

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับ
ทางปัญญามีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมี
วิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2



นางสาวมณฑนา พรหมรักษ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556


ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

EFFECTS OF ORGANIZING MATHEMATICS LEARNING ACTIVITIES USING THE
PROBLEM SOLVING MODEL OF METACOGNITIVE PROCESS ON MATHEMATICS
PROBLEM SOLVING AND CRITICAL THINKING ABILITIES OF EIGHTH GRADE STUDENTS



Miss Mantana Promrak

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Mathematics Education

Department of Curriculum and Instruction

Faculty of Education

Chulalongkorn University

Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดล
การแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อ
ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และ
ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน
มัธยมศึกษาปีที่ 2

โดย

นางสาวมณฑนา พรหมรักษ์

สาขาวิชา

การศึกษาคณิตศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิตา รักษ์พลเมือง)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมยศ ชิตมงคล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ พร้อมพรรณ อุทุมสิน)

มณฑนา พรหมรักษ์ : ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2. (EFFECTS OF ORGANIZING MATHEMATICS LEARNING ACTIVITIES USING THE PROBLEM SOLVING MODEL OF METACOGNITIVE PROCESS ON MATHEMATICS PROBLEM SOLVING AND CRITICAL THINKING ABILITIES OF EIGHTH GRADE STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.อัมพร ม้าคอง, 220 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญากับการเรียนแบบปกติ 3) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา 4) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญากับการเรียนแบบปกติ และ 5) เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนหอวัง จำนวน 108 คน โดยนักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาและนักเรียนกลุ่มควบคุมได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ 1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และ 2) แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า

1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5) นักเรียนกลุ่มทดลองมีพัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปในทางที่ดีขึ้น

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา การศึกษาคณิตศาสตร์

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2556

5383388927 : MAJOR MATHEMATICS EDUCATION

KEYWORDS: PROBLEM SOLVING MODEL OF METACOGNITIVE PROCESS / MATHEMATICS

PROBLEM SOLVING ABILITY / CRITICAL THINKING ABILITY

MANTANA PROMRAK: EFFECTS OF ORGANIZING MATHEMATICS LEARNING ACTIVITIES USING THE PROBLEM SOLVING MODEL OF METACOGNITIVE PROCESS ON MATHEMATICS PROBLEM SOLVING AND CRITICAL THINKING ABILITIES OF EIGHTH GRADE STUDENTS. ADVISOR: ASSOC. PROF. AUMPORN MAKANONG, Ph.D., 220 pp.

The purposes of this research were 1) to compare mathematics problem solving abilities of students before and after being taught by organizing mathematics learning activities using the problem solving model of metacognitive process; 2) to compare mathematics problem solving abilities of students being taught by organizing mathematics learning activities using the problem solving model of metacognitive process and those being taught by a conventional approach; 3) to compare critical thinking abilities of students before and after being taught by organizing mathematics learning activities using the problem solving model of metacognitive process; 4) to compare critical thinking abilities of students being taught by organizing mathematics learning activities using the problem solving model of metacognitive process and those being taught by the conventional approach; and 5) to study mathematics problem solving and critical thinking abilities of students being taught using the problem solving model of metacognitive process. The subjects were 108 eighth grade students at Horwang School, in the first semester of the academic year 2013. The experimental group was taught by using the problem solving model of metacognitive process, while the control group was taught by the conventional approach. The instruments of data collection were 1) Mathematics problem solving ability test; and 2) Critical thinking ability test

The result of the study revealed that

1) Mathematics problem solving abilities of students in the experimental group, after the experiment, were statistically higher than those before, at the .05 level of significance.

2) Mathematics problem solving abilities of students in the experimental group were higher than those of students in the control group at the .05 level of significance.

3) Critical thinking abilities of students in the experimental group, after the experiment, were statistically higher than those before, at the .05 level of significance.

4) Critical thinking abilities of students in the experimental group were higher than those of students in the control group at the .05 level of significance

5) Mathematics problem solving and critical thinking abilities of students in the experimental group were developed in positive direction

Department: Curriculum and Instruction Student's Signature

Field of Study: Mathematics Education Advisor's Signature

Academic Year: 2013

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และตรวจแก้ไขความบกพร่องของวิทยานิพนธ์อย่างดียิ่ง รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง และขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมยศ ชิดมงคล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และและรองศาสตราจารย์พร้อมพรรณ อุดมสิน กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาหลักสูตรและการสอนที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่าง ๆ ให้แก่ผู้วิจัย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่กรุณาเสียสละเวลาตรวจพิจารณาให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ในการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะครู ผู้บริหาร และนักเรียนโรงเรียนหอวัง กรุงเทพมหานคร เป็นอย่างยิ่ง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณรุ่นพี่นิสิตบัณฑิตศึกษาและเพื่อนๆ สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความสนใจและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัวพรมรักษ์และครอบครัวช่วยบำรุงที่ให้ความรักความอบอุ่น คอยเป็นกำลังใจที่สำคัญยิ่งตลอดมา ทั้งยังให้การสนับสนุนการศึกษาในระดับปริญญาโทมาโดยตลอด จนกระทั่งประสบความสำเร็จดังเช่นทุกวันนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามวิจัย.....	5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	6
สมมติฐานของการวิจัย.....	6
ขอบเขตของการวิจัย.....	8
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	9
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	13
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
1. การกำกับทางปัญญา.....	15
1.1 ความหมายของการกำกับทางปัญญา.....	15
1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการกำกับทางปัญญา.....	16
1.2.1 ทฤษฎีประมวลผลข้อมูล (Information Processing Theory).....	16
1.2.2 ทฤษฎีสติปัญญาสามศร (A Triarchic Theory of Human Intelligence)....	18
1.3 องค์ประกอบของการกำกับทางปัญญา.....	19
1.4 การพัฒนาการกำกับทางปัญญา.....	24
1.5 การวัดและประเมินการกำกับทางปัญญา.....	27
2. การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....	32
2.1 ความหมายของปัญหาคณิตศาสตร์.....	32
2.2 ประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์.....	33
2.3 ลักษณะของปัญหาคณิตศาสตร์ที่ดี.....	36

2.4 ความหมายของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....	39
2.5 กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	40
2.6 ยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....	47
2.7 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....	52
2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....	53
2.9 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	56
2.10 การวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.....	64
3. โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา	67
4. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ	75
4.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	75
4.2 องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	78
4.3 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	81
4.4 ลักษณะของบุคคลที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	84
4.5 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	88
4.6 การวัดและประเมินความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....	92
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	96
5.1 งานวิจัยต่างประเทศ	96
5.2 งานวิจัยในประเทศ	98
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	102
1. การศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	102
2. การออกแบบการวิจัย.....	103
3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	104
4. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	105
4.1 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	105
4.1.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้น กระบวนการกำกับทางปัญญา	107
4.1.2 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ.....	109
4.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	115

4.2.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	115
4.2.2 แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	122
5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	128
6. การวิเคราะห์ข้อมูล	130
6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ	130
6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ	131
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย	131
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	132
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ	133
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ	136
2.1 ข้อมูลทั่วไป	136
2.1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโรงเรียน	136
2.1.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับครู	136
2.1.3 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับนักเรียน	137
2.1.4 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับชุมชน	137
2.2 พฤติกรรมการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	138
2.3 พัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง	143
2.4 พัฒนาการของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มทดลอง	155
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	161
สรุปผลการวิจัย	165
อภิปรายผลการวิจัย	166
ข้อเสนอแนะ	171
ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้	171
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป	172
รายการอ้างอิง	173
ภาคผนวก	182
ภาคผนวก ก รายนามของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย	183

ญ

หน้า

ภาคผนวก ข หนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิ และหนังสือขอความร่วมมือในการวิจัย	185
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	189
ภาคผนวก ง ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	204
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	220



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Polya..... 65

ตารางที่ 2 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามรูปแบบของชาร์ลและคณะ (Charles et al., 1987)..... 65

ตารางที่ 3 แสดงแบบแผนการทดลอง 103

ตารางที่ 4 สารระการเรียนรู้ จุดประสงค์และจำนวนคาบของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ..... 106

ตารางที่ 5 กรอบแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 110

ตารางที่ 6 โครงสร้างของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์..... 116

ตารางที่ 7 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 118

ตารางที่ 8 ค่าความเที่ยง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ใช้ทดลอง 122

ตารางที่ 9 โครงสร้างของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 123

ตารางที่ 10 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ..... 124

ตารางที่ 11 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ใช้ทดลอง..... 128

ตารางที่ 12 แสดงค่ามัชฌิมเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test) เพื่อทดสอบความแตกต่างของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 50 คะแนน)..... 133

ตารางที่ 13 แสดงค่ามัชฌิมเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test) เพื่อทดสอบความแตกต่างของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญากับนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ (คะแนนเต็ม 50 คะแนน) 134

ตารางที่ 14 แสดงค่ามัชฌิมเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test) เพื่อทดสอบความแตกต่างของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 28 คะแนน)..... 135

ตารางที่ 15 แสดงค่ามัชฌิมเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test) เพื่อทดสอบความแตกต่างของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญากับนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ (คะแนนเต็ม 28 คะแนน) 135

ตารางที่ 16 แสดงคะแนนพัฒนาการของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มทดลอง 155

ตารางที่ 17 แสดงค่าความเที่ยง ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ 190

ตารางที่ 18 แสดงค่าความเที่ยง ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ 190

ตารางที่ 19 แสดงค่าความเที่ยง ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับก่อนเรียนและฉบับหลังเรียน 197

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1	กระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูล	17
ภาพที่ 2	รูปแบบของทฤษฎีประมวลผลข้อมูล	18
ภาพที่ 3	องค์ประกอบของการกำกับทางปัญญาของฟลาวเอล	20
ภาพที่ 4	แสดงกระบวนการแก้ปัญหาของสเทอร์นเบิร์ก	42
ภาพที่ 5	กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นแนวตรง	43
ภาพที่ 6	กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัต	44
ภาพที่ 7	ตัวอย่างปัญหาที่ยิมเมอร์และแอลเลอร์ต้นใช้ในการวิจัย	72
ภาพที่ 8	แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนของกระบวนการกำกับทางปัญญาในโมเดลการแก้ปัญหา	74
ภาพที่ 9	ตัวอย่างการระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ไม่ครบถ้วนของนักเรียนในระยะที่ 1 (1).....	144
ภาพที่ 10	ตัวอย่างการระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาไม่ครบถ้วนของนักเรียนในระยะที่ 1 (2).....	144
ภาพที่ 11	ตัวอย่างการระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาไม่ละเอียดของนักเรียนในระยะที่ 2.....	145
ภาพที่ 12	ตัวอย่างการระบุข้อมูลของโจทย์ได้อย่างถูกต้องครบถ้วนของนักเรียนในระยะที่ 3	146
ภาพที่ 13	ตัวอย่างการวางแผนแก้ปัญหาที่ไม่ครบขั้นตอนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในระยะที่ 1..	147
ภาพที่ 14	ตัวอย่างการวางแผนแก้ปัญหาที่ระบุไม่ชัดเจนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในระยะที่ 2 ...	148
ภาพที่ 15	ตัวอย่างการวางแผนแก้ปัญหาที่ครบถ้วนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในระยะที่ 3.....	148
ภาพที่ 16	ตัวอย่างการดำเนินการแก้ปัญหาที่ไม่ถูกต้องของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในระยะที่ 1	150
ภาพที่ 17	ตัวอย่างการดำเนินการแก้ปัญหาที่เขียนลักษณะความเรียงของนักเรียนในระยะที่ 2 ...	151
ภาพที่ 18	ตัวอย่างการดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบที่ถูกต้องของนักเรียนในระยะที่ 3	151
ภาพที่ 19	ตัวอย่างการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาที่ระบุเพียงวิธีการของนักเรียนในระยะที่ 1	152
ภาพที่ 20	ตัวอย่างการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาที่ไม่ครบถ้วนนักเรียนในระยะที่ 2.....	153
ภาพที่ 21	ตัวอย่างการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาที่ครบถ้วนสมบูรณ์ของนักเรียนในระยะที่ 3	154
ภาพที่ 22	แสดงการเขียนอธิบายด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล และการสังเกตจากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน	157
ภาพที่ 23	แสดงการเขียนอธิบายด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล และการสังเกตจากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน.....	158

ภาพที่ 24 แสดงการเขียนอธิบายด้านความสามารถในการอุปนัยจากแบบวัดความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน	159
ภาพที่ 25 แสดงการเขียนอธิบายด้านความสามารถในการอุปนัยจากแบบวัดความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน	159



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้องเหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่นๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552: 1) สอดคล้องกับคำกล่าวของ ยูพิน พิพิธกุล (2539: 1) ที่ว่า "คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวกับความคิด เราใช้คณิตศาสตร์พิสูจน์อย่างมีเหตุผลว่าสิ่งที่เราคิดนั้น เป็นความจริงหรือไม่ ด้วยวิธีคิดเราก็สามารถนำคณิตศาสตร์ไปแก้ไขปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ คณิตศาสตร์ช่วยให้เราเป็นผู้มีเหตุผล เป็นคนใฝ่รู้ ตลอดจนพยายามคิดสิ่งแปลกใหม่ คณิตศาสตร์จึงเป็นรากฐานแห่งความเจริญของเทคโนโลยีด้านต่างๆ" นอกจากนี้ สิริพร ทิพย์คง (2545) ก็ได้กล่าวไว้ว่า "คณิตศาสตร์ยังช่วยพัฒนาคนให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ เป็นพลเมืองดี เพราะคณิตศาสตร์ช่วยเสริมสร้างความมีเหตุผล ความเป็นคนช่างคิด ช่างริเริ่มสร้างสรรค์ มีระบบระเบียบในการคิด มีการวางแผนการทำงาน มีความสามารถในการตัดสินใจ มีความรับผิดชอบต่อกิจการงานที่ได้รับมอบหมาย ความเป็นผู้นำในสังคม"

ถึงแม้ว่าวิชาคณิตศาสตร์จะเป็นวิชาที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อมนุษย์ แต่ในสภาพการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันพบว่ายังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ดังจะเห็นได้จากค่าสถิติผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (O-NET) ประจำปีการศึกษา 2553 วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 34.85 ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 24.18 และระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.99 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2554) ประกอบกับผลการศึกษาแนวโน้มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ พ.ศ.2550 (Trends in International Mathematics and Science Study 2007 [TIMSS, 2007]) ซึ่งมีประเทศเข้าร่วมทั้งหมด 49 ประเทศ ประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยจัดอยู่ในลำดับที่ 29 ของประเทศที่เข้าร่วมการประเมิน และประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เท่ากับ 441 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติที่กำหนดไว้ 500 คะแนนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการที่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนยังอยู่ในระดับต่ำ อาจมีผลสืบเนื่องมาจากหลายสาเหตุ ซึ่งสาเหตุที่สำคัญประการหนึ่งคือ นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์จัดเป็นเป้าหมายสำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ (จรุง ขำพงศ์, 2542: 3) ดังที่ ยุพิน พิพิธกุล (2542: 5) ได้กล่าวไว้ว่า “วิชาคณิตศาสตร์นั้นเป็นวิชาที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหา ปัญหาที่จะนำมาให้นักเรียนฝึกคิดนั้น อาจจะเป็นปัญหาที่จะต้องค้นหาความจริง หรือข้อสรุปใหม่ที่นักเรียนยังไม่เคยเรียนมาก่อน ปัญหาเกี่ยวกับวิชาการ เช่นการพิสูจน์ที่ต้องอาศัยเหตุผล ปัญหาที่เกี่ยวกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่อาศัยนิยาม ทฤษฎีบทต่างๆ ซึ่งจะถูกนำมาใช้ ปัญหาที่ต้องอาศัยกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหา” และดังที่ สิริพร ทิพย์คง (2544: 4) ได้กล่าวไว้ว่า “นักการศึกษาคณิตศาสตร์ต่างยอมรับว่า การแก้ปัญหาเป็นหัวใจของคณิตศาสตร์ นักเรียนต้องอาศัยความคิดรวบยอด ทักษะการคิดคำนวณ หลักการ กฎและสูตรต่างๆ นำไปใช้แก้ปัญหา โดยเฉพาะทักษะในการแก้ปัญหามีความสำคัญต่อชีวิต และสามารถสร้างให้เกิดขึ้นได้ ในการสอนนักเรียนให้รู้จักแก้ปัญหาจะช่วยส่งเสริมให้รู้จักคิดอย่างมีเหตุผล มีขั้นตอน มีระเบียบแบบแผน และรู้จักตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง” ดังนั้นในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ควรให้ความสำคัญกับกระบวนการแก้ปัญหาซึ่งนับเป็นทักษะและกระบวนการหนึ่งตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

จากความสำคัญดังกล่าวแสดงให้เห็นได้ว่า การแก้ปัญหาเป็นทักษะกระบวนการที่เป็นหัวใจของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 1980: 1-3) แต่ในสภาพการณ์ที่เป็นอยู่ในปัจจุบันพบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนยังอยู่ในระดับต่ำ ดังจะเห็นได้จากผลการวิจัยของเจษฎ์สุดา จันทร์เอี่ยม (2542: บทคัดย่อ) ที่ได้ทำการศึกษาความสามารถและกลวิธีในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดกรมสามัญศึกษา เขต 7 พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำร้อยละ 50 ทั้งสามระดับชั้น ประกอบกับผลการวิจัยของชนิษฐา คำทอง (2539) ได้ศึกษาข้อบกพร่องในกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตสังกัดทบวงมหาวิทยาลัยในเขตกรุงเทพมหานคร 5 แห่ง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีข้อบกพร่องในขั้นวางแผนแก้ปัญหาคิดเป็นร้อยละ 42.25 รองลงมาเป็นขั้นตอนดำเนินการตามแผน (ขั้นการแก้สมการ) คิดเป็นร้อยละ 37.25 และขั้นตรวจสอบวิธีการและคำตอบคิดเป็นร้อยละ 36.75 อันดับสุดท้ายคือขั้นทำความเข้าใจโจทย์คิดเป็นร้อยละเพียง 17.5 นั่นคือในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาและส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้แก่ผู้เรียน ดังที่ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537: 62-63) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ว่า ควรพัฒนานักเรียนให้มีการวางแผน การคิดก่อนลงมือทำ การพัฒนาความสามารถ

ในการดำเนินการตามแผน รวมถึงพัฒนาความสามารถในการตรวจสอบ เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับที่สซอนฟีลด์ (Schoenfeld, 2001) ได้กล่าวว่าในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ผู้สอนควรให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้สืบเนื่องมาจากทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มีความจำเป็นมากสำหรับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ จากการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้กลวิธีการกำกับทางปัญญาในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สซอนฟีลด์ได้นำกรอบแนวคิดในการแก้ปัญหาของโพลยามาใช้ซึ่งมี 4 ระยะ ได้แก่ การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหาตามแผน และการตรวจสอบผล ผลการวิจัยครั้งนั้นพบว่า การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิดของโพลยามามีข้อจำกัด กล่าวคือในกระบวนการแก้ปัญหานักเรียนส่วนใหญ่คิดว่าเมื่อตนเองสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้แล้วมักมีการยุติการแก้ปัญหา โดยไม่ได้มองย้อนกลับไปตรวจสอบกระบวนการระหว่างการแก้ปัญหา ซึ่งขัดแย้งกับแนวคิดของสซอนฟีลด์และโพลยาต่างมีความคิดเห็นสอดคล้องกันว่า การมองย้อนกลับเพื่อทบทวนและวิเคราะห์วิธีคิดแก้ปัญหานั้นถือเป็นกระบวนการที่สำคัญมากกว่าคำตอบที่ได้จากกระบวนการแก้ปัญหา เพราะการกระทำเช่นนั้นเท่ากับการรับรู้หรือตระหนักว่าตนเองรู้อะไร ซึ่งการรับรู้หรือตระหนักถึงวิธีการของตนเองนั้น เรียกว่า การกำกับทางปัญญา (Metacognition)

การสอนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการกำกับทางปัญญา (Metacognitive Process) เป็นกระบวนการหนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการกำกับทางปัญญา (Metacognition) เป็นความคิดในระดับสูง ที่เกี่ยวข้องกับการกำกับการควบคุม หรือจัดการกับส่วนประกอบทางความคิดที่อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าลงมา โดยมีความรู้ทำหน้าที่ในการสื่อสารข้อมูลและการควบคุมทำหน้าที่ในการสั่งการ หากผู้เรียนมีการกำกับในตนเองแล้วก็สามารถที่จะใช้การกำกับทางปัญญานี้กับการเรียนรู้ การแก้ปัญหา ซึ่งถือว่าเป็นกระบวนการที่เกิดจากกระบวนการทางความคิดทั้งสิ้น (Beyer, 1997: 99) ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ วิชัย พาณิชยสว (2546) ที่กล่าวว่า การที่บุคคลระลึกว่าตนรู้อะไร ยังไม่รู้ในสิ่งใด และสามารถควบคุมและตรวจสอบความคิดทั้งหมดของตนเองได้ เป็นความสามารถที่เรียกว่า “การกำกับทางปัญญา” (Metacognition) หากนักเรียนใช้กระบวนการกำกับทางปัญญาในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์จะทำให้สามารถระลึกได้ คือ มีสติอยู่เสมอว่าโจทย์กำหนดอะไรให้บ้าง และโจทย์ต้องการถามสิ่งใด เมื่อตัดสินใจเลือกวิธีหาคำตอบได้แล้ว ก็จะควบคุมและตรวจสอบตนเองให้ดำเนินการไปตามแผนที่ได้วางไว้ ท้ายที่สุดเมื่อได้คำตอบแล้ว ก็จะพิจารณาคำตอบอย่างรอบคอบว่าเป็นไปได้หรือไม่ สอดคล้องกับคำตอบที่ได้ประมาณไว้ก่อน หน้านั้นหรือไม่ มากน้อยเพียงไร จากความสำคัญดังกล่าว ส่งผลให้มีนักการศึกษาจำนวนมากสนใจศึกษาเกี่ยวกับการนำกระบวนการกำกับทางปัญญามาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ดังเช่นผลการวิจัยของครามาสกี้ เมวาเรชและอรามี (Kramaski, Mevarech, and Arami, 2002: 225-250) ได้ศึกษาผลของ

การสอนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อการแก้ปัญหาทางตามสภาพจริงในทางคณิตศาสตร์ โดยได้แบ่งนักเรียนออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือประกอบการสอนการกำกับทางปัญญาและกลุ่มที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือเพียงอย่างเดียว และในแต่ละกลุ่มยังแบ่งนักเรียนออกเป็นสองกลุ่มย่อย คือ นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำและนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือประกอบการสอนการกำกับทางปัญญามีปฏิสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำและสูง และมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของแมน (Man, 2005: 2) ได้ศึกษาผลของการฝึกการกำกับทางปัญญาที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 โดยได้แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ นักเรียนที่ได้รับการฝึกการกำกับทางปัญญาและนักเรียนที่เรียนแบบปกติ ซึ่งนักเรียนทั้งสองกลุ่มเป็นนักเรียนที่เรียนอยู่ในหลักสูตรคณิตศาสตร์โอลิมปิกสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการฝึกการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ

จากผลของงานวิจัยข้างต้นทำให้เชื่อได้ว่ากระบวนการกำกับทางปัญญาเป็นกระบวนการที่ส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ ผู้วิจัยจึงสนใจนำกระบวนการดังกล่าวมาปรับใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยในงานวิจัยนี้ใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา (The Problem Solving Model of Metacognitive Process) ตามรูปแบบของยิมเมอร์และแอลเลอร์ตัน (Yimer and Ellerton, 2010: 250) ซึ่งพัฒนามาจากกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา มี 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement) ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดกระบวนการแก้ปัญหา (Transformation-Formulation) ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation) ขั้นที่ 4 ขั้นประเมิน (Evaluation) และขั้นที่ 5 ขั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation) ซึ่งในแต่ละขั้นจะประกอบไปด้วยวิธีการหรือขั้นตอนย่อย ๆ ที่เน้นให้มีการกำกับ ควบคุมตนเองอย่างมีสติ ตระหนักรู้ถึงขั้นตอนและกระบวนการคิดต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในระหว่างการแก้ปัญหา

กระบวนการกำกับทางปัญญานอกจากเป็นการช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้แก่ นักเรียนแล้ว ยังพบว่า มีความเป็นไปได้ที่กระบวนการกำกับทางปัญญาสามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) ให้แก่นักเรียนได้อีกด้วย ซึ่งเห็นได้จากผลการศึกษาของเรย์โนลด์และเลมอนส์ (Reynolds and Lemons, 2009) ซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับการสอนการกำกับทางปัญญาเพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในรายวิชาวิทยาศาสตร์เบื้องต้นพบว่า นักเรียนที่ได้รับการฝึกการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 สอดคล้องกับข้อเสนอจากผลงานวิจัยของ

มิลเลอร์ (Miller, 1991) ที่กล่าวไว้ว่า ผู้เรียนที่ไม่เก่งสามารถพัฒนาตนเองให้เป็นผู้ที่สามารถเรียนรู้ได้ดี จำได้ถาวร และมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ถ้าผู้เรียนเหล่านี้ได้รับการสอนโดยใช้กลวิธีการกำกับทางปัญญา (Metacognitive Strategies) จากผลการศึกษาข้างต้นทำให้เชื่อได้ว่าโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาสามารถส่งผลต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน

การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นความคิดทางคณิตศาสตร์ที่จัดเป็นความคิดระดับสูง (Krulik and Rudnick, 1993: 3) ที่มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ดังเช่นคำกล่าวของคันสนีย์ ฉัตรคุปต์ และอุษา ชูชาติ (2544: 7) ที่กล่าวไว้ว่า “การคิดอย่างมีวิจารณญาณถือเป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการเรียนรู้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อตัวผู้เรียน ช่วยทำให้เข้าใจสิ่งที่เรียนรู้ได้ดีขึ้น สามารถที่จะคิดได้ด้วยตัวเองและเกิดความสำเร็จในการเรียนรู้” ซึ่งสอดคล้องกับลักขณา สรวิวัฒน์ (2549: 102) ที่ได้กล่าวไว้ว่า “การคิดอย่างมีวิจารณญาณนับว่าเปรียบเสมือนเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับคนเราที่ใช้ในการเรียนรู้และการดำเนินชีวิตอย่างมีคุณค่าในโลกข่าวสารข้อมูลและเต็มไปด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเช่นปัจจุบัน บุคคลที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณย่อมมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ได้อย่างมีหลักการ สามารถควบคุม จัดการ และตรวจสอบความคิดของตนเองได้ รวมทั้งสามารถตัดสินใจและแก้ปัญหา โดยการใช้เหตุผลอย่างถูกต้องเหมาะสม”

จากความสำคัญที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น ส่งผลให้ผู้วิจัยสนใจนำรูปแบบการสอนโดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามาปรับใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ เนื่องจากผลการศึกษาของคอสตา (Costa, 1984: 57-62) พบว่า กลวิธีการกำกับทางปัญญาเป็นความในกระบวนการคิดที่มีรูปแบบ (Formal Thought) สามารถพัฒนาได้กับเด็กอายุตั้งแต่ 11 ปีขึ้นไปซึ่งเป็นระดับอายุที่เหมาะสมในการนำกลวิธีการกำกับทางปัญญาไปใช้ช่วยควบคุมกระบวนการคิดได้

คำถามวิจัย

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาจะทำให้ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนดีขึ้นหรือไม่
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาจะทำให้ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนดีขึ้นหรือไม่
3. ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญากับการเรียนแบบปกติ
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญากับการเรียนแบบปกติ
5. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา

สมมติฐานของการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการกำกับทางปัญญาที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

แมน (Man, 2005: 1-179) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการฝึกกระบวนการกำกับทางปัญญาที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการแก้ปัญหของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งเป็นนักเรียนที่เรียนอยู่ในหลักสูตรคณิตศาสตร์โอลิมปิก โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ นักเรียนที่ได้รับการฝึกกระบวนการกำกับทางปัญญาและนักเรียนที่เรียนแบบปกติ ซึ่งนักเรียนจะฝึกกระบวนการกำกับทางปัญญาโดยใช้การตอบคำถาม 4 ประเภทในระหว่างการทำคำตอบในแต่ละปัญหา ได้แก่ คำถามเกี่ยวกับความเข้าใจ คำถามเกี่ยวกับการเชื่อมโยง คำถามเกี่ยวกับกลยุทธ์ที่ใช้และคำถามเกี่ยวกับการพิจารณาไตร่ตรองปัญหา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการฝึกกระบวนการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ

ยิมเมอร์และแอลเลอร์ตัน (Yimer and Ellerton, 2006: 575-582) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการกำกับทางปัญญาผ่านการตอบปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาครูจำนวน 17 คน ซึ่งจากผลจากการศึกษาพฤติกรรมการกำกับทางปัญญาของกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวผู้วิจัยได้นำมาพัฒนาเป็นโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา (The Problem Solving Model of Metacognitive Process) ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement) ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดกระบวนการแก้ปัญหา (Transformation-Formulation) ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation) ขั้นที่ 4 ขั้นประเมิน (Evaluation) และขั้นที่ 5 ขั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation) ซึ่งจากงานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญานำมาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้นักเรียนได้ เนื่องจากเป็นโมเดลที่ใช้ในการแก้ปัญหาโดยตรง ผู้วิจัยจึงได้สนใจนำโมเดลนี้มาใช้ในการวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้นักเรียน

ออสซอยและอทาแมน (Ozsoy and Ataman, 2009: 67-82) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้กระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และทักษะการกำกับทางปัญญาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 47 คน ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 9 สัปดาห์ โดยแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 24 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 23 คน กลุ่มทดลองได้รับการสอนด้วยกระบวนการกำกับทางปัญญาโดยใช้กิจกรรมการแก้ปัญหา ซึ่งในระหว่างการดำเนินการจัดกิจกรรมครูจะเป็นผู้ถามคำถามเมื่อจำเป็น เช่น นักเรียนอ่านปัญหานี้แล้วนักเรียนเข้าใจหรือไม่ นักเรียนคิดว่านักเรียนสามารถแก้ปัญหานี้ได้หรือไม่ เป็นต้น และกลุ่มควบคุมได้รับการสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า (1) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยกระบวนการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยกลวิธีการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลของงานวิจัยข้างต้นมีความเป็นไปได้ว่าแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการกำกับทางปัญญาส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และเนื่องจากโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาพัฒนามาจากแนวคิดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการกำกับทางปัญญา ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานในการวิจัยครั้งนี้ว่า

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลอง

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดล การแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบปกติ

จากผลการศึกษาของเรย์โนลด์และเลมอนส์ (Reynolds and Lemons, 2009) ซึ่งได้ศึกษา เกี่ยวกับการสอนการกำกับทางปัญญาเพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในรายวิชา วิทยาศาสตร์เบื้องต้น พบว่า นักเรียนที่ได้รับการฝึกการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับ ข้อเสนอจากผลงานวิจัยของมิลเลอร์ (Miller, 1991) ที่กล่าวไว้ว่า ผู้เรียนที่ไม่เก่งสามารถพัฒนา ตนเองให้เป็นผู้ที่สามารถเรียนรู้ได้ดี จำได้ถาวร และมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ถ้าผู้เรียนเหล่านี้ ได้รับการสอนโดยใช้กลวิธีการกำกับทางปัญญา (Metacognitive Strategies) จากผลการศึกษา ข้างต้นทำให้เชื่อได้ว่าโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาอาจส่งผลต่อ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานในการวิจัยครั้งนี้ ว่า

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดล การแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลัง ทดลองสูงกว่าก่อนทดลอง

4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดล การแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนการสอนแบบปกติ

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการ การศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นส่วนหนึ่งของสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพิ่มเติมตาม หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การประยุกต์ เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหา ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

5.2.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

5.2.2 ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. **การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา** หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ที่เน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหา โดยมีการกำกับและควบคุมตนเอง ตระหนักรู้ถึงขั้นตอน ทักษะ กลวิธีและแหล่งข้อมูลที่เป็นต่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการตรวจสอบกระบวนการคิดที่นำมาใช้ในระหว่าง การแก้ปัญหาและตรวจสอบผลที่เกิดจากการคิดของตนเองอย่างมีเป้าหมายและมีทิศทาง โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) **ขั้นนำ** การทบทวนความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา หรือเนื้อหา หรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา หรือการจัดสถานการณ์ หรือการกล่าวถึงสถานการณ์ หรือ การยกตัวอย่างเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยการถามตอบ เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน

2) **ขั้นสอน** การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามลำดับขั้นของ โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา โดยผู้วิจัยนำแนวคิดของยิมเมอร์และ แอลเลอร์ตัน (Yimer and Ellerton, 2010: 250) มาปรับเป็นขั้นตอนซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน โดยในแต่ละขั้นประกอบไปด้วยกระบวนการแก้ปัญหาและกระบวนการกำกับทางปัญญา ซึ่งมี รายละเอียดและขั้นตอนย่อยต่าง ๆ ดังนี้

2.1) **ขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement)** เป็นขั้นเผชิญปัญหาและ สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา ประกอบด้วย

2.1.1) **การทำความเข้าใจปัญหา** หมายถึง การทำความเข้าใจ สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนด โดยวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่ โจทย์ต้องการทราบ ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เลือกข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหา จากนั้นรวบรวมข้อมูลที่ได้พร้อมทั้งพิจารณาข้อมูลที่ได้ เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ของสิ่งที่โจทย์กำหนด ให้กับสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ซึ่งในระหว่างการเรียนรู้ต้องใช้อ่านปัญหาหรืออ่าน ปัญหาซ้ำเพื่อทำความเข้าใจกับสิ่งที่ถูกกำหนดมาให้ในปัญหา โดยอธิบายสิ่งที่ตนรู้และเข้าใจใน ประเด็นต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลให้นักเรียนใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจของตนเองว่าเข้าใจในประเด็น ต่างๆ หรือไม่ อย่างไร

2.1.2) การวิเคราะห์เทียบกับปัญหาที่คุ้นเคย หมายถึง การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ว่าเคยแก้ปัญหาในลักษณะนี้มาก่อนหรือไม่ หากนักเรียนเคยแก้ปัญหามาก่อนนักเรียนใช้การประเมินเทียบกับปัญหาที่คุ้นเคยหรือปัญหาที่คล้ายคลึงกันที่นักเรียนเคยมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหานั้น รวมทั้งประเมินระดับความยากของปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องประเมินว่าปัญหามีระดับความยากง่ายอยู่ในระดับใด

2.2) ขั้นตอนกำหนดกระบวนการ (Transformation - Formulation) เป็นขั้นวางแผนการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์และกำหนดกรอบในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

2.2.1) การวางแผนการแก้ปัญหา หมายถึง การนำข้อมูลต่างๆที่มีมาใช้ในการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยเลือกวิธีการหรือขั้นตอนหรือกลยุทธ์ต่างๆ ที่เหมาะสมกับปัญหา ซึ่งนักเรียนเขียนแสดงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาให้ชัดเจน

2.2.2) การตรวจสอบความเหมาะสมของแผน หมายถึง การพิจารณาความเหมาะสมของแผนที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยนักเรียนอ่านแผนในการแก้ปัญหาเพื่อไตร่ตรองโดยละเอียดว่าแผนดังกล่าวมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่กำหนดในเงื่อนไขของปัญหาหรือไม่ วิธีการต่างๆ ที่ใช้มีความเหมาะสมกับปัญหาหรือไม่ รวมไปถึงพิจารณาความเป็นไปได้ของแผนการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนได้ทบทวนความคิดของตนเองเกี่ยวกับแผนที่นำไปใช้ในการดำเนินการแก้ปัญหา

2.3) ขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation) เป็นขั้นดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่ได้วางไว้ ประกอบด้วย

2.3.1) การดำเนินการแก้ปัญหา หมายถึง การดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่ได้กำหนดไว้เพื่อให้ได้คำตอบที่ต้องการ โดยใช้ความรู้ มโนทัศน์ หลักการทางคณิตศาสตร์ และกลยุทธ์ต่าง ๆ ในการดำเนินการ ซึ่งก่อนการดำเนินการแก้ปัญหาต้องทบทวนสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบเพื่อเป็นการกำกับเป้าหมายของการแก้ปัญหา และในระหว่างการแก้ปัญหาหากไม่สามารถดำเนินการหาคำตอบตามสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ สามารถหยุดการดำเนินการตามแผนเพื่อปรับแก้แผนที่ใช้หรือเปลี่ยนใช้แผนใหม่ได้เมื่อจำเป็น

2.3.2) การตรวจสอบการดำเนินการตามแผน หมายถึง การพิจารณาเพื่อตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นว่าเป็นไปตามแผนที่วางไว้หรือไม่ หากยังดำเนินการไม่ครบตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้หรือดำเนินการไม่ตรงตามแผนที่วางไว้ ต้องย้อนกลับไปดำเนินการแก้ปัญหาใหม่

2.4) ชั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นตอนการตัดสินใจเกี่ยวกับความเหมาะสมของแผน การปฏิบัติตามแผนและวิธีการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

2.4.1) การพิจารณาผลของการดำเนินการตามแผน หมายถึง การประเมินความสำเร็จตามเป้าหมายว่าบรรลุตามเป้าหมายของการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้หรือไม่ ประเมินความถูกต้องของการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนของแผน รวมไปถึงการพิจารณาความ สมเหตุสมผลของผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา โดยใช้การพิจารณาจากเงื่อนไขของสถานการณ์ปัญหาเพื่อพิจารณาว่าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่โจทย์ต้องการทราบหรือไม่

2.4.2) การสรุปคำตอบ หมายถึง การตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินการแก้ปัญหา จากนั้นสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหา

2.5) ชั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation) เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการสะท้อนความเข้าใจของปัญหาและประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

2.5.1) การพิจารณาไตร่ตรอง หมายถึง การพิจารณากระบวนการทั้งหมดที่นักเรียนใช้ในกระบวนการแก้ปัญหา โดยพิจารณาลักษณะที่สำคัญในกระบวนการแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งนักเรียนต้องแสดงความคิดเห็นต่อกระบวนการแก้ปัญหาดังกล่าว มีการอภิปรายถึงจุดเด่นและ/จุดด้อยของการดำเนินการแก้ปัญหา รวมทั้งประเมินความยากง่ายของปัญหา เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางในการแก้ไขปัญหา เพื่อลดปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการแก้ปัญหาลงครั้งต่อไป

2.5.2) การนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย หมายถึง การวิเคราะห์หาแนวทางการดำเนินการแก้ปัญหาว่ามีแนวทางอื่นที่มีประสิทธิภาพอีกหรือไม่ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำไปปรับใช้ในสถานการณ์ปัญหาอื่นต่อไป รวมทั้งสะท้อนความพึงพอใจในการแก้ปัญหาและความเชื่อมั่นที่มีต่อการแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

3) ชั้นสรุป การอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับภาพรวมของกระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมด ทั้งในด้านเนื้อหา มโนทัศน์ที่ได้ และกระบวนการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตามคู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กระทรวงศึกษาธิการ

3. ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้หลักการ ทักษะและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ จนกระทั่งได้คำตอบที่ถูกต้องและมีความสมเหตุสมผล โดยพิจารณาได้จากการแสดงความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งวัดได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามกระบวนการแก้ปัญหของโพลยา (Polya, 1957: 5-40) โดยวัดความสามารถต่อไปนี้

1) ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา เป็นความสามารถที่บอกได้ว่าประเด็นปัญหาคืออะไร โจทย์กำหนดอะไรมาให้และโจทย์ถามหาอะไร

2) ความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการใช้ข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ไปแล้วในขั้นที่ 1 ประกอบกับข้อมูลและความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ให้มาเพียงพอหรือไม่ แล้วเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม โดยแบ่งขั้นตอนการแก้ปัญหาว่าอะไรเป็นขั้นตอนใหญ่ อะไรเป็นขั้นตอนย่อย ต้องทำหรือหาอะไรก่อน-หลัง แล้วหาได้อย่างไร

3) ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ เป็นความสามารถในการดำเนินการตามวิธีการที่เลือกไว้จนกระทั่งได้คำตอบ สำหรับปัญหาที่มีการคิดคำนวณ ขั้นนี้เป็นขั้นที่ลงมือคิดคำนวณเพื่อหาคำตอบตามวิธีการทางคณิตศาสตร์

4) ความสามารถในการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ เป็นความสามารถในการตรวจสอบการแก้ปัญหาทั้งในด้านความเป็นไปได้ของคำตอบ ความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ ความสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดให้หรือไม่ ตลอดจนตรวจสอบกระบวนการต่างๆในการหาคำตอบ

4. ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง ความสามารถในการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบและมีเหตุผลซึ่งเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา ข้อความคาดการณ์ หรือข้อมูลที่กำหนด โดยใช้ความรู้ ความคิดและประสบการณ์ของตนเองมายืนยันในการตัดสินใจในข้อสรุปหรือคำตอบอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งวัดได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของเอนนิสและมิลแมน (Ennis and Millman, 1985: 133) โดยแบ่งความสามารถออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1) ด้านความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption Identification) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณา ประเมิน ตัดสินว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น นั่นคือต้องเป็นข้อความที่เกิดขึ้นก่อนข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือและมีความสมเหตุสมผล

2) ด้านความสามารถในการนิรนัย (Deduction) หมายถึง ความสามารถในการหาข้อสรุปจากประโยคอ้าง หรือสถานการณ์เฉพาะที่กำหนด โดยอาศัยเหตุผลจากส่วนใหญ่ไปสู่ส่วนย่อย ซึ่งข้อสรุปที่ได้ต้องมีความสมเหตุสมผล

3) ด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต (Credibility of Source and Observation) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณา ประเมิน ตัดสินความถูกต้องน่าเชื่อถือของข้อมูล ความเป็นไปได้ของข้อความ คำกล่าว รายงานจากการสังเกตของบุคคลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา

4) ด้านความสามารถในการอุปนัย (Induction) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณา ประเมิน ตัดสินว่าข้อสรุปหรือข้อเท็จจริงที่กำหนดให้สนับสนุน หรือคัดค้าน หรือไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ หรือข้อสังเกต หรือข้อความที่กำหนดให้ข้างต้น

5. **นักเรียน** หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา มีการพัฒนาตนเองในด้านความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2. ครูสามารถนำขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ไปใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นอื่นๆ หรือในเนื้อหาสาระอื่นๆ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้น

3. ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้เป็นแนวทางและเป็นประโยชน์แก่นักวิจัยที่สนใจทำวิจัยเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้ในการประกอบการวิจัย ประกอบด้วยหัวข้อดังนี้

1. การกำกับทางปัญญา
 - 1.1 ความหมายของการกำกับทางปัญญา
 - 1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการกำกับทางปัญญา
 - 1.2.1 ทฤษฎีประมวลผลข้อมูล (Information Processing Theory)
 - 1.2.2 ทฤษฎีสติปัญญาสามศร (A Triarchic Theory of Human Intelligence)
 - 1.3 องค์ประกอบของการกำกับทางปัญญา
 - 1.4 การพัฒนาการกำกับทางปัญญา
 - 1.5 การวัดและการประเมินการกำกับทางปัญญา
2. การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
 - 2.1 ความหมายของปัญหาคณิตศาสตร์
 - 2.2 ประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์
 - 2.3 ลักษณะของปัญหาคณิตศาสตร์ที่ดี
 - 2.4 ความหมายของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
 - 2.5 กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
 - 2.6 ยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
 - 2.7 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
 - 2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
 - 2.9 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
 - 2.10 การวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
3. โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา
 - 3.1 แนวคิดของโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา
 - 3.2 การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา
4. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 4.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
 - 4.2 องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

- 4.3 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- 4.4 ลักษณะของบุคคลที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- 4.5 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- 4.6 การวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- 5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 5.1 งานวิจัยต่างประเทศ
 - 5.2 งานวิจัยในประเทศ

หัวข้อดังกล่าวมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การกำกับทางปัญญา

1.1 ความหมายของการกำกับทางปัญญา

การกำกับทางปัญญาเป็นแนวคิดทางจิตวิทยาซึ่งมีการเรียกการคิดประเภทนี้แตกต่างกัน เช่น การคิดอภิปัญญา การคิดอภิมาน เมตาคอกนิชัน การรู้คิด การควบคุมการรู้คิด เป็นต้น แต่ในทุกชื่อเรียกที่ยกตัวอย่างมาข้างต้นมีรากศัพท์มาจากคำเดียวกัน คือ Metacognition สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้ชื่อเรียกการคิดนี้ว่า “การกำกับทางปัญญา (Metacognition)” ซึ่งจากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของการกำกับทางปัญญาจากเอกสารและงานวิจัยทั้งต่างประเทศและในประเทศมีผู้ให้ความหมายของการกำกับทางปัญญาไว้หลายท่าน ดังนี้

ฟลาวเวล (Flavell, 1979: 906-911) ได้ให้ความหมายของการกำกับทางปัญญาไว้ว่าหมายถึงความสามารถทางการคิดที่บุคคลสามารถรับรู้ถึงกระบวนการทางความคิดและสิ่งต่างๆ ที่เกิดจากกระบวนการคิดของตนเอง ซึ่งปรากฏเป็นความรู้ หรือเป็นกิจกรรมทางการคิดที่มีเป้าหมายที่มีทิศทาง

โอนีลและอเบดี (O’Neil and Abedi, 1996: 234-235) ได้ให้ความหมายว่า การกำกับทางปัญญาเป็นทักษะกระบวนการคิดของเฉพาะบุคคลในการที่จะพัฒนากระบวนการแก้ปัญหา โดยกระบวนการดังกล่าวประกอบด้วย การวางแผน (Planning) การตรวจรอบตนเอง (Self-checking) การตระหนักรู้ (Awareness) และกลยุทธ์ทางความคิด (Cognitive Strategy)

ออร์มรอด (Ormrod, 2000 อ้างถึงในสุเทียบ ละอองทอง (2545)) ระบุว่า การกำกับทางปัญญา หมายถึง ความรู้และความเชื่อของบุคคลที่เกี่ยวกับกระบวนการทางความคิดของตน และผลจากความพยายามของตนในอันที่จะจัดระเบียบกระบวนการทางความคิดเหล่านั้นให้เกิดการเรียนรู้ และจดจำให้ได้มากที่สุด

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 155-156) ได้สรุปความหมายของการกำกับทางปัญญาไว้ว่า การกำกับทางปัญญา คือ การควบคุมและกระบวนการประเมินทางความคิดของตนเอง ความสามารถของบุคคลที่ได้รับการพัฒนาเพื่อควบคุมกำกับกระบวนการทางปัญญาหรือกระบวนการคิด รวมถึงมีความตระหนักในงานและสามารถใช้ยุทธวิธีทำงานจนสำเร็จอย่างสมบูรณ์

วิทยากร เชียงกุล (2549: 71) ได้ให้ความหมายว่า “เมตาคอกนิชัน” เป็นความสามารถ ของนักเรียนในการวิเคราะห์ (Analyze) พินิจพิเคราะห์ (Reflection) เพื่อเข้าใจระบอบการรู้คิด และการเรียนรู้ของตัวเอง รวมทั้งจุดแข็ง และจุดอ่อนของตัวเอง การมีความสามารถชนิดนี้ จะทำให้นักเรียนรู้จักเลือกใช้ยุทธศาสตร์การเรียนรู้ในบริบทหรือสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555a: 120) ได้สรุปความหมายของการกำกับทางปัญญาไว้ว่า การกำกับทางปัญญา หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่มีต่อกระบวนการคิดของตนเอง รู้ว่าอะไรที่เหมาะสมกับตนเองในการเรียนรู้ ตลอดจนสามารถเลือกกลวิธีในการวางแผน กำกับ ควบคุม และประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองได้ เพื่อให้การเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานต่างๆ บรรลุตามวัตถุประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

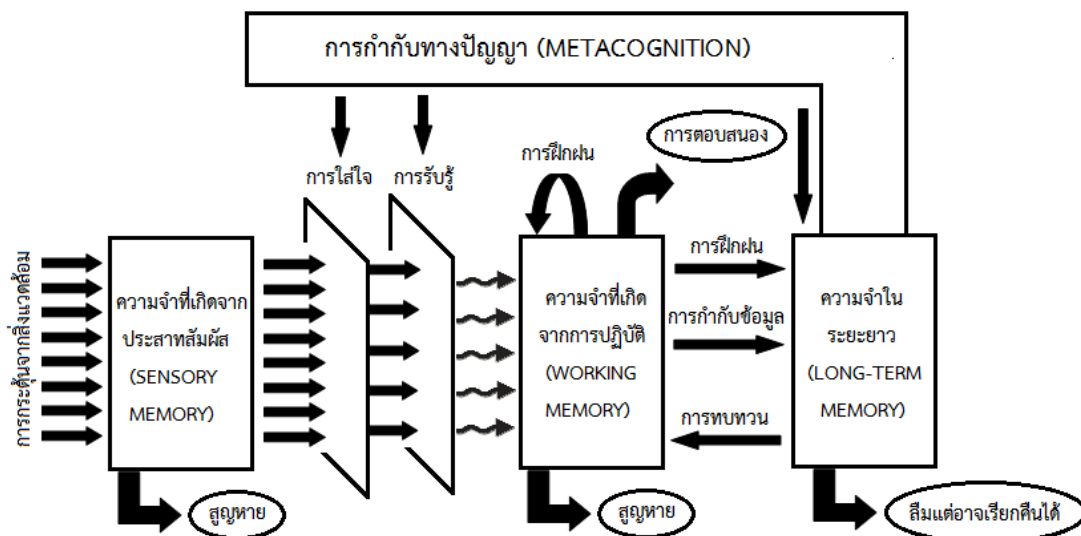
จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของการกำกับทางปัญญาที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการกำกับทางปัญญา หมายถึง กระบวนการทางความคิดของบุคคลซึ่งในระหว่างการคิดเกิดกระบวนการรับรู้ที่ตนกำลังคิดสิ่งใดอยู่ รวมทั้งมีมีการวางแผนและทบทวนกระบวนการคิดทั้งหมดอย่างเป็นระบบ

1.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการกำกับทางปัญญา

1.2.1 ทฤษฎีประมวลผลข้อมูล (Information Processing Theory)

เป็นทฤษฎีที่สนใจเกี่ยวกับการทำงานของระบบสมอง ซึ่งได้รับความนิยมมาตั้งแต่ปี ค.ศ.1950 จนถึงปัจจุบัน โดยมีผู้เรียกชื่อในภาษาไทยหลายชื่อ เช่น ทฤษฎีกระบวนการจัดกระทำข้อมูล ทฤษฎีการประมวลผลข้อมูลข่าวสาร เป็นต้น โดยทฤษฎีนี้มีแนวคิดว่าการทำงานของสมองมนุษย์มีความคล้ายคลึงกันกับการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยคลอสเมียร์ (Klausmeier, 1985 อ้างถึงในทิศนา แคมมณี และคณะ (2544: 27-30)) โดยได้อธิบายการเรียนรู้ของมนุษย์โดยเปรียบเทียบกับการทำงานของคอมพิวเตอร์และการทำงานของสมอง ซึ่งมีการทำงานเป็นขั้นตอนดังนี้

- 1) การรับรู้ข้อมูล (Input) โดยผ่านอุปกรณ์หรือเครื่องรับข้อมูล
- 2) การเข้ารหัส (Encoding) โดยอาศัยการใช้ชุดคำสั่งหรือซอฟต์แวร์ (Software)
- 3) การส่งข้อมูลออก (Output) โดยผ่านทางอุปกรณ์



ภาพที่ 2 รูปแบบของทฤษฎีประมวลผลข้อมูล

จากภาพที่ 2 พบว่า กระบวนการกำกับทางปัญญาเริ่มตั้งแต่ความใส่ใจ (Attention) ในการรับรู้ ต่อมาคือการรับรู้ (Perception) และอีกประการหนึ่งคือ กลวิธีต่างๆ (Strategies)

1.2.2 ทฤษฎีสติปัญญาสามนคร (A Triarchic Theory of Human Intelligence)

สเตอร์นเบิร์ก (Sternberg, 1985 อ้างถึงใน ทิศนา แคมมณี และคณะ (2544: 30-31) ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับสติปัญญาโดยใช้ชื่อทฤษฎีปัญญาสามนคร (Triarchic Theory) ได้เสนอว่า ส่วนประกอบของสติปัญญามี 3 ส่วน ดังนี้

1) ทฤษฎีย่อยทางด้านบริบทสังคม (Contextual Subtheory) เป็นความสามารถด้านสติปัญญาด้านบริบทสังคมและวัฒนธรรมของบุคคล โดยประกอบไปด้วย

ก. ความสามารถในการปรับเปลี่ยนตนเองให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมอย่างมีจุดหมาย

ข. การคัดเลือกสิ่งแวดล้อมที่เอื้ออำนวยประโยชน์สูงสุด

ค. ความสามารถในการตัดแปลงและปรับแต่งสิ่งแวดล้อม

2) ทฤษฎีย่อยทางด้านประสบการณ์ (Experiential Subtheory) เป็นทฤษฎีที่อธิบายเกี่ยวกับประสบการณ์ที่มีต่อความสามารถทางปัญญา โดยเกี่ยวกับความสามารถในการเรียนรู้จากประสบการณ์จริงและการนำความรู้มาใช้ในการกระบวนการสร้างสรรค์ โดยประกอบไปด้วย

ก. ความสามารถแก้ปัญหาที่แปลกใหม่

ข. ความคล่องแคล่วในการประมวลผลที่มี

3) ทฤษฎีย่อยทางด้านกระบวนการคิด (Componential Subtheory) อธิบายเกี่ยวกับความสามารถทางสติปัญญาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการคิด หรือความสามารถที่มีในการเรียนรู้สิ่งใหม่ โดยครอบคลุม 3 องค์ประกอบ 3 ประการ คือ

ก. องค์ประกอบด้านการปรับความคิด (Meta-components) เป็นกระบวนการทางความคิด โดยประกอบด้วยการประมวลผลทางความรู้ แก้ปัญหา วางแผน และประเมินผล

ข. องค์ประกอบด้านการปฏิบัติ (Performance-components) เป็นกระบวนการลงมือปฏิบัติตามการตัดสินใจสั่งการ โดยองค์ประกอบด้านการปรับความคิดและองค์ประกอบด้านการปฏิบัติเป็นกระบวนการที่ควบคู่ไปด้วยกัน ซึ่งในการปฏิบัติต้องอาศัยองค์ประกอบการคิดที่เหมาะสมช่วยองค์ประกอบด้านการปฏิบัติ ประกอบด้วยองค์ประกอบการคิดย่อยๆ ได้แก่ การเข้ารหัส การรวบรวมและเปรียบเทียบ การตอบสนองและการพัฒนาสติปัญญาการแก้ปัญหา

ค. องค์ประกอบด้านการแสวงหาความรู้ (Knowledge-acquisition components) เป็นกระบวนการแสวงหาทางความรู้ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างยิ่งของสติปัญญา จึงต้องอาศัยกระบวนการทางการคัดเลือก มีการเลือกข้อมูลในการเข้ารหัส การเลือกวิธีการประมวลผลข้อมูลที่เกี่ยวข้อง การเลือกวิธีการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้กับข้อมูลเดิมที่มีอยู่ เพื่อให้ได้ความรู้ใหม่ที่เหมาะสมไว้ในระบบความจำ

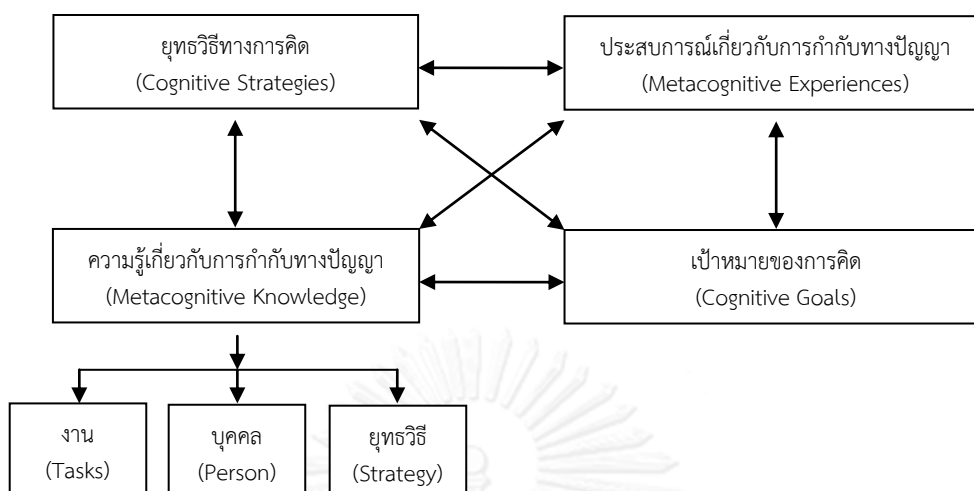
จากการศึกษาทฤษฎีต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับการกำกับทางปัญญา พบว่า มีหลายทฤษฎีที่ได้อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการคิดของมนุษย์และการกำกับทางปัญญาเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการดังกล่าว ซึ่งผู้ที่สนใจเกี่ยวกับการกำกับทางปัญญาควรมีการศึกษาทฤษฎีต่างๆ เพิ่มเติมให้มีความเข้าใจชัดเจนมากขึ้นเพื่อสามารถนำไปปรับใช้ในการจัดกระบวนการเรียนรู้ต่างๆ ให้แก่ผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม

1.3 องค์ประกอบของการกำกับทางปัญญา

ฟลาวเวล (Flavell, 1979: 910-911) ได้แบ่งการกำกับทางปัญญาเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่

1. องค์ประกอบด้านความรู้ในการกำกับทางปัญญา (Metacognitive Knowledge) เป็นส่วนขององค์ความรู้ทั้งหมดที่บุคคลสะสมไว้ และได้แบ่งความรู้ในการกำกับทางปัญญาเป็น 3 ตัวแปร คือ ตัวแปรด้านบุคคล ตัวแปรด้านงาน และตัวแปรด้านกลยุทธ์

2. องค์ประกอบด้านประสบการณ์ในเมตาคอกนิชัน (Metacognitive Experience) เป็นประสบการณ์ทางการคิดที่บุคคลสามารถควบคุมได้ เริ่มตั้งแต่เข้าสู่สถานการณ์ทางการคิด จนกระทั่งสามารถบรรลุเป้าหมายหรือหยุดการกระทำ โดยประสบการณ์ในเมตาคอกนิชันนี้มี 3 กระบวนการคือการวางแผน การตรวจสอบ และการประเมิน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 องค์ประกอบของการกำกับทางปัญญาของฟลาเวล

ครอสและปารีส (Cross and Paris, 1988: 131-142) แบ่งองค์ประกอบของกลวิธีอภิปัญญาดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบด้านการประเมินตนเองเกี่ยวกับความรู้ในด้านความรู้ความคิด (Self-appraisals of one's knowledge about cognition) องค์ประกอบนี้มีอิทธิพลต่อกระบวนการอ่าน รวมถึงการปรับพฤติกรรมการอ่านให้เหมาะสม ซึ่งประกอบด้วย

1.1 การรู้ลักษณะและสภาพภาระงาน (Declarative knowledge) กล่าวคือ ผู้อ่านต้องรู้ถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อความเข้าใจในการอ่าน รู้เกี่ยวกับโครงสร้างของบทอ่าน และจุดประสงค์ของการอ่านของตนเอง

1.2 ความรู้ในกระบวนการ (Procedural knowledge) กล่าวคือ ผู้อ่านต้องรู้ว่าตนเองต้องใช้ทักษะใดในการอ่าน และต้องประยุกต์ใช้ทักษะนั้นๆอย่างไร จึงจะทำให้ตนเองประสบความสำเร็จในการอ่านในภาระงานที่ตั้งจุดมุ่งหมายไว้

1.3 ความรู้เกี่ยวกับเงื่อนไข (Conditional knowledge) กล่าวคือ ผู้อ่านต้องเข้าใจเงื่อนไขหรือข้อจำกัดของกลวิธีในการอ่านแต่ละกลวิธี ต้องรู้ว่าจะใช้กลวิธีนั้นๆเมื่อใด และเมื่อใดที่ไม่ควรใช้กลวิธีนั้นๆ

2. องค์ประกอบด้านการจัดการเกี่ยวกับการคิดของตนเอง (Self-management of one's thinking) ซึ่งประกอบด้วย

2.1 การประเมินผล (Evaluation) กล่าวคือ การวิเคราะห์ลักษณะของบทอ่านและประเมินความสามารถของตนเองเพื่อดำเนินกิจกรรมการอ่านในขั้นตอนต่อไป

2.2 การวางแผน (Planning) กล่าวคือ การคัดเลือกกลวิธีที่เหมาะสมที่นำมาใช้ขณะอ่าน

2.3 การกำหนดเกณฑ์ (Regulation) กล่าวคือ การควบคุมและกำหนดทิศทางในการดำเนินกิจกรรมการอ่าน

โคเฮน (Cohen, 1998: 189-190) แบ่งองค์ประกอบของกลวิธีอภิปัญญาออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. การวางแผน หรือกลวิธีก่อนการอ่าน (Pre-reading strategies or planning) กล่าวคือ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการดูบทอ่านอย่างคร่าวๆ และการคาดเดาบทอ่าน ซึ่งช่วยให้ผู้อ่านเลือกใช้กลวิธีในการอ่านได้อย่างเหมาะสมกับจุดประสงค์และบทอ่าน หลังจากนั้นผู้อ่านสามารถคาดเดาข้อมูลของบทอ่านจากบริบท หัวเรื่อง หรือตั้งคำถามถามตนเองเกี่ยวกับบทอ่านที่กำลังจะอ่าน

2. การตรวจสอบ หรือกลวิธีระหว่างการอ่าน (While-reading strategies or monitoring) กล่าวคือ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการตั้งคำถามเพื่อถามตนเอง การตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง และการแก้ปัญหา สำหรับการตั้งคำถามเพื่อถามตนเอง ผู้อ่านให้ความสนใจในการอ่านโดยใช้แนวทางการอ่านจากคำถามที่ตั้งขึ้นมาเพื่อถามตนเองเกี่ยวกับจุดเด่นๆ หรือเรื่องเด่นๆ ของบทอ่าน ส่วนการตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง ผู้อ่านให้ความสนใจกับกลวิธีที่ใช้ในการอ่านและการตรวจสอบความเข้าใจในการอ่านหลังใช้กลวิธีนั้นๆ และการแก้ปัญหา คือ ผู้อ่านค้นหาแนวทางแก้ปัญหาเมื่อเกิดปัญหาในการอ่านหรือเกิดความไม่เข้าใจในบทอ่าน

3. การประเมินผล หรือกลวิธีหลังการอ่าน (Post-reading strategies or evaluating) กล่าวคือ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลและการตอบสนองต่อการประเมินผลนั้นๆ ซึ่งผู้อ่านที่มีทักษะในการอ่านสามารถประเมินกลวิธีที่ตนนำมาใช้ในการอ่าน โดยถามตนเองในเรื่องต่างๆ เช่น ผู้อ่านกำลังพยายามทำอะไร ผู้อ่านประสบความสำเร็จในการใช้กลวิธีในการอ่านระดับใด หรือผู้อ่านสามารถนำกลวิธีในการอ่านอื่น หรือนำวิธีการใดมาใช้ในการอ่านบทอ่าน

เวลล์ (Wells, 2001) อธิบายว่า การกำกับทางปัญญาประกอบด้วยองค์ประกอบหลักๆ 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความรู้ในการกำกับทางปัญญา สามารถแบ่งได้เป็น

1.1 ความรู้ในการกำกับทางปัญญาที่สามารถแสดงออกได้อย่างชัดเจน (Explicit Metacognitive Knowledge) คือ สิ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับจิตใต้สำนึก และแสดงออกความคิดออกมาเป็นคำพูดได้

1.2 ความรู้ในการกำกับทางปัญญาที่ไม่สามารถแสดงออกได้อย่างชัดเจน (Implicit Metacognitive Knowledge) คือ สิ่งที่เกี่ยวข้องกับจิตใต้สำนึก แต่ไม่สามารถแสดงความคิดออกมาเป็นคำพูดได้

2. ประสบการณ์ในการกำกับทางปัญญา เป็นสิ่งที่สามารถเชื่อมโยงความสับสนทางอารมณ์ ด้วยวิธีที่มีความหลากหลาย

3. กลวิธีในการควบคุมการกำกับทางปัญญา เป็นคำตอบของบุคคลขณะที่มีการควบคุม กิจกรรมในลักษณะต่างๆ ของระบบปัญญา

โครเชลเลอร์ (Chrysler, 2002: 126) แบ่งองค์ประกอบของอภิปัญญาออกเป็น 3 องค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

1. ความตระหนัก (Awareness) หมายถึง ความเอาใจใส่ต่อการเลือกใช้วิธีการ หรือวิธีการทำงานที่เหมาะสม รวมถึงการตั้งเป้าหมายในการทำงานให้สำเร็จลุล่วง

2. ความรู้ (Knowledge) หมายถึง การที่คนสามารถรู้ได้ว่าจะเรียนรู้ได้อย่างไรในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน หรือเป็นความสามารถในการเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมกับตนเองมากที่สุดเพื่อให้งานประสบความสำเร็จ

3. การควบคุม (Control) หมายถึง ความสามารถในการวางแผน จัดการเรียนรู้ของตนเอง เช่น ก่อนที่จะมีการสอน นักเรียนต้องสามารถวางแผน กำหนดตารางการอ่านหนังสือของตนเอง เมื่อเริ่มอ่าน ก็ต้องสามารถตรวจสอบตนเองได้ว่า ตนเองปฏิบัติตามที่วางแผนไว้หรือไม่ มากน้อยเพียงใด หรือตนเองเข้าใจเรื่องราวต่างๆ ได้ดีเพียงใด ซึ่งก่อนที่จะถึงขั้นตอนการควบคุมกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง ผู้เรียนต้องเลือกกลวิธีการเรียนหรือทำภาระงานอย่างเหมาะสม

ดุสโลสกลีและแมทคาลฟี (Dunlosky and Metcalfe, 2009) ได้แบ่งองค์ประกอบของการกำกับทางปัญญาเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ความรู้ในการกำกับทางปัญญา (Metacognitive Knowledge) คือ ความจริงและความเชื่อของแต่ละบุคคลที่สามารถแสดงออกได้ด้วยคำพูด และตระหนักรู้ได้โดยง่าย เช่น การรับรู้ประเภทเสียงที่เราได้ยิน การรู้เกี่ยวกับทฤษฎีต่างๆ เป็นต้น

2. การตรวจสอบในการกำกับทางปัญญา (Metacognitive Monitoring) คือ การประเมินหรือการตัดสินคุณค่าของกิจกรรมทางการคิด เช่น การประเมินว่าวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น มีความถูกต้องหรือไม่ เป็นต้น

3. การควบคุมการกำกับทางปัญญา (Metacognitive Control) คือ การควบคุมกิจกรรมทางการคิดให้ดำเนินไปตามแผนที่ได้วางไว้ เช่น จะดำเนินการต่อไปหรือหยุดการกระทำ หรือมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้เหมาะสมมากขึ้น เป็นต้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555a: 120) ได้แบ่งองค์ประกอบของการกำกับทางปัญญาออกเป็น 3 องค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. ความรู้ เป็นความสามารถของผู้เรียนเกี่ยวกับการรู้กระบวนการคิดของตนเองในการเรียนรู้ หรือการปฏิบัติงานที่มีองค์ประกอบย่อย 3 ด้าน ดังนี้

1.1 ความรู้ด้านเนื้อหาสาระ เป็นความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบพื้นฐานที่ผู้เรียนจำเป็นต้องรู้ในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงาน ทั้งในเรื่องความรู้เกี่ยวกับลักษณะของงานที่ทำและความรู้เกี่ยวกับความสามารถของตนเอง ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1.1 ความรู้เกี่ยวกับลักษณะของงานที่ทำ เป็นการรู้ว่างานนี้เกี่ยวข้องกับเรื่องใดในด้านข้อเท็จจริง คำศัพท์และนิยาม เช่น ถ้าผู้เรียนต้องการทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ จะต้องรู้ว่าการทดลองนี้เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องใด

1.1.2 ความรู้เกี่ยวกับความสามารถของตนเอง เป็นความสามารถในการวิเคราะห์ตนเองว่ามีความรู้ความสามารถในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานมากน้อยเพียงใด เช่น ผู้เรียนรู้จุดอ่อนและจุดแข็งของตนเอง รู้ว่าตนเองรู้อะไรและมีความรู้ในระดับใด เพื่อที่จะได้หาวิธีการที่เหมาะสมในการเรียนรู้ของตนเอง เป็นต้น

1.2 ความรู้ในวิธีการ เป็นความรู้เกี่ยวกับวิธีการหรือกระบวนการต่างๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงาน

1.3 ความรู้ที่ใช้เพื่อตัดสินใจเลือกวิธีการ เป็นความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ลักษณะของวิธีการที่ใช้ในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงาน เพื่อตัดสินใจเลือกวิธีการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด

2. การควบคุมตนเอง เป็นความสามารถของผู้เรียนในการควบคุมตนเองให้เรียนรู้หรือปฏิบัติงานได้สำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งประกอบด้วย 3 ด้วย ดังนี้

2.1 การวางแผน เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์และขั้นตอนการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงาน เพื่อเป็นแนวทางในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานให้สำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 การกำกับควบคุม เป็นการตรวจสอบและคิดทบทวนเกี่ยวกับความเหมาะสมและความถูกต้องของวิธีการและขั้นตอนที่เลือกใช้ในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงาน

2.3 การประเมิน เป็นการตรวจสอบผลที่ได้จากการเรียนรู้หรือปฏิบัติงานซึ่งจะทำให้ผลที่ได้มีความถูกต้องและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทำงาน

3. ความตระหนักต่อกระบวนการคิด เป็นความสามารถของผู้เรียนเกี่ยวกับการรู้ปัจจัยที่จำเป็นที่ทำให้การเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผู้เรียนสามารถอธิบายสิ่งที่ตนเองรู้ให้ผู้อื่นฟังได้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการอธิบายเหตุผลใน 3 ด้าน ดังนี้

3.1 การสนับสนุนความคิดหรือวิธีการที่ถูกต้องของตนเอง ผู้เรียนสามารถอธิบายเหตุผลเพื่อสนับสนุนความคิดหรือวิธีการที่ถูกต้องของตนเองได้อย่างชัดเจน ซึ่งแสดงถึงความมั่นใจว่าสิ่งที่ตนเองคิดนั้นถูกต้อง หลังจากมีการประเมินแล้วว่ากระบวนการคิดที่ใช้ในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานทำให้งานสำเร็จ

3.2 การยอมรับความคิดหรือวิธีการอื่นที่ถูกต้อง ผู้เรียนสามารถอธิบายเหตุผลของการยอมรับความคิดหรือวิธีการอื่นที่แตกต่างจากแนวคิดของตนเองว่าถูกต้อง

3.3 การยอมรับว่าความคิดหรือวิธีการของตนเองผิดพลาด ผู้เรียนสามารถอธิบายเหตุผลของการยอมรับว่าความคิดหรือวิธีการของตนเองผิดพลาด และพร้อมที่จะแก้ไขความผิดพลาดที่เกิดขึ้น หลังจากมีการประเมินแล้วว่ากระบวนการคิดที่ใช้ในการเรียนรู้หรือการปฏิบัติงานทำให้งานผิดพลาด

จากการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของการกำกับทางปัญญาของนักการศึกษาท่านต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า องค์ประกอบของการกำกับทางปัญญาประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความรู้ในการกำกับทางปัญญา ประสบการณ์ในการกำกับทางปัญญา และกลวิธีในการควบคุมการกำกับทางปัญญา

1.4 การพัฒนาการกำกับทางปัญญา

นักการศึกษาได้เสนอแนวทางในการพัฒนาการกำกับทางปัญญาไว้ดังนี้

เดอรรีและเมอร์ฟี (Derry and Murphy, 1986) ได้นำเสนอวิธีการฝึกการกำกับทางปัญญาไว้ดังนี้

1. สอนกลยุทธ์การเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อให้นักเรียนสั่งสมไว้ใช้ในการแก้ปัญหา
2. ฝึกฝนให้นักเรียนตระหนักไว้ว่าเป้าหมายในการเรียนรู้คืออะไร
3. เพิ่มพูนประสบการณ์ในการเรียนรู้ให้มากขึ้น
4. ช่วยให้นักเรียนสั่งสมความรู้เกี่ยวกับประโยชน์ของกลยุทธ์ต่างๆ รวมถึงความรู้เกี่ยวกับโอกาสและวิธีเลือกใช้กลยุทธ์เหล่านั้น

นอกจากนี้เดอรรีและเมอร์ฟี (Derry and Murphy, 1986) ได้มีการนำเสนอแนวการฝึกเกี่ยวกับความรู้ของการกำกับทางปัญญาไว้ดังนี้

1. การฝึกให้มีความรู้ในด้านโครงสร้างความรู้ (Schema Knowledge) ซึ่งเป็นพื้นฐานของความเข้าใจในระดับที่สูงขึ้นต่อไป และที่สำคัญยังช่วยจำแนกความคิดสำคัญซึ่งต้องมีความสามารถในการระบุแนวความคิดได้ เป็นทักษะพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการควบคุมขั้นสูงและการประยุกต์ใช้กลยุทธ์ต่างๆ อย่างมีเป้าหมาย

2. การฝึกโดยตรง (Direct Training) เป็นการสอนกลยุทธ์โดยตรง เช่น ในการเรียนการสอนผ่านระบบคอมพิวเตอร์ ให้บอกนักเรียนว่า ควรใช้วิธีการจดบันทึกและการถามตอบ แต่ถ้าเป็นการเรียนการสอนแบบใช้หนังสือเรียน ให้ใช้วิธีการขีดเส้นใต้และการสรุปใจความสำคัญ

3. การให้นักเรียนได้ค้นพบคุณลักษณะของกลยุทธ์ของตนเอง (Metamemory Acquisition Procedures) เป็นการสอนให้นักเรียนประเมินกลยุทธ์ที่ใช้อย่างมีเหตุผล เช่น เมื่อสอนนักเรียนใช้กลยุทธ์การสร้างหัวข้อย่อยของเนื้อหา (Outlining) แล้ว จากนั้นให้นักเรียนประเมินผลของการเรียนโดยกลยุทธ์ดังกล่าวเปรียบเทียบกับผลการเรียนโดยไม่ใช้กลยุทธ์นี้

4. การควบคุมตนเอง (Self-regulation) ควรฝึกโดยใช้วิธีการชี้แนะ (Triggering Mechanism) เพื่อช่วยให้นักเรียนระลึกถึงกลยุทธ์ที่จะช่วยให้งานที่กำลังทำอยู่ประสบความสำเร็จได้

ออสแมนและฮานเนฟิน (Osman and Hannafin, 1992) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาการกำกับทางปัญญาไว้ว่า วิธีการฝึกแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบผสมผสาน (Embedded Strategies) และแบบไม่ผูกพัน (Detached Strategies) ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. แบบผสมผสาน (Embedded Strategies) เป็นวิธีที่บูรณาการกลยุทธ์ต่างๆ โดยคำนึงถึงความสำคัญและข้อจำกัดของการนำกลยุทธ์ไปใช้ในการเรียนรู้ ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นได้ว่ากลยุทธ์สามารถช่วยเอื้ออำนวยในการเรียนในสถานการณ์จริง และกระตุ้นให้นักเรียนสนใจและมีปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหาและสาระสำคัญที่ต้องประมวลเข้าไป

2. วิธีการฝึกแบบไม่ผูกพัน (Detached Strategies) เป็นกลยุทธ์ที่มีความเป็นสากลมากกว่า โดยทำอย่างอิสระจากบทเรียนที่สำคัญ โดยมีวัตถุประสงค์ว่าต้องพัฒนาความสามารถที่จะเลือกใช้กลยุทธ์ได้ด้วยตัวของนักเรียนเอง ทำให้นักเรียนเกิดทักษะที่สามารถนำไปประยุกต์ได้ในหลายวิชา

นอกจากนี้ออสแมนและฮานเนฟิน (Osman and Hannafin, 1992) ได้เสนอหลักการเลือกหรือออกแบบการพัฒนาการกำกับทางปัญญาที่เหมาะสมไว้อีกหลายประการ ดังนี้

1. ระมัดระวังอย่าให้กลยุทธ์ในการกำกับทางปัญญาไปแข่งขันกับการทำงานทางกระบวนการคิด นั่นคือ ต้องไม่ให้นักเรียนสูญเสียพลังงานไปกับกลยุทธ์จนไม่สามารถทำงานหรือทำสิ่งที่ต้องเรียนรู้ได้ต่อ

2. ให้กลยุทธ์ที่ชัดเจนสำหรับผู้เริ่มต้นเรียนรู้ และเริ่มใช้กลยุทธ์ที่มีความซับซ้อนสำหรับผู้ที่มีความชำนาญ

3. หากต้องมีการถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่สถานการณ์ที่แตกต่างจากสถานการณ์ที่เรียนรู้ ควรใช้วิธีการฝึกแบบไม่ผูกพัน (Detached Strategies) ประกอบกับการใช้เนื้อหาที่มีความหลากหลาย แต่ควรใช้วิธีการฝึกแบบผสมผสาน (Embedded Strategies) นั่นคือ ควรระบุกระบวนการของกลยุทธ์ที่สามารถใช้กับเนื้อหาได้หลากหลาย

4. เพื่อเกิดการถ่ายโอนการเรียนรู้ข้ามสถานการณ์ได้ ควรมีการเชื่อมโยงข้อมูลทั้งภายในและภายนอกบทเรียน มีการบูรณาการความรู้เดิมเข้ากับความรู้ใหม่ และมีกระบวนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้งหมด

5. ควรมีการเน้นวิธีการที่จะสามารถถ่ายโอนกลยุทธ์ด้วย

6. หากเป็นไปได้ควรมีการกำหนดมาตรฐานและเกณฑ์ที่จะประเมินความเข้าใจด้วย
7. สนับสนุนในด้านตัวชี้แนะภายนอก เพื่อเอื้อให้นักเรียนสามารถประมวลผลการเรียนและวิธีที่ใช้ในการเรียนได้
8. ควรมีการเน้นตัวแปรส่วนบุคคล ตัวแปรของงานและตัวแปรด้านกลยุทธ์ด้วย
9. กระตุ้นให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น อธิบายกระบวนการเรียนรู้ของตนเองได้ ประเมินผลการเรียนรู้และให้ผลป้อนกลับซึ่งกันและกันได้
10. หลีกเลี่ยงการให้นักเรียนอิงอยู่กับตัวชี้แนะจากภายนอก การกำกับตนเองได้ควรเป็นเป้าหมายที่มีความสำคัญที่สุดของการฝึกกลยุทธ์
11. มีการผสมผสานข้อดีของกลยุทธ์ในด้านการถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ และในด้านที่จัดกระทำกับเนื้อหาได้โดยตรง

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 160-162) กล่าวว่า ในการพัฒนาให้เป็นผู้มีกระบวนการกำกับทางปัญญา กลวิธีพื้นฐานของการกำกับทางปัญญา คือ 1) การเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่ 2) เลือกกลวิธีความคิดอย่างรอบคอบและพิถีพิถัน 3) วางแผนการกำกับหรือการตรวจสอบและประเมินกระบวนการทางความคิด ซึ่งนักคิดทั้งหลายผู้มีพฤติกรรมในการคิด จำเป็นต้องคำนึงถึงเรื่องการกำกับทางปัญญาเพื่อใช้ในการกำหนดปัญหาและหาวิธีการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย ตลอดจนใช้กระบวนการแก้ปัญหา นักคิดต้องมีการคิดเสมอว่าทำอะไรนั้นต้องติดตามและมีการประเมินตลอดทุกระยะ

การพัฒนาการกำกับทางปัญญาสามารถทำได้ เรียนรู้ได้ วิธีการสอนกลวิธีเรื่องจะเป็นประโยชน์ต่อบุคคลทั่วไป เป้าหมายสูงสุดของการศึกษา คือ ให้ผู้เรียนเรียนรู้วิธีเรียนรู้ เรียนรู้กระบวนการคิดเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งการกำกับทางปัญญาเป็นเรื่องที่สถานศึกษาหรือโรงเรียนหรือครูควรนำไปฝึกให้แก่ผู้เรียนเพื่อใช้ในการควบคุมการคิดของตน แม้แต่การแก้ปัญหาการคิดในสถานการณ์ใดที่ไม่สามารถประสบความสำเร็จได้ การกำกับทางปัญญาก็สามารถช่วยได้ ควบคุมสถานการณ์ได้ นั่นคือกลวิธีการควบคุมการคิดสามารถช่วยให้การใช้กระบวนการคิดแก้ปัญหาประสบความสำเร็จได้ ซึ่งยุทธวิธีที่ใช้ในการพัฒนาพฤติกรรมควบคุมและประเมินการคิดหรือการกำกับทางปัญญา สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ระบุว่าเรารู้อะไร ไม่รู้อะไร โดยฝึกการเขียนให้ชัดเจนว่า “อะไรที่เราารู้แล้วบ้าง” “อะไรที่ต้องการรู้” เมื่อผู้เรียนได้หัวข้อแล้วจะต้องทำความเข้าใจหรือขยายความด้วยข้อมูลที่มีความถูกต้อง
2. สนทนาหรืออภิปรายที่เกี่ยวข้องกับการคิด การพูดเรื่องวิธีคิดมีความสำคัญมากในการสอนครูควรอธิบายกระบวนการคิดในการวางแผนแก้ปัญหา เป็นการสาธิตการคิดให้ผู้เรียนรู้ จากนั้นฝึกให้ผู้เรียนคิด มีการอภิปรายเกี่ยวกับวิธีคิดของแต่ละคน อธิบายกระบวนการคิดเพื่อจะนำไปใช้โดยใช้โดย

ใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น พุดรอบวง (round robin) พุดเป็นคู่ (rally robin) เป็นต้น

3. การเขียนอนุทินเกี่ยวกับการใช้กระบวนการทางความคิดหรือการคิด การเขียนอนุทินหรือบันทึกการเรียนรู้โดยผู้เขียนจะบันทึกวิธีคิด ข้อควรระมัดระวัง ความยากลำบาก การได้ประสบปัญหา ความยุ่งยากซึ่งนับได้ว่าเป็นการสะท้อนความคิดของตนเอง

4. การวางแผนและการกำกับตนเอง ผู้เรียนจะตั้งพัฒนาความรับผิดชอบในการวางแผนและการเรียนรู้ด้วยตนเอง

5. สรุปกระบวนการคิดที่ใช้เมื่อทำกิจกรรมเสร็จแล้ว ผู้เรียนควรได้อภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการคิดทั้งนี้เพื่อ 1) เป็นการพัฒนาความตระหนักในการควบคุมการคิด 2) สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ โดยปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

5.1 ครูแนะนำให้ผู้เรียนทบทวนกิจกรรม รวบรวมข้อมูล กระบวนการคิดและความรู้สึกที่เกิดขึ้น

5.2 ครูให้ผู้เรียนจำแนกทักษะการคิดที่ใช้พร้อมทั้งระบุกลวิธีการคิดที่ใช้

5.3 ครูให้ผู้เรียนประเมินความสำเร็จ นำกลวิธีที่ไม่เหมาะสมออกไปและสรุปกลวิธีที่จะเป็นประโยชน์ต่อไป

6. การประเมินตนเอง (Self-evaluation) การประเมินตนเองเป็นการประเมินเกี่ยวกับการคิดของตนเอง โดยค่อยๆ ฝึกทำไปทีละเล็กทีละน้อย จะทำให้ผู้นั้นสามารถทำได้อย่างเป็นอิสระ จากนั้นสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้นี้ไปใช้กับสถานการณ์อื่นได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า การพัฒนาการกำกับทางปัญญาควรต้องเลือกวิธีการให้เหมาะสมกับตัวผู้เรียน เนื้อหา และจุดประสงค์ของการเรียนรู้ รวมทั้งมีการเลือกใช้กลยุทธ์ที่หลากหลายและตระหนักตนเองอยู่เสมอว่าเป้าหมายในการเรียนรู้ดังกล่าวคือสิ่งใด

1.5 การวัดและประเมินการกำกับทางปัญญา

การกำกับทางปัญญาเป็นวิธีการคิดที่เป็นระบบอยู่ในสมองของมนุษย์ จึงเป็นการยากที่จะวัด โดยให้ผู้ถูกวัดเขียนอธิบายออกมาในลักษณะของการแสดงวิธีทำ นั่นคือการประเมินการกำกับทางปัญญาจึงต้องอาศัยการกระตุ้นจากภายนอก เพื่อให้ผู้ถูกวัดแสดงกระบวนการคิดและพฤติกรรมโดยต้องอาศัยวิธีการที่หลากหลาย ซึ่งจากการศึกษากระบวนการวัดและประเมินการกำกับทางปัญญาของนักการศึกษาและนักจิตวิทยาสามารถสรุปได้ดังนี้

การ์เนอร์และอเล็กซานเดอร์ (Garner and Alexander, 1989: 143-158) ได้เสนอวิธีการวัดการกำกับทางปัญญาว่า การกำกับทางปัญญาเป็นกลวิธีการคิดที่เป็นระบบอยู่ในความคตินุษย์ ซึ่งมีวิธีการวัดหลายวิธี ดังนี้

1. การสัมภาษณ์ (Interview Techniques) วิธีการนี้เป็นการกระทำย้อนหลังจนถึงกระบวนการคิด และสิ่งที่กลุ่มตัวอย่างได้กระทำหลังจากที่ได้ทำงานไปแล้ว โดยผู้ถูกสัมภาษณ์อาจไม่ได้มีการเตรียมลำดับความคิดมาล่วงหน้า ซึ่งพบว่าหากใช้วิธีการสัมภาษณ์เด็กที่อายุมากกว่าจะมีความรู้ทางการกำกับทางปัญญาสูงกว่าเด็กที่อายุน้อยกว่า แต่ก็ไม่ได้เป็นสิ่งที่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าเด็กโตจะใช้กลวิธีในการกำกับตนเองมากกว่าเด็กเล็ก ซึ่งปัญหาที่สำคัญบางประการของการใช้วิธีการสัมภาษณ์ คือ ในบางครั้งการสัมภาษณ์เป็นการกระทำภายหลังกิจกรรมการคิด ซึ่งถ้าทิ้งระยะเวลาเวลานานเกินไปทำให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ไม่สามารถจดจำรายละเอียดต่างๆ ได้ครบถ้วน หรืออาจจำรายละเอียดได้น้อยกว่าความเป็นจริง และปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ บางครั้งคำถามที่ใช้เป็นคำถามที่ชี้แนะให้แก่ผู้ตอบทำให้เกิดการตอบตามสมมติฐานการวิจัย นั่นคือผู้ถูกสัมภาษณ์อาจรายงานในกระบวนการคิดที่ตนไม่ได้คิดจริงก็ได้ รวมทั้งในกรณีศึกษากับเด็กเล็ก ยังอาจมีปัญหาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัญหาการใช้ภาษา ไม่ว่าจะเป็นเรื่องความคล่องแคล่วในการใช้ภาษา หรือความแตกต่างในการใช้ภาษาระหว่างเด็กและผู้ใหญ่

2. กระบวนการคิดออกเสียง (Think Aloud Procedures) เป็นวิธีหนึ่งของการรายงานความคิดด้วยถ้อยคำ (Verbal Report) ซึ่งจะนำไปสู่การวิเคราะห์ การประมวลผลข้อมูล ซึ่งลักษณะที่สำคัญของกระบวนการนี้ คือ ผู้แก้ปัญหาสามารถรายงานสิ่งที่อยู่ในความจำระยะสั้นเท่านั้น โดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ ได้แก่

2.1 รายงานเป็นคำพูดโดยตรง (Direct verbalization) เป็นการรายงานข้อความ ที่มีรหัสถ้อยคำอยู่ในความจำระยะสั้นแล้ว ผู้แก้ปัญหาจะรายงานออกมาตามที่คิดได้เลย ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ

2.1.1 การให้กลุ่มตัวอย่างรายงานความคิดในขณะที่กำลังทำงานหรือกำลังแก้ปัญหา (Concurrent protocol) โดยใช้การบันทึกเสียงการรายงานไว้ แล้วถอดเทปออกมาใส่รหัสข้อความที่พูดได้ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้อธิบายวิเคราะห์

2.1.2 การให้กลุ่มตัวอย่างรายงานความคิดหลังจากแก้ปัญหาเสร็จแล้ว (Retrospective protocol) เป็นการลดปัญหาการรบกวนสมาธิในขณะที่ทำงานซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในการดำเนินการในแบบที่ 1 และเป็นการให้ผู้แก้ปัญหาได้รวบรวมความคิดรวบยอดเกี่ยวกับงานที่ทำหรือปัญหาที่แก้ แต่สิ่งที่ต้องระมัดระวังในการดำเนินการแบบที่ 2 นี้คือ การรายงานความคิดที่อาจจะไม่มีในการทำงานหรือการแก้ปัญหา

2.2 การใส่รหัสถ้อยคำลงในความจำระยะสั้น (Recording the content of short term memory) ข้อความที่จะรายงานนั้น ยังไม่มีการใส่รหัสไว้ในความจำระยะสั้น นั่นคือก่อนการรายงานผู้แก้ปัญหาจึงต้องใช้เวลาในการบันทึกข้อมูลเป็นรหัสถ้อยคำลงในความจำระยะสั้นของตนเองก่อนแล้วจึงค่อยรายงานออกมา ดังนั้นจึงต้องใช้เวลาในการรายงานความคิดโดยไม่พูดออกมาได้อย่างรวดเร็ว เหมือนในลักษณะที่ 1 แต่จะใช้ได้กับกระบวนการคิดขั้นที่สูงกว่าการคิดโดยทั่วไป

2.3 การอธิบาย (Explanation) เป็นการรายงานด้วยถ้อยคำที่ใช้กระบวนการขั้นที่สูงขึ้นไปกว่าในลักษณะที่ 2 ซึ่งเกิดจากการถามให้ผู้แก้ปัญหาได้อธิบายความคิดของเขาส่งผลให้ต้องใช้ทั้งความคิดและการสังเคราะห์เพื่อการอธิบายและใช้เวลาในการอธิบายความคิดที่เพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555a: 123-131) ได้สรุปการประเมินการกำกับทางปัญญาของผู้เรียนว่า สามารถพิจารณาได้จากพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงออกมาจากการใช้วิธีต่างๆ ในการประเมิน โดยวิธีที่ใช้ในการประเมินการกำกับทางปัญญามีหลายวิธี ซึ่งวิธีที่ใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายมี 4 วิธี ดังนี้

1. การสัมภาษณ์ (Interview Technique) เป็นกระบวนการในการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างผู้สัมภาษณ์และผู้ให้สัมภาษณ์ โดยทั่วไปได้จำแนกการสัมภาษณ์ออกเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

1.1 การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เป็นรูปแบบที่มีการกำหนดประเด็นและคำถามที่จะใช้ในการสัมภาษณ์ไว้ล่วงหน้า ผู้สัมภาษณ์ทุกคนจะตอบคำถามเดียวกันและมีลำดับในการสัมภาษณ์เหมือนกัน การสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างช่วยให้ผู้สัมภาษณ์ถามในประเด็นที่ต้องการทำให้ไม่ออกนอกเรื่อง ไม่เกินขอบเขตที่กำหนดไว้ และข้อมูลที่ได้จากผู้สัมภาษณ์แต่ละคนสามารถนำมาเปรียบเทียบกัน

1.2 การสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้าง เป็นรูปแบบที่มีการกำหนดเพียงประเด็นหลักที่ใช้ในการสัมภาษณ์ ไม่มีการกำหนดคำถามในการสัมภาษณ์ที่แน่นอนตายตัว หรือมีการกำหนดคำถามไว้เพียงบางส่วน การสัมภาษณ์มีความยืดหยุ่น ผู้สัมภาษณ์มีอิสระในการถาม และนอกจากนี้ผู้สัมภาษณ์สามารถปรับเปลี่ยนคำถามให้เหมาะสมกับสถานการณ์และผู้ให้สัมภาษณ์แต่ละคนได้

การประเมินการกำกับทางปัญญาของผู้เรียนโดยใช้การสัมภาษณ์จะต้องใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนพูดทบทวนความคิดของตนเองในสิ่งที่ได้กระทำหลังจากการทำงาน และไม่ควรกระทำภายหลังจากการทำงานนานจนเกินไป เนื่องจากผู้เรียนอาจจดจำรายละเอียดต่างๆ ได้ไม่ครบหรือจำผิดพลาดหรือตอบได้น้อยกว่าความเป็นจริง ในกรณีที่เป็นการสัมภาษณ์เด็กเล็ก อาจพบประเด็นปัญหาเกี่ยวกับความคล่องแคล่วของการใช้ภาษา รวมทั้งความสามารถในการอภิปรายกระบวนการทางความคิดเพื่อการสื่อสารให้บุคคลอื่นเข้าใจ

2. การคิดแบบออกเสียง (Think Aloud Procedure) เป็นวิธีการที่ผู้เรียนจะได้รับมอบหมายให้ลงมือปฏิบัติงาน และให้คิดแบบออกเสียงหรือรายงานทุกสิ่งที่คิดในขณะที่ทำงาน ซึ่งจะถูกบันทึกเสียงไว้สำหรับการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ และในระหว่างการทำงานของผู้เรียน จะต้องมีการบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนที่เป็นการแสดงออกทางกาย เช่น การพยักหน้า การขมวดคิ้ว เป็นต้น เพื่อนำมาใช้ประกอบการวิเคราะห์การกำกับทางปัญญาของผู้เรียนในการคิดแบบออกเสียงนี้ ต้องระวังไม่ให้เกิดการรบกวนในขณะที่คิด และควรจัดให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดออกเสียงจนคล่องแคล่ว และสามารถทำได้เองก่อนการเก็บข้อมูลจริง โดยข้อมูลที่ได้จากการคิดแบบออกเสียงต้องได้รับการวิเคราะห์และตีความ รวมทั้งมีการจัดแยกประเภท แยกแยะสิ่งที่สำคัญและไม่สำคัญออกจากกันได้ แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดคือกระบวนการคิดที่พูดออกมา อาจเป็นกระบวนการคิดที่ด้อยประสิทธิภาพกว่ากระบวนการคิดที่ผู้เรียนคิดตามธรรมชาติ เนื่องจากการให้ผู้เรียนพูดในขณะที่คิดอาจขัดจังหวะการคิดของผู้เรียน

3. การใช้แบบรายงานตนเอง (Self Report) เป็นวิธีถามเพื่อให้ผู้เรียนได้ตอบคำถาม โดยการเขียนตอบตามความคิดเห็นของตนเองอย่างอิสระหรือมีตัวเลือกให้ผู้เรียนเลือกตอบ การประเมินการกำกับทางปัญญาด้วยวิธีนี้สามารถทำได้ในระหว่างการทำงานหรือเมื่อสิ้นสุดการทำงาน การสร้างแบบรายงานตนเองที่ดีต้องกำหนดจุดมุ่งหมายให้ชัดเจนว่าต้องการประเมินสิ่งใด และต้องมีการประเมินให้ครอบคลุมทุกองค์ประกอบที่ต้องการวัด ข้อความที่ใช้ในการถามคำถามต้องใช้ภาษาที่ดีและเข้าใจง่าย และควรมีทั้งข้อความทั้งทางบวกและทางลบ เพื่อให้สามารถประเมินผู้เรียนได้ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด

4. การใช้แบบทดสอบ (Test) แบบทดสอบเป็นเครื่องมือที่ผู้สอนมีความคุ้นเคยมากที่สุด ข้อมูลที่ได้จากการให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบจะทำให้ทราบว่าผู้เรียนมีการกำกับทางปัญญามากน้อยเพียงใด ซึ่งแบบทดสอบชุดหนึ่งจะประกอบไปด้วยข้อสอบจำนวนหลายข้อเพื่อให้วัดได้ครอบคลุมพฤติกรรมที่ต้องการมากที่สุด

จากวิธีที่ใช้ในการประเมินการกำกับทางปัญญาดังกล่าว ถ้าต้องการให้ผลการประเมินมีความแม่นยำ ควรใช้วิธีการที่หลากหลายในการประเมินแต่ละครั้ง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการเปรียบเทียบและสามารถสรุปผลให้มีความใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด ในการเลือกใช้อาจต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของแต่ละวิธี เช่น วิธีสัมภาษณ์และการคิดแบบออกเสียงจะทำให้ได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนอย่างละเอียด แต่อาจต้องใช้เวลามากจึงเหมาะสำหรับกลุ่มผู้เรียนที่มีจำนวนน้อย ส่วนในกรณีที่ต้องการประเมินกับกลุ่มผู้เรียนจำนวนมากควรเลือกวิธีการใช้แบบรายงานตนเองหรือการใช้แบบทดสอบ เนื่องจากทั้งสองวิธีนี้สามารถใช้ประเมินกับผู้เรียนจำนวนหลายคนในเวลาเดียวกันได้

การวัดการกำกับบางปัญญาสามารถใช้เครื่องมือได้อย่างหลากหลาย เช่น แบบบันทึกพฤติกรรม แบบสังเกต แบบรายงานตนเอง แบบสัมภาษณ์ และแบบทดสอบ เป็นต้น ตัวอย่างของเครื่องมือที่ใช้วัดการกำกับทางปัญญามีรายละเอียดดังนี้

1. แบบรายงานตนเอง เป็นเครื่องมือที่ให้ผู้เรียนได้เขียนคำตอบตามความคิดเห็นของตนเองอย่างอิสระ หรือให้ผู้เรียนเลือกตอบจากตัวเลือกที่กำหนดให้ การสร้างแบบรายงานตนเองจะต้องสร้างข้อความหรือข้อความถามให้ครอบคลุมองค์ประกอบของการกำกับทางปัญญาที่ต้องการประเมิน และข้อความหรือข้อความถามที่สร้างขึ้นควรมีทั้งทางบวกและทางลบ

2. แบบทดสอบ เป็นเครื่องมือที่ให้ผู้เรียนแสดงออกถึงการกำกับควบคุมกระบวนการคิดในการหาคำตอบของสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนดด้วยการเขียนตอบ แบบทดสอบที่ใช้วัดการกำกับทางปัญญานี้มีลักษณะเช่นเดียวกับแบบทดสอบแบบเขียนตอบทั่วไป ในการสร้างแบบทดสอบที่ใช้ในการวัดการกำกับทางปัญญา ผู้สอนอาจใช้ข้อสอบแบบเขียนตอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนในห้องเรียนได้ โดยควรเลือกข้อสอบที่ไม่ยากเกินไป แล้วเพิ่มคำถามที่ใช้วัดการกำกับทางปัญญาเข้าไปในข้อสอบนั้น เพราะถ้าข้อสอบมีความยากเกินไป ผู้เรียนจะทำข้อสอบไม่ได้ จึงทำให้ไม่สามารถวัดการกำกับทางปัญญาของผู้เรียนได้ หรือผู้สอนอาจสร้างข้อสอบขึ้นมาใหม่ได้ โดยการสร้างข้อสอบแบบเขียนตอบที่ใช้วัดการกำกับทางปัญญาซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 องค์ประกอบ ดังนี้

2.1 สถานการณ์และคำถาม มีลักษณะดังนี้

2.1.1 สถานการณ์ต้องสอดคล้องกับเนื้อหาในบทเรียนของผู้เรียนแต่ละระดับชั้น และควรเลือกใช้สถานการณ์ที่น่าสนใจและกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงออกถึงพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการมีการกำกับทางปัญญา

2.1.2 คำถามต้องมีความชัดเจน ตรงตามองค์ประกอบของการกำกับทางปัญญาที่ต้องการวัด ใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและเหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน

2.2 แนวคำตอบ เป็นหลักการหรือแนวคิดที่เป็นไปได้ในการตอบคำถามซึ่งผู้สร้างข้อสอบต้องกำหนดแนวคำตอบที่ครอบคลุมแต่ละประเด็นให้มีความชัดเจน โดยแยกคำตอบออกเป็นตอนย่อยๆ ตามความสำคัญ

2.3 เกณฑ์การให้คะแนน เป็นเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นสำหรับการให้คะแนนคำตอบ โดยพิจารณาจากความถูกต้อง ความครบถ้วนและสมบูรณ์ของคำตอบเป็นสำคัญ ในการตรวจให้คะแนนผู้ตรวจจะแบ่งคะแนนของแต่ละตอนออกเป็นส่วนๆ โดยเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จากนั้นจึงนำคะแนนแต่ละตอนมารวมกันเป็นคะแนนของข้อสอบ

2. การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

2.1 ความหมายของปัญหาคณิตศาสตร์

มีนักการศึกษาต่างประเทศและนักการศึกษาไทยหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของปัญหาคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้

แอนเดอร์สัน และพินกรี (Anderson and Pingry, 1973: 228) ได้กล่าวถึงความหมายของปัญหาคณิตศาสตร์โดยสรุปไว้ว่า ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นสถานการณ์หรือคำถามที่ต้องการวิธีในการแก้ไขหรือหาคำตอบ โดยผู้ที่แก้ปัญหาจะสามารถแก้ปัญหาได้ต้องเลือกใช้วิธีการที่มีความเหมาะสมกับสภาพของปัญหา โดยเลือกใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ประสบการณ์และการตัดสินใจ ปัญหาจะมีความสัมพันธ์กันกับผู้แก้ปัญหา สถานการณ์หนึ่งอาจเป็นปัญหาต่อบุคคลหนึ่งแต่ในสถานการณ์เดียวกันอาจไม่เป็นปัญหาสำหรับบุคคลอื่นก็ได้

ครูลิค และรูดนิค (Krulik and Rudnick, 1993: 6) ได้กล่าวถึงความหมายของปัญหาคณิตศาสตร์โดยสรุปไว้ว่า ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นสถานการณ์ที่ต้องการกระบวนการการคิดสังเคราะห์ความรู้ที่ได้เรียนมา เพื่อใช้ในการหาทางออกของปัญหาซึ่งเป็นกระบวนการที่ผู้แก้ปัญหาต้องใช้ความรู้พื้นฐานหรือความรู้เดิม ทักษะและความเข้าใจในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ไม่มีความคุ้นเคย โดยกระบวนการนี้เริ่มต้นจากการเผชิญหน้ากับปัญหาและการหาข้อสรุปถึงคำตอบ ซึ่งนักเรียนต้องสังเคราะห์สิ่งที่ได้เรียนมาและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

ครุคซังค์ และเซฟฟิลด์ (Cruikshank and Sheffield, 2000: 38) กล่าวโดยสรุปไว้ว่า ปัญหาคณิตศาสตร์ หมายถึง คำถามหรือสถานการณ์ที่ทำให้มีความสงสัย ซึ่งไม่คุ้นเคย ไม่สามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้โดยในทันทีหรือไม่ทราบวิธีการแก้คำตอบได้ในขณะนั้น ซึ่งปัญหาคณิตศาสตร์เป็นคำถามหรือสถานการณ์ที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับทางคณิตศาสตร์แต่ไม่ได้หมายความว่า จะต้องเกี่ยวข้องกับปัญหาทางจำนวนเท่านั้น เพราะในบางปัญหาเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางกายภาพหรือการให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์

ยุพิน พิพิธกุล (2542: 5) ได้กล่าวถึงปัญหาคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า ปัญหาคณิตศาสตร์ เป็นปัญหาที่นักเรียนจะต้องค้นหาความจริงหรือสรุปสิ่งใหม่ที่นักเรียนยังไม่เคยเรียนมาก่อน มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยกระบวนการทางคณิตศาสตร์เข้ามาแก้ปัญหา

กรมวิชาการ (2544: 10) กล่าวโดยสรุปไว้ว่า ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นปัญหาที่พบในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาต่างๆ ต้องใช้ความสามารถในกระบวนการแก้ปัญหาและความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนมา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555b: 7) ได้อธิบายความหมายของ ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ว่า ปัญหาคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ซึ่งเผชิญ อยู่และต้องการค้นหาคำตอบ โดยที่ยังไม่รู้วิธีการหรือขั้นตอนที่จะได้คำตอบของสถานการณ์ดังกล่าว ได้ในทันที

จากความหมายของปัญหาคณิตศาสตร์ที่นักการศึกษาหลายท่านได้สรุปไว้ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ปัญหาคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์หรือคำถามที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ซึ่ง ต้องการคำตอบ ซึ่งปัญหาดังกล่าวอาจจัดอยู่ในรูปของจำนวน สัญลักษณ์ การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ข้อความ สถานการณ์ปัญหาหรือการให้เหตุผลในทางตรรกศาสตร์ได้

2.2 ประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์

มีนักการศึกษาต่างประเทศและนักการศึกษาไทยหลายท่านได้กล่าวถึงประเภทของปัญหา คณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้

เลอบลานซ์ (Leblance, 1977: 17-25) แบ่งประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาที่ปรากฏในหนังสือแบบเรียน
2. ปัญหาที่ปรากฏในหนังสือที่ไม่ใช่แบบเรียน

โพลยา (Polya, 1985: 123-128) ได้แบ่งประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์เป็น 2 ประเภท โดยพิจารณาจากจุดประสงค์ของปัญหา ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ปัญหาให้ค้นหา (Problem to Find) เป็นปัญหาที่ให้ค้นหาสิ่งที่ต้องการทราบ ซึ่งอาจเป็น ปัญหาในเชิงทฤษฎี หรือปัญหาในเชิงปฏิบัติ โดยอาจเป็นรูปธรรมหรือนามธรรมก็ได้ ซึ่งส่วนที่สำคัญ ของปัญหานี้แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ สิ่งที่ต้องการหา ข้อมูลกำหนดให้และเงื่อนไข

2. ปัญหาให้พิสูจน์ (Problem to Prove) เป็นปัญหาที่ต้องการให้แสดงอย่างสมเหตุสมผลว่า ข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงหรือเท็จ ส่วนที่สำคัญของปัญหานี้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ สิ่งที่กำหนดให้ หรือสมมติฐาน และผลสรุปหรือสิ่งที่ต้องการให้พิสูจน์ โดยพิจารณาจากตัวผู้แก้ปัญหาและความ ซับซ้อนของปัญหา

คุกซ์ (Kutz, 1991: 93) ได้แบ่งการแก้ปัญหาออกเป็นประเภทใหญ่ๆ 2 ประเภท ดังนี้

1. การแก้ปัญหาที่พบเห็นทั่วไปหรือโจทย์ปัญหา (Routine or Word Problem Solving) ปัญหาที่พบเห็นกันโดยทั่วไปหรือปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคย (Routine Problem) เป็นปัญหาที่มี โครงสร้างไม่ซับซ้อน ผู้แก้ปัญหามีความคุ้นเคยกับโครงสร้าง ลักษณะของปัญหา และวิธีการแก้ปัญหา เช่น แอปเปิ้ลราคาผลละ 12 บาท ถ้าต้องการซื้อแอปเปิ้ล 8 ผล จะต้องจ่ายเงินเท่าไร เป็นต้น

2. การแก้ปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน (Non-routine or Word Problem Solving) ปัญหาที่ไม่เคยพบเห็นมาก่อนหรือปัญหาที่นักเรียนไม่คุ้นเคย (Non-routine Problem) เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างซับซ้อน ผู้แก้ปัญหามักจะต้องประมวลความรู้ ความคิดรวบยอด และหลักการต่างๆ นำมาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

2.1 ปัญหากระบวนการ (Process Problem) เป็นปัญหาที่ต้องใช้กระบวนการคิดอย่างมีลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น กำหนดเลขโดด 5, 6, 7, 8, 9 ใส่เลขโดดลงใน $\square \square \square \times \square \square$ อย่างไร ทำให้ได้ผลคูณมีค่ามากที่สุด โดยที่เลขโดดแต่ละตัวที่นำมาคูณกันต้องไม่ซ้ำกัน เป็นต้น

2.2 ปัญหาในรูปปริศนา (Puzzle Problem) เป็นปัญหาที่ท้าทาย และให้ความสนุกสนาน

เรย์ ซุยดัมและลินด์ควิสต์ (Reys, Suydam, and Lindquist, 1992: 29) ได้แบ่งปัญหาคณิตศาสตร์โดยพิจารณาจากตัวผู้แก้ปัญหาและความซับซ้อนของปัญหาออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาธรรมดา (Routine Problem) เป็นปัญหาที่ต้องการให้ประยุกต์ใช้การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ มักเป็นปัญหาคณิตศาสตร์ที่ไม่ซับซ้อน ผู้แก้ปัญหามีความคุ้นเคยในโครงสร้างและวิธีการ เมื่อพบปัญหาสามารถแก้ปัญหาได้ทันที

2. ปัญหาแปลกใหม่ (Non-routine Problem) เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างซับซ้อนและผู้แก้ปัญหามักไม่คุ้นเคยกับปัญหานั้น ผู้แก้ปัญหามักต้องประมวลความรู้ความสามารถหลายอย่างเข้าด้วยกันจึงจะแก้ปัญหาได้

ดอสเสย์ (Dossey, 2005: 9) ได้แบ่งประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. ปัญหาที่ต้องตัดสินใจ (Decision Making) เป็นปัญหาที่ผู้แก้ปัญหามักต้องมีการทำความเข้าใจปัญหา ข้อจำกัดและลักษณะของปัญหา สามารถแปลงข้อมูลของปัญหา เลือกรูปวิธีการแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขที่มีอยู่อย่างจำกัด สามารถตรวจสอบและประเมินการตัดสินใจ รวมทั้งสื่อสารคำตอบได้

2. ปัญหาที่ต้องวิเคราะห์และวางแผน (System Analysis and Design) เป็นปัญหาที่ผู้แก้ปัญหามักต้องมีการวิเคราะห์ความซับซ้อนหรือสร้างการวางแผน หาประเด็นและเหตุผลภายในปัญหาซึ่งมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ อธิบายความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น ค้นหาสาเหตุ หรือหาคำตอบจากการวางแผน และประเมินค่าความสมเหตุสมผลจนกระทั่งเผยแพร่ได้

3. ปัญหาที่ต้องจับประเด็น (Trouble Shooting) เป็นปัญหาที่ผู้แก้ปัญหามักต้องวิเคราะห์ถึงความผิดพลาดที่เกิดขึ้น เข้าใจถึงสาเหตุอันเนื่องมาจากปัญหา สามารถบ่งชี้ถึงจุดที่ทำให้เกิดปัญหาได้ วิเคราะห์และหาคำตอบ รวมทั้งตรวจสอบหรือพิสูจน์คำตอบและเผยแพร่ได้

กรมวิชาการ (2544: 19-25) ได้จำแนกปัญหาคณิตศาสตร์ออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1. ปัญหาเป็นแบบฝึกทักษะ เช่น $34 \times 6 = \square$ ปัญหาเช่นนี้เป็นปัญหาที่ใช้ความรู้และทักษะการคูณ เป็นต้น
2. ปัญหาขั้นตอนเดียว เป็นปัญหาง่ายๆ ที่ใช้การแก้ปัญหาเพียงขั้นตอนเดียว เช่น ในตู้ปลาของสมบัติมีปลาอยู่ 7 ตัว และในตู้ปลาของพรชัยมีปลาอยู่ 5 ตัว สมบัติมีปลามากกว่า พรชัยกี่ตัว จะเห็นว่าโจทย์ข้อนี้ใช้ความรู้เกี่ยวกับการลบเพียงอย่างเดียว เป็นต้น
3. ปัญหาที่มีความซับซ้อน เป็นปัญหาที่ใช้วิธีการคิดมากกว่าหนึ่งขั้นตอน
4. ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ เช่น ชุมชนมณฑลนิสของโรงเรียนแห่งหนึ่ง มีนักเรียนสนใจสมัครเข้าแข่งขันเทนนิสทั้งหมด 15 คน โดยจัดให้แข่งขันได้ครั้งละ 2 คน อยากราบว่าจะมีวิธีจัดการแข่งขันให้ทุกคนได้พบกันทั้งหมดรวมกี่ครั้ง เป็นต้น
5. ปัญหาเกี่ยวกับการประยุกต์ เช่น โรงเรียนของนักเรียนใช้กระดาษไปจำนวนเท่าไรในเวลา 1 เดือน สำหรับปัญหานี้เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันในการแก้ปัญหา นักเรียนต้องใช้วิธีการทางสถิติในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และนำเสนอข้อมูล โดยนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการคิดคำนวณ เป็นต้น
6. ปัญหาในรูปปริศนา เป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที ต้องมีการพิจารณาเงื่อนไขของโจทย์และทดลองแก้ปัญหา เช่น จงลากส่วนของเส้นตรง 3 เส้น ให้ผ่านจุดทั้ง 9 จุดเพียงครั้งเดียว โดยห้ามยกปากกาในขณะที่ลากเส้น เป็นต้น

จากการแบ่งประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์ที่นักการศึกษาหลายท่านได้สรุปไว้ข้างต้น สังเกตได้ว่าการแบ่งประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์สามารถแบ่งได้หลากหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และเกณฑ์ที่ใช้ของการแบ่ง ซึ่งผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์สามารถแบ่งตามวัตถุประสงค์ได้ 2 ลักษณะใหญ่ๆ ได้แก่

1. แบ่งตามความซับซ้อนของปัญหา สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1.1 ปัญหาธรรมดา เป็นปัญหาที่ไม่ซับซ้อน ผู้แก้ปัญหามีความคุ้นเคยต่อการแก้ปัญหา เมื่อเจอปัญหาแล้วสามารถหาแนวทางในการหาคำตอบได้

1.2 ปัญหาไม่ธรรมดา เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน ผู้แก้ปัญหาไม่มีความคุ้นเคยต่อการแก้ปัญหา ในการหาคำตอบต้องมีการประมวลความรู้ในหลายๆ ส่วนเข้าด้วยกัน เช่น มโนทัศน์ สูตร บทนิยาม ทฤษฎี ทักษะทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

2. แบ่งตามรูปแบบของกระบวนการการแก้ปัญหา สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.1 ปัญหาที่ให้ค้นหาคำตอบ เป็นปัญหาที่ต้องการให้ผู้แก้ปัญหาค้นหาคำตอบด้วยกระบวนการหรือวิธีการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา

2.2 ปัญหาที่ให้พิสูจน์ เป็นปัญหาที่ต้องการให้ผู้แก้ปัญหามีกระบวนการแสดงอย่างสมเหตุสมผลว่า ข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงหรือเท็จ โดยใช้ความรู้ หลักการ กฎ บทนิยามต่างๆ มาช่วยในการแสดงความสมเหตุสมผล

2.3 ลักษณะของปัญหาคณิตศาสตร์ที่ดี

มีนักการศึกษาต่างประเทศและนักการศึกษาไทยหลายท่านได้กล่าวถึงลักษณะของปัญหาคณิตศาสตร์ที่ดี ไว้ดังนี้

เลช และซาโวจิวสกี (Lesh and Zawojewski, 1992: 72) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับลักษณะปัญหาคณิตศาสตร์ที่น่าสนใจสำหรับการสอนในชั้นเรียนว่า ควร มีลักษณะเป็นสถานการณ์ในโลกจริงที่นักเรียนสามารถนำคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันหรือนำไปใช้ทำงานได้ในโลกแห่งความเป็นจริง

ครูลิค และรุดนิก (Krulik and Rudnick, 1993: 10-20) ได้สรุปลักษณะของปัญหาคณิตศาสตร์ที่ดีไว้ดังนี้

1. มีความน่าสนใจ ทำทลายความสามารถของนักเรียนรวมทั้งเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวนักเรียน
2. ต้องใช้ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการสังเกตของนักเรียน
3. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการอภิปรายและมีการปฏิสัมพันธ์
4. เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจในมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และการนำทักษะทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา

5. เป็นปัญหาที่นำไปสู่หลักการทางคณิตศาสตร์และการสรุปวางนัยทั่วไปทางคณิตศาสตร์
6. มีวิธีการหาคำตอบมากกว่าหนึ่งวิธีและมีผลลัพธ์ได้หลายอย่างในขณะเดียวกัน

กรมวิชาการ (2544: 18) ได้สรุปลักษณะของปัญหาที่ดีควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ภาษาที่ใช้กระชับ รัดกุม ถูกต้อง สามารถเข้าใจได้ง่าย
2. แปลกใหม่สำหรับนักเรียน ช่วยกระตุ้นและพัฒนาความคิด ทำทลายความสามารถของนักเรียน
3. ไม่สั้นหรือยาวเกินไป
4. ไม่ยากหรือง่ายเกินไป สำหรับความสามารถของนักเรียนในวัยนั้น ๆ
5. สถานการณ์ของปัญหาเหมาะสมกับวัยของนักเรียน
6. ให้ข้อมูลอย่างเพียงพอ ที่จะนำไปประกอบการพิจารณาแก้ปัญหาได้
7. เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน
8. ข้อมูลที่มีอยู่ต้องมีความทันสมัย และเป็นเหตุการณ์ที่เป็นไปได้จริง
9. มีวิธีการหาคำตอบได้มากกว่า 1 วิธี

10. นักเรียนสามารถใช้การวาดภาพหลายเส้น แผนภาพไดอะแกรม หรือแผนภูมิช่วยในการแก้ปัญหาได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 79) กล่าวโดยสรุปไว้ว่า ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ดีควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. สถานการณ์ของปัญหาและระดับความยากง่ายต้องเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน
2. ให้ข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการพิจารณาแก้ปัญหา
3. ข้อมูลมีความทันสมัยและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนหรือเหตุการณ์ที่เป็นไปได้

จริง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551: 171-174) กล่าวถึง ลักษณะที่ดีของปัญหาที่ส่งเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีดังนี้

1. ปัญหาที่ดึงดูดความสนใจท้าทายความสามารถของนักเรียน เป็นปัญหาที่ไม่ง่ายหรือยากเกินไป เพราะถ้ายากเกินไปอาจไม่ดึงดูดความสนใจและไม่ท้าทาย แต่ถ้ายากเกินไปนักเรียนอาจท้อถอยก่อนที่จะแก้ปัญหาได้สำเร็จ

2. ปัญหาที่แปลกใหม่และปัญหาที่ไม่คุ้นเคย ซึ่งนักเรียนไม่เคยมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหานั้นมาก่อน เพราะถ้านักเรียนเคยมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหานั้นมาแล้ว ปัญหานั้นก็จะไม่ใช่ปัญหาที่น่าสนใจอีกต่อไป อย่างไรก็ตามสำหรับปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคย ครูอาจดัดแปลงกำหนดสถานการณ์ขึ้นใหม่หรือเปลี่ยนแง่มุมของคำถามให้ต่างไปจากเดิม เพื่อให้กลายเป็นปัญหาที่แปลกใหม่สำหรับนักเรียนก็ได้

3. ปัญหาที่มีสถานการณ์ทั้งในคณิตศาสตร์และในบริบทอื่น ๆ เพื่อให้ให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาหลาย ๆ แบบและมีประสบการณ์ในการเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับแนวคิดของศาสตร์อื่น ๆ ตลอดจนเพื่อให้ให้นักเรียนเห็นคุณค่าว่าคณิตศาสตร์สามารถประยุกต์ใช้ในบริบทอื่น ๆ นอกเหนือจากคณิตศาสตร์ได้

4. ปัญหาในสถานการณ์จริง ที่เหมาะสมกับวัยและระดับพัฒนาการของนักเรียน ซึ่งนักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหาและรับรู้ได้ การได้ลงมือแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง จะช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกทักษะ/กระบวนการด้านการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนเห็นคุณค่าว่า คณิตศาสตร์สามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ด้วย

5. ปัญหาที่ส่งเสริมกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ให้นักเรียนเข้าใจขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง

6. ปัญหาที่ใช้ยุทธวิธีแก้ปัญหาได้มากกว่าหนึ่งยุทธวิธี เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกใช้และปรับยุทธวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้หลากหลาย ตลอดจนเพื่อให้นักเรียนตระหนักว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์สามารถใช้ยุทธวิธีแก้ปัญหาได้มากกว่าหนึ่งยุทธวิธี

7. ปัญหาที่ส่งเสริมการสำรวจ สืบสวน สร้างข้อความ คาดการณ์ อธิบาย และตัดสินข้อสรุปในกรณีทั่วไป เพื่อให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ในการสำรวจ สืบสวน รวบรวมข้อมูล ค้นหาความสัมพันธ์และแบบรูปที่จะนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ ตรวจสอบข้อความคาดการณ์ และตัดสินข้อสรุปในกรณีทั่วไปของตนเอง

8. ปัญหาที่ส่งเสริมขั้นตอนการพัฒนาความคิดของนักเรียนเพื่อนำไปสู่ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซึ่งประกอบด้วย การคิดกำหนดปัญหาให้ชัดเจน การคิดหาคำตอบที่หลากหลาย การคิดพิจารณาไตร่ตรอง วิเคราะห์อย่างถี่ถ้วน รอบคอบและสมเหตุสมผล และตัดสินใจ เพื่อให้นักเรียนได้มีประสบการณ์และคุ้นเคยกับกระบวนการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ที่ถูกต้อง

9. ปัญหาที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิด อธิบายในสิ่งที่ตนคิด และนำเสนอแนวคิดของตนเองอย่างอิสระ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิด การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ตลอดจนช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์เหล่านั้นได้ชัดเจนยิ่งขึ้นด้วย

10. ปัญหาที่ใช้ภาษาที่เหมาะสมกับวัยและระดับพัฒนาการของนักเรียน เพื่อไม่ทำให้นักเรียนต้องมีปัญหากับภาษาที่ใช้

11. ปัญหาที่มีข้อมูลขาดหาย มีข้อมูลเกิน มีข้อมูลที่ขัดแย้งกันบ้าง หรืออาจมีคำตอบมากกว่าหนึ่งคำตอบหรือไม่มีคำตอบเลย เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกคิดเกี่ยวกับปัญหา ตัดสินใจได้ว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการค้นหา อะไรคือสิ่งที่กำหนดให้มา มีข้อมูลเพียงพอที่จะแก้ปัญหาได้หรือไม่หรือมีข้อมูลเกินหรือขัดแย้งกันบ้างหรือไม่ ตลอดจนเพื่อให้นักเรียนตระหนักว่าปัญหาทางคณิตศาสตร์อาจมีคำตอบมากกว่าหนึ่งคำตอบ หรือไม่มีคำตอบเลย

จากลักษณะของปัญหาคณิตศาสตร์ที่ดีที่นักการศึกษาหลายท่านได้สรุปไว้ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ลักษณะของปัญหาคณิตศาสตร์ที่ดีควรเป็นปัญหาที่มีความน่าสนใจ ทำทาย สอดคล้องกับสถานการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน และที่สำคัญควรคำนึงถึงความเหมาะสมในแง่ต่างๆ เช่น วัยของผู้เรียน ระดับความยากง่าย ภาษาที่ใช้มีความรัดกุม กระชับ ถูกต้องตามหลักภาษา เป็นต้น และที่สำคัญในแต่ละปัญหาควรมีแนวทางในการแก้ปัญหามากกว่า 1 วิธี เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดที่หลากหลาย

2.4 ความหมายของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

มีนักการศึกษาต่างประเทศและนักการศึกษาไทยหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้

ครูลิก และเรย์ (Krulik and Reys, 1980: 3-4) ได้อธิบายความหมายของการแก้ปัญหาวี 3 ประการ ได้แก่

1. การแก้ปัญหในฐานะที่เป็นเป้าหมายของการเรียนรู้ (Problem Solving as a goal) ความสามารถในการแก้ปัญหาคือเป็นเหตุผลที่สำคัญประการหนึ่งต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ดังนั้น การแก้ปัญหาคือเป็นอิสระจากคำถามหรือปัญหาเฉพาะเจาะจงใดๆ หรือเนื้อหาสาระและวิธีการใด ๆ

2. การแก้ปัญหในฐานะที่เป็นกระบวนการ (Problem Solving as a process) สิ่งที่ได้จัดได้ว่ามีความสำคัญเมื่อมีการแก้ปัญหาคือเป็นกระบวนการ คือ วิธีการ ยุทธวิธี หรือเทคนิคเฉพาะต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหามากมาย กระบวนการแก้ปัญหาคือเป็นสาระสำคัญและเป็นเป้าหมายของหลักสูตรคณิตศาสตร์

3. การแก้ปัญหในฐานะที่เป็นทักษะขั้นพื้นฐาน (Problem Solving as a basic) เมื่อการแก้ปัญหาคือจัดให้เป็นทักษะขั้นพื้นฐาน ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์จึงต้องให้ความสำคัญกับลักษณะเฉพาะของโจทย์ปัญหา แบบของปัญหา และวิธีการแก้ปัญหามากมาย ที่ควรใช้ จุดเน้นอยู่ที่ สาระสำคัญของการแก้ปัญหาคือที่ทุกคนต้องได้เรียนรู้ เลือกปัญหาและเทคนิคการแก้ปัญหานั้น

แคนนาดี (Kennedy, 1984: 81) กล่าวโดยสรุปไว้ว่า การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์จัดว่าเป็น การแสดงออกของแต่ละบุคคลในการตอบสนองต่อสถานการณ์ปัญหา

เพอดีคาร์ริส (Perdekari, 1993: 423) ได้กล่าวถึงการแก้ปัญหาวีดังนี้ การแก้ปัญหาคือเป็นการเตรียมการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ที่จะมุ่งไปสู่แนวคิดใหม่ เป็นการกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้และการสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แก่นักเรียน ความสำเร็จที่เกิดจากการแก้ปัญหาคือทำให้เกิดการพัฒนาคุณลักษณะที่ต้องการให้นักเรียน เช่น ความอยากรู้อยากเห็น ความใฝ่รู้ใฝ่เรียน เป็นต้น

อัมพร ม้าคอง (2553: 39) กล่าวไว้โดยสรุปว่า การแก้ปัญหาคือเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับความรู้ ทักษะและความสามารถหลายอย่าง เช่น ความรู้ในเนื้อหา ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการทำงาน ทักษะทางการคิดและความสามารถในการประเมินการทำงานของตนเอง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีความเกี่ยวข้องกับประสบการณ์ เจตคติและความเชื่อของผู้แก้ปัญหาคือด้วย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555b: 7) ได้สรุปความหมายของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ว่า การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหา ยุทธวิธีแก้ปัญหาและประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาคณิตศาสตร์

จากความหมายของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่นักการศึกษาหลายท่านได้สรุปไว้ข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ หมายถึง เป็นกระบวนการที่ใช้ในการหาคำตอบของสถานการณ์หรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ โดยในกระบวนการแก้ปัญหาผู้แก้ปัญหาต้องอาศัยความรู้หรือทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าว รวมทั้งต้องอาศัยประสบการณ์ในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหาต่างๆ อีกด้วย

2.5 กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้เกิดผลสำเร็จนั้น ผู้แก้ปัญหาต้องใช้กระบวนการต่างๆ ช่วยในการดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ต้องการ ซึ่งมีนักการศึกษาต่างประเทศและนักการศึกษาไทยหลายท่านได้กล่าวถึงกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

โพลยา (Polya, 1957: 5-40) ได้กล่าวถึงกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ว่าประกอบด้วยกระบวนการ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นการวิเคราะห์เพื่อทำความเข้าใจประโยคย่อยๆ สัญลักษณ์ต่างๆ ของปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องสามารถสรุปปัญหาเป็นภาษาหรือคำพูดของตนเองได้ สามารถระบุได้ว่าโจทย์กำหนดสิ่งใดมาให้และโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด
2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่ต้องพิจารณาโดยอาศัยข้อมูลจากขั้นที่ 1 นำไปสู่การกำหนดว่าจะแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีการใด โดยพิจารณาว่าสิ่งที่โจทย์กำหนดให้จะก่อให้เกิดผลอย่างไรบ้าง และต้องใช้ความรู้เรื่องใดที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าว โดยนำทฤษฎี กฎ หลักการ สูตร บทนิยาม ที่เรียนมากำหนดเป็นวิธีการที่ใช้ในการดำเนินการแก้ปัญหา
3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ เป็นขั้นดำเนินการตามแผนหรือวิธีการที่กำหนดไว้จนกระทั่งได้คำตอบที่ต้องการ สำหรับปัญหาที่มีการคิดคำนวณ ขั้นนี้เป็นขั้นลงมือคิดคำนวณเพื่อหาคำตอบตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์
4. ขั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ เป็นขั้นที่ต้องพิจารณาตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาของตนเองว่าเรียบร้อยครบถ้วนทุกกรณีที่เป็นไปได้หรือไม่ ตลอดจนตรวจสอบความถูกต้องรวมทั้งความสมเหตุสมผลของคำตอบ

วอลล์ส (Wallas, 1972: 215-247) ได้เสนอกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาว่ามี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเตรียม (Preparation) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาเลือกปัญหารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา เป็นความพยายามเบื้องต้นที่จะแก้ปัญหา

2. ขั้นฟักตัว (Incubation) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาหันเหความสนใจออกไปจากปัญหาไปยังกิจกรรมอื่นๆ

3. ขั้นเกิดความคิดหรือขั้นเข้าใจปัญหา (Illumination) ผู้แก้ปัญหาจะมีความคิด “แว็บ” ขึ้นมาในสมอง

4. ขั้นตรวจสอบ (Verification) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาลงมือตรวจสอบคำตอบของตนว่าใช้ได้หรือไม่

สเทอร์นเบิร์ก (Sternberg, 1986: 41-78) ได้กล่าวถึงวิธีการที่จะนำไปแก้ปัญหา ที่เรียกว่า “Metacomponents” ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การนิยามธรรมชาติของปัญหา เป็นการทบทวนปัญหา เพื่อทำความเข้าใจต่อจากนั้นก็เป็นการตั้งเป้าหมาย และนิยามปัญหา เพื่อจะนำไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้

ขั้นที่ 2 การเลือกองค์ประกอบหรือขั้นตอนที่จะใช้ในการแก้ปัญหา เป็นการกำหนดขั้นตอนให้แต่ละขั้นตอนมีขนาดที่เหมาะสม ไม่กว้างเกินไป หรือไม่แคบเกินไปก่อนจะกำหนดขั้นตอนต่อไป ควรพิจารณารายละเอียดในแต่ละขั้นตอนให้ถี่ถ้วนก่อน

ขั้นที่ 3 การเลือกกลวิธีในการจัดลำดับองค์ประกอบในการแก้ปัญหา ต้องแน่ใจว่ามีการพิจารณาปัญหาอย่างทั่วถึงแล้ว ไม่ด่วนสรุปในสิ่งที่เกิดขึ้น เพราะอาจเกิดผิดพลาดได้ ต้องแน่ใจว่าการเรียงลำดับขั้นตอนเป็นไปตามธรรมชาติ หรือหลักเหตุผลที่จะนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ

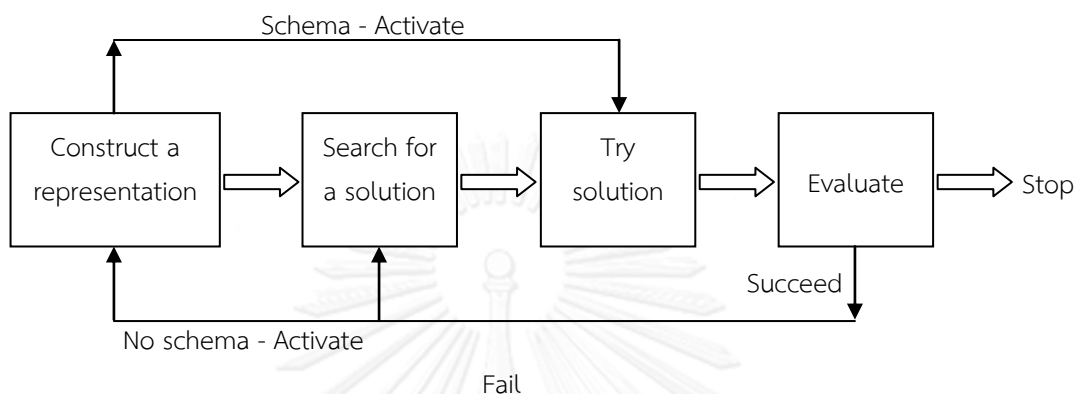
ขั้นที่ 4 การเลือกตัวแทนทางความคิดเกี่ยวกับข้อมูลของปัญหาที่ต้องการทราบรูปแบบความสามารถของตนใช้ตัวแทนทางความคิดในรูปแบบต่างๆจากความสามารถที่ตนเองมีอยู่ ตลอดจนใช้ตัวแทนภายนอกมาเพิ่มเติม

ขั้นที่ 5 การกำหนดแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ต้องมีการทุ่มเทเวลาให้กับการวางแผนอย่างรอบคอบ ใช้ความรู้ที่มีอยู่อย่างเต็มที่ในการวางแผนและกำหนดแหล่งข้อมูลที่จะนำมาใช้ประโยชน์ มีความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงแผนและแหล่งข้อมูล เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการแก้ปัญหา และแสวงหาแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์แหล่งใหม่อยู่เสมอ

ขั้นที่ 6 การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา ว่าจะเป็นวิธีที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหาหรือไม่ การแก้ปัญหาด้วยกระบวนการนี้ เน้นกระบวนการที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. การสร้างตัวแทนของปัญหา (Problem Representation) ผู้แก้ปัญหาต้องพยายามทำความเข้าใจปัญหาโดยเชื่อมโยงปัญหากับความรู้เดิมที่มีอยู่และสร้างเป็นตัวแทนของปัญหาขึ้นในรูปแบบต่างๆ

2. กระบวนการแก้ปัญหา (Solution Process) เป็นการค้นหาขอบข่ายของปัญหา (Problem Space) ซึ่งเป็นการใช้ความเข้าใจ รวมไปถึงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่กำหนดให้ในปัญหานั้น และการสร้างรูปแบบในการแก้ปัญหาขึ้น



ภาพที่ 4 แสดงกระบวนการแก้ปัญหาของสเทอร์นเบิร์ก

ครูลิค และรูดนิค (Krulik and Rudnick, 1993: 39-57) ได้กล่าวถึง ลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการอ่านและคิด (Read and Think) เป็นขั้นที่นักเรียนได้อ่านข้อปัญหาตีความจากภาษา สร้างความสัมพันธ์ และระลึกถึงสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วปัญหาจะประกอบด้วยข้อเท็จจริงและคำถามอยู่รวมกันอาจทำให้เกิดการไขว่ไขว่ได้ ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องแยกแยะข้อเท็จจริงและข้อคำถาม มองเห็นภาพของเหตุการณ์ บอกสิ่งที่กำหนดและสิ่งที่ต้องการ และกล่าวถึงปัญหาในภาษาของตนเองได้

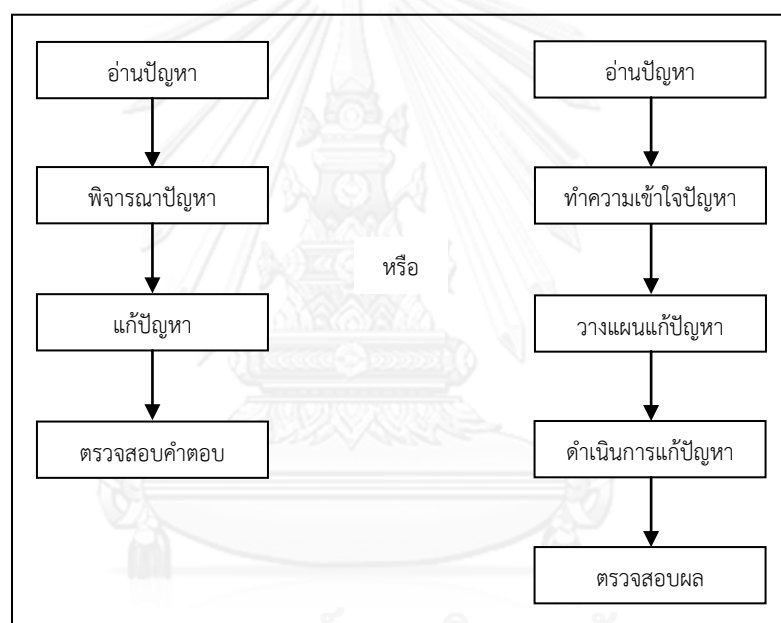
ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและวางแผน (Explore and Plan) ในขั้นนี้ผู้แก้ปัญหาวินิจฉัยและสังเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่ในปัญหา รวบรวมข้อมูล พิจารณาว่าข้อมูลที่มีอยู่เพียงพอหรือไม่ เชื่อมโยงข้อมูลเข้ากับความรู้เดิม เพื่อหาคำตอบที่เป็นไปได้ แล้ววางแผนเพื่อแก้ปัญหา โดยนำเอาข้อมูลที่มีอยู่มาสร้างเป็นแผนภาพหรือรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนผัง ตาราง กราฟ หรือวาดภาพประกอบ

ขั้นที่ 3 ขั้นเลือกวิธีการแก้ปัญหา (Select a Strategy) ในขั้นนี้ผู้แก้ปัญหามustเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด แต่ละบุคคลจะเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันไป และในการแก้ปัญหานี้ปัญหาอาจจะมีการนำเอาหลาย ๆ วิธีการแก้ปัญหามาประยุกต์เพื่อแก้ปัญหานั้นก็ได้

ขั้นที่ 4 ขั้นค้นหาคำตอบ (Find an Answer) เมื่อเข้าใจปัญหาและเลือกวิธีในการแก้ปัญหาได้แล้ว นักเรียนควรจะประมาณคำตอบที่เป็นไปได้ ในขั้นนี้นักเรียนควรลงมือปฏิบัติด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งจะต้องอาศัยการประมาณค่า การใช้ทักษะการคิดคำนวณ การใช้ทักษะการคิดคำนวณ การใช้ทักษะทางพีชคณิต และ การใช้ทักษะทางเรขาคณิต

ขั้นที่ 5 ขึ้นมองย้อนและขยายผล (Reflect and Extend) ถ้าคำตอบที่ได้ไม่ใช่ผลที่ต้องการก็ ต้องย้อนกลับไปยังกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบที่ถูกต้องใหม่ และนำเอาวิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้องไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นต่อไป ในขั้นนี้ประกอบด้วย การตรวจสอบคำตอบ การค้นหาทางเลือกที่นำไปสู่ผลลัพธ์ การมอง ความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงและคำถาม การขยายผลลัพธ์ที่ได้ การพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้ และการ สร้างสรรค์ปัญหาที่น่าสนใจจากข้อปัญหาเดิม

วิลสัน เฟอร์นันเดซ และฮาตาเวย์ (Wilson, Fernandez, and Hadaway, 1993: 60-62) ได้กล่าวถึง กระบวนการแก้ปัญหาโดยทั่วไปว่า มักนำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาเป็นขั้น ๆ ในลักษณะ ที่เป็นกรอบการแก้ปัญหาที่เป็นแนวตรง แสดงได้ดังภาพที่ 4

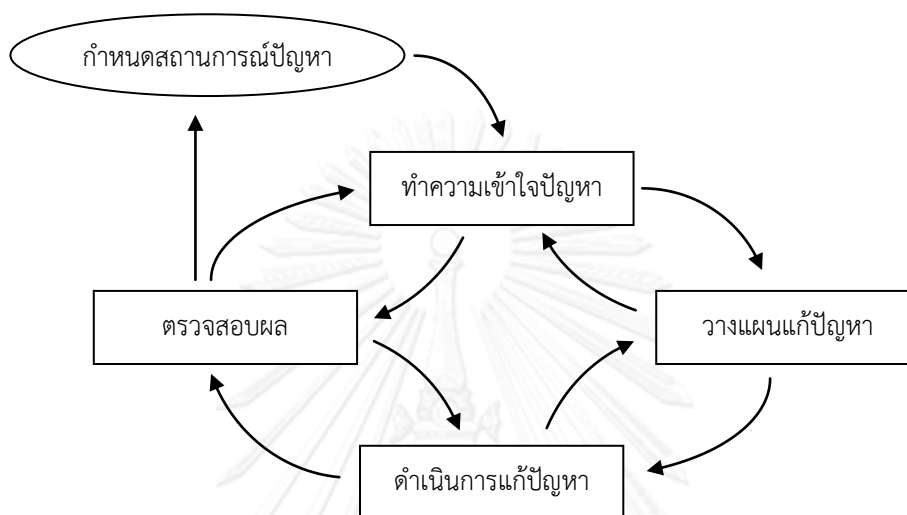


ภาพที่ 5 กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นแนวตรง

รูปแบบดังกล่าวเป็นเสมือนชุดของขั้นตอนการแก้ปัญหาซึ่งต้องดำเนินการตามขั้นตอนเพื่อให้ ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง จะเห็นว่าการดำเนินการในลักษณะแนวตรงเช่นนี้ทำให้ขาดการสืบสวนใน การแก้ปัญหา ขาดการช่วยเหลือตนเอง ขาดการวางระบบความคิดและการวัดผลตนเอง (Self-assessment) ซึ่งนับว่ารูปแบบเช่นนี้มีข้อบกพร่อง ดังนี้

1. ทำให้เข้าใจว่าการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการในแนวตรงเสมอ
2. การแก้ปัญหาเป็นดังเช่นชุดของขั้นตอน
3. ทำให้เข้าใจว่าการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ต้องจำ ต้องฝึก และต้องกระทำซ้ำ ๆ
4. เป็นการเน้นการได้มาเพียงคำตอบ

จากข้อบกพร่องข้างต้น วิลสัน เฟอร์นันเดซ และฮาตาเวย์ (Wilson et al., 1993: 60-62) ได้ปรับปรุงกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา โดยเสนอเป็นกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่แสดงความเป็นพลวัต (Dynamic) และเป็นวงจรของขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาดังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 6 กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัต

จากภาพที่ 5 ลูกศรเป็นการแสดงการพิจารณาตัดสินใจที่เป็นการเคลื่อนการทำงานจากขั้นตอนหนึ่งไปสู่อีกขั้นตอนหนึ่ง หรืออาจพิจารณาย้อนกลับไปขั้นตอนเดิมหากมีปัญหาหรือมีข้อสงสัย จะเห็นว่ากระบวนการไม่จำเป็นต้องเป็นแนวตรงดังรูปแบบเดิม เช่น เมื่อนักเรียนทำการแก้ปัญหาในขั้นตอนแรก คือ ทำความเข้าใจปัญหา แล้วเคลื่อนไปสู่การวางแผน ระหว่างการดำเนินการนั้น นักเรียนอาจค้นพบสิ่งที่ทำให้เข้าใจปัญหาได้ดียิ่งขึ้น หรือในขณะที่นักเรียนดำเนินการตามแผนที่วางไว้ แต่ไม่สามารถดำเนินการได้ นักเรียนอาจจะกลับไปเริ่มวางแผนใหม่ หรือทำความเข้าใจปัญหาใหม่ ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวเป็นการดำเนินการที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหาโดยไม่จำเป็นต้องเริ่มต้นใหม่ในการทำความเข้าใจปัญหาเสมอไป

แบรดเลย์ (Bradley, 1995: 3-4) ได้เสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยประยุกต์มาจากกระบวนการของโพลยา ดังนี้

1. มองหาและทำความเข้าใจกับเงื่อนไข เป็นการพิจารณาดูเงื่อนไขของปัญหาว่ามีอะไรบ้าง และควรอ่านหลายๆ รอบ ทบทวนสภาพปัญหาในลักษณะของคำพูดที่เข้าใจง่าย สร้างตาราง สร้างแผนภาพ ใช้เวลาในการสำรวจสิ่งที่ต้องการ
2. กำหนดวิธีการแก้ปัญหา ในการกำหนดวิธีการแก้ปัญหาสามารถค้นหาวิธีการ ได้แก่ การลองผิดลองถูก พิจารณาคำตอบสัมพันธ์กับปัญหาหรือไม่ทดสอบกรณีพิเศษ เช่น ทดลองปัญหา

ส่วนเล็กที่มีความแตกต่างกัน มองหารูปแบบที่จะทำให้เห็นรูปแบบที่ชัดเจน พิจารณาส่วนที่ซ้ำกัน กลับไปดูเงื่อนไขของปัญหา สืบหาและดูความเกี่ยวข้องของระหว่างเงื่อนไขกับจุดประสงค์ กรณีที่มีตัวแปรหลายจำนวนให้กำหนดบทบาทของแต่ละอัน แล้วแต่พิจารณาดูปัญหาเพียงหนึ่งหรือสองตัวแปรเท่านั้น มีการย้อนกลับไปดูงานที่ทำผ่านมา

3. เสนอวิธีการ

4. พิจารณาถึงวิธีการแก้ปัญหา ว่าวิธีการแก้ปัญหานั้นมีเหตุผลหรือไม่ มีหลักการที่รู้จักกันหรือไม่ มีปัญหาอื่นที่สัมพันธ์กับปัญหาที่เผชิญอยู่หรือไม่ และถ้ามีเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร แล้วสามารถแก้ปัญหาที่คล้ายคลึงกับปัญหาที่เผชิญอยู่โดยเปลี่ยนเงื่อนไขเป็นหนึ่งหรือสองเงื่อนไขได้หรือไม่ และจะมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2542: 15-16) กล่าวถึงขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นตอนที่ระบุสิ่งที่ต้องการ ระบุข้อมูลที่กำหนดให้ และระบุเงื่อนไขเชื่อมโยงสิ่งที่ต้องการกับข้อมูลที่กำหนดให้

2. วางแผนแก้ปัญหา ในขั้นนี้เป็นการระบุข้อมูลที่จำเป็นและไม่จำเป็นสำหรับการได้มาซึ่งสิ่งที่ต้องการ ระบุปัญหาย่อย และการเลือกใช้ยุทธศาสตร์ที่เหมาะสม ได้แก่ การสังเกต การสืบสวนหรือรูปแบบการคิดจากปลายเหตุย้อนสู่ต้นเหตุ การเดาและทดสอบ การทดลองและสร้างสถานการณ์จำลอง การลดความซับซ้อนของปัญหา การแบ่งปัญหาออกเป็นส่วนย่อยๆ การใช้วิธี อนุมานทางตรรกวิทยา และการรายงานแจกแจงสมาชิกทั้งหมด

3. ดำเนินการตามแผน ในขั้นนี้เป็นการดำเนินการตามวิธีที่เลือกเพื่อแก้ปัญหา

4. ตรวจสอบกระบวนการและคำตอบ ในขั้นนี้เป็นการตรวจสอบที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่ คำตอบมีความสมเหตุสมผลหรือไม่ สามารถหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีกว่า สั้นหรือกระชับกว่าวิธีการที่เลือก หรือไม่และสามารถดัดแปลงเพิ่มเติมเงื่อนไขหรือข้อมูลเพื่อสร้างปัญหาใหม่ได้หรือไม่

กรมวิชาการ (2545: 195-196) ได้สรุปขั้นตอนการแก้ปัญหาลงจนคำตอบที่ได้ ในการเริ่มต้นพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะในกระบวนการแก้ปัญหาผู้สอนต้องสร้างพื้นฐานให้ผู้เรียนเกิดความคุ้นเคยกับกระบวนการแก้ปัญหาซึ่งมีอยู่ 4 ขั้นตอนก่อน แล้วจึงฝึกทักษะในการแก้ปัญหา

กระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน มีดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา

ขั้นที่ 2 วางแผนการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบหรือมองย้อนกลับ

ในกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน นี้ยังต้องอาศัยทักษะอื่นๆ ประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา ต้องอาศัยทักษะที่สำคัญและจำเป็นอีกหลายประการ เช่น ทักษะการอ่านโจทย์ปัญหา ทักษะการแปลความหมายทางภาษา ซึ่งผู้เรียนควรแยกแยะได้ว่าโจทย์กำหนดอะไรให้และโจทย์ต้องการหาอะไรหรือพิสูจน์ข้อความใด

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ต้องอาศัยทักษะในการนำความรู้หลักการหรือทฤษฎีที่เรียนรู้มาแล้ว ทักษะในการเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสม เช่น เลือกใช้การเขียนรูปหรือแผนภาพ ตาราง การสังเกตหาแบบรูปหรือความสัมพันธ์ เป็นต้น ในบางปัญหาอาจใช้ทักษะในการประมาณค่า คาดการณ์ หรือคาดคะเนคำตอบประกอบด้วยผู้สอนจะต้องหาฝึกวิเคราะห์แนวคิดในขั้นนี้ให้มาก

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา ต้องอาศัยทักษะในการคิดคำนวณหรือการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ทักษะในการพิสูจน์หรือการอธิบายและแสดงเหตุผล

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบหรือมองย้อนกลับ ต้องอาศัยทักษะในการคำนวณ การประมาณคำตอบ การตรวจสอบผลลัพธ์ที่ทำได้โดยใช้ความรู้สึกเชิงจำนวน (Number Sense) หรือความรู้สึกเชิงปริภูมิ (Spatial Sense) ในการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือปัญหา

ทิตินา แชมมณี (2545: 124-125) กล่าวว่า ขั้นตอนในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มีดังนี้

1. การสังเกต ให้นักเรียนได้ศึกษาข้อมูล รับรู้และทำความเข้าใจในปัญหาจนสามารถสรุปและตระหนักในปัญหานั้น
2. การวิเคราะห์ ให้ผู้เรียนได้อธิบาย หรือแสดงความคิดเห็น เพื่อแยกแยะประเด็นปัญหา สภาพสาเหตุ และลำดับความสำคัญของปัญหา
3. สร้างทางเลือก ให้ผู้เรียนแสวงหาทางเลือกในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย ซึ่งอาจจะมีการทดลอง ค้นคว้า ตรวจสอบ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการทำกิจกรรมกลุ่ม และควรมีการกำหนดหน้าที่ในการทำงานให้แก่ผู้เรียนด้วย
4. เก็บข้อมูลประเมินทางเลือก ผู้เรียนปฏิบัติตามแผนงานและบันทึก การปฏิบัติงานเพื่อรายงาน และตรวจสอบความถูกต้องของทางเลือก
5. สรุป ผู้เรียนสรุปความด้วยตนเอง ซึ่งอาจทำในรูปของรายงาน

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2545: 114) กล่าวว่า ขั้นตอนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่ปัญหา เป็นการศึกษาถึงสภาพของปัญหาว่า เป็นอย่างไรปัญหาเกิดจากอะไรบ้าง เป็นการค้นพบปัญหาที่อาจจะเป็นไปได้
2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา เป็นการศึกษา วิเคราะห์ วิพากษ์ วิจักษ์ ให้รู้ว่า ปัญหาที่แท้จริงคืออะไรและอะไรบ้างคือปัญหาที่ไม่ใช่ปัญหาที่แท้จริง

3. ชั้นระบุปัญหา เป็นการนำเอาปัญหาที่เป็นสาเหตุที่แท้จริง มาเป็นประเด็นสำคัญในการศึกษา รวบรวมข้อมูลสำหรับแต่ละเรื่อง
4. ชั้นกำหนดวัตถุประสงค์ เป็นการกำหนดเป้าหมาย เพื่อการแก้ปัญหาที่ว่าจะให้ผลสัมฤทธิ์ทางด้านใด เป็นปริมาณมากน้อยเพียงใด มีคุณค่าสูงต่ำเพียงใด
5. ชั้นตั้งสมมุติฐาน เป็นการเสนอแนวทาง และวิธีการในการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุที่จะทำให้สามารถแก้ปัญหานั้นได้สำเร็จ
6. ชั้นทดลองหรือทดสอบสมมุติฐาน เป็นการนำวิธีแก้ปัญหาในชั้นตั้งสมมุติฐานไปใช้ในการแก้ปัญหา
7. ชั้นสรุปผล
8. ชั้นนำไปใช้

จากที่นักการศึกษาหลายท่านได้สรุปเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ข้างต้นพบว่า มีลักษณะและขั้นตอนที่มีความใกล้เคียงกัน อาจมีความแตกต่างกันบางในบางขั้นตอน ทำให้สามารถสรุปได้ว่า กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ชั้นวิเคราะห์ปัญหาหรือทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาโจทย์ปัญหา จากนั้นวิเคราะห์โจทย์ปัญหาว่ากำหนดข้อมูลใดมาให้และโจทย์ต้องการให้หาสิ่งใด
2. ชั้นวางแผนการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนหรือวิธีการแก้ปัญหา โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆ ซึ่งต้องมีการนำกฎ บทนิยาม ทฤษฎี โมโนทัศน์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์มาใช้ในการวางแผนการแก้ปัญหาดังกล่าว
3. ชั้นดำเนินการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาต้องดำเนินการตามแผนที่วางไว้ในขั้นที่ 2 โดยดำเนินการตามวิธีการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่โจทย์ต้องการให้หา
4. ชั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาต้องตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการแก้ปัญหาว่าดำเนินการไปตามแผน หรือถูกต้องตามวิธีการทางคณิตศาสตร์หรือไม่ รวมทั้งตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้

2.6 ยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

หากต้องการเป็นผู้แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ดีควรเป็นผู้มีความรู้เรื่องยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการดำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หากมีการเผชิญหน้ากับปัญหาผู้แก้ปัญหาก็สามารถเลือกยุทธวิธีที่ใช้ได้ในทันที ดังนั้น นักเรียนควรศึกษา เรียนรู้และฝึกฝนการใช้ยุทธวิธีต่าง ๆ ให้เกิดความชำนาญเพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ต่อไป มีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ดังนี้

บิลล์สไตน์ ลิเบสไคน์ และลอตต์ (Billstein, Libeskind, and Lott, 1990: 18-22) ได้นำเสนอยุทธวิธีในการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

1. ยุทธวิธีหาแบบรูป (Look for a Pattern) ยุทธวิธีนี้จะพิจารณารูปแบบของส่วนแรกในลำดับของจำนวนที่ให้มาก่อน แล้วจึงค้นหาต่อไปอีก
2. ยุทธวิธีสร้างตาราง (Make a Table) ใช้ตารางในการรวบรวมข้อมูลหรือช่วยให้เห็นรูปแบบใช้ตารางในการพิจารณากรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหานั้น
3. ยุทธวิธีพิจารณากรณีที่ยากกว่า (Examine a Simplex Case) ในสถานการณ์ที่ซับซ้อนบางปัญหา อาจเริ่มจากการพิจารณากรณีง่ายๆ ของปัญหานั้นก่อน และค่อยสร้างไปยังปัญหาเดิม
4. ยุทธวิธีวิเคราะห์ให้ได้ปัญหาย่อย (Identify a Subgoal) ในการที่จะพยายามวางแผนในการแก้ปัญหาบางปัญหา คำตอบของปัญหาที่ง่ายกว่าหรือคำตอบของปัญหาที่คล้ายกันมากๆ ที่เคยพบมาแล้วอาจกลายเป็นเป้าหมายย่อยๆ ของเป้าหมายพื้นฐานในการแก้ปัญหานั้นได้
5. ยุทธวิธีพิจารณาปัญหาที่เกี่ยวข้อง (Examine a Relate Problem) เป็นการค้นหาปัญหาที่คล้ายกันซึ่งเคยแก้มาก่อนช่วยในการแก้ปัญหาใหม่ที่เจอ
6. ยุทธวิธีทำย้อนกลับ (Work Backward) ปัญหาบางปัญหาอาจง่ายขึ้น ถ้าเริ่มต้นพิจารณาจากคำตอบหรือผลขั้นสุดท้าย และทำย้อนกลับ
7. ยุทธวิธีเขียนสมการ (Write an Equation) ยุทธวิธีนี้ใช้ความรู้ทางพีชคณิตโดยสร้างสมการให้สอดคล้องกับคำตอบ
8. ยุทธวิธีสร้างแผนภาพ (Draw a Diagram) การวาดแผนภาพเป็นส่วนหนึ่งในการแก้ปัญหาในวิชาเรขาคณิต จะสร้างรูปเพื่อการเข้าใจซึ่งจำเป็นในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ปัญหาที่ไม่ใช่ปัญหาทางเรขาคณิตก็สามารถใช้วาดรูปในการแก้ปัญหาได้
9. ยุทธวิธีเดาและตรวจสอบ (Guess and Check) ในขั้นแรกจะเดาคำตอบและใช้เหตุผลดูความเป็นไปได้ แล้วตรวจสอบคำตอบ ถ้าการเดาครั้งนั้นไม่ถูก ขั้นต่อไปคือการเรียนรู้เกี่ยวกับความเป็นไปได้ของคำตอบให้มากขึ้น แล้วเดาต่อไป

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000: 25) ได้เสนอยุทธวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

วิธีการแก้ปัญหามีความน่าสนใจในเรื่องกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งเป็นการพัฒนาวิธีการแก้ไขสิ่งที่ไม่รู้ ดังนั้นนักแก้ปัญหาที่ดีจะต้องมี “กระบวนการทางคณิตศาสตร์” ซึ่งจะต้องวิเคราะห์สถานการณ์ด้วยความระมัดระวังในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ และใช้คุณสมบัติที่เหมาะสมในการกำหนดปัญหามนสถานการณ์พื้นฐานที่เขพบ ตัวอย่างเช่น เด็กน้อยคนหนึ่งรู้สึกประหลาดใจเมื่อเขาคิดว่า จะต้องใช้เวลานานเท่าไรในการนับเลขจากหนึ่งถึงล้าน

การให้ปัญหาที่ดีเพื่อให้นักเรียนได้ฝึกจะทำให้ความรู้ของเขามั่นคง และเพิ่มพูนโดยจะกระตุ้นให้เกิดความสนใจที่จะเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ซึ่งความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ทั้งหลายนั้นสามารถที่จะเกิดขึ้นได้ โดยผ่านทางปัญหาพื้นฐานและจากมวลประสบการณ์ชีวิตของนักเรียนหรือเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ตัวอย่างเช่น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นสนใจที่จะหาสูตรทำพินช์ (Punch) ซึ่งมีส่วนผสมระหว่างน้ำกับน้ำผลไม้ เพื่อให้มีรสผลไม้มากขึ้น ซึ่งนักเรียนพยายามคิดวิธีที่แตกต่างกัน ถึงตอนนี้ครูควรช่วยให้นักเรียนเกิดการใช้ทักษะสัมพันธ์ร่วมกับการกระทำดังนี้เป็นความสำคัญอันดับแรกที่จะนำไปสู่ความคิดรวบยอดที่สูงขึ้นไป

นักเรียนต้องการที่จะพัฒนากรอบของยุทธวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งอาจใช้แผนภาพสังเกตหาแบบรูป หรือพยายามหาความหมายพิเศษ หรือเลือกใช้การตรวจสอบ ยุทธวิธีเหล่านี้ต้องการการชี้แนะอย่างยั้ง เพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง อย่างไรก็ตามการใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหาควรต้องมีการสอดคล้องกับหลักสูตรด้วย ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะเรียน ที่จะตรวจสอบปรับปรุงยุทธวิธี ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

การสอนของครูมีบทบาทที่สำคัญยิ่งในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน ครูต้องเลือกปัญหาที่ดึงดูดความสนใจของนักเรียน หาวิธีการ สถานการณ์แวดล้อมที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้สำรวจ ลองผิดลองถูก แบ่งปันความล้มเหลว และความสำเร็จร่วมกัน ซึ่งครูควรใช้คำถามนำเรื่อยไป ดังนั้นภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม จะทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความเชื่อมั่นและต้องการที่จะสำรวจปัญหาต่างๆ สามารถพิจารณาและตัดสินใจภายใต้ยุทธวิธีการแก้ปัญหาของตนเองได้

ฉวีวรรณ เศรษฐมาลย์ (2542: 36-38) ได้เสนอยุทธวิธีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. การกำหนดคุณลักษณะของปัญหา (Characterize The Problem) อะไรคือสิ่งที่กำหนด อะไรคือสิ่งที่ต้องการ อะไรขาดหายไป ท่านกำลังค้นหาคืออะไรอยู่ ข้อมูลที่จำเป็นกำหนดมาให้หรือไม่ จงดูตัวอย่างหลายๆ ข้อ มีกรณีพิเศษใดหรือไม่ที่กำหนดขอบข่ายของคำตอบที่เป็นไปได้ ท่านสามารถทำปัญหานั้นให้ง่ายลงโดยใช้ประโยชน์จากการสมมติหรือทำข้อความ “โดยไม่สูญเสียความเป็นกรณีทั่วไป” เพื่อย่อเจตคติทั้งข้อให้เป็นกรณีเฉพาะได้หรือไม่

2. การที่ท่านเคยเห็นปัญหานั้นมาก่อนหรือไม่ (Have You Seen This Before) หรือท่านเคยเห็นปัญหานี้ในรูปแบบที่แตกต่างไปเพียงเล็กน้อยไหม ถ้าเคยท่านสามารถถ่ายทอดไปสู่ปัญหานี้แล้วใช้วิธีการบางตอนที่เคยแก้ปัญหามาใช้ได้หรือไม่ จงตั้งปัญหาที่คล้ายคลึงกันที่มีตัวแปรน้อยกว่าแล้วแก้ดูโดย “การคล้าย” เงื่อนไขในข้อหนึ่งหรือมากกว่านั้นท่านสามารถเรียนรู้อะไรเกี่ยวกับปัญหาเดิมบ้างหรือไม่ 30

3. การค้นหารูปแบบ (Look for a Pattern) โดยการพิจารณาลักษณะโดยภาพรวม

4. การทำให้ง่ายลง (Simplification) บางครั้งความสัมพันธ์รูปแบบง่าย ๆ อาจถูกจัดให้อยู่ในรูปแบบหรือนิพจน์ที่ “ยุ่งเหยิง” จึงพยายามแทนค่ารูปที่ยุ่งเหยิงด้วยสัญลักษณ์ง่ายๆ แล้วค้นหาความสัมพันธ์ที่อยู่เบื้องหลัง

5. การลดลง (Reduction) ปัญหาของท่านสามารถแบ่งเป็นปัญหาย่อยๆ ที่จะแก้ให้ง่ายขึ้นหรือไม่

6. การทำย้อนกลับ (Work Backwards) เมื่อท่านพยายามพิสูจน์ทฤษฎีบทที่ท่านทราบอยู่แล้วว่าเป็นจริง อาจจะง่ายขึ้นถ้าเริ่มต้นทำจากข้อสรุปขึ้นไปหาเหตุผล

7. การจัดทำรายการ (Make a List) ถ้าท่านใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ มันอาจจะเป็นไปได้ที่จะจัดรายการทั้งหมดของผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทุกชั้นของกระบวนการบางอย่าง ถ้าท่านสนใจในผลลัพธ์ใดโดยเฉพาะของกระบวนการนั้น มันก็ควรจะรวมอยู่ในรายการทั้งหมดนั้น

8. การจำลองสถานการณ์ (Simulation and Modeling) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ อาจสร้างได้โดยการเขียนแบบกระบวนการที่ซับซ้อน ในคณิตศาสตร์หรือในโลกแห่งความจริงนั้น ถ้าผลที่ได้รับโดยใช้สถานการณ์จำลองถูกต้องแม่นยำแล้ว สถานการณ์จำลองนั้นคือความสำเร็จ

9. ตรรกศาสตร์ทางการ (Formal Logic) อุปนัยทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพในคณิตศาสตร์หลายสาขา เช่นเดียวกับเทคนิคที่เรียกว่า การพิสูจน์โดยอ้อม (Indirect Prove) ซึ่งเป็นที่รู้กันว่าเป็นการพิสูจน์แบบ Contrapositive ด้วยคำตอบของท่านมีความหมายหรือไม่ ตรวจสอบคำตอบคำตอบของท่านโดยใช้สามัญสำนึกและการให้เหตุผลแบบมีทางเลือกข้อสุดท้าย เมื่อใดก็ตามที่ท่านพยายามจะแก้ปัญหา จงค้นหาวิธีหลาย ๆ วิธีเพื่อเป็นตัวแทนลักษณะของปัญหา จงสร้างรูปและระบุข้อประกอบ จัดทำรายการคุณลักษณะ เขียนรายการแสดงความสัมพันธ์ เป็นต้น ยิ่งท่านมีวิธีแทนปัญหาได้มากเท่าใด ก็ยิ่งมีแนวโน้มที่ท่านจะค้นพบความสัมพันธ์ที่แอบแฝงอยู่ ซึ่งจะเป็นกุญแจไขไปสู่คำตอบได้มากเท่านั้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551: 13-41) กล่าวว่า ยุทธวิธีแก้ปัญหาเป็นเครื่องมือสำคัญและสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ดี ที่พบบ่อยในคณิตศาสตร์มีดังนี้

1. การค้นหาแบบรูป เป็นการวิเคราะห์ปัญหาและค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีลักษณะเป็นระบบหรือแบบรูปในสถานการณ์ปัญหานั้น ๆ แล้วคาดเดาคำตอบ ซึ่งคำตอบที่ได้จะยอมรับว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้องเมื่อผ่านการตรวจสอบยืนยัน ยุทธวิธีนี้มักจะใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องเรื่องจำนวนและเรขาคณิต

2. การสร้างตาราง เป็นการจัดระบบข้อมูลใส่ในตาราง ตารางที่สร้างขึ้นจะช่วยให้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ อันจะนำไปสู่การค้นพบแบบรูปหรือข้อชี้แนะอื่น ๆ ตลอดจนช่วยให้ไม่ลืมหรือสับสนในกรณีใดกรณีหนึ่ง เมื่อต้องแสดงกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหา

3. การเขียนภาพหรือแผนภาพ เป็นการอธิบายสถานการณ์และแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ของปัญหาด้วยภาพหรือแผนภาพ ซึ่งการเขียนภาพหรือแผนภาพจะช่วยให้เข้าใจปัญหาได้ง่ายขึ้น และบางครั้งก็สามารถหาคำตอบของปัญหาได้โดยตรงจากภาพหรือแผนภาพนั้น

4. การแจกกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมด เป็นการจัดระบบข้อมูล โดยแยกเป็นกรณี ๆ ที่เกิดขึ้นทั้งหมด ในการแจกกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมด นักเรียนอาจจัดกรณีที่ไม่ใช่ออกก่อน แล้วค่อยค้นหาระบบหรือแบบรูปของกรณีที่เหลืออยู่ ซึ่งถ้าไม่มีระบบในการแจกกรณีที่เหมาะสม ยุทธวิธีนี้ก็จะไม่มีประสิทธิภาพ ยุทธวิธีนี้จะใช้ได้ดีถ้าปัญหานั้นมีจำนวนกรณีที่เป็นไปได้แน่นอน ซึ่งบางครั้งเราอาจใช้การค้นหาแบบรูปและการสร้างตารางมาช่วยในการแจกกรณีด้วยก็ได้

5. การคาดเดาและตรวจสอบ เป็นการพิจารณาข้อมูลและเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ปัญหากำหนดผสมผสานกับประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้อง มาสร้างข้อความคาดการณ์ แล้วตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์นั้น ถ้าการคาดเดาไม่ถูกต้องก็คาดเดาใหม่โดยอาศัยประโยชน์จากความไม่ถูกต้องของการคาดเดาในครั้งแรก ๆ เป็นกรอบในการคาดเดาคำตอบของปัญหาครั้งต่อไป นักเรียนควรคาดเดาอย่างมีเหตุผลและมีทิศทาง เพื่อให้สิ่งที่คาดเดานั้นเข้าใกล้คำตอบที่ต้องการมากที่สุด

6. การเขียนสมการ เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่กำหนดของปัญหาในรูปแบบของสมการ ซึ่งบางครั้งอาจเป็นอสมการก็ได้ ในการแก้สมการนักเรียนต้องวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเพื่อหาว่า ข้อมูลและเงื่อนไขที่กำหนดมามีอะไรบ้าง และสิ่งที่ต้องการหาคืออะไร หลังจากนั้นกำหนดตัวแปรแทนสิ่งที่ต้องการหาหรือแทนสิ่งที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่กำหนดมาให้แล้วเขียนสมการหรืออสมการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลเหล่านั้น ในการหาคำตอบของสมการ มักใช้สมบัติของการเท่ากันมาช่วยในการแก้สมการ ได้แก่ สมบัติสมมาตร สมบัติถ่ายทอด สมบัติการบวกและสมบัติการคูณ และเมื่อใช้สมบัติการเท่ากันมาช่วยแล้ว ต้องมีการตรวจสอบคำตอบของสมการตามเงื่อนไขของปัญหา ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขของปัญหา ถือว่าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ถูกต้องของปัญหานี้ ยุทธวิธีนี้มักใช้บ่อยในปัญหาทางพีชคณิต

7. การคิดแบบย้อนกลับ เป็นการวิเคราะห์ปัญหาที่พิจารณาจากผลย้อนกลับไปสู่เหตุ โดยเริ่มจากข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนสุดท้าย แล้วคิดย้อนขั้นตอนกลับมาสู่ข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนเริ่มต้น การคิดแบบย้อนกลับใช้ได้ดีกับการแก้ปัญหาที่ต้องการอธิบายถึงขั้นตอนการได้มาซึ่งคำตอบ

8. การเปลี่ยนมุมมอง เป็นการเปลี่ยนการคิดหรือมุมมองให้แตกต่างไปจากที่คุ้นเคย หรือที่ต้องทำตามขั้นตอนทีละขั้นเพื่อให้แก้ปัญหาได้ง่ายขึ้น ยุทธวิธีนี้มักใช้ในกรณีที่แก้ปัญหาด้วยยุทธวิธีอื่นไม่ได้แล้ว สิ่งสำคัญของยุทธวิธีนี้ก็คือ การเปลี่ยนมุมมองที่แตกต่างไปจากเดิม

9. การแบ่งเป็นปัญหาย่อย เป็นการแบ่งปัญหาใหญ่หรือปัญหาที่มีความซับซ้อนหลายขั้นตอนออกเป็นปัญหาย่อยหรือเป็นส่วน ๆ ซึ่งในการแบ่งเป็นปัญหาย่อยนั้นนักเรียนอาจลดจำนวนของข้อมูล

ลง หรือเปลี่ยนข้อมูลให้อยู่ในรูปที่คุ้นเคยและไม่ซับซ้อน หรือเปลี่ยนให้เป็นปัญหาที่คุ้นเคยหรือเคยแก้ปัญหามาก่อนหน้านี้

10. การให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์ เป็นการอธิบายข้อความหรือข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในปัญหานั้นว่าเป็นจริง โดยใช้เหตุผลทางตรรกศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหาบางปัญหาเราใช้การให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์ ร่วมกับการคาดเดาและตรวจสอบ หรือการเขียนภาพและแผนภาพ จนทำให้บางครั้งเราไม่สามารถแยกการให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์ออกจากยุทธวิธีอื่นได้อย่างเด่นชัด ยุทธวิธีนี้มักใช้บ่อยในปัญหาทางเรขาคณิตและพีชคณิต

11. การให้เหตุผลทางอ้อม เป็นการแสดงหรืออธิบายข้อความหรือข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในปัญหานั้นว่าเป็นจริง โดยการสมมติว่าข้อความที่ต้องการแสดงนั้นเป็นเท็จ แล้วหาข้อขัดแย้ง ยุทธวิธีนี้มักใช้กับการแก้ปัญหาที่ยากแก่การแก้ปัญหาโดยตรง และง่ายที่จะหาข้อขัดแย้งเมื่อกำหนดให้ข้อความที่จะแสดงเป็นเท็จ

จากการศึกษาเกี่ยวกับยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาข้างต้น พบว่า ยุทธวิธีที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาแต่ละปัญหามีความหลากหลาย เช่น การวาดแผนภาพ การสร้างแบบจำลอง การสร้างตาราง การคาดเดาและตรวจสอบ การค้นหาแบบรูป เป็นต้น นั่นคือในการแก้ปัญหาปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่ง คือ ความรู้ ทักษะ ความสามารถและประสบการณ์ของผู้แก้ปัญหาว່สามารถเลือกยุทธวิธีที่ใช้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมหรือไม่ ซึ่งในบางปัญหาอาจใช้เพียงแค่อุทธวิธีเดียวก็สามารถหาคำตอบที่ต้องการได้ แต่ในบางปัญหาอาจต้องใช้หลายๆ ยุทธวิธีถึงจะสามารถหาคำตอบได้ ดังนั้นผู้แก้ปัญหาคือต้องศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับยุทธวิธีต่างๆ เพื่อเพิ่มความรู้ ทักษะ ความสามารถและประสบการณ์ในการแก้ปัญหา อันจะส่งผลให้ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาต่างๆ ได้ดียิ่งขึ้น

2.7 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

มีนักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

กาเย่ (Gagne', 1970: 186-187) กล่าวถึงสาระสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ทักษะทางปัญญา (Intellectual Skills) หมายถึง ความสามารถในการนำกฎ สูตร บทนิยาม ความคิดรวบยอด และ/หรือหลักการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม ทักษะทางปัญญาเป็นความรู้ที่ผู้เรียนเคยเรียนมาก่อน

2. ลักษณะของปัญหา (Problem Schemata) หมายถึง ข้อมูลในสมองที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่โจทย์ต้องการกับสิ่งที่กำหนดให้ได้ ข้อมูลเหล่านี้ ได้แก่ คำศัพท์ และวิธีการแก้ปัญหาลักษณะต่างๆ

3. การวางแผนหาคำตอบ (Planning Strategies) หมายถึง ความสามารถในการใช้ทักษะทางปัญญาและลักษณะของปัญหาในกระบวนการวางแผนแก้ปัญหา การวางแผนหาคำตอบที่ต้องการจัดเป็นกลวิธีการคิด (Cognitive Strategies) อย่างหนึ่ง

4. การตรวจสอบคำตอบ (Validating the Answer) หมายถึง ความสามารถในการตรวจย้อนเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหาตลอดกระบวนการ

ซูย์ดัม (Suydam, 1990: 36) กล่าวถึงความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ว่าเป็นกระบวนการคิดแก้ปัญหาซึ่งมีองค์ประกอบที่ช่วยส่งเสริมความสามารถ ได้แก่ ความสามารถในการเข้าใจความคิดรวบยอดและข้อความทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการแยกแยะความคล้ายคลึงหรือความแตกต่างกัน ความสามารถในการเลือกใช้ข้อมูลและวิธีการที่ถูกต้อง ความสามารถในการแยกแยะข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลและประมาณค่า ความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์และตีความหมายของข้อเท็จจริงเชิงปริมาณ

กองวิจัยทางการศึกษา (2531 : 10 – 18 อ้างถึงในมะลิวรรณ ผ่องราชี (2549: 29)) กล่าวว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ คือ กระบวนการคิดแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ประกอบด้วย ความสามารถในการเข้าใจโจทย์ ความสามารถในการหาวิธีการได้ถูกต้อง ความสามารถในการคิดคำนวณ และความสามารถในการหาคำตอบได้ถูกต้อง

จากการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ หลักการ ทักษะ และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ จนกระทั่งได้คำตอบที่ถูกต้อง และมีความสมเหตุสมผล

2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

อดัมส์ เอลลิสและบีสัน (Adams, Leslie, and Beeson, 1977: 174-175) กล่าวถึง ปัจจัยที่ส่งผลถึงความสามารถในการแก้ปัญหา 3 ด้าน คือ

1. สติปัญญา (Intelligence) ในกระบวนการแก้ปัญหาจำเป็นต้องใช้ความคิดระดับสูง สติปัญญาจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งประการหนึ่งในการแก้ปัญหา องค์ประกอบของสติปัญญาที่มีส่วนสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้ปัญหา คือ องค์ประกอบทางด้านปริมาณ (quantitative factors) ดังนั้น นักเรียนบางคนอาจมีความสามารถในองค์ประกอบทางด้านภาษา (verbal factors) แต่อาจด้อยในความสามารถที่ไม่ใช่ทางภาษาหรือทางด้านปริมาณ

2. การอ่าน (Reading) การอ่านเป็นพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับกระบวนการแก้ปัญหา เพราะการแก้ปัญหาต้องอ่านอย่างรอบคอบ อ่านอย่างวิเคราะห์ สามารถนำไปสู่การตัดสินใจว่าควรทำอะไร และอย่างไร มีนักเรียนจำนวนมากที่มีความสามารถในการอ่านแต่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้

3. ทักษะพื้นฐาน (Basic skill) หลังจากวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและตัดสินใจว่าทำอะไรแล้ว ยังเหลือขั้นตอนการได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้องเหมาะสม นั่นคือ นักเรียนจะต้องรู้การดำเนินการต่าง ๆ ที่จำเป็น ซึ่งก็คือทักษะพื้นฐานนั่นเอง

สมาคมครุคณิตศาสตร์ในสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 1991: 57) กล่าวถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสามารถในด้านนี้ คือ ทักษะการอ่านและการฟัง เนื่องจากผู้เรียนจะรับรู้ปัญหาได้จากการอ่านและการฟัง ผู้เรียนต้องอ่านอย่างรอบคอบ วิเคราะห์และทำความเข้าใจปัญหา โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับนิยาม มโนคติและข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหา เพื่อที่จะได้ตัดสินใจว่าควรทำอะไรและอย่างไร เป็นการแสดงออกถึงศักยภาพทางสมองของผู้เรียนในการเชื่อมโยงกับปัญหาที่เผชิญอยู่

2. ทักษะในการแก้ปัญหา เมื่อผู้เรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาย่างสม่ำเสมอ ย่อมมีโอกาที่จะพบปัญหาต่าง ๆ หลากหลายรูปแบบ ทั้งที่มีโครงสร้างที่คล้ายคลึง หรือมีโครงสร้างที่แตกต่างกัน การเผชิญกับปัญหาที่แปลกใหม่ การเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสมจะเป็นการส่งเสริมประสบการณ์ในการแก้ปัญหา ทำให้สามารถวางแผนเพื่อกำหนดยุทธวิธีในการแก้ปัญหาดังกล่าวได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสม

3. ความสามารถในการคิดคำนวณและความสามารถในการใช้เหตุผล เมื่อทำความเข้าใจกับปัญหา และวางแผนการปัญหาเรียบร้อยแล้ว ก็ต้องลงมือปฏิบัติตาม แผนที่ตั้งไว้ ซึ่งบางปัญหาต้องใช้การคิดคำนวณ บางปัญหาต้องใช้กระบวนการใช้เหตุผล ผู้เรียนต้องมีความเข้าใจในกระบวนการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เท่าที่จำเป็นและเพียงพอในระดับของตน

4. แรงขับ ในการแก้ปัญหาผู้เรียนจะพบปัญหาที่แปลกใหม่หรือไม่เคยพบเจอมาก่อน ปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบในทันที ต้องคิดวิเคราะห์อย่างเต็มที่เพื่อจะหาคำตอบให้ได้ จึงจำเป็นที่ผู้เรียนต้องมีแรงขับที่จะสร้างพลังในการคิด ซึ่งแรงขับนี้มาจากความสนใจ เจตคติแรงจูงใจ ใฝ่สัมฤทธิ์ความสำเร็จ ตลอดจนความซาบซึ้งในการแก้ปัญหา ซึ่งแรงขับนี้ผู้เรียนต้องใช้เวลาในการบ่มเพาะมายาวนาน

5. ความยืดหยุ่น การจะเป็นนักแก้ปัญหาที่ดี ผู้เรียนต้องมีความยืดหยุ่นในการคิด คือ ไม่ยึดติดกับรูปแบบ การแก้ปัญหาแค่แบบใดแบบหนึ่ง หรือยึดติดรูปแบบที่ตนเองคุ้นเคย แต่ต้องยอมรับรูปแบบและวิธีการใหม่ ๆ อยู่เสมอ ความยืดหยุ่นเป็นความสามารถในการปรับกระบวนการแก้ปัญหา โดยบูรณาการ ความเข้าใจ ทักษะและความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ

6. ความรู้พื้นฐาน ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีความเชื่อมโยงกับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ผู้เรียนต้องมี ความรู้พื้นฐานที่ดีพอ สามารถนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับสาระของปัญหา ระดับสติปัญญา การแก้ปัญหาจำเป็นต้องใช้การคิดระดับสูง สติปัญญาจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งประการหนึ่งใน การแก้ปัญหา ซึ่งมีส่วนสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้ปัญหา ผู้ที่มีสติปัญญาดี จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีกว่าผู้ที่มีสติปัญญาที่ด้อยกว่า

7. การอบรมเลี้ยงดู ผู้เรียนที่มาจากครอบครัวที่มีการเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย ให้โอกาส แสดงความคิดเห็น คิดและตัดสินใจได้ด้วยตนเอง มีแนวโน้มที่จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่า ผู้เรียนที่มาจากครอบครัวที่เลี้ยงแบบปล่อยปละละเลย หรือเข้มงวดเกินไป

8. วิธีสอนของผู้สอน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดอย่างอิสระ มีเหตุผล ให้ ความสำคัญกับการคิดของผู้เรียน ย่อมส่งเสริมให้ผู้เรียน มีความสามารถในการแก้ปัญหาดีกว่า แบบที่บทบาทการเรียนการสอนตกอยู่ที่ผู้สอนแต่เพียงฝ่ายเดียว นอกจากนี้ การจัดสภาพแวดล้อม ก็มีผลที่เอื้อต่อการพัฒนาความสามารถของผู้เรียน เช่นกัน

ครูคซางและเซฟเฟิลด์ (Cruikshank and Sheffield, 2000: 40) กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการปัญหาคณิตศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์
2. ความเชื่อของนักเรียนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิชาคณิตศาสตร์
3. ความเชื่อของนักเรียนเกี่ยวกับความสามารถในการเรียนคณิตศาสตร์ของตนเอง
4. ความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
5. ความสามารถทางสมองของนักเรียน

กรมวิชาการ (2544: 106-107) กล่าวว่า สิ่งที่มีอิทธิพลมากที่สุดต่อกระบวนการแก้ปัญหา มีดังนี้

1. ความซับซ้อนของโจทย์ปัญหา ข้อมูลที่กำหนดให้มีจำนวนมาก
2. วิธีการนำเสนอโจทย์ปัญหา
3. ความคุ้นเคยกับกระบวนการแก้ปัญหา
4. การใช้วิธีการแก้ปัญหาที่ไม่ถูกต้อง
5. การเริ่มต้นของกระบวนการแก้ปัญหา
6. ข้อมูลที่กำหนดให้ไม่เพียงพอ
7. เจตคติของนักเรียนที่มีต่อการแก้ปัญหา
8. ประสบการณ์ในการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละคนแตกต่างกัน

จากการศึกษาข้อมูลข้างต้น พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า สามารถแบ่งออกเป็น 2 ปัจจัยหลัก ได้แก่

1. ปัจจัยภายในตัวผู้แก้ปัญหา ได้แก่

1.1 เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

1.2 ความสามารถในการเลือกยุทธวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ความยืดหยุ่นและประสบการณ์ที่มีในการแก้ปัญหา

1.3 ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการคิดคำนวณและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

1.4 แรงขับภายในตัวผู้แก้ปัญหา หรือความต้องการทราบคำตอบ ซึ่งเป็นแรงกระตุ้นให้ผู้แก้ปัญหาเกิดความกระตือรือร้นในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

2. ปัจจัยภายนอกตัวผู้แก้ปัญหา ได้แก่

2.1 การอบรมเลี้ยงดูของครอบครัวและสิ่งแวดล้อมภายนอก

2.2 ความซับซ้อนของปัญหา

2.3 รูปแบบและวิธีการสอนของผู้สอน

2.9 แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้นักเรียน มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการสอนกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เนื่องจากหากนักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีแล้ว ส่งผลให้สามารถดำเนินการแก้ปัญหาได้สำเร็จและทำให้ได้มาซึ่งคำตอบที่นักเรียนต้องการ จากการศึกษ พบว่า มีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวทางที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้นักเรียน มีรายละเอียดดังนี้

สมาคมครูคณิตศาสตร์ในสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 1991: 57) เสนอแนวทางการจัดสภาพแวดล้อมที่จะเอื้อให้เกิดการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. เป็นบรรยากาศที่ยอมรับและเห็นคุณค่าของแนวคิด วิธีการคิด และความรู้สึกรักของนักเรียน
2. ให้ความสำคัญกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์
3. ส่งเสริมให้นักเรียนมีการทำงานเป็นรายบุคคลและมีการร่วมมือกัน
4. ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความสามารถในการกำหนดปัญหาและสร้างข้อคาดการณ์
5. ให้นักเรียนให้เหตุผลและสนับสนุนแนวคิดด้วยข้อความทางคณิตศาสตร์

บาร์ดีย์ (Baroody, 1993: 2-31) กล่าวถึง การสอนการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

1. การสอนโดยผ่านการแก้ปัญหา (Teaching Via Problem Solving) แนวทางนี้ให้ความสนใจกับการใช้การแก้ปัญหาในการสอนเนื้อหา เป็นเครื่องมือสำหรับฝึกการคำนวณ ปัญหาที่ใช้จะแสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์กับโลกแห่งความเป็นจริง ปัญหาถูกใช้ในการเริ่มต้นและเป็นการกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายเกี่ยวกับหัวข้อนั้น ๆ ในบางครั้งปัญหาถูกใช้กระตุ้นให้นักเรียนตั้งใจเรียนและเป็นสิ่งที่ควบคุมเนื้อหา วิธีการหนึ่งที่จะสอนโดยใช้ปัญหา คือ แสดงปัญหาตั้งแต่เริ่มต้นโดยการแสดงให้นักเรียนเห็นว่าพวกเขาจะมีความสามารถแก้ปัญหานั้นได้ อีกวิธีหนึ่งก็คือใช้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ในการแสดงทักษะการเรียนรู้

2. การสอนเกี่ยวกับปัญหา (Teaching about Problem Solving) แนวทางนี้ไปสู่การสอนโดยตรงเกี่ยวกับยุทธวิธีการแก้ปัญหาทั่ว ๆ ไป ปัญหาเป็นการอธิบายหรือแสดงให้เห็นถึงกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวของโพลยาทั้ง 4 ขั้นตอนและยุทธวิธีการแก้ปัญหานั้นสนับสนุนกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวของโพลยาทั้ง 4 ขั้นตอน

3. การสอนสำหรับการแก้ปัญหา (Teaching for Problem Solving) แนวทางนี้ให้ความสนใจกับการสอนยุทธวิธีการแก้ปัญหาทั่ว ๆ ไปโดยให้ออกาสนักเรียนแก้ปัญหา นักเรียนจะเรียนรู้ถึงการใช้กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวของโพลยาทั้ง 4 ขั้นตอนและยุทธวิธีการแก้ปัญหาที่ท้าทาย

สิริพร ทิพย์คง (2536: 60-62) กล่าวถึงแนวทางในการสอนการแก้ปัญหาดังนี้

1. สร้างบรรยากาศในการแก้ปัญหา

- 1.1 ใช้ช่วงเวลาในการคิด การวิเคราะห์และการทดลอง
- 1.2 ยอมรับคำถามที่นักเรียนถาม
- 1.3 อย่าทำให้นักเรียนเกิดความกลัว
- 1.4 ครูจะต้องมีความอดทน เมื่อนักเรียนแก้ปัญหาไม่ได้

2. สร้างแรงจูงใจให้นักเรียน

2.1 เน้นความสำคัญในการแก้ปัญหา โจทย์แบบฝึกหัดข้อแรก ๆ ควรจะเป็นโจทย์ที่นักเรียนทุกคนทำได้

- 2.2 ให้โจทย์ที่ง่ายก่อนแล้วจึงทำโจทย์ที่ยาก
- 2.3 ให้นักเรียนมีโอกาสเตรียมตัวในการที่จะแก้ปัญหายาก
- 2.4 ปลุกให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็นด้วยการใช้ปัญหาลับสมอง

3. วิธีที่จะเพิ่มความเข้าใจ

3.1 แสดงให้นักเรียนเห็นว่าอ่านปัญหาโจทย์อย่างไร อ่านแล้วต้องหยุดคิด แยกแยะสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้

- 3.2 ครูอ่านปัญหาอีกครั้งหนึ่งเพื่อนักเรียนจะได้เห็นปัญหาอย่างแจ่มชัด

3.3 ถาถามนักเรียนเพื่อจะตรวจดูให้แน่ใจว่านักเรียนเข้าใจข้อความ ศัพท์ และสิ่งที่เกี่ยวข้องกับโจทย์หรือไม่

3.4 ช่วยนักเรียนในการพิจารณาข้อความที่สำคัญอันจะเป็นเหตุผลนำไปสู่การแก้ปัญหานั้น

3.5 แยกปัญหานั้นออกเป็นปัญหาย่อย ๆ ที่ง่ายขึ้น

3.6 ถ้านักเรียนไม่ทราบว่าจะเริ่มต้นที่ไหน ควรจะส่งเสริมให้นักเรียนเขียนความจริงที่ได้จากปัญหานั้นเพื่อจะได้มองเห็นแนวทาง

3.7 ให้นักเรียนเขียนปัญหาที่เกี่ยวข้องกันและให้พิจารณาตัวแปรในกรณีของโจทย์สมการ

4. เน้นถึงความยืดหยุ่นและเรื่องต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา

4.1 อย่าเคร่งต่อกระบวนการที่ละชั้นหรือแบบฟอร์มจนเกินไป

4.2 แนะนำให้นักเรียนเปลี่ยนวิธีการเมื่อเจอปัญหายาก

4.3 ให้รู้จักพิจารณาเปรียบเทียบปัญหาที่มีข้อมูลไม่ครบ และปัญหาที่มีข้อมูลพิเศษ

เพิ่มเติม

4.4 ส่งเสริมให้นักเรียนใช้วิธีการแก้ปัญหามากมาย ๆ วิธีในโจทย์ข้อเดียวกัน

5. ให้คำแนะนำที่จะสร้างรูปแบบเพื่อการค้นคว้าหาคำตอบ

5.1 ใช้แผนผังแสดงวิธีแก้

5.2 ใช้ไดอะแกรม โมเดล หรือเขียนร่างเพื่อแยกดูโครงสร้าง

5.3 ใช้สัญลักษณ์เขียนแทนตัวแปรของปัญหา

6. แสดงให้นักเรียนเห็นว่าตั้งคำถามถามตัวเองอย่างไร

6.1 โจทย์กำหนดอะไร

6.2 โจทย์ต้องการให้ทำอะไร

6.3 ความคิดอะไรที่เคยเรียนมาแล้วและจะมาสัมพันธ์กับปัญหานี้

6.4 ปัญหาอะไรที่เคยทำมาแล้วและคล้ายกับปัญหานี้ มีข้อแตกต่างอย่างไร

6.5 จะเรียงลำดับขั้นตอนการคิดอย่างไร จะหาอะไรก่อนหลัง และแยกแยะออกเป็นปัญหาย่อยอย่างไร

6.6 จะสรุปปัญหานั้นอย่างไร

6.7 เมื่อแก้ปัญหาแล้วจะมีวิธีตรวจย้อนหรือตรวจคำตอบอย่างไร

7. เน้นวิธีการแก้ปัญหามากกว่าที่จะบอกว่าแก้อย่างไร

7.1 ถามนักเรียนในการที่จะหาวิธีต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา

7.2 ให้ความยอมรับในแต่ละส่วนที่ใช้วิธีการถูกต้องมากกว่าคำตอบถูกต้องแต่วิธีการ

ผิด

7.3 การแก้โจทย์ปัญหาต้องดูที่วิธีการคิดของนักเรียนด้วย

7.4 ให้ออกสแก่นักเรียนในการแสดงวิธีการแก้ปัญหา

7.5 ให้รู้จักวิเคราะห์วิธีทำ

8. ส่งเสริมการทดลอง การลองผิดลองถูก การคาดคะเน การเดาคำตอบอย่างมีเหตุผล ซึ่งจะนำไปสู่การแก้โจทย์ปัญหา

9. ควรจะให้มีการฝึกทำโจทย์ปัญหาบ่อย ๆ

10. ให้นักเรียนกล่าวหรือเขียนการแก้ปัญหามาในรูปแบบฟอร์มที่ถูกต้อง

11. ใช้โจทย์ปัญหานั้นเพื่อค้นพบความคิดรวบยอดตามแนว คณิตศาสตร์สมัยใหม่

12. ใช้โจทย์ปัญหานั้นเป็นแบบฝึกหัดไปในตัว

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537: 83-89) ได้เสนอแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยนำขั้นตอนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา มาประยุกต์

1. การพัฒนาความสามารถในการเข้าใจปัญหา

1.1 การพัฒนาทักษะการอ่าน การอ่านเป็นปัจจัยสำคัญในการทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนมักจะคุ้นเคยกับการอ่านข้อความยาวๆ ซึ่งเป็นเรื่องราวที่สามารถทำความเข้าใจได้ไม่ยากนัก ต่างกับข้อความของโจทย์ปัญหาในแบบฝึกหัด หรือปัญหาคณิตศาสตร์ที่มักจะสั้น ย่นย่อรวบรัดการอ่านเพื่อทำความเข้าใจจำเป็นต้องใช้สมาธิ ใช้ความพยายามในการเก็บรายละเอียดทักษะการอ่านสามารถกระทำได้ในชั่วโมงคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะเมื่อถึงตัวอย่างหรือแบบฝึกหัดเกี่ยวกับการแก้โจทย์ปัญหา โดยอาจจะฝึกเป็นรายบุคคล หรือฝึกเป็นกลุ่มโดยอภิปรายร่วมกันพอของข้อมูลที่กำหนดให้

1.2 การใช้วิธีช่วยเพิ่มพูนความเข้าใจ มีกลวิธีหลายประการที่ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจปัญหาได้ชัดเจนขึ้น เช่น

การเขียนภาพ เขียนแผนภาพ หรือสร้างแบบจำลอง เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆ ของปัญหาจะทำให้ปัญหามีความเป็นรูปธรรมขึ้น ทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

การปรับขนาดของปริมาณต่างๆ ที่กำหนดในตัวปัญหา เช่น ลดปริมาณลง เมื่อมีปริมาณน้อยๆ จะช่วยให้โครงสร้างของปัญหามีความชัดเจนขึ้น การลดขนาดของปริมาณนี้ต้องกระทำในแนวทางที่ถูกต้องมีความเป็นได้และสมเหตุสมผล เพราะมีฉะนั้นแล้วแทนที่จะช่วยให้เข้าใจปัญหาอาจทำให้ปัญหามีความยุ่งยากเพิ่มขึ้นก็ได้

1.3 การใช้ปัญหาที่มีลักษณะคล้ายกับปัญหาในชีวิตจริงมาให้นักเรียนฝึกทำความเข้าใจ เช่น ใช้ปัญหาที่กำหนดข้อมูลเกินความจำเป็น หรือกำหนดข้อมูลให้ไม่พอเพียงเพื่อให้นักเรียนฝึกวิเคราะห์ว่าข้อมูลที่กำหนดให้ข้อมูลใดไม่ได้ใช้บ้าง หรือหาว่าข้อมูลที่กำหนดให้เพียงพอหรือไม่ ต้องการข้อมูลใดด้านใดเพิ่มเติมอีกบ้าง เพราะปัญหาในชีวิตจริงนั้นมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากมาย ผู้แก้ปัญหาจะต้องรู้จักเลือกเฉพาะปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา มาพิจารณา หรือบางครั้งมีข้อมูลไม่เพียงพอซึ่งเป็นหน้าที่ของผู้แก้ปัญหาจะต้องสืบหาข้อมูลมาให้เพียงพอแก่การแก้ปัญหา

2. การพัฒนาความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหาที่มีแนวทางในการพัฒนา ดังนี้

2.1 ครูต้องไม่บอกวิธีการแก้ปัญหาแก่นักเรียนโดยตรง แต่ควรใช้วิธีการกระตุ้นให้นักเรียนคิดด้วยตนเอง เช่น อาจใช้คำถามถามนำ โดยอาศัยข้อมูลต่างๆ ที่ปัญหาคำหนดให้ถามแล้วเว้นระยะให้นักเรียนคิดหาคำตอบ ถ้าตอบไม่ได้เปลี่ยนคำถามใหม่ให้ง่ายลง คำตอบหลายๆคำตอบของนักเรียนจะทำให้ภาพของแผนการแก้ปัญหาค่อยๆ ปรากฏชัดขึ้น หยุดใช้คำถามเมื่อนักเรียนมองเห็นแนวทางในการแก้ปัญหาแล้ว

2.2 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดออกมาดังๆ คือ สามารถบอกให้คนอื่นทราบว่าตนเองคิดอะไรไม่ใช่คิดอยู่ในใจตนเองเงียบๆ อยู่คนเดียว การคิดออกมาดังๆ อาจอยู่ในรูปการบอก หรือเขียนแบบแผนลำดับขั้นตอนการคิดออกมาให้ผู้อื่นทราบ ทำให้เกิดการอภิปรายเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

2.3 สร้างลักษณะนิสัยของนักเรียนให้คิดวางแผนก่อนลงมือทำเสมอ เพราะจะทำให้มองเห็นภาพรวมของการแก้ปัญหา สามารถประเมินความเป็นไปได้ทันทีในระยะเริ่มต้น ก่อนที่จะลงมือทำไปแล้วจึงพบว่าหลงทางซึ่งทำให้เสียเวลา การทำงานอย่างมีแบบแผนเมื่อมีข้อบกพร่องเกิดขึ้นก็สามารถแก้ไขได้สะดวกตรงประเด็นควรเน้นว่าวิธีการแก้ปัญหานั้นสำคัญกว่าคำตอบ เพราะวิธีการสามารถนำไปใช้ได้กว้างขวางกว่า

2.4 จัดปัญหาให้นักเรียนฝึกคิดบ่อยๆ ซึ่งจะต้องเป็นปัญหาที่ทำทายน่าสนใจเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน ถ้าเป็นปัญหาที่ง่ายเกินไปอาจไม่เป็นที่น่าสนใจของนักเรียนที่เรียนเก่ง แต่อาจเป็นสิ่งช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนที่เรียนอ่อน เพราะเขาได้มีโอกาสประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาได้เช่นกัน ถ้าปัญหานั้นเป็นปัญหาที่ยากเกินความสามารถของนักเรียนอาจมีส่วนทำให้นักเรียนเกิดความท้อถอย ไม่อยากคิด การให้นักเรียนได้มีโอกาสแก้ปัญหาอยู่บ่อยๆ ทำให้ได้มีการฝึกการวางแผน และได้มีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาโดยใช้ยุทธวิธีต่างๆ ที่หลากหลายสามารถเลือกเพื่อนำไปใช้ในการวางแผนเพื่อแก้ปัญหาใหม่ๆ ได้

2.5 ในการแก้ปัญหาแต่ละปัญหาควรส่งเสริมให้นักเรียนใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาให้มากกว่า 1 แบบรูป เพื่อให้นักเรียนมีความยืดหยุ่นในการคิด ไม่ติดยึดอยู่ในแบบรูปใดแบบรูปหนึ่ง โดยเฉพาะ การพิจารณาหายุทธวิธีใหม่จะก่อให้เกิดการคิดวางแผนแก้ปัญหาใหม่ นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกการวางแผนมากขึ้น

3. การพัฒนาความสามารถในการดำเนินการตามแผน หลังจากทำความเข้าใจปัญหาและวางแผนแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปของการแก้ปัญหา คือ การลงมือแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ การวางแผนเป็นการจัดลำดับขั้นตอนความคิดอย่างคร่าวๆ ไม่ละเอียดชัดเจนนักในขั้นดำเนินการตามแผนนักเรียนต้องตีความ ขยายความ นำแผนไปสู่ปฏิบัติอย่างละเอียดชัดเจนตามลำดับขั้นตอนความสามารถดังกล่าวนี้สามารถสร้างให้เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ในตัวผู้เรียนจากการทำโจทย์ปัญหาในแบบฝึกหัดนั่นเอง โดยการฝึกให้นักเรียนวางแผนจัดลำดับความคิดก่อนแล้วจึงค่อยลงมือแสดงวิธีการหาคำตอบตามลำดับความคิดนั้น

4. การพัฒนาความสามารถในการตรวจสอบ ขั้นตรวจสอบของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ครอบคลุมประเด็นสำคัญ 2 ประเด็น ประเด็นแรก คือ การมองย้อนกลับไปที่ขั้นตอนการแก้ปัญหา ตั้งแต่ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผน และขั้นดำเนินการตามแผน โดยพิจารณาความถูกต้องของกระบวนการและผลลัพธ์รวมทั้งการพิจารณาหายุทธวิธีอื่นในการแก้ปัญหา ประเด็นที่สอง การมองไปข้างหน้าเป็นการใช้ประโยชน์จากกระบวนการแก้ปัญหาที่เพิ่งสิ้นสุดลงนั้น ทั้งในส่วนที่เป็นเนื้อหาและกระบวนการ โดยสร้างสรรค์ปัญหาที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันขึ้นมาใหม่

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551: 180-186) กล่าวถึง แนวทางในการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา ดังนี้

1. ครูควรใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ หรือการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย กิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสทำงานร่วมมือเป็นทีมหรือกลุ่ม ได้ลงมือแก้ปัญหาและปฏิบัติภารกิจต่าง ๆ จนบรรลุวัตถุประสงค์ที่คาดหวังไว้ ได้พูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ได้สื่อสารและนำยุทธวิธีการแก้ปัญหาและกระบวนการแก้ปัญหาของตน ได้อภิปรายถึงยุทธวิธีแก้ปัญหาและกระบวนการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ได้สะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับยุทธวิธีแก้ปัญหาและกระบวนการแก้ปัญหาที่กระทำร่วมกันตลอดจนได้เรียนรู้การยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ซึ่งสิ่งเหล่านี้สามารถช่วยให้นักเรียนมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน กล้าแสดงหรืออ้างเหตุผล มีทักษะการสื่อสารและการเข้าสังคม มีความเชื่อมั่นในตนเอง และสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ ได้ ตลอดจนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้งและจดจำได้นานมากขึ้น ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ ครูต้องเลือกขนาดของกลุ่มว่าควรเป็นเท่าไร ซึ่งโดยปกติกลุ่มละ 3-4 คน เมื่อเลือกขนาดของกลุ่มได้แล้วครูควรจัดนักเรียนเข้ากลุ่มโดยให้แต่ละกลุ่มมีนักเรียนที่มี

ระดับความสามารถเก่ง ปานกลางและอ่อน อยู่ในกลุ่มเดียวกัน หลังจากนั้นครูควรชี้แจงบทบาทและหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่ม โดยเน้นย้ำว่าทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา เข้าใจงานของกลุ่มและสามารถอธิบายได้ ขณะที่นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมร่วมกันอยู่ครูควรมีบทบาทในการตรวจตรา สอดส่องการทำงานและพฤติกรรมของนักเรียนแต่ละคน คอยสอดแทรก/ขัดจังหวะกระบวนการแก้ปัญหาของกลุ่ม โดยใช้คำถามกระตุ้นเมื่อกลุ่มแก้ปัญหาไม่ได้หรือไม่ตรงประเด็น ตอบคำถาม (คำถามของกลุ่มเท่านั้น) และให้คำปรึกษาเท่าที่จำเป็น

2. ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ครูอาจเริ่มต้นจากการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาด้วยตนเอง เพราะการแก้ปัญหาแต่ละครั้งจะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดและกระบวนการของการแก้ปัญหา ได้เรียนรู้ความรู้ทางคณิตศาสตร์และสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ใหม่ ๆ ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา

3. ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและอธิบายในสิ่งที่ตนคิด และนำเสนอแนวคิดของตนเองอย่างอิสระ ครูอาจเริ่มต้นจากการให้นักเรียนเติมคำตอบเพียงคำตอบเดียว เติมคำตอบสั้นๆ แล้วจึงเติมคำตอบเป็นข้อความหรือประโยค และเมื่อนักเรียนคุ้นเคยกับการได้คิดและอธิบายในสิ่งที่ตนเองคิดรวมทั้งนำเสนอแนวคิดของตนเองได้แล้ว ครูควรให้ลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาเป็นกลุ่มเพราะการแก้ปัญหาเป็นกลุ่มจะช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกทักษะการคิด การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อ ความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอร่วมกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่มด้วย

4. ครูควรยอมรับความคิดเห็นของนักเรียนไม่ว่าจะถูกหรือผิด ซึ่งการตอบผิดของนักเรียนจะทำให้ครูได้รู้ว่าข้อผิดพลาดนั้นมาจากไหนและมีมากน้อยเพียงใด ครูไม่ควรย้ำในสิ่งที่นักเรียนทำผิดหรือเข้าใจผิด แต่ครูควรซักถาม อธิบายและเปิดโอกาสอภิปราย เพื่อให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดและกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง

5. ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนเริ่มต้นคิดหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเองก่อน เนื่องจากมีนักเรียนจำนวนมากไม่ทราบว่าควรเริ่มต้นคิดแก้ปัญหายังไง จึงรอให้ครูแนะและตั้งคำถามนำ ครูควรตระหนักว่าการถามนำมากเกินไปส่งผลให้นักเรียนคุ้นเคยกับการคิดเพื่อตอบคำถามครูที่ละคำถามต่อเนื่องกันจนได้คำตอบ โดยไม่คิดเพื่อหาวิธีแก้ปัญหาที่ครบขั้นตอนหรือกระบวนการด้วยตนเอง

6. ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนคิดลงมือปฏิบัติแก้ปัญหตามขั้นตอนและกระบวนการแก้ปัญหา ขณะดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน ครูควรให้ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนและกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์แก่นักเรียน เลือกใช้ปัญหาที่ส่งเสริมกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในการดำเนินกิจกรรม แล้วสนับสนุนให้นักเรียนคิดและลงมือปฏิบัติแก้ปัญหตามขั้นตอนและกระบวนการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง

7. ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนใช้ยุทธวิธีแก้ปัญหา มากกว่าหนึ่งยุทธวิธี เมื่อนักเรียนแก้ปัญหาจนได้คำตอบของปัญหาแล้ว ครูควรกระตุ้นและสนับสนุนให้นักเรียนคิดหายุทธวิธีแก้ปัญหาอื่นที่แตกต่างจากเดิม แล้วให้นักเรียนใช้ยุทธวิธีแก้ปัญหาอื่นนั้นหาคำตอบของปัญหาอีกครั้ง เพื่อให้ นักเรียนตระหนักว่าปัญหาคณิตศาสตร์สามารถใช้ยุทธวิธีแก้ปัญหาได้มากกว่าหนึ่งวิธี

8. ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนสำรวจ สืบสวน สร้างข้อความคาดการณ์ อธิบายและตัดสินข้อสรุปในกรณีทั่วไปของตนเอง ซึ่งอาจเริ่มจากการให้นักเรียนฝึกตั้งคำถามกับตนเองบ่อย ๆ โดยเป็นคำถามที่ต้องการคำอธิบาย เช่น เพราะเหตุใด ทำไม และอย่างไร เป็นต้น แล้วให้นักเรียนลงมือสำรวจ สืบสวน รวบรวมข้อมูล ค้นหาความสัมพันธ์และแบบรูป สร้างข้อความคาดการณ์ อธิบายและตรวจสอบข้อความคาดการณ์ ตลอดจนตัดสินข้อสรุปในกรณีทั่วไปของตนเอง

9. ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนใช้ช่องทางการสื่อสารได้มากกว่าหนึ่งช่องทาง ในการนำเสนอ ยุทธวิธีและกระบวนการแก้ปัญหา เมื่อนักเรียนแก้ปัญหาจนได้คำตอบของปัญหาและนำเสนอยุทธวิธีในกระบวนการแก้ปัญหาแล้ว ครูควรกระตุ้นให้คิดหาช่องทางการสื่อสารอื่นที่ใช้ในการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์อีกครั้ง เพื่อให้นักเรียนตระหนักว่าปัญหาคณิตศาสตร์สามารถสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอได้มากกว่าหนึ่งช่องทางการสื่อสาร

10. ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาทั้งในคณิตศาสตร์และในบริบทอื่นๆ นักเรียนไม่เพียงมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาหลาย ๆ แบบ แต่นักเรียนยังมีประสบการณ์ในการเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับแนวคิดของศาสตร์อื่นๆ นอกเหนือจากคณิตศาสตร์ได้ และการแก้ปัญหาหลายๆ แบบมีคุณค่ามากกว่าการแก้ปัญหาเดียวตลอดเวลา

11. ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนสร้างปัญหาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม โดยอาศัยแนวคิดยุทธวิธี และกระบวนการแก้ปัญหาจากปัญหาเดิม ซึ่งในการสร้างปัญหาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมนี้ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของตนได้อย่างหลากหลายและเป็นอิสระ

12. ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนรับรู้ กระบวนการคิดของตนเอง ตรวจสอบความคิดและกระบวนการคิดของตนเองว่า มีสิ่งใดบ้างที่รู้และมีสิ่งใดบ้างที่ไม่รู้ ตลอดจนสะท้อนกระบวนการแก้ปัญหาของตนเองออกมาด้วย

13. ครูควรเปิดอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับยุทธวิธีและกระบวนการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ครูควรเป็นผู้นำเปิดอภิปรายร่วมกับนักเรียนทั้งชั้นเกี่ยวกับยุทธวิธีและกระบวนการแก้ปัญหาที่นักเรียนแต่ละคนได้ทำ แล้วร่วมกันพิจารณาและสรุปว่ายุทธวิธีและกระบวนการแก้ปัญหาใดมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาควรสร้างบรรยากาศที่ดีในการแก้ปัญหา นั่นคือ พยายามกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจปัญหา โดยการสร้างแรงจูงใจให้นักเรียน เช่น ให้นักเรียนทำโจทย์ที่ง่ายก่อนโจทย์ที่ยาก เป็นต้น นอกจากนี้ครูควรยึดหยุ่นในการแก้ปัญหา ควรส่งเสริมให้นักเรียนใช้วิธีแก้ปัญหาหลายๆ วิธี มีการฝึกให้นักเรียนใช้รูปแบบการคิดในการแก้ปัญหา เช่น การสร้างไดอะแกรม แผนผัง เป็นต้น รวมทั้งฝึกและให้ความสำคัญแก่กระบวนการแก้ปัญหาในชั้นต่างๆ มากกว่าการได้มาซึ่งคำตอบเพียงอย่างเดียว ซึ่งหากสรุปเป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา สามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. การสอนให้เข้าใจปัญหา คือ การสอนให้นักเรียนรู้จักการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมด
2. การสอนให้รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา คือ การสอนกลยุทธ์ ยุทธวิธี หรือรูปแบบการแก้ปัญหาต่างๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เช่น กระบวนการแก้ปัญหาของ Polya เป็นต้น เพื่อเพิ่มความรู้ให้นักเรียนและส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ต่างๆ ไปปรับใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
3. การสอนให้แก้ปัญหา คือ การสอนให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในการดำเนินการแก้ปัญหา เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ต้องการ โดยนำความรู้ที่ได้จากการฝึกใน 2 แนวทางข้างต้น มาใช้ในการลงมือหาคำตอบจริง เพื่อให้เกิดประสบการณ์ในการแก้ปัญหาแก่นักเรียน
4. การสอนให้รู้จักการตรวจสอบ คือ การกระตุ้นให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของกระบวนการตรวจสอบคำตอบ ฝึกให้นักเรียนตรวจสอบคำตอบจนติดเป็นนิสัย

2.10 การวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะการตรวจสอบแบบอัตโนมัติ ควรให้คะแนนตามความสามารถของนักเรียนในทุกขั้นตอน ซึ่งความสามารถในการแก้ปัญหา จำเป็นต้องให้นักเรียนแสดงขั้นตอนของการคิดคำนวณ ดังนั้น การให้คะแนนตามความสามารถ จึงต้องให้คะแนนในทุกขั้นตอน เนื่องจากนักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้แม้จะได้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง นักเรียนก็ควรได้คะแนนตามความถูกต้องลดหลั่นกันตามความเหมาะสม ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีนักการศึกษาคณิตศาสตร์และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้กล่าวถึงแนวทางในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ดังนี้

โพลยา (Polya, 1973) ได้เสนอรูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนและมีรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ 1 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Polya

ขั้นตอนการแก้ปัญหาของ Polya	พฤติกรรมชี้วัดความสามารถ
ขั้นทำความเข้าใจปัญหา	หลังจากอ่านโจทย์แล้วจะต้องระบุได้ว่า โจทย์กำหนดอะไรมาให้ ต้องการทราบอะไร และข้อเท็จจริงเป็นอย่างไร
ขั้นวางแผนแก้ปัญหา	ใช้เงื่อนไขความเป็นจริงในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง
ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา	ความสามารถในการสร้างตาราง เขียนไดอะแกรม เขียนสมการ หรือประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และทักษะการคำนวณ
ขั้นตรวจสอบคำตอบ	การพิจารณาความสมเหตุสมผลและการสรุปความหมายของคำตอบ

ชาร์ล และคณะ (Charle and et al., 1987) ได้แบ่งสัดส่วนของการให้คะแนนออกเป็น 3 ส่วน คือ ความเข้าใจในการแก้ปัญหา วิธีการแก้ปัญหา และผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งสามารถวิเคราะห์สัดส่วนและสร้างเป็นเกณฑ์การให้คะแนนได้ดังนี้

ตารางที่ 2 รูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามรูปแบบของชาร์ล และคณะ (Charles et al., 1987)

ส่วนที่พิจารณา	พฤติกรรมที่แสดง	คะแนนที่ได้
ความเข้าใจในการแก้ปัญหา	ไม่แสดงอะไรเลย	0
	แปลความหมายผิดทั้งหมด	1
	แปลความหมายผิดเป็นส่วนมาก	2
	แปลความหมายผิดเป็นส่วนน้อย	3
	แปลความหมายได้ถูกต้องสมบูรณ์	4
วิธีการแก้ปัญหา	ไม่แสดงอะไรเลย	0
	วางแผนการทำงานไม่ถูกต้อง	1
	แก้ปัญหาถูกต้องเป็นส่วนน้อย	2
	แก้ปัญหาถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	3
	วางแผนเหมาะสมมีแนวทางที่จะนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง	4
ผลลัพธ์ที่ได้	ไม่แสดงอะไร	0
	เขียนผิด คำนวณผิด	1
	คำตอบถูกต้อง	2

การประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ครูควรกำหนดรายการในการประเมินและกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนที่มีความเหมาะสม รวมทั้งมีหลักฐานให้นักเรียนได้แสดงความสามารถในการแก้ปัญหา เพื่อสามารถตรวจสอบวิธีการและคำตอบได้ รวมทั้งสามารถปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมได้

อัมพร ม้าคนอง (2553: 173-174) ได้กล่าวถึง การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนประกอบด้วยความสามารถหลายอย่างดังต่อไปนี้

1. การแก้ปัญหาได้ เป็นความสามารถของผู้เรียนในการหาคำตอบ ผลเฉลยหรือแนวทางการจัดการกับปัญหา
2. การสร้างโจทย์หรือประเด็นปัญหา เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อหาความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ อันจะนำไปสู่การสร้างโจทย์ ปัญหา สถานการณ์ หรือคำถาม
3. การใช้วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการที่แตกต่างกันหลายวิธี
4. การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ เป็นความสามารถในการพิจารณาคำตอบหรือการแก้ปัญหาที่ได้ว่าเหมาะสม สอดคล้อง และสมเหตุสมผลหรือไม่
5. การขยายความคิดจากผลการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการนำผลจากการแก้ปัญหาไปคิดต่อ เช่น การมองเห็นรูปทั่วไป การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นเมื่อเงื่อนไขของปัญหาเปลี่ยนไป

การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาประเมินได้หลากหลายตามความสามารถข้างต้น อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ ผู้สอนมักใช้ปัญหาหนึ่งๆ ประเมินความสามารถหลายๆ อย่างร่วมกัน และสิ่งที่ประเมินได้มากคือ การแก้ปัญหาได้และการใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา แต่สิ่งที่ยังทำได้ไม่มากนัก คือ การประเมินการสร้างโจทย์หรือประเด็นปัญหาจากข้อมูลที่กำหนดให้ การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ และการขยายความคิดจากผลการแก้ปัญหา

จากการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการวัดและประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ พบว่า ครูควรเลือกเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาที่ชัดเจน ซึ่งขึ้นอยู่กับครูว่าต้องการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้านใดบ้าง รวมทั้งเลือกใช้เกณฑ์ที่มีความมาตรฐานและที่สำคัญในการตรวจให้คะแนนครูควรมีความเที่ยงตรง ไม่ลำเอียง ทำให้นักเรียนแต่ละคนได้รับความเป็นธรรมมากขึ้น

3. โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา

มีนักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายเกี่ยวกับโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

กาโรฟาโล และเลสเตอร์ (Garofalo and Lester, 1985: 163-176) ได้เสนอขั้นตอนของการใช้กระบวนการกำกับทางปัญญาที่ใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การเริ่มต้นกำหนดข้อมูลการแก้ปัญหา (Orientation) หมายถึง พฤติกรรมที่มีกลยุทธ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการทำความเข้าใจปัญหา ซึ่งประกอบด้วย
 - 1.1 กลยุทธ์การทำความเข้าใจ
 - 1.2 วิเคราะห์ข่าวสารข้อมูลและเงื่อนไข
 - 1.3 ประเมินความคุ้นเคยกับงาน
 - 1.4 สร้างตัวแทนในการแก้ปัญหา
 - 1.5 ประเมินความยากและโอกาสที่จะประสบความสำเร็จ
2. การเริ่มต้นกำหนดวิธีการแก้ปัญหา (Organization) หมายถึง การวางแผนกำหนดพฤติกรรม และการเลือกปฏิบัติ ซึ่งประกอบด้วย
 - 2.1 ระบุเป้าหมายย่อยและเป้าหมายสุดท้าย
 - 2.2 วางแผนรวม
 - 2.3 วางแผนย่อย
3. การดำเนินการแก้ปัญหา (Execution) หรือการดำเนินการตามแผน ซึ่งประกอบด้วย
 - 3.1 ดำเนินการตามแผนย่อย
 - 3.2 กำกับและประเมินความก้าวหน้าของการดำเนินการตามแผนย่อยและแผนรวม
 - 3.3 กำกับตนเองในด้านความถูกต้องของงาน และการใช้เวลา
4. การประเมินความถูกต้อง (Verification) หรือการประเมินการตัดสินใจและผลลัพธ์ของการปฏิบัติตามแผน ซึ่งประกอบด้วย
 - 4.1 ประเมินการนิยามปัญหาและประเมินการวางแผนการแก้ปัญหา
 - 4.1.1 ความถูกต้องของตัวแทนปัญหา
 - 4.1.2 ความถูกต้องของแผนการแก้ปัญหา
 - 4.1.3 ความสอดคล้องของแผนและการดำเนินการ
 - 4.1.4 ความสอดคล้องของแผนรวมกับเป้าหมาย

4.2 ประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหา

4.2.1 ความถูกต้องของการดำเนินการ

4.2.2 ความสอดคล้องของแผนและการดำเนินการ

4.2.3 ความสอดคล้องของผลแต่ละขั้นกับแผนและเงื่อนไขของปัญหา

4.2.4 ความสอดคล้องของผลขั้นสุดท้ายกับแผนและเงื่อนไขของปัญหา

ปีเยอร์ (Beyer, 1987: 192-196) ได้ศึกษาการกำกับทางปัญญาในการแก้ปัญหา และได้แบ่งกลยุทธ์การกำกับทางปัญญาในการแก้ปัญหออกเป็น 3 กลยุทธ์ย่อย ดังนี้

1. การวางแผนแก้ปัญหา (Planning) เป็นการทำความเข้าใจข้อมูลหรือเงื่อนไขในโจทย์ปัญหา พิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้กับสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา กับประสบการณ์เดิมของผู้แก้ปัญหา มากำหนดว่าจะแก้โจทย์ปัญหานั้นด้วยวิธีใดและอย่างไร ก่อนที่จะทำโจทย์ปัญหาต่อไป ประกอบด้วย

1.1 การกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหา

1.2 เลือกวิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา

1.3 เรียงลำดับวิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา

1.4 คาดเดาอุปสรรค

1.5 คาดเดาวิธีการแก้ไขอุปสรรคหรือข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น

1.6 ประเมินหรือทำนายผลลัพธ์ที่ต้องการ

2. กำกับการแก้ปัญหา (Monitoring) เป็นการควบคุมและตรวจสอบวิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหาไปพร้อมกับการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

2.1 กำกับเป้าหมายการแก้โจทย์ปัญหา

2.2 กำกับวิธีและขั้นตอนการแก้ปัญหา

3. ประเมินการแก้ปัญหา (Assessing) เป็นการมองย้อนกลับไปทีขั้นตอนต่างๆ ในการแก้ปัญหาเพื่อพิจารณารายละเอียดในแต่ละขั้นตอนว่ามีความถูกต้องสมบูรณ์เพียงใด ประกอบด้วย

3.1 ประเมินความสำเร็จตามเป้าหมาย

3.2 พิจารณาความถูกต้องของผลลัพธ์

3.3 ประเมินความถูกต้องของวิธีการหรือขั้นตอน

3.4 ประเมินการแก้ไขอุปสรรคและข้อผิดพลาด

3.5 พิจารณาประสิทธิภาพและความสำเร็จ

เดวิดสัน และสเตอร์นเบิร์ก (Davidson, Deuser, and Sternberg, 1994: 207-226) ได้เสนอขั้นตอนของการใช้เมตาคognition ในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การระบุและนิยามปัญหา (Identifying and defining the problem) ในการแก้ปัญหา นั้นบุคคลต้องระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และเป้าหมายในการแก้ปัญหา ขั้นแรกคือการลงรหัส ส่วนประกอบที่สำคัญของสถานการณ์ปัญหา คือการเก็บลักษณะสำคัญของปัญหาลงไว้ในความจำ ระยะสั้นและการเรียกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะดังกล่าวจากความจำระยะยาวขึ้นมา ผู้แก้ปัญหา ต้องระบุให้ได้ว่าสิ่งใดรู้แล้ว สิ่งใดยังไม่รู้ และโจทย์ถามอะไร

2. การสร้างตัวแทนปัญหา (Representing the problem) เมื่อระบุปัญหาได้แล้วต้องสร้าง แผนภาพที่ความคิด (Mental map) โดยเชื่อมความสัมพันธ์ของส่วนประกอบเหล่านั้น และเป้าหมาย ที่พบจากการนำเสนอมา ข้อมูลจะถูกเพิ่มเข้ามาหรือขจัดออกไป แล้วถูกตีความจากสถานการณ์เดิม แล้วจึงเก็บไว้ในความจำ กระบวนการสร้างตัวแทนปัญหานี้จะทำให้บุคคลมีความ เข้าใจปัญหา และ มองเห็นวิธีแก้ปัญหาอย่างชัดเจน

3. การวางแผนดำเนินการแก้ปัญหา (Planning how to proceed) เป็นการแบ่งปัญหา ออกเป็นส่วนย่อยๆ แล้วค่อยๆ ดำเนินการแก้ปัญหาเป็นลำดับไป ในการวางแผนจำเป็นต้องมีการเลือก กระบวนการพื้นฐานในทางกลวิธีเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

4. การประเมินผลการแก้ปัญหา (Evaluating the problem) ในขณะที่บุคคลกำลัง แก้ปัญหา เขาต้องใส่ใจกับสิ่งที่ทำไปแล้ว สิ่งที่กำลังทำ และสิ่งที่ควรจะทำต่อไป รวมถึงการที่บุคคล ควบคุมตัวแทนภายในของปัญหาที่ตนสร้างขึ้นมาในตอนแรกได้ และยังคงสร้างต่อไปเพื่อทำความเข้าใจและแก้ปัญหาหนึ่งๆ หากกลวิธีที่ใช้ยังไม่เกิดผลที่ต้องการ อาจตัดสลับใจเปลี่ยนกลวิธีได้

ยิมเมอร์และแอลเลอร์ตัน (Yimer and Ellerton, 2006: 575-582) เป็นผู้พัฒนาโมเดลการ แก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา (The Problem Solving Model of Metacognitive Process) โดยโมเดลนี้ผู้ที่พัฒนาคนแรกคือยิมเมอร์ (Yimer, 2004) ได้ทำการศึกษาข้อมูลในการทำ วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอกที่เกี่ยวข้องกับการศึกษากระบวนการแก้ปัญหาที่เน้นการกำกับทาง ปัญญา ยิมเมอร์และแอลเลอร์ตันจึงได้นำแนวคิดดังกล่าวมาทำการศึกษาเพิ่มเติมซึ่งการพัฒนาโมเดล และกรอบแนวคิดนี้เริ่มต้นจากการเล็งเห็นความจำเป็นของการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ให้แก่นักเรียน ซึ่งเป็นทักษะที่มีความสำคัญประการหนึ่งที่สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งชาติอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]) ให้ความสำคัญ โดยจะเห็นได้จาก การกำหนดให้การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นทักษะกระบวนการในหลักสูตรและมาตรฐานการประเมิน คุณภาพวิชาคณิตศาสตร์สำหรับโรงเรียน (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 1989) แต่จากการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนพบว่า ยังไม่ประสบผลสำเร็จ เท่าที่ควร ซึ่งจากการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับกระบวนการต่างๆ ที่ผู้แก้ปัญหามานำมาใช้ในการแก้ปัญหา

คณิตศาสตร์ พบว่า ในการแก้ปัญหาส่วนใหญ่เมื่อผู้แก้ปัญหาได้คำตอบแล้วผู้แก้ปัญหาขาดการทบทวนและมองย้อนกลับไปตรวจสอบระหว่างการทำปัญหาของตน ส่งผลให้การแก้ปัญหาบางครั้งไม่ประสบผลสำเร็จดังที่ต้องการ โดยพฤติกรรมดังกล่าวตรงกับกระบวนการทางความคิดที่เรียกว่า การกำกับทางปัญญา (Metacognition) ซึ่งในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาพบว่า นักวิจัยส่วนใหญ่ได้ตระหนักถึงการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับความคิดทางคณิตศาสตร์ (Adibina and Putt, 1998; Schoenfeld, 1985; Traflet and Midgett, 2001) สิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญ คือ การพัฒนาเกี่ยวกับการกำกับทางปัญญา ซึ่งเป็นการประเมินความรู้ของตนเอง การกำหนดแผนของการดำเนินการแก้ปัญหา การเลือกกลยุทธ์ และการตรวจสอบและประเมินผลความคืบหน้า นั่นคือกระบวนการกำกับทางปัญญาเป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นไปที่การตรวจสอบความสามารถของตนเอง และควบคุมกระบวนการทางความคิดของตนเองที่ใช้ในระหว่างการทำปัญหา ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้การแก้ปัญหาสามารถประสบผลสำเร็จได้ตามเป้าหมายที่ต้องการและเป็นตัวช่วยให้สามารถเอาชนะอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการของการแก้ปัญหาคด้วย (Goos and Galbraith, 1996; Stillman and Galbraith, 1998)

จากความสำคัญดังกล่าวทำให้ยิมเมอร์และแอลเลอร์ต้นสนใจศึกษาผลการวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีในระหว่างการทำปัญหา รวมถึงการศึกษารูปแบบและกรอบแนวคิดที่ใช้ในการอธิบายกระบวนการทางพุทธิปัญญา (Cognitive) ร่วมกับการกำกับทางปัญญา (Metacognitive) ที่ผู้แก้ปัญหามีในระหว่างการทำปัญหา ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของอาร์ทและอาเมอร์-โทมัส (Artzt and Armour-Thomas, 1992) ที่ได้จัดองค์ประกอบของการกำกับทางปัญญาเป็น 8 ประเภท ได้แก่ การอ่าน (Read) การทำความเข้าใจ (Understand) การวิเคราะห์ (Analyse) การสำรวจ (Explore) การวางแผน (Plan) การดำเนินการ (Implement) การตรวจสอบ (Verify) และการดูและการฟัง (Watch and listen) หรืองานวิจัยของไกเกอร์และเกลเบรท (Geiger and Galbraith, 1998) ได้วิเคราะห์และพัฒนาเป็นกรอบของการจัดประเภทพฤติกรรมกำกับทางปัญญาซึ่งได้จากการสังเกตผ่านกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยแบ่งเป็นการเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement) พฤติกรรมเกี่ยวกับการแก้ปัญหา (Executive behaviours) ทรัพยากร (Resources) และความเชื่อ (Beliefs)

โมเดลการแก้ปัญหาคที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา (The Problem Solving Model of Metacognitive Process) ได้รับการพัฒนามาจากกระบวนการแก้ปัญหาคทั้ง 4 ขั้นของโพลยา (Polya, 1957) ได้แก่

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understand) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นเริ่มต้นของการแก้ปัญหาคที่ต้องการให้ผู้แก้ปัญหาคคิดถึงเกี่ยวกับปัญหาและระบุส่วนสำคัญของปัญหาคว่าประเด็นปัญหาคคืออะไร โจทย์กำหนดอะไรมาให้และโจทย์ถามหาอะไร

2. ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา (Plan) ขั้นตอนนี้ต้องการให้ผู้แก้ปัญหาค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล แล้วนำความสัมพันธ์นั้นมาผสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหา และเลือกยุทธวิธีที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

3. ขั้นดำเนินการตามแผน (Carry out the plan) ขั้นตอนนี้ต้องการให้ผู้แก้ปัญหาลงมือปฏิบัติตามแนวทางหรือแผนที่ได้วางไว้จนกระทั่งได้คำตอบ ถ้าหากแผนหรือยุทธวิธีที่เลือกไว้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ ผู้แก้ปัญหาก็ต้องเปลี่ยนแผนหรือยุทธวิธีแก้ปัญหาใหม่อีกครั้ง

4. ขั้นตรวจสอบการดำเนินการตามแผน (Look back) ขั้นตอนนี้ต้องการให้ผู้แก้ปัญหามองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา โดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ และยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา

จากพื้นฐานแนวคิดดังกล่าวอิมเมอร์และแอลเลอร์ต้นได้ศึกษาข้อมูลจากงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาพฤติกรรมการกำกับทางปัญญาที่เกิดขึ้นในระหว่างการแก้ปัญหาของผู้แก้ปัญหารวมทั้งได้ทำการทดลองและเก็บรวบรวมพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการกำกับทางปัญญาโดยใช้วิธีการสัมภาษณ์แบบเน้นภาระงาน (Task-Based Interviews) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาครูจำนวน 17 คน โดยใช้การวิเคราะห์พฤติกรรมการกำกับทางปัญญาผ่านการตอบปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งในการนำสถานการณ์ปัญหามาใช้เป็นสื่อกลางในการสร้างข้อมูลเพื่อการศึกษากระบวนการแก้ปัญหาที่เน้นการกำกับทางปัญญาของผู้เรียนแต่ละคนนั้น ต้องมีความระมัดระวังในการเลือกสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสม โดยผู้วิจัยยึดตามหลักเกณฑ์ 3 ประการในการใช้พิจารณาสถานการณ์ปัญหาทั้งหมด ได้แก่ 1) ผู้แก้ปัญหาคงต้องเข้าใจสถานการณ์ปัญหานั้น และไม่ควรบังคับให้ผู้แก้ปัญหายุ่งยากใช้หลักการหรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ไม่มีควมคุ้นเคย 2) สถานการณ์ปัญหานั้นต้องมีความท้าทาย กระตุ้นให้ผู้แก้ปัญหายากลงมือแก้ปัญหาดังกล่าว และ 3) สถานการณ์ปัญหานั้นไม่ควรเป็นปัญหาที่ซ้ำซากหรือน่าเบื่อ เช่น เป็นปัญหาที่ใช้แต่หลักการทางพีชคณิตทั้งหมด เป็นต้น ตัวอย่างปัญหาที่ใช้ในการวิจัยสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 7

The Egg Vendor Problem

An egg vendor delivering a shipment of eggs to a local store had an accident, and all of his eggs were broken. He could not remember how many eggs he had in the delivery. However, he did remember that when he tried to pack them into packages of 2, he had one left over; when he tried to pack them into packages of 3, he had one left over; when he tried to pack them into packages of 4, he had one left over; when he tried to pack them into packages of 5, he had one left over; and when he tried to pack them into packages of 6, he had one left over. Nonetheless, when he packed them into packages of 7, he had none left over. What is the smallest number of eggs he could have had in the shipment?

ภาพที่ 7 ตัวอย่างปัญหาที่ยิมเมอร์และแอลเลอร์ตันใช้ในการวิจัย

จากการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์กระบวนการทางความคิดที่เกิดขึ้นในระหว่างการแก้ปัญหา ทำให้ยิมเมอร์และแอลเลอร์ตันได้รายละเอียดต่างๆ ของพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการกำกับทางปัญญาของผู้แก้ปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมด และได้จัดรูปแบบพฤติกรรมกำกับทางปัญญาของผู้แก้ปัญหาแต่ละคนออกเป็นระยะ จึงนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเป็นโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา นั่นคือ เป็นกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการแก้ปัญหา 5 ขั้นตอน และในแต่ละขั้นประกอบไปด้วยพฤติกรรมกำกับทางปัญญาที่เน้นให้ผู้แก้ปัญหามีการกำกับและควบคุมตนเอง ตระหนักรู้ถึงขั้นตอน ทักษะ กลวิธีการคิดต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในระหว่างการแก้ปัญหา ได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement) เป็นขั้นเผชิญปัญหาและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา ประกอบด้วย

- 1.1 สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา โดยการเขียนแนวคิดหลักหรือสร้างโครงร่าง
- 1.2 วิเคราะห์ข้อมูลโดยการทำความเข้าใจกับข้อมูล ระบุข้อมูลที่สัมพันธ์กับแนวคิดสำคัญสำหรับการแก้ปัญหา และระบุว่าปัญหามีความเชื่อมโยงกับหลักการทางคณิตศาสตร์ใด
- 1.3 พิจารณาปัญหาโดยการประเมินกับปัญหาที่คล้ายคลึงกัน ว่าเคยแก้ปัญหาในลักษณะนี้หรือไม่ รวมทั้งประเมินระดับความยากง่ายของปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดกระบวนการแก้ปัญหา (Transformation-Formulation) เป็นขั้นวางแผนการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์และกำหนดกรอบในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

- 2.1 การสำรวจปัญหาโดยศึกษาจากกรณีเฉพาะเพื่อช่วยให้มองเห็นสถานการณ์

2.2 การคาดคะเนบนพื้นฐานของการสังเกตและประสบการณ์เดิม

2.3 กำหนดกรอบแผนการแก้ปัญหาโดยออกแบบวิธีทดสอบ การคาดคะเนนั้นหรือสร้างแผนการแก้ปัญหาเฉพาะหรือโดยรวม

2.4 พิจารณาการคาดคะเนหรือการสำรวจปัญหานั้นว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่

2.5 พิจารณาความเป็นไปได้ของแผนการแก้ปัญหา เมื่อเทียบกับลักษณะสำคัญของปัญหานั้น

ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation) เป็นขั้นดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่ได้วางไว้ประกอบด้วย

3.1 การสำรวจลักษณะสำคัญของแผนการเพื่อแยกเป็นแผนการย่อยตามความจำเป็น

3.2 ประเมินแผนการกับเงื่อนไขและความต้องการของปัญหา

3.3 ดำเนินการตามแผนโดยการคำนวณหรือการวิเคราะห์

3.4 พิจารณาความเหมาะสมของการปฏิบัติตามแผน ว่าการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นเป็นไปตามแผนที่วางไว้หรือไม่

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนการตัดสินใจเกี่ยวกับความเหมาะสมของแผนการปฏิบัติตามแผนและวิธีการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

4.1 ประเมินว่าคำตอบที่ได้นั้นตอบคำถามของปัญหาหรือไม่

4.2 ตรวจสอบความสอดคล้องของแผนกับเงื่อนไขของปัญหา และตรวจดูข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการคำนวณ

4.3 ประเมินความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้

4.4 ตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ขั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation) เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการสะท้อนความเข้าใจของปัญหาและประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

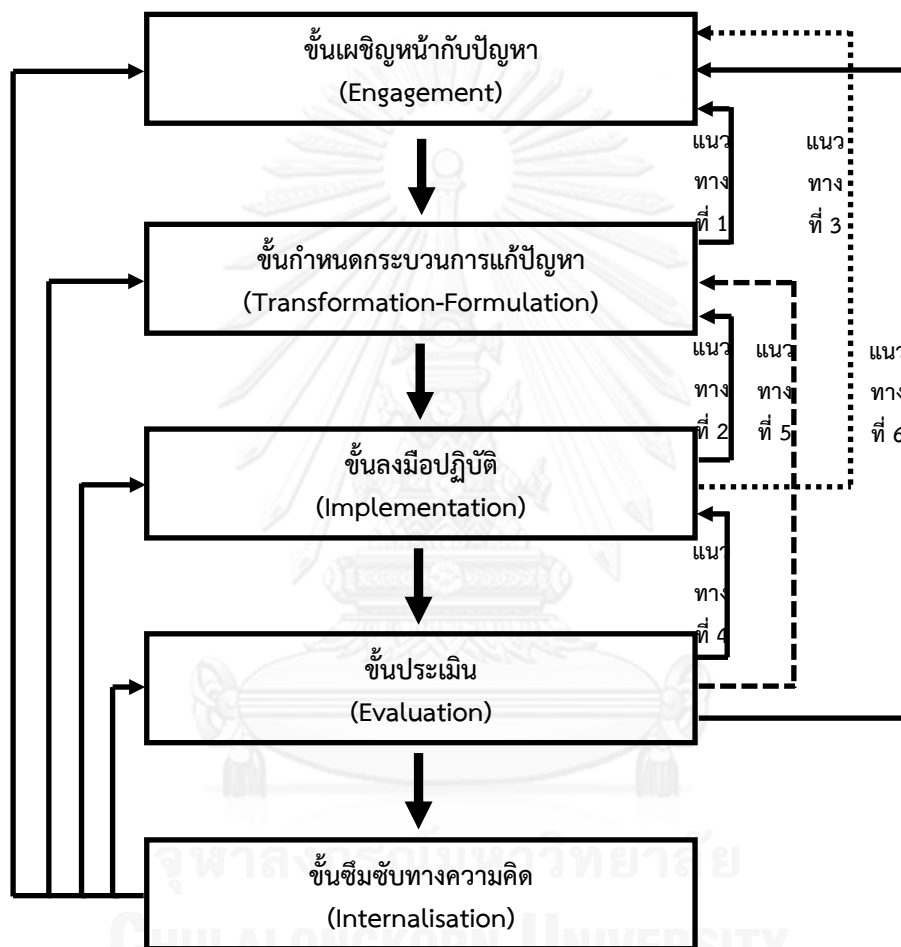
5.1 สะท้อนกระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมด

5.2 พิจารณาลักษณะสำคัญในกระบวนการแก้ปัญหา รวมถึงจุดเด่นและจุดด้อยของการดำเนินการแก้ปัญหา และประเมินความยากง่ายของปัญหา

5.3 ประเมินวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น และพิจารณาหาแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลายว่ามีแนวทางอื่นที่มีประสิทธิภาพอีกหรือไม่

5.4 สะท้อนถึงความพึงพอใจในการแก้ปัญหาและความเชื่อมั่นที่มีต่อการแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

แนวทางที่สามารถเกิดขึ้นได้ของการดำเนินการแก้ปัญหาในระหว่างห้าขั้นตอนสามารถแสดงได้ดังแผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 8 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภูมิหลังของผู้แก้ปัญหาซึ่งเกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐานเดิม ความเข้าใจและความสามารถในการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาของผู้แก้ปัญหาคด้วย แนวทางที่แตกต่างกันเป็นตัวแทนของผลการแก้ปัญหาที่สามารถเกิดขึ้นได้ ซึ่งเกิดจากการตัดสินใจในการแก้ปัญหาต่างๆ อันเป็นผลมาจากพฤติกรรมการกำกับทางปัญญาของผู้แก้ปัญหา



ภาพที่ 8 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนของกระบวนการกำกับทางปัญญาในโมเดลการแก้ปัญหา

โดยลักษณะที่โดดเด่นของโมเดลนี้สามารถสรุปได้ 2 ประการ คือ

1. เป็นกระบวนการที่ในแต่ละขั้นตอนสามารถดำเนินการย้อนกลับไปขั้นตอนก่อนหน้าได้ในกรณีที่การดำเนินการแก้ปัญหาดังกล่าวประสบปัญหาทำให้ไม่สามารถหาคำตอบที่ต้องการได้
2. ในขั้นสุดท้าย คือ ขั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation) เป็นขั้นที่ไม่ปรากฏในขั้นตอนของการแก้ปัญหาในรูปแบบอื่น ซึ่งเป็นการสะท้อนความคิดเห็นของผู้แก้ปัญหาในประเด็นต่างๆ ที่มีต่อการแก้ปัญหา

จากการศึกษาแนวคิดของโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาของนักการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสนใจโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่พัฒนาโดยยิมเมอร์และแอลเลอร์ตัน เนื่องจากเป็นโมเดลการแก้ปัญหาที่มีความน่าสนใจเพราะนอกจากที่เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบได้ดังที่ต้องการแล้วยังสามารถฝึกให้นักเรียนเกิดการคิดไตร่ตรองอย่างเป็นระบบ รู้จักการควบคุมการคิดของตนเอง ทำให้นักเรียนได้รับการฝึกฝนด้วยกระบวนการดังกล่าวส่งผลให้เป็นบุคคลที่มีความรอบคอบในการแก้ปัญหามากยิ่งขึ้น รวมทั้งเป็นโมเดลที่มีความโดดเด่นแตกต่างจากโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาของนักการศึกษาท่านอื่นๆ คือ เป็นกระบวนการที่ในแต่ละขั้นตอนสามารถดำเนินการย้อนกลับไปขั้นตอนก่อนหน้าได้ และเป็นกระบวนการที่ในขั้นสุดท้ายคือขั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation) เป็นขั้นที่ไม่ปรากฏในขั้นตอนของการแก้ปัญหาในรูปแบบอื่น ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดของโมเดลนี้มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้แก่นักเรียน

4. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

4.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

จากการศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับคำว่า “การคิดอย่างมีวิจารณญาณ” (Critical Thinking) มีนักการศึกษาต่างประเทศและนักการศึกษาไทยได้สรุปความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ไว้ดังนี้

ดิวอี้ (Dewey, 1933: 30) ได้เสนอว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นการคิดอย่างใคร่ครวญไตร่ตรอง ดิวอี้อธิบายขอบเขตของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ว่าเป็นการคิดที่เริ่มต้นจากสถานการณ์ที่มีความยุ่งยากและสิ้นสุดด้วยสถานการณ์ที่มีความชัดเจน

วัตสันและและเกลเซอร์ (Watson and Glaser, 1964: 10) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้สรุปได้ว่า หมายถึง ความคิดที่ประกอบด้วย เจตคติ ความรู้ และทักษะ ดังนี้คือ

1. เจตคติ (Attitude) หมายถึง ความสนใจในการแสวงหาความรู้ ตลอดจนการค้นหาหลักฐานมาสนับสนุนสิ่งที่อ้างว่าเป็นจริง
2. ความรู้ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถในการอนุมาน การสรุปใจความสำคัญ และการสรุปนัยทั่วไปโดยพิจารณาจากหลักฐาน และการใช้หลักตรรกวิทยา
3. ทักษะ (Skills) หมายถึง ความสามารถที่จะนำเอาเจตคติ และความรู้ไปประยุกต์ใช้พิจารณาตัดสินปัญหา ข้อความหรือข้อสรุปต่าง ๆ ได้

ฮิลการ์ด (Hilgard, 1970: 337) ได้ให้นิยามคำว่า ความคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง ความสามารถในการตัดสินใจข้อความหรือปัญหาว่าสิ่งใดเป็นจริง สิ่งใดเป็นเหตุเป็นผลกัน

ยิงเกอร์ (Yinger, 1988: 84) ได้ให้ความหมายการคิดอย่างมีวิจารณญาณสรุปได้ว่า เป็นการประเมินผลลัพธ์ทางการคิดที่มีความสำคัญต่อการแก้ปัญหา การคิดตัดสินใจ และการสร้างสรรค์ผลลัพธ์ต่างๆ การคิดวิจารณ์ญาณเป็นการคิดที่สะท้อนออกมาในรูปของการยอมรับ การปฏิเสธหรือการปรับเปลี่ยนสถานการณ์เพื่อการแก้ปัญหาหรือตัดสินใจ

ฮัดกินส์ (Hudgins, 1997: 137-138) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า หมายถึง การมีเจตคติในการค้นคว้าหาหลักฐานเพื่อทำการวิเคราะห์ และประเมินข้อโต้แย้งต่างๆ การมีทักษะในการใช้ความรู้จำแนกข้อมูล และมีการตรวจสอบสมมติฐานเพื่อหาข้อสรุปอย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล

แมคเวิร์เทอร์ (McWhorter, 2006) ได้กล่าวโดยสรุปไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการพลวัตของการตั้งคำถามเกี่ยวกับความคิดประเด็นต่างๆ จากการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปใหม่ ที่สามารถนำไปใช้ปฏิบัติได้จริงหรือส่งผลให้เกิดได้จริง

แอลลิส (Ellis, 2009) ได้สรุปความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า เป็นวิธีคิดที่แยกระหว่างความคิดเห็นกับความจริง ที่ได้มาจากการซักถาม การสังเกต การค้นหาความจริงจากการตั้งข้อสังเกตที่มีการอธิบายความหมาย การทำให้มีความแน่ใจด้วยหลักฐานและเหตุผลที่มีความชัดเจน

วีรยุทธ วิเชียรโชติ และคณะ (2540: 75) ได้ร่วมกันให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ ความสามารถในการใช้ปัญญาตัดสินใจหรือชี้ขาดเรื่องราวต่างๆ หรือความสามารถในการไล่เรียงหาเหตุผลเพื่อสรุปเป็นข้อยุติตามวิธีทางวิทยาศาสตร์

ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ และคณะ (2546: 56) ได้สรุปความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดที่มีการพิจารณารันกรองไตร่ตรองอย่างดีแล้ว เพื่อให้เกิดผลของการคิดที่รอบคอบและสมเหตุสมผล

สุวิทย์ มูลคำ (2547: 9) ได้สรุปความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิดที่มีเหตุผลโดยผ่านการพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบ มีหลักเกณฑ์มีหลักฐานที่เชื่อถือได้ เพื่อนำไปสู่การสรุปและการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพว่าสิ่งใดเป็นสิ่งที่ถูกต้อง สิ่งใดควรเชื่อ สิ่งใดควรเลือก หรือสิ่งใดควรกระทำ

ลักขณา สริวัฒน์ (2549: 89) ได้กล่าวโดยสรุปไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การใช้ความคิดในลักษณะวิเคราะห์ สังเคราะห์ ตัดสินใจ และแก้ปัญหาโดยยึดหลักการคิดด้วยเหตุผลจากข้อมูลที่เป็นจริงมากกว่าอารมณ์ และการคาดเดา โดยพิจารณาความเป็นไปได้ในแง่มุมต่างๆ ว่าอะไรคือความจริง อะไรคือความถูกต้อง คิดด้วยความรอบคอบระมัดระวัง ใช้สติปัญญา และทักษะ

การคิดอย่างไตร่ตรอง มีวิจารณญาณมากกว่าการใช้อารมณ์ที่ทำให้เกิดความลำเอียง ซึ่งมีผลเสียต่อการตัดสินใจ ดังนั้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงเป็นความคิดที่เปิดกว้าง มีเป้าหมายที่แน่นอน มีเหตุผล มีความถูกต้อง แม่นยำ สามารถตรวจสอบความคิดและประเมินความคิดของตนเองได้

อำพร ไตรภัทร และคณะ (2549: 1) ได้กล่าวโดยสรุปไว้ว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การคิดไตร่ตรองที่เน้นในเรื่องการตัดสินใจว่าจะเชื่อหรือไม่เชื่อสิ่งใด หรือจะทำหรือไม่ทำสิ่งใด

วีระ สดสังข์ (2550: 36) สรุปว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการทางปัญญาที่สามารถรับรู้ข้อมูลแล้วนำมาคิดด้วยเหตุผลที่ผ่านการพิจารณา ไตร่ตรองอย่างรอบคอบ กว้างไกลลึกซึ้ง เพื่อประเมินสภาพการณ์หรือข้อมูลที่ปรากฏและตัดสินใจ โดยคำนึงถึงผลประโยชน์ส่วนรวมระยะยาว

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2551: 92) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดไตร่ตรองอย่างรอบคอบเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา คลุมเครือ มีความขัดแย้งเพื่อตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อสิ่งใดไม่ควรเชื่อ สิ่งใดควรทำสิ่งใดไม่ควรทำ โดยใช้ความรู้ความคิดจากประสบการณ์ของตนจากข้อมูลรอบด้าน ทั้งข้อมูลเชิงวิชาการ ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม และข้อมูลส่วนตัวของผู้คิด

วัชรรา เล่าเรียนดี (2552: 30) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง ความสามารถในการสร้างความคิดรวบยอด ความสามารถในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินผล ความสามารถที่จะตัดสินใจเลือกเชื่อและเลือกปฏิบัติในสิ่งที่เหมาะสมด้วยหลักการและเหตุผล

สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ (2555: 106) ได้สรุปความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการคิดที่ใช้เหตุผลโดยมีการศึกษาข้อเท็จจริง หลักฐาน และข้อมูลต่างๆ เพื่อประกอบการตัดสินใจ แล้วนำมาพิจารณาวิเคราะห์อย่างสมเหตุสมผล ก่อนตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อหรือสิ่งใดไม่ควรเชื่อ ผู้ที่มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณจะเป็นผู้มีใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล ไม่ยึดถือความคิดเห็นของตนเอง ก่อนจะตัดสินใจในเรื่องใดก็จะต้องมีข้อมูลหลักฐานเพียงพอและสามารถเปลี่ยนความคิดเห็นของตนเองให้เข้ากับผู้อื่นได้ ถ้าผู้นั้นมีเหตุผลที่เหมาะสมถูกต้องกว่า เป็นผู้ที่มีความกระตือรือร้นในการค้นหาข้อมูลและความรู้ กล่าวได้ว่า ผู้ที่มีความคิดอย่างมีวิจารณญาณจะเป็นผู้มีเหตุผล

บรรจง อมรชีวิน (2556: 2) ได้สรุปความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณก็คือ ความสามารถในการที่จะคิดได้อย่างกระจ่าง แจ่มแจ้ง และอย่างมีเหตุมีผล และยังรวมถึงความสามารถในการที่จะคิดได้อย่างอิสระ และการสะท้อนความคิด การคิดอย่างไตร่ตรอง

สมประสงค์ น่วมบุญลือ (2555: 6) ได้สรุปความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การใช้จิตตรึกและตรองเพื่อให้เกิดภาวะรู้ การตรึกตรองเพื่อการตัดสินใจทางเลือกต้องใช้เหตุผลในการพิจารณา ดังนั้น อาจสรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (critical thinking) คือ การใช้เหตุผลพิจารณาปรากฏการณ์เพื่อการตัดสินใจทางเลือก

จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง กระบวนการทางปัญญาที่มีการนำข้อมูล ข้อความ ข้อสรุป หรือสถานการณ์ปัญหาที่มีอยู่มาพิจารณา ไตร่ตรองโดยละเอียด รอบคอบและลึกซึ้ง เพื่อประเมินและตัดสินใจทำให้นำไปสู่ข้อสรุปที่ถูกต้องและมีความสมเหตุสมผล

4.2 องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

นักการศึกษาหลายท่านทั้งนักการศึกษาต่างประเทศและนักการศึกษาไทยได้อธิบายเกี่ยวกับองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

วัตสันและเกลเซอร์ (Watson and Glaser, 1964: 24) กล่าวไว้โดยสรุปว่า มีองค์ประกอบ 5 ประการ คือ

1. การสรุปอ้างอิง (Inferences)
2. การยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumption)
3. การอนุมาน (Deduction)
4. การแปลความ (Interpretation)
5. การประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of Argument)

ฟีเลย์ (Feeley, 1976) ได้แยกองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ 10 องค์ประกอบ ได้แก่

1. การแยกความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริง และความรู้สึกรู้สึกหรือความคิดเห็น
2. การพิจารณาความเชื่อถือได้ของแหล่งข้อมูล
3. การพิจารณาความถูกต้องตามข้อเท็จจริงของข้อความนั้น
4. การแยกความแตกต่างระหว่างข้อมูล ข้อคิดเห็น หรือเหตุผลที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์นั้น
5. การค้นหาสิ่งที่เป็นอคติหรือความลำเอียง

6. การระบุถึงข้ออ้าง ข้อสมมติที่ไม่ได้กล่าวไว้ก่อน
7. การระบุถึงข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้งที่ยังคลุมเครือ
8. การแยกความแตกต่างระหว่างข้อคิดเห็นที่สามารถพิสูจน์ความถูกต้องได้
9. การตระหนักในสิ่งที่ไม่คงที่ตามหลักการและเหตุผล
10. การพิจารณาความมั่นคงหนักแน่นในข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็น

ชนาธิป พรกุล (2544: 177-178) กล่าวว่า องค์กรประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณมี 4 องค์กรประกอบและในแต่ละองค์ประกอบมีทักษะที่สามารถนำมาใช้ในชั้นเรียน ได้แก่

1. การให้คำจำกัดความและการทำให้กระจ่าง ทักษะที่ฝึก ได้แก่ การระบุข้อสรุป การระบุเหตุผลที่กล่าวถึง การระบุเหตุผลที่ไม่ได้กล่าวถึง การเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่าง การระบุและจัดการกับสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องและการสรุปย่อ

2. การตั้งคำถามที่เหมาะสมเพื่อให้กระจ่างหรือมีความท้าทาย เช่น ข้อความที่สำคัญคืออะไร หมายความว่าอย่างไร ตัวอย่างคืออะไร อะไรที่ไม่ใช่ตัวอย่าง จะนำเรื่องนี้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างไร อะไรคือข้อเท็จจริง นี่คือน้ำที่กำลังพุทถึงหรือไม่ มีอะไรที่ยังไม่ได้พุทถึง

3. การตัดสินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล โดยพิจารณาจากความมีชื่อเสียง ความสอดคล้องกันระหว่างแหล่งข้อมูล ความไม่ขัดแย้งผลประโยชน์และความสามารถในการให้เหตุผล

4. การแก้ปัญหาและการลงข้อสรุป โดยวิธีการนิรนัยและตัดสินอย่างเที่ยงตรง วิธีการอุปนัย และตัดสินข้อสรุปการคาดคะเนผลที่จะเกิดตามมา

สุวิทย์ มูลคำ (2547: 11) ได้สรุปองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

1. จุดมุ่งหมาย คือ เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของการคิด คือคิดเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหาหรือคิดเพื่อหาความรู้

2. ประเด็นคำถาม คือ ปัญหาหรือคำตอบที่ต้องการรู้ คือผู้คิดสามารถระบุปัญหาสำคัญที่ต้องการแก้ไข หรือคำถามสำคัญที่ต้องการรู้คำตอบ

3. สารสนเทศ คือ ข้อมูล หรือความรู้ต่างๆ เพื่อใช้ประกอบการคิด ข้อมูลต่างๆ ที่ได้ควรมีความกว้าง ความลึก ชัดเจน ยืดหยุ่นได้และมีความถูกต้อง

4. ข้อมูลเชิงประจักษ์ คือ ข้อมูลที่ได้มานั้นต้องเชื่อถือได้ มีความชัดเจน ถูกต้อง และมีความเพียงพอในการใช้เป็นพื้นฐานของการคิดอย่างมีเหตุผล

5. แนวคิดอย่างมีเหตุผล คือ แนวคิดทั้งหลายที่มี อารวมถึงกฎ ทฤษฎี หลักการ ซึ่งแนวคิดดังกล่าวมีความจำเป็นสำหรับการคิดอย่างมีเหตุผล แนวคิดที่ได้มานั้นต้องเกี่ยวข้องกับปัญหาหรือคำถามที่ต้องการหาคำตอบ และต้องเป็นแนวคิดที่ถูกต้องด้วย

6. ข้อสันนิษฐาน เป็นองค์ประกอบสำคัญของทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล เพราะผู้คิดต้องมีความสามารถในการตั้งข้อสันนิษฐานให้มีความชัดเจน สามารถตัดสินใจได้เพื่อประโยชน์ในการหาข้อมูลมาใช้ในการคิดอย่างมีเหตุผล

7. การนำไปใช้และผลที่ตามมา เป็นองค์ประกอบสำคัญของการคิดอย่างมีเหตุผล ซึ่งผู้คิดต้องคำนึงถึงผลกระทบ สามารถมองการณ์ไกล มองถึงผลที่ตามมา รวมทั้งการนำไปใช้ได้หรือไม่เพียงใด

สุคนธ์ สิ้นธพานนท์ และคณะ (2555: 108-109) กล่าวไว้โดยสรุปว่า องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สามารถนำมาใช้ในชั้นเรียนนั้น จะประกอบไปด้วย

1. การทำความเข้าใจกับประเด็นปัญหา คำถามหรือสถานการณ์ที่พบ นั่นคือเป็นความสามารถในการพิจารณาข้อมูลหรือสถานการณ์ที่ปรากฏ รวมทั้งระบุความหมายของคำหรือข้อความ

2. การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เป็นความสามารถในการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ทั้งโดยตรงและทางอ้อม รวมถึงการดึงข้อมูลจากประสบการณ์เดิมที่มีอยู่

3. การพิจารณาว่าข้อมูลใดมีเหตุผลที่น่าเชื่อถือหรือไม่น่าเชื่อถือ เป็นการวัดความสามารถในการพิจารณา ประเมิน ตรวจสอบ ตัดสินข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยพิจารณาถึงที่มา รวมทั้งความเพียงพอของข้อมูลที่จะนำไปสู่การลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผล

4. การสรุปเพื่อตัดสินใจ เป็นการวัดความสามารถในการลงข้อสรุปโดยการใช้เหตุผล ซึ่งในการลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลนั้น อาจใช้เหตุผลเชิงอุปนัยหรือเหตุผลเชิงนิรนัย

จากการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักการศึกษาหลายๆ ท่านที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วย องค์ประกอบ องค์ประกอบ ดังนี้

1. การทำความเข้าใจปัญหาเพื่อระบุประเด็นปัญหาต่างๆ
2. กระบวนการรวบรวมข้อมูลหรือหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากแหล่งต่างๆ
3. การพิจารณาตัดสินความเชื่อถือได้ของแหล่งข้อมูล
4. การลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล
5. ประเมินผล เป็นการประเมินความถูกต้องและตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อมูล

4.3 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นความสามารถทางสมอง ซึ่งสามารถปรากฏได้ในลักษณะของการปฏิบัติงานตามเงื่อนไขที่กำหนด ในลักษณะของความสามารถต่าง ๆ ซึ่งได้มีนักการศึกษาเสนอไว้ดังนี้

เดรสเซล และเมย์ฮิว (Dressel and Mayhew, 1957: 179-181) ได้กล่าวไว้โดยสรุปว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณในเชิงทักษะของการคิดซึ่งเป็นความสามารถของบุคคลในการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วยความสามารถต่างๆ 5 ด้าน ดังนี้

1. ความสามารถในการนิยามปัญหา ประกอบด้วย

1.1 การตระหนักถึงความเป็นไปของปัญหา ได้แก่ การล่วงรู้ถึงเงื่อนไขต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กันในสภาพการณ์ การรู้ถึงความขัดแย้งและเรื่องราวที่สำคัญในสภาพการณ์การระบุดูจุดเชื่อมต่อที่ขาดหายไปของชุดเหตุการณ์ หรือความคิดและการรู้ถึงสภาพปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบ

1.2 การนิยามปัญหา ได้แก่ การระบุถึงธรรมชาติของปัญหา ความเข้าใจถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องและจำเป็นในการแก้ปัญหา นิยามองค์ประกอบของปัญหา ซึ่งมีความยุ่งยากและเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม จำแนกแยกแยะองค์ประกอบของปัญหาที่มีความซับซ้อนออกเป็น ส่วนประกอบที่สามารถจัดกระทำได้ ระบุงค์ประกอบที่สำคัญของปัญหา จัดองค์ประกอบของปัญหาให้เป็นลำดับขั้นตอน

2. ความสามารถในการเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา คือ การตัดสินใจว่าข้อมูลใดมีความจำเป็นต่อการแก้ปัญหา การจำแนกแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือไม่ได้ การระบุว่าข้อมูลใดควรยอมรับหรือไม่ การเลือกตัวอย่างของข้อมูลที่มีความเพียงพอและเชื่อถือได้ ตลอดจนการจัดระเบียบของข้อมูล

3. ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ประกอบด้วย การระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ผู้อ้างเหตุผลไม่ได้กล่าวไว้ การระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่คัดค้านการอ้างเหตุผล และการระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ไม่เกี่ยวข้องกับการอ้าง

4. ความสามารถในการกำหนดและเลือกสมมติฐาน ประกอบด้วย การค้นหา การชี้แนะต่อ คำตอบปัญหา การกำหนดสมมติฐานต่างๆ โดยอาศัยข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น การเลือกสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดมาพิจารณาเป็นอันดับแรก การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างสมมติฐานกับข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น การกำหนดสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ยังไม่ทราบและเป็นข้อมูลที่จำเป็น

5. ความสามารถในการสรุปอย่างสมเหตุสมผล และการตัดสินความสมเหตุสมผลของการคิดหาเหตุผล ซึ่งประกอบด้วย

5.1 การลงสรุปอย่างสมเหตุสมผล โดยอาศัยข้อตกลงเบื้องต้น สมมติฐานและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การระบุความสัมพันธ์ระหว่างคำกับประพจน์ การระบุถึงเงื่อนไขที่จำเป็นและเงื่อนไขที่เพียงพอ การระบุความสัมพันธ์เชิงเหตุผล และการระบุและกำหนดข้อสรุป

5.2 การพิจารณาตัดสินความสมเหตุสมผลของกระบวนการที่นำไปสู่ข้อสรุป ได้แก่ การจำแนกการสรุปที่สมเหตุสมผลจากการสรุปที่อาศัยค่านิยม ความพึงพอใจ และความลำเอียง การจำแนกระหว่างการคิดหาเหตุผลที่มีข้อสรุปได้แน่นอนกับการคิดหาเหตุผลที่ไม่สามารถหาข้อสรุปที่เป็นข้อยุติได้

5.3 การประเมินข้อสรุปโดยอาศัยเกณฑ์การประยุกต์ใช้ ได้แก่ การระบุถึงเงื่อนไขที่จำเป็นต่อการพิสูจน์ข้อสรุป การรู้ถึงเงื่อนไขที่ทำให้ข้อสรุปไม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ และการตัดสินความเพียงพอของข้อสรุปในลักษณะที่เป็นคำตอบของปัญหา

กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของเคลลมอลซ์ (Quellmallz, 1985: 29-34) ได้สรุปความคล้ายคลึงกันของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณระหว่างทฤษฎีของนักจิตวิทยากับทฤษฎีของนักปรัชญาใน 4 ขั้นตอนย่อยของกระบวนการคิด สรุปได้ดังนี้

1. การนิยามปัญหา ตามทฤษฎีของนักจิตวิทยาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของปัญหาตรงกับขั้นการทำ ความกระจ่างตามทฤษฎีของนักปรัชญา ซึ่งประกอบด้วยกำหนัดคำถามและการวิเคราะห์องค์ประกอบของปัญหา

2. การระบุข้อมูล เนื้อหา และกระบวนการที่จำเป็นในการแก้ปัญหาตามทฤษฎีของนักจิตวิทยาตรงกับขั้นการตัดสินความเชื่อถือได้ของข้อมูลนำมาสนับสนุน รวมทั้งข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ตามทฤษฎีของนักปรัชญา

3. การนำข้อมูลมาใช้ประกอบเพื่อการแก้ปัญหาตามทฤษฎีทางจิตวิทยา ตรงกับขั้นการคิดหาเหตุผล ตามทฤษฎีของนักปรัชญา ประกอบด้วยการคิดหาเหตุผลเชิงอนุมานและการคิดหาเหตุผลเชิงอุปมาน

4. การประเมินความสำเร็จของคำตอบ ตามทฤษฎีของนักจิตวิทยา ตรงกับขั้นการใช้เกณฑ์ในการตัดสินความเพียงพอของคำตอบ ตามทฤษฎีของนักปรัชญา

แบลคและแบลค (Black and Black, 2006) ได้อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สามารถใช้กับชั้นเรียนได้เป็นอย่างดีว่าประกอบด้วยสิ่งต่างๆ ดังนี้

1. การหาคุณสมบัติ ความเหมือน ความคล้ายคลึง ด้วยภาพ (Figural Similarity)
2. การจัดลำดับขั้นตอนด้วยภาพ (Figural Sequencing)
3. การจัดกลุ่ม จัดพวกด้วยภาพ (Figural Classification)

4. การให้เหตุผลความคล้ายคลึงด้วยภาพ (Figural Analogy)
5. การหาคุณสมบัติ ความเหมือน ความคล้ายคลึง ด้วยภาษา (Verbal Similarity)
6. การจัดลำดับขั้นตอนด้วยภาษา (Verbal Sequencing)
7. การจัดกลุ่ม จัดพวกด้วยภาษา (Verbal Classification)
8. การให้เหตุผลความคล้ายคลึงด้วยภาษา (Verbal Analogy)

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2540: 87-88) ได้กล่าวว่ากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นกระบวนการทางปัญญา ซึ่งมีขั้นตอนตั้งแต่การรับรู้ จำ เข้าใจ วิเคราะห์ สังเคราะห์ มีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นสร้างความคิดรวบยอด ให้นักเรียนสังเกต ลงมือทำกิจกรรม ได้ความคิดรวบยอด เชื่อมโยงความสัมพันธ์ สรุปใจความได้ครบถ้วนถูกต้อง
2. ขั้นการอธิบาย นักเรียนแสดงความคิดเห็นในเชิงเห็นด้วย ไม่เห็นด้วยกับสิ่งที่กำหนด เน้นกระบวนการให้เหตุผล หลักการ กฎเกณฑ์ มีหลักฐานประกอบให้มีความน่าเชื่อถือ
3. ขั้นการรับฟัง นักเรียนแสดงความคิดเห็น ตอบโต้คำวิจารณ์ ปรับเปลี่ยนความคิดเห็นของตนเองถ้าได้ข้อมูลที่ดีกว่า
4. ขั้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ เปรียบเทียบความแตกต่าง ความคล้ายคลึงกัน และสรุปจัดกลุ่ม สิ่งที่เป็นพวกเดียวกันในเชิงเหตุและผล ในลักษณะของการอุปมา อุปนัย
5. ขั้นวิจารณ์ วิเคราะห์ จำแนกหาส่วนดี ส่วนด้อย สำคัญ ไม่สำคัญของสิ่งนั้นๆ
6. ขั้นการสรุป สรุปผลอย่างถูกต้องตามข้อมูลที่มีอยู่ในขณะนั้น

ทศนา แคมมณี และคณะ (2544: 60) ได้อธิบายกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณซึ่งสรุปได้ว่ามีวิธีการดังนี้

1. ตั้งเป้าหมายในการคิด
2. ระบุประเด็นสำคัญในการคิด
3. ประมวลข้อมูลทั้งด้านข้อเท็จจริงและความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่คิดในทางกว้าง ลึก และไกล

สุคนธ์ สิริพานนท์ และคณะ (2555: 113-114) ได้สรุปไว้ว่า กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้น มีขั้นตอนการฝึกการคิดหลายรูปแบบตามหลักการและแนวคิดของนักการศึกษา ต่างๆ ที่ได้ผ่านการทดลองมาแล้ว ดังนั้น ครูผู้สอนสามารถเลือกกระบวนการคิดที่มีขั้นตอนต่างๆ ตามที่เหมาะสมกับเรื่องที่จะสอนหรือให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งขั้นตอนส่วนใหญ่จะมีหัวข้อที่สามารถสรุปได้ว่ามีความคล้ายคลึงกันในเรื่องต่อไปนี้ คือ

1. การทำความเข้าใจกับปัญหา / ประเด็นสำคัญ / สถานการณ์ที่พบ
2. การรวบรวมข้อมูล ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการนำมาเป็นแนวทางการแก้ปัญหา

3. การวิเคราะห์ข้อมูล พิจารณาข้อมูล เพื่อหาทางเลือกหรือคำตอบที่ถูกต้อง อย่างรอบคอบ ประเมินทางเลือกหลายๆ ทาง
4. การสรุปเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจ

จากแนวคิดของนักการศึกษาแต่ละท่านที่ได้กล่าวมาข้างต้น พบว่า สามารถสรุปกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ดังนี้

1. ขั้นการนิยามปัญหา เป็นความสามารถในการวิเคราะห์ข้อความหรือสถานการณ์ปัญหาต่างๆ โดยสามารถระบุองค์ประกอบที่สำคัญของปัญหา จัดองค์ประกอบของปัญหาให้เป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน
2. ขั้นการรวบรวมข้อมูล เป็นความสามารถในการรวบรวมรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูล โดยสามารถแสวงหาข้อมูลประกอบปัญหานั้นจากแหล่งต่างๆ ได้มากที่สุด
3. ขั้นการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นความสามารถในการตัดสินใจว่าข้อมูลใดมีความจำเป็นต่อการแก้ปัญหา การพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล การจัดระบบข้อมูล รวมทั้งสามารถระบุข้อตกลงเบื้องต้นของข้อมูลได้
4. ขั้นการกำหนดและตั้งสมมติฐาน เป็นความสามารถในการกำหนดสมมติฐานต่างๆ จากข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น และเลือกสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด
5. ขั้นการลงข้อสรุปอ้างอิงโดยใช้หลักเหตุผลหรือตามหลักตรรกศาสตร์ โดยพิจารณาจากข้อตกลงเบื้องต้น สมมติฐานและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
6. ขั้นการประเมินข้อสรุป เป็นการประเมินความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์หรือคำตอบที่ได้

4.4 ลักษณะของบุคคลที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นสิ่งสำคัญของบุคคลแต่ละคนที่นำมาใช้ในการคิดเพื่อแก้ปัญหา และสถานการณ์ต่างๆ เพื่อใช้ในการตัดสินใจ มีนักวิชาการและนักการศึกษาได้อธิบายพฤติกรรมที่เป็นลักษณะการแสดงออกของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ไว้ดังนี้

เดรสเซล และเมย์ฮิว (Dressel and Mayhew, 1957: 120) ได้สรุปแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะการแสดงออกของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สรุปได้ดังนี้

1. บ่งชี้ประเด็นปัญหาได้
2. ยอมรับข้อตกลงเบื้องต้นได้
3. ประเมินพยานหลักฐานหรือข้อมูลได้ โดยพิจารณาจาก
 - 3.1 รู้ลักษณะประจำของบางสิ่งบางอย่าง จำนวนบางอย่าง
 - 3.2 รู้องค์ประกอบที่ใช้ความรู้สึกหรือความลำเอียง
 - 3.3 รู้จักการจำแนกข้อมูลที่จริงและไม่จริงได้

- 3.4 รู้ความเพียงพอของข้อมูล
- 3.5 รู้จักพิจารณาตัดสินว่าข้อเท็จจริงใดเป็นการสนับสนุนข้อสรุป
- 3.6 จำแนกระหว่างหลักฐานที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องได้
- 3.7 ตรวจสอบความสอดคล้องหรือความคงที่ของหลักฐานได้
4. ลงข้อสรุปได้อย่างถูกต้องมีเหตุผลสมควร

ฮานาเด็ค (Harnadek, 1986: 21) ได้เสนอลักษณะของบุคคลที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณสรุปได้ ดังนี้

1. เปิดใจยอมรับความคิดใหม่ๆ
2. ไม่ได้แย้งในเรื่องใดๆ
3. ทราบว่าเมื่อไรที่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลเพิ่มเติม
4. จำแนกข้อมูลที่น่าจะเป็นจริง
5. ยอมรับว่าคนเราเข้าใจความหมายของคำแตกต่างกัน
6. พยายามหลีกเลี่ยงความผิดพลาดในการให้เหตุผล
7. พยายามถามทุกสิ่งที่ไม่เข้าใจ
8. พยายามใช้เหตุผลช่วยในการคิดตัดสินใจ
9. พยายามคิดคำใหม่ๆ และเสนอความคิดของตนเองให้ผู้อื่นฟัง

นอร์ริสและเอ็นนิส (Norris and Ennis, 1989: 12) ได้เสนอลักษณะของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. การตั้งคำถามหรือการค้นหาข้อมูลจากเนื้อเรื่อง
2. การหาเหตุผล
3. การแสดงออกอย่างมีเหตุผล
4. การอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้
5. การทำความเข้าใจเรื่องราวกับสถานการณ์ปัญหา
6. การบอกถึงใจความสำคัญ
7. การจดจำความรู้พื้นฐาน
8. การสร้างตัวเลือก
9. การเปิดใจกว้าง
10. มีจุดยืนและเปลี่ยนแปลงจุดยืนได้ถ้ามีหลักฐานและเหตุผลเพียงพอ
11. หาเหตุผลให้ได้มากที่สุดเพื่อความถูกต้อง
12. ดำเนินการอย่างมีระเบียบในแต่ละส่วนของทั้งหมด
13. นำความสามารถ (Abilities) ทาง การคิดอย่างมีวิจารณญาณมาใช้

14. เปิดใจกว้างยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น

เฟอร์เรทท์ (Ferrett, 2007) กล่าวว่า บุคคลที่มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้ดีนั้น มักมีลักษณะดังนี้

1. ชอบถามคำถามที่เกี่ยวข้องกับประเด็นหรือมีคำถามที่ดีๆ
2. มีความสามารถโต้แย้งหรือประเมิณสิ่งต่างๆ อย่างมีเหตุผล
3. ยอมรับถ้าขาดความเข้าใจหรือไม่มีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น
4. มีความสนใจที่จะหาทางใหม่ในการแก้ปัญหา
5. มีความสามารถในการทำความเข้าใจในประเด็น เกณฑ์ หรือความหมายของสิ่งต่างๆ
6. ชอบทดลอง พิสูจน์ หาหลักฐานมาพิสูจน์
7. สนใจติดตามปัญหาที่ตนสนใจอย่างใกล้ชิด
8. สามารถที่จะแสดง อธิบาย วิเคราะห์ที่ไปที่มาของความคิดหรือข้อมูล
9. ยินดีที่จะตรวจสอบความคิด ข้อสมมติฐาน ความคิดเห็น และนำมาพิจารณากับข้อเท็จจริงที่ปรากฏ
10. ชอบฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และแสดงความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างเปิดเผยสุจริตใจ
11. มีความเชื่อว่า ความคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นกระบวนการตรวจสอบและประเมินตนเองตลอดชีวิต

12. สามารถที่จะตัดสินใจว่าข้อมูลนี้จริงหรือเท็จและสามารถปฏิเสธข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง

บอส (Boss, 2010) ได้นำเสนอทักษะที่บุคคลที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณควรมี คือ

1. ทักษะในการวิเคราะห์

ผู้ที่คิดอย่างมีวิจารณญาณต้องสามารถวิเคราะห์และมีตรรกะสนับสนุนต่อความเชื่อมากกว่าจะยืนอยู่บนความเห็นของตนแต่โดยง่าย การวิเคราะห์นี้ยังนับว่าจำเป็นต่อการใช้ประเมินข้อโต้เถียงของผู้อื่น โดยที่จะไม่เป็นการรับเอาเหตุผลที่ผิดๆเข้ามา

2. การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณต้องอาศัยการรู้ข่าวสารและการรู้หนังสือ ทักษะการสื่อสารจึงเกี่ยวข้องกับการฟัง การพูด และการเขียน ทั้งต้องตระหนักในสไตล์การสื่อสาร และความแตกต่างในวัฒนธรรมการสื่อสาร แม้กระทั่งระหว่างผู้หญิงและผู้ชาย

3. มีทักษะการถามและการวิจัย

การที่จะเข้าใจประเด็นต่างๆ ได้ต้องมีการถามและการวิจัย ซึ่งก็คือการเก็บรวบรวมข้อมูล การประเมิน และการสังเคราะห์เพื่อใช้เป็นข้อสนับสนุนในเชิงประจักษ์ การช่วยหาข้อสรุปในประเด็นที่มีความซับซ้อนหรือประเด็นที่ต้องมีการตัดสินใจที่สำคัญ

4. ความยืดหยุ่นและอดทนต่อความคลุมเครือ

การค้นหาลักษณะที่จะเป็นข้อกล่าวอ้างและหลักฐานเชิงประจักษ์ในฐานะนักคิดย่อมต้องเผชิญกับช่วงของความคลุมเครือที่ยังไม่มีความชัดเจนด้วยความอดทน คนจำนวนมากอาจมีจุดยืนข้อยึดถือที่แตกต่างและมีความสามารถในการประเมินมุมมองที่ขัดแย้งไม่เหมือนกัน การจะเป็นคนตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ จึงควรต้องมีความยืดหยุ่นและเผชิญกับความคลุมเครือในช่วงแรกๆ ได้แล้วปรับตัวไปสู่การเปลี่ยนแปลง

5. มีใจเปิดกว้างต่อข้อสงสัย

การคิดจะต้องเอาชนะความมีอคติและความเอนเอียง ต้องเริ่มด้วยการมีใจเปิดกว้างพร้อมรับฟังข้อสงสัย ไม่ใช่ลักษณะของการปกป้องจุดยืนของตน แต่ต้องพิจารณาสิ่งต่างๆอย่างมีวิจารณญาณบนรากฐานของข้อสมมติฐานและข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อมองได้หลายมุมมองในประเด็นพิจารณา ดังกล่าวก่อนที่จะนำไปสู่บทสรุปสุดท้าย ในการที่จะกระทำอย่างนี้ได้ก็จะต้องเป็นผู้คิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีประสิทธิภาพสามารถที่จะสร้างความสมดุลแยกแยะระหว่างความเชื่อและความสงสัย

6. การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์

ความสามารถในการมองปัญหาในหลากหลายมุมมองก่อนนั้น จะทำให้ได้มาซึ่งทางออกหรือทางแก้ อาจใช้การจินตนาการในการดูความเป็นไปได้ รวมทั้งปัญหาที่เป็นไปได้ในอนาคต และการพัฒนาแผนเพื่อรับมือกับภาพจำลองอันนี้ คำว่าสร้างสรรค์ยังหมายรวมการพร้อมรับความเสี่ยง การจัดการกับสิ่งที่ไม่ได้คาดหวัง ยินดีรับกับความท้าทาย หรือแม้กระทั่งความล้มเหลวก่อน เพื่อให้ได้มาซึ่งความเข้าใจอะไรใหม่ๆและอย่างลึกซึ้ง

7. ตั้งใจ ใส่ใจ และใคร่รู้

นักคิดอย่างมีวิจารณญาณก็คือผู้ที่กระหายใคร่รู้ในทางปัญญา มีความตั้งใจและใส่ใจต่อสิ่งต่างๆรอบตัวด้วยความคิดของเขาเอง นักคิดที่ดีจึงไม่ควรปฏิเสธอะไรโดยปราศจากเหตุผลหรือว่ามีมุมมองที่ไม่เหมือนกับเรา แต่ควรเคารพต่อความหลากหลายและประสงค์ที่จะพิจารณามุมมองที่แตกต่างกันไป

8. การเรียนรู้ร่วมกัน (Collaborative Learning)

การคิดอย่างมีวิจารณญาณล้วนเกิดขึ้นในบริบทชีวิตจริงและการคาดการณ์ปฏิกิริยาจากผู้อื่นแน่นอนว่าเราไม่ได้อยู่โดดเดี่ยวแต่เราล้วนมีความเชื่อมโยงกับคนอื่นๆ ดังนั้นจึงต้องเรียนรู้ที่จะต้องร่วมมือกันมากขึ้นด้วยการพูดคุยแลกเปลี่ยนและแบ่งปันกันในชุมชน หากเราจะตัดขาดตนเองออกจากผู้อื่นหรือชุมชนย่อมจะนำไปสู่การตัดสินใจที่ผิดพลาดได้

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับลักษณะของบุคคลที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักวิชาการและนักการศึกษาหลายๆ ท่านดังที่กล่าวไว้ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าบุคคลที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณต้องมีลักษณะ ดังนี้

1. สามารถวิเคราะห์และระบุงบองค์ประกอบที่สำคัญต่างๆ ของปัญหาได้
2. ยอมรับข้อตกลงหรือเงื่อนไขที่กำหนดให้เบื้องต้น
3. มีทักษะต่างๆ ที่สำคัญต่อกระบวนการประเมินปัญหา ได้แก่ ทักษะในการสื่อสาร การตัดสินใจ กล้าคิดและกล้าแสดงออก มีความอดทน ยืดหยุ่น ใจกว้างและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
4. สามารถลงข้อสรุปได้ถูกต้องตามหลักการตรรกศาสตร์

4.5 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียนจัดเป็นเป้าหมายหลักที่สำคัญอย่างยิ่งของการจัดการศึกษาและสามารถพัฒนาได้โดยใช้การจัดการเรียนการสอน การพัฒนาความสามารถที่เกี่ยวข้องกับการคิดจึงเข้ามามีบทบาทที่สำคัญในการจัดการศึกษา แต่จากการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มักเน้นการเรียนแบบท่องจำทำให้ไม่ได้พัฒนาทักษะทางการคิดเท่าที่ควร ดังนั้น จึงมีนักการศึกษาหลายท่านเสนอแนวทางการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

เฮนนิ่งเซนและสตีล (Henningesen and Stein, 1997: 524-549) ได้สรุปว่า ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้นควรมีลักษณะดังนี้

1. ควรสอดคล้องกับเป้าหมายของหลักสูตรคณิตศาสตร์
2. ผู้เรียนมีความสนใจได้ลงมือปฏิบัติจากสิ่งแวดล้อมใกล้ตัว (Local Context) พร้อมทั้งนำไปประยุกต์ใช้ได้
3. มีวิธีแก้ปัญหามากมาย หลากหลาย นำเสนอได้หลายแบบ มีหลายคำตอบ
4. เปิดโอกาสให้มีการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ให้มากที่สุด
5. คำนึงถึงระดับความสามารถและความรู้เดิมของผู้เรียน

อุษณีย์ โปธิสุข (2537: 101-102) ได้เสนอแนวการสอนเพื่อให้เกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณสรุปได้ดังนี้

1. ประสบการณ์ตรง การให้นักเรียนศึกษาเรื่องชุมชนของตนเอง เช่น โรงพยาบาล โรงพัก ตลาด ถ้ามเกี่ยวกับกิจกรรมที่ทำอยู่มีอะไรบ้าง มีประโยชน์อะไร ฯลฯ หรือจัดให้นักเรียนไปทัศนศึกษา ทดลองปฏิบัติสิ่งต่างๆ ด้วยตนเอง

2. การทำวิจัย หรือการศึกษาหาความรู้ ความจริงด้วยตนเองเป็นทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง ให้เด็กได้มีขั้นตอนในการศึกษาอย่างถูกต้อง

3. การใช้กิจกรรมเป็นสื่อกระตุ้นความคิด เช่น การพาไปดูการโต้วาที การจัดโต้วาที การอภิปรายในหัวข้อต่างๆ การจัดมุมหรือชมรมนักคิด ฯลฯ

4. การใช้สถานการณ์สมมติ (Simulation) เป็นกิจกรรม และวิธีสอนที่จะทำให้นักเรียนเกิด ความรู้ความเข้าใจกระจ่างขึ้น และมองเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นรวมทั้งการพยายามคิดค้นการแก้ปัญหา

5. ให้นักเรียนได้มีโอกาสเสนอผลงานสิ่งที่ตนเองศึกษามาให้ผู้อื่นฟังอาจเป็นเพื่อนระดับ เดียวกันหรือเพื่อนต่างระดับหรือให้คนทั่วไปได้ฟัง

6. กิจกรรมกลุ่ม การระดมพลังสมอง (Brain Storming) การระดมความคิดการไตร่ตรอง ความคิดของกลุ่ม รวมถึงการวิจารณ์อย่างมีเหตุผล การวิจารณ์ในทางสร้างสรรค์ล้วนเป็นทักษะ ระดับสูงของทางสติปัญญาและทางสังคมทั้งสิ้น

ภัทรธา โตะบุรินทร์ (2543 อ้างถึงใน กนกวรรณ ตันติธีระศักดิ์ (2549: 24)) อธิบายว่าการ พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ควรเน้นที่องค์ประกอบ 4 ด้าน คือ

1. การกำหนดและท้าทายข้อสันนิษฐาน
2. การตระหนักถึงความสำคัญของบริบทที่ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์
3. การคิดและแสวงหาทางเลือก
4. การเพาะนิสัยและความรู้สึกช่างสงสัยให้เกิดขึ้น

ศูนย์อินโนเทค (อ้างถึงใน อรพรรณ พรสีมา (2543: 40-42)) ได้เสนอกิจกรรมที่จำเป็น ต่อการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. ฝึกคิดเกี่ยวกับรายละเอียดขององค์ประกอบของกิจกรรม สิ่งของ สถานที่ และเหตุการณ์ ต่างๆ

2. ฝึกแยกแยะองค์ประกอบที่ทำให้กิจกรรมล้มเหลวหรือความเลวร้ายของสถานการณ์

3. ฝึกแยกแยะความคิดเห็นที่แตกต่างหรือคล้ายกันของบุคคล หรือกลุ่มบุคคลว่าแตกต่าง หรือเหมือนกันอย่างไร

4. ฝึกแยกแยะ และจำแนกข้อมูลที่เป็นจริง และที่เป็นเพียงความคิดเห็นออกจากกัน

5. ฝึกแยกแยะข่าวสารข้อมูลที่ได้รับจากสื่อมวลชน และแหล่งข้อมูลอื่นว่ามีความเหมือนหรือ ต่างกันอย่างไร

6. ฝึกแยกแยะข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะที่เราเห็นว่าสมเหตุสมผล และที่ไม่สมเหตุสมผล

7. ให้นักเรียนฝึกสร้างเกณฑ์ในการตัดสินความถูกต้อง ความเหมาะสม ความดี และความ งามของสิ่งต่างๆ

8. ฝึกหาข้อมูลที่น่าสนใจสนับสนุนความคิดเห็น และข้อเท็จจริงที่ตนต้องการกล่าวอ้าง

9. ฝึกแยกแยะข้อคิดเห็นในเชิงทำลาย และสร้างสรรค์ของนักเรียน นักการเมืองและนักวิเคราะห์วิจารณ์

10. ฝึกแยกความเห็นย่อยๆ ที่ปนอยู่ในบทความ คำบรรยายของบุคคลต่าง ๆ ฝึกเลือกเกณฑ์ที่ตนนำมาใช้ในการตัดสินสื่อต่างๆ

11. ฝึกตรวจสอบสมมติฐานที่ตนตั้งขึ้น
12. ฝึกตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม และความเห็นที่คล้ายๆ กันของกลุ่มบุคคล
13. ฝึกทำนายเกี่ยวกับผลดีผลร้ายที่จะตามมาจากเหตุการณ์
14. ฝึกจัดลำดับความสำเร็จของเหตุการณ์
15. ฝึกสรุปประเด็นการสนทนา การอภิปราย และการเสนอข้อคิดเห็น
16. ฝึกสรุปผลจากข้อมูลที่วิเคราะห์และจัดหมวดหมู่ไว้
17. ฝึกทำนายและพยากรณ์เหตุการณ์
18. ฝึกตัดสินการสรุปที่ถูกต้อง และที่ผิดพลาดของบุคคลจากข้อมูลที่กำหนดให้
19. ฝึกอธิบายความจากข้อมูล
20. ฝึกให้เหตุผลประกอบข้อสรุปของตน
21. ฝึกจัดหมวดหมู่ข้อมูลและความคิดเห็น
22. ฝึกเสนอข้อมูลในรูปของแผนภูมิและรูปภาพ
23. ฝึกมองหาข้อลำเอียงของตนเองในเรื่องต่างๆ
24. ฝึกหาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้
25. ฝึกตีความการ์ตูนและรูปภาพ
26. ฝึกมองหาเหตุและผลของปรากฏการณ์และกิจกรรม
27. ฝึกสรุปโดยยึดข้อเท็จจริง

สุคนธ์ สิ้นทพานนท์ และคณะ (2555: 114-115) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้นักเรียน โดยครูผู้สอนมีส่วนสำคัญในการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบต่างๆ เช่น

1. ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกระบวนการสอน โดยมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างเป็นระบบ ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนรู้จักคิดในสิ่งที่เรียน รู้จักคิดในแง่การตีความหมายในรายละเอียด รู้จักขยายผลของสิ่งที่คิดและปรับสิ่งที่ได้จากการคิดดังกล่าวไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ฝึกให้นักเรียนได้รู้ปัญหา วิธีแก้ไขปัญหา บนพื้นฐานของข้อมูลต่างๆโดยนำมาวิเคราะห์ พิจารณาความน่าเชื่อถือก่อนการตัดสินใจ ประเด็นสำคัญคือการสร้างให้นักเรียนรู้จักคิดก่อนทำ และสามารถอธิบายการกระทำของตนเองว่ามีเหตุผลอย่างไร การฝึกให้นักเรียนมีเหตุผลจะใช้คำถามว่า “ทำไม” ให้นักเรียนตอบ โดยมีพื้นฐานรองรับอยู่เสมอ

2. ส่งเสริมให้นักเรียนตัดสินใจด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนตัดสินใจด้วยตนเอง เป็นการพัฒนาทักษะการคิด มีความเชื่อมั่นในตนเองและมีความรู้สึกรักที่เป็นอิสระ ซึ่งผู้สอนอาจจัดกิจกรรมเสริมการเรียนรู้ทั้งในและนอกโรงเรียน และให้นักเรียนได้มีโอกาสตัดสินใจในการทำกิจกรรมต่างๆ เป็นการฝึกฝนและพัฒนาความคิดอย่างมีวิจารณญาณ อันเป็นพื้นฐานสำคัญที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรง

3. จัดสื่อการเรียนรู้รูปแบบต่างๆ เพื่อส่งเสริมการฝึกทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งสื่อมีหลายรูปแบบ สื่อสิ่งพิมพ์ เช่น หนังสือ บทความประเภทต่างๆ หนังสือพิมพ์ นิตาน ฯลฯ เมื่อนักเรียนอ่านแล้วครูอาจใช้คำถามฝึกการคิด เช่น เรื่องนี้คล้ายคลึงหรือแตกต่างกันอย่างไร ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลในการอ่านจะช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้วิธีหนึ่ง ครูอาจจัดทำแบบฝึกทักษะการเรียนรู้ให้นักเรียน ซึ่งอาจมีรูปแบบหลากหลาย เช่น สถานการณ์จำลอง และครูใช้คำถามเพื่อฝึกการคิดหลังจากนักเรียนอ่านสถานการณ์แล้ว หรือฝึกการคิดจากภาพ เป็นต้น

4. ฝึกให้นักเรียนมีการอภิปรายร่วมกันตามหัวข้อต่างๆที่น่าสนใจ หรือเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน จากข้อมูลข่าวสารต่างๆ จากความคิดเห็นของบุคคลต่างๆในข่าวประจำวัน จากการ์ตูนล้อการเมือง จะทำให้นักเรียนมีทักษะในการอภิปรายเชิงวิเคราะห์ วิจัย ฝึกให้นักเรียนมีทักษะในการลงข้อสรุปและรู้จักประเมินความคิดเห็นของผู้อื่น ทำให้นักเรียนรู้จักการอ้างเหตุผล และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นด้วยใจเป็นกลาง

5. ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักวางแผนการทำงานหรือกิจกรรมต่างๆ โดยแนะนำให้นักเรียนวางเป้าหมาย ตรวจสอบขั้นตอนการดำเนินงานว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ โดยมีข้อมูลหลักฐานในการตรวจสอบและใช้เหตุผลในการพิจารณาตัดสินใจปรับปรุง หรือดำเนินงานตามแผน และรู้จักวิธีการในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม รอบคอบ และควบคุมตนเองให้ดำเนินงานตามแผนการทำงานหรือกิจกรรมใดๆก็ตามที่ครูฝึกให้นักเรียนรู้จักวางแผนการยอมเป็นการดำเนินงานและมีการตรวจสอบ ตลอดจนเมื่อมีการดำเนินงานตามแผนแล้วมีการประเมินผลการทำงานนั้นจัดได้ว่าเป็นแนวทางหนึ่งที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักการศึกษาหลายท่านที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า แนวทางการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของครูควรมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบกระบวนการจัดการเรียนการสอนจากการเรียนการสอนแบบปกติ โดยนำกิจกรรมต่างๆ ที่เน้นกระบวนการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณอย่างเป็นระบบ เน้นการกระตุ้นความคิดของนักเรียนโดยใช้สื่อหรือกิจกรรมรูปแบบต่างๆ เช่น การใช้สถานการณ์สมมติ การระดมพลังสมอง การฝึกวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาต่างๆ ตามกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นต้น

4.6 การวัดและประเมินความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การวัดและประเมินความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณนับว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เพราะถ้าหากไม่มีการวัดและประเมินแล้วก็เปรียบเสมือนการทำงานที่ยังไม่เสร็จสิ้น และถ้าหากไม่มีการประเมินผลความสามารถในการคิดของนักเรียนแล้ว ส่งผลให้ไม่สามารถเกิดการพัฒนาตามแนวทางที่ต้องการได้ ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้แนวคิดและแนวทางการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

วัตสันและเกลเซอร์ (Watson and Glaser, 1964: 10-15) ได้พัฒนาแบบวัด Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal (WGTC) โดยมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ฉบับปรับปรุงล่าสุดในปี ค.ศ. 1980 สำหรับนักเรียนระดับ ม.3 ถึงวัยผู้ใหญ่ แบบสอบมี 2 แบบซึ่งคู่ขนานกัน คือ แบบ A และแบบ B แต่ละแบบประกอบด้วยแบบสอบย่อยมีข้อสอบรวม 80 ข้อ ใช้เวลาในการสอบ 50 นาที แต่ละแบบสอบย่อยวัดความสามารถในการคิดต่างๆ กัน ดังนี้

1. ความสามารถในการสรุปอ้างอิง (Inference) เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินใจและจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่า ข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเป็นเท็จ ลักษณะของแบบสอบย่อยนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ และมีข้อสรุปของสถานการณ์ 3-5 ข้อสรุป จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินใจว่า ข้อสรุปเป็นเช่นไร โดยเลือกจากตัวเลือก 5 ตัวเลือก ได้แก่ เป็นจริง (True) น่าจะเป็นจริง (Probably True) ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ (Insufficient Data) น่าจะเป็นเท็จ (Probably False) และเป็นเท็จ (False)

2. ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of Assumption) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่า ข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ข้อความใดไม่เป็น ลักษณะของแบบสอบย่อยนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ และมีข้อความตามมา สถานการณ์ละ 2-3 ข้อความ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินข้อความในแต่ละข้อว่า ข้อใดเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้นของสถานการณ์ทั้งหมด

3. ความสามารถในการนิรนัย (Deduction) เป็นการวัดความสามารถในการหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากสถานการณ์ที่กำหนดมาให้โดยใช้หลักการตรรกศาสตร์ ลักษณะของแบบสอบย่อยนี้จะมีการกำหนดสถานการณ์มาให้ 1 ย่อหน้า แล้วมีข้อสรุปตามมา สถานการณ์ละ 2-4 ข้อ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าข้อสรุปในแต่ละข้อเป็นข้อสรุปที่เป็นไปได้หรือไม่ตามสถานการณ์นั้น

4. ความสามารถในการแปลความ (Interpretation) เป็นการวัดความสามารถในการให้นำหนักข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อตัดสินความเป็นไปได้ของข้อสรุป ลักษณะของแบบสอบย่อยนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อสรุปสถานการณ์ละ 2-3 ข้อ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าข้อสรุปในแต่ละข้อว่าน่าเชื่อถือหรือไม่ภายใต้สถานการณ์นั้น

5. ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกการใช้เหตุผลว่าสิ่งใดเป็นความสมเหตุสมผล ลักษณะของแบบสอบย่อยนี้มีการกำหนดชุดของคำถามเกี่ยวกับประเด็นปัญหาสำคัญมาให้ ซึ่งแต่ละคำถามมีชุดของคำตอบพร้อมกับเหตุผลกำกับ จากนั้นผู้พิจารณาตัดสินว่าคำตอบใดมีความสำคัญเกี่ยวข้องโดยตรงกับคำถามหรือไม่ และให้เหตุผลประกอบในการพิจารณา

เอ็นนิสและมิลแมน (Ennis and Millman, 1985) ได้พัฒนาแบบสอบ Cornell Critical Thinking Test, Level X and Z ซึ่งพัฒนาขึ้นมาโดยยึดทฤษฎีของเอ็นนิสเป็นหลัก ทฤษฎีได้กำหนดว่าการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ

1. การนิยามปัญหา สิ่งที่เกี่ยวข้องและการทำให้กระจ่าง ซึ่งประกอบด้วยความสามารถต่างๆ ดังนี้

- 1.1 ระบุประเด็นปัญหาต่างๆ ที่สำคัญ ระบุข้อสรุป
- 1.2 ระบุเหตุผลที่ปรากฏและไม่ปรากฏ
- 1.3 ตั้งคำถามให้เหมาะในแต่ละสถานการณ์
- 1.4 ระบุข้อตกลงเบื้องต้น

2. การพิจารณาตัดสินข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยความสามารถต่างๆ ดังนี้

- 2.1 ตัดสินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต
- 2.2 ตัดสินความเกี่ยวข้องของข้อมูลกับปัญหา
- 2.3 ตระหนักในความคงเส้นคงวาของข้อมูล

3. การอ้างอิงเพื่อการแก้ปัญหาและการลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งประกอบด้วยความสามารถต่างๆ ดังนี้

- 3.1 ตัดสินสรุปแบบอุปนัยและอ้างอิง
- 3.2 การนิรนัย
- 3.3 ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นตามมา

คู่มือการใช้แบบสอบได้ระบุถึงผู้คิดอย่างมีวิจารณญาณนั้น จะต้องมีสมรรถภาพในการตัดสินได้ว่าสิ่งเหล่านี้เกิดขึ้นหรือไม่ ซึ่งมี 10 ลักษณะดังนี้

1. ข้อความที่ใช้สืบเนื่องมาจากข้อความที่กำหนดให้
2. สิ่งที่กำลังกล่าวถึงเป็นข้อตกลงเบื้องต้น
3. สิ่งที่กำลังกล่าวถึงได้มีความตรง
4. สิ่งที่กำลังกล่าวหาเชื่อถือได้
5. การสรุปอ้างอิงเบื้องต้นมีความถูกต้อง
6. สมมติฐานมีความสมเหตุสมผล

7. ทฤษฎีที่ใช้มีความเหมาะสม
8. ประเด็นโต้แย้งขึ้นกับประเด็นที่คลุมเครือ
9. ข้อความที่ใช้มีความเฉพาะและชัดเจน
10. การใช้เหตุผลได้ตรงประเด็น

โดยแบบสอบ Cornell Critical Thinking Test ทั้ง Level X และ Z เหมาะสำหรับใช้กับกลุ่มตัวอย่างคนละกลุ่ม และสมรรถภาพที่มุ่งวัดมีความแตกต่างกันตามกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. แบบสอบ Level X ใช้สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงมัธยมศึกษา โดยวัดองค์ประกอบของความสามารถทางการคิด 4 ด้าน คือ

1.1 ด้านความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption Identification) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณา ประเมิน ตัดสินว่าข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น นั่นคือต้องเป็นข้อความที่เกิดขึ้นก่อนข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือและมีความสมเหตุสมผล

1.2 ด้านความสามารถในการนิรนัย (Deduction) หมายถึง ความสามารถในการหาข้อสรุปจากประโยคอ้าง หรือสถานการณ์เฉพาะที่กำหนด โดยอาศัยเหตุผลจากส่วนใหญ่ไปสู่ส่วนย่อย ซึ่งข้อสรุปที่ได้ต้องมีความสมเหตุสมผล

1.3 ด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต (Credibility of Source and Observation) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณา ประเมิน ตัดสินความถูกต้องน่าเชื่อถือของข้อมูล ความเป็นไปได้ของข้อความ คำกล่าว รายงานจากการสังเกตของบุคคลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหา

1.4 ด้านความสามารถในการอุปนัย (Induction) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณา ประเมิน ตัดสินว่าข้อสรุปหรือข้อเท็จจริงที่กำหนดให้สนับสนุน หรือคัดค้าน หรือไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ หรือข้อสังเกต หรือข้อความที่กำหนดให้ข้างต้น

ซึ่งสมรรถภาพที่มุ่งวัดครอบคลุม 7 ลักษณะ ยกเว้นสมรรถภาพที่ 7-9

2. แบบสอบ Cornell Critical Thinking Test Level Z ใช้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย นักศึกษาระดับปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษา รวมทั้งผู้ใหญ่ประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ 52 ข้อ โดยวัดองค์ประกอบของการคิด 7 ด้าน คือ การนิรนัย การให้ความหมาย ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล การสรุปโดยอ้างเหตุผลที่สนับสนุนด้วยข้อมูล การสรุปโดยการทดสอบสมมติฐานและการทำนาย การนิยามและการใช้เหตุผลที่ไม่ปรากฏ และการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ซึ่งสมรรถภาพที่มุ่งวัดครอบคลุมทั้ง 10 ลักษณะ ยกเว้นสมรรถภาพที่ 7 และเน้นน้อยลงสำหรับสมรรถภาพที่ 3 และ 4

รอสและรอส (Ross and Catherine, 1994) ได้สร้างแบบวัด Ross Test of Higher Cognition Process สร้างโดย John D. Ross และ Catherine M. Ross ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1976 จากนั้นมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องจนปีล่าสุด ค.ศ. 1979 แบบวัดฉบับนี้ใช้วัดการคิดวิเคราะห์ของเด็กระดับชั้น 4 ถึงระดับ 6 โดยวัดความสามารถของเด็กในด้าน การวิเคราะห์ สังเคราะห์ และ ประเมินผล ซึ่งสร้างขึ้นตามจุดมุ่งหมายทางการศึกษาของบลูม (Bloom's Taxonomy of Educational Objective) ข้อสอบมีทั้งสิ้น 105 ข้อ ซึ่งประกอบด้วย

1. การอุปมาอุปมัย (Analogies)
2. การอ้างเหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reason)
3. ข้ออ้างที่ผิด (Missing Premises)
4. ความสัมพันธ์แบบนามธรรม (Abstract Relation)
5. การจัดลำดับ (Sequential Synthesis)
6. ยุทธวิธีการตั้งคำถาม (Questioning Strategies)
7. การวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง (Analysis of Relevant and Irrelevant Information)
8. การวิเคราะห์การอ้างเหตุผล (Analysis of Attributes)

ซึ่งในแต่ละตอนของแบบวัดจะได้แต่ตอนที่ 1, 3 และตอนที่ 7 จะเป็นการวัดความสามารถขั้นการวิเคราะห์และตอนที่ 4,5และตอนที่ 8 จะเป็นการวัดความสามารถขั้นการสังเคราะห์ ส่วนตอนที่ 2 และ 6 จะเป็นการวัดความสามารถขั้นการประเมินในการดำเนินการสอบจะแบ่งการสอบออกเป็น 2 ช่วง โดยช่วงที่ 1 จะสอบตั้งแต่ตอนที่ 1-5 และช่วงที่ 2 ตั้งแต่ตอนที่ 6-8 โดยแต่ละครั้งจะใช้เวลาสอบ 60 นาที

มลิวัลย์ สมศักดิ์ (2540) ได้พัฒนาแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณซึ่งประกอบด้วยความสามารถ 6 ด้าน ได้แก่

1. การกำหนดปัญหา
2. การรวบรวมข้อมูล
3. การจัดระบบข้อมูล
4. การตั้งสมมติฐาน
5. การสรุปอ้างอิงโดยหลักตรรกศาสตร์
6. การประเมินและการสรุปอ้างอิง

แบบทดสอบมี 36 ข้อ เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก ในแต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกเพียงข้อเดียว ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน

อารุณี ไทยบัณฑิตย์ (2545) ได้พัฒนาแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณซึ่งประกอบด้วยความสามารถ 6 องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ

1. ความสามารถในการระบุปัญหา
2. การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา
3. การพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล
4. การแยกแยะความแตกต่างระหว่างข้อมูล
5. การหาข้อสรุป
6. การนำไปใช้ประโยชน์

ลักษณะของข้อคำถามประกอบด้วยข้อความที่มีปัญหาคลุมเครือ ข้อโต้แย้ง สถานการณ์หรือข้อมูลจากสิ่งพิมพ์ต่างๆ แบบทดสอบนี้เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก ในแต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกเพียงข้อเดียว ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน แบบทดสอบนี้มีจำนวน 2 ชุด ชุดละ 25 ข้อ

จากแนวคิดเกี่ยวกับการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าแบบทดสอบส่วนใหญ่สร้างโดยอาศัยองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นเกณฑ์ ข้อคำถามประกอบด้วยข้อความ ข้อโต้แย้งสถานการณ์ที่คลุมเครือ หรือประเด็นปัญหาส่วนใหญ่เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือกในแต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกเพียงข้อเดียวตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดไม่ได้คะแนน นั่นคือ ในการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณควรคำนึงถึงกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการวัดและองค์ประกอบของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ต้องการวัด และเนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยจึงออกแบบการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้แบบวัดคอร์เนลระดับ X ของ เอ็นนิสและมิลแมน (Ennis and Millman, 1985) ซึ่งเป็นแบบวัดที่ใช้สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงระดับชั้นมัธยมศึกษา จากการพิจารณาช่วงอายุดังกล่าวพบว่ามีความสอดคล้องกับช่วงอายุของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จึงมีความเหมาะสมต่อการนำกระบวนการทางการคิดดังกล่าวมาใช้ในการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยต่างประเทศ

แมน (Man, 2005: 1-179) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการฝึกกระบวนการกำกับทางปัญญาที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งเป็นนักเรียนที่เรียนอยู่ในหลักสูตรคณิตศาสตร์โอลิมปิก โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ นักเรียนที่ได้รับการฝึกกระบวนการกำกับทางปัญญาและนักเรียนที่เรียนแบบปกติ ซึ่งนักเรียนจะฝึกกระบวนการกำกับทางปัญญาโดยใช้การตอบคำถาม 4 ประเภทในระหว่างการหาคำตอบในแต่ละปัญหา ได้แก่ คำถาม

เกี่ยวกับความเข้าใจ คำถามเกี่ยวกับการเชื่อมโยง คำถามเกี่ยวกับกลยุทธ์ที่ใช้และคำถามเกี่ยวกับการพิจารณาไตร่ตรองปัญหา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการฝึกกระบวนการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติ

ไวท์เบรท และคณะ (Whitebread and et al., 2005) ได้ทำการศึกษาเรื่องการกำกับทางปัญญาในเด็กเล็ก: การศึกษาในเด็ก 3-5 ปีในสภาพที่เป็นธรรมชาติ การวิจัยนี้เป็นการศึกษาหลักฐานต่าง ๆ ที่ใช้การรายงานตนเองและวิธีการทดลองกับเด็กเล็กที่มีความสามารถในการกำกับทางปัญญาต่ำกว่าเกณฑ์ มีงานวิจัยในปัจจุบันที่เชื่อมโยงให้เห็นว่า การกำกับทางปัญญาสามารถสอนได้ดีในสภาพที่เป็นธรรมชาติ อย่างไรก็ตามก็ยังต้องอาศัยพื้นฐานของการทดลองในเด็กเล็ก และข้อดีของการใช้การสังเกตและเทคนิคการประเมินการเรียนรู้ในเด็กเล็ก งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงข้อค้นพบจากการศึกษาทดลองพัฒนาการของการตรวจสอบตนเองและความสามารถการกำกับทางปัญญาในเด็กเล็กถึง 2 ปี (อายุ 3-5 ปี) ในสภาพธรรมชาติกับชั้นเรียนในประเทศอังกฤษเป็นเวลากว่า 32 ปี ที่นักการศึกษาสะสมหลักฐานเกี่ยวกับความสามารถการกำกับทางปัญญาโดยศึกษาจากเด็กในชั้นเรียนระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีโครงสร้างที่มีความหมายกับเด็ก และในแง่อื่น ๆ ทั้งหมด เกือบจะเป็นเรื่องของการส่งเสริมให้เด็กมีความรู้เกี่ยวกับการกำกับทางปัญญาและการตรวจสอบตนเองจากผลที่มาจากการกระทำของเด็กเอง จากหลักฐานที่นำมาประกอบกันเกี่ยวกับเหตุการณ์การกำกับทางปัญญาที่ถูกบันทึกไว้โดยการให้ความหมายจากการลงสังเกตประกอบการถ่ายภาพ บันทึกวิธีทัศน์ในขณะที่เด็กกำลังเรียนรู้และทำกิจกรรมต่าง ๆ และโดยการประเมินเป็นช่วง ๆ โดยใช้แบบตรวจสอบรายการสังเกตพฤติกรรม การวิเคราะห์กระบวนการกำกับทางปัญญาจากพฤติกรรมที่เกิดขึ้น การวิเคราะห์นี้สามารถใช้ประกอบกับตารางการสังเกตและรูปแบบของความสามารถของการกำกับทางปัญญาที่ปรากฏตามกลุ่มอายุ โดยความสามารถของการกำกับทางปัญญาที่สังเกตได้นี้จะรวมถึงหัวข้อต่อไปนี้ คือ สามารถควบคุมความสนใจและทนต่อสิ่งที่ทำให้วอกแวก สามารถพูดเกี่ยวกับสิ่งที่พวกเขาทำหรือสิ่งที่พวกเขาเรียนรู้ สามารถบอกเหตุผลที่เลือกและตัดสินใจ และพัฒนาวิธีการทำงานของตนเองจากสิ่งที่มอบหมายให้ทำ

ยิมเมอร์และแอลเลอร์ตัน (Yimer and Ellerton, 2006: 575-582) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการกำกับทางปัญญาผ่านการตอบปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาครุจำนวน 17 คน ซึ่งจากผลจากการศึกษาพฤติกรรมการกำกับทางปัญญาของกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวผู้วิจัยได้นำมาพัฒนาเป็นโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา (The Problem Solving Model of Metacognitive Process) ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement) ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดกระบวนการแก้ปัญหา (Transformation-Formulation) ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation) ขั้นที่ 4 ขั้นประเมิน (Evaluation) และขั้นที่ 5 ขั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation) ซึ่งจากงานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็น

เห็นว่าโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้นักเรียนได้ เนื่องจากเป็นโมเดลที่ใช้ในการแก้ปัญหาโดยตรง ผู้วิจัยจึงได้สนใจนำโมเดลนี้มาใช้ในงานวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ให้นักเรียน

เรย์โนลด์และเลมอนส์ (Reynolds and Lemons, 2009) ซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับการสอนการกำกับทางปัญญาเพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในรายวิชาวิทยาศาสตร์เบื้องต้น พบว่านักเรียนที่ได้รับการฝึกการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับข้อเสนอจากผลงานวิจัยของมิลเลอร์ (Miller, 1991) ที่กล่าวไว้ว่า ผู้เรียนที่ไม่เก่งสามารถพัฒนาตนเองให้เป็นผู้ที่สามารถเรียนรู้ได้ดี จำได้ถาวร และมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ถ้าผู้เรียนเหล่านี้ได้รับการสอนโดยใช้กลวิธีการกำกับทางปัญญา (Metacognitive Strategies)

ออสซอยและอทาแมน (Ozsoy and Ataman, 2009: 67-82) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้กระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และทักษะการกำกับทางปัญญาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 47 คน ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 9 สัปดาห์ โดยแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 24 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 23 คน กลุ่มทดลองได้รับการสอนด้วยกระบวนการกำกับทางปัญญาโดยใช้กิจกรรมการแก้ปัญหา ซึ่งในระหว่างการดำเนินการจัดกิจกรรมครูจะเป็นผู้ถามคำถามเมื่อจำเป็น เช่น นักเรียนอ่านปัญหานี้แล้วนักเรียนเข้าใจหรือไม่ นักเรียนคิดว่านักเรียนสามารถแก้ปัญหานี้ได้หรือไม่ เป็นต้น และกลุ่มควบคุมได้รับการสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า (1) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยกระบวนการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยกลวิธีการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2 งานวิจัยในประเทศ

สมจิตร์ ทรัพย์อัประโมย (2540: 158-173) ได้ศึกษาผลของการใช้รูปแบบเพื่อพัฒนาเมตาคอกนิชันที่มีต่อเมตาคอกนิชัน และสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะแรก เป็นการศึกษานำร่องเพื่อปรับปรุงรูปแบบเพื่อพัฒนาเมตาคอกนิชัน ส่วนระยะที่สอง เป็นการทดลองใช้รูปแบบเพื่อพัฒนาเมตาคอกนิชัน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 46 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นมาตราวัดเมตาคอกนิชัน การสัมภาษณ์ การออกเสียง การสังเกต และการทดสอบ ผลการวิจัย พบว่า คะแนนเมตาคอกนิชันทั้ง

ในด้านการอ่านตำรา และในงานด้านการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ทั้งในระยะหลังการทดลองและในระยะติดตามผล และกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ทั้งในระยะหลังการทดลองและระยะติดตามผล

จรุง ขำพงศ์ (2542: 49-53) ได้ศึกษาผลของการใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านไร่พิทยาคม จังหวัดสุโขทัย จำนวน 65 คน ปีการศึกษา 2542 ผู้วิจัยดำเนินการสอนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ที่กำหนดไว้ และหลังการเรียนนักเรียนมีความสามารถแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อวยพร เรื่องศรี (2544: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดอภิमानกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อศึกษาสหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างองค์ประกอบย่อยของการคิดอภิमानกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และเพื่อค้นหาน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของการคิดอภิमानที่ส่งผลต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยรวมทุกด้านและจำแนกตามด้านต่าง ๆ กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 ของโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร สำนักงานเขตตลิ่งชัน จำนวน 8 โรงเรียน จำนวน 375 คน ผลการทดลองพบว่า การคิดอภิमानแต่ละด้านกับการคิดวิจารณญาณคือ ด้านการตระหนักรู้ ด้านยุทธวิธีทางความคิด ด้านการวางแผนและการตรวจสอบตนเอง มีสหสัมพันธ์พหุคูณอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 การคิดอภิमानแต่ละด้านมีค่าน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ที่ส่งผลต่อการคิดวิจารณญาณโดยรวมทุกด้านเป็นบวกและที่ส่งผลมากที่สุดคือด้านการตรวจสอบตนเอง แต่เมื่อวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์ของการคิดอภิमानแต่ละด้านที่ส่งผลต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามด้านต่างๆ พบว่า มีบางด้านที่ส่งผลทางลบ โดยเฉพาะเมื่อวิเคราะห์ตามกลุ่มนักเรียนชายและกลุ่มนักเรียนหญิง

กษมา วุฒิสารวัฒนา (2548: 84-91) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยเน้นการเรียนรู้จากประสบการณ์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดพะเยา โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 74 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการเรียนรู้จากประสบการณ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการเรียนรู้จากประสบการณ์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการ

เรียนการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยเน้นการเรียนรู้จากประสบการณ์ มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียน การสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทุติยา จันทร์ปลอด (2550: 101-117) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้กลวิธีการรู้คิดที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และการกำกับตนเองใน การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องละ 80 คน พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธีการรู้คิดมีความสามารถในการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ คือ สูงกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนสอบทั้งฉบับและนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธีการรู้คิดมี ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เบญจมาศ ฉิมมาลี (2550: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์โดยใช้ คำถามระดับสูงประกอบแนวทางการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของพรายวิลลิกที่มีต่อความสามารถ ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และการ คิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 36 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการ จัดกิจกรรมคณิตศาสตร์โดยใช้คำถามระดับสูงประกอบแนวทางการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของ พรายวิลลิกมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำร้อยละ 50 นักเรียนที่ได้รับ การจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์โดยใช้คำถามระดับสูงประกอบแนวทางการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ ของพรายวิลลิกมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรม แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์โดยใช้ คำถามระดับสูงประกอบแนวทางการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของพรายวิลลิกมีความสามารถในการ คิดอย่างมีวิจารณญาณหลังทดลองสูงกว่าก่อนทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์โดยใช้คำถามระดับสูงประกอบแนวทางการพัฒนาความคิด ทางคณิตศาสตร์ของพรายวิลลิกมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่านักเรียนที่ได้รับ การจัดกิจกรรมแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กาญจนา สามเตี้ย (2551: 80-87) ได้ศึกษาการพัฒนา รูปแบบการสอน PRIPARE เพื่อพัฒนา ความสามารถเมตาคอกนิชันของเด็กปฐมวัย โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนปฐมวัยจำนวน 50 คน โรงเรียนอนุบาลนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ใช้ระยะเวลาในการทดลอง รวม 8 สัปดาห์ จัดการเรียนการสอน 24 หน่วยการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 และในระยะเวลาที่ 3

เป็นการขยายผลการวิจัยโดยครูปฐมวัย 12 คนได้นำรูปแบบการสอน PRIPARE ไปทดลองใช้สอนเด็กเป็นเวลา 1 สัปดาห์ จำนวน 1 หน่วยการเรียนรู้ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 และตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นในการใช้รูปแบบการสอน PRIPARE เพื่อพัฒนาความสามารถเมตาคอกนิชันของเด็กปฐมวัย ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการสอน PRIPARE สามารถนำไปพัฒนาความสามารถเมตาคอกนิชันของเด็กปฐมวัยที่พัฒนาขึ้นนั้น มีคุณภาพตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งค่าดัชนีความเหมาะสมของรูปแบบ มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.60 – 4.80 และค่าดัชนีความสอดคล้องของรูปแบบ (IOC) ได้เท่ากับ 0.60 – 1.00 ผลการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอน PRIPARE เพื่อพัฒนาความสามารถเมตาคอกนิชันของเด็กปฐมวัยโดยการทำวิจัยกับกลุ่มตัวอย่าง 50 คนนั้น พบว่าเด็กปฐมวัยมีความสามารถเมตาคอกนิชันหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สำหรับความคิดเห็นของครูผู้สอนที่นำรูปแบบการสอน PRIPARE เพื่อพัฒนาความสามารถเมตาคอกนิชันของเด็กปฐมวัยไปสอน พบว่า ครูปฐมวัยมีความเห็นว่ารูปแบบการสอน PRIPARE เพื่อพัฒนาความสามารถเมตาคอกนิชันของเด็กปฐมวัย มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุดในทุกด้าน และสามารถนำไปใช้ได้ในเชิงปฏิบัติกับเด็กปฐมวัยได้

จันทร์ขจร มะลิจันทร์ (2554: 141) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ความตระหนักในการรู้คิด และการกำกับตนเองในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง วิธีเรียงสับเปลี่ยนและวิธีจัดหมู่ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 42 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่อง วิธีเรียงสับเปลี่ยนและวิธีจัดหมู่ แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ แบบวัดความตระหนักในการรู้คิด และแบบสอบถามวัดการกำกับตนเองในการเรียน ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่อง วิธีเรียงสับเปลี่ยนและวิธีจัดหมู่ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75.67 และความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่อง วิธีเรียงสับเปลี่ยนและวิธีจัดหมู่ สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การออกแบบการวิจัย
3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
4. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
 - 4.1 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
 - 4.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศเพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการทำวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร บทความ วารสาร ตำรา ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อวิเคราะห์ประเด็นสำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
2. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
3. ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนหอวัง กรุงเทพมหานคร ที่พัฒนาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

4. ศึกษาเนื้อหาเรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ จากหนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม คณิตศาสตร์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้น พื้นฐานพุทธศักราช 2551 หนังสือคู่มือครูและหนังสืออ่านประกอบอื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้

5. ศึกษาเอกสาร วารสาร ตำรา ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตเกี่ยวกับวิธีวิจัย หลักการวัด และประเมินผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ศึกษาหลักการ ทฤษฎี วิธีสร้างแบบวัด ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และแบบวัด ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2. การออกแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Research) แบบสองกลุ่มวัด ก่อนการทดลองและหลังการทดลอง (Two-Group Pretest Posttest Design) ซึ่งประกอบด้วย กลุ่มทดลอง 1 กลุ่ม และกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม โดยมีแบบแผนการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงแบบแผนการทดลอง

กลุ่มตัวอย่าง	การทดสอบก่อนการทดลอง	การทดลอง	การทดสอบหลังการทดลอง
E	- ความสามารถในการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ - ความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณ	X	- ความสามารถในการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ - ความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณ
C	- ความสามารถในการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ - ความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณ	~X	- ความสามารถในการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ - ความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณ

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E	แทน	กลุ่มทดลอง (Experimental Group)
C	แทน	กลุ่มควบคุม (Control Group)
X	แทน	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา
~X	แทน	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ

3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Selection) เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนหอวัง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จากการสำรวจพบว่าโรงเรียนหอวังมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 15 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 772 คน โดยผู้วิจัยจัดนักเรียนเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตามขั้นตอน ดังนี้

1. ผู้วิจัยนำคะแนนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 ของนักเรียนทั้ง 15 ห้อง มาหาค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{x}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S)
2. ผู้วิจัยเลือกห้องที่มีค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{x}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ใกล้เคียงกันมากที่สุด จำนวน 2 ห้อง ได้แก่ ห้อง ม.2/10 จำนวน 54 คน และห้อง ม.2/11 จำนวน 54 คน ซึ่งมีค่ามัชฌิมเลขคณิต เท่ากับ 80.5 และ 79.24 ตามลำดับ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 8.71 และ 9.64 ตามลำดับ
3. ผู้วิจัยนำค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{x}) ของนักเรียนห้อง ม.2/10 และห้อง ม.2/11 มาทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ค่าเอฟ (F-test) ซึ่งผลจากการทดสอบ พบว่า ความแปรปรวนของคะแนนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมของนักเรียนทั้งสองห้องไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05 จากนั้นทดสอบความแตกต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนน ด้วยค่าที (t-test) เพื่อดูว่าค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมของนักเรียนทั้งสองห้องมีความแตกต่างกันหรือไม่ พบว่า คะแนนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมของนักเรียนทั้งสองห้องไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05 แสดงว่านักเรียนทั้งสองห้องมีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

4. ผู้วิจัยทำการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลากเพื่อกำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา 1 ห้องเรียนและกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ 1 ห้องเรียน ผลปรากฏว่า นักเรียนห้อง ม.2/11 เป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา และนักเรียนห้อง ม.2/10 เป็นกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ

4. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ประกอบด้วย แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาสำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติสำหรับกลุ่มควบคุม ซึ่งครอบคลุมสาระการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ จำนวน 16 แผน ระยะเวลา 16 คาบ ดังมีรายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สารการเรียนรู้ จุดประสงค์และจำนวนคาบของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ

แผนการจัด การเรียนรู้ที่	สารการเรียนรู้	เนื้อหาย่อย	จำนวน คาบ	จุดประสงค์
1 - 4	การประยุกต์ เกี่ยวกับอัตราส่วน	การแก้โจทย์ปัญหา อัตราส่วน	4	1. แก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับ อัตราส่วนได้ 2. ตระหนักถึงความสมเหตุ สมผลของคำตอบที่ได้
5 - 9	การประยุกต์ เกี่ยวกับร้อยละ	การแก้โจทย์ปัญหา เกี่ยวกับร้อยละ (โจทย์ ปัญหาในชีวิตประจำวัน)	2	1. แก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับ ร้อยละได้ 2. ตระหนักถึงความสมเหตุ สมผลของคำตอบที่ได้
		การแก้โจทย์ปัญหา เกี่ยวกับร้อยละ (กำไร ขาดทุน)	1	
		การแก้โจทย์ปัญหา เกี่ยวกับร้อยละ (ของ ผสม)	2	
10 - 16	การประยุกต์ เกี่ยวกับอัตราส่วน และร้อยละ	การประยุกต์เกี่ยวกับ อัตราส่วนและร้อยละ (เปลี่ยนหน่วยอุณหภูมิ)	1	1. ใช้อัตราส่วนและร้อยละ แก้ปัญหาในสถานการณ์ ต่างๆ ได้ 2. ตระหนักถึงความสมเหตุ สมผลของคำตอบที่ได้
		การประยุกต์เกี่ยวกับ อัตราส่วนและร้อยละ (อัตราทดของเกียร์)	1	
		การประยุกต์เกี่ยวกับ อัตราส่วนและร้อยละ (มาตราส่วน)	1	

ตารางที่ 4 (ต่อ) สารระการเรียนรู้ จุดประสงคฺและจํานวนคาบของแผนการจํัดกักิจกรรมการเรียนรู้
เรีองการประยุกตฺเกีวยกัอัตราส่วนและร้อยละ

แผนการ จํัดการ เรียนรู้ที่	สารระการเรียนรู้	เนือหาย่อ	จํานวน คาบ	จุดประสงคฺ
		การประยุกตฺเกีวยกั อัตราส่วนและร้อยละ (การย่อ/ขยาย)	1	
		การประยุกตฺเกีวยกั อัตราส่วนและร้อยละ (ไม้บรรทตฺมาตราส่วน)	1	
		การประยุกตฺเกีวยกั อัตราส่วนและร้อยละ (แบบจําลอง)	2	
	รวม		16	

4.1.1 แผนการจํัดกักิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตรฺโดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่
เน้นกระบวนกรกํากับทางปัญญา ผู้วิจัยดําเนินการสร้ง ดังน้

1) ศีกษาแนวคิ ด ทฤษฎีที่เกีวยข้องกัการจํัดกักิจกรรมการเรียนรู้
คณิตศาสตรฺโดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนกรกํากับทางปัญญาจากเอกสาร วารสารและ
งานวิจัยที่เกีวยข้อง ซึ่งในการวิจัยคร้งน้ผู้วิจัยนำแนวคิ ดของยิมเมอร์และแอลเลอร์ตัน (Yimer and
Ellerton, 2010: 250) มาปรับเป็นชั้นตอนซึ่งประกอบด้วย 5 ชั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดและชั้นตอน
ย่อต่าง ๆ ดังน้

ชั้นที่ 1 ชั้นเผชิญหน้ากัปัญหา (Engagement) เป็นชั้นเผชิญปัญหา
และสร้งความเข้าใจเกีวยกัปัญหา ประกอบด้วย

- (1) การทำความเข้าใจปัญหา
- (2) การวิเคราะห์เทียบกับปัญหาที่ค้้นเคย

ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดกระบวนการ (Transformation - Formulation) เป็นขั้นวางแผนการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์และกำหนดกรอบในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

- (1) การวางแผนการแก้ปัญหา
- (2) การตรวจสอบความเหมาะสมของแผน

ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation) เป็นขั้นดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่ได้วางไว้ ประกอบด้วย

- (1) การดำเนินการแก้ปัญหา
- (2) การตรวจสอบการดำเนินการตามแผน

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นตอนการตัดสินใจเกี่ยวกับความเหมาะสมของแผน การปฏิบัติตามแผนและวิธีการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

- (1) การพิจารณาผลของการดำเนินการตามแผน
- (2) การสรุปคำตอบ

ขั้นที่ 5 ขั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation) เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการสะท้อนความเข้าใจของปัญหาและประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหา ประกอบด้วย

- (1) การพิจารณาไตร่ตรอง
- (2) การนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

2) ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนหอวัง ที่พัฒนาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

3) ศึกษาหลักการสอน วิธีการสอน การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ และรายละเอียดของเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ โดยศึกษาจากเอกสาร หนังสือคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม คณิตศาสตร์ เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

4) ศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ แบ่งเนื้อหา เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ ให้เหมาะสมกับเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งได้ทั้งหมด 16 คาบ

5) เขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นครอบคลุมเนื้อหา เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ จำนวน 16 แผน โดยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แต่ละแผนระบุรายละเอียดหัวข้อเรื่อง จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นนำ ขั้นสอนและขั้นสรุป (ในขั้นสอนแบ่งเป็น 5 ขั้น คือ ขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา ขั้นกำหนดกระบวนการ ขั้นลงมือปฏิบัติ ขั้นประเมินผลและขั้นซึมซับทาง

ความคิด) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล และบันทึกหลังการสอน

6) นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา และให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะ ดังนี้

ก. ควรเขียนอธิบายการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมให้มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน

ข. ให้เขียนขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่ชัดเจน

ค. การใช้คำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ควรสร้างคำถามที่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม

7) นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปใช้จริงกับกลุ่มทดลอง

4.1.2 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ ผู้วิจัยดำเนินการสร้าง ดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนที่พัฒนาตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

2) ศึกษาหลักการสอน วิธีการสอน การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ และรายละเอียดของเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ โดยศึกษาจากเอกสาร หนังสือคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม คณิตศาสตร์ เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3) ศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ แบ่งเนื้อหา เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ ให้เหมาะสมกับเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งได้ทั้งหมด 16 คาบ

4) เขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นครอบคลุมเนื้อหา เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ จำนวน 16 แผน โดยแต่ละแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละแผนระบุรายละเอียดหัวข้อเรื่อง จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นนำ ขั้นสอนและขั้นสรุป สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล และบันทึกหลังการสอน

5) นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหาและให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข เช่น ควรเขียนอธิบายการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมให้มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน เป็นต้น

6) นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปใช้จริงกับกลุ่มควบคุม

สำหรับกรอบแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยได้เสนอรายละเอียดไว้ดังตารางที่ 5 ดังนี้

ตารางที่ 5 กรอบแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

<p>กลุ่มทดลอง (การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา)</p>	<p>กลุ่มควบคุม (การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ)</p>
<p>ชั้นนำ</p> <p>ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้วิธีการต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในเนื้อหา รวมทั้งเตรียมความพร้อมให้แก่ นักเรียน โดยครูและนักเรียนช่วยกันทบทวนพื้นฐานความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการเรียนหรือสอนทฤษฎีบท กฎ นิยาม สูตร สมบัติต่างๆที่เกี่ยวข้อง หรือจัดสถานการณ์หรือกล่าวถึงสถานการณ์หรือยกตัวอย่างเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน เพื่อนำเข้าสู่บทเรียนและเป็นการเตรียมความพร้อมให้แก่ นักเรียนก่อนการเผชิญกับโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา ซึ่งครูสามารถใช้แนวทางการสอนในรูปแบบต่างๆ ที่มีความเหมาะสมกับบริบทในการจัดการเรียนการสอน เช่น</p> <ul style="list-style-type: none"> - ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนทราบ - ครูอาจใช้การนำเสนอข้อมูล ข่าวสาร ปัญหาที่น่าสนใจให้แก่ นักเรียน ใช้เกมส์ หรือเปิดวิดีโอทัศน์ให้นักเรียนชมเพื่อประกอบการจัดการเรียนการสอน - ครูใช้การถามคำถามเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม เพื่อเป็นการตรวจสอบความรู้เดิมหรือพื้นฐานเดิมของนักเรียน ซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อหา หัวข้อหรือประเด็นที่กำลังจะศึกษา - ครูสังเกตการตอบคำถามของนักเรียนเป็นรายบุคคลว่ามีพื้นฐานเพียงพอหรือไม่ หากพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ขาดความรู้พื้นฐาน ไม่มีความพร้อมที่จะเรียน ครูต้องทบทวนเนื้อหา มโนทัศน์หรือความรู้ที่สำคัญให้แก่ นักเรียนก่อนเริ่มการสอน แต่ถ้าหากพบว่า มีนักเรียนส่วนน้อยหรือบางคนที่ขาดความรู้พื้นฐาน ครูสามารถสอนเนื้อหาเพิ่มเติมเฉพาะนักเรียนเป็นรายบุคคลในระหว่างการทำกิจกรรมหรือนัดสอนซ่อมเสริมนอกเวลาเรียน 	

ตารางที่ 5 (ต่อ) กรอบแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

<p>กลุ่มทดลอง (การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา)</p>	<p>กลุ่มควบคุม (การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ)</p>
<p>ชั้นสอน</p> <p>ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement) ประกอบด้วย</p> <p>1) การทำความเข้าใจปัญหา</p> <p>ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียน เพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนด โดยจะต้องวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เลือกข้อมูลที่สำคัญสำหรับการแก้ปัญหา จากนั้นรวบรวมข้อมูลที่ได้พร้อมทั้งพิจารณาข้อมูลที่ได้ เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ของสิ่งที่โจทย์กำหนดให้กับสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ซึ่งในระหว่างการแก้ปัญหานักเรียนจะต้องใช้การอ่านปัญหาหรืออ่านปัญหาซ้ำเพื่อทำความเข้าใจกับสิ่งที่ถูกกำหนดมาให้ในปัญหา และมีการเขียนแสดงการอ่านปัญหาโดยอธิบายสิ่งที่ตนรู้และเข้าใจในประเด็นต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลให้นักเรียนใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจของตนเองว่าเข้าใจในประเด็นต่างๆ หรือไม่ อย่างไร</p> <p>2) การวิเคราะห์เทียบกับปัญหาที่คุ้นเคย</p> <p>ครูให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดว่าเคยแก้ปัญหาในลักษณะนี้มาก่อนหรือไม่ โดยให้ระบุว่าเคยแก้ปัญหานี้มาก่อนหรือไม่เคยแก้ปัญหานี้มาก่อน รวมทั้งประเมินระดับความยากของปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องประเมินว่าปัญหามีระดับความยาก-ง่ายอยู่ในระดับใด ซึ่งนักเรียนต้องมีการประเมินตนเองว่าเมื่ออ่านปัญหาแล้วตนคิดว่าปัญหานี้อยู่ในระดับง่าย ปานกลางหรือยาก โดยนักเรียนแต่ละคนไม่จำเป็นต้องได้คำตอบเดียวกัน ขึ้นอยู่กับ</p>	<p>ชั้นสอน</p> <p>ครูดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามคู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กระทรวงศึกษาธิการ ดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - ครูให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง และมีการอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้หาข้อสรุปร่วมกัน - ครูยกสถานการณ์ปัญหาเพิ่มเติม หรือให้นักเรียนยกสถานการณ์แล้ว อภิปรายร่วมกัน - ครูใช้การสาธิตหรือการถามตอบประกอบการอธิบายเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสำคัญของสิ่งที่เรียนรู้ - ครูเชื่อมโยงความรู้ในสิ่งที่เรียนกับสิ่งที่นักเรียนพบเห็นในชีวิตจริง เช่น ครูนำกล่องหรือขวดบรรจุภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปต่าง ๆ ให้นักเรียนศึกษาและ อภิปรายร่วมกันว่าร้อยละในข้อมูล โภชนาการเกี่ยวกับอาหารเหล่านั้น ให้ ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคอย่างไรบ้าง เป็นต้น

ตารางที่ 5 (ต่อ) กรอบแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

<p>กลุ่มทดลอง (การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา)</p>	<p>กลุ่มควบคุม (การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ)</p>
<p>ประสบการณ์ในการแก้ปัญหาและความคิดเห็นที่ได้จากการประเมินตนเองของนักเรียนแต่ละคน</p> <p>ขั้นที่ 2 ขั้นกำหนดกระบวนการ (Transformation-Formulation) ประกอบด้วย</p> <p>1) การวางแผนการแก้ปัญหา</p> <p>ครูให้นักเรียนวางแผนแก้ปัญหา โดยนำข้อมูลต่างๆ ที่มีอยู่มาใช้ในการออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหา โดยเลือกวิธีการหรือขั้นตอนหรือกลยุทธ์ต่างๆ ที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องเขียนแสดงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาให้ชัดเจน หากนักเรียนยังไม่สามารถเขียนแผนได้ด้วยตนเอง ครูอาจใช้คำถามในการกระตุ้น เช่น จากโจทย์ปัญหาดังกล่าวนักเรียนลองอธิบายให้ครูฟังคร่าวๆ ว่านักเรียนจะแก้ปัญหานี้อย่างไร จากนั้นครูคอยให้นักเรียนนำคำตอบของตนเองไปเขียนอธิบายเป็นลำดับขั้นตอน เป็นต้น</p> <p>2) การตรวจสอบความเหมาะสมของแผน</p> <p>ครูให้นักเรียนพิจารณาความเหมาะสมของแผนที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยนักเรียนต้องอ่านทบทวนแผนที่ใช้ และไตร่ตรองอย่างละเอียดว่าแผนดังกล่าวมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่กำหนดในเงื่อนไขของปัญหาหรือไม่ วิธีการต่างๆ ที่ใช้มีความเหมาะสมกับปัญหาหรือไม่ รวมไปถึงพิจารณาความเป็นไปได้ของแผนการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนได้ทบทวนความคิดของตนเองเกี่ยวกับแผนที่นำไปใช้ในการดำเนินการแก้ปัญหา</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ครูให้เวลานักเรียนคิดแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ด้วยตนเอง ถ้านักเรียนไม่สามารถหาคำตอบได้ครูต้องใช้คำถามนำเพื่อกระตุ้นความคิดให้นักเรียน จากนั้นครูสุ่มนักเรียนบางคนออกมานำเสนอวิธีแก้ปัญหาแก่เพื่อนร่วมชั้นเรียน โดยครูและเพื่อนช่วยกันตรวจสอบความถูกต้อง หากนักเรียนนำเสนอการหาคำตอบหรือการแก้ปัญหาไม่ชัดเจนครูจะต้องช่วยเพิ่มเติม - ครูให้นักเรียนที่มีวิธีหาคำตอบหรือการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากเพื่อนออกมานำเสนอเพื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง - ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมเพื่อเสริมทักษะการคิดคำนวณ - ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัย - ครูให้นักเรียนแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 (ต่อ) กรอบแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

<p>กลุ่มทดลอง (การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา)</p>	<p>กลุ่มควบคุม (การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ)</p>
<p>ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation) ประกอบด้วย</p> <p>1) การดำเนินการแก้ปัญหา ครูให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่ได้กำหนดไว้เพื่อให้ได้คำตอบที่ต้องการ โดยใช้ความรู้ มโนทัศน์ หลักการทางคณิตศาสตร์และกลยุทธ์ต่าง ๆ ในการดำเนินการ ซึ่งก่อนการดำเนินการแก้ปัญหาครูใช้คำถามถามนักเรียนว่าโจทย์ต้องการทราบอะไร เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนกำกับเป้าหมายของการแก้ปัญหา และในระหว่างการแก้ปัญหาหากนักเรียนไม่สามารถดำเนินการหาคำตอบตามสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ สามารถหยุดการดำเนินการตามแผนเพื่อปรับแก้แผนที่ใช้หรือเปลี่ยนใช้แผนใหม่ได้เมื่อจำเป็น</p> <p>2) การตรวจสอบการดำเนินการตามแผน ครูให้นักเรียนตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นว่าเป็นไปตามแผนที่วางไว้หรือไม่ หากนักเรียนยังดำเนินการไม่ครบตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้หรือดำเนินการไม่ตรงตามแผนที่วางไว้ ครูอธิบายว่านักเรียนจะต้องย้อนกลับไปดำเนินการแก้ปัญหาใหม่</p> <p>ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผล (Evaluation) ประกอบด้วย</p> <p>1) การพิจารณาผลของการดำเนินการตามแผน ครูให้นักเรียนประเมินความสำเร็จตามเป้าหมายว่าบรรลุตามเป้าหมายของการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้หรือไม่ ประเมินความถูกต้องของการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนของแผน รวมไปถึงการพิจารณาความสมเหตุสมผลของผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา โดยใช้การพิจารณาจากเงื่อนไขของ</p>	<p>ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา</p> <p>ครูให้นักเรียนศึกษาโจทย์ปัญหา โดยนักเรียนอ่านทำความเข้าใจปัญหาและระบุว่าอะไรคือสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ อะไรคือสิ่งต้องการให้หา ซึ่งนักเรียนอาจใช้วิธีการต่างๆ ในการทำความเข้าใจ เช่น การเขียนแผนภาพ การอ่านซ้ำ เป็นต้น ครูอาจใช้คำถามในการกระตุ้น เช่น นักเรียนอ่านปัญหาแล้วช่วยอธิบายหน่อยว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้และต้องการรู้อะไรบ้าง เป็นต้น</p> <p>ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา</p> <p>นักเรียนค้นหาความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่กำหนดให้กับสิ่งที่ต้องการให้หา จากนั้นกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาและวางแผนการแก้ปัญหา โดยเลือกกลวิธีที่เหมาะสม</p> <p>ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ</p> <p>นักเรียนลงมือแก้ปัญหาตามแผนที่ได้วางไว้จนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้ตามที่ต้องการ ถ้าหากแผนหรือกลวิธีที่เลือกไว้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ</p>

ตารางที่ 5 (ต่อ) กรอบแนวคิดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

<p>กลุ่มทดลอง (การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา)</p>	<p>กลุ่มควบคุม (การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ)</p>
<p>สถานการณ์ปัญหาเพื่อพิจารณาว่าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ โจทย์ต้องการทราบหรือไม่</p> <p>2) การสรุปคำตอบ ครูให้นักเรียนตัดสินใจว่ายอมรับหรือปฏิเสธผลลัพธ์ที่ได้ จากการดำเนินการแก้ปัญหา จากนั้นเขียนสรุปคำตอบให้ สอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาและครบถ้วนสมบูรณ์</p> <p>ขั้นที่ 5 ขั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation) ประกอบด้วย</p> <p>1) การพิจารณาไตร่ตรอง ครูให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นของตนเองเกี่ยวกับ กระบวนการทั้งหมดที่ใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว อภิปรายถึง จุดเด่นและ/จุดด้อยของการดำเนินการแก้ปัญหา รวมทั้ง ประเมินความยาก-ง่ายของปัญหา เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางใน การแก้ไขปัญหา เพื่อลดปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นใน การแก้ปัญหาลงครั้งต่อไป</p> <p>2) การนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ครูให้นักเรียนวิเคราะห์หาแนวทางการดำเนินการ แก้ปัญหามีแนวทางอื่นที่มีประสิทธิภาพมากกว่านี้หรือไม่ รวมทั้งสะท้อนระดับความพึงพอใจในการแก้ปัญหาและระดับ ความเชื่อมั่นของตนเองที่มีต่อการแก้ปัญหาที่มีลักษณะ คล้ายคลึงกับปัญหาดังกล่าว เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำไป ปรับใช้ในสถานการณ์ปัญหาอื่นต่อไป</p>	<p>นักเรียนสามารถวางแผนการแก้ปัญหา ใหม่อีกครั้ง</p> <p>ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบกระบวนการ แก้ปัญหาและคำตอบ</p> <p>นักเรียนตรวจสอบการแก้ปัญหาทั้ง ในด้านความเป็นไปได้ของคำตอบ ความ ถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ ความสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดให้ หรือไม่ ตลอดจนตรวจสอบกระบวนการ ต่างๆ ในการหาคำตอบ หากคำตอบที่ นักเรียนได้ไม่สอดคล้องกับสิ่งที่โจทย์ ต้องการทราบ นักเรียนสามารถ ย้อนกลับไปดำเนินการแก้ปัญห ดังกล่าวใหม่</p>
<p>ขั้นสรุป</p> <p>ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับภาพรวมของกระบวนการแก้ปัญหา ทั้งหมด ทั้งในด้านเนื้อหา ความรู้ต่างๆ มโนทัศน์ที่ได้ และกระบวนการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา</p>	

4.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยรายละเอียดของการสร้างและพัฒนาเครื่องมือมีดังนี้

4.2.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีดังนี้

- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ (ฉบับก่อนเรียน) ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นครอบคลุมเนื้อหาเรขาคณิตศาสตร์พื้นฐานตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ

- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ (ฉบับหลังเรียน) ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น ครอบคลุมเนื้อหาเรขาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ

โดยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับ เป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวนที่สร้างฉบับละ 8 ข้อ และนำไปใช้ทดลองฉบับละ 5 ข้อ มีขั้นตอนการสร้างและพัฒนาเครื่องมือ ดังนี้

1) ศึกษาเนื้อหาสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จากหนังสือเรียนและคู่มือครู สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2) ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์จากตำรา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดและรูปแบบของข้อสอบที่เหมาะสมในการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

3) กำหนดกรอบการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยกำหนดกรอบของการแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา (Polya, 1957: 5-40) ซึ่งประกอบด้วยความสามารถ ดังนี้ ความสามารถในการความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา ความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ และความสามารถในการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ

4) สร้างตารางกำหนดโครงสร้างของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 6 โครงสร้างของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

แบบวัด	เนื้อหา	จำนวน ชั่วโมง	จำนวนข้อ	
			ที่ใช้ใน การ ทดลอง	ที่ใช้ จริง
แบบวัด ความสามารถ ในการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ (ฉบับก่อน เรียน)	1. การแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้สัดส่วน 1.1 การแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้สัดส่วน (อัตราส่วนของจำนวนสองจำนวน)	4	2	1
	1.2 การแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้สัดส่วน (อัตราส่วนของจำนวนหลายๆ จำนวน)		2	1
	2. การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ 2.1 การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ (โจทย์ ปัญหาในชีวิตประจำวัน)	4	1	3
	2.2 การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ (กำไร ขาดทุน)		1	
	2.3 การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ (อัตราส่วน ร้อยละ)		1	
	2.4 การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ (ดอกเบี้ยย)		1	
	รวม	8	8	5

ตารางที่ 6 (ต่อ) โครงสร้างของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

แบบวัด	เนื้อหา	จำนวน ชั่วโมง	จำนวนข้อ	
			ที่ใช้ใน การ ทดลอง	ที่ใช้ จริง
แบบวัด ความสามารถ ในการ แก้ปัญหา คณิตศาสตร์ (ฉบับหลัง เรียน)	1. การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วน 1.1 การแก้โจทย์ปัญหาอัตราส่วน (อัตราส่วน ของจำนวนสองจำนวน)	4	1	1
	1.2 การแก้โจทย์ปัญหาอัตราส่วน (อัตราส่วน ของจำนวนหลายๆ จำนวน)		1	
	2. การประยุกต์เกี่ยวกับร้อยละ 2.1 การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ (โจทย์ ปัญหาในชีวิตประจำวัน)	5	1	1
	2.2 การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ (กำไร ขาดทุน)		1	
	2.3 การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ (ของ ผสม)		1	
	3. การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ 3.1 การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ (เปลี่ยนหน่วยอุณหภูมิ)	7	1	3
	3.2 การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ (อัตราทดของเกียร์)		1	
	3.3 การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ (มาตราส่วน)		1	
	3.4 การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ (รูปย่อและรูปขยาย)		1	
	3.5 การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ (แบบจำลอง)		1	
รวม	16	8	5	

5) สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับ โดยแต่ละฉบับเป็นข้อสอบแบบอัตนัยจำนวน 8 ข้อ เพื่อนำไปใช้จริงจำนวน 5 ข้อ

6) สร้างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับ ตามกรอบการสร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ที่กำหนดไว้ แต่ละข้อจะประกอบไปด้วยข้อคำถามย่อย 6 ข้อ ซึ่งมีแนวทางในการตรวจให้คะแนนแสดง รายละเอียดได้ดังนี้

ตารางที่ 7 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ความสามารถในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์	เกณฑ์	คะแนน	
ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา	ก. การระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ <ul style="list-style-type: none"> ระบุข้อมูลและเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้ได้ถูกต้องและครบถ้วน ระบุข้อมูลและเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้ได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ไม่ครบถ้วน ระบุข้อมูลและเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้ได้ไม่ถูกต้อง หรือระบุไม่ได้เลย 	1 0.5 0	
	ข. การระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ <ul style="list-style-type: none"> ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้องและครบถ้วน ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ไม่ครบถ้วน ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบไม่ถูกต้อง หรือระบุไม่ได้เลย 	1 0.5 0	
	ค. การเขียนอธิบายขั้นตอนในการหาคำตอบ <ul style="list-style-type: none"> เขียนอธิบายขั้นตอนในการหาคำตอบได้ถูกต้อง เหมาะสม ชัดเจน นำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์ เขียนอธิบายขั้นตอนในการหาคำตอบได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน หรือมีบางส่วนผิดโดยอาจแสดงลำดับขั้นตอนในการหาคำตอบไม่ถูกต้อง หรือเขียนในรูปวิธีการทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง เขียนอธิบายขั้นตอนในการหาคำตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่เขียนอธิบายเลย 	2 1 0	
	ขั้นวางแผนแก้ปัญหา		

ตารางที่ 7 (ต่อ) เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	เกณฑ์	คะแนน
<p>ขั้นตอนการแก้ปัญหาและหาคำตอบ</p>	<p>ง. การแสดงวิธีการแก้ปัญหา</p> <ul style="list-style-type: none"> • แสดงวิธีการแก้ปัญหตามแผนที่วางไว้ หรือคิดคำนวณได้ถูกต้อง สมบูรณ์ชัดเจน • แสดงวิธีการแก้ปัญหได้ถูกต้องเป็นส่วนมาก แต่ยังไม่เสร็จสมบูรณ์ หรือคิดเป็น 2 ส่วน ใน 3 ส่วน • แสดงวิธีการแก้ปัญหได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ยังไม่เสร็จสมบูรณ์ หรือคิดเป็น 1 ส่วน ใน 3 ส่วน • แสดงวิธีการแก้ปัญหไม่ถูกต้อง หรือไม่มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหาเลย 	<p>3</p> <p>2</p> <p>1</p> <p>0</p>
	<p>จ. การสรุปคำตอบ</p> <ul style="list-style-type: none"> • สรุปคำตอบได้ถูกต้องและครบถ้วน • สรุปคำตอบได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน • สรุปคำตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่มีการสรุปคำตอบ 	<p>1</p> <p>0.5</p> <p>0</p>
<p>ขั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ</p>	<p>ฉ. การแสดงวิธีการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ</p> <ul style="list-style-type: none"> • แสดงวิธีการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบได้ถูกต้องและครบถ้วน • แสดงวิธีการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แต่ไม่ครบถ้วน • แสดงวิธีการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงการตรวจสอบเลย 	<p>2</p> <p>1</p> <p>0</p>
รวมข้อละ		10

7) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบเพื่อพิจารณาความเหมาะสมในประเด็นต่างๆ และให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะ ดังนี้

7.1) ควรปรับเปลี่ยนรูปแบบข้อคำถามย่อยในแต่ละข้อ จากเดิมที่เขียนระบุตามขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา เปลี่ยนเป็นการถามคำถามย่อยๆ โดยกำหนดเป็นข้อย่อยและไม่ต้องเขียนระบุชื่อขั้นตอนของโพลยา เพื่อชี้แนะแนวทางการตอบคำถามให้นักเรียน

7.2) ควรปรับปรุงความยาก-ง่ายของแบบวัด ไม่ให้ยากหรือง่ายเกินไป ควรให้มีความเหมาะสมกับนักเรียนกลุ่มปกติไม่ใช่นักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถพิเศษทางคณิตศาสตร์

7.3) ควรเว้นช่องว่างของแบบวัดในแต่ละข้อให้เหมาะสม ไม่ควรใช้พื้นที่ของหน้ากระดาษมากเกินไป เนื่องจากเป็นการบั่นทอนกำลังใจของนักเรียนอาจทำให้ไม่อยากทำ

7.4) ควรมีตัวอย่างวิธีการทำแบบวัด 1 ตัวอย่าง เพื่อเป็นแนวทางในการตอบคำถามในแต่ละข้อให้นักเรียน

8) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา ความสอดคล้องกับกรอบการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ความเหมาะสมด้านภาษาของข้อคำถามที่ใช้ พร้อมทั้งตรวจสอบเกณฑ์การให้คะแนนและให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข จากการตรวจสอบของผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็นให้ปรับปรุงและให้ข้อเสนอแนะ ดังนี้

- ปรับปรุงการใช้ภาษาในโจทย์ให้ชัดเจน ตัวอย่างเช่น

ข้อความเดิม “หมากขยวม่วงน้ำปลาหวาน ในการทำน้ำปลาหวาน หมากผสมน้ำมะขามเปียก พริกป่นและน้ำตาลปีบด้วยอัตรา ส่วนโดยน้ำหนัก เป็น 3 : 2 : 5 ตามลำดับ จงหาว่าถ้าหมากต้องการผสมน้ำปลาหวานได้หนัก 2 กิโลกรัม หมากจะต้องใช้ส่วนผสมทั้งหมดอย่างละ**กี่กรัม**”

แก้ไขเป็น “หมากขยวม่วงน้ำปลาหวาน ในการทำน้ำปลาหวาน หมากผสมน้ำมะขามเปียก พริกป่นและน้ำตาลปีบด้วยอัตรา ส่วนโดยน้ำหนัก เป็น 3 : 2 : 5 ตามลำดับ จงหาว่าถ้าหมากต้องการผสมน้ำปลาหวานได้หนัก 2 กิโลกรัม หมากจะต้องใช้ส่วนผสมทั้งหมดอย่างละ**เท่าไร**”

ข้อความเดิม “ญาญาขยเสื้อราคา 475 บาท ขาดทุน 5% ถ้าต้องการขายให้ได้กำไร 10% ญาญาต้องขายเสื้อราคา**เท่าไร**”

แก้ไขเป็น “ญาญาขยเสื้อราคา 475 บาท ขาดทุน 5% ถ้าต้องการขายให้ได้กำไร 10% ญาญาต้องขายเสื้อราคา**กี่บาท**”

ข้อความเดิม “รูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่มีด้านตรงข้ามมุมฉากยาว 10 เซนติเมตร และด้านประกอบมุมฉากยาวด้านละ 8 เซนติเมตร และ 6 เซนติเมตร ตามลำดับ ถ้าขยายด้านตรงข้ามมุมฉากและด้านประกอบมุมฉากของรูปสามเหลี่ยมรูปนี้ออกไป 150% จงหาความยาวรอบรูปของรูปขยายรูปนี้”

แก้ไขเป็น “รูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่มีด้านตรงข้ามมุมฉากยาว 10 เซนติเมตร และด้านประกอบมุมฉากยาวด้านละ 8 เซนติเมตร และ 6 เซนติเมตร ตามลำดับ ถ้าขยายด้านตรงข้ามมุมฉากและด้านประกอบมุมฉากทั้งสองของรูปสามเหลี่ยมรูปนี้ออกไป 150% ความยาวรอบรูปของรูปขยายรูปนี้เท่ากับกี่เซนติเมตร”

9) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับที่ผ่านการพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหอวัง ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดย

- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน ผู้วิจัยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/1 จำนวน 50 คน

- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน ผู้วิจัยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/13 จำนวน 49 คน

จากนั้นนำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งสองฉบับมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แล้วนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยง (Reliability) โดยมีเกณฑ์คือ มีค่าความเที่ยงตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป แล้วนำมาหาค่าความยาก (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นรายชื่อ โดยมีเกณฑ์คือ ค่าความยากมีค่า 0.2 – 0.8 และ ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป ซึ่งผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน

ค่าความเที่ยง	0.73
ค่าความยาก (P)	0.18 – 0.82
ค่าอำนาจจำแนก (r)	0.12 – 0.78

- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน

ค่าความเที่ยง	0.78
ค่าความยาก (P)	0.22 – 0.77
ค่าอำนาจจำแนก (r)	0.16 – 0.65

จากการทดลองใช้ครั้งที่ 1 พบว่า แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน จำนวน 8 ข้อ ผ่านเกณฑ์คุณภาพตามที่กำหนด 6 ข้อ และแบบวัด ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน จำนวน 8 ข้อ ผ่านเกณฑ์คุณภาพตามที่ กำหนด 7 ข้อ

10) เลือกแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีค่าความ เที้ยง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด ฉบับละ 5 ข้อ มาวิเคราะห์ คุณภาพข้อสอบอีกครั้ง ซึ่งผลจากการวิเคราะห์แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 8 ค่าความเที่ยง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ใช้ทดลอง

	ฉบับก่อนเรียน	ฉบับหลังเรียน
ค่าความเที่ยง	0.75	0.82
ค่าความยาก (P)	0.42 – 0.68	0.39 – 0.64
ค่าอำนาจจำแนก (r)	0.33 – 0.53	0.28 – 0.62

11) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพตาม เกณฑ์ที่กำหนดทั้งสองฉบับ ฉบับละ 5 ข้อ ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ทั้งสองกลุ่ม ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

4.2.2 แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (ฉบับก่อนเรียนและฉบับหลัง เรียน) ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นครอบคลุมเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง การเตรียมความพร้อมในการให้ เหตุผล และเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ

ในการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนก่อนเรียนและหลัง เรียน ผู้วิจัยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับเดียวกัน เนื่องจากเป็นการวัด ความสามารถทางการคิด วัดกระบวนการคิดผ่านเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียนผ่านมาแล้ว โดยจำนวน แบบวัดที่สร้างขึ้นมีทั้งสิ้น 48 ข้อ และนำไปใช้ทดลอง 28 ข้อ มีขั้นตอนการสร้างและพัฒนาเครื่องมือ ดังนี้

1) ศึกษาเนื้อหาสาระการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง การเตรียมความพร้อมในการให้เหตุผล และเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

2) ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจากตำรา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดและรูปแบบของข้อสอบที่เหมาะสมในการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3) กำหนดกรอบการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยผู้วิจัยกำหนดกรอบของการแสดงความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณของเอนนิสและมิลแมน (Ennis and Millman, 1985: 133) ซึ่งประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ด้านความสามารถในการนิรนัย ด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต และด้านความสามารถในการอุปนัย

4) สร้างตารางกำหนดโครงสร้างของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 9 โครงสร้างของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

แบบวัด	ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	เนื้อหา	จำนวนข้อ	
			ที่ใช้ในการทดลอง	ที่ใช้จริง
ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (ฉบับก่อนเรียนและฉบับหลังเรียน)	ด้านที่ 1	การเตรียมความพร้อมในการให้เหตุผล	4	7
		อัตราส่วนและร้อยละ	8	
	ด้านที่ 2	การเตรียมความพร้อมในการให้เหตุผล	4	7
		อัตราส่วนและร้อยละ	8	
	ด้านที่ 3	การเตรียมความพร้อมในการให้เหตุผล	4	7
		อัตราส่วนและร้อยละ	8	
	ด้านที่ 2	การเตรียมความพร้อมในการให้เหตุผล	4	7
		อัตราส่วนและร้อยละ	8	
รวม			48	28

5) สร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 48 ข้อ เพื่อนำไปใช้จริงจำนวน 28 ข้อ โดยแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นแบบวัดแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ประกอบด้วยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 2 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น และด้านความสามารถในการนิรนัย ด้านละ 12 ข้อ รวม 24 ข้อ

ตอนที่ 2 เป็นแบบวัดแบบอัตนัยชนิดเติมคำตอบ ประกอบด้วยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 2 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต และด้านความสามารถในการอุปนัย ด้านละ 12 ข้อ รวม 24 ข้อ

6) สร้างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตามกรอบการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่กำหนดไว้ ซึ่งมีแนวทางในการตรวจให้คะแนนแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

ตารางที่ 10 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	เกณฑ์	คะแนน
ด้านความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น	<ul style="list-style-type: none"> นักเรียนตอบข้อที่ถูกต้อง นักเรียนตอบข้อที่ไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบเลย 	1 0
ด้านความสามารถในการนิรนัย	<ul style="list-style-type: none"> นักเรียนตอบข้อที่ถูกต้อง นักเรียนตอบข้อที่ไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบเลย 	1 0
ด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต	การตัดสินข้อสรุป หรือคำกล่าว หรือคำพูด จากข้อความ หรือโจทย์ปัญหา หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ <ul style="list-style-type: none"> นักเรียนสามารถตัดสินข้อสรุป หรือคำกล่าว หรือคำพูดได้ถูกต้อง ทั้ง 2 คำกล่าว นักเรียนสามารถตัดสินข้อสรุป หรือคำกล่าว หรือคำพูดได้ถูกต้อง เพียง 1 คำกล่าว นักเรียนไม่สามารถตัดสินข้อสรุป หรือคำกล่าว หรือคำพูดได้ถูกต้องหรือไม่ตอบเลย 	0.5 0.25 0

ตารางที่ 10 (ต่อ) เกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	เกณฑ์	คะแนน
	<p>การเขียนอธิบายเหตุผลประกอบการตัดสินใจ</p> <ul style="list-style-type: none"> • นักเรียนสามารถเขียนอธิบายเหตุผลประกอบการตัดสินใจข้อสรุป หรือคำกล่าว หรือคำพูดได้ถูกต้อง มีความสมเหตุสมผล สอดคล้องกับเงื่อนไขที่ระบุในข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ทั้ง 2 คำกล่าว • นักเรียนสามารถเขียนอธิบายเหตุผลประกอบการตัดสินใจข้อสรุป หรือคำกล่าว หรือคำพูดได้ถูกต้อง มีความสมเหตุสมผล สอดคล้องกับเงื่อนไขที่ระบุในข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพียง 1 คำกล่าว • นักเรียนไม่สามารถเขียนอธิบายเหตุผลประกอบการตัดสินใจข้อสรุป หรือคำกล่าว หรือคำพูดได้ถูกต้อง ไม่มีความสมเหตุสมผล หรือไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขที่ระบุในข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนด หรือไม่ตอบเลย 	<p>0.5</p> <p>0.25</p> <p>0</p>
ด้านความสามารถในการอุปนัย	<ul style="list-style-type: none"> • นักเรียนพิจารณาข้อสรุปได้อย่างถูกต้อง และเขียนอธิบายเหตุผลประกอบการตอบได้อย่างถูกต้อง มีความสมเหตุสมผล สอดคล้องกับเงื่อนไขที่ระบุในข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนด • นักเรียนพิจารณาข้อสรุปได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่สามารถเขียนอธิบายเหตุผลประกอบการตอบได้อย่างถูกต้อง ไม่มีความสมเหตุสมผล หรือไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขที่ระบุในข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนด หรือไม่ตอบเลย • นักเรียนไม่สามารถพิจารณาข้อสรุปได้ถูกต้อง หรือไม่ตอบเลย 	<p>1</p> <p>0.5</p> <p>0</p>
รวมคะแนนทั้งฉบับ		28

7) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบเพื่อพิจารณาความเหมาะสมในประเด็นต่างๆ และให้ข้อเสนอแนะ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะ ดังนี้

7.1) ควรปรับเปลี่ยนรูปแบบของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จากเดิมเป็นแบบวัดชนิดปรนัยทั้งหมด ควรปรับเปลี่ยนเป็นแบบวัดที่มีทั้งแบบปรนัยและแบบอัตนัย โดยพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบที่จะใช้ว่าความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละด้านควรใช้รูปแบบปรนัยหรือแบบอัตนัย จากกรอบการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยกำหนด ซึ่งได้ข้อสรุปว่าความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในด้านความสามารถในการนิรนัย และด้านความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น เป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต และด้านความสามารถในการอุปนัย เป็นข้อสอบแบบอัตนัยชนิดเติมคำตอบ

7.2) ควรมีตัวอย่างวิธีการทำแบบในตอนที่ 2 เพื่อเป็นแนวทางในการตอบคำถามในแต่ละข้อให้แก่ักเรียน

8) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา ความสอดคล้องกับกรอบการประเมินความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความเหมาะสมด้านภาษาของข้อคำถามที่ใช้ พร้อมทั้งตรวจสอบเกณฑ์การให้คะแนนและให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข จากการตรวจสอบของผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็นให้ปรับปรุงและให้ข้อเสนอแนะ ดังนี้

- ในบางข้อเนื้อหาหรือความรู้ของนักเรียนอาจมีผลต่อการตอบมากเกินไป ไม่เหมาะต่อการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตัวอย่าง

โจทย์ ในชั่วโมงวิชาคณิตศาสตร์เรื่องการพิสูจน์ ครูให้นักเรียนช่วยกันนำเสนอแนวคิดในการ พิสูจน์ข้อความ A น้อยจึงเสนอว่า “ในการพิสูจน์ข้อความ A จะต้องใช้บทนิยามของจำนวนคู่” ข้อใดเป็นเหตุผลที่น่าเชื่อถือ และเป็นไปได้ที่ทำให้ข้อความข้างต้นเป็นจริง

- ก. ข้อความ A คือ “ถ้า $x - 12 = 16$ แล้ว $x = 28$ เพียงค่าเดียว
- ข. ข้อความ A คือ “ผลคูณของ 7 กับจำนวนคู่ เป็นจำนวนคู่”
- ค. ข้อความ A คือ “ ถ้า $a > b$ แล้ว $b = a + c$ (เมื่อ a, b และ c เป็นจำนวนนับ)”
- ง. ข้อความ A คือ “ถ้า 4 เป็น ห.ร.ม. ของ p แล้ว p เป็นจำนวนเฉพาะ”

9) นำแบบวัดความสามารถในการการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผ่านการพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนห้วยวัง ซึ่งเป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยผู้วิจัยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/3 จำนวน 49 คน

จากนั้นนำแบบวัดความสามารถในการการคิดอย่างมีวิจารณญาณมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แล้วนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบโดยใช้สูตรของคูเคอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson-20: KR-20) โดยมีเกณฑ์ความเที่ยงตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป แล้วนำมาหาค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และหาค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป ซึ่งผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

ค่าความเที่ยง	0.78
ค่าความยาก (P)	0.23 – 0.92
ค่าอำนาจจำแนก (r)	- 0.18 – 0.78

จากการทดลองใช้ครั้งที่ 1 พบว่า แบบวัดความสามารถในการการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 48 ข้อ ผ่านเกณฑ์คุณภาพตามที่กำหนด 36 ข้อ

10) เลือกแบบวัดความสามารถในการการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีค่าความเที่ยง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 28 ข้อ มาวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบอีกครั้ง ซึ่งผลจากการวิเคราะห์แสดงได้ดังนี้

ค่าความเที่ยง	0.83
ค่าความยาก (P)	0.26 – 0.72
ค่าอำนาจจำแนก (r)	0.24 – 0.69

11) นำแบบวัดความสามารถในการการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด จำนวน 28 ข้อ ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

จากรายละเอียดของการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสามารถสรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ได้ดังตารางที่ 11 ดังนี้

ตารางที่ 11 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ใช้ทดลอง

แบบวัด	ค่าความเที่ยง	ค่าความยาก (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
ความสามารถในการ แก้ปัญหา (ฉบับก่อนเรียน)	0.75	0.42 – 0.68	0.33 – 0.53
ความสามารถในการ แก้ปัญหา (ฉบับหลังเรียน)	0.82	0.39 – 0.64	0.28 – 0.62
ความสามารถในการคิดอย่าง มีวิจารณญาณ (ฉบับก่อน เรียนและฉบับหลังเรียน)	0.83	0.26 – 0.72	0.24 – 0.69

5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ขั้นเตรียมการ

1.1 ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาสำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติสำหรับกลุ่มควบคุม

1.2 ผู้วิจัยจัดเตรียมสื่อ อุปกรณ์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับการสอนกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม

1.3 ผู้วิจัยทำหนังสือขออนุญาตดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงโรงเรียนหอวัง โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. ขั้นตอนการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 ผู้วิจัยให้นักเรียนทั้ง 2 ห้อง ทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนเรียน ซึ่งได้ค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนสอบจากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของห้อง ม.2/10 และห้อง ม.2/11 เท่ากับ 23.13 และ 24.02 ตามลำดับ จากนั้นนำคะแนนจากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนทั้ง 2 ห้อง ไปทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ค่าเอฟ (F-test) ซึ่งผลจากการทดสอบ พบว่า ความ

แปรปรวนของคะแนนสอบของนักเรียนทั้งสองห้องไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05 จากนั้นจึงทดสอบความแตกต่างของค่าแตกต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิตจากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้วยค่าที่ (t-test) พบว่า คะแนนจากการทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองห้องไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05 แสดงว่านักเรียนทั้งสองห้องมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

2.2 ผู้วิจัยให้นักเรียนทั้ง 2 ห้อง ทำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน ซึ่งได้ค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนสอบจากการทำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของห้อง ม.2/10 และห้อง ม.2/11 เท่ากับ 18.64 และ 18.47 ตามลำดับ จากนั้นนำคะแนนจากการทำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนของนักเรียนทั้ง 2 ห้อง ไปทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ค่าเอฟ (F-test) ซึ่งผลจากการทดสอบ พบว่า ความแปรปรวนของคะแนนสอบของนักเรียนทั้งสองห้องไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05 จากนั้นจึงทดสอบความแตกต่างของค่าแตกต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิตจากการทำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้วยค่าที่ (t-test) พบว่า คะแนนจากการทำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนทั้งสองห้องไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05 แสดงว่านักเรียนทั้งสองห้องมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่แตกต่างกัน

2.3 ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม โดยนักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองดำเนินการสอนตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา และสอนนักเรียนกลุ่มควบคุมตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ กลุ่มละ 16 คาบ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 เนื้อหาที่สอนเรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ

2.4 เมื่อดำเนินการสอนตามเนื้อหาที่กำหนดไว้ในแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบแล้ว ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนและแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม

2.5 ผู้วิจัยนำผลการทดสอบจากมาตรวัดให้คะแนนและทำการวิเคราะห์ข้อมูล

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพดังนี้

6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

ผู้วิจัยนำผลการทดสอบจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมาตรวจให้คะแนน และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for the Social Science: SPSS) โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

6.1.1 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลอง ที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มาคำนวณหาค่ามัชฌิมเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t-Paired Samples Test) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

6.1.2 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยนำคะแนนสอบหลังการทดลองที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มาคำนวณหาค่ามัชฌิมเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t-Independent Samples Test) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

6.1.3 เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลอง โดยนำคะแนนสอบก่อนและหลังการทดลองที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มาคำนวณหาค่ามัชฌิมเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t-Paired Samples Test) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

6.1.4 เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยนำคะแนนสอบหลังการทดลองที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มาคำนวณหาค่ามัชฌิมเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t-Independent Samples Test) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

6.2.1 วิเคราะห์พัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา โดยพิจารณาจากภูมิหลังของนักเรียน ผลงานการเขียนแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา พฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น การอภิปรายและการตอบคำถามของนักเรียน

6.2.2 วิเคราะห์พัฒนาการของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา โดยพิจารณาจากภูมิหลังของนักเรียน ผลงานการเขียนแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา พฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น การอภิปรายและการตอบคำถามของนักเรียน

7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1.1 การวิเคราะห์ข้อสอบปรนัยหาค่าความเที่ยง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์แบบทดสอบ (Test Analysis Program: TAP Version 6.63) ที่พัฒนาขึ้นโดย Brooks (2003) ซึ่งผู้วิจัยดาวน์โหลดโปรแกรมนี้มาจาก <http://watpon.com> [10 December 2012]

1.2 การวิเคราะห์ข้อสอบอัตนัยหาค่าความเที่ยง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อสอบแบบอัตนัย (B-Index and Non 0 – 1 method Item Analysis Program) ซึ่งผู้วิจัยดาวน์โหลดโปรแกรมนี้มาจาก <http://61.7.241.228/anal> [10 December 2012]

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่ามัชฌิมเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน วิเคราะห์ค่าเอฟ (F-test) และวิเคราะห์ค่าที ทั้งการใช้ t-Paired Samples Test และ t-Independent Samples Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for the Social Science: SPSS)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

จากการศึกษาวิจัยสามารถนำเสนอข้อมูลได้ดังนี้

1.1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 12

1.2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญากับนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 13

1.3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 14

1.4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญากับนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 15

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

จากการศึกษาวิจัยสามารถนำเสนอข้อมูลได้ดังนี้

2.1 ข้อมูลทั่วไป

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโรงเรียน

2.1.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับครู

2.1.3 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับนักเรียน

2.1.4 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับชุมชน

2.2 พฤติกรรมการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.3 พัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่ม

ทดลอง

2.4 พัฒนาการของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่ม

ทดลอง

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละตอนมีรายละเอียดแสดงได้ดังนี้

1.1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหานั้น กระบวนการกำกับทางปัญญา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงค่ามัชฌิมเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test) เพื่อทดสอบความแตกต่างของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหานั้น กระบวนการกำกับทางปัญญา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 50 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>p-value</i>
ก่อนเรียน	54	24.02	8.50	8.90*	.000
หลังเรียน	54	32.61	7.10		

* $p < .05$

จากตารางที่ 12 ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 24.02 และ 32.61 ตามลำดับ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 8.50 และ 7.10 ตามลำดับ

และจากการทดสอบค่าที (t-Paired Samples Test) พบว่า นักเรียนที่กลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญากับนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 แสดงค่ามัชฌิมเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test) เพื่อทดสอบความแตกต่างของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญากับนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ (คะแนนเต็ม 50 คะแนน)

กลุ่มตัวอย่าง	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>p-value</i>
กลุ่มทดลอง	54	32.61	7.10	4.25*	.000
กลุ่มควบคุม	54	26.94	6.76		

* $p < .05$

จากตารางที่ 13 ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เท่ากับ 32.61 และ 26.94 ตามลำดับ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.10 และ 6.76 ตามลำดับ และจากการทดสอบค่าที (t-Independent Samples Test) พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แสดงค่ามัชฌิมเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test) เพื่อทดสอบความแตกต่างของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (คะแนนเต็ม 28 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>p</i> – value
ก่อนเรียน	54	16.96	3.14	8.79*	.000
หลังเรียน	54	21.37	2.65		

**p*<.05

จากตารางที่ 14 ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 16.96 และ 21.37 ตามลำดับ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 3.14 และ 2.65 ตามลำดับ และจากการทดสอบค่าที (t-Paired Samples Test) พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.4 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญากับนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ นำเสนอผลการเปรียบเทียบในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงค่ามัชฌิมเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test) เพื่อทดสอบความแตกต่างของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญากับนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ (คะแนนเต็ม 28 คะแนน)

กลุ่มตัวอย่าง	<i>n</i>	\bar{x}	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>p</i> – value
กลุ่มทดลอง	54	21.37	2.65	5.42*	.000
กลุ่มควบคุม	54	17.93	3.83		

**p*<.05

จากตารางที่ 15 ผลปรากฏว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีค่ามัชฌิมเลขคณิตของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เท่ากับ 21.37 และ 17.93 ตามลำดับ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.65 และ 3.83 ตามลำดับ และจากการทดสอบค่าที (t-Independent

Samples Test) พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่า นักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ สามารถนำเสนอข้อมูลได้ดังนี้

2.1 ข้อมูลทั่วไป

2.1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโรงเรียน

โรงเรียนหอวัง ตั้งอยู่ เลขที่ 16/9 ซอยวิภาวดี 28 แขวงจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 เป็นโรงเรียนที่ผู้วิจัยสังกัดอยู่ ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษา ขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ เปิดสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีห้องเรียนทั้งหมด 91 ห้อง โดยแบ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 15 ห้องเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 15 ห้องเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 13 ห้องเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 16 ห้องเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 16 ห้องเรียน และ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 16 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 91 ห้องเรียน อัตลักษณ์ของโรงเรียน คือ เป็นลูกที่ดีของพ่อแม่ เป็นศิษย์ที่ดีของครู เป็นสมาชิกที่ดีของสังคม วิสัยทัศน์ของโรงเรียน คือ โรงเรียนหอวังเป็นโรงเรียนชั้นนำของประเทศตามมาตรฐานสากล มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีคุณธรรม มีศักยภาพในการเรียนรู้และสร้างสรรค์ผลงาน รักษ์วัฒนธรรมไทย รักษ์สิ่งแวดล้อม มีความรับผิดชอบ อยู่ในสังคมโลกได้อย่างมีความสุข และคติพจน์ของโรงเรียน คือ สุสสุส ลภเต ปญญ์ แปลว่า ผู้ฟังดีย่อมเกิดปัญญา ทางโรงเรียนมีบริการทางวิชาการ ได้แก่ ห้องศูนย์คอมพิวเตอร์ ห้องสมุด ห้องศูนย์คณิตศาสตร์ ห้องเรียนสี่เหลี่ยม เป็นต้น สิ่งอำนวยความสะดวกที่จัดให้มีในทุกห้องเรียน คือ กระดานดำ ลำโพง ทีวี และสิ่งอำนวยความสะดวกที่จัดให้มีในบางห้องเรียน เช่น คอมพิวเตอร์ กระดานอัจฉริยะ โปรเจคเตอร์ เป็นต้น

2.1.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับครู

ในปีการศึกษา 2556 โรงเรียนหอวังมีครูทั้งหมด 181 คน เป็นครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จำนวน 26 คน ซึ่งมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสำเร็จการศึกษาของครู ดังนี้

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 15 คน คิดเป็น ร้อยละ 57.69

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท จำนวน 11 คน คิดเป็น ร้อยละ 42.31

สำเร็จการศึกษาทางการสอนคณิตศาสตร์โดยตรง จำนวน 25 คน คิดเป็น ร้อยละ

สำเร็จการศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้อง จำนวน 1 คน คิดเป็น ร้อยละ 3.85

จากการสำรวจด้านภาระงานในการสอนของครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ครูแต่ละท่านได้รับมอบหมายให้สอนรายวิชาคณิตศาสตร์โดยเฉลี่ยประมาณ 16 คาบต่อสัปดาห์ รายวิชาอื่นๆ เช่น การค้นคว้าอิสระ กิจกรรมโฮมรูม กิจกรรมชุมนุม กิจกรรมลูกเสือ-ยุวกาชาด-ผู้บำเพ็ญประโยชน์ เป็นต้น และมีภาระงานในฝ่ายอื่นๆ ที่นอกเหนือจากงานสอน เช่น งานทะเบียน วัสดุ งานฝ่ายแผนงานโรงเรียน งานกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน งานฝ่ายพัสดุ งานสหกรณ์โรงเรียน งานธนาคารโรงเรียน เป็นต้น จากการสัมภาษณ์และสังเกตการณ์สอนผู้วิจัยได้ข้อมูลว่า ครูยังมีแนวการสอนที่ไม่หลากหลายเท่าที่ควร ส่วนใหญ่ใช้การสอนแบบบรรยาย มีการใช้เอกสารประกอบการสอน แต่มีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมในบางเนื้อหา และครูบางคนชี้แจงว่าเนื่องจากภาระงานอื่นๆ ที่นอกเหนือจากการสอนส่งผลให้เวลาในการเตรียมการสอนน้อยเกินไป

2.1.3 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับนักเรียน

ในปีการศึกษา 2556 โรงเรียนหอวัง มีนักเรียนทั้งสิ้น 4,250 คน แบ่งเป็นนักเรียนชาย 1,805 คน นักเรียนหญิง 2,445 คน เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 772 คน แบ่งเป็นนักเรียนชาย 364 คน และนักเรียนหญิง 408 คน นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 108 คน แบ่งเป็นนักเรียนกลุ่มทดลอง 54 คน และนักเรียนกลุ่มควบคุม 54 คน เป็นนักเรียนหญิงมากกว่านักเรียนชาย ผลการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีระดับผลการเรียนใกล้เคียงกัน นักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้น สนใจเรียน และให้ความร่วมมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นอย่างดี จากการสอบถามพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อาศัยอยู่กับบิดา มารดา ลักษณะเป็นครอบครัวเดี่ยว ส่วนใหญ่เป็นนักเรียนในเขตพื้นที่มัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร และมีนักเรียนบางส่วนเป็นนักเรียนนอกเขตพื้นที่ ผู้ปกครองของนักเรียนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพพนักงานบริษัท รองลงมาประกอบอาชีพข้าราชการ พนักงานรัฐวิสาหกิจ อาชีพอิสระและธุรกิจส่วนตัว นักเรียนทั้งสองกลุ่มส่วนใหญ่ได้รับการเรียนพิเศษเพิ่มเติมนอกเวลาเรียน มีนักเรียนเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ไม่ได้เรียนพิเศษเพิ่มเติม ผู้ปกครองให้การสนับสนุนทางการเรียนของนักเรียนอย่างเต็มที่ทั้งการเรียนในระบบโรงเรียนและเรียนพิเศษเพิ่มเติม

2.1.4 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับชุมชน

โรงเรียนหอวังนับได้ว่าตั้งอยู่กลางกรุงเทพมหานครที่มีทั้งห้างสรรพสินค้าและบ้านที่อยู่อาศัย โดยมีด้านข้างโรงเรียนติดห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว และโรงแรมแคนทาราแกรนด์ บริเวณใกล้เคียงโรงเรียนมีบ้านพักอาศัยและคอนโดมิเนียม และด้านหลังโรงเรียนเป็นสำนักงานบริษัท การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย มีความสะดวกเรื่องการเดินทาง เนื่องจากโรงเรียนอยู่ติดถนนใหญ่ และอยู่ใกล้แหล่งคมนาคม เช่น รถไฟฟ้าใต้ดิน รถตู้สาธารณะ รถเมล์ เป็นต้น

2.2 พฤติกรรมการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จำนวน 16 คาบ พบว่า ในระยะแรกๆนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีพฤติกรรมการเรียนที่ไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อครูได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านไปหลายคาบเรียนมากขึ้น พฤติกรรมการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มเริ่มค่อยๆ มีความแตกต่างกันไปในแต่ละระยะ โดยผู้วิจัยได้แบ่งพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มออกเป็น 3 ระยะ สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

พัฒนาการของพฤติกรรมการเรียนในระยะที่ 1 (คาบที่ 1 – 5)

พฤติกรรมการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม สามารถสรุปได้ดังนี้

กลุ่มทดลอง

นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจกับแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แต่เมื่อครูถามคำถามนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่ค่อยกล้าตอบ ไม่กล้าอธิบายเพื่อแสดงความคิดเห็นของตนเอง มีเพียงนักเรียนบางกลุ่มเท่านั้นที่ตอบคำถาม ครูจึงต้องเรียกชื่อนักเรียนเป็นรายบุคคลเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และเนื่องจากเป็นระยะแรกที่ครูเริ่มใช้กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา พบว่า นักเรียนมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แตกต่างกัน คือ นักเรียนส่วนใหญ่มีความสนใจในกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหานี้ เนื่องจากนักเรียนไม่เคยใช้กระบวนการดังกล่าวมาก่อน และนักเรียนบางส่วนแสดงความคิดเห็นว่าการใช้กระบวนการนี้ส่งผลให้การแก้ปัญหามีความยุ่งยากมากขึ้นกว่าปกติ เนื่องจากมีขั้นตอนที่ซับซ้อน ละเอียด ต้องตอบคำถาม แสดงความคิดเห็นและเขียนอธิบายเยอะกว่ากระบวนการแก้ปัญหาปกติที่นักเรียนเคยเรียน ครูจึงอธิบายให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการใช้กระบวนการกำกับทางปัญญาประกอบการแก้ปัญหา

ปัญหาสำคัญที่พบในระยะนี้ คือ ในคาบเรียนที่ 1 – 3 คือ ครูไม่สามารถดำเนินการจัดกิจกรรมได้ครบตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ครูกำหนด เนื่องจากในกระบวนการจัดการเรียนรู้นักเรียนต้องเขียนแสดงความคิดเห็นในกระบวนการต่างๆ ลงในแบบบันทึกของตนเอง ซึ่งมีข้อคำถามบางคำถามที่นักเรียนไม่เข้าใจว่าจะต้องแสดงความคิดเห็นอย่างไร ครูต้องการให้นักเรียนตอบในลักษณะใด ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามได้ เช่น คำถามที่ 5.1 ถามนักเรียนว่า “หลังจากนักเรียนแก้ปัญหาแล้วนักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อกระบวนการแก้ปัญหานักเรียน” เป็นต้น ครูจึงต้องแก้ปัญหาดังกล่าวโดยใช้การยกตัวอย่างการแสดงความคิดเห็นและตอบคำถามในแต่ละข้อซ้ำๆ หลากหลายรูปแบบเพื่อเป็นแนวทางในการตอบคำถามให้แก่นักเรียน ส่งผลให้การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่สามารถดำเนินการได้ครบถ้วนตามแผนที่ได้วางไว้ ครูจึงได้มอบหมายให้

นักเรียนทำส่วนที่เหลือต่อการบ้าน และในคาบเรียนที่ 4 – 5 ครูสามารถดำเนินการจัดกิจกรรมได้ตรงตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ครูกำหนด เนื่องจากนักเรียนเริ่มมีความคุ้นเคยกับข้อคำถามที่นักเรียนต้องตอบ แต่นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถอธิบายแนวคิดของตนเองได้ด้วยตนเอง จากการสังเกตพบว่า หากครูใช้การถามนำนักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามเป็นคำพูดได้แต่ไม่สามารถเขียนอธิบายในลักษณะของข้อความได้ ครูจึงต้องอธิบายว่านักเรียนไม่จำเป็นต้องเขียนโดยใช้ภาษาที่สละสลวยเป็นทางการแต่ให้เขียนอธิบายตามที่ตนเองเข้าใจ

กลุ่มควบคุม

นักเรียนตั้งใจเรียนดีแต่ยังมีปฏิริยาโต้ตอบกับครูน้อย ไม่ค่อยตอบคำถามครู ไม่กล้าอภิปรายและแสดงความคิดเห็นของตนเอง มีเพียงนักเรียนบางส่วนเท่านั้นที่มีความกระตือรือร้นและกล้าตอบคำถาม เมื่อครูสอบถามนักเรียนว่าเหตุใดจึงไม่ตอบคำถามครู นักเรียนบางส่วนชี้แจงว่า กลัวคำตอบที่ตนเองคิดเป็นคำตอบที่ผิดเนื่องจากไม่มั่นใจว่าแนวคิดที่ตนเองใช้เป็นแนวคิดที่ถูกต้องหรือไม่ บางส่วนกล่าวว่า เนื่องจากตนเองไม่เข้าใจปัญหาจึงไม่สามารถตอบคำถามครูได้ ครูจึงต้องใช้การเรียกถามตอบเป็นรายบุคคลและเสริมแรงโดยการกล่าวคำชมรวมทั้งใช้คำถามในเชิงยั่วยุ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในกิจกรรมการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น รวมทั้งในกรณีที่นักเรียนยังส่วนใหญ่ยังไม่ค่อยเข้าใจปัญหาครูต้องใช้การอธิบายปัญหาซ้ำหลายๆ รอบเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจปัญหาใหม่

ปัญหาสำคัญที่พบ คือ นักเรียนไม่สามารถเขียนอธิบายแนวคิดได้ด้วยตนเอง โดยเฉพาะในกระบวนการวางแผนการแก้ปัญหา ครูจึงต้องใช้คำถามนำกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายแสดงความคิดเห็นในการหาขั้นตอนการแก้ปัญหา ผู้วิจัยสังเกตพบว่ามีครูให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นในลักษณะของการอธิบายเป็นคำพูด นักเรียนยังสามารถอธิบายขั้นตอนการคิดของตนเองได้บ้างถึงแม้ว่าจะได้ขั้นตอนที่ไม่สมบูรณ์ครบถ้วนก็ตาม แต่เมื่อครูให้นักเรียนเขียนอธิบายขั้นตอนลงในแบบบันทึกของตนเอง นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเขียนอธิบายได้

พัฒนาการของพฤติกรรมกรรมการเรียนในระยาะที่ 2 (คาบที่ 6 – 10)

พฤติกรรมกรรมการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

กลุ่มทดลอง

นักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น กล้าแสดงความคิดเห็นและตอบคำถามครูมากขึ้น ในการจัดกิจกรรมกลุ่มในบางคาบเรียนมีนักเรียนบางกลุ่มส่งเสียงดังรบกวนการทำงานของกลุ่มอื่นๆ ครูจึงต้องคอยตักเตือนและให้เงื่อนไขเพิ่มเติมว่าหากกลุ่มใดส่งเสียงดังรบกวนชั้นเรียน ครูจะให้นำเสนองานที่ได้รับมอบหมายเป็นกลุ่มแรก

นักเรียนจึงหยุดคุย และในการแก้โจทย์ปัญหาในบางเรื่อง เช่น เรื่องของผสม เป็นโจทย์ปัญหาที่นักเรียนไม่เคยแก้ปัญหามาก่อนทำให้มีนักเรียนบางส่วนเรียนในห้องเรียนแล้วยังไม่ค่อยเข้าใจหลักการในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหาในลักษณะดังกล่าว ว่ามีแนวคิดในการแก้ปัญหายังไง ครูจึงต้องมีการอธิบายเสริมนอกคาบเรียนเพื่อสร้างความเข้าใจเพิ่มเติมให้แก่ นักเรียน

ในขณะนี้นักเรียนเริ่มมีกระบวนการกำกับทางปัญญามากขึ้นกว่าระยะที่ 1 โดยครูสังเกตจากพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน ซึ่งนักเรียนมีการอ่าน ไตร่ตรองและพิจารณาสิ่งที่ตนได้แก้ปัญหามาแล้วมากขึ้น รวมทั้งสังเกตจากร่องรอยการทำงานของนักเรียน คือ การตอบคำถามในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหของนักเรียน นักเรียนเริ่มเขียนอธิบายแนวคิดได้ด้วยตนเองมากขึ้น แต่ครูยังเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเขียนอธิบายแนวคิดด้วยตนเอง ซึ่งยังมีนักเรียนบางส่วนไม่ยอมเขียนอธิบายแนวคิดด้วยตนเอง รอให้ครูเฉลยหรือรอให้เพื่อนเฉลย ครูจึงต้องกระตุ้นนักเรียนโดยการให้คำชี้แนะนักเรียนเป็นรายบุคคล และในบางคำถามนักเรียนยังเขียนตอบคำตอบแบบเดิมๆ เหมือนกันในทุกๆ ข้อ ไม่มีการเขียนแสดงความคิดเห็นที่แตกต่างกันออกไป ครูจึงต้องคอยชี้แนะให้นักเรียนและยกตัวอย่างการตอบคำถามเพิ่มเติมเพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนนำไปใช้ในการอธิบายแนวคิดของตนเอง ซึ่งผู้วิจัยคิดว่าปัญหานี้ น่าจะเกิดมาจากการที่นักเรียนเคยชินกับการเรียนแบบบรรยายและให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดโดยที่ไม่มีการฝึกทักษะทางการพูดและการเขียนแสดงความคิดเห็นของตนเอง ครูผู้สอนจึงพยายามอธิบายให้นักเรียนเห็นถึงประโยชน์ที่นักเรียนจะได้รับจากการทำกิจกรรมนี้ ส่งผลให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นมากขึ้น

กลุ่มควบคุม

นักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น นักเรียนบางคนที่ไม่ค่อยตอบคำถามครูหรือไม่กล้าอภิปรายแสดงความคิดเห็น เริ่มตอบคำถามและมีส่วนร่วมในการอภิปรายมากขึ้น โดยครูพยายามใช้การถามคำถามนำ ใช้การให้แรงเสริม และกระตุ้นนักเรียนโดยการเรียกถามนักเรียนเป็นรายบุคคล ส่งผลให้นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนที่ดีขึ้น แต่ยังมีนักเรียนบางกลุ่มที่นั้งอยู่ในบริเวณด้านหลังห้องเรียนชอบพูดคุยส่งเสียงดังรบกวนการจัดการเรียนการสอน ครูจึงต้องเรียกถามนักเรียนและให้ออกมาแสดงวิธีคิดหน้าชั้นเรียน รวมทั้งชี้แจงว่าหากยังไม่ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของตนเอง ครูต้องจัดที่นั่งใหม่ให้แก่ นักเรียน

ในคาบเรียนที่ 8 - 9 นักเรียนเจอสถานการณ์ปัญหาในเรื่องใหม่ที่ไม่เคยมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหามาก่อน รวมทั้งมีความยากและซับซ้อน ทำให้นักเรียนบางคนเกิดความเบื่อหน่ายและไม่เขียนแสดงวิธีคิดลงในแบบบันทึกของตนเอง รอให้ครูเฉลยหรือรอให้เพื่อนเฉลย ครูจึงต้องพยายามอธิบายหลักการคิดในแต่ละข้อซ้ำๆ โดยละเอียดและสอบถามนักเรียนทั้งห้องเป็นระยะๆ ว่าเข้าใจกระบวนการแก้ปัญหาดังกล่าวหรือไม่ ถ้ายังมีนักเรียนบางกลุ่มไม่เข้าใจครูจะใช้การอธิบายเพิ่มเติม

หรือในบางครั้งครูมอบหมายให้นักเรียนที่เข้าใจกระบวนการแก้ปัญหาแล้วช่วยเหลือเพื่อนที่ไม่เข้าใจ โดยการอธิบายให้เป็นรายบุคคล

พัฒนาการของพฤติกรรมการเรียนในระบะที่ 3 (คาบที่ 11 – 16)

พฤติกรรมการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม สามารถสรุปได้ดังนี้

กลุ่มทดลอง

นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ดีขึ้นมากกว่า 2 ระยะแรก สังเกตได้จากนักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน การมีส่วนร่วมในการตอบคำถาม การอภิปรายแสดงความคิดเห็นและการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีขึ้น ซึ่งปกติแล้วครูจะต้องเป็นผู้กระตุ้นนักเรียนโดยการเรียกถามนักเรียนเป็นรายบุคคล แต่ในระบะนี้มีนักเรียนอาสาตอบคำถามด้วยตนเองเพิ่มมากขึ้น กล่าวคืออธิบายและกล้าแสดงความคิดเห็นมากขึ้น รวมทั้งกล้ายกมือสอบถามครูในกรณีที่ตนเองไม่เข้าใจมากขึ้น รวมทั้งเริ่มมีการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาที่หลากหลายมากขึ้น

ในระบะนี้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหา ทำความเข้าใจข้อมูลหรือเงื่อนไขในโจทย์ปัญหา ประเมินความคุ้นเคยกับปัญหา มีการวางแผน ดำเนินการแก้ปัญหาและตรวจสอบคำตอบได้ดีขึ้น ละเอียดขึ้น และในระหว่างการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นนักเรียนมีการกำกับทางปัญญา นั่นคือ มีการประเมิน พิจารณาไตร่ตรองกระบวนการต่างๆ ในการแก้ปัญหาเพิ่มมากขึ้น โดยสังเกตได้จากพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนในด้านต่างๆ ทั้งการอ่านทบทวนกระบวนการแก้ปัญหาในแต่ละขั้น การตอบคำถามครู รวมไปถึงร่องรอยในการทำแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาที่เน้นการกำกับทางปัญญาของนักเรียนในแต่ละขั้นตอน ซึ่งจากการบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน พบว่า ขั้นตอนที่นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถเขียนอธิบายได้อย่างชัดเจนเท่าที่ควร คือ ในขั้นที่ 5 ของการแก้ปัญหา ได้แก่ การซึมซับทางความคิด (Internalisation) นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถเขียนแสดงความคิดเห็นของตนเองได้ละเอียดมากนัก มีการเขียนแสดงความคิดเห็นโดยใช้ข้อความซ้ำๆ กัน จากการสอบถามนักเรียนได้แสดงความคิดเห็นว่าในขั้นนี้เป็นขั้นที่ตนเองคิดว่าเป็นขั้นที่ยากที่สุดที่จะต้องเขียนอธิบายแสดงความคิดเห็นของตนเองในแง่ต่างๆ ที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมด นักเรียนยังไม่สามารถแสดงความคิดเห็นได้หลากหลายมาก จึงเขียนแสดงความคิดเห็นโดยใช้ข้อความคล้ายๆ กัน แต่ถ้าเทียบกับช่วงแรกๆ ของการเรียนโดยใช้แนวทางนี้ ตนคิดว่าสามารถแสดงความคิดเห็นได้ดีขึ้นแต่ยังไม่ดีเท่าที่ควร

จากการสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นการกระบวนการกำกับทางปัญญา นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่าในระบะแรกๆ ที่เรียนตนเองคิดว่าการศึกษาโดยใช้วิธีนี้เป็นวิธีที่ย่างยาก น่าเบื่อ เนื่องจากมีขั้นตอนที่เยอะกว่าปกติ ต้องมีการทบทวนการแก้ปัญหาตลอด ต้องเขียนอธิบายเยอะ เสียเวลา การตอบคำถามในบางข้อก็ไม่

สามารถตอบได้ในทันทีที่นักเรียนจึงข้ามขั้นตอนดังกล่าวไปทำขั้นตอนอื่นก่อนและค่อยกลับมาทำใหม่ แต่เมื่อตนเองได้ฝึกทำจนเริ่มเกิดความคุ้นเคยจึงมีความรู้สึกว่าตนเองได้คิดเป็นระบบมากขึ้น ซึ่งต่างจากที่นักเรียนเคยเรียนตามปกติที่แก้โจทย์ปัญหาโดยใช้การแสดงวิธีทำและสรุปคำตอบเพียงอย่างเดียว และหากได้ใช้วิธีนี้ในการแก้โจทย์ปัญหาในเรื่องอื่นๆ อีก คิดว่าตนเองน่าจะทำได้ดีขึ้น นั่นคือโดยภาพรวมแล้วนักเรียนเริ่มเห็นความสำคัญของการใช้แนวทางนี้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และมีความพยายามในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มากขึ้น

กลุ่มควบคุม

โดยภาพรวมนักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนที่ดีขึ้น มีความกระตือรือร้นในการเรียน มีส่วนร่วมในการอภิปรายและแสดงความคิดเห็นมากขึ้น แต่ในบางคาบเรียนมีนักเรียนบางกลุ่มแสดงความเป็นอยู่ไม่ต้องการมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูจึงต้องเสริมแรงโดยใช้การกล่าวชม การใช้คำถามในเชิงยั่วยุกระตุ้น ทำให้นักเรียนสนใจกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น แนวทางการแก้ปัญหาที่นักเรียนใช้ในแต่ละปัญหายังไม่ค่อยมีแนวทางหรือวิธีการที่หลากหลายมากนัก นักเรียนบางคนไม่ค่อยลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง รอพึ่งครูเฉลยหรือเพื่อนเฉลย นักเรียนบางคนยังขาดการตรวจสอบคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา ครูจึงต้องคอยกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบการแก้ปัญหาทุกครั้งและพยายามอธิบายให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการตรวจสอบปัญหา เนื่องจากเมื่อครูสอบถามนักเรียนเพิ่มเติมพบว่า นักเรียนไม่เข้าใจว่าจะต้องเสียเวลาในการตรวจสอบคำตอบเพื่ออะไร เพราะตนเองก็ได้คำตอบตามที่โจทย์ต้องการแล้ว ได้ในสิ่งที่อยากทราบเรียบร้อยแล้ว และที่ตนเองเคยมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ผ่านมาก็ทำเพียงแค่อ่านปัญหาและสรุปคำตอบเท่านั้น ครูจึงต้องอธิบายเพิ่มเติมเพื่อปรับทัศนคติของนักเรียนให้สังเกตเห็นถึงความสำคัญของกระบวนการตรวจสอบการแก้ปัญหา

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยพบว่าในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มสิ่งที่เหมือนกัน คือ นักเรียนขาดความรู้พื้นฐาน ขาดความสามารถในการสื่อสารและแก้ปัญหา รวมทั้งในการแก้โจทย์ปัญหาครูต้องให้ระยะเวลาที่เหมาะสมไม่น้อยเกินไป เพราะหากครูเร่งและให้เวลานักเรียนน้อยจนเกินไปจะมีเพียงนักเรียนกลุ่มเก่งเท่านั้นที่สามารถแก้ปัญหาได้ ครูจึงควรกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสม และนอกจากนี้พบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาควรมีเวลาที่มากพอและมีการจัดกิจกรรมอย่างต่อเนื่องเพื่อให้นักเรียนคุ้นเคยกับแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว ให้นักเรียนได้ฝึกฝนและบรรลุตามวัตถุประสงค์ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลดังกล่าว รวมทั้งควรมีการนำแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาไปปรับใช้ในเนื้อหาอื่นๆ เพื่อใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนได้ต่อไป

จากการศึกษาพัฒนาการของพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า

ในระยะที่ 1 (คาบที่ 1 – 5) พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีพฤติกรรมการเรียนไม่แตกต่างกัน คือ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ค่อยตอบคำถามครู ไม่กล้าอภิปรายและแสดงความคิดเห็นของตนเอง มีเพียงนักเรียนบางส่วนเท่านั้นที่มีความกระตือรือร้นและกล้าตอบคำถามครู แต่ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองพบปัญหาในคาบที่ 1 – 3 คือ ไม่สามารถดำเนินการจัดกิจกรรมได้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ได้ตามที่ผู้วิจัยกำหนด เนื่องจากนักเรียนไม่คุ้นเคยกับกระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ทำให้ไม่สามารถเขียนอธิบายความคิดเห็นลงในแบบบันทึกได้ด้วยตนเอง ครูจึงต้องใช้เวลาในการยกตัวอย่างและเสนอแนะแนวทางในการตอบคำถามต่างๆ ให้แก่นักเรียน

ในระยะที่ 2 (คาบที่ 6 – 10) พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองเริ่มมีพฤติกรรมการเรียนที่แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุม คือ มีความกระตือรือร้นในการเรียนมากกว่ากลุ่มควบคุม รวมทั้งในกระบวนการแก้ปัญหานักเรียนมีความรอบคอบมากขึ้น สังเกตได้จากความถูกต้องของคำตอบที่ได้และการกระบวนการตรวจสอบการแก้ปัญหาโดยตรวจสอบจากแบบบันทึกของนักเรียน

ในระยะที่ 3 (คาบที่ 11 – 16) พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีพฤติกรรมการเรียนที่ดีกว่ากลุ่มควบคุม คือ มีความกระตือรือร้นในการเรียนมากกว่ากลุ่มควบคุม มีส่วนร่วมในการตอบคำถาม อภิปรายและแสดงความคิดเห็นมากกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งจากการสอบถามนักเรียนเพิ่มเติมนักเรียนอธิบายว่า กระบวนการแก้ปัญหาดังกล่าวทำให้นักเรียนมีการคิดเป็นระบบมากขึ้น รวมทั้งนักเรียนสามารถวางแผนการแก้ปัญหาได้ชัดเจนและมีการเขียนขั้นตอนโดยละเอียด ซึ่งสังเกตได้จากการวางแผนการแก้ปัญหาในแบบบันทึกของนักเรียนและการตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบที่ได้ นั่นคือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนที่ดีขึ้น

2.3 พัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง

ผู้วิจัยศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาตามแนวคิดของโพลยา (Polya, 1957: 5-40) ซึ่งมี 4 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา เป็นความสามารถที่บอกได้ว่าประเด็นปัญหาคืออะไร โจทย์กำหนดอะไรมาให้และโจทย์ถามหาอะไร

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหาของนักเรียน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากผลงานการเขียนแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา พฤติกรรมการแสดงความ

คิดเห็น การอภิปรายและการตอบคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา โดยผู้วิจัยได้แบ่งผลการศึกษาออกเป็น 3 ระยะ สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหาของนักเรียนในระยะที่ 1 (คาบที่ 1 – 5)

ในระยะนี้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบได้ แต่รายละเอียดยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งหมด ยังขาดข้อมูลหรือเงื่อนไขที่สำคัญบางประการซึ่งจำเป็นต่อการนำไปใช้แก้ปัญหา ข้อความรูปแบบในการตอบของนักเรียนส่วนใหญ่ใช้วิธีการลอกข้อความหรือประโยคจากปัญหา ดังภาพที่ 9 และภาพที่ 10

ตัวอย่างที่ 1 สนามหญ้าแห่งหนึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีอัตราส่วนของความกว้างต่อความยาวเป็น 5 : 8 ถ้าสนามหญ้ามี่ความยาว 84 เมตร จงหาพื้นที่ของสนามหญ้านี้
1. ขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา
1.1 สิ่งทีโจทย์กำหนดให้ คือ... อัตราส่วน ความกว้างต่อ ความยาว เป็น 5 : 8 ความยาว ของสนาม หญ้า
1.2 สิ่งทีโจทย์ต้องการให้หา คือ... พื้นที่ ของสนามหญ้านี้

ภาพที่ 9 ตัวอย่างการระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ไม่ครบถ้วนของนักเรียนในระยะที่ 1 (1)

ตัวอย่างที่ 2 ร้านจันทรอัลลอยนำโลหะต่างๆ มาผสมเป็นอัลลอย ด้วยอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเหล็กต่อนิกเกิล เป็น 21 : 5 และนิกเกิลต่อทองแดง เป็น 4 : 3 ถ้าต้องการได้อัลลอยหนัก 2,142 กรัม จะต้องใช้โลหะต่างๆ ชนิดละกี่กรัม
1. ขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา
1.1 สิ่งทีโจทย์กำหนดให้ คือ... 1. อัตราส่วน เหล็ก : นิกเกิล = 21 : 5 นิกเกิล : ทองแดง 4 : 3 อัลลอยหนัก 2,142 กรัม
1.2 สิ่งทีโจทย์ต้องการให้หา คือ... 9. โลหะต่างๆ

ภาพที่ 10 ตัวอย่างการระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาไม่ครบถ้วนของนักเรียนในระยะที่ 1 (2)

จากภาพที่ 9 และภาพที่ 10 พบว่า นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาได้ แต่เขียนรายละเอียดไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งหมด ซึ่งจากภาพที่ 9 นักเรียนจะต้องเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ อัตราส่วนความกว้างต่อความยาว เป็น 5 : 8 และสนามหญ้ามี่ความยาว 84 เมตร และจากภาพที่ 10 นักเรียนจะต้องเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา คือ จะต้องใช้โลหะต่างๆ ชนิดละกี่กรัม

พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหาของนักเรียนในระยะที่ 2 (คาบที่ 6 – 10)

ในระยะนี้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องการให้หาได้ถูกต้อง มีนักเรียนเพียงบางส่วนที่เขียนรายละเอียดยังไม่ครบถ้วน ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ยังใช้การลอกข้อความหรือประโยคมาจากปัญหามาตอบ แต่เริ่มมีนักเรียนบางส่วนที่มีการสรุปตามความเข้าใจของตนเอง โดยเขียนสรุปแต่ละประเด็นเป็นข้อๆ ดังภาพที่ 11

ตัวอย่างที่ 1 ซื้อไข่มา 120 ฟอง ราคา 204 บาท ในจำนวนนี้มีไข่แตกร้อยละ 2.5 ถ้าขายไข่ที่เหลือไปทั้งหมดฟองละ 2.50 บาท จะได้กำไรหรือขาดทุนร้อยละเท่าใด
<p>1. ชั้นเผชิญหน้ากับปัญหา</p> <p>1.1 สิ่งทีโจทย์กำหนดให้ คือ...<u>ซื้อไข่มา 120 ฟอง ราคา 204 บาท ซื้อไข่ที่เหลือไปทั้งหมด 2.5</u> <u>๖. จำนวนไข่ที่เหลือไปทั้งหมดราคา ๖.๕๐ บาท</u></p> <p>1.2 สิ่งทีโจทย์ต้องการให้หา คือ...<u>ขายไข่ที่เหลือทั้งหมดที่ซื้อไปราคา ๖.๕๐ บาท</u> <u>จะได้กำไรหรือขาดทุนเท่าไร</u></p>

ภาพที่ 11 ตัวอย่างการระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาไม่ละเอียดของนักเรียนในระยะที่ 2

จากภาพที่ 11 นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องแต่ระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาไม่ครบถ้วน นักเรียนจะต้องเขียนสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา คือ ถ้าขายไข่ไปทั้งหมดจากที่เหลือ ฟองละ 2.50 บาท จะได้กำไรหรือขาดทุนร้อยละเท่าไร แต่รูปแบบในการเขียนอธิบายของนักเรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้น นักเรียนไม่ได้ใช้การลอกข้อความจากปัญหาในลักษณะของการเขียนความเรียง แต่เริ่มมีการสรุปประเด็นเป็นข้อๆ จากการสอบถามนักเรียนเพิ่มเติมว่า “ทำไมนักเรียนจึงเขียนสรุปเป็นข้อๆ” นักเรียนตอบว่า “เขียนสรุปเป็นข้อๆ แล้วทำให้ผมเข้าใจง่ายขึ้นว่าโจทย์ให้มาคืออะไรและโจทย์ถามหาอะไร”

พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหาของนักเรียนในระยะที่ 3 (คาบที่ 11 – 16)

ในระยะนี้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่ต้องการให้หาได้ถูกต้อง และรูปแบบในการตอบของนักเรียนส่วนใหญ่ใช้การสรุปข้อความหรือปัญหาในลักษณะเป็นข้อความสั้นๆ มีความกระชับมากกว่าข้อความที่ปรากฏในโจทย์ ดังแสดงในภาพที่ 12

เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ (การย่อ/ขยาย)

1. ถ่ายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความยาว 32 เซนติเมตร และความกว้าง 28 เซนติเมตร เป็นรูปย่อ 60% รูปย่อดังกล่าวมีพื้นที่เท่ากับเท่าไร

1. ชั้นเผชิญหน้ากับปัญหา

1.1 สิ่ง โจทย์กำหนดให้ คือ... ล้างรูป D หน้า ยาว 32 ซม กว้าง 28 ซม ย่อ 60%

1.2 สิ่ง โจทย์ต้องการให้หา คือ... รูปย่อดังกล่าวมีพื้นที่เท่าไร

ภาพที่ 12 ตัวอย่างการระบุข้อมูลของโจทย์ได้อย่างถูกต้องครบถ้วนของนักเรียนในระยาะที่ 3

จากภาพที่ 12 นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ถูกต้องและระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาได้ครบถ้วน แต่ไม่ได้ใช้การลอกข้อความจากโจทย์ทุกประโยค มีการเขียนสรุปโดยใช้การวาดรูป และมีการเขียนตัวอักษรย่อแทนข้อความในโจทย์

จากรายละเอียดข้างต้น สรุปได้ว่า ในระยะที่ 1 นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาได้แต่ไม่ครบถ้วน และส่วนใหญ่ นักเรียนใช้วิธีการคัดลอกข้อความที่ปรากฏอยู่ในโจทย์มาใช้ในการตอบคำถาม เมื่อนักเรียนผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในระยะที่ 2 และระยะที่ 3 นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการที่ดีขึ้นสามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาได้ถูกต้อง มีนักเรียนเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ยังเขียนระบุเงื่อนไขที่สำคัญได้ไม่ครบทุกประเด็น รูปแบบในการตอบนักเรียนเริ่มใช้การสรุปเป็นข้อๆ หรือมีการเขียนอธิบายโดยใช้การวาดแผนภาพ รูป สัญลักษณ์ หรือการใช้อักษรย่อต่างๆ ในการระบุเงื่อนไขสำคัญของปัญหาแทนการคัดลอกข้อความทั้งหมด

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการใช้ข้อมูลที่วิเคราะห์ไปแล้วในขั้นที่ 1 ประกอบกับข้อมูลและความรู้ที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ให้มาเพียงพอหรือไม่ แล้วเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม โดยแบ่งขั้นตอนการแก้ปัญหาว่าอะไรเป็นขั้นตอนใหญ่ อะไรเป็นขั้นตอนย่อย จะต้องทำหรือหาอะไรก่อน-หลัง แล้วจะหาได้อย่างไร

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ขั้นวางแผนแก้ปัญหาของนักเรียน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากผลงานการเขียนแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา พฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น การอภิปรายและการตอบคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนแก้ปัญหา โดยผู้วิจัยได้แบ่งผลการศึกษาออกเป็น 3 ระยะ สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้นวางแผนแก้ปัญหาของนักเรียน
ในระยะที่ 1 (คาบที่ 1 – 5)

ในระยะนี้นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถวางแผนการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง ครูจึงต้องใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อวางแผนการแก้ปัญหาในแต่ละปัญหา เมื่อครูใช้คำถามคำถามว่านักเรียนจะแก้ปัญหานี้อย่างไร มีลำดับขั้นตอนในการหาคำตอบของปัญหาอย่างไร นักเรียนสามารถร่วมกันแสดงความคิดเห็นในลักษณะเป็นคำพูดได้แต่ไม่สามารถเขียนอธิบายได้ ทำให้เมื่อครูตรวจสอบความถูกต้องของแบบบันทึกกระบวนการกำกับทางปัญญาของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเขียนลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง หรือไม่สามารถเขียนได้ครบทุกขั้นตอน หรือมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่เขียนอธิบายการวางแผนการแก้ปัญหาเลย ดังแสดงในภาพที่ 13

<p>1. นงนุชหุงข้าวผสมลูกเต๋อโดยใช้ข้าวสาร 2 กระป๋อง และลูกเต๋อ $\frac{3}{4}$ กระป๋องสำหรับรับประทาน 5 คน ถ้านงนุชต้องการหุงข้าวผสมลูกเต๋อสำหรับรับประทาน 30 คน จะต้องใช้ข้าวสารและลูกเต๋ออย่างละกี่กระป๋อง</p>
<p>2. ขั้นตอนการกระบวนการ</p> <p>2.1 นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญหานี้อย่างไร (ระบุเป็นข้อ)..... ๑. ห้..... ๒. ไปดูที่ตัวผสมของพวก..... ๓. ไปดูที่วิธีหุงข้าว..... ๓๐..... ๔.....</p>

ภาพที่ 13 ตัวอย่างการวางแผนแก้ปัญหาที่ไม่ครบขั้นตอนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในระยะที่ 1

จากภาพที่ 13 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความพยายามที่จะวางแผนในการแก้ปัญหาแต่ยังไม่ครบกระบวนการ ไม่สมบูรณ์ ยังขาดกระบวนการแก้ปัญหาในขั้นตอนอื่นๆ รวมทั้งเขียนสื่อความไม่ชัดเจน

พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้นวางแผนแก้ปัญหาของนักเรียน
ในระยะที่ 2 (คาบที่ 6 – 10)

ในระยะนี้นักเรียนส่วนใหญ่เริ่มมีการเขียนอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ครูเริ่มมีบทบาทน้อยลงกว่าในระยะที่ 1 ในการใช้คำถามช่วยกระตุ้นให้นักเรียนวางแผนการแก้ปัญหาในแต่ละปัญหา และนักเรียนส่วนใหญ่เขียนอธิบายได้แต่ยังเขียนขั้นตอนไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ หรือเขียนอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างไม่ชัดเจน ดังภาพที่ 14

2. แม้ค่าน้ำลูกกวาดเคลือบช็อกโกแลตและเคลือบน้ำตาลมาผสมกัน ขายไปโลกรัมละ 100 บาท ถ้าราคาลูกกวาดเคลือบช็อกโกแลตโลกรัมละ 90 บาท ลูกกวาดเคลือบน้ำตาลโลกรัมละ 70 บาท แม้ค้ำจะต้องผสมลูกกวาดสองชนิดนี้ด้วยอัตราส่วนโดยน้ำหนักเท่าไร จึงจะได้กำไร 20 เปอร์เซ็นต์ *750 กรัม*

1. ชั้นกำหนดกระบวนการ

2.1 นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญหาอย่างไร (ระบุเป็นข้อ) *① กำหนดตัวแปร x, y*
② - กำหนดตัวแปร x, y โดยสมการและเงื่อนไข

ภาพที่ 14 ตัวอย่างการวางแผนแก้ปัญหาที่ระบุไม่ชัดเจนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในระยะที่ 2

จากภาพที่ 14 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการเขียนอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง แต่ยังไม่สามารถเขียนอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน มีการระบุว่าแทนสมการแต่ไม่เขียนอธิบายเพิ่มเติมว่าสมการดังกล่าวคือสมการอะไร หรือสมการดังกล่าวได้มาจากความสัมพันธ์ใดจากเงื่อนไขในปัญหา

พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้นวางแผนแก้ปัญหาของนักเรียนในระยะที่ 3 (คาบที่ 11 - 16)

ในระยะนี้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถวางแผนได้ด้วยตนเอง มีการเขียนอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาได้ดีกว่าในระยะที่ 2 สามารถเขียนอธิบายรายละเอียดของการแก้ปัญหาได้ชัดเจนมากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 15

2. ถ้ายายรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่มีแต่ละด้านยาว 18 เซนติเมตร เป็นรูปขยาย 150% รูปขยายมีพื้นที่เท่ากับเท่าไร

2. ชั้นกำหนดกระบวนการ

2.1 นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญหาอย่างไร (ระบุเป็นข้อ).....

1. หาพท. ของ Δ ด้านเท่า

2. จำนวน X แทนรูปขยายของ Δ ด้านเท่า

3. เขียนสัดส่วนแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พท. Δ ครึ่งกับ พท. Δ ขยาย

4. แก้สมการหาค่า X

ภาพที่ 15 ตัวอย่างการวางแผนแก้ปัญหาที่ครบถ้วนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในระยะที่ 3

จากภาพที่ 15 เป็นตัวอย่างการวางแผนแก้ปัญหาของนักเรียน ซึ่งนักเรียนเขียนอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาย่างละเอียดและชัดเจน มีการระบุเป็นข้อเพื่อให้เข้าใจกระบวนการได้ง่าย

จากรายละเอียดข้างต้น สรุปได้ว่า ในระยะที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถวางแผนแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง ครูต้องมีบทบาทสำคัญในการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อวางแผนแก้ปัญหา ในระยะที่ 2 และระยะที่ 3 นักเรียนเริ่มมีพัฒนาการด้านความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหาที่ดีขึ้น สังเกตได้จากการเขียนอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาของนักเรียนมีการเขียนอธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ละเอียดและชัดเจนขึ้นตามลำดับ ซึ่งจากการสังเกตของผู้วิจัย พบว่าการที่ในระยะที่ 1 นักเรียนไม่สามารถเขียนแผนการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองเนื่องจากนักเรียนไม่เคยได้รับการฝึกฝนกระบวนการดังกล่าวมาก่อน ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเขียนอธิบายออกมาในลักษณะของข้อความได้ แต่เมื่อครูใช้คำถามในการถามนักเรียนกลับพบว่านักเรียนสามารถอธิบายออกมาในเชิงคำพูดได้ว่าต้องการหาสิ่งใดก่อนหลัง นั่นคือ ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ครูควรมีการฝึกให้นักเรียนได้เขียนแผนการแก้ปัญหาเพื่อฝึกให้นักเรียนมีการแก้ปัญหาย่างเป็นระบบมากขึ้น

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ เป็นความสามารถในการดำเนินการตามวิธีการที่เลือกไว้จนกระทั่งได้คำตอบ สำหรับปัญหาที่มีการคิดคำนวณ ขั้นนี้เป็นขั้นที่ลงมือคิดคำนวณเพื่อหาคำตอบตามวิธีการทางคณิตศาสตร์

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากผลงานการเขียนแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา พฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น การอภิปรายและการตอบคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ โดยผู้วิจัยได้แบ่งผลการศึกษาออกเป็น 3 ระยะ สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบของนักเรียนในระยะที่ 1 (คาบที่ 1 – 5)

ในระยะนี้นักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบได้ถูกต้อง รวมทั้งมีการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอได้ไม่ถูกต้อง ซึ่งในระยะแรกครูต้องอธิบายเพิ่มเติมและคอยชี้แนะเกี่ยวกับการเขียนแสดงวิธีแก้ปัญหาดังตัวอย่างในภาพที่ 16

ตัวอย่างที่ 2 ในการรับสมัครนักเรียนเข้าค่ายคณิตศาสตร์ของโรงเรียนหอวัง อัตราส่วนของจำนวนนักเรียนที่สมัคร ชั้น ม.1 ต่อชั้น ม.2 ต่อชั้น ม.3 เป็น 5 : 3 : 2 เมื่อถึงวันเข้าค่ายมีนักเรียนชั้น ม.1 ถอนตัว 10 คน นักเรียนชั้น ม.2 สมัครเพิ่ม 6 คน และนักเรียนชั้น ม.3 สมัครเพิ่ม 8 คน ทำให้อัตราส่วนของนักเรียนที่เข้าค่ายชั้น ม.1 ต่อชั้น ม.2 ต่อชั้น ม.3 เป็น 5 : 4 : 3 จงหาว่านักเรียนเข้าค่ายทั้งหมดกี่คน

3.2 นักเรียนดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามแผนที่วางไว้

1. ตั้งจาก อ.1 : อ.2 : อ.3 เป็น 5 : 3 : 2 มีคนสมัคร 2 คน ถอนตัว 10 คน

จากแผนที่

สมมติว่านักเรียนในชั้น ม.1 : ม.2 : ม.3 = $\frac{5x}{3x+6} = \frac{5}{4}$

$$= 20x - 40 = 15x + 30$$

$$20x - 15x = 50 + 40$$

$$= 5x = 90$$

$$= x = 18$$

นั่นคือ อ.1 $5(18) = 60$ คน อ.2 $3(18) = 48$ คน

อ.3 $2(18) = 36$ คน = 36 คน = 60 + 48 + 36 = 144 คน

ภาพที่ 16 ตัวอย่างการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่ถูกต้องหลักการของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในระยาะที่ 1

จากภาพที่ 16 พบว่า มีการดำเนินการแก้ปัญหตามแผนที่นักเรียนกำหนดไว้ แต่ในประเด็นของการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอของนักเรียนยังไม่ถูกต้อง เนื่องจากในการแสดงความเท่ากันของอัตราส่วน 2 อัตราส่วน นักเรียนใช้เครื่องหมายเท่ากับ (=) กำกับทั้งเศษและส่วน ซึ่งไม่ถูกต้องตามหลักการทางคณิตศาสตร์

พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้นดำเนินการแก้ปัญหและหาคำตอบของนักเรียนในระยาะที่ 2 (คาบที่ 6 - 10)

ในระยาะนี้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถดำเนินการแก้ปัญหและหาคำตอบได้ แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่สามารถดำเนินการแก้ปัญหและหาคำตอบได้ แต่ในการเขียนอธิบายการดำเนินการแก้ปัญหของนักเรียนใช้การเขียนเป็นความเรียงต่อกันในทุกส่วน ไม่มีการเขียนเป็นลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหที่ชัดเจน ดังตัวอย่างในภาพที่ 17

ตัวอย่างที่ 1 ซื้อไข่มา 120 ฟอง ราคา 204 บาท ในจำนวนนี้ไข่แตกร้อยละ 2.5 ถ้าขายไข่ที่เหลือไปทั้งหมดฟองละ 2.50 บาท จะได้กำไรหรือขาดทุนร้อยละเท่าใด

3.2 นักเรียนดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามแผนที่วางไว้

↓
 ฟองจากราคาไข่ใหม่ 120 ฟอง แต่ไข่แตกร้อยละ 2.5
 นั่นคือ จะมีไข่ที่แตกหายไป $2.5 \times 120 = 3$ ฟอง
 ไข่ที่เหลือ 117 ฟอง
 ฟองจากราคาเดิม 120 ฟอง ไข่ที่เหลือไป 3 ฟอง
 ไข่ที่เหลือ 117 ฟอง
 นั่นคือ $2.50 \times 117 = 292.50$
 ฟองจากราคาใหม่ 204 บาท แต่ขายไข่ไว้
 292.50 บาท
 คิดกำไร $292.50 - 204 = 88.50$ บาท คิดกำไร $\frac{88.50}{204} \approx 43.34\%$
 คิดกำไร $\frac{88.50}{204} \approx 43.34\%$

ภาพที่ 17 ตัวอย่างการดำเนินการแก้ปัญหาที่เขียนลักษณะความเรียงของนักเรียนในระยาะที่ 2

จากภาพที่ 17 พบว่า นักเรียนเขียนอธิบายการดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบในลักษณะของการเขียนเป็นความเรียงต่อเนื่องกัน ไม่ใช้การเขียนอธิบายเป็นลำดับขั้นตอนให้ชัดเจน ส่งผลให้ผู้อื่นที่อ่านกระบวนการแก้ปัญหานี้ อาจเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนได้

พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบของนักเรียนในระยาะที่ 3 (คาบที่ 11 - 16)

ในระยาะนี้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบได้ถูกต้อง รวมทั้งมีการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอได้ถูกต้องเหมาะสม ดังตัวอย่างในภาพที่ 18

ตัวอย่างที่ 1 ถ้าขยายรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่มีด้านประกอบมุมยอดยาว 8 เซนติเมตร และฐานยาว 5 เซนติเมตร เป็นรูปขยาย 140% รูปขยายมีผลต่างของด้านประกอบมุมยอดและฐานเท่ากับเท่าไร

3.2 นักเรียนดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามแผนที่วางไว้

จากโจทย์รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่มีด้านประกอบมุมยอดยาว 8 ซม. และฐานยาว 5 ซม.
 นั่นคือ ผลต่างของด้านประกอบมุมยอดกับฐานเท่ากับ $8 - 5 = 3$ ซม.
 ให้ x แทนผลต่างของผลต่างของด้านประกอบมุมยอดและฐาน
 จากโจทย์จะเห็นว่า จะขยายรูป 140% สามารถเขียนสัญลักษณ์ได้ดังนี้

$$\frac{x}{3} = \frac{140}{100}$$

$$x = \frac{140 \times 3}{100} = \frac{42}{10}$$

$$x = 4.2$$

ภาพที่ 18 ตัวอย่างการดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบที่ถูกต้องของนักเรียนในระยาะที่ 3

จากภาพที่ 18 พบว่า นักเรียนสามารถดำเนินการแก้ปัญหาเป็นไปตามแผนที่ได้วางไว้ มีการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอได้ถูกต้องเหมาะสม สามารถเขียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาได้ละเอียดและครบถ้วน อ่านแล้วเข้าใจ

จากรายละเอียดข้างต้น พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการเกี่ยวกับการดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบดีขึ้นตามลำดับ โดยเมื่อผ่านไปจนกระทั่งถึงระยะที่ 3 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบได้ดีกว่าในระยะที่ 1 และระยะที่ 2 สามารถดำเนินการหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง มีการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอได้ถูกต้องเหมาะสม

ขั้นที่ 4 **ขั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ** เป็นความสามารถในการตรวจสอบการแก้ปัญหาทั้งในด้านความเป็นไปได้ของคำตอบ ความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบ ความสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดให้หรือไม่ ตลอดจนตรวจสอบกระบวนการต่างๆในการหาคำตอบ

ในการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ขั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและหาคำตอบ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากผลงานการเขียนแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา พฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น การอภิปรายและการตอบคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและหาคำตอบ โดยผู้วิจัยได้แบ่งผลการศึกษาออกเป็น 3 ระยะ สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ขั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบของนักเรียนในระยะที่ 1 (คาบที่ 1 - 5)

ในระยะนี้นักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถดำเนินการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบได้ถูกต้อง ซึ่งในระยะแรกครูต้องอธิบายเพิ่มเติมและคอยชี้แนะเกี่ยวกับกระบวนการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบว่านักเรียนต้องดำเนินการอย่างไร ดังตัวอย่างในภาพที่ 19

1. นงนุชหุงข้าวผสมลูกเต๋อยโดยใช้ข้าวสาร 2 กระจบอง และลูกเต๋อย $\frac{3}{4}$ กระจบองสำหรับรับประทาน 5 คน ถ้านงนุชต้องการหุงข้าวผสมลูกเต๋อยสำหรับรับประทาน 30 คน จะต้องใช้ข้าวสารและลูกเต๋อยอย่างละกี่กระจบอง

4.2 ให้นักเรียนตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ.....

.....

.....

..... คำตอบที่ ได้ จำนวน 6 ข. ได้ค่าเท่ากับ

.....

ภาพที่ 19 ตัวอย่างการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาที่ระบุเพียงวิธีการของนักเรียนในระยะที่ 1

จากภาพที่ 19 พบว่า นักเรียนมีการระบุขั้นตอนการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ แต่ไม่มีกระบวนการตรวจสอบข้อมูลดังกล่าว นั่นคือ มีการระบุวิธีการแต่ไม่มีกระบวนการตรวจสอบการแก้ปัญหาของตนเอง

พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบของนักเรียนในระยะที่ 2 (คาบที่ 6 - 10)

ในระยะนี้นักเรียนส่วนใหญ่สามารถดำเนินการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบได้ถูกต้อง แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่มีกระบวนการตรวจสอบการแก้ปัญหาและคำตอบที่ไม่สมบูรณ์ ดังตัวอย่างในภาพที่ 20

ตัวอย่างที่ 1 คาร์มีต้นชวนชมและต้นเฟื่องฟ้าอยู่จำนวนหนึ่ง อัตราส่วนของจำนวนต้นชวนชมต่อจำนวนต้นเฟื่องฟ้า เป็น 5 : 3 เมื่อเขาจำหน่ายต้นชวนชมไป 22 ต้น และต้นเฟื่องฟ้าไป 16 ต้น แล้วอัตราส่วนของจำนวนต้นชวนชมที่เหลือต่อต้นจำนวนต้นเฟื่องฟ้าที่เหลือ เป็น 9 : 5 จงหาว่าเดิมคาร์มีต้นชวนชมและต้นเฟื่องฟ้าอยู่อย่างละกี่ต้น

4.2 ให้นักเรียนตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ.....

เดิมต้นชวนชม : เฟื่องฟ้า = 5 : 3

แทนค่าที่ได้ = 85 : 51


เหลือต้นชวนชม 22 ต้น ต้นเฟื่องฟ้า 16 = 63 : 35 = 9 : 5

ภาพที่ 20 ตัวอย่างการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาที่ไม่ครบถ้วนนักเรียนในระยะที่ 2

จากภาพที่ 20 พบว่า นักเรียนมีกระบวนการตรวจสอบการแก้ปัญหาและคำตอบ แต่กระบวนการตรวจสอบการแก้ปัญหานักเรียนไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ว่าการแทนค่าที่ได้ คือ การแทนสิ่งใดและได้ 85 : 51 มาอย่างไร และในบรรทัดสุดท้ายไม่แสดงกระบวนการว่าในการขายต้นไม้แต่ละชนิดไปเหตุใดจึงเหลือแค่ 63 : 35 มาจากการดำเนินการทางคณิตศาสตร์อย่างไร นั่นคือมีกระบวนการตรวจสอบการแก้ปัญหาแต่ยังไม่ชัดเจน

พัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ชั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบของนักเรียนในระยะที่ 3 (คาบที่ 11 - 16)

ในระยะนี้นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการเกี่ยวกับการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบที่ดีขึ้น มีการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาคบถ้วน และใช้วิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างในภาพที่ 21



อาคารแห่งหนึ่งมีความยาว 24 เมตร และกว้าง 15 เมตร ถ้าในแผนผังใช้มาตราส่วน 1 ซม. : 3 เมตร แล้วความยาวและความกว้างในแผนผังต่างกันกี่เซนติเมตร

4.2 ให้นักเรียนตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ

ถ้า x แทน/หรือสัดส่วน โดยให้ x แทนความยาวในแผนที่ ($x = 5$)

$$\frac{1}{3} = \frac{x}{15}$$

$$\frac{1}{3} = \frac{5}{15} \text{ (จริง)}$$

ถ้า y แทน/หรือสัดส่วน โดยให้ y แทนความกว้างในแผนที่ ($y = 8$)

$$\frac{1}{3} = \frac{y}{24}$$

$$\frac{1}{3} = \frac{8}{24} \text{ (จริง)}$$

ภาพที่ 21 ตัวอย่างการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาที่ครบถ้วนสมบูรณ์ของนักเรียนในระยาะที่ 3

จากภาพที่ 21 พบว่า นักเรียนมีการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบครบถ้วนทุกขั้นตอน และใช้สัญลักษณ์ วิธีการตรวจสอบได้อย่างถูกต้อง

จากรายละเอียดข้างต้น พบว่า ในระยะที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถดำเนินการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบได้อย่างถูกต้อง เมื่อผู้วิจัยสอบถามนักเรียนบางคนว่า “ทำไมนักเรียนจึงไม่เขียนอธิบายการตรวจสอบคำตอบ” นักเรียนตอบว่า “ก็หนูได้คำตอบแล้ว ไม่เห็นจำเป็นต้องตรวจสอบคำตอบเลยคะ” ผู้วิจัยจึงต้องอธิบายเพิ่มเติมให้นักเรียนเห็นความสำคัญของกระบวนการตรวจสอบการแก้ปัญหาและคำตอบว่ามีความสำคัญอย่างไร และเหตุใดนักเรียนจึงต้องทำ และเมื่อผ่านไปจนถึงระยะที่ 3 สังเกตได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถตรวจสอบคำตอบได้ด้วยตนเอง ยังมีนักเรียนเพียงบางคนเท่านั้นที่เว้นส่วนนี้ไว้โดยไม่มีการเขียนอธิบายใดๆ เพิ่มเติม

2.4 พัฒนาการของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มทดลอง

ผู้วิจัยศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่เรียน โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทาง ปัญหา ตามแนวคิดของเอนนิสและมิลแมน (Ennis and Millman, 1985: 133) โดยได้วิเคราะห์ผล จากคะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของ นักเรียนกลุ่มทดลอง และเนื่องจากรูปแบบของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำนวน 28 ข้อ ได้แบ่งเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 เป็นแบบวัดแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ประกอบด้วยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 2 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถในการระบุ ข้อตกลงเบื้องต้น และด้านความสามารถในการนิรนัย ด้านละ 7 ข้อ รวม 14 ข้อ และตอนที่ 2 เป็น แบบวัดแบบอัตนัยชนิดเติมคำตอบ ประกอบด้วยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 2 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต และด้าน ความสามารถในการอุปนัย ด้านละ 7 ข้อ รวม 14 ข้อ

จากรูปแบบของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ ผู้วิจัยแบ่งการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่ม ทดลองออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ศึกษาคะแนนพัฒนาการของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ นักเรียนกลุ่มทดลอง เมื่อเทียบกับคะแนนเต็มรายด้าน (คะแนนเต็มด้านละ 7 คะแนน) แสดงได้ ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 แสดงคะแนนพัฒนาการของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน กลุ่มทดลอง

ความสามารถในการคิดอย่าง มีวิจารณญาณ	คะแนนเฉลี่ยก่อน เรียน	คะแนนเฉลี่ยหลัง เรียน	คะแนนเฉลี่ย เพิ่มขึ้น
ด้านความสามารถในการระบุ ข้อตกลงเบื้องต้น	5.42	6.11	9.86%
ด้านความสามารถในการนิรนัย	3.44	4.46	14.57%
ด้านความสามารถในการ พิจารณาความน่าเชื่อถือของ แหล่งข้อมูลและการสังเกต	4.50	5.68	16.85%
ด้านความสามารถในการอุปนัย	3.61	4.84	17.57%

จากตารางที่ 16 แสดงถึงผลการศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณของนักเรียนโดยการวิเคราะห์ผลจากคะแนนแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณของนักเรียนกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนเทียบกับคะแนนเต็มรายด้าน (ด้านละ 7 คะแนน) พบว่า คะแนนเฉลี่ยของความสามารถด้านการระบุข้อตกลงเบื้องต้นก่อนเรียนและหลังเรียนมีคะแนนสูงที่สุด เท่ากับ 5.42 และ 6.11 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาการเพิ่มขึ้นของคะแนนเฉลี่ย พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณในแต่ละด้านเพิ่มขึ้น โดยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณที่นักเรียนมีพัฒนาการสูงที่สุด คือ คะแนนความสามารถในการอุปนัย ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 17.57% ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณที่นักเรียนมีพัฒนาการเป็นอันดับที่ 2 คือ คะแนนความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 16.85% ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณที่นักเรียนมีพัฒนาการเป็นอันดับที่ 3 คือ คะแนนความสามารถในการนิรนัย ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 14.57% และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณที่นักเรียนมีพัฒนาการน้อยที่สุด คือ ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น 9.86%

ตอนที่ 2 ศึกษาพัฒนาการของความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต และด้านความสามารถในการอุปนัยเพิ่มเติม โดยพิจารณาจากการเขียนอธิบายเหตุผลประกอบการตอบคำถามในแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. ด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต (Credibility of source and observation)

ก่อนเรียน

ในการทำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามได้ไม่ถูกต้องและยังไม่สามารถเขียนอธิบายเหตุผลการตอบดังกล่าวได้ถูกต้อง หรือยังเขียนอธิบายไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ว่าเหตุใดถึงเชื่อถือหรือไม่เชื่อถือนักกล่าวของบุคคลแต่ละคนในสถานการณ์ปัญหานั้น ดังภาพที่ 22

17. ในการแข่งขันเทนนิสรายการไทยแลนด์โอเพ่น ประเภทชายเดี่ยว ดนัย อุดมโชคชนะ ภราดร ศรีชาพันธุ์ 3 ต่อ 2 เซต จากผลการแข่งขันนี้คุณกล่าวว่า "อัตราส่วนของจำนวนเซตที่दनัยชนะต่อจำนวนเซตที่दनัยแพ้ เป็น 2 : 3" ส่วนจ๊อบกล่าวว่า "อัตราส่วนของจำนวนเซตที่दनัยชนะต่อจำนวนเซตที่दनัยแข่งเป็น 3 : 5" นักเรียนจะตัดสินคำกล่าวของนุชและจ๊อบว่าอย่างไร

คำกล่าวของนุช

นำเชื่อถือ เพราะ แข่ง 3 เซต ชนะได้ 2 เซต

ไม่นำเชื่อถือ เพราะ.....

คำกล่าวของจ๊อบ

นำเชื่อถือ เพราะ.....

ไม่นำเชื่อถือ เพราะ แข่ง 5 เซต ชนะ 3 เซต

ภาพที่ 22 แสดงการเขียนอธิบายด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล และการสังเกตจากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน

จากภาพที่ 22 พบว่า นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามได้และไม่สามารถอธิบายเหตุผลประกอบการตอบคำถามได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจากภาพที่ 22 นักเรียนต้องตอบว่า คำกล่าวของนุช ไม่นำเชื่อถือ เพราะอัตราส่วนของจำนวนเซตที่दनัยชนะต่อจำนวนเซตที่दनัยแพ้ เป็น 3 : 2 และ คำกล่าวของจ๊อบ นำเชื่อถือ เพราะจำนวนเซตที่दनัยแข่งคือ 5 เซต นั่นคือ อัตราส่วนของจำนวนเซตที่दनัยชนะต่อจำนวนเซตที่दनัยแข่งเป็น 3 : 5

หลังเรียน

ในการทำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามได้ สามารถเขียนอธิบายเหตุผลการตอบดังกล่าวได้ถูกต้อง หรือเขียนอธิบายได้ครบถ้วนสมบูรณ์ว่าเหตุใดถึงเชื่อถือหรือไม่เชื่อถือคำกล่าวของบุคคลแต่ละคนในสถานการณ์ปัญหานั้น ดังภาพที่ 23

20. ผลการสอบวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น ม.2/3 มีนักเรียนสอบได้เกรด 4 คิดเป็น 30% ของนักเรียนทั้งหมด อุ่มและ
 ปิ่นต่างก็เป็นนักเรียนในห้องนี้ อุ่มพูดว่า “ห้องเรามีนักเรียนที่สอบไม่ได้เกรด 4 คิดเป็น 70% ของนักเรียนทั้งหมด” ส่วนปิ่น
 พูดว่า “ห้องเรามีนักเรียนทั้งหมด 50 คน แสดงว่ามีนักเรียนที่สอบได้เกรด 4 จำนวน 15 คน” นักเรียนจะตัดสินคำพูด
 ของอุ่มและปิ่นว่าอย่างไร

คำกล่าวของอุ่ม

นำเชื่อถือ เพราะ..... ทั้งหมดมี 100% ได้เกรด 4 30% ฉะนั้น ไม่ได้เกรด 4 70%

ไม่นำเชื่อถือ เพราะ.....

คำกล่าวของปิ่น

นำเชื่อถือ เพราะ..... สอบได้เกรด 4 30% นักเรียนทั้งหมด 50 คน คิดเป็น $30 \times 50 = 15$

ไม่นำเชื่อถือ เพราะ.....

ภาพที่ 23 แสดงการเขียนอธิบายด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของ
 แหล่งข้อมูลและการสังเกตจากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน

จากภาพที่ 23 พบว่า นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนอธิบายเหตุผล
 ประกอบการตัดสินความน่าเชื่อถือดังกล่าวได้ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ มีการเขียนแสดงเหตุผลใน
 การตอบคำถามโดยละเอียด

จากรายละเอียดข้างต้นสรุปได้ว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามได้แต่ยังให้เหตุผล
 ประกอบการตัดสินความน่าเชื่อถือของข้อมูลดังกล่าวไม่ถูกต้องหรือเขียนไม่ครบถ้วน และเมื่อพิจารณา
 ข้อมูลหลังเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการของความสามารถในการพิจารณาความ
 น่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต (Credibility of source and observation) ที่ดีขึ้น
 ซึ่งสังเกตได้จากการเขียนอธิบายเหตุผลประกอบการตัดสินความน่าเชื่อถือของนักเรียน

2. ด้านความสามารถในการอุปนัย (Induction)

ก่อนเรียน

นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง รวมทั้งไม่สามารถเขียนอธิบายเหตุผล
 ประกอบการสรุปข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ดังภาพที่ 24

23. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

A : ถ้านักเรียนขาดเรียนวิชาคณิตศาสตร์เกิน $\frac{1}{4}$ ของจำนวนคาบเรียนทั้งหมด แล้วนักเรียนจะหมดสิทธิ์สอบ

B : ภัทราไม่ชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์

จึงสรุปว่า ภัทราหมดสิทธิ์สอบวิชาคณิตศาสตร์ นักเรียนคิดว่าข้อสรุปนี้สนับสนุนหรือคัดค้านหรือไม่เกี่ยวข้องกับข้อความข้างต้น

สนับสนุน เพราะ.....

คัดค้าน เพราะ ไม่ชอบเรียน แต่ต้องงกเรียนเกิน $\frac{1}{4}$ เวลากับผลก็ได้.....

ไม่เกี่ยวข้อง เพราะ.....

ภาพที่ 24 แสดงการเขียนอธิบายด้านความสามารถในการอุปนัยจากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน

จากภาพที่ 24 พบว่า นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนอธิบายเหตุผลประกอบไม่ถูกต้อง ซึ่งจากภาพที่ 24 นักเรียนต้องตอบว่า ไม่เกี่ยวข้อง เพราะการที่ภัทราไม่ชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไม่ได้หมายความว่าภัทร่าจะขาดเรียนวิชาคณิตศาสตร์เกิน $\frac{1}{4}$ ของจำนวนคาบเรียนทั้งหมด

หลังเรียน

นักเรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามได้ถูกต้อง และเขียนอธิบายเหตุผลประกอบการสรุปข้อดังกล่าวได้ถูกต้อง ชัดเจนมากขึ้นกว่าก่อนเรียน ดังจะเห็นได้จากภาพที่ 25

28. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

A : เหตุการณ์ที่ดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันตก เป็นเหตุการณ์ที่ไม่เกิดขึ้นอย่างแน่นอน

B : นกหวีบได้ลูกบอลสีฟ้าจากกล่องที่มีแต่ลูกบอลสีแดงเท่านั้น

จึงสรุปว่าการกระทำของนกเป็นเหตุการณ์ที่ไม่เกิดขึ้นอย่างแน่นอน นักเรียนคิดว่าข้อสรุปนี้สนับสนุนหรือคัดค้านหรือไม่เกี่ยวข้องกับข้อความข้างต้น

สนับสนุน เพราะ ในกล่องมีแต่ลูกบอลสีแดงแต่ไม่มีสีฟ้า จึงไม่อาจหวีบได้ลูกบอลสีฟ้า

คัดค้าน เพราะ.....

ไม่เกี่ยวข้อง เพราะ.....

ภาพที่ 25 แสดงการเขียนอธิบายด้านความสามารถในการอุปนัยจากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน

จากภาพที่ 25 พบว่า นักเรียนสามารถเลือกคำตอบได้ถูกต้องและสามารถเขียนอธิบายเหตุผลประกอบการสรุปคำตอบได้ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์

จากรายละเอียดข้างต้นสรุปได้ว่า ก่อนเรียนนักเรียนบางส่วนตอบคำถามได้ถูกต้องแต่ยังให้เหตุผลประกอบการลงข้อสรุปดังกล่าวได้ไม่ถูกต้อง หรือไม่ชัดเจน และเมื่อพิจารณาข้อมูลหลังเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการของความสามารถในการอุปนัย (Induction) ที่ดีขึ้น ซึ่งสังเกตได้จากการเขียนอธิบายเหตุผลของตนเองในประกอบการลงข้อสรุปดังกล่าวว่าสนับสนุน คัดค้าน หรือไม่เกี่ยวข้องกับข้อความหรือสถานการณ์ปัญหาข้างต้น



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญากับการเรียนแบบปกติ

3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา

4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญากับการเรียนแบบปกติ

5. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษา ขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Selection) เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนหอวัง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ เป็นโรงเรียนมัธยมขนาดใหญ่พิเศษ เปิดสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีห้องเรียนทั้งหมด 91 ห้องเรียน ผู้วิจัยดำเนินการทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งมีทั้งสิ้น 15 ห้องเรียน รวม 772 คน โดยผู้วิจัยจัดนักเรียนเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้การพิจารณาคะแนนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 ของนักเรียนทั้ง 15 ห้อง มาหาค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{x}) และค่า

เบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) แล้วเลือกห้องที่มีค่ามัธยฐานเลขคณิต (\bar{x}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ใกล้เคียงกันมากที่สุด จำนวน 2 ห้อง ได้แก่ ห้อง ม.2/10 จำนวน 54 คน และห้อง ม.2/11 จำนวน 54 คน แล้วนำมาทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ค่าเอฟ (F – Test) ซึ่งผลจากการทดสอบ พบว่า ความแปรปรวนของคะแนนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมของนักเรียนทั้งสองห้องไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05 จากนั้นทดสอบความแตกต่างของค่ามัธยฐานเลขคณิตของคะแนน ด้วยค่าที (t – test) พบว่า คะแนนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมของนักเรียนทั้งสองห้องไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่านักเรียนทั้งสองห้องมีความรู้รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมไม่แตกต่างกัน จากนั้นผู้วิจัยให้นักเรียนทั้ง 2 ห้อง ทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนเรียน และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน จากนั้นนำผลที่ได้ไปทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ค่าเอฟ (F – Test) ซึ่งผลจากการทดสอบ พบว่า ความแปรปรวนของคะแนนสอบของนักเรียนทั้งสองห้องไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05 จากนั้นจึงทดสอบความแตกต่างของค่ามัธยฐานเลขคณิตด้วยค่าที (t – test) พบว่า ค่ามัธยฐานเลขคณิตไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ .05 แสดงว่านักเรียนทั้ง 2 ห้องมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่แตกต่างกัน จากนั้นผู้วิจัยทำการจับสลากเพื่อกำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา 1 ห้องเรียนและกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ 1 ห้องเรียน ผลปรากฏว่า นักเรียนห้อง ม.2/11 เป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา และนักเรียนห้อง ม.2/10 เป็นกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ประกอบด้วย

1.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาสำหรับกลุ่มทดลอง

1.2 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติสำหรับกลุ่มควบคุม

ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ ครอบคลุมสาระการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 16 แผน ระยะเวลา 16 คาบ ผู้วิจัยได้เขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละแผนโดยระบุรายละเอียดหัวข้อเรื่อง จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ การวัดและการประเมินผล และ

บันทึกหลังการสอน สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นนำ ขั้นสอนและขั้นสรุป (ในขั้นสอนแบ่งเป็น 5 ชั้น คือ ชั้นเผชิญหน้ากับปัญหา ชั้นกำหนดกระบวนการ ชั้นลงมือปฏิบัติ ชั้นประเมินผลและขั้นซึมซับทางความคิด) และสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มควบคุมผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นนำ ขั้นสอนและขั้นสรุป จากนั้นผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา การเรียงลำดับเนื้อหา และความสอดคล้องขององค์ประกอบต่างๆ ในแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะและนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

2.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน

ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยกำหนดกรอบของการแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา (Polya, 1957: 5 – 40) ซึ่งประกอบด้วย 4 ชั้น ได้แก่ ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ และขั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ ลักษณะของแบบวัดเป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ ข้อละ 10 คะแนน ซึ่งครอบคลุมสาระการเรียนรู้ มาตรฐานและผลการเรียนรู้ จากนั้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาและความเหมาะสมด้านภาษา เมื่อผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงตามคำแนะนำแล้ว จึงนำแบบวัดทั้งสองฉบับไปทดลองกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัด พบว่า

- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.75 มีค่าความยาก (P) 0.42 – 0.68 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) 0.33 – 0.53

- แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.82 มีค่าความยาก (P) 0.39 – 0.64 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) 0.28 – 0.62

2.2 แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยผู้วิจัยกำหนดกรอบของการแสดงความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามกระบวนการของเอนนิสและมิลแมน (Ennis and Millman, 1985: 133) ซึ่งประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ด้านความสามารถในการนิรนัย ด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต และด้านความสามารถในการอุปนัย จากนั้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาและความเหมาะสมด้านภาษา เมื่อผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงตามคำแนะนำแล้ว จึงนำแบบวัดไปทดลองกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์

คุณภาพของแบบวัด พบว่า แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.83 มีค่าความยาก (P) 0.21 – 0.72 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) 0.24 – 0.69

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ขั้นเตรียมการ

1.1 ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาสำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติสำหรับกลุ่มควบคุม

1.2 ผู้วิจัยจัดเตรียมสื่อ อุปกรณ์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับการสอนกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม

1.3 ผู้วิจัยทำหนังสือขออนุญาตดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงโรงเรียนหอวัง โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. ขั้นตอนการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 ผู้วิจัยให้นักเรียนทั้ง 2 ห้อง ทำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนเรียน และทำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียน

2.2 ผู้วิจัยดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม โดยนักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองดำเนินการสอนตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา และสอนนักเรียนกลุ่มควบคุมตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ กลุ่มละ 16 คาบ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 เนื้อหาที่สอน เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ

2.3 เมื่อดำเนินการสอนตามเนื้อหาที่กำหนดไว้ในแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบแล้ว ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนและแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม แล้วนำผลการทดสอบจากมาตรวจให้คะแนนและทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for the Social Science: SPSS) โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลอง ที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มาคำนวณหาค่ามัชฌิมเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบ

ความแตกต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t – Paired Samples Test) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยนำคะแนนสอบหลังการทดลองที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มาคำนวณหาค่ามัชฌิมเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t – Independent Samples Test) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

3) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ระหว่างก่อนทดลองและหลังทดลอง โดยนำคะแนนสอบก่อนและหลังการทดลองที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มาคำนวณหาค่ามัชฌิมเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t – Paired Samples Test) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

4) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยนำคะแนนสอบหลังการทดลองที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มาคำนวณหาค่ามัชฌิมเลขคณิต ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่ามัชฌิมเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (t – Independent Samples Test) ที่ระดับนัยสำคัญ .05

5) วิเคราะห์พัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา โดยพิจารณาจากภูมิหลังของนักเรียน ผลงานการเขียนแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา พฤติกรรมการแสดงความคิดเห็น การอภิปรายและการตอบคำถามของนักเรียน

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
5. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา มีพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ดีขึ้น มีพัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และพัฒนาการของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปในทางที่ดีขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

1. จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา นักเรียนถูกกระตุ้นให้มีกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา ตระหนักรู้ถึงขั้นตอน ทักษะ กลวิธีและแหล่งข้อมูลที่เป็นต่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งหากพิจารณาจากขั้นตอนของการจัดกิจกรรมโดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า กระบวนการดังกล่าวสามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้ง 4 ชั้นของโพลยา (Polya, 1957: 5-40) ได้เป็นอย่างดี กล่าวคือ ในขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement) สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหาได้ เนื่องจากในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องเผชิญปัญหาและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหานั้น ในขั้นกำหนดกระบวนการ (Transformation - Formulation) สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ขั้นวางแผนแก้ปัญหาได้ เนื่องจากในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องวางแผนการแก้ปัญหา โดยใช้การวิเคราะห์และกำหนดกรอบในการแก้ปัญหา ในขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation) สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาและหาคำตอบ เนื่องจากในขั้นตอนนี้เป็นการดำเนินการแก้ปัญหตามแผนที่ได้วางไว้ และในขั้นประเมินผล (Evaluation) สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ขั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบได้

เนื่องจากในขั้นนี้เป็นขั้นที่มีการตัดสินใจเกี่ยวกับความเหมาะสมของแผน การปฏิบัติตามแผนและวิธีการแก้ปัญหา

นอกจากนี้ในระหว่างการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นนักเรียนจะต้องมีกระบวนการกำกับทางปัญญาอยู่เสมอ นั่นคือ มีกระบวนการตรวจสอบการแก้ปัญหาของตนเอง และตรวจสอบผลที่เกิดจากการคิดของตนเองอย่างมีเป้าหมายและมีทิศทาง ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จตามเป้าหมายที่ต้องการ สอดคล้องกับแนวคิดของนุซจรี ศรีเสวก (2553: 26) ที่กล่าวว่า การกำกับทางปัญญาเป็นการตระหนักรู้เกี่ยวกับกระบวนการคิดของตนเอง สามารถวางแผน กำกับตรวจสอบกระบวนการคิด ประเมินการคิดและกิจกรรมทางการคิดของตนเองได้ ตลอดจนสามารถใช้กลยุทธ์ในการทำงานเพื่อให้งานสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายได้ นั่นคือหากนักเรียนได้รับการฝึกโดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาอย่างสม่ำเสมอจะสามารถพัฒนาให้เป็นนักแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ดีได้ ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของพี และแอนดรี (Phye and Andre, 1986: 228) ที่ได้กล่าวไว้ว่า การนำกระบวนการกำกับทางปัญญามาใช้ในการแก้ปัญหาสามารถส่งเสริมให้ผู้ใช้เป็นนักแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ดีได้

สรุปได้คือ การใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาเป็นกระบวนการที่ช่วยให้บุคคลสามารถคาดคะเนถึงขอบเขตของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์นั้น ๆ ได้ ช่วยให้ตระหนักรู้ว่าจะนำกลยุทธ์ที่รู้มาใช้แก้ปัญหาอย่างไรและแต่ละวิธีใช้เมื่อไรจึงเหมาะสม ช่วยในการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัญหาคณิตศาสตร์เพื่อเตรียมตัวแก้ปัญหาต่อไป ช่วยในการวางแผนเลือกกลยุทธ์ ช่วยในการควบคุมและตรวจสอบประสิทธิภาพของกลยุทธ์ และช่วยในการประเมินประสิทธิภาพของกลยุทธ์ที่นำมาใช้ จากผลของการวิจัยในครั้งนี้พบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยของจันท์ขจร มะลิจันทร์ (2554: 141) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชันที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ความตระหนักรู้ในการรู้คิด และการกำกับตนเองในการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง วิธีเรียงสับเปลี่ยนและวิธีจัดหมู่ ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน เรื่อง วิธีเรียงสับเปลี่ยนและวิธีจัดหมู่ สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคอกนิชัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเป็นผลสืบเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา เป็นกระบวนการที่เน้นให้นักเรียนเกิดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์จากการ

แก้ปัญหาผ่านกระบวนการของโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา (Yimer and Ellerton, 2010: 250) ทั้ง 5 ขั้นตอน ซึ่งนักเรียนได้วิเคราะห์ปัญหา วางแผน เลือกใช้กลยุทธ์ ดำเนินการแก้ปัญหา ตรวจสอบการแก้ปัญหาและสะท้อนความเข้าใจของปัญหาด้วยตนเอง รวมทั้งเป็นกระบวนการที่มีการกระตุ้นนักเรียนให้ได้ตระหนักรู้ถึงขั้นตอน ทักษะ กลวิธีและแหล่งข้อมูลที่สำคัญอยู่เสมอ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้การแก้ปัญหาประสบผลสำเร็จได้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากเมื่อนักเรียนได้ผ่านการฝึกกระบวนการกำกับทางปัญญาแล้วทำให้นักเรียนมีทักษะในการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหา รวมถึงมีทักษะในการเลือกกลวิธีในการแก้ปัญหาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของยูทการ สืบแก้ว (2551: 37) ที่กล่าวไว้ว่า การกำกับทางปัญญาเป็นความสามารถที่บุคคลจะตระหนักถึงกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง ว่ามีคุณลักษณะหรือองค์ประกอบใดบ้างที่เหมาะสมกับตนเองที่สุดในกระบวนการเรียนรู้เรื่องต่างๆ ตลอดจนสามารถเลือกกลวิธีในการวางแผน กำกับ ติดตามและประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองได้ นั่นคือ การเลือกกลวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้สามารถแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้สำเร็จ

เนื่องจากปัญหาคณิตศาสตร์เป็นปัญหาที่ต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ ประสบการณ์ การตัดสินใจและการเลือกกลวิธีที่เหมาะสม ดังคำกล่าวของแอนเดอร์สัน และพินกรี (Anderson and Pingry, 1973: 228) ที่ได้กล่าวถึงความหมายของปัญหาคณิตศาสตร์โดยสรุปไว้ว่า ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นสถานการณ์หรือคำถามที่ต้องการวิธีในการแก้ไขหรือหาคำตอบ โดยผู้ที่แก้ปัญหาก็จะสามารถแก้ปัญหาได้ต้องเลือกใช้วิธีการหรือกลวิธีที่มีความเหมาะสมกับสภาพของปัญหา โดยเลือกใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ประสบการณ์และการตัดสินใจ ปัญหาจะมีความสัมพันธ์กันกับผู้ที่แก้ปัญหสถานการณ์หนึ่งอาจเป็นปัญหาต่อบุคคลหนึ่งแต่ในสถานการณ์เดียวกันอาจไม่เป็นปัญหาสำหรับบุคคลอื่นก็ได้ นั่นคือ เมื่อนักเรียนได้รับการฝึกการกำกับทางปัญญาด้วยตนเองแล้วจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมให้ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงขึ้นด้วย

ผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของออสซอยและอทาแมน (Ozsoy and Ataman, 2009: 67-82) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้กระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และทักษะการกำกับทางปัญญาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยกลวิธีการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ อันเนื่องมาจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการ

แก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา นักเรียนเป็นผู้ถูกระตุ้นให้มีการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาของตนเองอยู่ตลอดเวลา โดยมีการกำกับและควบคุมตนเอง ตระหนักถึงขั้นตอน ทักษะ กลวิธีและแหล่งข้อมูลที่เป็นต่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการตรวจสอบกระบวนการคิดที่นำมาใช้ในระหว่างการแก้ปัญหาและตรวจสอบผลที่เกิดจากการคิดของตนเองอย่างมีเป้าหมาย และมีทิศทาง นั่นคือเป็นกระบวนการที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและลงมือแก้ปัญหาอย่างไตร่ตรองละเอียดถี่ถ้วน ซึ่งนับว่าเป็นกระบวนการที่ส่งผลให้เกิดการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจาร์ณาดังคำกล่าวของแสงรุ่ง พูลสุวรรณ (2554: 34) ที่ได้สรุปว่า การคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณเป็น การคิดหรือกระบวนการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบ และประเมินเกี่ยวกับข้อมูล หรือสภาพการณ์ที่ปรากฏ โดยใช้ความรู้ ความคิด และประสบการณ์ของตนเองในการสำรวจหลักฐานอย่างรอบคอบ เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล นำไปสู่การตัดสินใจที่เหมาะสมต่อไป ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของเรย์โนลด์และเลมอนส์ (Reynolds and Lemons, 2009) ซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับการสอนการกำกับทางปัญญาเพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์เบื้องต้น พบว่า นักเรียนที่ได้รับการฝึกการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ผู้วิจัยตั้งไว้ อันเนื่องมาจากในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาในแต่ละขั้นนอกจากนักเรียนจะต้องมีกระบวนการแก้ปัญหาแล้ว นักเรียนยังต้องมีการคิดวิเคราะห์ ทบทวนไตร่ตรองอย่างรอบคอบ มีเหตุผล และมีการประเมินทางการคิดตลอดกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับกระบวนการในการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณที่ดิวอี้ (Dewey, 1933: 30) เสนอไว้ว่า การคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณเป็นกระบวนการคิดอย่างใคร่ครวญ ไตร่ตรอง โดยเป็นการคิดที่เริ่มต้นจากสถานการณ์ที่มีความยุ่งยากและสิ้นสุดด้วยสถานการณ์ที่มีความชัดเจน

เมื่อพิจารณาจากกระบวนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาในแต่ละขั้น พบว่าในขั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement) นอกจากนักเรียนจะต้องวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาข้อมูลสำคัญต่างๆ นักเรียนยังต้องวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ว่านักเรียนเคยแก้ปัญหาในลักษณะนี้มาก่อนหรือไม่ หากนักเรียนเคยแก้ปัญหามาก่อนนักเรียนใช้การประเมินเทียบกับปัญหาที่คุ้นเคยหรือปัญหาที่คล้ายคลึงกันด้วยที่ ในขั้นกำหนดกระบวนการ (Transformation - Formulation) นอกจากนักเรียนจะต้องออกแบบขั้นตอนในการแก้ปัญหาแล้ว นักเรียนยังต้องพิจารณาความเหมาะสมของแผนที่ใช้ในการแก้ปัญหา

โดยนักเรียนจะต้องอ่านแผนในการแก้ปัญหาเพื่อไตร่ตรองโดยละเอียดว่าแผนดังกล่าวมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่กำหนดในเงื่อนไขของปัญหาหรือไม่ ในขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation) นอกจากนักเรียนจะต้องดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนแล้ว นักเรียนยังต้องย้อนกลับไปอ่านและพิจารณากระบวนการแก้ปัญหาของตนเองเพื่อตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นว่าเป็นไปตามแผนที่วางไว้หรือไม่ ในขั้นประเมินผล (Evaluation) นักเรียนต้องมีการประเมินความสำเร็จตามเป้าหมายว่าบรรลุตามเป้าหมายของการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้หรือไม่ ประเมินความถูกต้องของการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนของแผน รวมไปถึงการพิจารณาความ สมเหตุสมผลของผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา และในขั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation) นักเรียนต้องพิจารณากระบวนการทั้งหมดที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีการประเมินความยากง่ายของปัญหา และวิเคราะห์หาแนวทางในการแก้ไขปัญหาเพื่อลดปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในการแก้ปัญหารั้งต่อไป จากกระบวนการของโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาดังกล่าวจัดเป็นแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งสอดคล้องกับพิชิต สนั่นเอื้อ (2542: 29) กล่าวโดยสรุปว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณสามารถพัฒนาให้เกิดกับผู้เรียนได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีความเหมาะสม นักเรียนต้องมีการประมวลผล ข้อมูล ความรู้ หรือข้อคิดเห็นต่างๆ อย่างกว้างขวาง มาประกอบการพิจารณากลับกรอง ไตร่ตรอง และประเมินอย่างรอบคอบ เพื่อให้เกิดผลการคิดที่รอบคอบและสมเหตุสมผล ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เหมาะสม สามารถส่งเสริมการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของเลแการ์ (Legare, 2002) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดระดับสูงของนักศึกษาวิศวกรรมมหาวิทาลัยคอนคอร์เดีย 65 คน ใช้เวลา 6 สัปดาห์ โดยใช้การกำกับทางปัญญา การปฏิบัติด้วยมือ การตัดสินใจ และใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลการวิจัยพบว่า ระดับที่ 1 ของการเปลี่ยนการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ซับซ้อนเหมือนกับการจัดการที่แตกต่างของทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และระดับที่ 2 ของนักศึกษาที่ซับซ้อนมีความคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

5. จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามีพัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นไปในทางที่ดีขึ้น นั่นคือ หากพิจารณาพัฒนาการของความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนในช่วงแรกของการจัดกิจกรรม นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถวางแผนได้ด้วยตนเอง ไม่สามารถอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาของตนเองได้ แต่เมื่อนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาแล้ว นักเรียนส่วนใหญ่สามารถหาคำตอบที่ถูกต้องได้ด้วยตนเอง มีการวิเคราะห์ข้อมูล วางแผน ดำเนินการแก้ปัญหาและมีกระบวนการตรวจสอบการแก้ปัญหาที่เพิ่มขึ้นกว่าช่วงแรก โดยสังเกตได้จากการทำแบบบันทึก

กระบวนการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของทิตนา แคมมณี และคณะ (2544: 105-110) ที่กล่าวว่า การใช้การกำกับทางปัญญาในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ จะช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการคิดอย่างเป็นขั้นตอน โดยเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่ แล้วเลือกยุทธวิธีในการคิด วางแผน กำกับหรือตรวจสอบ และประเมินกระบวนการคิด ซึ่งเป็นการคิดที่ต้องดำเนินการไปเป็นลำดับขั้นตอนที่จะช่วยให้การคิดนั้นประสบความสำเร็จ

พัฒนาการของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาเป็นไปในทางที่ดีขึ้น นั่นคือ หากพิจารณาพัฒนาการของความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในช่วงแรกของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดการวิเคราะห์ ขาดการพิจารณาไตร่ตรองข้อมูลอย่างรอบคอบ โดยสังเกตได้จากการตอบคำถามครูและการทำแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญา นักเรียนยังไม่เห็นความสำคัญของการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาทำให้ในบางข้อคำถามนักเรียนไม่เขียนอธิบายแนวคิดของตนเอง แต่เมื่อนักเรียนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาแล้ว นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดีขึ้น โดยสังเกตได้จากการตอบคำถามของนักเรียน ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีกระบวนการวิเคราะห์ ไตร่ตรองข้อมูลและกระบวนการแก้ปัญหามากขึ้นอันจะส่งผลให้สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้สำเร็จอีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของแมกโน (Magno, 2010: 137-156) ที่ได้ศึกษาอิทธิพลของการกำกับทางปัญญาที่ส่งผลต่อทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาจากมหาวิทยาลัยต่างๆ จำนวน 40 คน ในประเทศฟิลิปปินส์ พบว่า การกำกับทางปัญญาส่งผลต่อทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาให้สูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญามีขั้นตอนในการสอนหลายขั้นตอน ครูจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเตรียมคำถามเป็นลำดับขั้น รวมทั้งจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ เพื่อให้ นักเรียนมีความเข้าใจในคำถาม ไม่เกิดการสับสน และสามารถเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพ

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาในระยะแรกอาจต้องใช้เวลาาน เนื่องจากเป็นกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีหลายขั้นตอนและแต่ละขั้นตอนต้องมีการตอบคำถาม ประกอบกับนักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับ

กระบวนการสอนในลักษณะนี้ อาจทำให้เกิดความรู้สึกท้อแท้และเกิดเจตคติที่ไม่ดี ในช่วงแรกของการทดลองครูจึงควรเพิ่มเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น ดำเนินการจัดการเรียนการสอน 2 คาบ เรียนต่อเนื่องกัน เป็นต้น

3. ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ชักถาม แสดงความคิดเห็น และนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาของตนเอง เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของนักเรียน

4. ครูควรบันทึกหลังการสอนทุกคาบโดยละเอียด เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เรื่องอื่นๆ นอกจากเรื่องการประยุกต์อัตราส่วนและร้อยละ หรือในระดับชั้นอื่นๆ หรือในรายวิชาอื่นๆ เช่น เรื่องการประยุกต์เกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว เนื่องจากเป็นเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เน้นการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งสามารถนำโมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในเนื้อหาดังกล่าวได้ เป็นต้น

2. ควรมีการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อตัวแปรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญานั้น ในระหว่างที่นักเรียนแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอน นักเรียนต้องมีการอธิบายกระบวนการทางความคิดของตนเอง ซึ่งน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดทักษะและกระบวนการดังกล่าวได้ เป็นต้น

รายการอ้างอิง

- Adams, S., Leslie, E., and Beeson, B. F. (1977). *Teaching Mathematics with Emphasis on the Diagnostic Approach*. New York: Harper & Row.
- Adibina, A., and Putt, I. J. (1998). Teaching problem solving to year 6 students: A new approach. *Mathematics Education Research Journal*, 10, 42-58.
- Anderson, K. B., and Pingry, R. E. (1973). *Problem Solving in Mathematics: Its Theory and Practice*. Washington, D.C.: The National Council of Teacher of Mathematics.
- Artzt, A. F., and Armour-Thomas, E. (1992). Development of a cognitive-metacognitive framework for protocol analysis of mathematical problem solving. *Cognition and Instruction*, 9, 137-175.
- Baroody, A. J. (1993). *Problem Solving, Reasoning, and Communicating, K-8 : Helping Children Think Mathematically* New York: Macmillan.
- Beyer, B. K. (1987). *Practical Strategies for Teaching of Thinking*. Boston: Allyn and Bacon.
- Beyer, B. K. (1997). *Improving student thinking : a comprehensive approach*. Boston: Allyn and Bacon.
- Billstein, R., Libeskind, S., and Lott, J. W. (1990). *A Problem Solving Approach to Mathematics for Elementary School Teachers* (4 ed.). California: The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc.
- Black, H., and Black, S. (2006). *Teacher Manual & Lesson Plans: Building Thinking Skills*. California: Midwest Publication: Critical Thinking Press and Software.
- Boss, J. A. (2010). *Think: Critical Thinking and Logic Skills for Everyday Life*. New York: McGraw-Hill Company.
- Bradley, G. (1995). *Problem Solving with Creative Mathematics*. California: Books/Cole Publishing Company Inc.
- Charle, S., and et al. (1987). *How to evaluate Progress in Problem Solving*. Reston: NCTM.
- Chrysler, M. (2002). *The teaching of reading*. New York: Henry Holt.
- Cohen, A. D. (1998). *Strategies in Learning and Using a Second Language*. New York: Addison Wesley Longman Inc.
- Costa, A. L. (1984). Mediating the Metacognition. *Education Leadership*, 42 (November), 57 – 62.
- Cross, D. R., and Paris, S. G. (1988). Development Instruction Analysis of Children's Metacognition and Reading Comprehension. *The Reading Teacher Journal of Educational Psychology*, 36(121).

- Cruikshank, D. E., and Sheffield, L. J. (2000). *Teaching and Learning Elementary and Middle School Mathematics*. United States of America: John Wiley & Sons.
- Davidson, J. E., Deuser, R., and Sternberg, R. J. (1994). The role of metacognition in problem solving. In J. Metcalfe & A. P. Shimamura (Eds.), *Metacognition* (pp. 207-226). Boston, MA: The MIT Press.
- Derry, S. J., and Murphy, D. A. (1986). Designing Systems that Train Learning ability: From Theory to Practice. *Review of Educational Research*, 56(1), 1-39.
- Dewey, J. (1933). *How We Think*. New York: Heath and company.
- Dossey, J. (2005). *Developing students' literacy levels through interdisciplinary applications of mathematical problem solving*. Bangkok.
- Dressel, P. L., and Mayhew, L. B. (1957). *General Education: Explorations in Evaluation* (2 ed.). Washington, D.C.: American Council on Education.
- Dunlosky, J., and Metcalfe, J. (2009). *Metacognition*. California: Sage Publication.
- Ellis, D. (2009). *Critical Thinking* (12 ed.). IL: Houghton Mifflin Company.
- Ennis, R. H., and Millman, J. (1985). *Cornell Critical Thinking Test Level X & Level Z Manual* (3 ed.). California: Midwest Publication.
- Feeley, A. J. (1976). *Argumentation and Debate: Rational Decision Making* (2 ed.). Belmont: Wadsworth Publishing.
- Ferrett, S. (2007). Critical Thinking: Peak Performance. *The Critical Thinking Community*. Retrieved March 5th, 2014, from <http://www.ronmilon.com/critical.htm>.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and Cognition Monitoring: A New Area of Cognitive Developmental Inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906 – 911.
- Gagne', R. M. (1970). *The Condition of Learning* (2 ed.). New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Garner, R., and Alexander, P. A. (1989). Metacognition: Answered and Unanswered Questions. *Education Psychologist*, 24(2).
- Garofalo, J., and Lester, F. K. (1985). Metacognition: Answered and Unanswered Questions. *Education Psychologist*, 24(2), 143 – 158.
- Geiger, V., and Galbraith, P. (1998). Developing a diagnostic framework for evaluating student approaches to applied mathematics. *International Journal of Mathematics, Education, Science, and Technology*, 29, 533-559.
- Goos, M., and Galbraith, P. (1996). Do it this way! Metacognitive strategies in collaborative mathematical problem solving. *Educational Studies in Mathematics*, 30, 229-260.
- Harnadek, A. (1986). *Critical Thinking: Book one*. California: Midwest Publication.

- Henningsen, M., and Stein, M. K. (1997). Mathematical tasks and student cognition: Classroom-based factors that support and inhibit high-level mathematical thinking and reasoning. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28, 524-549.
- Hilgard, H. W. (1970). *Introduction of Psychology*. New York: Harcourt Brace and Wolrd.
- Hudgins, B. B. (1997). *Learning and Thinking*. Illinois: P.E. Peacock Publishers.
- Kennedy, L. M. (1984). *Guiding Children's Learning of Mathematics* (4 ed.). Belmont, California: Wadsworth Publishing.
- Kramaski, B., Mevarech, R. Z., and Arami, M. (2002). The Effect of Metacognitive Instruction on Solving Mathematical Authentic Tasks. *Educational Studies in Mathematics*, 49(2), 225-250.
- Krulik, S., and Reys, R. E. (1980). *Problem Solving in School Mathematics*. Reston, Virginia: NCTM.
- Krulik, S., and Rudnick, J. A. (1993). *Reasoning and Problem Solving: A Handbook for Elementary School Teacher*. Boston: Allyn and Bacon.
- Kutz, R. E. (1991). *Teaching Elementary Mathematics*. Boston: Allyn and bacon.
- Leblance, J. F. (1977). You Can Teach Problem Solving. *Arithmetic Teacher*, 25 (November 1977), 17 – 25.
- Legare, G. (2002). An Investigation of The Effect of Task Design on the Development of Critical Thinking Skills by Engineering Student. *Dissertation Abstracts International*, 63(5), 1740A.
- Lesh, R., and Zawojewski, J. S. (1992). Problem Solving. In R. P. In Thomas (Ed.), *Teaching Mathematics in Grades K – 8: Research – based Method* (2 ed.). USA: Allyn and Bacon.
- Magno, C. (2010). The role of metacognitive skills in developing critical thinking. *Metacognition and Learning*, 5(2), 137-156.
- Man, K. O. (2005). *The effect of metacognitive training on the problem solving behavior of Primary 6 students*. (The degree of Master of Education), The University of Hong Kong.
- McWhorter, K. T. (2006). *Study and critical thinking skills in college* (6 ed.). New York: Pearson Education.
- Miller, M. (1991). Self-assessment as a specific strategy for teaching the gifted learning disabled. *Journal for the Education of the Gifted*, 14, 178-188.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (1980). *An Agenda for Action Recommendation for School Mathematics: Dale Seymour*: The National Council of Teachers of Mathematics.

- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, VA: The Council.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (1991). *Professional Standards for Teaching Mathematics*. Reston, Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, Virginia: NCTM.
- Norris, S. P., and Ennis, R. H. (1989). *Evaluation Critical Thinking*: Midwest Publication Critical Thinking Press.
- O'Neil, H. F., and Abedi, J. (1996). Reliability and Validity of a State Metacognition Inventory: Potential for Alternative Assessment. *The Journal of Education Research*, 89(4), 234-235.
- Osman, M. E., and Hannafin, M. J. (1992). Metacognition Research and Theory: Analysis and Implications for Instructional Design. *Educational Technology Research and Development*, 40(2), 83-99. doi: 10.1007/BF02297053
- Ozsoy, G., and Ataman, A. (2009). The effect of metacognitive strategy training on mathematical problem solving achievement. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 1(2), 67 – 82.
- Perdekaris, S. C. (1993). Applications of ergodic chains to Problem Solving. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 24(3), 423 – 427.
- Phye, G. D., and Andre, T. (1986). *Cognitive Classroom Learning: Understanding, Thinking, and Problem Solving*. Orlando: Academic Press.
- Polya, G. (1957). *How To Solve It : A New Aspect of Mathematic Method*. New York: Doubleday and company.
- Polya, G. (1973). *How to Solve It*. New Jersey: Princeton, Princeton University Press.
- Polya, G. (1985). *How To Solve It: A New Aspect of Mathematical Method*: Princeton, University Press.
- Quellmallz, E. S. (1985). Needed Better Method for Testing Higher Order Thinking Skill. *Educational Leadership*, 43(2), 29-34.
- Reynolds, J., and Lemons, P. (2009). Teaching metacognition to improve critical thinkingskills in introductory science courses. Retrieved 2011, July 18 <http://academics.georgiasouthern.edu/etc/>
- Reys, R. E., Suydam, M. N., and Lindquist, M. M. (1992). *Helping Children Learn Mathematics* (3 ed.). Boston: Allyn and bacon.

- Ross, D. J., and Catherine, R. M. (1994). The community college Experience: Is There An Effect on Critical Thinking and moral reasoning. *Dissertation Abstract International*, 56(10), 3824.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. New York: Academic Press.
- Schoenfeld, A. H. (2001). *The teaching and learning of mathematics at the university level*. Dordrecht: Kluwer.
- Sternberg, R. J. (1986). *Intelligence Applied*. Orlando, Florida: Hacourt Brace Jovanovich.
- Stillman, G. A., and Galbraith, P. L. (1998). Applying mathematics with real world connections: Metacognitive characteristics of secondary students. *Educational Studies in Mathematics*, 36, 157-195.
- Suydam, H. L. (1990). Untangling Clues from Research on Problem Solving. In N. C. o. T. o. Mathematics (Ed.), *Problem Solving in School Mathematics: Sons*.
- Trafton, P. R., and Midgett, C. (2001). Learning through problems: A powerful approach to teaching mathematics. *Teaching Children Mathematics*, 7, 532-536.
- Wallas, G. (1972). In *A Systematic Introduction to Psychology of Thinking* (D. M. Johnson Ed.). New York: Harper and Row.
- Watson, G., and Glaser, E. M. (1964). *Watson-Glaser critical thinking appraisal manual*. New York: Harcourt Brace and Warld.
- Wells, A. (2001). *Emotional disorders and metacognition: innovative cognitive therapy*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Whitebread, D., and et al. (2005). Metacognition in young children: evidence from a naturalistic study of 3-5 year. Retrieved February 20, 2012
<http://www.educ.cam.ac.uk/research/projects/cindle/papers/cyprus%20paper%202.d>
[OC](#)
- Wilson, J. W., Fernandez, M. L., and Hadaway, N. (1993). *Mathematical Problem Solving. Research Ideas for the Classroom, High School*.
- Yimer, A. (2004). *Metacognitive and cognitive functioning of college students during mathematical problem solving*. (Doctoral dissertation), Illinois State University, IL.
- Yimer, A., and Ellerton, N. F. (2006). Cognitive and Metacognitive aspects of Mathematical Problem Solving: An Emerging Model. *Identities, cultures, and learning space*, 575 – 582.
- Yimer, A., and Ellerton, N. F. (2010). A five-phase model for mathematical problem solving: Identifying synergies in pre-service-teachersi metacognitive and cognitive actions. *ZDM Mathematics Education*, 42, 245 - 261. doi: 10.1007/s11858-009-0223-3
- Yinger, W. (1988). *Critical – Thinking Technique for Social Studies Education in Thailand*. (Doctor' s), The Pennsylvania State University.

- กนกวรรณ ตันติธีระศักดิ์. (2549). การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ช่วงชั้นที่ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนราชโบริกานุเคราะห์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาราชบุรี เขต 1 โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนของบลูม. (ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.
- กรมวิชาการ. (2544). การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กรมวิชาการ. (2545). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กษมา วุฒิสารพัฒนา. (2548). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยเน้นการเรียนรู้ จากประสบการณ์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดพะเยา. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กาญจนา สามเตี้ย. (2551). การพัฒนารูปแบบการสอน PRIPARE เพื่อพัฒนาความสามารถเมตาคognition ของเด็กปฐมวัย. (ปริญญาดุุษฎีบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชนิษฐา คำทอง. (2539). การศึกษาข้อบกพร่องในกระบวนการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนสาธิตสังกัดทบวงมหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร. (ปริญญา มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จรุง ขำพงศ์. (2542). ผลของการใช้กลวิธีเมตาคognition ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา คณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จันทร์ขจร มะลิจันทร์. (2554). ผลของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิดเชิงเมตาคognition ที่มีต่อ ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ความตระหนักในการรู้คิด และการกำกับตนเองในการ เรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง วิธีเรียงสับเปลี่ยนและวิธีจัดหมู่. (ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- เจษฎ์สุดา จันทร์เอี่ยม. (2542). การศึกษาความสามารถและกลวิธีในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 7. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ฉวีวรรณ แก้วไทรชะ และคณะ. (2546). การคิดและการตัดสินใจ เอกสารประกอบการเรียนการสอน หมวดวิชาการศึกษาทั่วไป: สำนักงานสถาบันราชภัฏ.
- ฉวีวรรณ เศวตมาลย์. (2542). การแก้ปัญหา เอกสารประกอบการอบรมกิจกรรมคณิตศาสตร์ (pp. 36 - 38). กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชนาธิป พรกุล. (2544). แคนส์รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล. (2542). ชุดกิจกรรมค่ายคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาการจัดค่ายคณิตศาสตร์ (1 ed.). กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- ทิตนา แคมมณี. (2545). ทฤษฎีและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: เทพเนรมิตการพิมพ์.

- ทิตินา แชมมณี และคณะ. (2544). *วิทยาการด้านการคิด*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์
- หุติยา จันทร์ปลอด. (2550). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธีการรู้คิดที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และการกำกับตนเองในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จังหวัดนครศรีธรรมราช. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นุชจรี ศรีเสวก. (2553). การพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ที่จะเรียนด้วยกิจกรรมตามกลยุทธ์การคิดอภิธานของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5: การวิเคราะห์ตัวแปรพหุนาม. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บรรจง อมรชีวิน. (2556). *Critical thinking การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ หลักการพัฒนาการคิดอย่างมีตรรกะ เหตุผลและดุลยพินิจ*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- เบญจมาศ ฉิมมาลี. (2550). ผลของการจัดกิจกรรมคณิตศาสตร์โดยใช้คำถามระดับสูงประกอบแนวทางพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของพรายวิไลที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2551). *การพัฒนาการคิด* (1 ed.). กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิคพรินต์.
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2537). การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางคณิตศาสตร์ หน่วยที่ 12 - 15 สาขาวิชาศึกษาศาสตร์: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- พิชิต สนั่นเอื้อ. (2542). ผลของการฝึกการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณแบบสอดแทรกในวิชาที่สอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). เมตาคอกนิชัน (Metacognition). In ทิตินา แชมมณี (Ed.), *วิทยาการด้านการคิด*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์
- มลิวลัย สมศักดิ์. (2540). รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณของนักเรียนในโครงการขยายโอกาสทางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ปริญญาดุขุภักดิ์บัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- มะลิวรรณ ผ่องราษี. (2549). ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสื่อสารแนวความคิดที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ยุทธการ สืบแก้ว. (2551). การพัฒนาแบบวัดอภิปัญญาสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ยุพิน พิพิธกุล. (2539). การสอนคณิตศาสตร์: ภาควิชามัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ยุพิน พิพิธกุล. (2542). การแก้ปัญหา. *วารสารคณิตศาสตร์*, 42(485-487), 5-12.
- ลักขณา สรีวัฒน์. (2549). *การคิด*. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.
- วัชรรา เล่าเรียนดี. (2552). เทคนิคและยุทธวิธีพัฒนาทักษะการคิดการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ. นครปฐม: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

- วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2545). เทคนิคและกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ตามหลักสูตร การศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิก.
- วิชัย พาณิชย์สว. (2546). สอนอย่างไรให้เด็กเก่งโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: พัฒนา คุณภาพ วิชาการ.
- วิทยากร เชียงกุล. (2549). การเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ: สายธาร.
- วีรยุทธ วิเชียรโชติ และคณะ. (2540). เอกสารการสอนวิชาหลักสูตรและการสอน. กรุงเทพฯ: เอ็กเพรส มีเดีย.
- วีระ สุตสังข์. (2550). การคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณ์ญาณและคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์ และอุษา ชูชาติ. (2544). ฝึกสมองให้คิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2554). ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนการสอบ O-NET ป.6 ม.3 และ ม.6 ปีการศึกษา 2553 จำแนกตามวิชา (คะแนนเต็ม 100 คะแนน). Retrieved 28 กรกฎาคม 2554 <http://www.niets.or.th/upload-files/uploadfile/9/fb250e8e268abe73c5ceeac7ffaad53.pdf>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). คู่มือวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ศรีเมืองการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2548a). คู่มือครูสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม คณิตศาสตร์ เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2548b). หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้ เพิ่มเติม คณิตศาสตร์ เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: เจริญการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555a). การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555b). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (3 ed.). กรุงเทพฯ: 3-คิว มีเดีย.
- สมจิตร ทรัพย์อัประโมย. (2540). ผลของการใช้รูปแบบเพื่อพัฒนาเมตาคอกนิชันที่มีต่อเมตาคอกนิชัน และสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมประสงค์ น่วมบุญลือ. (2555). การคิดวิจารณ์ญาณ การใช้หลักตรรกะเพื่อการตัดสินใจเลือก. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สิริพร ทิพย์คง. (2536). เอกสารคำสอนวิชา 158522 ทฤษฎีและวิธีการสอนวิชาคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สิริพร ทิพย์คง. (2544). การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

- สิริพร ทิพย์คง. (2545). หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ. (2555). พัฒนาทักษะการคิดตามแนวปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ: เทคนิคพรินต์ติ้ง.
- สุเทียบ ละอองทอง. (2545). การพัฒนารูปแบบการสอนอ่านภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจโดยใช้ยุทธศาสตร์เมตาคอกนิชัน สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีสถาบันราชภัฏบุรีรัมย์. (ปริญญาคุชฎีบัณฑิต), มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุวิทย์ มูลคำ. (2547). กลยุทธ์การสอนคิดอย่างมีวิจารณญาณ. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- แสงรุ่ง พูลสุวรรณ. (2554). การพัฒนาหลักสูตรบรรณาธิการเพื่อเสริมสร้างความรู้และความสามารถในการตรวจหนังสือเรียนอย่างมีวิจารณญาณตามแนวคิดของเอนนิส. (ปริญญาคุชฎีบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อรพรรณ พรสีมา. (2543). การคิด (1 ed.). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- อวยพร เรื่องศรี. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดอภิमानกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. (ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อัมพร ม้าคนอง. (2553). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2540). หลักการสอน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ไอเดียสโตร์.
- อารุณี ไทยบัณฑิตย์. (2545). การพัฒนาการคิดแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรมฝึกวิธีคิดแบบโยนิโสมนสิการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อำพร ไตรภัทร และคณะ. (2549). การคิดวิเคราะห์ห้วิจารณ์ (2 ed.). ขอนแก่น: ขอนแก่นการพิมพ์.
- อุษณีย์ โพธิสุข. (2537). วิธีการสอนเด็กปัญญาเลิศ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร

ภาคผนวก



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาคผนวก ก

รายนามของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายนามของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย


ผู้ทรงคุณวุฒิที่พิจารณา ความตรงตามเนื้อหา ความเหมาะสมของข้อความ ความเหมาะสมของสำนวนภาษา พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทรงชัย อักษรคิด อาจารย์ประจำสาขาการสอนคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. อาจารย์วัฒนิตา นำแสงวานิช อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม)
3. อาจารย์สุวรรณา อินทร์ฉาย อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี

ผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชานนท์ จันทรา อาจารย์ประจำสาขาการสอนคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นภาพักษณ์ รุ่งสุวรรณ อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน
3. อาจารย์จันทรา พวงยอด อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนยานนาวา



ภาคผนวก ข
หนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิ และหนังสือขอความร่วมมือในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ที่ ศธ 0512.6(2771)/ 56-0281

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

25 มกราคม 2556

เรื่อง ขอเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาวมัณฑนา พรหมรักษ์ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้ใคร่ขอเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย อักษรคิด เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย อักษรคิด เป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร. จุฑารัตน์ วินิจผล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

งานหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2681-2 ต่อ 608



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน งานหลักสูตรและการจัดการเรียนฯ ฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร.82681-2 ต่อ 608

ที่ ศธ 0512.6(2771)/56-0286

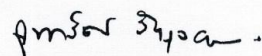
วันที่ 25 มกราคม 2556

เรื่อง ขอเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยมศึกษา และรองคณบดี

ด้วย นางสาวมณฑนา พรหมรักษ์ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้ใคร่ขอเชิญ อาจารย์วัฒนิดา นำแสงวานิช เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ อาจารย์วัฒนิดา นำแสงวานิช เป็นผู้ทรงคุณวุฒิ ดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้



(อาจารย์ ดร.จuthartana วินุลผล)

รองคณบดี

ที่ ศธ 0512.6(2771)/56-0293

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

25 มกราคม 2556

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัยและทดลองใช้เครื่องมือ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนหอวัง

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ด้วย นางสาวมณฑนา พรหมรักษ์ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2” โดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในกรณีนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูล และทดลองใช้เครื่องมือ คือ แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กับ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน โปรดอนุญาตให้นิสิตได้ทำการเก็บข้อมูลวิจัยและทดลองใช้ เครื่องมือดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

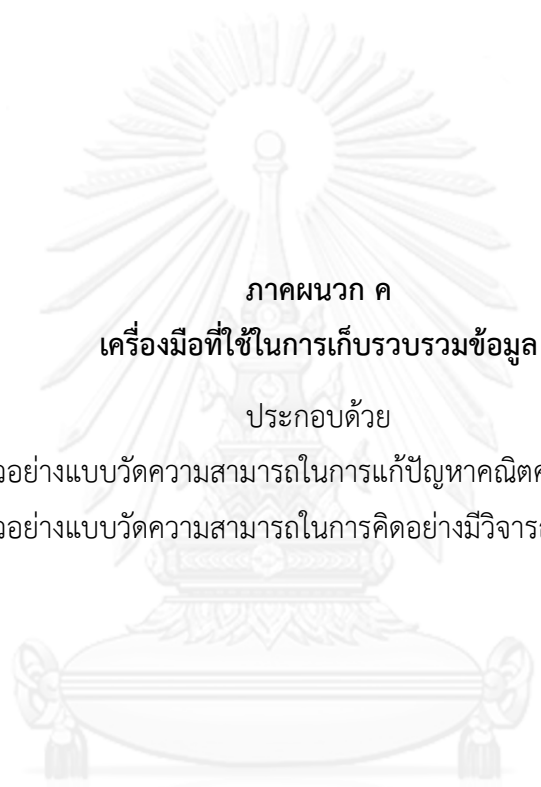
(อาจารย์ ดร.จุฑารัตน์ วิบูลผล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

งานหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2681-2 ต่อ 608



ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ประกอบด้วย

- ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
- ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 17 แสดงค่าความเที่ยง ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับ
1	0.46	0.30	0.75
2	0.68	0.42	
3	0.42	0.42	
4	0.52	0.33	
5	0.44	0.53	

ตารางที่ 18 แสดงค่าความเที่ยง ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับ
1	0.41	0.62	0.82
2	0.57	0.32	
3	0.40	0.52	
4	0.64	0.28	
5	0.39	0.42	

ชื่อ - สกุล.....เลขที่.....ชั้น



แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
ฉบับก่อนเรียน เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ฉบับนี้ เป็นแบบวัดชนิดอัตนัย จำนวน 5 ข้อ รวม หน้า
2. แบบวัดฉบับนี้ใช้เวลาในการทำ 60 นาที
3. ให้นักเรียนเขียนชื่อ - สกุล เลขที่ และชั้นในแบบวัดฉบับนี้ให้ชัดเจน
4. แบบวัดฉบับนี้มีคะแนนเต็มข้อละ 10 คะแนน โดยพิจารณาจากความถูกต้องในการแก้ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งในการให้คะแนนแต่ละข้อจะเป็นอิสระต่อกัน
5. หากนักเรียนมีข้อสงสัยใดๆ ให้ถามครูผู้คุมสอบเท่านั้น
6. **ไม่อนุญาต**ให้นักเรียนใช้เครื่องคิดเลขหรือเครื่องคำนวณใดๆ ในการทำแบบวัดฉบับนี้
7. เมื่อหมดเวลาสอบ ให้ส่งแบบวัดฉบับนี้กับครูผู้คุมสอบ

หมายเหตุ ผู้วิจัยขอนำตัวอย่างจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 ข้อ ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ในหน้าต่อไป

1. เชิงใบหนึ่งมีมะกรูดและมะนาวรวมกันเป็นจำนวน 1,380 ผล ๓ เดชเลือกนับมะกรูดได้ 486 ผล ถ้า๓ เดชขายมะนาวไปส่วนหนึ่ง แล้วทำให้อัตราส่วนของจำนวนมะกรูดต่อจำนวนมะนาวที่เหลือเป็น 9 : 10 จงหาว่า๓ เดชขายมะนาวไปทั้งหมดกี่ผล

จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จงตอบคำถามต่อไปนี้

ก. สิ่งที๓ โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

.....

.....

ข. สิ่งที๓ โจทย์ต้องการให้หา คือ

.....

.....

.....

ค. นักเรียนมีขั้นตอนในการหาคำตอบ คือ

.....

.....

.....

ง. แสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

จ. สรุปคำตอบ คือ

.....

.....

.....

ฉ. แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

.....

.....

.....

4. ในการสอบวิชาคณิตศาสตร์ มีอัตราส่วนคะแนนระหว่างภาคต่อปลายภาค เป็น 30 : 70 โดมทำคะแนน ระหว่างภาคได้ 70% โดมจะต้องสอบปลายภาคได้กี่เปอร์เซ็นต์ จึงจะได้คะแนนรวมเป็น 63 คะแนน

จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จงตอบคำถามต่อไปนี้

ก. สิ่งทีโจทย์กำหนดให้ คือ

.....

.....

.....

ข. สิ่งทีโจทย์ต้องการให้หา คือ

.....

.....

.....

ค. นักเรียนมีขั้นตอนในการหาคำตอบ คือ

.....

.....

.....

ง. แสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

จ. สรุปคำตอบ คือ

.....

.....

.....

ฉ. แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

.....

.....

.....

ชื่อ - สกุล.....เลขที่.....ชั้น



แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
ฉบับหลังเรียน เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ฉบับนี้ เป็นแบบวัดชนิดอัตนัย จำนวน 5 ข้อ รวม หน้า
2. แบบวัดฉบับนี้ใช้เวลาในการทำ 60 นาที
3. ให้นักเรียนเขียนชื่อ - สกุล เลขที่ และชั้นในแบบวัดฉบับนี้ให้ชัดเจน
4. แบบวัดฉบับนี้มีคะแนนเต็มข้อละ 10 คะแนน โดยพิจารณาจากความถูกต้องในการแก้ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งในการให้คะแนนแต่ละข้อจะเป็นอิสระต่อกัน
5. หากนักเรียนมีข้อสงสัยใดๆ ให้ถามครูผู้คุมสอบเท่านั้น
6. **ไม่อนุญาต**ให้นักเรียนใช้เครื่องคิดเลขหรือเครื่องคำนวณใดๆ ในการทำแบบวัดฉบับนี้
7. เมื่อหมดเวลาสอบ ให้ส่งแบบวัดฉบับนี้กับครูผู้คุมสอบ

หมายเหตุ ผู้วิจัยขอなたัวอย่างจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ฉบับหลังเรียน เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 ข้อ ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ในหน้าต่อไป

2. ทองเหลืองชนิดหนึ่ง มีสังกะสีผสมอยู่ 60% และทองเหลืองอีกชนิดหนึ่งมีสังกะสีผสมอยู่ 85% จะต้องนำทองเหลืองแต่ละชนิดมาผสมกันอย่างไร จึงจะได้ทองเหลืองที่มีสังกะสีผสมอยู่ 75% จำนวน 350 กิโลกรัม

จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จงตอบคำถามต่อไปนี้

ก. สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

.....

.....

ข. สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา คือ

.....

.....

.....

ค. นักเรียนมีขั้นตอนในการหาคำตอบ คือ

.....

.....

.....

ง. แสดงวิธีทำ

.....

.....

.....

.....

.....

จ. สรุปคำตอบ คือ

.....

.....

.....

ฉ. แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

.....

.....

.....

5. หอนาฬิกาแห่งหนึ่งมีความยาว 6 เมตร ความกว้าง 4 เมตร และความสูง 14 เมตร ถ้าต้องการสร้างแบบจำลองหอนาฬิกาให้มีความสูง 70 เซนติเมตร จงหาความยาวและความกว้างของแบบจำลองหอนาฬิกา

จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จงตอบคำถามต่อไปนี้

ก. สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนดให้ คือ

.....
.....
.....

ข. สิ่งที่เกี่ยวข้องต้องการให้หา คือ

.....
.....
.....

ค. นักเรียนมีขั้นตอนในการหาคำตอบ คือ

.....
.....
.....

ง. แสดงวิธีทำ

.....
.....
.....
.....
.....

จ. สรุปคำตอบ คือ

.....
.....
.....

ฉ. แสดงวิธีการตรวจคำตอบ

.....
.....
.....

ตารางที่ 19 แสดงค่าความเที่ยง ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัด
ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับก่อนเรียนและฉบับหลังเรียน

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับ
1	0.66	0.63	0.83
2	0.58	0.28	
3	0.52	0.36	
4	0.70	0.56	
5	0.37	0.47	
6	0.62	0.55	
7	0.63	0.28	
8	0.61	0.28	
9	0.68	0.35	
10	0.39	0.29	
11	0.28	0.69	
12	0.69	0.38	
13	0.64	0.38	
14	0.54	0.56	
15	0.35	0.36	
16	0.32	0.69	
17	0.38	0.64	
18	0.55	0.65	
19	0.61	0.47	
20	0.25	0.56	
21	0.34	0.37	
22	0.61	0.63	
23	0.63	0.47	
24	0.72	0.24	
25	0.39	0.65	
26	0.44	0.36	
27	0.68	0.32	
28	0.26	0.28	

ชื่อ – สกุล.....เลขที่.....ชั้น

แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับก่อนเรียน

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับนี้ วัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4 ด้าน แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก วัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 2 ด้าน ดังนี้

- | | |
|---|-------------|
| 1.1 ด้านความสามารถในการนิรนัย | จำนวน 7 ข้อ |
| 1.2 ด้านความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น | จำนวน 7 ข้อ |

ตอนที่ 2 เป็นแบบวัดแบบเติมคำตอบ วัดในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 2 ด้าน คือ

2.1 ด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต

จำนวน 7 ข้อ

2.2 ด้านความสามารถในการสรุปอ้างอิงแบบอุปนัย

จำนวน 7 ข้อ

2. ตอนที่ 1 ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว ข้อละ 1 คะแนน

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนเติมคำตอบลงในช่องว่างที่กำหนดให้

3. แบบวัดฉบับนี้ใช้เวลาในการทำ 60 นาที จำนวน 10 หน้า รวม 28 ข้อ

4. ให้นักเรียนเขียนชื่อ – สกุล เลขที่ และชั้นลงในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน

5. แบบทดสอบแต่ละข้อมีตัวเลือกที่ถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียว ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่

ถูกต้องที่สุดแล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ

6. หากนักเรียนมีข้อสงสัยใดๆ ให้ถามครูผู้คุมสอบเท่านั้น

7. **ไม่อนุญาต**ให้นักเรียนใช้เครื่องคิดเลขหรือเครื่องคำนวณใดๆ ในการทำแบบวัดฉบับนี้

8. เมื่อหมดเวลาสอบ ให้ส่งแบบวัดฉบับนี้และกระดาษคำตอบกับครูผู้คุมสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผู้วิจัยขอนำตัวอย่างจากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับก่อนเรียน จำนวนด้านละ 1 ข้อ ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ในหน้าต่อไป

ตอนที่ 1 แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว ข้อละ 1 คะแนน

ด้านความสามารถในการนิรนัย

ลักษณะคำถาม เป็นข้อความหลักในเชิงเหตุผล 2 – 3 ข้อความ แล้วให้นักเรียนหาข้อสรุปจากข้อความหลักที่กำหนดให้

1. ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างประโยคเงื่อนไขที่เป็นจริง หยิงยกตัวอย่างว่า “ถ้า $x^2 = 4$ แล้ว $x = 2$ เพียงค่าเดียวเท่านั้น” ส่วนกุงยกตัวอย่างว่า “ถ้าจำนวนเต็มใดเป็นจำนวนคู่ แล้วจำนวนนั้นหารด้วย 2 ลงตัว” จากสถานการณ์นี้นักเรียนจะสรุปว่าอย่างไร

ก. ตัวอย่างของหยิงและกุงเป็นตัวอย่างประโยคเงื่อนไขที่เป็นจริง

ข. ตัวอย่างของหยิงเป็นประโยคเงื่อนไขที่เป็นจริง แต่ตัวอย่างของกุงเป็นประโยคเงื่อนไขที่ไม่เป็นจริง

ค. ตัวอย่างของหยิงเป็นประโยคเงื่อนไขที่ไม่เป็นจริง แต่ตัวอย่างของกุงเป็นประโยคเงื่อนไขที่เป็นจริง

ง. ตัวอย่างของหยิงและกุงเป็นตัวอย่างประโยคเงื่อนไขที่ไม่เป็นจริง

ด้านความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

ลักษณะคำถาม ในแต่ละข้อจะกำหนดข้อความหรือสถานการณ์ที่มีความสัมพันธ์กันมาให้ แล้วให้นักเรียนพิจารณาตัดสินว่าข้อความหรือสถานการณ์ตัวเลือกใดจำเป็นต้องเกิดขึ้นก่อนข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพื่อให้ข้อความหรือสถานการณ์นั้นๆ สมเหตุสมผลและเป็นที่ยอมรับได้

12. ภาชิตกล่าวว่า “ผมสอบวิชาภาษาอังกฤษได้ 80% ของคะแนนเต็ม” ข้อใดเป็นเหตุผลที่น่าเชื่อถือและเป็นไปได้ที่ทำให้ข้อความข้างต้นเป็นจริง

ก. วิชาภาษาอังกฤษมีคะแนนเต็ม 100 คะแนน

ข. ภาชิตสอบวิชาภาษาอังกฤษได้ 80 คะแนน

ค. ภาชิตทำข้อสอบวิชาภาษาอังกฤษผิดไป 20 ข้อ

ง. ถ้าวิชาภาษาอังกฤษคะแนนเต็ม 200 คะแนน ภาชิตสอบได้ 160 คะแนน

ตอนที่ 2 แบบวัดแบบเติมคำตอบ

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมคำตอบลงในช่องว่างที่กำหนดให้ ข้อละ 1 คะแนน

ด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต

ให้นักเรียนตัดสินใจสรุปในและข้อว่าข้อสรุปดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือหรือไม่น่าเชื่อถือ พร้อมให้เหตุผลประกอบ ตั้งแต่ข้อ 25 – 36

15. ครูเจนนภให้นักเรียนสรุปข้อความคาดการณ์ที่ได้จากการพิจารณาแบบรูปและค้นหา

ความสัมพันธ์ของจำนวน นกสรุปว่า “จำนวนที่ 7 ของลำดับ 2, 4, 6, 8, 10, ... คือ 16” ต่อแย้งว่า “จำนวนที่ 7 ของลำดับนี้ คือ 18 ต่างหาก” นักเรียนจะตัดสินใจสรุปของนกและต่อว่าอย่างไร คำกล่าวของนก

น่าเชื่อถือ เพราะ.....

ไม่น่าเชื่อถือ เพราะ.....

คำกล่าวของต่อ

น่าเชื่อถือ เพราะ.....

ไม่น่าเชื่อถือ เพราะ.....

ด้านความสามารถในการสรุปอ้างอิงแบบอุปนัย

ให้นักเรียนพิจารณาข้อสรุปว่าสนับสนุน คัดค้าน หรือไม่เกี่ยวข้องกับข้อความหรือสถานการณ์ข้างต้น พร้อมให้เหตุผลประกอบ ตั้งแต่ 37 – 48

25. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

A : ฝนชายตุ๊กต้ายี่ห้อ Furby โดยตุ๊กตาแต่ละตัวมีอัตราส่วนของราคามทุนต่อราคาขายเป็น 5 : 7

B : น้ำซื้อตุ๊กตา Furby จากฝนในราคาตัวละ 4,900 บาท

จึงสรุปว่าน้ำซื้อตุ๊กตา Furby ในราคาที่ถูกลงกว่าร้านอื่นๆ นักเรียนคิดว่าข้อสรุปนี้สนับสนุนหรือคัดค้านหรือไม่เกี่ยวข้องกับข้อความข้างต้น

สนับสนุน เพราะ.....

คัดค้าน เพราะ.....

ไม่เกี่ยวข้อง เพราะ.....

ชื่อ - สกุล.....เลขที่.....ชั้น

แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับหลังเรียน

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับนี้ วัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4 ด้าน แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก วัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 2 ด้าน ดังนี้

- | | |
|---|-------------|
| 1.1 ด้านความสามารถในการนิรนัย | จำนวน 7 ข้อ |
| 1.2 ด้านความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น | จำนวน 7 ข้อ |

ตอนที่ 2 เป็นแบบวัดแบบเติมคำตอบ วัดในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 2 ด้าน คือ

2.1 ด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต

จำนวน 7 ข้อ

- | | |
|---|-------------|
| 2.2 ด้านความสามารถในการสรุปอ้างอิงแบบอุปนัย | จำนวน 7 ข้อ |
|---|-------------|

2. ตอนที่ 1 ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว ข้อละ 1 คะแนน

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนเติมคำตอบลงในช่องว่างที่กำหนดให้

3. แบบวัดฉบับนี้ใช้เวลาในการทำ 60 นาที จำนวน 10 หน้า รวม 28 ข้อ

4. ให้นักเรียนเขียนชื่อ - สกุล เลขที่ และชั้นลงในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน

5. แบบทดสอบแต่ละข้อมีตัวเลือกที่ถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียว ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ **ถูกต้องที่สุด** แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ

6. หากนักเรียนมีข้อสงสัยใดๆ ให้ถามครูผู้คุมสอบเท่านั้น

7. **ไม่อนุญาต**ให้นักเรียนใช้เครื่องคิดเลขหรือเครื่องคำนวณใดๆ ในการทำแบบวัดฉบับนี้

8. เมื่อหมดเวลาสอบ ให้ส่งแบบวัดฉบับนี้และกระดาษคำตอบกับครูผู้คุมสอบเท่านั้น

หมายเหตุ ผู้วิจัยขอนำตัวอย่างจากแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ฉบับก่อนเรียน จำนวนด้านละ 1 ข้อ ซึ่งแสดงรายละเอียดได้ในหน้าต่อไป

ตอนที่ 1 แบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว ข้อละ 1 คะแนน

ด้านความสามารถในการนิรนัย

ลักษณะคำถาม เป็นข้อความหลักในเชิงเหตุผล 2 – 3 ข้อความ แล้วให้นักเรียนหาข้อสรุปจากข้อความหลักที่กำหนดให้

4. วินยกตัวอย่างข้อความที่มีอัตราส่วนเท่ากับอัตราส่วน 9 : 5 จากสถานการณ์นี้นักเรียนจะสรุปว่าอย่างไร

- ก. ข้อความที่วินยกตัวอย่าง คือ “ระยะทาง 500 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทาง 9 ชั่วโมง”
- ข. ข้อความที่วินยกตัวอย่าง คือ “แม่แบ่งเงิน 90 บาท ให้ลูก 5 คน”
- ค. ข้อความที่วินยกตัวอย่าง คือ “พลอยได้เงิน 90 บาท จากการขายไข่ไก่ 50 ฟอง”
- ง. ข้อความที่วินยกตัวอย่าง คือ “ในการทำนา 5 ไร่ ชาวนาต้องใส่ปุ๋ย 9 กิโลกรัม”

ด้านความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

ลักษณะคำถาม ในแต่ละข้อจะกำหนดข้อความหรือสถานการณ์ที่มีความสัมพันธ์กันมาให้ แล้วให้นักเรียนพิจารณาตัดสินว่าข้อความหรือสถานการณ์ตัวเลือกใดจำเป็นต้องเกิดขึ้นก่อนข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพื่อให้ข้อความหรือสถานการณ์นั้นๆ สมเหตุสมผลและเป็นที่ยอมรับได้

14. รูปสามเหลี่ยมรูปหนึ่งมีอัตราส่วนของความยาวของด้านทั้งสามเป็น 2 : 4 : 7 ถ้าด้านที่สั้นที่สุดยาว 6 เซนติเมตร ข้อใดเป็นเหตุผลที่น่าเชื่อถือ และเป็นไปได้ที่ทำให้ข้อความข้างต้นเป็นจริง
- ก. ความยาวรอบรูปของรูปสามเหลี่ยมรูปนี้เท่ากับ 13 เซนติเมตร
 - ข. ความยาวรอบรูปของรูปสามเหลี่ยมรูปนี้เท่ากับ 25 เซนติเมตร
 - ค. ด้านที่ยาวที่สุดยาว 21 เซนติเมตร
 - ง. ด้านที่ยาวที่สุดยาว 7 เซนติเมตร

ตอนที่ 2 แบบวัดแบบเติมคำตอบ

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมคำตอบลงในช่องว่างที่กำหนดให้ ข้อละ 1 คะแนน

ด้านความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต

ให้นักเรียนตัดสินใจสรุปในและข้อว่าข้อสรุปดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือหรือไม่น่าเชื่อถือ พร้อมให้เหตุผลประกอบ ตั้งแต่ข้อ 25 – 36

20. ในการทอดลูกเต๋า 1 ลูก 1 ครั้ง กิกพูดว่า “โอกาสที่ลูกเต๋าคือจะขึ้นแต้มเป็นจำนวนคู่คิดเป็น 100%” แต่อิมพูดว่า “ไม่จริงหรอก โอกาสที่ลูกเต๋าคือจะขึ้นแต้มเป็นจำนวนคู่คิดเป็น 100% ต่างหาก” นักเรียนจะตัดสินใจพูดของกิกและอิมอย่างไร

คำกล่าวของกิก

- น่าเชื่อถือ เพราะ.....
- ไม่น่าเชื่อถือ เพราะ.....

คำกล่าวของอิม

- น่าเชื่อถือ เพราะ.....
- ไม่น่าเชื่อถือ เพราะ.....

ด้านความสามารถในการสรุปอ้างอิงแบบอุปนัย

ให้นักเรียนพิจารณาข้อสรุปว่าสนับสนุน คัดค้าน หรือไม่เกี่ยวข้องกับข้อความหรือสถานการณ์ข้างต้น พร้อมให้เหตุผลประกอบ ตั้งแต่ข้อ 37 – 48

23. พิจารณาข้อความต่อไปนี้

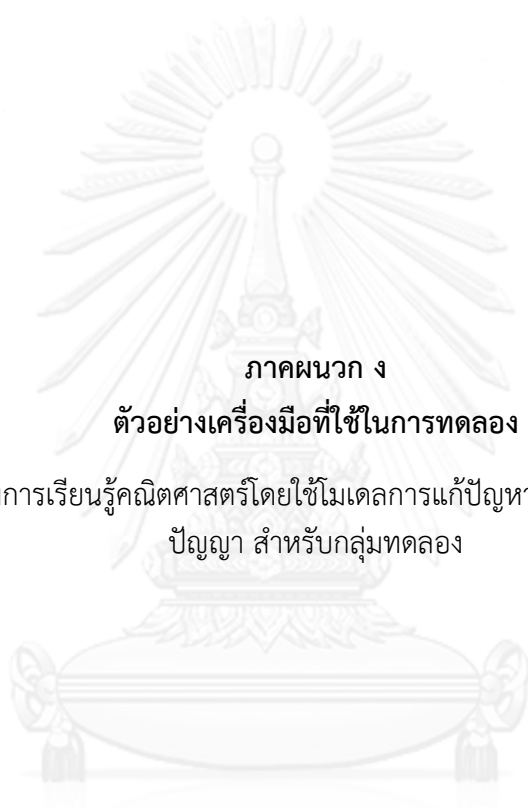
A : ถ้านักเรียนขาดเรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็น $\frac{1}{4}$ ของจำนวนคาบเรียนทั้งหมด แล้วนักเรียนจะ

หมดสิทธิ์สอบ

B : ภัทราไม่ชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์

จึงสรุปว่า ภัทราหมดสิทธิ์สอบวิชาคณิตศาสตร์ นักเรียนคิดว่าข้อสรุปนี้สนับสนุนหรือคัดค้านหรือไม่เกี่ยวข้องกับข้อความข้างต้น

- สนับสนุน เพราะ.....
- คัดค้าน เพราะ.....
- ไม่เกี่ยวข้อง เพราะ.....



ภาคผนวก ง

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โมเดลการแก้ปัญหาที่เน้นกระบวนการกำกับทาง
ปัญญา สำหรับกลุ่มทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ค 22201 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนและร้อยละ เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับ
 อัตราส่วน (3)
 ผู้สอน นางสาวมัทนา พรหมรักษ์ จำนวน 1 คาบ

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ นักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสัดส่วนได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ นักเรียนสามารถ

1. แก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสัดส่วนได้
2. ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและชัดเจน
3. ตรวจสอบถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่คำนวณได้อย่างถูกต้อง

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้นักเรียน

1. กล้าแสดงความคิดเห็นและยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น
2. ทำงานด้วยความมีระเบียบเรียบร้อยเป็นขั้นตอนที่ถูกต้อง
3. มีความรับผิดชอบในการทำงาน
4. ให้ความร่วมมือกับกิจกรรมในชั้นเรียน

สาระสำคัญ

อัตราส่วน (Ratio) เป็นการเปรียบเทียบปริมาณ a และปริมาณ b ซึ่งอาจมีหน่วยเดียวกันหรือต่างหน่วยกันก็ได้ เช่น พ่ออายุ 52 ปี และแม่อายุ 48 ปี ดังนั้น อัตราส่วนของอายุของพ่อต่ออายุของแม่ เป็น $52 : 48$ ซึ่งจำนวนที่ปรากฏอยู่ในอัตราส่วนไม่จำเป็นต้องแสดงปริมาณที่แท้จริงของสิ่งที่นำมาเปรียบเทียบกันเสมอไป

สาระการเรียนรู้

นักเรียนเคยทราบมาแล้วว่าเมื่อกล่าวถึงอัตราส่วน จำนวนที่ปรากฏอยู่ในอัตราส่วนไม่จำเป็นต้องแสดงปริมาณที่แท้จริงของสิ่งที่นำมาเปรียบเทียบกันเสมอไป เช่น อัตราส่วนของจำนวนเงินของปริมต่อจำนวนเงินของนุ่น เป็น $14 : 17$ อัตราส่วนนี้ไม่จำเป็นต้องหมายความว่า ปริมมีเงิน 14 บาท และนุ่นมีเงิน 17 บาท แต่อาจหมายถึงจำนวนเงินเป็นอย่างอื่นได้อีก เช่น



ถ้าปริมมีเงิน 7 บาท นุ่นจะมีเงิน 8.50 บาท

ถ้าปริมมีเงิน 28 บาท นุ่นจะมีเงิน 34 บาท

ดังนั้น อัตราส่วนของจำนวนเงินของปริมต่อจำนวนเงินของนุ่นอาจเขียนเป็นอัตราส่วนที่เท่ากับ $14 : 17$ ซึ่งหาได้โดยใช้หลักการคูณ หรือหลักการหาร ดังนี้

$$14 : 17 = \frac{14}{2} : \frac{17}{2} = 7 : 8.50 \quad \text{หรือ}$$

$$14 : 17 = 14 \times 2 : 17 \times 2 = 28 : 34 \quad \text{หรือ}$$

$$14 : 17 = 14 \times 3 : 17 \times 3 = 42 : 51$$

จากอัตราส่วนข้างต้น จะเห็นว่าจำนวนเงินของปริมต่อจำนวนเงินของนุ่นจะอยู่ในรูป $14x : 17x$ เมื่อ x แทนจำนวนบวก นั่นคือ ถ้ากำหนดให้จำนวนเงินของปริมเป็น $14x$ เมื่อ x แทนจำนวนบวกบางจำนวนแล้ว จะได้จำนวนเงินของนุ่นเป็น $17x$

ตัวอย่างที่ 1 จงหาจำนวนที่แทนด้วย x ในสัดส่วน $\frac{8x-5}{x} = \frac{51}{7}$

วิธีทำ เนื่องจาก $\frac{8x-5}{x} = \frac{51}{7}$

จากผลคูณไขว้ จะได้

$$(8x-5) \times 7 = x \times (51)$$

$$56x - 35 = 51x$$

$$56x - 51x = 35$$

$$5x = 35$$

$$\text{ดังนั้น } x = 7$$

นั่นคือ ค่าของ x เป็น 7

ตอบ 7

ตรวจสอบคำตอบ

นำ $x = 7$ แทนใน

$$\frac{8x-5}{x} = \frac{51}{7}$$

$$\frac{8(7)-5}{7} = \frac{51}{7}$$

$$\frac{56-5}{7} = \frac{51}{7}$$

$$\frac{51}{7} = \frac{51}{7}$$

สมการเป็น

จริง

ตัวอย่างที่ 2 ดำรงมีต้นชวนชมและต้นเฟื่องฟ้าอยู่จำนวนหนึ่ง อัตราส่วนของจำนวนต้นชวนชมต่อจำนวนต้นเฟื่องฟ้า เป็น 5 : 3 เมื่อเขาจำหน่ายต้นชวนชมไป 22 ต้น และต้นเฟื่องฟ้าไป 16 ต้น แล้วอัตราส่วนของจำนวนต้นชวนชมที่เหลือต่อจำนวนต้นเฟื่องฟ้าที่เหลือ เป็น 9 : 5 จงหาว่าเดิมดำรงมีต้นชวนชมและต้นเฟื่องฟ้าอยู่อย่างละกี่ต้น

วิธีทำ เนื่องจากอัตราส่วนของจำนวนต้นชวนชมต่อจำนวนต้นเฟื่องฟ้า เป็น 5 : 3

เมื่อ x เป็นจำนวนบวก จะได้ว่าถ้าเดิมดำรงมีต้นชวนชมอยู่ $5x$ ต้น แล้วจะมีต้นเฟื่องฟ้าอยู่ $3x$ ต้น

หลังจากจำหน่ายต้นชวนชมไป 22 ต้น และต้นเฟื่องฟ้าไป 16 ต้น

เหลือต้นชวนชมอยู่ $5x - 22$ ต้น และเหลือต้นเฟื่องฟ้าอยู่ $3x - 16$ ต้น

เนื่องจากอัตราส่วนของจำนวนต้นชวนชมที่เหลือต่อจำนวนต้นเฟื่องฟ้าที่เหลือ เป็น 9 : 5

เขียนสัดส่วนได้ดังนี้
$$\frac{5x-22}{3x-16} = \frac{9}{5}$$

จากผลคูณไขว้ จะได้ $(5x-22) \times 5 = (3x-16) \times 9$

$$25x - 110 = 27x - 144$$

$$25x - 27x = 110 - 144$$

$$-2x = -34$$

$$x = \frac{-34}{-2}$$

ดังนั้น $x = 17$

$$5x = 5 \times 17 = 85$$

$$3x = 3 \times 17 = 51$$

นั่นคือ เดิมดำรงมีต้นชวนชม 85 ต้น และต้นเฟื่องฟ้า 51 ต้น

ตรวจสอบคำตอบ

1. หาอัตราส่วนของจำนวนต้นชวนชมต่อจำนวนต้นเฟื่องฟ้าที่มีอยู่เดิม (ตรวจสอบจากคำตอบที่ได้) จะได้ว่า $85 : 51 = 5 : 3$ (ตรงกับอัตราส่วนที่โจทย์กำหนดให้)

2. นำ $x = 17$ แทนใน $\frac{5x - 22}{3x - 16} = \frac{9}{5}$

$$\frac{5(17) - 22}{3(17) - 16} = \frac{9}{5}$$

$$\frac{63}{35} = \frac{9}{5}$$

$$\frac{9}{5} = \frac{9}{5} \quad \text{สมการเป็นจริง}$$

ตอบ ต้นชวนชม 85 ต้น และต้นเฟื่องฟ้า 51 ต้น

ตัวอย่างที่ 3 ในการรับสมัครนักเรียนเข้าค่ายคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนคณิตวิทยา อัตราส่วนของจำนวนนักเรียนที่สมัคร ชั้น ม.1 ต่อชั้น ม.2 ต่อชั้น ม.3 เป็น 5 : 3 : 2 เมื่อถึงวันเข้าค่ายมีนักเรียนชั้น ม.1 ถอนตัว 10 คน นักเรียนชั้น ม.2 สมัครเพิ่ม 6 คน และนักเรียนชั้น ม.3 สมัครเพิ่ม 8 คนทำให้อัตราส่วนของจำนวนนักเรียนที่เข้าค่าย ชั้น ม.1 ต่อชั้น ม.2 ต่อชั้น ม.3 เป็น 5 : 4 : 3 จงหาว่ามีนักเรียนเข้าค่ายทั้งหมดกี่คน

วิธีทำ เนื่องจากอัตราส่วนของจำนวนนักเรียนที่สมัคร ชั้น ม.1 ต่อชั้น ม.2 ต่อชั้น ม.3 เป็น 5 : 3 : 2

เมื่อ x เป็นจำนวนบวก จะได้ว่าถ้านักเรียนชั้น ม.1 มาสมัคร $5x$ คน นักเรียนชั้น ม.2 มาสมัคร $3x$ คน และนักเรียนชั้น ม.3 มาสมัคร $2x$ คน

เมื่อถึงวันเข้าค่ายมีนักเรียนชั้น ม.1 จำนวน $5x - 10$ คน นักเรียนชั้น ม.2 จำนวน $3x + 6$ คน และนักเรียนชั้น ม.3 จำนวน $2x + 8$ คน

เนื่องจากอัตราส่วนของจำนวนนักเรียนที่เข้าค่าย ชั้น ม.1 ต่อชั้น ม.2 ต่อชั้น ม.3 เป็น 5 : 4 : 3

ดังนั้นอัตราส่วนของจำนวนนักเรียนที่เข้าค่าย ชั้น ม.1 ต่อชั้น ม.2 เป็น 5 : 4

$$\text{เขียนสัดส่วนได้ดังนี้} \quad \frac{5x - 10}{3x + 6} = \frac{5}{4}$$

$$\text{จากผลคูณไขว้ จะได้} \quad (5x - 10) \times 4 = (3x + 6) \times 5$$

$$20x - 40 = 15x + 30$$

$$20x - 15x = 30 + 40$$

$$5x = 70$$

$$x = 14$$

$$\text{ดังนั้น} \quad (5x - 10) = (5 \times 14) - 10$$

$$= 70 - 10$$

$$= 60$$

$$(3x + 6) = (3 \times 14) + 6$$

$$= 42 + 6$$

$$= 48$$

และ $(2x + 8) = (2 \times 14) + 8$

$$= 28 + 8$$

$$= 36$$

นั่นคือ มีนักเรียนเข้าค่ายทั้งหมด $60 + 48 + 36 = 144$ คน

ตรวจสอบคำตอบ

นำค่า $x = 14$ แทนใน $\frac{5x - 10}{3x + 6} = \frac{5}{4}$

$$\frac{5(14) - 10}{3(14) + 6} = \frac{5}{4}$$

$$\frac{60}{48} = \frac{5}{4}$$

$$\frac{5}{4} = \frac{5}{4}$$

สมการเป็นจริง

ตอบ 144 คน

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ

1. ครูทบทวนความรู้เดิมเรื่อง อัตราส่วน โดยครูสุ่มถามนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยอ้างอิงจากแบบฝึกหัด 3.1 ก ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม คณิตศาสตร์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของ สสวท.

2. ครูกล่าวว่าจำนวนที่ปรากฏอยู่ในอัตราส่วนไม่จำเป็นต้องแสดงปริมาณที่แท้จริงของสิ่งทีนำมาเปรียบเทียบกันเสมอไป และยกตัวอย่างว่าในการเขียนอัตราส่วนของอายุของพ่อ 52 ปีและอายุของแม่ 48 ปี เราสามารถเขียนอัตราส่วนได้เป็น $52 : 48$

3. ครูขอตัวแทนนักเรียนจำนวน 2 คนออกมาหน้าชั้นเรียน จากนั้นครูแจกซองบรรจุเงินไว้คนละ 1 ซอง โดยอนุญาตให้ตัวแทนนักเรียนเปิดดูจำนวนเงินในซองของตนเองได้ (ซองที่ 1 มีเงินจำนวน 100 บาท และซองที่ 2 มีเงินจำนวน 150 บาท)

4. ครูให้นักเรียนทายว่านักเรียนทั้งสองคนมีเงินอยู่คนละเท่าไร โดยระบุเพียงว่าอัตราส่วนจำนวนเงินของคนที 1 ต่อจำนวนเงินของคนที 2 เป็น $2 : 3$ และทั้งสองคนมีเงินรวมกันเท่ากับ 250 บาท

5. ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปข้อสังเกตที่ได้จากการทายปัญหานี้ (จำนวนที่ปรากฏอยู่ในรูปอัตราส่วนไม่จำเป็นต้องแสดงปริมาณที่แท้จริงของสิ่งทีนำมาเปรียบเทียบกันเสมอไป)

6. ครูนำบัตรคำมาติดบนกระดาน “อัตราส่วนของจำนวนเงินของปริมต่อจำนวนเงินของนุ่นเป็น $14 : 17$ ” จากนั้นครูสุ่มถามนักเรียนเป็นรายบุคคลว่าจากอัตราส่วนดังกล่าว นักเรียนมีความคิดเห็นว่าปริมและนุ่นมีเงินคนละเท่าไร (เช่น ถ้าปริมมีเงิน 28 บาท นุ่นจะมีเงิน 34 บาท เป็นต้น) จากนั้นครูสรุปว่า ถ้ากำหนดให้จำนวนเงินของปริมเป็น $14x$ เมื่อ x แทนจำนวนบวกบางจำนวนแล้วจะได้จำนวนเงินของนุ่นเป็น $17x$

7. ครูยกตัวอย่างที่ 1 โดยใช้การถามตอบประกอบการอธิบาย เพื่อให้ นักเรียนมีความรู้พื้นฐานเพียงพอสำหรับการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับอัตราส่วน

ขั้นสอน

1. ครูแจกแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่ 3 เพื่อให้ นักเรียนได้บันทึกขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการกำกับทางปัญญาของตนเอง จากนั้นครูยกตัวอย่างที่ 2 บนกระดาน

ขั้นที่ 1 ชั้นเผชิญหน้ากับปัญหา (Engagement)

การทำความเข้าใจปัญหา

2. ครูให้นักเรียนอ่านโจทย์ เพื่อทำความเข้าใจปัญหา จากนั้นให้นักเรียนฝึกการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา และความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหานี้ ซึ่งครูและนักเรียนช่วยกันหาคำตอบ โดยครูจะใช้คำถามดังนี้

- โจทย์กำหนดอะไรมาให้บ้าง (อัตราส่วนของจำนวนต้นชวนชมต่อจำนวนต้นเฟื่องฟ้า เป็น 5 : 3 เมื่อเขาจำหน่ายต้นชวนชมไป 22 ต้น และต้นเฟื่องฟ้าไป 16 ต้น แล้วอัตราส่วนของจำนวนต้นชวนชมที่เหลือต่อจำนวนต้นเฟื่องฟ้าที่เหลือ เป็น 9 : 5)

- โจทย์ต้องการหาอะไร (เดิมดำรงมีต้นชวนชมและต้นเฟื่องฟ้าอยู่อย่างละกี่ต้น)
- ต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องอะไรบ้าง (เช่น อัตราส่วน สัดส่วน หลักการคูณไขว้ เป็นต้น)

การวิเคราะห์เทียบกับปัญหาที่คุ้นเคย

3. ครูถามคำถามเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ว่าตนเองเคยแก้ปัญหามีความคล้ายคลึงกับปัญหานี้หรือไม่ (เคย/ไม่เคย) และนักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรว่าโจทย์นี้ควรจัดระดับความยาก-ง่ายอยู่ในระดับใด (ง่าย/ปานกลาง/ยาก)

ขั้นที่ 2 ชั้นกำหนดกระบวนการ (Transformation- Formulation)

การวางแผนการแก้ปัญหา

4. ครูให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแผนที่จะใช้สำหรับการแก้ปัญหานี้ โดยครูใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนนำข้อมูลต่างๆที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้ามาออกแบบลำดับขั้นตอนที่จะใช้ในการแก้ปัญหานี้ โดยพิจารณาถึงเงื่อนไขต่างๆ และความเหมาะสมของแผนที่จะใช้ เช่น 1. เขียนอัตราส่วนของจำนวนต้นชวนชมที่เหลือและจำนวนต้นเฟื่องฟ้าที่เหลือให้อยู่ในรูปการคูณของ x เมื่อ x แทนจำนวนบวก 2. นำอัตราส่วนที่ได้มาเขียนสัดส่วนแสดงจำนวนต้นไม้ที่เหลือ 3. แก้สมการหาค่า x 4. นำค่า x ไปแทนค่าหาคำตอบ เป็นต้น

การตรวจสอบการดำเนินการตามแผน

5. ครูให้นักเรียนอ่านแผนที่ใช้ในการแก้ปัญหาลีกครั้ง จากนั้นให้นักเรียนพิจารณาว่าแผนมีความสอดคล้องกับข้อมูลต่างๆที่โจทย์กำหนดให้หรือไม่ (สอดคล้อง/ไม่สอดคล้อง ในกรณีที่ ไม่สอดคล้องให้นักเรียนแก้ไขแผนในการแก้ปัญหาลีกครั้ง) และให้นักเรียนคาดเดาว่าแผนที่ใช้สามารถแก้ปัญหาลี้กสำเร็จหรือไม่ (สำเร็จ/ไม่สำเร็จ/ไม่แน่ใจ)

ขั้นที่ 3 ขั้นลงมือปฏิบัติ (Implementation)

การดำเนินการแก้ปัญหา

6. ครูถามนักเรียนว่าโจทย์ข้อนี้ต้องการทราบอะไร เพื่อให้ให้นักเรียนกำกับเป้าหมายในการแก้ปัญหาของตนเอง (จำนวนต้นชวนชมและต้นเฟื่องฟ้าที่มีอยู่แต่เดิม)

7. ครูให้นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาจนกระทั่งได้คำตอบ โดยครูใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถดำเนินการได้ตามแผนที่วางไว้ และให้ข้อเสนอแนะว่าในกรณีที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ นักเรียนสามารถปรับแก้แผนที่ใช้หรือเปลี่ยนแผนใหม่ได้ถ้าจำเป็น

การตรวจสอบการดำเนินการตามแผน

8. ครูให้นักเรียนตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นของตนเองอีกครั้งว่าเป็นไปตามแผนหรือไม่ (เป็นไปตามแผน/ไม่เป็นไปตามแผนในขั้นที่... ในกรณีนี้จะให้นักเรียนย้อนกลับไปดำเนินการแก้ปัญหาใหม่)

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผล (Evaluation)

การพิจารณาผลของการดำเนินการตามแผน

9. ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้พิจารณาว่าคำตอบที่ได้ตรงกับสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่ (ตรง/ไม่ตรง) พร้อมทั้งตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและความสมเหตุสมผลของคำตอบ

การสรุปคำตอบ

10. ครูให้นักเรียนร่วมกันสรุปคำตอบที่ได้ (เดิมดำรงมีต้นชวนชม 85 ต้น และต้นเฟื่องฟ้า 51 ต้น)

ขั้นที่ 5 ขั้นซึมซับทางความคิด (Internalisation)

การพิจารณาไตร่ตรอง

11. ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนพิจารณากระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมดดังนี้
- หลังจากนักเรียนแก้ปัญหาแล้วนักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน (เช่น โจทย์ค่อนข้างง่าย ยังไม่ซับซ้อนมาก เป็นต้น)
 - จุดเด่นและ/หรือจุดด้อยของกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน (จุดเด่น : แผนที่ใช้เป็นแผนที่กะทัดรัด เข้าใจง่าย, จุดด้อย : -)
 - หลังจากแก้ปัญหาแล้วนักเรียนคิดว่าโจทย์นี้มีระดับความยาก-ง่ายอยู่ในระดับใด (ง่าย/ปานกลาง/ยาก)

การนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

12. ครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาว่ามีวิธีการอื่นที่สามารถแก้ปัญหานี้ได้หรือไม่ อย่างไร (มี ใช้วิธีการเทียบบัญญัติไตรยางค์) จากนั้นให้นักเรียนประเมินความพึงพอใจในการแก้ปัญหา (น้อย/ปานกลาง/มาก) และประเมินระดับความมั่นใจในการแก้ปัญหาล้าเจ้อปัญหาที่คล้ายคลึงกัน (น้อย/ปานกลาง/มาก)

13. ครูยกตัวอย่างข้อที่ 3 ในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญหาที่ 3 โดยทำตามขั้นตอนข้อที่ 2 ถึงข้อที่ 12 อีกครั้ง เพื่อให้นักเรียนได้บันทึกและเข้าใจขั้นตอนในการแก้ปัญหามากขึ้น

สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

กลุ่มทดลอง
1. ซองบรรจุเงิน จำนวน 2 ซอง 2. บัตรคำ 3. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม คณิตศาสตร์ เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 4. แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญหา

การวัดและการประเมินผล

กลุ่มทดลอง

การวัดผล	การประเมินผล
1. สังเกตจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน
2. สังเกตจากการอภิปรายของนักเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม
4. ตรวจสอบความถูกต้องในการทำแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญหา

ชื่อ..... เลขที่.....ห้อง.....

แบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการกำกับทางปัญญาที่ 3

เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วน (3)

1. ดำรงมีต้นชวนชมและต้นเฟื่องฟ้าอยู่จำนวนหนึ่ง อัตราส่วนของจำนวนต้นชวนชมต่อจำนวนต้นเฟื่องฟ้าเป็น 5 : 3 เมื่อเขาจำหน่ายต้นชวนชมไป 22 ต้น และต้นเฟื่องฟ้าไป 16 ต้น แล้วอัตราส่วนของจำนวนต้นชวนชมที่เหลือต่อจำนวนต้นเฟื่องฟ้าที่เหลือ เป็น 9 : 5 จงหาว่าเดิมดำรงมีต้นชวนชมและต้นเฟื่องฟ้าอยู่อย่างละกี่ต้น

1. ชั้นเผชิญหน้ากับปัญหา

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ.....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา คือ.....

1.3 นักเรียนต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดบ้างในการแก้ปัญหา

1.4 นักเรียนเคยแก้ปัญหาในลักษณะนี้หรือไม่ เคย ไม่เคย

1.5 นักเรียนคิดว่าโจทย์นี้มีระดับความยาก - ง่าย อยู่ในระดับใด ง่าย ปานกลาง ยาก

2. ชั้นกำหนดกระบวนการ

2.1 นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญหานี้อย่างไร (ระบุเป็นข้อ)

2.2 นักเรียนอ่านทบทวนแผนอีกครั้งและพิจารณาว่าแผนมีความสอดคล้องกับข้อมูลต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดให้หรือไม่ สอดคล้อง ไม่สอดคล้อง (ถ้าไม่สอดคล้อง ให้นักเรียนแก้ไขแผนในการแก้ปัญหาค้าง)

2.3 นักเรียนคิดว่าการวางแผนครั้งนี้สามารถใช้แก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องได้สำเร็จหรือไม่ สำเร็จ ไม่สำเร็จ ไม่แน่ใจ

3. ชั้นลงมือปฏิบัติ

3.1 นักเรียนทบทวนอีกครั้งว่าโจทย์ถามอะไร

3.2 นักเรียนดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามแผนที่วางไว้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.3 นักเรียนตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นอีกครั้งว่าเป็นไปตามแผนที่ได้กำหนดไว้หรือไม่

เป็นไปตามแผน ไม่เป็นไปตามแผน ในขั้นที่.....

(หากไม่เป็นไปตามแผนให้นักเรียนย้อนกลับไปดำเนินการแก้ปัญหาใหม่)

4. ชั้นประเมินผล

4.1 นักเรียนคิดว่าคำตอบที่ได้ตรงกับสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่ ตรง ไม่ตรง

4.2 ให้นักเรียนตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ

.....

.....

.....

4.3 ให้นักเรียนสรุปคำตอบ

5. ชั้นซึมซับทางความคิด

5.1 หลังจากนักเรียนแก้ปัญหาแล้ว นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน

5.2 นักเรียนคิดว่ากระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนมีจุดเด่นและ/หรือจุดด้อยอะไรบ้าง

จุดเด่น.....

จุดด้อย.....

5.3 หลังจากนักเรียนแก้ปัญหาแล้ว นักเรียนคิดว่าโจทย์นี้มีระดับความยาก - ง่าย อยู่ในระดับใด

ง่าย ปานกลาง ยาก

5.4 นักเรียนคิดว่ามีวิธีการอื่นที่สามารถแก้ปัญหานี้ได้หรือไม่ อย่างไร.....

5.5 นักเรียนมีความพึงพอใจในการแก้ปัญหานี้ในระดับใด น้อย ปานกลาง มาก

5.6 ถ้านักเรียนพบโจทย์ปัญหาในลักษณะที่คล้ายคลึงกับปัญหานี้ นักเรียนมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาดังกล่าวมากน้อยเพียงใด น้อย ปานกลาง มาก

2. ในการรับสมัครนักเรียนเข้าค่ายคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียน
คณิตวิทยาอัตราส่วนของจำนวนนักเรียนที่สมัคร ชั้น ม.1 ต่อชั้น ม.2 ต่อชั้น ม.3 เป็น 5 : 3 : 2
เมื่อถึงวันเข้าค่ายมีนักเรียนชั้น ม.1 ถอนตัว 10 คน นักเรียนชั้น ม.2 สมัครเพิ่ม 6 คน และนักเรียน
ชั้น ม.3 สมัครเพิ่ม 8 คน ทำให้อัตราส่วนของจำนวนนักเรียนที่เข้าค่าย ชั้น ม.1 ต่อชั้น ม.2 ต่อชั้น
ม.3 เป็น 5 : 4 : 3 จงหาว่ามีนักเรียนเข้าค่ายทั้งหมดกี่คน

1. ชั้นเผชิญหน้ากับปัญหา

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ.....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา คือ.....

1.3 นักเรียนต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องใดบ้างในการแก้ปัญหา

1.4 นักเรียนเคยแก้ปัญหาในลักษณะนี้หรือไม่ เคย ไม่เคย

1.5 นักเรียนคิดว่าโจทย์นี้มีระดับความยาก - ง่าย อยู่ในระดับใด ง่าย ปานกลาง
ยาก

2. ชั้นกำหนดกระบวนการ

2.1 นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญหานี้อย่างไร (ระบุเป็นข้อ)

2.2 นักเรียนอ่านทบทวนแผนอีกครั้งและพิจารณาว่าแผนมีความสอดคล้องกับข้อมูลต่าง ๆ ที่
โจทย์กำหนดให้หรือไม่ สอดคล้อง ไม่สอดคล้อง (ถ้าไม่สอดคล้อง ให้นักเรียนแก้ไข
แผนในการแก้ปัญหาค้าง)

2.3 นักเรียนคิดว่าการวางแผนครั้งนี้สามารถใช้แก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องได้สำเร็จหรือไม่
 สำเร็จ ไม่สำเร็จ ไม่แน่ใจ

3. ชั้นลงมือปฏิบัติ

3.1 นักเรียนทบทวนอีกครั้งว่าโจทย์ถามอะไร

3.2 นักเรียนดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามแผนที่วางไว้

3.3 นักเรียนตรวจสอบการดำเนินการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นอีกครั้งว่าเป็นไปตามแผนที่ได้กำหนดไว้หรือไม่

เป็นไปตามแผน ไม่เป็นไปตามแผน ในขั้นที่.....

(หากไม่เป็นไปตามแผนให้นักเรียนย้อนกลับไปดำเนินการแก้ปัญหาใหม่)

4. ชั้นประเมินผล

4.1 นักเรียนคิดว่าคำตอบที่ได้ตรงกับสิ่งที่โจทย์ถามหรือไม่ ตรง ไม่ตรง

4.2 ให้นักเรียนตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบ

.....

.....

.....

4.3 ให้นักเรียนสรุปคำตอบ

5. ชั้นซึมซับทางความคิด

5.1 หลังจากนักเรียนแก้ปัญหาแล้ว นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน

5.2 นักเรียนคิดว่ากระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียนมีจุดเด่นและ/หรือจุดด้อยอะไรบ้าง

จุดเด่น.....

จุดด้อย.....

5.3 หลังจากนักเรียนแก้ปัญหาแล้ว นักเรียนคิดว่าโจทย์นี้มีระดับความยาก - ง่าย อยู่ในระดับใด

ง่าย ปานกลาง ยาก

5.4 นักเรียนคิดว่ามีวิธีการอื่นที่สามารถแก้ปัญหานี้ได้หรือไม่ อย่างไร.....

5.5 นักเรียนมีความพึงพอใจในการแก้ปัญหานี้ในระดับใด น้อย ปานกลาง มาก

5.6 ถ้านักเรียนพบโจทย์ปัญหาในลักษณะที่คล้ายคลึงกับปัญหานี้ นักเรียนมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาดังกล่าวมากน้อยเพียงใด น้อย ปานกลาง มาก

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวมัทนา พรหมรักษ์ เกิดเมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ. 2529 ที่อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส สำเร็จการปริญญาศึกษาศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1) สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2553 และเข้าศึกษาต่อหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553 ปัจจุบันรับราชการ ตำแหน่งครูผู้ช่วย โรงเรียนหอวัง กรุงเทพมหานคร



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY