

ผลของการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ ที่มีต่อทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์
และความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ปริญญานิพนธ์
ของ
ชัยรัตน์ สุลำนาจ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา

เมษายน 2547

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

510.58

15/2/44

ผลของการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ ที่มีต่อทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์
และความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

บทคัดย่อ
ของ
ชัยรัตน์ สุลำนาจ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา
เมษายน 2547

ชัยรัตน์ สุลำนาจ. (2547). ผลของการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ ที่มีต่อทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: รองศาสตราจารย์ ดร. ณวีวรรณ เสวตมัลย์, รองศาสตราจารย์ นิภา ศรีไพโรจน์

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ และศึกษาความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 45 คน ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยใช้เวลาในการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ 20 ชั่วโมง แบบแผนการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบ One-Group Pretest-Posttest Design และวิเคราะห์ข้อมูลด้านทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยการทดสอบ t (t-test Dependent Sample) และวิเคราะห์ข้อมูลด้านความสามารถในการทำโครงการของนักเรียนโดยการทดสอบ t (t-test One Sample)

ผลจากการวิจัยครั้งนี้พบว่า

1. ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. ความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับดี

THE EFFECT OF PROVIDING MATHEMATICS PROJECT ACTIVITY ON MATHEMATICAL
SKILLS/PROCESS AND ABILITY IN PERFORMING MATHEMATICS PROJECTS OF
MATHAYOMSUKSA III STUDENTS

AN ABSTRACT
BY
CHAIRAT SULAMNAJ

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in Secondary Education
at Srinakharinwirot University
April 2004

Chairat Sulamnaj. (2004). *The Effect of Providing Mathematics Project Activity on Mathematical Skills/Process and Ability in Performing Mathematics Projects of Mathayomsuksa III Students*. Master thesis, M.Ed. (Secondary Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisory Committee: Assoc. Prof. Dr. Chaweewan Sawetamalya, Assoc. Prof. Nipa Sripairot.

The purposes of this research were to compare students' mathematical skills/process before and after experimenting mathematics project activity, and to study Matayomsuksa III students' ability in performing mathematics projects.

The subjects of this study were 45 Matayomsuksa III students selected by purposive sampling from Khaowongwittayakarn School, Khaowong, Kalasin, enrolled in the second semester of 2003 academic year. The experimental group was taught through the mathematics project activity. It took each group 20 hour periods. The One-group pretest-posttest design was used for this study. The data of mathematical skills/process were analyzed by using t-test dependent, and the data of ability in performing mathematics projects were analyzed by using t-test one sample.

The findings as follows :

1. The mathematical skills/process of the experimental group after the experiment was significantly higher than that before the experiment at the .01 level.
2. The ability in performing mathematics projects of the experimental group after the experiment at the good level.

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

ผลของการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ ที่มีต่อทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์
และความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

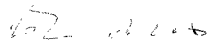
ของ
ชัยรัตน์ สุลำนาจ

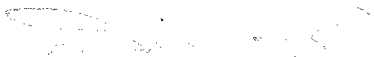
ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

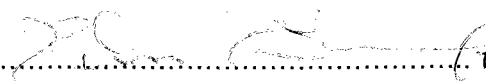

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.นภาพร หะวานนท์)
วันที่ ...๕... เดือน เมษายน พ.ศ. 2547

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์


..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ณวีวรรณ เศวตมาลย์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ นipa ศรีไพโรจน์)


..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชูชาติ)


..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยศักดิ์ สิลาสกุล)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยความกรุณาและการให้คำปรึกษา
แนะแนวทางในการทำวิจัยจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ฉวีวรรณ เศรษฐมัลย์ ประธานกรรมการ
ควบคุมปริญญานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ นิภา ศรีไพโรจน์ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์
รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชูชาติ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล กรรมการที่แต่งตั้ง
เพิ่มเติม ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ยุพิน พิพิธกุล รองศาสตราจารย์ ดร.สิริพร ทิพย์คง
อาจารย์นวลน้อย เจริญผล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล และรองศาสตราจารย์ กิตติ
พัฒนตระกูลสุข ที่ได้กรุณาช่วยตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง และให้คำแนะนำเป็นอย่างดีในเรื่องเครื่องมือ
ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนเซนต์พิตยาคาร หัวหน้าหมวดวิชา
คณิตศาสตร์ และคณะครูอาจารย์ของโรงเรียนทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนให้
ผู้วิจัยทำการศึกษาค้นคว้าจนสำเร็จ และขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเซนต์
พิตยาคาร ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวผู้เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุน
แก่ผู้วิจัยจนประสบความสำเร็จ และขอขอบใจเพื่อนๆ นิสิตปริญญาโท สาขาการมัธยมศึกษา
(การสอนคณิตศาสตร์) ที่คอยให้กำลังใจตลอดเวลา ผู้วิจัยจะระลึกถึงพระคุณของทุกท่านตลอดไป

คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้เป็นเครื่องบูชาพระคุณของบิดา
มารดา ครู อาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้วิจัย

ชัยรัตน์ สุล่านาจ

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	4
ความสำคัญของการวิจัย	4
ขอบเขตของการวิจัย	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย	8
สมมติฐานในการวิจัย	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการคณิตศาสตร์	10
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์	43
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลตามสภาพจริง (Authentic Assessment)	90
3 วิธีการดำเนินการวิจัย	110
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง	110
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	111
การเก็บรวบรวมข้อมูล	119
การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล	119
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	124
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	127
ความมุ่งหมายของการวิจัย	127
สมมติฐานทางการวิจัย	127
วิธีการดำเนินการวิจัย	127
สรุปผลการวิจัย	128
อภิปรายผล	128
ข้อสังเกตจากการวิจัย	131

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 (ต่อ) สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
ข้อเสนอแนะ	132
บรรณานุกรม	134
ภาคผนวก	149
ภาคผนวก ก	150
ภาคผนวก ข	157
ภาคผนวก ค	178
ภาคผนวก ง	188
ประวัติย่อผู้วิจัย	190

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์	32
2 ตัวอย่างแบบประเมินโครงการ	34
3 การให้เหตุผลในกระบวนการแก้ปัญหาที่ใช้คำถามประกอบการหาคำตอบ	61
4 การหาความยาวของด้านทั้งสามของรูปสามเหลี่ยม	85
5 เกณฑ์การประเมินผลงานกลุ่ม	102
6 เกณฑ์การให้คะแนนผลการทำงานข้อสอบแบบอัตนัย	103
7 เกณฑ์การให้คะแนนด้านทักษะการแก้ปัญหา	104
8 เกณฑ์การให้คะแนนด้านทักษะการให้เหตุผล	104
9 เกณฑ์การให้คะแนนด้านทักษะการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ	105
10 เกณฑ์การให้คะแนนด้านทักษะการเชื่อมโยง	105
11 เกณฑ์การให้คะแนนด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	106
12 เกณฑ์การให้คะแนนด้านความรับผิดชอบ	106
13 เกณฑ์การให้คะแนนด้านความมีระเบียบวินัย	107
14 เกณฑ์การให้คะแนนด้านการทำงานอย่างเป็นระบบ รอบคอบ	107
15 แบบแผนการวิจัย	111
16 ตัวอย่างการให้คะแนนด้านทักษะการแก้ปัญหา	115
17 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์	117
18 ตัวอย่างเกณฑ์ในการประเมินผลโครงการ	118
19 การเปรียบเทียบทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์แสดงการเปรียบเทียบ ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ โดยจำแนกแต่ละด้าน และโดยรวม	125
20 ผลการประเมินความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 จำแนกแต่ละด้าน และโดยรวม	126
21 ค่าความยาก (P_E) และอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดทักษะ/กระบวนการ ทางคณิตศาสตร์	151

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
22 ตารางค่า $\sum x_i$ ค่า $\sum x_i^2$ ค่า s_i และค่าความเชื่อมั่น (α -coefficient) ของแบบวัด ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์	151
23 คะแนนทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังปฏิบัติการกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ จำนวน 45 คน	153
24 คะแนนความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3 จำนวน 45 คน	155

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	8
2 ตัวอย่างแผนสำหรับแสดงโครงงาน	23
3 ตัวอย่างแบบฟอร์มการจัดเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์	24
4 ตัวอย่างแบบฟอร์มการเขียนรายงานของโครงงานคณิตศาสตร์	25
5 การใช้แผนภาพในการหาคำตอบ	48
6 การใช้ตารางในการหาคำตอบ	49
7 วิธีการนำเสนอจำนวนที่ด้วยเลข 9	56
8 ผลการแก้ปัญหาในรูปตารางและกราฟ	71
9 การหาปริมาตรพีระมิตต์ฐานสี่เหลี่ยม	77
10 คุณลักษณะของการประเมินจากทางเลือกใหม่	95

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาประชากรให้มีคุณภาพ มีความรู้ ความสามารถในการคิด แก้ปัญหา และทันเหตุการณ์ภายใต้กระแสโลกาภิวัตน์เป็นสิ่งสำคัญยิ่ง โดยเฉพาะแผนพัฒนา เศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2545-2549) ได้เน้นการพัฒนา “คน” ในทุกมิติอย่าง เป็นองค์รวม โดยถือว่าคนเป็นปัจจัยก่อให้เกิดความสำเร็จของการพัฒนาที่ยั่งยืน (กรมวิชาการ. 2544 : 2) พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 มาตรา 4 วรรค 1 กล่าวว่า การศึกษา หมายความว่า กระบวนการเรียนรู้เพื่อความเจริญงอกงามของบุคคลและสังคม จึงกำหนด แนวการจัดการศึกษาในหมวด 4 มาตรา 22 เน้นความสำคัญที่ผู้เรียน จัดการศึกษาโดยเน้นกระบวนการ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2545 : 12) เป็นการศึกษาเพื่อชีวิต จัดสิ่งแวดล้อมให้สามารถแก้ ปัญหาทุกด้านที่เผชิญในชีวิตปัจจุบันได้ ในการจัดกระบวนการเรียนรู้ยุคใหม่จึงต้องเน้นผู้เรียนเป็น สำคัญและพัฒนาหลายๆ ด้าน (วัฒนาพร ระบุทุกข. 2541 : 11) ดังแผนพัฒนาการศึกษาระยะที่ 9 (2545-2549) ได้กำหนดให้ทุกหน่วยงานในกระทรวงศึกษาธิการระดมการปฏิรูปการศึกษาเพื่อ พัฒนาคุณภาพคนให้เป็นคนดี คนเก่ง และมีความสุข (กรมสามัญศึกษา. 2545 : 1)

ในอดีตการจัดการศึกษาได้ล้อมกรอบตัวเองแยกออกจากชุมชนและสังคม วิธีการเรียน การสอนมุ่งถ่ายทอดเนื้อหามากกว่าการเรียนรู้จากสภาพความเป็นจริง ไม่เน้นกระบวนการให้ นักเรียนได้พัฒนาทางด้านความคิด วิเคราะห์ การแสดงออก และกระบวนการแสวงหาความรู้ด้วย ตนเอง อีกทั้งยังขาดการเชื่อมโยงภูมิปัญญาท้องถิ่นกับเทคโนโลยีทันสมัยต่างๆ เพื่อให้นักเรียน สามารถปรับตัว และแก้ไขปัญหาในการดำเนินชีวิตให้เหมาะสมกับบริบททางสังคม และสภาพ แวดล้อม (รุ่ง แก้วแดง. 2542 : 3) ซึ่งจากรายงานการประเมินผลวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ร่วมกับนานาชาติครั้งที่ 3 และการวิจัยซ้ำ (The Third International Mathematics and Science Study : TIMSS และ The Third International Mathematics and Science Study Repeat : TIMSS-R) ซึ่งดำเนินการมาตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2535 และ 2541-2543 ตามลำดับ พบว่า การทำข้อสอบ ของนักเรียนที่วัดพฤติกรรมด้านการนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นการคิดระดับสูงทำได้น้อย รวมทั้งข้อสอบแบบเขียนตอบ หรืออธิบายเหตุผลประกอบคำตอบ ข้อสอบในลักษณะนี้วัดการ แก้ปัญหา และการถ่ายทอดความคิดที่เป็นเหตุเป็นผลเป็นภาษาเขียน ซึ่งต้องอาศัยความสามารถ ทางด้านการอ่านและการเขียน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2539 : 28-34, 2544 : 14-19)

จุดเน้นของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนจากการเน้นให้จดจำข้อมูลทักษะพื้นฐาน เป็นการพัฒนาให้ผู้เรียนได้มีความเข้าใจในหลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และมีทักษะพื้นฐานที่เพียงพอในการนำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ๆ ผู้เรียนจะต้องได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ที่หลากหลายที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเอง (วรรณ ขุนศรี. 2546 : 74) ซึ่งการจัดการเรียนการสอนในลักษณะที่ผ่านมาเป็นการจัดการเรียนการสอนที่ไม่ส่งเสริมความสามารถในการคิด การให้เหตุผล ทักษะ/กระบวนการ และความคิดสร้างสรรค์ ทำให้นักเรียนไม่ชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (กรมวิชาการ. 2544จ : 1) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทั้งทางด้านความรู้ ทักษะ/กระบวนการ และด้านคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยม ซึ่งเป็นความรับผิดชอบของสถานศึกษาและครูผู้สอน รวมถึงผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดการศึกษาที่ต้องจัดสาระการเรียนรู้ที่เหมาะสมแก่ผู้เรียนแต่ละคน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลรวมทั้งวุฒิภาวะของผู้เรียน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการคิดคำนวณพื้นฐาน ความสามารถในการคิดในใจ ตลอดจนพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเต็มศักยภาพ ซึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้แก่ผู้เรียน ต้องคำนึงถึงลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้ โดยจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้จากประสบการณ์จริง รวมทั้งปลูกฝังนิสัยให้รักในการศึกษา และแสวงหาความรู้ทางคณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่อง (กระทรวงศึกษาธิการ. 2544ก : 27) เพื่อให้บรรลุตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับวิธีการเรียนการสอนของนักเรียนในลักษณะต่างๆ เช่น การใช้คำถามปลายเปิด การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ ฯลฯ พบว่าหากนักเรียนได้รับอนุญาตให้ใช้วิธีการของตนเอง มักใช้วิธีการและยุทธวิธี ซึ่งเมื่อมองในมุมมองของผู้ใหญ่อาจดูว่าไม่ถูกต้อง ไม่สมบูรณ์ ไม่ถูกต้องตามหลักเหตุผลหรือไม่มีประสิทธิภาพ ในขณะที่มุมมองของนักเรียน วิธีการเหล่านี้กลับเป็นวิธีการที่มีความชัดเจนและมีเหตุผล ครูควรมีบทบาทในฐานะที่เป็นผู้ที่เอื้อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ เป็นแหล่งข้อมูล และเป็นผู้ให้การสนับสนุนความพยายามนั้น การที่นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน จะช่วยให้นักเรียนกล้าแสดงออก กล้าซักถาม และมีความมั่นใจในตนเองมากขึ้น การร่วมอภิปรายในกลุ่มช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้จากวิธีการคิดจากเพื่อน ได้เห็นแบบแผนการคิดของเพื่อน ได้เห็นวิธีการที่แปลกใหม่ ตลอดจนนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันได้เรียนรู้ร่วมกัน ทำให้นักเรียนทุกคนรู้จักช่วยเหลือและเคารพในความคิดของผู้อื่น มีความรับผิดชอบ ทำให้บรรยากาศในการจัดการเรียนการสอนมีความเป็นกันเอง อันจะส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ในการที่จะพัฒนาตนเองในการเรียนรู้ตามความสามารถมากยิ่งขึ้น (ขมนาด เชื้อสุวรรณทวิ. 2542 : 1-5, พัทธี ทองแก้ว. 2543 : 60, จรรยา ภูอุดม. 2544 : 120-121, ปรีชา เนาว์เย็นผล. 2544 : 5 และ สายสมร สุขะจิระ. 2543 : 1) ประกอบกับการที่มีนักศึกษาหลายๆ ประเทศได้ตระหนักถึงความสำคัญที่ว่า ในอนาคตมนุษย์จะต้องสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่ อีกทั้งมนุษย์จะต้องเผชิญกับปัญหาความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีอย่างไม่หยุดยั้ง การสอนคณิตศาสตร์ทุกระดับควรมีการฝึกปฏิบัติ ฝึกการแก้ปัญหา การ

สืบสวนสอบสวน และการฝึกประยุกต์ในสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตจริง และเชื่อว่านักเรียนสามารถพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ได้ดี ก็ต่อเมื่อสามารถถามและตอบคำถามด้วยตนเองได้ (สมวงษ์ แปลงประสพโชค และคนอื่นๆ. 2544 : 3-4) ดังนั้นการสอนที่ตั้งอยู่บนความคิดของนักเรียนมีประโยชน์ ต่อการทำความเข้าใจ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย เป็น การเรียนที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ เกิดความเชื่อมั่นในการคิด การใช้เหตุผล และ สามารถอธิบายอย่างสมเหตุสมผล สำหรับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ครูควรจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ นักเรียนได้มีโอกาสฝึกคิดวิเคราะห์ แก้ไขปัญหา ใช้เหตุผล โดยใช้วิธีของตนเอง และสื่อ ความคิดออกมาให้ผู้อื่นเข้าใจได้

จากหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานได้กำหนดการจัดการเรียนรู้ในช่วงชั้นที่ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 ว่าควรเน้นการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเพื่อมุ่งให้นักเรียนเกิดความคิด ความเข้าใจ และรู้จักตนเองในด้านความสามารถ ความถนัด เพื่อเตรียมตัวเข้าสู่อาชีพ และสถานศึกษาจะต้อง จัดการเรียนแบบบูรณาการเป็นโครงงาน (กระทรวงศึกษาธิการ. 2544ก : 23; 31) การจัดกิจกรรม โครงงานเป็นการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ได้ลงมือ ปฏิบัติจริงในลักษณะของการศึกษา สืบค้น ค้นคว้า ทดลอง ประดิษฐ์คิดค้น โดยมีครูเป็นผู้กระตุ้น แนะนำและให้คำปรึกษา (สุพล วังสินธุ์. 2543 : 11) และการจัดกิจกรรมโครงงานเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่สามารถพัฒนานักเรียนในด้านลึก นักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เรียนรู้ โดยการมีส่วนร่วม การมีปฏิสัมพันธ์กันในกลุ่มแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน (ธัญญณัฐ ชาวเหนือ. 2543 : 68-69) และจากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับโครงงานแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีเจตคติที่ดี ต่อโครงงานและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น นักเรียนสนุกและชอบปฏิบัติกิจกรรมโครงงาน (อารีรัตน์ ขวัญทะเล. 2546 : บทคัดย่อ, Wagner. 2002 : Online และ Trujillo. 1998 : Online) ดังนั้น ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าการสอนโดยใช้โครงงานเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีความสำคัญและ จำเป็นที่จะช่วยให้การปฏิรูปการเรียนรู้ไปสู่ความสำเร็จ เพราะนอกจากการจัดกิจกรรมโครงงาน จะเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ตามความสนใจแล้ว ยังส่งผลให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างมีความสุขและเต็มศักยภาพ นั่นคือโครงงานเป็นวิธีการเรียนรู้ที่จะนำไปสู่ความรู้ใหม่และนำความรู้ ดังกล่าวไปใช้ในชีวิตจริงได้

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะจัดกิจกรรมโครงงาน คณิตศาสตร์ เพื่อเป็นการพัฒนาทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทั้งทักษะการแก้ปัญหา ทักษะ การเชื่อมโยง ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายและนำเสนอ ทักษะการให้เหตุผล รวมทั้งความ คิดริเริ่มสร้างสรรค์ ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนดังกล่าว สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังปฏิบัติการกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ความสำคัญของการวิจัย

ผลจากการวิจัยครั้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และในการปฏิบัติการกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนได้แสดงความรู้ ความสามารถ และความถนัดได้อย่างเต็มศักยภาพ ตามความสนใจของนักเรียน รวมทั้งเป็นแนวทางสำหรับครูคณิตศาสตร์และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการศึกษาทางคณิตศาสตร์ ในการนำกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ไปปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพของการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนเขาวงพิทยาคาร อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ทั้งหมด 6 ห้องเรียน จำนวน 250 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนเขาวงพิทยาคาร อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 45 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวเป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์
2. ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 2.1 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์
 - 2.2 ความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ของโรงเรียนเซาวงพิทยาคาร อำเภอเซาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยจัดเวลาเรียน 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ เรื่อง การเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ใช้เวลาในการทดลอง 20 ชั่วโมง โดยทำการทดสอบก่อนเรียน $1\frac{1}{2}$ ชั่วโมง ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ 17 ชั่วโมง และทำการทดสอบหลังเรียน $1\frac{1}{2}$ ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **โครงการคณิตศาสตร์** หมายถึง กิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้หลักการ และแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ไปเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหาที่ตนเองสนใจที่จะศึกษาค้นคว้า และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจ อย่างเป็นอิสระ ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการวิจัย โดยมีครูผู้สอนและ/หรือผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำปรึกษาแนะนำแก่นักเรียนเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ อาจเป็นโครงการเดี่ยวหรือกลุ่มก็ได้

2. **การจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์** หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ ซึ่งมีแผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์เป็น 5 ระยะ ดังนี้

2.1 **ระยะวางพื้นฐาน** คือ ขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องเรียนรู้เกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์ในหัวข้อต่างๆ เช่น ความหมาย หลักการ จุดมุ่งหมาย ประเภท ขั้นตอนการทำโครงการคณิตศาสตร์ เป็นต้น โดยศึกษาจากวีดิทัศน์ ใบความรู้ ตัวอย่างโครงการคณิตศาสตร์ ฯลฯ ซึ่งมีขั้นตอนในการปฏิบัติกิจกรรม ดังนี้

2.1.1 ขั้นตอนิปรายก่อนปฏิบัติกิจกรรม

2.1.2 ขั้นตอนปฏิบัติกิจกรรม

2.1.3 ขั้นตอนิปรายหลังปฏิบัติกิจกรรม

2.2 **ระยะเริ่มต้นโครงการคณิตศาสตร์** คือ ขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องเลือกเรื่องที่จะทำโครงการคณิตศาสตร์ โดยเลือกจากเรื่องที่ตนเองสนใจศึกษาจากบทเรียน จากประเด็นทั่วๆ ไป หรือจากปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ สิ่งสำคัญต้องเป็นเรื่องที่ผู้เรียนสงสัย หรือต้องการหาคำตอบอย่างลึกซึ้ง ไม่ใช่ครูเป็นผู้กำหนด ซึ่งมีขั้นตอนในการปฏิบัติกิจกรรม ดังนี้

2.2.1 ขั้นตอนิปรายก่อนปฏิบัติกิจกรรม

2.2.2 ขั้นตอนปฏิบัติกิจกรรม

2.2.3 ขั้นตอนิปรายหลังปฏิบัติกิจกรรม

2.3 **ระยะปฏิบัติโครงการคณิตศาสตร์** คือ ขั้นตอนที่นักเรียนใช้ความรู้เกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์ที่ได้ศึกษา มากำหนดวัตถุประสงค์ ระบุประโยชน์ หาแนวโน้มน หรือคาดเดา

คำตอบ (สมมติฐาน) วางแผนและกำหนดวิธีการศึกษาที่หลากหลาย เลือกแนวทางการศึกษา ลงมือศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษา ซึ่งมีขั้นตอนในการปฏิบัติกิจกรรม ดังนี้

2.3.1 ขั้นตอนอภิปรายก่อนปฏิบัติกิจกรรม

2.3.2 ขั้นตอนปฏิบัติกิจกรรม

2.3.3 ขั้นตอนอภิปรายหลังปฏิบัติกิจกรรม

2.4 ระยะเสนอผลการศึกษา คือ ขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องสรุปผลการศึกษาหรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง แล้วนำเสนอผลการศึกษาและเผยแพร่ผลงานให้กว้างขวาง โดยการอธิบาย การสาธิต การจัดนิทรรศการ ฯลฯ ซึ่งนักเรียนจะได้มีโอกาสเขียนนำเสนอและแสดงความคิดเห็นผ่านสื่อต่างๆ ด้วยตนเอง ซึ่งมีขั้นตอนในการปฏิบัติกิจกรรม ดังนี้

2.4.1 ขั้นตอนอภิปรายก่อนปฏิบัติกิจกรรม

2.4.2 ขั้นตอนปฏิบัติกิจกรรม

2.4.3 ขั้นตอนอภิปรายหลังปฏิบัติกิจกรรม

2.5 ระยะปรับปรุง/พัฒนาโครงการคณิตศาสตร์เพื่อนำไปใช้ คือ ขั้นตอนที่นักเรียนนำผลที่ได้จากการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงต่อการสะท้อนความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์ เพื่อให้ได้ความรู้ใหม่ ถ้านักเรียนต้องการศึกษาในเชิงลึก ในสิ่งที่ท้าทายใหม่ๆ ก็สามารถค้นคว้าหาความรู้อย่างต่อเนื่องและลึกซึ้งต่อไปได้

3. ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถ/ความชำนาญในการปฏิบัติงาน และกิจกรรมต่างๆ ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยจะต้องทำให้ดี มีคุณภาพ มีความถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็ว ซึ่งประกอบด้วย

3.1 ทักษะการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถ/ความชำนาญในการใช้กระบวนการต่างๆ ของนักเรียนโดยการนำความรู้ ทักษะ รวมถึงวิธีการต่างๆ ในการหาคำตอบ เมื่อกำหนดสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์มาให้ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีการดำเนินการเป็นลำดับขั้นตอน และจะต้องใช้ยุทธวิธีต่างๆ เพื่อนำไปสู่ความสำเร็จในการแก้ปัญหา

3.2 ทักษะการให้เหตุผล หมายถึง ความสามารถ/ความชำนาญในการแสดงแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการสร้างหลักการ การหาความสัมพันธ์ของแนวคิด และการสรุปที่สมเหตุสมผลตามแนวคิดนั้นๆ

3.3 ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ หมายถึง ความสามารถ/ความชำนาญในการถ่ายทอดเรื่องราวต่างๆ ของบุคคลหนึ่งไปสู่บุคคลหนึ่ง อาจเป็น การเขียน การแสดงความคิด การร่วมกันอภิปรายเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการ และการสื่อสารที่ดีจะต้องมีการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างบุคคลที่สื่อสารด้วย

3.4 ทักษะการเชื่อมโยง หมายถึง ความสามารถ/ความชำนาญในการผสมผสานแนวความคิด ความรู้ ความเข้าใจ และทักษะต่างๆ จากสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว นำไปสร้างความ

สัมพันธ์ ความเกี่ยวข้องหรือการนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันได้

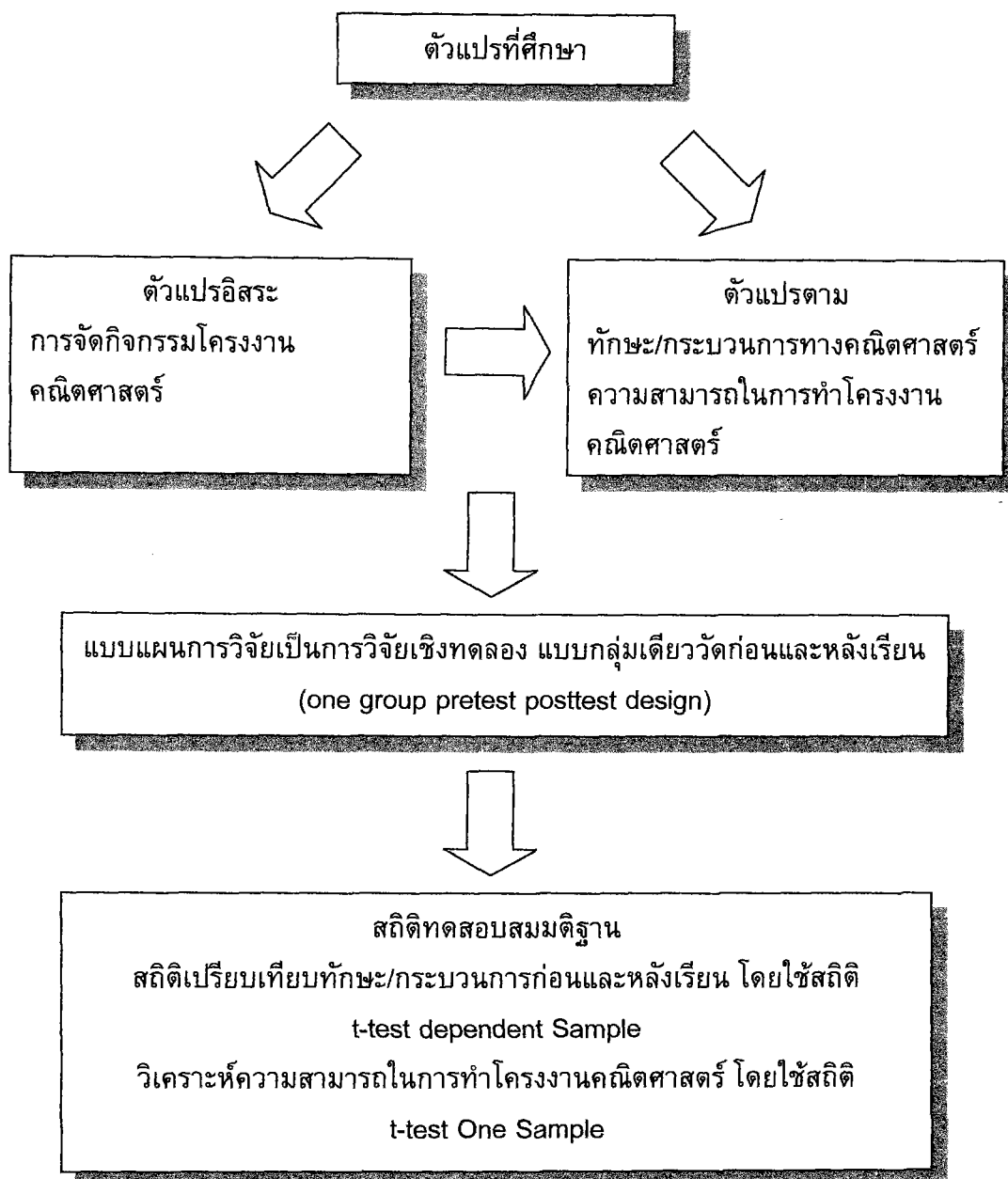
3.5 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถทางความคิดที่มีลักษณะแปลกใหม่แตกต่างไปจากเดิม อันจะนำไปสู่การค้นพบและการประดิษฐ์สิ่งใหม่ๆ ที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ทักษะ/กระบวนการทั้ง 5 ทักษะ สามารถวัดได้โดยใช้แบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบอัตนัย ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric Assessment)

4. ความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความรู้ ความคิดและการปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งวัดได้โดยแบบวัดความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยปรับปรุงจากแบบประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์ของ อัลลิงเจอร์ และคนอื่นๆ (อาร์ริตัน ขวัญทะเล. 2546 : 26; อ้างอิงจาก Allinger and others. 1999 : 11-12), โบลท์ และ ฮอบส์ (2540 : 14-15), ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2541 : 15) และ สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2541 : 2-6) โดยวัดพฤติกรรมของนักเรียน 4 ด้าน คือ

- 4.1 ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงการ
- 4.2 ด้านทักษะการปฏิบัติงาน
- 4.3 ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
- 4.4 ด้านการนำเสนอผลงาน

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

1. นักเรียนที่ปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์มีทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์หลังปฏิบัติกิจกรรมสูงกว่าก่อนปฏิบัติกิจกรรม
2. นักเรียนที่ปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์มีความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับดี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการคณิตศาสตร์
 - 1.1 ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์
 - 1.2 หลักการของโครงการคณิตศาสตร์
 - 1.3 จุดมุ่งหมายของโครงการคณิตศาสตร์
 - 1.4 ประเภทของโครงการคณิตศาสตร์
 - 1.5 ขั้นตอนการทำโครงการคณิตศาสตร์
 - 1.6 การประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์
 - 1.7 แผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์
 - 1.8 บทบาทของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์
 - 1.9 ประโยชน์และสิ่งที่ได้รับจากการทำโครงการคณิตศาสตร์
 - 1.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการคณิตศาสตร์
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์
 - 2.1 ทักษะการแก้ปัญหา
 - 2.2 ทักษะการให้เหตุผล
 - 2.3 ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ
 - 2.4 ทักษะการเชื่อมโยง
 - 2.5 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลตามสภาพจริง (Authentic Assessment)
 - 3.1 ความหมายของการประเมินผลตามสภาพจริง
 - 3.2 แนวคิดหลักเกี่ยวกับการประเมินผลตามสภาพจริง
 - 3.3 ลักษณะของการประเมินผลตามสภาพจริง
 - 3.4 วิธีการประเมินผลตามสภาพจริง
 - 3.5 เกณฑ์การประเมิน (Rubric Assessment)
 - 3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลตามสภาพจริง

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการคณิตศาสตร์

1.1 ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์

โคเฮน และคนอื่นๆ (Cohen and others. 1991 : 4) กล่าวว่า โครงการคณิตศาสตร์ คือ งานที่ได้รับมอบหมายที่มีหลายขั้นตอน โดยทั่วไปจะต้องใช้เวลา 2 สัปดาห์ในการทำโครงการให้สำเร็จ โครงการอาจจะเป็นงานที่มอบหมายให้เป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม ในแต่ละโครงการจะมีบางจุดที่คาดว่านักเรียนที่เก่งที่สุดก็อาจจะติดขัดในการทำงาน บางครั้งนักเรียนอาจจะสามารถแก้ไขจุดที่ติดขัดได้ด้วยตนเอง แต่ส่วนใหญ่แล้วนักเรียนมักจะขอความช่วยเหลือจากอาจารย์ผู้สอนเพื่อแก้ไขจุดติดขัดของโครงการที่วางแผนมา การให้ความช่วยเหลือมักจะอยู่ในรูปของคำถาม คำแนะนำหรือแบบฝึกหัด และการอ่านเพิ่มเติม

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2541 : 5) กล่าวว่า โครงการคณิตศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมเสริมหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีตามความถนัดและความสนใจ ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) ภายใต้การแนะนำปรึกษาช่วยเหลือและดูแลจากอาจารย์ที่ปรึกษาและ/หรือผู้ทรงคุณวุฒิ อาจจัดในเวลาเรียนหรือนอกเวลาเรียนก็ได้ รวมทั้งสามารถดำเนินกิจกรรมได้ทั้งในและนอกบริเวณโรงเรียน ซึ่งอาจทำเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มก็ได้ แล้วเขียนเป็นรายงานและแสดงผลงาน

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2543ก : 75) กล่าวว่า โครงการคณิตศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมนอกหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียน ได้ศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ตามความถนัดและตามความสนใจ ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ อาจทำเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มก็ได้ เป็นการฝึกปฏิบัติงานที่นักเรียนหาข้อสงสัย ตั้งสมมติฐาน ทดลอง และสืบสวน รวบรวมหาข้อสรุป จัดทำรายงาน และแสดงผลงานเพื่อเผยแพร่ความรู้ การทำโครงการได้รับคำแนะนำดูแลจากอาจารย์ที่ปรึกษา และ/หรือผู้ทรงคุณวุฒิ อาจจัดทำในเวลาเรียนหรือนอกเวลาเรียนก็ได้

ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2544ข : 5) กล่าวว่า โครงการคณิตศาสตร์ คือ การศึกษาที่เน้นกิจกรรม โดยนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ และศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองตามแผนการดำเนินงานที่นักเรียนเป็นผู้จัดทำขึ้นเองตั้งแต่ต้นตามความสนใจ โดยมีครูหรือผู้เชี่ยวชาญ เป็นผู้ให้คำแนะนำ ปรึกษา กระตุ้นให้เกิดความคิด ตรวจสอบติดตามการปฏิบัติงานตั้งแต่ต้นจนสิ้นสุดโครงการนั้น อาจจะ เป็นโครงการเล็กๆ ซึ่งทำคนเดียว หรือเป็นโครงการใหญ่ที่ทำเป็นกลุ่ม

ยุพิน พิพิธกุล (2544 : 8) กล่าวว่า โครงการคณิตศาสตร์ คือ งานที่ผู้ทำได้คิดอย่างอิสระ เป็นการฝึกปฏิบัติในข้อที่สงสัย โดยอาศัยความรู้ หลักการ แนวคิดหรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ ไปเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหาที่ตนเองสนใจที่จะศึกษาและค้นคว้าให้ชัดเจนยิ่งขึ้น เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ด้วยการตั้งสมมติฐาน หรือตั้งจุดประสงค์ ลงมือทดลองหรือปฏิบัติ รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล เมื่อพบแล้วก็เผยแพร่ข้อมูลนั้น

สมวงษ์ แปลงประสพโชค และคนอื่นๆ (2544 : 1) กล่าวว่า โครงการงานคณิตศาสตร์ หมายถึง ผลการทำงานหรือการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง ด้วยกระบวนการที่เป็น ขั้นตอนหรือที่มีการวางแผนไว้ล่วงหน้า มีการอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการทำงานหรือการแก้ปัญหานั้น

อารีรัตน์ ขวัญทะเล (2546 : 9) กล่าวว่า โครงการงานคณิตศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้ หลักการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหาที่ตนเองสนใจที่จะศึกษา ค้นคว้า และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจอย่างเป็นอิสระ ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการทางการวิจัย เพื่อหาคำตอบในเรื่องนั้นๆ โดยมีครูผู้สอนและ/หรือครูที่ปรึกษาโครงการคอยให้คำปรึกษาแก่นักเรียน ตั้งแต่การเลือกหัวข้อที่จะศึกษาค้นคว้า การวางแผนกำหนดขั้นตอนการดำเนินงาน การดำเนินงาน และการนำเสนอผลงาน

จากการที่วามาข้างต้นพอสรุปได้ว่า โครงการงานคณิตศาสตร์ หมายถึง กิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ หลักการ และแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ไปเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหาที่ตนเองสนใจที่จะศึกษา ค้นคว้า และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจอย่างเป็นอิสระ ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการวิจัย โดยมีครูผู้สอนและ/หรือผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำปรึกษาแนะนำแก่นักเรียน เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ อาจเป็นโครงการเดี่ยวหรือกลุ่มก็ได้

1.2 หลักการของโครงการงานคณิตศาสตร์

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2541 : 6) และ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2543ก : 75) กล่าวถึงหลักการที่สำคัญของโครงการงานคณิตศาสตร์ ซึ่งพอสรุปได้ ดังนี้

1. เป็นเรื่องเกี่ยวกับคณิตศาสตร์และเทคโนโลยี หรือความจริงและการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งหมายถึง โครงการงานคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นต้องยึดหลักความจริงที่เป็นอยู่ตามธรรมชาติ
2. เป็นการเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเองเพื่อเป็นการฝึกให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็นโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์
3. คำนึงถึงเสรีภาพและเศรษฐกิจ หมายถึง การให้เสรีภาพแก่ผู้ทำโครงการในเรื่องที่จะทำ โดยคำนึงถึงวัสดุอุปกรณ์และเงินทุนที่มีอยู่เป็นองค์ประกอบ

1.3 จุดมุ่งหมายของโครงการงานคณิตศาสตร์

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2541 : 6) กล่าวว่า เพื่อให้การทำโครงการงานคณิตศาสตร์บรรลุตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียน นักการศึกษาและสถาบันต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษากล่าวถึงจุดมุ่งหมายของโครงการงานคณิตศาสตร์ พอสรุปได้ดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรัก ความสนใจและมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์
2. เพื่อพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา

3. เพื่อให้นักเรียนนำความรู้คณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน หรือออกแบบสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ได้ โดยตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของวิชาคณิตศาสตร์
4. เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์
5. เพื่อให้นักเรียนรู้จักใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์
6. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงออก พร้อมทั้งได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานของตนเอง
7. เพื่อพัฒนาความรับผิดชอบและความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้
8. เพื่อส่งเสริมการศึกษาค้นคว้าหรือวิจัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสนใจ และมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์

ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2544ข : 6-7) กล่าวถึง จุดมุ่งหมายสำคัญในการให้นักเรียนทำโครงการคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการปฏิบัติงานคณิตศาสตร์ในเชิงบูรณาการ คือ ใช้หลายทักษะผสมผสานกันในการปฏิบัติงานทั้งทักษะการคิดคำนวณ ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ทักษะการแก้ปัญหา ตลอดจนทักษะย่อยอื่นๆ เช่น การสังเกต การวัด การประมาณค่า การคาดคะเน เป็นต้น

2. ฝึกการค้นคว้า โดยเป็นการสืบค้นข้อมูลความรู้ที่อยู่นอกเหนือตำรา จากแหล่งการเรียนรู้รอบๆ ตัว ทั้งในห้องเรียน นอกห้องเรียน ในโรงเรียน ในชุมชน หรือทั่วโลกจากเครือข่ายใยแมงมุม (World Wide Web : www) ที่กระจายอยู่อย่างมหาศาลในอินเทอร์เน็ต ทั้งในรูปข้อความ เสียง ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ฯลฯ

3. ฝึกการแก้ปัญหา โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาต่างๆ ไปที่มิใช่ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แต่ได้ใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่เป็นชีวิตจริงของนักเรียน

4. ฝึกการสร้างชิ้นงาน สร้างกิจกรรมด้วยตนเอง เพื่อให้การเรียนรู้คณิตศาสตร์ไม่เป็นที่น่าเบื่อหน่าย มีแต่การคิดคำนวณ จดจำสูตรต่างๆ แต่เพียงอย่างเดียว เพราะจริงๆ แล้ว นักเรียนสามารถหาความเพลิดเพลินและความสนุกสนานที่ได้จากคณิตศาสตร์ หรือลักษณะกิจกรรมที่จะทำโครงการคณิตศาสตร์

อารีรัตน์ ขวัญทะเล (2546 : 10) กล่าวว่า จุดมุ่งหมายในการทำโครงการคณิตศาสตร์ คือ การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมวิชาคณิตศาสตร์ในเชิงบูรณาการ มีการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ผสมผสานกับทักษะการแก้ปัญหา การเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์ในศาสตร์ต่างๆ เข้าด้วยกัน การสื่อความหมายและการนำเสนอผลงานที่เกิดจากความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ประกอบกับการฝึกการทำงานร่วมกันของนักเรียน เช่น ความร่วมมือ ความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย

จากที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า จุดมุ่งหมายของการทำโครงการคณิตศาสตร์เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้และประสบการณ์ไปบูรณาการในการปฏิบัติงานตามความสนใจ ความถนัดของตนเอง ฝึกการทำงานอย่างเป็นระบบ ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ พัฒนาความคิดสร้างสรรค์และสร้างเจตคติที่ดีต่อการปฏิบัติงานให้เกิดขึ้นกับนักเรียน

1.4 ประเภทของโครงการงานคณิตศาสตร์

การทำโครงการงานคณิตศาสตร์ เป็นการศึกษาค้นคว้าหัวข้อเรื่องหรือสิ่งที่นักเรียนสนใจด้วยตัวของตนเอง โครงการงานคณิตศาสตร์ทำได้หลายรูปแบบที่แตกต่างกันตามลักษณะของกิจกรรมหรือสาระการเรียนรู้ หรือข้อกำหนดอื่นๆ การแบ่งประเภทของโครงการงานจึงแตกต่างกันออกไป เช่น อัลลิ่งเจอร์ และคนอื่นๆ (อารีรัตน์ ขวัญทะเล. 2546 : 12; อ้างอิงจาก Allinger and others. 1999 : 3) ได้แบ่งโครงการงานคณิตศาสตร์ตามลักษณะของการทำงานออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. งานศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร (Documentation Projects) เป็นงานที่รวมถึงการศึกษาประวัติความเป็นมาของวิชา บุคคล หรือการค้นพบต่างๆ
 2. งานศึกษาค้นคว้าจากเอกสารและการทดลอง (Documentation/Experimentation Projects) เป็นงานที่มีการศึกษาเอกสารและทดลองเพื่อหาคำตอบ หรือพิสูจน์สมมติฐานนั้น
 3. การทดลอง (Experimentation Projects) เป็นงานที่มีการทดลองเชิงอุปนัยหรือการพัฒนาการพิสูจน์เชิงนิรนัย ซึ่งเป็นงานที่ต้องมีการวิเคราะห์ และรายงานอย่างละเอียด
- ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2541 : 7-8) และ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2543ก : 76-77) ได้แบ่งประเภทของโครงการงานคณิตศาสตร์ไว้ 4 ประเภทดังนี้

1. โครงการงานคณิตศาสตร์ประเภททดลอง (Experimental Research Project) โครงการงานประเภทนี้เป็นการศึกษาหาคำตอบของปัญหาใดปัญหาหนึ่ง โดยการออกแบบทดลองและดำเนินการทดลอง เพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการทราบ หรือเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ขั้นตอนของการทำโครงการงานประเภทนี้ประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลองซึ่งจะต้องมีการควบคุมตัวแปรต่างๆ ที่ส่งผลต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษาแล้วดำเนินการทดลองโดยจัดกระทำกับตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น เพื่อดูผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตาม การแปลผล และการสรุปผลการทดลอง

2. โครงการงานคณิตศาสตร์ประเภทสำรวจ (Survey Research Project) โครงการงานนี้เป็นกิจกรรมการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาความรู้ที่มีอยู่ในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยใช้วิธีการสำรวจและรวบรวมข้อมูลแล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาจัดกระทำ เช่น การจำแนกเป็นหมวดหมู่ แล้วนำเสนอในรูปแบบต่างๆ ตามความเหมาะสม

3. โครงการงานคณิตศาสตร์ประเภทการพัฒนาหรือการประดิษฐ์ (Development Research Project) โครงการงานประเภทนี้อาจเป็นการพัฒนาหรือการประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้หรืออุปกรณ์ต่างๆ ให้ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยการประยุกต์ทฤษฎีหรือหลักการทางคณิตศาสตร์ อาจเป็นการประดิษฐ์สิ่งใหม่ที่ยังไม่เคยมีมาก่อนหรือการปรับปรุงอุปกรณ์หรือสิ่งประดิษฐ์ที่มีอยู่แล้วให้ใช้งานได้ดีกว่าเดิม รวมทั้งอาจเป็นการเสนอหรือปรับปรุงแบบจำลองทางความคิดเพื่อแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง

4. โครงการงานคณิตศาสตร์ประเภทการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบาย (Theoretical Research Project) โครงการประเภทนี้เป็นโครงการที่ผู้ทำจะต้องเสนอแนวคิดใหม่ๆ ในการอธิบายเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างมีเหตุผล มีหลักการทางคณิตศาสตร์หรือทฤษฎีสนับสนุน หรือเป็นการอธิบายปรากฏการณ์เก่าในแนวใหม่ อาจเสนอในรูปคำอธิบาย สูตรหรือสมการ โดยมีข้อมูลหรือทฤษฎีอื่นสนับสนุน การทำโครงการประเภทนี้ผู้ทำจะต้องมีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างดีและต้องศึกษาค้นคว้าเรื่องราวที่เกี่ยวข้องอย่างมาก จึงจะสามารถสร้างคำอธิบายหรือทฤษฎีได้

สมวงศ์ แปลงประสพโชค และคนอื่นๆ (2544 : 5) ได้จำแนกตามลักษณะงานที่นำมาทำโครงการคณิตศาสตร์ โดยเทียบเคียงกับงานวิจัยดังนี้

1. งานศึกษาค้นคว้า เช่น นักเรียนอาจสนใจว่า π , +, -, $\times$, $\div$ มีความเป็นมาอย่างไร ใครคิดประดิษฐ์ขึ้นมา มีสัญลักษณ์อื่นๆ อีกหรือไม่ที่แทนความหมายเดียวกัน หรืออาจสนใจประวัติความเป็นมาของหน่วยการวัด ประวัติความเป็นมาของคณิตศาสตร์แขนงต่างๆ เป็นต้น

2. งานสร้างทฤษฎีหรือสูตรใหม่ๆ เป็นงานที่นักเรียนต้องใช้วิธีสังเกตรูปแบบ อาจมีการทดลองเพื่อสร้างสมมติฐานหรือข้อคาดเดา จากนั้นจึงตรวจสอบโดยวิธีพิสูจน์ สิ่งที่พิสูจน์ได้นั้น จะได้รับการยอมรับว่าเป็นทฤษฎีบท เช่น นักเรียนทดลองนำจำนวนคี่ที่เรียงตามลำดับมารวมกัน แล้วศึกษาหาผลรวมสังเกตพบว่า ผลรวมน่าจะเท่ากับกำลังสองของจำนวนเทอม ข้อสรุปที่ได้จากการสังเกตนี้ ยังไม่เป็นที่ยอมรับจนกว่าเราจะพิสูจน์ในรูปทั่วไปได้

3. งานประยุกต์ความรู้ไปใช้ เป็นงานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ การสร้างเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ในชีวิตที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ เช่น ออกแบบลายผ้า ออกแบบลายกระเบื้องด้วยรูปเรขาคณิต งานประเภทสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์สรุปเป็นความรู้ใหม่ เช่น ข้อสรุปเกี่ยวกับอัตราการเกิดอุบัติเหตุในถนน อัตราการเพิ่มจำนวนสัตว์เลี้ยง อัตราการนำสินค้าจากนอกหมู่บ้านเข้ามาในหมู่บ้าน ค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงสัตว์เลี้ยง ฯลฯ

จากที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า โครงการงานทางคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ โครงการประเภทศึกษาค้นคว้า (Documentation Projects) โครงการประเภททดลอง (Experimental Projects) โครงการประเภทการพัฒนาหรือการประดิษฐ์ (Development Projects) และโครงการประเภทการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบาย (Theoretical Projects)

1.5 ขั้นตอนการทำโครงการคณิตศาสตร์

อัลลิ่งเจอร์ และคนอื่นๆ (อาร์ริตัน ขวัญทะเล. 2546 : 26; อ้างอิงจาก Allinger and others. 1999 : 12) กล่าวถึงลำดับขั้นตอนของการทำโครงการคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. การคิดและเลือกหัวข้อเรื่อง ขั้นตอนนี้ถือว่าสำคัญที่สุด ผู้เรียนจะต้องคิดและเลือกหัวข้อเรื่องของโครงการคณิตศาสตร์ด้วยตนเองว่า อยากจะศึกษาอะไร ทำไม่ถึงอยากศึกษา หัวเรื่องโครงการคณิตศาสตร์มักจะได้อาจมาจากปัญหา คำถามหรือความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับเรื่องต่างๆ ของผู้เรียนเอง โดยมีแหล่งที่จะช่วยกระตุ้นให้เกิดความคิด ความสนใจ จากหลายแหล่งด้วยกัน เช่น จากการอ่านหนังสือ เอกสาร บทความ การไปเยี่ยมชมสถานที่ต่างๆ การฟังบรรยายทางวิชาการ

หรืองานประกวดโครงงานคณิตศาสตร์ การสนทนากับบุคคลต่างๆ หรือจากการสังเกตปรากฏการณ์ต่างๆ รอบตัว เป็นต้น หรือครูอาจจะช่วยสร้างสถานการณ์ กระตุ้นความสนใจ ควรเป็นเรื่องที่แปลกใหม่ หรือมีแนวการศึกษาทดลองที่แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ และควรคำนึงถึงเรื่องที่เกิดประโยชน์จะทำให้โครงงานนั้นมีค่ามากยิ่งขึ้น เมื่อผู้เรียนเลือกหัวข้อเรื่องได้แล้วก็หมายความว่าผู้เรียนได้ผ่านขั้นตอนที่ยากที่สุดไปแล้ว แต่ถ้าผู้เรียนเลือกหัวข้อเรื่องที่ไม่เหมาะสมก็อาจทำให้การทำโครงงานคณิตศาสตร์นั้นไม่ประสบความสำเร็จก็ได้

สำหรับหัวข้อเรื่องของการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ควรเฉพาะเจาะจงและชัดเจน เมื่อใครได้อ่านชื่อเรื่องแล้วควรเข้าใจและรู้ว่าโครงงานคณิตศาสตร์นี้ทำอะไร การกำหนดหัวข้อเรื่องของโครงงานนั้นควรคำนึงถึงเรื่องต่อไปนี้

- 1.1 ความเหมาะสมของระดับความรู้ ความสามารถของผู้เรียน
- 1.2 ครูที่ปรึกษาที่มีความรู้ในเรื่องนั้นๆ ที่สามารถให้คำแนะนำได้
- 1.3 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้
- 1.4 งบประมาณ
- 1.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการทำงาน
- 1.6 ความปลอดภัยในการทำงานหรือการใช้อุปกรณ์
- 1.7 แหล่งความรู้และเอกสารสำหรับการศึกษาค้นคว้า

2. การวางแผนทำโครงงานคณิตศาสตร์ จะรวมถึงการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ ซึ่งการวางแผนล่วงหน้า ซึ่งประกอบด้วย การศึกษาข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ การขอคำแนะนำจากครูที่ปรึกษาโครงงานคณิตศาสตร์ หรือผู้ทรงคุณวุฒิ ตลอดจนการสำรวจวัสดุอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถกำหนดขอบข่ายของเรื่องที่ศึกษาได้เฉพาะเจาะจง สามารถออกแบบและวางแผนดำเนินการทำงานได้อย่างเหมาะสม ทำให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างรัดกุมและรอบคอบไม่สับสน หลังจากนั้นนำเสนอต่อครูผู้สอน หรือครูที่ปรึกษาโครงงานคณิตศาสตร์ เพื่อขอความเห็นชอบก่อนดำเนินการขั้นต่อไป

การเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์โดยทั่วๆ ไป เป็นการเขียนเพื่อแสดงแนวคิด การวางแผนงานและขั้นตอนการทำโครงงานคณิตศาสตร์ การเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ควรประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้

- 2.1 ชื่อโครงงาน ควรเป็นข้อความที่กะทัดรัด ชัดเจน สื่อความหมายได้ตรงและมีความเฉพาะเจาะจงว่าจะศึกษาเรื่องอะไร
- 2.2 ชื่อผู้ทำโครงงาน/ชั้น/ปีการศึกษา
- 2.3 ชื่อครู-อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน
- 2.4 ความเป็นมาของโครงงาน เป็นการอธิบายว่าเหตุใดจึงเลือกทำโครงงานคณิตศาสตร์เรื่องนี้ มีความสำคัญอย่างไร ใช้ความรู้คณิตศาสตร์ หลักการหรือทฤษฎีอะไรที่เกี่ยวข้องเรื่องที่ทำ เป็นเรื่องใหม่หรือมีผู้อื่นได้ทำการวิจัยค้นคว้าเรื่องนี้ไว้บ้างแล้ว ถ้ามี ผลเป็นอย่างไร

เรื่องที่ทำได้ขยายเพิ่มเติม ปรับปรุงจากเรื่องที่คุณอื่นทำไว้อย่างไร หรือเป็นการทำซ้ำเพื่อตรวจสอบผลการทำโครงการนั้น

2.5 จุดมุ่งหมายของโครงการ ควรมีความเฉพาะเจาะจงและสามารถวัดได้ เป็นการบอกขอบเขตของงานที่จะทำได้ชัดเจนขึ้น

2.6 สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี) สมมติฐานเป็นคำตอบ หรือคำอธิบายที่คาดไว้ล่วงหน้า ซึ่งอาจจะถูกหรือไม่ก็ได้ การเขียนสมมติฐานควรมีเหตุมีผล มีทฤษฎี หรือหลักการรองรับ และที่สำคัญก็คือ เป็นข้อความที่มองเห็นแนวทางในการดำเนินการทดสอบได้ นอกจากนี้ ควรมีการแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามด้วย

2.7 วิธีดำเนินงาน/ขั้นตอนการดำเนินงาน จะต้องอธิบายว่าจะออกแบบการทดลองอะไร อย่างไร จะเก็บข้อมูลอะไรบ้าง รวมทั้งระบุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ว่ามีอะไรบ้าง

2.8 แผนปฏิบัติงาน อธิบายเกี่ยวกับกำหนดเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

2.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

2.10 เอกสารอ้างอิง

3. การลงมือทำโครงการคณิตศาสตร์ เมื่อครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์เห็นชอบกับเค้าโครงของโครงการคณิตศาสตร์แล้ว ผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติตามขั้นตอนที่ได้ระบุไว้ ผู้เรียนต้องพยายามทำตามแผนงานที่วางไว้ก่อน แต่ถ้าไม่สามารถทำได้ อาจจะเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมบ้าง ถ้าผู้เรียนเห็นว่าจะทำให้ผลงานดีขึ้น และควรคำนึงถึงเรื่องต่อไปนี้

3.1 ควรแบ่งงานเป็นส่วนย่อยๆ และทำแต่ละส่วนให้เสร็จก่อนแล้วจึงทำส่วนอื่นๆ

3.2 ควรทำงานในส่วนที่สำคัญให้เสร็จก่อน แล้วจึงทำส่วนย่อยที่เป็นส่วนประกอบหรือส่วนที่เพิ่มเติม

3.3 ควรมีการบันทึกข้อมูลต่างๆ ในแต่ละวันว่าทำอะไรไปบ้าง ได้ผลเป็นอย่างไร มีปัญหาและมีข้อคิดเห็นเป็นอย่างไร และพยายามบันทึกให้เป็นระเบียบและครบถ้วน

3.4 เตรียมวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ให้พร้อมปฏิบัติงาน ด้วยความละเอียดรอบคอบ

3.5 คำนึงถึงความปลอดภัยและความปลอดภัยในการทำงาน เป็นต้น

4. การสรุปผลและเขียนรายงาน การเขียนรายงานเกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์เป็นวิธีสื่อความหมายวิธีหนึ่งที่จะให้คุณอื่นเข้าใจถึงความคิด วิธีการดำเนินงาน ผลที่ได้ ตลอดจนข้อสรุปและข้อเสนอแนะต่างๆ เกี่ยวกับการทำโครงการคณิตศาสตร์นั้น การเขียนรายงานโครงการคณิตศาสตร์ควรใช้ภาษาที่อ่านเข้าใจง่าย ชัดเจน และครอบคลุมประเด็นสำคัญๆ ทั้งหมดของโครงการคณิตศาสตร์

รูปแบบการเขียนรายงานโครงการคณิตศาสตร์ ใช้รูปแบบการเขียนรายงานดังนี้

4.1 ปกหน้า ประกอบด้วย ชื่อเรื่อง, ชื่อผู้ทำโครงการ/ชั้น/ปีการศึกษา, ชื่อครู/อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

4.2 บทคัดย่อ ควรมีเนื้อหาที่กะทัดรัด แต่ครอบคลุมประเด็นสำคัญได้ครบถ้วน

4.3 สารบัญ

4.4 บทนำ ประกอบด้วย

4.4.1 ความสำคัญของโครงการ กล่าวถึงความเป็นมาว่า ทำไมจึงทำโครงการนี้ เรื่องที่ทำเป็นเรื่องใหม่หรือมีผู้อื่นเคยศึกษาไว้บ้างแล้ว ถ้ามีได้ผลเป็นอย่างไร เรื่องที่ทำนี้ได้ขยายเพิ่มเติม หรือปรับปรุงจากเรื่องที่มีผู้อื่นได้ทำไว้อย่างไรบ้าง หรือเป็นการทำซ้ำเพื่อตรวจสอบผล

4.4.2 จุดมุ่งหมายของโครงการ

4.4.3 สมมติฐานที่ผู้ทำโครงการคาดหวัง (ถ้ามี)

4.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน ประกอบด้วยกระบวนการ วิธีการ เป็นการบอกเล่าว่าทำกันอย่างไร อาจแสดงข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาด้วย

4.6 ผลการดำเนินงาน พบอะไรบ้าง ผลที่พบน่าเชื่อถือหรือไม่ ย่อสรุปผลที่พบ ถ้าเป็นโครงการประเภทที่ค้นคว้าจากเอกสารควรมีผลสรุปของการทำโครงการว่าได้ค้นพบอะไร อะไรคือความคิดรวบยอดหรือแนวคิดสำคัญที่ได้ค้นพบ ถ้าเป็นโครงการประเภททดลองควรมีขั้นตอนการทดลอง การวิเคราะห์และรายงานอย่างระมัดระวัง บทสรุปเป็นแบบอุปนัยหรือนิรนัย ควรแสดง ตารางกราฟ ซึ่งสื่อให้ทราบถึงการค้นพบ และแสดงถึงการขยายแนวคิดของข้อมูลไปสู่การสรุปตามสมมติฐาน

4.7 การอภิปรายและเสนอแนะ เป็นการขยายงานการแนะนำบอกแนวคิดใหม่ๆ ที่สามารถทำเป็นโครงการต่อจากโครงการของตน

4.8 การอ้างอิงแหล่งค้นคว้า เป็นการกล่าวถึงเอกสารที่เกี่ยวข้อง ซึ่งอาจค้นคว้ามาจากหนังสือ การสัมภาษณ์หรือจากเว็บไซต์ มีการอ้างอิงดังนี้

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อหนังสือ. ชื่อเมืองที่พิมพ์. ชื่อสำนักพิมพ์.

5. การนำเสนอผลงาน เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำโครงการ เป็นวิธีการที่จะทำให้ผู้อื่นรับรู้และเข้าใจถึงผลงานนั้น การนำเสนอผลงานอาจทำได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับประเภทของโครงการ เนื้อหา เวลา ระดับของผู้เรียน เช่น การแสดงบทบาทสมมติ การเล่าเรื่อง การเขียนรายงาน สถานการณ์จำลอง การสาธิต การจัดนิทรรศการ ซึ่งอาจมีทั้งการจัดแสดง และการอธิบายด้วยคำพูด หรือรายงานปากเปล่า การบรรยาย การใช้มัลติมีเดียคอมพิวเตอร์/โฮมเพจ (Multimedia Computer/Homepage) สิ่งที่สำคัญพยายามทำให้การแสดงผลนั้นดึงดูดความสนใจของผู้ชม มีความชัดเจน เข้าใจง่าย และมีความถูกต้องของเนื้อหา

โบลท์ และ ฮอบส์ (2540 : 9-10) ได้เสนอแนวทางการทำโครงการดังนี้

1. การพิจารณางาน การเลือกหัวเรื่อง ก่อนอื่นจะต้องพิจารณาข้อความต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง พิจารณานิตยของคำถาม พิจารณาข้อมูลที่มีอยู่แล้ว และสามารถนำมาใช้ได้ทันที หรือยังมีสถิติและข้อมูลอะไรที่จะต้องรวบรวม จะสอบถามข้อมูลได้จากใครบ้าง ห้องสมุดจะให้ข้อมูลอะไรบ้าง

2. การเลือกแนวทางการทำงาน เมื่อนักเรียนได้แสดงทัศนะส่วนตัวและความสนใจของตนแล้วจะต้องตัดสินใจเลือกแนวทางใดแนวทางหนึ่ง นักเรียนส่วนใหญ่พยายามเสนอความเห็นกว้างๆ เพื่อให้ครอบคลุมมากๆ ดังนั้นจึงควรจำกัดเรื่องให้แคบลง จำกัดปัญหาให้เหลือเพียงพอที่จะทำได้สำเร็จก่อนที่จะนักเรียนจะหมดความสนใจ

3. การวางแผนและลงมือปฏิบัติ เมื่อได้ตกลงเลือกเรื่องและวางแผนแนวทางดำเนินงานแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือการนำแผนไปใช้ เริ่มด้วยการพิจารณาว่าจะต้องการข้อมูลข่าวสารอะไรบ้าง และจะได้รับความรู้ข้อมูลเรื่องนั้นอย่างไร จะมีการวัดผลอย่างไร จะรวบรวมสถิติข้อมูลมาบันทึกอย่างไร ใครบ้างที่พอจะช่วยให้ได้ ควรจะออกสำรวจเมื่อใด ต้องเตรียมเครื่องมืออะไร และหาได้จากที่ไหน

คำตอบที่ได้ข้างต้นจะต้องบันทึกไว้ และถ้าเป็นไปได้ก็ควรทำในรูปแบบผังแสดงลำดับขั้นตอนต่างๆ อะไรที่ต้องการทำและใครจะเป็นผู้ทำ แผนทั้งหมดนี้ควรทำให้เสร็จก่อนลงมือปฏิบัติ

4. การบันทึกและกระบวนการทำงาน เมื่อรวบรวมข้อมูลสถิติต่างๆ ได้แล้ว จะต้องบันทึกข้อมูลไว้ในรูปแบบที่มีความหมาย ซึ่งอาจจะเป็นตาราง แผนภูมิแท่ง แผนภูมิรูปวงกลม หรือแผนภาพก็ได้ กระบวนการบันทึกข้อมูลอาจเขียนเป็นกราฟ หาค่าเฉลี่ย ทำรูปจำลอง หรือคำนวณก็ได้ คำถามต่างๆ จะต้องมีความสัมพันธ์กันระหว่างชุดต่างๆ ของข้อมูล กับการตั้งและทดสอบสมมติฐานด้วย

5. การขยายงาน ระหว่างขั้นตอนต่างๆ ของการทำโครงการนั้น ย่อมมีคำถามที่เกี่ยวข้องเกิดขึ้นมาอีกมากมาย บางครั้งก็เป็นปัญหาที่นักเรียนทั้งหลายเป็นผู้เสนอ ซึ่งจะต้องนำเสนอปัญหาเหล่านี้ด้วยการทำวิจัยค้นคว้าต่อไป

6. การนำเสนอผลงาน การเขียนรายงาน นักเรียนควรสมมติตัวเองว่าเป็นที่ปรึกษาของผู้เขียนรายงานให้บุคคลที่สามมากกว่าที่จะเป็นนักสำรวจ และเขียนรายงานของบริษัทให้กับผู้ซื้อ ผลที่ได้รับของโครงการนี้อาจจะเขียนในรูปมาตราส่วนของการขยายตัว หรือการแสดงภาพนิทรรศการ การใช้แผนภูมิรูปวงกลมหรือการแสดงรูปแบบที่ประกอบด้วยสิ่งละอันพันละน้อย ซึ่งเป็นการวิเคราะห์รูปแบบที่น่าขึ้นชมมากกว่า การนำเสนอควรจะรวบรวมการอภิปรายโดยรายบุคคลหรือรายกลุ่ม ควรใช้กระดานดำหรือเครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ รูปแบบจำลอง หรือใช้โสตทัศนูปกรณ์อื่นๆ

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2541 : 8-13) กล่าวว่า การทำโครงการคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมต่อเนื่องและมีการดำเนินงานหลายขั้นตอนตั้งแต่เริ่มต้นถึงขั้นสุดท้าย ดังนี้

1. การคิดจะเลือกหัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา เป็นขั้นตอนลำดับแรกในการทำโครงการ ดังนั้นจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดและยากที่สุด หัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษานั้นควรให้นักเรียนเป็นผู้คิดและเลือกด้วยตนเอง โดยที่หัวข้อเรื่องของโครงการควรมีความเฉพาะเจาะจงและชัดเจน มุ่งชัดว่าจะศึกษาสิ่งใดหรือตัวแปรใด และควรเป็นเรื่องแปลกใหม่ซึ่งแสดงความคิดสร้างสรรค์ด้วย

หัวเรื่องนี้ส่วนใหญ่จะได้มาจากความสนใจ ความสงสัย และความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียนเอง ในเรื่องราวที่เกี่ยวกับเรื่องที่ครูสอนในห้องเรียนหรือนอกห้องเรียน หรือจากสิ่งแวดล้อม

ใกล้ตัว การอภิปรายร่วมกับครูและเพื่อนๆ การอ่านหนังสือหรือเอกสารต่างๆ รวมทั้งรายการวิทยุ และโทรทัศน์ การไปชมงานแสดงโครงงานต่างๆ หรืออาจได้แนวคิดจากงานอดิเรกของนักเรียน

ข้อควรคำนึงถึงเกี่ยวกับการคัดเลือกหัวเรื่องที่จะทำโครงงาน

- 1.1 เหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน
- 1.2 เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน
- 1.3 วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้
- 1.4 งบประมาณเพียงพอ
- 1.5 ระยะเวลาที่ใช้ทำโครงงาน
- 1.6 มีอาจารย์หรือผู้ทรงคุณวุฒิรับเป็นที่ปรึกษา
- 1.7 ความปลอดภัย
- 1.8 มีแหล่งความรู้หรือเอกสารเพียงพอที่จะศึกษา

2. การวางแผนในการทำโครงงาน ขั้นนี้เป็นการวางแผนในการทำโครงงาน รวมถึงการเขียนเค้าโครงของโครงงาน ซึ่งต้องมีการวางแผนหรือวางรูปแบบโครงงานไว้ล่วงหน้า เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างรัดกุมและรอบคอบไม่สับสน แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอความเห็นชอบและดำเนินการขั้นต่อไป

เค้าโครงของโครงงานโดยทั่วๆ ไปจะเขียนขึ้นเพื่อแสดงแนวคิด แผนงานและขั้นตอนของการทำโครงงาน ซึ่งประกอบด้วย

- 2.1 ชื่อโครงงาน ควรเป็นข้อความที่กะทัดรัด ชัดเจน สื่อความหมายตรง และมีความเฉพาะเจาะจงว่าจะศึกษาอะไร
- 2.2 ชื่อผู้ทำโครงงาน
- 2.3 ชื่อที่ปรึกษาโครงงาน
- 2.4 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน อธิบายว่าเหตุใดจึงเลือกทำโครงงานเรื่องนี้ มีความสำคัญอย่างไร มีหลักการหรือทฤษฎีอะไรที่เกี่ยวข้อง เรื่องที่ทำเป็นเรื่องใหม่หรือมีผู้อื่นได้ศึกษาค้นคว้าเรื่องทำนองนี้ไว้บ้างแล้ว ถ้ามีได้ผลเป็นอย่างไร เรื่องที่ทำได้ขยายเพิ่มเติม ปรับปรุงจากเรื่องที่มีผู้อื่นทำไว้อย่างไร หรือเป็นการทำซ้ำเพื่อตรวจสอบผล
- 2.5 จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า ควรมีความเฉพาะเจาะจงและเป็นสิ่งที่สามารถวัดได้ เป็นการบอกขอบเขตของงานที่จะทำได้ชัดเจนขึ้น
- 2.6 สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี) สมมติฐานเป็นคำตอบ หรือคำอธิบายที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้า ซึ่งอาจจะถูกหรือไม่ก็ได้ การเขียนสมมติฐานควรมีเหตุมีผล คือ มีทฤษฎีหรือหลักการทางคณิตศาสตร์รองรับ และที่สำคัญก็คือ เป็นข้อความที่มองเห็นแนวทางในการดำเนินการทดสอบได้ นอกจากนี้ควรมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามด้วย

2.7 วิธีดำเนินงาน

2.7.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ ระบุวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นว่าต้องใช้มีอะไรบ้าง มาจากไหน อะไรบ้างที่ต้องจัดซื้อ อะไรบ้างที่ต้องจัดทำเอง อะไรบ้างที่ต้องขอยืม

2.7.2 แนวการศึกษาค้นคว้า อธิบายว่าจะออกแบบการทดลองอะไรอย่างไร จะสร้างหรือประดิษฐ์อะไร อย่างไร จะเก็บข้อมูลอะไรบ้าง เก็บข้อมูลอย่างไร และเมื่อใดบ้าง

2.8 แผนปฏิบัติงาน อธิบายเกี่ยวกับกำหนดเวลาเริ่มต้นและเวลาเสร็จของการดำเนินงานแต่ละขั้นตอน

2.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

2.10 เอกสารอ้างอิง

3. การลงมือทำโครงการ เมื่อเค้าโครงของโครงการผ่านความเห็นชอบของที่ปรึกษาโครงการแล้ว นักเรียนเริ่มทำโครงการโดยปฏิบัติตามแผนดำเนินงานที่ประกอบด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูล การสร้างหรือประดิษฐ์ การปฏิบัติการทดลอง การค้นคว้าเอกสารต่างๆ ซึ่งสรุปแล้วแต่จะเป็นโครงการประเภทใด อาจมีการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมจากแผนงานที่วางไว้ในตอนแรกบ้างก็ได้ เมื่อดำเนินการทำโครงการครบถ้วนตามขั้นตอนได้ข้อมูลแล้ว ควรมีการตรวจสอบผลการทดลองด้วยการทดลองซ้ำเพื่อให้ได้ผลที่แน่นอน ถ้าเป็นสิ่งประดิษฐ์ควรคำนึงถึงความคงทน แข็งแรงและขนาดที่เหมาะสม หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูล แปลผลและสรุปผลการศึกษาค้นคว้า พร้อมทั้งอภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า ไม่ว่าผลนั้นจะตรงตามความคาดหมายหรือตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ก็ตาม

4. การเขียนรายงาน การเขียนรายงานโครงการคณิตศาสตร์เป็นการเสนอผลงานของการศึกษาค้นคว้าเป็นเอกสาร เพื่ออธิบายให้ผู้อื่นทราบแนวคิดหรือปัญหาที่ศึกษา วิธีการศึกษาค้นคว้า ข้อมูลต่างๆ ที่รวบรวมได้ ผลการศึกษา ตลอดจนประโยชน์และข้อเสนอแนะต่างๆ ที่ได้จากโครงการ

การเขียนรายงานควรใช้ภาษาที่อ่านเข้าใจง่าย ชัดเจน สั้นๆ และตรงไปตรงมา โดยครอบคลุมหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.1 ชื่อโครงการ

4.2 ชื่อผู้ทำโครงการ

4.3 ชื่อที่ปรึกษาโครงการ

4.4 บทคัดย่อ อธิบายถึงที่มาและความสำคัญของโครงการ วัตถุประสงค์ วิธีการดำเนินการและผลที่ได้ ตลอดจนข้อสรุปต่างๆ อย่างย่อ ประมาณ 300-350 คำ

4.5 ที่มาและความสำคัญของโครงการ อธิบายถึงความสำคัญของโครงการ เหตุผลที่เลือกทำโครงการนี้ และหลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการ เรื่องที่ทำเป็นเรื่องใหม่ หรือผู้อื่นเคยศึกษาไว้บ้างแล้ว ถ้ามีได้ผลเป็นอย่างไร เรื่องที่ทำนี้ได้ขยายเพิ่มเติม หรือปรับปรุงจากเรื่อง que ผู้อื่นได้ทำไว้อย่างไรบ้าง หรือเป็นการทำซ้ำเพื่อตรวจสอบผล

4.6 จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

4.7 สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี)

4.8 วิธีการดำเนินการ อาจแยกออกเป็น 2 หัวข้อย่อย คือ

4.8.1 วัสดุอุปกรณ์

4.8.2 วิธีดำเนินการ อธิบายถึงขั้นตอนการดำเนินงานโดยละเอียด

4.9 ผลของการศึกษาค้นคว้า นำเสนอข้อมูลหรือผลการทดลองต่างๆ ที่สังเกตรวบรวมได้ รวมทั้งเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลทีวิเคราะห์ให้ได้ด้วย

4.10 สรุปและข้อเสนอแนะ อธิบายผลสรุปที่ได้จากการทำโครงการงาน ถ้ามีการตั้งสมมติฐานควรระบุว่าข้อมูลที่ได้นับสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือยังสรุปไม่ได้ นอกจากนั้นควรกล่าวถึงการนำเสนอผลการทดลองไปใช้ประโยชน์ อุปสรรคของการทำโครงการงานหรือข้อสังเกตที่สำคัญหรือข้อผิดพลาดบางประการที่เกิดขึ้นจากการทำโครงการงานนี้ รวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อการปรับปรุงแก้ไข หากจะมีผู้ศึกษาค้นคว้าในเรื่องทำนองนี้ต่อไปในอนาคตด้วย

4.11 คำขอบคุณ ส่วนใหญ่โครงการงานคณิตศาสตร์มักจะเป็นกิจกรรมที่ได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่าย จึงควรได้กล่าวขอบคุณบุคลากรหรือหน่วยงานต่างๆ ที่มีส่วนช่วยให้โครงการงานนี้สำเร็จด้วย

4.12 เอกสารอ้างอิง หนังสือและ/เอกสารต่างๆ ที่ผู้ทำโครงการงานใช้ศึกษาค้นคว้าหรืออ่านเพื่อศึกษาหาข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ที่นำมาใช้ประโยชน์ในการทำโครงการงานนี้

5. การแสดงผลงาน การแสดงผลงานเป็นงานขั้นสุดท้ายและสำคัญอีกประการหนึ่งของการทำโครงการงาน เป็นการเสนอผลงานที่ได้ศึกษาค้นคว้าสำเร็จด้วยความคิด ความพยายามของผู้ทำโครงการงานให้ผู้อื่นรับรู้และเข้าใจถึงผลงาน การวางแผนออกแบบเพื่อจัดแสดงผลงานนั้นมีความสำคัญเท่าๆ กับการทำโครงการงานนั่นเอง ผลงานที่ทำขึ้นจะดียอดเยี่ยมเพียงใด แต่ถ้าจัดแสดงผลงานทำได้ไม่ดีก็เท่ากับไม่ได้แสดงความดีเยี่ยมของผลงาน ดังนั้นการวางแผนดังกล่าวต้องอาศัยเวลาและคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ ที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งคือ ผู้ชมหรือผู้ฟัง การแสดงผลงานนั้นอาจทำได้ในรูปแบบต่างๆ กัน เช่น การแสดงในรูปนิทรรศการ ซึ่งมีทั้งการจัดแสดงและการอธิบายด้วยคำพูด หรือ รูปแบบของการจัดแสดงโดยไม่มีคำอธิบายประกอบหรือในรูปของการรายงานปากเปล่า ไม่ว่าการแสดงผลจะอยู่ในรูปแบบใดควรจัดให้ครอบคลุมประเด็นสำคัญ ดังต่อไปนี้

5.1 ชื่อโครงการ ชื่อผู้ทำโครงการ ชื่อที่ปรึกษาโครงการ

5.2 คำอธิบายย่อๆ ถึงเหตุจูงใจในการทำโครงการงานและความสำคัญของโครงการงาน

5.3 วิธีการดำเนินงาน โดยเลือกเฉพาะขั้นตอนที่เด่นและสำคัญ

5.4 การสาธิตหรือการแสดงผลที่ได้จากการทดลอง

5.5 ผลการสังเกตหรือข้อมูลเด่นๆ ที่ได้จากการทำโครงการงาน

ในการจัดกิจกรรมการแสดงโครงการงานนั้น ควรคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

1. ความปลอดภัยของการจัดแสดง

2. ความเหมาะสมกับเนื้อที่ที่จัดแสดง

3. คำอธิบายที่เขียนแสดง ควรเน้นเฉพาะประเด็นสำคัญและสิ่งที่น่าสนใจเท่านั้น
4. ดึงดูดความสนใจของผู้เข้าชม โดยใช้รูปแบบการแสดงที่น่าสนใจ ใช้สีที่สดใส

เน้นจุดสำคัญ

5. ใช้ตารางและรูปภาพประกอบ โดยจัดวางอย่างเหมาะสม
6. สิ่งที่ต้องแสดงต้องถูกต้อง ไม่มีการสะกดผิดหรืออธิบายหลักการที่ผิด
7. ในกรณีที่เป็นสิ่งประดิษฐ์ สิ่งนั้นควรอยู่ในสภาพที่ทำงานได้อย่างสมบูรณ์

ในการแสดงผลงาน ผู้นำผลงานมาแสดงจะต้องอธิบายหรือรายงานปากเปล่า หรือตอบคำถามต่างๆ ต่อผู้ชมหรือกรรมการตัดสินโครงงาน การอธิบายตอบคำถาม หรือรายงานปากเปล่า นั้น ควรได้คำนึงถึงสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

1. ต้องทำความเข้าใจกับเรื่องที่จะอธิบายเป็นอย่างดี
2. คำนึงถึงความเหมาะสมของภาษาที่ใช้กับระดับผู้ฟัง ควรให้มีความชัดเจนและ

เข้าใจง่าย

3. ควรรายงานอย่างตรงไปตรงมาไม่อ้อมค้อม
4. พยายามหลีกเลี่ยงการอ่านรายงาน แต่อาจจดหัวข้อสำคัญๆ ไว้เพื่อช่วยในการ

รายงานเป็นไปตามขั้นตอน

5. อย่าท่องจำรายงาน เพราะจะทำให้ดูไม่เป็นธรรมชาติ
6. ขณะที่รายงานควรมองตรงไปยังผู้ฟัง
7. เตรียมตัวตอบคำถามเกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ
8. ตอบคำถามอย่างตรงไปตรงมา ไม่จำเป็นต้องกล่าวถึงสิ่งที่ไม่ได้ถาม
9. หากติดขัดในการอธิบายควรยอมรับโดยดี อย่ากลบเกลื่อนหรือหาทางเลี่ยงเป็น

อย่างอื่น

10. ควรรายงานให้เสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด
11. หากเป็นไปได้ควรใช้สื่อประเภทโสตทัศนูปกรณ์ประกอบการรายงานด้วย

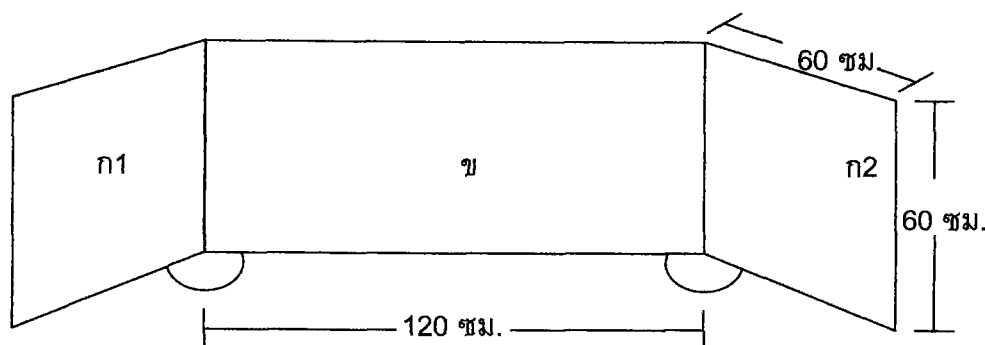
เช่น แผ่นใส สไลด์ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

การทำแผนสำหรับแสดงโครงงาน ให้ใช้ไม้อัดทำตามขนาดกำหนด ดังนี้

แผ่น ก1, ก2 ขนาด 60 ซม. × 60 ซม.

แผ่น ข ขนาด 60 ซม. × 120 ซม.

ติดบานพับมีห่วงรับและขอสับทำมุมฉากกับตัวแผ่นกลาง ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ตัวอย่างแผงสำหรับแสดงโครงงาน

ที่มา : ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล. (2541). โครงงานคณิตศาสตร์. หน้า 13.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2543ก : 78-82) กล่าวถึง ขั้นตอนการทำโครงงานคณิตศาสตร์ว่ามี 6 ขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดจุดประสงค์ ก่อนทำโครงงานจะต้องกำหนดจุดประสงค์เสียก่อนว่าต้องการอะไรจากการทำโครงงานนั้นๆ
2. การเลือกหัวข้อหรือปัญหาที่จะศึกษา หัวข้อหรือปัญหาที่จะศึกษาควรให้นักเรียนเป็นผู้คิดและเลือกด้วยตนเอง เป็นเรื่องที่นักเรียนสนใจและอยากรู้อยากเห็น โดยต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ ในการเลือกหัวข้อเรื่องที่จะทำโครงงาน
 - 2.1 เหมาะสมกับระดับความรู้ ความสามารถของนักเรียน
 - 2.2 วัสดุอุปกรณ์ที่จะต้องใช้
 - 2.3 งบประมาณ
 - 2.4 ระยะเวลาในการทำโครงงาน
 - 2.5 มีอาจารย์หรือผู้เชี่ยวชาญเป็นที่ปรึกษา
 - 2.6 ความปลอดภัย
 - 2.7 มีแหล่งความรู้หรือเอกสารเพียงพอที่จะศึกษาค้นคว้า
3. การวางแผนในการทำโครงงาน เมื่อได้หัวข้อเรื่องแล้วต่อไปต้องมีการจำกัดขอบเขตของงานว่าจะกว้างหรือแคบเพียงใด จำเป็นอย่างยิ่งต้องเขียนเค้าโครงของโครงงานก่อน เพื่อเป็นการวางแผนในการทำงาน โดยการเขียนเค้าโครงของโครงงานประกอบไปด้วย
 - 3.1 ชื่อโครงงาน
 - 3.2 ชื่อผู้ทำโครงงาน
 - 3.3 ชื่อที่ปรึกษาโครงงาน
 - 3.4 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน เป็นการอธิบายว่าเหตุใดจึงเลือกทำโครงงานนี้มีความสำคัญอย่างไร
 - 3.5 จุดมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้าควรมีความชัดเจนและสามารถวัดได้

3.6 สมมติฐานทางการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี) สมมติฐานเป็นคำตอบหรือคำอธิบายที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้า

3.7 วิธีดำเนินงาน

3.7.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ ระบุว่าอุปกรณ์ที่ใช้มีอะไรบ้าง อุปกรณ์ใดต้องจัดซื้อ ยืม หรือทำเอง

3.7.2 แนวทางการศึกษาค้นคว้า อธิบายว่าจะออกแบบการทดลองอย่างไร ทดลองอะไร เก็บข้อมูลที่ไหน อย่างไรและเมื่อใด

3.8 แผนปฏิบัติงาน อธิบายเกี่ยวกับระยะเวลาในการทำงาน ตั้งแต่เริ่มต้นไปจนจบโครงการในแต่ละขั้นตอน

3.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

3.10 เอกสารอ้างอิง

แบบฟอร์มการจัดเค้าโครงของโครงการคณิตศาสตร์	
1. ชื่อโครงการ	
2. ชื่อผู้ทำโครงการ	
3. ชื่อที่ปรึกษาโครงการ	
4. ที่มาและความสำคัญของโครงการ	
5. จุดมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า	
6. สมมติฐานทางการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี).....	
7. วิธีดำเนินงาน	
- วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้.....	
- แนวทางการศึกษาค้นคว้า.....	
8. แผนปฏิบัติงาน	
9. ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	
10. เอกสารอ้างอิง	

ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างแบบฟอร์มการจัดเค้าโครงของโครงการคณิตศาสตร์

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543ก). รายงานการวิจัย รูปแบบการจัดการศึกษาสำหรับผู้ที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์. หน้า 80.

4. การลงมือทำโครงการ เมื่อโครงสร้างและเค้าโครงของโครงการผ่านความเห็นชอบของอาจารย์ที่ปรึกษาหรือผู้เชี่ยวชาญแล้ว นักเรียนก็ลงมือปฏิบัติโดยทำตามแผนการดำเนินการที่วางไว้ จะเป็นการเก็บข้อมูล การทดลองประดิษฐ์หรือศึกษาค้นคว้าจากเอกสารต่าง ๆ ในช่วงทำการ

ดำเนินการต้องมีการประเมินการทำงานเป็นระยะๆ เพื่อจะได้ช่วยกันปรับปรุงและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติงานด้วย

5. การเขียนรายงาน เป็นการเสนอผลงานของการศึกษาค้นคว้าเป็นเอกสาร เพื่อให้ผู้อ่านทราบปัญหาที่ศึกษา วิธีดำเนินการศึกษา ข้อมูลที่ได้ และประโยชน์ที่ได้จากโครงการที่ทำโดยมีแบบฟอร์มดังนี้

แบบฟอร์มการเขียนรายงานของโครงการคณิตศาสตร์	
ชื่อโครงการ	
ชื่อผู้ทำโครงการ.....	
ชื่อที่ปรึกษาโครงการ.....	
บทคัดย่อ	
ที่มาและความสำคัญของโครงการ	
จุดมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า	
สมมติฐานทางการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี).....	
วิธีดำเนินงาน	
- วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้	
- แนวการศึกษาค้นคว้า.....	
ผลของการศึกษาค้นคว้า.....	
สรุปและข้อเสนอแนะ	
คำขอบคุณ	
เอกสารอ้างอิง	

ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างแบบฟอร์มการเขียนรายงานของโครงการคณิตศาสตร์

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543ก). รายงานการวิจัย รูปแบบการจัดการศึกษาสำหรับผู้ที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์. หน้า 82.

6. การแสดงผลงานเป็นการเสนอผลงานต่างๆ ที่ได้ศึกษาค้นคว้ามา เพื่อให้คนอื่นได้รับรู้หรือเข้าถึงโครงการ ซึ่งอาจจะเป็นตาราง แผนภูมิแท่ง แผนภูมิรูปวงกลม กราฟ แบบจำลอง การคำนวณหาค่าเฉลี่ย อายรายงานด้วยปากเปล่าหรือเขียนเป็นรายงาน บางโครงการอาจนำเสนอโดยการจัดนิทรรศการ อย่างไรก็ตาม ในการแสดงผลงานควรเลือกนำเสนอให้เหมาะสมกับลักษณะโครงการนั้นๆ

จากที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า ในแต่ละขั้นตอนในการทำโครงการคณิตศาสตร์ นักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยมีครูผู้สอนและ/หรือผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจสอบความก้าวหน้าในการปฏิบัติงานตามแผนงานที่นักเรียนวางไว้ รวมทั้งประเมินผลการปฏิบัติงานของนักเรียนอีกด้วย

1.6 การประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์

1.6.1 แนวคิดในการประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์

อัลลิงเจอร์ และคนอื่นๆ (อาร์ริตซ์ ขวัญทะเล. 2546 : 24; อ้างอิงจาก Allinger and others. 1999 : 8) ได้เสนอแนวคิดในการประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์ว่า ควรแบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

1. ผู้ประเมินโครงการควรบอกเกณฑ์การประเมินให้ผู้ทำโครงการทราบ ระหว่างการประเมินผู้ประเมินอาจจะใช้คำถามบอกจุดที่จะอภิปรายและข้อเสนอแนะในการพัฒนางานแก่ผู้ทำโครงการ

2. หลังจากการประเมินควรมีการสัมภาษณ์ผู้ทำโครงการ เพื่อให้ทราบว่าผู้ทำโครงการได้เรียนรู้อะไรบ้าง และผู้ประเมินควรได้ให้คำแนะนำแก่ผู้ทำโครงการ

3. ผลการประเมินควรถูกนำมาตรวจสอบกันเองในกลุ่มผู้ประเมิน และการให้คะแนนแต่ละคนอาจต้องมีการอภิปรายถ้าจำเป็น

4. ผลการประเมินควรถูกนำมาให้ผู้ทำโครงการรับทราบเป็นลายลักษณ์อักษร ถ้าผลการประเมินถูกนำมาเผยแพร่ รูปแบบ และวิธีการของการพิมพ์จะต้องชัดเจน

อดัมส์กัตต์ ธนะกิจรุ่งเรือง และคนอื่นๆ (2543 : 20-21) กล่าวว่า การประเมินผลเป็นหัวใจของการเรียนการสอนที่สะท้อนสภาพความสำเร็จของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันประเมินผลว่ากิจกรรมที่ทำไปนั้นบรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่อย่างไร ปัญหาและอุปสรรคที่พบมีอะไรบ้าง ได้ใช้วิธีการแก้ไขอย่างไร ผู้เรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างจากการทำโครงการ ผู้ประเมินโครงการอาจดำเนินการด้วยบุคคลเหล่านี้

1. ผู้เรียนประเมินตนเอง จะแสดงออกให้เห็นว่า ผู้เรียนที่เป็นเจ้าของโครงการซึ่งอาจเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มทำงาน มีความพึงพอใจต่อขั้นตอนของกิจกรรมแต่ละขั้นที่ได้กำหนดหรือร่วมกันกำหนดขึ้นเองเพียงใด มีหัวข้อกิจกรรมใดที่ยังขาดตกบกพร่อง จะต้องเพิ่มเติมในส่วนใดบ้าง ความละเอียดรัดกุมในแต่ละขั้นเป็นอย่างไร

2. ผู้ประเมินซึ่งเป็นเพื่อนร่วมชั้น อาจให้ข้อคิดเห็นสะท้อนภาพเพิ่มเติม เช่น ในระดับประถมศึกษาอาจให้ความเห็นไปในเรื่องของ การเขียน การใช้ตัวสะกด การันต์ วรรคตอน ซึ่งเน้นไปในด้านภาษา ระดับมัธยมศึกษา การประเมินโครงงานอาจเริ่มขยายขอบเขตจากด้านการใช้ภาษาออกไปถึงการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตั้งชื่อโครงงานกับจุดประสงค์ของโครงงาน และตามความเข้าใจของผู้ประเมิน เสนอแนะวิธีการศึกษาของผู้ประเมิน เป็นการพิจารณาการจรรุปลั้มเพื่อการนำเสนอโครงงาน ฯลฯ

3. ผู้ประเมินซึ่งเป็นผู้สอนหรือเป็นที่ปรึกษา อาจให้คำแนะนำเพิ่มเติมได้ในวิธีการอื่นที่ใช้ในการศึกษาหาคำตอบ ความสัมพันธ์ของวิชาตามหัวเรื่องที่ศึกษากับวิชาอื่น ข้อค้นพบที่ผู้เรียนได้จากการทำโครงงาน การนำคำตอบของการศึกษาที่ได้ไปใช้ประโยชน์ การนำข้อค้นพบที่ต่างไปจากเป้าหมายของการศึกษาไปใช้ประโยชน์หรือขยายผลการศึกษาเป็นโครงงานใหม่ๆ ฯลฯ

4. ผู้ประเมินที่เป็นพ่อ แม่ ผู้ปกครอง จะได้ทราบถึงความสามารถ ความถนัดทางการเรียนของลูกหรือเด็กในความปกครอง ความรู้สึก ความต้องการของเด็กผู้ทำโครงงาน ทำให้สามารถปรับตัวปรับใจเพื่อการสนับสนุนทั้งด้านการเงิน กำลังใจ ให้โอกาส ให้เวลาร่วมกิจกรรมตามความสนใจของเด็ก ชี้แนะอุปสรรค ปัญหาเบื้องต้นที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมขั้นต่างๆ ของโครงงาน ข้อเสนอแนะของการทำโครงงานครั้งต่อไป ฯลฯ

5. บุคคลอื่นๆ ที่สนใจและมีส่วนเกี่ยวข้อง

นอกจากนี้ อุดมศักดิ์ ธนะกิจรุ่งเรือง และคนอื่นๆ (2543 : 21) ได้เสนอวิธีการประเมินผลโครงงาน ดังนี้

1. การสังเกต เป็นวิธีการประเมินพฤติกรรมที่สามารถทำได้ทุกเวลาและทุกสถานการณ์ ทั้งแบบมีและไม่มีเครื่องมือในการสังเกต

2. การสัมภาษณ์ การสอบถาม อาจมีลักษณะเป็นทางการ หรือสัมภาษณ์ สอบถามขณะปฏิบัติโครงงานก็ได้

3. วัดความรู้ ความสามารถ (Authentic Test) ควรเป็นแบบสอบถามปลายเปิด เพื่อดูความเชื่อมโยงระหว่างความรู้ ความเข้าใจเดิม กับสิ่งที่ได้เพิ่มเติมจากประสบการณ์ในการปฏิบัติโครงงาน ลักษณะสำคัญของแบบทดสอบ มีดังนี้

3.1 ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการวัด

3.2 เป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับการทำโครงงาน

3.3 เชื่อมโยง บูรณาการความรู้ ความสามารถ ได้หลายด้านและใช้ความคิดที่

ลึกซึ้งขึ้นตามวัย

3.4 มีเกณฑ์การให้คะแนนตามความสมบูรณ์ของพฤติกรรม

3.5 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดและเขียนคำตอบเอง

4. การรายงาน จะเป็นการเขียนรายงานหรือเล่าขั้นตอน หรือประสบการณ์ในการทำโครงงานก็ได้ เพื่อให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองจากการได้พูดหรือเขียนบรรยายสะท้อนความรู้

ความเข้าใจ ความรู้สึกนึกคิดตามแนวทางการเรียนรู้ที่ผ่านประสบการณ์ขณะปฏิบัติกิจกรรมตามโครงการ

5. แฟ้มผลงาน เป็นการเก็บรวบรวมผลงานที่มีความโดดเด่นในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ที่เลือกรวบรวมไว้อย่างเป็นระบบ เพื่อแสดงถึงความรู้ ความเข้าใจ ความสนใจ ความถนัด ทักษะ ความสามารถอันแสดงออกถึงพัฒนาการ ความก้าวหน้า ความสำเร็จในเรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือในหลายๆ เรื่อง หรือจะเป็นการเก็บผลการประเมินการปฏิบัติโครงการ ในวิธีที่ 1-4 ด้วยก็ได้ ทั้งนี้ เพื่อเป็นการติดตามพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างต่อเนื่อง

1.6.2 เกณฑ์ในการประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์

อัลลิงเจอร์ และคนอื่นๆ (อาร์ริธน์ ขวัญทะเล. 2546 : 26; อ้างอิงจาก Allinger and others. 1999 : 10-11) ได้กำหนดเกณฑ์ในการประเมินโครงการ ดังนี้

1. ความคิดสร้างสรรค์ (30 คะแนน)

1.1 โครงการได้แสดงถึงความสามารถในการสร้างสรรค์และเกี่ยวข้องกับ
สิ่งต่อไปนี้หรือไม่

- 1.1.1 นำไปสู่การแก้ปัญหา
- 1.1.2 รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล
- 1.1.3 ใช้เครื่องมือที่มีอยู่แล้ว
- 1.1.4 ออกแบบเครื่องมือใหม่

1.2 โครงการได้ตอบคำถามที่เน้นวิธีการที่เป็นต้นแบบหรือไม่

2. ความคิดทางคณิตศาสตร์ (30 คะแนน)

- 2.1 ปัญหาชัดเจนหรือไม่
- 2.2 ขอบเขตของปัญหาเพียงพอหรือไม่
- 2.3 ทุกแง่มุมของปัญหาชัดเจนและให้ความหมายได้ชัดเจน
- 2.4 ข้อมูลเพียงพอจะสนับสนุนข้อสรุปหรือไม่
- 2.5 นักเรียนเข้าใจว่าโครงการสัมพันธ์กับงานวิจัยหรือไม่
- 2.6 นักเรียนมีแนวคิดเกี่ยวกับการรับรองคุณภาพงานวิจัยหรือไม่
- 2.7 ผลสรุปแน่นอนหรือไม่
- 2.8 ผลสรุปแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากความรู้เดิมหรือไม่
- 2.9 นักเรียนคิดด้วยตนเองทั้งหมดหรือใครช่วย

3. ความเชี่ยวชาญ หรือความละเอียดลออ (15 คะแนน)

- 3.1 ปัญหามีความสมบูรณ์หรือครอบคลุมหัวเรื่องอย่างไร
- 3.2 ความสำคัญของปัญหาที่มีความสมบูรณ์อย่างไร
- 3.3 นักเรียนรู้แนวคิดอื่นๆ หรือทฤษฎีอื่นหรือไม่
- 3.4 นักเรียนคุ้นเคยกับวรรณคดีที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษาหรือไม่
- 3.5 นักเรียนใช้เวลาทำโครงการเท่าใด

4. ทักษะ (15 คะแนน)

- 4.1 นักเรียนมีทักษะที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลหรือไม่
- 4.2 ใช้เครื่องมืออะไร สร้างเครื่องมือเองหรือไม่
- 4.3 การจัดแสดงสมบูรณโดยมีที่ปรึกษาช่วยหรือไม่
- 4.4 ใครเป็นที่ปรึกษาและให้ความช่วยเหลือมากน้อยแค่ไหน

5. ความแจ่มชัด (10 คะแนน)

- 5.1 นักเรียนอภิปรายโครงการได้ชัดเจนอย่างไร เช่น จุดประสงค์ การดำเนิน

งานและผลสรุป

- 5.2 นักเรียนมีการอภิปรายที่สะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจเพียงใด
- 5.3 เอกสารรายงานสะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจหรือไม่
- 5.4 ข้อมูลที่นำเสนอชัดเจนหรือไม่
- 5.5 ผลการนำเสนอชัดเจนหรือไม่
- 5.6 การนำเสนอผลงานโครงการได้อย่างไร
- 5.7 การนำเสนอถูกวิธีหรือไม่

โบลท์ และ ฮอบส์ (2540 : 14-15) ได้เสนอแนววิธีประเมินโครงการ ดังนี้

1. ประเมินการทำงานกลุ่ม

- 1.1 สมาชิกในกลุ่มร่วมมือกันวางแผนด้วยความรอบคอบหรือไม่
- 1.2 การทำงานถูกต้องหรือไม่
- 1.3 แสดงรายการสิ่งที่ค้นพบด้วยวิธีการที่ชัดเจนหรือไม่

2. ประเมินการนำเสนอโครงการ

- 2.1 สื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดี
- 2.2 บรรยายชัดเจน
- 2.3 สื่อชัดเจน
- 2.4 การนำเสนอโครงการต่อเนื่องสมบูรณ์

3. ประเมินเนื้อหาของโครงการ

- 3.1 คำถามตรงประเด็น
- 3.2 ใช้ข้อมูลข่าวสารเหมาะสม
- 3.3 ใช้ความคิดทางคณิตศาสตร์เหมาะสม
- 3.4 เนื้อหาคณิตศาสตร์ถูกต้อง
- 3.5 มีการสรุป
- 3.6 มีการขยายงาน

4. ประเมินการจัดทำโครงการ

- 4.1. โครงการริเริ่มโดยนักเรียน
- 4.2. นักเรียนให้ครูช่วยสนับสนุน

4.3. นักเรียนพัฒนาวิธีการทำงานด้วยตนเอง

4.4. มีสิ่งแสดงให้เห็นความคิดริเริ่มส่วนบุคคล

เกณฑ์การประเมิน นิยมแบ่งให้คะแนนเป็น 5 ระดับ คือ

5 เห็นด้วยมากที่สุด

4 เห็นด้วยมาก

3 เห็นด้วยปานกลาง

2 เห็นด้วยน้อย

1 เห็นด้วยน้อยที่สุด

ถ้ามีผู้ให้คะแนนหลายคนให้นำมาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตแล้วแปลผลด้วยเกณฑ์ดังนี้

4.1 ขึ้นไป ดีมาก

3.1 - 4 ดี

2.1 - 3 พอใช้

ต่ำกว่า 2 ปรับปรุง

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2541 : 15) กล่าวว่า การประเมินโครงการเป็นกิจกรรมที่จำเป็นและมีความสำคัญอีกกิจกรรมหนึ่งในกระบวนการจัดแสดงโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียน ครูผู้สอนจะเป็นผู้ประเมินโครงการเพื่อเก็บคะแนน และเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผลการเรียนคณิตศาสตร์ ถ้าได้กำหนดให้การทำโครงการเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการเรียนการสอน ในที่นี้เสนอแบบการประเมินโครงการ โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณา 5 ด้านดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจเรื่องที่ทำ

2. การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้แก้ปัญหาทางการศึกษา

3. ความคิดสร้างสรรค์

4. การเขียนรายงาน

5. การจัดแสดงโครงการและการอภิปรายปากเปล่า

จากหัวข้อเหล่านี้ กำหนดให้แต่ละด้านมีคะแนนเท่าๆ กันคือ 5 คะแนน รวมคะแนนเต็มทั้งหมด (5 ด้าน) 25 คะแนน มีการแบ่งเป็น 5 ระดับคะแนน แต่ละระดับมี 1 ช่วงคะแนน และมีการตีความหมายผลงานเป็น 5 ระดับดังนี้

1 หมายถึง ต้องปรับปรุง

2 หมายถึง พอใช้

3 หมายถึง ดี

4 หมายถึง ดีมาก

5 หมายถึง ดีเยี่ยม

การประเมินโครงการเมื่อรวมทั้ง 5 ด้านแล้วคิดเป็นคะแนนเก็บ 10 คะแนน ใช้เกณฑ์
ดังนี้

ช่วงคะแนน 1.0 – 7.5	อยู่ในระดับต้องปรับปรุง	ได้คะแนน 6 คะแนน
ช่วงคะแนน 7.6 – 12.5	อยู่ในระดับพอใช้	ได้คะแนน 7 คะแนน
ช่วงคะแนน 12.6 – 17.5	อยู่ในระดับดี	ได้คะแนน 8 คะแนน
ช่วงคะแนน 17.6 – 22.5	อยู่ในระดับดีมาก	ได้คะแนน 9 คะแนน
ช่วงคะแนน 22.6 – 25.0	อยู่ในระดับดีเยี่ยม	ได้คะแนน 10 คะแนน

รายละเอียดเกี่ยวกับเกณฑ์การพิจารณาประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์มีหลักเกณฑ์
ด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ทำ พิจารณาจาก
 - 1.1 การใช้ศัพท์เทคนิคได้ถูกต้องเหมาะสม
 - 1.2 การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ถูกต้องและเหมาะสม
 - 1.3 มีความเข้าใจในหลักการสำคัญๆ ของเรื่องที่ทำ
 - 1.4 การค้นเอกสารอ้างอิงถูกต้องและเหมาะสม
 - 1.5 ได้รับความรู้เพิ่มเติมจากการทำโครงการ นอกเหนือจากที่เรียนตามหลักสูตร
2. การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้แก้ปัญหาทางการศึกษา พิจารณาจาก
 - 2.1 การสังเกตที่นำมาสู่ปัญหา
 - 2.2 มีการศึกษาค้นหาข้อมูลหรือข้อเท็จจริงต่างๆ เพื่อเป็นพื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่กำลังศึกษาเหมาะสม และตั้งสมมติฐานที่ถูกต้องชัดเจน
 - 2.3 การออกแบบการทดลองหรือการประดิษฐ์มีความสอดคล้องกับปัญหาหรือสมมติฐานเพียงใด
 - 2.4 การวัดและการควบคุมตัวแปรต่างๆ กระทำได้ครบถูกต้อง อุปกรณ์และเครื่องมือที่เลือกใช้เหมาะสม การรวบรวมข้อมูลกระทำได้เลยียดถูกต้องตรงจุดประสงค์ที่ต้องการศึกษา การบันทึกข้อมูลมีความเป็นระเบียบเรียบร้อยและเหมาะสม
 - 2.5 การแปลความหมายและการสรุปผล สอดคล้องกับผลที่ได้มากน้อยเพียงใด
3. ความคิดสร้างสรรค์ พิจารณาจาก
 - 3.1 ปัญหาหรือเรื่องที่ทำมีความสำคัญและมีความแปลกใหม่เพียงใด
 - 3.2 ได้มีการดัดแปลง เปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมแนวความคิดที่แปลกใหม่ลงไป
ในโครงการที่ทำมากน้อยเพียงใด
 - 3.3 มีการคิดและใช้วิธีการที่ใหม่ แปลก ในการควบคุมหรือวัดตัวแปร หรือเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ มากน้อยเพียงใด
 - 3.4 การเลือกและใช้วัสดุอุปกรณ์มาใช้ให้เกิดประโยชน์
 - 3.5 ความสามารถในการเสนอแนะประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ

4. การเขียนรายงาน พิจารณาจาก

4.1 ความถูกต้องของแบบฟอร์ม ครอบคลุมหัวข้อที่สำคัญ แบ่งแต่ละหัวข้อออก
อย่างชัดเจน

4.2 การเสนอสาระในแต่ละหัวข้อถูกต้อง ชัดเจน รัดกุม สละสลวย

4.3 การแสดงหลักฐานการบันทึกข้อมูลอย่างเพียงพอ ต่อเนื่องและเป็นระเบียบ

4.4 การออกแบบการนำเสนอข้อมูล ชัดเจน รัดกุม และเหมาะสม

4.5 การอภิปรายผลอย่างมีเหตุผลและสร้างสรรค์

5. การจัดแสดงโครงงานและการอภิปรายปากเปล่า พิจารณาจาก

5.1 การจัดแสดงโครงงานได้น่าสนใจ ตลอดจนการออกแบบและติดตั้งได้สวยงาม

5.2 การเขียนคำอธิบายในแผ่นโปสเตอร์ชัดเจน เข้าใจง่าย

5.3 การจัดแสดงวัสดุอุปกรณ์ได้ครบถ้วน

5.4 การอภิปรายชัดเจนและใช้ภาษาได้ถูกต้อง

5.5 การตอบคำถามได้ถูกต้องและคล่องแคล่ว

ตาราง 1 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลโครงงานคณิตศาสตร์

ลักษณะโครงงาน	เกณฑ์ประเมินผลงาน	ระดับคะแนน
1. มีคุณสมบัติครบทุกข้อ	ดีเยี่ยม	5
2. ขาดคุณสมบัติเพียง 1 ข้อ	ดีมาก	4
3. ขาดคุณสมบัติเพียง 2 ข้อ	ดี	3
4. ขาดคุณสมบัติเพียง 3 ข้อ	พอใช้	2
5. ขาดคุณสมบัติ 4 ข้อขึ้นไป	ควรปรับปรุง	1

ที่มา : ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล. (2541). โครงงานคณิตศาสตร์. หน้า 18.

สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2541 : 2-6) ได้เสนอ
วิธีประเมินโครงงาน ซึ่งมีการประเมินในหัวข้อต่างๆ ต่อไปนี้

1. ความสำคัญของการจัดทำโครงงาน ควรพิจารณาดังนี้

1.1 เป็นงานเดี่ยวหรือกลุ่ม

1.2 นักเรียนริเริ่มเอง หรือครูช่วยแนะแนวทาง

1.3 มีการทำงานที่เป็นกระบวนการกลุ่ม

1.4 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

1.5 มีความสอดคล้องกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ในบทเรียน

1.6 มีประโยชน์ในชีวิตจริง

2. เนื้อหาของโครงการ

- 2.1 ความถูกต้องของเนื้อหาคณิตศาสตร์
- 2.2 ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้เหมาะสม
- 2.3 มีข้อมูลข่าวสารที่เหมาะสม
- 2.4 มีการสรุปอย่างเหมาะสม
- 2.5 มีการขยายงานที่ต้องทำต่อเนื่องหรือไม่

3. การนำเสนอโครงการ

- 3.1 ความเหมาะสมของรูปแบบที่นำเสนอ
- 3.2 มีการสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดี
- 3.3 ลักษณะของรูปแบบที่นำเสนอสมบูรณ์และชัดเจน

การประเมินโครงการอาจประเมินโดยให้คะแนน ดังนี้

ความสำคัญของการจัดทำโครงการ	20	คะแนน
เนื้อหาของโครงการ	40	คะแนน
การนำเสนอโครงการ	40	คะแนน
รวม	100	คะแนน

ตัวอย่างแบบประเมินโครงการ

ตอนที่ 1 ความสำคัญของการจัดทำโครงการ

จงทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ตามแนวคิดของท่าน

- | | | |
|--|---|---|
| 1. โครงการที่จัดทำ | ☐ งานเดี่ยว | ☐ งานกลุ่ม |
| 2. การริเริ่มโครงการ | ☐ นักเรียนริเริ่มเอง | ☐ ครูช่วยแนะแนวทาง |
| 3. การพัฒนาตนเอง | ☐ มี | ☐ ไม่มี |
| 4. การพัฒนางาน | ☐ มี | ☐ ไม่มี |
| 5. ความสัมพันธ์เกี่ยวกับเนื้อหาในบทเรียน | ☐ สอดคล้อง | ☐ ไม่สอดคล้อง |
| 6. ประโยชน์ที่ใช้ในชีวิตจริง | ☐ มี | ☐ ไม่มี |

ตาราง 2 ตัวอย่างแบบประเมินโครงการ

ตอนที่ 2 เนื้อหาโครงการ และการนำเสนอโครงการ
จงทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตรงข้อความที่ท่านเห็นด้วยที่สุด

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
เนื้อหาของโครงการ					
1. ความถูกต้องทางคณิตศาสตร์					
2. ความเหมาะสมในการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์					
3. เลือกใช้ข้อมูลข่าวสารเหมาะสมตรงประเด็นปัญหา					
4. มีการสรุปที่ชัดเจน					
5. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์					
กระบวนการทำงาน					
6. มีการวางแผนอย่างเป็นระบบ					
7. มีการดำเนินงานตามแผน					
8. มีการประเมินและปรับปรุงการดำเนินงาน					
การนำเสนอโครงการ					
9. การรายงานสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน					
10. ความสมบูรณ์ของข้อมูล					
11. ความเหมาะสมของรูปแบบที่ใช้นำเสนอ					
12. ข้อเสนอโครงการบรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้					

ที่มา : สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2541). คู่มือโครงการคณิตศาสตร์. หน้า 2-6.

การแปลผลการประเมิน

ตอนที่ 1 ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน

ตอนที่ 2 ใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

เห็นด้วยมากที่สุด	ให้ระดับคะแนน	5
เห็นด้วยมาก	ให้ระดับคะแนน	4
เห็นด้วยปานกลาง	ให้ระดับคะแนน	3
เห็นด้วยน้อย	ให้ระดับคะแนน	2
เห็นด้วยน้อยที่สุด	ให้ระดับคะแนน	1

ในกรณีที่ผู้ประเมินหลายคน ก็ให้หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต แล้วแปลผล ดังนี้

4.1 ขึ้นไป	หมายถึง	โครงการอยู่ในเกณฑ์ดีมาก
3.1 – 4	หมายถึง	โครงการอยู่ในเกณฑ์ดี
2.1 – 3	หมายถึง	โครงการอยู่ในเกณฑ์พอใช้
ต่ำกว่า 2 ลงมา	หมายถึง	โครงการอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง

จากการศึกษาวิธีการประเมินโครงการ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบประเมินผลโครงการ คณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยปรับปรุงเพื่อความเหมาะสมในการประเมินโครงการคณิตศาสตร์ จากแบบ ประเมินโครงการคณิตศาสตร์ของ อัลลิงเจอร์ และคนอื่นๆ (อาร์รัตน์ ขวัญทะเล. 2546 : 26; อ้างอิงจาก Allinger and others. 1999 : 11-12), โบลท์ และ ฮอบส์ (2540 : 14-15), ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2541 : 15) และ สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2541 : 2-6) โดยพิจารณาหัวข้อที่นำมาประเมินดังได้กล่าวต่อไป

1.7 แผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์

สุภาพร เสี่ยงเรืองแสง (2540 : 5-7) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมโดยใช้โครงการ มีขั้นตอน การจัดกิจกรรม ดังนี้

1. ระยะเวลาพื้นฐาน เป็นระยะที่ครูเป็นผู้ให้ความรู้เกี่ยวกับโครงการ นำเสนอตัวอย่าง โครงการ และวิธีเขียนเค้าโครงของโครงการ โดยให้นักเรียนศึกษาจากวิทัศน์ ของจริง ไปความรู้ ฯลฯ พร้อมทั้งให้ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาในบทเรียน
2. ระยะฝึกการเขียนโครงการ เป็นระยะที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากระยะวางแผน มาฝึกการเขียนโครงการ
3. ระยะปฏิบัติกิจกรรมและสรุปผลการจัดกิจกรรม เป็นระยะที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ กิจกรรมตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ พร้อมทั้งสรุปและนำเสนอผลงานโดยมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ
4. ระยะแสดงผลงาน เป็นระยะที่นักเรียนได้นำผลงานที่ได้จากการจัดกิจกรรมโครง งานมาแสดงให้เห็นและผู้อื่นได้รับรู้ และเข้าใจผลงานนั้นๆ พร้อมทั้งแลกเปลี่ยนและรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้อื่น นอกจากนี้นักเรียนยังได้พิจารณาประเมินโครงการของกลุ่มตนเองอีกด้วย ซึ่งการแสดงผลงานอาจแสดงในรูปของการสาธิต การจัดนิทรรศการ เป็นต้น

สุพล วังสินธุ์ (2543 : 13) และ วิรัตน์ บัวขาว (2544 : 9-10) มีแนวความคิดที่สอดคล้อง กัน พอสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมโครงการเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง และเป็นระบบ สามารถจำแนกแผนการจัดกิจกรรมโครงการเป็น 4 ระยะ ดังนี้

1. ระยะเริ่มต้นโครงการ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องเลือกเรื่องที่จะทำโครงการ โดย เลือกจากเรื่องที่ตนสนใจศึกษา เพื่อแก้ปัญหาที่ประสบในชีวิตประจำวัน หรือเป็นเรื่องที่นักเรียน สนใจจากเหตุการณ์ปัจจุบัน หรือจากบทเรียน หรือจากชุมชน หรือจากการกระตุ้นของครู ดังนั้น การเลือกเรื่องที่จะทำโครงการ อาจเป็นเรื่องจากประเด็นทั่วๆ ไป หรือปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

ซึ่งจะตรงกับสาขาวิชาใดก็ได้ สิ่งสำคัญจะต้องเป็นเรื่องที่นักเรียนสงสัยหรือต้องการหาคำตอบ
อยากศึกษาในเรื่องนั้นๆ อย่างลึกซึ้งไม่ใช่ครูเป็นผู้กำหนด

2. ระยะเวลาทำโครงการ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องกำหนดวัตถุประสงค์ ระบุ
ประโยชน์ หาแนวโน้มนำหรือคาดเดาคำตอบ (สมมติฐาน) กำหนดวิธีการศึกษาค้นคว้าที่หลากหลาย
เลือกแนวทางการศึกษา ลงมือศึกษา และเก็บรวบรวมผลที่ได้จากการศึกษา

3. ระยะเวลาเสนอผลการศึกษา เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะต้องสรุปผลหรือสร้างความรู้
ด้วยตนเอง แล้วนำเสนอผลการศึกษาและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ผลงานให้กว้างขวาง โดยการราย
งานด้วยเอกสาร หนังสือเล่มเล็ก การจัดนิทรรศการ และเผยแพร่โดยใช้วารสารวิชาการ สื่อมวลชน
ซึ่งนักเรียนจะมีโอกาสเขียนนำเสนอและแสดงความคิดเห็นผ่านสื่อต่างๆ ด้วยตัวของนักเรียนเอง

4. ระยะเวลาพัฒนาโครงการ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำผลที่ได้รับจากการจัดกิจกรรม
โครงการไปเชื่อมโยงต่อไป ด้วยการสะท้อนความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์ให้ได้ความรู้ใหม่ ถ้าหาก
ต้องการศึกษาในเชิงลึกในสิ่งที่ท้าทายใหม่ๆ ก็สามารถให้นักเรียนได้ค้นหาความรู้ไปอย่างต่อเนื่อง
และลึกซึ้งต่อไป

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดแผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ ออกเป็น
5 ระยะ ดังนี้

1. ระยะวางพื้นฐาน
2. ระยะเริ่มต้นโครงการคณิตศาสตร์
3. ระยะปฏิบัติโครงการคณิตศาสตร์
4. ระยะเสนอผลการศึกษา
5. ระยะปรับปรุง/พัฒนาโครงการคณิตศาสตร์เพื่อนำไปใช้

1.8 บทบาทของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์

ในการทำโครงการคณิตศาสตร์นั้น แม้จะเป็นกิจกรรมคณิตศาสตร์ประเภทหนึ่ง อาจจัดขึ้น
ภายในโรงเรียนได้ตลอดปีการศึกษา โดยมีจุดประสงค์และแผนการดำเนินงานว่าจะทำในช่วงไหน
และมีระยะเวลานานเท่าใด ในการทำโครงการนั้น นักเรียนเป็นผู้ลงมือดำเนินงานทั้งหมด โดยมี
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการเป็นผู้ให้คำแนะนำ ช่วยกระตุ้นความสนใจและเสริมกำลังใจแก่นักเรียนใน
ระหว่างทำโครงการอีกด้วย ซึ่งได้มีนักการศึกษาหลายท่านกล่าวถึง บทบาทของอาจารย์ที่ปรึกษา
โครงการคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

อัลลิ่งเจอร์ และคนอื่นๆ (อาร์รัตน์ ขวัญทะเล. 2546 : 17; อ้างอิงจาก Allinger and
others. 1999 : 8) กล่าวถึงบทบาทที่สำคัญสำหรับอาจารย์ที่ปรึกษาไว้ ดังนี้

1. กระตุ้นส่งเสริมให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นอยากทำโครงการ
2. ให้แนวคิดกว้างๆ และให้คำแนะนำที่เหมาะสมสำหรับการทำโครงการ
3. ขอความช่วยเหลือจากบรรณารักษ์ จากการค้นคว้าทางอินเทอร์เน็ต
4. ครูอาจแนะนำแหล่งความรู้อื่นๆ เช่น หนังสือ วารสาร จุลสาร

5. อาจช่วยนักเรียนเลือกหัวข้อ และหลักเกณฑ์ต่างๆ ก่อนที่จะเริ่มทำโครงการนั้น โดย ที่โครงการนั้นควรเป็นเรื่องที่นักเรียนสนใจจริงๆ และอยู่ในกรอบความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

6. ครูไม่จำเป็นต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญในสิ่งที่นักเรียนเลือกทำโครงการ ครูเป็นเพียงผู้ชี้แนะแนวทาง ช่วยเหลือในทุกด้าน เช่น การให้กำลังใจ การดูแลการจัดทำรายงานให้สมบูรณ์และถูกต้อง การเตรียมการจัดและแสดงผลงาน

สุพล วังสินธุ์ (2543 : 13 - 14) กล่าวว่า ในทุกขั้นตอนของการจัดกิจกรรมโครงการ ครูจะต้องมีกิจกรรมสนับสนุนให้นักเรียนได้มีส่วนร่วม โดยกำหนดให้มีกิจกรรมสำรวจความสนใจของตนเองเพื่อ

1. ชี้ชวน ชักชวน จัดกิจกรรมให้มีการศึกษาสภาพแวดล้อมรอบตัวหรือชุมชน เพื่อจุดประกายความสงสัยใคร่รู้ให้กับนักเรียนไปสู่แรงจูงใจที่อยากจะศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งในเชิงลึก

2. ใช้คำถามเชื่อมโยงกับข่าว เหตุการณ์ หรือปัญหาจากชุมชน กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการอยากติดตาม

3. ใช้คำถามเชื่อมโยงกับบทเรียน เช่น “มีเรื่องอะไรอีกที่นักเรียนต้องการรู้”

4. ใช้สื่ออื่นๆ เช่น ภาพนิ่ง ป้ายนิเทศ วิดีทัศน์ ฯลฯ และสื่อที่ใช้ควรทิ้งปัญหาให้นักเรียนคิดที่จะศึกษาต่อ

5. ช่วยเหลือนักเรียนให้สามารถเลือกเรื่อง/ปัญหา/ประเด็นที่ตนสนใจใคร่รู้เพิ่มมากขึ้น เพื่อจะทำโครงการ

6. ร่วมกับนักเรียนวางแผนกำหนดเรื่องโดยร่วมคิดหาความเชื่อมโยงโดยใช้เครือข่ายโยงแมงมุม (World Wide Web : www.)

7. ใช้คำถามให้นักเรียนคิดถึงความต้องการหรือประเด็นที่ต้องการศึกษาเรื่องที่เลือกได้

8. วิเคราะห์ความเป็นไปได้ของจุดประสงค์ของผู้เรียนที่เลือกโครงการนั้นๆ แล้วให้แสดงความคิดเห็นข้อเสนอแนะให้คิดอย่างรอบคอบ

9. ใช้คำถามกระตุ้นให้คาดเดาคำตอบล่วงหน้า เช่น “นักเรียนคิดว่าจะเป็นเช่นไร” หรือ “นักเรียนคิดว่าจะมีผลต่อชุมชนอย่างไร” โดยครูเป็นผู้ให้กำลังใจเพื่อให้นักเรียนได้คิดอย่างรอบคอบและมั่นใจในคำตอบที่คาดคะเน

10. กระตุ้น ส่งเสริม และให้คำปรึกษาในการคิดด้วยวิธีการคิดที่หลากหลาย เลือกวิธีการศึกษาที่สามารถทำได้ เลือกแหล่งข้อมูลที่เหมาะสม และจัดทำเค้าโครงของโครงการ ตลอดจนประสานงาน เพื่ออำนวยความสะดวกและดูแลความปลอดภัยในการศึกษาตามขั้นตอนของโครงการ

11. ให้ความช่วยเหลือเมื่อต้องการ และให้คำแนะนำในกรณีที่นักเรียนมีการศึกษาที่กว้างขวาง เช่น อาจแนะนำแหล่งความรู้เพิ่มเติม ตลอดจนจัดเวทีให้มีการแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกันเป็นระยะๆ

12. ให้คำปรึกษาในการเลือกวิธีการนำเสนอ และจัดบรรยากาศในการนำเสนอ
ตลอดทั้งให้การเสริมแรง

อัญชลี สิริพันธ์วรารงค์ (2543 : 131) ได้แนะนำบทบาทของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ
ดังนี้

1. พิจารณาร่วมกับนักเรียนถึงความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของเรื่องที่จะศึกษา
2. ให้นักเรียนจัดทำเค้าโครงของโครงการ และพิจารณาเสนอแนวทางปรับปรุงแก้ไข
3. ควบคุมการดำเนินการศึกษาค้นคว้าเท่าที่จำเป็น
4. ให้นักเรียนเสนอรายงานภายหลังเมื่อเสร็จสิ้นโครงการ
5. ประเมินผลโครงการในความสมบูรณ์แบบของแต่ละโครงการ โดยไม่นำโครงการ

แต่ละชิ้นมาเปรียบเทียบกัน

6. หาโอกาสจัดแสดง และสาธิตโครงการของนักเรียน

เยาวพา เตชะคุปต์ (2544 : 10-11) กล่าวถึงบทบาทของครูในการช่วยนักเรียนในการ
จัดทำโครงการ ไว้ดังนี้

1. ร่วมวางแผนกับนักเรียนในการคิดหัวข้อการจัดทำโครงการตามความสนใจ และ
เป็นที่ปรึกษาแก่นักเรียนและผู้ปกครอง

2. จัดสภาพแวดล้อมและประสบการณ์เพิ่มเติมให้แก่ นักเรียน เช่น การพาไป
ทัศนศึกษา การเยี่ยมชมการทดลอง การปฏิบัติจริง ค้นคว้าจากห้องสมุด ศึกษาจากของจริงหรือ
อินเทอร์เน็ต สัมภาษณ์ผู้รู้ เป็นต้น

3. จัดหาผู้ปกครองอาสาเพื่อทำหน้าที่เป็น Tutor ให้กับนักเรียน

4. แนะนำพ่อแม่ ผู้ปกครอง ในการจัดทำโครงการที่บ้าน

5. ให้นักเรียนนำเสนอความก้าวหน้าของงานเป็นระยะ

6. ให้นักเรียนนำเสนอโครงการที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว

7. จัดนิทรรศการร่วมกับนักเรียน

8. มีส่วนร่วมกันนักเรียนในการประเมินโครงการ

สมวงศ์ แปลงประสพโชค และคนอื่นๆ (2544 : 5) กล่าวถึงบทบาทของครูผู้สอนทำ
โครงการ ไว้ดังนี้

1. สนับสนุนให้นักเรียนทำสิ่งที่สนใจด้วยตนเอง ให้กำลังใจ และข้อเสนอแนะ ครูอย่า
คาดหวังมากเกินไป

2. ให้อิสระในการคิด ในการอภิปราย ครูเป็นผู้ซักถามเหมือนบุคคลภายนอก

3. แนะนำหรือเลือกจัดหาโครงการตามสมรรถภาพของนักเรียน คนที่มีความสามารถ
สูงควรให้ทำโครงการที่ต้องใช้การวิเคราะห์

สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (2545 : 9) กล่าวถึงบทบาทของครูที่ปรึกษา ไว้ดังนี้

1. ใช้วิธีการต่างๆ ที่จะกระตุ้นให้นักเรียนคิดหัวข้อเรื่องโครงการ

2. จัดหาสิ่งอำนวยความสะดวก วัสดุอุปกรณ์ในการทำงาน

3. ติดตามการทำงานอย่างใกล้ชิด และควรคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นสำคัญ
4. ให้กำลังใจในกรณีที่ล้มเหลว ควรแก้ไขต่อไป
5. ชี้แนะแหล่งข้อมูล แหล่งความรู้ ผู้รู้ เอกสารต่างๆ ในการศึกษาค้นคว้า
6. ประเมินผลงาน ส่งผลงานเข้าร่วมประกวด จัดเวทีให้แสดงความรู้ความสามารถ

จากที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า บทบาทของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการงานคณิตศาสตร์ คือ เป็นผู้คอยกระตุ้นนักเรียนให้มีความสนใจที่จะทำโครงการงานโดยการจัดกิจกรรมต่างๆ ที่ช่วยให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหา แนะนำแนวทาง ให้คำปรึกษา ชี้แนะแหล่งความรู้ ดิชมแผนงาน อำนวยความสะดวกต่างๆ ติดตามการทำงานของนักเรียน ประเมินผลงาน และจัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้แสดงผลงาน รวมถึงการให้กำลังใจและช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อจำเป็นในการทำโครงการงานคณิตศาสตร์

1.9 ประโยชน์และสิ่งที่ได้รับจากการทำโครงการงานคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงประโยชน์และสิ่งที่นักเรียนจะได้รับจากการทำโครงการงานคณิตศาสตร์ ดังนี้

ธีระชัย ปุณณโชติ (2531 : 4-5) กล่าวถึงสิ่งที่นักเรียนจะได้รับจากการทำโครงการงาน ดังนี้

1. ความรู้ในเนื้อหาวิชา นักเรียนจะได้รับความรู้ซึ่งเป็นผลจากการศึกษาค้นคว้าจากเอกสารต่างๆ และผู้รู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความรู้ที่เป็นข้อค้นพบจากการทำโครงการงาน
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในการแสวงหาความรู้ ในการทำโครงการงานนักเรียนจะได้มีโอกาสใช้ทักษะต่างๆ เช่น การสังเกต การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การควบคุมตัวแปร การวัด การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดกระทำข้อมูล และการแปลความหมายของข้อมูล การใช้เครื่องมือต่างๆ ในการทดลอง การสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจด้วยการเขียนรายงาน ฯลฯ ซึ่งทำให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในทักษะต่างๆ เหล่านี้
3. ความสามารถในการถ่ายโยงความรู้ กระบวนการแก้ปัญหา จากการที่นักเรียนลงมือศึกษาค้นคว้าทำโครงการงานด้วยตนเองตลอด โดยมีครูเป็นเพียงที่ปรึกษาและแนะนำนั้น ถ้านักเรียนได้มีโอกาสกระทำเช่นนี้หลายๆ ครั้ง นักจิตวิทยาการศึกษาเชื่อว่านักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ในกระบวนการดังกล่าว ซึ่งเป็นกระบวนการแก้ปัญหา หรือกระบวนการอื่นๆ ได้ด้วย
4. เจตคติ การที่นักเรียนได้มีโอกาสเลือกเรื่องที่ตนเองสนใจที่จะศึกษา ลงมือศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองและค้นพบคำตอบของปัญหาด้วยตนเองเช่นนี้ จะทำให้นักเรียนเกิดความชอบและสนใจในวิชานั้นๆ ทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชานั้น นอกจากนั้นการที่นักเรียนลงมือปฏิบัติอย่างนักวิทยาศาสตร์ ได้เผชิญปัญหาเหล่านี้ด้วยตนเองจะค่อยๆ พัฒนาเจตคติและค่านิยมทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้น เจตคติและค่านิยมดังกล่าว ได้แก่ ความสงสัยไม่เชื่ออะไรง่ายๆ มีความใฝ่รู้ อยู่เสมอ มีความเป็นเหตุเป็นผล มีใจกว้างรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น มีความซื่อสัตย์และความอดทน ฯลฯ

5. คุณสมบัติอื่นๆ การทำโครงการจะช่วยพัฒนาคุณสมบัติอื่นๆ ให้แก่นักเรียนอีก เช่น ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความเชื่อมั่นในตนเอง มีความรับผิดชอบ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ ฯลฯ

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2541 : 5) กล่าวว่า การทำโครงการคณิตศาสตร์ทำให้นักเรียนรู้จัก การศึกษาค้นคว้าหาความจริงด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อ คณิตศาสตร์ ดังนั้นการเรียนการสอนโครงการคณิตศาสตร์ จึงเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนได้ พัฒนา การเรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย ตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร คณิตศาสตร์

สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2541 : 1) กล่าวว่า การทำ โครงการคณิตศาสตร์ไม่ใช่การเพิ่มเนื้อหาให้นักเรียน แต่จะเป็นการฝึกปฏิบัติงานที่นักเรียนหาข้อ สงสัย ตั้งสมมติฐานทดลอง และสืบสวน แล้วรวบรวมข้อมูลมาเพื่อหาข้อสรุป เผยแพร่ หรือนำเสนอ รายงานข้อค้นพบเหล่านั้นด้วยตนเอง เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดอย่างเป็นอิสระ มีการพัฒนา ความคิดสร้างสรรค์

จิราภรณ์ ศิริทวี (2542 : 35) กล่าวถึง สิ่งที่นักเรียนจะได้รับจากการศึกษาด้วยโครงการ ไว้ดังนี้

1. ความรู้ในเนื้อหาวิชานั้นๆ
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง
4. ความสามารถในการถ่ายทอดการเรียนรู้
5. เจตคติที่ดีต่อการศึกษา
6. คุณสมบัติทางบวกอื่นๆ ได้แก่ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความเชื่อมั่นในตนเอง

ความมีวินัย ความรับผิดชอบ การทำงานร่วมกับผู้อื่น ฯลฯ

ลัดดา ภูเกียรติ (2543 : 48) กล่าวว่า การเรียนรู้ในรูปของโครงการเป็นการจัดโอกาสให้ นักเรียนสามารถใช้ความรู้ ความชำนาญ ทักษะที่มีอยู่รวมทั้งจุดเด่นของตนเองที่อาจไม่มีโอกาสได้ แสดงออกในที่ไหนมาก่อนมาประยุกต์ใช้ได้อย่างเต็มที่ ส่งเสริมให้นักเรียนได้ตัดสินใจด้วยตนเองมี ส่วนร่วมในการคิดกิจกรรมในการสร้างความรู้แทนที่จะเป็นผู้รับเพียงอย่างเดียว ซึ่งไม่มีวันที่จะรับได้ ทั้งหมด แต่ถ้าผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเอง เขาจะจดจำสิ่งเหล่านั้นติดตัวไปตลอดชีวิตโดยไม่มีวันลืม

ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2544ข : 5) กล่าวว่า การให้นักเรียนทำโครงการคณิตศาสตร์ นอกจาก มุ่งฝึกให้นักเรียนได้คิดเป็น ปฏิบัติได้จริง และแก้ปัญหาได้แล้วยังเป็นการประเมินความสามารถจริง ของนักเรียนในองค์ความรู้ได้อีกด้วย เนื่องจากความสามารถ (Ability) นั้นเกิดจากการบูรณาการ ระหว่างความรู้ (Knowledge) ที่นักเรียนมีอยู่ในตัวกับทักษะ (Skill) ที่ได้รับการฝึกฝนและสะสมอยู่ ในตัวนักเรียน

สมวงศ์ แปลงประสพโชค และคนอื่นๆ (2544 : 4) กล่าวถึงประโยชน์ของการทำโครงการคณิตศาสตร์ว่า เป็นกิจกรรมที่จะช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ นำความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริง และแก้ปัญหา อันจะเป็นการเสริมสร้างเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังเป็นการฝึกให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และฝึกการทำงานเป็นกลุ่ม ฝึกความสามารถในการสื่อสารสิ่งที่ตนคิด และทำให้ผู้อื่นเข้าใจ

อุดมศักดิ์ ฐนะกิจรุ่งเรือง และ ศิริอร อินทร์ตลาดชุม (2544 : 15) กล่าวถึงประโยชน์ของการทำโครงการ ดังนี้

1. กิจกรรมโครงการเหมาะกับการศึกษาในยุคข้อมูลข่าวสาร
2. เป็นกิจกรรมที่ตอบสนองความต้องการของผู้เรียนได้เต็มที่
3. เกิดความรู้จริง ซึ่งได้มาจากการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยการทดลอง ปฏิบัติการ

ค้นคว้า

4. สามารถใช้ความรู้ได้หลายด้าน (หลายมิติ)
5. เกิดปัญญาเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ เข้าด้วยกัน
6. ฝึกให้นักเรียนเป็นคนคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น
7. นักเรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์และเกิดความภาคภูมิใจที่ทำงานสำเร็จ
8. นักเรียนเกิดความสนุกสนานในการเรียนรู้
9. ช่วยสนับสนุนให้นักเรียนเป็นนักค้นคว้า (นักวิทยาศาสตร์)

นอกจากประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการคณิตศาสตร์แล้ว นิโบล นิมกักรัตน์ และคนอื่นๆ (2540 : 11-12) กล่าวถึงคุณค่าของโครงการว่า นอกจากจะมีคุณค่าทางด้านการฝึกให้นักเรียนมีความรู้ ความชำนาญ และมีความมั่นใจในการนำเอาวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา ประดิษฐ์คิดค้น หรือค้นคว้าด้วยตนเอง ยังมีคุณค่าในด้านอื่นๆ อีกมาก ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. สร้างสำนึกและความรับผิดชอบในการศึกษาหาความรู้ต่างๆ ด้วยตนเองให้กับนักเรียน
2. เปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้พัฒนาตนเอง และแสดงความสามารถตามศักยภาพของตนเอง
3. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าและเรียนรู้ในเรื่องที่ตนเองสนใจได้ลึกซึ้งกว่าการเรียนปกติ
4. ทำให้นักเรียนที่มีความสามารถพิเศษ ได้มีโอกาสแสดงความสามารถของตน
5. ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียน และมีความสนใจที่จะประกอบอาชีพทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น
6. ช่วยให้นักเรียนได้ใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ในทางสร้างสรรค์
7. ช่วยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียนให้มีโอกาสทำงานใกล้ชิดกันมากขึ้น
8. สร้างความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนกับโรงเรียนให้ดีขึ้น และช่วยกระตุ้นให้ชุมชนได้สนใจวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากขึ้น

จากการศึกษาประโยชน์และคุณค่าที่ได้รับจากการทำโครงการที่กล่าวมาข้างต้น พอสรุปได้ว่า การทำโครงการนอกจากจะเป็นการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนให้ขยายวงกว้างขึ้น ยังเป็นการพัฒนาการคิดของนักเรียนให้มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และเป็นการพัฒนาความสามารถทางอารมณ์ โดยการปลูกฝังให้นักเรียนเห็นคุณค่าของตนเอง เข้าใจตนเอง รู้จักเห็นใจผู้อื่น สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ ตลอดจนเป็นการวางพื้นฐานสำหรับการประกอบอาชีพตามความสนใจ ความสามารถและความถนัดของตนเองในอนาคต

1.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการคณิตศาสตร์

งานวิจัยต่างประเทศ

ทรูจิลโล (Trujillo. 1998 : Online) ได้ทำการวิจัยเรื่อง เจตคติของนักเรียนที่มีต่อโครงการคณิตศาสตร์ เพื่อตรวจสอบปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเจตคติของนักเรียนที่มีต่อโครงการคณิตศาสตร์ (เช่น ความวิตกกังวล ความสนใจ การนำเสนอโครงการ ครู เพศ กรรมพันธุ์ เป็นต้น) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจำนวน 304 คนที่ถูกสำรวจความคิดเห็น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีเจตคติทางบวกต่อโครงการ และความวิตกกังวลกับเจตคติของนักเรียนที่มีต่อโครงการมีค่าสหสัมพันธ์ทางบวก เท่ากับ 0.12 ซึ่งผลการวิจัยทั้งสองแบบมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในด้านผลการวิจัยเชิงคุณภาพ นักเรียนจำนวน 61% มีเจตคติที่ดีต่อโครงการคณิตศาสตร์ และมีความตั้งใจในการทำโครงการคณิตศาสตร์ นักเรียนจำนวน 40% มีความสุขและสนุกในการทำโครงการคณิตศาสตร์ นักเรียนจำนวนมากกว่า 50% กล่าวว่า เจตคติที่ดีต่อโครงการเป็นผลมาจากครู กลุ่มเพื่อน และเนื้อหาของโครงการ

แวกเนอร์ (Wagner. 2002 : Online) ได้ทำการวิจัยเรื่อง สภาพที่เป็นอยู่ในทางคณิตศาสตร์ : การสรุปที่ติดอยู่กับการสืบสวนสอบสวนในวิชาคณิตศาสตร์ โดยมีผู้เข้าร่วมจำนวน 10 คนที่ปฏิบัติโครงการคณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวน เป็นการสังเกต รวบรวมพฤติกรรมของครูและนักเรียนในสถานการณ์ที่พวกเขาไปอยู่ในสถานที่ที่ไม่คุ้นเคย เก็บข้อมูลจากบันทึกการสนทนา และงานที่นักเรียนเขียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชอบปฏิบัติโครงการคณิตศาสตร์แบบสืบสวนสอบสวนทำให้นักเรียนไม่ยอมรับสิ่งใดอย่างง่าย ๆ และแสดงความคิดสร้างสรรค์ได้อย่างเต็มที่

งานวิจัยในประเทศ

เนื่องจากในปัจจุบัน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ของประเทศไทยไม่ค่อยมีผู้ทำการวิจัย จึงขอเสนอเท่าที่ปรากฏขณะนี้ คือ

อารีรัตน์ ขวัญทะเล (2546 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การศึกษาผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง จำนวนและตัวเลข ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการทำโครงการคณิตศาสตร์” กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนศึกษานารีวิทยา เขตบางบอน กรุงเทพมหานคร จำนวน 104 คน โดยแบ่งเป็น กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองเรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยโครงการคณิตศาสตร์ และกลุ่มควบคุมเรียนโดยการจัดการเรียนการสอนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา

คณิตศาสตร์เรื่อง จำนวนและตัวเลข และเจตคติที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีการจัดการเรียนการสอนด้วยการทำโครงการคณิตศาสตร์สูงกว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ .01 ตามลำดับ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการคณิตศาสตร์พอสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ช่วยให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และปฏิบัติงานตามความสนใจและความถนัดของตนเอง เป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ตามศักยภาพของนักเรียน ซึ่งทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ในสาระการเรียนรู้กลุ่มคณิตศาสตร์ได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ด้านทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นไว้ 5 มาตรฐาน ในการจัดการเรียนรู้อาจต้องจัดกิจกรรม กำหนดสถานการณ์หรือปัญหา เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุมาตรฐานด้านทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นมีดังนี้ (กรมวิชาการ. 2544ฉ : 191)

2.1 ทักษะการแก้ปัญหา

2.1.1 ความหมายของการแก้ปัญหา

บรันคา (Branca. 1980 : 3-8) ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาไว้ 3 ประการดังนี้

1. การแก้ปัญหาในฐานะที่เป็นเป้าหมายของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (Problem Solving as a Goal) ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นเหตุผลหนึ่งที่สำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ดังนั้นในการแก้ปัญหาจึงเป็นอิสระจากคำถามหรือปัญหาเฉพาะเจาะจงใดๆ หรือวิธีการและเนื้อหาสาระใดๆ

2. การแก้ปัญหาในฐานะที่เป็นกระบวนการ (Problem Solving as a Process) สิ่งที่สำคัญเมื่อการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการ คือ วิธีการ ยุทธวิธี หรือเทคนิคเฉพาะต่างๆ ที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาแบบต่างๆ กระบวนการแก้ปัญหาเหล่านี้จึงเป็นสาระสำคัญ และเป็นเป้าหมายหลักของหลักสูตรคณิตศาสตร์

3. การแก้ปัญหาในฐานะเป็นทักษะพื้นฐาน (Problem Solving as a Basic Skill) เมื่อการแก้ปัญหาจัดเป็นทักษะพื้นฐาน การเรียนการสอนคณิตศาสตร์จึงให้ความสำคัญกับลักษณะเฉพาะของโจทย์ปัญหา แบบของปัญหา และวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ที่ควรรู้ จุดเน้นอยู่ที่สาระสำคัญของการแก้ปัญหาที่ทุกคนต้องเรียนรู้ การเลือกปัญหาและเทคนิควิธีการแก้ปัญหาเหล่านั้น

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000 : 52) ได้กล่าวถึงความหมายของการแก้ปัญหาว่า การแก้ปัญหา คือ การทำงานที่ยังไม่รู้วิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบในทันที ซึ่งการหาคำตอบนักเรียนต้องนำความรู้ที่มีอยู่ไปเข้าสู่กระบวนการแก้ปัญหา เพื่อที่จะทำให้เกิด

ความรู้ใหม่ๆ การแก้ปัญหาไม่ได้มีเป้าหมายเพียงการหาคำตอบ แต่อยู่ที่วิธีการได้มาซึ่งคำตอบ นักเรียนควรได้ฝึกฝน ได้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้นและให้มีการสะท้อนความคิดในการแก้ปัญหาออกมาด้วย

ดอสเซย์ และคนอื่นๆ (Dossey and others. 2002 : 72) ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า การแก้ปัญหา คือ กระบวนการหาคำตอบให้คำถามหรือการจัดการกับสถานการณ์ต่างๆ ปัญหาที่ยากและน่าเบื่อสำหรับคนหนึ่งอาจเป็นปัญหารูทีนๆ สำหรับอีกคนหนึ่ง กระบวนการแก้ปัญหาจึงต้องใช้การสร้างองค์ความรู้ตามวิถีทางใหม่ๆ ที่แตกต่างจากเดิม ใช้หลักในการวางแผนหรือยุทธวิธีที่จะนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ และเป็นการได้มาซึ่งความรู้ใหม่จากสถานการณ์นั้นๆ กระบวนการนี้อาจยุ่งยากซับซ้อนขึ้นเมื่อมีการขยายไปสร้างการเชื่อมโยง ซึ่งนักเรียนจะได้ประสบการณ์จากกระบวนการนี้และสามารถพัฒนายุทธวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย

จากที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า ทักษะการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถ/ความชำนาญในการใช้กระบวนการต่างๆ ของนักเรียน โดยการนำความรู้ ทักษะ รวมถึงวิธีการต่างๆ ในการหาคำตอบเมื่อกำหนดสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์มาให้ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีการดำเนินการเป็นลำดับขั้นตอนและต้องใช้ยุทธวิธีต่างๆ เพื่อนำไปสู่ความสำเร็จในการแก้ปัญหา

2.1.2 มาตรฐานของทักษะการแก้ปัญหา

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000 : 52-55) ได้กำหนดมาตรฐานของการแก้ปัญหา (Problem Solving) ไว้ดังนี้

โปรแกรมการสอนตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงเกรด 12 มุ่งให้นักเรียนสามารถ

1. สร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ใหม่ๆ โดยใช้การแก้ปัญหา

การแก้ปัญหามีช่วยในการเรียนคณิตศาสตร์ ปัญหาที่ดีช่วยให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่ชัดเจนขึ้น และช่วยขยายความรู้เดิมออกไป ซึ่งมีส่วนส่งเสริมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ได้มาก การสร้างมโนคติทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับเล็กส่วนใหญ่ใช้ปัญหาที่มาจากสิ่งรอบตัว เช่น นักเรียนเกรด 2 ต้องการทราบว่ามีห้องเรียนเกรด 2/4 เด็กผู้ชายหรือเด็กผู้หญิงฝ่ายไหนมีจำนวนมากกว่ากัน การแก้ปัญหานี้ นักเรียนจะได้เรียนรู้การรวบรวมรายละเอียดต่างๆ จัดบันทึกข้อมูล และรู้จักการบวกจำนวนหลายจำนวน ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นสร้างมโนคติเรื่องสัดส่วนจากส่วนผลสมระหว่างน้ำกับน้ำผลไม้ ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหลายๆ เรื่องสามารถนำมาเป็นปัญหาได้ทั้งในวิชาคณิตศาสตร์ และประยุกต์จากสิ่งที่อยู่รอบตัว

บทบาทของครู คือ เลือกปัญหาที่มีคุณค่า ให้งานที่จำเป็นและมีการวิเคราะห์ปรับปรุงปัญหาย่อยเสมอ พยายามให้นักเรียนนำความรู้ออกมาใช้แก้ปัญหาที่งานนั้น สิ่งนี้นักเรียนเกิดความสงสัยในปัญหา ทำให้ครูสามารถตัดสินใจได้ว่าปัญหานั้นจะช่วยนำไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้หรือไม่ มีปัญหาจำนวนมากที่น่าสนใจและสนุกแต่อาจจะไม่ได้ช่วยพัฒนาความรู้ทาง

คณิตศาสตร์ของนักเรียน การเลือกปัญหาอย่างมีรูปแบบ รู้จักใช้และปรับปรุงปัญหาให้เข้ากับเครื่องมือที่มีอยู่ เป็นสิ่งที่ยากแต่ท้าทายสำหรับการสอนคณิตศาสตร์

2. แก่ปัญหาที่เกิดขึ้นในคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ

คนที่มองโลกเป็นคณิตศาสตร์มักทำงานแบบคณิตศาสตร์ นักแก้ปัญหาที่ดีจะวิเคราะห์สถานการณ์ต่างๆ ด้วยความรอบคอบในแบบของคณิตศาสตร์ ซึ่งมักเป็นปัญหาที่มาจากสถานการณ์ต่างๆ ที่พบเห็นกันเสมอ สิ่งแรกคือควรพยายามทำสิ่งที่ง่ายกว่าให้สำเร็จก่อน แล้วจึงไปพยายามทำในสิ่งที่ซับซ้อนขึ้น เป็นการฝึกการวิเคราะห์ เช่น งานของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่เสนอข้อมูลของบริษัทผู้ให้บริการรถพยาบาล 2 บริษัท และมีคำถามว่าบริษัทใดมีความน่าเชื่อถือมากกว่ากัน คำตอบแรกได้อย่างรวดเร็วคือดูที่เวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าเสียเวลารอคอยจากการทำงานผิดพลาด แต่เมื่อให้เวลาวิเคราะห์ต่อไปจะได้รับความเห็นว่าควรไปดูที่การกำหนดระยะเวลาในการตอบสนองต่อลูกค้า กับการทำงานที่เห็นผลแตกต่างจากบริษัทคู่แข่ง ตลอดจนการเรียนครูช่วยให้นักเรียนได้สร้างสิ่งนี้ โดยการตั้งคำถามที่ให้นักเรียนค้นหาคณิตศาสตร์ในชีวิตจริง เพื่อส่งเสริมประสบการณ์โดยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจด้วยปัญหาที่ท้าทาย

การตั้งคำถามที่เป็นธรรมชาติของเด็ก ได้แก่ “ฉันสงสัยว่าจะใช้เวลานานเท่าไรฉันจึงจะนับจำนวนได้ถึงหนึ่งล้าน” “ในคืนนี้สามารถนำโซดากระป๋องมาเก็บไว้ได้มากเท่าไร” ครูผู้สอนและผู้ปกครองสามารถช่วยนักเรียนโดยสร้างปัญหาที่มาจากสิ่งรอบตัว ครูสามารถแสดงบทบาทสำคัญในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนโดยจัดบรรยากาศในห้องเรียน เริ่มตั้งแต่ชั้นอนุบาล ส่งเสริมให้นักเรียนได้สำรวจ ลองผิดลองถูกกับปัญหา ให้ได้รู้จักทั้งความล้มเหลวและความสำเร็จและรู้จักตั้งคำถาม การจัดบรรยากาศการเรียนการสอนที่ดีทำให้นักเรียนเกิดความมั่นใจเมื่อพบปัญหา สมารถที่จะเผชิญหน้าและสำรวจปัญหา ชอบที่จะตั้งคำถาม และไม่ย่อท้อต่อปัญหาที่ท้าทาย

3. ประยุกต์และปรับปรุงยุทธวิธีที่หลากหลายมาใช้แก้ปัญหา

มีคำอธิบายเกี่ยวกับยุทธวิธีการแก้ปัญหามากมาย หนึ่งในนั้นคือยุทธวิธีของโพลยา ได้แก่ ยุทธวิธีในการใช้แผนภาพ (Using diagram) สร้างแบบรูป (Looking for patterns) แจกแจงกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมด (Listing all possibilities) การแทนค่าหรือกรณีทดลอง (Trying special values or cases) การดำเนินการแบบย้อนกลับ (Working backward) การคาดเดาและการตรวจสอบ (Guessing and checking) สร้างปัญหาลักษณะเดียวกัน (Creating an equivalent problem) และสร้างปัญหาให้มีลักษณะง่าย ๆ (Creating a simpler problem) โดยคำถามที่มักจะมีคือ ยุทธวิธีเหล่านี้จะสอนอย่างไรถึงจะได้รับความสนใจจากนักเรียน และสามารถนำไปบูรณาการกับหลักสูตรคณิตศาสตร์ได้อย่างไร ในระดับชั้นเด็กเล็กครูสามารถช่วยเด็กแสดงวิธีจัดประเภทและเปรียบเทียบยุทธวิธีต่างๆ โดยยุทธวิธีจะต้องผนวกอยู่กับมาตรฐานด้านเนื้อหาของหลักสูตร เมื่อนักเรียนเรียนมาถึงระดับมัธยมศึกษาตอนต้นควรเกิดทักษะที่จะนึกถึงยุทธวิธีที่เหมาะสมในการนำไปใช้ และตัดสินใจได้ว่าจะใช้เมื่อไรและจะใช้อย่างไร ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายควรเข้าถึง

ยุทธวิธีต่างๆ ด้วยการสามารถตัดสินใจได้ว่ายุทธวิธีไหนสามารถนำไปใช้กับปัญหาแบบใด และสามารถปรับปรุงและคิดค้นยุทธวิธีขึ้นใช้เองได้

ประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์หลังสุดที่เด็กเล็กได้รับคือแก้ปัญหา ยุทธวิธีต่างๆ มีความจำเป็นสำหรับปัญหาอันหลากหลาย นักเรียนจะรู้ยุทธวิธีเมื่อจะต้องใช้ การทำงานกับปัญหาในระหว่างทำกิจกรรม ครูควรสอนให้นักเรียนรู้จักตั้งข้อสังเกต เช่น หลังจากได้อภิปรายแลกเปลี่ยนคำตอบและวิธีการได้มาซึ่งคำตอบแล้ว ผู้สอนอาจจะพูดถึงยุทธวิธีโดยบอกว่า “มีรูปแบบของยุทธวิธีในการหาคำตอบซึ่งเหมือนกับสิ่งที่เรากำลังทำอยู่ มีใครแก้ปัญหานี้ด้วยวิธีอื่นอีกไหม” สิ่งนี้ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาการใช้ภาษาและทักษะการนำเสนอ และช่วยให้นักเรียนอื่นๆ เข้าใจในความคิด และสิ่งที่เพื่อนผู้อภิปรายกำลังกระทำ ไม่มีการใช้ยุทธวิธีใดๆ ดायต์มีแต่จะปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น และเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพื่อที่สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นได้

4. ตรวจสอบและสะท้อนความคิดในกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

นักแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพจะรู้จักตรวจสอบและปรับปรุงสิ่งที่ทำอยู่ ต้องแน่ใจว่าเข้าใจปัญหาเป็นอย่างดี ปัญหาที่เป็นข้อเขียนต้องอ่านอย่างละเอียดถี่ถ้วน ถ้าปัญหาถูกถามด้วยปากเปล่าจะต้องตั้งใจฟังคำถามจนเกิดความเข้าใจ นักแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพต้องมีการวางแผนอย่างสม่ำเสมอ แสดงความก้าวหน้าให้เห็นเป็นระยะๆ ตามแนวทางที่ถูกต้อง ถ้าต้องตัดสินใจบางอย่าง จะหยุดเพื่อพิจารณาทางเลือกและไม่รีรอที่จะหาวิธีอื่นไปด้วย งานวิจัยชี้ว่าความล้มเหลวในการแก้ปัญหาของนักเรียนไม่ได้เกิดจากการขาดความรู้แต่เกิดจากขาดประสิทธิภาพในการนำความรู้ไปใช้

นักแก้ปัญหาที่ดีต้องรู้ว่าพวกเขากำลังทำอะไร มีการตรวจสอบและประเมินความก้าวหน้าของตนเองหรือปรับยุทธวิธีเมื่อพบกับปัญหา การสะท้อนความคิดในการแก้ปัญหาเป็นการสร้างบรรยากาศการเรียนการสอนที่ดีอย่างหนึ่ง ครูมีบทบาทสำคัญที่จะพัฒนานิสัยละเอียดรอบคอบให้กับนักเรียนด้วยคำถาม เช่น “ก่อนที่จะทำต่อเราแน่ใจหรือไม่ว่าได้เข้าใจโจทย์ดีแล้ว” “ทางเลือกของเราคืออะไร” “เราได้วางแผนหรือไม่” “เราได้แสดงหรือพิจารณาสิ่งที่ได้ทำลงไปอีกครั้งหรือไม่” “ทำไมเราคิดว่ามันถูก” คำถามเช่นนี้เพื่อฝึกนิสัยของนักเรียนให้มีการตรวจสอบเมื่อต้องไปแก้ปัญหาตามลำพัง การสร้างนิสัยนี้ควรเริ่มตั้งแต่ชั้นเล็กๆ ซึ่งนักเรียนสามารถเรียนรู้ได้จากการทำงาน เพื่อจะได้รู้จักปรับตัวเท่าที่จำเป็นเมื่อต้องทำการแก้ปัญหา

2.1.3 แนวทางการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา

กรมวิชาการ (2544ฉ : 191-195) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดทักษะ/กระบวนการแก้ปัญหา นับว่าเป็นเรื่องยากพอสมควรสำหรับผู้สอน ผู้เรียนส่วนใหญ่จะพัฒนาได้ดีในทักษะการคิดคำนวณ แต่เมื่อพบโจทย์ปัญหามักจะมีปัญหาในเรื่องของทักษะการอ่าน การทำความเข้าใจ โจทย์ การวิเคราะห์โจทย์ รวมถึงการหารูปแบบแนวคิดในการแก้ปัญหานั้น

การจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะ/กระบวนการแก้ปัญหาได้ ผู้สอนต้องให้โอกาสผู้เรียนได้ฝึกคิดด้วยตนเองให้มากๆ โดยจัดสถานการณ์หรือปัญหาหรือเกมที่น่าสนใจ ทำทนายให้

อยากคิด เริ่มด้วยปัญหาที่เหมาะสมกับศักยภาพของผู้เรียนแต่ละคนหรือผู้เรียนแต่ละกลุ่ม โดยอาจเริ่มด้วยปัญหาที่ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้ที่เรียนมาแล้วมาประยุกต์ก่อน ต่อจากนั้นจึงเพิ่มสถานการณ์หรือปัญหาที่แตกต่างจากที่เคยพบมา สำหรับผู้เรียนที่มีความสามารถสูง ผู้สอนควรเพิ่มปัญหาที่ยาก ซึ่งต้องใช้ความรู้ที่ซับซ้อนหรือมากกว่าที่กำหนดไว้ในหลักสูตรให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดด้วย

ในการเริ่มต้นพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะในกระบวนการแก้ปัญหา ผู้สอนจะต้องสร้างพื้นฐานให้ผู้เรียนเกิดความคุ้นเคยกับกระบวนการแก้ปัญหาซึ่งมีอยู่ 4 ขั้นตอนก่อน แล้วจึงฝึกทักษะในการแก้ปัญหา

กระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นมีดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา หรือวิเคราะห์ปัญหา

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบ หรือมองย้อนกลับ

ในกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนนี้ ยังอาศัยทักษะอื่นๆ ประกอบด้วย

ขั้นที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหาหรือวิเคราะห์ปัญหา ต้องอาศัยทักษะที่สำคัญและจำเป็นอีกหลายประการ เช่น ทักษะในการอ่านโจทย์ปัญหา ทักษะการแปลความหมายทางภาษา ซึ่งผู้เรียนควรแยกแยะได้ว่าโจทย์กำหนดอะไรให้ และโจทย์ต้องการให้หาอะไรหรือพิสูจน์ข้อความใด

ขั้นที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ต้องอาศัยทักษะในการนำความรู้หลักการหรือทฤษฎีที่เรียนรู้อยู่แล้ว ทักษะในการเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสม เช่น เลือกใช้การเขียนรูปหรือแผนภาพ ตาราง การสังเกตหาแบบรูปหรือความสัมพันธ์ เป็นต้น ในบางปัญหาอาจใช้ทักษะในการประมาณค่า คาดการณ์ หรือคาดเดาคำตอบมาประกอบด้วย ผู้สอนจะต้องหาวิธีฝึกวิเคราะห์แนวคิดในขั้นนี้ให้มาก

ขั้นที่ 3 ดำเนินการแก้ปัญหา ต้องอาศัยทักษะในการคิดคำนวณหรือการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ทักษะในการพิสูจน์หรือการอธิบายและแสดงเหตุผล

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบหรือมองย้อนกลับ ต้องอาศัยทักษะการคำนวณ การประมาณ คำตอบ การตรวจสอบผลลัพธ์ที่หาได้โดยอาศัยความรู้สึกเชิงจำนวน (number sense) หรือความรู้สึกเชิงปริภูมิ (spatial sense) ในการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือปัญหา

การจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการแก้ปัญหาดังกล่าวนี้นี้ ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนอย่างค่อยเป็นค่อยไป โดยกำหนดประเด็นคำถามนำให้คิดและหาคำตอบเป็นลำดับเรียงไปจนผู้เรียนสามารถหาคำตอบได้ หลังจากนั้นในปัญหาต่อไปผู้สอนจึงค่อยๆ ลดประเด็นคำถามลงจนสุดท้ายเมื่อเห็นว่าผู้เรียนมีทักษะในการแก้ปัญหาเพียงพอแล้วก็ไม่จำเป็นต้องให้ประเด็นคำถามชี้นำ

ในการจัดให้เรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาตามลำดับขั้นตอนนี้ เมื่อผู้เรียนเข้าใจกระบวนการแล้ว การพัฒนาให้มีทักษะ ผู้สอนควรฝึกการวิเคราะห์แนวคิดอย่างหลากหลายในขั้นตอนวางแผนแก้ปัญหาให้มาก เพราะเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญและยากสำหรับผู้เรียน

ตัวอย่าง การแก้ปัญหาจากการกำหนดสถานการณ์ปัญหา “ไก่กับกระต่าย” ดังนี้

พ่อของนิตยาเลี้ยงไก่กับกระต่ายไว้จำนวนหนึ่ง ปกติพ่อจะเลี้ยงไก่ไว้ในเล้าและเลี้ยงกระต่ายไว้ในกรง วันหนึ่งพ่อปล่อยให้ไก่กับกระต่ายออกมาวิ่งเล่นในทุ่งหญ้าหลังบ้าน นิตยาออกมาเดินเล่นเห็นเข้าจึงเข้าไปถามพ่อ

นิตยา : คุณพ่อเลี้ยงไก่กับกระต่ายไว้กี่ตัวคะ

พ่อ : ถ้าอยากรู้ต้องหาคำตอบเองนะ พ่อรู้ว่านับไก่กับกระต่ายรวมกันได้ 30 ตัว ถ้านับขาไก่กับกระต่ายรวมกันจะได้ 86 ขา

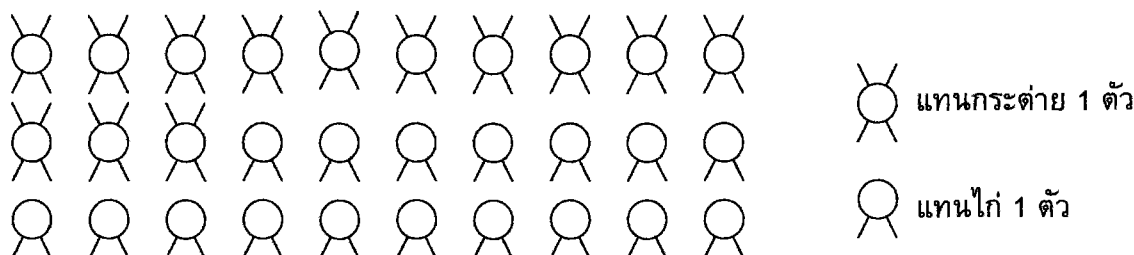
นิตยา : ไม่ยากเลยคะคุณพ่อ หนูหาคำตอบได้

ผู้สอนอาจให้ผู้เรียนแต่ละคนหาคำตอบด้วยแนวคิดของตัวเอง หรืออาจจัดเป็นกิจกรรมกลุ่มให้ผู้เรียนช่วยกันคิดหาคำตอบก็ได้ ซึ่งปัญหานี้ผู้เรียนสามารถหาคำตอบได้โดยวิธีต่างกัน เช่น

วิธีที่ 1 : ใช้แผนภาพ

1. เริ่มด้วยการวาดภาพ 30 ภาพแทนตัวของสัตว์ทั้งหมด
2. สมมติว่าสัตว์ทุกตัวเป็นไก่ โดยเขียนขาของทุกตัวเป็น 2 ขา แล้ววาดขาเพิ่มไปที่

รูปแทนกระต่ายจนจำนวนขาครบตามที่กำหนด



คำตอบคือมีกระต่าย 13 ตัว และไก่ 17 ตัว

ภาพประกอบ 5 การใช้แผนภาพในการหาคำตอบ

ที่มา : กรมวิชาการ. (2544ฉ). คู่มือการจัดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. หน้า 193.

วิธีที่ 2 : ใช้ตารางช่วยในการวิเคราะห์

1. กำหนดจำนวนไก่และกระต่ายรวมกันเป็น 30 ตัวก่อน
2. ค่อยๆ ลดหรือเพิ่มจำนวนตัวให้สอดคล้องกับจำนวนขาตามที่กำหนด

คำตอบคือมีกระต่าย 13 ตัว และไก่ 17 ตัว

จะสังเกตเห็นว่าตามวิธีที่ 2 ผู้เรียนเริ่มต้นด้วยการจัดคู่กระต่าย 1 ตัวและไก่ 29 ตัวก่อน แล้วหาจำนวนขาของสัตว์ทั้งหมด สังเกตผลลัพธ์ ใช้ทักษะการคาดเดาและการวิเคราะห์คำตอบ โดยข้ามขั้นตอนบางขั้นตอน จนกระทั่งได้คำตอบตามที่ต้องการ

	จำนวนกระต่าย (ตัว)	จำนวนขาของ กระต่าย	จำนวนไก่ (ตัว)	จำนวนขาของ ไก่	จำนวนขา ทั้งหมด
ข้ามขั้น	1	4	29	58	62
ข้ามขั้น	5	20	25	50	70
	10	40	20	40	80
	11	44	19	38	82
	12	48	18	36	84
	13	52	17	34	86

↓
ได้จำนวนขาเท่ากับที่โจทย์กำหนด

ภาพประกอบ 6 การใช้ตารางในการหาคำตอบ

ที่มา : กรมวิชาการ. (2544ฉ). คู่มือการจัดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. หน้า 194.

วิธีที่ 3 : ใช้สมการ

สมมติให้มีไก่อยู่ x ตัว

จะมีกระต่าย $30 - x$ ตัว

จะได้จำนวนขาของไก่ $2x$ ขา

และจำนวนขาของกระต่าย $4(30 - x)$ ขา

ปัญหาได้กำหนดให้จำนวนขาของไก่และกระต่ายรวมกัน 86 ขา

เขียนสมการและแก้สมการดังนี้

$$2x + 4(30 - x) = 86$$

$$2x + 120 - 4x = 86$$

$$-2x = 86 - 120$$

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

$$x = 17$$

คำตอบคือมีไก่ 17 ตัว และกระต่าย 13 ตัว

จากสถานการณ์ของปัญหา “ไก่และกระต่าย” ที่ให้เป็นตัวอย่างข้างต้นนี้ ผู้เรียนอาจแสดงแนวคิดที่แตกต่างจากนี้ได้อีก ผู้สอนจะต้องใช้ดุลยพินิจพิจารณาวิธีการต่างๆ ที่ผู้เรียนแสดงแนวคิด โดยกล่าวชมเชยส่งเสริมแนวคิดนั้น ซึ่งข้อบกพร่องตลอดจนอธิบายและให้ความรู้เพิ่มเติม

ขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งที่ผู้สอนจะต้องเน้นอยู่เสมอคือ ขั้นตอนการตรวจสอบคำตอบที่ต้องคำนวณจำนวนขาของไก่และขาของกระต่ายจากจำนวนตัวที่ผู้เรียนหาได้ ว่าสอดคล้องกับ โจทย์หรือปัญหากำหนดให้หรือไม่ ดังนี้

ไก่ 17 ตัว มี 34 ขา

กระต่าย 13 ตัว มี 52 ขา

รวมจำนวนตัวได้ 30 ตัวและจำนวนขาได้ 86 ขา ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดของปัญหา

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าแนวทางในการพัฒนาทักษะ/กระบวนการแก้ปัญหา นั้นครูผู้สอนมีบทบาทที่สำคัญในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้นักเรียนเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาตามลำดับขั้นตอน เข้าใจถึงกระบวนการแก้ปัญหา และเน้นการฝึกการวิเคราะห์แนวคิดที่มีความหลากหลายอีกด้วย

2.1.4 บทบาทของครูในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000 : 341)) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นหัวใจสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาก็ประสบความสำเร็จจำเป็นจะต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ยุทธวิธีต่างๆ ในการแก้ปัญหา การกำกับตนเองอย่างมีประสิทธิภาพและการกำหนดประโยชน์ที่ได้รับจากการสร้างและแก้ปัญหานั้นๆ การสอนการแก้ปัญหามีความจำเป็นเท่าๆ กับครูผู้สอน ดังนั้น ครูสามารถช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้และเจตคติที่ดีต่อการแก้ปัญหา ภาระหน้าที่ที่สำคัญของครู ประกอบด้วย การวางแผนการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาที่สำคัญ โดยการสำรวจปัญหา การศึกษาค้นคว้า และการปฏิบัติตามยุทธวิธีของตนเอง ครูต้องไม่ย่อท้อ ถึงแม้ว่าครูจะวางแผนการเรียนรู้ไว้เป็นอย่างดีแล้วแต่ไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ก็ตาม นักเรียนต้องการคำแนะนำในทุกครั้งที่เขาพยายามจะแก้ปัญหา นักเรียนต้องสังเกตในสิ่งที่เกิดขึ้นที่เป็นข้อคาดการณ์หรือการสำรวจ นักเรียนอาจสรุปคำแนะนำของใครก็ได้ที่มีเหตุผลบางครั้งอาจไม่ใช่ครูผู้สอนก็ได้ ครูต้องฝึกวิพากษ์วิจารณ์ในส่วนของการตัดสินใจที่เป็น การตอบสนองต่อการปฏิบัติตาม และการทำความเข้าใจถึงความเป็นไปได้ทั้งในด้านการเรียนรู้และการส่งเสริมเจตคติเมื่อ นักเรียนแสดงแนวคิดใหม่ๆ แต่ครูต้องยอมรับว่าการตอบทั้งหมดไม่ได้นำไปสู่การอธิบายได้ และในบางครั้งครูไม่ควรยอมรับแนวคิดทุกแนวคิดของนักเรียน ครูควรสะท้อนความคิดของนักเรียนเพื่อเป็นการสร้างบรรยากาศโดยให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดของตนเองในการทำงาน การสอนเป็นกิจกรรมของการแก้ปัญหาในตัวเอง ครูที่มีความสามารถในการแก้ปัญหา ต้องมีความรู้และวิธีการแก้ปัญหาที่ดีมีประสิทธิภาพ

2.1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการแก้ปัญหา

งานวิจัยต่างประเทศ

เบอร์กส์ (Burks. 1994 : 4019A-4020A) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเขียนกิจกรรมการสอนของนักเรียนเกรด 8 โดยใช้กระบวนการในการปฏิบัติและใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหา โดยให้ครู 5 คนใช้บทเรียนซึ่งออกแบบกิจกรรมการสอนโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหา โดยมีขั้นตอนดังนี้ การเข้าสู่ปัญหา (Enter) การวางแผน (Plan) การลงมือปฏิบัติ (Attack) และการตรวจสอบ (Preview) ซึ่งคล้ายกับการแก้ปัญหาของโพลยา (Polya) ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาที่ใช้ คือ เลือกการหารูปแบบ การสร้างแผนภาพและแจกแจงรายการหรือการสร้างตาราง การคาดเดาและการตรวจคำตอบ การแบ่งปัญหาเป็นส่วนย่อยๆ แล้วแก้ส่วนที่ง่ายก่อน โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกได้รับการสอนการแก้ปัญหาโดยการใช้กิจกรรมที่ออกแบบขึ้นมา สอนติดต่อกันเป็นเวลา 7 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน และอีกกลุ่มหนึ่งได้รับการสอนแก้ปัญหามาตามปกติ ผลจากการวิจัยพบว่านักเรียนและครูเห็นด้วยว่า กิจกรรมที่เขียนขึ้นเพื่อฝึกให้นักเรียนได้ดำเนินการกระบวนการคิดและการใช้ยุทธวิธีช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา

วิลเลียม (William. 2003 : 185-187) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเขียนตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหว่าสามารถช่วยเสริมการทำงานแก้ปัญหาได้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่กำลังเริ่มต้นเรียนพีชคณิตจำนวน 42 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 22 คนและกลุ่มควบคุม 20 คน กลุ่มทดลองเรียนโดยใช้การเขียนตามขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ส่วนกลุ่มควบคุมเรียนโดยใช้การแก้ปัญหามาตามขั้นตอนแต่ไม่ต้องฝึกเขียน มีการทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองสามารถทำงานแก้ปัญหาได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม และนักเรียนกลุ่มทดลองมีการเขียนตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาได้เร็วกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม จากการสัมภาษณ์นักเรียนในกลุ่มทดลองพบว่า นักเรียนจำนวน 75% มีความพอใจในกิจกรรมการเขียนและนักเรียนจำนวน 80% บอกว่ากิจกรรมการเขียนจะช่วยให้เขาเป็นนักแก้ปัญหาที่ดีขึ้นได้

ไมเคิลส์ (Michaels. 2002 : online) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการแก้ปัญหา เพศ ความเชื่อมั่น และรูปแบบของการให้เหตุผลในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 3 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 3 จำนวน 109 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 3 แบบด้วยกันคือ แบบวัดกระบวนการแก้ปัญหา แบบวัดความเชื่อมั่น และแบบวัดรูปแบบของการให้เหตุผล (พิจารณาจากความสามารถ ความพยายามและความช่วยเหลือจากผู้อื่น) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชายชอบแก้ปัญหามากกว่านักเรียนหญิง นักเรียนหญิงมีรูปแบบของการให้เหตุผลที่นำไปสู่ความสำเร็จดีกว่านักเรียนชาย ไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศในด้านความเชื่อมั่นทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

จุฑารัตน์ จันทะนาม (2543 : 70-72) ได้พัฒนาชุดการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้วยตนเองที่ใช้การ์ดรูปประกอบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของ

ชุดการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้วยตนเองที่ใช้การ์ตูนประกอบที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบการแก้ปัญหาโดยใช้ชุดการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นกับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบการแก้ปัญหาโดยใช้ชุดการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นกับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุขจิตร์ ตั้งเจริญ (2543 : 35-37) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้กลวิธีในการแก้ปัญหา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์สมการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน จำนวน 49 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียนจำนวน 49 คน โดยกลุ่มทดลองได้รับฝึกการใช้กลวิธีในการแก้ปัญหา 4 กลวิธี คือ กลวิธีเดาและตรวจสอบ กลวิธีสร้างตาราง กลวิธีวาดภาพ และกลวิธีทำย้อนหลัง ส่วนกลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอน ทั้ง 2 กลุ่ม ผลการวิจัยสรุปว่า ผลสัมฤทธิ์ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการฝึกการใช้กลวิธีในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544 : 112-125) ได้ทำการวิจัยเรื่อง กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดสำหรับสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดในลักษณะเป็นชุดกิจกรรม การแก้ปัญหา แบ่งเป็น 15 กิจกรรม ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิดที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ผลการประเมินพฤติกรรมกรรมการคิดแก้ปัญหา ก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง อยู่ในระดับ “ต้องแก้ไข” พฤติกรรมในการคิดแก้ปัญหา ก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง อยู่ในระดับ “ดีมาก” และในแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนพบว่า พฤติกรรมกรรมการคิดแก้ปัญหาของนักเรียน อยู่ในระดับ “ดี” ผลการประเมินเจตคติหลังเรียน พบว่ากลุ่มทดลองมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ และผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ค101 พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเกณฑ์ปกติของโรงเรียน

เชียวชาญ เทพกุล (2545 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาชุดการเรียนแบบ STAD ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน โดยศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความคิดเห็นของนักเรียนหลังการใช้ชุดการเรียนแบบ STAD ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ชุดการเรียนแบบ STAD ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการใช้ชุดการเรียนแบบ STAD ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความคิดเห็นของนักเรียนหลังการใช้ชุดการเรียนแบบ STAD ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับสูงกว่าเห็นด้วยขึ้นไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการแก้ปัญหามองสรุปได้ว่า การแก้ปัญหาคือเป็นพื้นฐานสำคัญในการจัดการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ครูจะต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนให้ได้ฝึกการแก้ปัญหาย่างสม่ำเสมอ โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้และวิธีการสอนที่มีความหลากหลาย ซึ่งจะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และสร้างเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

2.2 ทักษะการให้เหตุผล

2.2.1 ความหมายของการให้เหตุผล

สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1989 : 81) กล่าวว่า การให้เหตุผลเป็นการสร้างข้อคาดเดาและตรวจสอบข้อคาดเดา จากสถานการณ์ที่กำหนดจำเป็นต้องใช้การให้เหตุผลทั้งแบบอุปนัยและนิรนัย

โอดาฟเฟอร์ (O'Daffer. 1990 : 378) มองว่าทักษะการให้เหตุผลที่มีความสำคัญต่อความสำเร็จทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ 2 ประการ คือ

1. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) เป็นกระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ซึ่งเกี่ยวกับการใช้ข้อมูลในการสร้างหลักการใหม่ ค้นหารูปแบบทั่วไป รูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์สถานการณ์และอธิบายสมบัติและโครงสร้างต่างๆ ทางคณิตศาสตร์เพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นนิยามหรืออาจกล่าวได้ว่า การให้เหตุผลแบบอุปนัยเกิดจากผลของกรณีเฉพาะหลายๆ ตัวอย่าง แล้วนำไปสู่การสรุปเป็นกฎเกณฑ์ทั่วไป

2. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) เป็นกระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งใช้รูปแบบการลงความเห็นที่สมเหตุสมผลในการสรุปจากหลักฐานที่ปรากฏเป็นการพิสูจน์ข้อสรุปและตัดสินความถูกต้องของขั้นตอนการคิด การให้เหตุผลแบบนี้เป็นการให้เหตุผลที่เป็นระบบตรรกะ เป็นการให้เหตุผลที่ใช้โครงสร้างทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน คือ อนิยาม นิยาม สัจพจน์ และทฤษฎีบท อาจกล่าวได้ว่า การให้เหตุผลแบบนิรนัย เป็นการให้เหตุผลที่ใช้ข้อสรุปที่เป็นกฎเกณฑ์ทั่วไปเป็นหลักแล้วจะได้ผลสรุปของกรณีเฉพาะที่สอดคล้องกับกฎเกณฑ์หลักการที่เป็นจริงเสมอ

บาร์ดี้ (Baroody. 1993 : 2-59) ได้กล่าวถึงการให้เหตุผลเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ว่ามี 3 ประเภท โดยเพิ่มการให้เหตุผลแบบสามัญสำนึก (Intuitive Reasoning) เป็นอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งเป็นลักษณะของการให้เหตุผลที่เกิดจากการหยั่งรู้ (Insight) หรือเกิดจากกลางสังหรณ์ ไม่ได้มีข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดในการตัดสินใจ หรือตัดสินใจจากสิ่งที่เห็นได้ชัดเจน หรือจากความรู้สึกภายในส่วนอีก 2 ประเภท คือ การให้เหตุผลแบบอุปนัยและการให้เหตุผลแบบนิรนัยเช่นเดียวกับของโอดาฟเฟอร์

เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์เกี่ยวข้องของการให้เหตุผลทั้ง 3 ประการของบาร์ดี้ จะเห็นว่าในกระบวนการสืบค้นทางคณิตศาสตร์มักเริ่มด้วยการสรุปจากการให้เหตุผลแบบสามัญสำนึกหรืออุปนัยที่เรียกว่า การสร้างข้อคาดเดา (Conjecture) แล้วตรวจสอบข้อคาดเดาโดยการพิสูจน์ ซึ่งก็คือการให้เหตุผลแบบนิรนัยนั่นเอง

จากที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า ทักษะการให้เหตุผล หมายถึง ความสามารถ/ความชำนาญการแสดงแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการสร้างหลักการ การหาความสัมพันธ์ของแนวคิดและการสรุปที่สมเหตุสมผลตามแนวคิดนั้นๆ

2.2.2 มาตรฐานของทักษะการให้เหตุผล

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000 : 56-59) ได้กำหนดมาตรฐานของการให้เหตุผล (Reasoning) ไว้ดังนี้

โปรแกรมการสอนตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงเกรด 12 มุ่งให้นักเรียนสามารถ

1. มีความเข้าใจเกี่ยวกับการให้เหตุผลและการพิสูจน์ในฐานะที่เป็นพื้นฐานสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์

ประสบการณ์เดิมของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ มีส่วนสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงการให้เหตุผล เช่นคำถามนี้ “ทำไมคุณถึงคิดว่ามันเป็นจริง” “มีใครคิดคำตอบได้แตกต่างจากนี้หรือไม่” และ “ทำไมจึงคิดเช่นนั้น” ช่วยให้นักเรียนเห็นว่าคำอธิบายจะต้องได้รับการสนับสนุนหรือโต้แย้งอย่างชัดเจน นักเรียนอาจต้องอาศัยสิ่งที่เป็นที่มาของเหตุผลของเขา (พี่สาวบอกฉันมาอย่างนี้) หรือแม้แต่การลงคะแนนก็เป็นการระบุถึงคำอธิบายที่ดีที่สุดได้ แต่นักเรียนต้องเรียนรู้และตกลงกันว่าข้อโต้แย้งแบบใดที่สามารถยอมรับได้ในการเรียนคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นขั้นแรกของความจริงที่ว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานในเรื่องสมมติฐานและกฎเกณฑ์

คุณค่าของวิชาคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าสนใจ ความมีคุณค่าเป็นเรื่องปกติสำหรับเหตุผลที่ดี นักเรียนที่เรียนคณิตศาสตร์เข้าใจถึงสิ่งนี้ พิจารณาได้จากตัวอย่าง “กลมหัศจรรย์” ซึ่งอาจพบในหนังสือคณิตศาสตร์ที่แต่งขึ้นมาใหม่

“เขียนอายุของคุณลงในกระดาษแล้วบวกด้วย 5 นำผลที่ได้คูณ 2 แล้วบวกด้วย 10 นำผลที่ได้คูณด้วย 5 จงบอกผลลัพธ์ที่ได้กับฉัน ฉันสามารถทายอายุของคุณได้”

การกระทำดังกล่าวหาคำตอบได้โดยการตัด 0 ตัวสุดท้ายจากผลลัพธ์ที่คุณได้และลบจำนวนที่เหลือด้วย 10 ผลลัพธ์ที่ได้คืออายุของคนๆ นั้น “ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น” นักเรียนในทุกระดับชั้นสามารถสำรวจและอธิบายปัญหาดังกล่าวได้ด้วยตัวของเขาเอง

การให้เหตุผลอย่างเป็นระบบเป็นการนิยามที่เป็นลักษณะที่สำคัญทางคณิตศาสตร์ เป็นการสร้างนิยามในเนื้อหาทั้งหมดและเป็นสิ่งที่ต้องกวาดขึ้นในแต่ละระดับชั้น ตัวอย่างเช่น ในเกรด 1 นักเรียนสามารถเขียนจำนวนคู่และจำนวนคี่สลับกันได้ ในเกรด 3 สามารถคาดการณ์และให้เหตุผลอย่างเป็นกันเองโดยการพับกระดาษว่า เส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยมตั้งฉากกัน ในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นสามารถระบุได้ว่า คำตอบที่ได้จะเป็นจำนวนคู่หรือจำนวนคี่ เมื่อกำหนดตัวเลข 2 ตัว ยกกำลัง 3 และจำนวนที่เกิดขึ้นเป็นพหุคูณ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายสามารถตอบคำถามได้ เมื่อให้พิจารณาว่ามีอะไรเกิดขึ้นเมื่อสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ภายใต้การถ่ายทอดเชิงเส้นเปลี่ยนแปลง

2. คาดการณ์และสืบสวนการคาดการณ์ทางคณิตศาสตร์ได้

การดำเนินการในวิชาคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า การคาดการณ์ เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการเดาซึ่งเป็นแนวทางหลักในการศึกษาค้นคว้า ครูและนักวิจัยลงความเห็นกันว่า นักเรียนสามารถเรียนรู้การคาดการณ์ แก๊ซ และทดสอบการคาดการณ์ในระดับประถมศึกษาได้ การเริ่มต้นในช่วงแรกๆ ครูสามารถช่วยให้นักเรียนเรียนรู้การคาดการณ์ได้ด้วยการตั้งคำถาม เช่น “นักเรียนคิดว่าจะเกิดอะไรขึ้นต่อไปจากนี้” “แบบรูปคืออะไร” “เป็นจริงเช่นนี้เสมอไปหรือไม่” “หรือบางครั้ง” การหลีกเลี่ยงงานที่กำหนดไว้สามารถช่วยให้นักเรียนเรียนรู้การคาดการณ์ได้ เช่น แทนที่จะบอกกับนักเรียนว่า “ค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลจะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า เมื่อกลุ่มข้อมูลนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า” ครูควรถามว่า “สมมติว่าค่าของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า แล้วค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างนี้จะเปลี่ยนไปอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น” นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจะใช้โปรแกรมที่ปรับเปลี่ยนรูปทางเรขาคณิตได้ (Dynamic geometry software) ช่วยในการซักถามครู เพื่อให้นักเรียนสังเกตเกี่ยวกับแบบรูปของภาพที่ใช้จุดกลางร่วมกันของด้านที่อยู่ติดกันของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและให้นักเรียนพิสูจน์ให้ได้ เพื่อให้คาดการณ์ได้ นักเรียนต้องได้รับโอกาสที่เหมาะสมและหลายๆ ครั้ง เนื้อหาที่ใช้ต้องสร้างความสนใจเพื่อให้เกิดการเรียนรู้

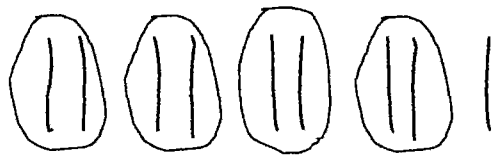
นักเรียนจะแสดงการคาดการณ์และอธิบายความคิดในรูปของคำพูดโดยใช้ของจริง และของตัวอย่าง นักเรียนในทุกระดับชั้นจะเรียนรู้ด้วยการสืบสวนการคาดการณ์ของตัวเองโดยใช้ของจริง เครื่องคำนวณและเครื่องมืออื่นๆ เมื่อเรียนในระดับต่อไปจะใช้การนำเสนอทางคณิตศาสตร์ และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ นักเรียนต้องเรียนรู้การทำงานร่วมกับผู้อื่นในการวางแผนและสำรวจการคาดการณ์ของพวกเขา ฟังและทำความเข้าใจการคาดการณ์และอธิบายนำเสนอต่อเพื่อนร่วมชั้น

ครูสามารถช่วยนักเรียนโดยการดูการคาดการณ์ของนักเรียนว่ายังยึดเนื้อหาใด เนื้อหาหนึ่งหรือยึดเนื้อหาใหม่ ตัวอย่างเช่น ความคิดเห็นทั่วไปที่ว่า “การคูณทำให้มีค่ามากขึ้น” เป็นสิ่งที่ถูกต้องในการกระทำของนักเรียนในเรื่องจำนวนเต็มที่มีค่ามากกว่า 1 เหมือนที่นักเรียนได้เรียนมาในเรื่องเศษส่วน การคาดการณ์เช่นนี้ต้องตรวจทานอีกครั้งหนึ่ง นักเรียนอาจจะไม่มีความรู้และเครื่องมือทางคณิตศาสตร์เสมอไป พวกเขาต้องหาเหตุผลสำหรับการคาดการณ์หรือตัวอย่างที่ขัดแย้งกัน ตัวอย่างเช่น ในเรื่องหลักการทำงานของนักเรียนในการเขียนกราฟด้วยเครื่องคำนวณ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีความเชื่อว่าฟังก์ชันพหุนามมีค่ามากกว่า 0 และน้อยกว่า 0 เมื่อตัดแกน x ที่จุดใดจุดหนึ่ง ครูสามารถชี้ให้เห็นว่าในการแข่งขันการพิสูจน์นักเรียนต้องมีความรู้มากกว่านักเรียนส่วนใหญ่ที่เข้าร่วมการแข่งขัน

3. สามารถพัฒนาและประเมินข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ และการพิสูจน์ได้

ในการคาดการณ์และสืบสวนการคาดการณ์ นักเรียนจะเรียนรู้เพื่อใช้ในการตอบคำถาม “ทำไมต้องทำเช่นนี้” นักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษามักจะอ้างเหตุผลโดยใช้กรณีเฉพาะเจาะจง ตัวอย่างเช่น นักเรียนอาจนำเสนอจำนวนคี่ด้วยเลข 9 ดังภาพประกอบ 8 และบันทึกไว้ว่าจำนวนคี่ คือ มีจำนวนที่อยู่นอกเหนือจากทางซ้ายอยู่หนึ่งจำนวน นักเรียนอาจให้เหตุผลว่าจำนวน

ที่จะมีความพิเศษในหน่วยนี้ และเมื่อจำนวนคือ 2 จำนวนมารวมกันได้เท่ากับ 2 ความพิเศษในหน่วยนี้จะเป็นคู่ ทำให้จำนวนคู่ไม่มีความพิเศษเลย



ภาพประกอบ 7 วิธีการนำเสนอจำนวนคู่ด้วยเลข 9

ที่มา : NCTM. (2000). **Principles and Standards for School Mathematics**. p. 58.

ในชั้นประถมศึกษาตอนปลายนักเรียนจะให้เหตุผลในรูปทั่วๆ ไปมากกว่าและสามารถอธิบายข้อสรุปทางคณิตศาสตร์อื่นๆ การใช้ข้อเท็จจริงที่ว่ารูปที่ทับกันสนิทจะมีพื้นที่เท่ากัน นักเรียนในเกรด 5 อาจอ้างลักษณะของรูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าว่ามีพื้นที่สัมพันธ์กัน เพราะรูปสามเหลี่ยมเกิดจากการแบ่งครึ่งของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า นักเรียนถูกคาดหวังว่าจะสร้างความสัมพันธ์ของชุดการให้เหตุผลที่ซับซ้อนและหาเหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ ในการช่วยนักเรียนพัฒนาและให้เหตุผลการคาดการณ์ทั่วๆ ไป และการคาดการณ์ที่ขัดแย้งกันด้วย โดยครูตั้งคำถามว่า “ต้องทำเช่นนี้เสมอไปหรือไม่” “หรือว่าบางครั้ง” “หรือว่าไม่เคยเลย” “ทำไม” ส่วนที่เพิ่มเติมนี้เป็น การอธิบายในกรณีทั่วๆ ไป ในด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์มากกว่าการอ้างเหตุผลแบบผิดๆ ซึ่งจะเกิดขึ้นในระดับชั้นต่อไป

นักเรียนสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับการให้เหตุผลโดยการอภิปรายในชั้นเรียน ตัวอย่างเช่น “ถ้ามีจำนวนที่หารด้วย 6 และ 4 ลงตัวแล้วสามารถหารด้วย 24 ลงตัวได้ด้วย” สามารถตรวจสอบได้หลายๆ วิธีในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นจะพบข้อขัดแย้งจากตัวอย่างดังกล่าว “12 หารด้วย 6 และ 4 ลงตัวแต่หารด้วย 24 ไม่ได้” นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายอาจพบความสัมพันธ์ของการคาดการณ์ที่เกี่ยวข้องกับจำนวนเฉพาะ ซึ่งนักเรียนสามารถให้เหตุผลหรือสำรวจความสัมพันธ์ได้ ในสถานการณ์อื่นมีทั้งข้อโต้แย้งที่มีเหตุผลและข้อโต้แย้งที่มีข้อบกพร่อง ซึ่งถูกนำเสนอโดยนักเรียนเป็นผู้สร้างสรรค์การอภิปรายที่เหมาะสม เมื่อนักเรียนเลื่อนขั้นขึ้นไปนักเรียนจะเปรียบเทียบความคิดของตนเองกับความคิดของผู้อื่น ซึ่งอาจเป็นเหตุให้ต้องแก้ไข รวบรวม หรือสนับสนุนข้อโต้แย้ง หรือการให้เหตุผลของพวกเขา ในชั้นเรียนนักเรียนจะได้รับการส่งเสริมการนำเสนอความคิดและได้รับการสนับสนุนด้วยการประเมินความคิดของคนอื่นๆ โดยการจัดสภาพแวดล้อมที่ดีในการเรียนรู้ในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

การอธิบายของนักเรียนจะใช้ภาษาของตนเองและนำเสนอด้วยคำพูดหรือวัตถุ นักเรียนสามารถเรียนรู้การให้เหตุผลเป็นข้อๆ โดยการนำเสนอการคิดของตนเองภายในกลุ่ม ภายในชั้นเรียนและนอกชั้นเรียน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายใช้ความสามารถในการนำเสนอข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ในรูปการเขียน ซึ่งจะได้รับการยอมรับว่าเป็นนักคณิตศาสตร์ที่มีความ

เชี่ยวชาญ ในส่วนของการให้เหตุผลหรือการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์เป็นการอธิบายข้อโต้แย้ง “พิสูจน์ได้ใน 2 คอลัมน์” หรือเป็นการแสดงข้อโต้แย้งที่มีความสำคัญน้อยกว่าการสื่อสารที่ชัดเจนและถูกต้องของความคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมในระดับชั้นต่อไป

4. เลือกและใช้วิธีการในการให้เหตุผลต่าง ๆ และวิธีการพิสูจน์ได้

ในชั้นประถมศึกษาการให้เหตุผลที่นักเรียนเรียนรู้และใช้ในชั้นเรียนเป็นการเปรียบเทียบในเรื่องการให้เหตุผลเชิงนิรนัยทางตรรกศาสตร์โดยนักคณิตศาสตร์ นอกเหนือจากการเรียนแล้วครูสามารถช่วยนักเรียนเรียนรู้รูปแบบในการให้เหตุผลและการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ โดยแสดงวิธีการให้เหตุผลในรูปแบบต่างๆ ต่อนักเรียน การให้เหตุผลทางพีชคณิตและเรขาคณิต การให้เหตุผลในเรื่องสัดส่วน การให้เหตุผลในเรื่องความน่าจะเป็น การให้เหตุผลทางสถิติ และการให้เหตุผลในเรื่องอื่นๆ นักเรียนต้องเผชิญและสร้างความชำนาญในทุกรูปแบบที่กล่าวมา

นักเรียนได้รับการส่งเสริมในการให้เหตุผลจากสิ่งที่พวกเขาเรียนรู้ นักเรียนที่แก้ปัญหา $6+7$ โดยการนำ $6+6$ ก่อนแล้วบวกเข้าอีก 1 เป็นการอธิบายความรู้ของนักเรียนในการบวกเป็นคู่และเพิ่มอีก 1 แล้วนำมารวมกัน นักเรียนถูกสอนให้แสดงความรู้อย่างชัดเจนในส่วนที่เขาได้สร้างข้อโต้แย้งและให้เหตุผลขึ้นมา

ความพยายามในการให้เหตุผลของนักเรียนจะเกี่ยวข้องกับยุทธวิธีในการลองผิดลองถูก หรือความไม่เป็นระบบระเบียบในกรณีอื่นๆ ด้วยการแนะนำและการให้โอกาสในการสำรวจ นักเรียนสามารถเรียนได้ในระดับชั้นต่อไปอย่างเป็นระบบในคำอธิบายของพวกเขา ความรู้ที่ได้จากการทดลองทั้งหมดและการสร้างสรรค์ข้อโต้แย้งที่ใช้ในกรณีต่างๆ จากการวิจัยพบว่า การพิสูจน์ของนักเรียนในเกรด 5 โดยใช้กรณีในการตอบปัญหา

การพิสูจน์โดยใช้ข้อโต้แย้งมีความเป็นไปได้ นักเรียนในเกรด 1 เกิดข้อโต้แย้งจากความรู้ของเขาในเรื่องแบบรูปของจำนวนเต็มว่า 0 คือจำนวนคู่ “ถ้า 0 เป็นจำนวนคี่แล้ว 0 และ 1 จะเป็นจำนวนคี่ ทั้งสองจำนวนอยู่ในแถวเดียวกัน จำนวนคู่และจำนวนคี่สลับกัน ดังนั้น 0 ต้องเป็นจำนวนคู่” การเริ่มเรียนในชั้นประถมศึกษา นักเรียนสามารถเรียนรู้การคาดการณ์ที่ขัดแย้งโดยหาตัวอย่างที่ตรงกันข้าม ในทุกระดับชั้นนักเรียนจะให้เหตุผลเชิงอุปนัยจากแบบรูปและกรณีเฉพาะ ในระดับชั้นที่สูงขึ้น นักเรียนจะเรียนรู้พื้นฐานการสร้างข้อโต้แย้งเชิงนิรนัยบนข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ที่พวกเขาสร้างขึ้นในชั้นเรียน

2.2.3 แนวทางการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

การคิดกับการให้เหตุผลมีส่วนสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดและเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้และการแก้ปัญหา ด้วยเหตุนี้ นักการศึกษาจึงให้ความสนใจเกี่ยวกับการสอนเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการคิดอย่างมีระบบเหตุผลมากขึ้น ได้พยายามศึกษา ทดลอง เพื่อหาว่าทักษะการคิดอะไรที่จำเป็นและเป็นพื้นฐานของการคิดอย่างมีเหตุผล สอนอย่างไรจึงจะทำให้เกิดทักษะที่ต้องการเหล่านั้น ได้มีกล่าวถึงการสอนไว้ 3 ทาง คือ แนวทางการสอนเพื่อให้เกิด (Teaching for Thinking)

แนวทางการสอนการคิด (Teaching of Thinking) และแนวทางการสอนเกี่ยวกับการคิด (Teaching about Thinking) โดยมีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้ (Brandt. 1984 : 3)

1. การสอนเพื่อให้คิด การสอนตามแนวทางนี้เน้นในด้านการสอนเนื้อหาวิชา โดยมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการสอนเพื่อเพิ่มความสามารถในการคิดของนักเรียน
2. การสอนการคิด การสอนตามแนวทางนี้มีจุดเน้นเกี่ยวกับกระบวนการทางสมองที่นำมาใช้ในการคิดโดยเฉพาะ โดยเน้นไปที่ทักษะการคิดหรือเป็นแนวทางที่สอนทักษะการคิดโดยตรง แนวทางในการสอนนั้นจะมีลักษณะที่แตกต่างกันหลายแนวทาง ตามความเชื่อพื้นฐานของผู้จัดสร้างแนวทางการสอน
3. การสอนเกี่ยวกับการคิด การสอนตามแนวทางนี้เป็นแนวทางที่ใช้การคิดเป็นเนื้อหาสาระของการสอน โดยมุ่งให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ถึงสิ่งที่เป็นความคิดของตนเอง โดยรู้ว่าตนกำลังทำอะไร ต้องการรู้อะไร และในขณะที่กำลังคิดอยู่นั้นตนเองรู้อะไรและไม่รู้อะไร ซึ่งสิ่งดังกล่าวนี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้เข้าใจถึงกระบวนการคิดของตนเอง อันก่อให้เกิดทักษะที่เรียกว่า การสังเคราะห์ความคิด (Metacognition) ของตนเอง แนวทางการสอนเกี่ยวกับการคิดนี้เริ่มเป็นที่สนใจของนักการศึกษาทั่วไปเพิ่มขึ้น โดยเชื่อว่าเป็นแนวทางที่ทำให้ผู้เรียนสามารถค้นหาข้อบกพร่องของตนเพื่อเป็นแนวทางแก้ไขได้ตรงจุด

เนื่องจากความสามารถในการคิดและการให้เหตุผลเป็นทักษะที่ต้องใช้การฝึกและฝึกจากประสบการณ์ที่หลากหลาย และควรได้รับการฝึกอย่างต่อเนื่องจากบรรยากาศของชั้นเรียนที่สนับสนุนให้อธิบาย แลกเปลี่ยนความคิด ชี้แจงเหตุผลและแก้ปัญหาพร้อมกัน ดังนั้นการพัฒนาความสามารถในการคิดและการให้เหตุผล ควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมและแสดงพฤติกรรมในการสืบค้น คาคการณ์ ค้นหาวิธีการพิสูจน์ สังเกตรูปแบบ ชี้แจงเหตุผลของแนวคิด โดยการอธิบายรูปแบบ แสดงด้วยภาพหรือแบบจำลอง และตอบคำถามต่างๆ เช่น “ทำไม” “อะไรจะเกิดขึ้นถ้า...” “จงให้ตัวอย่างของ...” “สามารถใช้วิธีการอื่นได้หรือไม่ ถ้าการดำเนินการเดิมไม่บรรลุผล” ล้วนเป็นคำถามที่ก่อให้เกิดการคิด การสร้างข้อคาดเดา การกำหนดรูปแบบ (Modeling) และการอธิบาย ซึ่งเป็นลักษณะของการให้เหตุผลเกี่ยวกับสถานการณ์ (Lappan and Schram. 1989 : 18-19)

นอกจากเตรียมกิจกรรมให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมและแสดงพฤติกรรมที่เป็นการฝึกทักษะและพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลแล้ว โรแวน และ มอว์ (Rowan and Morrow. 1993 : 16-18) ยังได้ให้ข้อคิดเกี่ยวกับบรรยากาศในชั้นเรียนว่า เป็นสิ่งสำคัญมากที่ครูต้องจัดบรรยากาศที่แสดงให้นักเรียนเห็นว่า การให้เหตุผลเป็นสิ่งที่สำคัญกว่าการได้เพียงคำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งบรรยากาศนั้นต้องไม่ทำให้นักเรียนรู้สึกหวาดกลัว เป็นบรรยากาศที่สนับสนุนและส่งเสริมให้นักเรียนได้พูดอธิบายและแสดงเหตุผลของแนวคิด ได้กระทำและสรุป พร้อมทั้งแสดงการยืนยันข้อสรุปของแนวคิดนั้นๆ

กิลฟอร์ด และ ฮอฟเนอร์ (Guilford & Hoepfner. 1971 : 28-32) ได้ให้ความเห็นว่าการพัฒนาบุคคลให้มีความสามารถในการให้เหตุผลนั้น ต้องเริ่มจากการส่งเสริมให้บุคคลได้คิดอย่างมีเหตุผล ความสามารถในการให้เหตุผลดังกล่าวนี้เป็นสิ่งที่จำเป็นที่โรงเรียนควรจัดทำและเป็นสิ่งที่สามารถฝึกได้โดยสอนควบคู่กับเนื้อหาวิชาปกติ หรือในสถานการณ์ต่างๆ ที่เหมาะสม

กรมวิชาการ (2544ฉ : 195 - 196) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนรู้จักคิดเป็นสิ่งสำคัญ โดยทั่วไปเข้าใจกันว่าการฝึกให้รู้จักการให้เหตุผลที่ง่ายที่สุด คือ การฝึกจากการเรียนเรขาคณิตตามแบบยูคลิด เพราะมีโจทย์ที่เกี่ยวกับการให้เหตุผลมากมาย มีทั้งการให้เหตุผลอย่างง่าย ปานกลาง และอย่างยาก แต่ที่จริงแล้วการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิดและให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผลนั้น สามารถสอดแทรกได้ในการเรียนรู้ทุกเนื้อหาของวิชาคณิตศาสตร์และวิชาอื่นๆ ด้วย

องค์ประกอบหลักที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถคิดอย่างมีเหตุผลและรู้จักให้เหตุผลมีดังนี้

1. ควรให้ผู้เรียนได้พบกับโจทย์หรือปัญหาที่ผู้เรียนสนใจ เป็นปัญหาที่ไม่ยากเกินความสามารถของผู้เรียนที่จะคิด และให้เหตุผลในการหาคำตอบได้

2. ให้ผู้เรียนมีโอกาสและเป็นอิสระที่จะแสดงออกถึงความคิดเห็นในการใช้และให้เหตุผลของตนเอง

3. ผู้สอนช่วยสรุปและชี้แจงให้ผู้เรียนเข้าใจว่า เหตุผลของผู้เรียนถูกต้องตามหลักเกณฑ์หรือไม่ ขาดตกบกพร่องอย่างไร

การเริ่มต้นที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้และเกิดทักษะในการให้เหตุผล ผู้สอนควรจัดสถานการณ์หรือปัญหาที่น่าสนใจให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนและคอยช่วยเหลือ โดยกระตุ้นหรือชี้แนะอย่างกว้างๆ โดยใช้คำถามกระตุ้นด้วยคำว่า “ทำไม” “อย่างไร” “เพราะเหตุใด” เป็นต้น พร้อมทั้งให้ข้อคิดเพิ่มเติมอีก เช่น “ถ้า....แล้ว ผู้เรียนคิดว่า...จะเป็นอย่างไร” ผู้เรียนที่ให้เหตุผลได้ไม่สมบูรณ์ ผู้สอนจะต้องไม่ตัดสินด้วยคำว่า “ไม่ถูกต้อง” แต่อาจใช้การเสริมแรงและให้กำลังใจว่า คำตอบที่ผู้เรียนตอบมามีบางส่วนถูกต้อง ผู้เรียนคนใดจะให้คำอธิบายหรือให้เหตุผลเพิ่มเติมของเพื่อนได้อีกบ้าง เพื่อให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ร่วมกันมากยิ่งขึ้น

ในการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดอย่างหลากหลาย โจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ควรเป็นปัญหาปลายเปิด (open-ended problem) ที่ผู้เรียนสามารถแสดงความคิดเห็นหรือให้เหตุผลที่แตกต่างกันได้

ตัวอย่าง การให้เหตุผล กำหนดโจทย์ปัญหา ดังนี้

ไม้ไผ่ลำหนึ่งยาว 2.85 เมตร ปักอยู่ในบึงแห่งหนึ่ง ซึ่งมีน้ำลึกโดยเฉลี่ย 1.30 เมตร ถ้าส่วนที่อยู่เหนือน้ำคิดเป็น $\frac{1}{3}$ ของความยาวของไม้ไผ่ลำนี้ ไม้ไผ่ส่วนที่ปักอยู่ในดินยาวกี่เมตร

สมมุติว่า ด.ช. ก่อ แสดงวิธีทำตามแนวคิด ดังนี้

ความยาวของไม้ไผ่ส่วนที่อยู่เหนือน้ำคิดเป็น $\frac{1}{3}$ ของ 2.85 = 0.95 เมตร

ความยาวของไม้ไผ่ส่วนที่ปักอยู่ในน้ำเท่ากับ 1.30 เมตร

ดังนั้น ไม้ไผ่ส่วนที่ปักอยู่ในดินยาว $2.85 - (0.95 + 1.30) = 0.6$ เมตร

ตอบ 0.6 เมตร

ด.ญ. ศรีเพ็ญ แสดงความคิดเห็นว่า โจทย์ข้อนี้หาคำตอบไม่ได้ เพราะว่าโจทย์กำหนดความลึกของน้ำโดยเฉลี่ย 1.30 เมตร ตรงตำแหน่งที่ไม้ปักอยู่ไม่ทราบว่ามีความลึกของน้ำเท่าไรแน่ จึงไม่สามารถหาความยาวของไม้ส่วนที่ปักอยู่ในดินได้

ผู้สอนควรใช้คำถามกระตุ้นว่า “ใครมีความคิดเห็นแตกต่างไปจากสองแนวคิดนี้อีกหรือไม่” ถ้าไม่มีความเห็นเพิ่มเติมผู้สอนควรถามความคิดเห็นต่อว่า คำตอบของศรีเพ็ญมีเหตุผลที่ยอมรับได้หรือไม่

ในการฝึกให้ผู้เรียนใช้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผล คำตอบของ ด.ญ.ศรีเพ็ญ ถือว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้องสมเหตุสมผลคำตอบหนึ่ง

อาจมีผู้เรียนบางคนแสดงความคิดเห็นว่า วิธีทำของ ด.ช.ก่อก่อ ยังไม่ถูกต้อง เพราะเหตุผลว่า ตำแหน่งที่ไม้ปักอยู่อาจปักอยู่ในบริเวณที่ตื้นหรือลึกกว่า 1.30 เมตร เพราะฉะนั้นความยาวของไม้ส่วนที่ปักอยู่ในดินอาจมากกว่าหรือน้อยกว่า 0.6 เมตรก็ได้ ถ้าผู้เรียนแสดงความคิดเห็นเช่นนี้ ผู้สอนควรใช้คำถามให้ผู้เรียนคิดต่อว่าผู้เรียนจะแก้ไขวิธีทำของ ด.ช.ก่อก่อ อย่างไรจึงจะได้คำตอบที่ถูกต้องและสมเหตุสมผล

ผู้เรียนอาจจะให้เหตุผลเพิ่มเติมโดยใช้คำว่า “ถ้า” ในบรรทัดที่สอง ดังนี้

ถ้า ไม้ส่วนที่ปักอยู่ในน้ำยาว 1.30 เมตร ไม้ส่วนที่ปักอยู่ในดินก็จะยาว 0.6 เมตร หรือสรุปตรงคำตอบว่า ไม้ส่วนที่ปักอยู่ในดินยาวประมาณ 0.6 เมตรก็ได้

ตัวอย่าง การให้เหตุผลในกระบวนการแก้ปัญหาที่ใช้คำถามประกอบการหาคำตอบ

ครูกำหนดโจทย์ จงหา $(x^3 y^2 z^0)^{-2}$ เมื่อ x, y, z ไม่เท่ากับ 0 ให้อยู่ในรูปอย่างง่าย

ตาราง 3 การให้เหตุผลในกระบวนการแก้ปัญหาที่ใช้คำถามประกอบการหาคำตอบ

คำถามผู้สอน	ขั้นตอนแสดงวิธีทำ	การให้เหตุผลของนักเรียน
1. จากโจทย์นักเรียนควรจะลดรูปส่วนใดก่อน เพราะเหตุใด	$(x^{-3}y^{-2}z^0)^{-2} = (x^{-3}y^{-2})^{-2}$	1. ลดรูป z^0 ก่อน เพราะว่าเมื่อ $z \neq 0$ จะได้ $z^0 = 1$ จะทำให้ลดตัวแปรเหลือเพียงสองตัว
2. นักเรียนจะใช้สมบัติใดต่อไป	$= (x^{-3})^{-2} \cdot (y^{-2})^{-2}$	2. จากสูตรที่เคยทราบว่า $(ab)^n = a^n b^n$ เมื่อ $a \neq 0$ และ $b \neq 0$
3. นักเรียนจะใช้สมบัติใดต่อไปอีก	$= (x^6 \cdot y^4)$	3. จากสูตรที่เคยทราบว่า $(a^m)^n = a^{mn}$ เมื่อ $a \neq 0$

ที่มา : กรมวิชาการ. (2544ฉ). คู่มือการจัดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. หน้า 197.

จากที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า การพัฒนาทักษะ/กระบวนการให้เหตุผลเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดอย่างมีเหตุผล โดยฝึกการคิด การวิเคราะห์ หาความสัมพันธ์และสรุปแนวคิดรวมทั้งมีการพูดแลกเปลี่ยนแนวคิด ชี้แจงเหตุผลของแนวคิด และยืนยันข้อสรุปจากแนวคิดที่ได้จากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด

2.2.4 บทบาทของครูในการพัฒนาทักษะการให้เหตุผล

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000 : 345-346) กล่าวว่า ในการพัฒนาความคิดและการให้เหตุผลของนักเรียนควรทำเป็นประจำ ครูต้องมีความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์เป็นอย่างดี ครูต้องจัดบรรยากาศในการเรียนคณิตศาสตร์ ครูต้องแสดงให้เห็นความสำคัญของสิ่งที่รู้อย่างมีเหตุผลในเรื่องแบบรูปและข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ เพื่อประเมินความสมเหตุสมผลข้อเสนอกับที่ได้อภิปรายไว้ นักเรียนต้องพัฒนาความเชื่อมั่นในความสามารถของการให้เหตุผลที่มีต่อคำถามที่มีเหตุผลทางคณิตศาสตร์อื่นๆ วิธีนี้ทำให้นักเรียนเชื่อว่าตรรกศาสตร์สำคัญกว่าอำนาจภายนอกในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ในระดับชั้นอื่นๆ ครูพยายามที่จะสร้างบรรยากาศในการอภิปราย การตั้งคำถามและการฟังในชั้นเรียนครูคาดหวังว่านักเรียนจะค้นหา กำหนดและวิจารณ์คำอธิบายของเพื่อนในชั้นเรียนแบบสืบสวนสอบสวน ครูจะต้องช่วยนักเรียนอภิปรายถึงโครงสร้างทางตรรกศาสตร์ด้วยเหตุผลของนักเรียนเอง การวิจารณ์อย่างมีเหตุผลและการอภิปรายข้อคาดการณ์เป็นเนื้อหาสาระที่มีความ

ละเอียดรอบคอบ การเดาอย่างมีเหตุผลสามารถอธิบายได้ถึงแม้ว่าบางครั้งอาจจะผิด ครูสร้างความชัดเจนในแนวคิดหลักที่ไม่มีนักเรียนได้อธิบายไว้ ด้วยคำแนะนำดังกล่าวนักเรียนจะพัฒนามาตรฐานระดับสูงของการยอมรับความคิดเห็นและพวกเขาเข้าใจถึงความถูกต้องและความรับผิดชอบในการพัฒนาและปกป้องเหตุผลของพวกเขา ดังเช่นความคาดหวังที่มีความชัดเจนในโรงเรียนแมนเนอร์วิลล์ (Manorville School) การให้เหตุผลอย่างเป็นกันเองและคำแนะนำในการคำนวณเพียงเล็กน้อยทำให้นักเรียนหาผลรวมทางสถิติที่กำหนดให้ได้ คล้ายกับมีความสัมพันธ์ทางสถิติที่กำหนดให้ในหน่วยที่ต่างออกไป แต่อย่างไรก็ตามการให้เหตุผลอย่างเป็นกันเองและการสนับสนุนตัวอย่างต้องเริ่มต้นก่อนแทนที่จะอยู่ตอนท้าย ในการส่งเสริมสภาพแวดล้อมนักเรียนจะถูกกระตุ้นให้แสดงเหตุผลอย่างระมัดระวังในการจำแนกข้อคาดการณ์ ซึ่งจะพบมาตรฐานกว้างๆ ในกลุ่มวิชาคณิตศาสตร์

2.2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการให้เหตุผล

งานวิจัยต่างประเทศ

ดริคคีย์ (Drickey. 2000 : Online) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบการสอนโดยการให้เหตุผลด้วยการนิรนัยและการให้เหตุผลเชิงปริภูมิ โดยการนำไปใช้ในสภาพจริงกับการใช้ ในทางกายภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อทดสอบทักษะการให้เหตุผลเชิงปริภูมิและการให้เหตุผลด้วยการนิรนัย และทดสอบเจตคติเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในเกรด 7 จำนวน 219 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองกับควบคุม กลุ่มทดลองแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือใช้วิธีการสอนแบบนำไปใช้ในสภาพจริง กับวิธีการสอนที่นำไปใช้ในทางกายภาพ ส่วนกลุ่มควบคุมสอนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทั้ง 3 กลุ่ม นักเรียนในกลุ่มทดลองชอบวิธีการสอนแบบนี้ นักเรียนในกลุ่มการสอนแบบนำไปใช้ในสภาพจริงมีพฤติกรรมในการทำงานสูงกว่านักเรียนที่อยู่ในกลุ่มวิธีการสอนที่นำไปใช้ในทางกายภาพ

แลนนิน (Lannin. 2001 : Online) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความรู้ความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในการให้เหตุผลที่มีความชัดเจนและการให้เหตุผลที่ต่อเนื่อง เพื่อตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นจากการสอนแบบคอนสตรัคติวิสต์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการพัฒนาและอธิบายสถานการณ์ในรูปทั่วๆ ไปของตัวเลข และชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องและบกพร่องในการให้เหตุผลที่ชัดเจนและการให้เหตุผลที่ต่อเนื่อง

ทูล (Toole. 2001 : Online) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การอธิบายถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้การตรวจสอบความสัมพันธ์ในเรื่อง พื้นฐานทางจริยธรรม เพศ และระดับของการให้เหตุผลที่เป็นทางการกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในเกรด 7 จำนวน 106 คน ผลการวิจัยพบว่า มีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างระดับการให้เหตุผลกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็น .556, มีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างพื้นฐานทางจริยธรรมกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็น .549 และมีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเพศกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็น .057 ส่วนการให้เหตุผลอย่างเป็นทางการและพื้นฐานทางจริยธรรมสามารถเป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ ($p = < .000$; $F = 46.646$) และ

ระดับของให้เหตุผลและพื้นฐานทางจริยธรรมส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ แต่เพศไม่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์

งานวิจัยในประเทศ

พัชรินทร์ เปรมประเสริฐ (2542 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยเน้นกระบวนการคณิตศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยเน้นกระบวนการคณิตศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุภาพร บุญหนัก (2544 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาชุดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยวิธีการแก้ปัญหาเรื่อง ความเท่ากันทุกประการเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดนวลนรดิศ เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร จำนวน 3 ห้องเรียน 148 คน ที่ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย ผลการวิจัยพบว่า ชุดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยวิธีการแก้ปัญหาเรื่อง ความเท่ากันทุกประการ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ชิรา ลำดวงหอม (2546 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เรื่อง แบบรูปและการให้เหตุผล สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6” เพื่อสร้างกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เรื่อง แบบรูปและการให้เหตุผล สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง แบบรูปและการให้เหตุผล ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สามารถสอบผ่านเกณฑ์การเรียนรู้เรื่อง แบบรูปและการให้เหตุผล มากกว่าร้อยละ 50 มีความสามารถเพียงพอในการเรียนเรื่อง แบบรูปและการให้เหตุผล โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เรื่อง แบบรูปและการให้เหตุผล สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6”

นุชรี อ่อนละม้าย (2546 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การศึกษความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองด้านเหตุผลกับการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1” เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองด้านเหตุผลกับการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และนำหาคำสำคัญและความสามารถทางสมองด้านเหตุผลแต่ละด้านที่ส่งผลต่อการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า คำสมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างความสามารถทางสมองด้านเหตุผลแต่ละด้านกับการแก้โจทย์ปัญหา คณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับ 0.353 และสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนค่านำหนัก ความสำคัญของความสามารถทางสมองด้านเหตุผลด้านจำแนกประเภท และความสามารถทาง สมองด้านเหตุผลด้านสรุปความส่งผลต่อการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีค่า 0.180 และ 0.294 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ตามลำดับ ส่วนความสามารถทางสมองด้านเหตุผลด้าน อุปมาอุปไมย ความสามารถทางสมองด้านเหตุผลด้านอนุกรมมิตี ความสามารถทางสมองด้าน เหตุผลด้านวิเคราะห์ ส่งผลต่อการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการให้เหตุผลพอสรุปได้ว่า ในการจัดการ เรียนรู้ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมกันแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผลด้วยตนเอง แลกเปลี่ยน ความรู้ภายในกลุ่ม ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนกล้าคิด กล้าทำ และกล้าแสดงออก

2.3 ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

2.3.1 ความหมายของการสื่อสาร

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1989 : 26) ได้กล่าวถึง ความ สำคัญของการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารว่า การเรียนรู้คณิตศาสตร์และการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารมีบท บาทสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจภาษาของคณิตศาสตร์เป็นสะพานเชื่อมโยงสาระ หรือความคิด ที่ไม่เป็นทางการหรือสามัญสำนึกไปสู่ภาษาที่เป็นนามธรรมและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และยังมี บทบาทสำคัญในการช่วยให้นักเรียนสร้างการเชื่อมโยง ที่สำคัญระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับ สื่อที่เป็นวัตถุ รูปภาพ กราฟ สัญลักษณ์ต่างๆ คำพูด และการแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ การใช้ คณิตศาสตร์สื่อสารยังช่วยให้นักเรียนมีความชัดเจนในแนวคิดและเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งกับสิ่งที่ เรียน

แชนนอน และ วีเวอร์ (Shannon and Weaver. 1949 : 48) กล่าวว่า คำว่า การ สื่อสารในที่นี้มีความหมายกว้าง คลุมไปถึงวิธีการทั้งหมดที่ทำให้จิตใจของบุคคลหนึ่ง กระทบถึง จิตใจของอีกคนหนึ่ง วิธีการดังกล่าวเกี่ยวโยงถึงการสื่อสารประเภทต่างๆ ไม่เฉพาะแต่ภาษาเขียน และภาษาพูดเท่านั้น แต่รวมไปถึงดนตรี รูปภาพ ละคร ระบาย และบรรดาพฤติกรรมทั้งหมดของ คนเรา ในบางกรณีอาจใช้นิยามการสื่อสารที่กว้างขวางกว่านี้ก็ได้ โดยอาจหมายถึงวิธีการที่ทำให้ เครื่องกลไกอันหนึ่ง เช่น เครื่องเรดาร์ คอยบอกตำแหน่งเครื่องบิน สามารถติดต่อกับเครื่องกลไกอีก อันหนึ่งได้ เช่น จรวดนำวิถี

โฮฟแลนด์ และคนอื่นๆ (Hovland and others. 1953 : 94) ให้ความหมายของการ สื่อสารว่า หมายถึง กระบวนการที่บุคคลหนึ่ง (ผู้ส่งสาร) ส่งสิ่งเร้า (โดยปกติเป็นภาษาพูดหรือเขียน) เพื่อเปลี่ยนพฤติกรรมของบุคคลอื่นๆ (ผู้รับสาร)

บุญศรี ปราภณศักดิ์ และ ศิริพร จิรวัฒนกุล (2538 : 9) ได้สรุป ความหมายของการ สื่อสารไว้ดังนี้ การสื่อสาร คือ กระบวนการแลกเปลี่ยนและร่วมกันรับรู้เรื่องราวข่าวสารต่างๆ โดยมิ ความเข้าใจร่วมกันต่อสัญลักษณ์ที่แสดงเรื่องราวข่าวสารนั้นๆ

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช (2542 : 6) กล่าวว่า การสื่อสาร หมายถึง กระบวนการในการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างมนุษย์ภายใต้สภาพแวดล้อมซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามสถานการณ์

จากที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า ทักษะการสื่อสาร หมายถึง ความสามารถในการถ่ายทอดเรื่องราวต่างๆ ของบุคคลหนึ่งไปสู่อีกบุคคลหนึ่ง อาจเป็นการเขียน การแสดงความคิด การร่วมกันอภิปราย เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการ และการสื่อสารที่ดีจะต้องมีการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างบุคคลที่สื่อสารด้วย

2.3.2 มาตรฐานของทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

สภาคุรุคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000 : 60-63) ได้กำหนดมาตรฐานของการสื่อสาร (Communication) ไว้ดังนี้

โปรแกรมการสอนตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงเกรด 12 มุ่งให้นักเรียนสามารถ

1. จัดระบบทางความคิดและรวบรวมความคิดทางคณิตศาสตร์โดยใช้การสื่อสาร

นักเรียนตระหนักถึงความคิดของพวกเขา เมื่อนักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาให้เหตุผลของตัวเองกับเพื่อนๆ และครู หรือกำหนดปัญหาเกี่ยวกับบางสิ่งที่เป็นปริศนา การสื่อสารเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับมโนคติทางคณิตศาสตร์ใหม่ๆ ที่แสดงออกมาเป็นสถานการณ์ การอธิบาย การกระทำ การให้เหตุผลและอธิบายด้วยคำพูด การใช้แผนภาพ การเขียน และใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ มโนคติที่คลาดเคลื่อนสามารถพิสูจน์และอธิบายได้ ประโยชน์ทางหนึ่งก็คือ เป็นการย้ำเตือนนักเรียนให้มีความรับผิดชอบร่วมกันกับครูในการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในบทเรียนนั้นๆ

ผลสะท้อนและการสื่อสารเป็นกระบวนการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ด้วยความเอาใจใส่และการวางแผนที่ชัดเจนของครู การสื่อสารในเรื่องวัตถุประสงค์ของการสะท้อนเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ ตัวอย่างเช่น นักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาสามารถเรียนรู้ในการอธิบายคำตอบและบรรยายยุทธวิธีของเขา นักเรียนจะถูกถามเพื่อให้ “คิดแล้วพูดออกมา” และคำถามที่ดีจะถูกตั้งโดยครูและเพื่อนๆ ซึ่งสามารถกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบการให้เหตุผลอีกครั้งหนึ่งจากประสบการณ์ดังกล่าวทำให้นักเรียนมีความชำนาญในการจัดระบบและบันทึกความคิดของพวกเขา

การเขียนในวิชาคณิตศาสตร์ช่วยนักเรียนในการรวบรวมความคิด เพราะมีความจำเป็นในการสะท้อนการทำงานของนักเรียน และเป็นการอธิบายความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการพัฒนาความคิดในบทเรียนนั้นๆ นักเรียนจะพบว่า การเขียนจะช่วยในการทบทวนสิ่งที่ได้บันทึกไว้

2. สื่อสารความคิดทางคณิตศาสตร์ต่อเพื่อน ๆ ครู และบุคคลอื่นได้อย่างต่อเนื่อง และชัดเจน

ข้อสรุปทางคณิตศาสตร์เป็นความเข้าใจที่ถูกต้อง การเสนอผลการพิสูจน์ต้องเป็นที่ยอมรับในหมู่ผู้เชี่ยวชาญทางคณิตศาสตร์ นักเรียนได้รับโอกาสในการทดสอบความคิดบนหลักการแบ่งปันความรู้ในชั้นเรียน เพื่อแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความเข้าใจและมีความน่าเชื่อถือเพียงพอ เมื่อความคิดถูกนำเสนอต่อสาธารณชน นักเรียนจะได้รับประโยชน์จากการอภิปรายและครูสามารถกำกับดูแลการเรียนรู้ของนักเรียนได้ การเรียนรู้ที่เป็นที่ยอมรับว่ามีความคิดชัดเจนเป็นเป้าหมายของการสอนตั้งแต่ชั้นอนุบาลจนถึงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย การส่งเสริมการสนทนาในชั้นเรียนอย่างแท้จริง ครูต้องสร้างสังคมให้นักเรียนมีอิสระในการแสดงความคิดเห็น นักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาต้องได้รับความช่วยเหลือจากครูในรูปแบบของการแสดงการคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันกับผู้อื่นในวิธีการที่มีความชัดเจนเพียงพอสำหรับนักเรียนคนอื่น ๆ ในการทำความเข้าใจ ในระดับชั้นนี้การเรียนรู้จากมุมมองของคนอื่น ๆ เป็นเรื่องที่ทำนายสำหรับนักเรียน เริ่มต้นจากเกรด 3-5 นักเรียนในชั้นต้องมีความรับผิดชอบร่วมกันในการอภิปรายและตอบสนองต่อคำอธิบายของคนอื่น ๆ โดยตรง นักเรียนจะต้องเป็นผู้ฟัง ผู้พูด ผู้ซักถามและตีความหมายความคิดของผู้อื่นได้เป็นอย่างดี สำหรับบางคนการมีส่วนร่วมในการอภิปรายในชั้นเรียนเป็นสิ่งที่ทำนาย เช่น นักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นไม่เต็มใจที่จะแสดงออกถึงการมีปฏิสัมพันธ์ภายในกลุ่ม แม้จะมีความเป็นจริงที่ว่าครูสามารถจะประสบความสำเร็จได้ในการจัดสภาพแวดล้อมในการสื่อสารเป็นอย่างดี ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีมาตรฐานในการสนทนาและโต้แย้งภายในชั้นเรียน ดังนั้นนักเรียนจึงมีเป้าหมายในการนำเสนอข้อโต้แย้งที่ชัดเจนและมีความสมบูรณ์และอธิบายได้อย่างรวบรัด การให้ตัวอย่างและตั้งคำถามด้วยความระมัดระวังช่วยอธิบายถึงความคาดหวังที่เหมาะสมกับอายุของนักเรียนในการทำงาน

การสื่อสารโดยการเขียนอาจทำในรูปแบบที่คล้ายกัน นักเรียนที่เริ่มเรียนจะมีทักษะในการเขียนเพียงเล็กน้อย ในระดับชั้นประถมศึกษา นักเรียนมีความเชื่อในวิธีการอื่นๆ ดังเช่นการวาดภาพเพื่อการสื่อสารออกมา นักเรียนจะค่อยๆ เขียนทีละคำทีละประโยค ในเกรด 3-5 นักเรียนสามารถลำดับความคิดและเพิ่มรายละเอียดลงไปและสามารถเขียนออกมาอย่างประณีตได้ ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีความชัดเจนมากขึ้นเกี่ยวกับทักษะการเขียนด้านความรู้สึกและวัตถุประสงค์ของการพัฒนา สำหรับวัตถุประสงค์บางอย่างอาจเหมาะสมสำหรับให้นักเรียนได้อธิบายความคิดอย่างเป็นกันเอง ภาษาที่ใช้ และการร่างเป็นแบบง่าย ๆ แต่นักเรียนจะเรียนรู้การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในแบบที่เป็นทางการมากกว่า โดยใช้การสนทนาทางคณิตศาสตร์ที่เป็นทางการจากระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย ในขั้นสุดท้ายของชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายนักเรียนสามารถเขียนโครงสร้างของข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ได้เป็นอย่างดีโดยใช้ภาษาที่เป็นทางการ

การตรวจสอบและการอภิปรายทั้งการให้ตัวอย่างและปัญหาในส่วนของการเขียนทางคณิตศาสตร์เป็นประโยชน์ในทุกๆระดับชั้น การประเมินการเขียนในด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นสิ่งที่แพร่หลายมากขึ้น นักเรียนจะต้องตอบสนองกับตัวอย่างการประเมินอย่างทันที กระบวนการเรียนรู้ในการเขียนทางคณิตศาสตร์คล้ายกับการเรียนรู้ในการเขียนแบบอื่นๆ การปฏิบัติตามคำแนะนำเป็นเรื่องที่สำคัญ นั่นคือ ต้องเอาใจใส่ในลักษณะของข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ซึ่งประกอบด้วย การใช้และให้ความหมายเฉพาะของภาษาทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอมาตรฐานของการอธิบายและการพิสูจน์

ขณะที่นักเรียนทำการสื่อสาร นักเรียนจะแสดงออกอย่างชัดเจนและมากยิ่งขึ้น นักเรียนได้รับรู้และเข้าใจวิธีการของการสนทนาและข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบที่เป็นทางการ ข้อโต้แย้งของนักเรียนจะมีความสมบูรณ์มากขึ้น สามารถอธิบายได้โดยตรงในการแสดงความรู้ร่วมกันในชั้นเรียน นอกจากนี้นักเรียนอาจรับรู้ได้มากขึ้นและตอบสนองได้มากขึ้นด้วย การสนทนาของนักเรียนเป็นการอธิบายความคิดของเขาในชั้นเรียนนักเรียนจะเรียนรู้เพื่อรับรู้ สร้างความน่าเชื่อถือหรือไม่ก็ให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจพวกเขาได้เมื่อถึงคราวที่ต้องสื่อสาร การสื่อสารจะสะท้อนการจัดลำดับวิธีการให้เหตุผลในขั้นตอนของการดำเนินการและการสรุปผล นักเรียนในชั้นประถมศึกษาตอนต้นจะเป็นการเตรียมความรู้โดยอาศัยการสังเกต หรือตัวอย่างเพียงเล็กน้อยก็เพียงพอแล้ว สุดท้ายชุดของการนิรนัยเชิงนามธรรมในการให้เหตุผลเป็นพื้นฐานของข้อเท็จจริงตั้งแต่แรก ซึ่งจะกลายเป็นสิ่งที่ถูกคาดหวังในระดับมัธยมศึกษา การอธิบายจะมีความเคร่งครัดอย่างมากทางคณิตศาสตร์และนักเรียนจะแสดงข้อโต้แย้งในการสนับสนุนคุณสมบัติทางคณิตศาสตร์ที่พวกเขาให้อยู่

3. วิเคราะห์และประเมินความคิดทางคณิตศาสตร์และพิจารณาพฤติกรรม

ต่าง ๆ ได้

ในกระบวนการทำงานในเรื่องของปัญหาร่วมกับนักเรียนคนอื่นๆ นักเรียนจะได้รับประโยชน์มากมาย บ่อยครั้งที่การมองปัญหาของนักเรียนคนหนึ่งเกิดจากทฤษฎีของนักเรียนคนอื่นๆ ซึ่งจะแสดงออกมาในลักษณะที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละปัญหา ตัวอย่างเช่น นักเรียนพยายามที่จะแก้ปัญหาที่ตามมาทางพีชคณิต มีความยุ่งยากในการสร้างสมการ และนักเรียนจะได้ประโยชน์จากการตระหนักถึงที่เตรียมไว้ในการแก้ปัญหาโดยการนำเสนอทฤษฎีต่างๆ

“มีกระต่ายและกรงจำนวนหนึ่ง ถ้าจับกระต่ายใส่กรง กรงละ 1 ตัว จะเหลือกระต่าย 1 ตัว และถ้าจับกระต่ายใส่กรง กรงละ 2 ตัว จะเหลือกรง 1 กรง ถามว่ามีกระต่ายกี่ตัวและกรงกี่กรง”

เป็นเรื่องยากสำหรับนักเรียนในการเรียนรู้ การพิจารณา การหาค่า และการสร้างแนวคิดอื่นๆ โดยเฉพาะเมื่อเพื่อนของนักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของเขาแล้ว วิธีการที่ดีซึ่งนักเรียนสามารถร่วมกันคิด และวิเคราะห์พฤติกรรมของคนอื่นๆ ในขั้นตอนการแก้ปัญหาเมื่อยุทธวิธีในการคิดของนักเรียนสามารถที่จะอภิปรายและวิจารณ์ได้ นักเรียนต้องเรียนรู้ในการซักถามและการตรวจสอบความคิดของคนอื่นในการอธิบายความคิดที่ถูกพัฒนาขึ้นมา นอกจากนี้

ไม่ใช่ทุกวิธีจะมีข้อดีเหมือนกันหมด นักเรียนต้องเรียนรู้การตรวจสอบ วิธีการคิด และความคิดของผู้อื่นใช้ในการระบุ จุดเด่นและข้อบกพร่องด้วยด้วยการตั้งใจฟังและคิดตาม อ้างอิงในสิ่งที่เขาได้ปฏิบัติ นักเรียนได้เรียนรู้จนกลายมาเป็นนักคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์

4. ใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงความคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องได้

สิ่งที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ในระดับชั้นประถมศึกษาเริ่มจากการใช้ภาษาอยู่เป็นประจำ และเป็นภาษาที่เป็นกันเอง การเตรียมพื้นฐานเป็นการสร้างการเชื่อมโยงภาษาทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นทางการ ครูช่วยให้นักเรียนเข้าใจคำบางคำที่ใช้เป็นภาษาในทุกๆ วัน เช่น ความคล้าย ตัวประกอบ พื้นที่หรือฟังก์ชันถูกนำไปใช้ในวิชาคณิตศาสตร์ด้วยจุดประสงค์ที่แตกต่างหรือมีความถูกต้องมากกว่า การสังเกตเป็นพื้นฐานสำหรับความเข้าใจในนิยามของนิยามทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นประสบการณ์ที่สำคัญของนักเรียนที่จะช่วยให้เห็นคุณค่าของศักยภาพและความถูกต้องในภาษาทางคณิตศาสตร์ เริ่มจากชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น นักเรียนจะเข้าใจคุณสมบัติของนิยามทางคณิตศาสตร์และใช้นิยามในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งจะนำไปใช้อย่างแพร่หลายในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายต่อไป อย่างไรก็ตามเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องหลีกเลี่ยงก่อนกำหนดในการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นทางการ นักเรียนต้องพัฒนาความตระหนักรู้ในการนิยามที่ถูกต้องและศักยภาพในการสื่อสารของรูปแบบที่เป็นทางการในทางคณิตศาสตร์ การสื่อสารครั้งแรกเป็นคำพูดของตัวเอง การปล่อยให้เด็กเรียนรู้เผชิญกับความคิดของตัวเองและพัฒนาวิธีการที่เป็นกันเองในการแสดงความคิดดังกล่าว อาจจะส่งผลถึงการส่งเสริมการผูกมัดตัวเองและความเป็นตัวของตัวเองด้วย

เทคโนโลยีที่มีอยู่มีความเหมาะสมและท้าทายสำหรับการพัฒนาและวิเคราะห์ภาษาคณิตศาสตร์ สัญลักษณ์คณิตศาสตร์ที่ใช้โดยการแจกแจงงานอาจสัมพันธ์กันแต่ไม่เหมือนกัน สัญลักษณ์ทางพีชคณิตถูกนำมาใช้ในรูปแบบต่างๆ ไปโดยนักคณิตศาสตร์ นักเรียนได้รับประโยชน์จากประสบการณ์ที่เปรียบเทียบกับมาตรฐานที่แสดงไว้ในภาษาคณิตศาสตร์ ด้วยการใช้เครื่องมือที่นิยมใช้กันเช่นเดียวกับใบงานหรือเครื่องคิดเลข

2.3.3 แนวทางการพัฒนาทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ

เป้าหมายของการพัฒนาความสามารถในการใช้คณิตศาสตร์สื่อสาร คือ มุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ และความสามารถทางคณิตศาสตร์ และใช้ความรู้ ทักษะ และความสามารถเหล่านั้นในการสื่อสารแนวคิดในกิจกรรมที่ต้องใช้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุตามเป้าหมายดังกล่าว สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1989 : 26) ได้เสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการพัฒนาว่า ควรเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการดำเนินการอย่างเต็มที่ ในกิจกรรมการสืบค้น การสืบเสาะ การพรรณนา และการอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารโดยการอ่าน การพูดและการแสดงแนวคิด ควรจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนในชั้นมีโอกาสดำเนินปฏิบัติ

สัมพันธ์ต่อกัน มีโอกาสชี้แจงแนวคิด อธิบายเหตุผล และชวนเชื่อให้บุคคลอื่นเห็นด้วยกับแนวคิดของตนเอง จะเป็นการฝึกทั้งการพูดและการฟัง กิจกรรมดังกล่าวจะช่วยให้นักเรียนได้สร้างความรู้เรียนรู้ที่จะรับฟังแนวคิดในลักษณะต่างๆ และทำให้เกิดความชัดเจนในแนวคิดของตนเอง ดังนั้น การพูด การฟัง การอ่าน การเขียน และการแสดงแนวคิดในลักษณะต่างๆ เป็นกุญแจสำคัญในการพัฒนาทักษะการสื่อสาร

แลปแพน และ แชรรม (Lappan and Schram. 1989 : 29) กล่าวว่า การส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาการใช้คณิตศาสตร์สื่อสาร ทำได้โดยการกำหนดกิจกรรมหรือถามคำถามแล้วให้นักเรียนอธิบายแนวคิดออกมา เช่น “เกิดอะไรขึ้นเกี่ยวกับสถานการณ์นั้นๆ” “ทำไมคิดว่าสิ่งเหล่านั้นถูกต้อง” “คำตอบใดมีความหมายสำหรับสถานการณ์ที่กำหนด” “คิดอย่างไรเกี่ยวกับ...” หรือบางครั้งอาจให้อธิบายกระบวนการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังจากจบบทเรียนแล้ว โดยให้นักเรียนเขียนประโยคสั้นๆ เช่น ทำอย่างไร ทำไมทำเช่นนั้น ผลเป็นอย่างไร หรือบางครั้งอาจเขียนถึงประวัติความเป็นมาของเรื่องที่ศึกษาอยู่ตอนท้ายชั่วโมง เพราะการเขียนช่วยให้นักเรียนได้สรุปแนวคิดของตนเอง

โรวาน และ มอร์โรว์ (Rowan and Morrow. 1993 : 9-11) ได้เสนอแนวทางในการส่งเสริมการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารดังนี้

1. นำเสนอสื่อรูปธรรมแล้วให้นักเรียนได้พรรณนาถึงสิ่งที่พบ
2. ใช้เนื้อหา เรื่องราวหรืองานที่เกี่ยวข้องและใกล้ตัวของนักเรียน เช่น โครงงานที่มีกิจกรรมการสืบค้นเป็นสื่อที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สื่อสารโดยตรง กิจกรรมเช่นนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นคุณค่าทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นประโยชน์ในการดำเนินชีวิต และเป็นเรื่องราวที่เกี่ยวข้องและใกล้ตัวนักเรียน จะทำให้การใช้คณิตศาสตร์สื่อสารเป็นไปได้อย่างสมบูรณ์
3. การใช้คำถาม โดยเฉพาะคำถามปลายเปิดจะเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและแสดงการตอบสนองออกมา คำถามปลายเปิดจะเป็นคำถามที่ให้โอกาสนักเรียนได้คิดอย่างหลากหลายและคิดอย่างสร้างสรรค์ การส่งเสริมการใช้คณิตศาสตร์สื่อสาร รวมไปถึงการให้นักเรียนได้ตั้งคำถามให้กับตนเอง ซึ่งจะนำไปสู่การค้นพบตามที่เขาสงสัย
4. ให้โอกาสนักเรียนได้เขียนสื่อสารแนวความคิดเป็นสิ่งสำคัญและควรให้นักเรียนได้ฝึกแนวคิดของตนเอง เพื่อให้นักเรียนเห็นว่าการเขียนเป็นส่วนสำคัญของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ นักเรียนต้องเข้าใจว่าทำไมจึงต้องเขียนอธิบาย นั่นคือ เป้าหมายของการเขียนต้องชัดเจนกับนักเรียน
5. ใช้กลุ่มแบบร่วมมือและช่วยเหลือกัน (cooperative and collaborative group) การให้นักเรียนนั่งเรียนเป็นแถวและนั่งประจำโต๊ะของตนเอง ไม่ได้ส่งเสริมให้เกิดการอภิปราย การจัดกลุ่มให้นักเรียนได้ร่วมมือและช่วยเหลือกันในการเรียนรู้ เป็นการให้โอกาสนักเรียนได้สำรวจแนวคิด อธิบายแนวคิดกันในกลุ่มเป็นการส่งเสริมการสื่อสารโดยตนเอง
6. ใช้การชี้แนะโดยตรงและชี้แนะทางอ้อม (overt and covert clues) การตอบสนองต่อคำถามของนักเรียน การบริหารและจัดระบบชั้นเรียน เป็นการชี้แนะให้นักเรียนได้ทราบถึง

สิ่งที่คาดหวังและมาตรฐานของการเรียนรู้ เพื่อที่นักเรียนจะได้แสดงแนวคิดเหล่านี้ได้อย่างไม่ต้องกังวล

กรมวิชาการ (2544ฉ : 197-199) กล่าวถึงการพัฒนาทักษะ/กระบวนการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ว่า การจัดการเรียนรู้ให้เกิดทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ทำได้ทุกเนื้อหาที่ต้องการให้คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา เช่น ในวิชาเรขาคณิตมีเนื้อหาที่ต้องการฝึกวิเคราะห์ การให้เหตุผลและการพิสูจน์ ผู้เรียนต้องฝึกทักษะการสังเกต การนำเสนอรูปภาพต่างๆ เพื่อสื่อความหมายแล้วนำความรู้ทางเรขาคณิตไปอธิบายปรากฏการณ์และสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

การจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ในวิชาพีชคณิต เป็นการฝึกทักษะให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ปัญหา สามารถเขียนปัญหาในรูปของตาราง กราฟ หรือข้อความ เพื่อสื่อสารความสัมพันธ์ของจำนวนเหล่านั้น ขั้นตอนในการดำเนินการเริ่มจากการกำหนดโจทย์ปัญหาให้ผู้เรียนวิเคราะห์ กำหนดตัวแปร เขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปของสมการหรือสมการตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด แล้วดำเนินการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางพีชคณิต

การจัดการเรียนรู้ให้เกิดทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์มีแนวทางในการดำเนินการดังนี้

1. กำหนดโจทย์ปัญหาที่น่าสนใจและเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน
2. ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและแสดงความคิดเห็นด้วยตัวเองโดยผู้สอนช่วยชี้แนะ

แนวทางการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์

การฝึกทักษะ/กระบวนการนี้ต้องอย่างต่อเนื่องโดยสอดแทรกอยู่ทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ให้ผู้เรียนคิดตลอดเวลาที่เห็นปัญหาว่า ทำไมจึงเป็นเช่นนั้นจะมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร เขียนรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรเป็นอย่างไร จะใช้ภาพ ตาราง หรือกราฟใดช่วยในการสื่อความหมาย

ตัวอย่าง

บริษัทปุ๋ยแห่งชาติผลิตปุ๋ย 2 ชนิดคือ ชนิดน้ำและชนิดเม็ด โดยบริษัทสามารถผลิตชนิดน้ำได้ 500 กิโลกรัม/วัน ชนิดเม็ดได้ 400 กิโลกรัม/วัน แต่รวมแล้วไม่เกิน 600 กิโลกรัม/วัน เวลาที่ใช้ในการผลิตชนิดน้ำ 20 ชั่วโมง/ตันชนิดเม็ด 30 ชั่วโมง/ตัน โดยบริษัทใช้เวลาในการผลิตทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง/ตัน

ถ้าบริษัทขายปุ๋ยชนิดน้ำกิโลกรัมละ 42 บาท ชนิดเม็ดกิโลกรัมละ 65 บาท
ต้นทุนในการผลิตปุ๋ยชนิดน้ำกิโลกรัมละ 17 บาท ชนิดเม็ดกิโลกรัมละ 30 บาท
บริษัทควรผลิตปุ๋ยชนิดละกี่กิโลกรัมเพื่อที่จะได้กำไรสูงสุด

ผลงานการแก้ปัญหาโจทย์ของ น.ส.ชญาณี จรุงจิต โดยใช้การสื่อสารและนำเสนอในรูปแบบตารางและกราฟ (วารสารนี้มีหน้า. 2545 : 62 - 63)

ปุ๋ย	ผลิตได้(กก./วัน)	เวลา(ชม./ตัน)	ขาย(บาท)	ต้นทุน(บาท)	จำนวนผลิต(กก.)
ชนิดน้ำ	500	20	42	17	X
ชนิดเม็ด	400	30	65	30	Y
		≤ 14			≤ 600

กำไรชนิดน้ำ = $42 - 17 = 25$ บาท

กำไรชนิดเม็ด = $65 - 30 = 35$ บาท

สมการจุดประสงค์ $P = 25x + 35y$

อสมการข้อจำกัด $x + y \leq 600$

$x \leq 600$

$y \leq 600$

จาก 1,000 กก.ใช้เวลา 20 ชม. 1,000กก.ใช้ 30 ชม.

จาก 1 กก.ใช้เวลา 0.02ชม. | 1 กก.ใช้ 0.03 ชม.

$0.02x + 0.03y \leq 14$

จุดตัด	สมการจุดประสงค์	
A (0,400)	14000	
B (0,0)	0	
C (400,200)	17000	
D (500,100)	16000	
E (500,0)	12500	ผลิตชนิดน้ำ 400 กก.
F (100,400)	16500	ผลิตชนิดเม็ด 200 กก.

ภาพประกอบ 8 ผลการแก้ปัญหาในรูปแบบตารางและกราฟ

ที่มา : วารสารนี้มีหน้า. (2545) การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์. วาสารวิชาการ. หน้า 63.

2.3.4 บทบาทของครูในการพัฒนาทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000 : 347)) กล่าวว่า ครูสามารถช่วยนักเรียนใช้การสื่อสารโดยการพูดในการเรียนและการแลกเปลี่ยนความรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยการสร้างบรรยากาศให้นักเรียนรู้สึกปลอดภัยในการแสดงความคิดเห็น การคาดการณ์และการ

อธิบาย ครูต้องช่วยนักเรียนให้อธิบายข้อความของพวกเขาโดยระมัดระวังในเรื่องเงื่อนไขของปัญหา และการอธิบายในทางคณิตศาสตร์ และแก้ไขแนวความคิดของนักเรียน การปรับเปลี่ยนวิธีสนทนา ในชั้นเรียนให้เหมาะสมกับระดับการสนทนาและเหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งครูต้องมีความรู้ทาง คณิตศาสตร์เป็นอย่างดีและมีเป้าหมายทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนอย่างชัดเจน ครูช่วยให้นักเรียนเขียนคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและการเรียนรู้ในเรื่องเทคนิคการอ่านเพิ่มเติมในการสื่อสาร ทั้งการเขียนและการพูด ครูต้องให้ความสนใจกับตัวนักเรียนและระมัดระวังการตีความหมายซึ่ง นักเรียนรับรู้จากสิ่งที่พูดหรือเขียน

การสื่อสารสามารถใช้ได้ในหลายแนวทาง เช่น เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผล การเรียนและใช้ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หรือเรียนหัวข้อใหม่ๆ จะต้องเริ่มต้นด้วยการแนะนำ ครูสามารถที่จะตรวจสอบข้อมูลเกี่ยวกับความรู้ของนักเรียนในหัวข้อนั้นๆ ในเกรด 10 เรื่อง วงกลม ตัวอย่างเช่น ครูอาจจะถามนักเรียนโดยให้นักเรียนบอกทุกๆ สิ่งที่เขาารู้เกี่ยวกับวงกลม แล้วครูรวบรวมคำตอบเหล่านั้นและแจกคืนนักเรียนในวันถัดไป พร้อมทั้งถามนักเรียนถึงข้อตกลงและข้อโต้แย้ง เกี่ยวกับข้อความนั้นๆ นักเรียนให้เหตุผลถึงสิ่งที่ตนพูด ครูสามารถที่จะสังเกตสิ่งที่นักเรียนทำไม่ถูกต้อง และออกแบบบทเรียนเพื่อที่จะสอนในสิ่งที่นักเรียนเข้าใจผิด วิธีนี้จะทำให้ความรู้ของนักเรียนเป็นจุดเริ่มต้นในการสอน และครูสามารถสร้างแนวความคิดซึ่งนักเรียนถูกคาดหวังว่าจะมีเหตุผล สำหรับความเห็นทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเอง กิจกรรมดังที่กล่าวมาจะเป็นประโยชน์ในการ สร้างบรรยากาศในชั้นเรียนมาซึ่งการยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น โดยทั่วไปแล้วการให้นักเรียนนำเสนอผลงานหน้าชั้นโดยใช้กระดานดำ เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ และแผ่นภาพ และการให้นักเรียนตอบสนองต่อสิ่งที่นำเสนอ แทนที่จะให้ครูเพียงคนเดียวเป็นคนพิจารณาถึงสิ่งที่นักเรียนได้พูด เป็นแนวทางที่มีประโยชน์ในการสนับสนุนการสื่อสารในชั้นเรียนในบางครั้งกิจกรรมดังกล่าว จะช่วยขัดเกลาแนวความคิดของนักเรียนโดยผ่านความพยายามที่จะสื่อสารโดยการพูดและการเขียน

วิธีการต่างๆ เหล่านี้ครูสามารถช่วยให้นักเรียนสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้ การเขียนทางคณิตศาสตร์ ปัญหาซึ่งต้องการอธิบายสามารถกำหนดเป็นเกณฑ์ นักเรียนทั้งชั้น อธิบายและทำการเปรียบเทียบคำอธิบายเหล่านั้นได้ การปฏิบัติตามแบบฝึกสามารถช่วยให้นักเรียน ขัดเกลาทักษะการเขียนทางคณิตศาสตร์ของพวกเขาได้ ดังนั้นแบบฝึกหัดเป็นประโยชน์มากต่อการ ประเมินความสามารถของนักเรียนซึ่งช่วยให้ครูเข้าใจถึงการคิดของนักเรียน

2.3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

งานวิจัยต่างประเทศ

โรจาส (Rojas. 1992 : 53-05A) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการส่งเสริมการเรียนรู้เรื่อง ความน่าจะเป็น โดยการพัฒนานักเรียนด้านทักษะการอ่านและการเขียน โดยให้นักเรียนได้เรียนเป็น

กลุ่ม โดยให้นักเรียนเรียนเนื้อหาเรื่อง ความน่าจะเป็น และใช้เทคนิคในการเสริมกิจกรรมทางภาษา ในการเรียนคณิตศาสตร์ ฝึกการสื่อสารให้แก่นักเรียนโดยการกระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นคว้าโดยการเสริมแรงในการอ่าน เขียน และพูด ผลปรากฏว่า การทดลองทำให้นักเรียนมีผลการเรียนที่ดีขึ้นใน กิจกรรมการเขียน แต่ว่ากิจกรรมการอ่านนักเรียนเห็นประโยชน์เพียงเล็กน้อย โดยไม่รู้ว่าการอ่านจะมีประโยชน์อย่างไรและอะไรที่เป็นความสามารถในการอ่านของพวกเขา

โจฮันนิง (Johanning. 2000 : 151-160) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์การเขียน และการทำงานกลุ่มร่วมกันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ในการศึกษาวิชาพีชคณิตเบื้องต้น มีการ ปฏิรูปโดยการส่งเสริมโดยการให้นักเรียนอ่าน เขียน อภิปรายทางคณิตศาสตร์เช่นเดียวกับการ พัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ การศึกษาครั้งนี้ได้ให้ความสำคัญกับการเขียน ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนคิดไปพร้อมๆ กันโดยพิจารณาจากผลงานของนักเรียน ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ เพื่อ ศึกษาความเข้าใจของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาว่ามีความเข้าใจอย่างไร และคิดอย่างไรกับวิธีการ แก้ปัญหาที่ได้เขียนอธิบาย กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับเกรด 7 และ 8 จำนวน 48 คน ซึ่งเป็น นักเรียนเกรด 7 จำนวน 14 คน และเกรด 8 จำนวน 34 คน การดำเนินการโดยใช้การเขียนและ การทำงานกลุ่มในการเรียนพีชคณิตเบื้องต้นใช้ระยะเวลาในการทดลอง 1 ปี โดยแบ่งนักเรียนเป็น 7 กลุ่ม เพื่อให้เกิดความสมดุลของกลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยนักเรียนเกรด 8 จำนวน 4 คน (ผู้ชาย 1 คน ผู้หญิง 3 คน) นักเรียนเกรด 7 จำนวน 3 คน (ผู้ชาย 2 คน ผู้หญิง 1 คน) การ เก็บรวบรวมข้อมูลกระทำโดยการบันทึกภาพการมีส่วนร่วมและการอภิปรายกลุ่ม และการสัมภาษณ์ นักเรียน ผลการศึกษาพบว่า การเขียนอธิบายเป็นวิธีหนึ่งที่กระตุ้นนักเรียนในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เมื่อนักเรียนได้สื่อสารความคิดของตนเองลงบนกระดาษ และถ่ายทอดสู่บุคคลอื่น การเขียนอธิบาย ก่อนการอภิปรายกลุ่ม ทำให้มั่นใจว่านักเรียนทุกคนมีโอกาสศึกษาด้วยตนเองก่อนที่จะพบครูกับ เพื่อนๆ การเขียนทำให้นักเรียนมีความมั่นใจมากขึ้นในการทำงานกลุ่ม โดยการแลกเปลี่ยนความคิด ภายในกลุ่ม ซึ่งบรรยากาศเช่นนี้ นักเรียนจะมีความกระตือรือร้นในการคิดและการมีส่วนร่วมในการ เรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วย

โรดิเฮฟเวอร์ (Rodeheaver. 2000 : 61-03A) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การสื่อสาร ระหว่างนิสิตฝึกสอนกับครูพี่เลี้ยงในวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา เพื่อศึกษาเกี่ยวกับความคิด รวบรวมยอดและความเข้าใจที่ครูพี่เลี้ยงให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นิสิตฝึกสอนอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ นิสิตฝึกสอนเห็นความจำเป็นที่จะระบุว่าการสื่อสารประเภทใดที่ควรจะใช้ระหว่างครูพี่เลี้ยงกับนิสิต ฝึกสอน และเพื่อประเมินว่าข้อมูลย้อนกลับใดที่จำเป็นต่อวิชาชีพครูของนิสิตฝึกสอน เครื่องมือที่ใช้ ในการวิจัยใช้การบันทึกเป็นรายสัปดาห์ การตอบแบบสอบถามทุก 2 สัปดาห์ และการสัมภาษณ์ ระหว่างและตอนท้ายของการประชุม ผลการวิจัยพบว่า ข้อมูลย้อนกลับที่ครูพี่เลี้ยงให้กับนิสิตฝึก สอนแสดงว่ามีการสื่อสารเกิดขึ้น แต่คุณภาพของการสื่อสารไม่ค่อยเป็นปรนัย การสื่อสารที่มี ประสิทธิภาพระหว่างการฝึกสอนขึ้นอยู่กับความสามารถของครูพี่เลี้ยงในการให้ข้อมูลย้อนกลับ บ่อยๆ ครั้ง ซึ่งตรงกับความต้องการของนิสิตฝึกสอนอย่างเฉพาะเจาะจงและต่อเนื่อง

งานวิจัยในประเทศ

สมชาย วรภิเกษมสกุล (2540 : 155) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาค้นคว้าและพัฒนา รูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยการสื่อสารแนวความคิดเพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหาโดยใช้กลุ่ม ตัวอย่างแบบเจาะจง ที่มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 195 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้รูปแบบการสอนแนวความคิดนั้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น เนื่องจาก การใช้คณิตศาสตร์สื่อสาร สอดคล้องกับหลักสูตรที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ โดย ต้องการให้ผู้เรียนได้สื่อสาร/อภิปรายแนวความคิดของตนเอง (การพูดและเขียน) ที่เกี่ยวข้องกับ เนื้อหาวิชา เพื่อให้ความช่วยเหลือเพื่อนที่ไม่อาจทำความเข้าใจ ได้จากการอธิบายของครูผู้สอนหรือ การแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดจากความเข้าใจคลาดเคลื่อนของผู้เรียนอย่างรวดเร็ว โดยใช้การเรียน แบบร่วมมือ เพื่อให้ นักเรียนเก่งช่วยเหลือนักเรียนที่เรียนอ่อน

สมเดช บุญประจักษ์ (2540 : 91 - 92) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาศักยภาพทาง คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ เพื่อที่จะพัฒนาศักยภาพ ทางคณิตศาสตร์ในด้านความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการใช้คณิตศาสตร์สื่อสาร กลุ่มตัวอย่างจำนวน 154 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลอง 75 คน และกลุ่มควบคุม 79 คน ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมนั้น มีศักยภาพทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่ม ทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยเฉพาะในด้านการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารนั้น นักเรียนกลุ่มทดลองมี การพัฒนาการใช้คณิตศาสตร์สื่อสารได้ดีขึ้นตามลำดับ

วัชร ชันเชื้อ (2545 : บทคัดย่อ) ได้ทำวิจัยเพื่อศึกษาและพัฒนาชุดการเรียน คณิตศาสตร์ เรื่อง ตรรกศาสตร์เบื้องต้น โดยใช้กระบวนการกลุ่ม เพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างจำนวน 80 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มตัวอย่างที่ ใช้ในการหาประสิทธิภาพของชุดการเรียนเรื่อง ตรรกศาสตร์เบื้องต้น 3 ครั้ง จำนวน 36 คน และ กลุ่มทดลองจำนวน 1 ห้องเรียน 44 คน ผลการศึกษาพบว่า ชุดการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่องตรรก ศาสตร์เบื้องต้นที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ความสามารถในการสื่อสารแนวความ คิดทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ทักษะการพูดและการเขียนของนักเรียนภายหลังได้รับการสอนด้วย ชุดการเรียน มีความสามารถตามเกณฑ์ร้อยละ 70 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของ นักเรียนภายหลังได้รับการสอนด้วยชุดการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ตรรกศาสตร์เบื้องต้น โดยใช้ กระบวนการกลุ่มเพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสาร สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01

ศิริพร มาวรณา (2546 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลการใช้ทักษะการสื่อสาร และการประเมินผลตามสภาพจริง ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องการนำเสนอข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ภายหลังได้รับการสอนตามคู่มือครู โดยแทรกกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้ทักษะการสื่อสารและการประเมินผลตามสภาพจริง สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอพอสรุปได้ว่า ในการส่งเสริมการสื่อสารในวิชาคณิตศาสตร์ ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้แสดงแนวความคิดออกมาด้วยการพูดและการเขียน เพื่อเป็นการอธิบายถึงความรู้และความเข้าใจของนักเรียน และช่วยให้ครูเข้าใจข้อบกพร่องของนักเรียนในแต่ละบุคคล แล้วแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าว

2.4 ทักษะการเชื่อมโยง

2.4.1 ความหมายของการเชื่อมโยง (Connections)

สภาคุรุคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 1989 : 102) ได้ให้ความหมายของการเชื่อมโยง คือ การผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกันให้รวมเป็นองค์ประกอบเดียวกัน ซึ่งแบ่งออกเป็น

1. การเชื่อมโยงภายในวิชา เป็นการนำเนื้อหาภายในวิชาเดียวกันไปสัมพันธ์กัน ให้นักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะไปใช้ในชีวิตจริง ช่วยนักเรียนให้ทำความเข้าใจถึงความแตกต่างของเนื้อหาวิชารวมทั้งพีชคณิต เรขาคณิต และตรีโกณมิติ ซึ่งจะทำให้การเรียนของนักเรียนมีความหมาย

2. การเชื่อมโยงระหว่างวิชา เป็นการรวมศาสตร์ต่างๆ ตั้งแต่ 2 สาขาขึ้นไป ภายใต้หัวข้อที่เกี่ยวข้องกันให้มาสัมพันธ์กัน เช่น วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ สังคม กีฬาหรือศิลปะ เป็นการเรียนรู้โดยใช้ความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในวิชาต่างๆ มากกว่า 1 วิชาขึ้นไป จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้ง และตรงกับสภาพชีวิตจริง

จากที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า ทักษะการเชื่อมโยง หมายถึง ความสามารถ/ความชำนาญในการผสมผสานแนวความคิดความรู้ ความเข้าใจ และทักษะต่างๆ จากสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้วนำไปสร้างความสัมพันธ์ ความเกี่ยวข้องหรือการนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันได้

2.4.2 มาตรฐานของทักษะการเชื่อมโยง

สภาคุรุคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000 : 64-66) ได้กำหนดมาตรฐานของการเชื่อมโยง (Connection) ไว้ดังนี้

โปรแกรมการสอนตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงเกรด 12 มุ่งให้นักเรียนสามารถ

1. เข้าใจและใช้การเชื่อมโยงระหว่างความคิดทางคณิตศาสตร์ได้

ความสำคัญของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ครูสามารถช่วยนักเรียนในการสร้างแผนการจัดการใช้การเชื่อมโยงในการแก้ปัญหาในทางคณิตศาสตร์แทนที่จะมองว่าคณิตศาสตร์เป็นเรื่องที่ไม่ปะติดปะต่อ มโนคติและทักษะเป็นสิ่งอยู่เพียงลำพัง การกำหนดในรูปแบบนี้เป็นการส่งเสริมโดยการสื่อสารจากครู ตัวอย่างเช่น “งานของเราในวันนี้เราจะอภิปรายถึงความสัมพันธ์ของ

รูปสามเหลี่ยมคล้ายได้อย่างไร ในที่สุดสัปดาห์เราจะเขียนมาตราส่วนดังกล่าวได้อย่างไร” นักเรียนจะต้องทำการอธิบายสิ่งที่รู้ในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

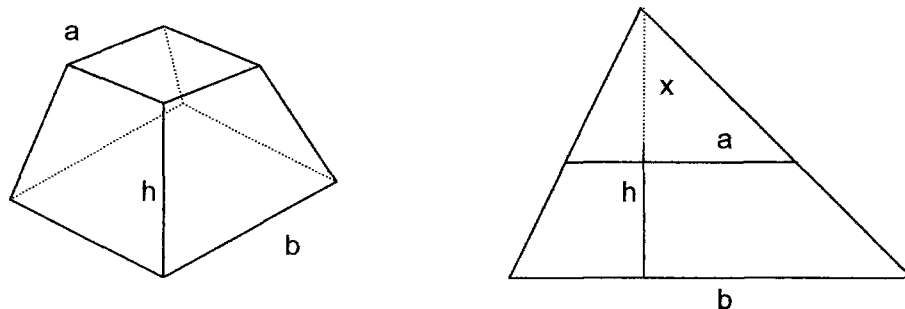
ความคิดเห็นที่ว่าความคิดทางคณิตศาสตร์ถูกเชื่อมโยงโดยสอดคล้องในประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ทุกระดับชั้น ประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเริ่มต้นตั้งแต่เข้าเรียนโดยไม่มีการจำแนกแยกชั้นเรียน และการบูรณาการดังกล่าวนี้อยู่ในทุกเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เป็นไปอย่างต่อเนื่อง นักเรียนสามารถเรียนรู้ความเข้าใจในแบบรูปทางคณิตศาสตร์ในทุกจังหวะที่เขาร้องออกมาเป็นเพลง เช่นเดียวกับรูปหกเหลี่ยมในรวงผึ้ง และการนับจำนวนครั้งที่นักเรียนกระโดดเชือกได้สำเร็จ นักเรียนที่เลื่อนชั้นไปสู่เกรด 3-5 จะมีกิจกรรมคณิตศาสตร์ที่ขยายไปสู่เนื้อหาที่เป็นนามธรรม นักเรียนเริ่มจะเห็นการเชื่อมโยงระหว่างการดำเนินการทางเลขคณิต การทำความเข้าใจเลขคณิต ตัวอย่างเช่น การคูณอาจทำได้โดยการบวกซ้ำ ซึ่งนักเรียนจะเห็นการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในเนื้อหาที่แตกต่างกัน นักเรียนสามารถจะพัฒนาความเข้าใจในข้อสรุปในทางคณิตศาสตร์ ในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นนักเรียนจะมองเห็นว่าคณิตศาสตร์เป็นการฝึกการเชื่อมโยงการคิดทางคณิตศาสตร์ ที่สำคัญเป็นการเชื่อมโยงในเรื่องที่ใกล้ตัวของนักเรียนและเป็นความคิดเกี่ยวกับจำนวนตรรกยะ สัดส่วน และความสัมพันธ์เชิงเส้น ซึ่งจะพบมากในกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ และกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายนักเรียนไม่เพียงแต่เรียนรู้เท่านั้นแต่นักเรียนยังนำไปใช้ได้โดยใช้การตระหนักรู้ในเนื้อหาที่ใช้ในการแก้ปัญหาอื่นๆ ได้อีก

แม้ว่าในช่วงที่เรียนในชั้นอนุบาลถึงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย นักเรียนจะถูกถามเสมอว่า “ปัญหานี้หรือหัวข้อนี้เหมือนกับสิ่งที่นักเรียนเคยเรียนมาก่อนอย่างไร” จากมุมมองของการเชื่อมโยง ความคิดใหม่ๆ ดูเหมือนจะมีมากขึ้นกว่าการเรียนคณิตศาสตร์แต่ก่อน นักเรียนเรียนรู้ที่จะนำความรู้ที่มีอยู่ไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ๆ นักเรียนในชั้นประถมศึกษาเชื่อมโยงความรู้ในเรื่องการลบจำนวนเต็มไปสู่การลบทศนิยมหรือเศษส่วน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีความเข้าใจและเชื่อมโยงตัวแทนพหุคูณของความคิดทางคณิตศาสตร์ที่เหมือนกัน ดังเช่น ในเรื่องอัตราส่วนซึ่งต้องนำเสนออัตราที่เปลี่ยนแปลง และในเรื่องความเอียงหรือความชันของเส้นตรง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายสามารถเชื่อมโยงความคิดในเรื่องพีชคณิตและเรขาคณิตได้

บางกิจกรรมอาจสร้างขึ้นมาสสำหรับการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์โดยเฉพาะ ตัวอย่างเช่น ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับเส้นรอบวงของวงกลม อาจเรียนรู้ได้จากหลักการที่ตั้งไว้โดยการรวบรวมวัตถุที่เป็นทรงกลมหลายๆ แบบ และวัดเส้นรอบวงและเส้นผ่านศูนย์กลาง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นอาจรวบรวมข้อมูลและใช้กราฟแสดงข้อมูล โดยใช้ตัวแปร 2 ตัวคือเส้นรอบวง (C) และเส้นผ่านศูนย์กลาง (d) จากการกระทำเช่นนี้พวกเขาจะเห็นว่าจุดที่อยู่บนเส้นตรงจะผ่านจุด (0,0) ค่าแนะนำก็คือ อัตราส่วนของ C/d จะมีค่าคงที่ กิจกรรมดังกล่าวจะนำไปสู่การหาค่าเฉลี่ยของ C/d ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 3.1 ถึง 3.2 ซึ่งเป็นค่าประมาณของ π นั่นเอง ปัญหานี้เกี่ยวข้องกับการวัด การวิเคราะห์ข้อมูล เรขาคณิต พีชคณิต และจำนวน

2. เข้าใจถึงวิธีการเชื่อมโยงแนวความคิดต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงองค์ความรู้เพื่อให้ได้ความรู้ใหม่

ความก้าวหน้าของนักเรียนเกิดจากประสบการณ์การเรียนรู้คณิตศาสตร์ ความสามารถในการมองเห็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่คล้ายกัน ในส่วนที่เหมือนจะมีลักษณะที่แตกต่างกันมากขึ้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงเกรด 2 นักเรียนเข้าใจตัวอย่างในเรื่องของการนับ จำนวน และรูปร่าง ในระดับชั้นประถมศึกษา นักเรียนจะพบตัวอย่างในเรื่องการดำเนินการทางเลขคณิต นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นพบตัวอย่างในเรื่องจำนวนตรรกยะ สัดส่วน และความสัมพันธ์เชิงเส้น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเตรียมพร้อมที่จะหาความเชื่อมโยงระหว่างความคิดทางคณิตศาสตร์ที่พวกเขาจะต้องเผชิญ เช่น การหาปริมาตรของพีระมิดตัดฐานสี่เหลี่ยม คำแนะนำก็คือ วิธีการหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ซึ่งแสดงให้เห็นดังภาพประกอบ 9



$$\begin{aligned}
 \text{พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมรูปเล็ก} &= \frac{1}{2}ax \\
 \text{พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมรูปใหญ่} &= \frac{1}{2}b(x+h) \\
 \text{พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมคางหมู} &= \frac{1}{2}b(x+h) - \frac{1}{2}ax \\
 &= \frac{1}{2}bx + \frac{1}{2}bh - \frac{1}{2}ax
 \end{aligned}$$

โดยสมบัติความคล้ายของรูปสามเหลี่ยม

$$\frac{x}{x+h} = \frac{a}{b}$$

ดังนั้น

$$bx = a(h+x)$$

โดยสมบัติการเปลี่ยนกลุ่ม

$$\begin{aligned}
 \text{พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมคางหมู} &= \frac{1}{2}a(x+h) + \frac{1}{2}bh - \frac{1}{2}ax \\
 &= \frac{1}{2}h(a+b)
 \end{aligned}$$

ภาพประกอบ 9 การหาปริมาตรของพีระมิดตัดฐานสี่เหลี่ยม

ที่มา : NCTM. (2000). **Principles and Standards for School Mathematics.** p.65.

นักเรียนพัฒนาความมุ่งหมายทางคณิตศาสตร์ที่เป็นการเชื่อมโยงและการบูรณาการทั้งหมดมีนักเรียนเพียงเล็กน้อย ที่จะมองทักษะและมโนคติทางคณิตศาสตร์แยกออกจากกัน ความเข้าใจทางมโนคติถูกนำไปเชื่อมกับการปฏิบัติ นักเรียนก็จะไม่เข้าใจวิชาคณิตศาสตร์โดยปราศจากกฎเกณฑ์ การบูรณาการวิธีการปฏิบัติและมโนคติที่เป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์

3. เข้าใจและประยุกต์คณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงในการเรียนคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ ได้

ประสบการณ์จากการเรียนคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้นจะเป็นโอกาสในการเรียนรู้เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ด้วยการดำเนินการกับปัญหาที่เกิดขึ้นในเนื้อหาวิชาอื่น การเชื่อมโยงก็สามารถทำได้เช่นกันและเป็นการฝึกหัดเช่นเดียวกับการดำเนินชีวิตประจำวันของนักเรียน ตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงเกรด 2 นักเรียนสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์เบื้องต้นโดยการเชื่อมโยงกับชีวิตจริง ในเกรด 3-5 นักเรียนสามารถเรียนรู้ในการประยุกต์แนวความคิดที่สำคัญทางคณิตศาสตร์ในเนื้อหาอื่นๆ แนวความคิดดังกล่าวจะขยายไปสู่ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย นักเรียนจะมีความมั่นใจในการใช้ความคิดทางคณิตศาสตร์เพื่อที่จะอธิบายการประยุกต์ที่ซับซ้อนนอกโลกได้

การให้โอกาสแก่นักเรียนที่จะได้รับประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ในตำราเป็นเรื่องที่สำคัญโดยคณิตศาสตร์ถูกนำไปใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยา แพทยศาสตร์ พาณิชยกรรม การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ไม่ใช่เพียงเนื้อหาวิชาเท่านั้น ยังรวมถึงกระบวนการอีกด้วย กระบวนการและเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ก่อให้เกิดวิธีการในการแก้ปัญหา ซึ่งจะนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาค้นคว้าทางคณิตศาสตร์ ในมาตรฐานการศึกษานานาชาติกิจกรรมวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาจะเกี่ยวกับการอธิบายลักษณะภูมิอากาศ การเชื่อมโยงไปสู่วิชาคณิตศาสตร์ด้วยกิจกรรมดังกล่าวเป็นสาระสำคัญ นักเรียนจะออกแบบเครื่องมือสำหรับการวัดภูมิอากาศและวางแผนสำหรับการจัดระบบ และสื่อสารข้อมูลของพวกเขา

สิ่งที่เกิดขึ้นกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเกี่ยวกับบริษัท CVS ในเรื่องทำเลที่จะทำการค้าขายในแถบบอสตัน แม้นักเรียนจะพบว่าบริษัทตัดสินใจเกี่ยวกับการเงินในทำเลที่ตั้งของร้าน แต่นักเรียนยังคงรับรู้เกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้น การจัดระบบนำไปสู่ทีมงานเล็กๆ ที่ได้รับการสนับสนุนจากผู้ชำนาญในแผนกต่างๆ ภายในบริษัท CVS นักเรียนทำการวิเคราะห์ประชากรและข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์เพื่อกำหนดความต้องการของตลาดสำหรับร้านขายยา CVS ในสถานที่ที่ต่างกันไป นักเรียนจะทำงานร่วมกับพนักงานของบริษัท CVS เพื่อกำหนดและประเมินสถานที่ที่เป็นไปได้สำหรับเปิดร้านใหม่ นักเรียนต้องทำงานร่วมกับสถาปนิกเพื่อออกแบบทางเลือกสำหรับร้านใหม่ และทำงานร่วมกับฝ่ายบัญชีในการวางแผนเรื่องการเงิน

โครงการนี้ถูกรวบรวมขึ้นโดยนักเรียนที่เรียนคณิตศาสตร์และเพื่อนร่วมชั้น นักเรียนจะมองเห็นการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์และโลกของพาณิชยกรรม และการฝึกหัดในแบบ

อื่นๆ นักเรียนจะเห็นการเชื่อมโยงภายในวิชาคณิตศาสตร์ที่เป็นการประยุกต์ความรู้ในเนื้อหาที่แตกต่างกันไป การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติมีประโยชน์ในการช่วยให้นักเรียนอภิปรายผลที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตของแต่ละคน นักเรียนในชั้นอนุบาลถึงเกรด 2 จะทำปฏิกิริยาที่กิจกรรมที่สามารถรวบรวมข้อมูลในเรื่อง ภูมิอากาศ โดยการบันทึกสภาพอากาศในฤดูฝน ฤดูหนาว หรือฤดูร้อนในแต่ละวัน นักเรียนสามารถบันทึกข้อมูลเป็นรายวัน วางหลักเกี่ยวกับเงื่อนไขโดยทั่วไป และยืนยันต่อไปในอนาคต นักเรียนในเกรด 3-5 สามารถใช้อินเตอร์เน็ตในการช่วยเหลือ ร่วมมือกับนักเรียนในเกรดอื่น เพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับฝนกรด ไฟป่า และปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย นักเรียนมีความสามารถในการใช้ความรู้วิเคราะห์ข้อมูล สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในเรื่องความเข้าใจในเหตุผลทางสังคมและปัญหาการทำงานในความสามารถของการให้เหตุผลเชิงลึก

2.4.3 แนวทางการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยง

กรมวิชาการ (2544ฉ : 200-201) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้และมีพื้นฐานในการที่จะนำไปศึกษาต่อนั้น จำเป็นต้องบูรณาการเนื้อหาต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เช่น การใช้ความรู้ในเรื่องเซตในการให้คำจำกัดความหรือบทนิยามในเรื่องต่างๆ เช่น บทนิยามของฟังก์ชันในรูปของเซต บทนิยามของลำดับในรูปของฟังก์ชัน

นอกจากการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาต่างๆ ในคณิตศาสตร์ด้วยกันแล้วยังมีการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ โดยใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้และใช้ในการแก้ปัญหา เช่น ในเรื่องการเงิน การคิดดอกเบี้ยทบต้น ก็อาศัยความรู้เรื่องเลขยกกำลังและผลบวกของอนุกรม และในงานศิลปะการออกแบบบางชนิดใช้ความรู้เกี่ยวกับรูปเรขาคณิต

นอกจากนั้นยังมีการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในวิชาชีพบางอย่างโดยตรง เช่น การตัดเย็บเสื้อผ้า งานคหกรรมเกี่ยวกับอาหาร งานเกษตร งานออกแบบสร้างหีบห่อบรรจุภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงการนำคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับชีวิตความเป็นอยู่ประจำวัน เช่น การซื้อขาย การชั่ง ตวง การวัด การคำนวณระยะทาง และเวลาที่ใช้ในการเดินทาง การวางแผนในการออมเงิน ใ้ไว้ในช่วงบั้นปลายของชีวิต

องค์ประกอบหลักที่ส่งเสริมการพัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ มีดังนี้

1. มีความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์อย่างเด่นชัดในเรื่องนั้น
2. มีความรู้ในเนื้อหาที่จะนำไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรืองานอื่นๆ ที่ต้องการเป็นอย่างดี
3. มีทักษะในการมองเห็นความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงระหว่างความรู้และทักษะ/กระบวนการที่มีในเนื้อหานั้นกับงานที่เกี่ยวข้องด้วย
4. มีทักษะในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างความสัมพันธ์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ที่ต้องเกี่ยวข้องด้วย

5. มีความเข้าใจในการแปลความหมายของคำตอบที่หาได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ว่ามีความเป็นไปได้หรือสอดคล้องกับสถานการณ์นั้นอย่างสมเหตุสมผล

ในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์นั้น ผู้สอนอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาสอดแทรกในการเรียนรู้อยู่เสมอ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ หรือนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์อื่นๆ หรือการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในชีวิตประจำวัน

ตัวอย่าง การเชื่อมโยง กำหนดสถานการณ์ปัญหาดังนี้

บริษัทก่อสร้างต้องการที่ดินขนาด 2 ไร่ จำนวน 1 แปลง สำหรับเก็บวัสดุก่อสร้าง ในราคาประหยัดและมีผู้นำที่ดินมาเสนอให้เช่า 2 ราย ดังนี้
 นายบุญ เสนอที่ดิน 2 ไร่ 1 งาน คิดราคาค่าเช่าที่ดินทั้งแปลงเดือนละ 7,000 บาท
 นางล้วน เสนอที่ดิน 5 ไร่ 3 งาน แบ่งที่ดินให้เช่า โดยคิดค่าเช่าตารางวาละ 100 บาทต่อปี
 ถ้าผู้เรียนเป็นเจ้าของบริษัทก่อสร้างดำรง ผู้เรียนจะตกลงเช่าที่ดินของใคร เพราะเหตุใด

จากสถานการณ์ปัญหาข้างต้น จะเห็นว่าต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณค่าเช่าที่ดิน ต้องคำนึงถึงราคาที่ต้องการประหยัด ต้องใช้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ การนำเสนอ เฉพาะคำตอบจากการคำนวณของผู้เรียนไม่ใช่สิ่งสำคัญที่สุด ผู้สอนจะต้องให้ความสำคัญต่อแนวคิด และเหตุผลของผู้เรียนแต่ละคนประกอบด้วย

ตัวอย่างคำตอบและเหตุผลของผู้เรียนอาจเป็น ดังนี้

ด.ช. ก่อ ตอบว่า ควรเช่าที่ดินของนายบุญ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายปีละ 84,000 บาท ($7,000 \times 12 = 84,000$) และได้ที่ดินมากกว่าที่กำหนดไว้อีก 1 งาน

ด.ญ. นิตยา ตอบว่า ควรเช่าที่ดินของนางล้วน ซึ่งคิดค่าเช่า 2 ไร่ หรือ 800 ตารางวา เป็นเงิน 80,000 บาทต่อปี ซึ่งเป็นราคาเช่าที่ถูกกว่าของนายบุญ

ด.ญ. นุช ตอบว่า ควรเช่าที่ดินของนายบุญ ซึ่งเมื่อคิดค่าเช่าเป็นตารางวาต่อปีแล้ว จะจ่ายเพียงตารางวาละ 93 บาท ($\frac{7,000 \times 12}{900} \approx 93$) ซึ่งถูกกว่าที่ดินของนางล้วน

ผู้สอนอาจเปิดประเด็นให้ผู้เรียนได้มีการอภิปรายต่อในเรื่องนี้ได้อีก ในประเด็นที่ว่าในชีวิตจริงแล้ว ก่อนตัดสินใจลงทุนทำกิจการใด ผู้ลงทุนจะไม่พิจารณาเฉพาะค่าเช่าเพียงอย่างเดียว ต้องพิจารณาองค์ประกอบอื่นๆ อีกด้วย เช่น สภาพแวดล้อม ความสะดวกในการเข้าออก ที่ดินอยู่ใกล้หรือไกลบริษัทเพียงใด ประเด็นเหล่านี้จะช่วยทำให้ผู้เรียนมีความคิดพิจารณาในวงกว้างขึ้น

สามารถนำความคิดเช่นนี้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ เป็นการส่งเสริมทักษะกระบวนการให้เหตุผล ความคิดสร้างสรรค์ ส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมในด้านการคิดอย่างถี่ถ้วนรอบคอบ กล้าแสดงความคิดเห็นและคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณอีกด้วย

ในการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีพัฒนาการในการเรียนรู้ ผู้สอนควรจัดกิจกรรมหรือปัญหาที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด สามารถบอกแนวคิดและแสดงเหตุผลได้ ผู้สอนไม่ควรดูเฉพาะคำตอบที่หาได้จากการคำนวณเท่านั้น คำตอบของปัญหาอาจมีมากกว่า 1 คำตอบขึ้นอยู่กับ การให้ เหตุผลประกอบที่สมเหตุสมผล

2.4.4 บทบาทของครูในการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยง

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (NCTM. 2000 : 359) กล่าวถึง บทบาทของครูในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหรือนักเรียนเกรด 9-12 ว่า มีวิธีการมากมายที่ครูสามารถช่วย นักเรียนค้นหาและนำมาซึ่งการเชื่อมโยงทางวิชาคณิตศาสตร์ ปัญหานี้ับได้ว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะว่าเป็นไปไม่ได้ที่นักเรียนทำการเชื่อมโยงได้เอง ครูจำเป็นต้องเริ่มในการบูรณาการแต่ละปัญหา เพราะวัตถุประสงค์ของการสอนโดยส่วนมากมุ่งเน้นที่ขอบเขตของเนื้อหา มีการจัดหลักสูตรแยกออกจากกัน เช่น เรขาคณิต พีชคณิต และสถิติ ครูจำเป็นต้องพัฒนาความรู้ความชำนาญในการทำการเชื่อมโยงทางวิชาคณิตศาสตร์ และช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถของพวกเขาและสิ่งหนึ่งที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในการให้ความช่วยเหลือนักเรียนทำการเชื่อมโยง คือ การสร้างบรรยากาศของชั้นเรียนให้มีการเข้าถึงปัญหาที่เกี่ยวข้องทางคณิตศาสตร์โดยสามารถใช้วิธีการที่หลากหลายในการหาคำตอบ และถ้านักเรียนทำผิดไม่ควรบอกว่าผิดแล้วปล่อยให้มันผ่านไป ครูควรจะช่วยให้นักเรียนได้พบแก่น (ข้อเท็จจริง) ของแนวคิดที่ถูกต้อง ซึ่งบางทีอาจจะนำไปสู่วิธีการใหม่ๆ และเกิดการเชื่อมโยงขึ้น นักเรียนได้รับการส่งเสริมให้พิจารณาและเปรียบเทียบวิธีการของตนเองกับกลุ่มอื่น แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

2.4.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเชื่อมโยง

งานวิจัยต่างประเทศ

นุท (Knuth. 2000 : 501-507) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเชื่อมโยงระบบพิกัดฉากจากความเข้าใจของนักเรียน ตัวแทนที่หลากหลายของฟังก์ชันที่มีอยู่ในหลักสูตรคณิตศาสตร์ของโรงเรียนมัธยมศึกษา มีนักเรียนจำนวนมากที่มีความบกพร่องในความเข้าใจการเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนทางพีชคณิตและกราฟของฟังก์ชัน จากนักเรียน 178 คน ที่ลงทะเบียนเรียนพีชคณิตทางแคลคูลัส ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีการเชื่อมโยงความรู้โดยใช้ตัวแทนทางพีชคณิตและตัวแทนเชิงกราฟของฟังก์ชันในการแก้ปัญหาของนักเรียน โดยมีความถูกต้องในการเชื่อมโยงความรู้ของนักเรียน

ตรัน (Tran. 2001 : online) ได้ทำการวิจัยเรื่อง คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ การเรียนรู้ด้วยการท่องสูตรคูณเป็นการจำกัดประสบการณ์ของนักเรียนบางคน

การท่องสูตรคูณเป็นสิ่งที่น่าเบื่อในการท่องจำคล้ายกับการทำความเข้าใจโมเมนต์ นักเรียนบางคนจำโดยปราศจากความเข้าใจและเข้าใจสิ่งอื่นๆ โดยไม่จดจำ คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) คือวิธีการหนึ่งที่เป็นประโยชน์อย่างแท้จริงในการเรียนคณิตศาสตร์ วิธีการนี้ช่วยส่งเสริมความเชื่อมั่นเพราะว่าทำให้นักเรียนรู้สึกอยู่นอกเหนือการควบคุมขณะที่เรียน การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ซึ่งนักเรียนยอมรับว่าเขาสามารถค้นพบความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ด้วยตัวเอง การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์เป็นการทดสอบภาคสนามในโรงเรียนระดับประถมศึกษาในแถบเวสต์มินสเตอร์ (Westminster) แคลิฟอร์เนีย (California) ในระดับเกรด 4-5 จำนวน 29 คน ผลการทดสอบแสดงถึงการส่งเสริมพื้นฐานในด้านการคูณและการหารในทางสถิติ ผลจากการประเมินด้านจิตพิสัยแสดงให้เห็นว่าเนื้อหาวิชาส่วนใหญ่ในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์เป็นประโยชน์และสนุก

แพนดิสซิโอ (Pandiscio, 2002 : 216-220) ได้ทำการวิจัย โดยสำรวจการโยงมโนมิติพิสูจน์กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เรขาคณิตของนักศึกษาฝึกสอน โดยให้นักศึกษาฝึกสอน 4 คน (ชาย 2 คน หญิง 2 คน) แก้ปัญหาเรขาคณิตที่ไม่คุ้นเคย โดยใช้พื้นฐานมโนมิติของยูคลิด จำนวน 2 ข้อ ให้สร้างการพิสูจน์ตามรูปแบบที่ให้ผลออกมาเป็นรูปแบบกรณีทั่วไป และให้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางเรขาคณิต ผลปรากฏว่า นักศึกษาฝึกสอนทั้ง 4 คนยอมรับว่า แม้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางเรขาคณิตจะไม่ได้ช่วยพิสูจน์ แต่ก็ เป็นเครื่องมือช่วยสร้างการรับรู้ (Sense) ให้เกิดความเข้าใจความสัมพันธ์ในปัญหาหรือทฤษฎีบท เชื่อว่านำไปใช้ในการพิสูจน์ได้

งานวิจัยในประเทศ

สมบัติ แสงทองคำสุก (2545 : บทคัดย่อ) ได้ทำการสร้างและพัฒนารูปแบบการสอนวิชาคณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหา เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงเรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชันระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศึกษานารีวิทยา อำเภอบางบอน กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน ทั้งหมด 45 คน ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการสอนคณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหา เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงเรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 โดยมีค่าประสิทธิภาพ 89.84/82.32 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการสอนวิชาคณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหา เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงเรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน หลังได้รับการสอนสูงกว่าก่อนได้รับการสอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเชื่อมโยงพอสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ควรต้องแสดงให้เห็นว่าวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ในการดำเนินชีวิตประจำวัน และสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ ได้

2.5 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

2.5.1 ความหมายของความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ความหมายของความคิดริเริ่ม

กิลฟอร์ด (Guilford. 1967 : 267-293) กล่าวว่า ความคิดริเริ่ม (originality) หมายถึง ลักษณะการคิดที่แปลกใหม่แตกต่างจากความคิดง่าย ๆ ธรรมดาหรือความคิดที่ไม่ซ้ำกับผู้อื่น เป็นลักษณะการคิดที่เกิดขึ้นครั้งแรกไม่เคยมีใครนึกมาก่อน และเป็นความคิดที่เป็นผลประโยชน์ต่อตนเองและผู้อื่น

ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และ ดารณี คำวังนัง (2544 : 74) กล่าวว่า ความคิดริเริ่ม (originality) หมายถึง ลักษณะความคิดแปลกใหม่ แตกต่างจากบุคคลอื่น เป็นความคิดที่คนอื่นคิดไม่ถึง แนวคิดแปลกใหม่ที่กล้าให้แตกต่างจากความคิดเดิมหรือความคิดเก่า

อารี พันธุ์ณี (2545 :35) กล่าวว่า ความคิดริเริ่ม หมายถึง ลักษณะความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดธรรมดาหรือเป็นความคิดง่าย ๆ ความคิดริเริ่ม หรือที่เรียกว่า Wild Idea เป็นความคิดที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

ทอแรนซ์ (Torrance. 1965 : 16) ได้นิยามความคิดสร้างสรรค์ว่า เป็นกระบวนการของความรู้สึกไวต่อปัญหาหรือสิ่งที่บกพร่องหายไป หรือสิ่งที่ไม่ประสานกัน และไวต่อการแยกแยะไวต่อการคิดหาวิธีการแก้ปัญหา ไวต่อการเดาหรือการตั้งสมมติฐานที่เกี่ยวกับข้อบกพร่องต่อจากนั้นก็ทำการรวบรวมข้อมูลต่างๆ เพื่อทดสอบสมมติฐานนั้น

กิลฟอร์ด (Guilford. 1967 : 61) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดแบบอเนกนัย (Divergent Thinking) คือ ความคิดหลายทิศทาง หลายแง่หลายมุม คิดได้กว้างไกล ความคิดในลักษณะเช่นนี้จะนำไปสู่การประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่ รวมทั้งหาวิธีการแก้ไขปัญหาก็สำเร็จด้วยความคิดอเนกนัยนี้

เดอ โบโน (De Bono. 1970 : 10-13) ได้นิยามความคิดสร้างสรรค์ว่าคือ การจินตนาการประยุกต์สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหาต่างๆ ไม่ใช่เป็นจินตนาการฟุ้งซ่านเลื่อนลอย

สมศักดิ์ ภูวิภาดาวรรณ (2544 : 47) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการมองเห็นสิ่งต่างๆ ในแง่มุมใหม่ๆ เป็นการคิดที่ไม่ธรรมดาหรือเป็นการทำสิ่งต่างๆ ได้อย่างมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวหรือไม่ซ้ำแบบใคร ยังมีความแปลกใหม่

ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา (2545 : 16) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือ ความคิดที่มุ่งแก้ปัญหาหรือประดิษฐ์คิดค้นในแนวทางที่แปลกใหม่แตกต่างจากเดิมและมีคุณค่าเป็นประโยชน์

อารี พันธุ์ณี (2545 : 84) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ เป็นกระบวนการทางสมองที่คิดในลักษณะอเนกนัย อันนำไปสู่การคิดค้นพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการคิดดัดแปลงปรุงแต่งจากความคิดเดิมผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ ซึ่งรวมทั้งการประดิษฐ์คิดค้นต่างๆ ตลอดจน วิธีการคิด ทฤษฎี หลักการได้สำเร็จ

จากที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่า ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถทางความคิดที่มีลักษณะแปลกใหม่แตกต่างไปจากเดิม อันจะนำไปสู่การค้นพบและการประดิษฐ์สิ่งใหม่ๆ ที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นส่วนหนึ่งในความคิดสร้างสรรค์

2.5.2 แนวทางการพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

กรมวิชาการ (2544ฉ : 202-204) กล่าวว่า บรรยากาศที่ส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ได้แก่ การเปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอแนวคิดของตนเองอย่างอิสระภายใต้การให้คำปรึกษาแนะนำของผู้สอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถเริ่มต้นจากการนำเสนอปัญหาที่ท้าทาย น่าสนใจ เหมาะกับวัยของผู้เรียนและเป็นปัญหาที่ผู้เรียนสามารถนำความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่มาใช้ในการแก้ปัญหาได้ การแก้ปัญหาควรจัดเป็นกิจกรรมในลักษณะร่วมกันแก้ปัญหา ให้ผู้เรียนได้อภิปรายร่วมกัน การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เสนอแนวความคิดหลายๆ แนวคิดเป็นการส่งเสริมเพิ่มเติม ทำให้ได้แนวคิดในการแก้ปัญหาที่สมบูรณ์และหลากหลาย

ปัญหาปลายเปิด ซึ่งเป็นปัญหาที่มีคำตอบหลายคำตอบ หรือมีแนวคิดหรือวิธีการในการหาคำตอบได้หลายอย่าง เป็นปัญหาที่ช่วยส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของผู้เรียน สำหรับปัญหาที่มีหลายคำตอบ เมื่อผู้เรียนคนหนึ่งหาคำตอบหนึ่งได้แล้ว ก็ยังมีสิ่งท้าทายให้ผู้เรียนคนอื่น ๆ คิดหาคำตอบอื่นๆ ที่เหลืออยู่ สำหรับปัญหาที่มีแนวคิดหรือวิธีการในการหาคำตอบได้หลายอย่าง แม้ว่าผู้เรียนจะหาคำตอบด้วยการส่งเสริมและยอมรับแนวคิดหรือวิธีการหลากหลายของผู้เรียน ในการให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ในการเรียนรู้แนวคิดหรือวิธีการหลายๆ อย่างในการแก้ปัญหาปัญหาหนึ่ง เป็นสิ่งที่มีคุณค่ามากกว่าการให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาหลายๆ ปัญหาโดยใช้แนวคิดหรือวิธีการเพียงอย่างเดียว

นอกจากนี้การให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสร้างปัญหาล้ำกับปัญหาเดิมที่ผู้เรียนมีความเข้าใจในปัญหาเดิมอย่างแท้จริงเป็นการช่วยส่งเสริมความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ตัวอย่างปัญหาปลายเปิด

“จงหาความยาวด้านที่เป็นจำนวนเต็มของรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่มีความยาวรอบรูปเท่ากับ 15 หน่วย”

ผู้เรียนอาจแก้ปัญหาด้วยการสมมติความยาวของด้านต่างๆ ของรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว ซึ่งต้องใช้ความรู้พื้นฐานที่ว่า “ผลบวกของความยาวของด้านสองด้านของรูปสามเหลี่ยม ย่อมยาวกว่าด้านที่สาม”

ตาราง 4 การหาความยาวของด้านทั้งสามของรูปสามเหลี่ยม

กรณี	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านที่ 3	หมายเหตุ
1	7	7	1	
2	6	6	3	
3	5	5	5	
4	4	4	7	
5	3	3	9	$3 + 3 < 9$ ไม่ใช่รูปสามเหลี่ยม
6	2	2	11	$2 + 2 < 11$ ไม่ใช่รูปสามเหลี่ยม

ที่มา : กรมวิชาการ. (2544ฉ). คู่มือการจัดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. หน้า 203

จากตารางข้างต้น จะมีคำตอบเพียง 4 คำตอบเท่านั้น คือ กรณีที่ 1-4

นอกจากนี้ผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับตัวแปร อาจใช้การกำหนดตัวแปร

การสร้างสมการและหาคำตอบของสมการ ดังนี้

ให้ด้านที่ยาวเท่ากันของรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วยาวด้านละ x หน่วย

ด้านที่สามยาว y หน่วย

จะได้สมการ $2x + y = 15$

จากนั้นใช้การสมมุติค่าของ x แล้วหาค่าของ y ซึ่งต้องอยู่ในเงื่อนไข “ผลบวกของความยาวของด้านของรูปสามเหลี่ยมย่อมยาวกว่าด้านที่สาม”

ตัวอย่าง ปัญหาที่สามารถแสดงแนวคิดหรือวิธีการในการแก้ปัญหาได้หลายอย่าง

“พี่น้องสามคน มีอายุห่างกันคนละ 2 ปี เรียงลำดับตามอายุจากน้อยไปหามาก คือ สมใจ สมหวัง และสมจิตร ทั้งสามคนมีอายุรวมกัน 75 ปี จงหาอายุของคนทั้งสาม”

แนวคิด 1

75 เป็นจำนวนคี่ ซึ่งได้จากผลบวกของจำนวนสามจำนวน แต่ละจำนวนที่อยู่ติดกันมีค่าแตกต่างกัน 2 ดังนั้น ทั้งสามจำนวนเป็นจำนวนคี่

สมมติจำนวน แล้ว ตรวจสอบผลบวก

$$19 + 21 + 23 = 63$$

$$21 + 23 + 25 = 69$$

$$23 + 25 + 27 = 75$$

คำตอบคือ สมใจ สมหวัง และสมจิตร มีอายุ 23 , 25 และ 27 ปีตามลำดับ

แนวคิด 2

อายุของคนกลาง คือ สมหวัง เป็นค่าเฉลี่ยของอายุของคนทั้งสามคน

หาค่าเฉลี่ยของอายุได้ $75 \div 3 = 25$ เป็นอายุของสมหวัง

ดังนั้น สมใจมีอายุ $25 - 2 = 23$ ปี และสมจิตรมีอายุ $25 + 2 = 27$ ปี

แนวคิด 3

สมมติ อายุของน้องคนสุดท้อง คือ สมใจ มีอายุ x ปี จะได้สมหวัง และสมจิตรมีอายุ $x + 2$ และ $x + 4$ ปีตามลำดับ

$$\begin{aligned} x + (x + 2) + (x + 4) &= 75 \\ 3x + 6 &= 75 \\ 3x &= 75 - 6 \\ 3x &= 69 \\ x &= 23 \end{aligned}$$

ดังนั้น สมใจ สมหวัง และสมจิตร มีอายุ 23 , 25 และ 27 ปี ตามลำดับ

นอกจากจะฝึกความความคิดริเริ่มสร้างสรรค์โดยอาศัยโจทย์ปัญหาแล้ว ผู้สอนสามารถพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการเรียนรู้ในกิจกรรมอื่นๆ ได้อีก เช่น กิจกรรมเกี่ยวกับการออกแบบ การต่อรูป การประดิษฐ์จากเงื่อนไขที่กำหนดให้

จากที่กล่าวมาข้างพอสรุปได้ว่า ในการพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีความหลากหลาย ให้อิสระในการแสดงความคิดและการแสดงออกของนักเรียน รวมทั้งใช้เทคนิคในการจัดการเรียนรู้ต่างๆ เช่น เทคนิคการระดมสมอง เป็นต้น เพื่อเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ได้อย่างเต็มศักยภาพ

2.5.3 บทบาทของครูในการพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ฮอลล์แมน (ดิลก ดิลกานนท์. 2534 : 21-22 อ้างอิงจาก Hallman. 1971 : 220-224) ได้เสนอข้อเสนอแนะสำหรับครูในการพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์แก่ผู้เรียนดังนี้

1. ให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ด้วยความคิดริเริ่มของตนเอง ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเป็นผู้ค้นพบและอยากทดลอง

2. จัดบรรยากาศในการเรียนรู้อย่างเสรี ให้ผู้เรียนมีอิสระในการคิดและการแสดงออก มีอิสระในการศึกษาในกรอบของความสนใจและความสามารถของเขา ครูจะต้องไม่ทำตัวเป็นเผด็จการทางความคิด

3. สนับสนุนให้ผู้เรียนเรียนรู้เพิ่มมากขึ้น โดยการให้ข้อมูลข่าวสารที่กระตุ้นให้เกิดความสนใจที่จะเรียนรู้เพิ่มขึ้นด้วยตนเอง

4. ส่งเสริมกระบวนการคิดสร้างสรรค์โดยยั่วยุผู้เรียนคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในรูปแบบที่แปลกใหม่จากเดิม ส่งเสริมจากการคิดจินตนาการ ส่งเสริมให้คิดวิธีการแก้ปัญหาแปลกๆ ใหม่ๆ

5. ไม่เข้มงวดผลหรือคำตอบ หรือข้อสรุปที่ได้จากการค้นพบของผู้เรียนมากเกินไป ครูต้องไม่ให้ความสำคัญกับความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น และยอมรับความคลาดเคลื่อนและความผิดพลาดเป็นเรื่องปกติ

6. สนับสนุนให้ผู้เรียนมีความยืดหยุ่นทางสติปัญญา โดยยั่วยุให้ผู้เรียนคิดหาวิธีการหาคำตอบหรือการแก้ปัญหาหลายๆ วิธี

7. สนับสนุนให้ผู้เรียนรู้จักประเมินผลสัมฤทธิ์และความก้าวหน้าของตนเองด้วย

8. ส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่ไวต่อการรับรู้ในสิ่งเร้า ทั้งในด้านความรู้สึกและปัญหาในด้านบุคคลและสังคม

9. ส่งเสริมให้ผู้เรียนตอบคำถามประเภทปลายเปิดที่มีความหมายและไม่มีคำตอบที่แน่นอนตายตัว

10. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ความคิด และเครื่องมือในการแก้ปัญหา ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเข้าถึงกระบวนการโดยตลอด

11. ฝึกให้ผู้เรียนมีกำลังใจต่อการสู้ความล้มเหลวและความคับข้องใจ

12. ฝึกให้ผู้เรียนพิจารณาแก้ปัญหาในภาพรวมมากกว่าที่จะแก้ปัญหาย่อยๆ เข้าใจปัญหาและรู้จักบูรณาการปัญหาเหล่านั้น

ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และ ดารณี คำวังนัง (2544 : 78) กล่าวถึงบทบาทของครูผู้สอนในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. ส่งเสริมให้ผู้เรียนถามและให้ความสนใจต่อคำถามแปลกๆ ของผู้เรียน

2. เปลี่ยนบทบาทของตนเป็นผู้ชี้แนะ ลดการอธิบายและบรรยายลง

3. กระตุ้นให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ ค้นหา พิสูจน์ความสงสัย

4. ตั้งใจฟังและเอาใจใส่ความคิดแปลกๆ ของผู้เรียน

5. ตอบคำถามแปลกๆ ของผู้เรียนได้อย่างมีชีวิตชีวา

6. แนะนำให้ผู้เรียนหาคำตอบจากแหล่งต่างๆ ด้วยตนเอง

7. ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้จินตนาการของตนเอง

จากที่กล่าวมาข้างต้นอาจสรุปได้ว่า นอกจากครูจะทำหน้าที่เป็นผู้สอนแล้วครูยังมีหน้าที่ต้องส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ให้เกิดแก่นักเรียน โดยครูจะต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียน กระตุ้นให้นักเรียนรู้จักคิด แสดงความรู้สึก ความคิดเห็นออกมา มอบหมายงานสร้างสรรค์ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และสร้างสัมพันธภาพที่ดีกับนักเรียน เพื่อให้ นักเรียนรู้สึกสบายใจ กล้าที่จะคิด กล้าทำ และกล้าแสดงออก

2.5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

งานวิจัยต่างประเทศ

บอลกา (Balca. 1974 : 98-A) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ โดยการสำรวจเกณฑ์ที่จะนำมาสร้างแบบทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญ 3 กลุ่ม ได้แก่ ครูผู้สอน นักวิชาการทางคณิตศาสตร์และนักคณิตศาสตร์ ซึ่งคัดเลือกเกณฑ์ที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน 80% ขึ้นไป มาสร้างเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย ซึ่งมีทั้งหมด 6 ด้าน แล้วนำไปทดสอบกับนักเรียนเกรด 6 เกรด 7 และเกรด 8 จำนวน 500 คน แล้วนำมาตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ 3 องค์ประกอบ คือ ความคล่องตัวในการคิด ความยืดหยุ่นในการคิด และความคิดริเริ่ม แล้วนำคะแนนมาวิเคราะห์ผล โดยการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มๆ โดยใช้คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และคะแนนจากแบบวัดเชาวนปัญญาของทางโรงเรียนเป็นเกณฑ์ ผล การวิจัยพบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวประกอบด้วยความคิด 2 ลักษณะ คือ การคิดแบบเอกนัย (Convergent) และการคิดอเนกนัย (Divergent) และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เชาวนปัญญา และความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป

แครร์รอล และ โฮเวียสัน (Carroll and Howieson. 1991 : 214) ได้ทำการวิจัยโดยใช้แบบทดสอบวัดความฉลาดและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน แล้วได้ดำเนินการสอนนักเรียนเพื่อเปรียบเทียบความฉลาดและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 7 จำนวน 48 คน แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ตามคะแนนความฉลาดและความคิดสร้างสรรค์ที่ได้ทดสอบในครั้งแรก ซึ่งวัดจากการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้คะแนนสูงสุดเป็นนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มของนักเรียนที่มีความฉลาดสูงและกลุ่มที่มีความคิดสร้างสรรค์สูง

ซิมป์สัน (Simpson. 1999 : 106) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ ความฉลาด แรงจูงใจ และเพศของเด็กปัญญาเลิศ งานวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบเรนซูลลี (Renzulli) อธิบายลักษณะของความเป็นเลิศทางสติปัญญาเกี่ยวกับความฉลาดระดับสูง ความสามารถทางด้านความคิดสร้างสรรค์และการปฏิบัติงานขั้นสูง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนปัญญาเลิศเกรด 5 การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ผลการวิจัยพบว่า ความฉลาดและแรงจูงใจ เป็นปัจจัยสำคัญต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แต่ความคิดสร้างสรรค์ไม่เป็นปัจจัยสำคัญต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเพศไม่เป็นปัจจัยสำคัญต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของเด็กปัญญาเลิศ

งานวิจัยในประเทศ

สุพัตรา ฤกษ์บ้าย (2544 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยโดยการเปรียบเทียบผลของการใช้เทคนิคแบบร่วมมือและการใช้สัญญาณเงื่อนไข เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของ

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2543 ที่มีเชาวน์ปัญญาระดับปานกลางและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไป ตามเกณฑ์ของกรมวิชาการและมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 ลงมา จำนวน 40 คน โดยกลุ่มที่ 1 ใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ และใช้สัญญาเงื่อนไขเป็นกลุ่มและกลุ่มทดลองกลุ่มที่ 2 ใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือและใช้สัญญาเงื่อนไขเป็นรายบุคคล ผลจากการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนที่ใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือและใช้สัญญาเงื่อนไขเป็นกลุ่ม มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นหลังจากการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่ใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือและใช้สัญญาเงื่อนไขเป็นรายบุคคลก็มีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นหลังจากการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 รวมทั้งนักเรียนที่ใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือและใช้สัญญาเงื่อนไขเป็นกลุ่มมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ไม่ต่างจากนักเรียนที่ใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือและใช้สัญญาเงื่อนไขเป็นรายบุคคล

ศิริพร เถาว์โท (2545 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยผลของการเรียนรู้แบบบูรณาการที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ต่ำจำนวน 30 คน กลุ่มทดลองได้รับการเรียนรู้แบบบูรณาการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ โปรแกรมการเรียนรู้แบบบูรณาการและแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ผลจากการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น หลังจากได้รับการเรียนรู้แบบบูรณาการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น หลังจากไม่ได้รับการเรียนรู้แบบบูรณาการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 รวมทั้งนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบบูรณาการ มีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มมากขึ้นกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการเรียนรู้แบบบูรณาการ

สวดยสนีย์ กลิ่นสุคนธ์ (2545 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการใช้เทคนิคแบบร่วมแรงร่วมใจ ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่มีเชาวน์ปัญญาระดับปานกลางและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ตั้งแต่ ร้อยละ 50 ขึ้นไปตามเกณฑ์ของกรมวิชาการและมีความคิดสร้างสรรค์ต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 ลงมา จำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น หลังจากได้รับและไม่ได้รับการใช้เทคนิคแบบร่วมแรงร่วมใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่ได้รับการใช้เทคนิคแบบร่วมแรงร่วมใจมีความคิดสร้างสรรค์มากกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการใช้เทคนิคแบบร่วมแรงร่วมใจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ทิพย์บุบผา สาคร (2546 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ฝึกด้วยแบบฝึกคิดแบบอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ในแต่ละผลผลิตตามแนวทฤษฎีของกิลฟอร์ดและจำแนกตามระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลจากการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการฝึกด้วยแบบฝึกคิดแบบอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ในแต่ละผลผลิตตามแนวทฤษฎีของกิลฟอร์ดแล้วมีพัฒนาการทางด้านความคิดสร้างสรรค์ในแต่ละด้านสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงและปานกลาง และนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกับต่ำ มีพัฒนาการทางความคิดสร้างสรรค์ทาง

คณิตศาสตร์ด้านความคิดคล่องตัว ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนนักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปานกลางและต่ำ มีพัฒนาการทางความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ด้านความคิดคล่องตัว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์พอสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกการคิดอย่างสม่ำเสมอ ด้วยการสร้างปัญหาหรือสถานการณ์ต่างๆ ที่เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดการคิดที่มีความหลากหลาย คิดได้อย่างคล่องแคล่ว และมีความแปลกใหม่

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลตามสภาพจริง (Authentic Assessment)

3.1 ความหมายของการประเมินผลตามสภาพจริง

สมนึก นนธิจันทร์ (2540 : 73) กล่าวว่า การประเมินผลจากสภาพจริงเป็นการประเมินผลที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้กระทำกิจกรรมต่างๆ ด้วยการแสดงออกหลายๆ ด้านเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาโดยใช้ทักษะกระบวนการคิดที่สลับซับซ้อน ที่อยู่บนพื้นฐานของเหตุการณ์ที่เป็นในทุกบริบทเท่าที่จะเป็นไปได้

สมนึก ภักธิยธนี (2541 : 48) กล่าวว่า การประเมินตามสภาพจริง หมายถึง กระบวนการสังเกต การบันทึก และรวบรวมข้อมูลจากงานและวิธีการที่นักเรียนทำ เพื่อเป็นพื้นฐานของการตัดสินใจในการศึกษาถึงผลกระทบต่อนักเรียนเหล่านั้น การประเมินผลจากสภาพจริงจะไม่เน้นการประเมินผลเฉพาะทักษะพื้นฐาน แต่จะเน้นการประเมินทักษะการคิดที่ซับซ้อนในการทำงานของนักเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และการแสดงออกที่เกิดจากการปฏิบัติในสภาพจริงในการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เป็นผู้ค้นพบและผู้ผลิตความรู้ นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติจริง รวมทั้งเน้นพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน

กรมวิชาการ (2542 : 6) กล่าวถึงความหมายของการประเมินจากสภาพจริงว่า เป็นกระบวนการสังเกต การบันทึกและรวบรวมข้อมูลจากงานและวิธีการที่ผู้เรียนทำเพื่อเป็นพื้นฐานของการตัดสินใจในการศึกษาถึงผลกระทบต่อผู้เรียน การประเมินผลจากสภาพจริงจะไม่เน้นเฉพาะทักษะพื้นฐานแต่จะเน้นการประเมินทักษะการคิดที่ซับซ้อนในการทำงานของผู้เรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และการแสดงออกที่จะเกิดจากการปฏิบัติจริงในสภาพจริง ในการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ให้ผู้ค้นพบและผู้ผลิตความรู้ ฝึกปฏิบัติจริง รวมทั้งการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อสนองจุดประสงค์ของหลักสูตรและความต้องการของสังคม

นิยม ไชยวงศ์ (2544 : 30) กล่าวว่า การประเมินจากสภาพจริง เป็นกระบวนการสังเกต การบันทึกและการรวบรวมข้อมูลการเรียนรู้ จากวิธีการทำงานและผลงานที่นักเรียนทำในสภาพของการแสดงออกจริง ในเนื้อหาวิชาที่เรียนเป็นการประเมินที่ดำเนินการอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาควบคู่

ไปกับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการวัดที่การแสดงออก กระบวนการคิด/ทำงาน (Process) ผลผลิต (Product) และแฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) เพื่อพัฒนาการต่างๆ ของผู้เรียน โดยให้ความสำคัญกับการช่วยเหลือนักเรียนให้ประสบผลสำเร็จในการเรียนรู้และพัฒนาการด้านอื่นๆ การประเมินจากสภาพจริงจะแตกต่างจากการประเมินการเรียนที่ได้รับการทดสอบ ที่มุ่งวัดเฉพาะความรู้และทักษะบางส่วน นอกจากนี้การประเมินตามสภาพจริงยังเป็นการประเมินที่ให้สารสนเทศที่มีคุณภาพต่อเนื่องเอื้อประโยชน์ต่อครูผู้สอน เพื่อใช้เป็นแนวทางปรับปรุง พัฒนารูปแบบ วิธีการจัดการเรียนการสอนให้ตอบสนองความแตกต่างของแต่ละบุคคล

จากที่กล่าวมาข้างต้นอาจสรุปได้ว่า การประเมินตามสภาพจริง หมายถึง การประเมินความสามารถของนักเรียนจากสภาพที่แท้จริง เพื่อตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการทำงาน ในสถานการณ์ที่เป็นจริงหรือคล้ายกับของจริง ไม่ได้เน้นที่การประเมินทักษะพื้นฐานเพียงอย่างเดียว แต่มุ่งเน้นที่จะประเมินทักษะการคิดที่มีความซับซ้อนของนักเรียนและเปิดโอกาสให้ตัวนักเรียน เพื่อน ครูและผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการประเมินผล เพื่อที่จะวัดความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนได้ นอกจากนี้ การประเมินผลจากสภาพจริงยังเป็นวิธีการประเมินผลที่ส่งเสริมพัฒนาการของนักเรียนทุกด้านและช่วยให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้และเสริมสร้างทักษะมากขึ้น

3.2 แนวคิดหลักเกี่ยวกับการประเมินผลตามสภาพจริง

จรัญ คำยัง (2539 : 51) กล่าวถึง แนวคิด (Conceptual Framework) ในการประเมินตามสภาพจริง ไว้ว่า แนวคิดหรือกรอบความคิดของการประเมินตามสภาพจริงที่จะนำไปสู่การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่เป็นวิธีการที่เป็นชีวิตจริง (Authentic Approach) ทำให้เกิดการเรียนรู้เต็มศักยภาพของผู้เรียน มีดังต่อไปนี้

1. การปฏิบัติในชีวิตจริงสามารถถ่ายโยง (Transfer) ไปสู่สถานการณ์ใหม่ได้ดีกว่าการนำความรู้จากการเรียนรู้ทั่วๆ ไปที่ไม่ใช่สภาพชีวิตจริง
2. ผู้เรียนได้ใช้ความคิดและการปฏิบัติอย่างมีความหมายต่อผู้เรียน เนื่องจากผู้เรียนได้คิดงานเอง และปฏิบัติตามความคิดของเขาอย่างมุ่งมั่นทำให้เกิดความมุ่งมั่น และทำให้สำเร็จเพื่อจะได้เห็นผลแห่งการคิดและการปฏิบัติ
3. กระตุ้นให้ผู้เรียนอยากคิด อยากทดลองและปฏิบัติ การกำหนดปัญหาที่ท้าทายยาก และเป็นไปได้จริง นอกจากมีความหมายต่อผู้เรียนแล้วยังทำให้ผู้เรียนไม่เบื่อหน่าย อยากคิด และอยากทำให้สำเร็จ
4. เน้นให้ผู้เรียนคิดและปฏิบัติด้วยแนวทางของตนเอง (Self-directed Approach) แนวคิดของวิธีที่เน้นชีวิตจริงมุ่งให้ผู้เรียนแก้ปัญหาด้วยวิธีของตนเอง คิดวางแผนด้วยวิธีของตนเอง ปฏิบัติในสิ่งที่ตนชอบ ดังนั้นการกำหนดงานควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีอิสระในการคิด ไม่ควรเป็นงานที่ต้องทำตามคำสั่ง (On-Commanded Tasks) เพราะจะไม่เกิดความคิดสร้างสรรค์

5. ส่งเสริมให้นำความรู้หลายเนื้อหาหลายวิชา (Crossed Area) มาประยุกต์ใช้ เป็นธรรมชาติของชีวิตจริงที่จะทำการสิ่งใดจะเป็นการวางแผนหรือการแก้ปัญหาจะใช้ทักษะย่อยๆ กับเนื้อหาที่เป็นองค์ความรู้จากหลากหลายวิชามารวมการเข้าด้วยกัน

กรมวิชาการ (2542 : 27) กล่าวว่า หลักการที่จำเป็นของการประเมินจากสภาพจริง มีดังนี้

1. เป็นการเปรียบเทียบความก้าวหน้าและการแสดงออกของผู้เรียนแต่ละคน (มิใช่เปรียบเทียบกับกลุ่ม) บนรากฐานของทฤษฎีทางพฤติกรรมการเรียนรู้และด้วยเครื่องมือประเมินที่หลากหลาย
 2. การประเมินจากสภาพจริงจะต้องมีรากฐานบนพัฒนาการที่เหมาะสมจะต้องเรียนรู้ทางสติปัญญาที่หลากหลาย
 3. การประเมินผลจากสภาพจริงและการพัฒนาหลักสูตรที่เหมาะสม จะต้องจัดให้ส่งเสริมซึ่งกันและกัน คือ จะต้องพัฒนามาจากบริบทที่มีรากฐานทางวัฒนธรรมที่ผู้เรียนอาศัยอยู่และที่ต้องเรียนรู้ให้ทันกับกระแสการเปลี่ยนแปลงของโลก
 4. ความรู้ในเนื้อหาสาระในทางกว้างและลึกจะนำไปสู่การพัฒนาให้ผู้เรียนเรียนรู้มากขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนได้บรรลุเป้าหมาย สนองความต้องการและเสริมสร้างศักยภาพของผู้เรียนอย่างเต็มที่
 5. การเรียนการสอน การประเมิน จะต้องหลอมรวมกันและประเมินอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาที่ทำการเรียนการสอนโดยผู้เรียนมีส่วนร่วม
 6. การเรียนการสอน การประเมิน เน้นการปฏิบัติจริงในสภาพที่สอดคล้องหรือใกล้เคียงกับธรรมชาติความเป็นจริงของการดำเนินชีวิต งาน/กิจกรรมการเรียนการสอนควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดงานด้วยตนเอง
 7. การเรียนการสอนจะต้องเป็นไปเพื่อพัฒนาศักยภาพให้เต็มที่สูงสุดตามสภาพที่แท้จริงของแต่ละบุคคล
- จากที่กล่าวมาอาจพอสรุปได้ว่า แนวคิดหลักเกี่ยวกับการประเมินผลตามสภาพจริง เป็นการประเมินความก้าวหน้าของนักเรียนและประเมินจากสภาพที่แท้จริงของนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงตามแนวทางที่ตนเองวางไว้ และสามารถนำความรู้ที่ได้รับมาประยุกต์ใช้จริงในชีวิตประจำวัน

3.3 ลักษณะของการประเมินผลตามสภาพจริง

สมนึก นนธิจันทร์ (2540 : 75) ได้กล่าวถึงลักษณะของการประเมินผลตามสภาพจริงไว้ดังนี้

1. เป็นการประเมินผลจากสภาพจริง กระทำได้ตลอดเวลาในทุกสถานการณ์ทั้งที่บ้าน โรงเรียน และชุมชน สังเกตพฤติกรรมต่างๆ โดยใช้การตัดสินใจของมนุษย์ในการให้คะแนน

2. กำหนดปัญหาหรืองานแบบปลายเปิด เพื่อให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างคำตอบเอง (รูปแบบเก่าผู้เรียนต้องเลือกคำตอบจากผู้เขียนข้อสอบกำหนดไว้) กล่าวคือ ให้ผู้เรียนตอบด้วยการแสดงอย่างสร้างสรรค์ในการผลิตหรือทำงาน

3. ไม่เน้นการประเมินผลทักษะพื้นฐานแต่ให้ผู้เรียนผลิต สร้าง หรือทำบางสิ่งบางอย่างที่เน้นทักษะการคิดที่ซับซ้อน การพิจารณาไตร่ตรอง การทำงาน และการแก้ปัญหา นั่นคือเน้นการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา

4. เน้นสภาพปัญหาที่สอดคล้องกับความเป็นจริงในชีวิตประจำวัน (โลกแห่งความจริง) เน้นการแก้ปัญหาที่สะท้อนถึงชีวิตจริง

5. ใช้ข้อมูลอย่างหลากหลายเพื่อที่จะประเมิน นั่นคือ ความพยายามที่จะรู้จักผู้เรียนในทุกแง่มุม ข้อมูลจึงต้องได้มาจากหลายๆ ทาง ซึ่งหมายถึงเครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลต้องมีหลากหลายประการด้วย

6. เน้นการมีส่วนร่วมระหว่างผู้เรียน-ผู้สอน-ผู้ปกครอง

7. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจว่า จะประเมินเขาตรงไหน เรื่องอะไร การให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน ทำให้ผู้เรียนรู้จักวางแผนการเรียนรู้ตามความต้องการของตนเองว่าอยากรู้ อยากทำอะไรบ้าง ซึ่งนำไปสู่การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ วิธีการเรียนและวางแผนการประเมินผล อันเป็นการเรียนและการประเมินผลที่ใช้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางอย่างแท้จริง

สมศักดิ์ ภูววิภาดาบรรณ (2544 : 101-104) ได้จำแนกคุณลักษณะของการประเมินตามสภาพจริงออกเป็น 4 ลักษณะ ดังนี้

1. การปฏิบัติในสภาพจริง (Performance in the Field) การประเมินตามสภาพจริง ออกแบบขึ้นเพื่อประเมินการปฏิบัติตามสภาพจริง เช่น นักเรียนเรียนการเขียนก็ต้องเขียนให้ผู้อ่านจริงเป็นผู้อ่าน มิใช่เรียนการเขียนแล้ววัดนักเรียนด้วยเพียงการใช้แบบทดสอบวัดการสะกดคำหรือตอบคำถามเกี่ยวกับหลักการเขียน หรือถ้าให้นักเรียนเรียนวิทยาศาสตร์ต้องให้นักเรียนทำการทดลองวิทยาศาสตร์ ทำงานค้นคว้าวิจัย หรือทำโครงการงานแทนการทดสอบเพียงความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามงานที่ให้นักเรียนทำต้องเป็นงานที่สัมพันธ์กับชีวิตความเป็นจริง ทำหยาการใช้สติปัญญาที่ซับซ้อน หรือใช้ความรู้ที่อาศัยทักษะทางอภิปัญญา (Metacognition Skills) และต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้านแบบการเรียนรู้ของนักเรียน (Learning Styles) ความถนัด (Aptitudes) และความสนใจของนักเรียนเพื่อใช้พัฒนาความสามารถและค้นหาจุดเด่นของนักเรียน

2. เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน (Criteria) เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินต้องเป็นเกณฑ์ประเมิน “แก่นแท้” (Essentials) ของการปฏิบัติมากกว่าเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่สร้างขึ้นจากผู้ใดโดยเฉพาะ เกณฑ์ที่เป็นแก่นแท้นี้เป็นเกณฑ์ที่เปิดเผยและรับรู้กันอยู่ในโลกของความเป็นจริงของทั้งตัวนักเรียนเองและผู้อื่น ไม่ใช่เกณฑ์ที่เป็นความลับปกปิดอย่างที่มีการประเมินแบบดั้งเดิมใช้อยู่ การให้นักเรียนรู้ว่าตนเองต้องทำภารกิจอะไรและมีเกณฑ์อย่างไร การเปิดเผยเกณฑ์การประเมินไม่ใช่เป็นการ “คดโกง” ถ้าภารกิจนั้นเป็นเรื่องเกี่ยวกับการปฏิบัติจริง แต่ถ้าภารกิจที่ให้ทำ

เป็นการหาคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว เช่น ข้อสอบแบบเลือกตอบ การเปิดเผยคำตอบก่อนย่อมไม่ควรทำ การประเมินในสภาพจริงที่มีการเปิดเผยเกณฑ์ไว้ก่อนนั้น ถือว่าการเรียนของนักเรียนและการสอนของครูจะส่งเสริมกันและกัน เมื่อครูและนักเรียนต่างรู้ล่วงหน้าว่าการประเมินจะเน้นที่จุดใด ตัวอย่างเช่น รู้ว่าจะวัดจากความสามารถในการแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถใช้หลักฐานอ้างอิงในการเขียนเรียงความ เพื่อชักจูงใจให้อ่านเห็นความสำคัญในหัวข้อที่เขียนเรียงความ กรณีนี้ทั้งผู้สอนและนักเรียนจะรู้ว่าส่งเสริมซึ่งกันและกันอย่างไร

ในแต่ละภารกิจจะมีเกณฑ์ซึ่งระบุถึงมาตรฐานของการปฏิบัติที่แจ่มชัดและโปร่งใส เกณฑ์จะสะท้อนมุมมองที่หลากหลายของภารกิจที่มีความซับซ้อนมากกว่าจะย่นย่อหรือสรุปออกมาให้เห็นได้เพียงด้านใดด้านหนึ่ง เนื่องจากเกณฑ์เป็นเรื่องที่นำมาจากกาปฏิบัติ เกณฑ์จึงเป็นข้อชี้แนะสำหรับการเรียนการสอนและการประเมินที่สะท้อนให้เห็นเป้าหมาย และกระบวนการศึกษาอย่างแจ่มชัด จึงทำให้ครูอยู่ในบทบาทของผู้ฝึก (Coach) และนักเรียนอยู่ในบทบาทของผู้ปฏิบัติ (Performers) พร้อมกับเป็นผู้ประเมินเอง (Self-Evaluators)

3. การประเมินตนเอง (Self-Assessment) การประเมินตนเองมีความสำคัญมากต่อการปฏิบัติภารกิจจริง (Authentic Task) โดยจุดประสงค์ของการประเมินตามสภาพจริง ก็คือ

3.1 เพื่อช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการประเมินงานของตน โดยเทียบวัดกับมาตรฐานทั่วไปของสาธารณชน (Public Standard)

3.2 เพื่อปรับปรุงขยาย และเปลี่ยนทิศทางการดำเนินงาน

3.3 เพื่อริเริ่มในการวัดความก้าวหน้าของตนในรูปแบบต่างๆ หรือจุดต่างๆ อย่างที่ไม่มีการวัดเช่นนี้มาก่อน

จะเป็นไปได้ว่าการประเมินตนเอง เป็นการทำงานที่ตนเป็นผู้ชี้แนะตนเอง ปรับปรุงตนเองจากแรงจูงใจของตนเอง ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อมนุษย์ในโลกของความเป็นจริง

เนื่องจากมาตรฐานการปฏิบัติยึดถือเรื่องของความก้าวหน้าเป็นสำคัญ ดังนั้นการทำให้กระบวนการปรับปรุงสิ่งต่างๆ ดียิ่งขึ้น ชัดเจนมากขึ้น เหมาะสมมากขึ้น จึงถือเป็นหัวใจของการประเมินตามสภาพจริง เปิดโอกาสให้นักเรียนซึ่งอยู่ในระดับขั้นต้นของการพัฒนาสมรรถภาพ มีโอกาสเห็น รับรู้ และได้รับคำชมเชยในการพัฒนาตน

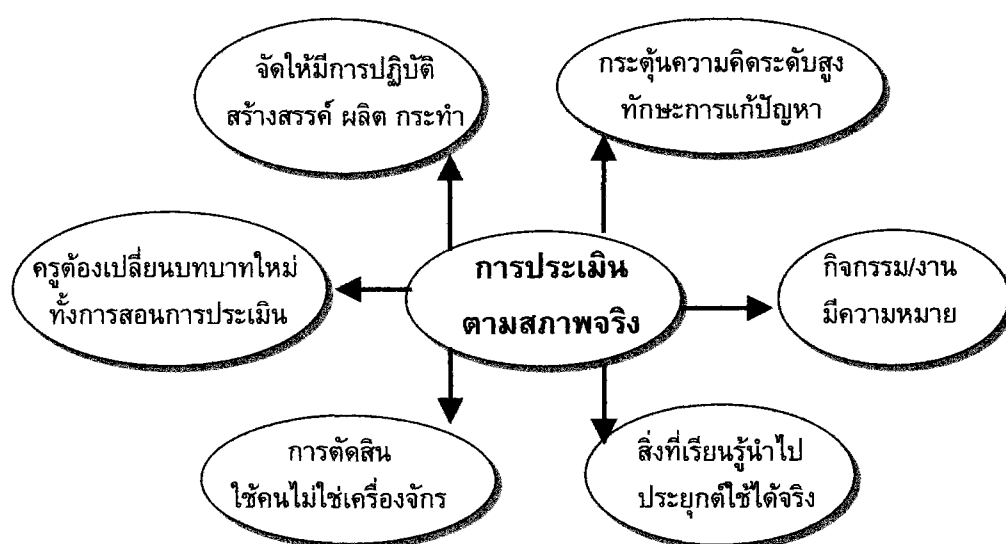
4. การนำเสนอผลงาน คุณลักษณะประการหนึ่งของการประเมินตามสภาพจริง นั่นคือนักเรียนมักได้รับการคาดหวังให้เสนอผลงานต่อสาธารณชน และเป็นการเสนอผลงานด้วยปากเปล่า กิจกรรมการนำเสนอทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ยังรากลึก เนื่องจากนักเรียนได้สะท้อนความรู้สึกของตนว่าอะไรและนำเสนอเพื่อให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจได้ ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้แน่ใจว่านักเรียนได้เรียนรู้ในหัวข้อนั้นๆ อย่างแท้จริง นอกจากนี้คุณลักษณะของการประเมินผลตามสภาพจริงเช่นนี้ มีประโยชน์ตอบสนองต่อเป้าประสงค์ที่สำคัญอีกหลายประการ คือ

4.1 เป็นสัญญาณบ่งบอกว่างานของนักเรียนมีความสำคัญมากพอที่จะให้ผู้อื่นรับรู้และชื่นชมได้

4.2 เปิดโอกาสให้ผู้อื่น เช่น ครู เพื่อนนักเรียน ผู้ปกครองได้เรียนรู้ ตรวจสอบ ปรับปรุง และชื่นชมในความสำเร็จด้วยอย่างต่อเนื่อง

4.3 เป็นตัวแทนของการบรรลุถึงเป้าหมายในการวัดทางการศึกษาอย่างแท้จริง และมีชีวิตชีวา

ลักษณะของการวัดและการประเมินผลสภาพจริง เป็นการประเมินจากการปฏิบัติจริงของนักเรียน ซึ่งการเปิดโอกาสให้แก่ผู้เรียนและกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยการฝึกปฏิบัติในสิ่งที่ตนเองมีความสามารถ ความถนัด และความสนใจ ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนาได้อย่างเต็มศักยภาพ และพัฒนาได้ในทุกๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านความรู้ความเข้าใจ ด้านทักษะกระบวนการ รวมทั้งด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ซึ่งอาจสรุปเป็นแผนภาพได้ ดังนี้



ภาพประกอบ 10 คุณลักษณะของการประเมินจากทางเลือกใหม่

ที่มา : สมศักดิ์ ภูวิภาดาบรรณ. (2542, สิงหาคม-กันยายน). แนวคิดในการพัฒนาคนและกระบวนการเรียนรู้. วารสารข้าราชการครู. หน้า 103.

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า ในการประเมินผลตามสภาพจริงหรือการประเมินผลจากทางเลือกใหม่นั้น คุณลักษณะโดยรวมของการประเมิน ก็คือต้องจัดให้นักเรียนได้แสดงออก ใช้ความคิดระดับสูง สิ่งที่ยื่นต้องมีความหมายและสามารถนำไปใช้ได้ในชีวิตจริง ใช้คนเป็นผู้ตัดสินใจ การประเมินไม่ใช่เครื่องจักร ให้นักเรียนได้ประเมินตนเองและมีเกณฑ์การประเมินที่เปิดเผยโปร่งใส นอกจากนั้นบทบาทของครูจะต้องเปลี่ยนใหม่โดยให้ยัดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง และใช้เครื่องมือหลากหลายในการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน

3.4 วิธีการประเมินผลตามสภาพจริง

กรมวิชาการ (2542 : 39) ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2544 : 243) สำลี รักสุทธี (2544 : 115) ได้กล่าวถึงวิธีการประเมินตามสภาพที่แท้จริง ซึ่งอาจสรุปได้ดังนี้

1. การสังเกต (Observation) เป็นวิธีการวัดและเก็บข้อมูลตามสภาพจริงได้ดี เพราะสามารถทำได้ตลอดเวลาทุกสถานที่ การสังเกตทำได้โดยตั้งใจและไม่ตั้งใจ คือ มีแบบรายการกำหนดไว้ล่วงหน้าเพื่อบันทึกกิจกรรมต่างๆ ที่พบเห็นซึ่งอาจเป็นกระต่ายแผ่นเล็กจดไว้แล้วมาลงรายละเอียดภายหลัง อย่างไรก็ตามการสังเกตควรทำทั้ง 2 วิธี ผู้สอนสามารถออกแบบบันทึกได้หลากหลาย เช่น แบบตรวจรายการ แบบมาตราส่วนประมาณค่า แบบบันทึกกระบวนสะสม เป็นต้น

2. การสัมภาษณ์ (Interview) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะเก็บข้อมูลพฤติกรรมด้านต่างๆ ได้ดี เช่น ความคิด (สติปัญญา) ความรู้สึก กระบวนการขั้นตอนในการทำงาน วิธีการแก้ปัญหา ฯลฯ อาจใช้ประกอบกับการสังเกตเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มั่นใจยิ่งขึ้น

ข้อแนะนำในการสัมภาษณ์ ควรเตรียมตัวและปฏิบัติดังนี้

2.1 ก่อนการสัมภาษณ์

- 2.1.1 ศึกษาข้อมูลภูมิหลังของนักเรียน
- 2.1.2 ศึกษาจุดมุ่งหมายของการสัมภาษณ์
- 2.1.3 จัดทำแบบสัมภาษณ์หรือคู่มือครู
- 2.1.4 ฝึกหัดการสัมภาษณ์
- 2.1.5 นัดหมายผู้สัมภาษณ์

2.2 ระหว่างการสัมภาษณ์

- 2.2.1 สร้างบรรยากาศเป็นกันเอง
- 2.2.2 ตั้งใจฟังอย่างสนใจ และไวต่อความรู้สึกของผู้ถูกสัมภาษณ์
- 2.2.3 ตั้งคำถามที่น่าสนใจ และไม่ควรชี้นำคำตอบ
- 2.2.4 อย่าสอนหรือให้คำแนะนำ
- 2.2.5 สร้างบรรยากาศให้การสนทนาและเป็นไปอย่างธรรมชาติ
- 2.2.6 อย่าเอาอารมณ์หรือความรู้สึกเข้าไปเกี่ยวข้องและตระหนักอยู่เสมอว่าการสัมภาษณ์มิใช่การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นแต่เป็นการรวบรวมข้อเท็จจริง
- 2.2.7 ในกรณีที่มีการบันทึกเสียง ควรจะแจ้งและขออนุญาตผู้ถูกสัมภาษณ์
- 2.2.8 พยายามให้ผู้สัมภาษณ์ตอบให้ตรงประเด็น
- 2.2.9 ใช้วาจาที่สุภาพ

2.3 เมื่อเสร็จสิ้นการสัมภาษณ์

- 2.3.1 ไม่ควรแสดงอาการรีบร้อนเมื่อหมดเวลาการสัมภาษณ์
- 2.3.2 ปิดการสัมภาษณ์ให้เป็นกันเอง และพยายามทำให้ผู้ถูกสัมภาษณ์รู้สึกเห็นความสำคัญและประโยชน์ของการสัมภาษณ์

3. การตรวจงาน เป็นการวัดและการประเมินผลที่เน้นการนำผลการประเมินไปใช้ในทันทีใน 2 ลักษณะ คือ

3.1 เพื่อการช่วยเหลือนักเรียน ครูสามารถนำผลการประเมินไปเป็นข้อมูลในการช่วยเหลือนักเรียนได้ถูกต้อง

3.2 เพื่อการปรับปรุงการสอนของครู ครูจะรู้ตัวเองว่าควรแก้ไขอย่างไร การตรวจงานมีหลายอย่าง เช่น การตรวจแบบฝึกหัด ผลงานภาคปฏิบัติ โครงการ โครงงาน การปฏิบัติงาน ภาคสนามและการทำงานอื่นๆ ที่เน้นการใช้ความคิดขั้นสูงในการวางแผนจัดการดำเนินการแก้ปัญหาสิ่งที่ควรทำควบคู่ไปด้วยเสมอ คือ ลักษณะนิสัยและคุณลักษณะที่ดีในการทำงาน

ข้อเสนอแนะบางประการในการตรวจงาน โดยทั่วไปครูมักประเมินนักเรียนทุกคนจากชิ้นงานเดียวกัน การประเมินแนวใหม่ให้ยืดหยุ่นการประเมินมากขึ้น ดังนี้

1. ไม่จำเป็นต้องนำงานทุกชิ้นมาประเมิน อาจเลือกเฉพาะงานที่นักเรียนได้ดี ซึ่งเป็นวิธีการเน้นจุดแข็ง เสริมแรงให้นักเรียน
2. อาจประเมินชิ้นงานที่นักเรียนทำนอกเหนือจากที่ครูกำหนดให้ได้ แต่ต้องมั่นใจว่านักเรียนทำเองจริงๆ
3. ชิ้นงานที่หยิบมาประเมินของแต่ละคนอาจเป็นเรื่องเดียวกันหรือไม่ก็ได้
4. ผลการประเมิน ไม่ควรบอกเป็นคะแนนหรือระดับคุณภาพที่เป็นเฉพาะตัวเลขอย่างเดียว แต่ควรบอกความหมายของผลของคะแนนด้วย

4. การรายงานตนเอง เป็นการให้นักเรียนเขียนบรรยายหรือตอบสั้นๆ หรือตอบแบบสอบถามที่ครูสร้างขึ้น เพื่อสะท้อนถึงการเรียนรู้ของนักเรียน ทั้งความรู้ความเข้าใจ วิธีคิด วิธีการทำงาน ความพอใจในผลงาน ความต้องการพัฒนาตนเองให้ดีขึ้น

ตัวอย่างคำถามให้นักเรียนตอบสั้นๆ เพื่อสะท้อนความคิด วิธีการทำงาน หรือบุคลิกภาพของนักเรียน เช่น ให้นักเรียนเขียนชิ้นงานที่นักเรียนต้องการให้ครูประเมินแล้วตอบคำถาม ต่อไปนี้

1. ทำไมเธอถึงเลือกชิ้นงานนี้.....
2. จุดเด่นของงานนี้.....
3. มีอะไรสำคัญเป็นพิเศษหรือไม่.....
4. จากงานชิ้นนี้เธอได้เรียนรู้อะไรบ้าง.....
5. ถ้าทำได้ งานชิ้นต่อไปเธอจะทำอะไร.....

5. การใช้บันทึกจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง เป็นการรวบรวมความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับตัวนักเรียน ผลงานนักเรียน โดยเฉพาะความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนจากแหล่งต่างๆ เช่น

5.1 จากเพื่อนครู โดยการประชุมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียน

5.2 จากเพื่อนนักเรียน โดยชั่วโมงสนทนาวิพากษ์วิจารณ์ผลงาน (นักเรียนควรได้รับการแนะนำมาก่อนเกี่ยวกับ หลักการ วิธีการวิจารณ์เพื่อสร้างสรรค์)

5.3 จากผู้ปกครอง โดยจดหมายสารสัมพันธ์ที่ครูหรือโรงเรียนกับผู้ปกครองมีถึงกันตลอดเวลา โดยการประชุมผู้ปกครองที่โรงเรียนจัดขึ้นหรือตอบแบบสอบถามนั้นๆ

6. การใช้ข้อสอบแบบเน้นการปฏิบัติจริง หากเป็นข้อทดสอบควรเป็นแบบทดสอบในการปฏิบัติจริง ซึ่งมีลักษณะ ดังนี้

- 6.1 ปัญหานั้นต้องมีความหมายต่อนักเรียนและมีความสำคัญเพียงพอที่จะแสดงถึงภูมิรู้ของนักเรียนระดับต่างๆ
- 6.2 เป็นปัญหาที่เลียนแบบสภาพจริงในชีวิตของนักเรียน
- 6.3 แบบทดสอบต้องครอบคลุมทั้งความสามารถและเนื้อหาตามหลักสูตร
- 6.4 นักเรียนจะต้องใช้ความรู้ความสามารถความคิดหลายๆ ด้านมาผสมผสานกัน และแสดงความคิดเห็นอย่างเป็นขั้นตอน
- 6.5 ควรมีคำตอบถูกหลายคำตอบ และวิธีทำได้หลายวิธี
- 6.6 มีเกณฑ์การประเมินให้คะแนนตามความสมบูรณ์ของคำตอบอย่างชัดเจน

7. การประเมินโดยแฟ้มสะสมผลงาน

ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2544 : 243) กล่าวว่า แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) มีลักษณะสำคัญ 3 ประการ ดังนี้

1. การสะสม (Collection) ผลงานและ/หรือหลักฐานที่เป็นตัวแทนความสามารถของเจ้าของแฟ้ม
2. การจัดระบบ (Organizing) หรือการสะสมข้อมูล ผลงาน หลักฐานด้วยตนเอง อันได้แก่

- 2.1 มีส่วนร่วมในการกำหนดเนื้อหาของแฟ้มสะสมผลงาน
- 2.2 การใช้เกณฑ์คัดเลือกผลงานด้วยตนเอง
- 2.3 การพัฒนาผลงานด้วยตนเอง
- 2.4 การคิดย้อนกลับต่อกระบวนการพัฒนาผลงาน
3. การมีสิ่งสะท้อน (Reflection) ถึงเจ้าของแฟ้ม ในประเด็นต่อไปนี้
 - 3.1 พัฒนาการและความก้าวหน้าในการปฏิบัติงาน
 - 3.2 ผลสำเร็จของการปฏิบัติงาน
 - 3.3 เจตคติและบุคลิกภาพ

สรุปก็คือ ต้องมี 3 ส. คือ สะสม สะสาง และสะท้อน

8. มาตรฐานส่วนประมาณค่า เครื่องมืออีกอย่างหนึ่งที่ใช้บันทึกการสังเกต ก็คือ มาตรฐานส่วนประมาณค่า (Rating Scales) ซึ่งต้องการให้ผู้สังเกตคิดค้นเกี่ยวกับความรู้ ทักษะ ความรู้สึกและคุณลักษณะในขอบเขตที่สังเกต โดยกำหนดให้เป็นตัวเลขหรือบรรยายระดับคุณภาพ มาตรฐานส่วนประมาณค่าจะสร้างค่อนข้างยาก เนื่องจากต้องมีการบรรยายระดับคุณภาพ เพื่อให้เกิดความเข้าใจของผู้สังเกตแต่ละคน มิฉะนั้นจะเกิดความลำเอียง การมีสิ่งแสดงระดับคุณภาพหรือความถี่ของการกระทำจะช่วยให้ครูสามารถบันทึกข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ แต่ต้องพยายามให้เกิดความยุติธรรมมากที่สุด

9. การสุ่มเหตุการณ์ (Event Sampling) เทคนิคการสุ่มเหตุการณ์หรือบางหัวข้อในเหตุการณ์ที่ปรากฏ เช่น ครูอาจสังเกตความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบการแก้โจทย์ปัญหา เป็นต้น มีการบันทึกเหตุการณ์แต่ละอย่างเมื่อลงมือปฏิบัติ แล้วบันทึกเหตุการณ์แต่ละอย่างเมื่อลง

มือสังเกต ซึ่งมีแนวทางหลายวิธีที่จะออกแบบเพื่อบันทึก โดยอาจจะต้องทำอย่างย่อๆ และมีข้อมูลเพียงเล็กน้อย ซึ่งอาจมีการสังเกตประกอบด้วยก็จะมีประโยชน์อย่างมากในการนำไปตีความหมายและสรุปผลของการเรียนรู้

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ครูต้องเลือกวิธีการประเมินที่เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอนแต่ละครั้ง เพื่อให้ได้ผลการประเมินที่มีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น การประเมินที่หลากหลาย จะช่วยให้นักเรียนมีโอกาสดแสดง ความรู้ความสามารถ ทักษะกระบวนการ และการค้นพบความรู้ด้วยตนเอง

3.5 เกณฑ์การประเมิน (Rubric Assessment)

กรมวิชาการ (2544ค : 54 - 59) กล่าวว่า ในการปฏิบัติงานใดๆ ในชีวิตจริงนั้นมีแนวทางไปสู่ความสำเร็จหลายแนวทางและงานหรือคำตอบที่ได้ก็มิใช่คำตอบถูกเพียงคำตอบเดียวหรือมีผลอย่างใดอย่างหนึ่งเสมอไป ในการทำงานภาคปฏิบัติที่สอดคล้องกับสภาพชีวิตจริงของนักเรียนก็เช่นเดียวกัน งานหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้นักเรียนทำจะมีแนวทางไปสู่ความสำเร็จของงาน และวิธีการหาคำตอบหลายแนวทาง คำตอบที่ได้ก็อาจมิใช่เป็นไปตามแนวทางที่กำหนดไว้เสมอไป จึงทำให้การตรวจให้คะแนนไม่สามารถให้ได้อย่างชัดเจนแน่นอนเหมือนการตรวจให้คะแนนข้อสอบแบบเลือกตอบ ซึ่งอาจตรวจให้คะแนนด้วยเครื่องตรวจกระดาษคำตอบก็ได้ ดังนั้น การตรวจให้คะแนนการปฏิบัติที่ตัดสินใจโดยมนุษย์ จึงต้องมีการกำหนดแนวทางเป็นการให้คะแนนไว้อย่างชัดเจนโดยอาจทำขึ้นจากครูเพียงหนึ่งคนหรือ มากกว่าหนึ่งคนก็ได้ ซึ่งเป็นแนวทางเดียวกับการให้คะแนนการแข่งขันนิพนธ์หรือกระโดดน้ำ

เครื่องมือที่ใช้เป็นแนวทางประเมินการปฏิบัติงานของนักเรียนเรียกว่า “รูบรีค” (Rubric) มาจากภาษาลาตินว่า “RUBRICATERRA” เป็นคำที่ใช้ในสมัยโบราณเกี่ยวกับศาสนาซึ่งหมายถึงการทำเครื่องหมายสีแดงไว้บนสิ่งสำคัญ ดังนั้นรูบรีคก็คือแนวทางการให้คะแนน (Scoring Guide) ซึ่งจะต้องกำหนดมาตรวัด (Scale) และรายการของคุณลักษณะที่บรรยายถึงความสามารถในการแสดงออกของแต่ละจุดในมาตรวัดได้อย่างชัดเจน หนึ่งในกรณีที่รูบรีคบรรยายถึงระดับความสามารถการแสดงออกของนักเรียนในแต่ละระดับ จึงเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับครูผู้ปกครองและผู้สนใจอื่นๆ ได้ทราบว่า นักเรียนรู้อะไรและทำอะไรได้มากน้อยแค่ไหน รูบรีคจึงมีส่วนสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้โดยสามารถทำให้เป้าหมายของการแสดงออกของนักเรียนมีความชัดเจน จะนำไปสู่การบรรลุจุดประสงค์หรือสมรรถภาพที่สำคัญของมาตรฐานการศึกษาได้

การให้คะแนนของรูบรีค ก็คือการตอบคำถามว่านักเรียนทำอะไรได้สำเร็จหรือว่ามีระดับความสำเร็จในขั้นต่างๆ กันหรือมีผลงานเป็นอย่างไรนั่นเอง การให้คะแนนรูบรีคมี 2 แบบ คือ

1. การให้คะแนนเป็นภาพรวม (Holistic Score) คือการให้คะแนนงานชิ้นใดชิ้นหนึ่งโดย ดูภาพรวมของชิ้นงานว่ามีความเข้าใจความคิดรวบยอด การสื่อความหมาย กระบวนการที่ใช้ และผลงานเป็นอย่างไร แล้วเขียนอธิบายคุณภาพของงานหรือความสำเร็จของงานเป็นขั้นๆ โดย

อาจจะแบ่งระดับคุณภาพตั้งแต่ 0-4 หรือ 0-6 สำหรับในขั้นตอนการให้คะแนนรูปรีด อาจจะแบ่งวิธีการให้คะแนนหลายวิธี เช่น

วิธีที่ 1 แบ่งงานตามคุณภาพเป็น 3 กอง คือ

กองที่ 1 ได้แก่งานที่มีคุณภาพเป็นพิเศษและเขียนอธิบายลักษณะของงานที่มีคุณภาพเป็นพิเศษ

กองที่ 2 ได้แก่งานที่ยอมรับได้และเขียนอธิบายลักษณะของงานที่ยอมรับได้

กองที่ 3 ได้แก่งานที่ยอมรับได้น้อย หรือยอมรับไม่ได้และเขียนอธิบายลักษณะของงานที่ยอมรับได้น้อย

จากนั้นก็นำงานแต่ละกองมาให้คะแนนเป็น 2 ระดับ คือ

กองที่ 1 จะให้คะแนน 6 หรือ 5

กองที่ 2 จะให้คะแนน 4 หรือ 3

กองที่ 3 จะให้คะแนน 2 หรือ 1

สำหรับงานที่แสดงว่าไม่ได้ใช้ความพยายามเลย ให้คะแนนเป็น 0

วิธีที่ 2 กำหนดระดับความผิดพลาด โดยพิจารณาจากความบกพร่องของคำตอบว่ามีมากน้อยเพียงใด แล้วหักจากระดับคะแนนสูงสุดมาที่ระดับ ดังนี้

4 หมายถึง คำตอบถูกแสดงเหตุผลถูกต้อง แนวคิดชัดเจน

3 หมายถึง คำตอบถูก เหตุผลถูกต้อง อาจมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย

2 หมายถึง เหตุผลหรือการคำนวณผิดพลาด แต่มีแนวที่จะนำไปสู่คำตอบ

1 หมายถึง แสดงวิธีคิดเล็กน้อยแต่ไม่ได้คำตอบ

0 หมายถึง ไม่ตอบหรือตอบไม่ถูกเลย

วิธีที่ 3 กำหนดระดับและคำอธิบาย เช่น

เกณฑ์การให้คะแนนของความสามารถเข้าใจเนื้อหาสาระเขียนได้เป็น 4 ระดับ ดังนี้

4 หมายถึง การสาธิตหรือแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจที่สมบูรณ์ครบถ้วน ถูกต้องแม่นยำในหลักการความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์ที่กำหนด รวมทั้งเสนอแนวคิดใหม่ที่แสดงถึงความเข้าใจอย่างลึกซึ้งถึงกฎเกณฑ์ หรือลักษณะของข้อมูล

3 หมายถึง การแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจที่สมบูรณ์ ครบถ้วนถูกต้องในหลักการความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์ที่กำหนด

2 หมายถึง การแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจอย่างสมบูรณ์ ครบถ้วนถูกต้องในหลักการความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์ที่กำหนดในบางส่วน

1 หมายถึง แสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจในหลักการความคิดรวบยอด และข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์ที่กำหนดน้อยมาก และเข้าใจไม่ถูกต้องในบางส่วน

0 หมายถึง ไม่แสดงความคิดเห็นใดๆ

มาตรวัดนี้บรรยายความสามารถการแสดงออกตั้งแต่ระดับ 0 ซึ่งต่ำสุดไปถึงระดับ 4 ซึ่งเป็นความสามารถสูงสุด โดยปกติระดับของรูปรีจะต้องมีการพิจารณาว่าระดับใดจะเป็นที่ยอมรับ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไป มีคำอธิบายถึงการแสดงออกที่ยอมรับได้เพราะนักเรียนแสดงออก ถึงความเข้าใจที่สมบูรณ์ ครบถ้วนถูกต้องในหลักการความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือ สถานการณ์ที่กำหนด

ครูผู้สอนสามารถปรับแนวทางการให้คะแนนในลักษณะดังกล่าวข้างต้นนี้ในเนื้อหา สารอื่นๆ เพื่อประเมินงานหรือกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนทำต่อไป

2. การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Score) เพื่อให้การมองคุณ ภาพงานหรือความสามารถของนักเรียนได้อย่างชัดเจน จึงได้มีการแยกองค์ประกอบของการให้ คะแนนและอธิบายคุณภาพของงานในแต่ละองค์ประกอบเป็นระดับ โดยทั่วไปแล้วจะมีการแยก องค์ประกอบของงานเป็น 4 ด้าน คือ

2.1 ความเข้าใจในความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริง เป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียน เข้าใจในความคิดรวบยอด หลักการในปัญหาที่ถามกระจ่างชัด

2.2 การสื่อความหมาย สื่อสาร คือความสามารถในการอธิบาย นำเสนอ การ บรรยาย เหตุผล แนวคิด ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดี มีความคิดสร้างสรรค์

2.3 การใช้กระบวนการและยุทธวิธี สามารถเลือกใช้ยุทธวิธีกระบวนการที่นำไป สู่ความสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 ความสำเร็จของงาน ความถูกต้องแม่นยำในผลสำเร็จของงาน หรืออธิบายที่มา และตรวจสอบผลงาน

ครูจะต้องให้นักเรียนทราบรูปรีเมื่อนักเรียนทำงานใดงานหนึ่ง ถ้างานนั้นได้รับการ ออกแบบให้สามารถวัดได้ 4 องค์ประกอบ เมื่อครูกำหนดงานชิ้นมางานหนึ่งก็จะต้องสร้างรูปรีเพื่อ ประเมินผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนในการบรรลุสมรรถภาพที่อยู่ในงานนั้นๆ เช่น ความสามารถเข้าใจ การสื่อสาร กระบวนการและผลงาน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

แบบประเมินผลงานกลุ่ม

เรื่อง

กลุ่ม

รายชื่อสมาชิกกลุ่ม 1. ประธาน
2. เลข
3. สมาชิก

ตาราง 5 เกณฑ์การประเมินผลงานกลุ่ม

คำชี้แจง ให้พิจารณาว่าผลงานของกลุ่มนี้มีคะแนนอยู่ในระดับใด

รายการประเมิน	ระดับเกณฑ์			
	3	2	1	0
1. เลือกใช้ข้อมูลได้อย่างเหมาะสม				
2. ความเข้าใจในความคิดรวบยอด				
3. ความถูกต้องตามหลักวิชา				
4. การนำเสนอผลงาน				
รวม				

ผู้ตรวจ
/...../.....

ระดับ	เลือกใช้ข้อมูลได้อย่างเหมาะสม	ความเข้าใจในความคิดรวบยอด	ความถูกต้องตามหลักวิชา	การนำเสนอผลงาน
3	เลือกและใช้ข้อมูลได้อย่างเหมาะสม ข้อมูลมีความหลากหลาย	แสดงให้เห็นความเข้าใจทางความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์	แสดงวิธีการได้อย่างถูกต้องแม่นยำ	นำเสนอด้วยวิธีการที่ชัดเจนเป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่ต่อเนื่อง การนำเสนอน่าสนใจ
2	เลือกใช้ข้อมูลได้อย่างเหมาะสม แต่ข้อมูลไม่หลากหลาย	แสดงให้เห็นความเข้าใจความคิดรวบยอดส่วนใหญ่ได้ถูกต้อง	แสดงวิธีการบางส่วนไม่ถูกต้อง	นำเสนอตามลำดับขั้นตอนสื่อความหมายได้พอสมควร
1	เลือกใช้ข้อมูลบางส่วนไม่เหมาะสม และข้อมูลไม่หลากหลาย	แสดงให้เห็นความเข้าใจความคิดรวบยอดส่วนใหญ่ไม่ถูกต้อง	แสดงวิธีการถูกต้องเป็นบางส่วน	นำเสนออย่างไม่มีลำดับขั้นตอน การนำเสนอไม่น่าสนใจ
0	เลือกและใช้ข้อมูลไม่เหมาะสม	ไม่แสดงให้เห็นความเข้าใจความคิดรวบยอด	แสดงวิธีการไม่ถูกต้อง	ไม่นำเสนอผลงาน

ที่มา : กรมวิชาการ. (2544ง). เอกสารหมายเลข 16 : ตัวอย่างแนวการจัดทำเครื่องมือประเมินตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานวิชาคณิตศาสตร์. หน้า 16-17.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 : 212-215) ได้นำเสนอเกณฑ์การประเมิน เพื่อเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนใช้เป็นกรอบในการประเมินคุณภาพของผู้เรียนในด้านต่างๆ ดังนี้

1. ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนผลการเรียนรู้โดยการสอบ

สำหรับแบบทดสอบที่เป็นแบบปรนัยเลือกตอบ สามารถกำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนนอย่างกว้างๆ คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน

สำหรับแบบทดสอบที่เป็นแบบอัตนัย หรือแบบความเรียง สามารถกำหนดตัวบ่งชี้และเกณฑ์ในการให้คะแนนมากกว่าสองระดับ เช่น อาจกำหนดคะแนนเต็มเป็น 4 คะแนน แล้วพิจารณากำหนดเกณฑ์การให้คะแนนลดหลั่นลงมา สำหรับนักเรียนที่แสดงผลการเรียนรู้ยังไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนด

ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนผลการทำข้อสอบแบบอัตนัยที่พิจารณาจากการแสดงวิธีการในการหาคำตอบ และความถูกต้องของคำตอบ

ตาราง 6 เกณฑ์การให้คะแนนผลการทำข้อสอบแบบอัตนัย

คะแนน/ความหมาย	ผลการทำข้อสอบที่ปรากฏให้เห็น
4 : ดีมาก	การแสดงวิธีทำชัดเจน สมบูรณ์ คำตอบถูก ครบถ้วน
3 : ดี	การแสดงวิธีทำยังไม่ชัดเจนนัก แต่อยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง คำตอบถูกต้อง ครบถ้วน
2 : พอใช้	การแสดงวิธีทำยังไม่ชัดเจน หรือไม่แสดงวิธีทำ คำตอบถูกต้อง ครบถ้วน หรือการแสดงวิธีทำชัดเจน สมบูรณ์ แต่คำตอบไม่ถูกต้อง ขาดการตรวจสอบ
1 : ควรแก้ไข	การแสดงวิธีทำยังไม่ชัดเจน แต่อยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง คำตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงวิธีทำ และคำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง แต่อยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง
0 : ต้องปรับปรุง	ทำได้ไม่ถึงเกณฑ์

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มคณิตศาสตร์ช่วงชั้นที่ 3-4 หลักสูตรการศึกษาระดับพื้นฐาน. หน้า 121.

นอกจากพิจารณาจากการแสดงวิธีการในการหาคำตอบและความถูกต้องของคำตอบแล้วเกณฑ์ในการให้คะแนนแบบทดสอบอัตนัยอาจพิจารณาจากด้านอื่นๆ อีกก็ได้ สำหรับเกณฑ์ในการให้คะแนนของการสังเกต การสัมภาษณ์ และการประเมินชิ้นงานนั้นสามารถสร้างเกณฑ์ในการทำงานเดียวกับเกณฑ์การให้คะแนนด้านทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ก็ได้

2. ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ

2.1 ด้านทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546 : 123-125).

ตาราง 7 เกณฑ์การให้คะแนนด้านทักษะการแก้ปัญหา

คะแนน/ ความหมาย	ความสามารถในการแก้ปัญหาที่ปรากฏให้เห็น
4 ดีมาก	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จ อย่างมีประสิทธิภาพ อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้เข้าใจชัดเจน
3 ดี	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จ แต่นำจะอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้ดีกว่านี้
2 พอใช้	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหา สำเร็จเพียงบางส่วน อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้บางส่วน
1 ต้องปรับปรุง	มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหาบางส่วน เริ่มคิดว่าทำไมจึงต้องใช้วิธีการนั้น แล้วหยุด อธิบายต่อไม่ได้ แก้ปัญหาไม่สำเร็จ
0 ไม่พยายาม	ทำได้ไม่ถึงเกณฑ์ข้างต้นหรือไม่มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหา

ตาราง 8 เกณฑ์การให้คะแนนด้านทักษะการให้เหตุผล

คะแนน/ ความหมาย	ความสามารถในการแก้ปัญหาที่ปรากฏให้เห็น
4 ดีมาก	มีการอ้างอิง เสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล
3 ดี	มีการอ้างเหตุผลที่ถูกต้องบางส่วน และเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ
2 พอใช้	เสนอแนวคิดไม่สมเหตุสมผลในการประกอบการตัดสินใจ
1 ต้องปรับปรุง	มีความพยายามเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ
0 ไม่พยายาม	ไม่มีแนวคิดประกอบการตัดสินใจ

ตาราง 9 เกณฑ์การให้คะแนนด้านทักษะการสื่อสาร การสื่อสารความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

คะแนน/ ความหมาย	ความสามารถในที่ปรากฏให้เห็นการสื่อสาร การสื่อสารความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอที่ปรากฏให้เห็น
4 ดีมาก	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอน เป็นได้ระบบ กระชับ ชัดเจน และมีรายละเอียดสมบูรณ์
3 ดี	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอน เป็นถูกต้อง ขาดรายละเอียดสมบูรณ์
2 พอใช้	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ พยายามนำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางแสดงข้อมูลประกอบชัดเจนบางส่วน
1 ต้องปรับปรุง	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ อย่างง่าย ๆ ไม่ได้ใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางเลย และการนำเสนอข้อมูลไม่ชัดเจน
0 ไม่พยายาม	ไม่นำเสนอเลย

ตาราง 10 เกณฑ์การให้คะแนนด้านทักษะการเชื่อมโยง

คะแนน/ ความหมาย	ความสามารถในการเชื่อมโยงที่ปรากฏให้เห็น
4 ดีมาก	นำความรู้ หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์/ สาระอื่นในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา หรือประยุกต์ใช้ได้อย่างสอดคล้องเหมาะสม
3 ดี	นำความรู้ หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์/ สาระอื่นในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา หรือประยุกต์ใช้ได้บางส่วน
2 พอใช้	นำความรู้ หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ได้บางส่วน
1 ต้องปรับปรุง	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงยังไม่เหมาะสม
0 ไม่พยายาม	ไม่มีการเชื่อมโยงกับสาระอื่นใด

ตาราง 11 เกณฑ์การให้คะแนนด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

คะแนน/ ความหมาย	ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ที่ปรากฏให้เห็น
4 ดีมาก	มีแนวคิด/วิธีการที่แปลกใหม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์
3 ดี	มีแนวคิด/วิธีการที่แปลกใหม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องแต่นำไปปฏิบัติแล้วนำไปปฏิบัติไม่ถูกต้องสมบูรณ์
2 พอใช้	มีแนวคิด/วิธีการที่ไม่แปลกใหม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์
1 ต้องปรับปรุง	มีแนวคิด/วิธีการที่ไม่แปลกใหม่สามารถนำไปปฏิบัติแล้วยังไม่สมบูรณ์
0 ไม่พยายาม	ไม่มีผลงาน

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มคณิตศาสตร์ช่วงชั้นที่ 3-4 หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. หน้า 123-125.

2.2 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546 : 123-125).

ตาราง 12 เกณฑ์การให้คะแนนด้านความรับผิดชอบ

คะแนน/ ความหมาย	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
3 ดีมาก	- ส่งงานก่อนหรือตรงเวลาดังหมาย - รับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมายและปฏิบัติเองจนเป็นนิสัย และแนะนำชักชวนผู้อื่นปฏิบัติได้
2 ดี	- ส่งงานช้ากว่ากำหนด แต่ได้มาติดต่อนี้แจ้งกับครูผู้สอน มีเหตุผลที่รับฟังได้ - รับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมายและปฏิบัติเองจนเป็นนิสัย
1 พอใช้	- ส่งงานช้ากว่ากำหนด - ปฏิบัติงานโดยต้องอาศัยการชี้แนะ แนะนำ ตักเตือนหรือให้กำลังใจ

ตาราง 13 เกณฑ์การให้คะแนนด้านความมีระเบียบวินัย

คะแนน/ ความหมาย	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
3 ดีมาก	• สมุดงาน ชี้นงาน สะอาดเรียบร้อย • ปฏิบัติตนอยู่ในข้อตกลงที่กำหนดไว้ร่วมกันทุกครั้ง
2 ดี	• สมุดงาน ชี้นงาน ส่วนใหญ่สะอาดเรียบร้อย • ปฏิบัติตนอยู่ในข้อตกลงที่กำหนดไว้ร่วมกันเป็นส่วนใหญ่
1 พอใช้	• สมุดงาน ชี้นงาน ไม่ค่อยสะอาดเรียบร้อย • ปฏิบัติตนอยู่ในข้อตกลงที่กำหนดไว้ร่วมกันเป็นบางครั้ง ต้องอาศัยการแนะนำ

ตาราง 14 เกณฑ์การให้คะแนนด้านการทำงานอย่างเป็นระบบ รอบคอบ

คะแนน/ ความหมาย	คุณลักษณะอันพึงประสงค์
3 ดีมาก	• มีการวางแผนการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ • การทำงานมีครบทุกขั้นตอน ตัดขั้นตอนที่ไม่สำคัญออก • จัดเรียงลำดับความสำคัญก่อน-หลัง ถูกต้องครบถ้วน
2 ดี	• มีการวางแผนการดำเนินงาน • การทำงานมีครบทุกขั้นตอน แต่ผิดพลาดบ้าง • จัดเรียงลำดับความสำคัญก่อน-หลัง ได้บางส่วน
1 พอใช้	• ไม่มีการวางแผนการดำเนินงาน • การทำงานไม่มีขั้นตอน มีความผิดพลาดต้องแก้ไข • ไม่จัดเรียงลำดับความสำคัญ

ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้
กลุ่มคณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 3-4 หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. หน้า 128.

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า การวัดและการประเมินผลตามสภาพจริงเป็นกระบวนการ
ที่ช่วยให้ครูได้พัฒนาคุณภาพนักเรียนเพราะจะช่วยให้ได้ข้อมูลสารสนเทศที่แสดงพัฒนาการ ความ
ก้าวหน้าและความสำเร็จทางการเรียนของนักเรียน รวมทั้งข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริม
ให้นักเรียนเกิดการพัฒนาและเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ

ซึ่งในปัจจุบันการวัดและการประเมินผลตามสภาพจริงมีบทบาทในการจัดการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก การประเมินผลการเรียนตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เป็นกระบวนการตรวจสอบผลการเรียนรู้และพัฒนาการต่างๆ ของนักเรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้ เพื่อนำผลไปปรับปรุงการเรียนการสอนให้นักเรียนบรรลุมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นการประเมินจากสภาพจริง (Authentic Assessment) ของนักเรียนซึ่งเป็นวิธีการวัดประเมินผลที่ต้องการตอบสนอง การประเมินความสามารถ ทักษะ ความคิดขั้นสูงที่ซับซ้อน การแก้ปัญหา การปฏิบัติจริง ตลอดจนความสามารถในการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลตามสภาพจริง

งานวิจัยต่างประเทศ

ทัชเชต (Touchet. 1997 : abstract) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับมุมมองของนักเรียนที่มีต่อการประเมินผลตามสภาพจริงโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 1 และเกรด 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้เรื่องการประเมินผลตามสภาพจริงโดยใช้แฟ้มสะสมผลงานเป็นอย่างดี และนักเรียนทั้งหมดก็ยอมรับวิธีการประเมินผลโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน

คาสเทลไลน์ (Castelline. 1997 : abstract) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับอิทธิพลที่มีต่อการประเมินผลโดยใช้แฟ้มสะสมผลงานที่ครูมีความคาดหวังนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า วิธีการประเมินผลโดยใช้แฟ้มสะสมผลงานทำให้ครู นักเรียน และผู้ปกครองมีความสัมพันธ์ที่แน่นแฟ้นมากขึ้น และครูยังได้รับความรู้ใหม่ๆ เกี่ยวกับการแสดงออกของนักเรียนแต่ละคนอีกด้วย

งานวิจัยในประเทศ

ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2540 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาแฟ้มสะสมผลงานในการประเมินผลการเรียนวิชาภาษาอังกฤษและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาภาษาอังกฤษ ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการของการประเมินผลการเรียนจากการประเมินตามสภาพจริงโดยใช้แฟ้มสะสมผลงานช่วยให้นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนวิชาภาษาอังกฤษทั้ง 2 ทักษะ คือ ทักษะการพูดและทักษะการเขียน และสร้างแรงจูงใจให้แก่ผู้เรียนได้มาก การประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมผลงานมีคุณภาพตามเกณฑ์การประเมินของลินท์และคณะในระดับมากในทุกๆ รายการ

พิสิษฐ์ พึ่งเดช (2542 : 61-62) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องการใช้แฟ้มสะสมผลงานในการจัดการเรียนการสอนและการประเมินผลของครูช่างอุตสาหกรรม ระดับมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 5 ผลจากการวิจัยพบว่า ครูช่างอุตสาหกรรมมีการใช้แฟ้มสะสมผลงานในการจัดการเรียนการสอนและประเมินผลด้านการวางแผนการใช้แฟ้มสะสมผลงานอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนด้านการประเมินผลอุปสรรคในการใช้แฟ้มสะสมผลงาน การนำไปใช้และด้านการปรับปรุงพัฒนาอยู่ในระดับน้อย ครูช่างอุตสาหกรรมมีปัญหาและอุปสรรคในการใช้แฟ้มสะสมผลงานในการจัดการเรียนการสอนและการประเมินผล ครูช่างอุตสาหกรรมต้องการความช่วยเหลือในการใช้แฟ้มสะสมผลงานอยู่ในระดับมาก

จันทร์หา พวงยอด (2543 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาความรับผิดชอบของนักเรียนโดยใช้กิจกรรมและเทคนิคการประเมินจากสภาพจริงกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 40 คน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรมความรับผิดชอบด้านการปฏิบัติตนตามกฎระเบียบของโรงเรียน ความรับผิดชอบด้านการปฏิบัติตนในการเรียน และแบบทดสอบวัดความรับผิดชอบด้านการยอมรับผลการกระทำของตนเอง ผลจากการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความรับผิดชอบด้านการปฏิบัติตนตามกฎระเบียบของโรงเรียนสูงขึ้นในทุกสัปดาห์ ความรับผิดชอบด้านการปฏิบัติตนในการเรียนสูงขึ้นเป็นลำดับจากสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 3 แต่สัปดาห์ที่ 4 นักเรียนมีความรับผิดชอบด้านการปฏิบัติตนในการเรียนลดลงเล็กน้อย และความรับผิดชอบด้านการปฏิบัติตนตามกฎระเบียบของโรงเรียน ความรับผิดชอบด้านการปฏิบัติตนในการเรียน และด้านการยอมรับผลการกระทำของตนเองสูงขึ้น หลังจากใช้กิจกรรมและเทคนิคการประเมินจากสภาพจริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทรงศรี ตุ่นทอง (2545) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริงของนักเรียน เพื่อพัฒนารูปแบบการประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง และเพื่อศึกษาคุณภาพของรูปแบบการประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจงแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกประกอบด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนเทศบาลวัดสิงห์สถิต อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท จำนวน 45 คน พร้อมด้วยผู้อำนวยการโรงเรียน ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน และผู้ปกครองหรือคณะกรรมการสถานศึกษา จำนวน 3 คน กลุ่มที่สองประกอบด้วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนเทศบาลวัดสิงห์สถิต อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท จำนวน 40 คน พร้อมด้วยผู้อำนวยการโรงเรียน ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน และผู้ปกครองหรือคณะกรรมการสถานศึกษา จำนวน 3 คน ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริงมีความเหมาะสม สามารถสื่อความเข้าใจได้ดี มีความเที่ยงตรง ครบคลุมและมีความเป็นไปได้ในการนำรูปแบบไปใช้ และรูปแบบการประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริงทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีความเชื่อมั่นในสมรรถภาพของตน และมีการกำกับตนเองในการเรียนดีขึ้น โดยทั้งนักเรียน ครูผู้สอน ผู้บริหาร และผู้ปกครองหรือกรรมการสถานศึกษา มีความพึงพอใจในผลที่เกิดขึ้นจากการนำรูปแบบไปปฏิบัติ เห็นประโยชน์ของการมีส่วนร่วมในการประเมิน และเห็นว่าสามารถนำรูปแบบการประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริงที่พัฒนาไปปฏิบัติได้จริงในสถานศึกษา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลตามสภาพจริงพอสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้และการประเมินผลไม่ควรเน้นในด้านความรู้เพียงอย่างเดียว แต่ควรเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และการประเมินจากการปฏิบัติจริง ตามความถนัดของนักเรียน เพื่อให้การวัดและประเมินผลครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ที่วางไว้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ทั้งหมด 6 ห้องเรียน จำนวน 250 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนเขาวงพิทยาคาร อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 45 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวเป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ของโรงเรียนเขาวงพิทยาคาร อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยจัดเวลาเรียน 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ เรื่อง การเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ใช้เวลาในการทดลอง 20 ชั่วโมง โดยทำการทดสอบก่อนเรียน $1\frac{1}{2}$ ชั่วโมง ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ 17 ชั่วโมง และทำการทดสอบหลังเรียน $1\frac{1}{2}$ ชั่วโมง

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบ One-Group Pretest-Posttest Design ซึ่งมีแบบแผนในการทดลอง ดังนี้

ตาราง 15 แบบแผนการวิจัย

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	T ₁	X	T ₂

เมื่อ E แทน กลุ่มทดลอง

X แทน การจัดกระทำ (Treatment)

T₁ แทน การสอบก่อนการจัดกระทำ (Pretest)

T₂ แทน การสอบหลังการจัดกระทำ (Posttest)

ที่มา : ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. พิมพ์ครั้งที่ 5. หน้า 249.

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์
2. แบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์
3. แบบวัดความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีรายละเอียดในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์

แผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการทดลอง มีการดำเนินการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ของกระทรวงศึกษาธิการ
2. ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในมาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน
3. วิเคราะห์สาระการเรียนรู้เรื่อง การเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ เพื่อกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้

4. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์ จากตำรา เอกสาร และรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5. สร้างแผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ทั้งหมด 5 ระยะ คือ

5.1 ระยะวางพื้นฐาน

5.2 ระยะเริ่มต้นโครงการคณิตศาสตร์

5.3 ระยะปฏิบัติโครงการคณิตศาสตร์

5.4 ระยะเสนอผลการศึกษา

5.5 ระยะพัฒนาโครงการคณิตศาสตร์

ในระยะต่างๆ จะใช้แผนการจัดกิจกรรมที่มีโครงสร้าง ดังนี้

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้

1.2 ด้านทักษะ/กระบวนการ

1.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

2. สาระการเรียนรู้

3. กิจกรรมการเรียนรู้

3.1 ขั้นตอนิปรายก่อนปฏิบัติกิจกรรม

3.2 ขั้นตอนปฏิบัติกิจกรรม

3.3 ขั้นตอนิปรายหลังปฏิบัติกิจกรรม

4. สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

6. บันทึกหลังสอน

7. ข้อเสนอแนะ

6. นำแผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ที่สร้างเสร็จแล้วไปเสนอคณะกรรมการควบคุมปริญญาโท และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน คือ ศาสตราจารย์ ยุพิน พิพิธกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยศักดิ์ สิลจารัสกุล และ อาจารย์นวลน้อย เจริญผล เพื่อพิจารณาความเที่ยงตรง ความเหมาะสม ความชัดเจนและถูกต้องของจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ และเวลาที่ใช้ในแต่ละครั้ง ตลอดจนภาษาที่ถูกต้อง ซึ่งผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้ปรับปรุงและแก้ไขในเรื่องส่วนของกิจกรรมการเรียนรู้ ให้เหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละชั่วโมง ใช้สื่อการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและน่าสนใจ รวมทั้งภาษาที่ใช้ควรปรับปรุงให้มีความถูกต้องและชัดเจนมากยิ่งขึ้น

7. นำแผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปเสนอคณะกรรมการควบคุมปริญญาบัตร เพื่อตรวจสอบแก้ไข

8. นำแผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ที่ตรวจสอบแล้วไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 1 ห้องเรียน ทั้งหมด 44 คน เพื่อหาข้อบกพร่องเกี่ยวกับภาษา เวลา และกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนด

9. นำแผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ที่ทดลองใช้แล้ว มาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง เป็นแผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ที่สมบูรณ์ สำหรับนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 5 ทักษะ คือ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการให้เหตุผล ทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ ทักษะการเชื่อมโยง และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีการดำเนินการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

2. ศึกษาผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์

3. นำผลการวิเคราะห์มาสร้างแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ จำนวน 20 ข้อ ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ตามอัตราส่วนที่กำหนดในตารางวิเคราะห์ โดยสร้างแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ให้ตรงตามตารางวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

4. นำแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน คือ รองศาสตราจารย์ กิตติ พัฒนตระกูลสุข ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล และอาจารย์ นวลน้อย เจริญผล ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องกับทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการวัด ซึ่งมีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) อยู่ระหว่าง 0.6-1.0 แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

5. นำแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่แก้ไขแล้วไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร โรงเรียนบ้านนาคูพัฒนา กรป.กลางอุปถัมภ์ และโรงเรียนกาญจนภิเษก อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน ซึ่งเรียนสาระการเรียนรู้เรื่อง การเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแล้ว

6. นำคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปหาค่าความยาก (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบอันดับของวิทนี และซาเบอร์ส (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2543 : 199-201 อ้างอิงจาก D.R. Whitney and D.L. Sabers . 1970) คัดเลือกข้อที่มีค่าความยาก (P_E) ตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

7. ผลการคัดเลือกแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ พบว่า มีค่าความยาก (P_E) ตั้งแต่ 0.31-0.79 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.26-0.94 ไว้ โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้

8. นำแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่คัดเลือกแล้ว จำนวน 10 ข้อ ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร โรงเรียนบ้านนาคูพัฒนา กรป.กลางอุบลรัตน์ และโรงเรียนกาญจนาภิเษก อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน เพื่อหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2543 : 218) ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.87 แล้วนำเสนอต่อประธานและกรรมการควบคุมปริญญาบัตรก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

9. นำแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

(ปรับปรุงจาก กรมวิชาการ. 2544 และ สสวท. 2546)

ทักษะการแก้ปัญหา

(0) “ถ้าต้องการทราบว่าก้อนหินปูพื้นขนาดใกล้เคียงกันจำนวน 1,000,000 ก้อน จะนำมาปูพื้นห้องเก็บของได้เต็มห้องหรือไม่”

ตาราง 16 ตัวอย่างการให้คะแนนด้านทักษะการแก้ปัญหา

คำตอบที่	ระดับคะแนน
1. ปูได้เต็มห้องและใช้ก้อนหินจำนวน 6,156 ก้อน วิธีทำ วัดความยาวของห้องได้ 47 หน่วย วัดความกว้างของห้องได้ 34 หน่วย ดังนั้น ความยาวและความกว้างของห้องทั้งหมด $47 + 47 + 34 + 34 = 162 \text{ หน่วย}$ แต่ละหน่วยของความยาวใช้ก้อนหินวางเรียงต่อกัน 38 ก้อน ดังนั้น จึงมีก้อนหินเพียงพอที่จะปูได้เต็มห้อง เพราะใช้ก้อนหินทั้งหมด $162 \times 38 = 6,156 \text{ ก้อน}$	ได้ 1 คะแนน เนื่องจากหาความยาวรอบรูปซึ่งไม่ถูกต้อง
2. ปูได้เต็มห้องและใช้ก้อนหินจำนวน 178,500 ก้อน วิธีทำ วัดความยาวของห้องได้ 35 ฟุต วัดความกว้างของห้องได้ 25 ฟุต เมื่อนับจำนวนก้อนหินที่ใช้ปูพื้นที่ห้อง 1 ตารางนิ้ว ต้องใช้ก้อนหินจำนวน 17 ก้อน และ 12 นิ้ว เท่ากับ 1 ตารางฟุต ดังนั้น 1 ตารางฟุต จะใช้ก้อนหินจำนวน $12 \times 17 = 204$ ก้อน พื้นที่ห้องเป็น $35 \times 25 = 875$ ฟุต ดังนั้น ต้องใช้ก้อนหินจำนวนทั้งหมด $875 \times 204 = 178,500$ ก้อน	ได้ 2 คะแนน เนื่องจาก $12 \text{ นิ้ว} = 1 \text{ ตารางฟุต}$ ซึ่งไม่ถูกต้อง ที่ถูกต้องคือ 1 ตารางฟุต เท่ากับ $12 \times 12 = 144$ ตารางนิ้ว ดังนั้น จึงต้องใช้ก้อนหินทั้งหมด $875 \times 144 \times 17 = 2,142,000 \text{ ก้อน}$
3. ปูได้เต็มห้องและใช้ก้อนหินจำนวน 268,464 ก้อน วิธีทำ วัดความยาวของห้องได้ 47 หน่วย วัดความกว้างของห้องได้ 34 หน่วย พื้นที่ห้องเป็น $47 \times 34 = 1,598$ ตารางหน่วย เมื่อนับจำนวนก้อนหินที่ใช้ปูพื้นที่ห้อง 1 ตารางหน่วย ต้องใช้ก้อนหินจำนวน $41 \times 41 = 1,681$ ก้อน ดังนั้น ต้องใช้ก้อนหินทั้งหมด $1,598 \times 168 = 268,464$ ก้อน	ได้ 3 คะแนน เนื่องจากวิธีการทำถูกต้อง แต่คิดคำนวณผิด $1,598 \times 168 = 268,464$ ก้อน ที่ถูกต้องคือ $1,598 \times 1,681 = 2,686,238 \text{ ก้อน}$
4. ปูไม่เต็มห้อง เพราะต้องใช้ก้อนหินจำนวน 2,686,238 ก้อน และยังขาดก้อนหินอีก 1,686,238 ก้อน วิธีทำ วัดความยาวของห้องได้ 47 หน่วย วัดความกว้างของห้องได้ 34 หน่วย ดังนั้น พื้นที่ห้องเป็น $47 \times 34 = 1,598$ ตารางหน่วย เมื่อนับจำนวนก้อนหินที่ใช้ปูพื้นที่ห้อง 1 ตารางหน่วย ต้องใช้ก้อนหินจำนวน $41 \times 41 = 1,681$ ก้อน ดังนั้น ต้องใช้ก้อนหินทั้งหมด $1,598 \times 1,681 = 2,686,238$ ก้อน แต่โจทย์กำหนดให้มีจำนวนก้อนหิน 1,000,000 ก้อน ดังนั้น ยังขาดก้อนหินที่จะนำมาปูพื้นที่ห้องอีก $2,686,238 - 1,000,000 = 1,686,238 \text{ ก้อน}$	ได้ 4 คะแนน เนื่องจากมีกระบวนการแก้ปัญหาที่ชัดเจน อธิบายขั้นตอนการทำงานได้ถูกต้อง และคำตอบที่ได้มีความชัดเจนมาก

3. แบบวัดความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ เป็นแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนโดยการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง ที่ใช้การประเมินแบบรูบริก (Rubric Assessment) บรรยายคุณภาพของงานที่แสดงความสามารถของนักเรียนออกมาเป็นมาตรวัด โดยมีขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการคณิตศาสตร์
2. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลตามสภาพจริงที่ใช้การประเมินแบบรูบริก (Rubric Assessment) เพื่อนำมาเป็นข้อมูลสร้างแบบประเมินนักเรียน
3. สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนโดยวัดความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ เป็นการวัดและประเมินผลตามสภาพจริงที่ใช้การประเมินแบบรูบริก (Rubric Assessment) บรรยายคุณภาพของงานที่แสดงความสามารถของนักเรียนออกมาเป็นมาตรวัด ซึ่งผู้วิจัยปรับปรุงจากแบบประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์ของ อัลลิงเจอร์ และคนอื่นๆ (อาร์ริตัน ขวัญทะเล. 2546 : 26 อ้างอิงจาก Allinger and others. 1999 : 11-12), โบลท์ และฮอบส์ (2540 : 14-15), ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2541 : 15) และสมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2541 : 2-6) ดังตาราง 13
4. นำแบบวัดความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้คณะกรรมการควบคุมปริญญาโทตรวจสอบ เพื่อจะได้นำข้อเสนอแนะมาแก้ไขปรับปรุงให้สมบูรณ์และเหมาะสม
5. นำแบบวัดความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล และผู้มีประสบการณ์ด้านการทำโครงการคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน คือ ศาสตราจารย์ ยุพิน พิพิธกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล และอาจารย์ นवलน้อย เจริญผล ตรวจสอบเพื่อจะได้นำไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป
6. นำแบบวัดความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ตาราง 18 ตัวอย่างเกณฑ์ในการประเมินผลโครงการ

รายละเอียดเกี่ยวกับเกณฑ์การพิจารณาประเมินผลโครงการในแต่ละด้านมีหลักเกณฑ์ ดังนี้

ลักษณะพฤติกรรม	ระดับคะแนน	ความหมาย
1. มีพฤติกรรมครบทุกข้อ	5	ดีเยี่ยม
2. ขาดพฤติกรรมเพียง 1 ข้อ	4	ดีมาก
3. ขาดพฤติกรรม 2 ข้อ	3	ดี
4. ขาดพฤติกรรม 3 ข้อ	2	พอใช้
5. ขาดพฤติกรรม 4 ข้อ	1	ควรปรับปรุง

ความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ที่ปรากฏให้เห็นในแต่ละด้าน				
ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงการ	ทักษะการปฏิบัติงาน	ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	การนำเสนอผลงาน	
1. ใช้ศัพท์เทคนิคได้ถูกต้องเหมาะสม 2. ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ถูกต้องและเหมาะสม 3. มีความเข้าใจในหลักการสำคัญๆ ของเรื่องที่ทำ 4. คั่นเอกสารอ้างอิงถูกต้องและเหมาะสม 5. ได้รับความรู้เพิ่มเติมจากการทำโครงการ นอกเหนือจากที่เรียนตามหลักสูตร	1. ใช้การสังเกตที่นำมาสู่ปัญหา 2. ศึกษาค้นหาข้อมูลหรือข้อเท็จจริง เพื่อเป็นพื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่กำลังศึกษาเหมาะสม และตั้งสมมติฐานถูกต้องชัดเจน 3. ออกแบบการทดลอง หรือการประดิษฐ์มีความสอดคล้องกับปัญหา หรือสมมติฐาน 4. ใช้การวัดและการควบคุมตัวแปร อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ การรวบรวมข้อมูล บันทึกข้อมูลมีความถูกต้องเป็นระเบียบเรียบร้อยและเหมาะสม 5. แปลความหมายและการสรุปผล สอดคล้องกับผลที่ได้	1. ปัญหาหรือเรื่องที่มีความสำคัญและมีความแปลกใหม่ 2. มีการจัดแปลง เปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมแนวความคิดที่แปลกใหม่ลงไปในโครงงานที่ทำ 3. มีการคิดและใช้วิธีการที่ใหม่ แปลก ในการควบคุมหรือวิธีวัดตัวแปร หรือเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ 4. เลือกและใช้วัสดุอุปกรณ์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ 5. เสนอแนะประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ	การนำเสนอผลงาน 1. จัดแสดงได้น่าสนใจ ออกแบบและติดตั้งได้สวยงาม 2. เขียนคำอธิบายในแผ่นโปสเตอร์ชัดเจนเข้าใจง่าย 3. จัดแสดงวัสดุอุปกรณ์ได้ครบถ้วน 4. อภิปรายชัดเจนและใช้ภาษาได้ถูกต้องต่อเนื่องสมบูรณ์ 5. ตอบคำถามได้ถูกต้องและคล่องแคล่ว	

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลไว้ ดังนี้

1. ทำการทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-test) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้เวลาในการสอบ $1\frac{1}{2}$ ชั่วโมง แล้วบันทึกคะแนนที่ได้จากการทดสอบ

2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยดำเนินการทดลองสอนด้วยตนเอง กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 17 ชั่วโมง

3. ทำการประเมินพฤติกรรมขณะปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ที่มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric Assessment) โดยวัดพฤติกรรมของนักเรียน 4 ด้าน คือ

- 3.1 ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงงาน
- 3.2 ด้านทักษะการปฏิบัติงาน
- 3.3 ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
- 3.4 ด้านการนำเสนอผลงาน

4. ทำการทดสอบหลังการทดลอง (Post-test) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกับที่ใช้ทดสอบก่อนเรียน นำมาสอบข้อใหม่ ใช้เวลาในการสอบ $1\frac{1}{2}$ ชั่วโมง แล้วบันทึกคะแนนที่ได้จากการทดสอบ

5. นำคะแนนที่ได้บันทึกไว้จากการทดสอบโดยใช้แบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลอง รวมทั้งคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลคะแนนแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติสำหรับการวิเคราะห์แบบ t-test Dependent Sample
2. วิเคราะห์ความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์จากการประเมินตามสภาพจริง โดยใช้สถิติสำหรับการวิเคราะห์แบบ t-test One Sample

3. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 สถิติพื้นฐาน

3.1.1 หาคะแนนเฉลี่ย (Mean) โดยคำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2540 : 53)

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

เมื่อ $\bar{x}$ แทน คะแนนเฉลี่ย
 $\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

3.1.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนของแบบทดสอบ (Standard Deviation) โดยคำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2540 : 101)

$$s = \sqrt{\frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ S แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
 X แทน คะแนนของนักเรียนแต่ละคน
 $\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
 $N-1$ แทน จำนวนตัวแปรอิสระ (Degrees of freedom)

3.2 สถิติเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือ

3.2.1 หาค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2543 : 248-249)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะพฤติกรรม
 $\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
 N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.2.2 หาค่าดัชนีความยาก (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อสอบอัตนัยของวิทย์ และ ชาเบอร์ส (ลัวัน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2543 : 199-201 อ้างอิงจาก D.R. Whitney and D.L. Sabers. 1970.)

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

เมื่อ	P_E	แทน	ค่าดัชนีความยาก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มอ่อน
	$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

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

เมื่อ	D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนของนักเรียนกลุ่มอ่อน
	$X_{\max}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	$X_{\min}$	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

3.2.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) (ลัวัน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2543 : 218)

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

เมื่อ	α	แทน	สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น
	k	แทน	จำนวนข้อสอบ
	S_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนเป็นรายข้อ
	S^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนของข้อสอบทั้งฉบับ

$$\text{โดยที่ } S_i^2 = \frac{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{N^2}$$

เมื่อ S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนเป็นรายข้อ
 $\sum x_i$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนในข้อที่ i
 $\sum x_i^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสองในข้อที่ i
 N แทน จำนวนคนเข้าสอบ

$$\text{โดยที่ } S^2 = \frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N^2}$$

เมื่อ S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนของข้อสอบทั้งฉบับ
 $\sum x$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนทั้งฉบับ
 $\sum x^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง
 N แทน จำนวนคนเข้าสอบ

3.3. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน

3.3.1 ใช้วิธีการทางสถิติแบบ t-test Dependent Sample เพื่อเปรียบเทียบ

ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ โดย
 คำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2540 : 248)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N - 1}}}$$

เมื่อ t แทน ค่าที่พิจารณาใน t - Distribution
 $\sum D^2$ แทน ผลรวมของผลต่างของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
 $(\sum D)^2$ แทน ผลรวมของผลต่างของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
 N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
 df แทน N - 1

3.3.2 ใช้วิธีการทางสถิติแบบ t-test One Sample เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์โดยคำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2540 : 240)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าที่พิจารณาใน t - Distribution
	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนน
	μ_0	แทน	ค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์ ($\mu_0 \geq 3.50$)
	s	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	df	แทน	N-1

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์ ($\mu_0 \geq 3.50$) ผู้วิจัยได้ปรับปรุงมาจากเกณฑ์การประเมินของสมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2541 : 2-6) ดังนี้

4.0	คะแนนขึ้นไป	โครงการอยู่ในเกณฑ์ดีมาก
3.0-3.9	คะแนน	โครงการอยู่ในเกณฑ์ดี
2.0-2.9	คะแนน	โครงการอยู่ในเกณฑ์ดีพอใช้
ต่ำกว่า 2.0	คะแนนลงมา	โครงการอยู่ในเกณฑ์ต้องปรับปรุง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลความหมายผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ต่างๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ย
S	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
μ_0	แทน	ค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์ ($\mu_0 \geq 3.50$)
k	แทน	คะแนนเต็ม
t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้ในการที่พิจารณา t - Distribution
df	แทน	ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (degrees of freedom)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอตามลำดับสมมติฐาน ดังนี้

1. การเปรียบเทียบทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 45 คน ก่อนและหลังปฏิบัติการกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ โดยจำแนกทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 5 ทักษะ (ทักษะละ 8 คะแนน) และโดยรวม
2. การศึกษาความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 9 กลุ่ม ที่ปฏิบัติการกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ โดยจำแนกความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ออกเป็น 5 ด้าน (ด้านละ 5 คะแนน) และโดยรวม

ตาราง 19 เปรียบเทียบทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังปฏิบัติการกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ โดยจำแนกแต่ละด้าน และโดยรวม

ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์	กลุ่มทดลอง	N	k	$\bar{x}$	S	t
การแก้ปัญหา	ก่อนทดลอง	45	8	4.09	1.20	15.18**
	หลังทดลอง	45	8	6.58	0.78	
การให้เหตุผล	ก่อนทดลอง	45	8	4.87	1.44	8.38**
	หลังทดลอง	45	8	6.29	1.29	
การสื่อสาร สื่อความหมายและการนำเสนอ	ก่อนทดลอง	45	8	5.62	1.74	7.14**
	หลังทดลอง	45	8	6.78	1.26	
การเชื่อมโยง	ก่อนทดลอง	45	8	4.87	2.05	8.99**
	หลังทดลอง	45	8	6.51	1.22	
ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	ก่อนทดลอง	45	8	4.42	1.01	15.36**
	หลังทดลอง	45	8	6.22	0.67	
รวมทั้ง 5 ด้าน	ก่อนทดลอง	45	40	23.87	4.43	31.21**
	หลังทดลอง	45	40	32.38	3.69	

$$t_{(.01, 44)} = 2.416$$

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 19 พบว่า คะแนนทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังปฏิบัติการกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนปฏิบัติการกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อจำแนกเป็นรายทักษะ ได้แก่ 1) ทักษะการแก้ปัญหา 2) ทักษะการให้เหตุผล 3) ทักษะสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ 4) ทักษะการเชื่อมโยง และ 5) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ก็ปรากฏผลเช่นเดียวกัน แสดงว่าการปฏิบัติการกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น

ตาราง 20 ผลการประเมินความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำแนกแต่ละด้าน และโดยรวม

ความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์	N	μ_o	$\bar{x}$	S	ระดับ	t
1. ความรู้เกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์	9	3.50	3.44	1.13	ดี	0.147
2. ทักษะการปฏิบัติงาน	9	3.50	3.22	1.09	ดี	0.762
3. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	9	3.50	3.78	0.67	ดี	1.250
4. การนำเสนอผลงาน	9	3.50	3.33	0.87	ดี	0.577
รวมทุกด้าน (เฉลี่ย)	9	3.50	3.44	0.83	ดี	0.262

$$t_{(.05, 8)} = 1.860 \quad \text{ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05}$$

จากตาราง 20 พบว่า ความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ โดยรวมอยู่ในระดับดี เมื่อจำแนกเป็นรายด้าน ได้แก่ 1) ความรู้เกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์ 2) ทักษะการปฏิบัติงาน 3) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และ 4) การนำเสนอเสนอผลงาน ก็ปรากฏผลเช่นเดียวกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ค่าเฉลี่ย พบว่า ความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ แตกต่างจากเกณฑ์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังปฏิบัติการกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สมมติฐานในการวิจัย

1. นักเรียนที่ปฏิบัติการกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์มีทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ หลังปฏิบัติการกิจกรรมสูงกว่าก่อนปฏิบัติการกิจกรรม
2. นักเรียนที่ปฏิบัติการกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์มีความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับดี

วิธีการดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนเขาวงพิทยาคาร อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 45 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวเป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์
2. แบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์
3. แบบวัดความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามขั้นตอน ดังนี้

1. ทำการทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-test) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้เวลาในการสอบ $1\frac{1}{2}$ ชั่วโมง แล้วบันทึกคะแนนที่ได้จากการทดสอบ

2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ โดยผู้วิจัยดำเนินการทดลองสอนด้วยตนเอง กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 17 ชั่วโมง
3. ทำการประเมินพฤติกรรมขณะปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ที่มีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (Rubric Assessment) โดยวัดพฤติกรรมของนักเรียน 4 ด้าน คือ

- 3.1 ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงงาน
- 3.2 ด้านทักษะการปฏิบัติงาน
- 3.3 ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
- 3.4 ด้านการนำเสนอผลงาน

4. ทำการทดสอบหลังการทดลอง (Post-test) กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกับที่ใช้ทดสอบก่อนเรียน นำมาสอบข้อใหม่ ใช้เวลาในการสอบ $1\frac{1}{2}$ ชั่วโมง แล้วบันทึกคะแนนที่ได้จากการทดสอบ

5. นำคะแนนที่ได้บันทึกไว้จากการทดสอบโดยใช้แบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้งก่อนการทดลองและหลังการทดลอง รวมทั้งคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลคะแนนแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติสำหรับการวิเคราะห์แบบ t-test Dependent Sample
2. วิเคราะห์ความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์จากการประเมินตามสภาพจริง โดยใช้สถิติสำหรับการวิเคราะห์แบบ t-test One Sample

สรุปผลการวิจัย

1. นักเรียนที่ปฏิบัติกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์มีทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์หลังปฏิบัติกิจกรรมสูงกว่าก่อนปฏิบัติกิจกรรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. นักเรียนที่ปฏิบัติกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์มีความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับดี

อภิปรายผล

ผลจากการวิจัยครั้งนี้ อภิปรายผลได้ดังนี้

1. จากผลการวิจัยพบว่า “นักเรียนที่ปฏิบัติกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์มีทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์หลังปฏิบัติกิจกรรมสูงกว่าก่อนปฏิบัติกิจกรรม ทั้งนี้ น่าจะเป็นผลมาจากการ

1.1 การจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์นั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาโครงการคณิตศาสตร์วิเคราะห์สาระและมาตรฐานการเรียนรู้จากกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 แล้วนำมาจัดทำแผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิ ประธานและกรรมการได้ตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข ทำให้แผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์มีคุณภาพแล้วนำไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อหาข้อบกพร่องและจุดอ่อนแล้วปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้นก่อนนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจึงส่งผลให้นักเรียนมีทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอารีรัตน์ ขวัญทะเล (2546 : บทคัดย่อ) ที่ว่า “นักเรียนที่เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนการสอนด้วยการทำโครงการคณิตศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้น”

1.2 การจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ค้นคว้าและศึกษาด้วยตนเอง ลงมือปฏิบัติ ตามความถนัดและความสนใจ ทำให้นักเรียนมีอิสระทางความคิด นักเรียนสามารถสร้างแก้ปัญหาได้อย่างไม่จำกัด ความคิดไม่ถูกปิดกั้น นักเรียนได้ร่วมกันแก้ปัญหา จึงส่งผลต่อให้นักเรียนเกิดทักษะ/กระบวนการคณิตศาสตร์หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของชัยศักดิ์ สีลาจรสกุล (2541 : 5) ลัดดา ภูเกียรติ (2543 : 48) และชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2544 : 5) ที่ว่า “การจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ สามารถพัฒนาทักษะ/กระบวนการต่าง ๆ ให้แก่นักเรียน นอกจากจะมุ่งฝึกให้นักเรียนคิดเป็น ปฏิบัติได้จริง และแก้ปัญหาได้แล้วยังเป็นการประเมินความสามารถจริงของนักเรียนในองค์ความรู้ได้อีกด้วย เนื่องจากความสามารถนั้นเกิดจากการบูรณาการความรู้ระหว่างความรู้ที่นักเรียนมีอยู่ในตัวกับทักษะที่ได้รับการ ฝึกฝน และสะสมอยู่ในตัวนักเรียน”

1.3 การจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์นั้นเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ นักเรียนศึกษาค้นคว้าและค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ดังที่ วัฒนาพร ระวังทุกข์ (2541 : 11) ที่กล่าวว่า การที่ผู้เรียนมีบทบาทเป็นผู้กระทำจะทำให้เกิดความพร้อมและความกระตือรือร้นที่จะเรียนทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้นด้วย และการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ยังเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ (Constructivism) ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการ (2544ก : 12) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยการสร้างองค์ความรู้เป็นวิธีการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องแสวงหาความรู้ และทำความเข้าใจโดยนำความรู้เดิมที่มีอยู่มาเชื่อมโยง ตรวจสอบกับสิ่งที่พบใหม่และสร้างเป็นความรู้ด้วยตนเอง

1.4 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง มีความพร้อม มีความกระตือรือร้น และมีความเอาใจใส่ในการเรียนรู้ ทำให้การจัด กิจกรรมต่าง ๆ ดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ จึงส่งผลทำให้คะแนนของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์สูง

ด้วยเหตุดังกล่าวจึงทำให้นักเรียนที่ปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์มีทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ภายหลังจากปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์สูงขึ้น ทั้ง 5 ทักษะ นั่นคือ 1) การแก้ปัญหา 2) การให้เหตุผล 3) การสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ 4) การเชื่อมโยง และ 5) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

2. จากผลการวิจัยพบว่า “นักเรียนที่ปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์มีความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับดี” ทั้งนี้จะเป็นผลจาก

2.1 การประเมินความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ใช้แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนโดยการวัดและประเมินจากสภาพจริง (Authentic Assessment) ที่ใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบรีค (Rubric Score) บรรยายคุณภาพของงานออกเป็นมาตราวัด (Scale) ให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบมีการวัดพฤติกรรมนักเรียน 4 ด้าน คือ 1) ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงการ 2) ทักษะการปฏิบัติงาน 3) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และ 4) การนำเสนอผลงาน ผู้วิจัยประเมินความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์จากการสังเกตพฤติกรรมในทุกๆ ด้านของนักเรียน และเก็บข้อมูลตั้งแต่เริ่มต้นจนจบ ทำให้ทราบถึงการพัฒนาของนักเรียนว่าเกิดการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด และเป็นไปตามสภาพที่แท้จริงของนักเรียนหรือไม่ การประเมินตามสภาพจริงเป็นการประเมินที่เปิดโอกาสให้นักเรียนและครูสะท้อนเป้าหมาย และแนวทางในการประสบความสำเร็จได้เป็นอย่างดี (กรมวิชาการ. 2542 : 10)

2.2 การจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปตามลำดับขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมมือกันค้นคว้าหาความรู้ และแก้ปัญหา นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมและคอยช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม ครูทำหน้าที่เป็นเพียงผู้ชี้แนะ คอยให้คำปรึกษา และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ซึ่งการที่ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดเอง ลงมือปฏิบัติเอง เป็นการท้าทายความสามารถของนักเรียน ก่อทำให้เกิดบรรยากาศที่ดีในการทำกิจกรรมต่างๆ นักเรียนไม่เบื่อหน่าย ส่งผลให้นักเรียนสามารถทำโครงการคณิตศาสตร์ได้สำเร็จตามที่มุ่งหวังไว้ ทำให้ความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับดี เป็นการตอบสนองการแสดงผลงานในทุกด้านตามศักยภาพของนักเรียน และเป็นการวัดผลที่สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 มาตรา 26 เรื่องการประเมินผลการเรียนรู้พิจารณาจากพัฒนาการของนักเรียน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2545 : 14-15) และสอดคล้องกับกระบวนการวัดและประเมินผลการเรียนรู้จากสภาพจริงควบคู่กับวิธีอื่นๆ

2.3 ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวเป็นผู้ที่มีความรับผิดชอบ รู้จักทำงานอย่างเป็นระบบ เป็นคนช่างสังเกต เป็นผู้ใฝ่รู้ใฝ่เรียนอยู่เสมอ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีความสามารถในการแก้ปัญหา มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ จึงส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ อยู่ในเกณฑ์ดี

จากผลจากการวิจัยครั้งนี้จะเห็นได้ว่า การปฏิบัติกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ ซึ่งนักเรียนได้เลือกศึกษาเรื่องที่สนใจและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ตลอดจนมีการนำเสนอผลของการศึกษาค้นคว้าให้ผู้อื่นทราบ โดยครูผู้สอนมีบทบาทในการอำนวยความสะดวกและให้คำแนะนำเท่าที่จำเป็นในระหว่างที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม นักเรียนได้ฝึกทักษะการทำงานอย่างมีระบบและฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่น ทำให้นักเรียนเกิดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ จึงถือได้ว่าโครงการคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมหนึ่งที่ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ เป็นการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริงอันจะเป็นการสร้างคุณลักษณะในคุณค่าของวิชาคณิตศาสตร์ นอกจากนี้แล้วยังเป็นการฝึกให้นักเรียนฝึกแสวงหาความรู้ ฝึกการทำงานกลุ่ม ฝึกความสามารถในการสื่อสารสิ่งที่ตนคิด หรือทำให้ผู้อื่นเข้าใจ (สมวงษ์ แปลงประสพโชค และคนอื่นๆ. 2544 : 4) ตลอดจนสอดคล้องกับแนวการจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542 มาตรา 22 กล่าวคือ “ผู้เรียนทุกคนมีความสามารถในการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการเรียนศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ”

ข้อสังเกตจากการวิจัย

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยพบข้อสังเกตบางประการ ดังนี้

1. การปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนต่างๆ ในการทำโครงการคณิตศาสตร์ อันได้แก่ การคิดและเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา การวางแผนการทำโครงการ และการลงมือทำโครงการ นักเรียนใช้เวลาค่อนข้างมาก ผู้วิจัยจึงให้คำแนะนำเพิ่มเติมให้แก่ นักเรียน ส่วนการเขียนรายงานนั้นนักเรียนยังใช้ภาษาที่จะอธิบายในสิ่งที่ต้องการนำเสนอได้ไม่ชัดเจน ไม่เหมาะสม และไม่กะทัดรัด
2. ในขั้นการคิดและเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถคิดหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะทำโครงการคณิตศาสตร์ได้ และมีความวิตกกังวลว่าเรื่องที่กลุ่มของตนเองคิดและเลือกไว้ สามารถที่จะนำไปทำโครงการคณิตศาสตร์ได้หรือไม่ ครูจึงให้คำแนะนำแก่นักเรียนว่าควรจะทำเรื่องที่ใกล้ตัว ไม่ยากหรือซับซ้อนจนเกินไป และสามารถทำได้
3. นักเรียนมีความกระตือรือร้นและให้ความสนใจในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดเตรียมไว้ในแต่ละชั่วโมง เพราะกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมอย่างเต็มที่ ทุกคนได้แสดงออกซึ่งความสามารถและศักยภาพของตนเอง โดยผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม
4. ในบางกิจกรรมนักเรียนบางคนยังสับสนและทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร ครูจึงให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะแก่นักเรียน ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจอย่างถูกต้อง ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น นักเรียนมีความสุขและสนุกกับการเรียน และสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างถูกต้อง

5. การสร้างบรรยากาศในการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนมีส่วนสำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อการเรียนรู้เสมอ รวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างครูผู้สอนกับนักเรียน นักเรียนกับนักเรียน และการให้ความเอาใจใส่กับนักเรียนทุกคน ซึ่งจะส่งผลต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นอย่างมาก

6. การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการคิด การวิเคราะห์ การแก้ปัญหา โดยการทำกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเองตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการทำกิจกรรม โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือเมื่อนักเรียนต้องการ ทำให้นักเรียนมีความตื่นตัวอยู่เสมอ ซึ่งในบางครั้งอาจทำให้เสียเวลาไปบ้าง แต่นักเรียนก็จะเกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะที่จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนและการศึกษาค้นคว้าต่อไป

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนสามารถที่จะส่งเสริมและพัฒนาได้ แต่ต้องใช้เวลาและความอดทน ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนรู้จักคิด วิเคราะห์ แก้ปัญหาด้วยวิธีการต่างๆ และควรเลือกรูปแบบการสอนรวมทั้งกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความหลากหลาย น่าสนใจ และควรทำอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างรวดเร็วและคงทน

1.2 การจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์จะเกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น ถ้าครูผู้สอนให้โอกาสนักเรียนได้คิด สืบเสาะหาความรู้ และปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเอง โดยครูผู้สอนเป็นเพียงผู้ให้คำปรึกษาและให้ข้อเสนอแนะแก่นักเรียน ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนสามารถทำโครงงานคณิตศาสตร์ได้ และยังส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์อีกด้วย

1.3 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความหลากหลาย และเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เพราะจะทำให้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ และทำให้นักเรียนเกิดทักษะ/กระบวนการต่างๆ ที่จะส่งผลต่อการเรียนรู้ต่อไป

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรนำรูปแบบการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ ไปใช้กับหน่วยการเรียนรู้หรือในรายวิชาคณิตศาสตร์อื่นๆ ในระดับชั้นต่างๆ เพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้น

2.2 ควรนำรูปแบบกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ ไปศึกษาผลในด้านต่างๆ เช่น ความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียน เจตคติของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ เป็นต้น

2.3 ควรส่งเสริมและพัฒนาทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการสอน
ต่างๆ เช่น การสอนแบบสืบสวนสอบสวน การสอนแบบอุปนัย การสอนแบบแก้ปัญหา เป็นต้น
ให้กับนักเรียนในระดับชั้นต่างๆ หรือใช้วิธีการสอนที่มีความหลากหลายในแต่ละชั่วโมง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2534). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- (2541). *เอกสารเสริมความรู้คณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา อันดับที่ 9 เรื่อง การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหลักสูตร กรมฯ.
- (2542). *การประเมินผลจากสภาพจริง (Authentic Assessment)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- (2544ก). *แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและครุภัณฑ์.
- (2544ข). *เอกสารหมายเลข 12 : สรุปคำบรรยายการวัดและการประเมินตามสภาพจริง*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษา กรมฯ.
- (2544ค). *เอกสารหมายเลข 14 : เกณฑ์การประเมิน (Rubric Assessment)*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษา กรมฯ.
- (2544ง). *เอกสารหมายเลข 16 : ตัวอย่างแนวการจัดทำเครื่องมือประเมินตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานวิชาคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษา กรมฯ.
- (2544จ). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและครุภัณฑ์.
- ✓ ----- (2544ฉ). *คู่มือการจัดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและครุภัณฑ์.
- (2544ช). *สรุปสาระสำคัญร่างแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 พ.ศ. 2545-2549*. กรุงเทพฯ: กองการวิจัยการศึกษา กรมฯ.
- (2544ซ). *การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมฯ.
- (2545). *การวิจัยเพื่อการพัฒนาการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและครุภัณฑ์.
- กรมสามัญศึกษา. (2545). *การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ: หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมฯ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2544ก). *หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- (2544ข). *ชุดฝึกอบรมวิทยากร หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ชุดที่ 12 เรื่อง การวัดและการประเมินผลการเรียน*. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและครุภัณฑ์.
- กิดานันท์ มลิทอง. (2543). *เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม*. พิมพ์ครั้งที่ 2 (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [ผู้จัดจำหน่าย].

- กิตติชัย สุทธิโนบล. (2546). โครงการ = *Project Approach* : การจัดกระบวนการเรียนรู้สำหรับเด็ก. กรุงเทพฯ: ศูนย์ศึกษาการพัฒนาครู คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาเขตกรณ.
- จรรยา ภูอุดม. (2544). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จรัญ ค่ายัง. (2539, มกราคม-กันยายน). การประเมินสภาพจริงคณิตศาสตร์เชิงวิจัยในชั้นเรียน. วารสารการวิจัยทางการศึกษา. 26(1-3): 12-22
- จันทรา พวงยอด. (2543). การพัฒนาความรับผิดชอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนพุทธจักรวิทยา โดยใช้กิจกรรมและเทคนิคการประเมินผลจากสภาพจริง. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จุฑารัตน์ จันทะนาม. (2543). การพัฒนาชุดการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้วยตนเองที่ใช้การดูประกอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จิราภรณ์ ศิริทวี. (2542, สิงหาคม). โครงการทางเลือกใหม่ของการสร้างปัญญาชน. วารสารวิชาการ. 2(8) : 33-38.
- แจ่มจันทร์ ทองคุ้ม. (2545). การศึกษาผลการเรียนวิทยาศาสตร์สาระการเรียนรู้ เรื่อง กินดีอยู่ดีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเบญจมราชานุสรณ์ ที่ได้รับการสอนแบบโครงการโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ฉวีวรรณ เศวตมาลย์. (2540). เอกสารประกอบการอบรมคณิตศาสตร์ “การแก้ปัญหา”. กรุงเทพฯ: สาขาวิชาการมัธยมศึกษา (การสอนคณิตศาสตร์) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี. (2542). การสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช. (2540). การพัฒนาแฟ้มสะสมผลงานในการประเมินผลการเรียนภาษาอังกฤษระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ด. (การวัดผลทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- (2544ก). คู่มือการเขียนแผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ: แม็ค.
- (2544ข). เอกสารแบบฝึกหัดโครงการคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. กรุงเทพฯ: แม็ค.

- ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล. (2541). *โครงการคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- ชिरา ลำดวงหอม. (2546). *กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์เรื่อง แบบรูปและการให้เหตุผล สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เชี่ยวชาญ เทพกุล. (2545). *การพัฒนาชุดการเรียนรู้แบบ STAD ที่เน้นทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ณัฐพงษ์ เจริญทิพย์. (2542). *การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ดิลก ดิลกานนท์. (2534). *การฝึกคิดสู่ความเป็นเลิศทางปัญญา*. กรุงเทพฯ: ธนวิการพิมพ์.
- ทรงศรี ตุ่นทอง. (2545). *การพัฒนาแบบแผนการประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริงของนักเรียน*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (การทดสอบและวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ทิพย์บุบผา สาร. (2546). *การศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ที่ฝึกด้วยแบบฝึกคิดอเนกนัยด้านสัญลักษณ์ในแต่ละผลผลิตตามแนวทฤษฎีของกิลฟอร์ดของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ทิตนา แคมมณี. (2542, พฤษภาคม). *การจัดการเรียนการสอนโดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง : โมเดลชิปปา (CIPPA MODEL)*. วารสารวิชาการ. 2(5) : 3-30.
- (2545ก). *กระบวนการเรียนรู้ ความหมาย แนวทางการพัฒนาและปัญหาข้อใจ*. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและครุภัณฑ์.
- (2545ข). *ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธัญญ์รัฐ ชาวเหนือ. (2543, มิถุนายน). *การกำหนดโครงการสำหรับนักเรียนตามรายวิชาภาษาไทยในหลักสูตรมัธยมศึกษา*. วารสารวิชาการ. 3(6) : 61-62.
- ธีระชัย ปุณณโชติ. (2531). *การสอนกิจกรรมโครงการ คู่มือสำหรับครู*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- (2541). *โมเดลเชิงสาเหตุของสมรรถภาพการทำโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น : รายงานการวิจัย*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิยม ไชยวงศ์. (2544). *“ร่วมปฏิรูปการเรียนรู้กับครูต้นแบบ” การปฏิรูปการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : การสอนแบบรูปแบบการเรียนรู้และการประเมินผลจากสภาพจริงวิชาคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ดับบลิว.เจ.พร็อพเพอร์ตี้.

- นิโบล นิมกัธรัตน์ และคนอื่นๆ. (2540). การศึกษาการนำรูปแบบการเรียนรู้ด้วยโครงงานวิทยาศาสตร์ไปสร้างเครือข่ายที่ปรึกษาและครูวิทยากรในโรงเรียนระดับประถม และมัธยมศึกษา. (น.ม.ว.). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นุชรี อ่อนละม้าย. (2546). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองด้านเหตุผลกับการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินุญานินพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุญศรี ปราภณศักดิ์ และ ศิริพร จิรวรรณกุล. (2538). การสื่อสารเพื่อคุณภาพการพยาบาล. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โบลท์ และ ฮอบส์. (2540). 101 โครงงานคณิตศาสตร์ = *Mathematics Projects*. ยุพิน พิพิธกุล และ สิริพร ทิพย์คง. แปลและเรียบเรียง. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- ปานทอง กุลนาถศิริ. (2543, มกราคม-มีนาคม). ความเคลื่อนไหว...เกี่ยวกับ NCTM : Principles and Standards for School Mathematics ในปี ค.ศ. 2000. วารสาร สสวท. 28(108) : 14-22.
- ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา. (2545). ความคิดสร้างสรรค์ : พรสวรรค์ที่พัฒนาได้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: บพิธการพิมพ์.
- ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2537, กันยายน-ตุลาคม). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์. วารสารคณิตศาสตร์. 38(434-435) : 18.
- . (2544). กิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้การแก้ปัญหาปลายเปิด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินุญานินพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2545). การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- พัชรินทร์ เปรมประเสริฐ. (2542). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยเน้นกระบวนการคณิตศาสตร์ กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินุญานินพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- พัชนี ทองแก้ว. (2543). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบ TEAM ASSISTED
INDIVIDUALIZATION กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม.
(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
ถ่ายเอกสาร.
- พิชิต ฤทธิ์จัญญ. (2544). หลักการวัดและการประเมินผลการศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันราชภัฏ
พระนคร.
- พิสิษฐ์ พึ่งเดช. (2542). การศึกษาการใช้แฟ้มสะสมผลงานในการจัดการเรียนการสอนและ
การประเมินผลของครูช่างอุตสาหกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา
เขตการศึกษา 5. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลทางการศึกษา). กรุงเทพฯ:
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เพชร วงศ์ประไพโรจน์. (ตุลาคม 2544-มกราคม 2545). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงการ.
วารสารศึกษาศาสตร์. 1(1) : 1-7.
- ไพศาล หวังพานิช. (2545). การวัดและประเมินผลการเรียน. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการ
ศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ภัทรา นิคมานนท์. (2543). การประเมินผลการเรียน (Learning Evaluation). พิมพ์ครั้งที่ 3.
กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏจันทรเกษม.
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. (2542). เอกสารชุดวิชาการสื่อสาร หน่วยที่ 1-8. พิมพ์ครั้งที่ 7.
นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ยุทธพงษ์ ไกยารณ. (2540). เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนวิชาโครงการ. กรุงเทพฯ:
ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพฯ.
- ยุพิน พิพิธกุล. (2544). โครงการคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: แม็ค.
- เยาวพา เตชะคุปต์. (2544, เมษายน). การทำโครงการในชั้นเด็กเล็ก. วารสารการศึกษาปฐมวัย.
5(2) : 9-13.
- รุ่ง แก้วแดง. (2542). ปฏิบัติการศึกษไทย. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มติชน.
- ลัดดา ภูเกียรติ. (2543). "การจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์" ในบทความนวัตกรรมเพื่อการ
เรียนรู้สำหรับครูยุคปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- (2544ก). โครงการเพื่อการเรียนรู้: หลักการและแนวทางการจัดกิจกรรม. กรุงเทพฯ:
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- (2544ข). การจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์: โครงการเพื่อการเรียนรู้. กรุงเทพฯ:
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. พิมพ์ครั้งที่ 5.

กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

----- (2540). สถิติวิทยาทางการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

----- (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.

✓ วรรณ ขุนศรี. (2546, มีนาคม). การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์. วารสารวิชาการ. 6(3) : 73-75

วราภรณ์ มีหนัก. (2545, กันยายน). การจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์. วารสารวิชาการ. 5(9) : 58-65.

วัชร ชันเชื้อ. (2545). การพัฒนาชุดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่อง ตรรกศาสตร์เบื้องต้น โดยใช้กระบวนการกลุ่ม เพื่อส่งเสริมทักษะการสื่อสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

วัฒนาพร ระเบียบทุกข์. (2541). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ: ดันอ้อ 1999.

----- (2542). แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: แอล.ที. เพรส.

----- (2545). เทคนิคและกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.

วิจิตร วรุตบางกูร. (2535). ผู้บริหารสถาบันอุดมศึกษา อธิการบดี คณบดี หัวหน้าภาควิชา. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วิชัย วงษ์ใหญ่. (2537). กระบวนการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอนภาคปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วินัย คำสุวรรณ. (2543). การสร้างโครงงานวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเชิงพหุมิติ. กรุงเทพฯ: แม็ค.

วิมลศรี สุวรรณรัตน์. (2542, มิถุนายน). กระบวนการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์. สานปฏิรูป. 2(15) : 23-25.

วิรัตน์ บัวขาว. (2544, กันยายน). โครงงาน : กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. วารสารวิชาการ. 4(9) : 8-11.

ศรีสุรางค์ ทิณะกุล. (2542). การคิดและการตัดสินใจ. กรุงเทพฯ: เวิร์ดเวฟ เอ็ดดูเคชั่น.

✓ ศิริกาญจน์ โกสมุก และ ดารณี คำวัจนัง. (2544). สอนให้เด็กคิดเป็น. กรุงเทพฯ: ทิปส์พับบลิชเคชั่น.

ศิริพร เถาว์โท. (2545). ผลของการเรียนรู้แบบบูรณาการที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบรรหารแจ่มใส 1 อำเภอดอนเจดีย์จังหวัดสุพรรณบุรี. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การศึกษาพิเศษ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- ศิริพร มาวรณา. (2546). ผลการใช้ทักษะการสื่อสารและการประเมินผลตามสภาพจริงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องการนำเสนอข้อมูล. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.). (2545). โครงการงานกลุ่มทักษะคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันฯ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2531). คู่มือการทำและจัดงานแสดงโครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: สถาบันฯ.
- (2539). คู่มือการจัดกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: สถาบันฯ.
- (2544). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบันฯ.
- (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มคณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 3-4 หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สถาบันฯ.
- สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2541). คู่มือโครงการคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: บริษัทการพิมพ์.
- สมเจตน์ ไวยากรณ์. (2530). รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการใช้เหตุผล. ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- สมชาย ชูชาติ. (2538). เอกสารคำสอนวิชา ศษ 361 วิธีสอนทั่วไป. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมชาย วรภิเษมสกุล. (2540). การพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยการสื่อสารแนวความคิดเพื่อเพิ่มทักษะการแก้ปัญหา. ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมเดช บุญประจักษ์. (2540). การพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การเรียนแบบร่วมมือ. ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- สมนึก นนธิจันทร์. (2540). การเรียนการสอนการวัดและการประเมินผลจากสภาพจริงของผู้เรียนโดยใช้ Portfolio. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สมนึก ภัทธิยธนี. (2541). การวัดผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาสารคาม: ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

- สมบัติ แสงทองคำสุก. (2545). การพัฒนารูปแบบการสอนวิชาคณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหา เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงเรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมวงษ์ แปลงประสพโชค และคนอื่นๆ. (2544). คู่มือการสอนโครงงานคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: Learn and Play MATHGROUP.
- สมศักดิ์ ขจรเจริญกุล. (2539, มกราคม-กันยายน). สภาพการจัดการเรียนการสอนของครูคณิตศาสตร์โรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 2 ปีการศึกษา 2538. วารสารการวิจัยทางการศึกษา. 26(1-3) : 72-78.
- สมศักดิ์ ภูวิภาดาวรรณ. (2537). เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- (2542, พฤษภาคม-มิถุนายน). เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์. วารสารข่าวสารกองบริหารการศึกษา. 10(79) : 5-7.
- (2544). การยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการประเมินตามสภาพจริง : *Learner Centeredness [and] Authentic Assessment*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: The Knowledge Center.
- สมศักดิ์ สินธุระเวชญ์. (2542, สิงหาคม-กันยายน). แนวคิดในการพัฒนาคนและกระบวนการเรียนรู้. วารสารข้าราชการครู. 6(5) : 11-121.
- (2542, พฤศจิกายน). แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. วารสารการศึกษา กทม. 23(2) : 16-19.
- สายสมร สุขะจิระ. (2543). การพัฒนากิจกรรมชุมนุมคณิตศาสตร์เพื่อใช้ประกอบการสอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สายสุนีย์ กลิ่นสุคนธ์. (2545). ผลของการใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมแรงร่วมใจ ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียน ป้อมนาคราชสวทยานนท์ อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ. สารนิพนธ์ กศ.ม. (จิตวิทยาการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ลิวิพร ทิพย์คง. (2544ก). หนังสือเสริมประสบการณ์วิชาคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เรื่องการแก้ปัญหา : *Problem Solving*. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหนังสือ.
- สุขจิตร ตั้งเจริญ. (2543). การใช้กลวิธีในการแก้ปัญหา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสมการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- สุพล วังสินธุ์. (2543,กันยายน). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สู่โครงงาน. วารสารวิชาการ. 3(9) : 11-15.
- . (2543,มิถุนายน). โครงการ : การเรียนรู้สู่ปี 2000. วารสารวิชาการ. 3(6) : 9-16.
- สุพัตรา ฤกษ์ปาย. (2544). ผลการใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือและการใช้สัญญาเงื่อนไขที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนไทยนิคมสงเคราะห์ สำนักงานเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (จิตวิทยาการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุภาพร บุญหนัก. (2544). การพัฒนาชุดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการแก้ปัญหาเรื่อง ความเท่ากันทุกประการ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุภาพร เสี่ยงเรืองแสง. (2540). ผลการสอนโดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ. (2543). เรียนรู้สู่คู่มืออาชีพ. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- เสนอ ภิรมย์จิตรมอญ. (2542). การประเมินผลภาคปฏิบัติ : *Performance Evaluation*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาทดสอบและวิจัยการศึกษา สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543ก). รายงานการวิจัย รูปแบบการจัดการศึกษาสำหรับผู้ที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: บางกอกบล๊อค.
- . (2543ข). การปฏิรูปการเรียนรู้ผู้เรียนสำคัญที่สุด. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545. กรุงเทพฯ: พรักหวานกราฟฟิค.
- สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2544). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 (พ.ศ. 2545-2549). กรุงเทพฯ: สำนักงาน.
- ลำลี รักสุทธิ. (2544). เทคนิควิธีการจัดการเรียนการสอนและเขียนแผนการสอน โดยยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: พัฒนาศึกษา.
- อัญชลี สิรินทร์วรารงค์. (2543). สอนวิทยาศาสตร์อย่างไรในระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อารี พันธุ์ณี. (2545). ผูกคิดให้เป็น คิดให้สร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: ไยไหม.

- อารีรัตน์ ขวัญทะเล. (2546). การศึกษาผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง จำนวนและตัวเลขของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการทำโครงงานคณิตศาสตร์. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อุดมศักดิ์ ธนะกิจรุ่งเรือง. (2544, มีนาคม). โครงงาน. วารสารการศึกษา กทม. 24(6) : 18-25.
- อุดมศักดิ์ ธนะกิจรุ่งเรือง และคนอื่นๆ. (2543, มิถุนายน). โครงงาน. วารสารวิชาการ. 3(6) : 17-24.
- อุดมศักดิ์ ธนะกิจรุ่งเรือง และ ศิริอร อินทร์ตลาดชุม. (2544). โครงงาน : ชุดเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: ศูนย์พัฒนาหนังสือ.
- อุทุมพร (ทองอุไทย) จามรमान. (2540). การตีค่าความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนเพื่อการปฏิรูปการศึกษา : *Authentic Performance and Portfolio Assessment of Learners for Education Reform*. กรุงเทพฯ: ฟันนี่พับบลิชชิง.
- Adam, Sam., Ellis, C. Leslie. and Beeson, B.F. (1977). *Teaching Mathematics with Emphasis on the Diagnostic Approach*. New York: Harper and Row.
- Allinger, Glenn D. and others. (1999). *Mathematics Projects Handbook*. Reston, Va: NCTM.
- Balka, Donald S. (1974). Creative Ability in Mathematics. *Arithmetic Teacher*. 21(7) : 333-363.
- Baroody, Arthur J. (1993). *Problem Solving, Reasoning, and Communicating, K-8 : Helping Children Think Mathematically*. New York: Merrill.
- Basile, Carole G. (1999, September). "Collection Data Outdoor : Making Connections to the Real World." *Teaching Children Mathematics*. 6(11) : 8-9.
- Bitter, Gary G., Hatfield, Mary M., and Edwards, Nancy Tanner. (1989). *Mathematics Methods for the Elementary and Middle School : A Comprehensive Approach*. Boston: Allyn and Bacon.
- Bloom, Benjamin S. (1976). *Human Characteristics and School Learning*. New York: McGraw-Hill.
- Branca, N.A. (1980). "Problem Solving as a Goal, Process, and Basic Skill." In S. Krulik, and R.E. Reys. (Eds.). *Problem Solving in School Mathematics : 1980 Yearbook*. P. 3-8. Reston, Va: NCTM.
- Brandt, Ron. (1984, September). "Teaching of Thinking, for Thinking, about Thinking." *Educational Leadership*. 42(1) : 3

- Burks, Linda Carol. (1994, May). "The Use of Writing as a Mean of Teacher Eighth Grade Student to Use Executive Processes and Heuristic Strategies to Solve Mathematics Problem." *Dissertation Abstracts International*. 54(11) : 4019A-4020A.
- Campbell, Patricia F. (1997, October). "Connecting Instructional Practice to Student Thinking." In *Teaching Children Mathematics*. 4(2) : 106-110.
- Carroll, John. and Howieson, Noel. (1991, December). Recognizing Creative Thinking Talent in Classroom. *Roper Review*. 14(2) : 68-71.
- Castelline, David George. (1997, May). The Influences of Portfolio Assessment on Teachers Expectation for Student. *Dissertation Abstracts International*. 57(11) : 4706-A.
- Charles, Randall. and Lester, Frank K. (1982). *Teaching Problem Solving. What, Why & How*. Palo Alto: Dale Seymour Publication.
- Cohen, Marcus S. and others. (1991). *Student Research Projects in Calculus*. Washington, D.C.: The Mathematical Association of America.
- De Bono, E. (1970). *Lateral Thinking : a Textbook of Creativity*. London: Wade Look Education.
- Dossey, John A. and others. (2002). *Mathematics Methods and Modeling for Today's Mathematics Classroom : A Contemporary Approach to Teaching Grades 7-12*. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole.
- Drickey, Nancy Ann. (2000). "A Comparison of Virtual and Physical Manipulative in Teaching Visualization and Spatial Reasoning to Middle School Mathematics Student." *Dissertation Abstracts International*. (Online). 62-02A.
- Gagne, Robert M. (1985). *The Conditions of Learning and Theory of Instruction*. 4th ed. New York: Holt Rinehart and Winston.
- Good, Carter V. and Merkel, Winifred R. (1973). *Dictionary of Education*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill.
- Guilford, J.P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Guilford, J.P. and Hoepfner, Ralph. (1971). *The Analysis of Intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- Hovland, Carl Iver., Janis, Irving L. and Kelly, Harold H. (1953). *Communication and Persuasion : Psychological Studies of Opinion Change*. New Haven: Yale University.

- Johanning, Debra I. (2000, March). "An Analysis of Writing and Postwriting Group Collaboration in Middle School Pre-Algebra." *School Science and Mathematics*. 100(3) : 151-160.
- Kennedy, Leonard M. and Tipps, Steve. (1997). *Guiding Children's Learning of Mathematics*. 8th ed. Belmont, California: Wadsworth.
- Knuth, Eric J. (2000, January). "Understanding Connections between Equations and Graphs." *The Mathematics Teacher*. 93(1) : 48-53.
- Knuth, Eric J. (2000, July). "Student Understanding of the Cartesian Connection : An Exploratory Study." *Journal for Research in Mathematics Education*. 31(4) : 501-507.
- Krulik, Stephen. and Rudnick, Jesse A. (1993). *Reasoning and Problem Solving. A Handbook for Elementary School Teachers*. Boston: Allyn and Bacon.
- Krulik, Stephen. and Reys, Robert E. (1980). *Problem Solving in School Mathematics*. Reston, Virginia : NCTM.
- Lannin, John K. (2001). "Developing Middle School Students' Understanding of Recursive and Explicit Reasoning." *Dissertation Abstracts International*. (Online). 62-02A.
- Lappan, Glenda. and Schram, Pamela W. (1989). "Communication and Reasoning : Critical Dimensions of Sense Making in Mathematics." in *New Directions for Elementary School Mathematics*. 1989 Yearbook. p. 14-30. Reston, Virginia: NCTM.
- Michaels, Rosemarie. (2002). "The Relationships Among Problem Solving Performance, Gender, Confidence, and Attributional Style in Third-grade Mathematics." *Dissertation Abstracts International*. (Online). 63-03A.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, Virginia: NCTM.
- (1992). *The National Association for the Education of Young Children*. Reston, Va: NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (1991). *Professional Standards for Teaching Mathematics*. Reston, Va: NCTM.
- (1995). *Assessment Standards for Teaching Mathematics*. Reston, Va: NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, Va: NCTM.
- O'Daffer, Phares G. (1990). "Inductive and Deductive Reasoning." *The Mathematics Teacher*. 93(6) : 379-380.

- O'Daffer, Phares G. and Thornquist, Bruce A. (1993). "Critical Thinking , Mathematics Reasoning, and Proof." In *Research Ideas for the Classroom High School Mathematics*. p 39-56. New York: Macmillan.
- Pandiscio, Eric A. (2002, May). "Exploring the Link between Preservice Teacher's Connections of Proof and the Use of Dynamic Geometry Software." *School Science and Mathematics*. 102(5) : 216-220.
- Polya, George. (1957). *How to Solve It : a new aspect of Mathematical method*. New York: Doubleday.
- Reys, Robert E., Suydam, Marilyn N. and Lindquist, Mary Montgomery. (1992). *Helping Children Learn Mathematics*. 3rd ed. Boston: Allyn and Bacon.
- Rodeheaver, Lounette Reeves. (2000). "A Case Study of Communication between Secondary Mathematics Teacher and the Cooperative Teacher." *Dissertation Abstracts International*. (Online). 53-05A.
- Rojas, M.E. (1992). "Enhancing the Learning of Probability Through Developing Student' Skills in Reading and Writing." *Dissertation Abstracts International*. (Online). 53-05A.
- Rowan, Thomas E. and Morrow, J. Lorna. (1993). *Implementing the K-8 Curriculum and Evaluation Standards : Reading From the Arithmetic Teacher*. Reston Va: NCTM.
- Sachs, Leroy. (1988). *Projects to Enrich School Mathematics Level 2*. Reston, Va: NCTM.
- Shannon, C.E. and Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana, Illinois: University of Illinois.
- Simpson, Diana. (1999, May). "A Constructivist Approach to Mathematics Teaching and Learning by a Grade 5 Teacher." *Dissertation Abstracts International*. 56(11) : 106-A.
- Toole, Cecilla Marie. (2001). "Explaining Math Achievement by Examining Its Relationship to Ethnic Background, Gender, and Level of Formal Reasoning." *Dissertation Abstracts International*. (Online). 62-03A.
- Torrance, Paul E. (1962). *Guiding Creative Talent*. New Delhi : Prentice-Hall of India Private.
- (1965). *What Research Says to the Teachers in Creativity*. Washington D.C.: Association of Class Teachers of the National Education Association.
- Touchet, Michelle Marie. (1997, June). "First-and Second-Grade Student Perspectives Regarding Portfolio Assessment." *Dissertation Abstracts International*. 35(3) : 626-A.

- Tran, Ann Thi. (2001). "Computer-assisted Instruction in The Math Connection." *Masters Abstracts International*. (Online). 39-04.
- Trujillo, Karen Marie. (1998). "Student Attitudes Toward Mathematics Projects (Alternative Assessment, Cooperative Learning." *Dissertation Abstracts International*. (Online). 59-07A.
- Wagner, David Richard. (2002). "Being in a Mathematical Place : Brief Immersions in Pure Mathematics Investigation." *Masters Abstracts International*. (Online). 41-01.
- William, Kenneth M. (2003, March). "Writing about the Problem-Solving Process to Improve Problem-Solving Performance." *Mathematics Teacher*. 96(3) : 185-187.
- Wilson, J.W. and others. (1993). "Mathematics Problem Solving" in *Research Idea for the Classroom (High School Mathematics)*. Patricia, S. Wilson. (eds.). New York: Macmillan.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ตารางค่าความยาก (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์
2. ตารางค่า $\sum X_i$ ค่า $\sum X_i^2$ ค่า S_i และค่าความเชื่อมั่น (α -coefficient) ของแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์
3. คะแนนทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังปฏิบัติการกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ จำนวน 45 คน
4. คะแนนความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 45 คน

ตาราง 21 ค่าความยาก (P_E) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

ข้อที่	P_E	D
1	0.79	0.26
2	0.56	0.64
3	0.57	0.27
4	0.53	0.39
5	0.56	0.94
6	0.42	0.58
7	0.41	0.33
8	0.31	0.62
9	0.43	0.56
10	0.45	0.82

ตาราง 22 ค่า $\sum X_i$ ค่า $\sum X_i^2$ ค่า S_i และค่าความเชื่อมั่น (α -coefficient) ของแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

ข้อที่	$\sum X_i$	$\sum X_i^2$	S_i
1	273	765	0.20
2	113	155	0.28
3	236	580	0.23
4	150	252	0.27
5	254	670	0.25
6	173	343	0.44
7	145	243	0.33
8	136	216	0.31
9	176	328	0.18
10	157	271	0.25
			$\sum S_i = 2.75$

ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เนื่องจาก $n = 10$; $\sum s_i^2 = 2.75$ และ $s_t^2 = 12.66$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}\alpha &= \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right\} \\ &= \frac{10}{10-1} \left\{ 1 - \frac{2.75}{12.66} \right\} \\ &= \frac{10}{9} (1 - 0.22) \\ &= \frac{10}{9} (0.78) \\ &= 0.87\end{aligned}$$

เมื่อ	α	แทน	สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น
	n	แทน	จำนวนข้อสอบ
	s_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนเป็นรายข้อ
	s_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนของข้อสอบทั้งฉบับ

ตาราง 23 คะแนนทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 45 คน ก่อนและหลังปฏิบัติการกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 40 คะแนน)

คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ผลต่าง		คนที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ผลต่าง	
			D	D ²				D	D ²
1	16	31	15	225	24	27	35	8	64
2	18	28	10	100	25	22	28	6	36
3	23	28	5	25	26	25	35	10	100
4	25	33	8	64	27	31	36	5	25
5	20	28	8	64	28	22	32	10	100
6	22	31	9	81	29	22	31	9	81
7	25	34	9	81	30	30	37	7	49
8	29	37	8	64	31	25	34	9	81
9	23	32	9	81	32	27	36	9	81
10	21	28	7	49	33	31	38	7	49
11	23	29	6	36	34	22	31	9	81
12	20	28	8	64	35	18	29	11	121
13	27	36	9	81	36	20	27	7	46
14	24	33	9	81	37	21	29	8	64
15	21	29	8	64	38	24	31	7	49
16	16	27	11	121	39	27	36	9	81
17	25	34	12	144	40	24	33	9	81
18	25	32	8	64	41	29	37	8	64
19	23	32	6	36	42	32	39	7	49
20	21	32	8	64	43	30	38	8	64
21	14	26	6	36	44	27	36	9	81
22	29	37	10	100	45	17	27	10	100
23	31	37	5	25					

สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐานทดสอบความแตกต่างของคะแนนทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าที่พิจารณาใน t – Distribution
	$\sum D^2$	แทน	ผลรวมของผลต่างของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
	$(\sum D)^2$	แทน	ผลรวมของผลต่างของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
	df	แทน	N-1

เนื่องจาก $\sum D = 383$; $\sum D^2 = 3,407$; $(\sum D)^2 = 146,689$; $N = 45$

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้น } t &= \frac{383}{\sqrt{\frac{45(3,407) - 146,689}{45 - 1}}} \\
 &= \frac{383}{\sqrt{\frac{153,315 - 146,689}{44}}} \\
 &= \frac{383}{\sqrt{\frac{6,626}{44}}} \\
 &= \frac{383}{\sqrt{150.5909}} \\
 &= \frac{383}{12.2715} \\
 &= 31.2104
 \end{aligned}$$

(เปิดตาราง t จะได้ ค่าวิกฤตของ t จากการแจกแจงแบบ t เท่ากับ 2.4164 ที่ระดับนัยสำคัญที่ .01 เมื่อ $df = 45 - 1 = 44$)

ตาราง 24 คะแนนความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
จำนวน 9 กลุ่ม จำนวนนักเรียน 45 คน

กลุ่มที่	ความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ด้านต่างๆ				รวม (20 คะแนน)	— X
	ความรู้ (5 คะแนน)	ทักษะการ ปฏิบัติงาน (5 คะแนน)	คิดริเริ่ม สร้างสรรค์ (5 คะแนน)	การนำเสนอ ผลงาน (5 คะแนน)		
1. การทำไข่เค็ม	4	3	4	4	15	3.75
2. ผักสวดยด้วยน้ำเกลือ	5	5	4	4	18	4.50
3. การทำปุยหมัก	3	3	4	4	14	3.50
4. ลดน้ำหนักอย่างถูกวิธี	3	3	4	4	14	3.50
5. น้ามะพร้าวห้าวช่วย ผลิตผักปลอดสารพิษ	5	5	5	4	19	4.75
6. การคำนวณค่าไฟฟ้า ในแต่ละเดือน	4	3	3	3	13	3.25
7. การบวก	2	2	3	2	9	2.25
8. การแก้สมการโดยการ ใช้เม็ดมะขาม	2	2	4	2	10	2.50
9. การเปรียบเทียบ ส่วนสูง-น้ำหนัก มาตรฐานของเด็กไทย	3	3	3	3	12	3.00
รวม	31	29	34	30	124	31.00
— X	3.44	3.22	3.78	3.33	13.78	3.44
S	1.13	1.09	0.67	0.87	3.31	0.83

สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐานทดสอบความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าที่พิจารณาใน t - Distribution
	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนน
	μ_0	แทน	ค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์ ($\mu_0 \geq 3.50$)
	s	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	df	แทน	N-1

เนื่องจาก $\bar{X} = 3.44$; $\mu_0 = 3.50$; $s = 0.83$; $n = 9$

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้น} \quad t &= \frac{3.44 - 3.50}{\frac{0.83}{\sqrt{9}}} \\
 &= \frac{-0.06}{\frac{0.83}{3}} \\
 &= \frac{-0.06}{0.277} \\
 &= 0.262
 \end{aligned}$$

(เปิดตาราง t จะได้ ค่าวิกฤตของ t จากการแจกแจงแบบ t เท่ากับ 1.860 ที่ระดับนัยสำคัญที่ .05 เมื่อ $df = 9-1 = 8$)

ภาคผนวก ข

1. ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์
2. แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียน
3. แบบประเมินทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

แผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์



ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

**โดย
นายชัยรัตน์ สุลำนาจ**

**นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการมัธยมศึกษา
(การสอนคณิตศาสตร์)**

แผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ที่ 1

ระยะวางพื้นฐาน

ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ภาคเรียนที่ 2

ปีการศึกษา 2546

จำนวน 2 ชั่วโมง

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ นักเรียนสามารถบอกความหมาย ประเภท และขั้นตอนการทำโครงการคณิตศาสตร์ รวมทั้งวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้

1.2 ด้านทักษะ/กระบวนการ นักเรียนสามารถ

1.2.1 แก้ปัญหา

1.2.2 ให้เหตุผล

1.2.3 สื่อสาร และนำเสนอ

1.2.4 เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์

1.2.5 คิดริเริ่มสร้างสรรค์

1.3 ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

1.3.1 มีความรับผิดชอบ

1.3.2 มีระเบียบวินัย

1.3.3 ทำงานเป็นระบบ รอบคอบ

2. สาระการเรียนรู้

วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการสืบเสาะแสวงหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์แบบมีลำดับขั้นตอน โดยวิธีการนี้เชื่อว่า การทำงานของนักวิทยาศาสตร์จะคล้ายกันหรืออาจแตกต่างกันบ้าง แต่ก็มีลักษณะร่วมกันที่สามารถจัดเป็นขั้นตอนได้ กล่าวคือ เมื่อพบปัญหาแล้วเขาจะใช้วิธีการแก้ปัญหาในแนวทางเดียวกัน จะมีการเริ่มต้น ณ จุดๆ หนึ่งแล้วทำต่อเนื่องกันไปตามลำดับขั้น จนถึงจุดสุดท้ายก็ครบวงจรการแก้ปัญหา ถ้าอยากจะตรวจสอบใหม่ ณ จุดใดก็สามารถตรวจสอบได้ตามวงจรมานั้น ลำดับขั้นของวิธีการทางวิทยาศาสตร์มี 4 ขั้น คือ ขั้นระบุปัญหา ขั้นตั้งสมมติฐาน ขั้นทดลอง และขั้นสรุปผล

ความรู้เกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์ มีดังนี้

1. ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ โครงการคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ หลักการและแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ไปเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหาที่ตนเองสนใจที่จะศึกษา ค้นคว้า และลงมือปฏิบัติด้วยตนเองตามความสามารถ ความถนัด และความสนใจอย่างเป็นอิสระด้วยวิธีการ ทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการวิจัย โดยมีครูผู้สอนและ/

หรือผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำปรึกษาแนะนำแก่นักเรียนเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ อาจเป็นโครงการเดี่ยวหรือกลุ่มก็ได้

2. หลักการของโครงการคณิตศาสตร์ มีดังนี้

2.1 เป็นเรื่องเกี่ยวกับคณิตศาสตร์และเทคโนโลยี หรือความจริงและการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งหมายถึง โครงการคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นต้องยึดหลักความจริงที่เป็นอยู่ตามธรรมชาติ

2.2 เป็นการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองเพื่อเป็นการฝึกให้นักเรียนคิดเป็นทำเป็น และแก้ปัญหาเป็นโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

2.3 คำนี้ถึงเสรีภาพและเศรษฐกิจ หมายถึง การให้เสรีภาพแก่ผู้ทำโครงการในเรื่องที่จะทำ โดยคำนึงถึงวัสดุอุปกรณ์และเงินทุนที่มีอยู่เป็นองค์ประกอบ

3. จุดมุ่งหมายของโครงการคณิตศาสตร์ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำความรู้และประสบการณ์ไปบูรณาการในการปฏิบัติงานตามความสนใจ ความถนัดของตนเอง ฝึกการทำงานอย่างเป็นระบบ ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ พัฒนาความคิดสร้างสรรค์และสร้างเจตคติที่ดีต่อการปฏิบัติงานให้เกิดขึ้นกับนักเรียน

4. ประเภทของโครงการคณิตศาสตร์

4.1 โครงการประเภทศึกษาค้นคว้า (Documentation Projects)

4.2 โครงการประเภททดลอง (Experimental Projects)

4.3 โครงการประเภทการพัฒนาหรือการประดิษฐ์ (Development Projects)

4.4 โครงการประเภทการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบาย (Theoretical Projects)

5. ขั้นตอนการทำโครงการคณิตศาสตร์ มีลำดับขั้นตอนดังนี้

5.1 การคิดจะเลือกหัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา

5.2 การวางแผนในการทำโครงการ

5.3 การลงมือทำโครงการ

5.4 การเขียนรายงาน

5.5 การแสดงผลงาน

3. กิจกรรมการเรียนรู้

ชั่วโมงที่ 1

1. ครูกล่าวทักทายนักเรียนและกล่าวแนะนำตนเอง

2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายซักถามเกี่ยวกับความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ ปัญหาในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ แนวทางการแก้ปัญหา เพื่อโยงเข้าสู่โครงการคณิตศาสตร์

3. ครูให้นักเรียนดูวีดิทัศน์เรื่องโครงการคณิตศาสตร์ แล้วร่วมกันอภิปรายซักถามเกี่ยวกับความหมายของโครงการคณิตศาสตร์โดยใช้แผ่นโปสเตอร์ที่ 1

4. ครูยกตัวอย่างการค้นพบยาเพนนิซิลลินของเฟลมมิง โดยใช้แผ่นโปร่งใสที่ 2 พร้อมระบุขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายซักถาม
5. ครูให้นักเรียนฝึกทำกิจกรรมที่ 1 “แก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์”
6. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ว่ามี 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนปัญหา ขั้นตอนสมมติฐาน ขั้นตอนทดลอง และขั้นสรุปผล โดยใช้แผ่นโปร่งใสที่ 3

ชั่วโมงที่ 2

7. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายซักถามเกี่ยวกับประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์ โดยใช้แผ่นโปร่งใสที่ 4
8. ครูยกตัวอย่างโครงงานคณิตศาสตร์และแผนผังโครงงานคณิตศาสตร์ แล้วให้นักเรียนระบุประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์
9. ครูอธิบายขั้นตอนการทำโครงงานคณิตศาสตร์ โดยใช้ตัวอย่างโครงงานคณิตศาสตร์แต่ละประเภทประกอบการอธิบาย
10. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปขั้นตอนการทำโครงงานคณิตศาสตร์ โดยใช้แผ่นโปร่งใสที่ 5

4. สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

- 4.1 วิดีทัศน์เรื่องโครงงานคณิตศาสตร์
- 4.2 แผ่นโปร่งใสที่ 1 “ความหมายของโครงงานคณิตศาสตร์”
- 4.3 แผ่นโปร่งใสที่ 2 “แก้ปัญหาย่านนักวิทยาศาสตร์”
- 4.4 แผ่นโปร่งใสที่ 3 “วิธีการทางวิทยาศาสตร์”
- 4.5 แผ่นโปร่งใสที่ 4 “ประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์”
- 4.6 แผ่นโปร่งใสที่ 5 “ขั้นตอนการทำโครงงานคณิตศาสตร์”
- 4.7 ตัวอย่างโครงงานคณิตศาสตร์
- 4.8 แผ่นโปร่งใส (สำหรับการนำเสนอ)

5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

การวัดผล	การประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้
1. สังเกตจากการร่วมกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ 80% ขึ้นไป	- แบบประเมินคุณลักษณะ - แบบประเมินทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

6. บันทึกหลังสอน

- 6.1 ปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการพัฒนา
- 6.2 แนวทางการแก้ปัญหาหรือพัฒนา
- 6.3 ผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน.....
- 6.4 แนวทางการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป.....

7. ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

แผ่นโปรงใสที่ 1

“ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์”

โครงการคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ หลักการและแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ไปเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหาที่ตนเองสนใจที่จะศึกษา ค้นคว้า และลงมือปฏิบัติด้วยตนเองตามความสามารถ ความถนัด และ ความสนใจอย่างเป็นอิสระด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการวิจัย โดยมีครูผู้สอนและ/หรือผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำปรึกษาแนะนำแก่นักเรียนเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ อาจเป็นโครงการเดี่ยวหรือกลุ่มก็ได้

แผ่นโปรงใสที่ 3

“วิธีการทางวิทยาศาสตร์”

วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการสืบเสาะแสวงหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์แบบมีลำดับขั้นตอน โดยวิธีการนี้เชื่อว่า การทำงานของนักวิทยาศาสตร์จะคล้ายกันหรืออาจแตกต่างกันบ้าง แต่ก็มีลักษณะร่วมกันที่สามารถจัดเป็นขั้นตอนได้

ลำดับขั้นของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ มี 4 ขั้น ดังนี้

1. **ขั้นระบุปัญหา** เป็นขั้นตั้งปัญหาและกำหนดขอบเขตของปัญหา
2. **ขั้นตั้งสมมติฐาน** เป็นการคิดหาคำตอบที่น่าจะเป็นไปได้ของปัญหา
3. **ขั้นทดลอง** เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการทดลองหรือสำรวจหลักฐานเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ถูกหรือผิด
4. **ขั้นสรุปผล** เป็นการนำหลักฐาน ข้อมูลมาวิเคราะห์และลงข้อสรุปโดยการพิจารณาหาความจริงที่เกิดขึ้นในข้อมูลและการตีความหมายของข้อมูล ถ้ายอมรับก็นำไปสู่การสร้างเป็นกฎหรือทฤษฎีต่อไป

แผนโปร่งใสที่ 2

“แก้ปัญหาย่างนักวิทยาศาสตร์”

ในปี ค.ศ. 1982 เฟลมมิง (Fleming) ได้เพาะเลี้ยงแบคทีเรียบนวุ้นเลี้ยงเชื้อในจานแก้ว โดยมีจุดประสงค์ที่จะศึกษาการเจริญเติบโตของเชื้อในสภาวะต่างๆ แบคทีเรียจะเจริญเติบโตเต็มจานแก้วสังเกตเห็นได้ชัด วันหนึ่ง เฟลมมิง สังเกตเห็นว่าบางส่วนของวุ้นปราศจากเชื้อแบคทีเรีย โดยบริเวณดังกล่าวจะมีเชื้อราขึ้นอยู่ เขาชี้ให้เพื่อนดู เพื่อนของเขาไม่ได้แสดงความสนใจและไม่คิดว่าเป็นเรื่องแปลก แต่ เฟลมมิง คิดว่าเชื้อราชนิดนั้นอาจจะทำลายแบคทีเรียได้ จึงได้ทำ การทดลองต่อไป เพื่อที่จะพิสูจน์ว่าความคิดของเขาถูกต้องหรือไม่ โดยใส่เชื้อราลงในจานที่เพาะเลี้ยงแบคทีเรีย ผลปรากฏว่าแบคทีเรียไม่เจริญเติบโตรอบๆ เชื้อราที่เพาะไว้ เขาจึงสรุปว่า เชื้อรานั้นทำลายแบคทีเรียได้ และเมื่อศึกษาต่อไปก็พบว่า ราชนิดนั้นผลิตสารซึ่งมีคุณสมบัติทำลายแบคทีเรีย จึงได้สกัดสารชนิดนั้นออกมาใช้เป็นยาเรียกว่า “เพนนิซิลลิน”

จากตัวอย่างดังกล่าวข้างต้น เฟลมมิง เป็นคนที่มีความอยากรู้อยากเห็น ไม่ละเลยต่อสิ่งที่พบเห็น ซึ่งเป็นเจตคติที่สำคัญอย่างหนึ่งของนักวิทยาศาสตร์ จึงได้ดำเนินการทดลองเพื่อแสวงหาคำตอบของปัญหาที่เขาสนใจ ซึ่งอาจจะสรุปเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. ขั้นระบุปัญหา สิ่งที่สำคัญในขั้นนี้ก็คือ ความสนใจที่นักวิทยาศาสตร์มีต่อสิ่งที่ตนเองพบเห็น ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากความอยากรู้อยากเห็น และทักษะการสังเกต เขาจึงตั้งปัญหาถามตนเองว่า “ทำไมเชื้อแบคทีเรียในบริเวณที่มีเชื้อราจึงหายไป”

2. ขั้นตั้งสมมติฐาน เขาคาดคะเนคำตอบที่อาจเป็นไปได้ในทางวิทยาศาสตร์เรียกว่าสมมติฐาน และสมมติฐานในกรณีนี้คือ “เชื้อราน่าจะมีส่วนในการทำลายแบคทีเรีย”

3. ขั้นทดลอง เขาทำการทดลองต่อไป โดยเพาะเลี้ยงแบคทีเรียจนเต็มจานแก้ว แล้วใส่เชื้อราลงไป ผลปรากฏว่า “แบคทีเรียในบริเวณนั้นไม่เจริญเติบโต”

4. ขั้นสรุปผล เมื่อเขาพบผลที่ได้จากการทดลองว่า บริเวณที่มีเชื้อแบคทีเรียอยู่ก่อนแล้ว เมื่อใส่เชื้อราลงไปแบคทีเรียในบริเวณนั้นจะไม่ปรากฏ เขาจึงสรุปว่า “เชื้อราเป็นตัวที่ทำลายแบคทีเรีย”

แผนโปร่งใสที่ 4

“ประเภทของโครงการคณิตศาสตร์”

ประเภทของโครงการคณิตศาสตร์ มีดังนี้

1. โครงการประเภทศึกษาค้นคว้า (Documentation Projects) เป็นกิจกรรมการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ตัวอย่างเช่น โครงการเครื่องชั่งในชุมชน โครงการการบวกเลขของคนในชุมชน และ โครงการประวัติของพาย (π) เป็นต้น

2. โครงการประเภททดลอง (Experimental Projects) เป็นการศึกษาหาคำตอบของปัญหาใดปัญหาหนึ่ง โดยการออกแบบทดลองและดำเนินการทดลอง เพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการทราบ หรือเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

ตัวอย่างเช่น โครงการความสัมพันธ์ระหว่างเส้นกลางไปกับพื้นที่ และโครงการค่าใช้จ่ายในการสร้างห้องนอน เป็นต้น

3. โครงการประเภทการพัฒนาหรือการประดิษฐ์ (Development Projects) เป็นการพัฒนาหรือการประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้หรืออุปกรณ์ต่างๆ ให้ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยการประยุกต์ทฤษฎีหรือหลักการทางคณิตศาสตร์

ตัวอย่างเช่น โครงการ 3-D Geometry and Origami และโครงการ Balancing Mobiles เป็นต้น

4. โครงการประเภทการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบาย (Theoretical Projects) เป็นโครงการที่ผู้ทำจะต้องเสนอแนวคิดใหม่ๆ ในการอธิบายเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างมีเหตุผล มีหลักการทางคณิตศาสตร์หรือทฤษฎีสนับสนุน

ตัวอย่างเช่น โครงการพิสูจน์ทฤษฎีพีทาโกรัส และโครงการการพิสูจน์ค่าพาย (π) เป็นต้น

แผนโปร่งใส่ที่ 5

“ขั้นตอนการทำโครงการคณิตศาสตร์”

การทำโครงการคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมต่อเนื่องและมีการดำเนินงานหลายขั้นตอนตั้งแต่เริ่มต้นถึงขั้นสุดท้าย ดังนี้

1. การคิดจะเลือกหัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา เป็นขั้นตอนลำดับแรกในการทำโครงการ ดังนั้นจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดและยากที่สุด หัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษานั้นควรให้ นักเรียนเป็นผู้คิดและเลือกด้วยตนเอง โดยที่หัวข้อเรื่องของโครงการควรมีความเฉพาะเจาะจงและชัดเจน มุ่งชัดว่าจะศึกษาสิ่งใดหรือตัวแปรใดและควรเป็นเรื่องแปลกใหม่ ซึ่งแสดงความคิดสร้างสรรค์ด้วย

2. การวางแผนในการทำโครงการ ขั้นนี้เป็นการวางแผนในการทำโครงการ รวมถึง การเขียนเค้าโครงของโครงการ ซึ่งต้องมีการวางแผนหรือวางรูปแบบโครงการไว้ล่วงหน้า เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างรัดกุมและรอบคอบไม่สับสน แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อขอความเห็นชอบและดำเนินการขั้นต่อไป

3. การลงมือทำโครงการ เมื่อเค้าโครงของโครงการผ่านความเห็นชอบของที่ปรึกษา โครงการแล้วนักเรียนเริ่มทำโครงการโดยปฏิบัติตามแผนดำเนินงานที่ประกอบด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูล การสร้างหรือประดิษฐ์ การปฏิบัติการทดลอง การค้นคว้าเอกสารต่างๆ ซึ่งสรุปแล้วแต่ว่าจะเป็นโครงการประเภทใด แล้วทำการวิเคราะห์ข้อมูล แปลผลและสรุปผลการศึกษาค้นคว้า พร้อมทั้งอภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า ไม่ว่าผลนั้นจะตรงตามความคาดหมายหรือตามสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ก็ตาม

4. การเขียนรายงาน การเขียนรายงานโครงการคณิตศาสตร์เป็นการเสนอผลงานของการศึกษาค้นคว้าเป็นเอกสาร เพื่ออธิบายให้ผู้อื่นทราบแนวคิดหรือปัญหาที่ศึกษา วิธีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆ ที่รวบรวมได้ ผลการศึกษา ตลอดจนประโยชน์และข้อเสนอแนะต่างๆ ที่ได้จากโครงการ

5. การแสดงผลงาน การแสดงผลงานเป็นงานขั้นสุดท้ายและสำคัญอีกประการหนึ่งของการทำโครงการ เป็นการเสนอผลงานที่ได้ศึกษาค้นคว้าสำเร็จด้วยความคิด ความพยายามของผู้ทำโครงการให้ผู้อื่นรับรู้และเข้าใจถึงผลงาน การวางแผนออกแบบเพื่อจัดแสดงผลงานนั้นมีความสำคัญเท่าๆ กับการทำโครงการนั่นเอง เช่น การแสดงในรูปแบบนิทรรศการ ซึ่งมีทั้งการจัดแสดงและการอธิบายด้วยคำพูดหรือรูปแบบของการจัดแสดงโดยไม่มีการอธิบายประกอบหรือในรูปของการรายงานปากเปล่า

ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง “แก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์”

ชื่อกลุ่ม ชั้น

คำชี้แจงให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

มานีช่วยแม่ทำกับข้าวโดยรับหน้าที่ลวกผักบุ้งแต่ผักบุ้งที่มานีลวกมีสีคล้ำไม่น่ารับประทานต่างจากที่แม่ลวก ซึ่งมานีสังเกตเห็นว่า ผักบุ้งที่แม่ลวกมีสีสายน่ารับประทาน มานีคิดว่าเวลาที่ใช้ลวกอาจมีผลทำให้ผักบุ้งมีสีสายน่ารับประทาน จึงได้ทำการทดลองต่อไปเพื่อพิสูจน์ว่าความคิดของตนเองนั้นถูกต้องหรือไม่ โดยการนำผักบุ้งมาลวกในเวลาที่แตกต่างกัน ผลปรากฏว่า ผักบุ้งที่ลวกในเวลาประมาณ 5 นาทีจะมีสีสายน่ารับประทาน มานีจึงสรุปว่า เวลาที่ใช้ในการลวกผักบุ้งมีผลทำให้ผักบุ้งมีสีสายน่ารับประทาน และเมื่อมานีศึกษาต่อไปก็พบว่าการลวกผักบุ้งให้มีสีสายน่ารับประทานนั้นต้องยึดหลักว่า “น้ำน้อย ไฟแรง ปิดฝา เวลาสั้น”

1. จากสถานการณ์ดังกล่าว นักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาของมานีตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา

.....
 แนวคำตอบ ทำอย่างไรจึงจะลวกผักบุ้งให้มีสีสายน่ารับประทาน

ขั้นที่ 2 ตั้งสมมติฐาน

.....
 แนวคำตอบ เวลาในการลวกผักบุ้งน่าจะมีผลทำให้ผักบุ้งมีสีสายน่ารับประทาน

ขั้นที่ 3 ทดลอง

.....
 แนวคำตอบ ทดลองโดยการนำผักบุ้งมาลวกในเวลาที่แตกต่างกัน ผลปรากฏว่า เวลาที่ใช้ลวกผักบุ้งให้มีสีสายน่ารับประทานใช้เวลาประมาณ 5 นาที

ขั้นที่ 4 สรุปผลการทดลอง

.....
 แนวคำตอบ เวลาที่ใช้ในการลวกผักบุ้งมีผลทำให้ผักบุ้งมีสีสายน่ารับประทาน

2. ให้นักเรียนยกตัวอย่างสถานการณ์เพื่ออธิบายกระบวนการแก้ปัญหาตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์
 มากลุ่มละ 1 ตัวอย่าง

แผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ที่ 2

ระยะวางพื้นฐาน (ต่อ)

ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ภาคเรียนที่ 2

ปีการศึกษา 2546

จำนวน 1 ชั่วโมง

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ นักเรียนสามารถเขียนผังมโนทัศน์ (Concept mapping) และเค้าโครงของโครงการคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

1.2 ด้านทักษะ/กระบวนการ นักเรียนสามารถ

1.2.1 แก้ปัญหา

1.2.2 ให้เหตุผล

1.2.3 สื่อสาร และนำเสนอ

1.2.4 เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์

1.2.5 คิดริเริ่มสร้างสรรค์

1.3 ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

1.3.1 มีความรับผิดชอบ

1.3.2 มีระเบียบวินัย

1.3.3 ทำงานเป็นระบบ รอบคอบ

2. สารการเรียนรู้

การเขียนเค้าโครงของโครงการคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ดังนี้

1. ชื่อโครงการ

2. ชื่อผู้ทำโครงการ

3. ชื่อที่ปรึกษาโครงการ

4. ที่มาและความสำคัญของโครงการ

5. จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

6. วิธีดำเนินงาน

6.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้

6.2 แนวการศึกษาค้นคว้า

7. แผนปฏิบัติงาน

8. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

9. เอกสารอ้างอิง

3. กิจกรรมการเรียนรู้

1. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนเนื้อหาในชั่วโมงที่ผ่านมา
2. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียน กลุ่มละ 3-4 คน และแบ่งหน้าที่ภายในกลุ่มโดยเลือกประธาน รองประธาน และเลขานุการกลุ่ม พร้อมทั้งอภิปรายซักถามเกี่ยวกับหน้าที่ของแต่ละคน
3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มฝึกทำกิจกรรมที่ 2 “ปัญหามินิไดส์โครงงานคณิตศาสตร์”
4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายซักถามเกี่ยวกับการเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ และการเขียนผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) ของเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ โดยใช้แผ่นโปสเตอร์ที่ 6-7
5. ครูมอบหมายงานให้นักเรียนไปเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์และผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) ของเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์ เพื่อนำเสนอในชั่วโมงต่อไป

4. สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

- 4.1 แผ่นโปสเตอร์ที่ 6 “การเขียนเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์”
- 4.2 แผ่นโปสเตอร์ที่ 7 “Concept Mapping” ของเค้าโครงของโครงงานคณิตศาสตร์
- 4.3 ใบกิจกรรมที่ 1 “แก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์”
- 4.4 ใบกิจกรรมที่ 2 “ปัญหามินิไดส์โครงงานคณิตศาสตร์”
- 4.5 ตัวอย่างโครงงานคณิตศาสตร์
- 4.6 แผ่นโปสเตอร์ (สำหรับการนำเสนอ)

5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

การวัดผล	การประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้
1. สังเกตจากการร่วมกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ 80% ขึ้นไป	- แบบประเมินคุณลักษณะ - แบบประเมินทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

6. บันทึกหลังสอน

- 6.1 ปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการพัฒนา
- 6.2 แนวทางการแก้ปัญหาหรือพัฒนา
- 6.3 ผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน.....
- 6.4 แนวทางการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป.....

7. ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

แผ่นโปร่งใสที่ 6

“การเขียนเค้าโครงของโครงการคณิตศาสตร์”

การเขียนเค้าโครงของโครงการคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ดังนี้

1. ชื่อโครงการ
2. ชื่อผู้ทำโครงการ
3. ชื่อที่ปรึกษาโครงการ
4. ที่มาและความสำคัญของโครงการ
5. จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า
6. วิธีดำเนินงาน
 - 6.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้
 - 6.2 แนวการศึกษาค้นคว้า
7. แผนปฏิบัติงาน
8. ผลที่คาดว่าจะได้รับ
9. เอกสารอ้างอิง

ใบกิจกรรมที่ 2

เรื่อง “ปัญหาน้อยนิดสู่โครงการคณิตศาสตร์”

ชื่อกลุ่ม ชั้น

คำชี้แจง ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้แล้วตอบคำถามต่อไปนี้

เด็กหญิงชอุษา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้รับเงินทุนการศึกษา จำนวน 5,000 บาท จึงคิดว่าจะเก็บเงินไว้อย่างไรดีจึงจะได้รับผลตอบแทนคุ้มค่าที่สุด

จากสถานการณ์นี้ ให้นักเรียนเติมคำลงในช่องว่างให้สมบูรณ์
ปัญหาหรือหัวข้อ

.....

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

.....

จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

.....

ทฤษฎีหรือความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

.....

แหล่งข้อมูล

.....

แนวทางการแก้ปัญหา

.....

ระยะเวลา

.....

วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้

.....

ประโยชน์/ผลที่คาดว่าจะได้รับ

.....

ชื่อโครงการ

เกณฑ์การให้คะแนน

1. ความรับผิดชอบ

คะแนน/ ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏเห็น
3 ดีมาก	-ส่งงานก่อนหรือตรงเวลานัดหมาย -รับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมายและปฏิบัติเองจนเป็นนิสัย และแนะนำชักชวนผู้อื่นปฏิบัติได้
2 ดี	-ส่งงานช้ากว่ากำหนด แต่ได้มาการติดต่อชี้แจงกับครูผู้สอน มีเหตุผลที่รับฟังได้ -รับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมายและปฏิบัติเองจนเป็นนิสัย
1 พอใช้	-ส่งงานช้ากว่ากำหนด -ปฏิบัติงานโดยต้องอาศัยการชี้แนะ แนะนำ ดักเตือนหรือให้กำลังใจ

2. ความมีระเบียบวินัย

คะแนน/ ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏเห็น
3 ดีมาก	-สมุดงาน ชิ้นงาน สะอาดเรียบร้อย -ปฏิบัติตนอยู่ในข้อตกลงที่กำหนดไว้ร่วมกันทุกครั้ง
2 ดี	-สมุดงาน ชิ้นงาน ส่วนใหญ่สะอาดเรียบร้อย -ปฏิบัติตนอยู่ในข้อตกลงที่กำหนดไว้ร่วมกันเป็นส่วนใหญ่
1 พอใช้	-สมุดงาน ชิ้นงาน ไม่ค่อยสะอาดเรียบร้อย -ปฏิบัติตนอยู่ในข้อตกลงที่กำหนดไว้ร่วมกันเป็นบางครั้ง ต้องอาศัยการแนะนำ

3. การทำงานอย่างเป็นระบบ รอบคอบ

คะแนน/ ความหมาย	คุณลักษณะที่ปรากฏเห็น
3 ดีมาก	-มีการวางแผนการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ -การทำงานมีครบทุกขั้นตอน ดัดขั้นตอนที่ไม่สำคัญออก
2 ดี	-มีการวางแผนการดำเนินงาน -การทำงานมีครบทุกขั้นตอน แต่ผิดพลาดบ้าง
1 พอใช้	-ไม่มีการวางแผนการดำเนินงาน -การทำงานไม่มีขั้นตอน มีความผิดพลาดต้องแก้ไข

แบบประเมินทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

คำชี้แจง ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่เป็นจริงมากที่สุด

ที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน															รวม	
		การแก้ปัญหา			การให้เหตุผล			การสื่อสาร สื่อความหมาย การนำเสนอ			การเชื่อมโยง			ความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์				
		2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0		
	กลุ่ม.....																	
1																		
2																		
3																		
4																		
	กลุ่ม.....																	
1																		
2																		
3																		
4																		
	กลุ่ม.....																	
1																		
2																		
3																		
4																		
	กลุ่ม.....																	
1																		
2																		
3																		
4																		

ผู้ประเมิน

..... / /

เกณฑ์การให้คะแนน

1. การแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาและการอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าว

คะแนน	ความสามารถในการแก้ปัญหาที่ปรากฏให้เห็น
2	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จ อย่างมีประสิทธิภาพ อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้เข้าใจชัดเจน
1	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหา สำเร็จเพียงบางส่วน อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้บางส่วน
0	ทำได้ไม่ถึงเกณฑ์ข้างต้นหรือไม่มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหา

2. การให้เหตุผล หมายถึง การอ้างอิง การเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ

คะแนน	ความสามารถในการให้เหตุผลที่ปรากฏให้เห็น
2	มีการอ้างอิง เสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล
1	มีการอ้างเหตุผลที่ถูกต้องบางส่วน และเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ
0	ไม่มีการอ้างเหตุผลหรือแนวคิดประกอบการตัดสินใจ

3. การสื่อสาร การสื่อสารความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ หมายถึง การใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางแสดงข้อมูลประกอบ

คะแนน	ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อสารความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอที่ปรากฏให้เห็น
2	ใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง และนำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอน เป็นได้ระบบ กระชับ ชัดเจน
1	ใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์บางส่วนและพยายามนำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางแสดงข้อมูลประกอบชัดเจนบางส่วน
0	ไม่นำเสนอเลย

4. การเชื่อมโยง หมายถึง การนำความรู้ หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์/สาระอื่นในชีวิตประจำวัน

คะแนน	ความสามารถในการเชื่อมโยงที่ปรากฏให้เห็น
2	นำความรู้ หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์/สาระอื่นในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา หรือประยุกต์ใช้ได้อย่างสอดคล้องเหมาะสม
1	นำความรู้ หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ได้บางส่วน
0	ไม่มีการเชื่อมโยงกับสาระอื่นใด

5. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ หมายถึง แนวคิด/วิธีการที่แปลกใหม่สามารถนำไปปฏิบัติ

คะแนน	ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ที่ปรากฏให้เห็น
2	มีแนวคิด/วิธีการที่แปลกใหม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์
1	มีแนวคิด/วิธีการที่ไม่แปลกใหม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์
0	ไม่มีผลงาน

การแปลผล ใช้เกณฑ์ดังนี้

คะแนน 8 – 10	หมายถึง	ดีมาก
คะแนน 6 – 7	หมายถึง	ดี
คะแนน 4 – 5	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนน 0 – 3	หมายถึง	ควรปรับปรุง

ภาคผนวก ค

1. แบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์
2. แบบวัดความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์

แบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์



ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีข้อคำถามทั้งหมด 10 ข้อ
2. ให้นักเรียนแสดงวิธีทำ ลงในกระดาษคำตอบ
3. ห้ามขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงข้อสอบ
4. เมื่อหมดเวลาให้นักเรียนคืนแบบทดสอบและส่งกระดาษคำตอบ

เกณฑ์การให้คะแนนทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

ทักษะการแก้ปัญหา

คะแนน/ ความหมาย	ความสามารถในการแก้ปัญหาที่ปรากฏให้เห็น
4 ดีมาก	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จ อย่างมีประสิทธิภาพ อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้เข้าใจชัดเจน
3 ดี	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาสำเร็จ แต่น่าจะอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้ดีกว่านี้
2 พอใช้	ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหา สำเร็จเพียงบางส่วน อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีการดังกล่าวได้บางส่วน
1 ต้องปรับปรุง	มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหาบางส่วน เริ่มคิดว่าทำไมจึงต้องใช้วิธีการนั้น แล้วหยุด อธิบายต่อไม่ได้ แก้ปัญหาไม่สำเร็จ
0 ไม่พยายาม	ทำได้ไม่ถึงเกณฑ์ข้างต้นหรือไม่มีร่องรอยการดำเนินการแก้ปัญหา

ทักษะการให้เหตุผล

คะแนน/ ความหมาย	ความสามารถในการให้เหตุผลที่ปรากฏให้เห็น
4 ดีมาก	มีการอ้างอิง เสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล
3 ดี	มีการอ้างเหตุผลที่ถูกต้องบางส่วน และเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ
2 พอใช้	เสนอแนวคิดไม่สมเหตุสมผลในการประกอบการตัดสินใจ
1 ต้องปรับปรุง	มีความพยายามเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ
0 ไม่พยายาม	ไม่มีแนวคิดประกอบการตัดสินใจ

ทักษะการสื่อสาร การสื่อสารความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

คะแนน/ ความหมาย	ความสามารถในที่ปรากฏให้เห็นการสื่อสาร การสื่อสารความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอที่ปรากฏให้เห็น
4 ดีมาก	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอน เป็นได้ระบบ กระชับ ชัดเจน และมีรายละเอียดสมบูรณ์
3 ดี	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ นำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางแสดงข้อมูลประกอบตามลำดับขั้นตอน เป็นถูกต้อง ขาดรายละเอียดสมบูรณ์
2 พอใช้	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ พยายามนำเสนอโดยใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางแสดงข้อมูลประกอบชัดเจนบางส่วน
1 ต้องปรับปรุง	ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ อย่างง่าย ๆ ไม่ได้ใช้กราฟ แผนภูมิ หรือตารางเลย และการนำเสนอข้อมูลไม่ชัดเจน
0 ไม่พยายาม	ไม่นำเสนอเลย

ทักษะการเชื่อมโยง

คะแนน/ ความหมาย	ความสามารถในการเชื่อมโยงที่ปรากฏให้เห็น
4 ดีมาก	นำความรู้ หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์/ สาระอื่นในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา หรือประยุกต์ใช้ได้อย่างสอดคล้องเหมาะสม
3 ดี	นำความรู้ หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์/ สาระอื่นในชีวิตประจำวัน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา หรือประยุกต์ใช้ได้บางส่วน
2 พอใช้	นำความรู้ หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงกับสาระคณิตศาสตร์ได้บางส่วน
1 ต้องปรับปรุง	นำความรู้ หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการเชื่อมโยงยังไม่เหมาะสม
0 ไม่พยายาม	ไม่มีการเชื่อมโยงกับสาระอื่นใด

ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

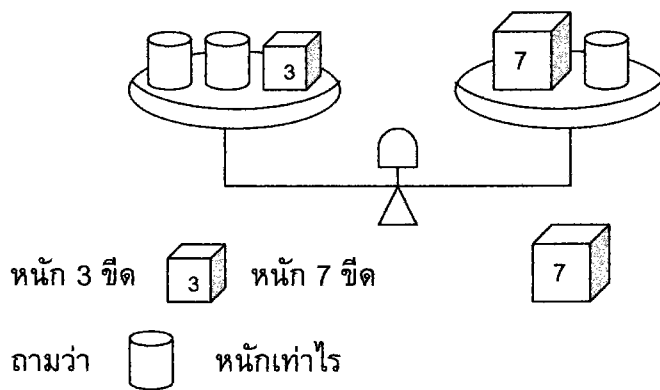
คะแนน/ ความหมาย	ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ที่ปรากฏให้เห็น
4 ดีมาก	มีแนวคิด/วิธีการที่แปลกใหม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์
3 ดี	มีแนวคิด/วิธีการที่แปลกใหม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องแต่นำไปปฏิบัติแล้วนำไปปฏิบัติไม่ถูกต้องสมบูรณ์
2 พอใช้	มีแนวคิด/วิธีการที่ไม่แปลกใหม่สามารถนำไปปฏิบัติได้ถูกต้องสมบูรณ์
1 ต้องปรับปรุง	มีแนวคิด/วิธีการที่ไม่แปลกใหม่สามารถนำไปปฏิบัติแล้วยังไม่สมบูรณ์
0 ไม่พยายาม	ไม่มีผลงาน

แบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

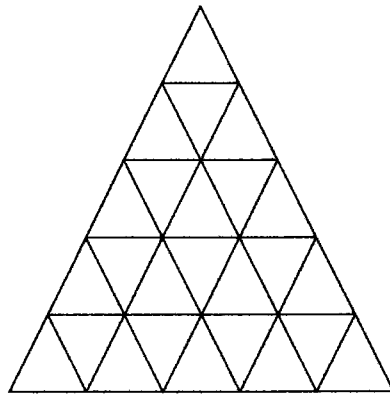
จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 40 คะแนน เวลา 1 ชั่วโมง

1. ปลาตุก นกยูง และหนูตะเภา รวมทั้งหมด 10 ตัว นับขาารวมกันได้ 20 ขา อยากทราบว่า มีปลาตุก นกยูง และหนูตะเภาอย่างละกี่ตัว
2. พื้นห้องของห้องหนึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ไปด้วยกระเบื้องรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีขนาดเท่ากัน กระเบื้องที่ปูตามแนวเส้นทแยงมุมเป็นสีดำ นอกนั้นเป็นสีขาว ถ้ามีกระเบื้องสีดำ 101 แผ่น จำนวนกระเบื้องทั้งหมดเป็นเท่าใด
3. ครอบครัวหนึ่งมีพ่อ แม่ ลูกสาว และลูกชายรวม 4 คน ถ้าต้องการยืนเข้าแถวถ่ายรูปเป็นแนวเส้นตรง โดยไม่ให้พ่อ แม่ ยืนติดกัน อยากทราบว่าจัดได้กี่แบบที่แตกต่างกัน
4. รูปสามเหลี่ยมที่มีความยาวด้านเป็นจำนวนเต็ม และมีความยาวรอบรูปเท่ากับ 10 เซนติเมตร มีทั้งหมดกี่รูป จงอธิบาย
5. สิริณาได้รับเงินเดือนๆละ 15,000 บาท และต้องจ่ายเงินค่าใช้จ่ายต่างๆ ดังนี้
 ค่าเช่าบ้าน 28% ของเงินเดือนค่าอาหาร 29% ของเงินเดือน
 ค่าน้ำมันรถ 13% ของเงินเดือน ค่าเครื่องแต่งตัว $\frac{4}{25}$ ของเงินเดือน
 และเงินที่เหลือทั้งหมดจากค่าใช้จ่าย สิริณานำไปฝากธนาคาร อยากทราบว่าสิริณานำเงินไปฝากธนาคารเดือนละเท่าไร
6. ลุงเต๋ต้องการทำสีผนังห้องรับแขก ซึ่งต้องใช้สีทั้งหมด 9.5 ลิตร เมื่อลุงเต๋ไปถามราคาสีจากร้านแห่งหนึ่ง เจ้าของร้านบอกราคาสี ดังนี้
 สีทาผนังห้อง กระป๋องละ 1 ลิตร ราคา 237 บาท
 กระป๋องละ 2.5 ลิตร ราคา 533 บาท
 กระป๋องละ 5 ลิตร ราคา 901 บาท
 ลุงเต๋ควรจะซื้อสีขนาดใดไปทาห้องรับแขกจึงจะประหยัดเงินมากที่สุด

7.



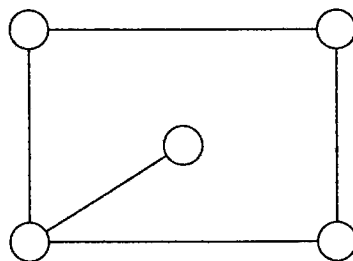
8.



จากรูปมีสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนทั้งหมดกี่รูป

9. มนัสซื้อชุดกีฬา 1 ชุด ราคา 430 บาท ถ้ามณัสจ่ายเงินเป็นธนบัตรที่มีมูลค่ามากกว่า 10 บาท โดยไม่ต้องให้ทอนเงิน มนัสมีวิธีจ่ายเงินเป็นธนบัตรได้อย่างไรบ้าง

10. วงกลม 5 วงเชื่อมต่อกันดังรูป กำหนดให้ใช้สีที่แตกต่างกัน 3 สี ระบายลงในวงกลมแต่ละวงกลม โดยห้ามระบายสีเดียวกันสำหรับวงกลมที่เชื่อมต่อกัน



ถามว่า จะมีวิธีการระบายสีตามเงื่อนไขที่กำหนดให้ทั้งหมดกี่แบบ จงอธิบาย

แบบวัดความสามารถ
ในการทำโครงการคณิตศาสตร์



ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

รายละเอียดเกี่ยวกับเกณฑ์การพิจารณาประเมินผลโครงการในแต่ละด้านมีหลักเกณฑ์ ดังนี้

ลักษณะพฤติกรรม	ระดับคะแนน	ความหมาย
1. มีพฤติกรรมครบทุกข้อ	5	ดีเยี่ยม
2. ขาดพฤติกรรมเพียง 1 ข้อ	4	ดีมาก
3. ขาดพฤติกรรม 2 ข้อ	3	ดี
4. ขาดพฤติกรรม 3 ข้อ	2	พอใช้
5. ขาดพฤติกรรม 4 ข้อ	1	ควรปรับปรุง

ความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ที่ปรากฏให้เห็นในแต่ละด้าน				
ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงการ	ทักษะการปฏิบัติงาน	ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	การนำเสนอผลงาน	
1. ใช้ศัพท์เทคนิคได้ถูกต้องเหมาะสม 2. ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ถูกต้องและเหมาะสม 3. มีความเข้าใจในหลักการสำคัญๆ ของเรื่องที่ทำ 4. ค้นเอกสารอ้างอิงถูกต้องและเหมาะสม 5. ได้รับความรู้เพิ่มเติมจากการทำโครงงาน นอกเหนือจากที่เรียนตามหลักสูตร	1. ใช้การสังเกตที่นำมาสู่ปัญหา 2. ศึกษาค้นหาข้อมูลหรือข้อเท็จจริง เพื่อเป็นพื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องที่กำลังศึกษาเหมาะสม และตั้งสมมติฐานถูกต้องชัดเจน 3. ออกแบบการทดลอง หรือการประดิษฐ์มีความสอดคล้องกับปัญหา หรือสมมติฐาน 4. ใช้การวัดและการควบคุมตัวแปร อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ การรวบรวมข้อมูล บันทึกข้อมูลมีความถูกต้องเป็นระเบียบเรียบร้อยและเหมาะสม 5. แปลความหมายและการสรุปผล สอดคล้องกับผลที่ได้	1. ปัญหาหรือเรื่องที่ทำมีความสำคัญและมีความแปลกใหม่ 2. มีการดัดแปลง เปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมแนวความคิดที่แปลกใหม่ลงไปโน้มน้าวใจ 3. มีการคิดและใช้วิธีการที่ใหม่ แปลก ในการควบคุมหรือวัดตัวแปร หรือเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ 4. เลือกและใช้วัสดุอุปกรณ์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ 5. เสนอแนะประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ	1. จัดแสดงได้น่าสนใจ ออกแบบและติดตั้งได้สวยงาม 2. เขียนคำอธิบายในแผ่นโปสเตอร์ชัดเจน เข้าใจง่าย 3. จัดแสดงวัสดุอุปกรณ์ได้ครบถ้วน 4. อภิปรายชัดเจนและใช้ภาษาได้ถูกต้องต่อเนื่องสมบูรณ์ 5. ตอบคำถามได้ถูกต้องและคล่องแคล่ว	

ภาคผนวก ง

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์

1. ศาสตราจารย์ ยุพิน พิพิธกุล
ข้าราชการบำนาญ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยศักดิ์ สีสัจรัสกุล
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน
3. อาจารย์ นวลน้อย เจริญผล
ศึกษานิเทศก์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 2

2. แบบวัดทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยศักดิ์ สีสัจรัสกุล
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน
2. รองศาสตราจารย์ กิตติ พัฒนตระกูลสุข
โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. อาจารย์ นวลน้อย เจริญผล
ศึกษานิเทศก์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 2

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายชัยรัตน์ สุลำนาจ
วันเดือนปีเกิด	23 กุมภาพันธ์ 2519
สถานที่เกิด	อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	130 หมู่ 4 บ้านโพนนาดี ตำบลหนองผือ อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46160
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	อาจารย์ 1 ระดับ 3
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนอนุบาลมวกเหล็ก อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี 18180
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2538	มัธยมศึกษาตอนปลาย วิชาเอกคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ จากโรงเรียนเขาวงพิทยาคาร อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์
พ.ศ. 2542	ครุศาสตรบัณฑิต วิชาเอกคณิตศาสตร์ วิชาโทวิทยาศาสตร์ทั่วไป จากสถาบันราชภัฏเพชรบุรีวิทยาลัยการณในพระบรมราชูปถัมภ์ อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี
พ.ศ. 2547	การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา (การสอนคณิตศาสตร์) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ