

แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถ
ในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6



บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

INSTRUCTIONAL GUIDELINES IN CONGRUENCE WITH FACTORS OF MATHEMATICAL
COMMUNICATION ABILITY OF SIXTH GRADE STUDENTS



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Curriculum and Instruction

Department of Curriculum and Instruction

Faculty of Education

Chulalongkorn University

Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับ
องค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทาง
คณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

โดย

นางสาวกรทิพย์ ภาคภูมิ

สาขาวิชา

หลักสูตรและการสอน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาริณี ตรีวีรัญญู

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาริณี ตรีวีรัญญู)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถศาสตร์ นิมิตรพันธ์)

CHULALONGKORN UNIVERSITY

5883429427 : MAJOR CURRICULUM AND INSTRUCTION

KEYWORDS: MATHEMATICAL COMMUNICATION ABILITY / FACTORS OF MATHEMATICAL COMMUNICATION ABILITY / INSTRUCTIONAL GUIDELINES

PORNTHIP PHAKPHUM: INSTRUCTIONAL GUIDELINES IN CONGRUENCE WITH FACTORS OF MATHEMATICAL COMMUNICATION ABILITY OF SIXTH GRADE STUDENTS. ADVISOR: ASST. PROF. CHARINEE TRIWARANYU, Ph.D., 179 pp.

The purposes of this research were to (1) investigate the factors of mathematical communication ability of sixth grade students; and (2) purpose instructional guidelines in congruence with factors of mathematical communication ability of sixth grade students. The sample consisted of 180 sixth grade students of the Bangkok Primary Educational Service Area Office. The target groups of interview for investigating the factors were 5 mathematic teachers and for purposing instructional guidelines were 5 mathematic specialists. The research instruments were mathematical communication ability test and in-depth interview. Arithmetic mean, Standard deviation and Pearson Product Moment Correlation data was analyzed using SPSS statistics software. M-Plus program was used for confirmatory factor analysis (CFA). Content analysis method was used for qualitative analysis.

Research finding were as follows:

1) The mathematical communication ability of sixth grade students has 3 factors and 6 indicators which are Factor 1: Using the language of mathematics which consisted of 2 indicators which are 1.1) using the language and vocabulary of mathematics; and 1.2) using the symbols of mathematics, Factor 2: Mathematics Representation which consisted of 3 indicators which are 2.1) Interpretation and data analysis form assigned problems; 2.2) Describing the idea or problem solving method by using mathematic principles and knowledge; and 2.3) Summarize the answers obtained from solutions, and Factor 3: Clarity of presentation has 1 indicators; writing their mathematical thinking clearly to others. Mathematical communication abilities model was valid and fit the empirical data as Chi-Square = 9.57, df = 5, p = 0.09, CFI = 0.99 and SRMR. = 0.02 and found that using the Language of Mathematics was the most important factor of mathematical communication ability.

2) The instructional guidelines were (1) Learning Activities: Teachers should focus on demonstration or showing examples of clear mathematical communication, using mathematical writing activities to encourage students to use mathematical language and symbols for representation and expressing their opinion, and using cooperative learning techniques; (2) Learning Environment: Having the students sit in pairs or small groups seating arrangement and creating a positive classroom atmosphere to encourage students sharing their opinion and communicating to others. Meanwhile, teachers must pay attention on students' answers and ideas; (3) Learning Tools: should be concrete, understandable, related to student's life and the lessons; and (4) Measurement and Evaluation of learning: Assessing through speech and writing by using in a variety methods and tools. It focused on assessment for development rather than for judgment.

Department: Curriculum and Instruction

Student's Signature

Field of Study: Curriculum and Instruction

Advisor's Signature

Academic Year: 2017

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสะดวกและกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาริณี ตริวรัญญู อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ที่เสียสละเวลาคอยช่วยเหลือในทุกด้าน ทั้งความรู้ ทักษะการทำงาน และทักษะการทำวิจัย ตลอดจนให้แนวคิดและคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ด้วยความ เอาใจใส่ตั้งแต่เริ่มต้นจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างยิ่งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพร ม้าคนอง ที่ให้ความกรุณาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถศาสตร์ นิมิตรพันธ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยและปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภรณ์ หลาวทอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รุ่งอรุณ ลีชะวณิช และ อาจารย์ ดร.ศันสนีย์ เฌรเทียน ที่ได้เสียสละเวลาให้คำแนะนำในการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ทำให้เครื่องมือมีความเหมาะสมและสมบูรณ์สำหรับนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย ซึ่งนับเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยยิ่ง และขอขอบพระคุณ อาจารย์และผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่สละเวลาให้สัมภาษณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ น่วมน้อม ที่คอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษาที่ดีแก่ผู้วิจัยเสมอมา รวมไปถึงนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ปิติชาย ต้นปิติ ผู้อำนวยการโรงเรียนเอี่ยมสุรีย์ (อนุบาลเมืองสมุทรปราการ) ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนคณะครูโรงเรียนเอี่ยมสุรีย์(อนุบาลเมืองสมุทรปราการ) ทุกท่านที่คอยให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่พิศมัย ภาคภูมิ คุณพ่ออำนาจ ภาคภูมิ และครอบครัว ภาคภูมิ ที่คอยอบรมเลี้ยงดูผู้วิจัยตั้งแต่เกิดจนถึงปัจจุบันและเล็งเห็นถึงความสำคัญของการศึกษา คอยให้กำลังใจและส่งเสริมผู้วิจัยในทุกด้านเสมอมา ตลอดจนเพื่อนแท้ของผู้วิจัยทุกคนสำหรับความช่วยเหลือทั้งทางกาย และทางใจ ที่มีให้กันเสมอ สุดท้ายนี้คุณงามความดีอันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแต่ผู้มีพระคุณในชีวิตของผู้วิจัยทุกท่านที่ทำให้ผู้วิจัยมีโอกาสได้เรียนรู้ ได้รับประสบการณ์มากมาย และประสบความสำเร็จมาจนทุกวันนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามของการวิจัย.....	5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	6
ประโยชน์ที่ได้รับ.....	8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
ตอนที่ 1 ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	9
1.1 ความสำคัญของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	10
1.2 ความหมายของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	12
1.3 มาตรฐานและตัวชี้วัดของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	13
1.4 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	15
1.5 การประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	21
ตอนที่ 2 แนวทางการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์.....	30
2.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์.....	31

2.2 การจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้.....	43
2.3 การใช้สื่อการเรียนรู้.....	44
2.4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้.....	48
ตอนที่ 3 การวิเคราะห์องค์ประกอบ.....	51
3.1 แนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบ.....	51
3.2 การตรวจสอบความตรงของโมเดล.....	55
ตอนที่ 4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	57
4.1 งานวิจัยต่างประเทศ.....	57
4.2 งานวิจัยในประเทศ.....	58
ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	60
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	62
ระยะที่ 1 การศึกษาตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อกำหนดรูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎี.....	64
1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเพื่อสังเคราะห์ตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถ ในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	64
1.2 การกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในงานวิจัย.....	66
1.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	67
1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	68
1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	69
ระยะที่ 2 การตรวจสอบความสอดคล้องกล่มก๊นของตัวชี้วัดและองค์ประกอบของ ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัย กำหนดขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์.....	69
2.1 การกำหนดประชากรและตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย.....	70
2.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	72

2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	78
2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	79
2.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	80
ระยะที่ 3 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของ ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6	82
3.1 การกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในงานวิจัย	82
3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	83
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	84
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	85
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	86
ตอนที่ 1 ผลการศึกษาองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของ นักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6	86
ตอนที่ 2 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของ ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6	98
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	114
วิธีดำเนินการวิจัย	114
สรุปผลการวิจัย	117
อภิปรายผล	124
ข้อเสนอแนะ	130
รายการอ้างอิง	133
ภาคผนวก	139
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	179

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1	
มาตรฐานและตัวชี้วัดของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551	14
ตารางที่ 2	
เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบรีค (General Rubric).....	25
ตารางที่ 3	
เกณฑ์การให้คะแนนผลการทำข้อสอบอัตนัย ทักษะ/กระบวนการสื่อสารทาง คณิตศาสตร์โดยกระทรวงศึกษาธิการ.....	28
ตารางที่ 4	
เกณฑ์การให้คะแนนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยสถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.....	29
ตารางที่ 5	
เกณฑ์คะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดย อลิสร่า ชมชื่น.....	29
ตารางที่ 6	
ผลการศึกษาและสังเคราะห์ตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสาร ทางคณิตศาสตร์เบื้องต้น	65
ตารางที่ 7	
ข้อมูลพื้นฐานของผู้ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์สำหรับการวิจัยระยะที่ 1	66
ตารางที่ 8	
จำนวนโรงเรียนและนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 เมื่อจำแนกตามขนาดโรงเรียน	72
ตารางที่ 9	
รายชื่อโรงเรียนและจำนวนนักเรียนที่เป็นตัวอย่างวิจัย	72
ตารางที่ 10	
โครงสร้างแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.....	73
ตารางที่ 11	
เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	75
ตารางที่ 12	
ข้อมูลพื้นฐานของผู้ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์สำหรับการวิจัยระยะที่ 3.....	83
ตารางที่ 13	
ความคิดเห็นของครูคณิตศาสตร์เกี่ยวกับตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถ ในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6	89
ตารางที่ 14	
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้.....	91
ตารางที่ 15	
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของโมเดลความสามารถในการ สื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6.....	93
ตารางที่ 16	
ผลการวิเคราะห์การประเมินแบบสัมภาษณ์ครูคณิตศาสตร์.....	166
ตารางที่ 17	
ผลการวิเคราะห์การประเมินแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทาง คณิตศาสตร์	166
ตารางที่ 18	
ค่าความเที่ยง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการ สื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	167

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 แสดงโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน.....	52
ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	61
ภาพที่ 3 กรอบดำเนินการวิจัย.....	63
ภาพที่ 4 รูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	90
ภาพที่ 5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของโมเดลความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6.....	94
ภาพที่ 6 องค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์.....	95
ภาพที่ 7 องค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์.....	96
ภาพที่ 8 องค์ประกอบความชัดเจนในการนำเสนอ.....	96
ภาพที่ 9 องค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยรวม.....	97
ภาพที่ 10 ตัวอย่างคำตอบของสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด.....	104
ภาพที่ 11 ตัวอย่างการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน.....	108
ภาพที่ 12 ตัวอย่างการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่ไม่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน.....	108
ภาพที่ 13 ตัวอย่างสื่อการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน.....	110
ภาพที่ 14 ตัวอย่างสื่อการเรียนรู้ที่ไม่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน.....	111
ภาพที่ 15 ตัวอย่างการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน.....	113
ภาพที่ 16 ตัวอย่างการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่ไม่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน.....	113
ภาพที่ 17 รูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	119

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ เนื่องจากคณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยพัฒนาให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ มีความสมดุลทั้งทางร่างกาย จิตใจ สติปัญญา และอารมณ์ สามารถคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนั้น หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จึงเล็งเห็นว่าการพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสมดุลนั้นต้องคำนึงถึงหลักพัฒนาการทางสมองและพหุปัญญา จึงได้กำหนดให้ผู้เรียนได้ศึกษาและเรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาของวิชาคณิตศาสตร์พร้อมทั้งให้เกิดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ตามไปด้วย

ในการจัดการเรียนการสอนตามกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์นั้น หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่ชัดเจน เพื่อให้สถานศึกษา ผู้บริหาร ครูผู้สอน ตลอดจนผู้มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถจัดทำหลักสูตรให้เหมาะสมกับสภาพบริบทของโรงเรียน ผู้เรียน และเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร จึงได้กำหนดสาระหลักที่จำเป็นในการเรียนคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนในทุกระดับชั้นไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ทั้งหมด 6 สาระ ในสาระที่ 1-5 เป็นสาระที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ส่วนในสาระที่ 6 นั้นเป็นสาระที่เกี่ยวข้องกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่จะนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เน้นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นและต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ได้แก่ ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ถือเป็นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์อีกทักษะหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเรียนรู้และการศึกษาคณิตศาสตร์เป็นอย่างมาก ดังที่ สถาบันส่งเสริมการสอน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2555) กล่าวว่า การสื่อสาร สื่อความหมายและการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ เป็นทักษะและกระบวนการที่สำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ แนวคิดหรือกระบวนการคิดของตนให้ผู้อื่นรับรู้ได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และมีประสิทธิภาพ การที่นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย การเขียนแลกเปลี่ยนความรู้และความคิดเห็นถ่ายทอดประสบการณ์ซึ่งกันและกัน ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น จะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีความหมาย เข้าใจได้อย่างกว้างขวางลึกซึ้งและจดจำได้นานมากขึ้นอีกด้วย สอดคล้องกับ สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 1989) กล่าวถึงความสำคัญของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจภาษาคณิตศาสตร์เป็นสะพานเชื่อมโยงสาระหรือความคิดที่ไม่เป็นทางการหรือสามัญสำนึกไปสู่ภาษาที่เป็นนามธรรมและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และยังมีบทบาทสำคัญในการช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงที่สำคัญระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับสื่อที่เป็นวัตถุ รูปภาพ กราฟ สัญลักษณ์ต่าง ๆ คำพูดและการแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ การใช้คณิตศาสตร์ในการสื่อสารยังช่วยให้นักเรียนมีความชัดเจนในแนวคิดและเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งกับสิ่งที่เรียน จากความสำคัญดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดให้ความสามารถในการสื่อสารเป็นสมรรถนะหนึ่งที่สำคัญของผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เนื่องจากในการเรียนคณิตศาสตร์นั้นนักเรียนจะเกิดการเรียนรู้และเข้าใจมากยิ่งขึ้นเมื่อนักเรียนได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ได้อธิบายเหตุผลของตนเองให้กับเพื่อนหรือครูได้รับรู้ ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนต้องอาศัยทักษะการสื่อสารทั้งสิ้น

ข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญและมีส่วนในการช่วยส่งเสริมการศึกษาคณิตศาสตร์เป็นอย่างดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประภาวดี เทพทอง (2545) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนด้วยกระบวนการสื่อสาร พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้การเรียนการสอนด้วยกระบวนการสื่อสาร มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ สุธิดา เกตุแก้ว (2547) ได้ศึกษาผลของการใช้กระบวนการสื่อสารที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ สูงกว่าร้อยละ 50 และสูงกว่ากลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมทั้งยังมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อย่างไรก็ตามแม้ว่าทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์จะเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากและหลักสูตรการศึกษาของประเทศทุกหลักสูตรตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันได้มุ่งเน้นให้นักเรียนทุกคนมีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ทั้งในด้านเนื้อหาและด้านทักษะกระบวนการ แต่จากการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ผ่านมา พบว่า นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์เป็นอย่างดีแต่ยังมีนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ว่าขาดความสามารถเกี่ยวกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา การแสดงหรืออ้างอิงเหตุผล และการสื่อสารหรือการนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2555) และนอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กล่าวไว้ว่า ยังมีนักเรียนจำนวนไม่น้อยที่ด้อยความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การนำเสนอความคิดทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ต่าง ๆ และการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2555)

ข้อมูลข้างต้นสอดคล้องกับ (อัมพร ม้าคอง, 2553) ซึ่งระบุว่าที่ผ่านมาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ยังไม่ได้เน้นเรื่องการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอมากนัก ผู้เรียนจึงมีความสามารถในด้านนี้ไม่พอ จะเห็นได้จากการที่ผู้เรียนจำนวนมากไม่สามารถนำเสนอข้อมูลให้ผู้อื่นเห็นภาพรวมหรือประเด็นสำคัญ ๆ ของสิ่งที่ต้องการนำเสนอได้ หรือไม่สามารถสื่อความหมายเรื่องบางเรื่องให้ผู้อื่นเข้าใจตรงกันได้ ทั้งนี้ผู้เรียนผ่านการเรียนรู้การนำเสนอมาแล้ว หลายนานคงเคยได้ยินคำกล่าวที่ว่า คนที่เรียนคณิตศาสตร์เก่งมาก ๆ มักสื่อความหมายหรือพูดให้คนอื่นเข้าใจไม่ได้ หรือแม้แต่ผู้เรียนที่เก่งคณิตศาสตร์บางคนก็อาจบอกว่าตนเองเข้าใจแต่อธิบายเป็นคำพูดไม่ได้ สิ่งเหล่านี้แสดงถึงปัญหาในการสื่อสาร การพัฒนาผู้เรียนให้สามารถสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และนำเสนอให้ผู้อื่นเข้าใจได้จึงมีความจำเป็น

ทั้งนี้ทักษะการสื่อสารยังเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ ความเข้าใจ และความคิดเห็นซึ่งกันและกันระหว่างนักเรียนกับครู หรือระหว่างนักเรียนด้วยกันเอง ช่วยสร้างบรรยากาศที่เหมาะสมแก่การเรียนรู้ของนักเรียน นอกจากนี้การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ยังช่วยให้ครูสามารถเข้าใจแนวคิดของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น และเมื่อพิจารณาถึงขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่านักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 อยู่ในช่วงรอยต่อพัฒนาการทางสติปัญญาระหว่างขั้นการคิดแบบรูปธรรม (Concrete Operational) กับขั้นการคิดแบบนามธรรม (Formal Operational) กล่าวคือเด็กในวัยนี้จะเริ่มคิดแบบผู้ใหญ่ เด็กสามารถคิดหาเหตุผลนอกเหนือไปจากข้อมูลที่มีอยู่ พัฒนาการทางภาษาและการใช้สัญลักษณ์เจริญก้าวหน้ามาก เด็กจะเริ่มเข้าใจกฎเกณฑ์ต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล และเข้าใจความหมายของบทเรียนทั้งทางคณิตศาสตร์ ภาษา และการอ่าน (สุรางค์ คุ้มตระกูล,

2556) สอดคล้องกับ นุชลี อุปภัย (2558) อธิบายว่าเด็กในวัยนี้เริ่มคิดเหตุผลในเชิงนามธรรมได้ มีความสามารถในการเรียนรู้หลักการและสามารถนำหลักการมาให้เหตุผลหรือวิเคราะห์วิจารณ์สิ่งต่าง ๆ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้ รวมทั้งสามารถคิดและเลือกสิ่งที่ดีที่สุดจากความคิดที่หลากหลายได้ ดังนั้น การศึกษาองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำหลักสูตรคณิตศาสตร์และออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถดังกล่าวให้กับนักเรียนในช่วงวัยนี้จึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนนั้นสามารถประเมินได้จาก 3 องค์ประกอบหลัก ดังที่ Kennedy and Tipps (1944) ได้เสนอเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ว่าแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ภาษาทางคณิตศาสตร์ (Language of Mathematics) 2) การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Representation) และ 3) ความชัดเจนของการนำเสนอ (Clarity of Presentation) สอดคล้องกับ สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 1989) เสนอว่า การประเมินผลความสามารถในการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอของผู้เรียน ควรหาหลักฐานที่สะท้อนว่าผู้เรียนมีความสามารถ 1) ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ เครื่องหมาย สัญลักษณ์ในการนำเสนอความคิดที่แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ 2) บรรยายความคิดทางคณิตศาสตร์โดยการพูด การเขียน สาดิตให้เห็นภาพได้ และ 3) เข้าใจ แปลความหมาย และประเมินความคิดทางคณิตศาสตร์จากข้อมูลที่พบเห็นจากสิ่งที่น่าสนใจในรูปแบบการเขียน หรือจากสิ่งที่มีการนำเสนอในรูปแบบปากเปล่าได้ สำหรับการประเมินในประเทศไทยได้มีผู้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไว้หลายท่าน อาทิ พรหมทิพา พรหมรักษ์ (2552) ได้สร้างเกณฑ์โดยยึดตามแนวทางการประเมินของกระทรวงศึกษาธิการ (2546) และ Suzanne and others. (1996) ซึ่งพิจารณาการประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จาก 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ภาษาทางคณิตศาสตร์ 2) การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และ 3) ความชัดเจนในการนำเสนอ

ทั้งนี้ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ทั้งงานวิจัยจากต่างประเทศและงานวิจัยภายในประเทศพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่ได้ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบหรือวิธีการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพียงเท่านั้น แต่ยังไม่มีการศึกษาอย่างเฉพาะเจาะจงว่าความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์นั้นต้องประกอบด้วยองค์ประกอบใดบ้าง รวมทั้งยังไม่มีการศึกษาหรือนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการสื่อสารของนักเรียนประถมศึกษา โดยเฉพาะ ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาถึงองค์ประกอบของความสามารถ

ในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพื่อให้ทราบข้อมูลว่า ความสามารถนี้ประกอบไปด้วยองค์ประกอบสำคัญใดบ้าง แต่ละองค์ประกอบมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันอย่างไร องค์ประกอบใดมีความสำคัญมากที่สุดและน้อยที่สุด ซึ่งการศึกษาองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในการวิจัยนี้มุ่งศึกษากับกลุ่มเป้าหมายที่เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร ซึ่งโรงเรียนในสังกัดนี้ประกอบไปด้วยโรงเรียนขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ นักเรียนส่วนใหญ่มาจากครอบครัวซึ่งมีสถานภาพทางสังคมและเศรษฐกิจที่หลากหลาย มีความแตกต่างทางด้านสภาพแวดล้อมและแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ ค่อนข้างน้อย ซึ่งช่วยทำให้ได้ข้อมูลของนักเรียนที่มีความแตกต่างหลากหลาย โดยผลการวิจัยที่ได้นี้จะเป็ข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่นำมาใช้ในการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ เพื่อนำสารสนเทศที่ได้มาใช้เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป

คำถามของการวิจัย

1. องค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 มีอะไรบ้าง
2. แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีลักษณะอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6
2. เพื่อนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมายและประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เมื่อพิจารณาตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยสามารถแบ่งได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้
 - 1.1. การศึกษาองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มเป้าหมายและประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ

1.1.1. กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการสัมภาษณ์เพื่อศึกษาองค์ประกอบเพิ่มเติม คือ ครูที่สอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาที่มีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์สูง ได้แก่ ครูที่จบการศึกษาด้านการสอนคณิตศาสตร์โดยตรง ครูที่มีประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาอย่างน้อย 5 ปี

1.1.2. ประชากรที่ใช้ในการทำแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน คือ นักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวนทั้งสิ้น 37 โรงเรียน

1.2. การนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการสัมภาษณ์ คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา ได้แก่ ครูที่สอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาอย่างน้อย 10 ปี อาจารย์ระดับอุดมศึกษาด้านการศึกษาคณิตศาสตร์หรือการสอนคณิตศาสตร์

2. ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ คือ

2.1. องค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย

2.1.1. การใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์

2.1.2. การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์

2.1.3. ความชัดเจนในการนำเสนอ

2.2. แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วยแนวทางการจัดการเรียนการสอน 4 ด้าน ได้แก่

2.2.1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2.2.2. การจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้

2.2.3. การใช้สื่อการเรียนรู้

2.2.4. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการอธิบาย ชี้แจง และแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์รวมถึงแนวทางในการแก้ปัญหาของตนเอง โดยอาศัยความรู้และหลักการทางคณิตศาสตร์ สามารถเลือกใช้ภาษา คำศัพท์ สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์ แผนภูมิ รูปภาพ ตาราง ประกอบการสื่อความหมายและนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์

ของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมและชัดเจน พิจารณาจาก 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ 2) การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และ 3) ความชัดเจนในการนำเสนอ โดยประเมินจากการใช้ภาษาเขียนซึ่งวัดจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

การใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ในการเขียนอธิบายแนวคิด และการใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความที่กำหนดให้เพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจ

การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การการตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจากโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ และเขียนอธิบายแนวคิดหรือวิธีแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้ หลักการทางคณิตศาสตร์ มีการใช้แผนภูมิ รูปภาพ ตาราง ประกอบการอธิบายเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจ

ความชัดเจนในการนำเสนอ หมายถึง การเขียนอธิบายเพื่อนำเสนอแนวคิดหรือวิธีคิดของตนเองเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ถูกต้อง เป็นระบบ ชัดเจน และมีรายละเอียดที่สมบูรณ์

การตรวจสอบองค์ประกอบ หมายถึง การตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนระหว่างองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์โดยใช้โปรแกรม M-Plus ในการวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูล

แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หมายถึง วิธีการ ขั้นตอน หรือเทคนิคที่ครูผู้สอนสามารถใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยเหลือหรือส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งได้จากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญบนพื้นฐานของการพิจารณาถึงผลการวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันในการวิจัยครั้งนี้ แนวทางการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์มี 4 ด้าน ได้แก่ 1) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 2) การจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ 3) การใช้สื่อการเรียนรู้ และ 4) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

นักเรียน หมายถึง นักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ผู้บริหารสถานศึกษา คณะครู หรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดการศึกษาทุกภาคส่วนสามารถนำสารสนเทศที่ได้รับจากการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในจัดทำหลักสูตรรายวิชาคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ชัดเจนยิ่งขึ้น
2. ครูผู้สอนสามารถนำสารสนเทศที่ได้รับจากการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียนหรือระดับห้องเรียนเพื่อพัฒนาและส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

- 1.1 ความสำคัญของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
- 1.2 ความหมายของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
- 1.3 มาตรฐานและตัวชี้วัดของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
- 1.4 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
- 1.5 การประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 แนวทางการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

- 2.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้
- 2.2 การจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้
- 2.3 การใช้สื่อการเรียนรู้
- 2.4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์องค์ประกอบ

- 3.1 แนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบ
- 3.2 การตรวจสอบความตรงของโมเดล

ตอนที่ 4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- 4.1 งานวิจัยต่างประเทศ
- 4.2 งานวิจัยภายในประเทศ

ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดของการวิจัย

ตอนที่ 1 ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นมาตรฐานหนึ่งในมาตรฐานการเรียนรู้ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะที่มีความสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เนื่องจาก การสื่อสารทางคณิตศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในแนวคิดของตนเองชัดเจนขึ้น และช่วยให้ครูผู้สอนสามารถประเมินแนวคิดและความเข้าใจของนักเรียนได้อย่างถูกต้อง

1.1 ความสำคัญของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 1989) กล่าวถึงความสำคัญของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจภาษาคณิตศาสตร์เป็นสะพานเชื่อมโยงสาระหรือความคิดที่ไม่เป็นทางการหรือสามัญสำนึกไปสู่ภาษาที่เป็นนามธรรมและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และยังมีบทบาทสำคัญในการช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงที่สำคัญระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับสื่อที่เป็นวัตถุ รูปภาพ กราฟ สัญลักษณ์ต่าง ๆ คำพูดและการแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ การใช้คณิตศาสตร์ในการสื่อสารยังช่วยให้นักเรียนมีความชัดเจนในแนวคิดและเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งกับสิ่งที่เรียน โดยที่การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถในการใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงความคิด สามารถเข้าใจแนวคิดและความสัมพันธ์ของแนวคิด ดังที่ได้ระบุความสามารถที่ต้องการให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียนเกี่ยวกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. สามารถแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยการพูด การเขียน การสาธิต และการแสดงให้เห็นภาพ
2. สามารถทำความเข้าใจ แปลความหมาย และประเมินแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ โดยการพูด การเขียนหรือภาพต่าง ๆ
3. สามารถใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์แสดงแนวคิด อธิบายความสัมพันธ์ และจำลองสถานการณ์

Mumme and Shepherd (1993) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. การสื่อสารจะช่วยส่งเสริมการทำความเข้าใจเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน กล่าวคือการแสดงออกทางความคิด การเข้าร่วมอภิปราย การฟังนักเรียนคนอื่น ๆ จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจคณิตศาสตร์ที่ลึกซึ้ง การฟังความคิดของคนอื่นจะเป็นวิธีการที่ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจคณิตศาสตร์ของคนอื่นที่มีความคิดที่แตกต่างกันในสถานการณ์เดียวกัน นักเรียนจะสามารถสร้างความเข้าใจบนพื้นฐานของประสบการณ์ตรงและส่งเสริมการสร้างความรู้ที่ช่วยให้นักเรียนมีความชัดเจนในสิ่งที่นักเรียนคิด
2. การสื่อสารเป็นวิธีการแลกเปลี่ยนความเข้าใจคณิตศาสตร์ซึ่งกันและกัน กล่าวคือ การให้นักเรียนสื่อสารโต้ตอบซึ่งกันและกัน จะทำให้เกิดการช่วยเหลือแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เกิดการเรียนรู้จากเพื่อนในกลุ่มมากกว่าเรียนรู้จากครู เพราะในกลุ่มนักเรียนด้วยกันจะใช้ภาษาในระดับเดียวกันย่อมพูดกันรู้เรื่องและไม่เกิดความอับอายในการซักถามเรื่องที่ตนไม่เข้าใจ ช่วยส่งเสริมให้

นักเรียนอธิบายให้เพื่อนฟัง เกิดความเข้าใจเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ลึกซึ้งมากขึ้นเพราะนักเรียนที่อธิบายต้องศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมก่อนที่จะมาอธิบายได้ และยังทำให้เกิดความภาคภูมิใจในตนเองที่มีส่วนในการช่วยเหลือเพื่อน

3. การสื่อสารเป็นการเสริมสร้างให้นักเรียนเป็นนักเรียนรู้ คือ เมื่อครูเป็นผู้ตั้งคำถามและนักเรียนเป็นผู้ตอบด้วยการพูดและเขียนในสิ่งที่นักเรียนคิด หรือนักเรียนถามตอบกันเองจะทำให้ นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นในความสามารถทางคณิตศาสตร์ของตนเอง การให้นักเรียนรายงานในสิ่งที่นักเรียนคิดเป็นประเด็นที่มีความสำคัญ เพราะนักเรียนจะต้องใช้ศักยภาพและควบคุมการเรียนรู้ของตนเองในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม และในที่สุดนักเรียนจะเปลี่ยนเป็นผู้เสริมสร้างความรู้ด้วยตนเอง

4. การสื่อสารเป็นการส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเรียนรู้ คือ การพูดและการฟังในกลุ่มเพื่อนจากการเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อยเป็นวิธีที่ปลอดจากความวิตกกังวลในการแสดงความคิดเห็นใหม่ ๆ เมื่อมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ๆ เป็นสิ่งที่น่าสนุกสนานทำให้นักเรียนเกิดความเต็มใจในการร่วมมือกัน

5. การสื่อสารช่วยให้ครูได้หยั่งรู้ (Insight) ในความคิดของนักเรียน คือ ครูจะเรียนรู้สิ่งที่นักเรียนรู้ โดยการฟังสิ่งที่นักเรียนอธิบายโดยกระบวนการให้เหตุผล ความสามารถในการอธิบายเป็นทักษะที่ได้จากการฝึกฝนทักษะการสื่อสารในกลุ่มเพื่อนที่มีการใช้ภาษาอย่างง่าย ๆ และเหมาะสมกับระดับความสามารถของนักเรียน

Rowan and Morrow (1993) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า การสื่อสารช่วยเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของนักเรียน การสื่อสารทำให้เกิดการแลกเปลี่ยน ความความคิดเห็นและเข้าใจของนักเรียน ช่วยสร้างบรรยากาศที่เหมาะสมแก่การเรียนรู้ และช่วยให้ครูเข้าใจแนวคิดของนักเรียนได้ดีขึ้น

Buschman (1995) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า การสื่อสารเป็นเครื่องมือช่วยให้นักเรียนเข้าใจคณิตศาสตร์และช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยง สร้างความเข้าใจ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เมื่อนักเรียนได้พูดและเขียนข้อมูลหรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์ นักเรียนจะจำ ข้อมูลหรือแนวคิดนั้นได้ นักเรียนจะเข้าใจแนวคิดนั้นและสามารถใช้แนวคิดนั้นค้นหาความรู้อื่น ๆ ได้

จากความสำคัญของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น เพราะการสื่อสารจะเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนความรู้ ความเข้าใจ และความคิดเห็นซึ่งกันและกันระหว่างนักเรียนกับครู หรือระหว่างนักเรียนด้วยกันเอง ช่วยสร้างบรรยากาศที่เหมาะสมแก่การเรียนรู้ของนักเรียน และนอกจากนี้การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ยังช่วยให้ครูสามารถเข้าใจแนวคิดของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น

1.2 ความหมายของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 1989) เสนอว่า การสื่อสารเป็นความสามารถของนักเรียนในการใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงและทำความเข้าใจแนวคิด เป็นการผสมผสานความรู้และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายความเข้าใจตนเอง โดยนักเรียนจะเข้าใจแนวคิดของตนเองอย่างลึกซึ้ง เมื่อนักเรียนได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง ได้พิสูจน์ความมีเหตุผลของตนเองต่อคนอื่น หรือเมื่อนักเรียนได้ตั้งโจทย์หรือคำถาม ด้วยวิธีการสื่อสารที่หลากหลาย เช่น การเขียน การฟัง และการพูด

Thomas (1991) เสนอว่า คณิตศาสตร์คือการสื่อสาร นักเรียนจำเป็นต้องมีการพัฒนาทักษะด้านการเขียน การพูด การฟังอย่างหลากหลายในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ การใช้สื่อต่าง ๆ เช่น วัตถุ รูปภาพ แผนภูมิ ล้วนเป็นส่วนสำคัญในการสร้างโมเดลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ การสื่อสารส่งเสริมให้นักเรียนมีโอกาสนำเสนอความคิดผ่านทางวัตถุ การวาดภาพ และการสร้างแผนภูมิ โอกาสในการสื่อสารเหล่านี้จะช่วยให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของการนำเสนอ การอภิปราย การอ่าน การเขียน และการฟัง ความรู้หรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้และการใช้คณิตศาสตร์

Kennedy and Tipps (1944) เสนอว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นเป้าหมายที่สำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เนื่องจากช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงระหว่างข้อมูล ความรู้ และสิ่งที่เป็นนามธรรมไปสู่สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

Reys and others. (2001) เสนอว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมแนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยการพูดและการเขียน เพื่อแสดงและอธิบายแนวคิดโดยเฉพาะ การสื่อสารสองทางจะช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบาย รวบรวม และขยายแนวคิดแลกเปลี่ยนแนวคิดกับคนอื่น โดยใช้การสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างหลากหลาย เช่น การสื่อสารด้วยภาพ การแสดงท่าทาง การเขียนกราฟ การเขียนแผนภูมิ และการใช้สัญลักษณ์ ไปพร้อมกับการใช้คำทั้งการพูดและการเขียน

อลิสรา ชมชื่น (2550) เสนอว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การใช้ภาษา ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร นำเสนอ อภิปราย อธิบายแนวคิดหรือหลักการทางคณิตศาสตร์ให้ผู้อื่นเข้าใจด้วยวิธีการที่หลากหลาย โดยการพูด การฟัง การอ่าน และการเขียน ได้อย่างถูกต้องและกระชับ

พรรณทิพา พรหมรักษ์ (2552) เสนอว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์นั้นเป็นการใช้การพูด และการเขียน การใช้คำศัพท์ สัญลักษณ์ รูปภาพและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงแนวคิดและ อธิบายแนวความคิดทางคณิตศาสตร์ของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจแนวคิดได้อย่างถูกต้องชัดเจน

อัมพร ม้าคนอง (2553) เสนอว่า ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็น ความสามารถในการอธิบาย ชี้แจง แสดงความเข้าใจหรือความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของตนเองให้ ผู้อื่นได้รับรู้ โดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อความหมายและนำเสนอ การอธิบาย ลำดับขั้นตอนการทำงาน การแสดงเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อสรุปที่ได้ การใช้ตาราง กราฟ หรือค่าสถิติ ในการอธิบายหรือนำเสนอข้อมูล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2555) เสนอว่า ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ เป็นความสามารถใน การพูดและเขียน การใช้คำศัพท์ สัญลักษณ์ ตัวแปร ตาราง กราฟ อสมการ ฟังก์ชัน และแบบจำลอง เพื่อแสดงหรืออธิบายแนวคิดของตนเองให้ผู้อื่นได้รับรู้ โดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ อย่างถูกต้อง มีความกระชับ ชัดเจนและเหมาะสม

จากความหมายของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการการพูด การเขียน รวมทั้งความสามารถในการแลกเปลี่ยน แนวคิดเพื่ออธิบาย อภิปราย ชี้แจง แสดงความเข้าใจหรือแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยใช้ภาษา คำศัพท์ สัญลักษณ์ รูปภาพ ตาราง กราฟ แบบจำลอง และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดง แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนเองให้ผู้อื่นรับรู้และเข้าใจได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมและชัดเจน

1.3 มาตรฐานและตัวชี้วัดของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM., 2000 อ้างถึงใน ปานทอง กุลนาถศิริ, 2543) ได้กล่าวถึงมาตรฐานการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ควรจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ใช้การ สื่อสารและสื่อความหมาย เพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เพื่อให้นักเรียนสามารถ

1. จัดระเบียบทางความคิดและเพิ่มพูนความรู้ สร้างความคิดทางคณิตศาสตร์ให้แข็งแกร่ง มั่นคงยิ่งขึ้น
2. แสดงความคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ ชัดเจน แก่เพื่อน ๆ ครู และบุคคล อื่นได้
3. ขยายความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ตลอดจนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการ พิจารณายุทธวิธีต่าง ๆ ได้
4. สามารถที่จะใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงความหมายที่ชัดเจน ถูกต้อง และรัดกุม

นอกจากนั้นสภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 2000b) ได้เสนอว่า การสื่อสารในช่วงชั้นประถมศึกษาตอนปลายถึงมัธยมศึกษาตอนต้นควรจะเป็นเรื่องที่ซับซ้อนเป็นนามธรรมมากขึ้นกว่าชั้นก่อน ๆ การสื่อสารในช่วงนี้ไม่ควรเป็นแค่การนำเสนอและอธิบายวิธีแก้ปัญหา ไม่ใช่แค่อธิบายกระบวนการและผลสรุปอย่างเดียว แต่ควรครอบคลุมถึงการวิเคราะห์ เปรียบเทียบความหมาย และประสิทธิภาพของการแก้ปัญหาด้วยหรือเป็นการอธิบายข้อโต้แย้งและเหตุผล

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552) ได้กำหนดมาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้บรรลุผลที่ตรงกันไว้ในตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งมีรายละเอียดตามตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 มาตรฐานและตัวชี้วัดของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

มาตรฐานและตัวชี้วัดช่วงชั้น			
ป. 1-3	ป. 4-6	ม. 1-3	ม. 4-6
ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอได้อย่างถูกต้อง	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ ได้อย่างถูกต้องและชัดเจน	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ ได้อย่างถูกต้องและชัดเจน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2555) ได้ระบุถึงมาตรฐานทางด้านการสื่อสารและการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

มาตรฐานด้านการสื่อสาร: นักเรียนสามารถ

1. ใช้การสื่อสารช่วยในการรวบรวมและจัดระบบความคิดทางคณิตศาสตร์ได้
2. สื่อสารความคิดทางคณิตศาสตร์กับเพื่อน ครู และบุคคลอื่น ๆ ได้อย่างเป็นเรื่องเป็นราวและชัดเจน
3. วิเคราะห์และประเมินความคิดและยุทธวิธีทางคณิตศาสตร์ของบุคคลอื่นได้

4. ใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างตรงประเด็น

มาตรฐานด้านการนำเสนอ: นักเรียนสามารถ

1. สร้างและใช้การนำเสนอในการรวบรวม บันทึก และสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้
2. เลือกใช้ ประยุกต์ และปรับเปลี่ยนการนำเสนอทางคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาได้
3. ใช้การนำเสนอในการจำลองและตีความปรากฏการณ์ทางกายภาพ ทางสังคม และทางคณิตศาสตร์ได้

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า มาตรฐานการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ คือ การใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนเองได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม และชัดเจน

1.4 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

Thurber (1976) เสนอว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ควรประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

1. ศัพท์ทางคณิตศาสตร์ ทำให้ผู้เรียนได้เข้าใจที่มาและความหมายของคำศัพท์
2. การนำเสนอด้วยปากเปล่า เป็นการให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรม ดังนี้
 - 2.1. การสรุปรายงานในห้องเรียนหรือรายงานสั้น ๆ ที่ให้นักเรียนได้ออกมาพูดหน้าชั้นเรียน และมีการถาม – ตอบ จากเพื่อนในชั้นเรียน
 - 2.2. การพูดนำเสนอในงานที่ได้รับมอบหมาย หรือการนำเสนอเป็นกลุ่ม การทำงานเป็นทีมของนักเรียนโดยการเตรียมเรื่องที่สนใจที่จะพูดนำเสนอและการอภิปราย
 - 2.3. กิจกรรมการเขียน โดยให้นักเรียนเขียนแสดงจินตนาการหรือกำหนดสถานการณ์มาให้คิดแก้ปัญหา

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM., 1989) ได้เสนอแนวทางในการจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ว่า ควรเป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการดำเนินการอย่างเต็มที่ในลักษณะของการสืบค้น การสืบเสาะ การพรรณนาและการอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และควรเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยการอ่าน การพูดและการแสดงแนวคิด จัดการเรียนการสอนให้นักเรียนมีโอกาสปฏิสัมพันธ์ต่อกัน มีโอกาสชี้แจงแนวคิด อธิบายเหตุผล และชวนเชื่อให้บุคคลอื่นเห็นด้วยกับแนวคิดของตนทั้งการพูดและการฟัง

ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวจะช่วยส่งเสริมและสนับสนุนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM, 2000) ได้ระบุถึงบทบาทของครูในการช่วยพัฒนาการสื่อสารของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียนครูควรสนับสนุนให้มีการสื่อสาร โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปรายทั้งชั้นเรียน เช่น อภิปรายเกี่ยวกับแบบฝึกหัด
2. ให้นักเรียนได้ทำแบบฝึกหัด และเมื่อข้อผิดพลาดในการทำแบบฝึกหัดของนักเรียน ครูต้องนำข้อผิดพลาดนั้นมาอภิปรายร่วมกันกับนักเรียน
3. การหาคำตอบของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สามารถหาได้หลากหลายวิธี ดังนั้นครูควรพยายามให้นักเรียนได้อภิปรายถึงวิธีการหาคำตอบที่หลากหลาย โดยจัดให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มหรือเป็นคู่ ครูผู้สอนมีบทบาทเป็นเพียงผู้ชี้แนะแนวทางเท่านั้น
4. ครูควรสร้างบรรยากาศที่ดีให้เกิดขึ้นในห้องเรียน และปลูกฝังให้นักเรียนเคารพการตัดสินใจของเพื่อนในกลุ่ม หรือในห้องเรียน
5. เนื่องจากนักเรียนมีความสามารถที่แตกต่างกัน ดังนั้นข้อสอบหรือแบบฝึกหัดที่ให้นักเรียนทำควรมีทั้งข้อที่ยากและง่ายปะปนกันไป เมื่อนักเรียนทำเสร็จครูต้องเฉลยทุกครั้งและอภิปรายร่วมกันกับนักเรียนถึงข้อที่ทำผิด
6. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียนครูต้องไม่ถามนักเรียนเพียงฝ่ายเดียว แต่ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนได้ตั้งคำถามเพื่อถามเพื่อนในชั้นเรียนด้วย เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กัน

นอกจากนี้ สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM, 2000) ได้ระบุถึงชิ้นงานหรือแบบฝึกหัดที่ครูควรนำมาใช้เพื่อช่วยส่งเสริมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้

1. เป็นงานที่ช่วยเชื่อมโยงแนวคิดสำคัญทางคณิตศาสตร์
2. เป็นงานที่ใช้กระบวนการ หรือวิธีการในการแก้ปัญหาได้หลากหลาย
3. เป็นงานที่สามารถใช้ตัวแทนเพื่อสื่อความหมายได้หลากหลาย
4. เป็นงานที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกตีความ แปลความ แสดงเหตุผล หรือคาดคะเน

นอกจากนี้ครูสามารถใช้การพูดและการเขียนสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพื่อให้นักเรียนมีโอกาสดังต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกคิดผ่านสถานการณ์ปัญหา
2. ให้นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกสร้างคำอธิบาย คำชี้แจง ด้วยตนเอง
3. ให้นักเรียนมีโอกาสได้ทดลองใช้คำศัพท์ ภาษา และสัญลักษณ์ใหม่ ๆ
4. ให้นักเรียนมีโอกาสได้ทดลองอธิบายโดยใช้แบบทดสอบเชิงโต้แย้ง
5. ให้นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกอธิบายเหตุผลที่เกิดจากการคาดเดาหรือคาดคะเน
6. ให้นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกวิพากษ์ข้อคิดเห็นของคนอื่น
7. ให้นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกสะท้อนความคิดความเข้าใจของตนเองให้ผู้อื่นฟัง

Rowan and Morrow (1993 อ้างถึงใน สมเดช บุญประจักษ์, 2540) ได้เสนอแนวทางในการส่งเสริมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. นำเสนอสื่อรูปธรรม แล้วให้นักเรียนอธิบายสิ่งที่พบ
2. ใช้เนื้อหา เรื่องราว หรืองานที่เกี่ยวข้องและใกล้ตัวของนักเรียน เช่น โครงการที่มีการสืบค้นเป็นสื่อที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สื่อสารโดยตรง กิจกรรมเช่นนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ว่าเป็นวิชาที่มีประโยชน์ในการดำเนินชีวิต และเป็นเรื่องราวที่เกี่ยวข้องและใกล้ตัวนักเรียน ทำให้การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นไปได้อย่างสมบูรณ์
3. การใช้คำถาม โดยเฉพาะคำถามปลายเปิด จะเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและแสดงการตอบสนองออกมา คำถามปลายเปิดเป็นคำถามที่ให้โอกาสนักเรียนได้คิดอย่างหลากหลาย และคิดอย่างสร้างสรรค์
4. ให้โอกาสนักเรียนได้เขียนสื่อแนวคิด เพื่อให้นักเรียนเห็นว่าการเขียนเป็นส่วนสำคัญของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ นักเรียนจึงต้องเข้าใจว่าทำไมจึงต้องเขียนอธิบาย นั่นคือเป้าหมายของการเขียนต้องชัดเจน
5. ในการเรียนแบบร่วมมือและช่วยเหลือกัน เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สำรวจแนวคิดอธิบายแนวคิดกันในกลุ่ม เป็นการส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารโดยตรง
6. ในการชี้แนะโดยตรงและชี้แนะโดยอ้อม การตอบสนองต่อคำถามของนักเรียน การบริหารและจัดระบบชั้นเรียน เป็นการชี้แนะให้นักเรียนได้ทราบถึงสิ่งที่คาดหวังและมาตรฐานการเรียนรู้ เพื่อที่นักเรียนจะได้แสดงแนวคิดเหล่านั้นได้อย่างไม่ต้องกังวล

Buschman (1995) ได้เสนอแนะการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. เสนอปัญหาและคำตอบ และให้นักเรียนเขียนข้อความเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับคำตอบ
2. เสนอปัญหาที่แก้แบบผิด ๆ แล้วให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อผิดพลาดนั้น
3. เสนอปัญหาที่ประกอบด้วยข้อมูลและเงื่อนไขของปัญหาให้นักเรียนเขียนปัญหาใหม่และมีข้อมูลและเงื่อนไขที่ไม่แตกต่างไปจากปัญหาเดิม แล้วให้นักเรียนแก้ปัญหานั้นทั้ง 2 ข้อ
4. เสนอปัญหาและวิธีแก้ปัญหบบางส่วนแล้วให้นักเรียนหาทางแก้ปัญหาคือให้เสร็จและให้นักเรียนคิดหาวิธีแก้ปัญหบบแบบใหม่และอธิบายวิธีแก้ปัญหานั้น
5. เสนอปัญหาและข้อเท็จจริงที่ไม่เกี่ยวกับคำตอบให้นักเรียนระบุข้อเท็จจริงเหล่านั้นและเขียนปัญหานั้นใหม่โดยตัดข้อเท็จจริงที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป
6. เสนอปัญหาให้นักเรียนแล้วให้นักเรียนอธิบายวิธีแก้ปัญหโดยใช้เพียงคำสั้น ๆ
7. หลังจากนักเรียนแก้ปัญหสำเร็จแล้วให้นักเรียนเขียนปัญหาใหม่ที่มีบริบทแตกต่างไปแต่ให้คงโครงสร้างของปัญหาเดิม
8. เสนอปัญหาในชีวิตจริงที่ไม่มีตัวเลขแก่นักเรียนให้นักเรียนประมาณคำตอบและตัวเลขที่หายไปแล้วให้นักเรียนแก้ปัญหานั้นและบอกว่าพบคำตอบได้อย่างไร
9. เสนอกราฟหรือตารางให้นักเรียนแล้วให้นักเรียนเขียนเรื่องที่น่า เสนอข้อมูลในกราฟหรือตารางเหล่านั้น
10. เสนอแนวโน้มหรือตัวอย่างข้อมูลแก่นักเรียน แล้วให้นักเรียนทำนายโดยใช้ข้อมูลเหล่านั้นและเขียนเรื่องที่ประกอบด้วยข้อมูลเหล่านั้น
11. เสนอปัญหาจริงที่พบในชั้นเรียนแก่นักเรียน ซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องอาศัยการใช้วัตถุจริง ๆ ร่วมกันแล้วให้นักเรียนคิดแผนการใช้วัตถุเหล่านั้นด้วยกัน และตรวจสอบแผนการที่คิดขึ้น
12. ให้นักเรียนเขียนจดหมายที่มีปัญหาอยู่ พร้อมทั้งคำเชิญชวนให้ผู้ที่ได้รับจดหมายแสดงวิธีแก้ปัญห
13. เสนอปัญหาปลายเปิดให้นักเรียน แล้วให้นักเรียนค้นหาข้อมูลที่จำเป็นในการแก้ปัญห
14. ให้นักเรียนเขียนนิยายหรือเล่าเรื่องใหม่โดยมีข้อมูลที่เป็นตัวเลข เพื่อใช้เป็นแหล่งสร้างโจทย์ปัญหา

นอกจากนั้น Buschman (1995) ยังได้เสนอแนวทางเพิ่มเติมว่า ในการทำงานร่วมกันของนักเรียนนั้นเป็นการสร้างความเข้าใจในเรื่องภาษาทางคณิตศาสตร์ เมื่อนักเรียนสนทนากันนักเรียนจะมุ่งความสนใจไปยังความคิด แนวคิด และความหมายของคำต่าง ๆ และทำให้ความคิด แนวคิด และ

ความหมายของคำเหล่านั้นกระจ่างชัดเจนขึ้น ขณะที่นักเรียนใช้ถ้อยคำเพื่ออธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์นั้นจะทำให้ให้นักเรียนได้สร้างความชัดเจนแม่นยำ และความเข้าใจของคำเหล่านั้น เมื่อนักเรียนพูดหรือเขียนสิ่งที่เกี่ยวกับปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนจะได้ทดสอบ ขยายความเข้าใจทางคณิตศาสตร์นั้น ซึ่งในขณะที่นักเรียนพูดหรือเขียนนักเรียนไม่เพียงแต่ได้ใช้ภาษาเพื่อแสดงความคิดของตัวเองเท่านั้น แต่ยังสามารถสื่อสารในการสนทนากับผู้อื่นอีกด้วย

กระทรวงศึกษาธิการ (2545a) ได้เสนอว่า การสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ เป็นการให้คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา นักเรียนต้องฝึกทักษะในการสังเกต การนำเสนอรูปภาพต่าง ๆ เพื่อสื่อความหมายและนำความรู้ทางเรขาคณิตไปอธิบายปรากฏการณ์และสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน การจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอในวิชาพีชคณิต เป็นการวิเคราะห์ สังเคราะห์เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา สามารถเขียนปัญหาในรูปแบบของ ตาราง กราฟ หรือข้อความเพื่อสื่อสารความสัมพันธ์ของจำนวนเหล่านั้นทำให้เกิดทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอมีแนวทางในการดำเนินการดังนี้

1. กำหนดโจทย์ปัญหาที่น่าสนใจและเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน
2. ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและแสดงความคิดเห็นของตนเอง โดยผู้สอนชี้แนะแนวทางในการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอข้อมูล
3. การฝึกทักษะ/กระบวนการนี้ต้องทำอย่างต่อเนื่อง โดยสอดแทรกอยู่ทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ให้นักเรียนคิดตลอดเวลาที่เห็นปัญหาว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น จะมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร รูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรอย่างไร จะใช้ภาพ ตาราง หรือกราฟช่วยในการสื่อสารสื่อความหมาย

อลิสรา ชมชื่น (2550) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ดังนี้

1. ใช้เนื้อหา เรื่องราว หรืองานที่เกี่ยวข้องและใกล้ตัวนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเห็นประโยชน์ของคณิตศาสตร์และสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น
2. ครูนำเสนอสื่อที่เป็นรูปธรรม ให้นักเรียนพรรณนาหรืออภิปรายความคิดเห็นถึงสิ่งที่พบ
3. กำหนดโจทย์ปัญหาที่น่าสนใจและเหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน
4. ใช้คำถามหรือปัญหาปลายเปิด กระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและแสดงการตอบสนองออกมา
5. ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมในการเรียนรู้ด้วยตนเอง
6. ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นของตนเองด้วยการรายงานสั้น ๆ การตอบคำถามจากครูหรือเพื่อน การนำเสนองานที่ได้รับมอบหมาย หรือการอภิปราย

7. ให้นักเรียนเขียนสื่อสารแนวคิด โดยอาจใช้ตาราง กราฟ หรือแผนภูมิประกอบ
8. ครูใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือและช่วยเหลือกัน เพื่อให้ให้นักเรียนได้พูดคุย ซักถามโต้แย้ง แลกเปลี่ยนแนวคิดภายในกลุ่มและส่งเสริมความสามารถในการสื่อสาร
9. ครูใช้การชี้แนะแนวทางในการสื่อสาร สื่อความหมาย และการนำเสนอ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2552: ออนไลน์) ได้เสนอว่า เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ ผู้สอนมีบทบาทสำคัญยิ่งในการจัดสถานการณ์และสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียน ดังนี้

1. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้หลากหลายส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง
2. จัดห้องเรียนให้มีบรรยากาศที่เหมาะสมต่อการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ เช่น จัดป้ายนิเทศที่เกี่ยวกับสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับที่เหมาะสมกับผู้เรียน จัดบอร์ดแสดงผลงานทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน
3. ใช้คำถามที่หลากหลายเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดอภิปราย อธิบาย แสดงความคิดเห็น และให้เหตุผลที่แสดงถึงการเชื่อมโยงความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือปัญหา การได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง เหมาะสม ชัดเจน พยายามช่วยให้ผู้เรียนใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องในการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ เพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้อง ตรงกันระหว่างผู้เรียน และสามารถตรวจสอบความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกันด้วย
4. ผู้สอนต้องเป็นทั้งผู้รับสารและผู้ส่งสารที่ดี ให้การสนับสนุนผู้เรียนในการนำเสนอ พูด ฟัง เขียน อ่าน
5. ใช้สื่ออุปกรณ์ แหล่งการเรียนรู้หรือภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สอดคล้องเหมาะสมกับสาระการเรียนรู้และผู้เรียน
6. กำหนดเกณฑ์วิธีวัดผลและประเมินผลให้หลากหลายเหมาะสม และนำผลการประเมินมาช่วยพัฒนาทักษะการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2555) กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การสืบสวนสอบสวน การเขียนอนุทิน (journal writing) การเขียนรายงาน และการเขียนโปสเตอร์ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. การสืบสวนสอบสวน เป็นกระบวนการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอที่ต้องการให้นักเรียน สร้างข้อคำถาม (asking questions) การสืบหาวิธีแก้ปัญหา (investigating solutions) สร้างความรู้ใหม่ (creating new knowledge) อภิปรายสิ่งที่ค้นพบ (discussing

discoveries) และสะท้อนความรู้ใหม่ (reflecting on the new knowledge) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจ มีความสุขกับการเรียน และมีความคงทนในความรู้ที่ได้

2. การเขียนอนุทิน เป็นการบันทึกอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียนเป็นรายบุคคล เพื่ออธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ คิดหรืออธิบายการดำเนินกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ หรือเพื่อสะท้อนความรู้สึก ความคิดเห็น ความสนใจของนักเรียนที่มีต่อแนวคิดหรือการดำเนินกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ การเขียนอนุทินที่ดี นักเรียนจะต้องมีความซื่อสัตย์เขียนตามความจริง และควรบันทึกทันทีหลังจากดำเนินกิจกรรมทางคณิตศาสตร์นั้น ๆ

3. การเขียนรายงาน เป็นการบันทึกอย่างเป็นทางการของนักเรียนหรือกลุ่มนักเรียนเพื่อนำเสนอแนวคิด ความคิดเห็น หรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น การให้เหตุผลในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล การเขียนรายงานที่ดี จะต้องมียุทธศาสตร์ เนื้อหาของแนวคิด ความคิดเห็น หรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และรูปแบบของการเขียนที่ถูกต้องและชัดเจน โดยทั่วไปรูปแบบของการเขียนรายงานที่นิยมมี 2 รูปแบบ ดังนี้

แบบที่ 1 การนำเสนอเนื้อหาของการรายงานก่อนบทสรุปหรือข้อเสนอแนะ

แบบที่ 2 การนำเสนอเนื้อหาของการรายงานหลังบทสรุปหรือข้อเสนอแนะ

4. การเขียนโปสเตอร์ เป็นการเขียนเพื่อนำเสนอแนวคิด ความคิดเห็นหรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น การให้เหตุผลบนแผ่นกระดาษ วัสดุ หรือสื่อ เช่น พิวเจอร์บอร์ด การเขียนโปสเตอร์ที่ดีจะต้องมียุทธศาสตร์เดียว ให้ความหมายชัดเจนไม่ทำให้ผู้ดูสงสัย มีสีสวยงาม สะดุดตา ชัดเจน มีจุดเด่นที่หัวเรื่อง และมีขนาดใหญ่พอที่จะเห็นได้ง่าย สามารถเข้าใจได้โดยไม่ต้องเสียเวลาอ่านนานนัก

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับแนวทางพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ควรใช้โจทย์คณิตศาสตร์ที่น่าสนใจ เป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและใกล้ตัวนักเรียน และเป็นปัญหาปลายเปิดเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น หรือจัดการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมกลุ่มเพื่อให้นักเรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดกับเพื่อนภายในกลุ่ม

1.5 การประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

การประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ถือเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งในกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เนื่องจากผลจากการประเมินทำให้ครูทราบว่านักเรียนสามารถเข้าใจในสิ่งที่ครูหรือเพื่อนกำลังอธิบายหรือสื่อความหมายได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งเป็นสารสนเทศที่มีประโยชน์ในการนำไปออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนานักเรียนต่อไป

1.5.1 การประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM, 1989 อ้างถึงใน พร้อมพรรณ อุดมสิน และ อัมพร ม้าคนอง, 2547) เสนอว่า การประเมินผลความสามารถในการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอของผู้เรียน ควรหาหลักฐานให้ผู้เรียนมีความสามารถ ดังนี้

1. บรรยายความคิดทางคณิตศาสตร์โดยการพูด การเขียน สาระให้เห็นภาพได้
2. เข้าใจ แปลความหมาย และประเมินความคิดทางคณิตศาสตร์จากข้อมูลที่พบเห็นจากสิ่งที่น่าสนใจในรูปแบบการเขียน หรือจากสิ่งที่มีการนำเสนอในรูปแบบปากเปล่าได้
3. ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ เครื่องหมาย สัญลักษณ์ในการนำเสนอความคิดที่แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลได้

การออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนเป็นผู้ลงมือกระทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยการสืบค้น อภิปราย บรรยาย สาระความรู้ต่าง ๆ โดยกิจกรรมนั้นเป็นกิจกรรมที่อยู่ในสภาพจริง ผู้เรียนจะสามารถสื่อสารความคิด แสดงความคิดเห็น อภิปรายแลกเปลี่ยนการค้นหาคำความรู้ ตลอดจนการสนับสนุนข้อคิดเห็นต่าง ๆ ซึ่งแสดงออกโดยการพูด เขียน ฟัง อ่าน กิจกรรมที่กระทำเหล่านั้นส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการกระทำทางคณิตศาสตร์ (doing mathematics) เนื่องจากการสื่อสารเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่จำเป็น และถึงแม้ว่าวิชาคณิตศาสตร์จะมีความยากในการใช้เครื่องหมายต่าง ๆ ให้ถูกต้อง แต่บางครั้งการที่นักเรียนแสดงออกมาโดยใช้คำพูดตนเอง จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้แจ่มแจ้งยิ่งขึ้น

ความสามารถในการสื่อสารคณิตศาสตร์ สามารถประเมินได้จากการแสดงความคิดและมุมมองที่ผู้เรียนพูดออกมา การประเมินควรอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ ของการสื่อสาร เช่น การสื่อสารระหว่างบุคคล และการสื่อสารระหว่างการใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ และจากการที่การสื่อสาร หมายถึง การแสดงออกในการใช้คำศัพท์ เครื่องหมาย โครงสร้างที่แสดงออกมาถึงความเข้าใจในสิ่งนั้น และความสัมพันธ์ของสิ่งนั้นจึงสรุปได้ว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นการผสมผสานกลมกลืนระหว่างความรู้และการกระทำทางคณิตศาสตร์ (knowing and doing mathematics)

การสื่อสารนับว่าเป็นกิจกรรมทางสังคมอย่างหนึ่ง ดังนั้นการประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สามารถทำได้หลายสถานการณ์ เช่น ขณะมีกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้สอนควรสังเกตการนำเสนอความคิดทางคณิตศาสตร์ และการแปลความทั้งการพูดและการเขียน โดยการแก้ไขให้ผู้เรียนแสดงออกอย่างชัดเจน ถูกต้อง และเหมาะสมกับคำศัพท์และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2546) ได้แจกแจงความสามารถในการแสดงออกตามขั้นตอนของทักษะการสื่อสารที่จะนำมาประเมินการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. เลือกรูปแบบของการสื่อสาร การสื่อความหมายและนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม
2. ใช้ข้อความ ศัพท์ สูตร สมการ หรือแผนภูมิที่เป็นสากล
3. บันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล
4. สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งการเรียนรู้
5. เสนอความคิดเห็นที่เหมาะสมกับปัญหา

อัมพร ม้าคนอง (2553) เสนอว่า ความสามารถในการสื่อสาร รวมถึงความสามารถที่จะนำเสนอข้อมูลและสารสนเทศ เพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจตรงกัน จึงรวมความสามารถดังต่อไปนี้

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสื่อรูปธรรม รูปภาพ และแผนภาพกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์
2. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างภาษาในชีวิตประจำวันกับภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์และสามารถใช้ภาษาและสัญลักษณ์ในการสื่อสารความคิดทางคณิตศาสตร์
3. ใช้ทักษะการอ่านและฟังในการแปลความหมายและประเมินแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และสามารถเขียนด้วยความเข้าใจ
4. สร้างคำจำกัดความทางคณิตศาสตร์และอธิบายสิ่งที่ค้นพบจากการตรวจสอบ
5. สร้างสถานการณ์โดยใช้การพูดและเขียน วัตถุรูปธรรม รูปภาพ กราฟ และวิธีการทางพีชคณิต
6. ออกแบบและนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่สื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างชัดเจน
7. สะท้อน อธิบาย และอภิปรายแนวคิดและความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ และสร้างข้อความคาดการณ์หรือข้อความขัดแย้งที่น่าสนใจ
8. สะท้อนและอธิบายแนวคิดของตนเองเกี่ยวกับแนวคิดและสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยวาจาและด้วยการเขียน
9. ถามคำถามขยายความที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ที่เคยอ่านหรือเคยได้ยินมาก่อน
10. เห็นคุณค่าของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์และบทบาทของสัญลักษณ์เหล่านั้นในการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์
11. ตระหนักว่าการแสดง การอภิปราย การอ่าน การเขียน และการฟังเกี่ยวกับคณิตศาสตร์เป็นส่วนสำคัญสำหรับการเรียนรู้และการใช้คณิตศาสตร์

จากการศึกษาการประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า การประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์นั้นสามารถประเมินได้อย่างหลากหลาย ขึ้นอยู่กับลักษณะของเนื้อหาและลักษณะของกิจกรรม โดยครูควรสังเกตการนำเสนอความคิดและการแปลความหรือตีความของนักเรียนทั้งจากการพูดและการเขียน เมื่อพบว่านักเรียนใช้ภาษา คำศัพท์ สัญลักษณ์ไม่ถูกต้อง ครูต้องให้ผลสะท้อนกลับหรือแก้ไขเพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ภาษา คำศัพท์ สัญลักษณ์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

1.5.2 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า มีนักการศึกษาและนักวิจัยหลายท่านได้เสนอเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

Kennedy and Tipps (1944) ได้เสนอเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ภาษาทางคณิตศาสตร์ (Language of Mathematics)
 - 1.1. ไม่ใช่หรือใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ที่ไม่เหมาะสม
 - 1.2. ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมเป็นบางครั้ง
 - 1.3. ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมเกือบทุกครั้ง
 - 1.4. ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ได้เหมาะสม ถูกต้อง สละสลวย
2. การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Representation)
 - 2.1. ไม่ใช่แนวคิดทางคณิตศาสตร์
 - 2.2. มีการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์
 - 2.3. ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและเหมาะสม
 - 2.4. ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้เข้าใจ ชัดเจน
3. ความชัดเจนของการนำเสนอ (Clarity of Presentation)
 - 3.1. การนำเสนอไม่ชัดเจน
 - 3.2. การนำเสนอมีความชัดเจนในบางส่วน
 - 3.3. การนำเสนอมีความชัดเจนเกือบสมบูรณ์
 - 3.4. การนำเสนอชัดเจนสมบูรณ์ (เป็นระบบ สมบูรณ์ มีรายละเอียดครบ)

พร้อมพรรณ อุตมสิน (2547) ได้แบ่งการประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. การใช้ภาษาคณิตศาสตร์

คะแนน 1 หมายถึง ไม่มีการใช้หรือใช้ภาษาคณิตศาสตร์ไม่เหมาะสมทั้งหมด

คะแนน 2 หมายถึง ใช้ภาษาคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมในบางส่วน

คะแนน 3 หมายถึง ใช้ภาษาคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมเป็นส่วนใหญ่

คะแนน 4 หมายถึง ใช้ภาษาคณิตศาสตร์ได้เหมาะสมกระชับและสละสลวย

2. การใช้ตัวแทนทางคณิตศาสตร์

คะแนน 1 หมายถึง ไม่มีการใช้ตัวแทนทางคณิตศาสตร์

คะแนน 2 หมายถึง มีการใช้ตัวแทนทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องบางส่วน

คะแนน 3 หมายถึง ใช้ตัวแทนทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเหมาะสม

คะแนน 4 หมายถึง มีแนวคิดในการประยุกต์ใช้ตัวแทนทางคณิตศาสตร์ได้อย่างกว้างขวาง

3. ความชัดเจนในการนำเสนอ

คะแนน 1 หมายถึง การนำเสนอไม่ชัดเจน ไม่สมบูรณ์ ไม่มีรายละเอียด

คะแนน 2 หมายถึง การนำเสนอมีบางส่วนชัดเจน

คะแนน 3 หมายถึง การนำเสนอส่วนใหญ่ชัดเจน

คะแนน 4 หมายถึง การนำเสนอชัดเจนสมบูรณ์ มีรายละเอียด เรียบเรียงดี

งานวิจัยของ Suzanne (1993, อ้างถึงใน (California State Department of education, 1989) ได้เสนอเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคทั่ว ๆ ไป (General Rubric) นำเสนอไว้ 5 ระดับ คือ 0 1 2 3 4 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (General Rubric)

4 คะแนน	
ความรู้ทางคณิตศาสตร์	แสดงความเข้าใจในแนวคิดและหลักการด้านคณิตศาสตร์ปัญหาใช้คำศัพท์เฉพาะและสัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์อย่างเหมาะสม ปฏิบัติตามขั้นตอนการคำนวณให้สมบูรณ์ถูกต้อง
ความรู้เกี่ยวกับกลวิธี	ใช้ข้อมูลภายนอกให้ตรงประเด็น ตามคุณสมบัติที่เป็นแบบแผน ระบุส่วนประกอบที่สำคัญทั้งหมดของปัญหาและแสดงความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบนั้น พิจารณาความเหมาะสมและวิธีที่เป็นระบบสำหรับ

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (General Rubric) (ต่อ)

4 คะแนน	
	การแก้ปัญหา แสดงหลักฐานอธิบายกระบวนการแก้ไขได้ชัดเจน และอธิบายกระบวนการได้สมบูรณ์เป็นระบบ
การสื่อสารทาง คณิตศาสตร์	อธิบายคำตอบให้สมบูรณ์ ชัดเจน ไม่คลุมเครือ อาจมีแผนภาพประกอบที่สมบูรณ์ สื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อชี้แจงผู้อ่าน (ผู้ตรวจ) แสดงความเชี่ยวชาญในการให้เหตุผลอย่างสมบูรณ์ อาจมีการยกตัวอย่างประกอบการให้เหตุผล
3 คะแนน	
ความรู้ทาง คณิตศาสตร์	แสดงความเข้าใจในแนวคิดและหลักการด้านคณิตศาสตร์และปัญหาเกือบสมบูรณ์ ใช้คำศัพท์เฉพาะและสัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์ถูกต้องเกือบทั้งหมด ปฏิบัติตามขั้นตอนการคำนวณส่วนมากถูกต้อง แต่อาจมีความผิดพลาดอยู่เล็กน้อย
ความรู้เกี่ยวกับ กลวิธี	ใช้ข้อมูลภายนอกให้ตรงประเด็น ตามคุณสมบัติที่เป็นแบบแผน ระบุส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของปัญหาและการแสดงความเข้าใจทั่ว ๆ ไปของความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบนั้น แสดงหลักฐานอธิบายกระบวนการแก้ไขได้ชัดเจน และอธิบายกระบวนการได้สมบูรณ์และเป็นระบบ
การสื่อสารทาง คณิตศาสตร์	อธิบายคำตอบให้สมบูรณ์ ชัดเจน ไม่คลุมเครือ อาจจะมีแผนภาพประกอบที่สมบูรณ์หรือเกือบสมบูรณ์ การสื่อสารส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพ เพื่อชี้แจงผู้อ่าน (ผู้ตรวจ) แสดงการสนับสนุนการให้เหตุผลอย่างเหมาะสม แต่อาจจะมีช่องว่างเล็กน้อย
2 คะแนน	
ความรู้ทาง คณิตศาสตร์	แสดงความเข้าใจในแนวคิดและหลักการบางส่วนในคณิตศาสตร์ ใช้คำศัพท์เฉพาะและสัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์ส่วนมากผิด การคำนวณอาจผิดพลาด
ความรู้เกี่ยวกับ กลวิธี	ระบุส่วนประกอบที่สำคัญได้บ้าง แต่แสดงความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบนั้น แสดงหลักฐานอธิบายกระบวนการแก้ไขได้บ้าง แต่การอธิบายกระบวนการอาจไม่สมบูรณ์หรือบางที่ไม่เป็นระบบ

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (General Rubric) (ต่อ)

2 คะแนน	
การสื่อสารทาง คณิตศาสตร์	อธิบายคำตอบไม่ชัดเจนหรือมีสองนัย แผนภาพประกอบบกพร่องหรือไม่ ชัดเจน การสื่อสารคลุมเครือหรือตีความได้ยาก การให้เหตุผลอาจไม่สมบูรณ์ หรือไม่มีหลักฐานสนับสนุน
1 คะแนน	
ความรู้ทาง คณิตศาสตร์	แสดงความเข้าใจในแนวคิดและหลักการในปัญหาคณิตศาสตร์ได้น้อยมาก ใช้ คำศัพท์เฉพาะและสัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์ผิด การคำนวณ ผิดพลาด
ความรู้เกี่ยวกับ กลวิธี	พยายามใช้ข้อมูลภายนอกที่ไม่ตรงประเด็น ระบุส่วนประกอบที่สำคัญของ ปัญหาผิดหรือเน้นส่วนประกอบที่ไม่สำคัญมากเกินไปแสดงหลักฐานอธิบาย กระบวนการแก้ไขไม่สมบูรณ์หรือไม่เหมาะสม การอธิบายกระบวนการแก้ไข ผิดพลาด หรือไม่เป็นระบบ
การสื่อสารทาง คณิตศาสตร์	อธิบายคำตอบอาจจะผิดหรือเข้าใจยาก แผนภาพประกอบไม่ถูกต้องตาม สถานการณ์ปัญหา หรือแผนภาพไม่ชัดเจน ตีความหมายยาก
0 คะแนน	
ความรู้ทาง คณิตศาสตร์	แสดงความไม่เข้าใจในแนวคิดและหลักการในปัญหาคณิตศาสตร์
ความรู้เกี่ยวกับ กลวิธี	พยายามใช้ข้อมูลภายนอกที่ไม่ตรงประเด็น ระบุส่วนประกอบของปัญหาผิด ลอกส่วนปัญหาของโจทย์มาแต่พยายามแก้ปัญหา
การสื่อสารทาง คณิตศาสตร์	การสื่อสารไม่มีประสิทธิภาพ คำที่ใช้ไม่เกี่ยวกับปัญหา แผนภาพประกอบผิด หมด

กระทรวงศึกษาธิการ (2546) ได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนผลการทำข้อสอบอัตนัย ทักษะ/
กระบวนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนผลการทำข้อสอบอัตนัย ทักษะ/กระบวนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
โดยกระทรวงศึกษาธิการ

ระดับคะแนน/ ความหมาย	ผลการทำข้อสอบแบบอัตนัย	ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
4 (ดีมาก)	การแสดงวิธีทำชัดเจน สมบูรณ์ คำตอบถูกต้องครบถ้วน	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอนเป็นระบบ กระชับ ชัดเจนและมีรายละเอียดสมบูรณ์
3 (ดี)	การแสดงวิธีทำยังไม่ชัดเจนนัก แต่อยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง คำตอบถูกต้อง ครบถ้วน	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอนได้ถูกต้อง ขาดรายละเอียดที่สมบูรณ์
2 (พอใช้)	การแสดงวิธีทำยังไม่ชัดเจน หรือไม่แสดงวิธีทำ คำตอบ ถูกต้องครบถ้วน หรือการวิธีทำ ชัดเจน สมบูรณ์ แต่คำตอบไม่ ถูกต้อง ขาดการตรวจสอบ	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ พยายามนำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางแสดงข้อมูลประกอบชัดเจนบางส่วน
1 (ต้องปรับปรุง)	การแสดงวิธีทำยังไม่ชัดเจน แต่ อยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง คำตอบ ไม่ถูกต้อง หรือแสดงวิธีทำและ คำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง แต่อยู่ใน แนวทางที่ถูกต้อง	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ อย่างง่าย ๆ ไม่ได้ใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตาราง และการนำเสนอไม่ชัดเจน
0 (ไม่พยายาม)	ทำได้ไม่ถึงเกณฑ์	ไม่นำเสนอ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2551) ได้เสนอเกณฑ์การให้คะแนนทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ในด้านการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การพิจารณา
3 (ดี)	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอนชัดเจน และมีรายละเอียดสมบูรณ์
2 (พอใช้)	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางแสดงข้อมูลประกอบลำดับขั้นตอนได้ชัดเจนบางส่วน แต่ขาดรายละเอียดที่สมบูรณ์
1 (ควรปรับปรุง)	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อย่างง่าย ๆ ไม่ได้ใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตาราง และการนำเสนอข้อมูลไม่ชัดเจน

อลิสรา ชมชื่น (2550) ได้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์แบบบูรณาการไว้ในงานวิจัยเรื่อง การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนโดยการบูรณาการ ทฤษฎีการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ การสื่อสาร และการให้เหตุผล เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เกณฑ์คะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดย อลิสรา ชมชื่น

คะแนน/ความหมาย	ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ปรากฏให้เห็น
4 (ดีมาก)	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ถูกต้อง - ใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางประกอบการอธิบายได้ถูกต้อง เหมาะสม - นำเสนอเป็นลำดับขั้นตอนถูกต้อง ชัดเจน และมีรายละเอียดสมบูรณ์
3 (ดี)	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ถูกต้องเป็นส่วนมาก - ใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางประกอบการอธิบายถูกต้อง - นำเสนอเป็นลำดับขั้นตอนถูกต้อง ชัดเจน ขาดรายละเอียดที่สมบูรณ์
2 (พอใช้)	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ถูกต้องบางส่วน - ใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางประกอบการอธิบายถูกต้องบางส่วน - นำเสนอเป็นลำดับขั้นตอน ขาดความชัดเจน ขาดรายละเอียด
1 (ต้องปรับปรุง)	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ถูกต้องบางส่วน - ไม่ใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางประกอบการอธิบาย - นำเสนอไม่เป็นเป็นลำดับขั้นตอน ไม่ชัดเจน และขาดรายละเอียด
0 (ไม่ดี)	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่นำเสนอ

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า การประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนนั้นสามารถทำได้หลายสถานการณ์ เช่น ขณะมีกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้สอนควรสังเกตการนำเสนอความคิดทางคณิตศาสตร์ทั้งจากการพูดและการเขียน กระบวนการทำงานกลุ่ม ผลงาน ความถูกต้องของการทำแบบฝึกหัด โดยใช้เครื่องมือและวิธีการวัดที่หลากหลาย เหมาะสมกับผู้เรียนและสิ่งที่ต้องการจะวัด

ตอนที่ 2 แนวทางการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์การเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน ทั้งนี้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ พบว่า มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นจำนวนมากและได้กำหนดประเด็นในการศึกษา ดังนี้

ลำไย อภิบาลศรี (2544) ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัญหาการสอนคณิตศาสตร์ของครูผู้สอนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สำนักงานการประถมศึกษา อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด ซึ่งได้กำหนดประเด็นในการศึกษา 4 ด้าน คือ 1) ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน 2) ด้านการวัดผลประเมินผล 3) ด้านความเข้าใจเนื้อหาของครู และ 4) ด้านการผลิตและการใช้สื่อการสอน

บุญเลิศ จันดีนุพาบ (2550) ได้ศึกษาสภาพและแนวทางพัฒนาการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนประถมศึกษาแขวงสะหวันนะเขต สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ซึ่งได้กำหนดประเด็นในการศึกษา 6 ด้าน คือ 1) ด้านความพร้อมของสถานศึกษา 2) ด้านหลักสูตรคณิตศาสตร์ 3) ด้านกระบวนการจัดการเรียนการสอน 4) ด้านการวัดและประเมินผล 5) ด้านครูผู้สอนคณิตศาสตร์ และ 6) ด้านผู้เรียน

ธงชัย และ รัตนา (2550) ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ของครูคณิตศาสตร์ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากำแพงเพชร เขต 2 ซึ่งได้กำหนดประเด็นในการศึกษา 5 ด้าน คือ 1) ด้านหลักสูตรสถานศึกษา 2) ด้านการวางแผนการสอน 3) ด้านการสอน 4) ด้านสื่อการเรียนการสอน และ 5) ด้านการวัดและประเมินผล

เกวลิน ชัยณรงค์ (2554) ได้ศึกษาสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร ซึ่งได้กำหนดประเด็นในการศึกษา 4 ด้าน คือ 1) ด้านหลักสูตร 2) ด้านการจัดการเรียนรู้ 3) ด้านสื่อการเรียนรู้อะนึ่ง/เทคโนโลยี/นวัตกรรม และ 4) ด้านการประเมินการเรียนรู้

สำหรับการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้พิจารณาแนวทางการจัดการเรียนการสอน 4 ด้าน ได้แก่ 1) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 2) การจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ 3) การใช้สื่อการเรียนรู้ และ 4) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์พบว่าแนวทางการจัดการเรียนการสอนทั้ง 4 ด้านนี้ ล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์

นักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

ไวพจน์ จำรักษา (2540) ได้ระบุว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ควรเป็นกิจกรรมที่จัดขึ้นเพื่อให้นักเรียนฝึกปฏิบัติ ศึกษา ค้นคว้า ทดลอง บันทึกข้อมูลอธิบายลำดับเหตุผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปด้วยตนเอง แทนที่ครูจะบอกหรือสรุปกฎเกณฑ์และหลักการทางคณิตศาสตร์ให้ท่องจำ ทั้งนี้ครูจะต้องจัดประสบการณ์ในการเรียนรู้ โดยทบทวนความรู้เดิม แล้วจึงสอนเนื้อหาความรู้ ตลอดจนความคิดรวบยอดใหม่ ๆ แก่นักเรียน

บุญเลิศ จันดีนุพาบ (2550) ได้ระบุว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ควรเป็นกิจกรรมของครูและนักเรียนร่วมกัน ซึ่งครูต้องให้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาในหลักสูตรกับการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกการนำคณิตศาสตร์ไปใช้แล้วเห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ และเห็นแนวทางการนำความรู้ไปใช้ในการเรียนรู้ในกลุ่มประสบการณ์อื่นด้วย โดยครูเลือกใช้วิธีการสอนที่ดีหรือจัดประสบการณ์ที่เหมาะสมให้กับผู้เรียน เพื่อสร้างเสริมบรรยากาศอย่างสนุกสนาน มีความกระตือรือร้น ไม่เบื่อหน่าย และมีเจตคติที่ดี ซึ่งจะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และนำทักษะต่าง ๆ ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เกวลิน ชัยณรงค์ (2554) ได้สรุปความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไว้ว่าเป็นกิจกรรมที่ครูเลือกใช้วิธีการสอนในรูปแบบต่าง ๆ และการจัดประสบการณ์เรียนรู้รูปแบบต่าง ๆ ให้กับนักเรียนได้ฝึกปฏิบัติเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปและเกิดการเรียนรู้และนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากความหมายของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่นักวิชาการและนักการศึกษาได้กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมหรือประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ครูจัดให้กับนักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้และฝึกปฏิบัติ สามารถเชื่อมโยงความรู้และ

ทักษะต่าง ๆ จากสิ่งที่เรียนไปสู่การนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยครูจะต้องเลือกใช้วิธีการสอน เทคนิคการสอน หรือจัดประสบการณ์เรียนรู้ที่เหมาะสมให้กับนักเรียนเพื่อเสริมสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้และให้นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

ทั้งนี้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ผู้สอนสามารถใช้หลักการ วิธีการ และเทคนิคการสอนดังนี้

2.1.1 หลักการสอนคณิตศาสตร์

นักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงหลักการสอนคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้
 ยุพิน พิพิธกุล (2545) ได้เสนอหลักการสอนคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. ควรสอนจากเรื่องง่ายไปสู่เรื่องยาก การยกตัวอย่างอาจยกจากจำนวนน้อยเสียก่อน
2. เปลี่ยนจากรูปธรรมไปสู่นามธรรมในเรื่องที่สามารถใช้สื่อการเรียนการสอนรูปธรรมประกอบ
3. สอนให้สัมพันธ์ความคิด เมื่อครูพบทวนเรื่องใดก็ควรจะทบทวนให้หมด การรวบรวมเรื่องที่เหมือนกันเข้าเป็นหมวดหมู่ จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจได้อย่างแม่นยำขึ้น
4. เปลี่ยนวิธีการสอน ไม่ซ้ำซากน่าเบื่อหน่าย ผู้สอนควรจะสอนให้สนุกสนานและน่าสนใจ อาจจะมีกลอน เพลง เกม การเล่าเรื่อง การทำภาพประกอบ การ์ตูน ปริศนา ต้องรู้จักสอดแทรกสิ่งละอันพันละน้อยให้บทเรียนน่าสนใจ
5. ใช้ความสนใจของนักเรียนเป็นจุดเริ่มต้น เป็นแรงจูงใจที่จะเรียน ด้วยเหตุนี้ในการสอนจึงมีการนำเข้าสู่บทเรียนเสียก่อน
6. ควรจะคำนึงประสบการณ์เดิม และทักษะเดิมที่นักเรียนมีอยู่ กิจกรรมใหม่ควรต่อเนื่องกับกิจกรรมเดิม
7. เรื่องที่สัมพันธ์กันก็ควรสอนไปพร้อม ๆ กัน
8. ให้ผู้เรียนมองเห็นโครงสร้าง ไม่ใช่เน้นแต่เนื้อหา
9. ไม่ควรเป็นเรื่องยากเกินไป ผู้สอนบางคนชอบให้โจทย์ยาก ๆ เกินสาระการเรียนรู้กำหนด ซึ่งอาจจะทำให้นักเรียนเรียนอ่อนท้อถอย แต่ถ้าผู้เรียนที่เรียนเก่งก็อาจจะชอบ ควรส่งเสริมเป็นรายไปในการสอนต้องคำนึงถึงหลักสูตรและเลือกเนื้อหาเพิ่มเติมให้เหมาะสมทั้งนี้เพื่อส่งเสริมศักยภาพ
10. สอนให้นักเรียนสามารถหาข้อสรุปได้ด้วยตนเอง การยกตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่างจนนักเรียนเห็นรูปแบบ จะช่วยให้นักเรียนสรุปได้ อย่ารีบบอกเกินไปควรเลือกวิธีการต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับเนื้อหา
11. ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติในสิ่งที่ทำได้ ลงมือปฏิบัติจริงและประเมินการปฏิบัติจริง

12. ผู้สอนควรมีอารมณ์ขัน เพื่อช่วยให้บรรยากาศในห้องเรียนน่าเรียนยิ่งขึ้น วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เรียนหนัก ครูจึงไม่ควรเคร่งเครียดให้นักเรียนเรียนด้วยความสนุกสนาน

13. ผู้สอนควรมีความกระตือรือร้น และตื่นตัวอยู่เสมอ

14. ผู้สอนควรหมั่นแสวงหาความรู้เพิ่มเติม เพื่อจะนำสิ่งแปลกและใหม่มาถ่ายทอดให้ผู้เรียน และผู้สอนควรจะเป็นผู้ที่มีความศรัทธาในอาชีพของตน จึงจะทำให้สอนได้ดี

สิริพร ทิพย์คง (2545) ได้เสนอว่า ครูจำเป็นต้องทราบหลักการสอนคณิตศาสตร์และนำสิ่งเหล่านี้ไปใช้ในการสอนเพื่อช่วยให้นักเรียนเรียนวิชาคณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจ มีความรู้และประสบความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งหลักการสอนคณิตศาสตร์มีดังนี้

1. สอนจากสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียนก่อนสอนสิ่งที่อยู่ไกลตัวนักเรียน เช่น การคาดคะเนความยาว ครูควรให้นักเรียนคะเนความยาวจากดินสอที่นักเรียนใช้ ความยาวของโต๊ะนักเรียน ก่อนการคาดคะเนความกว้างและความยาวของนักเรียน ตามลำดับ

2. สอนจากเรื่องที่ยากก่อนการสอนเรื่องที่ยาก เช่น สอนการบวกก่อนการคูณ การ สมการตัวแปรเดี่ยวก่อนแก้สมการสองตัวแปร

3. สอนตรงตามเนื้อหาที่ต้องการสอน เช่น การสอนเรื่องรูปวงกลม ครูจะสอนเกี่ยวกับจุดศูนย์กลาง รัศมี เส้นผ่านศูนย์กลาง คอร์ด รูปทั่วไปของสมการวงกลม แทนที่จะกล่าวถึงโฟกัสของวงรี พาราโบลา และไฮเพอร์โบลา

4. สอนให้คิดไปตามลำดับขั้นตอนอย่างมีเหตุผล โดยขั้นตอนที่กำลังทำ เป็นผลมาจากขั้นตอนก่อนหน้านั้น เช่น การแก้สมการ

5. สอนด้วยอารมณ์ขัน ทำให้นักเรียนเกิดความเพลิดเพลินโดยครูอาจใช้เกม ปริศนา เพลง

6. สอนด้วยหลักจิตวิทยา สร้างแรงจูงใจ เสริมกำลังใจให้กับนักเรียน โดยการใช้คำพูด เช่น ดีมาก ทำได้ถูกต้องแล้ว

7. สอนโดยการนำไปสัมพันธ์กับวิชาอื่น เช่น วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการเพิ่มของจำนวนแมลงหวี่ซึ่งต้องอาศัยความรู้เรื่องเลขยกกำลัง

อัมพร ม้าคนอง (2551) ได้เสนอว่าหลักการสอนคณิตศาสตร์ที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

1. พยายามใช้สิ่งที่เป็นรูปธรรมอธิบายนามธรรม หรือการทำให้สิ่งที่เป็นนามธรรมมาก ๆ เป็นนามธรรมที่ง่ายขึ้นหรือพอที่จะจินตนาการได้มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์บางอย่างไม่สามารถหาสื่อมาอธิบายได้

2. ให้นักเรียนได้เรียนทั้งเนื้อหา หรืออะไร (What) และเรียนวิธีการเรียนรู้ว่าควรเรียนอย่างไร (How) จึงจะประสบความสำเร็จ นั่นคือ ต้องคำนึงถึงทั้งเนื้อหาวิชาและกระบวนการเรียนรู้

3. สอนให้ผู้เรียนคิดและเกิดความเข้าใจจากการคิดและมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกับผู้อื่น ใช้ความคิดและคำถามที่นักเรียนสงสัยเป็นประเด็นในการอภิปรายเพื่อให้ได้แนวคิดที่หลากหลาย และเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปหรือมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

4. พัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การคิดวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหา สามารถให้เหตุผล เชื่อมโยง สื่อสาร และคิดอย่างสร้างสรรค์ ตลอดจนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและนำไปคิดต่อ

5. พัฒนาผู้เรียนให้เกิดประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย เช่น การเรียนรู้คณิตศาสตร์ในห้องเรียน นอกห้องเรียน และนอกสถานที่ ใช้การฝึกรายบุคคล ฝึกเป็นกลุ่ม การฝึกทักษะย่อยทางคณิตศาสตร์ และการฝึกทักษะรวมเพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้น

6. ผู้สอนควรศึกษาธรรมชาติ ประสบการณ์ ความรู้พื้นฐาน และศักยภาพของผู้เรียน เพื่อจะได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับผู้เรียน และให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เพิ่มเติมตามศักยภาพ

7. ใช้สื่อและนวัตกรรมการเรียนรู้อคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนรู้สึกว่าการเรียนคณิตศาสตร์ไม่ยาก และมีความสนใจที่จะทำกิจกรรม

8. พัฒนาผู้เรียนให้ฝึกเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ในลักษณะต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสัมพันธ์และความต่อเนื่องของเนื้อหาคณิตศาสตร์ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างคู่อันดับ ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน ความสัมพันธ์ระหว่างกราฟของความสัมพันธ์ ฟังก์ชันและลิมิต ความสัมพันธ์ของรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

9. ประเมินการเรียนรู้และความเข้าใจของผู้เรียนขณะเรียนในห้องอย่างต่อเนื่องและด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น ใช้คำถามสั้น ๆ หรือการพูดคุยปกติ

จากหลักการสอนคณิตศาสตร์ที่นักวิชาการและนักการศึกษาได้กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า หลักการสอนคณิตศาสตร์ที่สำคัญ ได้แก่

1. สอนจากสิ่งที่อยู่ใกล้ตัวนักเรียนก่อนสอนสิ่งที่อยู่ไกลตัวนักเรียน และสอนจากเนื้อหาที่ง่ายไปสู่เนื้อหาที่ยาก

2. สอนจากเนื้อหาที่เป็นรูปธรรมไปสู่เนื้อหาที่เป็นนามธรรม พยายามใช้สื่อประกอบการสอนที่เป็นรูปธรรมมาช่วยอธิบายในสิ่งที่เป็นนามธรรมให้กับนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจได้มากขึ้น

3. สอนให้นักเรียนเกิดทักษะทางคณิตศาสตร์รู้จักคิดวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนและมีเหตุผล สามารถเชื่อมโยงกับสิ่งต่าง ๆ รอบตัวได้

4. สอนให้นักเรียนสามารถหาข้อสรุปได้ด้วยตนเอง โดยครูไม่รีบร้อนบอกคำตอบนักเรียนเร็วจนเกินไป

5. สอนให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเองและประเมินการปฏิบัตินั้น แทนการสอนที่เป็นการบอกหรือบรรยายจากครูเพียงฝ่ายเดียว

6. ครูควรศึกษาและทำความเข้าใจนักเรียนว่านักเรียนมีความรู้พื้นฐาน ประสบการณ์มากน้อยเพียงใดเพื่อใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับความสามารถและศักยภาพของนักเรียน

7. ครูควรสร้างบรรยากาศการเรียนการสอนที่สนุกสนาน อาจจะสอดแทรกเกม ปริศนา คำทาย หรือเพลง เพื่อให้นักเรียนรู้สึกผ่อนคลายและไม่เครียดจนเกินไป

8. ครูควรเลือกใช้วิธีการสอนและเทคนิคการสอนที่หลากหลาย สอดคล้องกับเนื้อหาและเหมาะสมกับพัฒนาการของนักเรียน

9. ครูควรประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ โดยใช้วิธีการประเมินและเครื่องมือการประเมินที่หลากหลาย

10. ครูควรค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมอยู่เสมอ เพื่อนำความรู้หรือวิทยาการใหม่ ๆ มาถ่ายทอดให้กับผู้เรียนต่อไป

2.1.2 วิธีการสอนคณิตศาสตร์

นักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงวิธีการสอนคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

ยุพิน พิพิธกุล (2545) ได้เสนอวิธีการสอนคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. วิธีการสอนแบบโครงการ (Project Method) ในอดีตเมื่อผู้สอนต้องการเล่าประวัติ เช่น ประวัติของพีทาโกรัส ประวัติของจำนวนและตัวเลข ผู้สอนก็มักจะใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย แต่ปัจจุบันผู้สอนมอบหมายงานให้ผู้เรียน ไปศึกษาค้นคว้ามาเสนอ การสอนแบบนี้จึงเป็นการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เมื่อนักเรียนนำเสนอก็จะเกิดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในหัวข้อที่ว่า “มีความสามารถในการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ” ซึ่งการสอนแบบนี้ก็เป็นการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

2. วิธีการสอนแบบทดลอง (Experimental Method) เป็นวิธีการสอนที่มุ่งให้นักเรียนเรียน โดยการกระทำหรือการสังเกต เป็นการนำรูปธรรมมาอธิบายนามธรรม ผู้เรียนจะค้นหาข้อสรุปด้วยตนเอง วิธีการสอนแบบนี้ อาจจะทำเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเนื้อหาและความเหมาะสม

3. วิธีการสอนแบบสาธิต (Demonstration Method) เป็นวิธีการสอนที่แสดงให้เห็นแก่ผู้เรียน ผู้สอนมักจะใช้การสาธิตประกอบคำถาม ผู้เรียนก็จะดูสื่อการเรียนรู้อื่นๆ พร้อมทั้งตอบคำถามของผู้สอน

4. วิธีการสอนโดยใช้คำถาม (Question Method) เป็นวิธีการสอนที่มุ่งให้ความรู้แก่ผู้เรียน โดยการถามตอบ ผู้สอนใช้คำถามต่อเนื่อง และไต่ความคิดไปที่ละน้อย จนผู้เรียนสามารถสรุปได้ การสอนแบบนี้เน้นผู้เรียนและผู้สอนผสมผสาน

5. วิธีการสอนแบบอภิปราย (Discussion Method) เป็นวิธีการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่ม ผู้เรียนจะรวมพลังความคิดเพื่อพิจารณาปัญหา ช่วยกันหาข้อเท็จจริง หาเหตุผลแล้วร่วมกันตอบปัญหา วิธีการสอนแบบอภิปรายนี้จะฝึกให้ผู้เรียน กล้าแสดงออก ฝึกการใช้เหตุผล ฝึกการฟังที่ดี ตลอดจนมีความอดทนที่จะฟังความคิดเห็นของผู้อื่น การสอนแบบนี้เป็นการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง แต่จะต้องเลือกสาระการเรียนรู้ให้เหมาะสม เพราะสาระการเรียนรู้แต่ละเรื่องจะบ่งบอกว่าจะใช้วิธีการสอนใดไม่จำเป็นต้องอภิปรายทุกสาระการเรียนรู้

6. วิธีการสอนแบบวิเคราะห์ - สังเคราะห์ (Analytic - Synthesis Method)

6.1 วิธีการสอนแบบวิเคราะห์ เป็นวิธีการสอนที่ผู้สอนพยายามแยกแยะปัญหาออกมาจากสิ่งที่ไม่รู้ไปสู่สิ่งที่รู้ ผู้ที่วิเคราะห์นั้นจะต้องพยายามคิดเสมอว่าผลที่ต้องการหาคำตอบครั้งแรกนั้นคืออะไร แล้วพิจารณาว่าถ้าจะค้นหาคำตอบนี้แล้วจะให้เหตุผลอย่างไรแล้วคิดต่อ ๆ ไปว่า จะค้นหาคำตอบอะไรอีกแสดงเหตุผลต่อเนื่องไปจนค้นพบเหตุผลหรือสิ่งที่โจทย์บอกอันแรกซึ่งจะเป็นเหตุให้เกิดการพิสูจน์หรือสรุปได้

6.2 วิธีการสอนแบบสังเคราะห์ เป็นวิธีการสอนที่ตรงกันข้ามกับวิธีการสอนแบบวิเคราะห์ คือ ผู้สอนจะนำข้อสรุปย่อยที่จำเป็นมารวมกัน จนกระทั่งได้ข้อสรุปที่ต้องการ อีกนัยหนึ่งวิธีการสอนแบบสังเคราะห์จะเริ่มต้นจากที่รู้แล้วเพื่อนำมาช่วยในการหาสิ่งที่ยังไม่รู้ เช่น การใช้ทฤษฎีสิ่งที่เห็นจริงเป็นสัจพจน์มาช่วยในการพิสูจน์เนื้อหาใหม่

7. วิธีการสอนแบบอุปนัย - แบบนิรนัย (Inductive - Deductive Method)

7.1 วิธีการสอนแบบอุปนัย เป็นวิธีการสอนที่ผู้สอนจะยกตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่าง เพื่อให้ผู้เรียนเห็นรูปแบบ เมื่อผู้เรียนใช้การสังเกตเปรียบเทียบดูสิ่งที่มีลักษณะร่วมกันก็จะสามารถนำไปสู่ข้อสรุปได้ และจะมักตามด้วยวิธีการสอนแบบนิรนัย

7.2 วิธีการสอนแบบนิรนัย เริ่มต้นจากการนำนัยทั่วไปหรือข้อสรุป กฎ หรือสูตรที่ทราบแล้วนำมาใช้เพื่อที่จะแก้ปัญหาเรื่องใหม่ และเกิดข้อสรุปอันใหม่ขึ้น

8. วิธีการสอนแบบค้นพบ (Discovery Method) เป็นวิธีการสอนที่ให้ผู้เรียนพบปัญหาหรือสถานการณ์แล้วให้ผู้เรียนแสวงหาวิธีการแก้ปัญหาานั้น ผู้สอนให้ผู้เรียนพิจารณาผลที่เกิดขึ้น ซึ่งผู้สอนมิได้คาดหวังว่าผู้เรียนจะต้องค้นพบดังที่ผู้สอนต้องการเสมอไป การค้นพบแบบนี้จึงเน้นที่กระบวนการค้นพบไม่ได้เน้นที่ผลของการค้นพบ

9. วิธีการสอนแบบอธิบายและแสดงเหตุผล (Expository Method) เป็นวิธีการสุดท้ายเมื่อผู้เรียนทั้งชั้นไม่สามารถคิดได้ ก็จะมีผู้สอนจำเป็นต้องอธิบายในขณะที่ผู้สอนอธิบายนั้นผู้สอนก็พยายามวิเคราะห์ ดีความให้ผู้เรียนเข้าใจ แล้วผู้สอนก็จะสรุปด้วยตนเอง ผู้เรียนจะเป็นผู้ฟังเป็นส่วนใหญ่ ผู้เรียนไม่ค่อยมีกิจกรรมมากนักนอกจากตอบคำถามของผู้สอน และซักถามเรื่องที่ยังไม่เข้าใจเท่านั้น

สิริพร ทิพย์คง (2545) ได้เสนอว่า วิธีสอนแบบต่าง ๆ เป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูผู้สอนจะต้องรู้เพื่อจะได้จัดการเรียนการสอนให้เกิดผลดีกับนักเรียน และวิธีการสอนใดก็ตามที่ทำให้ให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นอยากที่จะเรียน มีความสนใจและมีความเข้าใจในบทเรียนนั้นนับว่าเป็นวิธีสอนที่ดี วิธีสอนมีหลายวิธี ดังนี้

1. วิธีสอนแบบบรรยาย (Lecture Method) เป็นวิธีสอนที่ครูพูด บอกเล่า อธิบาย เนื้อหาหรือเรื่องราวต่าง ๆ ให้นักเรียนฟัง โดยเน้นลักษณะและความสำคัญของเนื้อหาที่ครูค้นคว้าหรือตระเตรียมมาในการสอน ทำให้นักเรียนทราบเนื้อหาได้รวดเร็ว เหมาะกับนักเรียนจำนวนมาก เช่น การเล่าประวัติของจำนวนและตัวเลข ประวัติของตรีโกณมิติ ประวัติของจำนวนเชิงซ้อน ประวัติของพีทาโกรัส เป็นต้น

2. วิธีการสอนแบบอธิบายและแสดงเหตุผล (Expository Method) เป็นวิธีสอนที่ครูเป็นผู้อธิบาย บอก แสดงเหตุผล วิเคราะห์ ตีความ ชี้แจงให้นักเรียนเข้าใจ ครูอาจเป็นผู้สรุป นักเรียนเป็นผู้รับฟังเป็นส่วนใหญ่ ไม่มีโอกาสร่วมกิจกรรมมากนัก นอกจากตอบคำถามของครูหรือซักถามเรื่องที่ครูสอนแล้วยังไม่เข้าใจ วิธีการสอนแบบนี้ใช้กันมากและใช้กันมานาน ใช้ได้ในการสอนทุกระดับ และใช้มากสำหรับนักเรียนในชั้นประถมศึกษา เพราะนักเรียนในวัยนี้มีประสบการณ์น้อย ยังไม่สามารถทำความเข้าใจและคิดด้วยตนเองได้ทั้งหมด ครูจึงต้องอธิบายให้นักเรียนเข้าใจก่อนที่จะให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

3. วิธีการสอนแบบใช้คำถาม (Question Method) เป็นวิธีสอนที่มุ่งให้ความรู้แก่นักเรียนด้วยการถาม-ตอบ โดยครูจะใช้คำถามอย่างต่อเนื่อง นักเรียนตอบทำให้นักเรียนได้คิดตามและมีความคิดไปถึงที่ละเอียด ๆ จนสามารถสรุปได้เอง

4. วิธีสอนแบบสาธิต (Demonstration Method) เป็นวิธีสอนที่ครูทำหน้าที่ในการวางแผนการเรียนการสอน โดยครูเป็นผู้แสดงหรือกระทำให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่าง โดยใช้สื่อที่เป็นรูปธรรมเพื่ออธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรม และครูอาจใช้คำถามประกอบให้นักเรียนคิดตาม สังเกต และสรุปความคิดรวบยอด กฎหรือสูตรที่ครูต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้

5. วิธีสอนแบบทดลอง (Experimental Method) เป็นการสอนที่นักเรียนเป็นผู้แสดงการทดลองหรือกระทำด้วยตนเอง ในขณะที่ทำการทดลองนักเรียนใช้การสังเกต ซึ่งในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์นักเรียนอาจทดลองโดยใช้สื่อที่เป็นรูปธรรมอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรม เช่น การพิสูจน์ทฤษฎีบทพีทาโกรัสที่ว่าพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสบนด้านตรงข้ามมุมฉากเท่ากับผลบวกของพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสบนด้านประกอบมุมฉาก เมื่อนักเรียนได้ทำการทดลองด้วยตนเองก็จะสามารถสรุปความคิดรวบยอดในสิ่งที่ทดลองได้ การทดลองอาจจะทำเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มก็ได้ ซึ่งครูอาจจะให้นักเรียนเตรียมสื่อที่จะนำมาทดลองด้วยตนเอง ส่วนครูจัดเตรียมห้องเรียน เตรียมคำแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนในการดำเนินการทดลองให้พร้อม และคอยสังเกตในขณะที่นักเรียนลงมือทำการ

ทดลองว่า นักเรียนดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่ครูแนะนำหรือไม่ สำหรับนักเรียนจะต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของครูอย่างละเอียด โดยอาจจะศึกษาจากคู่มือการปฏิบัติที่ครูแจกให้ และในกรณีที่ทำ การทดลองเป็นกลุ่ม โดยทั่วไปนิยมให้มีสมาชิกกลุ่มละ 3-4 คน โดยมีทั้งนักเรียนที่เรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อน และควรเปิดโอกาสให้สมาชิกภายในกลุ่มทุกคนได้มีส่วนร่วมในการทดลอง การอภิปรายเพื่อ สรุปผลการทดลองและเขียนรายงานการทดลอง โดยในกรณีที่การสรุปผลการทดลองของนักเรียนยังไม่สมบูรณ์ ครูอาจมีข้อสังเกตเพิ่มเติมและนำมาอภิปราย ซักถาม เพื่อให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ ชัดเจนและถูกต้องมากขึ้น

6. วิธีสอนแบบอภิปราย (Discussion Method) การอภิปรายเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันโดยนักเรียนร่วมกันระดมความคิดเมื่อพิจารณาปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่ง ช่วยกัน ค้นหาข้อเท็จจริงและอภิปรายร่วมกันโดยใช้เหตุผลเพื่อแก้ปัญหา

7. วิธีสอนแบบโครงการ (Project Method) เป็นวิธีสอนที่เน้นการปฏิบัติจริง ในการสอน โดยวิธีนี้ครูให้นักเรียนจัดกลุ่มกันเองหรือครูจัดกลุ่มให้ ครูเลือกโครงการให้นักเรียนหรือให้นักเรียน เลือกโครงการที่จะทำเอง นักเรียนช่วยกันทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง ครูจะเป็นผู้คอยช่วยเหลือ แนะนำเมื่อนักเรียนต้องการและครูจะต้องคอยติดตามการทำงานกลุ่มของนักเรียนและประเมินผล โครงการที่นักเรียนทำด้วย ในการทำโครงการนั้นนักเรียนในกลุ่มช่วยกันกำหนดวัตถุประสงค์ของ โครงการ วางแผนการทำงานร่วมกัน แบ่งหน้าที่กันตามความสามารถและความถนัด การดำเนินงาน จะมีประธานและเลขานุการของโครงการ เมื่อนักเรียนทำโครงการเรียบร้อยแล้วนักเรียนจะต้อง ประเมินผลงานของกลุ่มที่ตนทำ

8. วิธีสอนแบบวิเคราะห์ - สังเคราะห์ (Analytic - Synthesis Method) เป็นวิธีสอนที่ใช้ทั้ง การวิเคราะห์และการสังเคราะห์ ซึ่งนำมาใช้ประโยชน์มากในการพิสูจน์เรขาคณิต โดยเริ่มการพิสูจน์ ด้วยวิธีการแบบวิเคราะห์ ซึ่งพิจารณาจากผลไปหาเหตุโดยศึกษาว่า โจทย์ต้องการทราบอะไร หรือสิ่ง ใดที่โจทย์ถาม แล้วเชื่อมโยงจากสิ่งที่โจทย์ถามไปยังสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ แล้วจึงใช้วิธีการสังเคราะห์ โดยพิจารณาจากเหตุไปหาผล ซึ่งเป็นการนำเอาข้อสรุปย่อย ๆ ที่จำเป็นต่าง ๆ มารวบรวมกัน เพื่อให้ ได้ข้อสรุปที่ต้องการหรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า เป็นการเริ่มจากสิ่งที่กำหนดให้ที่เราทราบแล้ว นำมาใช้ช่วยในการหาสิ่งที่เราต้องการทราบ

9. วิธีสอนแบบค้นพบ (Discovery Method) เป็นวิธีการสอนที่ต้องการให้นักเรียนค้นพบ กฎเกณฑ์ ข้อสรุปนิรนัยทั่วไปได้ด้วยตนเอง วิธีสอนแบบค้นพบแบ่งออกเป็น

9.1 การค้นพบด้วยตนเองของนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยครูยกตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่าง แล้วให้นักเรียนสังเกตจากตัวอย่างเหล่านั้นจนกระทั่งนักเรียนมองเห็นแบบรูป (pattern) และสามารถสรุปนิรนัยทั่วไป (generalization) ได้ด้วยตนเอง

9.2 การค้นพบโดยการแนะนำ (guided discovery) ของครูซึ่งการสอนด้วยวิธีนี้มีมาตั้งแต่สมัยของพลาโต (Plato) โดยเรียกวิธีการสอนแบบนี้ว่า วิธีสอนแบบโซเครติค (The Socratic Method) ซึ่งเป็นวิธีสอนที่ใช้การโต้ตอบ ซักถามระหว่างครูกับนักเรียน และการแนะแนวทางของครูผู้สอนจนนักเรียนสามารถสรุปกฎเกณฑ์ได้

10. วิธีสอนแบบอุปนัย (Inductive Method) เป็นวิธีการสอนที่ใช้กันมาช้านานตั้งแต่สมัยอะริสโตเติลและได้รับการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มา วิธีสอนนี้จะเริ่มจากที่ครูยกตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่างให้นักเรียนสังเกต คิดพิจารณาตัวอย่างเหล่านั้นอย่างมีเหตุผล ค้นหาแบบรูป แล้วสรุปเป็นกฎเกณฑ์หรือนัยทั่วไป

11. วิธีสอนแบบนิรนัย (Deductive Method) เป็นวิธีสอนที่เริ่มต้นจากการนำนัยทั่วไป กฎหรือสูตรที่ทราบอยู่แล้วมาตรวจสอบข้อเท็จจริง แล้วนำมาใช้ในการแก้ปัญหาใหม่และเกิดข้อสรุปใหม่ขึ้น

12. วิธีสอนแบบผสม (Mixed Method) เป็นวิธีสอนที่นำเอาวิธีสอนแบบต่าง ๆ มาสอนเนื้อหาใดเนื้อหาหนึ่ง เช่น วิธีสอนแบบสาธิต วิธีสอนแบบอธิบายและแสดงเหตุผล และวิธีสอนแบบค้นพบ

จากวิธีการสอนคณิตศาสตร์ที่นักวิชาการ นักการศึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้องกล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า วิธีการสอนคณิตศาสตร์นั้นมีหลายวิธี ได้แก่ วิธีสอนแบบบรรยาย วิธีการสอนแบบอธิบายและแสดงเหตุผล วิธีการสอนแบบใช้คำถาม วิธีสอนแบบสาธิต วิธีสอนแบบทดลอง วิธีสอนแบบอภิปราย วิธีสอนแบบโครงการ วิธีสอนแบบวิเคราะห์ - สังเคราะห์ วิธีสอนแบบค้นพบ วิธีสอนแบบอุปนัย วิธีสอนแบบนิรนัย และวิธีสอนแบบผสม ซึ่งแต่ละวิธีสอนนั้นก็ยังมีลักษณะ ข้อดี ข้อจำกัดแตกต่างกัน ดังนั้น ครูควรเลือกใช้วิธีสอนให้เหมาะสมกับพัฒนาการ ความรู้หรือประสบการณ์พื้นฐานของนักเรียน และธรรมชาติของเนื้อหาวิชา เพื่อให้สามารถจัดการเรียนการสอนให้กับนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และไม่รู้สึกเบื่อหน่ายในขณะจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

2.1.3 เทคนิคการสอนคณิตศาสตร์

นักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงเทคนิคการสอนคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

ยุพิน พิพิธกุล (2545) ได้เสนอว่า ครูคณิตศาสตร์ควรจะได้เสาะแสวงหาเทคนิคต่าง ๆ เหล่านี้มาเสริมการสอนของตน เทคนิคต่าง ๆ ที่ครูคณิตศาสตร์ควรจะนำมาใช้ มีดังนี้

1. เทคนิคการยกตัวอย่างและการใช้โจทย์ปัญหา
2. ผู้สอนควรยกตัวอย่างได้อย่างทันทีทันใด เรื่องง่าย ๆ ผู้สอนควรยกตัวอย่างได้โดยไม่ต้องดูหนังสือแบบเรียน เพื่อสร้างความศรัทธาแก่ผู้เรียน

3. ยกตัวอย่างจากหนังสืออื่นที่นอกเหนือจากหนังสือเรียน เพื่อให้ผู้เรียนสนใจฟัง ไม่มีจิตกังวลที่จะดูหนังสือมาตอบผู้สอน

4. ยกตัวอย่างจากสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวัน ครูคณิตศาสตร์ควรรู้จักใช้สิ่งแวดล้อมมาสร้างโจทย์เพื่อให้ผู้เรียนสนใจเรียน เหตุการณ์ใดที่เกิดขึ้นในยุคนั้นก็สามารถนำมาสร้างโจทย์ได้ การยกตัวอย่างนั้นควรจะได้สอดแทรกจริยธรรมไปในตัว

5. หากวิธีในการยกตัวอย่างให้แปลก ๆ เช่น โจทย์ปัญหาที่ตลกขบขัน โจทย์แปลก ๆ

6. เทคนิคการใช้วัสดุประกอบการสอน

7. ให้ผู้เรียนช่วยทำวัสดุประกอบการสอน ผู้สอนควรจะให้ผู้เรียนได้ช่วยทำวัสดุประกอบการสอน เพื่อเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง พัฒนาทักษะทางกาย และทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ นอกจากนั้นยังเป็นการแบ่งเบาภาระผู้สอนด้วย การทำวัสดุอุปกรณ์การสอนนั้นควรวางแผนให้ผู้เรียนได้เตรียมมาล่วงหน้าเมื่อสอนจะได้ใช้ได้ทันทั่วทั้ง

8. ผู้สอนควรเลือกใช้วัสดุจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งหาได้ไม่ยากและควรเลือกให้เหมาะสมกับเนื้อหา เช่น เมื่อจะสอนเรื่องทรงกระบอก ก็ใช้กระป๋องนม กระป๋องโอวัลติน การนำสื่อจากสิ่งแวดล้อมมาใช้เพื่อเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักนำสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวันมาใช้ให้เกิดประโยชน์

9. ผู้สอนควรรู้จักเลือกใช้วัสดุที่ประกอบการสอนที่หาง่ายและประหยัดให้เข้ากับสภาพเศรษฐกิจและสังคม วัสดุประกอบการสอนที่ดีนั้นไม่จำเป็นต้องวัสดุที่หายากและราคาแพง เพราะเราใช้วัสดุประกอบการสอนก็เพื่อจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจและเกิดมโนทัศน์ดีขึ้น

10. เทคนิคการสร้างและการใช้ภาพประกอบการสอน

11. การใช้ภาพลายเส้นง่าย ๆ ผู้สอนควรจะฝึกการวาดภาพลายเส้นง่าย ๆ ไว้ เพราะเมื่อสอนไป วาดภาพไป อธิบายไปพร้อม ๆ กัน ก็จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจยิ่งขึ้น ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นเรื่องการแก้โจทย์ปัญหาสมการ ครูควรวาดภาพประกอบได้อย่างคล่องแคล่ว

12. การใช้ภาพสำเร็จรูปประกอบการสอนผู้สอนบางคนไม่สามารถวาดภาพลายเส้นได้ ก็อาจจะใช้ภาพสำเร็จรูปที่ตัดมาจากหนังสือพิมพ์ วารสาร หรือผู้สอนบางคนสามารถเขียนภาพสำเร็จรูปได้ก็ควรจะทำ เช่น ภาพการ์ตูน เมื่อใส่สีสันทึบเข้าไปจะทำให้ผู้เรียนสนใจยิ่งขึ้น การเตรียมภาพประกอบการสอนมาล่วงหน้าจะช่วยให้ประหยัดเวลาในการอธิบาย

อัมพร ม้าคนอง (2546) ได้เสนอว่าการสอนวิชาใด ๆ ก็ตาม นับเป็นศิลปะอย่างหนึ่ง ซึ่งผู้สอนแต่ละคนจะมีเทคนิคการสอนเฉพาะตนที่แตกต่างจากผู้อื่น เช่น ผู้สอนบางคนชอบใช้ปัญหาเป็นสิ่งจูงใจให้ผู้เรียนคิด บางคนชอบใช้การเล่าเรื่องหรือยกตัวอย่างให้ผู้เรียนเห็นภาพ เทคนิคเหล่านี้มีส่วนช่วยเป็นอย่างมากในการทำให้การสอนดำเนินไปอย่างราบรื่น เทคนิคต่าง ๆ ที่ครูใช้อยู่เป็นประจำในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ มีดังนี้

1. เทคนิคการใช้คำถาม (Questioning) การใช้คำถามให้เกิดประสิทธิภาพนั้น ผู้สอนอาจพิจารณาใช้เทคนิคต่อไปนี้

1.1 ถามคำถามเพื่อให้ผู้เรียนทุกคนได้มีโอกาสร่วมคิดอย่างทั่วถึง ไม่ถามคำถามที่มีเฉพาะผู้เรียนบางคนเท่านั้นที่ตอบได้

1.2 ถามคำถามก่อนเรียกชื่อผู้เรียนให้ตอบ เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนคิดว่าตนเป็นผู้มีโอกาสจะถูกเลือกเป็นผู้ตอบ ไม่ควรเรียกชื่อผู้เรียนก่อนตั้งคำถามเพราะผู้เรียนคนอื่นจะไม่สนใจคำถามและอาจไม่พยายามคิดหาคำตอบเนื่องจากตนเองไม่ได้เป็นผู้ตอบคำถามนั้น

1.3 เมื่อตั้งคำถามแล้ว ควรให้เวลาผู้เรียนได้คิดให้เหมาะสมกับระดับความยากง่ายและความซับซ้อนของคำถาม

1.4 ไม่ควรถามคำถามเดิมซ้ำหรือซ้ำหลาย ๆ ครั้ง แต่อาจทำได้เมื่อมีผู้เรียนไม่เข้าใจคำถามหรือขอให้ผู้สอนถามใหม่อีกครั้ง การถามย้ำบ่อย ๆ จะทำให้ผู้เรียนไม่ตั้งใจฟัง สิ่งที่คุณสอนถามและอาจเป็นการรบกวนสมาธิของผู้ที่เข้าใจคำถามและกำลังคิดหาคำตอบอยู่

1.5 เมื่อถามคำถามแล้ว ควรให้โอกาสกับผู้เรียนที่ต้องการตอบได้ตอบเพื่อเป็นการให้ความสำคัญกับสิ่งที่ผู้เรียนคิด

2. เทคนิคการตั้งประเด็นปัญหา (Problem Posing) การใช้เทคนิคนี้ผู้สอนต้องคิดประเด็นปัญหามาล่วงหน้า โดยต้องเป็นปัญหาที่มีความสำคัญและตรงกับความสนใจของผู้เรียน เทคนิคนี้มีประโยชน์ในการกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมแสดงความคิดเห็นโดยการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา เทคนิคนี้ส่งเสริมแนวคิดของนักเรียนเป็นกลุ่มและการเรียนแบบร่วมมือระหว่างผู้เรียน เนื่องจากต้องช่วยกันทำ นอกจากนี้ยังส่งเสริมการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ เนื่องจากเมื่อมีแนวคิดหลากหลายจากคนในกลุ่ม จะต้องนำแนวคิดเหล่านั้นมาคัดเลือกและจัดเป็นขั้นตอนที่สามารถปฏิบัติได้จริง

3. เทคนิคการยกตัวอย่างการยกตัวอย่างเป็นเทคนิคที่ครูใช้มากในการสอนคณิตศาสตร์แต่ละคาบ เทคนิคที่ใช้ในการยกตัวอย่าง มีดังนี้

3.1 ยกตัวอย่างที่แตกต่างจากที่ผู้เรียนคุ้นเคย หรือแปลกไปจากที่ผู้เรียนเคยเห็น

3.2 ยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ผู้เรียนในวัยนั้น ๆ สนใจ

3.3 ยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่เป็นที่กล่าวถึงในปัจจุบัน

3.4 ยกตัวอย่างที่ทำทนายให้ผู้เรียนนำไปคิดต่อหรือแก้ปัญหา

4. เทคนิคการให้ผู้เรียนสร้างประเด็นปัญหาโดยทั่วไป ผู้เรียนไทยมักคุ้นเคยกับการแก้ปัญหาที่มีผู้อื่นกำหนดให้โดยอาจเป็นปัญหาจากแบบเรียนหรือที่ผู้สอนเตรียมมา ผู้เรียนมีโอกาสน้อยมากในการสร้างประเด็นปัญหาในเรื่องที่เรียนขึ้นเอง การให้ผู้เรียนสร้างประเด็นปัญหาขึ้นเองเกิดจากแนวคิดที่ว่า ความสนใจและแรงจูงใจทำให้ผู้เรียนเรียนได้ดีขึ้นและมีความพยายามมากขึ้น อีกทั้งกระบวนการ

ที่ผู้เรียนใช้ระหว่างการตั้งปัญหาจะทำให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของปัญหาที่กำลังตั้งนั้น ซึ่งอาจมีผลให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนลึกซึ้งมากขึ้น และที่สำคัญ การสร้างประเด็นปัญหาจะช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายด้วยขั้นตอนที่อาจช่วยให้ผู้เรียนสร้างประเด็นปัญหาตามความสนใจอาจทำได้ ดังนี้

4.1 การให้ผู้เรียนตั้งคำถามที่สัมพันธ์กับปัญหาเดิมที่เคยเรียนมาแล้ว การที่ผู้สอนถามให้ผู้เรียนคิดต่อจากสิ่งที่รู้แล้วจะง่ายกว่าการให้ผู้สอนเริ่มต้นคิดใหม่ ตัวอย่างเช่น ผู้เรียนทราบมาก่อนว่า ปริมาตรของลูกบาศก์ที่กว้าง 1 นิ้ว ยาว 1 นิ้ว สูง 1 นิ้ว ผู้สอนอาจถามถึงปริมาตรหรือความจุของกล่องที่มีความกว้าง ยาว และสูง ด้านละ 2 นิ้ว และให้ผู้เรียนคิดต่อไปถึงปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีความกว้าง ยาว และสูงไม่เท่ากันโดยให้ผู้เรียนเป็นผู้ตั้งปัญหาเองตามที่ตนสนใจอยากรู้

4.2 กำหนดสถานการณ์ให้ เพื่อให้ผู้เรียนสร้างคำถามที่ตนอยากรู้ คำถามที่ผู้เรียนสร้างขึ้นอาจเป็นคำถามที่สามารถหาคำตอบได้หรือไม่ได้ โดยที่ผู้สอนไม่ควรเน้นในจุดนี้แต่ควรเน้นที่ความหลากหลายของปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ การไม่กำหนดให้ผู้เรียนต้องหาคำตอบจากคำถามที่ตนตั้งขึ้น จะทำให้ผู้เรียนกล้าที่จะตั้งคำถามในแง่มุมต่าง ๆ ตัวอย่างของสถานการณ์ที่ผู้สอนอาจกำหนดให้ คือ ธารินมีเงินเป็นสามเท่าของทวีป ทวีปมีเงินมากกว่าธนา 75 บาท ธนามีเงิน 60 บาท สิ่งที่ทำให้ผู้เรียนทำคือ ให้ตั้งคำถาม 2-3 คำถามที่สามารถใช้ข้อมูลที่มีอยู่หาคำตอบได้

4.3 ให้ผู้เรียนหาสถานการณ์หรือข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เช่น จากหนังสือพิมพ์ วารสาร นิตยสาร อินเทอร์เน็ต หนังสือ และตำราต่าง ๆ แล้วสร้างคำถามที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือข้อมูลนั้น ตัวอย่างเช่น หากผู้เรียนหาข้อมูลจากหนังสือพิมพ์ได้ว่า น้ำมันเบนซินออกเทน 95 ราคาลิตรละ 15.79 บาท คำถามที่ตั้งอาจเป็น จะเติมน้ำมันได้กี่ลิตรถ้ามีเงินอยู่ 500 บาท หรือต้องการเติมน้ำมัน 15 ลิตร จะใช้เงินกี่บาท เป็นต้น

4.4 การสร้างปัญหาโดยการส่งต่อเป็นกลุ่ม (Pass Along Problem Posing) ผู้สอนอาจให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3-5 คน จากนั้นให้แต่ละกลุ่มสร้างประโยคแรกแล้วส่งให้กลุ่มอื่นสร้างประโยคที่ 2, 3, ... ซึ่งแต่ละประโยคต้องมีความสัมพันธ์และต่อเนื่องกันโดยกลุ่มสุดท้ายจะต้องตั้งคำถามหรือสร้างปัญหา ก่อนส่งคืนให้กลุ่มเจ้าของ ในท้ายสุดจะให้จำนวนปัญหาที่เป็นเรื่องราวเท่ากับจำนวนกลุ่มของผู้เรียน จากนั้น จึงให้แต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนกันแก้ปัญหา จะเห็นว่า การให้ผู้เรียนได้ตั้งปัญหาเป็นกิจกรรมที่เน้นที่ตัวผู้เรียน เนื่องจากผู้เรียนจะได้ใช้ความรู้ความสามารถของตนเองและได้ทำในสิ่งที่ตนสนใจอยากรู้ จึงนับเป็นกิจกรรมที่ผู้สอนสามารถนำไปใช้ได้จริงในห้องเรียน

จากเทคนิคการสอนคณิตศาสตร์ที่นักวิชาการ นักการศึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้องได้กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า เทคนิคการสอนคณิตศาสตร์มีหลากหลายวิธี ได้แก่ เทคนิคการยกตัวอย่าง เทคนิคการใช้คำถาม เทคนิคการใช้วัสดุการสอน เทคนิคด้านนันทนาการ เทคนิคการตั้งประเด็นปัญหา เป็นต้น ทั้งนี้การเลือกเทคนิคการสอนมาใช้ผู้สอนจะต้องพิจารณาถึงเนื้อหา ระดับชั้น และวัยของผู้เรียน เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนเกิดประสิทธิภาพมากที่สุด และการเลือกเทคนิคการสอนมาใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนจะช่วยให้การดำเนินการสอนของครูเป็นไปอย่างราบรื่นและนักเรียนไม่เกิดความเบื่อหน่าย

2.2 การจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544) ได้เสนอแนวทางการจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่เอื้อต่อการเรียนรู้ และสนับสนุนให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ มีดังนี้

1. ห้องเรียนมีสีสันทันดู และเหมาะสม สบายตา อากาศถ่ายเทได้ดี ปราศจากเสียงรบกวน และมีขนาดกว้างเพียงพอกับจำนวนนักเรียน
2. ห้องเรียนควรมีบรรยากาศความเป็นอิสระของการเรียน การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ตลอดจนการเคลื่อนไหวในกิจกรรมการเรียนการสอนทุกประเภท
3. ห้องเรียนต้องสะอาดถูกสุขลักษณะ น่าอยู่ ตลอดจนมีความเป็นระเบียบเรียบร้อย
4. สิ่งที่อยู่ภายในห้อง เช่น โต๊ะ เก้าอี้ สื่อการสอนประเภทต่าง ๆ เช่น กระดาน จอรับภาพ เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ สามารถเคลื่อนไหวได้ สามารถดัดแปลงให้เอื้อต่อการสอนและการจัดกิจกรรมประเภทต่าง ๆ ได้
5. ควรจัดห้องเรียนให้พร้อมต่อการสอนในแต่ละครั้ง เช่น ให้มีความเหมาะสมต่อวิธีการสอนต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น เหมาะต่อวิธีการสอนแบบกระบวนกรกลุ่ม วิธีการบรรยาย และวิธีการแสดงละคร เป็นต้น

กระทรวงศึกษาธิการ (2545b) ได้ระบุว่า การจัดสภาพแวดล้อมให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีนั้น ต้องคำนึงถึงการตอบสนองระหว่างผู้เรียนกับองค์ประกอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ปฏิกริยาตอบสนองระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน โรงเรียนที่ดีต้องสร้างบรรยากาศให้ผู้เรียนและผู้สอนอยู่ร่วมกันด้วยความรู้สึกเป็นมิตร ทั้งขณะที่อยู่ภายในและภายนอกห้องเรียน โรงเรียนจะต้องสร้างบรรยากาศความเป็นมิตรเป็นกันเองให้เกิดกับผู้สอนก่อน และถือว่าผู้สอนทุกคนเป็นผู้ร่วมงาน
2. ปฏิกริยาตอบสนองระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน ความรู้ที่ผู้เรียนได้จากระบบโรงเรียนบางครั้งมิได้เกิดจากครูผู้สอนเพียงผู้เดียว แต่อาจเกิดจากผู้เรียนแลกเปลี่ยนความรู้และความคิดเห็น

ระหว่างกัน ตามธรรมชาติของความเป็นมนุษย์ ซึ่งมักจะพึงพาอาศัยคนที่อยู่ในระดับเดียวกันวัยเดียวกัน หรือระดับที่ใกล้เคียงกันก่อนเสมอ

3. ปฏิกริยาตอบสนองระหว่างผู้เรียนกับวัสดุอุปกรณ์และนวัตกรรมที่นำมาช่วยในการเรียนการสอนจำทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ง่าย ลดเวลาในการอธิบายของผู้สอนให้น้อยลง ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีขึ้น เช่น เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องบันทึกเสียง ห้องปฏิบัติการทางภาษา ห้องคอมพิวเตอร์ โทรทัศน์เพื่อการศึกษา เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ผู้สอนและผู้บริหารต้องจัดมาให้ผู้เรียนได้ใช้ตามความเหมาะสม เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้นำความรู้ที่ได้ไปใช้ดำเนินชีวิตต่อไป

4. ปฏิกริยาตอบสนองระหว่างผู้เรียนกับสภาพแวดล้อม เป็นหน้าที่ของผู้สอนและผู้บริหารสถานศึกษา ที่ต้องร่วมกันสร้างสภาพแวดล้อมที่ดี เช่น บริเวณโรงเรียน อาคารเรียน การจัดห้องเรียน สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ที่อยู่ในบริเวณโรงเรียน

จากที่นักวิชาการและนักการศึกษาได้เสนอมาข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้นั้นต้องมีการส่งเสริมทั้งทางด้านตัวบุคคล สถานที่ และวัสดุอุปกรณ์ที่ช่วยในการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น ครูผู้สอนต้องมีความเป็นมิตร การจัดสถานที่ทั้งในและนอกห้องเรียนให้เหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รวมถึงการสร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน หรือผู้เรียนกับผู้เรียนด้วยตนเอง เพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.3 การใช้สื่อการเรียนรู้

2.3.1 ประเภทของสื่อการเรียนรู้

นักการศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องได้ระบุถึงประเภทของสื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไว้หลายท่าน ดังนี้

ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี (2542) ได้แบ่งประเภทของสื่อการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. สื่อการเรียนการสอนประเภทสิ่งพิมพ์ ได้แก่ หนังสือเรียน วารสาร จุลสาร หนังสืออ่านประกอบประเภทเนื้อหาและเสริมทักษะ บทเรียนแบบโปรแกรม เอกสารแนะแนวทาง ชุดการเรียนการสอนรายบุคคล คู่มือครู คู่มือนักเรียน

2. สื่อการเรียนการสอนประเภทวัสดุประดิษฐ์ ครูสามารถประดิษฐ์อุปกรณ์ต่าง ๆ จากไม้พลาสติก กระดาษ และสิ่งของต่าง ๆ ทำเป็นแผนภาพ แผนภูมิ บัตรคำ แผ่นป้ายนิเทศ กระดานอุปกรณ์รูปทรงต่าง ๆ นำมาใช้ประกอบการสอน ซึ่งครูเลือกใช้ให้เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอน

3. สื่อการเรียนการสอนประเภทวัสดุ เป็นสื่อการเรียนการสอนประเภทสื่อเล็กที่ต้องอาศัยสื่อใหญ่เป็นหลัก เช่น ม้วนเทป แผ่นใส สไลด์ फिल्मภาพยนตร์ หรืออาจเป็นสื่อเล็กที่ไม่ต้องอาศัยสื่อใด ๆ เป็นหลัก เช่น หุ่นจำลอง รูปโลก แผนที่ รูปภาพ ภาพโฆษณา

4. สื่อการเรียนการสอนประเภทอุปกรณ์และเครื่องมือ เป็นสื่อการเรียนการสอนประเภทสื่อใหญ่ เช่น เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องฉายข้ามศีรษะ เครื่องฉายสไลด์ เครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องบันทึกเสียง คอมพิวเตอร์

5. สื่อการเรียนการสอนประเภทเทคนิคและวิธีการ เป็นเทคนิควิธีการถ่ายทอดประสบการณ์ความรู้ต่าง ๆ ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เช่น การสาธิต การแสดงหุ่น การแสดงละคร การจัดนิทรรศการ การใช้ชุดการสอนต่าง ๆ หรือการใช้ศูนย์การเรียนรู้เป็นการใช้เทคนิควิธีการควบคู่ไปกับใช้วัสดุ สื่อการเรียนการสอนประเภทต่าง ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้จำแนกสื่อการเรียนรู้ออกเป็นกลุ่มวิชาคณิตศาสตร์เป็นประเภทต่าง ๆ ตามลักษณะของสื่อ ดังนี้

1. สื่อวัสดุ

1.1 สื่อวัสดุสิ่งพิมพ์ ได้แก่ หนังสือเรียน คู่มือครู วารสาร หนังสืออ่านเพิ่มเติม หนังสืออ่านประกอบ ใบโฆษณา ปฏิทิน หนังสือพิมพ์ และเอกสารประกอบการเรียน (ใบกิจกรรม ใบงาน บทเรียนการ์ตูน บทเรียนสำเร็จรูป บทเรียนโปรแกรม) ฯลฯ

1.2 สื่อวัสดุประดิษฐ์ ได้แก่ ชุดการเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน กระเป๋าหนังสือ แผนภูมิ บัตรคำ บทเรียนวีดิทัศน์ บัตรตัวเลข กระดานตะปู แผ่นโปร่งใส นาฬิกาจำลอง ทรายาง บัตรรูปสัตว์ แบบจำลอง (ทรงกระบอก ทรงกรวย ปริซึม พีระมิด) ฯลฯ

1.3 สื่อวัสดุถาวร ได้แก่ วงเวียน ไม้โปรแทรกเตอร์ ไม้ฉาก เครื่องชั่ง เครื่องตวง เครื่องวัด ลูกคิด กระจดแม่เหล็ก กระดานแม่เหล็ก ป้ายนิเทศ กระดานดำ ฯลฯ

1.4 สื่อวัสดุสิ้นเปลือง ได้แก่ ซอล์ก กระดาษสี ปากกาเมจิก ดินสอสี ฯลฯ

2. สื่ออุปกรณ์ ได้แก่ เครื่องฉายข้ามศีรษะ โทรทัศน์ วีดิทัศน์ เครื่องคิดเลข เครื่องคิดเลขกราฟิก คอมพิวเตอร์ แล็บบันทึกเสียง สไลด์ ฯลฯ

3. สื่อกิจกรรม ได้แก่ การแสดง การทดลอง การสาธิต นิทรรศการ โครงการ นันทนาการ (เพลง เกม คำประพันธ์ ของเล่นต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์) ฯลฯ

4. สื่อสิ่งแวดล้อม เป็นสื่อที่อยู่ล้อมรอบตัวเรา

4.1 สื่อธรรมชาติ ได้แก่ เปลือกหอย ใบไม้ ผลไม้ กิ่งไม้ ก้อนหิน ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์ พุงนา ทะเล ป่าไม้ ภูเขา แม่น้ำ ฯลฯ

4.2 สื่อสถานที่ ได้แก่ ห้องเรียน ห้องสมุด ระเบียบ หน้าจั่วบ้าน สนาม ที่อ่านหนังสือพิมพ์ประจำหมู่บ้าน ศูนย์ข้อมูลทางราชการ รั้ว ฯลฯ

4.3 สื่อบุคคล ได้แก่ ผู้สอน ผู้เรียน บุคคลอื่น ๆ

จากประเภทของสื่อการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่นักวิชาการและนักการศึกษาได้เสนอมาข้างต้น สรุปได้ว่า สื่อการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ สื่อประเภทวัสดุ สื่อประเภทอุปกรณ์ สื่อประเภทเทคนิควิธีการ และสื่อประเภทเทคโนโลยี

2.3.2 หลักการเลือกใช้สื่อการเรียนรู้

นักการศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องได้ระบุถึงหลักการเลือกสื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไว้หลายท่าน ดังนี้

ชมนาด เชื้อสุวรรณทวิ (2542) ได้เสนอแนวคิดในการเลือกสื่อการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. แผนภาพ แผนภูมิ สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เสริมสร้างความเข้าใจและประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ให้เป็นรูปธรรมได้ยิ่งขึ้นเป็นการสร้างบรรยากาศที่น่าสนใจได้ยิ่งขึ้น อีกทั้งยังใช้ในการเปรียบเทียบได้ด้วย
2. ชุดวัสดุทางคณิตศาสตร์ แผ่นกระดาษแข็ง พลาสติก แผ่นไม้ รูปหลายเหลี่ยม รูปลูกบาศก์ รูปทรงต่าง ๆ ทำให้นักเรียนคุ้นเคยกับรูปทรงเรขาคณิต การนำรูปทรงต่าง ๆ มาต่อตัวต่อต่าง ๆ จะช่วยให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ มีความสามารถพื้นฐานทางคณิตศาสตร์
3. อุปกรณ์สาธิต ทดลองทางคณิตศาสตร์ จะช่วยสร้างความเข้าใจ จินตนาการ ทำให้นักเรียนมีประสิทธิภาพทางการคิด การจำ
4. วัสดุที่ใช้กับเครื่องฉาย เช่น แผ่นใส สไลด์ ช่วยในการแสดงรูปภาพ กราฟต่าง ๆ ได้อย่างละเอียด มีสัดส่วนตรงกับความเป็นจริง สวยงาม น่าสนใจ รวดเร็ว ประหยัดเวลา สามารถใช้แทนการสอนบนกระดานดำ ทำให้เรียนเกิดมโนทัศน์ได้ดียิ่งขึ้น
5. การใช้วัสดุของจริง ทำให้ประหยัด เห็นเป็นรูปธรรม ทำให้นักเรียนรู้สึกว่าคุณคณิตศาสตร์เป็นสิ่งใกล้ตัว มีประโยชน์ น่าสนใจ นำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
6. ของเล่น เกมต่าง ๆ ใช้ในการเตรียมความพร้อม ความสามารถพื้นฐานบางอย่าง เหมาะกับเด็กเล็กๆ แต่ถ้าใช้ในลักษณะผ่อนคลายความตึงเครียดในชั้นเรียนของเด็กโต ก็ควรเลือกเกมที่เหมาะสมกับวัยและความสามารถ ซึ่งอาจไปใช้เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน การทบทวน ฝึกให้นักเรียนประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์
7. แบบฝึกหัด โจทย์เสริมทักษะ เป็นสิ่งที่จำเป็นในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เพราะเป็นวิชาที่ต้องใช้ทักษะ
8. หนังสือเรียน คู่มือครู เป็นแนวทางการเรียนการสอน ครูควรพิจารณาให้เหมาะสม และให้ความยืดหยุ่นกับความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน

กระทรวงศึกษาธิการ (2544) ได้เสนอหลักการเลือกสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสม ซึ่งผู้สอนควรคำนึงถึง ดังนี้

1. การเลือกสื่อการเรียนรู้ต้องสัมพันธ์กับจุดมุ่งหมายและเนื้อหาที่จะสอน การจัดการเรียนการสอนแต่ละครั้ง ผู้สอนจะต้องกำหนดจุดมุ่งหมายให้ชัดเจนว่าต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อะไรบ้าง ผู้เรียนควรมีความรู้ในเรื่องใด สามารถทำอะไรได้ และมีเจตคติที่ถูกต้องอย่างไร จากนั้นจึงจะพิจารณาว่าจะเลือกใช้สื่อการเรียนรู้ประเภทใดที่มีความเหมาะสมที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามที่กำหนดจุดมุ่งหมายไว้ ทั้งนี้เพราะสื่อการเรียนรู้แต่ละประเภทมีประสิทธิภาพในการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้แตกต่างกัน

2. การเลือกสื่อการเรียนรู้ต้องเหมาะสมกับผู้เรียน ผู้สอนจำเป็นต้องวิเคราะห์ลักษณะของผู้เรียน เพื่อจะได้รู้พัฒนาการด้านต่าง ๆ ทั้งด้านร่างกาย สติปัญญา อารมณ์ และสังคมของผู้เรียน ซึ่งเกี่ยวข้องอย่างมากกับความสามารถในการเรียนรู้ เช่น ในวัยเด็กเล็กจะเรียนรู้ได้ดีด้วยการลงมือปฏิบัติ ได้แก่ การใช้เกมของเล่น เมื่อโตขึ้นก็จะเรียนรู้ด้วยการใช้สายตาและความคิดมากขึ้น สื่อจึงอาจเป็นประเภทภาพ และต่อมาจึงเรียนรู้สิ่งที่เป็นนามธรรมหรือภาษา สื่อที่จะนำมาใช้จึงเป็นหนังสือต่าง ๆ นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ที่คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลก็เป็นสิ่งจำเป็น ได้แก่ ประสบการณ์เดิม ทักษะพื้นฐาน เจตคติ ผู้สอนจึงควรจะได้ศึกษาวิธีการเรียนรู้แต่ละคนด้วย

3. การพิจารณาความเป็นไปได้และค่าใช้จ่าย มีสื่อการเรียนรู้หลายชนิดที่สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ได้เช่นเดียวกัน เป็นต้นว่า หากต้องการให้ผู้เรียนรู้จักบางสิ่งบางอย่าง เช่น โบราณสถาน โบราณวัตถุ แหล่งธรรมชาติที่เป็นป่าเขาลำเนาไพร การทำเครื่องปั้นดินเผา หรือสิ่งของต่าง ๆ ควรนำผู้เรียนไปเรียนรู้ในสถานที่จริง เพื่อสร้างประสบการณ์ตรง แต่มีข้อจำกัดด้านค่าใช้จ่ายและความไม่สะดวกอื่น การใช้สื่อการเรียนรู้ประเภทภาพสไลด์น่าจะเหมาะสมกว่า ทั้งนี้หากพิจารณาเห็นว่า การนำผู้เรียนไปเรียนรู้สถานที่จริงกับการดูจากสื่ออื่นจะให้ผลการเรียนรู้ไม่แตกต่างกันมากนักก็ควรเลือกใช้วิธีการที่ประหยัดกว่าและมีความเหมาะสมมากกว่า

4. พิจารณาความสะดวกและความสามารถในการใช้สื่อการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้บางชนิดเป็นสื่อสมัยใหม่ที่ใช้ อาจไม่มีความชำนาญในการใช้สื่อดีพอ เช่น สไลด์อิเล็กทรอนิกส์ ผู้ใช้จะต้องศึกษาและใช้สื่อนั้น ๆ ให้เข้าใจอย่างถ่องแท้หรือขอความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญสื่อบางชนิด เช่น สื่อที่เป็นภาพยนตร์ สไลด์มัลติมิเดีย มีความยุ่งยากในการจัดหาและเทคนิคการใช้ อาจจำเป็นต้องเลือกใช้สื่อชนิดอื่นที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ได้ดีเช่นเดียวกันแทนได้

จากหลักการและแนวทางเลือกใช้สื่อการเรียนรู้ที่นักวิชาการและนักการศึกษาได้กล่าวมาในข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า หลักการและแนวทางเลือกใช้สื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์นั้นควรคำนึงถึงจุดมุ่งหมายและเนื้อหาที่จะสอน เหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน ดึงดูดความสนใจและ

กระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียน ก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งต่อผู้เรียนและผู้สอน คุ่มค่า ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย

2.4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

2.4.1 หลักการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

นักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงหลักการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

พร้อมพรรณ อุตมสิน (2547) เสนอว่า การวัดผลการศึกษาเป็นกระบวนการซึ่งมีหลักสำคัญ ดังนี้

1. ระบุให้ชัดเจนในสิ่งที่ต้องการวัด โดยระบุจุดประสงค์ให้แน่นอนว่าต้องการวัดอะไร และสิ่งที่ต้องการวัดนั้นวัดจากสิ่งใด ซึ่งถ้าระบุไว้อย่างชัดเจนแล้ว ก็สามารถเลือกเครื่องมือที่จะวัดได้และแปลความหมายได้ตรงกับที่ต้องการ

2. ควรเลือกวิธีการวัดให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของการวัด เมื่อได้วางจุดประสงค์การวัดไว้ อย่างชัดเจนแล้ว ก็จะสามารถเลือกแบบสอบได้ถูกต้อง

3. การวัดที่สมบูรณ์ควรใช้เทคนิคหลาย ๆ อย่าง แบบสอบแต่ละแบบไม่สามารถวัดความสามารถของผู้เรียนได้ทุกด้าน เพื่อให้การวัดได้ผลสมบูรณ์ควรใช้แบบสอบหลาย ๆ แบบ

สิริพร ทิพย์คง (2545) ได้เสนอหลักของการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. เน้นการนำผลการประเมินมาใช้เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอนมากกว่าการตัดสินการสอบ ได้สอบตกของนักเรียน

2. คำนึงถึงพื้นฐานความรู้ ประสบการณ์ และลักษณะของนักเรียนในระดับชั้นที่เรียนอยู่

3. จัดดำเนินการให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน ดำเนินการอย่างมีระบบ และผสมผสานกับการเรียนการสอน

4. ประเมินนักเรียนทั้งทางด้านสติปัญญา จิตใจ อารมณ์ และสังคม

5. บอกแนวทางในการประเมินและเกณฑ์ในการตัดสิน ตลอดจนแนวทางในการปฏิบัติตนของนักเรียนให้นักเรียนทราบล่วงหน้า

6. ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการวัดผลและประเมินผล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2546) ได้เสนอหลักของการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. การประเมินผลต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง และควบคู่ไปกับกระบวนการเรียนการสอน ผู้สอนควรใช้งานหรือกิจกรรมคณิตศาสตร์เป็นสิ่งเร้าให้ผู้เรียนเข้าไปมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และการใช้

การถามคำถาม นอกจากการถามเพื่อตรวจสอบและส่งเสริมความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้ว ควรถามเพื่อตรวจสอบและส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้วย

2. การประเมินต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์และเป้าหมายการเรียนรู้

3. การประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญเท่าเทียมกับความรู้อย่างไรก็ตาม ความเข้าใจในเนื้อหา ผู้สอนต้องออกแบบงานหรือกิจกรรมซึ่งส่งเสริมให้เกิดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ อาจใช้วิธีการสังเกต สัมภาษณ์ หรือตรวจสอบคุณภาพผลงานเพื่อประเมินความสามารถของผู้เรียน

4. การประเมินการเรียนรู้ต้องนำไปสู่ข้อมูลสารสนเทศเกี่ยวกับผู้เรียนรอบด้าน การประเมินการเรียนรู้มิใช่เป็นเพียงการให้นักเรียนทำแบบทดสอบในช่วงเวลาที่กำหนดเท่านั้นแต่ควรใช้เครื่องมือวัดและวิธีการวัดที่หลากหลาย เช่น การทดสอบ การสังเกต การสัมภาษณ์ การมอบหมายงานให้ทำเป็นการบ้าน การทำโครงการ การเขียนบันทึกโดยผู้เรียน การให้ผู้เรียนจัดทำแฟ้มสะสมงานของตนเอง หรือการให้ผู้เรียนประเมินตนเอง

5. การประเมินการเรียนรู้ต้องเป็นกระบวนการที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการปรับปรุงความสามารถด้านคณิตศาสตร์ของตน โดยมีจุดประสงค์เพื่อนำผลการประเมินมาใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ ปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมทั้งปรับปรุงการสอนของผู้สอนให้มีประสิทธิภาพ จึงต้องวัดผลประเมินผลอย่างสม่ำเสมอและนำผลที่ได้มาใช้ในการพัฒนากระบวนการเรียนการสอน

จากหลักการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่นักวิชาการและนักการศึกษาได้เสนอมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การวัดและประเมินผลการเรียนรู้มีหลักการดังนี้

1. ระบุสิ่งที่ต้องการจะวัดให้ชัดเจน และให้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเป้าหมายของการเรียนรู้

2. เลือกวิธีการ เทคนิค และเครื่องมือการวัดผลที่หลากหลาย สอดคล้องกับจุดประสงค์และเป้าหมายของการเรียนรู้ เหมาะสมกับช่วงวัยและความสามารถของผู้เรียน

3. การวัดและประเมินผลต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง และควบคู่ไปกับกระบวนการเรียนการสอน

2.4.2 วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

นักวิชาการและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

สิริพร ทิพย์คง (2545) เสนอว่า การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์สามารถทำได้หลายรูปแบบ ดังนี้

1. การสังเกต (Observation) ครูสังเกตจากความสนใจ ความกระตือรือร้นในการตอบคำถามของนักเรียน การทำกิจกรรมในห้องเรียน เช่น การทดลองใช้สื่อรูปธรรมเพื่อแสดงว่าทฤษฎีบทพีทาโกรัสเป็นจริง การทำงานกลุ่ม ซึ่งควรพิจารณาจากการอภิปรายภายในกลุ่ม การยอมรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน การแสดงบทบาทผู้นำ การอภิปรายแนวคิด เป็นต้น

2. การเขียนอนุทิน (Writing journal) เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนได้สะท้อนความคิด แสดงความรู้สึกในเรื่องที่นักเรียนได้เรียนไปแล้ว

3. การสัมภาษณ์ (Interview) การสัมภาษณ์นักเรียนครูอาจทำได้อย่างเป็นทางการและไม่เป็นทางการ โดยดูจากแบบฝึกหัด การบ้าน โครงการที่นักเรียนทำ ว่านักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องที่นักเรียนเรียนไปหรือไม่ นักเรียนสามารถอธิบายงานที่นักเรียนทำได้ชัดเจนเพียงใด นักเรียนแก้ปัญหาในเรื่องนั้นอย่างไร

4. การตรวจแบบฝึกหัด (Checking exercise) จะทำให้ครูทราบผลการเรียนของนักเรียนและความรับผิดชอบในการทำงาน

5. การทำแบบทดสอบ (Doing test) ครูผู้สอนควรคำนึงถึงลักษณะของข้อทดสอบ ขั้นตอนในการสร้างข้อทดสอบ การนำแบบทดสอบไปใช้และการวิเคราะห์คุณภาพของข้อทดสอบ ดังนั้น ครูผู้ออกข้อสอบควรเป็นผู้ที่มีความรู้ในเนื้อหาที่จะออกข้อสอบเป็นอย่างดี ทราบจุดประสงค์การเรียนรู้ของเนื้อหาที่สอน รู้จักชนิดและรูปแบบของแบบทดสอบ มีทักษะในการใช้ภาษา สามารถเขียนคำถามได้กะทัดรัดและชัดเจน

6. การประเมินแฟ้มงาน (Portfolio Assessment) เป็นวิธีการประเมินผลตามสภาพจริงวิธีหนึ่งที่นักการศึกษาในปัจจุบันให้ความสนใจมาก ซึ่งการประเมินแฟ้มงานเป็นการประเมินความสำเร็จของนักเรียนจากผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้นและเก็บสะสมไว้ในแฟ้ม สมุด ก่อ่ง หรือกระเป๋าและแต่ลักษณะของผลงาน โดยยึดหลักการประเมินร่วมกันทั้งนักเรียน เพื่อน ครู ผู้ปกครองและผู้สนใจทั่วไปที่จะให้ข้อเสนอแนะวิพากษ์วิจารณ์ผลงานของนักเรียน

อัมพร ม้าคอง (2546) ได้เสนอวิธีที่ผู้สอนจะใช้เพื่อประเมินว่าผู้เรียนเกิดการพัฒนา ดังนี้

1. การใช้คำถาม (Questioning) ในขณะที่ผู้เรียนแก้ปัญหา ผู้สอนอาจเดินดูผู้เรียนทำงาน และใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนใช้ความคิดก่อนตอบ คำถามนั้นควรถามเพื่อให้ผู้เรียนอธิบาย เช่น หากคำตอบนี้มาอย่างไร ทำไมต้องใช้วิธีนี้ อธิบายได้ไหมว่าสองวิธีนั้นแตกต่างกันอย่างไร ทราบได้อย่างไรว่าต้องใช้นิยามช่วย แนใจได้อย่างไรว่าคำตอบที่ได้มาถูกต้อง

2. การสังเกต (Observing) การสังเกตนักเรียนในขณะที่ทำงานเดี่ยวหรือทำงานกลุ่มจะทำให้ผู้สอนทราบว่าผู้เรียนแต่ละคนมีความสามารถเพียงใด อย่างไรก็ตามหากจำนวนนักเรียนในแต่ละห้องมีมากเกินไปผู้สอนไม่สามารถจำผู้เรียนเป็นรายบุคคลได้ผู้สอนจึงอาจใช้การจดบันทึกช่วย วิธีง่าย ๆ ที่

ผู้สอนทำได้ คือ การใช้มาตราวัดการตรวจสอบการ สังเกตการแก้ปัญหา (Problem Solving Observation Rating Scale and Checking)

3. การรายงานของผู้เรียน (Student Report) การให้ผู้เรียนได้เขียนรายงานการเกี่ยวกับการ ประสบการณ์การแก้ปัญหาของตนเอง จะช่วยให้ผู้สอนทราบกระบวนการคิด การทำงานและเจตคติ ของผู้เรียน ก่อนให้ผู้เรียนเขียนรายงานตนเองผู้สอนควรตั้งกรอบคำถามไว้ก่อนการประเมิน

จากวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่นักวิชาการและนักการศึกษาได้กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า วิธีการวัดผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์สามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น การสังเกต การใช้คำถาม การสัมภาษณ์ การทำแบบทดสอบ การประเมินแฟ้มผลงาน เป็นต้น

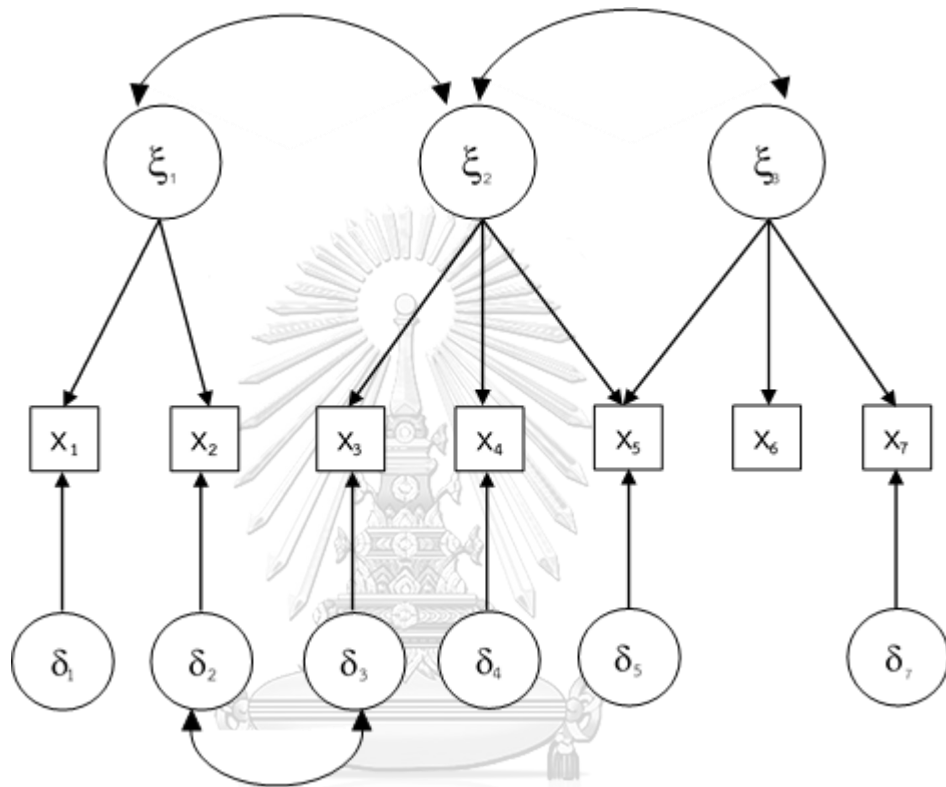
ตอนที่ 3 การวิเคราะห์องค์ประกอบ

3.1 แนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบ

การวิเคราะห์องค์ประกอบ ถือเป็นเครื่องมือในการวัดตัวแปรแฝงหรือองค์ประกอบ ซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรง นอกจากนั้นยังใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของตัวแปรว่ามีโครงสร้างตามนิยามเชิงปฏิบัติหรือไม่ มีความสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงอย่างไร วัตถุประสงค์สำคัญของการวิเคราะห์องค์ประกอบมีอยู่ 2 ประการ คือ ประการแรก เป็นการใช่วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อสำรวจและระบุองค์ประกอบร่วมที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบช่วยให้นักวิจัยลดจำนวนตัวแปรลง และได้องค์ประกอบซึ่งทำให้เข้าใจลักษณะของข้อมูลได้ง่ายและสะดวกในการแปลความ รวมทั้งได้ทราบแบบแผนและโครงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วย เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) ซึ่งมีจุดอ่อนทำให้ผลการวิเคราะห์ไม่ตรงตามสภาพความเป็นจริง เนื่องจากการไปกำหนดให้ตัวแปรทุกตัวในโมเดลเป็นผลมาจากองค์ประกอบร่วมทุกตัว และส่วนที่เป็นความคลาดเคลื่อนของตัวแปรที่ศึกษาไม่สัมพันธ์กัน ประการที่สอง เป็นการใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับแบบแผนและโครงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูล ก่อนหน้านั้นนักวิจัยต้องมีสมมติฐานอยู่ก่อนแล้ว และใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเพื่อตรวจสอบว่า ข้อมูลเชิงประจักษ์มีความสอดคล้องกลมกลืนกับสมมติฐานเพียงใด ซึ่งเรียกกันว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis: CFA) ซึ่งจะช่วยลดข้อด้อยของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจได้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

ทางด้าน Joreskog และ Sorbom (1989 อ้างถึงใน ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์, ม.ป.ป.) ได้ อธิบายไว้ว่าแนวคิดที่สำคัญภายใต้รูปแบบของการวิเคราะห์องค์ประกอบ คือ มีตัวแปรบางตัวที่ไม่สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรง หรืออาจเรียกได้ว่าเป็นตัวแปรแฝงหรือองค์ประกอบ ตัวแปรที่ไม่

สามารถสังเกตหรือวัดได้โดยตรงนั้น สามารถอ้างอิงได้ทางอ้อมจากข้อมูลของตัวแปรที่สังเกตได้ การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นกระบวนการทางสถิติสำหรับเปิดเผยตัวแปรแฝงที่มีอยู่ โดยศึกษาผ่านความแปรปรวนระหว่างชุดของตัวแปรที่สังเกตได้



ภาพที่ 1 แสดงโมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบมีข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญ 3 ข้อ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) ดังต่อไปนี้

1. ข้อตกลงเบื้องต้นว่าด้วยความสัมพันธ์เชิงสาเหตุขององค์ประกอบ ตามข้อตกลงเบื้องต้นข้อนี้ ตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวมีความแปรผันเนื่องจากองค์ประกอบร่วม (common factor = F) และองค์ประกอบเฉพาะ (unique factor = U) กล่าวอีกอย่างหนึ่งคือ ความแปรปรวนในตัวแปรสังเกตได้นั้นเป็นผลมาจากตัวแปรสาเหตุ คือ องค์ประกอบร่วมและองค์ประกอบเฉพาะ โมเดลสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบอยู่ในรูปคะแนนมาตรฐาน ดังนี้

$$Z = (a_1) (F_1) + (a_2) (F_2) + \dots + U \sum aF + U$$

ตัวแปร Z คือ ผลบวกเชิงเส้นขององค์ประกอบร่วม F_1, F_2, \dots และองค์ประกอบเฉพาะ U โดยมี a_1, a_2, \dots เป็นน้ำหนัก (weight) ขององค์ประกอบร่วมแต่ละองค์ประกอบ เรียกว่า น้ำหนักองค์ประกอบ (factor loading)

2. ข้อตกลงเบื้องต้นว่าด้วยความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ ตามข้อตกลงเบื้องต้นข้อนี้ องค์ประกอบร่วมและองค์ประกอบเฉพาะของตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวเป็นอิสระต่อกัน นั่นคือ ความแปรปรวนระหว่างองค์ประกอบร่วมและองค์ประกอบเฉพาะมีค่าเป็นศูนย์

3. ข้อตกลงเบื้องต้นว่าด้วยคุณสมบัติด้านการบวกของความแปรปรวนขององค์ประกอบตามข้อตกลงเบื้องต้นข้อนี้จะวิเคราะห์ความแปรปรวนในตัวแปรสังเกตได้ออกเป็นผลบวกของความแปรปรวนขององค์ประกอบเฉพาะและความแปรปรวนขององค์ประกอบร่วมเมื่อโมเดลอยู่ในรูปคะแนนมาตรฐาน จะมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ และความแปรปรวนเป็นหนึ่ง

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีการปรับปรุงจุดอ่อนของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจได้เกือบทั้งหมด ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมีความสมเหตุสมผลตรงตามความเป็นจริงมากกว่าในการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ นักวิจัยต้องมีทฤษฎีสันับสนุนในการกำหนดเงื่อนไขบังคับ (constraints) ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักองค์ประกอบ และเมื่อได้ผลการวิเคราะห์แล้วยังมีการตรวจสอบความกลมกลืนระหว่างโมเดลตามทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์อีกด้วย รวมทั้งยังมีการตรวจสอบโครงสร้างของโมเดลว่ามีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มตัวอย่างหลาย ๆ กลุ่มหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน มี 3 ข้อ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ คือ ประการแรก นักวิจัยใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อตรวจสอบทฤษฎีที่ใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์องค์ประกอบ ประการที่สอง ใช้เพื่อสำรวจและระบุองค์ประกอบ และประการที่สาม ใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างตัวแปรใหม่ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) แต่เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันนี้สามารถใช้วิเคราะห์ข้อมูลโดยมีข้อตกลงเบื้องต้นน้อยกว่าเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ เช่น ส่วนที่เป็นความคลาดเคลื่อนอาจสัมพันธ์กันได้ เป็นต้น

ขั้นตอนการใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบไม่ว่าจะเป็นเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจหรือเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมี 4 ขั้นตอนเช่นเดียวกัน คือ การเตรียม เมทริกซ์สหสัมพันธ์ การสกัดองค์ประกอบขั้นต้น การหมุนแกน และการสร้างสเกลองค์ประกอบ ในขั้นการเตรียมเมทริกซ์สหสัมพันธ์ หรือเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน นอกจากจะเตรียมการตามแบบเดียวกับเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจแล้ว นักวิจัยต้องกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล และระบุความเป็นได้ค่าเดียวของโมเดลก่อน

จะวิเคราะห์ข้อมูล ในขั้นการสกัดองค์ประกอบและการหมุนแกนเป็นการทำงานของคอมพิวเตอร์ และในขั้นสุดท้ายคือ การสร้างสเกลองค์ประกอบนั้นเป็นแบบเดียวกันกับเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

ความแตกต่างระหว่างเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจกับเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอยู่ที่เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจเป็นการนำตัวแปรสังเกตมาหาความสัมพันธ์ เมื่อได้กลุ่มของตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันแล้วผู้วิจัยจึงตั้งชื่อองค์ประกอบให้สอดคล้องกับกลุ่มของตัวแปรที่อยู่ในองค์ประกอบเดียวกัน ในทางตรงข้าม เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเป็นการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องก่อนว่าคุณลักษณะที่ผู้วิจัยต้องการศึกษามีองค์ประกอบอะไรบ้าง องค์ประกอบนั้น ๆ วัดได้ด้วยตัวแปรสังเกตอะไรบ้าง จากนั้นกำหนดเป็นโมเดลองค์ประกอบแล้วเก็บข้อมูลตัวแปรสังเกตได้ต่าง ๆ ที่กำหนด แล้ววิเคราะห์ว่าโมเดลที่กำหนดสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ (สุภมาส อังศุโชติ และคณะ, 2552)

สรุปได้ว่าเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมีจุดเด่นเหนือกว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ รวม 5 ประการ คือ ประการแรก เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมีการผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้น และข้อตกลงเบื้องต้นสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงมากกว่าเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ ประการที่สอง เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีพื้นฐานทฤษฎีรองรับการวิเคราะห์ และผลการวิเคราะห์ที่มีความหมายแปลความได้ง่ายกว่าเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ ประการที่สาม เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมีกระบวนการตรวจสอบความตรงของโมเดลที่ชัดเจน ประการที่สี่ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลให้ค่าประมาณพารามิเตอร์รวมทั้งผลการทดสอบนัยสำคัญของพารามิเตอร์ และประการสุดท้าย จากจุดเด่นทั้งหมดทำให้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เป็นเครื่องมือที่นักวิจัยนำมาใช้ในการศึกษาคูณภาพของแบบวัดได้เป็นอย่างดี (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

นอกจากนี้ยังสรุปจุดด้อยของเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันได้ 3 ประการ คือ ประการแรก การประมาณค่าพารามิเตอร์ใช้กระบวนการคำนวณทวนซ้ำ และเมื่อได้ผลการวิเคราะห์ว่าฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าน้อยที่สุด ยังอาจมีปัญหว่าอาจมีฟังก์ชันความกลมกลืนเป็นแบบอื่นได้อีก ประการที่สอง ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์โมเดลองค์ประกอบเชิงยืนยันอาจอยู่นอกพิสัยที่ควรเป็น ค่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้อาจมีค่ามากกว่าหนึ่ง และความแปรปรวนมีค่าติดลบ ปัญหาเหล่านี้ อาจเกิดเนื่องจากการกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลไม่ถูกต้อง การแจกแจงของตัวแปรสังเกตได้ไม่เป็นแบบปกติ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างเล็กเกินไป และโมเดลเกือบระบุได้ดีพอ และประการสุดท้าย คือ การวิเคราะห์ค่อนข้างซับซ้อนและใช้เวลาในการวิเคราะห์ค่อนข้างนาน สำหรับจุดอ่อน

ประการสุดท้ายนี้โปรแกรมลิสเรลได้พัฒนาการกำหนดค่าเริ่มต้นของพารามิเตอร์ ซึ่งช่วยให้ประหยัดเวลาการคำนวณของคอมพิวเตอร์ไปได้มาก (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

3.2 การตรวจสอบความตรงของโมเดล

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบความตรงของโมเดลที่เป็นสมมติฐานวิจัย หรือการประเมินผลความถูกต้องของโมเดล หรือการตรวจสอบความกลมกลืนระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์กับโมเดล ซึ่งจะเสนอค่าสถิติที่จะช่วยตรวจสอบความตรงของโมเดล 5 วิธี ดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542)

1. ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและสหสัมพันธ์ของค่าประมาณพารามิเตอร์ (Standard Errors and Correlations of Estimates) ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม M-Plus จะให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติที่ และสหสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณ ถ้าค่าประมาณที่ได้ไม่มีนัยสำคัญ แสดงว่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีขนาดใหญ่ และโมเดลการวิจัยอาจจะยังไม่ดีพอ ถ้าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณมีค่าสูงมากเป็นสัญญาณแสดงว่าโมเดลการวิจัยใกล้จะไม่เป็นบวกแน่นอน (non-positive definite) และเป็นโมเดลที่ไม่ดีพอ

2. สหสัมพันธ์พหุคูณและสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (Multiple Correlation and Coefficients of Determination) ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม M-Plus จะให้ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณและสัมประสิทธิ์การพยากรณ์สำหรับตัวแปรสังเกตได้แยกทีละตัวและรวมทุกตัว รวมทั้งสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของสมการโครงสร้างด้วย ค่าสถิติเหล่านี้ควรมีค่าสูงสุดไม่เกินหนึ่ง และค่าที่สูงแสดงว่าโมเดลมีความตรง

3. ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of fit Measures) ค่าสถิติในกลุ่มนี้ใช้ตรวจสอบความตรงของโมเดลเป็นภาพรวมทั้งโมเดล มิใช่เป็นการตรวจสอบเฉพาะค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวเหมือนค่าสถิติสองประเภทแรก ในทางปฏิบัตินักวิจัยควรใช้ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนตรวจสอบความตรงของโมเดลทั้งโมเดล แล้วตรวจสอบความตรงของพารามิเตอร์แต่ละตัวโดยพิจารณาค่าสถิติสองประเภทแรกด้วย เพราะในบางกรณีแม้ว่าค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนจะแสดงว่าโมเดลโมเดลกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แต่อาจจะมีพารามิเตอร์บางค่าไม่มีนัยสำคัญก็ได้ นอกจากนี้ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนยังใช้ประโยชน์ในทางการเปรียบเทียบโมเดลที่แตกต่างกันสองโมเดลได้ด้วยว่า โมเดลใดมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่ากัน ค่าสถิติในกลุ่มนี้มี 4 ประเภท ดังต่อไปนี้

- 3.1. ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square Statistics) เป็นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานทางสถิติว่าฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็นศูนย์ การกำหนดค่าไค-สแควร์ คำนวณจากผลคูณขององศาอิสระกับค่าของฟังก์ชันความกลมกลืน ถ้าค่าสถิติไค-สแควร์มีค่าสูงมากแสดงว่าฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือโมเดลไม่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ถ้าค่าสถิติไค-สแควร์มีค่าต่ำมาก ยังมีค่าใกล้เคียงศูนย์มากเท่าไรแสดงว่าโมเดลสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติไค-สแควร์มี 4 ประการ คือ (1) ตัวแปรภายนอกสังเกตได้ต้องมีการแจกแจงแบบปกติ (2) การวิเคราะห์ข้อมูลต้องใช้เมทริกซ์ ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมในการคำนวณ (3) ขนาดของกลุ่มตัวอย่างต้องมีขนาดใหญ่ เพราะฟังก์ชันความกลมกลืนจะมีการแจกแจงแบบไค-สแควร์ต่อเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่เท่านั้น และ (4) ฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็นศูนย์จริงตามสมมติฐานที่ใช้ทดสอบไค-สแควร์

3.2. ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of fit Index = GFI) ดัชนี GFI จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 และเป็นค่าที่ไม่ขึ้นกับขนาดของกลุ่มตัวอย่างแต่ลักษณะการแจกแจงขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ดัชนี GFI ที่เข้าใกล้ 1.00 แสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3.3. ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of fit Index = AGFI) เมื่อนำดัชนี GFI มาปรับแก้แล้วโดยคำนึงถึงขนาดขององศาอิสระ ซึ่งรวมทั้งจำนวนตัวแปรและขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จะได้ค่าดัชนี AGFI ค่าดัชนี AGFI มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับดัชนี GFI

3.4. ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (Root Mean Squared Residual = RMR) ดัชนี RMR เป็นดัชนีที่ใช้เปรียบเทียบระดับความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลสองโมเดล เฉพาะกรณีที่เป็นกรเปรียบเทียบโดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน ในขณะที่ดัชนี GFI และ AGFI สามารถใช้เปรียบเทียบได้ทั้งกรณีข้อมูลชุดเดียวกันและข้อมูลต่างชุดกัน ดัชนี RMR บอกขนาดของส่วนที่เหลือโดยเฉลี่ยจากการเปรียบเทียบระดับความกลมกลืนของโมเดลสองโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าของดัชนี RMR ยิ่งเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4. การวิเคราะห์เศษเหลือหรือความคลาดเคลื่อน (Analysis of Residuals) ในการใช้โปรแกรม M-Plus นักวิจัยควรวิเคราะห์เศษเหลือควบคู่ไปกับดัชนีตัวอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้ว การตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ควรพิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนมาตรฐานด้วย ถ้าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูล ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานไม่ควรมีค่าเกิน 2.00 แต่ถ้ายังเกิน 2.00 ต้องปรับโมเดล นอกจากนี้โปรแกรม M-Plus ยังให้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าควอนไทล์ปกติ (normal quantiles) ถ้าได้เส้นกราฟมีความชันมากกว่าเส้นทแยงมุมอันเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

5. ดัชนีดัดแปรโมเดล (Model Modification Indices) ดัชนีตัวนี้เป็นประโยชน์มากในการปรับโมเดล ดัชนีดัดแปรโมเดลเป็นค่าสถิติเฉพาะสำหรับพารามิเตอร์แต่ละตัวมีค่าเท่ากับไค-สแควร์ที่จะลดลงเมื่อกำหนดให้พารามิเตอร์ตัวนั้นเป็นพารามิเตอร์อิสระ หรือมีการผ่อนคลายข้อกำหนด

เงื่อนไขบังคับของพารามิเตอร์นั้น ข้อมูลที่ได้นี้เป็นประโยชน์มากสำหรับนักวิจัยในการตัดสินใจปรับโมเดลให้ดีขึ้น

จากขั้นตอนข้างต้นสรุปได้ว่า การตรวจสอบความตรงของโมเดล (Validation of the model) สามารถใช้ค่าสถิติช่วยในการตรวจสอบความตรงของโมเดล 5 วิธี คือ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและสหสัมพันธ์ของค่าประมาณพารามิเตอร์ (Standard Errors and Correlations of Estimates) สหสัมพันธ์พหุคูณและสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (Multiple Correlation and Coefficients of Determination) ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of fit Measures) การวิเคราะห์เศษเหลือหรือความคลาดเคลื่อน (Analysis of Residuals) และดัชนีดัดแปรโมเดล (Model Modification Indices)

สำหรับงานวิจัยนี้ตรวจสอบความตรงของโมเดล โดยใช้ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of fit Measures) การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนนี้จะวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม M-Plus ซึ่งค่าสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบ ได้แก่ 1) ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square Statistics) 2) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (CFI) และ 3) ดัชนีวัดความสอดคล้องในรูปความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SRMR)

ตอนที่ 4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยต่างประเทศ

Senne-Dibble (1995) ได้ศึกษาและวิเคราะห์เทคนิคการประเมินเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้วยการพูดและการเขียนของนักเรียนเกรด 4 โดยสุ่มนักเรียนมา 2 กลุ่ม เป็นกลุ่มอภิปราย 1 กลุ่ม และกลุ่มเขียนบันทึก 1 กลุ่ม ซึ่งแต่ละกลุ่มได้รับการสอนเรื่องเรขาคณิตเหมือนกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การพูดและการเขียน ผลการวิจัยพบว่า ร้อยละ 84 ของนักเรียนในกลุ่มอภิปราย มีความเข้าใจและสามารถใช้การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้ดีเมื่อเขาคิดและได้พูด และร้อยละ 42 ของนักเรียนในกลุ่มเขียนสามารถเขียนสื่อสารความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของตนได้เหมาะสม และเมื่อนักเรียนได้รับการประเมินความสามารถในการสื่อความเข้าใจในคณิตศาสตร์ ปรากฏว่า ร้อยละ 25 ของกลุ่มเขียนสามารถสื่อได้เข้าใจ และร้อยละ 75 ของกลุ่มอภิปรายสามารถสื่อความเข้าใจได้ตามความคิดของตนเอง

Johanning (2000) ได้ศึกษาการวิเคราะห์การเขียนและการทำงานกลุ่มร่วมกันของนักเรียนมัธยมศึกษาวิชาพีชคณิตเบื้องต้น มีการปฏิรูปโดยการส่งเสริมการอ่าน เขียน และอภิปรายทางคณิตศาสตร์ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อศึกษาความเข้าใจของนักเรียนระดับมัธยมที่มีความเข้าใจอย่างไร คิดอย่างไรกับวิธีการแก้ปัญหาที่ได้เขียนอธิบาย กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับเกรด 7 และ

8 จำนวน 48 คน โดยเป็นนักเรียนเกรด 7 จำนวน 14 คน และนักเรียนเกรด 8 จำนวน 34 คน ดำเนินการโดยการเขียนและการทำงานกลุ่มในการเรียนวิชาพีชคณิตเบื้องต้น ใช้ระยะเวลา 1 ปี โดยแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มละ 7 คน แต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนเกรด 7 และเกรด 8 จำนวน 3 และ 4 คน ตามลำดับ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยบันทึกภาพการมีส่วนร่วม การอภิปรายกลุ่มและการสัมภาษณ์นักเรียน ผลการศึกษาพบว่า การเขียนอธิบายเป็นวิธีหนึ่งที่กระตุ้นนักเรียนในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เมื่อนักเรียนได้สื่อสารความคิดของตนเองบนกระดานและถ่ายทอดสู่บุคคลอื่น การเขียนอธิบายก่อนการอภิปรายกลุ่มทำให้มั่นใจว่านักเรียนทุกคนมีโอกาสศึกษาด้วยตนเองก่อนที่จะพบครูกับเพื่อน ๆ การเขียนทำให้นักเรียนมีความมั่นใจมากขึ้นในการทำงานกลุ่ม ซึ่งบรรยากาศเช่นนี้ นักเรียนจะมีความกระตือรือร้นในการคิดและการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้คณิตศาสตร์

Lewis, Graves, and Sanchez (2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการสนทนาเสริมในการเรียนคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนประถมศึกษา โดยศึกษาการใช้ประโยชน์จากการสร้างกิจกรรมในการสนทนาระหว่างนักเรียน จุดเด่นในการศึกษาครั้งนี้อยู่ที่การให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ห้อง ได้ฝึกปฏิบัติการสนทนาทางคณิตศาสตร์ การพิจารณาจากการวิเคราะห์สภาพงานที่เป็นเอกลักษณ์ของนักเรียนในการฝึกฝนความรู้ ผลการวิจัยพบว่า การให้ความเอาใจใส่ในรายละเอียดเฉพาะเป็นการทำให้นักเรียนเกิดความชำนาญในการพูดภาษาทางการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และก่อให้เกิดความสัมพันธ์ที่เป็นเอกลักษณ์ของนักเรียนภายในกลุ่ม

Wolf (2009) ได้ศึกษาความเข้าใจเชิงลึกในเรื่องเศษส่วน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนรู้โดยเน้นทักษะการสื่อสารทั้งการพูด การอภิปรายกับผู้อื่น และการเขียนเพื่ออธิบายคำตอบในเรื่องปัญหาเศษส่วนที่ซับซ้อน จากการศึกษาพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องเศษส่วนอย่างลึกซึ้งเมื่อเรียนจบหน่วยแล้วนักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารความคิดทางคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้นกว่าก่อนเรียน ทั้งการพูด การอภิปรายในชั้นเรียน และการเขียน มีผลทำให้นักเรียนรู้สึกมีความสุขในการเรียน และมีความมั่นใจเพิ่มมากขึ้น นับว่าการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์นั้น ประสพผลสำเร็จอย่างยอดเยี่ยมทั้งด้านความรู้ ทักษะและกระบวนการ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์

4.2 งานวิจัยในประเทศ

สมเดช บุญประจักษ์ (2540) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ ซึ่งศักยภาพทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการให้เหตุผล และความสามารถในการใช้คณิตศาสตร์สื่อสาร พัฒนาโดยฝึกผ่านกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา ผลการศึกษาพบว่า ศักยภาพทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารหลังทดลองและก่อนทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของกลุ่ม

ทดลองกับกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยศักยภาพของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ประภาวดี เทพทอง (2545) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่สอนด้วยกระบวนการสื่อสาร พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้การเรียนการสอนด้วยกระบวนการสื่อสาร มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศิริพร มาวรรรณา (2547) ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องการนำเสนอข้อมูล ก่อนเรียนและหลังเรียนจากการได้รับการสอนตามคู่มือครูโดยแทรกกิจกรรมการสอนที่ใช้ทักษะการสื่อสารและการประเมินผลตามสภาพจริง ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนภายหลังได้รับการสอนตามคู่มือครูโดยแทรกกิจกรรมการสอนที่ใช้ทักษะการสื่อสารและการประเมินผลตามสภาพจริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุธิดา เกตุแก้ว (2547) ศึกษาผลของการใช้กระบวนการสื่อสารที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ สูงกว่าร้อยละ 50 และสูงกว่ากลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 รวมทั้งยังมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

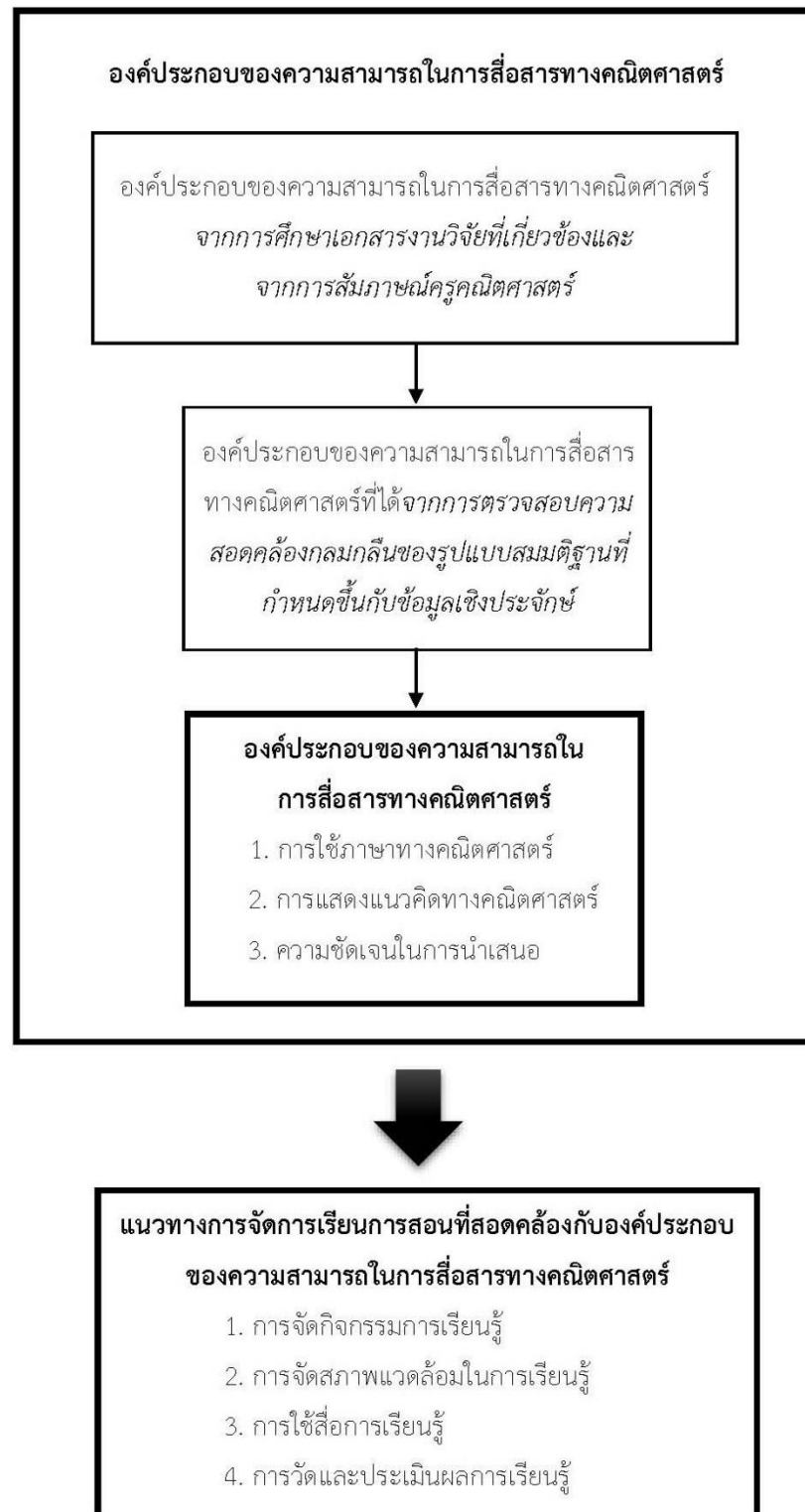
นันทน์ภัส พลเดมา (2550) ได้ทำการศึกษาเรื่อง รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นที่ เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร จำนวน 678 คน ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เรียงตามลำดับ คือ การทำงานกลุ่ม ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และพฤติกรรมการสอน โดยมีขนาดอิทธิพลเท่ากับ .51 .25 และ .18 ตามลำดับ ส่วนตัวแปรที่มีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ คือ การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอน โดยมีขนาดอิทธิพลเท่ากับ .04 และ .03 ตามลำดับ โดยตัวแปรเชิงสาเหตุทั้งหมดร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 53 จึงมีข้อเสนอแนะในการปฏิบัติ คือ ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูควรให้นักเรียนมีการทำงาน

ร่วมกันเป็นกลุ่ม และการทำงานเป็นกลุ่มนั้นควรเป็นการทำงานกลุ่มเพื่อร่วมกันแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

ตอนที่ 5 กรอบแนวคิดของการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สามารถกำหนดเป็นกรอบแนวคิดของการวิจัยเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ดังต่อไปนี้





ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดของการวิจัย

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

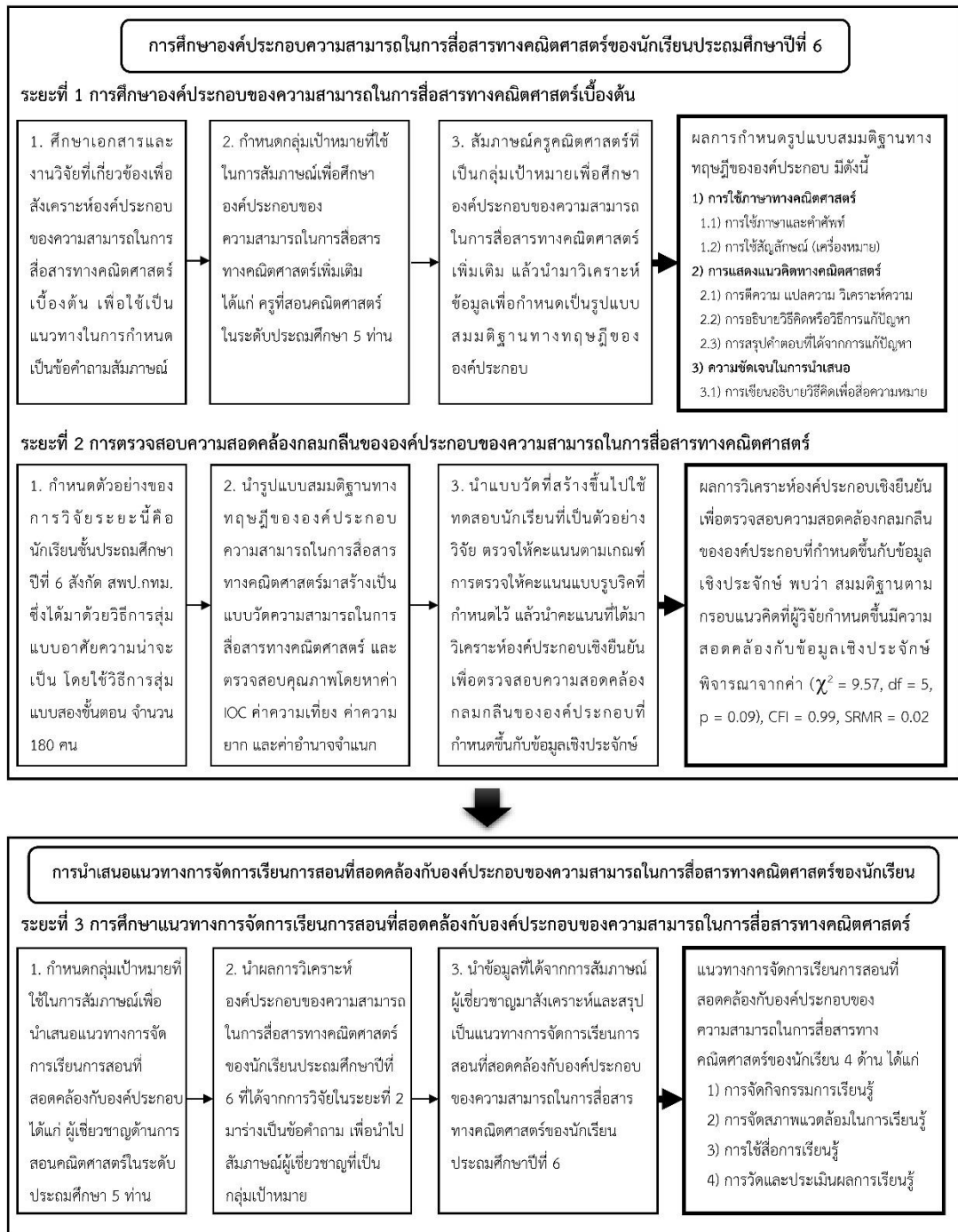
การวิจัยเรื่อง แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Method Research) ทั้งวิธีเชิงปริมาณ (Quantitative Method) และวิธีเชิงคุณภาพ (Qualitative Method) มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 และ 2) นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการดำเนินการวิจัยมี 3 ระยะ ดังต่อไปนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อกำหนดรูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎี

ระยะที่ 2 การตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ระยะที่ 3 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

จากการดำเนินการวิจัยทั้ง 3 ระยะ ผู้วิจัยขอสรุปเป็นกรอบดำเนินการวิจัยเพื่อให้สามารถเข้าใจวิธีดำเนินการวิจัยที่ชัดเจนยิ่งขึ้น รายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 3 ต่อไปนี้



ภาพที่ 3 กรอบดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 1 การศึกษาตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อกำหนดรูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎี

การวิจัยในระยษนี้เป็นการศึกษาและสังเคราะห์เพื่อกำหนดตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเพื่อสังเคราะห์ตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยศึกษาเอกสาร ตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ทั้งด้านความหมาย ความสำคัญ มาตรฐานและตัวชี้วัด การประเมินผล และแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพื่อสังเคราะห์เป็นตัวชี้วัดและองค์ประกอบเบื้องต้น โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และจัดหมวดหมู่ขององค์ประกอบ ซึ่งตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ผู้วิจัยได้ศึกษาและสังเคราะห์ขึ้นในเบื้องต้นนี้มีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 6 ดังนี้

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาและสังเคราะห์ตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทาง
คณิตศาสตร์เบื้องต้น

ความสามารถในการสื่อสาร ทางคณิตศาสตร์	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง										รวม
	NCTM (1989)	Kennedy (1994)	Suzanne Lane (1996)	กรมวิชาการ (2546)	สสวท. 2546)	พร้อมพรรณ 2547)	อติสรา (2550)	สสวท. (2551)	พรณทิพา (2552)	อัมพร (2556)	
ด้านการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์											
1. ใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10
2. ใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	9
ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์											
1. การตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจากโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้	✓		✓					✓		✓	4
2. อธิบายแนวคิดหรือแสดงวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ หรือใช้แผนภูมิรูปภาพ ตารางประกอบการอธิบาย	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10
3. การสรุปคำตอบหรือข้อค้นพบที่ได้			✓		✓				✓	✓	4
ด้านความชัดเจนในการนำเสนอ											
1. นำเสนอข้อมูลตามลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		8
2. นำเสนอข้อมูลได้ชัดเจนครบถ้วน และมีรายละเอียดสมบูรณ์	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	9

ผู้วิจัยนำตัวชี้วัดและองค์ประกอบที่สังเคราะห์ได้ในเบื้องต้นมากำหนดเป็นข้อคำถามแล้วนำไปใช้สัมภาษณ์ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์แบบเป็นทางการ (Formal Interview) เพื่อศึกษาตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพิ่มเติมจากที่สังเคราะห์ได้

1.2 การกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในงานวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยระยะนี้ เป็นกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการสัมภาษณ์เพื่อกำหนดตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพิ่มเติมจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้วิจัยคัดเลือกจากครูที่สอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาที่มีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์สูง ได้แก่ ครูที่จบการศึกษาด้านการสอนคณิตศาสตร์โดยตรงและมีประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาอย่างน้อย 5 ปี โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Random Sampling) จำนวน 5 ท่าน เพื่อให้ได้ตัวชี้วัดและองค์ประกอบเพิ่มเติมในการนำไปพัฒนาเป็นรูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎีของตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ต่อไป ผู้วิจัยจึงกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกครูที่สอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา ดังนี้

1. ครูที่สอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวน 3 ท่าน
2. ครูที่สอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา โรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (โรงเรียนสาธิต) ซึ่งมีประสบการณ์สอนในระดับอุดมศึกษา จำนวน 2 ท่าน

ตารางที่ 7 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์สำหรับการวิจัยระยะที่ 1

ชื่อครู (นามสมมติ)	อายุ (ปี)	เพศ	ประสบการณ์ด้านการ สอนคณิตศาสตร์ (ปี)	วุฒิการศึกษา	สาขาวิชา
อาจารย์ ก	58	ชาย	36	ปริญญาโท	การวัดผลการศึกษา
				ปริญญาตรี	ประถมศึกษา
อาจารย์ ข	55	หญิง	33	ปริญญาโท	ประถมศึกษา
				ปริญญาตรี	ประถมศึกษา
อาจารย์ ค	55	หญิง	30	ปริญญาตรี	คณิตศาสตร์
อาจารย์ ง	36	หญิง	10	ปริญญาโท	การสอนคณิตศาสตร์
				ปริญญาตรี	คณิตศาสตร์
อาจารย์ จ	35	หญิง	5	ปริญญาโท	การบริหารการศึกษา
				ปริญญาตรี	คณิตศาสตร์

หมายเหตุ: รายนามผู้ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์แสดงในภาคผนวก ก.

1.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยระยะนี้เป็นแบบสัมภาษณ์ซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร ตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ เกี่ยวกับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ทั้งด้านความหมาย ความสำคัญ มาตรฐาน การประเมินผล และแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพื่อสังเคราะห์เป็นตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เบื้องต้น (แสดงไว้ในตารางที่ 6)

2. นำตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่สังเคราะห์ได้ในเบื้องต้นมากำหนดเป็นข้อคำถาม ในการนำไปสัมภาษณ์ครูที่สอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาเพื่อศึกษาและระบุตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพิ่มเติม

3. นำแบบสัมภาษณ์ที่ได้สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องของการใช้ภาษาและให้ข้อเสนอแนะ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบต่อไป ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะ ดังนี้

3.1 ควรใช้คำถามที่กระชับ ชัดเจน และไม่เป็นคำถามที่กว้างจนเกินไป เนื่องจากคำถามที่กว้างเกินไปอาจทำให้ผู้วิจัยได้คำตอบไม่ตรงประเด็น

3.2 เพิ่มคำถามที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวิจัยระยะที่ 2 เช่น “ท่านคิดว่าลักษณะของแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ลักษณะข้อสอบและเกณฑ์การประเมินที่ดีควรมีลักษณะอย่างไร”

3.3 เพิ่มคำถามเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญสามารถแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม เช่น “ท่านมีข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมหรือไม่ อย่างไร”

4. นำแบบสัมภาษณ์ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ความถูกต้องและความชัดเจนของการใช้ภาษาโดยพิจารณาเป็นรายข้อ ซึ่งทุกข้อคำถามมีค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (item-objective congruency index: IOC) เท่ากับ 1.00 ซึ่งถือว่ามีความสอดคล้องกับเนื้อหา (ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ, 2550) แต่มีการปรับแก้ภาษาและข้อความตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะ ดังนี้

4.1 ข้อคำถามข้อที่ 1 แยกออกเป็น 2 ข้อย่อย เพื่อให้ข้อคำถามมีความชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งข้อคำถามเดิมคือ “ในฐานะที่ท่านเป็นครูที่สอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา ท่านคิดว่า

ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาคืออะไร และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เฉพาะของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 คืออะไร”

แก้ไขเป็น “ข้อที่ 1. ในฐานะที่ท่านเป็นครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา ท่านคิดว่านักเรียนควรมีความสามารถอะไรบ้างที่บ่งบอกว่านักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และข้อที่ 2. ตามความคิดเห็นของท่าน ท่านคิดว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ควรมีความสามารถอะไรบ้างที่บ่งบอกว่านักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เหมือนหรือต่างจากนักเรียนระดับชั้นอื่น ๆ อย่างไร”

4.2 ข้อคำถามข้อที่ 2 ระบุให้ชัดเจนว่าจะประเมินจากการเขียน ซึ่งข้อคำถามเดิมคือ “ตามความคิดเห็นของท่าน ท่านคิดว่าการประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ควรประเมินด้านใดบ้าง เพราะเหตุใด” **แก้ไขเป็น** “ถ้าจะประเมินความสามารถในการสื่อสารในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากการเขียน ท่านคิดว่าควรประเมินจากอะไรบ้าง”

4.3 ข้อคำถามข้อที่ 4 แยกออกเป็น 3 ข้อย่อย เพื่อให้ข้อคำถามมีความชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งข้อคำถามเดิมคือ “ท่านคิดว่าลักษณะของแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ลักษณะข้อสอบและเกณฑ์การประเมินที่ดีควรมีลักษณะอย่างไร” **แก้ไขเป็น** “ข้อที่ 1. ท่านคิดว่าลักษณะของแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ควรมีลักษณะอย่างไร ข้อที่ 2. ท่านคิดว่าเกณฑ์การประเมินของแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ควรมีลักษณะอย่างไร และ ข้อที่ 3. ขอให้ท่านยกตัวอย่างแบบทดสอบที่ท่านใช้วัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในปัจจุบัน”

5. ผู้วิจัยนำแบบสัมภาษณ์ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาจนสมบูรณ์เรียบร้อยแล้วไปสัมภาษณ์ครูที่สอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเพื่อศึกษาตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มเติม

1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยในระยะนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยติดต่อประสานงานไปยังครูคณิตศาสตร์ที่สอนในระดับประถมศึกษา ในโรงเรียนสังกัดต่าง ๆ ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเพื่อขอสัมภาษณ์ตามประเด็นที่กำหนด
2. ผู้วิจัยเดินทางไปสัมภาษณ์ครูคณิตศาสตร์ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยด้วยตนเองตามวัน เวลา และสถานที่ ที่ได้นัดหมาย

3. ผู้วิจัยแจ้งให้ครุคณิตศาสตร์ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยได้ทราบถึงจุดประสงค์ในการสัมภาษณ์ และอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับการนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ไปใช้ประโยชน์ในทางวิจัย
4. ผู้วิจัยสัมภาษณ์ครุคณิตศาสตร์ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย ตามประเด็นต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลเพิ่มเติมในการนำไปพัฒนาเป็นรูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎีของตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ต่อไป
5. ผู้วิจัยสรุปการสัมภาษณ์ ตรวจสอบคำตอบที่ได้จากการสัมภาษณ์ว่ามีความเข้าใจตรงกันหรือไม่ จากนั้นผู้วิจัยกล่าวขอบคุณผู้ให้สัมภาษณ์ที่สละเวลาและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ พร้อมทั้งเน้นย้ำว่าข้อมูลที่ได้รับจากการสัมภาษณ์ในครั้งนี้จะถูกนำไปใช้ประกอบในการทำวิจัยเท่านั้น

1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในขณะนี้ผู้วิจัยจะนำตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเบื้องต้นไปรวมกับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ จากนั้นนำมาสังเคราะห์และจัดหมวดหมู่ใหม่เพื่อพัฒนาเป็นรูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎีของตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน (แสดงไว้ในบทที่ 4) สำหรับนำไปสร้างเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ต่อไป ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

ระยะที่ 2 การตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

สำหรับการวิจัยในขณะนี้ ผู้วิจัยนำรูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎีของตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้กำหนดขึ้นในระยะที่ 1 มาสร้างเป็นแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ จากนั้นนำไปเก็บข้อมูลกับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานครซึ่งเป็นตัวอย่างวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS และโปรแกรม M-Plus เพื่อนำสารสนเทศที่ได้มาเสนอเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนต่อไป

2.1 การกำหนดประชากรและตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย

ประชากรและตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยระยะนี้เป็นประชากรและตัวอย่างที่ใช้ในการทำแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนกับรูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎีของตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้กำหนดขึ้นกับข้อมูลในระยะที่ 1 (แสดงไว้ในบทที่ 4) มีรายละเอียดการกำหนดประชากรและตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยระยะนี้ คือ นักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร กระทรวงศึกษาธิการจำนวน 3,567 คน สืบมาจากศูนย์สารสนเทศ กลุ่มนโยบายและแผน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร (สำรวจข้อมูลเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน 2560 จาก http://www.dataplan-bkk.com/data_10157)

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยระยะนี้ คือ นักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร กระทรวงศึกษาธิการ ด้วยวิธีการสุ่มแบบอาศัยความน่าจะเป็น (probability sampling) โดยใช้วิธีการสุ่มแบบสองขั้นตอน (two-stage random sampling) เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร การกำหนดขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยโดยใช้โมเดลสมการโครงสร้างนั้น จำเป็นต้องใช้ตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่พอสมควร ซึ่งในการกำหนดขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมนั้น ได้มีผู้เสนอแนะไว้ดังนี้ Schumacker และ Lomax (1996 อ้างถึงใน นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) ได้สรุปผลการศึกษาจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า งานวิจัยที่ใช้โมเดลสมการโครงสร้างส่วนใหญ่ใช้ขนาดตัวอย่าง 100-150 และให้ผลการวิจัยเป็นที่น่าพอใจ นอกจากนี้ Schumacker และ Lomax (1996) และ Hair และคณะ (1988 อ้างถึงใน นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) เสนอให้กำหนดขนาดตัวอย่าง 10-20 คน ต่อตัวแปรในการวิจัยหนึ่งตัวแปร ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้มีตัวแปรสังเกตได้ในโมเดลสมการโครงสร้างทั้งหมด 6 ตัวแปร ได้แก่ 1) ใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ 2) ใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์ 3) การตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจาก โจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ 4) การอธิบายวิธีคิด หรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ และหลักการทางคณิตศาสตร์ 5) การสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา และ 6) การเขียนอธิบายวิธีคิดเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขนาดตัวอย่างไว้จำนวน 120 คน

โดยคำนวณจากขนาดตัวอย่าง 20 คนต่อตัวแปรในการวิจัยหนึ่งตัวแปร แต่เนื่องจากอัตราการตอบกลับของแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยจะต้องได้รับโดยเฉลี่ยประมาณ 80% (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542) ผู้วิจัยจึงปรับขนาดตัวอย่างเป็น 180 คน เพื่อเป็นการเพิ่มอัตราการตอบกลับของแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และป้องกันการสูญหายของข้อมูลสำหรับการสุ่มตัวอย่างผู้วิจัยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสองขั้นตอน (two-stage random sampling) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 สุ่มแบบแบ่งชั้น (stratified random sampling) โดยแบ่งโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานครออกเป็น 4 กลุ่ม ตามขนาดของโรงเรียน โดยใช้เกณฑ์จากสำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ดังนี้

1. โรงเรียนขนาดเล็ก (จำนวนนักเรียน 0-120 คน)
2. โรงเรียนขนาดกลาง (จำนวนนักเรียน 121-600 คน)
3. โรงเรียนขนาดใหญ่ (จำนวนนักเรียน 601-1,500 คน)
4. โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ (จำนวนนักเรียน 1,501 คน ขึ้นไป)

เมื่อจำแนกโรงเรียนตามเกณฑ์ดังกล่าว พบว่า โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานครมีโรงเรียนขนาดกลางจำนวน 19 โรงเรียน โรงเรียนขนาดใหญ่จำนวน 14 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษจำนวน 4 โรงเรียน รวมทั้งหมด 37 โรงเรียน (ไม่มีโรงเรียนขนาดเล็ก) จากนั้นผู้วิจัยทำการสุ่มโรงเรียนออกมาขนาดละ 2 โรงเรียน ดังนั้น จะได้โรงเรียนขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ ขนาดละ 2 โรงเรียน รวมจำนวนโรงเรียนที่เป็นตัวอย่างทั้งหมด 6 โรงเรียน

ขั้นที่ 2 สุ่มอย่างง่าย (sample random sampling) เพื่อสุ่มนักเรียนที่ใช้เป็นตัวอย่างในการวิจัยให้เป็นไปตามขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่ได้กำหนดไว้ข้างต้น คือ จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 180 คน โดยจะสุ่มนักเรียนจากโรงเรียนที่สุ่มได้ในขั้นที่ 1 ได้แก่ โรงเรียนขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ ขนาดละ 60 คน จะได้จำนวนโรงเรียนและจำนวนนักเรียนที่เป็นตัวอย่างในการวิจัย รายละเอียดในตารางที่ 8 และรายชื่อโรงเรียนและจำนวนนักเรียนที่เป็นตัวอย่างวิจัย รายละเอียดในตารางที่ 9 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 8 จำนวนโรงเรียนและนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 เมื่อจำแนกตามขนาดโรงเรียน

ขนาดโรงเรียน	จำนวนโรงเรียน ทั้งหมด	จำนวนโรงเรียน ที่เป็นตัวอย่าง	จำนวนนักเรียน ทั้งหมด	จำนวนนักเรียน ที่เป็นตัวอย่าง
กลาง	19	2	853	60
ใหญ่	14	2	1,704	60
ใหญ่พิเศษ	4	2	1,010	60
รวม	37	6	3,567	180

ตารางที่ 9 รายชื่อโรงเรียนและจำนวนนักเรียนที่เป็นตัวอย่างวิจัย

ขนาดโรงเรียน	รายชื่อโรงเรียน	จำนวนนักเรียนที่เป็นตัวอย่าง
กลาง	โรงเรียนประถมนนทบุรี	30
	โรงเรียนวัดประยูรวงศาวาส	30
ใหญ่	โรงเรียนอนุบาลสามเสนฯ	30
	โรงเรียนอนุบาลพิบูลเวศม์	30
ใหญ่พิเศษ	โรงเรียนพญาไท	30
	โรงเรียนราชวินิต	30
	รวม	180

2.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในขณะนี้ เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยพิจารณาจากรูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎีของตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้กำหนดขึ้นเพื่อวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาหลักการและวิธีการสร้างแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ จากเอกสาร ตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดเป็นกรอบแนวคิดและรูปแบบที่เหมาะสมในการสร้าง
2. ศึกษาสาระการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และเนื้อหาของรายวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อวิเคราะห์และคัดเลือกเนื้อหาที่จะนำมาสร้างเป็นแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

3. สร้างแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแบบวัดแต่ละข้อจะตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคแยกตามตัวชี้วัด โดยแต่ละตัวชี้วัดมีคะแนนเต็ม 2 คะแนน ดังโครงสร้างข้อสอบที่แสดงในตารางที่ 10 ดังนี้

ตารางที่ 10 โครงสร้างแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

องค์ประกอบและตัวชี้วัด	ข้อสอบอัตนัย				
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5
1. ด้านการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ 1.1 การใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ 1.2 การใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์	เรขาคณิต (2 คะแนน) และ จำนวนและ การดำเนินการ (2 คะแนน)				
2. ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ 2.1 การตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจากโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ 2.2 การอธิบายวิธีคิดหรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ และหลักการทางคณิตศาสตร์ 2.3 การสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา		จำนวนและ การดำเนินการ (6 คะแนน)		การวัด (12 คะแนน)	จำนวนและ การดำเนินการ (12 คะแนน)
3. ด้านความชัดเจนในการนำเสนอ 3.1 การเขียนอธิบายวิธีคิดเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกัน			การวัด (2 คะแนน)		

4. แบบวัดที่นำไปวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีทั้งหมด 5 ข้อ คะแนนเต็ม 36 คะแนน และให้เวลาในการทำแบบทดสอบทั้งหมด 60 นาที ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- | | | |
|------------------------------------|-------------|--------------------|
| 4.1 ด้านการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ | จำนวน 1 ข้อ | คะแนนเต็ม 4 คะแนน |
| 4.2 ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ | จำนวน 1 ข้อ | คะแนนเต็ม 6 คะแนน |
| 4.3 ด้านความชัดเจนในการนำเสนอ | จำนวน 1 ข้อ | คะแนนเต็ม 2 คะแนน |
| 4.4 วัดองค์ประกอบรวมทั้ง 3 ด้าน | จำนวน 2 ข้อ | คะแนนเต็ม 24 คะแนน |

5. สร้างเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทางคณิตศาสตร์โดยเป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (Rubric) ซึ่งจะพิจารณาองค์ประกอบที่แสดงถึงความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จาก 3 ด้าน ได้แก่

5.1. การใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์

- 5.1.1. ใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์
- 5.1.2. ใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์

5.2. การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์

- 5.2.1. การตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจากโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้สรุปคำตอบหรือข้อค้นพบที่ได้จากการแก้ปัญหา
- 5.2.2. การอธิบายวิธีคิด หรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ และหลักการทางคณิตศาสตร์
- 5.2.3. การสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา

5.3. ความชัดเจนในการนำเสนอ

- 5.3.1. การเขียนอธิบายวิธีคิดเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกัน

6. การสร้างเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทางคณิตศาสตร์ผู้วิจัยได้ประยุกต์จากเกณฑ์ของ Suzanne Lane, et al. (1996, อ้างถึงใน California State Department of education, 2008) เกณฑ์ของกรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2546) อลิสรามชื่น (2550) และพรพรรณทิพา พรหมรักษ์ (2552) ซึ่งมีรายละเอียดของเกณฑ์การให้คะแนนแยกเป็นรายด้านแสดงในตารางที่ 11 ดังนี้

ตารางที่ 11 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ตัวชี้วัด	ระดับคะแนน	คำอธิบาย
1. ด้านการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์		
1.1 การใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์	2	สามารถใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายเพื่อสื่อความหมายได้ถูกต้องและตรงประเด็นทั้งหมด
	1	สามารถใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายเพื่อสื่อความหมายได้ถูกต้องและตรงประเด็นเป็นบางส่วน
	0	ไม่สามารถใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายเพื่อสื่อความหมายได้เลย หรือใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายเพื่อสื่อความหมายไม่ถูกต้อง
1.2 การใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์	2	สามารถใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความที่กำหนดให้เพื่อสื่อความหมายได้ถูกต้องและตรงประเด็นทั้งหมด
	1	สามารถใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความที่กำหนดให้เพื่อสื่อความหมายได้ถูกต้องและตรงประเด็นเป็นบางส่วน
	0	ไม่สามารถใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความที่กำหนดให้เพื่อสื่อความหมายได้เลย หรือใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความที่กำหนดให้เพื่อสื่อความหมายไม่ถูกต้อง
2. ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์		
2.1 การตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจากโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้	2	สามารถตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจากโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องและตรงประเด็นทั้งหมด
	1	สามารถตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจากโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องและตรงประเด็นเป็นบางส่วน
	0	ไม่สามารถตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจากโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้เลย หรือตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจากโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 11 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (ต่อ)

ตัวชี้วัด	ระดับคะแนน	คำอธิบาย
2. ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์		
2.2 การอธิบายวิธีคิด หรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ และหลักการคณิตศาสตร์	2	สามารถอธิบายวิธีคิดหรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และหลักการทางคณิตศาสตร์ มีการใช้แผนภูมิ รูปภาพ ตาราง ประกอบการอธิบายเพื่อสื่อความหมาย และอธิบายลำดับขั้นตอนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องทั้งหมด
	1	สามารถอธิบายวิธีคิดหรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และหลักการทางคณิตศาสตร์ มีการใช้แผนภูมิ รูปภาพ ตาราง ประกอบการอธิบายเพื่อสื่อความหมาย และอธิบายลำดับขั้นตอนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องบางส่วน
	0	ไม่สามารถอธิบายวิธีคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาได้เลย หรืออธิบายวิธีคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง
2.3 การสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา	2	สามารถสรุปคำตอบได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และมีความสมเหตุสมผล
	1	สามารถสรุปคำตอบได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน
	0	ไม่มีการสรุปคำตอบ หรือสรุปคำตอบไม่ถูกต้อง
3. ด้านความชัดเจนในการนำเสนอ		
3.1 การเขียนอธิบายวิธีคิดเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกัน	2	สามารถเขียนอธิบายวิธีคิดให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างชัดเจนเป็นระบบ และมีรายละเอียดที่สมบูรณ์
	1	สามารถเขียนอธิบายวิธีคิดให้ผู้อื่นเข้าใจได้ แต่ไม่ชัดเจนและขาดรายละเอียดที่สมบูรณ์
	0	ไม่สามารถเขียนอธิบายวิธีคิดให้ผู้อื่นเข้าใจได้ หรือเขียนอธิบายวิธีคิดในสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง

7. นำแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และเกณฑ์การตรวจให้คะแนนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบต่อไป

8. นำแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ความถูกต้องและความชัดเจนของการใช้ภาษาโดยพิจารณาเป็นรายข้อ พร้อมทั้งเกณฑ์การตรวจให้คะแนน และข้อเสนอแนะในการปรับปรุง พบว่าแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น มีค่าความ

สอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (item-objective congruency index: IOC) ตั้งแต่ 0.67 - 1.00 ซึ่งถือว่ามีความสอดคล้องกับเนื้อหา (ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ, 2550) แต่มีการปรับแก้ ภาษาและข้อความตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะ ดังนี้

8.1 ปรับข้อคำถามข้อที่ 1.1) และ 1.2) ให้กระชับและชัดเจนขึ้น จากข้อคำถามเดิม “1.1) ถ้านักเรียนเป็นสิงหนักเรียนจะช่วยอธิบายลักษณะของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ให้เมฆาเข้าใจได้อย่างไร และ 1.2) จากโจทย์ที่ครูกำหนดให้ ถ้านักเรียนเป็นเมฆา นักเรียนจะเขียนประโยคสัญลักษณ์เพื่อหาคำตอบได้อย่างไร” **แก้ไขเป็น** “1.1) จงเขียนอธิบายลักษณะของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (นักเรียนสามารถวาดรูปประกอบการอธิบายได้) และ 1.2) จงเขียนประโยคสัญลักษณ์เพื่อหาคำตอบจากราคาจำตัดหญ้าที่พ่อเมฆาจะต้องจ่ายให้คนงาน”

8.2 ปรับข้อคำถามข้อที่ 2.1) และ 2.2) ให้กระชับและชัดเจนขึ้น จากข้อคำถามเดิม “2.1) จงเขียนประโยคสัญลักษณ์จากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้เพื่อนำไปสู่การหาคำตอบ และ 2.2) จงแสดงวิธีทำเพื่อหาคำตอบ” **แก้ไขเป็น** “2.1) จงเขียนประโยคสัญลักษณ์เพื่อหาจำนวนเงินที่หลานจะได้รับจากคุณปู่ และ 2.2) จงแสดงวิธีทำ พร้อมอธิบายวิธีคิดโดยละเอียด เพื่อหาคำตอบว่าหลานจะได้รับเงินจากคุณปู่คนละเท่าใด”

8.3 ปรับข้อคำถามข้อที่ 3 ให้กระชับและชัดเจนขึ้น จากข้อความเดิม “จากแผนที่ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ จงอธิบายเส้นทางที่ ด.ช.ปลาวาฬ ใช้ในการการเดินทางจากบ้านไปยังโรงเรียนโดยละเอียด” **แก้ไขเป็น** “จากแผนที่ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ จงเขียนอธิบายวิธีการเดินทางตามเส้นทางจริงจากบ้านไปยังโรงเรียนของ ด.ช.ปลาวาฬ โดยละเอียด”

8.4 ปรับข้อคำถามข้อที่ 4.2) ให้กระชับและชัดเจนขึ้น จากข้อความเดิม “2) จงแสดงวิธีทำเพื่อหาคำตอบ พร้อมอธิบายวิธีคิดโดยละเอียด” **แก้ไขเป็น** “จงแสดงวิธีทำ พร้อมอธิบายวิธีคิดโดยละเอียด เพื่อหาคำตอบว่าสนามโรงเรียนอนุบาลเมฆาน้ำมีความยาวโดยรอบเท่าใด (นักเรียนสามารถวาดรูปประกอบการอธิบายวิธีคิดได้)”

8.5 ปรับข้อคำถามข้อที่ 5.1 และ 5.2) ให้กระชับและชัดเจนขึ้น จากข้อความเดิม “5.1) จงเขียนประโยคสัญลักษณ์จากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้เพื่อนำไปสู่การหาคำตอบ และ 5.2) จงแสดงวิธีทำเพื่อหาคำตอบ พร้อมอธิบายวิธีคิดโดยละเอียด” **แก้ไขเป็น** “5.1) จงเขียนประโยคสัญลักษณ์เพื่อหาความยาวไม้ไผ่ส่วนที่อยู่เหนือดิน และ 5.2) จงแสดงวิธีทำ พร้อมอธิบายวิธีคิดโดยละเอียด เพื่อหาคำตอบว่าไม้ไผ่ส่วนที่อยู่เหนือดินยาวเท่าใด (นักเรียนสามารถวาดรูปประกอบการอธิบายวิธีคิดได้)”

9. ผู้วิจัยนำแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ได้ปรับปรุง แก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเอี่ยมสุรีย์ (อนุบาลเมืองสมุทรปราการ) ซึ่งเป็นโรงเรียนขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงาน

คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 40 คน ซึ่งโรงเรียนดังกล่าวไม่ได้เป็นตัวอย่งวิจัย

10. ผู้วิจัยนำแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ได้ไปทดลองใช้ มาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แล้วนำผลคะแนนมาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยง (Reliability) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) โดยต้องมีค่าความเที่ยงตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป แล้วนำมาหาค่าความยาก (Difficulty) โดยต้องมีค่าความยาก 0.2 - 0.8 และหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) โดยต้องมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงรายละเอียดดังนี้

10.1 ค่าความเที่ยง	0.80
10.2 ค่าความยาก	0.51 - 0.68
10.3 ค่าอำนาจจำแนก	0.47 - 0.75

11. นำแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ได้ปรับปรุง แก้ไข พัฒนาจนสมบูรณ์และมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด ไปใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เป็นตัวอย่งเพื่อเก็บข้อมูลวิจัยต่อไป

2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยในระยะนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยนำหนังสือขอความร่วมมือในการทดลองใช้เครื่องมือในการวิจัยและหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย จากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไปยังผู้อำนวยการโรงเรียนต่าง ๆ ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร

2. ผู้วิจัยเดินทางไปทดสอบนักเรียนที่เป็นตัวอย่งวิจัยด้วยแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเองตามวัน เวลา และสถานที่ ที่ได้นัดหมาย โดยผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือจากครูประจำชั้นในการขอเก็บข้อมูลวิจัย

3. การเก็บข้อมูลจากนักเรียนที่เป็นตัวอย่งวิจัยในแต่ละครั้ง ผู้วิจัยจะอธิบายคำชี้แจงในการทำแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนฟังจนเข้าใจ จากนั้นจึงให้นักเรียนลงมือทำแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ภายในระยะเวลาที่กำหนด โดยแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มีทั้งหมด 5 ข้อ ใช้เวลาในการทำทั้งหมด 60 นาที

4. ผู้วิจัยนำแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ได้เก็บรวบรวมจากนักเรียนที่เป็นตัวอย่งมาตรวจให้คะแนน แต่เนื่องจากนักเรียนที่เป็นตัวอย่งวิจัยที่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลมาได้นั้นมีนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษ (เรียนร่วม) ทั้งหมด 6 คน ผู้วิจัยจึงคัดเลือกแบบวัด

ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มาตรวจให้คะแนนทั้งหมด 180 คน โดยตรวจให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์แยกตามตัวชี้วัดและองค์ประกอบตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ นำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปร จากนั้นนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันในลำดับต่อไป

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป เป็นการวิเคราะห์โดยใช้ค่าสถิติพื้นฐานเพื่อตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้น สถิติที่ใช้ประกอบด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อให้ทราบถึงลักษณะการแจกแจงของตัวแปรแต่ละตัวที่ใช้ในการศึกษา การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนนี้จะวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เป็นการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient) เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์ และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนนี้จะวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนขององค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนนี้จะวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม M-Plus ซึ่งค่าสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบ มีดังนี้

3.1 ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square Statistics) เป็นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานทางสถิติว่าฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็นศูนย์ โดยถ้าค่าสถิติไค-สแควร์ไม่มีนัยสำคัญ ($p > .05$) แสดงว่าโมเดลองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดขึ้นมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3.2 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (CFI) ดัชนี CFI เป็นอัตราส่วนของผลต่างระหว่างฟังก์ชันความกลมกลืนจากโมเดลก่อนปรับและหลังปรับ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 ดัชนี CFI ที่เข้าใกล้ 1.00 แสดงว่าโมเดลองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดขึ้นมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3.3 ดัชนีวัดความสอดคล้องในรูปความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SRMR) ดัชนี SRMR เป็นดัชนีที่ใช้เปรียบเทียบระดับความสอดคล้องกลมกลืนขององค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าของดัชนี SRMR ยิ่งเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่าโมเดล

องค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดขึ้นมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

2.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.5.1 สถิติพื้นฐาน

1) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (\bar{X}) โดยคำนวณจากสูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (\text{วรรรณี แกมเกต, 2555})$$

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของตัวอย่าง

$\sum_{i=1}^n x_i$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนจากตัวอย่าง

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมดของตัวอย่าง

2) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยคำนวณจากสูตร

$$S = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \quad (\text{วรรรณี แกมเกต, 2555})$$

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง

X แทน ค่าหรือคะแนนต่าง ๆ

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมดของตัวอย่าง

2.5.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบตอบสั้น และแบบทดสอบแบบอัตนัย (แสดงวิธีทำ) สามารถหาคุณภาพของแบบทดสอบ ดังนี้

1) ความตรง (เชิงเนื้อหา)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (\text{วรรรณี แกมเกต, 2555})$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา/จุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนผลการตัดสินข้อคำถามของผู้ทรงคุณวุฒิ

N แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

2) ความเที่ยง

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum S^2}{S^2} \right) \quad (\text{ณัฏฐกรณ์ หลาวทอง, 2559})$$

เมื่อ S^2 คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานยกกำลังสองรายข้อ
หรือความแปรปรวนรายข้อ

S^2 คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนรวมยกกำลังสอง
หรือความแปรปรวนคะแนนรวม

K คือ จำนวนข้อคำถาม

3) ความยาก

$$P = \frac{\sum H + \sum L}{I \times (N_H + N_L)} \quad (\text{ณัฏฐกรณ์ หลาวทอง, 2559})$$

เมื่อ P คือ ความยาก

$\sum H$ คือ คะแนนรวมของคนกลุ่มสูงที่ตอบถูก

$\sum L$ คือ คะแนนรวมของคนกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

I คือ คะแนนเต็มในการทดสอบครั้งนั้น

N_H คือ จำนวนผู้รับการทดสอบที่จัดอยู่ในกลุ่มสูง

N_L คือ จำนวนผู้รับการทดสอบที่จัดอยู่ในกลุ่มต่ำ

4) อำนาจจำแนก

$$r = \frac{\sum H + \sum L}{I \times (N_H + N_L)} \quad (\text{ณัฏฐกรณ์ หลาวทอง, 2559})$$

เมื่อ r คือ อำนาจจำแนก

$\sum H$ คือ คะแนนรวมของคนกลุ่มสูงที่ตอบถูก

$\sum L$ คือ คะแนนรวมของคนกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

I คือ คะแนนเต็มในการทดสอบครั้งนั้น

N_H คือ จำนวนผู้รับการทดสอบที่จัดอยู่ในกลุ่มสูง

N_L คือ จำนวนผู้รับการทดสอบที่จัดอยู่ในกลุ่มต่ำ

2.5.3 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดล

1) ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square Statistics) โดยคำนวณจากสูตร

$$\chi^2 = (n-1)F[s, \Sigma(\theta)] ; df = k \frac{(k+1)}{2} - t \quad (\text{นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542})$$

เมื่อ χ^2 คือ ค่าสถิติไค-สแควร์

n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$F[s, \Sigma(\theta)]$ คือ ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความกลมกลืนของรูปแบบจากพารามิเตอร์ θ

k คือ จำนวนตัวแปรที่สังเกตได้ทั้งหมดในรูปแบบ

df คือ องศาอิสระ

t คือ จำนวนพารามิเตอร์อิสระ

2) ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index = GFI) โดยคำนวณจากสูตร

$$GFI = 1 - \frac{F[s, \Sigma(\theta)]}{F[s, \Sigma(0)]} \quad (\text{นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542})$$

เมื่อ GFI คือ ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของรูปแบบกับข้อมูลเชิงประจักษ์

$F[s, \Sigma(\theta)]$ คือ ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความกลมกลืนของรูปแบบจากพารามิเตอร์ θ

$F[s, \Sigma(0)]$ คือ ค่า F ของรูปแบบที่ไม่มีพารามิเตอร์ในรูปแบบ

ระยะที่ 3 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

สำหรับการวิจัยในระยะนี้ ผู้วิจัยนำข้อค้นพบหรือสารสนเทศที่ได้รับจากการวิเคราะห์ข้อมูลวิจัยในระยะที่ 2 เป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา ได้แก่ ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียนที่มีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์สูง อาจารย์ระดับอุดมศึกษาด้านการศึกษาศาสตร์หรือการสอนคณิตศาสตร์เกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 แล้วนำข้อมูลที่ได้รับการสัมภาษณ์มาสรุปเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนต่อไป

3.1 การกำหนดกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในงานวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยระยะนี้ เป็นกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการสัมภาษณ์เกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งผู้วิจัยคัดเลือกจากผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา ได้แก่ ครูที่จบการศึกษาด้านการสอน

คณิตศาสตร์โดยตรง และมีประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาอย่างน้อย 10 ปี อาจารย์ระดับอุดมศึกษาด้านการศึกษาคณิตศาสตร์หรือการสอนคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Random Sampling) จำนวน 5 ท่าน ในการให้ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- 1 ครูที่สอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 2 ท่าน
- 2 ครูที่สอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา โรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (โรงเรียนสาธิต) ซึ่งมีประสบการณ์สอนในระดับอุดมศึกษา จำนวน 2 ท่าน
- 3 อาจารย์ที่สอนระดับอุดมศึกษาที่มีความเชี่ยวชาญด้านการศึกษาคณิตศาสตร์หรือการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา จำนวน 1 ท่าน

ตารางที่ 12 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์สำหรับการวิจัยระยะที่ 3

ชื่อครู (นามสมมติ)	อายุ (ปี)	เพศ	ประสบการณ์ด้านการ สอนคณิตศาสตร์ (ปี)	วุฒิการศึกษา	สาขาวิชา
อาจารย์ ก	58	ชาย	36	ปริญญาโท	การวัดผลการศึกษา
				ปริญญาตรี	ประถมศึกษา
อาจารย์ ข	55	หญิง	33	ปริญญาโท	ประถมศึกษา
				ปริญญาตรี	ประถมศึกษา
อาจารย์ ค	55	หญิง	30	ปริญญาตรี	คณิตศาสตร์
อาจารย์ ง	36	หญิง	10	ปริญญาโท	การสอนคณิตศาสตร์
				ปริญญาตรี	คณิตศาสตร์
อาจารย์ จ	41	ชาย	10	ปริญญาเอก	คณิตศาสตร์ศึกษา
				ปริญญาโท	คณิตศาสตร์
				ปริญญาตรี	มัธยม (คณิตศาสตร์)

หมายเหตุ: รายนามผู้ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์แสดงในภาคผนวก ก.

3.2 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยระยะนี้เป็นแบบสัมภาษณ์ที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1. ผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้จากการวิจัยในระยะที่ 2 มาร่างแนวทางการจัดการเรียนการสอนของตนเอง เพื่อให้มีกรอบความคิดที่ชัดเจนและสามารถนำไปใช้เป็นตัวอย่างประกอบในการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นกลุ่มเป้าหมายของการวิจัยได้

2. ผู้วิจัยร่างข้อคำถามให้สอดคล้องกับผลการวิจัยที่ได้ในระยะที่ 2 เพื่อนำไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา โดยประเด็นการสัมภาษณ์เพื่อนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนจะให้ความสำคัญไปที่องค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และตัวชี้วัดที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่มากที่สุด

3. ผู้วิจัยนำร่างแนวทางการจัดการเรียนการสอนและแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาความเหมาะสมและตรวจสอบความถูกต้องของการใช้ภาษา และให้ข้อเสนอแนะ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะนำไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญต่อไป ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะ ดังนี้

3.1 สำหรับร่างแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น แนวทางในแต่ละด้านควรยกตัวอย่างประกอบให้เห็นภาพชัดเจน

3.2 สำหรับแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ให้แก้ไขข้อคำถามที่ใช้สัมภาษณ์ ให้กระชับชัดเจน และไม่เป็นคำถามที่กว้างเกินไป เนื่องจากคำถามที่กว้างเกินไปอาจทำให้ผู้วิจัยได้คำตอบไม่ตรงประเด็น และจัดลำดับข้อคำถามให้ดี จากคำถามในภาพรวมสู่คำถามในประเด็นปลีกย่อย

4. ผู้วิจัยนำร่างแนวทางการจัดการเรียนการสอนและแบบสัมภาษณ์ที่ได้ปรับปรุง แก้ไขและพัฒนาจนสมบูรณ์แล้วไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเพื่อนำมาสังเคราะห์และเสนอเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ต่อไป

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยในระยะนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยติดต่อประสานงานไปยังผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเพื่อขอสัมภาษณ์ตามประเด็นที่กำหนด

2. ผู้วิจัยเดินทางไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยด้วยตนเองตามวัน เวลา และสถานที่ ที่ได้นัดหมาย

3. ผู้วิจัยแจ้งให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยได้ทราบถึงจุดประสงค์ในการสัมภาษณ์ และอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับการนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ไปใช้ประโยชน์ในทางวิจัย
4. ผู้วิจัยสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย ตามประเด็นต่าง ๆ เพื่อให้ได้แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ต่อไป
5. ผู้วิจัยสรุปการสัมภาษณ์ ตรวจสอบคำตอบที่ได้จากการสัมภาษณ์ว่ามีความเข้าใจตรงกันหรือไม่ จากนั้นผู้วิจัยกล่าวขอบคุณผู้ให้สัมภาษณ์ที่สละเวลาและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ พร้อมทั้งเน้นย้ำว่าข้อมูลที่ได้รับจากการสัมภาษณ์ในครั้งนี้จะถูกนำไปใช้ประกอบในการทำวิจัยเท่านั้น

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในระยะนี้ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา มาสังเคราะห์และสรุปเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

1.1 ผลการศึกษาตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จากแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยวิเคราะห์ตัวชี้วัดจากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นทำการสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งสังเคราะห์ได้ทั้งหมด 3 องค์ประกอบ 7 ตัวชี้วัด ดังนี้

1) การใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

1.1) การใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ (NCTM, 1989; Kennedy and Tipps, 1994; Suzanne and other, 1996; กรมวิชาการ, 2546; สสวท., 2546; พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2547; อลิสร่า ชมชื่น, 2550; สสวท., 2551; พรรณทิพา พรหมรักษ์, 2552; อัมพร ม้าคนอง, 2556)

1.2) การใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์ (NCTM, 1989; Suzanne and other, 1996; กรมวิชาการ, 2546; สสวท., 2546; พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2547; อลิสร่า ชมชื่น, 2550; สสวท., 2551; พรรณทิพา พรหมรักษ์, 2552; อัมพร ม้าคนอง, 2556)

2) การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

2.1) การตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจากโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ (NCTM, 1989; Suzanne and other, 1996; สสวท., 2551; อัมพร ม้าคนอง, 2556)

2.2) การอธิบายแนวคิด หรือแสดงวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ หรือใช้แผนภูมิ รูปภาพ ตารางประกอบการอธิบาย (NCTM, 1989; Kennedy and Tipps, 1994;

Suzanne and other, 1996; กรมวิชาการ, 2546; สสวท., 2546; พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2547; อลิสรดา ชมชื่น, 2550; สสวท., 2551; พรรณทิพา พรหมรักษ์, 2552; อัมพร ม้าคนอง, 2556)

2.3) การสรุปคำตอบหรือข้อค้นพบที่ได้ (*Suzanne and other, 1996; สสวท., 2546; พรรณทิพา พรหมรักษ์, 2552; อัมพร ม้าคนอง, 2556*)

3) ความชัดเจนในการนำเสนอ ประกอบด้วย

3.1) การนำเสนอข้อมูลตามลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ (*Kennedy and Tipps, 1994; Suzanne and other, 1996; กรมวิชาการ, 2546; สสวท., 2546; พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2547; อลิสรดา ชมชื่น, 2550; สสวท., 2551; พรรณทิพา พรหมรักษ์, 2552*)

3.2) การนำเสนอข้อมูลได้ชัดเจน ครบถ้วน และมีรายละเอียดสมบูรณ์ (*NCTM, 1989; Kennedy and Tipps, 1994; Suzanne and other, 1996; กรมวิชาการ, 2546; พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2547; อลิสรดา ชมชื่น, 2550; สสวท., 2551; พรรณทิพา พรหมรักษ์, 2552; อัมพร ม้าคนอง, 2556;*)

1.2 ผลการกำหนดรูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

ผลจากการสัมภาษณ์ครูที่สอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา จำนวน 5 ท่าน เพื่อศึกษาตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 เพิ่มเติม พบว่า ทุกคนให้ความเห็นว่าตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 มีทั้งสิ้น 3 องค์ประกอบ 6 ตัวชี้วัด ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปจากตัวชี้วัดและองค์ประกอบเดิมที่ผู้วิจัยสังเคราะห์จากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นั่นคือ 3 องค์ประกอบ 7 ตัวชี้วัด เนื่องจากครูที่สอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาเห็นว่า ตัวชี้วัดขององค์ประกอบที่ 3 ความชัดเจนในการนำเสนอ ข้อที่ 3.1) นำเสนอข้อมูลตามลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ และข้อที่ 3.2) นำเสนอข้อมูลได้ชัดเจน ครบถ้วน และมีรายละเอียดสมบูรณ์ ไม่สามารถแยกออกจากกันได้อย่างอิสระ จึงเสนอให้ผู้วิจัยปรับให้เหลือเพียง 1 ตัวชี้วัด ดังแสดงในตารางที่ 13

ในที่นี้ผู้วิจัยขอกำหนดสัญลักษณ์และความหมายที่ใช้แทนค่าสถิติ และตัวแปรต่าง ๆ เพื่อให้การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล และการทำความเข้าใจเกี่ยวกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความสะดวกและเข้าใจตรงกันมากยิ่งขึ้น ดังนี้

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าสถิติ

Mean	หมายถึง	ค่าเฉลี่ย
S.D.	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
χ^2	หมายถึง	ดัชนีตรวจสอบความกลมกลืนประเภทค่าสถิติไค-สแควร์
CFI	หมายถึง	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน
df	หมายถึง	ชั้นแห่งความเป็นอิสระ
p	หมายถึง	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ
R ²	หมายถึง	สัมประสิทธิ์การทำนาย
SRMR	หมายถึง	ดัชนีวัดความสอดคล้องในรูปความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวแปร

ตัวแปรสังเกตได้ด้านการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์

VOCAB	หมายถึง	การใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์
SYMB	หมายถึง	การใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์

ตัวแปรสังเกตได้ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์

INTERP	หมายถึง	การตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจาก โจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้
EXP	หมายถึง	การอธิบายวิธีคิด หรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ และ หลักการทางคณิตศาสตร์
CONC	หมายถึง	การสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา

ตัวแปรสังเกตได้ด้านความชัดเจนในการนำเสนอ

REP	หมายถึง	การเขียนอธิบายวิธีคิดเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่น เข้าใจได้ตรงกัน
-----	---------	---

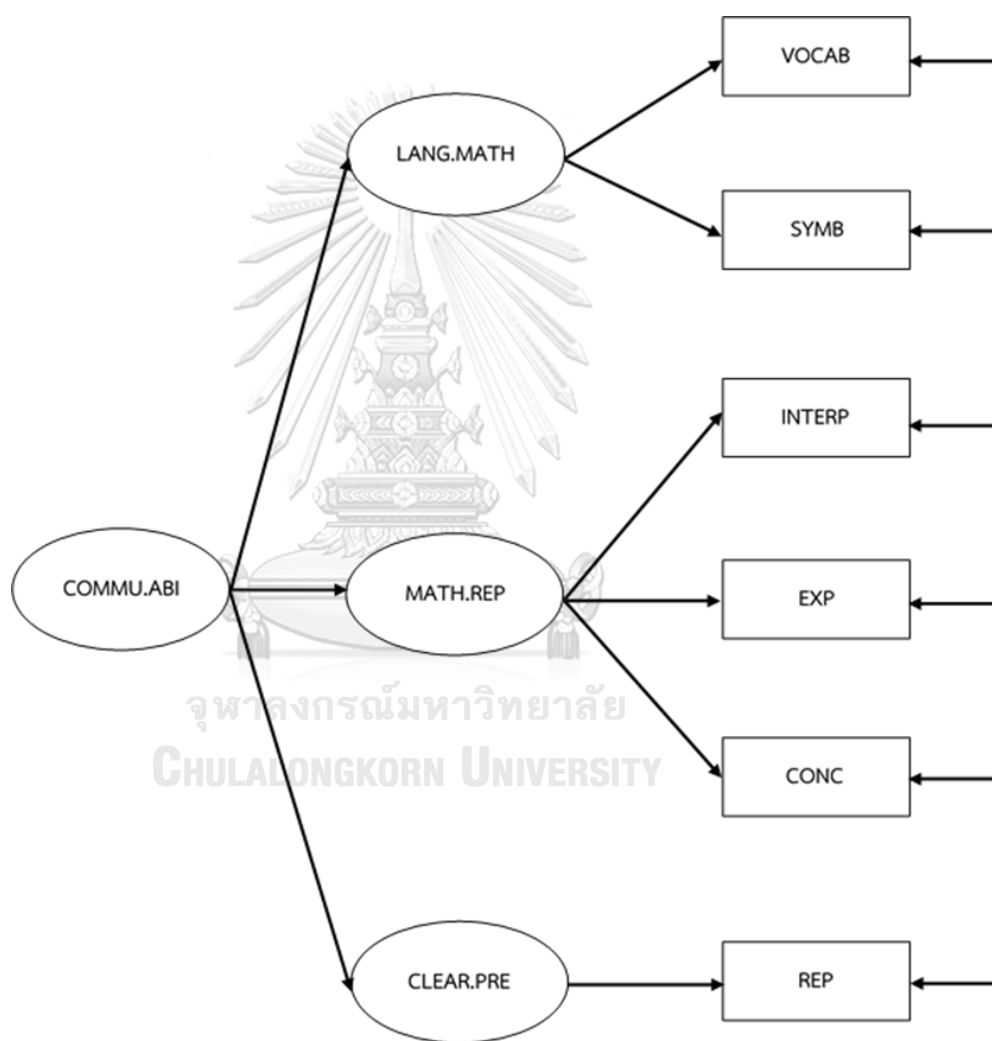
สเกลองค์ประกอบ/ตัวชี้วัดรวมเกี่ยวกับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

LANG.MATH	หมายถึง	ด้านการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์
MATH.REP	หมายถึง	ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์
CLEAR.PRE	หมายถึง	ด้านความชัดเจนในการนำเสนอ
COMMU.ABI	หมายถึง	ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ตารางที่ 13 ความคิดเห็นของครูคณิตศาสตร์เกี่ยวกับตัวชี้วัดและและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

ตัวชี้วัดและองค์ประกอบ ความสามารถในการสื่อสารทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียน	ผู้ให้ข้อมูล				
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5
1. ด้านการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์					
1.1 การใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ (VOCAB)	✓	✓	✓	✓	✓
1.2 การใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์ (SYMB)	✓	✓	✓	✓	✓
2. ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์					
2.1 การตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจากโจทย์ หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ (INTERP)	✓	✓	✓	✓	✓
2.2 การอธิบายวิธีคิด หรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ และหลักการทางคณิตศาสตร์ (EXP)	✓	✓	✓	✓	✓
2.3 การสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา (CONC)	✓	✓	✓	✓	✓
3. ด้านความชัดเจนในการนำเสนอ					
3.1 การเขียนอธิบายวิธีคิดเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกัน (REP)	✓	✓	✓	✓	✓

ข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับข้อมูลความคิดเห็นของครุคณิตศาสตร์ ในตารางที่ 13 ผู้วิจัยนำไปกำหนดเป็นรูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อเป็นฐานคิดในการนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) ต่อไป ดังแผนภาพที่ 4



ภาพที่ 4 รูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

1.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ในส่วนนี้เป็นการพิจารณาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 6 ตัวแปร ได้แก่ การใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ (VOCAB) การใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์ (SYMB) การตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจากโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ (INTERP) การอธิบายวิธีคิด หรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ และหลักการทางคณิตศาสตร์ (EXP) การสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา (CONC) และการเขียนอธิบายวิธีคิดเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกัน (REP) ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ดังแสดงในตารางที่ 14 ต่อไปนี้

ตารางที่ 14 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรสังเกตได้

ตัวแปร	VOCAB	SYMB	INTERP	EXP	CONC	REP
VOCAB	1					
SYMB	0.66*	1				
INTERP	0.42*	0.70*	1			
EXP	0.68*	0.84*	0.69*	1		
CONC	0.66*	0.70*	0.61*	0.82*	1	
REP	0.78*	0.72*	0.51*	0.75*	0.72*	1
Mean	3.67	4.69	5.20	4.68	4.04	3.57
SD	1.75	1.50	1.22	1.67	1.72	1.71

Bartlett' Test of Sphericity = 898.60 df = 15 p = 0.00
Kaiser-Mayer-Olkin measure of sampling adequacy: (KMO) = 0.88

หมายเหตุ: * $p < .05$

จากตารางที่ 14 พบว่า ตัวแปรทุกตัวมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ตั้งแต่ 0.42 ถึง 0.84 โดยคู่ที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดคือ ตัวแปร การใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์ (SYMB) กับตัวแปรการอธิบายวิธีคิด หรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ และหลักการทางคณิตศาสตร์ (EXP) มีค่าเท่ากับ 0.84 รองลงมาคือ ตัวแปร การอธิบายวิธีคิด หรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ และหลักการทางคณิตศาสตร์ (EXP) กับตัวแปรการสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา (CONC) มีค่าเท่ากับ 0.82 ส่วนตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันน้อยที่สุดคือ ตัวแปรการใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ (VOCAB) กับตัวแปรการตีความ แปลความ

และวิเคราะห์ความหมายจากโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ (INTERP) มีค่าเท่ากับ 0.42 เมื่อพิจารณาค่าสถิติ Bartlett' Test of Sphericity ซึ่งเป็นค่าสถิติทดสอบสมมติฐานว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์นั้นเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ (identity matrix) หรือไม่ พบว่า มีค่าเท่ากับ 898.60 แสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีไกเซอร์-เมเยอร์-ออลคิน (Kaiser-Mayer-Olkin measure of sampling adequacy: KMO) มีค่าเท่ากับ 0.88 ซึ่งเข้าใกล้ 1 ผลการทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่าตัวแปรต่าง ๆ ในข้อมูลชุดนี้มีความสัมพันธ์กันมากและมีความเหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยันได้

1.4 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์โมเดลความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความตรงหรือความสอดคล้องกลมกลืนของตัวชี้วัดและองค์ประกอบในโมเดลความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งเป็นโมเดลสมมติฐานตามกรอบแนวคิดที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่

ผลการวิเคราะห์ พบว่า โมเดลความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งเป็นโมเดลสมมติฐานตามกรอบแนวคิดที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พิจารณาได้จากค่าไค-สแควร์ ($\chi^2 = 9.57, df = 5, p = 0.09$) ซึ่งมีค่าความน่าจะเป็นมากกว่า .05 แสดงว่าไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลักที่ว่า โมเดลความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ทางทฤษฎีสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และดัชนีวัดระดับความสอดคล้องกลมกลืน (CFI) เท่ากับ 0.99 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 ดัชนีวัดความสอดคล้องในรูปความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ 0.02 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ค่าสถิติดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าโมเดลความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ตามกรอบแนวคิดของการวิจัยที่กำหนดขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และเมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรในโมเดล พบว่าตัวแปรทุกตัวมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) รายละเอียดผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 15

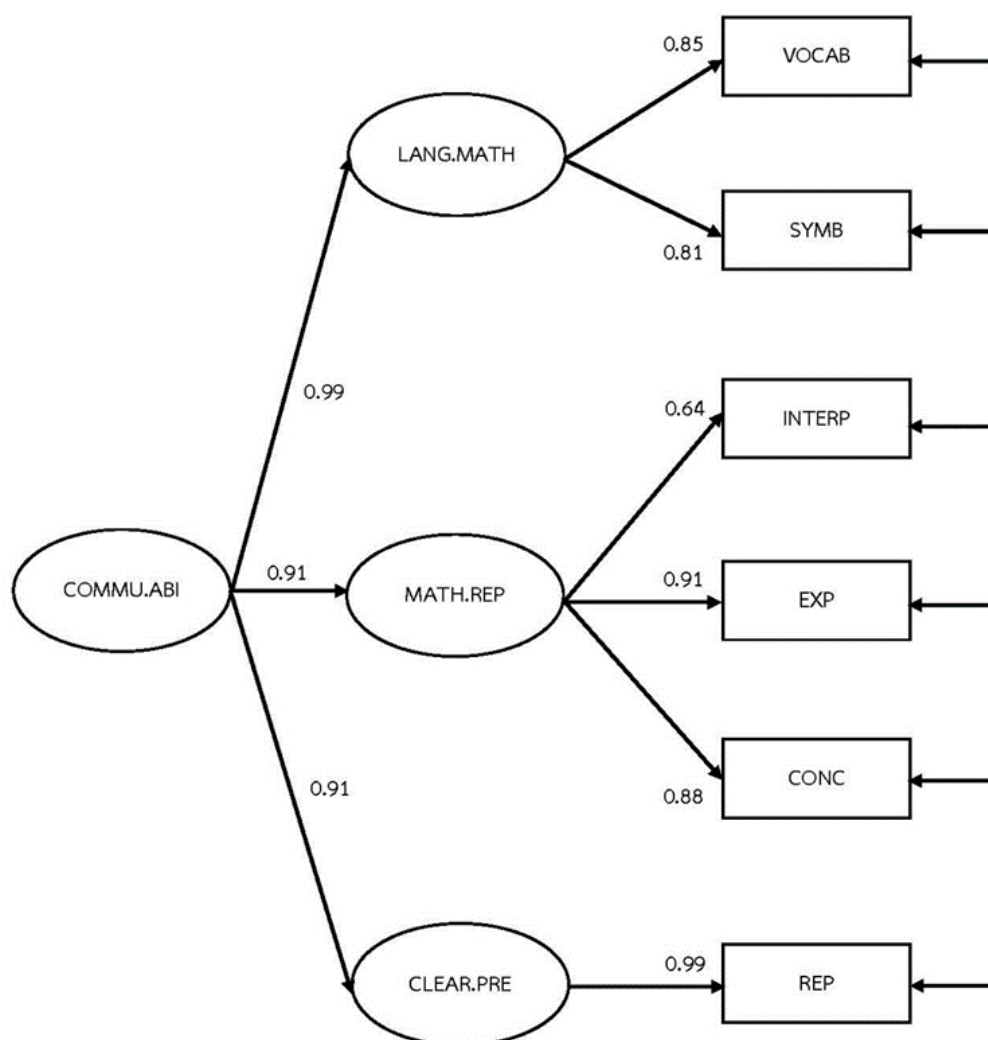
ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของโมเดลความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

ตัวแปร	น้ำหนักองค์ประกอบ		P	R ²
	b(SE)	B		
การวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับที่หนึ่ง				
องค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์				
VOCAB	1.00(0.00)	0.85	999.00	0.72
SYMB	0.82(0.06)	0.81	0.00	0.66
องค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์				
INTERP	0.51(0.05)	0.64	0.00	0.41
EXP	1.00(0.00)	0.91	999.00	0.84
CONC	0.99(0.06)	0.88	0.00	0.77
องค์ประกอบความชัดเจนในการนำเสนอ				
REP	1.00(0.00)	0.99	999.00	0.98
การวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับที่สอง				
ตัวชี้วัดรวมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์				
LANG.MATH	0.95(0.06)	0.99	0.00	0.99
MATH.REP	0.89(0.06)	0.91	0.00	0.83
CLEAR.PRE	1.00(0.00)	0.91	999.0	0.83
Chi-square = 9.57	df = 5		P = 0.09	
CFI = 0.99	SRMR = 0.02			
เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง				
LANG.MATH	1			
MATH.REP	.81	1		
CLEAR.PRE	.82	.75	1	

หมายเหตุ: *p<.01 ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง ค่าความคาดเคลื่อนมาตรฐาน

จากตารางที่ 15 เป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของโมเดลความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งประกอบด้วยค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนดิบ (b) ค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐาน (B) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) และสัมประสิทธิ์การทำนาย (R^2)

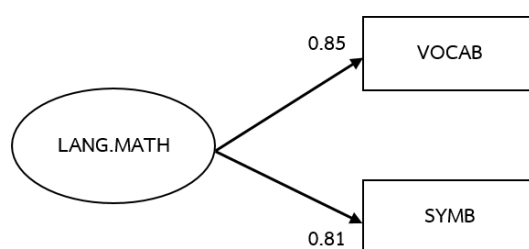
จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของโมเดลความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ดังกล่าวสามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้



ภาพที่ 5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของโมเดลความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

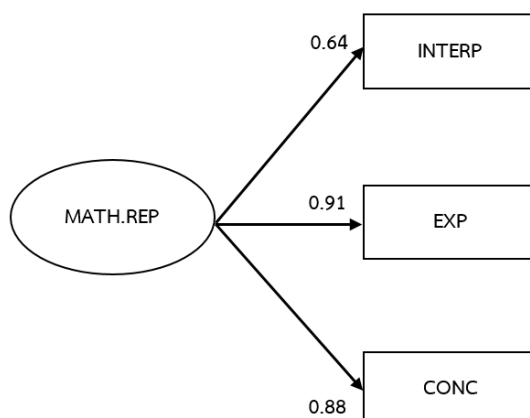
เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับที่หนึ่ง ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์โมเดลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ องค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และองค์ประกอบความชัดเจนในการนำเสนอกับตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 6 ตัว (VOCAB, SYMB, INTERP, EXP, CONC, REP) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดขององค์ประกอบทั้ง 3 ด้านดังกล่าว พบว่า ค่าน้ำหนักขององค์ประกอบของตัวชี้วัดทุกตัวมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) แสดงว่าตัวชี้วัดทั้ง 6 ตัวนี้ (VOCAB, SYMB, INTERP, EXP, CONC, REP) เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญของการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และความชัดเจนในการนำเสนอ ตัวชี้วัดดังกล่าวมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.64 ถึง 0.99 โดยตัวชี้วัดที่มีน้ำหนักความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ การเขียนอธิบายวิธีคิดเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกัน (REP) มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.99 รองลงมาคือ การอธิบายวิธีคิด หรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และหลักการทางคณิตศาสตร์ (EXP) ส่วนตัวชี้วัดที่มีน้ำหนักความสำคัญน้อยที่สุด ได้แก่ การตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจาก โจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ (INTERP) มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.64 เมื่อพิจารณารายละเอียดในองค์ประกอบแต่ละด้าน ปรากฏผลดังต่อไปนี้

องค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ตัวชี้วัดทุกตัวมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) สำหรับตัวชี้วัดที่มีน้ำหนักความสำคัญมากที่สุดใน การบ่งชี้ถึงการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ (VOCAB) มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.85 และมีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วย องค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ประมาณร้อยละ 72 ส่วนตัวชี้วัดที่มีน้ำหนักความสำคัญรองลงมา ได้แก่ การใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์ (SYMB) มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.81 และมีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ประมาณร้อยละ 66 ดังแสดงในภาพที่ 6



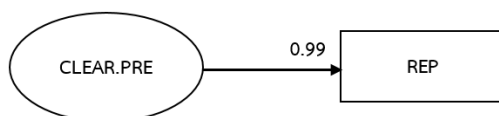
ภาพที่ 6 องค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ตัวชี้วัดทุกตัวมีน้ำหนักองค์ประกอบมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) โดยตัวชี้วัดที่มีน้ำหนักความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ การอธิบายวิธีคิด หรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และหลักการทางคณิตศาสตร์ (EXP) ซึ่งมีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.91 มีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ประมาณร้อยละ 84 ตัวชี้วัดที่มีน้ำหนักความสำคัญรองลงมา ได้แก่ การสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา (CONC) มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.88 มีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ประมาณร้อยละ 77 และตัวชี้วัดส่วนตัวชี้วัดที่มีน้ำหนักความสำคัญน้อยที่สุด ได้แก่ การตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจากโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ (INTERP) มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.64 และมีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์เพียง ร้อยละ 41 ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 องค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์

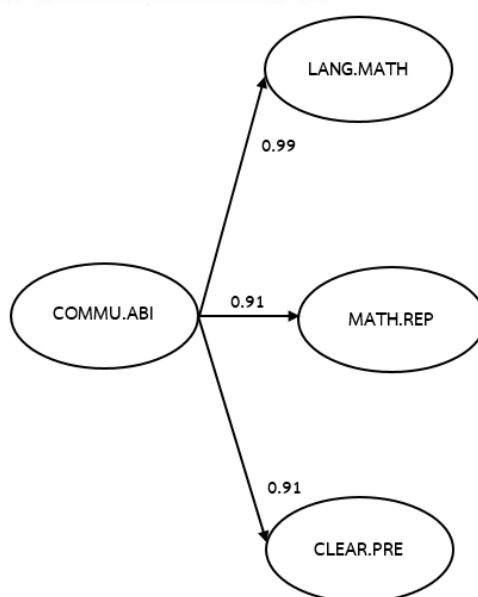
สำหรับองค์ประกอบความชัดเจนในการนำเสนอ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ตัวชี้วัดการเขียนอธิบายวิธีคิดเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกัน (REP) มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.99 และน้ำหนักองค์ประกอบมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) สัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบความชัดเจนในการนำเสนอประมาณร้อยละ 98 ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 องค์ประกอบความชัดเจนในการนำเสนอ

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ตัวชี้วัดตามกรอบแนวคิดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดขึ้นในการวิจัยครั้งนี้ เป็นตัวชี้วัดที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) ทุกตัว โดยทุกตัวชี้วัดมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเป็นบวก นั้นหมายความว่าหากนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 มีความสามารถตามตัวชี้วัดดังกล่าวสูง ก็จะมีผลทำให้ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับที่สอง ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์โมเดลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยรวม (COMMU.ABI) ซึ่งเป็นองค์ประกอบอันดับที่สองกับองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน คือ องค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ (LANG.MATH) องค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (MATH.REP) และองค์ประกอบความชัดเจนในการนำเสนอ (CLEAR.PRE) ซึ่งเป็นองค์ประกอบอันดับที่หนึ่ง พบว่า องค์ประกอบทั้ง 3 ด้านดังกล่าว มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) ทุกด้าน โดยมีน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.91 ถึง 0.99 แสดงว่าองค์ประกอบทั้ง 3 ด้านนี้ เป็นตัวชี้วัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยองค์ประกอบที่มีค่าน้ำหนักความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ องค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ (LANG.MATH) มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.99 รองลงมาคือ องค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (MATH.REP) และองค์ประกอบความชัดเจนในการนำเสนอ (CLEAR.PRE) มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากัน ซึ่งเท่ากับ 0.91 องค์ประกอบแต่ละด้านดังกล่าวมีความแปรปรวนร่วมกันกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยรวม (COMMU.ABI) ประมาณร้อยละ 99, 83 และ 83 ตามลำดับ แสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 องค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยรวม

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้าน พบว่ามีความสัมพันธ์กันทางบวกในระดับสูง โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าตั้งแต่ 0.75 ถึง 0.82 แสดงว่าองค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ (LANG.MATH) องค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (MATH.REP) และองค์ประกอบความชัดเจนในการนำเสนอ (CLEAR.PRE) มีความสัมพันธ์กัน มิได้แยกกันอย่างอิสระ นั่นคือ การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์นั้น จะต้องใช้ทั้งภาษาทางคณิตศาสตร์ และต้องมีความชัดเจนในการนำเสนอประกอบด้วย ซึ่งจะนำไปสู่การมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยรวมที่สูงขึ้น

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

ในการนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้มาจากการวิเคราะห์เนื้อหาซึ่งได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญนั้น ผู้วิจัยขอเสนอแนวทางใน 4 ด้าน ได้แก่ 2.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 2.2 การจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ 2.3 การใช้สื่อการเรียนรู้ และ 2.4 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) ขององค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ปรากฏว่าองค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ เป็นองค์ประกอบที่ครูผู้สอนต้องให้ความสำคัญในการนำมาพิจารณาเพื่อออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นอันดับแรก สำหรับองค์ประกอบที่มีความสำคัญเป็นอันดับสองซึ่งมีความสำคัญเท่ากัน คือ องค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และองค์ประกอบความชัดเจนในการนำเสนอ และในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนนั้นไม่สามารถเลือกพิจารณาเพียงองค์ประกอบเดียวหรือตัดองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งทิ้งไปได้ เนื่องจากทั้ง 3 องค์ประกอบมีความสัมพันธ์กันไม่สามารถแยกออกจากกันอย่างอิสระ ดังนั้น แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถ ด้านการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์

1) การสอดแทรกภาษาทางคณิตศาสตร์ขณะสอนในแต่ละเนื้อหา ผู้สอนจะต้องย้ำเตือนหรือเน้นย้ำถึงการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ให้ถูกต้อง เช่น จำนวนคู่ จำนวนคี่ (เลขคู่ เลขคี่) หรือการใช้สัญลักษณ์ AB เพื่อสื่อความหมายว่าเป็น ด้าน AB โดยเฉพาะเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเรขาคณิตซึ่งจะมีภาษาและคำศัพท์มากมาย เช่น เรื่องเส้นขนาน จะมีชื่อมุมมากมาย ได้แก่ มุมแย้ง มุมภายใน และมุมภายในที่อยู่บนข้างเดียวกันของเส้นตัด เป็นต้น

นอกจากนั้น การใช้สัญลักษณ์หรือตัวอักษรในการสื่อสารนั้นมี 2 ลักษณะ ได้แก่ 1.1) สัญลักษณ์หรือตัวแปร (ทางการ) ที่เขียนแล้วเข้าใจได้ตรงกันโดยไม่ต้องเขียนคำอธิบาย เช่น สัญลักษณ์ AB (ความยาวด้าน AB) และ 1.2) สัญลักษณ์หรือตัวแปรที่เขียนแล้วต้องอธิบายหรือขยายความ เช่น การใช้ตัวแปรเพื่อแทนปริมาณในโจทย์ เช่น โจทย์มีว่า “จำนวนใดหารด้วย 8 ได้ 96” แล้วกำหนดให้ n แทนจำนวน ๆ หนึ่ง ที่หารด้วย 8 แล้วได้ 96 ควรเน้นว่านอกจาก n ยังสามารถใช้สัญลักษณ์อื่นแทนได้

2) กิจกรรมคณิตศาสตร์ที่เน้นการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (ง่าย ๆ) เช่น 2.1) กิจกรรมการแปลงประโยคภาษาให้เป็นประโยคสัญลักษณ์ (การใช้ตัวแปร สัญลักษณ์เพื่อแทนข้อความ) ยกตัวอย่างเช่น จากข้อความที่ว่า “พลอยมีเงิน a บาท พี่ให้อีก 15 บาท พลอยมีเงินรวม 50 บาท” แล้วให้เขียนสมการแทนจำนวนเงินของพลอย 2.2) กิจกรรมการวาดภาพและใช้สัญลักษณ์ เช่น “รูปสามเหลี่ยม ABC เป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉากโดยมีมุม C เป็นมุมฉาก ด้านตรงข้ามมุมฉากยาว 15 เซนติเมตร ด้านประกอบมุมฉากทั้งสองยาว a และ $a + 3$ เซนติเมตร” แล้วให้วาดภาพและใช้สัญลักษณ์แทนข้อความข้างต้น ในการทำกิจกรรมดังกล่าว ผู้สอนสามารถตรวจสอบได้ว่านักเรียนใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ถูกต้องหรือไม่ รวมถึงต้องปรับและแก้ไขให้ถูกต้อง

ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถด้านการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ ปรากฏดังนี้

“...ครูผู้สอนต้องมีความรู้ความเข้าใจในนิยามของคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ และแนวคิดสำคัญของเนื้อหาที่จะสอนเป็นอย่างดี สามารถอธิบายให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจได้โดยง่าย อาจจะเริ่มจากการยกตัวอย่างที่ง่าย ๆ แล้วค่อยเพิ่มความยากขึ้นไปเรื่อย ๆ เพื่อให้ให้นักเรียนได้เรียนรู้จากตัวอย่างที่หลากหลาย...” ผู้เชี่ยวชาญ 1 และ 2 (มีนาคม 2561)

“...ครูผู้สอนต้องใช้ภาษาหรือคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์นั้นไปตลอด และต้องเข้าใจนิยามของภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์นั้น ๆ ให้ถูกต้อง ยกตัวอย่างเช่น เรื่องการหาร คำว่า “หาร” กับ “หารด้วย” หรือคำว่า “ระหว่าง” “ตั้งแต่” “อันดับที่” ถ้าครูอธิบายไม่ชัดเจน จะส่งผลถึงตอนการแปลงภาษาไปเป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์...” ผู้เชี่ยวชาญ 2 (มีนาคม 2561)

“...ฝึกให้นักเรียนได้อธิบายความคิดด้วยการใช้ภาษาของตนเองก่อน จากการถาม-ตอบด้วยภาษาง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน หลังจากนั้นค่อยต่อยอดไปสู่การใช้ภาษาหรือคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ที่เป็นสากล...” ผู้เชี่ยวชาญ 3 (มีนาคม 2561)

“...ครูอธิบาย ยกตัวอย่าง หรือแสดงวิธีคิดโจทย์ปัญหา ด้วยภาษา คำศัพท์ และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องให้นักเรียนดูพร้อมทั้งชี้ให้นักเรียนเห็นว่าในโจทย์นั้น ๆ มีภาษา คำศัพท์ และสัญลักษณ์ที่สำคัญอะไรบ้าง และในขณะที่สอนหรือทำกิจกรรมครูต้องเน้นการใช้ภาษา คำศัพท์ และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์กับนักเรียนให้มากยิ่งขึ้น มีการยกตัวอย่างการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องและไม่ถูกต้องให้นักเรียนได้เห็นอย่างชัดเจน เพื่อลดการเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียน พร้อมกันนั้นครูต้องพยายามถามคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ตอบด้วยภาษาของตนเอง อาจจะเป็นภาษาทางคณิตศาสตร์ที่ง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน...” ผู้เชี่ยวชาญ 3 (มีนาคม 2561) และ 4 (เมษายน 2561)

“...ครูกำหนดโจทย์หรือสถานการณ์ปัญหา ให้นักเรียนได้ฝึกคิดด้วยตนเอง อย่างอิสระในชั่วโมงนั้น ๆ ภายใต้การดูแลของครูผู้สอน เพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนและเมื่อนักเรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับคำศัพท์ครูจะได้ช่วยอธิบายและแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที...” ผู้เชี่ยวชาญ 4 (เมษายน 2561)

“...ครูให้นักเรียนเรียนรู้คำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การเรียนเรื่องโจทย์ปัญหาเมื่อนักเรียนไม่เข้าใจเกี่ยวกับคำศัพท์หรือข้อความ

ที่โจทย์กำหนดมาให้ ยกตัวอย่างเช่น “ระหว่าง” หรือ “ตั้งแต่” ครูจะใช้วิธีการให้นักเรียนวาดภาพหรือแผนภาพออกมา เพื่อพยายามทำสิ่งที่เป็นนามธรรมให้กลายเป็นรูปธรรมมากที่สุด...” ผู้เชี่ยวชาญ 5 (เมษายน 2561)

2.1.2 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และด้านความชัดเจนในการนำเสนอ

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์นั้น ไม่สามารถแยกองค์ประกอบด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และองค์ประกอบด้านความชัดเจนในการนำเสนอ ออกจากกันได้ เนื่องจากเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) ในตอนที่ 1 พบว่า องค์ประกอบทั้ง 2 องค์ประกอบ มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากัน ดังนั้นต้องพัฒนาองค์ประกอบทั้ง 2 องค์ประกอบไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งมีแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายเพื่อนำเสนอและแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ หรือเหตุผลของตนเองในสถานการณ์หรือบริบทต่าง ๆ ในขณะที่เรียนรู้เนื้อหาใหม่และฝึกทักษะความชำนาญ ซึ่งทำได้หลายลักษณะ เช่น 1) ให้นักเรียนอธิบายที่มาของข้อสรุปหรือวิธีการหาคำตอบของตนเองผ่านการพูดหรือการเขียน แล้วแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน 2) ให้นักเรียนอธิบายมโนทัศน์หรือความต่างของสองมโนทัศน์ เช่น ให้นักเรียนอธิบายความหมายของ ห.ร.ม. ของ 6 และ 9 รวมถึงความต่างกับ ค.ร.น. ของ 6 และ 9 เป็นต้น 3) ให้นักเรียนอธิบายขั้นตอนการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เช่น อธิบายขั้นตอนการดำเนินการในการบวก เช่น $431 + 598$ หรืออธิบายขั้นตอนการดำเนินการคูณ เช่น 234×96 เป็นต้น 4) ให้นักเรียนเขียนอธิบายวิธีการแก้ปัญหาหรือแนวทางแก้ปัญหาตามความเข้าใจของตนเอง และ 5) ให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบข้อสรุปหรือแนวคิดของตนเองซึ่งสามารถใช้ขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ครูยกตัวอย่างโจทย์หรือสถานการณ์ปัญหา จากนั้นครูกับนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อวิเคราะห์ว่าต้องใช้ความรู้ เนื้อหา และหลักการทางคณิตศาสตร์เรื่องใดในการแก้โจทย์หรือสถานการณ์นั้น ๆ และมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร โดยช่วยกันระบุขั้นตอนในการแก้ปัญหาว่าประกอบด้วยขั้นตอนอะไรบ้าง หรือช่วยกันลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา ก่อน-หลัง

ขั้นที่ 2 ครูให้นักเรียนได้ฝึกอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งครูกำหนดสถานการณ์ที่แสดงวิธีคิดที่ไม่ถูกต้องหรือกำหนดสถานการณ์ที่แสดงวิธีคิดถูกต้องแต่ขาดรายละเอียดที่สมบูรณ์ ให้นักเรียนเพื่อฝึกอธิบายแนวคิดผ่านการพูดหรือเขียน และในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูต้องส่งเสริมให้มีการสื่อสารทั้ง 2 ทาง คือ ให้นักเรียนมีโอกาสได้รับบทบาทเป็นทั้งผู้ส่งสารและผู้รับสาร

โดยการกำหนดให้นักเรียนได้ทำงานเป็นคู่หรือเป็นกลุ่มย่อย เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นของตนเองและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น พร้อมทั้งช่วยกันระดมความคิดเห็นในการแก้ไข โจทย์หรือสถานการณ์นั้น ๆ ให้ถูกต้อง เป็นระบบ มีรายละเอียดที่ครบถ้วนสมบูรณ์ และสามารถสื่อความหมายให้คนอื่นเข้าใจได้ จากนั้นครูให้นักเรียนออกมานำเสนอแนวคิดของกลุ่มตนเอง แล้วเปิดโอกาสให้เพื่อนในห้องได้ซักถามข้อสงสัย และเสนอแนวคิดอื่นที่แตกต่างจากแนวคิดที่เพื่อนออกไปนำเสนอ ตัวอย่างเทคนิคการสอนที่ใช้ เช่น Think-Pair-Share

ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และด้านความชัดเจนในการนำเสนอปรากฏดังนี้

“...ครูกำหนดโจทย์หรือสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลาย น่าสนใจ ทำทาบความสามารถของนักเรียน เป็นสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน และครูพยายามใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนได้คิด...” ผู้เชี่ยวชาญ 1 และ 3 (มีนาคม 2561)

“...จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมกลุ่มเพื่อให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกัน เริ่มจากครูกำหนดโจทย์หรือสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนได้ร่วมกันคิด เขียนอธิบายวิธีคิดหรือวิธีแก้ปัญหาลงในกระดาษนำเสนอ แล้วให้ออกมานำเสนอวิธีคิดของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน เปิดโอกาสให้เพื่อนและครูได้ซักถามข้อสงสัย หลังจากนั้นครูและนักเรียนสรุปความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมร่วมกัน...” ผู้เชี่ยวชาญ 2 (มีนาคม 2561)

“...ครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนคิดเองก่อน หลังจากนั้นให้นักเรียนนำเสนอความคิดของตัวเองออกมาด้วยการพูด รายงาน หรือนำเสนอ (ในขั้นตอนนี้ครูให้เพื่อนในห้องซักถามข้อสงสัยรวมถึงตัวครูเองเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของผู้ส่งสาร และผู้รับสาร ว่าเข้าใจถูกต้องตรงกันหรือไม่) เมื่อเข้าใจตรงกันแล้วให้นักเรียนฝึกเขียนอธิบายวิธีคิดของตนเองออกมาเป็นตัวหนังสือ...” ผู้เชี่ยวชาญ 3 (มีนาคม 2561)

“...ครูให้กับนักเรียนได้ฝึกแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งครูกำหนดสถานการณ์ที่แสดงวิธีคิดแบบไม่ถูกต้องให้กับนักเรียน หรือถูกต้องแต่ขาดรายละเอียดที่สมบูรณ์ จากนั้นร่วมกันอภิปรายกับครูและเพื่อนในห้อง...” ผู้เชี่ยวชาญ 4 (เมษายน 2561)

“...จัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูจะต้องส่งเสริมให้มีการสื่อสารทั้ง 2 ทาง คือ ต้องให้นักเรียนมีโอกาสได้รับบทบาทเป็นทั้งผู้ส่งสารและผู้รับสาร โดยการกำหนดให้นักเรียนได้ทำงานเป็นคู่หรือเป็นกลุ่มย่อย เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นของตนเองและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น พร้อมทั้งระดมความคิดช่วยกันในการแก้ไขโจทย์หรือสถานการณ์นั้น ๆ ให้ออกต้องสมบูรณ์ จากนั้นครูให้นักเรียนออกมานำเสนอแนวคิดของกลุ่มตนเอง แล้วเปิดโอกาสให้เพื่อนในห้องได้ซักถามข้อสงสัย และเสนอแนวคิดอื่นที่แตกต่างจากแนวคิดที่เพื่อนออกไปนำเสนอ...” ผู้เชี่ยวชาญ 5 (เมษายน 2561)

“...ในช่วงแรกครูไม่ควรกำหนดรูปแบบการเขียนหรือการแสดงวิธีทำแล้วให้นักเรียนทำตามรูปแบบนั้น ๆ เพราะจะเป็นการจำกัดความคิดของนักเรียน แต่ควรให้นักเรียนเขียนนำเสนอความคิดตามความเข้าใจของตัวเองก่อน...” ผู้เชี่ยวชาญ 5 (เมษายน 2561)

2.1.3 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในภาพรวม

1) สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามปกติ ครูควรเน้นการสาธิตหรือแสดงให้ดูเป็นตัวอย่าง (Model) ถึงการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องชัดเจน กล่าวคือ แสดงตัวอย่างการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องและเสนอตัวอย่างที่ไม่ถูกต้องไปพร้อม ๆ กัน รวมถึงการนำวิธีการนำเสนอแนวคิดหรือการแสดงแนวคิดแบบต่าง ๆ มาให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าวิธีไหนสื่อสารได้ชัดเจนและถูกต้อง นอกจากนั้นจะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ภายใต้คำแนะนำจากครู และฝึกฝนด้วยตนเองอย่างอิสระ

2) การสอดแทรก “การอภิปรายกลุ่มย่อยและกลุ่มใหญ่” ประกอบการสอนความรู้ใหม่ในเนื้อหาบางเรื่องที่เหมาะสม เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการนำเสนอและแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนเอง การอธิบายเหตุผลในการสนับสนุนของแนวคิดหรือข้อสรุปของตนเอง หรือโต้แย้งความคิดเห็นหรือข้อสรุปของคนอื่น เช่น กิจกรรมเกี่ยวกับการใช้เศษส่วน ครูนำเสนอสถานการณ์ให้นักเรียนสำรวจและหาคำตอบดังนี้ “มะลิแบ่งขนมคุกกี้ 8 ชิ้น ให้กับเพื่อน 5 คน เพื่อนแต่ละคน จะได้รับขนมคุกกี้เท่าใด” ซึ่งในการนำเสนอคำตอบอาจใช้ข้อความหรือการวาดรูป ครูใช้กระบวนการกลุ่มย่อย 3-4 คน ให้นักเรียนร่วมกันค้นหาวิธีการหาคำตอบในกลุ่มย่อยและนำเสนอคำตอบในกลุ่มใหญ่

3) การสอดแทรกกิจกรรม “การเขียนทางคณิตศาสตร์” โดยควรเลือกงานเขียนที่เอื้อให้นักเรียนได้ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการนำเสนอและแสดงแนวคิดด้วยที่สำคัญ ยกตัวอย่างเช่น

3.1) การเขียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ด้วยภาษาตามความเข้าใจของตนเองเมื่อจบในแต่ละคาบเรียน ครูอาจใช้คำถามนำสัก 2-3 คำถาม เป็นแนวทางในการเขียน เช่น ใช้คำถามกระตุ้นด้วยคำว่า “ทำไม” “อย่างไร” “เพราะเหตุใด” เป็นต้น

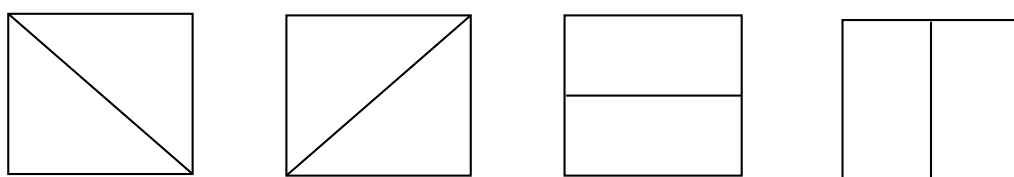
3.2) การเขียนอธิบายมโนทัศน์และวิธีการทางคณิตศาสตร์ เช่น ให้นักเรียนอธิบายวิธีการแปลงเศษส่วน $\frac{3}{4}$ ให้อยู่ในรูปทศนิยม

3.3) การเขียนอธิบายและแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหา

4) การใช้กิจกรรมการแก้ปัญหาปลายเปิด (open-ended problem) ซึ่งนำเสนอปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย (ภาพ กราฟ ตาราง) เช่น ครูนำปัญหาปลายเปิดให้นักเรียนได้สำรวจและหาคำตอบ ซึ่งในการนำเสนอคำตอบอาจใช้ข้อความหรือการวาดรูป ตัวอย่างปัญหาปลายเปิด เช่น “กำหนดเชือกเส้นหนึ่งยาว 36 เมตร ให้นักเรียนนำเชือกเส้นนี้มาสร้างเป็นรูปเหลี่ยมต่าง ๆ ให้ได้มากที่สุด พร้อมบอกขนาดของรูปเหลี่ยมนั้น”

5) กิจกรรมที่ใช้เทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) เช่น “Think-Talk-Write” โดยในการจัดกิจกรรม ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด (Think) แล้วอภิปรายร่วมกัน อาจเป็นกลุ่มย่อยหรือกลุ่มใหญ่จนได้ข้อสรุปที่ถูกต้อง จากนั้นนักเรียนเขียนข้อสรุปจากการอภิปรายด้วยภาษาของตนเอง นอกจากนั้นยังมีเทคนิคอื่น ๆ เช่น “Think-Pair-Share” โดยในการจัดกิจกรรม ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด (Think) ให้จับคู่พูดคุยเพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดและประสบการณ์ หาข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ จากนั้นให้มีการนำเสนอข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ในกลุ่มใหญ่ ทั้งชั้นเรียน แล้วครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้และเหตุผลซึ่งกันและกัน

ตัวอย่าง การใช้เทคนิค “Think-Talk-Write” ร่วมกับกิจกรรมการแก้ปัญหาปลายเปิด ตัวอย่างปัญหาปลายเปิดที่ให้ผู้เรียนร่วมแก้ เช่น “จงหาวิธีการแบ่งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสรูปหนึ่งออกเป็นส่วนต่าง ๆ ที่เท่า ๆ กัน ให้ได้วิธีการที่หลากหลาย” ตัวอย่างคำตอบ เช่น



ภาพที่ 10 ตัวอย่างคำตอบของสถานการณ์ปัญหาปลายเปิด

แนวทางดังกล่าวข้างต้น จะเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนได้ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายและนำเสนอแนวทางคณิตศาสตร์ของตนเอง ผ่านทั้งการพูด การเขียน การฟัง และการอ่าน ทำให้ครูทราบว่านักเรียนใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนสามารถนำเสนอแนวคิดอย่างเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนหรือไม่ รวมถึงนักเรียนสามารถแสดงแนวคิดโดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องหรือไม่ หากครูพบข้อผิดพลาด จะต้องชี้ให้นักเรียนทราบถึงข้อผิดพลาดดังกล่าว และปรับแก้ไขให้ถูกต้องในทันที

ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในภาพรวม ปรากฏดังนี้

“...ในขณะที่จัดกิจกรรมการเรียนการสอนครูควรมีการยกตัวอย่างการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องหรือไม่ถูกต้องที่อาจทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการเขียนอธิบายวิธีคิดหรือนำเสนอความคิด เพื่อให้ให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ชัดเจน...” ผู้เชี่ยวชาญ 1 (มีนาคม 2561)

“...ครูเสนอโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ที่มีความน่าสนใจ สอดคล้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน หรือปัญหาปลายเปิดแล้วให้นักเรียนร่วมกันคิดและอภิปรายวิธีการแก้โจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์นั้น ๆ ในช่วงแรกอาจจะแบ่งกลุ่มให้นักเรียนกลุ่มละ 3-4 คน ก่อนเพื่อให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มช่วยกันคิด ช่วยกันอภิปรายเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่นั้น ๆ หลังจากนั้นค่อยให้นักเรียนออกมานำเสนอแนวคิดของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน และเปิดโอกาสให้เพื่อนในห้องซักถามข้อสงสัยได้ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ และฝึกการนำเสนอ...” ผู้เชี่ยวชาญ 2 (มีนาคม 2561)

“...ในการเขียนแสดงวิธีคิดหรือวิธีการแก้ปัญหา ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เขียนอธิบายตามเข้าใจของตนเองเสียก่อน อาจจะใช้ภาษาง่าย ๆ ไม่เป็นทางการมากนัก แต่สามารถสื่อความหมายให้ทุกคนเข้าใจตรงกันได้ หลังจากนั้นครูค่อย ๆ สอดแทรกภาษาทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องตามหลักสากล หรือลำดับขั้นตอนในการเขียนอธิบายวิธีแก้ปัญหาที่ถูกต้องให้กับนักเรียน เนื่องจากถ้าครูไปกำหนดรูปแบบการเขียนให้กับนักเรียนเลย อาจจะเป็นการจำกัดความคิดของนักเรียน ส่งผลให้นักเรียนไม่กล้าที่คิดหรือ

แสดงความคิดเห็นใด ๆ...” ผู้เชี่ยวชาญ 3 (มีนาคม 2561) และ 5 (เมษายน 2561)

“...ขั้นที่ 1 ครูกำหนดโจทย์หรือสถานการณ์ปัญหาแล้วให้นักเรียนได้ฝึกนำเสนอความคิดผ่านการพูดอาจจะอยู่ในรูปแบบการตอบคำถาม การรายงาน หรือการนำเสนอ ขั้นที่ 2 ครูกำหนดโจทย์หรือสถานการณ์ปัญหาแล้วให้นักเรียนได้ฝึกนำเสนอความคิดผ่านการเขียนอธิบายตามความเข้าใจของนักเรียนเอง ซึ่งในขั้นนี้ครูต้องไม่กำหนดรูปแบบการเขียนใด ๆ ทั้งสิ้น เพราะจะเป็นการจำกัดความคิดของนักเรียน และขั้นที่ 3 ครูกำหนดโจทย์หรือสถานการณ์ปัญหาแล้วฝึกให้นักเรียนเขียนอธิบายเพื่อนำเสนอความคิดอย่างเป็นระบบ มีรายละเอียดที่ครบถ้วนสมบูรณ์ และสามารถสื่อความหมายให้คนอื่นเข้าใจได้...” ผู้เชี่ยวชาญ 4 (เมษายน 2561)

2.2 ด้านการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้

แนวทางการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ขององค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบนั้น สามารถใช้แนวทางเดียวกันได้ ซึ่งแนวทางในการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน มีดังนี้

1) การจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ได้แก่ จัดโต๊ะเรียนให้เอื้อต่อการทำกิจกรรม เช่น จัดเป็นคู่ จัดเป็นกลุ่มย่อย หรือจัดเป็นกลุ่มใหญ่ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสพูดคุย อภิปราย หรือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

2) การจัดสภาพแวดล้อมทางจิตใจ ได้แก่ จัดบรรยากาศในการเรียนรู้ที่เหมาะสม เช่น บรรยากาศในห้องเรียนต้องไม่ตึงเครียดจนเกินไป ครูให้อิสระและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นในขณะเดียวกันครูต้องให้ความสำคัญกับคำตอบหรือความคิดของนักเรียนด้วยเพื่อให้นักเรียนรู้สึกว่าคุณค่าความคิดของเขามีประโยชน์

ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับแนวทางในการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ปรากฏดังนี้

“...จัดโต๊ะเรียนเป็นกลุ่มย่อย เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พูดคุย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และประสบการณ์เรียนรู้ซึ่งกันและกัน...” ผู้เชี่ยวชาญ 1 (มีนาคม 2561)

“...ครูต้องพยายามสร้างแหล่งการเรียนรู้หรือสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ เพื่อเป็นการย้ำเตือนให้กับเด็ก เช่น สถานที่ในโรงเรียนต้องจัดให้อื้ออำนวย ติดมาตราส่วน เศษส่วน หรือสูตรตามชั้นบันได และจัดบริบทหรือ สภาพแวดล้อมในการเรียนรู้เป็นกลุ่มเพื่อเอื้อให้นักเรียนได้อภิปรายแสดง ความคิดของตนเองทำให้เกิดแนวคิดที่หลากหลาย...” ผู้เชี่ยวชาญ 2 (มีนาคม 2561)

“...ในการจัดการเรียนการสอนครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นถึงแม้จะเป็นการใช้ภาษาที่ง่าย ๆ...” ผู้เชี่ยวชาญ 3 (มีนาคม 2561)

“...ในขณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูต้องให้ความสำคัญกับคำตอบหรือ ความคิดเห็นของนักเรียนทุกคนถึงแม้จะไม่ใช่คำตอบที่ถูกต้องก็ตาม เพื่อ สร้างบรรยากาศที่เป็นกันเองและความสัมพันธ์อันดีระหว่างครูผู้สอนกับ นักเรียน...” ผู้เชี่ยวชาญ 4 (เมษายน 2561)

“...จัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพ โดยการจัดโต๊ะเรียนเป็นกลุ่มย่อย เพื่อให้ สอดคล้องกับการทำกิจกรรมกลุ่ม เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้ช่วยกัน ระดมกันคิดเพื่อแก้สถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้ และการจัด สภาพแวดล้อมทางจิตใจ โดยครูต้องสร้างความเป็นมิตรกับนักเรียน เอาใจใส่ นักเรียนทุกคนและไม่วิพากษ์วิจารณ์ความคิดของนักเรียนในทางลบ ส่งผล ให้เขาไม่กล้าที่จะคิดและไม่อยากแสดงความคิดเห็นหรือตอบคำถามของครู อีกต่อไป และสร้างบรรยากาศที่เป็นอิสระเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิด อย่างเต็มที่...” ผู้เชี่ยวชาญ 5 (เมษายน 2561)



จัดโต๊ะเรียนให้เอื้อต่อการทำกิจกรรมกลุ่มเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กัน

ภาพที่ 11 ตัวอย่างการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทาง
คณิตศาสตร์ของนักเรียน



จัดโต๊ะเรียนในลักษณะที่ให้นักเรียนนั่งฟังครูบรรยายเพียงอย่างเดียว ไม่เปิดโอกาสให้
นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กัน

ภาพที่ 12 ตัวอย่างการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ที่ไม่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทาง
คณิตศาสตร์ของนักเรียน

2.3 ด้านการใช้สื่อการเรียนรู้

แนวทางการใช้สื่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ขององค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบนั้นสามารถใช้แนวทางเดียวกันได้ นั่นคือ ต้องใช้สื่อที่เป็นรูปธรรมเข้าใจง่าย สามารถจับต้องได้ เคลื่อนย้ายได้สะดวก สอดคล้องกับเนื้อหาที่กำลังสอน เป็นสื่อที่ใกล้ตัวนักเรียน ช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และกระตุ้นให้นักเรียนได้พูดหรือแสดงความคิดทางคณิตศาสตร์ได้ง่ายขึ้น เช่น รูปภาพ โมเดลรูปเรขาคณิต วัสดุหรือของใช้ในชีวิตประจำวัน เป็นต้น

ยกตัวอย่างเช่น การสอนเรื่องชนิดของรูปเรขาคณิตสองมิติที่เป็นส่วนประกอบของรูปเรขาคณิตสามมิติ ครูควรหาสื่อการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรม เป็นของจริงที่สามารถจับต้องได้และช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพได้ชัดเจน มาใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และให้นักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายถึงลักษณะของรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีรูปเรขาคณิตสองมิติที่เป็นส่วนประกอบ หรือลักษณะเฉพาะของรูปเรขาคณิตสามมิติแต่ละชนิด เป็นต้น

ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับแนวทางในการใช้สื่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ปรากฏดังนี้

“...พยายามใช้เป็นสื่อที่จับต้องได้ นักเรียนมองเห็นภาพชัดเจน สามารถเข้าใจได้ง่าย และเป็นสื่อที่ใกล้ตัวนักเรียน สัมพันธ์กับเนื้อหาหรือกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูกำลังจะจัด หรืออาจจะใช้สภาพแวดล้อมที่นักเรียนสัมผัสอยู่ในขณะนั้นเป็นสื่อการเรียนรู้ เช่น เรื่องการหาปริมาตรของรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก อาจจะใช้ห้องเรียนเป็นสื่อการเรียนรู้...” ผู้เชี่ยวชาญ 1 (มีนาคม 2561)

“...เป็นภาพ เป็นของจริงเพื่อนำมาใช้ในการอธิบายเพราะส่วนใหญ่ครูจะสอนคณิตศาสตร์โดยใช้สัญลักษณ์คือเอาสัญลักษณ์มาเป็นสื่อในการสอน แต่ความจริงแล้วต้องมาจากสิ่งของที่เป็นของจริงก่อนแล้วค่อยเชื่อมโยงไปสู่สัญลักษณ์ เช่น ต้องการให้นักเรียนเข้าใจความหมายของคำว่า “ระหว่าง” หรือ “ตั้งแต่” ครูต้องใช้สื่อที่เป็นของจริงมาช่วยในการอธิบายสิ่งเหล่านี้ ทำให้นักเรียนรู้สึกว่าคุณคณิตศาสตร์คือสิ่งที่อยู่ในชีวิตประจำวันของเขาจริง ๆ...” ผู้เชี่ยวชาญ 2 (มีนาคม 2561)

“...ครูต้องใช้สื่อที่จับต้องได้หรือเป็นของจริง เป็นสื่อที่ช่วยให้นักเรียนสามารถเข้าใจได้ง่าย เช่น โมเดลรูปเรขาคณิต 3 มิติ เป็นสื่อที่ใกล้ตัวนักเรียน หรืออยู่ในท้องถิ่นของตนเองตรงกับเนื้อหาที่สอนในขณะนั้น นอกจากนี้สื่อการเรียนรู้อาจจะอยู่ในรูปของโจทย์หรือสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลาย ทำท่าย และเร้าความสนใจของนักเรียน...” ผู้เชี่ยวชาญ 3 (มีนาคม 2561)

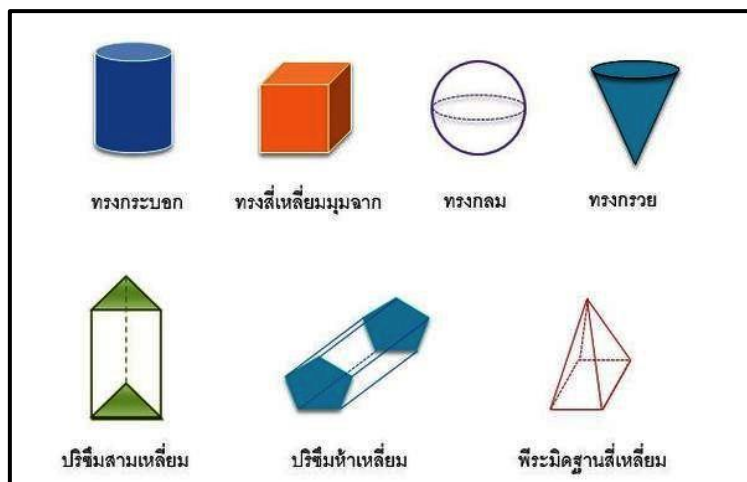
“...เป็นสื่อการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมนักเรียนจับต้องได้ ไม่จำเป็นต้องมีราคาแพง อาจจะเป็นสิ่งที่อยู่รอบตัวนักเรียนหรือเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน เช่น ถูขนมที่กินหมดแล้ว ก้อนหิน หนังกวางที่นักเรียนใช้เล่น...” ผู้เชี่ยวชาญ 4 (เมษายน 2561)

“...ครูต้องใช้สื่อการสอนที่เป็นของจริง เป็นสื่อที่จะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ภาษาและแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ เช่น รูปภาพที่เร้าความสนใจของนักเรียน โมเดลรูปเรขาคณิตชนิดต่าง ๆ แต่ก็ต้องขึ้นอยู่กับเนื้อหาที่ครูจะสอนด้วย...” ผู้เชี่ยวชาญ 5 (เมษายน 2561)



โมเดลรูปเรขาคณิตช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพได้ชัดเจน

ภาพที่ 13 ตัวอย่างสื่อการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน



รูปเรขาคณิตสามมิติที่ไม่สามารถจับต้องได้ เช่น ใบบวก รูโปสเตอร์

ภาพที่ 14 ตัวอย่างสื่อการเรียนรู้ที่ไม่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

2.4 ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลขององค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์นั้นสามารถใช้แนวทางเดียวกันได้ เนื่องจากนักเรียนอยู่ในระดับประถมศึกษา ดังนั้น การวัดและประเมินผลการเรียนรู้จึงต้องประเมินควบคู่กันทั้งการพูดและการเขียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย ได้แก่ การสังเกต การสัมภาษณ์ ใบงาน แบบทดสอบ และต้องมีเกณฑ์การประเมินที่ชัดเจนแต่ไม่ต้องละเอียดมาก เนื่องจากเกณฑ์การประเมินจะทำให้เราทราบว่านักเรียนมีปัญหาอะไรบ้าง ควรจะปรับปรุง แก้ไข หรือพัฒนาในด้านใด ดังนั้น การประเมินจึงเน้นการประเมินเพื่อพัฒนามากกว่าการประเมินเพื่อตัดสิน

ยกตัวอย่างเช่น การประเมินการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ ครูควรประเมินจากการสัมภาษณ์ การตอบคำถามของนักเรียน หรือประเมินจากใบงาน แบบฝึกทักษะ ข้อสอบแบบอัตนัย ในลักษณะที่ให้นักเรียนได้เขียนอธิบายแนวคิด แทนการประเมินจากข้อสอบอัตนัยหรือแบบฝึกทักษะที่ให้นักเรียนเขียนเฉพาะคำตอบ

ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับแนวทางในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ปรากฏดังนี้

“...ประเมินตามสภาพจริง เช่น การนำเสนอด้วยวาจา ตอบคำถาม แบบทดสอบ แบบฝึกหัด...” ผู้เชี่ยวชาญ 1 (มีนาคม 2561)

“...ประเมินทั้งจากการพูดและการเขียน กรณีที่นักเรียนเขียนอธิบายวิธีคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาไม่ได้ ครูอาจใช้วิธีการเรียกนักเรียนมาสอบถาม พูดคุยหรือสัมภาษณ์เพราะเด็กบางคนถนัดพูดแต่ไม่ถนัดเขียน แต่ถึงอย่างไรก็ตามครูก็ต้องฝึกให้นักเรียนเขียนแสดงแนวคิดให้ได้ ตอนแรกอาจจะให้เขาใช้ภาษาของตนเองเสียก่อนแล้วค่อย ๆ ปรับไปเรื่อย ๆ...” ผู้เชี่ยวชาญ 2 (มีนาคม 2561)

“...การอธิบายวิธีคิดและวิธีแก้ปัญหาจากการทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบหรือการอธิบายวิธีคิดและวิธีแก้ปัญหาจากการตอบคำถาม การนำเสนอหน้าชั้นเรียน...” ผู้เชี่ยวชาญ 3 (มีนาคม 2561)

“...ประเมินจากความถูกต้องและเหมาะสมของการใช้ภาษาในการเขียนอธิบายวิธีคิด การเรียงลำดับความคิดหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาหรือนำเสนอข้อมูล และประเมินจากความคิดที่เป็นประเด็นสำคัญของสถานการณ์ปัญหานั้น ๆ ไม่จำเป็นต้องถูกต้องทั้งหมดแต่มีความคิดสำคัญที่ผู้อื่นสามารถอ่านแล้วเข้าใจตรงกัน...” ผู้เชี่ยวชาญ 4 (เมษายน 2561)

“...ต้องวัดและประเมินผลควบคู่กันทั้งการพูดและการเขียน โดยใช้วิธีการและเครื่องมือที่หลากหลาย เช่น ถ้าต้องการดูการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ อาจประเมินจากการตอบคำถามครูหรือตอบคำถามเพื่อน ประเมินจากการนำเสนอแนวคิดหน้าชั้นเรียน ถ้าต้องการดูการแสดงแนวคิดหรือความชัดเจนในการนำเสนอ อาจประเมินจากการทำแบบทดสอบที่เป็นข้อสอบอัตนัย การทำแบบฝึกหัด การเขียนอธิบายวิธีการแก้ปัญหา...” ผู้เชี่ยวชาญ 5 (เมษายน 2561)



วัดและประเมินผลจากการตอบคำถามของนักเรียน

ภาพที่ 15 ตัวอย่างการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

สมการ		
ข้อ	คำถาม	คำตอบ
1	คุกกี้ราคาถ่วงละ 65 บาท พลอยซื้อคุกกี้จำนวน A ถ่วง ต้องจ่ายเงินทั้งหมด 585 บาท พลอยซื้อคุกกี้มากี่ถ่วง	
2	ปังปอนมีพี่สองคนซึ่งอายุมากกว่าปังปอน 3 และ 8 ปี ตามลำดับ อายุของทั้งสามคนรวมกัน 47 ปี จงหาอายุปังปอน	
3	ไม้แผ่นหนึ่งยาว 13 เมตร ถูกตัดเป็น 2 ท่อน ถ้าท่อนหนึ่งยาว กว่าอีกท่อนหนึ่งอยู่ 3 เมตร จงหาความยาวของไม้ทั้งสองท่อน	
4	พี่อายุมากกว่าน้อง 5 ปี ถ้าพี่อายุ 21 ปี น้องอายุเท่าไร	
5	รูปสามเหลี่ยมมีฐานยาว 28 ซม. มีพื้นที่ 340 ตร.ซม. จงหา ความสูงของรูปสามเหลี่ยม	

แบบฝึกทักษะที่ให้นักเขียนเขียนเฉพาะคำตอบ

ภาพที่ 16 ตัวอย่างการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่ไม่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Method Research) ทั้งวิธีเชิงปริมาณ (Quantitative Method) และวิธีเชิงคุณภาพ (Qualitative Method) มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

2. เพื่อนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัย 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

1. กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยระยะนี้ ผู้วิจัยคัดเลือกจากครูที่สอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาที่มีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์สูง คือ ครูที่จบการศึกษาด้านการสอนคณิตศาสตร์โดยตรง และมีประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาอย่างน้อย 10 ปี โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Random Sampling) จำนวน 5 ท่าน ได้แก่ 1.1) ครูในโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวน 3 ท่าน และ 1.2) ครูในโรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (โรงเรียนสาธิต) จำนวน 2 ท่าน

2. การเก็บและรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 1 ผู้วิจัยศึกษาเอกสาร ตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ทั้งด้านความหมาย ความสำคัญ มาตรฐาน การประเมินผล และแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเพื่อสังเคราะห์เป็นตัวชี้วัดและองค์ประกอบเบื้องต้น โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และจัดหมวดหมู่ขององค์ประกอบ

ขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยนำตัวชี้วัดและองค์ประกอบเบื้องต้นที่สังเคราะห์ได้ในขั้นตอนที่ 1 มากำหนดเป็นข้อคำถามแล้วนำไปใช้สัมภาษณ์ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์แบบเป็น

ทางการ (Formal Interview) เพื่อศึกษาตัวชี้วัดและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพิ่มเติมจากที่สังเคราะห์ได้ในขั้นตอนที่ 1 โดยเก็บข้อมูลจากครูคณิตศาสตร์ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายจำนวน 5 คน ซึ่งแบบสัมภาษณ์นี้เป็นแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured Interview) จำนวน 8 ข้อ ตามองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยลักษณะคำถามเป็นคำถามปลายเปิด ผลตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ความถูกต้องและความชัดเจนของการใช้ภาษาโดยพิจารณาเป็นรายข้อ ซึ่งทุกข้อคำถามมีค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (item-objective congruency index: IOC) เท่ากับ 1.00 ซึ่งถือว่ามีความสอดคล้องกับเนื้อหา (ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ, 2550) หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และจัดหมวดหมู่

ขั้นตอนที่ 3 ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนที่ 1 ไปรวมกับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ในขั้นตอนที่ 2 แล้วนำมาสังเคราะห์และจัดหมวดหมู่ตัวชี้วัดและองค์ประกอบใหม่เพื่อกำหนดเป็นรูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎีองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนต่อไป

3. การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยนำตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเบื้องต้นไปรวมกับข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ จากนั้นนำมาสังเคราะห์และจัดหมวดหมู่ใหม่เพื่อกำหนดเป็นรูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎีของตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนสำหรับนำไปสร้างเป็นแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ต่อไป ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

ระยะที่ 2 การตรวจสอบความสอดคล้องกลไกของตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

1. ประชากรและตัวอย่าง ประชากรในการวิจัยระยะนี้ คือ นักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 3,567 คน และตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยระยะนี้ คือ นักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 180 คน ผู้วิจัยได้ดำเนินการสุ่มแบบอาศัยความน่าจะเป็น (probability sampling) โดยใช้วิธีการสุ่มแบบสองขั้นตอน (two-stage random sampling) เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากร โดยขั้นที่ 1 สุ่มแบบแบ่งชั้น (stratified random sampling) โดยแบ่งโรงเรียนออกเป็น 4 กลุ่ม ตามขนาดของโรงเรียนโดยใช้เกณฑ์จากสำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน และขั้นที่ 2 สุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) เพื่อสุ่ม

นักเรียนที่ใช้เป็นตัวอย่างในการวิจัยให้เป็นไปตามขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมในการวิเคราะห์โมเดลความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ได้กำหนดไว้ข้างต้น โดยสุ่มนักเรียนจากโรงเรียนที่สุ่มได้ในชั้นที่ 1 ได้แก่ โรงเรียนขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขนาดใหญ่พิเศษ ขนาดละ 60 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ คะแนนเต็ม 36 คะแนน แบบวัดแต่ละข้อจะตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริคแยกตามตัวชี้วัด สำหรับผลตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ความถูกต้อง และความชัดเจนของการใช้ภาษา พร้อมทั้งเกณฑ์การตรวจให้คะแนนของแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (item-objective congruency index: IOC) ตั้งแต่ 0.67-1.00 ซึ่งถือว่ามีความสอดคล้องกับเนื้อหา (ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ, 2550) ตรวจสอบความเที่ยง (Reliability) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) พบว่า มีค่าความเที่ยง เท่ากับ 0.80 มีค่าความยาก (Difficulty) เท่ากับ 0.51 - 0.68 และมีค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) เท่ากับ 0.47 - 0.75

3. การเก็บและรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยนำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย จากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ไปยังผู้อำนวยการโรงเรียนต่าง ๆ ในสังกัดสำนักงานการศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร หลังจากโรงเรียนอนุญาตให้เข้าเก็บข้อมูล ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการเก็บข้อมูลจากนักเรียน โดยนำแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไปทดสอบกับนักเรียนที่เป็นตัวอย่างวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบนักเรียนด้วยตนเอง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลพื้นฐานมาวิเคราะห์และตรวจสอบเพื่อรายงานค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ด้วยโปรแกรม SPSS ส่วนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนขององค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนนี้จะวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม M-Plus

ระยะที่ 3 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

1. กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยระยะนี้ ผู้วิจัยคัดเลือกจากผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา คือ ครูที่จบการศึกษาด้านการสอนคณิตศาสตร์โดยตรง และมีประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา อย่างน้อย 10 ปี อาจารย์ในระดับมหาวิทยาลัยด้านการศึกษาหรือการสอนคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Random Sampling) จำนวน 5 ท่าน ได้แก่ 1.1) ครูที่สอนวิชาคณิตศาสตร์ใน

ระดับประถมศึกษา โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 2 ท่าน 1.2) ครูที่สอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา โรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (โรงเรียนสาธิต) จำนวน 2 ท่าน และ 1.3) อาจารย์ที่สอนในระดับมหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญด้านการศึกษาคณิตศาสตร์หรือการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา จำนวน 1 ท่าน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสัมภาษณ์ที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด โดยนำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้จากการวิจัยในระยะที่ 2 มาสร้างเป็นโครงร่างแนวทางการจัดการเรียนการสอนของตนเองเสียก่อน หลังจากนั้นนำโครงร่างแนวทางการจัดการเรียนการสอนและแบบสัมภาษณ์ที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาความเหมาะสมและตรวจสอบความถูกต้องของการใช้ภาษา และให้ข้อเสนอแนะ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะนำไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญต่อไป

3. การเก็บและรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยติดต่อประสานงานไปยังผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเพื่อขอสัมภาษณ์ตามประเด็นที่กำหนด หลังจากนั้นผู้วิจัยได้เดินทางไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยด้วยตนเอง ตามวัน เวลา และสถานที่ ที่ได้นัดหมาย

4. การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา มาสังเคราะห์และสรุปเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

1.1 ผลการศึกษาตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จากแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยวิเคราะห์ตัวชี้วัดจากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นทำการสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ได้ทั้งหมด 3 องค์ประกอบ 7 ตัวชี้วัด ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 การใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 1.1) ใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ และ 1.2) ใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบที่ 2 การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 2.1) การตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจากโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ 2.2) อธิบายแนวคิด หรือแสดงวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ หรือใช้แผนภูมิ รูปภาพ ตารางประกอบการอธิบาย และ 2.3) การสรุปคำตอบหรือข้อค้นพบที่ได้

องค์ประกอบที่ 3 ความชัดเจนในการนำเสนอ ประกอบด้วย 3.1) นำเสนอข้อมูลตามลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ และ 3.2) นำเสนอข้อมูลได้ชัดเจน ครบถ้วน และมีรายละเอียดสมบูรณ์

1.2 ผลการกำหนดรูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

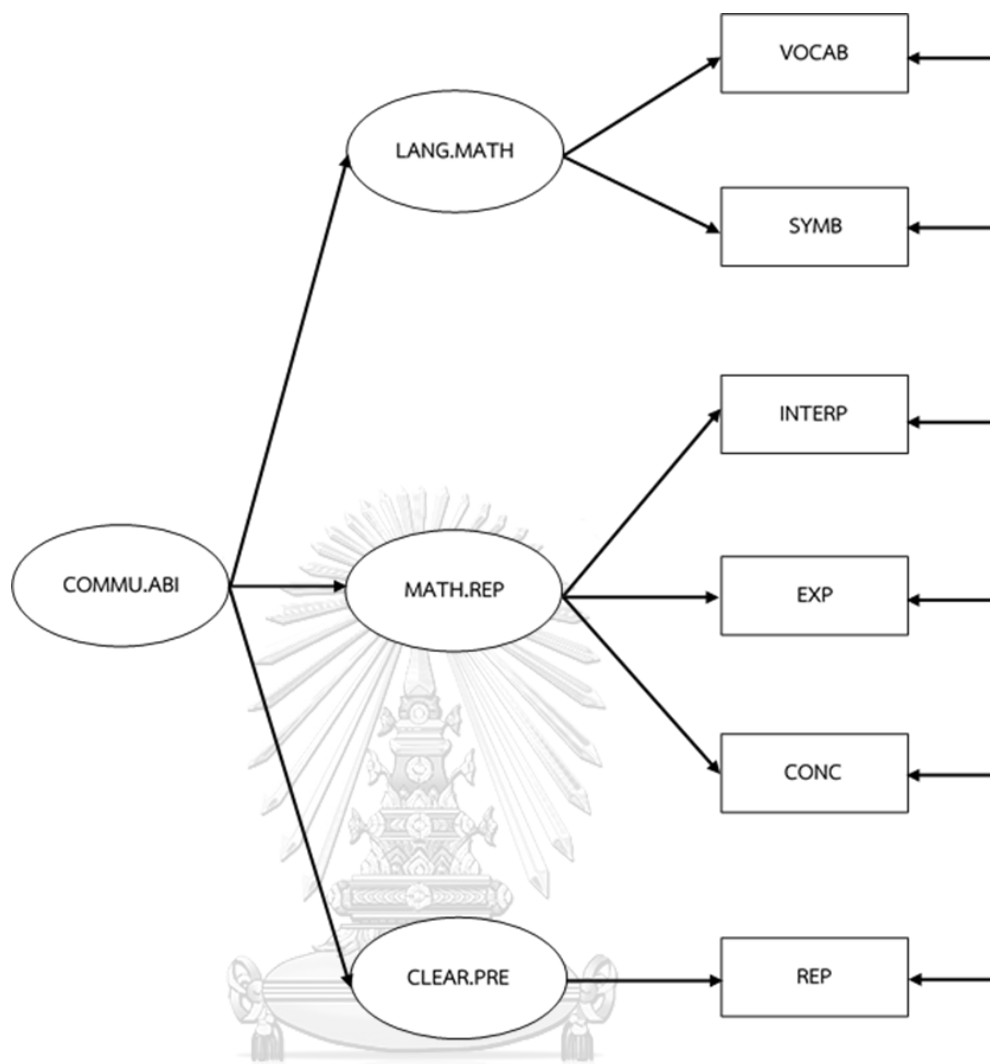
ผลจากการสัมภาษณ์ครูที่สอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา จำนวน 5 ท่าน เพื่อศึกษาตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 เพิ่มเติม พบว่า ทุกคนให้ความเห็นตรงกันว่าตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 มีทั้งสิ้น 3 องค์ประกอบ 6 ตัวชี้วัด ดังนี้

องค์ประกอบที่ 1 การใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 1.1) ใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ และ 1.2) ใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบที่ 2 การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 2.1) การตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจากโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ 2.2) การอธิบายวิธีคิด หรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ และหลักการทางคณิตศาสตร์ และ 2.3) การสรุปคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา

องค์ประกอบที่ 3 ความชัดเจนในการนำเสนอ ประกอบด้วย 3.1) การเขียนอธิบายวิธีคิดเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกัน

ผู้วิจัยนำไปกำหนดเป็นรูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อเป็นฐานคิดในการนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) ต่อไป ดังแสดงในแผนภาพที่ 17



ภาพที่ 17 รูปแบบสมมติฐานทางทฤษฎีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

1.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ พบว่า ตัวแปรทุกตัวมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) เมื่อพิจารณาค่าสถิติ Bartlett' Test of Sphericity ซึ่งเป็นค่าสถิติทดสอบสมมติฐานว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์นั้นเป็นเมทริกซ์เอกลักษณ์ (identity matrix) หรือไม่ พบว่า มีค่าเท่ากับ 898.60 แสดงว่าเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีไคเซอร์-เมเยอร์-ออลคิน (Kaiser-Mayer-Olkin measure of sampling adequacy: KMO) มีค่าเท่ากับ 0.88 ซึ่งเข้าใกล้ 1 ผลการทดสอบนี้แสดงให้เห็นว่าตัวแปรต่าง ๆ ในข้อมูลชุดนี้มีความสัมพันธ์กันมากและมีความเหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันได้

1.4 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ผลการวิเคราะห์ พบว่า โมเดลความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งเป็นโมเดลสมมติฐานตามกรอบแนวคิดที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พิจารณาได้จากค่าไค-สแควร์ ($\chi^2 = 9.57$, $df = 5$, $p = 0.09$) ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องกลมกลืน (CFI) เท่ากับ 0.99 และดัชนีวัดความสอดคล้องในรูปความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SRMR) เท่ากับ 0.02 เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปรในโมเดล พบว่าตัวแปรทุกตัวมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$)

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับที่หนึ่ง ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์โมเดลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบ (LANG.MATH, MATH.REP, CLEAR.PRE) กับตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 6 ตัว (VOCAB, SYMB, INTERP, EXP, CONC, REP) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดขององค์ประกอบทั้ง 3 ด้านดังกล่าว พบว่า ค่าน้ำหนักขององค์ประกอบของตัวชี้วัดทุกตัวมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) แสดงว่าตัวชี้วัดทั้ง 6 ตัวนี้ (VOCAB, SYMB, INTERP, EXP, CONC, REP) เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญของการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ (LANG.MATH) การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (MATH.REP) และความชัดเจนในการนำเสนอ CLEAR.PRE) โดยตัวชี้วัดที่มีน้ำหนักความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ การเขียนอธิบายวิธีคิดเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกัน (REP) มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.99 รองลงมาคือ การอธิบายวิธีคิด หรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และหลักการทางคณิตศาสตร์ (EXP) ส่วนตัวชี้วัดที่มีน้ำหนักความสำคัญน้อยที่สุด ได้แก่ การตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจาก โจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ (INTERP) มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.64 เมื่อพิจารณารายละเอียดในองค์ประกอบแต่ละด้าน ปรากฏผลดังต่อไปนี้

องค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ตัวชี้วัดทุกตัวมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) สำหรับตัวชี้วัดที่มีน้ำหนักความสำคัญมากที่สุดในการบ่งชี้ถึงการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ (VOCAB) มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.85 และมีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ประมาณร้อยละ 72

องค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ตัวชี้วัดทุกตัวมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) โดยตัวชี้วัดที่มีน้ำหนักความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ การอธิบายวิธีคิด หรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และหลักการทางคณิตศาสตร์ (EXP) ซึ่งมีค่าน้ำหนัก

ความสำคัญเท่ากับ 0.91 มีสัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ประมาณร้อยละ 84

องค์ประกอบความชัดเจนในการนำเสนอ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ตัวชี้วัดการเขียนอธิบายวิธีคิดเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกัน (REP) มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.99 และน้ำหนักองค์ประกอบมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) สัดส่วนความแปรปรวนที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบความชัดเจนในการนำเสนอประมาณร้อยละ 98

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ตัวชี้วัดตามกรอบแนวคิดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดขึ้นในการวิจัยครั้งนี้ เป็นตัวชี้วัดที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) ทุกตัว โดยทุกตัวชี้วัดมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเป็นบวก นั่นหมายความว่าหากนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 มีความสามารถตามตัวชี้วัดดังกล่าวสูง ก็จะมีผลทำให้ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับที่สอง ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์โมเดลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยรวม (COMMU.ABI) ซึ่งเป็นองค์ประกอบอันดับที่สองกับองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ (LANG.MATH) องค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (MATH.REP) และองค์ประกอบความชัดเจนในการนำเสนอ (CLEAR.PRE) ซึ่งเป็นองค์ประกอบอันดับที่หนึ่ง พบว่า องค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบดังกล่าว มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$) ทุกด้าน โดยมีน้ำหนักองค์ประกอบในรูปคะแนนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.91 ถึง 0.99 แสดงว่าองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบนี้เป็นองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยองค์ประกอบที่มีค่าน้ำหนักความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ องค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ (LANG.MATH) มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.99 รองลงมาคือองค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (MATH.REP) และองค์ประกอบความชัดเจนในการนำเสนอ (CLEAR.PRE) มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากัน ซึ่งเท่ากับ 0.91 องค์ประกอบแต่ละด้านดังกล่าวมีความแปรปรวนร่วมกันกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยรวม (COMMU.ABI) ประมาณร้อยละ 99, 83 และ 83 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้าน พบว่ามีความสัมพันธ์กันทางบวกในระดับสูง โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าตั้งแต่ 0.75 ถึง 0.82 แสดงว่าองค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ (LANG.MATH) องค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (MATH.REP) และองค์ประกอบความชัดเจนในการ

นำเสนอ (CLEAR.PRE) มีความสัมพันธ์กันมิได้แยกกันอย่างอิสระ นั่นคือ การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์นั้น จะต้องใช้ทั้งภาษาทางคณิตศาสตร์ และต้องมีความชัดเจนในการนำเสนอประกอบด้วย ซึ่งจะนำไปสู่การมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยรวมที่สูงขึ้น

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

2.1 ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2.1.1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถด้านการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์

1) การสอดแทรกภาษาทางคณิตศาสตร์ขณะสอนในแต่ละเนื้อหา ผู้สอนจะต้องย้ำเตือนหรือเน้นย้ำถึงการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ให้ถูกต้อง

นอกจากนั้น การใช้สัญลักษณ์หรือตัวอักษรในการสื่อสารนั้นมี 2 ลักษณะ ได้แก่ 1.1) สัญลักษณ์หรือตัวแปร (ทางการ) ที่เขียนแล้วเข้าใจได้ตรงกันโดยไม่ต้องเขียนคำอธิบาย และ 1.2) สัญลักษณ์หรือตัวแปรที่เขียนแล้วต้องอธิบายหรือขยายความ เช่น การใช้ตัวแปรเพื่อแทนปริมาณในโจทย์

2) กิจกรรมคณิตศาสตร์ที่เน้นการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (ง่าย ๆ) เช่น 2.1) กิจกรรมการแปลงประโยคภาษาให้เป็นประโยคสัญลักษณ์ (การใช้ตัวแปร สัญลักษณ์เพื่อแทนข้อความ) 2.2) กิจกรรมการวาดภาพและใช้สัญลักษณ์ ในการทำกิจกรรมดังกล่าว ผู้สอนสามารถตรวจสอบได้ว่านักเรียนใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ถูกต้องหรือไม่

2.1.2 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และด้านความชัดเจนในการนำเสนอ

ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายเพื่อนำเสนอและแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ หรือเหตุผลของตนเองในสถานการณ์หรือบริบทต่าง ๆ ในขณะที่เรียนรู้เนื้อหาใหม่และฝึกทักษะความชำนาญ ซึ่งทำได้หลายลักษณะ เช่น 1) ให้นักเรียนอธิบายที่มาของข้อสรุปหรือวิธีการหาคำตอบของตนเองผ่านการพูดหรือการเขียน แล้วแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกัน 2) ให้นักเรียนอธิบายมโนทัศน์หรือความต่างของสองมโนทัศน์ 3) ให้นักเรียนอธิบายขั้นตอนการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ 4) ให้นักเรียนเขียนอธิบายวิธีการแก้ปัญหาหรือแนวทางแก้ปัญหาตามความเข้าใจของตนเอง และ 5) ให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบข้อสรุปหรือแนวคิดของตนเอง ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีดังนี้

ขั้นที่ 1 ครูยกตัวอย่างโจทย์หรือสถานการณ์ปัญหา จากนั้นครูกับนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อวิเคราะห์ว่าต้องใช้ความรู้ เนื้อหา และหลักการทางคณิตศาสตร์เรื่องใดในการแก้โจทย์

หรือสถานการณ์นั้น ๆ โดยช่วยกันระบุขั้นตอนในการแก้ปัญหาว่าประกอบด้วยขั้นตอนอะไรบ้าง หรือช่วยกันลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา ก่อน-หลัง

ขั้นที่ 2 ครูให้นักเรียนได้ฝึกอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งครูกำหนดสถานการณ์ที่แสดงวิธีคิดที่ไม่ถูกต้องหรือกำหนดสถานการณ์ที่แสดงวิธีคิดถูกต้องแต่ขาดรายละเอียดที่สมบูรณ์ ให้นักเรียนเพื่อฝึกอธิบายแนวคิดผ่านการพูดหรือเขียน และในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครูต้องส่งเสริมให้มีการสื่อสารทั้ง 2 ทาง คือให้นักเรียนมีโอกาสได้รับบทบาทเป็นทั้งผู้ส่งสารและผู้รับสาร

2.1.3 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในภาพรวม

1) สำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามปกติ ครูควรเน้นการสาธิตหรือแสดงให้ดูเป็นตัวอย่าง (Model) ถึงการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องชัดเจน กล่าวคือ แสดงตัวอย่างการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องและเสนอตัวอย่างที่ไม่ถูกต้องไปพร้อม ๆ กัน รวมถึงการนำวิธีการนำเสนอแนวคิดหรือการแสดงแนวคิดแบบต่าง ๆ มาให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าวิธีไหนสื่อสารได้ชัดเจนและถูกต้อง

2) การสอดแทรก “การอภิปรายกลุ่มย่อยและกลุ่มใหญ่” ประกอบการสอนความรู้ใหม่ในเนื้อหาบางเรื่องที่เหมาะสม เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการนำเสนอและแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนเอง

3) การสอดแทรก “กิจกรรมการเขียนทางคณิตศาสตร์” โดยควรเลือกงานเขียนที่เอื้อให้นักเรียนได้ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการนำเสนอและแสดงแนวคิดด้วยที่สำคัญ

4) การใช้กิจกรรมการแก้ปัญหาปลายเปิด (open-ended problem) ซึ่งนำเสนอปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย (ภาพ กราฟ ตาราง)

5) กิจกรรมที่ใช้เทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) เช่น “Think-Talk-Write” หรือ “Think-Pair-Share” โดยในการจัดกิจกรรม ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด (Think) และพูดคุยเพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดและประสบการณ์ หาข้อสรุปทางคณิตศาสตร์

แนวทางดังกล่าวข้างต้น จะเปิดโอกาสให้นักเรียนแต่ละคนได้ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายและนำเสนอแนวทางคณิตศาสตร์ของตนเอง ทั้งผ่านการพูด การเขียน การฟังและการอ่าน ทำให้ครูทราบว่านักเรียนใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนสามารถนำเสนอแนวคิดอย่างเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนหรือไม่ รวมถึงนักเรียนสามารถแสดงแนวคิดโดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องหรือไม่ หากครูพบข้อผิดพลาด จะต้องชี้ให้นักเรียนทราบถึงข้อผิดพลาดดังกล่าว และปรับแก้ไขให้ถูกต้องในทันที

2.2 ด้านการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้

แนวทางการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนนั้น พบว่า 1) การจัดสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ได้แก่ จัดโต๊ะเรียนให้เอื้อต่อการทำกิจกรรม เช่น จัดเป็นคู่ จัดเป็นกลุ่มย่อย หรือจัดเป็นกลุ่มใหญ่ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสพูดคุย อภิปราย หรือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน และ 2) การจัดสภาพแวดล้อมทางจิตใจ ได้แก่ จัดบรรยากาศในการเรียนรู้ที่เหมาะสม เช่น บรรยากาศในห้องเรียนต้องไม่ตึงเครียดจนเกินไป ครูให้อิสระและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นในขณะเดียวกัน ครูต้องให้ความสำคัญกับคำตอบหรือความคิดของนักเรียนด้วยเพื่อให้นักเรียนรู้สึกว่าคุณค่าความคิดของเขา มีประโยชน์

2.3 ด้านการใช้สื่อการเรียนรู้

แนวทางการใช้สื่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนนั้น พบว่า ต้องใช้สื่อที่เป็นรูปธรรมเข้าใจง่าย สามารถจับต้องได้ เคลื่อนย้ายได้สะดวก สอดคล้องกับเนื้อหาที่กำลังสอน เป็นสื่อที่ใกล้ตัวนักเรียน ช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และกระตุ้นให้นักเรียนได้พูดหรือแสดงความคิดทางคณิตศาสตร์ได้ง่ายขึ้น เช่น รูปภาพ โมเดลรูปเรขาคณิต วัสดุหรือของใช้ในชีวิตประจำวัน เป็นต้น

2.4 ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนนั้น พบว่า ต้องวัดและประเมินผลควบคู่กันทั้งการพูดและการเขียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย ได้แก่ การสังเกต การสัมภาษณ์ ใบงาน แบบทดสอบ และต้องมีเกณฑ์การประเมินที่ชัดเจนแต่ไม่ต้องละเอียดมาก เนื่องจากเกณฑ์การประเมินจะทำให้เราทราบว่านักเรียนมีปัญหาอะไรบ้าง ควรจะปรับปรุง แก้ไข หรือพัฒนาในด้านใด ดังนั้น การประเมินจึงเน้นการประเมินเพื่อพัฒนามากกว่าการประเมินเพื่อตัดสิน

อภิปรายผล

ผู้วิจัยอภิปรายผลโดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ประเด็นที่ 1 จากผลการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของตัวชี้วัดและองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 เมื่อพิจารณาถึงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองโดยเรียงลำดับความสำคัญตามน้ำหนักขององค์ประกอบ

ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ คือ องค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ (LANG.MATH) องค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (MATH.REP) และองค์ประกอบความชัดเจนในการนำเสนอ (CLEAR.PRE) จะเห็นได้ว่าทุกด้านมีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ในระดับสูง (ระหว่าง 0.91 - 0.99) และองค์ประกอบด้านการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญมากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการที่นักเรียนจะสามารถสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ หรือนำเสนอสิ่งต่าง ๆ ได้นั้น นักเรียนต้องมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ภาษา คำศัพท์ และสัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องเสียก่อน ดังที่ สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 1989) ได้ระบุว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงความคิด โดยได้ระบุความสามารถที่ต้องการให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียนเกี่ยวกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งหนึ่งในนั้นก็คือ ความสามารถในการใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์แสดงแนวคิด อธิบายความสัมพันธ์ และจำลองสถานการณ์ เป็นต้น ส่วนองค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (MATH.REP) และองค์ประกอบความชัดเจนในการนำเสนอ (CLEAR.PRE) มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากัน กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ การจะส่งเสริมหรือพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนนั้นครูต้องส่งเสริมหรือพัฒนาไปพร้อม ๆ กันทั้ง 3 องค์ประกอบ เนื่องจากทั้ง 3 องค์ประกอบมีค่าน้ำหนักความสำคัญที่ใกล้เคียงกันมาก การจะส่งเสริมหรือพัฒนาเพียงด้านใดด้านหนึ่งหรือตัดด้านใดด้านหนึ่งทิ้งไปนั้น อาจส่งผลทำให้ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนลดน้อยลง

ประเด็นที่ 2 จากผลการศึกษาขององค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยสังเคราะห์จากแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของผู้วิจัยในเบื้องต้น พบว่า องค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 มีทั้งหมด 3 องค์ประกอบ 7 ตัวชี้วัด ได้แก่ 1) การใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 1.1) ใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ และ 1.2) ใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์ 2) การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 2.1) การตีความ แปลความ และวิเคราะห์ความหมายจากโจทย์หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ 2.2) อธิบายแนวคิด หรือแสดงวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ หรือใช้แผนภูมิ รูปภาพ ตารางประกอบการอธิบาย และ 2.3) การสรุปคำตอบหรือข้อค้นพบที่ได้ 3) ความชัดเจนในการนำเสนอ ประกอบด้วย 3.1) นำเสนอข้อมูลตามลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ และ 3.2) นำเสนอข้อมูลได้ชัดเจน ครบถ้วน และมีรายละเอียดสมบูรณ์ ซึ่งเมื่อผู้วิจัยนำองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่สังเคราะห์ได้ในเบื้องต้นนี้ไปสัมภาษณ์ครูคณิตศาสตร์ที่มีประสบการณ์การสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนระดับประถมศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพิ่มเติม พบว่า ครูคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่

ต่างให้ความเห็นว่า ตัวชี้วัดขององค์ประกอบที่ 3 ความชัดเจนในการนำเสนอ ควรเอามารวมกันให้เหลือเพียงตัวชี้วัดเดียว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะตัวชี้วัด 3.1) นำเสนอข้อมูลตามลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ และ 3.2) นำเสนอข้อมูลได้ชัดเจน ครบถ้วน และมีรายละเอียดสมบูรณ์ ยังมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันอยู่ จึงไม่สามารถแยกออกจากกันได้อย่างอิสระ ครูคณิตศาสตร์ให้ความเห็นว่า เมื่อนักเรียนสามารถนำเสนอข้อมูลตามลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ ก็แสดงว่านักเรียนสามารถนำเสนอข้อมูลได้ชัดเจน ครบถ้วนและมีรายละเอียดที่สมบูรณ์แล้ว ซึ่งสอดคล้องกับ Kennedy and Tipps (1944) ได้เสนอเกี่ยวกับตัวชี้วัดของความชัดเจนของการนำเสนอ (Clarity of Presentation) ว่าต้องเป็นการนำเสนอชัดเจนสมบูรณ์ (เป็นระบบ สมบูรณ์ มีรายละเอียดครบ) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการนำเสนอชัดเจนสมบูรณ์นั้นหมายความว่ารวมไปถึง การนำเสนอที่เป็นระบบ สมบูรณ์ และมีรายละเอียดครบ และสอดคล้องกับ อลิสร่า ชมชื่น (2550) ที่ได้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์แบบบูรณาการไว้ ว่าความชัดเจนในการนำเสนอ ควรนำเสนอเป็นลำดับขั้นตอนถูกต้องชัดเจน และมีรายละเอียดสมบูรณ์

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

ประเด็นที่ 1 จากผลการศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้งด้านการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และความชัดเจนในการนำเสนอ รวมไปถึงการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในภาพรวม แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถดังกล่าวที่ผู้เชี่ยวชาญนำเสนอ แนวทางส่วนใหญ่สามารถนำไปปรับและประยุกต์ใช้ในห้องเรียนในบริบทของประเทศไทยได้ เช่น การสอดแทรกกิจกรรมการเขียนทางคณิตศาสตร์ การสอดแทรกภาษาทางคณิตศาสตร์ขณะสอน การสาธิตหรือแสดงให้ดูเป็นตัวอย่าง (Model) ถึงการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องชัดเจน กิจกรรมการแก้ปัญหาปลายเปิด เป็นต้น แต่ยังมีบางแนวทาง เช่น การสอดแทรกการอภิปรายกลุ่มย่อยและกลุ่มใหญ่ประกอบการสอน หรือกิจกรรมที่ใช้เทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) ที่อาจมีปัญหาและเป็นอุปสรรคสำหรับการนำไปปรับและประยุกต์ใช้ในห้องเรียนของไทย ทั้งนี้เนื่องจากสภาพห้องเรียนในบริบทของไทยส่วนใหญ่ นักเรียนมักคุ้นเคยกับวิธีการสอนแบบบรรยายโดยครู ส่วนนักเรียนมีบทบาทเป็นเพียงผู้รับฟังเท่านั้น เวลาที่ครูให้แสดงความคิดเห็นหรืออภิปรายนักเรียนจะรู้สึกเขินอาย ไม่กล้าแสดงความคิดเห็นเนื่องจากกลัวผิดส่งผลให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร สอดคล้องกับ สิริพร ทิพย์คง (2545) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในลักษณะการสอนแบบอภิปรายว่า ถ้านักเรียนไม่กล้าแสดงความคิดเห็น ไม่รู้จักคิด หรือครูเลือกเนื้อหาไม่เหมาะสม นักเรียนไม่สามารถอภิปรายได้ หรือมีนักเรียนบางคนในกลุ่มเท่านั้นที่อภิปราย การสอนด้วยวิธีอภิปรายนี้ก็จะไม่ประสบ

ผลสำเร็จ เช่นเดียวกับกิจกรรมที่ใช้เทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) ถ้านักเรียนในกลุ่มไม่ช่วยกันคิด ช่วยกันทำ ช่วยกันอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แนวทางนี้ก็จะไม่ประสบผลสำเร็จ

ประเด็นที่ 2 จากผลการศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้งด้านการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และความชัดเจนในการนำเสนอ รวมไปถึงการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในภาพรวม แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถดังกล่าวที่ผู้เชี่ยวชาญนำเสนอ พบว่า ครูผู้สอนมีบทบาทสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการช่วยส่งเสริมและพัฒนาความสามารถดังกล่าวให้เกิดขึ้นกับนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติ สหรัฐอเมริกา (NCTM, 2000) ได้ระบุถึงบทบาทของครูในการช่วยพัฒนาการสื่อสารของนักเรียน ยกตัวอย่างเช่น ครูควรสนับสนุนให้มีการสื่อสารในห้องเรียน โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการอภิปราย ทั้งชั้นเรียน ครูควรสร้างบรรยากาศที่ดีให้เกิดขึ้นในห้องเรียน และปลูกฝังให้นักเรียนเคารพการตัดสินใจของเพื่อนในกลุ่มหรือในห้องเรียน ครูให้นักเรียนได้อภิปรายถึงวิธีการหาคำตอบที่หลากหลาย โดยจัดให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม หรือเป็นคู่ ครูผู้สอนมีบทบาทเป็นเพียงผู้ชี้แนะแนวทางเท่านั้น และฝึกให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายด้วยตนเอง สะท้อนแนวความคิดของตนเองให้คนอื่นได้ฟัง เป็นต้น ซึ่งเมื่อพิจารณาบทบาทครูข้างต้นประกอบกับผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ พบว่า

1) สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM, 2000) ได้เสนอแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในภาพรวม แต่ในการวิจัยครั้งนี้ได้เสนอแนวทางการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่จำแนกตามองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่พบจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ซึ่งน่าจะช่วยให้ครูสามารถพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ตรงจุดและเกิดประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น

2) มีประเด็นที่สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM, 2000) ระบุถึงบทบาทครูแตกต่างไปจากผลสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในการวิจัยครั้งนี้ คือ บทบาทของครูในการปลูกฝังให้นักเรียนเคารพการตัดสินใจของเพื่อนในกลุ่มหรือในห้อง และการสะท้อนแนวความคิดของตนเองให้คนอื่นฟัง ซึ่งเป็นประเด็นที่ไม่ได้มีผู้เชี่ยวชาญท่านใดกล่าวถึง ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าเป็นประเด็นสำคัญที่สามารถช่วยส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนได้ ดังนั้น ในการส่งเสริมความสามารถนี้แก่นักเรียนครูจึงไม่ควรละเลยบทบาทดังกล่าว

ประเด็นที่ 3 จากผลการศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้งด้านการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ การแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และความชัดเจนในการนำเสนอ รวมไปถึงการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทาง

คณิตศาสตร์ในภาพรวม แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถดังกล่าวที่ผู้เชี่ยวชาญนำเสนอ พบว่า ครูผู้สอนสามารถใช้แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวได้อย่างหลากหลายซึ่งมีลักษณะที่คล้ายกับวิธีการสอนและเทคนิคการสอนต่าง ๆ ที่นักการศึกษาเสนอ เช่น วิธีการสอนแบบสาธิต วิธีการสอนแบบอภิปราย วิธีการสอนแบบทดลอง เป็นต้น

นอกจากแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อมูลข้างต้นแล้ว ผู้วิจัยยังได้ศึกษาเพิ่มเติมและพบว่า ยังมีวิธีการสอนที่สามารถส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้อีก นั่นคือ วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) มี 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้ 1) การนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Posing open-ended problem) เป็นการนำเสนอปัญหาปลายเปิดให้กับนักเรียน โดยจุดเน้นของการนำเสนอปัญหาปลายเปิดคือการทำให้ปัญหานั้นเป็นปัญหาของนักเรียนให้ได้ 2) การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน (Students' self learning) เป็นการให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่นักเรียนกำลังแก้ปัญหาโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการเรียนรู้ด้วยตัวเองเพียงคนเดียวมาเป็นการเรียนรู้ร่วมกับผู้อื่น 3) การอภิปรายทั้งชั้นและการเปรียบเทียบ (Whole-class discussion and comparison) เป็นการนำแนวคิดที่หลากหลายของนักเรียนมาอภิปรายทั้งชั้นเพื่อให้นักเรียนคนอื่น ๆ ในชั้นได้มีโอกาสเรียนรู้จากแนวคิดของเพื่อน และ 4) การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน (Summarization through connecting students' Ideas emerged in the classroom) เป็นการขยายแนวคิดโดยการเชื่อมโยงจากแนวคิดต่าง ๆ ของนักเรียนที่เกิดขึ้นในห้องเรียน ในชั้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียนและชั้นอภิปรายทั้งชั้นเรียนสามารถย้อนกลับไปกลับมาได้ (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2547) ซึ่งวิธีการสอนดังกล่าวสามารถส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนได้เป็นอย่างดี กล่าวคือ ในทุกขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด (Open Approach) นักเรียนมีโอกาสได้สื่อสารกับเพื่อนและครู โดยใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ในการอธิบาย อภิปราย แสดงความคิดเห็น และนำเสนอวิธีคิดของตนเองให้คนอื่นได้เข้าใจ สอดคล้องกับ Becker & Shimada (1997) ที่เสนอว่าปัญหาปลายเปิดเป็นวิธีการที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ระหว่างนักเรียนด้วยกันวิธีหนึ่งจากการที่นักเรียนแต่ละคนหาคำตอบที่เป็นของตนเองและนำมาอภิปรายร่วมกัน นักเรียนจึงสามารถเรียนรู้แนวคิดอื่น ๆ ได้จากเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งนับเป็นข้อดีของปัญหาปลายเปิดว่าเป็นการช่วยพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและการสื่อสารของนักเรียน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิตติมา ชอบเอียด (2551) ซึ่งได้ศึกษาการใช้ปัญหาปลายเปิดเพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังการใช้ปัญหาปลายเปิดสูงกว่าก่อนการใช้ปัญหาปลายเปิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังการใช้ปัญหาปลายเปิดสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ประเด็นที่ 4 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วง ปีการศึกษา 2560 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สถานศึกษาในประเทศไทยยังคงใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เป็นแนวทางในการจัดการศึกษาแก่นักเรียน และในปีการศึกษา 2561 สถานศึกษาทุกแห่งต้องเริ่มใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในการจัดการศึกษานำร่องให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าจะมีการพัฒนาและปรับปรุงหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ไปเป็นหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แต่ผลการวิจัยเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ในงานวิจัยครั้งนี้ ก็ยังสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้นักเรียนเพื่อให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้นได้ เนื่องจากความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ยังคงปรากฏอยู่ในหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และถือเป็นหนึ่งทักษะที่ยังมีความสำคัญและจำเป็นต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพราะช่วยเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของนักเรียน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและความเข้าใจของนักเรียน ช่วยสร้างบรรยากาศที่เหมาะสมแก่การเรียนรู้ และช่วยให้ครูเข้าใจแนวคิดของนักเรียนได้ดีขึ้น (Rowan and Morrow, 1993) อีกทั้งยังเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญและจำเป็นเพื่อนำไปสู่การพัฒนาให้นักเรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ต่อไป

นอกจากนี้ แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ในงานวิจัยครั้งนี้ ไม่เพียงแต่นำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 เท่านั้น แต่ยังสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนในระดับชั้นอื่น ๆ หรือนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน เช่น นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ แต่ต้องจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับเนื้อหาและเหมาะสมกับลักษณะเฉพาะและความสามารถของนักเรียนในกลุ่มนั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนทุกคน และทุกระดับชั้นมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นไปอย่างมีความหมาย กล่าวคือ

นักเรียนสามารถเข้าใจคณิตศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้งและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทั้งนี้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประกอบไปด้วย 6 สาระการเรียนรู้ ได้แก่ สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ สาระที่ 2 การวัด สาระที่ 3 เรขาคณิต สาระที่ 4 พีชคณิต สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น และสาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ถือเป็นมาตรฐานและตัวชี้วัดหนึ่งในสาระที่ 6 ที่มีความสำคัญและจำเป็นที่จะต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นกับนักเรียน ต่อมาในปีการศึกษา 2561 ได้มีการพัฒนาและปรับปรุงหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เนื่องจากผลการวิจัยและติดตามการใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายงานว่ามาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดมีมากและมีความซ้ำซ้อนในกลุ่มสาระ โดยกลุ่มสาระคณิตศาสตร์เป็นหนึ่งในกลุ่มสาระที่มีข้อเสนอแนะให้ทบทวนตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2557) ซึ่งหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ได้มีการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านเนื้อหาและด้านการจัดสาระการเรียนรู้ โดยด้านสาระการเรียนรู้นั้นได้จัดเป็น 3 สาระ ได้แก่ จำนวนและพีชคณิต การวัดและเรขาคณิต และสถิติและความน่าจะเป็น ซึ่งได้แยกทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ออกจากสาระการเรียนรู้ แต่ก็ยังคงไว้ในหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เช่นเดิม ซึ่งทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ยังคงประกอบไปด้วย 5 ทักษะเดิม ได้แก่ การแก้ปัญหา การสื่อสาร และการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยง การให้เหตุผล และการคิดสร้างสรรค์ โดยกำหนดให้มีการประเมินความสามารถด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ควบคู่ไปกับการประเมินด้านเนื้อหาสาระ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

1.1 ก่อนนำแนวทางการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวไปใช้เพื่อจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้กับนักเรียน ครูควรศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 องค์ประกอบให้เข้าใจอย่างละเอียด เนื่องจากองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบมีวิธีการหรือขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่แตกต่างกันตามลักษณะเฉพาะขององค์ประกอบนั้น ๆ เพื่อที่ครูจะได้ทราบว่าควรให้ความสำคัญกับองค์ประกอบการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์มากที่สุด และให้ความสำคัญกับองค์ประกอบการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และองค์ประกอบความชัดเจนในการนำเสนอรองลงมา สำหรับนำไปใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบกิจกรรม

การจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมและพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากยิ่งขึ้น

1.2 ก่อนนำแนวทางการจัดการเรียนการสอนบางแนวทาง เช่น การสอนแบบสอดแทรกการอภิปรายกลุ่มย่อยและกลุ่มใหญ่ประกอบการสอน และการสอนที่ใช้กิจกรรมหรือเทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) ในช่วงแรก ๆ ของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอาจจะนำแนวทางดังกล่าวไปใช้กับเนื้อหาที่ง่าย ๆ เพื่อให้ให้นักเรียนรู้สึกคุ้นเคยก่อน เช่น ครูอาจจะเตรียมโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาที่มีความน่าสนใจ เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมกลุ่มทั้งกลุ่มย่อยและกลุ่มใหญ่ พยายามใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้นักเรียนคิด และแสดงความคิดเห็น โดยพยายามใช้คำถามปลายเปิด ไม่รีบร้อนเฉลยคำตอบให้กับนักเรียนเร็วเกินไป สร้างบรรยากาศที่เป็นมิตร เสริมแรงทางบวก เป็นต้น

1.3 นอกจากการนำแนวทางการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นรายวิชาหลักแล้ว ครูสามารถนำแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บางแนวทาง เช่น การสอนที่ใช้กิจกรรมหรือเทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) ไปปรับหรือประยุกต์ใช้ในการจัดกิจกรรมลดเวลาเรียนเพิ่มเวลารู้ หรือกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน เช่น กิจกรรมชุมนุม เพื่อเป็นการช่วยส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนเพิ่มเติมจากการสอนคณิตศาสตร์ในห้องเรียนปกติ

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในระดับชั้นอื่น ๆ เช่น มัธยมศึกษาปีที่ 3 หรือ มัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อศึกษาว่าองค์ประกอบเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร แล้วนำสารสนเทศที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมและพัฒนาความสามารถดังกล่าวให้เหมาะสมตามช่วงวัยและระดับชั้นของนักเรียนต่อไป

2.2 ควรมีการศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์กับนักเรียนในสังกัดอื่น ภูมิภาคอื่น หรือศึกษากับนักเรียนทั้งประเทศเพื่อตรวจสอบว่าโมเดลขององค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้จากการวิจัยเหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ เพื่อนำสารสนเทศที่ได้จากการวิจัยไปพัฒนาให้นักเรียนเกิดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ต่อไป

2.3 ควรมีการศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางคณิตศาสตร์ด้านอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการเชื่อมโยง ความคิดสร้างสรรค์หรือเจตคติทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น เพื่อใช้เป็นสารสนเทศในการนำไปพัฒนาให้นักเรียนเกิดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ต่อไป

2.4 ควรมีการนำแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของ
ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ไปทดลองใช้ หรือ
ทำวิจัยเชิงทดลองเพื่อตรวจสอบประสิทธิผลของแนวทางดังกล่าว



รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). ชุดการฝึกอบรมวิทยากรหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ชุดที่ 13 เรื่องการพัฒนาสื่อการสอน. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหลักสูตร กรมวิชาการ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2545a). เอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2545b). รายงานการวิจัยเรื่องวัฒนธรรมสภาพแวดล้อม และค่านิยมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ความดีและความสุขของนักเรียน: ม.ป.ท.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). คู่มือการจัดการสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหลักสูตร กรมวิชาการ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- เกวลิน ชัยณรงค์. (2554). การศึกษาสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิตติมา ขอบเอียด. (2551). การใช้ปัญหาปลายเปิดเพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. (ม.ป.ป.). การวิเคราะห์องค์ประกอบ. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี. (2542). การสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ณัฐภรณ์ หลาวทอง. (2559). การสร้างเครื่องมือการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ดวงกมล ไตรวิจิตรคุณ. (2550). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์*. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธงชัย สะสม และ รัตนา สะสม. (2550). *การศึกษาปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ของครูคณิตศาสตร์ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากำแพงเพชร เขต 2*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). *โมเดลลิสเรล : สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 3)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นันทน์ภัส พลเดมา. (2550). *รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นุชลี อุปภัย. (2558). *จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 4)*. กรุงเทพฯ: บริษัท ทวี.พริ้นท์ (1991) จำกัด.
- บุญเลิศ จันดีนุพาบ. (2550). *การศึกษาสภาพและแนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนประถมศึกษา แขวงสะพานห้วยน้ำเขต สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- ประภาวดี เทพทอง. (2545). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการสอนโดยใช้กระบวนการสื่อสาร*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาประถมศึกษา ภาควิชาประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปานทอง กุลนาถศิริ. (2543). *ความเคลื่อนไหว...เกี่ยวกับ NCTM: Principle and Standards for Schools Mathematics ในปี ค.ศ. 2000*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 14-22.
- พรรณทิพา พรหมรักษ์. (2552). *การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการวางนัยทั่วไปเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิตและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2547). *การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- พร้อมพรรณ อุดมสิน และอัมพร ม้าคนอง. (2547). *ประมวลบทความหลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: บริษัท บพิศการพิมพ์ จำกัด.
- พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2547). การสอนโดยใช้วิธีการแบบเปิดในชั้นเรียนญี่ปุ่น. *KKU Journal of Mathematics Education*, 1(1), 1-9.
- ยุพิน พิพิธกุล. (2545). *การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ : ยุคปฏิรูปการศึกษา*. กรุงเทพฯ: บพิศการพิมพ์.
- ลำไย อภิบาลศรี. (2544). *ปัญหาการสอนคณิตศาสตร์ของครูผู้สอนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สำนักงานการประถมศึกษา อำเภอบ่อไร่ จังหวัดตราด*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา, สาขาวิชาการบริหารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- วรรณิ์ แกมเกต. (2555). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไวพจน์ จำรักษา. (2540). *ปัญหาการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ตามหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2533) สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดนครพนม*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา, สาขาเอกประถมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ศิริพร มาวรณา. (2547). *ผลการใช้ทักษะการสื่อสารและการประเมินผลสภาพจริงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องการนำเสนอข้อมูล*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *คู่มือวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ศรีเมืองการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับประถมศึกษา*. Retrieved 16 พฤษภาคม 2561 จาก file:///C:/Users/computer/Downloads/คู่มือการใช้หลักสูตรคณิตศาสตร์_ระดับประถม%20.pdf
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). *คู่มือวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: บริษัท ศรีเมืองการพิมพ์.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *เอกสารอบรมครู (หลักสูตรกลาง) ในโครงการความร่วมมือ สกอ.-สพฐ.-สสวท.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 3).* กรุงเทพฯ: บริษัท 3-คิว มีเดีย.
- สมเดช บุญประจักษ์. (2540). *การพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือ.* วิทยานิพนธ์ปริญญาคุชฎีบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร. (2560a). ข้อมูลพื้นฐานสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร. Retrieved 10 มิถุนายน 2560, จาก http://www.dataplan-bkk.com/news-detail_919_16974
- สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร. (2560b). จำนวนนักเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร. Retrieved 10 มิถุนายน 2560, จาก http://dataplan-bkk.com/news-detail_919_16664
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2557). รายงานผลการนำหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ไปสู่การปฏิบัติ : การสังเคราะห์งานวิจัย เอกสาร และรายงานที่เกี่ยวข้องกับการนำหลักสูตรไปสู่การปฏิบัติ เอกสารลำดับที่ 1/2557. Retrieved 11 กันยายน 2559, จาก <http://www.curriculum51.net/upload/20150211224227.pdf>
- สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ. CHULALONGKORN UNIVERSITY
- สุจิตา เกตุแก้ว. (2547). *ผลของการใช้กระบวนการสื่อสารที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร การสอน และเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุภมาส อังศุโชติ และคณะ. (2552). *สถิติวิเคราะห์สำหรับกรวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ : เทคนิคการใช้โปรแกรม LISREL.* กรุงเทพฯ: บริษัท เจริญดีมั่นคงการพิมพ์.
- สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2556). *จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 11).* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อลิสรา ชมชื่น. (2550). *การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนโดยการบูรณาการทฤษฎีการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ การสื่อสาร และการให้เหตุผล เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทาง*

คณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาคุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคอง. (2546). *คณิตศาสตร์ : การสอนและการเรียนรู้ = Mathematics : teaching and learning*. กรุงเทพฯ ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคอง. (2551). *คณิตศาสตร์ : การสอนและการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคอง. (2553). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Becker, J. P., & Shimada, S. (1997). *The Open-Ended Approach: A New Proposal for Teaching Mathematics*. Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.

Buschman, L. (1995). Communicating in the language of mathematics. *Teaching Children Mathematics*, 1(6), 324-329.

California State Department of education. (1989). California Generalized Rubric for Math. Retrieved September 20, 2016, from https://web.njit.edu/~ronkowitz/teaching/rubrics/samples/math_probsolv_chicago.pdf

Johanning, I. D. (2000). An analysis of writing and post writing group collaboration in middle school pre-algebra. *School science and Mathematics*, 100(3), 151-160.

Joreskog, K. G., & Sorbom, D. (1989). *LISREL 7 : User's Reference Guide*. Chicago: Scientific Software.

Kennedy, L. M., & Tipps, S. (1944). *Guiding Children's Learning of Mathematics*. 7th ed. Belmont, California: Woodworth Publishing.

Lewis, M., Graves, I., & Sanchez, L. (2006). Enhancing mathematical discourse in elementary classroom. Retrieved September 15, 2016, from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1150196>

- Mumme, J., & Shepherd, N. (1993). *Communication in mathematics in implementing the K-8 curriculum and evaluation standard*. Reston, VA: NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics. (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for Schools Mathematics*. Reston: Virginia.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000a). *Curriculum and Evaluation Standards for Schools Mathematics*. Reston: Virginia.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000b). *Principle and Standards for Schools Mathematics*. Reston: Virginia.
- Reys, R. E., & others. (2001). *Helping Children Learn Mathematics*. 7th ed. New York: John Wiley and Sons.
- Rowan, T., & Morrow, L. J. (1993). *Implementing K-8 Curriculum and Evaluation Standards*. Reading, from the Arithmetic Teacher. Reston: Virginia.
- Senne-Dibble, C. M. (1995). *An analysis of an arithmetic assessment technique: Comparing the spoken and written Teacher*. Reston: Virginia.
- Suzanne, L., & others. (1996). *The Role Tasks and Holistic Scoring Rubrics: Assessing Students' Mathematical Reasoning and Communication*. University of California: The National Council of Teachers of Mathematics, INC.
- Thomas, D. A. (1991). *Children, teachers, and mathematics*. Massachusetts: Allyn and Bacon.
- Thurber, W. A. (1976). *Teaching Science in Today's Secondary School*. Boston: Allyn and Bacon.
- Wolf, K. (2009). Developing and Deeper Understanding of Fractions through Communication. Retrieved June 2, 2012, from <https://proquest.umi.com>



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รายนามของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ผู้ทรงคุณวุฒิที่ตรวจพิจารณาแบบสัมภาษณ์ครูคณิตศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้งในด้านความตรงตามเนื้อหา ความเหมาะสมของข้อความถาม ความเหมาะสมของสำนวนภาษา พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแบบสัมภาษณ์ครูคณิตศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ มีรายนามดังต่อไปนี้

1. ผศ.ดร.ณัฐภรณ์ หลาวทอง อาจารย์ประจำสาขาวิชาการวัดและประเมินทางการศึกษา
ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผศ.รุ่งอรุณ ลีชะวณิช รองผู้อำนวยการฝ่ายแผน งบประมาณและประกันคุณภาพ
อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายประถม)
3. อ.ดร.คันสนีย์ เณรเทียน อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์
ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามของผู้ให้ข้อมูลในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย

ผู้ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์เพื่อกำหนดองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

1. รองศาสตราจารย์ประพนธ์ จำยเจริญ
อาจารย์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม)
2. รองศาสตราจารย์พัชรี วรจรัสรังษี
อาจารย์โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายประถม)
3. อาจารย์สุชีลา ตันติเมธาวิ
อาจารย์โรงเรียนอนุบาลพิบูลเวศม์
4. อาจารย์กาญจนา นมัสโก
อาจารย์โรงเรียนราชวินิต
5. อาจารย์ณภัทร ใจกล้า
อาจารย์โรงเรียนโรงเรียนวัดประยูรวงศาวาส

ผู้ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์เพื่อกำหนดแนวทางการจัดการเรียนการสอน

1. รองศาสตราจารย์ ประพนธ์ จำยเจริญ
อาจารย์โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม)
2. รองศาสตราจารย์พัชรี วรจรัสรังษี
อาจารย์ประจำโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายประถม)
3. อาจารย์ ดร.ไพโรจน์ น่วมนุ้ม
อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์
ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. อาจารย์สุชีลา ตันติเมธาวิ
อาจารย์โรงเรียนอนุบาลพิบูลเวศม์
5. อาจารย์ณภัทร ใจกล้า
อาจารย์ประจำโรงเรียนวัดประยูรวงศาวาส





บันทึกข้อความ

ส่วนงาน งานหลักสูตรและการจัดการเรียนฯ ฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาฯ โทร.82565-97 ต่อ 6732

ที่ ศธ 0512.6(2791.10)/60- **4294**

วันที่ สิงหาคม 2560

เรื่อง ขอเชิญบุคลากรในสังกัดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม และรองคณบดี

ด้วยนางสาวภรทิตย์ ภาคภูมิ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิทยานิพนธ์เรื่อง “แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6” โดยมี อาจารย์ ดร.ชาริณี ตริวิญญู เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งอรุณ ลียะวณิชย์ เป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งอรุณ ลียะวณิชย์ เป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน งานหลักสูตรและการจัดการเรียนฯ ฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาฯ โทร.82565-97 ต่อ 6732

ที่ ศธ 0512.6(2791.10)/60-4295

วันที่ สิงหาคม 2560

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภรณ์ หลาวทอง

ด้วยนางสาวภรทิพย์ ภาคภูมิ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6” โดยมี อาจารย์ ดร.ชารินทร์ ตรีวิญญู เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือวิจัย ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดเป็นผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวเพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

ที่ ศธ 0512.6(2791.10)/60- 4297

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

สิงหาคม 2560

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนอนุบาลพิบูลเวศม์

ด้วย นางสาวกรทิพย์ ภาคภูมิ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6” โดยมี อาจารย์ ดร.ชาโรณี ตรีวีร์บุญ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์ กับอาจารย์สุชีลา ต้นดีเมธาวี และแบบทดสอบกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้นิสิตได้ทำการเก็บข้อมูลวิจัยดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

งานหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย : 081-183-3960 Email pp_pooh-7@hotmail.com

ด
ทศ 0512.6(2791.10)/60-4300



คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

สิงหาคม 2560


เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนพญาไท

ด้วย นางสาวกรทิพย์ ภาคภูมิ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6” โดยมี อาจารย์ ดร.ชาโรณี ตรีวีรัญญ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในกรณีนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลด้วยแบบทดสอบกับ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้นิสิตได้ทำการเก็บข้อมูลวิจัยดังกล่าว เพื่อ ประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ


(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

งานหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย : 081-183-3960 Email pp_pooh-7@hotmail.com

ท ศธ 0512.6(2791.10)/60- **4303**



คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

สิงหาคม 2560

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม)

ด้วย นางสาวกรทิพย์ ภาคภูมิ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6” โดยมี อาจารย์ ดร.ชาริณี ตีร์วีร์บุญ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในกรณีนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์กับ รองศาสตราจารย์ประพนธ์ ฉ้ายเจริญ ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้นิสิตได้ทำการเก็บข้อมูลวิจัยดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติกรแทนคณบดี

งานหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย : 081-183-3960 Email pp_pooh-7@hotmail.com



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน งานหลักสูตรและการจัดการเรียนฯ ฝ่ายวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ฯ โทร.82565-97 ต่อ 6732

ที่ ศธ 0512.6(2791.10)/60-4304

วันที่ สิงหาคม 2560

เรื่อง ขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม และรองคณบดี

ด้วย นางสาวกรทิพย์ ภาคภูมิ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6” โดยมี อาจารย์ ดร.ชาริณี ตรีวีรวิญญู เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในกรณีนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลด้วยแบบสัมภาษณ์กับ รองศาสตราจารย์พัชรี วรจรัสรังสี ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้นิสิตได้ทำการเก็บข้อมูลวิจัยดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

ที่ ศธ 0512.6(2791.10)/60- **4306**คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพมหานคร 10330

สิงหาคม 2560

เรื่อง ขอตกลงใช้เครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเอี่ยมสุรีย์(อนุบาลเมืองสมุทรปราการ)

ด้วยนางสาวกรทิพย์ ภาคภูมิ นิสิตหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน อยู่ระหว่างการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง “แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6” โดยมีอาจารย์ ดร.ชาโรณี ตริวัณณูญ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ในกรณีนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องขอตกลงใช้เครื่องมือ คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ นิสิตผู้วิจัยจะได้ประสานงานในรายละเอียดต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้นิสิตได้ขอตกลงใช้เครื่องมือดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการต่อไป และขอขอบคุณมาในโอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุมาลี ชีโนกุล)

รองคณบดี

ปฏิบัติการแทนคณบดี

งานหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน ฝ่ายวิชาการ

โทร. 0-2218-2565-97 ต่อ 6732

เบอร์โทรศัพท์ผู้วิจัย : 081-183-3960 Email pp_pooh-7@hotmail.com



ภาคผนวก ค

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

- ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์ครูคณิตศาสตร์เพื่อกำหนดตัวชี้วัดและองค์ประกอบ
- ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
- ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อกำหนดแนวทางในการจัดการเรียนการสอน

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์ครูคณิตศาสตร์เพื่อกำหนดตัวชี้วัดและองค์ประกอบ

การวิจัยเรื่อง แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

คำชี้แจง

1. แบบสัมภาษณ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสัมภาษณ์เกี่ยวกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และตัวชี้วัดในแต่ละองค์ประกอบ จากความเห็นของครูที่สอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาที่มีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์สูง

2. แบบสัมภาษณ์นี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของครูคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 แนวคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของครูคณิตศาสตร์

1. ชื่อสถานศึกษา/สังกัด
2. เพศ อายุ ตำแหน่งทางวิชาการ/วิทยฐานะ
3. วุฒิการศึกษาสูงสุด วิชาเอก
4. ประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาปี เริ่มสอนเมื่อปี
5. รางวัลด้านการสอนคณิตศาสตร์ที่เคยได้รับ (ถ้ามี)
.....
.....
6. ปัจจุบันรับผิดชอบสอนรายวิชาคณิตศาสตร์
 - 6.1) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน คาบ/สัปดาห์
 - 6.2) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน คาบ/สัปดาห์
 - 6.3) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน คาบ/สัปดาห์
7. หน้าที่ในโรงเรียนที่ได้รับมอบหมายให้ปฏิบัตินอกเหนือจากงานสอน
.....
.....

ตอนที่ 2 แนวคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

1. ในฐานะที่ท่านเป็นครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา ท่านคิดว่านักเรียนควรมีความสามารถอะไรบ้างที่บ่งบอกว่านักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ตามความคิดเห็นของท่าน ท่านคิดว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ควรมีความสามารถอะไรบ้างที่บ่งบอกว่านักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เหมือนหรือต่างจากนักเรียนระดับชั้นอื่น ๆ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ถ้าจะประเมินความสามารถในการสื่อสารในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากการเขียน ท่านคิดว่าควรประเมินจากอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. จากการศึกษาและสังเคราะห์เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับองค์ประกอบและตัวชี้วัดของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ท่านคิดว่าสามารถนำองค์ประกอบและตัวชี้วัดดังกล่าวมาใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในประเทศไทยได้หรือไม่ อย่างไร

4.1 องค์ประกอบที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนพบว่ามีทั้งหมด 3 ด้าน คือ

- 1) ด้านการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์
- 2) ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์
- 3) ด้านการนำเสนอข้อมูล

ท่านคิดว่าองค์ประกอบดังกล่าวครบถ้วนและครอบคลุมหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

4.2 เมื่อพิจารณาตัวชี้วัดในแต่ละองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนพบว่า

1) ด้านการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 2 ตัวชี้วัด คือ

- 1.1) ใช้ภาษาและคำศัพท์เฉพาะทางคณิตศาสตร์
- 1.2) ใช้สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์

2) ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 3 ตัวชี้วัด คือ

2.1) แปลความจากโจทย์หรือข้อมูลที่กำหนดให้

2.2) อธิบายแนวคิดหรือแสดงวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ หรือใช้รูปภาพ แผนภูมิ ตารางประกอบการอธิบาย

2.3) การสรุปคำตอบหรือข้อค้นพบที่ได้

3) ด้านการนำเสนอข้อมูล ประกอบด้วย 2 ตัวชี้วัด คือ

3.1) ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอข้อมูล

3.2) ความชัดเจนในการนำเสนอข้อมูล

ท่านคิดว่าตัวชี้วัดในแต่ละองค์ประกอบครบถ้วนและครอบคลุมหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

5. ท่านคิดว่าลักษณะของแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ควรมีลักษณะอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

6. ท่านคิดว่าเกณฑ์การประเมินของแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ควรมีลักษณะอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

7. ขอให้ท่านยกตัวอย่างแบบทดสอบที่ท่านใช้วัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในปัจจุบัน

.....

.....

.....

.....

.....

8. ท่านมีข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ชื่อ-สกุล ชั้น เลขที่

โรงเรียน

คำชี้แจง :

1. ข้อสอบฉบับนี้เป็นข้อสอบอัตนัยมีทั้งหมด 5 ข้อ คะแนนเต็ม 36 คะแนน เวลาในการทำข้อสอบทั้งหมด 60 นาที
2. ให้นักเรียนอ่านคำชี้แจง โจทย์ หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ในแต่ละข้อให้ละเอียดและเข้าใจก่อนลงมือทำข้อสอบ
3. ให้นักเรียนเขียนแสดงวิธีทำหรืออธิบายวิธีคิดของตนเองลงในช่องว่างที่กำหนดให้โดยละเอียดและรอบคอบ นักเรียนสามารถใช้ภาษา คำศัพท์ สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์ หรือใช้รูปภาพ ตาราง แผนภูมิ ประกอบการอธิบายวิธีคิดได้
4. ให้นักเรียนทุกคนตั้งใจทำข้อสอบ และไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณทุกชนิดในการทำข้อสอบ



1. จงอ่านสถานการณ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม

“พ่อของเมษาซื้อต้นไม้มาปลูกที่สวนหลังบ้าน โดยซื้อต้นมะลิจำนวน 12 ต้น ราคาต้นละ 25 บาท และซื้อต้นแก้วจำนวน 10 ต้น ราคาต้นละ 45 บาท อยากทราบว่าพ่อของเมษาจะต้องจ่ายเงินซื้อต้นไม้ทั้งหมดเท่าใด”

- 1.2) จงเขียนประโยคสัญลักษณ์เพื่อหาจำนวนเงินที่พ่อของเมษาจะต้องจ่ายเพื่อซื้อต้นไม้ (2 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อกำหนดแนวทางการจัดการเรียนการสอน

การวิจัยเรื่อง แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

คำชี้แจง

1. แบบสัมภาษณ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6
2. แบบสัมภาษณ์นี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ
 - ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของครูคณิตศาสตร์
 - ตอนที่ 2 แนวคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของครูคณิตศาสตร์

1. ชื่อสถานศึกษา/สังกัด
2. เพศ อายุ ตำแหน่งทางวิชาการ/วิทยฐานะ
3. วุฒิการศึกษาสูงสุด วิชาเอก
4. ประสบการณ์ด้านการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาปี เริ่มสอนเมื่อปี
5. รางวัลด้านการสอนคณิตศาสตร์ที่เคยได้รับ (ถ้ามี)

.....

.....

ตอนที่ 2 แนวคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

แนวคำถามนี้ใช้ประกอบกับผลการวิจัยในส่วนของผลการศึกษาดั้งเดิมและองค์ประกอบของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

ประเด็นที่ 1 ด้านการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ (การใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์)

1. ท่านจะมีแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไร เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ (ยกตัวอย่างประกอบให้เห็นภาพชัดเจน)

.....

.....

.....

.....

2. ท่านจะมีแนวทางในการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้อย่างไร เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ (ยกตัวอย่างประกอบให้เห็นภาพชัดเจน)

.....

.....

.....

.....

3. ท่านจะมีแนวทางในการเลือกใช้สื่อการเรียนรู้อย่างไร เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ (ยกตัวอย่างประกอบให้เห็นภาพชัดเจน)

.....

.....

.....

.....

4. ท่านจะมีแนวทางในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้อย่างไร เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการใช้ภาษาและคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ (ยกตัวอย่างประกอบให้เห็นภาพชัดเจน)

.....

.....

.....

.....

ประเด็นที่ 2 ด้านการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (การอธิบายวิธีคิดหรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ และหลักการทางคณิตศาสตร์)

1. ท่านจะมีแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไร เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการอธิบายวิธีคิดหรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และหลักการทางคณิตศาสตร์ (ยกตัวอย่างประกอบให้เห็นภาพชัดเจน)

.....

.....

.....

2. ท่านจะมีแนวทางในการจัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้อย่างไร เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการอธิบายวิธีคิดหรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และหลักการทางคณิตศาสตร์ (ยกตัวอย่างประกอบให้เห็นภาพชัดเจน)

.....

.....

.....

3. ท่านจะมีแนวทางในการเลือกใช้สื่อการเรียนรู้อย่างไร เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการอธิบายวิธีคิดหรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และหลักการทางคณิตศาสตร์ (ยกตัวอย่างประกอบให้เห็นภาพชัดเจน)

.....

.....

.....

4. ท่านจะมีแนวทางในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้อย่างไร เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการอธิบายวิธีคิดหรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และหลักการทางคณิตศาสตร์ (ยกตัวอย่างประกอบให้เห็นภาพชัดเจน)

.....

.....

.....

ประเด็นที่ 3 ด้านความชัดเจนในการนำเสนอ (การเขียนอธิบายวิธีคิดเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกัน)

1. ท่านจะมีแนวทางในการ**จัดกิจกรรมการเรียนรู้**อย่างไร เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการเขียนอธิบายวิธีคิดเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกัน (ยกตัวอย่างประกอบให้เห็นภาพชัดเจน)

.....

.....

.....

2. ท่านจะมีแนวทางในการ**จัดสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้**อย่างไร เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการเขียนอธิบายวิธีคิดเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกัน (ยกตัวอย่างประกอบให้เห็นภาพชัดเจน)

.....

.....

.....

3. ท่านจะมีแนวทางในการ**เลือกใช้สื่อการเรียนรู้**อย่างไร เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการอธิบายวิธีคิดหรือวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้และหลักการทางคณิตศาสตร์ (ยกตัวอย่างประกอบให้เห็นภาพชัดเจน)

.....

.....

.....

4. ท่านจะมีแนวทางในการ**วัดและประเมินผลการเรียนรู้**อย่างไร เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการเขียนอธิบายวิธีคิดเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ตรงกัน (ยกตัวอย่างประกอบให้เห็นภาพชัดเจน)

.....

.....

.....



ภาคผนวก ง

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

- คุณภาพของแบบสัมภาษณ์ครูคณิตศาสตร์เพื่อกำหนดตัวชี้วัดและองค์ประกอบ
- คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์การประเมินแบบสัมภาษณ์ครูคณิตศาสตร์

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			ผลการวิเคราะห์	แปลความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	1	1	1	1.00	เหมาะสม
2	0	1	1	0.67	เหมาะสม
3	1	1	1	1.00	เหมาะสม
4	1	1	1	1.00	เหมาะสม
4.1	1	1	1	1.00	เหมาะสม
4.2	1	0	1	0.67	เหมาะสม
5	1	1	1	1.00	เหมาะสม
6	1	1	1	1.00	เหมาะสม
7	1	1	1	1.00	เหมาะสม
8	1	1	1	1.00	เหมาะสม

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์การประเมินแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ			ผลการวิเคราะห์	แปลความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	1	1	0	0.67	เหมาะสม
2	1	1	1	1.00	เหมาะสม
3	1	1	1	1.00	เหมาะสม
4	1	1	1	1.00	เหมาะสม
5	1	1	1	1.00	เหมาะสม

ตารางที่ 18 ค่าความเที่ยง ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความสามารถในการ
สื่อสารทางคณิตศาสตร์

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้งฉบับ
1	0.53	0.61	
2	0.68	0.72	
3	0.60	0.69	0.80
4	0.61	0.75	
5	0.51	0.47	





โมเดลสมการโครงสร้างของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6

Mplus VERSION 7

MUTHEN & MUTHEN

12/20/2017 4:37 PM

INPUT INSTRUCTIONS

TITLE: cfa

DATA:

FILE IS "C:\Users\User\Desktop\ppui\data.txt";

VARIABLE:

NAMES ARE lan simb trans expla summa commu;

USEVARIABLES ARE lan simb trans expla summa commu;

ANALYSIS:

TYPE IS GENERAL;

ESTIMATOR IS ML;

ITERATIONS = 1000;

CONVERGENCE = 0.00005;

MODEL:

use by lan simb;

conc by trans* expla@1 summa;

present by commu;

perfo by use* conc present@1;



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

commu@0.0456;

USE @ 0.01;

!COMMU WITH LAN ;

EXPLA WITH SIMB ;

TRANS WITH SIMB ;

EXPLA WITH TRANS ;

OUTPUT: SAMPSTAT STDYX RESIDUAL STANDARDIZED CINTERVAL FSCOEFFICIENT;

INPUT READING TERMINATED NORMALLY

cfa

SUMMARY OF ANALYSIS

Number of groups	1
Number of observations	180
Number of dependent variables	6
Number of independent variables	0
Number of continuous latent variables	4

Observed dependent variables

Continuous

LAN SIMB TRANS EXPLA SUMMA COMMU

Continuous latent variables

USE CONC PRESENT PERFO

Estimator	ML
Information matrix	OBSERVED
Maximum number of iterations	1000
Convergence criterion	0.500D-04
Maximum number of steepest descent iterations	20

Input data file(s)

C:\Users\User\Desktop\ppui\data.txt

Input data format FREE

SAMPLE STATISTICS

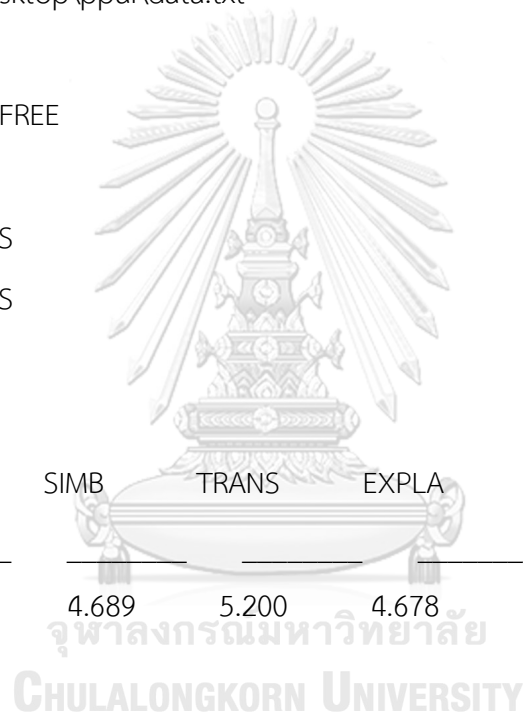
SAMPLE STATISTICS

Means

	LAN	SIMB	TRANS	EXPLA	SUMMA
1	3.672	4.689	5.200	4.678	4.039

Means

	COMMU
1	3.567



Covariances

	LAN	SIMB	TRANS	EXPLA	SUMMA
LAN	3.054				
SIMB	1.731	2.225			
TRANS	0.893	1.268	1.471		
EXPLA	1.978	2.083	1.403	2.785	
SUMMA	1.979	1.790	1.270	2.335	2.937
COMMU	2.325	1.837	1.053	2.127	2.095

Covariances

	COMMU
COMMU	2.912

Correlations

	LAN	SIMB	TRANS	EXPLA	SUMMA
LAN	1.000				
SIMB	0.664	1.000			
TRANS	0.421	0.701	1.000		
EXPLA	0.678	0.837	0.693	1.000	
SUMMA	0.661	0.700	0.611	0.816	1.000
COMMU	0.780	0.722	0.509	0.747	0.716

Correlations

COMMU

COMMU	1.000
-------	-------

THE MODEL ESTIMATION TERMINATED NORMALLY

MODEL FIT INFORMATION

Number of Free Parameters 22

Loglikelihood

H0 Value -1570.733

H1 Value -1565.948

Information Criteria

Akaike (AIC) 3185.466

Bayesian (BIC) 3255.711

Sample-Size Adjusted BIC 3186.037

(n* = (n + 2) / 24)

Chi-Square Test of Model Fit

Value 9.570

Degrees of Freedom 5

P-Value 0.0884

RMSEA (Root Mean Square Error Of Approximation)

Estimate	0.071
90 Percent C.I.	0.000 0.139
Probability RMSEA \leq .05	0.251

CFI/TLI

CFI	0.995
TLI	0.985

Chi-Square Test of Model Fit for the Baseline Model

Value	918.155
Degrees of Freedom	15
P-Value	0.0000

SRMR (Standardized Root Mean Square Residual)

Value	0.023
-------	-------

MODEL RESULTS

Two-Tailed

Estimate	S.E.	Est./S.E.	P-Value
----------	------	-----------	---------

USE BY

LAN	1.000	0.000	999.000	999.000
SIMB	0.822	0.064	12.923	0.000

CONC BY

TRANS	0.510	0.046	10.983	0.000
EXPLA	1.000	0.000	999.000	999.000
SUMMA	0.996	0.060	16.473	0.000

PRESENT BY

COMMU	1.000	0.000	999.000	999.000
-------	-------	-------	---------	---------

PERFO BY

USE	0.955	0.062	15.496	0.000
CONC	0.894	0.061	14.728	0.000
PRESENT	1.000	0.000	999.000	999.000

EXPLA WITH

SIMB	0.368	0.075	4.901	0.000
TRANS	0.200	0.075	2.682	0.007

TRANS WITH

SIMB	0.416	0.079	5.284	0.000
------	-------	-------	-------	-------

Intercepts

LAN	3.672	0.130	28.192	0.000
SIMB	4.689	0.112	42.030	0.000
TRANS	5.200	0.090	57.960	0.000
EXPLA	4.678	0.124	37.869	0.000
SUMMA	4.039	0.128	31.617	0.000
COMMU	3.567	0.127	28.041	0.000

Variances

PERFO	2.386	0.313	7.626	0.000
-------	-------	-------	-------	-------

Residual Variances

LAN	0.867	0.121	7.172	0.000
SIMB	0.763	0.101	7.532	0.000
TRANS	0.851	0.101	8.435	0.000
EXPLA	0.452	0.095	4.756	0.000
SUMMA	0.663	0.107	6.221	0.000
COMMU	0.046	0.000	999.000	999.000
USE	0.010	0.000	999.000	999.000
CONC	0.387	0.085	4.563	0.000
PRESENT	0.480	0.099	4.842	0.000

STANDARDIZED MODEL RESULTS

STDYX Standardization

Two-Tailed

Estimate	S.E.	Est./S.E.	P-Value
----------	------	-----------	---------

USE BY

LAN	0.846	0.026	32.476	0.000
SIMB	0.812	0.030	26.706	0.000

CONC BY

TRANS	0.642	0.050	12.795	0.000
EXPLA	0.914	0.020	44.643	0.000
SUMMA	0.880	0.023	38.377	0.000

PRESENT BY

COMMU	0.992	0.001	1192.771	0.000
-------	-------	-------	----------	-------

PERFO BY

USE	0.998	0.000	2992.674	0.000
-----	-------	-------	----------	-------

CONC	0.912	0.021	44.265	0.000
------	-------	-------	--------	-------

PRESENT	0.912	0.020	44.601	0.000
---------	-------	-------	--------	-------

EXPLA WITH

SIMB	0.626	0.077	8.141	0.000
------	-------	-------	-------	-------

TRANS	0.323	0.094	3.455	0.001
-------	-------	-------	-------	-------

TRANS WITH

SIMB	0.516	0.064	8.098	0.000
------	-------	-------	-------	-------

Intercepts

LAN	2.101	0.133	15.741	0.000
-----	-------	-------	--------	-------

SIMB	3.133	0.181	17.287	0.000
------	-------	-------	--------	-------

TRANS	4.320	0.238	18.189	0.000
-------	-------	-------	--------	-------

EXPLA	2.823	0.166	17.006	0.000
-------	-------	-------	--------	-------

SUMMA	2.357	0.145	16.269	0.000
-------	-------	-------	--------	-------

COMMU	2.090	0.133	15.714	0.000
-------	-------	-------	--------	-------

Variances

PERFO	1.000	0.000	999.000	999.000
-------	-------	-------	---------	---------

Residual Variances

LAN	0.284	0.044	6.434	0.000
-----	-------	-------	-------	-------

SIMB	0.341	0.049	6.900	0.000
TRANS	0.587	0.065	9.104	0.000
EXPLA	0.165	0.037	4.397	0.000
SUMMA	0.226	0.040	5.596	0.000
COMMU	0.016	0.002	9.487	0.000
USE	0.005	0.001	6.872	0.000
CONC	0.169	0.038	4.488	0.000
PRESENT	0.168	0.037	4.487	0.000

R-SQUARE

Observed Variable	Two-Tailed Estimate	S.E.	Est./S.E.	P-Value
LAN	0.716	0.044	16.238	0.000
SIMB	0.659	0.049	13.353	0.000
TRANS	0.413	0.065	6.398	0.000
EXPLA	0.835	0.037	22.321	0.000
SUMMA	0.774	0.040	19.188	0.000
COMMU	0.984	0.002	596.385	0.000

Latent Variable	Two-Tailed Estimate	S.E.	Est./S.E.	P-Value
USE	0.995	0.001	1496.337	0.000
CONC	0.831	0.038	22.132	0.000
PRESENT	0.832	0.037	22.300	0.000

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกรทิพย์ ภาคภูมิ เกิดเมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2531 ที่จังหวัดมุกดาหาร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง) สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2555 และเข้าศึกษาต่อหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2558 และได้รับทุนนิสิตช่วยสอนสาขาวิชาหลักสูตรและการสอน ปัจจุบันรับราชการครูที่โรงเรียนเอี่ยมสุรีย์ (อนุบาลเมืองสมุทรปราการ) อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ

