

การพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
สิงหาคม 2560

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



ปริญญานิพนธ์
ของ
กฤษฎา แก้วสิงห์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์

สิงหาคม 2560

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
สิงหาคม 2560

กฤษฎา แก้วสิงห์. (2560). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถ
ด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปรินญาณิพนธ์ ปร.ด. (การวิจัยและ
พัฒนาศักยภาพมนุษย์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
คณะกรรมการควบคุม: ดร.พนิดา มารุ่งเรือง, ผศ.ดร.สุวิมล กฤษณกุลหาสน์,
ผศ.ดร.เรืองเดช ศิริกิจ.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อ 1) วิเคราะห์และตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของ
โมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กับข้อมูลเชิงประจักษ์
2) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 2 และ 3) ศึกษาประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้าน
คำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แบ่งการวิจัยเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 เป็นการวิเคราะห์และ
ตรวจสอบโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน
660 คน ได้มาจากการสุ่มแบบสองขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบวัด
ความสามารถด้านคำนวณ จำนวน 30 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐาน การวิเคราะห์สหสัมพันธ์
และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน การวิจัยระยะที่ 2 เป็นการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อ
ส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 36 คน
แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 20 คน และกลุ่มควบคุม 16 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ใน
การรวบรวมข้อมูล คือ แผนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ และแบบทดสอบ
วัดความสามารถด้านคำนวณ จำนวน 30 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพื้นฐาน MANOVA และค่าดัชนี
ประสิทธิผล

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) โมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนมีความ
สอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ($\chi^2 = 288.15$, $df = 263$, $p = 0.137$, $\chi^2/df = 1.095$, $GFI = 0.97$,
 $AGFI = 0.95$, $RMSEA = 0.012$, $SRMR = 0.027$) 2) รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความ
สามารถด้านคำนวณที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นเชื่อมโยงความรู้
(Connection) ขั้นสร้างความรู้ (Construction) ขั้นฝึกคิดคำนวณ (Calculation) และขั้นทำซ้ำย้ำทวน
(Cycle application) 3) ผลการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น พบว่า
3.1) ผู้เรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ยด้านความคิดรวบยอดทาง
คณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สูงกว่าผู้เรียนกลุ่มควบคุม
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3.2) ผู้เรียนกลุ่มทดลองมีความคงทนในการเรียนรู้โดยมีคะแนน
เฉลี่ยด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทาง
คณิตศาสตร์ หลังเรียนและระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่าง
ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3.3) ค่าดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 0.51

DEVELOPMENT OF A LEARNING PROVISION MODEL TO ENHANCE
THE NUMERACY OF MATHAYOMSUKSA TWO STUDENTS



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Philosophy Degree in Research and Development on Human Potentials
at Srinakharinwirot University
August 2017

Kisada Kawsing. (2017). *Development of a Learning a Provision Model to Enhance the Numeracy of Mathayomsuksa Two Students*. Dissertation, PhD.
(Research and Development on Human Potential). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. Panida Marungruang, Asst. Prof. Dr. Suwimon Kritkharuehart, Asst. Prof. Dr. Ruangdech Sirikit.

The purposes of this research were 1) to analysis and examine a numeracy measurement model for Mathayomsuksa Two students with empirical data; 2) to develop a learning provision model to enhance the numeracy of Mathayomsuksa Two students and 3) to study the effectiveness of learning provision models to enhance the numeracy of Mathayomsuksa Two students. This research consists of two phases: the first phase was to develop a measurement model of numeracy. The sample was six hundred and sixty in Mathayomsuksa Two students, selected by two-stage random sampling. The data was collected using a thirty-item numeracy test and were analyzed using descriptive statistics, correlation, and confirmatory factor analysis. The second phase was to develop a learning provision model to enhance numeracy. The sample was thirty six Mathayomsuksa Two students and selected by purposive sampling. There were twenty students assigned to the experiment group and sixteen students assigned into the control group. The data were collected using a learning management plan to enhance numeracy and a thirty-items numeracy test. The data were analyzed using descriptive statistics, MANOVA and an effectiveness index.

The research findings were as follows: 1) The measurement model of numeracy fit with the empirical data ($\chi^2 = 288.15$, $df = 263$, $p\text{-value} = 0.137$, $\chi^2/df = 1.095$, $GFI = 0.97$, $AGFI = 0.95$, $RMSEA = 0.012$, $SRMR = 0.027$). 2) The learning provision model to enhance numeracy consisting of four stages: connection, construction, calculation and cycle application. 3) The effectiveness of the learning provision model to enhance numeracy obtained from implementing the instructions, as follows: 3.1) The mean scores of concept, calculation, mathematical and processing skills of students in the experimental group who used the learning provision model for numeracy were significantly higher than the control group at a level of .05. 3.2) The experimental group demonstrated retention of learning which showed that the posttest and follow up mean scores of concept, calculation, mathematical and processing skills were no significantly at a level of .05 3.3) The effectiveness index of the learning provision model for enhancing numeracy was 0.51.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
ของ
กฤษฎา แก้วสิงห์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

วันที่ เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2560

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(อาจารย์ ดร.พนิดา มารุ่งเรือง) (รองศาสตราจารย์ ดร.ศจีมาจ ณ วิเชียร)

.....ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล กฤษณกุล) (อาจารย์ ดร.พนิดา มารุ่งเรือง)

.....ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรืองเดช ศิริกิจ) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล กฤษณกุล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรืองเดช ศิริกิจ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัช มีชาญ)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี โดยได้รับความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจากอาจารย์ ดร.พนิดา มารุ่งเรือง ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล กฤษฎะหาสน์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เรืองเดช ศิริกิจ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา คำแนะนำ ความรู้และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัย ตลอดจนพิจารณาแก้ไขข้อบกพร่องในการทำปริญญานิพนธ์นี้ตลอดมาด้วยความเอาใจใส่ และเมตตาต่อผู้วิจัยอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมาเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ศจีมาจ ฌ วิเชียร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัช มีชาญ คณะกรรมการแต่งตั้งเพิ่มเติมที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าช่วยตรวจสอบข้อบกพร่องต่าง ๆ และให้ข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์กับปริญญานิพนธ์ให้มีความครบถ้วนสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย อักษรคิด อาจารย์ ดร.ชिरา ลำดวงหอม อาจารย์ ดร.ขวัญ เพี้ยชัย อาจารย์ ดร.นิอร ไชยพรพัฒนา อาจารย์ ดร. หนึ่งฤทัย เมฆวาทิต อาจารย์ ดร.สุรินทร์ บุญพัฒนาภรณ์ ดร.วตาภรณ์ พูนผลอำนาจ ดร.วันทิตา ทะลาลี อาจารย์ เอนก จันทรเจริญ และอาจารย์สุภา คิตินนาม ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาช่วยเหลือให้คำแนะนำตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพและแก้ไขเครื่องมือให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่อนุเคราะห์ทุนการศึกษาเพื่อทำวิจัยแบบ I-Thesis

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษาที่เป็นผู้ประสิทธิ์ประสาทให้ความรู้แก่ผู้วิจัยอย่างมากมาย เป็นกำลังใจในการศึกษาตามหลักสูตรของภาควิชาและให้คำแนะนำในการทำงานวิจัยให้มีคุณภาพอย่างต่อเนื่องจนสำเร็จการศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูลได้รับความอนุเคราะห์จากผู้บริหาร คณะครูอาจารย์ และนักเรียนในโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมาเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์ (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา) ทุกคนที่ให้กำลังใจในการฝ่าฟันอุปสรรคมาโดยตลอด

คุณประโยชน์ของปริญญานิพนธ์นี้ขอบอบแต่ บิดา มารดา ครอบครัว ญาติพี่น้อง คุณครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

กฤษฎา แก้วสิงห์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
คำถามการวิจัย.....	6
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	6
ความสำคัญของการวิจัย.....	7
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	9
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	11
สมมติฐานในการวิจัย.....	12
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
ความสามารถด้านคำนวณ (Numeracy).....	14
ความเป็นมาของความสามารถด้านคำนวณ (numeracy).....	14
ความหมายของความสามารถด้านคำนวณ.....	16
แนวคิดของความสามารถด้านคำนวณ.....	19
ขอบเขตของเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านคำนวณ.....	43
การประเมินความสามารถด้านคำนวณ.....	49
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านคำนวณ.....	58
แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณ.....	59
ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์.....	59
การสอนแนะให้รู้คิด (Cognitive Guided Instruction: CGI).....	63
การสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Problem Solving).....	65
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณ.....	73
การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	76
ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	76
องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	78
การออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	79
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	80

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	85
ระยะที่ 1 การวิเคราะห์และตรวจสอบพัฒนาโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณ..	85
ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้าน	
คำนวณของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2	108
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	125
สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	125
การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	126
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	127
ตอนที่ 1 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัด	
ความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2	
กับข้อมูลเชิงประจักษ์.....	127
ตอนที่ 2 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริม	
ความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.....	141
ตอนที่ 3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้	
เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.....	144
5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	158
สังเขปความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีดำเนินการวิจัย.....	158
สรุปผลการวิจัย.....	160
การอภิปรายผลการวิจัย.....	162
ข้อเสนอแนะ.....	167
บรรณานุกรม.....	169
ภาคผนวก.....	179
ภาคผนวก ก.....	180
ภาคผนวก ข.....	183
ภาคผนวก ค.....	191
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	233

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 เปรียบเทียบทักษะพื้นฐานของความสามารถด้านคำนวณกับหลักสูตร คณิตศาสตร์ของประเทศออสเตรเลีย.....	29
2 สรุปสาระสำคัญของแนวคิดความสามารถด้านคำนวณของหน่วยงาน และนักวิชาการ.....	34
3 สรุปแนวคิดความสามารถด้านคำนวณของหน่วยงานและนักวิชาการ.....	42
4 เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่สัมพันธ์กับความสามารถด้านคำนวณ.....	48
5 ระดับความสามารถด้านคำนวณตามชั้นปี.....	53
6 สรุปข้อดีและข้อจำกัดของแนวคิดทฤษฎีที่นำมาพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	62
7 สรุปข้อดีและข้อจำกัดของแนวคิดการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ที่นำมาพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	72
8 ประชากรในการวิจัยชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำแนกตามขนาดโรงเรียน ตามเกณฑ์ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน 4 ขนาด.....	88
9 แสดงกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถ ด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในการวิจัยระยะที่ 1.....	89
10 โครงสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.....	95
11 สรุปสาระสำคัญขององค์ประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	111
12 การสังเคราะห์ทฤษฎีและแนวคิดสำหรับพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริม ความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.....	116
13 แบบแผนการทดลอง.....	120
14 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรแฝงที่ใช้วัดความสามารถด้านคำนวณ ($n = 660$).....	127
15 เมทริกซ์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ขององค์ประกอบ ความสามารถด้านคำนวณ.....	128
16 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งของโมเดลการวัด ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.....	131

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
17 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งของโมเดลการวัดทักษะ การคิดคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.....	133
18 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งของโมเดลการวัด ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.....	135
19 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของโมเดลการวัดความสามารถ ด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.....	137
20 ผลการประเมินคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	142
21 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนกลุ่มทดลองและ นักเรียนกลุ่มควบคุม.....	144
22 การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนาม Hotelling's T^2	138
23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนามของความสามารถ ด้านคำนวณของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม.....	142
24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนามความสามารถด้านคำนวณของ นักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม แยกตามองค์ประกอบ.....	150
25 แสดงค่าขนาดอิทธิพลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถ ด้านคำนวณนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม.....	151
26 การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม ทางเดียวแบบวัดซ้ำ.....	152
27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนามความสามารถด้านคำนวณ ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล.....	154
28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนามของตัวแปรตามความสามารถ ด้านคำนวณของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียน หลังเรียน และระยะ ติดตามผล แยกตามองค์ประกอบ.....	155
29 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล หลังการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ของนักเรียนกลุ่มทดลองด้วย การวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนามทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One - way Repeated Measure MANOVA)	156

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
30 ค่าดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้.....	157
31 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.....	184
32 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถ ด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.....	186
33 ผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบรูปแบบการจัดการ เรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ.....	187



บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	13
2 ทักษะพื้นฐานของความสามารถด้านคำนวณ.....	28
3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยระยะที่ 1.....	87
4 ลำดับขั้นการสร้างและหาคุณภาพแบบทดสอบ.....	91
5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งของโมเดลการวัด ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์	132
6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งของโมเดลการวัด ด้านทักษะการคิดคำนวณ	134
7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งของโมเดลการวัด ด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	136
8 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของโมเดลการวัด ความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.....	140

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ความสามารถด้านคำนวณ (Numeracy) เป็นทักษะที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับนักเรียนในยุคของสังคมข้อมูลข่าวสารและเทคโนโลยีที่มีความรวดเร็วและเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา นักเรียนทุกวันนี้ต้องเผชิญหน้ากับกิจกรรมประจำวันที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ เช่น การจับจ่ายใช้สอย การเดินทาง การจัดระเบียบการเงินของตนเอง การประเมินสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งความรู้ทางคณิตศาสตร์สามารถเข้ามาช่วยทำให้การมองประเด็น การตั้งปัญหาหรือการแก้ปัญหา มีความชัดเจนยิ่งขึ้น (สูนีย์ คล้ายนิล ; ปรีชาญ เดชศรี และอัมพิกา ประโมจน์ย์. 2550 : 95, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554 : 37) รวมทั้งยังเป็นหนึ่งในทักษะที่ต้องการให้เกิดกับนักเรียนทุกคนเพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการดำเนินชีวิตในศตวรรษที่ 21 จากความสำคัญดังกล่าวจึงได้มีหน่วยงานระหว่างประเทศทำการประเมินความสามารถด้านคำนวณของประชากรในแต่ละช่วงอายุ เพื่อตรวจสอบว่าประชากรของแต่ละประเทศมีความพร้อมสำหรับเป็นพลเมืองของชาติที่มีศักยภาพในการพัฒนาประเทศและการแข่งขันได้มากน้อยเพียงใด เช่น สมาคมนานาชาติเพื่อประเมินสัมฤทธิ์ผลทางการศึกษา (International Association for the Evaluation of Educational Achievement: IEA) ได้ทดสอบความสามารถทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ ตามโครงการ TIMSS โดยมีการกำหนดกรอบการประเมินความสามารถด้านคำนวณสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในปี ค.ศ.2015 ขึ้นเป็นครั้งแรก (IEA. 2013: 7-8) หรือการประเมินตามโครงการ Programme for the International Assessment of Adult Competencies หรือเรียกสั้น ๆ ว่าโครงการ PIAAC ดำเนินงานโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Cooperation and Development: OECD) เป็นโครงการที่ประเมินสมรรถนะของบุคคลที่มีอายุระหว่าง 16-65 ปี ซึ่งถือเป็นวัยแรงงานที่สำคัญของประเทศ โดยวัดจากสมรรถนะหลัก 4 ด้าน คือ การรู้หนังสือ (Literacy) ความสามารถในการอ่าน (Reading Component) ความสามารถด้านคำนวณ (Numeracy) และความสามารถในการแก้ปัญหาภายใต้สภาพแวดล้อมที่ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี (Problem Solving in Technology – Rich Environments) มีประเทศที่เข้าร่วมโครงการแล้วประมาณ 25 ประเทศ ทั้งในยุโรป อเมริกา และเอเชีย สำหรับประเทศไทยยังไม่ได้เข้าร่วมโครงการนี้ แต่มีแนวโน้มการเข้าร่วมการประเมินในอนาคต โดยสภาการศึกษาเป็นผู้รับผิดชอบ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. 2558: ออนไลน์)

ในปัจจุบันหลาย ๆ ประเทศได้ให้ความสำคัญกับความสามารถด้านคำนวณและได้พยายามพัฒนานักเรียนของตนเองให้มีขีดความสามารถเพิ่มขึ้นเป็นที่ยอมรับของนานาชาติ ประเทศอังกฤษได้กำหนดมาตรฐานความสามารถด้านคำนวณไว้ในหลักสูตรการศึกษาของชาติ (Russell. 2009: 7) ประเทศเวลส์กำหนดกรอบแนวคิดสำหรับพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนอายุ 5 – 14 ปี ไว้ในหลักสูตรการศึกษาของชาติ (Department for Education and Skills. 2013: 8) ประเทศออสเตรเลียได้จัดให้มีการประเมินคุณภาพผู้เรียนระดับชาติทางด้านความสามารถด้านคำนวณกับนักเรียนที่เรียนในเกรด 3, 5, 7 และ 9 (Human Capital Working Group, Council of Australian Government. 2008: 13) สำหรับประเทศไทยหน่วยงานหลักที่มีส่วนในการจัดการศึกษาของประเทศ เช่น สำนักทดสอบทางการศึกษาได้ปรับเปลี่ยนการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติจากการประเมินที่มุ่งเน้นผลสัมฤทธิ์มาเป็นการประเมินวัดความสามารถพื้นฐานที่สำคัญ 3 ด้าน คือ ด้านภาษา (Literacy) ด้านคำนวณ (Numeracy) และด้านเหตุผล (Reasoning Abilities) กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยเริ่มดำเนินการครั้งแรกในปีการศึกษา 2555 เป็นต้นมา (สำนักทดสอบทางการศึกษา. 2557ก: 2)

สำหรับความหมายของความสามารถด้านคำนวณนั้นมีนักการศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ให้ความหมายความสามารถด้านคำนวณไว้อย่างหลากหลาย แต่มีส่วนที่เหมือนกันคือเป็นความสามารถในการนำความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อาจพบเจอในชีวิตจริงได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม (Askew et al., 1997: 10, OECD. 2012: 34, McLean, et al. 2012: 124) นอกจากความหมายของความสามารถด้านคำนวณที่มีความแตกต่างกันในแต่ละแห่งแล้ว จากการศึกษาของผู้วิจัยยังพบอีกว่า องค์ประกอบความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนนั้น ส่วนใหญ่จะสรุปมาจากแนวคิดการพัฒนาและประเมินความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนซึ่งมีความแตกต่างกัน เช่น แนวคิดของกรมสามัญศึกษาและการจ้างงานของประเทศของประเทศไทย (Department for Education and Employment. 1999: 38-42) ที่ได้เสนอให้มีการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ควรจะประกอบด้วยความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญ 5 ด้าน ได้แก่ 1) ระบบจำนวนและสมบัติของจำนวน 2) ความสามารถในการคิดคำนวณ 3) ทักษะการแก้ปัญหา 4) ความสามารถในการวัด รูปทรง ปริภูมิ และ 5) ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล แนวคิดของสำนักงานเพื่อพัฒนาหลักสูตร การวัดและประเมินผลแห่งชาติของประเทศออสเตรเลีย (Australian Curriculum, Assessment and Report Authority (ACARA). 2011: 1-10) เสนอให้มีการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน

ประกอบด้วยความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญ 6 ด้าน ได้แก่ 1) การบวก ลบ คูณ หาร จำนวนเต็มและการประมาณค่า 2) แบบรูปและความสัมพันธ์ 3) เศษส่วน ทศนิยม อัตราส่วนและร้อยละ 4) การให้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ 5) สถิติ และ 6) การวัด หรือว่าแนวคิดของกรมสามัญศึกษา และทักษะพื้นฐาน (Department for Education and Skills, 2013) ที่ได้ประกาศกำหนดมาตรฐานของความสามารถด้านคำนวณสำหรับนักเรียนในประเทศเวลส์ที่มีอายุ 5 – 14 ปี ประกอบด้วย 1) ทักษะการให้เหตุผลเชิงจำนวน 2) ทักษะด้านจำนวน 3) ทักษะด้านการวัด และ 4) ทักษะด้านข้อมูล เป็นต้น จะเห็นว่ามุมมองความสามารถด้านคำนวณของแต่ละแห่งจะแตกต่างกันไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพบริบทของสังคม วัฒนธรรม การประกอบอาชีพและหลักสูตรการศึกษาคณิตศาสตร์ของแต่ละประเทศที่กำหนดให้มีการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียน แต่จะมีส่วนที่คล้ายคลึงกันบางส่วน เช่น 1) ทักษะการบวก ลบ คูณ หาร จำนวน 2) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการทราบถึงองค์ประกอบที่สำคัญของการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เหมาะสมกับสภาพบริบทของประเทศไทย จึงใช้กรอบแนวคิดความสามารถด้านคำนวณของสำนักทดสอบทางการศึกษา (2556) ที่ได้แบ่งองค์ประกอบความสามารถด้านคำนวณไว้ 3 ด้าน คือ 1) ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ 2) ทักษะการคิดคำนวณ และ 3) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงของโมเดลการวัดจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนต่อไป

ความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนสะท้อนมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ของประเทศ เพราะแนวทางการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณจะใช้การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรสถานศึกษาในชั่วโมงเรียนปกติเป็นวิชาหลักในการวางพื้นฐานความรู้ให้กับนักเรียน แต่จากการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ของประเทศไทยในปัจจุบันยังไม่ประสบความสำเร็จตามคุณภาพที่กำหนด แม้ว่าจะมีหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องพยายามยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้สูงขึ้นแต่นักเรียนก็ยังมีผลการเรียนไม่เป็นไปตามเป้าหมายของหลักสูตรที่วางไว้ ดังจะเห็นได้จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (O-NET) ในวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในปีการศึกษา 2558 มีคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศเท่ากับ 43.47 และ 32.40 ตามลำดับ และในปีการศึกษา 2559 มีคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศเท่ากับ 40.47 และ 29.31 ตามลำดับ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยไม่ถึงร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). 2559: ออนไลน์) นอกจากนี้ความล้มเหลวของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ของประเทศไทยยังสะท้อนไปถึงผล

การประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับนานาชาติที่ให้การยอมรับกันทั่วโลก คือ ผลการประเมินตามโครงการ PISA (Programme of International Student Assessment) ซึ่งประเทศที่มีการจัดการศึกษาด้านคณิตศาสตร์เป็นเลิศต้องมีคะแนนสูงกว่าค่าเฉลี่ยของนานาชาติ อีกทั้งร้อยละของผู้เรียนที่มีคุณภาพระดับสูง (ระดับ 5 และระดับ 6) มีจำนวนร้อยละ 35 ขึ้นไป เช่น ประเทศเนเธอร์แลนด์ ประเทศนิวซีแลนด์ เป็นต้น สำหรับประเทศไทยมีค่าเฉลี่ยผลการประเมิน PISA ต่ำกว่าระดับนานาชาติมากถึงขั้นอยู่ในลำดับเกือบรั้งท้าย และมีร้อยละของผู้เรียนที่มีคุณภาพสูงอยู่เพียงร้อยละ 0.02-0.03 (สำนักทดสอบทางการศึกษา. 2556ข : 1) ซึ่งผลการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ของ PISA ในปี 2558 นั้น พบว่าประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 415 คะแนน ซึ่งมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนานาชาติที่เท่ากับ 490 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2559ข : 14-15) สอดคล้องกับผลการประเมิน TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) ในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งเป็นการประเมินทุก 4 ปี และในปี 2558 พบว่าประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ 431 คะแนน ซึ่งมีคะแนนต่ำกว่าค่ากลางของการประเมินที่เท่ากับ 500 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2559ก : ออนไลน์) จากผลการประเมินดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของประเทศไทยที่มีส่วนสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนยังไม่ประสบผลสำเร็จตามเป้าหมายและไม่สามารถเตรียมนักเรียนให้มีศักยภาพในการแข่งขันกับนานาชาติได้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องหาแนวทางการพัฒนาและยกระดับมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้สูงขึ้น

จากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่ายังไม่มีวิธีการสอนใดเป็นวิธีการสอนเฉพาะที่นำมาใช้ในการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพได้ แนวคิดส่วนใหญ่เสนอให้มีการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนควบคู่ไปกับการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยจัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกทักษะความสามารถด้านคำนวณ และครูทุกวิชาต้องมีส่วนร่วมในการฝึกทักษะโดยบูรณาการเข้ากับการเรียนการสอนในวิชาของตนเอง ซึ่งจากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่าแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์ เป็นแนวคิดที่มีความโดดเด่นในการส่งเสริมการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน เนื่องจากเป็นทฤษฎีที่เชื่อว่าการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างมีคุณภาพเกิดจากการที่นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือกระทำด้วยตนเอง การจัดกิจกรรมการฝึกให้นักเรียนสามารถจินตนาการหรือสร้างมโนภาพในใจขึ้นได้เอง และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สัญลักษณ์หรือนามธรรมจะช่วยให้ นักเรียนเกิดการเข้าใจในสิ่งที่เรียนมากขึ้น นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ต้องให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ได้ฝึกคิด

อย่างอิสระและจัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนสร้างความคิดรวบยอดในการเรียนรู้ นำไปสู่การค้นพบการแก้ปัญหาต่าง ๆ (ทิตนา แคมมณี. 2545: 66-68; สุรางค์ ไคว์ตระกูล. 2554: 212-215) สอดคล้องกับธรรมชาติการจัดการเรียนรู้ของวิชาคณิตศาสตร์ และสอดคล้องกับผลการวิจัยที่ได้แนะนำแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์ไปใช้ในการพัฒนาความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์แล้วส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการที่สูงขึ้น (สมชาย วรกิจเกษมสกุล. 2540; องอาจ ภาเรือง. 2542; ชัยยุทธ บุญธรรม. 2549)

สำหรับวิธีการสอนที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนมี 2 วิธี คือ วิธีการสอนแนะให้รู้จักคิด (Cognitive Guided Instruction: CGI) และวิธีการสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของโพลยา จากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่าวิธีการสอนแนะให้รู้จักคิดเป็นวิธีการสอนที่เน้นการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ สามารถสรุปและอธิบายเนื้อหาที่เรียนได้ โดยครูเป็นผู้จัดประสบการณ์การเรียนรู้ หรือกิจกรรมต่าง ๆ และคอยให้คำปรึกษา แนะนำ หรือกระตุ้นให้นักเรียนได้ลงมือทำ จนเกิดทักษะ สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของความสามารถด้านคำนวณที่ต้องการให้นักเรียนนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริง และสอดคล้องกับผลการวิจัยที่ได้แนะนำวิธีการสอนแนะให้รู้จักคิดไปพัฒนาความคิดรวบยอด ทักษะการคิดคำนวณและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนส่งผลให้นักเรียนมีผลการเรียนเพิ่มขึ้น (เวชฤทธิ์ อังกะนัทรขจร. 2551; ขวัญ เพียชัย. 2553) สำหรับวิธีการสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของโพลยา เป็นวิธีการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนนำความรู้ ความเข้าใจ ทักษะการคิดคำนวณที่ได้เรียนมาไปใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้ประสบผลสำเร็จ ตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ 4 ขั้นตอน ถือเป็นกระบวนการที่มีประโยชน์มาก เนื่องจากช่วยให้นักเรียนมีหลักคิด ทำให้นักเรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีการวางแผนและกำกับการทำงานอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจากผลการวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การนำแนวคิดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของโพลยามาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น (บุษบา พลรัตน์. 2554; พรนภา ราชรองเมือง. 2556; ปรียาภรณ์ เกลาเกลี้ยง. 2556) ผู้วิจัยจึงใช้แนวคิด ทฤษฎีและวิธีการสอนที่กล่าวมาข้างต้น มาบูรณาการเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับนำไปใช้ในการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

จากเหตุผลที่กล่าวมาในข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 รวมทั้งพัฒนารูปแบบการจัดการ

เรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่องอัตราส่วนและร้อยละ เนื่องจากอยู่ในสาระจำนวนและการดำเนินการที่นักเรียนมีผลการประเมินในระดับชาติไม่ถึงร้อยละ 50 รวมทั้งเป็นการเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สำหรับการประเมินในระดับนานาชาติตามโครงการ TIMSS และการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามโครงการ PISA รวมไปถึงการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน O-NET อีกด้วย โดยผู้วิจัยคัดเลือกโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นครราชสีมา เขต 4 เนื่องจากเป็นโรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานที่ผลการประเมินระดับนานาชาติมีค่าเฉลี่ยคะแนนอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งผู้วิจัยต้องการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อนำไปส่งเสริมและพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถด้านคำนวณสูงขึ้นและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ต่อไป

คำถามการวิจัย

1. โมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร
3. เมื่อนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ไปใช้แล้วนักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์และตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กับข้อมูลเชิงประจักษ์
2. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
3. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่พัฒนาขึ้น

ความสำคัญของการวิจัย

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความสำคัญในเชิงวิชาการ เชิงปฏิบัติ และเชิงพาณิชย์ ดังนี้

เชิงวิชาการ: ทำให้ทราบว่าความสามารถด้านคำนวณมีองค์ประกอบใดบ้าง และช่วยสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ แนวทางในการออกแบบและดำเนินการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 รวมทั้งยังเป็นตัวอย่างและแนวทางศึกษาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนในระดับชั้นอื่น ๆ

เชิงปฏิบัติ: ได้เครื่องมือวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนที่มีคุณภาพ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เหมาะสม ซึ่งครูผู้สอนสามารถนำเครื่องมือไปใช้วัดเพื่อให้ทราบถึงระดับความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน แล้วจึงนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนไปใช้ในการพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถด้านคำนวณสูงขึ้น

เชิงพาณิชย์: สามารถจัดทำเป็นคู่มือการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน ซึ่งภายในคู่มือจะประกอบด้วยเครื่องมือวัดความสามารถด้านคำนวณและรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน เพื่อนำไปเผยแพร่ให้ผู้ที่สนใจหรือผู้เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนพัฒนานักเรียนและการจัดการเรียนรู้ของครูให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

ระยะที่ 1 การวิเคราะห์และตรวจสอบโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณ

1.1 ขอบเขตของเนื้อหา

การวิเคราะห์และตรวจสอบโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยใช้แนวคิดองค์ประกอบความสามารถด้านคำนวณของสำนักทดสอบทางการศึกษา (2556) ที่ได้แบ่งความสามารถด้านคำนวณประกอบด้วย 3 องค์ประกอบคือ 1) ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ 2) ทักษะการคิดคำนวณ และ 3) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ มาสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน

1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถด้านคำนวณในครั้งนี้เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครราชสีมา เขต 4 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วยโรงเรียนทั้งหมด 65 โรงเรียน จำนวนห้องเรียน 80 ห้องเรียนและจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 2,049 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถด้านคำนวณในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครราชสีมา เขต 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวนนักเรียน 660 คน โดยได้มาจากการสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two-stage Random Sampling)

ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2.1 ขอบเขตของเนื้อหา

ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กับเนื้อหาคณิตศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เนื้อหาเรื่อง อัตราส่วน และร้อยละ โดยบูรณาการจากทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์ วิธีการสอนแนะให้รู้คิด (Cognitive Guided Instruction: CGI) และวิธีการสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของโพลยา

2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครราชสีมา เขต 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 65 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 2,049 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครราชสีมา เขต 4 จำนวน 2 โรงเรียน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 1 โรงเรียนและกลุ่มทดลอง 1 โรงเรียน ดังนี้

กลุ่มทดลอง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเจียรนวนท้ออุทิศ 1 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 20 คน

กลุ่มควบคุม ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านซับตะเคียน จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 16 คน

2.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

2.3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน และรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 คือ ความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน ความคงทนในการเรียนรู้ และค่าดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบ

2.4 ระยะเวลาในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 18 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความสามารถด้านคำนวณ (Numeracy) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ มาประยุกต์ใช้ได้สอดคล้องเหมาะสมกับบริบทและสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อาจพบเจอในชีวิตจริง ตามแนวคิดของสำนักทดสอบทางการศึกษา (2556) ซึ่งประกอบด้วย

1.1 ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจซึ่งเป็นความคิดขั้นสุดท้ายที่เป็นข้อสรุปของนักเรียนในการให้ความหมาย อธิบายความรู้ ยกตัวอย่าง ในเนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ได้อย่างถูกต้อง

1.2 ทักษะการคิดคำนวณ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการจัดกระทำจำนวนต่าง ๆ ในลักษณะของการบวก การลบ การคูณ และการหาร ตามที่โจทย์กำหนดในเนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ได้อย่างคล่องแคล่ว แม่นยำและถูกต้อง

1.3 ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ที่กำหนดให้

2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน หมายถึง แบบแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยการบูรณาการแนวคิด ทฤษฎี และวิธีการสอนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์ การสอนแนะให้รู้คิด (Cognitive Guided Instruction: CGI) และการสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Problem Solving) เพื่อนำไปใช้พัฒนานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้มีความสามารถด้านคำนวณสูงขึ้น

ประกอบด้วย หลักการของรูปแบบ จุดมุ่งหมายของรูปแบบ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้ตามรูปแบบ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นเชื่อมโยงความรู้ (Connection) หมายถึง การทบทวนความรู้ความเข้าใจพื้นฐาน ความคิดรวบยอดและประสบการณ์เดิมทางคณิตศาสตร์ที่สัมพันธ์กับเนื้อหาใหม่ เพื่อเป็นการเชื่อมโยงความรู้ให้กับนักเรียนสำหรับเตรียมความพร้อมในการเรียนเนื้อหาต่อไป โดยใช้การอภิปราย การดูวีดิทัศน์ รูปภาพ การใช้คำถาม สื่อการสอนต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหา คณิตศาสตร์ที่เรียนผ่านมาแล้ว การยกตัวอย่างสถานการณ์ของการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน เพื่อสร้างความตระหนักให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ใน ชีวิตจริง

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความรู้ (Construction) หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนได้ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้ช่วยเหลือนำเสนอความรู้ใหม่ จัดประสบการณ์กิจกรรมให้ เหมาะสมกับนักเรียน และให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะด้วยตนเองจนเกิดความเข้าใจและสามารถสรุป เป็นความคิดรวบยอดได้

ขั้นที่ 3 ขั้นฝึกคิดคำนวณ (Calculation) หมายถึง การให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการบวก การลบ การคูณ และการหาร จำนวนเต็ม เศษส่วนและทศนิยม ซึ่งเป็นการฝึกคิดคำนวณจากการ ใช้ใบงานหรือบัตรคิดคำนวณที่สอดคล้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

ขั้นที่ 4 ขั้นทำซ้ำย้ำทวน (Cycle application) หมายถึง การให้นักเรียนนำความรู้ความ เข้าใจ เทคนิควิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ กำหนด

3. ประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้าน คำนวณ หมายถึง ผลสำเร็จที่เกิดขึ้นจากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถ ด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งพิจารณาได้จาก

3.1 ความสามารถด้านคำนวณ หมายถึง คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านคำนวณของ นักเรียนใน 3 ด้าน คือ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ วัดได้โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณ

3.2 ความคงทนของการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการระลึกความรู้ หลังจากเรียนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณผ่านไป แล้ว 3 สัปดาห์

3.3 ค่าดัชนีประสิทธิผล หมายถึง ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนหลังจากเรียนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ โดยเปรียบเทียบคะแนนที่เพิ่มขึ้นจากการทดสอบก่อนเรียนกับคะแนนทดสอบหลังเรียน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิเคราะห์และตรวจสอบโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านคำนวณ จำนวน 8 เรื่อง ได้แก่ 1) Australian Association of Mathematics Teacher (AAMT. 1997) 2) Department for Education and Employment (1999) 3) Ginsburg, Manly & Schmitt (2006) 4) Russell (2009) 5) Australian Curriculum, Assessment and Report Authority (ACARA. 2011) 6) International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) (2013) 7) Department for Education and Skills (2013) 8) สำนักทดสอบทางการศึกษา (2556) ผลจากการศึกษาพบว่า การกำหนดองค์ประกอบของความสามารถด้านคำนวณของแต่ละแห่งจะยึดตามกรอบโครงสร้างหลักสูตรการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์ของแต่ละประเทศ ทำให้มีลักษณะที่คล้ายและใกล้เคียงกันตามธรรมชาติของวิชาคณิตศาสตร์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงใช้แนวคิดองค์ประกอบความสามารถด้านคำนวณของสำนักทดสอบทางการศึกษา (2556) ที่แบ่งองค์ประกอบความสามารถด้านออกเป็น 3 ด้าน คือ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ นำมาสร้างเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน แล้วทำการตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

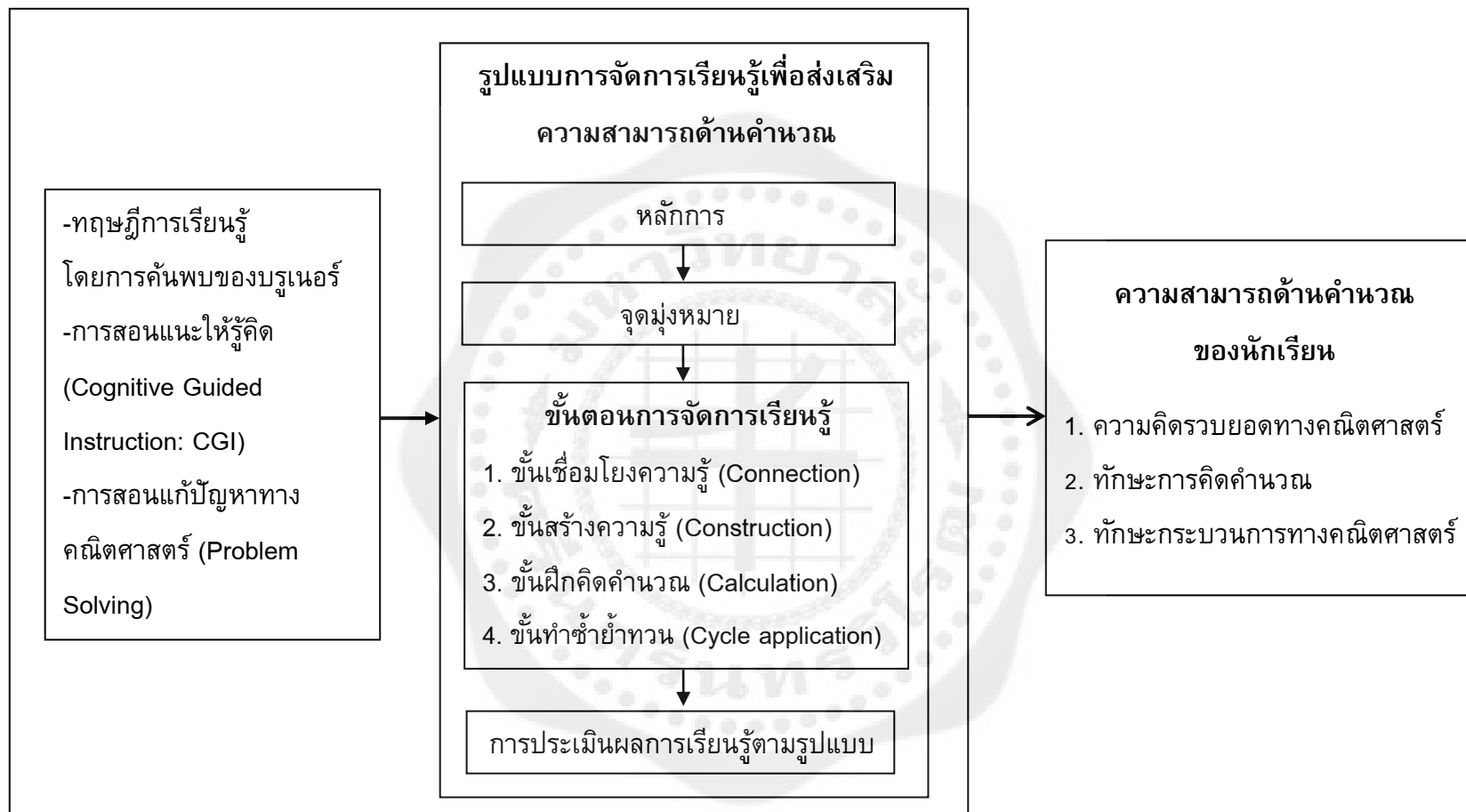
สำหรับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ใช้แนวคิด ทฤษฎีและหลักการสอน ดังนี้ ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์ มีความเชื่อพื้นฐานว่าการสอนคณิตศาสตร์ควรเน้นที่กระบวนการไม่ได้เน้นที่ความถูกต้องของคำตอบ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้พยายามใช้ความคิดของตนเองในการหาคำตอบ ได้เสนอแนวความคิดและหาเหตุผลมาสนับสนุนแนวความคิดของตนเอง และเชื่อว่าการจัดสถานการณ์ให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างเต็มความสามารถจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ได้ สำหรับวิธีการสอนแนะนำให้รู้คิด มีจุดเน้นในการพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนจากการเชื่อมโยงปัญหา ความคิดรวบยอดทักษะและความรู้เดิมของนักเรียน โดยการจัดสถานการณ์ให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรมเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่วิธีสอนแบบการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดของโพลยา 4 ขั้น คือ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน และขั้นที่ 4 การตรวจสอบ เป็นวิธีการที่ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ให้การยอมรับในการนำมาพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน แนวคิดทฤษฎีดังกล่าวนำมาบูรณาการสร้างเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ ดังแสดงในภาพประกอบ 1

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณมีคะแนนเฉลี่ยความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณมีคะแนนเฉลี่ยความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนและระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านคำนวณ ผู้วิจัยได้รวบรวมแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำเสนอโดยมีรายละเอียดเนื้อหาแต่ละตอนดังนี้

1. ความสามารถด้านคำนวณ (Numeracy)
 - 1.1 ความเป็นมาของความสามารถด้านคำนวณ (numeracy)
 - 1.2 ความหมายของความสามารถด้านคำนวณ
 - 1.3 แนวคิดของความสามารถด้านคำนวณ
 - 1.4 ขอบเขตของเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านคำนวณ
 - 1.5 การประเมินความสามารถด้านคำนวณ
 - 1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านคำนวณ
2. แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณ
 - 2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์
 - 2.2 การสอนแนะให้รู้คิด (Cognitive Guided Instruction: CGI)
 - 2.3 การสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Problem Solving)
 - 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณ
3. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้
 - 3.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
 - 3.2 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
 - 3.3 การออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้
 - 3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

1. ความสามารถด้านคำนวณ (Numeracy)

1.1 ความเป็นมาของความสามารถด้านคำนวณ (numeracy)

จากการศึกษาของผู้วิจัยเกี่ยวกับประวัติและที่มาของคำว่า numeracy นั้น พบว่ามีการใช้คำว่า numeracy ครั้งแรกในรายงานเรื่อง “A report of the Central Advisory Council for Education (England)” เป็นรายงานเกี่ยวกับการจัดการศึกษาของประเทศอังกฤษ ที่นำเสนอในปี ค.ศ. 1959 โดยคราวเตอร์ (Crowther) และคณะ ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากรัฐมนตรีว่าการกระทรวงศึกษาธิการของประเทศอังกฤษสมัยนั้น ต้องการทราบผลของการจัดการศึกษาในประเทศอังกฤษที่ส่งผลต่อการเรียนต่อและการทำงานของนักเรียนที่มีอายุ 15 – 18 ปี ว่ามีความเหมาะสม

สอดคล้องกับสภาพสังคมที่มีการเปลี่ยนเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรมหรือไม่ รวมทั้งควรจัดการศึกษาให้กับนักเรียนอย่างไรเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการประกอบอาชีพและการดำเนินชีวิตประจำวันที่เหมาะสมกับสังคมในยุคศตวรรษหน้า สภาที่ปรึกษาด้านการศึกษาที่นำโดยคราวเตอร์จึงได้ทำการเก็บข้อมูลและจัดทำรายงานเพื่อตอบคำถามดังกล่าว ซึ่งในเนื้อหาส่วนหนึ่งของรายงานนั้นได้มีการนำเสนอให้มีการพัฒนาและปรับปรุงหลักสูตรการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนที่มีอายุ 16-18 ปี โดยจัดวิชาเรียนให้เหมาะสมเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการศึกษาต่อในระดับสูง การดำเนินชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ รวมทั้งหลักสูตรควรมีเป้าหมายพัฒนาให้นักเรียนทุกคนที่จบออกไปมีความสามารถด้าน literacy และ numeracy สำหรับ numeracy นั้นเป็นคำศัพท์คำใหม่ที่คราวเตอร์และคณะได้สร้างขึ้นและอธิบายความหมายว่าเป็นความสามารถของบุคคลในการเข้าใจปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสังคมและการดำเนินชีวิต โดยอาศัยทักษะทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน รวมทั้งสามารถสื่อสาร สื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้เหมาะสม (Crowther, et al. 1959) รายงานฉบับนี้ถือเป็นเล่มแรกที่มีการนำคำศัพท์คำว่า numeracy มาใช้ในการศึกษาของอังกฤษ และทำให้เริ่มมีการพูดถึงความสามารถด้าน numeracy ของนักเรียนคนทำงานและการนำไปใช้ในชีวิตประจำวันอย่างแพร่หลาย

ต่อมาได้มีการนำเสนอรายงานที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ของประเทศอังกฤษที่ไม่ประสบผลสำเร็จอย่างต่อเนื่อง นักเรียนไม่มีทักษะทางด้านการคิดคำนวณ คนทำงานไม่สามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับงานที่ได้รับมอบหมายหรือใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันได้ ทำให้รัฐบาลอังกฤษในสมัยต่อมาได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงมอบหมายให้ค็อกครอฟ (Cockcroft) และคณะทำการศึกษาความสอดคล้องเหมาะสมของการจัดหลักสูตรการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษา และมหาวิทยาลัย รวมทั้งศึกษาความสามารถในการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในการประกอบอาชีพและดำเนินชีวิตของคนในสังคม ซึ่งค็อกครอฟและคณะได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงเรียนและบริษัทต่าง ๆ ที่ให้ความร่วมมือ รวมทั้งศึกษาข้อมูลการจัดการเรียนการสอนของประเทศต่าง ๆ ทั้งในยุโรปและอเมริกา นำเสนอรายงานการศึกษาในปี ค.ศ. 1982 ที่ชื่อว่า “Mathematics counts” ซึ่งในรายงานได้นำเสนอความสำคัญและความจำเป็นที่จะต้องจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียน การใช้คณิตศาสตร์สำหรับการดำเนินชีวิตและการทำงาน นอกจากนี้ค็อกครอฟและคณะเสนอแนะให้มีการจัดการศึกษาที่มุ่งพัฒนาให้นักเรียนทุกคนมีความสามารถด้านคำนวณ (numeracy) เพราะเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยให้ประสบความสำเร็จในการดำเนินชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพในอนาคต โดยค็อกครอฟและคณะได้อธิบายความหมายของ numeracy ว่าเป็นความสามารถในการใช้

ทักษะทางคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมกับการดำเนินชีวิตประจำวัน รวมทั้งสามารถวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ได้ (Cockcroft, et al. 1982) ทั้งรายงานของคราวเตอร์และค็อกครอฟเป็นการนำเสนอคำศัพท์คำว่า numeracy ในช่วงแรกเริ่มที่นักการศึกษารุ่นหลังมักจะนำไปอ้างอิงเสมอเมื่อทำการศึกษาเกี่ยวกับ numeracy

นอกจากนี้จากการศึกษาของผู้วิจัยยังพบว่า คำศัพท์คำว่า “numeracy” เป็นคำที่นิยมใช้ประเทศอังกฤษและเครือจักรภพ ประเทศออสเตรเลีย ประเทศนิวซีแลนด์ ประเทศแคนาดา ในการประเมินโครงการ TIMSS ส่วนคำว่า “mathematics literacy” เป็นคำที่นิยมใช้ในการประเมินของ OECD ส่วนคำว่า “quantitative literacy” เป็นคำที่นิยมใช้ประเทศสหรัฐอเมริกา คำศัพท์ทั้ง 3 คำคือ “numeracy” “mathematics literacy” และ “quantitative literacy” เป็นคำที่มีความหมายคล้ายกันมาก สามารถนำไปใช้แทนกันได้ (Curry, D., Schmitt, J. M.; & Waidron, S. 1996: 1 ; Doig, B. 2001: 2; Doig, B., Crae, M. B.; & Rowe, K. 2003: 1; Millett, A., Brown, M.; & Askew, M. 2004: xxii)

สำหรับในประเทศไทยนั้น คำศัพท์คำว่า numeracy เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในวงการศึกษ เมื่อสำนักทดสอบทางการศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2557ข: 1) ได้นำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งในการประเมินคุณภาพการศึกษาระดับชาติสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งทำการประเมินความสามารถพื้นฐานสำคัญของผู้เรียน 3 ด้าน ประกอบด้วย ความสามารถด้านภาษา (Literacy) ความสามารถด้านคำนวณ (Numeracy) และความสามารถด้านเหตุผล (Reasoning Ability) โดยเริ่มดำเนินการทดสอบในปีการศึกษา 2555 และได้แปลคำศัพท์คำว่า numeracy หมายถึง ความสามารถด้านคำนวณ ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้คำแปล numeracy ตามการแปลคำศัพท์ของสำนักทดสอบทางการศึกษาว่า “ความสามารถด้านคำนวณ (numeracy)”

1.2 ความหมายของความสามารถด้านคำนวณ

ความสามารถด้านคำนวณ (numeracy) เป็นคำศัพท์ที่มีนักการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ทางการศึกษาได้ให้ความหมายไว้แตกต่างกัน ดังนี้

ค็อกครอฟและคณะ (Cockcroft, et al. 1982: 11-12) ได้ให้ความหมายของความสามารถด้านคำนวณว่า เป็นความสามารถในการนำความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องของจำนวนและทักษะทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน รวมทั้งสามารถวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ เช่น กราฟ แผนภูมิ ตาราง ได้ถูกต้อง

อาสกีวและคณะ (Askew, et al. 1997: 10) ได้ให้ความหมายความสามารถด้านคำนวณว่าเป็นความสามารถในการนำความคิดรวบยอดเรื่องจำนวน ทักษะการคิดคำนวณ การวิเคราะห์ข้อมูลที่น่าเสนอในรูปแบบของตัวเลข ไปใช้กับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันได้อย่างหลากหลายและสามารถสื่อสาร สื่อความหมายได้ถูกต้อง

เฮตติงตัน (Headington. 1998: 1) กล่าวว่า ความสามารถด้านคำนวณเป็นความสามารถในการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้อย่างเหมาะสม ถูกต้อง และมีความมั่นใจในการนำไปใช้ มีเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง คือ จำนวน พีชคณิต การวิเคราะห์ข้อมูล การวัดและรูปทรง

สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งออสเตรเลีย (Australian Association of Mathematics Teacher (AAMT). 1997: 15) ได้ให้ความหมายของความสามารถด้านคำนวณว่า เป็นความสามารถในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในบริบทต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวัน เช่น ที่บ้าน ที่ทำงาน หรือในสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กรมสามัญศึกษาและการจ้างงานของประเทศอังกฤษ (Department for Education and Employment. 1999: 4) ได้ให้ความหมายของความสามารถด้านคำนวณว่า เป็นสมรรถนะและความคล่องแคล่วในการนำความรู้ ความเข้าใจ และทักษะการคิดคำนวณที่เกี่ยวข้องกับเรื่องของระบบจำนวนและการวัด มาใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนในบริบทต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่น่าเสนอในรูปแบบของกราฟ ไตอะแกรม แผนภูมิและตารางได้

หน่วยงานด้านทักษะพื้นฐาน (The Basic Skill Agency. 2001: 3) ได้ให้ความหมายของความสามารถด้านคำนวณว่า เป็นความสามารถในการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์เพื่อตอบสนองความต้องการของตนเองในการประกอบอาชีพและการดำรงชีวิตในสังคม

เกลและคณะ (Gal, et al. 2003: 4) ได้ให้ความหมายของความสามารถด้านคำนวณว่าเป็นการนำความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับตนเองในการดำเนินชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

มิลเลท, บราวน์ และอาสกีว (Millett, Brown; & Askew. 2004: xxii) ให้ความหมายของความสามารถด้านคำนวณว่า เป็นการนำความรู้เรื่องจำนวน การดำเนินการของจำนวน การวัด สถิติและเรขาคณิต มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน

กรมสามัญศึกษาและทักษะพื้นฐานของประเทศอังกฤษ (Department for Education and Skills. 2012: 1) ได้ให้ความหมายของความสามารถด้านคำนวณว่าเป็นความสามารถในการนำ

ความรู้ ความเข้าใจ การให้เหตุผล และทักษะกระบวนการเกี่ยวกับตัวเลข มาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวันและสามารถแสดงแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง

แม็กลีนและคณะ (McLean et al. 2012: 124) กล่าวว่า ความสามารถด้านคำนวณเป็นการนำความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์มาเป็นเครื่องมือในการดำเนินชีวิตประจำวัน สามารถเลือกวิธีการทางคณิตศาสตร์ไปใช้ได้เหมาะสมกับสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ทั้งที่บ้าน ที่ทำงาน ที่โรงเรียน หรือบริบทต่าง ๆ ในสังคม รวมทั้งสามารถนำเสนอและสื่อสารความหมายได้ถูกต้อง

องค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD. 2012: 34) ได้ให้ความหมายของความสามารถด้านคำนวณว่า เป็นความสามารถในการนำความรู้ แนวคิด เทคนิค วิธีการ และทักษะทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ได้สอดคล้องกับความต้องการของตนเองในการดำเนินชีวิตประจำวัน

สำนักทดสอบทางการศึกษา (2556: 24) ได้ให้ความหมายของความสามารถด้านคำนวณว่า หมายถึง ความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความหมายของความสามารถด้านคำนวณของนักการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ผู้วิจัยสามารถจัดกลุ่มการให้ความหมายของความสามารถด้านคำนวณออกเป็น 2 กลุ่ม ตามการกำหนดความหมาย ดังนี้

1. การกำหนดความหมายของความสามารถด้านคำนวณโดยอิงกรอบของเนื้อหา คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรสถานศึกษาที่จัดการเรียนการสอนในโรงเรียน มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนมาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะแตกต่างกันตามบริบทของแต่ละสังคมหรือวัฒนธรรม โดยให้มีการจัดการเรียนการสอนบูรณาการกับทุกวิชาและจัดกิจกรรมเพื่อฝึกประสบการณ์ให้กับนักเรียนทุกคน นักวิชาการหรือหน่วยงานในกลุ่มนี้ เช่น ค็อกครอฟและคณะ (Cockcroft et al. 1982), อาสกีวและคณะ (Askew et al. 1997), เฮดดิ้งตัน (Headington. 1998), สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งออสเตรเลีย (Australian Association of Mathematics Teacher (AAMT). 1997), กรมสามัญศึกษาและการจ้างงานของประเทศของประเทศไทย (Department for Education and Employment. 1999), มิลเลท, บราวน์ และอาสกีว (Millett, Brown, & Askew. 2014), กรมสามัญศึกษาและทักษะพื้นฐานของประเทศอังกฤษ (Department for Education and Skills. 2012), สำนักทดสอบทางการศึกษา (2556) เป็นต้น

2. การกำหนดความหมายของความสามารถด้านคำนวณในวัยผู้ใหญ่ (Adult numeracy) คนวัยทำงาน โดยให้ความหมายแตกต่างกันไปตามบริบทของแต่ละประเทศ แต่จะเน้นการนำความรู้

ทางคณิตศาสตร์หลังจากเรียนจบไปแล้วในโรงเรียนมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ นักวิชาการหรือหน่วยงานในกลุ่มนี้ เช่น หน่วยงานด้านทักษะพื้นฐาน (The Basic Skill Agency. 2001), เกลและคณะ (Gal et al. 2003), แม็กลีนและคณะ (McLean et al. 2012), องค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD. 2012) เป็นต้น

สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสามารถสรุปความหมายของความสามารถด้านคำนวณ (numeracy) ได้ว่า เป็นความสามารถในการนำความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ได้สอดคล้องเหมาะสมกับบริบทและสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อาจพบเจอในชีวิตจริง

1.3 แนวคิดที่เกี่ยวกับความสามารถด้านคำนวณ

ความสามารถด้านคำนวณ (numeracy) เป็นทักษะใหม่ที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 จึงได้มีหน่วยงานและนักการศึกษาที่เกี่ยวข้องทำการศึกษาวิจัยเพื่อกำหนดแนวคิดความสามารถด้านคำนวณสำหรับนำมาใช้ในการพัฒนานักเรียน สามารถสรุปแนวคิดที่สำคัญได้ดังนี้

1.3.1 สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งออสเตรเลีย (Australian Association of Mathematics Teacher (AAMT). 1997: 11-15) ได้นำเสนอแนวคิดการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนในประเทศออสเตรเลีย เนื่องจากเห็นว่าความสามารถด้านคำนวณเป็นทักษะใหม่ที่จำเป็นต่อพลเมืองของประเทศที่จะเติบโตไปเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจต่อไปในอนาคต จึงได้จัดทำโครงการศึกษาและพัฒนาแนวคิดความสามารถด้านคำนวณขึ้นโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อกำหนดและอธิบายความหมายของความสามารถด้านคำนวณให้ชัดเจนยิ่งขึ้น รวมทั้งนำเสนอแนวทางการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณในระดับต่าง ๆ โดยการประชุมผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ นักพัฒนาหลักสูตร นักวางแผนนโยบาย ผู้บริหาร นักการศึกษา รวมทั้งผู้ที่สนใจ เพื่อรับฟังความคิดเห็นข้อเสนอแนะ และได้จัดทำรายงานเป็นข้อสรุปของการประชุมออกมาต่อสาธารณชน ผลจากโครงการนี้ทำให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับความหมายของความสามารถด้านคำนวณว่า “เป็นความสามารถในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในบริบทต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวัน เช่น ที่บ้าน ที่ทำงาน หรือในสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ” สำหรับการจัดการศึกษาในโรงเรียนนั้นต้องถือว่าความสามารถด้านคำนวณเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรู้ของนักเรียนทุกคน ครูผู้สอนในโรงเรียนทุกวิชา ทุกหลักสูตรต้องร่วมมือกันพัฒนาและจัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการนำไปใช้ตามบริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น โดยใช้หลักสูตรการเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานหลัก

สำหรับทักษะความสามารถด้านคำนวณที่จำเป็นและต้องพัฒนานักเรียนทุกคนให้บรรลุสรุปได้ดังนี้

1) มีความคิดรวบยอดในเรื่องจำนวน ปริภูมิ กราฟ สถิติ พีชคณิต รวมทั้งมีทักษะทางคณิตศาสตร์ (underpinning mathematical concepts and skills form across the discipline)

2) มีทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์และเข้าใจวิธีการทางคณิตศาสตร์ (mathematical thinking and strategies)

3) มีทักษะด้านการคิด (general thinking skill)

4) มีเจตคติที่ดีต่อการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ (grounded appreciation of context)

ทั้งนี้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนนั้น ควรคำนึงถึงความแตกต่างของอายุนักเรียน และเลือกจัดกิจกรรมที่เหมาะสมกับวัย โดยครูผู้สอนจะต้องพิจารณาสถานการณ์ปัญหาเพื่อฝึกทักษะนักเรียนทุกวัน

1.3.2 กรมสามัญศึกษาและการจ้างงานของประเทศของประเทศไทย (Department for Education and Employment. 1999: 4-5, 38-42) ได้กำหนดกรอบแนวคิดสำหรับพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลจนถึงการเรียนในปีที่ 6 (Reception to Year 6) ซึ่งแต่ละระดับชั้นได้กำหนดเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่เหมาะสมกับระดับของนักเรียน และครูผู้สอนต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนโดยใช้วิชาคณิตศาสตร์เป็นหลักในการพัฒนาความรู้พื้นฐานของนักเรียนและบูรณาการความสามารถด้านคำนวณในทุกสาขาวิชาให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนด โดยมุ่งเน้นไปที่ความรู้ความเข้าใจและทักษะทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้ในการแก้ปัญหาซึ่งจะช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถด้านคำนวณได้เป็นอย่างดี การสอนคณิตศาสตร์ในห้องเรียนต้องจัดกิจกรรมเพื่อฝึกฝนให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริงได้ถูกต้องและสามารถเชื่อมโยงสู่สถานการณ์ปัญหานอกห้องเรียนได้ ซึ่งนักเรียนควรจะมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ในเรื่องต่อไปนี้หลังจากเรียนจบแล้ว ประกอบด้วย

-มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบจำนวน

-เข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของจำนวน จำนวนที่มากที่สุด จำนวนที่น้อยที่สุด ตารางการคูณ การแบ่งครึ่งจำนวน สองเท่าของจำนวน

-มีทักษะการคิดคำนวณในใจ

-สามารถคำนวณหาคำตอบได้ถูกต้องทั้งวิธีคิดในใจและแสดงวิธีทำเพื่อหาคำตอบ

-เลือกวิธีการหาคำตอบได้เหมาะสมกับปัญหาและมีประสิทธิภาพ

-มีความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาทั้งที่เคยพบเจอ หรือสถานการณ์ปัญหาใหม่ รวมทั้งสามารถเลือกใช้วิธีการเพื่อแก้ปัญหาได้เหมาะสม

-สามารถอธิบายวิธีการหาคำตอบและให้เหตุผลได้ถูกต้อง

-สามารถตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบได้

-มีทักษะด้านการวัดและการประมาณค่า

-สามารถแปลความหมายข้อมูลจากกราฟ ไดอะแกรม แผนภูมิและตารางได้

สำหรับกรอบแนวคิดในการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลจนถึงการเรียนในปีที่ 6 นั้น ครูผู้สอนจะต้องวางแผนในการพัฒนานักเรียนตลอดปีตามจุดประสงค์ที่โรงเรียนกำหนดและต้องมีความสอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาคณิตศาสตร์ของประเทศ รวมทั้งฝึกประสบการณ์ให้นักเรียนสามารถนำแนวคิดทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหา กับสถานการณ์ต่าง ๆ ในโลกของความเป็นจริงได้ ซึ่งทักษะทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญสำหรับนำมาเป็นพื้นฐานในการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณ ได้แก่

1) ระบบจำนวนและสมบัติของจำนวน (numbers and the number system) ประกอบด้วยความคิดรวบยอดในเรื่องการนับ สมบัติของจำนวนนับ จำนวนลบ การแทนค่า การอ่านและเขียนจำนวน การประมาณค่า เศษส่วน ทศนิยม เปอร์เซนต์ อัตราส่วนและสัดส่วน

2) ความสามารถในการคิดคำนวณ (calculations) เป็นการฝึกทักษะให้นักเรียนเกิดความชำนาญคล่องแคล่วในการคิดคำนวณทั้งแบบคิดในใจและแสดงวิธีทำ ในด้านการบวก การลบ การคูณ การหารจำนวน ความสัมพันธ์ของจำนวน เศษส่วนและทศนิยม และตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้จากการคิดคำนวณ

3) ทักษะการแก้ปัญหา (solving problem) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อฝึกประสบการณ์ให้นักเรียนได้ใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการตัดสินใจเลือกวิธีการที่ดีและเหมาะสมที่สุดสำหรับแก้ปัญหาในบริบทหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง เช่น เรื่องการเงิน เรื่องของการวัด รวมทั้งสามารถอธิบายเหตุผลประกอบการตัดสินใจและความถูกต้องของคำตอบได้

4) การวัด รูปทรงและปริภูมิ (measure, shape and space) ประกอบด้วยเรื่องการวัดสิ่งต่าง ๆ หน่วยการวัด การอ่านค่า รูปเรขาคณิต 2 มิติและ 3 มิติ การแปลงทางเรขาคณิต การระบุตำแหน่ง การเลือกใช้หน่วยการวัดและเครื่องมือให้เหมาะสมกับงาน

5) การวิเคราะห์ข้อมูล (handling data) ประกอบด้วยเรื่องการเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูล การตีความและแปลความหมายข้อมูล

อย่างไรก็ตามความรู้ความเข้าใจในแนวคิดทางคณิตศาสตร์ทั้งหมดมีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกัน นักเรียนต้องสามารถบูรณาการความรู้ทั้งหมดเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงตามบริบทหรือสถานการณ์ที่พบเจอได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งครูผู้สอนมีส่วนสำคัญในการจัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้ฝึกคิด ลงมือปฏิบัติทั้งภายในห้องเรียนและนอกห้องเรียน การวางแผน

การจัดการเรียนการสอนที่ดีสามารถช่วยพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนให้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดได้มากขึ้น

1.3.3 กินส์เบิร์ก แมนลี่และสช์สมิต (Ginsburg, Manly & Schmitt. 2006: 7-32)

ได้ทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบที่สำคัญของความสามารถด้านคำนวณในวัยผู้ใหญ่ (Adult numeracy) โดยทำการสังเคราะห์จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากแหล่งข้อมูล 2 แหล่ง คือ 1) รวบรวมแนวคิดความสามารถด้านคำนวณในวัยผู้ใหญ่และกรอบแนวคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ หลักสูตรและการประเมินผลทางคณิตศาสตร์จากประเทศสหรัฐอเมริกา อังกฤษ และหน่วยงานระหว่างประเทศที่ทำการศึกษาศักยภาพด้านคำนวณ 2) ศึกษากรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้ วิชาคณิตศาสตร์ตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งการตรวจสอบกรอบแนวคิดของความสามารถด้านคำนวณที่มีการศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องก็เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ชัดเจนถึงแนวคิดที่เป็นพื้นฐานของความสามารถด้านคำนวณ ผลจากการสังเคราะห์เอกสาร จำนวน 29 แหล่ง ทำให้สามารถสรุปองค์ประกอบและโครงสร้างของความสามารถด้านคำนวณในวัยผู้ใหญ่ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

1) บริบท (context) เกี่ยวข้องกับบริบทหรือสถานการณ์ที่ปัญหานั้นตั้งอยู่และต้องใช้ความสามารถด้านคำนวณในการเข้าไปแก้ไขปัญหา แบ่งได้เป็น

1.1) บริบทภายในครอบครัว เป็นบริบทที่เกี่ยวข้องกับพ่อแม่ บุคคลที่อาศัยอยู่ในครอบครัว ฐานะทางบ้าน

1.2) บริบทที่ทำงาน

1.3) บริบทในสังคมหรือชุมชน

1.4) บริบทอื่น ๆ

2) เนื้อหาคณิตศาสตร์ (content) ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในการเผชิญกับปัญหาเกี่ยวกับความสามารถด้านคำนวณ ซึ่งประกอบด้วยพื้นฐานที่สำคัญ 2 ประการ คือ 1) ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์อย่างลุ่มลึก มีความคิดรวบยอด และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่เพียงพอสำหรับนำไปใช้กับบริบทหรือสถานการณ์ปัญหาที่ต้องเผชิญ 2) สามารถเลือกใช้เนื้อหาคณิตศาสตร์ได้สอดคล้องกับปัญหาหรืองานที่รับผิดชอบ เช่น นักบัญชีสามารถเลือกใช้โปรแกรมการคำนวณได้เหมาะสมกับงานและสามารถตรวจสอบได้ว่าการคำนวณจากโปรแกรมถูกต้องหรือไม่

ความสามารถด้านคำนวณเกี่ยวข้องกับเนื้อหาคณิตศาสตร์หลายเรื่องขึ้นอยู่กับบริบทหรือสถานการณ์ที่ปัญหานั้นตั้งอยู่ เช่น ช่างไม้ต้องมีความรู้ความเข้าใจและเชี่ยวชาญในเรื่องของการวัด

และรูปเรขาคณิต ผู้ควบคุมเครื่องจักรในโรงงานต้องมีเข้าใจกระบวนการทางสถิติเพื่อพิจารณาถึงคุณภาพของผลผลิตที่ผลิตจากเครื่องจักร เป็นต้น ซึ่งเนื้อหาของคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องจะเปลี่ยนไปตามกาลเวลาและบริบท สำหรับเนื้อหาที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย 4 เรื่อง ได้แก่

2.1) จำนวนและการดำเนินการ (Number and Operation Sense)

2.2) แบบรูป ฟังก์ชันและพีชคณิต (Patterns, Functions, and Algebra)

2.3) การวัดและรูปทรง (Measurement and Shape)

2.4) ข้อมูล สถิติและความน่าจะเป็น (Data, Statistics and Probability)

ซึ่งเนื้อหาแต่ละเรื่องมีความเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กัน และเชื่อมโยงตามลำดับของการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นจะต้องมีความรู้ในเนื้อหาบางเรื่องก่อนจึงจะสามารถเรียนรู้เนื้อหาต่อไปได้ เช่น ในการเรียนเนื้อหาพีชคณิตนั้นนักเรียนควรจะมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของจำนวนและการดำเนินการมาแล้ว

3) ความสามารถด้านพุทธิพิสัยและจิตพิสัย (cognitive and affective) เป็นกระบวนการความสามารถของแต่ละบุคคลในการแก้ปัญหา โดยจะเชื่อมโยงกับบริบทและความรู้ในเนื้อหา คณิตศาสตร์ พฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านคำนวณ แบ่งออกเป็น 5 ด้าน คือ

3.1) ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ (conceptual understanding) เป็นความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ รวมทั้งมีความสามารถในการคิดและดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2) การให้เหตุผล (adaptive reasoning) เป็นความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น รวมทั้งการพิจารณาถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้จากการคิดแก้ปัญหา

3.3) การเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหา (strategic competence) เป็นความสามารถในการเลือกใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาได้เหมาะสมกับสถานการณ์ รวมทั้งสามารถใช้ตัวช่วยและเครื่องมือมาช่วยในการแก้ปัญหาให้สำเร็จไปได้

3.4) ความคล่องในวิธีการแก้ปัญหา (procedural fluency) ประกอบด้วยความเข้าใจในทักษะการบวก ลบ คูณ หารจำนวน การคิดเลขในใจ เทคนิคการประมาณคำตอบที่เหมาะสม การเลือกใช้ตัวช่วยและเครื่องมือในการคิดคำตอบ

3.5) ความเชื่อ เจตคติและความรู้สึกนึกคิด (productive disposition) องค์ประกอบของความรู้สึกที่เกี่ยวกับความสามารถด้านคำนวณประกอบด้วย ความเชื่อ (belief) เจตคติ

(attitude) และความรู้สึกนึกคิด (emotions) ซึ่งความเชื่อ เจตคติ และความรู้สึกนึกคิดของแต่ละบุคคลก็จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสังคม ชุมชน ภูมิลำเนาที่อาศัย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์

1.3.4 รัสเซล (Russell. 2009: 7-10) ได้นำเสนอแนวคิดสำหรับพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนที่มีอายุ 7 – 11 ปี ตามหลักสูตรการศึกษาของประเทศอังกฤษ ซึ่งได้วางกรอบการพัฒนานักเรียนอิงตามหลักสูตรการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ของโรงเรียน ประกอบด้วยสาระคณิตศาสตร์หลักที่ใช้การจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียน 7 ด้าน ดังนี้

1) การประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ (Using and applying mathematics) เป็นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาตามบริบทของสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

2) การนับและความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวน (Counting and understanding number) ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่องการแทนค่าจำนวน ทศนิยม การประมาณค่า ขอบเขตของจำนวน

3) จำนวนจริง (Knowing and using number facts) ประกอบด้วยเรื่องตารางการคูณ การดำเนินการของจำนวน

4) ทักษะการคิดคำนวณ (Calculating) ประกอบด้วยการบวก การลบ การคูณ การหาร จำนวน สมบัติของจำนวน

4) รูปทรง (Understanding shape) ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่องมุม รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ

6) การวัด (Measuring) ประกอบด้วยเนื้อหาความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตร ความจุ เงินและเวลา หน่วยการวัด

7) ข้อมูล (Handling data) ประกอบด้วยเนื้อหาการนำเสนอข้อมูล การวิเคราะห์และแปลความของข้อมูล การหาค่ากลางของข้อมูล ความน่าจะเป็น

การจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนเพื่อพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนควรจัดให้นักเรียนได้ฝึกทักษะทุกวัน ตามความเหมาะสมของระดับชั้น ซึ่งทักษะการคิดคำนวณในใจถือว่าเป็นทักษะที่มีความสำคัญมากที่จะต้องฝึกให้กับนักเรียนทุกคน

1.3.5 สำนักงานเพื่อพัฒนาหลักสูตร การวัดและประเมินผลแห่งชาติของประเทศออสเตรเลีย (Australian Curriculum, Assessment and Report Authority. ACARA. 2011: 1-10) ได้กำหนดหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนของประเทศออสเตรเลีย โดยมีเป้าหมายหลัก 3 ประการ คือ

1) เพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีความเชื่อมั่น มีความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะการสื่อสารสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ สามารถสืบค้นข้อมูล นำเสนอและแปลความหมายของข้อมูลที่ต้องพบเจอในบริบทหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ในสังคมที่มีความหลากหลาย ทั้งในการดำเนินชีวิตประจำวัน หรือการประกอบอาชีพ

2) เพื่อพัฒนาให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอดในเรื่องจำนวนและพีชคณิต การวัดและเรขาคณิต สถิติและความน่าจะเป็น มีความคล่องแคล่วในการใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีทักษะการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล

3) สามารถเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับสาขาวิชาอื่นได้ รวมทั้งมีความตระหนักในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้

สำหรับหลักสูตรคณิตศาสตร์นั้นประกอบด้วย 2 ส่วน คือ เนื้อหา (content strands) และ ทักษะพื้นฐาน (proficiency strands) ในส่วนของเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เป็นแกนกลางในการจัดการเรียนการสอนให้กับนักเรียนแต่ละระดับชั้นนั้นแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม (three content strands) ได้แก่

1) จำนวนและพีชคณิต (Number and Algebra) มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ความเข้าใจในเรื่องความรู้ลึกเชิงจำนวน การนับ ค่าประจำหลัก การเปรียบเทียบจำนวน คุณสมบัติของจำนวน การดำเนินการของจำนวน ทักษะการคิดคำนวณ แบบรูป พังก์ชัน ความสัมพันธ์ของระบบจำนวน สมการ อสมการ รวมทั้งนำความรู้เรื่องจำนวนและพีชคณิตไปใช้ในการแก้ปัญหาและสื่อสารสื่อความหมายได้อย่างมีเหตุผล

2) การวัดและเรขาคณิต (Measurement and Geometry) มุ่งเน้นให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องรูปทรง ขนาด การแปลงทางเรขาคณิต รูปเรขาคณิต 2 มิติ และ 3 มิติ เข้าใจเรื่อง การวัดปริมาณและสามารถเลือกใช้หน่วยได้ถูกต้อง การเปรียบเทียบและเปลี่ยนหน่วยการวัด การหาพื้นที่ ปริมาตรและความหนาแน่น

3) สถิติและความน่าจะเป็น (Statistics and Probability) มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล นำเสนอข้อมูล ประเมินความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ตามแนวคิดทฤษฎีได้ถูกต้อง

ในส่วนของทักษะพื้นฐาน 4 ด้าน (four proficiency strands) ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรประกอบด้วย ทักษะความเข้าใจ (Understanding) ทักษะความคล่องแคล่ว (Fluency) ทักษะการแก้ปัญหา (Problem Solving) และทักษะการให้เหตุผล (Reasoning) นอกจากนี้สถานศึกษาต้องวางแผนพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะพื้นฐานที่สำคัญ 7 ด้าน (general capabilities) ซึ่งถือเป็นทักษะที่สำคัญมากสำหรับนักเรียนที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิต การทำงานในสังคมยุค

ศตวรรษที่ 21 ได้แก่ 1) ความสามารถด้านภาษา (literacy) 2) ความสามารถด้านคำนวณ (numeracy) 3) ความสามารถในการใช้ข้อมูลและเทคโนโลยี (competence in formation and communication technology) 4) ทักษะการคิดวิเคราะห์และคิดสร้างสรรค์ (critical and creative thinking) 5) มีคุณธรรมและจริยธรรม (ethical behavior) 6) มีทักษะการอยู่ร่วมกันในสังคม (personal and social competence) และ 7) มีความเข้าใจความหลากหลายทางวัฒนธรรม (intercultural understanding)

สำหรับความสามารถด้านคำนวณ (Numeracy) สถานศึกษาต้องพัฒนานักเรียนผ่านการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ให้มีความรู้ความเข้าใจเนื้อหาคณิตศาสตร์ รวมทั้งสร้างความตระหนักให้นักเรียนเห็นความสำคัญของคณิตศาสตร์ที่มีบทบาทต่อการใช้ชีวิตประจำวันในสังคมโลกยุคปัจจุบัน เพื่อที่จะได้นำความรู้และทักษะกระบวนการไปเป็นพื้นฐานในการประยุกต์ใช้กับบริบทหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย ทั้งที่เป็นสถานการณ์ที่มีความคุ้นเคยและเป็นสถานการณ์ใหม่ เช่น การนำความรู้เรื่องการวัดและเรขาคณิตไปประยุกต์ใช้เรื่องการออกแบบ ซึ่งสามารถแบ่งทักษะที่สำคัญในการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนออกได้เป็น 6 ทักษะ (Australian Curriculum, Assessment and Report Authority, ACARA. 2012: 6-8) ประกอบด้วย

1) การประมาณค่า และการบวก ลบ คูณ หารจำนวนเต็ม (Estimating and calculating with whole numbers) เป็นการพัฒนาให้นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องจำนวนไปใช้ตามจุดมุ่งหมายต่าง ๆ ได้ รวมทั้งเป็นการฝึกทักษะการประมาณค่า การดำเนินการของจำนวนเต็ม การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนในชีวิตประจำวันจากสถานการณ์จริงโดยวิธีการคิดคำนวณในใจ การแสดงวิธีทำและใช้เครื่องมือช่วยคำนวณ เช่น สถานการณ์เกี่ยวกับการซื้อของ ซึ่งมีทักษะย่อยคือ

- มีความเข้าใจและสามารถใช้จำนวนในบริบทต่าง ๆ (understand and use numbers in context)

- การประมาณค่าและการคิดคำนวณ (estimate and calculate)

- การแก้ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์ของเงิน (use money)

2) การใช้แบบรูปและความสัมพันธ์ (Estimating and using patterns and relationships) เป็นทักษะพื้นฐานเพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีความเข้าใจในความสัมพันธ์ของแบบรูป สามารถนำแนวคิดไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้

3) การใช้เศษส่วน ทศนิยม อัตราส่วนและร้อยละ (Using fraction, decimal, percentages, ratios and rates) มุ่งพัฒนานักเรียนให้มีความเข้าใจในความหมายของเศษส่วนและทศนิยม

อัตราส่วนและร้อยละ สามารถอธิบายและเข้าใจสมบัติของรูปทรง วัตถุ ความสัมพันธ์ของอัตราส่วน สัดส่วนและร้อยละ สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงได้ ทั้งนี้มีทักษะย่อยคือ

-เข้าใจความหมายของการให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (interpret proportional reasoning)

-สามารถประยุกต์ใช้การให้เหตุผลเชิงสัดส่วน (apply proportional reasoning)

4) การให้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (Using spatial reasoning) เป็นทักษะพื้นฐานเพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องปริภูมิรอบ ๆ ตัว การมองภาพหรือนึกภาพ การระบุเอกลักษณ์ของรูปทรงหรือวัตถุต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อม สามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับการสมมาตร รูปทรง มุม แปลความหมายของแผนที่ ไดอะแกรม มาตรฐาน คำอธิบายแผนที่หรือแผนภูมิ ประกอบด้วยทักษะย่อยคือ

-การมองภาพ/นึกภาพรูป 2 มิติและ 3 มิติ (visualize 2D shapes and 3D objects)

-แปลความหมายของแผนที่และไดอะแกรมได้ (interpret maps and diagrams)

5) ทักษะการแปลความหมายข้อมูลทางสถิติ (Interpreting statistical information) เป็นทักษะพื้นฐานเพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการเก็บรวบรวมข้อมูล การบันทึกข้อมูล การนำเสนอข้อมูล การเปรียบเทียบข้อมูล การประเมินผลข้อมูล จากข้อมูลแหล่งต่าง ๆ ที่มีความหลากหลาย รวมทั้งสามารถใช้ทักษะทางภาษาและทักษะเรื่องจำนวนอย่างเหมาะสมในการอธิบายและคาดการณ์ถึงเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น มีทักษะย่อยคือ

-การตีความและแปลความหมายของข้อมูลชนิดต่าง ๆ (interpret data displays)

-การตีความและแปลความหมายของเหตุการณ์ต่าง ๆ (interpret chance event)

6) การใช้การวัด (Using measurement) เป็นทักษะพื้นฐานเพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวัดความยาว พื้นที่ ปริมาตร ความหนาแน่น เวลา มวล การประมาณค่า เปรียบเทียบ และคำนวณเกี่ยวกับปัญหาการวัด การอ่านปฏิทิน ตารางเวลา ความสัมพันธ์ของหน่วยการวัดต่าง ๆ ประกอบด้วยทักษะย่อย คือ

-การประมาณค่าและการวัดในระบบเมตริก (estimate and measure with metric units)

-การแก้ปัญหาเกี่ยวกับเรื่องของเวลา ปฏิทิน และตารางเวลา (operate with clock, calendars and timetables)

จากแนวคิดดังกล่าวสามารถแสดงดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ทักษะพื้นฐานของความสามารถด้านคำนวณ
(Organising elements for Numeracy)

ที่มา : Australian Curriculum, Assessment and Report Authority. (2012: 6)

ตาราง 1 เปรียบเทียบทักษะพื้นฐานของความสามารถด้านคำนวณกับหลักสูตรคณิตศาสตร์
ของประเทศออสเตรเลีย

ทักษะพื้นฐานของความสามารถ ด้านคำนวณ (Numeracy Continuum)	หลักสูตรคณิตศาสตร์ของประเทศ ออสเตรเลีย (Australian Curriculum: Mathematics)
การประมาณค่าและการบวก ลบ คูณ หาร จำนวนเต็ม (Estimating and calculating with whole numbers)	จำนวนและพีชคณิต (Number and Algebra) การวัดและเรขาคณิต (Measurement and Geometry)
การใช้แบบรูปและความสัมพันธ์ (Estimating and using patterns and relationships)	จำนวนและพีชคณิต (Number and Algebra) สถิติและความน่าจะเป็น (Statistics and Probability)
การใช้เศษส่วน ทศนิยม อัตราส่วนและร้อยละ (Using fraction, decimal, percentages, ratios and rates)	จำนวนและพีชคณิต (Number and Algebra) การวัดและเรขาคณิต (Measurement and Geometry)
การให้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (Using spatial reasoning)	การวัดและเรขาคณิต (Measurement and Geometry)
ทักษะการแปลความหมายข้อมูลทางสถิติ (Interpreting statistical information)	สถิติและความน่าจะเป็น (Statistics and Probability)
การใช้การวัด (Using measurement)	การวัดและเรขาคณิต (Measurement and Geometry)

ที่มา : Australian Curriculum, Assessment and Report Authority. (2012: 6)

สถานศึกษา ผู้บริหาร และครูทุกคนในโรงเรียนต้องตระหนักและให้ความสำคัญกับการ
พัฒนานักเรียน รวมทั้งต้องจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและฝึกประสบการณ์ให้กับนักเรียนในทุก
สาขาวิชาเพื่อให้นักเรียนได้มีโอกาสนำความรู้และทักษะไปใช้กับบริบทหรือสถานการณ์ปัญหาที่
เกิดขึ้นทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน การจัดประสบการณ์ให้กับนักเรียนควรเลือกกิจกรรมการ
ฝึกที่มีความหลากหลาย ทั้งนี้ต้องมุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถนำออกไปประยุกต์ใช้ได้ใน
ชีวิตประจำวัน ครอบครัว ที่ทำงาน หรือสังคม

1.3.6 สมาคมนานาชาติเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา (International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). 2013: 7-8, 17-18, 24-27) ได้กำหนดกรอบแนวคิดการประเมินความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนที่เรียนในระดับเกรด 4 ในปี ค.ศ. 2015 (TIMSS Numeracy 2015) โดยประเมินพื้นฐานด้านความรู้ กระบวนการ และทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการประเมินความพร้อมทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับประถมศึกษา และประเมินความสามารถในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนสำหรับการนำไปใช้ในโลกลอนาคต โดยคำถามที่ใช้จะเป็นการให้นักเรียนตอบเกี่ยวกับสถานการณ์หรือบริบทที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งกรอบโครงสร้างของคำถามประกอบด้วย

1) เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ (Numeracy Content Domain) ได้แก่

1.1) จำนวนเต็ม (Whole Numbers) มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องจำนวนเต็ม การแทนค่าจำนวน ลำดับของจำนวน แบบรูป การบวก การลบ การคูณ การหาร การอ่านและแปลความหมายจากแผนภูมิ กราฟ รวมทั้งสามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนได้

1.2) เศษส่วนและทศนิยม (Fractions and Decimal) มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการเปรียบเทียบเศษส่วน ทศนิยม การแทนค่า การบวกและการลบเศษส่วนและทศนิยมง่าย ๆ

1.3) รูปทรงและการวัด (Shapes and Measure) มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องเส้นตรง มุม รูปเรขาคณิตสองมิติและรูปเรขาคณิตสามมิติ สามารถเปรียบเทียบ วัด ประเมินค่าและหาคำตอบเกี่ยวกับความยาว พื้นที่และปริมาตร รวมทั้งแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด เวลาและเงินได้

2) พฤติกรรมการเรียนรู้ (Numeracy Cognitive Domains) ได้แก่

2.1) ความรู้ (Knowing) ประกอบด้วยความคิดรวบยอดและทักษะทางคณิตศาสตร์สำหรับนำมาใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ

2.2) การประยุกต์ใช้ความรู้ (Applying) เป็นความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้และความคิดรวบยอดมาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงและหาคำตอบได้

2.3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นความสามารถในการคิดเชิงเหตุผลสำหรับแก้ปัญหาในบริบทหรือสถานการณ์ทั้งที่คุ้นเคยและไม่คุ้นเคย การพิจารณาถึงวิธีการหาคำตอบ การคาดคะเนคำตอบและความสมเหตุสมผลของคำตอบ

1.3.7 กรมสามัญศึกษาและทักษะพื้นฐาน (Department for Education and Skills .2013: 4-14, 20-23) ได้กำหนดมาตรฐานความสามารถด้านการอ่านและความสามารถด้านคำนวณสำหรับนักเรียนในประเทศเวลส์ที่มีอายุ 5 – 14 ปี ในปี 2013 โดยถือว่าเป็นทักษะที่มีความสำคัญและจำเป็นสำหรับการศึกษาต่อในระดับสูงหรือการเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพในตลาดแรงงานของ

ประเทศ และให้ทุกโรงเรียนจัดทำหลักสูตรให้มีความเหมาะสมกับบริบทและวัฒนธรรมของตนเอง โดยบูรณาการกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในทุก ๆ สาขาวิชา เพื่อพัฒนานักเรียนทุกคนให้มีทักษะความสามารถด้านการอ่านและความสามารถด้านคำนวณบรรลุเป้าหมายตามที่กำหนด

สำหรับความสามารถด้านคำนวณนั้น แต่ละโรงเรียนต้องพัฒนานักเรียนให้สามารถนำความรู้ความเข้าใจ ความคิดรวบยอดและทักษะทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการเรียนในห้องเรียนไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในโลกของความเป็นจริง เช่น ที่โรงเรียน ที่บ้าน ที่ทำงาน ในสังคมและชุมชน ได้อย่างเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถด้านคำนวณจะต้องอาศัยทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์เป็นสำคัญ เพราะว่าความสามารถด้านคำนวณสามารถอธิบายได้ด้วยชุดของทักษะที่เป็นความรู้ความเข้าใจ ความคิดรวบยอดและทักษะทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับนำมาใช้จัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงตามบริบทหรือสถานการณ์ที่มีอยู่อย่างมากมายและหลากหลาย ซึ่งแต่ละปัญหาก็จำเป็นต้องใช้เทคนิควิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาแตกต่างกัน โดยเฉพาะการฝึกประสบการณ์ให้กับนักเรียนในทุกสาขาวิชาในโรงเรียนจะช่วยให้ นักเรียนพัฒนาทักษะได้ดีขึ้น

นอกจากนี้โรงเรียนทุกโรงเรียนต้องพัฒนาและทำการประเมินความสามารถด้านคำนวณ โดยถือเป็นหน้าที่ของครูผู้สอนทุกคน ทั้งในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาและการศึกษาพิเศษ ตามบริบทของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ของแต่ละโรงเรียน เนื่องจากหลักสูตรคาดหวังให้นักเรียนทุกคนนำความสามารถด้านคำนวณไปใช้ได้กับทุกปัญหาตามธรรมชาติของวิชาที่เรียนรู้ทั้งในและนอกห้องเรียน เช่น การอ่านแผนที่ในวิชาภูมิศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ศิลปะ เป็นต้น

ความสามารถด้านคำนวณสามารถแบ่งออกเป็น 4 ทักษะ คือ

1) การให้เหตุผลเชิงจำนวน (developing numerical reason) เป็นความสามารถของนักเรียนในการระบุวิธีการและทักษะทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบเจอให้สำเร็จ ล่วง ประกอบด้วยทักษะพื้นฐานสำคัญ 3 ด้าน คือ การระบุวิธีการแก้ปัญหา (identify processes and connections) กานำเสนอและสื่อความหมาย (represent and communicate) และการตรวจสอบ (review)

2) ทักษะด้านจำนวน (using number skills) เป็นทักษะพื้นฐานที่จำเป็นของนักเรียนสำหรับการนำจำนวนไปใช้ในการแก้ไขปัญหา เนื่องจากนักเรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจในวิธีการบวก ลบ คูณ และหารจำนวนต่าง ๆ ทั้งที่เป็นจำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยม และสามารถตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่ ประกอบด้วยทักษะพื้นฐานที่สำคัญ 5 ด้าน คือ

2.1) การใช้จำนวนจริงและความสัมพันธ์ (use number facts and relationships)

2.2) เศษส่วน ทศนิยม เปอร์เซนต์ และอัตราส่วน (fractions, decimals, percentages and ratio)

2.3) ทักษะการคิดคำนวณในใจและการแสดงวิธีคิด (calculate using mental and written methods)

2.4) การประมาณค่าและการตรวจสอบ (estimate and check)

2.5) เงิน (manage money)

3) ทักษะด้านการวัด (using measuring skills) เป็นทักษะของนักเรียนในการนำความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวัดไปใช้แก้ปัญหาได้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่พบเจอ ประกอบด้วยทักษะพื้นฐานที่สำคัญ 4 ด้าน คือ

3.1) การวัดความยาว น้ำหนัก/มวล ความจุ (length, weight/mass, capacity)

3.2) เวลา (time)

3.3) อุณหภูมิ (temperature)

3.4) พื้นที่ ปริมาตร มุม (area and volume, angle and position)

4) ทักษะด้านข้อมูล (using data skills) เป็นทักษะในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ประกอบด้วยทักษะพื้นฐานที่สำคัญ 3 ด้าน คือ

4.1) การรวบรวมข้อมูล (collect and record data)

4.2) การนำเสนอและวิเคราะห์ข้อมูล (present and analysis data)

4.3) การแปลความหมายข้อมูล (interpret results)

1.3.8 สำนักทดสอบทางการศึกษา (2556: 25) ได้กำหนดระดับความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 6 เพื่อใช้เป็นกรอบในการสร้างแบบทดสอบประเมินคุณภาพผู้เรียนระดับชาติ (NT) ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยได้อธิบายคำสำคัญ (Keywords) สำหรับใช้ในการกำหนดกรอบระดับความสามารถตามชั้นปีดังนี้

ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้และการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ทักษะการคิดคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการบวก การลบ การคูณ และการหารได้อย่างถูกต้อง คล่องแคล่ว

ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนนับ เศษส่วน ทศนิยม และร้อยละ ความยาว ระยะทาง น้ำหนักพื้นที่ ปริมาตร ความจุ เวลา เงิน ทิศ แผนผัง ขนาดของมุม ชนิดและสมบัติของรูปเรขาคณิต แบบรูปและความสัมพันธ์ แผนภูมิและกราฟ การคาดคะเนการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ต่าง ๆ

จากการประมวลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านคำนวณของ หน่วยงานและนักวิชาการที่ได้นำเสนอกรอบแนวคิดความสามารถด้านคำนวณ สำหรับนำไป ส่งเสริม สนับสนุนให้เกิดขึ้นกับคนในวัยต่าง ๆ นั้น ผู้วิจัยพบว่าแต่ละแนวคิดจะอาศัยความรู้ความ เข้าใจและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานในการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณ ของแต่ละบุคคล แต่จะแตกต่างกันตรงรายละเอียดจุดเน้นของทักษะย่อยที่ต้องการให้เกิดกับบุคคล ของแต่ละประเทศ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการสรุปสาระสำคัญแต่ละแนวคิดเพื่อให้ได้แนวทาง องค์ประกอบความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน ดังตาราง 2



ตาราง 2 สรุปสาระสำคัญของแนวคิดความสามารถด้านคำนวณของหน่วยงานและนักวิชาการ

ชื่อหน่วยงาน/ ผู้ศึกษา /จุดมุ่งหมายใน การศึกษา	กรอบแนวคิด การพัฒนา ความสามารถ ด้านคำนวณ	ข้อสรุป จากการศึกษา	ข้อสังเกต
1. Australian Association of Mathematics Teacher (AAMT) -ปี ค.ศ. 1997 -ประเทศออสเตรเลีย -จุดมุ่งหมาย 1.เพื่อกำหนดความหมายของ numeracy 2.เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนา numeracy	ความสามารถด้านคำนวณเป็นทักษะใหม่ใหม่ของประเทศออสเตรเลีย AAMT จึงได้ทำการศึกษาเพื่อเพื่อกำหนดความหมายและแนวทางการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของประเทศ โดยอิงกรอบหลักสูตรของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในสมัยนั้น	AAMT สรุปแนวคิดหลักสำหรับนำไปใช้ในการพัฒนาและประเมินความสามารถด้านคำนวณ ดังนี้ 1. มีความคิดรวบยอดในเรื่องจำนวน ปฏิภูมิ กราฟ สถิติ พีชคณิต รวมทั้งมีทักษะทางคณิตศาสตร์ 2. มีทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์และเข้าใจวิธีการทางคณิตศาสตร์ 3. มีทักษะด้านการคิด 4. มีความตระหนักและเห็นคุณค่าของการนำไปประยุกต์ใช้	1. เป็นเอกสารนำเสนอแนวคิดของ numeracy ในช่วงแรกเริ่มของประเทศออสเตรเลียที่มีอิทธิพลต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถด้านคำนวณ 2. เป็นแนวทางเริ่มต้นของการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณสำหรับนักเรียนและวัยผู้ใหญ่ 3. เพื่อนำเสนอเป็นแนวนโยบายระดับชาติ 4. ผู้มีส่วนร่วมในการกำหนดความหมายและแนวทางการพัฒนามาจากผู้เกี่ยวข้องที่หลากหลาย เช่น นักคณิตศาสตร์ ครูผู้สอน นักนโยบาย ผู้บริหาร เป็นต้น

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อหน่วยงาน/ ผู้ศึกษา /จุดมุ่งหมายใน การศึกษา	กรอบแนวคิด การพัฒนา ความสามารถ ด้านคำนวณ	ข้อสรุป จากการศึกษา	ข้อสังเกต
2. Department for Education and Employment -ปี ค.ศ. 1999 -ประเทศอังกฤษ -จุดมุ่งหมาย 1. เพื่อวางแนวทางการ พัฒนา numeracy ของ นักเรียนตั้งแต่ระดับชั้น อนุบาลถึงชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 2. สร้างความเข้าใจ เกี่ยวกับการพัฒนา numeracy ในโรงเรียน	แนวคิดของการพัฒนา ความสามารถด้าน คำนวณอิงกรอบ หลักสูตรคณิตศาสตร์ ของประเทศ	ความสามารถด้าน คำนวณของนักเรียน ระดับชั้นอนุบาลถึง ประถมศึกษาปีที่ 6 ควรประกอบด้วย 1. ระบบจำนวนและ สมบัติของจำนวน 2. ความสามารถด้าน การคิดคำนวณ 3. ทักษะการแก้ปัญหา 4. การวัด รูปทรงและ ปริภูมิ 5. การวิเคราะห์ข้อมูล	1. เป็นแนวทางพัฒนา ความสามารถด้าน คำนวณสำหรับ นักเรียนระดับชั้น อนุบาลถึง ประถมศึกษาปีที่ 6 2. นำเสนอเป็น แนวนโยบายระดับชาติ 3. เป็นกรอบแนวคิด หลักในการพัฒนา ความสามารถด้าน คำนวณของนักเรียน ประเทศอังกฤษ

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อหน่วยงาน/ ผู้ศึกษา /จุดมุ่งหมายใน การศึกษา	กรอบแนวคิด การพัฒนา ความสามารถ ด้านคำนวณ	ข้อสรุป จากการศึกษา	ข้อสังเกต
3. Ginsburg, Manly & Schmitt -ปี ค.ศ. 2006 -ประเทศ สหรัฐอเมริกา -จุดมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาแนวคิด numeracy สำหรับ ผู้ใหญ่หรือ วัยทำงาน	แนวคิดการพัฒนา ความสามารถด้าน คำนวณมาจากการศึกษา เอกสารและงานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับ ความสามารถด้าน คำนวณที่ได้มีการศึกษา ก่อนหน้านี้และศึกษา เอกสารหลักสูตร คณิตศาสตร์ของประเทศ ต่าง ๆ นำมาสังเคราะห์ สรุปเป็นความสามารถ ด้านคำนวณในวัยผู้ใหญ่	ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1. บริบท 2. เนื้อหาคณิตศาสตร์ ที่เป็นพื้นฐาน คือ -จำนวนและการ ดำเนินการ -แบบรูป พังก์ชันและ พีชคณิต - การวัดและรูปทรง -ข้อมูล สถิติและความ น่าจะเป็น 3. พฤติกรรมการ เรียนรู้ ได้แก่ -ความคิดรวบยอด ทางคณิตศาสตร์ -การให้เหตุผล -การเลือกใช้วิธีการ แก้ปัญหา -ความคล่องในวิธีการ การแก้ปัญหา -ความเชื่อ เจตคติ และความรู้สึกนึกคิด	1. เป็นแนวทาง พัฒนาความสามารถ ด้านคำนวณสำหรับ วัยผู้ใหญ่หรือวัย ทำงาน 2. นำเสนอเป็น แนวนโยบาย ระดับชาติ 3. ใช้วิธีการศึกษา จากการสังเคราะห์ เอกสารจาก หลากหลายแหล่งที่ เกี่ยวข้องกับ numeracy และ คณิตศาสตร์ทุกระดับ

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อหน่วยงาน/ ผู้ศึกษา /จุดมุ่งหมายใน การศึกษา	กรอบแนวคิด การพัฒนา ความสามารถ ด้านคำนวณ	ข้อสรุป จากการศึกษา	ข้อสังเกต
4. Russell -ปี ค.ศ. 2009 -ประเทศอังกฤษ -จุดมุ่งหมาย เพื่อเสนอแนวทางการ พัฒนา numeracy กับ นักเรียนอายุ 7-11 ปี	แนวคิดของการพัฒนา ความสามารถด้าน คำนวณอิงกรอบ หลักสูตรคณิตศาสตร์ ของประเทศ	ความสามารถด้าน คำนวณสำหรับ นักเรียน ประกอบด้วย 1. การประยุกต์ใช้ คณิตศาสตร์ 2. ทักษะการนับและ ความเข้าใจจำนวน 3. จำนวนจริง 4. ทักษะด้านการคิด คำนวณ 5. รูปทรง 6. การวัด 7. ข้อมูล	1. เป็นแนวทางพัฒนา ความสามารถด้าน คำนวณสำหรับ นักเรียนอายุ 7-11 ปี 2. นำเสนอเป็น แนวทางสำหรับ นำไปใช้สอนนักเรียน ในแต่ละระดับชั้น 3. เสนอรายละเอียด ตัวอย่างการพัฒนา ความสามารถด้าน คำนวณของนักเรียนใน แต่ละเรื่อง

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อหน่วยงาน/ ผู้ศึกษา /จุดมุ่งหมายใน การศึกษา	กรอบแนวคิด การพัฒนา ความสามารถ ด้านคำนวณ	ข้อสรุป จากการศึกษา	ข้อสังเกต
5. Australian Curriculum, Assessment and Report Authority (ACARA) -ปี ค.ศ. 2011 -ประเทศออสเตรเลีย -จุดมุ่งหมาย เพื่อกำหนดสมรรถนะ หลักและมาตรฐาน เกี่ยวกับความสามารถ ด้านคำนวณไว้ใน หลักสูตรของประเทศ	แนวคิดของการพัฒนา ความสามารถด้าน คำนวณอิงกรอบ หลักสูตรคณิตศาสตร์ ของประเทศ	ความสามารถด้าน คำนวณประกอบด้วย 1. การบวก ลบ คูณ หารจำนวนเต็มและ การประมาณค่า 2. แบบรูปและ ความสัมพันธ์ 3. เศษส่วน ทศนิยม อัตราส่วนและร้อยละ 4. การให้เหตุผล เกี่ยวกับปริภูมิ 5. สถิติ 6. การวัด	1. เป็นแนวทางพัฒนา ความสามารถด้าน คำนวณสำหรับ นักเรียน 2. กำหนด ความสามารถด้าน คำนวณไว้ในหลักสูตร อย่างชัดเจนโดยให้ เป็นหนึ่งในเจ็ด สมรรถนะหลักที่ สถานศึกษาต้องพัฒนา ให้เกิดกับผู้เรียนทุกคน 3. มีการกำหนด มาตรฐาน ความสามารถด้าน คำนวณที่นักเรียนต้อง ปฏิบัติได้ในแต่ละ ระดับชั้น

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อหน่วยงาน/ ผู้ศึกษา /จุดมุ่งหมายใน การศึกษา	กรอบแนวคิด การพัฒนา ความสามารถ ด้านคำนวณ	ข้อสรุป จากการศึกษา	ข้อสังเกต
6. International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) -ปี ค.ศ. 2013 -สมาคมนานาชาติเพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา -จุดมุ่งหมาย เพื่อกำหนดกรอบแนวทางการประเมิน numeracy สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4	แนวคิดของการประเมินความสามารถด้านคำนวณอิงกรอบหลักสูตรคณิตศาสตร์ของนานาชาติ	การประเมินความสามารถด้านคำนวณสำหรับนักเรียน ประกอบด้วย 1.เนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่องจำนวนเต็ม เศษส่วนและทศนิยม รูปทรงและการวัด 2.พฤติกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ ด้านความรู้ การประยุกต์ใช้ความรู้ และการให้เหตุผล	1. เป็นแนวทางพัฒนาความสามารถด้านคำนวณสำหรับนักเรียน 2. นำเสนอเป็นแนวนโยบายระดับนานาชาติ 3. เป็นการกำหนดกรอบการประเมินความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ระดับนานาชาติในปี ค.ศ. 2015 เป็นครั้งแรกของโครงการ

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อหน่วยงาน/ ผู้ศึกษา /จุดมุ่งหมายใน การศึกษา	กรอบแนวคิด การพัฒนา ความสามารถ ด้านคำนวณ	ข้อสรุป จากการศึกษา	ข้อสังเกต
7. Department for Education and Skills -ปี ค.ศ. 2013 -ประเทศเวลส์ -จุดมุ่งหมาย เพื่อกำหนดแนว ทิศทางการพัฒนา numeracy สำหรับ นักเรียนอายุ 5-14 ปี ในประเทศเวลส์	แนวคิดของการ ประเมินความสามารถ ด้านคำนวณอิงกรอบ หลักสูตรคณิตศาสตร์ ของประเทศ	ความสามารถด้าน คำนวณของนักเรียน ประกอบด้วย 1. ทักษะการให้เหตุผล เชิงจำนวน 2. ทักษะด้านจำนวน 3. ทักษะด้านการวัด 4. ทักษะด้านข้อมูล	1. เป็นแนวทางพัฒนา ความสามารถด้าน คำนวณสำหรับ นักเรียน 2. นำเสนอเป็น แผนนโยบายระดับ นานาชาติ 3. เป็นการกำหนด กรอบแนวคิดที่มี เป้าหมายพัฒนา นักเรียนอายุ 5-14 ปี ทุกคนในประเทศให้มี ความสามารถด้าน คำนวณตามเป้าหมาย ที่กำหนด

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อหน่วยงาน/ ผู้ศึกษา /จุดมุ่งหมายใน การศึกษา	กรอบแนวคิด การพัฒนา ความสามารถ ด้านคำนวณ	ข้อสรุป จากการศึกษา	ข้อสังเกต
8. สำนักทดสอบทาง การศึกษา -ปี พ.ศ. 2556 -ประเทศไทย -จุดมุ่งหมาย เพื่อกำหนดแนว ทางการประเมิน ความสามารถด้าน คำนวณของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 -ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	แนวคิดของการ ประเมิน ความสามารถด้าน คำนวณอิงกรอบ หลักสูตร คณิตศาสตร์ของ ประเทศ	ความสามารถด้าน คำนวณ ประกอบด้วย 1.ทักษะ กระบวนการทาง คณิตศาสตร์ 2.ทักษะการคิด คำนวณ 3.ความคิดรวบยอด ทางคณิตศาสตร์	1. เป็นแนวทางพัฒนา ความสามารถด้านคำนวณ สำหรับนักเรียน 2. นำเสนอเป็นแนวนโยบาย ระดับนานาชาติ 3. เป็นการกำหนดกรอบ แนวทางการประเมิน ความสามารถด้านคำนวณ โดยอิงหลักสูตรการเรียน การสอนคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 4.นำมาใช้ประเมินระดับชาติ กับนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 3 เป็นครั้งแรกในปี การศึกษา 2555

ตาราง 3 สรุปแนวคิดความสามารถด้านคำนวณของหน่วยงานและนักวิชาการ

ความสามารถด้านคำนวณ	หน่วยงานและนักวิชาการจำแนกตามปี								ความถี่
	1. AAMT. (1997)	2. Department for Education and Employment. (1999)	3. Ginsburg, Manly & Schmitt. (2006)	4. Russell. (2009)	5. ACARA. (2011)	6. IEA. (2013)	7. Department for Education and Skills. (2013)	8. สำนักทดสอบทางการศึกษา (2556)	
1. มีความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8
2. ทักษะการคิดคำนวณ		✓	✓	✓	✓		✓	✓	6
3. การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์			✓		✓	✓	✓	✓	5
4. การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	8

จากการสังเคราะห์แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านคำนวณของหน่วยงานและนักวิชาการที่ได้มีการศึกษาไว้ ประกอบด้วย 1) Australian Association of Mathematics Teacher (AAMT. 1997) 2) Department for Education and Employment (1999) 3) Ginsburg, Manly & Schmitt (2006) 4) Russell (2009) 5) Australian Curriculum, Assessment and Report Authority (ACARA. 2011) 6) International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) (2013) 7) Department for Education and Skills (2013) 8) สำนักทดสอบทางการศึกษา (2556) พบว่าจุดมุ่งหมายของการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณ แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ 1) เพื่อพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนทุกระดับ โดยอิงกรอบหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ของแต่ละประเทศ และ 2) เพื่อพัฒนาความสามารถด้านคำนวณในวัยผู้ใหญ่ ซึ่งเป็นวัยทำงานและต้องนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการประกอบอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในส่วนของกรอบแนวคิดความสามารถด้านคำนวณ

พบว่าทั้งแนวคิดการพัฒนานักเรียนในโรงเรียนและการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณในวัยผู้ใหญ่ จะอิงกรอบหลักสูตรคณิตศาสตร์ที่มีการจัดการเรียนการสอนในแต่ละประเทศ ซึ่งก็จะมีรายละเอียด ย่อยแตกต่างกันไปตามสภาพบริบทและสังคมของแต่ละประเทศ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัย ต้องการพัฒนาโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย จึงยึดกรอบแนวคิดความสามารถด้านคำนวณของสำนัก ทดสอบทางการศึกษา (2556) โดยแบ่งเป็น 3 ด้าน ประกอบด้วย

1. ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์
2. ทักษะการคิดคำนวณ
3. ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.4 ขอบเขตเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านคำนวณ

ความสามารถด้านคำนวณกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์มีความ เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน เนื่องจากการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของแต่ละบุคคลต้องอาศัย ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญในนำไปประยุกต์ สามารถสรุป ขอบเขตเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านคำนวณตามแนวคิดของหน่วยงานและ นักการศึกษา ได้ดังนี้

เคอร์รี สัทสมิทและวอลดอน (Curry, Schmitt & Waldron. 1996: 13) เสนอเนื้อหา คณิตศาสตร์สำหรับนำมาใช้ในการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณในวัยผู้ใหญ่ (Adult numeracy) แบ่งเป็น 7 ด้าน คือ

1. ความสัมพันธ์และการเชื่อมโยง (Relevance/Connections)
2. การแก้ปัญหา การให้เหตุผลและการตัดสินใจ (Problem-Solving/Reasoning/Decision-making)
3. การสื่อสาร สื่อความหมาย (Communication)
4. จำนวนและความรู้สึกเชิงจำนวน (Number and Number sense) มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยจำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยม เงิน เปอร์เซ็นต์ การประมาณค่า และการดำเนินการ เกี่ยวกับจำนวน
5. ข้อมูล (Data: Data Analysis, Probability and Graphing) ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูล ความน่าจะเป็น สถิติและกราฟ
6. เรขาคณิต ปริภูมิและการวัด (Geometry: Spatial Sense and Measurement) ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่องปริภูมิและการวัด

7. พีชคณิต (Algebra: Patterns and Functions) ประกอบด้วยเรื่องแบบรูปและฟังก์ชัน

เฮดดิงตัน (Headington. 1997: 6-40) กล่าวว่า การสร้างความสามารถด้านคำนวณให้กับนักเรียนนั้นต้องพัฒนาทั้งทางด้านทักษะ ความรู้และความเข้าใจควบคู่กันไปด้วย โดยเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการพัฒนานักเรียน ดังนี้

1. จำนวนและการดำเนินการ ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่องการเปรียบเทียบจำนวน การจัดกลุ่มและจำแนกจำนวน การแทนค่า ระบบจำนวนและสมบัติของจำนวนจริง เศษส่วน ทศนิยม การประมาณค่าของจำนวน การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนจริง

2. การวัด (measure) ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่องความยาว น้ำหนัก ความจุ เวลา การประยุกต์ใช้เรื่องการวัด

3. รูปร่าง (shape) ประกอบด้วยเรื่องมุม รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ การสมมาตร

4. พีชคณิต (Algebra) ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่องแบบรูปและฟังก์ชัน

กรมสามัญศึกษาและการจ้างงานของประเทศของประเทศไทย (Department for Education and Employment. 1999: 38-40) ได้กำหนดกรอบเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านคำนวณ ประกอบด้วย

1. จำนวน เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องระบบจำนวน การแทนค่า การประมาณค่า เศษส่วน ทศนิยม เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน การดำเนินการของจำนวน และการแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวน

2. การวัด รูปร่างและรูปทรง เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องการวัดสิ่งต่าง ๆ หน่วยการวัด รูปเรขาคณิตสองมิติและรูปทรงสามมิติ

3. ข้อมูล เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องการเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอและวิเคราะห์ข้อมูล หน่วยงานทักษะพื้นฐาน (The Basic Skills Agency. 2001: 7) ได้กำหนดเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณในวัยผู้ใหญ่ (Adult numeracy) ไว้ดังนี้

1. จำนวน (Number) ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่องจำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยม การดำเนินการเกี่ยวกับจำนวน เปอร์เซ็นต์

2. การวัด รูปร่างและรูปทรง (Measures Shape and Space) ได้แก่ เนื้อหาเรื่องเงิน เวลา ความยาว น้ำหนัก ความจุ พื้นที่ ปริมาตร รูปทรงสามมิติ

3. ข้อมูล (handling data) เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องสถิติ การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

เกลและคณะ (Gal et al. 2003: 19-20) ได้กำหนดขอบเขตของเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับการนำความสามารถด้านคำนวณในวัยผู้ใหญ่ (Adult numeracy) ไปใช้ แบ่งออกเป็น 5 ด้าน คือ

1. ปริมาณและจำนวน (Quantity and Number) ปริมาณเกี่ยวข้องกับเรื่องของการวัด ความยาว พื้นที่ และปริมาตร ที่อยู่รอบ ๆ ตัวเรา เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความดันของอากาศ ประชากรและอัตราการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต รายได้ของบริษัท เป็นต้น ส่วนจำนวนถือเป็นพื้นฐานของเรื่องปริมาณ มีเนื้อหาหลากหลาย เช่น จำนวนเต็ม การนับ การประมาณค่า เศษส่วน ทศนิยม เปอร์เซนต์ เป็นต้น

2. มิติและรูปร่าง (Dimension and shape) ในเรื่องมิติประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับรูปสองมิติ และสามมิติ ของสิ่งต่าง ๆ เช่น ความยาว เส้นรอบวง พื้นที่ผิว สถานที่ เป็นต้น ในขณะที่รูปร่าง เป็นการสื่อถึงการมองเห็นภาพและเอกลักษณ์ของสิ่งต่าง ๆ จากความเป็นจริง เช่น บ้านและสิ่งก่อสร้าง เป็นต้น

3. แบบรูป ฟังก์ชัน และความสัมพันธ์ (Pattern, Functions and relationships) มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับแบบรูป ฟังก์ชัน และความสัมพันธ์ ที่เราพบเจอในชีวิตประจำวัน เช่น ความสัมพันธ์ในธรรมชาติ การใช้สัญลักษณ์ทางพีชคณิตในการนำเสนอตาราง กราฟ

4. ข้อมูลและโอกาส (Data and chance) ข้อมูลเกี่ยวข้องกับเนื้อหา เช่น เรื่องของความแปรปรวน การสุ่มตัวอย่าง ความคลาดเคลื่อน การพยากรณ์ การเก็บรวบรวมข้อมูล การแสดงผลกราฟ สำหรับเรื่องโอกาส เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องความน่าจะเป็น และวิธีการทางสถิติ เป็นต้น

5. การเปลี่ยนแปลง (Change) การอธิบายการเปลี่ยนแปลงในทอมของคณิตศาสตร์นั้นจะเกี่ยวข้องกับสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัวเรา เช่น การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากร การเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตขณะเจริญเติบโต การขึ้น-ลงของราคาสินค้า เป็นต้น

สำนักงานการศึกษาเมืองแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts Department of Education. 2005: 16) ได้กำหนดเนื้อหาคณิตศาสตร์สำหรับการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านคำนวณในวัยผู้ใหญ่ (Adult numeracy) ไว้ดังนี้

1. ความรู้สึกเชิงจำนวน (Number Sense) เกี่ยวข้องกับเนื้อหาการใช้จำนวนในบริบทหรือสถานการณ์ต่าง ๆ การเข้าใจเกี่ยวกับการประมาณค่า และการดำเนินการของจำนวน

2. แบบรูป ฟังก์ชันและพีชคณิต (Patterns, Functions and Algebra) เกี่ยวข้องกับเรื่อง การสำรวจ ระบุลักษณะ วิเคราะห์บริบทหรือสถานการณ์โดยเชื่อมโยงแนวคิดของแบบรูป ฟังก์ชัน และพีชคณิตทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งเข้าใจความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปตาราง กราฟ และสมการ

3. สถิติและความน่าจะเป็น (Statistics and Probability) ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่องการเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดระบบ การนำเสนอและวิเคราะห์ข้อมูล การอธิบายและแปลความหมาย รวมทั้งการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องความน่าจะเป็นกับสถานการณ์ต่าง ๆ

4. เรขาคณิตและการวัด (Geometry and Measurement) ประกอบด้วยเนื้อหาความรู้เรื่องสมบัติของรูปเรขาคณิต การเปลี่ยนแปลงและสมมาตร รูปทรงสามมิติ หน่วยการวัด การเลือกใช้หน่วยการวัดและวิธีการวัดที่เหมาะสม รวมทั้งการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ

กินสเบิร์ก แมนลี่และสช์สมิท (Ginsburk, Manly & Schmitt. 2006: 11-20) ได้นำเสนอเนื้อหาที่เป็นองค์ประกอบของความสามารถด้านคำนวณในวัยผู้ใหญ่ (Adult numeracy) ที่เกี่ยวข้องกับความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับนำไปใช้กับสถานการณ์ต่าง ๆ ประกอบด้วย

1. จำนวนและการดำเนินการ (Number and Operation Sense) มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเลขคณิต การบวก การลบ การคูณและการหารจำนวน

2. แบบรูป, ฟังก์ชัน และพีชคณิต (Patterns, Function and Algebra) มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับสมการ แบบรูป ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์และการนำไปใช้

3. การวัดและรูปร่าง (Measurement and Shape) มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับเรื่องการวัด การประมาณความยาว สัดส่วน ทฤษฎีบทพีทาโกรัส เส้นขนาน มุม รูปทรง เส้นรอบวง พื้นที่ ปริมาตร ระบบพิกัดฉาก

4. ข้อมูล, สถิติและความน่าจะเป็น (Data, Statistics and Probability) มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับเรื่องการเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดระบบ การนำเสนอข้อมูล การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล และความน่าจะเป็น

รัสเซล (Russell. 2009: 8) ได้นำเสนอขอบเขตของเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนตามหลักสูตรการศึกษาของประเทศอังกฤษ ซึ่งได้กำหนดเนื้อหาที่ใช้เป็นหลักในการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนไว้ดังนี้

1. การประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ (Using and applying mathematics)
2. การนับและการเข้าใจจำนวน (Counting and understanding number)
3. จำนวนจริง (Knowing and using number facts)
4. ทักษะการคิดคำนวณ (Calculating)
5. รูปทรง (Understanding shape)
6. การวัด (Measuring)
7. ข้อมูล (Handling data)

องค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD. 2012: 36-37) ได้แบ่งเนื้อหา คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านคำนวณ ในวัยผู้ใหญ่ (Adult numeracy) ออกเป็น 4 ด้าน ประกอบด้วย

1. ปริมาณและจำนวน (Quantity and number) ปริมาณเกี่ยวข้องกับความเข้าใจในเรื่องของตัวเลขที่สัมพันธ์กับสิ่งต่าง ๆ เช่น ราคาสินค้า ขนาดของวัตถุ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ การเปลี่ยนของประชากร เป็นต้น ส่วนจำนวนเกี่ยวข้องกับเรื่องของจำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยม เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งการบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวน

2. มิติและรูปร่าง (Dimension and shape) มิติประกอบด้วยเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งต่าง ๆ เช่น ความยาว เส้นรอบวง พื้นที่ผิว สถานที่ เป็นต้น ในขณะที่รูปร่าง เป็นการสื่อถึงสิ่งที่มองเห็นจากความเป็นจริง เช่น รูปร่างของบ้านและสิ่งก่อสร้าง เป็นต้น

3. แบบรูป ความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลง (Pattern, relationships and change) แบบรูปเป็นสิ่งที่สามารถพบเห็นได้อยู่ทั่ว ๆ ไป เช่น การพูด การจราจร การก่อสร้าง ศิลปะ เป็นต้น ส่วนเรื่องความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลง เน้นความสำคัญของปรากฏการณ์ทุกอย่างในโลกที่เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ทั้งชั่วคราวและถาวรระหว่างการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตขณะเจริญเติบโต การหมุนเวียนของฤดูกาล การขึ้นลงของกระแสน้ำ การเปลี่ยนแปลงของอวกาศ การขึ้นลงของหุ้น การว่างงานของคน เป็นต้น

4. ข้อมูลและโอกาส (Data and chance) ข้อมูลเกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องของกราฟ ความแปรปรวน การสุ่มตัวอย่าง ความคลาดเคลื่อน การพยากรณ์ การเก็บรวบรวมข้อมูล การแสดงผล เป็นต้น สำหรับเรื่องโอกาส เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องความน่าจะเป็น และวิธีการทางสถิติ เป็นต้น

กรมสามัญศึกษาและทักษะพื้นฐานของประเทศอังกฤษ (Department for Education and Skills. 2013: 8) ได้กำหนดขอบเขตเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน ไว้ดังนี้

1. การให้เหตุผลเชิงจำนวน (developing numerical reasoning)
2. ทักษะการคิดคำนวณ (using number skills)
3. การวัด (using measuring skills)
4. ข้อมูล (using data skills)

ตาราง 4 เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่สัมพันธ์กับความสามารถด้านคำนวณ

ผู้เสนอแนวคิด	เนื้อหาคณิตศาสตร์											
	จำนวน (numbers)	ข้อมูล (data)	เรขาคณิต (geometry)	พีชคณิต (algebra)	การวัด (measurement)	รูปทรงสามมิติ (shape)	ปริภูมิ (space)	แบบรูป (pattern)	ฟังก์ชัน (functions)	ความสัมพันธ์ (relationships)	การเปลี่ยนแปลง (change)	สถิติและความน่าจะเป็น (Statistics and Probability)
Curry, Schmitt and Waldron (1996)	✓	✓	✓	✓	✓		✓					
Headington (1997)	✓			✓	✓	✓						
Department for Education and Employment (1999)	✓	✓			✓	✓	✓					
The Basic Skills Agency (2001)	✓				✓	✓	✓					
Gal ea al. (2003)	✓	✓				✓		✓	✓	✓	✓	
Massachusetts Department of Education (2005)	✓		✓	✓	✓			✓	✓			✓
Ginsburk, Manly and Schmitt (2006)	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓			✓
Russell (2009)	✓	✓			✓	✓						
OECD (2012)	✓	✓				✓		✓		✓	✓	
Department for Education and Skills (2013)	✓	✓			✓							
สำนักทดสอบทางการศึกษา (2556)	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓
รวม	11	9	3	4	9	8	4	5	3	3	2	3

จากตาราง 4 เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่สัมพันธ์กับความสามารถด้านคำนวณ เป็นพื้นฐานความรู้ที่สำคัญตามแนวคิดและข้อเสนอแนะของนักวิชาการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องพบว่า เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมากที่สุด 4 ลำดับแรก เรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ จำนวน การวัด ข้อมูลและรูปทรง พีชคณิตและแบบรูป สำหรับหลักสูตรคณิตศาสตร์ของประเทศไทยสอดคล้องกับแนวคิดดังกล่าวเนื่องจากการจัดการเรียนรู้ใน 5 สาระ ประกอบด้วย จำนวนและการดำเนินการ การวัด พีชคณิต การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. 2552: 2-3)

1.5 การประเมินความสามารถด้านคำนวณ

การประเมินความสามารถด้านคำนวณเป็นสิ่งสำคัญ สำหรับนำไปใช้ในการพิจารณาปรับปรุง แก้ไข ส่งเสริม ความสามารถด้านคำนวณของแต่ละบุคคล ซึ่งมีนักวิชาการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้นำเสนอแนวทางการประเมินความสามารถด้านคำนวณ ดังนี้

กรมสามัญศึกษาและการจ้างงานของประเทศของประเทศไทย (Department for Education and Employment. 1999: 4-5, 33-42) ได้แบ่งการประเมินความสามารถด้านคำนวณ สำหรับนักเรียน ออกเป็น 3 ระดับ ซึ่งแต่ละระดับเกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กับการจัดการเรียนการสอน คณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

1. การประเมินย่อย (short-term assessment) เป็นการประเมินแบบไม่เป็นทางการกับทุก ๆ หน่วยการเรียนรู้ โดยมีจุดประสงค์เพื่อ

1.1 ตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนในแต่ละเรื่อง ถ้านักเรียนเข้าใจเนื้อหาใดผิดครูผู้สอนสามารถแก้ไขได้ในทันทีที่ตรวจพบ รวมทั้งประเมินความสามารถของนักเรียนจากการปฏิบัติกิจกรรมที่กำหนดให้สามารถผ่านเกณฑ์ไปสู่กิจกรรมต่อไปได้หรือไม่

1.2 เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจในเรื่องจำนวนจริง ทักษะการคิดคำนวณในใจ การแสดงวิธีหาคำตอบ

1.3 เป็นหลักฐานในการพิจารณาช่วยเหลือนักเรียน รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลสำหรับแลกเปลี่ยนพฤติกรรมนักเรียนระหว่างผู้สอนและผู้ที่เกี่ยวข้อง

การประเมินย่อยจะช่วยให้ครูผู้สอนพิจารณาปรับปรุงบทเรียนหรือกิจกรรมได้เหมาะสมกับนักเรียนมากขึ้น ถ้าครูประเมินแล้วพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจก็สามารถปรับรูปแบบการสอนในชั่วโมงต่อไปได้ เช่น ทดสอบทักษะการคิดเลขเร็ว ซึ่งวิธีการก็จะแตกต่างกันไป ถ้าเป็นเด็กเล็กอาจจะให้นักเรียนตอบปากเปล่า แต่ถ้าเป็นเด็กโตก็อาจให้เขียนคำตอบและอธิบายวิธีการคิด เป็นต้น

2. การประเมินกลางเทอม (medium-term assessment) เป็นการประเมินเพื่อตรวจสอบสิ่งที่ยังไม่มั่นใจจากการสอน โดยมีจุดประสงค์คือ

2.1 เพื่อทบทวนและบันทึกความก้าวหน้าของนักเรียนตามจุดประสงค์ที่กำหนด มีอะไรบ้างที่นักเรียนรู้และสามารถทำได้ จุดอ่อน จุดแข็งของการจัดการเรียนการสอนคืออะไร รวมทั้งประเมินทักษะการประยุกต์ใช้ความรู้ของนักเรียนในบริบทใหม่ที่กำหนดให้ด้วย

2.2 เพื่อประเมินนักเรียนที่มีความก้าวหน้าสามารถผ่านเป้าหมายที่กำหนด ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดเป้าหมายถัดไป ทั้งนี้โรงเรียนจะนำข้อมูลรายงานให้ผู้ปกครองของนักเรียนทราบด้วยก็ได้

2.3 เป็นข้อมูลสำหรับครูใช้วางแผนการจัดการเรียนรู้ในเทอมถัดไป

2.4 เป็นการเตรียมข้อมูลสำหรับพิจารณาการเรียนของนักเรียนเมื่อเรียนจบเทอม

การประเมินกลางเทอมจะเน้นให้ครูผู้สอนตรวจสอบความก้าวหน้าของนักเรียนตามจุดประสงค์การเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่กำหนด เพื่อตรวจสอบผลของการจัดการเรียนรู้และสำหรับวางแผนต่อไป

3. การประเมินสิ้นปี (long-term assessment) เป็นการประเมินนักเรียนเมื่อสิ้นปีการศึกษา ตามนโยบายที่กำหนด โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานการศึกษาระดับชาติ และโรงเรียนต้องทำการประเมินนักเรียนแต่ละระดับเพื่อจัดทำเป็นรายงานเสนอส่วนราชการที่เกี่ยวข้องและรายงานให้ผู้ปกครองรับทราบ

องค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD, 2012: 39) ได้กำหนดกรอบลักษณะของข้อสอบในการประเมินความสามารถด้านคำนวณในวัยผู้ใหญ่ (Adult numeracy) ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ข้อสอบควรสร้างให้ครอบคลุมสถานการณ์สำหรับใช้วัดความสามารถด้านคำนวณ ซึ่งแบ่งออกเป็นบริบทในการใช้ชีวิตประจำวัน บริบทในที่ทำงาน บริบทในชุมชน และบริบทอื่น ๆ และเป็นการกระตุ้นให้นำความรู้และทักษะต่าง ๆ ออกมาใช้กับสถานการณ์นั้น

2. ข้อสอบควรมีความใกล้เคียงกับสภาพการดำเนินชีวิตจริงทั้งทางด้านวัฒนธรรมและสังคมความเป็นอยู่ การกำหนดสถานการณ์ต้องให้สอดคล้องและเหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน

3. ข้อสอบอาจจะมีหนึ่งคำถามหรือมากกว่าก็ได้ และควรใช้รูปภาพหรือสื่ออื่น ๆ ประกอบในคำถามเพื่อกระตุ้นในการตอบ

4. ข้อสอบควรกระจายให้ครอบคลุมความสามารถหลาย ๆ ระดับตั้งแต่ระดับต่ำสุดจนถึงระดับสูงที่สุด

5. ข้อสอบควรต้องใช้ทักษะความสามารถหลากหลายในการตอบคำถาม เช่น การตีความ การวิเคราะห์ การประเมินค่า เป็นต้น

สำนักการศึกษาอونتาริโอ (Ontario, 2012: 2-4) ได้เสนอแนวทางการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนในโรงเรียนว่าควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในทุกระดับชั้นและทุกวิชา ให้ครูผู้สอนทุกคนมีส่วนร่วมผ่านการวิเคราะห์กิจกรรมหรือภาระงานที่แสดงถึงความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนในแต่ละรายวิชา โดยครูผู้สอนคณิตศาสตร์จะเป็นผู้ขับเคลื่อนหลักในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจพื้นฐานทางคณิตศาสตร์สำหรับนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการทำภาระงานที่ได้รับมอบหมายของแต่ละวิชาให้ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากความสามารถด้านคำนวณมีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กับการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในบริบทหรือสถานการณ์ที่หลากหลายและเชื่อมโยงกับการดำเนินชีวิตประจำวันของแต่ละบุคคล ดังนั้นการฝึกทักษะการแก้ปัญหาให้กับนักเรียนได้มีประสบการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงในแต่ละวิชาที่เรียนตามหลักสูตรจะช่วยพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนให้เพิ่มมากขึ้น ตัวอย่างปัญหาในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์ เช่นในเรื่องอัตราการเต้นของหัวใจ ดังนี้

“เราจะพบว่า ในอดีตความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจกับอายุของบุคคล มีสูตรการคำนวณดังนี้ อัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจเท่ากับ $220 - \text{อายุ}$

ในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงสูตรความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจกับอายุของบุคคล โดยมีสูตรการคำนวณใหม่ดังนี้ อัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจเท่ากับ $208 - (0.7 \times \text{อายุ})$ ”

คำถามมีดังนี้

-สูตรการคำนวณอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจสูตรใหม่มีผลอย่างไรต่อการคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจของแต่ละบุคคล

-นักเรียนคิดอย่างไรกับสูตรใหม่ที่ใช้ในการคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจถ้าพิจารณาถึงหลักการสอนและการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนข้ามรายวิชา ครูผู้สอนจะต้องคำนึงถึงปัญหาหรือสถานการณ์ที่จะนำมาให้นักเรียนฝึกทักษะและประเมินความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ บริบทหรือสถานการณ์ในชีวิตจริง เนื้อหาคณิตศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. บริบทหรือสถานการณ์ในชีวิตจริง (real-life context) นักเรียนควรจะได้มีโอกาสฝึกแก้ปัญหาโดยประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์กับปัญหาในบริบทหรือสถานการณ์ที่คุ้นเคยและปัญหาในบริบทหรือสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยจนเป็นนิสัย บริบทหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับนักเรียน เช่น ที่โรงเรียน ที่ทำงาน สถานที่ท่องเที่ยว ในชุมชนหรือสังคมที่อยู่อาศัย โดยยึดหลักว่า

เป็นสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง เหมือนตัวอย่างอัตราการเต้นสูงสุดของหัวใจที่เป็นปัญหาเกี่ยวข้องกับสุขภาพและใช้คณิตศาสตร์ในการคำนวณแก้ปัญหา

2. เนื้อหาคณิตศาสตร์ (mathematical content knowledge) ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา คณิตศาสตร์อย่างชัดเจนของนักเรียน ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงและบูรณาการแนวคิดมาใช้ในการแก้ปัญหาที่พบเจอได้อย่างมั่นใจ ทั้งนี้ครูผู้สอนมีส่วนช่วยในการจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนอย่างยิ่ง

3. กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (mathematical process) การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนำมาใช้แก้ปัญหา ดีความสถานการณ์ เลือกวิธีการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาประกอบ 7 กระบวนการ ได้แก่ 1) การแก้ปัญหา 2) การให้เหตุผล 3) การสะท้อน 4) การเลือกเครื่องมือและวิธีการหาคำตอบ 5) การเชื่อมโยง 6) การนำเสนอ และ 7) การสื่อสารสื่อความหมาย ซึ่งครูผู้สอนสามารถฝึกกระบวนการทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนตามธรรมชาติของแต่ละวิชาและบริบทหรือสถานการณ์ในชีวิตจริงที่แตกต่างกัน

สำนักทดสอบทางการศึกษา (2556: 33-41) ได้กำหนดระดับความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 6 เพื่อใช้เป็นกรอบในการสร้างแบบทดสอบประเมินคุณภาพผู้เรียนระดับชาติ (NT) ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และแนวทางการพัฒนาและการประเมินความสามารถด้านคำนวณสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยกำหนดกรอบระดับความสามารถตามชั้นปี ดังตัวอย่างรายละเอียดระดับความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 – 6 ดังนี้

ตาราง 5 ระดับความสามารถด้านคำนวณตามชั้นปี

ความสามารถและตัวชี้วัด	ขอบข่ายสิ่งเร้า/ สารการเรียนรู้
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4	
ความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์(การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาโดยวิธีการที่หลากหลาย การใช้เทคโนโลยี การให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผล) ทักษะการคิดคำนวณมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน โดยเน้นความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับจำนวนนับและศูนย์ เศษส่วนที่มีตัวส่วนเท่ากัน ทศนิยมหนึ่งตำแหน่ง การหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม การเปรียบเทียบและการคาดคะเน (ความยาว น้ำหนัก ปริมาตร หรือความจุ) เงิน และเวลาการบอกชนิดของรูปเรขาคณิตสองมิติที่เป็นส่วนประกอบของรูปเรขาคณิตสามมิติ เส้นขนาน แบบรูปและความสัมพันธ์ การอ่านข้อมูลจากแผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิแท่งและตาราง ตัวชี้วัด 1. ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณ เพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนและการดำเนินการตามขอบข่ายสิ่งเร้า 2. ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณ เพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่องการวัดตามขอบข่ายสิ่งเร้า 3. ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณ เพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่องเรขาคณิตตามขอบข่ายสิ่งเร้า 4. ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณ เพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่องพีชคณิตตามขอบข่ายสิ่งเร้า 5. ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณ เพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็นตามขอบข่ายสิ่งเร้า	1. การคูณจำนวนหนึ่งหลักกับจำนวนมากกว่าสี่หลัก 2. การคูณจำนวนมากกว่าหนึ่งหลักกับจำนวนมากกว่าสองหลัก 3. การหารที่มีตัวหารไม่เกินสามหลัก 4. การบวก ลบ คูณหารระคนของจำนวนนับและศูนย์ 5. การบวก ลบ เศษส่วนที่มีตัวส่วนเท่ากัน 6. การเฉลี่ย 7. การหาพื้นที่เป็นตารางหน่วย และตารางเซนติเมตร 8. การหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก 9. การคาดคะเนความยาว น้ำหนัก ปริมาตรหรือความจุ 10. การเขียนบันทึกรายรับรายจ่าย 11. การอ่านและเขียนบันทึกกิจกรรมหรือเหตุการณ์ที่ระบุเวลา 12. การอ่านตารางเวลา 13. เส้นขนาน ส่วนประกอบของรูปวงกลม รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปที่มีแกนสมมาตร 14. แบบรูปของจำนวนที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงที่ละเท่า ๆ กัน 15. แบบรูปของรูปเรขาคณิตและรูปอื่น ๆ 16. การอ่านแผนภูมิรูปภาพ แผนภูมิแท่ง และตาราง

ตาราง 5 (ต่อ)

ความสามารถและตัวชี้วัด	ขอบข่ายสิ่งเร้า/ สาระการเรียนรู้
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาโดยวิธีการที่หลากหลาย การใช้เทคโนโลยี การให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผล การเชื่อมโยงความรู้และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์) ทักษะการคิดคำนวณมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันโดยเน้นความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับจำนวนนับและศูนย์ เศษส่วน ทศนิยมไม่เกินสองตำแหน่ง ร้อยละ การหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมและรูปสามเหลี่ยม การหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากและรูปสามเหลี่ยม การหาปริมาตรหรือความจุของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก การวัดและหาขนาดของมุม แบบรูปและความสัมพันธ์ การอ่านและเขียนแผนภูมิแท่งที่มีการย่นระยะของเส้นแสดงจำนวนการอ่านแผนภูมิแท่ง เปรียบเทียบการคาดคะเนเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ต่าง ๆ ตัวชี้วัด 1. ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณเพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เรื่องจำนวนและการดำเนินการตามขอบข่ายสิ่งเร้า 2. ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณเพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เรื่องการวัดตามขอบข่ายสิ่งเร้า 3. ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณเพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เรื่องเรขาคณิตตามขอบข่ายสิ่งเร้า 4. ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณเพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เรื่องพีชคณิตตามขอบข่ายสิ่งเร้า 5. ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณเพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็นตามขอบข่ายสิ่งเร้า	
	1. การบวก ลบ คูณหารระคนของจำนวนนับ 2. การบวก ลบ เศษส่วนที่มีตัวส่วนเป็นพหุคูณของตัวส่วนอีกตัวหนึ่ง 3. การบวก ลบ คูณหารระคนของจำนวนนับและเศษส่วน 4. การบวกและการลบทศนิยมไม่เกินสองตำแหน่ง 5. การคูณทศนิยมไม่เกินสองตำแหน่งกับจำนวนนับ 6. การคูณทศนิยมหนึ่งตำแหน่งกับการคูณทศนิยมหนึ่งตำแหน่ง 7. การบวก ลบ คูณ หารระคนของทศนิยม 8. บัญญัติไตรยางค์ ร้อยละในสถานการณ์ต่าง ๆ การหาค่าไรขาดทุน การลดราคา และการหาราคาขาย 9. การหาความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากและรูปสามเหลี่ยม 10. การวัดและหาขนาดของมุม 11. การหาปริมาตรหรือความจุของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก 12. การบอกลักษณะ ทรงกลม ทรงกระบอก กรวย ปริซึม พีระมิดและรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ 13. แบบรูปของจำนวน 14. การอ่าน เขียน และเปรียบเทียบแผนภูมิแท่ง 15. การคาดคะเนเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ต่าง ๆ

ตาราง 5 (ต่อ)

ความสามารถและตัวชี้วัด	ขอบข่ายสิ่งเร้า/ สาระการเรียนรู้
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	
ความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์(การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาโดยวิธีการที่หลากหลาย การใช้เทคโนโลยี การให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผล การเชื่อมโยงความรู้และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์) การนำทักษะการคิดคำนวณมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน โดยเน้นความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับเศษส่วน ทศนิยมไม่เกินสามตำแหน่ง ร้อยละ ในสถานการณ์ต่าง ๆ การหาค่าไรขาดทุน การลดราคา การหาราคาขาย การหาราคาทุน ดอกเบี้ย ตัวประกอบจำนวนเฉพาะ การหา ค.ร.น. และห.ร.ม. การบอกตำแหน่งโดยใช้ทิศการอ่านแผนผัง มาตราส่วน การหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมโดยใช้ความยาวของด้านและเส้นทแยงมุม การหาความยาวรอบรูปและการหาพื้นที่วงกลม เส้นขนานการหาความสัมพันธ์ในการอ่านข้อมูลจากกราฟเส้น และแผนภูมิวงกลม การเขียนแผนภูมิแท่ง เปรียบเทียบและกราฟเส้นการคาดคะเนต่าง ๆ ตัวชี้วัด - ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณเพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เรื่อง จำนวนและการดำเนินการตามขอบข่ายสิ่งเร้า - ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณเพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เรื่อง การวัดตามขอบข่ายสิ่งเร้า - ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณเพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เรื่อง เรขาคณิตตามขอบข่ายสิ่งเร้า - ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณเพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เรื่อง พีชคณิตตามขอบข่ายสิ่งเร้า - ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณเพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็นตามขอบข่ายสิ่งเร้า	- การบวก ลบ คูณ หารระคนของเศษส่วน จำนวนคละ และทศนิยมที่มีผลลัพธ์เป็นทศนิยมไม่เกินสามตำแหน่ง - ร้อยละในสถานการณ์ต่าง ๆ การหาค่าไรขาดทุน การลดราคา การหาราคาขาย การหาราคาทุน ดอกเบี้ย - ตัวประกอบ จำนวนเฉพาะ การหา ค.ร.น. และ ห.ร.ม. - การบอกตำแหน่งโดยใช้ทิศ - การอ่านแผนผังโดยใช้มาตราส่วน - การหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม โดยใช้ความยาวของด้านสมบัติของเส้นทแยงมุม - การหาความยาวรอบรูป พื้นที่ของรูปวงกลม - ส่วนประกอบของรูปเรขาคณิตสามมิติ - สมบัติของเส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยม - การพิจารณาเส้นขนานโดยอาศัยมุมแย้งและผลบวกของขนาดมุม ภายในที่อยู่บนข้างเดียวกันของเส้นตัดเป็น 180 องศา - รูปคลี่ของรูปเรขาคณิตสามมิติ - ปัญหาเกี่ยวกับแบบรูป - การแก้สมการ - การอ่าน เขียน และเปรียบเทียบกราฟเส้น แผนภูมิวงกลมและแผนภูมิแท่ง - การคาดคะเนเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ต่าง ๆ

นอกจากนี้สำนักทดสอบทางการศึกษา (2556: 47-49) ได้นำเสนอตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณในระดับประถมศึกษาปีที่ 1 – 6 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ดังนี้

ตัวอย่างข้อสอบ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ตัวชี้วัดความสามารถด้านคำนวณ

- ข้อ 1 ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณเพื่อตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่อง จำนวนและการดำเนินการตามขอบข่ายสิ่งเร้า

ซื้อสมุด 1/2 โหล ราคาโหลละ 120 บาท ซื้อปากกา 1 โหล 2/4
ราคาโหลละ 60 บาท จะต้องจ่ายเงินตามข้อใด

- 1) ธนบัตรฉบับละ 20 บาท สองใบ และเหรียญ 5 บาท หนึ่งเหรียญ
- 2) ธนบัตรฉบับละ 50 บาท สองใบ และเหรียญ 10 บาท หนึ่งเหรียญ
- 3) ธนบัตรฉบับละ 20 บาท สามใบ และเหรียญ 5 บาท สามเหรียญ
- 4) ธนบัตรฉบับละ 50 บาท หนึ่งใบ และธนบัตรฉบับละ 20 บาท สองใบ

สอดคล้องกับมาตรฐานตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์

ระหว่างการดำเนินการต่าง ๆ และใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

ตัวชี้วัด ชั้น ป.5 ข้อ 2 วิเคราะห์และแสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาและโจทย์ปัญหา

ระคนของจำนวนนับ เศษส่วนทศนิยมและร้อยละพร้อมทั้งตระหนักถึงความ

สมเหตุสมผลของคำตอบและสร้างโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับจำนวนนับได้

ตัวอย่างข้อสอบ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ตัวชี้วัดความสามารถด้านคำนวณ

ข้อ 4 ใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หรือทักษะการคิดคำนวณเพื่อตัดสินใจเลือก
แนวทางปฏิบัติหรือหาคำตอบจากสถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันเกี่ยวกับความคิด
รวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่องพีชคณิตตามขอบข่ายสิ่งเร้า

ร้านทรัพย์เจริญ	ร้านอุดมพาณิชย์
ขายข้าวหอมมะลิ	ขายข้าวหอมมะลิ
ราคากิโลกรัมละ 35 บาท	ราคากิโลกรัมละ 38 บาท
ขายข้าวขาวตาแห้ง	ขายข้าวขาวตาแห้ง
ราคากิโลกรัมละ 28 บาท	ราคากิโลกรัมละ 26 บาท

ป้าสมศรีซื้อข้าวอย่างละ 10 กิโลกรัม จากทั้ง 2 ร้าน ป้าสมศรีจ่ายเงินให้ร้านไหนมากกว่า
กันและอย่างละกี่บาท

- 1) ร้านทรัพย์เจริญมากกว่าร้านอุดมพาณิชย์ 30 บาท
- 2) ร้านทรัพย์เจริญมากกว่าร้านอุดมพาณิชย์ 10 บาท
- 3) ร้านอุดมพาณิชย์มากกว่าร้านทรัพย์เจริญ 30 บาท
- 4) ร้านอุดมพาณิชย์มากกว่าร้านทรัพย์เจริญ 10 บาท

สอดคล้องกับมาตรฐานตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
สาระที่ 4 พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟและตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์

(mathematical model) อื่น ๆ แทนสถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนแปลความหมาย
และนำไปใช้แก้ปัญหา

ตัวชี้วัด ชั้น ป.6 ข้อ 1 เขียนสมการจากสถานการณ์หรือปัญหา และแก้สมการพร้อม
ตรวจคำตอบ

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถด้านคำนวณ

ร็อตแมนและแม็กมิลแลน (Rothman & McMillan. 2003: 18-31) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถด้านภาษาและความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในประเทศออสเตรเลีย เก็บรวบรวมข้อมูล 2 ครั้ง ในปี ค.ศ. 1995 และปี ค.ศ. 1998 โดยการให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจในการอ่าน แบบทดสอบวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ และแบบสอบถามเกี่ยวกับตัวแปรที่สนใจศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Hierarchical linear modeling ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถด้านภาษาและความสามารถด้านคำนวณ แบ่งเป็นปัจจัยระดับนักเรียนประกอบด้วย ตัวแปรเพศ เชื้อชาติ (ชนพื้นเมืองของออสเตรเลีย, ไม่ใช่ชนพื้นเมืองของออสเตรเลีย) ฐานะทางเศรษฐกิจและสังคมของครอบครัวนักเรียน (อาชีพของพ่อหรือแม่) การศึกษาของพ่อและแม่ ภูมิหลังทางภาษา (ใช้ภาษาอังกฤษเป็นภาษาหลัก, ไม่ใช่ภาษาอังกฤษเป็นภาษาหลัก) ความปรารถนาที่จะประสบความสำเร็จ เจตคติของนักเรียนต่อโรงเรียน และปัจจัยระดับโรงเรียนประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยคะแนนฐานะทางเศรษฐกิจและสังคมของครอบครัวนักเรียน ค่าเฉลี่ยคะแนนภูมิหลังทางภาษาของนักเรียน

คาฟแมน ฮันเดอร์และโทนี (Kaufmann, Handl; & Thony. 2003: 564-571) ได้ทำการศึกษาผลการใช้โปรแกรมเพื่อพัฒนาความสามารถด้านคำนวณกับนักเรียนในระดับเกรด 3 ในเรื่องความรู้พื้นฐานและความคิดรวบยอดเรื่องจำนวน โดยแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลองมีนักเรียนจำนวน 6 คน (ชาย 4 คน หญิง 2 คน) ที่ได้รับการวินิจฉัยว่ามีความบกพร่องทางการคิดคำนวณ (dyscalculia) และกลุ่มควบคุมจำนวน 18 คน (ชาย 9 คน หญิง 9 คน) ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 6 เดือน สัปดาห์ละ 3 ครั้ง ๆ ละ 25 นาที ผลการศึกษาพบว่า โปรแกรมเพื่อพัฒนาความสามารถด้านคำนวณช่วยให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มทดลองมีความสามารถด้านคำนวณเพิ่มขึ้น

2. แนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณ

ในพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีสำหรับนำมาใช้บูรณาการสร้างและพัฒนารูปแบบ ดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์

ศาสตราจารย์บรูเนอร์แห่งมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด ได้ใช้หลักพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์มาใช้ในการสร้างทฤษฎีการเรียนรู้และเรียกชื่อว่า “Discovery Approach” หรือการเรียนรู้โดยการค้นพบ (สรวงศ์ ไขว้ตระกูล. 2554 : 212-215, 319-324 อ้างอิงจาก Bruner. 1960, 1966 และ 1971) บรูเนอร์เชื่อว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งนำไปสู่การค้นพบการแก้ปัญหา

2.1.1 แนวคิดพื้นฐาน

บรูเนอร์เชื่อว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้ประมวลข้อมูลข่าวสารจากการที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและสำรวจสิ่งแวดล้อม การรับรู้ของมนุษย์เป็นสิ่งที่เลือกหรือรับรู้ขึ้นอยู่กับความใส่ใจของผู้เรียนที่มีต่อสิ่งนั้น ๆ การเรียนรู้จะเกิดจากการค้นพบ เนื่องจากผู้เรียนมีความอยากรู้อยากเห็น ซึ่งเป็นแรงผลักดันให้เกิดพฤติกรรมสำรวจสภาพสิ่งแวดล้อมและเกิดการเรียนรู้โดยการค้นพบจริง แนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบคือ

1. การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมด้วยตนเอง การเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลของการปฏิสัมพันธ์นอกจากจะเกิดขึ้นในตัวของผู้เรียนแล้ว ยังจะเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อมด้วย
2. ผู้เรียนแต่ละคนมีประสบการณ์และพื้นฐานความรู้แตกต่างกัน การเรียนรู้จะเกิดขึ้นจากการที่ผู้เรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบใหม่กับประสบการณ์และความหมายใหม่
3. พัฒนาการทางสติปัญญาจะเห็นได้ชัดโดยที่ผู้เรียนสามารถรับสิ่งเร้าที่ให้เลือกได้หลายอย่างพร้อม ๆ กัน

2.1.2 วิธีการที่ผู้เรียนใช้เป็นเครื่องมือในการค้นพบความรู้

วิธีการที่ผู้เรียนใช้เป็นเครื่องมือในการค้นพบความรู้แบ่งออกเป็น 3 วิธีดังต่อไปนี้

1. วิธีการเรียนรู้ด้วยการกระทำมีประสบการณ์โดยตรงจากการสัมผัสจับต้องที่เรียกว่า เอนแอคทีฟ (Enactive Mode) ซึ่งเป็นวิธีที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยการสัมผัสจับต้องด้วยมือ รวมทั้งการที่เด็กใช้ปากกับวัตถุสิ่งของที่อยู่รอบ ๆ ตัว ข้อสำคัญที่สุดก็คือการกระทำของเด็กเอง

2. วิธีการเรียนรู้โดยใช้รูปภาพหรือวาดภาพในใจ ที่เรียกว่า ไอคอนนิค (Iconic Mode) เมื่อเด็กสามารถที่จะสร้างจินตนาการหรือมโนภาพ (imagery) ขึ้นในใจได้ ก็จะสามารถที่จะรู้จักโลกโดย Iconic Mode เด็กวัยนี้จะใช้รูปภาพแทนของจริงโดยไม่จำเป็นต้องแตะต้องหรือสัมผัสของจริง นอกจากนี้เด็กจะสามารถรู้จักสิ่งของจากภาพ แม้ว่าจะมีขนาดและสีเปลี่ยนไป เด็กที่มีอายุประมาณ 5-8 ปี จะใช้ Iconic Mode

3. วิธีการเรียนรู้โดยใช้สัญลักษณ์ หรือ Symbolic Mode วิธีการนี้ผู้เรียนจะใช้ในการเรียนรู้ เมื่อผู้เรียนมีความสามารถที่จะเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรม หรือความคิดรวบยอดที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรม จึงสามารถที่จะสร้างสมมติฐาน และพิสูจน์ว่าสมมติฐานถูกหรือผิดได้

บรูเนอร์ได้เห็นด้วยกับพือาเจต์ที่ว่า คนเรามีโครงสร้างทางสติปัญญา (Cognitive Structure) มาตั้งแต่เกิด ในวัยทารกโครงสร้างสติปัญญายังไม่ซับซ้อนเพราะยังไม่พัฒนา แต่เมื่อมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมจะทำให้โครงสร้างสติปัญญามีการขยายและซับซ้อนขึ้น บรูเนอร์ได้ให้หลักการเกี่ยวกับการสอนดังต่อไปนี้

1. กระบวนการคิดของเด็กแตกต่างกับผู้ใหญ่ ซึ่งเด็กแต่ละวัยมีลักษณะการคิดที่แตกต่างไปจากผู้ใหญ่ ครูจะต้องมีความเข้าใจว่าเด็กแต่ละวัยมีการรู้คิดอย่างไร

2. เน้นความสำคัญของผู้เรียน ถือว่าผู้เรียนสามารถจะควบคุมกิจกรรมการเรียนรู้ของตนเองได้ (Self-Regulation) และเป็นผู้ที่จะริเริ่มหรือลงมือกระทำ ฉะนั้นผู้มีหน้าที่สอนและอบรมมีหน้าที่จัดสิ่งแวดล้อมให้อื้อต่อการเรียนรู้โดยการค้นพบ โดยให้ออกาสผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม

3. ในการสอนควรจะเริ่มจากประสบการณ์ที่ผู้เรียนคุ้นเคยหรือประสบการณ์ที่ใกล้เคียงไปหาประสบการณ์ที่ไกลตัว เพื่อผู้เรียนจะได้มีความเข้าใจ เช่น การสอนให้นักเรียนรู้จักการใช้แผนที่ ควรจะเริ่มจากแผนที่ของจังหวัดของผู้เรียนก่อนแผนที่จังหวัดอื่นหรือแผนที่ประเทศไทย

2.1.3 หลักการสอนโดยการค้นพบ

1. การสอนที่มีประสิทธิภาพจะเกิดได้ก็ต่อเมื่อครูมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับนักเรียน ครูจะต้องเป็นตัวแบบ (Model) ที่ดีตั้งแต่ทัศนคติของครูที่มีต่อการสอน-การเรียนรู้ และมีความเชื่อว่าผู้เรียนมีแรงจูงใจภายใน (Self-Motivation) และมีความอยากรู้อยากเห็นอยากค้นพบสิ่งที่ยู่รอบ ๆ ตัวด้วยตนเอง

2. การจัดโครงสร้างของบทเรียน (Structure) จะต้องให้เหมาะสมกับวัยของเด็กและธรรมชาติของบทเรียนแต่ละหน่วย นอกจากนี้ครูควรที่จะสำรวจความรู้พื้นฐานที่นักเรียนจำเป็นต้องมีก่อนค้นพบความรู้ใหม่

3. การจัดลำดับความยากง่าย (Sequence) ของบทเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ บรูเนอร์เสนอแนะให้ครูคำนึงถึงพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียน ซึ่งมีลำดับขั้นขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมทางวัฒนธรรมของนักเรียนแต่ละคนทั้งนี้อาจจะทำให้ช้าหรือเร็วได้

4. แรงเสริมด้วยตนเอง (Self-reinforcement) บรูเนอร์ถือว่าแรงเสริมด้วยตนเองมีความหมายต่อผู้เรียนมากกว่าแรงเสริมภายนอก (Extrinsic Reinforcement) ครูควรจะให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนว่าทำถูกหรือผิด แต่ไม่ควรจะเน้นแต่การทำถูกเพราะการทำผิดก็เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้

บทบาทของผู้สอนในการสอนแบบค้นพบนั้น ครูเป็นผู้ช่วยเหลือและเป็นที่ปรึกษาของผู้เรียน เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ค้นพบคำตอบหรือวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ผู้สอนต้องมีประสิทธิภาพในการให้คำแนะนำโดยผู้เรียนไม่รู้สึกรู้ว่าเป็นการบอกคำตอบล่วงหน้ามากเกินไป ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบค้นพบ ผู้สอนควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ (วีณา ประชานุกูล และประสาท เนื่องเฉลิม. 2553: 94-96) คือ

1. เนื้อหาวิชาที่สอน ควรแบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ และจัดลำดับให้เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละขั้นของการรับรู้และความเข้าใจ
2. คำนึงถึงความพร้อมและแรงจูงใจของผู้เรียน
3. การสอนแบบค้นพบ ใช้ได้กับการสอนผู้เรียนทุกระดับชั้น
4. กิจกรรมและประสบการณ์ต่าง ๆ ต้องสร้างให้ท้าทายความคิดและการกระทำ ควรเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนต้องใช้กระบวนการแสวงหาความรู้หรือใช้เหตุผลในการตัดสินใจเพื่อแก้ปัญหา
5. การสอนแบบค้นพบ เป็นวิธีสอนที่ยอมรับกันว่ามีความคงทนของการเรียนรู้และถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ดี

6. การสอนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการ มีความสำคัญและมีความจำเป็น

การเรียนการสอนแบบนี้ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ก่อให้เกิดแรงจูงใจ อันเป็นผลสืบเนื่องจากผู้เรียนประสบความสำเร็จในการค้นพบ ผู้เรียนจะมีความพอใจหรือเป็นการได้รับรางวัลตามความสามารถของตน ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสดำเนินการเรียนรู้เทคนิคในการค้นพบ ผู้เรียนได้เรียนรู้วิธีการจัดระบบความคิด วิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง มีความรู้คงทนและสามารถถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ พัฒนาความคิดและมีความเชื่อมั่นในตนเองเพิ่มมากขึ้น

จากแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน ดังนี้

1. จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยคำนึงถึงปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างครูกับนักเรียน การให้ข้อมูลย้อนกลับกับนักเรียน การส่งเสริมให้นักเรียนเกิดแรงเสริมด้วยตนเอง (self-reinforcement) การสอนความคิดรวบยอด จะช่วยให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนรู้

2. จัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้เรียนรู้จากสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัวด้วยตนเอง จากการนำเสนอกิจกรรมของครู 3 ลักษณะ คือ ของจริง รูปภาพ และสัญลักษณ์ โดยครูเป็นผู้กำหนดวัตถุประสงค์ของหัวข้อที่จะให้นักเรียนเรียนรู้ และใช้คำถามถามนักเรียน

3. นักเรียนแต่ละคนมีประสบการณ์และพื้นฐานความรู้แตกต่างกัน การจัดการเรียนรู้ต้องคำนึงถึงลำดับความยากง่ายของเนื้อหา และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ โดยครูเป็นผู้ชี้แนะให้นักเรียนรู้จักเปรียบเทียบความคล้ายคลึงและความแตกต่างของสิ่งที่เรียนรู้

ตาราง 6 สรุปข้อดีและข้อจำกัดของทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์

ทฤษฎี	ข้อดี	ข้อจำกัด
ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์	1. ทฤษฎีนี้เชื่อว่าการจัดการเรียนการสอนให้กับนักเรียนสามารถจัดการสอนเนื้อหาวิชาใด ๆ ให้กับนักเรียนในช่วงอายุใด ๆ ก็ได้ถ้ารู้จักเลือกวิธีการที่เหมาะสม 2. ทฤษฎีนี้ให้ความสำคัญกับการจัดสิ่งแวดล้อมและประสบการณ์ให้นักเรียนได้คิดค้น ลงมือกระทำสิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเองและเหมาะสมกับขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนจะช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น 3. การเรียนรู้ของนักเรียนจะเกิดขึ้นได้โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้ด้วยการกระทำ การเรียนรู้โดยใช้รูปภาพหรือวาดภาพในใจ และการเรียนรู้โดยใช้สัญลักษณ์	การจัดการเรียนรู้โดยการค้นพบอาจทำให้นักเรียนพบหลักหรือกฎเกณฑ์ที่ผิดได้ ถ้าครูผู้สอนไม่คอยชี้แนะหรือไม่มีเวลาที่จะแก้ไข นอกจากนี้อาจต้องใช้เวลามากในการให้นักเรียนเกิดการค้นพบด้วยตนเอง

2.2 การสอนแนะให้รู้คิด (Cognitive Guided Instruction: CGI)

การสอนแนะให้รู้คิด (Cognitive Guided Instruction: CGI) เป็นแนวการสอนที่พัฒนาโดย คาร์เพนเทอร์และคณะ ในปี ค.ศ. 1980 (เวชฤทธิ์ อังกะภทรขจร. 2551: 65 อ้างอิงจาก Carpenter et al. 1989: 499-531; 2000: 1) ซึ่งแนวการสอนแบบ CGI นี้อยู่บนพื้นฐานของความรู้ และความเชื่อของครูที่เกิดจากการทำความเข้าใจการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนแล้วนำมา พิจารณาใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งการเรียนคณิตศาสตร์ได้ดีที่สุดต้องเรียนรู้ผ่านการ แก้ปัญหา

2.2.1 หลักการที่สำคัญของการสอนแนะให้รู้คิด

1. การจัดการเรียนการสอนควรพัฒนาความเข้าใจของนักเรียนโดยเน้นที่ความสำคัญ ระหว่างทักษะและการแก้ปัญหา ใช้การแก้ปัญหาเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน
2. การจัดการเรียนการสอนควรจัดสถานการณ์ให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรมเพื่อสร้าง ความรู้ด้วยตนเองด้วยความเข้าใจ
3. นักเรียนควรสามารถเชื่อมโยงปัญหา มโนทัศน์หรือทักษะ กับความรู้เดิมที่มีอยู่
4. เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนแบบนี้อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความคิดของ นักเรียน จึงต้องมีการประเมินอย่างสม่ำเสมอ โดยไม่ได้ประเมินเพียงว่านักเรียนแก้ปัญหาเหล่านั้นได้ แต่ประเมินด้วยว่านักเรียนมีวิธีแก้ปัญหาอย่างไร วิธีการประเมินการคิดของนักเรียนที่ได้ผลก็คือการ ถามคำถามที่เหมาะสมและฟังคำตอบของนักเรียน

นอกจากนี้ คาร์เพนเทอร์ยังได้ตั้งข้อสังเกตเกี่ยวกับแนวการจัดการเรียนการสอนแบบ CGI ไว้ว่า

1. เป็นการพัฒนาความเข้าใจ และการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน
2. การจัดการเรียนรู้ของครูมีอิทธิพลต่อการพัฒนาความเข้าใจ และการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียน
3. ความรู้และความเชื่อของครูมีผลต่อการจัดการเรียนการสอน
4. ความรู้และความเชื่อของครูได้รับอิทธิพลมาจากการทำความเข้าใจการคิดเชิง คณิตศาสตร์ของนักเรียน

จากที่กล่าวมา พบว่า ชั้นเรียน CGI มีลักษณะที่เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้เองด้วยความ เข้าใจ เน้นการแก้ปัญหามากกว่าชั้นเรียนเดิมๆ และชั้นเรียน CGI ครูจะต้องประเมินการคิดของ นักเรียนอยู่เป็นประจำ รวมทั้งมีการประเมินกระบวนการแก้ปัญหาแบบต่าง ๆ

2.2.2 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI)

คาร์เพนเทอร์และคณะ (เวชฤทธิ์ อังกะภทรขจร. 2551: 66 อ้างอิงจาก Carpenter et al. 1999: 60-85; 2000: 4-5) และ ฮิลเบิร์ตและคณะ (เวชฤทธิ์ อังกะภทรขจร. 2551: 65 อ้างอิงจาก

Hiebert, et al. 1997) ได้อธิบายถึงขั้นตอนที่สำคัญ 4 ขั้นตอนในกระบวนการจัดการเรียนรู้ของชั้นเรียน CGI ที่สอดคล้องกัน ดังนี้

ขั้นตอนที่หนึ่ง ครูนำเสนอปัญหา ในขั้นตอนนี้ครูจะนำเสนอปัญหาตามวัตถุประสงค์และความมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ถ้านักเรียนมีความยุ่งยากในการแก้ปัญหา ครูควรมีการให้ปัญหาที่คล้ายกันกับนักเรียนอีกครั้งหนึ่ง ในการเลือกปัญหาครูควรเลือกปัญหาที่น่าสนใจและให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ปัญหาที่เลือกมาควรมีความสอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของนักเรียน

ขั้นตอนที่สอง ครูช่วยแนะให้นักเรียนมีความเข้าใจในปัญหา และ เปิดโอกาสให้นักเรียนแก้ปัญหา ในขั้นตอนนี้ครูควรให้เวลานักเรียนเพื่อทำความเข้าใจในปัญหาที่ให้และช่วยแนะนำจนครูมีความแน่ใจว่านักเรียนเกิดความเข้าใจและสามารถแก้ปัญหาที่คล้ายกันๆได้แล้ว ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการแก้ปัญหา นอกจากนี้สิ่งสำคัญของชั้นเรียน CGI คือ ในระหว่างที่นักเรียนแก้ปัญหาครูต้องอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับสื่อ อุปกรณ์ หรือเครื่องมือต่างๆ ที่นักเรียนต้องการ

ขั้นตอนที่สาม นักเรียนรายงานคำตอบและวิธีการแก้ปัญหา หลังจากที่ครูนำเสนอปัญหาและให้เวลานักเรียนแก้ปัญหาแล้ว ครูจะเลือกถามนักเรียนเป็นรายบุคคลถึงวิธีการที่พวกเขาใช้ในการแก้ปัญหาพร้อมเหตุผลเพื่อนำเสนอต่อนักเรียนในชั้นเรียน และในระหว่างที่นักเรียนรายงานคำตอบนั้นครูอาจใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงแนวคิดของตนเองออกมา เช่น ทำไมนักเรียนถึงเริ่มต้นด้วย... , นักเรียนแก้ปัญหานี้ได้อย่างไร, บอกได้ไหมว่านักเรียนได้คำตอบมาได้อย่างไร หรือนักเรียนบอกได้ไหมว่ากำลังคิดอะไรอยู่ เป็นต้น

ขั้นตอนที่สี่ ครูและนักเรียนช่วยกันอภิปรายคำตอบและวิธีการที่ใช้ หลังจากที่นักเรียนรายงานคำตอบ วิธีการ และเหตุผลของตนเองแล้ว นักเรียนทั้งชั้นช่วยกันอภิปรายถึงคำตอบและวิธีการที่แตกต่างโดยครูจะเป็นผู้นำให้เกิดการอภิปรายโดยใช้คำถาม เช่น คำตอบทั้งสองนี้เหมือนหรือต่างกันอย่างไร มีใครแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่แตกต่างจากที่กล่าวมานี้หรือไม่ เป็นต้น และครูควรเชื่อมการอภิปรายโดยถามคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของสิ่งที่นักเรียนตอบ

2.2.3 บทบาทของครูในชั้นเรียน CGI

บทบาทของครูในชั้นเรียน CGI มีดังนี้ (เวชฤทธิ์ อังกะภักทรขจร. 2551: 66-68 อ้างอิงจาก Carpenter et al. 1999: 60-85; NCRMSE.1992 และHanks. 1998)

1. ครูควรใช้คำถามหรือการชี้แนะในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมแล้วไม่สามารถแก้ปัญหาได้
2. ครูควรมีความกระตือรือร้นและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในการทำความเข้าใจถึงความคิดของนักเรียนแต่ละคน
3. ครูควรเตรียมสื่อ วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่เอื้ออำนวยต่อการแก้ปัญหานักเรียน
4. ครูควรสร้างบรรยากาศที่ส่งเสริมให้นักเรียนรู้สึกดีในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และเปิด

โอกาสให้นักเรียนสามารถสื่อสารแนวคิดและเหตุผลได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการพูด การเขียน หรือการวาดภาพ ซึ่งเป็นแนวทางที่ให้นักเรียนเข้าใจตนเองว่ากำลังคิดอะไรและทำอะไร รวมทั้งครูก็สามารถประเมินความคิดและเหตุผลของนักเรียนได้ด้วย

5. ครูควรนำเสนอปัญหา สถานการณ์หรือกิจกรรมที่เหมาะสมกับนักเรียนทุกคน และสามารถพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

6. ครูควรจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้นักเรียนสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองแทนที่จะเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้

7. ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม และมีการอภิปรายแนวคิดของตนเองกับผู้อื่น ส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันในชั้นเรียน

8. ครูควรให้เวลาที่เหมาะสมแก่นักเรียนในการแก้ปัญหาต่างๆ

9. ครูไม่ควรเตรียมแนวทางการสอนที่ชัดเจนตายตัว หรือใช้สื่ออุปกรณ์การเรียนการสอนที่เฉพาะเจาะจง แต่ครูควรเตรียมการสอนอย่างกว้างๆ และปรับกิจกรรมการเรียนการสอนตามความต้องการหรือแนวความคิดของนักเรียน

สำหรับการประเมินผลของชั้นเรียน CGI นั้น ครูควรมีการประเมินความรู้ ความเข้าใจของนักเรียนบ่อยๆ และใช้วิธีการที่หลากหลายในการประเมิน เช่น ประเมินโดยการสังเกต การใช้คำถาม การสัมภาษณ์รายบุคคล หรือ การฟังจากการนำเสนอแนวคิดและเหตุผลของนักเรียน เป็นต้น โดยการประเมินนั้นควรทำควบคู่ไปกับการเรียนการสอน

จากแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน ดังนี้

1. จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยจัดสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรมและฝึกแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจด้วยตนเอง

2. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เชื่อมโยงกับปัญหา ความคิดรวบยอดและทักษะกับความรู้เดิมของนักเรียน

3. จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีการประเมินอย่างสม่ำเสมอ เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนแก้ปัญหาได้หรือไม่ มีวิธีแก้ปัญหายังไร โดยการถามคำถามและฟังคำตอบของนักเรียน

2.3 การสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การแก้ปัญหาเป็นการทำงานโดยใช้กระบวนการที่ยังไม่ทราบมาก่อนล่วงหน้าในการหาคำตอบของปัญหา การแก้ปัญหาเป็นทักษะ (skill) ซึ่งเป็นความสามารถพื้นฐานในการทำความเข้าใจปัญหาและการหาคำตอบของปัญหา และมักรวมทักษะอื่น ๆ ที่สำคัญเข้าไว้ด้วย เช่น การให้เหตุผล การสื่อสารและการตัดสินใจ ผู้ที่มีทักษะการแก้ปัญหาที่ดีมักมีความรู้ ประสบการณ์ ระบบการคิดและการตัดสินใจที่ดีพอ เนื่องจากการแก้ปัญหาคือกระบวนการที่ซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับ

ความรู้ ทักษะและความสามารถหลายอย่าง เช่น ความรู้ในเนื้อหา ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการทำงาน ความสามารถในการคิดและความสามารถในการประเมินการทำงานของตนเอง นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับประสบการณ์ เจตคติ และความเชื่อของผู้แก้ปัญหาด้วย (อัมพร ม้าคอง. 2554: 39)

2.3.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์

ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์ที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ซึ่งเผชิญอยู่และต้องการค้นหาคำตอบ โดยที่ยังไม่รู้วิธีการหรือขั้นตอนที่จะได้คำตอบของสถานการณ์นั้นในทันที ส่วนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหา ยุทธวิธีแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสถานการณ์ที่จะนำมาเป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ ควรเป็นสถานการณ์ที่กระตุ้นและดึงดูดความสนใจของนักเรียน ตลอดจนเป็นปัญหาสถานการณ์ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหา และยุทธวิธีแก้ปัญหาที่หลากหลายไปใช้ในการแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555ก: 7)

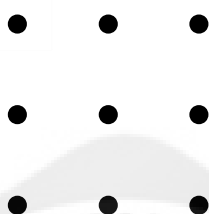
2.3.2 ลักษณะปัญหาทางคณิตศาสตร์

สิริพร ทิพย์คง (2544: 19-25) ได้แบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 6 ลักษณะ คือ

1. ปัญหาเป็นแบบฝึกทักษะ เช่น $45 \times 10 = \square$ และ $234 \times 5 = \square$ ฯลฯ ซึ่งปัญหาเช่นนี้ใช้ความรู้และทักษะการคูณ
2. ปัญหาขั้นตอนเดียว เป็นปัญหาง่าย ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหาโดยทำเพียงขั้นตอนเดียว เช่น “ในตู้ปลาของสมศักดิ์มีปลาอยู่ 10 ตัว และในตู้ปลาของพรชัยมีปลาอยู่ 7 ตัว สมศักดิ์มีปลามากกว่าพรชัยกี่ตัว” เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ได้เป็น $10 - 7 = \square$ หรือ $7 + \square = 10$
3. ปัญหาที่ซับซ้อน เป็นปัญหาที่ใช้วิธีการคิดมากกว่าหนึ่งขั้นตอน เช่น ในกล่องขนาดใหญ่จะบรรจุกล่องขนาดเล็กได้ 24 กล่อง ถ้ากล่องขนาดเล็กมีลูกบิงปอง 3 ลูก และมีร้านขายอุปกรณ์กีฬาแห่งหนึ่งส่งลูกบิงปองมาขาย 1,800 ลูก อยากทราบว่าร้านขายอุปกรณ์กีฬาแห่งนี้ ส่งกล่องขนาดใหญ่ที่บรรจุลูกบิงปองมากี่กล่อง
4. ปัญหาเกี่ยวกับกระบวนการ เช่น ชุมนุมเทนนิสของโรงเรียนแห่งหนึ่ง มีนักเรียนสนใจสมัครเข้าแข่งขันเทนนิสทั้งหมด 15 คน จัดให้แข่งขันได้ครั้งละ 2 คน จะมีวิธีการแข่งขันให้ทุกคนได้พบกันทั้งหมดกี่ครั้ง
5. ปัญหาเกี่ยวกับการประยุกต์ เช่น “โรงเรียนของนักเรียนใช้กระดาษไปจำนวนเท่าไรในเวลา 1 เดือน” สำหรับปัญหานี้เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ในการแก้ปัญหานักเรียน

ต้องใช้วิธีการทางสถิติในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และนำเสนอข้อมูล โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคิดคำนวณ

6. ปัญหาในรูปปริศนา เป็นปัญหาที่ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที ต้องพิจารณาเงื่อนไขของโจทย์และทดลองแก้ปัญหา เช่น จงลากส่วนของเส้นตรง 3 เส้น ให้ผ่านจุดทั้ง 9 จุดเพียงครั้งเดียว โดยไม่ยกปากกาในขณะที่ลากเส้น



ปัญหาในรูปปริศนา อาจจะเป็นปัญหาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์หรือไม่ใช่คณิตศาสตร์โดยตรงก็ได้ สำหรับโจทย์ปัญหานี้ต้องใช้การคาดเดาและทดลองลากส่วนของเส้นตรง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ข: 163-172) ได้แบ่งลักษณะของโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 4 ลักษณะ คือ

1. โจทย์ปัญหาย่างง่ายหรือโจทย์ปัญหาพื้นฐาน เป็นโจทย์ปัญหาที่ใช้การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นพื้นฐาน ได้แก่ การบวก การลบ การคูณ และการหาร อย่างใดอย่างหนึ่ง เน้นการใช้ความรู้ ความจำ ความเข้าใจมาแก้ปัญหา เป็นโจทย์ถามตรงไปตรงมา ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย อาจหมายถึงโจทย์ปัญหาระดับที่เป็นโจทย์เลียนแบบตัวอย่างที่เคยได้เรียนรู้มาแล้ว โจทย์ที่เคยรู้หรือเคยแก้ปัญหามาแล้วเมื่อพบใหม่ก็ถือว่าเป็นโจทย์อย่างง่ายเช่นกัน

2. โจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อนหรือโจทย์ปัญหาหลายชั้น เป็นโจทย์ปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนนำความรู้ ความเข้าใจ รวมทั้งการวิเคราะห์และการสังเคราะห์มาช่วยแก้ปัญหา เป็นปัญหาที่จะต้องประยุกต์เชื่อมโยงเนื้อหาหรือใช้การดำเนินการตั้งแต่สองการดำเนินการขึ้นไป

3. โจทย์ปัญหาเชิงบูรณาการ เป็นโจทย์ปัญหาที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ในการแก้โจทย์ปัญหาอาจเน้นการนำไปใช้ในชีวิตจริง โดยเฉพาะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในท้องถิ่นได้

4. โจทย์ปัญหาท้าทาย เป็นโจทย์ปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนใช้การคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และใช้เทคนิคต่าง ๆ ที่ลึกซึ้งมาช่วยแก้โจทย์ปัญหา เป็นโจทย์ปัญหาที่มุ่ง

พัฒนาการคิดระดับสูงในช่วงชั้นนั้น ๆ อาจเป็นโจทย์ปัญหาที่ทำให้เกิดความสนุกสนานและมีความท้าทาย

2.3.3 ยุทธวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ในการแก้ปัญหาหนึ่ง ๆ นอกจากนักเรียนจะต้องมีความรู้พื้นฐานที่เพียงพอและเข้าใจกระบวนการแก้ปัญหาดีแล้ว การเลือกใช้ยุทธวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยในการแก้ปัญหา ถ้านักเรียนมีความคุ้นเคยกับยุทธวิธีแก้ปัญหาดัง ๆ ที่เหมาะสมและหลากหลายแล้ว นักเรียนสามารถเลือกยุทธวิธีเหล่านั้นมาใช้ได้ทันที ยุทธวิธีแก้ปัญหาที่เป็นเครื่องมือสำคัญและสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาลดข้อผิดพลาดในคณิตศาสตร์ มีดังนี้ (สิริพร ทิพย์คง. 2544: 52-67, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555ก: 11-36)

1. การค้นหาแบบรูป เป็นการวิเคราะห์ปัญหาและค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีลักษณะเป็นระบบหรือเป็นแบบรูปในสถานการณ์ปัญหานั้นๆ แล้วคาดเดาคำตอบ
2. การสร้างตาราง เป็นการจัดระบบข้อมูลใส่ในตาราง ตารางที่สร้างขึ้นจะช่วยให้การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ อันจะนำไปสู่การค้นพบแบบรูปหรือข้อชี้แนะอื่น ๆ
3. การเขียนภาพหรือแผนภาพ เป็นการอธิบายสถานการณ์และแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ของปัญหาวัยภาพหรือแผนภาพ ซึ่งการเขียนภาพหรือแผนภาพจะช่วยให้เข้าใจปัญหาได้ง่ายขึ้น และบางครั้งก็สามารถหาคำตอบของปัญหาได้โดยตรงจากภาพหรือแผนภาพนั้น
4. การแจกแจงที่เป็นไปได้ทั้งหมด เป็นการจัดระบบข้อมูลโดยแยกเป็นกรณี ๆ ที่เกิดขึ้นทั้งหมด ในการแจกแจงที่เป็นไปได้ทั้งหมด นักเรียนอาจจัดกรณีที่ไม่ใช่ข้อออกก่อน แล้วค่อยค้นหาแบบรูปหรือแบบรูปของกรณีที่เหลืออยู่
5. การคาดเดาและตรวจสอบ เป็นการพิจารณาข้อมูลและเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ปัญหากำหนด ผสมผสานกับประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้อง มาสร้างข้อความคาดการณ์แล้วตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์นั้น ถ้าการคาดเดาไม่ถูกต้องก็คาดเดาใหม่โดยอาศัยประโยชน์จากความไม่ถูกต้องของการคาดเดาในครั้งแรก ๆ เป็นกรอบในการเดาคำตอบของปัญหาลดข้อผิดพลาด
6. การเขียนสมการ เป็นการแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่กำหนดของปัญหาในรูปของสมการ ซึ่งบางครั้งอาจเป็นสมการก็ได้
7. การคิดแบบย้อนกลับ เป็นการวิเคราะห์ปัญหาที่พิจารณาจากผลย้อนกลับไปสู่เหตุ โดยเริ่มจากข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนสุดท้าย แล้วคิดย้อนขั้นตอนกลับมาสู่ข้อมูลที่ได้ในขั้นตอนเริ่มต้น การคิดแบบย้อนกลับใช้ได้ดีกับการแก้ปัญหที่ต้องการอธิบายถึงขั้นตอนการได้มาซึ่งคำตอบ

8. การเปลี่ยนมุมมอง เป็นการเปลี่ยนการคิดหรือมุมมองให้แตกต่างไปจากที่คุ้นเคยหรือที่ต้องทำตามขั้นตอนที่ละชั้น ทั้งนี้เพื่อให้แก้ปัญหาได้ง่ายขึ้น

9. การแบ่งเป็นปัญหาย่อย เป็นการแบ่งปัญหาใหญ่หรือปัญหาที่มีความซับซ้อนหลายขั้นตอนออกเป็นปัญหาย่อยหรือเป็นส่วน ๆ ซึ่งอาจเปลี่ยนข้อมูลให้อยู่ในรูปที่คุ้นเคยและไม่ซับซ้อนหรือเปลี่ยนให้เป็นปัญหาที่คุ้นเคยหรือเคยแก้ปัญหามาก่อนหน้านี้

10. การให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์ เป็นการอธิบายข้อความหรือข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในปัญหานั้นว่าเป็นจริง โดยใช้เหตุผลทางตรรกศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหา

11. การให้เหตุผลทางอ้อม เป็นการแสดง หรืออธิบายข้อความหรือข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในปัญหานั้นว่าเป็นจริง โดยการสมมติว่าข้อความที่ต้องการแสดงนั้นเป็นเท็จแล้วหาข้อขัดแย้ง ยุทธวิธีนี้มักใช้กับการแก้ปัญหาที่ยากแก่การแก้ปัญหาโดยตรงและง่ายที่จะหาข้อขัดแย้งเมื่อกำหนดให้ข้อความที่จะแสดงเป็นเท็จ

จากแนวคิดข้างต้น แม้ว่าจะมีหลากหลายยุทธวิธีในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แต่ไม่มียุทธวิธีใดดีที่สุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ปัญหาที่เผชิญอยู่ ปัญหาทางคณิตศาสตร์บางปัญหาสามารถแก้ได้มากกว่าหนึ่งยุทธวิธีหรือใช้มากกว่าหนึ่งยุทธวิธีในการแก้ปัญหา เพื่อให้การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพและถูกต้อง

2.3.4 ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การสอนแก้ปัญหาในห้องเรียนจะต้องสร้างประสบการณ์หรือพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาให้ผู้เรียนสามารถนำหลักวิชาเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนจะสามารถนำไปคิดประกอบในการแก้ปัญหาทั่ว ๆ ไปได้ ซึ่งจากการศึกษาพบว่ากระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของโพลยาเป็นกระบวนการที่เป็นที่ยอมรับและนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ดังนี้

โพลยา (สิริพร ทิพย์คง. 2544: 39-49, วชิร บุณยสิงห์. 2546: 180-181, อัมพร ม้าคนอง. 2554: 40-41, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555ก: 8-11 อ้างอิงจาก Polya. 1985) ได้นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจปัญหาอย่างทอ่งแท้ มีการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ทำให้ได้คำตอบที่ถูกต้องหรือผลเฉลยที่เป็นเหตุเป็นผลจากการแก้ปัญหา ขั้นตอนของกระบวนการมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นเริ่มต้นของการแก้ปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับปัญหาและตัดสินใจว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการค้นหา ในขั้นตอนนี้นักเรียนต้องทำความเข้าใจปัญหาและระบุส่วนสำคัญของปัญหา ซึ่งได้แก่ ตัวไม่รู้ค่า ข้อมูล และเงื่อนไข ในการทำความเข้าใจปัญหา นักเรียนอาจพิจารณาส่วนสำคัญของปัญหาอย่างถี่ถ้วน พิจารณาเข้าไปข้างหน้า พิจารณา

หลากหลายมุมมอง หรืออาจใช้วิธีต่าง ๆ ช่วยในการทำความเข้าใจปัญหา เช่น การเขียนรูป การเขียนแผนภูมิ หรือการเขียนสาระของปัญหาลงด้วยถ้อยคำของตนเองก็ได้

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและตัวไม่รู้ค่า แล้วนำความสัมพันธ์นั้นมาผสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหา และท้ายสุดเลือกยุทธวิธีที่จะนำมาใช้แก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผน ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามแนวทางหรือแผนที่วางไว้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียดต่าง ๆ ของแผนให้ชัดเจนแล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้ ถ้าแผนหรือยุทธวิธีที่เลือกไว้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ นักเรียนต้องค้นหาแผนหรือยุทธวิธีแก้ปัญหาใหม่อีกครั้ง การค้นหาแผนหรือยุทธวิธีแก้ปัญหาใหม่ ถือเป็นการพัฒนาผู้แก้ปัญหาที่ดีด้วยเช่นกัน

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบ ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มาโดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบและยุทธวิธีแก้ปัญหาที่ใช้ แล้วพิจารณาว่ามีคำตอบหรือยุทธวิธีแก้ปัญหายังอื่นอีกหรือไม่ สำหรับนักเรียนที่คาดเดาคำตอบก่อนลงมือปฏิบัติ ก็สามารถเปรียบเทียบหรือตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบที่คาดเดาและคำตอบจริงในขั้นตอนนี้ได้

กระบวนการแก้ปัญหของโพลยาทั้ง 4 ขั้นตอน ในทางปฏิบัติการดำเนินการตามกระบวนการนี้มักทำเพียงบางขั้นตอน เนื่องจากมีข้อจำกัดของเวลาและปัจจัยอื่น ๆ ทำให้ต้องยุบรวมบางขั้นตอนเข้าด้วยกัน เช่น รวมขั้นการวางแผนและขั้นการดำเนินการตามแผนเข้าด้วยกัน หรือทำบางขั้นตอนให้กระชับขึ้น เช่น ตรวจสอบเพียงความสมเหตุสมผลในขั้นตรวจย้อนกลับ ทั้งนี้เพื่อให้การแก้ปัญหามีความกระชับและรวดเร็วขึ้น และเพื่อไม่ให้ผู้เรียนรู้สึกว่าการแก้ปัญหาคือสิ่งที่ซับซ้อน กระบวนการแก้ปัญหของโพลยามีประโยชน์มาก เนื่องจากช่วยให้ผู้เรียนมีหลักคิด ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกการแก้ปัญหายังเป็นระบบ มีการวางแผนและกำกับการทำงานอย่างต่อเนื่อง

จากแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน ดังนี้

1. จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันหรือบริบทในชีวิตจริงให้นักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหามาตรฐานตามแนวคิดกระบวนการแก้ปัญหของโพลยาประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบผล

2. จัดสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนได้ฝึกใช้ยุทธวิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ เช่น การสร้างตาราง การค้นหาแบบรูป การเขียนภาพหรือแผนภาพ การคาดเดาและตรวจสอบ การแบ่งเป็นปัญหาย่อย เป็นต้น

จากแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน โดยการฝึกให้นักเรียนเขียนแผนที่ความคิดหลังจากเรียนจบในแต่ละชั่วโมง เพื่อเป็นการสรุปความคิดรวบยอดของเนื้อหาที่เรียนและช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจความรู้ด้วยตนเองสำหรับนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ หรือบริบทที่อาจเกิดขึ้นได้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ตาราง 7 สรุปข้อดีและข้อจำกัดของแนวคิดการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่นำมาพัฒนา
รูปแบบการจัดการเรียนรู้

วิธีการจัดการเรียนรู้	ข้อดี	ข้อจำกัด
การสอนแนะให้รู้คิด (Cognitive Guided Instruction: CGI)	1. การจัดการเรียนรู้ให้ความสำคัญกับความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน และอยู่บนพื้นฐานความรู้และความเชื่อของครูที่ต้องการรู้ความคิดของนักเรียนว่ามีวิธีการคิดแก้ปัญหาอย่างไรและครูมีวิธีการอย่างไรที่จะช่วยนักเรียนให้รู้จักสร้างแนวคิดในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง รวมทั้งมีการประเมินอย่างต่อเนื่อง เพื่อพิจารณาว่านักเรียนสามารถแก้ปัญหานั้นได้หรือไม่ และมีวิธีการแก้ปัญหอย่างไร 2. จัดการเรียนรู้โดยมุ่งพัฒนาให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงปัญหา แนวคิดหรือทักษะเข้ากับความรู้ที่มีอยู่เดิม และจัดสถานการณ์กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเองจากความเข้าใจ	วิธีการสอนแนะให้รู้คิดมุ่งไปที่กระบวนการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนเป็นหลัก ดังนั้นความสามารถของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในชั้นเรียนเป็นสิ่งจำเป็น เช่น ครูมีความสามารถในการประเมินในสิ่งที่นักเรียนกำลังคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหา รวมทั้งครูจะต้องใช้เวลามากในการเตรียมการสอนเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย
การสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของโพลยาเป็นวิธีการที่ครูผู้สอนมีความคุ้นเคยซึ่งช่วยให้นักเรียนเข้าใจปัญหาอย่างถ่องแท้ มีการวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ทำให้ได้คำตอบที่ถูกต้องหรือผลเฉลยที่เป็นเหตุเป็นผลมาจากการแก้ปัญหา	การสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของโพลยาอาจมียุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้หลายแบบ ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกคิดแก้ปัญหาตามความเข้าใจของตนเอง โดยครูผู้สอนต้องคอยเป็นผู้ชี้แนะตลอดเวลา

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณ

สมชาย วรภิเษมสกุล (2540: 138-150) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ โดยการสื่อสารแนวคิดเพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนจำนวน 195 คน แบ่งเป็นผู้เรียนที่มีภูมิหลังทางการเรียนสูง 45 คน ผู้เรียนที่มีภูมิหลังทางการเรียนปานกลาง 101 คน และผู้เรียนที่มีภูมิหลังทางการเรียนต่ำ 49 คน พัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดของทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ทฤษฎีการเรียนรู้โดยวิธีการค้นพบ ขอบรูเนอร์ ทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่ ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของออสเชเบล ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีกิจกรรมการเรียนการสอน 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นเตรียมการ ขั้นตอนที่ 2 ขั้นการนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นตอนที่ 3 ขั้นการเรียนการสอน ขั้นตอนที่ 4 ขั้นการสรุปผลการเรียนและการวัดและประเมินผลการเรียน และมีประสิทธิภาพเท่ากับ 86.23/77.62 เป็นไปตามเกณฑ์ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการและผลลัพธ์โดยรวม ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้เพิ่มขึ้นทุกกลุ่มหลังได้รับการสอนตามรูปแบบ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองตัวแปรพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกันระหว่างตัวแปรด้านการทดสอบกับตัวแปรกลุ่มภูมิหลัง และผู้เรียนทุกกลุ่มมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์หลังได้รับการสอนเพิ่มขึ้น

ชัยยุทธ บุญธรรม (2549: 115) ได้ทำการพัฒนาชุดการเรียนคณิตศาสตร์ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยการสอนแบบค้นพบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียนจำนวน 45 คน ผลการวิจัยพบว่า ชุดการเรียนคณิตศาสตร์ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยการสอนแบบค้นพบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 โดยมีค่า 89.44/91.37 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียน สูงกว่าก่อน ได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ภายหลังจากเรียนด้วยชุดการเรียนคณิตศาสตร์ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 65 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุพรรณิ คำนันท์ (2552: 111) ได้ทำการวิจัยเรื่องผลของการเรียนแบบผสมผสานโดยใช้แนวคิดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยวิธีอุปนัยและนิรนัยที่มีต่อการรับรู้ความสามารถของตนเองในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่างกัน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 72 คน แบ่งผู้เรียนเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 12 คน ตามระดับผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูง ปานกลาง ต่ำ โดยกลุ่มที่ 1-3 เรียนด้วยวิธีการเรียนแบบผสมผสานแบบค้นพบด้วยวิธีอุปนัย และกลุ่มที่ 4-6 เรียนด้วยวิธีการเรียนแบบผสมผสานแบบ

ค้นพบด้วยวิธีนัย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนแบบผสมผสานด้วยวิธีการเรียนแบบค้นพบต่างกัน มีการรับรู้ความสามารถของตนเองในวิชาคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน และนักเรียนที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่างกันมีการรับรู้ความสามารถของตนเองในวิชาคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

พัชรีย์ ปิยภักดิ์ (2555: 145-146) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 กลุ่ม แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพตามแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพุทธินิยม ทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มมนุษยนิยม ทฤษฎีสรคานิยม ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของพียาเจต์ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และแนวทางการสอนเพื่อชี้แนะให้รู้คิด ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบที่พัฒนาขึ้นมี 5 ขั้นตอน ได้แก่ ทบทวนความรู้เดิม เรียนรู้จากการปฏิบัติ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ สร้างความรู้ และนำไปใช้ นักเรียนกลุ่มทดลองใช้รูปแบบมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ .54

เวชฤทธิ์ อังกะภักขจร (2551: 190-191) ได้ทำการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ที่ใช้ทักษะการให้เหตุผลและการเชื่อมโยงโดยการบูรณาการสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 45 คน ผลการทดลองพบว่า ด้านความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูล ด้านทักษะการให้เหตุผล ด้านทักษะการเชื่อมโยง ด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และด้านสำนึกรักษ์สิ่งแวดล้อม นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ .01

ชัยวัฒน์ อุ้ยปาอาจ (2552: 106) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้แนวการสอนแนะให้รู้คิดในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 109 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 55 คน กลุ่มควบคุม 54 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ใช้แนวการสอนแนะให้รู้คิดมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำร้อยละ 50 และนักเรียนกลุ่มที่ใช้การสอนแนะให้รู้คิดมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ระดับ .05 ส่วนเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน

ขวัญ เพี้ยซ้าย (2553: 104-107) ได้ทำการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสัดส่วนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 32 คน พัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้วิธีการสอนแบบแนะให้รู้คิด (CGI) ผลการทดลองพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสัดส่วน ที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ระดับนัยสำคัญ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีพฤติกรรมที่แสดงความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสัดส่วนอยู่ในระดับ 2 ขึ้นไปเป็นส่วนใหญ่

บุษบา พลรัตน์ (2554: 94) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ โดยใช้วิธีสอนตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่เน้นขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 71.00 และมีนักเรียนจำนวนร้อยละ 80.00 ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มที่กำหนด

ปภัสนร แก้วพิลาธมย์ (2554: 76) ได้ทำการศึกษาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ที่เน้นกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 25 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนทักษะการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 73.66 โดยมีนักเรียนจำนวนร้อยละ 76.00 ได้คะแนนทักษะการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป และนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับร้อยละ 71.40 และมีนักเรียนร้อยละ 72.00 ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดคือตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป

พรนภา ราชรองเมือง (2556: 173-176) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่เน้นกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน จำนวน 24 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาลำดับขั้นตอนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 71.40 โดยมีนักเรียนจำนวนร้อยละ 79.17 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร้อยละ 70 ขึ้นไป ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

ลิขิต สุเมธานุสรณ์ (2556: 97-98) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสมการ โดยจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคการแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกระบวนการ

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของโพลยา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 28 คน ได้มาโดยเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาสมการสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีพฤติกรรมการปฏิบัติงานกลุ่มอยู่ในระดับมาก

ปรียาภรณ์ เกลาเกลี้ยง (2556: 69) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยชุดการสอน เรื่อง ความน่าจะเป็น ที่เน้นยุทธวิธีการแก้ปัญหาตามรูปแบบการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียนจำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ความน่าจะเป็น หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์ การสอนแนะให้รู้คิด การสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของโพลยา มาใช้ในการพัฒนาผลการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในเนื้อหาต่าง ๆ นั้น พบว่าทุกงานวิจัยนักเรียนมีผลการเรียนรู้สูงขึ้นหลังการทดลองใช้เครื่องมือหรือวิธีการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แสดงให้เห็นว่าแนวคิดของวิธีการสอนและเทคนิคดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนได้เนื่องจากความสามารถด้านคำนวณต้องอาศัยการพัฒนาจากพื้นฐานทางคณิตศาสตร์เป็นสำคัญ ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดดังกล่าวมาใช้ในการบูรณาการสร้างรูปแบบเพื่อพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนในครั้งนี้

3. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบเป็นรูปธรรมของความคิดที่เป็นนามธรรม ซึ่งบุคคลแสดงออกมาในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เช่น เป็นคำอธิบาย เป็นแผนผัง ไต่อะแกรมหรือแผนภาพ เพื่อช่วยให้ตนเองและบุคคลอื่นสามารถเข้าใจได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งรูปแบบเป็นเครื่องมือทางความคิดที่บุคคลใช้ในการสืบหาคำตอบ ความรู้ ความเข้าใจในปรากฏการณ์ต่าง ๆ (ทิสนา แคมมณี. 2545: 218)

3.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (Model of Teaching)

จอยส์ และวีล (ชาญชัย ยมดิษฐ์. 2548: 116 อ้างอิงจาก Joyce and Weil. 1986: 16-17) กล่าวว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ หมายถึง การนำแนวคิดหรือทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการเรียนรู้

และทฤษฎีการสอนมาจัดระบบ โดยแยกออกได้ 4 ประการ คือ 1) ลำดับขั้นของการสอน (syntax) 2) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน (social system) 3) ปฏิกริยาของครูต่อพฤติกรรมของนักเรียน (principles of reaction) และ 4) สิ่งช่วยเหลือในการสอน (support system)

ทิศนา แคมมณี (2545: 219) ให้ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ว่า เป็นสภาพลักษณะของการเรียนการสอนที่ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญซึ่งได้รับการจัดไว้อย่างเป็นระเบียบตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิดหรือความเชื่อต่าง ๆ โดยประกอบด้วยกระบวนการหรือขั้นตอนสำคัญในการเรียนการสอน รวมทั้งวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่าง ๆ ที่สามารถช่วยให้สภาพการเรียนการสอนนั้นเป็นไปตามทฤษฎี หลักการหรือแนวคิดที่ยึดถือ ซึ่งได้รับการพิสูจน์ทดสอบ หรือยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ สามารถใช้เป็นแบบแผนในการเรียนการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์เฉพาะของรูปแบบนั้น ๆ

ชาญชัย ยมดิษฐ์ (2548: 116) กล่าวว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ หมายถึง สถานการณ์ที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยสถานการณ์ดังกล่าวเกิดจากการศึกษาวิจัย และพัฒนาตามแนวคิดทฤษฎีที่แสดงการตอบสนองต่อผลการเรียนรู้ตามจุดประสงค์เฉพาะด้าน รวมทั้งแสดงต่อพฤติกรรมตามลำดับขั้นปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน สิ่งสนับสนุนด้านการเรียนการสอนและปฏิกริยาของครูต่อผู้เรียนอย่างชัดเจน

ชนาธิป พรกุล (2551: 36) ได้ให้ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ว่า หมายถึง แบบแผนการดำเนินการสอนที่จัดเป็นระบบ สอดคล้องกับหลักการเรียนรู้ มีการพิสูจน์หรือทดสอบว่ามีประสิทธิภาพ สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายเฉพาะ

บุญเลี้ยง ทุมทอง (2556: 60) ให้ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ว่า หมายถึง แบบแผนเชิงปฏิบัติการเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่จัดทำขึ้นอย่างเป็นระบบและมีจุดมุ่งหมายที่เฉพาะโดยผ่านขั้นตอนการดำเนินการออกแบบและพัฒนาอย่างเป็นระบบโดยใช้หลักปรัชญา หลักการ แนวคิดทางทฤษฎีหรือความเชื่อพื้นฐาน ซึ่งแสดงถึง ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ (Syntax) และแสดงให้เห็นถึงแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้บรรลุจุดมุ่งหมาย

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้ได้ว่า หมายถึง แบบแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้รับการจัดเป็นระบบตามแนวคิด ทฤษฎีหรือหลักการเรียนรู้ที่ยึดถือ แลได้รับการพิสูจน์ทดสอบว่ามีประสิทธิภาพสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายเฉพาะ

3.2 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

คีฟส์ (ทิตนา แชมมณี. 2545: 218 อ้างอิงจาก Keeves. 1997: 386-387) กล่าวว่ารูปแบบโดยทั่วไปจะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

- 1.รูปแบบจะต้องนำไปสู่การทำนาย (prediction) ผลที่ตามมาซึ่งสามารถพิสูจน์ทดสอบได้
- 2.โครงสร้างของรูปแบบจะต้องประกอบด้วยความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ(casual relationship) ซึ่งสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์/เรื่องนั้นได้

3.รูปแบบจะต้องช่วยสามารถสร้างจินตนาการ (imagination) ความคิดรวบยอด (concept) และความสัมพันธ์ (interrelations) รวมทั้งช่วยขยายขอบเขตของการสืบเสาะความรู้

4.รูปแบบควรประกอบด้วยความสัมพันธ์เชิงโครงสร้าง (structural relationships) มากกว่าความสัมพันธ์เชิงเชื่อมโยง (associative relationships)

ทิตนา แชมมณี (2545: 220) ได้สรุปองค์ประกอบที่สำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1. มีปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิดหรือความเชื่อที่เป็นพื้นฐานหรือเป็นหลักของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ นั้น ๆ
2. มีการบรรยายและอธิบายสภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับหลักการที่ยึดถือ
3. มีการจัดระบบ คือ มีการจัดองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบให้สามารถนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายของระบบหรือกระบวนการนั้น ๆ
4. มีการอธิบายหรือให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่าง ๆ อันจะช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนนั้น ๆ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

บุญเลี้ยง ทุมทอง (2556: 60) ได้สรุปองค์ประกอบร่วมที่สำคัญซึ่งผู้ที่พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ควรคำนึงถึงดังต่อไปนี้

- 1.หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นส่วนที่กล่าวถึงความเชื่อและแนวคิด ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของการออกแบบและพัฒนารูปแบบการสอน
- 2.จุดประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นส่วนที่ระบุถึงความคาดหวังหรือสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นจากการใช้รูปแบบการสอน
- 3.กระบวนการจัดการเรียนการสอน เป็นส่วนที่ระบุถึงขั้นตอน วิธีการและกิจกรรมต่าง ๆ ที่จะใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ของรูปแบบการสอน

4.การวัดและประเมินผล เป็นส่วนของการประเมินผลการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

จากการศึกษาสามารถสรุปองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ได้ว่า องค์ประกอบที่สำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย แนวคิดทฤษฎี หรือหลักการที่รูปแบบนั้นยึดถือ จุดประสงค์ของรูปแบบ วิธีการสอนหรือเทคนิคการสอนของรูปแบบ และการวัดและประเมินผล

3.3 การออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

วีณา ประชานุกุล และประสาธน์ เนื่องเฉลิม (2553: 117-118) ได้เสนอขั้นตอนการพัฒนา รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและรูปแบบการจัดการเรียนรู้
2. การหาข้อบกพร่องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้
 - 2.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นต้องระวังไม่ให้ง่ายหรือยุ่งเกินไป
 - 2.2 การใช้สัญลักษณ์ที่มีความเฉพาะเจาะจง จะทำให้การให้ความหมายของสัญลักษณ์เป็นไปเพื่อการอธิบายหลักการมากกว่าอธิบายโครงสร้าง ซึ่งจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้
 - 2.3 การเน้นรูปแบบการจัดการเรียนรู้มากเกินไป จะทำให้เกิดความหมายที่แฝงเร้นในตัวโครงสร้างของรูปแบบการจัดการเรียนรู้มากกว่าความสัมพันธ์ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้
3. การทดสอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ต้องใช้ข้อมูลที่ได้จากประสบการณ์หรือจากการทดลอง เพื่อให้สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ส่วนการตรวจสอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้จะประเมินที่ตัวแปรตามที่กำหนดไว้เพื่อนำไปปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้งาน
4. การเลือกชนิดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ชนิดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีหลายชนิด ซึ่งจำแนกตามวิธีการที่ใช้ศึกษา เช่น รูปแบบการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เหตุผล ซึ่งจะเลือกใช้ให้เหมาะสมตามเนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา

5. การสรุป เมื่อได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมจะต้องนำตัวแปรที่ศึกษาไปคำนวณหาความสัมพันธ์ตามหลักคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปพัฒนาและแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ต่อไป

บุญเลี้ยง ทุมทอง (2556: 60-61) ได้สรุปขั้นตอนสำคัญในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เป็นการศึกษาแนวคิด ทฤษฎีและข้อค้นพบจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตลอดจนการสังเกต การสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้อง
2. การกำหนดหลักการ เป้าหมายและองค์ประกอบอื่น ๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับข้อมูลพื้นฐานและสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบระเบียบ

3.การกำหนดแนวทางในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ ประกอบด้วยรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการและเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น ใช้กับผู้เรียนกลุ่มใหญ่หรือกลุ่มย่อย

4.การประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการทดสอบความมีประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นโดยทั่วไป ผู้ประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้ใช้วิธีการต่อไปนี้

4.1 ประเมินความเป็นไปได้ในเชิงทฤษฎี โดยคณะผู้เชี่ยวชาญซึ่งจะประเมินความสอดคล้องภายในระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ

4.2 ประเมินความเป็นไปได้ในเชิงปฏิบัติการ โดยการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ในสถานการณ์จริง ในลักษณะของงานวิจัยเชิงทดลองหรือกึ่งทดลอง

5. การปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบ่งออกได้เป็น 2 ระยะ ดังนี้

5.1 ระยะก่อนนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ การปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในระยะนี้ใช้ผลจากการประเมินความเป็นไปได้ในเชิงทฤษฎีเป็นข้อมูลในการปรับปรุง

5.2 ระยะหลังนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ การปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในระยะนี้อาศัยข้อมูลจากการทดลองใช้เป็นตัวชี้้นำในการปรับปรุง และอาจจะมีการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้และปรับปรุงซ้ำ จนกว่าจะได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปขั้นตอนการพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย การศึกษาทฤษฎี แนวคิดและรูปแบบการจัดการเรียนรู้ การกำหนดจุดมุ่งหมายในการพัฒนา การทดสอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ การปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้

3.4 งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาแบบการจัดการเรียนรู้

สมพร แมลงกู (2541: 117-118) ได้ทำการพัฒนาแบบเพื่อพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนการสอน ได้แก่ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน ขั้นสรุป ขั้นฝึกปฏิบัติ และการนำไปใช้ นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองแต่ละกลุ่มสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แต่ระหว่างกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน

จรรยา ภูอุดม (2544: 109-110) ได้ทำการพัฒนาแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 81 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 39 คน และกลุ่มควบคุม 42 คน ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการเรียนการสอน

ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วย 4 ชั้น ได้แก่ ชั้นเสนอสถานการณ์ปัญหา ชั้นสร้างความรู้สึกรอยาก
แก้ปัญหาและวางแผนแก้ปัญหา ชั้นลงมือแก้ปัญหา ชั้นประเมินผล เป็นรูปแบบการเรียนรู้การสอนที่มี
ประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์การประเมินที่ผู้วิจัยตั้งไว้คือ รูปแบบที่เหมาะสมต้องมีค่าเฉลี่ยความ
คิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 และผลจากการ
ทดลองใช้สรุปได้ว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดี นักเรียนมีทักษะการคิดเชิง
เหตุผล ความเข้าใจใจโน้มนำ และเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ดีกว่านักเรียนที่เรียน
ตามปกติและมีความคงทนของความเข้าใจมากกว่านักเรียนที่เรียนตามปกติ

บุญเลี้ยง ทุ่มทอง. (2553: 157-158) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนา
กระบวนการคิดเชิงระบบวิชาคณิตศาสตร์ ระดับช่วงชั้นที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการจัดการ
เรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีองค์ประกอบ 6 ด้าน ได้แก่ จุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนและครูผู้สอน
สภาพแวดล้อมในการเรียน การเตรียมการเรียนรู้ การดำเนินการจัดการเรียนรู้ และการประเมินผล
การเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ 8 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 กระตุ้นให้เกิดปัญหา/ให้
สถานการณ์ (ขัดแย้งปัญญา) ขั้นที่ 2 ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหาและแสวงหาข้อมูลหรือขั้นจัด
ระเบียบปัญหา (แสวงหาข้อมูล) ขั้นที่ 3 ขั้นพัฒนาความคิด (เพิ่มพูนวงจร) ขั้นที่ 4 สื่อสารและ
ปรับปรุงการคิด (สังเคราะห์ความคิด) ขั้นที่ 5 ขั้นวางแผนการนำเสนอผลการคิดของกลุ่ม (เสนอ
ความคิดกลุ่มใหญ่) ขั้นที่ 6 ขั้นนำเสนอผลการคิด (เปิดใจร่วมกัน) ขั้นที่ 7 ขั้นอภิปรายผลการคิด
(สร้างสรรค์วิสัยทัศน์) และขั้นที่ 8 ขั้นประเมินกระบวนการคิด (สะท้อนกลับกระบวนการ)

ทวีศักดิ์ เจริญเตี้ย (2556: 115-119) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระ
การเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหาโดยใช้ทฤษฎีปัญญาแห่ง
ความสำเร็จของสเตอร์นเบอร์ก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 ห้องเรียน
แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 49 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 43 คน ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการ
จัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบได้แก่ สภาพปัญหาและความจำเป็นของรูปแบบการจัดการ
เรียนรู้ หลักการ วัตถุประสงค์ บทบาทครู บทบาทนักเรียน กิจกรรมการเรียนรู้และการวัดและ
ประเมินผล โดยมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 สำรวจความรู้เดิม
ขั้นที่ 2 เสริมความรู้ใหม่ ขั้นที่ 3 ใช้กระบวนการคิดแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 ฝึกปัญญาด้วยการปฏิบัติ
ขั้นที่ 5 ชีวัดความก้าวหน้า ขั้นที่ 6 สรุปเนื้อหาความรู้ ขั้นที่ 7 ประเมินสู่ความสำเร็จ ส่วนผลการใช้
รูปแบบพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น มีความสามารถในการคิด
แก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติที่ดีต่อการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการ
เรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พิสมัย อาแพงพันธ์ (2556: 167-177) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้แบบอิงบริบท เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 42 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 39 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยการเรียนการสอน 5 ขั้นตอน คือ ขั้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ขั้นสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ ขั้นฝึกปฏิบัติการประยุกต์ใช้ความรู้ ขั้นนำความรู้สู่บริบทใหม่ และขั้นสะท้อนผลการเรียนรู้ 2) ผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ สรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มทดลองได้คะแนนความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้อะเนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศิรินันทน์ ว่องโชติกุล (2559: 121-124) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้สมองเป็นฐาน ระดับประถมศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 18 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 17 คน ผลการวิจัยพบว่า 1) รูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้สมองเป็นฐาน มีขั้นตอนที่ใช้สอนประกอบด้วย ขั้นที่ 1 คลายสมอง ขั้นที่ 2 เชื่อมโยงประสบการณ์ ขั้นที่ 3 เรียนรู้เนื้อหา ขั้นที่ 4 นำพาปฏิบัติ ขั้นที่ 5 ความรู้คงอยู่ 2) นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้สมองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากงานวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระ คือ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนามาจากทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์ การสอนแนะให้รู้คิด (CGI) และการสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของโพลยา ที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม คือ ความสามารถด้านคำนวณซึ่งเป็นผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน มีขนาดมากน้อยเพียงไร โดยพิจารณาจากการประมาณค่าขนาดอิทธิพลของคะแนนเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คำนวณจากสูตรของกลาส (Glass), แม็คกอว์ (MCGaw) และสมิท (Smith) (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 48-49 อ้างถึงใน Glass, MCGaw; & Smith. 1981)

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้พิจารณาค่าขนาดอิทธิพลของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้
 จรรยา ภู่อุดม (2544: 109-110) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน
 คณิตศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น
 กลุ่มทดลองจำนวน 39 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 42 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลอง
 ($\bar{Y}_E$) มีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจโมเมนต์และการนำความรู้ไปใช้เท่ากับ 23.48 คะแนน นักเรียนกลุ่ม
 ควบคุม ($\bar{Y}_C$) มีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจโมเมนต์และการนำความรู้ไปใช้เท่ากับ 15.33 คะแนน และมี
 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S_C) เท่ากับ 2.581 จึงคำนวณค่าขนาดอิทธิพลได้เท่ากับ 3.157 แปล
 ความหมายขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับใหญ่

ทวีศักดิ์ เจริญเตี้ย (2556: 115-119) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้
 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหาโดยใช้ทฤษฎีปัญญาแห่ง
 ความสำเร็จของสเติร์นเบอร์เกอร์กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง
 จำนวน 49 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 43 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลอง ($\bar{Y}_E$)
 มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เท่ากับ 20.90 คะแนน นักเรียนกลุ่มควบคุม
 ($\bar{Y}_C$) มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เท่ากับ 15.98 คะแนน และมีค่าส่วน
 เบี่ยงเบนมาตรฐาน (S_C) เท่ากับ 2.64 จึงคำนวณค่าขนาดอิทธิพลได้เท่ากับ 1.86 แปลความหมาย
 ขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับใหญ่

พิสมัย อาแพงพันธ์ (2556: 167-177) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน
 คณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้แบบอิงบริบท เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการถ่ายโอนการ
 เรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาวางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์กับ
 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 42 คน และกลุ่มควบคุม
 จำนวน 39 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลอง ($\bar{Y}_E$) มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 วิชาคณิตศาสตร์เท่ากับ 24.12 คะแนน นักเรียนกลุ่มควบคุม ($\bar{Y}_C$) มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการ
 เรียนวิชาคณิตศาสตร์เท่ากับ 18.79 คะแนน และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S_C) เท่ากับ 2.35
 จึงคำนวณค่าขนาดอิทธิพลได้เท่ากับ 2.26 แปลความหมายขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับใหญ่

ศิรินันท์ ว่องโชติกุล (2559: 121-124) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการสอน
 คณิตศาสตร์โดยใช้สมองเป็นฐานกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็นกลุ่ม
 ทดลองจำนวน 18 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 17 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลอง ($\bar{Y}_E$)
 มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เท่ากับ 51.22 คะแนน นักเรียนกลุ่มควบคุม
 ($\bar{Y}_C$) มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เท่ากับ 41.94 คะแนนและมีค่าส่วน

เบี่ยงเบนมาตรฐาน (S_c) เท่ากับ 5.942 จึงคำนวณค่าขนาดอิทธิพลได้เท่ากับ 9.28 แปลความหมายขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับใหญ่

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยพบว่าขนาดอิทธิพลของตัวแปรอิสระ คือ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ส่งผลต่อตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์มีขนาดใหญ่หรืออยู่ในระดับมากทุกงานวิจัย แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นช่วยทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ สำหรับนำมาใช้ในการพัฒนาความสามารถของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้เพิ่มขึ้นและนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริงได้ต่อไป



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยดำเนินการในลักษณะของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การวิเคราะห์และตรวจสอบโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ระยะที่ 1 การวิเคราะห์และตรวจสอบโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

การดำเนินการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และตรวจสอบโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีความเหมาะสมกับบริบทของนักเรียนไทย โดยการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 การศึกษาเอกสารเพื่อสังเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถด้านคำนวณ

1) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบของความสามารถด้านคำนวณจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำนวน 8 เรื่อง ประกอบด้วยเอกสารและงานวิจัยของ 1) Australian Association of Mathematics Teacher (AAMT. 1997) 2) Department for Education and Employment (1999) 3) Ginsburg, Manly & Schmitt (2006) 4) Russell (2009) 5) Australian Curriculum, Assessment and Report Authority (ACARA. 2011) 6) International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) (2013) 7) Department for Education and Skills (2013) 8) นิยามความสามารถของผู้เรียนด้านภาษา ด้านคำนวณและด้านเหตุผลของสำนักทดสอบทางการศึกษา (2556)

2) สังเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการวิเคราะห์เนื้อหาจากเอกสารและงานวิจัยของนักวิชาการและหน่วยงานที่ได้

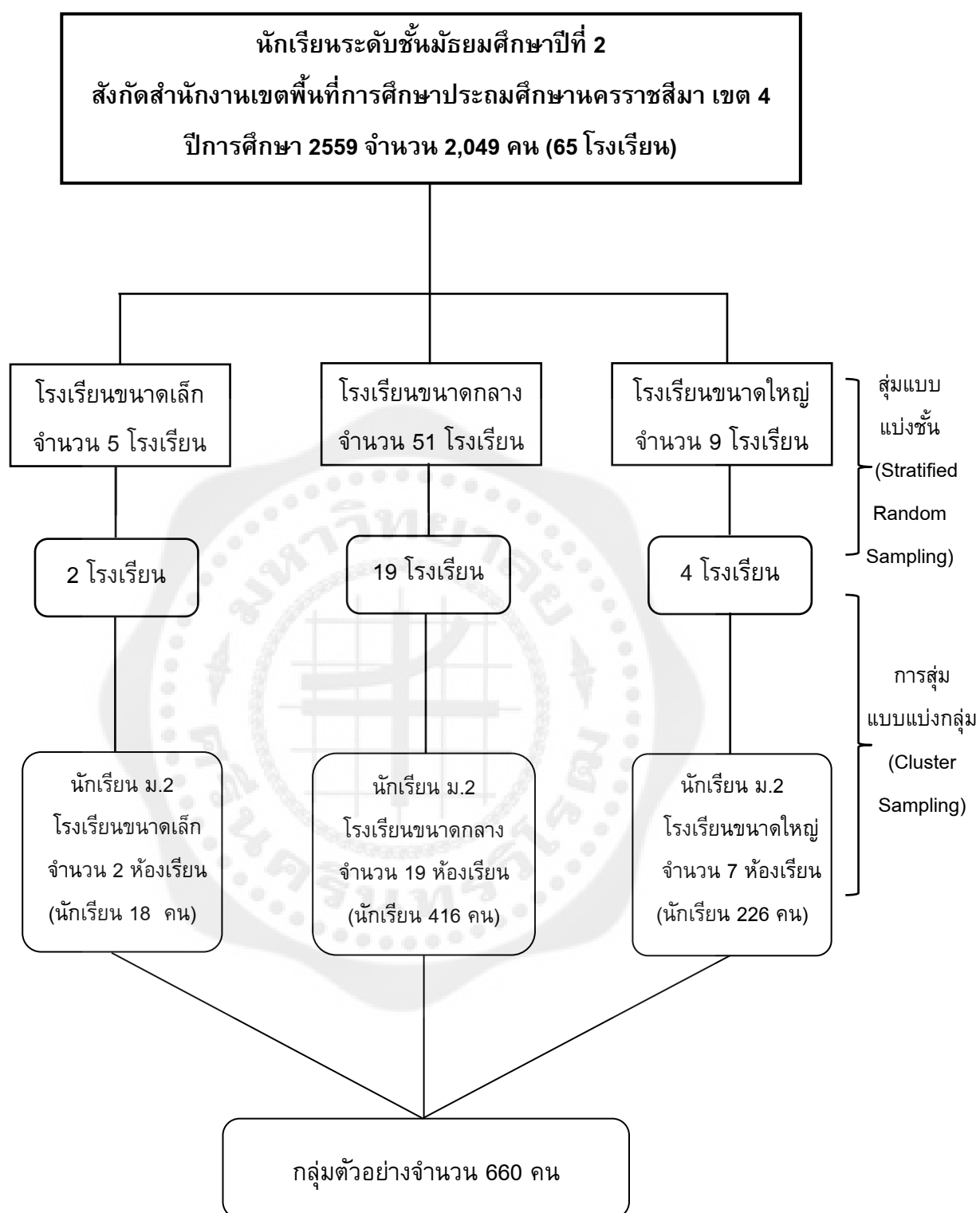
ทำการศึกษาทั้ง 8 เรื่อง รวมทั้งหลักสูตรการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อกำหนดเป็นองค์ประกอบสำหรับใช้ในการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องประกอบความสามารถด้านคำนวณตามแนวคิดของสำนักทดสอบทางการศึกษา (2556) ที่กำหนดไว้ 3 ด้าน ได้แก่

- 2.1) ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์
- 2.2) ทักษะการคิดคำนวณ
- 2.3) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครราชสีมา เขต 4 จำนวน 65 โรงเรียน มีจำนวนนักเรียน 2,049 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถด้านคำนวณในครั้งนี้เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครราชสีมา เขต 4 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 660 คน ผู้วิจัยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างตามแนวคิดของแฮร์และคนอื่นๆ (Hair; et al. 2010: 101) ที่กล่าวว่า การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างควรมี 20 เท่าของตัวแปรสังเกตได้ ในการศึกษาครั้งนี้มีตัวแปรสังเกตได้ ในโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 30 ตัวแปร ขนาดตัวอย่างขั้นต่ำที่ต้องใช้ในการวิจัย คือ 600 คน แต่เพื่อป้องกันความไม่สมบูรณ์จากการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยจึงขยายขนาดตัวอย่างอีก 20% ทำให้ได้ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 720 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two-stage Random Sampling) แสดงดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยระยะที่ 1

ผู้วิจัยสำรวจข้อมูลหน่วยสมาชิกของประชากรจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ คือ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครราชสีมา เขต 4 แล้วจัดทำกรอบการสุ่ม (Sampling frame) โดยมีขั้นตอนการสุ่มดังนี้

ตาราง 8 ประชากรในการวิจัยชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำแนกตามขนาดโรงเรียนตามเกณฑ์ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ขนาดสถานศึกษา	จำนวนโรงเรียน	จำนวนนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (คน)
ขนาดเล็ก (นักเรียน 1 – 120 คน)	5	61
ขนาดกลาง (นักเรียน 121 – 600 คน)	51	1,335
ขนาดใหญ่ (นักเรียน 601 - 1,500 คน)	9	653
ขนาดใหญ่พิเศษ (นักเรียน 1,501 คนขึ้นไป)	-	-
รวมทั้งสิ้น	65	2,049

ที่มา : ข้อมูลจากระบบจัดเก็บข้อมูลนักเรียนรายบุคคล (Data Management Center)

(สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครราชสีมา เขต 4. 2559: ออนไลน์)

ขั้นที่ 1 สุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยใช้ขนาดของโรงเรียนเป็นชั้นของการสุ่ม (Strata) มีโรงเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม (Sampling Unit) ทำการสุ่มโรงเรียนมาประมาณร้อยละ 50 ของโรงเรียนในแต่ละขนาด ได้โรงเรียนขนาดเล็ก จำนวน 2 โรงเรียน โรงเรียนขนาดกลาง จำนวน 19 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดใหญ่ จำนวน 4 โรงเรียน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 25 โรงเรียน

ขั้นที่ 2 สุ่มนักเรียนจากโรงเรียนในแต่ละขนาดด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Sampling) ตามสัดส่วนของประชากรในแต่ละขนาด โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม ได้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างในโรงเรียนขนาดเล็ก 2 ห้องเรียน จำนวน 18 คน นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในโรงเรียนขนาดกลาง 19 ห้องเรียน จำนวน 416 คน และนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในโรงเรียนขนาดใหญ่ 7 ห้องเรียน จำนวน 226 คน รวมได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 660 คน

ตาราง 9 ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบความสามารถด้านคำนวณ
 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในการวิจัยระยะที่ 1

ขนาดโรงเรียน	ชื่อโรงเรียน	จำนวน ห้อง	ขนาดของกลุ่ม ตัวอย่าง (คน)
เล็ก	โนนคำวิทยา	1	10
	บ้านหนองไผ่	1	8
กลาง	บ้านแก่นท้าวฯ	1	21
	วันอาสาพัฒนา 2520	1	28
	บ้านมะเกลือใหม่	1	20
	ชินวงศ์อุปถัมภ์	1	22
	พรพิทยาคม	1	18
	หนองแขวงพิทยาคม	1	12
	บ้านหัน(วุฒิวิทยาการ)	1	20
	บ้านหนองกระทุ่ม	1	18
	บ้านโนนสง่า	1	20
	บ้านลาดบัวขาว	1	25
	บ้านใหม่สำโรง	1	14
	บ้านหนองตาแก้ว	1	22
	บ้านวังโรงใหญ่สามัคคี	1	20
	บ้านปางแก(สภาประชาชนกุล)	1	28
	บ้านหนองซ่อมตะเคียนงาม	1	24
	คีรีวัฒนา	1	25
	บ้านโนนกลุ่มมิตรภาพที่ 210	1	30
	ทับ 6 วิทยาการ	1	23
	บ้านวังไทร	1	26
ใหญ่	นิคมมิตรวิทยาการ	2	63
	บ้านปากช่อง(ครูสามัคคี 1)	2	65
	บ้านหนองมะค่าฯ	2	60
	เต็มแสงไขปากช่องวิทยา	1	38
รวม		28	660

1.3 การพัฒนาเครื่องมือและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยระยะที่ 1

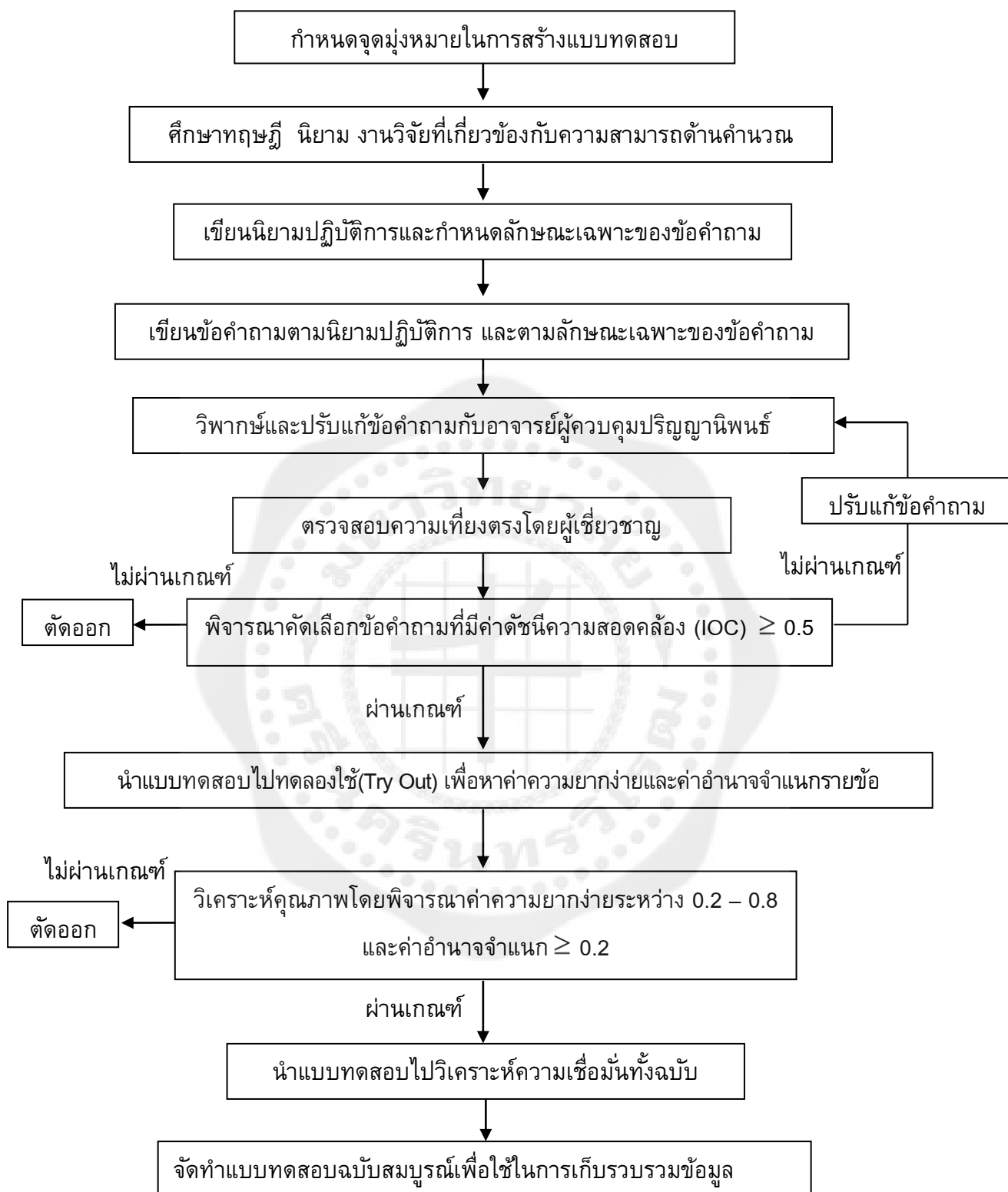
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในระยะที่ 1 คือแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 1 ฉบับ จำนวนข้อสอบ 30 ข้อ ตามแนวคิดองค์ประกอบความสามารถด้านคำนวณของสำนักทดสอบทางการศึกษา (2556) ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดเป็นสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ 10 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์จะสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนทั้ง 3 ด้าน แบ่งเป็น

1.3.1 แบบทดสอบวัดความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ

1.3.2 แบบทดสอบวัดทักษะการคิดคำนวณ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเติมคำตอบ จำนวน 10 ข้อ

1.3.3 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ

ในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามลำดับขั้นตอนดังแสดงในภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 ลำดับขั้นการสร้างและหาคุณภาพแบบทดสอบ

จากภาพประกอบ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบทดสอบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณ ดังนี้

1.1 เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ด้านทักษะการคิดคำนวณ และด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้เนื้อหาเรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1.2 เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กับข้อมูลเชิงประจักษ์

2. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน

3. กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องซึ่งผู้วิจัยได้นำมาเขียนนิยามตามคุณลักษณะที่ต้องการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ

4. สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณตามที่ได้นิยามไว้ โดยอิงเนื้อหาเรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ มีลักษณะเป็นโจทย์ปัญหาสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ในแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยแบบทดสอบวัดทั้ง 3 ด้าน โดยดำเนินการสร้างข้อสอบเป็น 1.5 เท่าของจำนวนข้อสอบที่ต้องการ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเป็นสถานการณ์ 15 สถานการณ์ จำนวนข้อสอบ 45 ข้อ ดังนี้

4.1 แบบทดสอบวัดความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ

4.2 แบบทดสอบวัดทักษะการคิดคำนวณ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเติมคำตอบ จำนวน 15 ข้อ

4.3 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ เป็นแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ใน 3 ด้าน คือ 1) ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) ทักษะการให้เหตุผล และ 3) ทักษะการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 15 ข้อ

5. นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นให้คณะกรรมการที่ควบคุมปริญาานิพนธ์ตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา ภาษาที่ใช้ ความครอบคลุม และความสอดคล้องตามนิยามที่กำหนด แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามตามคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมปริญาานิพนธ์

6. นำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เป็นผู้พิจารณาตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามเชิงปฏิบัติการว่ามีความเหมาะสมสอดคล้องกันหรือไม่ ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC : Index of Item Objective Congruence) ที่เหมาะสมควรมีค่าตั้งแต่ 0.50 - 1.00 โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบเครื่องมือดังนี้

1) เกณฑ์การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน

1.1) มีประสบการณ์การสอนคณิตศาสตร์ในระดับมหาวิทยาลัยและทำงานวิจัยเกี่ยวกับคณิตศาสตร์

1.2) สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีบัณฑิตทางด้านคณิตศาสตร์

2) เกณฑ์การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 2 ท่าน

2.1) มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหรือทำงานวิจัยเกี่ยวกับคณิตศาสตร์

2.2) สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีบัณฑิตทางด้านคณิตศาสตร์

3) เกณฑ์การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 1 ท่าน

3.1) มีประสบการณ์ทำงานหรือทำงานวิจัยทางด้านการวัดผลการศึกษา

3.2) สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีบัณฑิตทางด้านการวัดผลและประเมินผลการศึกษา

สำหรับเกณฑ์การพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ คือ ให้ +1 คะแนน เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามนิยาม ให้ 0 คะแนน เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงตามนิยาม และให้ -1 คะแนน เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ไม่ตรงตามนิยาม โดยปรับแก้ข้อสอบตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับหรือมากกว่า 0.5 ขึ้นไป ได้จำนวนข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์การพิจารณา จำนวน 45 ข้อ

7. นำแบบทดสอบทั้งฉบับที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้ว จำนวน 45 ข้อ ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 60 คน ได้แก่ โรงเรียนนิคมมิตรวิทยาการ จำนวน 45 คน และโรงเรียนบ้านลาดบัวขาว จำนวน 15 คน ซึ่งเป็นโรงเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจริง หลังจากนั้นนำแบบทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกรายข้อ

8. พิจารณาคัดเลือกข้อคำถามของแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป คัดเลือกข้อสอบจำนวน 30 ข้อ ตามที่ต้องการใช้ แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น ซึ่งสามารถสรุปคุณภาพของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณในแต่ละด้านได้ ดังนี้

8.1 แบบทดสอบวัดความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.27 – 0.65 ค่าอำนาจจำแนกโดยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบพ้อยท์ไบซีเรียล ($r_{p.bis}$) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.30 – 0.61 ค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร KR – 20 มีค่าเท่ากับ 0.88

8.2 แบบทดสอบวัดทักษะการคิดคำนวณ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเติมคำตอบ จำนวน 10 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.28 – 0.67 ค่าอำนาจจำแนกโดยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบพ้อยท์ไบซีเรียล ($r_{p.bis}$) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.36 – 0.70 ค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร KR – 20 มีค่าเท่ากับ 0.88

8.3 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.22 – 0.42 ค่าอำนาจจำแนกโดยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์รายข้อกับคะแนนรวม (Item-Total Correlation) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.65 – 0.84 ค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) มีค่าเท่ากับ 0.93

9. จัดทำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณเป็นฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย

ตาราง 10 โครงสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

จุดประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา	จำนวนข้อ		
		ความคิดรวบยอด	ทักษะการคิดคำนวณ	ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
1. นักเรียนสามารถเขียนอัตราส่วนแทนการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณที่กำหนดให้ได้	อัตราส่วน	1	-	-
2. นักเรียนสามารถหาอัตราส่วนที่เท่ากับอัตราส่วนที่กำหนดให้ได้	อัตราส่วนที่เท่ากัน	-	1	-
3. นักเรียนสามารถเขียนอัตราส่วนของจำนวนหลาย ๆ จำนวน แทนการเปรียบเทียบปริมาณหลายปริมาณที่กำหนดให้ได้	อัตราส่วนของจำนวนหลาย ๆ จำนวน	3	1	2
4. นักเรียนสามารถหาจำนวนที่แทนด้วยตัวแปรในสัดส่วนที่กำหนดให้ได้	สัดส่วน	2	3	-
5. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาสัดส่วนได้	สัดส่วน	-	-	3
6. นักเรียนสามารถเขียนอัตราส่วนให้อยู่ในรูปร้อยละได้	ร้อยละ	1	1	1
7. นักเรียนสามารถเขียนร้อยละให้อยู่ในรูปอัตราส่วนได้	ร้อยละ	2	2	1
8. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละได้	ร้อยละ	1	2	3
รวมแต่ละองค์ประกอบ	-	10	10	10
รวมทั้งฉบับ	-	30		

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

สถานการณ์ใช้ตอบคำถามข้อ 0 – 000



ฟาร์มสมบูรณ์ดีของลุงสมใจซื้อไก่พันธุ์ไข่มาเลี้ยง 800 ตัว หลังจากเลี้ยงไปได้ 2 สัปดาห์ มีไก่พันธุ์ไข่ตายไป 24 ตัว เมื่อครบกำหนด 5 เดือน ไก่พันธุ์ไข่ออกไข่วันละ 760 ฟอง โดยมีพ่อค้ามารับซื้อแบบเหมารวมฟองละ 2 บาท

0. อัตราส่วนจำนวนไก่พันธุ์ไข่ที่ซื้อมาเลี้ยงต่อจำนวนไก่พันธุ์ไข่ที่ตายต่อจำนวนไข่ในแต่ละวัน เป็นเท่าไร (ด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์)

1. $800 : 2 : 760$
2. $760 : 800 : 24$
3. $24 : 800 : 2$
4. $800 : 24 : 760$

00. ลุงสมใจมีรายได้สัปดาห์ละกี่บาท (ด้านทักษะการคิดคำนวณ)

คำตอบ

พื้นที่สำหรับทด

000. ถ้าลุ่มสนใจนำไปขายเอง โดยขาย 12 ฟองราคา 30 บาท ในแต่ละวันลุ่มสนใจจะมีรายได้เพิ่มขึ้นวันละกี่บาท จงแสดงวิธีคิดหาคำตอบ (ด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์)

วิธีคิด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การตรวจให้คะแนน

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นดังนี้

1. แบบทดสอบแบบเลือกตอบวัดความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนข้อละ 1 คะแนน และถ้าตอบคำถามผิดหรือตอบมากกว่า 1 คำตอบหรือเว้นว่างในข้อนั้น ๆ ให้ 0 คะแนน แบบทดสอบจำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

2. แบบทดสอบแบบเติมคำตอบวัดทักษะการคิดคำนวณใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนข้อละ 1 คะแนน และถ้าตอบคำถามผิดหรือตอบมากกว่า 1 คำตอบหรือเว้นว่างในข้อนั้น ๆ ให้ 0 คะแนน แบบทดสอบจำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

3. แบบทดสอบแบบอัตนัยวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนนข้อละ 6 คะแนน โดยแบ่งเป็นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2 คะแนน ทักษะการให้เหตุผล 2 คะแนน และทักษะการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ 2 คะแนน แบบทดสอบจำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 60 คะแนน มีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละด้านดังนี้

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านทักษะการ
แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

- 2 หมายถึง แสดงวิธีดำเนินการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและได้คำตอบที่ถูกต้อง
- 1 หมายถึง แสดงวิธีดำเนินการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่คำตอบ แต่ได้คำตอบไม่ถูกต้อง
หรือแสดงร่องรอยการแก้ปัญหบางส่วน
- 0 หมายถึง คำตอบอื่น ๆที่ไม่ตรงประเด็น หรือไม่เขียนคำตอบ

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการให้เหตุผล

- 2 หมายถึง เขียนแสดงเหตุผลประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล เป็นขั้นตอนอย่าง
มีลำดับการคิด เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล
- 1 หมายถึง มีร่องรอยการเขียนแสดงเหตุผลประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล
เป็นขั้นตอนอย่างมีลำดับการคิด
- 0 หมายถึง คำตอบอื่น ๆที่ไม่ตรงประเด็น หรือไม่เขียนคำตอบ

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านการสื่อสาร
สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์

- 2 หมายถึง ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง นำเสนอตามลำดับขั้นตอน
ชัดเจนและมีรายละเอียดสมบูรณ์
- 1 หมายถึง มีร่องรอยแสดงการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องบางส่วน
- 0 หมายถึง คำตอบอื่น ๆที่ไม่ตรงประเด็น หรือไม่เขียนคำตอบ

1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลในระยะที่ 1

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย จากคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อขออนุญาตรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

2. นำหนังสือราชการจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ยื่นต่อผู้บริหารโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งนัดหมายวันเวลา สถานที่ที่จะเก็บรวบรวมข้อมูล

3. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนในการเก็บข้อมูลดังนี้

3.1 กำหนดเวลาในการทำแบบทดสอบทดสอบให้เหมาะสม โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณ เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที

3.2 แจ้งให้นักเรียนทราบถึงความสำคัญของการทำแบบทดสอบเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีคุณภาพ และมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

3.3 ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ วิธีการทำแบบทดสอบให้ชัดเจน เพื่อให้ นักเรียนเข้าใจตรงกัน จากนั้นให้นักเรียนทำแบบทดสอบตามเวลาที่กำหนดไว้ด้วยความตั้งใจ พร้อมกับสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนว่าตั้งใจหรือไม่ เพื่อใช้พิจารณาตัดสินคัดเลือกข้อมูลเข้าสู่ขั้นตอนการจัดกระทำข้อมูลต่อไป

3.4 แจ้งเตือนนักเรียนล่วงหน้าก่อนหมดเวลา จากนั้นผู้วิจัยแจ้งให้นักเรียนตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบทดสอบที่ตนเองทำว่าทำครบถ้วนหรือไม่ก่อนส่งแบบทดสอบคืนมายังผู้วิจัย

4. นำแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณ ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบ และคัดแยกการตอบที่ไม่สมบูรณ์หรือมีร่องรอยระบุถึงการไม่ตั้งใจทำแบบทดสอบ โดยพิจารณาตามขอบเขตของกลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ จากแบบทดสอบที่เก็บรวบรวมข้อมูลมาทั้งหมด 720 ฉบับ ได้แบบทดสอบฉบับสมบูรณ์ 660 ฉบับ คิดเป็นอัตราการตอบกลับร้อยละ 91.67 แล้วจึงตรวจให้คะแนน และนำไปวิเคราะห์ข้อมูล

1.5 การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยในระยะที่ 1

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยระยะที่ 1 มีขั้นตอนดังนี้

1. วิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐาน เพื่อให้ทราบลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง และลักษณะการแจกแจงของตัวแปรแต่ละตัวเป็นการวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐานบรรยายให้ทราบค่าเฉลี่ย (Mean)

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) สัมประสิทธิ์การกระจาย (CV) ค่าความเบ้ (Skewness) และค่าความโด่ง (Kurtosis) ของตัวแปรแต่ละตัวที่ใช้ในการศึกษา

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ด้วยการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson-Product Moment Correlation Coefficient) ระหว่างตัวแปร เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบ โดยพิจารณาจากการทดสอบค่าสถิติ Bartlett's Test of Sphericity มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่ได้ไม่เป็นเมทริกซ์เอกลักษณะ ตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กัน สามารถนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบ และค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin Measures of Sampling Adequacy (KMO) ต้องมีค่ามากกว่า 0.5 และเข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อมูลจึงมีความเหมาะสมในการใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2552: 260-263)

4. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis) เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงหรือความสอดคล้องของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณซึ่งเป็นโมเดลสมมติฐานทางทฤษฎีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ และพิจารณาความสอดคล้องกลมกลืนระหว่างโมเดลที่สร้างขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์จากค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Measure) เป็นค่าสถิติที่ใช้ตรวจสอบความเที่ยงตรงในภาพรวมทั้งหมดของโมเดล (สุภมาส อังศุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณ และรัชนิกุล ภิญโญภูพานวัฒน์. 2554: 24-31 อ้างอิงจาก Diamantopoulos และ Siguaw. 2008:83-98, Bollen. 1989: 278) มีดังนี้

4.1 ค่าสถิติไคสแควร์ (Chi-Square Statistics: χ^2) เป็นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานที่ว่าฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็นศูนย์ ถ้าค่าไคสแควร์มีค่าต่ำมาก ยิ่งเข้าใกล้ศูนย์แสดงว่า โมเดลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4.2 ค่าดัชนีอัตราส่วนไคสแควร์สัมพัทธ์ (Relative Chi-Square Ratio: χ^2/df) เป็นอัตราส่วนระหว่างค่าไคสแควร์กับองศาอิสระ (ไคสแควร์หารด้วยองศาอิสระ) สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ไว้ว่าควรมีค่าน้อยกว่า 2

4.3 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index: GFI) ดัชนี GFI จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และเป็นค่าที่ไม่ขึ้นกับขนาดกลุ่มตัวอย่าง แต่ลักษณะการแจกแจงขึ้นอยู่กับขนาดกลุ่มตัวอย่าง ค่าดัชนี GFI ที่เข้าใกล้ 1.00 แสดงว่าโมเดลสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4.4 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjust Goodness of Fit Index: AGFI) เมื่อนำดัชนี GFI มาปรับแก้ โดยคำนึงถึงขนาดขององศาอิสระซึ่งรวมทั้งจำนวนตัวแปรและขนาด

ของกลุ่มตัวอย่าง ค่าดัชนี AGFI มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับดัชนี GFI ค่าดัชนีที่มีค่ามากกว่า .90 แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4.5 ดัชนีรากมาตรฐานของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือ (Standardized Root Mean Square Residual: SRMR) ค่าดัชนี SRMR เป็นดัชนีที่ใช้เปรียบเทียบระดับความกลมกลืนของข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดล ควรมีค่าน้อยกว่า .05

4.6 ดัชนีค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองของการประมาณค่า (Root Mean Square Error of Approximation: RMSEA) ดัชนีค่า RMSEA มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และถ้ามีค่าต่ำกว่า .05 แสดงว่าโมเดลสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

กล่าวโดยสรุปค่าดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

สถิติทดสอบความสอดคล้องของโมเดล	เกณฑ์การพิจารณา	การแปลผล
χ^2	ไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)	ผ่านเกณฑ์
χ^2/df	< 2.00	สอดคล้องกลมกลืนดี
GFI	≥ 0.95	สอดคล้องกลมกลืนดี
AGFI	≥ 0.95	สอดคล้องกลมกลืนดี
SRMR	< 0.05	สอดคล้องกลมกลืนดี
RMSEA	< 0.05	สอดคล้องข้อมูลเชิงประจักษ์

5. จัดพิมพ์ข้อสอบที่ผ่านการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในการวิจัยระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

1.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

1.1 ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยวิธีหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยใช้สูตรของโรวินลลี และแฮมเบิลตัน (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2543: 248; อ้างอิงจาก Rovinelli; & Hambleton. 1977)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
 $\sum R$ แทน ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
 N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

1.2 วิเคราะห์หาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณแบบเลือกตอบและแบบเติมคำตอบ (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2543: 184 อ้างอิงจาก Hopkins and Antes. 1985: 249)

$$P = \frac{N_r}{N_t}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่าย
 N_r แทน จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูก
 N_t แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ทำข้อสอบข้อนั้น

1.3 วิเคราะห์หาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณแบบอัตนัย (ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2543: 184 อ้างอิงจาก D.R. Whitney and D.L. Sabers. 1970)

$$P = \frac{S_U + S_L - (2NX_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่าย
 S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
 S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
 N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

$X_{\max}$ แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
 $X_{\min}$ แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

1.4 วิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบวัดความสามารถด้าน
 คำนวณแบบเลือกตอบและแบบเติมคำตอบ โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์แบบพอยท์ไบซีเรียล (Point
 biserial correlation: $r_{p.bis}$) (ลัวัน สายยศ; และอังคณา สายยศ. 2543: 187-188)

$$r_{p.bis} = \frac{\mu_p - \mu}{\sigma} \sqrt{\frac{p}{q}}$$

เมื่อ $r_{p.bis}$ แทน ค่าอำนาจจำแนกแบบพอยท์ไบซีเรียล
 μ_p แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ทำข้อนั้นถูก
 μ แทน คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบ
 σ แทน คะแนนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบ
 p แทน สัดส่วนของนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูก
 q แทน $1-p$
 n_p แทน จำนวนนักเรียนที่ทำถูก
 n_q แทน จำนวนนักเรียนที่ทำผิด

1.5 วิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบวัดความสามารถด้าน
 คำนวณแบบอัตนัย โดยใช้วิธีการหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item Total
 Correlation) คำนวณโดยใช้สูตรสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson-Product Moment Correlation)
 (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2547: 165-166)

$$r_{XY} = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ r_{XY} แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน
 N แทน จำนวนคนในกลุ่ม
 X แทน คะแนนรายข้อของแต่ละคน
 Y แทน คะแนนรวมทุกข้อของแต่ละคน

1.6 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณแบบเลือกตอบและแบบเติมคำตอบ โดยใช้สูตร KR 20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson KR-20) ดังนี้ (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2543: 215)

$$r_{tt} = \frac{k}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{\sigma^2} \right\}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่น

k แทน จำนวนข้อสอบ

p แทน สัดส่วนของคนที่ทำข้อนั้นได้

q แทน สัดส่วนของคนที่ทำข้อนั้นผิด = $1 - p$

σ^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ

1.7 วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณแบบอัตนัย โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. 2547: 220)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_x^2} \right]$$

เมื่อ α แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

K แทน จำนวนข้อคำถามของแบบทดสอบ

S_i^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

S_x^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 สถิติพื้นฐานได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ค่าความเบ้ และค่าความโด่ง

2.2 ค่าสหสัมพันธ์อย่างง่าย ใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson-Product Moment Correlation Coefficient) (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. 2547: 165-166)

2.3 ทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้ t-test (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2550: 317; อ้างอิงจาก Welkowitz. 1971: 158)

$$t = r \sqrt{\frac{N-2}{1-r^2}}; \quad df = N - 2$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าจากการแจกแจงแบบที
	r	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
	N	แทน	จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง

2.4 การตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณ พิจารณาค่าดัชนีความกลมกลืนระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนี้

2.4.1 ค่าไคสแควร์ (Chi-Square) ที่ใช้ทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่ว่าฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็น 0 โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 56)

$$\chi^2 = (N - 1)F[s, \Sigma(\theta)] ; \quad df = [k(k + 1)/2] - t$$

เมื่อ	χ^2	แทน	ค่าไคสแควร์
	N	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
	$F[s, \Sigma(\theta)]$	แทน	ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความกลมกลืนของ โมเดลจากพารามิเตอร์ θ
	k	แทน	จำนวนตัวแปรสังเกตได้
	t	แทน	จำนวนพารามิเตอร์อิสระ

2.4.2 ค่าดัชนีอัตราส่วนไคสแควร์สัมพัทธ์ (Relative Chi-Square Ratio) คำนวณได้จากอัตราส่วนของค่าไคสแควร์กับองศาอิสระ (เสรี ชัดแจ้ง; และสุชาดา กรเพชรปาณี. 2546: 10)

$$\text{ค่าดัชนีอัตราส่วนไคสแควร์สัมพัทธ์} = \frac{\chi^2}{df}$$

เมื่อ	df	แทน	องศาอิสระ
	χ^2	แทน	ค่าไคสแควร์

2.4.3 ดัชนีระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index) เป็นดัชนีเปรียบเทียบระดับความกลมกลืนกับข้อมูลของโมเดลที่ยังไม่ได้ปรับแก้ ควรจะมีค่าตั้งแต่ .95 ขึ้นไป โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 56)

$$GFI = 1 - \{F[s, \Sigma(\theta)] / F[s, \Sigma(0)]\}$$

เมื่อ	GFI	แทน	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน
	$F[s, \Sigma(\theta)]$	แทน	ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความกลมกลืนของโมเดลจากพารามิเตอร์ θ
	$F[s, \Sigma(0)]$	แทน	ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความกลมกลืนของโมเดลที่ไม่มีพารามิเตอร์

2.4.4 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้ (Adjusted Goodness of Fit Index) เมื่อนำดัชนี GFI มาปรับแก้แล้วควรมีค่าตั้งแต่ .95 ขึ้นไปเช่นเดียวกับค่าดัชนี GFI โดยคำนึงถึงขนาดขององศาอิสระ ซึ่งรวมทั้งจำนวนตัวแปร และขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 56)

$$AGFI = 1 - \left\{ \left(\frac{1}{2d} \right) k(k+1) \right\} (1 - GFI)$$

เมื่อ	AGFI	แทน	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว
	GFI	แทน	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน
	d	แทน	องศาอิสระ
	k	แทน	จำนวนตัวแปรที่สังเกตได้

2.4.5 ดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (Root Mean Squared Error of Approximation: RMSEA) ควรมีค่าต่ำกว่า .05 แสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Maruyama. 1998: 241; citing Steiger. 1990)

$$RMSEA = \sqrt{\frac{F_t}{df_t}}$$

เมื่อ F_t แทน ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความกลมกลืนของโมเดล
จากพารามิเตอร์ θ

df_t แทน องศาอิสระของโมเดลตามภาวะสันนิษฐาน

2.4.6 ค่าความเชื่อมั่นของตัวแปรแฝง (construct reliability: ρ_c) ควรจะมีค่ามากกว่า 0.60 (สุภมาส อังศุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณ และรัชนีกุล ภิญญโณภานุวัฒน์. 2554: 24-31 อ้างอิงจาก Diamantopoulos และ Siguaw. 2008: 91)

$$\text{ค่าความเชื่อมั่นของตัวแปรแฝง } (\rho_c) = \frac{(\sum \lambda)^2}{(\sum \lambda)^2 + \sum (\theta)}$$

เมื่อ λ แทน น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน
 θ แทน ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
 Σ แทน ผลรวม

2.4.7 ค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนที่ถูกสกัดได้ (average variance: ρ_v) เป็นค่าเฉลี่ยความแปรปรวนของตัวแปรแฝงที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรสังเกตได้ ควรจะมีค่ามากกว่า 0.50 (สุภมาส อังศุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณ และรัชนีกุล ภิญญโณภานุวัฒน์. 2554: 24-31 อ้างอิงจาก Diamantopoulos และ Siguaw. 2008: 91)

$$\text{ค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนที่ถูกสกัดได้ } (\rho_v) = \frac{(\sum \lambda^2)}{(\sum \lambda)^2 + \sum (\theta)}$$

เมื่อ λ แทน น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน
 θ แทน ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
 Σ แทน ผลรวม

ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้าน คำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

การดำเนินการศึกษาขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษากรอบแนวคิดของการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 2) สร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ และ 3) ศึกษาประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ดังนี้

2.1 ศึกษากรอบแนวคิดของการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดสำหรับ นำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิด ทฤษฎีและวิธีการสอนที่ส่งเสริมและพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกแนวคิดและวิธีการสอนทางคณิตศาสตร์มาเป็นหลักสำหรับยึดถือเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน 3 แนวคิด ได้แก่ ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์ การสอนแนะให้รู้คิด (Cognitive Guided Instruction: CGI) และการสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

2.1.1 ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์ มีความเชื่อพื้นฐานว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม วิธีการที่ผู้เรียนใช้เป็นเครื่องมือในการค้นพบความรู้แบ่งได้เป็น 3 ขั้น คือ 1) ขั้นการเรียนรู้จากการกระทำ (enactive stage) เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการใช้ประสาทสัมผัสรับรู้สิ่งต่าง ๆ 2) ขั้นการเรียนรู้จากความคิด (iconic stage) เป็นขั้นที่สามารถสร้างมโนภาพขึ้นในใจและเรียนรู้จากภาพแทนของจริงได้ และ 3) ขั้นการเรียนรู้สัญลักษณ์และนามธรรม(symbolic stage) เป็นขั้นการเรียนรู้สิ่งที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรมได้ โดยมีหลักการสำคัญของการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียน คือ ผู้เรียนแต่ละคนมีประสบการณ์และพื้นฐานความรู้แตกต่างกัน การจัดการเรียนรู้ต้องคำนึงถึงลำดับความยากง่ายของเนื้อหา และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ การรับรู้ของผู้เรียนขึ้นอยู่กับความสนใจของผู้เรียนที่มีต่อสิ่งนั้น ๆ เนื่องจากผู้เรียนมีความอยากรู้อยากเห็นกับสิ่งต่าง ๆ อยู่แล้วจึงเป็นแรงผลักดันให้เกิดพฤติกรรมสำรวจสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดกระบวนการเรียนรู้โดยการค้นพบด้วยตนเอง สำหรับแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์ นำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบคือ กำหนดโครงสร้าง เนื้อหาสาระการเรียนรู้ของบทเรียนตามลำดับความยากง่ายให้เหมาะสมกับผู้เรียน โดย

คำนึงถึงความรู้พื้นฐานและความสนใจของผู้เรียน รวมทั้งจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความหลากหลายและดึงดูดความสนใจของผู้เรียนเพื่อเป็นการกระตุ้นและส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยการค้นพบด้วยตนเอง

2.1.2 การสอนแนะให้รู้คิด (Cognitive Guided Instruction: CGI) มีแนวคิดว่าการจัดการเรียนรู้อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความคิดของนักเรียน โดยการใช้การแก้ปัญหาเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้ต้องมุ่งให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ฝึกการคิดเชื่อมโยงระหว่างปัญหาต่าง ๆ ความคิดรวบยอดและทักษะทางคณิตศาสตร์กับความรู้เดิมของนักเรียน จนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองจากความเข้าใจ โดยครูผู้สอนมีหน้าที่อำนวยความสะดวกเกี่ยวกับสื่อ อุปกรณ์ หรือเครื่องมือต่าง ๆ ที่นักเรียนต้องการ รวมทั้งทำความเข้าใจการคิดของนักเรียนแล้วนำมาพิจารณาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับแนวคิดวิธีการสอนแนะให้รู้คิด ผู้วิจัยนำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบโดยยึดหลักการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้สามารถคิดแก้ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนด ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยครูทำหน้าที่ในการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ ให้นักเรียนได้ฝึกคิดและคอยช่วยแนะให้นักเรียนมีความเข้าใจในปัญหาลงมือสร้างบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน จัดเตรียมสื่อ วัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เอื้ออำนวยต่อการแก้ปัญหารวมถึงใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดหาคำตอบและวิธีการแก้ปัญหา นำไปสู่การสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง

2.1.3 การสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของโพลยา สำหรับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นถือเป็นกระบวนการในการประยุกต์ความรู้ ยุทธวิธี ขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหา ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ที่กำลังเผชิญอยู่และต้องการค้นหาคำตอบ โดยที่ยังไม่รู้วิธีการหรือขั้นตอนที่จะได้คำตอบของสถานการณ์นั้นในทันที ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นผู้เรียนต้องรู้จักเลือกยุทธวิธีแก้ปัญหาที่มีอยู่อย่างหลากหลายให้เหมาะสมจึงจะสามารถแก้ปัญหานั้นได้ การสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นมีวิธีการสอนหลายวิธี สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการสอนแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยาประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผนและการตรวจสอบ โดยผู้วิจัยนำมาบูรณาการรวมกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเพื่อฝึกให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและใช้ยุทธวิธีแก้ปัญหาที่หลากหลาย เช่น การค้นหาแบบรูป การเขียนภาพหรือแผนภาพ การคาดเดาและตรวจสอบ การคิดย้อนกลับ จนเกิดความชำนาญสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาสถานการณ์อื่นได้ถูกต้อง

2.1.4 จากการทําวิจัยระยะที่ 1 ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณจากเนื้อหาเรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ จำนวน 30 ข้อ แล้ววิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง พบว่า ความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความคิดขั้นสุดท้ายที่เป็นข้อสรุปหรือคำจำกัดความของนักเรียนในการแยกแยะ ให้ความหมาย อธิบายความรู้ ยกตัวอย่าง ในเนื้อหา คณิตศาสตร์เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ได้อย่างถูกต้อง

2) ทักษะการคิดคำนวณ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการจัดกระทำจำนวนต่าง ๆ ในลักษณะของการบวก การลบ การคูณ และการหาร ตามที่โจทย์กำหนดในเนื้อหา คณิตศาสตร์เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ได้อย่างคล่องแคล่ว แม่นยำและถูกต้อง

3) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา คณิตศาสตร์เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ ที่กำหนดให้

ซึ่งผู้วิจัยนำมาใช้เป็นเป้าหมายหลักในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2.2 สร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ

ขั้นตอนนี้เป็นารพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้และสร้างเครื่องมือประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยดำเนินการดังนี้

2.2.1 ร่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากการสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยนำมากำหนดเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบและการประเมินผลการเรียนรู้ตามรูปแบบ มีรายละเอียดขององค์ประกอบสรุปได้ดังนี้

ตาราง 11 สรุปสาระสำคัญขององค์ประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้

องค์ประกอบของ รูปแบบการจัดการเรียนรู้	สาระขององค์ประกอบ
หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีหลักการ 4 ข้อ คือ 1. การจัดการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมและเป็นผู้ลงมือปฏิบัติหรือฝึกฝนด้วยตนเอง เพื่อนำไปสู่การค้นพบความรู้ด้วยตนเองด้วยความเข้าใจ 2. การจัดการเรียนรู้เน้นสถานการณ์ปัญหาหรือกิจกรรมที่เหมาะสมกับนักเรียน เพื่อฝึกให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เทคนิค ยุทธวิธีที่หลากหลายมาใช้แก้ปัญหา 3. การจัดการเรียนรู้เน้นกระบวนการคิดควบคู่กับการประเมินผลด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การสังเกต การใช้คำถาม การฟังจากการนำเสนอแนวคิดและเหตุผลของนักเรียน 4. การจัดการเรียนรู้เป็นการเตรียมความพร้อมให้นักเรียนสามารถนำความสามารถด้านคำนวณไปใช้ในชีวิตประจำวัน
จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถด้านคำนวณในแต่ละองค์ประกอบที่กำหนดสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันได้เหมาะสม
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบ	กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นเชื่อมโยงความรู้ (Connection) 2. ขั้นสร้างความรู้ (Construction) 3. ขั้นฝึกคิดคำนวณ (Calculation) 4. ขั้นทำซ้ำย้ำทวน (Cycle apply)
การประเมินผลการเรียนรู้ตามรูปแบบ	การวัดและประเมินผลตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการวัดและประเมินผลก่อนการจัดการเรียนรู้ ระหว่างการจัดการเรียนรู้ และภายหลังการจัดการเรียนรู้ โดยนักเรียนและครูผู้สอนเป็นผู้ประเมิน

2.2.2 สร้างเครื่องมือประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ และใช้แบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนซึ่งได้มาจากการวิจัยระยะที่ 1 สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นเชื่อมโยงความรู้ (Connection) หมายถึง การทบทวนความรู้ความเข้าใจพื้นฐาน ความคิดรวบยอดและประสบการณ์เดิมทางคณิตศาสตร์ที่สัมพันธ์กับเนื้อหาใหม่ เพื่อเป็นการเชื่อมโยงความรู้ให้กับนักเรียนสำหรับเตรียมความพร้อมในการเรียนเนื้อหาต่อไป โดยใช้การอภิปราย การดูวีดิทัศน์ รูปภาพ การใช้คำถาม สื่อการสอนต่าง ๆ การนำเสนอแผนที่ความคิดของเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เรียนผ่านมาแล้ว การยกตัวอย่างสถานการณ์ของการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อสร้างความตระหนักให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริง

ที่มาของขั้นเชื่อมโยงความรู้ มาจากทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์นั้นมีความเชื่อว่านักเรียนแต่ละคนมีประสบการณ์และพื้นฐานความรู้แตกต่างกัน การจัดการเรียนรู้ต้องคำนึงถึงความรู้เดิมของนักเรียนและลำดับความยากง่ายของเนื้อหาให้มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน สำหรับวิธีการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) มุ่งเน้นให้ครูเป็นผู้นำเสนอเนื้อหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิด ทักษะ ที่มีอยู่เดิมกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพื่อฝึกให้นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นความรู้ต่อเนื่องในการเรียนบางเนื้อหา นักเรียนต้องเข้าใจเนื้อหาเดิมก่อนจึงจะสามารถเรียนรู้เนื้อหาใหม่ได้ การจัดการเรียนรู้โดยคำนึงถึงประสบการณ์เดิมและความรู้พื้นฐานของนักเรียนจะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ได้ดีและง่ายขึ้น

การจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ ประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ ดังนี้

1.1) ครูนำเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันที่สัมพันธ์กับเนื้อหาใหม่ที่จะเรียน โดยการใช้สื่อการสอนที่เป็นรูปธรรม เช่น ของจริง รูปภาพ แผนภูมิประกอบการอธิบาย วีดิทัศน์ จากนั้นใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เสนอแนวคิด ทำความเข้าใจกับสถานการณ์ที่กำหนด

1.2) ให้นักเรียนยกตัวอย่างประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เรียนผ่านมาแล้วและเชื่อมโยงกับเนื้อหาใหม่ เพื่อเป็นการทบทวนความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

บทบาทของครูผู้สอน ครูจัดเตรียมสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ใน ชีวิตประจำวันทั้งสถานการณ์ที่ซับซ้อนและไม่ซับซ้อน นำเสนอผ่านการใช้สื่อการสอนที่หลากหลาย เช่น ของจริง รูปภาพ วิดีทัศน์ โดยเลือกใช้คำถามที่เหมาะสมเพื่อกระตุ้นความสนใจและสร้าง แรงจูงใจในการเรียนรู้ของนักเรียน รวมถึงการนำเสนอแผนที่ความคิดเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่น่าสนใจ เข้าใจง่าย เพื่อเป็นตัวอย่างที่ดีในการเขียนแผนที่ความคิดของนักเรียน

บทบาทของนักเรียน นักเรียนร่วมกิจกรรมด้วยการอภิปราย เสนอแนวคิด ตอบคำถาม ของครู ลงมือปฏิบัติกิจกรรมที่กำหนดด้วยความตั้งใจ โดยพยายามแสดงให้เห็นถึงความรู้ความ เข้าใจในเนื้อหาที่คณิตศาสตร์เดิมที่ได้เรียนผ่านมาแล้ว

2) **ชั้นสร้างความรู้ (Construction)** หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยครูนำเสนอเนื้อหาใหม่ ให้นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ ทดลอง ค้นคว้าหาแนวทาง แก้ปัญหา จนเกิดความเข้าใจและสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

ที่มาของชั้นสร้างความรู้ มาจากทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์เน้นให้ ครูผู้สอนจัดสถานการณ์หรือประสบการณ์ให้นักเรียนได้มีโอกาสสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองจะทำให้ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดการสอนแนะให้รู้คิดที่เน้นการจัดการเรียนรู้โดย นำเสนอปัญหาที่หลากหลายให้นักเรียนได้ฝึกคิดหาคำตอบและวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง และ แนวคิดการสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของโพลยาที่ต้องการให้นักเรียนฝึก กระบวนการแก้ปัญหาตามวัฏจักร 4 ขั้น คือ ทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการ ตามแผนและตรวจสอบคำตอบ เพื่อให้ผู้เรียนได้ตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบที่คิดได้

การจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ ดังนี้

2.1) ครูนำเสนอเนื้อหาใหม่ด้วยการยกตัวอย่างจากง่ายไปหายากให้นักเรียนเรียนรู้ด้วย การลงมือปฏิบัติกิจกรรม อภิปราย ตอบคำถาม แลกเปลี่ยนแนวคิดและความรู้กับเพื่อน ๆ และครู แล้วช่วยกันสรุปแนวคิดหลักที่ได้จากการเรียนรู้

2.2) ครูยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันที่สัมพันธ์กับเนื้อหาที่ เรียน โดยใช้สื่อการสอนที่เป็นรูปธรรมและให้นักเรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหาโดยใช้ยุทธวิธีที่หลากหลาย ในการหาคำตอบเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ยุทธวิธีแก้ปัญหาแต่ละแบบ แล้วออกมาแนะนำเสนอ แนวคิดในการแก้ปัญหากับเพื่อนในชั้นเรียน

บทบาทของครูผู้สอน จัดการเรียนรู้โดยคำนึงถึงประสบการณ์และพื้นฐานความรู้ที่ แตกต่างกันของผู้เรียน ให้ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือกระทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่การค้นพบความรู้ ด้วยตนเอง ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในความสามารถของตนเองที่จะแก้ปัญหาได้ สนับสนุนให้

ผู้เรียนฝึกใช้แนวทางการแก้ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา จัดสภาพแวดล้อม เตรียมสื่อการสอน วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เอื้อต่อการแก้ปัญหาและสร้างบรรยากาศที่ดีที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ใช้เทคนิคการถามคำถามและชี้แนะเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเลือกใช้ยุทธวิธีที่หลากหลายมาแก้ปัญหา เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีการอภิปราย สื่อสารแนวคิดและเหตุผลของตนเองกับเพื่อนในชั้นเรียน จากการพูด การเขียน หรือการวาดภาพ ซึ่งเป็นแนวทางช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจตนเองว่ากำลังคิดอะไรและทำอะไร รวมทั้งช่วยให้ครูประเมินความคิดและเหตุผลของนักเรียนได้ด้วย

บทบาทของผู้เรียน ฝึกทักษะและลงมือปฏิบัติกิจกรรมการคิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดโดยใช้ยุทธวิธีที่หลากหลายมาแก้ปัญหา ช่วยกันวิเคราะห์และร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นแนวทางการหาคำตอบ รายงานคำตอบและแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง ช่วยกันตรวจสอบคำตอบและซักถามเมื่อสงสัย ช่วยกันอภิปรายเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปจากการเรียนรู้

3) ขั้นฝึกคิดคำนวณ (Calculation) หมายถึง การให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการบวก การลบ การคูณ และการหาร จำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยม อัตราส่วนและร้อยละ ซึ่งเป็นการฝึกคิดคำนวณจากการใช้ใบงานหรือบัตรคิดคำนวณที่สอดคล้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริง

ที่มาของขั้นฝึกคิดคำนวณ มาจากทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์ที่เชื่อว่าการเรียนรู้โดยการค้นพบของผู้เรียนเกิดขึ้นจากการนำเสนอกิจกรรมของครูผู้สอนใน 3 ลักษณะ คือ การนำเสนอให้ผู้เรียนเป็นผู้กระทำ การนำเสนอโดยใช้รูปภาพ และการนำเสนอโดยใช้สัญลักษณ์ สำหรับแนวคิดของวิธีการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) นั้นต้องการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนโดยการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ ฝึกฝนทักษะด้วยตนเองจนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองด้วยความเข้าใจ

การจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ ดังนี้

3.1) นักเรียนฝึกคิดคำนวณในใจด้วยการตอบปากเปล่า โดยครูเตรียมโจทย์บัตรคิดคำนวณให้นักเรียนฝึกหาคำตอบทีละข้อพร้อมอธิบายแนวคิด

3.2) นักเรียนฝึกคิดคำนวณด้วยการเขียนคำตอบลงในใบงานภายในเวลาที่กำหนด จากนั้นครูและนักเรียนช่วยกันเฉลยคำตอบพร้อมทั้งอธิบายแนวคิด

บทบาทของครูผู้สอน จัดเตรียมบัตรคิดคำนวณและใบงานเพื่อให้นักเรียนฝึกทักษะการคิดคำนวณในใจให้มีความหลากหลาย สอดคล้องกับเนื้อหาและกำหนดเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมแต่ละครั้งให้เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียนส่วนใหญ่ กระตุ้นความสนใจและสร้างแรงจูงใจในการทำกิจกรรมโดยการจัดกลุ่มแข่งขันหรือเสริมแรงด้วยการให้รางวัล ทั้งนี้ครูผู้สอนอาจ

มอบหมายไปงานเพิ่มเติมให้กับนักเรียนที่ยังไม่มีทักษะการคิดคำนวณเพียงพอสำหรับนำมาใช้ในการเรียนรู้เรื่องใหม่และแก้โจทย์ปัญหา โดยให้ทำไปงานนอกเวลาเรียนปกติ

บทบาทของนักเรียน นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการฝึกคิดคำนวณด้วยความตั้งใจ มุ่งมั่นพยายามคิดหาคำตอบด้วยตนเอง และร่วมกันตรวจสอบคำตอบพร้อมอธิบายถึงเทคนิควิธีการที่นำมาใช้ในการหาคำตอบ

4) ขั้นทำซ้ำย้ำทวน (Cycle application) หมายถึง การนำความรู้ความเข้าใจ เทคนิควิธีการ หลักการต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ ไปใช้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนด

ที่มาของขั้นทำซ้ำย้ำทวน มาจากทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์นั้นมีแนวคิดว่าการจัดการเรียนรู้ควรจัดสถานการณ์หรือประสบการณ์ให้นักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง สำหรับวิธีการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) มุ่งเน้นให้ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยจัดสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรมและฝึกแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจด้วยตนเองและควรมีการประเมินอย่างสม่ำเสมอ เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนแก้ปัญหาได้หรือไม่ มีวิธีแก้ปัญหาอย่างไร ส่วนวิธีการการสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของโพลยาเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ฝึกแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน คือ ทำความเข้าใจปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบ โดยใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

การจัดการเรียนรู้ในขั้นนี้ประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ ดังนี้

4.1) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ แนวคิดหรือหลักการต่าง ๆ ที่ได้จากการเรียนรู้แล้วให้นักเรียนนำเสนอหน้าชั้นเรียน

4.2) นักเรียนฝึกแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนด

บทบาทของครูผู้สอน ครูเน้นให้นักเรียนสรุปและสร้างความรู้ด้วยตนเองด้วยความเข้าใจจากการทำกิจกรรมที่ผ่านมา ครูเลือกสถานการณ์ในชีวิตจริงที่น่าสนใจจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น หนังสือ สื่อสิ่งพิมพ์หรืออินเทอร์เน็ต และกระตุ้นให้นักเรียนสามารถใช้ยุทธวิธีที่หลากหลายมาแก้ปัญหาจากการทำไปงานที่กำหนด

บทบาทของนักเรียน นักเรียนลงมือฝึกแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนด ทั้งแบบทำงานเป็นกลุ่มและงานเดี่ยว ช่วยกันสรุปความคิดรวบยอดที่ได้จากการลงมือแก้ปัญหา และนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาหน้าชั้นเรียน

ตาราง 12 สรุปการเชื่อมโยง แนวคิด ทฤษฎีและหลักการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบ

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	ทฤษฎีการเรียนรู้ โดยการค้นพบของบรูเนอร์	การสอนแนะ ให้รู้คิด (CGI)	การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตาม ขั้นตอนของโพลยา
1. ขั้นเชื่อมโยง ความรู้ (Connection)	นักเรียนแต่ละคนมีพื้นฐานและประสบการณ์ ความรู้แตกต่างกัน การจัดการเรียนรู้ต้อง คำนึงถึงลำดับความยากง่ายของเนื้อหา และ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของความรู้เดิมกับ ความรู้ใหม่	ครูนำเสนอเนื้อหาความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับ สถานการณ์ในชีวิตประจำวันเพื่อให้ นักเรียน เชื่อมโยงแนวคิด ทักษะ ที่มีอยู่เดิมกับ สถานการณ์ที่กำหนด	-
2. ขั้นสร้างความรู้ (Construction)	จัดสถานการณ์หรือประสบการณ์ให้นักเรียน ได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง	นำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลายให้ นักเรียนฝึกคิดหาคำตอบและวิธีแก้ปัญหาด้วย ตนเอง โดยครูช่วยแนะให้นักเรียนเข้าใจปัญหา และกระตุ้นให้นักเรียนคิดหาคำตอบ	จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ ฝึกทดลองแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตามแนวคิดกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้น และฝึกใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา ที่หลากหลาย
3. ขั้นฝึกคิดคำนวณ (Calculation)	การเรียนรู้ของนักเรียนเกิดขึ้นได้ด้วยการ กระทำ การใช้รูปภาพหรือวาดภาพในใจ และการใช้สัญลักษณ์ โดยนักเรียนต้องเป็นผู้ ลงมือกระทำด้วยตนเอง	พัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์โดยการจัด กิจกรรมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ ฝึกฝนด้วย ตนเองเพื่อนำไปสู่การสร้างความรู้ด้วยตนเอง	-

ตาราง 12 (ต่อ)

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	ทฤษฎีการเรียนรู้ โดยการค้นพบของบรูเนอร์	การสอนแนะให้รู้คิด (CGI)	การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตาม ขั้นตอนของโพลยา
4. ขั้นทำซ้ำย้ำทวน (Cycle application)	จัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้เรียนรู้จาก สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัวด้วยตนเอง จากการนำเสนอกิจกรรมของครู 3 ลักษณะ คือ ของจริง รูปภาพ และ สัญลักษณ์ โดยครูเป็นผู้กำหนด วัตถุประสงค์ของหัวข้อที่จะให้นักเรียน เรียนรู้ และใช้คำถามถามนักเรียน	จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยจัด สถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนลงมือทำ กิจกรรมและฝึกแก้ปัญหาเพื่อพัฒนา ความรู้ความเข้าใจด้วยตนเองและมีการ ประเมินอย่างสม่ำเสมอ เพื่อตรวจสอบ ว่านักเรียนแก้ปัญหานั้นได้หรือไม่ มีวิธี แก้ปัญหายังไง โดยการถามคำถาม และฟังคำตอบของนักเรียน	จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกำหนด สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน หรือบริบทในชีวิตจริงให้นักเรียนได้ฝึก แก้ปัญหามathematicsตามแนวคิด กระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้น และฝึกใช้ ยุทธวิธีการแก้ปัญหามากมาย

2.2.3 นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้อง โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

1) เกณฑ์การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน

1.1) มีประสบการณ์การสอนคณิตศาสตร์ในระดับมหาวิทยาลัยและทำงานวิจัยเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ อย่างน้อย 5 ปี

1.2) สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาโททางด้านคณิตศาสตร์

2) เกณฑ์การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญทางด้านการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 2 ท่าน

2.1) มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นหรือทำงานวิจัยเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ อย่างน้อย 5 ปี

2.2) สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาโททางด้านคณิตศาสตร์

3) เกณฑ์การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 2 ท่าน

3.1) มีประสบการณ์ทำงานหรือทำงานวิจัยทางด้านการวัดผลการศึกษา

3.2) สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีหรือปริญญาโททางด้าน การวัดผลและประเมินผลการศึกษา

การประเมินคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ใช้เครื่องมือประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์ในการแปลความหมายผลการประเมินคุณภาพของรูปแบบ ฯ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2546: 162)

คะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00	หมายถึง	รูปแบบมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50	หมายถึง	รูปแบบมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก
คะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50	หมายถึง	รูปแบบมีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50	หมายถึง	รูปแบบมีคุณภาพอยู่ในระดับน้อย
คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.50	หมายถึง	รูปแบบมีคุณภาพอยู่ในระดับน้อยที่สุด

2.3 การศึกษาประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ขั้นตอนนี้เป็นกรนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้จริงเพื่อประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินการดังนี้

2.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครราชสีมา เขต 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 65 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 2,049 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครราชสีมา เขต 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 2 โรงเรียน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 1 โรงเรียนและกลุ่มทดลอง 1 โรงเรียน ดังนี้

กลุ่มทดลอง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนที่ 1 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 20 คน

กลุ่มควบคุม ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนที่ 2 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 16 คน

โดยมีเกณฑ์ในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง คือ 1) เป็นโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาในสังกัด สพฐ. 2) มีจำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ใกล้เคียงกันและมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ใกล้เคียงกัน 3) ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์มีประสบการณ์ในการสอนคณิตศาสตร์อย่างน้อย 5 ปี และเรียนจบปริญญาตรีวิชาเอกคณิตศาสตร์

2.3.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ แบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน และการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้แก่ ความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน ความคงทนในการเรียนรู้ และค่าดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบ

2.3.3 แบบแผนการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการตามแบบแผนกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Design) แบบสองกลุ่มมีการวัดซ้ำ (Control Group Time - Series design) (ชูศรี วงศ์รัตน์ และองอาจ นัยวัฒน์. 2551: 36) ดังนี้

ตาราง 13 แบบแผนการทดลอง

กลุ่ม	ทดสอบก่อน	ให้สิ่งทดลอง	ทดสอบหลัง	ระยะติดตามผล
C	O ₁	X _a	O ₂	O ₃
E	O ₁	X _b	O ₂	O ₃

C	แทน	นักเรียนกลุ่มควบคุม
E	แทน	นักเรียนกลุ่มทดลอง
O ₁	แทน	การทดสอบก่อนเรียน
X _a	แทน	รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
X _b	แทน	รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถ
		ด้านคำนวณของนักเรียน
O ₂	แทน	การทดสอบหลังเรียน
O ₃	แทน	การทดสอบระยะติดตามผล

หลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์

การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นในครั้งนี้ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองไม่ได้ดำเนินการสุ่มแบบสมบูรณ์ ซึ่งการวิจัยเชิงทดลองนั้นมีตัวแปรแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นได้เสมอ ผู้วิจัยได้ดำเนินการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนดังกล่าว เพื่อให้มั่นใจได้ว่าตัวแปรตามเป็นผลมาจากตัวแปรต้นอย่างแท้จริง ดังนี้

1. กำหนดให้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเป็นอิสระจากกัน มีคุณสมบัติด้านต่าง ๆ เท่าเทียมกันหรือมีคุณสมบัติเหมือนกัน คือ เป็นโรงเรียนขยายโอกาสในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครราชสีมา เขต 4 นักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมอยู่คนละโรงเรียน แต่มีลักษณะ ขนาด จำนวนนักเรียนที่ใกล้เคียงกัน เพื่อให้มั่นใจว่าการจัดกระทำกับตัวแปรต้นหรือการใช้รูปแบบ ๓ ส่งผลกับนักเรียนกลุ่มทดลองเท่านั้น ไม่ได้ส่งผลกับนักเรียนกลุ่มควบคุม และเป็นการควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นให้มากที่สุด

2. ลดความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน เพื่อควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนโดยการทำให้ค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยที่สุดหรือเป็นศูนย์ ผู้วิจัยลดความคลาดเคลื่อนอย่างเป็นระบบ (Systematic error) โดยการสร้างเครื่องมือวัดให้มีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นสูง ตลอดจนมีความเป็นปรนัยและมีประสิทธิภาพสูง โดยมีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และการควบคุมการทดสอบด้วยตนเอง

2.3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยทำการทดลองกับนักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ จำนวน 18 ชั่วโมง ในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2560 มีขั้นตอนดังนี้

1) ผู้วิจัยนำหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลการวิจัย จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ไปส่งยังโรงเรียนกลุ่มเป้าหมายซึ่งได้แจ้งและประสานการดำเนินงานไว้ก่อนแล้ว เพื่อขอความร่วมมือและกำหนดการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2) ผู้วิจัยชี้แจงหลักการและเหตุผลของการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พร้อมทั้งนัดหมายกำหนดการวันเวลาที่将会ทดลองกับนักเรียน

3) ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มทดลองนั้น ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอนตามรูปแบบการจัดการเรียนเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นด้วยตนเอง ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผู้ดำเนินการทดลองในการวิจัยครั้งนี้มีคุณสมบัติ คือ เป็นครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาศึกษาปีที่ 2 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาคณิตศาสตร์ มีประสบการณ์ในการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาอย่างน้อย 5 ปี มีผลงานทางด้านการสอนคณิตศาสตร์และมีความรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมายอย่างดียิ่ง ก่อนดำเนินการวิจัยกับนักเรียนกลุ่มควบคุมเพื่อให้ผลการทดลองมีความเที่ยงตรง ผู้วิจัยได้อธิบายขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การใช้สื่อการสอนต่าง ๆ และการเก็บข้อมูลอื่น ๆ กับครูผู้สอนจนเกิดความเข้าใจ โดยผู้วิจัยเข้าร่วมสังเกตการสอนในบางครั้งและเข้าร่วมเก็บข้อมูลการทดสอบก่อนเรียนกับหลังเรียนของนักเรียน ซึ่งการดำเนินการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

3.1) นักเรียนกลุ่มทดลองจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ มีขั้นตอนดังนี้

3.1.1) ครูผู้สอนชี้แจงแนวทางการจัดการเรียนรู้ จุดมุ่งหมาย ขั้นตอนการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลตามรูปแบบแก่นักเรียน

3.1.2) ทดสอบความสามารถด้านคำนวณก่อนทดลอง

3.1.3) ดำเนินการสอนโดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ 4 ขั้น คือ 1) ขั้นเชื่อมโยงความรู้ 2) ขั้นสร้างความรู้ 3) ขั้นฝึกคิดคำนวณ และ 4) ขั้นทำซ้ำย้ำทวน

3.1.4) ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูผู้สอนสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนจากการตอบคำถาม การทำกิจกรรมกลุ่ม การทำใบงาน เพื่อประเมินความสามารถของนักเรียนในการนำความสามารถด้านคำนวณไปใช้ และนำข้อมูลมาปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้และพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3.1.5) ทดสอบความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนหลังเรียนและระยะติดตามผล ห่างกัน 3 สัปดาห์

3.2) นักเรียนกลุ่มควบคุม จัดการเรียนรู้แบบปกติ มีขั้นตอนดังนี้

3.2.1) ครูผู้สอนชี้แจงแนวทางการจัดการเรียนรู้ จุดมุ่งหมาย ขั้นตอนการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลตามรูปแบบแก่นักเรียน

3.2.2) ทดสอบความสามารถด้านคำนวณก่อนทดลอง

3.2.3) ดำเนินการสอนโดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้น คือ 1) ขั้นนำ 2) ขั้นสอน 3) ขั้นสรุป

3.2.4) ทดสอบความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนหลังเรียนและระยะติดตามผล ห่างกัน 3 สัปดาห์

2.3.5 การจัดทำและการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยในระยะที่ 2

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการดังนี้

1) ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าคะแนนสูงสุด ค่าคะแนนต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความแปร ความถี่ ของคะแนนความสามารถด้านคำนวณ

2) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านคำนวณ แบ่งเป็น 3 ด้าน คือ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยการวิเคราะห์ Hotelling's T^2 โดยพิจารณาจากสถิติ Wilk's Lambda แต่ถ้าข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์มีการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นในบางเงื่อนไข จะพิจารณาจากสถิติ Pillai's Trace ซึ่งมีความแกร่ง (Robustness) มากกว่า (ทรงศักดิ์ ภู่อ่อน. 2558: 246 อ้างอิงจาก Tabachnick and Fidell. 2001: 348)

3) หาค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ โดยใช้สูตรของกลาส (Glass), แม็คกอร์ว (MCGaw) และ สมิธ (Smith) (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 48-49 อ้างถึงใน Glass, MCGaw; & Smith. 1981) มีเกณฑ์การแปลผลความหมายขนาดอิทธิพล (Cohen. 1988) โดยแบ่งขนาดอิทธิพลออกเป็น 3 ระดับคือ ขนาดเล็ก (Small Effect Size) เท่ากับ 0.2 ขนาดกลาง (Medium Effect Size) เท่ากับ 0.5 และขนาดใหญ่ (Large Effect Size) เท่ากับ 0.8

4) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านคำนวณ แบ่งเป็น 3 ด้าน คือ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล เพื่อศึกษาความคงทนของการเรียนรู้ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way MANOVA; repeated measures)

5) หาค่าดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ โดยใช้สูตรของฮอฟแลนด์ (บุญชม ศรีสะอาด. 2546: 157-159 อ้างอิงจาก Hofland) แปลความหมายของค่าดัชนีประสิทธิผลโดยเทียบกับเกณฑ์ค่าดัชนีประสิทธิผลมีค่าตั้งแต่ .50 ขึ้นไปถือเป็นการเพิ่มที่อยู่ในระดับมาก (บุญชม ศรีสะอาด. 2546: 163)

2.3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1) หาค่าสถิติพื้นฐานได้แก่ ค่าคะแนนสูงสุด ค่าคะแนนต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง

2) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านคำนวณ แบ่งเป็น 3 ด้าน คือ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยการวิเคราะห์ Hotelling's T^2 (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. 2558: 235)

$$T^2 = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} [\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2]' S^{-1} [\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2]$$

เมื่อ	T^2	แทน	ค่าสถิติทดสอบ Hotelling T^2
	n_1	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มที่ 1
	n_2	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มที่ 2
	S	แทน	เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม
	$[\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2]$	แทน	เวกเตอร์ความต่างของค่าเฉลี่ย

3) ค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ โดยใช้สูตรของกลาส (Glass), แม็คกอว์ (MCGaw) และ สมิธ (Smith) (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 48-49 อ้างถึงใน Glass, MCGaw; & Smith. 1981)

$$d = \frac{\bar{Y}_E - \bar{Y}_C}{S_C}$$

เมื่อ	d	แทน	ขนาดอิทธิพล (effect size)
	$\bar{Y}_E$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลอง
	$\bar{Y}_C$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม
	S_C	แทน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มควบคุม

4) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านคำนวณ แบ่งเป็น 3 ด้าน คือ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล เพื่อศึกษาความคงทนของการเรียนรู้ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนามทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way MANOVA; repeated measures) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. 2558: 243-253)

5) ค่าดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยใช้สูตรของฮอฟแลนด์ (บุญชม ศรีสะอาด. 2546: 157-159 อ้างอิงจาก Hofland) ดังนี้

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล} = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนหลังเรียนของทุกคน} - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนของทุกคน}}{(\text{จำนวนนักเรียน} \times \text{คะแนนเต็ม}) - \text{ผลรวมของคะแนนก่อนเรียนของทุกคน}}$$

2.3.7 เกณฑ์การประเมินประสิทธิผลของการใช้รูปแบบ

เกณฑ์การประเมินประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พิจารณาดังนี้

1) นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านคำนวณหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2) นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ มีความคงทนของการเรียนรู้ หลังการทดสอบหลังเรียนไปแล้ว 3 สัปดาห์

3) ค่าดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนเทียบกับเกณฑ์มีค่ามากกว่า .50

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเสนอ ดังนี้

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และความหมายที่ใช้แทนค่าสถิติและตัวแปรต่าง ๆ ในการนำเสนอ ดังนี้

$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
SD	แทน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
CV	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย
SE	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
k	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
Sk	แทน	ค่าความเบ้
Ku	แทน	ค่าความโด่ง
ϵ	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดตัวแปรสังเกตได้ภายใน
λ	แทน	น้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน
χ^2	แทน	ค่าสถิติไคสแควร์
df	แทน	องศาอิสระ
R^2	แทน	ค่าสัดส่วนของความแปรปรวนของตัวแปรสังเกตได้ อธิบายได้ด้วยความแปรปรวนของตัวแปรแฝง
ρ_c	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของตัวแปรแฝง
ρ_v	แทน	ค่าความแปรปรวนที่สกัดได้
t	แทน	ค่าสถิติที
F	แทน	ค่าสถิติเอฟ
GFI	แทน	ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน
AGFI	แทน	ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนปรับแก้

RMSEA	แทน	ดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์
SRMR	แทน	ดัชนีค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือในรูป คะแนนมาตรฐาน
Num	แทน	ความสามารถด้านคำนวณ
Con	แทน	ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์
Cal	แทน	ทักษะการคิดคำนวณ
Skill	แทน	ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
A1-A10	แทน	ตัวแปรสังเกตได้ของความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ตัวที่ 1-10
B1-B10	แทน	ตัวแปรสังเกตได้ของทักษะการคิดคำนวณ ตัวที่ 1-10
C1-C10	แทน	ตัวแปรสังเกตได้ของทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ตัวที่ 1-10

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนาแบบแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กับข้อมูลเชิงประจักษ์

1.1 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรแฝง

1.2 การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้

1.3 การตรวจสอบโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่ง (Confirmatory Factor Analysis: First Order) และวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง (Confirmatory Factor Analysis: Second Order)

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาแบบแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาประสิทธิผลของการใช้แบบแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กับข้อมูลเชิงประจักษ์

1.1 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรแฝง

การวิเคราะห์ในขั้นนี้ ผู้วิจัยวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรแฝงที่ใช้วัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) สัมประสิทธิ์การกระจาย (CV) ความเบ้ (Sk) และความโด่ง (Ku) แสดงดังตาราง 14

ตาราง 14 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรแฝงที่ใช้วัดความสามารถด้านคำนวณ (n = 660)

องค์ประกอบของความสามารถด้านคำนวณ	k	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	SD	CV	Sk	Ku
ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์	10	10	6.72	2.53	0.38	-0.56	-0.55
ทักษะการคิดคำนวณ	10	10	5.65	3.13	0.55	-0.39	-1.07
ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	10	60	17.30	12.74	0.74	0.38	-0.71
รวม	30	80	29.67	18.40	1.67	-0.57	-2.33

จากตาราง 14 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านคำนวณเท่ากับ 29.67 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 18.40 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายเท่ากับ 1.67 เมื่อพิจารณาค่าความเบ้มีค่าการแจกแจงในลักษณะเบ้ซ้าย มีค่าเท่ากับ -0.57 แสดงว่าข้อมูลส่วนใหญ่สูงกว่าค่าเฉลี่ย เมื่อพิจารณาค่าความโด่ง มีค่าเท่ากับ -2.33 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงลักษณะเป็นโค้งแบนกว่าปกติ

1.2 การตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้

การวิเคราะห์ในขั้นนี้เพื่อตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงความสามารถด้านคำนวณที่ศึกษา ทั้งนี้เพื่อยืนยันว่าตัวแปรที่ศึกษา มีความสัมพันธ์ร่วมกันหรือไม่ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตาราง 2

ตาราง 15 เมทริกซ์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ขององค์ประกอบความสามารถด้านคำนวณ

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	B1	B2	B3	B4	B5
A1	1.00														
A2	.13**	1.00													
A3	.22**	.18**	1.00												
A4	.21**	.24**	.24**	1.00											
A5	.10**	.17**	.11**	.21**	1.00										
A6	.16**	.20**	.14**	.20**	.31**	1.00									
A7	.18**	.26**	.16**	.17**	.18**	.26**	1.00								
A8	.19**	.33**	.28**	.30**	.24**	.42**	.29**	1.00							
A9	.18**	.25**	.20**	.39**	.16**	.25**	.22**	.36**	1.00						
A10	.18**	.18**	.12**	.19**	.24**	.25**	.17**	.35**	.35**	1.00					
B1	.30**	.27**	.31**	.16**	.09*	.25**	.20**	.36**	.19**	.17**	1.00				
B2	.29**	.35**	.32**	.24**	.16**	.30**	.34**	.38**	.31**	.25**	.49**	1.00			
B3	.20**	.31**	.40**	.24**	.16**	.24**	.25**	.30**	.21**	.20**	.32**	.36**	1.00		
B4	.18**	.33**	.19**	.31**	.21**	.41**	.23**	.40**	.35**	.33**	.40**	.40**	.35**	1.00	
B5	.17**	.30**	.17**	.15**	.26**	.27**	.20**	.23**	.20**	.23**	.22**	.27**	.28**	.37**	1.00
B6	.25**	.34**	.25**	.19**	.17**	.31**	.23**	.40**	.31**	.33**	.35**	.40**	.33**	.41**	.28**
B7	.20**	.30**	.24**	.18**	.15**	.34**	.28**	.39**	.28**	.32**	.26**	.34**	.31**	.37**	.25**
B8	.15**	.32**	.17**	.26**	.20**	.32**	.25**	.37**	.33**	.33**	.21**	.31**	.29**	.39**	.30**
B9	.22**	.35**	.21**	.29**	.20**	.39**	.29**	.49**	.47**	.43**	.34**	.38**	.30**	.47**	.30**
B10	.17**	.21**	.19**	.23**	.15**	.28**	.18**	.34**	.43**	.35**	.25**	.36**	.24**	.33**	.27**
C1	.20**	.17**	.19**	.11**	.11**	.18**	.09*	.28**	.20**	.25**	.38**	.39**	.13**	.25**	.24**
C2	.20**	.31**	.22**	.16**	.16**	.19**	.18**	.30**	.23**	.21**	.29**	.42**	.22**	.28**	.27**
C3	.15**	.27**	.25**	.25**	.15**	.16**	.13**	.23**	.17**	.12**	.25**	.28**	.29**	.20**	.25**
C4	.11**	.22**	.21**	.21**	.20**	.24**	.20**	.32**	.27**	.22**	.29**	.32**	.20**	.40**	.30**
C5	.20**	.19**	.23**	.23**	.24**	.23**	.28**	.31**	.22**	.19**	.29**	.35**	.25**	.28**	.39**
C6	.12**	.26**	.23**	.23**	.23**	.25**	.22**	.33**	.24**	.20**	.25**	.29**	.32**	.32**	.34**
C7	.18**	.32**	.31**	.31**	.21**	.27**	.30**	.42**	.26**	.25**	.35**	.36**	.29**	.38**	.37**
C8	.14**	.23**	.22**	.22**	.18**	.18**	.25**	.34**	.24**	.23**	.29**	.27**	.20**	.29**	.34**
C9	.21**	.23**	.25**	.25**	.17**	.24**	.27**	.33**	.25**	.31**	.35**	.38**	.21**	.31**	.30**
C10	.10**	.14**	.20**	.20**	.15**	.14**	.19**	.25**	.32**	.22**	.20**	.28**	.08*	.20**	.26**

ตาราง 15 (ต่อ)

	B6	B7	B8	B9	B10	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
A1															
A2															
A3															
A4															
A5															
A6															
A7															
A8															
A9															
A10															
B1															
B2															
B3															
B4															
B5															
B6	1.00														
B7	.43**	1.00													
B8	.35**	.39**	1.00												
B9	.40**	.46**	.54**	1.00											
B10	.38**	.29**	.28**	.47**	1.00										
C1	.27**	.21**	.22**	.25**	.16**	1.00									
C2	.25**	.21**	.23**	.27**	.23**	.50**	1.00								
C3	.19**	.16**	.23**	.19**	.16**	.41**	.58**	1.00							
C4	.25**	.17**	.20**	.32**	.20**	.43**	.54**	.49**	1.00						
C5	.27**	.23**	.27**	.27**	.20**	.43**	.44**	.50**	.55**	1.00					
C6	.40**	.30**	.34**	.35**	.29**	.38**	.44**	.52**	.48**	.59**	1.00				
C7	.35**	.36**	.34**	.37**	.32**	.36**	.46**	.48**	.54**	.53**	.61**	1.00			
C8	.24**	.27**	.38**	.31**	.30**	.28**	.35**	.39**	.45**	.42**	.53**	.64**	1.00		
C9	.23**	.28**	.41**	.42**	.34**	.39**	.38**	.27**	.41**	.44**	.39**	.50**	.54**	1.00	
C10	.20**	.15**	.24**	.31**	.43**	.26**	.30**	.24**	.34**	.36**	.40**	.48**	.56**	.51**	1.00
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy												0.929			
Bartlett's Test of Sphericity Approx. Chi-Square												7524.089**			
df												435			
sig												.000			

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 15 พบว่า ตัวแปรสังเกตได้ขององค์ประกอบความสามารถด้านคำนวณมีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.08 – 0.64 เมื่อพิจารณาค่า Bartlett's test of sphericity มีค่าเท่ากับ 7524.089 ($p < .00$) แสดงว่า เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้แตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญ และค่าดัชนี Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy มีค่าเท่ากับ 0.929 แสดงว่าตัวแปรสังเกตได้ของข้อมูลชุดนี้มีความสัมพันธ์กันมากพอที่จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบได้

1.3 การตรวจสอบโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 2 ด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)

ผู้วิจัยวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน 2 อันดับ คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่ง (Confirmatory Factor Analysis: First Order) และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง (Confirmatory Factor Analysis: Second Order) สำหรับการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดกับข้อมูลเชิงประจักษ์นั้น พิจารณาจากค่าดัชนีวัดความสอดคล้องกลมกลืน χ^2 , ค่า χ^2/df , GFI, AGFI, RMSEA, SRMR ค่าความมีนัยสำคัญของน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) ซึ่งควรมีค่าสูง และมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย รวมทั้งตรวจสอบความเชื่อมั่นของการวัด (Reliability) ด้วยการพิจารณาค่าสัดส่วนความแปรปรวนของตัวแปรสังเกตได้ที่อธิบายด้วยตัวแปรแฝง (Square Multiple Correlation: R^2) พิจารณาร่วมกับค่าความเชื่อมั่นของตัวแปรแฝง (Construct Reliability: ρ_c) ซึ่งควรมีค่าตั้งแต่ .50 ขึ้นไป (Hair & et al. 1995: 642) จึงจะถือว่าตัวแปรมีความเชื่อมั่นในการวัด ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

1.3.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่ง (Confirmatory Factor

Analysis: First Order)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่ง (Confirmatory Factor Analysis :First Order) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เพื่อแสดงว่าข้อคำถามที่วัดความสามารถด้านคำนวณในแต่ละด้าน คือ ด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ด้านทักษะการคิดคำนวณ และด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีความเที่ยงตรงมากน้อยเพียงใด

ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งของโมเดลการวัดความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

Factor	Item	λ	b	SE	t	ϵ	R ²
Con	A1	0.33**	0.18**	0.02	7.32	0.89**	0.11
	A2	0.48**	0.23**	0.02	11.07	0.77**	0.23
	A3	0.38**	0.18**	0.02	8.53	0.85**	0.15
	A4	0.47**	0.22**	0.02	10.60	0.78**	0.22
	A5	0.36**	0.13**	0.02	7.93	0.87**	0.13
	A6	0.48**	0.21**	0.02	10.19	0.77**	0.23
	A7	0.45**	0.23**	0.02	10.22	0.80**	0.20
	A8	0.67**	0.32**	0.02	15.34	0.55**	0.45
	A9	0.52**	0.26**	0.02	11.76	0.73**	0.27
	A10	0.41**	0.18**	0.02	8.58	0.83**	0.17

$$\chi^2 = 34.40, df = 28, \chi^2/df = 1.229, P \text{ value} = 0.188, GFI = 0.99$$

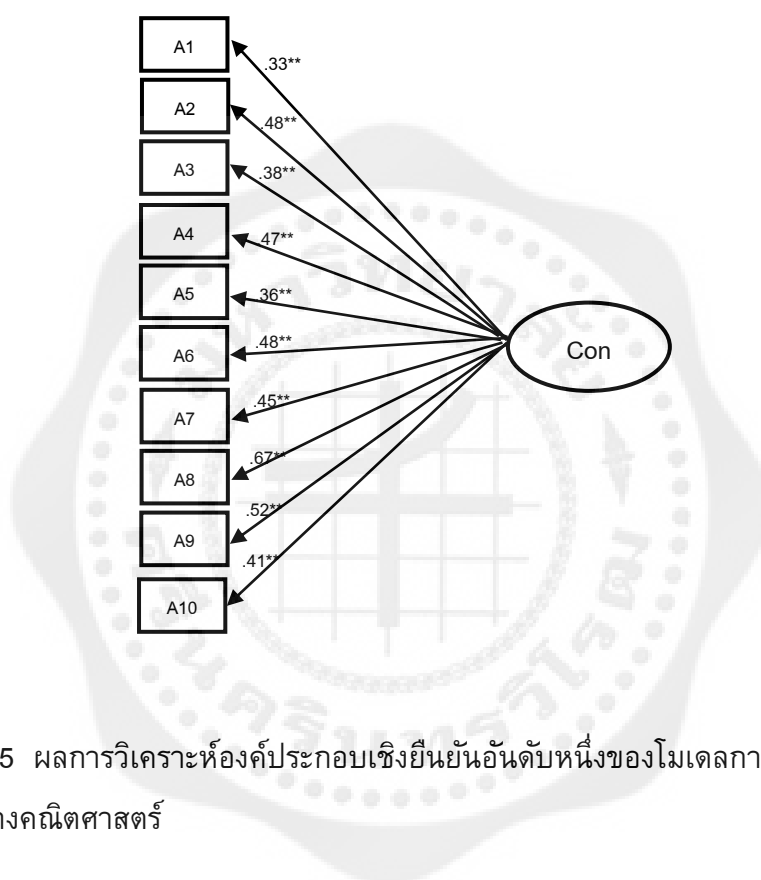
$$AGFI = 0.98, SRMR = 0.024, RMSEA = 0.019,$$

$$\text{Construct Reliability: } \rho_c (\text{Con}) = 0.990, \text{ Variance Extracted: } \rho_v (\text{Con}) = 0.915$$

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 16 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งของโมเดลการวัดความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ พบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยค่าสถิติไคสแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 34.40 และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \text{ value} = 0.188$), ค่า $\chi^2/df = 1.229$ ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) มีค่าเท่ากับ 0.99 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนปรับแก้แล้ว (AGFI) มีค่าเท่ากับ 0.98 ค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (RMSEA) มีค่าเท่ากับ 0.019 ค่าดัชนีค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) มีค่าเท่ากับ 0.024 เมื่อพิจารณาน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานของตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลการวัดความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ พบว่าน้ำหนักองค์ประกอบทั้งหมดมีค่าเป็นบวก มีขนาดตั้งแต่ 0.33 - 0.67 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p < .01$) ทุกค่า ตัวแปรสังเกตได้ดังกล่าวมีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วย

องค์ประกอบความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ร้อยละ 11 - 45 และโมเดลการวัดมีความเชื่อมั่น (ρ_c) ร้อยละ 99 และมีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนของตัวแปรแฝงที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรสังเกตได้ (ρ_v) ร้อยละ 91.5 จากค่าสถิติในการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์แสดงให้เห็นว่าตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 10 ตัว เหมาะสมที่จะใช้วัดความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังแสดงในภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งของโมเดลการวัดความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งของโมเดลการวัดทักษะการคิดคำนวณ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

Factor	Item	λ	b	SE	t	ϵ	R^2
Cal	B1	0.54**	0.27**	0.02	13.40	0.70**	0.30
	B2	0.61**	0.31**	0.02	15.54	0.63**	0.37
	B3	0.53**	0.27**	0.02	13.34	0.72**	0.28
	B4	0.69**	0.30**	0.02	18.22	0.52**	0.48
	B5	0.48**	0.24**	0.02	11.92	0.77**	0.23
	B6	0.62**	0.31**	0.02	15.73	0.62**	0.38
	B7	0.54**	0.26**	0.02	13.23	0.70**	0.30
	B8	0.56**	0.28**	0.02	13.77	0.69**	0.31
	B9	0.64**	0.31**	0.02	16.28	0.59**	0.41
	B10	0.50**	0.25**	0.02	12.29	0.75**	0.25

$$\chi^2 = 31.44, df = 27, \chi^2/df = 1.164, P \text{ value} = 0.253, GFI = 0.99$$

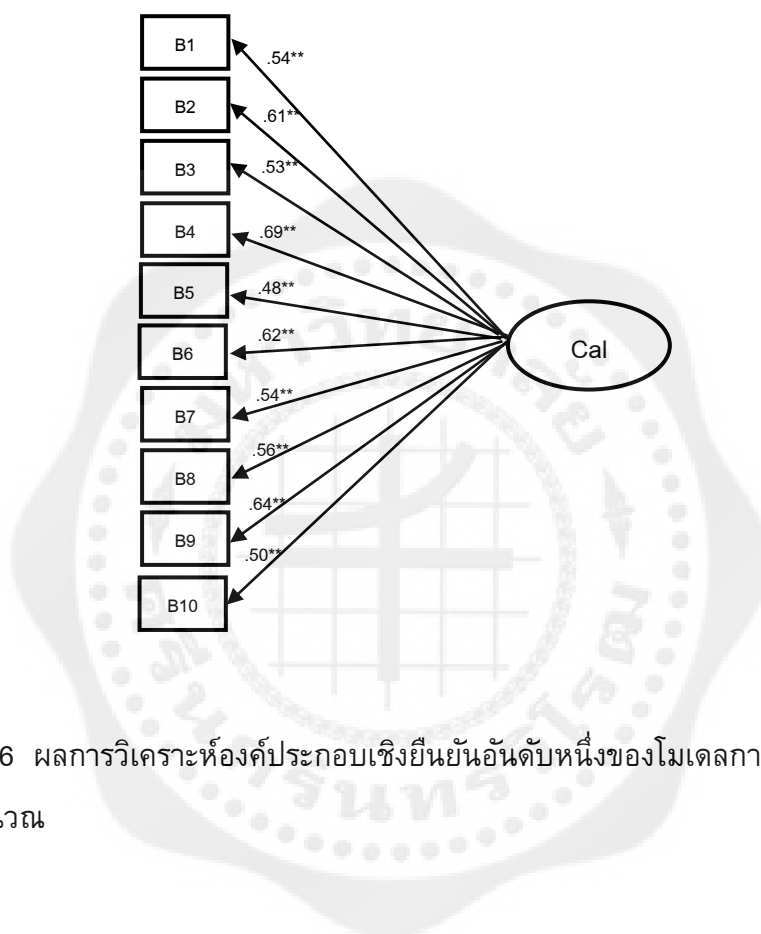
$$AGFI = 0.98, SRMR = 0.019, RMSEA = 0.016,$$

$$\text{Construct Reliability: } \rho_c (\text{Con}) = 0.992, \text{ Variance Extracted: } \rho_v (\text{Con}) = 0.938$$

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 17 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งของโมเดลการวัดทักษะการคิดคำนวณ พบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยค่าสถิติไคสแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 31.44 และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \text{ value} = 0.253$), ค่า $\chi^2/df = 1.164$ ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) มีค่าเท่ากับ 0.99 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนปรับแก้แล้ว (AGFI) มีค่าเท่ากับ 0.98 ค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (RMSEA) มีค่าเท่ากับ 0.016 ค่าดัชนีค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) มีค่าเท่ากับ 0.019 เมื่อพิจารณาน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานของตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลการวัดทักษะการคิดคำนวณ พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบทั้งหมดมีค่าเป็นบวก มีขนาดตั้งแต่ 0.48 - 0.69 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p < .01$) ทุกค่า ตัวแปรสังเกตได้ดังกล่าวมีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบทักษะการคิดคำนวณร้อยละ 25 - 48 และโมเดลการวัด

มีค่าความเชื่อมั่น (ρ_c) ร้อยละ 99.2 และมีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนของตัวแปรแฝงที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรสังเกตได้ (ρ_v) ร้อยละ 93.8 จากค่าสถิติในการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์แสดงให้เห็นว่าตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 10 ตัว เหมาะสมที่จะใช้วัดทักษะการคิดคำนวณของนักเรียน ดังแสดงในภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งของโมเดลการวัดทักษะการคิดคำนวณ

ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งของโมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

Factor	Item	λ	b	SE	t	ϵ	R ²
Cal	C1	0.53**	1.07**	0.08	14.10	0.72**	0.28
	C2	0.57**	1.06**	0.07	15.01	0.68**	0.32
	C3	0.65**	1.09**	0.06	17.84	0.57**	0.43
	C4	0.74**	1.41**	0.07	20.25	0.45**	0.55
	C5	0.73**	1.35**	0.06	20.81	0.46**	0.54
	C6	0.80**	1.44**	0.06	22.63	0.36**	0.64
	C7	0.74**	1.35**	0.02	21.14	0.46**	0.54
	C8	0.59**	1.03**	0.02	15.33	0.65**	0.35
	C9	0.68**	1.11**	0.02	16.36	0.54**	0.46
	C10	0.47**	0.79**	0.02	11.92	0.78**	0.22

$$\chi^2 = 22.13, df = 19, \chi^2/df = 1.165, P \text{ value} = 0.277, GFI = 0.99$$

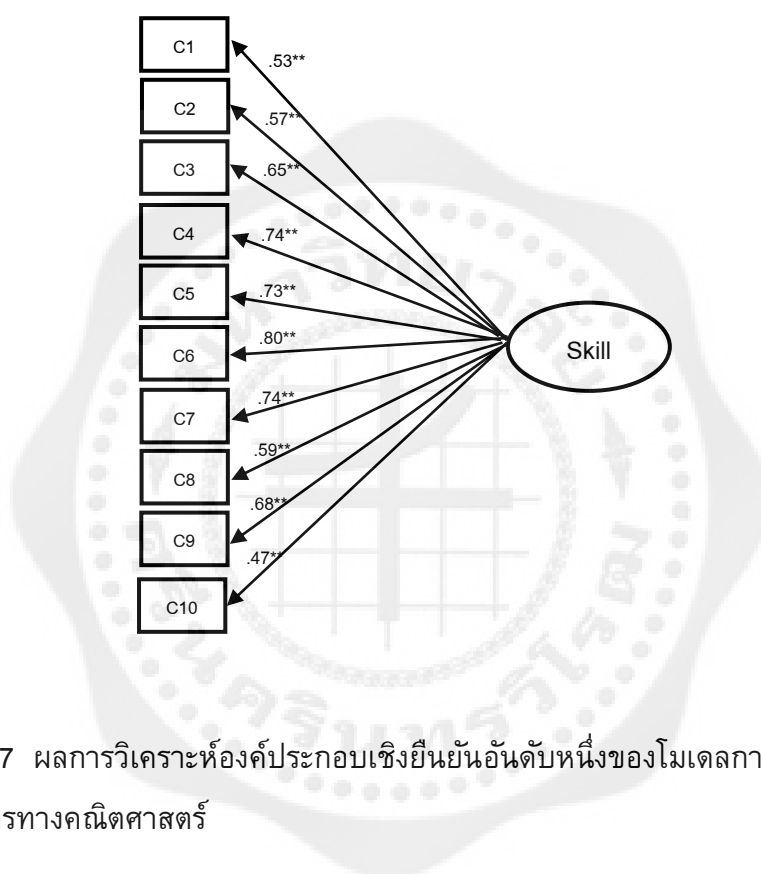
$$AGFI = 0.98, SRMR = 0.014, RMSEA = 0.016,$$

$$\text{Construct Reliability: } \rho_c (\text{Con}) = 0.988, \text{ Variance Extracted: } \rho_v (\text{Con}) = 0.900$$

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 18 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งของโมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ พบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยค่าสถิติไคสแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 22.13 และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \text{ value} = 0.277$), ค่า $\chi^2/df = 1.165$ ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) มีค่าเท่ากับ 0.99 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนปรับแก้แล้ว (AGFI) มีค่าเท่ากับ 0.98 ค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (RMSEA) มีค่าเท่ากับ 0.016 ค่าดัชนีค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) มีค่าเท่ากับ 0.014 เมื่อพิจารณาน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานของตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบทั้งหมดมีค่าเป็นบวก มีขนาดตั้งแต่ 0.47 - 0.80 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($p < .01$) ทุกค่าตัวแปรสังเกตได้ดังกล่าวมีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบทักษะกระบวนการ

ทางคณิตศาสตร์ร้อยละ 22 - 64 และโมเดลการวัดมีค่าความเชื่อมั่น (ρ_c) ร้อยละ 98.8 และมีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนของตัวแปรแฝงที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรสังเกตได้ (ρ_v) ร้อยละ 90 จากค่าสถิติในการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์แสดงให้เห็นว่าตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 10 ตัว เหมาะสมที่จะใช้วัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังแสดงในภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งของโมเดลการวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1.3.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง (Confirmatory Factor

Analysis: The Second Order)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง (Confirmatory Factor Analysis :Second Order) เป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงว่าองค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับหนึ่งทั้ง 3 ด้าน นั้นสามารถรวมกันเป็นองค์ประกอบเดียวได้อย่างมีความเที่ยงตรงหรือไม่

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของโมเดลการวัดความสามารถด้าน
 จำนวนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

Factor	γ	t	R ²	Item	λ	b	SE	t	ϵ	R ²
Con	0.99 ^{**}	7.37	0.99	A1	0.31 ^a	0.31 ^a	-	-	0.90 ^{**}	0.10
				A2	0.50 ^{**}	0.50 ^{**}	0.08	6.60	0.75 ^{**}	0.25
				A3	0.39 ^{**}	0.38 ^{**}	0.06	6.22	0.85 ^{**}	0.15
				A4	0.41 ^{**}	0.41 ^{**}	0.06	6.46	0.83 ^{**}	0.17
				A5	0.32 ^{**}	0.32 ^{**}	0.06	5.45	0.90 ^{**}	0.10
				A6	0.48 ^{**}	0.48 ^{**}	0.07	6.45	0.77 ^{**}	0.23
				A7	0.43 ^{**}	0.43 ^{**}	0.07	6.40	0.82 ^{**}	0.18
				A8	0.67 ^{**}	0.67 ^{**}	0.09	7.11	0.55 ^{**}	0.45
				A9	0.52 ^{**}	0.52 ^{**}	0.08	6.67	0.73 ^{**}	0.27
				A10	0.46 ^{**}	0.46 ^{**}	0.07	6.36	0.79 ^{**}	0.21
Cal	0.97 ^{**}	12.22	0.94	B1	0.50 ^a	0.50 ^a	-	-	0.75 ^{**}	0.25
				B2	0.59 ^{**}	0.58 ^{**}	0.05	11.85	0.66 ^{**}	0.34
				B3	0.50 ^{**}	0.50 ^{**}	0.05	10.01	0.75 ^{**}	0.25
				B4	0.66 ^{**}	0.66 ^{**}	0.06	11.65	0.56 ^{**}	0.44
				B5	0.46 ^{**}	0.46 ^{**}	0.05	8.92	0.79 ^{**}	0.21
				B6	0.60 ^{**}	0.59 ^{**}	0.05	11.02	0.64 ^{**}	0.36
				B7	0.59 ^{**}	0.59 ^{**}	0.06	10.42	0.65 ^{**}	0.35
				B8	0.59 ^{**}	0.59 ^{**}	0.06	9.97	0.65 ^{**}	0.35
				B9	0.67 ^{**}	0.67 ^{**}	0.06	11.18	0.54 ^{**}	0.46
				B10	0.51 ^{**}	0.51 ^{**}	0.05	9.53	0.74 ^{**}	0.26
Skill	0.76 ^{**}	9.80	0.58	C1	0.46 ^a	0.46 ^a	-	-	0.79 ^{**}	0.21
				C2	0.57 ^{**}	0.57 ^{**}	0.05	11.21	0.68 ^{**}	0.32
				C3	0.43 ^{**}	0.43 ^{**}	0.07	8.69	0.81 ^{**}	0.19
				C4	0.62 ^{**}	0.62 ^{**}	0.06	10.21	0.62 ^{**}	0.38
				C5	0.63 ^{**}	0.63 ^{**}	0.06	10.90	0.60 ^{**}	0.40
				C6	0.65 ^{**}	0.66 ^{**}	0.06	10.13	0.58 ^{**}	0.42
				C7	0.81 ^{**}	0.81 ^{**}	0.08	10.07	0.34 ^{**}	0.66
				C8	0.63 ^{**}	0.63 ^{**}	0.07	9.15	0.60 ^{**}	0.40
				C9	0.65 ^{**}	0.65 ^{**}	0.06	9.97	0.58 ^{**}	0.42
				C10	0.48 ^{**}	0.48 ^{**}	0.06	7.87	0.77 ^{**}	0.32

ตาราง 19 (ต่อ)

Factor	γ	t	R ²	Item	λ	b	SE	t	ε	R ²
$\chi^2 = 288.15$, $df = 263$, $\chi^2/df = 1.095$, P value = 0.137, GFI = 0.97 AGFI = 0.95, SRMR = 0.027, RMSEA = 0.012, Construct Reliability: ρ_c (Con) = 0.969, Variance Extracted: ρ_v (Con)=0.767 Construct Reliability: ρ_c (Call) = 0.984, Variance Extracted: ρ_v (Con)=0.869 Construct Reliability: ρ_c (Skill) = 0.984, Variance Extracted: ρ_v (Con)=0.864										

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01, a ค่ากำหนด

จากตาราง 19 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ พบว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยค่าสถิติไคสแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 288.15 และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P value = 0.137), ค่า $\chi^2/df = 1.095$ ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) มีค่าเท่ากับ 0.97 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนปรับแก้แล้ว (AGFI) มีค่าเท่ากับ 0.95 ค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (RMSEA) มีค่าเท่ากับ 0.012 ค่าดัชนีค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) มีค่าเท่ากับ 0.027 โมเดลการวัดตัวแปรแฝงความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ (Con) มีค่าความเชื่อมั่น (ρ_c) ร้อยละ 96.90 และมีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนของตัวแปรแฝงที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรสังเกตได้ (ρ_v) ร้อยละ 76.7 โมเดลการวัดตัวแปรแฝงทักษะการคิดคำนวณ (Cal) มีค่าความเชื่อมั่น (ρ_c) ร้อยละ 98.40 และมีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนของตัวแปรแฝงที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรสังเกตได้ (ρ_v) ร้อยละ 86.90 และโมเดลการวัดตัวแปรแฝงความทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Skill) มีค่าความเชื่อมั่น (ρ_c) ร้อยละ 98.40 และมีค่าเฉลี่ยความแปรปรวนของตัวแปรแฝงที่อธิบายได้ด้วยตัวแปรสังเกตได้ (ρ_v) ร้อยละ 86.40

เมื่อพิจารณาตัวแปรแฝงความสามารถด้านคำนวณ (Num) ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรแฝง 3 ตัว ได้แก่ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ (Con) ทักษะการคิดคำนวณ (Cal) และทักษะ

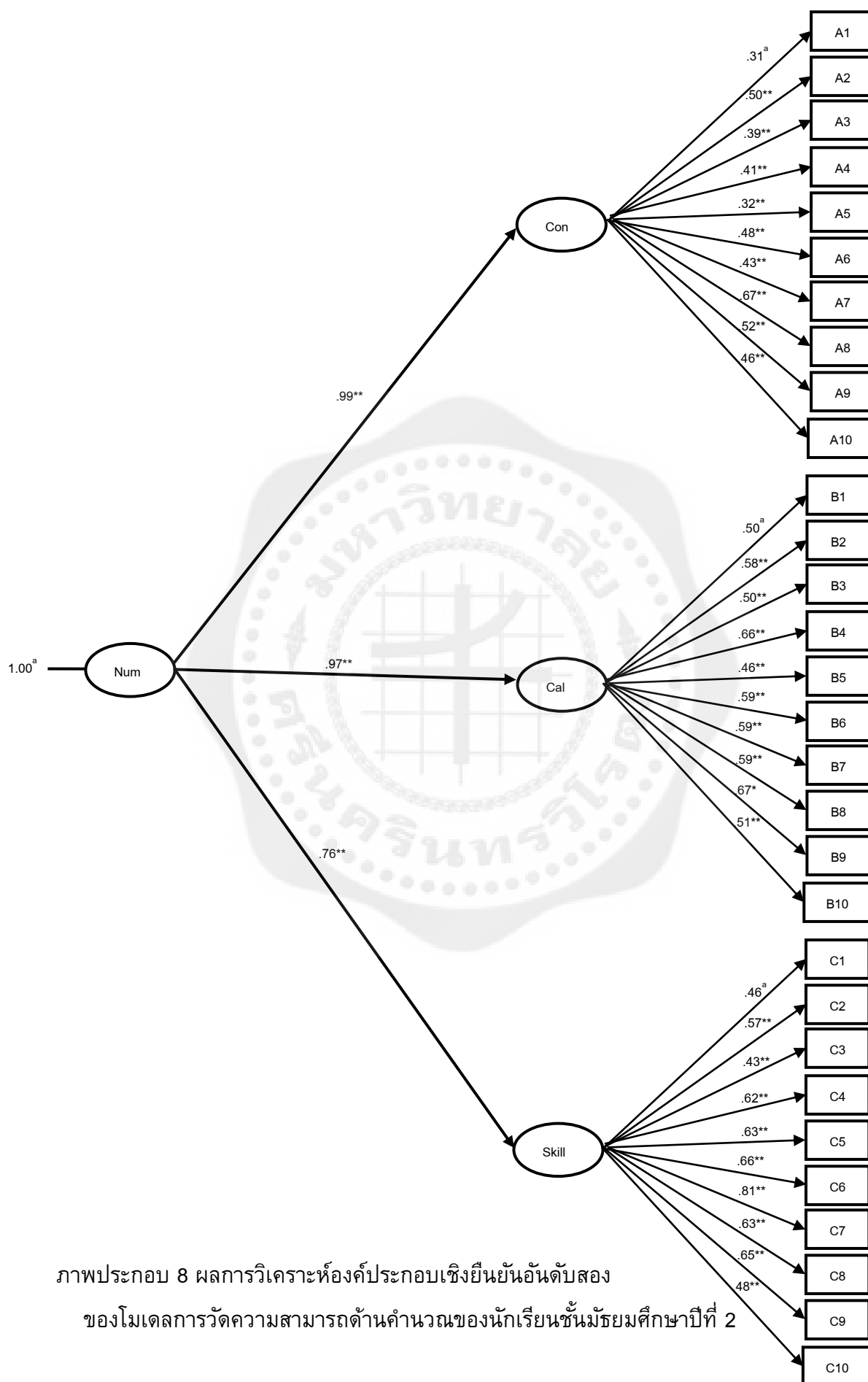
กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Skill) พบว่า มีน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ .76 - .99 โดยตัวแปรแฝงทั้ง 3 ตัว มีค่าความแปรผันร่วมกับตัวแปรแฝงความสามารถด้านคำนวณตั้งแต่ร้อยละ 58 – 99

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ (Con) พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่า โดยมีค่าอยู่ระหว่าง .31-.67 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดมีค่าอยู่ระหว่าง .55 - .90 โดยตัวแปรสังเกตได้มีความแปรผันร่วมกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ร้อยละ 10 – 45

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบด้านทักษะการคิดคำนวณ (Cal) พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่า โดยมีค่าอยู่ระหว่าง .46 -.67 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดมีค่าอยู่ระหว่าง .54 - .79 โดยตัวแปรสังเกตได้มีความแปรผันร่วมกับทักษะการคิดคำนวณร้อยละ 21 – 46

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Skill) พบว่า น้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่า โดยมีค่าอยู่ระหว่าง .46 -.81 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า ค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดมีค่าอยู่ระหว่าง .34 - .81 โดยตัวแปรสังเกตได้มีความแปรผันร่วมกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ร้อยละ 19 – 66

โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แสดงดังในภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง
ของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้าน คำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ดำเนินการโดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบที่สำคัญประกอบด้วย หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบและการประเมินผลการเรียนรู้ตามรูปแบบ โดยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบ มีทั้งหมด 4 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นเชื่อมโยงความรู้ (Connection) หมายถึง การทบทวนความรู้ความเข้าใจพื้นฐาน ความคิดรวบยอดและประสบการณ์เดิมทางคณิตศาสตร์ที่สัมพันธ์กับเนื้อหาใหม่ เพื่อเป็นการเชื่อมโยงความรู้ให้กับนักเรียนสำหรับเตรียมความพร้อมในการเรียนเนื้อหาต่อไป โดยใช้การอภิปราย การดูวีดิทัศน์ รูปภาพ การใช้คำถาม สื่อการสอนต่าง ๆ การนำเสนอแผนที่ความคิดของเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เรียนผ่านมาแล้ว การยกตัวอย่างสถานการณ์ของการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อสร้างความตระหนักให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริง
2. ขั้นสร้างความรู้ (Construction) หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยครูนำเสนอเนื้อหาใหม่ให้นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ ทดลอง ค้นคว้าหาแนวทางแก้ปัญหา จนเกิดความเข้าใจและสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง
3. ขั้นฝึกคิดคำนวณ (Calculation) หมายถึง การให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการบวก การลบ การคูณ และการหาร จำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยม อัตราส่วนและร้อยละ ซึ่งเป็นการฝึกคิดคำนวณในใจ จากการใช้ใบงานหรือบัตรคิดคำนวณที่สอดคล้องกับสถานการณ์ในชีวิตจริง
4. ขั้นทำซ้ำย้ำทวน (Cycle application) หมายถึง การนำความรู้ความเข้าใจ เทคนิควิธีการ หลักการต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ ไปใช้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนด

ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ไปให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความชำนาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 5 ท่าน พิจารณาคูณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ผลการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบแสดงไว้ในตาราง 20

ตาราง 20 ผลการประเมินคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	แปลความหมาย
1. หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
1.1 แนวคิดทฤษฎีที่นำมาพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้	4.40	0.49	มาก
1.2 หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความชัดเจนและแสดงจุดเน้นของรูปแบบ	4.60	0.49	มากที่สุด
1.3 หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ได้จริง	4.20	0.75	มาก
รวม	4.40	0.58	มาก
2. จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
2.1 สอดคล้องกับหลักการของรูปแบบ	4.60	0.49	มากที่สุด
2.2 สามารถวัดและประเมินผลได้	4.20	0.75	มาก
2.3 จุดมุ่งหมายมีความชัดเจนและสามารถนำไปปฏิบัติได้	4.40	0.49	มาก
รวม	4.40	0.58	มาก
3. ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
3.1 สอดคล้องกับหลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4.40	0.49	มาก
3.2 สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของรูปแบบ	4.40	0.49	มาก
3.3 มีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.00	0.00	มาก
3.4 มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนและสัมพันธ์ต่อเนืองกัน	4.60	0.49	มากที่สุด
3.5 การจัดกิจกรรมขั้นที่ 1 ขั้นเชื่อมโยงความรู้ (Connection) มีความเหมาะสม	4.60	0.49	มากที่สุด
3.6 ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความรู้ (Construction) มีความเหมาะสม	4.60	0.49	มากที่สุด
3.7 ขั้นที่ 3 ขั้นฝึกคิดคำนวณ (Calculation) มีความเหมาะสม	4.60	0.49	มากที่สุด
3.8 ขั้นที่ 4 ขั้นทำซ้ำย้าวนวน (Cycle application) มีความเหมาะสม	4.60	0.49	มากที่สุด
รวม	4.48	0.43	มาก

ตาราง 20 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	แปลความหมาย
4. การวัดและประเมินผลของรูปแบบ			
4.1 การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับขั้นการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้	4.60	0.49	มากที่สุด
4.2 การวัดและประเมินผลสามารถปฏิบัติได้จริง	4.20	0.40	มาก
รวม	4.40	0.44	มาก
รวมทั้งหมด	4.42	0.51	มาก

จากตาราง 20 ผลการประเมินคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.00 – 4.60 ระดับคุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านหลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ หลักการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีความชัดเจนและแสดงจุดเน้นของรูปแบบ มีคะแนนเฉลี่ย 4.60 มีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านจุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ สอดคล้องกับหลักการของรูปแบบ มีคะแนนเฉลี่ย 4.60 มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของรูปแบบ รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนและสัมพันธ์ต่อเนื่องกัน การจัดกิจกรรมขั้นที่ 1 ขั้นเชื่อมโยงความรู้ (Connection) มีความเหมาะสม ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความรู้ (Construction) มีความเหมาะสม ขั้นที่ 3 ขั้นฝึกคิดคำนวณ (Calculation) มีความเหมาะสม และขั้นที่ 4 ขั้นทำซ้ำย้ำทวน (Cycle application) มีความเหมาะสม มีคะแนนเฉลี่ย 4.60 ทุกข้อ มีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด และด้านการวัดและประเมินผลของรูปแบบ รายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับขั้นการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ย 4.60 มีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

การวิเคราะห์ผลการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปร

3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน

3.3 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผล

3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปร

การวิเคราะห์ในส่วนนี้จะนำเสนอข้อมูลพื้นฐานของคะแนนความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ด้านตามจำนวนองค์ประกอบ คือ ด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ด้านทักษะการคิดคำนวณ และด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองซึ่งเป็นกลุ่มที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ และกลุ่มควบคุมซึ่งเป็นกลุ่มที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปกติทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ดังตาราง 21

ตาราง 21 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม

กลุ่ม / ตัวแปร	k	MIN	MAX	$\bar{X}$	SD	Sk	Ku
กลุ่มทดลอง (n = 20)							
ด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 10 คะแนน)							
ก่อนเรียน	10	1	4	2.85	.88	-.21	-.63
หลังเรียน	10	5	9	7.50	1.05	-.61	.32
ระยะติดตามผล	10	5	9	7.20	1.11	-.70	-.28
ด้านทักษะการคิดคำนวณ (คะแนนเต็ม 10 คะแนน)							
ก่อนเรียน	10	1	3	1.95	.78	.09	-1.15
หลังเรียน	10	5	9	7.05	1.05	.19	-.22
ระยะติดตามผล	10	5	8	6.55	.94	-.159	-.684

ตาราง 21 (ต่อ)

กลุ่ม / ตัวแปร	k	MIN	MAX	$\bar{X}$	SD	Sk	Ku
ด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)							
ก่อนเรียน	10	6	14	9.35	1.95	.44	.64
หลังเรียน	10	21	50	32.95	8.78	.44	-.66
ระยะติดตามผล	10	16	48	31.45	8.43	.28	.02
กลุ่มควบคุม (n = 16)							
ด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 10 คะแนน)							
ก่อนเรียน	10	1	4	2.69	1.01	-.15	-.96
หลังเรียน	10	5	8	6.56	.96	.05	-.76
ระยะติดตามผล	10	3	8	5.31	1.40	.35	-.67
ด้านทักษะการคิดคำนวณ (คะแนนเต็ม 10 คะแนน)							
ก่อนเรียน	10	1	3	1.75	.77	.49	-1.06
หลังเรียน	10	4	8	5.81	1.22	-.10	-.84
ระยะติดตามผล	10	2	7	4.62	1.31	-.21	-.17
ด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)							
ก่อนเรียน	10	8	15	10.06	2.14	1.20	.73
หลังเรียน	10	16	38	24.37	6.42	.75	-.35
ระยะติดตามผล	10	15	30	21.37	4.97	.25	-1.21

จากตาราง 21 เมื่อพิจารณาคะแนนด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ซึ่งมีคะแนนเต็ม 10 คะแนนของนักเรียนกลุ่มทดลองมีลักษณะเบ้ซ้ายและมีการกระจายมาก คะแนนก่อนเรียนมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 4 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.85 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.88 คะแนนหลังเรียนมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 5 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 9 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.50 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.05 คะแนนระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบ 3 สัปดาห์ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 5 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 9 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.20 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.11 ส่วนคะแนนของนักเรียนกลุ่มควบคุมมีลักษณะเบ้ขวาและมีการกระจายมาก คะแนนก่อนเรียนมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 4 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.69 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.01 คะแนนหลังเรียนมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 5 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 8 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.56 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.96 คะแนนระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบ 3

สัปดาห์ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 8 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.31 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.40

คะแนนด้านทักษะการคิดคำนวณ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 10 คะแนนของนักเรียนกลุ่มทดลองมีลักษณะเบ้ขวาและมีการกระจายมาก คะแนนก่อนเรียนมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 3 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.95 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.78 คะแนนหลังเรียนมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 5 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 9 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.05 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.05 คะแนนระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบ 3 สัปดาห์ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 5 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 8 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.55 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.94 ส่วนคะแนนของนักเรียนกลุ่มควบคุมมีลักษณะเบ้ซ้ายและมีการกระจายมาก มีคะแนนก่อนเรียนมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 3 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.75 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.77 คะแนนหลังเรียนมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 4 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 8 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.81 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.22 คะแนนระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบ 3 สัปดาห์ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 7 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.31

เมื่อพิจารณาคะแนนด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 60 คะแนนของนักเรียนกลุ่มทดลองมีลักษณะเบ้ขวาและมีการกระจายมาก มีคะแนนก่อนเรียนมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 6 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 14 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.35 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.95 คะแนนหลังเรียนมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 21 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 50 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 32.95 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.78 คะแนนระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบ 3 สัปดาห์ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 16 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 48 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 31.45 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.43 ส่วนคะแนนของนักเรียนกลุ่มควบคุมมีลักษณะเบ้ขวาและมีการกระจายมาก คะแนนก่อนเรียนมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 8 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 15 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.06 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.14 คะแนนหลังเรียนมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 16 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 38 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 24.37 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.42 คะแนนระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบ 3 สัปดาห์ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 15 คะแนน ค่าสูงสุดเท่ากับ 30 คะแนน คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 21.37 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.97

3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน

3.2.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านคำนวณหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผู้วิจัยทำการศึกษาความเท่าเทียมกันของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนทำการทดลอง โดยนำคะแนนการทดสอบก่อนเรียนมาวิเคราะห์ด้วยสถิติ Independent sample t-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่มก่อนดำเนินการทดลอง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t=.356$, $df=34$, $p=.724$) แสดงว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความรู้พื้นฐานก่อนการทดลองไม่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนาม Hotelling's T^2 เนื่องจากตัวแปรอิสระมีค่าแบ่งเป็นสองกลุ่มคือ นักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณและนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ตัวแปรตาม คือ ความสามารถด้านคำนวณ แบ่งเป็น 3 ด้าน คือ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

ตาราง 22 การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนาม Hotelling's T^2

Box's M	F	df1	df2	p
10.175	1.529	6	7271.569	.164
Bartlett's test of Sphericity			df	p
192.439*			5	.000
Levene's Test	F	df1	df2	p
ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์	.043	1	34	.837
ทักษะการคิดคำนวณ	.867	1	34	.358
ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	1.323	1	34	.258
Shapiro – Wilk Test			df	p
ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์	.916*		36	.010
ทักษะการคิดคำนวณ	.936*		36	.038
ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	.945		36	.070

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 22 ผลการตรวจสอบในเรื่องความเป็นเอกพันธ์ของเมตริกซ์ ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของแต่ละกลุ่ม โดยใช้สถิติทดสอบ Box's M พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ คะแนนทักษะการคิดคำนวณและคะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณและนักเรียนที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปกติ มีค่า Box's M= 10.175, F= 1.529, df1= 6, df2= 7271.569, p=.164 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวแปรตามทั้งสามตัวมีเมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของประชากรมีความเป็นเอกพันธ์ ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น และเมื่อทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของตัวแปรตาม เมื่อพิจารณาจากค่า Levene's Test พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุมมีความแปรปรวนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F= .043, df1=1, df2=34, p=.837) ค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะการคิดคำนวณของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุมมีความแปรปรวนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F=.867, df1=1, df2=34, p=.358) และค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุมมีความแปรปรวนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (F=1.323, df1=1, df2=34, p=.258) ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น

ผลการตรวจสอบเมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามด้วย Bartlett's test พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุมมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Bartlett's test of Sphericity = 192.439, df=5, p=.000) ซึ่งเหมาะสมต่อการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนาม Hotelling's T^2 ได้

เมื่อพิจารณาผลการตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติ Shapiro - Wilk Test พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนตัวแปรตาม ได้แก่ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ (p=.010) และทักษะการคิดคำนวณ (p=.038) มีค่าน้อยกว่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ จึงไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ส่วนทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (p=.070) มีค่ามากกว่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ จึงเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากมีการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนาม Hotelling's T^2 ในบางเงื่อนไข ผู้วิจัยจะพิจารณาจากค่าสถิติ Pillai's Trace ซึ่งเป็นสถิติที่มีความแข็งแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้น

ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนามของความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม

สถิติทดสอบ	ค่าที่คำนวณได้	F	Hypothesis df	Error df	p
Pillai's Trace	.282	4.181*	3	32	.013
Wilks' Lambda	.718	4.181*	3	32	.013
Hotelling's Trace	.392	4.181*	3	32	.013
Roy's Largest Root	.392	4.181*	3	32	.013

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนามด้วยสถิติ Hotelling's T^2 พบว่า ค่าสถิติทดสอบ Pillai's Trace มีค่า $p=.013$ ($p < .05$) แสดงว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ มีความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนามความสามารถด้านคำนวณของ
นักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม แยกตามองค์ประกอบ

Test of Between – Subjects Effects						
Source	Dependent Variable	SS	df	MS	F	p
Corrected Model	ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์	7.812	1	7.812	7.603	.009
	ทักษะการคิดคำนวณ	13.612	1	13.612	10.667	.002
	ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	653.606	1	653.606	10.650	.003
Intercept	ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์	1757.813	1	1757.813	1710.813	.000
	ทักษะการคิดคำนวณ	1470.613	1	1470.613	1152.425	.000
	ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	29210.272	1	29210.272	475.943	.000
Group	ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์	7.812	1	7.812	7.603*	.009
	ทักษะการคิดคำนวณ	13.612	1	13.612	10.667*	.002
	ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	653.606	1	653.606	10.650*	.003
Error	ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์	34.938	34	1.028		
	ทักษะการคิดคำนวณ	43.388	34	1.276		
	ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	2086.700	34	61.374		
Total	ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์	1849.000	36			
	ทักษะการคิดคำนวณ	1578.000	36			
	ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	33307.000	36			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนามเพื่อเปรียบเทียบตัวแปรตามแยกตามองค์ประกอบ พบว่า ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ($F=7.812$, $p=.009$) ทักษะการคิดคำนวณ ($F=10.667$, $p=.002$) และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ($F=10.650$, $p=.033$) ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณมีความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตาราง 25 แสดงค่าขนาดอิทธิพลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ
นักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม

นักเรียน	คะแนนหลังเรียน					
	ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ (เต็ม 10 คะแนน)		ทักษะการคิดคำนวณ (เต็ม 10 คะแนน)		ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (เต็ม 60 คะแนน)	
	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
กลุ่มทดลอง	7.50	1.05	7.05	1.05	32.95	8.78
กลุ่มควบคุม	6.56	.96	5.81	1.22	24.37	6.42
ค่าขนาดอิทธิพล	0.98		1.02		1.34	

จากตาราง 25 ค่าขนาดอิทธิพลของความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับ 0.98, 1.02 และ 1.34 ตามลำดับ แปลความหมายได้ว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม 0.98, 1.02 และ 1.34 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มควบคุม แสดงว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นส่งผลต่อความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนอยู่ระดับมาก

3.2.2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านคำนวณ ของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล เพื่อศึกษาความคงทนของการเรียนรู้ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนามทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way MANOVA; repeated measures)

จากการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนามในเรื่องระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรและการแจกแจงแบบปกติของตัวแปร ดังแสดงในตาราง 26

ตาราง 26 การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนาม
ทางเดียวแบบวัดซ้ำ

Bartlett's test of Sphericity		df	p
172.784*		5	.000
Shapiro – Wilk Tes		df	p
ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์			
ก่อนเรียน	.873*	20	.013
หลังเรียน	.902*	20	.044
ระยะติดตามผล 3 สัปดาห์	.868*	20	.011
ทักษะการคิดคำนวณ			
ก่อนเรียน	.816*	20	.002
หลังเรียน	.920	20	.101
ระยะติดตามผล 3 สัปดาห์	.887*	20	.024
ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์			
ก่อนเรียน	.946	20	.315
หลังเรียน	.945	20	.297
ระยะติดตามผล 3 สัปดาห์	.962	20	.591

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 26 ผลการตรวจสอบเมตริกซ์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามด้วย Bartlett's test พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ระหว่างก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Bartlett's test of Sphericity = 172.784, df=5, p=.000)

เมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติ Shapiro – Wilk Test พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ก่อนเรียน (p=.013) หลังเรียน (p=.044) และระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ (p=.011)) มีค่าน้อยกว่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยด้านทักษะการคิดคำนวณ ก่อนเรียน (p=.002) และระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ (p=.024) มีค่าน้อยกว่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ ส่วนคะแนนหลัง

เรียน ($p=.101$) มีค่ามากกว่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ และเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ก่อนเรียน ($p=.315$) หลังเรียน ($p=.297$) และระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ ($p=.591$) มีค่ามากกว่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ เนื่องจากการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนตัวแปรพหุนาม Hotelling's T^2 ในบางเงื่อนไข ผู้วิจัยจะพิจารณาจากค่าสถิติ Pillai's Trace ซึ่งเป็นสถิติที่มีความแข็งแกร่งต่อการฝ่าฝืนข้อตกลงเบื้องต้น

เมื่อตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเรื่อง compound symmetry ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ โดยพิจารณาจากค่านัยสำคัญทางสถิติของการทดสอบด้วยสถิติ Mauchly's Test ถ้าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าความแปรปรวนของข้อมูลมีลักษณะเป็น compound symmetry ในการอ่านผลการวิเคราะห์จะเลือกใช้วิธีการคำนวณแบบ Sphericity ในช่อง Sphericity Assumed แต่หากผลการทดสอบพบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าความแปรปรวนของข้อมูลมีลักษณะไม่เป็น compound symmetry ในอ่านผลการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้วิธีการคำนวณแบบปรับแก้ซึ่งสามารถเลือกอ่านผลการวิเคราะห์ได้ 3 รูปแบบคือ Greenhouse-Geisser, Huynh-Feldt หรือ Lower-bound ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ (Mauchly's $W = .723$, $df = 2$, $p = .054$) และด้านทักษะการคิดคำนวณ (Mauchly's $W = .735$, $df = 2$, $p = .063$) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จะอ่านผลจากวิธี Sphericity Assumed ส่วนด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (Mauchly's $W = .308$, $df = 2$, $p = .000$) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จะอ่านผลจากวิธี Greenhouse-Geisser

ตาราง 27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนามความสามารถด้านคำนวณของ
นักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล

สถิติทดสอบ	ค่าที่คำนวณได้	F	Hypothesis df	Error df	p
Pillai's Trace	.993	332.153*	6	14	.000
Wilks' Lambda	.007	332.153*	6	14	.000
Hotelling's Trace	142.351	332.153*	6	14	.000
Roy's Largest Root	142.351	332.153*	6	14	.000

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนามความสามารถด้านคำนวณ จากการวัดระหว่างก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ พบว่า ค่าสถิติ Pillai's Trace มีค่า $p=.000$ ($p < .05$) แสดงว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณมีความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนามของตัวแปรตามความสามารถด้าน
 คำวนของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล แยกตาม
 องค์ประกอบ

Univariate tests								
Source		Measure	SS	df	MS	F	p	
Time	ความคิด รวมยอดทาง คณิตศาสตร์	Sphericity Assumed	270.900	2	135.450	392.908*	.000	
		Greenhouse-Geisser	270.900	1.566	173.028	392.908*	.000	
		Huynh-Feldt	270.900	1.681	161.123	392.908*	.000	
		Lower-bound	270.900	1.000	270.900	392.908*	.000	
	ทักษะการคิด คำนวณ	Sphericity Assumed	316.133	2	158.067	378.563*	.000	
		Greenhouse-Geisser	316.133	1.581	199.936	378.563*	.000	
		Huynh-Feldt	316.133	1.701	185.889	378.563*	.000	
		Lower-bound	316.133	1.000	316.133	378.563*	.000	
	ทักษะ กระบวนการ ทาง คณิตศาสตร์	Sphericity Assumed	6984.133	2	3492.067	183.827*	.000	
		Greenhouse-Geisser	6984.133	1.182	5907.979	183.827*	.000	
		Huynh-Feldt	6984.133	1.215	5749.754	183.827*	.000	
		Lower-bound	6984.133	1.000	6984.133	183.827*	.000	
	Error (Time)	ความคิด รวมยอดทาง คณิตศาสตร์	Sphericity Assumed	13.100	38	.345		
			Greenhouse-Geisser	13.100	29.747	.440		
			Huynh-Feldt	13.100	31.945	.410		
			Lower-bound	13.100	19.000	.689		
ทักษะการคิด คำนวณ		Sphericity Assumed	15.867	38	.418			
		Greenhouse-Geisser	15.867	30.042	.528			
		Huynh-Feldt	15.867	32.313	.491			
		Lower-bound	15.867	19.000	.835			
ทักษะ กระบวนการ ทาง คณิตศาสตร์		Sphericity Assumed	721.867	38	18.996			
		Greenhouse-Geisser	721.867	22.461	32.139			
		Huynh-Feldt	721.867	23.079	31.278			
		Lower-bound	13.100	2	135.450			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 28 พบว่า เมื่อทดสอบแยกแต่ละด้าน คือ ด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ด้านทักษะการคิดคำนวณ และด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีค่า $p = .000$ ทุกค่า ($p < .05$) แสดงว่าคะแนนก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างน้อยหนึ่งคู่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 29 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผลหลังการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ของนักเรียนกลุ่มทดลองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแปรพหุนามทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One - way Repeated Measure MANOVA)

ตัวแปร	ช่วงเวลาที่เปรียบเทียบ		ผลต่างของคะแนนเฉลี่ย (J-I)	p
	(J) Time	(I) Time		
ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์	2	1	4.650*	.000
	3	1	4.350*	.000
	2	3	.300	.089
ทักษะการคิดคำนวณ	2	1	5.100*	.000
	3	1	4.600*	.000
	2	3	.500	.140
ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์	2	1	23.600*	.000
	3	1	22.100*	.000
	2	3	1.500	.053

1 หมายถึง ก่อนเรียน, 2 หมายถึง หลังเรียน, 3 หมายถึง ระยะติดตามผล,

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 29 พบว่า การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ระหว่างก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผลหลังการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ แยกแต่ละด้านได้ ดังนี้

1. ด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ 1) คะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 2) คะแนนหลังเรียนกับคะแนนระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ด้านทักษะการคิดคำนวณ 1) คะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 2) คะแนนหลังเรียนกับคะแนนระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 1) คะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 2) คะแนนหลังเรียนกับคะแนนระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.3 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตาราง 30 ค่าดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนรวม		ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I)
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	
20	80	283	950	0.51

จากตาราง 30 พบว่า ดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.51 แสดงว่านักเรียนมีความสามารถด้านคำนวณ ประกอบด้วย ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ก้าวหน้าร้อยละ 51.00

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีสาระสำคัญโดยสรุปได้ดังนี้

สังเขปความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการในลักษณะของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีความมุ่งหมายสำคัญของการวิจัยเพื่อ 1) วิเคราะห์และตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กับข้อมูลเชิงประจักษ์ 2) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 3) ศึกษาประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การวิเคราะห์และตรวจสอบโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณ และระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

การวิจัยระยะที่ 1 การวิเคราะห์และตรวจสอบโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบของความสามารถด้านคำนวณจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยยึดองค์ประกอบความสามารถด้านคำนวณตามแนวคิดของสำนักทดสอบทางการศึกษา (2556) ที่กำหนดไว้ 3 ด้าน ได้แก่ 1) ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ 2) ทักษะการคิดคำนวณ และ 3) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในวิจัยระยะที่ 1 เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ที่กำลังศึกษาในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นครราชสีมา เขต 4 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 25 โรงเรียน จำนวน 28 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 660 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบสองขั้นตอน (Two-stage Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ จำนวนข้อสอบ 30 ข้อ ลักษณะของแบบทดสอบจะกำหนดเป็นสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ 10 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์จะสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนทั้ง 3 ด้าน แบ่งเป็น 1) แบบทดสอบวัดความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.27 – 0.65 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.34 – 0.61 และค่าความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.88 2) แบบทดสอบวัดทักษะการคิดคำนวณ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเติมคำตอบ จำนวน 10 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.28 – 0.67 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.36 – 0.70 ค่าความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.88 และ 3) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.21– 0.42 ค่าอำนาจจำแนกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.65 – 0.84 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.93 วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) สัมประสิทธิ์การกระจาย (CV) ค่าความเบ้ (Skewness) และค่าความโด่ง (Kurtosis) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรและการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (confirmatory factor analysis)

การวิจัยระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เนื้อหาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นครราชสีมา เขต 4 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 2 โรงเรียน จำนวน 36 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 1 โรงเรียน จำนวน 20 คน และกลุ่มควบคุม 1 โรงเรียน จำนวน 16 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ จำนวน 18 แผน และ 2) แบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน จำนวน 30 ข้อ การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้น ผู้วิจัยดำเนินการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน (pretest) ก่อนเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วจึงทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น เป็นเวลา 18 ชั่วโมง เมื่อเสร็จการทดลองใช้ผู้วิจัยทำการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน (posttest)

ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม หลังจากนั้นดำเนินการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนในระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แล้วนำผลคะแนนจากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน คือ การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุดค่าต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง การวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถด้านคำนวณของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยสถิติ Hotelling's T^2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผลหลังการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ เพื่อศึกษาความคงทนของการเรียนรู้ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุนามทางเดียวแบบวัดซ้ำ (One-way MANOVA; repeated measures) และการวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้สรุปผลได้ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์และตรวจสอบโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า โมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณซึ่งมี 3 องค์ประกอบ คือ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยค่าสถิติไคสแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 288.15 และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P value = 0.137), ค่า $\chi^2/df = 1.095$ ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) มีค่าเท่ากับ 0.97 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนปรับแก้แล้ว (AGFI) มีค่าเท่ากับ 0.95 ค่าดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (RMSEA) มีค่าเท่ากับ 0.012 ค่าดัชนีค่ารากของค่าเฉลี่ยกำลังสองเฉลี่ยของเศษเหลือในรูปคะแนนมาตรฐาน (SRMR) มีค่าเท่ากับ 0.027 เมื่อพิจารณาน้ำหนักองค์ประกอบมีค่าเป็นบวกทุกค่าโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.31 - 0.81 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า โดยด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุด เท่ากับ .99 รองลงมาได้แก่ ด้านทักษะการคิดคำนวณ และด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มีค่าเท่ากับ .97 และ .76 ตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถด้านคำนวณได้ร้อยละ 99, 94 และ 58 ตามลำดับ จากค่าสถิติในการทดสอบความสอดคล้องของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของความสามารถด้านคำนวณทั้ง 3 ด้าน สามารถรวมกันเป็นองค์ประกอบเดี่ยวได้อย่างมีความเที่ยงตรง

2. ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบ 4 ขั้น ได้แก่ 1) ขั้นเชื่อมโยงความรู้ (Connection) 2) ขั้นสร้างความรู้ (Construction) 3) ขั้นฝึกคิดคำนวณ (Calculation) และ 4) ขั้นทำซ้ำย้ำทวน (Cycle application)

3. ผลการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยประเมินจากผลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนจากแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยพิจารณาจากความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนจากผลการทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนพิจารณาจากความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนจากผลการทดสอบหลังเรียนและระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ ซึ่งสามารถสรุปผลได้ดังนี้

3.1 กลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.2 กลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณมีความคงทนในการเรียนรู้โดยมีคะแนนเฉลี่ยด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนและระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.3 ค่าดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน เท่ากับ 0.51 หรือมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ร้อยละ 51.00 แสดงให้เห็นว่าค่าดัชนีประสิทธิผลอยู่ในระดับมาก

การอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์และตรวจสอบโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ค่าสถิติจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของโมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สามารถรวมกันเป็นองค์ประกอบเดี่ยวได้อย่างมีความเที่ยงตรง ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของนางลักษณ์ วิรัชชัย (นางลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 45-52; อ้างอิงจาก Joreskog; Sorbom. 1989; 23-28; Long. 1983; 61-64; Bollen. 1989; 256-281, 335-338) และเป็นไปตามแนวคิดของสำนักทดสอบทางการศึกษา (2556) ซึ่งได้แบ่งความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนออกเป็น 3 ด้าน คือ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เมื่อพิจารณาน้ำหนักองค์ประกอบพบว่า มีน้ำหนักสูงใกล้เคียงกันทุกองค์ประกอบ แสดงว่าถ้าเราต้องการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนควรให้ความสำคัญกับทุกองค์ประกอบ ทั้งด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้เนื่องจากการที่จะให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีคุณภาพและบรรลุตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดนั้นจะต้องมีการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้มีความสมดุลทั้งทางด้านสาระความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผสมผสานทั้ง 3 ด้าน จะช่วยเพิ่มพูนประสบการณ์และความชำนาญของนักเรียนให้สามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างถูกต้อง สอดคล้องกับสุวรรณ กาญจนมยุรและคณะ (2544. 6-7) ที่กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ควรเริ่มจากการพัฒนาความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ในการเรียนเนื้อหาใหม่ของนักเรียน จากนั้นจึงจัดประสบการณ์ให้นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจไปใช้ในการฝึกทักษะการคิดคำนวณ ทักษะการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันจนเกิดความรู้ความชำนาญอย่างถูกต้อง แม่นยำและรวดเร็ว และสอดคล้องกับอัมพร ม้าคอง (2554. 6-7) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นจะต้องพัฒนาสมรรถภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งด้านความรู้ที่เป็นความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์และความรู้เชิงขั้นตอนหรือกระบวนการที่ครอบคลุมเนื้อหา ทักษะการบวก ลบ คูณ หารจำนวน ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจที่ถ่องแท้ และสามารถนำความรู้เหล่านี้ไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นพื้นฐานที่มั่นคงสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น

2. จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สามารถนำไปใช้พัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถด้านคำนวณทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมั่นใจ เนื่องจากเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบ มีการพัฒนาอย่างเป็นขั้นตอนและต่อเนื่องสัมพันธ์กัน ซึ่งเริ่มจากการสังเคราะห์องค์ประกอบและสาระของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณ รวมถึงกรอบแนวคิดทฤษฎีที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสามารถด้านคำนวณ ทั้ง 3 ด้าน ซึ่งประกอบด้วย ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบรูเนอร์ การสอนแนะให้รู้คิด (CGI) และการสอนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของโพลยา ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของจอยส์และเวลส์ (Joyce; & Well. 2014) ที่ได้กล่าวถึงข้อควรคำนึงในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนว่า ไม่ควรยึดมั่นกับทฤษฎีหรือหลักการเรียนรู้ใดเพียงอย่างเดียว และสอดคล้องกับแนวคิดของทิสนา แคมมณี (2545: 220) ที่สรุปไว้ว่า การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้จะต้องผ่านการจัดองค์ประกอบต่าง ๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้เป็นระบบ โดยคำนึงถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งต้องจัดองค์ประกอบต่าง ๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้มีความสัมพันธ์กัน เพื่อนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ

นอกจากนี้ในการสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณในครั้งนี้ผู้วิจัยยังคำนึงถึงจุดมุ่งหมายของความสามารถด้านคำนวณที่ต้องการให้นักเรียนสามารถนำความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบในแต่ละขั้นตอน ผู้วิจัยจะแทรกสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันที่นักเรียนอาจพบเจอเพื่อให้นักเรียนตระหนักและมีความคุ้นเคยกับการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ เริ่มตั้งแต่ขั้นที่ 1 ขั้นเชื่อมโยงความรู้ที่จะเป็นการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนโดยการใช้เหตุการณ์หรือประสบการณ์ของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เรียนผ่านไปแล้วให้นักเรียนยกตัวอย่าง หรือใช้คำถามให้นักเรียนได้ฝึกคิดหาคำตอบ แสดงความคิดเห็น เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างองค์ความรู้ ในขั้นนี้ผู้วิจัยเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติฝึกคิดจากการตอบคำถามและทำงานกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้แล้วช่วยกันสรุปความรู้จากเรื่องที่เรียน โดยใช้สถานการณ์รอบ ๆ ตัวนักเรียน ทั้งที่บ้าน ชุมชน หรือโรงเรียน ซึ่งนักเรียนจะให้ความ

สนใจกับเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องของตัวเองเป็นอย่างมาก จากนั้นจึงนำปัญหาที่ไกลตัวออกไปมาให้นักเรียนฝึก ทั้งนี้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นำมาให้นักเรียนฝึกจะเริ่มจากง่ายไปหายากเพื่อให้ นักเรียนมองเห็นแนวทางในการแก้ปัญหาและเป็นการสร้างแรงจูงใจในการเรียนให้กับนักเรียนอีกด้วย ชั้นที่ 3 ชั้นฝึกคิดคำนวณ กิจกรรมในชั้นนี้ต้องการเน้นให้นักเรียนฝึกคิดคำนวณในใจหรือฝึกทักษะการหาคำตอบอย่างรวดเร็วให้กับนักเรียน โดยใช้เวลาสั้น ๆ จากโจทย์สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการคิดหาคำตอบและมุ่งมั่นในการทำให้ทันเวลา ส่งผลให้นักเรียนตั้งใจเรียนเนื้อหาก่อนหน้าที่จะต้องนำมาความรู้มาใช้ในชั้นนี้เป็นอย่างดี และชั้นที่ 4 ชั้นทำซ้ำย้ำทวน ผู้วิจัยต้องการให้นักเรียนได้ฝึกคิดแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันบ่อย ๆ จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิธีการในการแก้ปัญหา รวมไปถึงเกิด ความคุ้นเคยกับปัญหาลักษณะต่าง ๆ เมื่อต้องการนำไปใช้จะเกิดทักษะการแก้ปัญหาและสามารถคิดหาคำตอบได้ถูกต้อง จึงส่งผลให้นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณมีพัฒนาการที่สูงขึ้น

3. การประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วสามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถด้านคำนวณเพิ่มขึ้น โดยพิจารณาจากการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถด้านคำนวณ ทั้ง 3 ด้าน คือ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า กลุ่มทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณมีคะแนนเฉลี่ยความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนกลุ่มทดลองมีความคงทนในการเรียนรู้และมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ร้อยละ 51 ซึ่งจากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้จัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถด้านคำนวณได้จริง และเมื่อพิจารณาแยกเป็นรายด้านสามารถอภิปรายผล ได้ดังนี้

3.1 คะแนนเฉลี่ยความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งอภิปรายผลได้ว่ากลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ ซึ่งพัฒนาขึ้นมาจากหลักการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สำคัญคือ ทฤษฎีการเรียนรู้โดยการค้นพบของบ

รูเนอร์ และการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) โดยผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ อภิปราย คิดหาคำตอบ จากคำถามหรือกิจกรรมที่กำหนดให้ รวมทั้งแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากประสบการณ์จริงของตนเองกับเพื่อนในชั้นเรียน ทำให้เกิดความเข้าใจจนเกิดการตกผลึกทางความคิดในเรื่องที่ตนกำลังเรียนรู้ จากกระบวนการดังกล่าวส่งผลให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในแนวคิดและหลักการสำคัญของเนื้อหาอย่างลึกซึ้งถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพัชรีย์ ปิยภักดิ์ (2555: 145-146) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพุทธินิยม ทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มมนุษยนิยม ทฤษฎีสรคานิยม ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของพือาเจต์ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และแนวคิดการสอนเพื่อชี้แนะให้รู้คิด ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองใช้รูปแบบมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.2 คะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดคำนวณของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะการคิดคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากผลดังกล่าวสามารถอภิปรายได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณสามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดคำนวณได้มากกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการคิดและทำแบบฝึก โดยระหว่างที่ผู้เรียนทำกิจกรรมผู้วิจัยได้พยายามใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบผลการทำงานว่าเป็นอย่างไรบ้าง จากกระบวนการดังกล่าวจึงทำให้ผู้เรียนกลุ่มทดลองได้รับการพัฒนาทักษะการคิดคำนวณอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ในระหว่างที่ผู้เรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ ผู้วิจัยได้พยายามวินิจฉัยความสามารถของผู้เรียนและสังเกตการณ์การทำงานของผู้เรียนแต่ละบุคคล หากพบว่าผู้เรียนคนใดมีปัญหาหรือทำแบบฝึกไม่ได้ ผู้วิจัยจะอธิบายและยกตัวอย่างเพิ่มเติม ซึ่งวิธีการดังกล่าวสอดคล้องกับผลงานวิจัยของเวชฤทธิ์ อังกะภักทรขจร (2551: 190-191) ได้ทำการพัฒนานักกิจกรรมการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ที่ใช้ทักษะการให้เหตุผลและการเชื่อมโยงโดยการบูรณาการสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการทดลองพบว่า ด้านความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เรื่องการวิเคราะห์ข้อมูล ด้านทักษะการให้เหตุผล ด้านทักษะการเชื่อมโยง ด้านเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 รวมถึงยังสอดคล้องกับผลงานวิจัยของชัยยุทธ บุญธรรม (2549: 115) ได้ทำการพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยการสอนแบบค้นพบ

เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียน สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.3 คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากผลดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ให้กับผู้เรียนมากกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนได้สร้างข้อสรุปหรือองค์ความรู้ของเนื้อหาที่เรียนด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ลิขิต สุขธานสูตร (2556: 97-98) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสมการ โดยจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคการแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของโพลยา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการแก้โจทย์ปัญหาสมการสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของปริยาภรณ์ เกลาเกลี้ยง (2556: 69) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยชุดการสอนเรื่อง ความน่าจะเป็น ที่เน้นยุทธวิธีการแก้ปัญหาตามรูปแบบการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ความน่าจะเป็น หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.4 กลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณมีความคงทนในการเรียนรู้โดยมีคะแนนเฉลี่ยด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนและระยะติดตามผลหลังใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 3 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีค่าดัชนีประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน เท่ากับ 0.51 หรือมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ร้อยละ 51.00 ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นรูปแบบที่ผู้เรียนมีบทบาทหลักในการเรียนรู้โดยพยายามกระตุ้นและส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง ฝึกให้คิดวิเคราะห์ มีโอกาสแลกเปลี่ยนแนวคิดหรือวิธีการของตนเองจากผลของศึกษาค้นคว้า ทำให้เห็นมุมมองหรือแนวคิดที่แปลกใหม่และแตกต่างจากของตน จึงนำไปสู่การพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนสอดคล้องกับงานวิจัยของ จรรยา ภูอุดม (2544: 109-110) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยสร้าง

ชั้นประกอบด้วย 4 ชั้น ได้แก่ ชั้นเสนอสถานการณ์ปัญหา ชั้นสร้างความรู้สึกรู้สึกอยากแก้ปัญหาและวางแผนแก้ปัญหา ชั้นลงมือแก้ปัญหา ชั้นประเมินผล และผลจากการทดลองใช้สรุปได้ว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดี นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงเหตุผล ความเข้าใจใจโน้มน้าว และเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ดีกว่านักเรียนที่เรียนตามปกติและมีความคงทนของความเข้าใจมากกว่านักเรียนที่เรียนตามปกติ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 โมเดลการวัดความสามารถด้านคำนวณมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นในการวัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ควรวัดให้ครอบคลุมทั้ง 3 ด้าน และการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนควรให้ความสำคัญกับทั้ง 3 องค์ประกอบ เนื่องจากมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ในระดับที่สูงใกล้เคียงกัน

1.2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ในช่วงเวลาเรียนปกติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้เนื่องจากผู้วิจัยได้กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ของรูปแบบสอดคล้องกับมาตรฐานและตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถด้านคำนวณและมีความรู้ตามมาตรฐานของหลักสูตร

1.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนประกอบด้วยการสอน 4 ขั้นตอน ในการนำรูปแบบไปใช้ในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ครูผู้สอนจะต้องศึกษาทำความเข้าใจกิจกรรมแต่ละขั้นด้วยความเข้าใจอย่างแท้จริง เตรียมสื่อการสอนไปงานให้พร้อมก่อนนำไปใช้ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ฝึกคิดและหาคำตอบจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรทำการศึกษาปัจจัยเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณของนักเรียน เช่น ปัจจัยด้านครูผู้สอน ปัจจัยด้านผู้เรียน ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในการเรียน ปัจจัยด้านครอบครัว เป็นต้น

2.2 ควรศึกษาติดตามผล (follow-up study) พัฒนาการความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนเมื่ออยู่ในระดับชั้นเรียนที่สูงขึ้นหรือทำการศึกษาพัฒนาการความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนในระดับชั้นเรียนต่าง ๆ โดยใช้การศึกษาภาคตัดขวาง (cross-sectional study)





บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กัลยา วาณิชยปัญญา. (2552). การวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร. กรุงเทพฯ: ธรรมสาร.
- ขวัญ เพ็ญชัย. (2553). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสถิติสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- จรรยา ภูอุดม. (2544). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชนาธิป พรกุล. (2551). การออกแบบการสอน การบูรณาการการอ่าน การคิดวิเคราะห์ และการเขียน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2552). 80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ : แดเน็กซ์ อินเทอร์เน็ตปอเรชั่น.
- ชัยวัฒน์ อัยปาอจ. (2552). ผลของการใช้แนวการสอนแนะให้รู้คิดในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ (การศึกษาคณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยยุทธ บุญธรรม. (2549). การพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์โดยการสอนแบบค้นพบ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชาญชัย ยมดิษฐ์. (2548). เทคนิคและวิธีการสอนร่วมสมัย. กรุงเทพฯ: หลักพิมพ์.
- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2550). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: เทพนิมิตการพิมพ์.
- ชูศรี วงศ์รัตน์ และองอาจ นัยพัฒน์. (2551). แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองและสถิติวิเคราะห์: แนวคิดพื้นฐานและวิธีการ. กรุงเทพฯ: แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทรงศักดิ์ ภู่อ่อน. (2558). การประยุกต์ใช้ SPSS วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 7. มหาสารคาม: ตักศิลาการพิมพ์.
- ทวีศักดิ์ เจริญเตีย. (2556). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหาโดยใช้ทฤษฎีปัญญาแห่งความสำเร็จของสเติร์นเบอร์ก. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด. (หลักสูตรและการสอน). ชลบุรี: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยบูรพา.

- ทศนา แหมมณี. (2545). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. กรุงเทพฯ: ด้านสุทธาการพิมพ์.
- นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). โมเดลลิสเรล: สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. (2542). การวิเคราะห์ห่อภิมาณ META-ANALYSIS. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นัดดา อังสุไวยัย. (2550). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิชาเคมีที่เน้นกระบวนการเรียนรู้แบบนำตนเองของนักศึกษาระดับปริญญาตรี. ปริญญาโท กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2546). การวิจัยสำหรับครู. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. (2547). การวัดประเมินการเรียนรู้ (การวัดประเมินแนวใหม่). กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บุญเลี้ยง ทมทอง. (2553). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิดเชิงระบบวิชาคณิตศาสตร์ ระดับช่วงชั้นที่ 4. วิทยานิพนธ์ กศ.ด. (หลักสูตรและการสอน). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- _____. (2556). ทฤษฎีและการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ (Theories and Development of Instructional Model). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เอส.พรินต์ ไทย แฟคเตอร์ี่.
- บุษบา พลรัตน์. (2554). การศึกษาความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ โดยใช้วิธีสอนตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่เน้นขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา. วิทยานิพนธ์ (หลักสูตรและการสอน). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปภัสนร แก้วพิลาธมย์. (2554) การศึกษาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ (หลักสูตรและการสอน). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปรียาภรณ์ เกลาเกลี้ยง. (2556). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยชุดการสอน เรื่อง ความน่าจะเป็น ที่เน้นยุทธวิธีการแก้ปัญหาดารูปแบบการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา. วิทยานิพนธ์ (หลักสูตรและการสอน). ชลบุรี: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยบูรพา.

- พรนภา ราชรองเมือง. (2556). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.วิทยานิพนธ์ (หลักสูตรและการสอน). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พัชรินทร์ เสรี. (2553). การพัฒนารูปแบบการสอนเขียนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านการเขียน. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. (การศึกษาพิเศษ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พัชรี ปิยภักดิ์. (2555). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พิสมัย อาแพงพันธ์. (2556). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดการเรียนรู้แบบอิงบริบท เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ ปร.ด. (วิจัยหลักสูตรและการสอน). สกลนคร: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- ลิขิต สุขธนาสุรณ. (2556). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสมการ โดยจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคการแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของโพลยา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน). ชลบุรี: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยบูรพา
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วนิดา จัตรวิราคม. (2546). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง ระบบนิเวศ. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วัชร บุนนสิงห์. (2546). การสอนวิชาคณิตศาสตร์ TL 363. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- วัฒนาพร ระวังบุกข์. (2545). เทคนิคและกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544. กรุงเทพฯ : พริกหวานกราฟฟิค.
- วีณา ประชาณุกุล และประสาธ เนืองเฉลิม. (2553). รูปแบบการเรียนการสอน. มหาสารคาม : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

- เวชฤทธิ์ อังกะนัททรขจร. (2551). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ที่ใช้ทักษะการให้เหตุผลและการเชื่อมโยงโดยบูรณาการสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์ข้อมูลกับ สิ่งแวดล้อมศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ปรินญา นิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ.
- ศิรินันท์ ว่องโชติกุล. (2559). การพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้สมองเป็นฐาน ระดับประถมศึกษา. วิทยานิพนธ์ กศ.ด. (หลักสูตรและการสอน). ชลบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2559). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ ขั้นพื้นฐาน (O-NET). สืบค้นเมื่อวันที่ 24 เมษายน 2559. จาก <http://www.onetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/MainSch/MainSch.aspx?mi=1>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). กรอบโครงสร้างการประเมินผล นักเรียนนานาชาติ PISA 2009. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- _____. (2556ก). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: 3-คิว มีเดีย.
- _____. (2556ข). ครูคณิตศาสตร์มืออาชีพ เส้นทางสู่ความสำเร็จ. กรุงเทพฯ: 3-คิว มีเดีย.
- _____. (2557). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- _____. (2557). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไร และทำอะไรได้บ้าง. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- _____. (2559ก). สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 เมษายน 2559. จาก <http://timssthailand.ipst.ac.th/timss/reports/2015>
- _____. (2559ข). สรุปผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และ คณิตศาสตร์. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 เมษายน 2559. จาก <http://pisathailand.ipst.ac.th/pisa/reports/pisa2015summaryreport>
- สมชาย วรกิจเกษมสกุล. (2540). การพัฒนารูปแบบการสอนวิชาคณิตศาสตร์โดยการสื่อสาร แนวความคิดเพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหา. ปรินญา นิพนธ์ กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนา หลักสูตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมพร แผลงภู. (2541). การพัฒนารูปแบบเพื่อพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการ การประถมศึกษาแห่งชาติ. ปรินญา นิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- สิริพร ทิพย์คง. (2544). การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สิริอร วิชาวุธ. (2554). จิตวิทยาการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สุพรรณิ คำนันท์. (2552). ผลของการเรียนแบบผสมผสานโดยใช้แนวทางการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยวิธีอุปนัยและนิรนัยที่มีต่อการรับรู้ความสามารถของตนเองในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีระดับความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่างกัน. วิทยานิพนธ์ (โสตทัศนศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุนีย์ คล้ายนิล ; ปรีชาญ เดชศรี และอัมพลิกา ประโมจันย์. (2550). การวัดผลประเมินผลเพื่อคุณภาพการเรียนรู้และตัวอย่างข้อสอบจากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA). กรุงเทพฯ: เซเวนพรีนติ้ง กรุ๊ป.
- สุภมาส อังศุโชติ, สมถวิล วิจิตรวรรณ และรัชนิกุล ภิญโญภูพานวัฒน์. (2554). สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ : เทคนิคการใช้โปรแกรม LISREL. กรุงเทพฯ: เจริญดีมั่นคงการพิมพ์.
- สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2554). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวรรณ กาญจนมยุร และคณะ. (2544). เทคนิคการใช้สื่อเกม และของเล่นคณิตศาสตร์ เล่ม 2. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานครราชสีมา เขต 4. (2559). ระบบการจัดเก็บข้อมูลนักเรียนรายบุคคล Data Management Center. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 เมษายน 2559. จาก <https://portal.bopp-obec.info/obec60/>
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2558). การประเมินผลการศึกษานานาชาติ : Programme for the International Assessment of Adult Competencies, PIAAC. สืบค้นเมื่อวันที่ 24 เมษายน 2558. จาก http://www.onec.go.th/onec_backoffice/uploaded/Newseducation/2014-02-20-Poster_PIAAC.pdf
- สำนักทดสอบทางการศึกษา (2556ก). ผลการประเมินคุณภาพผู้เรียนระดับชาติ ปีการศึกษา 2555: บทสรุปและข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.
- _____. (2556ข). นิยามความสามารถของผู้เรียนด้านภาษา ด้านคำนวณ และด้านเหตุผล (Literacy, Numeracy & Reasoning Ability) โครงการประกันคุณภาพการศึกษา และการประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

- _____. (2557ก). คู่มือการจัดสอบประเมินคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐานเพื่อการประกันคุณภาพผู้เรียน ปีการศึกษา 2556. กรุงเทพฯ ฯ: ม.ป.พ.
- _____. (2557ข). สรุปผลการประเมินคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐานเพื่อการประกันคุณภาพผู้เรียน ปีการศึกษา 2556. กรุงเทพฯ ฯ: ม.ป.พ.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2552). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- เสรี ชัดเข้ม สุชาดา กรเพชรปาณี. (2546, มีนาคม). โมเดลสมการโครงสร้าง. วารสารการวิจัยและวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา. 1(1): 1-24.
- องอาจ นัยวัฒน์. (2549). วิธีวิทยาการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ ฯ: สามลดา.
- _____. (2554). การออกแบบการวิจัย: วิธีการเชิงปริมาณ เชิงคุณภาพและผสมผสานวิธี. กรุงเทพฯ ฯ: แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- องอาจ ภาเรือง. (2542). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้ด้านมโนคติและการแก้โจทย์ปัญหา เรื่องการคูณและการหารของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนรู้มโนคติตามแนวทางของบรูเนอร์ ในโรงเรียนเทศบาลวารินวิชาชาติ จังหวัดอุบลราชธานี. ปรินญาณินท์ กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน). นนทบุรี: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- อัจฉรา เอิบสุขสิริ. (2557). จิตวิทยาสำหรับครู. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัมพร ม้าคอง. (2554). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์: การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. (2557). คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Askew, M.; et al. (1997). *Effective Teachers Of Numeracy*. Report of a study carried out for the Teacher Training Agency By the School of Education. London: King's College.
- Australian Association of Mathematics Teacher (AAMT). (1997). *Numeracy =Everyone's Business*. The report of the Numeracy Education Strategy Development Conference. Commonwealth of Australia.

- Australian Curriculum, Assessment and Report Authority. (2011). *The Australian curriculum: Mathematics*. ACARA, Sydney, Retrieved on Tuesday, 16th April 2015 from.
<http://www.australiancurriculum.edu.au/Static/docs/history/2.0/Australian%20Curriculum%20v1.2.pdf>
- _____. (2012). *The Australian Curriculum continua for numeracy*. ACARA, Sydney, Retrieved 17th April 2015 from.
<http://www.australiancurriculum.edu.au/GeneralCapabilities/Pdf/Numeracy>
- Curry, D., Schmitt, J, M., & Waidron, S. (1996). *A framework for adult numeracy Standards: The mathematical skills and abilities adults need to be equipped for the future*. The adult numeracy practitioners network system reform planning project. Funded by the National Institute for Literacy.
- Cockcroft, H., W., et al. (1982). *Mathematics count*. Report of the Committee of Inquiry Into the Teaching of Mathematics in Schools the Chairmanship. London: Her Majesty' Stationery Office.
- Cohen J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates; 1988
- Crowther, G. (1959). *15 to 18 : A report of the Central Advisory Council for Education (English)*. London : Her Majesty's Stationery Office.
- Department for Education and Employment (DfEE) .(1999). *The National Numeracy Strategy: Framework for teaching mathematics from Reception to year 6*. London: Department for Education and Employment.
- Department for Education and Skills. (2012). *National Numeracy Programme*. Welsh Government.
- _____. (2013). *National Literacy and Numeracy Framework*. Welsh Government.
- Doig, B. (2001). *Summing up: Australian numeracy performances, practices, programs and possibilities*. Australian Council for Education Research. Australian.
- Doig, B., Crae, M. B., & Rowe, K. (2003). *A good start to numeracy : Effective numeracy Strategies from research and practice in early childhood*. Australia.

- Gal, I; et al. (2003). *Adult numeracy and its assessment in the ALL survey: A conceptual Framework and pilot results*. Adult Literacy and Lifeskills Survey. Ottawa, Ontario: Statistics Canada.
- Ginsburk, L., Manly, M. & Schmitt, J. M. (2006). *The Components of Numeracy*. National Center for the Study of Adult Learning and Literacy. Cambridge: Harvard Graduate School of Education.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (2010). *Multivariate Data Analysis*. NJ: Prentice-Hall.
- Headington, R. (1998). *A Handbook for those who Assist in Early Years Setting: Supporting Numeracy*. London: Bell and Bain Ltd.
- Human Capital Working Group, Council of Australian Government. (2008). *National Numeracy Review Report: May 2008*. Commissioned by Human Capital Working Group, Council of Australian Government. Commonwealth of Australia.
- Kaufmann, L., Handl, P., & Thony, B. (2003). *Evaluation of a Numeracy Intervention Program Focusing on Basic Numerical Knowledge and Conceptual Knowledge: A pilot Study*. Journal of Learning Disabilities Volume 36, Number 6, November/December.
- International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). (2013). *TIMSS 2015 Assessment Framework*. United States.
- Joyce B.: & Weil M. (1996). *Model of Teaching*. 5th ed. Boston: Allyn and Bacon.
- Massachusetts Department of Education. (2005). *Massachusetts adult basic education curriculum framework for mathematics and numeracy*. Adult and Community learning Services, October.
- Maruyama, Geoffrey M. (1998). *Basics of Structural Equation Modeling*. London: Sage.
- McLean, P.; et al. (2012). *Australian Core Skills Framework: 5 Core Skills, 5 Levels of Performance, 3 Domains of Communications*. Commonwealth of Australia.
- Meyers, Lawrence S., Glenn Gamst, A.J. Guarino. (2006). *Applied Multivariate Research : Design and Interpretation*. Thousand Oaks. Sage.

- Millett, A., Brown, M. & Askew, M. (2004). *Multiple perspectives on attainment in Numeracy : Primary mathematics and the developing professional*. United States of America; Kluwer Academic Publishers.
- OECD. (2012). *Literacy, Numeracy and Problem Solving in Technology-Rich Environments : Framework for the OECD survey of adult skills*. OECD Publishing.
- Ontario. (2012). *The Capacity Building Series K-12: Supporting Numeracy*. Student Achievement Division to support leadership and instructional effectiveness In Ontario school. Canada. The series is posted at:
www.edu.gov.on.ca/eng/literacynumeracy/inspire/
- Rothman, S.. (2002). *Achievement in literacy and numeracy by Australian 14 year-olds, 1975-7998*. LSAY Research Reports. Longitudinal surveys of Australian youth research report. Australian Council for Educational Research.
http://research.acer.edu.au/lsay_research/40.
- Rothman, S. & McMillan, J. (2003). *Influences on achievement in literacy and numeracy*. LSAY Research Reports. Longitudinal surveys of Australian youth research report. Australian Council for Educational Research.
http://research.acer.edu.au/lsay_research/40.
- Russell, R. (2009). *Help your child with numeracy : age range 7-11*. London: 101 Printing International.
- The Basic Skill Agency. (2001). *Adult numeracy core curriculum*. London, UK; Department of Education and Employment.



ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ



รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณ

- | | |
|--------------------------|--|
| 1. ผศ.ดร.ทรงชัย อักษรคิด | อาจารย์ประจำสาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 2. อ.ดร.ชिरา ลำदनหอม | อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 3. อ.ดร.ขวัญ เพี้ยชัย | อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 4. ดร.วันทิดา ทะลาลี | ศึกษานิเทศก์ชำนาญการพิเศษ
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 31 |
| 5. ดร.นิอร ไชยพรพัฒนา | ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนประชารัฐ
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 12 |

**ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถ
ด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2**

- | | |
|----------------------------|---|
| 1. อ.เอนก จันทจรูญ | อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 2. อ.ดร. หนึ่งฤทัย เมฆวทัต | อาจารย์ประจำสาขาวิชาวัดผลและวิจัยการศึกษา
คณะครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏราชชนครินทร์ |
| 3. อ.ดร.สุรินทร์ บุญพัฒน์ | อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) |
| 4. ดร.วราภรณ์ พูนผลอำนวย | ข้าราชการบำนาญ
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 31 |
| 5. อาจารย์สุภา คิณนาม | ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนประสาทวิทยาการ
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 33 |

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ



ตาราง 31 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณ
 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ข้อที่	IOC					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
12	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ตาราง 31 (ต่อ)

ข้อที่	IOC					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
21	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้

ตาราง 32 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถ
ด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ข้อ	p	r	ข้อ	p	r
1	0.63	0.52	16	0.48	0.32
2	0.27	0.56	17	0.38	0.62
3	0.42	0.73	18	0.28	0.65
4	0.42	0.43	19	0.27	0.29
5	0.35	0.39	20	0.43	0.37
6	0.27	0.71	21	0.24	0.78
7	0.58	0.40	22	0.28	0.45
8	0.33	0.74	23	0.28	0.58
9	0.25	0.79	24	0.23	0.69
10	0.47	0.56	25	0.47	0.54
11	0.58	0.70	26	0.42	0.70
12	0.28	0.84	27	0.40	0.78
13	0.57	0.30	28	0.65	0.58
14	0.67	0.59	29	0.37	0.57
15	0.26	0.73	30	0.22	0.76

ตาราง 33 ผลการประเมินคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ

รายการ	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4	แผนที่ 5	แผนที่ 6	แผนที่ 7	แผนที่ 8	แผนที่ 9
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้									
1.1 องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้									
ครบถ้วนและมีความสัมพันธ์กัน	4.80	5.00	5.00	5.00	4.80	5.00	5.00	4.80	4.60
1.2 องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้									
มีลำดับขั้นตอนที่เป็นระบบ	4.80	4.80	4.60	4.80	5.00	5.00	4.80	4.80	4.80
1.3 แผนการจัดการเรียนรู้มีการกำหนดเกณฑ์ในการประเมินที่ชัดเจน	4.80	5.00	4.80	5.00	4.80	4.60	5.00	4.60	4.60
เฉลี่ย	4.80	4.93	4.80	4.93	4.87	4.87	4.93	4.73	4.67
2. จุดประสงค์การเรียนรู้									
2.1 สอดคล้องกับตัวชี้วัดที่กำหนด	5.00	4.80	5.00	4.80	4.80	5.00	4.80	5.00	5.00
2.2 สามารถวัดและประเมินผลได้	4.80	5.00	4.60	4.80	5.00	4.80	4.80	4.80	4.60
2.3 ครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้ง									
3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะ/กระบวนการและด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	5.00	4.80	4.80	4.60	4.80	4.60	5.00	5.00	4.80
เฉลี่ย	4.93	4.87	4.80	4.73	4.87	4.80	4.87	4.93	4.80
3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้									
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.60	4.80	4.80	4.60
3.2 มีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.80	4.60	4.80	4.60	4.60	4.80	4.60	4.60	4.60
3.3 มีความเหมาะสมกับระยะเวลาในการสอน	4.80	4.80	4.60	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
3.4 มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนและสัมพันธ์ต่อเนื่องกัน	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
3.5 การจัดกิจกรรมขั้นที่ 1 ขึ้นเชื่อมโยงความรู้ (Connection) มีความเหมาะสม	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.80	4.80	5.00	4.80
3.6 การจัดกิจกรรมขั้นที่ 2 ขึ้นสร้างความรู้ (Construction) มีความเหมาะสม	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.80
3.7 การจัดกิจกรรมขั้นที่ 3 ขึ้นฝึกคิดคำนวณ (Calculation) มีความเหมาะสม	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.80	5.00	5.00
3.8 การจัดกิจกรรมขั้นที่ 4 ขึ้นทำซ้ำย้ำทวน (Cycle application) มีความเหมาะสม	5.00	5.00	5.00	5.00	4.80	4.80	5.00	5.00	4.80
เฉลี่ย	4.90	4.88	4.88	4.88	4.85	4.83	4.83	4.88	4.78

ตาราง 33 (ต่อ)

รายการ	แผนกที่ 1	แผนกที่ 2	แผนกที่ 3	แผนกที่ 4	แผนกที่ 5	แผนกที่ 6	แผนกที่ 7	แผนกที่ 8	แผนกที่ 9
4. สื่อการเรียนรู้และเอกสารอ้างอิง									
4.1 มีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของ รูปแบบฯ เนื้อหาสาระการเรียนรู้ และ กิจกรรมการเรียนรู้	5.00	5.00	4.60	5.00	4.60	4.80	4.80	4.60	4.60
4.2 มีความเหมาะสมสอดคล้องกับวัยของ ผู้เรียน	4.80	4.60	4.80	4.80	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
เฉลี่ย	4.90	4.80	4.70	4.90	4.80	4.90	4.90	4.80	4.80
รวมเฉลี่ย	4.88	4.87	4.80	4.86	4.85	4.85	4.88	4.84	4.76

ตาราง 33 (ต่อ)

รายการ	แผนที่ 10	แผนที่ 11	แผนที่ 12	แผนที่ 13	แผนที่ 14	แผนที่ 15	แผนที่ 16	แผนที่ 17	แผนที่ 18
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้									
1.1 องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ครบถ้วนและมีความสัมพันธ์กัน	5.00	4.80	5.00	5.00	4.80	5.00	5.00	4.60	5.00
1.2 องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ มีลำดับขั้นตอนที่เป็นระบบ	4.60	4.80	5.00	4.80	5.00	5.00	4.60	4.80	4.80
1.3 แผนการจัดการเรียนรู้มีการกำหนดเกณฑ์ ในการประเมินที่ชัดเจน	4.80	4.80	4.80	5.00	4.80	4.80	4.80	4.60	5.00
เฉลี่ย	4.80	4.80	4.93	4.93	4.87	4.93	4.80	4.67	4.93
2. จุดประสงค์การเรียนรู้									
2.1 สอดคล้องกับตัวชี้วัดที่กำหนด	5.00	4.80	5.00	5.00	4.60	4.80	4.80	4.80	5.00
2.2 สามารถวัดและประเมินผลได้	5.00	4.80	4.60	4.80	4.60	5.00	4.80	4.80	5.00
2.3 ครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความรู้ ด้านทักษะ/ กระบวนการและด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	4.80	4.80	4.80	5.00	4.80	4.80	5.00	4.60	4.60
เฉลี่ย	4.93	4.80	4.80	4.93	4.67	4.87	4.87	4.73	4.87
3. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้									
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้	4.80	5.00	4.60	4.80	5.00	4.80	4.60	4.80	4.80
3.2 มีความเหมาะสมกับวัยของนักเรียน	4.60	4.80	4.60	4.80	4.80	4.60	4.80	4.60	4.80
3.3 มีความเหมาะสมกับระยะเวลาในการสอน	4.80	4.80	4.80	4.60	4.60	4.80	4.80	4.80	4.80
3.4 มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนและสัมพันธ์ ต่อเนื่องกัน	4.80	4.60	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
3.5 การจัดกิจกรรมขั้นที่ 1 ขั้นเชื่อมโยง ความรู้ (Connection) มีความเหมาะสม	5.00	5.00	4.80	5.00	5.00	5.00	4.80	5.00	5.00
3.6 การจัดกิจกรรมขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความรู้ (Construction) มีความเหมาะสม	5.00	5.00	4.80	5.00	4.80	5.00	5.00	5.00	5.00
3.7 การจัดกิจกรรมขั้นที่ 3 ขั้นฝึกคิด คำนวณ (Calculation) มีความเหมาะสม	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.80	5.00	5.00	5.00
3.8 การจัดกิจกรรมขั้นที่ 4 ขั้นทำซ้ำย้ำทวน (Cycle application) มีความเหมาะสม	5.00	5.00	4.80	5.00	5.00	4.80	4.80	4.80	5.00
เฉลี่ย	4.88	4.90	4.78	4.88	4.88	4.83	4.83	4.85	4.90

ตาราง 33 (ต่อ)

รายการ	แผนที่ 10	แผนที่ 11	แผนที่ 12	แผนที่ 13	แผนที่ 14	แผนที่ 15	แผนที่ 16	แผนที่ 17	แผนที่ 18
4. สื่อการเรียนรู้และเอกสารอ้างอิง									
4.1 มีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของ รูปแบบฯ เนื้อหา สาระการเรียนรู้ และ กิจกรรมการเรียนรู้	4.80	4.60	5.00	4.80	4.60	4.80	4.60	4.80	4.80
4.2 มีความเหมาะสมสอดคล้องกับวัย ของผู้เรียน	5.00	5.00	4.60	5.00	4.80	5.00	5.00	4.60	5.00
เฉลี่ย	4.90	4.80	4.80	4.90	4.70	4.90	4.80	4.70	4.90
รวมเฉลี่ย	4.88	4.83	4.83	4.91	4.78	4.88	4.83	4.74	4.90



ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



แบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณ (Numeracy)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบวัดความสามารถด้านคำนวณ (numeracy) ฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อใช้วัดความสามารถด้านคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการให้เหตุผลและทักษะการสื่อสารสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์) โดยใช้เนื้อหา คณิตศาสตร์เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 นำมาสร้างข้อสอบเป็นแบบสถานการณ์ต่าง ๆ ให้นักเรียนตอบคำถาม แบ่งออกเป็น 10 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์จะแบ่งออกเป็นข้อสอบย่อย 3 ข้อ

2. แบบทดสอบฉบับนี้มี 30 ข้อ คะแนนเต็ม 80 คะแนน ให้เวลาทำแบบทดสอบ 60 นาที

3. แบบทดสอบฉบับนี้มีลักษณะการตอบคำถามดังนี้

ลักษณะที่ 1 แบบเลือกตอบ

ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวโดยทำเครื่องหมาย $\times$ ทับหมายเลขที่ตรงกับตัวเลือกที่ต้องการ (ข้อละ 1 คะแนน มีทั้งหมด 10 ข้อ รวม 10 คะแนน)

ลักษณะที่ 2 แบบเติมคำตอบ

ให้นักเรียนหาคำตอบที่ถูกต้องแล้วเขียนคำตอบลงในช่องว่างที่กำหนด (ข้อละ 1 คะแนน มีทั้งหมด 10 ข้อ รวม 10 คะแนน)

ลักษณะที่ 3 แบบแสดงวิธีทำ

ให้นักเรียนเขียนคำตอบพร้อมแสดงวิธีทำอย่างละเอียดลงในช่องว่างที่กำหนด (ข้อละ 6 คะแนน) การตรวจให้คะแนนในแต่ละข้อจะแบ่งออกเป็น ทักษะการแก้ปัญหา 2 คะแนน ทักษะการให้เหตุผล 2 คะแนนและทักษะการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ 2 คะแนน ข้อสอบมีทั้งหมด 10 ข้อ รวม 60 คะแนน

นายกฤษฎา แก้วสิงห์

นิสิตปริญญาเอก สาขาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

สถานการณ์ใช้ตอบคำถามข้อ 1 – 3



ร้านรุ่งเรืองยนต์ตีตราขายรถยนต์ไว้ 612,000 บาท เมื่อวางเงินดาวน์ 25% สามารถผ่อนได้นาน 60 เดือน แต่ถ้าซื้อเงินสดลดให้ 8% พร้อมรับของแถมเป็นโทรศัพท์มือถือและประกันรถยนต์ชั้นหนึ่งฟรี 1 ปี

1. ข้อใดถูกต้อง

1. เงินดาวน์ 25% หมายความว่า ถ้ารถยนต์ราคา 100 บาท จ่ายเงินดาวน์ 125 บาท
2. เงินดาวน์ 25% หมายความว่า ถ้ารถยนต์ราคา 100 บาท จ่ายเงินดาวน์ 85 บาท
3. เงินดาวน์ 25% หมายความว่า ถ้ารถยนต์ราคา 100 บาท จ่ายเงินดาวน์ 75 บาท
4. เงินดาวน์ 25% หมายความว่า ถ้ารถยนต์ราคา 100 บาท จ่ายเงินดาวน์ 25 บาท

2. สูตรต้องการซื้อรถยนต์ดังกล่าวในราคาเงินสด
ต้องจ่ายเงินกี่บาท

พื้นที่สำหรับทด

คำตอบ

3. กานดาต้องการซื้อรถยนต์ในราคาเงินดาวน์ หลังจากจ่ายเงินดาวน์แล้วต้องผ่อนชำระเดือนละกี่บาท จงแสดงวิธีคิดหาคำตอบ
วิธีคิด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ใช้ตอบคำถามข้อ 7 – 9

จังหวัดนครราชสีมา



จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 32 อำเภอ มีพื้นที่ประมาณ 20,000 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่ป่าไม้อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่และอุทยานแห่งชาติทับลานประมาณ 3,700 ตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ. 2557 ความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ทั้งหมด เป็น 128 : 1

7. สัดส่วนที่ใช้ในการหาจำนวนประชากรโดยประมาณของจังหวัดนครราชสีมาในปี พ.ศ. 2557 ตรงกับข้อใด

$$1. \frac{1}{128} = \frac{x}{20,000}$$

$$2. \frac{x}{128} = \frac{1}{20,000}$$

$$3. \frac{128}{1} = \frac{x}{20,000}$$

$$4. \frac{1}{x} = \frac{128}{20,000}$$

8. จากข้อที่ 7 ในปี พ.ศ. 2557 จังหวัดนครราชสีมา
มีประชากรประมาณกี่คน

คำตอบ

พื้นที่สำหรับทด

9. จังหวัดนครราชสีมาที่มีพื้นที่ป่าไม้คิดเป็นประมาณร้อยละเท่าใดของพื้นที่ทั้งหมด จงแสดงวิธีคิดหา
คำตอบ

วิธีคิด

.....

.....

.....

.....

สถานการณ์ ใช้ตอบคำถามข้อ 10 – 12



สูตรน้ำจิ้มข้าวมันไก่

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|
| ☞ เต้าเจี้ยว 6 ช้อนโต๊ะ | ☞ น้ำตาลทราย 3 ช้อนโต๊ะ |
| ☞ ขิงแก่สับละเอียด 3 ช้อนโต๊ะ | ☞ กระเทียมบด 4 ช้อนโต๊ะ |
| ☞ พริกขี้หนูสดเขียว-แดงซอย 2 ช้อนโต๊ะ | ☞ น้ำส้มพริกดองแบบปั่น 2 ช้อนโต๊ะ |
| ☞ ซีอิ๊วหวานสูตรหนึ่ง 2 ช้อนโต๊ะ | ☞ มะนาว 1 ช้อนชา |

วิธีทำ ใส่เต้าเจี้ยวลงในถ้วย ใส่น้ำตาลทราย ใส่กระเทียมบดและขิงแก่สับละเอียด ใส่น้ำส้มพริกดอง น้ำมะนาวลงไป ใส่ซีอิ๊วหวานสูตรหนึ่ง คนผสมให้ละลายเข้ากัน ชิมรสตามชอบ

10. อัตราส่วนของปริมาณของส่วนของซีอิ๊วหวานสูตรหนึ่ง ต่อขิงแก่สับละเอียดต่อเต้าเจี้ยว เป็นเท่าไร

1. 2 : 3 : 6 2. 6 : 3 : 2 3. 3 : 2 : 6 4. 2 : 6 : 3

11. สูตรทำน้ำจิ้มข้าวมันไก่สำหรับเลี้ยงคนในครอบครัว จำนวน 5 คน โดยใช้ส่วนผสมของเต้าเจี้ยว 24 ช้อนโต๊ะ จะต้องใช้น้ำตาลทรายและพริกขี้หนูสดเขียว-แดงซอย เท่าไร
(เต้าเจี้ยว : น้ำตาลทราย : พริกขี้หนูสดเขียว-แดงซอย)

คำตอบ

พื้นที่สำหรับทด

12. ถ้าในการทำน้ำจิ้มข้าวมันไก่ ใช้ส่วนผสมของซีอิ๊วหวานสูตรหนึ่ง 16 ช้อนโต๊ะ จะต้องใช้ส่วนผสมของน้ำตาล ทรายและกระเทียมบดกี่กรัม (กำหนดให้ 1 ช้อนโต๊ะ เท่ากับ 15 กรัม) จงแสดงวิธีคิดหาคำตอบ

วิธีคิด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้
ประกอบรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถด้านคำนวณ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

แผนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถด้านคำนวณ (numeracy)

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รหัสวิชา ค 22101 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 อัตราส่วนและร้อยละ เวลาทั้งหมด 18 ชั่วโมง
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อัตราส่วน เวลา 1 ชั่วโมง
 สอนวันที่.....เดือน พ.ศ.

สาระสำคัญ

ความสัมพันธ์ที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณ ซึ่งอาจมีหน่วยเดียวกันหรือหน่วยต่างกันได้ เรียกว่า อัตราส่วน

มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ค 1.1: เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

ม.2/4 ใช้ความรู้เกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ในการแก้โจทย์ปัญหา

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้

- 1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของอัตราส่วนจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้
- 2) นักเรียนสามารถเขียนอัตราส่วนแทนการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

2. ด้านทักษะ/กระบวนการ

- 1) นักเรียนมีความสามารถในการใช้เหตุผล

3. ด้านคุณลักษณะ

- 1) นักเรียนมีระเบียบวินัย
- 2) มีความใฝ่เรียนรู้

จุดมุ่งหมายของการพัฒนาความสามารถด้านคำนวณ (numeracy)

- (✓) 1. เพื่อพัฒนาความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
- (✓) 2. เพื่อพัฒนาทักษะการคิดคำนวณของนักเรียน
- (✓) 3. เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

สาระการเรียนรู้

1. ความหมายของอัตราส่วน
2. การเขียนอัตราส่วน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นเชื่อมโยงความรู้ (Connection)

1. ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับการบอกปริมาณในชีวิตประจำวัน เช่น การบอกจำนวนนักเรียนและจำนวนครูในโรงเรียน การบอกจำนวนเงินที่ได้มาโรงเรียน การบอกน้ำหนัก ส่วนสูง ฯลฯ
2. เพื่อเป็นการเชื่อมโยงการบอกปริมาณและสร้างความตระหนักเรื่องการใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน ให้นักเรียนดูวิดีโอ เรื่อง นมถั่วเหลือง : Homemade Soy Milk (ความยาว 1.43 นาที)

1. ความคิด
รวบยอดทาง
คณิตศาสตร์
(เรื่องการ
บอกปริมาณ
ในชีวิต
ประจำวัน)



(ที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=52Kz-KW4PPY>)

ครูสุ่มเรียกให้นักเรียนยกตัวอย่างเกี่ยวกับการบอกปริมาณสองปริมาณจากวิดีโอ (ถ้านักเรียนจำไม่ได้ให้ครูเปิดอัตราส่วนผสมหน้าที่ที่ 1.39) เช่น

-ถั่วเหลือง 1/2 กิโลกรัม ต่อเกลือ 1 ช้อนชา

-น้ำตาลทราย 250 กรัม ต่อน้ำ 4 ลิตร

-นักเรียนคิดว่าถ้าเพิ่มปริมาณถั่วเหลืองเป็น 2 กิโลกรัม เราต้องเพิ่มปริมาณน้ำตาลทรายและน้ำเปล่าหรือไม่ (เพิ่ม)

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความรู้ (Construction)

3. ครูแจกใบความรู้ที่ 1 แล้วใช้การถามตอบกับนักเรียนในสถานการณ์ที่ 1
ดังต่อไปนี้

3.ทักษะ
กระบวนการ
ทาง
คณิตศาสตร์

ร้านค้าขายอุปกรณ์การเรียนติดราคาขายสินค้าไว้ดังนี้



ปากกา	2	ด้าม	ราคา	12	บาท
ดินสอ	3	แท่ง	ราคา	9	บาท
สมุด	2	เล่ม	ราคา	24	บาท

- นักเรียนสามารถบอกความสัมพันธ์ที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณจากสถานการณ์ข้างต้นได้อย่างไรบ้าง ? (ปากกา 2 ด้าม ราคา 12 บาท, ดินสอ 3 แท่ง ราคา 9 บาท, สมุด 2 เล่ม ราคา 24 บาท)

- ถ้านักเรียนซื้อปากกา 1 ด้าม ราคาที่บาท (6 บาท), ถ้าซื้อ 3 ด้ามราคาบาท (18 บาท)

- ถ้านักเรียนซื้อดินสอ 1 แท่ง ราคาที่บาท (3 บาท), ถ้าซื้อ 2 แท่ง ราคาที่บาท

(6 บาท)

- ถ้านักเรียนซื้อสมุด 1 เล่ม ราคาที่บาท (12 บาท), ถ้าซื้อ 3 เล่ม ราคาที่บาท (36 บาท)

- จากนั้นครูและนักเรียนช่วยกันเขียนแสดงความสัมพันธ์จำนวนสินค้ากับราคาบนกระดาน

ดังนี้

จำนวนปากกา (ด้าม)	ราคา (บาท)	จำนวนดินสอ (แท่ง)	ราคา (บาท)	จำนวนสมุด (เล่ม)	ราคา (บาท)
1	6	1	3	1	12
2	12	2	6	2	24
3	18	3	9	3	36
4	24	4	12	4	48

- จากตารางข้างต้นถ้าจำนวนสินค้าเพิ่มขึ้น (ปากกา, ดินสอ, สมุด) จำนวนเงินที่ต้องจ่ายเพิ่มขึ้นหรือลดลง (เพิ่มขึ้น)

- ถ้าจำนวนสินค้าลดลง (ปากกา, ดินสอ, สมุด) จำนวนเงินที่ต้องจ่ายเพิ่มขึ้นหรือลดลง (ลดลง)

4. ครูแนะนำนักเรียนว่า การบอกความสัมพันธ์ที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณซึ่งอาจมีหน่วยเดียวกันหรือหน่วยต่างกันได้ เราเรียกว่า อัตราส่วน เขียนแทนด้วย $a : b$ หรือ $\frac{a}{b}$ เรียก a ว่า จำนวนแรกหรือจำนวนที่หนึ่งของอัตราส่วน และเรียก b ว่าจำนวนหลังหรือจำนวนที่สองของอัตราส่วน

1.ความคิด
รวบยอดทาง
คณิตศาสตร์

5. ให้นักเรียนช่วยกันเขียนอัตราส่วนของจำนวนสินค้าต่อราคาจากสถานการณ์ข้างต้นในรูปของสัญลักษณ์ บนกระดาน ดังนี้

3.ทักษะ
กระบวนการ
ทาง
คณิตศาสตร์

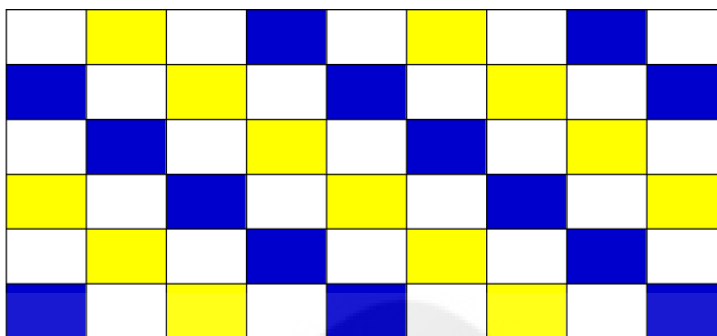
จำนวนปากกา (ด้าม)	ราคา (บาท)	อัตราส่วนของจำนวนปากกา เป็นด้ามต่อราคาเป็นบาท
1	6	$1 : 6$ หรือ $\frac{1}{6}$
2	12	$2 : 12$ หรือ $\frac{2}{12}$
3	18	$3 : 18$ หรือ $\frac{3}{18}$
4	24	$4 : 24$ หรือ $\frac{4}{24}$

จำนวนดินสอ (แท่ง)	ราคา (บาท)	อัตราส่วนของจำนวนดินสอ เป็นแท่งต่อราคาเป็นบาท
1	3	$1 : 3$ หรือ $\frac{1}{3}$
2	6	$2 : 6$ หรือ $\frac{2}{6}$
3	9	$3 : 9$ หรือ $\frac{3}{9}$
4	12	$4 : 12$ หรือ $\frac{4}{12}$

จำนวนสมุด (เล่ม)	ราคา (บาท)	อัตราส่วนของจำนวนสมุด เป็นเล่มต่อราคาเป็นบาท
1	12	$1 : 12$ หรือ $\frac{1}{12}$
2	24	$2 : 24$ หรือ $\frac{2}{24}$
3	36	$3 : 36$ หรือ $\frac{3}{36}$
4	48	$4 : 48$ หรือ $\frac{4}{48}$

(ครูเน้นย้ำกับนักเรียนว่า สัญลักษณ์ $\frac{1}{6}$ ไม่ใช่เศษหนึ่งส่วนหก แต่มีความหมายเช่นเดียวกับ $1 : 6$ เรานำรูปเศษส่วนมาใช้เพื่อความสะดวกในการคำนวณ)

6. ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ที่ 2 แล้วช่วยกันตอบคำถาม ดังต่อไปนี้



“ปราโมทย์ต้องการปูกระเบื้องพื้นห้องครัว จึงให้ช่างปูกระเบื้องใช้กระเบื้องสีขาว สีเหลือง และสีน้ำเงิน ปูพื้นห้องดังแผนภาพ” ให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้

ข้อความ	อัตราส่วน
1. อัตราส่วนของจำนวนกระเบื้องสีน้ำเงินต่อจำนวนกระเบื้องสีขาว	14 : 26
2. อัตราส่วนของจำนวนกระเบื้องสีฟ้าต่อจำนวนกระเบื้องสีขาว	13 : 26
3. อัตราส่วนของจำนวนกระเบื้องสีน้ำเงินต่อจำนวนกระเบื้องสีฟ้า	14 : 13
4. อัตราส่วนของจำนวนกระเบื้องสีน้ำเงินต่อจำนวนกระเบื้องทั้งหมด	14 : 54
5. อัตราส่วนของจำนวนกระเบื้องขาวต่อจำนวนกระเบื้องสีทั้งหมด	26 : 54

7. ครูและนักเรียนร่วมอภิปรายและสรุปแนวคิดเกี่ยวกับอัตราส่วน โดยครูใช้คำถามเป็น ตัวนำไปสู่การสรุป ดังนี้

- การบอกความสัมพันธ์ที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณซึ่งอาจมีหน่วย เดียวกันหรือหน่วยต่างกันได้ เราเรียกว่า อัตราส่วน

- การเขียนอัตราส่วนในรูปสัญลักษณ์ เขียนแทนด้วย $a : b$ หรือ $\frac{a}{b}$ เรียก a ว่า จำนวนแรกหรือจำนวนที่หนึ่งของอัตราส่วน และเรียก b ว่าจำนวนหลังหรือจำนวนที่สองของอัตราส่วน สัญลักษณ์ $\frac{a}{b}$ ไม่ใช่เศษส่วนเปี แต่มีความหมายเช่นเดียวกับ $a : b$ เรานำรูปเศษส่วนมาใช้เพื่อความสะดวกในการคำนวณเท่านั้น

1. ความคิด
รวบยอดทาง
คณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นฝึกคิดคำนวณ (Calculation)

8. นักเรียนทำใบงานที่ 1.1 ฝึกคิดคำนวณ จากตัวอย่างสถานการณ์เกี่ยวกับอัตราส่วนในชีวิตประจำวัน แล้วช่วยกันเฉลยคำตอบบนกระดาน ดังนี้ (ใช้เวลา 5 นาที)

ตัวอย่าง

- แม่ค้าติดป้ายขายมะนาว ดังนี้ “มะนาว 2 ผล ราคา 7 บาท”

จำนวนมะนาว (ผล)	ราคา (บาท)	อัตราส่วนของจำนวนมะนาว เป็นผลต่อราคาเป็นบาท
2	7	2 : 7 หรือ $\frac{2}{7}$
4		
6		
8		
10		



2.ทักษะ
การคิด
คำนวณ

ขั้นที่ 4 ขั้นทำซ้ำย้ำทวน (Cycle application)

9. ให้นักเรียนทำใบงานที่ 1.2 แล้วสุ่มนักเรียนออกมาเฉลยบนกระดาน โดยมีเพื่อนนักเรียนและครูคอยตรวจสอบความถูกต้อง

3.ทักษะ
กระบวนการ
ทาง
คณิตศาสตร์

สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้

- 1.1 ใบความรู้ที่ 1
- 1.2 ใบงานที่ 1.1
- 1.3 ใบงานที่ 1.2
- 1.4 วีดีโอ เรื่อง นมถั่วเหลือง : Homemade Soy Milk
- 1.5 แผ่นป้ายสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 2

2. แหล่งศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม

- 2.1 ห้องสมุดโรงเรียน
- 2.2 ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

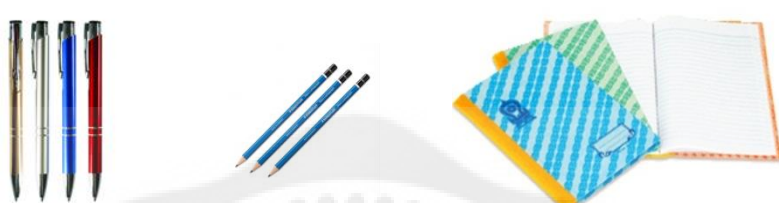
วิธีวัดและ ประเมินผลการเรียนรู้	เครื่องมือการวัดและ ประเมินผล	เกณฑ์ผ่านการประเมิน
1. ด้านความรู้ 1.1 ตรวจใบงาน 1.2 การตอบคำถาม	1. ใบงานที่ 1.1-1.2 2. แบบบันทึกคะแนน 3. แบบสังเกตพฤติกรรม การเรียน	1. ทำแบบฝึกได้ถูกต้อง มากกว่า 50% 2. ได้คะแนนเฉลี่ยระดับ “ 2 ” ขึ้นไป
2. ด้านทักษะ/กระบวนการ 2.1 ตรวจใบงาน 2.2 การตอบคำถาม	1.ใบงานที่ 1.1-1.2 2. แบบบันทึกคะแนน 3 .แบบสังเกตพฤติกรรม การเรียน	1. ทำแบบฝึกได้ถูกต้อง มากกว่า 50% 2. ได้คะแนนเฉลี่ยระดับ “ 2 ” ขึ้นไป
3.ด้านคุณลักษณะที่พึง ประสงค์ 3.1 สังเกตพฤติกรรม ในการเรียน	1. แบบสังเกตพฤติกรรม การเรียน	1. ได้คะแนนระดับ “ 2 ” ขึ้นไป

ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง อัตราส่วน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

กลุ่มที่.....ชื่อกลุ่ม.....

สถานการณ์ที่ 1

ร้านค้าขายอุปกรณ์การเรียนติดราคาขายสินค้าไว้ดังนี้



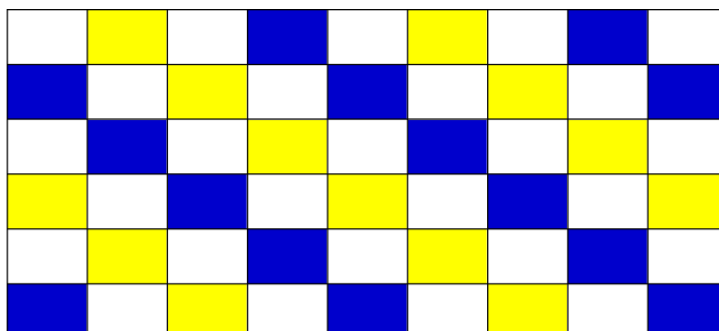
ปากกา	2	ด้าม	ราคา	12	บาท
ดินสอ	3	แท่ง	ราคา	9	บาท
สมุด	2	เล่ม	ราคา	24	บาท

จำนวนปากกา (ด้าม)	ราคา (บาท)	อัตราส่วนของจำนวนปากกาเป็นด้ามต่อราคาเป็นบาท
1		
2		
3		
4		

จำนวนดินสอ (แท่ง)	ราคา (บาท)	อัตราส่วนของจำนวนดินสอเป็นแท่งต่อราคาเป็นบาท
1		
2		
3		
4		

จำนวนสมุด (เล่ม)	ราคา (บาท)	อัตราส่วนของจำนวนสมุดเป็นเล่มต่อราคาเป็นบาท
1		
2		
3		
4		

สถานการณ์ที่ 2



“ปราโมทย์ต้องการปูกระเบื้องพื้นห้องครัว จึงให้ช่างปูกระเบื้องใช้กระเบื้องสีขาว สีเหลือง และสีน้ำเงิน ปูพื้นห้องดังแผนภาพ”

ข้อความ	อัตราส่วน
1.อัตราส่วนของจำนวนกระเบื้องสีน้ำเงินต่อจำนวนกระเบื้องสีขาว	
2.อัตราส่วนของจำนวนกระเบื้องสีเหลืองต่อจำนวนกระเบื้องสีขาว	
3.อัตราส่วนของจำนวนกระเบื้องสีน้ำเงินต่อจำนวนกระเบื้องสีเหลือง	
4.อัตราส่วนของจำนวนกระเบื้องสีน้ำเงินต่อจำนวนกระเบื้องทั้งหมด	
5.อัตราส่วนของจำนวนกระเบื้องสีขาวต่อจำนวนกระเบื้องทั้งหมด	

ใบงานที่ 1.1 เรื่อง อัตราส่วน (ฝึกคิดคำนวณ)
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ชื่อ – สกุล.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมช่องว่างต่อไปนี้ให้สมบูรณ์ (10 คะแนน)

1. แม่ค้าติดป้ายขายมะนาว ดังนี้ “มะนาว 2 ผล ราคา 7 บาท”

จำนวนมะนาว (ผล)	ราคา (บาท)	อัตราส่วนของจำนวนมะนาว เป็นผลต่อราคาเป็นบาท
2	7	2 : 7 หรือ $\frac{2}{7}$
4		
6		
8		
10		
12		



2. ห้างสรรพสินค้าโลตัสติดป้ายขายขนมคุกกี้ ดังนี้ “คุกกี้ 3 ชิ้น ราคา 8 บาท”

จำนวนคุกกี้ (ชิ้น)	ราคา (บาท)	อัตราส่วนของจำนวนคุกกี้ เป็นชิ้นต่อราคาเป็นบาท
3	8	3 : 8 หรือ $\frac{3}{8}$
6		
9		
12		
15		
18		



ใบงานที่ 1.2 เรื่อง อัตราส่วน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ชื่อ – สกุล.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ชัยวัฒน์ซื้อบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปยี่ห้อมามารัสตัมน้ำชาชั้นมารับประทาน 1 ชาม หลังจากทานเสร็จจึงศึกษาคุณค่าทางโภชนาการที่ได้รับจากมามา พบว่า

“พลังงานทั้งหมด 220 กิโลแคลอรี พลังงานจากไขมัน 80 กิโลแคลอรี ประกอบด้วย ไขมันทั้งหมด 9 กรัม ไขมันอิ่มตัว 4.5 กรัม โปรตีน 3 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 29 กรัม น้ำตาล 2 กรัม โยอาหาร 1 กรัม โซเดียม 1,040 มิลลิกรัม”

ชัยวัฒน์จะเขียนอัตราส่วนแสดงการเปรียบเทียบจำนวนประเภทต่าง ๆ ต่อไปนี้ได้อย่างไร (5 คะแนน)

ข้อความ	อัตราส่วน
1. อัตราส่วนของปริมาณพลังงานทั้งหมดต่อปริมาณไขมันทั้งหมด	
2. อัตราส่วนของปริมาณโปรตีนต่อปริมาณโยอาหาร	
3. อัตราส่วนของปริมาณโซเดียมต่อปริมาณพลังงานจากไขมัน	
4. อัตราส่วนของปริมาณไขมันอิ่มตัวต่อปริมาณน้ำตาล	
5. อัตราส่วนของปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่อปริมาณโซเดียม	



แผนการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถด้านคำนวณ (numeracy)

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รหัสวิชา ค 22101 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 อัตราส่วนและร้อยละ เวลาทั้งหมด 18 ชั่วโมง
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง อัตราส่วนของจำนวนหลาย ๆ จำนวน (3) เวลา 1 ชั่วโมง
 สอนวันที่.....เดือน พ.ศ.

สาระสำคัญ

อัตราส่วนสองอัตราส่วนใด ๆ ที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณของสิ่งสามสิ่งเป็นคู่ ๆ เราสามารถเขียนอัตราส่วนของจำนวนทั้งสามจำนวนจากสองอัตราส่วนเหล่านั้น ด้วยการหาปริมาณของสิ่งที่เป็นตัวร่วมในสองอัตราส่วนให้เป็นปริมาณที่เท่ากัน โดยใช้หลักการหาอัตราส่วนที่เท่ากัน

มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ค 1.1 : เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวน
 ในชีวิตจริง

ม.2/4 ใช้ความรู้เกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ในการแก้โจทย์ปัญหา

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้

- 1) นักเรียนสามารถเขียนอัตราส่วนของจำนวนหลาย ๆ จำนวน
 แทนการเปรียบเทียบปริมาณหลายปริมาณที่กำหนดให้ได้

2. ด้านทักษะ/กระบวนการ

- 1) นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา

3. ด้านคุณลักษณะ

- 1) นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน
- 2) นักเรียนทำงานอย่างเป็นระบบ

ความสามารถด้านคำนวณ (numeracy)

- (✓) ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์
- (✓) ทักษะการคิดคำนวณ
- (✓) ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์

สาระการเรียนรู้

1. อัตราส่วนของจำนวนหลาย ๆ จำนวน

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นเชื่อมโยงความรู้ (Connection)

1. นักเรียนช่วยกันยกตัวอย่างอัตราส่วนของจำนวนหลาย ๆ จำนวนที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวัน
2. นักเรียนพิจารณาใบความรู้ที่ 6 ครูสุ่มเรียกให้นักเรียนตั้งคำถามอัตราส่วนของจำนวนหลายจำนวนและสุ่มเรียกให้เพื่อนตอบ ดังนี้

1.ความคิด
รวบยอดทาง
คณิตศาสตร์



สูตร ลาบหมู

1. หมูสับ 100 กรัม
2. ตับหมูต้ม 50 กรัม
3. หอมแดงซอย 3 ช้อนโต๊ะ
4. ผักชีฝรั่งซอย 3 ช้อนโต๊ะ
5. น้ำปลาอย่างดี 2 ช้อนโต๊ะ
6. น้ำมะนาว 2 ช้อนโต๊ะ
7. น้ำตาลทราย 1/2 ช้อนชา
8. พริกป่น 1 ช้อนโต๊ะ
9. ข้าวคั่ว 2 ช้อนโต๊ะ
10. ใบมะกรูดซอยละเอียด 1 ช้อนโต๊ะ (แบ่งไว้โรยหน้าตอนเสิร์ฟเล็กน้อย)
11. ใบสะระแหน่ เด็ดเป็นใบ สำหรับตกแต่ง 4-5 ช่อ
12. ผักกาดขาว 1 ก้าน
13. มะเขือเทศราชินีสำหรับเสิร์ฟ

- นักเรียนคนที่ 1 อัตราส่วนของหมูสับต่อน้ำปลาอย่างดีต่อผักชีฝรั่งซอย
- นักเรียนคนที่ 2 $100 : 2 : 3$

- นักเรียนคนที่ 3 อัตราส่วนของตับหมูตมต่อน้ำมะนาวต่อหอมแดงซอยต่อพริกป่น
- นักเรียนคนที่ 4 50 : 2 : 3 : 1



สูตร บัวลอยเผือก

1. แป้งข้าวเหนียว 100 กรัม
2. แป้งมัน 10 กรัม
3. เผือกหนึ่งสุก 140 กรัม (ใช้เผือกดิบที่ปอกเปลือก หั่นชิ้นแล้ว 150 กรัม)
4. น้ำ 1/3 ถ้วยตวง
5. กะทิ 8 ถ้วย หรือ หางกะทิ 6 ถ้วย + หัวกะทิ 2 ถ้วย
6. น้ำตาลปี๊บ 200 กรัม
7. น้ำตาลทราย 320 กรัม
8. เกลือป่น 1/2 ช้อนตวง
9. มะพร้าวอ่อนหั่นชิ้นพอคำ 400 กรัม
10. ไข่ไก่ 10 ฟอง (หรือแล้วแต่จะทาน)
11. ใบเตยหอมล้างสะอาด มัดให้เรียบร้อย 4-5 ใบใหญ่

- นักเรียนคนที่ 1 อัตราส่วนของแป้งข้าวเหนียวต่อไข่ไก่ต่อน้ำตาลปี๊บ
- นักเรียนคนที่ 2 100 : 10 : 200
- นักเรียนคนที่ 3 อัตราส่วนของกะทิต่อแป้งมันต่อเผือกหนึ่งสุกต่อน้ำตาลทราย
- นักเรียนคนที่ 4 8 : 10 : 140 : 320

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความรู้ (Construction)

3. นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ที่ 1 ต่อไปนี้ แล้วช่วยกันคิดตอบคำถาม

3.ทักษะ
กระบวนการ
ทาง
คณิตศาสตร์

สถานการณ์ที่ 1

วิภาต้องการทำลาบหมู ในงานทำบุญขึ้นบ้านใหม่สำหรับเลี้ยงแขกที่มาร่วมงาน 40 คน ถ้าวิภาซื้อหมูสับมา 1 กิโลกรัมครึ่ง จะต้องใช้ตับหมูต้ม หอมแดงซอย พริกป่นและ ข้าวคั่วอย่างละเท่าไร (พิจารณาสวนผสมการทำลาบหมูข้างต้น)

วิธีทำ จากโจทย์ข้างต้น จะได้อัตราส่วนของหมูสับต่อดับหมูต้มต่อหอมแดงซอยต่อ

พริกป่นต่อข้าวคั่ว เป็น $100 : 50 : 3 : 1 : 2$

เนื่องจาก 100 เป็นอัตราส่วนของหมูสับ ถ้าต้องการให้หมูสับมีอัตราส่วน 1,500 (1 กิโลกรัมครึ่งเท่ากับ 1,500 กรัม) จะต้องนำ 15 คูณทุกจำนวนในอัตราส่วน

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } 100 : 50 : 3 : 1 : 2 &= 100 \times 15 : 50 \times 15 : 3 \times 15 : 1 \times 15 : 2 \times 15 \\ &= 1500 : 750 : 45 : 15 : 30 \end{aligned}$$

จะต้องใช้ ตับหมูต้ม 750 กรัม หอมแดงซอย 45 ช้อนโต๊ะ

พริกป่น 15 ช้อนโต๊ะ และข้าวคั่ว 30 ช้อนโต๊ะ

4. นักเรียนช่วยกันสรุปการเขียนอัตราส่วนของจำนวนหลายจำนวนดังนี้

อัตราส่วนสองอัตราส่วนใด ๆ ที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณของสิ่งสามสิ่งเป็นคู่ ๆ

เราสามารถเขียนอัตราส่วนของจำนวนทั้งสามจำนวนจากสองอัตราส่วนเหล่านั้น ด้วยการทำให้ปริมาณของสิ่งที่เป็นตัวร่วมในสองอัตราส่วนให้เป็นปริมาณที่เท่ากัน โดยใช้หลักการหาอัตราส่วนที่เท่ากัน

1.ความคิด
รวบยอดทาง
คณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นฝึกคิดคำนวณ (Calculation)

5. นักเรียนทำใบงานที่ 6.1 ฝึกคิดคำนวณ จากตัวอย่างข้อความที่เกี่ยวกับอัตราส่วนในชีวิตประจำวัน แล้วช่วยกันเฉลยคำตอบบนกระดาน ดังนี้ (ใช้เวลา 5 นาที)

ตัวอย่าง

2.ทักษะ
การคิด
คำนวณ

คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมอัตราส่วนผสมอาหารต่อไปนี้ให้ถูกต้อง



สูตร ต้มยำกุ้ง

1. กุ้ง 15 ตัว (ใช้ขนาด 5 ตัว = 100 กรัม)
2. น้ำซุปล 2 ½ ถ้วย
3. เห็ดฟาง 50 กรัม
4. พริกขี้หนูสวน 10 เม็ด
5. ตะไคร้ 2 ต้นใหญ่
6. ข่าแก่หั่นเป็นแว่น 5 แว่น
7. ใบมะกรูดแก่ ๆ 5 ใบ
8. ผักชี 1 ต้น
9. รากผักชี 2 รากใหญ่
10. มะเขือเทศ 1/2 ลูก
11. มะนาวน้ำดี ๆ 2 ลูก
12. เกลือป่น 1 ช้อนชา
13. น้ำปลาดี 3 ช้อนโต๊ะ

ถ้าใช้ กุ้ง 45 ตัว (ใช้ขนาด 5 ตัว = 100 กรัม)

1. น้ำซุปล.....ถ้วย
2. เห็ดฟาง.....กรัม
3. พริกขี้หนูสวน.....เม็ด
4. มะนาวน้ำดี ๆ ลูก
5. เกลือป่น.....ช้อนชา

ถ้าใช้ กุ้ง 90 ตัว (ใช้ขนาด 5 ตัว = 100 กรัม)

6. น้ำซุปล.....ถ้วย
7. เห็ดฟาง.....กรัม
8. มะเขือเทศ ลูก
9. เกลือป่น ช้อนชา
10. น้ำปลาดี.....ช้อนโต๊ะ

ขั้นที่ 4 ขั้นทำซ้ำย้าทวน (Cycle application)

6. ให้นักเรียนทำใบงานที่ 6.2 แล้วสุมนักเรียนออกมาเฉลยบนกระดาน โดยมีเพื่อนนักเรียนและครูคอยตรวจสอบความถูกต้อง

3.ทักษะ
กระบวนการ
ทาง
คณิตศาสตร์

1. สรวิษฐ์ สรวุฒิ และธีระพงษ์ ร่วมหุ้นลงทุนเปิดร้านขายเนื้ออย่างเกาหลีตามอัตราส่วนการลงทุนของสรวิษฐ์ต่อการลงทุนของสรวุฒิเป็น 2 : 3 และอัตราส่วนการลงทุนของสรวุฒิต่อการลงทุนของธีระพงษ์เป็น 4 : 5 โดยตกลงแบ่งผลกำไรตามอัตราส่วนของการลงทุน เมื่อเปิดร้านผ่านไป 3 เดือนแรก มีผลกำไร 142,500 บาทแต่ละคนจะได้รับส่วนแบ่งจากผลกำไรคนละเท่าไร (10 คะแนน)

วิธีคิด

อัตราส่วนการลงทุนของสรวิษฐ์ต่อการลงทุนของสรวุฒิ เท่ากับ.....
 อัตราส่วนการลงทุนของสรวุฒิต่อการลงทุนของธีระพงษ์ เท่ากับ
 ตัวรวมคือ
 ทำจำนวนตัวรวมให้เท่ากัน โดยให้มีค่าเท่ากับ ค.ร.น. ของ.....และ.....คือ.....
 นั่นคือ อัตราส่วนการลงทุนของสรวิษฐ์ต่อการลงทุนของสรวุฒิ
 เท่ากับ = ...×..... :×..... = ...
 และอัตราส่วนการลงทุนของสรวุฒิต่อการลงทุนของธีระพงษ์
 เท่ากับ = ...×..... :×..... = ...
 ดังนั้น อัตราส่วนการลงทุนของสรวิษฐ์ต่อการลงทุนสรวุฒิต่อการลงทุนของธีระพงษ์
 เท่ากับ.....
 นำอัตราส่วนของการลงทุนของแต่ละคนรวมกันจะได้เท่ากับ.....ส่วน
 เนื่องจากมีผลกำไร 142,500 บาท
 จะได้ผลกำไรแต่ละส่วนมีค่าเท่ากับ.....=.....บาท
 นำ.....คูณทุกจำนวนในอัตราส่วน
 จะได้.....=×..... :×..... :×.....
 = ... : :

ตอบ สรวิษฐ์ได้ส่วนแบ่ง.....บาท
 สรวุฒิได้ส่วนแบ่ง.....บาท
 ธีระพงษ์ได้ส่วนแบ่ง.....บาท

สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้

- 1.1 ใบความรู้ที่ 6
- 1.2 ใบงานที่ 6.1
- 1.3 ใบงานที่ 6.2
- 1.4 แผ่นป้ายสถานการณ์ต่าง ๆ

2. แหล่งศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม

- 2.1 ห้องสมุดโรงเรียน
- 2.2 ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต

การวัดและประเมินผล

วิธีวัดและ ประเมินผลการเรียนรู้	เครื่องมือการวัดและ ประเมินผล	เกณฑ์ผ่านการประเมิน
1. ด้านความรู้ 1.1 ตรวจใบงาน 1.2 การตอบคำถาม	1. ใบงานที่ 6.1-6.2 2. แบบบันทึกคะแนน 3. แบบสังเกตพฤติกรรม การเรียน	1. ทำแบบฝึกได้ถูกต้อง มากกว่า 50% 2. ได้คะแนนเฉลี่ยระดับ “ 2 ” ขึ้นไป
2. ด้านทักษะ/ กระบวนการ 2.1 ตรวจใบงาน 2.2 การตอบคำถาม	1. ใบงานที่ 6.1-6.2 2. แบบบันทึกคะแนน 3. แบบสังเกตพฤติกรรม การเรียน	1. ทำแบบฝึกได้ถูกต้อง มากกว่า 50% 2. ได้คะแนนเฉลี่ยระดับ “ 2 ” ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่ พึงประสงค์ 3.1 สังเกตพฤติกรรม ในการเรียน	1. แบบสังเกตพฤติกรรม การเรียน	1. ได้คะแนนเฉลี่ยระดับ “ 2 ” ขึ้นไป

ใบความรู้ที่ 6 เรื่อง อัตราส่วนของจำนวนหลาย ๆ จำนวน
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ชื่อ – สกุล.....เลขที่.....

ลาบหมู



สูตร ลาบหมู

1. หมูสับ 100 กรัม
2. ตับหมูต้ม 50 กรัม
3. หอมแดงซอย 3 ช้อนโต๊ะ
4. ผักชีฝรั่งซอย 3 ช้อนโต๊ะ
5. น้ำปลาอย่างดี 2 ช้อนโต๊ะ
6. น้ำมะนาว 2 ช้อนโต๊ะ
7. น้ำตาลทราย 1/2 ช้อนชา
8. พริกป่น 1 ช้อนโต๊ะ
9. ข้าวคั่ว 2 ช้อนโต๊ะ
10. ใบมะกรูดซอยละเอียด 1 ช้อนโต๊ะ (แบ่งไว้โรยหน้าตอนเสิร์ฟเล็กน้อย)
11. ใบสะระแหน่ เด็ดเป็นใบ สำหรับตกแต่ง 4-5 ช่อ
12. ผักกาดขาว 1 ก้าน
13. มะเขือเทศราชินีสำหรับเสิร์ฟ



บัวลอยเผือก



สูตร บัวลอยเผือก

1. แป้งข้าวเหนียว 100 กรัม
2. แป้งมัน 10 กรัม
3. เผือกหนึ่งลูก 140 กรัม (ใช้เผือกดิบที่ปอกเปลือก หั่นชิ้นแล้ว 150 กรัม)
4. น้ำ 1/3 ถ้วยตวง
5. กะทิ 8 ถ้วย หรือ หางกะทิ 6 ถ้วย + หัวกะทิ 2 ถ้วย
6. น้ำตาลปี๊บ 200 กรัม
7. น้ำตาลทราย 320 กรัม
8. เกลือป่น 1/2 ช้อนโต๊ะ
9. มะพร้าวอ่อนหั่นชิ้นพอคำ 400 กรัม
10. ไข่ไก่ 10 ฟอง (หรือแล้วแต่จะทาน)
11. ใบเตยหอมล้างสะอาด มัดให้เรียบร้อย 4 – 5 ใบใหญ่



สถานการณ์ที่ 1

วิภาต้องการทำลาบหมู ในงานทำบุญขึ้นบ้านใหม่สำหรับเลี้ยงแขกที่มาร่วมงาน 40 คน ถ้าวิภาซื้อหมูสับมา 1 กิโลกรัมครึ่ง จะต้องใช้ตับหมูต้ม หอมแดงซอย พริกป่นและข้าวคั่วอย่างละเท่าไร (พิจารณาสัดส่วนผสมการทำลาบหมูข้างต้น)

วิธีทำ

จากโจทย์ข้างต้น จะได้

อัตราส่วนของหมูสับต่อดับหมูต้มต่อหอมแดงซอยต่อพริกป่นต่อข้าวคั่ว

เป็น : : : :

เนื่องจาก 100 เป็นอัตราส่วนของหมูสับ ถ้าต้องการให้หมูสับมีอัตราส่วน 1,500 (1 กิโลกรัมครึ่งเท่ากับ 1,500 กรัม) จะต้องนำ คูณทุกจำนวนในอัตราส่วน
จะได้

$$100 : 50 : 3 : 1 : 2 = \dots \times \dots : \dots \times \dots : \dots \times \dots : \dots \times \dots : \dots \times \dots$$

$$= \dots : \dots : \dots : \dots : \dots$$

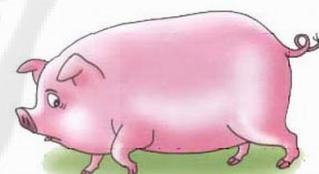
ตอบ จะต้องใช้

ตับหมูต้ม กรัม

หอมแดงซอย ช้อนโต๊ะ

พริกป่น ช้อนโต๊ะ

และข้าวคั่ว ช้อนโต๊ะ



ใบงานที่ 6.1 เรื่อง อัตราส่วนของจำนวนหลาย ๆ จำนวน (ฝึกคิดคำนวณ)
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ชื่อ – สกุล.....เลขที่.....

คำชี้แจง คำชี้แจง ให้นักเรียนเติมอัตราส่วนผสมอาหารต่อไปนี้ให้ถูกต้อง (ข้อละ 1 คะแนน)



1. กุ้ง 15 ตัว (ใช้ขนาด 5 ตัว = 100 กรัม)
2. น้ำซุปล $2\frac{1}{2}$ ถ้วย
3. เหย็ดฟาง 50 กรัม
4. พริกขี้หนูสวน 10 เม็ด
5. ตะไคร้ 2 ต้นใหญ่
6. ข่าแก่หั่นเป็นแว่น 5 แว่น
7. ใบมะกรูดแก่ ๆ 5 ใบ
8. ผักชี 1 ต้น
9. รากผักชี 2 รากใหญ่
10. มะเขือเทศ $\frac{1}{2}$ ลูก
11. มะนาวน้ำดี ๆ 2 ลูก
12. เกลือป่น 1 ช้อนชา
13. น้ำปลาดี 3 ช้อนโต๊ะ

- ถ้าใช้ กุ้ง 90 ตัว (ใช้ขนาด 5 ตัว = 100 กรัม)
6. น้ำซุปล.....ถ้วย
 7. เหย็ดฟาง.....กรัม
 8. มะเขือเทศ ลูก
 9. เกลือป่น ช้อนชา
 10. น้ำปลาดี.....ช้อนโต๊ะ

- ถ้าใช้ กุ้ง 45 ตัว (ใช้ขนาด 5 ตัว = 100 กรัม)
1. น้ำซุปล.....ถ้วย
 2. เหย็ดฟาง.....กรัม
 3. พริกขี้หนูสวน.....เม็ด
 4. มะนาวน้ำดี ๆ ลูก
 5. เกลือป่น.....ช้อนชา



ใบงานที่ 6.2 เรื่อง อัตราส่วนของจำนวนหลาย ๆ จำนวน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ชื่อ – สกุล.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนแสดงวิธีคิดหาคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดต่อไปนี้

1. สรวิชัย สรวุฒิ และธีระพงษ์ ร่วมหุ้นลงทุนเปิดร้านขายเนื้ออย่างเกาหลีตามอัตราส่วนการลงทุนของสรวิชัยต่อการลงทุนของสรวุฒิเป็น 3 : 2 และอัตราส่วนการลงทุนของสรวุฒิต่อการลงทุนของธีระพงษ์เป็น 4 : 5 โดยตกลงแบ่งผลกำไรตามอัตราส่วนของการลงทุน เมื่อเปิดร้านผ่านไป 3 เดือนแรกมีผลกำไร 142,500 บาทแต่ละคนจะได้รับส่วนแบ่งจากผลกำไรคนละเท่าไร (10 คะแนน)

วิธีคิด

อัตราส่วนการลงทุนของสรวิชัยต่อการลงทุนของสรวุฒิ เท่ากับ.....

อัตราส่วนการลงทุนของสรวุฒิต่อการลงทุนของธีระพงษ์ เท่ากับ

ตัวรวมคือ

ทำจำนวนตัวรวมให้เท่ากัน โดยให้มีค่าเท่ากับ ค.ร.น. ของ.....และ.....คือ.....

นั่นคือ อัตราส่วนการลงทุนของสรวิชัยต่อการลงทุนของสรวุฒิ

เท่ากับ = ...×..... :×..... = ...

และอัตราส่วนการลงทุนของสรวุฒิต่อการลงทุนของธีระพงษ์

เท่ากับ = ...×..... :×..... = ...

ดังนั้น อัตราส่วนการลงทุนของสรวิชัยต่อการลงทุนสรวุฒิต่อการลงทุนของธีระพงษ์

เท่ากับ.....

นำอัตราส่วนของการลงทุนของแต่ละคนรวมกันจะได้เท่ากับ.....ส่วน

เนื่องจากมีผลกำไร 142,500 บาท

จะได้ผลกำไรแต่ละส่วนมีค่าเท่ากับ.....=.....บาท

นำ.....คูณทุกจำนวนในอัตราส่วน

จะได้.....=×..... :×..... :×.....

= : :

ตอบ สรวิชัยได้ส่วนแบ่ง.....บาท

สรวุฒิได้ส่วนแบ่ง.....บาท

ธีระพงษ์ได้ส่วนแบ่ง.....บาท



2. ชลธิชาเปิดร้านขายผลไม้และพบว่าในช่วงเทศกาลเข้าพรรษาจะมีนักท่องเที่ยวแวะมาซื้อผลไม้เป็นของฝากจำนวนมาก โดยเฉพาะทุเรียน เงาะและมังคุด จะขายได้มากเป็นพิเศษ ในอัตราส่วนของการขายทุเรียนต่อเงาะต่อมังคุด เท่ากับ 5 : 7 : 4 ถ้าชลธิชาขายเงาะได้ 560 กิโลกรัม จะขายทุเรียนและมังคุดได้อย่างละกี่กิโลกรัม (10 คะแนน)

วิธีทำ

เนื่องจากอัตราส่วนของการขายทุเรียนต่อเงาะต่อมังคุด เท่ากับ.....

และชลธิชาของเงาะได้ เท่ากับ กิโลกรัม

จะได้เงาะ 1 ส่วนมีค่าเท่ากับ..... กิโลกรัม

เนื่องจาก 560 เป็นอัตราส่วนของการขายเงาะ ถ้าต้องการให้การขายเงาะมีอัตราส่วน 560 กิโลกรัม จะต้องนำ.....คูณทุกจำนวนในอัตราส่วน 5 : 7 : 4

จะได้ $5 : 7 : 4 = 5 \times \dots : 7 \times \dots : 4 \times \dots$

$= \dots : \dots : \dots$

ตอบ ชลธิชาขายทุเรียนได้.....กิโลกรัม

ขายมังคุดได้.....กิโลกรัม



ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้
ประกอบการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2



แผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ (กลุ่มควบคุม)

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รหัสวิชา ค 22101 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 อัตราส่วนและร้อยละ เวลาทั้งหมด 18 ชั่วโมง
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อัตราส่วน เวลา 1 ชั่วโมง
 สอนวันที่.....เดือน พ.ศ.

สาระสำคัญ

ความสัมพันธ์ที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณ ซึ่งอาจมีหน่วยเดียวกันหรือหน่วยต่างกันได้ เรียกว่า อัตราส่วน

มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ค 1.1 : เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

ม.2/4 ใช้ความรู้เกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ในการแก้โจทย์ปัญหา

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้

- 1) นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของอัตราส่วนจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้
- 2) นักเรียนสามารถเขียนอัตราส่วนแทนการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

2. ด้านทักษะ/กระบวนการ

- 1) นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผล

3. ด้านคุณลักษณะ

- 1) นักเรียนมีระเบียบวินัย
- 2) มีความใฝ่เรียนรู้

สาระการเรียนรู้

1. ความหมายของอัตราส่วน
2. การเขียนอัตราส่วน

กิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นนำ

1. ครูสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับการบอกปริมาณในชีวิตประจำวัน เช่น การบอกจำนวนนักเรียนและจำนวนครูในโรงเรียน การบอกจำนวนเงินที่ได้มาโรงเรียน การบอกน้ำหนัก ส่วนสูง ฯลฯ
2. ครูนำเสนอข้อความแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณสองปริมาณในสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น



ข่าวกีฬารายงานว่า “การแข่งขันวอลเลย์บอลของจังหวัดพัทลุง
ทีมเทศบาล ชนะทีมจังหวัด 3 ต่อ 2 เซต”

-ข้อความดังกล่าวเป็นข้อความแสดงการเปรียบเทียบจำนวนเซตที่ชนะของทีมเทศบาลและทีมจังหวัด



ในตลาดนัด อาจได้ยินแม่ค้าร้องขายของว่า “ผักทุกอย่าง
3 กำ 10 บาท”

-ข้อความดังกล่าวเป็นข้อความแสดงการเปรียบเทียบปริมาณผักกับราคา

ขั้นสอน

3. ครูแนะนำนักเรียนว่า ข้อความข้างต้นเป็นตัวอย่างการใช้อัตราส่วนในชีวิตประจำวัน ซึ่งเราเรียก “ความสัมพันธ์ที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณซึ่งอาจมีหน่วยเดียวกันหรือต่างหน่วยกันก็ได้ว่า อัตราส่วน”

4. ครูแนะนำนักเรียนต่อว่า “อัตราส่วนของปริมาณ a ต่อปริมาณ b เขียนแทนด้วย $a : b$ หรือ $\frac{a}{b}$ เรียก a ว่าจำนวนแรกหรือจำนวนที่หนึ่งของอัตราส่วน และเรียก b ว่าจำนวนหลังหรือจำนวนที่สองของอัตราส่วน อัตราส่วน a ต่อ b จะพิจารณาเฉพาะในกรณีที่ a และ b เป็นจำนวนบวกเท่านั้น” จากนั้นครูบอกนักเรียนว่า “ตำแหน่งของจำนวนในแต่ละอัตราส่วนมีความสำคัญ นั่นคือ เมื่อ $a \neq b$ อัตราส่วน $a : b$ ไม่ใช่อัตราส่วนเดียวกันกับอัตราส่วน $b : a$ เช่น อัตราส่วนของปริมาณผักเป็นกำต่อราคาเป็นบาทเป็น $3 : 10$ ไม่ใช่อัตราส่วนเดียวกับ $10 : 3$ ทั้งนี้เพราะอัตราส่วน $3 : 10$ หมายถึง ปริมาณผัก 3 กำ ราคา 10 บาท ในขณะที่อัตราส่วน $10 : 3$ หมายถึง ปริมาณผัก 10 กำ ราคา 3 บาท

5. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วช่วยกันเขียนอัตราส่วนแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณสองปริมาณ

5.1 อัตราครู 1 คนต่อนักเรียน 20 คน (1 : 20)

5.2 ไข่ไก่ 10 ฟอง ราคา 32 บาท (10 : 32)

5.3 ค่าโดยสารรถประจำทางตลอดสายคนละ 8 บาท (1 : 8)

5.4 รถยนต์วิ่งด้วยอัตราเร็ว 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (80 : 1)

5.5 อัตราแลกเปลี่ยนเงิน 42.70 บาทต่อ 1 ยูโร (42.70 : 1)

5.6 การผสมปุ๋ยอินทรีย์สูตรหนึ่ง ใช้หญ้าสด 50 กรัมต่อมูลไก่ 5 กิโลกรัม (50 : 5)

5.7 นมสด 12 กระป๋อง ราคา 93 บาท (12 : 93)

6. ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่า จากการเขียนอัตราส่วนข้างต้นจะเห็นว่า อัตราส่วนที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณที่มีหน่วยเดียวกันและมีความชัดเจนว่าเป็นหน่วยของสิ่งใด เช่น น้ำหนักหรือปริมาตร เราไม่นิยมเขียนหน่วยกำกับไว้ เช่น

6.1 อัตราส่วนของน้ำหนักหญ้าสดต่อน้ำหนักมูลไก่ เป็น 50 : 5

6.2 อัตราส่วนของปริมาณหญ้าสดต่อปริมาณมูลไก่โดยน้ำหนัก เป็น 50 : 5

แต่ถ้าเป็นอัตราส่วนที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณที่มีหน่วยต่างกัน เราจะเขียนหน่วยกำกับไว้ที่คำอธิบาย เช่น อัตราส่วนของจำนวนไข่ไก่เป็นฟองต่อราคาเป็นบาท เป็น 10 : 32

ครูแนะนำนักเรียนว่ามาตราส่วนเป็นอีกตัวอย่างหนึ่งของการใช้อัตราส่วนเพื่อแสดงการเปรียบเทียบระยะทางในแผนที่หรือแผนผังกับระยะทางจริง ซึ่งอาจเป็นการย่อ การขยาย หรือคงเดิมก็ได้ มาตราส่วนอาจแสดงการเปรียบเทียบในหน่วยเดียวกันหรือหน่วยต่างกัน เช่น มาตราส่วนในแผนที่ที่ต้องการแสดงว่าระยะในแผนที่ 1 เซนติเมตร แทนระยะทางจริง 5 กิโลเมตร ก็อาจเขียนเป็น 1 : 500,000 หรือ $\frac{1}{500,000}$

7. ครูชี้แนะนักเรียนว่าการเขียนสัญลักษณ์แทนอัตราส่วนของปริมาณ a ต่อปริมาณ b ในรูป $\frac{a}{b}$ นั้น เป็นการนำรูปของเศษส่วนมาใช้เพื่อความสะดวกในการคำนวณในเรื่องอัตราส่วนขั้นสรุป

8. ครูและนักเรียนร่วมอภิปรายและสรุปแนวคิดเกี่ยวกับอัตราส่วน โดยครูใช้คำถามเป็นตัวนำไปสู่การสรุป ดังนี้

- การบอกความสัมพันธ์ที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณสองปริมาณซึ่งอาจมีหน่วยเดียวกันหรือหน่วยต่างกันได้ เราเรียกว่า อัตราส่วน

- การเขียนอัตราส่วนในรูปสัญลักษณ์ เขียนแทนด้วย $a : b$ หรือ $\frac{a}{b}$ เรียก a ว่า จำนวนแรกหรือจำนวนที่หนึ่งของอัตราส่วน และเรียก b ว่าจำนวนหลังหรือจำนวนที่สองของอัตราส่วน สัญลักษณ์ $\frac{a}{b}$ ไม่ใช่เศษส่วนบี แต่มีความหมายเช่นเดียวกับ $a : b$ เรานำรูปเศษส่วนมาใช้เพื่อความสะดวกในการคำนวณเท่านั้น

8. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด 1.1 หน้า 3 - 4 ในหนังสือรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เล่มที่ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แล้วสุมนักเรียนออกมาเฉลยบนกระดาน โดยมีเพื่อนนักเรียนและครูคอยตรวจสอบความถูกต้อง

สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้

1.1 หนังสือรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เล่มที่ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. แหล่งศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม

2.1 ห้องสมุดโรงเรียน

2.2 ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต

การวัดและประเมินผล

วิธีวัดและ ประเมินผลการเรียนรู้	เครื่องมือการวัดและ ประเมินผล	เกณฑ์ผ่านการประเมิน
1. ด้านความรู้ 1.1 ตรวจสอบแบบฝึกหัด 1.2 การตอบคำถาม	1. แบบฝึกหัด 2. แบบบันทึกคะแนน 3. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน	1. ทำแบบฝึกได้ถูกต้องมากกว่า 50% 2. ได้คะแนนเฉลี่ยระดับ “ 2 ” ขึ้นไป
2. ด้านทักษะ/กระบวนการ 2.1 ตรวจสอบใบกิจกรรม 2.2 การตอบคำถาม	1. แบบฝึกหัด 2. แบบบันทึกคะแนน 3. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน	1. ได้คะแนนเฉลี่ยระดับ “ 2 ” ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ 3.1 สังเกตพฤติกรรมในการเรียน	1. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน	1. ได้คะแนนเฉลี่ยระดับ “ 2 ” ขึ้นไป

แผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ (กลุ่มควบคุม)

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รหัสวิชา ค 22101 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
 หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 อัตราส่วนและร้อยละ เวลาทั้งหมด 18 ชั่วโมง
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง อัตราส่วนของจำนวนหลาย ๆ จำนวน (3) เวลา 1 ชั่วโมง
 สอนวันที่.....เดือน พ.ศ.

สาระสำคัญ

อัตราส่วนสองอัตราส่วนใด ๆ ที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณของสิ่งสามสิ่งเป็นคู่ ๆ เราสามารถเขียนอัตราส่วนของจำนวนทั้งสามจำนวนจากสองอัตราส่วนเหล่านั้น ด้วยการทำปริมาณของสิ่งที่เป็นตัวร่วมในสองอัตราส่วนให้เป็นปริมาณที่เท่ากัน โดยใช้หลักการหาอัตราส่วนที่เท่ากัน

มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ค 1.1 : เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวน
 ในชีวิตจริง

ม.2/4 ใช้ความรู้เกี่ยวกับอัตราส่วน สัดส่วน และร้อยละ ในการแก้โจทย์ปัญหา

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ด้านความรู้

- 1) นักเรียนสามารถเขียนอัตราส่วนของจำนวนหลาย ๆ จำนวน
 แทนการเปรียบเทียบปริมาณหลายปริมาณที่กำหนดให้ได้

2. ด้านทักษะ/กระบวนการ

- 1) นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา

3. ด้านคุณลักษณะ

- 1) นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน
- 2) นักเรียนทำงานอย่างเป็นระบบ

สาระการเรียนรู้

1. อัตราส่วนของจำนวนหลาย ๆ จำนวน

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ

1. นักเรียนช่วยกันยกตัวอย่างอัตราส่วนของจำนวนหลาย ๆ จำนวนที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวัน

ขั้นสอน

2. นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วช่วยกันคิดตอบคำถาม

ตัวอย่างที่ 1

ในการผสมคอนกรีต อัตราส่วนของปูนต่อทรายโดยน้ำหนัก เป็น $1 : 2$ และอัตราส่วนของทรายต่อหินโดยน้ำหนัก เป็น $3 : 2$ ถ้าใช้ปูน 24 ตัน จะต้องใช้ทรายและหินอย่างละกี่ตัน

วิธีทำ

อัตราส่วนของปูนต่อทรายโดยน้ำหนัก เป็น $1 : 2$

อัตราส่วนของทรายต่อหินโดยน้ำหนัก เป็น $3 : 2$

จะได้ อัตราส่วนของปูนต่อทรายโดยน้ำหนัก เป็น

$$1 : 2 = 1 \times 3 : 2 \times 3 = 3 : 6$$

จะได้ อัตราส่วนของทรายต่อหินโดยน้ำหนัก เป็น

$$3 : 2 = 3 \times 2 : 2 \times 2 = 6 : 4$$

ดังนั้น อัตราส่วนของปูนต่อทรายต่อหินโดยน้ำหนัก เป็น $3 : 6 : 4$

ถ้าใช้ปูน 24 ตัน

$$\text{จะได้ } 3 : 6 : 4 = 3 \times 8 : 6 \times 8 : 4 \times 8$$

$$= 24 : 48 : 32$$

นั่นคือ จะต้องใช้ทราย 48 ตัน และหิน 32 ตัน

ตอบ จะต้องใช้ทราย 48 ตัน และหิน 32 ตัน

ตัวอย่างที่ 2

ตามนโยบายของรัฐบาลต้องการให้โรงเรียนมีการศึกษาแบบบูรณาการและรณรงค์ให้โรงเรียนมีโครงการหนึ่งโรงเรียนหนึ่งผลิตภัณฑ์ โรงเรียนก้าวหน้าวิทยาผลิตน้ำยาล้างจานสูตรเข้มข้นซึ่งมีส่วนผสมเป็นอัตราส่วนของโซฮาลแลบต่อ N 70 ต่อผงซักฟอกผงฟองโดยน้ำหนัก เป็น 15 : 10 : 3 : 1 จงหาว่า

- 1) ถ้านักเรียนผสมน้ำยาล้างจานโดยใช้ N 70 1 กิโลกรัม นักเรียนจะต้องใช้ส่วนผสมอื่น ๆ อย่างละกี่กรัม
- 2) นิตยานำสูตรนี้ไปทำเองที่บ้านเพื่อให้คุณแม่ทดลองใช้ โดยใช้ผงซักฟอกเพียง 60 กรัม นิตยาจะต้องใช้ส่วนผสมอื่นอย่างละกี่กรัม

วิธีทำ

1) อัตราส่วนของโซฮาลแลบต่อ N 70 ต่อผงซักฟอกผงฟองโดยน้ำหนักเป็น 15 : 10 : 3 : 1

ถ้านักเรียนใช้ N 70 1 กิโลกรัมซึ่งเท่ากับ 1,000 กรัม

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } 15 : 10 : 3 : 1 &= 15 \times 100 : 10 \times 100 : 3 \times 100 : 1 \times 100 \\ &= 1,500 : 1,000 : 300 : 100 \end{aligned}$$

ดังนั้น นักเรียนจะใช้โซฮาลแลบ 1,500 กรัม ผงซักฟอก 300 กรัม และผงฟอง 100 กรัม

2) จากข้อ 1) อัตราส่วนของโซฮาลแลบต่อ N 70 ต่อผงซักฟอกผงฟองโดยน้ำหนักเป็น 1,500 : 1,000 : 300 : 100

ถ้านิตยาใช้ผงซักฟอก 60 กรัม

$$\text{จะได้ } 1,500 : 1,000 : 300 : 100 = \frac{1,500}{5} : \frac{1,000}{5} : \frac{300}{5} : \frac{100}{5}$$

$$= 300 : 200 : 60 : 20$$

ดังนั้น นิตยาจะต้องใช้โซฮาลแลบ 300 กรัม N 70 200 กรัม และผงฟอง 20 กรัม

ตอบ 1) ใช้โซฮาลแลบ 1,500 กรัม ผงซักฟอก 300 กรัม และผงฟอง 100 กรัม

2) ใช้โซฮาลแลบ 300 กรัม N 70 200 กรัม และผงฟอง 20 กรัม

ขั้นสรุป

4. นักเรียนช่วยกันสรุปการเขียนอัตราส่วนของจำนวนหลายจำนวนดังนี้

อัตราส่วนสองอัตราส่วนใด ๆ ที่แสดงการเปรียบเทียบปริมาณของสิ่งสามสิ่งเป็นคู่ ๆ เราสามารถเขียนอัตราส่วนของจำนวนทั้งสามจำนวนจากสองอัตราส่วนเหล่านั้น ด้วยการหาปริมาณของสิ่งที่เป็นตัวร่วมในสองอัตราส่วนให้เป็นปริมาณที่เท่ากัน โดยใช้หลักการหาอัตราส่วนที่เท่ากัน

5. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด 1.3 ข้อ 5 ข้อ 6 หน้า 21 ในหนังสือรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เล่มที่ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แล้วส่งนักเรียนออกมาเฉลยบนกระดาน โดยมีเพื่อนนักเรียนและครูคอยตรวจสอบความถูกต้อง

สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้

1.1 หนังสือรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เล่มที่ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. แหล่งศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม

2.1 ห้องสมุดโรงเรียน

2.2 ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต

การวัดและประเมินผล

วิธีวัดและ ประเมินผลการเรียนรู้	เครื่องมือการวัด และประเมินผล	เกณฑ์ผ่านการประเมิน
1. ด้านความรู้ 1.1 ตรวจแบบฝึกหัด 1.2 การตอบคำถาม	1. แบบฝึกหัด 2. แบบบันทึกคะแนน 3. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน	1. ทำแบบฝึกได้ถูกต้องมากกว่า 60% 2. ได้คะแนนเฉลี่ยระดับ “ 2 ” ขึ้นไป
2. ด้านทักษะ/กระบวนการ 2.1 ตรวจแบบฝึกหัด 2.2 การตอบคำถาม	1. แบบฝึกหัด 2. แบบบันทึกคะแนน 3. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน	1. ได้คะแนนเฉลี่ยระดับ “ 2 ” ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะ ที่พึงประสงค์ 3.1 สังเกตพฤติกรรม ในการเรียน	1. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียน	1. ได้คะแนนเฉลี่ยระดับ “ 2 ” ขึ้นไป



ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล	นายกฤษฎา แก้วสิงห์
วันเดือนปีเกิด	28 ตุลาคม 2520
สถานที่เกิด	จังหวัดชัยนาท
สถานที่อยู่ในปัจจุบัน	130 หมู่ที่ 5 ตำบลโพนางดำตก อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท 17150
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ครู คศ.3
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนเจียรนวนนทอุทิศ 1 หมู่ 16 ตำบลลาดบัวขาว อำเภอสี่คิ้ว จังหวัดนครราชสีมา 30140
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2539	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย จาก โรงเรียนสรรพยาวิทยา จังหวัดชัยนาท
พ.ศ.2543	กศ.บ. (คณิตศาสตร์) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ.2551	กศ.ม.(การวัดผลการศึกษา) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2560	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์ (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ