

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร
กรกฎาคม 2560

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร
กรกฎาคม 2560

สิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร
กรกฎาคม 2560

พชรภรณ์ เชียงสิน. (2560). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมี

วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปรินญาณินพนธ์

ปร.ด.(การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย

ศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: ผศ.ดร.มารุต พัฒนาผล, รศ.ดร.วิชัย วงษ์ใหญ่,

ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ด้วยการวิจัยและพัฒนา ซึ่งทำการศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนธัญรัตน์ จ.ปทุมธานี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 47 คน ใช้เวลาในการทดลอง 15 ชั่วโมง วิจัยดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การศึกษาแนวทางการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 2) การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่าง 3) การตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4) การปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 5) การทดลองใช้นำร่องรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่าง 6) ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 7) การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มเป้าหมายและการประเมินประสิทธิผล และ 8) การปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ และจัดทำคู่มือ โดยผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ (1) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) ขั้นตอน และ 4) การประเมิน โดยในขั้นตอนของรูปแบบมีกระบวนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นกระตุ้นการคิด 2) ขั้นปฏิบัติการเรียนรู้ 3) ขั้นนำเสนอ และ 4) ขั้นสะท้อน (2) ระหว่างการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ในระยะที่ 1 ถึง 4 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยการประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 (3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5

DEVELOPMENT OF A LEARNING MANAGEMENT MODEL TO ENHANCE CRITICAL
MATHEMATICAL THINKING SKILLS AMONG OF MATHAYOMSUKSA TWO STUDENTS



AN ABSTRACT
BY
PACHARAPORN CHIANGSIN

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Philosophy Degree in Curriculum Research and Development
at Srinakharinwirot University

July 2017

Pacharaporn Chiangsin. (2017). **Development of a Learning Management Model to**

Enhance Critical Mathematical Thinking Skills among of Mathayomsuksa Two Students. Dissertation Ph.D. (Curriculum Research and Development).

Bangkok: Graduate School of Srinakharinwirot University. Research Regulation

Committee: Assist. Prof. Dr. Marut Patphol, Assoc. Prof. Dr. Wichai Wongyai,

Acting Sub Lt. Dr. Manat Boonprakob

This research aimed to develop and measure the effectiveness of a learning management model to enhance critical thinking skills in mathematics. This study was conducted with forty seven Mathayomsuksa two students at Thanyarat School in the Pathum Thani Province enrolled in the first semester of the 2016 academic year for fifteen hours. The research methodology of this study consists of eight processes as follows: 1) a study of the learning model development approach. 2) the development of a learning model draft. 3) the initial quality inspection of the learning model. 4) a revising of the learning model. 5) a trial of the learning model draft. 6) a revision of the learning model. 7) Learning model experimentation with the target group and the effectiveness of the evaluation and 8) Finalizing the learning model and manual documentation. The results of this study are summarized as follows. (1) The learning management model for enhancing critical thinking in mathematics consists of four factors: 1) Principles. 2) Objectives. 3) Process and 4) Evaluation. The learning model has four stages, as follows: 1) Engagement. 2) Learning Action; 3) Presentation and 4) Reflection. (2) While this learning management model to enhance critical thinking in mathematics was being tested, at each of the four stages, the Mathayomsuksa Two students had a statistically higher average score on the learning management model for enhancing critical thinking in mathematics after studying than the average score measured prior to studying the subject, at a statistically significant level of 0.5. (3) After experimented with this learning management model to enhance critical thinking in mathematics, the Mathayomsuksa Two students had a statistically higher average score on the learning management model to enhance critical thinking in mathematics than the average score measured prior to the experiment at a statistically significant level of 0.5.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ของ

พชรภรณ์ เชียงสิน

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่..... เดือน พ.ศ.2560

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุต พัฒนาผล)

(รองศาสตราจารย์ ดร.เวชฤทธิ์ อังคนะภัทรขจร)

.....กรรมการ

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย วงษ์ใหญ่)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุต พัฒนาผล)

.....กรรมการ

.....กรรมการ

(ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ)

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย วงษ์ใหญ่)

.....กรรมการ

(ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ศรีสุมะ พุ่มสะอาด)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดีเป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความเมตตา กรุณาอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุต พัฒนา รองศาสตราจารย์ ดร.วิชัย วงษ์ใหญ่ ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ ที่ได้เสียสละเวลาให้ความช่วยเหลือ เอาใจใส่ ตลอดจนให้คำปรึกษาในการดำเนินการวิจัยเป็นอย่างดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.เวชฤทธิ์ อังคนะภัทรขจร ที่ท่านให้ความกรุณาเป็นประธานกรรมการสอบปากเปล่า และกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ศรีสมร พุ่มสะอาดที่ท่านให้ความกรุณาเป็นกรรมการสอบปากเปล่า ทำให้ผู้วิจัยได้สำเร็จการศึกษาอย่างสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ให้แก่ผู้วิจัยในการศึกษาตามหลักสูตรสาขาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร

กราบขอบพระคุณคณะผู้บริหาร คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ ปทุมธานี และโรงเรียนนันทรัตน์ ที่ให้การ สนับสนุนส่งเสริมผู้วิจัยได้เข้ารับการศึกษาในระดับปริญญาเอกในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้กำลังใจและกำลังใจทรัพย์แก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาของการศึกษาและทำปริญญานิพนธ์ ตลอดจนพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคน ที่ให้กำลังใจ ให้การสนับสนุน ให้การช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาและทำปริญญานิพนธ์ คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่เกิดจากการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่ บิดา มารดา อาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนผู้วิจัยตลอดมา

พชรภรณ์ เขียวสิน

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	10
	ความสำคัญของการวิจัย	11
	ขอบเขตของการวิจัย	11
	นิยามศัพท์เฉพาะ	11
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์.....	16
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	16
	การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์.....	26
	ธรรมชาติของคณิตศาสตร์	29
	แนวคิดทฤษฎีและหลักการจัดการเรียนรู้ที่นำมาพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่	
	เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	49
	ทฤษฎีที่นำมาพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	
	ทางคณิตศาสตร์	49
	การจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	62
	การจัดการเรียนรู้แบบเน้นให้ผู้คิด	70
	วิธีการสอนแบบ SSCS	74
	การโค้ชเพื่อการรู้คิด	79
	การประเมินตามสภาพจริง	84
	รูปแบบการจัดการเรียนรู้	92
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	115
	ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาแนวทางการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้	115
	ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่าง	117
	ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	122

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
3 (ต่อ)	
ขั้นตอนที่ 4 การแก้ไขปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือประกอบ	
รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่าง	127
ขั้นตอนที่ 5 การทดลองใช้นำร่องรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่าง.....	127
ขั้นตอนที่ 6 ปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้	128
ขั้นตอนที่ 7 การตรวจสอบประสิทธิผลและการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้	
กับกลุ่มตัวอย่าง	128
ขั้นตอนที่ 8 ปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ และจัดทำคู่มือ	130
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	132
ผลการพัฒนารูปแบบ	132
ผลการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบ	162
ผลการปรับปรุงแก้ไขรูปแบบฉบับสมบูรณ์	163
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	165
สรุปผลการวิจัย	165
อภิปรายผลการวิจัย	166
ข้อเสนอแนะ	169
บรรณานุกรม	170
ภาคผนวก	176
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	301

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	25
2	มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง.....	35
3	มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่างๆและการดำเนินการในการแก้ปัญหา.....	36
4	มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา	37
5	มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำเสนอเกี่ยวกับจำนวนไปใช้	37
6	มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัดวัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด	38
7	มาตรฐาน ค 2.2 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด	38
8	มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ	39
9	มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนิรนัย (visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (spatial reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (geometric model) ในการแก้ปัญหา	40
10	มาตรฐาน ค 4.1 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป (pattern) ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน	40
11	มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์สมการอสมการกราฟและตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical model) อื่นๆแทนสถานการณ์ต่างๆตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา	41
12	มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล	42
13	มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล	42
14	มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา	43

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
15	มาตรฐานค 6.1มีความสามารถในการแก้ปัญหาการให้เหตุผลการสื่อสารการสื่อ ความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทาง คณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์	43
16	วิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์.....	48
17	แสดงการวิเคราะห์ทักษะพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์กับองค์ประกอบของ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	52
18	แสดงการวิเคราะห์ทักษะพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์กับองค์ประกอบของ การจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	55
19	แสดงการวิเคราะห์ทักษะการเรียนรู้ของกาเย่กับองค์ประกอบการจัดการเรียนรู้ที่ เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	59
20	แสดงการวิเคราะห์ทักษะที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	60
21	แสดงองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	69
22	แสดงองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะให้รู้คิด	73
23	แสดงองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยการสอนแบบ SSCS.....	77
24	แสดงองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยการโค้ชเพื่อการรู้คิด	83
25	แสดงองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยการประเมินตามสภาพจริง.....	91
26	แสดงการวิเคราะห์สาระสำคัญของแนวคิดทฤษฎีไปสู่องค์ประกอบของรูปแบบการ จัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	105
27	แสดงการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีที่นำมาใช้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์.....	105
28	การสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีที่นำมาใช้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้าง การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์.....	108
29	แสดงการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้.....	118

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
30	วิเคราะห์ประเด็นหลักและแนวทางของการนำมาใช้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์.....	133
31	ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาและผู้สอนคณิตศาสตร์.....	138
32	ระดับความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	142
33	ระดับความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	144
34	ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้.....	145
35	ผลการสังเกตกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 1(นำร่อง).	147
36	ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 1 (นำร่อง).....	148
37	ผลการสังเกตกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 2 (นำร่อง)	148
38	ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 2 (นำร่อง).....	149
39	ผลการสังเกตกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 3 (นำร่อง)	150
40	ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 3 (นำร่อง).....	151
41	ผลการสังเกตกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 4 (นำร่อง)	152
42	ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 4 (นำร่อง).....	153
43	การประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ กลุ่มนำร่อง.....	153
44	ผลการสังเกตกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 1.....	155
45	ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 1.....	156
46	ผลการสังเกตกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 2	156
47	ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 2.....	158
48	ผลการสังเกตกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 3	158
49	ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 3.....	159
50	ผลการสังเกตกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 4.....	160
51	ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 4.....	161
52	ผลการประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังการใช้รูปแบบ.....	162
53	วิเคราะห์ประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	162

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	113
2 กรอบแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมี วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์.....	114
3 ขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมี วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	131



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การคิดเป็นสิ่งที่สำคัญต่อมนุษย์ การมีความสามารถในการคิดจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการดำรงชีวิต เป็นสิ่งที่ช่วยให้สามารถแก้ปัญหา ตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม โดยเฉพาะในยุคสมัยที่เทคโนโลยีมีความก้าวหน้า การแข่งขันสูง ผู้ที่มีความคิดจะสามารถแก้ปัญหาได้ดี ตัดสินใจถูกต้อง เป็นบุคคลที่มีคุณภาพ ดำรงชีวิตในสังคมได้อย่างเป็นสุข มักพบคำที่เกี่ยวข้องกับการคิดจำนวนมาก เช่น คิดกว้าง คิดไกล คิดลึกซึ้ง คิดอย่างมีเหตุ-มีผล คิดวิเคราะห์ คิดจำแนกแยกแยะ คิด-สังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ คิดไตร่ตรอง คิดประดิษฐ์ คิดตัดสินใจคุณค่า คิดแก้ปัญหา คิดตัดสินใจ การเปรียบเทียบ การสังเกต การทดสอบ การตั้งคำถาม การคาดคะเน การสรุป การตีความ การขยายความ การแปลความหมาย การอ้างอิง การพิสูจน์ เป็นต้น การคิดสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มทักษะการคิด กลุ่มลักษณะการคิด และกลุ่มกระบวนการคิด ซึ่งทักษะการคิดนั้น ถือเป็นการคิดขั้นพื้นฐาน เนื่องจากเป็นทักษะที่นำไปใช้ในการคิดอื่นๆ ที่มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้น ส่วนลักษณะการคิด ต้องอาศัยทักษะการคิดย่อยๆ ถือว่าเป็นการคิดขั้นกลาง และสำหรับกระบวนการคิด ถือว่าเป็นการคิดขั้นสูง เนื่องจากอาศัยทั้งทักษะการคิดขั้นพื้นฐานและการคิดขั้นกลางร่วมกัน (ทีศนา แหมมณี.2544: 118-154)

การคิดในยุคศตวรรษที่ 21 มีความสัมพันธ์กับรูปแบบการทำงานที่ เปลี่ยนแปลงจากเดิม มีการปรับโครงสร้างการบริหารงาน โดยการกระจายความรับผิดชอบให้พนักงาน ซึ่งพนักงานต้องมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ คิดสร้างสรรค์ สามารถแก้ปัญหาเองความสามารถเหล่านี้คือเครื่องมือในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ การสร้างคนให้มีทักษะเหล่านี้สู่สังคมจำเป็นต้องปลูกฝังทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ให้แก่นักเรียน นอกเหนือจากการเรียนรู้เนื้อหาทางวิชาการ การคิดเป็นจุดเน้นของการพัฒนาผู้เรียน ประเทศไทยได้มีเป้าหมายของการปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่สอง พ.ศ.2552-2561โดยรัฐบาลมุ่งเน้นให้คนไทยเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพ เป็นผู้รู้จักคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา คิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถก้าวทันโลก เป็นกำลังคนที่มีคุณภาพ และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551นั้นก็ได้มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะด้านการคิดเช่นกัน ดังจะเห็นได้จากสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนในข้อสอง คือ ความสามารถในการคิด โดยเป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม และข้อสามความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและ

อุปสรรคต่างๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสม บนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่างๆ ในสังคมแสวงหาความรู้ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2552: 14, วรพจน์ วงศ์กิจรุ่งเรืองและอริป จิตตฤกษ์, 2554: 18, 118-119, UNESCO.2008: 107-121)

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นการคิดขั้นสูงรูปแบบหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นการคิดที่มีเจตคติต่อการแสวงหาความรู้และการหาหลักฐานอ้างอิงมาอนุมานสรุปใจความสำคัญ เพื่อหาข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ โดยเน้นกระบวนการพิจารณา ไตร่ตรองอย่างรอบคอบ ประเมินข้อมูลหลักฐานอย่างมีเหตุผลโดยใช้เกณฑ์ที่กำหนด เพื่อการตัดสินใจ เช่น เชื่อหรือไม่เชื่อ ทำหรือไม่ทำ จากนั้นจึงจะลงมือปฏิบัติหรือนำไปใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ จึงถือว่าการคิดที่มีกระบวนการที่สำคัญ สามารถนำไปใช้ในกระบวนการอื่นๆ ได้ เช่น การคิดแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การคิดตัดสินใจ กระบวนการวิจัย เป็นต้น ผู้ที่มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะเป็นผู้ที่มีเหตุผล ไม่ใช้อคติหรืออารมณ์ในการตัดสินใจ เป็นผู้ที่มีความรอบคอบ ไม่เชื่ออะไรง่ายๆ มีความกระตือรือร้นในการศึกษาหาข้อมูลประกอบการตัดสินใจเพื่อความแม่นยำ และความถูกต้องในการแก้ปัญหา เป็นผู้ที่มีดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างเป็นสุข ส่งผลให้เป็นบุคคลที่มีคุณภาพในสังคม ซึ่งพฤติกรรมที่บ่งบอกว่ามีความคิดอย่างมีวิจารณญาณ (ชนัท ธาตุทอง. 2554, ทิศนา แหมมณีและคณะ. 2544, พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์.2555, พรชูลี อาชวอำรุง. 2542. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2540, Brookfield. 1987: 12-21, Watson & Glaser. 1964: 24) กล่าวคือ 1) สามารถนิยามปัญหา 2) สามารถระบุความสัมพันธ์ของปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด 3) สามารถประมวลและแยกแยะข้อมูล 4) สามารถพิจารณาหาเหตุผลสำหรับทางเลือกในการตัดสินใจ และ5) สามารถสำรวจ ตรวจสอบผลของความน่าจะเป็นในการตัดสินใจ

โดยการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีกระบวนการ (เพ็ญพิศุทธิ์ เนคมานุรักษ์. 2536, ศันสนีย์ วัชรคุปต์และอุษา ชูชาติ. 2545: 32-37, Dressel; & Mayhew. 1957: 179-181, Ennis. 1985: 45-48, Kneedler. 1985: 277) ดังต่อไปนี้

1. การระบุประเด็นปัญหา (Identify Issue) เป็นการวิเคราะห์และระบุประเด็นปัญหาจากข้อความหรือสถานการณ์ต่างๆ
2. การพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล (Credibility of Information) เป็นการประเมินข้อมูลด้านความถูกต้อง ความน่าเชื่อถือ ความพอเพียงและความเป็นปัจจุบันของข้อมูล พร้อมทั้งระบุเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินข้อมูลได้
3. การระบุลักษณะข้อมูล (Identify Information) เป็นการจำแนกความแตกต่าง

ระหว่างข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงกับข้อคิดเห็น การระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา และการระบุข้อตกลงเบื้องต้นของข้อมูล

4. การลงความเห็นจากข้อมูล (Making Inferences) เป็นการลงความเห็นเพื่อสรุปข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่อย่างสมเหตุสมผล

5. การตัดสินใจ (Making Decision) เป็นการพิจารณาความน่าเชื่อถือและความสมเหตุสมผลของข้อสรุปจากข้อมูลหรือหลักฐานที่มีและตัดสินใจ รวมทั้งประเมินผลการตัดสินใจ

ในส่วนของคณิตศาสตร์ ๆ นั้นถือเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการคิดของผู้เรียน เนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ คณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์คิดอย่างมีเหตุผลคิดอย่างเป็นระบบและมีระเบียบแบบแผนสามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบ ถี่ถ้วน สามารถคาดการณ์วางแผนตัดสินใจและแก้ปัญหาได้ โดยทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์นั้นประกอบด้วย การมีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ อย่างมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อนำความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหา การดำเนินชีวิต และศึกษาต่อ การมีเหตุผล มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ พัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ และสร้างสรรค์ โดยสาระการเรียนรู้ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีรายละเอียด ดังนี้ (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551: 13)

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ ความคิดรวบยอดและความรู้ลึกเชิงจำนวน ระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวน และการใช้จำนวนในชีวิตจริง

สาระที่ 2 การวัดความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตรและความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่าง ๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

สาระที่ 3 เรขาคณิต รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิตสองมิติ การนิยามภาพ การแปลงทางเรขาคณิต (Geometric Transformation) ในเรื่องการเลื่อนขนาน (translation) การสะท้อน (Reflection) และการหมุน (Rotation)

สาระที่ 4 พีชคณิต แบบรูป (Pattern) ความสัมพันธ์ การให้เหตุผล สมการ ระบบสมการ

สาระที่ 5 การจัดระบบข้อมูล การนำเสนอ การสำรวจความคิดเห็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่างๆ และช่วยในการตัดสินใจในการดำเนินชีวิตประจำวัน

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

โดยหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 ได้กำหนดคุณภาพของนักเรียนเมื่อเรียนคณิตศาสตร์จบในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นไว้ ดังนี้

1. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริง มีความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม รากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง สามารถดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยม เลขยกกำลัง รากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง ใช้การประมาณค่าในการดำเนินการและแก้ปัญหาและนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนไปใช้ในชีวิตจริงได้
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ผิวของปริซึม ทรงกระบอก และปริมาตรของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวย และทรงกลม เลือกใช้หน่วยการวัดในระบบต่างๆ เกี่ยวกับความยาว พื้นที่ และปริมาตรได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งสามารถนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้ในชีวิตจริงได้
3. สามารถสร้างและอธิบายขั้นตอนการสร้างรูปเรขาคณิตสองมิติ โดยใช้วงเวียนและเส้นตรง อธิบายลักษณะและสมบัติของรูปเรขาคณิตสามมิติ ซึ่งได้แก่ ปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และทรงกลมได้
4. มีความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของความเท่ากันทุกประการ และความคล้ายของรูปสามเหลี่ยม เส้นขนาน ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ และสามารถนำสมบัติเหล่านั้นไปใช้ในการให้เหตุผลและแก้ปัญหาได้ มีความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลงทางเรขาคณิต (Geometric Transformation) ในเรื่องการเลื่อนขนาน (Translation) การสะท้อน (Reflection) และการหมุน (Rotation) และการนำไปใช้
5. สามารถนิยามและอธิบายลักษณะของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ
6. สามารถวิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ของแบบรูป สถานการณ์หรือปัญหาและสามารถใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และกราฟในการแก้ปัญหาได้
7. สามารถกำหนดประเด็น เขียนข้อคำถามเกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์ กำหนดวิธีการศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูลและนำเสนอข้อมูลโดยใช้แผนภูมิรูปวงกลม หรือรูปแบบอื่นที่เหมาะสมได้
8. เข้าใจค่ากลางของข้อมูลในเรื่องค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยมของข้อมูลที่ยังไม่ได้แจกแจงความถี่ และเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม รวมทั้งใช้ความรู้ในการพิจารณาข้อมูลข่าวสารทางสถิติ

9. เข้าใจเกี่ยวกับการทดลองสุ่ม เหตุการณ์ และความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ สามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์และประกอบการตัดสินใจในสถานการณ์ต่างๆ ได้

10. ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา ใช้ความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสารการสื่อความหมายและการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและชัดเจน เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์และนำความรู้หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

จากการที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์หลักสูตรแกนกลางและสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวจะบรรลุเป้าหมายเมื่อมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เป็นปัจจัยในการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายของการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

ซึ่งแนวคิดของการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เป็นการนำการคิดอย่างมีวิจารณญาณกับวิชาคณิตศาสตร์มาสังเคราะห์ เชื่อมโยงเข้าด้วยกัน โดยวิธีการฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เน้นกระบวนการพิจารณา ไตร่ตรองอย่างรอบคอบ ประเมินข้อมูลหลักฐานอย่างมีเหตุผลโดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดเพื่อการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล ส่วนวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหา การฝึกฝนให้ผู้เรียนได้พัฒนาการคิดอย่างหลากหลายแนวทาง ไม่ว่าจะเป็นด้านการใช้ถ้อยคำ (Verbal) โดยใช้หลักทางภาษาศาสตร์ ผ่านการพูด การใส่คำพูด ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล (Inter-personal) เรียนรู้ผ่านการทำงานร่วมกับผู้อื่น แลกเปลี่ยนความคิดเห็น การถามและอภิปรายปัญหาร่วมกัน ด้านกายภาพ (Physical) เป็นการใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ทำงานได้อย่างเหมาะสม ทางด้านการมองเห็น (Visual) เป็นการสร้างแผนภูมิเพื่อมองปัญหา มองรูปแบบและทรงวัตถุด้วยประสาทสัมผัสทางตา การสื่อสารด้วยกราฟ สุดท้ายด้านสัญลักษณ์ (Symbolic) เป็นการเขียนคำและสัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรมไปสู่การแปลความหมาย การแปลงโจทย์ปัญหาเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

ดังนั้น การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ จึงเป็นการหาความชัดเจนของปัญหา และพิจารณาตรวจสอบ ไตร่ตรองข้อมูลที่เกี่ยวข้องทางคณิตศาสตร์อย่างละเอียด รอบคอบ เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดำเนินการหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล และสามารถสื่อสาร อภิปรายร่วมกับผู้อื่นได้เป้าหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์นั้น ต้องการให้ผู้เรียนสื่อสาร แสดงออกถึงความคิดเห็นของตนเองและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ส่งเสริมให้ร่วมกันแก้ไขปัญหา ให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกัน

ลักษณะของการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 1) สามารถจัดการและรวบรวมความคิดทางคณิตศาสตร์ผ่านการสื่อสาร 2) สามารถสื่อสารความคิดทางคณิตศาสตร์ถึงความสอดคล้องและความชัดเจน กับผู้อื่น 3) สามารถวิเคราะห์และประเมินการคิดทางคณิตศาสตร์และกลยุทธ์ของผู้อื่น และ 4) สามารถใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์แสดงความคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างแม่นยำจากข้อมูลดังกล่าว ผู้สอนสามารถสร้างกระบวนการการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2547, 2551, 2555, Marcut. 2005) ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. .การระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Identify Issue for Mathematics) เป็นการวิเคราะห์และระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์จากข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. .การพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลทางคณิตศาสตร์ (Credibility Information for Mathematics) เป็นการประเมินข้อมูลด้านความถูกต้องทางคณิตศาสตร์ ความน่าเชื่อถือ ความพอเพียงของข้อมูล พร้อมทั้งระบุเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินข้อมูลทางคณิตศาสตร์
3. .การระบุลักษณะข้อมูลทางคณิตศาสตร์ (Identify Information for Mathematics) เป็นการระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา และการระบุข้อตกลงเบื้องต้นของข้อมูลทางคณิตศาสตร์
4. .การลงความเห็นจากข้อมูลทางคณิตศาสตร์ (Making Inferences for Mathematics) เป็นการลงความเห็นทางคณิตศาสตร์เพื่อสรุปข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่อย่างสมเหตุสมผล
5. .การตัดสินใจทางคณิตศาสตร์ (Making Decision for Mathematics) เป็นการพิจารณา

ตัด

สนใจทางคณิตศาสตร์อย่างมีความสมเหตุสมผลของข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ จากข้อมูลหรือหลักฐาน

สำหรับทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ มีทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ซึ่งมีแนวคิดว่าการเรียนรู้ของเด็กจะเป็นไปตามพัฒนาการทางสติปัญญา ซึ่งจะมีพัฒนาการไปตามวัยต่าง ๆ เป็นลำดับขั้น ภาษาและกระบวนการคิดของเด็กแตกต่างจากผู้ใหญ่ โดยกระบวนการทางสติปัญญามี 3 ลักษณะ ได้แก่ การซึมซับ (Assimilation) การปรับและจัดระบบ (Accommodation) และการเกิดความสมดุล (equilibration) ยังมีทฤษฎีที่มีความคล้ายคลึงกับขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ คือทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์ ซึ่งได้แบ่งพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์ไว้ 3 ขั้น คือ ขั้นการเรียนรู้จากการกระทำ (Enactive Stage) ขั้นการเรียนรู้จากความคิด (Iconic Stage) และขั้นเรียนรู้สัญลักษณ์และนามธรรม (Symbolic Stage) นอกจากนี้ยังมีทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่ (Gagne) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ โดยพยายามเชื่อมโยงการจัดสภาพการจัดการเรียนรู้อันเป็นสภาวะภายนอกผู้เรียนให้สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ภายในผู้เรียน ซึ่งกาเย่ได้เสนอระบบการ

จัดการเรียนรู้ไว้ 9 ชั้น (ชนันท ชาติทอง. 2554: 116-117, ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. 2555: 25-28, ทิศนา แหมมณี. 2555: 64-76, สุรางค์ไคว้ตระกูล. 2556: 48-50, 212-215, อัจฉรา เอิบสุขศิริ. 2556: 53-54.)

ด้านการจัดการเรียนรู้ที่มีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่คำนึงถึงความเหมาะสมบนพื้นฐานความแตกต่างระหว่างบุคคลและประโยชน์ของผู้เรียน โดยผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างตื่นตัวและใช้กระบวนการเรียนรู้ต่างๆ นำไปสู่การเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ได้ศึกษาค้นคว้าจากสื่อและเทคโนโลยีต่าง ๆ อย่างอิสระ ปฏิบัติได้จริงสอดคล้องกับความถนัด ความสนใจ ด้านผู้สอนมีบทบาทในการจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียนและคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล คอยทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษา ให้คำแนะนำ ชี้แนะในข้อบกพร่องของผู้เรียน นำกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ทั้งในลักษณะรายบุคคลและลักษณะเป็นกลุ่ม สำหรับการเรียนรู้เนื้อหาสาระใหม่ ควรคำนึงถึงความรู้พื้นฐานของผู้เรียนผู้สอนมีโอกาเสริมความรู้ ขยายความหรือสรุปประเด็นสำคัญที่เป็นความคิดรวบยอดของสาระที่นำเสนอแนะ ทำให้การเรียนรู้ขยายในวงกว้างและลึกมากขึ้น ผู้เรียนสามารถนำความรู้หรือแนวคิดที่ได้จากการนำเสนอแนะไปประยุกต์หรือเป็นแบบอย่างในการปฏิบัติ (ชนาธิป พรกุล. 2544: 50, ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. 2555: 47-48, ทิศนา แหมมณี. 2555: 120-122, วิชัย วงษ์ใหญ่. 2543: 58-60)

การจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิด (CGI) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนจะใช้คำถามหรือการชี้แนะในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรมแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาได้ ผู้สอนมีความกระตือรือร้นในการทำ ความเข้าใจถึงความคิดของผู้เรียนแต่ละคน มีการเตรียมสื่อ วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่เอื้ออำนวยต่อการแก้ปัญหาของผู้เรียน สร้างบรรยากาศที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้สีกดีในการเรียนคณิตศาสตร์และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถสื่อสารแนวคิดและเหตุผลได้หลากหลาย อาทิเช่น การพูด การเขียน หรือการวาดภาพ เป็นต้น ผู้สอนจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้ผู้เรียนสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองนำเสนอปัญหา สถานการณ์หรือกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียนทุกคน และพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่ม มีการอภิปรายแนวคิดของตนเองกับผู้อื่น ควรเตรียมการสอนอย่างกว้างๆ และปรับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามความต้องการหรือแนวความคิดของผู้เรียน (Carpenter et al. 1989: 499-531, 2000: 1, Fennema et al. 1993: 555-583, NCRMSE.1992 และ Hanks. 1998)

วิธีการสอนแบบ SSCS เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งด้วยแต่ละตัวมีความหมายดังต่อไปนี้

1) ขั้นค้นหา (Search : S) เป็นขั้นการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา แยกแยะประเด็นปัญหา แสวงหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง อาจจากการตั้งคำถามผู้สอนหรือเพื่อนร่วมชั้นเรียน จากตำราหรือเอกสารอื่นๆ มีการระดมสมอง ให้ผู้เรียนได้เห็นความสัมพันธ์ของมโนคติต่างๆ ที่มีอยู่ในปัญหา ผู้เรียนสามารถอธิบายขอบเขตของปัญหาจากความเข้าใจของตนเอง

2) ขั้นการแก้ปัญหา (Solve : S) เป็นขั้นการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาด้วยวิธีต่างๆ ผู้เรียนต้องวางแผนการแก้ปัญหาและการใช้เครื่องมือในการแก้ปัญหด้วยตนเอง นำข้อมูลจากขั้นที่ 1 มาประกอบการแก้ปัญหา และหากพบปัญหาระหว่างดำเนินการสามารถย้อนกลับไปยังขั้นที่ 1 ได้อีก หรือปรับปรุงแผนดำเนินการที่วางไว้ด้วยการประยุกต์วิธีการต่างๆ ร่วมกันก็ได้

3) ขั้นสร้างคำตอบ (Create : C) เป็นขั้นการนำผลที่ได้มาจัดกระทำเป็นขั้นตอนเพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจและการสื่อสารกับผู้อื่น อาจโดยการทำเป็นภาษาที่ง่าย สละสลวย มีการขยายความหรือตัดทอนคำตอบให้อยู่ในรูปที่เข้าใจง่าย

4) ขั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share : S) เป็นขั้นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อมูลและวิธีการแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับขั้นตอนหรือวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาทั้งของตนเองและผู้อื่น ซึ่งผู้เรียนแต่ละคนอาจใช้วิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันไปหรืออาจจะได้คำตอบที่แตกต่างกัน โดยคำตอบที่ถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง วิธีการแก้ปัญหาที่ได้รับการยอมรับและไม่ได้รับการยอมรับ จะถูกนำมาแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และร่วมกันพิจารณา

วิธีการสอนแบบ SSCS บทบาทของผู้สอน คือ คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนผู้เรียนต้องเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มความสามารถสนับสนุนให้ผู้เรียนแก้ปัญหาด้วยตนเอง ชี้ให้เห็นถึงข้อผิดพลาดในการแก้ปัญหาของผู้เรียนและความเพียงพอของสมมติฐานที่ใช้ในการแก้ปัญหา จัดประสบการณ์การเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรมและมีเทคนิคในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นผู้เรียนให้ผู้เรียนคิด ให้ผู้เรียนได้เลือกหรือสืบเสาะปัญหาที่ตนสนใจ มีการประเมินย้อนกลับในการคิดของผู้เรียน หรือผลการแก้ปัญหาของผู้เรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักการตั้งคำถาม และหาคำตอบเพื่อต่อยอดความรู้ของตนเอง ผู้สอนแนะนำดูแลในแต่ละขั้นตอน ช่วยเหลือผู้เรียนในการพัฒนากลยุทธ์ที่ใช้ในการรับและดำเนินการกับข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด (Pizzini; Shepardson; & Abell, 1989: 528-529, Chin. 1997: 9-10, ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. 2555: 396-402, สันนิสา สมันอยู่. 2554:)

การโค้ชเพื่อการรู้คิด (Cognitive Coaching) เป็นกระบวนการฝึกสอนโดยผู้สอนทำหน้าที่เป็นโค้ช ดึงศักยภาพของผู้เรียนด้านความรู้ ความสามารถ การคิด ตลอดจนคุณลักษณะอันพึงประสงค์ตามที่กำหนดไว้ การโค้ชเพื่อการรู้คิดเป็นมากกว่าการสอน ซึ่งมีลักษณะเป็นการกระตุ้นผู้เรียนให้เกิด

แรงจูงใจ ความปรารถนา ทักษะ และกระบวนการคิดที่จะนำไปสู่การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น ผู้สอนจะตั้งคำถามกับผู้เรียนด้วยเทคนิคต่างๆ เพื่อเสริมสร้างกระบวนการคิดที่จะนำไปสู่การวางแผน การแก้ปัญหา และสร้างสรรค์สนับสนุนให้ผู้เรียนมีการกำหนดเป้าหมายในการพัฒนาตนเอง รวมทั้งการวางแผน และการประเมินผลความสำเร็จ ผู้สอนจะสังเกตและประเมินพัฒนาการด้านต่างๆ ของผู้เรียนที่เป็นจุดเน้นของการโค้ชในแต่ละครั้ง ผู้สอนประยุกต์เทคนิคการสอนต่างๆ นำมาใช้ในการโค้ชผู้เรียนให้เหมาะสมกับธรรมชาติและความต้องการของแต่ละคนสร้างเครื่องมือช่วยเหลือผู้เรียน (Scaffolding) ชี้แนะและช่วยเหลืออย่างเหมาะสมส่งเสริมผู้เรียนให้มีความเชื่อมั่น ให้การสนับสนุนและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยไม่ตัดสิน วิพากษ์ วิจารณ์ จับผิดประเมินผลการโค้ชด้วยวิธีที่หลากหลายตามสภาพจริง และนำสารสนเทศมาพัฒนาผู้เรียนอย่างต่อเนื่องดำเนินการโค้ชบนพื้นฐานของการเคารพในศักดิ์ศรี ความเป็นมนุษย์ ความแตกต่างทางวัฒนธรรม และความเชื่อของผู้รับการโค้ช (วิชัย วงษ์ใหญ่และ มารุต พัฒนาผล. 2557, Costa, A. L., & Garmston, R. J.. 2002.)

การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) เป็นกระบวนการตัดสินความรู้ ความสามารถและทักษะต่างๆ ของผู้เรียนในสภาพที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ประเมินจากผลการปฏิบัติงานของผู้เรียนตามหลักฐานหรือร่องรอยที่เกิดจากการเรียนรู้ ซึ่งมีวิธีการที่หลากหลาย เช่น การบันทึก การสังเกต การทดลอง การรวบรวมข้อมูลจากผลงานที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง เป็นต้น การประเมินตามสภาพจริงเป็นการออกแบบมาเพื่อสะท้อนให้เห็นพฤติกรรมและทักษะที่จำเป็นของผู้เรียน ในสถานการณ์ที่เป็นจริงของโลกปัจจุบัน เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการประเมินผล และการจัดกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง สามารถช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างต่อเนื่อง โดยแนวคิดในการประเมินตามสภาพจริงนั้นเน้นการประเมินทักษะที่ซับซ้อน (Complex Thinking Skill) ในการทำงาน การร่วมมือในการแก้ปัญหา การประเมินตนเองทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน วัดและประเมินความก้าวหน้าของผู้เรียน สะท้อนให้เห็นการสังเกตสภาพงานปัจจุบันของผู้เรียน และสิ่งที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริง โดยพิจารณาจากงานหลายๆ ชิ้น การประเมินต้องดำเนินการไปพร้อมกับการเรียนอย่างต่อเนื่อง มีการนำการประเมินตนเองมาเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินตามสภาพจริง ในส่วนของผู้ประเมินควรมีหลายคนและควรมีการประชุมผู้ประเมินเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียน นอกจากนี้ ควรมีการประเมินใน 2 ลักษณะ คือ การประเมินเน้นการปฏิบัติจริง และการประเมินจากแฟ้มสะสม ผลงาน สำหรับด้านยุทธวิธีการประเมินตามสภาพจริงนั้นเน้นผลผลิตที่ผู้เรียนได้จัดทำ ความสามารถทางสติปัญญา กระบวนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล การแก้ปัญหาและงานภาคปฏิบัติในรูปแบบอื่นๆ ผู้เรียนต้องแสดงออกให้เห็นถึงการเรียนรู้ซึ่งเน้นการนำไปใช้ การสร้างองค์ความรู้ สามารถบอกเหตุและผล อธิบายเพิ่มเติม วิเคราะห์ วิจารณ์ได้ สำหรับในทางคณิตศาสตร์การประเมินตามสภาพจริงควรให้ความสำคัญกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นความสามารถในการ

นำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้งาน วิธีการประเมินจะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้ความสามารถอย่างเต็มที่ ผลของการประเมินต้องชี้ให้เห็นถึงการปฏิบัติงานของผู้เรียนในหลายๆ ด้าน เพื่อนำไปสู่การประเมินผลและการพัฒนาการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม (Wiggins. 1989: 141 -147, กระทรวงศึกษาธิการ.2542, ศิริชัย กาญจนวาสี.2546)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการพัฒนาบูรณาการแนวคิดทฤษฎีและหลักการสอนคณิตศาสตร์สังเคราะห์เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการ 5 ขั้น ได้แก่ 1) ขั้นการระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์(Identify Issue for Mathematics) เป็นการวิเคราะห์และระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์จากข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ 2) ขั้นการพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลทางคณิตศาสตร์ (Credibility Information for Mathematics) เป็นการประเมินข้อมูลด้านความถูกต้องทางคณิตศาสตร์ ความน่าเชื่อถือ ความพอเพียงของข้อมูล พร้อมทั้งระบุเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินข้อมูลทางคณิตศาสตร์ได้3) ขั้นการระบุลักษณะข้อมูลทางคณิตศาสตร์(Identify Information for Mathematics) เป็นการระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา และการระบุข้อตกลงเบื้องต้นของข้อมูลทางคณิตศาสตร์ 4) ขั้นการลงความเห็นจากข้อมูลทางคณิตศาสตร์ (Making Inferences for Mathematics) เป็นการลงความเห็นทางคณิตศาสตร์เพื่อสรุปข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่อย่างสมเหตุสมผล 5) ขั้นการตัดสินใจทางคณิตศาสตร์ (Making Decision for Mathematics) เป็นการพิจารณาความน่าเชื่อถือและความสมเหตุสมผลของข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ จากข้อมูลหรือหลักฐานที่มีเพื่อการตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับทักษะในศตวรรษที่ 21 การปฏิรูปการศึกษาทศวรรษที่ 2 สมรรถนะของผู้เรียนในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551แนวคิด ทฤษฎี และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำข้อมูลเหล่านี้มาบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ให้เป็นประโยชน์แก่เยาวชนไทยในการพัฒนาประเทศชาติต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
2. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

ความสำคัญของการวิจัย

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญ ดังนี้

1. ผู้สอนสามารถนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้เพื่อเสริมสร้างผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นให้มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
2. ผู้เรียนได้รับการเสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนธัญรัตน์ จำนวน 517 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/8 โรงเรียนธัญรัตน์ จำนวน 47 คน

ระยะเวลาในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย กรกฎาคม พ.ศ. 2558 – สิงหาคม พ.ศ. 2559

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

ตัวแปรตาม ประสิทธิภาพที่เกิดจากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ คือ การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ที่เกิดกับผู้เรียน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาผู้เรียนให้มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1.1 หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มี 5 ข้อ ได้แก่ 1) ออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำปัญหา บริบททางสังคมวัฒนธรรมตามสภาพจริงและความสนใจของผู้เรียนมาออกแบบกิจกรรมให้มีความสอดคล้องเชื่อมโยงกับความรู้เดิมโดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ 2) สร้างบรรยากาศในการเรียนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง 3) พัฒนากลยุทธ์ผู้เรียนที่ใช้ในการรับ

และดำเนินการกับข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล พัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนตามลำดับขั้นตอน เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการร่วมกันแก้ปัญหา 4) สร้างความท้าทาย กระตุ้นผู้เรียนให้คิดให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้กำลังใจ ใช้เหตุผลและใจที่เป็นกลางแนะแนวทางการแก้ปัญหา และ5) สนับสนุนการนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ปรับปรุงข้อผิดพลาดให้ผู้เรียน นำผลการประเมินตามสภาพจริงมาพัฒนาผู้เรียน

1.2 วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มี 2 ข้อ ได้แก่ 1) เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามบริบทสภาพจริง เชื่อมโยงปัญหากับความรู้เดิม เน้นทักษะและการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ มีการสื่อสารแสดงออกถึงความคิดเห็นและรับฟังผู้อื่นให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และ2) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์มีความเชื่อมั่นในตนเอง สามารถนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม

1.3 ขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มี 4 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นกระตุ้นการคิด เป็นการกระตุ้น ให้ผู้เรียนระลึกถึง ความรู้เดิม ที่จำเป็น เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการร่วมกันแก้ปัญหา เชื่อมโยงเนื้อหาสาระ ความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้เรียนกับบริบททางสังคม สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน หรือตามสภาพปัญหาจริง

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นปฏิบัติการเรียนรู้ เป็นการสร้างบรรยากาศให้ผู้เรียน การใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียน โดยมีกระบวนการปฏิบัติการเรียนรู้ 5 กระบวนการ ดังนี้ 1) ผู้เรียนระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) ผู้เรียนประเมินความถูกต้องทางคณิตศาสตร์ของข้อมูลที่จะนำมาใช้ 3) ผู้เรียนระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา 4) ผู้เรียนลงความเห็นทางคณิตศาสตร์เพื่อสรุปข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่อย่างสมเหตุสมผล และ5) ผู้เรียนตัดสินใจแก้ปัญหาย่างถูกต้อง

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นนำเสนอ ภายหลังจากผู้เรียนแก้ปัญหาเสร็จแล้ว ให้ผู้เรียนนำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหของตนเองหรือกลุ่มตนเอง โดยให้ผู้เรียนเลือกรูปแบบการนำเสนอที่เหมาะสม เพื่อแสดงความเห็นทางคณิตศาสตร์ในการสรุปข้อมูลที่นำมาแก้ปัญหาย่างสมเหตุสมผล

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นสะท้อน ภายหลังจากผู้เรียนได้นำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาย่อยเรียบร้อยแล้ว ผู้สอนจะให้ข้อมูลย้อนกลับไปยังผู้เรียน เน้นแนวทางแก้ไข ปรับปรุงข้อผิดพลาด พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยผู้สอนใช้วิธีที่หลากหลายในการประเมิน และประเมินตามสภาพจริงเป็นระยะๆ ตั้งแต่การระบุประเด็นปัญหา การพิจารณาข้อมูล การตัดสินใจแก้ปัญห และการนำเสนอ

1.4 การประเมินผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มี 3 ข้อ ได้แก่ 1) ประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ตามสภาพจริงด้วยวิธีที่หลากหลายประเมินอย่างสม่ำเสมอเป็นระยะๆ ตั้งแต่การระบุประเด็นปัญหา การพิจารณาข้อมูล การตัดสินใจแก้ปัญหา และการนำเสนอการแก้ปัญหา 2) ประเมินพัฒนาการการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน พฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์โดยคำนึงถึงความแตกต่างแต่ละบุคคล และ 3) ประเมินความรู้และการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ หลังการเรียนรู้ สังเคราะห์ความรู้จากการปฏิบัติจริง และให้ข้อมูลป้อนกลับนำผลไปใช้พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการ

ระบุประเด็นปัญหา ประเมินความถูกต้องของข้อมูลทางคณิตศาสตร์ ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล และสามารถสื่อสาร อภิปรายร่วมกับผู้อื่นได้ โดยวัดได้จากแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการนำ

ความรู้ทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นพื้นฐานของการคิด การแก้ปัญหา และการทำงาน ไปใช้ โดยประกอบด้วยทักษะสำคัญดังต่อไปนี้ 1) การแก้ปัญหา 2) การให้เหตุผล 3) การสื่อสาร สื่อความหมาย และการนำเสนอ 4) การเชื่อมโยง และ 5) การคิดสร้างสรรค์

4. ประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ผลที่เกิดจากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งมีเกณฑ์ประสิทธิผล ดังนี้ 1) ผู้เรียนมีพัฒนาการการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น 2) ผู้เรียนมีผลการประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระหว่างการใช้รูปแบบสูงขึ้น และ 3) ผู้เรียนมีผลการประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์หลังการใช้รูปแบบสูงกว่าก่อนการใช้รูปแบบ โดยประเมินได้จากแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5. การจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ หมายถึง การจัดประสบการณ์ให้แก่

ผู้เรียนที่คำนึงถึงความเหมาะสมบนพื้นฐานความแตกต่างระหว่างบุคคลและประโยชน์ของผู้เรียนๆ มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างตื่นตัวและได้ใช้กระบวนการเรียนรู้ต่างๆ นำไปสู่การเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริง โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ได้ศึกษาค้นคว้าจากสื่อและเทคโนโลยีต่าง ๆ อย่างอิสระ ปฏิบัติได้จริงสอดคล้องกับความคิด ความสนใจผู้สอนจะเปลี่ยนบทบาทหน้าที่จากการถ่ายทอดความรู้มาเป็นผู้วางแผนจัดการที่แนะและอำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียน

6. การจัดการเรียนรู้แบบเน้นให้รู้คิด หมายถึง การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้บนพื้นฐานของความรู้และความเชื่อของผู้สอนที่เกิดจากการทำความเข้าใจการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนเน้นพัฒนาความเข้าใจและการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ซึ่งมี 4 หลักการ ได้แก่ 1) ต้องพัฒนาความเข้าใจผู้เรียนโดยเน้นความสัมพันธ์ระหว่างการแก้ปัญหา 2) จัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนลงมือทำกิจกรรม สร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเอง 3) ให้ผู้เรียนเชื่อมโยงปัญหา มโนทัศน์หรือทักษะกับความรู้เดิมที่มีอยู่ และ 4) มีการประเมินอย่างสม่ำเสมอ ทั้งการแก้ปัญหาได้สำเร็จและวิธีที่ใช้แก้ปัญหา

7. วิธีการสอนแบบ SSCS หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) Search : S เป็นขั้นการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา แยกแยะประเด็นปัญหา แสวงหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง อาจจากการตั้งคำถามผู้สอนหรือเพื่อนร่วมชั้นเรียน จากตำราหรือเอกสารอื่นๆ มีการระดมสมอง ให้ผู้เรียนได้เห็นความสัมพันธ์ของมโนคติต่างๆ ที่มีอยู่ในปัญหา ผู้เรียนสามารถอธิบายขอบเขตของปัญหาจากความเข้าใจของตนเอง

2) Solve : S เป็นขั้นการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาด้วยวิธีต่างๆ ผู้เรียนต้องวางแผนการแก้ปัญหาและการใช้เครื่องมือในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง นำข้อมูลจากขั้นที่ 1 มาประกอบการแก้ปัญหา และหากพบปัญหาระหว่างดำเนินการสามารถย้อนกลับไปขั้นที่ 1 ได้อีก หรือปรับปรุงแผนดำเนินการที่วางไว้ด้วยการประยุกต์วิธีการต่างๆ ร่วมกันก็ได้

3) Create : C เป็นขั้นการนำผลที่ได้มาจัดกระทำเป็นขั้นตอนเพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจและการสื่อสารกับผู้อื่น อาจโดยการทำเป็นภาษาที่ง่าย สละสลวย มีการขยายความหรือตัดทอนคำตอบให้อยู่ในรูปที่เข้าใจง่าย

4) Share : S เป็นขั้นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อมูลและวิธีการแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับขั้นตอนหรือวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาทั้งของตนเองและผู้อื่น ซึ่งผู้เรียนแต่ละคนอาจใช้วิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันไปหรืออาจจะได้คำตอบที่แตกต่างกัน โดยคำตอบที่ถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง วิธีการแก้ปัญหาที่ได้รับการยอมรับและไม่ได้รับการยอมรับ จะถูกนำมาแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และร่วมกันพิจารณา

8. การโค้ชเพื่อการรู้คิด หมายถึง กระบวนการฝึกผู้เรียน ซึ่งมีผู้สอนทำหน้าที่เป็นโค้ช ดึงศักยภาพของผู้เรียนด้านความรู้ ความสามารถ การคิด และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ตามที่กำหนดไว้

9. การประเมินตามสภาพจริง หมายถึง กระบวนการตัดสินความรู้ความสามารถและทักษะต่างๆ ของผู้เรียนในสภาพที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ประเมินจากผลการปฏิบัติงานของผู้เรียนตามหลักฐานหรือร่องรอยที่เกิดจากการเรียนรู้ ซึ่งมีวิธีการที่หลากหลาย เช่น การบันทึก การสังเกต การทดลอง การรวบรวมข้อมูลจากผลงานที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง เป็นต้น



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
2. ธรรมชาติของคณิตศาสตร์
3. ทฤษฎีและหลักการจัดการเรียนรู้ที่นำมาพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

1.1 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking)

จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคิด มักพบคำที่เกี่ยวข้องกับการคิดจำนวนมาก เช่น คิดกว้าง คิดไกล คิดลึกซึ้ง คิดอย่างมีเหตุ-มีผล คิดกระจ่าง คิดคลุมเครือ คิดวิเคราะห์ คิดจำแนกแยกแยะ คิด-สังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดไตร่ตรอง คิดประดิษฐ์ คิดตัดสินใจคุณค่า คิดแก้ปัญหา คิดตัดสินใจ การเปรียบเทียบ การสังเกต การทดสอบ การตั้งคำถาม การคาดคะเน การสรุป การตีความ การขยายความ การแปลความหมาย การอ้างอิง การพิสูจน์ เป็นต้น คำที่มีความเกี่ยวข้องกับการคิดเหล่านี้บ่งบอกถึงลักษณะที่แตกต่างกันออกไป (ชนัท ธาตุทอง. 2554, ทิศนา ขัมมณีและคณะ. 2544) ซึ่งสามารถจำแนกลักษณะได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1. กลุ่มทักษะการคิด เป็นกลุ่มคำที่แสดงลักษณะของการกระทำหรือพฤติกรรมที่ต้องใช้ความคิด เช่น การสังเกต การเปรียบเทียบ การจำแนกแยกแยะ การขยายความ การแปลความหมาย การตีความ การจัดกลุ่มหรือการจัดหมวดหมู่ การสรุป เป็นต้น คำเหล่านี้แม้ไม่มีคำว่า “คิด” แต่มีความหมายของการคิดอยู่ในตัว และเป็นคำที่มีลักษณะของพฤติกรรมหรือการกระทำอย่างชัดเจน

2. กลุ่มลักษณะการคิด เป็นกลุ่มคำที่แสดงลักษณะของการคิด ใช้ในลักษณะเป็นคำวิเศษ เช่น คิดกว้าง คิดไกล คิดคล่อง คิดหลากหลาย คิดรอบคอบ เป็นต้น คำเหล่านี้ไม่ได้แสดงถึงพฤติกรรมโดยตรง แต่สามารถแปลถึงการกระทำหรือพฤติกรรมประการใดประการหนึ่ง หรือหลายประการรวมกัน ตัวอย่างเช่น คิดหลากหลาย หมายถึง พฤติกรรมที่สามารถบอกความคิดที่มีลักษณะหรือประเภท ที่หลากหลายคิดคล่อง หมายถึง พฤติกรรมที่สามารถบอกความคิดได้จำนวนมากและในเวลาที่รวดเร็ว เป็นต้น

3. กลุ่มกระบวนการคิด เป็นกลุ่มคำที่แสดงลักษณะการคิดที่ครอบคลุมพฤติกรรมหรือการกระทำหลายประการที่สัมพันธ์กันเป็นลำดับขั้นตอน ต้องอาศัยพฤติกรรมหรือทักษะจำนวนมาก มีความซับซ้อนกว่ากลุ่มลักษณะการคิด เช่น การคิดรอบคอบ หมายถึง การคิดให้กว้างรอบด้าน คิดให้ลึกซึ้งถึงแก่นของสิ่งที่คิด และต้องคิดไกล พิจารณาถึงผลที่จะตามมา อาจจะต้องมีการประเมิน ตัดสินคุณค่า และตัดสินใจลงความเห็นเป็นต้น

จากการแบ่งกลุ่มคำข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า “ทักษะการคิด” นั้นถือเป็นการคิดขั้นพื้นฐาน เนื่องจากเป็นทักษะที่นำไปใช้ในการคิดอื่นๆ ที่มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้น ส่วนลักษณะการคิด ที่ต้องอาศัยทักษะการคิดย่อยๆ นั้น ถือว่าเป็นการคิดขั้นกลาง และสำหรับกระบวนการคิด ถือว่าเป็นการคิดขั้นสูง เนื่องจากอาศัยทั้งทักษะการคิดขั้นพื้นฐานและการคิดขั้นกลางร่วมกัน สำหรับกระบวนการคิดหรือการคิดขั้นสูงนั้น มีจำนวนมาก ในงานวิจัยชิ้นนี้เลือกศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เนื่องจากเป็นการคิดที่มีกระบวนการที่สำคัญ สามารถนำไปใช้ในกระบวนการอื่นๆ ได้ เช่น การคิดแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การคิดตัดสินใจ กระบวนการวิจัย เป็นต้น (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2540)

สำหรับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) นั้น เป็นรูปแบบการคิดแบบหนึ่งที่มีต่อการแสวงหาความรู้และการหาหลักฐานอ้างอิงมาอนุมานสรุปใจความสำคัญ เพื่อหาข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ โดยเน้นกระบวนการพิจารณา ไตร่ตรองอย่างรอบคอบ ประเมินข้อมูลหลักฐานอย่างมีเหตุผล โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนด เพื่อการตัดสินใจ เช่น เชื่อหรือไม่เชื่อ ทำหรือไม่ทำ จากนั้นจึงจะลงมือปฏิบัติหรือนำไปใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ (Dewey.1997, Dressel.1957, Ennis.1985; อ้างอิงจากสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2540, Good.1973, Halpern.1996, Watson&Glaser.1964, พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์.2555) ทั้งนี้ Paul, Jensen, and Kreklau.(1990; อ้างอิงจาก ผ่องลักษณ์ จิตต์การุณ. 2547) ได้กล่าวว่าองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้นมี 3 ด้าน ได้แก่ ด้านอารมณ์ความรู้สึก ด้านความรู้ความเข้าใจระดับจุลภาค และด้านความรู้ความเข้าใจระดับมหภาค ซึ่งรายละเอียดของแต่ละด้านมีดังนี้

ด้านอารมณ์ความรู้สึก (Affective Strategies) ประกอบไปด้วย 1) การคิดอย่างมีอิสระ 2) การพัฒนาความเข้าใจกระจ่างในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับตนเองและสังคม 3) มีความคิดที่ยุติธรรม 4) มีการสำรวจความคิดที่อยู่เบื้องหลังความรู้สึกและสำรวจความรู้ที่อยู่เบื้องหลังความคิด 5) มีการพัฒนาความถ่อมตัวทางสติปัญญาและการพิจารณาวิสัยทัศน์ที่ไม่ยึดมั่น 6) มีการพัฒนาความกล้าหาญทางสติปัญญา 7) มีการพัฒนาความศรัทธาในความดี หรือความมีคุณธรรมซื่อสัตย์ 8) มีการพัฒนาสติปัญญาในความเพียรพยายาม และ 9) มีการพัฒนาความเชื่อมั่นในเหตุผล

ด้านความรู้ความเข้าใจระดับจุลภาค (Cognitive-Strategies-Micro Skills) ประกอบด้วย 1) มีการเปรียบเทียบอุดมคติกับการกระทำจริง 2) มีการคิดอย่างกระชับ ชัดเจน ตรงประเด็นที่เกี่ยวกับการคิด มีการใช้คำศัพท์อย่างมีวิจารณญาณ 3) มีการสังเกตความมีนัยสำคัญของความเหมือนและความต่าง 4) มีการตรวจสอบและประเมินสมมุติฐานต่างๆ 5) มีการจำแนกความสัมพันธ์เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง 6) มีการวินิจฉัย ทำนาย หรือตีความที่อยู่บนพื้นฐานของเหตุผล 7) มีการประเมินสถานการณ์หรือข้อเท็จจริงที่ถูกนำมากล่าวอ้าง 8) มีการยอมรับความขัดแย้ง และ 9) มีการสำรวจสิ่งที่เกี่ยวข้องและผลกระทบที่จะเกิดขึ้น

ด้านความรู้ความเข้าใจระดับมหภาค (Cognitive Strategies-Macro Abilities) ประกอบด้วย 1) มีการเปรียบเทียบสถานการณ์ที่มีความคล้ายคลึงกันและเชื่อมโยงความรู้ที่กระจัดกระจายไปสู่วิธีใหม่ 2) มีการพัฒนาวิสัยทัศน์ริเริ่มหรือสำรวจความเชื่อ ข้อโต้แย้ง หรือทฤษฎีต่างๆ 3) มีการทำความเข้าใจอย่างชัดเจนในประเด็น ข้อสรุป หรือความเชื่อใหม่ๆ 4) มีการทำความเข้าใจอย่างชัดเจน และมีการวิเคราะห์เกี่ยวกับความหมายของคำหรือวลี 5) มีการพัฒนาเกณฑ์ในการประเมิน ทำความเข้าใจความชัดเจนเกี่ยวกับค่านิยมและมาตรฐาน 6) มีการประเมินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล 7) มีการตั้งคำถามอย่างลึกซึ้ง ถามนำไปถึงรากฐานหรือคำถามที่มีนัยสำคัญ 8) มีการวิเคราะห์หรือประเมินข้อโต้แย้งในการตีความ ความเชื่อ หรือทฤษฎีต่างๆ 9) มีการประเมินข้อสรุป 10) มีการวิเคราะห์หรือประเมินการปฏิบัติหรือนโยบาย 11) มีการอ่านอย่างมีวิจารณญาณ ทำความเข้าใจและวิเคราะห์ข้อความอย่างชัดเจน 12) มีการฟังอย่างมีวิจารณญาณ มีศิลปะในการฟังความหมายโดยนัย 13) มีการติดต่อเชื่อมโยงในระหว่างศาสตร์ 14) มีการฝึกอบรมอภิปรายแบบโสเครติส ทำความเข้าใจอย่างชัดเจน และตั้งคำถามเกี่ยวกับความเชื่อ ทฤษฎีหรือวิสัยทัศน์ต่างๆ 15) มีการให้เหตุผลในเชิงตรรกะ เปรียบเทียบวิสัยทัศน์ การตีความหรือทฤษฎีต่างๆ และ 16) มีการให้เหตุผลในเชิงตรรกะ ในการประเมินวิสัยทัศน์ การตีความหรือทฤษฎีต่างๆ

พฤติกรรมของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

พฤติกรรมของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้มีผู้ทำการศึกษาไว้หลายแนวความคิดทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังนี้

แนวความคิดของวัตสันต์แอนด์เกลเซอร์ (Watson; & Glaser. 1964: 24) กล่าวถึงพฤติกรรมของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ไว้ดังนี้ 1) สามารถจำแนกแยกแยะระดับความน่าจะเป็นของข้อสรุปที่คาดคะเนจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ 2) สามารถจำแนกได้ว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้นที่ต้องยอมรับก่อนมีการโต้แย้งหรืออธิบายข้อความอื่นๆ 3) สามารถจำแนกได้ว่าข้อสรุปใดเป็น

ผลจากความสัมพันธ์ของสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างแน่นอน และ4) สามารถจำแนกระหว่างการอ้างเหตุผลที่หนักแน่นกับไม่หนักแน่น เพื่อพิจารณาตามความสำคัญและเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา

แนวคิดของเอนนิส (Ennis.1985) นั้น กล่าวถึง พฤติกรรมของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่

1. ด้านการแสดงออก ประกอบไปด้วย 1) ความสามารถในการพูด เขียน หรือการสื่อความหมายความเข้าใจโดยมีความหมายชัดเจน 2) กำหนดประเด็นปัญหาที่แน่นอน 3) พิจารณาสถานการณ์ทั้งหมด 4) แสวงหาเหตุผลและให้เหตุผล 5) เป็นผู้ที่มีความรู้ทันสมัยอยู่เสมอ 6) มองหาทางเลือกหลายๆ ทาง 7) แสวงหาความถูกต้องแม่นยำให้มากที่สุดตามที่สถานการณ์ต้องการ 8) ตระหนักถึงความเชื่อพื้นฐานของตนเอง 9) เปิดใจกว้างพิจารณาทัศนะอื่นๆ นอกเหนือจากแนวคิดของตน 10) ไม่ด่วนตัดสินใจกรณีพื้นฐานและเหตุผลไม่เพียงพอ 11) ยืนยันจุดยืนหรือเปลี่ยนจุดยืนเมื่อมีหลักฐานและเหตุผลที่เพียงพอ และ12) ใช้การคิดวิจารณญาณของตนเอง

2. ด้านความสามารถ บอกได้ชัดเจนว่าประเด็นนั้นเป็นการอ้างเหตุผลปัญหาหรือข้อสรุป ประกอบด้วยความสามารถ ดังต่อไปนี้ 1) วิเคราะห์การให้เหตุผล 2) ถามหรือตอบคำถามเกี่ยวกับความชัดเจนและความถูกต้องตามหลักการ 3) ให้นิยามหรือแนวคิดที่มีความหมายกำกวม 4) ชี้ให้เห็นความคิดที่ซ่อนอยู่เบื้องหลังที่ไม่อาจจะแสดงให้เห็นชัดเจน 5) วินิจฉัยความน่าเชื่อถือของที่มาของแนวคิดและเหตุผลต่างๆ ได้ 6) สังเกตและวินิจฉัยรายงานการสังเกตได้ 7) ตัดสินใจด้วยการใช้กฎต่างๆ ได้ และประเมินการวินิจฉัยได้ด้วย 8) คิดด้วยเหตุผลจากข้อมูลที่มีอยู่แล้วสรุปเป็นกฎเกณฑ์ และประเมินค่ากระบวนการคิดหาเหตุผลที่นำไปสู่ข้อสรุปได้ 9) วินิจฉัยตัดสินค่านิยมต่างๆ และประเมินการวินิจฉัยตัดสินคุณค่าของค่านิยมนั้นได้ 10) เหตุผลโดยอาศัยหลักฐาน เหตุผลข้อสันนิษฐาน แนวคิดที่เป็นจุดยืนของข้อความที่ตนเองไม่เห็นด้วยหรือยังมีข้อสงสัย 11) ผสมผสานความสามารถและพฤติกรรมอื่นๆ ในการตัดสินใจ และการเสนอผลการตัดสินใจให้เป็นที่ยอมรับ 12) ดำเนินการตามระเบียบแบบแผนที่เหมาะสมกับสถานการณ์ เช่น ทำตามขั้นตอนต่างๆ ของการแก้ปัญหา สังเกตความคิดของตนเอง และใช้เกณฑ์ที่เหมาะสมในการคิด 13) วัตถุประสงค์ความรู้ ระดับความรู้ และความเป็นผู้รู้ของผู้อื่น 14) ใช้วิธีพูดที่เหมาะสมในการอธิบายและเสนอความคิดเห็น และ15) ใช้หรือมีปฏิกิริยาต่อแนวความคิดหรือความเชื่อที่ผิด ๆ ด้วยวิธีที่เหมาะสม

แนวคิดของบลูคฟิลด์ (Brookfield. 1987: 12-21) ระบุว่าพฤติกรรมของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีดังนี้ 1) มีอิสระในการเรียนรู้ (Emancipatory Learning) บุคคลมีอิสระจากบุคคลสถาบัน หรือสิ่งแวดล้อมที่ปิดกั้นพวกเขาจากแนวทางใหม่ๆ มีอิสระจากการถูกควบคุม การรับเอง และการกำหนดวิถีชีวิต สังคม และโลกของเขาเอง 2) มีกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล (Dialectical Thinking) ผู้ที่มีการคิดอย่างมีเหตุผล จะสามารถตัดสินเกี่ยวกับหลักเกณฑ์ในการดำเนินชีวิตของ

ตัวเองได้อย่างเหมาะสม โดยมีพื้นฐานบนความเป็นจริง ความเป็นจริงนี้มีลักษณะเป็นที่ประจักษ์และสัมพันธ์เชื่อมโยงกับสิ่งที่เกิดขึ้นมาก่อน ไม่ใช่สิ่งที่คงที่ ไม่ได้สมบูรณ์แน่นอน เด็ดขาด อย่างใดอย่างหนึ่งตลอดไป และ3) สะท้อนผลการเรียนรู้ (Reflective Learning) เป็นกระบวนการสำรวจ ตรวจสอบ ในประเด็นที่เกี่ยวข้อง ใช้ประสบการณ์ในการรับรู้อย่างชัดเจน และมีความหมายในทางสร้างสรรค์ นำไปสู่ความเข้าใจที่ลึกซึ้งในประสบการณ์ใหม่โดยการเปลี่ยนพฤติกรรมของบุคคล เป็นไปอย่างสอดคล้อง เหมาะสมกับความสัมพันธ์เชื่อมโยงของสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้น มีลักษณะปฏิเสธการยอมรับ การตัดสินใจใดๆ ในลักษณะที่ว่าเป็นช่องทางเดียวสำหรับเรื่องนั้น

แนวคิดพื้นฐานสำหรับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Foundation For Critical Thinking) พทรุที อาชวอำรุง (2542) เสนอว่า พฤติกรรมของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ นั้นควรประกอบไปด้วย 1) มีความชัดเจน (Clarity) คือ สามารถอธิบายได้ แสดงให้เห็นถึงความหมาย ยกตัวอย่างได้ 2) มีความแม่นยำ (Accuracy) คือ สามารถหาวิธี ขั้นตอนตรวจสอบ พิสูจน์ความจริง 3) มีความเที่ยงตรง (Precision) คือ สามารถบอกรายละเอียดที่มีความเฉพาะเจาะจง 4) มีความเกี่ยวเนื่อง (Relevance) คือ สามารถบอกความสัมพันธ์กับปัญหา ที่เป็นพื้นฐานของคำถาม ช่วยในการพิจารณาปัญหาได้ 5) มีความลุ่มลึก (Depth) คือ สามารถบอกปัจจัยที่ทำให้เรื่องยุ่งยาก ซับซ้อน และเป็นอุปสรรค 6) มีความกว้าง (Breadth) คือ สามารถบอกเหตุผลของการพิจารณาปัญหาจากแง่มุมอื่น ประเด็นอื่น หรือแนวทางอื่น 7) ความมีตรรกะ (Logically) คือ สามารถพิจารณาความเป็นเหตุ เป็นผล สรุปความสัมพันธ์ได้ และ8) ความมีนัยสำคัญ (Significance) คือ สามารถระบุ เรียงลำดับความสำคัญของปัญหา

แนวคิดของทิสนา แคมมณี (2544) ซึ่งกล่าวถึงพฤติกรรมของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ไว้ดังนี้ 1) สามารถกำหนดเป้าหมายในการคิดอย่างถูกต้อง 2) สามารถระบุประเด็นในการคิดได้อย่างชัดเจน 3) สามารถประมวลข้อมูล ทั้งด้านข้อเท็จจริงและความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่คิด ทั้งทางกว้าง ลึก และไกล 4) สามารถวิเคราะห์ข้อมูล และเลือกข้อมูลที่จะนำมาคิดได้ 5) สามารถประเมินข้อมูลได้ 6) สามารถใช้หลักเหตุผลในการพิจารณาข้อมูลและคำตอบหรือทางเลือกที่สมเหตุสมผลได้ และ7) สามารถเลือกทางเลือกหรือลงความเห็นในประเด็นที่คิดได้

จากข้อมูลแนวความคิดเกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ที่กล่าวมาทั้งหมด สามารถสรุปพฤติกรรมของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้ดังต่อไปนี้ 1) สามารถนิยามปัญหา 2) สามารถระบุความสัมพันธ์ของปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด 3) สามารถประมวลและแยกแยะข้อมูล 4) พิจารณาหาเหตุผลสำหรับทางเลือกในการตัดสินใจ และ5) สามารถสำรวจ ตรวจสอบผลของความน่าจะเป็นในการตัดสินใจ

กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณจำแนกได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ กระบวนการทำงานของการคิด (Mental Operations), การก่อเกิดความคิด (Disposition) และความรู้ (Knowledge) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (คันสนีย์ ฉัตรคุปต์และอุษา ชูชาติ. 2545: 32-37)

1. กระบวนการทำงานของการคิด (Mental Operations) ในส่วนนี้มีส่วนประกอบย่อย 2 ส่วน คือ 1) กระบวนการผสานความรู้ (Cognitive Operations) เป็นการนำทักษะพื้นฐานต่างๆ เช่น การวิเคราะห์ การเปรียบเทียบ การจัดหมวดหมู่ การพิจารณาจากข้อเท็จจริง มาใช้ย่อยข้อมูล พร้อมกับนำยุทธวิธีต่างๆ มาสร้างความรู้ใหม่ เช่น การตัดสินใจ การแก้ปัญหา การตรวจสอบสถานการณ์ การทดลอง เป็นต้น 2) กระบวนการจัดการและควบคุมความคิด (Metacognition Operations) เป็นกระบวนการที่สะท้อนความคิด โดยการปรับทักษะพื้นฐานและยุทธวิธีที่เกี่ยวข้องกับการคิด ประเมินผลการทำงานของความคิดตนเองและควบคุมกระบวนการทำงานของความคิด ปรับความคิดตามผลการประเมินทุกระยะ

2. การก่อเกิดความคิด (Disposition) ส่วนนี้เป็นผลอันเกิดจากกระบวนการทำงานของส่วนการรวบรวมและผสานความรู้และส่วนของการจัดการและควบคุมความคิด ซึ่งผู้ที่ก่อเกิดความคิดที่ดี จะนำไปสู่การคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยมีวิธีที่ส่งเสริมให้เกิดการคิดที่เป็นผลดีได้แก่ การเลือกใช้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ ไม่ด่วนตัดสินใจ มีการหาหลักฐานมาสนับสนุน รู้จักเปิดรับฟังเหตุผลและความคิดเห็น

3. ความรู้ (Knowledge) เป็นสิ่งที่ได้มาจากการจำ หรือนำความรู้ใหม่มาผสมผสานกับความรู้เดิม ซึ่งความรู้และความคิดเป็นสิ่งที่เกิดคู่กันเสมอ

สำหรับกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้น ได้มีผู้เสนอไว้หลากหลายแนวคิด ได้แก่ แนวคิดของเดรสเซลแอนด์เมย์ฮิว (Dressel; & Mayhew. 1957: 179-181) ได้กล่าวเกี่ยวกับกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ 5 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 นิยามปัญหา โดยมี 2 ส่วน คือ 1) การตระหนักถึงความเป็นไปของปัญหา ได้แก่ รับรู้ถึงเงื่อนไขที่มีความสัมพันธ์กันในสถานการณ์ การรู้ถึงความขัดแย้งและเรื่องราวที่สำคัญในสภาพการณ์ การระบุจุดเชื่อมต่อที่ขาดหายไปของเหตุการณ์ หรือความคิดและการรู้ถึงสภาพปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบ 2) การนิยามปัญหา ได้แก่ ระบุธรรมชาติของปัญหา เข้าใจถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องและจำเป็นในการแก้ปัญหา นิยามองค์ประกอบของปัญหาที่มีความยุ่งยากเป็นนามธรรมให้กลายเป็นรูปธรรมได้ จำแนกแยกแยะองค์ประกอบของปัญหาที่ซับซ้อนออกมาจัดกระทำได้ ระบุองค์ประกอบที่สำคัญของปัญหาและจัดลำดับให้เป็นขั้นตอน

ขั้นที่ 2 การเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา เป็นการเลือกข้อมูลที่มีความจำเป็นต่อการแก้ปัญหา จำแนกแหล่งข้อมูลที่สามารถเชื่อถือได้ ระบุข้อมูลที่เหมาะสมรับเลือกตัวอย่างข้อมูลที่เพียงพอ และจัดระเบียบข้อมูล

ขั้นที่ 3 การระบุข้อตกลงเบื้องต้น ได้แก่ ข้อตกลงเบื้องต้นที่ผู้อ้างเหตุผลไม่ได้กล่าวไว้ ข้อตกลงเบื้องต้นที่คัดค้านการอ้างเหตุผล และข้อตกลงเบื้องต้นที่ไม่เกี่ยวข้องกับการอ้าง

ขั้นที่ 4 การกำหนดและเลือกสมมติฐาน ประกอบด้วย การค้นหา การชี้แนะคำตอบ กำหนดสมมติฐานโดยอาศัยข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น การเลือกสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดมาพิจารณาเป็นอันดับแรก ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างสมมติฐานกับข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น การกำหนดสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ยังไม่ทราบและเป็นข้อมูลที่จำเป็น

ขั้นที่ 5 การสรุปอย่างสมเหตุสมผลและการตัดสินความสมเหตุสมผลของการคิดหาเหตุผล ประกอบด้วย 1) การลงสรุปอย่างสมเหตุสมผล โดยอาศัยข้อตกลงเบื้องต้น สมมติฐานและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การระบุเงื่อนไขที่จำเป็นและเพียงพอ การระบุความสัมพันธ์เชิงเหตุผล และการระบุและกำหนดข้อสรุป 2) การพิจารณาตัดสินความสมเหตุสมผลของกระบวนการที่นำไปสู่ข้อสรุป ได้แก่ การจำแนกการสรุปที่สมเหตุสมผลจากการสรุปที่อาศัยค่านิยม ความพึงพอใจ และความลำเอียง การจำแนกระหว่างการคิดหาเหตุผลที่มีข้อสรุปได้แน่นอน กับการคิดหาเหตุผลที่ไม่สามารถหาข้อสรุปที่เป็นข้อยุติได้ 3) กระประเมินข้อสรุปโดยอาศัยเกณฑ์การประยุกต์ใช้ ได้แก่ การระบุเงื่อนไขที่จำเป็นต่อการพิสูจน์ข้อสรุป การรู้ถึงเงื่อนไขที่ทำให้ข้อสรุปไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ และการตัดสินความเพียงพอของข้อสรุปในลักษณะที่เป็นคำตอบของปัญหา

ด้านแนวคิดของเอนนิส (Ennis. 1985: 45-48) กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้นมีดังนี้ การระบุประเด็นปัญหาการวิเคราะห์ข้อโต้แย้งการตั้งคำถามการพิจารณาความเชื่อถือของแหล่งข้อมูล การตัดสินข้อมูลการใช้เหตุผลในเชิงนิรนัยการใช้เหตุผลในเชิงอุปนัยการตัดสินคุณค่าการให้ความหมาย คำนิยามการระบุข้อสันนิษฐานการตัดสินใจ และการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น

แนวคิดของนีดเลอร์ (Kneeder. 1985: 277) ได้เสนอกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ 3 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นการนิยามและทำความเข้าใจปัญหา ได้แก่การระบุปัญหาหรือเรื่องที่สำคัญการเปรียบเทียบความคล้ายและความต่างของสิ่ง 2 สิ่งขึ้นไปการตัดสินระหว่างข้อมูลที่ชัดเจน/คลุมเครือ ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง/ไม่เกี่ยวข้อง ข้อมูลที่จำเป็น/ไม่จำเป็น และการตั้งคำถามที่จะนำไปสู่ความเข้าใจที่ลึกซึ้งและชัดเจนเกี่ยวกับเรื่องราวหรือสถานการณ์

2. การพิจารณาตัดสินข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับปัญหา ได้แก่การจำแนกความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริง ความคิดเห็นและการตัดสินอย่างมีเหตุผลการตัดสินว่า ข้อความหรือสัญลักษณ์ที่

กำหนดให้มันมีความสอดคล้องสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และสอดคล้องกับบริบททั้งหมดหรือไม่การระบุข้อสมมุติฐานที่ไม่ได้กล่าวไว้ในข้ออ้างเหตุผล การระบุความคิดที่คนยึดติดหรือความคิดดั้งเดิมเกี่ยวกับคน กลุ่มคนการระบุความมีอคติ ปัจจัยด้านอารมณ์ การโฆษณา การเข้าข้างตนเองการระบุความคล้ายคลึงและความแตกต่างระหว่างระบบค่านิยม และอุดมการณ์ที่แตกต่างกัน

3. การแก้ปัญหา/การลงข้อสรุป ได้แก่การระบุความเพียงพอของข้อมูล และการพยากรณ์ผลลัพธ์ที่อาจเป็นไปได้

กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของนีดเลอร์ (Kneeder) นั้น ได้มีความสอดคล้องกับกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของเพญพิศุทธิ์ เนคมานุรักษ์ (2536) ที่ได้มีการพัฒนากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

1. การนิยามปัญหา ซึ่งประกอบด้วยการกำหนดปัญหา การทำความเข้าใจกับปัญหา และการตระหนักถึงความมีอยู่ของปัญหา

2. การเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา ซึ่งประกอบด้วยการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล การหาหลักฐาน การตัดสินใจระหว่างข้อมูลที่ชัดเจนกับข้อมูลที่คลุมเครือ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง ข้อมูลที่จำเป็นกับไม่จำเป็น การพิจารณาความพอเพียงของข้อมูล การจัดระบบข้อมูล การระบุข้อสันนิษฐาน รวมถึงการตีความข้อเท็จจริงและสรุปอ้างอิง

3. การกำหนดสมมติฐาน การคิดถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ และเลือกสมมติฐานที่เป็นไปได้มากที่สุด

4. การลงสรุปอย่างสมเหตุสมผล โดยใช้หลักตรรกศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลและการพิจารณาตัดสินความสมเหตุสมผลของการคิดหาเหตุผลทั้งในด้านการอุปมานและอนุมาน

5. การประเมินผล โดยอาศัยเกณฑ์การประยุกต์ใช้ การพยากรณ์ผลลัพธ์ที่อาจเป็นไปได้ การทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมาอย่างน่าเชื่อถือ และการกำหนดความสมเหตุสมผล

6. การประยุกต์เป็นการทดสอบข้อสรุป การสรุปอ้างอิง การนำไปปฏิบัติ

แนวคิดของทิสนา แคมมณี (2544) ระบุว่ากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีดังนี้

1. สามารถตั้งเป้าหมายในการคิด

2. สามารถระบุประเด็นในการคิด

3. สามารถประมวลข้อมูล ทั้งด้านข้อเท็จจริงและความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่คิด ในแนวทางกว้าง ลึก และไกล

4. สามารถวิเคราะห์, จำแนก, จัดหมวดหมู่ และเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้

5. สามารถประเมินข้อมูลที่จะใช้ ทั้งในแง่ความถูกต้อง ความเพียงพอ และความน่าเชื่อถือ

6. สามารถใช้หลักเหตุผลในการพิจารณาข้อมูล เพื่อแสวงหาทางเลือกหรือคำตอบที่สมเหตุสมผลตามข้อมูลที่มี

7. สามารถเลือกทางเลือกที่เหมาะสม จากการพิจารณาถึงผลที่จะตามมา รวมทั้งคุณค่าและความหมายที่แท้จริงของสิ่งนั้น

8. สามารถคำนวณผลได้ ผลเสีย คุณและโทษ ทั้งระยะสั้นและระยะยาว

9. สามารถทบทวน ไตร่ตรอง อย่างรอบคอบ

10. สามารถประเมินทางเลือกและลงความเห็นเกี่ยวกับประเด็นที่คิด

แนวคิดของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ได้ศึกษามาข้างต้น มีขั้นเริ่มต้นที่คล้ายคลึงกัน คือ การระบุหรือนิยามปัญหา จากนั้นจึงเป็นขั้นตอนการพิจารณาข้อมูล โดยการวิเคราะห์ข้อมูล ประเมินความสัมพันธ์ของข้อมูล ความพอเพียงของข้อมูล ความสมเหตุสมผลของข้อมูล แล้วจึงมีการตั้งสมมติฐานหรือข้อสันนิษฐาน โดยมีการกำหนดกฎเกณฑ์ ข้อตกลงเบื้องต้น แล้วทำการตัดสินใจการแก้ปัญหา ทำการลงข้อสรุป นอกจากนี้อาจมีการประเมินผลการลงข้อสรุป ดังตาราง 1 ที่แสดงรายละเอียดกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ตาราง 1 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Dressel& Mayhew 1957	Ennis 1985	Kneedler 1985	เพ็ญพิศุทธิ์ เนคมานุรักษ์ 2536	ทศนา แชนมณี 2544
1.การนิยามปัญหา 2. การเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา 3.การระบุข้อตกลงเบื้องต้น 4.การกำหนดและเลือกสมมติฐาน 5.การสรุปอย่างสมเหตุสมผลและการตัดสินใจ ตัดสินความสมเหตุสมผลของการคิดหาเหตุผล	1.การระบุประเด็นปัญหา 2.การวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง 3.การตั้งคำถาม 4.การพิจารณาความเชื่อถือของแหล่งข้อมูล 5.การตัดสินใจข้อมูล 6.การใช้เหตุผลในเชิงนิรนัย 7.การใช้เหตุผลในเชิงอุปนัย 8.การตัดสินใจคุณค่า 9.การให้ความหมาย คำนิยาม 10.การระบุข้อสันนิษฐาน 11.การตัดสินใจ 12.การปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น	1. การนิยามและทำความเข้าใจกับปัญหา 2.การพิจารณาตัดสินข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับปัญหา 3. การแก้ปัญห/การลงข้อสรุป	1.การนิยามปัญหา 2.การเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา 3.การกำหนดสมมติฐาน 4. การลงสรุปอย่างสมเหตุสมผล 5.การประเมินผล 6.การประยุกต์	1. การตั้งเป้าหมายในการคิด 2. การระบุประเด็นในการคิด 3. การประมวลข้อมูล 4.การวิเคราะห์, จำแนก, จัดหมวดหมู่ และเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้ 5.การประเมินข้อมูลที่จะใช้ 6.การใช้หลักเหตุผลในการพิจารณาข้อมูล 7.การเลือกทางเลือกที่เหมาะสม 8. การคำนวณผลได้ ผลเสีย 9.การทบทวน ไตร่ตรอง อย่างรอบคอบ 10.การประเมินทางเลือกและลงความเห็นเกี่ยวกับประเด็นที่คิด

จากข้อมูลกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่กล่าวมา สามารถสรุปเป็นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ดังต่อไปนี้

1. การระบุประเด็นปัญหา (Identify Issue) เป็นการวิเคราะห์และระบุประเด็นปัญหาจากข้อความหรือสถานการณ์ต่างๆ
2. การพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล (Credibility Of Information) เป็นการประเมินข้อมูลด้านความถูกต้อง ความน่าเชื่อถือ ความพอเพียงและความเป็นปัจจุบันของข้อมูล พร้อมทั้งระบุเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินข้อมูลได้
3. การระบุลักษณะข้อมูล (Identify Information) เป็นการจำแนกความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงกับข้อคิดเห็น การระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา และการระบุข้อตกลงเบื้องต้นของข้อมูล
4. การลงความเห็นจากข้อมูล (Making Inferences) เป็นการลงความเห็นเพื่อสรุปข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่อย่างสมเหตุสมผล
5. การตัดสินใจ (Making Decision) เป็นการพิจารณาความน่าเชื่อถือและสมเหตุสมผลของข้อสรุปจากข้อมูลหรือหลักฐานที่มีและตัดสินใจ รวมทั้งประเมินผลการตัดสินใจ

1.2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

ความหมายการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

เนื่องจากการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นรูปแบบการคิดแบบหนึ่งที่มีเจตคติต่อการแสวงหาความรู้และการหาหลักฐานอ้างอิงมาอนุมานสรุปใจความสำคัญ เพื่อหาข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ โดยเน้นกระบวนการพิจารณา ไตร่ตรองอย่างรอบคอบ ประเมินข้อมูลหลักฐานอย่างมีเหตุผลโดยใช้เกณฑ์ที่กำหนด เพื่อการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล เช่น ตัดสินใจว่าเชื่อหรือไม่เชื่อ ทำหรือไม่ทำ เป็นต้น จากนั้นจึงจะลงมือปฏิบัติหรือนำไปใช้ในการแก้ปัญหา และเนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหา การฝึกฝนให้ผู้เรียนได้พัฒนาการคิดอย่างหลากหลายแนวทาง ได้แก่ ทางด้านการใช้ถ้อยคำ (Verbal) โดยใช้หลักทางภาษาศาสตร์ ผ่านการพูด การใส่คำพูด ทางด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล (Inter-Personal) เรียนรู้ผ่านการทำงานร่วมกับผู้อื่น แลกเปลี่ยนความคิดเห็น การถามและอภิปรายปัญหาร่วมกัน ทางด้านกายภาพ (Physical) คือการใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ทำงานได้อย่างเหมาะสม ทางด้านการมองเห็น (Visual) คือการสร้างแผนภูมิเพื่อมองปัญหา มองรูปแบบและทรวงวัตถุด้วยประสาทสัมผัสทางตา การสื่อสารด้วยกราฟ และทางด้านสัญลักษณ์ (Symbolic) คือการเขียนคำและสัญลักษณ์ที่เป็นนามธรรมไปสู่การแปลความหมาย การแปลงโจทย์ปัญหาเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์. 2555, สถาบันส่งเสริมการสอน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555, Dewey.1997, Dressel.1957, Ennis.1985; อ้างอิงจากสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2540, Good.1973, Halpern.1996, Watson; & Glaser.1964)

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เป็นการหาความชัดเจนของปัญหาและพิจารณาตรวจสอบ ไตร่ตรองข้อมูลที่เกี่ยวข้องทางคณิตศาสตร์อย่างละเอียดรอบคอบ ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดำเนินการหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล และสามารถสื่อสาร อภิปรายร่วมกับผู้อื่น

พฤติกรรมของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

เนื่องจาก ฟอว์เซทท์ ได้นำแนวคิดในการให้ผู้เรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ผ่านประสบการณ์ของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยมีขั้นตอน (Marcut. 2005) ดังนี้

1. ระบุคำสำคัญ ข้อความสำคัญ และตั้งคำถามด้วยความรอบคอบ
2. ค้นหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อสรุปที่ต้องการให้ยอมรับ
3. วิเคราะห์หลักฐานและสมมุติฐานอื่นที่แตกต่าง
4. รับรู้สิ่งที่ระบุไว้และเข้าใจสมมุติฐานสำคัญที่นำไปสู่ข้อสรุป
5. การประเมิน การยอมรับและการปฏิเสธสมมุติฐานอื่น
6. การประเมินข้อโต้แย้ง การยอมรับ หรือการปฏิเสธข้อสรุป
7. ตรวจสอบสมมุติฐานต่อเนื่องซ้ำหลังจากเชื่อและดำเนินการ

ในเวลาต่อมา มาร์คัท (Marcut) ได้มีแนวคิดที่คล้ายคลึงกันกับ ฟอว์เซทท์ แต่มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในวิธีการสำคัญที่ผู้คนมีแนวโน้มกำหนดการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามบริบทของการศึกษาคณิตศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์นั้น ต้องการให้ผู้เรียนสื่อสารแสดงออกถึงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ส่งเสริมให้ร่วมกันแก้ไขปัญหา ให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ซึ่งทักษะทั้งหลายเหล่านี้จะเกิดขึ้นในขั้นตอนการเรียนรู้ในชั้นเรียน ดังนั้นผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์จะมีพฤติกรรม ดังต่อไปนี้ (Marcut. 2005)

1. สามารถจัดการและรวบรวมความคิดทางคณิตศาสตร์ผ่านการสื่อสาร
2. สามารถสื่อสารความคิดทางคณิตศาสตร์ถึงความสอดคล้องและความชัดเจนกับผู้อื่น
3. สามารถวิเคราะห์และประเมินการคิดทางคณิตศาสตร์และกลยุทธ์ของผู้อื่น
4. สามารถใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์แสดงความคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างแม่นยำ

กระบวนการการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

สำหรับกระบวนการการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์นั้น ผู้วิจัยได้ยึดหลักกระบวนการจากการสรุปกระบวนการการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่กล่าวมาข้างต้น โดยนำมาบูรณาการกับคณิตศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

1. การระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Identify Issue For Mathematics) เป็นการวิเคราะห์และระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์จากข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. การพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลทางคณิตศาสตร์ (Credibility Information For Mathematics) เป็นการประเมินข้อมูลด้านความถูกต้องทางคณิตศาสตร์ ความน่าเชื่อถือ ความพอเพียงของข้อมูล พร้อมทั้งระบุเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินข้อมูลทางคณิตศาสตร์ได้
3. การระบุลักษณะข้อมูลทางคณิตศาสตร์ (Identify Information For Mathematics) เป็นการระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา และการระบุข้อตกลงเบื้องต้นของข้อมูลทางคณิตศาสตร์
4. การลงความเห็นจากข้อมูลทางคณิตศาสตร์ (Making Inferences For Mathematics) เป็นการลงความเห็นทางคณิตศาสตร์เพื่อสรุปข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่อย่างสมเหตุสมผล
5. การตัดสินใจทางคณิตศาสตร์ (Making Decision for Mathematics) เป็นการพิจารณาความน่าเชื่อถือและความสมเหตุสมผลของข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ จากข้อมูลหรือหลักฐานที่มีเพื่อการตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง

ในส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์นั้น ได้มีผู้ทำการศึกษาวิจัยไว้ดังนี้ มาเรีย ซิเมนา โรฆาสเอ็ม.เอ (Maria Ximena Rojas M.A.2011) ได้ทำการศึกษาถึงการกระตุ้นให้เกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 2 โดยศึกษากับกลุ่มตัวอย่างในโรงเรียนสองภาษา เมืองโบโกตา ประเทศสเปน เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณในการเข้าใจโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้กลยุทธ์การระบุปัญหาและหาข้อมูลที่มีความหมาย เน้นคำสำคัญ การมองภาพปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้เรียนกระตุ้นการเรียนรู้ของพวกเขา ผลการนำกลยุทธ์เหล่านี้ไปใช้ทำให้ผู้เรียนมีแนวโน้มของความมั่นใจในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นและกลายเป็นักเรียนคณิตศาสตร์ที่มีความสามารถมากขึ้นด้วย และไอนาฟ (Aizikovitsh-Udi. 2012) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการศึกษาคณิตศาสตร์ ในหัวข้อความน่าจะเป็นในชีวิตประจำวันของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อายุระหว่าง 15 –16 ปี จำนวน 55 คน ซึ่งมีวัฒนธรรมและระดับเศรษฐกิจที่แตกต่างกัน มีการเก็บข้อมูลแบบสามเ้า ได้แก่ การสัมภาษณ์ ผลงานนักเรียน และเอกสารที่ทำการ

บันทึกและวิเคราะห์แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดลอง โดยใช้การสอนที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน จากข่าวหนังสือพิมพ์ และการสำรวจ ร่วมกับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ค้นคว้าหาข้อมูลในการอ้างอิง ซึ่งผลจากวิธีการสอนนี้ทำให้นักเรียนมีทักษะทางปัญญา การคิดความคิดรวบยอด ความมั่นคงขององค์ความรู้ และมีความเชื่อมั่นในตนเอง

สำหรับในประเทศไทย ได้มีการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องความน่าจะเป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์และการสอนตามปกติโดยนิตยา ฉิมวงศ์ (2549) ซึ่งผลการศึกษาพบว่าผู้เรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องความน่าจะเป็น หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติ

จากการศึกษางานวิจัยที่กล่าวมา สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ มีดังต่อไปนี้ 1) การกระตุ้นให้คิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยทำความเข้าใจโจทย์ ใช้กลยุทธ์ในการระบุปัญหาและหาข้อมูลที่มีความหมาย 2) การสอนที่เชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันร่วมกับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 3) สนับสนุนให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น 4) ให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

2. ธรรมชาติของคณิตศาสตร์

ความหมายของคณิตศาสตร์

คณิตศาสตร์ เป็นคำแปลมาจาก Mathematics หมายถึง สิ่งที่เราเรียนรู้หรือความรู้ ความมีระเบียบและความกลมกลืนที่เกิดขึ้นภายใน คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ของการคำนวณและการวัด การใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เป็นภาษาสากลเพื่อความหมายและเข้าใจได้ สามารถใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องพิสูจน์อย่างมีเหตุผลว่า สิ่งที่เราคิดค่านึงเป็นจริงหรือไม่ สามารถนำไปแก้ปัญหาในทางวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและอุตสาหกรรมต่าง ๆ คณิตศาสตร์เป็นลักษณะภาษาสื่อความหมายได้ชัดเจน และมีลักษณะเป็นวิทยาศาสตร์ โดยสร้างแบบจำลองและศึกษาความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ เช่น เรขาคณิตแบบยูคลิด ปรากฏการณ์ทางพันธุกรรม สามารถอธิบายได้ในเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้เมตริกซ์ การเพิ่มของประชากรสามารถอธิบายในเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้เลขยกกำลัง เป็นต้น ความมีลักษณะเป็นวิทยาศาสตร์ของคณิตศาสตร์นั้นเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปดังเช่น “คณิตศาสตร์เป็นราชินีของวิทยาศาสตร์” และคณิตศาสตร์ยังมีลักษณะเป็นวิชาตรรกวิทยา เป็นวิชาที่ว่าด้วยเหตุผลและศึกษาระบบ ซึ่งสร้างโดยอาศัยข้อตกลงใช้เหตุผลตามลำดับ

ชั้น คือทุกชั้นตอนเป็นเหตุเป็นผลต่อกันมีความสัมพันธ์กันอย่างแยกไม่ออก เราจะเห็นว่าคณิตศาสตร์นั้นเริ่มต้นด้วยเรื่องง่าย ๆ และอธิบายข้อคิดต่าง ๆ ที่สำคัญ ซึ่งเริ่มต้นด้วยอธิบาย จุด เส้นตรง ระนาบ เรื่องอันเป็นพื้นฐานเหล่านี้นำไปสู่เรื่องต่อไป นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นศิลปะอย่างหนึ่งด้วยเช่นกัน(ราชบัณฑิตยสถาน. 2530: 99, สมทรง สุวพานิช.2541 : 4-5, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2537: 5)

คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์การเรียนรู้ที่เป็นนามธรรม อาศัยการให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผล ปราศจากข้อขัดแย้งใด โครงสร้างของคณิตศาสตร์ประกอบด้วยคำที่เป็นนิยาม บทนิยาม และ สัจพจน์ แล้วพัฒนาเป็นทฤษฎีบทต่าง ๆ โดยอาศัยการให้เหตุผลอย่าง สมเหตุสมผลปราศจากข้อขัดแย้งใด ๆ คณิตศาสตร์เป็นระบบที่มีความคงเส้นคงวา มีความเป็นอิสระและมีความสมบูรณ์ในตัวเอง

ดังนั้น จึงสามารถสรุปธรรมชาติของคณิตศาสตร์ได้ดังนี้(ยุพิน พิพิธกุล. 2524: 1-2, พิเศษ ศิริอำไพ.2533: 1-2, กรมวิชาการ. 2539: 4-5, สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ. 2540: 1)

1. คณิตศาสตร์เป็นนามธรรม (Abstract) เป็นเรื่องของความคิด คำทุกคำ ประโยคทุกประโยคในวิชาคณิตศาสตร์ว่าด้วยนามธรรมทั้งสิ้น เนื่องจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เริ่มต้นจากนิยามที่เป็นนามธรรม เช่น 1 เป็นนิยามซึ่งเป็นนามธรรม

2. คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์เกี่ยวกับความคิดรวบยอด (Concept) ความคิดรวบยอดนี้เป็นการสรุปข้อคิดที่เหมือนกัน อันเกิดจากประสบการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น ของสองหมู่ ถ้าจับหนึ่งต่อหนึ่งได้พอดีแสดงว่าจำนวนเท่ากัน

3. คณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นตรรกศาสตร์ เป็นการศึกษาถึงกระบวนการความสัมพันธ์แสดงความเป็นเหตุเป็นผลต่อกันทุกชั้นตอนของความคิด เช่น $2 \times 3 = 3 \times 2$

4. คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการคิดช่วยให้เรามีกลยุทธ์ในการจัดวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูลและมีการพิสูจน์อย่างมีเหตุผลว่าสิ่งที่คิดเป็นจริงหรือไม่เป็นเครื่องมือที่ใช้ฝึกทักษะสมอง ซึ่งสามารถช่วยให้เกิดการกระทำในการคิดคำนวณ การแก้ปัญหา

5. คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีโครงสร้างที่มีเหตุผล ใช้อธิบายข้อคิดต่าง ๆ ที่สำคัญได้ เช่น สัจพจน์ คุณสมบัติ กฎ ทำให้เกิดความคิดที่เป็นรากฐานในการพิสูจน์เรื่องอื่น ๆ ต่อไป

6. คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่ใช้สัญลักษณ์เป็นภาษาสากล มีการกำหนดสัญลักษณ์ที่รัดกุมและสื่อความหมายได้ถูกต้องโดยใช้ตัวอักษรแสดงความหมายแทนความคิด เป็นเครื่องมือในการฝึกสมอง ช่วยให้เกิดการกระทำในการคิดคำนวณ การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เช่น $5 - 2 = 3$ ทุกคนต้องมีความเข้าใจว่าหมายถึงอะไร จะได้คำตอบเป็นอย่างเดียวกัน

7. คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีแบบแผนและรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการคิดในเรื่องใดก็ตามทุกขั้นตอนจะตอบได้และจำแนกออกมาให้เห็นจริงได้

8. คณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นปรนัยอยู่ในตัวเอง มีความถูกต้องเพียงตรงสามารถพิสูจน์หรือทดสอบได้ด้วยเหตุผลและการใช้กฎเกณฑ์ที่แน่นอน เช่น $4 + 1 = ?$

9. คณิตศาสตร์เป็นศิลปะอย่างหนึ่ง ความงามของคณิตศาสตร์คือ ความเป็นระเบียบและกลมกลืน

10. คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือที่นักคณิตศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ใช้และเป็นสิ่งที่ทุกคนใช้ในชีวิตประจำวัน

11. คณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นวิทยาศาสตร์ โดยสร้างแบบจำลองและศึกษาความสัมพันธ์ของปรากฏต่าง ๆ มีการพิสูจน์ ทดลอง หรือสรุปอย่างมีเหตุผลตามความจริง

จากธรรมชาติของคณิตศาสตร์ที่มีความสำคัญ เป็นเครื่องมือในการพัฒนาการคิด สร้างให้คนมีเหตุผล โดยทักษะการคิดมี 3 ระดับ คือ 1) ทักษะคิดขั้นพื้นฐาน ส่วนใหญ่เป็นทักษะการสื่อความหมาย เช่น การฟัง การอ่าน การเขียน การรับรู้ การจดจำ การอธิบาย เป็นต้น 2) ทักษะการคิดทั่วไป เป็นทักษะที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การสังเกต การสำรวจ การตั้งคำถาม การจำแนกแยกแยะ การเปรียบเทียบ การจัดลำดับ การจัดหมวดหมู่ การตีความ การเชื่อมโยง การให้เหตุผล เป็นต้น และ 3) ทักษะการคิดขั้นสูง เป็นการคิดที่มีความซับซ้อนต้องอาศัยการคิดขั้นพื้นฐานและการคิดทั่วไป ตัวอย่างการคิดขั้นสูง ได้แก่ การคิดสร้างสรรค์ การคิดตัดสินใจ การคิดแก้ปัญหา การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นต้น การพัฒนาบุคคลให้มีการคิดขั้นสูงต้องมีการคิดพื้นฐานที่ชำนาญพอสมควร ซึ่งคณิตศาสตร์กับการคิดมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน ฉะนั้น คณิตศาสตร์จึงสามารถนำมาบูรณาการกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ เป็นการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการศึกษาโดยนำสาระสำคัญของคณิตศาสตร์และกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมาบูรณาการเข้าด้วยกัน โดยมีเป้าหมายให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามสาระมาตรฐานและตัวชี้วัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

สาระ มาตรฐานและตัวชี้วัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อนำความรู้ ทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหา การดำเนินชีวิต และศึกษาต่อ การมีเหตุผล มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ พัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ และสร้างสรรค์ ซึ่งคุณภาพของนักเรียนเมื่อเรียนคณิตศาสตร์จบในแต่ละระดับ (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551: 13) มีดังนี้

1. เมื่อจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผู้เรียนจะต้องมีคุณภาพ ดังนี้

1.1 มีความรู้ความเข้าใจและความรู้สึกเชิงจำนวนเกี่ยวกับจำนวนนับไม่เกินหนึ่งแสน และศูนย์ และการดำเนินการของจำนวน สามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบวก การลบ การคูณ และการหาร พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้

1.2 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความยาว ระยะทาง น้ำหนัก ปริมาตร ความจุ เวลา และเงิน สามารถวัดได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม และนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้

1.3 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม รูปวงกลม รูปวงรี ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ทรงกลม ทรงกระบอก รวมทั้ง จุด ส่วนของเส้นตรง รังสี เส้นตรง และมุม

1.4 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบรูป และอธิบายความสัมพันธ์ได้

1.5 รวบรวมข้อมูลและจำแนกข้อมูลเกี่ยวกับตนเองและสิ่งแวดล้อมใกล้ตัวที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน และอธิบายประเด็นต่างๆ จากแผนภูมิภาพและแผนภูมิแท่งได้

1.6 ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผล ได้อย่างเหมาะสม และการนำเสนอได้อย่างถูกต้อง เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์และเชื่อมโยง คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ มีความคิดสร้างสรรค์

2. เมื่อจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้เรียนจะต้องมีคุณภาพ ดังนี้

2.1 มีความรู้ความเข้าใจและความรู้สึกเชิงจำนวนเกี่ยวกับจำนวนนับและศูนย์ เศษส่วน ทศนิยมไม่เกินสามตำแหน่ง ร้อยละ การดำเนินการของจำนวน สมบัติเกี่ยวกับจำนวน สามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบวก การลบ การคูณ การหารจำนวนนับ เศษส่วน ทศนิยมไม่เกินสามตำแหน่ง และร้อยละ พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ สามารถหาค่าประมาณของ จำนวนนับและทศนิยมไม่เกินสามตำแหน่งได้

2.2 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตร ความจุ เวลา เงิน ทิศ แผนที่ และขนาดของมุม สามารถวัดได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม และนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้

2.3 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม รูปวงกลม ทรงสี่เหลี่ยม ทรงกระบอก กรวย ปริซึม พีระมิด มุม และเส้นขนาน

2.4 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบรูป และอธิบายความสัมพันธ์ได้ แก้ปัญหาเกี่ยวกับแบบรูป สามารถวิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหา พร้อมทั้งเขียนให้อยู่ในรูปของสมการเชิงเส้นที่มีตัวแปรค่าหนึ่งตัวและแก้สมการนั้นได้

2.5 รวบรวมข้อมูล อภิปรายประเด็นต่างๆ จากแผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิแท่ง แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบ แผนภูมิวงกลม กราฟเส้น และตาราง และนำเสนอข้อมูลในรูปของแผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิแท่ง แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบ แผนภูมิวงกลม และกราฟเส้น ใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นเบื้องต้นในการคาดคะเนการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ต่างๆ ได้

2.6 ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ และสรุปผลได้อย่างเหมาะสม ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ มีความคิดสร้างสรรค์

3. เมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้เรียนจะต้องมีคุณภาพ ดังนี้

3.1 มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนจริง มีความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม รากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง สามารถดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยม เลขยกกำลัง รากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง ใช้การประมาณค่าในการดำเนินการและแก้ปัญหาและนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนไปใช้ในชีวิตจริงได้

3.2 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นที่ผิวของปริซึม ทรงกระบอก และปริมาตรของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวย และทรงกลม เลือกใช้หน่วยการวัดในระบบต่างๆ เกี่ยวกับความยาว พื้นที่ และปริมาตรได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งสามารถนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้ในชีวิตจริงได้

3.3 สามารถสร้างและอธิบายขั้นตอนการสร้างรูปเรขาคณิตสองมิติ โดยใช้วงเวียนและเส้นตรง อธิบายลักษณะและสมบัติของรูปเรขาคณิตสามมิติ ซึ่งได้แก่ ปริซึม พีระมิด ทรงกระบอก กรวย และทรงกลมได้

3.4 มีความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของความเท่ากันทุกประการ และความคล้ายของรูปสามเหลี่ยม เส้นขนาน ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ และสามารถนำสมบัติเหล่านั้นไปใช้ในการให้เหตุผลและแก้ปัญหาได้ มีความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลงทางเรขาคณิต (Geometric Transformation) ในเรื่องการเลื่อนขนาน (Translation) การสะท้อน (Reflection) และการหมุน (Rotation) และการนำไปใช้

3.5 สามารถนิยามและอธิบายลักษณะของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ

3.6 สามารถวิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ของแบบรูป สถานการณ์หรือปัญหาและสามารถใช้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และกราฟในการแก้ปัญหาได้

3.7 สามารถกำหนดประเด็น เขียนข้อคำถามเกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์ กำหนดวิธีการศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูลและนำเสนอข้อมูลโดยใช้แผนภูมิรูปวงกลม หรือรูปแบบอื่นที่เหมาะสมได้

3.8 เข้าใจค่ากลางของข้อมูลในเรื่องค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยมของข้อมูลที่ยังไม่ได้แจกแจงความถี่ และเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม รวมทั้งใช้ความรู้ในการพิจารณาข้อมูลข่าวสารทางสถิติ

3.9 เข้าใจเกี่ยวกับการทดลองสุ่ม เหตุการณ์ และความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ สามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์และประกอบการตัดสินใจในสถานการณ์ต่างๆ ได้

3.10 ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา ใช้ความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสารการสื่อความหมายและการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและชัดเจน เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์และนำความรู้หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

4. เมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้เรียนจะต้องมีคุณภาพ ดังนี้

4.1 มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับระบบจำนวนจริงค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริงจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์และจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะหาค่าประมาณของจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์และจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังโดยใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสมและสามารถนำสมบัติของจำนวนจริงไปใช้ได้

4.2 นำความรู้เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติไปใช้คาดคะเนระยะทางความสูงและแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัดได้

4.3 มีความคิดรวบยอดในเรื่องเซตการดำเนินการของเซตและใช้ความรู้เกี่ยวกับแผนภาพเวนน-ออยเลอร์แสดงเซตไปใช้แก้ปัญหาและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผล

4.4 เข้าใจและสามารถใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัยได้

4.5 มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับความสัมพันธ์และฟังก์ชันสามารถใช้ความสัมพันธ์และฟังก์ชันแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้

4.6 เข้าใจความหมายของลำดับเลขคณิตลำดับเรขาคณิตและสามารถหาพจน์ทั่วไปได้ เข้าใจความหมายของผลบวกของ n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิตอนุกรมเรขาคณิตและหาผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิตและอนุกรมเรขาคณิตโดยใช้สูตรและนำไปใช้ได้

4.7 รู้และเข้าใจการแก้สมการและอสมการตัวแปรเดียวดีกรีไม่เกินสองรวมทั้งใช้กราฟของสมการอสมการหรือฟังก์ชันในการแก้ปัญหา

4.8 เข้าใจวิธีการสำรวจความคิดเห็นอย่างง่ายเลือกใช้ค่ากลางได้เหมาะสมกับข้อมูลและวัตถุประสงค์สามารถหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตมัธยฐานฐานนิยมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและเปอร์เซ็นต์ไทล์ของข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลและนำผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลไปช่วยในการตัดสินใจ

4.9 เข้าใจเกี่ยวกับการทดลองสุ่มเหตุการณ์และความน่าจะเป็นของเหตุการณ์สามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ประกอบการตัดสินใจและแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆได้

4.10 ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหาใช้ความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆได้อย่างเหมาะสมให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสมใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสารการสื่อความหมายและการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและชัดเจนเชื่อมโยงความรู้ต่างๆในคณิตศาสตร์และนำความรู้หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆและมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 ได้กำหนดสาระ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดชั้นปีในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นไว้ดังนี้ (หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551: 13)

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ ความคิดรวบยอดและความรู้สึกเชิงจำนวน ระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วน ร้อยละ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวน และการใช้จำนวนในชีวิตจริง

ตาราง 2 มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

ตัวชี้วัดชั้นปี		
ม.1	ม.2	ม.3
1. ระบุหรือยกตัวอย่างและเปรียบเทียบจำนวนเต็มบวก จำนวนเต็มลบศูนย์เศษส่วนและทศนิยม 2. เข้าใจเกี่ยวกับเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็มและเขียนแสดงจำนวนให้อยู่ในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ (scientific notation)	1. เขียนเศษส่วนในรูปทศนิยมและเขียนทศนิยมซ้ำในรูปเศษส่วน 2. จำแนกจำนวนจริงที่กำหนดให้และยกตัวอย่างจำนวนตรรกยะและจำนวนอตรรกยะ 3. อธิบายและระบุรากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริง 4. ใช้ความรู้เกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละในการแก้โจทย์ปัญหา	-

ตาราง 3 มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์
ระหว่างการดำเนินการต่างๆและใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

ตัวชี้วัดชั้นปี		
ม.1	ม.2	ม.3
1. บวกลบคูณหารจำนวนเต็มและนำไปใช้แก้ปัญหาตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบอธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการบวกการลบการคูณการหารและบอกความสัมพันธ์ของการบวกกับการลบการคูณกับการหารของจำนวนเต็ม 2. บวกลบคูณหารเศษส่วนและทศนิยมและนำไปใช้แก้ปัญหาตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบอธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการบวก การลบ การคูณ การหารและบอกความสัมพันธ์ของการบวกกับการลบการคูณกับการหารของเศษส่วนและทศนิยม 3. อธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการยกกำลังของจำนวนเต็มเศษส่วนและทศนิยม 4. คูณและหารเลขยกกำลังที่มีฐานเดียวกันและเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม	1. หารากที่สองและรากที่สามของจำนวนเต็มโดยการแยกตัวประกอบและนำไปใช้ในการแก้ปัญหาพร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ 2. อธิบายผลที่เกิดขึ้นจากการหารากที่สองและรากที่สามของจำนวนเต็มเศษส่วนและทศนิยมบอกความสัมพันธ์ของการยกกำลังกับการหารากของจำนวนจริง	-

ตาราง 4 มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา

ตัวชี้วัดชั้นปี		
ม.1	ม.2	ม.3
1. ใช้การประมาณค่าในสถานการณ์ต่างๆได้อย่างเหมาะสมรวมถึงใช้ในการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้จากการคำนวณ	1. หาค่าประมาณของรากที่สองและรากที่สามของจำนวนจริงและนำไปใช้ในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ	-

ตาราง 5 มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำเสนอสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

ตัวชี้วัดชั้นปี		
ม.1	ม.2	ม.3
1. นำความรู้และสมบัติเกี่ยวกับจำนวนเต็มไปใช้ในการแก้ปัญหา	1. บอกความเกี่ยวข้องของจำนวนจริงจำนวนตรรกยะและจำนวนอตรรกยะ	-

สาระที่ 2 การวัด ความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตรและความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่าง ๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

ตาราง 6 มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัดวัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด

ตัวชี้วัดชั้นปี		
ม.1	ม.2	ม.3
-	1. เปรียบเทียบหน่วยความยาว หน่วยพื้นที่ในระบบเดียวกันและต่างระบบและเลือกใช้หน่วยการวัดได้อย่างเหมาะสม 2. คาดคะเนเวลาระยะทางพื้นที่ ปริมาตรและน้ำหนักได้อย่าง ใกล้เคียงและอธิบายวิธีการที่ใช้ ในกาคาดคะเน 3. ใช้การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด ในสถานการณ์ต่างๆได้อย่าง เหมาะสม	1. หาพื้นที่ผิวของปริซึมและ ทรงกระบอก 2. หาปริมาตรของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิดกรวยและทรงกลม 3. เปรียบเทียบหน่วยความจุ หรือหน่วยปริมาตรในระบบ เดียวกันหรือต่างระบบและ เลือกใช้หน่วยการวัดได้อย่าง เหมาะสม 4. ใช้การคาดคะเนเกี่ยวกับการ วัดในสถานการณ์ต่างๆได้อย่าง เหมาะสม

ตาราง 7 มาตรฐาน ค 2.2 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด

ตัวชี้วัดชั้นปี		
ม.1	ม.2	ม.3
-	1. ใช้ความรู้เกี่ยวกับความยาว และพื้นที่แก้ปัญหาใน สถานการณ์ต่างๆ	1. ใช้ความรู้เกี่ยวกับพื้นที่พื้นที่ ผิวและปริมาตรในการแก้ปัญหา ในสถานการณ์ต่างๆ

สาระที่ 3 เรขาคณิต รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิตหนึ่งมิติ สองมิติ และสามมิติ การนิยามภาพ แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิต (Geometric Transformation) ในเรื่องการเลื่อนขนาน (Translation) การสะท้อน (Reflection) และการ หมุน (Rotation)

ตาราง 8 มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ

ตัวชี้วัดชั้นปี		
ม.1	ม.2	ม.3
1. สร้างและบอกขั้นตอนการสร้างพื้นฐานทางเรขาคณิต 2. สร้างรูปเรขาคณิตสองมิติโดยใช้การสร้างพื้นฐานทางเรขาคณิตและบอกขั้นตอนการสร้างโดยไม่เน้นการพิสูจน์ 3. สืบเสาะสังเกตและคาดการณ์เกี่ยวกับสมบัติทางเรขาคณิต 4. อธิบายลักษณะของรูปเรขาคณิตสามมิติจากภาพที่กำหนดให้ 5. ระบุภาพสองมิติที่ได้จากการมองด้านหน้า(Front view) ด้านข้าง (Side view) หรือ ด้านบน (Topview) ของรูปเรขาคณิตสามมิติที่กำหนดให้ 6. วาดหรือประดิษฐ์รูปเรขาคณิตสามมิติที่ประกอบขึ้นจากลูกบาศก์เมื่อกำหนดภาพสองมิติที่ได้จากการมองด้านหน้า ด้านข้างและด้านบนให้	-	1. อธิบายลักษณะและสมบัติของปริซึมพีระมิดทรงกระบอกกรวยและทรงกลม

ตาราง 9 มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนิยามภาพ (Visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ(Spatialreasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (Geometric model) ในการแก้ปัญหา

ตัวชี้วัดชั้นปี		
ม.1	ม.2	ม.3
-	1. ใช้สมบัติเกี่ยวกับความเท่ากันทุกประการของรูปสามเหลี่ยมและสมบัติของเส้นขนานในการให้เหตุผลและแก้ปัญหา 2. ใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับในการให้เหตุผลและแก้ปัญหา 3. เข้าใจเกี่ยวกับการแปลงทางเรขาคณิตในเรื่องการเลื่อนขนาน การสะท้อนและการหมุนและนำไปใช้ 4. บอกภาพที่เกิดขึ้นจากการเลื่อนขนานการสะท้อนและการหมุนรูปต้นแบบและอธิบายวิธีการที่จะได้ภาพที่ปรากฏเมื่อกำหนดรูปต้นแบบและภาพนั้นให้	1. ใช้สมบัติของรูปสามเหลี่ยมคล้ายในการให้เหตุผลและการแก้ปัญหา

สาระที่ 4 พืชมคณิต แบบรูป (Pattern) ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เซตและการดำเนินการของเซต การให้เหตุผล นิพจน์ สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ลำดับเลขคณิต ลำดับเรขาคณิต อนุกรมเลขคณิต และอนุกรมเรขาคณิต

ตาราง 10 มาตรฐาน ค 4.1 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป (Pattern) ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน

ตัวชี้วัดชั้นปี		
ม.1	ม.2	ม.3
1. วิเคราะห์และอธิบายความสัมพันธ์ของแบบรูปที่กำหนดให้	-	-

ตาราง 11 มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์สมการอสมการกราฟและตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

(Mathematical model) อื่นๆ แทนสถานการณ์ต่างๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหา

ตัวชี้วัดชั้นปี		
ม.1	ม.2	ม.3
1. แก้สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวอย่างง่าย 2. เขียนสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวจากสถานการณ์หรือปัญหาอย่างง่าย 3. แก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวอย่างง่ายพร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ 4. เขียนกราฟบนระนาบในระบบพิกัดฉากแสดงความเกี่ยวข้องของปริมาณสองชุดที่กำหนดให้ 5. อ่านและแปลความหมายของกราฟบนระนาบในระบบพิกัดฉากที่กำหนดให้	1. แก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวพร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ 2. หาพิกัดของจุดและอธิบายลักษณะของรูปเรขาคณิตที่เกิดขึ้นจากการเลื่อนขนานการสะท้อนและการหมุนบนระนาบในระบบพิกัดฉาก	1. ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวในการแก้ปัญหาพร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ 2. เขียนกราฟแสดงความเกี่ยวข้องระหว่างปริมาณสองชุดที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น 3. เขียนกราฟของสมการเชิงเส้นสองตัวแปร 4. อ่านและแปลความหมายกราฟของระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรและกราฟอื่นๆ 5. แก่ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปรและนำไปใช้แก้ปัญหาพร้อมทั้งตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบ

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น การกำหนดประเด็น การเขียนข้อคำถาม การกำหนดวิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดระบบข้อมูล การนำเสนอข้อมูล ค่ากลางและการกระจายของข้อมูล การวิเคราะห์และการแปลความข้อมูล การสำรวจความคิดเห็น ความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่างๆ และช่วยในการตัดสินใจในการดำเนินชีวิตประจำวัน

ตาราง 12 มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

ตัวชี้วัดชั้นปี		
ม.1	ม.2	ม.3
-	1. อ่านและนำเสนอข้อมูลโดยใช้แผนภูมิรูปวงกลม	1. กำหนดประเด็นและเขียนข้อคำถามเกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์ต่างๆ รวมทั้งกำหนดวิธีการศึกษาและการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เหมาะสม 2. หาค่าเฉลี่ยเลขคณิตมัธยฐานและฐานนิยมของข้อมูลที่ไม่ได้แจกแจงความถี่และเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม 3. นำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่เหมาะสม 4. อ่านแปลความหมายและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการนำเสนอ

ตาราง 13 มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

ตัวชี้วัดชั้นปี		
ม.1	ม.2	ม.3
1. อธิบายได้ว่าเหตุการณ์ที่กำหนดให้เหตุการณ์ใดจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้มากกว่ากัน	1. อธิบายได้ว่าเหตุการณ์ที่กำหนดให้เหตุการณ์ใดเกิดขึ้นแน่นอนเหตุการณ์ใดไม่เกิดขึ้นแน่นอนและเหตุการณ์ใดมีโอกาสเกิดขึ้นได้มากกว่ากัน	1. หาความน่าจะเป็นของเหตุการณ์จากการทดลองสุ่มที่ผลแต่ละตัวมีโอกาสเกิดขึ้นเท่าๆกันและใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

ตาราง 14 มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและ
แก้ปัญหา

ตัวชี้วัดชั้นปี		
ม.1	ม.2	ม.3
-	-	1. ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นประกอบการตัดสินใจในสถานการณ์ต่างๆ 2. อภิปรายถึงความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นได้จากการนำเสนอข้อมูลทางสถิติ

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ตาราง 15 มาตรฐาน ค 6.1มีความสามารถในการแก้ปัญหการให้เหตุผลการสื่อสารการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆและมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ตัวชี้วัดชั้นปี		
ม.1	ม.2	ม.3
1. ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา 2. ใช้ความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆได้อย่างเหมาะสม	1. ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา 2. ใช้ความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆได้อย่างเหมาะสม	1. ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา 2. ใช้ความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆได้อย่างเหมาะสม

ตาราง 15 (ต่อ)

ตัวชี้วัดชั้นปี		
ม.1	ม.2	ม.3
3. ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม	3. ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม	3. ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม
4. ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสารการสื่อความหมายและการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและชัดเจน	4. ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสารการสื่อความหมายและการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและชัดเจน	4. ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสารการสื่อความหมายและการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและชัดเจน
5. เชื่อมโยงความรู้ต่างๆในคณิตศาสตร์และนำความรู้หลักการกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ	5. เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์และนำความรู้หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ	5. เชื่อมโยงความรู้ต่างๆในคณิตศาสตร์และนำความรู้หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ
6. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	6. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	6. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

จากสาระ มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดชั้นปีของคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ที่กล่าวมานั้น ผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ต้องเรียนรู้เนื้อหาสาระสำคัญต่อไปนี้ คือ อัตราส่วน สัดส่วน ร้อยละ การวัดความยาว การวัดพื้นที่ การวัดปริมาตรและน้ำหนัก การวัดเวลา การอ่านและการเขียนแผนภูมิวงกลม การแปลงทางเรขาคณิต ได้แก่ การเลื่อนขนาน การสะท้อน และการหมุน เรียนรู้ความเท่ากันทุกประการของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ของรูปสามเหลี่ยมสองรูปแบบด้าน-มุม-ด้าน แบบมุม-ด้าน-มุม แบบด้าน-ด้าน-ด้าน ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนจริง ได้แก่ จำนวนตรรกยะ จำนวนอตรรกยะ รากที่สอง และรากที่สาม เรียนรู้การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว เส้นขนานกับมุมภายนอก มุมภายใน มุมแย้ง และรูปสามเหลี่ยม ตัวชี้วัดชั้นปีของมัธยมศึกษาปีที่ 2 มี 11 มาตรฐานการเรียนรู้ จากทั้งหมด 14 มาตรฐานการเรียนรู้ซึ่งครอบคลุมสาระการเรียนรู้ทั้ง 6 สาระ มากกว่าชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 3 ฉะนั้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นกลุ่มเป้าหมายของการวิจัยในครั้งนี้

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถของบุคคลในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ โดยความจำเป็นของบุคคลในการใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ขึ้นอยู่กับสภาพสังคม หากสังคมมีความเจริญและซับซ้อนมาก ทักษะทางคณิตศาสตร์ก็จะต้องมีความจำเป็นมากเช่นกัน เนื่องจากทักษะทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานของการคิด การแก้ปัญหา และการทำงาน ด้วยเหตุผลดังกล่าวหลายประเทศจึงมีการกำหนดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไว้ในหลักสูตรคณิตศาสตร์ ซึ่งโดยทั่วไปทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ประกอบไปด้วยทักษะสำคัญ 5 ประการ ดังต่อไปนี้

1. การแก้ปัญหา (Problem Solving) เป็นการทำความเข้าใจกับปัญหา ระบุประเด็นปัญหา สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ตรวจสอบความถูกต้อง และความเป็นไปได้ของการแก้ปัญหา ตรวจสอบขั้นตอนการแก้ปัญหา กระบวนการแก้ปัญหาคือช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้งานจริง มีแนวทางการคิดที่หลากหลาย มีนิสัยกระตือรือร้น มีความมั่นใจในการแก้ปัญหาที่เผชิญ ผู้เรียนจึงควรฝึกฝน และพัฒนาทักษะการแก้ปัญหายอย่างต่อเนื่อง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2547: 18-19, 2555: 77-78)

2. การให้เหตุผล(Reasoning) เป็นการรวบรวมความรู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการการแก้ปัญหา เลือกใช้ความรู้เพื่อจัดลำดับขั้นตอน ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผล ซึ่งความสำคัญของการให้เหตุผล คือ เป็นองค์ประกอบที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจคณิตศาสตร์ได้ดีและสามารถปรับแนวคิดให้มีความแจ่มชัด ลึกซึ้ง ช่วยทบทวนการทำงานเพื่อสะท้อนความคิดตนเอง สามารถอธิบายและสรุปเหตุผลได้อย่างเหมาะสม ทำให้เกิดความมั่นใจ สามารถค้นพบสิ่งใหม่ๆ ได้ข้อสรุปหรือตัดสินใจความถูกต้องของสิ่งต่างๆ ด้วยตนเองได้ (NCTM.1991,2000:56,Russell.1999:1,Hanna; & Yackel.2003: 227-236, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2547: 3-4)

3. การสื่อสาร สื่อความหมาย และการนำเสนอ (Communications And Presentations) เป็นความสามารถในการพูด เขียน การใช้คำศัพท์ สัญลักษณ์ ตัวแปร ตาราง กราฟ รูปภาพ และแบบจำลอง เพื่อสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ แสดงแนวคิด นำเสนอให้ผู้อื่นรับรู้ เลือกรูปแบบของการสื่อสาร การสื่อความหมายและนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม บันทึกผลงานทุกขั้นตอน สรุปสาระที่ได้จากการศึกษา สิ่งเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียนถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนเองให้ผู้อื่นได้รับรู้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และมีประสิทธิภาพ ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้อย่างกว้างขวางลึกซึ้ง และมองเห็นคุณค่าของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2547: 18-19, 2555: 79-80)

4. การเชื่อมโยง (Connections)เป็นการผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องรวมเป็นองค์ประกอบเดียวกัน โดยสามารถแบ่งการเชื่อมโยงออกเป็นสามประเภทใหญ่ๆ คือ 1) การเชื่อมโยง

คณิตศาสตร์กับชีวิตจริง เป็นการนำความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ในชีวิตจริงได้ 2) การเชื่อมโยงภายในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เป็นการตระหนักถึงความสัมพันธ์ของความคิดรวบยอดทางด้านคณิตศาสตร์ และนำความสัมพันธ์ไปใช้ได้ และ 3) การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์สาขาอื่น เป็นการประยุกต์ใช้แนวคิดและตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในศาสตร์สาขาอื่นๆ เช่น ศิลปะ วิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ เป็นต้น (Coxford. 1995: 3-4, NCTM. 2000: 64-66, กรมวิชาการ. 2546: 10, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2547: 18-19, อัมพร มาคอง. 2547: 101)

5. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (Creativity) เป็นการใช้ความรู้พื้นฐาน จินตนาการ วิจัยญาณมโนทัศน์เพื่อสร้างองค์ความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ สร้างสรรค์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์หรือชิ้นงานที่มีประโยชน์ต่อการเรียนรู้ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ช่วยให้ผู้เรียนมีแนวทางการคิดที่หลากหลาย มีกระบวนการคิดจินตนาการในการประยุกต์ นำไปสู่การคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ที่คนส่วนใหญ่คาดไม่ถึงหรือมองข้าม ทั้งยังส่งเสริมนิสัยผู้เรียนให้มีความกระตือรือร้น อยากรู้ อยากเห็น อยากค้นคว้า และทดลองสิ่งใหม่ๆ เสมอ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555: 81)

จากที่กล่าวมา สามารถอธิบายได้ว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ การพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลทางคณิตศาสตร์ การระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา การสรุปข้อมูลที่มีอยู่อย่างสมเหตุสมผลและการตัดสินใจได้อย่างถูกต้องโดยสามารถนำทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 5 ไปพัฒนากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555: 79-80, Marcut. 2005)

มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไว้มาก อาทิเช่น พัทธี ปิยภัณฑ (2555) ได้ทำการศึกษาการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการศึกษาพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อีกทั้งยังมีค่าเฉลี่ยของคะแนนพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

เวชฤทธิ์ อังกะนัฏทขจร (2551) ได้ทำการศึกษาการพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ที่ใช้ทักษะการให้เหตุผลและการเชื่อมโยงโดยบูรณาการสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลกับสิ่งแวดล้อมศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการศึกษาพบว่า

ด้านทักษะการให้เหตุผลนั้นนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบภายหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองและพฤติกรรมนักเรียนมีพัฒนาการด้านการอธิบายการหาความสัมพันธ์การวิเคราะห์และแสดงข้อสรุปของข้อมูลอย่างสมเหตุสมผลมากที่สุดโดยที่นักเรียนสามารถตอบคำถามถูกต้องและแสดงเหตุผลได้เกือบสมบูรณ์โดยเหตุผลที่แสดงนั้นชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีการใช้การเปรียบเทียบหรือมีการมองแนวโน้มจากข้อมูลนอกเหนือจากการมองเพียงตัวเลขหรือความสูงของกราฟเมื่อให้อ่านข้อมูลเปรียบเทียบข้อมูลวิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูลที่กำหนดให้หรือเมื่อให้อธิบายถึงคำตอบที่กำหนดให้ด้านทักษะการเชื่อมโยงพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบภายหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลอง และนักเรียนสามารถนำข้อมูลที่กำหนดให้มาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริงเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมได้โดยในการเชื่อมโยงมีการใช้ข้อมูลที่กำหนดให้และบอกได้ว่าสถานการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมจากข้อมูลที่กำหนดให้เป็นเช่นไร

ดังนั้นจากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด(CGI) ที่ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลและด้านการเชื่อมโยงนำข้อมูลที่กำหนดให้มาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริงเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมได้ และการศึกษาการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สามารถสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สามารถพัฒนาได้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เองก็สามารถบูรณาการกับการเรียนรู้แบบต่างๆ กับชีวิตประจำวันได้

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยการบูรณาการทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้ง 5 ด้าน ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ในสาระสำคัญ มีทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์ได้ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง16 วิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

แนวคิด/ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 1.การแก้ปัญหา 2. การให้เหตุผล 3. การสื่อสาร 4. การเชื่อมโยง 5. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	บูรณาการทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทางคณิตศาสตร์กับสาระสำคัญเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	1. จัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาการให้เหตุผลและการเชื่อมโยง 2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการสื่อสารสื่อความหมายและสามารถนำเสนอ	1. ทำความเข้าใจกับปัญหา ระบุประเด็นปัญหา 2. รวบรวมความรู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการการแก้ปัญหาตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผล 3. นำเสนอให้ผู้อื่นรับรู้ เลือกรูปแบบการนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม 4. ผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องรวมเป็นองค์ประกอบเดียวกัน 5. ใช้ความรู้พื้นฐานจินตนาการ วิจารณญาณ มโนทัศน์เพื่อการคิดริเริ่มสร้างสรรค์	ประเมินการใช้ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ตามสภาพจริง คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล

3. แนวคิดทฤษฎีและหลักการจัดการเรียนรู้ที่นำมาพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

3.1 ทฤษฎีที่นำมาพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานกลุ่มแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ที่เชื่อว่า การเรียนรู้หรือการสร้างความรู้ เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวของผู้เรียน โดยที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ โดยการนำประสบการณ์หรือสิ่งที่พบเห็นในสิ่งแวดล้อมหรือสารสนเทศใหม่ที่ได้รับมาเชื่อมโยงกับ ความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม มาสร้างเป็น ความเข้าใจของตนเอง หรือ เรียกว่า โครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) โดยนำทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's Theory Of Intellectual Development) ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์ (Bruner's Theory Of Discovery Learning) และทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย (Gagne's Theory Of Conditions Of Learning) เหตุผลที่นำทฤษฎีเหล่านี้มาใช้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการทางปัญญา เกี่ยวข้องโดยตรงกับการใช้สติปัญญาของมนุษย์ โดยแต่ละทฤษฎีมีสาระสำคัญดังนี้

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's Theory of Intellectual Development) ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ในกลุ่มพุทธินิยม (Cognitivism) โดยทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ตั้งอยู่บนรากฐานของทั้งองค์ประกอบที่เป็นพันธุกรรม และสิ่งแวดล้อม มีแนวคิดว่า การเรียนรู้ของเด็กจะเป็นไปตามพัฒนาการทางสติปัญญา ซึ่งจะมีพัฒนาการไปตามวัยต่าง ๆ เป็นลำดับขั้น ภาษาและกระบวนการคิดของเด็กแตกต่างจากผู้ใหญ่ โดยกระบวนการทางสติปัญญามี 3 ลักษณะ ดังนี้ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. 2555:25-26, ทิศนา แหมมณี. 2555: 64, สุรางค์ไคว้ตระกูล. 2556: 48-50, อัจฉรา เอิบสุขสิริ 2556: 53-54, Piaget, J. 1964: 170-186)

1. การซึมซับ (Assimilation) เป็นกระบวนการทางสมองในการเข้าใจประสบการณ์ เรื่องราว และข้อมูลต่างๆ ที่เป็นสิ่งใหม่ หรือจัดให้เข้ากับความรู้เดิมที่สะสมไว้นำไปใช้ประโยชน์

2. การปรับและจัดระบบ (Accommodation) เป็นกระบวนการทางสมองในการปรับประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่ให้เข้ากันเป็นระบบที่ตนสามารถเข้าใจได้ เป็นโครงสร้างทางปัญญาใหม่ขึ้น

3. การเกิดความสมดุล (Equilibration) เป็นกระบวนการเกิดขึ้นจากขั้นการปรับ ถ้าการปรับเป็นไปอย่างผสมผสานกลมกลืนก็จะก่อให้เกิดสภาพสมดุล แต่หากการปรับไม่ผสมผสานกลมกลืนกัน สภาพจะไม่สมดุล ก่อเกิดความขัดแย้งทางปัญญาได้

ทั้งนี้ เพียเจต์ได้แบ่งพัฒนาการทางสติปัญญาไว้เป็น 4 ขั้น ดังต่อไปนี้(ชนัท ธาตุทอง. 2554: 115-116, ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. 2555: 25-26, ทัศนา เขมมณี. 2555: 64-66, สุรางค์ไคว์ตระกูล. 2556: 50-59, อัจฉรา เอิบสุขสิริ: 54-59, Piaget, J. 1964: 170-186)

1. ขั้นรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส (Sensori-Motor Period) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่แรกเกิดจนถึง 2 ปี พฤติกรรมของเด็กในวัยนี้ขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนไหวเป็นส่วนใหญ่ เช่น การไขว่คว้า การเคลื่อนไหว การมอง การดู ในวัยนี้เด็กแสดงออกทางด้านร่างกายให้เห็นว่ามีสติปัญญาด้วยการกระทำ เด็กสามารถแก้ปัญหาได้ แม้ว่าจะไม่สามารถอธิบายได้ด้วยคำพูด ความคิดความเข้าใจของเด็กจะก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว เช่น กล้ามเนื้อมือและสายตาทำงานประสานกัน เด็กในวัยนี้มักจะทำอะไรซ้ำบ่อยๆ เป็นการเลียนแบบ พยายามแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก เมื่อสิ้นสุดระยะนี้เด็กจะมีการแสดงออกของพฤติกรรมอย่างมีจุดมุ่งหมายและสามารถแก้ปัญหาโดยการเปลี่ยนวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้สิ่งที่ต้องการ แต่กิจกรรมการคิดของเด็กวัยนี้ส่วนใหญ่ยังคงอยู่เฉพาะสิ่งที่สามารถสัมผัสได้เท่านั้น

2. ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (Preoperational Period) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุ 2-7 ปี แบ่งออกเป็น 2 ขั้น คือ

1) ขั้นก่อนเกิดความคิดรวบยอด (Pre-Conceptual Intellectual period) เป็นขั้นพัฒนาการของเด็กอายุ 2-4 ปี เป็นช่วงที่เด็กเริ่มมีเหตุผลเบื้องต้น สามารถจะโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ 2 เหตุการณ์ หรือมากกว่ามาเป็นเหตุผลเกี่ยวโยงซึ่งกันและกัน แต่เหตุผลของเด็กวัยนี้ยังมีขอบเขตจำกัดอยู่ เพราะเด็กยังคงยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง คือถือความคิดตนเองเป็นใหญ่ และมองไม่เห็นเหตุผลของผู้อื่น ความคิดและเหตุผลของเด็กวัยนี้ จึงไม่ค่อยถูกต้องตามความเป็นจริงนัก นอกจากนี้ความเข้าใจต่อสิ่งต่างๆ ยังคงอยู่ในระดับเบื้องต้น เช่น เข้าใจว่าเด็กหญิง 2 คน ชื่อเหมือนกัน จะมีทุกอย่างเหมือนกันหมด แสดงว่าความคิดรวบยอดของเด็กวัยนี้ยังไม่พัฒนาเต็มที่ แต่พัฒนาการทางภาษาของเด็กเจริญรวดเร็วมาก

2) ขั้นการคิดด้วยความเข้าใจของตนเอง (Intuitive Thinking Period) เป็นขั้นพัฒนาการของเด็ก อายุ 4-7 ปี ขั้นนี้เด็กจะเกิดความคิดรวบยอดเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ รวมตัวดีขึ้น รู้จักแยกประเภทและแยกชิ้นส่วนของวัตถุ เข้าใจความหมายของจำนวนเลข เริ่มมีพัฒนาการเกี่ยวกับการอนุรักษ์ แต่ไม่แจ่มชัดนัก สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้โดยไม่คิดเตรียมล่วงหน้าไว้ก่อน รู้จักนำความรู้ในสิ่งหนึ่งไปอธิบายหรือแก้ปัญหาอื่นและสามารถนำเหตุผลต่างๆ ไปมาสรุปแก้ปัญหา โดยไม่วิเคราะห์อย่างถี่ถ้วนเสียก่อนการคิดหาเหตุผลของเด็กยังขึ้นอยู่กับสิ่งที่ตนรับรู้ หรือสัมผัสจากภายนอก

3. ขั้นปฏิบัติการคิดด้านรูปธรรม (Concrete Operation Period) ขั้นนี้จะเริ่มจากอายุ 7-11 ปี พัฒนาการทางด้านสติปัญญาและความคิดของเด็กวัยนี้สามารถสร้างกฎเกณฑ์และตั้งเกณฑ์ในการแบ่งสิ่งแวดล้อมออกเป็นหมวดหมู่ได้ เด็กวัยนี้สามารถที่จะเข้าใจเหตุผล รู้จักการแก้ปัญหาสิ่งต่างๆ ที่เป็นรูปธรรมได้ สามารถที่จะเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องความคงตัวของสิ่งต่างๆ โดยที่เด็กเข้าใจว่าของแข็งหรือของเหลวจำนวนหนึ่งแม้ว่าจะเปลี่ยนรูปร่างไปก็ยังมีน้ำหนัก หรือปริมาตรเท่าเดิม สามารถที่จะเข้าใจความสัมพันธ์ของส่วนย่อย ส่วนรวม ลักษณะเด่นของเด็กวัยนี้คือ ความสามารถในการคิดย้อนกลับ นอกจากนั้นความสามารถในการจำของเด็กในช่วงนี้มีประสิทธิภาพขึ้น สามารถจัดกลุ่มหรือจัดการได้อย่างสมบูรณ์ สามารถสนทนากับบุคคลอื่นและเข้าใจความคิดของผู้อื่นได้ดี

4. ขั้นปฏิบัติการคิดด้วยนามธรรม (Formal Operational Period) นี้จะเริ่มจากอายุ 11-15 ปี ในขั้นนี้พัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดของเด็กวัยนี้เป็นขั้นสุดยอด คือเด็กในวัยนี้จะเริ่มคิดแบบผู้ใหญ่ ความคิดแบบเด็กจะสิ้นสุดลง เด็กจะสามารถที่จะคิดหาเหตุผลนอกเหนือไปจากข้อมูลที่มีอยู่ สามารถที่จะคิดแบบนักวิทยาศาสตร์ สามารถที่จะตั้งสมมุติฐานและทฤษฎี และเห็นว่าความเป็นจริงที่เห็นด้วยการรับรู้ที่สำคัญเท่ากับความคิดกับสิ่งที่อาจจะเป็นไปได้ เด็กวัยนี้มีความคิดนอกเหนือไปกว่าสิ่งปัจจุบัน สนใจที่จะสร้างทฤษฎีเกี่ยวกับทุกสิ่งทุกอย่างและมีความพอใจที่จะคิดพิจารณาเกี่ยวกับสิ่งที่ไม่มีตัวตน หรือสิ่งที่เป็นามธรรม

สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของเพียเจต์นั้น มีหลักการ ดังนี้ (ชนัท ธาตุทอง. 2554, : 115-116, ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. 2555: 25-26, ทิศนา ขัมมณี. 2555: 66, Piaget, J. 1972: 1-12)

1. การพัฒนาผู้เรียนควรคำนึงถึงพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียน และจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนอย่างเหมาะสมกับพัฒนาการนั้น ไม่บังคับให้ผู้เรียนเรียนในสิ่งที่ยังไม่พร้อม หรือเกินพัฒนาการตามวัยของผู้เรียนสิ่งที่ควรคำนึงถึง ได้แก่ 1) ควรจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัยของผู้เรียนซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาสู่พัฒนาการขั้นสูงได้ 2) ผู้เรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกันทางด้านพัฒนาการ แม้อายุจะเท่ากันแต่ระดับพัฒนาการอาจไม่เท่ากัน จึงควรให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนรู้และพัฒนาความสามารถของตนเองไปตามระดับพัฒนาการของผู้เรียน 3) ควรใช้สิ่งที่ป็นรูปธรรมในการสอน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจลักษณะต่างๆ ได้ดีขึ้น

2. ให้ความสนใจและสังเกตผู้เรียนอย่างใกล้ชิด ซึ่งจะทำให้ทราบลักษณะเฉพาะของผู้เรียน

3. การจัดการเรียนรู้ในเด็กเล็กๆ เด็กจะรับรู้ส่วนรวมได้ดีกว่าส่วนย่อย ผู้สอนจึงควรสอนภาพรวมก่อนแล้วจึงสอนแยกทีละส่วน

4. ควรสอนสิ่งที่ผู้เรียนคุ้นเคยหรือมีประสบการณ์มาก่อนแล้วจึงเสนอสิ่งใหม่ที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งเก่า เพื่อช่วยให้กระบวนการซึมซับและจัดระบบความรู้ของผู้เรียนเป็นไปได้อย่างดี

5. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ และมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมหลายๆ สามารถช่วยให้ผู้เรียนดูดซึมข้อมูลเข้าสู่โครงสร้างทางสติปัญญาของผู้เรียน ซึ่งเป็นการส่งเสริมพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียน

จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยนำทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. จัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่างของแต่ละบุคคล
2. จัดกิจกรรมประสบการณ์ใหม่ให้สอดคล้องและเชื่อมโยงกับความรู้และประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่
3. ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้และได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อให้มีประสบการณ์ตรง

ตาราง 17 แสดงการวิเคราะห์ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์กับองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

แนวคิด/ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ 1. จัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่างของแต่ละบุคคล 2. จัดกิจกรรมประสบการณ์ใหม่ให้สอดคล้องและเชื่อมโยงกับความรู้และประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ 3. ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้และได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อให้มีประสบการณ์ตรง	1. จัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่างของแต่ละบุคคล 2. จัดกิจกรรมประสบการณ์ใหม่ให้สอดคล้องและเชื่อมโยงกับความรู้และประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ 3. ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้และได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อให้มีประสบการณ์ตรง	จัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับพัฒนาการของผู้เรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่างของแต่ละบุคคล	1. จัดกิจกรรมประสบการณ์ใหม่ให้สอดคล้องและเชื่อมโยงกับความรู้และประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ 2. ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้และได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อให้มีประสบการณ์ตรง	คำนึงถึงความแตกต่างของแต่ละบุคคล

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์ (Bruner's Theory of Discovery Learning) บรูเนอร์เชื่อว่ามนุษย์เลือกที่จะรับรู้สิ่งที่ตนเองสนใจและการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการค้นพบด้วยตนเอง (Discovery Learning) การจัดการโครงสร้างของความรู้ให้มีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กมีผลต่อการเรียนรู้ของเด็ก และการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับระดับความพร้อมของผู้เรียนจะช่วยให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพ อีกทั้งการคิดแบบหยั่งรู้เป็นการคิดหาเหตุผลอย่างอิสระที่สามารถช่วยพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ได้ แรงจูงใจภายในเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนรู้ และการเรียนรู้เกิดได้จากการที่คนเราสามารถสร้างความคิดรวบยอด สามารถจัดประเภทของสิ่งต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม การจัดการเรียนรู้โดยการค้นพบสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ 1) การค้นพบแบบไม่กำหนดโครงสร้าง (Unstructured Discovery) เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนค้นพบเอง โดยผู้สอนจัดสิ่งแวดล้อมของผู้เรียนให้เหมาะสม 2) การค้นพบแบบมีการแนะ (Guided Discovery) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนจัดวัตถุประสงค์หัวข้อที่จะให้ผู้เรียนเรียนรู้ และสรรหาข้อมูลที่จะให้ผู้เรียนค้นพบ พร้อมกับใช้คำถามถามผู้เรียน (สมนัท ธาตุทอง. 2554: 116-117, ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. 2555: 26-28, ทิศนา แหมมณี. 2555: 66-67, สุรางค์ไคว้ตระกูล. 2556: 320-323)

บรูเนอร์ได้แบ่งพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์ไว้ 3 ขั้นซึ่งคล้ายกับขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ดังนี้ (สมนัท ธาตุทอง. 2554: 116-117, ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. 2555: 26-28, ทิศนา แหมมณี. 2555: 66-67, สุรางค์ ไคว้ตระกูล. 2556: 212-215, Bruner. 1963: 1- 54)

1. ขั้นการเรียนรู้จากการกระทำ (Enactive Stage) ช่วงแรกเกิด – 2 ขวบ เป็นขั้นที่เรียนรู้ทางประสาทสัมผัสการเคลื่อนไหวการกระทำดูตัวอย่างแล้วทำตาม
 2. ขั้นการเรียนรู้จากความคิด (Iconic Stage) ขั้นนี้เด็กสามารถสร้างมโนภาพในใจ ความคิดของเด็กเกิดจากการรับรู้และเกิดจากจินตนาการ แต่ยังไม่ลึกซึ้ง
 3. ขั้นเรียนรู้สัญลักษณ์และนามธรรม (Symbolic Stage) ขั้นนี้เด็กเริ่มเข้าใจการเรียนรู้สิ่งที่เป็นนามธรรม เป็นขั้นสูงสุดของการพัฒนาทางด้านความรู้ ความเข้าใจความสามารถคิดหาเหตุผล
- สำหรับหลักการการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของบรูเนอร์นั้น มีดังต่อไปนี้ (สมนัท ธาตุทอง. 2554: 116-117, ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. 2555: 26-28, ทิศนา แหมมณี. 2555: 67-68, สุรางค์ไคว้ตระกูล. 2556: 214-215, Bruner. 1963: 1- 54)

1. ผู้สอนสร้างปฏิสัมพันธ์อันดีกับผู้เรียน ทั้งทัศนคติในการเรียนรู้และสร้างแรงจูงใจภายใน ให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะเรียนรู้ด้วยตนเอง
2. วิเคราะห์และจัดโครงสร้างเนื้อหาสาระการเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ ให้เหมาะสมกับขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนผู้สอนแนะนำความสัมพันธ์ของสิ่งที่จะเรียนรู้

3. จัดหลักสูตรแบบเกลียว (Spiral Curriculum) ช่วยให้การเรียนรู้หรือความคิดรวบยอดเดียวกันแก่ผู้เรียนทบทวนได้โดยจัดเนื้อหาความคิดรวบยอดและวิธีการสอนให้เหมาะสมกับขั้นพัฒนาการของผู้เรียน

4. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างอิสระ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน

5. จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้ค้นพบการเรียนรู้ด้วยตนเอง

จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยนำทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. จัดกระบวนการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากของจริง(Enactive) สัญลักษณ์แทนของจริง(Iconic) และสัญลักษณ์(Symbolic)

2. จัดกิจกรรมที่สนับสนุนให้ผู้เรียนคิดหาเหตุผลอย่างมีอิสระส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง

3. ผู้เรียนมีบทบาทในกระบวนการเรียนรู้ และได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อให้มีประสบการณ์ตรง



ตาราง 18 แสดงการวิเคราะห์ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์กับองค์ประกอบของรูปแบบ
การจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

แนวคิด/ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์ 1. จัดกระบวนการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากของจริง (Enactive) สัญลักษณ์แทนของจริง (Iconic) และสัญลักษณ์ (Symbolic) 2. จัดกิจกรรมที่สนับสนุนให้ผู้เรียนคิดหาเหตุผลอย่างมีอิสระส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง 3. ผู้เรียนมีบทบาทในกระบวนการเรียนรู้ และได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อให้ประสบการณ์ตรง	1. จัดกระบวนการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากของจริงสัญลักษณ์แทนของจริงและสัญลักษณ์ 2. จัดกิจกรรมที่สนับสนุนให้ผู้เรียนคิดหาเหตุผลอย่างมีอิสระส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง 3. ผู้เรียนมีบทบาทในกระบวนการเรียนรู้ และได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง	1. จัดกิจกรรมที่สนับสนุนให้ผู้เรียนคิดหาเหตุผลอย่างมีอิสระ 2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง 3. ผู้เรียนมีบทบาทในกระบวนการเรียนรู้ 4. ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ	1. จัดกระบวนการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากของจริงสัญลักษณ์แทนของจริงและสัญลักษณ์ 2. กระตุ้นการคิดหาเหตุผล 3. ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง 4. ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง	ประเมินตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้

ทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่ (Gagne's Theory of Conditions of Learning) กาเย่ยึดหลักการนำเสนอเนื้อหาและจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ โดยกาเย่ได้จัดประเภทการเรียนรู้ไว้ 8 ประเภท ตามลำดับขั้นจากง่ายไปหายาก ดังนี้(ทิตนา แหมมณี. 2555: 72-74, Gagne' and Briggs. 1974: 121- 136)

1. การเรียนรู้สัญญาณ (Signal Learning) เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการตอบสนองต่อสิ่งเร้าโดยอัตโนมัติ อยู่นอกเหนืออำนาจจิตใจ ผู้เรียนไม่สามารถควบคุมหรือบังคับพฤติกรรมไม่ให้เกิดขึ้นได้ การเรียนรู้แบบนี้เกิดจากที่คนเรานำเอาลักษณะการตอบสนองที่มีอยู่มาสัมพันธ์กับสิ่งเร้าใหม่ที่มีความใกล้เคียงกับสิ่งเร้าเดิม

2. การเรียนรู้สิ่งเร้า-การตอบสนอง (Stimulus-Response Learning) เป็นการเรียนรู้ต่อเนื่องจากการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนอง ผู้เรียนสามารถควบคุมพฤติกรรมตนเองได้ ผู้เรียนจะแสดงพฤติกรรมเมื่อได้รับการเสริมแรง

3. การเรียนรู้การเชื่อมโยงแบบต่อเนื่อง (Chaining) เป็นการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนองที่ต่อเนื่องกันตามลำดับ เป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการกระทำ การเคลื่อนไหว

4. การเชื่อมโยงทางภาษา (Verbal Association) เป็นการเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้ภาษาลักษณะการเรียนรู้คล้ายกับการเรียนรู้การเชื่อมโยงแบบต่อเนื่อง

5. การเรียนรู้ความแตกต่าง (Discrimination Learning) เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถมองเห็นความแตกต่างของสิ่งต่างๆ โดยเฉพาะความแตกต่างตามลักษณะของวัตถุ

6. การเรียนรู้ความคิดรวบยอด (Concept Learning) เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถจัดกลุ่มสิ่งเร้าที่มีความแตกต่างหรือเหมือนกัน โดยสามารถระบุลักษณะที่เหมือนหรือแตกต่างกันได้ อีกทั้งสามารถขยายความรู้ไปยังสิ่งอื่นที่นอกเหนือจากที่เคยเห็นมาก่อนได้

7. การเรียนรู้กฎ (Rule Learning) เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการเชื่อมโยงความคิดรวบยอดตั้งแต่สองอย่างขึ้นไปแล้วตั้งเป็นกฎเกณฑ์ขึ้น ผู้เรียนที่สามารถเรียนรู้กฎเกณฑ์จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำการเรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้

8. การเรียนรู้การแก้ปัญหา (Problem Solving) เป็นการเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหา โดยนำกฎเกณฑ์ต่างๆ มาใช้ เป็นการนำกฎเกณฑ์ในขั้นสูงเพื่อการแก้ปัญหาที่ค่อนข้างซับซ้อน และสามารถนำกฎเกณฑ์นั้นไปใช้กับสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน

นอกจากนี้กาเย่ (Gagne) ยังได้แบ่งสมรรถภาพการเรียนรู้ของมนุษย์ไว้ 5 ประการ ดังนี้ (ทิตนา แหมมณี. 2555: 74-75, Gagne' and Briggs. 1974: 121- 136)

1. สมรรถภาพในการเรียนรู้ข้อเท็จจริง (Verbal Information) เป็นความสามารถในการเรียนรู้ข้อเท็จจริงต่างๆ โดยอาศัยความจำและความสามารถระลึกได้

2. ทักษะเชาว์ปัญญา(Intellectual Skills)เป็นความสามารถในการใช้สมองคิดหาเหตุผล โดยใช้ข้อมูล ประสบการณ์ ความรู้ ความคิดต่างๆ นับตั้งแต่การเรียนรู้พื้นฐาน ซึ่งเป็นทักษะง่ายไปหายาก

3. ยุทธศาสตร์ในการคิด(Cognitive Strategies)เป็นความสามารถของกระบวนการทำงานภายในสมองของมนุษย์ที่ควบคุมผู้เรียน การเลือกรับรู้ การแปลความ และการดึงความรู้ ความจำ ความเข้าใจ และประสบการณ์เดิมออกมาใช้

4. ทักษะการเคลื่อนไหว (Motor Skills)เป็นความชำนาญในการปฏิบัติหรือความสามารถในการใช้อวัยวะของร่างกายในการทำกิจกรรมต่างๆ

5. ทศนคติ (Attitudes)เป็นความรู้สึกนึกคิดของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่างๆ อันมีผลต่อการตัดสินใจในการเลือกทำหรือไม่ทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งของบุคคลนั้น

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของกาเยนนั้น เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ โดยพยายามเชื่อมโยงการจัดการสภาพการจัดการเรียนรู้อันเป็นสภาวะภายนอกผู้เรียนให้สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ภายในผู้เรียน ซึ่งกาเยได้เสนอระบบการจัดการเรียนรู้ไว้ 9 ขั้น ดังนี้ (ทิตินา แซมมณี. 2555: 75-76, Gagne' and Briggs. 1974: 121- 136)

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Gaining Attention) เป็นการทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในบทเรียน เป็นแรงจูงใจที่เกิดจากสิ่งเร้าภายนอกและแรงจูงใจที่เกิดจากภายในตัวผู้เรียน โดยผู้สอนอาจจะใช้วิธีสนทนา ซักถาม ทายปัญหา หรือมีอุปกรณ์ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนตื่นตัวและมีความสนใจที่จะเรียนรู้

ขั้นที่ 2 แจ้งจุดประสงค์ (Information The Learning Of The Objective) เป็นการบอกเป้าหมายหรือผลที่จะได้รับการเรียนรู้ในบทเรียนนั้นโดยเฉพาะให้ผู้เรียนรับทราบ เพื่อให้ผู้เรียนเห็นประโยชน์ในการเรียน เห็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนสามารถวางแผนการเรียนของตนเองได้ และช่วยให้ผู้สอนดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางที่จะนำไปสู่จุดหมายได้

ขั้นที่ 3 กระตุ้นให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมที่จำเป็น (Stimulating Recall Of Prerequisite Learned Capabilities) เป็นการทบทวนความรู้เดิมที่จำเป็นต่อการเชื่อมโยงให้เกิดการเรียนรู้ความรู้ใหม่ เพราะการเรียนรู้เป็นกระบวนการต่อเนื่อง การเรียนรู้ใหม่ต้องอาศัยความรู้เก่าเป็นพื้นฐาน

ขั้นที่ 4 เสนอบทเรียนใหม่ (Presenting The Stimulus) เป็นการเริ่มกิจกรรมของบทเรียนใหม่ โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่เหมาะสมมาประกอบกับการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 5 ให้แนวทางการเรียนรู้ (Providing Learning Guidance) เป็นการช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำกิจกรรมได้ด้วยตนเอง โดยผู้สอนอาจแนะนำวิธีการทำกิจกรรม แห่ล้งคั่นคว่ำ ให้แนวทางให้ผู้เรียนไปคิดเอง

ขั้นที่ 6 ลงมือปฏิบัติ (Eliciting The Performance) ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถแสดงพฤติกรรมตามจุดประสงค์

ขั้นที่ 7 ให้ข้อมูลป้อนกลับ (Giving Feedback) ผู้สอนจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลการปฏิบัติกิจกรรมหรือพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกมา ว่ามีความถูกต้องหรือไม่ อย่างไร

ขั้นที่ 8 ประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ (Assessing The Performance) เป็นการวัดและประเมินว่าผู้เรียนสามารถเรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียนเพียงใด โดยอาจใช้ข้อสอบ แบบสังเกต การตรวจงาน หรือการสัมภาษณ์ เป็นเครื่องมือในการวัดขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของบทเรียนนั้นว่าต้องการวัดพฤติกรรมด้านใด ทั้งนี้เครื่องมือที่ใช้วัดจะต้องมีคุณภาพ เชื่อถือได้ มีความเที่ยงตรงในการวัด

ขั้นที่ 9 ส่งเสริมความแม่นยำและการถ่ายโอนการเรียนรู้ (Enhancing Retention And Transfer) เป็นการสรุป การย้ำ ทบทวนบทเรียนที่ผ่านมาเพื่อให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ฝังแน่น โดยอาจจากการทำแบบฝึกหัด การทำการบ้าน การทำรายงาน การหาความเพิ่มเติมจากความรู้ที่ได้ในชั้นเรียนหรือการทำกิจกรรมเพิ่มพูนความรู้

จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยนำทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเยมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. จัดสภาพการเรียนรู้ซึ่งเป็นสภาวะภายนอกผู้เรียนให้สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ภายในผู้เรียน
2. การจัดการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอน 9 ขั้น คือ 1)สร้างความสนใจ 2)แจ้งจุดประสงค์ 3) กระตุ้นให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมที่จำเป็น 4)เสนอบทเรียนใหม่ 5)ให้แนวทางการเรียนรู้ 6)ลงมือปฏิบัติ 7) ให้ข้อมูลป้อนกลับ 8) ประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ และ 9) ส่งเสริมความแม่นยำและการถ่ายโอนการเรียนรู้

ตาราง 19 แสดงการวิเคราะห์ทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่กับองค์ประกอบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้าง
การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

แนวคิด/ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
ทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่	1. จัดสภาพการเรียนรู้ภายนอก	1. จัดสภาพการเรียนรู้ภายนอก	1.สร้างความสนใจ	1. ประเมินพฤติกรรม
1. จัดสภาพการเรียนรู้ซึ่งเป็นสภาวะภายนอก	ผู้เรียนให้สอดคล้องกับกระบวนการ	ผู้เรียนให้สอดคล้องกับกระบวนการ	2. แจ้งจุดประสงค์	การเรียนรู้ตามจุดประสงค์
ผู้เรียนให้สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้	เรียนรู้ภายใน	เรียนรู้ภายใน	3. กระตุ้นให้ผู้เรียนระลึกถึง	2. ประเมินความรู้หลังการเรียนรู้
ภายในผู้เรียน	ผู้เรียน	ผู้เรียน	ความรู้เดิมที่จำเป็น	3. ให้ข้อมูล
2. การจัดการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอน 9	2. การจัดการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอน	2. การจัดการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอน	4. เสนอบทเรียนใหม่	บั่นกลับ
ขั้น คือ 1)สร้างความสนใจ 2) แจ้งจุดประสงค์			5. ให้แนวทางการเรียนรู้	
3)กระตุ้นให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมที่จำเป็น			6. ลงมือปฏิบัติ	
4)เสนอบทเรียนใหม่ 5)ให้แนวทางการเรียนรู้			7. ให้ข้อมูล	
6)ลงมือปฏิบัติ 7)ให้ข้อมูลบั่นกลับ 8)ประเมินพฤติกรรม			บั่นกลับ	
การเรียนรู้ตามจุดประสงค์			8. ประเมินพฤติกรรม	
9)ส่งเสริมความแม่นยำและการถ่ายโอนการเรียนรู้			การเรียนรู้ตามจุดประสงค์	
			9. ส่งเสริมความแม่นยำและการถ่ายโอนการเรียนรู้	

จากแนวคิดทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์, ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์ และทฤษฎีทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเยผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 20 แสดงการวิเคราะห์ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

แนวคิด/ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์, ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์ และทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย	1. จัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนตามลำดับขั้นตอน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากของจริง สัญลักษณ์แทนของจริงและสัญลักษณ์โดยคำนึงถึงความแตกต่างของแต่ละบุคคล 2. จัดกิจกรรมประสบการณ์ใหม่ให้สอดคล้องและเชื่อมโยงกับความรู้และประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่	1. ผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับพัฒนาการทางสติปัญญาตามลำดับขั้นตอน 2. ผู้เรียนได้เรียนรู้จากของจริง สัญลักษณ์แทนของจริงและสัญลักษณ์ 3. ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้และได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองมีประสบการณ์ตรง	1. จัดกิจกรรมประสบการณ์ใหม่ให้สอดคล้องและเชื่อมโยงกับความรู้และประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ 2. จัดการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอน 9 ขั้น คือ 1)สร้าง ความสนใจ 2)แจ้งจุดประสงค์ 3) กระตุ้นให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมที่จำเป็น 4)เสนอ บทเรียนใหม่	1. คำนึงถึงความแตกต่างแต่ละบุคคล 2. ประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ 3. ประเมินความรู้หลังการเรียนรู้ 4. การให้ข้อมูลย้อนกลับ

ตาราง 20 (ต่อ)

แนวคิด/ ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
ทฤษฎี พัฒนาการทาง สติปัญญา ของเพียเจต์, บรูเนอร์ และ ทฤษฎีทฤษฎี การเรียนรู้ของ กาเย่	3. ผู้เรียนมีบทบาท ในการเรียนรู้และได้ ลงมือปฏิบัติด้วย ตนเองเพื่อให้มี ประสบการณ์ตรง 4. จัดกิจกรรมที่ สนับสนุนให้ผู้เรียน คิดหาเหตุผลอย่างมี อิสระส่งเสริมให้ ผู้เรียนมีความ เชื่อมั่นในตนเอง 5. จัดสภาพการ เรียนรู้ซึ่งเป็นสภาวะ ภายนอกผู้เรียนให้ สอดคล้องกับ กระบวนการเรียนรู้ ภายในผู้เรียน	4. ผู้เรียนสามารถ คิดหาเหตุผลได้ อย่างมีอิสระมี ความเชื่อมั่นใน ตนเอง	5)ให้แนวทางการ เรียนรู้ 6)ลงมือ ปฏิบัติ7)ให้ข้อมูล ย้อนกลับ 8)ประเมิน พฤติกรรมการเรียนรู้ ตามจุด- ประสงค์ 9)ส่งเสริมความ มั่นใจและการถ่ายโอน การเรียนรู้ 3. จัดกระบวนการ เรียนรู้ตามลำดับ ขั้นตอน ให้ผู้เรียนได้ เรียนรู้จากของจริง สัญลักษณ์แทนของ จริงและสัญลักษณ์ 4. กระตุ้นการคิดหา เหตุผล 5. ส่งเสริมให้ผู้เรียน มีความเชื่อมั่นใน ตนเอง 6. ให้ผู้เรียนได้ลงมือ ปฏิบัติกิจกรรมการ เรียนรู้ด้วยตนเอง	

จากตารางแนวคิดทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์, ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์ และทฤษฎีทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย ผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. จัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนตามลำดับขั้นตอน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากของจริง (Enactive) สัญลักษณ์แทนของจริง (Iconic) และสัญลักษณ์ (Symbolic) โดยคำนึงถึงความแตกต่างของแต่ละบุคคล
2. จัดกิจกรรมประสบการณ์ใหม่ให้สอดคล้องและเชื่อมโยงกับความรู้และประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่
3. ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้และได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อให้มีประสบการณ์ตรง
4. จัดกิจกรรมที่สนับสนุนให้ผู้เรียนคิดหาเหตุผลอย่างมีอิสระส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง
5. จัดสภาพการเรียนรู้ซึ่งเป็นสภาวะภายนอกผู้เรียนให้สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ภายในผู้เรียน
6. การจัดการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอน 9 ขั้น คือ 1)สร้างความสนใจ 2)แจ้งจุดประสงค์ 3) กระตุ้นให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมที่จำเป็น 4)เสนอบทเรียนใหม่ 5)ให้แนวทางการเรียนรู้ 6)ลงมือปฏิบัติ 7)ให้ข้อมูลป้อนกลับ 8)ประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ 9)ส่งเสริมความแม่นยำและการถ่ายโอนการเรียนรู้

3.2 การจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (Student-Centered Instruction)

ความหมาย

การจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่คำนึงถึงความเหมาะสมบนพื้นฐานความแตกต่างระหว่างบุคคลและประโยชน์ของผู้เรียนผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างตื่นตัวและได้ใช้กระบวนการเรียนรู้ต่างๆ นำไปสู่การเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริง โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ได้ศึกษาค้นคว้าจากสื่อและเทคโนโลยีต่าง ๆ อย่างอิสระ ปฏิบัติได้จริงสอดคล้องกับความถนัด ความสนใจ ผู้สอนจะเปลี่ยนบทบาทหน้าที่จากการถ่ายทอดความรู้มาเป็นผู้วางแผนจัดการชี้แนะและอำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียน (ชนาธิป พรกุล. 2544: 50, ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์.2555: 47-48, ทิศนา แคมมณี.2555, วิชัย วงษ์ใหญ่. 2543: 71)

ลักษณะการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญนั้น สามารถทำได้หลายลักษณะ ดังต่อไปนี้(ทิตินา แชมมณี.2555: 124-148, Karlin and Berger. 1974: 17-30, 214-229, Block and Anderson. 1975: 25-55, Laska. 1990)

1. แบบเน้นตัวผู้เรียน

1.1 การจัดการเรียนรู้ตามเอกัตภาพ (Individualized Instruction) เป็นการ จัดสภาพการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเป็นรายบุคคล โดยคำนึงถึงภูมิหลัง สติปัญญา ความสามารถ ความถนัด ความสนใจ แบบการเรียนรู้ และความต้องการของผู้เรียนแต่ละคน จึงต้องมีการทดสอบก่อนเรียน การวินิจฉัยผู้เรียนเพื่อนำไปวางแผนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเป็นรายบุคคล ผู้เรียนจะประเมินผลการเรียนรู้ของตน ซึ่งผู้สอนคอยให้ความช่วยเหลือ เก็บข้อมูลการเรียนรู้เป็นรายบุคคลแล้วนำข้อมูลนั้นไปวางแผนการเรียนรู้ของผู้เรียนต่อไป

1.2 การจัดการเรียนรู้โดยผู้เรียนนำตนเอง (Self-Directed Instruction) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยให้โอกาสผู้เรียนวางแผนการเรียนรู้ด้วยตนเองว่าผู้เรียนต้องการเรียนรู้สิ่งใด วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ เลือกวิธีการเรียนรู้ แสวงหาแหล่งข้อมูล รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล ประเมินตนเอง โดยผู้สอนคอยกระตุ้น ให้คำปรึกษาและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

2. แบบเน้นความรู้ ความสามารถ

2.1 การจัดการเรียนรู้แบบรู้จริง (Mastery Learning) หรือที่มีผู้ใช้ชื่ออื่น เช่น การเรียนรู้แบบรู้รอบ หรือ การเรียนรู้แบบรู้แจ้ง ซึ่งทั้งหมดเป็นการเรียนรู้ที่มีกระบวนการในการดำเนินการให้ผู้เรียนทุกคนที่มีความสามารถและสติปัญญาแตกต่างกัน สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ทุกข้อ ผู้สอนจะวิเคราะห์เนื้อหาสาระและกำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้อย่างละเอียดตามลำดับขั้น จัดการวางแผนการเรียนรู้ให้ตรงกับความต้องการผู้เรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่ม ผู้เรียนดำเนินการเรียนรู้ตามแผนภายใต้การดูแลและช่วยเหลือของผู้สอน โดยจะดำเนินไปที่ละวัตถุประสงค์และประเมินผลผู้เรียน หากบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดจึงสามารถเรียนตามวัตถุประสงค์ลำดับต่อไปได้

2.2 การจัดการเรียนรู้แบบรับประกันผล (Verification Teaching) เป็นการ จัดสภาพการณ์ของการจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนกำหนดวัตถุประสงค์ อาจเป็นวัตถุประสงค์ทั่วไปหรือ วัตถุประสงค์เฉพาะก็ได้ และจะต้องเป็นวัตถุประสงค์ที่มีความเหมาะสมและเป็นไปได้สำหรับผู้เรียน โดยการ จัดสภาพการณ์อาจเป็นเพียงส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และต้องทดสอบได้ ผู้สอนจะทำการทดสอบรายบุคคลตามวัตถุประสงค์นั้น

2.3 การจัดการเรียนรู้แบบเน้นมโนทัศน์ (Concept – Based Instruction) เป็นการวางแผนการจัดการเรียนรู้โดยการระบุมโนทัศน์ หรือความคิดรวบยอดที่ต้องการให้แก่ผู้เรียน ดำเนินการสอนด้วยวิธีการและกระบวนการที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจมโนทัศน์นั้น และนำมโนทัศน์นั้นไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ได้ ซึ่งการประเมินผลจะมุ่งไปที่ความเข้าใจของผู้เรียนต่อมโนทัศน์นั้น

3. แบบเน้นประสบการณ์

3.1 การจัดการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์ (Experiential Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยการให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องที่จะเรียนรู้ก่อน ให้ผู้เรียนได้สังเกต ทบทวนสิ่งที่เกิดขึ้น แล้วนำมาพิจารณา ไตร่ตรองร่วมกัน จนสามารถสร้างความคิดรวบยอด หรือสมมติฐานในเรื่องที่เรียนรู้แล้วจึงนำไปทดลองหรือประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ต่อไปได้

3.2 การจัดการเรียนรู้แบบรับใช้สังคม (Service Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนเข้าไปมีประสบการณ์ในการรับใช้สังคม ซึ่งผู้เรียนจะต้องมีการสำรวจความต้องการของชุมชนที่มีความเกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียน วางแผนเข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ แล้วนำประสบการณ์ที่ได้มาพิจารณา ไตร่ตรองจนเกิดความคิดรวบยอด หลักการ หรือสมมติฐานที่สามารถนำไปทดลอง หรือประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ต่อไปได้

3.3 การจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนเข้าไปเผชิญกับสภาพการณ์จริง ปัญหาจริง ในบริบทจริง หรือในกรณีที่ไม่สามารถจัดให้เผชิญกับสถานการณ์จริงได้ ก็สามารถจัดกิจกรรมจำลองหรือสะท้อนความเป็นจริงให้ผู้เรียนได้ร่วมกันศึกษา แสวงหาความรู้ ข้อมูล และวิธีการต่างๆ เพื่อนำไปแก้ปัญหา ซึ่งจะได้รับการประเมินตามมาตรฐานคุณภาพในชีวิตจริง

4. แบบเน้นปัญหา

4.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก (Problem – Based Instruction) เป็นการจัดการเรียนรู้ โดยจัดสภาพการณ์ของการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นเครื่องมือในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมาย ผู้สอนอาจนำผู้เรียนไปเผชิญสถานการณ์ปัญหาจริง หรือจัดสภาพการณ์ให้ผู้เรียนเผชิญปัญหา และฝึกกระบวนการวิเคราะห์ปัญหา แก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการใฝ่รู้ เกิดทักษะกระบวนการคิด และกระบวนการแก้ปัญหา

4.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นหลัก (Project – Based Instruction) เป็นการจัดการเรียนรู้ โดยการจัดสภาพการณ์ของการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนร่วมกันทำโครงการที่สนใจ ซึ่งต้องร่วมกันสำรวจ สังเกต และกำหนดเรื่องที่สนใจ จากนั้นวางแผนการทำโครงการร่วมกัน ศึกษาหาข้อมูลที่จำเป็นแล้วลงมือปฏิบัติ แล้วจึงเขียนรายงาน นำเสนอต่อสาธารณชน ทำการเก็บข้อมูลแล้วนำผลงาน

และประสบการณ์มาอภิปราย แลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็น แล้วจึงสรุปผลเรียนรู้ที่ได้จากประสบการณ์ทั้งหมด

5. แบบเน้นทักษะกระบวนการ

5.1 การจัดการเรียนรู้โดยเน้นกระบวนการสืบสอบ (Inquiry – Based Instruction) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยผู้สอนจะกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดคำถาม เกิดความคิด แล้วลงมือแสวงหาความรู้เพื่อหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง ซึ่งผู้สอนจะคอยช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ด้านต่างๆ ให้แก่ผู้เรียน

5.2 การจัดการเรียนรู้โดยเน้นกระบวนการคิด (Thinking – Based Instruction) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยที่ผู้สอนใช้รูปแบบ วิธีการ เทคนิคการสอนต่างๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดขยายต่อเนื่องจากความคิดเดิมที่มีอยู่

5.3 การจัดการเรียนรู้โดยเน้นกระบวนการกลุ่ม (Group Process – Based Instruction) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยผู้สอนให้ผู้เรียนทำงานหรือกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่มพร้อมทั้งแนะนำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการทำงานกลุ่มที่ดีควบคู่ไปกับการเรียนรู้เนื้อหาสาระตามวัตถุประสงค์)

5.4 การจัดการเรียนรู้โดยเน้นกระบวนการวิจัย (Research – Based Instruction) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยการจัดสภาพการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการวิจัยหรือผลการวิจัยเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้เนื้อหา อาทิเช่น การใช้การประมวลผลงานวิจัยมาประกอบการเรียนรู้เนื้อหาสาระ ใช้ผลการวิจัยเป็นเนื้อหาสาระในการเรียนรู้ ใช้กระบวนการวิจัยในการศึกษาเนื้อหาสาระ ผู้เรียนลงมือทำวิจัย หรือฝึกทักษะการวิจัยให้ผู้เรียน เป็นต้น

5.5 การจัดการเรียนรู้โดยเน้นกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Instruction Emphasizing Self – Learning Process) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยผู้สอนจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ดำเนินการศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง ทำการเลือกหัวข้อ เนื้อหา วิธีการ และสื่อการเรียนรู้ตามความสนใจ ผู้สอนจะเป็นผู้คอยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ช่วยพัฒนาทักษะในการเรียนรู้ด้วยตนเอง คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำตามความเหมาะสม

6. แบบเน้นการบูรณาการ เป็นการนำเนื้อหาสาระที่มีความเกี่ยวข้องกันมาสัมพันธ์ให้เป็นเนื้อเรื่องเดียวกัน แล้วจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในลักษณะที่เป็นองค์รวมสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยการบูรณาการเนื้อหาสาระที่มีความเกี่ยวข้องกันนั้นสามารถทำได้ทั้งในหลายลักษณะ ได้แก่ 1) การบูรณาการภายในวิชา (intradisciplinary) คือ การนำเนื้อหาสาระในวิชาเดียวกันหรือกลุ่มประสบการณ์เดียวกันมาสัมพันธ์กัน เช่น วิชาภาษาไทย ที่มีเนื้อหาสาระเกี่ยวกับการอ่าน การเขียนคำประพันธ์ ไวยากรณ์ และวรรณคดี ฯลฯ ผู้สอนสามารถนำสาระทุกเรื่องมาสัมพันธ์กันเป็นเรื่องเดียว โดยอาจเลือกวรรณคดีเรื่องใดเรื่อง

หนึ่งเป็นแกนหรือหัวข้อหลัก แล้วให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เรื่องราว การเขียนคำประพันธ์ การใช้ไวยากรณ์ในการประพันธ์ และการอ่าน เป็นต้น 2) การบูรณาการระหว่างวิชา (Interdisciplinary) คือ การนำเนื้อหาสาระหลายๆ วิชามาสัมพันธ์ให้เป็นเรื่องเดียว เช่น นำเนื้อหาสาระของวิชา ภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ศิลปะ สังคม ศาสนาและวัฒนธรรม มาสัมพันธ์กันเป็นเรื่องเดียวภายใต้หัวข้อที่เลือก

หลักการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

การจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างตื่นตัว (Active Participation) ในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มากกว่าผู้สอน ซึ่งการมีส่วนร่วมอย่างตื่นตัวนั้นครอบคลุมทั้งทางกาย สติปัญญา สังคม และอารมณ์ ดังนี้ (ทศนา เขมมณี. 2555: 120-121)

1. การมีส่วนร่วมอย่างตื่นตัวทางกาย(Active Participation: Physical) คือการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เคลื่อนไหวร่างกายทำกิจกรรมต่างๆ ที่หลากหลายเหมาะสมกับวัย วุฒิภาวะ เพื่อช่วยให้ประสาทการรับรู้ตื่นตัว พร้อมทั้งจะเรียนรู้ได้ดี

2. การมีส่วนร่วมอย่างตื่นตัวทางสติปัญญา (Active Participation: Intellectual) คือการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีการเคลื่อนไหวทางสมองหรือสติปัญญา ได้คิด ได้กระทำโดยใช้ความคิด เป็นการใช้สติปัญญาของตนสร้างความหมาย ความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้

3. การมีส่วนร่วมอย่างตื่นตัวทางสังคม (Active Participation: Social) คือการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีการเคลื่อนไหวทางสังคมหรือการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่นและสิ่งแวดล้อมรอบตัว เนื่องจากการเรียนรู้เป็นกระบวนการทางสังคม การแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากกันและกันจะช่วยขยายขอบเขตของการเรียนรู้ของบุคคลให้กว้างขึ้น

4. การมีส่วนร่วมอย่างตื่นตัวทางอารมณ์ (Active Participation: Emotional) คือการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีการเคลื่อนไหวทางอารมณ์หรือความรู้สึกที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีในเรื่องที่เรียนรู้ อารมณ์และความรู้สึกของบุคคลจะช่วยให้การเรียนรู้มีความหมายต่อตนเอง และต่อการปฏิบัติมากขึ้น

ลักษณะการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

กระบวนการการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญนั้น มีขั้นตอนดังนี้ (วิชัย วงษ์ใหญ่. 2543: 58-60)

1. ผู้สอนต้องมีความเชื่อว่าความรู้เป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นใหม่ตลอดเวลา ผู้สอนควรออกแบบการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนค้นพบเรียนรู้จากประสบการณ์ เรียนรู้จากสภาพจริง มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้จากการเป็นผู้กระทำ (Active Learning) กิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้รับ มีอิสระและสามารถควบคุมทิศทางการจัดกิจกรรมได้มากที่สุด

2. การเรียนรู้ผู้เรียนเป็นผู้กระทำ ผู้สอนวางแผนการสอนและกิจกรรมให้ผู้เรียนสร้างความรู้ (Construction) ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพและประสบการณ์ทางสมองของผู้เรียน สังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของการเข้าใจที่ลึกซึ้งในตัวผู้เรียน เป็นกระบวนการที่เน้นการเรียนรู้ที่มีความหมายและมีการควบคุมตนเองในการเรียนรู้ ผู้สอนจะต้องคำนึงถึงสิทธิของผู้เรียน 2 ประการ ได้แก่ 1) สิทธิของผู้เรียนที่จะเรียนรู้ 2) กระตุ้นให้ผู้เรียนรู้หน้าที่การเรียนรู้

3. เน้นกระบวนการมากกว่าเนื้อหากระบวนการเรียนรู้ที่มาจากผู้เรียนจะมีความหลากหลาย องค์ความรู้ไม่มีขีดจำกัด ซึ่งขึ้นอยู่กับศักยภาพของผู้เรียนแต่ละคน เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลที่เป็นศักยภาพของความใส่ใจและแรงผลักดันของแต่ละบุคคล โดยกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการได้แก่

- 1) กระตุ้นความรู้เดิมของผู้เรียน
- 2) ให้ผู้เรียนได้ศึกษาข้อมูลใหม่โดยการแสวงหา รวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง
- 3) ให้ผู้เรียนได้ศึกษา วิเคราะห์ ทำความเข้าใจข้อมูลโดยใช้ทักษะกระบวนการต่างๆ
- 4) ให้ผู้เรียนสรุปความรู้ที่ได้ด้วยตนเองและแสดงออกถึงสิ่งที่ค้นพบด้วยวิธีการต่างๆ

การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนสามารถทำงานได้สำเร็จภายใต้การแนะนำของผู้สอน ผู้เรียนทำกิจกรรมเพิ่มเติมนอกเหนือจากภาระงานในกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้สอนจะคอยสังเกต สนับสนุน สร้างบรรยากาศทางสังคมที่กำหนดขอบเขตการเรียนรู้ของผู้เรียนกับปฏิสัมพันธ์ทางสังคมภายในสมาชิกของผู้เรียน จะทำให้ผู้เรียนได้รับความหมายและประโยชน์ซึ่งเป็นพื้นฐานการพัฒนาความสามารถทางความคิด

4. การพัฒนาผู้เรียนแบบองค์รวม ให้โอกาสผู้เรียนเรียนรู้ในแนวคิดหลัก (Main Concept) โดยกระตุ้นให้ผู้เรียนให้คิดตามสิ่งที่น่าสนใจ สร้างความเชื่อมโยงกับแนวคิดหลัก ทำการวิเคราะห์สรุป และจัดระเบียบความรู้ใหม่ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ข้อมูลที่สำคัญ ทันสมัย เนื่องจากโลกและสังคมมีความซับซ้อนเพื่อเป็นการขยายขอบเขตการเรียนรู้ให้กว้าง มีความหลากหลายและเป็นไปตามสภาพจริง ความรู้ใหม่มักเกิดขึ้นได้จากการสังเคราะห์ และเชื่อมโยงในการฝึกกระบวนการคิดแบบวิเคราะห์สัมพันธ์กันอันจะนำไปสู่การคิดสร้างสรรค์ การคิดขั้นสูงต่อไป สร้างโอกาสให้ผู้เรียนค้นพบตนเองและมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและวิธีการแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนตระหนักถึง

กระบวนการเรียนรู้และวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ เป็นสิ่งที่ต้องปรับปรุงอยู่เสมอ ไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัวสำหรับการดำเนินการ

5. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นโครงสร้างแบบเปิด มีความยืดหยุ่นหลากหลาย ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทักษะการคิด ทักษะกระบวนการ ทักษะการจัดการ และทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม ซึ่งจะหลอมรวมเป็นทักษะชีวิตต่อไป

6. การประเมินในขณะจัดการเรียนรู้ เป็นการประเมินในสภาพจริง เป็นการประเมินที่เป็นธรรมชาติ สอดคล้องกับความเป็นจริง การเรียนรู้จะยังคงต่อเนื่องขณะที่มีการประเมิน ต้องการให้ผู้เรียนประยุกต์ความรู้ที่มีกับสถานการณ์ใหม่ ๆ ผู้สอนสามารถแยกแยะได้ว่าอะไรเป็นสิ่งที่ผู้เรียนจำได้ อะไรเป็นสิ่งที่ผู้เรียนประยุกต์ขึ้น ทำให้เกิดแนวทางปฏิบัติที่หลากหลาย นำไปสู่ความยุติธรรมของการประเมิน

จากการศึกษาข้อมูลมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าบทบาทสำคัญของผู้สอนในการจัดการเรียนรู้โดยยึดผู้เรียนเป็นสำคัญนั้น คือการจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียนและคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล คอยทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษา ให้คำแนะนำชี้แนะในข้อบกพร่องของผู้เรียน โดยมีกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ทั้งในลักษณะรายบุคคลและลักษณะเป็นกลุ่ม ซึ่งเป็นแนวการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิด แก้ปัญหา ปรึกษาหารือ อภิปราย และแสดงความคิดเห็นด้วยเหตุผลซึ่งกันและกัน ช่วยพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการคิด และประสบการณ์มากขึ้น สิ่งสำคัญที่ผู้สอนควรคำนึงถึงในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ คือความรู้พื้นฐานของผู้เรียนสำหรับการเรียนรู้เนื้อหาสาระใหม่ ในชั้นปฏิบัติกิจกรรมผู้สอนควรสังเกต ตรวจสอบความเข้าใจและให้คำแนะนำตามความจำเป็น นอกจากนี้ผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ออกมานำเสนอแนวคิดของผู้เรียนแต่ละคนหรือแนวคิดของกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสร่วมแสดงความคิดเห็นหรือซักถามหาข้ออภิปรายหรือข้อขัดแย้งด้วยเหตุและผล ผู้สอนมีโอกาเสริมความรู้ ขยายความหรือสรุปประเด็นสำคัญที่เป็นความคิดรวบยอดของสาระที่นำเสนอแนะนั้น ทำให้การเรียนรู้ขยายในวงกว้างและลึกมากขึ้น ผู้เรียนสามารถนำความรู้หรือแนวคิดที่ได้จากการนำเสนอแนะนั้นไปประยุกต์หรือเป็นแบบอย่างในการปฏิบัติได้

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ประเด็นหลักที่จะนำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. จัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับความถนัดและความสนใจของผู้เรียน
2. ผู้เรียนมีการร่วมลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ตามบริบทสภาพจริง โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง

3. ผู้เรียนได้คิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง
4. นำสภาพปัญหาและบริบททางสังคม วัฒนธรรมของผู้เรียนมาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้
5. ใช้การประเมินตามสภาพจริงและนำผลมาพัฒนาผู้เรียน

ตาราง 21 แสดงองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

แนวคิด/ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
การจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 1. จัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับความต้องการและความคิดเห็นของผู้เรียน 2. ผู้เรียนมีการร่วมลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ตามบริบทสภาพจริง โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง 3. ผู้เรียนได้คิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง 4. นำสภาพปัญหาและบริบททางสังคม วัฒนธรรมของผู้เรียนมาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ 5. ใช้การประเมินตามสภาพจริงและนำผลมาพัฒนาผู้เรียน	1 จัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับความต้องการและความคิดเห็นของผู้เรียน 2 ผู้เรียนมีการร่วมลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ตามบริบทสภาพจริง โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง 4 นำสภาพปัญหาและบริบททางสังคม วัฒนธรรมของผู้เรียนมาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ใช้การประเมินตามสภาพจริงและนำผลมาพัฒนาผู้เรียน	1 ผู้เรียนมีการร่วมลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ตามบริบทสภาพจริง โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง 2 ผู้เรียนได้คิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง	1. ผู้เรียนมีการร่วมลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ตามบริบทสภาพจริง โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง 4 นำสภาพปัญหาและบริบททางสังคม วัฒนธรรมของผู้เรียนมาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้	1. ใช้การประเมินตามสภาพจริง 2. นำผลการประเมินมาพัฒนาผู้เรียน

3.3 การจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิด (Cognitive Guided Instruction: CGI)

ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิด

การจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิด (CGI) นั้น อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเชื่อของผู้สอนอันเกิดจากการทำความเข้าใจการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน แล้วนำมาใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นการเน้นพัฒนาความเข้าใจและการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยคาร์เพนเตอร์ (Carpenter) และคนอื่นๆ ได้ตั้งข้อสังเกตว่า การจัดการเรียนรู้ของผู้สอนมีอิทธิพลต่อการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ความรู้ และความเชื่ออีกทั้งการจัดการเรียนรู้ของผู้สอนนั้นได้รับอิทธิพลมาจากการทำความเข้าใจการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนและมีผลต่อการจัดการเรียนรู้ ซึ่งการเรียนคณิตศาสตร์ได้ดีที่สุดคือการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหา (Carpenter et al. 1989: 499-531, 2000: 1, Fennema et al. 1993: 555-583) โดยหลักการการจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิดนั้นมีดังนี้ (Carpenter et al. 1989: 499-531)

1. การจัดการเรียนรู้ต้องพัฒนาความเข้าใจของผู้เรียนโดยเน้นความสัมพันธ์ระหว่างทักษะและการแก้ปัญหา ใช้การแก้ปัญหาเป็นศูนย์กลางของการจัดการเรียนรู้
2. การจัดการเรียนรู้ต้องจัดการสถานการณ์ให้ผู้เรียนลงมือทำกิจกรรม ให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเอง
3. ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงปัญหา มโนทัศน์หรือทักษะกับความรู้เดิมที่มีอยู่
4. ต้องมีการประเมินอย่างสม่ำเสมอ ประเมินทั้งการแก้ปัญหาได้สำเร็จและวิธีการที่ใช้แก้ปัญหาซึ่งวิธีการประเมินการคิดของผู้เรียนควรใช้คำถามที่เหมาะสมและรับฟังคำตอบของผู้เรียน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนแบบแนะให้รู้คิด

ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนแบบแนะให้รู้คิดนั้น มีรายละเอียดดังนี้ (Carpenter et al. 1999: 60-85; 2000: 4-5, Hiebert et al. 1997)

ขั้นที่ 1 ผู้สอนนำเสนอปัญหา โดยนำเสนอปัญหาตามวัตถุประสงค์และความมุ่งหมายที่ตั้งไว้ หากผู้เรียนมีความยุ่งยากในการแก้ปัญหา ผู้สอนควรมีการให้ปัญหาที่คล้ายกันอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งในการเลือกปัญหานั้นควรเลือกปัญหาที่น่าสนใจและทำให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และควรเลือกปัญหาที่มีความสอดคล้องกับชีวิตจริงของผู้เรียน

ขั้นที่ 2 ผู้สอนช่วยแนะให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในปัญหาและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแก้ปัญหา ซึ่งผู้สอนควรใช้เวลาผู้เรียนในการทำความเข้าใจปัญหาและช่วยแนะจนแน่ใจว่าผู้เรียนเกิดความเข้าใจและสามารถแก้ปัญหานั้นๆ ได้ ผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีอิสระในการแก้ปัญหา และอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับสื่อ อุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆ ที่ผู้เรียนต้องการในระหว่างการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ผู้เรียนรายงานคำตอบและวิธีการแก้ปัญหา ผู้สอนควรถามผู้เรียนถึงวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาพร้อมเหตุผล เพื่อนำเสนอต่อผู้เรียนในชั้นเรียน ซึ่งระหว่างการนำเสนอผู้สอนอาจใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงแนวคิดของตนเองออกมาเช่น แก้ปัญหานั้นอย่างไร ทำไมจึงเริ่มต้นด้วยวิธีนั้น เป็นต้น

ขั้นที่ 4 ผู้สอนและผู้เรียนช่วยกันอภิปรายคำตอบและวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาหลังจากผู้เรียนรายงานคำตอบ วิธีการและเหตุผลของตนแล้ว ผู้เรียนในชั้นเรียนช่วยกันอภิปรายถึงคำตอบและวิธีการที่แตกต่างกัน ซึ่งผู้สอนจะเป็นผู้นำให้เกิดการอภิปรายโดยใช้คำถาม เช่น มีใครแก้ปัญหадด้วยวิธีการที่แตกต่างจากที่กล่าวมานี้หรือไม่ เป็นต้น

บทบาทของผู้สอนในการจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิด

สำหรับบทบาทของผู้สอนในชั้นเรียนแบบแนะให้รู้คิดนั้น จะเป็นในลักษณะที่ใช้คำถามหรือการชี้แนะในขณะที่ผู้เรียนทำกิจกรรมแล้วสามารถแก้ปัญหาได้ มีความกระตือรือร้นและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในการทำความเข้าใจถึงความคิดของผู้เรียนแต่ละคน มีการเตรียมสื่อ วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่เอื้ออำนวยต่อการแก้ปัญหของผู้เรียน อีกทั้งสร้างบรรยากาศที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้สึกดีในการเรียนคณิตศาสตร์และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถสื่อสารแนวคิดและเหตุผลได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการพูด การเขียน หรือการวาดภาพ ซึ่งเป็นแนวทางที่จะให้ผู้เรียนเข้าใจตนเองว่ากำลังคิดอะไรและทำอะไร รวมทั้งผู้สอนก็จะสามารถประเมินความคิดและเหตุผลของผู้เรียนได้ด้วย ผู้สอนควรนำเสนอปัญหา สถานการณ์หรือกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียนทุกคน และสามารถพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้ ทำการจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้ผู้เรียนสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองแทนที่จะเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ และส่งเสริมให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่ม และมีการอภิปรายแนวคิดของตนเองกับผู้อื่น ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กันในชั้นเรียน มีการให้เวลาที่เหมาะสมแก่ผู้เรียนในการแก้ปัญหาต่างๆ ไม่ควรเตรียมแนวทางการสอนที่ชัดเจน ตายตัว หรือใช้สื่ออุปกรณ์การจัดการเรียนรู้ที่เฉพาะเจาะจง แต่ควรเตรียมการสอนอย่างกว้างๆ และปรับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามความต้องการหรือแนวความคิดของผู้เรียน (Carpenter et al. 1999: 60-85; NCRMSE.1992 และ Hanks. 1998)

นอกจากนี้ยังมีนักวิชาการที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิดไว้น่าสนใจหลายท่าน อาทิเช่น งานวิจัยของเวทฤทธิ์ อังชนะภัทขจร (2551) ที่ได้ทำการศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ที่ใช้ทักษะการให้เหตุผลและการเชื่อมโยงโดยบูรณาการสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลกับสิ่งแวดล้อมศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยด้านความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

ด้านทักษะการให้เหตุผล และด้านทักษะการเชื่อมโยง จากการทำแบบทดสอบภายหลังการทดลอง มากกว่าก่อนการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และจากการสังเกตพฤติกรรมและการสัมภาษณ์พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านการอ่านเปรียบเทียบ และวิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูล มีพัฒนาการด้านการอธิบาย การหาความสัมพันธ์ วิเคราะห์และแสดงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล นักเรียนสามารถนำข้อมูลที่กำหนดให้มาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริงได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพัชรีย์ ปิยะภักดิ์ (2555) ที่ได้ทำการศึกษาการพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งได้ใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะให้รู้คิดมาประยุกต์ในการพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะให้รู้คิด ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ประเด็นหลักที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นศูนย์กลาง เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการแก้ปัญหา เชื่อมโยงปัญหากับความรู้เดิม
2. ใช้คำถามกระตุ้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา
3. สร้างบรรยากาศในการเรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน
4. ประเมินการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ ทั้งวิธีการที่ใช้แก้ปัญหาและความสำเร็จในการแก้ปัญหา

ตาราง 22 แสดงองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะให้รู้คิด

แนวคิด/ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
การจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะให้รู้คิด 1. จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นศูนย์กลาง เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการแก้ปัญหา เชื่อมโยงปัญหากับความรู้เดิม 2. ใช้คำถามกระตุ้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา 3. สร้างบรรยากาศในการเรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน 4. ประเมินการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ ทั้งวิธีการที่ใช้แก้ปัญหาและความสำเร็จในการแก้ปัญหา	1. จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นศูนย์กลาง เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการแก้ปัญหา เชื่อมโยงปัญหากับความรู้เดิม 2. ใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียนในการแก้ปัญหา 3. สร้างบรรยากาศในการเรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน 4. มีการประเมินอย่างสม่ำเสมอ ทั้งการแก้ปัญหาได้สำเร็จและวิธีการที่ใช้แก้ปัญหา	1. จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นศูนย์กลาง เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการแก้ปัญหา เชื่อมโยงปัญหากับความรู้เดิม 2. สร้างบรรยากาศในการเรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน	1 จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นศูนย์กลาง เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการแก้ปัญหา เชื่อมโยงปัญหากับความรู้เดิม 2 ใช้คำถามกระตุ้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา 3 สร้างบรรยากาศในการเรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน	มีการประเมินการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ

3.4 วิธีการสอนแบบ SSCS

วิธีการสอนแบบSSCS เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาการแก้ปัญหาของผู้เรียนโดยนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งตัวย่อแต่ละตัวมีความหมายดังนี้ S: Search , S: Solve , C: Create และ S: Share ซึ่งวิธีการสอนแบบ SSCS ถูกพัฒนาขึ้นโดย Pizzini; & Abell (1989) บนพื้นฐานของการสอนการแก้ปัญหาแบบ CPS และการสอนการแก้ปัญหาแบบ IDEAL ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. การสอนการแก้ปัญหาแบบ CPS (Creative Problem Solving) หรือ รูปแบบการแก้ปัญหาแบบ Osborn Parnesซึ่งได้มีการนิยามคำต่างๆ ไว้ ดังนี้ Creative หมายถึง ความคิดที่เป็นสิ่งแปลกใหม่หรือเป็นหนึ่งเดียว ที่อาจมีอย่างน้อยหนึ่งวิธีที่บุคคลหนึ่งจะสร้างสรรค์ผลเฉลยอย่างมีคุณค่า และตรงประเด็น Problem หมายถึง สถานการณ์ใดๆ mแสดงถึงความท้าทายและโอกาส หรือ สิ่งที่น่าสนใจและ Solving หมายถึง การวางแผนเพื่อหาวิธีในการหาคำตอบที่เหมาะสม หรือเพื่อแยกแยะ วิเคราะห์ปัญหาทั้งนี้การสอนการแก้ปัญหาแบบ CPS มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการค้นหาข้อเท็จจริง (Fact Finding) เป็นการหาข้อมูลที่ปรากฏจากสถานการณ์ หรือข้อเท็จจริงที่ได้พบ

ขั้นที่ 2 ขั้นการค้นหาปัญหา (Problem Finding) เป็นการหาปัญหาที่เกิดขึ้นโดยอาศัยข้อมูลจากสถานการณ์จริงที่ได้ประสบ

ขั้นที่ 3 ขั้นการค้นหาแนวคิดในการแก้ปัญหา (Idea Finding) เป็นการหาขอบเขตของปัญหา โดยอาศัยข้อมูลและปัญหาหลายๆ อย่างจากสถานการณ์จริงที่ประสบ

ขั้นที่ 4 ขั้นค้นหาวิธีการแก้ปัญหา (Solution Finding) เป็นการหาวิธีการและขั้นตอนในการแก้ปัญหาหลังจากที่กำหนดขอบเขตของปัญหาเรียบร้อยแล้ว

ขั้นที่ 5 ขั้นการค้นหาแนวทางที่ยอมรับได้ (Acceptance Finding) เป็นการหาเหตุผลที่จะมาสนับสนุนคำตอบของปัญหาที่ได้จากการดำเนินการแล้ว

2. การสอนการแก้ปัญหาแบบ IDEAL ซึ่งแต่ละตัวอักษรย่อมาจาก Identify, Define, Explore, Act และLook โดยการสอนการแก้ปัญหาแบบ IDEAL มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการจำแนกแยะแยะปัญหา (Identifying The Problem) เป็นการค้นหาข้อมูลจากข้อเท็จจริง จากสถานการณ์ต่างๆ ที่มีอยู่เพื่อแจกแจงปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นการให้คำนิยามและการนำเสนอปัญหา (Defining And Representing The Problem) เป็นการตีความหมายของปัญหาเพื่อกำหนดรายละเอียดของปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นการค้นหากลยุทธ์ที่หลากหลายในการแก้ปัญหา (Exploring Alternative

Strategies) เป็นการคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อหาแนวทางและวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ขั้นการลงมือปฏิบัติตามกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา (Acting On The Strategies) เป็นการลงมือแก้ปัญหตามแนวทางและวิธีการที่เลือกไว้เพื่อแก้ปัญหที่กำหนดไว้ข้างต้น

ขั้นที่ 5 ขั้นการมองย้อนกลับและการประเมินผล (Looking Back And Evaluating The Effect) เป็นการตรวจสอบคำตอบและประเมินผลกระทบของคำตอบที่ได้

จากรูปแบบการแก้ปัญหาทั้ง 2 แบบ ที่กล่าวมาข้างต้น Pizzini; & Abell ได้นำมาสังเคราะห์และปรับให้เหลือเพียง 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) ขั้นค้นหา (Search : S) เป็นขั้นการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา แยกแยะประเด็นปัญหา แสวงหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง อาจจากการตั้งคำถามผู้สอนหรือเพื่อนร่วมชั้นเรียน จากตำราหรือเอกสารอื่นๆ มีการระดมสมอง ให้ผู้เรียนได้เห็นความสัมพันธ์ของมโนคติต่างๆ ที่มีอยู่ในปัญหา ผู้เรียนสามารถอธิบายขอบเขตของปัญหาจากความเข้าใจของตนเอง

2) ขั้นการแก้ปัญหา (Solve : S) เป็นขั้นการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหด้วยวิธีต่างๆ ผู้เรียนต้องวางแผนการแก้ปัญหาและการใช้เครื่องมือในการแก้ปัญหด้วยตนเอง นำข้อมูลจากขั้นที่ 1 มาประกอบการแก้ปัญหา และหากพบปัญหาระหว่างดำเนินการสามารถย้อนกลับไปยังขั้นที่ 1 ได้อีก หรือปรับปรุงแผนดำเนินการที่วางไว้ด้วยการประยุกต์วิธีการต่างๆ ร่วมกันก็ได้

3) ขั้นสร้างคำตอบ (Create : C) เป็นขั้นการนำผลที่ได้มาจัดกระทำเป็นขั้นตอนเพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจและการสื่อสารกับผู้อื่น อาจโดยการทำเป็นภาษาที่ง่าย สละสลวย มีการขยายความหรือตัดทอนคำตอบให้อยู่ในรูปที่เข้าใจง่าย

4) ขั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share : S) เป็นขั้นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อมูลและวิธีการแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับขั้นตอนหรือวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาทั้งของตนเองและผู้อื่น ซึ่งผู้เรียนแต่ละคนอาจใช้วิธีการแก้ปัญหที่แตกต่างกันไปหรืออาจจะได้คำตอบที่แตกต่างกัน โดยคำตอบที่ถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง วิธีการแก้ปัญหที่ได้รับการยอมรับและไม่ได้รับการยอมรับ จะถูกนำมาแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และร่วมกันพิจารณา

บทบาทของผู้สอนในวิธีการสอนแบบ SSCS

เนื่องจากการสอนแบบ SSCS เป็นรูปแบบการสอนที่เน้นพัฒนาผู้เรียนรายบุคคล ผู้สอนจึงควรคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน ผู้เรียนต้องเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มความสามารถ

า ร ถ ส นั บ ส นุ น ไ ห้ ผู้ เรี ย น แ ก้ ปั ญ ห า ดั ว ย ต น เ อ ง
 ที่ให้เห็นถึงข้อผิดพลาดในการแก้ปัญหของผู้เรียนและความเพียงพอของสมมติฐานที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ผู้สอนควรจัดประสบการณ์การเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรมและควรมีเทคนิคในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นผู้เรียนให้คิด ส ำ ร ว จ วิ ธี ก ำ ร แ ก้ ปั ญ ห า
 ให้ผู้เรียนได้เลือกหรือสืบเสาะปัญหาที่ตนสนใจมีการประเมินย้อนกลับในการคิดของผู้เรียนหรือผลการแก้ปัญหของผู้เรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักการตั้งคำถามและหาคำตอบเพื่อต่อยอดความรู้ของตนเอง
 ผู้สอนคอยแนะนำดูแลในแต่ละขั้นตอนช่วยเหลือผู้เรียนในการพัฒนากลยุทธ์ที่ใช้ในการรับและดำเนินการกับข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด (Pizzini; Shepardson; & Abell, 1989: 528-529, Chin. 1997: 9-10, ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์.2555: 396-402, สันนิสา สมั่นอยู่. 2554:)

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบ SSCS ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ประเด็นหลักที่จะนำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การค้นหาปัญหา 2) การแก้ปัญหา 3) การสร้างคำตอบ และ 4) การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น
2. คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน
3. ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง
4. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มความสามารถ
5. สนับสนุนให้ผู้เรียนแก้ปัญหาด้วยตนเอง
6. จัดประสบการณ์การเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรมและมีเทคนิคในการตั้งคำถาม กระตุ้นผู้เรียนให้คิด ส ำ ร ว จ วิ ธี ก ำ ร แ ก้ ปั ญ ห า
7. ช่วยเหลือผู้เรียนในการพัฒนากลยุทธ์ที่ใช้ในการรับและดำเนินการกับข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ

ตาราง 23 แสดงองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยการสอนแบบ SSCS

แนวคิด/ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
การสอนแบบ SSCS 1. กระตุ้นให้ผู้เรียน ใช้กระบวนการ เรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การค้นหา ปัญหา 2) การ แก้ปัญหา 3) การ สร้างคำตอบ และ 4) การแลกเปลี่ยน ความคิดเห็น 2. คำนึงถึงความ ต่างระหว่าง บุคคลของผู้เรียน 3. ให้ผู้เรียนมีส่วน ร่วมในการเรียนรู้ และลงมือปฏิบัติ ด้วยตนเอง 4. เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้แสดง ความคิดเห็นอย่าง เต็มความสามารถ 5. สนับสนุนให้	1. กระตุ้นให้ผู้เรียน ใช้กระบวนการ เรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ค้นหาปัญหา 2) แก้ปัญหา 3) สร้างคำตอบ 4) แลกเปลี่ยน ความคิดเห็น 2. คำนึงถึงความ ต่างระหว่าง บุคคล 3. ให้ผู้เรียนมีส่วน ร่วมในการเรียนรู้ และลงมือปฏิบัติ ด้วยตนเอง 4. เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้แสดง ความคิดเห็นอย่าง เต็มความสามารถ 5. สนับสนุนให้ ผู้เรียนแก้ปัญหา	1. ผู้เรียนมีการ ค้นหา แก้ปัญหา สร้างคำตอบ และ แลกเปลี่ยนความ คิดเห็น 2. ให้ผู้เรียนมีส่วน ร่วมในการเรียนรู้ และลงมือปฏิบัติ ด้วยตนเอง 3. เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้แสดง ความคิดเห็นอย่าง เต็มความสามารถ 4. สนับสนุนให้ ผู้เรียนแก้ปัญหา ด้วยตนเอง 5. ช่วยเหลือผู้เรียน ในการพัฒนา ยุทธวิธีที่ใช้ในการรับ และดำเนินการกับ ข้อมูลอย่างมี ประสิทธิภาพมาก	1. กระตุ้นให้ ผู้เรียนใช้ กระบวนการ เรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ค้นหา ปัญหา 2) แก้ปัญหา 3) สร้างคำตอบ 4) แลกเปลี่ยน ความคิดเห็น 2. คำนึงถึงความ ต่างระหว่าง บุคคลของผู้เรียน 3. ให้ผู้เรียนมี ส่วนร่วมในการ เรียนรู้ และลงมือ ปฏิบัติด้วย ตนเอง	1. มีการ ประเมินอย่าง สม่าเสมอ 2. ประเมินโดย คำนึงถึงความ ต่าง ระหว่างบุคคล 3. ประเมินการ คิดของผู้เรียน

ผู้เรียนแก้ปัญหา ด้วยตนเอง	ด้วยตนเอง	ที่สุด		
-------------------------------	-----------	--------	--	--

ตาราง 23 (ต่อ)

แนวคิด/ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
การสอนแบบ SSCS 6. จัดประสบการณ์การเรียนรู้ เรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรม และมีเทคนิคในการตั้ง คำถาม กระตุ้นผู้เรียน ให้คิด สำนวจวิธีการ แก้ปัญหา 7. ช่วยเหลือผู้เรียนใน การพัฒนากลยุทธ์ที่ใช้ ในการรับและดำเนิน การกับข้อมูลอย่างมี ประสิทธิภาพ	6. จัดประสบ- การณ์การเรียนรู้ อย่างเป็นรูปธรรม และมีเทคนิคใน การตั้งคำถาม กระตุ้นผู้เรียนให้ คิด สำนวจวิธีการ แก้ปัญหา 7. ช่วยเหลือผู้เรียน ในการพัฒนากล ยุทธ์ที่ใช้ในการรับ และดำเนินการกับ ข้อมูลอย่างมี ประสิทธิภาพมาก ที่สุด		4. เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้แสดง ความคิดเห็น อย่างเต็ม ความสามารถ 5.สนับสนุนให้ ผู้เรียนแก้ปัญหา ด้วยตนเอง 6. จัดประสบ- การณ์การเรียนรู้ อย่างเป็น รูปธรรมและมี เทคนิคในการตั้ง คำถาม กระตุ้น ผู้เรียนให้คิด สำวจวิธีการ แก้ปัญหา 7. ช่วยเหลือ ผู้เรียนในการ พัฒนากลยุทธ์ที่ ใช้ในการรับและ ดำเนินการกับ	

			ข้อมูลอย่างมี ประสิทธิภาพ	
--	--	--	------------------------------	--



3.5 การโค้ชเพื่อการรู้คิด (Cognitive Coaching)

ความหมาย

การโค้ช คือ การเป็นคู่คิดของผู้ที่ได้รับการโค้ชในกระบวนการพัฒนาที่สร้างสรรค์ และกระตุ้นให้ผู้ได้รับการโค้ชได้นำศักยภาพของตนเองออกมาใช้ได้อย่างเต็มที่ทั้งชีวิตส่วนตัวและอาชีพ การโค้ชเน้นการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อให้เกิดการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงด้านดีที่เป็นรูปธรรม อีกทั้งการโค้ชยังเป็นกลไกเสริมสร้างและพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ความสามารถ การคิดขั้นสูง มีวิธีการเรียนรู้ การตรวจสอบประเมินตนเอง กำหนดทิศทางการพัฒนาตนเองได้ ส่วนการโค้ชเพื่อการรู้คิดนั้นหมายถึง กระบวนการฝึกการสอนโดยผู้สอน ซึ่งทำหน้าที่เป็นโค้ช ดึงศักยภาพของผู้เรียนด้านความรู้ ความสามารถ การคิด ตลอดจนคุณลักษณะอันพึงประสงค์ตามที่กำหนดไว้ (วิชัย วงษ์ใหญ่และมารุต พัฒนาผล. 2557, Costa and Garmston. 2002.)

ลักษณะการโค้ชเพื่อการรู้คิด

เนื่องจากการโค้ชเพื่อการรู้คิดนั้น เป็นมากกว่าการสอน ลักษณะของการโค้ชเพื่อการรู้คิดผู้สอนจะต้องกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดแรงจูงใจ ความปรารถนา ทักษะ และกระบวนการคิดที่จะนำไปสู่การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น (Transformative Learning) ผู้สอนตั้งคำถามกับผู้เรียนด้วยเทคนิคต่างๆ เพื่อเสริมสร้างกระบวนการคิดที่นำไปสู่การวางแผน การแก้ปัญหา และสร้างสรรค์ สนับสนุนให้ผู้เรียนมีการกำหนดเป้าหมายของการพัฒนาตนเอง รวมทั้งการวางแผน และการประเมินผลความสำเร็จ สังเกตและประเมินพัฒนาการด้านต่างๆ ของผู้เรียนที่เป็นจุดเน้นของการโค้ชในแต่ละครั้ง ผู้สอนต้องประยุกต์เทคนิคการสอนต่างๆ นำมาใช้ในการโค้ชผู้เรียน ให้เหมาะสมกับธรรมชาติและความต้องการของแต่ละคนในลักษณะการสร้างเครื่องมือช่วยเหลือผู้เรียน (Scaffolding) ที่แนะและช่วยเหลืออย่างเหมาะสม ส่งเสริมผู้เรียนให้มีความเชื่อมั่น ความมุ่งมั่นในการปฏิบัติที่นำไปสู่การพัฒนาที่ดีขึ้น รักษาสิ่งที่ดีๆ ของผู้เรียน ให้การสนับสนุนและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยไม่ตัดสิน วิพากษ์วิจารณ์หรือจับผิด ทำการประเมินผลการโค้ชด้วยวิธีที่หลากหลายตามสภาพจริง และนำเสนอสารสนเทศมาพัฒนาผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง ดำเนินการโค้ชบนพื้นฐานของการเคารพในศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์ ความแตกต่างทางวัฒนธรรม (วิชัย วงษ์ใหญ่และมารุต พัฒนาผล. 2557, Costa, A. L., & Garmston, R. J.. 2002.)

สำหรับการตั้งคำถามที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดควรเป็นคำถามแบบเปิด มีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ ต้องมีการวางแผนการตั้งคำถามล่วงหน้า หลีกเลี่ยงการใช้คำถามที่ชี้แนะคำตอบ มีการเว้นระยะเวลาให้ผู้เรียนได้คิดหาคำตอบ ผู้โค้ชเองต้องไม่ย่ำคำถามเพราะจะทำให้ผู้เรียนไม่สนใจคำถามของโค้ช คำถามที่ใช้ต้องชัดเจน มีความเฉพาะเจาะจง ถามทีละคำถาม และใช้คำถามที่หลากหลาย เช่น คำถามปลายเปิด คำถามปลายปิด โดยมีความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาสาระกับ

สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ผู้โค้ชต้องให้ความสำคัญกับทุกคำตอบ ไม่ขัดจังหวะการตอบโดยไม่จำเป็น แสดงท่าทางให้ความสนใจกับคำตอบของผู้เรียน ไม่ด่วนสรุปตัดสินคำตอบของผู้เรียน ควรให้คำแนะนำหรือแสดงความคิดเห็นของตนเองเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้อง และหากผู้เรียนไม่ตอบคำถามใดๆ โค้ชควรตั้งคำถามใหม่ที่ง่ายกว่าเดิม เพื่อให้ผู้เรียนสามารถตอบได้แล้วจึงกลับมาถามคำถามเดิมอีกครั้ง ทั้งนี้คำถามที่ทรงพลังสามารถจำแนกได้ 5 ประเภท ได้แก่ 1) คำถามกระตุ้นให้มีจุดหมายในการคิด (Focus Questions) เช่น ผลลัพธ์ที่ต้องการคืออะไร ต้องมีปัจจัยอะไรบ้างจึงจะประสบความสำเร็จ สิ่งที่นักเรียนต้องการทำให้สำเร็จคืออะไร เป็นต้น 2) คำถามกระตุ้นความปรารถนา (Passion Questions) เช่น สิ่งที่นักเรียนอยากรู้คืออะไร นักเรียนประสงค์จะทำกิจกรรมการเรียนรู้อะไร จุดมุ่งหมายในชีวิตของนักเรียนคืออะไร เป็นต้น 3) คำถามเสริมพลัง (Empowerment Questions) เช่น นักเรียนมีความคิดเห็นในเรื่องนี้อย่างไร สิ่งที่นักเรียนจะปรับปรุงและพัฒนาต่อไปคืออะไร นักเรียนคิดว่าจะตัดสินใจในเรื่องนี้อย่างไร เป็นต้น 4) คำถามกระตุ้นแรงบันดาลใจ (Inspiration Questions) เช่น นักเรียนคิดว่าทำงานชิ้นนี้ดีที่สุดแล้วหรือยัง นักเรียนคิดว่ากำลังทำในสิ่งที่ควรทำหรือไม่ ทำอย่างไรสิ่งนี้นักเรียนคาดหวังนั้นจะเป็นจริง เป็นต้น 5) คำถามเชิงลึก (Depth Questions) เช่น นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหานี้คืออะไร นักเรียนคิดว่าจะแก้ปัญหานี้อย่างไร นักเรียนคิดว่าเรื่องนี้เป็นความจริงหรือไม่เพราะอะไร นักเรียนคิดว่าเรื่องนี้มีข้อดีข้อเสียอย่างไร เป็นต้น (วิชัย วงษ์ใหญ่และมารุต พัฒนาผล. 2557, Sobel; & panas. 2012.)

หลักการโค้ช

หลักในการโค้ช ประกอบด้วย 1) ทำให้ผู้เรียนสนใจอยากเรียนรู้ ต้องการกำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้ และอยากปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ด้วยเหตุผลว่าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและมีประโยชน์ 2) เมื่อผู้เรียนทำสิ่งต่างๆ ได้สำเร็จ ผู้โค้ชมีความจริงใจในการชมเชยผู้เรียน และให้กำลังใจหากผู้เรียนประสบความล้มเหลว 3) แนะนำแนวทางการแก้ไขปรับปรุงข้อผิดพลาดให้ผู้เรียน โดยใช้คำถามหรือการให้ผู้เรียนคิดหาแนวทางด้วยตนเอง 4) ทำให้ผู้เรียนรู้สึกท้าทายในการเรียนรู้ ซึ่งจะทำให้เกิดความมุ่งมั่น ความอุตสาหพยายามในการที่จะเรียนรู้ให้สำเร็จ 5) มีความรู้ในเนื้อหาสาระที่ตนเองจัดการเรียนรู้ และมีความสามารถในการนำความคิดรวบยอดของความรู้นั้นมาใช้ในการปฏิบัติจริง 6) สื่อสารกับผู้เรียนใช้เหตุผลหรือปัญญา รับฟังผู้เรียนด้วยใจที่เป็นกลางปราศจากอคติ ไม่ด่วนสรุป 7) ถอดบทเรียน (Lesson Learned) สังเคราะห์องค์ความรู้ที่เกิดจากการปฏิบัติจริงเกี่ยวกับการโค้ช 8) ความผูกพัน (Engagement) ผู้เรียนที่มีความผูกพันกับโค้ชจะรับฟังคำแนะนำของโค้ช และนำไปปฏิบัติด้วยตนเอง และ 9) ใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดและพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง (Thinking Questions) ต้องดึงศักยภาพของผู้เรียนออกมาแล้วให้ผู้เรียนพัฒนาด้วยตนเองอย่างเต็มศักยภาพ (วิชัย วงษ์ใหญ่และมารุต พัฒนาผล. 2557, Costa and Garmston. 2002.)

กระบวนการโค้ช

จากหลักการในการโค้ชนำไปสู่กระบวนการของการโค้ช ซึ่งกระบวนการโค้ชที่จะบรรลุเป้าหมายมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้ (วิชัย วงษ์ใหญ่และมารุต พัฒนา. 2557, Costa; & Garmston. 2002, Knight. 2009)

1. การกำหนดเป้าหมาย (Goal) เป็นการกำหนดเป้าหมายของการโค้ชผู้เรียนแต่ละบุคคล เน้นผลลัพธ์การเรียนรู้ ทั้งด้านการรู้คิด ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ซึ่งวิธีการตั้งเป้าหมายควรกำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนในลักษณะที่เป็นรูปธรรม สามารถสังเกตได้หรือวัดได้ เช่น ผู้เรียนสามารถบอกเลขสองหลักได้ ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ ผู้เรียนช่วยเหลือแบ่งปันความรู้กับเพื่อน เป็นต้น การกำหนดเป้าหมายการโค้ชที่มีความชัดเจนจะช่วยให้ทำการประเมินผลการโค้ชง่ายและตรงประเด็น

2. การตรวจสอบสภาพจริง (Reality) เป็นการทบทวนสภาพจริงเกี่ยวกับคุณภาพของผู้เรียนที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน โดยวิธีการตรวจสอบอาจเป็นการพิจารณาการเรียนรู้ที่ผ่านมา พฤติกรรมการเรียนรู้ที่สังเกตพบ หรือการซักถามแบบไม่เป็นทางการ ผลจากการตรวจสอบสภาพจริงจะนำไปกำหนดทางเลือกวิธีโค้ช และช่วยยืนยันความถูกต้องของเป้าหมายในการโค้ชด้วย

3. การกำหนดทางเลือก (Option) เป็นการกำหนดเทคนิควิธีการโค้ชบนพื้นฐานของสภาพจริงและตอบสนองต่อเป้าหมายการโค้ช เช่น เทคนิคการตั้งคำถามที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิด ค้นหาคำตอบทางเลือก การตัดสินใจ และการแก้ปัญหา เป็นต้น การกำหนดทางเลือกการโค้ชควรมีความสอดคล้องกับสภาพความต้องการได้รับการโค้ชของผู้เรียนแต่ละคน ที่มีความแตกต่างกัน ตลอดจนสอดคล้องกับธรรมชาติของผู้เรียน สภาพอารมณ์ในขณะนั้น (ลีลาการเรียนรู้)

4. การตัดสินใจ (Will, Way, Forward) โดย Will คือ การตั้งเป้าหมาย การมุ่งมั่นในการโค้ช เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ส่วน Way คือ แนวทางการปฏิบัติที่นำไปสู่ความสำเร็จ โดยมีเป้าหมายที่ชัดเจน และกำหนดขั้นตอนการประสบความสำเร็จ (Mind Stone) ที่จะบรรลุในแต่ละขั้น สำหรับ Forward คือ การทบทวนผลการปฏิบัติ รวมทั้งการเรียนรู้และพัฒนาต่อยอด ทั้งนี้การตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการโค้ช และลงมือปฏิบัติการโค้ชเพื่อการบรรลุเป้าหมาย คือ การเรียนรู้และการคิดของผู้เรียน เกณฑ์การตัดสินใจทางเลือกที่ดีที่สุด ได้แก่ เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้เรียน ตอบโจทย์ความต้องการของผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิดและตัดสินใจ โค้ชแล้วผู้เรียนมีความสุขในการเรียนรู้ และผู้เรียนเกิดกำลังใจและพลังการเรียนรู้

5. การประเมินผลการได้ช (Evaluation) เพื่อตรวจสอบผู้เรียนที่ได้รับการได้ชว่ามีพัฒนาการที่ดีขึ้นหรือไม่ ด้วยวิธีการประเมินตามสภาพจริงเป็นรายบุคคล เช่น การทดสอบ การซักถาม การประเมินผลงาน การสังเกตพฤติกรรม การสอบถามจากเพื่อนร่วมชั้นเรียน เป็นต้น แล้วนำผลการประเมินมาพัฒนาผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการได้ชเพื่อการรู้คิด ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ประเด็นหลักที่จะนำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. สร้างแรงบันดาลใจ ให้กำลังใจ สนับสนุน สร้างความท้าทาย กระตุ้นผู้เรียนให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้
2. ใช้คำถามที่หลากหลายและกระตุ้นการคิด
3. เชื่อมโยงเนื้อหาสาระกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน
4. ใช้สุนทรียสนทนา สื่อสารกับผู้เรียนโดยใช้เหตุผลและใจที่เป็นกลาง
5. แนะนำแนวทางแก้ไข ปรับปรุงข้อผิดพลาดให้ผู้เรียน
6. ถอดบทเรียน สังเคราะห์ความรู้จากการปฏิบัติจริง
7. สังเกต ประเมินพัฒนาการด้านต่างๆ ของผู้เรียนที่เป็นจุดเน้นของการได้ชแต่ละครั้งและประเมินด้วยวิธีที่หลากหลายตามสภาพจริง

ตาราง 24 แสดงองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยการโค้ชเพื่อการรู้คิด

แนวคิด/ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
การโค้ชเพื่อการรู้คิด 1. สร้างแรงบันดาลใจ ให้ กำลังใจ สนับสนุน สร้าง ความท้าทาย กระตุ้น ผู้เรียนให้เกิดแรงจูงใจใน การเรียนรู้ 2. ใช้คำถามที่หลากหลาย และกระตุ้นการคิด 3. เชื่อมโยงเนื้อหาสาระกับ สถานการณ์ในชีวิต ประจำวัน 4. ใช้สุนทรียสนทนา สื่อสารกับผู้เรียนโดยใช้ เหตุผลและใจที่เป็นกลาง 5. แนะนำแนวทางแก้ไข ปรับปรุงข้อผิดพลาดให้ ผู้เรียน 6. ถอดบทเรียน สังเคราะห์ ความรู้จากการปฏิบัติจริง 7. สังเกต ประเมิน พัฒนาการด้านต่างๆ ของ ผู้เรียนที่เป็นจุดเน้นของการ โค้ชแต่ละครั้งและประเมิน ด้วยวิธีที่หลากหลายตาม สภาพจริง	1. สร้างแรงบันดาลใจ ให้กำลังใจ สนับสนุน สร้าง ความท้าทาย กระตุ้นผู้เรียนให้ เกิดแรงจูงใจใน การเรียนรู้ 2. ใช้คำถามที่ หลากหลายและ กระตุ้นการคิด 3. เชื่อมโยงเนื้อหา สาระกับสถาน การณ์ในชีวิต ประจำวัน 4. ใช้สุนทรีย สนทนา สื่อสารกับ ผู้เรียนโดยใช้ เหตุผลและใจที่ เป็นกลาง 5. แนะนำทาง แก้ไข ปรับปรุง ข้อผิดพลาดให้ ผู้เรียน	1. ผู้เรียนได้รับ แรงบันดาลใจ เกิดแรงจูงใจใน การเรียนรู้ 2. เกิดสุนทรีย สนทนา สื่อสาร กับผู้เรียนโดย ใช้เหตุผลและ ใจที่เป็นกลาง	1. สร้างแรงบันดาลใจ ให้กำลังใจ สนับสนุน สร้างความท้าทาย กระตุ้นผู้เรียนให้เกิด แรงจูงใจในการเรียนรู้ 2. ใช้คำถามที่ หลากหลายและ กระตุ้นการคิด 3. เชื่อมโยงเนื้อหา สาระกับสถานการณ์ ในชีวิตประจำวัน 4. แนะนำแนวทางแก้ไข ปรับปรุงข้อผิดพลาด ให้ผู้เรียน 5. มีการถอดบทเรียน สังเคราะห์ความรู้จาก การปฏิบัติจริง 6. สังเกต ประเมิน พัฒนาการด้านต่างๆ ของผู้เรียนที่เป็น จุดเน้นของการโค้ชแต่ ละครั้งและประเมิน ด้วยวิธีที่หลากหลาย ตามสภาพจริง	1. ประเมิน พัฒนาการ ด้านต่างๆ ของผู้เรียนที่ เป็นจุดเน้น ของการโค้ช แต่ละครั้ง 2. ประเมิน ตามสภาพ จริงด้วย วิธีการที่ หลากหลาย

3.6 การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment)

การประเมินตามสภาพจริง เป็นกระบวนการตัดสินความรู้ความสามารถและทักษะต่างๆ ของผู้เรียนในสภาพที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ประเมินจากผลการปฏิบัติงานของผู้เรียนตามหลักฐานหรือร่องรอยที่เกิดจากการเรียนรู้ ซึ่งมีวิธีการที่หลากหลาย เช่น การบันทึก การสังเกต การทดลอง การรวบรวมข้อมูลจากผลงานที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง เป็นต้น การประเมินตามสภาพจริงเป็นการออกแบบมาเพื่อสะท้อนให้เห็นพฤติกรรมและทักษะที่จำเป็นของผู้เรียนในสถานการณ์ที่เป็นจริงของโลกปัจจุบัน เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการประเมินผลและการจัดกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง สามารถช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างต่อเนื่อง โดยแนวคิดในการประเมินตามสภาพจริงนั้น เน้นการประเมินทักษะที่ซับซ้อน (Complex Thinking Skill) ในการทำงาน การร่วมมือในการแก้ปัญหา การประเมินตนเองทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน วัดและประเมินความก้าวหน้าของผู้เรียน สะท้อนให้เห็นการสังเกตสภาพงานปัจจุบันของผู้เรียน และสิ่งที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริง โดยพิจารณาจากงานหลายๆ ชิ้น การประเมินต้องดำเนินไปพร้อมกับการเรียนอย่างต่อเนื่อง มีการนำการประเมินตนเองมาเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินตามสภาพจริง ในส่วนของผู้ประเมินควรมีหลายคนและควรมีการประชุมผู้ประเมินเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียน นอกจากนี้ควรมีการประเมินใน 2 ลักษณะ คือ การประเมินเน้นการปฏิบัติจริง และการประเมินจากแฟ้มสะสมผลงาน สำหรับด้านยุทธวิธีการประเมินตามสภาพจริงนั้นเน้นผลผลิตที่ผู้เรียนได้จัดทำ ความสามารถทางสติปัญญา กระบวนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล การแก้ปัญหาและงานภาคปฏิบัติในรูปแบบอื่นๆ ผู้เรียนต้องแสดงออกให้เห็นถึงการเรียนรู้ซึ่งเน้นการนำไปใช้ การสร้างองค์ความรู้ สามารถบอกเหตุและผล อธิบายเพิ่มเติม วิเคราะห์ วิจัยได้สำหรับในทางคณิตศาสตร์การประเมินตามสภาพจริงควรให้ความสำคัญกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นความสามารถในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้งาน วิธีการประเมินจะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้ความสามารถอย่างเต็มที่ ผลของการประเมินต้องชี้ให้เห็นถึงการปฏิบัติงานของผู้เรียนในหลายๆ ด้าน เพื่อนำไปสู่การประเมินผลและการพัฒนาการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม (Wiggins. 1989: 141 -147, กระทรวงศึกษาธิการ.2542,ศิริชัย กาญจนวาสี.2546: 13)

ลักษณะของการประเมินตามสภาพจริง

ลักษณะของการประเมินตามสภาพจริงมีนักวิชาการได้กล่าวไว้ ดังต่อไปนี้

วิกกินส์ (Wiggins. 1989) ได้จำแนกลักษณะของการประเมินตามสภาพจริงไว้ดังนี้

(อ้างอิงจาก สมศักดิ์ ภูวิภาวรรณ. 2553)

1. การประเมินการปฏิบัติในสภาพจริง (Performance In The Field) การประเมินตามสภาพจริงถูกออกแบบมาให้ประเมินการปฏิบัติในสภาพจริง งานที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติต้องมีความสัมพันธ์กับชีวิตจริง มีการใช้สติปัญญาที่ซับซ้อน ต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้านแบบการเรียนรู้ (Learning Styles) ความถนัด (Aptitudes) และความสนใจของผู้เรียน เพื่อใช้ในการค้นหาจุดเด่นและพัฒนาความสามารถของผู้เรียน

2. เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน (Criteria) จะต้องเป็นเกณฑ์ประเมิน “แก่นแท้” (Essentials) ของการปฏิบัติ ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่เปิดเผยและรับรู้กันอยู่ในโลกความเป็นจริงของทั้งผู้เรียนและผู้อื่น ในแต่ละภารกิจจะมีเกณฑ์ซึ่งระบุมาตรฐานของการปฏิบัติที่ชัดเจนและโปร่งใส สะท้อนมุมมองที่หลากหลายของภารกิจที่มีความซับซ้อน เนื่องจากเกณฑ์เป็นการนำมาจากการปฏิบัติ ฉะนั้นเกณฑ์จึงเป็นข้อชี้แนะสำหรับการจัดการเรียนรู้และการประเมินที่สะท้อนให้เห็นเป้าหมาย กระบวนการศึกษาอย่างชัดเจน ครูจึงอยู่ในบทบาทของผู้ฝึก (Coach) และผู้เรียนอยู่ในบทบาทของผู้ปฏิบัติ (Performers) พร้อมกับเป็นผู้ประเมินตนเอง (Self Evaluators)

3. มีการประเมินตนเอง (Self Assessment) การประเมินตนเองมีความสำคัญต่อการปฏิบัติภารกิจจริง (Authentic Task) การประเมินตนเองเป็นการทำงานที่ตนเองเป็นผู้ชี้แนะตนเอง ปรับปรุงจากแรงจูงใจของตนเอง ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นในโลกของความเป็นจริง เนื่องจากมาตรฐานการปฏิบัติยึดเรื่องความก้าวหน้าเป็นสำคัญ ดังนั้นการทำให้กระบวนการปรับปรุงสิ่งต่างๆ ดีขึ้น เหมาะสมมากขึ้นถือเป็นหัวใจของการประเมินตามสภาพจริง ซึ่งผู้เรียนจะได้มีโอกาสรับรู้และพัฒนานตนเอง

4. การประเมินการนำเสนอผลงาน ผู้เรียนมักได้รับการคาดหวังให้เสนอผลงานต่อสาธารณชน เป็นการเสนอผลงานด้วยปากเปล่า (Oral Presentation) กิจกรรมการนำเสนอทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน เนื่องจากได้สะท้อนความรู้ของตนเองว่ารู้อะไร นำเสนอให้ผู้อื่นเข้าใจได้ ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้ทราบว่าผู้เรียนได้เรียนรู้หัวข้อนั้นๆ อย่างแท้จริง

เฮอร์แมน แอชแบชเชอร์และวินเทอร์ (Herman, Aschbacher and Winters. 1993) ได้จำแนกคุณลักษณะของการประเมินทางเลือกใหม่ไว้ 6 ประการ ดังนี้

1. เป็นการประเมินที่ผู้สอนต้องจัดโอกาสการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้แสดงออกในภาคปฏิบัติ คิดสร้างสรรค์ ผลิตผลงานหรือกระทำการบางสิ่งที่มีสัมพันธ์กับสิ่งที่เรียน
2. การประเมินควรตั้งหรือกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ระดับการคิดขั้นสูง และใช้ทักษะในการแก้ปัญหา
3. เป็นการประเมินกิจกรรมหรืองานที่ให้ผู้เรียนทำต้องเป็นสิ่งที่มีความหมายสำหรับผู้เรียน
4. ประเมินสิ่งที่เรียนต้องสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโลกแห่งความเป็นจริงในชีวิตประจำวัน

5. การประเมินต้องใช้คนเป็นผู้ตัดสินการประเมิน ไม่ใช่เครื่องจักร

6. ในการประเมินผู้สอนต้องเปลี่ยนบทบาทใหม่ทั้งด้านการสอนและการประเมิน

เบิร์ค, โฟการ์ตี และเบลเกรด (Burke, K., R. Fogarty, and S. Belgrad.1994) ได้จำแนกคุณลักษณะของการประเมินตามสภาพจริงไว้ 10 ประการ ดังต่อไปนี้

1. เป็นการประเมินงานปฏิบัติที่มีความหมาย (Meaningful Task) เป็นงานที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน เป็นเหตุการณ์จริงมากกว่ากิจกรรมที่จำลองขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบ

2. เป็นการประเมินรอบด้านด้วยวิธีที่หลากหลาย (Multiple Assessment) เป็นการประเมินผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ความสามารถ ทักษะ และคุณลักษณะนิสัย โดยใช้เครื่องมือที่เหมาะสมสอดคล้องกับวิธีแห่งการเรียนรู้และพัฒนาการของผู้เรียน เน้นให้ผู้เรียนตอบสนองด้วยการแสดงสร้างสรรค์ ผลิตหรือทำงาน การประเมินควรมีหลายครั้งและวิธีการประเมินที่หลากหลายและเหมาะสม เน้นการลงมือปฏิบัติมากกว่าประเมินความรู้

3. การประเมินผลผลิตที่มีคุณภาพ (Quality Products) ผู้เรียนมีการประเมินตนเองตลอดเวลา พยายามแก้ไขข้อบกพร่องของตนเองจนได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ผู้เรียนมีความพอใจในผลงานของตน มีการแสดงผลงานของผู้เรียนต่อสาธารณชน ผู้เรียนควรมีโอกาสเลือกปฏิบัติงานตามความพึงพอใจ ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันกำหนดมาตรฐานของงาน หรืออาจมีผู้ปกครองร่วมกำหนดด้วย

4. การประเมินการใช้ความคิดระดับสูง (Higher-Order Thinking) พยายามให้ผู้เรียนแสดงออกหรือผลิตผลงาน ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินทางเลือก ลงมือกระทำ และมีการใช้ทักษะการแก้ปัญหา

5. การประเมินมีปฏิสัมพันธ์ทางบวก (Positive Interaction) ผู้เรียนต้องไม่รู้สึกเครียด หรือเบื่อหน่ายต่อการประเมิน มีการร่วมมือที่ดีในการประเมินระหว่างผู้เรียน ผู้สอน และผู้ปกครองและใช้ผลของการประเมินแก้ไขปรับปรุงผู้เรียน

6. การประเมินงานและมาตรฐานต้องชัดเจน (Clear Tasks And Standard) งานหรือกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนทำต้องมีความชัดเจน สอดคล้องกับจุดหมายหรือสภาพที่คาดหวังที่ต้องการให้เกิดพฤติกรรมดังกล่าว

7. การประเมินมีการสะท้อนตนเอง (Self Reflections) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น ความรู้สึก หรือเหตุผลต่อการแสดงออก การกระทำ หรือผลงานของตนเองว่าทำไมถึงปฏิบัติหรือไม่ปฏิบัติ ทำไมถึงชอบหรือไม่ชอบ

8. การประเมินมีความสัมพันธ์กับชีวิตจริง (Transfer Into Life) ปัญหาที่เป็นสิ่งเร้าให้ผู้เรียนตอบสนองต้องเป็นปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน พฤติกรรมที่ประเมินต้องเป็นพฤติกรรมที่แท้จริงที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันทั้งที่โรงเรียนและที่บ้าน ผู้ปกครองจึงมีบทบาทในการประเมินตามสภาพจริง

9. เป็นการประเมินอย่างต่อเนื่อง (Ongoing Or Formative) ต้องประเมินผู้เรียนตลอดเวลา ทุกสถานที่อย่างไม่เป็นทางการ ซึ่งจะทำให้เห็นพฤติกรรมที่แท้จริง เห็นพัฒนาการ และจุดเด่น จุดด้อยของผู้เรียน

10. การประเมินเป็นการบูรณาการความรู้ (Integration Of Knowledge) งานที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัตินั้น ต้องเป็นงานที่ใช้ความรู้ ความสามารถ และทักษะที่เกิดจากการเรียนรู้ในสหสาขาวิชา ซึ่งสอดคล้องกับชีวิตประจำวันในแต่ละงานหรือปัญหาต้องใช้ความรู้ ความสามารถและทักษะจากหลากหลายวิชามาช่วยในการทำงานหรือแก้ปัญหา

สำหรับคัสเตอร์(Custer. 1994), รัดเนอร์และบอสตัน (Rudner; & Boston. 1994) ได้กล่าวถึงลักษณะของการประเมินตามสภาพจริงไว้ดังนี้

1. การประเมินภาระงาน ปัญหาที่มีความหมาย มีคุณค่า สอดคล้องกับเนื้อหาและผลลัพธ์ของการเรียนรู้
2. การประเมินนำไปใช้กับชีวิตประจำวันได้
3. การประเมินแสดงระดับของความรู้ รู้ว่าทำไม รู้ว่าอย่างไร
4. การประเมินเน้นผลผลิตและกระบวนการ แสดงความหมายทั้งพัฒนาการและผลสัมฤทธิ์
5. การประเมินมีหลากหลายมิติ หลากหลายรูปแบบ ทั้งที่เป็นงานตามคำสั่ง(งานเขียนในชั้นเรียน) และงานที่สะสมไว้(แฟ้มสะสมงาน)
6. การประเมินเปิดโอกาสให้ผู้เรียนประเมินตนเอง
7. การประเมินต้องวัดความคิดที่ซับซ้อน ทักษะการคิดระดับสูง
8. การประเมินมีความชัดเจน ถูกต้อง และแสดงมาตรฐานอย่างเปิดเผย
9. การประเมินมีความยุติธรรมในวิธีการให้คะแนน การนำไปใช้

จากการศึกษาลักษณะการประเมินตามสภาพจริงที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปลักษณะการประเมินตามสภาพจริงได้ดังนี้

1. ประเมินงานที่มีความหมาย (Meaningful Task) มีความสอดคล้องกับชีวิตประจำวัน นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

2. ประเมินการบูรณาการความรู้ (Integration Of Knowledge) ใช้ความรู้ ความสามารถ และทักษะที่เกิดจากการเรียนรู้ในสหสาขาวิชา ในการแก้ปัญหา กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ระดับการคิดขั้นสูงโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล

3. มีการประเมินรอบด้านด้วยวิธีที่หลากหลาย (Multiple Assessment) ผู้เรียนมีการประเมินตนเองตลอดเวลา มีการร่วมมือที่ดีในการประเมินระหว่างผู้เรียน ผู้สอน และผู้ปกครอง นำผลของการประเมินมาแก้ไขปรับปรุงพัฒนาผู้เรียนให้ดีขึ้น

4. เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน (Criteria) ต้องเป็นเกณฑ์ประเมิน “แก่นแท้” (Essentials) ของการปฏิบัติ แสดงมาตรฐานอย่างเปิดเผย มีความสอดคล้องกับเป้าหมายที่ต้องการ

5. การประเมินมีการนำเสนอผลงาน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน เนื่องจากได้สะท้อนความรู้ของตนเองว่ารู้อะไรและนำเสนอให้ผู้อื่นเข้าใจได้

6. เป็นการประเมินอย่างต่อเนื่อง (Ongoing Or Formative) ต้องประเมินผู้เรียนตลอดเวลา ทุกสถานที่อย่างไม่เป็นทางการ

ทักษะที่ควรประเมินในการประเมินตามสภาพจริง

ทักษะที่ควรประเมินในการประเมินตามสภาพจริง มีดังต่อไปนี้ (ส. วาสนา ประवालพุกฤษ. 2544, พัชรีย์ ปิยะภักดิ์. 2555.)

1. ทักษะด้านความรู้ (Knowledge Skills) ได้แก่ มีความรู้ในวิชาที่เรียน สามารถใช้ความรู้ภาคทฤษฎีสู่การปฏิบัติ สามารถระบุ วัด จัดระบบ และสื่อความรู้ได้ทั้งการพูดและการเขียน มีความซาบซึ้งในทักษะที่จำเป็นในการวิจัย

2. ทักษะด้านความคิด (Thinking Skills) ได้แก่ สามารถคิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดอย่างอิสระ คิดสร้างสรรค์และจินตนาการ สามารถตัดสินใจได้ด้วยตนเอง สามารถประเมินตนเองตามความเป็นจริง สามารถหาวิธีแก้ปัญหาได้

3. ทักษะส่วนบุคคล (Personal Skills) สามารถเรียนรู้และต้องการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง สามารถวางแผนและสัมฤทธิ์ผลตามเป้าหมายทั้งเรื่องส่วนตัวและวิชาชีพ สามารถทำงานร่วมกับบุคคลอื่นได้

4. คุณลักษณะส่วนบุคคล (Personal Attributes) ได้แก่ มีความอดทนและซื่อสัตย์ รู้จักรับผิดชอบต่อตนเองและผู้อื่น

5. ทักษะภาคปฏิบัติ (Practical Skills) ได้แก่ สามารถรวบรวม สัมพันธ์ แสดง วิเคราะห์ และรายงานผลการศึกษาค้นคว้าได้ สามารถประยุกต์ผลการทดลองสู่สถานการณ์ใหม่ได้ สามารถทดสอบสมมติฐานการทดลองได้

กระบวนการการประเมินตามสภาพจริง

สำหรับขั้นตอนการประเมินตามสภาพจริง มีดังนี้ (ส. วาสนา ประวาลพฤษ์. 2544, พัชรีย์ ปิยะภักดิ์.2555.)

1. กำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายในการประเมิน ซึ่งจะต้องสอดคล้องกับสาระมาตรฐาน จุดประสงค์การเรียนรู้ และสะท้อนพัฒนาการด้วย
2. กำหนดขอบเขตในการประเมิน โดยพิจารณาเป้าหมายที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียน เช่น ความรู้ ความรู้สึก คุณลักษณะ ทักษะและกระบวนการ เป็นต้น
3. กำหนดผู้ประเมิน โดยพิจารณาผู้ประเมินว่ามีใครบ้าง เช่น ผู้สอน ตัวผู้เรียนเอง เพื่อนผู้เรียน ผู้ปกครองผู้เรียนหรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียน เป็นต้น
4. เลือกใช้เทคนิคและเครื่องมือในการประเมิน ซึ่งจะต้องมีความหลากหลายและมีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ วิธีการประเมิน เช่น การสังเกต การทดสอบ การสัมภาษณ์ การบันทึกพฤติกรรม แบบสำรวจความคิดเห็น บันทึกจากผู้เกี่ยวข้อง แฟ้มสะสมผลงาน เป็นต้น
5. กำหนดเวลาและสถานที่ที่จะประเมิน อาทิเช่น ประเมินระหว่างที่ผู้เรียนดำเนินกิจกรรมวันใดวันหนึ่งของสัปดาห์ เวลาว่างหรือช่วงพักกลางวัน เป็นต้น
6. วิเคราะห์ผลและวิธีการจัดการข้อมูลการประเมิน เป็นการนำข้อมูลจากการประเมินมาวิเคราะห์โดยระบุสิ่งที่วิเคราะห์ เช่น กระบวนการทำงาน เอกสารจากแฟ้มสะสมผลงาน เป็นต้น รวมทั้งระบุวิธีการบันทึกข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย
7. กำหนดเกณฑ์ในการประเมิน ซึ่งจะกำหนดรายละเอียดในการให้คะแนนผลงานว่าผู้เรียนทำอะไรได้สำเร็จอยู่ในระดับใด มีผลงานเป็นอย่างไร โดยการให้คะแนนอาจให้เป็นภาพรวมหรือแยกรายด้าน แต่จะต้องให้มีความสอดคล้องกับงานและจุดประสงค์การเรียนรู้

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินตามสภาพจริง ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ประเด็นหลักที่จะนำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. ประเมินงานที่มีความหมาย (Meaningful Task) มีความสอดคล้องกับชีวิตประจำวันนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้
2. ประเมินการบูรณาการความรู้ (Integration Of Knowledge) ใช้ความรู้ ความสามารถ และทักษะที่เกิดจากการเรียนรู้ในสหสาขาวิชา ในการแก้ปัญหา กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ระดับการคิดขั้นสูงโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล
3. ประเมินอย่างต่อเนื่อง (Ongoing Or Formative) ต้องประเมินผู้เรียนตลอดเวลา ทุกสถานที่ อย่างไม่เป็นทางการ

4. ประเมินรอบด้านด้วยวิธีที่หลากหลาย (Multiple Assessment) ผู้เรียนมีการประเมินตนเองตลอดเวลา มีการร่วมมือที่ดีในการประเมินระหว่างผู้เรียน ผู้สอน และผู้ปกครอง นำผลของการประเมินมาแก้ไขปรับปรุงพัฒนาผู้เรียนให้ดีขึ้น

5. เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน (Criteria) ที่มีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียนและเป็นรูปธรรม

6. การประเมินจากการนำเสนอผลงาน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน เนื่องจากได้สะท้อนความรู้ของตนเองว่ารู้อะไรและนำเสนอให้ผู้อื่นเข้าใจได้



3.7 รูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ลักษณะหรือสภาพของการจัดการเรียนรู้ที่จัดไว้เป็นระเบียบตามหลักปรัชญา แนวคิด ทฤษฎี หลักการ หรือความเชื่อ โดยมีการจัดกระบวนการ ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ที่อาศัยวิธีสอนและเทคนิคการสอนเข้ามาทำให้การเรียนรู้เป็นไปตามหลักที่ยึดถือ ซึ่งได้รับการพิสูจน์ ทดสอบ หรือยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ สามารถใช้เป็นแบบแผนในการจัดการเรียนรู้ได้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้มนทัศน์ของจอยซ์และเวล (Joyce & Weil. 2009) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้บนแนวคิดว่าการเรียนรู้มนทัศน์ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งนั้นสามารถทำได้โดยการค้นหาคุณสมบัติเฉพาะที่สำคัญของสิ่งนั้น เพื่อนำไปเป็นเกณฑ์ในการจำแนกสิ่งที่ใช่และไม่ใช่สิ่งนั้นออกจากกัน โดยมีวัตถุประสงค์ของรูปแบบ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้มนทัศน์ของเนื้อหาสาระนั้นๆ อย่างเข้าใจและสามารถให้คำนิยามของมนทัศน์นั้นได้ด้วยตนเอง

องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญ 4 องค์ประกอบ (พิศนาแซมมณี.2551: 221, วิชัยวงษ์ใหญ่. 2537: 70-71, Joyce; & Weil. 2009) ดังนี้) หลักการของรูปแบบเป็นแนวคิดและพื้นฐานความเชื่อในการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบเป็นเป้าหมายเฉพาะเจาะจงว่าต้องการพัฒนาให้ผู้เรียนมีลักษณะอย่างไร 3) กระบวนการเรียนรู้ของรูปแบบอธิบายถึงการดำเนินการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบที่เป็นขั้นตอนและรายละเอียดของกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ 4) การวัดและประเมินผลรูปแบบเป็นแนวทางการวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของรูปแบบหรือบอกถึงการบรรลุวัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ประเภทของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ของจอยซ์และเวล (Joyce; & Weil. 2009: 12-21) เพื่อพัฒนากลวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนรู้ตามผลลัพธ์ที่ต้องการโดยแบ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามกรอบโครงสร้างการใช้งานออกเป็น 4 กลุ่มได้แก่ 1) กลุ่มทางสังคม (The Social Family) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับกลุ่มคนในสังคมมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือร่วมทำกับผู้อื่นในการค้นคว้าหาความรู้ด้วยารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบนี้เช่น การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative) การแสดงบทบาทสมมติการเล่นเกม 2) กลุ่มประมวลผลข้อมูล (The Information-Processing Family) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยข่าวสารข้อมูลจากแหล่งต่างๆเช่นจากการบรรยายของครูผู้สอนจากการอ่านเอกสารตำราเพื่อให้ นักเรียนรับรู้แล้วนำข้อมูลที่ได้จากแหล่งต่างๆมาประมวลเพื่อให้เกิดองค์ความรู้หรือฝึกการคิดของ

ตนเองตัวอย่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบนี้เช่นการฝึกคิดแบบอุปนัย (Thinking Inductively) การคิดแบบสืบสวนสอบสวนจากข้อมูล (Inquiry Thinking) 3) กลุ่มส่วนบุคคล (The Personal Family) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นพัฒนาการทางสติปัญญาความสนใจคำนึงถึงลักษณะหรือบุคลิกภาพที่เป็นลักษณะเฉพาะของบุคคลทั้งทางด้านความสามารถความรู้สึกด้อยอย่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบนี้ เช่นการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคล 4) กลุ่มระบบพฤติกรรม (The Behavioral System Family) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียนโดยการวางเงื่อนไขเพื่อให้นักเรียนได้ตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เป็นเงื่อนไขในการเรียนรู้นั้นๆตัวอย่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบนี้เช่นสถานการณ์จำลองบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

สำหรับการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในประเทศไทยได้ทำการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ของทศนาแถมณี (2551: 224-255) ซึ่งได้จัดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามลักษณะของวัตถุประสงค์เฉพาะหรือเจตนารมณ์ของรูปแบบแบ่งได้ 5 หมวดดังต่อไปนี้ 1) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระต่างๆโดยเนื้อหาสาระนั้นอาจอยู่ในรูปของข้อมูลข้อเท็จจริงมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอด 2) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาด้านจิตพิสัย (Affective Domain) เป็นรูปแบบที่มุ่งช่วยพัฒนานักเรียนให้เกิดความรู้สึกรับรู้เจตคติค่านิยมคุณธรรมและจริยธรรมที่พึงประสงค์ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจนั้นไม่เพียงพอต่อการช่วยให้นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีได้จำเป็นต้องอาศัยหลักการและวิธีการอื่นๆประกอบเพิ่มเติม 3) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) เป็นรูปแบบที่มุ่งช่วยพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในด้านการปฏิบัติการกระทำจำเป็นต้องใช้หลักการวิธีการที่แตกต่างไปจากการพัฒนาทางด้านจิตพิสัยหรือพุทธิพิสัย 4) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการ (Process Skills) ทักษะกระบวนการเป็นทักษะที่เกี่ยวข้องกับวิธีดำเนินการต่างๆอาจเป็นกระบวนการทางสติปัญญาเช่นกระบวนการสืบสอบแสวงหาความรู้หรือกระบวนการคิดต่างๆเช่นการคิดวิเคราะห์การอุปนัยการนิรนัยการใช้เหตุผลการสืบสอบการคิดริเริ่มสร้างสรรค์และการคิดวิจารณ์ญาณเป็นต้นหรืออาจเป็นกระบวนการทางสังคมเช่น กระบวนการทำงานร่วมกันเป็นต้นปัจจุบันการศึกษาให้ความสำคัญในเรื่องนี้มากเพราะถือเป็นเครื่องมือสำคัญในการดำรงชีวิต 5) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการ (Integration) เป็นรูปแบบที่พยายามพัฒนาการเรียนรู้ด้านต่างๆของผู้เรียนไปพร้อมกันโดยใช้การบูรณาการทั้งทางด้านเนื้อหาสาระและวิธีการรูปแบบในลักษณะนี้กำลังได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากมีความสอดคล้องกับหลักทฤษฎีทางการศึกษาที่มุ่งเน้นการพัฒนารอบด้านหรือการพัฒนาเป็นองค์รวม

ขั้นตอนการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษาขั้นตอนของการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถสรุปได้ว่าการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้มี 4 ขั้นตอน(ชาญชัยมดิษฐ์. 2548:52-58; ทิศนาชมมณี. 2551: 201-204; วารินทร์ รัศมีพรหม. 2542: 45-89; Dick, & Carey. 1996; Kemp; Morrison; & Ross. 1998) ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาสภาพปัญหาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ปัญหาหรือประเมินความต้องการเพื่อให้ได้รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับปัญหามีปัญหาหรือไม่ปัญหาอะไรเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ปัญหานั้นเป็นปัญหาที่แท้จริงหรือไม่อะไรคือสาเหตุของปัญหาอะไรคือวิธีที่แก้ปัญหาที่เป็นไปได้การประเมินความต้องการเป็นการกำหนดให้เข้าใจว่าการจัดการเรียนรู้ที่จะทำการออกแบบและพัฒนานั้นเป็นสิ่งที่ต้องการแน่แท้หรือไม่
2. การวิเคราะห์ผู้เรียนเป็นการวิเคราะห์คุณลักษณะของผู้เรียนทั้งด้านเพศอายุ พื้นฐานสังคมเศรษฐกิจความถนัดแรงจูงใจความรู้พื้นฐานเดิมที่มีมาก่อนรวมทั้งความแตกต่างระหว่างบุคคลและรูปแบบการเรียนรู้ (Learning Styles)
3. ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทฤษฎีใดทฤษฎีหนึ่งหรือประยุกต์หลายทฤษฎีเข้าด้วยกันเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้

ขั้นที่ 2 ขั้นการพัฒนา (Development/Production Phase) เป็นการจำแนกการพัฒนาเนื้อหาความรู้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบทดสอบสื่อและวัสดุการจัดการเรียนรู้

1. การพัฒนาเนื้อหาความรู้แยกเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ 0 ประการคือพัฒนารายละเอียดของเนื้อหาความรู้แต่ละหน่วยพัฒนาสิ่งที่เป็นตัวอย่างของเนื้อหาแต่ละหน่วยพัฒนาการฝึกปฏิบัติในแต่ละหน่วยของเนื้อหาและการพัฒนาสิ่งอื่นๆที่เกี่ยวข้องเช่นการสรุปการสังเคราะห์หรือการใช้เครื่องมือช่วยให้นักเรียนจดจำเนื้อหาเป็นต้น
2. การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ควรทำเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ (Lesson Plan) ว่า จะดำเนินการอย่างไรบ้างโดยทั่วไปการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพจะประกอบด้วยกิจกรรมขั้นจูงใจให้วัตถุประสงค์แก่ผู้เรียนค่านึงถึงความรู้พื้นฐานของนักเรียนให้สารสนเทศและตัวอย่างการฝึกปฏิบัติและข้อมูลย้อนกลับการทดสอบการสอนเสริมและซ่อมเสริม
3. การพัฒนาแบบทดสอบการสร้างแบบทดสอบต้องศึกษาวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ในหน่วยวิชานั้นเพื่อสร้างแบบทดสอบให้สอดคล้องและควรเป็นข้อทดสอบที่วัดได้ครบตามต้องการ
4. การพัฒนาสื่อและวัสดุการจัดการเรียนรู้ผู้ออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้จำเป็นต้องดูแลทุกขั้นตอนการผลิตเพื่อให้แน่ใจว่าการผลิตได้ดำเนินไปตามคำแนะนำที่ให้ตามแนวทางของการออกแบบมีความคงเส้นคงวาต่อเนื่องและมีคุณภาพ

ขั้นที่ 3 ขั้นการนำไปทดลองใช้ (Implementation) การนำไปทดลองใช้ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง 2 ประการคือการจัดการเรียนรู้และการบริหารการจัดการเรียนรู้ข้อควรตระหนักในขั้นการจัดการเรียนรู้คือเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางมีความสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนคือผู้สอนเป็นผู้ทำหน้าที่เหมือนผู้จัดการจัดการเรียนรู้หรือจัดสภาพแวดล้อมเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ มีแรงจูงใจที่อยากจะเรียนรู้การจัดการเรียนรู้ต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลผู้สอนต้องทำหน้าที่เป็นผู้สอนเสริม(Tutor) และเป็นที่ปรึกษาให้แก่ผู้เรียนต้องพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้ให้ทันสมัย อยู่เสมอโดยมีการวางแผนและใช้เทคโนโลยีในการสอนอย่างเหมาะสม

ขั้นที่ 4 ขั้นการประเมินผล (Evaluation Phase) เป็นการวัดว่าวงจรการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้นั้นสมบูรณ์แล้วข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) จึงเป็นส่วนสำคัญที่ได้จากการประเมินผล เพื่อนำไปปรับปรุงในส่วนของแต่ละขั้นตอนให้ดีขึ้นและตรงตามวัตถุประสงค์ถ้าการประเมินผลพบว่าจุดใดควรปรับปรุงเปลี่ยนแปลงก็ต้องดำเนินการปรับปรุงการประเมินผลจำแนกเป็น 2 ประเภทคือการประเมินผลเพื่อการปรับปรุงและการประเมินผลผลลัพธ์หรือผลสัมฤทธิ์

จากการศึกษาขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 ขั้นตอน ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ โดยขยายขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็น 8 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาแนวทางการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ (R1)
2. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่าง (D1)
3. การตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (R2)
4. การปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้(D2)
5. การทดลองใช้นำร่องรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่าง (R3)
6. ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (D3)
7. การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่างและการประเมินประสิทธิผล (R4)
8. การปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ และจัดทำคู่มือ (D4)

การสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีและหลักการสอนคณิตศาสตร์ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ได้ผลสรุปดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 26 แสดงการวิเคราะห์สาระสำคัญของแนวคิดทฤษฎีไปสู่องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

แนวคิด/ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 1. การแก้ปัญหา 2. การให้เหตุผล 3. การสื่อสาร 4. การเชื่อมโยง 5. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	บูรณาการทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์กับสาระสำคัญเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	1. จัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาการให้เหตุผลและการเชื่อมโยง 2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการสื่อสารสื่อความหมายและสามารถนำเสนอ	1. ทำความเข้าใจกับปัญหา ระบุประเด็นปัญหา 2. รวบรวมความรู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการการแก้ปัญหาตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผล 3. นำเสนอให้ผู้อื่นรับรู้ เลือกรูปแบบการนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม 4. ผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องรวมเป็นองค์ประกอบเดียวกัน 5. ใช้ความรู้พื้นฐานจินตนาการ วิจารณญาณ มโนทัศน์เพื่อการคิดริเริ่มสร้างสรรค์	ประเมินการใช้ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ตามสภาพจริง คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล

ตาราง 26 (ต่อ)

แนวคิด/ ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
ทฤษฎี พัฒนาการ ทาง สติปัญญา ของเพียเจต์, บรูเนอร์ และ ทฤษฎี ทฤษฎีการ เรียนรู้ของ กาเย่	1. จัดการเรียนรู้ให้ เหมาะสมกับ พัฒนาการทาง สติปัญญาของ ผู้เรียนตามลำดับ ขั้นตอน ให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้จากของ จริงสัญลักษณ์แทน ของจริงและ สัญลักษณ์โดย คำนึงถึงความต่าง ของแต่ละ บุคคล 2. จัดกิจกรรม ประสบการณ์ใหม่ ให้สอดคล้องและ เชื่อมโยงกับความรู้ และประสบการณ์ เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ 3. ผู้เรียนมีบทบาท ในการเรียนรู้และได้ ลงมือปฏิบัติด้วย ตนเองเพื่อให้มี ประสบการณ์ตรง	1. ผู้เรียนได้รับการ จัดการเรียนรู้ที่ เหมาะสมกับ พัฒนาการทาง สติปัญญา ตามลำดับขั้นตอน 2. ผู้เรียนได้เรียนรู้ จากของจริง สัญลักษณ์แทน ของจริงและ สัญลักษณ์ 3. ผู้เรียนมีบทบาท ในการเรียนรู้และ ได้ลงมือปฏิบัติ ด้วยตนเองมี ประสบการณ์ตรง 4. ผู้เรียนสามารถ คิดหาเหตุผลได้ อย่างมีอิสระมี ความเชื่อมั่นใน ตนเอง	1. จัดกิจกรรม ประสบการณ์ใหม่ให้ สอดคล้องและ เชื่อมโยงกับความรู้ และประสบการณ์ เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ 2. จัดการเรียนรู้ ตามลำดับขั้นตอน 9 ขั้น คือ 1)สร้างความ สนใจ 2)แจ้งจุด- ประสงค์ 3)กระตุ้น ให้ผู้เรียนระลึกถึง ความรู้เดิมที่จำเป็น 4)เสนอบทเรียนใหม่ 5)ให้แนวทางการ เรียนรู้ 6)ลงมือ ปฏิบัติ 7)ให้ข้อมูล ป้อนกลับ 8)ประเมิน พฤติกรรมการเรียนรู้ ตามจุด- ประสงค์ 9)ส่งเสริม ความมั่นใจ และการถ่ายโอน การเรียนรู้	1. คำนึงถึงความ แตกต่างแต่ละ บุคคล 2. ประเมิน พฤติกรรมการ เรียนรู้ตาม จุดประสงค์ 3. ประเมินความรู้ หลังการเรียนรู้ 4. การให้ข้อมูล ป้อนกลับ

ตาราง 26 (ต่อ)

แนวคิด/ ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
ทฤษฎี พัฒนาการ ทาง สติปัญญา ของเพีย เจต์, บรู เนอร์ และ ทฤษฎี ทฤษฎีการ เรียนรู้ของ กาเย่	4. จัดกิจกรรม ที่สนับสนุนให้ ผู้เรียนคิดหา เหตุผลอย่างมี อิสระส่งเสริม ให้ผู้เรียนมี ความเชื่อมั่น ในตนเอง 5. จัดสภาพ การเรียนรู้ซึ่ง เป็นสภาวะ ภายนอก ผู้เรียนให้ สอดคล้องกับ กระบวนการ เรียนรู้ภายใน ผู้เรียน		3. จัด กระบวนการ เรียนรู้ ตามลำดับ ขั้นตอน ให้ ผู้เรียนได้เรียนรู้ จากของจริง สัญลักษณ์แทน ของจริงและ สัญลักษณ์ 4. กระตุ้นการ คิดหาเหตุผล 5. ส่งเสริมให้ ผู้เรียนมีความ เชื่อมั่นใน ตนเอง 6. ให้ผู้เรียนได้ ลงมือปฏิบัติ กิจกรรมการ เรียนรู้ด้วย ตนเอง	

ตาราง 26 (ต่อ)

แนวคิด/ ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
การจัดการ เรียนรู้โดย เน้นผู้เรียน เป็นสำคัญ	1 จัดการ เรียนรู้ให้ สอดคล้องกับ ความถนัดและ ความสนใจ ของผู้เรียน 2 ผู้เรียนมีการ ร่วมลงมือ ปฏิบัติ กิจกรรมการ เรียนรู้ตาม บริบทสภาพ จริง โดยใช้ กระบวนการ เรียนรู้ด้วย ตนเอง	1 ผู้เรียนมีการ ร่วมลงมือ ปฏิบัติกิจกรรม การเรียนรู้ตาม บริบทสภาพ จริง โดยใช้ กระบวนการ เรียนรู้ด้วย ตนเอง 2 ผู้เรียนได้คิด และแก้ปัญหา ด้วยตนเอง	1. ผู้เรียนมีการ ร่วมลงมือ ปฏิบัติกิจกรรม การเรียนรู้ตาม บริบทสภาพ จริง โดยใช้ กระบวนการ เรียนรู้ด้วย ตนเอง 2. นำสภาพ ปัญหาและ บริบททาง สังคม วัฒนธรรมของ ผู้เรียนมา ออกแบบ กิจกรรมการ เรียนรู้	1. ใช้การประเมินตามสภาพจริง 2. นำผลการประเมินมาพัฒนา ผู้เรียน

ตาราง 26 (ต่อ)

แนวคิด/ ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
การจัดการ เรียนรู้โดย เน้นผู้เรียน เป็นสำคัญ	4 นำสภาพปัญหา และบริบททาง สังคม วัฒนธรรม ของผู้เรียนมา ออกแบบกิจกรรม การเรียนรู้ 5 ใช้การประเมิน ตามสภาพจริงและ นำผลมาใช้ในการพัฒนา ผู้เรียน			
การจัดการ เรียนรู้เพื่อ ชี้แนะให้ผู้ คิด	1. จัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็น ศูนย์กลาง เน้น ความสำคัญ ระหว่างทักษะและ การแก้ปัญหา เชื่อมโยงปัญหากับ ความรู้เดิม 2. ใช้คำถามกระตุ้น ผู้เรียนในการ แก้ปัญหา	1. จัดการเรียนรู้โดย ใช้ปัญหาเป็น ศูนย์กลาง เน้น ความสำคัญระหว่าง ทักษะและการ แก้ปัญหา เชื่อมโยง ปัญหากับความรู้ เดิม	1 จัดการเรียนรู้โดยใช้ ปัญหาเป็นศูนย์กลาง เน้นความสำคัญ ระหว่างทักษะและการ แก้ปัญหา เชื่อมโยง ปัญหากับความรู้เดิม 2 ใช้คำถามกระตุ้น การคิดอย่างมี วิจารณญาณทาง คณิตศาสตร์และการ แก้ปัญหา	มีการประเมิน การเรียนรู้อย่าง สม่ำเสมอ

ตาราง 26 (ต่อ)

แนวคิด/ ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
การจัดการ เรียนรู้เพื่อ ชี้แนะให้รู้คิด	3. สร้างบรรยากาศ ในการเรียน เปิด โอกาสให้ผู้เรียน แสดงความคิดเห็น ส่งเสริมให้ผู้เรียนมี ปฏิสัมพันธ์ในชั้น เรียน 4. มีการประเมิน อย่างสม่ำเสมอ ทั้ง การแก้ปัญหาได้ สำเร็จและวิธีการที่ ใช้แก้ปัญหา	2. สร้างบรรยากาศ ในการเรียน เปิด โอกาสให้ผู้เรียน แสดงความคิดเห็น ส่งเสริมให้ผู้เรียนมี ปฏิสัมพันธ์ในชั้น เรียน	3 สร้างบรรยากาศใน การเรียน เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนแสดงความ คิดเห็น ส่งเสริมให้ ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ใน ชั้นเรียน	
การสอนแบบ SSCS	1. กระตุ้นให้ผู้เรียน ใช้กระบวนการ เรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ค้นหาปัญหา 2) แก้ปัญหา 3) สร้างคำตอบ 4) แลกเปลี่ยน ความคิดเห็น 2. คำนึงถึงความ แตกต่างระหว่าง บุคคล	1. ผู้เรียนมีการ ค้นหา แก้ปัญหา สร้างคำตอบ และ แลกเปลี่ยนความ คิดเห็น 2. ให้ผู้เรียนมีส่วน ร่วมในการเรียนรู้ และลงมือปฏิบัติ ด้วยตนเอง 3. เปิดโอกาสให้ ผู้เรียนได้แสดง ความคิดเห็นอย่าง เต็มความสามารถ	1. กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ กระบวนการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ค้นหา ปัญหา 2) แก้ปัญหา 3) สร้างคำตอบ 4) แลกเปลี่ยนความ คิดเห็น 2. คำนึงถึงความ แตกต่างระหว่างบุคคล ของผู้เรียน 3. ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม ในการเรียนรู้ และลงมือ ปฏิบัติด้วยตนเอง	1. มีการ ประเมินอย่าง สม่ำเสมอ 2. ประเมินโดย คำนึงถึงความ แตกต่าง ระหว่างบุคคล 3. ประเมินการ คิดของผู้เรียน

ตาราง 26 (ต่อ)

แนวคิด/ ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
การสอนแบบ SSCS	3.ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง 4.เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มความสามารถ 5.สนับสนุนให้ผู้เรียนแก้ปัญหาด้วยตนเอง 6. จัดประสบการณ์การเรียนรู้ อย่างเป็นรูปธรรมและมีเทคนิคในการตั้งคำถาม กระตุ้นผู้เรียนให้คิด สืบสวนวิธีการแก้ปัญหา 7. ช่วยเหลือผู้เรียนในการพัฒนากลยุทธ์ที่ใช้ในการรับและดำเนินการกับข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด	4. สนับสนุนให้ผู้เรียนแก้ปัญหาด้วยตนเอง 5. ช่วยเหลือผู้เรียนในการพัฒนากลยุทธ์ที่ใช้ในการรับและดำเนินการกับข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด	4. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มความสามารถ 5.สนับสนุนให้ผู้เรียนแก้ปัญหาด้วยตนเอง 6. จัดประสบการณ์การเรียนรู้ อย่างเป็นรูปธรรมและมีเทคนิคในการตั้งคำถาม กระตุ้นผู้เรียนให้คิด สืบสวนวิธีการแก้ปัญหา 7. ช่วยเหลือผู้เรียนในการพัฒนากลยุทธ์ที่ใช้ในการรับและดำเนินการกับข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ	

ตาราง 26 (ต่อ)

แนวคิด/ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
การโค้ชเพื่อการ รู้คิด	1.สร้างแรงบันดาลใจ ให้ แก่นดาลใจ ให้ กำลังใจ สนับสนุน สร้าง ความท้าทาย กระตุ้นผู้เรียนให้ เกิดแรงจูงใจใน การเรียนรู้ 2.ใช้คำถามที่ หลากหลายและ กระตุ้นการคิด 3. เชื่อมโยง เนื้อหาสาระกับ สถานการณ์ใน ชีวิตประจำวัน 4.ใช้สุนทรีย สนทนา สื่อสาร กับผู้เรียนโดยใช้ เหตุผลและใจที่ เป็นกลาง 5.แนะแนวทาง แก้ไข ปรับปรุง ข้อผิดพลาดให้ ผู้เรียน	1. ผู้เรียนได้รับ แรงบันดาลใจ เกิดแรงจูงใจใน การเรียนรู้ 2.เกิดสุนทรีย สนทนา สื่อสาร กับผู้เรียนโดยใช้ เหตุผลและใจที่ เป็นกลาง	1. สร้างแรงบันดาลใจ ให้กำลังใจ สนับสนุน สร้างความท้าทาย กระตุ้นผู้เรียนให้เกิด แรงจูงใจในการเรียนรู้ 2. ใช้คำถามที่ หลากหลายและ กระตุ้นการคิด 3. เชื่อมโยงเนื้อหา สาระกับสถานการณ์ ในชีวิตประจำวัน 4.แนะแนวทางแก้ไข ปรับปรุงข้อผิดพลาด ให้ผู้เรียน 5.มีการถอดบทเรียน สังเคราะห์ความรู้จาก การปฏิบัติจริง 6. สังเกต ประเมิน พัฒนาการด้านต่างๆ ของผู้เรียนที่เป็น จุดเน้นของการโค้ชแต่ ละครั้งและประเมิน ด้วยวิธีที่หลากหลาย ตามสภาพจริง	1.ประเมิน พัฒนาการด้าน ต่างๆ ของผู้เรียน ที่เป็นจุดเน้นของ การโค้ชแต่ละ ครั้ง 2.ประเมินตาม สภาพจริงด้วย วิธีการที่ หลากหลาย

ตาราง 26 (ต่อ)

แนวคิด/ ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	□□□□□□□□□□	□□□□□□□	□□□□□□□□□□
การประเมิน ตามสภาพ จริง	1. ประเมินงานที่มี ความหมาย มี ความสอดคล้อง กับชีวิตประจำวัน 2. ประเมินการบูร ณาการความรู้ 3. ประเมินอย่าง ต่อเนื่อง 4. ประเมินรอบ ด้านด้วยวิธีที่ หลากหลาย 5. เกณฑ์ที่ใช้ใน การประเมินมี ความเหมาะสม กับระดับ ความสามารถของ ผู้เรียนและเป็น รูปธรรม 6. ประเมินจาก การนำเสนอ ผลงาน	1. ประเมินงานที่มี ความหมาย มีความ สอดคล้องกับ ชีวิตประจำวัน 2. ประเมินการบูรณา การความรู้	1. ประเมินการคิด อย่างมี วิจารณญาณทาง คณิตศาสตร์โดย การบูรณาการ ความรู้ 2. ประเมินการคิด อย่างมี วิจารณญาณทาง คณิตศาสตร์อย่าง ต่อเนื่อง 3. ประเมินการคิด อย่างมี วิจารณญาณทาง คณิตศาสตร์รอบ ด้านด้วยวิธีที่ หลากหลาย ของการปฏิบัติ 4. การประเมิน การคิดอย่างมี วิจารณญาณทาง คณิตศาสตร์โดย การนำเสนอ ผลงาน	1. มีความสอดคล้อง กับชีวิตประจำวัน 2. ประเมินการคิด อย่างมี วิจารณญาณทาง คณิตศาสตร์อย่าง ต่อเนื่อง รอบด้าน ด้วยวิธีที่ หลากหลาย

จากการสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี ที่นำมาใช้ในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยนำทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์ ทฤษฎีทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ แนวคิดการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะให้รู้คิด แนวคิดการสอนแบบ SSCS และแนวคิดการโค้ชเพื่อการรู้คิดมาสังเคราะห์ให้ด้านหลักการ ผู้วิจัยนำทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และการสอนแบบ SSCS มาสังเคราะห์ให้ด้านวัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์ ทฤษฎีทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ แนวคิดการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะให้รู้คิด แนวคิดการสอนแบบ SSCS แนวคิดการโค้ชเพื่อการรู้คิด และแนวคิดการประเมินตามสภาพจริงมาสังเคราะห์ให้ด้านขั้นตอนและด้านการประเมินของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดังตาราง 27

ตาราง 27 แสดงการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีที่นำมาใช้ ในองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

แนวคิด/ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
1. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	✓	✓	✓	✓
2. ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์, บรูเนอร์ และทฤษฎีทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่	✓		✓	
3. การจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	✓	✓	✓	✓
4. การจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะให้รู้คิด	✓		✓	
5. การสอนแบบ SSCS	✓	✓	✓	✓

6. การโค้ชเพื่อการรู้คิด	✓		✓	✓
7. การประเมินตามสภาพจริง			✓	✓

จากการสังเคราะห์ลักษณะสำคัญของแต่ละแนวคิดทฤษฎีที่นำมาใช้ในองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ด้านหลักการของรูปแบบประกอบด้วย 1) เป็นการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำปัญหา บริบททางสังคมวัฒนธรรมตามสภาพจริง และความสนใจของผู้เรียนมาออกแบบกิจกรรมให้มีความสอดคล้องเชื่อมโยงกับความรู้เดิม โดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ 2) สร้างบรรยากาศในการเรียนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง 3) พัฒนากลยุทธ์ผู้เรียนที่ใช้ในการรับและดำเนินการกับข้อ มูลอย่างมีประสิทธิภาพ คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล พัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนตามลำดับขั้นตอน เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการร่วมกันแก้ปัญหา 4) สร้างความท้าทาย กระตุ้นผู้เรียนให้คิดให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้กำลังใจ ใช้เหตุผลและใจที่เป็นกลางแนะแนวทางการแก้ปัญหา และ 5) สนับสนุนการนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ปรับปรุงข้อผิดพลาดให้ผู้เรียน นำผลการประเมินตามสภาพจริงมาพัฒนาผู้เรียน

ด้านวัตถุประสงค์ของรูปแบบประกอบด้วย 1) เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามบริบทสภาพจริง เชื่อมโยงปัญหากับความรู้เดิม เน้นทักษะและการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ มีการสื่อสารแสดงออกถึงความคิดเห็นและรับฟังผู้อื่นให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และ 2) เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์มีความเชื่อมั่นในตนเอง สามารถนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม

ด้านขั้นตอนของรูปแบบประกอบด้วย 1) ขั้นกระตุ้นการคิด กระตุ้นให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมที่จำเป็น เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการร่วมกันแก้ปัญหา เชื่อมโยงเนื้อหาสาระ ความรู้ และประสบการณ์เดิมของผู้เรียนกับบริบททางสังคม สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน หรือตามสภาพปัญหาจริง 2) ขั้นปฏิบัติการเรียนรู้ซึ่งมีกระบวนการให้ผู้เรียนระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประเมินข้อมูลด้านความถูกต้องทางคณิตศาสตร์ ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา ตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล และสามารถสื่อสาร อภิปรายร่วมกับผู้อื่น 3) ขั้นนำเสนอหลังจากผู้เรียนแก้ปัญหาเสร็จแล้วให้ผู้เรียนนำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหของตนเองหรือกลุ่มตนเองโดยให้ผู้เรียนใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ในการเลือกรูปแบบนำเสนอที่เหมาะสม เพื่อแสดงความคิดเห็นในการสรุปข้อมูลที่นำมาแก้ปัญหอย่างสมเหตุสมผล 4) ขั้นสะท้อนหลังจากผู้เรียนได้

นำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้สอนจะให้ข้อมูลป้อนกลับไปยังผู้เรียน แนวทางการแก้ไข ปรับปรุงข้อผิดพลาด พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยผู้สอนใช้วิธีที่หลากหลายในการประเมินและประเมินตามสภาพจริงเป็นระยะๆ ตั้งแต่การระบุประเด็นปัญหา การพิจารณาข้อมูล การตัดสินใจแก้ปัญหา และการนำเสนอ

ด้านการประเมินผลของรูปแบบประกอบด้วย 1) ประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ตามสภาพจริงด้วยวิธีที่หลากหลายประเมินอย่างสม่ำเสมอเป็นระยะๆ ตั้งแต่การระบุประเด็นปัญหา การพิจารณาข้อมูล การตัดสินใจแก้ปัญหา และการนำเสนอการแก้ปัญหา 2) ประเมินพัฒนาการการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน พฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์โดยคำนึงถึงความแตกต่างแต่ละบุคคล 3) ประเมินความรู้และการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ หลังการเรียนรู้สังเคราะห์ความรู้จากการปฏิบัติจริง และให้ข้อมูลป้อนกลับนำผลไปใช้พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

จากข้อมูลการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีที่นำมาใช้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ข้างต้น สามารถสรุปได้ดังตาราง 28



ตาราง 28 แสดงการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีที่นำมาใช้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

แนวคิด/ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
1. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	1. เป็นการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำปัญหา บริบททางสังคมวัฒนธรรมตามสภาพจริงและความสนใจของผู้เรียนมาออกแบบกิจกรรมให้มีความสอดคล้องเชื่อมโยงกับความรู้เดิมโดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	1. เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามบริบทสภาพจริง เชื่อมโยงปัญหากับความรู้เดิม เน้นทักษะและการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ มีการสื่อสารแสดงออกถึงความคิดเห็นและรับฟังผู้อื่นให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกัน	1. ขั้นตอนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ กระตุ้นให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมที่จำเป็น เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการร่วมกันแก้ปัญหา เชื่อมโยงเนื้อหาสาระ ความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้เรียนกับบริบททางสังคม สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน หรือตามสภาพปัญหาจริง	1. ประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ตามสภาพจริงด้วยวิธีที่หลากหลายประเมินอย่างสม่ำเสมอเป็นระยะๆ ตั้งแต่การระบุประเด็นปัญหา การพิจารณาข้อมูล การตัดสินใจแก้ปัญหา และการนำเสนอการแก้ปัญหา
2. ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์, บรูเนอร์ และทฤษฎีทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่	2. สร้างบรรยากาศในการเรียนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง	2. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์มีความเชื่อมั่นในตนเอง สามารถนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม	2. ขั้นตอนปฏิบัติการเรียนรู้การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีกระบวนการดังนี้ 1) ผู้เรียนระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์	2. ประเมินพัฒนาการการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน
3. การจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ			2) ผู้เรียนระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์	
4. การจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะให้รู้คิด			3) ผู้เรียนระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์	
5. การสอนแบบ SSCS			4) ผู้เรียนระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์	
6. การโค้ชเพื่อการรู้คิด			5) ผู้เรียนระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์	
7. การประเมินตามสภาพจริง			6) ผู้เรียนระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์	

ตาราง 28 (ต่อ)

แนวคิด/ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
1. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 2. ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์, บรูเนอร์ และทฤษฎีทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่ 3. การจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 4. การจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะให้รู้คิด 5. การสอนแบบ SSCS 6. การโค้ชเพื่อการรู้คิด 7. การประเมินตามสภาพจริง	3. พัฒนากลยุทธ์ผู้เรียนที่ใช้ในการรับและดำเนินการกับข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล พัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนตามลำดับขั้นตอน เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการร่วมกันแก้ปัญหา 4. สร้างความท้าทาย กระตุ้นผู้เรียนให้คิดให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้กำลังใจ ใช้เหตุผลและใจที่เป็นกลางแนะแนวทางการแก้ปัญหา		2) ผู้เรียนประเมินความถูกต้องทางคณิตศาสตร์ของข้อมูลที่จะนำมาใช้ 3) ผู้เรียนระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา 4) ผู้เรียนลงความเห็นทางคณิตศาสตร์เพื่อสรุปข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่อย่างสมเหตุสมผล 5) ผู้เรียนตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างถูกต้อง 3. ชี้นำเสนอให้ผู้เรียนนำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาของตนเองหรือกลุ่มตนเองโดยให้ผู้เรียนใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ในการเลือกรูปแบบนำเสนอที่เหมาะสม เพื่อแสดงความเห็นในการสรุปข้อมูลที่นำมาแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล	3. ประเมินความรู้และการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ หลังการเรียนรู้สังเคราะห์ความรู้จากการปฏิบัติจริง และให้ข้อมูลป้อนกลับนำผลไปใช้พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

ตาราง 28 (ต่อ)

แนวคิด/ทฤษฎี	องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	หลักการ	วัตถุประสงค์	ขั้นตอน	การประเมิน
1. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 2. ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์, บรูเนอร์ และทฤษฎีทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่ 3. การจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 4. การจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะให้รู้คิด 5. การสอนแบบ SSCS 6. การโค้ชเพื่อการเรียนรู้คิด 7. การประเมินตามสภาพจริง	5. สนับสนุนการนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม มีความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์ ปรับปรุงข้อผิดพลาดให้ผู้เรียน นำผลการประเมินตามสภาพจริงมาพัฒนาผู้เรียน		4. ขั้นสะท้อนหลังจากผู้เรียนได้นำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาเสร็จเรียบร้อย ผู้สอนจะให้ข้อมูลแนวทางแก้ไข ปรับปรุงข้อผิดพลาด พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยผู้สอนใช้วิธีที่หลากหลายในการประเมินและประเมินตามสภาพจริงเป็นระยะๆ ตั้งแต่การระบุประเด็นปัญหา การพิจารณาข้อมูล การตัดสินใจแก้ปัญหา และการนำเสนอ	

จากการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีที่นำมาใช้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ทำให้ได้ร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

หลักการ

1. เป็นการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำปัญหา บริบททางสังคมวัฒนธรรมตามสภาพจริง และความสนใจของผู้เรียนมาออกแบบกิจกรรมให้มีความสอดคล้องเชื่อมโยงกับความรู้เดิมโดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
2. สร้างบรรยากาศในการเรียนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง
3. พัฒนากลยุทธ์ผู้เรียนที่ใช้ในการรับและดำเนินการกับข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล พัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนตามลำดับขั้นตอน เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการร่วมกันแก้ปัญหา
4. สร้างความท้าทาย กระตุ้นผู้เรียนให้คิดให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้กำลังใจ ใช้เหตุผลและใจที่เป็นกลางแนะแนวทางการแก้ปัญหา
5. สนับสนุนการนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ปรับปรุงข้อผิดพลาดให้ผู้เรียน นำผลการประเมินตามสภาพจริงมาพัฒนาผู้เรียน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามบริบทสภาพจริง เชื่อมโยงปัญหาความรู้เดิม เน้นทักษะและการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ มีการสื่อสารแสดงออกถึงความคิดเห็นและรับฟังผู้อื่นให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกัน
2. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์มีความเชื่อมั่นในตนเอง สามารถนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม

ขั้นตอน

1. ขั้นกระตุ้นการคิด กระตุ้นให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมที่จำเป็น เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการร่วมกันแก้ปัญหา เชื่อมโยงเนื้อหาสาระ ความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้เรียนกับบริบททางสังคม สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน หรือตามสภาพปัญหาจริง

2. ขั้นปฏิบัติการเรียนรู้ซึ่งมีกระบวนการดังนี้ 1) ผู้เรียนระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) ผู้เรียนประเมินข้อมูลด้านความถูกต้องทางคณิตศาสตร์ 3) ผู้เรียนระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา 4) ผู้เรียนการตัดสินใจแก้ปัญหาย่างสมเหตุสมผล 5) ผู้เรียนสื่อสาร อภิปรายร่วมกับผู้อื่น

3. ขั้นนำเสนอหลังจากผู้เรียนแก้ปัญหาเสร็จแล้วให้ผู้เรียนนำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาของตนเองหรือกลุ่มตนเองโดยให้ผู้เรียนใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ในการเลือกรูปแบบนำเสนอที่เหมาะสม เพื่อแสดงความเห็นในการสรุปข้อมูลที่นำมาแก้ปัญหาย่างสมเหตุสมผล

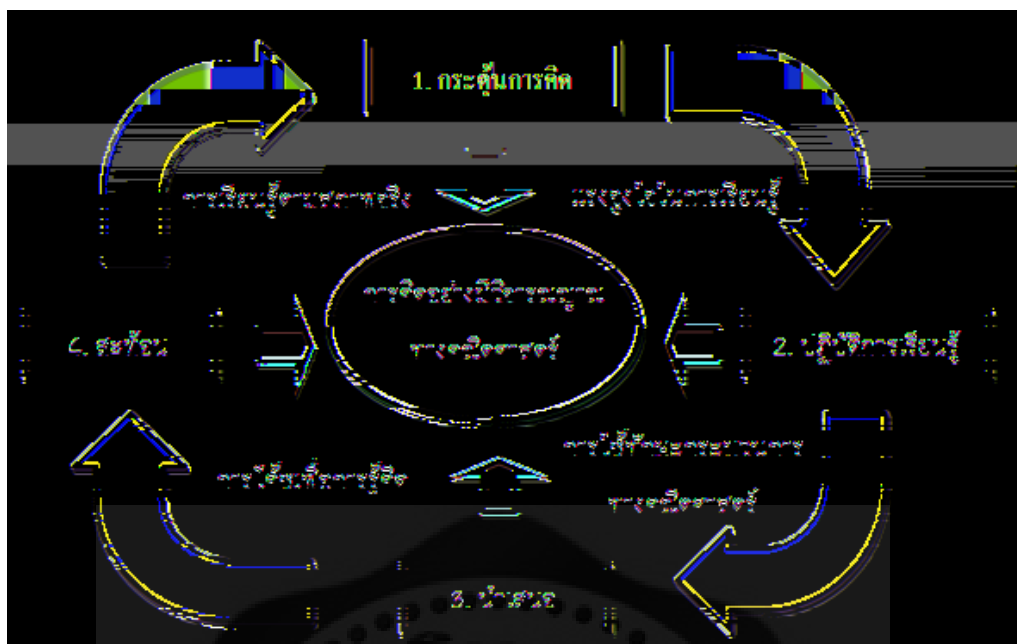
4. ขั้นสะท้อนหลังจากผู้เรียนได้นำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้สอนจะให้ข้อมูลป้อนกลับไปยังผู้เรียน เน้นแนวทางแก้ไข ปรับปรุงข้อผิดพลาด พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยผู้สอนใช้วิธีที่หลากหลายในการประเมินและประเมินตามสภาพจริงเป็นระยะๆ ตั้งแต่การระบุประเด็นปัญหา การพิจารณาข้อมูล การตัดสินใจแก้ปัญหาย และ การนำเสนอ

การประเมินผล

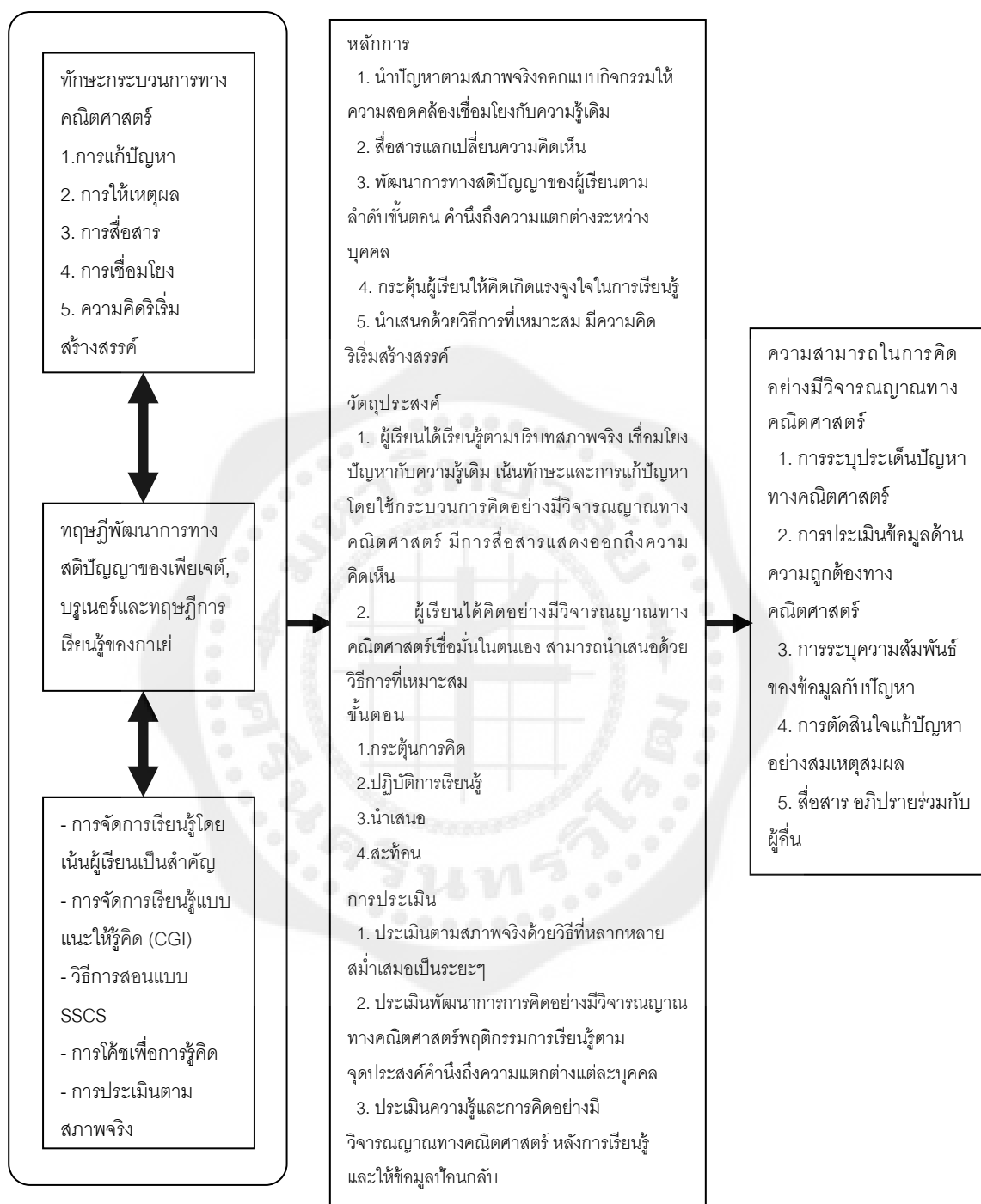
1. ประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ตามสภาพจริงด้วยวิธีที่หลากหลาย ประเมินอย่างสม่ำเสมอเป็นระยะๆ ตั้งแต่การระบุประเด็นปัญหา การพิจารณาข้อมูล การตัดสินใจแก้ปัญหาย และ การนำเสนอการแก้ปัญหา

2. ประเมินพัฒนาการการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน พฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์โดยคำนึงถึงความแตกต่างแต่ละบุคคล

3. ประเมินความรู้และการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ หลังการเรียนรู้ สังเคราะห์ความรู้จากการปฏิบัติจริง และให้ข้อมูลป้อนกลับนำผลไปใช้พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน



ภาพประกอบ 1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์



ภาพประกอบ 2 กรอบแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นผู้วิจัยใช้ระเบียบวิธีการวิจัยและพัฒนา(Research And Development) โดยมีการวิจัย (R) และการพัฒนา (D) รวมทั้งหมด 8 ขั้นตอนคือ

1. การศึกษาแนวทางการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ (R1)
2. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่าง (D1)
3. การตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (R2)
4. การปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้(D2)
5. การทดลองใช้นำร่องรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่าง (R3)
6. ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (D3)
7. การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มเป้าหมายและการประเมินประสิทธิผล(R4)
8. การปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ และจัดทำคู่มือ (D4)

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาแนวทางการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ (R1)

เป็นขั้นตอนในการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แนวคิด ทฤษฎีและหลักการในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ สัมภาษณ์ผู้บริหาร ครู และนักเรียน เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน ได้ผลการสังเคราะห์ดังนี้

1. จากการศึกษาเอกสาร พบว่าการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์(คะแนน O-NET ปี 2554-2557)นักเรียนมีผลการทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ จากการสัมภาษณ์ผู้สอนคณิตศาสตร์ปัญหาผู้เรียนคือไม่ชอบคิดไม่ชอบแก้ปัญหาไม่กล้าแสดงความคิดเห็น ด้านผู้สอนยังไม่เน้นวิธีการสอนแบบคิดแก้ปัญหาและการนำไปใช้ในชีวิตจริงด้านแนวทางการจัดการเรียนรู้ควรเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้กระตุ้นความสนใจให้นักเรียนอยากคิดให้คำแนะนำชี้แนวทางให้นักเรียนปฏิบัติด้วยตนเองสอนโดยเน้นการคิดฝึกให้คิดรายบุคคลหรือคิดเป็นกลุ่มฝึกการแก้ปัญหาและเน้นการนำไปใช้ฝึกให้นักเรียนรู้จักคิดเองทำเองอ่านเองสรุปเองและแก้ปัญหาเองให้โอกาสนักเรียนแสดงความคิดเห็นตอบอย่างอิสระให้นักเรียน

รู้จักการทำงานร่วมกับเพื่อนใช้สื่อการสอนช่วยให้เกิดความสนใจและความเข้าใจอย่างแท้จริง (ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตฯ: ภาคผนวก ก)

2. องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทางคณิตศาสตร์ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีองค์ประกอบสำคัญ 4 องค์ประกอบคือ 1) หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 2) วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3) กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้และ 4) การวัดและประเมินผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

3. แนวคิดทฤษฎีและหลักการสอนคณิตศาสตร์ประกอบด้วยทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพุทธินิยม แนวคิดการจัดการเรียนรู้เพื่อชี้แนะให้ผู้คิดและหลักการสอนคณิตศาสตร์เน้นการกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยจัดประสบการณ์เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ โดยใช้สถานการณ์ เหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นรอบๆ ตัวในชีวิตประจำวัน หรือจากข่าว เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีและง่ายขึ้นวิธีการจัดกระบวนการเรียนรู้นำเสนอปัญหาสถานการณ์หรือกิจกรรมที่กระตุ้นนักเรียนทุกคนให้แก้ปัญหาจัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้ค้นพบการเรียนรู้ด้วยตนเองผู้เรียนแสดงถึงวิธีการคิดในแต่ละขั้นตอน แสดงเหตุผล อธิบายความเป็นมาของการเลือกวิธีแก้ปัญหา นำสู่การอภิปรายร่วมกันเน้นให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองมีส่วนร่วมในการเรียน รับผิดชอบร่วมกันในกระบวนการเรียนรู้ฝึกให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้งการฝึกรายบุคคลและฝึกเป็นกลุ่มบทบาทสำคัญของครูผู้สอนคือการเป็นผู้ชี้แนะการเรียนรู้เป็นแหล่งวิทยาการและสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ให้อบอุ่นท้าทายต่อการเรียนรู้คอยสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน

ผู้วิจัยได้สังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ในกระบวนการเรียนการสอนแต่ละขั้นตอนผลการสังเคราะห์ผู้วิจัยได้นำไปเป็นแนวทางการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนต่อไปซึ่งกระบวนการเรียนการสอนทั้ง 4 ขั้น มีความหมายดังนี้

1. ขั้นกระตุ้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ กระตุ้นให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมที่จำเป็น เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการร่วมกันแก้ปัญหา เชื่อมโยงเนื้อหาสาระ ความรู้ และประสบการณ์เดิมของผู้เรียนกับบริบททางสังคม สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน หรือตามสภาพปัญหาจริง

2. ขั้นปฏิบัติการเรียนรู้การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีกระบวนการดังนี้

- 1) ผู้เรียนระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) ผู้เรียนประเมินความถูกต้องทางคณิตศาสตร์ของข้อมูลที่จะนำมาใช้ 3) ผู้เรียนระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา 4) ผู้เรียนลงความเห็นทางคณิตศาสตร์เพื่อสรุปข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่อย่างสมเหตุสมผล 5) ผู้เรียนตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างถูกต้อง

3. ชื่นนำเสนอหลังจากผู้เรียนแก้ปัญหาเสร็จแล้วให้ผู้เรียนนำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาของตนเองหรือกลุ่มตนเองโดยให้ผู้เรียนใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ในการเลือกรูปแบบนำเสนอที่เหมาะสม เพื่อแสดงความเห็นในการสรุปข้อมูลที่น่ามาแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล

4. ขั้นสะท้อนหลังจากผู้เรียนได้นำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้สอนจะให้ข้อมูลป้อนกลับไปยังผู้เรียน แนวแนวทางแก้ไข ปรับปรุงข้อผิดพลาด พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยผู้สอนใช้วิธีที่หลากหลายในการประเมินและประเมินตามสภาพจริงเป็นระยะๆ ตั้งแต่การระบุประเด็นปัญหา การพิจารณาข้อมูล การตัดสินใจแก้ปัญหา และการนำเสนอ

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่าง (D1)

เป็นขั้นตอนการจัดทำรูปแบบการจัดการเรียนรู้และสร้างเครื่องมือประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่างโดยดำเนินการดังนี้

1. ร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

2. สร้างเครื่องมือประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ คู่มือการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ได้สะดวกและประสบผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยมีขั้นตอน ดังนี้

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีการดำเนินการ ดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551เนื้อหา สาระมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

2) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา ภาษาที่ใช้ และความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนรู้กับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการศึกษา

ตาราง 29 แสดงการวิเคราะห์แผนการจัดการเรียนรู้

สาระสำคัญหลัก	สาระสำคัญรอง	ระยะเวลา
1. อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน	1.1 ความหมายอัตราส่วน	1 ชั่วโมง
	1.2 การหาอัตราส่วนที่เท่ากัน	3 ชั่วโมง
2. อัตราส่วนต่อเนื่อง หลายๆ จำนวน	2.1 การเปรียบเทียบอัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน	1 ชั่วโมง
	2.2 การแก้ปัญหาคำโจทย์เกี่ยวกับอัตราส่วน ต่อเนื่องหลายๆ จำนวน	2 ชั่วโมง
3. สัดส่วน	3.1 ความหมายของสัดส่วน	1 ชั่วโมง
	3.2 การหาค่าตัวแปร	1 ชั่วโมง
	3.3 การแก้ปัญหาคำโจทย์เกี่ยวกับสัดส่วน	1 ชั่วโมง
4. อัตราส่วนและร้อยละ	4.1 ความหมายและการหาค่าร้อยละ	2 ชั่วโมง
	4.2 การนำร้อยละไปใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับ กำไร - ขาดทุน	1 ชั่วโมง
	4.3 การนำร้อยละไปใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับ ดอกเบี้ยและภาษี	2 ชั่วโมง
รวม		15 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ จำนวน 4 แผน มี 4 เรื่อง ได้แก่ 1) อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน 2) อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน 3) สัดส่วน และ 4) อัตราส่วนและร้อยละ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการรวมทั้งสิ้น 15 ชั่วโมง

2.2 แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้จัดทำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีแบบวัด 5 ฉบับ โดยมีการดำเนินการและรายละเอียด ดังนี้

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 1 เรื่อง อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน

- 1) ศึกษาสาระสำคัญของเรื่องอัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
- 2) สร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ตามสาระสำคัญของเรื่องอัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน โดยเป็นแบบปรนัย (Objective Type) แบบถูกผิด (True - False) มีจำนวน 40 ข้อ และแบบอัตนัย (Subjective Type) จำนวน 2 ข้อ
- 3) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เรื่องอัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ภาษาที่ใช้ และความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์ ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่า แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน แบบปรนัยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 0.80 – 1.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 0.5 ขึ้นไป และแบบอัตนัยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 0.5 ขึ้นไป
- 4) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนธัญรินทร์ จำนวน 30 คน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพด้านความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น พบว่า แบบวัดแบบปรนัยมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง ระหว่าง 0.44 – 0.75 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.75 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91 และแบบวัดแบบอัตนัย มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง ระหว่าง 0.56 – 0.68 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.33 – 0.88 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.92 (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ข หน้า 242-298)

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 2 เรื่อง อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน

- 1) ศึกษาสาระสำคัญของเรื่องอัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
- 2) สร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ตามสาระสำคัญของเรื่องอัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน โดยเป็นแบบปรนัย (Objective Type) แบบถูกผิด (True - False) มีจำนวน 40 ข้อ และแบบอัตนัย (Subjective Type) จำนวน 2 ข้อ
- 3) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เรื่องอัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ภาษาที่ใช้ และความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์ ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่า แบบวัด

ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากันแบบปรนัย มีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ $0.80 - 1.00$ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 0.5 ขึ้นไป และแบบอัตนัยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ $0.80 - 1.00$ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 0.5 ขึ้นไป

4) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนธัญรัตน์ จำนวน 30 คน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพด้านความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น พบว่า แบบวัดมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง ระหว่าง $0.25 - 0.81$ และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง $0.25 - 0.75$ และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.76 และแบบวัดแบบอัตนัย มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง ระหว่าง $0.68 - 0.73$ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง $0.55 - 0.65$ และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 1.67 (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ข หน้า 242-298)

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 3 เรื่อง สัดส่วน

1) ศึกษาสาระสำคัญของเรื่องสัดส่วน เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

2) สร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ตามสาระสำคัญของเรื่อง สัดส่วน โดยเป็นแบบปรนัย (Objective Type) แบบถูกผิด (True - False) มี จำนวน 40 ข้อ และแบบอัตนัย (Subjective Type) จำนวน 2 ข้อ

3) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เรื่อง สัดส่วน ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ภาษาที่ใช้ และความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์ ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่า แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เรื่อง สัดส่วน แบบปรนัย มีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ $0.80 - 1.00$ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 0.5 ขึ้นไป และแบบอัตนัยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 0.5 ขึ้นไป

4) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่องสัดส่วน ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนธัญรัตน์ จำนวน 30 คน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพด้านความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น พบว่า แบบวัดแบบปรนัยมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง ระหว่าง $0.25 - 0.88$ และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง $0.25 - 0.63$ และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.73 และแบบวัดแบบอัตนัย มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง ระหว่าง $0.69 - 0.75$ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง $0.50 - 0.63$ และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 1.74 (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ข หน้า 242-298)

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 4 เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ

1) ศึกษาสาระสำคัญของเรื่องอัตราส่วนและร้อยละ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

2) สร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ตามสาระสำคัญของเรื่องอัตราส่วนและร้อยละ โดยเป็นแบบปรนัย (Objective Type) แบบถูกผิด (True - False) มี จำนวน 60 ข้อ และแบบอัตนัย (Subjective Type) จำนวน 3 ข้อ

3) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ภาษาที่ใช้ และความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์ ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่า แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละแบบปรนัย มีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 0.80 - 1.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 0.5 ขึ้นไป และแบบอัตนัยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 0.5 ขึ้นไป

4) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนธัญบุรี จำนวน 30 คน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพด้านความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น พบว่า แบบวัดแบบปรนัยมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง ระหว่าง 0.31 - 0.88 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25 - 0.63 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 และแบบวัดแบบอัตนัย มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง ระหว่าง 0.74 - 0.86 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.28 - 0.53 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.59 (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก ข หน้า 242-298)

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ฉบับที่ 5 ทำห่วยการเรียนรู้

1) ศึกษาสาระสำคัญของเรื่องอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

2) สร้างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ตามสาระสำคัญของเรื่องอัตราส่วนและร้อยละ โดยเป็นแบบปรนัย (Objective Type) แบบถูกผิด (True - False) มี จำนวน 60 ข้อ และแบบอัตนัย (Subjective Type) จำนวน 3 ข้อ

3) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ภาษาที่ใช้ และความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์ ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่า แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ทางคณิตศาสตร์ แบบปรนัยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 0.80 – 1.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 0.5 ขึ้นไป และแบบอัตนัยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 0.5 ขึ้นไป

4) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนธัญรัตน์ จำนวน 30 คน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพด้านความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น พบว่า แบบวัดมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง ระหว่าง 0.31 – 0.88 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.63 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 และแบบวัดแบบอัตนัย มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง ระหว่าง 0.7 - 0.76 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.48 - 0.53 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.30 (รายละเอียดปรากฏในภาคผนวก จ หน้า 242-298)

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (R2)

เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบกระบวนการจัดการเรียนรู้ความเหมาะสมความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้และความเหมาะสมของเครื่องมือประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ คู่มือการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้และแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ตรวจสอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การสัมภาษณ์ ผู้เชี่ยวชาญ 4 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

1) ครู เป็นครูสายปฏิบัติการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับ

มัธยมศึกษาไม่น้อยกว่า 5 ปี มีวิทยฐานะชำนาญการขึ้นไป จำนวน 1 คน

2) นักวิชาการด้านคณิตศาสตร์ศึกษาเป็นนักวิชาการที่มีวุฒิการศึกษาระดับดุสิต

บัณฑิต มีประสบการณ์ด้านคณิตศาสตร์ศึกษาไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 1 คน

3) นักวิชาการด้านการจัดการเรียนรู้เป็นนักวิชาการที่มีวุฒิการศึกษาระดับดุสิต

บัณฑิต มีประสบการณ์ด้านการจัดการเรียนรู้ไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 2 คน

4) นักวิชาการด้านการประเมิน เป็นนักวิชาการที่มีวุฒิการศึกษาระดับดุสิตบัณฑิต

มีประสบการณ์ด้านการประเมินไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 1 คน

ผู้วิจัยกำหนดประเด็นให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ด้านต่างๆ ได้แก่ 1) ด้านหลักการ 2) ด้านวัตถุประสงค์ 3) ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ 4) ด้านการวัดและประเมินผลและลักษณะของกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ว่าควรประกอบด้วยกิจกรรมอะไรบ้างหรือมีแนวทางในการจัดกิจกรรมอย่างไรหลังจากนั้นผู้วิจัยจึงนำมาวิเคราะห์เนื้อหา

โดยแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ของลิเคิร์ท ข้อคำถามจำนวน รายการ โดยกำหนดค่าระดับความคิดเห็นแต่ละช่วงคะแนนและความหมาย ดังนี้

ระดับ 1	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยสุด
ระดับ 2	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย
ระดับ 3	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง
ระดับ 4	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก
ระดับ 5	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

การพิจารณาค่าความเหมาะสมสำหรับการให้ความหมายค่าที่วัดผลวิจัยกำหนดเกณฑ์ในการให้ความหมายโดยได้จากแนวคิดของเบสท์ (Best 1986 : 195) การให้ความหมายโดยการให้ค่าเฉลี่ยเป็นรายด้านและรายข้อดังนี้

$4.50 \leq \bar{x} < 5.00$	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด
$3.50 \leq \bar{x} < 4.50$	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก
$2.50 \leq \bar{x} < 3.50$	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง
$1.50 \leq \bar{x} < 2.50$	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย
$1.00 \leq \bar{x} < 1.50$	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยสุด

แบบประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ของลิเคิร์ท ข้อคำถามจำนวน รายการ โดยกำหนดค่าระดับความคิดเห็นแต่ละช่วงคะแนนและความหมาย ดังนี้

ระดับ 1	หมายถึง	มีความสอดคล้องอยู่ในระดับน้อยสุด
ระดับ 2	หมายถึง	มีความสอดคล้องอยู่ในระดับน้อย
ระดับ 3	หมายถึง	มีความสอดคล้องอยู่ในระดับปานกลาง
ระดับ 4	หมายถึง	มีความสอดคล้องอยู่ในระดับมาก
ระดับ 5	หมายถึง	มีความสอดคล้องอยู่ในระดับมากที่สุด

การพิจารณาค่าความสอดคล้องสำหรับการให้ความหมายค่าที่วัดผลวิจัยกำหนดเกณฑ์ในการให้ความหมายโดยได้จากแนวคิดของเบสท์ (Best 1986: 195) การให้ความหมายโดยการให้ค่าเฉลี่ยเป็นรายด้านและรายข้อดังนี้

$4.50 \leq \bar{x} < 5.00$	หมายถึง	มีความสอดคล้องอยู่ในระดับมากที่สุด
$3.50 \leq \bar{x} < 4.50$	หมายถึง	มีความสอดคล้องอยู่ในระดับมาก
$2.50 \leq \bar{x} < 3.50$	หมายถึง	มีความสอดคล้องอยู่ในระดับปานกลาง
$1.50 \leq \bar{x} < 2.50$	หมายถึง	มีความสอดคล้องอยู่ในระดับน้อย
$1.00 \leq \bar{x} < 1.50$	หมายถึง	มีความสอดคล้องอยู่ในระดับน้อยสุด

2. ตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ จำนวน 15 ชั่วโมง โดยแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ของ ลิเคิร์ท ข้อคำถามจำนวนรายการ โดยกำหนดค่าระดับความคิดเห็นแต่ละช่วงคะแนนและความหมาย ดังนี้

ระดับ 1	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยสุด
ระดับ 2	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย
ระดับ 3	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง
ระดับ 4	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก
ระดับ 5	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

การพิจารณาค่าความเหมาะสมสำหรับการให้ความหมายค่าที่วัดผลวิจัยกำหนดเกณฑ์ในการให้ความหมายโดยได้จากแนวคิดของเบสท์ (Best 1986: 195) การให้ความหมายโดยการให้ค่าเฉลี่ยเป็นรายด้านและรายข้อดังนี้

$4.50 \leq \bar{x} < 5.00$	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด
$3.50 \leq \bar{x} < 4.50$	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก
$2.50 \leq \bar{x} < 3.50$	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง
$1.50 \leq \bar{x} < 2.50$	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย
$1.00 \leq \bar{x} < 1.50$	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยสุด

3. ตรวจสอบแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยนำแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ภาษาที่ใช้หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับแบบวัดที่มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป โดยกำหนดเกณฑ์ ดังนี้

เห็นว่าสอดคล้อง	ให้คะแนน	+1
ไม่แน่ใจ	ให้คะแนน	0
เห็นว่าไม่สอดคล้อง	ให้คะแนน	-1

การวิเคราะห์ข้อมูลความเหมาะสมสอดคล้องของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) คำนวณตามสูตร ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

โดย $\sum R$ = ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์แบบปรนัยใช้วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) สูตร KR-20 รายละเอียดดังนี้

$$r_k = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum p_i q_i}{\sum p_i^2} \right]$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบวัด
	K	แทน	จำนวนคำถาม
	P	แทน	สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ
	q	แทน	สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ ($q=1-p$)
	S^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

โดย
$$S^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N^2}$$

การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย ใช้วิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) มีสูตร ดังนี้

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ k	แทน	จำนวนคำถาม
S_i^2	แทน	ความแปรปรวนรายข้อ
S_t^2	แทน	ความแปรปรวนทั้งฉบับ

การวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย ของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์คำนวณตามสูตร ดังนี้

$$\text{ค่าความยาก} = \frac{(S_H + S_L) - 2N(X_{Min})}{2N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ	N	แทน	จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ
	S_H	แทน	ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง
	S_L	แทน	ผลรวมคะแนนกลุ่มกลุ่ม
	X_{Max}	แทน	คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้
	X_{Min}	แทน	คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(S_H - S_L)}{N(X_{\text{Max}} - X_{\text{Min}})}$$

เมื่อ	N	แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ
	S_H	แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง
	S_L	แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มกลุ่ม
	X_{Max}	แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้
	X_{Min}	แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

ขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้(D2)

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยการดำเนินการนำผลจากการประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่างของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงก่อนนำไปทดลองใช้ โดยปรับปรุงรายละเอียดในส่วนที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ ได้แก่ การปรับข้อความถามในแบบวัดให้มีการใช้ความคิดที่ซับซ้อนขึ้น และปรับปรุงขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในขั้นปฏิบัติการเรียนรู้ให้ตรงกับกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

ขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ขั้นปฏิบัติการเรียนรู้ซึ่งมีกระบวนการดังนี้ 1) ผู้เรียนระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) ผู้เรียนประเมินข้อมูลด้านความถูกต้องทางคณิตศาสตร์ 3) ผู้เรียนระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา 4) ผู้เรียนการตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล 5) ผู้เรียนสื่อสาร อภิปรายร่วมกับผู้อื่น

ขั้นตอนที่ 5 การทดลองใช้นำร่องรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่าง (R3)

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ช่วงเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2559 โดยทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/10 โรงเรียนธัญรัตน์ จำนวน 46 คน ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง ใช้เวลา 15 ชั่วโมงเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ตลอดจนศึกษาปัญหาและอุปสรรคระหว่างดำเนินการ โดยก่อนเริ่มกิจกรรมผู้สอนชี้แจงเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนทราบ เพื่อสร้างความเข้าใจที่ตรงกันและให้ผู้เรียนเห็นภาพรวมตลอดจนลำดับขั้นของการจัดกระบวนการเรียนรู้ จากนั้นจึงเริ่มใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งดำเนินการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่าง ทั้งหมด 4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 หัวข้อ อัตราส่วน ใช้เวลา 4 ชั่วโมง

ระยะที่ 2 หัวข้อ อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน ใช้เวลา 3 ชั่วโมง

ระยะที่ 3 หัวข้อ สัดส่วน ใช้เวลา 4 ชั่วโมง

ระยะที่ 4 หัวข้อ ร้อยละ ใช้เวลา 4 ชั่วโมง

โดยแต่ละระยะประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นกระตุ้นการคิด 2) ขั้นปฏิบัติการเรียนรู้ 3) ขั้นนำเสนอ และ 4) ขั้นสะท้อน ทั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนโดยรวมหลังการเรียนรู้ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

ขั้นตอนที่ 6 ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (D3)

การดำเนินการขั้นตอนนี้ผู้วิจัยนำผลจากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มนำร่องมาปรับปรุงให้มีความเหมาะสมกับกลุ่มทดลองมากขึ้น ดังนี้

1. ปฏิบัติการเรียนรู้เน้นกิจกรรมกลุ่มเพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แสดงความคิดเห็นมากขึ้น โดยการจัดสภาพห้องเรียนให้ผู้เรียนสามารถนั่งรวมกลุ่มกันได้สะดวก

2. ปรับปรุงกิจกรรมให้มีความน่าสนใจ เหมาะสมกับเวลา เพิ่มตัวอย่างที่น่าสนใจประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ โดยให้ผู้เรียนเลือกสื่อในชีวิตประจำวัน que ผู้เรียนสนใจมาประกอบการเรียน เช่น เรื่อง ร้อยละ ให้ผู้เรียนหาส่วนประกอบข้างห่อผลิตภัณฑ์ของขนมที่ผู้เรียนชื่นชอบ และหลังจากหาส่วนประกอบของขนมเรียบร้อยแล้วจึงอนุญาตให้ผู้เรียนทานขนมในห้องเรียนเพื่อเป็นรางวัล แต่ให้อยู่ในความสะอาดเรียบร้อย

ขั้นตอนที่ 7 การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มเป้าหมายและการประเมินประสิทธิผล (R4)

ผู้วิจัยนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้นำร่องและปรับปรุงแล้วไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง หลังจากนั้นประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังต่อไปนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนธัญรัตน์

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/8 โรงเรียนธัญรัตน์ จำนวน 47 คน โดยใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ด้วยการใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม จากทั้งหมด 11 ห้อง ซึ่งแต่ละห้องมีนักเรียนที่คละความสามารถ

แบบแผนการทดลอง

การทดลองในเดือนสิงหาคม พ.ศ.2559 เพื่อประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ในครั้งนี้ดำเนินการตามแบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน (One Group Time Series Design) โดยวิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอนการดำเนินการทดลองสอนผู้วิจัยทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ขั้นกระตุ้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ กระตุ้นให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมที่จำเป็น เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการร่วมกันแก้ปัญหา เชื่อมโยงเนื้อหาสาระ ความรู้ และประสบการณ์เดิมของผู้เรียนกับบริบททางสังคม สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน หรือตามสภาพปัญหาจริง

2. ขั้นปฏิบัติการเรียนรู้การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีกระบวนการดังนี้ 1) ผู้เรียนระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) ผู้เรียนประเมินความถูกต้องทางคณิตศาสตร์ของข้อมูลที่จะนำมาใช้ 3) ผู้เรียนระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา 4) ผู้เรียนลงความเห็นทางคณิตศาสตร์เพื่อสรุปข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่อย่างสมเหตุสมผล 5) ผู้เรียนตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างถูกต้อง

3. ขั้นนำเสนอหลังจากผู้เรียนแก้ปัญหาเสร็จแล้วให้ผู้เรียนนำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาของตนเองหรือกลุ่มตนเองโดยให้ผู้เรียนใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ในการเลือกรูปแบบนำเสนอที่เหมาะสม เพื่อแสดงความเห็นในการสรุปข้อมูลที่นำมาแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล

4. ขั้นสะท้อนหลังจากผู้เรียนได้นำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้สอนจะให้ข้อมูลป้อนกลับไปยังผู้เรียน แนวแนวทางแก้ไข ปรับปรุงข้อผิดพลาด พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยผู้สอนใช้วิธีที่หลากหลายในการประเมินและประเมินตามสภาพจริงเป็นระยะๆ ตั้งแต่การระบุประเด็นปัญหา การพิจารณาข้อมูล การตัดสินใจแก้ปัญหา และการนำเสนอ

การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ พิจารณาจาก ผู้เรียนกลุ่มทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ มีคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์หลังใช้รูปแบบสูงขึ้นกว่าก่อนใช้รูปแบบ

เกณฑ์ประสิทธิผลของรูปแบบ

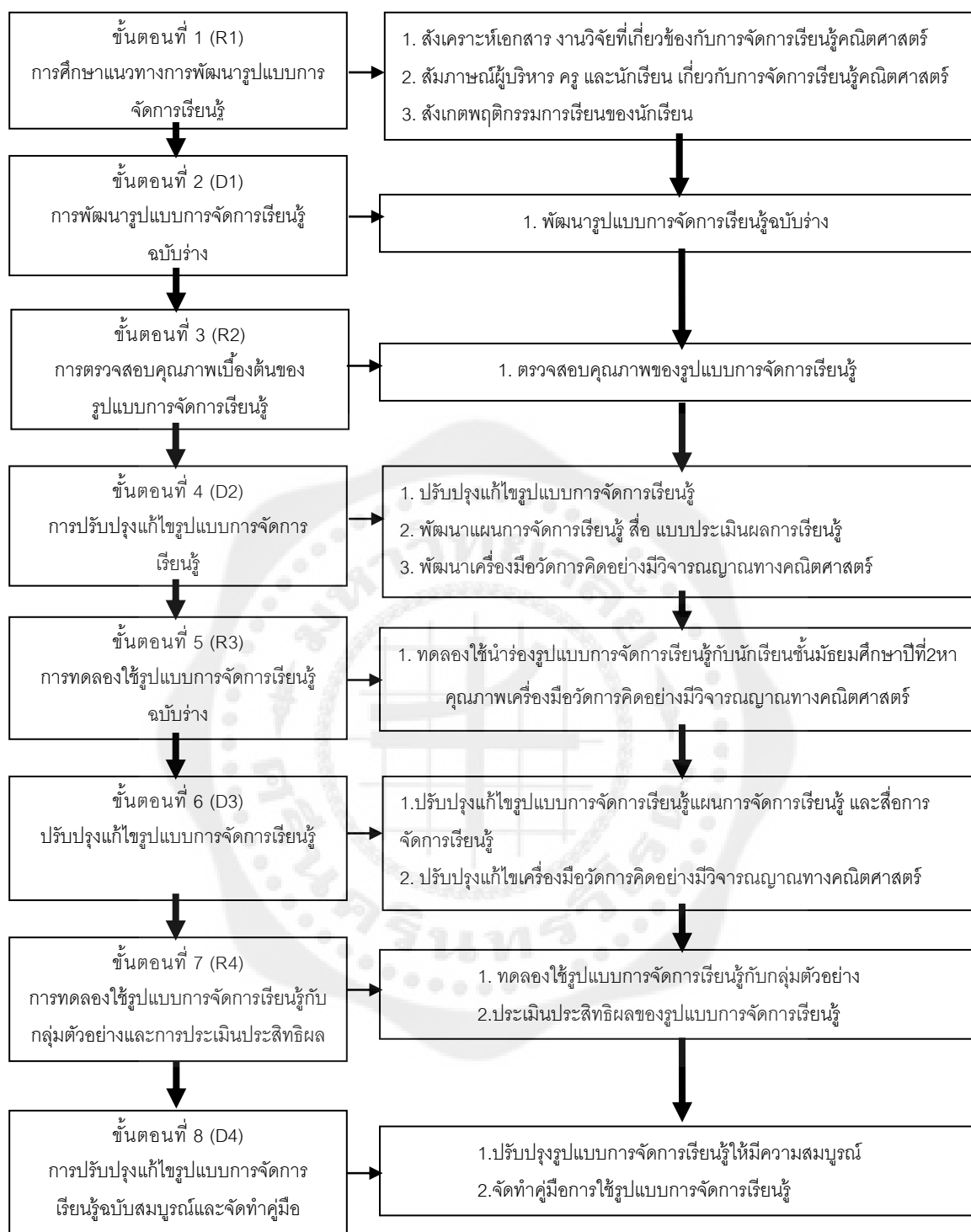
1. ผู้เรียนมีพัฒนาการการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น
2. ผู้เรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ในระยะที่ 1, 2, 3 และ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. ผู้เรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ หลังการใช้รูปแบบสูงกว่าก่อนการใช้รูปแบบ

ขั้นตอนที่ 8 การปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ และจัดทำคู่มือ (D4)

ขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินการรวบรวมข้อเสนอแนะนำไปปรับปรุงองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นโดยสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาหลังการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้หลังจากนั้นผู้วิจัยนำมาปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้เป็นฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์แก่นักเรียนต่อไปผลการพัฒนาทำให้ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ฉบับสมบูรณ์

ขั้นตอน

วิธีดำเนินการ



ภาพประกอบ 3 ขั้นตอนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ผลการพัฒนา รูปแบบ ตอนที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบ และตอนที่ 3 ผลการปรับปรุงแก้ไขรูปแบบฉบับสมบูรณ์ โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการพัฒนา รูปแบบ

การพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ได้ทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญและจำเป็นสำหรับการพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อนำผลการศึกษามาเป็นฐานข้อมูลสำหรับการร่างรูปแบบ โดยมีผลการศึกษา ดังนี้

4.1.1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน

- ผลการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์, บรูเนอร์ และทฤษฎีทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย แนวคิดการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ การจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิด (CGI) วิธีการสอนแบบ SSCS การโค้ชเพื่อการรู้คิด (Cognitive Coaching) และการประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) การวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้รับการเสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์สาระสำคัญของประเด็นหลักของการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์และแนวทางการนำมาใช้พัฒนาแบบ ดังตาราง

ตาราง 30 วิเคราะห์ประเด็นหลักและแนวทางของการนำมาใช้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่
เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

ประเด็นหลัก	สาระสำคัญ	แนวทางในการนำมาพัฒนารูปแบบ
การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	การจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียนและคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล คอยทำหน้าที่เป็นพี่เลี้ยง ให้คำแนะนำ ชี้แนะในข้อบกพร่องของผู้เรียนโดยมีกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ทั้งในลักษณะรายบุคคลและลักษณะเป็นกลุ่ม ซึ่งเป็นแนวการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิด แก้ปัญหา ปรึกษาหารือ อภิปราย และแสดงความคิดเห็นด้วยเหตุผลซึ่งกันและกัน ช่วยพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการคิด และประสบการณ์มากขึ้น	1. จัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับความถนัดและความสนใจของผู้เรียน 2. ผู้เรียนมีการร่วมลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ตามบริบทสภาพจริง โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง 3. ผู้เรียนได้คิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง 4. นำสภาพปัญหาและบริบททางสังคม วัฒนธรรมของผู้เรียนมาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ 5. ใช้การประเมินตามสภาพจริงและนำผลมาพัฒนาผู้เรียน
การจัดการเรียนรู้แบบเน้นให้รู้คิด (CGI)	พัฒนาความเข้าใจของผู้เรียนโดยเน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการแก้ปัญหา ใช้การแก้ปัญหาเป็นศูนย์กลางของการจัดการเรียนรู้จัดการสถานการณ์ให้ผู้เรียนลงมือทำกิจกรรมให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเอง สามารถเชื่อมโยงปัญหา มโนทัศน์หรือทักษะกับความรู้เดิมที่มีอยู่ ทั้งนี้ต้องมีการประเมินอย่างสม่ำเสมอ ประเมินทั้งการแก้ปัญหาได้สำเร็จและวิธีการที่ใช้แก้ปัญหา ซึ่งวิธีการประเมินการคิดของ	1. จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นศูนย์กลาง เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการแก้ปัญหา เชื่อมโยงปัญหาด้วยความรู้เดิม 2. ใช้คำถามกระตุ้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา 3. สร้างบรรยากาศในการเรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน

ตาราง 30 (ต่อ)

ประเด็นหลัก	สาระสำคัญ	แนวทางในการนำมาพัฒนารูปแบบ
การจัดการเรียนรู้แบบเน้นให้รู้คิด (CGI)	ผู้เรียนควรใช้คำถามที่เหมาะสมและรับฟังคำตอบของผู้เรียน	4. ประเมินการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอทั้งวิธีการที่ใช้แก้ปัญหาและความสำเร็จในการแก้ปัญหา
วิธีการสอนแบบ SSCS	เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาการแก้ปัญหาของผู้เรียนโดยนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ได้แก่ 1) ขั้นค้นหา (Search: S) 2) ขั้นการแก้ปัญหา (Solve: S) 3) ขั้นสร้างคำตอบ (Create: C) 4) ขั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share: S)	1. กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การค้นหาปัญหา(Search: S) 2) การแก้ปัญหา(Solve: S) 3) การสร้างคำตอบ(Create: C) และ4) การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น(Share: S) 2. คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน3. ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง 4. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มความสามารถ 5. สนับสนุนให้ผู้เรียนแก้ปัญหาด้วยตนเอง 6. จัดประสบการณ์การเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรมและมีเทคนิคในการตั้งคำถาม กระตุ้นผู้เรียนให้คิด สืบสวนวิธีการแก้ปัญหา 7. ช่วยเหลือผู้เรียนในการพัฒนากลยุทธ์ที่ใช้ในการรับและดำเนินการกับข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ

ตาราง 30 (ต่อ)

ประเด็นหลัก	สาระสำคัญ	แนวทางในการนำมาพัฒนารูปแบบ
การโค้ชเพื่อ การเรียนรู้ (Cognitive Coaching)	สร้างแรงบันดาลใจให้กับผู้เรียน (Inspiring your Learners) ทำให้ผู้เรียนสนใจอยากเรียนรู้ ต้องการกำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้ และอยากปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ด้วยเหตุผลว่าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและมีประโยชน์ ให้กำลังใจสนับสนุนผู้เรียน (Encouraging your Learners) เมื่อผู้เรียนทำสิ่งต่างๆ ได้สำเร็จ ผู้โค้ชมีความจริงใจในการชมเชยผู้เรียน และให้กำลังใจหากผู้เรียนประสบความล้มเหลว โดยใช้คำถามเพื่อการรู้คิดในการพัฒนาและปรับปรุง ไม่วิพากษ์ วิจารณ์ แก้ไขปรับปรุง ข้อผิดพลาดให้ผู้เรียน (Correcting your Learners) เสนอแนะแนวทางการแก้ไข ปรับปรุงข้อผิดพลาดให้ผู้เรียน โดยใช้คำถามหรือการให้ผู้เรียนคิดหาแนวทางด้วยตนเอง สร้างความท้าทายให้ผู้เรียน (Challenging your Learners) ทำให้ผู้เรียนรู้สึกท้าทายในการเรียนรู้ ซึ่งจะก่อให้เกิดความมุ่งมั่นความอุตสาหพยายามในการที่จะเรียนรู้ให้สำเร็จ มีความรู้ในเนื้อหาสาระที่ตนเองจัดการเรียนรู้ และมีความสามารถในการนำความคิดรวบยอดหรือ concept ของความรู้นั้นมาใช้ในการปฏิบัติจริง การสื่อสารกับผู้เรียนใช้เหตุผล	1. สร้างแรงบันดาลใจ ให้กำลังใจ สนับสนุน สร้างความท้าทาย กระตุ้นผู้เรียนให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ 2. ใช้คำถามที่หลากหลายและกระตุ้น การคิด 3. เชื่อมโยงเนื้อหาสาระกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน 4. ใช้สุนทรียสนทนา สื่อสารกับผู้เรียนโดยใช้เหตุผลและใจที่เป็นกลาง 5. แนะนำแนวทางแก้ไข ปรับปรุงข้อผิดพลาดให้ผู้เรียน 6. ถอดบทเรียน สังเคราะห์ความรู้จากการปฏิบัติจริงตามสภาพจริง 7. สังเกต ประเมินพัฒนาการด้านต่างๆ ของผู้เรียนที่เป็นจุดเน้นของการโค้ชแต่ละครั้งและประเมินด้วยวิธีที่หลากหลาย

ตาราง 30 (ต่อ)

ประเด็นหลัก	สาระสำคัญ	แนวทางในการนำมาพัฒนารูปแบบ
การโค้ชเพื่อ การรู้คิด (Cognitive Coaching)	หรือปัญญาในการพูด รับฟังผู้เรียนด้วยใจ ที่เป็นกลางปราศจากอคติ ไม่ด่วนสรุป ถอดบทเรียน (Lesson Learned) สังเคราะห์องค์ความรู้ที่เกิดจากการปฏิบัติ จริงเกี่ยวกับการโค้ช เช่น วิธีการจูงใจ เทคนิคการตั้งคำถาม เป็นต้น ผลจากการ ถอดบทเรียนจะส่งผลให้ผู้โค้ชมีองค์ความรู้ ที่มาจากการปฏิบัติและสามารถนำไป เรียนรู้ต่อยอดได้ความผูกพันของผู้เรียนกับ โค้ช (Engagement) ผู้เรียนที่มีความ ผูกพันกับโค้ชจะรับฟังคำแนะนำของโค้ช และนำไปปฏิบัติด้วยตนเอง การตั้งคำถาม กระตุ้นการคิด (Thinking Questions) การ โค้ชที่ดีต้องใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง ดึง ศักยภาพของผู้เรียนออกมาแล้วให้ผู้เรียน พัฒนาด้วยตนเองอย่างเต็มศักยภาพ	
การประเมิน ตามสภาพจริง (Authentic Assessment)	แนวคิดในการประเมินตามสภาพจริงเน้น การประเมิน ทักษะที่ซับซ้อนในการทำงาน การร่วมมือในการแก้ปัญหา การประเมิน ตนเองทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน วัดและประเมินความก้าวหน้าของผู้เรียน สะท้อนให้เห็นการสังเกตสภาพงาน ปัจจุบันและสิ่งที่ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริง โดย พิจารณาจากงานหลายๆ ชิ้น	1. ประเมินงานที่มีความหมาย (meaningful task) มีความ สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน นำไป ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ 2. ประเมินการบูรณาการความรู้ (integration of knowledge) ใช้ ความรู้ ความสามารถ และทักษะ

ตาราง 30 (ต่อ)

ประเด็นหลัก	สาระสำคัญ	แนวทางในการนำมาพัฒนารูปแบบ
การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment)	การประเมินต้องดำเนินไปพร้อมกับการเรียนอย่างต่อเนื่อง มีการนำการประเมินตนเองมาเป็นส่วนหนึ่งของการ ประเมินตามสภาพจริงในส่วนของผู้ประเมินควรมีหลายคนและควรมีการประชุมผู้ประเมิน เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียนควรมีการประเมินใน 2 ลักษณะ คือ การประเมินเน้นการปฏิบัติจริง และการประเมินจากแฟ้มสะสมผลงาน สำหรับด้านยุทธวิธีการประเมินตามสภาพจริงนั้นเน้นผลผลิตที่ผู้เรียนได้จัดทำความสามารถทางสติปัญญา กระบวนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล การแก้ ปัญหาและงานภาคปฏิบัติในรูปแบบอื่นๆ ผู้เรียนต้องแสดงออกให้เห็นถึงการเรียนรู้ซึ่งเน้นการนำไปใช้ การสร้างองค์ความรู้ สามารถบอกเหตุและผล อธิบายเพิ่มเติม วิเคราะห์ วิจัยได้ ในทางคณิตศาสตร์ การประเมินตามสภาพจริงควรให้ความสำคัญกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นความสามารถในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้งาน วิธีการประเมินจะต้องเปิดโอกาสให้	ที่เกิดจากการเรียนรู้ในสหสาขาวิชา ในการแก้ปัญหา กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ระดับการคิดขั้นสูงโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล 3. ประเมินอย่างต่อเนื่อง ต้องประเมินผู้เรียนตลอด เวลา ทุกสถานที่อย่างไม่เป็นทางการ 4. ประเมินรอบด้านด้วยวิธีที่หลากหลาย ผู้เรียนมีการประเมินตนเองตลอดเวลา มีการร่วมมือที่ดีในการประเมินระหว่างผู้เรียน ผู้สอน และผู้ปกครอง นำผลของการประเมินมาแก้ไขปรับปรุงพัฒนาผู้เรียนให้ดีขึ้น 5. เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินมีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียนและเป็นรูปธรรม 6. การประเมินจากการนำเสนอผลงาน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ยั่งยืน เนื่องจากได้สะท้อนความรู้ของตนเองว่ารู้อะไรและนำเสนอให้ผู้อื่นเข้าใจได้

ตาราง 30 (ต่อ)

ประเด็นหลัก	สาระสำคัญ	แนวทางในการนำมาพัฒนารูปแบบ
การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment)	ผู้เรียนได้แสดงความรู้ความสามารถอย่างเต็มที่ ผลของการประเมินต้องชี้ให้เห็นถึงการปฏิบัติงานของผู้เรียนในหลายๆ ด้าน เพื่อนำไปสู่การประเมินผลและการพัฒนา การเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม	

4.1.2. ผลการพัฒนารูปแบบและตรวจสอบคุณภาพ

- การสัมภาษณ์

ผลการสัมภาษณ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาและผู้สอนคณิตศาสตร์ จำนวน 5 คนเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในประเด็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และการวัดผลประเมินผลการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์สาระสำคัญของการให้สัมภาษณ์ และแนวทางการนำมาใช้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดังตาราง

ตาราง 31 ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาและผู้สอนคณิตศาสตร์

ประเด็นหลัก	ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แนวทางในการนำมาพัฒนารูปแบบ
การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	1. "...กิจกรรมที่ใช้ควรกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดและได้แสดงออก ความคิดหลากหลายรูปแบบ..." 2. "...ปัญหาที่ใช้กระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดควรเป็นปัญหาที่พบได้ในชีวิตประจำวัน หรือเหตุการณ์ปัจจุบัน..."	1. จัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้คิด โดยใช้คำถามชี้นำ "เคยเห็นไหม", "คุณๆหรือเปล่า", "ถ้าหาก...", "ถ้า...แล้ว...", "...เพราะอะไร", "...อย่างไร" หรือ "ตรวจสอบข้อมูลหรือยัง" กระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงความคิดออกมา

ตาราง 31 (ต่อ)

ประเด็นหลัก	ข้อมูลจากการสัมภาษณ์	แนวทางในการนำมาพัฒนารูปแบบ
	3. “...ตัวอย่างปัญหาควรเริ่มจากง่ายไปหายากและมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน...”	2. จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาที่พบได้ในชีวิตประจำวัน ยกตัวอย่างที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง หรือเหตุการณ์ปัจจุบันที่กำลังเป็นที่สนใจ โดยเริ่มจากปัญหาง่ายๆ แล้วจึงเพิ่มความซับซ้อนของปัญหาขึ้น
การวัดผล ประเมินผลการ คิดอย่างมี วิจารณญาณทาง คณิตศาสตร์	1. “...แบบวัดควรสะท้อนถึงกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์แต่ละขั้นตอนอย่างชัดเจน...” 2. “...แบบวัดควรมีความซับซ้อนให้ผู้เรียนใช้ความสามารถในการพิจารณาหาคำตอบ...”	1. สร้างรูปแบบการตอบแยกตามขั้นตอนกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ 2. เน้นคำถามที่ซับซ้อนให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

จากตาราง สามารถสรุปได้ว่าผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาและผู้สอนคณิตศาสตร์มีความคิดเห็นเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในประเด็นต่อไปนี้

1. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กิจกรรมควรกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดและได้แสดงออกความคิดหลากหลายรูปแบบ ควรใช้ปัญหาที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิด โดยเป็นปัญหาที่พบได้ในชีวิตจริงหรือเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน การยกตัวอย่างปัญหาควรเริ่มจากง่ายไปหายาก

2. แนวทางในการการวัดผลประเมินผลการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น แบบวัดควรสะท้อนถึงกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ในแต่ละขั้นตอนให้ชัดเจนและควรมีความซับซ้อนของปัญหาให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถในการพิจารณาหาคำตอบ

- รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นฉบับร่าง มีองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

หลักการ

1. เป็นการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำปัญหา บริบททางสังคมวัฒนธรรมตามสภาพ
จริงและความสนใจของผู้เรียนมาออกแบบกิจกรรมให้มีความสอดคล้องเชื่อมโยงกับความรู้เดิมโดยใช้
กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
2. สร้างบรรยากาศในการเรียนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มี
ปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง
3. พัฒนากลยุทธ์ผู้เรียนที่ใช้ในการรับและดำเนินการกับข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ
คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล พัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนตามลำดับขั้นตอน เน้น
ความสำคัญระหว่างทักษะและการร่วมกันแก้ปัญหา
4. สร้างความท้าทาย กระตุ้นผู้เรียนให้คิดให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้กำลังใจ ใช้
เหตุผลและใจที่เป็นกลางแนะแนวทางการแก้ปัญหา
5. สนับสนุนการนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ปรับปรุง
ข้อผิดพลาดให้ผู้เรียน นำผลการประเมินตามสภาพจริงมาพัฒนาผู้เรียน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามบริบทสภาพจริง เชื่อมโยงปัญหาความรู้เดิม
เน้นทักษะและการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ มีการสื่อสาร
แสดงออกถึงความคิดเห็นและรับฟังผู้อื่นให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกัน
2. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์มีความเชื่อมั่นใน
ตนเอง สามารถนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม

ขั้นตอน

1. ขั้นกระตุ้นการคิด กระตุ้นให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมที่จำเป็น เน้นความสำคัญระหว่าง
ทักษะและการร่วมกันแก้ปัญหา เชื่อมโยงเนื้อหาสาระ ความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้เรียนกับ
บริบททางสังคม สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน หรือตามสภาพปัญหาจริง

2. ขั้นปฏิบัติการเรียนรู้ซึ่งมีกระบวนการดังนี้ 1) ผู้เรียนระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) ผู้เรียนประเมินข้อมูลด้านความถูกต้องทางคณิตศาสตร์ 3) ผู้เรียนระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา 4) ผู้เรียนการตัดสินใจแก้ปัญหาย่างสมเหตุสมผล 5) ผู้เรียนสื่อสาร อภิปรายร่วมกับผู้อื่น

3. ขั้นนำเสนอหลังจากผู้เรียนแก้ปัญหาลงแล้วให้ผู้เรียนนำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาของตนเองหรือกลุ่มตนเองโดยให้ผู้เรียนใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ในการเลือกรูปแบบนำเสนอที่เหมาะสม เพื่อแสดงความเห็นในการสรุปข้อมูลที่นำมาแก้ปัญหาย่างสมเหตุสมผล

4. ขั้นสะท้อนหลังจากผู้เรียนได้นำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาลงเรียบร้อยแล้ว ผู้สอนจะให้ข้อมูลป้อนกลับไปยังผู้เรียน เน้นแนวทางแก้ไข ปรับปรุงข้อผิดพลาด พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยผู้สอนใช้วิธีที่หลากหลายในการประเมินและประเมินตามสภาพจริงเป็นระยะๆ ตั้งแต่การระบุประเด็นปัญหา การพิจารณาข้อมูล การตัดสินใจแก้ปัญห และ การนำเสนอ

การประเมินผล

1. ประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ตามสภาพจริงด้วยวิธีที่หลากหลาย ประเมินอย่างสม่ำเสมอเป็นระยะๆ ตั้งแต่การระบุประเด็นปัญหา การพิจารณาข้อมูล การตัดสินใจแก้ปัญห และ การนำเสนอการแก้ปัญห

2. ประเมินพัฒนาการการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน พฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์โดยคำนึงถึงความแตกต่างแต่ละบุคคล

3. ประเมินความรู้และการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ หลังการเรียนรู้สังเคราะห์ความรู้จากการปฏิบัติจริง และให้ข้อมูลป้อนกลับนำผลไปใช้พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

- ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ

ผลการดำเนินการตรวจสอบด้านความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษจำนวน 5 คน ผลปรากฏดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 32 ระดับความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รายการ	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล		
	$\bar{X}$	S.D	แปล ความหมาย
หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
1. ทฤษฎี แนวคิดและหลักการที่นำมาใช้เหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์	4.00	0.71	มาก
2. หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความชัดเจนสามารถนำไปใช้ได้จริง	3.80	0.84	มาก
วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
3. วัตถุประสงค์เหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์	4.60	0.55	มากที่สุด
4. วัตถุประสงค์มีความชัดเจน	4.40	0.55	มาก
5. วัตถุประสงค์สามารถวัดประเมินผลได้	4.40	0.55	มาก
6. วัตถุประสงค์มีประโยชน์ต่อการพัฒนาผู้เรียน	4.40	0.55	มาก
กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
7. กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบแสดงถึงการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	4.00	0.71	มาก
8. กระบวนการเรียนการสอนมีความชัดเจนสามารถปฏิบัติได้จริง	4.40	0.55	มาก
9. กระบวนการเรียนการสอนมีกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียน	3.60	0.55	มาก
10. กระบวนการเรียนการสอนมีกิจกรรมการเรียนรู้ที่น่าสนใจ	3.80	0.45	มาก
11. การเรียงลำดับกระบวนการเรียนการสอนมีความเหมาะสม	4.40	0.55	มาก

ตาราง 32 (ต่อ)

รายการ	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล		
	$\bar{X}$	S.D	แปล ความหมาย
การวัดประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
12. การวัดประเมินผลมีความชัดเจน	3.80	0.84	มาก
13. การวัดประเมินผลสามารถปฏิบัติได้จริง	3.80	0.84	มาก
14. การวัดประเมินผลใช้วิธีการที่หลากหลาย	3.60	0.55	มาก
รวมทั้งฉบับ	4.07	0.63	มาก

จากตาราง พบว่า ร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความเหมาะสมขององค์ประกอบต่างๆ ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.07$, $S.D = 0.63$) โดยผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินความเหมาะสมในระดับมากที่สุด 1 รายการ คือ ด้านวัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ และประเมินความเหมาะสมในระดับมาก 13 รายการ ได้แก่ ด้านหลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีทฤษฎี แนวคิดและหลักการที่นำมาใช้เหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ และมีความชัดเจนสามารถนำไปใช้ได้จริง ด้านวัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความชัดเจน สามารถวัดประเมินผลได้ และมีประโยชน์ต่อการพัฒนาผู้เรียน ด้านกระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความชัดเจนสามารถปฏิบัติได้จริง กิจกรรมการเรียนรู้ที่น่าสนใจ และการเรียงลำดับกระบวนการเรียนการสอนมีความเหมาะสม ด้านการวัดประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ด้านกระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แสดงถึงการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ มีความชัดเจนสามารถปฏิบัติได้จริง กิจกรรมการเรียนรู้ที่น่าสนใจ เหมาะสมกับผู้เรียน มีการเรียงลำดับกระบวนการเรียนการสอนที่เหมาะสม และด้านการวัดประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความชัดเจน สามารถปฏิบัติได้จริง ใช้วิธีการที่หลากหลาย แสดงว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น สามารถนำไปจัดการเรียนรู้ได้

2) ผลการตรวจสอบความสอดคล้องของรูปแบบ

จากการดำเนินการตรวจสอบเบื้องต้นด้านความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ปรากฏผลดังตาราง

ตาราง 33 ระดับความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รายการ	ผลวิเคราะห์ข้อมูล		
	$\bar{X}$	S.D	แปลความหมาย
1. ทฤษฎี แนวคิดและหลักการที่นำมาใช้กับสภาพปัญหา	4.20	0.45	มาก
2. ทฤษฎี แนวคิดและหลักการที่นำมาใช้กับหลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4.20	0.45	มาก
3. ทฤษฎี แนวคิดและหลักการที่นำมาใช้กับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์	3.80	0.45	มาก
4. สภาพปัญหากับหลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4.60	0.55	มากที่สุด
5. หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4.20	0.45	มาก
6. วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับกระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	3.40	0.55	ปานกลาง
7. กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับการวัดประเมินผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4.20	0.45	มาก
8. วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับการวัดประเมินผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4.40	0.55	มาก
รวมทั้งฉบับ	4.13	0.48	มาก

จากตาราง พบว่า ร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีความสอดคล้องขององค์ประกอบต่างๆ ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.13$, S.D = 0.48) โดยผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินความสอดคล้องในระดับมากที่สุด 1 รายการ คือ สภาพปัญหาสอดคล้องกับหลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ประเมินความสอดคล้องในระดับมาก 6 รายการ ได้แก่ ทฤษฎี แนวคิดและหลักการที่นำมาใช้ มีความสอดคล้องกับ

สภาพปัญหา หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้และวัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับการวัดประเมินผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และประเมินความสอดคล้องในระดับปานกลาง 1 รายการ คือ วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

3) ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ปรากฏผลดังตาราง

ตาราง 34 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล		
	$\bar{X}$	S.D	แปลความหมาย
1. ทุกองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน	3.80	1.27	มาก
2. สารสำคัญมีความชัดเจน	4.40	0.50	มาก
3. จุดประสงค์การเรียนรู้สามารถวัดได้ สังเกตได้	4.45	0.51	มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นลำดับขั้นชัดเจน	4.50	0.83	มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้น่าสนใจ	4.30	0.73	มาก
6. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถนำไปปฏิบัติได้	4.40	0.50	มาก
7. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสม	3.95	1.00	มาก
8. การวัดประเมินผลมีความชัดเจนในการปฏิบัติ	3.90	0.64	มาก
9. การประเมินผลมุ่งเน้นการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้	3.65	0.49	มาก
10. การประเมินผลมีสารสนเทศมาพัฒนาผู้เรียนได้	3.05	0.22	ปานกลาง
รวม	4.04	0.67	มาก

จากตาราง พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ มีความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.04$, S.D = 0.67) โดยมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด 2 รายการ คือ จุดประสงค์การเรียนรู้สามารถวัดและสังเกตได้ กิจกรรมการเรียนรู้เป็นลำดับขั้นชัดเจน และความเหมาะสมในระดับมาก 7 รายการ ได้แก่ ทุกองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกัน สารสำคัญมีความ

ชัดเจน กิจกรรมการเรียนรู้ที่น่าสนใจนำไปปฏิบัติได้ สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสม การวัดประเมินผลมีความชัดเจนในการปฏิบัติ

จากการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นฉบับร่าง ดังกล่าว ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขและเตรียมความพร้อมสำหรับการการศึกษานำร่อง (Pilot study) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยต่อไป

- ผลการนำร่องการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

การทดลองใช้นำร่องร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนรัตนบุรี อ.รัตนบุรี จ.ปทุมธานี ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยเป็นนักเรียนที่มีลักษณะคล้ายกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยการทดลองจะแบ่งเป็น 4 ระยะ ตามหัวข้อของเนื้อหาสาระเรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ซึ่งผลการศึกษานำร่อง (Pilot study) สามารถสรุปได้ดังนี้

ระยะที่ 1 หัวข้อ อัตราส่วน

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างกระบวนการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในระยะที่ 1 หัวข้อ อัตราส่วน จำนวน 4 ชั่วโมง ผู้วิจัยสังเกตพบว่าผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ในขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตาราง 35 ผลการสังเกตกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 1(นำร่อง)

กระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณทาง คณิตศาสตร์	ผลการสังเกตกระบวนการ
1. การระบุประเด็น ปัญหาทางคณิตศาสตร์	ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้ค้นหาประเด็นปัญหาของโจทย์ โดยในการเรียนรู้ครั้งแรกผู้เรียนได้รับการกระตุ้นหลายครั้งให้สามารถระบุประเด็นปัญหาได้ถูกต้อง ซึ่งในระหว่างผู้เรียนระบุปัญหานั้นผู้สอนไม่เอ่ยคำพูดที่เป็นการตัดสินผิด-ถูกในทันที แต่จะทวนคำถามให้ผู้เรียนได้พิจารณาวิเคราะห์ความถูกต้องของประเด็นปัญหาเอง ทั้งนี้ผู้เรียนส่วนมากขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้นเรียน
2. การประเมินข้อมูล ด้านความถูกต้องทาง คณิตศาสตร์	ผู้เรียนส่วนมากใช้เวลาค่อนข้างมากในการประเมินข้อมูลและเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ แต่สามารถประเมินข้อมูลได้ถูกต้องเป็นส่วนมาก
3.การระบุความ สัมพันธ์ของข้อมูลกับ ปัญหา	ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ในการระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในโจทย์ได้ถูกต้องเป็นส่วนน้อย ซึ่งผู้สอนต้องทำการการชี้แนะผู้เรียนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหาตลอดเวลา
4. สรุปข้อมูลและ หลักฐานที่มีอยู่อย่าง สมเหตุสมผล	ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูลและเลือกนำมาใช้แก้ปัญหาที่มีความสมเหตุสมผลเป็นส่วนน้อยทำให้ผู้สอนต้องทำการการชี้แนะผู้เรียนถึงความสมเหตุสมผลของข้อมูลที่จะนำมาใช้สม่ำเสมอ
5. การตัดสินใจทาง คณิตศาสตร์	ผู้เรียนสามารถตัดสินใจเลือกวิธีการและข้อมูลที่ได้ศึกษามาใช้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องได้บางส่วน

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้ ผลที่ได้เป็นดังตารางนี้

ตาราง 36 ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 1 (นำร่อง)

การทดสอบ	N	คะแนน เต็ม	$\bar{x}$	S	t	df	Sig.
ก่อนเรียน	46	50	19.63	6.20	35.80	45	.000*
หลังเรียน	46		27.41	6.04			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตาราง 36 ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 1 หัวข้อ อัตราส่วน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 19.63 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 27.41 คะแนน เมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ระยะที่ 2 หัวข้อ อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในระยะที่ 2 หัวข้อ อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน จำนวน 3 ชั่วโมง ผู้วิจัยสังเกตพบว่าผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ในประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตาราง 37 ผลการสังเกตกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 2 (นำร่อง)

กระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	ผลการสังเกตกระบวนการ
1. การระบุประเด็นปัญหาทาง คณิตศาสตร์	ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้ค้นหาประเด็นปัญหาของโจทย์ ในการเรียนรู้ครั้งที่สองผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้สามารถระบุประเด็นปัญหาในระยะเวลาที่เร็วขึ้นและถูกต้อง ระหว่างผู้เรียนระบุปัญหานั้นผู้สอนไม่เอ่ยคำพูดที่เป็นการตัดสินผิด-ถูกในทันที แต่จะทวนคำถามให้ผู้เรียนได้พิจารณาวิเคราะห์ความถูกต้องของประเด็นปัญหาเอง ทั้งนี้ผู้เรียนส่วนมากมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้นเรียนมากขึ้นจากการเรียนครั้งแรก

ตาราง 37 (ต่อ)

กระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	ผลการสังเกตกระบวนการ
2. การประเมินข้อมูลด้าน ความถูกต้องทางคณิตศาสตร์	ผู้เรียนส่วนมากใช้เวลาน้อยลงในการประเมินข้อมูลและเชื่อมโยง ความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ และสามารถประเมินข้อมูลได้ถูกต้อง เป็นส่วนมาก
3.การระบุความสัมพันธ์ของ ข้อมูลกับปัญหา	ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ในการระบุ ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในโจทย์ได้ถูกต้อง มากขึ้นจากการเรียนครั้งแรก โดยผู้สอนยังคงต้องทำการการ ชี้แนะผู้เรียนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา ตลอดเวลา
4. สรุปข้อมูลและหลักฐานที่มี อยู่อย่างสมเหตุสมผล	ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูลและเลือกนำมาใช้แก้ปัญหาที่มีความ สมเหตุสมผลมากขึ้น โดยผู้สอนยังคงต้องทำการการชี้แนะผู้เรียน ถึงความสมเหตุสมผลของข้อมูลที่จะนำมาใช้อย่างสม่ำเสมอ
5. การตัดสินใจทาง คณิตศาสตร์	ผู้เรียนสามารถตัดสินใจเลือกวิธีการและข้อมูลที่ได้ศึกษามาใช้ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องในระยะเวลาที่ เร็วขึ้นและได้คำตอบที่ถูกต้องบางส่วน

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้และ
หลังการจัดการเรียนรู้ ผลที่ได้เป็นดังตารางนี้

ตาราง 38 ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 2 (นำร่อง)

การทดสอบ	N	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$	S	t	df	Sig.
ก่อนเรียน	46	50	22.17	4.87	24.12	45	.000*
หลังเรียน	46		31.59	4.56			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตาราง 38 ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 2 หัวข้อ อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 22.17 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย หลังเรียน 31.59 คะแนน เมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ย ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ระยะที่ 3 หัวข้อ สัดส่วน

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างกระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในระยะที่ 3 หัวข้อ สัดส่วน จำนวน 3 ชั่วโมง ผู้วิจัยสังเกตพบว่าผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ในประเด็น ต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตาราง 39 ผลการสังเกตกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 3 (นำร่อง)

กระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	ผลการสังเกตกระบวนการ
1. การระบุประเด็นปัญหาทาง คณิตศาสตร์	ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้ค้นหาประเด็นปัญหาของโจทย์ ใน การเรียนรู้ครั้งที่สามผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้สามารถระบุ ประเด็นปัญหาในระยะเวลาที่เร็วขึ้นและถูกต้อง ระหว่างผู้เรียน ระบุปัญหานั้นผู้สอนไม่เอ่ยคำพูดที่เป็นการตัดสินผิด-ถูกในทันที แต่จะทวนคำถามให้ผู้เรียนได้พิจารณาวิเคราะห์ความถูกต้อง ของประเด็นปัญหาเอง ทั้งนี้ผู้เรียนส่วนมากมีปฏิสัมพันธ์กับ ผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้นเรียนมากขึ้นจากการเรียนครั้งแรก
2. การประเมินข้อมูลด้านความ ถูกต้องทางคณิตศาสตร์	ผู้เรียนส่วนมากใช้เวลาน้อยลงในการประเมินข้อมูลและ เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ และสามารถประเมินข้อมูล ได้ถูกต้องเป็นส่วนมาก
3. การระบุความสัมพันธ์ของ ข้อมูลกับปัญหา	ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ในการระบุ ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในโจทย์ได้ถูกต้อง มากขึ้นจากการเรียนครั้งก่อน โดยผู้สอนยังคงต้องทำการการ ชี้แนะผู้เรียนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา

ตาราง 39 (ต่อ)

กระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	ผลการสังเกตกระบวนการ
4. สรุปข้อมูลและหลักฐานที่มี อยู่อย่างสมเหตุสมผล	ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูลและเลือกนำมาใช้แก้ปัญหาที่มีความ สมเหตุสมผลมากขึ้น โดยผู้สอนยังคงต้องทำการชี้แนะ ผู้เรียนถึงความสมเหตุสมผลของข้อมูลที่จะนำมาใช้
5. การตัดสินใจทาง คณิตศาสตร์	ผู้เรียนสามารถตัดสินใจเลือกวิธีการและข้อมูลที่ได้ศึกษามาใช้ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องในระยะเวลา ที่เร็วขึ้นและผู้เรียนส่วนใหญ่ได้คำตอบที่ถูกต้อง

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้และ
หลังการจัดการเรียนรู้ ผลที่ได้เป็นดังตารางนี้

ตาราง 40 ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 3 (นำร่อง)

การทดสอบ	N	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$	S	t	df	Sig.
ก่อนเรียน	46	50	27.46	4.66	24.46	45	.000*
หลังเรียน	46		35.74	4.56			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตาราง 40 ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 3 หัวข้อ
สัดส่วน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 27.46 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 35.74 คะแนน
เมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมี
นัยสำคัญที่ระดับ .05

ระยะที่ 4 หัวข้อร้อยละ

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างกระบวนการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในระยะที่ 4 หัวข้อ ร้อยละ จำนวน 5
 ชั่วโมง ผู้วิจัยสังเกตพบว่าผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ในประเด็น
 ต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตาราง 41 ผลการสังเกตกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 4 (นาร่อง)

กระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	ผลการสังเกตกระบวนการ
1. การระบุประเด็นปัญหาทาง คณิตศาสตร์	ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้ค้นหาประเด็นปัญหาของโจทย์ ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้สามารถระบุประเด็นปัญหาใน ระยะเวลาที่เร็วขึ้นและถูกต้อง ระหว่างผู้เรียนระบุปัญหานั้น ผู้สอนจะทวนคำถามให้ผู้เรียนได้พิจารณาวิเคราะห์ความ ถูกต้องของประเด็นปัญหา โดยผู้เรียนส่วนมากมีปฏิสัมพันธ์กับ ผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้นเรียนมากขึ้นจากการเรียนที่ผ่านมา
2. การประเมินข้อมูลด้านความ ถูกต้องทางคณิตศาสตร์	ผู้เรียนส่วนมากใช้เวลาน้อยลงในการประเมินข้อมูลและ เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ และสามารถประเมินข้อมูล ได้ถูกต้องเป็นส่วนมาก
3.การระบุความสัมพันธ์ของ ข้อมูลกับปัญหา	ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ในการระบุ ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในโจทย์ได้ถูกต้อง เป็นส่วนมาก โดยผู้สอนทำการชี้แนะผู้เรียนให้เห็นถึง ความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหาเป็นบางเวลา
4. สรุปข้อมูลและหลักฐานที่มี อยู่อย่างสมเหตุสมผล	ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูลและเลือกนำมาใช้แก้ปัญหาที่มีความ สมเหตุสมผล โดยผู้สอนยังคงต้องทำการชี้แนะผู้เรียนถึง ความสมเหตุสมผลของข้อมูลที่จะนำมาใช้
5. การตัดสินใจทาง คณิตศาสตร์	ผู้เรียนสามารถตัดสินใจเลือกวิธีการและข้อมูลที่ได้ศึกษามาใช้ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องในระยะเวลา ที่เร็วขึ้นและผู้เรียนส่วนใหญ่ได้คำตอบที่ถูกต้อง

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้ ผลที่ได้เป็นดังตารางนี้

ตาราง 42 ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 4 (นำร่อง)

การทดสอบ	N	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$	S	t	df	Sig.
ก่อนเรียน	46	75	37.96	7.81	22.33	45	.000*
หลังเรียน	46		51.11	11.22			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตาราง 42 ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 4 หัวข้อ ร้อยละ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 37.96 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 51.11 คะแนน เมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

- ผลการวัดทางการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์กลุ่มนำร่อง

ผู้วิจัยได้ทำการประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มนำร่อง ผลได้ดังตารางนี้

ตาราง 43 การประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ กลุ่มนำร่อง

การประเมิน	N	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$	S	t	df	Sig.
ก่อนใช้รูปแบบ	46	75	17.76	6.24	60.01	45	.000*
หลังใช้รูปแบบ	46		55.74	10.29			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตาราง 43 ผลการประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ กลุ่มนำร่อง นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนใช้รูปแบบ 17.76 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ยหลังใช้รูปแบบ 55.74 คะแนน เมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังใช้รูปแบบสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนใช้รูปแบบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.1.4 ผลการทดลองใช้รูปแบบกับกลุ่มตัวอย่าง

หลังการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยนำผลการนำร่องที่ได้มาปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้สมบูรณ์ ดังต่อไปนี้

1. ปฏิบัติการเรียนรู้เน้นกิจกรรมกลุ่มเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แสดงความคิดเห็นมากขึ้น
2. ปรับปรุงกิจกรรมให้มีความน่าสนใจ เหมาะสมกับเวลา เพิ่มตัวอย่างที่น่าสนใจประกอบกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น

ภายหลังการปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์แล้ว ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์กับกลุ่มทดลอง ซึ่งได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

- ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

การทดลองใช้ร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนรัตนบุรี อ.รัตนบุรี จ.ปทุมธานี จำนวน 47 คน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยการทดลองแบ่งเป็น 4 ระยะ ตามหัวข้อของเนื้อหาสาระเรื่อง อัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ ซึ่งผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

ระยะที่ 1 หัวข้อ อัตราส่วน

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในระยะที่ 1 หัวข้อ อัตราส่วน จำนวน 4 ชั่วโมง ผู้วิจัยสังเกตพบว่าผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดฯ ในประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตาราง 44 ผลการสังเกตกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 1

กระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	ผลการสังเกตกระบวนการ
1. การระบุประเด็นปัญหาทาง คณิตศาสตร์	ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้ค้นหาประเด็นปัญหาของโจทย์ โดยดำเนินการค้นหาเป็นกลุ่ม ได้รับการกระตุ้นหลายครั้งจึง สามารถระบุประเด็นปัญหาได้ถูกต้อง ซึ่งในระหว่างผู้เรียน ระบุปัญหานั้นผู้สอนไม่เอ่ยคำพูดที่เป็นการตัดสินผิด-ถูกใน ทันที แต่จะทวนคำถามให้ผู้เรียนได้พิจารณาวิเคราะห์ความ ถูกต้องของประเด็นปัญหาเอง ทั้งนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ผู้เรียนกับผู้เรียนยังไม่ชัดเจน และผู้เรียนขาดปฏิสัมพันธ์กับ ผู้สอน
2. การประเมินข้อมูลด้านความ ถูกต้องทางคณิตศาสตร์	ผู้เรียนส่วนมากใช้เวลามากในการประเมินข้อมูลและ เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ แต่ส่วนมากสามารถ ประเมินข้อมูลได้ถูกต้อง
3. การระบุความสัมพันธ์ของข้อมูล กับปัญหา	ผู้เรียนส่วนมากไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ ใหม่ในการระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ในโจทย์ได้ ซึ่งผู้เรียนต้องได้รับการชี้แนะจากผู้สอน ตลอดเวลาให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา
4. สรุปข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่ อย่างสมเหตุสมผล	ผู้เรียนส่วนมากศึกษาค้นคว้าข้อมูลและเลือกนำมาใช้ แก้ปัญหาคาดความสมเหตุสมผล ต้องได้รับการชี้แนะจาก ผู้สอนเป็นระยะ
5. การตัดสินใจทางคณิตศาสตร์	ผู้เรียนสามารถตัดสินใจเลือกวิธีการและข้อมูลที่ได้ศึกษามา ใช้แก้ปัญหาคาดความสมเหตุสมผลเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องได้ บางส่วน

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้และ
หลังการจัดการเรียนรู้ ผลที่ได้เป็นดังตารางนี้

ตาราง 45 ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 1

การทดสอบ	N	คะแนน เต็ม	$\bar{x}$	S	t	df	Sig.
ก่อนเรียน	47	50	23.43	4.68	28.71	46	.000*
หลังเรียน	47		31.55	5.45			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตาราง 45 ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 1 หัวข้อ อัตราส่วน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 23.43 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 31.55 คะแนน เมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ระยะที่ 2 หัวข้อ อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในระยะที่ 2 หัวข้อ อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน จำนวน 3 ชั่วโมง ผู้วิจัยสังเกตพบว่าผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดฯ ในประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตาราง 46 ผลการสังเกตกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 2

กระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	ผลการสังเกตกระบวนการ
1. การระบุประเด็นปัญหาทาง คณิตศาสตร์	ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้ค้นหาประเด็นปัญหาของโจทย์ ในการเรียนรู้หัวข้อที่สองผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้สามารถระบุประเด็นปัญหาในระยะเวลาที่เร็วขึ้นและถูกต้องมากขึ้น ระหว่างผู้เรียนระบุปัญหานั้นผู้สอนไม่เอ่ยคำพูดที่เป็นการตัดสินผิด-ถูกในทันที

ตาราง 46 (ต่อ)

กระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	ผลการสังเกตกระบวนการ
	แต่จะทวนคำถามให้ผู้เรียนได้พิจารณา วิเคราะห์ความถูกต้อง ของประเด็นปัญหาเอง ทั้งนี้ผู้เรียนส่วนมากมีปฏิสัมพันธ์กับ ผู้สอนและเพื่อนร่วมกลุ่มมากขึ้นจากการเรียนครั้งแรก
2. การประเมินข้อมูลด้าน ความถูกต้องทางคณิตศาสตร์	ผู้เรียนส่วนมากใช้เวลาอันน้อยลงในการประเมินข้อมูลและเชื่อมโยง ความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ และสามารถประเมินข้อมูลได้ถูกต้อง เป็นจำนวนมาก
3. การระบุความสัมพันธ์ของ ข้อมูลกับปัญหา	ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ในการระบุ ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในโจทย์ได้ถูกต้อง มากขึ้นจากการเรียนครั้งแรก ซึ่งผู้เรียนต้องได้รับการชี้แนะจาก ผู้สอนเป็นระยะ
4. สรุปข้อมูลและหลักฐานที่มี อยู่อย่างสมเหตุสมผล	ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูลและเลือกนำมาใช้แก้ปัญหาที่มีความ สมเหตุสมผลมากขึ้น ซึ่งผู้เรียนต้องได้รับการชี้แนะจากผู้สอนเป็น ระยะถึงความสมเหตุสมผลของข้อมูลที่น่ามาใช้
5. การตัดสินใจทาง คณิตศาสตร์	ผู้เรียนสามารถตัดสินใจเลือกวิธีการและข้อมูลที่ได้ศึกษามาใช้ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องในระยะเวลาที่ เร็วขึ้น

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้และ
หลังการจัดการเรียนรู้ ผลที่ได้เป็นดังตารางนี้

ตาราง 47 ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 2

การทดสอบ	N	คะแนน เต็ม	$\bar{x}$	S	t	df	Sig.
ก่อนเรียน	47	50	31.13	31.13	28.51	46	.000*
หลังเรียน	47		37.45	37.45			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตาราง 47 ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 2 หัวข้อ อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 31.13 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ย หลังเรียน 37.45 คะแนน เมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ย ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ระยะที่ 3 หัวข้อ สัดส่วน

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในระยะที่ 3 หัวข้อ สัดส่วน จำนวน 3 ชั่วโมง ผู้วิจัย สังเกตพบว่าผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดฯ ในประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตาราง 48 ผลการสังเกตกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 3

กระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	ผลการสังเกตกระบวนการ
1. การระบุประเด็นปัญหาทาง คณิตศาสตร์	ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้ค้นหาประเด็นปัญหาของโจทย์ใน การเรียนรู้ระยะที่สามผู้เรียนได้รับการกระตุ้นจนสามารถ ระบุประเด็นปัญหาในระยะเวลาที่เร็วขึ้นและถูกต้อง ระหว่างผู้เรียนระบุปัญหานั้นผู้สอนไม่เอ่ยคำพูดที่เป็นการ ตัดสินผิด-ถูกในทันที แต่จะทวนคำถามให้ผู้เรียนได้พิจารณา วิเคราะห์ความถูกต้องของประเด็นปัญหาเอง ทั้งนี้ผู้เรียน ส่วนมากมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอน เพื่อร่วมกลุ่มและเพื่อน ต่างกลุ่มมากขึ้น

ตาราง 48 (ต่อ)

กระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	ผลการสังเกตกระบวนการ
2. การประเมินข้อมูลด้านความ ถูกต้องทางคณิตศาสตร์	ผู้เรียนส่วนมากใช้เวลาน้อยลงในการประเมินข้อมูลและ เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ และสามารถประเมิน ข้อมูลได้ถูกต้องเป็นส่วนมาก
3. การระบุความสัมพันธ์ของข้อมูล กับปัญหา	ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ในการระบุ ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในโจทย์ได้ ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งผู้เรียนต้องได้รับการชี้แนะจากผู้สอนให้ เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหาเป็นระยะ
4. สรุปข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่ อย่างสมเหตุสมผล	ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูลและเลือกนำมาใช้แก้ปัญหามี ความสมเหตุสมผลมากขึ้น โดยผู้สอนยังคงต้องทำการการ ชี้แนะผู้เรียนถึงความสมเหตุสมผลของข้อมูลที่น่ามาใช้

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้และ
หลังการจัดการเรียนรู้ ผลที่ได้เป็นดังตารางนี้

ตาราง 49 ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 3

การทดสอบ	N	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$	S	t	df	Sig.
ก่อนเรียน	47	50	34.89	3.98	72.63	46	.000*
หลังเรียน	47		42.19	4.26			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตาราง 49 ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 3 หัวข้อ สัดส่วน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 34.89 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 42.19 คะแนน เมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ระยะที่ 4 หัวข้อ ร้อยละ

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในระยะที่ 4 หัวข้อ ร้อยละ จำนวน 5 ชั่วโมง ผู้วิจัยสังเกตพบว่าผู้เรียนได้ใช้กระบวนการคิดฯ ในประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตาราง 50 ผลการสังเกตกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 4

กระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	ผลการสังเกตกระบวนการ
1. การระบุประเด็นปัญหาทาง คณิตศาสตร์	ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้ค้นหาประเด็นปัญหาของโจทย์ ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้สามารถระบุประเด็นปัญหาใน ระยะเวลาที่เร็วขึ้นและถูกต้อง ระหว่างผู้เรียนระบุปัญหานั้น ผู้สอนจะทวนคำถามให้ผู้เรียนได้พิจารณาวิเคราะห์ความ ถูกต้องของประเด็นปัญหา โดยผู้เรียนส่วนมากมีปฏิสัมพันธ์ กับผู้สอน เพื่อร่วมกลุ่มและต่างกลุ่มมากขึ้น
2. การประเมินข้อมูลด้านความ ถูกต้องทางคณิตศาสตร์	ผู้เรียนส่วนมากใช้เวลาน้อยลงในการประเมินข้อมูลและ เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ และสามารถประเมิน ข้อมูลได้ถูกต้องเป็นส่วนมาก
3.การระบุความสัมพันธ์ของ ข้อมูลกับปัญหา	ผู้เรียนส่วนมากสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ใน การระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในโจทย์ ได้ถูกต้อง โดยผู้สอนทำการชี้แนะผู้เรียนให้เห็นถึง ความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหาเป็นระยะ
4. สรุปข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่ อย่างสมเหตุสมผล	ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูลและเลือกนำมาใช้แก้ปัญหาที่มีความ สมเหตุสมผล โดยผู้สอนยังคงต้องทำการชี้แนะผู้เรียนถึง ความสมเหตุสมผลของข้อมูลที่จะนำมาใช้เป็นระยะ

ตาราง 50 (ต่อ)

กระบวนการคิดอย่างมี วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์	ผลการสังเกตกระบวนการ
5. การตัดสินใจทางคณิตศาสตร์	ผู้เรียนสามารถตัดสินใจเลือกวิธีการและข้อมูลที่ได้ศึกษามา ใช้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องใน ระยะเวลาที่เร็วขึ้น

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้และ
หลังการจัดการเรียนรู้ ผลที่ได้เป็นดังตารางนี้

ตาราง 51 ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 4

การทดสอบ	N	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$	S	t	df	Sig.
ก่อนเรียน	47	75	41.38	5.51	22.70	46	.000*
หลังเรียน	47		58.10	7.00			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตาราง 51 ผลการทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ระยะที่ 4 หักข้อ
ร้อยละ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 41.38 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน 58.10 คะแนน
เมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมี
นัยสำคัญที่ระดับ .05

- ผลการวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังการใช้
รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลอง
ผลได้ดังตารางนี้

ตาราง 52 ผลการประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังการใช้รูปแบบ

การประเมิน	N	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$	S	t	df	Sig.
ก่อนใช้รูปแบบ	47	75	22.85	4.58	92.40	46	.000*
หลังใช้รูปแบบ	47		62.66	6.60			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตาราง 52 ผลการประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนใช้รูปแบบ 22.85 คะแนน และมีคะแนนเฉลี่ยหลังใช้รูปแบบ 62.66 คะแนน เมื่อทำการทดสอบทางสถิติพบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังใช้รูปแบบสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนใช้รูปแบบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

4.2 ผลการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบ

หลังผู้วิจัยทำการทดลองการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิเคราะห์ประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามเกณฑ์ที่วางไว้เป็นดังนี้

ตาราง 53 วิเคราะห์ประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

เกณฑ์ประสิทธิผลของรูปแบบ	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
	เป็นไปตาม เกณฑ์	ไม่เป็นไปตาม เกณฑ์
1. ผู้เรียนมีพัฒนาการการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น	✓	
2. ผู้เรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ใน ระยะที่ 1, 2, 3 และ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน	✓	
3. ผู้เรียนมีผลการประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทาง คณิตศาสตร์ หลังการใช้รูปแบบสูงกว่าก่อนการใช้รูปแบบ	✓	

จากตาราง 53 สามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นไปตามเกณฑ์การประเมินที่ตั้งไว้ทุกประเด็น

4.3 ผลการปรับปรุงแก้ไขรูปแบบฉบับสมบูรณ์

จากการทดลองรูปแบบ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงรูปแบบ ดังนี้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

หลักการ

1. เป็นการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำปัญหา บริบททางสังคมวัฒนธรรมตามสภาพจริง และความสนใจของผู้เรียนมาออกแบบกิจกรรมให้มีความสอดคล้องเชื่อมโยงกับความรู้เดิมโดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
2. สร้างบรรยากาศในการเรียนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง
3. พัฒนากลยุทธ์ผู้เรียนที่ใช้ในการรับและดำเนินการกับข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล พัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนตามลำดับขั้นตอน เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการร่วมกันแก้ปัญหา
4. สร้างความท้าทาย กระตุ้นผู้เรียนให้คิดให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้กำลังใจ ใช้เหตุผลและใจที่เป็นกลางแนะแนวทางการแก้ปัญหา
5. สนับสนุนการนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ปรับปรุงข้อผิดพลาดให้ผู้เรียน นำผลการประเมินตามสภาพจริงมาพัฒนาผู้เรียน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามบริบทสภาพจริง เชื่อมโยงปัญหากับความรู้เดิม เน้นทักษะและการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ มีการสื่อสารแสดงออกถึงความคิดเห็นและรับฟังผู้อื่นให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกัน
2. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์มีความเชื่อมั่นในตนเอง สามารถนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม

ขั้นตอน

1. ขั้นกระตุ้นการคิด กระตุ้นให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมที่จำเป็น เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการร่วมกันแก้ปัญหา เชื่อมโยงเนื้อหาสาระ ความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้เรียนกับบริบททางสังคม สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน หรือตามสภาพปัญหาจริง

2. ขั้นปฏิบัติการเรียนรู้ซึ่งมีกระบวนการดังนี้ 1) ผู้เรียนระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) ผู้เรียนประเมินข้อมูลด้านความถูกต้องทางคณิตศาสตร์ 3) ผู้เรียนระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา 4) ผู้เรียนการตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล 5) ผู้เรียนสื่อสาร อภิปรายร่วมกับผู้อื่น

3. ขั้นนำเสนอหลังจากผู้เรียนแก้ปัญหาเสร็จแล้วให้ผู้เรียนนำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาของตนเองหรือกลุ่มตนเองโดยให้ผู้เรียนใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ในการเลือกรูปแบบนำเสนอที่เหมาะสม เพื่อแสดงความเห็นในการสรุปข้อมูลที่นำมาแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล

4. ขั้นสะท้อนหลังจากผู้เรียนได้นำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้สอนจะให้ข้อมูลป้อนกลับไปยังผู้เรียน เน้นแนวทางแก้ไข ปรับปรุงข้อผิดพลาด พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยผู้สอนใช้วิธีที่หลากหลายในการประเมินและประเมินตามสภาพจริงเป็นระยะๆ ตั้งแต่การระบุประเด็นปัญหา การพิจารณาข้อมูล การตัดสินใจแก้ปัญหา และการนำเสนอ

การประเมินผล

1. ประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ตามสภาพจริงด้วยวิธีที่หลากหลาย ประเมินอย่างสม่ำเสมอเป็นระยะๆ ตั้งแต่การระบุประเด็นปัญหา การพิจารณาข้อมูล การตัดสินใจแก้ปัญหา และการนำเสนอการแก้ปัญหา

2. ประเมินพัฒนาการการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน พฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์โดยคำนึงถึงความแตกต่างแต่ละบุคคล

3. ประเมินความรู้และการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ หลังการเรียนรู้สังเคราะห์ความรู้จากการปฏิบัติจริง และให้ข้อมูลป้อนกลับนำผลไปใช้พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อเสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยมีความมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ 2) ศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research And Development) ประกอบด้วยการดำเนินการ 8 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การศึกษาแนวทางการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 2) การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่าง 3) การตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4) การปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 5) การทดลองใช้นำร่องรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับร่าง 6) ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 7) การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มเป้าหมายและการประเมินประสิทธิผล และ 8) การปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ และจัดทำคู่มือ

สรุปผลการวิจัย

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมี 4 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) ขั้นตอน และ 4) การประเมิน โดยในขั้นตอนของรูปแบบมีกระบวนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นกระตุ้นการคิด 2) ขั้นปฏิบัติการเรียนรู้ 3) ขั้นนำเสนอ และ 4) ขั้นสะท้อน
2. ระหว่างการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ในระยะที่ 1 ถึง 4 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยการประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5
3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5

อภิปรายผลการวิจัย

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้เป็นแนวทางหนึ่งในการเสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นกระตุ้นการคิด 2) ขั้นปฏิบัติการเรียนรู้ 3) ขั้นนำเสนอ และ 4) ขั้นสะท้อน เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ธรรมชาติของคณิตศาสตร์แนวคิด ทฤษฎีและหลักการจัดการเรียนรู้ รวม 9 แนวคิด ได้แก่ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget, J. 1972) และบรูเนอร์ (Bruner. 1963) ทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่ (Gagne; & Briggs. 1974) การจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (ทิสนา แคมมณี. 2555, วิชัย วงษ์ใหญ่. 2543) การจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิด (Carpenter et al. 1999) วิธีการสอนแบบSSCS (Pizzini; Shepardson; & Abell, 1989) การโค้ชเพื่อการรู้คิด (วิชัย วงษ์ใหญ่และมารุต พัฒนา. 2557, Costa; & Garmston. 2002) และการประเมินตามสภาพจริง (ส. วาสนา ประวาลพฤษ. 2544, พัชรีย์ ปิยภักดิ์. 2555) แล้วนำจุดเด่นของแต่ละแนวคิดมาผสมผสานเพื่อให้ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์และบรูเนอร์นั้นผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 และนำมาใช้ในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอน สร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาสาระใหม่กับความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่ เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง สนับสนุนให้ผู้เรียนคิดหาเหตุผลอย่างมีอิสระ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง ในส่วนของทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการจัดสภาพการเรียนรู้ สร้างความสนใจในการแก้ปัญหา กระตุ้นให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมที่จำเป็น ให้แนวทางการเรียนรู้ ลงมือปฏิบัติ ให้ข้อมูลป้อนกลับ ประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ และส่งเสริมการถ่ายโอนการเรียนรู้ ในส่วนของแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญนั้นผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการ ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามสภาพปัญหาและบริบททางสังคม มีสอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน ผู้เรียนมีการร่วมลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ ได้คิดแก้ปัญหาด้วยตนเองและมีการประเมินตามสภาพจริง ในส่วนของการจัดการเรียนรู้แบบแนะให้รู้คิดผู้วิจัยนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นศูนย์กลาง เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการแก้ปัญหา เชื่อมโยงปัญหากับความรู้เดิมใช้คำถามกระตุ้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ และการแก้ปัญหา สร้างบรรยากาศในการเรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน มีการประเมินการเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ ทั้งวิธีการที่ใช้แก้ปัญหาและความสำเร็จในการแก้ปัญหา ในส่วนของวิธีการสอนแบบSSCS ผู้วิจัยนำมาใช้ในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรมและมีเทคนิคในการตั้งคำถาม กระตุ้นให้ผู้เรียนค้นหาและแก้ปัญหา สรรวจ

วิธีการแก้ปัญหา มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง สนับสนุนให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มความสามารถช่วยเหลือผู้เรียนในการพัฒนากลยุทธ์ที่ใช้ในการรับและดำเนินการกับข้อมูล ในส่วนของการโค้ชเพื่อกระตุ้นให้ผู้วิจัยนำมาใช้ในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ สนับสนุนสร้างความท้าทาย ใช้คำถามที่หลากหลาย และกระตุ้นการคิดเชื่อมโยงเนื้อหาสาระกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน บทบาทผู้สอนสื่อสารกับผู้เรียนโดยใช้เหตุผลและใจที่เป็นกลาง แนะนำแนวทางแก้ไข ปรับปรุงข้อผิดพลาดให้ผู้เรียน นอกจากนี้การประเมินตามสภาพจริงผู้วิจัยนำมาใช้ในการประเมินความคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยประเมินการแก้ปัญหาด้วยวิธีที่หลากหลาย ประเมินอย่างต่อเนื่อง นำผลของการประเมินมาแก้ไขปรับปรุงพัฒนาผู้เรียนให้ดีขึ้น ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้ของ ทิศนา ขัมมณี (2551) ที่สรุปว่า การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ต้องผ่านการจัดองค์ประกอบต่างๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้เป็นระบบ คำนึงถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง จัดองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้มีความสัมพันธ์กัน เพื่อนำผู้เรียนสู่เป้าหมายที่ต้องการ และยังสอดคล้องกับจอยซ์และเวลล์ (Joyce & Weil: 1996) ซึ่งกล่าวว่า ผู้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ไม่ควรยึดมั่นกับทฤษฎีหรือหลักการใดเพียงอย่างเดียว ในกระบวนการดำเนินงานพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ มีผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์มีส่วนร่วมในการกำหนดแนวทางการจัดการเรียนรู้และสะท้อนความคิดเห็นจากการปฏิบัติทุกขั้นตอน โดยผู้วิจัยปรับปรุงตามข้อเสนอแนะก่อนนำไปดำเนินการในแต่ละขั้นตอน ทำให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ ซึ่งแนวทางดังกล่าวนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ จอยซ์ และเวลล์ (Joyce & Weil. 2004) ที่กล่าวไว้ว่า ก่อนนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาแล้วไปใช้อย่างแพร่หลาย ต้องมีการวิจัยเพื่อทดสอบทฤษฎีและตรวจสอบคุณภาพในสถานการณ์จริง แล้วนำข้อค้นพบมาปรับปรุงแก้ไข ดังนั้นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้จึงสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้อย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ได้

2. ผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ พบว่าหลังการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แล้วผู้เรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนใช้รูปแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 แสดงว่าเมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นแล้วนักเรียนมีพัฒนาการของการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น

เนื่องจากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบที่สร้างขึ้นจากการศึกษาแนวคิดการคิดอย่างมี
 วิจารณ์ญาณ ธรรมชาติของคณิตศาสตร์ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget, J.
 1972) และบรูเนอร์ (Bruner. 1963) ทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่ (Gagne; & Briggs. 1974) การจัดการ
 เรียนรู้โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (ทศนา แหมมณี. 2555, วิชัย วงษ์ใหญ่. 2543) การจัดการเรียนรู้แบบ
 เน้นให้รู้คิด (Carpenter et al. 1999) วิธีการสอนแบบSSCS (Pizzini; Shepardson; & Abell, 1989)
 การโค้ชเพื่อการรู้คิด (วิชัย วงษ์ใหญ่และมารุต พัฒผล. 2557, Costaand Garmston. 2002) และการ
 ประเมินตามสภาพจริง (ส. วาสนา ประवालพุกษ์. 2544, พัชรีย์ ปิยะภักดิ์. 2555) ซึ่งผลการศึกษาค้างนี้
 สอดคล้องกับผลการวิจัยหลายเรื่องที่ผ่านมาที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการจัดการ
 เรียนรู้ และการศึกษาการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ มาเรีย ซิเมนา โรฮาสเอ็ม.เอ
 (Maria Ximena Rojas M.A. 2011) ได้ทำการศึกษาถึงการกระตุ้นให้เกิดการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณใน
 การแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 2 โดยศึกษากับกลุ่มตัวอย่างใน
 โรงเรียนสองภาษา เมืองโบโกตา ประเทศสเปน เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่มีความคิดอย่างมี
 วิจารณ์ญาณในการเข้าใจโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้กลยุทธ์การระบุปัญหาและหาข้อมูลที่มี
 ความหมาย เน้นคำสำคัญ การมองภาพปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้เรียนกระตุ้นการเรียนรู้ของพวกเขา ผลการ
 นำกลยุทธ์เหล่านี้ไปใช้ทำให้ผู้เรียนมีแนวโน้มของความมั่นใจในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นและกลายเป็นนัก
 คณิตศาสตร์ที่มีความสามารถมากขึ้นด้วย และไอนาฟ (Aizikovitsh-Udi. 2012) ได้ทำการศึกษาการ
 พัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณในการศึกษาคณิตศาสตร์ ในหัวข้อความน่าจะเป็นใน
 ชีวิตประจำวันของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อายุระหว่าง 15 – 16 ปี จำนวน 55 คน ซึ่งมี
 วัฒนธรรมและระดับเศรษฐกิจสังคมที่แตกต่างกัน มีการเก็บข้อมูลแบบสามเ้า ได้แก่ การสัมภาษณ์
 ผลงานนักเรียน และเอกสารที่ทำการบันทึกและวิเคราะห์แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดลอง โดยใช้การสอนที่
 เชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน จากข่าวหนังสือพิมพ์ และการสำรวจ ร่วมกับทักษะการคิด
 อย่างมีวิจารณ์ญาณ ให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ค้นคว้าหาข้อมูลในการอ้างอิง ซึ่งผลจากวิธีการ
 สอนนี้ทำให้นักเรียนมีทักษะทางปัญญา การคิดความคิดรวบยอด ความมั่นคงขององค์ความรู้ และม
 ความเชื่อมั่นในตนเอง นิตยา จิมวงศ์ (2549) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการคิด
 อย่างมีวิจารณ์ญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่องความน่า
 เป็น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัค
 ติวิสต์และการสอนตามปกติ ซึ่งผลการศึกษาพบว่าผู้เรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตาม
 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง
 ความน่าจะเป็น หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติ

ข้อเสนอแนะ

จากการสรุปผล อภิปรายผลการวิจัยดังกล่าวมาข้างต้น สามารถให้ข้อเสนอแนะในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้

1.1 ก่อนนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในระดับชั้นอื่นควรศึกษาเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ว่ามีความสอดคล้องกับการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์หรือไม่ ซึ่งควรปรับใช้ให้เหมาะสม

1.2 ระหว่างการจัดการเรียนรู้ขั้นตอนการกระตุ้นการคิด ผู้สอนควรสังเกตนักเรียนว่ามีความสนใจในการคิดหรือไม่ หากไม่สนใจผู้สอนต้องเพิ่มวิธีการกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนเกิดการคิดมากขึ้น

1.3 ระหว่างการจัดการเรียนรู้ขั้นปฏิบัติการเรียนรู้ ผู้สอนควรให้คำแนะนำ ชี้แนะ และยกตัวอย่างให้เห็นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์หลายๆ ตัวอย่าง เพื่อให้นักเรียนใช้การคิดได้อย่างหลากหลายและมีประสิทธิภาพ

1.4 ขั้นนำเสนอ ผู้สอนควรสนับสนุนนักเรียนในการใช้เทคโนโลยีช่วยในการนำเสนอขั้นตอนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มหรือของนักเรียนเอง

1.5 ขั้นสะท้อน ผู้สอนควรสะท้อนผลของการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอย่างทันที (Immediate Feedback) เพื่อเป็นการสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนมุ่งมั่นในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ต่อไป

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์กับเนื้อหาสาระอื่นๆ ที่มีปรากฏอยู่ในมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เช่น ระบบสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว อสมการ ทฤษฎีพีทาโกรัส เป็นต้น

2.2 ควรศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์โดยใช้แนวคิดทฤษฎีอื่นๆ มาบูรณาการให้สอดคล้องสภาพบริบททางด้านผู้เรียน



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. 2552. **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.**

กรุงเทพฯ: ครูสภาลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ, สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ. (2542). **โครงการอบรม**

ครูผู้สอนกลุ่มคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (วิทยาศาสตร์)และครูประจำ

ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์การศาสนา.

สมันท์ ธาตุทอง. 2554. **สอนคิด: การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิด.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ:

เพชรเกษมการพิมพ์

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. 2555. **80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ.** พิมพ์ครั้งที่ 5.

กรุงเทพฯ: แดเน็กซ์อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น

ชวลิต ชูกำแหง. 2550. **การประเมินการเรียนรู้.** พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ทศนา แหมมณี และคณะ. 2544. **วิทยาการด้านการคิด.** กรุงเทพฯ: เดอะ มาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจ

मेंท์

ทศนา แหมมณี. 2555. **ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี**

ประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 16. กรุงเทพฯ: ด่านสุทธากการพิมพ์

นิตยา ฉิมวงศ์. 2549. **การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์**

ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องความน่าจะเป็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์และการสอน

ตามปกติ. วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผ่องลักษณ์ จิตต์การุณ. 2547. **การสืบสอบลักษณะการคิดวิจารณ์ตามหลักโยนิโสมนสิการ**

ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏ. วิทยานิพนธ์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร

พรชูลี อาชวอำรุง. 2542. **การคิดวิจารณ์ญาณทางการอุดมศึกษา.** เอกสารประกอบการประชุม

วิชาการ 20-21 ม.ค.

พัชรีย์ ปิยะภักดิ์. 2555. **การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการ**

แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ด.

กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ่ายเอกสาร.

พิศมัย ศรีอำไพ. 2533. **คณิตศาสตร์สำหรับครูประถม.** มหาสารคาม : ภาควิชาหลักสูตรและ

การสอน. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.

เพ็ญพิศุทธิ์ เนคมานุรักษ์. 2536. **การพัฒนารูปแบบการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับ**

นักศึกษาครู. วิทยานิพนธ์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ยุพิน พิพิธกุล. 2539. **การเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์**. กรุงเทพฯ : บริษัทการพิมพ์.

ยูเนสโก. (2539). **การเรียนรู้: ชุมทรัพย์ในตน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. แปลโดย สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา

ราชบัณฑิตยสถาน. 2555. **พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน

วิชัย วงษ์ใหญ่. (2542). **พลังการเรียนรู้ในกระบวนการทัศน์ใหม่**. พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี: เอสอาร์พรินติ้ง

_____. (2543). **วิสัยทัศน์การศึกษา**. นนทบุรี: เอสอาร์พรินติ้ง

วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒนาผล. 2557. **การโค้ชเพื่อการเรียนรู้ (Cognitive Coaching)**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จรัสสินทวงศ์การพิมพ์.

_____. (2558). **กระบวนการโค้ชเพื่อเสริมสร้างทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม**. กรุงเทพฯ: จรัสสินทวงศ์การพิมพ์.

_____. (2558). **กระบวนการโค้ชเพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้แบบ Hands-On และ Minds-On**. กรุงเทพฯ: จรัสสินทวงศ์การพิมพ์.

เวชฤทธิ์ อังกะนันทพรจ. 2551. **การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ที่ใช้ทักษะการให้เหตุผลและการเชื่อมโยงโดยบูรณาการสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลกับสิ่งแวดล้อมศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6**. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถ่ายเอกสาร.

คันสนีย์ ชัตรคุปต์และอุษา ชูชาติ. 2545. **รายงานเรื่องฝึกสมองให้คิดอย่างมีวิจารณญาณ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2546). **“นโยบายการประเมินผลการเรียนรู้ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ.” ในการประเมินผลการเรียนรู้แนวใหม่**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2554). **ทฤษฎีการประเมิน**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2547). **การให้เหตุผลในวิชาคณิตศาสตร์**. กรุงเทพฯ: เอสพี เอน การพิมพ์ จำกัด

_____. (2551). **ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์**. กรุงเทพฯ: ส.เจริญการพิมพ์.

_____. (2555). **การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2540). **โครงการพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอน:**

ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อพัฒนาระบบการคิดค้นแบบการเรียนรู้ทางด้านหลักทฤษฎีและแนวปฏิบัติ.

ส. วาสนา ประมวลพฤกษ์.(2544). **หลักการและเทคนิคการประเมินทางการศึกษา : คู่มือการอบรม**

เชิงปฏิบัติการ เพื่อพัฒนาบุคลากรทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

สมทรง สุวานิช. 2541. **การศึกษาระดับพัฒนาการแก้ไขภัยปัญหาคณิตศาสตร์หนึ่งขั้นตอนของ**

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2, 3 และ 4. วิทยานิพนธ์ คม. สถาบันราชภัฏมหาสารคาม.

สมศักดิ์ ภูวิภาดารวรรณ. (2553). **หลักการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนและการประเมินตามสภาพจริง.**

พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ดวงกลมพับลิชชิง.

สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์. (2553). **หลักการวัดและการประเมิน.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์

มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สันนิสา สมั่นอยู่. 2554. **ผลการจัดการเรียนรู้แบบ sscls ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและ**

การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การประยุกต์ของสมการ

เชิงเส้นตัวแปรเดียว. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย

ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

Brookfield, Stephen D.. 1987. **Developing Critical thinkers.** California: Jossey Bass Publishers.

Burke, K., R. Fogarty, and S. Belgrad.(1994). **The Mindful School: The Portfolio Connection.** Illinois: IRI/Skylight Publishing.

Carpenter, T.P.; et al. (1989). **Using Knowledge of Children's Mathematics Thinking in Classroom Teaching: An Experimental Study.** American Educational Research Journal. 26(4): 499-531.

_____. (2000). **Cognitively Guided Instruction: A Research-Based Teacher Professional Development Program for Elementary School Mathematics: Research Report.** National Center for Improving Student Learning and Achievement in Mathematics and Science.

Chin, Christine. (1997, October). **Promoting Higher Cognitive Learning in Science Though a Problem-Solving Approach.** National Institute of Education (Singapore).1(5): 9-10

- Costa, A. L., & Garmston, R. J. (2002). **Cognitive coaching: A foundation for renaissance schools** (2nd ed.). Norwood, MA: Christopher-Gordon.
- Costa, A. L., & Garmston, R. J. (2006). **Cognitive coaching foundation seminar: Learning guide**. Norwood, MA: Christopher-Gordon.
- Custer, R.L. 1994. **Performance-Based Education Implementation Handbook**. Columbia: Instructional Materials Lab, University of Missouri.
- Ebiendele Ebosele Peter. (2012). **Critical Thinking: Essence for teaching mathematics and mathematics problem solving skills**. African Journal of Mathematics and Computer Science Research Vol.5(3). 9 February. Online. สืบค้นเมื่อ 19 พ.ย. 57
- Einav, Aizikovitsh-Udi. (2014). **Developing Critical thinking Skill in Mathematics Education**. Online. สืบค้นเมื่อ 19 พ.ย. 57
- Emily, R. Lai. (2011). **Critical thinking: A Literature Review**. Research Report. Online. สืบค้นเมื่อ 19 พ.ย. 57
- Ennis, R.H..(1985). **A logical basis for measuring critical thinking skill**. Educational Leadership.
- Fennema, E.; et al. (1993). **Using Children's Mathematical Knowledge in Instruction**. American Educational Research Journal. 30 (3): 555-583
- Hanan Innabi. (2003). **Aspects of Critical thinking in Classroom Instruction of Secondary School Mathematics Teachers in Jordan**. Proceeding of the International Conference. Online. สืบค้นเมื่อ 19 พ.ย. 57
- Hank, J. E. (1998). **Native American Pedagogy and Cognitive Based Mathematics Instruction**. NY: Garland Press.
- Hewman, J.L., et al. (1993). **Assessment Writing Portfolios: Issues in the Validity and Meaning of Scores**. Educational Assessment 1, 3: 201-224
- John, P.C. (2014). **MATH1473: Mathematics for Critical Thinking**. Study guide and notes for chapter 1. University of Oklahoma. Online. สืบค้นเมื่อ 19 พ.ย. 57
- Knight, Jim. (2014). **Coaching Approaches and Perspectives**. California: Crowin Press.
- Lim, H. C. and Pang, P. Y. H. (2557). **Critical thinking in Elementary Mathematics: A Historical Approach**. Department of Mathematics. National University of Singapore. Online. สืบค้นเมื่อ 19 พ.ย. 57

Pizzini, Edward L.; &shepardson; & Abell, Sandra K. (1989, September). **A Rationale for and the Development of a Problem Solving Model of Instruction in Science Education.** Science Education. 73(5): 523-534

Rudner, L.M., and C. Boston. (1994). "Performance Assessment." **ERIC Review** 3. No.1 (Winter): 2-12

Sobel, Andrew and Panas, Jerrold.(2012). **Power question: build relationships, win new business, and influence others.** New York: John Wiley & Sons, Incorporated.

Wiggins, G (1989). **Teaching to the (authentic) Test.** Educational Leadership.

สืบค้นเมื่อ 19 พ.ย. 57 from <http://pisathailand.ipst.ac.th/reports/pisa-2012/>.





ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินรูปแบบและแผนการจัดการเรียนรู้

1. อาจารย์ ดร.คงรัฐ นวลแบ่ง
อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ผศ.ดร.ฐิติรัตน์ แสงเลิศอุทัย
อาจารย์คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
3. ผศ.ดร.อาฟีฟ ลาเต๊ะ
อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
4. ดร.ไอลดา คล้ายสำริด
ศึกษานิเทศก์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาปทุมธานี เขต 2
5. อาจารย์วัชรศักดิ์ จิตรแน่น
ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนธัญรัตน์

ผู้เชี่ยวชาญในการประเมินแบบประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

1. อาจารย์ ดร.ขวัญ เพี้ยซ้าย
อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. อาจารย์ ดร.คงรัฐ นวลแบ่ง
อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. ผศ.ดร.ฐิติรัตน์ แสงเลิศอุทัย
อาจารย์คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
4. ดร.ไอลดา คล้ายสำริด
ศึกษานิเทศก์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาปทุมธานี เขต 2
5. อาจารย์วัชรศักดิ์ จิตรแน่น
ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนธัญรัตน์



ภาคผนวก ข
เครื่องมือสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้าง
การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำชี้แจง แบบประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 นี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินความเหมาะสมระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

รายการ	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	
หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้						
1. ทฤษฎี แนวคิดและหลักการที่นำมาใช้เหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์						
2. หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความชัดเจนสามารถนำไปใช้ได้จริง						
วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้						
3. วัตถุประสงค์เหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์						
4. วัตถุประสงค์มีความชัดเจน						
5. วัตถุประสงค์สามารถวัดประเมินผลได้						
6. วัตถุประสงค์มีประโยชน์ต่อการพัฒนาผู้เรียน						
กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้						
7. กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบแสดงถึงการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์						

รายการ	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ มาก
	มากที่สุด	มาก	มากที่สุด	มาก	มากที่สุด	
8. กระบวนการเรียนการสอนมีความชัดเจนสามารถปฏิบัติได้จริง						
9. กระบวนการเรียนการสอนมีกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียน						
10. กระบวนการเรียนการสอนมีกิจกรรมการเรียนรู้ที่น่าสนใจ						
11. การเรียงลำดับกระบวนการเรียนการสอนมีความเหมาะสม						
การวัดประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้						
12. การวัดประเมินผลมีความชัดเจน						
13. การวัดประเมินผลสามารถปฏิบัติได้จริง						
14. การวัดประเมินผลใช้วิธีการที่หลากหลาย						

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)

แบบประเมินความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้าง
การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำชี้แจง แบบประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 นี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

รายการ	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	
1. ทฤษฎี แนวคิดและหลักการที่นำมาใช้กับสภาพปัญหา						
2. ทฤษฎี แนวคิดและหลักการที่นำมาใช้กับหลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้						
3. ทฤษฎี แนวคิดและหลักการที่นำมาใช้กับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์						
4. สภาพปัญหากับหลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้						
5. หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับวัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้						
6. วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้อีกกับกระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้						

รายการ	ระดับความเหมาะสม					ข้อเสนอแนะ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	
7. ความสอดคล้องของกระบวนการการเรียนการสอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้						
8. วัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ กับการวัดประเมินผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้						

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)

แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

คำชี้แจง โปรดพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณา ปรับปรุงต่อไป

รายการ	ความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้มีความเป็นระบบ						
2. การระบุสาระสำคัญมีความถูกต้องและชัดเจน						
3. การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้มีความครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะ						
4. กิจกรรมการเรียนรู้มีความเป็นระบบและส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์						
5. กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้						
6. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง						
7. สื่อการเรียนรู้มีความน่าสนใจและสามารถกระตุ้นการเรียนรู้						
8. การประเมินผลมีประสิทธิภาพตามจุดประสงค์การเรียนรู้						
9. การประเมินผลมุ่งเน้นการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้						
10. การประเมินผลมีสารสนเทศมาพัฒนาผู้เรียนได้						

ข้อเสนอนี้

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
 (.....)



แบบประเมินคุณภาพของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

เรื่อง อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน

คำชี้แจง ขอให้ท่านได้กรุณาแสดงความคิดเห็นต่อแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
ร้านอาหารแห่งหนึ่งมีเมนูไข่เจียวหมูสับ โดย 1 จาน ใช้ไข่ 3 ฟองและหมูสับ 2 กรัม ถ้าในหนึ่งวันมีคนสั่งไข่เจียวหมูสับ 12 จาน ร้านอาหารนี้ต้องใช้ไข่กี่ฟองและหมูสับกี่กรัม				
ตอนที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา				
1. ขายไข่เจียวหมูสับได้กำไรจานละกี่บาท				
2. ไข่เจียวหมูสับ 1 จานใช้ไข่ไก่จำนวนเท่าไร				
3. ไข่เจียวหมูสับ 50 จาน ใช้หมูสับจำนวนเท่าไร				
4. ไข่เจียวหมูสับ 50 จาน ต้องจ่ายค่าไข่ไก่กี่บาท				
5. ราคาไข่ไก่ต่อราคาหมูสับที่ต้องจ่ายสำหรับไข่เจียวหมูสับ 50 จาน				
ตอนที่ 2 พิจารณาความถูกต้องของข้อมูล				
1. 1000 กรัม = 1 กิโลกรัม				
2. หมูสับกิโลกรัมละ 100 บาท				
3. ไข่ไก่ราคาฟองละ 4 บาท				
4. ไข่เจียวหมูสับราคาจานละ 45 บาท				
5. ไข่เจียวหมูสับกำไรจานละ 8 บาท				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
ร้านอาหารแห่งหนึ่งมีเมนูไข่เจียวหมูสับ โดย 1 จาน ใช้ไข่ 3 ฟองและหมูสับ 2 กรัม ถ้าในหนึ่งวันมีคนสั่งไข่เจียวหมูสับ 12 จาน ร้านอาหารนี้ต้องใช้ไข่กี่ฟองและหมูสับกี่กรัม				
ตอนที่ 3 ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา				
1. ไข่เจียวหมูสับหนึ่งจานมีอัตราส่วนจำนวนไข่ไก่(ฟอง)ต่อจำนวนหมูสับ(กรัม)เป็น 3 : 250				
2. ไข่เจียวหมูสับหนึ่งจานมีอัตราส่วนต้นทุน(บาท)ต่อกำไร(บาท) คือ 37 : 8				
3. อัตราส่วนราคาไข่ไก่(บาท)ต่อจำนวนไข่ไก่(ฟอง)เป็น 4 : 1				
4. อัตราส่วนราคาหมูสับ(บาท)ต่อกิโลกรัมเป็น 100 : 1				
5. อัตราส่วนราคาขายไข่เจียวหมูสับหนึ่งจาน(บาท)ต่อราคาขายไข่เจียวหมูสับห้าสิบจาน(บาท) คือ 45 : 2,250				
ตอนที่ 4 ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุผล				
1. ไข่เจียวหมูสับ 50 จาน หากราคาไข่ที่ใช้ทั้งหมดโดยนำราคาไข่ฟองละ 4 บาท มาคูณกับจำนวนจาน 50 ใบ				
2. ไข่เจียวหมูสับ 50 จาน หากราคาไข่ที่ใช้ทั้งหมดโดยนำราคาไข่ฟองละ 4 บาทมาคูณกับจำนวนไข่ที่ใช้ใน 1 จานแล้วนำผลที่ได้มาคูณจำนวนจาน 50 ใบ				
3. หากราคาหมูสับที่ใช้ทำไข่เจียวหมูสับ 50 จาน โดยนำราคาหมูสับที่ใช้ใน 1 จานมาคูณจำนวนจาน 50 ใบ				
4. หาจำนวนหมูสับที่ใช้ทำไข่เจียวหมูสับ 50 จาน โดยนำราคาหมูสับ 100 บาท มาคูณจำนวนจาน 50 ใบ				
5. ราคาหมูสับ 100 บาทต่อกิโลกรัม ไข่เจียวหมูสับ 1 จานใช้ อัตราส่วนหมูสับ(กิโลกรัม)ต่อราคาหมูสับ(บาท)เป็น 0.25 : 100				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
ถ้าอัตราส่วนความยาวฐานต่อความสูงของรูปสามเหลี่ยมรูปหนึ่งเป็น 3 : 5 สมมุติฐานของรูปสามเหลี่ยมนี้ยาว 18 กับ 24 หน่วยเป็นเซนติเมตร แล้วอัตราส่วนของความยาวฐานต่อความสูงจะเป็นเท่าไรบ้าง				
ตอนที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา				
1. ความสูงของรูปสามเหลี่ยมรูปที่ 1 และ 2				
2. ความยาวของรูปสามเหลี่ยมรูปที่ 1 และ 2				
3. อัตราส่วนความยาวฐานต่อความสูงของรูปที่ 1 และ 2				
4. อัตราส่วนความยาวฐานของรูปที่ 1 ต่อความยาวฐานของรูปที่ 2				
5. อัตราส่วนความสูงของรูปที่ 1 ต่อความสูงของรูปที่ 2				
ตอนที่ 2 พิจารณาความถูกต้องของข้อมูล				
1. สามเหลี่ยมรูปที่ 1 ฐานยาว 18 เซนติเมตร				
2. สามเหลี่ยมรูปที่ 2 ฐานยาว 24 เซนติเมตร				
3. สามเหลี่ยมรูปที่ 1 มีความสูง 5 เซนติเมตร				
4. สามเหลี่ยมรูปที่ 2 มีความสูง 5 เซนติเมตร				
5. อัตราส่วนความยาวฐานต่อความสูง 3 : 5				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
ถ้าอัตราส่วนความยาวฐานต่อความสูงของรูปสามเหลี่ยมรูปหนึ่งเป็น 3 : 5 สมมติฐานของรูปสามเหลี่ยมนี้ยาว 18 กับ 24 หน่วยเป็นเซนติเมตร แล้วอัตราส่วนของความยาวฐานต่อความสูงจะเป็นเท่าไรบ้าง				
ตอนที่ 3 ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา				
1. ความยาวฐานของรูปที่ 1 คือ 3×18				
2. ความยาวฐาน(ซม.) ของรูปที่ 2 คือ 3×24				
3. ความยาวฐาน(ซม.) ของรูปที่ 1 คือ 3×6				
4. ความยาวฐาน(ซม.) ของรูปที่ 2 คือ 3×8				
5. อัตราส่วนความยาวฐานรูปที่ 1 ต่อความยาวฐานรูปที่ 2 คือ 18:24				
ตอนที่ 4 ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุผล				
1. สามเหลี่ยมรูปที่ 1 นำ 6 มาคูณอัตราส่วน 3 : 5				
2. สามเหลี่ยมรูปที่ 1 นำ 18 มาคูณอัตราส่วน 3 : 5				
3. สามเหลี่ยมรูปที่ 2 นำ 8 มาคูณอัตราส่วน 3 : 5				
4. สามเหลี่ยมรูปที่ 2 นำ 24 มาคูณอัตราส่วน 3 : 5				
5. นำ 3 มาคูณความยาวฐานของรูปที่ 1 และ 2				

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

แบบประเมินคุณภาพของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

เรื่อง อัตราส่วนต่อเนื่องของจำนวนหลายๆ จำนวน

คำชี้แจง ขอให้ท่านได้กรุณาแสดงความคิดเห็นต่อแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
รูปสามเหลี่ยมรูปหนึ่ง มีอัตราส่วนขนาดมุม 1 ต่อขนาดมุม 2 เป็น 2 : 3 และอัตราส่วนขนาดมุม 2 ต่อขนาดมุม 3 เป็น 6 : 8 ถ้ามุมที่มีขนาดใหญ่ที่สุดมีขนาด 80° แล้วอีกสองมุมที่เหลือจะมีขนาดเท่าไร				
ตอนที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา				
1. อัตราส่วนมุม 1 ต่อมุม 3				
2. ขนาดมุม 1				
3. ขนาดมุม 2				
4. ขนาดมุม 3				
5. อัตราส่วนมุม 1 ต่อมุม 2 ต่อมุม 3				
ตอนที่ 2 พิจารณาความถูกต้องของข้อมูล				
1. อัตราส่วนขนาดมุม 1 ต่อขนาดมุม 2 เป็น 2 : 3				
2. อัตราส่วนขนาดมุม 2 ต่อขนาดมุม 3 เป็น 6 : 8				
3. มุมที่มีขนาดใหญ่ที่สุดมีขนาด 180°				
4. มุมที่มีขนาดใหญ่ที่สุดมีขนาด 80°				
5. มุมที่มีขนาดเล็กที่สุดมีขนาด 80°				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
รูปสามเหลี่ยมรูปหนึ่ง มีอัตราส่วนขนาดมุม 1 ต่อขนาดมุม 2 เป็น 2 : 3 และอัตราส่วนขนาดมุม 2 ต่อขนาดมุม 3 เป็น 6 : 8 ถ้ามุมที่มีขนาดใหญ่ที่สุดมีขนาด 80° แล้ว อีกสองมุมที่เหลือจะมีขนาดเท่าไร				
ตอนที่ 3 ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา				
1. จากอัตราส่วนมุม 1 ต่อมุม 2 และอัตราส่วนมุม 2 ต่อมุม 3 ค่าของมุม 2 ได้แก่ 3 และ 6				
2. ค.ร.น. ของ 3 และ 6 คือ 6				
3. อัตราส่วนมุม 1 ต่อมุม 2 ต่อมุม 3 = 2 : 6 : 6				
4. มุมภายในรูปสามเหลี่ยมรวมกันเท่ากับ 180				
5. อัตราส่วนมุมภายในรูปสามเหลี่ยมรูปนี้ คือ $50 : 80 : 50$				
ตอนที่ 4 ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุผล				
1. นำ ค.ร.น. มาคูณอัตราส่วนขนาดมุม 1 ต่อขนาดมุม 2 ต่อขนาดมุม 3				
2. นำ 2 มาคูณอัตราส่วนขนาดมุม 1 ต่อขนาดมุม 2				
3. กำหนดขนาดมุมเป็น x แล้วนำไปคูณอัตราส่วนขนาดมุม 1 ต่อขนาดมุม 2 ต่อขนาดมุม 3				
4. $(\text{มุม}1x) + (\text{มุม}2x) + (\text{มุม}3x) = 180^\circ$				
5. $(\text{มุม}1x)(\text{มุม}2x)(\text{มุม}3x)$				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
บริษัทผลิตกล่องแห่งหนึ่งกำหนดอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวเป็น 3 : 5 และอัตราส่วนความสูงต่อความยาวเป็น 7 : 15 ถ้ากล่องไซส์ S มีความกว้าง 18 เซนติเมตร ซึ่งสั้นกว่าไซส์ M อยู่ 9 เซนติเมตร กล่องไซส์ M จะมีอัตราความกว้างต่อความยาวต่อความสูงเป็นเท่าไร				
ตอนที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา				
1. อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวต่อความสูง				
2. ความสูงของกล่องไซส์ S				
3. อัตราส่วนความยาวต่อความสูงของกล่องไซส์ S				
4. ความกว้างของกล่องไซส์ M				
5. อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวต่อความสูงของกล่องไซส์ M				
ตอนที่ 2 พิจารณาความถูกต้องของข้อมูล				
1. กล่องมีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวเป็น 3 : 5				
2. กล่องมีอัตราส่วนความสูงต่อความยาวเป็น 7 : 15				
3. กล่องไซส์ S มีอัตราความกว้างต่อความยาวเป็น 18 : 9				
4. กล่องไซส์ S มีความกว้าง 18 เซนติเมตร				
5. กล่องไซส์ M กว้าง 9 เซนติเมตร				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
บริษัทผลิตกล่องแห่งหนึ่งกำหนดอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวเป็น 3 : 5 และอัตราส่วนความสูงต่อความยาวเป็น 7 : 15 ถ้ากล่องไซส์ S มีความกว้าง 18 เซนติเมตร ซึ่งสั้นกว่าไซส์ M อยู่ 9 เซนติเมตร กล่องไซส์ M จะมีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวต่อความสูงเป็นเท่าไร				
ตอนที่ 3 ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา				
1. ค.ร.น. ของความยาว คือ 35				
2. กล่องมีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวต่อความสูงเป็น 3: 35 : 15				
3. ค.ร.น. ของความยาว 5 และ 15 คือ 15				
4. ค.ร.น. ของความกว้าง 3 และ 18 คือ 18				
5. อัตราส่วนความกว้างกล่องไซส์ S ต่อความกว้างกล่องไซส์ M เป็น 9 : 18				
ตอนที่ 4 ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุผล				
1. นำ 3 มาคูณอัตราส่วนความกว้างต่อความยาว 3 : 5				
2. นำ 3 มาคูณอัตราส่วนความกว้างต่อความยาว 7 : 15				
3. นำ 3 มาคูณอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวต่อความสูง				
4. กล่องไซส์ M กว้าง = $18 + 9$				
5. กล่องไซส์ S กว้าง = $18 - 9$				

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

แบบประเมินคุณภาพของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

เรื่อง สัตว์สวน

คำชี้แจง ขอให้ท่านได้กรุณาแสดงความคิดเห็นต่อแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
บ้านหลังหนึ่งเลี้ยงเป็ดและไก่เป็นอัตราส่วน 5 : 3 มีสัตว์เป็ดและไก่รวมกันทั้งหมด 192 ตัว จะมีเป็ดและไก่อย่างละกี่ตัว				
ตอนที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา				
1. จำนวนเป็ดและไก่ที่ยุพาเลี้ยงรวมกันทั้งหมด				
2. จำนวนเป็ดที่ยุพาเลี้ยง				
3. จำนวนไก่ที่ยุพาเลี้ยง				
4. อัตราส่วนจำนวนไก่ต่อจำนวนเป็ด				
5. อัตราส่วนจำนวนไก่ต่อจำนวนเป็ดและไก่รวมกัน				
ตอนที่ 2 พิจารณาความถูกต้องของข้อมูล				
1. อัตราส่วนจำนวนเป็ดต่อจำนวนไก่ที่ยุพาเลี้ยงเป็น 5 : 3				
2. อัตราส่วนจำนวนไก่ต่อจำนวนเป็ดที่ยุพาเลี้ยงเป็น 5 : 3				
3. นับจำนวนเป็ดที่ยุพาเลี้ยงได้ 5 ตัว				
4. นับจำนวนไก่ที่ยุพาเลี้ยงได้ 3 ตัว				
5. นับจำนวนเป็ดและจำนวนไก่รวมกันได้ 192 ตัว				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
บ้านหลังหนึ่งเลี้ยงเป็ดและไก่เป็นอัตราส่วน 5 : 3 มีสัตว์ เป็ดและไก่รวมกันทั้งหมด 192 ตัว จะมีเป็ดและไก่อย่าง ละกี่ตัว				
ตอนที่ 3 ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา				
1. จากอัตราส่วนจำนวนเป็ดต่อจำนวนไก่ที่ยุพาเลี้ยง เป็น 5 : 3 เท่ากับมีเป็ดและไก่รวมกันเป็น 8				
2. อัตราส่วนจำนวนไก่ต่อจำนวนเป็ดและไก่รวมกัน คือ 5 : 8				
3. อัตราส่วนจำนวนเป็ดต่อจำนวนเป็ดและไก่รวมกัน คือ 5 : 8				
4. จากข้อ 2 จะได้สัดส่วน $\frac{5}{8} = \frac{\text{จำนวนไก่}}{192}$				
5. ค.ร.น. ของจำนวนเป็ดและไก่รวมกันได้แก่ 8 และ 192 คือ 192				
ตอนที่ 4 ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุผล				
1. นำ 8 ไปคูณ 192				
2. นำ 8 ไปหารผลคูณระหว่าง 5 กับ 192 เพื่อหา จำนวนไก่				
3. นำ 8 ไปคูณผลหารระหว่าง 5 กับ 192 เพื่อหา จำนวนเป็ด				
4. หาจำนวนที่คูณ 8 แล้วได้เท่ากับ ค.ร.น. ของจำนวน เป็ดและไก่รวมกัน				
5. นำจำนวนที่คูณ 8 แล้วได้เท่ากับ ค.ร.น. ของจำนวน เป็ดและไก่รวมกัน ไปคูณอัตราส่วน 5 : 3				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
โรงเรียนแห่งหนึ่งมีนักเรียนระดับชั้น ม.2 จำนวน 792 คน โดยมีอัตราส่วนนักเรียนชายต่อนักเรียนหญิงเป็น 3 : 5 ฉะนั้นจะมีนักเรียนหญิงมากกว่านักเรียนชายเท่าไร				
ตอนที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา				
1. จำนวนนักเรียนชาย				
2. จำนวนนักเรียนหญิง				
3. อัตราส่วนจำนวนนักเรียนชายต่อนักเรียนหญิง				
4. ปริมาณความต่างของจำนวนนักเรียนหญิงกับนักเรียนชาย				
5. ปริมาณความต่างของจำนวนนักเรียนม.2 ทั้งหมดกับจำนวนนักเรียนหญิง				
ตอนที่ 2 พิจารณาความถูกต้องของข้อมูล				
1. อัตราส่วนนักเรียนหญิงต่อนักเรียนชายเป็น 3 : 5				
2. อัตราส่วนนักเรียนชายต่อนักเรียนหญิงเป็น 3 : 5				
3. รวมอัตราส่วนนักเรียนหญิงต่อนักเรียนชายเป็น 8				
4. มีนักเรียนทั้งหมด 792 คน				
5. มีนักเรียนม.2 ทั้งหมด 792 คน				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
โรงเรียนแห่งหนึ่งมีนักเรียนระดับชั้น ม.2 จำนวน 792 คน โดยมีอัตราส่วนนักเรียนชายต่อนักเรียนหญิงเป็น 3 : 5 ฉะนั้นจะมีนักเรียนหญิงมากกว่านักเรียนชายเท่าไร				
ตอนที่ 3 ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา				
1. ค.ร.น. ของนักเรียนม.2 ทั้งหมด ได้แก่ 8 และ 792				
2. อัตราส่วนนักเรียนหญิงต่อนักเรียนม.2 ทั้งหมดเป็น 3 : 8				
3. อัตราส่วนนักเรียนชายต่อนักเรียนม.2 ทั้งหมดเป็น 3 : 8				
4. อัตราส่วนนักเรียนชายต่อนักเรียนม.2 ทั้งหมดเป็น 5 : 8				
5. อัตราส่วนนักเรียนหญิงต่อนักเรียนม.2 ทั้งหมดเป็น 5 : 8				
ตอนที่ 4 ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุผล				
1. หาจำนวนมาคูณ 8 ให้ได้เท่ากับ ค.ร.น.				
2. หาจำนวนมาหาร 792 ให้ได้เท่ากับ ค.ร.น.				
3. สัดส่วนคือ $\frac{5}{8} = \frac{\text{นักเรียนชาย}}{792}$				
4. สัดส่วนคือ $\frac{5}{8} = \frac{\text{นักเรียนหญิง}}{792}$				
5. จำนวนนักเรียนหญิง – จำนวนนักเรียนชาย				

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

แบบประเมินคุณภาพของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ

คำชี้แจง ขอให้ท่านได้กรุณาแสดงความคิดเห็นต่อแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
หนังสือการ์ตูนติดราคาขาย 84 บาท คิดเป็นกำไร 20% ถ้าต้องการขายหนังสือการ์ตูนให้ได้กำไร 350 บาท จะต้องขายให้ได้กี่เล่ม				
ตอนที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา				
1. กำไรคิดเป็นร้อยละของหนังสือการ์ตูนที่ขายได้ต่อเล่ม				
2. ราคาขายหนังสือการ์ตูนต่อเล่ม				
3. จำนวนเล่มหนังสือการ์ตูนที่ขายไปเมื่อได้กำไร 350 บาท				
4. จำนวนกำไรคิดเป็นร้อยละเมื่อขายหนังสือการ์ตูนได้ 70 เล่ม				
5. จำนวนกำไร(บาท)ที่ขายหนังสือการ์ตูนต่อเล่ม				
ตอนที่ 2 พิจารณาความถูกต้องของข้อมูล				
1. หนังสือการ์ตูนกำไรต่อเล่มคือ 20%				
2. ขายหนังสือการ์ตูนได้กำไร 350 บาท				
3. ขายหนังสือการ์ตูนทั้งหมดได้เงิน 350 บาท				
4. หนังสือการ์ตูนติดราคาขายเล่มละ 350 บาท				
5. หนังสือการ์ตูนติดราคาขายเล่มละ 70 บาท				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
หนังสือการตูนตีตราขาย 84 บาท คิดเป็นกำไร 20% ถ้าต้องการขายหนังสือการตูนให้ได้กำไร 350 บาท จะต้องขายให้ได้กี่เล่ม				
ตอนที่ 3 ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา				
1. หนังสือการตูนกำไรต่อเล่ม 20% = $\frac{20}{100}$				
2. หนังสือการตูนกำไรต่อเล่ม 20% = $\frac{20}{70}$				
3. หนังสือการตูนกำไรต่อเล่ม สัดส่วน คือ $\frac{20}{100} = \frac{กำไร}{70}$				
4. หนังสือการตูนกำไรต่อเล่ม สัดส่วน คือ $\frac{20}{70} = \frac{กำไร}{100}$				
5. กำไรจากการขายหนังสือการตูน สัดส่วน คือ $\frac{20}{100} = \frac{70}{250}$				
ตอนที่ 4 ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุผล				
1. นำกำไร 350 บาท มาคิดเป็นร้อยละ				
2. นำ 20% ไปหาร 350 เพื่อหาจำนวนเล่ม				
3. นำกำไร 350 ไปคูณ $\frac{20}{100}$ เพื่อหากำไรเป็นยอดเงินต่อเล่ม				
4. นำ 70 คูณ $\frac{20}{100}$ เพื่อหากำไรเป็นยอดเงิน				
5. นำเงินกำไรต่อเล่มไปหาร 350				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
ไม่ใครเวฟเครื่องหนึ่งติดราคาขายรวมภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% แล้วเป็นเงิน 6,420 บาท เท่ากับว่าผู้ซื้อจ่ายค่า ภาษีมูลค่าเพิ่มกี่บาท				
ตอนที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา				
1. ราคาขายไม่ใครเวฟ				
2. ต้นทุนไม่ใครเวฟ				
3. ราคาไม่ใครเวฟไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม				
4. ร้อยละของภาษีมูลค่าเพิ่ม				
5. จำนวนเงินที่จ่ายภาษีมูลค่าเพิ่ม				
ตอนที่ 2 พิจารณาความถูกต้องของข้อมูล				
1. ราคาขายไม่ใครเวฟรวมภาษีมูลค่าเพิ่มเป็น 3,300 บาท				
2. ราคาขายไม่ใครเวฟหักภาษีมูลค่าเพิ่มเป็น 3,300 บาท				
3. ราคาขายไม่ใครเวฟรวมภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%				
4. ราคาขายไม่ใครเวฟหักภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%				
5. ขายไม่ใครเวฟได้กำไร 7%				
ตอนที่ 3 ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา				
1. ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% = $\frac{7}{100}$				
2. หักเงินภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% = $\frac{3300}{7}$				
3. ราคาขายรวมภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% เป็นเงิน 3,300 บาท = $\frac{7+3300}{100}$				
4. สัดส่วนราคาขายต่อภาษีมูลค่าเพิ่ม คือ $\frac{7}{3300} = \frac{\text{ภาษีมูลค่าเพิ่ม}}{100}$				
5. สัดส่วนราคาขายต่อภาษีมูลค่าเพิ่ม คือ $\frac{7}{100} = \frac{\text{ภาษีมูลค่าเพิ่ม}}{3300}$				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
ไมโครเวฟเครื่องหนึ่งติดราคาขายรวมภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% แล้วเป็นเงิน 6,420 บาท เท่ากับว่าผู้ซื้อจ่ายค่าภาษีมูลค่าเพิ่มกี่บาท				
ตอนที่ 4 ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุผล				
1. หาราคาไมโครเวฟไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม โดยนำ $\frac{7}{100}$ คูณ 3300				
2. หาราคาไมโครเวฟไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม โดยนำ 3300 – เงินภาษีมูลค่าเพิ่ม				
3. หาเงินภาษีมูลค่าเพิ่ม โดยนำ $\frac{7}{100}$ คูณ 3300				
4. หาเงินภาษีมูลค่าเพิ่ม โดยนำ $3300 - \frac{7}{100}$				
5. หาเงินภาษีมูลค่าเพิ่ม โดยนำ $\frac{7}{100} + 3300$				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
ธนาคารแห่งหนึ่งในประเทศไทยให้อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก 0.75% ต่อปี ถ้านักเรียนฝากเงิน 36,000 บาท เมื่อครบ 1 ปี นักเรียนจะมีเงินในบัญชีเท่าไร				
ตอนที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา				
1. ยอดเงินในบัญชีเมื่อฝากครบปี				
2. อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก				
3. ดอกเบี้ยเงินฝาก				
4. ยอดดอกเบี้ยเมื่อฝากเงินครบปี				
5. จำนวนเงินฝาก				
ตอนที่ 2 พิจารณาความถูกต้องของข้อมูล				
1. ดอกเบี้ยเงินฝาก 0.75% ต่อปี				
2. ดอกเบี้ยเงินฝาก 0.75% ต่อเดือน				
3. ฝากเงิน 0.75% ต่อปี				
4. ฝากเงิน 36,000 บาทต่อเดือน				
5. ในหนึ่งปีฝากเงิน 36,000 บาท				
ตอนที่ 3 ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา				
1. ดอกเบี้ยเงินฝาก 0.75% = $\frac{75}{100}$				
2. ดอกเบี้ยเงินฝาก 0.75% = $\frac{0.75}{100}$				
3. ดอกเบี้ยเงินฝาก 0.75% = $\frac{75}{36000}$				
4. สัดส่วนของอัตราดอกเบี้ยเงินฝาก คือ $\frac{75}{100} =$ $\frac{\text{ดอกเบี้ย}}{36000}$				
5. สัดส่วนของอัตราดอกเบี้ยเงินฝาก คือ $\frac{0.75}{100} =$ $\frac{\text{ดอกเบี้ย}}{36000}$				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
ธนาคารแห่งหนึ่งในประเทศไทยให้อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก 0.75% ต่อปี ถ้านักเรียนฝากเงิน 36,000 บาท เมื่อครบ 1 ปี นักเรียนจะมีเงินในบัญชีเท่าไร				
ตอนที่ 4 ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุผล				
1. นำอัตราดอกเบี้ยเงินฝากไปคูณเงินฝาก				
2. นำอัตราดอกเบี้ยเงินฝากไปหารเงินฝาก				
3. นำยอดดอกเบี้ยเงินฝากไปบวกกับเงินฝาก				
4. นำยอดดอกเบี้ยเงินฝากไปลบกับเงินฝาก				
5. นำยอดดอกเบี้ยเงินฝากไปคูณกับเงินฝาก				

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

แบบประเมินคุณภาพของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

คำชี้แจง ขอให้ท่านได้กรุณาแสดงความคิดเห็นต่อแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
นายประหยัดทำเกษตรพอเพียง โดยแบ่งที่ดินทำแหล่งน้ำ 30% ปลูกพืชสวนพืชไร่ 30% ทำนาข้าว 30% และเป็นที่อยู่อาศัย 10% หากที่ดินของประหยัดมีทั้งหมด 5 ไร่ อัตราส่วนของแหล่งน้ำต่อพืชสวนพืชไร่ต่อนาข้าวต่อที่อยู่อาศัยเป็นเท่าไร				
ตอนที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา				
1. ที่ดินทั้งหมดของนายประหยัด				
2. พื้นที่ปลูกข้าว(ไร่)				
3. พื้นที่ทำที่อยู่อาศัย(ไร่)				
4. พื้นที่แหล่งน้ำ(ไร่)				
5. พื้นที่ปลูกพืชสวนพืชไร่(ไร่)				
ตอนที่ 2 พิจารณาความถูกต้องของข้อมูล				
1. พื้นที่ทำแหล่งน้ำ 3 ไร่				
2. พื้นที่ปลูกพืชสวนพืชไร่ 3 ไร่				
3. พื้นที่ทำนาข้าว 30%				
4. พื้นที่ทำที่อยู่อาศัย 10%				
5. นายประหยัดมีที่ดิน 5 ไร่				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
นายประยัดทำเกษตรพอเพียง โดยแบ่งที่ดินทำแหล่งน้ำ 30% ปลูกพืชสวนพืชไร่ 30% ทำนาข้าว 30% และเป็นที่อยู่อาศัย 10% หากที่ดินของประยัดมีทั้งหมด 5 ไร่ อัตราส่วนของแหล่งน้ำต่อพืชสวนพืชไร่ต่อนาข้าวต่อที่อยู่อาศัยเป็นเท่าไร				
ตอนที่ 3 ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา				
1. พื้นที่ทำแหล่งน้ำ 30% = $\frac{30}{5}$				
2. พื้นที่ปลูกพืชสวนพืชไร่ 30% = $\frac{30}{100}$				
3. พื้นที่ทำนาข้าว 30% = $\frac{3}{5}$				
4. พื้นที่ทำที่อยู่อาศัย 10% = $\frac{1}{5}$				
5. พื้นที่ทำที่อยู่อาศัย 10% = $\frac{10}{100}$				
ตอนที่ 4 ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุผล				
1. นำที่ดิน 5 ไร่ ไปคูณพื้นที่แหล่งน้ำ $\frac{30}{100}$				
2. นำที่ดิน 5 ไร่ ไปหารพื้นที่แหล่งน้ำ $\frac{30}{100}$				
3. นำที่ดิน 5 ไร่ ไปคูณพื้นที่ปลูกพืชสวนพืชไร่ $\frac{30}{100}$				
4. นำที่ดิน 5 ไร่ ไปคูณพื้นที่ทำที่อยู่อาศัย $\frac{10}{100}$				
5. นำที่ดิน 5 ไร่ ไปหารพื้นที่ทำที่อยู่อาศัย $\frac{10}{100}$				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
ข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานมี 2 ฉบับ ฉบับแรก ชมพู่ทำได้ 75% ของคะแนนเต็ม 80 คะแนน ฉบับที่ สองชมพู่ทำได้ 70% ของคะแนนเต็ม 120 คะแนน ชมพู่ทำข้อสอบรวมสองฉบับนี้ได้ร้อยละเท่าไร				
ตอนที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา				
1. คะแนนเต็มวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน 2 ฉบับ				
2. คะแนนที่ชมพู่ทำได้ทั้งหมด				
3. คะแนนที่ชมพู่ทำข้อสอบฉบับแรกได้				
4. คะแนนที่ชมพู่ทำข้อสอบฉบับที่สองได้				
5. ข้อสอบฉบับที่ชมพู่ทำคะแนนได้มากที่สุด				
ตอนที่ 2 พิจารณาความถูกต้องของข้อมูล				
1. คะแนนเต็มวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานฉบับแรก 80 คะแนน				
2. คะแนนเต็มวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานฉบับที่สอง 100 คะแนน				
3. ฉบับแรกชมพู่ทำได้ 70%				
4. ฉบับที่สองชมพู่ทำได้ 75%				
5. ชมพู่ทำคะแนนสองฉบับรวมกันได้ 120 คะแนน				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
ข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานมี 2 ฉบับ ฉบับแรกชมพู่ทำได้ 75% ของคะแนนเต็ม 80 คะแนน ฉบับที่สองชมพู่ทำได้ 70% ของคะแนนเต็ม 120 คะแนน ชมพู่ทำข้อสอบรวมสองฉบับนี้ ได้ร้อยละเท่าไร				
ตอนที่ 3 ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา				
1. คะแนน 75% ของคะแนนเต็ม 80 คะแนน $= \frac{75}{100} \times 80$				
2. คะแนน 70% ของคะแนนเต็ม 80 คะแนน $= \frac{70}{100} \times 80$				
3. คะแนน 75% ของคะแนนเต็ม 120 คะแนน $= \frac{75}{100} \times 120$				
4. คะแนน 70% ของคะแนนเต็ม 120 คะแนน $= \frac{70}{100} \times 120$				
5. คะแนนสอบสองฉบับรวมกัน = 70 + 75				
ตอนที่ 4 ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุผล				
1. หาคะแนนที่ได้ในฉบับแรกโดยนำเปอร์เซ็นต์คะแนนฉบับแรกไปคูณ 80				
2. นำ 100 ไปคูณเปอร์เซ็นต์คะแนนฉบับแรกที่ชมพู่ทำได้				
3. หาคะแนนที่ได้ในฉบับที่สอง โดยนำ 70% ไปคูณคะแนนเต็มของฉบับที่สอง				
4. คะแนนเต็มรวมทั้งสองฉบับ = 80 + 120				
5. รวมคะแนนที่ชมพู่ได้ทั้งสองฉบับ คือ 75% + 70%				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
ธนาคารแห่งหนึ่งในประเทศไทยให้อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก 0.75% ต่อปี และหักภาษีดอกเบี้ยเงินฝาก 0.12% ถ้าพลอยฝากเงินเดือนละ 30,000 บาท เมื่อครบ 1 ปี พลอยจะมีเงินในบัญชีเท่าไร				
ตอนที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา				
1. จำนวนเงินในบัญชีเมื่อฝากครบ 1 ปี				
2. จำนวนดอกเบี้ยเมื่อฝากครบ 1 ปี				
3. จำนวนเงินที่โดนหักภาษีดอกเบี้ยเงินฝากเมื่อฝากครบ 1 ปี				
4. อัตราดอกเบี้ยเงินฝากต่อเดือน				
5. จำนวนเงินในบัญชีเมื่อฝากครบ 1 ปี				
ตอนที่ 2 พิจารณาความถูกต้องของข้อมูล				
1. อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก 0.75% ต่อปี				
2. อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก 0.12% ต่อปี				
3. ภาษีดอกเบี้ยเงินฝาก 0.75%				
4. ภาษีดอกเบี้ยเงินฝาก 0.12%				
5. ฝากเงิน 30,000 บาทต่อปี				
ตอนที่ 3 ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา				
1. อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก 0.12% = $\frac{0.12}{100}$				
2. อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก 0.75% = $\frac{0.75}{100}$				
3. ภาษีดอกเบี้ยเงินฝาก 0.75% = $\frac{0.75}{100}$				
4. ภาษีดอกเบี้ยเงินฝาก 0.12% = $\frac{0.12}{100}$				
5. ฝากเงินเดือนละ 30,000 บาท = 30,000 x 12 บาทต่อปี				

คำถาม	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม +1	ไม่แน่ใจ 0	ไม่เหมาะสม -1	
ธนาคารแห่งหนึ่งในประเทศไทยให้อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก 0.75% ต่อปี และหักภาษีดอกเบี้ยเงินฝาก 0.12% ถ้าพลอยฝากเงินเดือนละ 30,000 บาท เมื่อครบ 1 ปี พลอยจะมีเงินในบัญชีเท่าไร				
ตอนที่ 4 ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุผล				
1. นำ $\frac{0.75}{100}$ คูณ 30,000 หาดอกเบี้ยเงินฝากเมื่อครบ 1 ปี				
2. นำ $\frac{0.75}{100}$ คูณ 360,000 หาดอกเบี้ยเงินฝากเมื่อครบ 1 ปี				
3. จำนวนเงินโดนหักภาษีดอกเบี้ยเงินฝาก $= \frac{0.12}{100} \times 30,000$				
4. จำนวนเงินโดนหักภาษีดอกเบี้ยเงินฝาก $= \frac{0.12}{100} \times (30,000 \times 12)$				
5. ยอดเงินในบัญชีเมื่อครบ 1 ปี $= 360,000 - \frac{0.12}{100}$				

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน



ภาคผนวก ค

ตัวอย่างแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
เรื่อง อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน

จุดประสงค์แบบวัด คือ เพื่อวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในเรื่อง
อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน

- หลักเกณฑ์การวัด 1. ผู้เรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาได้
2. ผู้เรียนสามารถพิจารณาความถูกต้องของข้อมูลได้
 3. ผู้เรียนสามารถระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหาได้
 4. ผู้เรียนสามารถตัดสินใจแก้ปัญหได้อย่างสมเหตุผล
 5. สื่อสาร อภิปรายร่วมกับผู้อื่น

สถานการณ์ 1

ร้านอาหารแห่งหนึ่งมีเมนูไข่เจียวหมูสับ โดยไข่เจียวหมูสับ 1 จาน มีอัตราส่วนไข่ไก่ต่อหมูสับเป็น
3 ฟอง : 250 กรัม หากในหนึ่งวันมีลูกค้าสั่งไข่เจียวหมูสับ 50 จาน ร้านนี้ต้องใช้ไข่ไก่ฟองและหมูสับ
กี่กรัม หากไข่ไก่ราคาฟองละ 4 บาท หมูสับราคากิโลกรัมละ 100 บาท ทางร้านมีอัตราส่วนระหว่าง
ต้นทุนไข่ไก่และหมูสับเป็นเท่าไร

ตอนที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา

ข้อความต่อไปนี้ข้อความใดเป็นสิ่งที่ต้องหาคำตอบของสถานการณ์

ข้อความ	ต้องหา คำตอบ	ไม่ต้องหา คำตอบ
1. ขายไข่เจียวหมูสับได้กำไรจานละกี่บาท		
2. ไข่เจียวหมูสับ 1 จานใช้ไข่ไก่จำนวนเท่าไร		
3. ไข่เจียวหมูสับ 50 จาน ใช้หมูสับจำนวนเท่าไร		
4. ไข่เจียวหมูสับ 50 จาน ต้องจ่ายค่าไข่ไก่กี่บาท		
5. ราคาไข่ไก่ต่อราคาหมูสับที่ต้องจ่ายสำหรับไข่เจียวหมูสับ 50 จาน		

ตอนที่ 2 พิจารณาความถูกต้องของข้อมูล

ข้อความต่อไปนี้ข้อความใดเป็นข้อมูลที่ต้องนำมาใช้หาคำตอบของสถานการณ์

ข้อความ	เป็นข้อมูลที่ต้องใช้ หาคำตอบ	ไม่เป็นข้อมูลที่ ต้องใช้หาคำตอบ
1. 1000 กรัม = 1 กิโลกรัม		
2. หมูสับกิโลกรัมละ 100 บาท		
3. ไส้ไก่ราคาฟองละ 4 บาท		
4. ไส้เจียวหมูสับราคาจานละ 45 บาท		
5. ไส้เจียวหมูสับกิโลกรัมละ 8 บาท		

ตอนที่ 3 ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา

ข้อความต่อไปนี้ข้อความใดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับปัญหาของสถานการณ์

ข้อความ	สัมพันธ์ กับปัญหา	ไม่สัมพันธ์ กับปัญหา
1. ไส้เจียวหมูสับหนึ่งจานมีอัตราส่วนจำนวนไส้ไก่(ฟอง)ต่อจำนวนหมูสับ(กรัม)เป็น 3 : 250		
2. ไส้เจียวหมูสับหนึ่งจานมีอัตราส่วนต้นทุน(บาท)ต่อกำไร(บาท) คือ 37 : 8		
3. อัตราส่วนราคาไส้ไก่(บาท)ต่อจำนวนไส้ไก่(ฟอง)เป็น 4 : 1		
4. อัตราส่วนราคาหมูสับ(บาท)ต่อกิโลกรัมเป็น 100 : 1		
5. อัตราส่วนราคาขายไส้เจียวหมูสับหนึ่งจาน(บาท)ต่อราคาขายไส้เจียวหมูสับห้าสิบจาน(บาท) คือ 45 : 2,250		

สถานการณ์ 2

กำหนดอัตราส่วนความยาวฐานต่อความสูงของสามเหลี่ยมเป็น 3 : 5 ให้อัตราส่วนนี้สร้างรูปสามเหลี่ยม 2 รูปโดยรูปที่ 1 ให้ฐานยาว 18 เซนติเมตร และรูปที่ 2 ให้ฐานยาว 24 เซนติเมตร อัตราส่วนความยาวฐานต่อความสูงของรูปสามเหลี่ยมทั้งสองเป็นเท่าไร

ตอนที่ 1 ระบุประเด็นปัญหา

ข้อความต่อไปนี้ข้อความใดเป็นสิ่งที่ต้องการคำตอบของสถานการณ์

ข้อความ	ต้องการคำตอบ	ไม่ต้องการคำตอบ
1. ความสูงของรูปสามเหลี่ยมรูปที่ 1 และ 2		
2. ความยาวของรูปสามเหลี่ยมรูปที่ 1 และ 2		
3. อัตราส่วนความยาวฐานต่อความสูงของรูปที่ 1 และ 2		
4. อัตราส่วนความยาวฐานของรูปที่ 1 ต่อความยาวฐานของรูปที่ 2		
5. อัตราส่วนความสูงของรูปที่ 1 ต่อความสูงของรูปที่ 2		

ตอนที่ 2 พิจารณาความถูกต้องของข้อมูล

ข้อความต่อไปนี้ข้อความใดเป็นข้อมูลที่ต้องนำมาใช้หาคำตอบของสถานการณ์

ข้อความ	เป็นข้อมูลที่ ต้องใช้หาคำตอบ	ไม่เป็นข้อมูลที่ ต้องใช้หาคำตอบ
1. สามเหลี่ยมรูปที่ 1 ฐานยาว 18 เซนติเมตร		
2. สามเหลี่ยมรูปที่ 2 ฐานยาว 24 เซนติเมตร		
3. สามเหลี่ยมรูปที่ 1 มีความสูง 5 เซนติเมตร		
4. สามเหลี่ยมรูปที่ 2 มีความสูง 5 เซนติเมตร		
5. อัตราส่วนความยาวฐานต่อความสูง 3 : 5		

ตอนที่ 3 ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา

ข้อความต่อไปนี้ข้อความใดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลกับปัญหาของสถานการณ์

ข้อความ	สัมพันธ์กับ ปัญหา	ไม่สัมพันธ์ กับปัญหา
1. ความยาวฐานของรูปที่ 1 คือ 3×18		
2. ความยาวฐาน(ซม.) ของรูปที่ 2 คือ 3×24		
3. ความยาวฐาน(ซม.) ของรูปที่ 1 คือ 3×6		
4. ความยาวฐาน(ซม.) ของรูปที่ 2 คือ 3×8		
5. อัตราส่วนความยาวฐานรูปที่ 1 ต่อความยาวฐานรูปที่ 2 คือ 18:24		

ตอนที่ 4 ตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุผล

ข้อความต่อไปนี้ข้อความใดแสดงการตัดสินใจแก้ปัญหาของสถานการณ์อย่างสมเหตุผล

ข้อความ	สมเหตุผล	ไม่สมเหตุผล
1. สามเหลี่ยมรูปที่ 1 นำ 6 มาคูณอัตราส่วน 3 : 5		
2. สามเหลี่ยมรูปที่ 1 นำ 18 มาคูณอัตราส่วน 3 : 5		
3. สามเหลี่ยมรูปที่ 2 นำ 8 มาคูณอัตราส่วน 3 : 5		
4. สามเหลี่ยมรูปที่ 2 นำ 24 มาคูณอัตราส่วน 3 : 5		
5. นำ 3 มาคูณความยาวฐานของรูปที่ 1 และ 2		

ตอนที่ 5 สื่อสาร อภิปรายร่วมกับผู้อื่น

เขียนอธิบายขั้นตอนหาคำตอบของสถานการณ์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง
รูปแบบการจัดการเรียนรู้



รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

ความเป็นมาของการพัฒนารูปแบบ

การคิดในยุคศตวรรษที่ 21 มีความสัมพันธ์กับรูปแบบการทำงานที่เปลี่ยนแปลงจากเดิม พนักงานต้องมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดสร้างสรรค์ สามารถแก้ปัญหาเอง การสร้างคนให้มีทักษะเหล่านี้ผู้สังคมจำเป็นต้องปลูกฝังทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ให้แก่นักเรียน การคิดเป็นจุดเน้นของการพัฒนาผู้เรียน ประเทศไทยได้มีเป้าหมายของการปฏิรูปการศึกษาใน ทศวรรษที่สอง พ.ศ.2552-2561โดยมุ่งเน้นให้คนไทยเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพ เป็นผู้รู้จักคิด วิเคราะห์ แก้ปัญหา คิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถก้าวทันโลก เป็นกำลังคนที่มีคุณภาพ และหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 นั้นได้มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะในการคิด โดยเป็น ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิด เป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและ สังคมได้อย่างเหมาะสม และข้อสามความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการ แก้ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม (สำนักงานเลขาธิการสภา การศึกษา, 2552: 14, วรพจน์ วงศ์กิจรุ่งเรืองและอริบ จิตตฤกษ์, 2554: 18, 118-119, UNESCO.2008: 107-121)

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นการคิดขั้นสูงรูปแบบหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็น การคิดที่มีเจตคติต่อการแสวงหาความรู้และการหาหลักฐานอ้างอิงมาอนุมานสรุปใจความสำคัญ เพื่อหาข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ โดยเน้นกระบวนการพิจารณา ไตร่ตรองอย่างรอบคอบ ประเมิน ข้อมูลหลักฐานอย่างมีเหตุผลโดยใช้เกณฑ์ที่กำหนด เพื่อการตัดสินใจ เช่น เชื่อหรือไม่เชื่อ ทำ หรือไม่ทำ จากนั้นจึงจะลงมือปฏิบัติหรือนำไปใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ถือว่าเป็นการคิดที่มี กระบวนการที่สำคัญ ผู้ที่มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะเป็นผู้ที่มีเหตุผล ไม่ใช้อคติหรือ อารมณ์ในการตัดสินใจ เป็นผู้ที่มีความรอบคอบ ไม่เชื่ออะไรง่ายๆ มีความกระตือรือร้นใน การศึกษาหาข้อมูลประกอบการตัดสินใจเพื่อความแม่นยำ และความถูกต้องในการแก้ปัญหา เป็น ผู้ที่ดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างเป็นสุข ส่งผลให้เป็นบุคคลที่มีคุณภาพในสังคม (ชนัท ธาตุทอง. 2554, ทิศนา ขัมมณีและคณะ. 2544, พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์.2555, พรชูลี อาชวอำรุง. 2542. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2540, Brookfield. 1987: 12-21, Watson & Glaser. 1964: 24)

ในส่วนของคณิตศาสตร์นั้นถือเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการคิดของผู้เรียน เนื่องจาก คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและศาสตร์อื่นๆคณิตศาสตร์ช่วยให้

มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์คิดอย่างมีเหตุผลคิดอย่างเป็นระบบและมีระเบียบแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบ ถี่ถ้วน สามารถคาดการณ์วางแผน ตัดสินใจและแก้ปัญหาได้ โดยทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์นั้นประกอบด้วย การมีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ อย่างมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

แนวคิดของการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เป็นการนำการคิดอย่างมี วิจารณญาณกับวิชาคณิตศาสตร์มาสังเคราะห์ เชื่อมโยงเข้าด้วยกัน โดยวิธีการฝึกการคิดอย่างมี วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เน้นกระบวนการพิจารณา ไตร่ตรองอย่างรอบคอบ ประเมินข้อมูล หลักฐานอย่างมีเหตุผลโดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดเพื่อการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล ส่วนวิชา คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหา การฝึกฝนให้ผู้เรียนได้พัฒนาการคิดอย่าง หลากหลายแนวทาง ไม่ว่าจะเป็นด้านการใช้ถ้อยคำ (Verbal) โดยใช้หลักทางภาษาศาสตร์ ผ่าน การพูด การใส่คำพูด ด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล (Inter-personal) เรียนรู้ผ่านการทำงาน ร่วมกับผู้อื่น แลกเปลี่ยนความคิดเห็น การถามและอภิปรายปัญหาร่วมกัน ด้านกายภาพ (Physical) เป็นการใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ทำงานได้อย่างเหมาะสม ทางด้านการมองเห็น (Visual) เป็นการสร้างแผนภูมิเพื่อมองปัญหา มองรูปแบบและทรงวัตถุด้วยประสาทสัมผัสทางตา การสื่อสารด้วยกราฟ สุดท้ายด้านสัญลักษณ์ (Symbolic) เป็นการเขียนคำและสัญลักษณ์ที่เป็น นามธรรมไปสู่การแปลความหมาย การแปลงโจทย์ปัญหาเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

ดังนั้น การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ จึงเป็นการหาความชัดเจนของปัญหา และพิจารณาตรวจสอบ ไตร่ตรองข้อมูลที่เกี่ยวข้องทางคณิตศาสตร์อย่างละเอียด รอบคอบ เพื่อ นำไปสู่การตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดำเนินการหาข้อสรุปอย่าง สมเหตุสมผล และสามารถสื่อสาร อภิปรายร่วมกับผู้อื่นได้เป้าหมายของการคิดอย่างมี วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์นั้น ต้องการให้ผู้เรียนสื่อสาร แสดงออกถึงความคิดเห็นของตนเอง และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ส่งเสริมให้ร่วมกันแก้ไขปัญหา ให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกัน

แนวคิดทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนารูปแบบ

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทาง คณิตศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานกลุ่มแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ที่ เชื่อว่า การเรียนรู้ หรือการสร้างความรู้ เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวของผู้เรียน โดยที่ผู้เรียน เป็นผู้สร้างความรู้ โดยการนำประสบการณ์หรือสิ่งที่พบเห็นในสิ่งแวดล้อมหรือสารสนเทศใหม่ที่

ได้รับมาเชื่อมโยงกับ ความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม มาสร้างเป็น ความเข้าใจของตนเอง หรือเรียกว่า โครงสร้างทางปัญญา (Cognitive structure) โดยนำทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's Theory of Intellectual Development) ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์ (Bruner's Theory of Discovery Learning) และทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่ (Gagne's Theory of Conditions of Learning) เหตุผลที่นำทฤษฎีเหล่านี้มาใช้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการทางปัญญาเกี่ยวข้องโดยตรงกับการใช้สติปัญญาของมนุษย์

โดยทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. จัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่าง ของแต่ละบุคคล
2. จัดกิจกรรมประสบการณ์ใหม่ให้สอดคล้องและเชื่อมโยงกับความรู้และประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่
3. ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้ และได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อให้มีประสบการณ์ตรง

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของบรูเนอร์ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. จัดกระบวนการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากของจริง (enactive) สัญลักษณ์แทนของจริง (iconic) และสัญลักษณ์ (symbolic)
2. จัดกิจกรรมที่สนับสนุนให้ผู้เรียนคิดหาเหตุผลอย่างมีอิสระส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง
3. ผู้เรียนมีบทบาทในกระบวนการเรียนรู้ และได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพื่อให้มีประสบการณ์ตรงทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. จัดสภาพการเรียนรู้ซึ่งเป็นสภาวะภายนอกผู้เรียนให้สอดคล้องกับกระบวนการเรียนรู้ภายในผู้เรียน
2. การจัดการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอน 9 ขั้น ได้แก่ 1) สร้างความสนใจ 2) แจ้งจุดประสงค์ 3) กระตุ้นให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมที่จำเป็น 4) เสนอบทเรียนใหม่ 5) ให้แนวทางการเรียนรู้ 6) ลงมือปฏิบัติ 7) ให้ข้อมูลป้อนกลับ 8) ประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ และ 9) ส่งเสริมความแม่นยำและการถ่ายโอนการเรียนรู้

องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ มีองค์ประกอบต่างๆ ซึ่งได้ผ่านการดำเนินการสร้างอย่างเป็นระบบ ให้มีความสัมพันธ์และสอดคล้องกัน องค์ประกอบเหล่านี้ ได้แก่ หลักการ, วัตถุประสงค์, ขั้นตอน และการประเมินผล โดยมีรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบดังต่อไปนี้

หลักการ

1. เป็นการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำปัญหา บริบททางสังคมวัฒนธรรมตามสภาพจริงและความสนใจของผู้เรียนมาออกแบบกิจกรรมให้มีความสอดคล้องเชื่อมโยงกับความรู้เดิม โดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
2. สร้างบรรยากาศในการเรียนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สื่อสารแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง
3. พัฒนากลยุทธ์ผู้เรียนที่ใช้ในการรับและดำเนินการกับข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล พัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนตามลำดับขั้นตอน เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการร่วมกันแก้ปัญหา
4. สร้างความท้าทาย กระตุ้นผู้เรียนให้คิดให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้กำลังใจ ใช้เหตุผลและใจที่เป็นกลางแนะแนวทางการแก้ปัญหา
5. สนับสนุนการนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ปรับปรุงข้อผิดพลาดให้ผู้เรียน นำผลการประเมินตามสภาพจริงมาพัฒนาผู้เรียน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามบริบทสภาพจริง เชื่อมโยงปัญหากับความรู้เดิม เน้นทักษะและการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ มีการสื่อสารแสดงออกถึงความคิดเห็นและรับฟังผู้อื่นให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกัน
2. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์มีความเชื่อมั่นในตนเอง สามารถนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม

ขั้นตอน

1. ขั้นกระตุ้นการคิด กระตุ้นให้ผู้เรียนระลึกถึงความรู้เดิมที่จำเป็น เน้นความสำคัญระหว่างทักษะและการร่วมกันแก้ปัญหา เชื่อมโยงเนื้อหาสาระ ความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้เรียนกับบริบททางสังคม สถานการณ์ในชีวิตประจำวัน หรือตามสภาพปัญหาจริง
2. ขั้นปฏิบัติการเรียนรู้ ซึ่งมีกระบวนการดังนี้ 1) ผู้เรียนระบุประเด็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) ผู้เรียนประเมินข้อมูลด้านความถูกต้องทางคณิตศาสตร์ 3) ผู้เรียนระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา 4) ผู้เรียนการตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล 5) ผู้เรียนสื่อสาร อภิปรายร่วมกับผู้อื่น
3. ขั้นนำเสนอ หลังจากผู้เรียนแก้ปัญหาเสร็จแล้วให้ผู้เรียนนำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาของตนเองหรือกลุ่มตนเองโดยให้ผู้เรียนใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ในการเลือกรูปแบบนำเสนอที่เหมาะสม เพื่อแสดงความเห็นในการสรุปข้อมูลที่นำมาแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล
4. ขั้นสะท้อน หลังจากผู้เรียนได้นำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้สอนจะให้ข้อมูลป้อนกลับไปยังผู้เรียน แนวทางแก้ไข ปรับปรุงข้อผิดพลาด พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ โดยผู้สอนใช้วิธีที่หลากหลายในการประเมินและประเมินตามสภาพจริงเป็นระยะๆ ตั้งแต่การระบุประเด็นปัญหา การพิจารณาข้อมูล การตัดสินใจแก้ปัญหา และการนำเสนอ

การประเมินผล

1. ประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ตามสภาพจริงด้วยวิธีที่หลากหลาย ประเมินอย่างสม่ำเสมอเป็นระยะๆ ตั้งแต่การระบุประเด็นปัญหา การพิจารณาข้อมูล การตัดสินใจแก้ปัญหา และการนำเสนอการแก้ปัญหา
2. ประเมินพัฒนาการการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน พฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์โดยคำนึงถึงความแตกต่างแต่ละบุคคล
3. ประเมินความรู้และการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ หลังการเรียนรู้ สังเคราะห์ความรู้จากการปฏิบัติจริง และให้ข้อมูลป้อนกลับนำผลไปใช้พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

แนวคิด ทฤษฎี

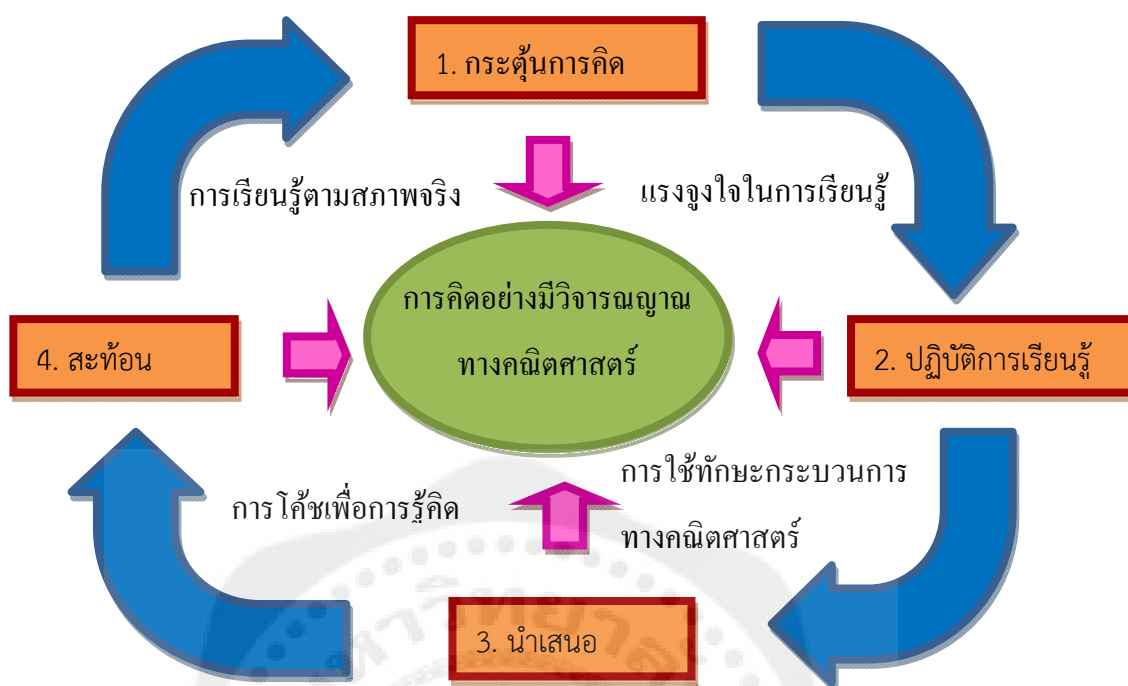
รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการ
คิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

ประสิทธิผลของรูปแบบ



ภาพองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้าง

การคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์



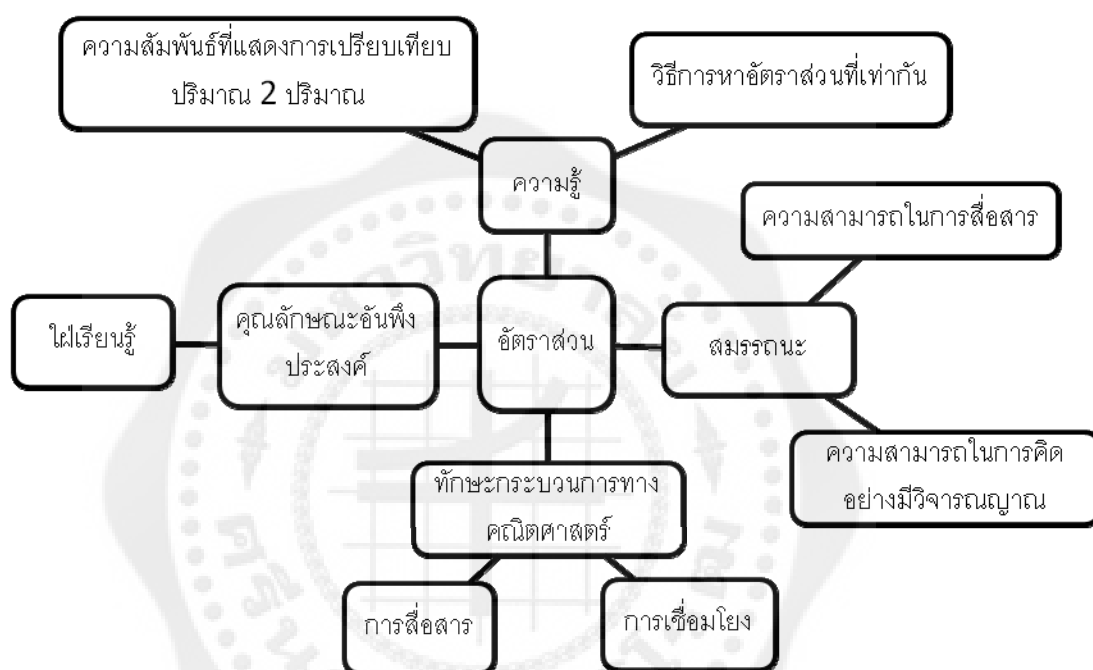
ภาพรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

ภาคผนวก จ
แผนการจัดการเรียนรู้



ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1		
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2	ภาคเรียนที่ 1
ชื่อวิชา คณิตศาสตร์พื้นฐาน		ปีการศึกษา 2559
หน่วยที่ 2 อัตราส่วนสัดส่วนและร้อยละ		เวลา 15 ชั่วโมง
เรื่อง อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน		เวลา 4 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้



2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เขียนอัตราส่วนแสดงความสัมพันธ์แทนการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณ
2. ใช้หลักการคูณและการหารในการหาอัตราส่วนที่เท่ากัน
3. ใฝ่เรียนรู้ศึกษาหาข้อมูลทางคณิตศาสตร์
4. มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
5. มีความสามารถในการสื่อสารแลกเปลี่ยนเรียนรู้
6. มีทักษะการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์

3. สำคัญ

ความสัมพันธ์ที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณ ซึ่งอาจมีหน่วยเดียวกันหรือหน่วยต่างกันได้ เรียกว่า อัตราส่วนและวิธีการหาอัตราส่วนที่เท่ากัน สามารถใช้หลักการคูณและหลักการหารมาช่วย ดังนี้

ถ้ากำหนดอัตราส่วน $a : b$ และ c เป็นจำนวนใดๆ ที่ไม่เท่ากับศูนย์จะได้ว่า

$$\frac{a}{b} = \frac{a \times c}{b \times c} \quad \text{และ} \quad \frac{a}{b} = \frac{a \div c}{b \div c}$$

4. กระบวนการเรียนรู้

ขั้นกระตุ้นการคิด (ชั่วโมงที่ 1)

1. ผู้สอนสนทนากับผู้เรียนถึงจำนวนผู้เรียนทั้งหมดในห้อง “นักเรียนห้องนี้มีกี่คน?” เป็นนักเรียนชายจำนวนเท่าไร และเป็นนักเรียนหญิงจำนวนเท่าไร
2. ผู้สอนตั้งคำถามต่อการสนทนาในข้อ 1 “ห้องเรียนนี้มีจำนวนนักเรียนชาย..... คน และมีจำนวนนักเรียนหญิง.....คนอย่างนั้นแล้วจำนวนนักเรียนชายต่อจำนวนนักเรียนหญิงก็เป็น.....”
3. ผู้สอนสอบถามผู้เรียนเกี่ยวกับการแข่งขันกีฬาที่ผู้เรียนเคยดู ไม่ว่าจะเคยดูผ่านโทรทัศน์หรือเคยดูที่สถานที่จริง เลือกตัวอย่างกีฬา เช่น ฟุตบอล “เมื่อแข่งขันจบ ข้างสนาม หรือนักข่าวจะรายงานผลการแข่งขันว่าอย่างไร” อย่างเช่น “ผลการแข่งขันระหว่างทีมบุรีรัมย์ยูไนเต็ดกับทีมSCGเมืองทองยูไนเต็ด สกอร์ คือ 3 ต่อ 1 หมายความว่าอย่างไร” หรือ “ผลการแข่งขันวอลเลย์บอลหญิง อยุธยาชนแก่นชนะเทศบาลแม่โจ้ 3 ต่อ 0 เซต หมายความว่าอย่างไร” ทั้ง 2 ตัวอย่างใช้อะไรมาเปรียบเทียบเพื่อหาฝ่ายชนะ
4. การเปรียบเทียบปริมาณ 2 ปริมาณ ดังตัวอย่างที่กล่าวมาข้างต้น ในทางคณิตศาสตร์เรียกว่าอะไร ให้ผู้เรียนสืบค้นตามความสะดวกและสนใจ อาจจะในรูปแบบเรียน หรือในเว็บไซต์

ขั้นปฏิบัติการเรียนรู้

1. ผู้เรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 4-5 คน ตามความสมัครใจ จากนั้นทำการศึกษาเนื้อหา คณิตศาสตร์เรื่องอัตราส่วนจากหนังสือเรียนหรือจากเว็บที่เกี่ยวข้องผ่านทางอุปกรณ์สื่อสารของผู้เรียน

2. เมื่อผู้เรียนศึกษาเนื้อหาอัตราส่วนเรียบร้อยแล้วให้ผู้เรียนหาอัตราส่วนของสิ่งที่กำหนดให้ในใบงานซึ่งในใบงานกำหนดสิ่งของ 6-8 อย่าง แล้วให้ผู้เรียนเป็นผู้เลือกสิ่งของสองสิ่งมาเปรียบเทียบหาอัตราส่วนเอง
(ชั่วโมงที่ 2)
3. พูดคุยกับผู้เรียนถึงการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณ เช่น “เลือกเปรียบเทียบผลไม้ชนิดใด ผลไม้ชนิดนั้นเป็นแบบผลเดี่ยวหรือเป็นกลุ่ม หน่วยของผลไม้ที่เลือกคืออะไร แล้วนำมาเขียนอัตราส่วนเป็นอย่างไร” จากนั้นให้ผู้เรียนศึกษาการหาอัตราส่วนที่เท่ากัน โดยใช้หลักการคูณและหลักการหาร คือ
 หลักการคูณ ถ้ากำหนดอัตราส่วน $a : b$ และ c เป็นจำนวนใดๆ ที่ไม่เท่ากับศูนย์แล้วจะได้

$$\frac{a}{b} = \frac{a \times c}{b \times c}$$
 หลักการหาร ถ้ากำหนดอัตราส่วน $a : b$ และ c เป็นจำนวนใดๆ ที่ไม่เท่ากับศูนย์แล้วจะได้

$$\frac{a}{b} = \frac{a \div c}{b \div c}$$
4. ผู้เรียนศึกษากระบวนการหาคำตอบของโจทย์ จากตัวอย่าง ร้านขายถุงเท้าติดราคาขายถุงเท้า 4 คู่ ราคา 100 บาท หากซื้อถุงเท้า 12 คู่ จะต้องจ่ายเงินเท่าไร

ตอนที่ 1 ประเด็นปัญหา

 - จ่ายเงินค่าถุงเท้า 12 คู่ เท่าไร

ตอนที่ 2 ข้อมูล

 - ถุงเท้า 4 คู่ ราคา 100 บาท

ตอนที่ 3 ความสัมพันธ์ของข้อมูลกับปัญหา

 - อัตราส่วนจำนวนถุงเท้า(คู่)ต่อราคาขาย(บาท) = 4 : 100

ตอนที่ 4 ตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างไร

 - ใช้หลักการคูณ โดยนำจำนวนจำนวนหนึ่งมาคูณ 4 แล้วเท่ากับ 12

ตอนที่ 5 อธิบาย

จาก อัตราส่วนจำนวนถุงเท้า(คู่)ต่อราคาขาย(บาท) = 4 : 100

นำ 3 มาคูณ อัตราส่วนจำนวนถุงเท้า(คู่)ต่อราคาขาย(บาท) = $4 \times 3 : 100 \times 3$

= 12 : 300

ดังนั้น หากซื้อถุงเท้า 12 คู่ จะต้องจ่ายเงิน 300 บาท
5. ผู้เรียนจับคู่เลือกโจทย์โดยการจับสลากแล้วร่วมกันคิดหาอัตราส่วนที่เท่ากัน

ชั้นนำเสนอ (ชั่วโมงที่ 3)

1. ผู้เรียนสลับคู่เพื่อแลกเปลี่ยนโจทย์ที่ไม่ซ้ำของเดิมและแลกเปลี่ยนเรียนรู้วิธีคิดหาคำตอบของข้อใหม่
2. ผู้เรียนร่วมกันสรุปสาระสำคัญของอัตราส่วน
3. ผู้เรียนยกตัวอย่างการนำอัตราส่วนที่เท่ากันไปใช้ในชีวิตประจำวันเช่น ส่วนประกอบของเครื่องดื่ม อาหาร เป็นต้น

ขั้นสะท้อน (ชั่วโมงที่ 4)

1. ผู้เรียนสอบถามข้อสงสัย เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเขียนอัตราส่วนแทนการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณ และอัตราส่วนที่เท่ากัน
 2. ผู้สอนสรุปเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเขียนอัตราส่วนแทนการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณ และอัตราส่วนที่เท่ากัน
5. สื่อการเรียนรู้
- 5.1 สื่อการเรียนรู้
- หนังสือแบบเรียนคณิตศาสตร์ ม.2
 - อุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่
 - ใบงาน
6. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	แหล่งข้อมูล	เกณฑ์ (ร้อยละของคะแนนเต็ม)
1.เขียนอัตราส่วนแสดงความสัมพันธ์แทนการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณ	ทดสอบ	แบบทดสอบ	ผู้เรียน	70
2.ใช้หลักการคูณและการหารในการหาอัตราส่วนที่เท่ากัน	ทดสอบ	แบบทดสอบ	ผู้เรียน	70
3.ใฝ่เรียนรู้ศึกษาหาข้อมูลทางคณิตศาสตร์	การสังเกต	แบบสังเกต	ผู้เรียน	80
4.มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	ทดสอบ การสังเกต	แบบทดสอบ แบบสังเกต	ผู้เรียน	75
5.มีความสามารถในการสื่อสารแลกเปลี่ยนเรียนรู้	การสังเกต	แบบสังเกต	ผู้เรียน	75
6.มีทักษะการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์	การสังเกต	แบบสังเกต	ผู้เรียน	75

บันทึกการจัดการเรียนรู้

พฤติกรรมความคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

.....

.....

.....

.....

ปัญหา / อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไขพัฒนา

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นางสาวพชรภรณ์ เขียงสิน)



ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ

ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน
โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ข้อ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	เฉลี่ย	แปล ความหมาย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
7	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
9	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
10	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
11	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
12	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
13	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
14	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
15	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
16	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
17	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
18	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
19	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
20	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
21	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
22	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
23	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
24	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
25	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน
โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ข้อ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	เฉลี่ย	แปล ความหมาย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
26	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
27	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
28	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
29	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
30	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
31	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
32	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
33	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
34	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
35	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
36	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
37	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
38	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
39	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
40	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนที่เท่ากัน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.80 – 1.00 นั่นคือ แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนที่เท่ากัน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตามเกณฑ์ที่กำหนด (มากกว่า 0.05) ทุกข้อ

ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน
โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ข้อ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	เฉลี่ย	แปล ความหมาย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
7	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
9	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
10	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
11	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
12	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
13	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
14	1	1	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
15	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
16	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
17	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
18	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
19	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
20	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
21	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
22	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
23	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
24	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
25	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน
โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ข้อ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	เฉลี่ย	แปล ความหมาย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
26	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
27	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
28	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
29	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
30	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
31	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
32	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
33	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
34	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
35	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
36	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
37	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
38	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
39	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
40	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.80 – 1.00 นั่นคือ แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตามเกณฑ์ที่กำหนด (มากกว่า 0.05) ทุกข้อ

ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สัดส่วน

โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ข้อ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	เฉลี่ย	แปล ความหมาย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
7	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
9	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
10	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
11	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
12	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
13	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
14	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
15	1	0	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
16	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
17	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
18	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
19	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
20	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
21	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
22	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
23	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
24	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
25	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สัดส่วน โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ข้อ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	เฉลี่ย	แปล ความหมาย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
26	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
27	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
28	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
29	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
30	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
31	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
32	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
33	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
34	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
35	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
36	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
37	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
38	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
39	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
40	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สัดส่วน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.80 – 1.00 นั่นคือ แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สัดส่วน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตามเกณฑ์ที่กำหนด (มากกว่า 0.05) ทุกข้อ

ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ข้อ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	เฉลี่ย	แปล ความหมาย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
7	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
9	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
10	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
11	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
12	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
13	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
14	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
15	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
16	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
17	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
18	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
19	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
20	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
21	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
22	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
23	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
24	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
25	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ข้อ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	เฉลี่ย	แปล ความหมาย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
26	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
27	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
28	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
29	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
30	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
31	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
32	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
33	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
34	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
35	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
36	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
37	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
38	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
39	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
40	1	1	1	1	0	4	0.80	ใช้ได้
41	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
42	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
43	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
44	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
45	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
46	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
47	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
48	1	1	0	1	1	4	0.80	ใช้ได้
49	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
50	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้

ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ข้อ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	เฉลี่ย	แปลความหมาย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
51	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
52	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
53	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
54	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
55	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
56	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
57	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
58	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
59	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
60	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.80 – 1.00 นั่นคือ แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตามเกณฑ์ที่กำหนด (มากกว่า 0.05) ทุกข้อ

ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
ทางคณิตศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ข้อ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	เฉลี่ย	แปล ความหมาย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
5	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
6	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
7	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
8	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
9	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
10	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
11	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
12	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
13	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
14	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
15	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
16	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
17	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
18	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
19	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
20	0	1	1	1	1	4	0.80	ใช้ได้
21	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
22	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
23	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
24	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
25	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
ทางคณิตศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ข้อ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	เฉลี่ย	แปล ความหมาย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
26	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
27	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
28	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
29	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
30	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
31	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
32	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
33	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
34	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
35	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
36	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
37	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
38	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
39	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
40	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
41	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
42	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
43	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
44	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
45	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
46	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
47	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
48	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
49	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
50	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ข้อ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	เฉลี่ย	แปลความหมาย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
51	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
52	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
53	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
54	1	1	1	0	1	4	0.80	ใช้ได้
55	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
56	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
57	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
58	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
59	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
60	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.80 – 1.00 นั่นคือ แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตามเกณฑ์ที่กำหนด (มากกว่า 0.05) ทุกข้อ

ผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
ทางคณิตศาสตร์ แบบอัตนัย โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ข้อ	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ					รวมคะแนน	เฉลี่ย	แปลความหมาย
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน								
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน								
1	1	0	1	1	1	5	0.80	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
สัดส่วน								
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
อัตราส่วนและร้อยละ								
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
ท้ายหน่วยการเรียนรู้								
1	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
2	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1	1	5	1.00	ใช้ได้

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.80 – 1.00 นั่นคือ แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาตามเกณฑ์ที่กำหนด (มากกว่า 0.05) ทุกข้อ

ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย ของแบบวัดการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน

ข้อ	ผู้เรียนกลุ่มสูง(คนที่)								ผู้เรียนกลุ่มต่ำ(คนที่)								P_H	P_L	ค่าความ ยากง่าย	ค่า อำนาจ จำแนก
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8				
1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	6	2	0.50	0.50
2	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	6	3	0.56	0.38
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	8	4	0.75	0.50
4	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	7	1	0.50	0.75
5	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	7	4	0.69	0.38
6	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	1	0.38	0.50
7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	7	4	0.68	0.38
8	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	5	2	0.44	0.38
9	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	6	3	0.56	0.38
10	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	7	4	0.69	0.38
11	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	6	4	0.62	0.25
12	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	6	3	0.56	0.38
13	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	7	4	0.69	0.38
14	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	8	3	0.69	0.63
15	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	5	2	0.44	0.38
16	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	5	3	0.50	0.25
17	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	6	4	0.63	0.25
18	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	6	4	0.63	0.25
19	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	5	3	0.50	0.25
20	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	5	3	0.50	0.25
21	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	6	3	0.56	0.38
22	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	7	4	0.69	0.38
23	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	7	3	0.63	0.50
24	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	6	3	0.56	0.38
25	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	5	2	0.44	0.38
26	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	7	2	0.56	0.63
27	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	6	2	0.50	0.50
28	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	7	5	0.75	0.25
29	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	6	4	0.63	0.25
30	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	6	3	0.56	0.38

ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย ของแบบวัดการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน

ข้อ	ผู้เรียนกลุ่มสูง(คนที่)								ผู้เรียนกลุ่มต่ำ(คนที่)								P_H	P_L	ค่าความ ยากง่าย	ค่า อำนาจ จำแนก
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8				
31	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0.38	0.75
32	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	6	1	0.44	0.63
33	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	5	2	0.44	0.38
34	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	7	2	0.56	0.63
35	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	5	3	0.50	0.25
36	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	8	3	0.69	0.63
37	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	6	1	0.44	0.63
38	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	7	1	0.50	0.75
39	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	8	2	0.63	0.75
40	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	6	2	0.50	0.50

จากผลการวิเคราะห์พบว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง
 อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.44 – 0.75 และมี
 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.75

ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย ของแบบวัดการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน

ข้อ	ผู้เรียนกลุ่มสูง(คนที่)								ผู้เรียนกลุ่มต่ำ(คนที่)								P _H	P _L	ค่าความ ยากง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8				
1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	0.31	0.38
2	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	5	1	0.38	0.50
3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	8	2	0.63	0.75
4	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0.25	0.50
5	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	5	3	0.50	0.25
6	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	8	3	0.69	0.63
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	8	5	0.81	0.38
8	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	5	3	0.50	0.25
9	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	6	3	0.56	0.38
10	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	6	3	0.56	0.38
11	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	5	3	0.50	0.25
12	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	7	4	0.69	0.38
13	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	7	4	0.69	0.38
14	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0.38	0.50
15	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	5	3	0.50	0.25
16	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	4	1	0.31	0.38
17	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	4	2	0.38	0.25
18	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	7	5	0.75	0.25
19	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0.25	0.50
20	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	5	3	0.50	0.25
21	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	7	3	0.63	0.50
22	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	4	2	0.38	0.25
23	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	7	4	0.69	0.38
24	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	5	3	0.50	0.25
25	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7	4	0.69	0.38
26	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	8	2	0.63	0.75
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	8	4	0.75	0.50
28	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	7	4	0.69	0.38
29	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	5	3	0.50	0.25
30	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	5	3	0.50	0.25

ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย ของแบบวัดการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน

ข้อ	ผู้เรียนกลุ่มสูง(คนที่)								ผู้เรียนกลุ่มต่ำ(คนที่)								P_H	P_L	ค่าความ ยากง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8				
31	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	7	3	0.63	0.50
32	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	6	4	0.63	0.25
33	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	6	4	0.63	0.25
34	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	7	5	0.75	0.25
35	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	4	2	0.38	0.25
36	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	6	3	0.56	0.38
37	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	7	5	0.75	0.25
38	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	5	3	0.50	0.25
39	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	7	4	0.69	0.38
40	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	5	3	0.50	0.25

จากผลการวิเคราะห์พบว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง
 อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.81 และมี
 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.75

ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย ของแบบวัดการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สัดส่วน

ข้อ	ผู้เรียนกลุ่มสูง(คนที่)								ผู้เรียนกลุ่มต่ำ(คนที่)								P _H	P _L	ค่าความ ยากง่าย	ค่า อำนาจ จำแนก
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8				
1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	6	4	0.63	0.25
2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	7	4	0.69	0.38
3	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	7	4	0.69	0.38
4	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	5	3	0.50	0.25
5	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	7	4	0.69	0.38
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	8	4	0.75	0.50
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	8	5	0.81	0.38
8	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	7	4	0.69	0.38
9	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	7	4	0.69	0.38
10	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	8	6	0.88	0.25
11	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	6	3	0.56	0.38
12	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	7	4	0.69	0.38
13	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	5	2	0.44	0.38
14	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	1	0.31	0.38
15	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	4	2	0.38	0.25
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	8	3	0.69	0.63
17	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	0.25	0.25
18	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	5	3	0.50	0.25
19	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	5	2	0.44	0.38
20	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	4	2	0.38	0.25
21	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	6	4	0.63	0.25
22	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	6	2	0.50	0.50
23	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	7	3	0.63	0.50
24	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	6	4	0.63	0.25
25	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	5	3	0.50	0.25
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	8	5	0.81	0.38
27	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	6	4	0.63	0.25
28	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	5	3	0.50	0.25
29	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	5	3	0.50	0.25
30	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	6	2	0.50	0.50

ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย ของแบบวัดการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สัดส่วน

ข้อ	ผู้เรียนกลุ่มสูง(คนที่)								ผู้เรียนกลุ่มต่ำ(คนที่)								P_H	P_L	ค่าความ ยากง่าย	ค่า อำนาจ จำแนก
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8				
31	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	5	3	0.50	0.25
32	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	5	3	0.50	0.25
33	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	8	4	0.75	0.50
34	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	7	5	0.75	0.25
35	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	5	3	0.50	0.25
36	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	4	2	0.38	0.25
37	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	6	3	0.56	0.38
38	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	5	3	0.50	0.25
39	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	6	4	0.63	0.25
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	8	6	0.88	0.25

จากผลการวิเคราะห์พบว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง
 อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.88 และมี
 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.63

ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย ของแบบวัดการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ

ข้อ	ผู้เรียนกลุ่มสูง(คนที่)								ผู้เรียนกลุ่มต่ำ(คนที่)								P _H	P _L	ค่าความ ยากง่าย	ค่า อำนาจ จำแนก
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8				
1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	5	3	0.50	0.25
2	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	7	3	0.63	0.50
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	8	5	0.81	0.38
4	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	5	3	0.50	0.25
5	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	5	3	0.50	0.25
6	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	4	2	0.38	0.25
7	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	6	4	0.63	0.25
8	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	7	4	0.69	0.38
9	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	5	3	0.50	0.25
10	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	7	5	0.75	0.25
11	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	5	3	0.50	0.25
12	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	7	4	0.69	0.38
13	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	6	4	0.63	0.25
14	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	5	2	0.44	0.38
15	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4	1	0.31	0.38
16	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	7	5	0.75	0.25
17	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	7	3	0.63	0.50
18	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	4	2	0.38	0.25
19	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	7	4	0.69	0.38
20	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	5	3	0.50	0.25
21	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	1	0.31	0.38
22	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	5	3	0.50	0.25
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8	6	0.88	0.25
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	8	6	0.88	0.25
25	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	8	2	0.63	0.75
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	8	4	0.75	0.50
27	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	5	3	0.50	0.25
28	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	6	1	0.44	0.63
29	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	4	2	0.38	0.25
30	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	7	4	0.69	0.38
31	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	7	4	0.69	0.38
32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	8	5	0.81	0.38

ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย ของแบบวัดการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ

ข้อ	ผู้เรียนกลุ่มสูง(คนที่)								ผู้เรียนกลุ่มต่ำ(คนที่)								P _H	P _L	ค่าความ ยากง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8				
33	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	8	4	0.75	0.50
34	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	7	3	0.63	0.50
35	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	7	4	0.69	0.38
36	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	6	4	0.63	0.25
37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	8	4	0.75	0.50
38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	8	6	0.88	0.25
39	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	6	3	0.56	0.38
40	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	6	4	0.63	0.25
41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	8	5	0.81	0.38
42	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	1	0.31	0.38
43	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	5	3	0.50	0.25
44	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	7	4	0.69	0.38
45	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	7	5	0.75	0.25
46	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	4	2	0.38	0.25
47	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	6	4	0.63	0.25
48	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	8	6	0.88	0.25
49	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	7	5	0.75	0.25
50	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	7	5	0.75	0.25
51	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	8	3	0.69	0.63
52	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	8	4	0.75	0.50
53	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	8	5	0.81	0.38
54	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	8	3	0.69	0.63
55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	8	6	0.88	0.25
56	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	6	3	0.56	0.38
57	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	8	6	0.88	0.25
58	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	6	3	0.56	0.38
59	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	8	5	0.81	0.38
60	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	7	4	0.69	0.38

จากผลการวิเคราะห์พบว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง
 อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.31 – 0.88 และมี
 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.63

ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย
ของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

ข้อ	ผู้เรียนกลุ่มสูง(คนที่)								ผู้เรียนกลุ่มต่ำ(คนที่)								P _H	P _L	ค่าความ ยากง่าย	ค่า อำนาจ จำแนก
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8				
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	8	2	0.63	0.75
2	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	6	3	0.56	0.38
3	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	7	4	0.69	0.38
4	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	8	3	0.69	0.63
5	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	8	5	0.81	0.38
6	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	5	3	0.50	0.25
7	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0.25	0.25
8	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	4	2	0.38	0.25
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	8	5	0.81	0.38
10	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	7	4	0.69	0.38
11	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	5	3	0.50	0.25
12	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	7	4	0.69	0.38
13	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	6	4	0.63	0.25
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	8	5	0.81	0.38
15	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	6	4	0.63	0.25
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	8	5	0.81	0.38
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	8	5	0.81	0.38
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	8	4	0.75	0.50
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	8	5	0.81	0.38
20	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	6	3	0.56	0.38
21	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	7	3	0.63	0.50
22	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	7	5	0.75	0.25
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	8	6	0.88	0.25
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	8	4	0.75	0.50
25	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	7	3	0.63	0.50
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	8	5	0.81	0.38
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	8	6	0.88	0.25
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	8	4	0.75	0.50
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	8	4	0.75	0.50
30	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	7	5	0.75	0.25

ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย
ของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

ข้อ	ผู้เรียนกลุ่มสูง(คนที่)								ผู้เรียนกลุ่มต่ำ(คนที่)								P _H	P _L	ค่าความ ยากง่าย	ค่า อำนาจ จำแนก
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8				
31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	8	6	0.88	0.25
32	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	7	5	0.75	0.25
33	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	6	4	0.63	0.25
34	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	6	3	0.56	0.38
35	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	8	2	0.63	0.75
36	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	4	2	0.38	0.25
37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	8	5	0.81	0.38
38	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	1	0.31	0.38
39	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	6	3	0.56	0.38
40	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0.38	0.50
41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	8	5	0.81	0.38
42	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	5	2	0.44	0.38
43	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	7	3	0.63	0.50
44	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	6	4	0.63	0.25
45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	8	5	0.81	0.38
46	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	5	3	0.50	0.25
47	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	8	6	0.88	0.25
48	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	8	6	0.88	0.25
49	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	7	5	0.75	0.25
50	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	7	3	0.63	0.50
51	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	8	4	0.75	0.50
52	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	4	3	0.44	0.13
53	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	8	7	0.94	0.13
54	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8	7	0.94	0.13
55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	8	4	0.75	0.50
56	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	7	4	0.69	0.38
57	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	7	5	0.75	0.25
58	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	7	4	0.69	0.38
59	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	7	4	0.69	0.38
60	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	4	2	0.38	0.25

จากผลการวิเคราะห์พบว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.88 และมี ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.13 – 0.75



ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย ของแบบวัดการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย เรื่อง อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน

ข้อที่ 1

คะแนน	กลุ่มสูง		คะแนน	กลุ่มต่ำ	
	f	fx		f	fx
5	8	40	5	1	5
4	0	0	4	2	8
3	0	0	3	4	12
2	0	0	2	1	2
1	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0
รวม	8	40	รวม	8	27

$$\text{ค่าความยาก} = \frac{(S_H + S_L) - 2N(X_{Min})}{2N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าความยาก} &= \frac{(10+27)-(2 \times 8)(0)}{(2 \times 8)(5-0)} \\ &= \frac{54}{80} \\ &= 0.68 \end{aligned}$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 1 มีค่าความยาก เท่ากับ 0.68

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(S_H - S_L)}{N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มกลุ่ม

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\begin{aligned}\text{ค่าอำนาจจำแนก} &= \frac{(40-27)}{0(5-0)} \\ &= \frac{13}{40} \\ &= 0.33\end{aligned}$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 1 มีอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.33

ข้อที่ 2

คะแนน	กลุ่มสูง		คะแนน	กลุ่มต่ำ	
	f	fx		f	fx
5	8	40	5	0	0
4	0	0	4	0	0
3	0	0	3	0	0
2	0	0	2	0	0
1	0	0	1	5	5
0	0	0	0	3	0
รวม	8	40	รวม	8	5

$$\text{ค่าความยาก} = \frac{(S_H + S_L) - 2N(X_{Min})}{2N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มกลุ่ม

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\begin{aligned}\text{ค่าความยาก} &= \frac{(10+5)-(2 \times 8)(0)}{(2 \times 8)(5-0)} \\ &= \frac{45}{80} \\ &= 0.56\end{aligned}$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 2 มีค่าความยาก เท่ากับ 0.56

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(S_H - S_L)}{N(X_{\text{Max}} - X_{\text{Min}})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\begin{aligned}\text{ค่าอำนาจจำแนก} &= \frac{(40-5)}{8(5-0)} \\ &= \frac{35}{40} \\ &= 0.88\end{aligned}$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 2 มีอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.88

ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย ของแบบวัดการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย เรื่อง อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน

ข้อที่ 1

คะแนน	กลุ่มสูง		คะแนน	กลุ่มต่ำ	
	f	fx		f	fx
5	8	40	5	0	0
4	0	0	4	0	0
3	0	0	3	3	9
2	0	0	2	4	8
1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0
รวม	8	40	รวม	8	18

$$\text{ค่าความยาก} = \frac{(S_H + S_L) - 2N(X_{Min})}{2N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าความยาก} &= \frac{(40+18) - (2 \times 8)(0)}{(2 \times 8)(5-0)} \\ &= \frac{58}{80} \\ &= 0.73 \end{aligned}$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 1 มีค่าความยาก เท่ากับ 0.73

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(S_H - S_L)}{N(X_{\text{Max}} - X_{\text{Min}})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(40 - 10)}{8(5 - 0)}$$

$$= \frac{22}{40}$$

$$= 0.55$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 1 มีอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.55

ข้อที่ 2

คะแนน	กลุ่มสูง		คะแนน	กลุ่มต่ำ	
	f	fx		f	fx
5	8	40	5	0	0
4	0	0	4	0	0
3	0	0	3	0	0
2	0	0	2	7	14
1	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0
รวม	8	40	รวม	8	14

$$\text{ค่าความยาก} = \frac{(S_H + S_L) - 2N(X_{Min})}{2N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มกลุ่ม

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าความยาก} &= \frac{(40+14)-(2 \times 8)(0)}{(2 \times 8)(5-0)} \\ &= \frac{54}{80} \\ &= 0.68 \end{aligned}$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 2 มีค่าความยาก เท่ากับ 0.68

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(S_H - S_L)}{N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มกลุ่ม

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าอำนาจจำแนก} &= \frac{(40-14)}{8(5-0)} \\ &= \frac{26}{40} \end{aligned}$$

$$= 0.65$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 2 มีอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.65

ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย ของแบบวัดการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย เรื่อง สัดส่วน

ข้อที่ 1

คะแนน	กลุ่มสูง		คะแนน	กลุ่มต่ำ	
	f	fx		f	fx
5	8	40	5	0	0
4	0	0	4	2	8
3	0	0	3	4	12
2	0	0	2	2	0
1	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0
รวม	8	40	รวม	8	20

$$\text{ค่าความยาก} = \frac{(S_H + S_L) - 2N(X_{Min})}{2N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าความยาก} &= \frac{(40+20) - (2 \times 8)(0)}{(2 \times 8)(5-0)} \\ &= \frac{60}{80} \\ &= 0.75 \end{aligned}$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 1 มีค่าความยาก เท่ากับ 0.75

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(S_H - S_L)}{N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มกลุ่ม

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(40-20)}{0(5-0)}$$

$$= \frac{20}{40}$$

$$= 0.50$$

ข้อสอบัดนัยข้อที่ 1 มีอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.50

ข้อที่ 2

คะแนน	กลุ่มสูง		คะแนน	กลุ่มต่ำ	
	f	fx		f	fx
5	8	40	5	0	0
4	0	0	4	0	0
3	0	0	3	0	0
2	0	0	2	7	14
1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0
รวม	8	40	รวม	8	15

$$\text{ค่าความยาก} = \frac{(S_H + S_L) - 2N(X_{Min})}{2N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มกลุ่ม

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าความยาก} &= \frac{(40+15)-(2 \times 8)(0)}{(2 \times 8)(5-0)} \\ &= \frac{55}{80} \\ &= 0.69 \end{aligned}$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 2 มีค่าความยาก เท่ากับ 0.69

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(S_H - S_L)}{N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มกลุ่ม

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(40-15)}{8(5-0)}$$

$$= \frac{35}{40}$$

$$= 0.63$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 2 มีอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.63

ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย ของแบบวัดการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ

ข้อที่ 1

คะแนน	กลุ่มสูง		คะแนน	กลุ่มต่ำ	
	f	fx		f	fx
5	8	40	5	0	0
4	0	0	4	2	8
3	0	0	3	1	3
2	0	0	2	3	6
1	0	0	1	2	2
0	0	0	0	0	0
รวม	8	40	รวม	8	19

$$\text{ค่าความยาก} = \frac{(S_H + S_L) - 2N(X_{Min})}{2N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าความยาก} &= \frac{(40+19) - (2 \times 8)(0)}{(2 \times 8)(5-0)} \\ &= \frac{59}{80} \\ &= 0.74 \end{aligned}$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 1 มีค่าความยาก เท่ากับ 0.74

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(S_H - S_L)}{N(X_{\text{Max}} - X_{\text{Min}})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(40 - 19)}{8(5 - 0)}$$

$$= \frac{21}{40}$$

$$= 0.53$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 1 มีอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.53

ข้อที่ 2

คะแนน	กลุ่มสูง		คะแนน	กลุ่มต่ำ	
	f	fx		f	fx
5	8	40	5	0	0
4	0	0	4	5	20
3	0	0	3	3	9
2	0	0	2	0	0
1	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0
รวม	8	40	รวม	8	29

$$\text{ค่าความยาก} = \frac{(S_H + S_L) - 2N(X_{Min})}{2N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าความยาก} &= \frac{(40+29)-(2 \times 8)(0)}{(2 \times 8)(5-0)} \\ &= \frac{69}{80} \\ &= 0.86 \end{aligned}$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 2 มีค่าความยาก เท่ากับ 0.86

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(S_H - S_L)}{N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าอำนาจจำแนก} &= \frac{(40-29)}{8(5-0)} \\ &= \frac{11}{40} \end{aligned}$$

$$= 0.28$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 2 มีอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.28

ข้อที่ 3

คะแนน	กลุ่มสูง		คะแนน	กลุ่มต่ำ	
	f	fx		f	fx
5	8	40	5	0	0
4	0	0	4	0	0
3	0	0	3	5	15
2	0	0	2	2	4
1	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0
รวม	8	40	รวม	8	19

$$\text{ค่าความยาก} = \frac{(S_H + S_L) - 2N(X_{Min})}{2N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าความยาก} &= \frac{(40+19) - (2 \times 8)(0)}{(2 \times 8)(5-0)} \\ &= \frac{59}{80} \\ &= 0.74 \end{aligned}$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 3 มีค่าความยาก เท่ากับ 0.74

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(S_H - S_L)}{N(X_{\text{Max}} - X_{\text{Min}})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(40 - 19)}{8(5 - 0)}$$

$$= \frac{21}{40}$$

$$= 0.53$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 3 มีอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.53

ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยากง่าย ของแบบวัดการคิดอย่างมี
 วิจารณญาณทางคณิตศาสตร์แบบอัตนัย

ข้อที่ 1

คะแนน	กลุ่มสูง		คะแนน	กลุ่มต่ำ	
	f	fx		f	fx
5	8	40	5	0	0
4	0	0	4	4	16
3	0	0	3	0	0
2	0	0	2	1	2
1	0	0	1	3	3
0	0	0	0	0	0
รวม	8	40	รวม	8	21

$$\text{ค่าความยาก} = \frac{(S_H + S_L) - 2N(X_{Min})}{2N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าความยาก} &= \frac{(40+21)-(2 \times 8)(0)}{(2 \times 8)(5-0)} \\ &= \frac{61}{80} \\ &= 0.76 \end{aligned}$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 1 มีค่าความยาก เท่ากับ 0.76

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(S_H - S_L)}{N(X_{\text{Max}} - X_{\text{Min}})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(40 - 21)}{8(5 - 0)}$$

$$= \frac{19}{40}$$

$$= 0.48$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 1 มีอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.48

ข้อที่ 2

คะแนน	กลุ่มสูง		คะแนน	กลุ่มต่ำ	
	f	fx		f	fx
5	8	40	5	0	0
4	0	0	4	0	0
3	0	0	3	5	15
2	0	0	2	2	4
1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0
รวม	8	40	รวม	8	20

$$\text{ค่าความยาก} = \frac{(S_H + S_L) - 2N(X_{Min})}{2N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าความยาก} &= \frac{(40+20)-(2 \times 8)(0)}{(2 \times 8)(5-0)} \\ &= \frac{60}{80} \\ &= 0.75 \end{aligned}$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 2 มีค่าความยาก เท่ากับ 0.75

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(S_H - S_L)}{N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าอำนาจจำแนก} &= \frac{(40-20)}{8(5-0)} \\ &= \frac{20}{40} \end{aligned}$$

$$= 0.50$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 2 มีอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.50

ข้อที่ 3

คะแนน	กลุ่มสูง		คะแนน	กลุ่มต่ำ	
	f	fx		f	fx
5	8	40	5	0	0
4	0	0	4	0	0
3	0	0	3	3	9
2	0	0	2	4	8
1	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0
รวม	8	40	รวม	8	18

$$\text{ค่าความยาก} = \frac{(S_H + S_L) - 2N(X_{Min})}{2N(X_{Max} - X_{Min})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มต่ำ

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\begin{aligned} \text{ค่าความยาก} &= \frac{(40+18)-(2 \times 8)(0)}{(2 \times 8)(5-0)} \\ &= \frac{58}{80} \\ &= 0.73 \end{aligned}$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 3 มีค่าความยาก เท่ากับ 0.73

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(S_H - S_L)}{N(X_{\text{Max}} - X_{\text{Min}})}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

S_H แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มสูง

S_L แทน ผลรวมคะแนนกลุ่มกลุ่ม

X_{Max} แทน คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้

X_{Min} แทน คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{(40 - 18)}{8(5 - 0)}$$

$$= \frac{22}{40}$$

$$= 0.55$$

ข้อสอบอัตนัยข้อที่ 2 มีอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.55

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เรื่อง อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน

ข้อ ที่	คนที่																														p	q	pq		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30					
1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0.63	0.37	0.23		
2	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0.60	0.40	0.24	
3	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0.80	0.20	0.16	
4	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0.53	0.47	0.25		
5	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0.70	0.30	0.21	
6	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0.50	0.50	0.25
7	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.83	0.17	0.14
8	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0.63	0.37	0.23
9	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.70	0.30	0.21
10	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.77	0.23	0.18
11	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0.63	0.37	0.23		
12	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0.63	0.37	0.23
13	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0.60	0.40	0.24	
14	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0.63	0.37	0.23	
15	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0.53	0.47	0.25	
16	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0.60	0.40	0.24	
17	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0.60	0.40	0.24		
18	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0.50	0.50	0.25		
19	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0.50	0.50	0.25		
20	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0.60	0.40	0.24	

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เรื่อง อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน

ข้อที่	คนที่																														p	q	pq	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
21	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0.60	0.40	0.24	
22	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0.67	0.33	0.22	
23	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0.73	0.27	0.20	
24	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0.63	0.37	0.23	
25	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0.47	0.53	0.25	
26	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0.70	0.30	0.21	
27	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0.63	0.37	0.23	
28	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0.80	0.20	0.16	
29	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0.67	0.33	0.22	
30	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0.70	0.30	0.21	
31	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0.53	0.47	0.25	
32	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0.53	0.47	0.25	
33	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0.43	0.57	0.25
34	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0.53	0.47	0.25	
35	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.27	0.73	0.20	
36	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0.67	0.33	0.22	
37	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0.50	0.50	0.25	
38	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0.53	0.47	0.25	
39	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0.67	0.33	0.22	
40	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0.43	0.57	0.25	
รวม	28	15	11	26	25	32	23	33	16	28	26	9	13	25	30	15	31	15	30	28	32	27	21	28	27	27	31	31	29	15	-	-	9.06	

สูตรการคำนวณค่าความเชื่อมั่น

$$r_{tt} = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{s^2} \right]$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบวัด
	K	แทน	จำนวนคำถาม
	P	แทน	สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ
	q	แทน	สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ ($q=1-p$)
	S^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

ค่าสถิติเบื้องต้นที่ใช้คำนวณตามสูตรเป็น ดังนี้

$$K = 30$$

$$\sum pq = 9.06$$

$$S^2 = 50.53$$

สามารถคำนวณค่าความเชื่อมั่นได้ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{30}{30-1} \left[1 - \frac{9.06}{50.53} \right]$$

$$r_{tt} = 0.85$$

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เรื่อง อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน

ข้อ ที่	คนที่																														p	q	pq	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0.30	0.70	0.21	
2	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0.40	0.60	0.24	
3	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0.73	0.27	0.20	
4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0.30	0.70	0.21	
5	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0.63	0.37	0.23	
6	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0.70	0.30	0.21
7	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0.77	0.23	0.18
8	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0.63	0.37	0.23
9	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0.57	0.43	0.25	
10	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0.70	0.30	0.21	
11	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0.53	0.47	0.25
12	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0.60	0.40	0.24	
13	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0.67	0.33	0.22
14	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0.47	0.53	0.25	
15	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0.43	0.57	0.25	
16	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0.27	0.73	0.20	
17	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0.33	0.67	0.22	
18	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0.70	0.30	0.21	
20	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0.60	0.40	0.24		

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เรื่อง อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน

ข้อที่	คนที่																														p	q	pq	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
21	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0.67	0.33	0.22	
22	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0.33	0.67	0.22	
23	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0.67	0.33	0.22
24	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0.60	0.40	0.24
25	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0.77	0.23	0.18
26	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0.73	0.27	0.20
27	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0.77	0.23	0.18
28	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0.63	0.37	0.23
29	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0.57	0.43	0.25
30	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0.53	0.47	0.25
31	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0.67	0.33	0.22	
32	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0.73	0.27	0.20
33	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0.63	0.37	0.23
34	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0.60	0.40	0.24
35	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.43	0.57	0.25
36	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0.57	0.43	0.25
37	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0.80	0.20	0.16
38	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0.43	0.57	0.25	
39	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0.77	0.23	0.18	
40	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0.53	0.47	0.25
รวม	21	29	26	21	25	17	24	29	24	29	25	26	13	26	31	16	10	17	25	29	26	30	16	30	17	28	12	25	24	26	-	-	8.89	

สูตรการคำนวณค่าความเชื่อมั่น

$$r_{tt} = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{s^2} \right]$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบวัด
	K	แทน	จำนวนคำถาม
	P	แทน	สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ
	q	แทน	สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ ($q=1-p$)
	S^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

ค่าสถิติเบื้องต้นที่ใช้คำนวณตามสูตรเป็น ดังนี้

$$\begin{aligned} K &= 30 \\ \sum pq &= 8.89 \\ S^2 &= 34.39 \end{aligned}$$

สามารถคำนวณค่าความเชื่อมั่นได้ดังนี้

$$\begin{aligned} r_{tt} &= \frac{30}{30-1} \left[1 - \frac{8.89}{34.39} \right] \\ r_{tt} &= 0.76 \end{aligned}$$

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.76

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เรื่อง สัดส่วน

ข้อ ที่	คนที่																														p	q	pq	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0.67	0.33	0.22	
2	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0.73	0.27	0.20	
3	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.77	0.23	0.18	
4	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0.60	0.40	0.24	
5	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0.80	0.20	0.16	
6	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0.80	0.20	0.16	
7	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0.73	0.27	0.20	
8	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0.67	0.33	0.22	
9	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0.67	0.33	0.22	
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0.90	0.10	0.09	
11	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0.67	0.33	0.22	
12	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0.63	0.37	0.23	
13	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0.47	0.53	0.25
14	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0.30	0.70	0.21
15	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0.40	0.60	0.24
16	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0.80	0.20	0.16	
17	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0.37	0.63	0.23	
18	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0.43	0.57	0.25	
19	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.40	0.60	0.24	
20	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0.37	0.63	0.23	

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เรื่อง สัดส่วน

ข้อที่	คนที่																														p	q	pq
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
21	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0.67	0.33	0.22
22	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0.57	0.43	0.25
23	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0.73	0.27	0.20

25	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0.57	0.43	0.25	
26	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0.83	0.17	0.14
27	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0.63	0.37	0.23
28	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0.50	0.50	0.25
29	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0.60	0.40	0.24
30	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0.67	0.33	0.22	
31	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0.53	0.47	0.25	
32	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.67	0.33	0.22
33	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0.63	0.37	0.23
34	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0.67	0.33	0.22
35	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0.57	0.43	0.25	
36	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0.43	0.57	0.25
37	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0.63	0.37	0.23	
38	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0.50	0.50	0.25	
39	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0.63	0.37	0.23	
40	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0.77	0.23	0.18	

รวม	28	18	25	26	26	17	27	28	16	27	23	32	28	25	19	31	29	33	31	28	13	19	25	28	18	27	28	14	26	24	-	-	8.67
-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	------



สูตรการคำนวณค่าความเชื่อมั่น

$$r_{tt} = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{s^2} \right]$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบวัด
	K	แทน	จำนวนคำถาม
	P	แทน	สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ
	q	แทน	สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ (q=1-p)
	S^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

ค่าสถิติเบื้องต้นที่ใช้คำนวณตามสูตรเป็น ดังนี้

$$K = 30$$

$$\sum pq = 8.67$$

$$S^2 = 29.34$$

สามารถคำนวณค่าความเชื่อมั่นได้ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{30}{30-1} \left[1 - \frac{8.67}{29.34} \right]$$

$$r_{tt} = 0.73$$

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.73

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ

ข้อ ที่	คนที่																														p	q	pq	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0.47	0.53	0.25	
2	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0.67	0.33	0.22	
3	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.80	0.20	0.16	
4	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0.60	0.40	0.24	
5	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0.57	0.43	0.25	
6	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0.53	0.47	0.25	
7	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0.63	0.37	0.23
8	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0.70	0.30	0.21	
9	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.73	0.27	0.20	
10	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0.67	0.33	0.22	
11	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0.57	0.43	0.25	
12	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0.73	0.27	0.20	
13	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0.73	0.27	0.20
14	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0.57	0.43	0.25
15	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0.33	0.67	0.22	
16	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0.70	0.30	0.21	
17	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0.73	0.27	0.20	
18	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0.47	0.53	0.25	
19	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0.63	0.37	0.23	
20	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0.60	0.40	0.24	

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ

ข้อที่	คนที่																														p	q	pq	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
21	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0.43	0.57	0.25	
22	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0.43	0.57	0.25	
23	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0.87	0.13	0.12	
24	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0.83	0.17	0.14	
26	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0.73	0.27	0.20		
27	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0.60	0.40	0.24	
28	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.37	0.63	0.23	
29	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0.30	0.70	0.21	
30	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0.67	0.33	0.22	
31	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0.73	0.27	0.20	
32	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0.77	0.23	0.18
33	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0.83	0.17	0.14	
34	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0.73	0.27	0.20	
35	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0.80	0.20	0.16	
36	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0.77	0.23	0.18	
37	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0.60	0.40	0.24	
38	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0.77	0.23	0.18	
39	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0.63	0.37	0.23	
40	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0.67	0.33	0.22	

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ

ข้อ พิน.	คนที่																												p	q	p q		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28				29	30
41	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	6
42	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	7	5
43	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	7	3	5	
44	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	3	7	3	
45	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	7	3	8

[illegible]

สูตรการคำนวณค่าความเชื่อมั่น

$$r_{tt} = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{s^2} \right]$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบวัด
	K	แทน	จำนวนคำถาม
	P	แทน	สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ
	q	แทน	สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ ($q=1-p$)
	S^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

ค่าสถิติเบื้องต้นที่ใช้คำนวณตามสูตรเป็น ดังนี้

$$\begin{aligned} K &= 30 \\ \sum pq &= 12.04 \\ S^2 &= 77.35 \end{aligned}$$

สามารถคำนวณค่าความเชื่อมั่นได้ดังนี้

$$\begin{aligned} r_{tt} &= \frac{30}{30-1} \left[1 - \frac{12.04}{77.35} \right] \\ r_{tt} &= 0.87 \end{aligned}$$

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

ข้อ ที่	คนที่																														p	q	pq	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0.70	0.30	0.21		
2	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0.57	0.43	0.25	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0.80	0.20	0.16	
4	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0.80	0.20	0.16	
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0.87	0.13	0.12	
6	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0.57	0.43	0.25
7	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0.33	0.67	0.22	
8	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0.53	0.47	0.25	
9	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0.80	0.20	0.16	
10	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0.83	0.17	0.14	
11	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0.60	0.40	0.24	
12	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0.60	0.40	0.24	
13	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0.63	0.37	0.23	
14	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0.90	0.10	0.09	
15	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0.60	0.40	0.24	
16	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0.80	0.20	0.16	
17	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0.80	0.20	0.16	
18	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0.77	0.23	0.18	
19	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0.80	0.20	0.16	
20	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0.67	0.33	0.22	

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

ข้อที่	คนที่																														p	q	pq	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
21	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0.70	0.30	0.21	
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0.87	0.13	0.12	
23	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0.93	0.07	0.06	
24	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0.87	0.13	0.12	
25	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0.73	0.27	0.20
26	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.87	0.13	0.12	
27	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0.93	0.07	0.06	
29	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0.77	0.23	0.18		
30	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0.80	0.20	0.16	
31	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0.93	0.07	0.06	
32	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0.83	0.17	0.14	
33	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0.77	0.23	0.18	
34	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0.73	0.27	0.20	
35	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0.80	0.20	0.16	
36	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0.37	0.63	0.23	
37	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0.83	0.17	0.14	
38	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.33	0.67	0.22	
39	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0.53	0.47	0.25	
40	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0.47	0.53	0.25	

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

ข้อที่	คนที่																														p	q	pq
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
41	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0.77	0.23	0.18
42	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0.60	0.40	0.24
43	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0.60	0.40	0.24
44	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0.73	0.27	0.20
45	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0.90	0.10	0.09
46	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0.50	0.50	0.25
47	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.83	0.17	0.14
48	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0.83	0.17	0.14
49	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0.83	0.17	0.14
50	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0.63	0.37	0.23
51	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0.73	0.27	0.20
52	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0.50	0.50	0.25
53	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.97	0.03	0.03
54	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0.87	0.13	0.12
55	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0.73	0.27	0.20
56	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0.63	0.37	0.23
57	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0.67	0.33	0.22
58	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0.67	0.33	0.22
59	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0.70	0.30	0.21
60	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0.37	0.63	0.23
รวม	46	45	45	51	47	35	17	54	43	47	42	52	50	48	50	37	47	49	36	47	51	46	35	52	48	27	17	33	46	43			10.80

สูตรการคำนวณค่าความเชื่อมั่น

$$r_{tt} = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right]$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบวัด
	K	แทน	จำนวนคำถาม
	P	แทน	สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ
	q	แทน	สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ ($q=1-p$)
	S^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

ค่าสถิติเบื้องต้นที่ใช้คำนวณตามสูตรเป็น ดังนี้

$$\begin{aligned} K &= 30 \\ \sum pq &= 10.80 \\ S^2 &= 90.19 \end{aligned}$$

สามารถคำนวณค่าความเชื่อมั่นได้ดังนี้

$$\begin{aligned} r_{tt} &= \frac{30}{30-1} \left[1 - \frac{10.80}{90.19} \right] \\ r_{tt} &= 0.91 \end{aligned}$$

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
แบบอัตนัย เรื่อง อัตราส่วนและอัตราส่วนที่เท่ากัน

คนที่	ข้อ1	ข้อ2	x	X ²
1	5	5	10	100
2	5	5	10	100
3	5	5	10	100
4	5	5	10	100
5	5	5	10	100
6	5	5	10	100
7	5	5	10	100
8	5	5	10	100
9	5	5	10	100
10	5	5	10	100
11	5	5	10	100
12	5	5	10	100
13	5	5	10	100
14	4	4	8	64
15	4	4	8	64
16	4	3	7	49
17	4	3	7	49
18	3	2	5	25
19	3	2	5	25
20	3	2	5	25
21	3	2	5	25
22	3	0	3	9
23	2	1	3	9
24	2	1	3	9
25	2	1	3	9
26	1	1	2	4
27	1	1	2	4
28	1	0	1	1
29	1	0	1	1
30	0	0	0	0
Σx	106	92	$\Sigma x = 198$	$\Sigma x^2 = 1672$
S_1^2	3.53	3.07	$\Sigma S_1^2 = 6.60$	

$$S_t^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N^2}$$

$$S_t^2 = \frac{30(1672) - (198)^2}{30^2}$$

$$= \frac{50160 - 39204}{900}$$

$$= 12.17$$

$$\text{ค่าความเชื่อมั่น} = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum S_1^2}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ k แทน จำนวนคำถาม

S_1^2 แทน ความแปรปรวนรายข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนทั้งฉบับ

$$\text{ค่าความเชื่อมั่น} = \left(\frac{2}{2-1} \right) \left(1 - \frac{6.60}{12.17} \right)$$

$$= 0.92$$

ความเชื่อมั่นของแบบวัด เท่ากับ 0.92

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
แบบอัตนัย เรื่อง อัตราส่วนต่อเนื่องหลายๆ จำนวน

คนที่	ข้อ1	ข้อ2	x	X ²
1	5	5	10	100
2	5	5	10	100
3	5	5	10	100
4	5	5	10	100
5	5	5	10	100
6	5	5	10	100
7	5	5	10	100
8	5	5	10	100
9	5	4	9	81
10	5	4	9	81
11	5	3	8	64
12	5	3	8	64
13	4	3	7	49
14	4	3	7	49
15	4	3	7	49
16	4	3	7	49
17	3	3	6	36
18	3	3	6	36
19	3	3	6	36
20	3	3	6	36
21	3	2	5	25
22	3	2	5	25
23	3	2	5	25
24	3	2	5	25
25	3	2	5	25
26	2	2	4	16
27	2	2	4	16
28	2	2	4	16
29	2	2	4	16
30	1	0	1	1
$\sum x$	112	96	$\sum x = 208$	$\sum x^2 = 1620$
S_1^2	3.73	3.2	$\sum s_i^2 = 6.93$	

$$\begin{aligned}
 S_t^2 &= \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N^2} \\
 S_t^2 &= \frac{30(1620) - (112)^2}{30^2} \\
 &= \frac{50733 - 12544}{900} \\
 &= 42.43
 \end{aligned}$$

$$\text{ค่าความเชื่อมั่น} = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum S_1^2}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ k แทน จำนวนคำถาม

S_1^2 แทน ความแปรปรวนรายข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนทั้งฉบับ

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าความเชื่อมั่น} &= \left(\frac{2}{2-1} \right) \left(1 - \frac{6.93}{42.43} \right) \\
 &= 1.67
 \end{aligned}$$

ความเชื่อมั่นของแบบวัด เท่ากับ 1.67

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
แบบอัตร้อย เรื่อง สัดส่วน

คนที่	ข้อ1	ข้อ2	x	X ²
1	5	5	10	100
2	5	5	10	100
3	5	5	10	100
4	5	5	10	100
5	5	5	10	100
6	5	5	10	100
7	5	5	10	100
8	5	5	10	100
9	5	5	10	100
10	5	5	10	100
11	5	5	10	100
12	5	5	10	100
13	5	4	9	81
14	5	4	9	81
15	5	4	9	81
16	5	4	9	81
17	5	4	9	81
18	5	4	9	81
19	5	3	8	64
20	5	3	8	64
21	4	3	7	49
22	4	2	6	36
23	4	2	6	36
24	4	2	6	36
25	3	2	5	25
26	3	2	5	25
27	3	2	5	25
28	3	2	5	25
29	2	2	4	16
30	2	1	3	9
$\sum x$	132	110	$\sum x = 242$	$\sum x^2 = 2096$
s_i^2	4.4	3.67	$\sum s_i^2 =$ 8.07	

$$S_t^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N^2}$$

$$S_t^2 = \frac{30(2096) - (242)^2}{30^2}$$

$$S_t^2 = \frac{62880 - 5864}{900}$$

$$S_t^2 = 63.35$$

$$\text{ค่าความเชื่อมั่น} = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum S_1^2}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ k แทน จำนวนคำถาม

S_1^2 แทน ความแปรปรวนรายข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนทั้งฉบับ

$$\begin{aligned} \text{ค่าความเชื่อมั่น} &= \left(\frac{2}{2-1} \right) \left(1 - \frac{8.07}{63.35} \right) \\ &= 1.74 \end{aligned}$$

ความเชื่อมั่นของแบบวัด เท่ากับ 1.74

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์
แบบอัตนัย เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ

คนที่	ข้อ1	ข้อ2	ข้อ3	x	X^2
1	5	5	5	15	225
2	5	5	5	15	225
3	5	5	5	15	225
4	5	5	5	15	225
5	5	5	5	15	225
6	5	4	4	13	169
7	5	4	3	12	144
8	5	3	3	11	121
9	5	3	3	11	121
10	4	3	4	11	121
11	4	3	4	11	121
12	4	3	4	11	121
13	5	3	3	11	121
14	5	3	3	11	121
15	4	3	2	9	81
16	4	2	2	8	64
17	4	2	2	8	64
18	3	2	3	8	64
19	3	2	3	8	64
20	3	2	2	7	49
21	3	2	2	7	49
22	3	2	2	7	49
23	3	2	2	7	49
24	2	2	2	6	36
25	2	1	1	4	16
26	2	1	1	4	16
27	2	1	1	4	16
28	2	1	1	4	16
29	1	1	1	3	9
30	1	1	0	2	4
Σx	109	81	83	$\Sigma x = 273$	$\Sigma x^2 = 2931$
S_1^2	3.63	2.70	2.77	$\Sigma s_i^2 = 9.10$	

$$S_t^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N^2}$$

$$S_t^2 = \frac{30(2981) - (278)^2}{30^2}$$

$$= \frac{87930 - 77284}{900}$$

$$= 14.89$$

$$\text{ค่าความเชื่อมั่น} = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ k แทน จำนวนคำถาม

S_i^2 แทน ความแปรปรวนรายข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนทั้งฉบับ

$$\text{ค่าความเชื่อมั่น} = \left(\frac{3}{3-1} \right) \left(1 - \frac{9.10}{14.89} \right)$$

$$= 0.59$$

ความเชื่อมั่นของแบบวัด เท่ากับ 0.59

ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์

แบบอัตนัย

คนที่	ข้อ1	ข้อ2	ข้อ3	x	X ²
1	5	5	3	13	169
2	5	5	3	13	169
3	5	5	3	13	169
4	5	5	3	13	169
5	5	5	3	13	169
6	5	5	3	13	169
7	5	4	3	12	144
8	5	4	3	12	144
9	5	4	3	12	144
10	5	5	2	12	144
11	5	3	3	11	121
12	5	3	3	11	121
13	5	3	3	11	121
14	5	4	2	11	121
15	5	4	3	12	144
16	4	3	2	9	81
17	5	2	2	9	81
18	4	2	2	8	64
19	4	2	2	8	64
20	4	2	1	7	49
21	3	2	1	6	36
22	3	2	1	6	36
23	3	2	1	6	36
24	3	1	1	5	25
25	3	1	1	5	25
26	3	1	1	5	25
27	2	2	1	5	25
28	1	2	1	4	16
29	1	1	2	4	16
30	1	1	1	3	9
Σx	119	90	63	$\Sigma x = 272$	$\Sigma x^2 = 2806$
S_1^2	3.97	3.00	2.10	$\Sigma S_1^2 = 9.07$	

$$S_t^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N^2}$$

$$S_t^2 = \frac{30(2806) - (272)^2}{30^2}$$

$$= \frac{84180 - 73984}{900}$$

$$= 11.33$$

$$\text{ค่าความเชื่อมั่น} = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum S_1^2}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ k แทน จำนวนคำถาม

S_1^2 แทน ความแปรปรวนรายข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนทั้งฉบับ

$$\text{ค่าความเชื่อมั่น} = \left(\frac{3}{3-1} \right) \left(1 - \frac{9.07}{11.33} \right)$$

$$= 0.30$$

ความเชื่อมั่นของแบบวัด เท่ากับ 0.30

ประวัติย่อผู้วิจัย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวพชรภรณ์ เชียงสิน
วันเดือนปีเกิด	3 ธันวาคม พ.ศ.2524
ภูมิลำเนา	อำเภอเนินขาม จังหวัดชัยนาท
ที่อยู่ปัจจุบัน	99/51 ม.3 ต.บึงสนั่น อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี
ตำแหน่งปัจจุบัน	ครู คศ. 1
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนธัญรัตน์ สพม.4 จ.ปทุมธานี
ประวัติการศึกษา	

พ.ศ.2543

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

จาก โรงเรียนเซนโยเซฟต์ นครสวรรค์

พ.ศ.2546

ครุศาสตร์บัณฑิต (คณิตศาสตร์) คณะครุศาสตร์

จาก สถาบันราชภัฏวไลยอลงกรณ์

พ.ศ.2552

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิจัยพฤติกรรมศาสตร์)

สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ประยุกต์

จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

พ.ศ.2560

ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร)

จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ