

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านทับวัง จังหวัดชุมพร ผู้วิจัยได้เสนอวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงงานคณิตศาสตร์
 - 1.1 ความหมายของโครงงานคณิตศาสตร์
 - 1.2 จุดมุ่งหมายของการทำโครงงานคณิตศาสตร์
 - 1.3 หลักการของโครงงานคณิตศาสตร์
 - 1.4 ประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์
 - 1.5 ขั้นตอนการทำโครงงานคณิตศาสตร์
 - 1.6 การประเมินโครงงานคณิตศาสตร์
2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์
 - 2.1 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน
 - 2.2 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์
 - 2.3 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ
 - 2.4 การจัดการเรียนการสอนแบบซิปปา (CIPPA MODEL)
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์
4. การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์

1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์

1.1 ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์

โครงการคณิตศาสตร์ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแสวงหาความรู้แก้ปัญหาหรือประดิษฐ์คิดค้นด้วยตนเอง ซึ่งนักการศึกษาได้ให้ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์(2543: 56) ได้ให้ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ไว้ว่า โครงการคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมหนึ่งที่ส่งเสริมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยนักเรียนสามารถคิดทำได้อย่างอิสระในเรื่องที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ โดยอาจเป็นโครงการที่เนื้อหาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์โดยตรง หรือเป็นโครงการที่สามารถประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในสถานการณ์ต่างๆ เช่นในชีวิตประจำวัน คณิตศาสตร์กับสิ่งแวดล้อม คณิตศาสตร์กับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และอื่นๆ โครงการนี้จะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดอย่างอิสระ และช่วยพัฒนาความเชื่อมั่นในการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ เป็นการส่งเสริมให้ผู้ทำโครงการได้คิดอย่างมีอิสระมีการพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

การทำโครงการอาจจะทำเป็นงานเดี่ยวหรืองานกลุ่มก็ได้ การทำเป็นกลุ่มจะต้องวางแผนร่วมกันก่อนที่จะลงมือทำโครงการ นักเรียนจะต้องรู้วิธีการทำงานโดยใช้กระบวนการกลุ่มที่มีการตั้งจุดประสงค์ร่วมกัน วางแผนร่วมกัน ดำเนินงานและรับผิดชอบร่วมกัน ตลอดจนประเมินผลร่วมกัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 153) ได้ให้ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ว่า เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้ ลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้อย่างดีตามประเด็นที่สนใจด้วยการเชื่อมโยงทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ ความรู้ความสามารถและประสบการณ์เดิมกับประเด็นที่ต้องการศึกษา ทั้งนี้การทำโครงการคณิตศาสตร์อาจจะมีลักษณะเป็นกลุ่มหรือรายบุคคล โดยมีอาจารย์หรือผู้รู้ทำหน้าที่ให้คำปรึกษา

ยุพิน พิพิธกุลและคณะ (2542: 1) ได้สรุปความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ว่าเป็นงานที่ผู้ทำได้คิดอย่างอิสระ ในประเด็นที่ตนสนใจและถนัด โดยอาศัยความรู้ หลักการ แนวคิดหรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับประเด็นที่จะศึกษาและค้นคว้าให้ชัดเจนและลึกซึ้งขึ้นเพื่อจะบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เช่น โครงการที่สามารถประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตจริง คณิตศาสตร์กับสิ่งแวดล้อม คณิตศาสตร์กับความก้าวหน้าทาง

เทคโนโลยี โครงการงานจะช่วยให้ นักเรียน ได้พัฒนาความคิดอย่างอิสระและช่วยพัฒนาความเชื่อมั่นในการการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ การทำกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ไม่ใช่เป็นการเพิ่มเนื้อหาให้นักเรียน แต่จะเป็นการฝึกปฏิบัติงานที่ให้นักเรียนหาข้อสงสัย ปลดปล่อยให้ตั้ง สมมติฐาน รวบรวมข้อมูล หาข้อสรุปและตรวจสอบสมมุติฐานด้วยตนเอง แล้วเผยแพร่ข้อค้นพบเหล่านั้นด้วยตนเองการทำโครงการงานเป็นการส่งเสริมให้ผู้ทำโครงการงานได้คิดอย่างอิสระมีการพัฒนาทั้งทางด้านทักษะและความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การทำโครงการคณิตศาสตร์ อาจจะทำงานเดี่ยวหรืองานกลุ่มก็ได้ ในกรณีงานกลุ่มอาจจัดกลุ่มละ 3-5 คน จะต้องวางแผนร่วมกันก่อนลงมือทำโครงการงาน ผู้เรียนจะต้องรู้วิธีการทำงานโดยใช้กระบวนการกลุ่มที่มีการตั้งจุดประสงค์ร่วมกัน วางแผนร่วมกัน ดำเนินงานและรับผิดชอบร่วมกัน ตลอดจนประเมินผลร่วมกัน

สุวร กาญจนมยุร (2544: 5) กล่าวว่าโครงการคณิตศาสตร์เป็นงานที่เกิดจากการศึกษา ค้นคว้า วิจัย เกี่ยวกับองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์หรือเป็นงานที่เกิดจากการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ของสาขาวิชาการอื่น หรือใช้เป็นเทคนิคในการแก้ปัญหา นักเรียนแต่ละคนแต่ละกลุ่ม ได้ศึกษา ค้นคว้า วิจัย หาความรู้โดยการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง ตามความรู้ความสามารถและความสนใจในปัญหาหรือข้อสงสัยที่ตนเองอยากรู้หรืออยากเข้าใจ ได้คำตอบที่ถูกต้องและชัดเจนภายใต้การแนะนำดูแลของครูหรือผู้เชี่ยวชาญที่เป็นที่ปรึกษา ที่คอยช่วยเหลือ ตรวจสอบความ ถูกต้องขององค์ความรู้ที่นักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มค้นพบ

จากความหมายของโครงการคณิตศาสตร์ดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า หมายถึงงานที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้าที่นักเรียนคิดและทำอย่างอิสระในประเด็นที่ครูกำหนดและที่ตนเองสนใจอยากรู้ อยากรู้เข้าใจเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องและชัดเจนเกี่ยวกับองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์หรือการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้หรือเชื่อมโยงกับกลุ่มสาระอื่นเพื่อนำไปใช้ในชีวิตจริงโดยใช้ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์และทักษะ/กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ภายใต้การแนะนำดูแลของอาจารย์ที่ปรึกษาและ/หรือผู้ทรงคุณวุฒิจนบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้การทำโครงการคณิตศาสตร์อาจจะทำงานเดี่ยวหรืองานกลุ่มก็ได้

1.2 จุดมุ่งหมายของการทำโครงการคณิตศาสตร์

การทำโครงการคณิตศาสตร์ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสได้สืบเสาะหาความรู้ ลงมือปฏิบัติและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองตามความสนใจด้วยการเชื่อมโยงทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ ความรู้ความสามารถ และประสบการณ์เดิม กับประเด็นที่ต้องการศึกษา ซึ่งการทำโครงการคณิตศาสตร์อาจทำเป็นกลุ่มหรือรายบุคคล โดยมีอาจารย์หรือผู้รู้ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาการทำโครงการคณิตศาสตร์มีจุดมุ่งหมายดังต่อไปนี้

สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์(2541: 5-6) ได้กล่าวถึง จุดมุ่งหมายในการทำโครงการคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสนใจ ตระหนักและเห็นคุณค่า ประโยชน์และเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์
2. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหรือวิจัยทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์
3. เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการใช้ทักษะกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน
4. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ
5. เพื่อให้ผู้เรียนมีวิสัยทัศน์ทางคณิตศาสตร์ พัฒนาความคิดสร้างสรรค์และให้รู้จักใช้เวลาว่างให้เกิดประโยชน์
6. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงออกในความสามารถทางคณิตศาสตร์พร้อมทั้งได้นำเสนอและเผยแพร่ผลงานของตน
7. เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การเชื่อมโยงความรู้ และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
8. เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรับผิดชอบและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ(2542: 5) ได้เสนอว่าการทำโครงการคณิตศาสตร์มีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสนใจ ตระหนักและเห็นคุณค่าประโยชน์และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์
2. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหรือวิจัยทางคณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการนำทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน
4. เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบประดิษฐ์สิ่งใหม่ ๆ
5. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงความสามารถทางคณิตศาสตร์พร้อมทั้งได้นำเสนอ และเผยแพร่ผลงานของตน

6. เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ การสื่อสารสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

7. เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรับผิดชอบและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 152) ได้เสนอจุดมุ่งหมายของการทำโครงการคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้นำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง
2. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการ และความสามารถทางคณิตศาสตร์
3. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ศึกษา ค้นคว้า หรือทำวิจัยทางคณิตศาสตร์ และเพิ่มพูนความรู้ตามความถนัดและความสนใจ
4. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีทักษะการสื่อสารที่นำมาใช้ในการเผยแพร่ผลงานของตนเอง
5. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้
6. เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของคณิตศาสตร์และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

กล่าวโดยสรุป การทำโครงการคณิตศาสตร์มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ให้นักเรียนผู้ทำโครงการคณิตศาสตร์ได้พัฒนาความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา ได้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ได้แสดงออกซึ่งความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ได้รู้จักใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ รวมทั้งได้รู้จักการทำงานร่วมกันกับบุคคลอื่น ๆ อีกด้วย

1.3 หลักการของโครงการคณิตศาสตร์

การทำโครงการคณิตศาสตร์ต้องเกิดจากความสนใจของผู้เรียน ความสงสัย ต้องการปฏิบัติหาคำตอบด้วยตนเอง มีการประยุกต์และบูรณาการความรู้ในหลายๆ วิชา เป็นผลงานที่ทำแล้วมีความภาคภูมิใจ ดังมีหน่วยงาน และนักวิชาการเสนอดังต่อไปนี้

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2542: 3, 26) ได้ให้หลักการของโครงการ ภายใต้หลักการการจัดการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และสอดคล้องกับสภาพจริงในท้องถิ่น กล่าวคือ

1. โครงการต้องเกิดจากความสนใจใฝ่รู้ของผู้เรียน
 2. ผู้เรียนได้เลือกเรื่อง/ประเด็น/ปัญหาที่ต้องการจะศึกษา ต้องละเอียดชัดเจน
 3. ผู้เรียนเลือกและหาวิธีการ ตลอดจนแหล่งของข้อมูลที่หลากหลาย แสวงหาความรู้อย่างเป็นระบบแล้วลงมือปฏิบัติ(เรียนรู้)ด้วยตนเอง โดยบูรณาการทักษะ/ประสบการณ์/ความรู้/สิ่งแวดล้อมรอบตัว ตามสภาพจริง
 4. เป็นการบูรณาการการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกับชีวิตจริงนักเรียนใช้ความสามารถหลายด้าน
 5. ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ความสามารถหลายด้าน และได้ศึกษาอย่างลึกซึ้ง
 6. ผู้เรียนเป็นผู้สรุปผลและสร้างองค์ความรู้กับผู้อื่นและได้นำความรู้ไปใช้จริง
 7. ผู้เรียนนำเสนอผลการเรียนรู้ด้วยรูปแบบของตนเอง
- หน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ(2542: 4)
- สรุปหลักการที่สำคัญของโครงการ ไว้ดังนี้
1. เป็นเรื่องที่นักเรียนสนใจ สงสัย ต้องการหาคำตอบ
 2. เป็นการเรียนรู้ที่มีกระบวนการ มีระบบ ครอบคลุมการ
 3. เป็นการบูรณาการการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกับชีวิตจริง
 4. นักเรียนใช้ความสามารถหลายด้าน
 5. มีการศึกษาอย่างลุ่มลึก ด้วยวิธีการและแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย
 6. เป็นการแสวงหาความรู้และสรุปความรู้ด้วยตนเอง
 7. มีการนำเสนอโครงการด้วยวิธีการที่เหมาะสม ในด้านกระบวนการ
- และผลงานที่ค้นพบ
8. ข้อค้นพบ สิ่งที่ค้นพบ สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
- ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2542: 6) สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2542: 5) ได้ให้ข้อสรุปเกี่ยวกับหลักการของกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้
1. เป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนสนใจที่จะหาคำตอบ ในข้อสงสัย หรือแก้ปัญหา โดยอาศัยพื้นฐานความรู้ประสบการณ์เดิมจากวิชาคณิตศาสตร์ เชื่อมโยงกับวิชาอื่น ๆ ได้ด้วยตนเอง
 2. เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ลุ่มลึก การแสวงหาความรู้ประสบการณ์จากแหล่งความรู้ที่หลากหลาย และความเป็นจริงตามธรรมชาติ
 3. เป็นการเรียนรู้ที่มีกระบวนการ มีระบบ ปฏิบัติเป็นขั้นตอนและแก้ปัญหาโดยใช้ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

4. เป็นการบูรณาการการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกับชีวิตจริงนักเรียนใช้
ความสามารถหลายด้าน

5. ผู้เรียนสามารถสรุปผลและเลือกรูปแบบนำเสนอผลงานด้วยตนเอง
 6. ผู้เรียนสามารถนำทักษะที่ได้รับไปใช้กับสถานการณ์อื่น ๆ ได้
 7. ข้อค้นพบ สิ่งค้นพบ สามารถนำไปอ้างอิงเพิ่มเติมกฎ ทฤษฎีทาง
คณิตศาสตร์ หรือ เป็นทฤษฎีใหม่ทางคณิตศาสตร์ หรือสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
- สมหวัง บุญสิทธิ์ (2543: 4) กล่าวว่าไว้ว่า โครงงานคณิตศาสตร์ เป็นการนำ
ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ทักษะทางภาษา มาช่วยในการแสวงหาความรู้ซึ่งมีลักษณะ
เช่นเดียวกับการทำ การวิจัย โครงงานต้องเกิดจากความสนใจ สงสัย ต้องการปฏิบัติหาคำตอบด้วย
ตนเอง จากนั้นจึงประยุกต์และบูรณาการองค์ความรู้ในหลาย ๆ วิชา สร้างสรรค์ เป็นผลงานที่
ภาคภูมิใจ

- จากที่นำเสนอสรุปลงได้ว่า หลักการที่สำคัญของโครงงานคณิตศาสตร์มีดังนี้
1. เป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนสนใจที่จะหาคำตอบ ในข้อสงสัย หรือแก้ปัญหาโดยอาศัย
พื้นฐานความรู้ประสบการณ์เดิมจากวิชาคณิตศาสตร์ เชื่อมโยงกับวิชาอื่น ๆ ได้ด้วยตนเอง
 2. เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งลึก การแสวงหาความรู้ประสบการณ์ จากแหล่ง
ความรู้ที่หลากหลาย และความเป็นจริงตามธรรมชาติ
 3. เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากประสบการณ์ตรง โดยผู้เรียนเกิดความสนใจ และ
ต้องการหาคำตอบด้วยการปฏิบัติจริง และแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 4. ผู้เรียนสามารถสรุปผลและเลือกรูปแบบนำเสนอผลงานด้วยตนเอง
 5. ผู้เรียนสามารถนำทักษะที่ได้รับ ไปใช้กับสถานการณ์อื่นได้

1.4 ประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์

ประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์ได้มีหน่วยงานและนักวิชาการเสนอไว้
ดังต่อไปนี้

สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์(2541: 4-5)
ได้แบ่งประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. โครงงานเชิงประวัติศาสตร์ หมายถึง โครงงานที่ศึกษาเกี่ยวกับประวัติความเป็นมาของวิชาคณิตศาสตร์ ประวัตินักคณิตศาสตร์ ประวัติการคิดคณิตศาสตร์ หรือประวัติ
สัญลักษณ์ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ ผู้ทำโครงงานจะต้องเป็นผู้ที่ชอบอ่าน และศึกษา ค้นคว้าจาก
แหล่งค้นคว้ามามากมาย เช่น ห้องสมุด ศูนย์วิทยบริการ และเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งอาจจะสนใจใน

ลักษณะที่เป็นประวัตินักคณิตศาสตร์ ประวัติของวิชาคณิตศาสตร์ หรือประวัติการคิดคณิตศาสตร์ เป็นต้น

2. โครงการประเภทตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ หมายถึง โครงการที่ศึกษาเกี่ยวกับองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ผู้ทำโครงการจะต้องเป็นผู้ที่ช่างคิด และเกิดการศึกษาค้นคว้า ข้อมูลต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์อย่างลุ่มลึก ซึ่งสามารถทำได้ตามสาระการเรียนรู้ในเรื่อง จำนวน การวัด เรขาคณิต พีชคณิต สถิติและความน่าจะเป็น แบบรูป ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน แคลคูลัส และคณิตศาสตร์เต็มหน่วย เป็นต้น

3. โครงการประเภทที่นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง หมายถึง โครงการที่นำความรู้แนวคิด ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ ไปใช้ตอบคำถามหรือแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง เป็นโครงการที่ผู้ทำจะต้องสามารถเชื่อมโยงความรู้ แนวคิดทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ไปใช้ตอบคำถามหรือแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ซึ่งอาจจะสนใจในหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

3.1 เรื่องบ้าน อาจจะศึกษาเรื่องการวางผังห้องต่าง ๆ ภายในบ้าน การตกแต่งภายใน การจัดสวน การย้ายบ้าน คำสาธารถูปโภค การต่อเติมบ้าน

3.2 เรื่องการกีฬา อาจจะศึกษาเรื่องการจัดการการแข่งขันกีฬา การทำนายผลของการแข่งขันกีฬาประเภทต่าง ๆ สมรรถภาพของร่างกาย

3.3 เรื่องการจราจร อาจจะศึกษาเรื่อง ปัญหาการจราจร ระบบการจราจรในโรงเรียน สถานที่จอดรถ เส้นทางจราจร

3.4 เรื่องการวัด อาจจะศึกษาเรื่อง การวัดความยาว การวัดเวลา การวัดน้ำหนัก การคำนวณแคลอรี การวัดค่าครองชีพ

3.5 เรื่องเกม อาจจะศึกษาหรือสร้างเกมขึ้นใหม่ เช่น เกมจตุรัสกล เกมก้านไม้ขีด

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2542: 7-8) ได้แบ่งประเภทของโครงการคณิตศาสตร์เป็น 4 ประเภท คือ

1. โครงการคณิตศาสตร์ประเภททดลอง (Experimental Research Project)
โครงการนี้เป็นการศึกษาหาคำตอบของปัญหาโดยการออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ขั้นตอนการทำงานประกอบไปด้วยการกำหนดปัญหาการตั้งสมมติฐานการออกแบบการทดลอง ซึ่งจะต้องมีการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ การแปลผลและการสรุปผลการทดลอง ตัวอย่าง เช่น

1.1 น้ำประเภทไหนถูกใจพลุด่าง

1.2 ผงสมุนไพรรูมิปัญหาไทยใกล้ตัว

2. โครงการงานคณิตศาสตร์ประเภทสำรวจ (Survey Research Project) โครงการงานประเภทนี้เป็นการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากสิ่งแวดล้อม ธรรมชาติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาความรู้จากธรรมชาติ โดยการสำรวจและรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ นำข้อมูลมาจัดและนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ ตามความเหมาะสม ตัวอย่างเช่น

2.1 การสำรวจคุณภาพน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษา

2.2 การสำรวจพืชสมุนไพรภายในโรงเรียน

3. โครงการงานคณิตศาสตร์ประเภทพัฒนาหรือประดิษฐ์ (Development Research Project) โครงการงานประเภทนี้เป็นการพัฒนาหรือประดิษฐ์เครื่องมือ หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ โดยการประยุกต์ทฤษฎีหรือหลักการต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ จะเป็นการปรับปรุงอุปกรณ์เครื่องมือที่มีอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพดีกว่าเดิม หรือเป็นการประดิษฐ์สิ่งใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน รวมทั้งเป็นการเสนอหรือปรับเปลี่ยนจำลองทางความคิดเพื่อแก้ปัญหาปัญหาหนึ่ง ตัวอย่างเช่น

3.1 โครงการงานประดิษฐ์ของเล่น ของใช้ ของประดับตกแต่งจากวัสดุ

4. โครงการงานคณิตศาสตร์ประเภทการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบาย (Theoretical Research Project) โครงการงานประเภทนี้เป็นโครงการที่ผู้ทำจะต้องเสนอความคิดใหม่ ๆ ในการอธิบายเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างมีเหตุผล มีหลักการทางคณิตศาสตร์หรือทฤษฎีสนับสนุนหรือเป็นการอธิบายปรากฏการณ์ในแนวใหม่เสนอในรูปแบบคำอธิบาย สูตร สมการ โดยมีทฤษฎีข้อมูลอื่นสนับสนุนการทำงานโครงการประเภทนี้ผู้ทำจะต้องมีพื้นฐานความรู้ ทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างดี จึงจะสามารถสร้างคำอธิบายหรือทฤษฎีได้ ตัวอย่างเช่น

4.1 โครงการงานทฤษฎีของจำนวน

4.2 โครงการงานทฤษฎีพีทาโกรัส

สุวรรณ กาญจนมยุร (2544: 6-24) ได้แบ่งประเภทของโครงการงานคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. โครงการงานที่ทำให้เกิดองค์ความรู้ตามเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เป็นงานที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคน หรือแต่ละกลุ่ม ซึ่งได้ศึกษา ค้นคว้า วิจัย หาความรู้ ความเข้าใจในสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่นักเรียนสนใจ หรือมีข้อสงสัยหรือมีปัญหา และต้องการหาคำตอบ โดยการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง ตามความรู้ความสามารถและความสนใจในข้อสงสัย หรือปัญหาที่ตนอยากรู้อยากเข้าใจ ได้คำตอบที่ถูกต้องและชัดเจน ภายใต้การแนะนำดูแลของครู หรือผู้เชี่ยวชาญที่เป็นที่ปรึกษา ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกและตรวจสอบความถูกต้องขององค์ความรู้ที่นักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มค้นพบ สิ่งที่นักเรียนค้นพบอาจจะเป็น

1.1 ข้อเท็จจริง (Facts)

1.2 ความคิดรวบยอด (Concepts)

1.3 สมบัติต่าง ๆ (Properties)

1.4 หลักการ (Principles)

1.5 กฎ (Laws)

1.6 วิธีการพิสูจน์ (Methods of Proof)

1.7 กลวิธีคิด (Strategies)

1.8 ทฤษฎี (Theories)

2. โครงการที่นำความรู้ หลักการทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ของสาขาวิชาต่าง ๆ หรือใช้เป็นเทคนิคในการแก้ปัญหาเช่นประยุกต์ใช้ในกลุ่มวิชาต่อไปนี้

2.1 สุขศึกษาและพลศึกษา

2.2 ทศศิลป์ ดนตรี และนาฏศิลป์

2.3 สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม

2.4 ภาษาไทย

2.5 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.6 การงานและอาชีพ

2.7 ภาษาต่างประเทศ

1.5 ขั้นตอนการทำโครงการคณิตศาสตร์

ขั้นตอนการทำโครงการคณิตศาสตร์ มีหลักการเหมือนกับขั้นตอนการทำโครงการทั่ว ๆ ไปดังที่ สุชาติ วงศ์สุวรรณ (2542: 13) ได้กล่าวไว้ว่ามีขั้นตอนสำคัญ 6 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อเรื่อง

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้เป็นการคิดหาหัวข้อเรื่องที่จะทำโครงการ โดยผู้เรียนต้องตั้งคำถามที่ว่า จะศึกษาอะไร ทำไมต้องศึกษาเรื่องดังกล่าว สิ่งที่จะนำมากำหนดเป็นหัวข้อเรื่องโครงการจะได้มาจาก ปัญหา คำถาม หรือความอยากรู้ อยากรู้ในเรื่องราวต่าง ๆ ของผู้เรียนเองซึ่งเป็นผลจากการที่ผู้เรียนได้อ่านจากหนังสือ เอกสาร บทความ รับฟังความคิดเห็น ฟังจากการบรรยาย การสนทนา หรือจากการได้ไปศึกษาดูงาน ทักษิศึกษา ชมนิทรรศการ หรือสังเกตจากปรากฏการณ์ต่าง ๆ รอบข้าง

หัวข้อโครงการต้องเป็นเรื่องที่เฉพาะเจาะจงและชัดเจนว่าโครงการนี้ทำอะไรควรเน้นเรื่องที่อยู่ใกล้ตัวหรือมีความคุ้นเคย เป็นเรื่องที่สามารศึกษา ที่จะทำได้มาซึ่งคำตอบ

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้ เป็นการดำเนินงานต่อจากขั้นตอนที่ 1 การศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะทำโครงการนี้รวมไปถึงการขอคำปรึกษาหรือข้อมูลรายละเอียดอื่น ๆ จากผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้เกี่ยวข้องทุกระดับ รวมทั้งการสำรวจวัสดุ-อุปกรณ์ต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 3 การเขียนเค้าโครงของโครงการ

การดำเนินงานตามขั้นตอนนี้เป็นการสร้างแผนที่ความคิด เป็นการนำเอาภาพของงานและภาพความสำเร็จของโครงการ ที่วิเคราะห์ไว้มาจัดทำรายละเอียด เพื่อแสดงแนวคิดแผนและขั้นตอนของการทำโครงการ ซึ่งอาจต้องใช้การระดมสมองถ้าเป็นการทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อให้ผู้ร่วมงาน และผู้เกี่ยวข้องทุกคนได้มองเห็นภาระงานตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น รวมทั้งได้ทราบถึงบทบาทและระยะเวลาในการดำเนินงาน เมื่อเกิดความชัดเจนแล้วจึงนำมาเขียนเป็นเค้าโครงของโครงการ แล้วนำเสนอที่ปรึกษาโครงการเพื่อขอความเห็นชอบ

โดยทั่วไปเค้าโครงของโครงการจะประกอบด้วยหัวข้อต่าง ๆ เช่นเดียวกับโครงการได้แก่

ตารางที่ 2.1 เค้าโครงของโครงการ

หัวข้อ/รายการ	รายละเอียดที่ต้องระบุ
1. ชื่อโครงการ	ทำอะไร กับใคร เพื่ออะไร
2. ชื่อผู้ทำโครงการ	ผู้รับผิดชอบโครงการ(อาจเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่มก็ได้)
3. ชื่อที่ปรึกษาโครงการ	ครู อาจารย์ หรือผู้ทรงคุณวุฒิที่มีในท้องถิ่น ผู้ทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษา ควบคุมการทำโครงการของผู้เรียน
4. ระยะเวลาดำเนินงาน	ระยะเวลาดำเนินงานโครงการ ตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น
5. หลักการและเหตุผล	สภาพปัจจุบันที่เป็นความต้องการและความคาดหวังที่จะเกิดผล
6. จุดมุ่งหมาย/วัตถุประสงค์	สิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นเมื่อสิ้นสุดโครงการ ทั้งในเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ
7. สมมติฐานของการศึกษา	ข้อตกลง/ข้อกำหนด/เงื่อนไข/ข้อคาดเดา เพื่อเป็นไปตามที่กำหนดของโครงการประเภททดลอง ถ้าไม่ใช่โครงการประเภททดลองอาจมีหรือไม่มีสมมติฐานก็ได้
8. ขั้นตอนการดำเนินงาน	กิจกรรมหรือขั้นตอนการดำเนินงาน เครื่องมือ วัสดุ/อุปกรณ์ สถานที่

หัวข้อ/รายการ	รายละเอียดที่ต้องระบุ
9. ปฏิบัติโครงการ	วัน เวลา และกิจกรรมการดำเนินการต่าง ๆ ตามที่ระบุไว้ในข้อ 8 ตั้งแต่เริ่มต้นจนแล้วเสร็จ
10. ผลที่คาดว่าจะได้รับ	สภาพของผลที่ต้องการให้เกิด ทั้งที่เป็นผลผลิตกระบวนการและผลกระทบ
11. เอกสารอ้างอิง/บรรณานุกรม	ชื่อเอกสารข้อมูล ที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการดำเนินงาน

ขั้นตอนที่ 4 การปฏิบัติโครงการ

การดำเนินงานตามขั้นตอนนี้ เป็นการดำเนินงานหลังจากที่โครงการที่ได้รับการเห็นชอบจากที่ปรึกษาและได้รับการอนุมัติแล้ว ผู้จัดทำโครงการต้องลงมือปฏิบัติงานตามแผนงานที่กำหนดไว้ในเค้าโครงของโครงการ ในระหว่างปฏิบัติงานผู้เรียนต้องปฏิบัติงานด้วยความรอบคอบคำนึงถึงความปลอดภัยและความปลอดภัยในการทำงาน ตลอดจนคำนึงถึงสภาพแวดล้อมด้วยในระหว่างปฏิบัติงานตามเค้าโครงของโครงการ ต้องมีการจดบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ไว้อย่างละเอียดว่าทำอะไร ได้ผลอย่างไร ปัญหา อุปสรรค และแนวทางการแก้ไขอย่างไร การบันทึกข้อมูลดังกล่าวนี้ต้องจัดทำอย่างเป็นระบบ ระเบียบ เพื่อจะได้ใช้เป็นข้อมูล สำหรับการปรับปรุงการดำเนินงานในโอกาสต่อไปด้วยการปฏิบัติกิจกรรมตามที่ระบุไว้ในขั้นตอนการดำเนินงานในโครงการ ถือว่าเป็นการเรียนรู้เนื้อหา ฝึกทักษะต่าง ๆ ตามที่ระบุในจุดประสงค์การทำโครงการ

ขั้นตอนที่ 5 การเขียนรายงาน

การดำเนินงานตามขั้นตอนนี้เป็นการสรุปรายงานผลการดำเนินโครงการตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุด เพื่อให้ผู้อื่น ได้ทราบถึงแนวคิด/วิธีดำเนินงาน ผลที่ได้รับ ตลอดจนข้อสรุป ข้อเสนอแนะต่าง ๆ เกี่ยวกับโครงการ

การเขียนรายงาน ควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย กระชับ ชัดเจนและครอบคลุมประเด็นสำคัญ ๆ ของโครงการที่ปฏิบัติไปแล้ว ส่วนประกอบรูปแบบโครงการคณิตศาสตร์มีดังต่อไปนี้

5.1 หน้าปก ประกอบด้วย ชื่อโครงการ ผู้จัดทำโครงการ ระดับชั้น อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ภาคเรียนที่ ปีการศึกษา โรงเรียน จังหวัด

5.2 ปกใน หมายถึง สำเนาของปกนอก

5.3 บทคัดย่อ ประกอบด้วย

ส่วนที่ 1 ชื่อโครงการ ชื่อผู้จัดทำ ระดับชั้น ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา โรงเรียน จังหวัด ปีการศึกษา

ส่วนที่ 2 บทคัดย่อ บอกรายละเอียดของเรื่องที่ทำในประเด็นหลักที่สำคัญอย่างย่อ ได้แก่ วัตถุประสงค์ วิธีดำเนินงาน ผลการศึกษา / ทดลอง

5.4 กิตติกรรมประกาศ กล่าวถึง เบื้องหลังความสำเร็จของงานว่ามีบุคคลใดช่วยเหลือในเรื่องใดบ้าง

5.5 คำนำ กล่าวถึงเรื่องที่ทำ และประโยชน์ที่จะเกิดขึ้น

5.6 สารบัญ ประกอบด้วยสารบัญเรื่อง สารบัญตาราง สารบัญกราฟ สารบัญภาพประกอบ (ถ้ามี)

5.7 ที่มาและความสำคัญของโครงการ หรือหลักการและเหตุผล กล่าวถึง เหตุใดจึงทำโครงการเรื่องนี้ มีข้อสนใจหรือแรงบันดาลใจอย่างไร หรือกล่าวถึงสภาพปัจจุบันที่เป็นความต้องการและความคาดหวังที่จะให้เกิดผล

5.8 วัตถุประสงค์/จุดมุ่งหมาย หมายถึง สิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นเมื่อ สิ้นสุดโครงการทั้งในด้านปริมาณ และ คุณภาพ

5.9 สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ในกรณีที่เป็นโครงการประเภททดลอง)เป็นการทำนายผลล่วงหน้าก่อนทำโครงการ โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิม (ถ้าไม่ใช่โครงการประเภททดลองอาจมีหรือไม่มีสมมุติฐานก็ได้)

5.10 ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า หมายถึง กรอบการทำงาน

5.11 เนื้อหาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เขียนเป็นหัวข้อหรือ บทสรุปเนื้อหาทฤษฎีที่นำมาใช้อย่างย่อ

5.12 วิธีดำเนินงาน บอกกิจกรรมหรือขั้นตอนการดำเนินงาน เครื่องมือ วัสดุ – อุปกรณ์ สถานที่ ระยะเวลาที่ปฏิบัติกิจกรรม อาจเขียนเป็นตารางการปฏิบัติงาน ตั้งแต่ขั้นริเริ่มขั้นดำเนินการ ตั้งแต่ต้นจนจบ

5.13 ผลการศึกษา บอกข้อค้นพบหรือการตอบสมมุติฐาน ผลที่ได้จากการศึกษาเขียนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ควรนำเสนอเป็นตาราง แผนภูมิกราฟ หรืออื่น ๆ ให้ดูเข้าใจง่าย

5.14 สรุปและอภิปรายผลการศึกษา กล่าวสรุปผลที่ได้จากการศึกษา/อภิปรายผลการศึกษา/ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงการ/ข้อเสนอแนะ

5.15 เอกสารอ้างอิง/บรรณานุกรม ชื่อเอกสาร ข้อมูลที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการทำโครงการ

5.16 ภาคผนวก ภาพประกอบการทำโครงการ หรือข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องหรือมีส่วนสนับสนุนการทำโครงการ หรือความรู้ที่เป็นเรื่องต่อเนื่อง/สัมพันธ์กับโครงการที่ควรนำมากล่าวเพื่อขยายความรู้ที่เป็นผลจากการศึกษาหรือ ค้นคว้าเพิ่มเติม

ขั้นตอนที่ 6 การแสดงผลงาน

การดำเนินงานตามขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำโครงการ เป็นการนำเสนอผลการดำเนินงานโครงการทั้งหมดให้ผู้อื่นได้ทราบ ซึ่งผลผลิตที่ได้จากการดำเนินโครงการประเภทต่าง ๆ มีลักษณะเป็นเอกสาร รายงาน ชิ้นงาน แบบจำลอง ฯลฯ ตามประเภทของโครงการที่ปฏิบัติ

การแสดงผลงาน ซึ่งเป็นการนำเอาผลการดำเนินงานมานำเสนอ สามารถจัดได้หลายรูปแบบ เช่นการจัดนิทรรศการ หรือทำเป็นสื่อสิ่งพิมพ์ การจัดทำเป็นสื่อมัลติมีเดีย และอาจนำเสนอในรูปแบบของการแสดงผลงาน การนำเสนอด้วยวาจา รายงาน และการบรรยาย เป็นต้น ในการดำเนินงานตามขั้นตอนการทำโครงการที่กล่าวมานี้สามารถปรับให้เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติในแต่ละระดับ ในระดับต้น ๆ ควรมีครู – อาจารย์ ที่ปรึกษาเป็นผู้คอยให้คำแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด และการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนควรง่าย ๆ ไม่สลับซับซ้อน ส่วนในระดับสูง ๆ ควรเน้นเรื่องของความคิดสร้างสรรค์ ความรับผิดชอบ การตัดสินใจ และการปฏิบัติ

1.6 การประเมินโครงการคณิตศาสตร์

การประเมินผลเป็นหัวใจสำคัญที่จะสะท้อนสภาพความสำเร็จของการจัดกิจกรรม ผู้ประเมินจะร่วมกันประเมินผลว่ากิจกรรมที่ทำไปนั้น บรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ปัญหาและอุปสรรคที่พบคืออะไร ได้ใช้วิธีแก้ไขอย่างไร ผู้เรียนได้เรียนรู้อะไรจากการทำโครงการนี้ ดังนั้นในการประเมินผลโครงการจึงจำเป็นต้องประเมินให้ครอบคลุมทั้งทางด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย

1.6.1 ผู้ประเมินโครงการ

กรมวิชาการ (2543: 8-14) ได้กล่าวถึง การประเมินโครงการไว้ว่าผู้ประเมินโครงการอาจดำเนินการด้วยบุคคลต่อไปนี้

1. ผู้เรียนประเมินตนเอง
2. เพื่อนประเมิน
3. ผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาประเมิน
4. ผู้ปกครองประเมิน

1. ผู้เรียนประเมินตนเอง จะแสดงออกให้เห็นว่า ผู้เรียนเจ้าของโครงการซึ่งอาจเป็นรายบุคคล หรือกลุ่มทำงานมีความพึงพอใจต่อขั้นตอนของกิจกรรมแต่ละขั้นที่ได้กำหนด หรือร่วมกันกำหนดขึ้นเองเพียงใดมีหัวข้อกิจกรรมใดที่ยังขาดตกบกพร่อง จะต้องเพิ่มเติมในส่วนใดบ้าง ความละเอียด รัดกุมในแต่ละขั้นเป็นอย่างไร

2. เพื่อนประเมิน อาจให้ข้อคิดเห็นสะท้อนภาพเพิ่มเติม เช่น ในระดับชั้นประถมศึกษา เพื่อนอาจให้ความเห็นไปในเรื่องของการเขียน การใช้ตัวสะกด การันต์ วรรคตอน ซึ่งเน้นไปในด้านภาษา ระดับมัธยมศึกษาการประเมินโครงการอาจเริ่มขยายขอบเขตจากด้านการใช้ภาษาออกไปถึงการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตั้งชื่อโครงการกับจุดประสงค์ของโครงการ และตามความเข้าใจของผู้ประเมิน เสนอแนะวิธีการศึกษาของผู้ประเมิน เพื่อการพิจารณาการจัดรูปแบบเพื่อนำเสนอโครงการ ฯลฯ

3. ผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาประเมิน อาจให้คำแนะนำเพิ่มเติมได้ในเรื่องวิธีการอื่นที่ใช้ในการศึกษาหาคำตอบ ความสัมพันธ์ของวิชาตามหัวเรื่องที่ศึกษากับวิชาอื่น ข้อค้นพบที่ผู้เรียนได้จากโครงการ การนำคำตอบของการศึกษาที่ได้ไปใช้ประโยชน์ การนำข้อค้นพบที่ต่างไปจากเป้าหมายของการศึกษาไปใช้ประโยชน์หรือขยายผลการศึกษาเป็นโครงการใหม่ ๆ

4. ผู้ปกครองประเมิน จะได้ทราบถึงความสามารถ ความถนัดทางการเรียน ของลูกหรือเด็กในความปกครอง ความรู้สึก ความต้องการของเด็กผู้ทำโครงการ ทำให้สามารถปรับตัวปรับใจ เพื่อการสนับสนุน ทั้งด้านการเงิน กำลังใจ ให้โอกาส ให้เวลาร่วมกิจกรรมตามความสนใจของเด็ก ชี้แนะอุปสรรคปัญหาเบื้องต้นที่อาจเกิดขึ้น ระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมขั้นต่าง ๆ ของโครงการข้อเสนอแนะสำหรับการทำโครงการครั้งต่อไป ฯลฯ

1.6.2 แนวทางการประเมินผลโครงการ

การประเมินผลโครงการควรใช้การประเมินผลตามสภาพที่แท้จริง (Authentic Assessment) ดังนี้

1. ทำพร้อม ๆ กับการเรียนรู้ของผู้เรียน
2. ยึดพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงออกเป็นสำคัญ
3. เน้นการพัฒนาตนและการประเมินตนเอง
4. ให้ความสำคัญในการพัฒนาจุดเด่นของผู้เรียน
5. มีการเก็บข้อมูลระหว่างปฏิบัติได้ทุกบริบท(Context) ทั้งที่บ้าน โรงเรียน และชุมชน
6. อยู่บนพื้นฐานของเหตุการณ์ในชีวิตจริง เชื่อมต่อการเชื่อมโยงการเรียนรู้สู่ชีวิตจริง
7. เน้นคุณภาพของผลงาน ซึ่งเป็นผลจากการบูรณาการความรู้สู่ความสามารถของผู้เรียน
8. เน้นการวัดความสามารถในการคิดระดับสูงเช่น ใช้ข้อมูลในการสังเคราะห์ อธิบาย สรุปเป็นกฎทั่วไป ตั้งสมมติฐาน สรุปและแปลผล เป็นต้น

การประเมินผลการทำโครงการคณิตศาสตร์ทำได้หลายรูปแบบ ทั้งการประเมินตนเองของผู้เรียนการประเมินจากเพื่อน ผู้สอน ผู้รู้ และผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ โดยใช้วิธีประเมินแบบอิงมาตรฐานที่ต้องสร้างเกณฑ์ให้สัมพันธ์กับพฤติกรรมหรือการแสดงออกในแต่ละรายการประเมิน และกำหนดระดับความสามารถของผู้เรียนด้วยคำอธิบายที่บอกคุณภาพของงานตามลำดับ เพื่อแสดงความก้าวหน้าของผลการเรียนรู้ของผู้เรียนหรือกำหนดเป็นตัวเลขก็ได้

เกณฑ์การประเมินผลการทำโครงการคณิตศาสตร์มีแนวทางดังนี้

1. การประเมินผลแบบรวมของการทำโครงการคณิตศาสตร์ เป็นการประเมินผลในภาพรวมของโครงการนั้น ๆ ซึ่งกำหนดระดับคุณภาพตามผลงานที่ปรากฏโดยมีคำอธิบายประกอบว่าผู้เรียนทำอะไรได้บ้าง และทำได้อย่างไร
2. การประเมินผลการทำโครงการคณิตศาสตร์แบบวิเคราะห์ เป็นการประเมินโดยแยกเป็นรายองค์ประกอบ การให้น้ำหนักคะแนนของแต่ละองค์ประกอบจะแตกต่างกันตามระดับความสำคัญ ซึ่งอาจกำหนดเกณฑ์การประเมินเป็น 6 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การสร้างข้อความคาดการณ์ แหล่งการเรียนรู้ การดำเนินการทำโครงการ การนำเสนอ และความรับผิดชอบและความรอบคอบ โดยแต่ละองค์ประกอบจะแบ่งระดับคุณภาพของงานเป็น 4 ระดับได้แก่

4 หมายถึง ดีมาก	ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.6-4.0
3 หมายถึง ดี	ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.6-3.5
2 หมายถึง พอใช้	ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.6-2.5
1 หมายถึง ต้องปรับปรุง	ได้คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่า 1.5

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์

ในการสอนโดยการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ต้องอาศัยความรู้ ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ กระบวนการทำงานกลุ่ม ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การจัดการเรียนรู้ควรเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ และผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ และในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอเสนอทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism)

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism)
 บรูซพาติ ทัททิกธน์ (2546: 65-80) กล่าวว่า เป็นทฤษฎีที่พัฒนาขึ้นโดย ศาสตราจารย์ ชิมัวร์

เพอร์ (Seymour Paper) แห่งสถาบันเทคโนโลยีเมสซาชูเซตส์ (Massachusetts Institute of Technology) โดยมีรากฐานมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ของเพียเจต์ (Piaget) แนวความคิดของทฤษฎีนี้ คือ

1. การเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเอง และด้วยตนเองของผู้เรียน
2. ผู้เรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะได้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรม
3. การสร้างความรู้ขึ้นในตนเองจะมีความหมายต่อผู้เรียน จะอยู่คงทน ไม่ลืมง่าย และสามารถถ่ายทอดให้ผู้อื่นเข้าใจความคิดของตนได้ดีและเป็นรากฐานให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ต่อไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุด

การประยุกต์ใช้ทฤษฎีในการเรียนการสอน

1. ผู้เรียนสามารถใช้สื่อ เทคโนโลยี วัสดุและอุปกรณ์ในการสร้างสรรค์การเรียนรู้และผลงานด้วยตนเอง รวมทั้งการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการให้ผู้เรียนมีโอกาสสร้างความรู้ โดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์
2. ผู้เรียนสามารถควบคุมเลโก้ของเล่นในคอมพิวเตอร์ให้เคลื่อนไหว เดิน ฉายแสง หรือตอบสนองสิ่งเร้าต่างๆ ได้ตามต้องการ เพื่อให้เด็กใช้คณิตศาสตร์ในการสร้างรูปภาพเคลื่อนไหว คนตรี เกม และได้พัฒนา “LEGO TCLOGO” ซึ่งเชื่อมโยงภาษาโลโก้กับเลโก้ได้
3. การบูรณาการความรู้ในหลายๆ ด้าน ทั้งด้านวิทยาศาสตร์ สุนทรียศาสตร์ สถาปัตยกรรมศาสตร์ และศิลปะศาสตร์ ให้เป็นประโยชน์ต่อการสร้างสรรค์ผลงานและได้พัฒนาโปรแกรม “Micro-worlds” “Robot design” รวมทั้งสถานการณ์จำลองด้วยคอมพิวเตอร์อื่นๆ ในการสอน
4. สื่อธรรมชาติและวัสดุทางศิลปะส่วนมากนำมาใช้เป็นวัสดุในการสร้างความรู้ได้ดี เช่น กระดาษ ดินเหนียว ไม้ โลหะ พลาสติก สบู่ และของเหลือใช้ต่างๆ
5. สร้างบรรยากาศที่มีทางเลือกหลากหลาย เพื่อประโยชน์ในการเรียนรู้ เช่น วิทยุ ความสามารถ ความถนัด และประสบการณ์
6. สร้างบรรยากาศที่มีความเป็นมิตร เป็นกันเอง ซึ่งทำให้ผู้เรียนรู้สึกอบอุ่น ปลอดภัย สบายใจ จะเอื้อให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความสุข
7. ครูต้องทำหน้าที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน ให้คำปรึกษา ชี้แนะแก่ผู้เรียน เกื้อหนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นสำคัญ
8. การประเมินผลการเรียนรู้ จำเป็นต้องมีการประเมินทั้งด้านผลงาน (Product) และกระบวนการ (Process)

9. ใช้วิธีการที่หลากหลายในการประเมิน เช่น การประเมินตนเอง การประเมินโดยครูและเพื่อน

ดังนั้นทฤษฎีการสร้างสรรค้ชิ้นงาน เป็นสิ่งสำคัญที่เปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถนำมาใช้ในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติและสร้างงานตามที่ตนเองสนใจ

2.2 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

เพียเจต์ ให้แบ่งพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์ออกเป็น 4 ขั้นใหญ่ๆ คือ (พรณี ชูทัยเจนจิต: 2538)

1. ขั้นประสาทรับรู้และการเคลื่อนไหว (Sensori – Motor Stage) เริ่มจากอายุระหว่างแรกเกิดจนถึง 2 ปี วัยนี้เป็นวัยที่เด็กมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมโดยประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหวของอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย เด็กวัยนี้แสดงออกโดยการกระทำ (Action)
2. ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (Preoperational Stage) เริ่มจากอายุระหว่าง 2 – 7 ปี ขั้นนี้เด็กจะยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง (Egocentric) ไม่สามารถที่จะเข้าใจความคิดเห็นของผู้อื่นและไม่สามารถคิดย้อนกลับ (Reversibility) ไม่สามารถใช้เหตุผลอย่างลึกซึ้ง แต่สามารถใช้ภาษา สามารถที่จะบอกชื่อสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบตัวและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน สามารถเรียนรู้ถึงสัญลักษณ์และใช้สัญลักษณ์ได้
3. ขั้นปฏิบัติการคิดด้วยรูปธรรม (Concrete Operational Stage) เริ่มจากอายุ 7-11 ปี ขั้นนี้จะสามารถสร้างกฎเกณฑ์และตั้งเกณฑ์ในการแบ่งสิ่งแวดล้อมออกเป็นหมวดหมู่ จัดของตามลำดับความหนัก ความยาว เปรียบเทียบได้ สามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบวก คูณ สามารถจัดอันดับของสิ่งของและจับคู่ระหว่างสิ่งของที่เกี่ยวข้องกันได้ แต่ยังไม่อาจคิดหาเหตุผลหรือคิดในสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ คือ ขั้นนี้สามารถคิดได้อย่างกว้างๆ สามารถจะคิดย้อนกลับ (Reversibility) และสามารถรับความคิดจากผู้อื่นได้
4. ขั้นปฏิบัติการคิดด้วยนามธรรม (Formal Operational Stage) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุ 12 – 15 ปี สามารถคิดหาเหตุผลนอกเหนือไปจากข้อมูลที่มีอยู่ คิดอย่างนักวิทยาศาสตร์ สามารถที่จะตั้งสมมติฐานและทฤษฎีได้

การนำทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ไปใช้ในการเรียนการสอน จากแนวคิดของเพียเจต์ในทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาอาจนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้ดังนี้

1. การประเมินผลศักยภาพทางสติปัญญา จากเรื่องนี้อาจเปรียบเทียบได้จากระดับอายุของเด็ก เช่น เด็กที่มีอายุในขั้นปฏิบัติการคิดด้วยรูปธรรม แต่สามารถคิดในสิ่งที่เป็นนามธรรมได้เหมือนกับเด็กในขั้นปฏิบัติการ คิดด้วยนามธรรมได้ก็แสดงว่าเด็กคนนั้นมีพัฒนาการทาง

สติปัญญาก้าวหน้ากว่าปกติ ในทางตรงกันข้าม หากเด็กคนนั้นยังไม่สามารถบอกเลขได้หรือไม่สามารถจะคิดย้อนกลับได้เหมือนเด็กคนอื่นๆ ในชั้นเดียวกัน เราก็อาจสรุปได้ว่าเด็กคนนั้นมีพัฒนาการทางสติปัญญาล้าหลังกว่าปกติ

2. การเรียนรู้ เพียเจท์ เชื่อว่า มนุษย์จะเรียนรู้สิ่งต่างๆ ได้เพียงใดนั้น ย่อมขึ้นอยู่กับพัฒนาการทางสติปัญญาของแต่ละคน นั่นคือ เขาได้เน้นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะต้องเรียนด้วยตนเองมากที่สุด เพียเจท์เน้นที่การปะทะสังสรรค์ระหว่างครูกับนักเรียนน้อยมาก เขาถือว่าครูจะมีความสำคัญแต่เพียงเป็นผู้ร่วมมือ (Collaborator) ในกระบวนการเรียนรู้ และเป็นผู้เตรียมเนื้อหาหรือประสบการณ์ที่จะให้เด็กค้นพบความรู้ด้วยตนเองเท่านั้น ตามแนวคิดนี้จะเห็นว่าเพียเจท์มีความคิดสอดคล้องกับการเรียนรู้ด้วยการกระทำ (Learning by Doing) ของคิวอี้ (Dewey)

3. การประเมินผลการเรียน หมายความว่า เราจะวัดผลเด็กในวัยต่างๆ ให้กว้างหรือลึกอย่างไรก็จำเป็นจะต้องคำนึงถึงพัฒนาการทางสติปัญญา และการคิดของเด็กในแต่ละวัย เด็กซึ่งอยู่ในขั้นต้น เช่น ขั้นประสาทรับรู้และการเคลื่อนไหวก็ควรวัดผลจากการกระทำหรือกิจกรรมทางกลไก ซึ่งตรงกันข้ามกับการวัดผลของเด็กในขั้นปฏิบัติการคิดด้วยนามธรรม ซึ่งต้องวัดเหตุผลซึ่งลึกซึ้งขึ้น

4. การจัดลำดับเนื้อหาในหลักสูตร ประโยชน์ที่สำคัญมากประการหนึ่งจากทฤษฎีของเพียเจท์ ก็คือการนำไปใช้ในการจัดลำดับเนื้อหาในหลักสูตร แอดเลอร์ (Adler) ได้เสนอแนะหลักสูตรของเด็กเล็กๆ จะต้องอยู่ในลักษณะที่เป็นกิจกรรมต่อสิ่งรอบๆ ตัวของเด็ก เพราะพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กในวัยนี้อยู่ในขั้นปฏิบัติการคิดด้วยนามธรรมก็ควรจะได้เรียนรู้สิ่งที่เป็นรูปธรรมน้อยลง และได้เรียนรู้ทฤษฎีให้มากขึ้น

จากทฤษฎีของเพียเจท์ เน้นตัวผู้เรียนเป็นสำคัญ ครูเป็นเพียงผู้ร่วมมือและเป็นผู้เตรียมเนื้อหา หรือประสบการณ์เพื่อที่จะให้เด็กได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองด้วยการกระทำ และในการจัดลำดับของเนื้อหาต้องอยู่ในลักษณะที่เป็นกิจกรรมรอบตัวเด็ก หรือเป็นสิ่งที่เด็กคุ้นเคย เช่น ปัญหาที่เด็กพบในชีวิตประจำวัน

2.3 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ

การเรียนรู้แบบร่วมมือเป็นวิธีการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้กับนักเรียนโดยจัดให้อยู่รวมกันเป็นกลุ่มเล็กๆ ความสะดวกสามารถกัน ให้ทำงานและเรียนรู้ร่วมกัน มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน

สมเดช บุญประจักษ์ (2540: 6) ให้ความหมายการเรียนรู้แบบร่วมมือว่า หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบหนึ่งที่กำหนดให้นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนแตกต่างกัน ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเล็กๆ กลุ่มละประมาณ 4 คน แบบความสะดวกสามารถ เป็น

นักเรียนเก่ง 1 คน ปานกลาง 2 คน และเรียนอ่อน 1 คน โดยที่สมาชิกทุกคนมีเป้าหมายในการเรียนร่วมกัน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน สมาชิกมีหน้าที่ช่วยให้สมาชิกเข้าใจในงาน สามารถอธิบายสิ่งที่ทำ และให้เห็นผลได้อย่างชัดเจน รวมทั้งมีการมอบหมายงานให้สมาชิกมีส่วนร่วมรับผิดชอบ

กรมวิชาการ (2543: 4-23) ให้ความหมายการเรียนรู้แบบร่วมมือ หมายถึงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในกลุ่ม ประกอบด้วยสมาชิกที่มีความสามารถแตกต่างกัน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการช่วยเหลือพึ่งพาซึ่งกันและกัน และมีความรับผิดชอบร่วมกันทั้งในส่วนตนและส่วนรวม เพื่อให้ตนเองและสมาชิกในกลุ่มประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนด

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำวิธีการเรียนรู้แบบร่วมมือมาใช้กับกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ โดยการจัดกลุ่มนักเรียนตามความสามารถ กลุ่มละ 4-5 คน ร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมเพื่อให้โครงงานประสบความสำเร็จและมีคุณภาพ

2.4 การจัดการเรียนการสอนแบบชิปปา (CIPPA MODEL)

ทิสนา เขมมณี (2548 : 282-284) ได้ให้ความหมายว่า การจัดการเรียนการสอนแบบชิปปา (CIPPA MODEL) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยมุ่งให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีการปฏิสัมพันธ์กับเพื่อน บุคคลอื่นๆ และสิ่งแวดล้อมรอบตัว โดยอาศัยทักษะกระบวนการต่างๆ เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ด้วยตนเอง และผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลายได้

การจัดการเรียนการสอนแบบชิปปา (CIPPA MODEL) ประกอบด้วยกระบวนการ 7 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทบทวนความรู้เดิม

ขั้นนี้เป็นการดึงดูความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่องที่จะเรียน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งผู้สอนอาจใช้วิธีการต่างๆได้อย่างหลากหลาย

ขั้นตอนที่ 2 การแสวงหาความรู้ใหม่

ขั้นนี้เป็นการแสวงหาข้อมูลความรู้ใหม่ของผู้เรียนจากแหล่งข้อมูลหรือแหล่งความรู้ต่างๆ ซึ่งครูอาจจัดเตรียมมาให้ผู้เรียน หรือให้คำแนะนำเกี่ยวกับแหล่งข้อมูลต่างๆเพื่อให้ผู้เรียนไปแสวงหาก็คได้

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาทำความเข้าใจข้อมูล ความรู้ใหม่ และเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม

ขั้นนี้เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องศึกษาและทำความเข้าใจกับข้อมูลที่หามาได้ ผู้เรียนจะต้องสร้างความหมายของข้อมูล ประสบการณ์ใหม่ๆ โดยใช้กระบวนการต่างๆด้วยตนเอง เช่น ใช้กระบวนการคิด และกระบวนการกลุ่มในการอภิปรายและสรุปความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลนั้นๆ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยความรู้เดิม

ขั้นตอนที่ 4 การแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจกับกลุ่ม

ขั้นนี้เป็นขั้นที่ผู้เรียนอาศัยกลุ่มเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจของตน รวมทั้งขยายความรู้ความเข้าใจของตนให้กว้างขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้แบ่งปันความรู้ความเข้าใจของตนเองแก่ผู้อื่น และได้รับประโยชน์จากความรู้ ความเข้าใจของผู้อื่นไปพร้อมๆกัน

ขั้นตอนที่ 5 การสรุปและจัดระเบียบความรู้

ขั้นนี้เป็นขั้นของการสรุปความรู้ที่ได้รับทั้งหมด ทั้งความรู้เดิมและความรู้ใหม่ และจัดสิ่งทีเรียนให้เป็นระบบระเบียบ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนจดจำสิ่งที่เรียนรู้ได้ง่าย

ขั้นตอนที่ 6 การปฏิบัติ หรือการแสดงผลงาน

ขั้นนี้จะเป็นขั้นที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแสดงผลงานการสร้างความรู้ของตนให้ผู้อื่นรับรู้ เป็นการช่วยให้ผู้เรียนได้ต่อยอดหรือตรวจสอบความเข้าใจของตน และช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์ แต่หากต้องมีการปฏิบัติตามข้อความรู้ที่ได้ ขั้นนี้จะเป็นขั้นปฏิบัติ และมีการแสดงผลงานที่ได้ปฏิบัติด้วย

ขั้นที่ 7 การประยุกต์ใช้ความรู้

ขั้นนี้เป็นขั้นของการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการนำความรู้ความเข้าใจของตนเองไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ที่หลากหลายเพื่อเพิ่มความชำนาญ ความเข้าใจ ความสามารถในการแก้ปัญหาและความจำในเรื่องนั้นๆ หลังจากประยุกต์ใช้ความรู้ อาจมีการนำเสนอผลงานจากการประยุกต์อีกครั้งก็ได้ หรืออาจไม่มีการนำเสนอผลงานในขั้นที่ 6 แต่นำมารวมแสดงในตอนท้ายหลังขั้นการประยุกต์ใช้ก็ได้เช่นกัน

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำการจัดการเรียนการสอนแบบซิปปามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ตามขั้นตอนที่ 1-6 โดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีโอกาสนักปฏิบัติสัมพันธ์กัน มีการแลกเปลี่ยนความรู้ ทักษะ ความคิดสร้างสรรค์ และประสบการณ์ซึ่งกันและกัน รวมทั้งช่วยกันคิดแก้ปัญหาาร่วมกันอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งในขั้นตอนที่ 7 นักเรียนได้นำความรู้ทั้งหมดมาจัดทำเป็นโครงการตามที่กลุ่มสนใจ

3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544: 1-10) ได้ให้แนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ว่าสามารถแบ่งการจัดการเรียนรู้ได้เป็น 3-4 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 เริ่มเรียนรู้สู่โครงงานเบื้องต้น : ฝึกการตั้งชื่อโครงงาน กำหนดจุดประสงค์ และเขียนผลการดำเนินงาน

ระยะที่ 2 ประสานสาระและการระบุวิธีดำเนินงาน : เพิ่มเติมการระบุสาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและวิธีดำเนินงานในการจัดทำโครงงาน

ระยะที่ 3 สอดประสานทำโครงงานที่สมบูรณ์ : เพิ่มเติมองค์ประกอบที่สำคัญของโครงงานให้สมบูรณ์ ได้แก่ ความเป็นมา ระยะเวลาดำเนินงาน สรุปและข้อเสนอแนะ

ระยะที่ 4 เพิ่มพูนประสบการณ์ทำโครงงานที่สนใจ : เพิ่มเติมความรู้เกี่ยวกับการจัดทำโครงงานประเภทต่าง ๆ นอกเหนือไปจากการจัดทำโครงงานที่สอดคล้องกับบทเรียนในกรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการทำโครงงานอย่างเต็มที่

แนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงาน 4 ระยะ มีรายละเอียดดังนี้

ระยะที่ 1 เริ่มเรียนรู้สู่โครงงานเบื้องต้น

ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงาน ครูควรสอดแทรกการใช้คำถามแบบเปิดกว้างหรือปัญหาปลายเปิดซึ่งเป็นปัญหาที่มีคำตอบหลาย ๆ คำตอบ รวมถึงการให้นักเรียนเป็นผู้ทำตัวอย่างที่สอดคล้องกับเนื้อหาที่กำลังเรียนด้วยตนเอง หรือกลุ่มของนักเรียนเอง การใช้คำถามหรือปัญหาปลายเปิดเป็นการจุดประกายเริ่มต้นของการมีอิสระทางความคิดที่ยังอยู่ในกรอบที่กำหนดตามจุดประสงค์ของบทเรียน ทำให้ไม่ยากเกินไปในการหาคำตอบ เมื่อนักเรียนหาคำตอบหนึ่งได้แล้วด้วยตนเอง หรือได้รับรู้จากคำตอบของเพื่อน ๆ นักเรียนก็ยังมีแรงจูงใจให้อยากหาคำตอบอื่น ๆ ที่ต่างไปจากเดิมอีก การที่นักเรียนหลาย ๆ คนช่วยกันคิดหาคำตอบหลาย ๆ คำตอบ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน เริ่มต้นที่จะเรียนรู้จากการเสาะแสวงหาความรู้ร่วมกัน

ขั้นตอนทั่ว ๆ ไปของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่นิยมใช้กันคือนำเข้าสู่บทเรียน โดยการทบทวนความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้อง หรือสร้างความตระหนักให้เห็นความสำคัญของบทเรียนครั้งละประมาณ 1 สัปดาห์ ให้นักเรียนกลุ่มอื่นได้มาศึกษาและจะทำให้ให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจในผลงานของตนเองอีกด้วย

ระยะที่ 2 ประสานสาระและระบุวิธีดำเนินงาน

หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการคิด สำหรับในขั้นการให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด หรือกิจกรรมหลังเรียนโดยนำเสนอในรูปแบบโครงงาน ส่วนประกอบของโครงงานที่ควรให้นักเรียนเพิ่มเติมในการจัดทำโครงงานระยะที่ 2 นี้คือ สารแนวคิดศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และวิธีดำเนินงาน โดยให้เขียนต่อจากจุดประสงค์

1. สารแนวคิดศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ให้พิจารณาว่าโครงงานแนวคิดศาสตร์ที่จัดทำมีความเกี่ยวข้องกับหรือได้นำสาระใดของแนวคิดศาสตร์มาใช้บ้าง ในระยะแรก ๆ อาจให้นักเรียนเขียนเฉพาะชื่อหัวข้อทางแนวคิดศาสตร์ ต่อมาอาจให้เพิ่มเติมสาระสำคัญของแนวคิดศาสตร์ลงไปด้วย
2. วิธีดำเนินงาน ส่วนประกอบของโครงงานในส่วนนี้ให้กล่าวถึงวิธีการที่นำไปสู่การได้คำตอบ สิ่งที่ต้องการ หรือผลตามที่กำหนดในจุดประสงค์ ให้กล่าวถึงว่าผลการดำเนินงานตามโครงงานนั้นได้มาอย่างไร ซึ่งนักเรียนสามารถเรียบเรียงขึ้นจากวิธีการ ขั้นตอนที่นักเรียนปฏิบัติโดยตรง การเขียนเล่าสิ่งที่ได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเป็นสิ่งที่ไม่ยากสำหรับนักเรียน วิธีดำเนินงานที่ใช้ในโครงงานเช่น การศึกษาเอกสาร ดำรา การสัมภาษณ์ผู้รู้ การสำรวจ การสังเกต การทดลอง การสร้างสิ่งประดิษฐ์รวมถึงการสร้างแบบจำลองเพื่อหาคำตอบ

ในตอนท้ายของกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละครั้ง ครูสามารถกำหนดงานให้นักเรียนจัดทำโครงงานที่มีความสัมพันธ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้สาระสำคัญของเรื่องที่เรียนก็จะไปปรากฏอยู่ในส่วนสารแนวคิดศาสตร์ที่เกี่ยวข้องของโครงงานการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงานระยะที่ 2 นี้ ควรดำเนินการประมาณ 3-4 ครั้ง ครั้งละ 1-2 ชั่วโมง เช่นเดียวกับระยะที่ 1

ระยะที่ 3 สอดประสานทำโครงงานที่สมบูรณ์

เมื่อถึงระยะนี้ถือว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในการจัดทำโครงงานได้พอสมควร โดยสามารถจัดทำโครงงานที่มีองค์ประกอบหลักที่สำคัญไปแล้ว ในระยะที่ 3 เป็นการเพิ่มเติมน้องประกอบของโครงงานให้สมบูรณ์ เมื่อถึงระยะนี้สาระในบทเรียนแนวคิดศาสตร์ทั่ว ๆ ไปมักเป็นเรื่องการประยุกต์ใช้ความรู้ในลักษณะการแก้โจทย์ปัญหา หรือเป็นการขยายฐานความคิดของเรื่องที่เรียนออกไป ซึ่งครูสามารถสนับสนุนให้นักเรียนแสดงการประยุกต์ใช้ความรู้ในแนวทางที่นักเรียนสนใจในรูปแบบของการจัดทำโครงงาน โดยกำหนดกรอบความคิดด้วยจุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้ ในระยะที่ 3 นี้ นักเรียนต้องจัดทำโครงงานที่มีองค์ประกอบครบถ้วนเป็นโครงงานที่สมบูรณ์ชัดเจน จัดว่าเป็นโครงงานที่ใหญ่ที่ต้องใช้ความคิดและเวลาพอสมควร

องค์ประกอบของโครงงานที่ควรเพิ่มเติมให้สมบูรณ์ในระยะที่ 3 มีดังนี้

1. คุณครูที่ปรึกษา โครงงานที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่คุณครูที่ปรึกษาที่คือคุณครูผู้สอน และอาจมีคุณครูท่านอื่นซึ่งมีความถนัดและความสนใจในเรื่องที่นักเรียนจัดทำ

โครงการมาช่วยเป็นที่ปรึกษา เป็นการเตรียมตัวนักเรียนสำหรับทำโครงการที่นักเรียนคิดได้เองอย่างอิสระต่อไป

2. ความเป็นมา ให้กล่าวถึงเหตุผล แรงจูงใจที่ทำให้เกิดความสนใจทำโครงการนี้ขึ้นมา

3. ระยะเวลาในการดำเนินงาน บอกช่วงเวลา ระยะเวลารวมในการจัดทำโครงการเป็นส่วนขยายของวิธีดำเนินงาน

4. สรุป และข้อเสนอแนะ เป็นการสรุปสาระสำคัญของผลการดำเนินงานที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ ควรสรุปแยกเป็นข้อ ๆ นอกจากนี้สามารถเพิ่มเติมสิ่งที่นักเรียนผู้จัดทำได้รับจากการจัดทำโครงการ ในลักษณะที่เป็นข้อค้นพบ ความรู้ รวมถึงแนวทางที่จะเสนอแนะให้ผู้อื่นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

หลังจากที่นักเรียนได้ฝึกการทำโครงการในรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียนที่กำหนดตามแผนการจัดการเรียนรู้ ถือได้ว่านักเรียนมีประสบการณ์ในการทำโครงการแต่ยังเป็นโครงการที่อยู่ภายใต้การกำหนดของครูผู้สอน แม้จะมีความเป็นอิสระในการคิดค่อนข้างสูง แต่ก็ยังไม่มีความเป็นอิสระอย่างเต็มที่ เมื่อดำเนินมาถึงระยะที่ 3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการถือว่าสิ้นสุดลงแล้ว ในระยะต่อไปนี้เป็นระยะที่นักเรียนจะเพิ่มพูน ประสบการณ์ในการทำโครงการที่อาจอยู่นอกกรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียนนักเรียนมีอิสระในการคิดวางแผน และจัดทำโครงการเอง โดยครูผู้สอนจะลดบทบาทลงเป็นเพียงผู้ให้คำปรึกษา

ระยะที่ 4 เพิ่มพูนประสบการณ์

ในระยะที่ 4 นี้ จัดได้ว่าเป็นกิจกรรมที่มุ่งให้นักเรียนจัดทำโครงการโดยตรง เป็นการเปิดโอกาสให้กลุ่มของนักเรียนคิดหัวข้อโครงการเองตามความสนใจ ซึ่งไม่จำเป็นต้องอยู่ภายใต้กรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง โครงการอาจมีความเชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์หลายเรื่อง หรือมีความเชื่อมโยงกับสาระอื่นในลักษณะบูรณาการก็ได้ การจัดกิจกรรมในระยะที่ 4 เพิ่มพูนประสบการณ์ในการทำโครงการนี้ สามารถดำเนินการในลักษณะเป็นกิจกรรมเสริม นอกเหนือไปจากการเรียนการสอนตามปกติ ในระยะนี้ครูควรทบทวนความรู้ในการทำโครงการใหม่ทั้งหมดในลักษณะที่เปิดมากขึ้น มีความเป็นอิสระมากขึ้น และควรให้ความรู้เกี่ยวกับโครงการที่มีลักษณะแตกต่างไปจากเดิม เช่น โครงการประเภททดลองที่ต้องเพิ่มองค์ประกอบ

3.1 บทบาทของครูที่ปรึกษาโครงการคณิตศาสตร์

ในการทำโครงการคณิตศาสตร์นั้นแม้จะเป็นกิจกรรมคณิตศาสตร์ประเภทหนึ่ง อาจจัดขึ้นภายในโรงเรียนได้ตลอดปีการศึกษา โดยที่จะต้องมียุจุดประสงค์และแผนการดำเนินงานว่า

จะทำในช่วงไหน และมีระยะเวลานานเท่าใด ในการทำโครงงานนี้นักเรียนเป็นผู้ลงมือดำเนินงานเองทั้งหมด โดยมีครูที่ปรึกษาโครงงานเป็นผู้ให้คำแนะนำ ช่วยกระตุ้นความสนใจและเสริมกำลังใจแก่นักเรียนในระหว่างทำโครงงานอีกด้วย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2530: 56-58 อ้างถึงใน ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล (2542: 13-15) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูที่ปรึกษาโครงงานคณิตศาสตร์ตามการปฏิบัติงานของนักเรียนเป็น 3 ระยะ ดังนี้

3.1.1 ระยะเริ่มต้น เรื่องที่ยากที่สุดในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ คือ การเลือกหัวข้อหรือปัญหาที่จะศึกษา เพราะจะต้องเป็นเรื่องที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน และมีแนวทางที่จะหาคำตอบได้ ประสิทธิภาพของนักเรียนจะช่วยให้เกิดแนวคิดและเกิดความคิดสร้างสรรค์ขึ้นได้ ฉะนั้นระยะเริ่มต้นจึงเป็นระยะสำคัญ ซึ่งครูที่ปรึกษาจะต้องให้ความช่วยเหลือเป็นพิเศษโดยอาจทำได้ดังนี้

- 1) กระตุ้นหรือเร้าความสนใจ ของนักเรียนเกี่ยวกับการทำโครงงานคณิตศาสตร์
- 2) แนะนำวิธีทำโครงงาน และเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา
- 3) จัดเอกสารและแนะนำแหล่งค้นคว้า เพื่อให้นักเรียนสำรวจความสนใจและศึกษาเพิ่มเติม
- 4) จัดให้มีบรรยายโดยวิทยากร ในเรื่องที่นักเรียนสนใจหรือจัดศึกษานอกสถานที่
- 5) ช่วยแนะนำในการวางเค้าโครงย่อ และการวางแผนการทำงาน
- 6) ให้คำปรึกษา และดูความเป็นไปได้ของเค้าโครงย่อของโครงงาน

3.1.2 ระยะที่นักเรียนทำโครงงาน เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่จะต้องทำโครงงานคณิตศาสตร์นอกเวลาเรียน และมักใช้เวลาทำงานตามใจชอบ นอกจากจัดชั่วโมงกิจกรรมไว้ในเวลาเรียนปกติ ดังนั้นเวลาเป็นเรื่องสำคัญเรื่องหนึ่งที่ครูที่ปรึกษาจะต้องควบคุมและเมื่อตรวจแก้เค้าโครงย่อโครงงานเสร็จแล้ว ครูที่ปรึกษาโครงงาน ควรปฏิบัติในหัวข้อต่อไปนี้

- 1) ติดตามความก้าวหน้า ในการทำงานของนักเรียน โดยดูจากแผนการทำงานและควรฝึกให้นักเรียนหาสมมุติเฉพาะสำหรับจดบันทึกข้อมูลประจำวันไว้
- 2) ให้ความช่วยเหลือทางด้านวิชาการและปฏิบัติการ เมื่อนักเรียนมีปัญหา
- 3) จัดให้นักเรียนได้พบปะและรวมกลุ่มเพื่อรายงานปากเปล่า โดยมีครูที่ปรึกษาร่วมอยู่ด้วย ซึ่งจะเป็นวิธีหนึ่งในการช่วยแก้ปัญหาซึ่งกันและกัน

4) ให้กำลังใจแก่นักเรียนมิให้ท้อถอย เมื่อผลการดำเนินงานไม่เป็นไปตามความคาดหวังซึ่งอาจจะเป็นการตั้งต้นทำใหม่หรือทำซ้ำ และควรกระตุ้นให้นักเรียนทำโครงการจนสำเร็จครบทุกขั้นตอน

3.1.3 ระยะสิ้นสุดการทำกิจกรรม หัวข้อหรือปัญหาที่นักเรียนเลือกทำโครงการอาจมีความยากง่ายต่างกัน แต่ที่อยู่ในดุลยพินิจของครูที่ปรึกษาโครงการ ซึ่งได้พิจารณาถึงความเป็นไปได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้นแล้ว นอกจากนี้การได้วางแผนขั้นตอนการทำงานจะช่วยได้อย่างมาก เพราะในการทำโครงการมักจะมีปัญหาที่ไม่คาดคิดเกิดขึ้นเสมอ นักเรียนทำการทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูลหลายครั้งก่อนที่จะแปลผลและลงข้อสรุป แล้วจึงจะเขียนรายงาน ฉะนั้นในช่วงนี้ครูที่ปรึกษาโครงการอาจให้ข้อเสนอแนะช่วยเหลือดังนี้

- 1) จัดเวลาให้นักเรียนได้พบเพื่อเสนอผลงาน ก่อนที่จะเขียนรายงาน
- 2) ตรวจสอบขั้นตอนในการเขียนรายงาน เพื่อให้เป็นไปตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์และคู่มือการใช้ภาษาเพื่อสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน
- 3) ครูที่ปรึกษาโครงการทำการประเมิน ให้กำลังใจนักเรียนในความอุตสาหะวิริยะทำงานจนเป็นผลสำเร็จ
- 4) การติดตามผล ซึ่งครูที่ปรึกษาอาจส่งเสริมโครงการที่น่าสนใจเป็นพิเศษโดยให้นักเรียนทำต่อไป หรือโครงการที่ยังทำไม่สมบูรณ์ ก็ควรนำมาปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมให้เสร็จ

3.2 การนำเสนอผลงาน การนำเสนอผลงานจะต้องพยายามให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจผลงานนั้นๆ ได้โดยง่าย มีลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลงานทำได้หลายรูปแบบเช่น การรายงานปากเปล่าโดยอาจมีวัสดุอุปกรณ์ประกอบ การเขียนรายงานซึ่งควรมีรูปแบบในการเขียนที่สามารถให้รายละเอียดได้ครบถ้วนชัดเจน หรืออาจจัดในรูปแบบนิทรรศการ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงการ และปัจจัยอื่นๆตามความเหมาะสม

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ที่ได้ศึกษาและได้นำไปใช้ในการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องแทรกกิจกรรมโครงการในลักษณะค่อยเป็นค่อยไปเพื่อให้ ผู้เรียนได้เพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจสาระสำคัญของบทเรียน เป็นการขยายฐานความรู้จากบทเรียนให้กว้างขวางยิ่งขึ้นเป็นการเชื่อมโยงความรู้ผ่านการทำโครงการ

4. การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์

4.1 ความหมายของการเชื่อมโยง

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (The National Council of Teachers of Mathematics, 1991 อ้างถึงใน สมบัติ แสงทองคำสุก 2545: 33) ได้ให้ความหมายของการเชื่อมโยงคือ การผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกันให้รวมเป็นองค์ประกอบเดียวกัน ซึ่งแบ่งออกเป็น

1. การเชื่อมโยงภายในวิชา เป็นการนำเนื้อหาภายในวิชาเดียวไปสัมพันธ์กันให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะไปใช้ในชีวิตประจำวัน ช่วยผู้เรียนให้ทำความเข้าใจถึงความแตกต่างของเนื้อหาวิชา รวมทั้งพีชคณิต เรขาคณิต และตรีโกณมิติ ซึ่งจะทำให้การเรียนรู้ของผู้เรียนมีความหมาย

2. การเชื่อมโยงระหว่างวิชา เป็นการรวมศาสตร์ต่างๆตั้งแต่ 2 สาขาขึ้นไปภายใต้หัวข้อที่เกี่ยวข้องกันให้มาสัมพันธ์กัน เช่น วิชาคณิตศาสตร์กับวิชาวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์กับสังคมศึกษา หรือศิลปะ เป็นการเรียนโดยใช้ความรู้ ความเข้าใจและทักษะในวิชาต่างๆมากกว่า 1 วิชาขึ้นไปจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและตรงกับสภาพจริง

จากที่กล่าวมาข้างต้น ความหมายการเชื่อมโยง หมายถึง การนำความรู้เนื้อหาสาระและกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ และแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้นให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือเห็นการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

4.2 คณิตศาสตร์กับการเชื่อมโยง

เคนเนดี และทิปส์ (Kennedy & Tipps, 1994: 194-198 อ้างถึงใน ศศิธร แก้วรักษา 2547: 16) กล่าวว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญ นักเรียนจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรม ได้แก่ รูปภาพ แผนภาพ สัญลักษณ์ และมโนคติกับกระบวนการรวมเนื้อหาและวิธีการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน และจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

การเชื่อมโยงควรสร้างให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในระหว่างการเรียนรู้การสอน คือ ให้นักเรียนปฏิบัติงาน หรือกิจกรรมแล้วแปลงกิจกรรมเหล่านั้นออกมาเป็นรูปภาพ แผนภาพ แผนภูมิ แผนผัง และสัญลักษณ์ต่างๆ ตัวอย่างเช่น ในนักเรียนเกรด 3 ครูได้สอนให้นักเรียนสร้างการเชื่อมโยงระหว่าง “ลูกกอล์ฟ” กับ “เศษส่วน” นักเรียนในชั้นเรียนนั้นได้รู้จักการสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนกับคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงด้วยปัญหา “ลูกกอล์ฟ”

การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และกับชีวิตจริง เกิดขึ้นได้มากมาย ครูสามารถให้นักเรียนปฏิบัติงานที่จะเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศิลปะ งานกิจกรรมเกี่ยวกับอาหาร และกิจกรรมในวิชาต่างๆ

ตัวอย่างต่อไปนี้ แสดงถึงวิธีที่ครูจะสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์ต่างๆ และสังมรอบตัว ด้วยการให้นักเรียนทำโครงการที่บางโครงการอาจให้ทำร่วมกันทั้งชั้น รายบุคคลหรือทำโดยกลุ่มย่อย ดังนี้

1. คณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ เช่น การจดบันทึกอุณหภูมิ ความเร็วลม แรงดันอากาศ การส่งมนุษย์ไปดวงจันทร์ การโคจรของดาวเคราะห์ การกำหนดมาตราส่วนและการสร้างแบบจำลองของระบบสุริยะจักรวาล

2. คณิตศาสตร์กับสังคมศึกษา เช่น นาฬิกาน้ำและนาฬิกาทราย การสร้างพีระมิดในอียิปต์ ศึกษาการออกแบบเฟรม ถ้วยชาม และตะกร้า ที่ใช้หลักการสมมาตร และทรงลูกบาศก์ของชาวอินเดียนแดงทางตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐ การแยกประเภทของอาชีพต่างๆ เป็นอาชีพที่มีเครื่องแบบและไม่มีเครื่องแบบ เช่น นักวิจัย ผู้ให้บริการ คนงานโรงงานทหาร และปศุสัตว์

3. คณิตศาสตร์กับศิลปะ เช่น การวัดกระดาษเพื่อตัดขอบผนัง การกำหนดมาตราส่วนฉากละครในชั้นเรียน วัดและเตรียมกระดาษสร้างฉาก การวาดภาพทิวทัศน์ต่างๆ

4. คณิตศาสตร์กับสุขศึกษา เช่น การวัดส่วนสูงของนักเรียน การบันทึกผลในรูปแบบตารางและกราฟ การหาปริมาณแคลอรีจากการอ่านฉลากข้อมูลโภชนาการของกล่องผลิตภัณฑ์ การวัดระดับคลอเรสเตอรอล

5. คณิตศาสตร์กับการอ่าน และศิลปะทางภาษา เช่น การหารูปแบบของคำ การแยกประเภทของคำ การทำวิจัยรากศัพท์ของภาษาคณิตศาสตร์ การวิจัยและเขียนเรื่องราวของนักคณิตศาสตร์ที่มีชื่อเสียง จำนวน และความงามของตัวเลข การวิเคราะห์ข้อความเพื่อบอกจำนวนพยัญชนะ (เรื่องนี้สามารถเชื่อมโยงกับรายการเกมโชว์ทางโทรทัศน์ของสหรัฐที่ชื่อ Wheel of Fortune)

6. คณิตศาสตร์กับการศึกษาทางกายภาพ เช่น การนับจำนวนรอบของการกระโดดเชือก การแสดงให้เห็นว่าโอลิมปิกยิ่งใหญ่ การจัดการพื้นที่การเล่น การจับเวลาการแข่งขัน

คณิตศาสตร์กับโลกปัจจุบันเชื่อมโยงกันในหลายๆ ด้าน จากบทความในหนังสือพิมพ์หรือนิตยสาร ไม่ว่าจะเป็นทางด้านธุรกิจ แนวโน้มทางเศรษฐกิจ สภาพอากาศและข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ การรายงานพิเศษทั้งในรูปแบบบทความ และภาพข่าว แผนผังการเดินทางที่ทำเรือสถานีรถไฟ และสนามบิน ล้วนให้ข้อมูลที่เป็นคณิตศาสตร์ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้คนทั้งสิ้น ปัญหาทางเศรษฐกิจ ปัญหาการจัดการขยะและมลพิษที่เกิดจากรถยนต์ ของเสียจากโรงงานได้ทำให้

นักเรียนสามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับการดำรงชีวิตในปัจจุบัน ครูจึงควรสอนโดยบูรณาการคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือกับปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

ดังนั้นนักเรียนจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงเนื้อหาต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์เพื่อจะได้บูรณาการเนื้อหาทั้งหมด ครูจะประสบความสำเร็จเมื่อทำหน้าที่ให้นักเรียนสามารถสร้างและเชื่อมโยงมโนคติของเนื้อหาต่างๆ เข้าด้วยกัน เช่น เศษส่วนและทศนิยมกับเรื่องของเปอร์เซ็นต์ การคูณกับการบวก การหารกับการลบ และการนำการวัดไปใช้ในเรขาคณิต นักเรียนต้องรู้จักการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงได้

คอสเซย์ และคณะ (Dossey, et al. 2002: 81-83) กล่าวถึงการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า ความเข้าใจในคณิตศาสตร์สร้างขึ้นได้ทันทีขณะเกิดการเรียนรู้มาแล้ว นักเรียนที่สามารถเชื่อมโยงมโนคติทางคณิตศาสตร์ได้หลากหลายจะพัฒนาความเข้าใจในคณิตศาสตร์ได้มากยิ่งขึ้น การเชื่อมโยงทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาและสามารถทำการอ้างเหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้คล่องแคล่วขึ้น นอกเหนือจากการใช้เครื่องมืออื่นๆ ในการแก้ปัญหามโนคติหรือเนื้อหาในคณิตศาสตร์ที่มีการเชื่อมโยง ช่วยให้นักเรียนมองคณิตศาสตร์แบบบูรณาการ เราเคยแยกคณิตศาสตร์เป็นวิชาย่อยๆ เช่น เรียน Prealgebra แล้วมาเรียนพีชคณิตและเรขาคณิตตามลำดับ ทำให้นักเรียนมองวิชาคณิตศาสตร์ไม่สัมพันธ์กัน แม้ว่าคอร์สเรียนก่อนหน้าจะเป็นพื้นฐานความเข้าใจในคณิตศาสตร์ระดับสูง การแยกเนื้อหาออกจากกันทำให้นักเรียนไม่สามารถสร้างการเชื่อมโยงที่ทำให้เข้าใจภาพรวมของคณิตศาสตร์ การเรียนที่เน้นการเชื่อมโยงจะทำให้นักเรียนมีรากฐานอันแข็งแกร่งในการเรียนคณิตศาสตร์ต่อไป

ครูสามารถแนะนำกระบวนการเชื่อมโยงให้กับนักเรียน โดยการให้งานที่ครูออกแบบขึ้น งานที่แสดงการเชื่อมโยงกับมโนคติของเรื่องที่เคยเรียนมาแล้ว เช่น การสำรวจลำดับฟีโบนากชี (Fibonacci Sequence) 1,1,2,3,5,8,13 ... สามารถเชื่อมโยงกับแบบรูปและฟังก์ชัน ก่อกำเนิดเมื่อสำรวจต่อไปสู่ความรู้เรื่องอัตราส่วนทอง สี่เหลี่ยมมุมฉากทอง และประยุกต์เข้ากับงานศิลปะ โลกของการออกแบบ การเชื่อมโยงวิชาต่างๆ ในคณิตศาสตร์เชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

4.3 มาตรฐานของทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (The National Council of Teachers of Mathematics, 1989: Online) กล่าวถึงมาตรฐานในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ในเกรด 5-8 ซึ่งนักเรียนทุกคนมีความสามารถ ดังนี้

1. มองคณิตศาสตร์ในภาพรวม

2. สำรวจปัญหาและบรรยายผลที่ได้โดยใช้กราฟ จำนวน ลักษณะทางกายภาพ พืชคณิต และรูปแบบทางคณิตศาสตร์ด้วยคำพูดหรือการนำเสนอข้อมูล
 3. ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในเรื่องอื่นๆ
 4. ประยุกต์ความคิดทางคณิตศาสตร์และรูปแบบในการแก้ปัญหาซึ่งพบในศาสตร์อื่น เช่น ศิลปะ ดนตรี จิตวิทยา วิทยาศาสตร์ และธุรกิจ
 5. ตระหนักในคุณค่าของบทบาทคณิตศาสตร์ในสังคมและวัฒนธรรม
- สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (The National Council of Teachers of Mathematics, 2002: Online) กล่าวถึงมาตรฐานในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ จากอนุบาลไปยังเกรด 12 เป็นโปรแกรมการศึกษาเพื่อให้นักเรียนทุกคนสามารถ
1. ตระหนักและใช้การเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์
 2. เข้าใจแนวทางการเชื่อมโยงความคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกันและสร้างแนวคิดต่างๆ โดยเชื่อมโยงองค์ความรู้เพื่อให้ได้ความรู้ใหม่
 3. ตระหนักและประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในเนื้อหาอื่นนอกจากเนื้อหาคณิตศาสตร์
- ปานทอง กุลนาถศิริ (2543: 21) กล่าวถึงมาตรฐานการเชื่อมโยงสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกาได้จัดพิมพ์เผยแพร่เอกสารมาตรฐานหลักสูตรและการวัดผล ในปี ค.ศ.1989 ไว้ดังนี้
- มาตรฐานที่ 9 การเชื่อมโยง (Connections)
- โปรแกรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ควรจัดกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้มีการเชื่อมโยงองค์ความรู้ต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อเสริมสร้างให้นักเรียนได้รู้และเข้าใจคณิตศาสตร์และเพื่อให้นักเรียนทุกคนมีความสามารถ ดังนี้
1. ตระหนักถึงความสำคัญของการเชื่อมโยงและความสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ต่างๆ ตลอดจนแนวคิดต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ได้
 2. สามารถเข้าใจถึงวิธีการที่จะสร้างแนวคิดต่างๆ ทางคณิตศาสตร์โดยเชื่อมโยงองค์ความรู้เพื่อให้ได้ความรู้ใหม่ได้
 3. ขยายความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ ตลอดจนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปช่วยในการพิจารณาวิธีต่างๆ ได้
 4. สามารถระลึกถึงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาแล้วและสามารถนำความรู้เหล่านั้นมาใช้เชื่อมโยงในการเรียนคณิตศาสตร์และวิชาอื่นๆ ได้

กรมวิชาการ (2544: 25) กล่าวถึงมาตรฐานในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงกับคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นได้ในช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-3) ดังนี้

1. เชื่อมโยงความรู้เนื้อหาต่างๆ ในคณิตศาสตร์และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ
2. นำความรู้และทักษะที่ได้จากการเรียนคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ และในการดำรงชีวิต

จากการศึกษาข้างต้น สรุปได้ว่าประเทศไทยนั้นได้กำหนดมาตรฐานในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ตามแนวทางของกรมวิชาการ

4.4 องค์ประกอบที่ส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

กรมวิชาการ (2544: 200) กล่าวว่าองค์ประกอบหลักที่ส่งเสริมการพัฒนาการเรียนรู้ทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ดังนี้

1. มีความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์อย่างเด่นชัดในเรื่องนั้น
2. มีความรู้ในเนื้อหาที่จะนำไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรือชิ้นงานอื่นๆ ที่ต้องการเป็นอย่างดี
3. มีทักษะในการมองเห็นความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงระหว่างความรู้และทักษะ/กระบวนการที่มีในเนื้อหานั้นกับงานที่เกี่ยวข้องด้วย
4. มีทักษะในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างความสัมพันธ์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องด้วย
5. มีความเข้าใจในการแปลความหมายของคำตอบที่หาได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ว่ามีความเป็นไปได้หรือสอดคล้องกับสถานการณ์นั้นอย่างสมเหตุสมผล

4.5 การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (The National Council of Teachers of Mathematics, 1989: Online) กล่าวว่า นักเรียนควรได้รับโอกาสในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นทั้งในโรงเรียนและในสังคมปัจจุบันมากขึ้น ครูคณิตศาสตร์ต้องค้นคว้าและร่วมมือกับครูในวิชาอื่นเพื่อสำรวจแนวคิดต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ไปยังปัญหาอื่น ซึ่งเกิดขึ้นในห้องเรียน การรวมคณิตศาสตร์เข้าไปในเนื้อหาซึ่งให้สัญลักษณ์และกระบวนการที่มีประโยชน์ เป็นจุดมุ่งหมายที่สำคัญของมาตรฐานทั้งหมด ทำให้นักเรียนมองเห็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยให้เข้าใจได้ ทักษะการเชื่อมโยงมีประโยชน์ในการแก้ปัญหา อภิปราย และแบบจำลองข้อเท็จจริงในโลก และการสื่อสารความคิดและข้อมูลที่ซับซ้อนในลักษณะที่ละเอียดและ

ชัดเจน การนำเสนอของปัญหาช่วยให้มองเห็นสิ่งต่างๆ ได้ทั่วและชัดเจนขึ้น ทำให้นักเรียนอธิบายปัญหาและคำตอบได้ ถ้านักเรียนเป็นผู้มีศักยภาพทางคณิตศาสตร์ จำเป็นต้องฝึกให้นักเรียนปรับเปลี่ยนวิธีการหาคำตอบที่หลากหลายขึ้น และตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างมุมมองที่แตกต่างกัน

การเชื่อมโยงระหว่างหัวข้อทางคณิตศาสตร์สามารถสร้างได้หลายแนวทาง เมื่อนักเรียนศึกษาหัวข้อหนึ่งสามารถนำไปประยุกต์ในหัวข้ออื่นได้ โดยการเชื่อมโยงปรากฏออกมาขณะที่นักเรียนทำคณิตศาสตร์ ตัวอย่างเช่น

1. เมื่อนักเรียนสร้างและอธิบายการเลื่อนทางเรขาคณิต “20 ไปทางขวา” และการเลื่อนในครั้งที่ 2 “45 ไปทางซ้าย” ผลลัพธ์ที่ได้เหมือนกันคือเป็นการรวมกันของจำนวนเต็ม
2. การอธิบายในเรื่องเศษส่วนสามารถอธิบายโดยการเชื่อมโยงเกี่ยวกับเรื่องการวัดอัตราส่วน และแนวคิดเกี่ยวกับพีชคณิต
3. การพัฒนาและสำรวจแบบรูปในรูปสามเหลี่ยมปาสคาล ซึ่งสามารถใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการนับ เลขยกกำลัง พีชคณิต แบบรูปเรขาคณิต ความน่าจะเป็นและทฤษฎีจำนวน โดยทั่วไปการเชื่อมโยงเหล่านี้ยังไม่ควรทำในลักษณะที่เป็นแบบแผนในเกรด 5-8 แต่ครูสามารถเสนอในรูปแบบที่ง่ายขึ้น ไม่เป็นแบบแผนโดยอาจตั้งคำถาม เช่น คุณสามารถหาจำนวนของรูปสามเหลี่ยมในสามเหลี่ยมปาสคาลได้อย่างไร สามเหลี่ยมปาสคาลมีบางสิ่งที่น่าสนใจในการเกิดหัว 2 หัว จากเหรียญ 3 เหรียญ ใช่หรือไม่ เพราะเหตุใด
4. ความรู้เกี่ยวกับเรื่องพื้นที่สามารถช่วยให้เข้าใจในการดำเนินการของเศษส่วน การนำเสนอข้อมูล การแก้ปัญหारेื่องสัดส่วน การหาตัวประกอบและความน่าจะเป็นและการสำรวจความหมายของเครื่องหมายพีชคณิต
5. บทเรียนเรื่องการวัด ต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างสูตรและแก้ปัญห โดยใช้อนุคิดทางเรขาคณิต การวัด และพีชคณิต

เมื่อนักเรียนเรียนรู้แนวคิดใหม่ๆ หรือแก้ปัญหาใหม่ๆ นักเรียนจะเพิ่มความรู้ความสำคัญในกระบวนการและทักษะในการคิดของพวกเขาเอง โดยการพิจารณาจากการพัฒนาแนวคิดในครั้งก่อน ความสามารถนี้เป็นการรวมแนวคิดและความคิดรวบยอดเพื่อส่งเสริมความเชื่อมั่นของนักเรียนในความคิดของเขาเอง เนื้อหาหลักสูตรส่งเสริมทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อการมองการเชื่อมโยง แต่ครูจะต้องหาโอกาสในการช่วยนักเรียนให้สร้างความคิดเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ปัญหาที่สร้างขึ้นจะต้องเป็นปัญหาที่เน้นให้นักเรียนสร้างการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ การเอาใจใส่ต่อการตระหนักและการสร้างการเชื่อมโยงระหว่างหัวข้อจะค่อยๆ ซึมซาบเข้าไปในตัวนักเรียน ซึ่งคาดหมายว่า

แนวคิดที่พวกเขาเรียนรู้เป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหาและค้นคว้าความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์อื่นๆ

การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น คณิตศาสตร์เกิดขึ้นไม่เพียงแต่ในวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ในวิชาอื่นก็เกิดขึ้นได้ ตัวอย่างเช่น

1. สังคมศึกษา การศึกษาเรื่องแผนที่เป็นเวลาที่ขุดเยียมในการเรียนเรื่องการวัดและความสัมพันธ์ของความคิดรวบยอดที่คล้ายคลึงกัน อัตราส่วนและสัดส่วน
2. หัวข้อการวัดมีสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสังคมศึกษา วิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ในบ้าน เทคโนโลยี อุตสาหกรรม และพลศึกษา ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับครูในวิชาดังกล่าวข้างต้น

การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน ตัวอย่างเช่น

1. ปัญหา “การจับมือกับผู้อื่น” สามารถใช้ในการแสดงถึงการเชื่อมโยงระหว่างจำนวนของรูปสามเหลี่ยมและเส้นทแยงมุมของรูปสามเหลี่ยม

2. นักเรียนเกรด 5-8 จะมีความสนใจเกี่ยวกับโลกรอบตัวเรา ความน่าจะเป็นและสถิติ จึงกลายเป็นการเชื่อมโยงที่สำคัญระหว่างโลกแห่งความจริงกับห้องเรียนคณิตศาสตร์

3. การพยากรณ์อากาศ
4. การทดลองวิทยาศาสตร์
5. การอ้างการโฆษณา
6. เหตุผลที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญ
7. แนวโน้มทางเศรษฐกิจ

ตัวอย่างดังกล่าวเป็นเนื้อหาเล็กน้อยที่นักเรียนสามารถสืบสวนโดยใช้กฎทางคณิตศาสตร์ในสังคมของเรา สถิติที่นำเสนอข้อมูลทางสังคมให้กับนักเรียน เนื้อหาใดก็ตาม กฎที่มีความจำเป็นต่อการศึกษาคณิตศาสตร์ค่อยๆ ซึมซาบเข้าไป ทักษะคิดของการสืบสวนสอบสวนและไหวพริบในการหาความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันระหว่างรูปแบบของคณิตศาสตร์และสิ่งที่เป็นจริงในโลกเข้าไปในตัวนักเรียน

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (The National Council of Teachers of Mathematics, 1991: Online) กล่าวถึงการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ว่าครูมีบทบาทในการพัฒนาความคิดรวบยอด กระบวนการและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. สาธิตความรู้ในเรื่องความคิดรวบยอดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
2. นำเสนอคณิตศาสตร์ในลักษณะเช่นเดียวกับเครือข่ายการเชื่อมโยงความคิดรวบยอดและกระบวนการร่วมกัน

3. เน้นให้การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นและเป็นการเชื่อมโยงในชีวิตประจำวัน

4. ร่วมทำชิ้นงานกับนักเรียน โดยส่งเสริมความเข้าใจในความคิดรวบยอด กระบวนการ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์

5. ร่วมกันอภิปรายคณิตศาสตร์โดยขยายความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอด กระบวนการและการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์

สิ่งที่มีความสำคัญอันดับแรกในมาตรฐานนี้อยู่ที่การสอนเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ครูควรใส่ใจความเข้าใจความคิดรวบยอดและหลักการทางคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้ง เชื่อมโยงความคิดรวบยอดและกระบวนการเชื่อมโยงหัวข้ออื่นในคณิตศาสตร์ (เช่น นำเรขาคณิตมาใช้ในการอธิบายเรื่องความคิดรวบยอดเกี่ยวกับความน่าจะเป็นหรือตัวประกอบของจำนวนเต็ม) และเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ครูสามารถตอบคำถามของนักเรียนได้อย่างเหมาะสม สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ รวมไปถึงการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ได้อย่างหลากหลายและสามารถร่วมอภิปรายคณิตศาสตร์ในห้องเรียนได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสร้างความรู้ รวมไปถึงการปรับตัวทางคณิตศาสตร์ที่ตามมาคือความพยายามของมนุษย์ในการใช้คณิตศาสตร์ในชีวิต ในทางตรงกันข้าม มักเกิดความผิดพลาดทางคณิตศาสตร์บ่อยๆ โดยมีการนำเสนออย่างจำกัดหรือไม่เหมาะสม หรือนำเสนอคณิตศาสตร์ในลักษณะวิชาที่ตายตัว มีการนำเสนอโดยใช้สัญลักษณ์อย่างเดียว

ครูและนักเรียนร่วมทำชิ้นงาน ซึ่งรวมไปถึงความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างความคิดรวบยอดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ความคิดรวบยอดและกระบวนการที่ได้จากคณิตศาสตร์ จะมีความหมายเพียงเล็กน้อย ถ้าเรียนรู้เนื้อหาโดยไม่มีการเชื่อมโยงกับหัวข้อในคณิตศาสตร์เอง การสอนไม่ควรสอนแบบจำกัดหรือตายตัว การนึกถึงนิยามหรือการคำนวณที่มีขั้นตอนแน่นอน แต่การสอนควรมีวัตถุประสงค์ที่กว้างขึ้นแตกต่างกันไป เช่นเดียวกับข้อแนะนำ มาตรฐานหลักสูตร และการประเมินผลสำหรับคณิตศาสตร์ในโรงเรียน นอกจากนี้ครูควรเน้นเกี่ยวกับการสื่อสารคณิตศาสตร์ ความสำคัญของการขยายความเข้าใจในเนื้อหาและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน

การเชื่อมโยงควรเกิดขึ้นเป็นประจำเพื่อส่งผลให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นในคุณค่าทางคณิตศาสตร์ในสังคม และมีการส่งเสริมโดยไม่คำนึงถึงว่ากำลังเรียนคณิตศาสตร์ถึงตอนใด นักเรียนมีโอกาสนในการประยุกต์โดยเรียนรู้จากสถานการณ์จริงในโลก นอกเหนือจากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในหนังสือเรียนปกติ นักเรียนมองคณิตศาสตร์ว่าเป็นสิ่งที่อยู่ในสังคมและเป็นสิ่งจำเป็นต่อชีวิตของเขา มาตรฐานนี้บอกเป็นนัยว่ากิจกรรมการเรียนการสอนควรมุ่งหมายไปที่

การส่งเสริมการตระหนักในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ โดยนำมาซึ่งประสบการณ์และความสนใจของนักเรียน

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (The National Council of Teachers of Mathematics, 2000: Online) กล่าวถึงบทบาทของครูในการพัฒนาการเชื่อมโยงในเกรด 6-8 คือ ครูมีหน้าที่ในการเลือกปัญหาที่เป็นการเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ทั้งภายในและภายนอก รวมไปถึงการช่วยให้นักเรียนสร้างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในการพัฒนาแนวคิดใหม่ ครูต้องตระหนักและเข้าใจความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกพัฒนาขึ้น ไม่ควรสอนแบบรวบรัดหรือย่อ แต่ควรมีการร่วมกันคิดร่วมกันทำ ครูจำเป็นต้องตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่กระตุ้นให้นักเรียนใช้คำหรือเครื่องหมายที่เหมาะสมในการสนับสนุนความเข้าใจความคิดรวบยอดใหม่ของพวกเขา เช่น สัดส่วน พีชคณิต

ครูเพิ่มความเข้าใจทางคณิตศาสตร์กับนักเรียนด้วยการใช้สาขาวิชาอื่นเป็นแหล่งข้อมูลในการศึกษาปัญหาหลายปัญหา ตัวอย่างเช่น

1. การศึกษาวิทยาศาสตร์และสังคม เป็นการเพิ่มโอกาสในการเรียนเกี่ยวกับการวัดข้อมูลทางพีชคณิต
2. ศิลปะสามารถนำไปใช้สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับรูปร่าง สมมาตร ความคล้าย และการถ่ายทอดของรูปแบบทางเรขาคณิต
3. ครูศิลปะสามารถบรรยายยุทธวิธีที่พวกเขาสอนเขียนการอ้างเหตุผลที่เป็นประโยชน์ ครูคณิตศาสตร์อาจช่วยให้นักเรียนใช้ยุทธวิธีเมื่อมีความเหมาะสมในการยกตัวอย่างเชิงทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับสูตร ช่วยให้นักเรียนตระหนักและวิเคราะห์รูปแบบของการอ้างเหตุผลและข้อเท็จจริง ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะทางคณิตศาสตร์

ตัวอย่างกิจกรรมเพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยง

วงดนตรีของโรงเรียนแห่งหนึ่งได้รับหน้าที่เป็นเจ้าภาพในการจัดคอนเสิร์ต โดยนักเรียนเกรด 7 ทำหน้าที่จัดเตรียมอาหารว่าง ซึ่งหนึ่งในอาหารว่างเหล่านั้นคือพินซ์ นักเรียนให้ส่วนผสมในการทำพินซ์ 4 สูตรกับแม่ครัว ซึ่งส่วนผสมของโซดากับเหล้าและน้ำแครนเบอร์รี่ที่ปริมาณแตกต่างกัน

สูตร A

น้ำแครนเบอร์รี่ 2 ถ้วย
โซดากับเหล้า 3 ถ้วย

สูตร B

น้ำแครนเบอร์รี่ 4 ถ้วย
โซดากับเหล้า 8 ถ้วย

สูตร C

น้ำแครนเบอร์รี 3 ถ้วย

โซดากับเหล้า 5 ถ้วย

สูตร D

น้ำแครนเบอร์รี 1 ถ้วย

โซดากับเหล้า 4 ถ้วย

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. พันซ์สูตรใดมีส่วนผสมของแครนเบอร์รีเข้มข้น พร้อมทั้งอธิบายคำตอบได้
2. พันซ์สูตรใดมีส่วนผสมของแครนเบอร์รีเจือจาง พร้อมทั้งอธิบายคำตอบได้
3. ถ้าหัวหน้าวงดนตรีต้องการพันซ์ทุกสูตร สูตรละ 120 ถ้วย ต้องมีส่วนผสมของน้ำแครนเบอร์รีและโซดากับเหล้ากี่ถ้วย

นักเรียนร่วมกันตอบคำถามในข้อ 1–2 เป็นกลุ่ม กลุ่มละ 2–3 คน เมื่อแต่ละกลุ่มทำงานเสร็จ ให้แต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลงานและแนวคิดในการหาคำตอบ

แต่ละกลุ่มพยายามคำนวณว่าสูตรใดที่มีน้ำแครนเบอร์รีเข้มข้น โดยแต่ละกลุ่มมีวิธีในการคำนวณแตกต่างกัน เช่น บางกลุ่มคำนวณโดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ของน้ำแครนเบอร์รี

กับจำนวนส่วนผสมทั้งหมดของแต่ละสูตร (สูตร A–D เป็น $\frac{2}{5}, \frac{4}{12}, \frac{3}{8}, \frac{1}{5}$ ตามลำดับ) บางกลุ่ม

พิจารณาจากอัตราส่วนของน้ำแครนเบอร์รีกับโซดากับเหล้า (สูตร A–D เป็น $\frac{2}{3}, \frac{4}{8}, \frac{3}{5}, \frac{1}{4}$

ตามลำดับ) บางกลุ่มพิจารณาผิดพลาด โดยพิจารณาเพียงจำนวนแครนเบอร์รีของแต่ละสูตรเท่านั้น (สูตร A–D เป็น 2, 4, 3, 1)

หลังจากถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบและเปรียบเทียบวิธีการของแต่ละกลุ่มแล้ว แต่ละกลุ่มร่วมกันตัดสินใจที่จะตอบคำถามในข้อสุดท้ายก่อน โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มมอบหมายงานเพื่อตัดสินใจว่าต้องใช้ปริมาณของน้ำแครนเบอร์รีและโซดากับเหล้าเท่าไรในแต่ละสูตร

ต่อไปนี้เป็นยุทธวิธี 4 ยุทธวิธีที่แต่ละกลุ่มใช้ในการแก้ปัญหาข้อ 3

สูตร A

มีแนวทางในการคำนวณว่าในสูตรนี้จะได้พันซ์ครั้งละ 5 ถ้วย (น้ำแครนเบอร์รี :

โซดากับเหล้า = 2 : 3) ดังนั้นถ้าต้องการ 120 ถ้วย จะต้องทำ $\frac{120}{5} = 24$ ซึ่งเป็นจำนวนพันซ์ที่เรา

ต้องการ

สำหรับการทำพันซ์ใน 1 ครั้งจะต้องใช้แครนเบอร์รี 2 ถ้วยและโซดากับเหล้า

3 ถ้วย

ถ้าต้องการทำพันธ์ใน 24 ครั้ง จะต้องใช้น้ำแครนเบอร์รี่ $2 \times 24 = 48$ ถ้วยและ
โซดากับเหล้า $3 \times 24 = 72$ ถ้วย

และเมื่อนำน้ำแครนเบอร์รี่ 48 ถ้วย รวมกับโซดากับเหล้า 72 ถ้วย จะทำให้ได้
น้ำพันธ์ทั้งหมด 120 ถ้วย

สูตร B

มีแนวคิดที่น้ำแครนเบอร์รี่ 4 ถ้วย และโซดากับเหล้า 8 ถ้วย เป็นอัตราส่วน
เดียวกับน้ำแครนเบอร์รี่ 1 ถ้วยและโซดากับเหล้า 2 ถ้วย เราจึงคิดที่จะแบ่งพันธ์ 120 ถ้วยออกเป็น
3 กลุ่ม จะได้น้ำแครนเบอร์รี่กลุ่มละ 40 ถ้วย และโซดาและเหล้า 2 ส่วน ในที่นี้คือ 80 ถ้วย ซึ่งจะ
ทำให้ได้พันธ์ทั้งหมด 120 ถ้วย และคุณยังใช้อัตราส่วนของน้ำแครนเบอร์รี่และโซดากับเหล้าเป็น
1 : 2 เช่นเดิม

สูตร C

ทดสอบด้วยการเพิ่มสูตรนี้เป็น 2 เท่า แต่มันก็ยังไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงต้องเพิ่มสูตร
ขึ้นเรื่อยๆ และมองดูแบบรูปที่เกิดขึ้น จนกระทั่งได้ 120 ถ้วย ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ปริมาณน้ำแครนเบอร์รี่และโซดากับเหล้า เมื่อต้องการพันธ์จำนวน 120 ถ้วย

แครนเบอร์รี่	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
โซดากับเหล้า	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
พันธ์	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120

ที่มา : NCTM. (2000) “Connections Standard for Grades 6-8” *Principles and Standards for School Mathematics*. (Online)

ซึ่งพบว่าจะต้องใช้ส่วนผสมของน้ำแครนเบอร์รี่ 45 ถ้วย และโซดากับเหล้า 75
ถ้วย

หลังจากการอภิปรายในชั้นเรียนกลุ่มนี้สังเกตว่าพวกเขาสามารถหาคำตอบได้อย่าง
รวดเร็วจาก $\frac{3}{5}$ ไปยัง $\frac{45}{75}$ ได้ด้วยการคูณด้วย 15 เพราะพวกเขาต้องทำพันธ์สูตร C นี้ทั้งสิ้น
15 ครั้ง

สูตร D

ทดลองใช้จำนวนต่างๆ แบบลองผิดลองถูกโดยในตอนแรกทดลองใช้น้ำแครนเบอร์รี่ 20 ถ้วย ซึ่งหมายความว่าเราต้องการโซดากับเหล้า 80 ถ้วย แต่ยังไม่พอสักเท่าไหร่ $20 + 80 = 100$ ถ้วย ดังนั้นเราลองใช้ 30 ถ้วย หมายความว่า ใช้น้ำ $30 \times 4 = 120$ ถ้วย ซึ่งทำให้ได้พังก์จำนวนมาก $30 + 120 = 150$ ถ้วย จากนั้นทดลองใช้น้ำแครนเบอร์รี่ 25 ถ้วยและโซดากับเหล้า $25 \times 4 = 100$ ถ้วย แต่ทำให้ได้พังก์ 125 ถ้วย ซึ่งยังไม่ถูกต้อง ดังนั้นเราลองใช้น้ำแครนเบอร์รี่ 24 ถ้วย จะต้องใช้โซดากับเหล้า $24 \times 4 = 96$ ถ้วย ซึ่งทำให้ได้พังก์ $24 + 96 = 120$ ถ้วยตามต้องการ

หลังจากนั้นแต่ละกลุ่มร่วมกันเสนอวิธีการของพวกเขาในการตอบคำถามข้อที่ 3 ครูจึงดำเนินการพูดคุย โดยการกระตุ้นให้นักเรียนพูดคุยเกี่ยวกับความคล้ายและความแตกต่างระหว่างยุทธวิธีของแต่ละกลุ่ม

“สถานการณ์ทำพังก์” เป็นการนำแนวคิดในเรื่องต่างๆ ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา เช่น เศษส่วน สัดส่วน การดำเนินการ ขนาด ความรู้สึกลึกซึ้งจำนวน แบบรูป ฯลฯ โดยการนำแนวคิดทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับความเข้าใจและกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหานี้ โดยนักเรียนถูกพัฒนาความเข้าใจซึ่งเป็นการวางพื้นฐานสำหรับการเรียนต่อไป

ชั้นงานนี้ต้องการให้นักเรียนอธิบายยุทธวิธีของพวกเขา นักเรียนทุกคนมีโอกาสในการสร้างความเข้าใจในเรื่องอัตราส่วน โดยศึกษาแนวคิดจากกลุ่มต่างๆ กล่าวคือ

สูตร D ใช้วิธีการเดาแล้วตรวจสอบในการแก้ปัญหา

สูตร C ทำเป็นตารางและใช้แนวคิดในการเพิ่มอัตราและเพิ่มในแนวทางเดียวกันซึ่งนักเรียนสามารถหาได้โดยใช้เศษส่วนที่เท่ากัน

สูตร A, B คิดโดยเปรียบเทียบปริมาณและใช้อัตราส่วน

ไม่มีนักเรียนคนใดกล่าวว่าคำตอบที่ได้จากข้อ 2 ข้อแรก จะมีความชัดเจนมากขึ้น ถ้าพวกเขาแก้ปัญหาในข้อ 3 ได้ ในแต่ละสูตรเราสามารถเพิ่มจำนวนน้ำแครนเบอร์รี่ไปสู่จำนวนพังก์ที่ต้องการได้ในการทำพังก์ตามสูตร A – D ให้ได้สูตรละ 120 ถ้วยนั้นจะต้องทำพังก์ในแต่ละสูตรทั้งสิ้น 24, 10, 15 และ 24 ครั้ง ตามลำดับของส่วนผสมที่ต้องการ โดยในตอนแรกสูตร A – D เป็น 48, 45 และ 24 ถ้วยตามลำดับ ซึ่งเราจะพบว่าสูตร D มีรสและกลิ่นแครนเบอร์รี่เจือจางและสูตร A มีรสและกลิ่นแครนเบอร์รี่เข้มข้น

กรมวิชาการ (2544: 200-202) กล่าวว่า ในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะและกระบวนการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์นั้น ผู้สอนอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์

ปัญหาสอดแทรกในการเรียนรู้อยู่เสมอ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ หรือนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือเห็นการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

เพื่อให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง และมีทักษะกระบวนการเชื่อมโยงความรู้นี้ ผู้สอนอาจมอบหมายงานหรือกิจกรรมให้ผู้เรียนไปศึกษาค้นคว้าความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมนั้น แล้วนำเสนองานต่อผู้สอนและผู้เรียนให้มีการอภิปรายและหาข้อสรุปร่วมกัน

ตัวอย่างการเชื่อมโยง

กำหนดสถานการณ์ปัญหา

บริษัทก่อสร้างดำรงต้องการเช่าที่ดินขนาด 2 ไร่ จำนวน 1 แปลง สำหรับเก็บวัสดุก่อสร้างทางในราคาประหยัด และมีผู้นำที่ดินมาเสนอให้เช่า 2 ราย ดังนี้

นายบุญ เสนอที่ดิน 2 ไร่ 1 งาน คิดราคาค่าเช่าที่ดินทั้งแปลงเดือนละ 7,000 บาท

นางล้วน เสนอที่ดิน 5 ไร่ 3 งาน แบ่งที่ดินให้เช่าโดยคิดค่าเช่าตารางวาละ 100 บาทต่อปี ถ้าผู้เรียนเป็นเจ้าของบริษัทก่อสร้างดำรง ผู้เรียนจะตกลงเช่าที่ดินของใคร เพราะเหตุใด

จากสถานการณ์ปัญหาข้างต้น จะเห็นว่าผู้เรียนต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณค่าเช่าที่ดิน ต้องคำนึงถึงราคาที่ต้องการประหยัด ต้องใช้เหตุผลประกอบการตัดสินใจ การนำเสนอเฉพาะคำตอบจากการคำนวณของผู้เรียนไม่ใช่สิ่งสำคัญที่สุด ผู้สอนจะต้องให้ความสำคัญต่อแนวคิดและเหตุผลของผู้เรียนแต่ละคนประกอบด้วย

ตัวอย่างคำตอบและเหตุผลของผู้เรียนอาจเป็นดังนี้

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

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

ค.ญ. นุช ตอบว่า ควรเช่าที่ดินของนายบุญ ซึ่งเมื่อคิดค่าเช่าเป็นตารางวาต่อปี และจะจ่ายเพียงตารางวาละ 93 บาท ($\frac{7,000 \times 12}{900} \approx 93$) ซึ่งถูกกว่าค่าเช่าที่ดินของนางล้วน

ผู้สอนอาจเปิดประเด็นให้ผู้เรียนได้มีการอภิปรายต่อไปในเรื่องนี้ได้อีกในประเด็นที่ว่าในชีวิตจริงแล้วก่อนตัดสินใจลงทุนทำกิจการใด ผู้ลงทุนจะไม่พิจารณาเฉพาะค่าเช่าเพียงอย่างเดียว ต้องพิจารณาองค์ประกอบอื่นๆ ด้วย เช่น สภาพแวดล้อม ความสะดวกในการเช่าออก ที่ดินอยู่ใกล้หรือไกลจากบริษัทเพียงใด ประเด็นเหล่านี้จะช่วยทำให้ผู้เรียนมีความคิดพิจารณาในวงกว้าง

ขึ้น สามารถนำความคิดเช่นนี้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ เป็นการส่งเสริมทักษะกระบวนการให้เหตุผล ความคิดสร้างสรรค์ และส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม ในด้านการคิดอย่างถี่ถ้วน รอบคอบ กล้าแสดงความคิดเห็นและคิดอย่างมีวิจารณญาณอีกด้วย

ในการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีการพัฒนาการเรียนรู้ ผู้สอนควรจัดกิจกรรมหรือให้ปัญหาที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด สามารถบอกแนวคิด แสดงเหตุผลได้ ผู้สอนไม่ควรดูเฉพาะคำตอบที่หาได้จากการคำนวณเท่านั้น คำตอบของปัญหาอาจมีมากกว่า 1 คำตอบ ขึ้นอยู่กับการให้เหตุผลประกอบที่สมเหตุสมผลด้วย

จากการศึกษาข้างต้น สรุปได้ว่า ในการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์นั้น เป็นดังนี้

1. ใช้เทคนิคการสอนที่หลากหลาย เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นต่อสถานการณ์ต่างๆ โดยใช้ความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์
2. จัดเตรียมสถานการณ์ที่มีการบูรณาการเนื้อหาสอดคล้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย
3. นำสิ่งแวดล้อมรอบตัวมาเป็นสื่อในการเรียนรู้ เพื่อฝึกการเชื่อมโยงความรู้ของนักเรียน
4. นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมโดยใช้ทักษะกระบวนการกลุ่ม ส่งเสริมให้นักเรียนกล้าคิด กล้าทำ และคิดอย่างมีวิจารณญาณ

4.6 ลักษณะของการเชื่อมโยงในรูปแบบต่างๆ

4.6.1 การสร้างการเชื่อมโยงในเรขาคณิต

สครอย และสครอย (Sqroi & Sqroi, 1993: 569 – 570) กล่าวว่า การสอนพีชคณิตและเรขาคณิตในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาแต่เดิมแยกต่างหากจากกัน ต่อมาเมื่อบางรัฐในสหรัฐอเมริกาได้มีการปรับปรุงหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยนำเอาการบูรณาการมาใช้กับพีชคณิตและเรขาคณิต เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ต่อไป โดยที่จริงมโนคติของการเชื่อมโยงระหว่างพีชคณิตและเรขาคณิตไม่ใช่เรื่องใหม่ นักคณิตศาสตร์และนักปรัชญาชาวฝรั่งเศส ชื่อ เรเน่ เดสคาร์ตส์ (Rene' Descartes, 1596-1650 อ้างถึงใน ศศิธร แก้วรักษา 2547: 28) ได้พัฒนาเรขาคณิตที่รู้จักกันดีคือ เรขาคณิตวิเคราะห์ โดยการนำภาพเรขาคณิตเข้ามานำเสนอด้วยพีชคณิต โดยใช้ระบบจำนวนจริงและสมการ

4.6.2 การเก็บข้อมูลนอกสถานที่เพื่อสร้างการเชื่อมโยงกับชีวิตจริง

บาไซล์ (Basile, 1999: 8 - 12) ได้กล่าวถึงการเก็บข้อมูลนอกสถานที่เพื่อให้ นักเรียนสร้างการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงว่า ประสบการณ์ที่สนุกสนานสำหรับเด็กเกิดจาก

นอกห้องเรียน เมื่อพาเด็กไปเดินในป่าละเมาะ สวนสาธารณะในท้องถิ่น หรือสวนหย่อมรอบๆ โรงเรียน ขณะเดินสำรวจ เด็กได้ค้นพบธรรมชาติ ได้รับความรู้และทักษะ ได้ใช้ความรู้สึก (Sense) ในการเก็บข้อมูลในสิ่งรอบตัว ซึ่งแต่เดิมเราเคยให้ประสบการณ์เรื่องนี้กับเด็กเฉพาะในชั้นเรียน วิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ดี การรู้จักสังเกตเป็นสิ่งสำคัญของการเรียนคณิตศาสตร์ในการสร้างแบบรูป เพื่อพัฒนาไปสู่การแก้ปัญหา ความรู้สึกเชิงปริภูมิ และการให้เหตุผล

การเก็บข้อมูลจากการเรียนรู้นอกสถานที่ เป็นกระบวนการที่ทำให้เด็กสามารถเชื่อมโยงระหว่างมโนคติของเนื้อหาต่างๆ ในคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง โดยปรับวิธีการให้เข้ากับธรรมชาติ ความอยากรู้อยากเห็นของเด็ก โดยให้ประสบการณ์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ขณะที่เก็บข้อมูลเด็กได้สร้างองค์ความรู้ในเรื่องจำนวน ขนาด สัดส่วน และแบบรูปที่สัมพันธ์กับสิ่งรอบตัว เช่น ใช้ความรู้เรื่องจำนวนในการนับ และบันทึกจำนวนกลีบดอกไม้ต่างชนิดกัน หรือใช้วิธีวัดคร่าวๆ ในการหาความยาวรอบต้นไม้ แล้วเปรียบเทียบขนาด เป็นต้น ดังนั้นกระบวนการเก็บข้อมูลได้ให้โอกาสอันมีค่ากับเด็กเล็กในการคิดแบบเดียวกับนักคณิตศาสตร์ และประยุกต์การให้เหตุผลของข้อมูลสู่ชีวิตจริง เด็กสามารถได้รับความคิดทางคณิตศาสตร์ที่เป็นนามธรรมมากขึ้น จากการได้แยกชนิดประเภทของข้อมูล เขียนกราฟ เปรียบเทียบข้อมูล ทดสอบแบบรูป และนำเสนอแนวคิดด้วยกราฟ

4.6.3 กรุปสมมาตรเชื่อมโยงศิลปะและประวัติศาสตร์กับคณิตศาสตร์

นัทเซาลัส (Natsaulas, 2000: 364 – 370) ได้กล่าวถึงการเชื่อมโยงระหว่างกรุปสมมาตร (Symmetry Groups) ในคณิตศาสตร์กับศิลปะ และประวัติศาสตร์ ว่าที่ผ่านมามีการนำเอาวัฒนธรรมจากที่ต่างๆ มาเป็นต้นแบบในการผลิต ออกแบบสิ่งประดับ และตกแต่งต่างๆ หรือเป็นภาพสัญลักษณ์ของพิธีการ หรือสัญลักษณ์ทางศาสนา ซึ่งหลายอย่างที่กล่าวมา เป็นคณิตศาสตร์โดยธรรมชาติ มีภาพที่สร้างมาจากการสะท้อน และการหมุนภาพบนระนาบ ดังนั้นประวัติศาสตร์และการผสมผสานทางศิลปะ ทำให้นักเรียนได้ศึกษาการสะท้อนและการหมุนภาพบนระนาบ และแสดงโครงสร้างพื้นฐานของพีชคณิตและเรขาคณิต

นุธ (Knuth, 2000: 48 – 53) กล่าวว่า การที่นักเรียนจะเข้าใจความหมายของฟังก์ชันที่ไม่เพียงแค่ว่า ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนมีการนำเสนอวิธีที่ต่างกันในการหาคำตอบ ให้มีการแสดงสมการในรูปแบบต่างๆ เช่น ให้มีการนำเสนอสมการเชิงเส้นทั้งในรูป Point slope และรูปมาตรฐาน วิธีที่จะเน้นการนำเสนอด้วยกราฟทำให้งานที่แปลงกราฟให้เป็นสมการ และควรให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้และอภิปรายถึงวิธีการได้มาซึ่งคำตอบในแบบต่างๆ

4.6.4 การเชื่อมโยงกับธรณีวิทยา

เวเซอร์และมิลรอย (Vacher & Mylroie, 2001: 640-646) ได้กล่าวถึงการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับธรณีวิทยา เพื่อใช้สำรวจถ้ำว่า ถ้ำมีความแตกต่างจากภูเขา ทะเลสาบ หรือแม่น้ำตรงที่เราไม่สามารถเห็นปากถ้ำได้ในระยะไกล ไม่สามารถทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศ หรือภาพถ่ายดาวเทียม ไม่สามารถบอกลักษณะภายในถ้ำได้จนกว่าจะเดินทางเข้าไปสำรวจภายใน และยังพบว่าภายในถ้ำทอดยาวออกไปหลายทาง จนไม่อาจทำนายส่วนปลายของถ้ำได้ นักสำรวจจึงมีวิธีการสำรวจเส้นทางเดินภายในถ้ำ โดยหาความยาวของระยะทางในถ้ำเป็นส่วนๆ และทิศทางแล้วเขียนแทนด้วยเวกเตอร์ การเขียนแผนที่ของถ้ำ จึงเป็นการแปลงข้อมูลของระยะทางและมุม ออกมาเป็นเวกเตอร์ในระบบสามมิติ

จากลักษณะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น เป็นการแสดงให้เห็นว่า คณิตศาสตร์เชื่อมโยงกันในหลายเนื้อหาในคณิตศาสตร์ เชื่อมโยงและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวิชาอื่นๆ และนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้

4.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์

ได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย ดังนี้

4.7.1 งานวิจัยต่างประเทศ

เดรีกเซล (Drexel, 1997: 2119A) ได้ศึกษาการเชื่อมโยงระหว่างเศษส่วนธรรมดา (Common Fraction) กับเศษส่วนทศนิยม (Decimal Fraction) หรือเศษส่วนที่มีพหุคูณของ 10 เริ่มต้นที่เลือกนักเรียน 9 คนจากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนเกรด 6 ที่อยู่ต่างห้องเรียนกัน จำนวน 19 คน มาทดสอบความสามารถเชื่อมโยงเศษส่วนธรรมดา และเศษส่วนทศนิยม โดยให้ทำข้อสอบเศษส่วนแบบเขียนตอบและสัมภาษณ์ถึงการเรียนเรื่องเศษส่วนที่ผ่านมา เพื่อจะได้ทราบระดับความรู้และมโนคติเรื่องเศษส่วนของนักเรียน ปรากฏว่ามโนคติเรื่องเศษส่วนของนักเรียนมีอยู่จำกัด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้บทเรียน 9 บท ในการปูพื้นฐานมโนคติและทักษะเรื่องเศษส่วนและใช้บทเรียนเพียง 2 บทในการเชื่อมโยงมโนคติของเศษส่วนธรรมดาและทศนิยมกับกลุ่มตัวอย่าง หลังการใช้บทเรียน ทำการสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคล ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถจำแนกเปรียบเทียบ ดำเนินการบวก และการลบเศษส่วนทศนิยมได้ สามารถนำหลักการของเศษส่วนธรรมดาไปใช้กับเศษส่วนทศนิยมได้ และนักเรียนยังสามารถดัดแปลงส่วนจาก 10 และ 100 เป็น 1,000 แต่ยังไม่สามารถแปลงการคูณเศษส่วนมาเป็นการคูณทศนิยมได้ ซึ่งข้อจำกัดนี้ชี้ว่าความรู้ของนักเรียนยังมีปัญหาต่อการนำมาใช้ แต่จากการที่นักเรียนสามารถโยงเศษส่วนธรรมดาและทศนิยมมาสัมพันธ์กันได้ อาจมีความหมายต่อความเข้าใจมโนคติและการดำเนินการในทศนิยม

บาร์เรทท์ (Barrett, 1998: Online) ได้ทำการศึกษาการนำเสนอ การเชื่อมโยงและการสร้างองค์ความรู้ ซึ่งเป็นการเพิ่มความเข้าใจของนักเรียนในลักษณะของมิติ โดยใช้คำถาม 3 ข้อ คือ นักเรียนพัฒนาความเป็นนามธรรมไปสู่กระบวนการสร้างความเข้าใจในการเปลี่ยนความยาวได้อย่างไร นักเรียนสามารถสร้างการเชื่อมโยงที่ซับซ้อนขึ้นระหว่างจำนวนและระยะทางหลังจากฝึกทำชิ้นงานเกี่ยวกับความยาวใช่หรือไม่ และเพื่อตอบคำถามเหล่านี้ ได้ศึกษานักเรียนเป็นรายกรณี ในที่สุดนักเรียนสามารถแสดงให้เห็นถึงการนำเสนอจากการมองและการสร้างความคิดรวบยอดเกี่ยวกับความยาวได้

ผลการศึกษาแนะว่าการวิจัยเป็นผลมาจากความสนใจการแบ่งวัตถุในแนวเส้นตรงของนักเรียนและการสอบซึ่งนักเรียนวัดความยาวโดยใช้วิธีการทางเรขาคณิตที่ซับซ้อนมากขึ้น การสอนสามารถปรับปรุงโดยให้นักเรียนสร้างไดอะแกรมของสถานการณ์ซึ่งพวกเขาวัดความยาวโดยมีการเตรียมการอภิปรายถึงกระบวนการวัดความยาวทุกมุมอย่างชัดเจน และช่วยให้ นักเรียนสนใจลักษณะเฉพาะของวัตถุมากขึ้น โดยใช้กิจกรรมเกี่ยวกับการวัด

เอลเบอร์ส (Elbers, 1999: Online) ได้ทำการศึกษาการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ที่เป็นรูปแบบและไม่เป็นรูปแบบ (การเขียนให้อยู่ในรูปแบบใหม่) ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในการสร้างความแตกต่างระหว่างคณิตศาสตร์ที่ไม่เป็นรูปแบบและเป็นรูปแบบ ขยายภาษาคณิตศาสตร์ที่เป็นรูปแบบโดยใช้สัญลักษณ์และบทนิยามที่เป็นพื้นฐานในการเขียนให้อยู่ในรูปแบบใหม่ การคำนวณโดยทั่วไปถูกอธิบายอย่างละเอียด โดยใช้บทนิยามและมีกระบวนการคิดโดยใช้ขั้นตอนการให้เหตุผลข้อเท็จจริงในการให้เหตุผล สามารถนำเสนอโดยใช้บทนิยาม ซึ่งทำให้เกิดความเป็นไปได้ในการพิสูจน์ที่เป็นรูปแบบอย่างถูกต้องของลำดับที่ต่อเนื่อง นอกจากนี้สมบัติต่างๆ ช่วยสร้างภาษาที่เป็นรูปแบบขึ้นเหมาะสำหรับการพิสูจน์สูตรทางคณิตศาสตร์อย่างอัตโนมัติ และในที่สุดเราจะสามารถอธิบายถึงวิธีการแรกเริ่มของการพิสูจน์ข้อเท็จจริงและสร้างรูปแบบใหม่โดยใช้บทนิยามได้

นุท (Knuth, 2000: 500-508) ได้ศึกษาความเข้าใจในการสร้างการเชื่อมโยงในระบบพีคัดฉากของนักเรียน สืบเนื่องจากการนำเสนอเสนอหาที่หลากหลายของฟังก์ชันในวิชาคณิตศาสตร์ของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา มีนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวนมากไม่เข้าใจการเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาเหล่านั้น โดยเฉพาะการเชื่อมโยงระหว่างพีชคณิตและกราฟของฟังก์ชันจากนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 178 คน ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาพีชคณิตของแคลิฟอร์เนีย เป็นปีแรก ผลการวิจัยพบว่า มากกว่า 3 ใน 4 ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เลือกทำแบบทดสอบโดยใช้วิธีทางพีชคณิต แม้ว่าการหาคำตอบโดยใช้กราฟของฟังก์ชันจะง่ายกว่าก็ตาม และน้อยกว่า 1 ใน 3 ที่ใช้วิธีของกราฟจะใช้วิธีอื่นๆ หรือไม่ก็วิธีที่มีทางเลือกอื่นอีก

4.7.2 งานวิจัยในประเทศ

สมบัติ แสงทองคำสุข (2545: 97) ได้พัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ และบูรณาการเชิงเนื้อหาเพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยง เรื่องอนุพันธ์ของฟังก์ชัน กลุ่มตัวอย่างเป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 โดยมีค่าประสิทธิภาพ 89.84/82.32 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์แบบบูรณาการเชิงเนื้อหา เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงดังกล่าว หลังได้รับการสอน สูงวก่่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นงลักษณ์ แก้วมาลา (2547: 76) ได้ใช้ชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริม ทักษะการเชื่อมโยง เรื่องการแก้ปัญหโดยใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับ ปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องการแก้ปัญหโดยใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภายหลังได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมทักษะการ เชื่อมโยงเรื่อง การแก้ปัญหโดยใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและบทกลับสูงกว่าก่อนได้รับการสอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศศิธร แก้วรักษา (2547: 60) ได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ แบบซิปปา (CIPPA MODEL) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันเรื่อง สถิติเบื้องต้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 โดยมีประสิทธิภาพ 82.11/89.59 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังจากได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบ ซิปปา (CIPPA MODEL) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน เรื่อง สถิติเบื้องต้นสูงกว่าก่อน ได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศิริเพ็ญ ประกอบดี (2548: 37) ได้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดย เชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์ เรื่องร้อยละ ปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของ นักเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนโดยการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์เรื่องร้อยละสูงกว่าก่อน เรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการประยุกต์ความรู้คณิตศาสตร์ของ นักเรียน หลังการจัดกิจกรรมการเรียนโดยการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ร้อยละ อยู่ใน เกณฑ์ดีตามเกณฑ์การประเมินความสามารถในการประยุกต์ความรู้คณิตศาสตร์

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการคณิตศาสตร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมโครงงานผู้วิจัยขอเสนอต่อไปนี้

ราเชล (Rachal, 1991) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยการสอนเป็นทีมกับทำโครงงานคณิตศาสตร์ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอนแบบโครงงานคณิตศาสตร์สูงกว่าการสอนแบบเป็นทีม

คิง (King, 1994) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการทำกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ พบว่านักเรียนที่ทำโครงงานคณิตศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และนักเรียนหญิงมีความสนใจและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนชายในขณะที่นักเรียนชายมีเวลาในการทำกิจกรรมมากกว่านักเรียนหญิง

ไวท์ (White, 1997) ได้ศึกษาการทำโครงงานคณิตศาสตร์ของนักศึกษาที่มีผลการเรียนต่ำ พบว่าหลังจากที่เรียนโดยทำโครงงานคณิตศาสตร์แล้วนักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

มานัส ทิพย์สัมฤทธิ์กุล (2544) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนากิจกรรมเพื่อส่งเสริมการทำโครงงานคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสวณหญิง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 2 ห้องเรียน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 47 คน กลุ่มควบคุมจำนวน 37 คน โดยกลุ่มทดลองสอนโดยจัดกิจกรรมส่งเสริมการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ส่วนกลุ่มควบคุมสอนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถจัดทำโครงงานคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี

นภัสสร สุทธิกุล (2546) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยปรากฏว่า (1) โครงงานคณิตศาสตร์ที่นักเรียนกลุ่มทดลองจัดทำ มีจำนวน 12 โครงงานแยกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ โครงงานตามสาระการเรียนรู้และโครงงานที่นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน (2) โครงงานคณิตศาสตร์ที่นักเรียนกลุ่มทดลองจัดทำมีคุณภาพอยู่ในระดับดี (3) พฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียนกลุ่มทดลองอยู่ในระดับปานกลาง (4) เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง (5) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา คณิตศาสตร์ 4 ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม (6) ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

อารีรัตน์ ขวัญทะเล (2546) ทำการวิจัยเรื่อง “การศึกษาผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนและตัวเลขของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการทำโครงงานคณิตศาสตร์” กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนศึกษานารีวิทยา

จำนวน 2 ห้องเรียน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองคือ กลุ่มที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการทำโครงงานคณิตศาสตร์ และกลุ่มที่เรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามปกติ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนและตัวเลข และเจตคติที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีการจัดการเรียนการสอนด้วยการทำโครงงานคณิตศาสตร์สูงกว่าที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามปกติ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ

ชวรรณวรรณ เชนมา (2547) ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนากิจกรรมเพื่อส่งเสริมการทำโครงงานคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนวัดพระประโทนเจดีย์ จังหวัดนครปฐม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2547 จำนวน 37 คน สอนโดยการจัดกิจกรรมส่งเสริมการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถจัดทำโครงงานคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

รุจิรัตน์ รุ่งหัวไผ่ (2549) ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2548 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์มีผลต่อความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 อยู่ในระดับดี โดยมีความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ร้อยละ 86.50 ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ร้อยละ 87.00 และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ร้อยละ 74.36 การจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ส่งผลให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีพัฒนาความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เจียมใจ จันทรศรี (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่อง กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์เรื่อง ทศนิยม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนศรีจันทร์วิทยาคม จังหวัดเพชรบูรณ์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนศรีจันทร์วิทยาคม จังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 35 คน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ และแบบประเมินโครงงานคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทาง

คณิตศาสตร์เรื่องทศนิยมของนักเรียนอยู่ในระดับดี และคุณภาพโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับดี

พรเนตร ตีระมาตย์ (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่อง กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนอนุบาลโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนอนุบาลโกรกพระ จำนวน 28 คน โดยใช้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว และแบบประเมินโครงการคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางเรียนวิชา คณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนโดยการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องทศนิยมของนักเรียนอยู่ในระดับดี และคุณภาพโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับดี

รัศมี สุขเกษม (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่อง กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ เรื่องความคล้าย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพิมายวิทยา จังหวัดนครราชสีมา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนพิมายวิทยา จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องความคล้ายโดยใช้กิจกรรมโครงการ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ และแบบประเมินโครงการ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเรื่องความคล้าย หลังการใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องความคล้ายอยู่ในเกณฑ์ดี คุณภาพโครงการอยู่ในเกณฑ์ดี

ทิพรัตน์ ปะสีละเตสัง (2551) ทำการวิจัยเรื่อง กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมหลวงพ่อกุณ ปราสทโท จังหวัดนครราชสีมา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 โรงเรียนมัธยมหลวงพ่อกุณ ปราสทโท จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 45 คน โดยการสุ่มแบบกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ เรื่องสถิติ สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องสถิติ ของนักเรียนหลังการใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี และคุณภาพโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับดีมาก

สมชาย ทองบ่อ (2551) ทำการวิจัยเรื่องกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัสสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านหนองแปน จังหวัดอุบลราชธานี กลุ่มตัวอย่าง 31 คน โดยการสุ่มแบบกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส พบว่า สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัสหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับดี และคุณภาพโครงการคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี

รักษัล พัสตุสาร (2552) ทำการวิจัยเรื่องกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์เรื่องการประมาณค่าสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ ปีการศึกษา 2551 จำนวน 60 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์เรื่องการประมาณค่าสูงกว่าก่อนได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี และคุณภาพโครงการคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก 5 โครงการ และอยู่ในระดับดี 5 โครงการ

จากงานวิจัยดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า ในการจัดการเรียนการสอน มี 2 ลักษณะ คือ

- 1) การจัดการเรียนการสอนด้วยการทำโครงการคณิตศาสตร์ เช่นงานวิจัยของ มานัส ทิพย์สัมฤทธิ์กุล (2544) นกัสนร สุทธิกุล (2546) อารีรัตน์ ขวัญทะเล (2546) รุจิรัตน์ รุ่งหัวไฟ (2549) ชวรรษวรรณ เดชมา (2547) รุจิรัตน์ รุ่งหัวไฟ (2549) ได้ผลการวิจัยที่สอดคล้องกันคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนด้วยการทำโครงการคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่จัดการเรียนการสอนตามปกติ
- 2) การจัดการเรียนการสอนด้วยกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ เช่นงานวิจัยของ ศศิฤทัย ด่านกลาง (2548) นุชกร คำพูน (2548) เจียมใจ จันทร์ศรี (2550) พรเนตร ติระมาตย์ (2550) รัชมิ สุขเกษม (2550) ทิพรรัตน์ ปะสิละเตัง (2551) สมชาย ทองบ่อ (2551) รักษัล พัสตุสาร (2552) รัชนี พุ่มแห้ว (2552) ได้ผลการวิจัยที่สอดคล้องกันคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียน โดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียน ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี และคุณภาพโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับดี ยกเว้นงานวิจัยของ ชวรรษวรรณ เดชมา (2547) ทิพรรัตน์ ปะสิละเตัง (2551) ที่พบว่าคุณภาพโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับดีมาก