาค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ทดสอบนัยสำคัญของความสัมพันธ์ และสร้างเกณฑ์ปกติในรูปคะแนน T ปกติของแบบประเมินแต่ละด้าน

อรุณชัย ชูช่วยสุวรรณ (2552: 80) ได้พัฒนาแบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต 1 จำนวน 510 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบสองขั้นตอน โดยแบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองใช้ครั้งที่ 1 เพื่อหาค่าความยาก อำนาจจำแนก จำนวน 136 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองใช้ครั้งที่ 2 เพื่อหาความเที่ยง จำนวน 374 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่วัดเฉพาะความสามารถ

ในการเชื่อมโยงภายในวิชา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ โดยใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบภาพรวมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งปรับปรุงมาจากเกณฑ์การให้คะแนนของกรมวิชาการ ผลการวิจัยได้แบบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ที่วัดเฉพาะความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความยากอยู่ระหว่าง .43 ถึง .61 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .55 ถึง .71 มีความตรงเชิงโครงสร้าง อยู่ระหว่าง .81 ถึง .90 มีค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ .82 คุณภาพด้านความเที่ยงของตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ตรวจ 2 คน และผู้ตรวจ 3 คน มีดัชนีความสอดคล้อง .92 และ .93 ตามลำดับ และจากศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 71.39

อนุก พุทธิเดช (2548: 84-87) ได้พัฒนาแบบวัดการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เรื่องการประมาณค่า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเทศบาลวัดเขียน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นแบบทดสอบปรนัย 5 ข้อ และอัตนัย 3 ข้อ ขั้นตอนแรกในการพัฒนาแบบวัด คือ 1) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา 2) นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนกวดวิชาภัทรศึกษา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 30 คน เพื่อนำมาวิเคราะห์ความยาก อำนาจจำแนก แล้วคัดเลือกข้อสอบที่ค่าความยากระหว่าง .20 ถึง .80 และค่าอำนาจจำแนก .20 ขึ้นไป และนำแบบวัดที่คัดเลือกได้ไปหาความเที่ยงโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา

จารุวรรณ ทวันเวช (2552 : 94) ได้พัฒนาทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยมี 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ใช้ในการพัฒนาแบบทดสอบ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 180 คน แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย และใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบวิธีวิเคราะห์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบสองทาง ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ แบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่น มีคุณภาพด้านความตรงเชิงโครงสร้างเท่ากับ .99 และ .99 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง .45 ถึง .70 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .52 ถึง .79 คุณภาพด้านความเที่ยงของผู้ตรวจให้คะแนน เท่ากับ .99 และคุณภาพด้านความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับคำนวณโดยใช้สูตรของเฟลด์ต์ - ราชู เท่ากับ .98

ธิดารัตน์ ณะขว้าง (2553 : 93) ได้พัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 (2) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความเที่ยงและความตรง (3) เพื่อสร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยมี 3 ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเครื่องมือ จำนวน 100 คน ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง ได้มาโดยการสุ่มแบบโควต้า จำนวน 100 คน และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบวัด คือ ความเที่ยงและสร้างเกณฑ์ปกติ จำนวน 500 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน ผลการวิจัยพบว่า ได้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 9 ฉบับ คือ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ด้านภาพแบบจำพวก (DFC) จำนวน 5 ข้อ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ด้านภาพแบบความสัมพันธ์ (DFR) จำนวน 5 ข้อ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ด้านภาพแบบระบบ (DFS) จำนวน 5 ข้อ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ด้านสัญลักษณ์แบบจำพวก (DSC) จำนวน 5 ข้อ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ด้านสัญลักษณ์แบบความสัมพันธ์ (DRS) จำนวน 5 ข้อ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ด้านสัญลักษณ์แบบระบบ (DSS) จำนวน 5 ข้อ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ด้านภาษาแบบจำพวก (DMC) จำนวน 5 ข้อ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ด้านภาษาแบบความสัมพันธ์ (DMR) จำนวน 5 ข้อ และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ด้านภาษาแบบระบบ (DSS) จำนวน 5 ข้อ โดยผลการหาความตรงเชิงเนื้อหาได้แบบวัดแต่ละข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ .71 ถึง 1.00 ผลการหาความตรงเชิงโครงสร้างพบว่าแบบวัดทั้ง 9 ฉบับ มีค่าเท่ากับ .82 ความยากอยู่ระหว่าง .25 ถึง .53 ค่าอำนาจจำแนกโดยการตรวจสอบค่าที่ ด้วยเทคนิค 25% กลุ่มสูงกลุ่มต่ำ พบว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มสูงมากกว่ากลุ่มต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้ง 9 ฉบับอยู่ระหว่าง .72 ถึง .84

ศศิธร เวียงอินทร์ (2547: 68) ได้พัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาร้อยเอ็ด เขต 1 ซึ่งผู้วิจัยมีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดของกิลฟอร์ด จำนวน 12 ฉบับ รวมทั้งหมด 15 ข้อ สำหรับใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2546 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาร้อยเอ็ด เขต 1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 1,770 คน ใช้กลุ่มตัวอย่าง 600 คน ในกระบวนการพัฒนาแบบวัดได้มาโดยวิธีสุ่มแบบหลายขั้นตอน ขั้นตอนแรกในการพัฒนาแบบวัด คือ หาความตรงเชิงพินิจ ต่อจากนั้นทดลองสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ใช้กลุ่มตัวอย่างครั้งละ 100 คน ทำการตรวจสอบคุณภาพด้านค่าอำนาจ

จำแนกรายชื่อ เพื่อคัดเลือกและปรับปรุงข้อสอบ การทดสอบครั้งที่ 3 ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ทำการทดสอบเพื่อหาค่าอำนาจจำแนกรายชื่อ ค่าความเที่ยงของแบบวัดโดยสัมประสิทธิ์แอลฟา หาค่าความตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดด้วยวิธีกลุ่มรู้อัด โดยทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ t-test และสร้างเกณฑ์ปกติ ในรูปคะแนนที่-ปกติ ผลการวิจัยพบว่า แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ จำนวน 12 ฉบับ มีคุณภาพดังต่อไปนี้ คือ ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดแต่ละข้อ หาโดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) พบว่า ข้อสอบแต่ละข้อสามารถจำแนกกลุ่มสูงกลุ่มต่ำได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงด้านความคล่องแคล่วในการคิดมีค่า .77 ความเที่ยงด้านความคิดยืดหยุ่นในการคิดมีค่า .74 และความเที่ยง .76

ไพชยนต์ บุญสุภา (2546: 56) ได้พัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ด้านคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนและตัวเลข สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) สร้างและพัฒนาแบบวัดความคิดสร้างสรรค์วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนและตัวเลข สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (2) หาคคุณภาพของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์วิชาคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น และ (3) สร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนและตัวเลข สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี จำนวน 651 คน โดยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน ทำการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 3 ครั้ง ดังนี้ ทดสอบครั้งที่ 1 ใช้แบบวัด 6 ฉบับ จำนวน 24 ข้อ ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 140 คน แล้วหาค่าอำนาจจำแนก จากนั้นคัดเลือกและปรับปรุงแบบวัดได้ข้อทดสอบจำนวน 13 ข้อ การทดสอบครั้งที่ 2 ใช้แบบวัด 6 ฉบับ จำนวน 13 ข้อ ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 110 คน แล้วหาค่าอำนาจจำแนกปรับปรุงแบบวัด แล้วนำไปทดสอบครั้งที่ 3 โดยใช้แบบวัด 6 ฉบับ จำนวน 13 ข้อ ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 401 คน หาค่าอำนาจจำแนก ค่าเที่ยง ความตรง และสร้างเกณฑ์ปกติในรูปคะแนนที่ปกติ ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพจำนวน 13 คน ผลการวิจัย พบว่า แบบวัดจากการทดสอบครั้งที่ 3 ทุกข้อทั้ง 3 ฉบับ องค์ประกอบมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .01 ค่าความเที่ยงของแบบวัดหาโดยใช้ สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา ได้ค่าความเที่ยงของแบบวัดความคิดยืดหยุ่นทั้งฉบับ ค่าความคิดคล่องแคล่วทั้งฉบับและค่าความคิดริเริ่มทั้งฉบับ .76, .77, .78 ตามลำดับ และค่าความเที่ยงทั้งฉบับ เท่ากับ .87 และค่าความตรงเชิงโครงสร้าง โดยวิธีการทดสอบค่า t พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 การสร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนและตัวเลข สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่า T อยู่ระหว่าง T_{23} ถึง T_{99}

นฤมล พันธุ์พาณิชย์ (2547: 65) ได้สร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จังหวัดร้อยเอ็ด ตามทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด (Guilford's Structure of Intellect Theory) จำนวน 7 ฉบับ คือ แบบทดสอบฉบับที่ 1 การวาดภาพจากเส้น แบบทดสอบฉบับที่ 2 การออกแบบลวดลายหม้อ แบบทดสอบฉบับที่ 3 การแบ่งกล่องลูกบาศก์ แบบทดสอบฉบับที่ 4 การวาดภาพจากตัวอักษร แบบทดสอบฉบับที่ 5 รูปเรขาคณิต แบบทดสอบฉบับที่ 6 การสร้างคำศัพท์ แบบทดสอบฉบับที่ 7 การใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ และแบบทดสอบฉบับที่ 7 การตั้งชื่อภาพ โดยให้คะแนน 4 องค์ประกอบ คือ ด้านความคล่องในการคิด ด้านความยืดหยุ่นในการคิด ด้านความคิดริเริ่ม และด้านความละเอียดลออในการคิด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบหลายขั้นตอน การทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ใช้กลุ่มตัวอย่างครั้งละ 100 คน ตรวจสอบคุณภาพด้านค่าอำนาจจำแนกรายข้อคัดเลือกและปรับปรุงข้อสอบ การทดสอบครั้งที่ 3 ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ทำการทดสอบเพื่อหาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบ ค่าความตรงของแบบทดสอบและสร้างเกณฑ์ปกติ ผลการวิจัยพบว่า ค่าอำนาจจำแนกรายข้อวิเคราะห์โดยใช้ t -test ว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 7.80 ถึง 16.73 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงถึงว่ามีค่าอำนาจจำแนกถึงเกณฑ์ทุกข้อ ค่าความตรงเชิงโครงสร้างวิเคราะห์โดยเทคนิคกลุ่มรู้อัด จำแนกระหว่างกลุ่มที่มีความคิดสร้างสรรค์สูงกับกลุ่มที่มีความคิดสร้างสรรค์ต่ำพบว่า กลุ่มที่มีความคิดสร้างสรรค์สูงมีค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์สูงกว่ากลุ่มที่มีความคิดสร้างสรรค์ต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์วิเคราะห์โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา มีค่าความเที่ยงอยู่ระหว่าง .73 ถึง .83

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นได้ว่า การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีผลต่อทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเครื่องมือที่ใช้วัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ส่วนใหญ่ใช้แบบวัด และแบบวัดที่เหมาะสมในการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คือ แบบวัดแบบอัตนัย และปรนัย เพราะสามารถวัดทักษะ ความรู้ ความเข้าใจในการแสดงแนวคิด นำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ตอนที่ 1 เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ วัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5 ด้าน คือ การแก้ปัญหา การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การให้เหตุผล และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีข้อสอบด้านละ 3 ข้อ ตอนที่ 2 เป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 8 ข้อ วัดทักษะ

กระบวนการทางคณิตศาสตร์ 5 ด้าน คือ การแก้ปัญหา การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การให้เหตุผล มีข้อสอบด้านละ 1 ข้อ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีข้อสอบ 4 ข้อ โดยศึกษากับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และหาคุณภาพของแบบวัดในด้านความตรง ความเที่ยง ความยาก และอำนาจจำแนก

