

รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทาง
คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร

ปริญญานิพนธ์
ของ
นันท์นภัส พลเตมา

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา

ธันวาคม 2550

รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทาง
คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร

ปริญญานิพนธ์
ของ
นันท์นภัส พลเตมา

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา
ธันวาคม 2550

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทาง
คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร

บทคัดย่อ
ของ
นันทน์ภัท พลเตมา

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาและสถิติทางการศึกษา

ธันวาคม 2550

นันท์นภัส พลเตมา. (2550). รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ คณะกรรมการควบคุม: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องอาจ นัยพัฒน์, รองศาสตราจารย์ ชูศรี วงศ์รัตน์

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยทำการศึกษากับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร จำนวน 678 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบ 3 ขั้นตอน ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีจำนวน 4 ตัวแปรแฝงที่วัดจากตัวแปรสังเกตได้ 14 ตัวแปร ประกอบด้วยตัวแปรอิสระ คือ 1) ตัวแปรแฝงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ วัดจากตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัวแปร ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผล 2) ตัวแปรแฝงการทำงานกลุ่ม วัดจากตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร ได้แก่ บทบาทผู้นำกลุ่ม บทบาทสมาชิกกลุ่ม และกระบวนการทำงานกลุ่ม และ 3) ตัวแปรแฝงพฤติกรรมการสอน วัดจากตัวแปรสังเกตได้ 5 ตัวแปร ได้แก่ การเตรียมการสอน การจัดการเรียนรู้ การใช้สื่อการเรียนการสอน การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน และการวัดผลประเมินผล และตัวแปรตาม คือ ตัวแปรแฝงความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ วัดจากตัวแปรสังเกตได้ 2 ตัวแปร ได้แก่ การสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด และการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยแบบทดสอบ 2 ฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบสอบถาม 3 ฉบับ ได้แก่ แบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด แบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่ม และแบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .71 , .72 , .96 , .96 และ .95 ตามลำดับ โมเดลการวัดตัวแปรแฝงมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยมีค่าดัชนี goodness of fit ตั้งแต่ .43-.90 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน และการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างเชิงเส้น โดยใช้โปรแกรม SPSS และ LISREL

ผลการวิจัยสรุปว่าโมเดลตามสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยมีค่า $\chi^2 = 61.228$, $p = .155$, $GFI = .987$, $AGFI = .974$, $SRMR = .024$ และ $RMSEA = .017$ ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เรียงตามลำดับ คือ การทำงานกลุ่ม ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ พฤติกรรมการสอน โดยมีขนาดอิทธิพลเท่ากับ .51 , .25 และ .18 ตามลำดับ ส่วนตัวแปรที่มีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ คือ การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอน โดยมีขนาดอิทธิพล เท่ากับ .04 และ .03 ตามลำดับ โดยตัวแปรเชิงสาเหตุทั้งหมดร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 53 จึงมีข้อเสนอแนะในทางปฏิบัติคือ ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนครูควรให้นักเรียนมีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และการทำงานกลุ่มนั้นควรเป็นการทำงานกลุ่มเพื่อร่วมกันแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

THE CAUSAL STRUCTURAL RELATION MODELS OF FACTORS EFFECTING
MATHEMATICAL COMMUNICATION ABILITY OF MATHAYOMSUKSA 3 STUDENTS
IN EDUCATIONAL AREA 3, BANGKOK

AN ABSTRACT
BY
NANNAPAT PONTEMA

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Educational Degree in Educational Research and Statistics
at Srinakharinwirot University
December 2007

Nannapat Pontema. (2007). *The causal structural relation models of factors effecting Mathematical Communication Ability of Mathayomsuksa 3 students in Educational area 3, Bangkok*. Master Thesis, M.Ed.(Educational Research and Statistics). Bangkok: Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Asst.Prof.Dr. Ong-Art Naiyapatana, Assoc.Prof. Chusri Wongrattana.

The objective of this study was to discover the causal structural relation models of factors effecting Mathematical Communication Ability of Mathayomsuksa 3 students in Educational area 3, Bangkok. Six hundred and seventy eight students were three-stage randomly selected from total population (as the sample of the study). The variables were 4 latent variables which were measured from 14 observed variables: Independent variables included 1) Mathematical Problem Solving Ability (Understanding the Problem, Devising a Plan, Carrying out the Plan, and Looking Back) 2) Group Work (Group leader, Group member, and Group process) and 3) Teaching Behaviors (Teaching preparation, Arrangement of teaching and learning activities, Usage of instructional media, Creation of classroom atmosphere, and Measurement and Evaluation). Dependent variable was Mathematical Communication Ability (Verbal Communication and Writing Communication).

The research instruments included the test of Writing Communication and Mathematical problem solving ability and the questionnaires of Verbal Communication, Group work and Teaching behaviors with their reliabilities of .71, .72 , .96 .96 and .95 respectively. Measurement model of latent variable was fit with the empirical data with the weight of standard components of .43-.90 at the significant level of .01. The data were analyzed by Confirmatory Factor Analysis (CFA) and the Structural Equation Modeling (SEM) of the hypothetical model with using SPSS and LISREL Programs.

In summary, organizational citizenship behaviors structural model was well consistent with empirical data by $\chi^2 = 61.228$, $p = .155$, $GFI = .987$, $AGFI = .974$, $SRMR = .024$ and $RMSEA = .017$. The latent variables on Mathematical Communication Ability were most affected by latent variables Group Work followed by Mathematical Problem Solving Ability, and Teaching Behaviors with their effects of .51, .25 and .18 respectively. The variables that indirectly affected to Mathematical Communication Ability were Group Work and Teaching Behaviors, with their effects of .04 and .03 respectively. All causal variables could co-explain the variance of Mathematical Communication Ability up to 53 percent. It was recommendation that we should arrange teaching and learning activities for students by using group learning for solving Mathematical problems. That could be able to consequently increase students, Mathematical Communication Ability.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทาง
คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร

ของ

นันทน์ภัส พลเตมา

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)

วันที่ เดือน พ.ศ. 2550

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องอาจ นัยพัฒน์)

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ชูศรี วงศ์รัตน์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องอาจ นัยพัฒน์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ชูศรี วงศ์รัตน์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องอาจ นัยวัฒน์ ประธานคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ชูศรี วงศ์รัตน กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา คำแนะนำในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ จนทำให้ผู้วิจัยมีความรู้และประสบการณ์ในการทำวิจัย ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญ อนันตพงษ์ และอาจารย์ ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบปากเปล่าและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงงานวิจัยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาการวัดผลและวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ อาจารย์จิราพร พรายมณี อาจารย์ ดร. สุทธิพงศ์ บุญผดุง อาจารย์ ดร. วรณวิภา สุทธเกียรติ และอาจารย์อรรถศาสตร์ นิมิตรพันธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาและอนุเคราะห์ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการ ผู้ประสานของแต่ละโรงเรียนที่อำนวยความสะดวกในการเข้าไปทดลองใช้เครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูล และนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ให้ความร่วมมือตอบแบบสอบถามและทำแบบทดสอบในการทดลองใช้เครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูล

ท้ายสุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา พี่สาว พี่ชาย และมูลนิธิร่วมจิตน้อมเกล้าเพื่อเยาวชนที่มอบทุนการศึกษาให้ผู้วิจัยตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนจบปริญญาตรี ซึ่งเป็นบุคคลและหน่วยงานที่ทำให้ผู้วิจัยมีโอกาสศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ใหญ่โรงเรียนพิมลวิทย์ที่ให้โอกาสในการศึกษาต่อ และขอขอบคุณเพื่อนๆ รวมถึงคุณอรรถศาสตร์ นิมิตรพันธ์ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์ทั้งหมดที่ได้รับจากปริญญานิพนธ์เล่มนี้ผู้วิจัยขอมอบให้บิดาผู้พี่ล่วงลับไปแล้ว มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทั้งหลายทั้งที่กล่าวถึงและไม่ได้กล่าวถึง

นันทน์นัส พลเตมา

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	4
ความสำคัญของการวิจัย	4
ขอบเขตของการวิจัย	4
ประชากรที่ใช้ในการวิจัย	4
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	4
ตัวแปรที่ศึกษา	5
นิยามศัพท์เฉพาะ	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย	8
สมมติฐานของการวิจัย	10
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	13
ความหมายและลักษณะของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	13
แนวทางการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	15
ความสำคัญและประโยชน์ของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	19
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	21
งานวิจัยภายในประเทศ	21
งานวิจัยต่างประเทศ	23
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	26
ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์	26
ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	27
ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์	28
องค์ประกอบในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	29
การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	30
กระบวนการและขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	32

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	35
งานวิจัยภายในประเทศ.....	35
งานวิจัยต่างประเทศ.....	37
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานกลุ่ม.....	38
ความหมายของการทำงานกลุ่ม.....	38
ทฤษฎีเกี่ยวกับการทำงานกลุ่ม.....	39
องค์ประกอบของการทำงานกลุ่ม.....	44
บทบาทผู้นำกลุ่ม.....	44
บทบาทสมาชิกกลุ่ม.....	46
กระบวนการทำงานกลุ่ม.....	47
ความสำคัญและประโยชน์ของการทำงานกลุ่ม.....	48
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานกลุ่ม.....	50
งานวิจัยภายในประเทศ.....	50
งานวิจัยต่างประเทศ.....	51
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการสอน.....	53
ความหมายของพฤติกรรมการสอน.....	53
องค์ประกอบของพฤติกรรมการสอน.....	53
การเตรียมการสอน	55
การจัดการเรียนรู้.....	57
การใช้สื่อการเรียนการสอน	59
การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน.....	60
การวัดผลประเมินผล.....	63
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการสอน.....	65
งานวิจัยภายในประเทศ.....	65
งานวิจัยต่างประเทศ.....	66

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	67
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	67
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	70
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	71
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	76
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	84
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	85
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	87
 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	 94
การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น.....	96
การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์.....	100
การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัด.....	102
การวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อ ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	106
 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	 113
สรุปผลการวิจัย.....	114
อภิปรายผล.....	116
ข้อเสนอแนะ.....	120
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้.....	120
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป.....	121
 บรรณานุกรม.....	 122
 ภาคผนวก.....	 135
 ประวัติย่อผู้วิจัย.....	 191

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 จำนวนกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามขนาดโรงเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการ การศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร.....	69
2 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน.....	79
3 สถิติที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์และเกณฑ์ที่ใช้ พิจารณา.....	86
4 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาก่อนและหลังการแปลงคะแนน.....	98
5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในรูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุ ขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	101
6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis) โมเดลการวัดตัวแปรแฝง ภายนอก.....	103
7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis) โมเดลการวัดตัวแปรแฝง ภายใน.....	104
8 ค่าสถิติความสอดคล้องของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในภาพรวม.....	107
9 ค่าสถิติความกลมกลืนของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในภาพรวม (หลังปรับโมเดล).....	110
10 อิทธิพลทางตรง (DE) อิทธิพลทางอ้อม (IE) อิทธิพลรวม (TE) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ กำลังสอง (R^2) ของตัวแปรเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อตัวแปรความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	111
11 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด.....	139
12 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่ม.....	140
13 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอน.....	141
14 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ และค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน.....	142
15 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ และค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์.....	143

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1	รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุตามภาวะสันนิษฐาน (ก) ขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	10
2	รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุตามภาวะสันนิษฐาน (ข) ขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์.....	11
3	ขั้นตอนการแก้ปัญหาของวิลสัน เพอร์นันเดซ และซาดาเวย์.....	33
4	กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตร.....	34
5	แสดงขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของแบบสอบถาม.....	71
6	รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสาร ทางคณิตศาสตร์ (โมเดล ก).....	108
7	รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสาร ทางคณิตศาสตร์ (โมเดล ข).....	109
8	รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสาร ทางคณิตศาสตร์ (หลังปรับโมเดล).....	112
9	การตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยวิธี Normal Probability Plot ก่อนแปลงคะแนน และหลังแปลงคะแนน.....	145
10	ผลการตรวจสอบข้อมูลสุตโต่ง.....	146

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 มาตรา 22 ได้กำหนดแนวทางในการจัดการศึกษาไว้ว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักที่ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถในการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ และในมาตรา 23 ข้อ 4 ได้เน้นถึงความสำคัญในการพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้และทักษะด้านคณิตศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2546: 11) สอดคล้องกับการจัดการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ที่ให้ความสำคัญทั้งด้านเนื้อหาและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ทั้งหมด 6 สาระ และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้รับการบรรจุให้อยู่ในสาระที่ 6 (กรมวิชาการ. 2545ก: 6) ซึ่งในสาระที่ 6 นั้นประกอบด้วย 5 ทักษะได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยง และการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เมื่อพิจารณาจากทั้ง 5 ทักษะแล้วพบว่าทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ เป็นทักษะกระบวนการขั้นสูงอย่างหนึ่งที่ผู้เรียนควรได้รับการฝึกฝน เพราะเป็นเครื่องมือสำคัญอย่างหนึ่งในการเรียนรู้คณิตศาสตร์และเป็นการสื่อความคิดทางคณิตศาสตร์ไปยังผู้อื่น (ดวงเดือน อ่อนน้อม. 2547: 25)

อัมพร ม้าคอง (2547: 102) ได้กล่าวถึง การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นความสามารถของผู้เรียนในการอธิบายชี้แจง แสดงความเข้าใจหรือความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของตนเองให้ผู้อื่นได้รับรู้ โดยการใช้ภาษา และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ การอธิบายลำดับขั้นตอนของการทำงาน การแสดงเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อสรุป การใช้ตารางกราฟ หรือค่าสถิติ ในการอธิบายหรือการนำเสนอข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). 1989: 214) ที่เสนอว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถในการใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงแนวคิดหรือทำความเข้าใจแนวคิด และความสัมพันธ์ของแนวคิด จากลักษณะของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2546: 18) จึงกำหนดให้ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นสมรรถภาพที่จำเป็นต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และมีความสำคัญทำให้ผู้สื่อสารกับผู้รับสารมีความเข้าใจที่ตรงกัน (อัมพร ม้าคอง. 2547: 103; อ้างอิงจาก Bicknell. 1999) ซึ่งถ้าพิจารณาถึงตัวนักเรียนก็จะส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหา และภาษาทางคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น เป็นการเสริมสร้างให้ผู้เรียนมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในสิ่งที่เรียน เกิดเป็นความเข้าใจร่วมกันระหว่างผู้เรียน และยังช่วยให้ผู้สอนสามารถมองเห็นความเข้าใจของผู้เรียนได้อีกด้วย (Rowan; & Morrow. 1993: 7; Mumme; & Shepherd. 1993: 7-9; NCTM. 1989: 26; อัมพร ม้าคอง. 2547: 103) บรัชแมน (Buschman. 1995: 324) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการสื่อสารไว้ว่า การสื่อสารเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนได้สะท้อนความคิด ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ มีความสามารถในการเชื่อมโยง เพราะเมื่อนักเรียนพูดหรือเขียนข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ นักเรียนจะจำ

ข้อมูลหรือแนวคิดนั้นได้ สามารถนำแนวคิดนั้นไปใช้ในการค้นคว้าหาความรู้อื่นๆ ได้ นอกจากนั้น เฟนเซล และ โรวาน (Fensell; & Rowan. 2001: 289) ได้กล่าวไว้อย่างน่าสนใจว่า การสื่อความหมายเป็นเครื่องมือที่ทรงพลังทางความคิด ช่วยสนับสนุนและขยายการให้เหตุผล ทำให้นักเรียนตระลึกถึงองค์ประกอบร่วมของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในหลายๆ แนวคิด และยังเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อผู้เรียนในการสร้างความเข้าใจในการสื่อสารข้อมูล และการให้เหตุผล

จากความสำคัญดังกล่าวความสามารถในการสื่อสารคณิตศาสตร์ จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์ เป็นเรื่องที่มีความสำคัญต่อการเรียนการสอนเพราะถ้าครูและนักเรียน หรือนักเรียน กับนักเรียน สามารถสื่อสารเข้าใจได้ตรงกันแล้วจะทำให้การเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพส่งผลต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น ดังจะเห็นได้จากผลการวิจัยของประภาวดี เทพทอง (2545: 50-54) ที่พบว่า ค่าเฉลี่ย ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ใช้การเรียนการสอนด้วยกระบวนการสื่อสารมีค่าสูงกว่านักเรียน ที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติ และในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกันศิริพร มาวรณา (2546: 54) ก็ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับ เรื่องนี้ ซึ่งผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูโดยสอดแทรกกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้ทักษะ การสื่อสารและการประเมินตามสภาพจริงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนได้รับการสอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากที่กล่าวมาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จึงเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่มีความสัมพันธ์ และมีอิทธิพลต่อผลการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนั้นควรมีการส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยแนวทาง ในการส่งเสริมต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้การสื่อสาร ลงมือปฏิบัติและแสดงความคิดเห็นด้วยตนเอง การจัดการเรียนรู้ต้องเน้นให้นักเรียนได้ฝึกคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ปัญหา เขียนปัญหาในรูปแบบของตาราง กราฟ หรือข้อความ โดยสามารถทำได้ในทุกเนื้อหาที่ต้องการ (กรมวิชาการ. 2545ก: 201) การใช้สื่อการเรียนการสอน ต้องเป็นสื่อที่เป็นรูปธรรม มีการใช้คำถามประกอบการเรียนการสอนโดยเฉพาะคำถามปลายเปิดจะช่วยกระตุ้นให้ นักเรียนได้ใช้ความคิดอย่างหลากหลาย ให้นักเรียนได้ร่วมมือและช่วยเหลือกันในการเรียนรู้กับเพื่อน (Rowan; & Morrow. 1993: 9-11) เพราะการเรียนรู้คณิตศาสตร์จากเพื่อนมีความสำคัญพอๆ กับการเรียนจากครู ปฏิสัมพันธ์ ระหว่างครูกับนักเรียนและระหว่างนักเรียนด้วยกันเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ เพราะจากข้อค้นพบเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่มี อัตราคงทนสูงถึง 90% เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการสอนผู้อื่น ดังนั้นจึงควรให้นักเรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นกลุ่ม (ดวงเดือน อ่อนน่วม. 2547: 49) เพราะการเรียนรู้เป็นกลุ่มทำให้นักเรียนได้พูดคุย แลกเปลี่ยนแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งกันและกัน ดังนั้นจึงควรจัดสภาพห้องเรียนให้มีการอธิบาย ถกเถียง อภิปราย และให้เหตุผล ซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน มีการสื่อสารกัน นอกจากนั้นควรกำหนดชิ้นงานให้นักเรียนปฏิบัติและเป็นชิ้นงานที่มีแนวทาง ในการหาคำตอบได้หลายวิธี เพื่อให้นักเรียนแสดงแนวคิดอย่างหลากหลาย (NCTM. 2000: 270-272) และ บรัชแมน (Buschman. 1995: 329) ได้กล่าวว่า การทำงานร่วมกันเป็นการสร้างความเข้าใจในเรื่องภาษาทางคณิตศาสตร์ เพราะ ในระหว่างที่นักเรียนสนทนากันนักเรียนจะมุ่งความสนใจไปยังความคิด แนวคิด และความหมายของคำต่างๆ ทำให้ ความคิด แนวคิด และความหมายของคำเหล่านั้นชัดเจนขึ้น ทำให้นักเรียนใช้ถ้อยคำเพื่ออธิบายแนวคิดทาง คณิตศาสตร์ ได้พูดหรือเขียนสิ่งที่เกี่ยวกับปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้ทดสอบ ขยายความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ซึ่งขณะที่นักเรียนพูดหรือเขียนนั้นไม่เพียงแต่ได้ใช้ภาษาเพื่อแสดงความคิดของตนเองเท่านั้นแต่ยังได้ใช้กระบวนการ สื่อสารในการสนทนากับผู้อื่นด้วย

จากแนวทางการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ จะเห็นว่าผู้ที่ผู้เรียนจะมีความสามารถด้านนี้ได้ นั้น ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพและมีคุณภาพก็คือ ครู เพราะครูเป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะทำให้การเรียนการสอนบรรลุผลตามวัตถุประสงค์ (บุญชม ศรีสะอาด. 2541: 6) ซึ่งรุ่ง แก้วแดง (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. 2547: 1-2; อ้างอิงจาก รุ่ง แก้วแดง. 2540) ได้กล่าวถึงบทบาทสำคัญของครูว่า ครูคือผู้กำหนดอนาคตของชาติ ชาติใดก็ตามที่ได้ครูเป็นคนที่มีความรู้ เป็นคนเก่ง เป็นคนเสียสละ ตั้งใจทำงานเพื่อประโยชน์ของนักเรียน ชาตินั้นจะได้พลเมืองเก่ง ฉลาด มีศักยภาพและความสามารถที่จะแข่งขันกับทุกประเทศในโลกได้ ดังนั้นครูต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเป้าหมายของหลักสูตร สาระ และมาตรฐานการเรียนรู้ในระดับที่สอน รู้จักตัวนักเรียน มีความเข้าใจเกี่ยวกับการประเมินความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน เพราะความเข้าใจเหล่านี้จะนำไปสู่การวางแผนการสอน ยุทธศาสตร์การสอน สร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อและส่งเสริมการเรียนรู้ (ดวงเดือน อ่อนน่วม. 2547: 4-5)

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นว่า ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เป็นทักษะกระบวนการขั้นสูงอย่างหนึ่งที่สำคัญในการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษารูปแบบโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร โดยมุ่งเน้นตอบคำถามการวิจัยที่สำคัญ คือ ตัวแปรแต่ละตัวในรูปแบบโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อิทธิพลทางตรง (Direct effect) อิทธิพลทางอ้อม (Indirect effect) มีทิศทางเป็นอย่างไร ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบย้อนกลับ (Non-recursive model) มาที่ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือไม่ และรูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์หรือไม่ โดยองค์ประกอบที่ศึกษามีทั้งหมด 3 องค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผล
2. การทำงานกลุ่ม ได้แก่ บทบาทผู้นำกลุ่ม บทบาทสมาชิกกลุ่ม และกระบวนการทำงานกลุ่ม
3. พฤติกรรมการสอน ได้แก่ การเตรียมการสอน การจัดการเรียนรู้ การใช้สื่อการเรียนการสอน การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน และการวัดผลประเมินผล

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอนกับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร
2. เพื่อศึกษารูปแบบโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงสาเหตุขององค์ประกอบด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอนที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานครกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ความสำคัญของการวิจัย

ผลของการวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้รูปแบบโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงสาเหตุขององค์ประกอบด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผล องค์ประกอบด้านการทำงานกลุ่ม ได้แก่ บทบาทผู้นำกลุ่ม บทบาทสมาชิกกลุ่ม และกระบวนการทำงานกลุ่ม องค์ประกอบด้านพฤติกรรมการสอน ได้แก่ การเตรียมการสอน การจัดการเรียนรู้ การใช้สื่อการเรียนการสอน การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน และการวัดผลประเมินผล ที่ส่งผลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับผู้สอน ผู้บริหารสถานศึกษาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น และเป็นข้อมูลสำหรับการวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีจำนวน 42 โรงเรียน จำนวน 400 ห้องเรียน และมีจำนวนนักเรียน 17,489 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร จำนวน 678 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบ 3 ขั้นตอน (Three-Stage Random Sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่

1.1 ตัวแปรแฝงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้

ดังนี้

1.1.1 การวิเคราะห์ปัญหา

1.1.2 การวางแผนแก้ปัญหา

1.1.3 การดำเนินการตามแผน

1.1.4 การตรวจสอบผล

1.2 ตัวแปรแฝงการทำงานกลุ่ม ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ ดังนี้

1.2.1 บทบาทผู้นำกลุ่ม

1.2.2 บทบาทสมาชิกกลุ่ม

1.2.3 กระบวนการทำงานกลุ่ม

1.3 ตัวแปรแฝงพฤติกรรมการสอน ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ ดังนี้

1.3.1 การเตรียมการสอน

1.3.2 การจัดการเรียนรู้

1.3.3 การใช้สื่อการเรียนการสอน

1.3.4 การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน

1.3.5 การวัดผลประเมินผล

2. ตัวแปรตาม ได้แก่ ตัวแปรแฝงความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ ดังนี้

2.1 การสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด

2.2 การสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การแสดงออกในการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ เป็นการใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์หรือสื่อต่างๆในการแสดงแนวคิด อธิบายแนวคิด แสดงความหมายและความสัมพันธ์ของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างถูกต้อง ชัดเจนและรัดกุม โดยใช้ภาษาพูดและภาษาเขียน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้วัดจากความสามารถ 2 ด้าน ดังนี้

1.1 การสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด หมายถึง การใช้หลักการ ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการนำเสนอแนวคิด อธิบายแนวคิด บอกความหมายของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ บอกความสัมพันธ์ของข้อมูล และแลกเปลี่ยนแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจโดยการพูดสื่อสารกับบุคคลอื่น ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูดตามการรับรู้ของนักเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดเกี่ยวกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2546) และสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1989, 2000)

1.2 การสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน หมายถึง การใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ แผนภูมิ แผนภาพ ตาราง หรือกราฟ การใช้หลักการ ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการนำเสนอแนวคิด อธิบายแนวคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของตนเองโดยการเขียน ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียนที่ผู้วิจัยพัฒนามาจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของเยาวพร วรรณทิพย์ (2548) ใช้เนื้อหาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544

2. องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในรูปที่เป็นสาเหตุทางตรงหรือทางอ้อมต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยประกอบไปด้วยตัวแปรความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง การนำความรู้ ทักษะ และหลักการต่างๆ ที่เรียนมาช่วยในการหาคำตอบในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของมะลิวรรณ โคตรศรี (2547) สร้างขึ้นตามแนวคิดกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของ โพลยา (Polya, 1985) ใช้เนื้อหาคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ประกอบด้วย

2.1.1 การวิเคราะห์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาโดยการพิจารณาปัญหาว่กล่าวถึงอะไร ต้องการทราบอะไร ปัญหากำหนดข้อมูลอะไรมาให้บ้าง และข้อมูลใดจำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหา

2.1.2 การวางแผนแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหาเป็นการพิจารณาว่าจะแก้ปัญหด้วยวิธีการใด แก้ปัญหาอย่างไร ปัญหาที่มีความสัมพันธ์กับปัญหาที่เคยมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหามาก่อนหรือไม่ และพิจารณาความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ในปัญหาสมผสานกับประสบการณ์ในการแก้ปัญหที่ผู้แก้ปัญหามีอยู่ แล้วกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา

2.1.3 การดำเนินตามแผน หมายถึง ความสามารถในการดำเนินตามแผน เป็นการลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ เพื่อให้ได้คำตอบของปัญหา

2.1.4 การตรวจสอบผล หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่ หรือใช้วิธีอื่นในการตรวจสอบเพื่อดูว่าผลลัพธ์ที่ได้ตรงกันหรือไม่

2.2 การทำงานกลุ่ม หมายถึง การปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันของนักเรียนตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปในการเรียนคณิตศาสตร์ โดยวัดจากแบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่มที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดของทิสนา แคมมณี (2545) เนื่องจากในการทำงานกลุ่มแต่ละครั้งจะมีผู้นำกลุ่มเพียงคนเดียวและเป็นการทำงานร่วมกันของสมาชิกในกลุ่มหลายคน ดังนั้นจึงวัดการทำงานกลุ่มตามการรับรู้ของนักเรียน ใน 3 ด้าน ดังต่อไปนี้

2.2.1 บทบาทผู้นำกลุ่ม หมายถึง ลักษณะของความเป็นผู้นำในการดำเนินกิจกรรมให้กลุ่มเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด มีความสามารถในการรวมกลุ่ม ประสานความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม ช่วยให้อีกกลุ่มมีกำลังใจ มีความพึงพอใจที่จะทำงานร่วมกันเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน

2.2.2 บทบาทสมาชิกกลุ่ม หมายถึง ลักษณะของบุคคลในการเป็นสมาชิกของกลุ่มที่ช่วยให้กลุ่มดำเนินกิจกรรมไปตามเป้าหมายที่กำหนด มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย มีการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดกับสมาชิกในกลุ่ม ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม

2.2.3 กระบวนการทำงานกลุ่ม หมายถึง ขั้นตอนและวิธีการในการดำเนินงานกลุ่ม โดยมีการเลือกผู้นำกลุ่ม กำหนดจุดมุ่งหมายในการทำงาน การวางแผนงาน การปฏิบัติตามแผน การประเมินผลและปรับปรุงงาน

2.3 พฤติกรรมการสอน หมายถึง การกระทำหรือการแสดงออกของครูขณะทำการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยวัดพฤติกรรมการสอนของครูตามการรับรู้ของนักเรียน ซึ่งใช้แบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนามาจากแบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอนของจุติพงษ์ รักแตงาม (2545) ประกอบด้วย 5 ด้านดังต่อไปนี้

2.3.1 การเตรียมการสอน หมายถึง พฤติกรรมการสอนของครูที่บ่งชี้ถึงครูได้เตรียมการสอนไว้ล่วงหน้าก่อนที่จะสอนในด้าน การศึกษาตำรา หลักสูตร คู่มือครูและเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ และการจัดการเรียนการสอน การกำหนดจุดประสงค์ การเลือกกิจกรรมการเรียนรู้ การจัดเตรียมสื่อการเรียนการสอน การเตรียมการวัดผลประเมินผล

2.3.2 การจัดการเรียนรู้ หมายถึง พฤติกรรมการสอนของครูเกี่ยวกับการนำเสนอเนื้อหา ของบทเรียน การจัดประสบการณ์ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ โดยจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้แสดงออกทางความคิด สร้างปัญหาให้นักเรียนคิด ได้ตั้งคำถามและตอบคำถามในการเรียน และเรียนด้วยความสนุกสนาน ไม่เบื่อหน่าย

2.3.3 การใช้สื่อการเรียนการสอน หมายถึง พฤติกรรมการสอนของครูในการนำสื่อมาใช้ในการประกอบการเรียนการสอน โดยใช้สื่อที่มีความเหมาะสมกับเนื้อหาบทเรียน วัยของผู้เรียน สภาพห้องเรียน มีความน่าสนใจ ทันสมัย นักเรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อการเรียนการสอน และมีเอกสารประกอบการเรียนการสอนที่หลากหลาย

2.3.4 การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน หมายถึง พฤติกรรมการสอนของครูเกี่ยวกับการจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ โดยจัดบรรยากาศให้นักเรียนและครู นักเรียนกับนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน ทำกิจกรรมร่วมกัน และการดูแลเอาใจใส่นักเรียนของครู

2.3.5 การวัดผลประเมินผล หมายถึง พฤติกรรมการสอนของครูเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือวัดผล ประเมินผลด้วยวิธีการที่หลากหลาย เพื่อครูจะได้ทราบว่านักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจหรือมีทักษะในวิชาคณิตศาสตร์ โดยมีการวัดผลประเมินผลทั้งก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

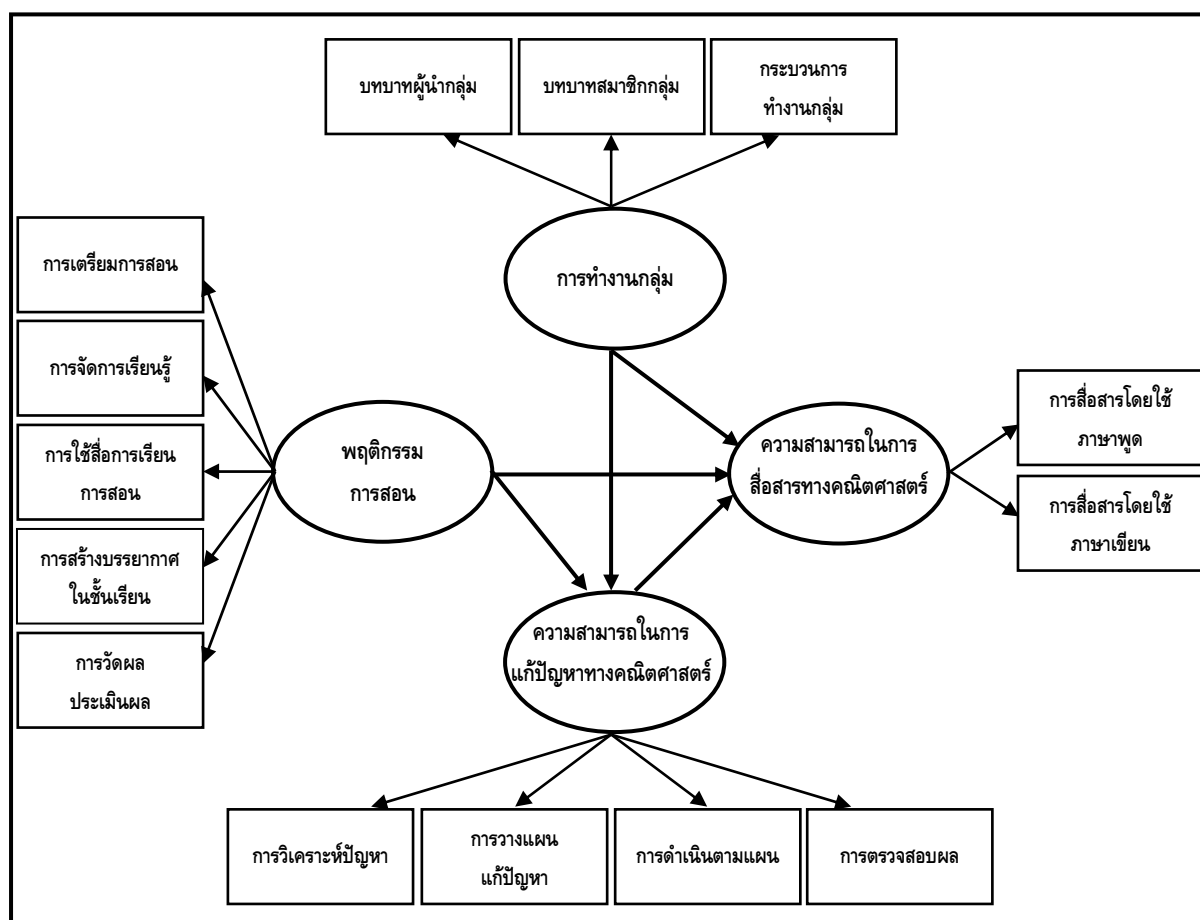
จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถในการใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ ในการแสดงแนวคิด อธิบายแนวคิด การแสดงความหมายและความสัมพันธ์ของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจ (สสวท. 2544: 197-198; อัมพร ม้าคนอง. 2547: 102-103; NCTM. 1989: 214) โดยการพูดและการเขียน (NCTM. 2000: 268; Reys; et al. 2001: 83) ซึ่งเป็นวิธีการสื่อสารโดยใช้คำพูด (ทศพร มณีศรีขำ. 2539: 46; อ้างอิงจากเสริมศักดิ์ วิชาลาภรณ์. 2525: 116-117) ดังนั้นผู้วิจัยจึงแบ่งการวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ด้าน คือ การสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด และการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน ซึ่งในการส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ต้องให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน (สมชาย วรภิเษมกุล. 2540: 75; อัชรา วันฤกษ์. 2546: 65-66; NCTM. 2000: 272-273; Rowan; & Morrow. 1993: 9-11; Buschman. 1995: 324-326) เพราะการทำงานกลุ่มทำให้นักเรียนได้สื่อสาร สื่อแนวคิดทางคณิตศาสตร์ออกมา โดยการทำงานกลุ่มที่มีประสิทธิภาพจะประกอบไปด้วย ผู้นำกลุ่ม สมาชิกกลุ่ม และกระบวนการทำงานกลุ่ม (ทิศนา แคมมณี. 2545: 10) ผู้วิจัยจึงวัดการทำงานกลุ่มจากบทบาทผู้นำกลุ่ม บทบาทสมาชิกกลุ่ม และกระบวนการทำงานกลุ่ม ซึ่งจากทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือสรุปได้ว่าการเรียนรู้เป็นกลุ่มทำให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันมีปฏิสัมพันธ์กัน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการอธิบายความรู้ให้เพื่อนในกลุ่มฟัง ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะในการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร สอดคล้องกับงานวิจัยของ สมเดช บุญประจักษ์ (2540: 91-92) พบว่า การใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือทำให้นักเรียนมีศักยภาพทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา และการใช้คณิตศาสตร์ในการสื่อสารสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และวัชร ชันเชื้อ (2545: 119) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องตรรกศาสตร์เบื้องต้นโดยใช้กระบวนการกลุ่ม พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารแนวคิดโดยใช้ทักษะการพูดและการเขียนภายหลังใช้ชุดการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ของสมมติฐานที่ตั้งไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ครุฑิโณ และ อาร์ท (อนงนาฏ ครุฑรัมย์. 2545: 31; อ้างอิงจาก Curcio; & Artzt. 1998) สไนเดอร์ (Snyder. 1994: 856-A) และ โจฮันนิง (Johanning. 2000: 151-160) พบว่า การเรียนเป็นกลุ่มและการเรียนแบบร่วมมือทำให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร จากทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานกลุ่มจึงสามารถอธิบายได้ว่า การทำงานกลุ่มมีความสัมพันธ์กับการเรียนรู้ของนักเรียนส่งผลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนั้น การทำงานกลุ่มจึงมีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยอิทธิพลทางอ้อมจะส่งผ่านทางความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ส่งผลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เพราะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นักเรียนต้องใช้ความคิดวิเคราะห์ปัญหา ซึ่งการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้น ต้องประเมินจากความเข้าใจปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหา และการตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ (สสวท. 2546: 103) ดังนั้นผู้วิจัยจึงวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา ซึ่งจากผลการวิจัยของศิริพร รัตนโกสินทร์ (2546: 69-72) พบว่า การให้นักเรียนฝึกแก้ปัญหาโดยใช้ชุดกิจกรรมผ่านกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนการใช้ชุดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับแนวความคิดของนักวิชาการทางคณิตศาสตร์หลายท่าน

ที่พบว่านักเรียนจะมีความสามารถทางการสื่อสารได้นั้นครูจะต้องส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา สร้างปัญหาให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ (กรมวิชาการ. 2545ก: 201-203) หาปัญหาที่หลากหลายให้นักเรียน แก้ปัญหา แล้วให้อธิบายกระบวนการในการแก้ปัญหา (Buschman. 1995: 326-329; NCTM. 2000: 268) และการให้นักเรียนพูดหรือเขียนเกี่ยวกับสิ่งที่ปัญหาจะทำให้นักเรียนได้ทดสอบ ขยายความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงแนวคิดของนักเรียน ดังนั้นจากแนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาจึงสามารถอธิบายได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ก็มีอิทธิพลย้อนกลับมาที่ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพราะจากงานวิจัยของพรณา ไพโรจน์ภักดี (2542: 86) พบว่า ทักษะการแปลภาษาโจทย์ให้เป็น ภาษาคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ และทักษะการอ่านเพื่อวิเคราะห์โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์มีอิทธิพลทางตรง และทางอ้อมต่อผลสำเร็จในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ และ คลาร์กสัน (Clarkson. 1979: 4104-A) ได้ทำการ วิจัยพบว่า ความสามารถในการแปลโจทย์ปัญหา 3 แบบ คือ สัญลักษณ์ที่เป็นภาษา สัญลักษณ์ที่เป็นสัญลักษณ์ และสัญลักษณ์ที่เป็นรูปภาพมีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหา

บุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องมากที่สุดในการส่งเสริมนักเรียนให้มีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์นั้น คือ ผู้สอน โดยผู้สอนต้องมีพฤติกรรมการสอน ประกอบไปด้วย การเตรียมการสอน การจัดการเรียนรู้ การใช้สื่อ การเรียนการสอน การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน และการวัดผลประเมินผล ซึ่งการส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารนั้นต้องจัดสภาพห้องเรียนให้นักเรียนมีการอธิบาย อภิปราย ถกเถียง จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน กำหนดชิ้นงานที่มีลักษณะการหาคำตอบได้หลายวิธี (NCTM. 2000: 270-272) ใช้คำถามให้นักเรียนแสดงแนวความคิดออกมา (Lappan; & Schram. 1989: 29) ให้นักเรียนตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่ การค้นพบในสิ่งที่สนใจ (Rowan; & Morrow. 1993: 9-11) นอกจากนั้น กริโกรี (Gregory. 1977: 0937) ยังพบว่า การจัดกิจกรรมที่หลากหลายในห้องเรียนคณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนได้ใช้ทักษะการสื่อสาร เพื่อแลกเปลี่ยน ประสพการณ์ ได้แสดงความคิดเห็น และจากงานวิจัยของขวัญจิรา อนันต์ (2546: 88) พบว่า พฤติกรรมการสอนมี อิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ จากแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ พฤติกรรมการสอนจึงสามารถอธิบายได้ว่า พฤติกรรมการสอนมีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อ ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยอิทธิพลทางอ้อมจะส่งผ่านทางความสามารถในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์

จากการสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอนที่มี ต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษารูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุของ องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ 2 รูปแบบ ดังแผนภาพต่อไปนี้

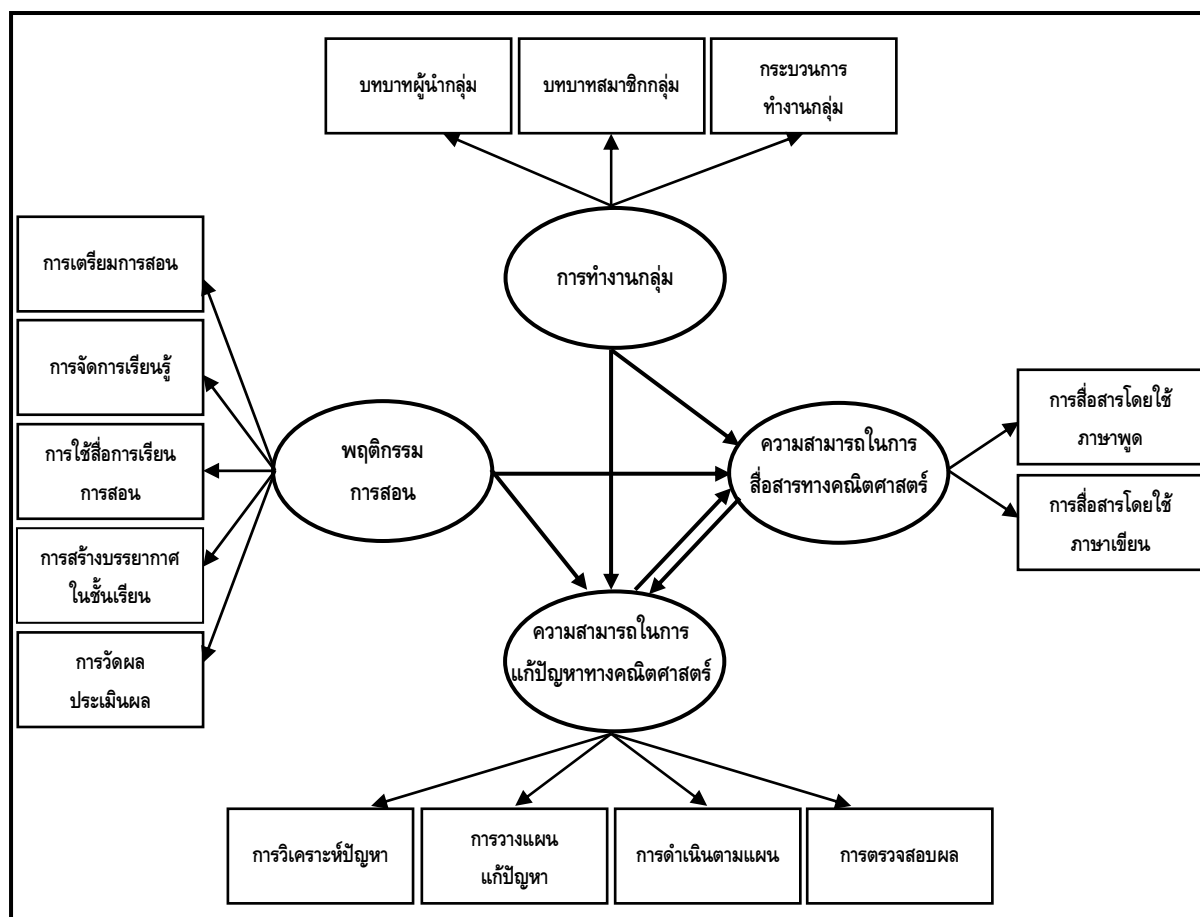


ภาพประกอบ 1 รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุตามภาวะสันนิษฐาน (ก) ขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

สมมติฐานของการวิจัยรูปแบบ ก

1. องค์ประกอบด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรม การสอน มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
2. รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์
3. องค์ประกอบด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรม การสอน มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยมีอิทธิพลทางตรงและทางอ้อม ดังต่อไปนี้
 - 3.1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
 - 3.2 การทำงานกลุ่ม มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และมีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยผ่านทางความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3.3 พฤติกรรมการสอน มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และมีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยผ่านทางความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์



ภาพประกอบ 2 รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุตามภาวะสันนิษฐาน (ข) ขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

สมมติฐานของการวิจัยรูปแบบ ข

จากรูปแบบ (ข) จะมีลักษณะเช่นเดียวกับรูปแบบ (ก) แต่เพิ่มความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ มีอิทธิพลย้อนกลับไปที่ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นจึงเพิ่มสมมติฐานขึ้นมาอีก 1 ข้อ คือ ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มีอิทธิพลย้อนกลับไปที่ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
 - 1.1 ความหมายและลักษณะของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
 - 1.2 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
 - 1.3 ความสำคัญและประโยชน์ของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
 - 1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 2.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 2.2 ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 2.3 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 2.4 องค์ประกอบในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 2.5 การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 2.6 กระบวนการและขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานกลุ่ม
 - 3.1 ความหมายของการทำงานกลุ่ม
 - 3.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการทำงานกลุ่ม
 - 3.3 องค์ประกอบของการทำงานกลุ่ม
 - 3.4 ความสำคัญและประโยชน์ของการทำงานกลุ่ม
 - 3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานกลุ่ม
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการสอน
 - 4.1 ความหมายของพฤติกรรมการสอน
 - 4.2 องค์ประกอบของพฤติกรรมการสอน
 - 4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการสอน

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

1.1 ความหมายและลักษณะของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

การเรียนการสอนแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ ครูและนักเรียนจะมีความเข้าใจตรงกันในเรื่องที่เรียนได้นั้นต้องมีการสื่อสารระหว่างครูและนักเรียน ซึ่งในแต่ละวิชานั้นจะใช้ภาษาหรือศัพท์เฉพาะของแต่ละสาขาวิชา ซึ่งถ้านักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารจะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องที่เรียน เกิดความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ และคณิตศาสตร์ก็เป็นวิชาหนึ่งที่มีภาษาเฉพาะเป็นของคณิตศาสตร์เอง ดังนั้นการสื่อสารในห้องเรียนคณิตศาสตร์จึงมีความจำเป็นที่ต้องใช้ภาษาที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ โดยมีผู้ให้ความหมายและลักษณะของการสื่อสารไว้ดังนี้

วรรณิ โสมประยูร (2537: 24) กล่าวว่า การสื่อสารเป็นการแลกเปลี่ยนแนวคิด การให้ความรู้ ความคิดเห็นหรือข้อมูลต่างๆโดยการพูด การเขียน หรือการใช้สัญลักษณ์

ทัศนีย์ กระต่ายอินทร์ และสุกิตร์ อนุศาสตร์ (2542: 3) ได้ให้ความหมายของการสื่อสารไว้ว่าเป็นกระบวนการถ่ายทอดสารผ่านสื่อต่างๆทั้งที่เป็นารพูด การเขียน การแสดง และการจัดกิจกรรมไปยังผู้รับสารอย่างมีวัตถุประสงค์ ทำให้เกิดการรับรู้ร่วมกัน มีปฏิกริยาตอบสนองกัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544: 197-198) ได้เสนอว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นการฝึกทักษะให้ผู้เรียนได้รู้จักคิดวิเคราะห์ปัญหา สามารถเขียนปัญหาในรูปแบบของ ตาราง กราฟ หรือข้อความ เพื่อสื่อสารความสัมพันธ์ของจำนวนเหล่านั้น โดยการกำหนดโจทย์ปัญหาให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ กำหนดตัวแปร เขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปของสมการหรือสมการตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด และดำเนินการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางพีชคณิต

อัมพร ม้าคนอง (2547: 102-103) กล่าวว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถของผู้เรียนในการอธิบาย ชี้แจง แสดงความเข้าใจหรือความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของตนเองให้ผู้อื่นรับรู้ เช่น การใช้ภาษา และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อความหมาย การอธิบายลำดับขั้นตอนของการทำงาน การแสดงเหตุผลเพื่อสนับสนุนข้อสรุปที่ได้ การใช้ตาราง กราฟ หรือค่าสถิติ ในการอธิบายหรือการนำเสนอข้อมูล

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1989: 214) เสนอว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถในการใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงแนวคิดหรือทำความเข้าใจแนวคิดและความสัมพันธ์ของแนวคิด นอกจากนั้นยังได้ระบุว่าลักษณะของความสามารถในการสื่อสารการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการให้เกิดขึ้นในตัวของผู้เรียนนั้น มีลักษณะดังนี้

1. สามารถแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยการพูด การเขียน การสาธิต และการแสดงให้เห็นภาพ
2. สามารถทำความเข้าใจ แปลความหมาย และประเมินแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอโดยการพูด การเขียน หรือภาพต่างๆ
3. สามารถใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์แสดงแนวคิด อธิบายความสัมพันธ์ และจำลองสถานการณ์

และในปี 2000 สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 60-63) เสนอว่า เป้าหมายของการสื่อสารนั้นเพื่อให้นักเรียนมีความสามารถดังนี้

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

นอกจากนั้นสภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 268-273) เสนอว่า การสื่อสารในช่วงชั้นประถมศึกษาตอนปลายถึงมัธยมศึกษาตอนต้นควรจะเป็นเรื่องที่ซับซ้อนเป็นนามธรรมมากขึ้นกว่าชั้นก่อนๆ การสื่อสารในช่วงนี้ไม่ควรเป็นแค่การนำเสนอและอธิบายวิธีแก้ปัญหา ไม่ใช่แค่อธิบายกระบวนการและผลสรุปอย่างเดียว แต่ควรครอบคลุมถึงการวิเคราะห์ เปรียบเทียบความหมาย และประสิทธิภาพของการแก้ปัญหาด้วย หรือเป็นการอธิบายข้อโต้แย้งและเหตุผล

เฟนเซล และ โรวาน (Fensell; & Rowan. 2001: 202) กล่าวว่า การสื่อความหมายเป็นองค์ประกอบที่สำคัญทั้งการเรียนและการสอน เพราะการสื่อความหมายเป็นวิธีการจัดรูปแบบความรู้ทางคณิตศาสตร์ และเป็นการแสดงความคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

รีส์ และคนอื่นๆ (Reys; et al. 2001: 83) กล่าวว่า การสื่อสารเป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพสำหรับการรวบรวมแนวคิดทางคณิตศาสตร์ทั้งโดยการพูดและการเขียน เพื่อแสดงและอธิบายแนวคิด โดยเฉพาะการสื่อสารสองทางช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบาย รวบรวม และขยายแนวคิด แลกเปลี่ยนแนวคิดกับคนอื่น ซึ่งนักเรียนควรได้รับการส่งเสริมให้มีการสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างหลากหลาย เช่น การสื่อสารด้วยภาพ การแสดงท่าทาง การเขียนกราฟ การเขียนแผนภูมิ และการใช้สัญลักษณ์ไปพร้อมกับการใช้คำทั้งการพูดและการเขียน

จากความหมายและลักษณะของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่กล่าวมาทั้งหมด สรุปได้ว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ และโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ หรือสื่อต่างๆ เช่น การใช้แผนภาพ แผนภูมิ กราฟ ตาราง ในการแสดงแนวคิด อธิบายแนวคิด การแสดงความหมายและความสัมพันธ์ของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างถูกต้องและชัดเจน โดยการพูด การเขียน และ สลวท. (2546: 19) ได้เสนอแนวทางการประเมินความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ว่า ควรประเมินจากประเด็นต่อไปนี้

1. การเลือกรูปแบบของการสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอด้วยวิธีการที่เหมาะสม
2. ใช้ข้อความ คัพท์ สูตร สมการ หรือแผนภูมิที่เป็นสากล
3. บันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล
4. สรุปสาระสำคัญที่ได้จากการค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งการเรียนรู้
5. เสนอความคิดเห็นที่เหมาะสมกับปัญหา

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ใน 2 ด้าน คือ

1. ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยใช้ภาษาพูด เป็นการนำเสนอ อธิบายชี้แจงแสดง ความเข้าใจหรือการแลกเปลี่ยนแนวความคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยอาศัย หลักการ ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการพูดสื่อสารกับบุคคลอื่น

2. ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยใช้ภาษาเขียน เป็นการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การใช้ศัพท์ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ แผนภูมิ แผนภาพ ตาราง หรือกราฟ และการใช้หลักการ ความรู้ทาง คณิตศาสตร์ในการนำเสนอแนวคิด อธิบายแนวคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของตนเองได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน และรัดกุมโดยการเขียน

1.2 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

การพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์นั้นมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งมีผู้ให้แนวทางไว้ดังนี้

สมชาย วรภิเษมกุล (2540: 75) กล่าวว่า ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะ ในการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยการสื่อสารแนวคิด ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พูด มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน ซึ่งวิธีที่ทำให้ นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันก็คือให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม เพราะการทำงานกลุ่มเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนในกลุ่มได้ แสดงแนวคิด อธิบายแนวคิดของตนให้เพื่อนได้รับรู้ (อัชรา วันฤกษ์. 2546: 65-66; NCTM. 2000: 272-273) นอกจากนั้นคอปป์ และ ไวน์แนค (อนงค์นาฏ ครุฑรัมย์. 2545: 25; อ้างอิงจาก Cobb; & Whitenack. 1996) ยังได้กล่าวว่า กระบวนการกลุ่มย่อยเป็นกระบวนการที่เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ของสมาชิกในกลุ่ม ทำให้เห็นแง่มุม ที่หลากหลายเกี่ยวกับกิจกรรมที่ทำ ซึ่งแง่มุมที่หลากหลายเหล่านี้เกิดจากการสื่อสารหรือการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การใช้เหตุผล การเชื่อมโยง รวมทั้งความคิดรวบยอด และกระบวนการนำเสนอแนวคิดของตนเองในกลุ่มย่อย ดังนั้น การทำงานในกลุ่มย่อย จึงเป็นการส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสาร ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมี ประสิทธิภาพ (อนงค์นาฏ ครุฑรัมย์. 2545: 26; อ้างอิงจาก Baker. 1976) และสภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1989: 26) ได้เสนอแนวทางในการจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ว่า ควรเป็นกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการดำเนินการอย่างเต็มที่ ในลักษณะของการสืบค้น สืบเสาะ พรรณนา และ อภิปรายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ การจัดการเรียนการสอนต้องให้นักเรียนมีโอกาสได้ปฏิสัมพันธ์ต่อกัน มีโอกาสชี้แจง แนวคิด อธิบายเหตุผล และชวนเชื่อให้บุคคลอื่นเห็นด้วยกับแนวคิดของตนเองทั้งการพูดและการฟัง

กรมวิชาการ (2545ก: 201-203) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการสื่อสาร ทางคณิตศาสตร์ สามารถพัฒนาได้ในทุกเนื้อหาที่ต้องการให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนได้คิดตลอดเวลาที่เห็นปัญหาว่า ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น จะมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร เขียนรูปแบบความสัมพันธ์ ของตัวแปรได้อย่างไร จะใช้ภาพ ตาราง หรือกราฟใดช่วยในการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ นอกจากนั้น ในกิจกรรมการเรียนการสอนควรกำหนดโจทย์ปัญหาที่น่าสนใจและเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน ให้ผู้เรียน มีส่วนร่วมในกิจกรรมได้ลงมือปฏิบัติและแสดงความคิดเห็นด้วยตนเอง ผู้สอนเป็นเพียงผู้คอยช่วยชี้แนะ และใช้สื่อที่เป็นรูปธรรมเพื่อนำไปสู่เรื่องที่เป็นนามธรรม (สสวท. 2547: 19-21) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ แลปเพน และ ชแรม (Lappan; & Schram. 1989: 29) ได้เสนอว่า การพัฒนาการสื่อสารทำได้โดย กำหนดกิจกรรมหรือ

คำถามแล้วให้นักเรียนอธิบายแนวคิดออกมา หรือบางครั้งอาจให้นักเรียนอธิบายกระบวนการแก้ปัญหา โดยให้เขียนหรือพูดสั้นๆ เช่น ทำไมต้องทำเช่นนั้น ผลที่ได้เป็นอย่างไร

บรัชแมน (Buschman. 1995: 324-326) ได้เสนอกิจกรรมที่ช่วยพัฒนาการสื่อสารไว้ว่าควรฝึกให้นักเรียนเขียนวารสาร ฝึกแต่งโจทย์ปัญหาเอง ให้ร่วมกิจกรรมเก้าอี้ของนักคณิตศาสตร์ มีกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ และเขียนหนังสือพิมพ์ โดยในกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือนั้นควรให้นักเรียนมีการแก้ปัญหาร่วมกัน ให้อธิบายกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหา มีการพูดแสดงประสิทธิภาพการแก้ปัญหาของกลุ่ม มีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาของสมาชิก เน้นการพูดคุยกับเพื่อนซึ่งมีความสำคัญมากโดยเฉพาะกับเด็กเล็ก เด็กๆจะรู้สึกสะดวกสบายใจที่จะพูดคุยกับเพื่อนมาก ทำให้สื่อความคิดได้มีประสิทธิภาพกว่า และ บรัชแมน (Buschman. 1995: 326-329) ยังได้เสนอแนวทางในการพัฒนาการสื่อสารไว้ 14 แนวทาง ดังนี้

1. เสนอปัญหาและคำตอบ แล้วให้นักเรียนเขียนข้อความที่เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับคำตอบ
2. เสนอปัญหาที่แก้แบบผิดๆแล้วให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อผิดพลาดนั้น
3. เสนอปัญหาที่ประกอบด้วยข้อมูลและเงื่อนไขหนึ่งปัญหา ให้นักเรียนเขียนปัญหาใหม่ที่มีข้อมูลและเงื่อนไขไม่แตกต่างจากปัญหาเดิม แล้วให้นักเรียนแก้ปัญหานั้น 2 ข้อ พร้อมทั้งอธิบายความยากง่ายในการแก้ปัญหานั้นแต่ละข้อ
4. เสนอปัญหาและวิธีการแก้ปัญหบางส่วน แล้วให้นักเรียนหาทางแก้ปัญหานั้นต่อให้เสร็จและให้นักเรียนคิดแก้ปัญหานี้แบบใหม่ และอธิบายวิธีแก้ปัญหานั้น
5. เสนอปัญหาและข้อเท็จจริงที่ไม่เกี่ยวข้องกับคำตอบ ให้นักเรียนระบุข้อเท็จจริงเหล่านั้น และเขียนปัญหานี้ใหม่โดยตัดข้อเท็จจริงที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป
6. เสนอปัญหาให้นักเรียน แล้วให้นักเรียนอธิบายวิธีการแก้ปัญหานั้นโดยใช้เพียงคำสั้นๆ
7. หลังจากนักเรียนแก้ปัญหานั้นเสร็จแล้ว ให้นักเรียนเขียนปัญหาใหม่ที่มีบริบทแตกต่างไปแต่ให้คงโครงสร้างของปัญหานั้นเดิม
8. เสนอปัญหาในชีวิตจริงที่ไม่มีตัวเลขแก่นักเรียน ให้นักเรียนประมาณคำตอบและตัวเลขที่หายไป แล้วให้นักเรียนแก้ปัญหานั้นและบอกว่าพบคำตอบได้อย่างไร
9. เสนอกราฟหรือตารางให้นักเรียนแล้วให้นักเรียนเขียนเรื่องที่นำเสนอข้อมูลในกราฟหรือตารางเหล่านั้น
10. เสนอแนวโน้มหรือตัวอย่างข้อมูลแก่นักเรียน แล้วให้นักเรียนทำนายโดยใช้ข้อมูลเหล่านั้น และเขียนเรื่องที่ประกอบด้วยข้อมูลเหล่านั้น
11. เสนอปัญหาจริงที่พบในชั้นเรียนแก่นักเรียน ซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องอาศัยการใช้วัตถุจริงๆร่วมกัน แล้วให้นักเรียนคิดแผนการใช้วัตถุเหล่านั้นด้วยกัน และตรวจสอบแผนการที่คิดขึ้น
12. ให้นักเรียนเขียนจดหมายที่มีปัญหาอยู่ พร้อมทั้งทั้งคำเชิญชวนให้ผู้ได้รับจดหมายแสดงวิธีแก้ปัญหานั้น
13. เสนอปัญหาปลายเปิดให้นักเรียน แล้วให้นักเรียนค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหานั้น
14. ให้นักเรียนเขียนนิยายหรือเล่าเรื่องใหม่โดยมีข้อมูลที่เป็นตัวเลข เพื่อใช้เป็นแหล่งสร้างโจทย์ปัญหา

นอกจากนั้นบรัชแมน (Buschman. 1995: 329) ยังได้เสนอแนวทางเพิ่มเติมว่า ในการทำงานร่วมกันของนักเรียนนั้นเป็นการสร้างความเข้าใจในเรื่องภาษาทางคณิตศาสตร์ เมื่อนักเรียนสนทนากันนักเรียนจะมุ่งความสนใจไปยังความคิด แนวคิด และความหมายของคำต่างๆและทำให้ความคิด แนวคิด และความหมายของคำเหล่านั้นกระจ่างชัดเจขึ้น ขณะที่นักเรียนใช้ถ้อยคำเพื่ออธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์นั้นจะทำให้ให้นักเรียนได้สร้างความชัดเจนแม่นยำ และความเข้าใจของคำเหล่านั้น เมื่อนักเรียนพูดหรือเขียนสิ่งที่เกี่ยวกับปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนจะได้ทดสอบ ขยายความเข้าใจทางคณิตศาสตร์นั้น ซึ่งในขณะที่นักเรียนพูดหรือเขียนนักเรียนไม่เพียงแต่ได้ใช้ภาษาเพื่อแสดงความคิดของตัวเองเท่านั้น แต่ยังได้ใช้กระบวนการสื่อสารในการสนทนากับผู้อื่นอีกด้วย

โรวัน และ มอร์โรว์ (Rowan; & Morrow. 1993: 9-11) ได้เสนอแนวทางในการพัฒนาการสื่อสารการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. นำเสนอสิ่งที่เป็นรูปธรรม แล้วให้นักเรียนได้พรรณนาหรืออธิบายถึงสิ่งที่พบเห็น
2. ใช้เนื้อหา เรื่องราว หรืองานที่เกี่ยวข้องและใกล้ตัวของนักเรียน เช่น โครงการที่มีกิจกรรมการสืบค้นเป็นสื่อที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สื่อสารโดยตรง กิจกรรมลักษณะนี้จะช่วยให้นักเรียนได้เห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ว่า เป็นวิชาที่มีประโยชน์ในการดำเนินชีวิต และเป็นเรื่องราวที่เกี่ยวข้องและใกล้ตัวของนักเรียนจะทำให้การใช้คณิตศาสตร์สื่อสารเป็นไปได้อย่างสมบูรณ์
3. การใช้คำถาม ต้องเป็นคำถามที่ให้โอกาสนักเรียนได้คิดอย่างหลากหลายและคิดอย่างสร้างสรรค์ โดยเฉพาะคำถามปลายเปิด จะเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดอย่างหลากหลาย
4. ให้โอกาสนักเรียนได้เขียนสื่อสารแนวคิดและฝึกเขียนแสดงแนวคิดของตนเอง เพราะการเขียนสื่อสารแนวคิดมีความสำคัญ จะทำให้นักเรียนเห็นว่าการเขียนเป็นส่วนสำคัญของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์
5. ใช้กลุ่มแบบร่วมมือและช่วยเหลือกัน (Cooperative and collaborative group) และการให้นักเรียนนั่งเรียนเป็นแถวและนั่งประจำโต๊ะของตนเองนั้นไม่ได้ส่งเสริมให้เกิดการอภิปราย แต่การจัดกลุ่มให้นักเรียนได้ร่วมมือและช่วยเหลือกันเรียนรู้ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สำรวจแนวคิด อธิบายแนวคิดกันในกลุ่ม ซึ่งเป็นวิธีการส่งเสริมการสื่อสารโดยตรง
6. ใช้การชี้แนะโดยตรงและชี้แนะทางอ้อม (Overt and covert clues) การตอบสนองต่อคำถามของนักเรียน การบริหารและจัดระบบชั้นเรียน ควรชี้แนะให้นักเรียนได้ทราบถึงสิ่งที่คาดหวังและมาตรฐานของการเรียนรู้ เพื่อที่นักเรียนจะได้แสดงแนวคิดเหล่านั้นได้อย่างไม่ต้องกังวล

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 270-272) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการพัฒนาการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับเกรด 6-8 ว่า ครูจะต้องจัดสภาพห้องเรียนที่เอื้อต่อการส่งเสริมให้นักเรียนมีการอธิบาย ถกเถียง อภิปราย และการให้เหตุผล ซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กันได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ได้ค้นหาปัญหาร่วมกัน รวมถึงการให้คำแนะนำจากครู ทั้งหมดนี้เป็นวิธีที่ทำให้นักเรียนได้มีการสื่อสารกันทำให้เกิดการเรียนรู้ นอกจากนั้นครูควรกำหนดชิ้นงาน (Tasks) ที่แสดงถึงความสัมพันธ์เกี่ยวกับความสำคัญของแนวคิดทางคณิตศาสตร์ มีแนวทางในการหาคำตอบได้หลายวิธี และอนุญาตให้นักเรียนแสดงแนวความคิด (Representations) ได้อย่างหลากหลาย เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบาย แสดงเหตุผล และคาดเดาคำตอบในการแก้ปัญหา ครูต้องอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนคอยให้คำแนะนำและเดินดูตามกลุ่มเมื่อมีการทำงานกลุ่ม และรับฟังคำตอบของนักเรียนที่มีความคิดเห็นแตกต่างกัน

และสภาครุศาสตรแห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 280-285) ยังได้กล่าวเพิ่มเติมว่า นักเรียนควรเรียนที่จะเปรียบเทียบพิจารณาและใช้การสื่อความหมายในรูปแบบต่างๆ สำหรับจำนวนเต็ม ร้อยละ ทศนิยม เศษส่วน นักเรียนควรจะเรียนที่จะใช้การสื่อความหมายในรูปของเลขยกกำลัง หรือสัญลักษณ์ของจำนวนต่างๆ สำหรับจำนวนที่มีค่ามากๆ หรือน้อยมากๆ นักเรียนควรเรียนที่จะใช้เครื่องมือทางกราฟิกเพื่อสื่อความหมาย และวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ หากนักเรียนเข้าใจการสื่อความหมายได้หลายรูปแบบนักเรียนจะมีความเข้าใจมากขึ้น ดังนั้นต้องส่งเสริมการสื่อความหมายในหลายๆรูปแบบ ต้องให้นักเรียนใช้การสื่อความหมายในการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ และปัญหาที่เป็นตัวแบบ (model) ของสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ สังคมหรือปรากฏการณ์ทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นในการพัฒนาการสื่อความหมายควรปฏิบัติ ดังนี้

1. ครูต้องช่วยให้นักเรียนรู้ที่จะใช้การสื่อความหมายที่ยืดหยุ่น และเหมาะสมโดยการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างและใช้การสื่อความหมายเพื่อส่งเสริมความคิดและการสื่อสาร
2. ครูต้องช่วยให้นักเรียนสื่อความหมาย โดยการฟัง การถาม และพยายามที่จะเข้าใจสิ่งที่นักเรียนพยายามสื่อด้วยรูปวาด การเขียน โดยเฉพาะการสื่อความหมายอย่างไม่เป็นทางการ
3. การสื่อความหมายอย่างเป็นทางการใช้ได้อย่างกว้างขวางและเข้าใจได้ทั่วถึง แต่ต้องอาศัยความร่วมมือ ดังนั้นครูควรช่วยตัดสินใจว่าเมื่อไรนักเรียนควรจะพัฒนาไปสู่การสื่อความหมายอย่างเป็นทางการ
4. ครูมีบทบาทสำคัญในการช่วยนักเรียนพัฒนาความสามารถในการสื่อความหมาย เช่น ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจเรื่องตัวแปร
5. ครูต้องให้ประสบการณ์ในการใช้การสื่อความหมายที่เป็นสิ่งที่มองเห็นได้อย่างหลากหลาย และแนะนำ การสื่อความหมาย รูปแบบใหม่ที่เป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหา
6. ครูต้องช่วยให้นักเรียนมีความมั่นใจและมีความสามารถในการสร้างการสื่อความหมายของตนเอง เมื่อมีการแก้ปัญหาที่ท้าทายและเลือกการสื่อความหมายที่เป็นทางการที่ยืดหยุ่นและเหมาะสม
7. ครูต้องช่วยให้นักเรียนได้ใช้การสื่อความหมายอย่างเหมาะสม
8. ครูสามารถติดตามพัฒนาการในด้านการสื่อความหมายโดยการส่งเสริมให้นักเรียนอภิปราย รูปภาพ กราฟ หรือสัญลักษณ์ที่นักเรียนใช้ในงานของนักเรียน
9. นักเรียนจะประเมินการสื่อความหมายและตระหนักถึงคุณลักษณะที่ทำให้การสื่อความหมายมีความยืดหยุ่น เหมาะสม และมีประโยชน์ เมื่อเห็นว่าผู้อื่นแปลความหมายสิ่งที่นักเรียนประทับใจในความง่ายและมีประสิทธิภาพของการสื่อความหมายแบบทางการและบทบาทของการสื่อความหมายที่ช่วยในการสื่อสารกับผู้อื่น

จากการศึกษาแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า การพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์นั้น ผู้สอนเป็นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องอย่างมากในการจัดการเรียนการสอน โดยแนวทางในการจัดการเรียนการสอนนั้น ต้องให้ผู้เรียนได้เรียนเป็นกลุ่ม ให้ร่วมมือกันในการทำงานเพราะการที่นักเรียนได้ทำงานร่วมกันจะทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดกับเพื่อน หาปัญหาที่ให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ให้นักเรียนได้แก้ปัญหาปลายเปิด ใช้สื่อประกอบการเรียนการสอน ใช้คำถามนำเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นออกมาไม่ว่าจะเป็นการเขียนหรือการพูด

1.3 ความสำคัญและประโยชน์ของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

การสื่อสารเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเป็นปกติวิสัยของคนเราทุกคน และมีความเกี่ยวข้องไปถึงบุคคลอื่น ดังนั้นการสื่อสารจึงมีความสำคัญสำหรับบุคคลและสังคมหลายด้าน โดยเฉพาะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ถ้าผู้เรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์แล้ว จะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในการเรียนคณิตศาสตร์ เพราะนักเรียนจะเข้าใจในสิ่งที่ครูหรือเพื่อนสื่อสารออกมา ทำให้มีความเข้าใจตรงกัน มีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน ซึ่งมีนักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงความสำคัญของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้

ยุพิน พิพิธกุล (2539: 1-2) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับความคิดของมนุษย์ โดยมนุษย์สร้างสัญลักษณ์ขึ้นมาแทนความคิด และสร้างกฎในการนำสัญลักษณ์มาใช้ เพื่อสื่อความหมายให้เข้าใจตรงกัน ดังนั้นคณิตศาสตร์จึงเป็นภาษาหนึ่งที่มีภาษาเฉพาะเป็นของตัวเอง เป็นภาษาที่กำหนดขึ้นด้วยสัญลักษณ์ โดยมีตัวอักษร ตัวเลข และสัญลักษณ์แทนความคิด ทุกคนที่เข้าใจคณิตศาสตร์จะอ่านประโยคสัญลักษณ์ และภาษาทางคณิตศาสตร์ได้เข้าใจตรงกัน ซึ่งสอดคล้องกับที่บาร์รูดี (Baroody. 1993: 2-99) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นภาษาที่ใช้แทนความคิด และสื่อสารแนวคิดที่หลากหลายได้ชัดเจน เทียบตรงและรัดกุม

มัมมี และ เชฟเพิร์ด (Mumme; & Shepherd. 1993: 7-11) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการสื่อสารไว้ดังนี้

1. ทักษะการสื่อสารช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ โดยการแสดงความคิด การอภิปราย และการฟังความคิดเห็นของนักเรียนคนอื่นๆ จะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น

2. ทักษะการสื่อสารช่วยในการแลกเปลี่ยนความเข้าใจทางคณิตศาสตร์แก่นักเรียน ดังนั้นครูจำเป็นต้องส่งเสริมการสื่อสารให้มากขึ้น เพื่อให้บุคคลหนึ่งได้เชื่อมต่อกับความคิดทางคณิตศาสตร์ไปยังอีกบุคคลหนึ่ง โดยการอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ครูต้องให้นักเรียนมีการพัฒนาภาษาทางคณิตศาสตร์ และมีความเข้าใจในกฎและนิยามต่างๆ

3. ทักษะการสื่อสารจะช่วยเสริมสร้างให้นักเรียนเป็นผู้เรียนรู้ เมื่อครูตั้งคำถามแล้วให้นักเรียนตอบคำถามโดยการพูด การเขียนในสิ่งที่เขาคิด หรือการพูดกันเองก็จะทำให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นในความสามารถเกี่ยวกับความคิดทางคณิตศาสตร์

4. ทักษะการสื่อสารเป็นการส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเรียนรู้ นั่นคือ การพูด และการฟังบุคคลอื่นในกลุ่ม โดยการเรียนร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เป็นวิธีที่ทำให้เราหลุดพ้นจากความวิตกกังวลที่จะแสดงความคิดเห็นออกมา การมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนจะทำให้นักเรียนมีความสุขสนุกสนานในการเรียน เป็นสิ่งที่ทำให้นักเรียนเกิดความเต็มใจที่จะร่วมกันคิด

5. ทักษะการสื่อสารช่วยให้ครูได้หยั่งรู้ (Insight) ในความคิดของนักเรียน ครูจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการคิดของนักเรียนเป็นอย่างมากโดยการฟัง การอธิบาย และการให้เหตุผลของนักเรียน ซึ่งความสามารถในการอธิบายเกิดจากการฝึกทักษะการใช้ภาษาที่เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน

สมาคมคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1989: 26) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารว่า การเรียนรู้คณิตศาสตร์ และการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารมีบทบาทสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจภาษาของคณิตศาสตร์ เป็นสะพานเชื่อมโยงสาระหรือความคิดที่ไม่เป็นทางการหรือสามัญสำนึกไปสู่ภาษาที่เป็นนามธรรม และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และยังมีบทบาทสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนได้สร้างความเชื่อมโยงที่สำคัญระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับสื่อที่เป็นวัตถุ รูปภาพ กราฟ สัญลักษณ์ต่างๆ คำพูด และการแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ การใช้คณิตศาสตร์ในการสื่อสาร ยังช่วยให้นักเรียนมีความชัดเจนในแนวคิด และเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งในสิ่งที่เรียน สอดคล้องกับแนวคิดของโรวาน และ มอร์โรว์ (Rowan; & Morrow. 1993: 7) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น เพราะการสื่อสารทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความเข้าใจ เกิดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการส่งเสริมบรรยากาศที่เหมาะสมแก่การเรียนรู้ ทำให้ครูเข้าใจในแนวคิดของนักเรียนได้ดีขึ้น

เฟนเซล และ โรวาน (Fensell; & Rowan. 2001: 189) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการสื่อความหมายไว้ดังนี้

1. การสื่อความหมายเป็นเครื่องมือที่ทรงพลังทางการคิด ทำให้แนวคิดทางคณิตศาสตร์เป็นรูปธรรมมากขึ้นและทำให้คิดไตร่ตรองได้ ช่วยขยายการให้เหตุผล โดยช่วยให้นักเรียนสามารถมุ่งความสนใจไปยังสิ่งสำคัญในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์นั้นๆ
2. การสื่อความหมายช่วยให้นักเรียนระลึกถึงองค์ประกอบร่วมของแนวคิดทางคณิตศาสตร์หลายๆ แนวคิดได้
3. เมื่อนักเรียนสามารถถ่ายโอนความเข้าใจระหว่างการสื่อความหมายแบบที่แตกต่างกันของแนวคิดทางคณิตศาสตร์อันเดียวกันได้ จะทำให้นักเรียนสามารถขยายความเข้าใจและใช้กระบวนการและมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ได้กว้างขึ้น
4. การสื่อความหมายเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อผู้เรียนในการสร้างความเข้าใจ การสื่อสารข้อมูล และการแสดงเหตุผล

จากการศึกษาความสำคัญและประโยชน์ของการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า คณิตศาสตร์เป็นภาษาที่มีความเฉพาะของตัวมันเอง การสื่อสารทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญอย่างมากในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เพราะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดทางคณิตศาสตร์ สามารถแสดงแนวความคิดทางคณิตศาสตร์ให้เป็นรูปธรรมมากขึ้นทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน เกิดความลึกซึ้งในสิ่งที่เรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับแนวคิดได้อย่างเที่ยงตรง หรือนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้โดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ในการสื่อสารทำให้เกิดบรรยากาศที่เหมาะสมในการเรียนรู้

1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

สมเดช บุญประจักษ์ (2540: 95-96) ได้ทำการพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใน 3 ด้าน คือ ความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการใช้คณิตศาสตร์ในการสื่อสาร โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้แสดงแนวคิด อธิบายแนวคิด แสดงเหตุผล อภิปรายและแลกเปลี่ยนแนวคิดซึ่งกันและกัน ผลการวิจัยพบว่า ศักยภาพทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พรนภา ไพโรจน์ศักดิ์ (2542: 86) ได้ศึกษาความสัมพันธ์และอิทธิพลของทักษะทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อผลสำเร็จในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 คณะบริหารธุรกิจ ปีการศึกษา 2542 วิทยาลัยอาชีวศึกษาสงขลา ผลการวิจัยพบว่า ทักษะทางคณิตศาสตร์ซึ่งได้แก่ ทักษะการแปลงภาษาโจทย์ให้เป็นภาษาคณิตศาสตร์ ทักษะการคิดคำนวณ ทักษะการอ่านเพื่อวิเคราะห์โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ทักษะการนำหลักการหรือทฤษฎีที่เรียนรู้แล้วมาใช้มีความสัมพันธ์กับผลสำเร็จในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ และมีอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมต่อผลสำเร็จในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยสามารถอธิบายการผันแปรของผลสำเร็จในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 50.8

เนตรนากค์ ลัญศรีเมือง (2545: 55) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และศึกษาทักษะการสื่อสารในวิชาวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการส่งเสริมทักษะการสื่อสารและการประเมินผลตามสภาพจริง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการส่งเสริมทักษะการสื่อสารและการประเมินผลตามสภาพจริงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านอยู่ในระดับสูงที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และนักเรียนมีทักษะการสื่อสารในวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

วัชร ชันเชื้อ (2545: 119) ได้พัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องตรรกศาสตร์เบื้องต้นโดยใช้กระบวนการกลุ่ม เพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการสื่อสารแนวความคิด โดยใช้ทักษะการพูดและการเขียนของนักเรียน ภายหลังจากการเรียนรู้ด้วยชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องตรรกศาสตร์เบื้องต้น โดยใช้กระบวนการกลุ่มเพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงกว่าเกณฑ์ของสมมติฐานที่ตั้งไว้คือร้อยละ 70

ประภาวดี เทพทอง (2545: 50-54) ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการสอนโดยใช้กระบวนการสื่อสาร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 94 คน เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 47 คน ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้การเรียนการสอนด้วยกระบวนการสื่อสาร มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศิริพร รัตนโกสินทร์ (2546: 69-75) ได้สร้างชุดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ โดยชุดกิจกรรม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นชุดกิจกรรมที่เน้นการฝึกแก้ปัญหาผ่านกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา และแนวคิด เกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตรของวิลสัน เฟอร์นันเดซ และฮาตาเวย์ โดยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ที่นำมาใช้ยึดหลักของการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการดำเนิน กิจกรรมอย่างเต็มที่ มีโอกาสได้พูดคุย สนทนาซักถาม แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน และเขียนแสดงแนวคิด ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังการใช้ชุดกิจกรรม คณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนการใช้ชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อลงกรณ์ ตั้งสงวนธรรม (2546: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้กิจกรรมเสริม ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง “ปริมาตรและพื้นที่ผิว” ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้กิจกรรมเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนการใช้กิจกรรมเสริม ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

พรสวรรค์ จรัสรุ่งชัยสกุล (2547: 91-97) ได้พัฒนาชุดการเรียนรู้เรื่อง เมทริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ โดยใช้หลักการเรียนเพื่อรอบรู้ เพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จัดการเรียนการสอนเป็นกลุ่ม ให้นักเรียนได้ร่วมมือ ช่วยเหลือกันในการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สำรวจแนวคิด อธิบายแนวคิดในกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ภายหลังจากการใช้ชุดกิจกรรม เรื่องเมทริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์ โดยใช้หลักการเรียนเพื่อรอบรู้ ปรากฏว่านักเรียนมีทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยเฉลี่ยร้อยละ 79.94 เป็นความสามารถที่จัดอยู่ในระดับดี

ศักดิ์ดา ศรีผางค์ (2547: 113-114,119-122) ได้ศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้จากการทำโครงงาน โดยให้นักเรียนทำโครงงานเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน และพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในการพัฒนาทักษะกระบวนการ ทางคณิตศาสตร์โดยการทำโครงงาน เรื่อง สถิติเบื้องต้น ผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการ ทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การเชื่อมโยง และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ นักเรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้น ทั้งนี้สาเหตุที่นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร สื่อความหมายและการนำเสนอ เพราะว่าการจัดทำโครงงานเป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักวิธีการสื่อสารในด้านการพูด การเขียนที่เป็นระบบ เพราะต้อง มีการนำเสนอผลงานและการเขียนรายงาน ทำให้นักเรียนรู้จักการนำเสนอภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการ อธิบาย สื่อสาร สื่อความหมาย เพื่ออธิบาย และนำเสนอคำตอบในโครงงานที่นักเรียนสื่อสาร และการที่นักเรียน มีความสามารถในการแก้ปัญหา เพราะว่าการทำโครงงานเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนเป็นผู้คิดค้นหาวิธีการแก้ปัญหา ที่หลากหลาย ซึ่งเป็นการนำความรู้ที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆในชีวิตประจำวัน

งานวิจัยต่างประเทศ

กรีกอรี (Gregory. 1977: 0937) ได้ทำการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมที่หลากหลายในห้องเรียนคณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนได้ใช้ทักษะการสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ได้แสดงความคิดเห็น และทำความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น

คลาร์กสัน (Clarkson. 1979: 4104-A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการแปลความหมาย โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยทำการทดสอบความสามารถในการแปลโจทย์ปัญหา 3 แบบ คือ สัญลักษณ์ที่เป็นภาษา สัญลักษณ์ที่เป็นสัญลักษณ์ และสัญลักษณ์ที่เป็นรูปภาพ พบว่า การแปลความหมายโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้ง 3 แบบ มีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหา และนักเรียนที่มีความสามารถในการแปลความหมายต่างกันจะมีความสามารถในการแก้ปัญหาต่างกัน

มูราสกี (Muraski. 1979: 4104-A) ได้ศึกษาผลของการสอนอ่านในทางคณิตศาสตร์กับความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์กับนักเรียนเกรด 6 พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการอ่านในทางคณิตศาสตร์มีความสามารถในการแก้ปัญหาลึกซึ้งกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการสอนอ่านในทางคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

บุช และคนอื่นๆ (ธิบาร์ตัน พรหมณะ. 2546: 33; อ้างอิงจาก Boot; et al. 1984: 278) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ข้อผิดพลาดทางการเรียนพีชคณิตในโรงเรียนมัธยมศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการสอนและข้อผิดพลาดในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในประเทศอังกฤษที่มีอายุระหว่าง 13-15 ปี จำนวน 3,550 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบทดสอบที่มีชื่อว่า CSMS (Concepts in secondary mathematical science) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความผิดพลาดในด้านต่างๆ เช่น การให้ความเหมาะสมของตัวอักษร ความสัมพันธ์ของตัวอักษร เครื่องหมาย กฎ และสัญลักษณ์ วิธีการที่ใช้ในการคำนวณ และวิธีการใช้สัญลักษณ์

เวอร์น และ ไฮเบิร์ต (Wearne; & Hiebert. 1989: 507-513) ได้ศึกษาการพัฒนาศักยภาพในการเขียนสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เรื่องเศษส่วน ทศนิยมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยทำการทดลองกับนักเรียน 2 กลุ่ม กลุ่มแรกทดลองกับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ย และกลุ่มที่สองทดลองกับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่าคะแนนเฉลี่ย ทำการสอนนักเรียนทั้งสองกลุ่มด้วยวิธีการเดียวกัน คือ ใช้การพัฒนาศักยภาพในการเขียนสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มสามารถนำวิธีนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้เพิ่มขึ้นเหมือนกัน

มอว์ท (Mowat. 1992: 4242-A) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเขียนในวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อสำรวจแนวทางในการใช้กิจกรรมการเขียนในห้องเรียนคณิตศาสตร์ เพื่อให้ครูได้ทราบถึงประสิทธิภาพของการสอนในห้องเรียน รู้ถึงความรู้สึกและทัศนคติของนักเรียนรวมทั้งความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และได้เห็นความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ของครูด้วย โดยในขั้นแรกครูต้องคอยควบคุมดูแลกิจกรรมการเขียนในห้องเรียน ในขั้นที่ 2 ครูเริ่มพัฒนาโปรแกรมการเขียนให้เป็นกิจกรรมการเขียนที่สมบูรณ์ โดยกิจกรรมการเขียนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสอนในห้องเรียน ช่วยให้ครูทราบถึงประสิทธิภาพของการสอนโดยทั่วไป ได้รู้ความรู้สึก และทัศนคติของนักเรียน รู้ถึงความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน การตอบสนองของข้อมูลเกี่ยวกับความรู้เดิมและความรู้ที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ครูได้ชี้แนะให้นักเรียนมีการคิดระดับสูง ได้ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์และวิธีทำความเข้าใจ

เข้าใจทางคณิตศาสตร์ ซึ่งกิจกรรมการเขียนจะช่วยให้เห็นผลย้อนกลับ ช่วยขยายความคิดของนักเรียน และตอบสนองการสอนของครู

โรจาส (Rojas. 1992: 53-05A) ได้ทำการวิจัย เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องความน่าจะเป็น เป็นการพัฒนานักเรียนด้านทักษะการอ่านและการเขียน โดยให้นักเรียนเรียนเป็นกลุ่ม และใช้เทคนิคการเสริมกิจกรรมทางภาษาในการเรียนคณิตศาสตร์ ผูกการสื่อสารให้แก่นักเรียน กระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นคว้าโดยใช้การเสริมแรงในการอ่าน เขียน และพูด ผลปรากฏว่าการทดลองนี้ทำให้นักเรียนมีผลการเรียนที่ดีขึ้นในกิจกรรมการเขียน แต่กิจกรรมการอ่านนักเรียนเห็นประโยชน์เพียงเล็กน้อย โดยไม่รู้ว่า การอ่านจะมีประโยชน์อย่างไร และอะไรเป็นความสามารถในการอ่านของพวกเขา

เซนนิ ดิบเบิล (Senne-Dibble. 1995: 3873-A) ได้ศึกษาวิเคราะห์เทคนิคการประเมินเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ด้วยคำพูดกับการเขียนของนักเรียนเกรด 4 โดยสุ่มนักเรียนมา 2 กลุ่ม เป็นกลุ่มอภิปราย 1 กลุ่ม และกลุ่มเขียนบันทึก 1 กลุ่ม แต่ละกลุ่มได้รับการสอนเรื่องเรขาคณิตเหมือนกัน มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ โดยการพูดและการเขียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนเกรด 4 มีความเข้าใจและใช้การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้ดี เมื่อเขาคิดเขาที่จะพูดได้ 84% ของนักเรียนในกลุ่มอภิปราย และ 42% ของนักเรียนในกลุ่มเขียนสามารถเขียนสื่อสารความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของตนได้เหมาะสม เมื่อนักเรียนได้รับการประเมินความสามารถในการสื่อความเข้าใจในคณิตศาสตร์ ปรากฏว่า 25% ของกลุ่มเขียนสื่อได้เข้าใจ และ 75% ของกลุ่มอภิปรายสื่อความเข้าใจได้ตามความคิดของตนเอง

สไนเดอร์ (Snyder. 1994: 856-A) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดสภาพการณ์การเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ทำให้รู้ว่าการเรียนแบบร่วมมือและการใช้สื่อการเรียนการสอนที่จับต้องได้ช่วยพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เมื่อดำเนินการเช่นนี้อย่างต่อเนื่องจะทำให้ให้นักเรียนเข้าใจความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ดีขึ้น วัตถุประสงค์นี้มาจากงานวิจัยของสภาวิจัยแห่งชาติซึ่งได้ตีพิมพ์หนังสือชื่อ "Every Counts : A Reports : A Report to the Nation on the Future of Mathematics Education" ซึ่งได้แนะนำวิธีการที่ดีที่สุดในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ คือการอภิปรายในขณะทำงานกลุ่ม การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นวัตถุประสงค์ที่สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติได้แนะนำว่าในมาตรฐานหลักสูตรและการประเมินผลสำหรับการเรียนคณิตศาสตร์ในโรงเรียน วิธีการที่ดีที่สุดที่จะช่วยพัฒนาการใช้ภาษาอย่างมีประสิทธิภาพ คือการกระตุ้นให้มีการอภิปรายอย่างกว้างขวางและวิพากษ์วิจารณ์แนวคิดอย่างตรงไปตรงมา กิจกรรมการเรียนการสอนจะต้องออกแบบให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นของตนเองทั้งการพูดและการเขียน นักเรียนทำงานร่วมกันในกลุ่มเล็ก แก้ปัญหาร่วมกัน อภิปรายโต้แย้งอย่างมีเหตุผลในกรณีที่มีแนวคิดหรือวิธีแก้ปัญหาที่แตกต่างกันจากการดำเนินการเช่นนี้จะช่วยพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ให้กับนักเรียน ทำให้นักเรียนเข้าใจความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ในขณะที่พูดกับนักเรียนเกี่ยวกับคณิตศาสตร์และฟังนักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ จะพบว่าคำตอบที่แตกต่างกันจากการตอบที่ไม่มีความรู้ ไม่มีความเข้าใจที่สมบูรณ์ไปจนกระทั่งนักเรียนสามารถสื่อสารความคิดรวบยอดอย่างถูกต้อง นักเรียนบางคนตอบคำถามที่ใช้ความจำเพียงอย่างเดียว นักเรียนไม่ได้แสดงว่าเข้าใจความคิดรวบยอดนั้น นักเรียนบางกลุ่มแสดงความเข้าใจโดยที่ไม่ได้ใช้คำศัพท์ที่มีอยู่ในหนังสือ ครูผู้สอนจำเป็นต้องฟังคำตอบของนักเรียน เพื่อจะได้เข้าใจคำศัพท์จากการที่อธิบายในหนังสือ

คอสซี่ (Cossey. 1997: 0406-A) ได้ทำการวิจัยพบว่า การใช้การสื่อสารในห้องเรียนคณิตศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจความหมายของคณิตศาสตร์และการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น

ครุฑิโ และ อาร์ท (อนงนาฏ ครุฑิโ 2545: 31; อ้างอิงจาก Curcio; & Artzt. 1998) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสื่อสารหรือการแลกเปลี่ยนแนวคิดในกระบวนการกลุ่มย่อยในการทำความเข้าใจข้อมูลในรูปกราฟของนักเรียนเกรด 5 โดยใช้กิจกรรมกลุ่มย่อย 4 คน ผลการศึกษาพบว่า ในกระบวนการกลุ่มย่อยก่อให้เกิดการสื่อสาร หรือการแลกเปลี่ยนแนวคิดอย่างหลากหลายในความพยายามที่จะทำการแก้ปัญหาให้บรรลุผลสำเร็จ

เอลลิส (ประภาวดี เทพทอง. 2545: 27; อ้างอิงจาก Ellis. 2000) ได้ศึกษาการตีความหมายและการดำเนินการเกี่ยวกับกระบวนการสื่อสารในห้องเรียนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา ซึ่งจุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าเพื่อสำรวจการแปลความหมายของครูเกรด 6 และตัวบ่งชี้ของกระบวนการสื่อสารในโครงสร้างหลักสูตรคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนอนุบาลถึงเกรด 9 ศึกษาคณิตศาสตร์ทางด้านความคิดรวบยอดโดยการสร้างความรู้ใหม่ และรวมทั้งความเข้าใจของนักเรียนจากการพูด การเขียน ซึ่งมีความจำเป็นในการเรียนคณิตศาสตร์ และมีผลต่อความเข้าใจของนักเรียน ทั้งการพูด และการเขียนในการเรียนคณิตศาสตร์ และใช้กระบวนการสื่อสารที่หลากหลายในการเรียนคณิตศาสตร์ ผลของการศึกษาพบว่า กระบวนการสื่อสารในห้องเรียนคณิตศาสตร์มีผลต่อความเข้าใจของนักเรียน ครูและนักเรียนต้องยอมรับสัญญาและข้อตกลงที่สร้างขึ้นร่วมกัน

โจฮันนิง (Johanning. 2000: 151-160) ได้ศึกษา การวิเคราะห์การเขียน และการทำงานกลุ่มร่วมกันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาในการศึกษาวิชาพีชคณิตเบื้องต้น มีการปฏิรูปโดยการส่งเสริมให้นักเรียนอ่าน เขียน อภิปรายทางคณิตศาสตร์ เช่นเดียวกับพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ การศึกษาค้นคว้านี้ได้ให้ความสำคัญกับการเขียนซึ่งช่วยให้นักเรียนได้คิดไปพร้อมๆกันโดยพิจารณาจากผลงานของนักเรียน เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อศึกษาความเข้าใจในการคิดอย่างไว้กับวิธีการแก้ปัญหาที่ได้เขียนอธิบาย กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนเกรด 7 และเกรด 8 จำนวน 48 คน โดยเป็นนักเรียนเกรด 7 จำนวน 14 คน และเกรด 8 จำนวน 34 คน ดำเนินการโดยใช้การเขียน และการทำงานกลุ่ม ในการเรียนวิชาพีชคณิตเบื้องต้น ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 1 ปี โดยแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มละ 7 คน แต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนเกรด 8 จำนวน 4 คน นักเรียนเกรด 7 จำนวน 3 คน เพื่อให้เกิดความสมดุลของกลุ่มตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า การเขียนอธิบายเป็นวิธีหนึ่งที่กระตุ้นนักเรียนในการเรียนรู้คณิตศาสตร์เมื่อนักเรียนได้สื่อสารความคิดของตนเองลงบนกระดาษ และถ่ายทอดสู่บุคคลอื่น การเขียนทำให้นักเรียนมีความมั่นใจมากขึ้นในการทำงานกลุ่ม โดยการแลกเปลี่ยนความคิดภายในกลุ่ม ซึ่งบรรยากาศเช่นนี้ทำให้นักเรียนจะมีความกระตือรือร้นในการคิด และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นว่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องที่เป็นสาเหตุของการสื่อสารสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนออันประกอบไปด้วย ความสามารถในการแก้ปัญหา การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาว่า องค์ประกอบด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอนมีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อย่างไรบ้าง

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2.1 ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์

แอนเดอร์สัน และ พิงกรี (Anderson; & Pingry. 1973: 228) ได้ให้ความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า เป็นสถานการณ์หรือคำถามที่ต้องการหาข้อสรุปหรือคำตอบ ซึ่งผู้แก้ปัญหาจะต้องมีกระบวนการที่เหมาะสม ต้องใช้ความรู้ ประสบการณ์ การวางแผน และการตัดสินใจประกอบกัน

ครุอิกแซงก์ และ เชฟฟิลด์ (Cruikshank; & Sheffield. 1992: 37) กล่าวว่า ปัญหาเป็นคำถามหรือสถานการณ์ที่ทำให้งงงวย ไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที โดยปัญหาที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ไม่ได้หมายความว่าเกี่ยวข้องกับจำนวนเท่านั้นแต่ปัญหาคณิตศาสตร์บางปัญหาอาจเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพหรือการให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์โดยไม่เกี่ยวข้องกับจำนวนก็ได้

ดวงเดือน อ่อนน้อม (2533: 10) ได้ให้ความหมายของปัญหาคณิตศาสตร์ว่า หมายถึง สภาพของปัญหาทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วยตัวเลข และข้อความที่ก่อให้เกิดปัญหา ซึ่งนักเรียนต้องตัดสินใจเองว่าจะทำอย่างไร ใช้วิธีการอะไรทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหา เพราะโจทย์ปัญหาไม่มีเครื่องหมายบอกหรือคำสั่งอย่างชัดเจน

ประพนธ์ เจียรกุล และ ปรีชา เนาว์เย็นผล (2543: 6) ได้สรุปความหมายของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. เป็นสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการคำตอบซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของการคำนวณเชิงปริมาณหรือมีข้อความ เรืองราวประกอบก็ได้
2. เป็นสถานการณ์ที่ผู้แก้ปัญหาไม่คุ้นเคยมาก่อน ไม่สามารถหาคำตอบได้ในทันทีทันใด ต้องใช้ความรู้ ประสบการณ์ และทักษะหลายๆอย่างประกอบกันจึงจะสามารถแก้ปัญหาได้
3. สถานการณ์ใดจะเป็นปัญหาหรือไม่ขึ้นอยู่กับบุคคลผู้แก้ปัญหาและเวลา สถานการณ์หนึ่งอาจจะเป็นปัญหาสำหรับบุคคลหนึ่ง แต่อาจไม่ใช่ปัญหาสำหรับอีกบุคคลหนึ่งก็ได้ และสถานการณ์ที่เคยเป็นปัญหาสำหรับบุคคลหนึ่งในอดีตอาจไม่เป็นปัญหาสำหรับบุคคลนั้นแล้วในปัจจุบัน

จากที่มีผู้ให้ความหมายของปัญหาคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง สถานการณ์หรือข้อความที่ประกอบไปด้วยภาษา และตัวเลข โดยต้องการคำตอบในเชิงปริมาณหรือตัวเลข และผู้แก้ปัญหาจะต้องมีทักษะกระบวนการที่เหมาะสม ต้องใช้ความรู้ ประสบการณ์ การวางแผน การตัดสินใจ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ประกอบในการแก้ปัญหานั้นๆ

2.2 ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การแก้ปัญหาเป็นหัวใจสำคัญในการเรียนคณิตศาสตร์ ไม่ว่าจะเรียนคณิตศาสตร์ในระดับใดก็ตาม จะเห็นว่าการเรียนต้องมีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เข้ามาเกี่ยวข้อง เพราะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะช่วยให้ นักเรียนได้พัฒนาศักยภาพในการวิเคราะห์ ทำให้รู้ข้อเท็จจริง ทักษะ มโนคติ และหลักการต่างๆ (Bell. 1987: 311) นอกจากนั้น เพอดิคคาริส (Perdikaris. 1993: 423) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นการเตรียมการพัฒนาทักษะ ทางคณิตศาสตร์ที่จะนำไปสู่แนวคิดใหม่ เป็นการเรียนรู้ การสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์แก่นักเรียน และในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะต้องนำความรู้เดิมของผู้เรียนมาประมวลผลเข้ากับสถานการณ์ปัญหาใหม่ เพื่อให้ได้คำตอบของปัญหาตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงมีผู้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

บลังคา (Branca. 1980: 3-8) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. การแก้ปัญหาในฐานะที่เป็นเป้าหมายของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็น เหตุผลหนึ่งที่สำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ดังนั้นในการแก้ปัญหาจึงเป็นอิสระจากคำถามหรือปัญหาเฉพาะ เจาะจงใดๆ หรือวิธีการและเนื้อหาสาระใดๆ

2. การแก้ปัญหาในฐานะที่เป็นกระบวนการ สิ่งที่สำคัญที่สุดเมื่อมีการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการ คือ วิธีการ ยุทธวิธีหรือเทคนิคเฉพาะต่างๆที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาแบบต่างๆ กระบวนการแก้ปัญหา เหล่านี้จึงเป็นสาระสำคัญและเป้าหมายหลักของหลักสูตรคณิตศาสตร์

3. การแก้ปัญหาในฐานะที่เป็นทักษะพื้นฐาน เมื่อการแก้ปัญหาถูกจัดเป็นทักษะพื้นฐาน การเรียน การสอนคณิตศาสตร์จึงให้ความสำคัญกับลักษณะเฉพาะของโจทย์ปัญหา แบบของปัญหา และวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ที่ควรใช้ จุดเน้นอยู่ที่สาระสำคัญของการแก้ปัญหาที่ทุกคนต้องเรียนรู้ และการเลือกปัญหาและเทคนิควิธีการแก้ปัญหา เหล่านั้น

โพลยา (Polya. 1980: 1) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นการหาวิธีทางที่จะหาสิ่งที่ไม่รู้ ในปัญหา เป็นการหาวิธีการที่จะนำสิ่งที่ยุ่งยากออกไป หาวิธีการที่จะเอาชนะอุปสรรคที่เผชิญอยู่ เพื่อจะให้ได้ข้อลงเอย หรือคำตอบที่มีความชัดเจน แต่ว่าสิ่งเหล่านั้นไม่ได้เกิดขึ้นทันทีทันใด

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544: 18) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นการหาวิธีการเพื่อให้ได้ คำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้ที่แก้ปัญหาก็ต้องใช้ความรู้ ความคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ผสมผสานกับ ข้อมูลต่างๆที่กำหนดในปัญหาเพื่อกำหนดวิธีการหาคำตอบของปัญหา

จากความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า การแก้ปัญหาคือ ความสามารถในการ หาวิธีหรือกลวิธีมาช่วยในการหาคำตอบ โดยใช้ความรู้ ความคิด และประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์เดิมมาประมวล ผลรวมกับข้อมูลที่กำหนดมาให้

2.3 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์

มีนักวิชาการได้แบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ต่าง ๆ กัน ดังนี้

โพลยา (Polya. 1957: 23-29) ได้แบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ปัญหาให้ค้นหา (Problem to find) เป็นปัญหาเพื่อให้ค้นหาสิ่งที่ต้องการ ซึ่งอาจเป็นปัญหาในเชิงทฤษฎีหรือในเชิงปฏิบัติ อาจเป็นรูปธรรมหรือนามธรรม ลักษณะของปัญหาจะประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ สิ่งที่ต้องการให้หา สิ่งที่กำหนดให้ และเงื่อนไขเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่ต้องการให้หากับสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

2. ปัญหาให้พิสูจน์ (Problem to prove) เป็นปัญหาที่ให้แสดงความสมเหตุสมผลว่าข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงหรือเป็นเท็จ ส่วนประกอบของปัญหาประเภทนี้ ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ สิ่งที่กำหนดให้หรือสมมติฐานสิ่งที่ต้องพิสูจน์หรือผลสรุป

บาร์ดี (Baroody. 1993: 2-34-2-36) ได้แบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภทโดยผู้แก้ปัญหาและโครงสร้างของปัญหาเป็นเกณฑ์ ดังนี้

1. ปัญหาธรรมดา (Routine problem) เป็นปัญหาที่ผู้แก้ปัญหาค้นเคยในวิธีการหรือในโครงสร้างของปัญหา

2. ปัญหาที่ไม่ธรรมดา (Non-routine Problem) เป็นปัญหาที่ผู้แก้ปัญหจะต้องประมวลความรู้ความสามารถหลายอย่างเข้าด้วยกันเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา เป็นปัญหาที่มีลักษณะสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของชีวิตมากกว่าแบบแรก ข้อมูลที่ปัญหามักกำหนดให้ไม่ทั้งจำเป็นและไม่จำเป็น หรือกำหนดข้อมูลให้ไม่เพียงพอวิธีการหาคำตอบอาจมีได้หลายวิธี คำตอบอาจมีมากกว่า 1 คำตอบ

ปรีชา เนาร์เย็นผล (2537: 62-63) ได้กล่าวถึงการแบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. การแบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยพิจารณาจากจุดประสงค์ของปัญหาทำให้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.1 ปัญหาให้ค้นคว้า เป็นปัญหาให้ค้นหาคำตอบซึ่งอาจอยู่ในรูปปริมาณ จำนวนหรือให้หาวิธีการคำอธิบายเหตุผล

1.2 ปัญหาให้พิสูจน์ เป็นปัญหาให้แสดงการให้เหตุผลว่าข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงหรือเท็จ

2. การแบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาจากตัวผู้แก้ปัญหาและความซับซ้อนของปัญหาทำให้สามารถแบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.1 ปัญหาธรรมดา เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน ผู้แก้ปัญหามีความคุ้นเคยในโครงสร้างและวิธีการแก้ปัญหา

2.2 ปัญหาไม่ธรรมดา เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างซับซ้อน ผู้แก้ปัญหามองความสามารถหลายอย่างเข้าด้วยกัน เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่านักวิชาการได้แบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็นประเภทต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน แต่โดยสรุปแล้วจะเห็นว่ามี การแบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท คือ ปัญหาธรรมดา กับปัญหาที่ไม่ธรรมดา โดยปัญหาธรรมดาคือเป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน เป็นปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคยมาก่อน ข้อมูลที่ให้มาในปัญหามีความเพียงพอและจำเป็นในการหาคำตอบ ส่วนปัญหาไม่ธรรมดาคือเป็นปัญหา

ที่นักเรียนไม่คุ้นเคยมาก่อน มีโครงสร้างที่ซับซ้อน ต้องใช้ความสามารถในการวิเคราะห์ รวบรวม ประยุกต์ความรู้ หลักการและการดำเนินการทางคณิตศาสตร์หลายอย่างพร้อมๆกัน มาช่วยในการแก้ปัญหา

2.4 องค์ประกอบในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

สุร กาญจนมยุร (2532: คำนำ) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ดังนี้

1. องค์ประกอบเกี่ยวกับภาษา ได้แก่ ต้องดูว่าคำและความหมายของคำต่างๆในโจทย์ปัญหาแต่ละข้อว่ามีความหมายอย่างไร ตอนใดเป็นส่วนที่โจทย์กำหนดให้ ตอนใดเป็นสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ และสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ทั้งหมดนั้นมีความเกี่ยวพันเชื่อมโยงหรือสัมพันธ์กันอย่างไร

2. องค์ประกอบเกี่ยวกับความเข้าใจ เป็นขั้นตอนความและแปลความจากข้อความทั้งหมดของโจทย์ปัญหา มาเป็นประโยคสัญลักษณ์ที่นำไปสู่การหาคำตอบด้วยวิธีใด

3. องค์ประกอบเกี่ยวกับการคิดคำนวณ ในขั้นนี้นักเรียนต้องมีทักษะการบวก ลบ คูณ และหาร จำนวนต่างๆได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ

4. องค์ประกอบเกี่ยวกับการย่อความและสรุปความ ครูผู้สอนต้องฝึกทักษะให้นักเรียนย่อความจากโจทย์แต่ละตอน โดยเขียนสั้นๆรัดกุม และมีความชัดเจนตามโจทย์ปัญหาและฝึกการสรุปความจากสิ่งที่กำหนดให้ทั้งหมดมาเป็นความรู้ใหม่ด้วย

5. องค์ประกอบในการฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ผู้สอนต้องฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาให้นักเรียน ตั้งแต่อง่ายไปหายาก

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราช (2537: 81-82) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหา ปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถด้านนี้คือ ทักษะการอ่านและการฟัง โดยแยกแยะประเด็นสำคัญว่า ปัญหากำหนดอะไรมาให้ และต้องการให้ทำอะไร มีข้อมูลใดบ้างที่จำเป็น และไม่จำเป็น ต้องรู้ศัพท์ นิยาม มโนคติ และข้อเท็จจริงและนำมาเชื่อมโยงกับปัญหาที่เผชิญอยู่

2. ทักษะในการแก้ปัญหา เกิดจากการฝึกทักษะการแก้ปัญหาบ่อยๆ จนกระทั่งมีความชำนาญกับรูปแบบการแก้ปัญหา ดังนั้นเมื่อเผชิญปัญหาใหม่ก็จะสามารถนำประสบการณ์เดิมมาเทียบเคียง เพื่อพิจารณาว่า ปัญหาใหม่นั้นมีโครงสร้างคล้ายกับปัญหาที่ตนเองคุ้นเคยมาก่อนบ้างหรือไม่ สามารถใช้ยุทธวิธีใดในการแก้ปัญหาใหม่นี้ ถ้านักเรียนมีความสามารถด้านนี้นักเรียนจะมีทักษะในการแก้ปัญหา และสามารถวางแผนเพื่อกำหนดยุทธวิธีในการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว

3. ความสามารถในการคิดคำนวณและความสามารถในการให้เหตุผล แม้ว่าผู้เรียนจะแก้ปัญหาได้ แต่ถ้าวการคำนวณผิดพลาดก็ถือว่าการแก้ปัญหาไม่ประสบผลสำเร็จ สำหรับปัญหาที่ต้องการคำอธิบายให้เหตุผล ผู้เรียนต้องอาศัยทักษะพื้นฐานในการเขียนและการพูด มีความเข้าใจในกระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

4. แรงขับ เนื่องจากปัญหาเป็นสถานการณ์ที่แปลกใหม่ ต้องอาศัยความสามารถสูง ดังนั้นผู้เรียนจึงต้องอาศัยแรงขับที่จะสร้างพลังในการคิด ได้แก่ เจตคติ ความสนใจ อัตมโนทัศน์ หรือแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5. ความยืดหยุ่น ผู้แก้ปัญหาที่ที่จะต้องยืดหยุ่นในการคิดไม่ยึดติดรูปแบบที่คุ้นเคย ยอมรับรูปแบบและวิธีการใหม่ๆ เพราะความยืดหยุ่นเป็นความสามารถในการปรับกระบวนการคิดแก้ปัญหาโดยการบูรณาการความเข้าใจ ทักษะ และความสามารถในการแก้ปัญหา แรงขับที่มีอยู่จะเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่สร้างเป็นองค์ความรู้ที่สามารถใช้เพื่อแก้ปัญหาใหม่

2.5 การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537: 66-67) ได้เสนอวิธีการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยประยุกต์ขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยามาเป็นวิธีการพัฒนา ดังนี้

1. พัฒนาความสามารถในการเข้าใจปัญหา

1.1 การพัฒนาทักษะการอ่าน โดยวิเคราะห์ความสำคัญ ความเข้าใจ ในปัญหาเป็นรายบุคคล หรือกลุ่ม อภิปรายความเป็นไปได้ของคำตอบ ความเพียงพอหรือความเกินพอของข้อมูล

1.2 การใช้กลวิธีเพื่อเพิ่มพูนความเข้าใจ

1.2.1 การเขียนภาพ แผนภาพ หรือแบบจำลอง เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล ช่วยทำให้ข้อมูลมีความเป็นรูปธรรม ทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

1.2.2 ลดปริมาณที่กำหนดในปัญหาให้น้อยลง เพื่อเน้นโครงสร้างของปัญหาให้มีความชัดเจนขึ้น โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้และความมีเหตุผล

1.2.3 การยกตัวอย่างที่สอดคล้องกับปัญหา

1.2.4 การเปลี่ยนแปลงสถานการณ์ให้เป็นเรื่องที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน

1.3 การใช้ปัญหาที่ใกล้เคียงกับชีวิตประจำวัน มาให้ผู้เรียนฝึกทำความเข้าใจโดยกำหนดข้อมูลเกินความจำเป็นหรือไม่เพียงพอ เพื่อให้ผู้เรียนฝึกวิเคราะห์ว่าข้อมูลที่กำหนดให้ข้อมูลใดไม่ได้ใช้ หรือข้อมูลที่กำหนดให้เพียงพอหรือไม่

2. การพัฒนาความสามารถในการวางแผน ถ้าโจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อนควรฝึกให้ผู้เรียนเขียนประโยคสัญลักษณ์และเขียนหรือพูดลำดับขั้นตอนการคิดอย่างคร่าวๆ ก่อนลงมือทำ เพราะขั้นตอนดังกล่าวเป็นเสมือนการวางแผนแก้ปัญหา

3. การพัฒนาความสามารถในการดำเนินการตามแผน ในการดำเนินการตามแผนผู้เรียนต้องตีความขยายความ นำแผนไปสู่การปฏิบัติอย่างละเอียดชัดเจนและประเมินความสามารถที่จะดำเนินการได้หรือไม่

4. การพัฒนาความสามารถในการตรวจสอบ การตรวจสอบการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ครอบคลุมประเด็นสำคัญ 2 ประเด็น คือ ประเด็นแรก ตรวจสอบขั้นตอนตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นกระบวนการอีกครั้งหนึ่งรวมทั้งหาวิธีอื่นในการแก้ปัญหา ประเด็นที่ 2 คือ มองไปข้างหน้าเป็นการใช้ประโยชน์จากกระบวนการแก้ปัญหา โดยสร้างสรรค์ปัญหาที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันขึ้นมาใหม่

กรมวิชาการ (2545ก: 195) ได้กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหานั้น ผู้สอนต้องให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดด้วยตนเอง จัดสถานการณ์ ปัญหาหรือเกมที่น่าสนใจ ทำทนายให้อยากคิด นอกจากนั้นผู้สอนต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในด้านต่างๆ เพื่อเป็นพื้นฐานให้ผู้เรียนเกิดความคุ้นเคยกับกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งแนวทางในการพัฒนามีดังต่อไปนี้ (สสวท. 2546: 81)

1. พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา โดยให้ผู้เรียนได้รับการฝึกฝนให้อ่านและทำความเข้าใจปัญหา โดยเริ่มจากการตั้งคำถามเพื่อเป็นแนวทางที่ใช้ระบุประเด็นปัญหา ตัวแปรสำคัญ และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร แล้วเพิ่มความซับซ้อนของปัญหาโดยปรับเปลี่ยนขนาดของปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับคำถามที่อยู่ในปัญหา

2. พัฒนาความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา ผู้เรียนควรได้รับการฝึกฝนให้แก้ปัญหาที่หลากหลาย และแปลกใหม่ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการคิดวางแผนด้วยตนเองก่อนลงมือทำ และควรฝึกฝนการคิดวางแผนอย่างสม่ำเสมอ

3. พัฒนาความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหาตามแผนที่วางไว้ ผู้เรียนควรฝึกการแสดงวิธีหาคำตอบตามลำดับความคิดที่วางแผนไว้ ในขณะที่ดำเนินการแก้ปัญหามีการบันทึกรายละเอียดของการแก้ปัญหาไว้

4. พัฒนาความสามารถในการตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบและวิธีการแก้ปัญหา โดยมีขั้นตอนคือ ขั้นแรกการมองย้อนกลับเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการ และขั้นที่สองต้องฝึกการขยายมโนทัศน์เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาอื่น ๆ ที่มีลักษณะเดียวกัน

เคนเนดี (Kennedy. 1984: 82) ได้เสนอแนวทางในการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

1. การหารูปแบบ เป็นการจัดระบบข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ในสถานการณ์ที่กำหนดให้ แล้วสร้างเป็นรูปแบบทั่วไปเพื่อใช้แก้ปัญหา

2. การเขียนแผนผังหรือภาพประกอบเป็นการสร้างแผนผังหรือภาพประกอบของสถานการณ์เพื่อช่วยให้มองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลและแนวทางในการหาคำตอบ

3. การสร้างรูปแบบ เป็นการนำเสนอข้อมูลต่างๆในปัญหามาสร้างเป็นรูปแบบที่สามารถจัดกระทำได้เพื่อช่วยให้มองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลและแนวทางในการหาคำตอบ

4. การสร้างตาราง หรือแผนภูมิ เป็นการนำข้อมูลต่างๆมาจัดใส่ลงในตารางที่มองได้ชัดเจน เพื่อช่วยให้มองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลและแนวทางในการหาคำตอบ

5. การเดาและการตรวจสอบ เป็นการหาคำตอบโดยใช้การคาดคะเนและตรวจสอบผลการคาดคะเนกับข้อมูลในปัญหา แล้วพิจารณาเปลี่ยนแปลงการเดาจนได้คำตอบที่ถูกต้อง

6. การแจกกรณี เป็นการหาคำตอบโดยจำแนกแจกแจงความเป็นไปได้ของคำตอบตามเงื่อนไขของปัญหาให้ครบถ้วน

7. การเขียนประโยคสัญลักษณ์หรือสมการทางคณิตศาสตร์เป็นการนำข้อมูลในปัญหามาสร้างเป็นประโยคสัญลักษณ์หรือสมการ แล้วใช้ความรู้เรื่องการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ หรือสมการช่วยหาคำตอบ

8. การคิดย้อนกลับ เป็นการคิดหาคำตอบ จากข้อมูลสุดท้ายของปัญหาย้อนกลับขึ้นมาหาข้อมูลเริ่มต้น

9. การแบ่งปัญหาย่อยๆหรือเปลี่ยนมุมมองของปัญหา ให้เป็นปัญหาที่เล็กลง แล้วนำผลการแก้ปัญหาย่อยๆไปใช้แก้ปัญหาที่กำหนด หรือเปลี่ยนให้เป็นปัญหาที่คุ้นเคยหรือในลักษณะมุมมองอื่น เพื่อทำความเข้าใจปัญหาหรือหาแนวทางแก้ปัญหา

จากแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า ในการจัดการเรียนการสอนนั้น ผู้สอนควรจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้รู้จักคิดแก้ปัญหาด้วยตนเอง ส่งเสริมให้ผู้เรียนแก้ปัญหาโดยใช้ขั้นตอนการพัฒนาความสามารถในการเข้าใจปัญหา ความสามารถในการวางแผน ความสามารถในการดำเนินการตามแผน และความสามารถในการตรวจสอบการแก้ปัญหา

2.6 กระบวนการและขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้แก้ปัญหาต้องใช้ประสบการณ์ที่มีอยู่และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มาใช้ให้เหมาะสมกับสภาพของปัญหานั้น ซึ่งมีนักการศึกษาทางคณิตศาสตร์ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไว้เป็นลำดับขั้นตอน ดังนี้

โพลยา (Polya. 1957: 16-17) เป็นผู้ให้แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยเรียกว่า กระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา โดยมีขั้นตอนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เป็นการมองไปที่ตัวปัญหาโดยพิจารณาว่าปัญหาต้องการอะไร ปัญหากำหนดอะไรบ้าง มีสาระความรู้ใดที่เกี่ยวข้องบ้าง คำตอบของปัญหาจะอยู่ในรูปแบบใด การทำความเข้าใจปัญหา อาจใช้วิธีการต่างๆช่วย เช่น การเขียนรูป การเขียนแผนภูมิ การเขียนสาระของปัญหาด้วยถ้อยคำของตนเอง

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ต้องพิจารณาว่าจะแก้ปัญหาด้วยวิธีใด จะแก้ได้อย่างไร ปัญหาที่กำหนดให้มีความสัมพันธ์กับปัญหาที่เคยมีประสบการณ์ในการแก้มาก่อนหรือไม่ ซึ่งขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาคำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา และเลือกยุทธวิธีมาใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนที่ลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน มีการเพิ่มเติมรายละเอียดต่างๆของแผนให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้ หรือค้นพบวิธีการแก้ปัญหาใหม่

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบผล เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหามองย้อนกลับไปขั้นตอนต่างๆที่ผ่านมา เพื่อพิจารณาความถูกต้องของคำตอบและวิธีการแก้ปัญหา โดยมีการพิจารณาว่ามีคำตอบหรือมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างอื่นอีกหรือไม่ และพิจารณาปรับปรุงการแก้ปัญหาให้กะทัดรัด ชัดเจน เหมาะสมขึ้นกว่าเดิม ขั้นตอนนี้ครอบคลุมถึงการมองไปข้างหน้าโดยใช้ประโยชน์จากวิธีการแก้ปัญหาที่ผ่านมา ขยายแนวคิดในการแก้ปัญหาให้กว้างขวางขึ้นกว่าเดิม

กระบวนการแก้ปัญหาของครูลิก (Krutik. 1987: 45) ครูลิกได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และสามารถนำไปแก้ปัญหาโดยทั่วไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การอ่านโจทย์ ประกอบด้วย การบันทึกคำสำคัญ การอธิบายปัญหา การทวนปัญหาด้วยคำพูดว่า โจทย์ถามอะไร และโจทย์กำหนดข้อมูลอะไรมาให้บ้าง

ขั้นที่ 2 การสำรวจรายละเอียดของปัญหา ประกอบด้วยการจัดระบบข้อมูล การบอกว่าข้อมูลเพียงพอหรือไม่ การบอกว่าข้อมูลมากเกินไปหรือไม่ การวาดรูปหรือไดอะแกรม และการเขียนแผนภูมิหรือตาราง

ขั้นที่ 3 การเลือกวิธี ประกอบด้วย การระลึกรูปแบบ การทำงานย้อนกลับ การคาดคะเน และการตรวจสอบ การสร้างสถานการณ์ หรือการทดลอง การเขียนโครงสร้างในการจัดระบบหรือรายการที่จะช่วยในการแก้ปัญหา การอนุมานและการแบ่งปัญหออกเป็นตอนๆ

ขั้นที่ 4 การลงมือแก้ปัญหา ประกอบด้วย การดำเนินการตามแผน การใช้ทักษะการคิดคำนวณ การใช้ทักษะเรขาคณิต พีชคณิต และตรรกศาสตร์เบื้องต้น

ขั้นที่ 5 การพิจารณาคำตอบและการขยายผล ประกอบด้วย การทบทวนคำตอบ การพิจารณาบางตอนที่น่าสนใจ การใช้คำถาม และการอภิปรายการแก้ปัญหา

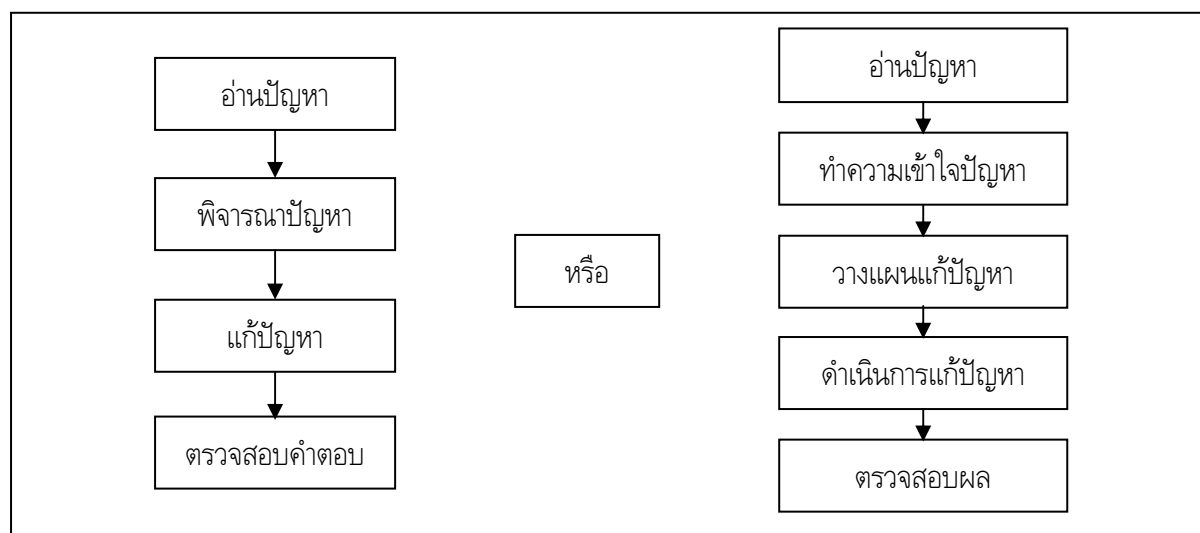
กรมวิชาการ (2545ก: 195-196) ได้เสนอกระบวนการในการแก้ปัญหาซึ่งมีอยู่ 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นตอนที่ต้องอาศัยทักษะในการอ่านโจทย์ ปัญหา ทักษะการแปลความหมายทางภาษา โดยผู้เรียนจะต้องแยกแยะว่า โจทย์กำหนดอะไรมาให้ และโจทย์ต้องการให้ทำอะไร หรือพิสูจน์ข้อความใด

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะต้องอาศัยทักษะในการนำความรู้ หลักการ หรือทฤษฎีที่เรียนรู้อยู่มาแล้ว ทักษะในการเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสม เช่น การเลือกใช้การเขียนรูปหรือแผนภาพ ตาราง การสังเกตหารูปแบบหรือความสัมพันธ์ เป็นต้น

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา ต้องอาศัยทักษะในการคิดคำนวณหรือการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ทักษะในการพิสูจน์หรือการอธิบายและแสดงเหตุผล

ขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบหรือมองย้อนกลับ ในขั้นนี้ต้องอาศัยทักษะในการคำนวณ การประมาณคำตอบ การตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้โดยอาศัยความรู้ลึกเชิงจำนวน หรือความรู้ลึกเชิงปริภูมิ ในการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบ

วิลสัน เฟร์นันเดซ และ ฮาดาเวย์ (Wilson; Fernandez; & Hadaway. 1993: 60-62) ได้กล่าวถึง กระบวนการแก้ปัญหาโดยทั่วไปว่า มักนำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาเป็นขั้นๆ ในลักษณะที่เป็นกรอบการแก้ปัญหา ที่เป็นแนวทาง ดังนี้



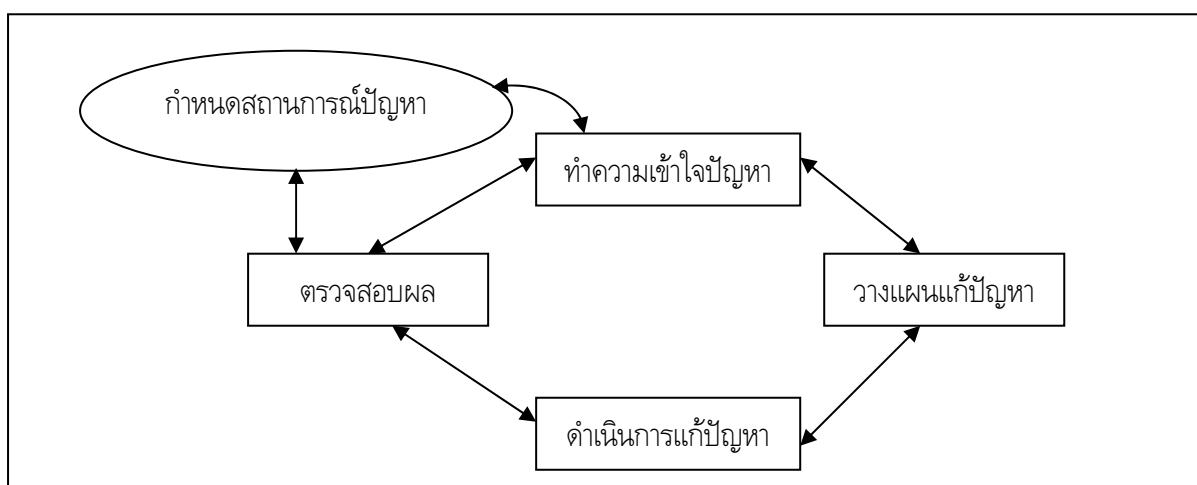
ภาพประกอบ 3 ขั้นตอนการแก้ปัญหของวิลสัน เฟร์นันเดซ และฮาดาเวย์

ที่มา : Wilson; Fernandez; & Hadaway. 1993: 61

รูปภาพดังกล่าวเป็นเสมือนชุดของขั้นตอนการแก้ปัญหา ซึ่งต้องดำเนินการตามขั้นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง จะเห็นว่าการดำเนินการในลักษณะแนวตรงเช่นนี้ทำให้ขาดการสืบสวนในการแก้ปัญหา ขาดการช่วยเหลือตนเอง ขาดการวางระบบความคิดและการวัดผลตนเอง ซึ่งรูปแบบเช่นนี้ วิลสัน เฟอร์นันเดซ และฮาตาเวย์ มองว่ามีข้อบกพร่องดังนี้

1. ทำให้เข้าใจว่าการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการในแนวตรงเสมอ
2. การแก้ปัญหามีเป็นดังเช่นชุดของขั้นตอน
3. ทำให้เข้าใจว่าการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ต้องจำ ต้องฝึก และต้องกระทำซ้ำๆ
4. เป็นการเน้นการได้มาเพียงคำตอบเดียว

จากข้อบกพร่องดังกล่าววิลสัน เฟอร์นันเดซ และ ฮาตาเวย์ ได้ปรับปรุงกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา โดยเสนอเป็นกรอบแนวคิด เกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่แสดงความเป็นพลวัตร (Dynamic) และเป็นวงจรของขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ดังแผนภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 4 กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตร

ที่มา : Wilson; Fernandez; & Hadaway. 1993: 62

จากภาพ ลูกศรเป็นการพิจารณาตัดสินใจที่เป็นการดำเนินการทำงานจากขั้นตอนหนึ่งไปสู่อีกขั้นตอนหนึ่งหรืออาจจะพิจารณาย้อนกลับไปตามเดิมหากมีปัญหาหรือข้อสงสัยจะเห็นว่ากระบวนการไม่จำเป็นต้องเป็นแนวตรงตามรูปแบบเดิม เช่น เมื่อนักเรียนทำการแก้ปัญหาในขั้นแรก คือ ทำความเข้าใจปัญหาแล้วดำเนินการไปสู่ขั้นวางแผน ระหว่างการดำเนินการนั้นนักเรียนอาจค้นพบสิ่งที่ทำให้เข้าใจปัญหาได้ดียิ่งขึ้น หรือในขณะที่นักเรียนดำเนินการตามแผน ที่วางไว้แต่ไม่สามารถดำเนินการได้ นักเรียนอาจกลับไปเริ่มต้นวางแผนใหม่ หรือทำความเข้าใจปัญหาใหม่ ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวเป็นการดำเนินการที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหา โดยไม่จำเป็นต้องเริ่มต้นใหม่ในขั้นทำความเข้าใจปัญหาเสมอ

จากขั้นตอนในกระบวนการแก้ปัญหาทั้งหมดที่กล่าวมา เมื่อพิจารณาถึงขั้นตอนในการแก้ปัญหาแล้ว สามารถสรุปได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหาหรือการวิเคราะห์ปัญหา โดยพิจารณาว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้ และโจทย์ต้องการทราบอะไร

ขั้นที่ 2 วางแผนในการแก้ปัญหา โดยพิจารณาว่าจะแก้ปัญหด้วยวิธีใด ใช้ทฤษฎีใดช่วยในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ เป็นขั้นตอนในการลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบวิธีการและคำตอบ เป็นการพิจารณาว่าคำตอบที่ได้มานั้นถูกต้องหรือไม่

จากการศึกษาองค์ประกอบในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กระบวนการและขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่าองค์ประกอบที่เข้ามาเกี่ยวข้อง กับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นประกอบด้วย ความสามารถในการเข้าใจปัญหาหรือการวิเคราะห์ ปัญหา ความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา ความสามารถในการดำเนินตามแผน และความสามารถในการตรวจสอบผล ดังนั้นผู้วิจัยจึงวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ใน 4 ด้าน คือ การวิเคราะห์ ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินตามแผน และการตรวจสอบผล ซึ่งในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นไม่ควรวัดที่ผลผลิตอย่างเดียวแต่ควรวัดทั้งกระบวนการ และขั้นตอนหรือกระบวนการแก้ปัญหาที่กล่าวมาทั้งหมด จะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถและทักษะต่างๆนอกเหนือจากความรู้ในเนื้อหาสาระ ได้แก่ การแก้ปัญหด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผลและการตัดสินใจ การสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์จากศาสตร์อื่นๆ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (สสวท. 2546: 80)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

นวลจิต ธิรพัฒน์พันธ์ (2533: 89-94) ได้ศึกษา เพื่อเปรียบเทียบวิธีการฝึกแก้โจทย์ปัญหา โดยการจัดอภิปรายกลุ่ม 6 คน อภิปรายกลุ่ม 3 คน และไม่จัดอภิปรายกลุ่ม ว่าวิธีไหนส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ดีกว่ากัน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2533 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดพังงา ที่มีจำนวนนักเรียนตั้งแต่ 75 คนขึ้นไป จำนวน 216 คน จาก 3 โรงเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยวิธีอภิปรายกลุ่ม 6 คน และ อภิปรายกลุ่ม 3 คน มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ไม่จัดอภิปราย แต่ทั้ง 2 กลุ่ม คือ อภิปรายกลุ่ม 6 คน และอภิปรายกลุ่ม 3 คน มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

ณัฐจิ เจริญเกียรติบวร (2538: 58-65) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการสอนของครู ตามการรับรู้ของนักเรียนและความตระหนักในเมตาคอนนิชัน กับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กรุงเทพมหานคร จำนวน 640 คน ผลการวิจัยพบว่า ความตระหนักในเมตาคอนนิชัน และพฤติกรรมการสอนของครูตามการรับรู้ของนักเรียน มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สมชาย วรภิเษมสกุล (2540: 151-155) ได้พัฒนารูปแบบการสอนวิชาคณิตศาสตร์โดยการสื่อสารแนวคิดเพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยเน้นให้ผู้เรียนได้พูด เขียน ให้ความช่วยเหลือเพื่อนในการอธิบายหรือแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และให้ครูผู้สอนตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการคิดผ่านสื่อประสม ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการสอนวิชาคณิตศาสตร์โดยการสื่อสารแนวคิดเพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหามีเป็นรูปแบบการสอนที่ส่งผลให้ผู้เรียนมีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังได้รับการสอนสูงเพิ่มขึ้นกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เพลินพิศ เลือชวนา (2541: 55-60) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการวิเคราะห์ปัญหา การแปลภาษาโจทย์ การคิดคำนวณกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดพัทลุง จำนวน 381 คน ผลการวิจัยพบว่า ทักษะการวิเคราะห์ปัญหา ทักษะการแปลภาษาโจทย์ และทักษะการคิดคำนวณมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ .1902 .4263 และ .2171 ตามลำดับ และมีอำนาจในการพยากรณ์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 50.46

สุภาพร ลิทธิการ (2541: ออนไลน์) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางการอ่าน วิชาภาษาไทยชั้นความเข้าใจ ขั้นการวิเคราะห์ร่วมกันกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดตรัง จำนวน 415 คน ผลการวิจัย พบว่าความสามารถทางการอ่านในวิชาภาษาไทยชั้นความเข้าใจ และขั้นการวิเคราะห์ร่วมกันมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .5988 และ .6520 ตามลำดับ

อรุณศรี เหลืองธานี (2542: 153-161) ได้พัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ 3 ด้าน คือ ความสามารถในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา ความสามารถในการหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหา และความสามารถในการหาคำตอบโดยการเรียนแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งกิจกรรมการเรียนแบบร่วมมือเน้นกิจกรรมการแก้โจทย์ปัญหาให้นักเรียนมีโอกาสได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น อธิบายแนวคิด และชี้แจงเหตุผลก่อนที่จะสรุปเป็นแนวคิดร่วมกันของกลุ่ม และนำเสนอผลการแก้ปัญหาของกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทั้ง 3 ด้าน คือ ความสามารถในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา ความสามารถในการหาวิธีการแก้โจทย์ปัญหา และความสามารถในการหาคำตอบ

วิภาวดี วงศ์เลิศ (2544: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างและพัฒนารูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบแก้ปัญหาตามขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง บทประยุกต์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านตะเคียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านตะเคียน สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาอำเภอลำโรงทาบ จังหวัดสุรินทร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 จำนวน 28 คน ผลการวิจัยพบว่า แผนการสอนแบบแก้ปัญหาที่ใช้ในการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนทำให้นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาโดยรวมเฉลี่ยร้อยละ 71 ของคะแนนเต็ม ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนเป็นรายบุคคลมีคะแนนอยู่ในช่วงร้อยละ 53 - 93 ของคะแนนเต็ม มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของกรมวิชาการ คือ อย่างน้อยร้อยละ 60

ของคะแนนเต็ม จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 93 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และไม่ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ดังกล่าว จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 7 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนแต่ละด้านมีคะแนน ดังนี้

1. ความสามารถในการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 72 ของคะแนนเต็ม
2. ความสามารถในการหาวิธีแก้โจทย์ปัญหา คิดเป็นร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม
3. ความสามารถในการคำนวณเพื่อตอบปัญหา คิดเป็นร้อยละ 69 ของคะแนนเต็ม

ขวัญจิรา อนันต์ (2546: 88) ได้ศึกษาารูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดจันทบุรี จำนวน 398 คน ผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมการสอนของครูเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่มีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยผ่านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยต่างประเทศ

คินเซลลา (ปัทมา ครุฑมณี. 2536: 11; อ้างอิงจาก Kinsella. 1975: 251-252) ได้ศึกษาองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เขาพบว่านักเรียนที่มีความสามารถในการอ่าน และมีความรู้เกี่ยวกับศัพท์ทางคณิตศาสตร์สูงจะประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหามากกว่านักเรียนที่มีความสามารถด้านนี้ต่ำ และนักเรียนที่มีความสามารถในการคำนวณสูงจะสามารถคำนวณหาคำตอบที่ถูกต้องได้มากกว่านักเรียนที่มีความสามารถในการคำนวณต่ำ

เว็บ (Webb. 1975: 2689-A) ได้ทำการวิจัย เรื่องการสำรวจกระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 40 คน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ความสามารถทางด้านความรู้ ความจำ ซึ่งได้แก่ภาษา แบบการคิด มิติสัมพันธ์ เหตุผล และการแก้ปัญหา พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในระดับสูง

เซลิwski (Zalewski. 1978: 2804-A) ได้ศึกษาองค์ประกอบที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ พบว่าสิ่งที่เป็นองค์ประกอบ มีดังนี้ ความสามารถในการเข้าใจสัญลักษณ์ ความสามารถในการจัดกระทำ ความเข้าใจในการอ่านศัพท์และการตีความหมายจากกราฟ ตาราง ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ และทักษะในการคำนวณ

เยคเกิล และคนอื่นๆ (อนงค์นาฏ ครุฑรัมย์. 2545: 30; อ้างอิงจาก Yackel; et al. 1991) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ของกระบวนการกลุ่มย่อยในกิจกรรมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 2 โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักเรียนเกรด 2 จำนวน 4 คู่ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่นักเรียนไม่คุ้นเคยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการบันทึกเทป วิดีโอ การบันทึกภาคสนามและงานเขียนของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า ปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการกลุ่มย่อยก่อให้เกิดโอกาสในการเรียนรู้ระหว่างสมาชิกในกลุ่มย่อยซึ่งจะไม่เกิดขึ้นในห้องเรียนแบบเดิม

เบอร์รี่ (ปรีชา เนาว์เย็นผล. 2544: 48; อ้างอิงจาก Burks. 1994: 4019-A) ได้ศึกษา การใช้การเขียนเป็นเครื่องมือในการสอนนักเรียนระดับ 8 ให้แก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการ 4 ขั้นตอนและยุทธวิธี 5 แบบ โดยให้ครู 5 คน ใช้บทเรียนที่เน้นกิจกรรมเกี่ยวกับการเขียน โดยใช้กระบวนการ 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย การเข้าสู่ปัญหา (Enter) การวางแผน (Plan) การลงมือแก้ปัญหา (Attack) และตรวจสอบ (Review) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สอดคล้องกับขั้นตอนการแก้ปัญหาของโพลยา ส่วนยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาคือ การหารูปแบบ การสร้างแผนภาพ การแจกแจงรายการหรือการสร้างตาราง การเดาและการตรวจสอบ และการทดลองแก้ปัญหาที่ง่ายกว่าเดิม โดยแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มทดลองซึ่งได้รับการสอนการแก้ปัญหาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นให้ทำกิจกรรมเกี่ยวกับการแก้ปัญหา ใช้เวลา 7 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามหลักสูตรปกติ รวมถึงโจทย์ปัญหาที่มีอยู่ในหนังสือเรียนปกติ ผลการศึกษาจากข้อมูลจากการทดสอบก่อนและหลังการทดลอง การสัมภาษณ์และวัดเจตคติจากการตอบแบบสอบถาม ผลการวิจัยพบว่า การใช้การเขียนแสดงยุทธวิธีและกระบวนการแก้ปัญหาคือจะพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา โดยจะเห็นได้ชัดเจนมากเมื่อเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนที่มีความสามารถระดับต่ำของทั้งสองกลุ่ม และเมื่อขยายความต้องการพัฒนาความก้าวหน้านักเรียนที่มีความสามารถต่ำจะมีพัฒนาการที่ดีกว่านักเรียนที่มีความสามารถสูง และพบว่านักเรียนต้องการใช้กระบวนการดำเนินการและชี้แนะยุทธวิธีในการแก้ปัญหานักเรียน ใช้ยุทธวิธีที่สอนทั้งห้าอย่าง และนักเรียนส่วนใหญ่ใช้กระบวนการ “Enter” “Plan” “Attack” “Review” โดยภาพรวมของการวิจัย ทั้งนักเรียนและครูที่สอนเห็นพ้องกันว่า กิจกรรมการเขียนทำให้นักเรียนได้สื่อสารความคิดด้านกระบวนการและยุทธวิธี และช่วยให้นักเรียนพัฒนาการนำเสนอการแก้ปัญหาย่างเป็นระบบ

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานกลุ่ม

3.1 ความหมายของการทำงานกลุ่ม

สาเหตุที่ต้องทำงานกลุ่มก็เพราะว่า ในการทำงานบางอย่างไม่สามารถที่จะทำงานคนเดียวให้สำเร็จได้ ดังนั้น จึงต้องมีการทำงานเป็นกลุ่มแทน ซึ่งการทำงานเป็นกลุ่มเป็นการทำงานร่วมกันของบุคคลตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป เพื่อมาร่วมกันปฏิบัติงานอย่างใดอย่างหนึ่ง (English; & Aua. 1958: 122; ทิศนา แคมมณี. 2545: 10; พนม ลิม อารี. 2528: 1-2) โดยมีเป้าหมายร่วมกัน มีการพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน ผลประโยชน์ร่วมกัน มีความพึงพอใจ ยอมรับและเคารพในความคิดเห็นซึ่งกันและกัน (ไพโรจน์ เบขุนทด. 2544: 23; อ้างอิงจาก Henry. 1973: 367) และทุกคนที่ทำงานกลุ่มด้วยกันจะมีบทบาทในการดำเนินงานของกลุ่ม ต้องมีการติดต่อสื่อสาร ประสานงาน และตัดสินใจร่วมกัน เพื่อให้การทำงานกลุ่มบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้ (ทิศนา แคมมณี. 2545: 10) นอกจากนั้นการทำงานกลุ่มยังเป็นการช่วยส่งเสริมให้มนุษย์ได้เติบโต พัฒนาทักษะทางสังคม และมีปฏิสัมพันธ์กับคนอื่น เป็นการเปิดโอกาสให้มนุษย์เรียนรู้เกี่ยวกับการติดต่อสัมพันธ์กับคนอื่น ๆ ในบรรยากาศที่ส่งเสริมซึ่งกันและกัน ผู้ที่เข้าร่วมทำงานเป็นกลุ่มจะพยายามช่วยเหลือกลุ่มและช่วยเหลือแต่ละคน เพื่อให้งานของกลุ่มบรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการ (Button. 1974: 1-2) สอดคล้องกับที่ กัลลี (พงษ์พันธ์ พงษ์โสภณ. 2542: 3; อ้างอิงจาก Gully) ได้ให้ความหมายของการทำงานกลุ่มว่า การทำงานกลุ่มจะต้องประกอบด้วยคุณลักษณะ 3 ประการคือ สมาชิกจะต้องมีวัตถุประสงค์ร่วมกัน ผลงานที่เกิดขึ้นจะต้องมาจากความร่วมมือของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม และในการทำงานกลุ่มจะต้องมีการสื่อสารทางวาจา หรือมีความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกโดยวิธีใดวิธีหนึ่ง

ดังนั้นสรุปได้ว่า การทำงานกลุ่มเป็นการทำงานร่วมกันของบุคคลตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปโดยมีจุดมุ่งหมายเดียวกัน สมาชิกในกลุ่มมีการติดต่อสื่อสารกัน มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ซึ่งกันและกัน มีการแบ่งหน้าที่ในการทำงานและทำงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย มีการพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน ส่งผลให้เกิดการพัฒนาทักษะทางสังคม ทำให้งานของกลุ่มบรรลุผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ดังที่ กิตยวดี บุญเชื้อ (2522: 114-115) ได้กล่าวว่า กลุ่มใดก็ตามที่มีความร่วมมือในการทำงานกลุ่มจะทำให้สัมพันธภาพของสมาชิกในกลุ่มดำเนินไปอย่างแน่นแฟ้น สมาชิกคนใดในกลุ่มทำอะไรสักอย่าง สมาชิกคนอื่นก็จะเข้ามาช่วยด้วยความเต็มใจ และพร้อมเพียงกัน โดยแทบจะไม่ต้องเอ่ยปาก มีอะไรเกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นทางดีหรือทางร้าย สมาชิกในกลุ่มก็จะรับทราบร่วมกัน

3.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการทำงานกลุ่ม

ทฤษฎีเกี่ยวกับการทำงานกลุ่มเป็นทฤษฎีที่มุ่งเสนอแนวคิดเกี่ยวกับความพยายามสร้างแรงจูงใจให้สมาชิกในกลุ่มได้รับแรงจูงใจในระดับสูงที่สุดที่จะเป็นไปได้ เพื่อให้บุคคลสามารถที่จะทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี โดยมีทฤษฎีที่น่าสนใจดังนี้

1. ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ

การเรียนรู้แบบร่วมมือ คือการเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อยโดยมีสมาชิกในกลุ่มที่มีความสามารถแตกต่างกันประมาณ 3-6 คน ช่วยกันเรียนรู้เพื่อนำไปสู่เป้าหมายของกลุ่ม นักการศึกษาคนสำคัญที่เป็นผู้เผยแพร่แนวความคิดของการเรียนรู้แบบร่วมมือคือ สลาบิน (Slavin) เดวิด จอห์นสัน (David Johnson) และรอเจอร์ จอห์นสัน (Roger Jonbson) พวกเขากล่าวว่า ในการจัดการเรียนการสอนโดยทั่วไปนั้นครูจะไม่ให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์และปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน แต่ส่วนใหญ่ครูจะมุ่งให้ความสนใจเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียนหรือระหว่างผู้เรียนกับบทเรียน ซึ่งมีผลงานการวิจัยออกมาหลายชิ้นพบว่า ความรู้สึกของผู้เรียนต่อตนเอง ต่อโรงเรียน ครูและเพื่อนร่วมชั้น มีผลต่อการเรียนรู้มาก ซึ่งจอห์นสัน และ จอห์นสัน (ทิตนา เขมมณี. 2547: 99-100; อ้างอิงจาก Johnson; & Johnson. 1994: 31-37) ได้กล่าวว่าการเรียนรู้แบบร่วมมือต้องมียุทธวิธีประกอบ ดังนี้

1. การพึ่งพาและเกื้อกูลกัน การเรียนรู้แบบร่วมมือนั้น สมาชิกทุกคนในกลุ่มจะต้องมีการพึ่งพาและเกื้อกูลกัน เพราะความสำเร็จของกลุ่มจะขึ้นอยู่กับสมาชิกทุกคน ดังนั้นสมาชิกในกลุ่มแต่ละคนจึงต้องรับผิดชอบในบทบาทหน้าที่ของตนเองและช่วยเหลือสมาชิกคนอื่นๆในกลุ่มด้วย เพื่อประโยชน์ร่วมกัน

2. การปรึกษาหารือกันอย่างใกล้ชิด การที่สมาชิกในกลุ่มมีการพึ่งพาช่วยเหลือเกื้อกูลกัน เป็นปัจจัยที่จะทำให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันและกัน มีการอภิปราย ซักถามซึ่งกันและกัน เพื่อช่วยให้การทำงานกลุ่มบรรลุเป้าหมาย สมาชิกในกลุ่มจะมีความห่วงใยกัน ไว้วางใจกัน มีการส่งเสริม และช่วยเหลือกันในการทำงานต่างๆร่วมกัน ส่งผลให้เกิดสัมพันธภาพที่ดีต่อกัน

3. ความรับผิดชอบที่ตรวจสอบได้ของสมาชิกแต่ละคน ในการเรียนรู้แบบร่วมมือนี้สมาชิกทุกคนในกลุ่มจะมีหน้าที่ในการทำงาน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำงานตามหน้าที่ของตนเองหรือทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ นั้นต้องมีการตรวจสอบการทำงานของสมาชิกในกลุ่มแต่ละคน

4. การใช้ทักษะการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและทักษะการทำงานกลุ่มย่อย ในการเรียนรู้แบบร่วมมือให้ประสบผลสำเร็จนั้น ผู้เรียนควรมีทักษะทางสังคม ทักษะการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น ทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสาร และทักษะการแก้ปัญหาขัดแย้ง รวมทั้งการเคารพ ยอมรับ และไว้วางใจซึ่งกันและกัน

5. การวิเคราะห์กระบวนการกลุ่ม ในการเรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อให้กลุ่มเกิดการเรียนรู้และปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น จะต้องมีการวิเคราะห์กระบวนการทำงานกลุ่ม โดยวิเคราะห์เกี่ยวกับวิธีการทำงานของกลุ่ม พฤติกรรมของสมาชิกในกลุ่มและผลงานของกลุ่ม

บาร์รูดี (Baroody. 1993: 101-102) ได้กล่าวถึงประโยชน์ที่สำคัญของการเรียนรู้แบบร่วมมือว่าเป็นการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เนื้อหาได้ดี ทำให้นักเรียนมีความมั่นใจในตนเอง เกิดทักษะทางสังคม และทักษะการสื่อสาร ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการแก้ปัญหา และการให้เหตุผล สอดคล้องกับที่พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2541: 40) ได้กล่าวว่าการเรียนแบบร่วมมือกันเรียนรู้มีความสำคัญ เพราะเป็นการเรียนที่ช่วยส่งเสริมให้สมาชิกทุกคนร่วมมือในการทำงานกลุ่ม สมาชิกทุกคนมีโอกาสคิด พูด แสดงออก แสดงความคิดเห็น และลงมือกระทำอย่างเท่าเทียมกัน นอกจากนั้นยังทำให้นักเรียนรู้จักคิด วิเคราะห์ เพราะการร่วมกันคิด ทำให้เกิดการระดมความคิด รวมทั้งส่งเสริมทักษะการสื่อสาร ซึ่งทั้งหมดนี้จะทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

และจากรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบร่วมมือชี้ให้เห็นตรงกันว่า (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2544: 58-60) การเรียนรู้แบบร่วมมือนั้นมีประโยชน์ด้วยกันหลายด้านตั้งแต่ช่วยเสริมสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ดี ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ เนื่องจากการเรียนแบบร่วมมือเป็นการเรียนรู้ในกลุ่มย่อยจึงเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการอภิปราย พูดคุยกัน มีการซักถามกัน มีการช่วยเหลือกันในการทำงานโดยนักเรียนเก่งช่วยเหลือนักเรียนที่เรียนอ่อนในเรื่องที่ไม่เข้าใจ โดยการอธิบาย รู้จักแบ่งงานกันทำ ทำให้นักเรียนมีทักษะในการบริหาร การจัดการ การเป็นผู้นำ การแก้ปัญหา และการสื่อความหมาย และมีประสิทธิผลอย่างมากในการมุ่งพัฒนานักเรียน ในด้านทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ ทักษะการคิดอย่างหลากหลาย ทักษะการปฏิบัติภารกิจที่ซับซ้อน ผลงานที่ได้ มีคุณภาพ เสริมสร้างประชาธิปไตยในห้องเรียน และพัฒนาทักษะการสื่อสาร สร้างนิสัยความรับผิดชอบร่วมกัน และเสริมสร้างความร่วมมือภายในกลุ่มเพราะความสำเร็จของสมาชิกแต่ละคนก็คือความสำเร็จของกลุ่ม

จากทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือและแนวคิดเกี่ยวกับประโยชน์ของการเรียนแบบร่วมมือ จะเห็นว่า การเรียนเป็นกลุ่ม ทำให้นักเรียนมีการทำงานร่วมกัน ได้พึ่งพาอาศัยกันและภายในกลุ่มมีปฏิสัมพันธ์กัน มีการช่วยเหลือ รู้จักแบ่งหน้าที่กันทำงาน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน มีการอธิบายความรู้ให้เพื่อนในกลุ่มฟัง มีการเรียนรู้ร่วมกันส่งผลให้นักเรียนมีทักษะในการทำงาน ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะในการสื่อสาร

2. ทฤษฎีการทำงานร่วมกันของจอร์จ โฮแมน (George Homans)

จอร์จ โฮแมน (พงพันธ์ พงษ์โสภณ. 2542: 46; อ้างอิงจาก George Homans. n.d.) เป็นผู้พัฒนาทฤษฎีการทำงานร่วมกันโดยได้อธิบายหลักการสำคัญของทฤษฎีว่า การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐานสำคัญ 3 อย่างคือ กิจกรรม การกระทำร่วมกัน และความรู้สึก โดยโฮแมนมีความเชื่อว่า องค์ประกอบทั้ง 3 อย่างจะเกี่ยวโยงซึ่งกันและกันอยู่เสมอ กล่าวคือ ถ้าหากว่าสมาชิกในกลุ่มยังมีส่วนร่วมในกิจกรรมมากเท่าใด การกระทำร่วมกัน และความรู้สึกของสมาชิกในกลุ่มจะมีมากขึ้นด้วย เพราะสมาชิกในกลุ่มไม่เพียงแต่ทำงานใกล้ชิดกันเท่านั้น แต่พวกเขาจะต้องมีการตัดสินใจ ติดต่อสื่อสาร สนับสนุน ประสานงาน และประสบความสำเร็จในเป้าหมายอีกด้วย ดังนั้นสมาชิกภายในกลุ่มหรือองค์การที่เกี่ยวข้องกันมีแนวโน้มที่จะรวมกันเป็นกลุ่มที่มีพลังสูงมาก

3. ทฤษฎีทฤษฎีการปฏิบัติงาน (Grid of Work Theory)

เบลค และมูทอน (พวงพันธ์ พงษ์โสภา. 2542: 46; อ้างอิงจาก Blake; & Mouton. 1964) เป็นผู้พัฒนาแนวความคิดของทฤษฎีนี้ โดยได้อธิบายว่า การที่คนจะทำงานให้ได้ผลงาน จะต้องมีส่วนร่วมในงานที่เขารับผิดชอบ ซึ่งการที่จะทำให้สมาชิกเข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานกลุ่มนั้นจะต้องสร้างบรรยากาศของการยอมรับ เพื่อสนับสนุนความคิดสร้างสรรค์ เปิดโอกาสให้สมาชิกได้แสดงความคิดเห็นในการทำงานอย่างจริงจัง โดยทฤษฎีทฤษฎีนี้ มีความเชื่อว่าผลงานย่อมเกิดจากการบูรณาการ (Integration) หรือการประสมประสานความต้องการขององค์การ และของคนเข้าด้วยกัน กล่าวโดยสรุปแล้วทฤษฎีนี้มีความเชื่อว่า การทำงานกลุ่มนั้นจะต้องทำให้ได้ผลงานและความร่วมมือของทีมงาน แนวคิดที่สำคัญของทฤษฎีนี้ประกอบด้วย

1. ลักษณะของกลุ่มประกอบด้วย

1.1 กลุ่มแต่ละกลุ่มประกอบด้วยสมาชิก ซึ่งมีบุคลิกภาพเป็นลักษณะเฉพาะตัว ได้แก่ สติปัญญา ทักษะ และบุคลิกภาพ

1.2 กลุ่มแต่ละกลุ่มจะมีลักษณะเฉพาะกลุ่ม หรือความสามารถเฉพาะที่ได้รับจากคุณสมบัติเฉพาะตัวของสมาชิกที่รวมเป็นกลุ่ม ซึ่งส่งผลให้แต่ละกลุ่มมีลักษณะแตกต่างกันออกไป

1.3 กลุ่มแต่ละกลุ่มจะมีลักษณะโครงสร้างภายในโดยเฉพาะ ซึ่งหมายถึง แบบแผนความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก หรือลักษณะในการรวมกลุ่มของสมาชิก เช่น การแสดงบทบาท ตำแหน่งหน้าที่ และการสื่อสารระหว่างสมาชิก

2. พลัง หรือ การเปลี่ยนแปลงบุคลิกลักษณะของกลุ่ม หมายถึง การแสดงพฤติกรรมหรือความร่วมมือของสมาชิก เพื่อจุดมุ่งหมายของกลุ่ม โดยพฤติกรรมของสมาชิก มีลักษณะ 2 ประการ คือ

2.1 ลักษณะที่ทำให้กลุ่มรวมกันได้ หมายถึง ความร่วมมือในการทำกิจกรรมของสมาชิก

2.2 ลักษณะที่ทำให้กลุ่มประสบผลสำเร็จ หมายถึง กิจกรรมของสมาชิกที่กระทำเพื่อให้กลุ่มบรรลุจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้

4. ทฤษฎีเกี่ยวกับกระบวนการกลุ่ม (Group Process Theory)

กระบวนการกลุ่มเป็นเรื่องของการทำงานร่วมกันของกลุ่มคน ทฤษฎีด้านนี้มุ่งศึกษาเพื่อหาความรู้ที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงทัศนคติ และพฤติกรรมของคนซึ่งจะเป็นประโยชน์ในด้านการเสริมสร้างความสัมพันธ์และปรับปรุงการทำงานกลุ่มให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื้อหาของทฤษฎีนี้มุ่งศึกษาเกี่ยวกับความเชื่อต่างๆ ดังนี้

4.1 ทฤษฎีบุคลิกภาพของกลุ่ม (Group Syntality Theory)

แคทเทลล์ (ทิสนา แคมมณี. 2545: 7-8; อ้างอิงจาก Cattell. 1971) เป็นผู้พัฒนาทฤษฎีนี้ โดยอาศัยหลักของทฤษฎีการเสริมแรง (Reinforcement Theory) คือ กฎแห่งผล (Law of Effect) เพื่ออธิบายพฤติกรรมของกลุ่ม โดยทฤษฎีนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

1. ลักษณะของกลุ่มโดยทั่วไป

1.1 กลุ่มแต่ละกลุ่มมีสมาชิกซึ่งมีบุคลิกภาพเฉพาะตัว (Population Traits) ได้แก่ สติปัญญา ทักษะ และบุคลิกภาพ

1.2 กลุ่มแต่ละกลุ่มมีบุคลิกภาพเฉพาะกลุ่ม (Syntality Traits) ซึ่งเป็นผลมาจากสมาชิกกลุ่มที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป บุคลิกภาพของกลุ่มได้แก่ ความสามารถของกลุ่มที่มีอยู่ การกระทำของสมาชิกร่วมกัน การตัดสินใจ รวมทั้งพฤติกรรมหรือการแสดงออกของสมาชิกในกลุ่ม

1.3 กลุ่มแต่ละกลุ่มมีลักษณะโครงสร้างภายในเฉพาะตน (Characteristic of Internal Structure) คือ สัมพันธภาพระหว่างสมาชิกภายในกลุ่ม เช่น บทบาทของสมาชิกแต่ละคน ตำแหน่งของสมาชิกแต่ละคนที่อยู่ในกลุ่มย่อยหรือกลุ่มใหญ่ และการสื่อสารภายในกลุ่ม

2. พลังอันเกิดจากบุคลิกภาพของกลุ่ม (Dimensions of Syntality) หมายถึง การแสดงกิจกรรม หรือความร่วมมือของสมาชิกในกลุ่ม เพื่อจุดมุ่งหมายอย่างใดอย่างหนึ่ง การกระทำของสมาชิกมีลักษณะ 2 ประการ คือ

2.1 ลักษณะที่ทำให้กลุ่มรวมกันได้ (Maintenance Synergy) หมายถึงลักษณะของความร่วมมือในการกระทำกิจกรรมของสมาชิกในกลุ่ม เพื่อให้ความสัมพันธ์ของสมาชิกเป็นไปได้อย่างราบรื่น และก่อให้เกิดความสามัคคี ร่วมแรงร่วมใจเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน (Cohesion) ซึ่งทำให้กลุ่มไม่แตกแยก

2.2 ลักษณะที่ทำให้กลุ่มประสบผลสำเร็จ (Effective Synergy) หมายถึง กิจกรรมที่สมาชิกกระทำเพื่อให้กลุ่มบรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้

4.2 ทฤษฎีสัมฤทธิ์ผลของกลุ่ม (Theory of Group Achievement)

สต็อคดิลล์ (ทิสนา แชมมณี. 2545: 8-9; อ้างอิงจาก Stogdill. 1948) เป็นผู้เริ่มต้นแนวความคิดของทฤษฎีนี้ เพื่ออธิบายถึงผลผลิตหรือสัมฤทธิ์ผลของกลุ่มโดยอธิบายว่าองค์ประกอบของการทำงานกลุ่มโดยทั่วไปมี 3 ด้าน คือ

1. การลงทุนของสมาชิก (Member inputs) หมายถึง เมื่อบุคคลมารวมกลุ่มกัน ต่างคนต่างจะแสดงออกและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น รวมทั้งการคาดหวังการตอบสนองความคิดเห็นและความเข้าใจของตน ซึ่งการกระทำต่างๆของสมาชิกในกลุ่ม ถือว่าเป็นการลงทุนของสมาชิก

2. โครงสร้างของกลุ่ม ซึ่งมีลักษณะสำคัญ 2 ประการ คือ

2.1 โครงสร้างอย่างเป็นทางการ (Formal Structure) คือ สิ่งที่คาดหวังจากการมีปฏิสัมพันธ์ของสมาชิก เช่น การกำหนดตำแหน่งให้แก่สมาชิกแต่ละคนให้มีสถานภาพ และหน้าที่ตามที่ควรจะเป็น เพื่อให้สมาชิกกระทำและมีปฏิกิริยาตามที่คาดหวัง และทำให้ผลการทำงานเป็นจริงเป็นจังขึ้นมา

2.2 โครงสร้างเกี่ยวกับบทบาทของสมาชิก (Role Structure) คือโครงสร้างของกลุ่มที่เชื่อว่า จะมีอยู่ภายในตัวสมาชิกของแต่ละคน สมาชิกแต่ละคนจะมีอิสระที่จะแสดงบทบาทของตนได้อย่างเต็มที่ บทบาทที่กล่าวถึงนี้คือ ความรับผิดชอบและอำนาจในการทำตามตำแหน่งที่ได้รับมอบหมาย

3. ผลงานของกลุ่ม (Group output) หรือสัมฤทธิ์ผลของกลุ่ม หมายถึง ผลที่ได้รับจากการลงทุนของสมาชิกซึ่งได้แก่การแสดงออก การมีปฏิสัมพันธ์ และการคาดหวังผลโดยผ่านทางแสดงออกตามโครงสร้างและการกระทำของกลุ่มที่กำหนดขึ้น ผลของกลุ่มที่ได้รับนี้มี 3 ประการ คือ

3.1 ผลของการทำงาน ซึ่งเกิดจากความคาดหวังหรือจุดมุ่งหมายและการกระทำเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมาย

3.2 ขวัญกำลังใจของกลุ่ม หากกลุ่มมีโครงสร้างและกระบวนการที่ดีขวัญและกำลังใจของกลุ่มจะมีมากขึ้น

3.3 ความสามัคคี หรือความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันของกลุ่ม หมายถึง การรักษาระดับ การกระทำและโครงสร้างของกลุ่มไว้ในสภาพที่ต้องการ ซึ่งปรากฏเป็นความพอใจของกลุ่มหรือการสนองความต้องการของสมาชิกในกลุ่ม

4.3 ทฤษฎีการแลกเปลี่ยนพฤติกรรมของกลุ่ม (Exchange Theory)

ธิโบว์ และ แคลีย์ (ทิตนา แชมมณี และคณะ. 2522: 15; อ้างอิงจาก Thibaut; & Kelley. n.d.) เป็นผู้พัฒนาแนวความคิดของทฤษฎีนี้ โดยพยายามจะอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและกระบวนการของกลุ่ม ซึ่งจะก่อให้เกิดผลจากการรวมกลุ่ม แนวความคิดทฤษฎีนี้จะเป็นพื้นฐานของการทำหน้าที่กลุ่มได้เป็นอย่างดี แนวคิดที่สำคัญของทฤษฎีนี้คือ

1. ในการรวมกลุ่มจะมีการแลกเปลี่ยนพฤติกรรม และความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก โดยความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกนี้จะเกิดจากการที่สมาชิกมีปฏิสัมพันธ์กันในรูปแบบต่างๆ เช่น การสื่อสาร หรือการแสดงพฤติกรรมที่บุคคลหนึ่งแสดงต่ออีกบุคคลหนึ่ง และมีอิทธิพลต่อการแสดงพฤติกรรมของบุคคลนั้นด้วยการแสดงพฤติกรรมนี้จะเป็นการแสดงออกทางด้านการกระทำหรือคำพูดก็ได้ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายตามที่ต้องการ พฤติกรรมที่แสดงออกภายในกลุ่มนี้จะต้องเป็นพฤติกรรมที่ได้รับการเลือกสรรชัดเจนหรือพิจารณาแล้วว่า จะแสดงกับใคร อย่างไรบ้าง

2. การเลือกพฤติกรรมและความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกจะก่อให้เกิดผลของกลุ่มขึ้น ซึ่งอาจประกอบด้วย รางวัลจากการมีปฏิสัมพันธ์ เช่น ความสบายใจ ความสนุกสนาน ความอึดอ้อมใจ ความพอใจ และการเห็นคุณค่าของการพยายามกระทำพฤติกรรมนั้นให้บรรลุจุดมุ่งหมายตามที่ต้องการ

4.4 ทฤษฎีพื้นฐานของความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล (FIRO : Fundamental Interpersonal Relationship Orientation)

ซูทซ์ (ทิตนา แชมมณี และคนอื่นๆ. 2522: 16-18; อ้างอิงจาก Schutz. n.d.) เชื่อว่าคนทุกคนจะมีลักษณะเฉพาะในการปรับตัวให้เข้ากับผู้อื่น โดยอธิบายว่า ความต้องการที่จะมีความสัมพันธ์กับผู้อื่นมี 3 ลักษณะ คือ

1. ความต้องการเชื่อมโยงกับผู้อื่น (Inclusion) ได้แก่ ความต้องการอยู่ร่วมกับผู้อื่น มีส่วนเป็นพวกกับคนอื่นเป็นคนที่อยู่ในพวกนั้นด้วย (Togetherness) ซึ่งบุคคลพยายามจะแสดงออกเพื่อให้เกิดชื่อเสียง (Prominence) การเป็นที่ยอมรับ (Recognition) และความมีเกียรติ (Prestige)

2. ความต้องการในการควบคุม (Control) หมายถึง กระบวนการที่บุคคลตัดสินใจ เพื่อจะมีอิทธิพล (Authority) มีอำนาจหรือความต้องการที่จะควบคุมผู้อื่น ซึ่งอาจจะแสดงออกมาในลักษณะการควบคุมผู้อื่น หรือการถูกผู้อื่นควบคุม

3. ความต้องการเป็นที่รักใคร่ของผู้อื่น (Affection) หมายถึง ความรู้สึก และอารมณ์ส่วนตัวที่เกิดขึ้นระหว่างบุคคลสองคน เช่น ความรัก ความเป็นมิตร การช่วยเหลือ การสร้างความผูกพันทางอารมณ์ เพื่อให้เกิดความใกล้ชิดสนิทสนม

ดังนั้นจากทฤษฎีเกี่ยวกับการทำงานกลุ่ม จึงสามารถอธิบายได้ว่าการทำงานกลุ่มมีความสัมพันธ์กับการเรียนรู้ของนักเรียน และส่งผลต่อความสามารถในการสื่อสาร และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจตัวแปรการทำงานกลุ่มเพื่อศึกษาว่ามีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารได้อย่างไร

3.3 องค์ประกอบของการทำงานกลุ่ม

ในการทำงานกลุ่มนั้น งานจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและความสมบูรณ์ของปัจจัยต่างๆด้วยกันหลายอย่าง เช่น ความเข้าใจในจุดมุ่งหมายของการทำงาน บทบาทของผู้ร่วมกลุ่มในการทำงาน การสื่อความหมาย การประสานงาน และการจัดสรรผลประโยชน์ร่วมกัน แต่องค์ประกอบที่ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการทำงานร่วมกันจะมี 3 องค์ประกอบหลัก คือ บทบาทผู้นำกลุ่ม บทบาทสมาชิกกลุ่ม และกระบวนการทำงานกลุ่ม (ทิสนา แชมมณี. 2545: 12-38; วรณทิพา รอดแรงคำ; และ จิต นานแก้ว. 2542: 7-10) และปัญญาพล ภัทรนาวิก (2546: 191) ได้ทำการพัฒนาแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดสงขลา โดยคุณลักษณะของการทำงานเป็นทีมที่นำมาเป็นโครงสร้างและเนื้อหาในการพัฒนานั้นมาจากทฤษฎีการทำงานเป็นทีม และการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญด้านทีมงานพบว่า คุณลักษณะที่สามารถแสดงถึงการการทำงานเป็นทีมที่มีประสิทธิภาพนั้นมี 4 ด้าน ได้แก่ การดำเนินงาน การมีส่วนร่วม การเป็นสมาชิกและตัวผู้นำ นอกจากนั้น ธนันต์ ฤทธิ์เทวา (2547: 85-87) ยังได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาองค์ประกอบของความสามารถในการทำงานกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดสงขลา พบว่าองค์ประกอบของความสามารถในการทำงานกลุ่มนั้นได้แก่ องค์ประกอบความเป็นประชาธิปไตย องค์ประกอบความรับผิดชอบ องค์ประกอบความสามัคคี องค์ประกอบการแก้ปัญหาความขัดแย้ง และองค์ประกอบการมีมนุษยสัมพันธ์

จากงานวิจัยของปัญญาพล ภัทรนาวิก (2546) ธนันต์ ฤทธิ์เทวา (2547) และแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของการทำงานกลุ่มที่มีประสิทธิภาพของทิสนา แชมมณี วรณทิพา รอดแรงคำ และ จิต นานแก้ว สรุปได้ว่า องค์ประกอบในการทำงานกลุ่มนั้นประกอบไปด้วยบทบาทผู้นำกลุ่ม บทบาทสมาชิกกลุ่ม และกระบวนการทำงานกลุ่ม ดังนั้นผู้วิจัยจึงวัดองค์ประกอบด้านการทำงานกลุ่มจาก บทบาทผู้นำกลุ่ม บทบาทสมาชิกกลุ่ม และกระบวนการทำงานกลุ่ม โดยมีรายละเอียดในแต่ละด้านดังต่อไปนี้

3.3.1 บทบาทผู้นำกลุ่ม

ในการทำงานเป็นกลุ่มนั้น ผู้นำถือได้ว่าเป็นบุคคลที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการดำเนินงานของกลุ่ม หากกลุ่มใดมีผู้นำที่ดี และมีความสามารถกลุ่มนั้นก็ย่อมมีโอกาสที่จะประสบความสำเร็จมาก ทั้งนี้เพราะผู้นำที่ดีย่อมสามารถช่วยให้กลุ่มเกิดกระบวนการที่ดี ซึ่งบทบาทหน้าที่ของผู้นำกลุ่มที่ช่วยให้กลุ่มเกิดกระบวนการการทำงานที่มีประสิทธิภาพมีดังนี้

1. บทบาทของผู้นำเกี่ยวกับการทำงาน มีลักษณะดังนี้
 - 1.1 ทำความเข้าใจในจุดมุ่งหมายของการทำงานและช่วยให้ผู้ร่วมงานเข้าใจตรงกัน
 - 1.2 วางแผนงานและขั้นตอนการทำงานร่วมกับผู้ร่วมงาน
 - 1.3 แบ่งงานและมอบหมายงานอย่างเหมาะสม

- 1.4 ริเริ่มความคิดใหม่ๆให้แก่งroup หรือกระตุ้นกลุ่มให้ริเริ่มความคิดใหม่ๆ
 - 1.5 แสวงหาข้อมูล ความคิดเห็น หรือใช้ข้อมูล ความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงาน
 - 1.6 ช่วยให้กลุ่มมีความเข้าใจตรงกันในข้อมูลหรือประเด็นต่างๆที่จำเป็นต่อความสำเร็จของงาน
 - 1.7 ช่วยประสานความคิด ข้อมูล ของผู้ร่วมงานให้เกิดประโยชน์ต่อการบรรลุเป้าหมายของงาน
 - 1.8 ช่วยจัดปัญหาต่างๆที่เป็นอุปสรรคต่อการทำงานให้บรรลุเป้าหมาย
 - 1.9 ติดตามงาน ประเมินผลงาน และสรุปผลงานเป็นระยะๆ และแจ้งให้ผู้ร่วมงานรับทราบ
 - 1.10 ควบคุมมาตรฐานผลงานของกลุ่มหรือทีมงาน
 - 1.11 ประเมินผลงาน เมื่องานสำเร็จและปรับปรุงงาน
 2. บทบาทของผู้นำเกี่ยวกับการรวมกลุ่ม
 - 2.1 จัดระเบียบและควบคุมระเบียบของกลุ่ม เพื่อช่วยให้การดำเนินงานเป็นไปได้อย่างเรียบร้อย
 - 2.2 ดูแลเอาใจใส่สมาชิกในกลุ่มให้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นอย่างทั่วถึง เพื่อช่วยให้ทุกคนมีความรู้สึกว่าคุณค่า มีประโยชน์ต่อกลุ่มทำให้เกิดความรู้สึกว่าตนเองเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่ม และต้องการทำงานให้กลุ่ม
 - 2.3 รับฟังและพิจารณาความคิดเห็นของสมาชิกอย่างทั่วถึง ทำให้สมาชิกผู้ร่วมงานมีความรู้สึกภาคภูมิใจ พอใจ และต้องการที่จะช่วยกลุ่มมากขึ้นไปอีก
 - 2.4 ช่วยให้ความกระจ่างให้แก่งroupในเรื่องการสื่อความหมาย ช่วยให้กลุ่มเข้าใจตรงกันในเรื่องการสื่อความหมาย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความสับสนข้องใจและแตกแยกกันได้
 - 2.5 สร้างบรรยากาศที่อบอุ่นและเป็นมิตรให้เกิดขึ้นในกลุ่ม ช่วยให้ผู้ในกลุ่มไม่เกิดความรู้สึกแตกแยกหรือแบ่งแยกตัวเองออกไปจากกลุ่ม
 - 2.6 ขจัดหรือลดความขัดแย้งต่างๆในกลุ่มที่เป็นสาเหตุทำให้กลุ่มแตกแยก เพื่อให้กลุ่มสามารถรวมกันจนงานบรรลุสำเร็จได้
- นอกจากนั้นทิสนา แชมมณี (2545: 17-18) ยังได้จำแนกลักษณะของผู้นำออกเป็น 8 แบบ โดยแบ่งเป็นแบบที่มีประสิทธิภาพมาก 4 แบบ และแบบที่มีประสิทธิภาพน้อย 4 แบบ ดังนี้
1. แบบที่มีประสิทธิภาพมาก ได้แก่ ผู้นำแบบทำงานตามที่ได้รับมอบหมายอย่างเคร่งครัด ผู้นำแบบนักพัฒนา ผู้นำแบบเผด็จการอย่างมีศิลปะ และผู้นำแบบนักบริหาร
 2. แบบที่มีประสิทธิภาพน้อย ได้แก่ ผู้นำแบบผู้หนึ่งงาน ผู้นำแบบนักบุญ ผู้นำแบบเผด็จการ และผู้นำแบบประนีประนอม
- นิพนธ์ จิตต์ภักดี (2528: 3-7) กล่าวว่า ผู้นำกลุ่มควรมีความรู้ในการวางแผนงาน การปฏิบัติงาน การติดตามผลงาน มีเทคนิคในการเผชิญต่อความขัดแย้งภายในกลุ่ม และกับตนเอง มีเทคนิคในการเสริมแรงและสร้างพลังใจ มีความเอาใจใส่ เข้าใจพฤติกรรมของสมาชิกแต่ละคน และแสวงหาวิธีการที่เหมาะสมให้มีประสิทธิภาพอยู่เสมอ

3.3.2 บทบาทสมาชิกกลุ่ม

ในการทำงานกลุ่มถึงแม้ว่าจะมีผู้นำกลุ่มที่มีประสิทธิภาพดีเพียงใดก็ตาม แต่ถ้าสมาชิกของกลุ่มขาดความเข้าใจในบทบาทหน้าที่ของตนเอง ไม่ปฏิบัติตามหน้าที่ของตนเอง ก็จะทำให้การทำงานกลุ่มนั้นประสบผลสำเร็จในการทำงานได้ยาก ดังนั้นคุณสมบัติของสมาชิกกลุ่มที่ดีจะต้องมีความรู้ มีความกระตือรือร้นในการทำงาน มีความเข้าใจในบทบาทหน้าที่ของตน โดยรู้ว่าตนเองควรจะทำอะไร ที่จะช่วยเอื้ออำนวยให้การทำงานเป็นทีมบรรลุผลสำเร็จ มีความรับผิดชอบในหน้าที่ของตน มีลักษณะของความเป็นประชาธิปไตย ไม่เห็นแก่ประโยชน์ส่วนตนมากเกินไป จากคุณสมบัติของสมาชิกกลุ่มดังกล่าวจะทำให้การทำงานกลุ่มบรรลุผลสำเร็จ ดังนั้นสมาชิกกลุ่มจำเป็นต้องช่วยเหลือกลุ่มใน 2 บทบาท ดังนี้

1. บทบาทของสมาชิกกลุ่มเกี่ยวกับการทำงาน สมาชิกกลุ่มควรจะช่วยเหลือกลุ่มโดยทำหน้าที่ ดังนี้

1.1 เสนอความคิดหรือวิธีใหม่ๆ ในการพิจารณาปัญหาของกลุ่มเพื่อให้กลุ่มบรรลุผลตามที่ต้องการ

1.2 ถามคำถามเพื่อให้เกิดความกระจ่างหรือเพื่อให้ได้ข้อเสนอแนะ ข้อเท็จจริงต่างๆมาใช้ในการแก้ปัญหาของกลุ่ม

1.3 ให้ข้อมูล ข้อเท็จจริงหรือข้อสรุปต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการพิจารณาปัญหา

1.4 ชี้แจงให้รายละเอียดต่างๆ โดยการให้ตัวอย่างหรือให้ความหมาย พยายามวาดภาพพจน์หรือทำความเข้าใจกับความคิดหรือข้อเสนอแนะต่างๆ และช่วยให้สมาชิกเกิดความกระจ่างในข้อมูลหรือความคิดเห็น

1.5 สรุปให้ทราบว่าขณะนี้กลุ่มทำงานไปถึงไหนแล้ว โดยสรุปสิ่งที่ได้ทำแล้ว

1.6 กำหนดมาตรฐานซึ่งกลุ่มพยายามจะก้าวไปถึง หรือพยายามจะใช้มาตรฐานในการประเมินผลความก้าวหน้าของกลุ่ม

1.7 ช่วยให้กลุ่มบรรลุจุดมุ่งหมายที่ต้องการได้ง่าย โดยการกระทำสิ่งต่างๆเพื่อกลุ่ม เช่น ทำงานประจำ ทำสิ่งต่างๆให้เป็นระเบียบ เก็บรวบรวมในสิ่งที่ทำ เขียนข้อเสนอแนะหรือความคิดเห็นต่างๆ

2. บทบาทในการรวมกลุ่ม สมาชิกควรจะช่วยเหลืองานกลุ่มโดยการทำหน้าที่ต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 สนับสนุน กระตุ้นให้สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วมในการให้ข้อเสนอแนะ และแสดงความคิดเห็นต่างๆ

2.2 ควบคุมการสนทนาให้เป็นอย่างดีไม่ให้ออกนอกกลุ่มนอกทาง พยายามควบคุมกลุ่มให้ดำเนินงานไปสู่เป้าหมาย

2.3 ประนีประนอม ตระล่อมไกล่เกลี่ยและหาทางแก้ปัญหาเมื่อสมาชิกกลุ่มเกิดความคิดเห็นขัดแย้งกัน

2.4 คอยสังเกตกระบวนการของกลุ่ม และบอกกลุ่มให้ทราบ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการทำงานร่วมกัน

2.5 ช่วยให้เกิดบรรยากาศที่ดีด้วยวิธีการต่างๆกัน เช่น สร้างอารมณ์ขันในเวลา que ทุกคนกำลังตรึงเครียด และมีอารมณ์ขัดแย้งกัน เป็นผู้ช่วยรักษาการทำงานของกลุ่ม

นอกจากนั้น เมืองทอง แชมมณี (2539: 1-3) ได้กล่าวว่าสมาชิกที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

1. สมาชิกยึดมั่นในอุดมการณ์ของกลุ่ม โดยพยายามปฏิบัติหน้าที่ของแต่ละคนจนสุดความสามารถ
2. สมาชิกมีความรักดีต่อกัน ซึ่งแสดงออกโดยสมาชิกมีความซื่อตรงกัน
3. สมาชิกยอมรับวัตถุประสงค์ของกลุ่มที่ช่วยกันกำหนดขึ้น
4. สมาชิกพยายามปรับค่านิยมและวัตถุประสงค์ให้กลมกลืนกัน
5. สมาชิกมีความไว้วางใจกัน หมายถึง สมาชิกในกลุ่มมีความเชื่อถือ ไว้วางใจซึ่งกันและกัน
6. สมาชิกมีความสามารถที่จะทำงานเป็นกลุ่ม โดยสามารถปฏิบัติหน้าที่ของตนเองได้อย่างดีไม่ว่าจะมีบทบาทเป็นผู้นำ หรือสมาชิกในกลุ่มก็ตาม
7. สมาชิกเชื่อในความสามารถของเพื่อนสมาชิก
8. สมาชิกพร้อมที่จะช่วยเหลือกันเสมอ เมื่อถึงคราวจำเป็น
9. สมาชิกพยายามให้ข้อมูลที่ถูกต้องแก่กลุ่ม โดยเจาะข้อมูลที่มีความสำคัญต่อกลุ่ม
10. สมาชิกเชื่อใจในข้อมูลที่เป็นสมาชิกนำมาให้ โดยยอมรับว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ
11. สมาชิกมีความมั่นใจในการตัดสินใจด้วยตนเอง
12. สมาชิกผลักดันมีอิทธิพลเหนือกันได้ ทำให้กลุ่มมีความคล่องตัวในการปรับเข้ากับสถานการณ์ต่างๆ เพราะว่าสมาชิกสามารถผลักดันกันเป็นผู้นำ และมีอิทธิพลเหนือกันในการให้ข้อคิดเห็น

3.3.3 กระบวนการทำงานกลุ่ม

กระบวนการทำงานกลุ่ม เป็นขั้นตอนและวิธีที่กลุ่มใช้ในการดำเนินงาน ผลงานของกลุ่มจะออกมาดีหรือไม่เพียงไรขึ้นอยู่กับวิธีการ ขั้นตอนที่กลุ่มใช้ในการทำงานด้วย หากกลุ่มใช้วิธีการ ขั้นตอนที่เหมาะสมกับลักษณะงาน ลักษณะกลุ่มแล้ว ผลงานก็มักมีคุณภาพตามไปด้วย กระบวนการทำงานหรือวิธีการทำงานที่ได้รับการยอมรับว่ามีส่วนช่วยในการทำงานให้บรรลุผลอย่างมีคุณภาพนั้น มีลำดับที่สำคัญ คือ การกำหนดจุดมุ่งหมายในการทำงาน การวางแผนงาน การปฏิบัติงานตามแผนและติดตามงาน การประเมินผลและปรับปรุงงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ในขั้นแรกของการทำงานร่วมกันคือ ต้องมีการกำหนดจุดมุ่งหมายในการทำงานให้ชัดเจน และตรวจสอบดูว่าทุกคนเข้าใจตรงกันก่อนลงมือปฏิบัติงานหรือไม่ เพื่อไม่ให้มีปัญหาในการปฏิบัติงานในภายหลัง

การวางแผนในการทำงาน เป็นการคิดและตัดสินใจในปัจจุบันถึงสิ่งที่จะทำในอนาคตว่า จะทำอะไร จะทำอย่างไร มีทรัพยากรที่จำเป็นจะใช้อะไรบ้าง เพื่อให้งานที่ต้องการทำบรรลุผลสำเร็จ ดังนั้นการวางแผนการทำงาน เป็นสิ่งที่จำเป็นในการทำงานกลุ่ม

การปฏิบัติตามแผนและติดตามงาน ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มลงมือปฏิบัติงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย โดยผู้ประสานงานจะมีบทบาทสำคัญในการติดตามและดูแลประสานงานให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ ซึ่งผู้ประสานงานจะมีหน้าที่ติดตามงาน จูงใจให้ผู้ร่วมงานมีกำลังใจในการทำงาน สร้างความร่วมมือในการทำงานให้คำปรึกษาแนะนำและให้ความช่วยเหลือแก้ไขปัญหาต่างๆ มีการเสริมสร้างความรู้ความสามารถของเพื่อนร่วมงานในรูปแบบต่างๆตามความเหมาะสม มีการประสานงานเพื่อให้เกิดความสะดวกในการทำงานแต่ละขั้นตอน เพื่อให้กลุ่มก้าวไปสู่ความสำเร็จในการทำงาน

การประเมินผลและปรับปรุงงาน เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการทำงานกลุ่ม เพราะจะช่วยให้กลุ่มได้รับทราบว่าการดำเนินงานสามารถบรรลุเป้าหมายได้หรือไม่เพียงใด ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้นในโอกาสต่อไป โดยการประเมินผลงานกลุ่มควรพิจารณาจากประเด็นต่อไปนี้

1. ช่วงเวลาการประเมิน ควรดำเนินการประเมินอย่างน้อย 2 ช่วง คือ ประเมินระหว่างการดำเนินงาน และประเมินหลังเสร็จสิ้นการดำเนินงาน

2. สิ่งที่ต้องประเมิน ควรประเมินผลงานว่า ผลงานที่ทำสำเร็จออกมานั้นเป็นไปตามความคาดหวังหรือไม่ ประเมินกระบวนการหรือวิธีการทำงานกลุ่มว่า วิธีการหรือขั้นตอนการทำงานที่ใช้เหมาะสมเพียงใด เป็นวิธีการที่ช่วยให้ได้ผลงานที่ดีที่พอใจหรือไม่ และประเมินสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มเกี่ยวกับการปฏิบัติหน้าที่ที่รับผิดชอบของตนเองว่าดีเพียงใด มีปัญหาเกิดขึ้นหรือไม่ ปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นมาจากสมาชิกคนใด เหตุใดจึงเกิดขึ้น การประเมินนี้รวมถึงวิธีการทำงานของสมาชิกแต่ละคนที่แสดงพฤติกรรมในด้านต่างๆ ได้แก่ การรับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม การให้ความช่วยเหลือเพื่อนในการทำงานกลุ่ม การสร้างบรรยากาศในการทำงานกลุ่ม การแสดงความคิดเห็นในการทำงานกลุ่ม และการมีส่วนร่วมในการทำงานกลุ่ม

3. วิธีการประเมิน ควรมีเกณฑ์ที่ชัดเจนเป็นหลักในการประเมิน และควรประเมินโดยยึดวัตถุประสงค์ หรือจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้เป็นหลัก เมื่อมีการประเมินผลการทำงานและผลงานของกลุ่มแล้ว กลุ่มควรนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงการทำงานครั้งต่อไป

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า องค์ประกอบที่ทำให้การทำงานกลุ่มประสบผลสำเร็จนั้นประกอบไปด้วย ผู้นำกลุ่ม สมาชิกของกลุ่ม และกระบวนการทำงานกลุ่ม จากองค์ประกอบของการทำงานกลุ่มจะพบว่าการทำงานกลุ่มนั้นต้องมีการพูดคุย สื่อสาร สื่อความหมาย ต้องมีการแลกเปลี่ยนแนวคิดซึ่งกันและกัน มีการร่วมกันแสดงความคิดเห็นในการทำงาน จึงจะทำให้การทำงานประสบผลสำเร็จ โดยเฉพาะในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เมื่อมีการทำงานกลุ่ม การสื่อสารที่เกิดขึ้นจะเกี่ยวข้องกับภาษาทางคณิตศาสตร์ด้วย ดังนั้นองค์ประกอบของการทำงานกลุ่มจึงส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

3.4 ความสำคัญและประโยชน์ของการทำงานกลุ่ม

การทำงานเป็นกลุ่มมีความสำคัญมานานแล้ว ซึ่งการทำงานเป็นกลุ่มจะทำให้ได้ผลงานดีกว่าการทำงานคนเดียว และยังทำให้มีการพัฒนาตนเองทั้งในด้านการปฏิสัมพันธ์ ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สร้างความมีระเบียบวินัย และความรับผิดชอบต่องานของกลุ่ม ดังนั้นจึงมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงประโยชน์ของการทำงานเป็นกลุ่มดังต่อไปนี้

ยัง (Young, 1972: 634) ได้อธิบายถึงประโยชน์ของการทำงานกลุ่มในการเรียนการสอนไว้ดังนี้

1. การทำงานกลุ่มทำให้นักเรียนเกิดพลังในกลุ่ม นักเรียนมีการช่วยเหลือและมีการอธิบายกระบวนการเรียนรู้ซึ่งกันและกันในกลุ่มของตนเอง ทำให้ครูมีเวลามากขึ้นในการช่วยเหลือนักเรียนแต่ละคน

2. การทำงานของครูมีความคล่องตัวมากขึ้น เพราะเมื่อแบ่งกลุ่มแล้วครูสามารถที่จะตอบคำถามนักเรียนเป็นกลุ่มเล็กๆได้ และปัญหาการทำงานของนักเรียนที่จะมาถึงครูนั้นจะเป็นปัญหาที่นักเรียนไม่สามารถตอบคำถามกับสมาชิกในกลุ่มได้เท่านั้น

3. ทำให้บรรยากาศในการเรียนมีความเป็นกันเองมากขึ้น นักเรียนรู้สึกสบายใจ ไม่เคร่งเครียดในการทำงานกลุ่ม

4. การทำงานกลุ่มช่วยให้นักเรียนกล้าแสดงออก ทำให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นในตนเอง
5. การทำงานเป็นกลุ่มช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับระเบียบวินัยของนักเรียน
6. การทำงานเป็นกลุ่มช่วยสร้างความสามัคคี ทำให้นักเรียนรู้จักรับผิดชอบต่อหน้าที่ของตนเอง
7. เป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักแสวงหาความรู้จากแหล่งต่างๆ
8. เป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักการเสนอแนะ การซักถาม ตลอดจนส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ดวน (Duane. 1973: 154) กล่าวว่า การสร้างกลุ่มเล็กๆที่มีความสัมพันธ์ต่อกันในการเรียนจะเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดความรู้สึกโดดเดี่ยวหรืออยู่คนเดียว การทำงานร่วมกันต่างฝ่ายต่างรับฟังความคิดเห็นของกันและกัน และช่วยกันรับผิดชอบด้านการเรียนด้วยความเชื่อมั่นในตนเอง

ยุพิน พิพิธกุล (2524: 265) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการเรียนเป็นกลุ่ม ดังนี้

1. ฝึกการทำงานร่วมกันแบบประชาธิปไตย ฝึกความเป็นผู้นำและการทำงานกลุ่ม
2. ฝึกให้นักเรียนรู้จักแสดงความคิดเห็น อภิปราย ซักถาม
3. ทำให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์
4. ฝึกให้นักเรียนรู้จักศึกษาค้นคว้า
5. ฝึกให้รับผิดชอบต่อหน้าที่ของตนเองที่มีต่อกลุ่ม
6. ทำให้เกิดความสามัคคี
7. ทำให้บรรยากาศในห้องเรียนดีขึ้น ไม่เคร่งเครียดจนเกินไป
8. ฝึกความมีระเบียบวินัยของตนเอง
9. ช่วยให้ครูมีเวลามากขึ้นเพราะครูจะอธิบายเฉพาะกลุ่มที่มีปัญหาเท่านั้น

ทิตนา แคมมณี (2545: 11-12) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการทำงานกลุ่มไว้ดังนี้

1. มนุษย์ทุกคนมีความจำกัดในเรื่องพลัง การทำงานใดๆเพียงคนเดียวนั้นโอกาสที่ประสบผลสำเร็จนั้นยาก โดยเฉพาะงานใหญ่ กำลังเพียงคนเดียวนั้นทำได้ยาก ดังนั้นการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มจึงเป็นเรื่องที่จำเป็น โดยเฉพาะการทำงานใหญ่ๆ หรือการทำงานที่สลับซับซ้อน

2. เนื่องจากมนุษย์ทุกคนมีความจำกัดและความแตกต่างในเรื่องสติปัญญาความสามารถ การคิดจะทำงานใดๆเพียงคนเดียวนั้นผู้ทำงานหลายคนไม่ได้ เพราะการทำงานหลายคนจะได้ช่วยกันคิดช่วยกันดูเพื่อความรอบคอบและความคิดที่กว้างขึ้น

3. เนื่องจากมนุษย์เป็นสัตว์สังคม จำเป็นจะต้องมีการพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน มีความต้องการที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับคนอื่น เพราะการที่มนุษย์มีโอกาสที่จะอยู่และทำงานร่วมกับผู้อื่นนั้นเป็นการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานที่จำเป็นของมนุษย์

4. ลักษณะของสังคมปัจจุบันเป็นสังคมที่มีการทำงานร่วมกันในทุกระดับและทุกองค์กร หากเราไม่มีความสามารถในการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มแล้ว ก็เกิดปัญหาในทุกระดับและทุกองค์กร ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อความเจริญและความเจริญก้าวหน้าของสถาบัน และของประเทศ

5. การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม จะทำให้ได้ผลงานที่ดีกว่าการทำงานเพียงคนเดียว

6. การที่บุคคลมีโอกาสมารวมกลุ่มกันทำงานเป็นทีมนั้นช่วยให้บุคคลนั้นได้เรียนรู้จากผู้อื่นเกิดเป็นความเจริญงอกงามแห่งตนขึ้น ในขณะที่เดียวกันความเจริญส่วนบุคคลก็จะส่งผลให้กลุ่มเจริญงอกงามตามไปด้วย

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนเป็นกลุ่มนั้น จะสามารถช่วยส่งเสริมผู้เรียนให้มีทักษะทั้งทางด้านการเรียน ทักษะทางสังคม การทำงาน การคิด การค้นคว้า และการมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อเพื่อนร่วมงานของตน เป็นการฝึกให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น การอภิปรายและซักถาม รู้จักรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น ฝึกให้ผู้เรียนสามารถที่จะออกไปทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมั่นใจในตัวเองและสามารถปรับตนเองให้ร่วมงานกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานกลุ่ม

งานวิจัยในประเทศ

เอกชัย เอื้อเฟื้อ (2537: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความสัมพันธ์เกี่ยวกับการเสริมคุณลักษณะด้านการเป็นผู้นำและด้านการทำงานเป็นกลุ่มของนักศึกษามหาวิทยาลัยรามคำแหง พบว่า นักศึกษาต้องการเสริมคุณลักษณะการทำงานเป็นกลุ่มดังนี้ ความรู้เกี่ยวกับความหมายของกลุ่ม การทำงานเป็นกลุ่ม ความสำคัญของกลุ่ม และองค์ประกอบของการทำงานเป็นกลุ่ม บทบาทหน้าที่ของสมาชิกกลุ่มในการปฏิบัติงานร่วมกัน การใช้ภาษา การสื่อสาร การสื่อความหมาย การให้คำปรึกษา การวัดและประเมินผล การสร้างบรรยากาศเพื่อก่อให้เกิดความสำเร็จในการทำงานเป็นกลุ่ม กระบวนการในการทำงานเป็นกลุ่ม การประชุมและอภิปรายและการแก้ปัญหา และการลดความขัดแย้งในการทำงาน

อุไร มะวิญธร (2543: 84-85) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์เชิงวิจารณ์ญาณและพฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนด้วยการให้ประสบการณ์สอนกับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสังคมของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งการสอนด้วยการให้ประสบการณ์โดยใช้สถานการณ์ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ทดลองสอนในครั้งนี้ เป็นรูปแบบการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มีการจัดกลุ่มการเรียนการสอนอย่างมีระบบด้วยการให้นักเรียนมีบทบาทหน้าที่เป็นของตนเองและของกลุ่ม มีการฟังพาด้าย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น อธิบายขยายความ ตลอดจนสรุปเรื่องที่เรียนให้กับสมาชิกในกลุ่มได้เข้าใจพร้อมๆ กัน ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของการติดต่อปฏิสัมพันธ์กันโดยตรง ซึ่งเอื้ออำนวยต่อการจัดประสบการณ์ที่จะพัฒนาทักษะทางวิชาการระดับสูง ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการทำงานกลุ่ม

สายฝน เพ็งผา (2542: 90-92) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการสอนโดยใช้สิ่งช่วยจัดมโนติสล่วงหน้าและการร่วมมือการเรียนรู้กับการสอนปกติ และเปรียบเทียบพฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการสอนโดยใช้สิ่งช่วยมโนติสล่วงหน้าและการร่วมมือกันเรียนรู้กับการสอนปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2542 โรงเรียนนครบุรี สำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 72 คน จากนั้นจัดเข้ากลุ่มโดยวิธีสุ่มแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 36 คน แล้วจับฉลากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้สิ่งช่วยจัดมโนติสล่วงหน้าและการร่วมมือกันเรียนรู้สูงกว่านักเรียนที่เรียน

โดยการใช้สอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และค่าเฉลี่ยของคะแนนพฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียนที่เรียนโดยใช้สิ่งช่วยจัดมโนติลวงหน้าและการร่วมมือกันเรียนรู้สูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้การสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คณางค์ คำณูเอนก (2544: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของกิจกรรมกลุ่มที่มีต่อการทำงานกลุ่มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่มีคะแนนการทำงานกลุ่มต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 และสมัครใจเข้าร่วมการทดลองจำนวน 18 คน แล้วสุ่มให้เป็นกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมอย่างละ 9 คน กลุ่มทดลองได้รับการฝึกกิจกรรมกลุ่ม กลุ่มควบคุมได้รับข้อเสนอแนะ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานกลุ่มดีขึ้นหลังจากเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานกลุ่มดีขึ้นหลังจากได้รับข้อเสนอแนะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมกลุ่มมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานกลุ่มดีขึ้นกว่านักเรียนที่ได้รับข้อเสนอแนะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการที่นักเรียนได้รับข้อเสนอแนะนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานกลุ่ม แต่การใช้กิจกรรมกลุ่มสามารถให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานกลุ่มดีขึ้นกว่านักเรียนที่ได้รับข้อเสนอแนะ เพราะการใช้กิจกรรมกลุ่มทำให้นักเรียนได้มีโอกาสปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ มีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา มีการอภิปราย ทำให้มีความรู้ความเข้าใจในการทำงานกลุ่มดีขึ้น

สุภาพร รัตนน้อย (2546: 74-76) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้วิธีการเรียนแบบร่วมมือ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหลวงพ่อบานคลองด่านอนุสรณ์ อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 2 ห้อง ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มทดลองที่ได้รับการสอนโดยใช้วิธีการเรียนแบบร่วมมือสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

งานวิจัยต่างประเทศ

อีแวน (Evan. 1964: 124) ได้กล่าวถึงผลงานของริชาร์ดสัน และ ฮอลเรอท์ (Richardson and Hallrorth) ที่ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการทำงานของนักเรียนโดยใช้วิธีสอน 2 แบบ คือกลุ่มทดลองสอนด้วยระบบกระบวนการกลุ่ม ส่วนกลุ่มควบคุมสอนด้วยวิธีเดิม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-2 ในวิชาเรียงความภาษาอังกฤษ การทดลองมุ่งศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทัศนคติและผลทางสังคม ปรากฏว่านักเรียนกลุ่มทดลอง มีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนมากกว่ากลุ่มควบคุม และสามารถเรียนเนื้อหาได้มากกว่า

ไฮน์ (Hyne. 1970: 429-432) ได้ทำการสอนเรื่องสั้น (Short Story) ที่โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาแห่งหนึ่งในรัฐมิชิแกน โดยกำหนดให้นักเรียนเรียนด้วยวิธีสอน 3 วิธี คือ การสอนในห้องเรียนใหญ่ การเรียนอย่างอิสระและการเรียนแบบอภิปรายกลุ่ม ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนมีความสนใจในการเรียนแบบอภิปรายมาก แม้แต่เด็กที่ขี้อายก็เข้าร่วมอภิปราย นักเรียนที่ไม่เห็นด้วยจะคัดค้านในกลุ่ม ทำให้เกิดบรรยากาศทางวิชาการ และนักเรียนได้เรียนรู้จากกันและกัน ทำให้นักเรียนถูกกระตุ้นให้คิดอย่างพินิจพิเคราะห์ และถกเถียงอย่างมีเหตุผล ครูอาจอยู่ดูแลนักเรียนในกลุ่มย่อยระหว่างการอภิปรายก็ได้

สเปรนเจอร์ (Spenger. 1973: 16-17) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม โดยนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาภาษาต่างประเทศให้แก่ผู้เรียนในประเทศไต้หวัน ผลการทดลองพบว่า ผู้เรียนได้รับความรู้อย่างกว้างขวางจากการเรียนเป็นกลุ่มย่อย นอกจากนี้ยังทำให้นักเรียนได้เรียนรู้การทำงานร่วมกัน และมีการพัฒนาทักษะในการติดต่อสื่อสารเป็นอย่างมาก

กู๊ด และคนอื่นๆ (Good; et al. 1989-1990: 56-62) ได้นำวิธีการทำงานเป็นกลุ่มมาใช้ในการสอน วิชาคณิตศาสตร์กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงสุดจำนวน 5 คนแรก และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำสุด 5 คนสุดท้าย แล้วนำมาสุ่มให้ได้จำนวนนักเรียน 2 คน แล้วทำการสังเกตอย่างใกล้ชิด พร้อมทั้งสัมภาษณ์ ผลการศึกษาพบว่า การทำงานเป็นกลุ่มช่วยเพิ่มแรงจูงใจและความกระตือรือร้นในการเรียนและทำให้นักเรียนมีความสัมพันธ์ที่ดีกับเพื่อนและเพิ่มพูนความคิดเชิงคณิตศาสตร์

เอ็ดมัน (Edmund. 2001: Online) ได้ศึกษา การใช้เทคนิคการเรียนแบบร่วมมือของวิทยาลัย ในแคนาดา และศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่สัมพันธ์กับความพอใจในการทำงานกลุ่มของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ใช้การเรียนแบบร่วมมือจะมีความสามารถในการทำงานกลุ่มดีกว่านักเรียนที่ไม่ได้เรียนแบบร่วมมือ และปัจจัยที่สัมพันธ์กับความพอใจในการทำงานกลุ่ม คือ สิ่งแวดล้อมในการเรียน สมาชิกในกลุ่ม ขนาดของกลุ่ม และผลของงาน

เพอร์ริน (Perrine. 2001: Online) ได้ศึกษาผลการใช้การเรียนแบบแก้ปัญหาแบบกลุ่มวิชาคณิตศาสตร์ ที่มีต่อการคิดอย่างมีเหตุผล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์จาก 8 กลุ่ม จำนวน 187 คน ได้ใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล 1 ปีการศึกษา วิจัยดำเนินการวิจัยคือ นักเรียนจะได้รับการเรียนแบบแก้ปัญหาแบบกลุ่ม ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างต่อเนื่อง และได้ผลการวิจัยดังนี้ หลังจากที่นักเรียนได้รับวิธีการสอนแบบแก้ปัญหาแบบกลุ่มนักเรียนมีการคิดอย่างมีเหตุผลมากกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและการทำงานกลุ่มเล็ก และพบว่าพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ รูปแบบการเรียน เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์ทางบวกต่อกระบวนการแก้ปัญหาแบบกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เจนนิเฟอร์ (Jennifer. 2001: Online) ได้สำรวจการรับรู้ของครูและผู้เรียนเกี่ยวกับการใช้การทำงานกลุ่มเล็กในปีแรกของการเรียนในมหาวิทยาลัย พฤติกรรมที่น่าสนใจที่สุดของการวิจัยครั้งนี้ คือการรับรู้การมีส่วนร่วม นั่นคือผลสะท้อนกลับของการมีส่วนร่วม การวิเคราะห์ข้อมูลได้เก็บรวบรวมจากเนื้อหาของกรอบการอภิปรายสาธารณะ ครูและนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันทั้งการอภิปรายกลุ่มเล็ก และการอภิปรายทั้งหมด ใช้วิธีการตอบแบบสอบถาม การทำเรื่องสั้น และการอภิปราย ซึ่งมีผลเกี่ยวข้องกับการทำงานกลุ่มเล็ก และยังเพิ่มการสนทนาของผู้เรียนกับผู้สอน ถึงวารสาร และครูที่มีส่วนร่วมก็จะให้โอกาสที่จะแสดงสัมพันธ์กับผู้เรียน การศึกษาครั้งนี้ทำให้พบว่า การมีส่วนร่วมเป็นส่วนสำคัญในการทำงานกลุ่มเล็ก การแบ่งปันกันเป็นสิ่งที่ควรทำ ครูและนักเรียนทุกคนมีความคิดเห็นว่าการมีส่วนร่วมของสมาชิกทุกคนเป็นสิ่งที่จำเป็นของการเกิดปฏิสัมพันธ์ แต่ก็มีผู้เรียนและผู้สอนบางพวกเห็นว่าบุคลิกภาพ มีความสัมพันธ์กับปฏิสัมพันธ์ ซึ่งถ้าเห็นด้วยและเห็นประโยชน์เกี่ยวกับองค์ประกอบของการทำงานกลุ่มเล็ก และรับรู้เป้าหมายของการทำงานกลุ่มเล็ก ก็จะมีส่วนร่วมในการทำงานมาก และสิ่งที่ผู้เรียนเห็นว่าสำคัญที่สุดก็ต้องเป็นครูที่สอนพวกเขา เกี่ยวกับวิธีการสอน พฤติกรรมการมีส่วนร่วมของแต่ละคน ซึ่งคนที่มีพฤติกรรมต่างกันไม่ว่าจะดีหรือไม่ดี เมื่อมาทำงานร่วมร่วมกันเป็นสมาชิกกลุ่มเขาก็จะประเมินและเปลี่ยนแปลงตนเองได้

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการสอนคณิตศาสตร์

4.1 ความหมายของพฤติกรรมการสอน

จากการศึกษางานวิจัยจะพบว่าพฤติกรรมการสอนเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยตรง เพราะครูจะเป็นผู้ที่มีบทบาทในการดำเนินการเรียนการสอน พฤติกรรมการสอนของครูจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสอน เนื่องจากการสอนที่มีประสิทธิภาพจะทำให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปตามจุดมุ่งหมายของการสอนที่กำหนดไว้ ดังนั้นในการสอนแต่ละครั้งครูต้องเลือกวิธีสอนต่างๆให้ตรงกับจุดมุ่งหมายและเหมาะสมกับสภาพการเรียน (กรมวิชาการ. 2534: 64) โดยมีผู้ให้ความหมายของพฤติกรรมการสอนไว้ดังนี้

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2527: 1) กล่าวว่า พฤติกรรมการสอนหมายถึง การกระทำที่ผู้สอนกำหนดขึ้นภายใต้สถานการณ์การเรียนการสอน ซึ่งจะมีทั้งการกระทำและการแสดงออกของครูและนักเรียนที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกันในชั้นเรียน ทั้งพฤติกรรมทางวาจาและไม่ใช้พฤติกรรมทางวาจา

สมจิต สวธน์ไพบูรณ์ (2529: 1) ให้ความหมายของพฤติกรรมการสอนว่า เป็นการกระทำที่ผู้สอนกำหนดให้มีภายใต้สถานการณ์การเรียนการสอน ซึ่งจะมีทั้งการกระทำหรือการแสดงออกของครูและนักเรียนที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกันในชั้นเรียน มีทั้งพฤติกรรมทางวาจา เช่น การพูด การอธิบาย การใช้คำถาม การออกคำสั่ง การเสริมแรง การใช้สื่อการสอน การตอบคำถามของนักเรียน การทำแบบฝึกหัด รวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์ด้วย

ศักดิ์ชัย หิรัญทวี (2532: 65) กล่าวว่าพฤติกรรมการสอน หมายถึง การกระทำหรือการปฏิบัติงานของครู ซึ่งเกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเนื้อหาวิชาในห้องเรียน โดยแบ่งเวลาเป็นช่วงก่อนสอนหรือขั้นเตรียมการขณะที่สอน และหลังสอนหรือขั้นประเมินผล

จากการให้ความหมายของพฤติกรรมการสอนดังกล่าว สรุปได้ว่า พฤติกรรมการสอนเป็นการกระทำหรือการแสดงออกของครูทั้งที่เป็นภาษาพูด และกิริยาอาการเกี่ยวกับการเรียนการสอน ซึ่งแบ่งเป็น 3 ขั้น คือ ก่อนสอน ขณะสอน และหลังการสอน โดยมีจุดประสงค์ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และได้พัฒนาทั้งในด้านความรู้ เจตคติ และทักษะกระบวนการตามที่ตั้งจุดประสงค์ไว้

4.2 องค์ประกอบของพฤติกรรมการสอน

สุนน อมรวิวัฒน์ และสมพงษ์ จิตระดับ (2530: 60) กล่าวว่า พฤติกรรมการสอนของครูที่หลักสูตรต้องการ คือ ผู้สอนต้องศึกษาหลักสูตร เอกสารประกอบหลักสูตร เตรียมการสอนอย่างดีทุกครั้งก่อนที่จะเข้าสอน จัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามหลักสูตร และยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม และมีปฏิสัมพันธ์ในกิจกรรมการเรียน ใช้สื่อประกอบการเรียนการสอน และวัดผลประเมินผลผู้เรียนทุกขั้นตอน

สัจด์ อุทรานนท์ (2532: 37) ได้แบ่งพฤติกรรมการสอนของครูออกเป็น 3 ประการ คือ

1. ก่อนสอน ครูควรเตรียมการสอนก่อนที่จะสอนทุกครั้ง โดยคิดถึงจุดประสงค์ของการสอน การเลือกเนื้อหาสาระ วิธีการจัดการเรียนการสอน การใช้สื่อ การประเมินผล
2. ระหว่างสอนเริ่มตั้งแต่การนำเข้าสู่บทเรียน การดำเนินการสอน การสรุปและการประเมินผล

3. หลังสอน เมื่อประเมินผลตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้แล้ว ก็นำผลการประเมินมาเป็นข้อมูลเพื่อนำไปปรับปรุงการเรียนการสอนครั้งต่อไปให้ดีขึ้น

ในทำนองเดียวกัน กิ่งฟ้า สินธุวงศ์ (2534: 4-8) ได้แบ่งพฤติกรรมการสอนไว้ 3 ชั้น คือ

1. ชั้นเตรียม ประกอบด้วย การสำรวจปัญหาและทรัพยากร การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนการสอน การวิเคราะห์นักเรียน การวิเคราะห์และจัดลำดับเนื้อหาสาระ กำหนดวิธีการสอน กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอน แนวทางการประเมินผล และการเขียนแผนการสอน

2. ชั้นดำเนินการ เป็นขั้นตอนในการดำเนินการสอนเพื่อให้ผู้เรียนทำกิจกรรมตามที่ได้เตรียมการไว้ และชั้นดำเนินการสอนสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชั้น ได้แก่ การนำเข้าสู่บทเรียน กิจกรรมการเรียนการสอน การสรุปและวัดผล

3. ชั้นประเมินผล เป็นการตรวจสอบว่า การเรียนการสอนที่ได้เตรียมการและดำเนินการนั้นสามารถนำนักเรียนไปสู่วัตถุประสงค์ที่วางไว้หรือไม่ ซึ่งผลการประเมินดังกล่าวจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอน

กรมวิชาการ (2538: 64-65) ได้สังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ พบว่า ครูคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการสอนใน 5 ด้าน คือ

1. ด้านการเตรียมการสอน โดยมีการเตรียมการสอน 2 แบบคือ เตรียมการสอนและทำบันทึกการสอนไว้ล่วงหน้า กับเตรียมการสอนโดยศึกษาจากคู่มือและหนังสือเรียนก่อนทำการสอนแต่ละครั้ง และไม่มีการทำบันทึกการสอน

2. ด้านการสอนมี 3 ขั้นตอน คือ ขั้นนำเป็นการซักถาม ทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน ขั้นสอนเป็นขั้นตอนที่มีทั้งการอธิบาย การบรรยาย การยกตัวอย่าง ให้ทำแบบฝึกหัด และใช้สื่อประกอบ ขั้นสรุปเป็นการตรวจสอบความรู้ความเข้าใจนักเรียน โดยให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด

3. ด้านบรรยากาศการจัดการเรียนการสอน เน้นการตกแต่งห้องเรียน

4. ด้านการวัดและประเมินผล พบว่าครูที่สอนในโรงเรียนที่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงจะมีความรู้ด้านการวัดผลและประเมินผล โดยมีการวัดผลก่อนเรียนและวัดได้ตรงจุดประสงค์มากกว่าครูที่สอนในโรงเรียนที่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ

5. ด้านปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน ในส่วนของการตั้งคำถาม การเสริมแรง ความกระตือรือร้น พบว่า ครูผู้สอนในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงจะมีพฤติกรรมดังกล่าวสูงกว่าครูผู้สอนในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ

จากความหมายของพฤติกรรมการสอน องค์ประกอบของพฤติกรรมการสอนที่กล่าวไว้ จะเห็นว่า พฤติกรรมการสอนของครูนั้นจะประกอบไปด้วยพฤติกรรม 5 ด้าน คือ การเตรียมการสอน การจัดการเรียนรู้ การใช้สื่อการเรียนการสอน การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน และการวัดผลประเมินผล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การเตรียมการสอน

บอสซิง (กาญจนา เกียรติประวัติ. 2523: 141; อ้างอิงจาก Bossing. n.d.) ได้ให้ความหมายของการเตรียมการสอนไว้ว่า เป็นการบรรลุผลการเรียนรู้ที่ต้องการและวิธีการซึ่งนำไปสู่ผลนั้นๆภายใต้การแนะนำการดูแลของครู ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะ อินทะจักร (2538: 90) ได้กล่าวว่า การเตรียมการสอนมีความจำเป็นสำหรับครูอย่างยิ่ง เพราะการเตรียมการสอนจัดเป็นขั้นแรกของการสอนที่มีระบบ และเป็นแนวทางให้ครูเลือกกิจกรรมการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการสอนตามบทเรียนนั้นๆ ในการเตรียมการสอนนั้น ครูควรจะต้องเตรียมการสอนทุกครั้งที่จะทำการสอนซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของ สัต อูทราพันธ์ (2532: 111) ได้กล่าวว่า การเตรียมการสอนเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการจัดการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ เพราะการเตรียมการสอนเป็นการคิดวางแผนล่วงหน้าอย่างรอบคอบว่าจะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างไร เมื่อถึงเวลาจริงๆก็ดำเนินการไปตามแผนที่วางไว้ เพราะถ้าไม่มีการเตรียมการสอนไว้ล่วงหน้าจะทำให้เกิดปัญหาและอุปสรรคต่างๆตามมา ทำให้การเรียนการสอนขาดคุณภาพ ผู้เรียนก็ไม่ได้ได้รับความรู้ ความเข้าใจ ไม่มีความสามารถหรือไม่เกิดทักษะเท่าที่ควร และคณะอนุกรรมการการปฏิรูปการเรียนรู้ (2543: 23-24) ได้เสนอว่าในการเตรียมการสอนนั้นครูจะต้องเตรียมศึกษาสาระเนื้อหาวิชาในหลักสูตรและจุดประสงค์ของการเรียนรู้ให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ว่า หลักสูตรต้องการอะไร มากน้อยแค่ไหน มีจุดประสงค์ของการเรียนรู้อย่างไร เพื่อจะได้นำไปใช้ในการวางแผนจัดกระบวนการเรียนรู้ให้มีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน และบูรณาการสาระการเรียนรู้แต่ละวิชาที่สัมพันธ์กันเข้าด้วยกัน จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตจริง และให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์จริงมากที่สุด และครูจะต้องเตรียมแหล่งข้อมูลทั้งที่เป็นสื่อการเรียน ใบความรู้ ใบงาน และวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ หรือศูนย์การเรียนรู้ที่มีข้อมูลความรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเลือกศึกษา ค้นคว้าตามความต้องการ ดังนั้นการเตรียมการสอนจึงเป็นสิ่งจำเป็น มีความสำคัญและมีประโยชน์อย่างยิ่ง

นอกจากนั้น โคลเลอร์ และคนอื่นๆ (ลักษณะ อินทะจักร. 2538: 90; อ้างอิงจาก Collier; et al. 1967: 115) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการวางแผนหรือการเตรียมการสอนต่อประสิทธิภาพของการสอนไว้ดังนี้

1. ช่วยให้เด็กได้มีโอกาสในการเรียนรู้ที่ดีขึ้น
2. ช่วยกำหนดความชัดเจนของจุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนได้ดียิ่งขึ้น
3. เป็นการช่วยให้การจัดเตรียมด้านวัสดุอุปกรณ์การสอน เพื่อใช้ในกิจกรรมได้เหมาะสม
4. ช่วยให้ได้คิดพิจารณาเลือกวิธีสอนที่เหมาะสม และบรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้
5. ช่วยให้ได้คิดพิจารณาเลือกกิจกรรมต่างๆ เพื่อให้นักเรียนได้มีประสบการณ์การเรียนรู้

ตามจุดมุ่งหมาย

สำหรับการเตรียมการสอนวิชาคณิตศาสตร์นั้นพันทิพา อุทัยสุข (2525: 152-153) ได้เสนอแนวทางในการเตรียมการสอนวิชาคณิตศาสตร์ พอสรุปได้ดังนี้

1. สำรวจปัญหาและทรัพยากร เป็นการศึกษาข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ประมวลปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการเรียนการสอนเพื่อป้องกันและหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านั้น เตรียมทรัพยากรที่สามารถใช้ให้เป็นประโยชน์
2. กำหนดผลที่คาดหวังจากกระบวนการเรียนการสอน เป็นการตั้งเป้าหมายขั้นต้นโดยศึกษาจากหลักสูตร และควรตั้งเป้าหมายให้ครอบคลุมมากที่สุด

3. การวินิจฉัยนักเรียน ในการเรียนการสอนจะได้ผลหรือไม่ขึ้นอยู่กับได้จากการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมของนักเรียน ดังนั้นครูต้องศึกษานักเรียนอย่างละเอียด เพื่อกำหนดจุดประสงค์ เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อการสอนให้เหมาะสมกับพื้นฐานและความต้องการของนักเรียน ซึ่งการวินิจฉัยนักเรียนควรวินิจฉัย 3 ด้าน คือ

1. ด้านความรู้ ศึกษาว่านักเรียนมีพื้นฐานความรู้เป็นอย่างไร
2. ด้านเจตคติ ศึกษาว่านักเรียนมีความรู้สึกละอย่างไรต่อการเรียนคณิตศาสตร์
3. ด้านทักษะ ศึกษาว่านักเรียนมีทักษะทางคณิตศาสตร์เพียงใด เช่น การคิดคำนวณแม่นยำแค่ไหน ความสามารถในการตีความโจทย์เป็นอย่างไร การแทนค่าสูตรถูกต้องหรือไม่
4. กำหนดจุดประสงค์การเรียนการสอน เมื่อได้ข้อมูลต่างๆแล้ว ครูก็สามารถกำหนดจุดประสงค์ได้เฉพาะเจาะจงและเหมาะสมกับนักเรียน โดยปรับผลที่คาดหวังให้เป็นไปได้สำหรับพื้นฐานที่นักเรียนมีอยู่
5. กำหนดเนื้อหาสาระ ในขั้นนี้ครูจะต้องศึกษาหลักสูตร คู่มือครู และแบบเรียนหลายๆเล่ม เพื่อกำหนดเนื้อหาสาระที่เหมาะสม สรุปความคิดรวบยอดอย่างชัดเจน แบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยย่อยๆ กำหนดเวลาที่ใช้สอนในแต่ละหน่วยและจัดลำดับเนื้อหาให้เหมาะสมกับพื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียน
6. วางแผนการสอน เมื่อกำหนดจุดประสงค์และเนื้อหาสาระแล้ว ครูจะต้องวางแผนว่าจะสอนอย่างไร จะใช้สื่อการสอนอะไรบ้าง และประเมินผลได้อย่างไร

สุพิน บุญชูวงศ์ (2534: 7-8) ได้กล่าวถึงหลักการสำคัญ 5 ประการในการเตรียมการสอน คือ

1. ต้องเขียนแผนการสอนที่ครอบคลุมชื่อเรื่องที่สอน กำหนดความคิดรวบยอด จุดประสงค์ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการสอนและการประเมินผล
2. ต้องมีการรวบรวมข้อมูล และเนื้อหาสาระที่จะสอนตามหัวเรื่องและความคิดรวบยอด และจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ในแผนการสอน
3. ต้องมีการวางแผน ผลิตหรือจัดหาสื่อการสอนเพื่อใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนตามที่กำหนดไว้ในแผนการเรียนรู้
4. ต้องเตรียมแบบทดสอบสำหรับให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
5. ต้องซ้อมสอนเพื่อจัดลำดับขั้นการสอนให้แน่ใจว่าตนเองจะสอนนักเรียนได้ดีและมีประสิทธิภาพ

จากแนวความคิดเกี่ยวกับการเตรียมการสอนดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การเตรียมการสอนเป็นการเตรียมตัวล่วงหน้าก่อนการสอนของครู ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่จะทำให้การสอนมีประสิทธิภาพ โดยการเตรียมการสอนนั้นประกอบด้วยการศึกษาเอกสารต่างๆ การวินิจฉัยนักเรียน การกำหนดจุดประสงค์ การกำหนดเนื้อหาสาระ การเตรียมสื่อการเรียนการสอน การกำหนดการวัดผลและการประเมินผล การเขียนแผนการสอน เป็นต้น ซึ่งการเตรียมการสอนนี้จะช่วยให้ครูมีความพร้อมที่จะสอน ทำให้การสอนบรรลุตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ และการเรียนการสอนจะเกิดประสิทธิภาพได้นั้น ครูจะต้องปฏิบัติตามแผนการสอนหรือขั้นตอนที่ได้วางไว้

4.2.2 การจัดการเรียนรู้

คณิตศาสตร์นั้นมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาศักยภาพของบุคคลในด้านการสื่อสาร การสืบเสาะ และเลือกสรรสารสนเทศ การตั้งข้อสันนิษฐาน การให้เหตุผล และการเลือกใช้ทฤษฎีต่างๆในการแก้ปัญหา ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ศึกษาค้นคว้าจากสื่อและเทคโนโลยีต่างๆโดยอิสระ ผู้สอนมีส่วนช่วยในการจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยผู้สอนทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษา ให้คำแนะนำและชี้แนะข้อบกพร่องของผู้เรียน การจัดกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ควรเป็นกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ร่วมกันคิด ร่วมกันแก้ปัญหา ปรึกษาหารือ อภิปราย และแสดงความคิดเห็นด้วยเหตุผลซึ่งกันและกัน ทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาทั้งด้านความรู้ ทักษะ/กระบวนการคิด เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกมานำเสนอแนวความคิดรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม เพราะการนำเสนอจะทำให้ผู้เรียนมีโอกาสร่วมแสดงแนวความคิดเสริมเพิ่มเติมร่วมกัน นอกจากนั้นผู้สอนควรจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการปฏิบัติ/การทำงานกิจกรรม ได้ฝึกทักษะ/กระบวนการ โดยฝึกการสังเกต การให้เหตุผล และหาข้อสรุปจากสื่อรูปธรรม (กรมวิชาการ. 2545ก: 189-192)

ชนธิป พรกุล (2543: 12-14) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอนไว้ว่า บทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอนจะต้องเปลี่ยนมาเป็นการเรียน ความรู้ต้องเปลี่ยนมาเป็นการคิด การจัดการเรียนการสอนที่ครูเคยเป็นศูนย์กลางจะต้องเปลี่ยนมาเป็นการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง ครูต้องหาทางให้นักเรียนได้เรียนรู้ได้เอง รู้วิธีเรียนรู้ และรักที่จะเรียนรู้ โดยครูจะต้องเปลี่ยนบทบาทใหม่มาเป็นผู้อำนวยความสะดวก ซึ่งมีหน้าที่ต่อไปนี้

1. เป็นผู้จัดระบบการเรียนการสอน เริ่มตั้งแต่การศึกษาลักษณะ โครงสร้าง แผนการเรียนการสอน จัดกิจกรรมการเรียนรู้ เลือก ผลิต และใช้สื่อการเรียนการสอน วัดผลและประเมินผล และรวมไปถึงการจัดระเบียบวินัยในชั้นเรียนด้วย
2. เป็นผู้จัดบรรยากาศหรือสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้ ด้านกายภาพ ได้แก่ การจัดชั้นเรียน วัสดุอุปกรณ์ แสงสว่าง ระบบเสียงให้นักเรียนรู้สึกสบายและอยากเรียน ส่วนด้านจิตวิทยา ได้แก่ การจัดชั้นเรียนให้ผู้เรียนมีโอกาส ทำกิจกรรมร่วมกัน ได้แลกเปลี่ยนประสบการณ์ความคิดเห็น ส่งเสริมการกล้าคิด กล้าทำ กล้าเริ่ม ให้โอกาสผู้เรียนได้ประสบความสำเร็จทุกคน
3. เป็นผู้ชี้แนะหรือแนะแนวทางให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความรู้โดยการสังเกต สัมภาษณ์ ทดลอง วิเคราะห์จนพบคำตอบ ซึ่งเป็นวิธีการให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง
4. เป็นผู้นำเสนอในเรื่องที่มีความซับซ้อน ซึ่งนักเรียนอาจประสบปัญหาถ้าต้องทำการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง หรือเป็นเรื่องที่นักเรียนไม่คุ้นเคยและไม่มีความรู้มาก่อน ซึ่งครูพิจารณาแล้วว่าควรเป็นผู้นำเสนอเรื่องนั้นด้วยตนเอง
5. เป็นผู้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนเพื่อพร้อมที่จะเข้าใจ ช่วยเหลือ ส่งเสริมสนับสนุน หรือแก้ไขบางอย่างเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้อย่างราบรื่น
6. เป็นผู้เสริมแรงเพื่อให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่ครูต้องการ และเป็นการย้าให้ผู้เรียนมั่นใจในการกระทำของตนเอง จะได้พัฒนาตนเองให้ดียิ่งขึ้น ครูควรเลือกโอกาสในการเสริมแรงให้เหมาะสม

7. เป็นผู้ถามคำถาม การถามคำถามเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนคิดและเป็นเครื่องมือสำคัญที่ครูสามารถใช้พัฒนาสติปัญญาของผู้เรียน คำถามที่ใช้จึงควรหลากหลายและใช้ความคิดระดับสูงในการตอบ

8. เป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับ เมื่อนักเรียนลงมือปฏิบัติทำสิ่งใดก็ตามย่อมต้องการทราบผลการกระทำของตนเอง ดังนั้นครูจะต้องบอกผลการกระทำแก่นักเรียนโดยเร็ว เพื่อให้นักเรียนมีกำลังใจหรือแก้ไขข้อบกพร่องได้ทันที่ ครูควรมีวิธีให้ข้อมูลย้อนกลับที่เป็นการส่งเสริมการเรียนรู้

ในการจัดการเรียนการสอนตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ 2542 มาตรา 24 ได้กำหนดให้สถานศึกษาควรจัดการเรียนการสอนดังนี้ (รุ่ง แก้วแดง. 2546: 94-96)

1. จัดเนื้อหาสาระ และกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจ และความถนัดของผู้เรียนโดยคำนึงถึงความแตกต่างของแต่ละบุคคล

2. ฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกัน และแก้ไขปัญหา

3. จัดกิจกรรมให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติ ให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง

4. จัดการเรียนการสอนโดยผสมผสานสาระความรู้ด้านต่างๆอย่างได้สัดส่วน

5. ส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศ สภาพแวดล้อม สื่อการเรียนการสอน และอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีความรอบรู้ ผู้สอนและผู้เรียนอาจเรียนรู้ไปพร้อมกันนั้นหมายความว่าผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวก ไม่ใช่ผู้บอกความรู้

6. จัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ มีการประสานความร่วมมือกับบิดามารดา ผู้ปกครอง และบุคคลในชุมชนทุกฝ่าย เพื่อร่วมกันพัฒนาผู้เรียนตามศักยภาพ

จากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นำเสนอ นั้น จะเห็นว่าบทบาทของครูจะเปลี่ยนแปลงไปจากที่ครูเคยมีบทบาทในกิจกรรมการเรียนการสอนมาเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยการจัดการเรียนการสอนนั้น จะเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ตรงกับความสนใจ ตามความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างของนักเรียน ให้ผู้เรียนได้คิดได้เรียนร่วมกัน มีการจัดการเรียนการสอนเป็นกลุ่ม เน้นการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ แต่ถึงอย่างไรก็ตาม ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์นั้น ครูยังต้องมีบทบาทสำคัญโดยเริ่มตั้งแต่การทำความเข้าใจนักเรียนแต่ละคน ค้นหาค้นพบถึงความสามารถของนักเรียน จัดเตรียมเนื้อหา และวิธีการสอน แนะนำการเรียน ทำให้ดูเป็นตัวอย่าง กระตุ้นความคิด ด้วยวิธีการตั้งคำถาม สร้างปัญหาให้ขบคิด โดยครูจะเป็นผู้คอยสังเกตและพร้อมที่จะให้ความช่วยเหลือเมื่อมีโอกาสนี้สมควร

4.2.3 การใช้สื่อการเรียนการสอน

วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชานามธรรม ยากแก่การอธิบายให้ผู้เรียนเข้าใจ ในบางเรื่องถ้าเราใช้สื่อรูปธรรมเข้าช่วย ก็จะทำให้นักเรียนเข้าใจยิ่งขึ้น (ยุพิน พิพิธกุล; และ อรพรรณ ต้นบรรจง. 2532: 1) หลุยส์ ซอร์ส (ขนาด เชื้อสุวรรณทวี. 2542: 87; อ้างอิงจาก Louis Shores. 1960) ได้กล่าวว่า สื่อการสอนเป็นตัวกลางในการติดต่อระหว่างครูกับนักเรียน เพื่อให้เด็กมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ ซึ่งกาญจนา คุณารักษ์ (2539: 351) กล่าวว่า ถ้ามีการใช้สื่ออย่างเหมาะสมไม่ว่าจะเป็นสื่อประเภทใดก็ตามจะช่วยจูงใจให้ผู้เรียนมีความตั้งใจเรียนและสนใจเรียน

ดังนั้นในการนำสื่อการสอนมาใช้ควรเลือกให้ตรงกับจุดมุ่งหมาย เนื้อหาที่ใช้สอน มีความเหมาะสมกับผู้เรียน และถ้าพบว่าสื่อ 2 ชนิดมีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนเท่ากันควรเลือกสื่อที่ประหยัดกว่า และมีความสะดวกในการใช้ (กรมวิชาการ. 2545ข: 11-14) มีความน่าสนใจ ทันสมัย เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน และไม่ควรรู้สึกเบื่อและซ้ำซาก (ขนาด เชื้อสุวรรณทวี. 2542: 88; บุรณชัย ศิริมหาสาร. 2545: 56) ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้นั้น สิ่งที่สำคัญนอกเหนือจากการเลือกสื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสมแล้ว กรมวิชาการ (2545ข: 18-19) ได้กล่าวว่า การใช้สื่อที่มีประสิทธิภาพควรมีหลักการ ดังนี้

1. ผู้สอนจะต้องศึกษาเนื้อหาในสื่อการเรียนรู้อย่างถี่ถ้วนก่อนเลือกใช้ เพื่อตรวจสอบดูว่ามีความสมบูรณ์ตามที่ต้องการหรือไม่ ทดลองใช้สื่อการเรียนรู้อย่างเหมาะสมซึ่งอาจมีความยุ่งยากในการใช้ และจัดเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือ เพื่อจะได้ไม่เสียเวลาในขณะที่ใช้
2. จัดเตรียมสถานที่หรือห้องเรียน ให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมกับการใช้สื่อการเรียนรู้อย่างเหมาะสม
3. การเตรียมความพร้อมผู้เรียน จะต้องชี้แจงให้ผู้เรียนถึงวัตถุประสงค์การเรียนรู้จะทำให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการเรียนมากขึ้น ในกรณีที่ผู้เรียนใช้สื่อการเรียนการสอนด้วยตัวเอง ผู้สอนต้องชี้แนะวิธีการใช้สื่อนั้น
4. การใช้สื่อการเรียนรู้ ผู้สอนจะต้องใช้สื่อการเรียนรู้อย่างเหมาะสมตามแผนการสอนที่กำหนดไว้ เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปอย่างราบรื่น และให้เกิดการเรียนรู้ที่ต้องการ
5. การประเมินการใช้สื่อการเรียนรู้เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการใช้สื่อมาวิเคราะห์ให้เกิดความชัดเจนว่า มีอุปสรรคและปัญหาจากการใช้หรือไม่ มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอนและกลุ่มผู้เรียนในระดับใด

กรมวิชาการ (2545ข: 6-7) ได้ให้ความสำคัญของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอนเป็นเครื่องมือของการเรียนรู้ ทำหน้าที่ถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจ เพิ่มพูนทักษะและประสบการณ์ สร้างสถานการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาศักยภาพทางความคิด สื่อการเรียนการสอนในปัจจุบันมีอิทธิพลสูงมากต่อการกระตุ้นให้ผู้เรียนกลายเป็นผู้แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ดังนั้นสื่อการเรียนการสอนจึงมีประโยชน์ต่างๆ ดังนี้

1. ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความคิดรวบยอดได้ง่ายขึ้น รวดเร็วขึ้น
2. ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นสิ่งที่กำลังเรียนรู้ได้อย่างเป็นรูปธรรมและเป็นกระบวนการ
3. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง ส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์
4. สร้างสภาพแวดล้อม ประสบการณ์การเรียนรู้ที่แปลกใหม่ น่าสนใจ และทำให้อยากรู้ อยากเห็น
5. ส่งเสริมการมีกิจกรรมร่วมกันระหว่างผู้เรียน
6. เกื้อหนุนผู้เรียนให้มีความสนใจและความสามารถในการเรียนรู้ที่ต่างกัน ให้เรียนรู้

ได้เท่าเทียมกัน

7. ช่วยให้ผู้เรียนบูรณาการสาระการเรียนรู้ต่างๆให้เชื่อมโยงกัน
8. ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิธีการใช้สื่อและแหล่งข้อมูลต่างๆเพื่อการค้นคว้าเพิ่มเติม
9. ช่วยให้ผู้เรียนได้รับการเรียนรู้ในหลายมิติจากสื่อที่หลากหลาย
10. เชื่อมโยงโลกที่อยู่ใกล้ตัวผู้เรียนให้เข้ามาสู่การเรียนรู้ของผู้เรียน

สื่อการเรียนรู้ นอกจากจะมีบทบาทเป็นเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้ของผู้เรียนแล้วยังช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาในด้านต่างๆ ได้แก่

1. ความรู้ สื่อช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้เชิงเนื้อหา ความรู้เชิงกระบวนการ และความรู้เชิงประจักษ์จากการเรียนรู้ในกลุ่มวิชาต่างๆ
2. ทักษะ สื่อการสอนในกลุ่มวิชาต่างๆช่วยส่งเสริมและพัฒนาทักษะด้านต่างๆให้แก่ผู้เรียน ได้แก่ ทักษะพื้นฐานตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ ทักษะการคิด ทักษะการสื่อสาร ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ทักษะการจัดการ ทักษะในงานอาชีพ เป็นต้น
3. คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยม มุ่งให้ผู้เรียนรักการเรียนรู้ เห็นคุณค่าในตนเอง ภูมิใจในความเป็นไทย มีจิตสำนึกทางสังคมและสิ่งแวดล้อม รู้จักใช้เวลาอย่างสร้างสรรค์ ยอมรับค่านิยมที่ดีงาม

บุรณชัย ศิริมหาสาคร (2545: 55) ได้บอกประโยชน์ของสื่อการเรียนการสอนที่มีต่อผู้เรียนไว้ว่า ช่วยให้คุณภาพการเรียนการสอนดีขึ้น เพราะตรงกับความจริง และมีความหมายชัดเจน ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้มากขึ้นในเวลาที่กำหนด จำเนื้อหาได้ดี ไม่ลืมง่าย ช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจ มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนส่งเสริมให้นักเรียนคิดและแก้ปัญหาในกระบวนการเรียนการสอน สามารถเรียนรู้ในสิ่งที่เรียนได้สะดวก ทำสิ่งที่ซับซ้อนให้ง่ายขึ้น ทำนามธรรมให้เป็นรูปธรรม ทำให้สิ่งที่เคลื่อนไหวเร็วให้ช้าลง ทำให้สิ่งที่เคลื่อนไหวช้าให้ดูเร็วขึ้น ทำให้สิ่งที่ใหญ่มาให้ย่อขนาดเล็กลง และทำให้สิ่งที่เล็กมากให้ขยายใหญ่ขึ้น

จากความหมายและแนวความคิดเกี่ยวกับสื่อการเรียนการสอนดังกล่าวข้างต้นพอสรุปได้ว่า สื่อการเรียนการสอนเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งที่สามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และช่วยให้การเรียนการสอนเกิดประสิทธิภาพมากที่สุด โดยครูต้องเลือกใช้สื่อการเรียนรู้ให้ตรงตามจุดมุ่งหมาย ตรงตามเนื้อหา ตรงตามสภาพนักเรียน และสถานการณ์ สื่อต้องมีความน่าสนใจ ทันสมัย และผู้เรียนควรมีส่วนร่วมในการใช้สื่อการเรียนรู้ โดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นวิชาที่เป็นนามธรรม สื่อการเรียนการสอนจะช่วยให้ครูสามารถอธิบายจากนามธรรมไปสู่รูปธรรมได้อย่างชัดเจน ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

4.2.4 การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน

ในการพัฒนาหรือส่งเสริมความสามารถในการสื่อสาร สื่อความหมายและการนำเสนออื่นไม่ได้ขึ้นอยู่กับกิจกรรมการเรียนการสอนของครูคนใดคนหนึ่งเท่านั้นที่จะเป็นคนกำหนดพฤติกรรมของแต่ละคนให้เป็นไปตามที่ต้องการ แต่บรรยากาศในห้องเรียนก็มีส่วนช่วยการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก เพราะในบรรยากาศที่ดีทุกคนที่อยู่ในห้องเรียนจะมีความสุขสบายใจ เห็นแต่สิ่งที่น่าสนใจและความรู้สึกที่ดีขึ้น (สมบัติ แสงรุ่งเรือง. 2524: 161-162) ดังนั้นบรรยากาศในชั้นเรียนก็เป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล ซึ่งจะส่งผลก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านความรู้ ความคิด เจตคติ ทักษะ พฤติกรรม และบุคลิกภาพของผู้เรียนไปสู่จุดมุ่งหมายที่ต้องการ สภาพแวดล้อมจึงมีความสำคัญและมีอิทธิพลต่อความเป็นอยู่และพัฒนาการทุกด้านของนักเรียน

ดังนั้น ถ้าสภาพแวดล้อมหรือบรรยากาศทางการเรียนดีก็เปรียบเสมือนครูคนหนึ่งนั่นเอง ซึ่งห้องเรียนที่ช่วยส่งเสริมและพัฒนาการเรียนรู้คณิตศาสตร์นั้นควรมีขนาดเหมาะสม มีอากาศถ่ายเท มีแสงสว่างเพียงพอ มีบรรยากาศทางวิชาการโดยมีความพร้อมในด้านต่างๆ เช่น ความพร้อมของสื่อ อุปกรณ์ในการเรียน โต๊ะเรียนเอื้อต่อการจัดการเรียนรู้เป็นกลุ่ม มีเอกสารสำหรับการค้นคว้า มีการจัดมุมคณิตศาสตร์ มีเกมหรือปัญหาช่วยสร้างความสนใจให้อยากคิด อยากลองทำ (กรมวิชาการ. 2545ก: 191) การเรียนการสอนจะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นถ้าบรรยากาศในชั้นเรียนเอื้อต่อการเรียนรู้ ซึ่งสุพิน บุญชูวงศ์ (2538: 125) ได้กล่าวว่า การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนเป็นการจัดสภาพแวดล้อมในชั้นเรียนให้สอดคล้องกับการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมให้บรรยากาศการเรียนเป็นที่น่าสนใจ จูงใจให้นักเรียนไม่เบื่อหน่าย

ดังนั้นบรรยากาศในชั้นเรียน จึงเป็นสภาพแวดล้อมทางกายภาพและทางสังคมที่อยู่รอบตัวในห้องเรียนขณะที่มีการเรียนการสอน เป็นบรรยากาศที่ส่งเสริมให้การเรียนการสอนมีความน่าสนใจ จูงใจนักเรียน ทำให้นักเรียนไม่น่าเบื่อหน่าย ช่วยแก้ปัญหาในการปกครองชั้นเรียน การที่ครูสามารถคุมชั้นเรียนและสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนได้ จะทำให้การเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยทริกเกตต์ และ มูส์ (ประยูทธ เทเวลา. 2543: 25-26; อ้างอิงจาก Trickett; & Moos. 1973: 96-97) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทางสังคมในชั้นเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยแบ่งสภาพแวดล้อมทางสังคมในชั้นเรียนในชั้นเรียนออกเป็น 9 ด้าน คือ

1. การมีส่วนร่วมในกิจกรรมของห้องเรียน คือ การที่นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ ที่จัดขึ้นในห้องเรียน หรือเป็นผู้มีส่วนร่วมในการกำหนดกิจกรรมต่างๆ ในการเรียนการสอน
2. ความสัมพันธ์ในกลุ่มเพื่อน คือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนในห้องเรียน ความรักใคร่ปรองดอง ความสามัคคี ทะเลาะเบาะแว้ง แบ่งพรรคแบ่งพวก
3. การแข่งขัน คือการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์กับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ซึ่งอาจเป็นการแข่งขันกับตนเองหรือกับเพื่อน เพื่อพัฒนาตนเองให้ดีขึ้น
4. ระเบียบและการมีระบบ คือการจัดลำดับขั้นตอนการทำงาน แบ่งแยกหน้าที่ตามความเหมาะสม รู้จักการวางแผน และมีเหตุมีผล
5. การมีกฎที่ชัดเจน คือ การที่ห้องเรียนมีกฎระเบียบที่ชัดเจนและเป็นที่ยอมรับของนักเรียนโดยทั่วถึง
6. การควบคุมของครู คือการปกครองของครูในการควบคุมนักเรียนในห้องเรียนไม่ว่าจะเป็นความยุติธรรม การสร้างความเชื่อมั่นศรัทธาในตัวครู
7. การใช้นวัตกรรม คือการนำประสบการณ์หรือนวัตกรรมใหม่ๆ มาใช้ในห้องเรียน เพื่อให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ที่หลากหลาย
8. การสนับสนุนจากครู คือการได้รับความเอาใจใส่ดูแล ส่งเสริมให้กำลังใจ แนะนำ ชี้แนะจากครูผู้สอน และการยอมรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน
9. การมุ่งความสำเร็จของงาน คือการจัดกิจกรรมในห้องเรียนที่มุ่งให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์การเรียนการสอน

นอกจากนั้น สุลล วังสินธุ์ (2536: 19-20) ได้กล่าวว่า การจัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่เหมาะสมจะมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนี้

1. การร่วมมือและการแข่งขัน การจัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ดีจะทำให้นักเรียนร่วมมือกันแก้ปัญหา แข่งขันทำงาน ช่วยให้นักเรียนที่เรียนอ่อนและปานกลางได้ประโยชน์มากที่สุดจากการร่วมมือกับนักเรียนคนอื่น ๆ สำหรับคนที่เรียนดีก็ยิ่งจะได้รับประโยชน์เพิ่มขึ้นจากการช่วยเหลือนักเรียนคนอื่น ๆ ซึ่งทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน นักเรียนจะลดความวิตกกังวลลงอย่างมากเมื่อได้ร่วมกันทำงาน

2. พฤติกรรมการสอนของครู นักเรียนจะสนใจและตั้งใจเรียนในบทเรียนอย่างเต็มที่ ถ้าหากครูยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ครูที่สำเร็จในการสนับสนุน และส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นครูที่ใจกว้างพร้อมที่จะรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน มีความอดทนและยอมรับเมื่อนักเรียนมีความคิดเห็นที่แตกต่าง

3. ความร่วมมือของครูและนักเรียน หากครูและนักเรียนได้ร่วมมือกันตั้งแต่เริ่มเตรียมบทเรียนและกิจกรรมการเรียน ครูและนักเรียนจะมีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนด้วยกัน

4. การจัดรูปแบบของชั้นเรียน ชั้นเรียนที่มีขนาดเล็กจะช่วยให้ความสนใจและแรงจูงใจของนักเรียนต่อการเรียนทั้งส่วนบุคคลและเป็นกลุ่มเพิ่มมากขึ้น การจัดชั้นเรียนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเคลื่อนไหวได้โดยสะดวกการจัดโต๊ะให้เป็นกลุ่มเล็กๆ เพื่อให้นักเรียนมีโอกาสซักถามหรือทำงานร่วมกันจะช่วยให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน

แพท และ แพท (นัจรีภรณ์ ทุมสงคราม. 2539: 82-83; อ้างอิงจาก Pat; & Pat. n.d.) ได้กล่าวว่า การจัดบรรยากาศในชั้นเรียนให้เหมาะสมกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ควรยึดหลักให้นักเรียนมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เช่น การให้นักเรียนพูด แสดงความคิดเห็น อภิปราย ซักถาม ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนต้องมีความน่าสนใจ ทำให้นักเรียนและเกี่ยวข้องกับประสบการณ์ของนักเรียน

สุพิน บุญชูวงศ์ (2538: 125) ได้กล่าวว่า จุดมุ่งหมายของการจัดบรรยากาศในชั้นเรียนนั้น มีดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมพัฒนาทั้งทางด้านร่างกาย อารมณ์ สังคม และสติปัญญาของนักเรียน
2. เพื่อส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ทางด้าน พุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย
3. เพื่อส่งเสริมการอยู่ร่วมกันในชั้นเรียนให้มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี การเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี
4. เพื่อให้การสอนของครูบรรลุตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้
5. เพื่อส่งเสริมสภาพแวดล้อมภายในชั้นเรียนให้เกิดประโยชน์แก่นักเรียน เช่น การจัดโต๊ะเก้าอี้ให้เรียบร้อย ความเป็นกันเองระหว่างครูกับนักเรียน หรือนักเรียนกับนักเรียน รวมทั้งการส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นต่างๆ

กล่าวโดยสรุป องค์ประกอบของบรรยากาศในชั้นเรียน เป็นการ จัดสภาพแวดล้อมในห้องเรียนที่เอื้อต่อการเรียนรู้ โดยมีการจัดบรรยากาศให้นักเรียนและครู นักเรียนกับนักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กัน ได้ทำกิจกรรมร่วมกัน ทำให้นักเรียนและครู นักเรียนกับนักเรียนมีความเป็นกันเอง ทำให้นักเรียนกล้าพูด กล้าอธิบาย อภิปราย กล้าซักถามในสิ่งที่ไม่เข้าใจ ซึ่งบรรยากาศในห้องเรียนที่ดีจะส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

4.2.5 การวัดผลประเมินผล

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นสิ่งที่จำเป็น เพราะจะทำให้ทราบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้นประสบผลสำเร็จมากน้อยเพียงไร ซึ่งในปัจจุบันจะเห็นว่าในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนกับการวัดผลประเมินผลเป็นสิ่งที่ทำควบคู่กันไป และควรใช้วิธีการวัดผลประเมินผลที่มีความหลากหลายรูปแบบ (สิริพัชร เจษฎาวิโรจน์. 2546: 94) และ กรมวิชาการ (2545ก: 208) ยังได้กล่าวว่า การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการที่ช่วยให้ได้ข้อมูลสารสนเทศ ซึ่งเป็นการแสดงถึงพัฒนาการและความก้าวหน้าในการเรียนรู้ด้านต่างๆ คือ

1. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจำนวนและการดำเนินการ การวัด เรขาคณิต พีชคณิต การวิเคราะห์ ข้อมูลและความน่าจะเป็น รวมทั้งการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้

2. ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยง และการคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ยุพิน พิพิธกุล (2539: 244-245) ได้กล่าวว่า การประเมินผลที่ดีนั้นจะต้องอาศัยพื้นฐานจากการวัดผลที่ดีด้วย โดยในการวัดผลนักเรียนนั้นควรมีวิธีที่ใช้ในการวัดหลายๆวิธี โดยจะต้องวัดให้ต่อเนื่องให้ครอบคลุมทั่วถึงทุกๆด้าน แล้วนำผลการวัดหลายๆครั้งมาสรุปรวมกันก็จะทำให้การประเมินผลนั้นใกล้เคียงความจริงมากยิ่งขึ้น และสิริพัชร เจษฎาวิโรจน์ (2546: 96) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับลักษณะของการวัดผลประเมินผลนั้นควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. สะท้อนภาพพฤติกรรมและทักษะที่จำเป็นของผู้เรียนในสถานการณ์จริง เป็นการแสดงออกในภาคปฏิบัติทักษะกระบวนการเรียนรู้ ผลผลิตและเพิ่มสะสมงาน โดยที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผลและการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2. ใช้เทคนิคการประเมินผลที่หลากหลาย เนื่องจากการประเมินจากการปฏิบัตินั้นผู้เรียนจะต้องลงมือปฏิบัติจริง เช่น การประดิษฐ์ชิ้นงาน การทดลอง การเขียนรายงาน หรือการทำกิจกรรมอื่นๆ ทุกอย่างที่ทำจะต้องมีความหมายกับนักเรียน

3. เน้นให้ผู้เรียนแสดงออกด้วยการสร้างสรรค์ผลงาน ดึงความคิดขั้นสูง ความคิดที่ซับซ้อน และการใช้ทักษะต่างๆออกมาได้

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นผลมาจากการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับความเป็นจริง สามารถประยุกต์สิ่งที่เรียนไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

5. ใช้ข้อมูลอย่างหลากหลายเพื่อการประเมิน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล มีการกำหนดปัญหาหรืองานที่เป็นปลายเปิดให้นักเรียนปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนได้สร้างคำตอบที่หลากหลาย

6. เน้นการมีส่วนร่วมในการประเมินระหว่างผู้เรียน ครู และผู้ปกครอง การให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมินผล จะทำให้ผู้เรียนรู้จักวางแผนการเรียนรู้

การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยให้ผู้สอนสามารถตรวจสอบคุณภาพของผู้เรียนว่า ผู้เรียนแต่ละคนมีความก้าวหน้าทั้งด้านความรู้ ทักษะกระบวนการ คุณธรรมและค่านิยมอันพึงประสงค์ และรู้ความบกพร่องของผู้เรียน ทำให้ทราบระดับผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน ซึ่งเป็นข้อมูลให้ผู้สอนนำไปใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอน (กาญจนา คุณารักษ์. 2535: 148-150; เอกรินทร์ สีมหาศาล. 2546: 181) และศิริเดช สุชีวะ

(2546: 60-61) กล่าวว่า ผลจากการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน จะทำให้เกิดประโยชน์ในการพัฒนาตัวผู้เรียน ผู้สอน และการจัดการศึกษาในภาพรวม โดยประโยชน์ที่ได้จากการประเมินผลมีประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. ทำให้ผู้เรียนและผู้ที่เกี่ยวข้องได้ทราบความก้าวหน้าและผลการเรียนรู้ของผู้เรียน
2. ให้ผู้เรียนและผู้ที่เกี่ยวข้องใช้เป็นข้อมูลสำหรับปรับปรุง แก้ไข ส่งเสริม และพัฒนาการของผู้เรียนให้ประสบความสำเร็จสูงสุดตามศักยภาพของแต่ละบุคคล
3. ให้ผู้เรียนและผู้ที่เกี่ยวข้องใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการเรียน กำหนดแนวทางการศึกษา และการเลือกศึกษาต่อหรือการประกอบอาชีพ
4. ใช้เป็นข้อมูลสำหรับผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องในการออกเอกสารหลักฐานการศึกษาและรับรองผลการศึกษา

นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 12-15) ได้กล่าวถึงหลักในการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยมีหลักการที่สำคัญดังนี้

1. การวัดผลประเมินผลต้องกระทำอย่างต่อเนื่องควบคู่ไปกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้สอนควรใช้กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยอาจใช้คำถามเพื่อตรวจสอบและส่งเสริมความรู้ความเข้าใจด้านเนื้อหา และส่งเสริมให้เกิดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพราะถ้าครูใช้คำถามที่เน้นการคิดจะทำให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนด้วยกันเอง และระหว่างผู้เรียนกับผู้สอนทำให้ผู้เรียนมีโอกาสดแสดงความคิด นอกจากนี้ผู้สอนยังสามารถใช้คำตอบของผู้เรียนเป็นข้อมูลเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ และพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อีกด้วย

2. การวัดผลประเมินผลต้องสอดคล้องกับคุณภาพของผู้เรียนที่ระบุไว้ตามมาตรฐานการเรียนรู้ และจะต้องสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ทั้งนี้ผู้สอนจะต้องกำหนดวิธีการวัดผลประเมินผล เพื่อใช้ตรวจสอบว่าผู้เรียนได้บรรลุตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ และต้องแจ้งผลการเรียนรู้ที่คาดหวังในแต่ละเรื่องให้ผู้เรียนทราบโดยตรงหรือทางอ้อม เพื่อให้ผู้เรียนได้ปรับปรุงตนเอง

3. การวัดผลประเมินผลต้องครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ความคิด ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ตามสาระการเรียนรู้ที่จัดไว้ในหลักสูตรของสถานศึกษา โดยเน้นการเรียนรู้ด้วยการทำงาน หรือทำกิจกรรมที่ส่งเสริมให้เกิดสมรรถภาพทั้ง 3 ด้าน

4. การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ต้องช่วยให้ได้ข้อสังเกตเกี่ยวกับผู้เรียน ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสมอย่างหลากหลาย เช่น การมอบหมายงานให้ทำเป็นการบ้าน การเขียนแบบบันทึกทางคณิตศาสตร์ การทดสอบ การสังเกต การสัมภาษณ์ การจัดทำแฟ้มสะสมงาน การทำโครงการ รวมทั้งการให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเอง และนำผลที่ได้ไปตรวจสอบกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังตามที่กำหนดไว้ เพื่อช่วยให้ผู้สอนมีข้อสังเกต ซึ่งสามารถทำได้ 3 ลักษณะดังนี้

- 4.1 การประเมินเพื่อวินิจฉัยผู้เรียน เป็นการประเมินเพื่อตรวจสอบความสามารถและค้นหาจุดเด่นจุดด้อยของผู้เรียน โดยที่คำถามหรืองานที่ครูมอบหมายต้องมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาสาระ และครอบคลุมทักษะกระบวนการหรือความสามารถทางคณิตศาสตร์ด้วย

- 4.2 การประเมินเพื่อให้ได้ข้อมูลย้อนกลับ เป็นการตรวจสอบผู้เรียนว่าผู้เรียนบรรลุตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวังหรือไม่ โดยเน้นการวัดผลประเมินผลตามสภาพจริง

4.3 การประเมินเพื่อตัดสินผลการเรียน เป็นการตรวจสอบความเข้าใจการประยุกต์ใช้ความรู้และความสามารถของผู้เรียน

5. การวัดผลประเมินผลเป็นกระบวนการที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นในการปรับปรุงความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อนำผลการประเมินมาใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ ปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน และปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงควรมีการวัดผลประเมินผลอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งแบ่งการประเมินผลออกเป็น 3 ระยะ คือ การวัดผลประเมินผลก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียน

จากแนวความคิดเกี่ยวกับการวัดผลประเมินผลที่กล่าวมาทั้งหมด จะเห็นว่า การวัดผลประเมินผลนั้นเป็นสิ่งที่กระทำควบคู่กับการเรียนการสอน โดยในการวัดผลประเมินผลนั้นเป็นการกระทำเพื่อตรวจสอบคุณภาพการเรียนการสอนว่าได้ผลตรงตามเป้าหมายเพียงใด ดังนั้นครูคณิตศาสตร์จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับการวัดผลประเมินผล เพราะถ้าครูมีความรู้ความสามารถในการวัดผลประเมินจะทำให้ครูสามารถตรวจสอบพฤติกรรมของผู้เรียนได้ตรงตามจุดมุ่งหมายทั้งด้านความรู้และทักษะกระบวนการ

4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการสอน

งานวิจัยภายในประเทศ

ศักดิ์ชาย ชุติโณม (2535: 74-75) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์ พฤติกรรมการสอนคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อการสอนคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนโครงการขยายโอกาสทางการศึกษา ในจังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 7 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 717 คน ผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมการสอนคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .42

จุพามาศ จันทรศรีสุต (2537: บทคัดย่อ) พบว่าคุณลักษณะในการสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ปราณี จานงเจริญ (2544: บทคัดย่อ) พบว่าระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน บรรยากาศในชั้นเรียนมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วีรพล นาคบาง (2538: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชางานเกษตรของนักเรียนในโครงการขยายโอกาสทางการศึกษาจังหวัดอุดรธานี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2536 ของโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา จังหวัดอุดรธานี ผลการวิจัยพบว่า การเตรียมการสอน การใช้สื่อการสอน ความพร้อมของอุปกรณ์การเกษตร เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชางานเกษตร

กานดา พงศ์ทิพย์พนัส (2541: ออนไลน์) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศในชั้นเรียน คุณภาพการสอนของครู เจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และสภาพแวดล้อมทางบ้าน กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า คุณภาพการสอนของครูมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

พุลศรี ม่วงแพ (2546: 59-63) ได้ศึกษาความสัมพันธ์และน้ำหนักความสำคัญคานานิคอลระหว่างปัจจัยบางประการกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาไทย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับ

ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2545 สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดอ่างทอง จำนวน 409 คน จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า สหสัมพันธ์คาโนนิคอลระหว่างชุดตัวแปรอิสระด้านแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มเพื่อน เวลาที่ใช้ในการเรียน พฤติกรรมการสอน สภาพแวดล้อมในชั้นเรียน การรับข่าวสารจากสื่อมวลชน และสภาพแวดล้อมทางบ้านกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาไทย ได้ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล 2 ชุด มีค่าเท่ากับ .43 และ .19 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในชุดแรก และชุดที่สองมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนค่าน้ำหนักความสำคัญคาโนนิคอล พบว่า ชุดของตัวแปรอิสระด้านแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ด้านความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มเพื่อน และด้านพฤติกรรมการสอน สภาพแวดล้อมทางการเรียน และสภาพแวดล้อมทางบ้านส่งผลซึ่งกันและกันกับชุดของตัวแปรตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และภาษาไทย

งานวิจัยต่างประเทศ

วอลเบอร์ก และ แอนเดอร์สัน (Walberg; & Anderson. 1968: 414) ได้ศึกษาถึงผลของบรรยากาศของห้องเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา จำนวน 2,100 คน จาก 76 ห้องเรียน ผลปรากฏว่า บรรยากาศของห้องเรียนมีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เพียเจ (Paige. 1978: 3541-A) ได้ศึกษาผลของตัวแปรทางโรงเรียนและตัวแปรภายนอกโรงเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการ และไม่ใช้ทางวิชาการของนักเรียนเกรด 6 จำนวน 1,621 คน ในประเทศอินโดนีเซีย ผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรด้านบรรยากาศในชั้นเรียนเป็นตัวแปรตัวหนึ่งที่ส่งผลต่อความแปรปรวนในการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดลาน (Dolan. 1980: 989-A) ได้ศึกษาตัวแปรด้านคุณภาพการสอน การเข้าร่วมโครงการของผู้ปกครองและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ส่งผลด้านอารมณ์หรือความรู้สึก กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 6 สองกลุ่ม กลุ่มแรกจำนวน 346 คน จากโรงเรียนประถมศึกษาที่อยู่ในตัวเมืองที่มีคุณภาพการสอนสูง ผู้ปกครองเข้าร่วมโครงการของโรงเรียนเป็นอย่างดี โรงเรียนดำเนินโครงการอย่างต่อเนื่อง ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งมีนักเรียนจำนวน 249 คน จากโรงเรียนที่มีแบบอย่างของโรงเรียนทั่วไปซึ่งมีหลายโครงการแต่ใช้โครงการไม่ต่อเนื่อง ผลการศึกษาพบว่า คุณภาพของการสอน การเข้าร่วมโครงการและการสนับสนุนของผู้ปกครอง ล้วนมีอิทธิพลต่อผลการเรียนเป็นอย่างมาก และยังมีอิทธิพลต่อคุณลักษณะด้านอารมณ์หรือความรู้สึกมากเช่นกัน

โซติส (Soltis. 1987: 4048-A) พบว่า องค์ประกอบทางด้านคุณภาพของการสอนมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

พาร์คเกอร์สัน และคนอื่นๆ (Parkerson; et al. 1984: 638-646) พบว่าคุณภาพการสอนมีอิทธิพลทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ดอยล์ (Doyle. 1979: 139) ได้สรุปผลการวิจัยของนักการศึกษา และนักจิตวิทยาหลายท่านไว้ว่า การจัดและสร้างบรรยากาศและสภาพแวดล้อมในชั้นเรียนของครูส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นและมีพฤติกรรมไปในทางที่พึงประสงค์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษารูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีจำนวน 42 โรงเรียน จำนวน 400 ห้องเรียน และมีจำนวนนักเรียน 17,489 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร จำนวน 678 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบ 3 ขั้นตอน (Three-Stage Random Sampling) ซึ่งมีขั้นตอนในการสุ่มดังนี้

1. สํารวจข้อมูลหน่วยสมาชิกของประชากรจากโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร แล้วแบ่งประชากรนักเรียนตามเขตที่ตั้งออกเป็น 14 เขต จำนวน 42 โรงเรียน 400 ห้องเรียน โดยมีจำนวนนักเรียน 17,489 คน

2. การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างเป็นแบบแบ่งชั้น โดยใช้ขนาดของโรงเรียนเป็นชั้น แล้วดำเนินการสุ่มตามหลักของการสุ่ม โดยกำหนดขนาดของความคลาดเคลื่อน (Limit of error) และระดับความเชื่อมั่น (Level of confidence: $1-\alpha$) ร้อยละ 99 ($\alpha = .01$) ในการประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร โดยอาศัยข้อมูลในการประมาณค่าขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

2.1 ขนาดของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า $e = 1.1$ คะแนน จากคะแนนเต็มของแบบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด ซึ่งเป็นขนาดที่มีความพอเพียงที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ในการตัดสินใจในกรณีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้

2.2 ค่าประมาณความแปรปรวนของประชากร (σ^2) ในกลุ่มโรงเรียนขนาดต่างๆ ซึ่งได้จากการนำแบบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูดไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 (Try out) กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร จำนวน 140 คน ประกอบด้วย โรงเรียนพิทยาลงกรณ์พิทยาคม โรงเรียนไชยฉิมพลีพิทยาคม โรงเรียนสุวรรณารามพิทยาคม และโรงเรียนวัดนวลนรดิศ ซึ่งเป็นโรงเรียนขนาดที่ 4 5 6 และ 7 ตามลำดับ โดยแบบวัดที่ใช้เป็นแบบมาตราประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ มีการให้คะแนนเป็น 1 2 3 4 และ 5 จำนวน 20 ข้อ ซึ่งพบว่าคะแนนความแปรปรวนที่ได้มีค่าเท่ากับ 104.862 , 85.814 , 102.817 และ 125.156 ตามลำดับ จากนั้นผู้วิจัยนำค่าความแปรปรวนนี้ไปประมาณค่าของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

2.3 จากข้อมูลจำนวนประชากรและข้อมูลสำหรับการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างตามข้อ 2.1 และ 2.2 ผู้วิจัยนำไปคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างของการสุ่มแบบแบ่งชั้นของมูรีศรีชัย (2538: 105) จากการคำนวณได้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในโรงเรียนขนาดที่ 4 จำนวน 3 คน ขนาดที่ 5 จำนวน 125 คน ขนาดที่ 6 จำนวน 239 คน และขนาดที่ 7 จำนวน 203 คน รวมกลุ่มตัวอย่างจำนวน 570 คน

3. สุ่มกลุ่มตัวอย่างตามลำดับชั้นดังนี้

ชั้นที่ 1 สุ่มเขตมาร้อยละ 35 ของจำนวนทั้งหมดในเขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ได้กลุ่มตัวอย่าง 5 เขต ได้แก่ เขตบางกอกใหญ่ เขตบางกอกน้อย เขตบางขุนเทียน เขตจอมทอง และเขตบางพลัด

ชั้นที่ 2 จำแนกโรงเรียนที่สุ่มได้ในชั้นที่ 1 ออกเป็น 7 ขนาด คือขนาดที่ 1 ถึงขนาดที่ 7 แต่จากการจำแนกพบว่ามีโรงเรียนในเขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานครเพียง 4 ขนาด คือโรงเรียนขนาดที่ 4 จำนวน 1 โรงเรียน (จำนวนนักเรียน 301-499 คน) โรงเรียนขนาดที่ 5 จำนวน 6 โรงเรียน (จำนวนนักเรียน 500-1,499คน) โรงเรียนขนาดที่ 6 จำนวน 6 โรงเรียน (จำนวนนักเรียน 1,500-2,499 คน) และโรงเรียนขนาดที่ 7 จำนวน 5 โรงเรียน (จำนวนนักเรียน 2,500 คนขึ้นไป) (สำนักนโยบายและแผนการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2547: 149) แล้วทำการสุ่มโรงเรียนในแต่ละขนาดด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยมีขนาดของโรงเรียนเป็นชั้น (Strata) และโรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) โดยสุ่มมาร้อยละ 45 ของโรงเรียนในแต่ละขนาด ส่วนโรงเรียนขนาดที่ 4 เนื่องจากมีเพียง 1 โรงเรียนจึงใช้ตามจำนวนที่มี ผลปรากฏว่าได้โรงเรียนขนาดที่ 4 จำนวน 1 โรงเรียน โรงเรียนขนาดที่ 5 จำนวน 3 โรงเรียน โรงเรียนขนาดที่ 6 จำนวน 3 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดที่ 7 จำนวน 2 โรงเรียน รวมทั้งหมด 9 โรงเรียน

ขั้นที่ 3 ทำการสุ่มห้องเรียนที่ได้จากการสุ่มในขั้นที่ 2 โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) โดยสุ่มห้องเรียนในแต่ละโรงเรียนประมาณร้อยละ 30 ของจำนวนห้องเรียน เพื่อให้ได้จำนวนนักเรียนตามที่คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างไว้ ซึ่งจากการคำนวณได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมในการวิจัยครั้งนี้คือ 570 คน แต่เนื่องจากในขั้นตอนสุดท้ายของการสุ่มกลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม จึงได้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนทั้งหมด 678 คน เป็นนักเรียนในโรงเรียนขนาดที่ 4 จำนวน 28 คน โรงเรียนขนาดที่ 5 จำนวน 140 คน โรงเรียนขนาดที่ 6 จำนวน 269 คน และโรงเรียนขนาดที่ 7 จำนวน 241 คน ดังตาราง 1

ตาราง 1 จำนวนกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามขนาดโรงเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษา
ขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร

โรงเรียน	เขต	จำนวนห้องเรียน (ห้องเรียน)	จำนวนนักเรียน (คน)
<u>ขนาดที่ 4</u> พิทยาลงกรณ์พิทยาคม	บางขุนเทียน	1	28
<u>ขนาดที่ 5</u> ฤทธิ์ณรงค์รอน มัธยมวัดนายโรง วัดบวรมงคล	บางกอกใหญ่ บางกอกน้อย บางพลัด	2 2 1	55 55 30
<u>ขนาดที่ 6</u> ชินโรสวิทยาลัย มัธยมวัดดุสิตามราม วิมุตยารามพิทยากร	บางกอกน้อย บางกอกน้อย บางพลัด	3 3 2	106 83 80
<u>ขนาดที่ 7</u> ทวีธาภิเศก มัธยมวัดสิงห์	บางกอกใหญ่ จอมทอง	4 3	123 118
รวม		21	678

4. การตรวจสอบความเหมาะสมของกลุ่มตัวอย่าง

ภายหลังการวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 678 คน ได้ค่าความแปรปรวนของคะแนนการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด (S^2) ของนักเรียนโรงเรียนขนาดที่ 4 ขนาดที่ 5 ขนาดที่ 6 และขนาดที่ 7 มีค่าเท่ากับ 113.883 , 90.651 , 108.631 และ 98.923 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าความแปรปรวนที่ใช้ในการประมาณค่าดังกล่าว มีค่าแตกต่างกับค่าความแปรปรวนที่ใช้ในการคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างในขั้นของการวางแผนไม่มากนัก และเมื่อพิจารณาระดับความคลาดเคลื่อนที่กำหนดในการประมาณค่าที่ยอมรับได้ ด้วยระดับความเชื่อมั่นของการประมาณค่าเฉลี่ยที่ร้อยละ 99 ในขั้นการวางแผนการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเท่ากับ 1.1 คะแนนนั้น ปรากฏว่าการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการประมาณค่าเฉลี่ยของประชากรของตัวแปรการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่าเฉลี่ย ($S_{\bar{X}}$) ในภาพรวมเท่ากับ .383 และผู้วิจัยกำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้จึงมีความคลาดเคลื่อน ($Z_{.01/2} S_{\bar{X}}$) เท่ากับ .988 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าที่อยู่ในขั้นตอนการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง คือ 1.1 คะแนน จึงสรุปได้ว่ากลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีขนาดเพียงพอที่ทำให้การประมาณค่ามีความแม่นยำ และน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ มีจำนวน 5 ฉบับ ดังนี้

ฉบับที่ 1 แบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด มีลักษณะเป็นมาตรประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ

ฉบับที่ 2 แบบทดสอบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน เป็นแบบทดสอบเขียนตอบที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดในรูปของสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 4 ข้อ และในแต่ละข้อสถานการณ์จะมีข้อความย่อย

ฉบับที่ 3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบทดสอบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก มีทั้งหมด 5 ข้อปัญหา โดยในแต่ละข้อปัญหาเป็นข้อความสถานการณ์ที่ประกอบด้วยคำถามย่อย 4 ข้อ ตามลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาของโพลยา คือ การวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผล รวมทั้งฉบับมี 20 ข้อ

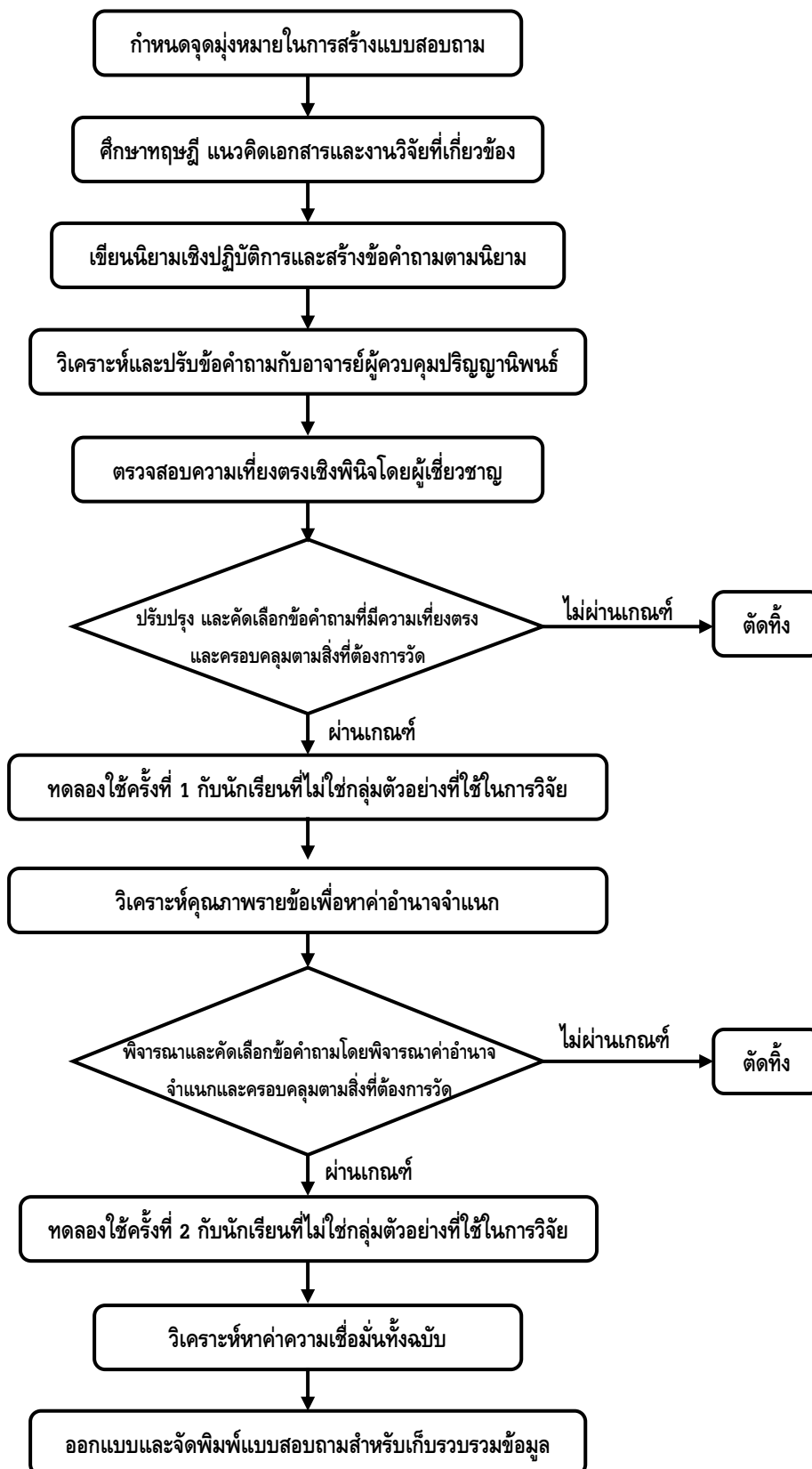
ฉบับที่ 4 แบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่ม มีลักษณะเป็นมาตรประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 50 ข้อ โดยแบ่งเป็นบทบาทผู้นำกลุ่ม 15 ข้อ บทบาทสมาชิกกลุ่ม 15 ข้อ และกระบวนการทำงานกลุ่ม 20 ข้อ

ฉบับที่ 5 แบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอน มีลักษณะเป็นมาตรประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 45 ข้อ โดยแบ่งเป็นการเตรียมการสอน 6 ข้อ การจัดการเรียนรู้ 19 ข้อ การใช้สื่อการเรียนการสอน 6 ข้อ การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน 6 ข้อ และการวัดผลประเมินผล 8 ข้อ

จากแบบวัดทั้ง 5 ฉบับข้างต้น ผู้วิจัยดำเนินการสร้างเอง 2 ฉบับ คือ แบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด และแบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่ม ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาจากงานวิจัยอื่น 2 ฉบับ คือ แบบทดสอบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน และแบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอน และผู้วิจัยนำมาใช้ คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ผู้วิจัยดำเนินการสร้างและหาคุณภาพในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด และแบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่ม โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้



ภาพประกอบ 5 แสดงขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพของแบบสอบถาม

ขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพของแบบสอบถาม

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบสอบถามเอง จำนวน 2 ฉบับ ได้แก่ แบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด และแบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่ม ซึ่งมีขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพของแบบสอบถาม ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด และแบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่ม
2. ศึกษาทฤษฎี แนวคิด เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และการทำงานกลุ่มเพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถาม
3. เขียนนิยามเชิงปฏิบัติการของการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด และการทำงานกลุ่มจากนิยามและคุณลักษณะต่างๆ ที่ได้ศึกษาค้นคว้าจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
4. เขียนข้อคำถามของแบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด และการทำงานกลุ่มให้สอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ โดยแบบสอบถามมีลักษณะเป็นมาตราประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด ซึ่งมีทั้งข้อความเชิงบวกและเชิงลบ ดังนี้

4.1 แบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด จำนวน 30 ข้อ

4.2 แบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่ม จำนวน 80 ข้อ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน มีรายละเอียดดังนี้

1. บทบาทผู้นำกลุ่ม จำนวน 25 ข้อ
2. บทบาทสมาชิกกลุ่ม จำนวน 25 ข้อ
3. กระบวนการทำงานกลุ่ม จำนวน 30 ข้อ

5. นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นให้คณะกรรมการควบคุมปริญญาโทตรวจสอบความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ความสอดคล้อง และความครอบคลุมตามนิยามของตัวแปร แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามตามคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมปริญญาโท

6. นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงพิสัย (Face Validity) ความเหมาะสมของเนื้อหา ภาษาที่ใช้ ความสอดคล้องและครอบคลุมตามนิยามของตัวแปร โดยคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป ซึ่งผลการพิจารณาพบว่า ข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก ได้แก่ แบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด จำนวน 27 ข้อ และแบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่ม จำนวน 77 ข้อ โดยแบ่งเป็นด้านบทบาทผู้นำกลุ่ม จำนวน 24 ข้อ ด้านบทบาทสมาชิกกลุ่ม จำนวน 25 ข้อ และด้านกระบวนการทำงานกลุ่ม จำนวน 28 ข้อ ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง .60 ถึง 1.00 และปรับปรุงแก้ไขข้อความที่ไม่เหมาะสมตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้แก้ไขภาษาในข้อคำถามเพื่อให้มีความชัดเจนในสิ่งที่ต้องการวัด ให้ปรับข้อคำถามที่มีลักษณะซ้ำในสิ่งที่เกิดขึ้น และให้เรียงลำดับข้อคำถามตามเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นก่อนหลัง

7. นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร จำนวน 2 โรงเรียน คือ โรงเรียนโพธิสารพิทยากร และโรงเรียนนรดิศวิทยาคมรัชมังคลาภิเษก จำนวน 137 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการศึกษา เมื่อนำแบบสอบถามมาพิจารณาความ

ถูกต้องและความสมบูรณ์ ปรากฏว่าได้แบบสอบถามฉบับสมบูรณ์จำนวน 120 ฉบับ จากนั้นนำผลการตอบแบบสอบถามมาวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อคำถามรายข้อเพื่อหาค่าอำนาจจำแนก โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวมทั้งฉบับ (Item Total Correlation) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ซึ่งพบว่าแบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด จำนวน 27 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .111-.701 และแบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่มมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง -.418-.666

8. นำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากข้อ 7 มาคัดเลือกข้อคำถามที่ผ่านเกณฑ์ โดยพิจารณาข้อคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ซึ่งมีข้อคำถามที่ผ่านการคัดเลือกได้แก่ แบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด จำนวน 20 ข้อ และแบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่ม จำนวน 50 ข้อ โดยแบ่งเป็นด้านบทบาทผู้นำกลุ่ม จำนวน 15 ข้อ ด้านบทบาทสมาชิกกลุ่ม จำนวน 15 ข้อ และด้านกระบวนการทำงานกลุ่ม จำนวน 20 ข้อ รวมทุกข้อของแต่ละด้านแล้วครอบคลุมตามโครงสร้างของนิยามเชิงปฏิบัติการ

9. นำแบบสอบถามที่ได้จากข้อ 8 ไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร จำนวน 4 โรงเรียน คือ โรงเรียนพิทยาลงกรณ์พิทยาคม โรงเรียนไชยฉิมพลีวิทยาคม โรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม และโรงเรียนวัดนวลนรดิศ จำนวน 152 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย เมื่อนำแบบสอบถามมาพิจารณาความถูกต้องและความสมบูรณ์ปรากฏว่าได้แบบสอบถามฉบับสมบูรณ์จำนวน 140 ฉบับ จากนั้นนำผลการตอบแบบสอบถามมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) ซึ่งพบว่า แบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูดมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .957 และแบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่มมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .957 โดยแบ่งเป็นด้านบทบาทผู้นำกลุ่มมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .891 ด้านบทบาทสมาชิกมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .903 และด้านกระบวนการทำงานกลุ่มมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .927

10. ออกแบบและจัดพิมพ์แบบสอบถามสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย

การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาจากงานวิจัยอื่นมีจำนวน 2 ฉบับ คือ แบบทดสอบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน และแบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอน ซึ่งมีรายละเอียดของเครื่องมือทั้ง 5 ฉบับ ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน ผู้วิจัยพัฒนามาจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของเยาวพร วรรณทิพย์ (2548) เป็นแบบทดสอบเขียนตอบที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด ในรูปของสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 4 ข้อ และในแต่ละข้อสถานการณ์จะมีข้อความย่อย ใช้เนื้อหา คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบวิธีวิเคราะห์ (Analytical Method) โดยเยาวพร วรรณทิพย์ (2548) ได้ปรับปรุงมาจากการกำหนดกฎเกณฑ์การให้คะแนนของซูซาน และคณะ (Zuzanne Lane, et al. 1996) และจากเอกสารการประเมินทางคณิตศาสตร์ของสเตร์น มาร์ค (Stenmark. 1991) และปฏิพัทธ์ สุวรรณศรี (กรมวิชาการ. 2529) ซึ่งนำไปใช้ศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3 ปีการศึกษา 2547 โรงเรียนห้วยวัง จำนวน 60 คน โดยแบบทดสอบมีค่าความง่ายตั้งแต่ 0.28-0.56 ค่าอำนาจ จำแนกตั้งแต่ .25-.72 ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .749 และค่าความเชื่อมั่นของเกณฑ์การตรวจให้คะแนนเท่ากับ .847 โดยในการพัฒนานั้นผู้วิจัยได้คัดเลือกสถานการณ์มา 3 ข้อ และปรับความซับซ้อนของสถานการณ์และข้อความย่อย ในแต่ละสถานการณ์ให้มีความเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งสถานการณ์ทั้ง 3 ข้อที่คัดเลือกมาและนำมา ปรับปรุงยังครอบคลุมนิยามเชิงปฏิบัติการเหมือนเดิม แล้วผู้วิจัยนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 4 โรงเรียน คือ โรงเรียนพิทยาลงกรณ์พิทยาคม โรงเรียน ไชยฉิมพลีวิทยาคม โรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม และโรงเรียนวัดนวลนรดิศ จำนวน 140 คน จากนั้นนำผลการ ทดสอบมาวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อความรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) จากที่ ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียนไปทดลองใช้ พบว่าแบบทดสอบมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ .276-.540 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .404-.583 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .711

2. แบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอน ผู้วิจัยพัฒนามาจากแบบวัดพฤติกรรมการสอนของฐิติพงษ์ รักแตงาม (2545) มีลักษณะเป็นมาตราประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อย ที่สุด จำนวน 45 ข้อ โดยแบ่งเป็นการเตรียมการสอน 6 ข้อ การจัดการเรียนรู้ 19 ข้อ การใช้สื่อการเรียนการสอน 6 ข้อ การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน 6 ข้อ และการวัดผลประเมินผล 8 ข้อ ซึ่งนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอนต้นของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดภูเก็ตจำนวน 30 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .959 และวัด พฤติกรรมการสอนของครูตามการรับรู้ของนักเรียน โดยในการพัฒนานั้นผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่ต้องการมาพัฒนา โดยปรับปรุงการใช้ภาษาและข้อความให้ตรงตามนิยามเพื่อให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำแบบสอบถามที่ผ่าน การปรับปรุงไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 4 โรงเรียน คือ โรงเรียนพิทยาลงกรณ์พิทยาคม โรงเรียนไชยฉิมพลีวิทยาคม โรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม และโรงเรียนวัด นวลนรดิศ จำนวน 140 คน และครูสอนคณิตศาสตร์นักเรียนกลุ่มนี้ เพื่อนำข้อมูลไปตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิง สภาพซึ่งเป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงว่าแบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอนที่วัดตามการรับรู้ของนักเรียนนั้นใช้ ศึกษากับนักเรียนได้ แล้วนำผลการตอบแบบสอบถามมาวิเคราะห์หาคุณภาพรายข้อเพื่อหาค่าอำนาจจำแนก โดยการหา ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวมทั้งฉบับ (Item Total Correlation) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และหาความเที่ยงตรงเชิงสภาพของแบบสอบถามโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างคะแนนของแบบสอบถามที่วัดจากนักเรียนและครู และหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถามโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) จากที่ผู้วิจัยนำแบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอนไปทดลองใช้ พบว่า แบบสอบถามมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง .209-.772 มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ .951 โดยแบ่งเป็นการเตรียมการสอนมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .607 การจัดการเรียนรู้มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .937 การใช้สื่อการเรียนการสอนมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .891 การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .862 และการวัดผลประเมินผลมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .786 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของแบบสอบถามพฤติกรรมการสอนที่วัดจากนักเรียนและครูซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดความเที่ยงตรงตามสภาพมีค่าเท่ากับ .364 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงให้เห็นว่าแบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอนที่นำไปใช้ศึกษากับนักเรียนและครูมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกัน จึงเป็นการยืนยันได้ว่าแบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอนของครูตามการรับรู้ของนักเรียนนั้นมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เก็บข้อมูลกับนักเรียนได้

เครื่องมือที่ผู้วิจัยนำมาใช้

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของมะลิวรรณ โคตรศรี (2547) ที่สร้างขึ้นตามแนวคิดกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา (Polya. 1985) มีลักษณะเป็นแบบทดสอบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก มีทั้งหมด 5 ข้อปัญหา โดยในแต่ละข้อปัญหาเป็นข้อความสถานการณ์ที่ประกอบด้วยคำถามย่อย 4 ข้อ ตามลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาของโพลยา คือ การวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผล รวมทั้งฉบับมี 20 ข้อ ใช้เนื้อหาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ซึ่งใช้ศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2546 โรงเรียนคลองก้อย จังหวัดชลบุรี จำนวน 100 คน ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .840 ซึ่งก่อนที่ผู้วิจัยจะนำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 4 โรงเรียน คือ โรงเรียนพิทยาลงกรณ์พิทยาคม โรงเรียนไชยฉิมพลีวิทยาคม โรงเรียนสุวรรณรามาวิทยาคม และโรงเรียนวัดนวลนรดิศ จำนวน 140 คน จากนั้นนำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อคำถามรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR.20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) หลังจาก que ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไปทดลองใช้ พบว่าแบบทดสอบมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.132-0.829 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.158-0.711 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .715

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) ขององค์ประกอบด้านการทำงานกลุ่ม พฤติกรรมการสอน ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 678 คน พบว่า องค์ประกอบทั้ง 4 มีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง โดยองค์ประกอบการทำงานกลุ่มมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ .74-.90 มีค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ .55-.82 องค์ประกอบพฤติกรรมการสอนมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ .77-.86 มีค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ .59-.74 องค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบตั้งแต่ .66-.85 มีค่าความ

เชื่อมั่นตั้งแต่ .43-.72 และองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .43 และ .72 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .18 และ .52

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างแบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านข้อความแต่ละข้อ แล้วพิจารณาว่านักเรียนมีการปฏิบัติตามข้อความนั้นมากน้อยเพียงใด โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างทางขวามือของข้อความแต่ละข้อเพียงช่องเดียว ให้ตรงกับความเป็นจริงเกี่ยวกับตัวนักเรียนมากที่สุด

ข้อ	ข้อความ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
0	ข้าพเจ้าสามารถอธิบายวิธีคิดในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ให้คนอื่นฟังเข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
00	เมื่อข้าพเจ้าออกไปพูดนำเสนอหน้าชั้นเรียน คุณครูมักจะกล่าวชมว่าอธิบายได้ชัดเจนและเข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....

เกณฑ์ในการตรวจให้คะแนน

เกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนแต่ละข้อได้กำหนดค่าน้ำหนักของคะแนนตามตัวเลือกดังต่อไปนี้

ข้อความทางบวก				ข้อความทางลบ		
มากที่สุด	มีค่าน้ำหนัก	5	คะแนน	มีค่าน้ำหนัก	1	คะแนน
มาก	มีค่าน้ำหนัก	4	คะแนน	มีค่าน้ำหนัก	2	คะแนน
ปานกลาง	มีค่าน้ำหนัก	3	คะแนน	มีค่าน้ำหนัก	3	คะแนน
น้อย	มีค่าน้ำหนัก	2	คะแนน	มีค่าน้ำหนัก	4	คะแนน
น้อยที่สุด	มีค่าน้ำหนัก	1	คะแนน	มีค่าน้ำหนัก	5	คะแนน

เกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนน

เกณฑ์ในการแปลความหมาย ผู้วิจัยได้พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด และแปลความหมายความสามารถในการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูดตามเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ย	การแปลความหมาย
4.51-5.00	อยู่ในระดับมากที่สุด
3.51-4.50	อยู่ในระดับมาก
2.51-3.50	อยู่ในระดับปานกลาง
1.51-2.50	อยู่ในระดับน้อย
1.00-1.50	อยู่ในระดับน้อยที่สุด

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน

- คำชี้แจง 1. ให้นักเรียนเขียนอธิบายเพื่อสื่อความหมายแนวความคิดในการหาคำตอบของสถานการณ์ปัญหา และใช้ภาษา สัญลักษณ์(เครื่องหมาย)ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความได้
2. ให้นักเรียนเขียนอธิบายแสดงแนวทางที่ให้คำตอบโดยอาศัยความรู้ หลักการได้ถูกต้องเหมาะสมกับปัญหา
3. ให้นักเรียนนำเสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหาอย่างละเอียดและเป็นระบบ โดยอาศัยการเขียนบรรยาย เขียนรูปภาพ กราฟ ตาราง หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น เพื่อช่วยในการหาคำตอบและให้เห็นแนวความคิด และวิธีการได้มาซึ่งคำตอบ เพราะทุกส่วนมีผลต่อการให้คะแนน

ข้อที่ (0) : อำนาจต้องการล้อมรั้วแปลงผักรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีพื้นที่ 32 ตารางเมตร โดยแปลงผักแปลงนี้มีด้านยาวยาวเป็น 2 เท่าของด้านกว้าง โดยที่เขามีต้นเสาจำนวน 12 ต้น

จากสถานการณ์ดังกล่าว จงตอบคำถามต่อไปนี้

- 1.1 แปลงผักแปลงนี้มีด้านยาว และด้านกว้างเท่าไร โดยให้นักเรียนแสดงวิธีคิดหาคำตอบ
- 1.2 ให้นักเรียนแสดงวิธีการในการฝังเสาเพื่อล้อมรั้ว และระยะห่างระหว่างเสาแต่ละต้นเป็นเท่าไร

แนวทางการตอบ

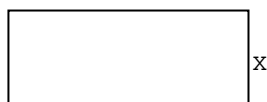
วิธีคิด 1.1 ใช้ความรู้เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ แปลงผักแปลงหนึ่งมีพื้นที่ 32 ตารางเมตร

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ ความยาวและความกว้างของแปลงผัก

ดังนั้นกำหนดให้ ความกว้างของแปลงผัก เท่ากับ x

เนื่องจากด้านยาวของแปลงผักยาวเป็น 2 เท่าของด้านกว้าง เขียนแทนด้วย $2x$



เนื่องจาก แปลงผักแปลงนี้มีพื้นที่ 32 ตารางเมตร

จากสูตรพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า = กว้าง $\times$ ยาว

$$\text{จะได้} \quad 32 = x \times 2x$$

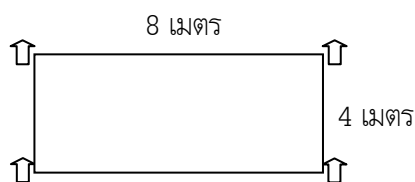
$$32 = 2x^2$$

$$x^2 = 16$$

$$x = \pm 4 \quad (\text{เลือกใช้ } 4 \text{ เพราะเป็นความยาว})$$

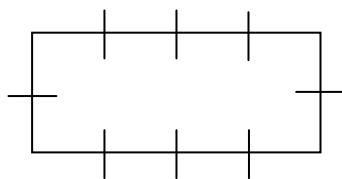
ดังนั้น จะได้ว่าแปลงผักแปลงนี้มี ความกว้างเท่ากับ 4 เมตร และด้านยาวเท่ากับ 8 เมตร

2.2 ในการล้อมรั้วจะต้องทำการฝังเสาเข็มละ 1 ต้น ที่มุมทั้ง 4 ดังรูป



เมื่อทำการฝังเสาที่มุมทั้ง 4 ก็จะทำให้เหลือต้นเสาเท่ากับ $12 - 4 = 8$ ต้น

ดังนั้นทำการแบ่งพื้นที่ส่วนที่เหลือให้เป็น 8 ส่วน ดังรูป



จากรูป จะเห็นว่าการแบ่งความยาวของด้านยาวออกเป็น 4 ส่วนที่เท่ากัน จะได้ระยะห่างของเสาด้านยาวเท่ากับ $8 \div 4 = 2$ เมตร

และทำการแบ่งความยาวของด้านกว้างออกเป็น 2 ส่วนที่เท่ากัน จะได้ระยะห่างของเสา

ในด้านกว้างเท่ากับ $4 \div 2 = 2$ เมตร

ดังนั้นจะได้ว่า แปลงผักแปลงนี้มีด้านยาวยาว 8 เมตร ด้านกว้าง 4 เมตร และระยะห่างระหว่างเสาทั้งด้านกว้างและด้านยาวห่างกันเสาละ 2 เมตร

ตาราง 2 เกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน

ระดับความสามารถ	พฤติกรรม
1. ภาษาทางคณิตศาสตร์	
2 คะแนน	- ใช้ภาษา สัญลักษณ์(เครื่องหมาย)ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความได้ถูกต้องทั้งหมด และอธิบายเพื่อสื่อความหมายได้ถูกต้อง
1 คะแนน	- ใช้ภาษา สัญลักษณ์(เครื่องหมาย)ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความได้บางส่วน และอธิบายเพื่อสื่อความหมายได้แต่ไม่ชัดเจน
0 คะแนน	- ใช้ภาษา สัญลักษณ์(เครื่องหมาย)ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความผิด ไม่มีการอธิบายเพื่อสื่อความหมาย
2. การแสดงแนวคิด	
2 คะแนน	- เขียนอธิบายวิธีคิดในการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับระบบสมการในการดำเนินการได้อย่างถูกต้องทั้งหมด มีการอธิบายสรุปคำตอบที่ได้โดยใช้ข้อมูลจากการคำนวณในข้อ 1 ประกอบได้ถูกต้องทั้งหมด
1 คะแนน	- เขียนอธิบายวิธีคิดในการแก้ปัญหา แต่ไม่ได้อาศัยความรู้และหลักการประกอบการคิด และอธิบายสรุปคำตอบ
0 คะแนน	- ไม่มีการเขียนอธิบายวิธีคิดในการแก้ปัญหา
3. ความชัดเจนในการนำเสนอ	
2 คะแนน	- นำเสนออย่างมีขั้นตอนที่เป็นระบบสมบูรณ์ชัดเจน มีการใช้แผนภาพประกอบในการคิดที่เหมาะสม ถูกต้อง
1 คะแนน	- การนำเสนอยังสับสนไม่เป็นระบบ ไม่มีแผนภาพประกอบในการคิด ใช้การเดาและวาดภาพประกอบ
0 คะแนน	- ไม่แสดงวิธีการนำเสนอ

เกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนน

เกณฑ์ในการแปลความหมาย ผู้วิจัยได้พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของคะแนนวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน โดยแต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 6 คะแนน รวม 3 ข้อ 18 คะแนน และแปลความหมายความสามารถในการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียนตามเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ย

14.40–18.00

9.00–14.39

0.00–8.99

การแปลความหมาย

อยู่ในระดับสูง

อยู่ในระดับปานกลาง

อยู่ในระดับต่ำ

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

คำชี้แจง 1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วยปัญหาทางคณิตศาสตร์ 5 ปัญหา แต่ละปัญหามีคำถามย่อย 4 ข้อ ให้เวลาทำ 00 นาที

2. คำถามย่อยแต่ละข้อ เป็นคำถามชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ซึ่งมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

3. ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ทับตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุด

4. ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ขีดเส้น 2 เส้นทับที่คำตอบเดิม ($\neq$) แล้วทำเครื่องหมายกากบาทใหม่ในตัวเลือกที่ต้องการ

ข้อที่ (0) : รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วรูปหนึ่งมีฐานยาว 12 เซนติเมตร มีเส้นรอบรูปยาว 0.34 เมตร
ด้านอีกสองด้านยาวด้านละกี่เซนติเมตร

จากปัญหาที่ 0 ให้นักเรียนตอบคำถามข้อที่ 0 ถึง 0000

0. ข้อใดไม่เกี่ยวกับวิธีการคิดหาคำตอบของปัญหา

- ก. ความยาวของฐาน
- ข. ส่วนสูงของรูปสามเหลี่ยม
- ค. ชนิดของรูปสามเหลี่ยม
- ง. ความยาวของเส้นรอบรูป

00. ขั้นตอนใดไม่ต้องนำมาใช้ในการหาคำตอบ

- ก. เปลี่ยนหน่วยความยาวของเส้นรอบรูปเป็นเซนติเมตร
- ข. นำความยาวของเส้นรอบรูปไปหักออกจากความยาวของฐาน
- ค. นำความยาวของเส้นรอบรูปที่เหลือจากความยาวของฐานไปแบ่งครึ่ง
- ง. นำความยาวของเส้นรอบรูปไปรวมกับความยาวของฐานแล้วแบ่งออกเป็นสามส่วน

000. ด้านอีกสองด้านยาวด้านละกี่เซนติเมตร

- ก. 5 เซนติเมตร
- ข. 8 เซนติเมตร
- ค. 11 เซนติเมตร
- ง. 22 เซนติเมตร

0000. วิธีการในข้อใดสามารถนำไปใช้ในการหาคำตอบได้

- ก. $\{(0.34 \times 100) + 12\} \div 2$
- ข. $\{(100 \times 0.34) - 12\} \div 3$
- ค. $\{0.34 - (12 \div 100)\} \div 2$
- ง. $[\{0.34 - (12 \div 100)\} \times 100] \div 2$

เกณฑ์ในการตรวจให้คะแนน

เกณฑ์การตรวจให้คะแนนใช้เกณฑ์การตรวจให้คะแนน 1 คะแนน ถ้าตอบคำถามข้อนั้นถูกต้อง และถ้าตอบคำถามผิด หรือตอบเกินกว่า 1 คำตอบ หรือเว้นว่างไว้ในข้อนั้นๆ ให้ 0 คะแนน

เกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนน

เกณฑ์ในการแปลความหมาย ผู้วิจัยได้พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของคะแนนวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในแต่ละด้าน โดยแต่ละด้านมีคะแนนเต็ม 5 คะแนน และแปลความหมายความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แต่ละด้านตามเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ย

4.00–5.00

2.50–3.99

0.00–2.49

การแปลความหมาย

อยู่ในระดับสูง

อยู่ในระดับปานกลาง

อยู่ในระดับต่ำ

ตัวอย่างแบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่ม

คำชี้แจง 1. ให้นักเรียนอ่านข้อความแต่ละข้อ แล้วพิจารณาว่านักเรียนมีการปฏิบัติตามข้อความนั้นมากน้อยเพียงใด โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างทางขวามือของข้อความแต่ละข้อเพียงช่องเดียว ให้ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุดเกี่ยวกับการทำงานกลุ่มของตัวนักเรียนในการเรียนคณิตศาสตร์

2. สำหรับบทบาทผู้นำกลุ่ม ถ้านักเรียนไม่ใช่ผู้นำกลุ่มให้นักเรียนตอบตามความเป็นจริงตามพฤติกรรมของหัวหน้ากลุ่มที่นักเรียนปฏิบัติงานกลุ่มร่วมกันในการเรียนคณิตศาสตร์

ข้อ	ข้อความ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
0	บทบาทผู้นำกลุ่ม					
	ผู้นำกลุ่มชอบทำงานคนเดียว โดยไม่รับฟังความคิดเห็น					
00	ผู้นำกลุ่มช่วยประสานความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม.....					
0	บทบาทสมาชิกกลุ่ม					
	เมื่อไม่เข้าใจงานที่ได้รับมอบหมาย ข้าพเจ้าจะซักถาม					
	สมาชิกในกลุ่ม.....					
00	ข้าพเจ้าให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่มอย่างเต็มที่.....					
0	กระบวนการทำงานกลุ่ม					
	กลุ่มของข้าพเจ้ามีการกำหนดหน้าที่รับผิดชอบของสมาชิก					
	แต่ละคนอย่างชัดเจน.....					
00	เมื่อผลงานไม่เสร็จสมบูรณ์สมาชิกในกลุ่มจะช่วยกัน					
	ปรับปรุงผลงาน.....					

เกณฑ์ในการตรวจให้คะแนน

เกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนแต่ละข้อได้กำหนดค่าน้ำหนักของคะแนนตามตัวเลือกดังต่อไปนี้

ข้อความทางบวก				ข้อความทางลบ		
มากที่สุด	มีค่าน้ำหนัก	5	คะแนน	มีค่าน้ำหนัก	1	คะแนน
มาก	มีค่าน้ำหนัก	4	คะแนน	มีค่าน้ำหนัก	2	คะแนน
ปานกลาง	มีค่าน้ำหนัก	3	คะแนน	มีค่าน้ำหนัก	3	คะแนน
น้อย	มีค่าน้ำหนัก	2	คะแนน	มีค่าน้ำหนัก	4	คะแนน
น้อยที่สุด	มีค่าน้ำหนัก	1	คะแนน	มีค่าน้ำหนัก	5	คะแนน

เกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนน

เกณฑ์ในการแปลความหมาย ผู้วิจัยได้พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของคะแนนการทำงานกลุ่มแต่ละด้าน และแปลความหมายการทำงานกลุ่มแต่ละด้านตามเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ย

4.51-5.00

3.51-4.50

2.51-3.50

1.51-2.50

1.00-1.50

การแปลความหมาย

อยู่ในระดับมากที่สุด

อยู่ในระดับมาก

อยู่ในระดับปานกลาง

อยู่ในระดับน้อย

อยู่ในระดับน้อยที่สุด

ตัวอย่างแบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอน

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านข้อความแต่ละข้อ แล้วพิจารณาว่าครูสอนคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีพฤติกรรมการสอนคณิตศาสตร์ในแต่ละข้อมากน้อยเพียงใด โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างทางขวามือของข้อความแต่ละข้อเพียงช่องเดียว ให้ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

ข้อ	ข้อความ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
00	<u>การเตรียมการสอน</u>					
	ครูมีการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ก่อนสอนอย่างชัดเจน...	.....	.....	.....	.....	.....
00	ครูสอนเนื้อหาเรียงตามลำดับขั้นตอนจากง่ายไปยาก.....	.....	.....	.....	.....	.....
	<u>การจัดการเรียนรู้</u>					
00	ครูมีการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาคำตอบเป็นรายบุคคล.....	.....	.....	.....	.....	.....
	ครูให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมและสรุปสาระสำคัญด้วยตนเอง.....	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อ	ข้อความ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
0	<u>การใช้สื่อการเรียนการสอน</u>					
	ครูจัดสิ่งแวดล้อมหรือสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนได้ง่าย.....	.....	.....	.....	.....	.....
00	ครูมีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนค้นพบและสร้างความรู้ด้วยตนเอง.....	.....	.....	.....	.....	.....
0	<u>การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน</u>					
	ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข.....	.....	.....	.....	.....	.....
00	ครูยอมรับในความสามารถของนักเรียน โดยให้เลือกทำโครงการหรือชิ้นงานที่ถนัดและสนใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
0	<u>การวัดผลประเมินผล</u>					
	ครูให้นักเรียนทำชิ้นงาน หรือทำข้อสอบในระหว่างที่มีการเรียนการสอน.....	.....	.....	.....	.....	.....
00	ครูให้นักเรียนประเมินผลงานของตนเอง และให้ยอมรับผลการประเมินจากเพื่อน.....	.....	.....	.....	.....	.....

เกณฑ์ในการตรวจให้คะแนน

เกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนแต่ละข้อได้กำหนดค่าน้ำหนักของคะแนน ดังต่อไปนี้

มากที่สุด	มีค่าน้ำหนัก	5	คะแนน
มาก	มีค่าน้ำหนัก	4	คะแนน
ปานกลาง	มีค่าน้ำหนัก	3	คะแนน
น้อย	มีค่าน้ำหนัก	2	คะแนน
น้อยที่สุด	มีค่าน้ำหนัก	1	คะแนน

เกณฑ์ในการแปลความหมายของคะแนน

เกณฑ์ในการแปลความหมาย ผู้วิจัยได้พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของคะแนนพฤติกรรมการสอนแต่ละด้าน และแปลความหมายพฤติกรรมการสอนแต่ละด้านตามเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ย	การแปลความหมาย
4.51-5.00	อยู่ในระดับมากที่สุด
3.51-4.50	อยู่ในระดับมาก
2.51-3.50	อยู่ในระดับปานกลาง
1.51-2.50	อยู่ในระดับน้อย
1.00-1.50	อยู่ในระดับน้อยที่สุด

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 โดยมีวิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ติดต่อขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถึงผู้บริหารสถานศึกษาที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง

2. นำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลไปติดต่อผู้บริหารสถานศึกษา เพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล พร้อมทั้งนัดหมายวัน เวลา ที่ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลในเดือนกันยายน พ.ศ. 2549

3. จัดเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

4. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองตามวันเวลาที่นัดหมายในแต่ละโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยแยกเก็บข้อมูล 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกให้นักเรียนตอบแบบสอบถามและทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ครั้งที่ 2 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน และก่อนที่นักเรียนตอบแบบสอบถามและทำแบบทดสอบ ผู้วิจัยเป็นผู้ชี้แจงให้นักเรียนทราบว่าไม่มีผลกระทบต่อนักเรียน เพื่อลดความเครียด และนักเรียนได้ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นจริงมากที่สุด และรับแบบสอบถามและแบบทดสอบภายในวันที่ไปเก็บข้อมูล

5. การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้นำแบบวัดทั้ง 5 ฉบับ ไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมากกว่าที่วางแผนไว้ประมาณร้อยละ 30 คิดเป็น 740 ฉบับ และได้แบบวัดคืนมาทั้งหมด 740 ฉบับ จากนั้นนำแบบวัดที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยคัดเลือกเฉพาะแบบวัดฉบับที่สมบูรณ์ จึงได้แบบวัดจำนวนทั้งหมด 678 ฉบับ คิดเป็น 91.62% ของแบบวัดทั้งหมด

6. นำคะแนนที่ได้ไปทำการทดสอบตามข้อตกลงเบื้องต้น และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทำการทดสอบโมเดลตามสมมติฐานที่ตั้งไว้และรายงานผลการวิจัยต่อไป

4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น (Preliminary Data Analysis) เพื่อให้ทราบลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง และลักษณะการแจกแจงของตัวแปรแต่ละตัว โดยวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย ค่าความเบ้ และค่าความโด่ง รวมทั้งตรวจสอบสภาพลักษณะแบบแผนการขาดหาย (missing value) และการกระจายนอกกลุ่ม (outliers) ของข้อมูล โดยใช้โปรแกรม SPSS

2. วิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product - Moment Correlation Coefficient) และทดสอบนัยสำคัญด้วยค่าที (t-test) เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำไปวิเคราะห์ตรวจสอบความสอดคล้องของรูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุต่อไป

3. วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis) เพื่อตรวจสอบความตรงของโมเดลการวัด (Measurement model) ของตัวแปรแฝงแต่ละตัว เพื่อให้แน่ใจว่าตัวแปรสังเกตได้แต่ละกลุ่มนั้น เป็นตัวบ่งชี้ที่เหมาะสมสำหรับตัวแปรแฝงที่กำหนดไว้ โดยใช้โปรแกรม LISREL

4. วิเคราะห์รูปแบบโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม LISREL เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลตามสมมติฐานทั้ง 2 รูปแบบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ วิเคราะห์อิทธิพลทางตรงและทางอ้อมขององค์ประกอบที่เป็นสาเหตุต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ประมาณค่าพารามิเตอร์โดยวิธีโลเคิลิฮูดสูงสุด (Maximum Likelihood Estimate = ML) เพื่อวิเคราะห์โมเดลตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ ถ้าผลการวิเคราะห์พบว่าโมเดลตามสมมติฐานที่เลือกไว้ไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผู้วิจัยจะดำเนินการปรับแต่งโมเดลใหม่โดยอาศัยเหตุผลเชิงทฤษฎี และค่าดัชนีปรับแต่งโมเดล (Model Modification Indices) เพื่อให้ได้โมเดลที่สอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ดีที่สุด และค่าสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีดังนี้

4.1 ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square Statistic) เป็นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานทางสถิติว่าฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็นศูนย์ โดยถ้าค่าสถิติไค-สแควร์ไม่มีนัยสำคัญ ($p > .05$) แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4.2 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index = GFI) ดัชนี GFI เป็นอัตราส่วนของผลต่างระหว่างฟังก์ชันความกลมกลืนจากโมเดลก่อนปรับและหลังปรับโมเดล มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 ดัชนี GFI มีค่ามากกว่า 0.90 แสดงว่าโมเดลตามสมมติฐานมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4.3 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Index = AGFI) เป็นการนำดัชนี GFI มาปรับแก้ โดยคำนึงถึงขนาดขององศาอิสระ (df) ซึ่งรวมทั้งจำนวนจำนวนตัวแปรและขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยค่าดัชนี AGFI มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับดัชนี GFI

4.4 ดัชนีรากมาตรฐานของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (Standardized Root Mean Squared Residual = SRMR) ดัชนี SRMR เป็นดัชนีบอกความคลาดเคลื่อนจากการเปรียบเทียบระดับความกลมกลืนของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดัชนี SRMR มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.05 แสดงว่าโมเดลตามสมมติฐานมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4.5 ดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของความแตกต่างโดยประมาณ (Root Mean Squared Error of Approximation = RMSEA) เป็นค่าสถิติจากข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับค่าไค-สแควร์ว่า โมเดลลิสเรลตามสมมติฐานมีความเที่ยงตรงไม่สอดคล้องกับความจริงและเมื่อเพิ่มพารามิเตอร์อิสระแล้วค่าสถิติมีค่าลดลง เนื่องจากค่าสถิติตัวนี้ขึ้นอยู่กับประชากรและชั้นของความอิสระ ดัชนี RMSEA มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.05 หรือไม่เกิน 0.08 แสดงว่าโมเดลตามสมมติฐานมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4.6 ค่า CN (Critical N) เป็นดัชนีที่ระบุความเพียงพอของขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งใช้สำหรับการทดสอบโมเดลมากกว่าการทดสอบความสอดคล้องของโมเดล ที่ทำให้ค่า Fit function (F) ส่งผลให้การทดสอบไค-สแควร์ มีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ ปฏิเสธสมมติฐานว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ จึงมีข้อเสนอแนะว่าค่า CN ควรมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 200 (วิรัตน์ ธรรมนารถกุล. 2544: 66; อ้างอิงจาก Bollen. 1989: 277; citing Hoelter. 1993)

จากข้อ 4.1-4.6 สามารถสรุปค่าสถิติที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ได้ดังตาราง 3

ตาราง 3 สถิติที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์และเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา

สถิติที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดล	เกณฑ์ในการพิจารณา
Chi-square/df	< 2
Chi-square (χ^2)	ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ
ดัชนีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (RMSEA)	$\leq .05$
ดัชนีรากมาตรฐานของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (SRMR)	$\leq .05$
ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI)	> .90
ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้ (AGFI)	> .90
ดัชนีระบุขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (CN)	≥ 200

สถิติที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดังแสดงในตาราง 3 นั้น ใช้พิจารณาโมเดลตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ หากค่าสถิติที่คำนวณได้ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดก็จะต้องทำการปรับโมเดลใหม่ โดยอาศัยเหตุผลเชิงทฤษฎี และค่าดัชนีปรับโมเดล (Model modification indices) ซึ่งเป็นค่าสถิติเฉพาะของพารามิเตอร์แต่ละตัวมีค่าเท่ากับ ค่าไค-สแควร์ที่ลดลง เมื่อกำหนดให้พารามิเตอร์ตัวนั้นเป็นพารามิเตอร์อิสระ หรือมีการผ่อนคลายข้อกำหนดเงื่อนไขบังคับของพารามิเตอร์นั้น ข้อมูลที่ได้ก็นำไปใช้ในการปรับโมเดลจนได้โมเดลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์และได้ค่าสถิติตามเกณฑ์ที่กำหนด

5. นำเสนอค่าอิทธิพลของตัวแปรในโมเดล โดยแสดงอิทธิพลทางตรง-ทางอ้อม (Direct-Indirect effect) และอิทธิพลรวม (Total effect) ของตัวแปรที่ส่งผลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

สูตรการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร โดยใช้สูตรการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างด้วยการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ .99 (มยุรี ศรีชัย. 2538: 105)

$$n = \frac{\sum_{g=1}^K \frac{N_g^2 S_g^2}{W_g}}{\frac{N^2 e^2}{Z_{\alpha/2}^2} + \sum_{g=1}^K N_g S_g^2}$$

เมื่อ	n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด
	K	แทน	จำนวนขนาดของโรงเรียน (4 ขนาด)
	S_g^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด
	e	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า (e = 1.1)
	N_g	แทน	จำนวนนักเรียนในแต่ละชั้น
	W_g	แทน	$\frac{N_g}{N}$

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่

2.1 การหาความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face Validity) โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency : IOC) ใช้สูตรของโรวินลลี และแฮมเบิลตัน (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 248-249; อ้างอิงจาก Rovinelli; & Hambleton. 1977) ดังนี้

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1
	$\sum R$	แทน	ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 วิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ (Item Analysis) เพื่อหาความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบโดยใช้เทคนิค 27% ของนักเรียนที่สอบทั้งหมด มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 การหาค่าความง่ายของแบบทดสอบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน ใช้สูตรการคำนวณของ D.R. Whitney and D.L. Sabers (ลัวัน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 199-200; อ้างอิงจาก D.R. Whitney; & D.L. Sabers. 1970) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

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

เมื่อ	P_E	แทน	ดัชนีค่าความง่าย
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

2.2.2 การหาค่าความง่ายของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้ (ลัวัน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 184; อ้างอิงจาก Hopkins; & Antes. 1970: 249)

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

เมื่อ	P_E	แทน	ค่าความง่าย
	N_r	แทน	จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูก
	N_t	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ทำข้อสอบข้อนั้น

2.2.3 การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน ใช้สูตรการคำนวณของ D.R Whitney and D.L. Sabers (ลัวัน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2543: 201; อ้างอิงมาจาก D.R Whitney & D.L. Sabers. 1970) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ	D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน
	$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

2.2.4 การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้ (ลัวัน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2543: 186)

$$D = \frac{U}{n_U} - \frac{L}{n_L}$$

เมื่อ	D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	U	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนสูง
	L	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนต่ำ
	n_U	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนสูง
	n_L	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนต่ำ

2.3 การหาค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถาม โดยหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อคำถามกับคะแนนรวมจากข้ออื่นๆ ที่เหลือทั้งหมด โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product-Moment Correlation) (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2547: 166) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

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

เมื่อ	r_{xy}	แทน	ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ
	N	แทน	จำนวนคนในกลุ่ม
	X	แทน	คะแนนของข้อคำถาม
	Y	แทน	คะแนนผลรวมของข้ออื่นๆ ที่เหลือทุกข้อ

2.4 หาค่าความเที่ยงตรงเชิงสภาพของแบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอน โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบสอบถามพฤติกรรมการสอนที่วัดจากครูและนักเรียน ใช้สูตรของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product-Moment Correlation) (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2547: 181) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

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

เมื่อ	r_{xy}	แทน	ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ
	N	แทน	จำนวนข้อมูล
	X	แทน	คะแนนแบบสอบถามที่วัดจากนักเรียน
	Y	แทน	คะแนนแบบสอบถามที่วัดจากครู

2.5 การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบและแบบสอบถาม

2.5.1 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ใช้สูตร KR.20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 215) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

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

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่น
	n	แทน	จำนวนข้อสอบ
	p	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อหนึ่งๆ
	q	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อหนึ่งๆ
	S^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

2.5.2 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียนและแบบสอบถาม ใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบาค (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. 2543: 218; อ้างอิงจาก Cronbach. 1951) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

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

เมื่อ	α	แทน	ค่าความเชื่อมั่น
	K	แทน	จำนวนข้อสอบ
	S_i^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ
	S^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย ค่าความเบ้ และค่าความโด่ง โดยใช้สูตรการวิเคราะห์ดังนี้

3.1.1 ค่าเฉลี่ย (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2544: 35)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
	$\sum X$	แทน	ผลรวมทั้งหมดของข้อมูล
	N	แทน	จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.1.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2544: 64-65)

$$S = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ	S	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	X	แทน	ข้อมูล
	$\sum X$	แทน	ผลรวมทั้งหมดของข้อมูล
	n	แทน	จำนวนข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่าง

3.2 หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดล โดยใช้สูตรของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) (Pedhazur. 1997: 39)

$$r_{XY} = \frac{S_{XY}}{S_X S_Y}$$

เมื่อ	r_{XY}	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
	S_{XY}	แทน	ค่าความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม
	S_X	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรอิสระ X
	S_Y	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรตาม Y

3.3 ทดสอบความมีนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้ t-test (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2544: 317; อ้างอิงจาก Welkowitz. 1971: 158)

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

เมื่อ	t	แทน	ค่าการแจกแจงแบบที
	r	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้
	N	แทน	จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

3.4 สถิติที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยใช้วิธีโลกลิสุตสูงสุด (Maximum Likelihood : ML) มีฟังก์ชันดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 49)

$$F = \log |\Sigma| + \text{tr}(S\Sigma^{-1}) - \log |S| + k$$

เมื่อ	F	แทน	ฟังก์ชันความกลมกลืน
	S	แทน	เมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมจากกลุ่มตัวอย่าง
	Σ	แทน	เมตริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่ได้จากการประมาณค่าพารามิเตอร์
	k	แทน	จำนวนตัวแปรที่สังเกตได้ทั้งหมดในรูปแบบ
	tr	แทน	ผลรวมสมาชิกในแนวทแยงของเมตริกซ์

3.5 ตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square Statistic) โดยมีสูตรดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 56)

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

เมื่อ	χ^2	แทน	ค่าสถิติไค-สแควร์
	n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
	$F[s, \Sigma(\theta)]$	แทน	ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความกลมกลืนของรูปแบบจากพารามิเตอร์ θ
	k	แทน	จำนวนตัวแปรที่สังเกตได้ทั้งหมดในรูปแบบ
	df	แทน	องศาอิสระ (Degrees of Freedom)
	t	แทน	จำนวนพารามิเตอร์อิสระ

3.6 ตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index : GFI) โดยมีสูตรดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 56)

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

เมื่อ	GFI	แทน	ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องของรูปแบบกับข้อมูลเชิงประจักษ์
	$F[s, \Sigma(\theta)]$	แทน	ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความกลมกลืนของรูปแบบจากพารามิเตอร์ θ
	$F[s, \Sigma(0)]$	แทน	ค่า F ของรูปแบบที่ไม่มีพารามิเตอร์ในรูปแบบ

3.7 ตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ด้วยดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Index : AGFI) โดยมีสูตรดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 56)

$$AGFI = 1 - \frac{(k)(k-1)}{2df}(1 - GFI)$$

เมื่อ	AGFI	แทน	ดัชนีวัดระดับความสอดคล้องที่ปรับแก้
	k	แทน	จำนวนตัวแปรที่สังเกตได้ทั้งหมดในรูปแบบ
	df	แทน	องศาอิสระ (Degrees of Freedom)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร ดังนั้นเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแยกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น (Preliminary Data Analysis)

- 1.1 การตรวจสอบลักษณะการแจกแจงของตัวแปร
- 1.2 การตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) ของตัวแปร
- 1.3 การตรวจสอบข้อมูลขาดหาย(Missing)
- 1.4 การตรวจสอบข้อมูลสุดโต่ง (Extremes or Outliers)
- 1.5 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปร

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวแปร

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัด

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

4.1 การตรวจสอบความสอดคล้องของรูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

4.2 การปรับรูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

เพื่อให้การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความสะดวกและเข้าใจง่าย ผู้วิจัยใช้อักษรย่อและสัญลักษณ์แทนตัวแปรและค่าสถิติต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

COM	หมายถึง	ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
COML	หมายถึง	การสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด
COMW	หมายถึง	การสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน
PROB	หมายถึง	ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
PROB1	หมายถึง	การวิเคราะห์ปัญหา
PROB2	หมายถึง	การวางแผนแก้ปัญหา
PROB3	หมายถึง	การดำเนินการตามแผน

PROB4	หมายถึง	การตรวจสอบผล
GRO	หมายถึง	การทำงานกลุ่ม
GRO1	หมายถึง	บทบาทผู้นำกลุ่ม
GRO2	หมายถึง	บทบาทสมาชิกกลุ่ม
GRO3	หมายถึง	กระบวนการทำงานกลุ่ม
TEA	หมายถึง	พฤติกรรมการสอน
TEA1	หมายถึง	การเตรียมการสอน
TEA2	หมายถึง	การจัดการเรียนรู้
TEA3	หมายถึง	การใช้สื่อการเรียนการสอน
TEA4	หมายถึง	การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน
TEA5	หมายถึง	การวัดผลประเมินผล
$\bar{X}$	หมายถึง	ค่าเฉลี่ย
S.D.	หมายถึง	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
C.V.	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย
Sk	หมายถึง	ค่าความเบ้ (Skewness)
Ku	หมายถึง	ค่าความโด่ง (Kurtosis)
SE	หมายถึง	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
R^2	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย
n	หมายถึง	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
TE	หมายถึง	อิทธิพลรวม
IE	หมายถึง	อิทธิพลทางอ้อม
DE	หมายถึง	อิทธิพลทางตรง
χ^2	หมายถึง	ค่าสถิติไค-สแควร์
p	หมายถึง	ค่าความน่าจะเป็นทางสถิติ
df	หมายถึง	ชั้นความเป็นอิสระ
GFI	หมายถึง	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน
AGFI	หมายถึง	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว
RMSEA	หมายถึง	ดัชนีวัดความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์
SRMR	หมายถึง	ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเหลือมาตรฐาน
CN	หมายถึง	ดัชนีระบุขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น (Preliminary Data Analysis)

ในการวิจัยที่มีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติขั้นสูง เช่น การวิจัยที่ใช้การวิเคราะห์โมเดลลิสเรล นักวิจัยควรรู้ธรรมชาติของข้อมูลและมีความเข้าใจในลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรอย่างดี เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลถูกต้องเหมาะสมผล ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมลิสเรล ควรมีการตรวจสอบข้อมูลเพื่อให้ทราบถึงลักษณะธรรมชาติของข้อมูล ซึ่งวิธีการตรวจสอบข้อมูลที่นักวิจัยต้องดำเนินการก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลมี 5 ส่วน ได้แก่ การตรวจสอบลักษณะการแจกแจงของตัวแปร การตรวจสอบลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร การตรวจสอบข้อมูลขาดหาย การตรวจสอบค่าสุดโต่ง และการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของตัวแปร ซึ่งการตรวจสอบข้อมูลทั้งหมดนี้ ถ้ามีการตรวจสอบและแก้ไขก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล จะช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลได้ผลดี ไม่มีปัญหายุ่งยากในการวิเคราะห์ข้อมูล เพราะในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีตัวแปรหลายตัว ถ้าตัวแปรมีคุณสมบัติไม่สอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นจะทำให้ผลการวิเคราะห์เบี่ยงเบนและลำเอียงได้มากกว่าเมื่อมีตัวแปรน้อยตัว และในการวิเคราะห์ทางสถิติขั้นสูงมีความยุ่งยากซับซ้อน ถ้าข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติขั้นสูงจะแสดงผลการวิเคราะห์โดยพรางลักษณะที่ไม่สอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้น ซึ่งถ้าใช้สถิติวิเคราะห์เบื้องต้นจะเห็นลักษณะที่ไม่สอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นได้ชัดเจน หากนักวิจัยไม่ตรวจสอบข้อมูลก่อนอาจจะได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากสถิติวิเคราะห์ขั้นสูงที่มึนตรายจากการที่ข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น (เนงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 12-18) ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อตรวจสอบลักษณะของข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 การตรวจสอบลักษณะการแจกแจงของตัวแปร

ในการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural equation model : SEM) มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า การแจกแจงของตัวแปรโดยเฉพาะตัวแปรตามต้องเป็นการแจกแจงแบบโค้งปกติ จากการทดสอบการแจกแจงเป็นโค้งปกติของตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 14 ตัวแปร พบว่า ตัวแปรสังเกตได้ส่วนใหญ่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวแปรเหล่านี้มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ยกเว้นตัวแปร การสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน การวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินตามแผน และการตรวจสอบผล มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวแปรเหล่านี้มีการแจกแจงไม่ปกติ จึงเป็นตัวแปรที่ละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการแจกแจงเป็นโค้งปกติของตัวแปร เพื่อให้ไม่ให้ละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นในการทดสอบความกลมกลืนของแบบจำลองตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ผู้วิจัยจึงแปลงคะแนนของตัวแปรก่อนนำมาทดสอบ เนื่องจากในการวิเคราะห์แบบจำลองโครงสร้างเชิงเส้นด้วยวิธีโลกลิสตูดสูงสุด (Maximum Likelihood) ถ้าตัวแปรมีการแจกแจงไม่ปกติจะมีผลกระทบต่อการวิเคราะห์ข้อมูล โดยทำให้ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard errors) และค่าไค-สแควร์สำหรับการทดสอบความกลมกลืนของแบบจำลองไม่ถูกต้อง ดังนั้นการแปลงคะแนนเป็นคะแนนมาตรฐาน (Normal score) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาการแจกแจงไม่ปกติของตัวแปร ซึ่งจะช่วยลดความเบ้ และความโด่งของข้อมูลแต่ยังมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่าเดิม และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่คำนวณจากค่าคะแนนภายหลังการแปลงคะแนนจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณจากค่าคะแนนเดิม (เอกพจน์ สืบญาคติ. 2549: 96; อ้างอิงจาก Joreskog & Sorbom. 2000: 161-162) และผลการทดสอบการแจกแจงเป็นโค้งปกติของตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 14 ตัวแปร ก่อนและหลังการแปลงคะแนนปรากฏดังตาราง 4

1.2 การตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) ของตัวแปร

สถิติวิเคราะห์ทุกประเภทที่มีพื้นฐานมาจากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์มีข้อตกลงเบื้องต้นว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Inter-correlation) แต่ละคู่ต้องเป็นเส้นตรง จากการทดสอบนัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ พบว่าตัวแปรส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (รายละเอียดในตาราง 5) แสดงว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

1.3 การตรวจสอบข้อมูลขาดหาย (Missing)

เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลที่นำไปวิเคราะห์นั้นขาดหายหรือไม่ เมื่อมีข้อมูลขาดหายผู้วิจัยจะต้องตรวจสอบดูว่าข้อมูลที่ขาดหายนั้นเป็นการขาดหายโดยสุ่ม หรือขาดหายอย่างมีระบบ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยพบว่า ข้อมูลที่ขาดหายนั้นเป็นการขาดหายโดยการสุ่มจำนวน 71 ฉบับ หรือประมาณ 10.47 เปอร์เซ็นต์ของแบบสอบถามทั้งหมด และการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรลเมื่อมีข้อมูลขาดหายควรใช้วิธีวิเคราะห์ประมาณค่าข้อมูลที่ขาดหายไปแทน (Replacement of missing data) โดยการนำค่าเฉลี่ย (Mean) ของตัวแปรนั้นๆ มาเป็นคะแนนค่าประมาณของตัวแปรแต่ละตัว ซึ่งการแก้ปัญหาด้วยวิธีนี้จะไม่ทำให้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเดิมของตัวแปรเปลี่ยนแปลงไปแต่อย่างใด

1.4 การตรวจสอบข้อมูลสุดโต่ง (Extremes or Outliers)

ตัวแปรที่มีค่าของตัวแปรค่าหนึ่งค่าใดสูงมาก หรือต่ำมากผิดปกติ แสดงว่ามีข้อมูลสุดโต่ง วิธีการตรวจสอบข้อมูลสุดโต่งอาจทำไปพร้อมกับการตรวจสอบลักษณะการแจกแจงของตัวแปรและการตรวจสอบลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปร จากการตรวจสอบข้อมูลสุดโต่งในภาพประกอบ 10 (รายละเอียดในภาคผนวก ค) ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีลักษณะข้อมูลสุดโต่งมากที่สุด และจากการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบเมื่อมีและไม่มีข้อมูลสุดโต่งผลการวิเคราะห์ไม่แตกต่างกันมากนักจึงคงข้อมูลสุดโต่งนั้นไว้

1.5 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปร

การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรที่ใช้ในโมเดล มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ทราบลักษณะการกระจายและการแจกแจงของตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัว โดยค่าสถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ค่าความเบ้ และค่าความโด่ง เนื่องจากผลการตรวจสอบลักษณะการแจกแจงของตัวแปรก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมลิสเรล พบว่า มีตัวแปรบางตัวมีการแจกแจงไม่ปกติ ผู้วิจัยจึงแปลงคะแนนให้เป็นคะแนนมาตรฐาน (Normal score) เพื่อให้ข้อมูลมีการแจกแจงปกติ ผลการวิเคราะห์ก่อนและหลังการแปลงคะแนนปรากฏดังตาราง 4

ตาราง 4 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ก่อนและหลังการแปลงคะแนน

ตัวแปร	$\bar{X}$	S.D.	C.V.	ก่อนแปลงคะแนน			หลังแปลงคะแนน (normal scores)		
				Sk	Ku	p value of χ^2	Sk	Ku	p value of χ^2
COM									
COML	2.82	.50	.18	.039	-.035	.911	.000	-.007	.999
COMW	8.09	3.78	.47	.156	-.562	.000	.008	-.054	.975
PROB									
PROB1	3.13	1.27	.41	-.390	-.348	.000	-.128	-.449	.004
PROB2	2.24	1.36	.61	.177	-.621	.000	.047	-.480	.003
PROB3	2.07	1.38	.67	.297	-.780	.000	.096	-.488	.002
PROB4	2.14	1.28	.60	.245	-.603	.000	.065	-.355	.064
GRO									
GRO1	3.44	.51	.15	-.183	.213	.078	-.002	-.018	1.000
GRO2	3.60	.54	.15	.038	-.020	.920	-.002	-.019	1.000
GRO3	3.39	.54	.16	.124	.015	.411	.000	-.006	.998
TEA									
TEA1	3.60	.58	.16	.103	.060	.501	-.018	-.091	.897
TEA2	3.46	.56	.16	.066	.220	.349	.000	-.012	1.000
TEA3	3.44	.61	.18	.171	-.144	.143	.002	-.036	.994
TEA4	3.49	.59	.17	.138	-.064	.326	.002	-.032	.996
TEA5	3.46	.59	.17	.202	-.134	.079	.001	-.018	1.000

จากตาราง 4 เป็นค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรก่อนและหลังการแปลงคะแนนที่ใช้ในการศึกษา สามารถแยกพิจารณาในแต่ละตัวแปรดังต่อไปนี้

ตัวแปรแฝงความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (COM) พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูดอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.82$) ส่วนความสามารถในการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียนอยู่ในระดับต่ำ ($\bar{X} = 8.09$) ตัวแปรแฝงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (PROB) พบว่า นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความสามารถอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง โดยตัวแปรการวิเคราะห์ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 3.13$) แสดงว่านักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง ตัวแปรแฝงการทำงานกลุ่ม (GRO) พบว่า นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการทำงานกลุ่มอยู่ในระดับปานกลางถึงมาก โดยตัวแปรบทบาทสมาชิกกลุ่มมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 3.60$) แสดงว่านักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีบทบาทการเป็นสมาชิกกลุ่มอยู่ในระดับมาก และตัวแปรแฝงพฤติกรรมการสอน (TEA) พบว่า พฤติกรรมการสอนของ

ครูตามการรับรู้ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมการสอนอยู่ในระดับปานกลางถึงมาก โดยมีพฤติกรรมการสอนด้านการเตรียมการสอนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 3.60$) แสดงว่าพฤติกรรมการสอนของครูตามการรับรู้ของนักเรียนด้านการเตรียมการสอนอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (C.V.) ซึ่งเป็นค่าสถิติที่ใช้ในการวัดการกระจายของข้อมูล พบว่า ตัวแปรสังเกตได้ส่วนใหญ่ข้อมูลมีการกระจายน้อย ยกเว้นตัวแปรสังเกตได้การสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน และตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทุกตัวแปร ข้อมูลมีการกระจายมาก แสดงว่านักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมีความสามารถในการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาค่าความเบ้ (Skewness) ของตัวแปรแต่ละตัวก่อนแปลงคะแนน พบว่า ลักษณะของตัวแปรส่วนใหญ่เป็นแบบเบ้ขวา (ความเบ้เป็นบวก) แสดงให้เห็นว่าคะแนนของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรนั้น ยกเว้นตัวแปรการวิเคราะห์ปัญหา บทบาทผู้นำกลุ่ม บทบาทสมาชิกกลุ่ม และการเตรียมการสอน มีลักษณะการแจกแจงของตัวแปรเป็นแบบเบ้ซ้าย (ความเบ้เป็นลบ) แสดงว่าคะแนนของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรนั้น และตัวแปรการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด กระบวนการทำงานกลุ่ม และการจัดการเรียนรู้มีความเบ้เข้าใกล้ศูนย์แสดงว่าการแจกแจงของตัวแปรเป็นโค้งปกติ และเมื่อพิจารณาค่าความโด่ง (Kurtosis) ของตัวแปรแต่ละตัวก่อนการแปลงคะแนน พบว่าลักษณะการแจกแจงของตัวแปรส่วนใหญ่เป็นลบ แสดงว่าลักษณะการแจกแจงของตัวแปรเหล่านี้ต่ำกว่าโค้งปกติ ยกเว้นตัวแปรบทบาทผู้นำกลุ่ม กระบวนการทำงานกลุ่ม การเตรียมการสอน และการจัดการเรียนรู้ มีค่าความโด่งเป็นบวก แสดงว่าลักษณะการแจกแจงของตัวแปรมีความโด่งสูงกว่าโค้งปกติ

โดยสรุปจะเห็นว่าลักษณะการแจกแจงด้านความเบ้และความโด่งของตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 14 ตัวแปร ก่อนการแปลงคะแนนจะแตกต่างจากศูนย์ทุกตัวแปร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคะแนนของตัวแปรอาจมีการแจกแจงไม่ปกติ และเมื่อทำการทดสอบความเป็นโค้งปกติด้วยค่าสถิติไค-สแควร์ พบว่า ตัวแปรการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน การวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินตามแผน และการตรวจสอบผล มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าตัวแปรเหล่านี้มีการแจกแจงไม่ปกติ ดังนั้นเพื่อให้ตัวแปรมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ผู้วิจัยจึงได้แปลงคะแนนของตัวแปรทุกตัวไปเป็นคะแนนมาตรฐาน (Normal score) ก่อนนำไปทดสอบความกลมกลืนของแบบจำลองตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งผลการวิเคราะห์หลังการแปลงคะแนน พบว่า ตัวแปรทุกตัวมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่าเดิม มีค่าความเบ้อยู่ระหว่าง -.128 ถึง .096 และค่าความโด่งอยู่ระหว่าง -.488 ถึง -.006 เมื่อทดสอบความเป็นโค้งปกติด้วยค่าไค-สแควร์ พบว่า ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 แสดงว่าตัวแปรทุกตัวมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวแปร

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในการศึกษารูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เป็นการทดสอบสมมติฐานข้อ 1 คือ องค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 4 ตัวแปร ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา (PROB1) การวางแผนแก้ปัญหา (PROB2) การดำเนินตามแผน (PROB3) และการตรวจสอบผล (PROB4) องค์ประกอบการทำงานกลุ่ม ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 3 ตัวแปร ได้แก่ บทบาทผู้นำกลุ่ม (GRO1) บทบาทสมาชิกกลุ่ม (GRO2) และกระบวนการทำงานกลุ่ม (GRO3) และองค์ประกอบพฤติกรรมการสอน ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 5 ตัวแปร ได้แก่ การเตรียมการสอน (TEA1) การจัดการเรียนรู้ (TEA2) การใช้สื่อการเรียนการสอน (TEA3) การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน (TEA4) และการวัดผลประเมินผล (TEA5) มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตได้ 2 ตัวแปร ได้แก่ การสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด (COML) และการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน (COMW) โดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

จากตาราง 5 ผลการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร พบว่า ตัวแปรส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีความสัมพันธ์ทางบวก ยกเว้นตัวแปรการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียนกับบทบาทผู้นำกลุ่ม ตัวแปรการวิเคราะห์ปัญหากับการเตรียมการสอน และการวัดผลประเมินผล ตัวแปรการวางแผนแก้ปัญหากับการใช้สื่อการเรียนการสอน และการวัดผลประเมินผล ตัวแปรการดำเนินตามแผนกับการจัดการเรียนรู้ และการวัดผลประเมินผล มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติคือ ตัวแปรการวิเคราะห์ปัญหากับกระบวนการทำงานกลุ่ม การเตรียมการสอน และการใช้สื่อการเรียนการสอน ตัวแปรการดำเนินตามแผนกับกระบวนการทำงานกลุ่ม และการใช้สื่อการเรียนการสอน

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ที่อยู่ภายในตัวแปรแฝงองค์ประกอบเดียวกัน พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง โดยตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (COML-COMW) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .307 ตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (PROB1-PROB4) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง .460-.608 ตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงการทำงานกลุ่ม (GRO1-GRO3) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง .586-.702 และตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงพฤติกรรมการสอน (TEA1-TEA5) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง .543-.785

ตาราง 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ในรูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

(N= 678)

ตัวแปร	COML	COMW	PROB1	PROB2	PROB3	PROB4	GRO1	GRO2	GRO3	TEA1	TRA2	TEA3	TEA4	TEA5
COML	1													
COMW	.307**	1												
PROB1	.129**	.327**	1											
PROB2	.164**	.427**	.536**	1										
PROB3	.204**	.311**	.484**	.523**	1									
PROB4	.218**	.324**	.460**	.608**	.509**	1								
GRO1	.336**	.096*	.127**	.177*	.133**	.163**	1							
GRO2	.381**	.171*	.193**	.227*	.116**	.216**	.586**	1						
GRO3	.375**	.115**	.078	.159**	.048	.153**	.658**	.702**	1					
TEA1	.267**	.182**	.056	.138**	.107**	.167**	.338**	.286**	.399**	1				
TRA2	.289**	.186**	.083*	.106**	.095*	.168**	.319**	.307**	.415**	.731**	1			
TEA3	.262**	.131**	.048	.094*	.048	.118**	.274**	.266**	.372**	.639**	.785**	1		
TEA4	.275**	.175**	.114**	.163**	.116**	.184**	.372**	.328**	.389**	.599**	.693**	.657**	1	
TEA5	.286**	.182**	.081*	.089*	.096*	.103**	.312**	.296**	.392**	.543**	.691**	.642**	.651**	1

**p<.01 , *p<.05

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัด (Measurement model)

โปรแกรมลิสมัลมีลักษณะเด่นอีกอย่างหนึ่งก็คือ ลักษณะของโมเดลในโปรแกรมลิสมัล โดยโมเดลใหญ่ในโปรแกรมลิสมัลประกอบด้วยโมเดลที่สำคัญสองโมเดล คือ โมเดลการวัด (Measurement model) และโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural equation model) ซึ่งโมเดลการวัดจะทำให้โปรแกรมลิสมัลสามารถแก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนในการวัด (Measurement error) ได้ โดยใช้หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน หรือการวิเคราะห์ยืนยันองค์ประกอบ (Confirmatory factor analysis) ในการประมาณค่าตัวแปรแฝงตามโมเดลแสดงความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรสังเกตได้กับตัวแปรแฝง แล้วใช้ตัวแปรแฝงไปวิเคราะห์ข้อมูล นอกจากนั้นการวิเคราะห์องค์ประกอบยังเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ชุดหนึ่งที่เกิดจากตัวแปรแฝงหรือคุณลักษณะแฝงที่เป็นองค์ประกอบอย่างไร แต่ในการวิเคราะห์องค์ประกอบนั้นนักวิจัยจะต้องมีสมมติฐานการวิจัยที่แน่นอนว่ามีองค์ประกอบใดส่งอิทธิพลไปยังตัวแปรสังเกตได้ หรือนักวิจัยต้องทราบโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและกำหนดเป็นโมเดลการวิจัยไว้ ดังนั้นการวิเคราะห์องค์ประกอบก็คือ การตรวจสอบว่าข้อมูลเชิงประจักษ์สอดคล้องกับโมเดลการวิจัย และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันยังเป็นการวิเคราะห์ที่มีประโยชน์มากในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542: 10, 37-39)

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัด เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลเชิงประจักษ์สอดคล้องกับโมเดลการวัดหรือไม่ และตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (construct validity) ของตัวแปรแฝง เพื่อให้แน่ใจว่าตัวแปรสังเกตได้ในแต่ละตัวแปรแฝงนั้นเป็นตัวบ่งชี้หรือตัวชี้วัดที่เหมาะสมสำหรับการวัดตัวแปรแฝงที่กำหนดไว้ โดยค่าที่ใช้ในการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างคือค่าน้ำหนักองค์ประกอบควรมีค่ามากกว่า .30 (ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ, 2543: 264) และผู้วิจัยได้แบ่งโมเดลการวัดออกเป็น 2 โมเดล คือ โมเดลการวัดตัวแปรแฝงภายนอก และโมเดลการวัดตัวแปรแฝงภายใน

3.1 รูปแบบการวัดตัวแปรแฝงภายนอก

รูปแบบการวัดตัวแปรแฝงภายนอก ประกอบด้วยตัวแปรแฝง 2 ตัวแปร คือ ตัวแปรแฝงการทำงานกลุ่ม (GRO) และตัวแปรแฝงพฤติกรรมกรรมการสอน (TEA) ได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 6

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis) โมเดลการวัดตัวแปรแฝงภายนอก (n=678)

องค์ประกอบ	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ b(SE)	ความคลาดเคลื่อน ของตัวบ่งชี้ (e)	t	ความเชื่อมั่น (R ²)
GRO				
GRO1	.74(.27)	.45	21.31	.55
GRO2	.77(.28)	.40	22.41	.60
GRO3	.90(.35)	.18	27.60	.82
TEA				
TEA1	.77(.12)	.41	21.82	.59
TEA2	.86(.35)	.26	26.48	.74
TEA3	.81(.12)	.34	24.34	.66
TEA4	.80(.12)	.36	24.08	.64
TEA5	.80(.16)	.36	23.72	.64
Chi-Square = 21.959 df = 15 P-value = .109 RMSEA = .026 SRMR = .019 GFI = .992 AGFI = .981				

จากตาราง 6 พบว่า ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดตัวแปรแฝงภายนอกมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พิจารณาได้จากค่าสถิติไค-สแควร์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 21.959$, df = 15 , p = .109) ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ .992 และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .981 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ (>.90) ส่วนค่ามาตรฐานดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองส่วนที่เหลือ (SRMR) เท่ากับ .019 และค่ามาตรฐานดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ .026 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า .05 แสดงว่ารูปแบบการวัดตัวแปรแฝงภายนอกมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยแยกพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบของแต่ละองค์ประกอบได้ดังนี้

องค์ประกอบการทำงานกลุ่ม (GRO) มีตัวบ่งชี้ 3 ตัว ได้แก่ บทบาทผู้นำกลุ่ม (GRO1) บทบาทสมาชิกกลุ่ม (GRO2) และกระบวนการทำงานกลุ่ม (GRO3) โดยตัวแปรที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุดคือ กระบวนการทำงานกลุ่ม มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .90 มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .82 รองลงมาคือ บทบาทสมาชิกกลุ่ม และ บทบาทผู้นำกลุ่ม มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .77 และ .74 ตามลำดับ โดยมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .60 และ .55 ตามลำดับ แสดงว่าตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 3 ตัวแปร เป็นตัวบ่งชี้หรือตัวชี้วัดที่เหมาะสมของตัวแปรแฝงการทำงานกลุ่ม

องค์ประกอบพฤติกรรมการสอน (TEA) มีตัวบ่งชี้ 5 ตัว ได้แก่ การเตรียมการสอน (TEA1) การจัดการเรียนรู้ (TEA2) การใช้สื่อการเรียนการสอน (TEA3) การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน (TEA4) และการวัดผลประเมินผล (TEA5) โดยตัวแปรที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุดคือ การจัดการเรียนรู้ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .86 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .74 รองลงมาคือ การใช้สื่อการเรียนการสอน การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน และการวัดผลประเมินผล มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .81 และ .80 ตามลำดับ โดยการสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน และการวัดผลประเมินผลมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากัน และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .66 และ .64 ตามลำดับ ส่วนการเตรียมการสอน มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .77 ซึ่งมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบน้อยที่สุด และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .59 แสดงว่าตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 5 ตัวแปร เป็นตัวบ่งชี้หรือตัวชี้วัดที่เหมาะสมของตัวแปรแฝงพฤติกรรมการสอน

3.2 รูปแบบการวัดตัวแปรแฝงภายใน

รูปแบบการวัดตัวแปรแฝงภายใน ประกอบด้วยตัวแปรแฝง 2 ตัวแปร คือ ตัวแปรแฝงความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (COM) และตัวแปรแฝงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (PROB) ได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง 7

ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory factor analysis) โมเดลการวัดตัวแปรแฝงภายใน (n=678)

องค์ประกอบ	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ b(SE)	ความคลาดเคลื่อน ของตัวบ่งชี้ (e)	t	ความเชื่อมั่น (R ²)
COM				
COML	.43(.49)	.82	8.65	.18
COMW	.72(.24)	.48	11.27	.52
PROB				
PROB1	.66(.05)	.57	17.629	.43
PROB2	.85(.05)	.28	22.90	.72
PROB3	.70(.06)	.51	17.39	.49
PROB4	.70(.05)	.51	19.02	.49
Chi-Square = 11.192 df = 6 P-value = .083 RMSEA = .036 SRMR = .017 GFI = .995 AGFI = .981				

จากตาราง 7 พบว่า ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดตัวแปรแฝงภายในมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พิจารณาได้จากค่าสถิติไค-สแควร์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 11.192$, $df = 6$, $p = .083$) ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ .995 และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .981 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ ($>.90$) ส่วนค่ามาตรฐานดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองส่วนที่เหลือ (SRMR) เท่ากับ .017 และค่ามาตรฐานดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ .036 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า .05 แสดงว่ารูปแบบการวัดตัวแปรแฝงภายในมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยแยกพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบของแต่ละองค์ประกอบได้ดังนี้

องค์ประกอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (COM) มีตัวบ่งชี้ 2 ตัว ได้แก่ การสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด (COML) และการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน (COMW) มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .43 และ .72 ตามลำดับ โดยมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .18 และ .52 ตามลำดับ แสดงว่าตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 2 ตัวแปร เป็นตัวบ่งชี้หรือตัวชี้วัดที่เหมาะสมของตัวแปรแฝงความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (PROB) มีตัวบ่งชี้ 4 ตัว ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา (PROB1) การวางแผนแก้ปัญหา (PROB2) การดำเนินการตามแผน (PROB3) และการตรวจสอบผล (PROB4) โดยตัวแปรที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมากที่สุดคือ การวางแผนแก้ปัญหา มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .85 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .72 รองลงมาคือ การดำเนินการตามแผน การตรวจสอบผล และการวิเคราะห์ปัญหา มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ .70 และ .66 ตามลำดับ โดยการดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผลมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากัน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .49 และ .43 ตามลำดับ แสดงว่าตัวแปรสังเกตได้ทั้ง 4 ตัวแปร เป็นตัวบ่งชี้หรือตัวชี้วัดที่เหมาะสมของตัวแปรแฝงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เมื่อพิจารณาค่าสถิติวัดความสอดคล้องแสดงว่ารูปแบบการวัดตัวแปรแฝงภายนอกและภายในที่กำหนดไว้เป็นรูปแบบที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดความตรงเชิงโครงสร้างของแต่ละองค์ประกอบมีค่ามากกว่า .30 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกตัวแปร ส่วนค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง จึงเป็นการยืนยันได้ว่าตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวเป็นตัวบ่งชี้หรือตัวชี้วัดที่เหมาะสมของตัวแปรแฝงตัวนั้นจึงมีความเหมาะสมที่นำไปศึกษาในครั้งนี้

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์โมเดลลิสเรล การตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลตามสมมติฐานการวิจัยที่ได้พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ สามารถทำได้ 3 แนวทาง (สุชาติ สุธรรมรักษ์. 2545: 183; อ้างอิงจาก Joreskog & Sorbom. 1993: 115) คือ

1. การทดสอบยืนยันโมเดลอย่างเข้มงวด (strictly confirmatory : SC) เป็นการทดสอบโมเดลที่ผู้วิจัยกำหนดโมเดลสมมติฐานการวิจัยเพียง 1 โมเดล แล้วเก็บข้อมูลเชิงประจักษ์เพื่อทดสอบโมเดลนี้ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ คือ ปฏิเสธ หรือไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลักที่ว่าโมเดลสมมติฐานการวิจัยมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์
2. การทดสอบที่ผู้วิจัยกำหนดโมเดลทางเลือก (alternative models : AM) หรือโมเดลคู่แข่ง (competing models) ไว้ แล้วใช้โปรแกรมลิสเรลทดสอบเพื่อเลือกโมเดลที่ดีที่สุด
3. การทดสอบเพื่อพัฒนาโมเดล (model generating : MG) โดยผู้วิจัยกำหนดโมเดลเริ่มต้นที่อาจปรับเปลี่ยนได้ ถ้าพบว่าโมเดลนั้นไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยมีการปรับโมเดล ทดสอบใหม่ ปรับปรุงและทดสอบซ้ำไปเรื่อยๆ เป้าหมาย คือ การค้นหาโมเดลที่สามารถตีความพารามิเตอร์ในโมเดลได้อย่างมีความหมาย แนวทางนี้เป็นวิธีการพัฒนาโมเดลมากกว่าการทดสอบโมเดลเพียงอย่างเดียว

ในทางปฏิบัติโจรสคอกและซอร์บอม พบว่า นักวิจัยส่วนใหญ่มักเลือกใช้แนวทางที่ 3 ในการวิเคราะห์ความกลมกลืนของโมเดลลิสเรลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ทั้งนี้เนื่องจาก การทดสอบในลักษณะแนวทางที่หนึ่งมีโอกาสเกิดขึ้นน้อยมาก เพราะนักวิจัยส่วนใหญ่มักไม่พอใจหากผลสรุปเพียงว่า โมเดลตามสมมติฐานไม่มีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แล้วก็ยุติการศึกษา ส่วนการศึกษาตามแนวทางที่ 2 พบว่า ยังมีไม่มากนัก ทั้งนี้เพราะนักวิจัยส่วนใหญ่ไม่ได้กำหนดโมเดลคู่แข่งหลายๆ โมเดลไว้ล่วงหน้า

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกแนวทางที่ 2 และแนวทางที่ 3 ในการตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยในขั้นตอนแรกผู้วิจัยกำหนดโมเดลทางเลือกไว้ 2 โมเดล คือโมเดล ก และโมเดล ข (ภาพประกอบ 1 และภาพประกอบ 2) ซึ่งโมเดล ก เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบอิทธิพลทางเดียว (recursive model) ส่วนโมเดล ข เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบอิทธิพลย้อนกลับ (non-recursive model) จากนั้นทำการทดสอบโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ทั้ง 2 โมเดล เพื่อเลือกโมเดลที่ดีกว่า โดยพิจารณาจากค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of fit Measures) ซึ่งสถิติในกลุ่มนี้ใช้เพื่อตรวจสอบความตรงของโมเดล (Validation of the Model) ในภาพรวม และยังมีประโยชน์ในการเปรียบเทียบโมเดลที่แตกต่างกันสองโมเดลว่าโมเดลใดมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่ากัน (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 53) หลังจากเลือกโมเดลที่ดีกว่าแล้ว ถ้าปรากฏว่าโมเดลยังไม่กลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผู้วิจัยจะทำการพัฒนาโมเดลเพื่อให้ได้โมเดลของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่มีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และสามารถอธิบายค่าพารามิเตอร์ได้ดีที่สุด ผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้นำเสนอตามขั้นตอนดังนี้

4.1 การตรวจสอบความสอดคล้องของรูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์ในส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลตามสมมติฐานการวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตาราง 8

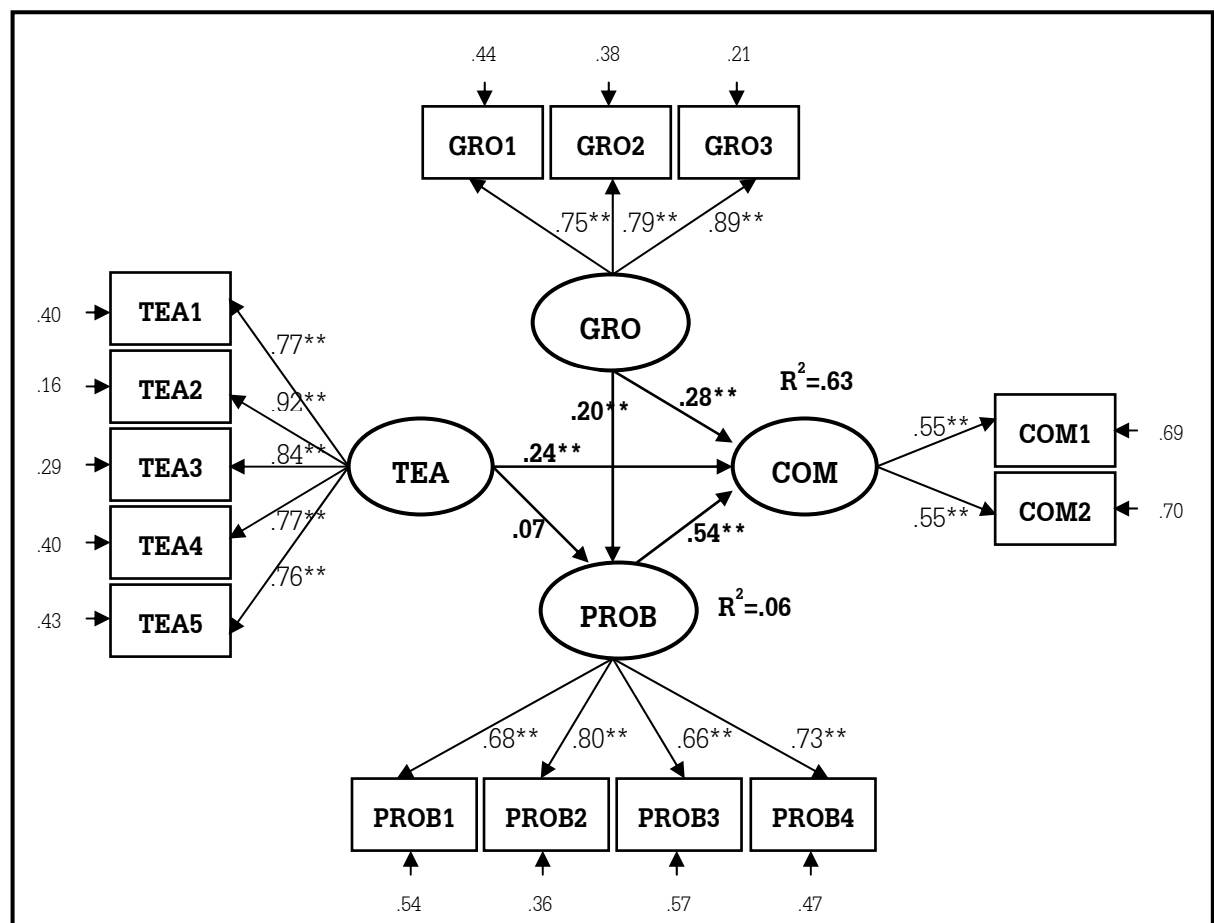
ตาราง 8 ค่าสถิติความสอดคล้องของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในภาพรวม

ค่าดัชนี	เกณฑ์	โมเดล ก (recursive model)		โมเดล ข (non-recursive model)	
		ค่าสถิติ	ผลการพิจารณา	ค่าสถิติ	ผลการพิจารณา
Chi-square/df	< 2	247.502/71 = 3.486	ไม่ผ่านเกณฑ์	447.698/71 = 6.306	ไม่ผ่านเกณฑ์
p value of χ^2	> .05	.000	ไม่ผ่านเกณฑ์	.000	ไม่ผ่านเกณฑ์
RMSEA	≤ .05	.061	ไม่ผ่านเกณฑ์	.089	ไม่ผ่านเกณฑ์
SRMR	≤ .05	.052	ไม่ผ่านเกณฑ์	.315	ไม่ผ่านเกณฑ์
GFI	> .90	.950	ผ่านเกณฑ์	.905	ผ่านเกณฑ์
AGFI	> .90	.927	ผ่านเกณฑ์	.860	ไม่ผ่านเกณฑ์
CN	≥ 200	271.092	ผ่านเกณฑ์	75.415	ไม่ผ่านเกณฑ์

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 8 เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลของโมเดล ก และโมเดล ข ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ข้อมูลของโมเดล ก จะเห็นว่าค่าสถิติไค-สแควร์มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 247.502$, df = 71 , p = .000) แสดงว่ารูปแบบไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เนื่องจากค่าไค-สแควร์เป็นค่าที่มีขนาดความไวต่อกลุ่มตัวอย่าง ยิ่งกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่มากก็จะส่งผลให้ค่าไค-สแควร์มีนัยสำคัญทางสถิติ นำไปสู่การสรุปว่าโมเดลไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ทั้งที่ความเป็นจริงแล้วรูปแบบนั้นสอดคล้องเป็นอย่างดีกับข้อมูล ดังนั้นวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวควรมีการพิจารณาค่าสถิติไค-สแควร์ต่อระดับความเป็นอิสระ (สุชุม มูลเมือง. 2539: 128) แต่จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าค่าสถิติไค-สแควร์ต่อระดับความเป็นอิสระมีค่ามากกว่า 2 และค่า SRMR เท่ากับ .052 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ จึงยังคงสรุปว่ารูปแบบอาจจะไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แต่เมื่อพิจารณาค่า GFI AGFI และค่า CN มีค่า .950 .927 และ 271.092 ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งให้เห็นว่าโมเดลยังมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ถึงแม้ว่าค่า RMSEA จะไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แต่ยังมีค่าน้อยกว่า .08 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังนั้นสรุปได้ว่าโมเดล ก มีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์พอใช้ ส่วนโมเดล ข ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าสถิติไค-สแควร์ของโมเดล ข มีค่ามากกว่าค่าไค-สแควร์ของโมเดล ก และมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 447.698$, df = 71, p = .000) และค่าสถิติไค-สแควร์ต่อระดับความเป็นอิสระมีค่ามากกว่า 2 ค่า RMSEA = .089, SRMR = .315, GFI = .905, AGFI = .860 และค่า CN = 75.415 ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจึงสรุปได้ว่าโมเดล ข เป็นโมเดลที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ถึงแม้ว่าค่า GFI = .905 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ก็ตาม

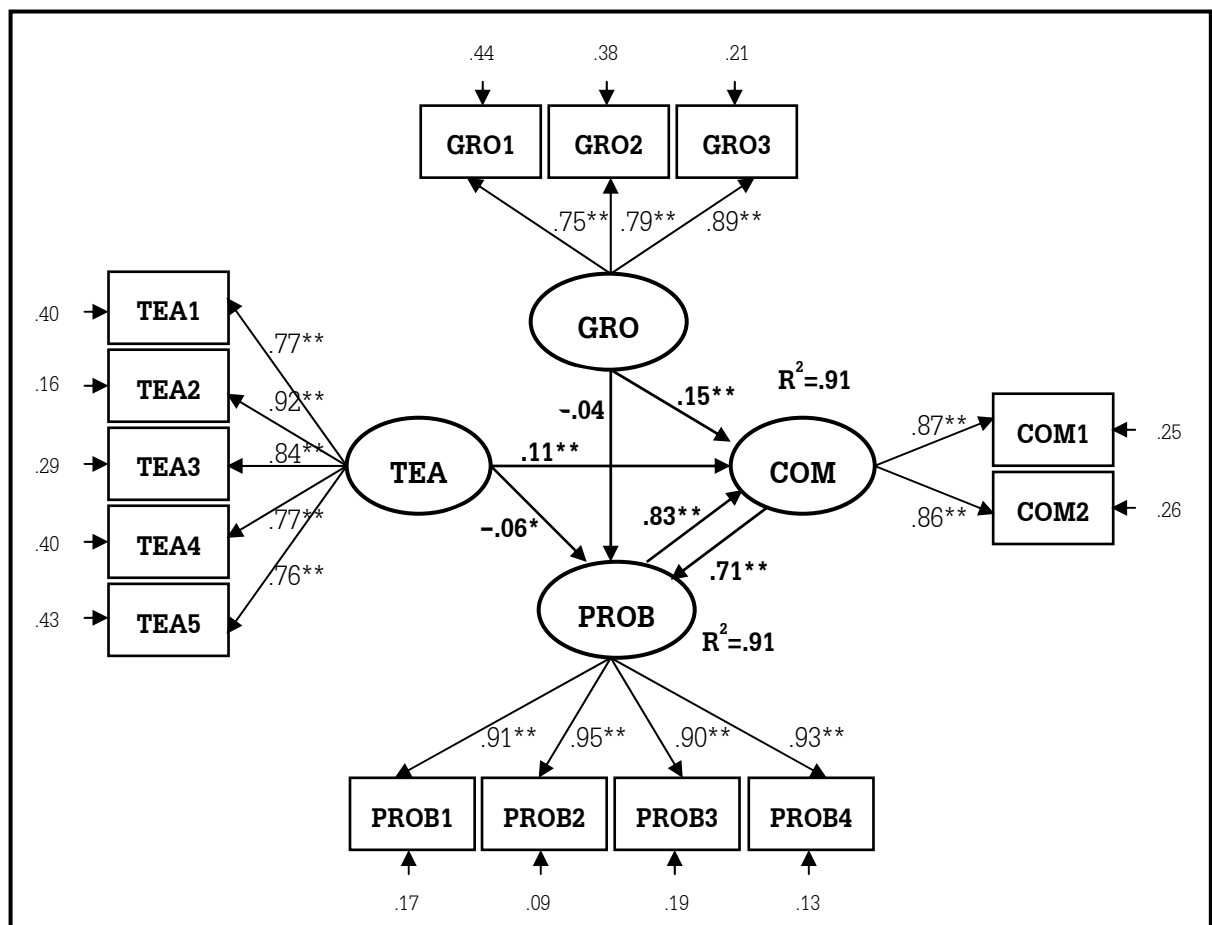
นอกจากนั้นค่าส่วนเหลือที่ปรับมาตรฐานหรือความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐาน (Standardized Residuals) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยค่าส่วนเหลือที่ปรับมาตรฐานควรมีค่าสัมบูรณ์ไม่เกิน 2.58 (สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์ และคณะ. 2549: 251-252) ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ พบว่าค่าส่วนเหลือที่ปรับมาตรฐานของโมเดล ก มีค่าตั้งแต่ -7.658 ถึง 6.504 โดยในเมทริกซ์ค่าส่วนเหลือที่ปรับมาตรฐานที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า 2.58 มีจำนวน 27 คู่ ส่วนโมเดล ข ค่าส่วนเหลือที่ปรับมาตรฐานมีค่าตั้งแต่ -328.071 ถึง 4.485 โดยเมทริกซ์ค่าส่วนเหลือที่ปรับมาตรฐานที่มีค่าสัมบูรณ์มากกว่า 2.58 มีจำนวน 58 คู่ แสดงให้เห็นว่าโมเดล ก เป็นโมเดลที่ดีกว่าโมเดล ข และจากภาพประกอบ 6 และภาพประกอบ 7 ยังพบว่า อิทธิพลทางตรงของพฤติกรรมการสอนไปยังความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของโมเดล ก ไม่มีนัยสำคัญ ส่วนเส้นทางอิทธิพลของโมเดล ข พบว่า การทำงานกลุ่มและพฤติกรรมการสอนของครูมีอิทธิพลทางตรงไปยังความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไม่มีนัยสำคัญและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลมีค่าเป็นลบ

ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าสถิติวัดความสอดคล้อง ค่าส่วนเหลือที่ปรับมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางระหว่างโมเดล ก และโมเดล ข จะเห็นว่าโมเดล ก เป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมมากกว่าโมเดล ข ดังนั้นในการอธิบายรูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยจึงใช้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของโมเดล ก



**p < .01

ภาพประกอบ 6 รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (โมเดล ก)



**p < .01 , *p < .05

ภาพประกอบ 7 รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (โมเดล ข)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตาราง 8 และภาพประกอบ 6 พบว่า โมเดล ก ตามสมมติฐานมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์พอใช้ และเส้นทางอิทธิพลของตัวแปรพฤติกรรมการสอนของครูไปยังความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่มีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงดำเนินการปรับโมเดลโดยพิจารณาความเป็นไปได้ในเชิงทฤษฎี และอาศัยดัชนีปรับโมเดล (Model Modification Indices: MI) โดยปรับค่าที่โปรแกรมเสนอแนะหรือค่าที่มากที่สุดก่อนเป็นแนวทางในการปรับโมเดลจนกว่าจะได้ข้อมูลที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และเนื่องจากในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์อิทธิพลที่มีความคลาดเคลื่อนในการวัดตัวแปร และความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันได้ (เนงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 208) ผู้วิจัยจึงปรับโมเดลโดยกำหนดให้ความคลาดเคลื่อน (Error) ของตัวแปรสังเกตได้มีความสัมพันธ์กัน เช่น กำหนดให้ความคลาดเคลื่อนของตัวแปร PROB2 กับ COM1 , PROB3 กับ COMW, PROB3 กับ PROB1, PROB1 กับ COMW มีความสัมพันธ์กัน เป็นต้น (รายละเอียดการปรับโมเดลอยู่ในภาคผนวก ง)

4.2 ผลการปรับรูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ผลจากการปรับโมเดลทำให้ได้โมเดลที่มีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์และได้ค่าสถิติตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังตาราง 9 และภาพประกอบ 8

ตาราง 9 ค่าสถิติความสอดคล้องของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในภาพรวม (หลังปรับโมเดล)

ค่าดัชนี	เกณฑ์	ค่าสถิติ	ผลการพิจารณา
Chi-square/df	< 2	61.228/51 = 1.200	ผ่านเกณฑ์
p value of χ^2	> .05	.155	ผ่านเกณฑ์
RMSEA	$\leq$.05	.017	ผ่านเกณฑ์
SRMR	$\leq$.05	.024	ผ่านเกณฑ์
GFI	> .90	.987	ผ่านเกณฑ์
AGFI	> .90	.974	ผ่านเกณฑ์
CN	$\geq$ 200	845.705	ผ่านเกณฑ์

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 9 พบว่า โมเดลตามสมมติฐานมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ดีหรือโมเดลมีความเที่ยงตรงสูง พิจารณาได้จากค่าสถิติไค-สแควร์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 61.228$, $df = 51$, $p = .155$) ค่าสถิติไค-สแควร์ต่อระดับความเป็นอิสระมีเท่ากับ 1.200 น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ .987 และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .974 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ (>.90) ส่วนค่ามาตรฐานดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองส่วนที่เหลือ (SRMR) เท่ากับ .024 และค่ามาตรฐานดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ .017 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า .05 และค่า CN (Critical N) เท่ากับ 845.705 ซึ่งมากกว่า 200 จึงสรุปได้ว่า โมเดลตามสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

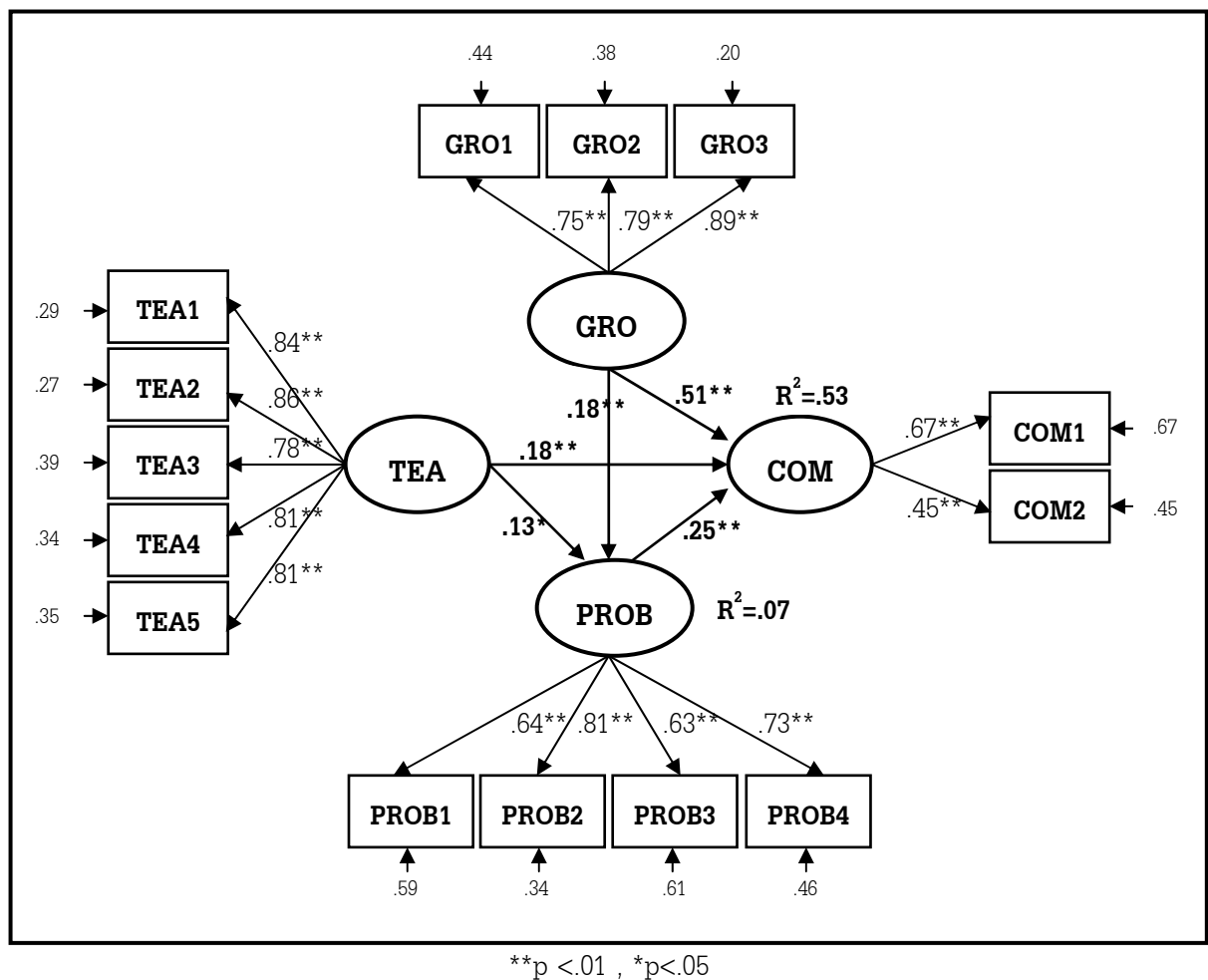
ตาราง 10 อิทธิพลทางตรง (DE) อิทธิพลทางอ้อม (IE) อิทธิพลรวม (TE) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณกำลังสอง (R^2) ของตัวแปรเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อตัวแปรความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ตัวแปรเชิงสาเหตุ	PROB			COM		
	DE	IE	TE	DE	IE	TE
PROB	-	-	-	.25**	-	.25**
GRO	.18**	-	.18**	.51**	.04**	.55**
TEA	.13*	-	.13*	.18**	.03*	.21**
R^2		.07			.53	

**p < .01 , *p < .05

จากตาราง 10 เมื่อพิจารณาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (COM) ซึ่งเป็นตัวแปรผลลัพธ์สุดท้ายของโมเดล พบว่า ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้รับอิทธิพลรวมสูงสุดจาก การทำงานกลุ่ม (GRO) รองลงมาคือ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (PROB) และพฤติกรรมการสอนของครู (TEA) และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้รับอิทธิพลทางตรงจากความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลเท่ากับ .25 , .51 และ .18 ตามลำดับ และได้รับอิทธิพลทางอ้อมจาก การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ตามลำดับ โดยผ่านทางความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลเท่ากับ .04 และ .03 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (R^2) พบว่าตัวแปรสาเหตุทั้ง 3 ตัวแปรที่นำมาศึกษาในรูปแบบสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 53

จากที่กล่าวถึงค่าอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมขององค์ประกอบเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ สามารถแสดงได้ดังแผนภาพ 8



ภาพประกอบ 8 รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (หลังปรับโมเดล)

โดยสรุปจากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลการวัดตัวแปรแฝง มีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนั้นตัวแปรสังเกตได้แต่ละตัวจึงเป็นตัวบ่งชี้หรือตัวชี้วัดของตัวแปรแฝงตัวนั้น และผลการเปรียบเทียบโมเดล ก กับโมเดล ข พบว่า โมเดล ก เป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมและกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดล ข ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของโมเดล ก ในการนำเสนอผลการวิจัยในครั้งนี้ แต่เนื่องจากโมเดล ก มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์พอใช้ และเส้นทางอิทธิพลทางตรงของพฤติกรรมการสอนไม่มีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงนำโมเดล ก ไปปรับปรุงให้ดีขึ้น

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ เพื่อศึกษารูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร โดยความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผล องค์ประกอบด้านการทำงานกลุ่ม ได้แก่ บทบาทผู้นำกลุ่ม บทบาทสมาชิกกลุ่ม และกระบวนการทำงานกลุ่ม องค์ประกอบด้านพฤติกรรมการสอน ได้แก่ การเตรียมการสอน การจัดการเรียนรู้ การใช้สื่อการเรียนการสอน การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน และการวัดผลประเมินผล ที่ส่งผลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด และการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน โดยมีวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อ 1) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรม การสอนกับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ 2) เพื่อศึกษารูปแบบโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของ องค์ประกอบด้านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอนว่ามีอิทธิพลต่อกันมากน้อยเพียงใด ในทิศทางใด โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549 เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร จำนวน 678 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 5 ฉบับ โดยเป็นแบบทดสอบ 2 ฉบับ คือ แบบทดสอบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียนมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดในรูปของสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ข้อ และในแต่ละข้อสถานการณ์จะมีข้อความย่อย มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .711 และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นแบบทดสอบเลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก มีทั้งหมด 5 ข้อปัญหา โดยในแต่ละข้อปัญหาเป็นข้อความสถานการณ์ที่ประกอบด้วยคำถามย่อย 4 ข้อ ตามลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาของโพลยา คือ การวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผล รวมทั้งฉบับมี 20 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .715 และแบบสอบถามจำนวน 3 ฉบับ โดยแบบสอบถามแต่ละฉบับมีลักษณะเป็นมาตรประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด ได้แก่ แบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด จำนวน 20 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .957 แบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่มจำนวน 50 ข้อ โดยแบ่งเป็นบทบาทผู้นำกลุ่ม 15 ข้อ บทบาทสมาชิกกลุ่ม 15 ข้อ และกระบวนการทำงานกลุ่ม 20 ข้อ โดยวัดการทำงานกลุ่มตามการรับรู้ของนักเรียน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .957 และแบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอนจำนวน 45 ข้อ โดยแบ่งเป็นการเตรียมการสอน 6 ข้อ การจัดการเรียนรู้ 19 ข้อ การใช้สื่อการเรียนการสอน 6 ข้อ การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน 6 ข้อ และการวัดผลประเมินผล 8 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .951 ซึ่งทั้งแบบทดสอบและแบบสอบถามผู้วิจัยได้สร้างและนำมาใช้มาจากแนวคิด ทฤษฎี และแบบสอบถามที่มีนักวิชาการได้ทำการศึกษาไว้แล้ว และผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความง่าย ค่าอำนาจจำแนก ความเที่ยงตรงเชิงสภาพ ความเชื่อมั่น และความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบและแบบสอบถามทั้ง 5 ฉบับ ไปเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมากกว่าที่วางแผนไว้ประมาณร้อยละ 30 คิดเป็น 740 ฉบับ และได้แบบวัดคืนมาทั้งหมด 740 ฉบับ จากนั้นนำแบบวัดที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยคัดเลือกเฉพาะแบบวัดฉบับที่สมบูรณ์ จึงได้แบบวัดจำนวนทั้งหมด 678 ฉบับ คิดเป็น 91.62% ของแบบวัดทั้งหมด และนำแบบทดสอบและแบบสอบถามที่คัดเลือกไปมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ย ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows การวิเคราะห์ข้อมูลตามสมมติฐานการวิจัยเป็นการสร้างและพัฒนารูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์สมการโครงสร้างเชิงเส้น และตรวจสอบความสอดคล้องของรูปแบบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป LISREL โดยใช้ค่า χ^2 , SRMR, RMSEA, GFI, AGFI และ CN เป็นดัชนีวัดระดับความกลมกลืน

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงสาเหตุที่ส่งผลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้ที่อยู่ภายในตัวแปรแฝงเดียวกัน มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า และมีความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง โดยตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (COML-COMW) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .307 ตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (PROB1-PROB4) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง .460 - .608 ตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงการทำงานกลุ่ม (GRO1-GRO3) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง .586 - .702 และตัวแปรสังเกตได้ของตัวแปรแฝงพฤติกรรมการสอน (TEA1-TEA5) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง .543 - .785

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบโมเดลทางเลือกระหว่างโมเดล 2 แบบ พบว่า โมเดล ก ได้ค่าสถิติไค-สแควร์มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 247.502$, $df = 71$, $p = .000$) และ ค่า RMSEA = .061, SRMR = .052, GFI = .950, AGFI = .927 และค่า CN = 271.092 ส่วนโมเดล ข มีค่าไค-สแควร์มากกว่าโมเดล ก และมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2 = 447.698$, $df = 71$, $p = .000$) และ ค่า RMSEA = .089, SRMR = .315, GFI = .905, AGFI = .860 และค่า CN = 75.415 จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อเปรียบเทียบค่าสถิติระหว่างโมเดล ก และโมเดล ข พบว่า โมเดล ก เป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมและกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดล ข ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตัดสินใจเลือกโมเดล ก ในการนำเสนอผลการวิจัยในครั้งนี้ แต่ผลการวิเคราะห์ของโมเดล ก ตามสมมติฐานมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์พอใช้ และเส้นทางอิทธิพลของตัวแปรพฤติกรรมการสอนของครูไปยังความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่มีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงดำเนินการปรับโมเดล ก เพื่อให้โมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ดี ภายหลังการปรับโมเดล ก พบว่า โมเดลตามสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ดี หรือโมเดลมีความเที่ยงตรงสูง พิจารณาได้จากค่าสถิติไค-สแควร์ มีค่า 61.228 โดยมีค่าความน่าจะเป็นเท่ากับ .155 สถิติไค-สแควร์ต่อระดับความเป็นอิสระน้อยกว่า 2 มีค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) เท่ากับ .987 และค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (AGFI) เท่ากับ .974 ซึ่งมีค่าสูงกว่า

เกณฑ์ (มากกว่า .90) และค่ามาตรฐานดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองส่วนที่เหลือ (SRMR) เท่ากับ .024 และค่ามาตรฐานดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ .017 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า .05 ค่า CN (Critical N) เท่ากับ 845.705 ซึ่งมีค่ามากกว่า 200 จึงสรุปได้ว่าโมเดลตามสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3. เส้นทางอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมของโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ พบว่า ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้รับอิทธิพลรวมสูงสุดจาก การทำงานกลุ่ม (GRO) รองลงมา คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (PROB) และพฤติกรรมการสอนของครู (TEA) โดยตัวแปรสาเหตุทั้ง 3 ตัวร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 53 มีรายละเอียด คือ 1) ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้รับอิทธิพลทางตรงจากความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลเท่ากับ .25 แสดงว่านักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงจะส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สูง 2) ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้รับอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมจากการทำงานกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลเท่ากับ .51 กับ .04 ตามลำดับ โดยอิทธิพลทางอ้อมส่งผ่านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แสดงว่านักเรียนที่มีการทำงานกลุ่มจะส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ 3) ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้รับอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมจากพฤติกรรมการสอนของครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลเท่ากับ .18 กับ .03 ตามลำดับ โดยอิทธิพลทางอ้อมส่งผ่านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แสดงว่าพฤติกรรมการสอนของครูส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ 4) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้รับอิทธิพลทางตรงจากการทำงานกลุ่มและพฤติกรรมการสอนของครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 มีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลเท่ากับ .18 กับ .13 ตามลำดับ แสดงว่าครูที่จัดการเรียนการสอนและให้นักเรียนทำงานกลุ่มร่วมกันส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

อภิปรายผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยโมเดลทางเลือก 2 แบบ คือโมเดล ก เป็นโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบอิทธิพลทางเดียว (recursive model) จากความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอนไปยังความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และโมเดล ข เป็นโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุแบบอิทธิพลย้อนกลับ (non-recursive model) จากความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอนไปยังความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มีอิทธิพลย้อนกลับมาที่ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบโมเดลทางเลือกระหว่างโมเดล 2 แบบ พบว่า โมเดล ก เป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่าโมเดล ข และในการวิจัยผู้วิจัยจะเลือกโมเดลแบบประหยัด ซึ่งเป็นโมเดลที่มีเส้นทางอิทธิพลน้อยกว่าแต่สามารถอธิบายความแปรปรวนระหว่างตัวแปรได้มากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงอภิปรายผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากโมเดล ก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

จากโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ตามสมมติฐานการวิจัยของโมเดล ก พบว่า ตัวแปรสาเหตุทั้ง 3 ตัวแปรร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 53 ส่วนที่เหลือเป็นอิทธิพลของตัวแปรที่ไม่ได้ถูกเลือกเข้ามา ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้รับอิทธิพลทางตรงจากความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอน และได้รับอิทธิพลทางอ้อมจากการทำงานกลุ่มและพฤติกรรมการสอนโดยผ่านทางความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และโมเดลตามสมมติฐานมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์สามารถแยกอภิปรายผลการวิจัย ได้ดังนี้

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ($\beta = .25$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 หมายความว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เพราะเมื่อนักเรียนลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นักเรียนต้องมีการเขียนอธิบาย หรือคิดหาวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา และเมื่อนักเรียนมีปัญหาก็แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นักเรียนต้องมีการถามเพื่อนหรือครู ทำให้นักเรียนได้พูดคุยถึงวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งในการพูดคุยหรือเขียนอธิบายถึงวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นนักเรียนต้องนำความรู้หลักการ แนวคิดทางคณิตศาสตร์ ต้องใช้ศัพท์ นิยาม หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบ มีผลทำให้นักเรียนได้แสดงแนวคิด อธิบายแนวคิดของตนเอง ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในสัญลักษณ์ เข้าใจความหมายของคำศัพท์และตีความหมายจากกราฟ ตาราง ได้ดีขึ้น ดังที่เซลิวสกี (Zalewski. 1978: 2804-A) ได้ทำการวิจัยพบว่า องค์ประกอบที่ช่วยในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ความสามารถในการเข้าใจสัญลักษณ์ ความสามารถในการจัดกระทำ ความเข้าใจในการอ่านศัพท์และการตีความหมายจากกราฟ ตาราง ความคิดรวบยอดในทางคณิตศาสตร์ และทักษะในการคำนวณ สอดคล้องกับที่กรมวิชาการ (2545ก: 201-203) ได้อธิบายว่า การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนเกิดทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ คือ ต้องให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา เพราะในการแก้ปัญหาจะทำให้นักเรียนคิดหาวิธีแก้ปัญหา มีการใช้ภาพ ตาราง หรือกราฟช่วยในการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับแนวความคิดของแลปเพน และ ชราม (Lappan; & Schram. 1989: 29) ได้กล่าวว่า การพัฒนาการสื่อสารต้องจัดกิจกรรมให้นักเรียนอธิบายกระบวนการในการแก้ปัญหา สอดคล้องกับงานวิจัย

ของสมเดช บุญประจักษ์ (2540: 91-92) ได้ทำวิจัยเพื่อพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้านความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการใช้คณิตศาสตร์สื่อสาร โดยใช้วิธีการเรียนแบบร่วมมือ คือให้นักเรียนร่วมกันทำงานเป็นกลุ่มเล็กๆ ประมาณกลุ่มละ 4 คน โดยฝึกผ่านกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของ โพลยา คือ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบผล ผลการวิจัยพบว่า ศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้านความสามารถในการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในทำนองเดียวกันงานวิจัยของศิริพร รัตนโกสินทร์ (2546: 74-75) ยังพบว่า การใช้ชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์ที่เน้นการฝึกแก้ปัญหาผ่านกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา และแนวคิดเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่เป็นพลวัตของวิลสัน เฟอร์นันเดซ และฮาตาเวย์ ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังการใช้ชุดกิจกรรมสูงกว่าก่อนการใช้ชุดกิจกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. การทำงานกลุ่มมีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ($\beta = .51$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีอิทธิพลทางอ้อมไปยังความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยผ่านความสามารถในการแก้ปัญหามathematics ศาสตร์ หมายความว่า การทำงานกลุ่มของนักเรียนส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และการทำงานกลุ่มที่ให้นักเรียนได้แก้ปัญหามathematics ศาสตร์ ก็ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เช่นกัน ทั้งนี้เป็นเพราะการทำงานกลุ่มเป็นการทำงานร่วมกันของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน ได้พูดคุย ได้นำเสนอแนวคิด แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ได้อธิบายความรู้ให้เพื่อนในกลุ่มฟัง และแก้ปัญหาร่วมกัน ดังที่โรวัน และ มอร์โรว์ (Rowan; & Morrow. 1993:9-11) ได้กล่าวว่า การให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มแบบร่วมมือและช่วยเหลือกัน เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สำรวจแนวคิด อธิบายแนวคิดกันในกลุ่มซึ่งเป็นวิธีการส่งเสริมการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยตรง นอกจากนั้นบรัชแมน (Buschman. 1995: 324-326,329) ได้กล่าวว่า กิจกรรมที่ช่วยพัฒนาการสื่อสารนั้นเป็นกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือและในกิจกรรมต้องให้นักเรียนได้แก้ปัญหาร่วมกัน ให้อธิบายกระบวนการที่ใช้ในการแก้ปัญหา ให้พูดแสดงประสิทธิภาพการแก้ปัญหาของกลุ่ม และการทำงานร่วมกันยังเป็นการสร้างความเข้าใจในเรื่องภาษาทางคณิตศาสตร์ เพราะในระหว่างที่นักเรียนสนทนากันนักเรียนจะมุ่งความสนใจไปยังความคิด แนวคิด และความหมายของคำต่างๆ ทำให้ความคิด แนวคิด และความหมายของคำเหล่านั้นชัดเจนขึ้น ทำให้นักเรียนได้ใช้อ้อยคำเพื่ออธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ได้พูดหรือเขียนสิ่งที่เกี่ยวกับปัญหามathematics ศาสตร์ และในขณะที่นักเรียนพูดหรือเขียนนั้นไม่เพียงแต่ได้ใช้ภาษาเพื่อแสดงความคิดของตัวเองเท่านั้นแต่ยังได้ใช้กระบวนการสื่อสารในการสนทนากับผู้อื่นด้วย และจากทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือสรุปได้ว่าการเรียนรู้เป็นกลุ่มทำให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันมีปฏิสัมพันธ์กัน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการอธิบายความรู้ให้เพื่อนในกลุ่มฟัง ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะการสื่อสาร สอดคล้องกับงานวิจัยของสมเดช บุญประจักษ์ (2540: 91-92) ได้ทำวิจัยเพื่อพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้านความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการใช้คณิตศาสตร์สื่อสาร โดยใช้วิธีการเรียนแบบร่วมมือ คือให้นักเรียนร่วมกันทำงานเป็นกลุ่มเล็กๆ ประมาณกลุ่มละ 4 คน โดยฝึกผ่านกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา คือ ขั้นทำความเข้าใจปัญหา ขั้นวางแผนแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นตรวจสอบผล ผลการวิจัยพบว่า ศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้านความสามารถในการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และวัชร ชันเชื้อ (2545: 119) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องตรรกศาสตร์เบื้องต้นโดยใช้กระบวนการกลุ่มเพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารแนวคิด โดยใช้ทักษะการพูดและการเขียนภายหลังใช้ชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องตรรกศาสตร์เบื้องต้นสูงกว่าเกณฑ์ของสมมติฐานที่ตั้งไว้คือร้อยละ 70 สอดคล้องกับงานวิจัยของ ครูชีโอ และ อาร์ท (อนงนาฏ ครุณรัมย์. 2545: 31; อ้างอิงจาก Curcio; & Artzt. 1998) และสไนเดอร์ (Snyder. 1994: 856-A) พบว่า การเรียนเป็นกลุ่มและการเรียนแบบร่วมมือทำให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารหรือการแลกเปลี่ยนแนวคิดอย่างหลากหลาย และจากงานวิจัยของพรสวรรค์ จรัสรุ่งชัยสกุล (2547: 91-97) ที่ได้พัฒนาชุดการเรียนรู้เรื่อง เมทริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์โดยใช้หลักการเรียนเพื่อรอบรู้ เพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยจัดการเรียนการสอนเป็นกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ภายหลังการเรียนรู้โดยเฉลี่ยร้อยละ 79.94 ถือว่าเป็นความสามารถที่จัดอยู่ในระดับดี นอกจากนั้นงานวิจัยของศักดิ์ดา ศรีผางค์ (2547: 113-114, 119-122) ยังพบว่าทำให้ให้นักเรียนทำโครงงานเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการทางด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารที่ดีขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่าการทำงานกลุ่มมีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ($\beta = .18$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นั่นคือ เมื่อนักเรียนมีการทำงานกลุ่มในการเรียนคณิตศาสตร์ นักเรียนจะต้องมีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ร่วมกัน นักเรียนต้องร่วมกันคิดหาวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทฤษฎีที่สนับสนุนผลการวิจัยนี้ก็คือทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งจากทฤษฎีสรุปได้ว่า การเรียนรู้เป็นกลุ่มทำให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันมีปฏิสัมพันธ์กัน ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการอธิบายความรู้ให้เพื่อนในกลุ่มฟัง มีการแก้ปัญหาร่วมกันส่งผลให้นักเรียนมีทักษะในการแก้ปัญหา สอดคล้องกับงานวิจัยของสมเดช บุญประจักษ์ (2540: 91-92) ที่พบว่า การใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดยให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มเล็กๆ ประมาณกลุ่มละ 4 คน มีผลทำให้นักเรียนมีศักยภาพทางคณิตศาสตร์ด้านความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับที่วีทลีย์ (จรรยา ภูอุดม. 2544. 34. อ้างอิงจาก Wheatley. 1991: 17-18) ได้ค้นพบว่า นักเรียนที่ทำงานเป็นคู่และเป็นกลุ่มในการหาคำตอบของปัญหาจะมีวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมกว่าการที่นักเรียนทำงานตามลำพัง และจากงานวิจัยของโธมัส (จรรยา ภูอุดม. 2544. 34. อ้างอิงจาก Thomas. 1994: 2499A) ที่ศึกษากับนักเรียนเกรด 9 และ 10 พบว่าการทำงานในกลุ่มย่อยทำให้นักเรียนร้อยละ 97 มีความเชื่อในความสามารถทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น นั่นหมายความว่าถ้านักเรียนมีความเชื่อในความสามารถของตนเอง จะทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วย และนวนลจิต ธิรพัฒน์พันธ์ (2533. 89-94) พบว่านักเรียนกลุ่มที่ฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยวิธีอภิปรายกลุ่ม 6 คน และ อภิปรายกลุ่ม 3 คน มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ไม่จัดอภิปราย และทั้งกลุ่มที่อภิปราย 6 คน และอภิปราย 3 คน มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

3. พฤติกรรมการสอนมีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ($\beta = .18$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีอิทธิพลทางอ้อมไปยังความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยผ่านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายความว่า พฤติกรรมการสอนของครูส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และครูที่สอนเน้นให้นักเรียนได้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เช่นกัน ทั้งนี้เป็นเพราะในการเรียนการสอนนั้นครูเป็นผู้ที่มีบทบาทที่สนับสนุน ช่วยเหลือ และส่งเสริมหรือจัดกิจกรรมในห้องเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ดังที่สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000: 270-272) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูใน

การพัฒนาการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับเกรด 6-8 ว่า ครูต้องจัดสภาพห้องเรียนที่เอื้อต่อการส่งเสริมให้นักเรียนมีการอธิบาย ถกเถียง อภิปราย และการให้เหตุผล ทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ทั้งหมดนี้เป็นวิธีที่ทำให้นักเรียนได้มีการสื่อสารกัน นอกจากนั้นครูควรให้นักเรียนได้แสดงแนวความคิด (Representations) อย่างหลากหลาย เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบาย แสดงเหตุผล และคาดเดาคำตอบในการแก้ปัญหา ครูต้องอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน คอยให้คำแนะนำและเดินดูตามกลุ่มเมื่อมีการทำงานกลุ่ม และรับฟังคำตอบของนักเรียนที่มีความคิดเห็นแตกต่างกัน ส่วนโรวัน และ มอร์โรว์ (Rowan; & Morrow. 1993: 9-11) ได้เสนอแนวทางในการพัฒนาการสื่อสารการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ไว้ว่า ครูต้องนำเสนอสิ่งที่เป็นรูปธรรมแล้วให้นักเรียนได้พรรณนาหรืออธิบายสิ่งที่พบเห็น ใช้คำถามที่ให้นักเรียนได้คิดหาคำตอบอย่างหลากหลาย โดยเฉพาะคำถามปลายเปิดจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดอย่างหลากหลาย และครูต้องตอบสนองต่อคำถามของนักเรียน ต้องมีการบริหารและจัดระบบชั้นเรียน และกรีกอรี (Gregory. 1977: 0937) ได้ทำการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมที่หลากหลายในห้องเรียนคณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนได้ใช้ทักษะการสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ได้แสดงความคิดเห็น และทำความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น จากกิจกรรมทั้งหมดที่กล่าวมาจะเห็นว่า ครูเป็นผู้ที่มีบทบาทอย่างมากในการจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

นอกจากนี้ยังพบว่าพฤติกรรมการสอนมีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ($\beta = .13$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั่นคือ พฤติกรรมการสอนของครูส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้เป็นเพราะในห้องเรียนนั้นครูต้องมีหน้าที่ ดูแลและช่วยเหลือนักเรียนต้องคอยตอบคำถามนักเรียนเมื่อนักเรียนเกิดความสงสัย ซึ่งงานวิจัยของณัฐิ เจริญเกียรติบรร (2538: 58-65) พบว่า พฤติกรรมการสอนของครูตามการรับรู้ของนักเรียนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และจากงานวิจัยของขวัญจิรา อนันต์ (2546: 88) ยังพบว่า พฤติกรรมการสอนมีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลเท่ากับ .11 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการศึกษา พบว่า ตัวแปรสาเหตุที่ส่งผลทางตรงต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มากที่สุด คือการทำงานกลุ่ม รองลงมาคือความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และพฤติกรรมการสอนของครู ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับครู

จากการศึกษาพบว่า การทำงานกลุ่มเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมากที่สุด โดยอิทธิพลทางอ้อมส่งผ่านความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนครูควรให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม เพราะการทำงานเป็นกลุ่มทำให้นักเรียนมีโอกาสนำเสนอมากกว่าการเรียนรายบุคคล เพราะในการเรียนรายบุคคลนักเรียนจะไม่มีโอกาสสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน และการทำงานเป็นกลุ่มนั้นควรเป็นการทำงานเพื่อร่วมกันแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เน้นให้นักเรียนในกลุ่มได้พูดคุยกัน ได้แลกเปลี่ยนแนวคิดซึ่งกันและกัน ให้นักเรียนนำเสนอผลงานของกลุ่มทั้งการพูดและการเขียน และเพื่อให้การทำงานกลุ่มมีประสิทธิภาพต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น ครูต้องเสนอแนะนักเรียนให้รู้บทบาทหน้าที่ของสมาชิกแต่ละคนในการทำงานกลุ่ม และแนะนำให้นักเรียนหมุนเวียนผลัดเปลี่ยนหน้าที่ของตนเองในกลุ่ม และจากผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นครูควรให้นักเรียนฝึกแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์บ่อยๆ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผล และจากการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยยังพบว่านักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียนอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้นครูควรให้ความสำคัญกับการสื่อสารโดยการเขียนเป็นอย่างมาก ซึ่งวิธีที่ช่วยในการส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารโดยการเขียนก็คือให้นักเรียนฝึกเขียนสรุปสาระสำคัญของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ เขียนอธิบายหรือแสดงวิธีทำการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และปัญหาที่นำมาให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาควรเป็นปัญหาลายเปิด เพราะปัญหาลายเปิดเป็นปัญหาที่ช่วยให้นักเรียนได้นำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาโดยการเขียนอย่างหลากหลาย

2. ข้อเสนอแนะสำหรับผู้บริหาร

จากการศึกษาพบว่า พฤติกรรมการสอนของครูเป็นตัวแปรอีกตัวหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ดังนั้นผู้บริหารสถานศึกษาควรมีนโยบายให้ครูคณิตศาสตร์เห็นความสำคัญของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยให้นักเรียนจัดทำโครงงานคณิตศาสตร์ เพราะจากงานวิจัยของศักดิ์ดา ศรีผางค์ (2547: 113-114, 119-122) ที่ได้ศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้จากการทำโครงงานโดยให้นักเรียนทำโครงงานเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน เรื่อง สถิติเบื้องต้น ผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมทักษะกระบวนการทางทางคณิตศาสตร์ด้านการสื่อสารของนักเรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้น ทั้งนี้เพราะการจัดทำโครงงานเป็นการฝึกปฏิบัติให้นักเรียนรู้จักวิธีการสื่อสารในด้านการพูด การเขียนที่เป็นระบบ เพราะในการทำโครงงานต้องมีการพูดนำเสนอผลงานและการเขียนรายงาน ทำให้นักเรียนรู้จักการนำภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการอธิบายสื่อสาร สื่อความหมายเพื่ออธิบาย และนำเสนอคำตอบในโครงงานที่นักเรียนได้ศึกษา

นอกจากนี้ผู้บริหารควรสนับสนุนให้ครูคณิตศาสตร์ได้พัฒนาตนเองโดยให้เข้ารับการอบรมสัมมนาทางการสอนคณิตศาสตร์ หรือพัฒนาวิชาชีพครูคณิตศาสตร์ กระตุ้นให้ครูจัดการเรียนโดยให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม จัดโต๊ะเพื่อให้นักเรียนได้เรียนเป็นกลุ่มแบบร่วมมือ และให้การสนับสนุนครูในด้านงบประมาณเพื่อนำมาใช้ในการจัดเตรียมสื่อและวัสดุอุปกรณ์ที่มีคุณภาพ เพราะสื่อการสอนจะช่วยให้เด็กเรียนเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมมากขึ้น โดยมีการนำสื่อของจริง รูปภาพ แผนภูมิ และ VCD เกี่ยวกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์มาใช้ประกอบการเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. เนื่องจากการศึกษารูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ครั้งนี้ ผู้วิจัยสร้างโมเดลขึ้นมาโดยการบูรณาการแนวคิดของนักวิชาการทางคณิตศาสตร์ ทฤษฎีของตัวแปรอิสระ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรนำโมเดลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไปตรวจสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันไป เพื่อจะได้เป็นการสนับสนุนโมเดลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

2. จากผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรเชิงสาเหตุความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอนสามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 53 แสดงว่ายังมีตัวแปรอื่นๆ ที่น่าจะเป็นสาเหตุต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรเพิ่มตัวแปรอื่นๆ เข้าไปด้วย เช่น เพศ และการรับรู้ความสามารถของตนเอง ดังเช่น ผลการวิจัยของเยาวพรวรรณทิพย์ (2548: 82-83) ที่พบว่า นักเรียนหญิงและนักเรียนชายมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนหญิงมีคะแนนเฉลี่ยมากกว่านักเรียนชาย และนักเรียนที่มีการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์สูง มีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์ปานกลางและต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. เนื่องจากความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะ กระบวนการด้านหนึ่งของวิชาคณิตศาสตร์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาว่า ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หรือไม่ โดยให้ตัวแปรความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรต้น

4. จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารโดยการเขียนอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้นครูสอนคณิตศาสตร์ควรมีการทำวิจัยในชั้นเรียนเพื่อพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยให้นักเรียนฝึกแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2538). รายงานการวิจัยการสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนกลุ่มทักษะ (คณิตศาสตร์) ระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.
- (2545ก). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- (2545ข). คู่มือพัฒนาสื่อการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๔๒ และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๔๕ พร้อมกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้อง และ พระราชบัญญัติการศึกษาภาคบังคับ พ.ศ. ๒๕๔๕. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กาญจนา เกียรติประวัติ. (2523). วิธีสอนทั่วไปและทักษะการสอน. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- กาญจนา คุณารักษ์. (2535). หลักสูตรและการพัฒนา. พิมพ์ครั้งที่ 2. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- กานดา พงศ์ทิพย์พนัส. (2541). ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดปัตตานี. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (การประถมศึกษา). สงขลา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สืบค้นเมื่อ 17 พฤศจิกายน 2547, จาก <http://www.thaiedresearch.org/result/info2.php?id=267>
- กิ่งฟ้า สินธุวงศ์. (2534). เอกสารประกอบการบรรยายรายวิชา 215710 และ 211730. ขอนแก่น: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- กิตติวดี บุญเชื้อ. (2522). การให้และรับความร่วมมือ. ใน กลุ่มสัมพันธ์ : ทฤษฎีและแนวปฏิบัติเล่ม 1. ทัศนา เขมมณี. หน้า 112-118. กรุงเทพฯ: บุรพาศิลป์การพิมพ์.
- ขวัญจิรา อนันต์. (2546). การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้ไขโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- คณางค์ คำคุณเอนก. (2544). ผลของกิจกรรมกลุ่มที่มีต่อการทำงานกลุ่มของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนวัดบรมนิวาส กรุงเทพมหานคร. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (จิตวิทยาการแนะแนว). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- คณะอนุกรรมการปฏิรูปการเรียนรู้. (2543). ปฏิรูปการเรียนรู้ผู้เรียนสำคัญที่สุด. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- จรรยา ภูอุดม. (2544). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- จุฬามาศ จันทร์ศรีสุคต. (2543). ความสัมพันธ์ระหว่างบทบาทของผู้ปกครองและครูต่อเจตคติความเชื่อมั่นในตนเอง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สำนักงานการประถมศึกษา จังหวัดอุดรธานี. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (การประถมศึกษา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- ชนาธิป พรกุล. (2543). แดทส์ รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี. (2542). การสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2544). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: เทพเนรมิตการพิมพ์.
- จิตติพงษ์ รักแตงาม. (2545). ศึกษาพฤติกรรมการสอนของครูคณิตศาสตร์ตามความคิดเห็นของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดภูเก็ต. ปรินญาณินพนธ์ ศศ.ม. (การบริหารการศึกษา). สงขลา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยทักษิณ. ถ่ายเอกสาร
- ณัฐวิญญ์ เจริญเกียรติบวร. (2538). ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการสอนของครูตามการรับรู้ของนักเรียน และความตระหนักในเมตาคอนนิชันกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การศึกษาคณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ดวงเดือน อ่อนน้อม. (2533). การสอนซ่อมเสริมคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- (2547). “ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมาตรฐานและสาระการเรียนรู้กลุ่มคณิตศาสตร์ตามหลักสูตร การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544” และ “จากสาระและมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในหลักสูตร การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544”. ใน *ประมวลบทความหลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. พร้อมพรรณ อุดมสิน; และ อัมพร ม้าคนอง. หน้า 1-27, 29-51. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.
- ทศพร มณีศรีขำ. (2539). กลุ่มสัมพันธ์สำหรับครู. (เอกสารประกอบการสอนวิชา นน ๒๑๕). ภาควิชาการแนะแนว และจิตวิทยาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ทัศนีย์ กระต่ายอินทร์; และ สุวิตร อนุศาสตร์. (2542). ภาษาไทยเพื่อการสื่อสารและการสืบค้น. (เอกสารประกอบการเรียน). ลพบุรี: ภาควิชาภาษาไทยและบรรณารักษศาสตร์ สถาบันราชภัฏเทพสตรี.
- ทิตนา แคมมณี. (2545). กลุ่มสัมพันธ์เพื่อการทำงานและการจัดการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ: นิชนเอดเวอร์ไทซิง
- (2547). *ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แคมมณี; ธนอมศรี เคท; และ วรสุดา บุญยไวยโรจน์. (2522). *คู่มือการจัดกิจกรรมกลุ่มสัมพันธ์เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธันต์ ฤทธิ์เทว. (2547). การวิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการทำงานเป็นกลุ่มของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). สงขลา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยทักษิณ. ถ่ายเอกสาร.

- ธิดารัตน์ พรหมณะ. (2546). การพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). สงขลา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยทักษิณ. ถ่ายเอกสาร.
- นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). โมเดลลิสรล : สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นวลจิต ธิพัฒน์พันธ์. (2533). ผลของการจัดอภิปรายกลุ่มและเงื่อนไขการเสริมแรงที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (จิตวิทยาการศึกษา). สงขลา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ถ่ายเอกสาร.
- นัจริภรณ์ ทูมสงคราม. (2539). พฤติกรรมการสอนคณิตศาสตร์ของครูชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ในโรงเรียนประถมศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดเลย. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (การประถมศึกษา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- นิพนธ์ จิตต์ภักดี. (2528,ตุลาคม). การพัฒนาที่มงานให้มีประสิทธิภาพ. สารพัฒนาหลักสูตร. 43(8): 3-7.
- เนตรนงาณศ์ ลัญศรีเมือง. (2545). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการส่งเสริมทักษะการสื่อสารและการประเมินผลตามสภาพจริง. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). การพัฒนาการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์นการพิมพ์.
- บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2547). การวัดประเมินการเรียนรู้ (การวัดประเมินแนวใหม่). กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บุรณชัย ศิริมหาสาร. (2545). แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย.
- ประพนธ์ เจริญกุล; และ ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2543). รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ประภาวดี เทพทอง. (2545). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการสอนโดยใช้กระบวนการสื่อสาร. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ประยูทธ เทเวลา. (2546). ความสัมพันธ์ระหว่างบุคลิกภาพนักวิทยาศาสตร์ บรรยายภาคในชั้นเรียน และคุณภาพการสอนกับผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดมหาสารคาม : การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิกอล. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยการศึกษา). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2537, พฤศจิกายน-ธันวาคม). การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์. วารสารคณิตศาสตร์. 38(434-435): 62-74.
- (2544). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- ปัทมา ครุฑมณี. (2536). การพัฒนารูปแบบการสอนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องการแปรผันสำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (ศึกษาศาสตร์-การสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ปัญญาพล ภทรนาวิก. (2546). การพัฒนาแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการทำงานเป็นทีมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 5 สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดสงขลา. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). สงขลา:
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยทักษิณ. ถ่ายเอกสาร.
- ปราณี จำนงเจริญ. (2534). การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน
ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในเขตการศึกษา 11 ที่ได้จากการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณและการวิเคราะห์พหุ
ระดับ. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นเมื่อ 2 กุมภาพันธ์
2548, จาก <http://www.thaiedresearch.org/result/info2.php?id=3542>
- พงษ์พันธ์ พงษ์โสภา. (2542). พฤติกรรมกลุ่ม. กรุงเทพฯ: พัฒนาศึกษา.
- พรณา ไพโรจน์ภักดี. (2542). ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะทางคณิตศาสตร์กับผลสำเร็จในการแก้โจทย์ปัญหาของ
นักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์). สงขลา: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยทักษิณ. ถ่ายเอกสาร.
- พรสวรรค์ จรัสรุ่งชัยสกุล. (2547). การพัฒนาชุดการเรียนรู้ เรื่อง เมทริกซ์ และดีเทอร์มิแนนต์ โดยใช้หลักการเรียนรู้
เพื่อรอบรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินญานิพนธ์
กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พนม ล้อมอารีย์. (2528). กลุ่มสัมพันธ์. กรุงเทพฯ: ปรีดาออฟเซตการพิมพ์.
- พนทิพา อุทัยสุข. (2525). การจัดระบบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์. ใน เอกสารการสอนชุดวิชาการสอน
คณิตศาสตร์ หน่วยที่ 1-7. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2541, พฤษภาคม). การเรียนแบบร่วมมือ. *คุรุปริทัศน์*. สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา. 1(1):
40-42.
- พูลศรี ม่วงแพ. (2546). การศึกษาความสัมพันธ์คานอนิคอลระหว่างปัจจัยบางประการกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาคณิตศาสตร์และภาษาไทยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วัดผลการศึกษา).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ไพโรจน์ เบขุนทด. (2544). ผลของการเรียนรู้แบบร่วมมือ 3 วิธีที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
และความร่วมมือในการทำงานกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การศึกษา
คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- เพลินพิศ เลือขานา. (2541). ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการวิเคราะห์ปัญหา การแปลภาษาโจทย์ การคิดคำนวณ
กับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.
(การประถมศึกษา). สงขลา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ถ่ายเอกสาร.
- มะลิวรรณ โคตรศรี. (2547). การพัฒนาโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีการวัดทางการศึกษา). ชลบุรี:
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา. ถ่ายเอกสาร.

- มยุรี ศรีชัย. (2538). เทคนิคการสุมกลุ่มตัวอย่าง. กรุงเทพฯ: วิ.เจ.พรินต์.
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. (2537). สารัตถะและวิทยวิธีทางวิชาคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- เมืองทอง เขมมณี. (2539). คุณสมบัติของกลุ่มที่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ. รายงานการฝึกอบรมหลักสูตรเทคนิคการทำงานเป็นทีมและการประสานงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เยาวพร วรธนทิพย์. (2548). ความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีระดับการรับรู้ความสามารถของตนเองทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันของนักเรียนโรงเรียนสามเสนวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ยุพิน พิพิธกุล. (2524). การเรียนการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.
- (2539). การเรียนการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.
- ยุพิน พิพิธกุล; และ อรพรรณ ต้นบรรจง. (2532). สื่อการสอนคณิตศาสตร์. ม.ป.พ.
- รุ่ง แก้วแดง. (2546). โรงเรียนนิติบุคคล. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.
- ล้วน สายยศ; และ อังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ลักขณา อินทะจักร. (2538). ประสบการณ์ทางวิชาชีพครู. (เอกสารประกอบการสอนวิชาศึกษา 163). กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- วรรณ โสมประยูร. (2537). การสอนภาษาไทยในระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ; และจิต นานแก้ว. (2542). การพัฒนาการคิดของนักเรียนด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์ กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- วัชร ชันเชื้อ. (2545). การพัฒนาชุดการเรียนรู้ เรื่องตรรกศาสตร์เบื้องต้น โดยใช้กระบวนการกลุ่มเพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2527, 2-5 มิถุนายน). ความต้องการพื้นฐานที่จะช่วยเสริมการสอนของครูให้มีประสิทธิภาพ. วารสารประชากรศึกษา. 29(11): 1-2.
- วิภาวดี วงศ์เลิศ. (2544). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยการสอนแบบแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านตะเคียน. กรุงเทพฯ: คณะกรรมการวิจัยการศึกษา การศาสนาและการวัฒนธรรม.
- วิโรจน์ ธรรมนารถกุล. (2544). อิทธิพลของพฤติกรรมความเป็นสมาชิกที่ดีขององค์การต่อผลการปฏิบัติงานของพยาบาลวิชาชีพ: ศึกษาในอิทธิพลทางตรง อิทธิพลทางคั่นกลาง และอิทธิพลสอดแทรก. ปรินทิพนิพนธ์ วท.ด. (การวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ประยุกต์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศักดิ์ชัย หิรัญทวี. (2532). ความแปลกแยกกับพฤติกรรมการทำงานของครูสังกัดกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

- ศักดิ์ชาย ชุศรีโณม. (2535). ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์ พฤติกรรมการสอนคณิตศาสตร์ เจตคติต่อการสอนคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนโครงการขยายโอกาสทางการศึกษาจังหวัดกาฬสินธุ์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา).
มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- ศักดิ์ดา ศรีผางค์. (2547). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยโครงการ เรื่อง สถิติเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน). มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริพร มาวรณ. (2546). ผลการใช้ทักษะการสื่อสารและการประเมินผลตามสภาพจริงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องการนำเสนอข้อมูล. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริพร รัตนโกสินทร์. (2546). การสร้างชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริเดช สุชีวะ. (2546). หลักการประเมินการเรียนรู้. ใน การประเมินผลการเรียนรู้แนวใหม่. สุมิล ว่องวานิช. หน้า 52-64. กรุงเทพฯ: ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมจิต สวชนไพบูรณ์. (2529). วิธีสังเกตพฤติกรรมอย่างมีระบบ. (เอกสารประกอบการสอน). กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- สมชาย วรภิเษมสกุล. (2540). การพัฒนารูปแบบการสอนวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้การสื่อสารแนวความคิด เพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหา. วิทยานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมเดช บุญประจักษ์. (2540). การพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือ. วิทยานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมบัติ แสงรุ่งเรือง. (2524). สู่การสอนทั่วไป. นครปฐม: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สัจด อุทรานันท์. (2532). เทคนิคการจัดการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- (2546). คู่มือวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- (2547). คู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

- สายฝน เพ็งภา. (2542). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และความคงทนในการเรียนรู้กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้สิ่งที่จะช่วยจัดมโนคติล่วงหน้าและการร่วมมือกันเรียนรู้. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (บริหารการศึกษา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- สิริพัชร เจษฎาวิโรจน์. (2546). การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ. กรุงเทพฯ: บุ๊คพอยท์.
- สุชา ประสิทธิ์รัฐสินธุ์; และคนอื่นๆ. (2549). แบบจำลองสมการโครงสร้าง : การใช้โปรแกรม LISREL , PRELIS และ SIMPLIS. กรุงเทพฯ: สามลดา.
- สุพิน บุญชูวงศ์. (2534). หลักการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: แสงสุทธิการพิมพ์.
- (2538). หลักการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: ฝ่ายเอกสารตำรา สถาบันราชภัฏสวนดุสิต.
- สุพล วังสินธุ์. (2536, กรกฎาคม-กันยายน). ลักษณะของครูที่ดีที่สอดคล้องกับสังคมไทย. *ครูปริทัศน์*. 89(18): 17.
- สุภาพร รัตน์น้อย. (2546). ผลของการสอนโดยใช้วิธีการเรียนแบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (การศึกษาศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ถ่ายเอกสาร.
- สุภาพร สิทธิการ. (2541). ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางการอ่านกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (การประถมศึกษา). สงขลา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สืบค้นเมื่อ 25 เมษายน 2548, จาก <http://www.thaiedresearch.org/result/info2.php?id=2520>
- สุชาดา สุธรรมรักษ์. (2545). ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของนิสิตชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ : การวิเคราะห์โมเดลริสเรลที่มีตัวแปรแฝง. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุนน อมรวิวัฒน์; และ สมพงษ์ จิตระดับ. (2530). สารและกิจกรรมการสอนวิชาหลักสูตรและการสอนระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุร กาญจนาบุญ. (2532). เทคนิคการสอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา เล่ม 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2544). ทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2547). แนวทางการพัฒนาครูโดยใช้โรงเรียนเป็นฐาน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักนโยบายและแผนการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2547). สถิติข้อมูลทางการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2547. กรุงเทพฯ: ดอนเมืองปิ่นตึ๊ง.
- อลงกรณ์ ตั้งสงวนธรรม. (2546). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังการใช้กิจกรรมเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง “ปริมาตรและพื้นที่ผิว”. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (การสอนคณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

- อนงค์นาฏ ครุฑรัมย์. (2545). *ค่านิยมทางวิทยาศาสตร์ในกระบวนการกลุ่มย่อย*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- อรุณศรี เหลืองธานี. (2542). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยการเรียนแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- อัชรา วันฤกษ์. (2546). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง "สถิติ" โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของสหวิทยาเขตพระธาตุพนม จังหวัดนครพนม*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (การสอนคณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- อัมพร ม้าคอง. (2547). *การพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์. ใน ประมวลบทความหลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. พร้อมพรรณ อุดมสิน; และ อัมพร ม้าคอง. หน้า 94-107. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.*
- เอกชัย เอื้อเฟื้อ. (2537). *การพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างคุณลักษณะด้านความเป็นผู้นำและด้านการทำงานเป็นกลุ่มสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยรามคำแหง*. ปริญญาโท กศ.ด. (การอุดมศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เอกพจน์ สืบญาติ. (2549). *การศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการปฏิบัติตามบทบาทวิชาชีพ ของนักศึกษาพยาบาลชั้นปีที่ 4 วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี*. ปริญญาโท กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เอกรินทร์ สีมหาศาล. (2546). *กระบวนการวัดและประเมินผล : ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อุไร มะวิญชร. (2543). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์เชิงวิจารณ์ญาณและพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนด้วยการให้ประสบการณ์กับคู่มือครู*. ปริญญาโท กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- Anderson, K.B.; & Pingry R.E. (1973). *Problem Solving in Mathematics :The Learning of Mathematics It's Theory and Practice*. Washington, D.C.: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Baroody, Arthur J. (1993). *Problem Solving, Reasoning, and Communicating, K-8: Helping Children Think Mathematically*. New York: Macmillan.
- Bell, Frederick H. (1978). *Teaching and Learning Mathematics (in Secondary Schools)*. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Company Publishers.

- Branca, Nicholas A. (1980). Problem Solving as a Goal, Process, and Basic Skill. in *Problem solving in School Mathematics 1980 Yearbook*. pp.3-8. Reston, Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Button, Leslie. (1974). *Developmental Group Work with Adolescent*. London: University of London Press.
- Buschman, Larry. (1995, February). Communicating in the language of Mathematics. *Teaching Children Mathematics*. 1(6): 324-329.
- Clarkson, Sandra P. (1979, January). A Study of the Relationships among Translation and Problem Solving Abilities. *Dissertation Abstracts International*. 39(7): 4104-A.
- Cossey, R. C. (1997, February). Mathematical communication: Issues of access and equity. *Dissertation Abstracts International*. 58(2): 0406-A.
- Cruikshank, Douglas E.; & Sheffield, Linda Jensen. (1992). *Teaching and Learning Elementary and Middle School Mathematics*. 2nd ed. New York: Macmillan.
- Dolan, Lawrence Joseph. (1980). The Affective Correlates of Home Concern and Support, Instructional Quality and Achievement. *Dissertation Abstracts International*. 41(3): 989-A.
- Doyle, Walter. (1979, June). Classroom Effects. *Theory Into Practice*. 18: 138-143.
- Duane, James. E. (1973). *Individualized Instruction Programs and Materials*. Englewood Cliffs, New Jersey: Educational Technology Publication.
- Edmund, Barken Jane. (2001). *The use of cooperative learning techniques in a community college course*. Master thesis, M.Ed. (Educational Administration) Canada : Graduate school St. Francis Xaversity university Canada. Retrieved February 20, 2005 from <http://wwwlib.umi.com/dissertations/fullcit/MQ57433>.
- English, Horance B.; & Aua, Champney English. (1958). *A Comprehensive Dictionary of Psychological and Psychoanalytical Terms*. London: Longman.
- Evan, K.M. (1964, February). Society in School II Application. *The Journal of Education Research*. 2: 124.
- Fensell, Francis; & Rowan, Tom. (2001, January). Representation : An Important Process for Teaching And Learning Mathematics. *Teaching Children mathematics*. 7(5): 188-302.
- Good, Thomas L.; et al. (1989-1990). Using Work-Group In Mathematics Instruction. *Educational Leadership*. 47(4): 56-62.
- Gregory, L. G. (1977, April). Why mathematics as communication is important and how it is utilized in the teaching and learning of mathematics. *Master Abstracts International*. 35: 0937.
- Hyne, Sister Nancy. (1970, March). Learning to Read Short Stories. *Journal of Reading*. 429-432.

- Jennifer, Dee Lynn. (2001). *Listening to Learners' and teacher' voices : Pedagogical theory encounters reality in collaborative group work in the language classroom*. Dissertation Ph.D. Minnesota : Graduate school University of Minnesota. Retrieved February 20, 2005, from <http://wwwlib.umi.com/dissertations/fullcit/3008679>.
- Johanning, I. Debra. (2000, March). An Analysis of Writing and Post writing Group Collaboration In Middle School Pre-Algebra. *School Science and Mathematics*. 10(3): 151-160.
- Kennedy, Leonard M. (1984). *Guiding Children's Learning of Mathematics*. 4th ed. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company.
- Krulik, Stephen. (1987). *Problem solving : a handbook for teachers*. Massachusettes: Allyn and Bacon.
- Lappan, Glenda; & Schram Pamela. (1989). Communication and Reasoning : Critical Dimensions of Sense Making in Mathematics. *New Directions for Elementary School Mathematics 1989 Yearbook*. pp. 14-30. Reston, Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Mowat, E. M. (1992, December). Journal writing in mathematics classroom : Practical inquiry (writing to learn). *Dissertation Abstracts International*. 53(8): 4242-A.
- Mumme, Judith; & Shepherd, Nancy. (1993). Communication in Mathematics. in *Implementing the K-8 Curriculum and Evaluation Standard*. The National Council of Teachers of Mathematics.
- Muraski, Virginia Sue. (1979, January). A Study of the Effects of Explicit Reading Instruction on Reading Performance in Mathematics and on Problem Solving Abilities of Sixth Grades. *Dissertation Abstracts International*. 39(7): 4104-A.
- National Council of Teachers of Mathematics. (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.
- (2000). *Principle and Standards for School Mathematics*. Reston, Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Paige, Richard. M. (1978). The Impact of the Classroom Learning Environment on Academic Achievement and Individual Modernity in east java, Indonesia. *Dissertation Abstracts International*. 39(6): 3541-A.
- Parkerson, J.A.; et al. (1984). Exploring Casual Models of Educational Achievement. *Journal of Educational Psychology*. 76: 638-646.
- Pedhazur, Elazar. J. (1997). *Multiple Regression in Behavioral Research*. New York: Holt Rinehart and Winston.
- Perdikaris, S.C. (1993, May-June). Applications of Ergodic Chains to Problem Solving. *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*. 24(3): 423-427

- Perrine, Vicki. (2001). *Effect of a problem-solving-based mathematics course on the proportional reasoning of preservice teacher*. Dissertation Abstracts International Ph.D. Colorado : Graduate school University of Northern Colorado. Retrieved February 20, 2005, from <http://wwwlib.uni.com/dissertations/fullcit/3006601>
- Polya, George. (1957). *How to Solve It : A new Aspect of Mathematical Method*. New York: Doubleday and Company.
- (1980). On Solving Mathematics Problems in High School. In *Problem Solving in School Mathematics. 1980 Yearbook*. pp 1-8. Reston, Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Reys, Robert E.; et al. (2001). *Helping Children Learn Mathematics*. 6th ed. New York: John Wiley and Sons.
- Rojas, M. E. (1992, November). Enhancing the Learning of Probability Through Developing Students' Skill in Reading and Writing. *Dissertation Abstracts International*. 53(5): 1437-A.
- Rowan, Thomas E.; & Morrow, Lorna J. (1993). Implementing K-8 Curriculum and Evaluation Standards. *Reading, from the Arithmetic Teacher*. Reston, Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Senne-Dibble, C. M. (1995, October). An Analysis of an authentic assessment technique : Comparing the spoken and written mathematical communicative abilities of grade 4 student (fourth fade). *Dissertation Abstracts International*. 56(9): 3873-A.
- Soltis, J.M. (1987, May). *Factors Contributing to Thirteen-year olds' Interest and Achievement in Writing : A Secondary Analysis of the Fourth National Assessment of Writing*. *Dissertation Abstracts International*. 48(8): 4048-A.
- Sprenger, J.A. (1973, November). Group Work in Foreign Language Learning. *A Report on English Teaching*. 16(9) : 16-17.
- Snyder, V. (1994, October). Effects of cooperative learning upon student ability to communicate Mathematically : An ethnographic study. *Dissertation Abstracts International*. 55(4): 856-A.
- Walberg , Herbert J.; & Anderson R.H. (1968). *Environment in the Classroom*. Chicago, Ran McNally.
- Wearne, D.; & Hiebert, J. (1989). Cognitive changes during conceptually based instruction on decimal fractions. *Journal for Educational Psychology*. 81: 507-513.
- Webb, N.L. (1975, November). An Exploration of Mathematical Problem Solving Process. *Dissertation Abstracts International*. 36(5): 2689-A.
- Wilson, James W.; Fernandez Maria L.; & Hadaway Nelda. (1993). "Mathematical Problem Solving". in *Research Ideas for the Classroom, High School*. pp 57-78. New York: Macmillan.

Young, Carolyn. (1972, December). Team Learning. *The Arithmetics Teacher*. 19(8): 630-634.

Zalewski, Jean C. (1978, November). An Investigation of Selected Factors Contributing to Success in Solving Mathematics Word Problem. *Dissertation Abstracts International*. 39(5): 2804-A.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ

ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อาจารย์จิราพร พรายมณี

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

อาจารย์ดร. สุทธิพงศ์ บุญผดุง

โรงเรียนมัธยมสาธิต มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

อาจารย์อรรถศาสตร์ นิมิตรพันธ์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

อาจารย์ดร. วรณวิภา สุทธเกียรติ

โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตาราง 11 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด

ข้อ	IOC	ผลการพิจารณา
1	1.0	คัดเลือกไว้
2	0.4	ตัดทิ้ง
3	0.4	ตัดทิ้ง
4	0.4	ตัดทิ้ง
5	0.6	คัดเลือกไว้
6	1.0	คัดเลือกไว้
7	1.0	คัดเลือกไว้
8	0.8	คัดเลือกไว้
9	0.8	คัดเลือกไว้
10	0.8	คัดเลือกไว้
11	1.0	คัดเลือกไว้
12	0.8	คัดเลือกไว้
13	1.0	คัดเลือกไว้
14	1.0	คัดเลือกไว้
15	1.0	คัดเลือกไว้
16	1.0	คัดเลือกไว้
17	0.8	คัดเลือกไว้
18	1.0	คัดเลือกไว้
19	1.0	คัดเลือกไว้
20	1.0	คัดเลือกไว้
21	0.8	คัดเลือกไว้
22	1.0	คัดเลือกไว้
23	1.0	คัดเลือกไว้
24	1.0	คัดเลือกไว้
25	1.0	คัดเลือกไว้
26	0.6	คัดเลือกไว้
27	1.0	คัดเลือกไว้
28	0.6	คัดเลือกไว้
29	1.0	คัดเลือกไว้
30	1.0	คัดเลือกไว้

ตาราง 12 ค่าความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่ม

ข้อ	IOC	ผลการพิจารณา	ข้อ	IOC	ผลการพิจารณา	ข้อ	IOC	ผลการพิจารณา
1	1.0	คัดเลือกไว้	31	1.0	คัดเลือกไว้	61	0.8	คัดเลือกไว้
2	0.8	คัดเลือกไว้	32	1.0	คัดเลือกไว้	62	1.0	คัดเลือกไว้
3	0.8	คัดเลือกไว้	33	0.6	คัดเลือกไว้	63	1.0	คัดเลือกไว้
4	0.8	คัดเลือกไว้	34	1.0	คัดเลือกไว้	64	1.0	คัดเลือกไว้
5	0.6	คัดเลือกไว้	35	1.0	คัดเลือกไว้	65	0.6	คัดเลือกไว้
6	1.0	คัดเลือกไว้	36	0.6	คัดเลือกไว้	66	0.8	คัดเลือกไว้
7	0.8	คัดเลือกไว้	37	0.8	คัดเลือกไว้	67	0.2	ตัดทิ้ง
8	0.8	คัดเลือกไว้	38	1.0	คัดเลือกไว้	68	1.0	คัดเลือกไว้
9	0.8	คัดเลือกไว้	39	0.6	คัดเลือกไว้	69	0.8	คัดเลือกไว้
10	1.0	คัดเลือกไว้	40	1.0	คัดเลือกไว้	70	1.0	คัดเลือกไว้
11	0.4	ตัดทิ้ง	41	1.0	คัดเลือกไว้	71	1.0	คัดเลือกไว้
12	0.6	คัดเลือกไว้	42	0.6	คัดเลือกไว้	72	0.8	คัดเลือกไว้
13	0.8	คัดเลือกไว้	43	1.0	คัดเลือกไว้	73	0.8	คัดเลือกไว้
14	1.0	คัดเลือกไว้	44	1.0	คัดเลือกไว้	74	1.0	คัดเลือกไว้
15	1.0	คัดเลือกไว้	45	0.8	คัดเลือกไว้	75	1.0	คัดเลือกไว้
16	1.0	คัดเลือกไว้	46	1.0	คัดเลือกไว้	76	1.0	คัดเลือกไว้
17	1.0	คัดเลือกไว้	47	1.0	คัดเลือกไว้	77	1.0	คัดเลือกไว้
18	1.0	คัดเลือกไว้	48	1.0	คัดเลือกไว้	78	0.8	คัดเลือกไว้
19	1.0	คัดเลือกไว้	49	1.0	คัดเลือกไว้	79	1.0	คัดเลือกไว้
20	0.8	คัดเลือกไว้	50	1.0	คัดเลือกไว้	80	0.8	คัดเลือกไว้
21	0.8	คัดเลือกไว้	51	1.0	คัดเลือกไว้			
22	0.8	คัดเลือกไว้	52	1.0	คัดเลือกไว้			
23	1.0	คัดเลือกไว้	53	0.4	ตัดทิ้ง			
24	1.0	คัดเลือกไว้	54	1.0	คัดเลือกไว้			
25	1.0	คัดเลือกไว้	55	1.0	คัดเลือกไว้			
26	0.8	คัดเลือกไว้	56	1.0	คัดเลือกไว้			
27	0.8	คัดเลือกไว้	57	0.8	คัดเลือกไว้			
28	0.6	คัดเลือกไว้	58	1.0	คัดเลือกไว้			
29	1.0	คัดเลือกไว้	59	1.0	คัดเลือกไว้			
30	1.0	คัดเลือกไว้	60	1.0	คัดเลือกไว้			

ตาราง 13 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอน

ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก		
	การสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด	การทำงานกลุ่ม	พฤติกรรมการสอน
1	.681	.433	.693
2	.587	.541	.677
3	.480	.532	.722
4	.614	.394	.240
5	.572	.538	.737
6	.557	.442	.577
7	.565	.561	.638
8	.478	.503	.526
9	.396	.591	.561
10	.598	.475	.588
11	.599	.422	.772
12	.701	.583	.698
13	.449	.591	.601
14	.658	.495	.599
15	.598	.417	.576
16	.671	.367	.671
17	.426	.535	.460
18	.561	.440	.671
19	.515	.359	.736
20	.451	.404	.716
21		.560	.609
22		.467	.676
23		.431	.642
24		.534	.634
25		.541	.606
26		.532	.674
27		.477	.759
28		.376	.703
29		.451	.754
30		.436	.724

ตาราง 13 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบสอบถามวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด การทำงานกลุ่ม และพฤติกรรมการสอน
(ต่อ)

ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก		
	การสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด	การทำงานกลุ่ม	พฤติกรรมการสอน
31		.313	.608
32		.273	.587
33		.493	.632
34		.415	.687
35		.478	.694
36		.479	.668
37		.476	.658
38		.349	.425
39		.597	.222
40		.529	.512
41		.527	.370
42		.459	.521
43		.463	.209
44		.664	.529
45		.548	.601
46		.499	
47		.597	
48		.306	
49		.227	
50		.666	
ค่าความเชื่อมั่น	.957	.957	.951

ตาราง 14 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ และค่าความยากง่าย ของแบบทดสอบวัดการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน

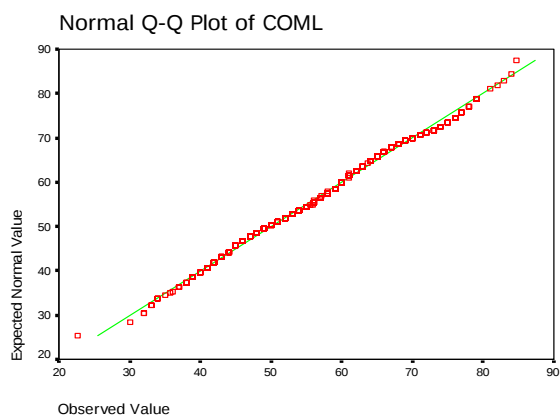
ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าความยากง่าย
1	.518	.540
2	.583	.476
3	.404	.276
ค่าความเชื่อมั่น	.711	

ตาราง 15 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ และค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์

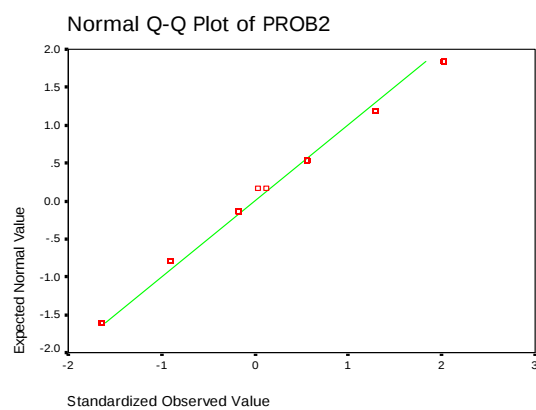
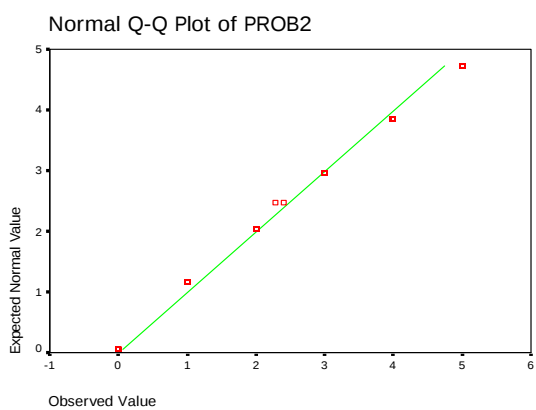
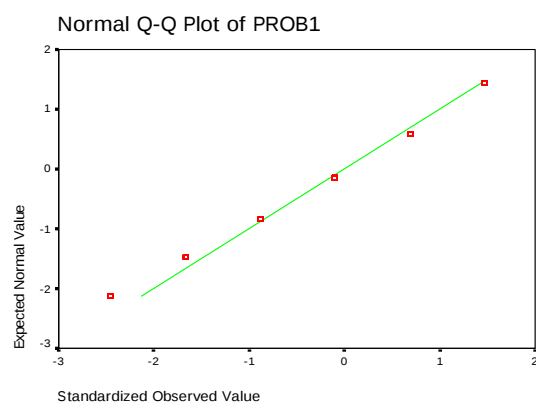
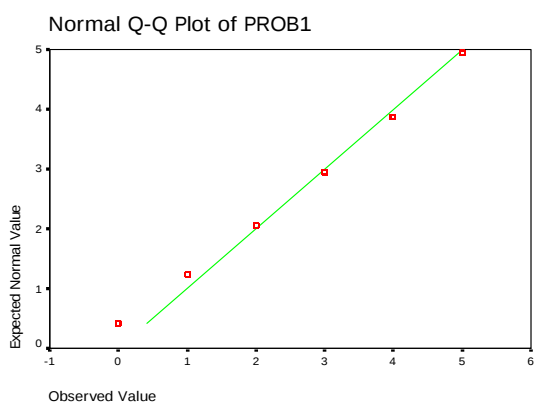
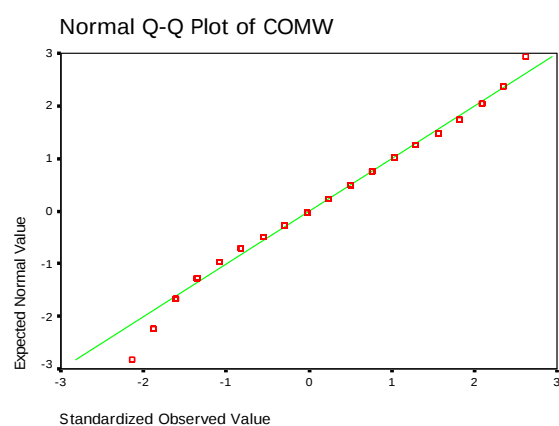
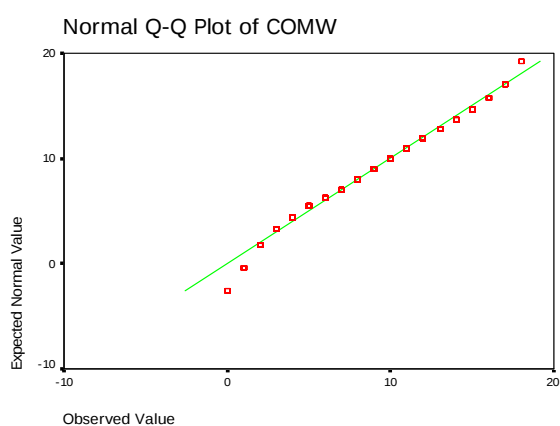
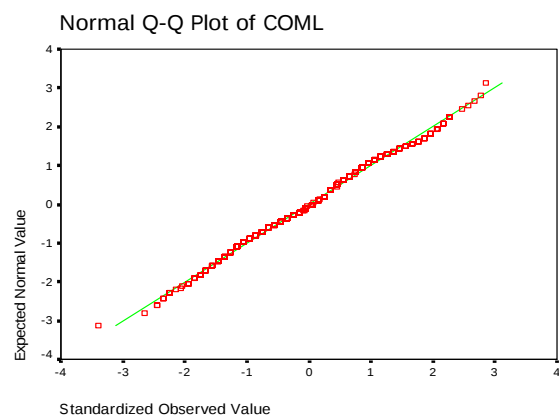
ข้อ	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าความยากง่าย
ปัญหาที่ 1		
ข้อ 1	.553	.645
ข้อ 2	.237	.224
ข้อ 3	.605	.408
ข้อ 4	.158	.132
ปัญหาที่ 2		
ข้อ 1	.289	.829
ข้อ 2	.579	.684
ข้อ 3	.526	.553
ข้อ 4	.289	.355
ปัญหาที่ 3		
ข้อ 1	.368	.395
ข้อ 2	.237	.145
ข้อ 3	.184	.171
ข้อ 4	.342	.408
ปัญหาที่ 4		
ข้อ 1	.395	.724
ข้อ 2	.421	.395
ข้อ 3	.474	.579
ข้อ 4	.500	.408
ปัญหาที่ 5		
ข้อ 1	.632	.658
ข้อ 2	.632	.658
ข้อ 3	.263	.211
ข้อ 4	.711	.645
ค่าความเชื่อมั่น	.715	

ภาคผนวก ค
ผลการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้น

ก่อนแปลงคะแนน

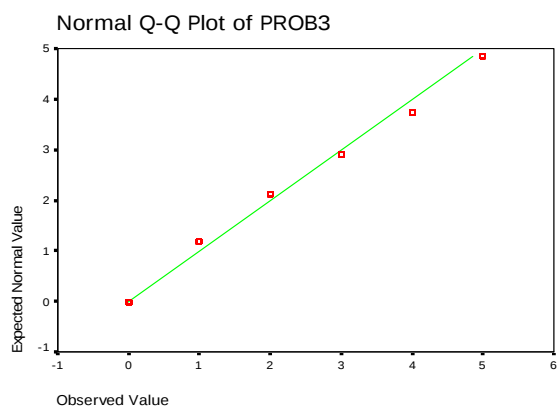


หลังแปลงคะแนน (normal scores)

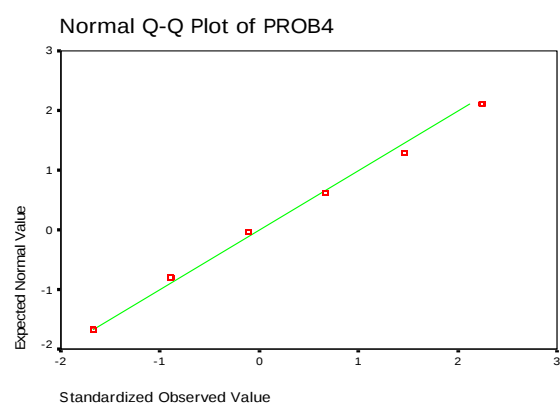
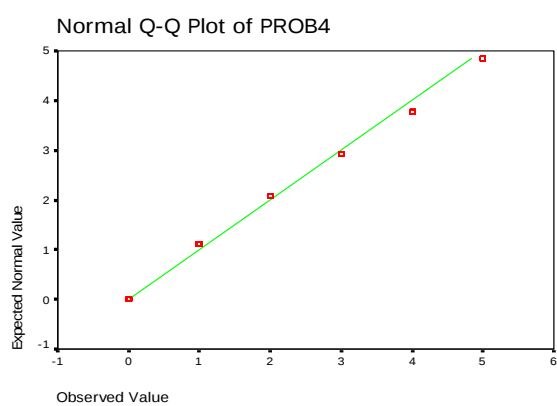
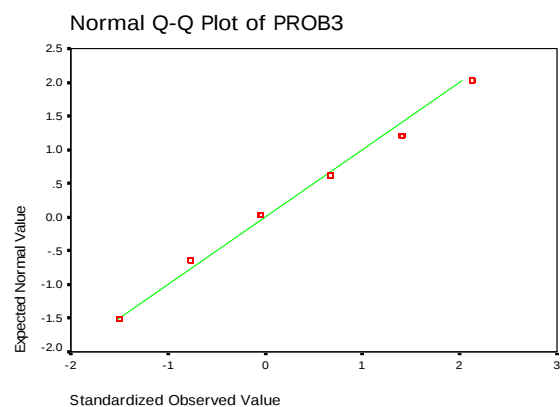


ภาพประกอบ 9 การตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยวิธี Normal Probability Plot ก่อนแปลงคะแนนและหลังแปลงคะแนน

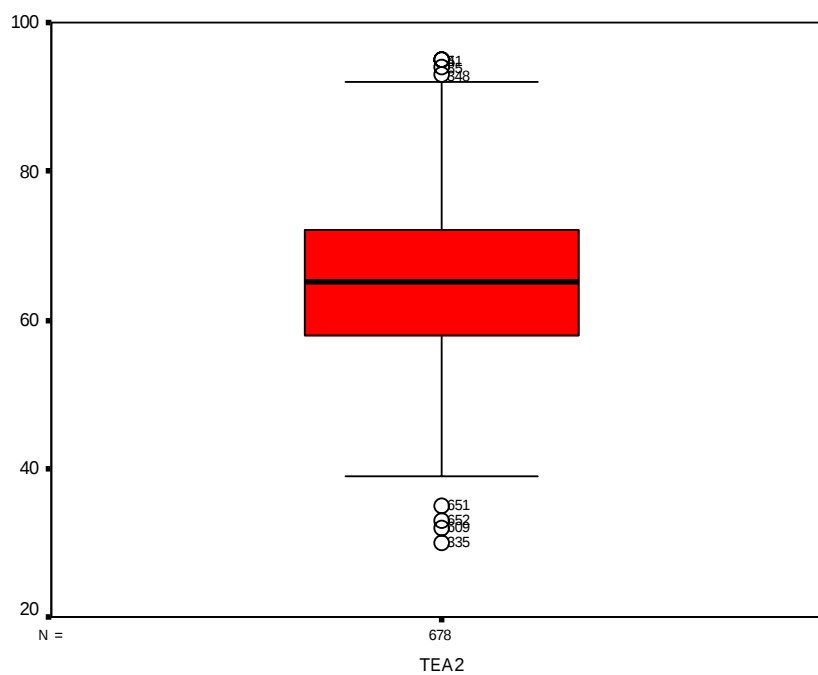
ก่อนแปลงคะแนน



หลังแปลงคะแนน (normal scores)



ภาพประกอบ 9 การตรวจสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยวิธี Normal Probability Plot ก่อนแปลงคะแนนและหลังแปลงคะแนน (ต่อ)



ภาพประกอบ 10 การตรวจสอบข้อมูลสุดโต่ง

ภาคผนวก ง

คำสั่งในการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

คำสั่งในการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

คำสั่งโมเดล ก

```
Raw Data from file 'D:\Data Research\DataCFAttrf.psf'
Sample Size = 678
Latent Variables COM PROB GRO TEA
Relationships
COML = COM
COMW = COM
PROB1 = PROB
PROB2 = PROB
PROB3 = PROB
PROB4 = PROB
GRO1 = GRO
GRO2 = GRO
GRO3 = GRO
TEA1 = TEA
TEA2 = TEA
TEA3 = TEA
TEA4 = TEA
TEA5 = TEA
COM = PROB GRO TEA
PROB = GRO TEA
Path Diagram
Iterations = 250
Number of Decimals = 3
Method of Estimation: Maximum Likelihood
Lisrel outputs: mi rs ef ss sc ad = off
End of Problem
```

คำสั่งโมเดล ข

```
Raw Data from file 'D:\Data Research\DataCFAttrf.psf'
Sample Size = 678
Latent Variables COM PROB GRO TEA
Relationships
COML = COM
COMW = COM
PROB1 = PROB
PROB2 = PROB
PROB3 = PROB
PROB4 = PROB
GRO1 = GRO
GRO2 = GRO
GRO3 = GRO
TEA1 = TEA
TEA2 = TEA
TEA3 = TEA
TEA4 = TEA
TEA5 = TEA
COM = PROB GRO TEA
PROB = COM GRO TEA
Let Path from PROB to COM = Path from COM to PROB
Path Diagram
Iterations = 250
Number of Decimals = 3
Method of Estimation: Maximum Likelihood
Lisrel outputs: mi rs ef ss sc ad = off
End of Problem
```

คำสั่งในการปรับโมเดล

```

Raw Data from file 'D:\Data Research\DataCFAtf.psf'
Sample Size = 678
Latent Variables COM PROB GRO TEA
Relationships
COML = COM
COMW = COM
PROB1 = PROB
PROB2 = PROB
PROB3 = PROB
PROB4 = PROB
GRO1 = GRO
GRO2 = GRO
GRO3 = GRO
TEA1 = TEA
TEA2 = TEA
TEA3 = TEA
TEA4 = TEA
TEA5 = TEA
COM = PROB GRO TEA
PROB = GRO TEA
Set the Error Covariance of PROB2 and COML Free
Set the Error Covariance of PROB3 and COMW Free
Set the Error Covariance of PROB3 and PROB1 Free
Set the Error Covariance of PROB1 and COMW Free
Set the Error Covariance of PROB2 and COMW Free
Set the Error Covariance of PROB4 and COMW Free
Set the Error Covariance of GRO3 and PROB3 Free
Set the Error Covariance of TEA5 and TEA1 Free
Set the Error Covariance of GRO2 and PROB2 Free
Set the Error Covariance of GRO2 and PROB1 Free
Set the Error Covariance of TEA2 and PROB2 Free
Set the Error Covariance of TEA4 and GRO1 Free
Set the Error Covariance of TEA5 and PROB2 Free
Set the Error Covariance of GRO3 and PROB4 Free
Set the Error Covariance of TEA3 and TEA2 Free
Set the Error Covariance of TEA4 and TEA1 Free
Set the Error Covariance of GRO1 and COMW Free
Set the Error Covariance of GRO3 and COMW Free
Set the Error Covariance of GRO2 and COMW Free
Set the Error Covariance of TEA5 and PROB4 Free
Path Diagram
Iterations = 250
Number of Decimals = 3
Method of Estimation: Maximum Likelihood
Lisrel outputs: mi rs ef ss sc ad = off
End of Problem

```

ภาคผนวก จ
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากโปรแกรม LISREL

1. ผลการวิเคราะห์ Structural Model

L I S R E L 8.52

BY

Karl G. Jöreskog & Dag Sörbom

This program is published exclusively by

Scientific Software International, Inc.

7383 N. Lincoln Avenue, Suite 100

Lincolnwood, IL 60712, U.S.A.

Phone: (800)247-6113, (847)675-0720, Fax: (847)675-2140

Copyright by Scientific Software International, Inc., 1981-2002

Use of this program is subject to the terms specified in the

Universal Copyright Convention.

Website: www.ssicentral.com

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

	LAMBDA-Y	
	COM	PROB
	-----	-----
COML	6.669	- -
COMW	1.708	- -
	(0.306)	
	5.591	
PROB1	- -	0.812
PROB2	- -	1.107
		(0.076)
		14.605
PROB3	- -	0.862
		(0.060)
		14.306
PROB4	- -	0.936
		(0.065)
		14.494

	LAMBDA-X	
	GR0	TEA
	-----	-----
GR01	5.719	- -
	(0.264)	
	21.635	
GR02	6.384	- -
	(0.274)	
	23.256	
GR03	9.641	- -
	(0.350)	
	27.536	
TEA1	- -	2.918
		(0.122)
		24.009

TEA2	- -	9.069 (0.342) 26.493
------	-----	----------------------------

TEA3	- -	2.855 (0.124) 23.053
------	-----	----------------------------

TEA4	- -	2.867 (0.118) 24.323
------	-----	----------------------------

TEA5	- -	3.781 (0.157) 24.086
------	-----	----------------------------

BETA		
	COM	PROB
	-----	-----
COM	- -	0.245 (0.066) 3.735
PROB	- -	- -

GAMMA		
	GRO	TEA
	-----	-----
COM	0.509 (0.068) 7.470	0.179 (0.064) 2.788
PROB	0.182 (0.055) 3.280	0.126 (0.053) 2.397

Covariance Matrix of ETA and KSI

	COM	PROB	GRO	TEA
	-----	-----	-----	-----
COM	1.000			
PROB	0.410	1.000		
GRO	0.662	0.247	1.000	
TEA	0.497	0.220	0.518	1.000

PHI		
	GRO	TEA
	-----	-----
GRO	1.000	
TEA	0.518 (0.032) 16.027	1.000

PSI
Note: This matrix is diagonal.

	COM	PROB
	-----	-----
	0.474 (0.181) 2.612	0.927 (0.112) 8.279

Squared Multiple Correlations for Structural Equations

COM	PROB
-----	-----
0.526	0.073

Squared Multiple Correlations for Reduced Form

COM	PROB
-----	-----
0.471	0.073

Reduced Form

	GRO	TEA
	-----	-----
COM	0.553 (0.067) 8.198	0.210 (0.064) 3.272
PROB	0.182 (0.055) 3.280	0.126 (0.053) 2.397

Squared Multiple Correlations for Y - Variables

COML	COMW	PROB1	PROB2	PROB3	PROB4
-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.450	0.204	0.410	0.662	0.395	0.540

Squared Multiple Correlations for X - Variables

GR01	GR02	GR03	TEA1	TEA2	TEA3
-----	-----	-----	-----	-----	-----
0.559	0.621	0.798	0.706	0.734	0.607

Squared Multiple Correlations for X - Variables

TEA4	TEA5
-----	-----
0.657	0.648

Goodness of Fit Statistics

Degrees of Freedom = 51

Minimum Fit Function Chi-Square = 62.026 (P = 0.139)

Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 61.228 (P = 0.155)

Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 10.228

90 Percent Confidence Interval for NCP = (0.0 ; 34.074)

Minimum Fit Function Value = 0.0916

Population Discrepancy Function Value (F0) = 0.0151

90 Percent Confidence Interval for F0 = (0.0 ; 0.0503)

Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.0172

90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.0 ; 0.0314)

P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 1.00

Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 0.250

90 Percent Confidence Interval for ECVI = (0.235 ; 0.285)

ECVI for Saturated Model = 0.310

ECVI for Independence Model = 11.238

Chi-Square for Independence Model with 91 Degrees of Freedom = 7580.173

Independence AIC = 7608.173

Model AIC = 169.228

Saturated AIC = 210.000

Independence CAIC = 7685.442

Model CAIC = 467.262

Saturated CAIC = 789.510

Normed Fit Index (NFI) = 0.992

Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.997

Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.556

Comparative Fit Index (CFI) = 0.999

Incremental Fit Index (IFI) = 0.999

Relative Fit Index (RFI) = 0.985

Critical N (CN) = 845.705

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.667

Standardized RMR = 0.0243

Goodness of Fit Index (GFI) = 0.987

Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.974

Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.480

BETA		
	COM	PROB
COM	-----	-----
	- -	0.245
PROB	- -	- -

GAMMA		
	GRO	TEA
COM	-----	-----
	0.509	0.179
PROB	0.182	0.126

Correlation Matrix of ETA and KSI

	COM	PROB	GRO	TEA
COM	-----	-----	-----	-----
	1.000			
PROB	0.410	-----		
		1.000		
GRO	0.662	0.247	-----	
			1.000	
TEA	0.497	0.220	0.518	-----
				1.000

PSI

Note: This matrix is diagonal.

	COM	PROB
COM	-----	-----
	0.474	0.927

Regression Matrix ETA on KSI (Standardized)

	GRO	TEA
COM	-----	-----
	0.553	0.210
PROB	0.182	0.126

Completely Standardized Solution

LAMBDA-Y		
	COM	PROB
	-----	-----
COML	0.671	- -
COMW	0.452	- -
PROB1	- -	0.640
PROB2	- -	0.813
PROB3	- -	0.628
PROB4	- -	0.735

LAMBDA-X		
	GRO	TEA
	-----	-----
GR01	0.748	- -
GR02	0.788	- -
GR03	0.893	- -
TEA1	- -	0.840
TEA2	- -	0.857
TEA3	- -	0.779
TEA4	- -	0.811
TEA5	- -	0.805

BETA		
	COM	PROB
	-----	-----
COM	- -	0.245
PROB	- -	- -

GAMMA		
	GRO	TEA
	-----	-----
COM	0.509	0.179
PROB	0.182	0.126

Correlation Matrix of ETA and KSI

	COM	PROB	GRO	TEA
	-----	-----	-----	-----
COM	1.000			
PROB	0.410	1.000		
GRO	0.662	0.247	1.000	
TEA	0.497	0.220	0.518	1.000

PSI

Note: This matrix is diagonal.

	COM	PROB
	-----	-----
	0.474	0.927

Total and Indirect Effects

Total Effects of KSI on ETA

	GRO	TEA
	-----	-----
COM	0.553 (0.067) 8.198	0.210 (0.064) 3.272
PROB	0.182 (0.055) 3.280	0.126 (0.053) 2.397

Indirect Effects of KSI on ETA

	GRO	TEA
	-----	-----
COM	0.045 (0.017) 2.585	0.031 (0.015) 2.012
PROB	- -	- -

Total Effects of ETA on ETA

	COM	PROB
	-----	-----
COM	- -	0.245 (0.066) 3.735
PROB	- -	- -

Largest Eigenvalue of $B \cdot B'$ (Stability Index) is 0.060

Standardized Total and Indirect Effects

Standardized Total Effects of KSI on ETA

	GRO	TEA
	-----	-----
COM	0.553	0.210
PROB	0.182	0.126

Standardized Indirect Effects of KSI on ETA

	GRO	TEA
	-----	-----
COM	0.045	0.031
PROB	- -	- -

Standardized Total Effects of ETA on ETA

	COM	PROB
	-----	-----
COM	- -	0.245
PROB	- -	- -

2. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของโมเดลการวัดตัวแปรแฝง (Measurement Model)

2.1 รูปแบบการวัดตัวแปรแฝงภายนอก

ISREL Estimates (Maximum Likelihood)

LAMBDA-X						
	GR0	TEA				
	-----	-----				
GR01	5.679 (0.267) 21.308	- -				
GR02	6.237 (0.278) 22.405	- -				
GR03	9.755 (0.353) 27.598	- -				
TEA1	- -	2.661 (0.122) 21.823				
TEA2	- -	9.122 (0.345) 26.479				
TEA3	- -	2.973 (0.122) 24.343				
TEA4	- -	2.819 (0.117) 24.079				
TEA5	- -	3.736 (0.158) 23.720				
PHI						
	GR0	TEA				
	-----	-----				
GR0	1.000					
TEA	0.522 (0.033) 15.807	1.000				
THETA-DELTA						
	GR01	GR02	GR03	TEA1	TEA2	TEA3
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
GR01	26.215 (1.781) 14.716					
GR02	- -	26.020 (1.899) 13.701				

GR03	- -	- -	21.052 (3.206) 6.566			
TEA1	- -	- -	- -	4.969 (0.373) 13.327		
TEA2	- -	- -	- -	2.377 (0.696) 3.417	28.894 (2.674) 10.807	
TEA3	- -	- -	- -	- -	3.187 (0.718) 4.441	4.598 (0.345) 13.336
TEA4	1.398 (0.504) 2.775	- -	- -	- -	- -	- -
TEA5	- -	- -	- -	-1.152 (0.320) -3.604	- -	- -

	THETA-DELTA TEA4	TEA5
TEA4	4.548 (0.314) 14.472	
TEA5	- -	7.966 (0.583) 13.662

Squared Multiple Correlations for X - Variables

GR01	GR02	GR03	TEA1	TEA2	TEA3
0.552	0.599	0.819	0.588	0.742	0.658

Squared Multiple Correlations for X - Variables

TEA4	TEA5
0.636	0.637

Goodness of Fit Statistics

Degrees of Freedom = 15

Minimum Fit Function Chi-Square = 22.233 (P = 0.102)

Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 21.959 (P = 0.109)

Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 6.959

90 Percent Confidence Interval for NCP = (0.0 ; 23.603)

Minimum Fit Function Value = 0.0328

Population Discrepancy Function Value (F0) = 0.0103

90 Percent Confidence Interval for F0 = (0.0 ; 0.0349)

Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.0262

90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.0 ; 0.0482)

P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 0.964

Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 0.0945
 90 Percent Confidence Interval for ECVI = (0.0842 ; 0.119)
 ECVI for Saturated Model = 0.106
 ECVI for Independence Model = 7.417

Chi-Square for Independence Model with 28 Degrees of Freedom = 5005.347

Independence AIC = 5021.347
 Model AIC = 63.959
 Saturated AIC = 72.000
 Independence CAIC = 5065.500
 Model CAIC = 179.861
 Saturated CAIC = 270.689

Normed Fit Index (NFI) = 0.996
 Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.997
 Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.533
 Comparative Fit Index (CFI) = 0.999
 Incremental Fit Index (IFI) = 0.999
 Relative Fit Index (RFI) = 0.992

Critical N (CN) = 932.212

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.836
 Standardized RMR = 0.0194
 Goodness of Fit Index (GFI) = 0.992
 Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.981
 Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.413

Completely Standardized Solution

	LAMBDA-X	
	GRO	TEA
	-----	-----
GR01	0.743	- -
GR02	0.774	- -
GR03	0.905	- -
TEA1	- -	0.767
TEA2	- -	0.862
TEA3	- -	0.811
TEA4	- -	0.798
TEA5	- -	0.798

2.2 รูปแบบการวัดตัวแปรแฝงภายใน

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

LAMBDA-X						
	COM	PROB				
	-----	-----				
COML	4.239 (0.490) 8.651	- -				
COMW	2.725 (0.242) 11.270	- -				
PROB1	- -	0.835 (0.047) 17.629				
PROB2	- -	1.156 (0.050) 22.902				
PROB3	- -	0.967 (0.056) 17.388				
PROB4	- -	0.893 (0.047) 19.016				
PHI						
	COM	PROB				
	-----	-----				
COM	1.000					
PROB	0.654 (0.057) 11.422	1.000				
THETA-DELTA						
	COML	COMW	PROB1	PROB2	PROB3	PROB4
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
COML	81.118 (5.203) 15.591					
COMW	- -	6.866 (1.188) 5.781				
PROB1	- -	- -	0.924 (0.059) 15.539			
PROB2	-1.039 (0.390) -2.662	- -	- -	0.519 (0.071) 7.315		
PROB3	- -	- -	- -	-0.178 (0.058) -3.082	0.966 (0.080) 12.070	

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรื่อง

รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามมีทั้งหมด 3 ฉบับ คือ

ฉบับที่ 1 แบบสอบถามวัดความสามารถในการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด จำนวน 20 ข้อ

ฉบับที่ 2 แบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่ม แบ่งออกเป็น 3 ด้าน รวมทั้งหมด 50 ข้อ ดังนี้

บทบาทผู้นำกลุ่ม	จำนวน 15 ข้อ
บทบาทสมาชิกกลุ่ม	จำนวน 15 ข้อ
กระบวนการทำงานกลุ่ม	จำนวน 20 ข้อ

ฉบับที่ 3 แบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอนของครู แบ่งออกเป็น 5 ด้าน รวมทั้งหมด 45 ข้อ ดังนี้

การเตรียมการสอน	จำนวน 6 ข้อ
การจัดการเรียนรู้	จำนวน 19 ข้อ
การใช้สื่อการเรียนการสอน	จำนวน 6 ข้อ
การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน	จำนวน 6 ข้อ
การวัดผลประเมินผล	จำนวน 8 ข้อ

2. การตอบแบบสอบถามขอให้นักเรียนปฏิบัติตามคำชี้แจงของแบบสอบถามแต่ละฉบับอย่างละเอียด

3. ให้นักเรียนอ่านข้อความแล้วพิจารณาว่า ข้อความนั้นตรงกับการปฏิบัติมากน้อยเพียงไรแล้วทำ

เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยมีหลักเกณฑ์ในการเลือกข้อความแต่ละข้อ มีดังนี้

มากที่สุด	หมายถึง	ข้อความนั้นตรงกับการปฏิบัติที่เกิดขึ้นทุกครั้ง
มาก	หมายถึง	ข้อความนั้นตรงกับการปฏิบัติที่เกิดขึ้นเกือบทุกครั้ง
ปานกลาง	หมายถึง	ข้อความนั้นตรงกับการปฏิบัติที่เกิดขึ้นบางครั้ง
น้อย	หมายถึง	ข้อความนั้นตรงกับการปฏิบัติที่เกิดขึ้นไม่บ่อย
น้อยที่สุด	หมายถึง	ข้อความนั้นตรงกับการปฏิบัติที่ไม่เกิดขึ้นเลย

4. แบบสอบถามชุดนี้ใช้สำหรับเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่มีผลกระทบต่อการเรียนใดๆ

ของนักเรียนทั้งสิ้น และคำตอบของนักเรียนจะถูกเก็บเป็นความลับ

ขอขอบคุณนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามมา ณ โอกาสนี้

นันท์นภัส พลเตมา

นิสิตสาขาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ฉบับที่ 1 แบบสอบถามวัดความสามารถในการสื่อสารโดยใช้ภาษาพูด

คำชี้แจง 1. ให้นักเรียนอ่านข้อความแต่ละข้อ แล้วพิจารณาว่านักเรียนมีการปฏิบัติตามข้อความนั้นมากน้อยเพียงใด โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างทางขวามือของข้อความแต่ละข้อเพียงช่องเดียว ให้ตรงกับความเป็นจริงเกี่ยวกับตัวนักเรียนมากที่สุด

2. ข้อความแต่ละข้อเป็นการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยการพูดสื่อสารกับบุคคลอื่น

ข้อ	ข้อความ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1	ข้าพเจ้าสามารถพูดอธิบายวิธีคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้คนอื่นฟังเข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	ข้าพเจ้ามีการเขียนแผนภาพหรือตารางประกอบการอธิบายวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้คนอื่นฟังเข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	ข้าพเจ้าสามารถพูดอธิบายความหมายของข้อมูลที่อยู่ในสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้คนอื่นฟังเข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	ข้าพเจ้าสามารถพูดบอกรายละเอียดของข้อมูลในปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้คนอื่นฟังเข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
5	ข้าพเจ้าสามารถบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้เข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
6	ข้าพเจ้าสามารถพูดอธิบายความหมายของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้เข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
7	ข้าพเจ้าสามารถพูดอธิบายความหมายของคำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ได้เข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
8	ข้าพเจ้าสามารถอธิบายแนวคิดในการหาคำตอบจากสิ่งที่ครูถามได้เข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
9	เมื่อมีการพูดคุยแลกเปลี่ยนวิธีคิดทางคณิตศาสตร์กับเพื่อนๆ ข้าพเจ้ามักจะเป็นผู้ฟังมากกว่าที่จะเสนอความคิดเห็น.....	.....	.....	.....	.....	.....
10	เมื่อมีการทำงานกลุ่มในวิชาคณิตศาสตร์ ข้าพเจ้ามักเป็นตัวแทนในการพูดนำเสนอผลงาน.....	.....	.....	.....	.....	.....
11	เมื่อมีการทำงานกลุ่มในวิชาคณิตศาสตร์ ข้าพเจ้าจะรับหน้าที่เป็นผู้สรุปแนวคิดของกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
12	เมื่อข้าพเจ้าเป็นผู้สรุปแนวคิดของกลุ่ม ข้าพเจ้าสามารถสรุปแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มได้เข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อ	ข้อความ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
13	เมื่อข้าพเจ้าพูดนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ข้าพเจ้ามีความรู้สึกที่พูดนำเสนอได้เข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
14	เมื่อข้าพเจ้าออกไปพูดนำเสนอหน้าชั้นเรียน คุณครูมักจะกล่าวชมว่าอธิบายได้ชัดเจนและเข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
15	ข้าพเจ้าสามารถพูดนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ อย่างเป็นขั้นตอนและเข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
16	ข้าพเจ้าพูดสรุปเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ให้คนอื่นฟังเข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
17	ข้าพเจ้าสามารถอธิบายแนวคิดของตนเองให้บุคคลอื่นฟังเข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
18	เมื่อเพื่อนๆ ไม่เข้าใจเนื้อหาที่เรียนข้าพเจ้าจะช่วยอธิบายให้ฟังจนเข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
19	เพื่อนๆ ของข้าพเจ้าชอบบอกว่าข้าพเจ้าเป็นคนอธิบายเนื้อหา คณิตศาสตร์เข้าใจง่าย.....	.....	.....	.....	.....	.....
20	ข้าพเจ้าชอบหาโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์มาอธิบายให้เพื่อนฟังจนเข้าใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....

ฉบับที่ 2 แบบสอบถามวัดการทำงานกลุ่ม

คำชี้แจง 1. ให้นักเรียนอ่านข้อความแต่ละข้อ แล้วพิจารณาโดยรวมว่าการทำงานกลุ่มของนักเรียนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์นั้นมีการปฏิบัติตามข้อความนั้นมากน้อยเพียงใด โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างทางขวามือของข้อความแต่ละข้อเพียงช่องเดียว ให้ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด

2. สำหรับบทบาทผู้นำกลุ่มและกระบวนการทำงานกลุ่ม ให้นักเรียนตอบตามการรับรู้ของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นของการทำงานกลุ่มในการเรียนคณิตศาสตร์

ข้อ	ข้อความ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	บทบาทผู้นำกลุ่ม					
1	ผู้นำกลุ่มแบ่งงานให้สมาชิกในกลุ่มอย่างเหมาะสม.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	ผู้นำกลุ่มให้คำปรึกษาและช่วยเหลือสมาชิกทุกคน.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	ผู้นำกลุ่มควบคุมการทำงานให้อยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้.....	.....	.....	.....	.....	.....
4	ผู้นำกลุ่มชอบทำงานคนเดียว โดยไม่รับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
5	ผู้นำกลุ่มมีการพูดทบทวนแผนการทำงานให้สมาชิกในกลุ่มทราบ.....	.....	.....	.....	.....	.....
6	ผู้นำกลุ่มช่วยลดความขัดแย้งในการทำงานกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
7	ผู้นำกลุ่มช่วยประสานความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
8	ผู้นำกลุ่มพูดชักจูงให้สมาชิกในกลุ่มช่วยกันทำงาน.....	.....	.....	.....	.....	.....
9	ผู้นำกลุ่มให้ความเสมอภาคกับสมาชิกต่อการแสดงความคิดเห็นในการทำงาน.....	.....	.....	.....	.....	.....
10	ผู้นำกลุ่มทำหน้าที่ประสานให้สมาชิกในกลุ่มมีความเข้าใจการทำงานที่ตรงกัน.....	.....	.....	.....	.....	.....
11	ผู้นำกลุ่มสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างมีเหตุผลและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
12	ผู้นำกลุ่มตัดสินใจอย่างมีเหตุผล.....	.....	.....	.....	.....	.....
13	ผู้นำกลุ่มเป็นผู้ทำให้สมาชิกของกลุ่มทำงานอย่างเป็นระเบียบ.....	.....	.....	.....	.....	.....
14	ผู้นำกลุ่มสร้างบรรยากาศที่เป็นมิตรให้เกิดขึ้นในการทำงาน.....	.....	.....	.....	.....	.....
15	ผู้นำกลุ่มไม่ติดตามการปฏิบัติงานของสมาชิกในกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อ	ข้อความ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	บทบาทสมาชิกกลุ่ม					
16	ข้าพเจ้าอธิบายการทำงานในส่วนที่รับผิดชอบได้ดี.....	.....	.....	.....	.....	.....
17	ข้าพเจ้าพยายามทำความเข้าใจในงานที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็ม ความสามารถ.....	.....	.....	.....	.....	.....
18	ข้าพเจ้าร่วมแสดงความคิดเห็นในการทำงานอย่างมีเหตุผล.....	.....	.....	.....	.....	.....
19	เมื่อไม่เข้าใจงานที่ได้รับมอบหมาย ข้าพเจ้าจะซักถามสมาชิกในกลุ่ม	.....	.....	.....	.....	.....
20	ข้าพเจ้ากระตุ้นให้สมาชิกในกลุ่มมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น.....	.....	.....	.....	.....	.....
21	ข้าพเจ้ารับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
22	เมื่อเพื่อนในกลุ่มทำงานผิดพลาด ข้าพเจ้าพร้อมที่จะให้ความ ช่วยเหลือและแก้ไข.....	.....	.....	.....	.....	.....
23	สมาชิกในกลุ่มคนใดทำงานดีข้าพเจ้าจะพูดชมเชยให้กำลังใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
24	ข้าพเจ้าปฏิบัติตามข้อตกลงของกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
25	ข้าพเจ้าให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่มอย่างเต็มที่.....	.....	.....	.....	.....	.....
26	ข้าพเจ้าให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการปฏิบัติงานกับสมาชิก ในกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
27	ข้าพเจ้าทำงานกลุ่มอย่างเต็มความสามารถ.....	.....	.....	.....	.....	.....
28	ข้าพเจ้าเต็มใจในการทำงานที่ได้รับมอบหมายแม้ว่าจะถนัดหรือไม่ ก็ตาม.....	.....	.....	.....	.....	.....
29	เมื่อข้อมูลที่นำมาใช้ในการทำงานกลุ่มไม่เพียงพอ ข้าพเจ้าจะอาสาไป ค้นข้อมูลเพิ่มเติมให้.....	.....	.....	.....	.....	.....
30	ข้าพเจ้าช่วยปรับปรุงแก้ไขผลงานของกลุ่มจนบรรลุจุดมุ่งหมายที่ กำหนดไว้.....	.....	.....	.....	.....	.....
	กระบวนการทำงานกลุ่ม					
31	กลุ่มของข้าพเจ้ามีการคัดเลือกผู้นำกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
32	กลุ่มของข้าพเจ้ามีเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้นำกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
33	สมาชิกทุกคนในกลุ่มมีส่วนร่วมในการกำหนดจุดมุ่งหมายในการ ทำงานกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
34	กลุ่มของข้าพเจ้ามีการวางกฎระเบียบหรือกติกาในการทำงานกลุ่ม....	.....	.....	.....	.....	.....
35	กลุ่มของข้าพเจ้ามีการกำหนดขอบเขตของงานที่ทำอย่างชัดเจน.....	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อ	ข้อความ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
36	กลุ่มของข้าพเจ้ามีการกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานว่าจะทำอะไรก่อนหลัง.....	.....	.....	.....	.....	.....
37	กลุ่มของข้าพเจ้ามีการกำหนดเวลาในการปฏิบัติงานอย่างชัดเจน.....	.....	.....	.....	.....	.....
38	กลุ่มของข้าพเจ้ามีการป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าในการทำงานกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
39	กลุ่มของข้าพเจ้ามีการพิจารณามอบหมายงานให้เหมาะสมกับสมาชิกในกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
40	กลุ่มของข้าพเจ้ามีการกำหนดหน้าที่รับผิดชอบของสมาชิกแต่ละคนอย่างชัดเจน.....	.....	.....	.....	.....	.....
41	กลุ่มของข้าพเจ้ามีการชี้แจงหน้าที่ของสมาชิกในกลุ่มแต่ละคน.....	.....	.....	.....	.....	.....
42	กลุ่มของข้าพเจ้ามีการตรวจสอบความเข้าใจขั้นตอนการทำงานของสมาชิกในกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
43	กลุ่มของข้าพเจ้ามีการพูดชี้แจงเพื่อทบทวนแผนการทำงานกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
44	กลุ่มของข้าพเจ้าร่วมมือกันปฏิบัติงานจนบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้.....	.....	.....	.....	.....	.....
45	กลุ่มของข้าพเจ้าร่วมมือกันแสวงหาและรวบรวมข้อมูลที่เป็นมาใช้ในการทำงานกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
46	เมื่อมีปัญหาในการทำงานกลุ่ม กลุ่มของข้าพเจ้าจะช่วยกันค้นหาสาเหตุของปัญหา.....	.....	.....	.....	.....	.....
47	เมื่อมีปัญหาในการทำงานกลุ่ม กลุ่มของข้าพเจ้าจะช่วยกันแก้ปัญหา.....	.....	.....	.....	.....	.....
48	กลุ่มของข้าพเจ้ามีการประเมินผลงานหลังจากทำงานเสร็จ.....	.....	.....	.....	.....	.....
49	กลุ่มของข้าพเจ้ามีการประเมินการทำงานทุกขั้นตอน.....	.....	.....	.....	.....	.....
50	เมื่อผลงานไม่เสร็จสมบูรณ์สมาชิกในกลุ่มจะช่วยกันปรับปรุงผลงาน.....	.....	.....	.....	.....	.....

ฉบับที่ 3 แบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอนของครู

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านข้อความแต่ละข้อ แล้วพิจารณาว่าครูสอนคณิตศาสตร์นักเรียนมีพฤติกรรมการสอนคณิตศาสตร์ในแต่ละข้อมากน้อยเพียงใด โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างทางขวามือของข้อความแต่ละข้อเพียงช่องเดียว ให้ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

ข้อ	ข้อความ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	การเตรียมการสอน					
1	ครูมีการแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ก่อนสอนอย่างชัดเจน.....	.....	.....	.....	.....	.....
2	ครูสอนเนื้อหาและยกตัวอย่างได้ชัดเจน เข้าใจง่าย.....	.....	.....	.....	.....	.....
3	ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้เหมาะสมกับเวลาและเนื้อหาที่เรียน...	.....	.....	.....	.....	.....
4	ครูมีการเตรียมสื่อ อุปกรณ์การเรียนการสอนได้เหมาะสมและเพียงพอกับจำนวนนักเรียน.....	.....	.....	.....	.....	.....
5	ครูวัดผลและประเมินผลได้ตรงตามเนื้อหาที่เรียน.....	.....	.....	.....	.....	.....
6	ครูสอนเนื้อหาเรียงตามลำดับขั้นตอนจากง่ายไปยาก.....	.....	.....	.....	.....	.....
	การจัดการเรียนรู้					
7	ครูมีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่หลากหลายเหมาะสมกับวิชาคณิตศาสตร์.....	.....	.....	.....	.....	.....
8	ครูหาโจทย์ปัญหาที่นอกเหนือจากหนังสือเรียน และเชื่อมโยงกับชีวิตจริงมาให้นักเรียนฝึกทำ.....	.....	.....	.....	.....	.....
9	ครูมีการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาคำตอบเป็นรายบุคคล.....	.....	.....	.....	.....	.....
10	ครูมีการกระตุ้นและยกตัวอย่างเหตุการณ์เพื่อให้นักเรียนค้นพบวิธีการแก้ปัญหา.....	.....	.....	.....	.....	.....
11	ครูให้นักเรียนฝึกคิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผลและมีการวางแผน....	.....	.....	.....	.....	.....
12	ครูให้นักเรียนปฏิบัติและทดลองเพื่อพิสูจน์ว่า สิ่งที่ค้นพบนั้นถูกต้อง.....	.....	.....	.....	.....	.....
13	ครูให้นักเรียนปฏิบัติและสาธิต เพื่อเป็นการยืนยันสิ่งที่ได้เรียนรู้ว่าปฏิบัติได้จริง.....	.....	.....	.....	.....	.....
14	ครูให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมและสรุปสาระสำคัญด้วยตนเอง.....	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อ	ข้อความ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
15	ครูให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองจากแหล่งข้อมูลต่างๆ แล้วนำความรู้มาแลกเปลี่ยนกันและนำไปใช้ในชีวิตจริง.....	.....	.....	.....	.....	.....
16	ครูฝึกให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้และแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน.....	.....	.....	.....	.....	.....
17	ครูให้นักเรียนได้เรียนรู้จากของจริง สถานที่จริง และประสบการณ์จริง.....	.....	.....	.....	.....	.....
18	ครูมีการจัดกิจกรรมให้นักเรียนเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง.....	.....	.....	.....	.....	.....
19	ครูคอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการเรียน.....	.....	.....	.....	.....	.....
20	ครูมีการกระตุ้นและสร้างความสนใจนักเรียนแต่ละคนอย่างเหมาะสม.....	.....	.....	.....	.....	.....
21	ครูจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้นักเรียนได้ค้นพบความสามารถของตนเอง.....	.....	.....	.....	.....	.....
22	ครูฝึกให้นักเรียนทำงานอย่างเป็นระบบทั้งแบบทำคนเดียวและแบบทำเป็นกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
23	ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกตามความถนัดและความสนใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
24	ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน.....	.....	.....	.....	.....	.....
25	ครูมีการจัดกิจกรรมนอกชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และได้ประสบการณ์เพิ่มเติม เช่น ให้ทำโครงงาน.....	.....	.....	.....	.....	.....
การใช้สื่อการเรียนการสอน						
26	ครูจัดสิ่งแวดล้อมหรือสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนได้ง่าย.....	.....	.....	.....	.....	.....
27	ครูให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการผลิต และใช้สื่อการเรียนรู้.....	.....	.....	.....	.....	.....
28	ครูมีการใช้สื่อการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนค้นพบและสร้างความรู้ด้วยตนเอง.....	.....	.....	.....	.....	.....
29	ครูใช้สื่อการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมกับเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้.....	.....	.....	.....	.....	.....
30	ครูมีความคล่องแคล่ว ในการใช้สื่อการเรียนรู้.....	.....	.....	.....	.....	.....
31	ครูมีการใช้สื่อการเรียนรู้เพื่อดึงดูดและสร้างความสนใจนักเรียน.....	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อ	ข้อความ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	การสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน					
32	ครูมีการจัดมุม หรือบอร์ดคณิตศาสตร์ในห้องเรียน เพื่อให้ นักเรียนเกิดการเรียนรู้.....	.....	.....	.....	.....	.....
33	ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน และทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข.....	.....	.....	.....	.....	.....
34	ครูยอมรับในความสามารถของนักเรียน โดยให้เลือกทำโครงการ หรือชิ้นงานที่ถนัดและสนใจ.....	.....	.....	.....	.....	.....
35	ครูมีความเมตตาต่อนักเรียน เอาใจใส่ดูแล เอื้ออาทรกับทุกข์สุข ของนักเรียน.....	.....	.....	.....	.....	.....
36	ครูประพฤติและปฏิบัติตนเป็นแบบอย่างที่ดีตามกรอบศีลธรรม และวัฒนธรรมไทย.....	.....	.....	.....	.....	.....
37	ครูมีการสอดแทรกความมีวินัยในการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ของ นักเรียน.....	.....	.....	.....	.....	.....
	การวัดผลประเมินผล					
38	ครูให้นักเรียนทำชิ้นงาน หรือทำข้อสอบในระหว่างที่มีการเรียน การสอน.....	.....	.....	.....	.....	.....
39	ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของแต่ละ บทเรียน.....	.....	.....	.....	.....	.....
40	ครูมีการประเมินผลการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล และรายกลุ่ม.....	.....	.....	.....	.....	.....
41	ครูให้นักเรียนประเมินผลงานของตนเอง และให้ยอมรับผลการ ประเมินจากเพื่อน.....	.....	.....	.....	.....	.....
42	ครูมีการประเมินการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งใน และนอกห้องเรียน.....	.....	.....	.....	.....	.....
43	ครูจัดให้นักเรียนมีเพิ่มสะสมผลงานของตนเอง และมีการ ประเมินเพิ่มสะสมผลงานของตนเองและเพื่อน.....	.....	.....	.....	.....	.....
44	ครูตรวจ แก้ไขข้อผิดพลาดในการทำงานของนักเรียน และแจ้งให้ ทราบอย่างสม่ำเสมอ.....	.....	.....	.....	.....	.....
45	ครูมีการประเมินพัฒนาการของนักเรียนครอบคลุมทั้งด้าน ร่างกาย สติปัญญา ความประพฤติ คุณธรรม และจริยธรรม.....	.....	.....	.....	.....	.....

แบบทดสอบเพื่อการวิจัย

เรื่อง

รูปแบบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงสาเหตุขององค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตพื้นที่การศึกษา 3 กรุงเทพมหานคร

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบมีทั้งหมด 2 ฉบับ คือ

ฉบับที่ 1 แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 5 ข้อปัญหา

ฉบับที่ 2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยใช้ภาษาเขียน จำนวน 3 ข้อ

2. การทำข้อสอบขอให้นักเรียนปฏิบัติตามคำชี้แจงของข้อสอบแต่ละฉบับ

3. แบบทดสอบชุดนี้ใช้สำหรับเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่มีผลกระทบต่อการเรียนใดๆ ของนักเรียนทั้งสิ้น ขอให้นักเรียนทำแบบทดสอบด้วยความตั้งใจและเต็มความสามารถ

ขอขอบคุณนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบทดสอบมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นันท์นภัส พลเตมา

นิสิตสาขาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ฉบับที่ 1 แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วยปัญหาทางคณิตศาสตร์ 5 ปัญหา แต่ละปัญหามีคำถามย่อย 4 ข้อ ให้เวลาทำ 30 นาที
2. คำถามย่อยแต่ละข้อ เป็นคำถามชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ซึ่งมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว
3. ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (☐) ทับตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุด
4. ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ขีดเส้น 2 เส้นทับที่คำตอบเดิม (☒) แล้วทำเครื่องหมายกากบาทใหม่ในตัวเลือกที่ต้องการ

ตัวอย่างการเลือกตอบ

ข้อที่ (0) : รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วรูปหนึ่งมีฐานยาว 12 เซนติเมตร มีเส้นรอบรูปยาว 0.34 เมตร
ด้านอีกสองด้านยาวด้านละกี่เซนติเมตร

คำถามข้อ 1. ข้อใดไม่เกี่ยวกับวิธีการคิดหาคำตอบของปัญหา

- ก. ความยาวของฐาน
- ~~ข.~~ ส่วนสูงของรูปสามเหลี่ยม
- ค. ชนิดของรูปสามเหลี่ยม
- ง. ความยาวของเส้นรอบรูป

คำถามข้อ 2. ขั้นตอนใดไม่ต้องนำมาใช้ในการหาคำตอบ

- ก. เปลี่ยนหน่วยความยาวของเส้นรอบรูปเป็นเซนติเมตร
- ~~ข.~~ นำความยาวของเส้นรอบรูปไปหักออกจากความยาวของฐาน
- ค. นำความยาวของเส้นรอบรูปที่เหลือจากความยาวของฐานไปแบ่งครึ่ง
- ~~ง.~~ นำความยาวของเส้นรอบรูปไปรวมกับความยาวของฐานแล้วแบ่งออกเป็นสามส่วน

ปัญหาที่ 1 ดาวอังคารมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6.8×10^3 กิโลเมตร

และอยู่ห่างจากโลกประมาณ 8×10^7 กิโลเมตร ถ้าจรวดมีความเร็ว 2×10^4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะเดินทางไปดาวอังคาร จรวดต้องใช้เวลานานเท่าไร

คำถามข้อ 1 ข้อใดไม่เกี่ยวกับการคิดหาคำตอบของปัญหา

- ก. ความเร็วของจรวด
- ข. ระยะทางจากโลกถึงดาวอังคาร
- ค. เส้นผ่านศูนย์กลางของดาวอังคาร
- ง. ระยะทางที่จะไปถึงดาวอังคาร

คำถามข้อ 2 การแก้ปัญหามันต้องใช้สมบัติของเลขยกกำลังในข้อใด

- ก. การคูณ
- ข. การหาร
- ค. การบวก
- ง. การลบ

คำถามข้อ 3 จะเดินทางไปดาวอังคาร จรวดต้องใช้เวลาเท่าไร

- ก. 3.4×10^3 ชั่วโมง
- ข. 4×10^3 ชั่วโมง
- ค. 6×10^3 ชั่วโมง
- ง. 6×10^4 ชั่วโมง

คำถามข้อ 4 วิธีการแก้ปัญหานั้น คล้ายกับวิธีการแก้ปัญหานั้นข้อใดมากที่สุด

- ก. ประเทศไทยมีเนื้อที่ประมาณ 4.18×10^5 ตารางกิโลเมตร มีประชากรประมาณ 63,000,000 คน มีอัตราเฉลี่ยของพื้นที่ต่อคนเท่าไร
- ข. จรวดมีความเร็ว 1.5×10^3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อเดินทางไป 28 ชั่วโมง จรวดอยู่ห่างจากพื้นโลกกี่กิโลเมตร
- ค. ปุ๋ย 1 ถุง ประกอบด้วยไนโตรเจน 3.3×10^4 กรัม และฟอสฟอรัส 1.7×10^4 กรัม
ปุ๋ย 5 ถุง จะประกอบด้วยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอย่างละกี่กรัม
- ง. สาร A จำนวน 1 โมเลกุลหนัก 2.7×10^{-16} กรัม สาร B จำนวน 1 โมเลกุลหนัก 3.1×10^{-16} กรัม
สาร A จำนวน 4×10^{20} โมเลกุล มีน้ำหนักมากกว่าสาร B จำนวน 2×10^{20} โมเลกุล กี่กรัม

ปัญหาที่ 2 ตู้เลี้ยงปลาทำด้วยกระจกหนา 0.50 เซนติเมตร วัดภายในตู้กระจกกว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร และสูง 50 เซนติเมตร ถ้าต้องการใส่น้ำต่ำกว่าขอบบน 10 เซนติเมตร จะต้องใส่น้ำกี่ลูกบาศก์เซนติเมตร

คำถามข้อ 1 ข้อใดไม่เกี่ยวกับการคิดหาคำตอบของปัญหา

- ก. ความกว้างของตู้กระจก
- ข. ความยาวของตู้กระจก
- ค. ความหนาของตู้กระจก
- ง. ความสูงของตู้กระจก

คำถามข้อ 2 น้ำในตู้กระจกจะสูงเท่าไร

- ก. 69.50 เซนติเมตร
- ข. 40.00 เซนติเมตร
- ค. 49.50 เซนติเมตร
- ง. 50.00 เซนติเมตร

คำถามข้อ 3 เราต้องใส่น้ำในตู้กระจกกี่ลูกบาศก์เซนติเมตร

- ก. 94,800 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- ข. 96,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- ค. 118,800 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- ง. 120,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

คำถามข้อ 4 วิธีการในข้อใดสามารถนำไปใช้ในการหาคำตอบของปัญหาที่ 2 ได้

- ก. $(40 \times 60 \times 50) - 10$
- ข. $40 \times 60 \times (50 - 10 - 0.50)$
- ค. $(40 \times 60 \times 50) - (40 \times 60 \times 10)$
- ง. $(40 \times 60 \times 50) - (40 \times 60 \times 0.50)$

ปัญหาที่ 3 เสาอากาศสูง 13 เมตร ต้องใช้ลวดโยงหัวเสาเข้ากับหัวหลักยึดจำนวน 4 ต้น
ซึ่งหลักยึดแต่ละต้นสูง 1 เมตร และอยู่ห่างจากเสาอากาศ 9 เมตร
จงหาความยาวของเส้นลวดทั้งหมด ที่ใช้ในการโยงหัวเสาอากาศ

คำถามข้อ 1 ข้อใดไม่เกี่ยวกับการคิดหาคำตอบของปัญหา

- ก. จำนวนหลัก
- ข. ความสูงของเสาอากาศ
- ค. ระยะห่างระหว่างหลักยึด 4 ต้น
- ง. ระยะห่างระหว่างเสาอากาศกับหลักยึด

คำถามข้อ 2 หัวเสาอากาศกับหัวหลักยึด 1 ต้น ต้องใช้เส้นลวดโยงยาวกี่เมตร

- ก. 12 เมตร
- ข. 13 เมตร
- ค. 14 เมตร
- ง. 15 เมตร

คำถามข้อ 3 เส้นลวดทั้งหมดที่ใช้ในการโยงหัวเสาอากาศยาวกี่เมตร

- ก. 48 เมตร
- ข. 52 เมตร
- ค. 56 เมตร
- ง. 60 เมตร

คำถามข้อ 4 วิธีการแก้ปัญหาคำถามที่ 3 คล้ายกับวิธีการแก้ปัญหาคำถามข้อใดมากที่สุด

- ก. ปรีชาเดินไปทางทิศเหนือ 400 เมตร แล้วเลี้ยวไปทางทิศตะวันออก 300 เมตร
ปรีชาอยู่ห่างจากจุดเริ่มต้นกี่เมตร
- ข. ตำรวจต้องการล้อมที่เกิดเหตุด้วยเชือกเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสยาวด้านละ 8 เมตร
ต้องใช้เชือกยาวกี่เมตร
- ค. สี่เหลี่ยมจัตุรัสรูปหนึ่งมีพื้นที่ 144 ตารางเซนติเมตร ถ้าลดความยาวของสี่เหลี่ยมจัตุรัสลง
ด้านละ 1 เซนติเมตร เส้นรอบรูปของสี่เหลี่ยมจัตุรัสรูปนี้ยาวกี่เซนติเมตร
- ง. ในการแข่งรถ ถ้านาย ก ขับด้วยอัตราเร็ว 200 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
นาย ข ขับด้วยอัตราเร็ว 195 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมง
นาย ก อยู่ห่างจากนาย ข กี่กิโลเมตร

ปัญหาที่ 4 แบ่งเงิน 120 บาท ให้กับ ก้อย นิด และตุ๊ก โดยให้ก้อยได้รับมากกว่านิด 22 บาท และนิดได้รับน้อยกว่าตุ๊ก 8 บาท ก้อยได้รับเงินกี่บาท

คำถามข้อ 1 ข้อใดกล่าวถูกต้อง

- ก. ก้อยได้รับเงินน้อยที่สุด
- ข. นิดได้รับเงินน้อยที่สุด
- ค. ตุ๊กได้รับเงินน้อยที่สุด
- ง. ตุ๊กได้รับเงินมากที่สุด

คำถามข้อ 2 ถ้านิดได้รับเงิน X บาท ก้อยและตุ๊กจะได้รับเงินคนละกี่บาท

- ก. ก้อยได้รับเงิน $X - 22$ บาท ตุ๊กได้รับเงิน $X - 8$ บาท
- ข. ก้อยได้รับเงิน $X - 22$ บาท ตุ๊กได้รับเงิน $X + 8$ บาท
- ค. ก้อยได้รับเงิน $X + 22$ บาท ตุ๊กได้รับเงิน $X - 8$ บาท
- ง. ก้อยได้รับเงิน $X + 22$ บาท ตุ๊กได้รับเงิน $X + 8$ บาท

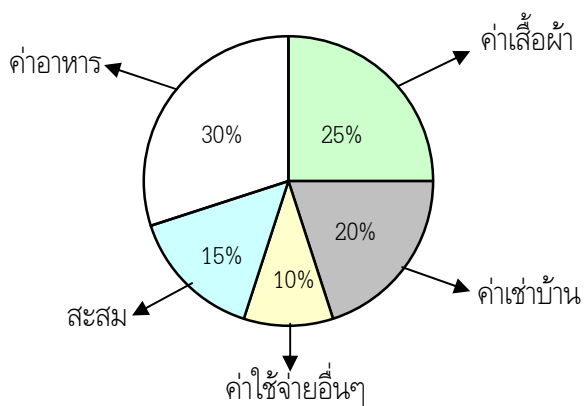
คำถามข้อ 3 ก้อยได้รับเงินกี่บาท

- ก. 30 บาท
- ข. 38 บาท
- ค. 52 บาท
- ง. 65 บาท

คำถามข้อ 4 ถ้าตุ๊กได้รับเงิน X บาท นิดและก้อยจะได้รับเงินคนละกี่บาท

- ก. นิดได้รับเงิน $X - 8$ บาท ก้อยได้รับเงิน $X + 22$ บาท
- ข. นิดได้รับเงิน $X - 8$ บาท ก้อยได้รับเงิน $X - 22$ บาท
- ค. นิดได้รับเงิน $X - 8$ บาท ก้อยได้รับเงิน $X + 14$ บาท
- ง. นิดได้รับเงิน $X - 8$ บาท ก้อยได้รับเงิน $X - 14$ บาท

ปัญหาที่ 5 สุดามีรายได้เดือนละ 12,000 บาท แบ่งเป็นค่าใช้จ่ายรายเดือนตามแผนภูมิวงกลมข้างล่างนี้
 อยากทราบว่าในหนึ่งปีสุดาจ่ายค่าเสื้อผ้าน้อยกว่าค่าอาหารกี่บาท



คำถามข้อ 1 ข้อใดไม่เกี่ยวกับการคิดหาคำตอบของปัญหา

- ก. รายได้
- ข. ค่าเช่าบ้าน
- ค. ค่าอาหาร
- ง. ค่าเสื้อผ้า

คำถามข้อ 2 ในหนึ่งเดือน สุดาจ่ายค่าเสื้อผ้าและค่าอาหารกี่บาท

- ก. ค่าเสื้อผ้า 3,000 บาท ค่าอาหาร 2,400 บาท
- ข. ค่าเสื้อผ้า 2,000 บาท ค่าอาหาร 3,000 บาท
- ค. ค่าเสื้อผ้า 3,600 บาท ค่าอาหาร 3,000 บาท
- ง. ค่าเสื้อผ้า 3,000 บาท ค่าอาหาร 3,600 บาท

คำถามข้อ 3 ในหนึ่งปี สุดาจ่ายค่าเสื้อผ้าน้อยกว่าค่าอาหารกี่บาท

- ก. 600 บาท
- ข. 3,600 บาท
- ค. 6,000 บาท
- ง. 7,200 บาท

คำถามข้อ 4 ในหนึ่งเดือน สุดาจ่ายค่าเสื้อผ้าน้อยกว่าค่าอาหารร้อยละเท่าไร และเป็นเงินกี่บาท

- ก. ร้อยละ 5 เป็นเงิน 600 บาท
- ข. ร้อยละ 10 เป็นเงิน 1,200 บาท
- ค. ร้อยละ 30 เป็นเงิน 3,600 บาท
- ง. ร้อยละ 55 เป็นเงิน 6,600 บาท

เฉลยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ปัญหาที่	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4
1	ค	ข	ข	ก
2	ค	ข	ข	ค
3	ค	ง	ง	ก
4	ข	ง	ค	ค
5	ข	ง	ง	ก

ฉบับที่ 2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยใช้ภาษาเขียน

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยใช้ภาษาเขียน มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดในรูปของสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ข้อ และในแต่ละสถานการณ์จะมีข้อความย่อย ให้เวลาทำ 60 นาที
2. ให้นักเรียนเขียนอธิบายเพื่อสื่อความหมายแนวคิดในการหาคำตอบของสถานการณ์ และใช้ภาษาสัญลักษณ์(เครื่องหมาย)ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความ
2. ให้นักเรียนเขียนอธิบายแสดงแนวทางที่ใช้ในการหาคำตอบ โดยอาศัยความรู้ หลักการทางคณิตศาสตร์อย่างถูกต้อง และเหมาะสมกับปัญหา
3. ให้นักเรียนนำเสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหาอย่างละเอียดและเป็นระบบ โดยอาศัยการเขียนบรรยาย เขียนรูปภาพ กราฟ ตาราง หรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น เพื่อช่วยในการตอบคำถามและให้เห็นแนวความคิด และวิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบ เพราะทุกส่วนมีผลต่อการให้คะแนน
5. ให้นักเรียนทำข้อสอบลงในกระดาษที่เตรียมให้

ตัวอย่างข้อสอบ

ข้อที่ (0) : ธิดามีเงินในกระเป๋าสตางค์อยู่ 3,100 บาท โดยมีแต่ธนบัตรใบละ 100 บาท และ 500 บาท

โดยที่จำนวนธนบัตรทั้ง 2 ชนิดรวมกันมีมากกว่า 10 ใบ แต่ไม่น้อยกว่า 15 ใบ

จากสถานการณ์ดังกล่าว จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. นักเรียนคิดว่ามีธนบัตรใบละ 100 บาท หรือใบละ 500 บาท มากกว่า และมีวิธีการคิดอย่างไร
จงแสดงวิธีการคิด พร้อมอธิบาย

ตัวอย่างการตอบ

วิธีคิด 1. ใช้ความรู้เรื่อง สมการเชิงเส้นสองตัวแปรและตาราง

สิ่งที่โจทย์กำหนดให้คือ ธิดามีเงินอยู่ 3,100 บาท

สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบคือ จำนวนธนบัตรใบละ 100 บาท และ 500 บาท

ดังนั้นกำหนดให้ จำนวนธนบัตรใบละ 100 บาท คือ X คิดเป็นเงิน 100X

จำนวนธนบัตรใบละ 500 บาท คือ Y คิดเป็นเงิน 500Y

จาก จำนวนธนบัตรทั้ง 2 ชนิดรวมกันมีมากกว่า 10 ใบ แต่น้อยกว่า 15 ใบ เขียนเป็นอสมการ ได้ดังนี้

$$10 < X + Y < 15$$

จำนวนเงินในกระเป๋าสตางค์มี 3,100 บาท เขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$100X + 500Y = 3,100$$

จากเงิน 3,100 บาทนั้นเป็นจำนวนเศษ 500 ดังนั้นธนบัตรใบละ 100 บาท ที่จะเป็นไปได้ คือ
 ดังนั้นจากสมการ $100X + 500Y = 3,100$ แทนค่า X ในตาราง

X	1 (100)	6 (600)	11 (1100)
Y	6 (600)	5 (2500)	4 (2000)
จำนวนธนบัตร	7 (3100)	11 (3100)	15 (3100)

จากตารางจะเป็นได้ว่า ถ้าธนบัตรใบละ 100 บาท 1 ใบ จะได้ธนบัตรใบละ 500 บาท 6 ใบ ผลรวมของธนบัตรได้เท่ากับ 7 ไม่มากกว่า 10 ตามเงื่อนไข และถ้าธนบัตรใบละ 100 บาท 11 ใบ จะได้ธนบัตรใบละ 500 บาท 4 ใบ ผลรวมของธนบัตรได้เท่ากับ 15 คือ ไม่น้อยกว่า 15 ตามเงื่อนไข

ดังนั้น คำตอบที่ได้คือ ธนบัตรใบละ 100 บาท 6 ใบ และธนบัตรใบละ 500 บาท 5 ใบ ผลรวมของธนบัตรเท่ากับ 11 ใบ ซึ่งตรงตามเงื่อนไขที่ว่า ผลรวมของธนบัตรมากกว่า 10 ใบ แต่น้อยกว่า 15 ใบ สรุปได้ว่าธนบัตรใบละ 100 บาทมากกว่าธนบัตรใบละ 500 บาทอยู่ 1 ใบ

แบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยใช้ภาษาเขียน

ข้อที่ (1) : อำนาจต้องการล้อมรั้วแปลงผักรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีพื้นที่ 32 ตารางเมตร โดยแปลงผักแปลงนี้มีด้านยาวยาวเป็น 2 เท่าของด้านกว้าง โดยที่เขามีต้นเสาจำนวน 12 ต้น

จากสถานการณ์ดังกล่าว จงตอบคำถามต่อไปนี้

- 1.1 แปลงผักแปลงนี้มีด้านยาว และด้านกว้างเท่าไร โดยให้นักเรียนแสดงวิธีคิดหาคำตอบ
- 1.2 ให้นักเรียนแสดงวิธีการในการฝังเสาเพื่อล้อมรั้ว และระยะห่างระหว่างเสาแต่ละต้นเป็นเท่าไร

ข้อที่ (2) : บริษัทรถยนต์ต้องการจ้างพนักงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ โดยมีผู้มาสมัครงานจำนวน 4 คน คือ อาร์ม ต้อย เจ และบอมม์ โดยแต่ละคนเสนอค่าจ้างชั่วโมงละ 35 , 45 , 40 และ 50 บาท ตามลำดับ ซึ่งแต่ละคนจะต้องทดลองทำงานทั้ง 3 ชิ้น พบว่า จำนวนชั่วโมงที่แต่ละคนจะทำงานเสร็จเป็นดังนี้

จำนวนชั่วโมงที่อาร์มทำงานแต่ละชิ้นเสร็จเป็นดังนี้	คือ 6 , 5.5 , 7	ตามลำดับ
จำนวนชั่วโมงที่ต้อยทำงานแต่ละชิ้นเสร็จเป็นดังนี้	คือ 5 , 4 , 5	ตามลำดับ
จำนวนชั่วโมงที่เจทำงานแต่ละชิ้นเสร็จเป็นดังนี้	คือ 5.5 , 5 , 5.5	ตามลำดับ
จำนวนชั่วโมงที่บอมม์ทำงานแต่ละชิ้นเสร็จเป็นดังนี้	คือ 4 , 4.5 , 5	ตามลำดับ

จากสถานการณ์ดังกล่าว จงตอบคำถามต่อไปนี้

- 2.1 เจ้าของบริษัทควรจ้างพนักงานคนใดเข้าทำงานแต่ละชิ้น และถ้าบริษัทต้องการจ้างคนงานเพียงคนเดียวทำงานทั้งหมด บริษัทควรจ้างใครจึงจะจ่ายเงินน้อยที่สุด โดยให้นักเรียนแสดงวิธีการคิดหาคำตอบ อาจใช้ภาพ ตาราง หรือกราฟช่วยในการหาคำตอบ
- 2.2 ถ้าจ้างพนักงานทั้ง 4 คน จำนวนเงินที่เจ้าของบริษัทจะต้องจ่ายให้พนักงานแต่ละคนในช่วงทดลองงานเป็นเท่าไร

ข้อที่ (3) : โรงพิมพ์แห่งหนึ่งต้องการซื้อกระดาษเพื่อใช้ในการถ่ายเอกสารเพื่อทำหนังสือเล่มหนึ่ง ซึ่งมี 60 หน้า จำนวน 1,200 เล่ม จึงได้สอบถามราคากระดาษจากบริษัท โดยมี 3 บริษัทได้เสนอราคากระดาษดังนี้

บริษัทที่ 1 ราคากระดาษ 1 กล่องมี 10 ห่อๆ ละ 200 แผ่น ราคา 500 บาท

โดยที่บริษัทแห่งนี้ขายกระดาษยกกล่อง ไม่ขายปลีกเป็นห่อ

บริษัทที่ 2 ราคากระดาษ 1 กล่องมี 5 ห่อๆ ละ 500 แผ่น ราคา 650 บาท แต่ถ้าซื้อไม่เต็มกล่อง จะจำหน่ายห่อละ 150 บาท

บริษัทที่ 3 ราคากระดาษ 1 กล่องมี 10 ห่อๆ ละ 500 แผ่น ราคา 1,200 บาท
แต่ถ้าซื้อไม่เต็มกล่องจะจำหน่ายห่อละ 160 บาท

จากสถานการณ์ดังกล่าว จงตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 ราคากระดาษต่อห่อ และราคากระดาษต่อแผ่น ของแต่ละบริษัทมีราคาเท่าไร โดยให้นักเรียนแสดงวิธีการคิดและนำเสนอราคาที่ได้ ในรูปของการบรรยาย ตาราง หรือแผนภูมิ

3.2 ราคากระดาษตามจำนวนที่โรงพิมพ์ต้องการ ของแต่ละบริษัทมีราคาเท่าไร โดยให้นักเรียนแสดงวิธีการคิดหาคำตอบและแสดงการเปรียบเทียบราคาในการซื้อกระดาษของแต่ละบริษัท

3.3 บริษัทใดคิดราคากระดาษแพงที่สุด และบริษัทใดคิดราคากระดาษถูกที่สุด

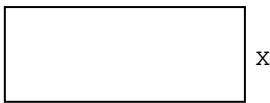
เฉลยแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารโดยใช้ภาษาเขียน

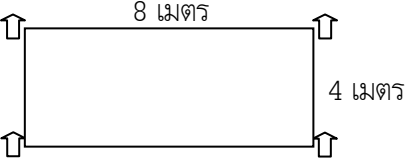
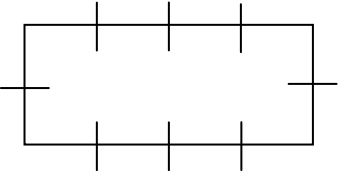
ข้อที่ (1) : อำนาจต้องการล้อมรั้วแปลงผักรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีพื้นที่ 32 ตารางเมตร โดยแปลงผักแปลงนี้มีด้านยาวยาวเป็น 2 เท่าของด้านกว้าง โดยที่เขามีต้นเส้าจำนวน 12 ต้น

จากสถานการณ์ดังกล่าว จงตอบคำถามต่อไปนี้

1.1 แปลงผักแปลงนี้มีด้านยาว และด้านกว้างเท่าไร โดยให้นักเรียนแสดงวิธีคิดหาคำตอบ

1.2 ให้นักเรียนแสดงวิธีการในการฝังเส้าเพื่อล้อมรั้ว และระยะห่างระหว่างเส้าแต่ละต้นเป็นเท่าไร

รูปแบบการตอบ	เกณฑ์การให้คะแนน
<u>วิธีคิด</u> 1.1 ใช้ความรู้เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ แปลงผักแปลงหนึ่งมีพื้นที่ 32 ตารางเมตร สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ ความยาวและความกว้างของแปลงผัก ดังนั้นกำหนดให้ ความกว้างของแปลงผัก เท่ากับ x เนื่องจากด้านยาวของแปลงผักยาวเป็น 2 เท่าของด้านกว้าง เขียนแทนด้วย $2x$  เนื่องจาก แปลงผักแปลงนี้มีพื้นที่ 32 ตารางเมตร จากสูตรพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า = กว้าง $\times$ ยาว จะได้ $32 = x \times 2x$ $32 = 2x^2$ $x^2 = 16$ $x = \pm 4 \quad (\text{เลือกใช้ } 4 \text{ เพราะเป็นความยาว})$ ดังนั้น จะได้ว่าแปลงผักแปลงนี้มีความกว้างเท่ากับ 4 เมตร และด้านยาวเท่ากับ 8 เมตร	ภาษาทางคณิตศาสตร์ 2 = ใช้ภาษา สัญลักษณ์(เครื่องหมาย)ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความได้ถูกต้องทั้งหมด และอธิบายเพื่อสื่อความหมายได้ถูกต้อง 1 = ใช้ภาษา สัญลักษณ์(เครื่องหมาย)ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความได้บางส่วน และอธิบายเพื่อสื่อความหมายได้แต่ไม่ชัดเจน 0 = ใช้ภาษา สัญลักษณ์(เครื่องหมาย)ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความผิด ไม่มีการอธิบายเพื่อสื่อความหมาย

รูปแบบการตอบ	เกณฑ์การให้คะแนน
2.2 ในการล้อมรั้วจะต้องทำการฝังเสาแต่ละ 1 ต้น ที่มุมทั้ง 4 ดังรูป  เมื่อทำการฝังเสาที่มุมทั้ง 4 ก็จะทำให้เหลือต้นเสาเท่ากับ $12 - 4 = 8$ ต้น ดังนั้นทำการแบ่งพื้นที่ส่วนที่เหลือให้เป็น 8 ส่วน ดังรูป  จากรูป จะเห็นว่าการแบ่งความยาวของด้านยาวออกเป็น 4 ส่วนที่เท่ากัน จะได้ระยะห่างของเสาด้านยาวเท่ากับ $8 \div 4 = 2$ เมตร และทำการแบ่งความยาวของด้านกว้างออกเป็น 2 ส่วนที่เท่ากัน จะได้ระยะห่างของเสาในด้านกว้างเท่ากับ $4 \div 2 = 2$ เมตร ดังนั้นจะได้ว่า แปลงผักแปลงนี้มีด้านยาวยาว 8 เมตร ด้านกว้าง 4 เมตร และระยะห่างระหว่างเสาทั้งด้านกว้างและด้านยาวห่างกันเสาสละ 2 เมตร	การแสดงแนวคิด 2 = เขียนอธิบายวิธีคิดในการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับระบบสมการในการดำเนินการได้อย่างถูกต้องทั้งหมด มีการอธิบายสรุปคำตอบที่ได้โดยใช้ข้อมูลจากการคำนวณในข้อ 1 ประกอบได้ถูกต้องทั้งหมด 1 = เขียนอธิบายวิธีคิดในการแก้ปัญหา แต่ไม่ได้อาศัยความรู้และหลักการประกอบการคิด และอธิบายสรุปคำตอบ 0 = ไม่มีการเขียนอธิบายวิธีคิดในการแก้ปัญหา ความชัดเจนในการนำเสนอ 2 = นำเสนอยังมีขั้นตอนที่เป็นระบบสมบูรณ์ชัดเจน มีการใช้แผนภาพประกอบในการคิดที่เหมาะสม ถูกต้อง 1 = การนำเสนอยังสับสนไม่เป็นระบบ ไม่มีแผนภาพประกอบในการคิด ใช้การเดาและวาดภาพประกอบ 0 = ไม่แสดงวิธีการนำเสนอ

ข้อที่ (2) : บริษัทรถยนต์ต้องการจ้างพนักงานประกอบชิ้นส่วนรถยนต์ โดยมีผู้มาสมัครงานจำนวน 4 คน คือ อาร์ม ตู๋ เจ และบอมบ์ โดยแต่ละคนเสนอค่าจ้างชั่วโมงละ 35 , 45 , 40 และ 50 บาท ตามลำดับ ซึ่งแต่ละคนจะต้องทดลองทำงานทั้ง 3 ชิ้น พบว่า จำนวนชั่วโมงที่แต่ละคนจะทำงานเสร็จเป็นดังนี้

จำนวนชั่วโมงที่**อาร์ม**ทำงานแต่ละชิ้นเสร็จเป็นดังนี้ คือ 6 , 5.5 , 7 ตามลำดับ

จำนวนชั่วโมงที่**ตู๋**ทำงานแต่ละชิ้นเสร็จเป็นดังนี้ คือ 5 , 4 , 5 ตามลำดับ

จำนวนชั่วโมงที่**เจ**ทำงานแต่ละชิ้นเสร็จเป็นดังนี้ คือ 5.5 , 5 , 5.5 ตามลำดับ

จำนวนชั่วโมงที่**บอมบ์**ทำงานแต่ละชิ้นเสร็จเป็นดังนี้ คือ 4 , 4.5 , 5 ตามลำดับ

จากสถานการณ์ดังกล่าว จงตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 เจ้าของบริษัทควรจ้างพนักงานคนใด**เข้าทำงานแต่ละชิ้น** และถ้าบริษัทต้องการจ้างคนงานเพียงคนเดียวทำงานทั้งหมด บริษัทควรจ้างใครจึงจะ**จ่ายเงินน้อยที่สุด** โดยให้นักเรียน **แสดงวิธีการคิด**คำตอบ อาจใช้ภาพ ตาราง หรือกราฟช่วยในการหาคำตอบ

2.2 ถ้าจ้างพนักงานทั้ง 4 คน จำนวนเงินที่เจ้าของบริษัทจะต้องจ่ายให้พนักงาน**แต่ละคน**ในช่วงทดลองงานเป็นเท่าไร

รูปแบบการตอบ					เกณฑ์การให้คะแนน
วิธีคิด 2.1 ในการแก้ปัญหาใช้ตารางช่วยในการวิเคราะห์					ภาษาทางคณิตศาสตร์ 2 = ใช้ภาษา สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณหาคำตอบได้ถูกต้องทั้งหมด และอธิบายเพื่อสื่อความหมายได้ถูกต้องชัดเจน 1 = ใช้ภาษา สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณหาคำตอบได้บางส่วน และอธิบายเพื่อสื่อความหมายได้แต่ไม่ชัดเจน 0 = ใช้ภาษา สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณหาคำตอบผิด ไม่มีการอธิบายเพื่อสื่อความหมาย
จากข้อมูลเขียนจำนวนชั่วโมงที่แต่ละคนทำงานเสร็จ และแสดงจำนวนชั่วโมงที่พนักงานแต่ละคนทำงานแต่ละชิ้นเสร็จ					
งานชิ้นที่	จำนวนชั่วโมงที่พนักงานแต่ละคนทำงานเสร็จแต่ละชิ้น				
	อาร์ม	ตู๋	เจ	บอมป์	
1	6	5	5.5	4	
2	5.5	4	5	4.5	
3	7	5	5.5	5	

รูปแบบการตอบ					เกณฑ์การให้คะแนน
จากจำนวนชั่วโมงที่แต่ละคนทำงานแต่ละชิ้นสามารถนำมาคำนวณหาเงินค่าแรงต่อชั่วโมงของแต่ละคนได้ดังนี้					การแสดงแนวคิด 2 = เขียนอธิบายวิธีคิดในการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับการคำนวณ ในการดำเนินการได้อย่างถูกต้อง 1 = เขียนอธิบายวิธีคิดในการแก้ปัญหา และอธิบายสรุปคำตอบเล็กน้อย 0 = ไม่มีการเขียนอธิบายวิธีคิดในการแก้ปัญหา ความชัดเจนในการนำเสนอ 2 = นำเสนออย่างมีขั้นตอนที่เป็นระบบสมบูรณ์ชัดเจน มีการใช้ตารางช่วยในการเปรียบเทียบคำตอบที่เหมาะสม ถูกต้อง ชัดเจน 1 = การนำเสนอยังสับสนไม่เป็นระบบ ไม่มีการใช้ตารางช่วยในการเปรียบเทียบคำตอบ 0 = ไม่แสดงวิธีการนำเสนอ
ตารางแสดงจำนวนเงินที่พนักงานแต่ละคนได้รับ					
งานชิ้นที่	จำนวนเงินที่พนักงานแต่ละคนได้รับ (บาท)				
	อาร์ม (35)	ตุ้ย (45)	เจ (40)	บอมบ์ (50)	
1	$6 \times 35 = 210$	$5 \times 45 = 225$	$5.5 \times 40 = 220$	$4 \times 50 = 200$	
2	$5.5 \times 35 = 192.50$	$4 \times 45 = 180$	$5 \times 40 = 200$	$4.5 \times 50 = 225$	
3	$7 \times 35 = 245$	$5 \times 45 = 225$	$5.5 \times 40 = 220$	$5 \times 50 = 250$	
รวม	647.50	630	640	675	
ดังนั้น เจ้าของควรจ้างบอมบ์ทำงานชิ้นที่ 1 ควรจ้างตุ้ยทำงานชิ้นที่ 2 และควรจ้างเจทำงานชิ้นที่ 3 และถ้าบริษัทต้องการจ้างคนงานเพียงคนเดียวทำงานทั้งหมด บริษัทควรจ้างตุ้ยจึงจะจ่ายเงินน้อยที่สุด					
2.2 จากตารางสามารถตอบคำถามได้ว่าจำนวนเงินที่เจ้าของบริษัทต้องจ่ายเงินให้พนักงานแต่ละคน คือ อาร์ม ตุ้ย เจ และบอมบ์ เป็นเงินเท่ากับ 647.50 บาท 630 บาท 640 บาท และ 675 บาท ตามลำดับ					

ข้อที่ (3) : โรงพิมพ์แห่งหนึ่งต้องการซื้อกระดาษเพื่อใช้ในการถ่ายเอกสารเพื่อทำหนังสือเล่มหนึ่ง ซึ่งมี 60 หน้า จำนวน 1,200 เล่ม จึงได้สอบถามราคากระดาษจากบริษัท โดยมี 3 บริษัทได้เสนอราคากระดาษดังนี้

บริษัทที่ 1 ราคากระดาษ 1 กล่องมี 10 ห่อๆ ละ 200 แผ่น ราคา 500 บาท โดยที่บริษัทแห่งนี้ขายกระดาษยกกล่อง ไม่ขายปลีกเป็นห่อ

บริษัทที่ 2 ราคากระดาษ 1 กล่องมี 5 ห่อๆ ละ 500 แผ่น ราคา 650 บาท แต่ถ้าซื้อไม่เต็มกล่อง จะจำหน่ายห่อละ 150 บาท

บริษัทที่ 3 ราคากระดาษ 1 กล่องมี 10 ห่อๆ ละ 500 แผ่น ราคา 1,200 บาท แต่ถ้าซื้อไม่เต็มกล่อง จะจำหน่ายห่อละ 160 บาท

สถานการณ์ดังกล่าว จงตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 **ราคากระดาษต่อห่อ และราคากระดาษต่อแผ่น** ของแต่ละบริษัทมีราคาเท่าไร โดยให้นักเรียนแสดงวิธีการคิดและนำเสนอราคาที่ได้ ในรูปของการบรรยาย ตาราง หรือแผนภูมิ

3.2 ราคากระดาษตามจำนวนที่โรงพิมพ์ต้องการ ของแต่ละบริษัทมีราคาเท่าไร โดยให้นักเรียนแสดงวิธีการคิดหาคำตอบและแสดงการเปรียบเทียบราคาในการซื้อกระดาษของแต่ละบริษัท

3.3 บริษัทใดคิดราคากระดาษแพงที่สุด และบริษัทใดคิดราคากระดาษถูกที่สุด

รูปแบบการตอบ	เกณฑ์การให้คะแนน
วิธีคิด 3.1 จากสถานการณ์จะได้ว่า บริษัทที่ 1 เสนอราคากระดาษ 1 กล่อง มีกระดาษ 10 ห่อๆ ละ 200 แผ่น ราคา 500 บาท ∴ จะได้ราคากระดาษ 1 ห่อ เท่ากับ $500 \div 10 = 50$ บาท จากกระดาษ 1 กล่องมี 10 ห่อๆ ละ 200 แผ่น คิดเป็นกระดาษ $10 \times 200 = 2,000$ แผ่น ดังนั้น กระดาษ 1 แผ่น ราคาเท่ากับ $500 \div 2,000 = 0.25$ บาท บริษัทที่ 2 เสนอราคากระดาษ 1 กล่อง มีกระดาษ 5 ห่อๆ ละ 500 แผ่น ราคา 650 บาท ∴ จะได้ราคากระดาษ 1 ห่อ เท่ากับ $650 \div 5 = 130$ บาท จากกระดาษ 1 กล่องมี 5 ห่อๆ ละ 500 แผ่น คิดเป็นกระดาษ $5 \times 500 = 2,500$ แผ่น ดังนั้นกระดาษ 1 แผ่น ราคาเท่ากับ $650 \div 2,500 = 0.26$ บาท	ภาษาทางคณิตศาสตร์ 2 = ใช้ภาษา สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความได้ถูกต้องทั้งหมด และอธิบายเพื่อสื่อความหมายได้ถูกต้อง 1 = ใช้ภาษา สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความได้บางส่วน และอธิบายเพื่อสื่อความหมายได้แต่ไม่ชัดเจน 0 = ใช้ภาษา สัญลักษณ์ (เครื่องหมาย) ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความผิด ไม่มีการอธิบายเพื่อสื่อความหมาย

รูปแบบการตอบ				เกณฑ์การให้คะแนน																
บริษัทที่ 3 เสนอราคากระดาษ 1 กล่อง มีกระดาษ 10 ห่อๆ ละ 500 แผ่น ราคา 1,200 บาท ∴ จะได้ราคากระดาษ 1 ห่อ เท่ากับ $1,200 \div 10 = 120$ บาท จากกระดาษ 1 กล่องมี 10 ห่อๆ ละ 500 แผ่น คิดเป็นกระดาษ $10 \times 500 = 5,000$ แผ่น ดังนั้น กระดาษ 1 แผ่น ราคาเท่ากับ $1,200 \div 5,000 = 0.24$ บาท สามารถสรุปราคากระดาษต่อห่อและต่อแผ่นได้ดังนี้ <table><tr><th>บริษัทที่</th><th>ราคากระดาษต่อห่อ (บาท)</th><th>จำนวนกระดาษใน 1 กล่อง (แผ่น)</th><th>ราคากระดาษต่อแผ่น (บาท)</th></tr><tr><td>1</td><td>50</td><td>2,000</td><td>0.25</td></tr><tr><td>2</td><td>130</td><td>2,500</td><td>0.26</td></tr><tr><td>3</td><td>120</td><td>5,000</td><td>0.24</td></tr></table> 3.2 เนื่องจากโรงพิมพ์ต้องการกระดาษเพื่อมาถ่ายเอกสารทำหนังสือจำนวน 1,200 เล่ม โดย 1 เล่มต้องใช้กระดาษ 60 หน้า ดังนั้นจำนวนกระดาษทั้งหมดที่บริษัทต้องการเท่ากับ $1,200 \times 60 = 72,000$ แผ่น ถ้าต้องการสั่งกระดาษบริษัทที่ 1 จะต้องสั่งกระดาษ $72,000 \div 2,000 = 36$ กล่องพอดี เนื่องจากกระดาษ 1 กล่องราคา 500 บาท ดังนั้นถ้าซื้อกระดาษจากบริษัทที่ 1 จะต้องจ่ายเงิน $36 \times 500 = 18,000$ บาท				บริษัทที่	ราคากระดาษต่อห่อ (บาท)	จำนวนกระดาษใน 1 กล่อง (แผ่น)	ราคากระดาษต่อแผ่น (บาท)	1	50	2,000	0.25	2	130	2,500	0.26	3	120	5,000	0.24	การแสดงแนวคิด 2 = เขียนอธิบายวิธีคิดในการแก้ปัญหา โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับการคำนวณ ในการดำเนินการได้อย่างถูกต้อง 1 = เขียนอธิบายวิธีคิดในการแก้ปัญหา และอธิบายสรุปคำตอบเล็กน้อย 0 = ไม่มีการเขียนอธิบายวิธีคิดในการแก้ปัญหา ความชัดเจนในการนำเสนอ 2 = นำเสนออย่างมีขั้นตอนที่เป็นระบบสมบูรณ์ชัดเจน มีการใช้ตารางช่วยในการเปรียบเทียบคำตอบที่เหมาะสม ถูกต้อง ชัดเจน 1 = การนำเสนอยังสับสนไม่เป็นระบบ ไม่มีการใช้ตารางช่วยในการเปรียบเทียบคำตอบ 0 = ไม่แสดงวิธีการนำเสนอ
บริษัทที่	ราคากระดาษต่อห่อ (บาท)	จำนวนกระดาษใน 1 กล่อง (แผ่น)	ราคากระดาษต่อแผ่น (บาท)																	
1	50	2,000	0.25																	
2	130	2,500	0.26																	
3	120	5,000	0.24																	

รูปแบบการตอบ	เกณฑ์การให้คะแนน								
ถ้าต้องการสั่งกระดาษบริษัทที่ 2 จะต้องสั่งกระดาษ $72,000 \div 2,500 = 28$ กล่อง และ 2,000 แผ่น จากกระดาษราคากล่องละ 650 บาท กระดาษ 28 กล่อง คิดเป็นเงิน $650 \times 28 = 18,200$ บาท เนื่องจากบริษัทนี้ถ้าซื้อกระดาษไม่เต็มกล่องจะจำหน่ายห่อละ 150 บาท และกระดาษ 1 ห่อ มี 500 แผ่น ดังนั้นกระดาษ 2,000 แผ่น จึงคิดเป็น $2,000 \div 500 = 4$ ห่อ จากกระดาษ 1 ห่อ ราคา 150 บาท ดังนั้นกระดาษ 4 ห่อ เป็นเงิน $150 \times 4 = 600$ บาท ดังนั้น ถ้าซื้อกระดาษจากบริษัทที่ 2 จะต้องจ่ายเงิน $18,200 + 600 = 18,800$ บาท ถ้าต้องการสั่งกระดาษบริษัทที่ 3 จะต้องสั่งกระดาษ $72,000 \div 5,000 = 14$ กล่อง และ 2,000 แผ่น จากกระดาษราคากล่องละ 1,200 บาท กระดาษ 14 กล่องคิดเป็นเงิน $1,200 \times 14 = 16,800$บาท เนื่องจากบริษัทนี้ถ้าซื้อกระดาษไม่เต็มกล่องจะจำหน่ายห่อละ 160 บาท และกระดาษ 1 ห่อ มี 500 แผ่น ดังนั้นกระดาษ 2,000 แผ่น จึงคิดเป็น $2,000 \div 500 = 4$ ห่อ จากกระดาษ 1 ห่อ ราคา 160 บาท ดังนั้นกระดาษ 4 ห่อ เป็นเงิน $160 \times 4 = 640$ บาท ดังนั้นถ้าซื้อกระดาษจากบริษัทที่ 3 จะต้องจ่ายเงิน $16,800 + 640 = 17,440$ บาท สรุปราคากระดาษที่ต้องการซื้อของแต่ละบริษัทได้ดังนี้ <table><tr><th>บริษัทที่</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr><tr><th>ราคา (บาท)</th><td>18,000</td><td>18,800</td><td>17,440</td></tr></table> 3.3 จากตารางในข้อ 1 และ 2 สรุปได้ว่า บริษัทที่ 2 คิดราคากระดาษแพงที่สุด และบริษัทที่ 3 คิดราคากระดาษถูกที่สุด	บริษัทที่	1	2	3	ราคา (บาท)	18,000	18,800	17,440	
บริษัทที่	1	2	3						
ราคา (บาท)	18,000	18,800	17,440						

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ สกุล	นางสาวนันท์นภัส พลเตมา
วันเดือนปีเกิด	10 กุมภาพันธ์ 2518
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	88 หมู่ 3 ตำบลแก่งเลิงจาน อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ครูผู้ช่วย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนวัดมกุฏกษัตริยาราม 330/2 ถนนกรุงเกษม แขวงบางขุนพรหม เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2541	ครุศาสตรบัณฑิต สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา
พ.ศ. 2550	การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการวิจัยและ สถิติทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ