

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบ MESUK Model สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้วิจัยได้นำเสนอวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. แนวคิด ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบ MESUK Model ประกอบด้วย
 - 2.1 แนวคิดพื้นฐานของโครงการคณิตศาสตร์
 - 2.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรม โครงการคณิตศาสตร์
 - 2.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์
 - 2.4 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
 - 2.5 ทฤษฎีพัฒนาการเซวี่ปัญญา
 - 2.6 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์
 - 2.7 การเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์
 - 2.8 การเรียนรู้แบบร่วมมือ
 - 2.9 การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่น
3. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
4. ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
6. ความพึงพอใจ
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ทำไมต้องเรียนคณิตศาสตร์

คณิตศาสตร์มีบทบาทอย่างยิ่งต่อการพัฒนาความเป็นมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหา และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่นๆ คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต ช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข

เรียนรู้อะไรในคณิตศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มุ่งให้เยาวชนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องตามศักยภาพ โดยกำหนดสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคน ดังนี้

สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ ความคิดรวบยอดและความรู้ลึกเชิงจำนวน ระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง การดำเนินการของจำนวน อัตราส่วนร้อยละ การแก้ปัญหเกี่ยวกับจำนวน และการใช้จำนวนในชีวิตประจำวัน

สาระที่ 2 การวัด ความยาว ระยะเวลา น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตรและความจุ เงินและเวลา หน่วยวัด ระบบต่างๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ การแก้ปัญหเกี่ยวกับกรวัด และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ

สาระที่ 3 เรขาคณิต รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิตหนึ่งมิติ สองมิติ และสามมิติ การนิยามแบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิต (geometric transformation) ในเรื่องการเลื่อนขนาน (translation) การสะท้อน (reflection) และการหมุน (rotation)

สาระที่ 4 พีชคณิต แบบรูป (pattern) ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เซตและการดำเนินการ การให้เหตุผล นิพจน์ สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ลำดับเลขคณิต ลำดับเรขาคณิต อนุกรมเลขคณิต และอนุกรมเรขาคณิต

สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น การกำหนดประเด็น การเขียนข้อคำถาม การกำหนดวิธีการศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดระบบข้อมูล การนำเสนอข้อมูล ค่ากลาง และการกระจายของข้อมูล การวิเคราะห์และการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจความคิดเห็น ความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่างๆ และช่วยในการตัดสินใจในการดำเนินชีวิตประจำวัน

สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ การแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐานการเรียนรู้ที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนทุกคน มีดังนี้

สาระที่ 1 : จำนวนและการดำเนินการ

มาตรฐาน ค 1.1 : เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

มาตรฐาน ค 1.2 : เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่างๆ และสามารถให้การดำเนินการในการแก้ปัญหาได้

มาตรฐาน ค 1.3 : ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหาได้

มาตรฐาน ค 1.4 : เข้าใจระบบจำนวนและสามารถนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้ได้

สาระที่ 2 : การวัด

มาตรฐาน ค 2.1 : เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัดได้

มาตรฐาน ค 2.2 : แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัดได้

สาระที่ 3 : เรขาคณิต

มาตรฐาน ค 3.1 : อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติได้

มาตรฐาน ค 3.2 : ใช้การนึกภาพ (visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (spatial reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (geometric model) ในการแก้ปัญหาได้

สาระที่ 4 : พีชคณิต

มาตรฐาน ค 4.1 : อธิบายและวิเคราะห์แบบรูป (pattern) ความสัมพันธ์และฟังก์ชันต่างๆ ได้

มาตรฐาน ค 4.2 : ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อื่นๆ แทนสถานการณ์ต่างๆ ตลอดจนแปลความหมายและนำไปใช้แก้ปัญหาได้

สาระที่ 5 : การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

มาตรฐาน ค 5.1 : เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลได้

มาตรฐาน ค 5.2 : ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

มาตรฐาน ค 5.3 : ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหาได้

สาระที่ 6 : ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 6.1 : มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552, น. 9-10)

2. แนวคิด ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบ MESUK Model เพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

2.1 แนวคิดพื้นฐานของโครงการคณิตศาสตร์

2.1.1 ความหมายและประเภทของโครงการคณิตศาสตร์

ความหมายของโครงการคณิตศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านรวมทั้งสถาบันการศึกษาหลายแห่งได้ให้ความหมายของคำว่าโครงการคณิตศาสตร์ไว้ ดังนี้

โครงการคณิตศาสตร์ เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ตามความถนัด ความสนใจ และตามศักยภาพของนักเรียน นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาความคิดอย่างอิสระ ลุ่มลึก ด้วยการเชื่อมโยงความรู้หรือขยายองค์ความรู้ในประเด็นที่สนใจ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีการวางแผน ดำเนินงานตามแผน จนกระทั่งได้คำตอบที่ต้องการ การทำโครงการคณิตศาสตร์อาจทำเป็นรายบุคคล หรือทำแผนจนกระทั่งได้คำตอบที่ต้องการ การทำโครงการคณิตศาสตร์อาจทำเป็นรายบุคคล หรือทำร่วมกันเป็นกลุ่ม ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงการ โครงการคณิตศาสตร์อาจเป็นโครงการขนาดเล็กที่สัมพันธ์กับบทเรียนคณิตศาสตร์อย่างตรงไปตรงมา หรือเป็นการขยายความรู้จากบทเรียน อาจเป็นโครงการขนาดใหญ่ที่มีความลุ่มลึก และซับซ้อนก็ได้ โครงการเป็นงานของนักเรียนที่เกิดจากความต้องการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ในประเด็นที่สนใจ ต้องการหาคำอธิบาย หาคำตอบในปัญหาที่สนใจ คิดริเริ่มด้วยตัวนักเรียนเอง ภายใต้การให้คำแนะนำ ปรึกษา ดูแลและอำนวยความสะดวกของครู หรือผู้อื่น ๆ (สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 2548 น. 1, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2546 น. 152, กรมวิชาการ 2545 น. 1, ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล 2542 น. 5-6, ปรีชา เนาว์เย็นผล 2554 น. 6, ยุพิน พิพิธกุล 2550 น. 10, สุวรร กาญจนมยุร 2553 น. 5)โครงการคณิตศาสตร์ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่ทำให้นักเรียน ได้เรียนรู้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติจริงเพื่อหาคำตอบของปัญหาหรือข้อสงสัย ช่วยให้นักเรียนพัฒนา

ความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ นำความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตจริงอันจะเป็นการเสริมสร้างเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ และฝึกความสามารถในการสื่อสารสิ่งที่ตนคิดหรือทำให้ผู้อื่นเข้าใจ (สมวงษ์ แปลงประสพโชค และคณะ 2547 น. 4, สุชาติ วงศ์สุวรรณ 2542 น. 6 - 7)

ความหมายของการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ ในการวิจัยครั้งนี้ให้ความหมายว่าเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการทำโครงการคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องไปกับการเรียนการสอนปกติโดยเริ่มฝึกให้นักเรียนทำโครงการอย่างง่ายหรือโครงการขนาดเล็ก (Mini project) ที่มีส่วนประกอบไม่มากนัก แล้วค่อยเพิ่มองค์ประกอบของการนำเสนอให้มากขึ้นแบบค่อยเป็นค่อยไป ซึ่งนักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและปฏิบัติได้ เช่น การสรุปสาระสำคัญของบทเรียนตามความเข้าใจ การสร้างข้อคำถามหรือโจทย์ปัญหาที่สอดคล้องกับบทเรียนนั้นขึ้นมาเองพร้อมกับการแสดงการหาคำตอบ การนำความรู้จากบทเรียนไปอธิบายสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง การหาตัวอย่างเพิ่มเติม และการนำความรู้จากบทเรียนไปใช้แก้ปัญหาที่สัมพันธ์กับบทเรียนโดยตรง ซึ่งเป็นปัญหาที่นักเรียนศึกษาค้นคว้าหรือกำหนดขึ้นมาเอง ต้องมีวิธีการนำเสนอที่น่าสนใจกว่าการทำแบบฝึกหัดตามปกติ

ประเภทของโครงการคณิตศาสตร์

ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล(2542, น. 7-8) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(2546, น. 152 -153) ได้แบ่งประเภทของโครงการคณิตศาสตร์เป็น 4 ประเภท ดังนี้คือ

1. โครงการคณิตศาสตร์ประเภททดลอง โครงการประเภทนี้เป็นการศึกษา หาคำตอบของปัญหาใดปัญหาหนึ่ง โดยการออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลอง เพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการทราบหรือเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ขั้นตอนของการทำโครงการประเภทนี้ประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง ซึ่งต้องมีการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ที่อาจส่งผลต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษา แล้วดำเนินการทดลองโดยจัดกระทำกับตัวแปรอิสระ เพื่อผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตาม การแปลผลและสรุปผลการทดลอง

2. โครงการคณิตศาสตร์ประเภทสำรวจ โครงการประเภทนี้เป็นกิจกรรมการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาความรู้ที่มีอยู่หรือเป็นอยู่ในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยใช้วิธีการสำรวจและรวบรวมข้อมูลเหล่านั้นมาจัดกระทำ เช่น จำแนกเป็นหมวดหมู่ แล้วนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ ตามความเหมาะสม

3. โครงการคณิตศาสตร์ประเภทการพัฒนาหรือการประดิษฐ์ โครงการประเภทนี้อาจเป็นการพัฒนาหรือประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยการประยุกต์ทฤษฎีหรือหลักการทางคณิตศาสตร์ อาจเป็นการประดิษฐ์สิ่งใหม่ที่ยังไม่เคยมีมาก่อน

หรือปรับปรุงอุปกรณ์หรือสิ่งประดิษฐ์ที่มีอยู่แล้วให้ใช้งานได้ดีกว่าเดิม รวมทั้งอาจเป็นการเสนอหรือปรับสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่อแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง

4. โครงการงานคณิตศาสตร์ประเภทสร้างทฤษฎีหรือการอธิบาย โครงการประเภทนี้เป็นโครงการที่ผู้ทำจะต้องเสนอแนวคิดใหม่ ๆ ในการอธิบายเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างมีเหตุผล มีหลักการทางคณิตศาสตร์หรือทฤษฎีสนับสนุน อาจเสนอในรูปคำอธิบาย สูตร หรือสมการ โดยมีข้อมูลหรือทฤษฎีอื่นสนับสนุน การทำโครงการประเภทนี้ผู้จัดทำจะต้องมีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างดี และต้องศึกษาค้นคว้าเรื่องราวที่เกี่ยวข้องอย่างมาก จึงสามารถสร้างคำอธิบายหรือทฤษฎีได้

สุวรรณ กัญจนมยุร (2553, น. 4 - 67) ได้แบ่งโครงการงานคณิตศาสตร์เป็น 2 ประเภท คือ

1. โครงการที่ทำให้เกิดองค์ความรู้ตามเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เป็นงานที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้า วิจัยเกี่ยวกับองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ สิ่งที่ศึกษา ค้นคว้า แล้วค้นพบ อาจเป็นข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด สมบัติต่าง ๆ หลักการ กฎ วิธีการพิสูจน์ เทคนิคคิดเลขเร็ว กลวิธีคิด หรือทฤษฎี เป็นต้น หัวเรื่องที่นักเรียนแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มเลือกทำเป็นโครงการคณิตศาสตร์นั้น ได้มาจาก

1.1 เรื่องที่นักเรียนสนใจ หรือเรื่องที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือข้อสงสัย ซึ่งนักเรียนอยากรู้ อยากรู้อยากเข้าใจ และต้องการหาคำตอบที่ถูกต้อง บางครั้งหัวข้อเรื่องที่นักเรียนทำเป็นโครงการคณิตศาสตร์เป็นเรื่องที่แปลกใหม่ของกลวิธีคิด มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

1.2 กิจกรรมการเรียนรู้ที่สาขาวิชาคณิตศาสตร์จัดเตรียมไว้ให้ และนักเรียนแต่ละคน หรือแต่ละกลุ่มต้องการศึกษา ค้นคว้า ให้ลุ่มลึกมากกว่าที่เล่าเรียนอยู่

2. โครงการที่นำความรู้ หลักการทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ของสาขาวิชาการอื่น หรือใช้เป็นเทคนิคในการแก้ปัญหา เป้าหมายหลักของการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ก็เพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีความรู้และมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ หรือมีศักยภาพทางคณิตศาสตร์ ซึ่งหมายถึงความมีพลังหรือมีความสามารถในการใช้คณิตศาสตร์ในกิจกรรมต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ศักยภาพทางคณิตศาสตร์จะเกี่ยวข้องกับการคิด การสื่อความหมาย การสรุปแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ของสาขาวิชาการอื่น หรือใช้เป็นเทคนิคในการแก้ปัญหา ดังนั้นการพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์จึงเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมที่เป็นการฝึกใช้องค์ประกอบสำคัญ 4 ประการต่อไปนี้คือ

1) การคิดทางคณิตศาสตร์ 2) แนวคิดทางคณิตศาสตร์ 3) การสื่อสารแนวคิด 4) การใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ หรือใช้เป็นเทคนิคในการแก้ปัญหา นอกจากองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการดังกล่าวข้างต้นแล้ว การพัฒนาศักยภาพทางคณิตศาสตร์ยังต้องการฝึกให้มีความสามารถอีก 3 ประการคือ 1) ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม 2) มีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ 3) ชาบซึ่งในวิชาคณิตศาสตร์ทั้งในเชิงประวัติศาสตร์และทางสังคม

ยุพิน พิพิธกุล (2547, น. 19 - 20) กล่าวว่าไว้ว่าการทำโครงการคณิตศาสตร์นั้นอาจจะแบ่งเป็นลักษณะใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

1. ลักษณะเชิงประวัติศาสตร์ เป็นโครงการในรูปแบบเอกสาร โครงการนี้จะต้องใช้แหล่งอ้างอิงจำนวนมาก เช่น ห้องสมุด ศูนย์วิทยบริการ เครื่องข่ายอินเทอร์เน็ต ฯลฯ ซึ่งอาจจะเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องประวัติของนักคณิตศาสตร์ ประวัติของจำนวนและตัวเลข ประวัติการพัฒนาของคณิตศาสตร์ ประวัติการค้นพบสิ่งต่าง ๆ ซึ่งเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ เป็นต้น

2. ลักษณะตามสาระการเรียนรู้ (ด้านความรู้) เช่น จำนวน พีชคณิต เรขาคณิต การวัด สถิติ และความน่าจะเป็น แคลคูลัส คณิตศาสตร์เต็มหน่วย โครงการลักษณะนี้จะใช้ความรู้ด้านเนื้อหามาพิจารณาโดยตรง ตัวอย่างเช่น ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับสองจำนวนกับตัวหารร่วมมาก และตัวคูณร่วมน้อย ของจำนวนนับสองจำนวนนั้น การตรวจสอบอนุกรมคอนเวอร์เจนต์และไดเวอร์เจนต์ หรืออาจจะทำในลักษณะต่าง ๆ แล้วใช้เนื้อหาคณิตศาสตร์มาเกี่ยวข้องโดยตรง เช่น รูปสี่เหลี่ยมพื้นที่มากที่สุด เป็นต้น

3. ลักษณะประยุกต์ใช้ ผู้ทำโครงการจะต้องสามารถเชื่อมโยงความรู้ แนวคิดทฤษฎีต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ เช่น การออกแบบลายกระเบื้องปูพื้น โดยใช้รูปเรขาคณิต โมบายรูปเรขาคณิต การบรรจุกล่อง ค่าใช้จ่ายในชีวิตประจำวัน ค่าใช้จ่ายในการเล่นกีฬา การจัดผังบ้าน การจัดจราจรในโรงเรียน ค่าเลี้ยงดูสัตว์ การซื้อหรือการเช่า มหัศจรรย์ของคณิตศาสตร์ การสมมาตรตามธรรมชาติดนตรีกับคณิตศาสตร์ การใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตวิทยา เกมโอและเอกซ์ เกมก้านไม้ขีดไฟ การเล่นเกมกรุก กลคณิตศาสตร์ กลไพ่ ฯลฯ

ปรีชา เนาว่าเย็นผล (2554, น. 8 - 9) แบ่งโครงการคณิตศาสตร์เป็น 7 ประเภท ดังนี้

1. โครงการที่สัมพันธ์กับบทเรียน เป็นโครงการที่มีความเชื่อมโยงกับบทเรียนโดยตรง เช่น การสรุปสาระสำคัญของบทเรียนตามความเข้าใจ การสร้างข้อคำถามหรือ โจทย์ปัญหาที่สอดคล้องกับบทเรียนนั้นขึ้นมาเองพร้อมกับแสดงการหาคำตอบ การนำความรู้ จากบทเรียนไปอธิบายสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง การหาตัวอย่างเพิ่มเติมถือเป็นการจัดการความรู้ของผู้จัดทำโครงการ โครงการประเภทนี้รวมทั้งการนำความรู้จากบทเรียนไปใช้แก้ปัญหาที่สัมพันธ์กับบทเรียน โดยตรง ซึ่งเป็นปัญหาที่นักเรียนศึกษาค้นคว้าหรือกำหนดขึ้นมาเอง ทั้งนี้ต้องมีวิธีการนำเสนอโครงการที่น่าสนใจกว่าการทำแบบฝึกหัดตามปกติ โครงการประเภทนี้เหมาะกับนักเรียนที่เพิ่งเริ่มต้นเรียนรู้การทำโครงการ โดยทำเป็นโครงการเล็กๆ อย่างง่ายที่มีลักษณะใกล้เคียงกับ การทำแบบฝึกหัดที่นักเรียนคุ้นเคย เป็นการนำโครงการมาใช้เป็นกิจกรรมที่ดำเนินการควบคู่ไปกับกิจกรรมการเรียนการสอน

2. โครงการประยุกต์ใช้ความรู้ เป็นโครงการที่นำความรู้ สมบัติทางคณิตศาสตร์ หรือ ทฤษฎีบทไปอธิบายปรากฏการณ์ สถานการณ์ต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมรอบตัว รวมถึงการนำไปใช้

ปัญหาในชีวิตจริง และการนำไปใช้ในศาสตร์อื่นๆ ซึ่งผู้จัดทำโครงการต้องมีความคล่องตัวในเนื้อหา คณิตศาสตร์นั้นๆ ตามความเหมาะสมกับระดับชั้นเรียนของนักเรียน เช่น การนำความรู้เรื่องเลขยกกำลังไปอธิบายการแพร่กระจายของเชื้อโรค การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ การอธิบายการเกิดเสียงดนตรีโดยใช้ลำดับเรขาคณิต

3. โครงการงานเชิงทฤษฎี เป็นโครงการที่สร้างข้อความคาดการณ์จากการสังเกต ค้นหาความสัมพันธ์จากตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่าง โดยการใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย การสร้างสูตรหรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวนี้ อาจสร้างใหม่ขึ้นมาเอง(ซึ่งมีโอกาสเป็นไปได้ค่อนข้างน้อยสำหรับนักเรียนทั่วไป) หรืออาจเป็นสิ่งที่มียู่แล้วแต่นำมาอธิบายให้เกิดความชัดเจนตามความเข้าใจของผู้จัดทำโครงการ นอกจากนี้ยังรวมถึงโครงการที่เกิดจากความสนใจศึกษาเนื้อหา คณิตศาสตร์ในเชิงลึกหรือในบางแง่มุมที่น่าสนใจ การเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์เนื้อหาต่าง ๆ เช่น การอธิบายความเกี่ยวข้องกันของเศษส่วน ทศนิยม อัตราส่วนและร้อยละ

4. โครงการงานเชิงสำรวจ เป็นโครงการที่มุ่งศึกษาเหตุการณ์ กิจกรรม สิ่งต่างๆ ที่มีอยู่ในชีวิตจริง มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมรอบตัวหรือมีอยู่ในธรรมชาติ โดยใช้การสำรวจ เก็บรวบรวมข้อมูลมาศึกษา วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ แปลความหมายและอธิบายให้ผู้อื่นเข้าใจ โครงการงานเชิงสำรวจรวมถึงการสำรวจความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ เป็นฐานความรู้ไปสู่การวิจัยเชิงสำรวจ

5. โครงการงานประดิษฐ์คิดค้น เป็นโครงการที่มีผลของการดำเนินงานหรือผลลัพธ์ที่อยู่ในรูป สิ่งประดิษฐ์ หรือแนวคิดที่เป็นของตนเอง สร้างสรรค์คิดค้นขึ้นจากความรู้ สมบัติทางคณิตศาสตร์ หรือทฤษฎี รวมถึงการใช้เครื่องมือ นวัตกรรม และเทคโนโลยีทางคณิตศาสตร์ในการสร้างสรรค์ เช่น โครงการงานประดิษฐ์การออกแบบการปูแผ่นกระเบื้องที่มีลวดลายโดยใช้การแปลงทางเรขาคณิต การออกแบบลายผ้าจากฟังก์ชัน โดยใช้โปรแกรมจีเอสพี การสร้างสิ่งประดิษฐ์โดยใช้สื่อคอมพิวเตอร์ต่างๆ

6. โครงการงานเชิงทดลอง เป็นโครงการที่มีลักษณะใกล้เคียงกับโครงการงานเชิงทดลองทางวิทยาศาสตร์ มีการกำหนดปัญหาที่ต้องการหาคำตอบ ตั้งสมมติฐานอย่างมีเหตุผลเพื่อคาดเดาคำตอบ ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน และสรุปผลการทดลอง ตัวอย่างโครงการงานคณิตศาสตร์เชิงทดลอง เช่น โครงการงานสร้างนาฬิกาโดยใช้การไหลออกของน้ำ โครงการงานเชิงทดลองบางโครงการอาจเป็นการแสดงการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล

7. โครงการงานเชิงประวัติศาสตร์ เป็นโครงการที่ศึกษาเกี่ยวกับประวัติความเป็นมาของเรื่องราวต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ เช่น ประวัติของสัญลักษณ์ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ ประวัติของ

จำนวนและตัวเลข ประวัตินักคณิตศาสตร์และผลงานทางคณิตศาสตร์ การคิดค้นและการหาข้อค้นพบต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์

ประเภทของโครงการต่างๆ ไม่ได้แบ่งแยกออกจากกันโดยสิ้นเชิง โครงการบางโครงการอาจมีลักษณะเป็นโครงการมากกว่าหนึ่งประเภทก็ได้ เช่น โครงการออกแบบชิ้นขนมเป็นรูปเรขาคณิตชนิดต่าง ๆ มีลักษณะเป็นโครงการสิ่งประดิษฐ์ แต่ผู้จัดทำโครงการมีการสำรวจจากกลุ่มตัวอย่างด้วยว่า ชอบชิ้นขนมรูปเรขาคณิตแต่ละชนิดมากน้อยเพียงใด โครงการนี้จึงมีลักษณะเป็นโครงการเชิงสำรวจด้วย การแบ่งประเภทโครงการทางคณิตศาสตร์มีการแบ่งประเภทไว้อย่างหลากหลายขึ้นอยู่กับเกณฑ์และจุดมุ่งหมายที่ใช้ในการแบ่ง

2.1.2 ความสำคัญของโครงการคณิตศาสตร์

ปรีชา เนาว์เย็นผล(2554, น. 11 - 14) เสนอว่าโครงการคณิตศาสตร์มีความสำคัญ ต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในประเด็นต่างๆ พอสรุปได้ดังนี้

1. โครงการคณิตศาสตร์ในฐานะที่เป็นวิธีการหรือกิจกรรมการเรียนรู้
2. โครงการคณิตศาสตร์เป็นช่องทางให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้
3. การจัดทำโครงการทำให้เกิดการทบทวนเนื้อหาสาระของคณิตศาสตร์
4. โครงการคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ใหม่อย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ
5. โครงการคณิตศาสตร์ทำให้เกิดผลผลิตของการศึกษาค้นคว้า
6. โครงการคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมเตรียมการและฝึกฝนนักวิจัยขั้นต้น
7. โครงการคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมที่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทางด้านต่าง ๆ ดังนี้

7.1 ฝึกการแก้ปัญหา

7.2 ฝึกการให้เหตุผล

7.2 ฝึกการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์

7.3 ฝึกการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การนำเสนอและการใช้

ตัวแทน

7.4 การคิดหาหัวข้อโครงการต้องมีความแปลกใหม่

จากความสำคัญของโครงการคณิตศาสตร์ดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อพัฒนานักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพมากที่สุด

2.1.3 จุดมุ่งหมายของโครงการคณิตศาสตร์

ชัยศักดิ์ ลีลาจรสกุล(2542, น. 6) ได้กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของโครงการคณิตศาสตร์ไว้ว่า

1. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรัก ความสนใจ และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์
2. เพื่อพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา
3. เพื่อให้นักเรียนนำความรู้คณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน หรือออกแบบสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ได้ โดยตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของวิชาคณิตศาสตร์
4. เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์
5. เพื่อให้นักเรียนรู้จักใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์
6. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงออก พร้อมทั้งได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานของตนเอง
7. เพื่อพัฒนาความรับผิดชอบและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้
8. เพื่อส่งเสริมการศึกษาค้นคว้า หรือวิจัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสนใจและมี

ความสามารถทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

ปรีชา เนาว่าเขียนผล(2554, น. 14 - 15) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมให้นักเรียนทำโครงการคณิตศาสตร์มีจุดมุ่งหมายดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียน ได้นำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไป อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตจริง และสามารถนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง เป็นการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย รวมทั้งการนำไปบูรณาการกับสาระการเรียนรู้อื่น ๆ
2. เพื่อส่งเสริมและกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจ มีความตระหนักในประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์
3. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า หรือวิจัยทางคณิตศาสตร์และเพิ่มพูนความรู้ตามความถนัดและความสนใจตามศักยภาพของตน
4. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้มีทักษะในการอ่าน คิดวิเคราะห์และการเขียน มีความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอ สามารถนำมาใช้ในการเผยแพร่ผลงานของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจได้
5. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในงานที่ตนเองได้รับมอบหมาย มีทักษะในการแสวงหาความรู้ ได้พัฒนาทักษะทางสังคม ทักษะการดำรงชีวิตและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้
6. เพื่อพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการใช้ทักษะและกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงอย่างมีระบบเป็นขั้นตอน

7. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงออกในความสามารถทางคณิตศาสตร์ สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ รวมทั้งการสังเคราะห์ การนำเสนอแนวคิดใหม่ ๆ ที่ไม่เคยมีมาก่อน

8. เพื่อให้นักเรียนมีวิสัยทัศน์ทางคณิตศาสตร์ พัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และรู้จักใช้เวลาว่างให้เกิดประโยชน์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น. 152) กล่าวไว้ว่าการทำโครงการคณิตศาสตร์มีจุดมุ่งหมายดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ได้อย่าง กว้างขวาง
2. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการและความสามารถทางคณิตศาสตร์
3. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า หรือทาวิจัยทางคณิตศาสตร์และเพิ่มพูนความรู้ตามความถนัดและความสนใจ
4. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้มีทักษะการสื่อสารที่นำมาใช้ในการเผยแพร่ผลงานของตนเอง
5. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของคณิตศาสตร์และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

จากการศึกษาจุดมุ่งหมายของการทำโครงการคณิตศาสตร์ทำให้ผู้วิจัยได้แนวคิด ในการกำหนดจุดมุ่งหมายในการทำโครงการคณิตศาสตร์ว่าเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมวิชาคณิตศาสตร์ในเชิงบูรณาการ มีการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ผสมผสานกับทักษะการแก้ปัญหาการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ในศาสตร์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน การสื่อความหมายและการนำเสนอผลงานที่เกิดจากความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ประกอบกับการฝึกการทำงานร่วมกันของนักเรียน เช่น ความร่วมมือ ความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย สามารถนำความรู้คณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ ส่งผลให้นักเรียนเห็นคุณค่าและประโยชน์ของคณิตศาสตร์และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

2.1.4 หลักการของโครงการคณิตศาสตร์

การจัดกิจกรรมให้นักเรียนทำโครงการคณิตศาสตร์ควรคำนึงถึงหลักการที่สำคัญดังนี้ (ปรีชา เนาว่าเย็นผล 2554 น. 13 – 15, ชัยศักดิ์ ลีลาจรัสกุล 2542 น. 6, สุวรรณกาญจนมยุร 2553 น. 6)

1. เรื่องที่นำมาจัดทำโครงการเป็นเรื่องเกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ หรือมีความเชื่อมโยงกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
2. หัวข้อหรือเรื่องที่นำมาจัดทำโครงการต้องเป็นเรื่องที่นักเรียนสนใจ ต้องการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ หากคำตอบ นักเรียนเป็นผู้ริเริ่มวางแผนและดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง โดยมีครูเป็นเพียงผู้ชี้แนะและให้คำปรึกษา เพื่อเป็นการฝึกให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็นและแก้ปัญหาเป็น

3. เรื่องที่นำมาจัดทำโครงการต้องเป็นเรื่องใหม่ ไม่เป็นการลอกเลียนหรือคัดแปลงจากโครงการที่มีอยู่ก่อนแล้ว แต่สามารถต่อขยายหรือพัฒนาโครงการที่มีอยู่แล้วในแง่มุมใหม่ที่เป็นตัวของตัวเอง ต้องแสดงถึงการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

4. การทำโครงการคณิตศาสตร์ต้องคำนึงถึงเสรีภาพและเศรษฐกิจ หมายถึงการให้เสรีภาพแก่ผู้ทำโครงการในเรื่องที่จะทำโดยคำนึงถึงวัสดุอุปกรณ์และเงินทุนที่มีอยู่เป็นองค์ประกอบ

5. การทำโครงการคณิตศาสตร์เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยเริ่มจากการเลือกหัวข้อที่ตนเองสนใจศึกษา กำหนดจุดประสงค์ วางแผนการศึกษา ค้นคว้า ดำเนินการรวบรวมข้อมูล และสรุปผลการศึกษาค้นคว้า

6. เรื่องที่นำมาจัดทำโครงการแสดงถึงการศึกษาอย่างลุ่มลึก รู้จริง รู้แจ้ง และรอบรู้ด้วยวิธีการและแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ เป็นการเรียนรู้ที่มีระบบ มีกระบวนการที่ถูกต้องและสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ทุกขั้นตอนและใช้อ้างอิงได้

กล่าวโดยสรุปหลักการสำคัญของกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์มีดังนี้

1. เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ด้วยการเชื่อมโยงทฤษฎีทางคณิตศาสตร์กับประเด็นปัญหาที่นักเรียนสนใจ สงสัย ต้องการหาคำตอบเป็นการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่เป็นสภาพจริง

2. มีวิธีการศึกษาอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนต่อเนื่อง มีการวางแผนการทำงานและลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้

3. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้และสร้างงานด้วยตนเองที่เกิดจากการศึกษา ค้นคว้า โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในปัจจุบันนี้ได้รับแนวคิดจากทฤษฎีจิตวิทยาการเรียนรู้ของกลุ่มปัญญานิยม ซึ่งนักจิตวิทยากลุ่มนี้ให้ความสนใจในการศึกษาปัจจัยภายในตัวบุคคลที่เรียกว่าโครงสร้างทางปัญญา(cognitive structure) ที่มีผลต่อการจำ การรับรู้และการแก้ปัญหาของบุคคล นักจิตวิทยากลุ่มนี้มีความเชื่อว่าการกระทำต่าง ๆ ของบุคคลนั้นเกิดขึ้นจากตัวบุคคลเองไม่ใช่เกิดจากเงื่อนไข บุคคลเป็นผู้กระทำ สภาพแวดล้อมที่จะทำให้บุคคลเรียนรู้ได้ดีนั้นจะต้องเป็นสภาพแวดล้อมที่บุคคลรับรู้และมีความหมายต่อบุคคลนั้นเท่านั้น อีกทั้งสิ่งใดที่บุคคลได้เรียนรู้มาก่อนจะมีผลต่อการเรียนรู้ในปัจจุบัน ดังนั้นนักจิตวิทยากลุ่มนี้ให้ความสนใจต่อสิ่งที่บุคคลได้เรียนรู้มาแล้ว เพื่อจะไปจัดประสบการณ์ที่มีความหมายเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ประภาพรรณ เอี่ยมสุภามิต 2553, น. 2 - 23)

ทฤษฎีของ จอห์น ดิวอี้ (John Dewey, 1963 อ้างถึงใน ประทุม อังกูโรหิต, 2543) ให้แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดการเรียนรู้โดยการกระทำ (learning by doing) ที่สรุปได้ว่า 1) การเรียนรู้เกิดจากการที่นักเรียนลงมือทำงานต่างๆ ด้วยตนเองเพื่อสร้างผลผลิตและผลงานขึ้นมา 2) นักเรียนจะต้องเรียนรู้วิธีคิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิธีการคิดแก้ปัญหา 3) นักเรียนจะต้องเรียนรู้เพื่อเตรียมตัวสำหรับการดำรงชีวิตในสังคมให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเรียนรู้ในการให้ความร่วมมือกับผู้อื่น ซึ่งแนวคิดดังกล่าวนี้สอดคล้องกับแนวคิดของคิลแพททริก (Kilpatrick, 1996) ที่ได้นำแนวคิดของดิวอี้มาประยุกต์ใช้โดยการทำการทดลองวิธีการสอนแบบ โครงงาน คิลแพททริก ได้ศึกษาพบว่า นักเรียนเรียนรู้ได้ดีเมื่อมีการวางแผนร่วมกัน มีอิสระในการตัดสินใจและได้ทำในสิ่งที่ต้องการ ซึ่งมีผลให้นักเรียนมีระดับความพึงพอใจมากขึ้น และนักเรียนได้พัฒนาศักยภาพของตนเองในด้านต่าง ๆ ให้สูงขึ้น อันเป็นผลมาจากความสัมพันธ์ของระดับความสนใจ และเป้าหมายที่นักเรียนต้องการเรียนรู้ ซึ่งต่างจากการที่ครูเป็นผู้กำหนดหรือจากบทเรียนสำเร็จรูป จึงเป็นที่ยี่ดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง การสอนแบบ โครงงานเป็นหัวใจสำคัญของทุกกิจกรรมในการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีของ จอห์น ดิวอี้ ดังนี้

1. นักเรียนมีความสุขกับการเรียน ได้เรียนรู้อย่างสนุกสนาน โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย
2. นักเรียนได้เรียนรู้ตามความสนใจ ตามความถนัดและศักยภาพด้วยการศึกษา ค้นคว้า ฝึกปฏิบัติฝึกทักษะจนถึงเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองทำให้เกิดความเชื่อมั่น เกิดการใฝ่รู้ ใฝ่เรียน
3. กิจกรรมกลุ่มช่วยเสริมสร้างลักษณะนิสัยอันพึงประสงค์ เกิดกระบวนการทำงาน
4. นักเรียนเกิดกระบวนการคิดจากการทำกิจกรรมร่วมกัน และค้นหาคำตอบจากประเด็นคำถามจากผู้สอนและเพื่อน ๆ สามารถค้นหาคำตอบและวิธีการได้ด้วยตนเอง
5. ทุกขั้นตอนการจัดกิจกรรม จะสอดแทรกคุณธรรมและจริยธรรม เพื่อให้ นักเรียนได้ซึมซับสิ่งที่ดีงามไว้ในตนเองตลอดเวลา
6. กำเนิดถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในการเรียนรู้และการปฏิบัติงาน โดยให้แต่ละคนเรียนรู้เต็มตามศักยภาพของตน ไม่นำผลงานของนักเรียนมาเปรียบเทียบกัน มุ่งให้นักเรียนแข่งขันกับตนเองและไม่เล็งผลเลิศจนเกินไป
7. ผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียนคือ นักเรียนเรียนอย่างมีความสุข เกิดการพัฒนารอบด้าน มีอิสระที่จะเลือกวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับตนเอง และนำความรู้ที่ได้รับ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

2.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์

2.3.1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการจัดว่าเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้วิธีหนึ่ง ปรีชา เนาว์เขียนผล (2554, น. 9 - 12) และ นภัสสร สุทธิกุล (2546, น. 33) ได้เสนอแนวทางในการจัดการเรียนรู้เกี่ยวกับโครงการคณิตศาสตร์ไว้ 3 แนวทาง คือ

1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการ (project activities) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยสอดแทรกการนำโครงการเข้าไปในกิจกรรมการเรียนรู้หลังจากเรียนรู้เนื้อหาสาระจากบทเรียนแล้ว เป็นการนำโครงการเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการเรียนรู้ ในลักษณะกิจกรรมฝึกทักษะเสริมความรู้ความเข้าใจ และประยุกต์ใช้ความรู้รวมทั้งขยายฐานความรู้ที่สัมพันธ์ และสอดคล้องกับบทเรียน การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการจัดว่าเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้วิธีหนึ่ง

2) การสอนการทำโครงการ (teaching for projects) มีจุดประสงค์หลักเพื่อสอนให้นักเรียนทำโครงการคณิตศาสตร์ได้ อาจเริ่มจากการเลือกหัวข้อของโครงการ การกำหนดจุดประสงค์ของโครงการ การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง การวางแผนการทำโครงการ การปฏิบัติงานตามโครงการ การเขียนรายงานโครงการและการนำเสนอโครงการ เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับโครงการเปิดกว้างตามความสนใจของนักเรียน

3) การจัดการเรียนรู้แบบโครงการ (project approach) หรือการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการเป็นฐาน (project based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ตอบสนองความสนใจนักเรียนรายบุคคลหรือรายกลุ่ม นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาคณิตศาสตร์จากการทำโครงการที่ริเริ่มโดยนักเรียนเอง โดยครูผู้สอนหรือผู้รู้เป็นผู้ให้คำแนะนำ และให้คำปรึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์แนวทางที่ 1 จัดสอดแทรกในรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2.3.2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงการคณิตศาสตร์

ปรีชา เนาว์เขียนผล (2554, น. 32 - 42) ได้ให้แนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการว่าสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนใหญ่ ๆ ได้ 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มเรียนรู้สู่โครงการเบื้องต้น ฝึกทำแบบฝึกหัดหรือกิจกรรม ทางคณิตศาสตร์ โดยให้นำเสนอในรูปโครงการอย่างง่าย ฝึกการตั้งชื่อโครงการ กำหนดจุดประสงค์ของโครงการระบุหัวข้อของเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและเขียนรายงาน การดำเนินงานที่สอดคล้องกับจุดประสงค์

ขั้นตอนที่ 2 ฝึกฝนเต็มสาระและระบุวิธีดำเนินงาน เพิ่มเติมหัวข้อจากขั้นตอนที่ 1 โดยเพิ่มรายละเอียดของเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้องกับ โครงการงานคณิตศาสตร์อย่างง่ายที่ทำและเพิ่มการเขียนวิธีดำเนินงานสั้นๆ ในการจัดทำโครงการงาน

ขั้นตอนที่ 3 สอดประสานทำโครงการที่สมบูรณ์ ฝึกทำโครงการที่สัมพันธ์กับบทเรียนให้มีความลุ่มลึกมากยิ่งขึ้น เขียนรายงานการทำโครงการทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 1 และ 2 โดยให้มีความละเอียดชัดเจนขึ้นและเพิ่มเติมหัวข้อที่สำคัญในการเขียนรายงานให้สมบูรณ์ได้แก่ ความเป็นมา ระยะเวลาดำเนินงาน สรุปและข้อเสนอแนะและหัวข้ออื่นๆ ที่เห็นว่าเหมาะสม

ขั้นตอนที่ 1-3 เป็นการฝึกให้นักเรียนทำโครงการที่สอดคล้องกับกิจกรรมหรือแบบฝึกหัดของบทเรียนในกรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้ รวมถึงการขยายขอบข่ายขององค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน เป็นการสอดแทรกโครงการเข้าไปในกิจกรรมการเรียนรู้ของบทเรียน เมื่อนักเรียนประสบความสำเร็จแล้วจึงดำเนินการในขั้นตอนที่ 4 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 เพิ่มพูนประสบการณ์ทำโครงการที่สนใจ เพิ่มเติมความรู้เกี่ยวกับการจัดทำโครงการประเภทต่างๆ นอกเหนือไปจากการจัดทำโครงการที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เปิดโอกาสนักเรียนมีอิสระในการทำโครงการอย่างเต็มที่ อาจเป็น โครงการที่นักเรียนสนใจศึกษาเพิ่มเติมเชิงลึกเป็นการเฉพาะ ซึ่งมีความเชื่อมโยงหรือบูรณาการกับเนื้อหาสาระ หลายสาระก็ได้

แนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการทั้ง 4 ขั้นตอน สามารถอธิบายได้ดังนี้
ขั้นตอนที่ 1 เริ่มเรียนรู้สู่โครงการเบื้องต้น

ขั้นตอนต่างๆ ไปของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่นิยมใช้กันสรุปย่อๆ ได้ดังนี้

1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยการทบทวนความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องเพื่อเตรียมความพร้อมในการเรียนเนื้อหาใหม่ หรือสร้างความตระหนักให้เห็นความสำคัญของบทเรียน
2. นำเสนอเนื้อหาใหม่ ด้วยการเสนอตัวอย่าง บทนิยามหรือใช้การแก้ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องเพื่อเชื่อมโยงสู่เนื้อหาใหม่
3. เสริมสร้างความเข้าใจ นำเสนอตัวอย่างเพิ่มเติม ครูและนักเรียนสรุปข้อความรู้ร่วมกัน
4. นำไปใช้ แสดงการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ อาจอยู่ในรูปการแก้โจทย์ปัญหา
5. ฝึกทักษะและทบทวนรวมทั้งการขยายฐานความรู้ด้วยการให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด หรือกิจกรรมที่สอดคล้องกับบทเรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามขั้นตอนข้างต้นสามารถสอดแทรกกิจกรรมโครงการ โดยปรับเปลี่ยนและเพิ่มเติมส่วนท้ายของกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นฝึกทักษะและทบทวนด้วยการให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมที่สอดแทรกแนวคิดของการจัดทำโครงการโดยแบ่ง

นักเรียนเป็นกลุ่มกลุ่มละ 3 – 4 คน ให้นำเสนอกิจกรรมในรูปแบบโครงการอย่างง่าย ขนาดเล็ก อาจเรียกว่า “โครงการน้อย (mini project)” ซึ่งสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ให้มีองค์ประกอบที่สำคัญของการเขียนรายงานการทำโครงการเพียง 3-4 ส่วนก็พอ

องค์ประกอบที่สำคัญของการเขียนรายงานการทำโครงการขั้นตอนที่ 1 เริ่มเรียนรู้สู่โครงการเบื้องต้น

1. ชื่อโครงการ สามารถกำหนดให้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระที่นักเรียนกำลังเรียน หรือเป็นชื่อในลักษณะที่ดึงดูดความสนใจซึ่งมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระที่จะนำเสนอในรูปแบบโครงการ

2. ผู้จัดทำโครงการ ระบุชื่อนักเรียนที่ทำหรือชื่อกลุ่มที่จัดทำโครงการร่วมกัน กลุ่มละ 3 – 4 คน

3. จุดประสงค์ ในส่วนนี้ถือว่าเป็นเรื่องใหม่สำหรับนักเรียน การเริ่มต้นฝึกให้นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับการเขียนจุดประสงค์ไม่ยากและสามารถทำได้ด้วยตนเองก็คือ การปรับเปลี่ยนที่ให้ทำแบบฝึกหัด พัฒนาเป็นจุดประสงค์ของโครงการ ครูผู้สอนจะต้องทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาโครงการไปด้วยในตัว ช่วยดูแลและแนะนำการเขียนจุดประสงค์ของโครงการให้อยู่ในกรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื่องจากเป็นโครงการในระยะเริ่มต้นที่มีความเชื่อมโยงกับบทเรียนอย่างตรงไปตรงมา

4. สาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ให้ระบุเพียงชื่อหัวข้อหรือชื่อเรื่องของบทเรียนที่นักเรียนกำลังเรียนอยู่ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับโครงการที่นักเรียนทำ ในการทำโครงการขั้นตอนแรกนี้ให้นักเรียนระบุเพียงชื่อของหัวข้อหรือชื่อเรื่องก็เป็นการเพียงพอ รายละเอียดต่างๆ ให้อธิบายไว้ก่อนก็ได้

5. ผลการดำเนินงาน ส่วนประกอบของโครงการในส่วนนี้ต้องมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ของโครงการ เนื่องจากจุดประสงค์ของโครงการสามารถพัฒนาจากคำสั่งของแบบฝึกหัดหรือคำสั่งของกิจกรรม ผลการดำเนินงานก็สามารถพัฒนาจากวิธีทำและคำตอบ ที่ทำตามคำสั่งรวมถึงการแสดงผลตามที่ระบุในจุดประสงค์นั่นเอง ทั้งนี้ผู้จัดทำต้องมีวิธีการนำเสนอเป็นของตนเอง นำเสนอให้น่าสนใจกว่าการทำแบบฝึกหัดตามปกติ

หลังจากนักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาสาระทางคณิตศาสตร์แล้ว ในขั้นฝึกทักษะและทบทวนรวมทั้งการขยายฐานความรู้ ครูกำหนดให้นักเรียนทำโครงการเพิ่มเติมจากการทำแบบฝึกหัด หรือทดแทนการทำแบบฝึกหัด ซึ่งครูควรมีตัวอย่างโครงการในเนื้อหาสาระนั้นให้นักเรียนศึกษาด้วยแนวคิดง่ายๆ ในขั้นตอนเริ่มต้นทำโครงการก็คือให้นักเรียนจัดทำโครงการจากกิจกรรมที่นักเรียนคุ้นเคยอยู่แล้ว โดยการพัฒนาจากกิจกรรมการเรียนรู้หรือจากการทำแบบฝึกหัดของนักเรียนที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด ในระยะแรกนี้ครูจะมีบทบาทในการแนะนำนักเรียนค่อนข้างมาก เพื่อให้การจัดทำโครงการอยู่ในกรอบจุดประสงค์ของบทเรียน แต่นักเรียนก็ยังมีอิสระในการคิดค้นหา ในส่วนที่เป็นรายละเอียดด้วยตนเองและการคิดหาวิธีนำเสนอให้น่าสนใจ ครูอาจต้องใช้เวลา

ในการจัดกิจกรรมสัก 3 - 4 ครั้ง ครั้งละ 1 - 2 ชั่วโมง เพื่อให้นักเรียนมีความคุ้นเคยกับการทำโครงการอย่างง่ายๆ สามารถกำหนดชื่อโครงการได้ เขียนจุดประสงค์ ระบุเนื้อหาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และผลการดำเนินงานที่สอดคล้องกันได้ นอกจากนี้ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอโครงการที่กลุ่มของนักเรียนจัดทำขึ้นด้วยวิธีนำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยใช้สื่อช่วยการนำเสนอ เช่น แผ่นโปสเตอร์ เครื่องฉายภาพทึบแสง การนำเสนอด้วยโปรเจกเตอร์ และที่สำคัญคือการให้นักเรียนได้มีโอกาสจัดแสดงโครงการบนป้ายนิเทศของห้องเรียนติดแสดงไว้ครั้งละประมาณ 1 สัปดาห์ ให้นักเรียนกลุ่มอื่นได้มาศึกษาช่วยตรวจสอบความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจในผลงานของตนเองอีกด้วย

ขั้นตอนที่ 2 ฝึกฝนเต็มสาระและระบุวิธีดำเนินงาน

หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการคิดในชั้นการให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมหลังเรียน ครูสามารถฝึกให้นักเรียนนำเสนอในรูปแบบโครงการอย่างต่อเนื่องต่อไป ส่วนประกอบของรายงานการทำโครงการที่ควรให้นักเรียนเพิ่มเติมในการจัดทำโครงการขั้นตอนที่ 2 นี้ คือการเพิ่มเติมรายละเอียดของเนื้อหาสาระทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการเขียนวิธีการดำเนินงาน โดยให้เขียนต่อจากจุดประสงค์ก่อนที่จะแสดงผลของการดำเนินงาน

1. สาระทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ให้นักเรียนพิจารณาว่าโครงการทฤษฎีที่จัดทำมีความเกี่ยวข้องหรือได้นำเนื้อหาใดของทฤษฎีมาใช้บ้าง ซึ่งในขั้นตอนที่ 1 นี้ให้นักเรียนเขียนเฉพาะชื่อหัวข้อหรือชื่อเรื่อง ต่อมาในขั้นตอนที่ 2 นี้ อาจให้เพิ่มเติมสาระสำคัญของเนื้อหาทฤษฎีลงไปด้วย นักเรียนสามารถเขียนสาระทฤษฎีที่เกี่ยวข้องโดยนำมาจากเนื้อหาในหนังสือเรียนหรือจากบทสรุปข้อความรู้ของบทเรียน

2. วิธีดำเนินงาน ส่วนประกอบของโครงการในส่วนนี้ให้กล่าวถึงวิธีการที่นำไปสู่การได้คำตอบสิ่งที่ต้องการ หรือผลตามที่กำหนดในจุดประสงค์ให้กล่าวถึงวิธีการ ขั้นตอนที่น่าไปสู่การได้ผลการดำเนินงานตามโครงการ นักเรียนสามารถเรียบเรียงขึ้นจากวิธีการ ขั้นตอนที่น่าไปสู่การปฏิบัติโดยตรง การเขียนเล่าสิ่งที่ได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเป็นสิ่งที่ไม่ยากสำหรับนักเรียน วิธีดำเนินงานที่ใช้ในโครงการ เช่น การศึกษาเอกสาร ตำรา การสัมภาษณ์ผู้รู้ การสำรวจ การสังเกต การทดลอง การสร้างสิ่งประดิษฐ์ รวมถึงการสร้างแบบจำลองเพื่อหาคำตอบ

ในขั้นตอนนี้ นักเรียนมีอิสระในการทำกิจกรรมในรูปแบบโครงการมากยิ่งขึ้น แต่ยังคงอยู่ในกรอบจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน ครูยังต้องช่วยเสนอแนะอยู่พอสมควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นสาระทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จำเป็นที่ครูจะต้องช่วยตรวจสอบความถูกต้อง ไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนของมโนคติทางทฤษฎี ครูสามารถนำสาระสำคัญจากแผนการจัดการเรียนรู้

ของครูมาใช้แนะนำการเขียนสาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในโครงการงานของนักเรียนได้ ในตอนท้ายของกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละครั้ง ครูสามารถกำหนดงานให้นักเรียนจัดทำโครงการงานที่มีความสัมพันธ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ สาระสำคัญของเรื่องที่เรียนก็จะไปปรากฏอยู่ในส่วนสาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับโครงการงาน

ขั้นตอนที่ 3 สอดประสานทำโครงการงานที่สมบูรณ์

เมื่อถึงระยะนี้ถือว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในการจัดทำโครงการงานได้พอสมควรแล้ว สามารถฝึกทำโครงการงานที่มีความลุ่มลึกและมีขนาดใหญ่ขึ้นได้ การเขียนรายงานการทำโครงการงานในขั้นตอนที่ 3 เป็นการเขียนหัวข้อต่าง ๆ ที่มีความละเอียดชัดเจนขึ้น มีการเพิ่มเติมองค์ประกอบของโครงการงานให้สมบูรณ์ตามรูปแบบของการเขียนรายงานโครงการงาน สำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดแทรกโครงการงานอย่างง่ายมาตั้งแต่ต้น เมื่อถึงขั้นตอนนี้สาระในบทเรียนคณิตศาสตร์ต่างๆ ไปมักเป็นเรื่องการประยุกต์ใช้ความรู้ในลักษณะการแก้โจทย์ปัญหา หรือเป็นการขยายฐานความคิดของเรื่องที่เรียนออกไป ซึ่งครูสามารถสนับสนุนให้นักเรียนแสดงการประยุกต์ใช้ความรู้ในแนวทางที่นักเรียนสนใจในรูปของการจัดทำโครงการงาน โดยกำหนดกรอบความคิดด้วยจุดประสงค์การเรียนรู้ ในขั้นตอนที่ 3 นี้ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้จัดทำโครงการงานที่มีองค์ประกอบครบถ้วน เป็นโครงการงานที่สมบูรณ์ชัดเจน จัดว่าเป็นโครงการงานใหญ่ที่ต้องใช้ความคิดและเวลาพอสมควร หัวข้อหรือองค์ประกอบของรายงานการทำโครงการงานในขั้นตอนที่ 3 ที่ควรเพิ่มเติมจากขั้นตอนที่ 1 และ 2 ให้สมบูรณ์ มีดังนี้

1. ครูที่ปรึกษา โครงการงานที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ปรึกษา หรืออาจารย์ที่ปรึกษาก็คือครูผู้สอน และอาจมีครูท่านอื่นซึ่งมีความถนัดและความสนใจในเรื่องที่นักเรียนจัดทำโครงการงานมาช่วยเป็นที่ปรึกษา เป็นการเตรียมตัวนักเรียนสำหรับทำโครงการงานที่นักเรียนคิดได้เองอย่างอิสระต่อไปหัวข้อครูที่ปรึกษานี้อาจมีปรากฏในโครงการงานตั้งแต่ขั้นตอนต้น ๆ ก่อนหน้านี้ก็ได้

2. ความเป็นมา ให้กล่าวถึงเหตุผล แรงจูงใจที่ทำให้เกิดความสนใจทำโครงการงานนี้ขึ้นมา

3. ระยะเวลาในการดำเนินงาน บอกช่วงเวลา หรือระยะเวลารวมในการจัดทำโครงการงาน อาจนำไปไว้เป็นส่วนขยายของวิธีการดำเนินงานก็ได้

4. สรุปและข้อเสนอแนะ เป็นการสรุปสาระสำคัญของผลการดำเนินงานที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ ควรสรุปแยกเป็นข้อๆ นอกจากนี้สามารถเพิ่มเติมสิ่งที่นักเรียนผู้จัดทำได้รับจากการจัดโครงการงานในลักษณะที่เป็นข้อค้นพบความรู้ รวมถึงแนวทางที่จะเสนอแนะให้ผู้อื่นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

หลังจากที่นักเรียนได้ฝึกการทำโครงการในกรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้ ของบทเรียนที่กำหนดตามแผนการจัดการเรียนรู้ นับได้ว่านักเรียนมีประสบการณ์ในการทำโครงการพอสมควรแล้ว แต่ยังเป็นโครงการที่อยู่ภายใต้การมีส่วนร่วมในการกำหนดเรื่องของครูผู้สอน แม้จะมีความเป็นอิสระในการคิดค่อนข้างสูง แต่ก็ยังไม่มีความเป็นอิสระอย่างเต็มที่ เมื่อดำเนินงานมาถึงขั้นตอนที่ 3 อาจถือได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยการสอดแทรกกิจกรรมโครงการสิ้นสุดลงแล้ว ในขั้นตอนต่อไปเป็นระยะที่นักเรียนจะเพิ่มพูนประสบการณ์ในการทำโครงการ ที่อาจอยู่นอกกรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการคิด วางแผน และจัดทำโครงการเอง โดยครูผู้สอนจะลดบทบาทลงเป็นเพียงผู้ให้คำปรึกษา

ขั้นตอนที่ 4 เพิ่มพูนประสบการณ์ทำโครงการที่สนใจ

ในขั้นตอนที่ 4 นี้ จัดได้ว่าเป็นกิจกรรมที่มุ่งให้นักเรียนจัดทำโครงการโดยตรง เป็นการเปิดโอกาสให้กลุ่มของนักเรียนคิดหัวข้อโครงการเองตามความสนใจ ในลักษณะที่เปิดมากขึ้น มีความเป็นอิสระมากขึ้น ซึ่งไม่จำเป็นต้องอยู่ภายใต้กรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้เรื่องใด เรื่องหนึ่ง โครงการอาจมีความเชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์หลายเรื่อง หรือมีความเชื่อมโยงกับสาระอื่นในลักษณะบูรณาการก็ได้ การจัดกิจกรรมในขั้นตอนที่ 4 เพิ่มพูนประสบการณ์ ทำโครงการที่สนใจ ในการทำโครงการนี้สามารถดำเนินการในลักษณะเป็นกิจกรรมเสริม นอกเหนือไปจากการเรียนการสอนตามปกติในขั้นตอนนี้ครูสามารถให้ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนในการทำโครงการกับนักเรียน และครูควรให้ความรู้เกี่ยวกับโครงการที่มีลักษณะแตกต่างไปจากเดิม

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยสอดแทรกความรู้และวิธีการในการทำโครงการคณิตศาสตร์ในลักษณะค่อยเป็นค่อยไปจากโครงการที่มีองค์ประกอบง่ายๆ แล้วค่อยเพิ่มองค์ประกอบให้มากขึ้นจนกระทั่งสมบูรณ์ตามรูปแบบของการจัดทำโครงการ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการ เป็นดังนี้

ทำแบบฝึกหัดทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียนฝึกการเขียนรายงานนำเสนอในรูปแบบโครงการอย่างง่าย เตรียมความพร้อมเรียนรู้เนื้อหาคณิตศาสตร์ฝึกการแก้ปัญหาปลายเปิด

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มการเรียนรู้สู่โครงการเบื้องต้น ฝึกทำโครงการอย่างง่ายฝึกการตั้งชื่อ กำหนดจุดประสงค์ ระบุหัวข้อของเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องและเขียนผลการดำเนินงาน ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์

ขั้นตอนที่ 2 ฝึกฝนเดิมสาระและระบุวิธีดำเนินงาน ฝึกทำโครงการอย่างง่าย โดยเพิ่มการเขียนรายละเอียดของเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และเขียนวิธีดำเนินงานในการจัดทำโครงการ

เป็นโครงการที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน ทำกิจกรรมการเรียนรู้ขยายฐานความรู้จากบทเรียนนำเสนอในรูปแบบโครงงานเต็มรูป

ขั้นตอนที่ 3 สอดประสานทำโครงงานที่สมบูรณ์ ฝึกทำโครงงานที่มีความลุ่มลึกขึ้นนำเสนอโดยเพิ่มเติมหัวข้อที่สำคัญของโครงงานให้สมบูรณ์ได้แก่ ความเป็นมา ระยะเวลา ดำเนินงาน สรุปและข้อเสนอแนะและหัวข้ออื่นๆ ที่เห็นว่าเหมาะสม นักเรียนจัดทำโครงงานตามความสนใจ อาจมีความเชื่อมโยงกับสาระการเรียนรู้อื่นๆ

ขั้นตอนที่ 4 เพิ่มพูนประสบการณ์ทำโครงงานที่สนใจ เพิ่มเติมความรู้เกี่ยวกับการจัดทำโครงงานประเภทต่าง ๆ นอกเหนือไปจากการจัดโครงงานที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นโครงงานตามความสนใจของนักเรียน

2.3.3 แหล่งที่มาของโครงงานคณิตศาสตร์

โครงงานเป็นกิจกรรมที่นักเรียนสนใจศึกษาค้นคว้าขึ้นเองเป็นพิเศษภายใต้การให้คำแนะนำเสนอแนะแนวทางของครู โครงงานอาจมีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกับสาระการเรียนรู้ ในบทเรียนโดยตรง เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้หรือเป็นการขยายฐานความรู้จากบทเรียน ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น ดังนั้นการมีความรู้เกี่ยวกับแหล่งที่มาของโครงงานจึงเป็นสิ่งจำเป็นทั้งต่อครูและนักเรียน ผู้วิจัยสรุปแหล่งที่มาของโครงงานคณิตศาสตร์จาก ปรีชา เนาว่าเย็นผล(2554, น. 42 -60) ได้พอสังเขป ดังนี้

- 1) กิจกรรมฝึกทักษะ ซึ่งอาจอยู่ในรูปเกมการเล่น แบบฝึกหัดหรือแบบฝึกทักษะ รวมทั้งการให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างโจทย์ในแบบฝึกทักษะที่นักเรียนสนใจ
- 2) ใบงานหรือใบกิจกรรม มุ่งให้นักเรียนได้สังเกต สำรวจศึกษา ค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ แล้วสร้างข้อสรุปโดยอาศัยการให้เหตุผลแบบอุปนัย สามารถสร้างกิจกรรมในรูปใบงาน การปรับใบงานหรือใบกิจกรรมให้เป็นโครงงานได้
- 3) แบบฝึกหัดแบบเปิด เป็นแบบฝึกหัดที่ใช้คำถามปลายเปิดให้นักเรียนมีอิสระในการหาคำตอบตามมุมมองของนักเรียน รวมทั้งการใช้คำถามที่มีคำตอบได้หลาย ๆ คำตอบ
- 4) การสรุปสาระสำคัญของบทเรียน หลังจากเรียนจบบทเรียนแล้ว นักเรียนสามารถสรุปบทเรียนนั้นด้วยตนเอง แล้วนำเสนอในรูปแบบโครงงานอย่างง่ายได้
- 5) โจทย์ปัญหา โดยอาจนำแนวคิดจากโจทย์ปัญหาไปใช้แก้ปัญหาที่คล้ายคลึง ในสถานการณ์อื่นที่นักเรียนกำหนดขึ้น หรือขยายแนวคิดจากโจทย์ปัญหาที่มีอยู่ มองให้กว้างไกลไปจากบทเรียน หรือนำความรู้จากตัวอย่างและแบบฝึกหัดการแก้โจทย์ปัญหาไปใช้อธิบาย ข้อสงสัย ใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงที่มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น นอกจากนั้นยังสามารถประมวลความรู้ จากตัวอย่าง และแบบฝึกหัดนำไปใช้สร้างสิ่งประดิษฐ์ที่มีฐานการคิดจากบทเรียนและโจทย์ปัญหา

6) ล้วงรอบตัว การที่นักเรียนสามารถนำคณิตศาสตร์มาอธิบายเหตุการณ์ หรือ นำมาใช้แก้ปัญหาช่วยทำให้เห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์ เห็นประโยชน์และคุณค่าของคณิตศาสตร์ และช่วยให้บทเรียนคณิตศาสตร์มีความหมายยิ่งขึ้น

7) ความสนใจพิเศษ ความสนใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่งเป็นการเฉพาะ ต้องศึกษาทำความเข้าใจในเรื่องนั้นอย่างชัดเจนลุ่มลึก นำไปสู่การจัดทำโครงการได้

8) การทดลอง เป็นการศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากการจัดกระทำ

2.3.4 หลักการออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์

1) ขั้นแก้ปัญหาร่วมกันในกลุ่มใหญ่

1.1) นำเข้าสู่บทเรียน ทบทวนความรู้เดิมโดยยกสถานการณ์ปัญหาในเรื่องที่เรียนมาแล้วสนทนาซักถามให้ร่วมกันตอบคำถาม เพื่อเตรียมความพร้อมในการเรียนเนื้อหาใหม่ สร้างความตระหนักให้เห็นความสำคัญของบทเรียน

1.2) นำเสนอเนื้อหาใหม่ ครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนทำความเข้าใจ ทบทวนความรู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อเชื่อมโยงสู่เนื้อหาใหม่ และกำหนดแนวทางแก้ปัญหาร่วมกัน

1.3) เสริมสร้างความเข้าใจ นักเรียนนำเสนอแนวคิด วิธีการหาคำตอบต่อกลุ่มใหญ่เพื่อให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดซึ่งกันและกัน ครูสรุปประเด็นที่นักเรียนนำเสนอและเพิ่มเติมให้ชัดเจนขึ้น

2) ขั้นเสริมสร้างความเข้าใจด้วยการแก้ปัญหาร่วมกันในกลุ่มย่อย

2.1) นำไปใช้ แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย กลุ่มละ 4 คน ครูชี้แจงวิธีทำงานร่วมกันในกลุ่มย่อย แสดงการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ อาจอยู่ในรูปการแก้โจทย์ปัญหาร่วมกัน

2.2) ครูนำโจทย์ปัญหาให้กับนักเรียนในกลุ่มต่างๆ โดยใช้ใบกิจกรรมหรือใบงาน นักเรียนอภิปรายร่วมกันในกลุ่มย่อยเพื่อหาคำตอบของปัญหา

2.3) ขณะที่นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมในกลุ่มย่อย ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก หมุนเวียนให้ความช่วยเหลือ พร้อมทั้งกระตุ้นตามกลุ่มต่างๆ เพื่อให้เกิดการอภิปรายในการประกอบกิจกรรมระยะแรก ๆ อาจระบุประเด็นที่ควรอภิปรายตามขั้นตอนของการแก้ปัญหาวัวในใบกิจกรรม

2.4) ให้นักเรียนในกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนำเสนอผลการจัดกิจกรรมของกลุ่มครั้งละกลุ่ม โดยให้กลุ่มที่นำเสนอครั้งหลัง ๆ นำเสนอเฉพาะคำตอบที่แตกต่างจากกลุ่มก่อน

2.5) คุรบูรณาการแนวคิดจากการนำเสนอของนักเรียน สรุปรูปเป็นประเด็นให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3) ขันขยายความคิดเพื่อนำไปสู่โครงการงาน

3.1) ฝึกทักษะและทบทวน รวมทั้งขยายฐานความรู้ ด้วยการให้นักเรียนในกลุ่มย่อยทำใบกิจกรรมหรือใบงานที่สอดคล้องกับบทเรียนโดยสอดแทรกกิจกรรมโครงการปรับเปลี่ยนและเพิ่มเติมส่วนท้ายของกิจกรรมการเรียนรู้ให้นำเสนอในรูปแบบโครงการอย่างง่ายขนาดเล็ก “โครงการน้อย (Mini project)” ซึ่งสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้มีองค์ประกอบที่สำคัญของการเขียนรายงานการทำโครงการเพียง 3-4 ส่วน

3.2) การปฏิบัติกิจกรรมเป็นรายบุคคล ให้นักเรียนฝึกการทำโครงการเป็นรายบุคคล โดยเรียนแบบกิจกรรมโครงการเป็นกลุ่ม ในช่วงเวลาที่เหลืออยู่ทำเป็นการบ้าน หรือนอกเวลาเรียนตามความเหมาะสม หลักการออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ เป็นดังนี้

นำเข้าสู่บทเรียน

ทบทวนความรู้เดิม

แก้ปัญหาพร้อมกันในกลุ่มใหญ่

ครูเสนอปัญหาในชั้นเรียน นักเรียนร่วมแก้ปัญหาแลกเปลี่ยน

ความคิดเห็นระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครู

นำเสนอเนื้อหาใหม่

เสนอแนวคิด และสรุปประเด็นปัญหา

เสริมสร้างความเข้าใจ

2.3.5 การประเมินโครงการคณิตศาสตร์

การประเมินผลเป็นหัวใจสำคัญที่จะสะท้อนสภาพความสำเร็จของการจัดกิจกรรม ผู้ประเมินจะร่วมกันประเมินผลว่ากิจกรรมที่ทำไปนั้น บรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ปัญหาและอุปสรรคที่พบคืออะไร ได้ใช้วิธีแก้ไขอย่างไร นักเรียนได้เรียนรู้อะไรจากการทำโครงการนี้ ดังนั้นในการประเมินผล โครงการจึงจำเป็นต้องประเมินให้ครอบคลุมในทุกด้าน

1) ผู้ประเมินโครงการ

กรมวิชาการ (2545, น. 8 - 14) ได้กล่าวถึงการประเมินโครงการไว้ว่าผู้ประเมินโครงการอาจดำเนินการด้วยบุคคลต่อไปนี้

1.1) นักเรียนประเมินตนเอง จะแสดงออกให้เห็นว่านักเรียนเจ้าของโครงการ ซึ่งอาจเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มทำงาน มีความพึงพอใจต่อขั้นตอนของกิจกรรมแต่ละขั้น ที่ได้กำหนดหรือร่วมกันกำหนดขึ้นเองเพียงใด มีหัวข้อกิจกรรมใดที่ยังขาดตกบกพร่องจะต้องเพิ่มเติมในส่วนใดบ้าง ความละเอียด รัดกุมในแต่ละขั้นเป็นอย่างไร

1.2) เพื่อนประเมิน อาจให้ข้อคิดเห็นสะท้อนภาพเพิ่มเติม เช่น ในระดับชั้น ประถมศึกษา เพื่อนอาจให้ความเห็นไปในเรื่องของการเขียน การใช้ตัวสะกด การันต์ วรรคตอน ซึ่งเน้นไปในด้านภาษา ระดับมัธยมศึกษาประเมินโครงการอาจเริ่มขยายขอบเขตจากด้านการใช้ภาษา ออกไปถึงการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดชื่อโครงการกับจุดประสงค์ของโครงการ และตามความเข้าใจของผู้ประเมินเสนอแนะวิธีการศึกษาของผู้ประเมิน เพื่อการพิจารณาการจัดรูปแบบเพื่อการนำเสนอโครงการ ฯลฯ

1.3) ผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาประเมิน อาจให้คำแนะนำเพิ่มเติมได้ในเรื่องวิธีการอื่น ที่ใช้ในการศึกษาหาคำตอบ ความสัมพันธ์ของวิชาตามหัวเรื่องที่ศึกษากับวิชาอื่น ข้อค้นพบที่นักเรียนได้จากโครงการ การนำคำตอบของการศึกษาที่ได้ไปใช้ประโยชน์ การนำข้อค้นพบที่ต่างไปจากเป้าหมายของการศึกษาไปใช้ประโยชน์หรือขยายผลการศึกษาเป็นโครงการใหม่ ๆ

1.4) ผู้ปกครองประเมิน จะได้ทราบถึงความสามารถ ความถนัดทางการเรียนของ ลูกหรือเด็กในความปกครอง ความรู้สึก ความต้องการของเด็กผู้ทำโครงการ ทำให้สามารถปรับตัว ปรับใจเพื่อการสนับสนุน ทั้งด้านการเงิน กำลังใจ ให้โอกาส ให้เวลาร่วมกิจกรรมตามความสนใจของเด็ก ชี้แนะอุปสรรคปัญหาเบื้องต้นที่อาจเกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติกิจกรรมขั้นต่างๆ ของโครงการ ข้อเสนอแนะสำหรับการทำโครงการครั้งต่อไป

2) แนวทางการประเมินโครงการ

การประเมิน โครงการควรใช้การประเมินผลตามสภาพที่แท้จริง (Authentic Assessment) ดังนี้

- 2.1) ทำไปพร้อม ๆ กับการเรียนรู้ของนักเรียน
- 2.2) ยึดพฤติกรรมที่แสดงออกของนักเรียนเป็นสำคัญ
- 2.3) เป็นการพัฒนาตนและการประเมินตนเอง
- 2.4) ให้ความสำคัญในการพัฒนาจุดเด่นของนักเรียน
- 2.5) มีการเก็บข้อมูลระหว่างปฏิบัติได้ทุกบริบท ทั้งที่บ้าน โรงเรียน และชุมชน
- 2.6) อยู่บนพื้นฐานของเหตุการณ์ในชีวิตจริง เอื้อต่อการเชื่อมโยงการเรียนรู้

สู่ชีวิตจริง

2.7) เน้นคุณภาพของผลงานซึ่งเป็นผลจากการบูรณาการความรู้คู่ความสามารถ
ของนักเรียน

2.8) เน้นการวัดความสามารถในการคิดระดับสูง เช่น ใช้ข้อมูลในการสังเคราะห์
อธิบาย สรุปเป็นกฎทั่วไป ตั้งสมมติฐาน สรุปและแปลผล เป็นต้น

2.9) วัดปฏิสัมพันธ์ทางบวก มีการชื่นชม ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสุข สนุกสนาน
ไม่เครียด

2.10) สนับสนุนการมีส่วนร่วมและรับผิดชอบร่วมกัน

3) วิธีการประเมินโครงการคณิตศาสตร์

การประเมินโครงการคณิตศาสตร์ ต้องกำหนดขอบข่ายหรือประเด็นที่ต้องการประเมินเพื่อนำ
มากำหนดตัวบ่งชี้ กำหนดวิธีการและเครื่องมือประเมิน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี(2546, น. 156 - 167) ให้วิธีการประเมินผลโครงการคณิตศาสตร์โดยกำหนด
สาระสำคัญที่จำเป็นต้องประเมิน ไว้ดังนี้

3.1) ความรู้

3.2) ทักษะกระบวนการ ประกอบด้วย

ก. การแก้ปัญหา

ข. การให้เหตุผล

ค. การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ

ง. การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์

กับศาสตร์อื่น ๆ

จ. ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

3.3) คุณลักษณะที่พึงประสงค์ ประกอบด้วย

ก ทำงานอย่างเป็นระบบ

ข. มีระเบียบวินัย

ค. มีความรอบคอบ

ง. มีความรับผิดชอบ

จ. มีวิจรรย์ญาณ

ฉ. มีความเชื่อมั่นในตนเอง

ช. ตระหนักในคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

3.4) แหล่งการเรียนรู้ พิจารณาจาก

- ก. ความเหมาะสม
- ข. ความพอเพียง
- ค. ความน่าเชื่อถือ

เกณฑ์การประเมินผลการทำโครงการงานคณิตศาสตร์ใช้วิธีประเมินแบบอิงมาตรฐานที่ต้องสร้างเกณฑ์ให้สัมพันธ์กับพฤติกรรมหรือการแสดงผลออกในแต่ละรายการประเมิน และกำหนดความสามารถของนักเรียนด้วยคำอธิบายที่บอกคุณภาพของงาน เพื่อแสดงความก้าวหน้าของผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้กำหนดเป็น 4 ระดับคุณภาพ คือ 1 หมายถึง ปรับปรุง ระดับ 2 หมายถึง พอใช้ ระดับ 3 หมายถึง ดี และระดับ 4 หมายถึง ดีมาก ซึ่งมีแนวทางดังนี้

1. การประเมินผลแบบรวมของการทำโครงการงานคณิตศาสตร์ เป็นการประเมินผลในภาพรวมของโครงการนั้นๆ ซึ่งจะกำหนดระดับคุณภาพตามผลงานที่ปรากฏ โดยมีคำอธิบายประกอบว่านักเรียนทำอะไรได้บ้างและทำได้อย่างไร ซึ่งเกณฑ์ในการพิจารณา ประกอบด้วย

- 1.1 แสดงความเข้าใจของปัญหา
- 1.2 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
- 1.3 ใช้เทคนิควิธีการต่าง ๆ ในการจัดทำโครงการ
- 1.4 การนำเสนอโครงการมีลำดับขั้นตอน
- 1.5 มีการวางแผนการทำงานเป็นระบบ
- 1.6 มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้

2. การประเมินผลการทำโครงการงานคณิตศาสตร์แบบวิเคราะห์ เป็นการประเมิน โดยแยกเป็นรายองค์ประกอบ การให้น้ำหนักคะแนนของแต่ละองค์ประกอบจะแตกต่างกัน ตามระดับความสำคัญเกณฑ์ในการพิจารณา ประกอบด้วย

- 2.1 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
- 2.2 การสร้างข้อความคาดการณ์
- 2.3 แหล่งการเรียนรู้
- 2.4 การดำเนินการทำโครงการ
- 2.5 การนำเสนอ
- 2.6 ความรับผิดชอบและความรอบคอบ

ในกรณีที่สรุปผลการประเมินเพื่อหาระดับคุณภาพของงาน โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยอาจใช้เกณฑ์การกำหนดระดับคุณภาพของงานแต่ละชั้นดังนี้

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	1.6

สำหรับกรณีที่ใช้วิธีการหาระดับคุณภาพของงาน โดยพิจารณาจากค่าร้อยละของคะแนนรวมอาจใช้เกณฑ์การกำหนดระดับคุณภาพของงานแต่ละชั้นดังนี้

4	หมายถึง ดีมาก	ได้คะแนนรวมร้อยละ	80-100
3	หมายถึง ดี	ได้คะแนนรวมร้อยละ	60-79
2	หมายถึง พอใช้	ได้คะแนนรวมร้อยละ	40-59
1	หมายถึง ต้องปรับปรุง	ได้คะแนนรวมต่ำกว่าร้อยละ	40

2.3.6 การประเมินกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์

การประเมินกิจกรรม โครงการคณิตศาสตร์ เป็นการประเมินตามสภาพจริงเป็นการประเมินผลจากการปฏิบัติงานหรือกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยงานหรือกิจกรรมที่มอบหมายให้นักเรียนปฏิบัติจะเป็นงานหรือสถานการณ์ที่เป็นจริง (real life) หรือใกล้เคียงกับชีวิตจริงที่สอดคล้องกับความสามารถของนักเรียน สามารถนำไปสู่การพัฒนานักเรียนได้อย่างแท้จริง โดยเน้นความสามารถในการแก้ปัญหา การแสดงออกที่เกิดจากการปฏิบัติกิจกรรม และความสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์ด้วยกัน คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน มีลักษณะการประเมินที่สำคัญ ดังนี้

1) การประเมินจากการปฏิบัติ เป็นวิธีการประเมินงานหรือกิจกรรมที่ผู้สอนมอบหมายให้นักเรียนปฏิบัติเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้มากขึ้นเพียงใด

1.1) ภาระงานหรือกิจกรรมที่ผู้สอนกำหนดให้นักเรียนทำเป็นรายบุคคล / กลุ่ม จะประเมินวิธีการทำงานตามขั้นตอนและผลงานของนักเรียน

1.2) ภาระงานหรือกิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติเป็นปกติในชีวิตประจำวัน จะประเมินด้วยวิธีการสังเกต จดบันทึกเหตุการณ์เกี่ยวกับนักเรียน

1.3) การสาธิต การให้นักเรียนแสดงหรือปฏิบัติกิจกรรมตามที่กำหนด จะประเมินจากขั้นตอนในการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน โดยวิธีการสังเกต

2) การประเมินตามสภาพจริง เป็นการประเมินจากสถานการณ์จริงหรือใกล้เคียงกับชีวิตจริงที่ทำให้เกิดประโยชน์กับนักเรียนเพราะทำให้ทราบถึงจุดเด่นและข้อบกพร่อง อันจะนำไปสู่การแก้ไขที่ตรงประเด็นที่สุด

3) การกำหนดขอบข่ายหรือประเด็นของสิ่งที่ต้องการประเมิน เพื่อนำมากำหนดตัวบ่งชี้ กำหนดวิธีการและเครื่องมือประเมินเพื่อนำไปสร้างแบบประเมินคุณภาพของโครงการ ของกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ ดังนี้

3.1) ความสำคัญของกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ พิจารณาจากตัวบ่งชี้

- ก. การคิดริเริ่มโครงการนักเรียนคิดหรือครูช่วยแนะแนวทาง
- ข. การมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
- ค. การมีส่วนช่วยพัฒนาตนของผู้จัดทำโครงการ
- ง. ช่วยให้เกิดการร่วมมือกันทำงานเป็นกลุ่ม
- จ. ความเชื่อมโยงกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ในบทเรียน
- ฉ. ความมีประโยชน์ของโครงการ

3.2) เนื้อหาของโครงการ พิจารณาจากตัวบ่งชี้ต่อไปนี้

- ก. ความถูกต้องของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์
- ข. ความเหมาะสมในการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์
- ค. การเลือกใช้ข้อมูลได้เหมาะสมตรงประเด็นปัญหา
- ง. มีการอธิบายโดยใช้เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ชัดเจน

3.3) กระบวนการทำงาน พิจารณาจากตัวบ่งชี้ต่อไปนี้

- ก. มีการวางแผนอย่างมีระบบ
- ข. วิธีดำเนินงานอยู่ในแนวทางที่ทำให้บรรลุจุดประสงค์
- ค. มีการดำเนินงานตามแผน
- ง. มีการประเมินและปรับปรุงการดำเนินงานให้เหมาะสม

3.4) การนำเสนอกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์

- ก. การรายงานสามารถสื่อความหมายได้ดี
- ข. ความสมบูรณ์ของข้อมูล
- ค. ความเหมาะสมของรูปแบบที่ใช้นำเสนอ
- ง. ความน่าสนใจของวิธีการนำเสนอ
- จ. ความสอดคล้องของผลการดำเนินงานกับจุดประสงค์ที่กำหนด

การประเมินคุณภาพของโครงการใช้วิธีการสังเกตการทำงาน การประเมินคุณภาพของ
 ชิ้นงาน และการวิเคราะห์จากรายงานโครงการ โดยนำตัวบ่งชี้ของแต่ละประเด็นกำหนดเป็นรายการ
 ประเมิน

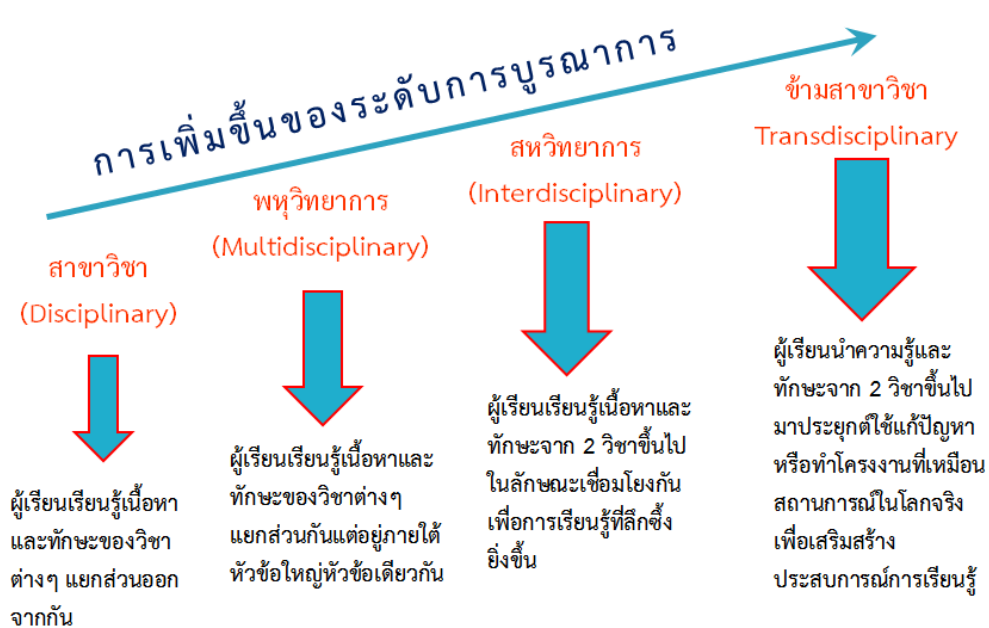
2.4 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

2.4.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา(Science
 Technology Engineering and Mathematics Education: STEM Education) เป็น แนวทางจัดการ
 เรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งแก้ปัญหาที่พบ
 เห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นเตรียม
 ความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้าน
 วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม

2.4.2 ระดับการบูรณาการการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(2557) กล่าวว่า ระดับการบูรณาการที่
 อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่การบูรณาการภายในวิชา
 (Disciplinary), การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary integration), การบูรณาการ
 แบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary integration) และ การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา
 (Transdisciplinary integration) ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ระดับการบูรณาการในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา

1) การบูรณาการภายในวิชา คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะสมแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้คือการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละวิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้แก่นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง

2) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลัก(Theme) ที่ครูทุกวิชากำหนดร่วมกัน และมีการอ้างอิงถึงความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาในวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ คือ การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกันโดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ ครูผู้สอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกัน โดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น

4) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา คือ การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จากวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์กับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของนักเรียน โดยครูอาจกำหนดกรอบ(Theme) ของปัญหากว้างๆ ให้นักเรียนและให้นักเรียนระบุปัญหาที่เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหาเอง ทั้งนี้ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครูต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ปัจจัยกับการเรียนรู้ของนักเรียน ได้แก่

- 4.1) ปัญหาหรือคำถามที่นักเรียนสนใจ
- 4.2) ตัวชี้วัดในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 4.3) ความรู้เดิมของนักเรียน

2.4.3 แนวการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาได้นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) มาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการทำงานเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือวิธีการ ทั้งนี้หน่วยงานต่าง ๆ ทางด้านการศึกษาได้นำเสนอกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้มากมาย โดยมีชื่อเรียกแตกต่างกัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ตัวอย่างเช่น

1) สภาวิจัยแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา(National Research Council: NRC) ได้ร่วมกับสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ(The National Science Teachers Association: NSTA) และสมาคม

เพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของอเมริกา (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ฉบับใหม่สำหรับประเทศ เรียกว่า (Next Generation Science Standard: NGSS) โดยเรียกกระบวนการทำงานนี้ว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเสนอขั้นตอนการทำงานประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดปัญหา การพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาและการลงมือปฏิบัติเพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุดของการแก้ปัญหา โดยการดำเนินงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับไปแก้ไขได้

2) สมาคมนักเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติประเทศสหรัฐอเมริกา (International Technology and Engineering Educators Association: ITEEA) ได้กำหนดขั้นตอนของกระบวนการทำงานหรือกระบวนการแก้ปัญหาทางเทคโนโลยีไว้ในมาตรฐานการรู้เทคโนโลยี (Standards for Technological Literacy) และเรียกกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานสำคัญคือ การกำหนดปัญหา (Identifying the problem) สร้างแนวคิด (Generating ideas) ด้วยเทคนิคการระดมสมองและการดำเนินการวิจัย เพื่อสำรวจแนวคิดการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ การเลือกแนวคิดที่เหมาะสม (Selecting a solution) การทดสอบ (Testing the solution) ด้วยการสร้างแบบจำลอง (Models) และต้นแบบ (Prototypes) เพื่อตรวจสอบแนวคิดการแก้ปัญหาการปฏิบัติงาน (Making the item) ด้วยการสร้างชิ้นงานเพื่อนำไปแก้ปัญหา การประเมินผล (Evaluating it) ดำเนินการแก้ปัญหาด้วยชิ้นงานและประเมินว่าสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ และการนำเสนอผล (Presenting the results) ทั้งนี้การทำงานสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงแก้ไขได้ตลอดจนกระทั่งได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุด (Optimum)

3) พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์บอสตัน ประเทศสหรัฐอเมริกา (Museum of Science, Boston) ดำเนินโครงการพัฒนาเด็กให้รู้วิศวกรรมและเทคโนโลยี (Engineering and technological literacy) หรือเรียกว่า Engineering is Elementary (EiE) เพื่อวิจัยพัฒนาหลักสูตรขับเคลื่อนมาตรฐานและนำหลักสูตรไปใช้ในชั้นเรียนโดยบูรณาการแนวความคิดด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยี และทักษะทางวิทยาศาสตร์โดยมีกลุ่มเป้าหมายคือ เด็กนักเรียนในระดับประถมศึกษา (Grades 1-5) และใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วย ค้นหาปัญหา สร้างแนวคิดและเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด วางแผนลงมือปฏิบัติ และตรวจสอบ

4) ศูนย์การเรียนรู้การสอนสะเต็ม ของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ (International Technology and Engineering Educators Association's STEM Center for Teaching and Learning™) ได้พัฒนารูปแบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยกำหนดปัญหาหรือความต้องการ ค้นหาแนวคิด วางแผนและพัฒนาแนวคิด ทดสอบและประเมินผล และนำเสนอ ซึ่งการทำงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับไปทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ ได้

5) หน่วยงานการศึกษาและการฝึกอบรมของรัฐนิวเซาท์เวลส์ประเทศออสเตรเลีย(NSW Department of education and training, Australia) ซึ่งรับผิดชอบจัดการศึกษาของรัฐได้เรียกกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการเทคโนโลยี(Technology process) ประกอบด้วยการทำงาน 3 ระยะเวลา คือ การสำรวจและกำหนดงาน การสร้างและพัฒนาแนวคิด การลงมือปฏิบัติ โดยในแต่ละระยะจะมีการวางแผนการจัดการและประเมินผลด้วยเสมอ

6) กระทรวงทางการศึกษา ประเทศอังกฤษ(Department for Education) กำหนดหลักสูตรการศึกษาแห่งชาติ ตลอดจนหลักสูตรของโรงเรียนนานาชาติที่ใช้ระบบอังกฤษ(UK National Curriculum, International GCSE and IB Diploma) และใช้กระบวนการทำงานว่ากระบวนการออกแบบ(Design process) ประกอบด้วย กำหนดความต้องการ รวบรวมข้อมูล สร้างแนวคิด พัฒนาแนวคิด ลงมือปฏิบัติและประเมินผล โดยการทำงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับไปทำงานขั้นตอนต่าง ๆ ได้

7) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วยองค์ประกอบ 5 ขั้นตอน ได้แก่

7.1) การระบุปัญหา(Identify a challenge) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ไขปัญหา ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราจะระบุอาจประกอบด้วยปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหา ผู้แก้ปัญหามustพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้องเกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

7.2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง(Explore ideas) หลังจากผู้แก้ปัญหาคำถามเข้าใจปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไปคือ การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาดังกล่าว ในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหามักมีการดำเนินการดังนี้

7.2.1) การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่ และหากมี เขาแก้ปัญหายังไง และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

7.2.2) การค้นหาแนวคิด คือ การค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ ในขั้นตอนนี้ ผู้แก้ปัญหามักพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจัดบันทึกแนวคิดไว้เป็นทางเลือก และหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

7.3) การวางแผนและพัฒนา(Plan and develop) หลังจากเลือกแนวคิดที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือการวางแผนการดำเนินงาน โดยผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน ในขั้นตอนของการพัฒนาผู้แก้ปัญหามust วาดแบบและพัฒนาด้านแบบ(Prototype) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

7.4) การทดสอบและประเมินผล(Test and evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานด้านแบบเพื่อแก้ปัญหา ผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

7.5) การนำเสนอผลลัพธ์(Present the solution) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหามust นำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ ทั้งนี้การทำงานสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงแก้ไขได้ตลอดจนกระทั่งได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุด

จากการนำเสนอกระบวนการทำงานที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจะพบว่า มีรูปแบบและขั้นตอนการทำงานบางอย่างแตกต่างกัน แต่มีเป้าหมายเดียวกันคือทำให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา ใช้ทรัพยากร(Resources) อย่างคุ้มค่าภายใต้ข้อจำกัด(Constraints) สามารถคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหาย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด โดยแต่ละรูปแบบจะมีขั้นตอนหรือรายละเอียดคล้ายกัน ผู้วิจัยจึงเลือกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาใช้สอดแทรกในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เนื่องจากเป็นกระบวนการที่เข้าใจได้ง่าย และสอดคล้องกับบริบทของกิจกรรม ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การระบุปัญหา 2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) การวางแผนและพัฒนา 4) การทดสอบและประเมินผล และ 5) การนำเสนอผลลัพธ์

2.5 ทฤษฎีพัฒนาการเซวี่ปัญญา

2.5.1 ทฤษฎีพัฒนาการเซวี่ปัญญาของพื่อเจต์

สุรางค์ โคว์ตระกูล(2556, น. 47-50) ได้นำเสนอทฤษฎีเกี่ยวกับการพัฒนาการเซวี่ปัญญาที่มีประโยชน์สำหรับครู คือ ทฤษฎีของ นักจิตวิทยาชาวสวิส ชื่อ พื่อเจต์(Piaget) ที่จริงแล้วพื่อเจต์ได้รับปริญญาเอกทางวิทยาศาสตร์ ในสาขาสัตววิทยา Neuchatel ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ หลังจากได้รับปริญญาเอก ในปี ค.ศ. 1918 พื่อเจต์ได้ไปทำงานกับนายแพทย์บีเนต์ (Binet) และซีโม(Simon) ผู้ซึ่งเป็นผู้แต่งข้อสอบเซวี่ขึ้นเป็นครั้งแรก พื่อเจต์มีหน้าที่ทดสอบเด็กเพื่อจะหาปทัสถาน(Norm) สำหรับเด็กแต่ละวัย พื่อเจต์ พบว่าคำตอบของเด็กน่าสนใจมาก โดยเฉพาะคำตอบของเด็กที่เขาว์วัย เพราะมักจะให้คำตอบผิด แต่เมื่อพื่อเจต์ได้วิเคราะห์คำตอบของเด็กเล็กที่ต่างไปจากคำตอบเด็กโตเพราะมีความคิดต่างกัน คุณภาพของคำตอบของเด็กที่วัยต่างกัน มักจะแตกต่างกัน แต่ไม่ควรจะบอกว่าเด็กโต ฉลาดกว่าเด็กเล็ก หรือคำตอบของเด็กเล็กผิด การทำงานกับบีเนต์ระหว่างปี ค.ศ. 1919 ถึง ค.ศ. 1921 เป็นจุดเริ่มศึกษา พัฒนาการทางเซวี่ปัญญาของบุตร 3 คน เป็นหญิงหนึ่งชายสอง การศึกษาของพื่อเจต์เป็นการศึกษาระยะยาว นอกจากนี้พื่อเจต์ได้ตั้งการสังเกตและศึกษาเด็กอื่นๆ

2.5.2 ความคิดรวบยอดพื้นฐาน

พื่อเจต์เชื่อว่าคนเราทุกคนตั้งแต่เกิดมาพร้อมที่จะมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และโดยธรรมชาติแล้วมนุษย์เป็นผู้ที่พร้อมที่จะมีกิจกรรมหรือเริ่มกระทำก่อน(Active) นอกจากนี้พื่อเจต์ถือว่ามนุษย์เรามีแนวโน้มพื้นฐานที่คิดตัวตัวมาแต่กำเนิด 2 ชนิด คือ การจัดและรวบรวม(OrganiZation) และการปรับตัว(Adaptaion) ซึ่งอธิบายได้ดังต่อไปนี้

การจัดและรวบรวม (OrganiZation) หมายถึง การจัดและรวบรวมกระบวนการต่างๆภายในเข้าเป็นระบบอย่างต่อเนื่องเป็นระเบียบ และมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตราบที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม

การปรับตัว(Adaptaion) หมายถึง การปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมเพื่อให้อยู่ในสภาพสมดุล การปรับตัวประกอบด้วยกระบวนการ 2 อย่าง คือ

1. การซึมซาบหรือดูดซึมประสบการณ์(Assimilation) เมื่อมนุษย์มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมก็จะซึมซาบหรือดูดซึมประสบการณ์ใหม่ ให้รวมเข้าอยู่ในโครงสร้างของสติปัญญา (Cog-nitive Structure)

2. การปรับโครงสร้างทางสติปัญญา(Accommodation) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเซวี่ปัญญาที่มีอยู่แล้วให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม หรือประสบการณ์ใหม่หรือเป็นการเปลี่ยนแปลงความคิดใหม่ให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมใหม่ ตัวอย่างเช่น ความเข้าใจความแตกต่าง

ระหว่างเพศของเด็กที่มีอายุประมาณ 5-6 ปี ถ้าถามเด็กวัยนี้ว่า เด็กหญิงชายแตกต่างกันหรือไม่ คำตอบที่ได้จากเด็กก็คือ เด็กหญิงและเด็กชายแตกต่างกัน และเมื่อถามคำถามต่อไปว่า ให้ออกความแตกต่างของหญิงชายมา 3 อย่าง คำถามนี้ส่วนมากเด็กตอบได้ 2 อย่าง คือ เด็กหญิงผมยาว เด็กชายผมสั้น เด็กหญิงสวมกระโปรง แต่เด็กชายสวมกางเกง อย่างไรก็ตามถ้าเด็กวัยนี้เกิดพบเด็ก (หญิง) ผมขานุ่งกางเกงกำลังเล่นตุ๊กตาดูอยู่สามารถจะบอกได้ว่า เด็กที่เขาเห็นเป็น “เด็กหญิง” แสดงว่าเด็กสามารถที่จะ Accommodate สิ่งแวดล้อมใหม่และแปลความเข้าใจเดิมของเขาว่า เด็กหญิงไม่จำเป็นจะต้องนุ่งกระโปรงเสมอไป เด็กหญิงอาจจะนุ่งกางเกงได้ และเนื่องจากการปรับสิ่งแวดล้อมเข้าเป็นความรู้ใหม่โดยเปลี่ยนความเข้าใจเดิมเช่นนี้ พือาเจต์ เรียกว่า Accommodation

สรุปแล้วในพัฒนาการทางเซาว์ปัญญาบุคคลต้องมีการปรับตัวซึ่งประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ 2 อย่าง คือ การซึมซับหรือดูดซึม และการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา ดังกล่าว พือาเจต์กล่าวว่า ระหว่างระยะเวลาตั้งแต่วัยทารกจนถึงวัยรุ่น คนเราจะค่อยๆ สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น พือาเจต์ ได้แบ่งพัฒนาการทางเซาว์ปัญญาออกเป็นขั้นใหญ่ ๆ 4 ขั้น โดยให้ความหมายของขั้น(Stage) ดังต่อไปนี้

1. ขั้นระดับเซาว์ปัญญา หมายถึง ระยะเวลาที่ก่อตั้งริเริ่มและรวบรวมความรู้คิด (Mental Operation) หรือเริ่มพัฒนาเซาว์ปัญญา
 2. การบรรลุถึงขั้นเซาว์ปัญญาขั้นหนึ่ง จะเป็นรากฐานสำหรับพัฒนาการทางเซาว์ปัญญาขั้นต่อไป หรือการจะกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า การพัฒนาทางเซาว์ปัญญาเป็นสิ่ง ต่อเนื่องกัน
 3. ระดับขั้นของพัฒนาการทางเซาว์ปัญญาเป็นสิ่งที่ขึ้นไปตามขั้นไม่สับสน เป็นต้นว่า ขั้นแรกต้องมาก่อนขั้นที่ 2 และขั้นที่ 2 ต้องมาก่อนขั้นที่ 3 เป็นต้น
 4. ขั้นพัฒนาการของเซาว์ปัญญา แต่ละขั้นเป็นรากฐานของขั้นต่อไป
- พือาเจต์ถือว่าเด็กทุกคนตั้งแต่เกิดมาพร้อมที่จะปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม และปฏิสัมพันธ์นี้ทำให้เกิดพัฒนาการเซาว์ปัญญา พือาเจต์แบ่งองค์ประกอบที่มีส่วนเสริมสร้างพัฒนาการเซาว์ปัญญา มี 4 องค์ประกอบ คือ

1. วุฒิภาวะ(Maturation) พือาเจต์ กล่าวว่า การเจริญเติบโตด้านสรีรวิทยา โดยเฉพาะเส้นประสาทและต่อมไร้ท่อ มีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาเซาว์ปัญญาหรือจะต้องจัดประสบการณ์หรือสิ่งแวดล้อมให้เหมาะสมกับความพร้อมหรือวัยของเด็ก
2. ประสบการณ์(Experience) ทุกครั้งที่คนเรามีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมก็จะเกิดประสบการณ์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ
 - 2.1 ประสบการณ์ที่เนื่องมาจากปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ (Physical Environment)

2.2 ประสบการณ์เกี่ยวกับการคิดหาเหตุผลและทางคณิตศาสตร์ (Logico – mathematical experience) ซึ่งมีความสำคัญในการแก้ปัญหาต่างๆ โดยเฉพาะทางวิทยาศาสตร์

3. การถ่ายทอดความรู้ทางสังคม(Social Transmission) หมายถึง การที่ พ่อ แม่ ครู และคนที่อยู่รอบตัวเด็กจะถ่ายทอดความรู้ให้เด็ก หรือสอนเด็กที่พร้อมจะรับถ่ายทอดด้วยกระบวนการ ซึมซาบประสบการณ์หรือการปรับโครงสร้างทางปัญญา

4. กระบวนการพัฒนาสมดุล(Equilibration) หรือการควบคุมพฤติกรรมของตนเอง(Self – regulation) ซึ่งอยู่ในตัวของแต่ละบุคคล เพื่อจะปรับความสมดุลของพัฒนาการ เขาว่าปัญญาขั้นต่อไปอีกขั้นหนึ่งซึ่งสูงกว่า โดยใช้กระบวนการการซึมซาบประสบการณ์ และการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา

ปัญหามีอยู่ว่าทำไมจึงเกิดการพัฒนาด้านเขาว่าปัญญา พิวาเจต์กล่าวว่า โดยธรรมชาติแล้วคนเราทุกคนต้องมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมอยู่เสมอ และจะต้องมีการปรับตัวอยู่เรื่อยๆ เช่นนี้เป็นต้นเหตุให้คนเรามีพัฒนาการทางเขาว่าปัญญา และองค์ประกอบ 4 อย่างดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในพัฒนาการทางเขาว่าปัญญา

จากแนวคิดของทฤษฎีพัฒนาการเขาว่าปัญญาของ Piaget ผู้วิจัยได้นำแนวคิดดังกล่าวมาเป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียน โดยที่มีการกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่เป็นรูปธรรม เป็นสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตประจำวัน และสภาพแวดล้อมรอบๆ ตัวของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมองเห็นภาพ สถานการณ์ปัญหาเป็นรูปธรรมและสามารถเข้าใจในสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ นั่นคือการเรียนรู้จากนามธรรมทำให้ผู้เรียนเข้าใจยาก จึงควรให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากรูปธรรมอย่างเพียงพอ จะทำให้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น

2.6 ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

2.6.1 แนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

จากแนวคิดของ Vygotsky นักจิตวิทยาชาวรัสเซีย ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการทางเขาว่าปัญญาในสมัยเดียวกับ Piaget ได้เป็นแนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ Cognitive Constructivism และ Social Constructivism ดังนี้(ทิสนา แคมมณี, 2555)

1) Cognitive Constructivism มีพื้นฐานมาจากแนวคิดของ Piaget แนวคิดของทฤษฎีนี้เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ โดยเป็นผู้สร้างความรู้โดยการลงมือกระทำ Piaget เชื่อว่าถ้าผู้เรียนถูกกระตุ้นด้วยปัญหาที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา(Cognitive conflict) หรือเรียกว่าเกิดการเสียสมดุลทางปัญญา(Disequilibrium) ผู้เรียนต้องปรับโครงสร้างทางปัญญา(Cognitive structuring) ให้เข้าสู่ภาวะสมดุล(Equilibrium) โดยวิธีการดูดซึม(Assimilation) ได้แก่ การรับรู้

ข้อมูลใหม่ จากสิ่งแวดล้อมเข้าไปไว้ในโครงสร้างทางปัญญาและการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) คือการเชื่อมโยงโครงสร้างทางปัญญาเดิมหรือความรู้เดิมที่มีมาก่อนกับข้อมูลข่าวสารใหม่จนกระทั่งผู้เรียนสามารถปรับโครงสร้างทางปัญญาเข้าสู่สภาพสมดุลย์ หรือสามารถที่จะสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมาได้ หรือเกิดการเรียนรู้ขึ้นเอง

2) Social Constructivism เป็นทฤษฎีที่มีรากฐานมาจาก Vygotsky ซึ่งมีแนวคิดที่สำคัญที่ว่า “ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาด้านพุทธิปัญญา” รวมทั้งแนวคิดเกี่ยวกับศักยภาพในการพัฒนาด้านพุทธิปัญญาที่อาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับช่วงของการพัฒนาที่เรียกว่า Zone of Proximal Development ถ้าผู้เรียน อยู่ต่ำกว่า Zone of Proximal Development จำเป็นที่จะต้องได้รับการช่วยเหลือในการเรียนรู้ที่เรียกว่า Scaffolding และ Vygotsky เชื่อว่าผู้เรียนสร้างความรู้โดยผ่านทางปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น ได้แก่ เด็กกับผู้ใหญ่ พ่อ แม่ ครู และเพื่อน ในขณะที่เด็กอยู่ในบริบทของสังคมและวัฒนธรรม

จากแนวคิดดังกล่าวสรุปได้ว่าแนวคิดพื้นฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เกิดจากการที่ผู้เรียนมีการพัฒนาความรู้เป็นลำดับขั้น โดยการที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ ด้วยการลงมือกระทำจากการปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์ รวมทั้งเกิดจากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมนั้นคือวัฒนธรรมที่เกิดจากบริบทของสังคมสร้างขึ้น

2.6.2 ความหมายของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

Krogh (1994 อ้างถึงใน สุมาลี ชัยเจริญ, 2545) ได้กล่าวถึงความหมายของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ว่าเป็นปรัชญาที่เกี่ยวกับพัฒนาการในการสร้างความรู้ สติปัญญา และจริยธรรมขึ้นมาด้วยตัวของเด็กเอง ซึ่งพัฒนาการนั้นเป็นผลมาจากการดูดซึมเข้าสู่โครงสร้าง (Assimilation) และการปรับตัวเข้าสู่โครงสร้าง (Accommodation)

Troutman & Lichtenberg (1987 อ้างถึงใน สุมาลี ชัยเจริญ, 2545) ได้ให้ความหมายของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ไว้ว่า เป็นการค้นหาความรู้ให้กับตนเอง มีการรวบรวมความรู้ใหม่ๆเข้าไปในจิตใต้สำนึกภายในจิตใจ (Schemata) โดยการเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมยอมรับสิ่งใหม่ๆ เข้ามาในสิ่งแวดล้อม พิสูจน์ความเป็นจริงจากสมมติฐานที่ตั้งขึ้นและสรุปเอง โดยสร้างการเชื่อมโยงและเปรียบเทียบบทสรุปของตัวเองกับผู้อื่น เพื่อเป็นพื้นฐานให้เกิดการสร้างความรู้ใหม่

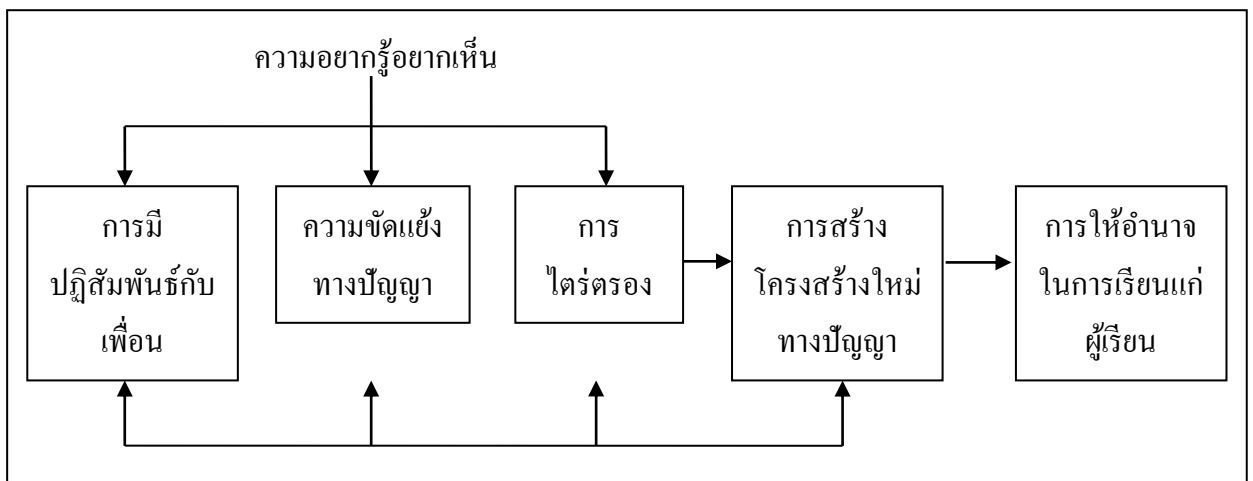
สุมาลี ชัยเจริญ (2545) กล่าวว่าคอนสตรัคติวิสต์ เป็นทฤษฎีที่เน้นในเรื่องการสร้างความรู้ใหม่โดยเชื่อว่าผู้เรียนมีความเดิมอยู่แล้ว การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวผู้เรียน โดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ตนพบเห็นกับความรู้ความเข้าใจเดิมมาก่อน โดยพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับเหตุการณ์และปรากฏการณ์ ที่พบมาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา

จากความหมายดังกล่าวข้างต้นจึงสรุปได้ว่าทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ หมายถึง การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากตัวของผู้เรียนเอง โดยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองซึ่งความรู้ที่นั้นเกิดจากมีสิ่งที่เป็นประสบการณ์ สิ่งแวดล้อม หรือสิ่งที่ก่อให้เกิดความไม่สมดุลทางปัญญา ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการคิดค้นทางปัญญาและการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่จนเกิดการปรับขยายโครงสร้างทางปัญญาและเพื่อนำไปสู่การสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง

2.6.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

ไพจิตร สดวกการ(2539) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์นี้ขึ้น โดยใช้แนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ของ Underhill(1991) ได้กล่าวถึงข้อตกลงเบื้องต้นทาง การเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิสต์ ดังนี้

- 1) ความขัดแย้งทางปัญญา(Cognitive Conflict) และความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity) เป็นกลไกหลักสองประการที่จูงใจให้ผู้เรียนอยากเรียน
- 2) การมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนเป็นองค์ประกอบหลักในการสร้างความขัดแย้งทางปัญญา (Cognitive Conflict)
- 3) ความขัดแย้งทางปัญญาก่อให้เกิดกิจกรรมไตร่ตรอง(Reflective Activity)
- 4) การไตร่ตรองเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งกระตุ้นให้เกิดการสร้าง โครงสร้างใหม่ทางปัญญา(Cognitive Conflict)
- 5) ข้อ 1, 2, 3 และ 4 เป็นวงจร
- 6) วงจรเกิดขึ้นเสมอในประสบการณ์ของผู้เรียน
- 7) วงจรนี้ให้อำนาจแก่ผู้เรียนในการควบคุมการเรียนรู้ของตนเองข้อตกลงข้างต้นดังกล่าว (ไพจิตร สดวกการ, 2539) ได้นำเสนอด้วยแผนภาพ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 2.2 ข้อตกลงเบื้องต้นทางการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

2.6.4 รูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

จากรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ข้างต้นผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการวิจัย 5 ขั้นตอนตามรูปแบบการสอนของกาญจนา ชุมบุญมา(2551) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้ โดยใช้ลำดับการสอน 5 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นขั้นเตรียมความพร้อมและสร้างความสนใจเพื่อให้นักเรียนให้เรียนเกิดความสนใจ ใฝ่เรียนรู้อาจจะใช้เพลง เกม สถานการณ์ต่างๆ การสนทนาซักถาม และ ทบทวนความรู้เดิม เพื่อเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ที่จะเรียนต่อไปพร้อมกับแจ้งวัตถุประสงค์ให้นักเรียนทราบ

2) ขั้นสอน เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะเกิดการพัฒนามโนคติ การจัดกิจกรรมตามหลักการ ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง(Construct) ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับกลุ่ม(Interaction) ผู้เรียนมีบทบาทได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง(Participation) มีขั้นตอนดังนี้

2.1) ขั้นเผชิญสถานการณ์ปัญหาและแก้ปัญหาเป็นรายบุคคล โดยครูเสนอปัญหาที่สัมพันธ์กับบทเรียนและสอดคล้องกับชีวิตประจำวันทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาและแก้ปัญหาเป็นรายบุคคล

2.2) ขั้นไตร่ตรองระดับกลุ่มย่อย แบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่มละ 4-5 คน อภิปรายแนวทางในการแก้ปัญหาของแต่ละคน สมาชิกในกลุ่มร่วมกันตรวจสอบแนวทางของแต่ละคน แลกเปลี่ยนความคิดเห็นในกลุ่มย่อย แล้วร่วมกันเลือกแนวทางในการแก้ปัญหาที่ทุกคนเห็นว่าเหมาะสมและมีความเป็นไปได้มากที่สุด

2.3) ขั้นเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาของกลุ่มย่อยต่อทั้งชั้น ซึ่งตัวแทนในกลุ่มย่อยจะนำเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาต่อทั้งชั้น อภิปรายซักถามแนวทางของกลุ่มที่นำเสนอ ตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผลครูนำเสนอแนวทางที่ผู้เรียนยังไม่นำเสนอรวบรวมวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้องสมเหตุสมผลที่สมาชิกในห้องยอมรับ อภิปรายข้อดี ข้อจำกัดของแต่ละทางเลือก แล้วร่วมกันสรุปแนวทางเลือกทั้งหมดเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

3) ขั้นสรุป เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันสรุปแนวคิดหลักการ ความคิดรวบยอดในเรื่องที่เรียน โดยครูช่วยกันสรุปเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนได้ตรวจสอบความคิดรวบยอดและหลักการที่ถูกต้องชัดเจนยิ่งขึ้น

4) ขั้นฝึกทักษะและนำไปใช้ ในขั้นนี้ผู้เรียนฝึกทักษะจากแบบฝึกทักษะที่ครูสร้างขึ้นหรือแบบฝึกที่ผู้เรียนร่วมกันสร้างสถานการณ์ขึ้นที่หลากหลายหรือคล้ายกับสถานการณ์เดิม

5) ประเมินผล เป็นขั้นประเมินความรู้ของผู้เรียน จากการสังเกตพฤติกรรมจากการทำใบกิจกรรม แบบฝึกทักษะ และจากการทำแบบทดสอบ

2.6.5 บทบาทของผู้สอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์

Brooks, J.G. & Brooks, G. (1995 อ้างถึงในรุ่งฤดี ศิริบุรี, 2551) ได้อธิบายเกี่ยวกับบทบาทการสอนของครูไว้ 12 ประเด็นดังนี้

1) ผู้สอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ จะต้องเป็นผู้ให้กำลังใจและยอมรับความเป็นอิสระและความคิดริเริ่มของผู้เรียน เพราะความเป็นอิสระและความคิดริเริ่มของผู้เรียนเป็นสาเหตุทำให้ผู้เรียนได้มีการเชื่อมโยงแนวคิดต่างๆ การที่ผู้เรียนเกิดคำถามและสามารถตอบคำถามนั้นได้โดยการวิเคราะห์ แสดงว่าผู้เรียนนั้นมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้ของตนเองและสามารถกลายเป็นผู้แก้ปัญหาได้ดีเท่ากับผู้อื่นพบปัญหา

2) ผู้สอนควรใช้ข้อมูลตามธรรมชาติและแหล่งการเรียนรู้ที่แท้จริง ประกอบกับความชำนาญในการสอนตามกรอบทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ นั้นเริ่มต้นด้วยการเรียนรู้จากผลของการค้นคว้าความสัมพันธ์กับปัญหาที่แท้จริง

3) ผู้สอนควรใช้คำพูดที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความคิด เช่น ให้จำแนก(Classify) ให้วิเคราะห์(Analyze) ให้ทำนาย(Predict) และให้สร้างสรรค์(Create) โดยให้ผู้เรียนใช้กิจกรรมทางปัญญา ได้แก่ การวิเคราะห์(Analysis) การแปลความหมาย(Interpretation) การจัดประเภท(Classification) และการทำนาย(Predications) เพื่อเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาต่างๆ

4) ผู้สอนยินยอมให้ผู้เรียนนำเข้าสู่บทเรียน เปลี่ยนกลยุทธ์ในการสอนและการเปลี่ยนแปลงเนื้อหาซึ่งไม่ได้หมายความว่าความสนใจ หรือความไม่สนใจในบทเรียนของผู้เรียนนั้นจะส่งผลให้ประเด็นหลักหรือเนื้อหาตามหลักสูตรจะต้องตัดออกไป แต่หมายความว่าผู้สอนจะนำสิ่งที่ได้จากผู้เรียนในขณะนั้นมาใช้ในการเรียน การที่ผู้เรียนมีความสนใจและมีความกระตือรือร้นเกิดขึ้นนั้นเป็นสิ่งที่มิประโยชน์มากกว่าการเรียนรู้เฉพาะบทเรียน

5) ผู้สอนจะต้องพยายามทำความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียน โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นของตนเองออกมาก่อนการถามความเข้าใจของผู้เรียนจะเป็นการจำกัดความคิดของผู้เรียน ผู้เรียนจะยุติการคิดเพื่อรอคำแนะนำและรอคำตอบที่ถูกต้องของผู้สอน

6) ผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการสนทนาทั้งกับผู้สอนและผู้อื่น แนวทางหนึ่งที่จะเปลี่ยนแปลงหรือเป็นแรงเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดความคิดความเข้าใจมากขึ้น คือการเข้าไปมีส่วนร่วมในการอภิปราย การที่ผู้เรียนได้มีโอกาสในการเสนอความคิดของตนเองได้รับฟัง และได้สะท้อนความคิดของผู้อื่นถือเป็นกระบวนการที่ช่วยให้ผู้เรียนได้สร้างความเข้าใจใหม่หรือสะท้อนความเข้าใจเดิมของที่ตนมีอยู่

7) ผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ถามคำถาม กระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถใช้คำถามที่ซับซ้อนและใช้คำถามปลายเปิด ถือเป็นการทำทนายให้ผู้เรียนได้เสาะแสวงหาไปถึงประเด็นที่ลึกซึ้งและกว้างไกลเพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงหรือการปฏิรูปความเข้าใจของตนเอง

8) ผู้สอนจะกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีการตอบสนองเมื่อผู้เรียนได้มีการเริ่มต้นในการตอบสนอง และมีการตอบสนองบ่อยขึ้น ผู้เรียนจะได้มีโอกาสตรวจสอบและประเมินความเข้าใจและความผิดพลาดของตนเอง เป็นกระบวนการที่นำผู้เรียนไปสู่การสร้างความเข้าใจในประเด็นปัญหาและความคิดของตนเอง

9) ผู้สอนจะกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีการโต้แย้ง หรือปฏิเสธ สมมติฐานที่ตั้งขึ้น และกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายโต้แย้งส่งผลให้ผู้เรียนได้มีพัฒนาการทางปัญญา

10) ผู้สอนจะต้องให้เวลาเพื่อหาคำตอบหลังจากได้ถามคำถาม ในสภาพห้องเรียนนั้นผู้เรียนบางส่วนที่ไม่ได้เตรียมตัวพร้อมสำหรับคำถาม หรือตอบสนองต่อสิ่งที่มากระตุ้นในทันที ผู้เรียนส่วนนี้จำเป็นต้องอาศัยเวลา การที่ผู้สอนต้องการคำตอบหรือการตอบสนองผู้เรียนส่วนนี้ทันที จะกลายเป็นการยับยั้งความคิดของผู้เรียนและเป็นการบีบบังคับให้ผู้เรียนกลายเป็นผู้ดูแลเหตุการณ์

11) ผู้สอนควรให้เวลาสำหรับผู้เรียนในการสร้างความสัมพันธ์และการสร้างสรรค์การเปรียบเทียบผู้สอนควรจัดเตรียมกิจกรรมสำหรับชั้นเรียนและจัดเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนได้สร้างรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างแนวความคิดต่างๆ ด้วยตนเอง

12) ครูต้องตอบสนองความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียนบทบาทครูในการจัดการเรียนการสอนแบบคอนสตรัคติวิสต์ เปรียบเสมือนผู้จัดการสถานการณ์ให้นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ที่สัมพันธ์กับเนื้อหาของบทเรียนมีการแก้ปัญหาหารายบุคคลแล้วนำมาไตร่ตรองระดับกลุ่มย่อยโดยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาตนเองในกลุ่มหรือชั้นเรียนทำให้นักเรียนได้นำความรู้เดิมมาใช้สร้างองค์ความรู้ใหม่ ซึ่งครูผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นนักเรียนคิดเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ คอยช่วยเหลือชี้แนะและช่วยตรวจสอบความถูกต้องเพื่อให้นักเรียนสร้างแบบความสัมพันธ์ให้เป็นองค์ความรู้ของตนเอง

ผู้วิจัยได้อาศัยแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้แนวคิดในการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากตัวของผู้เรียนเองโดยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองซึ่งความรู้นั้นเกิดจากมีสิ่งที่เป็นประสบการณ์ สิ่งแวดล้อม หรือสิ่งทีก่อให้เกิดความไม่สมดุลทางปัญญา ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการคิดซึมทางปัญญาและการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่จนเกิดการปรับขยายโครงสร้างทางปัญญาและเพื่อนำไปสู่การสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง

2.7 การเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์

2.7.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์

การเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์หรือการเรียนรู้จากการได้ลงมือปฏิบัติจริง โดยผู้เรียนที่มีโอกาสได้รับประสบการณ์แล้วได้รับการกระตุ้นให้สะท้อนสิ่งต่างๆ ที่ได้จากประสบการณ์ออกมา เพื่อพัฒนาทักษะใหม่ๆ หรือวิธีคิดใหม่ๆ ซึ่งได้รวบรวมความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์ไว้ดังนี้

Kolb (1984 อ้างถึงใน สวัสดิ์ ภูทอง, 2547, น. 44) เป็นนักจิตวิทยาการศึกษาที่เริ่มใช้คำว่า Experiential Learning ซึ่งต่อมาเป็นที่ยอมรับและนำมาใช้ในการศึกษาเรียกว่า Kolb Learning เป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์ ซึ่งแตกต่างจากการเรียนการสอนแบบเดิมที่ครูเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ และครูเป็นผู้กำหนดและถ่ายทอดเนื้อหาความรู้ให้แก่ผู้เรียน ซึ่ง Kolb ได้ให้ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์ไว้สรุปได้ว่า เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่นำประสบการณ์มาจัดเป็นระบบเพื่อสร้างเป็นองค์ความรู้

Dewey (1938 อ้างถึงใน สวัสดิ์ ภูทอง, 2547, น. 44) ได้กล่าวถึงความหมายของการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์ว่า เป็นวงจรของการลงมือทำการเรียนรู้ที่เกิดจากการกระทำจริง ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่หรือผู้เรียนปรับเปลี่ยนตนเองในการปฏิบัติตามบทบาทใหม่

อำไพ ใจแก้ว (2548, น. 41) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์หรือการเรียนรู้จากการได้ลงมือปฏิบัติจริง โดยผู้เรียนได้มีโอกาสรับประสบการณ์ที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในเรื่องที่เรียนรู้อีก่อน แล้วได้รับการกระตุ้นหรือให้ผู้เรียนย้อนไปสังเกตทบทวนสิ่งที่เกิดขึ้นให้สะท้อนสิ่งต่างๆ ที่ได้จากประสบการณ์ออกมาเพื่อพัฒนาทักษะ เจตคติ หรือวิธีการคิดเพื่อสามารถประยุกต์ใช้ได้ สถานการณ์ใหม่ๆต่อไป

ศิริพร ครุเสนีย์(2552, น. 13) ได้สรุปว่าการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์ หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มีการจัดประสบการณ์ให้กับผู้เรียน โดยตรง เพื่อให้ผู้เรียนสะท้อนสิ่งที่ได้รับจนเกิดความเข้าใจจนนำไปสู่ความคิดรวบยอดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

ทิสนา แคมมณี(2553, น. 131) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์ว่าเป็นการดำเนินการอันจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในเรื่องที่เรียนรู้อีกก่อน และให้ผู้เรียนสังเกตทบทวนสิ่งที่เกิดขึ้น และนำสิ่งที่เกิดขึ้นมาพิจารณาไตร่ตรองร่วมกันจนกระทั่งผู้เรียนสามารถสร้างความคิดรวบยอดหรือสมมติฐานต่างๆ ในเรื่องที่เรียนรู้อีกแล้วจึงนำความคิดหรือสมมติฐานเหล่านั้นไปทดลองหรือประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ต่อไป

จากความหมายที่นักการศึกษาได้ให้ไว้ดังกล่าว สรุปได้ว่า การเรียนรู้ที่มีการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ประสบการณ์ที่หลากหลายจากการได้สัมผัสลงมือปฏิบัติตามกิจกรรมที่กำหนดให้จน

ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ สามารถสรุปเป็นความคิดรวบยอดและนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาเกี่ยวกับประสบการณ์ใหม่ได้ซึ่งคาดว่าสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการแก้ปัญหา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนที่ดีขึ้น

2.7.2 หลักการของการจัดการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์

แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์โดยใช้วิธีสอนที่เน้นการเรียนรู้จากการกระทำ(Learning by Doing) ซึ่งเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มีความเชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากการกระทำจริง ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่โดยเริ่มจากการรับรู้ปัญหา คิดหาแนวทางแก้ไขลงมือปฏิบัติจนเกิดประสบการณ์จากการปฏิบัติ ผู้เรียนจะเป็นผู้สร้างความรู้ของตนเอง เกิดการปรับเปลี่ยนความรู้เดิมให้เป็นความรู้ใหม่ ซึ่งจะเป็นความรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในชีวิตประจำวัน ทำให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการคิดและการกระทำจนก่อให้เกิดการเรียนรู้วิธีการเรียนรู้จากประสบการณ์ โดยมีความคิดหลักสำคัญ 4 ประการ ดังนี้

1. เป็นการเรียนรู้ที่อาศัยประสบการณ์ของผู้เรียน
2. เป็นการเรียนรู้ด้วยการกระทำจนทำให้เกิดความรู้ใหม่
3. ปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนทำให้เกิดการขยายตัวเครือข่ายความรู้อย่างกว้างขวาง
4. มีการสื่อสารด้วยการพูดหรือการเขียนเพื่อสังเคราะห์ความรู้

นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์มีองค์ประกอบ 4 ประการ ดังนี้

1. ประสบการณ์(Experience) โดยครูเป็นผู้ช่วยให้ผู้เรียนนำประสบการณ์เดิมของตนมาพัฒนาองค์ความรู้
2. การสะท้อนความคิดและอภิปราย (Reflection and Discussion) โดยครูช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแสดงออกเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและเกิดการเรียนรู้ซึ่งกันและกันอย่างลึกซึ้ง
3. ความเข้าใจและความคิดรวบยอด(Understanding and Conceptualization) ผู้เรียนมีความเข้าใจและนำไปสู่การเกิดความคิดรวบยอด โดยผู้เรียนเป็นฝ่ายริเริ่มแล้วครูช่วยเติมเต็มให้สมบูรณ์หรือครูเป็นผู้นำทาง และผู้เรียนเป็นผู้สานต่อจนเกิดความคิดนั้นสมบูรณ์ เป็นความคิดรวบยอด
4. การทดลองหรือประยุกต์แนวคิด(Experiment or Application) ผู้เรียนได้นำเอาการเรียนรู้ใหม่ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆ จนเกิดเป็นแนวทางปฏิบัติของนักเรียนเองความสำคัญขององค์ประกอบทั้ง 4 ประการจะเป็นไปอย่างพลวัตโดยอาจเริ่มต้นจากจุดใดจุดหนึ่งและเคลื่อนย้ายไปมาระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ดังนั้น ในการสอนสามารถเริ่มที่จุดใดก่อนก็ได้ที่สำคัญคือ ต้องจัดกระบวนการให้ครบทุกองค์ประกอบ

ศิริพร ครุเสนีย์(2552, น. 13) ได้สรุปว่า การจัดการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์มีหลักการโดยสรุปคือ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจนเกิดประสบการณ์ที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจที่ชัดเจน อันส่งผลไปสู่การคิดหรือการกระทำใหม่ๆต่อไป

ทิสนา แคมมณี(2553, น. 131) ได้ให้ความหมายของหลักการจัดการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์ไว้ว่า ประสบการณ์เป็นแหล่งที่มาของการเรียนรู้และเป็นพื้นฐานสำคัญของการเกิดความคิด ความรู้และการกระทำต่างๆ โคลป์ได้เสนอวัฏจักรของการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นการรับประสบการณ์ ขั้นการสังเกตอย่างไตร่ตรอง ขั้นการสร้างแนวคิดสร้างแนวคิดเชิงนามธรรม และขั้นการทดลองประยุกต์หลักการไปใช้สภาพการณ์ใหม่

จากหลักการของการจัดการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์ สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์มีหลักการโดยสรุปคือ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจนเกิดประสบการณ์ที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจที่ชัดเจน อันส่งผลไปสู่การคิดหรือการกระทำใหม่ๆ เกิดการปรับเปลี่ยนความรู้เดิมให้เป็นความรู้ใหม่ ซึ่งจะเป็นความรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในชีวิตประจำวัน

2.7.3 ความสำคัญและความจำเป็นของการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์

สวัสดิ์ ภูทอง(2547, น. 44) ได้กล่าวไว้ถึงบทบาทของผู้เรียนในกระบวนการเรียนรู้นั้นว่า ผู้เรียนสามารถเลือกวิธีการเรียนรู้และต้องให้เรียนรู้จากประสบการณ์ ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีเมื่อได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างแท้จริงในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้ตลอดจนมีส่วนร่วมในการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้

อำไพ ใจแก้ว(2548, น. 41) ได้สรุปว่า การเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์เป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมายสำหรับผู้เรียนอย่างแท้จริง เพราะเป็นการผสมผสานความรู้เดิมกับประสบการณ์ในรูปแบบใหม่ซึ่งจะแตกต่างกันออกไปจากเดิม เน้นการวัดความสามารถในภาคปฏิบัติของการเรียน และใช้เทคนิคในการเรียนแบบเน้นประสบการณ์ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะใหม่ให้แก่ผู้เรียน

ศิริพร ครุเสนีย์(2552, น. 13) ได้สรุปว่า การเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์เป็นการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติและเน้นให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง โดยให้มีส่วนร่วมอย่างแท้จริง ซึ่งช่วยให้สามารถเรียนรู้ได้ดี การเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์จึงเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียนและทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมได้ง่ายที่สุด

ความสำคัญและความจำเป็นของการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์ เป็นการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติและเน้นให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง โดยให้มีส่วนร่วมอย่างแท้จริง ซึ่งช่วยให้สามารถเรียนรู้ได้ดี การเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์จึงเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียนและทำให้

ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมได้ง่าย ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ดีเมื่อได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ อย่างแท้จริงในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้ตลอดจนมีส่วนร่วมในการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้

2.7.4 รูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นประสบการณ์

ประสบการณ์เป็นแหล่งที่มาของการเรียนรู้และเป็นพื้นฐานสำคัญของการเกิดความคิด ความรู้ และการกระทำต่างๆ Kolb(1984, p. 135) ได้เสนอวัฏจักรของกระบวนการการเรียนรู้จาก ประสบการณ์ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 การรับประสบการณ์จากสิ่งที่เป็นรูปธรรม(Concrete Experiential : CE) เป็นขั้นที่ ผู้สอนจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนและให้ผู้เรียนมีประสบการณ์เองโดยตรงโดยประสบการณ์ที่จัด ต้องมีลักษณะเป็นรูปธรรม

ขั้นที่ 2 การสังเกตอย่างไตร่ตรอง(Reflective Observation : RO) เป็นขั้นที่ผู้เรียนสะท้อนสิ่ง ที่ได้รับประสบการณ์ แสดงออก แลกเปลี่ยนความคิดเห็น

ขั้นที่ 3 การสร้างแนวคิดเชิงนามธรรม และสรุปเป็นหลักการ(Abstract Conceptualization : AC) เป็นขั้นที่ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและนำไปสู่ความคิดรวบยอด

ขั้นที่ 4 การทดลองประยุกต์หลักการนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่(Active Experimentation : AE) เป็นขั้นที่ผู้สอนส่งเสริมให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ทำให้ผู้เรียนได้ทักษะ การคิด ประยุกต์ใช้ โดยผู้เรียนนำการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นใหม่ไปใช้ในลักษณะและสถานการณ์อื่นๆ จนเกิดเป็นแนวทางปฏิบัติของผู้เรียน

จากขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน พบว่าในแต่ละขั้นตอนจะแสดงถึงลักษณะของการจัดการ เรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์โดยมีตัวบ่งชี้ คือ

1. ผู้สอนมีการจัดประสบการณ์เรียนการรู้(Learning Experience) ที่เป็นรูปธรรมในเรื่องที่ เรียน โดยให้ผู้เรียนลงไปประสบด้วยตนเอง
2. ผู้เรียนมีการสะท้อนความคิด(Reflect) และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับสิ่งที่ได้ประสบมา หรือเกิดขึ้นในสถานการณ์เรียนรู้นั้น
3. ผู้เรียนมีการสร้างความคิดรวบยอด/หลักการ/สมมติฐานจากประสบการณ์ที่ได้รับ
4. ผู้เรียนมีการนำความคิดรวบยอด/หลักการ/สมมติฐานต่างๆที่สร้างขึ้นไปทดลองหรือ ประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ๆ
5. ผู้สอนติดตามผลและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนผลการทดลอง/การประยุกต์ใช้ ความรู้ เพื่อขยายขอบเขตของการเรียนรู้ หรือปรับเปลี่ยนความคิด/หลักการ/สมมติฐานต่างๆ ตาม ความเหมาะสม

6. ผู้สอนได้วัดและประเมินผล โดยใช้การประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง ของผู้เรียน ประกอบกับการประเมินผลของผู้สอนด้วย

นอกจากนี้ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษากระทรวงศึกษาธิการ (2550, น. 57) ได้จัดลำดับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์ไว้ดังนี้

1. ขั้นจัดประสบการณ์(Experiencing) เป็นขั้นลงมือทำกิจกรรมจากสภาพจริงเช่น การเก็บข้อมูลราคาสินค้าในตลาด แหล่งเรียนรู้ การสัมภาษณ์หรือการปฏิบัติการต่างๆ

2. ขั้นการนำเสนอและแลกเปลี่ยนประสบการณ์(Publishing) เป็นขั้นของการพูดการเขียน เช่น การนำข้อมูลที่ได้จากขั้นประสบการณ์มานำเสนอ ซึ่งอาจทำได้ทั้งการพูดและการเขียนลงในแผนภูมิหรือตาราง พร้อมนำเสนอด้วยปากเปล่า

3. ขั้นอภิปรายผล(Discussing) เป็นขั้นอภิปรายซักถามเพื่อความเข้าใจที่แจ่มชัดและเพื่อให้ได้แนวคิดต่อการประยุกต์ใช้ขั้นนี้ ทั้งผู้สอนและผู้เรียนอาจร่วมกันในการตั้งคำถามเพื่อการอภิปรายร่วมกัน

4. ขั้นสรุปพาดพิง(Generalizing) เป็นขั้นของการสรุปผลการเรียนรู้จากกระบวนการทั้ง 3 ขั้นข้างต้น โดยสรุปพาดพิงสู่หลักการสู่มุมมองหรือแบบแผนที่กว้างขวางขึ้นอาจร่วมกันสรุปหรือการลงมือกระทำ

5. ขั้นประยุกต์ใช้(Applying) เป็นขั้นการนำสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งอาจจัดทำเป็นลักษณะ โครงการ การทดลอง การแก้ปัญหาหรือการค้นคว้าวิจัยต่อไปซึ่งถือเป็นการลงมือกระทำ/ปฏิบัติเป็นวงจรต่อไป

จากรูปแบบการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์ดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็นการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติและเน้นให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง โดยให้มีส่วนร่วมอย่างแท้จริง ซึ่งช่วยให้สามารถเรียนรู้ได้ดี การเรียนรู้แบบเน้นประสบการณ์จึงเป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียนและทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมได้ง่าย ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นการรับประสบการณ์จากสิ่งที่เป็น 2) ขั้นการสังเกตอย่างไตร่ตรอง 3) ขั้นการสร้างแนวคิดเชิงนามธรรม และสรุปเป็นหลักการ 4) ขั้นการทดลองประยุกต์หลักการนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

2.8 การเรียนรู้แบบร่วมมือ

การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือนับว่าเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยใช้กระบวนการกลุ่มให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทำงานร่วมกันเพื่อผลประโยชน์และเกิดความสำเร็จร่วมกันของกลุ่ม ซึ่งการเรียนแบบร่วมมือมิใช่เป็นเพียงจัดให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่ม เช่น ทำรายงาน ทำกิจกรรมประดิษฐ์หรือสร้างชิ้นงาน อภิปราย ตลอดจนปฏิบัติการทดลองแล้ว ผู้สอนทำหน้าที่สรุปความรู้ด้วยตนเองเท่านั้น แต่ผู้สอนจะต้องพยายามใช้กลยุทธ์ให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการประมวลสิ่งที่มาจากการทำกิจกรรมต่างๆ จัดระบบความรู้สรุปเป็นองค์ความรู้ด้วยตนเองเป็นหลักการสำคัญ(พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544, น. 15) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือผู้สอนจะต้องเลือกเทคนิคการจัดการเรียนที่เหมาะสมกับผู้เรียน และผู้เรียนจะต้องมีความพร้อมที่จะร่วมกันทำกิจกรรม รับผิดชอบงานของกลุ่มร่วมกัน โดยที่กลุ่มจะประสบความสำเร็จได้ เมื่อสมาชิกทุกคนได้เรียนรู้บรรลุตามจุดมุ่งหมายเดียวกัน นั่นคือการเรียนเป็นกลุ่มหรือเป็นทีมอย่างมีประสิทธิภาพนั่นเอง

2.8.1 ความหมายของการเรียนรู้แบบร่วมมือ

สำหรับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือได้มีนักวิชาการให้ความหมายไว้หลายท่าน ดังนี้ อากรณี ใจเที่ยง(2550, น. 121) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือหรือแบบมีส่วนร่วม หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถต่างกัน ได้ร่วมมือกันทำงานกลุ่มด้วยความตั้งใจและเต็มใจรับผิดชอบในบทบาทหน้าที่ในกลุ่มของตน ทำให้งานของกลุ่มดำเนินไปสู่เป้าหมายของงานได้

Slavin(1987, pp. 7-13) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบร่วมมือว่า หมายถึงวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเล็ก ๆ โดยทั่วไปมีสมาชิกกลุ่มละ 4 คน สมาชิกกลุ่มมีความสามารถในการเรียนต่างกัน สมาชิกในกลุ่มจะรับผิดชอบในสิ่งที่ได้รับการสอน และช่วยเพื่อนสมาชิกให้เกิดการเรียนรู้ด้วย มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน โดยมีเป้าหมายในการทำงานร่วมกัน คือ เป้าหมายของกลุ่ม

ไสว พักขาว(2544, น. 193) กล่าวถึงการเรียนรู้แบบร่วมมือไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนการสอนที่แบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่มเล็ก ๆ สมาชิกในกลุ่มมีความสามารถแตกต่างกัน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น มีการช่วยเหลือสนับสนุนซึ่งกันและกัน และมีความรับผิดชอบร่วมกันทั้งในส่วนตนและส่วนรวม เพื่อให้กลุ่มได้รับความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนด

จากความหมายของการเรียนรู้แบบร่วมมือข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือหมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่ผู้สอนจัดให้ผู้เรียนแบ่งเป็นกลุ่มเล็กๆ ประมาณ 4-6 คน เพื่อให้

ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการทำงานร่วมกัน ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และร่วมกันรับผิดชอบงานในกลุ่มที่ได้รับมอบหมาย เพื่อให้เกิดเป็นความสำเร็จของกลุ่ม

2.8.2 วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้แบบร่วมมือ

สำหรับวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ อารณีย์ ใจเที่ยง(2550, น. 121) ได้กล่าวไว้ดังนี้

1. เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และฝึกทักษะกระบวนการกลุ่มได้ฝึกบทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบในการทำงานกลุ่ม
2. เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดค้นคว้า ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทักษะการคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา การตัดสินใจ การตั้งคำถาม ตอบคำถาม การใช้ภาษาการพูด ฯลฯ
3. เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะทางสังคม การอยู่ร่วมกับผู้อื่น การมีน้ำใจช่วยเหลือผู้อื่น การเสียสละ การยอมรับกันและกัน การไว้วางใจ การเป็นผู้นำ ผู้ตาม ฯลฯ

2.8.3 ลักษณะของการเรียนรู้แบบร่วมมือ

อารณีย์ ใจเที่ยง(2550, น. 121) ได้กล่าวถึง การจัดกิจกรรมแบบร่วมมือแรงร่วมใจว่ามีลักษณะดังนี้

1. มีการทำงานกลุ่มร่วมกัน มีปฏิสัมพันธ์ภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม
2. สมาชิกในกลุ่มมีจำนวนไม่ควรเกิน 6 คน
3. สมาชิกในกลุ่มมีความสามารถแตกต่างกันเพื่อช่วยเหลือกัน
4. สมาชิกในกลุ่มต่างมีบทบาทรับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย เช่น
 - 4.1 เป็นผู้นำกลุ่ม(Leader)
 - 4.2 เป็นผู้อธิบาย(Explainer)
 - 4.3 เป็นผู้จดบันทึก(Recorder)
 - 4.4 เป็นผู้ตรวจสอบ(Checker)
 - 4.5 เป็นผู้สังเกตการณ์(Observer)
 - 4.6 เป็นผู้ให้กำลังใจ(Encourager) ฯลฯ

สมาชิกในกลุ่มมีความรับผิดชอบร่วมกันยึดหลักว่า“ความสำเร็จของแต่ละคน คือ ความสำเร็จของกลุ่ม ความสำเร็จของกลุ่ม คือ ความสำเร็จของทุกคน”

2.8.4 องค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้แบบร่วมมือ

นักวิชาการหลายท่านได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการเรียนรู้แบบร่วมมือ ไว้ดังนี้

จอห์นสัน และจอห์นสัน(Johnson and Johnson, 1987, pp. 13-14) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่สำคัญของการเรียนรู้แบบร่วมมือ ไว้ดังนี้

1. ความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันในทางบวก(Positive Interdependence) หมายถึง การที่สมาชิกในกลุ่มทำงานอย่างมีเป้าหมายร่วมกัน มีการทำงานร่วมกัน โดยที่สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วมในการทำงานนั้น มีการแบ่งปันวัสดุ อุปกรณ์ ข้อมูลต่างๆ ในการทำงาน ทุกคนมีบทบาท หน้าที่และประสบความสำเร็จร่วมกัน สมาชิกในกลุ่มจะมีความรู้สึกที่ว่าตนประสบความสำเร็จได้ก็ต่อเมื่อสมาชิกทุกคนในกลุ่มประสบความสำเร็จด้วย สมาชิกทุกคนจะได้รับผลประโยชน์ หรือรางวัลผลงานกลุ่มโดยเท่าเทียมกัน เช่น ถ้าสมาชิกทุกคนช่วยกัน ทำให้กลุ่มได้คะแนน 90% แล้วสมาชิกแต่ละคนจะได้คะแนนพิเศษเพิ่มอีก 5 คะแนน เป็นรางวัล เป็นต้น

2. การมีปฏิสัมพันธ์ที่ส่งเสริมซึ่งกันและกัน(Face To Face Promotive Interaction) เป็นการติดต่อสัมพันธ์กัน แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน การอธิบายความรู้ให้แก่เพื่อน ในกลุ่มฟังเป็นลักษณะสำคัญของการติดต่อปฏิสัมพันธ์โดยตรงของการเรียนแบบร่วมมือ ดังนั้น จึงควรมีการแลกเปลี่ยน ให้ข้อมูลย้อนกลับ เปิดโอกาสให้สมาชิกเสนอแนวความคิดใหม่ๆ เพื่อเลือกในสิ่งที่เหมาะสมที่สุด

3. ความรับผิดชอบของสมาชิกแต่ละคน(Individual Accountability) ความรับผิดชอบของสมาชิกแต่ละบุคคล เป็นความรับผิดชอบในการเรียนรู้ของสมาชิกแต่ละบุคคล โดยมีการช่วยเหลือส่งเสริมซึ่งกันและกัน เพื่อให้เกิดความสำเร็จตามเป้าหมายกลุ่ม โดยที่สมาชิกทุกคนในกลุ่มมีความมั่นใจ และพร้อมที่จะได้รับการทดสอบเป็นรายบุคคล

4. การใช้ทักษะระหว่างบุคคลและทักษะการทำงานกลุ่มย่อย(Interdependence and Small Group Skills) ทักษะระหว่างบุคคล และทักษะการทำงานกลุ่มย่อย นักเรียนควรได้รับการฝึกฝนทักษะเหล่านี้เสียก่อน เพราะเป็นทักษะสำคัญที่จะช่วยให้การทำงานกลุ่มประสบผลสำเร็จนักเรียนควรได้รับการฝึกทักษะในการสื่อสาร การเป็นผู้นำ การไว้วางใจผู้อื่น การตัดสินใจ การแก้ปัญหา ครูควรจัดสถานการณ์ที่จะส่งเสริมให้นักเรียนสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และในปี ค.ศ. 1991 จอห์นสัน และ จอห์นสัน ได้เพิ่มองค์ประกอบการเรียนรู้แบบร่วมมือขึ้นอีก 1 องค์ประกอบ

5. กระบวนการกลุ่ม(Group Process) เป็นกระบวนการทำงานที่มีขั้นตอนหรือวิธีการที่จะช่วยให้การดำเนินงานกลุ่มเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ นั่นคือ สมาชิกทุกคนต้องทำความเข้าใจในเป้าหมายการทำงาน วางแผนปฏิบัติงานร่วมกัน ดำเนินงานตามแผนตลอดจนประเมินผลและปรับปรุงงาน

องค์ประกอบของการเรียนรู้แบบร่วมมือทั้ง 5 องค์ประกอบนี้ ต่างมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ในอันที่จะช่วยให้การเรียนแบบร่วมมือดำเนินไปด้วยดี และบรรลุตามเป้าหมายที่กลุ่มกำหนด โดยเฉพาะทักษะทางสังคม ทักษะการทำงานกลุ่มย่อย และกระบวนการกลุ่มซึ่งจำเป็นที่

จะต้องได้รับการฝึกฝน ทั้งนี้เพื่อให้สมาชิกกลุ่มเกิดความรู้ ความเข้าใจและสามารถนำทักษะเหล่านี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างเต็มที่

อากรณ ใจเที่ยง(2550, น. 122) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือไว้ว่า ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบในการให้ผู้เรียนทำงานกลุ่ม ดังข้อต่อไปนี้

1. มีการพึ่งพาอาศัยกัน(Positive Interdependence) หมายถึง สมาชิกในกลุ่มมีเป้าหมายร่วมกัน มีส่วนรับความสำเร็จร่วมกัน ใช้วัสดุอุปกรณ์ร่วมกัน มีบทบาทหน้าที่ที่ทุกคนทั่วกัน ทุกคนมีความรู้สึกร่วมกันจะสำเร็จได้ต้องช่วยเหลือซึ่งกันและกัน

2. มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดในเชิงสร้างสรรค์ (Face to Face Primitive Interaction) หมายถึง สมาชิกกลุ่มได้ทำกิจกรรมอย่างใกล้ชิด เช่น แลกเปลี่ยนความคิดเห็น อธิบายความรู้แก่กัน ถามคำถาม ตอบคำถามกันและกัน ด้วยความรู้สึกที่ดีต่อกัน

3. มีการตรวจสอบความรับผิดชอบของสมาชิกแต่ละคน (Individual Accountability) เป็นหน้าที่ของผู้สอนที่จะต้องตรวจสอบว่า สมาชิกทุกคนมีความรับผิดชอบต่องานกลุ่มหรือไม่มากนักเพียงใด เช่น การสุ่มถามสมาชิกในกลุ่ม สังเกตและบันทึกการทำงานกลุ่ม ให้ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ตนเรียนรู้ให้เพื่อนฟัง ทดสอบรายบุคคล เป็นต้น

4. มีการฝึกทักษะการช่วยเหลือกันทำงานและทักษะการทำงานกลุ่มย่อย (Interdependence and Small Groups Skills) ผู้เรียนควรได้ฝึกทักษะที่จะช่วยให้งานกลุ่มประสบความสำเร็จ เช่น ทักษะการสื่อสาร การยอมรับและช่วยเหลือกัน การวิจารณ์ความคิดเห็น โดยไม่วิจารณ์บุคคล การแก้ปัญหาความขัดแย้ง การให้ความช่วยเหลือ และการเอาใจใส่ต่อทุกคนอย่างเท่าเทียมกัน การทำความรู้จักและไว้วางใจผู้อื่น เป็นต้น

5. มีการฝึกกระบวนการกลุ่ม (Group Process) สมาชิกต้องรับผิดชอบต่อการทำงานของ กลุ่ม ต้องสามารถประเมินการทำงานของ กลุ่มได้ว่า ประสพผลสำเร็จมากน้อยเพียงใดเพราะเหตุใด ต้องแก้ไขปัญหาที่ใด และอย่างไร เพื่อให้การทำงานกลุ่มมีประสิทธิภาพดีกว่าเดิมเป็นการฝึกกระบวนการกลุ่มอย่างเป็นกระบวนการ

จากองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้แบบร่วมมือ จึงสรุปได้ว่า การเรียนรู้แบบร่วมมือ นั้นมีองค์ประกอบ 5 ประการด้วยกัน คือ

1. มีการพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน โดยสมาชิกแต่ละคนมีเป้าหมายในการทำงานกลุ่มร่วมกัน ซึ่งจะต้องพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกันเพื่อความสำเร็จของการทำงานกลุ่ม

2. มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดในเชิงสร้างสรรค์ เป็นการให้สมาชิกได้ร่วมกันทำงานกลุ่มกันอย่างใกล้ชิด โดยการเสนอและแสดงความคิดเห็นกันของสมาชิกภายในกลุ่ม ด้วยความรู้สึกที่ดีต่อกัน

3. มีความรับผิดชอบของสมาชิกแต่ละคน หมายความว่า สมาชิกภายในกลุ่มแต่ละคน จะต้องมีความรับผิดชอบในการทำงาน โดยที่สมาชิกทุกคนในกลุ่มมีความมั่นใจ และพร้อมที่จะได้รับการทดสอบเป็นรายบุคคล

4. มีการใช้ทักษะกระบวนการกลุ่มย่อย ทักษะระหว่างบุคคล และทักษะการทำงานกลุ่มย่อย นักเรียนควรได้รับการฝึกฝนทักษะเหล่านี้เสียก่อน เพราะเป็นทักษะสำคัญที่จะช่วยให้การทำงานกลุ่มประสบผลสำเร็จ เพื่อให้นักเรียนจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. มีการใช้กระบวนการกลุ่ม ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานที่มีขั้นตอนหรือ วิธีการที่จะช่วยให้การดำเนินงานกลุ่มเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในการวางแผนปฏิบัติงานและเป้าหมายในการทำงานร่วมกัน โดยจะต้องดำเนินงานตามแผนตลอดจนประเมินผลและปรับปรุงงาน

2.9 การบูรณาการภูมิปัญญาท้องถิ่น

2.9.1 ความหมายของภูมิปัญญาท้องถิ่น

ภูมิปัญญาไทย(Thai Wisdom) หมายถึง ความสามารถ ทักษะ และเทคนิคอันเกิดจากการสะสมองค์ความรู้มวลรวมทุกด้านที่ผ่านกระบวนการสืบทอด ปรับปรุงพัฒนาและเลือกสรรมาแล้วเป็นอย่างดีในการสร้างผลงาน แก้ปัญหา และพัฒนาวิถีชีวิตของคนไทยได้อย่างเหมาะสมกับยุคสมัย (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2541 อ้างถึงใน นิพากรณ์ คงบางพระ, 2542)

วันเพ็ญ พวงพันธ์บุตร(2542) ภูมิปัญญาไทย หมายถึง องค์ความรู้ทั้งหลายที่มีการสั่งสม และถ่ายทอดสืบทอดกันมาของชาติไทย โดยการคิดค้นปรับเปลี่ยนผสมผสานกับความรู้ใหม่และพัฒนาให้เหมาะสมกับสังคม เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต ความเป็นเอกลักษณ์ของตนเอง

ภูมิปัญญาท้องถิ่น(Local Wisdom) หรือภูมิปัญญาชาวบ้าน หมายถึง พื้นเพรากฐานของความรู้ชาวบ้าน ความเหมือนกันของภูมิปัญญาไทยและภูมิปัญญาท้องถิ่น คือ เป็นองค์ความรู้และเทคนิคที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจซึ่งได้รับการถ่ายทอดและเชื่อมโยงมาอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ความต่างกันของภูมิปัญญาไทยและภูมิปัญญาท้องถิ่น คือภูมิปัญญาไทย เป็นองค์ความรู้และความสามารถโดยส่วนรวมเป็นที่ยอมรับในระดับชาติ ส่วนภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นองค์ความรู้และความสามารถระดับท้องถิ่นซึ่งมีขอบเขตจำกัดในแต่ละท้องถิ่น อย่างไรก็ตามภูมิปัญญาไทยและภูมิปัญญาท้องถิ่น ย่อมมีความสัมพันธ์กันเพราะภูมิปัญญาท้องถิ่นนั้นถือว่าเป็นรากฐานหลักแห่งภูมิปัญญาไทย โดยเกิดจากการสืบทอดถ่ายทอดองค์ความรู้ที่มีอยู่เดิมในชุมชนท้องถิ่นต่างๆ แล้วพัฒนาเลือกสรรปรับปรุงองค์ความรู้เหล่านั้นจนเกิดทักษะและความชำนาญที่สามารถแก้ปัญหา และพัฒนาชีวิตได้อย่างเหมาะสมกับยุคสมัย แล้วเกิดองค์ความรู้ใหม่ ๆ ที่จะสืบทอดพัฒนาอย่างไม่หยุดยั้ง

สรุปได้ว่า ภูมิปัญญาไทย หมายถึง องค์ความรู้ ความสามารถและทักษะของคนไทยอันเกิดจากการสั่งสมประสบการณ์ที่ผ่านกระบวนการเรียนรู้ เลือกสรร ประยุกต์ พัฒนา และถ่ายทอดสืบต่อกันมา เพื่อใช้แก้ปัญหาและพัฒนาวิถีชีวิตของคนไทยให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและเหมาะสมกับยุคสมัย

2.9.2 ความสำคัญของภูมิปัญญากับสังคมไทย

ภูมิปัญญากับสังคมไทยอยู่คู่กันมาช้านาน ลักษณะของการเกิดของภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นองค์ความรู้ที่ได้มีการสั่งสมมาเป็นเวลานาน โดยได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมและความศรัทธาความเชื่อทางศาสนา มีการถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งสู่อีกรุ่นหนึ่งในท้องถิ่นนั้นๆ เพื่อใช้ในการดำรงชีวิต การอยู่ร่วมกันของสังคมในท้องถิ่น(วิระพงษ์ แสงชูโต, 2552) ภูมิปัญญาเป็นการรับใช้คน ชุมชน สังคมได้ ถ้าขาดภูมิปัญญาเปรียบดังการขาดรากของชีวิต

ภูมิปัญญาสร้างความเป็นปึกแผ่น สร้างความภาคภูมิใจ มีภูมิปัญญาที่โดดเด่น เช่น ด้านมรดกทางภาษา มีอักษรไทยเป็นของตนเอง มีวรรณกรรมไทยที่มีความไพเราะด้านอาหารไทยที่ใช้พืชสมุนไพรที่หาง่ายมีคุณค่า ภูมิปัญญาที่สะท้อนออกมาในงานหัตถกรรมตลอดจนศิลปะดนตรี เป็นต้น

ภูมิปัญญาพื้นบ้านสร้างความสมดุลระหว่างคนในสังคมและธรรมชาติได้อย่างยั่งยืน แสดงออกมาในงานประเพณีต่าง ๆ เช่น สงกรานต์ ประเพณีลอยกระทง

ภูมิปัญญาพื้นบ้านเป็นบ่อเกิดของพฤติกรรมทางจริยธรรม เช่น พฤติกรรมทางจริยธรรมเกี่ยวกับที่อยู่อาศัย เช่น การไหว้สารพระภูมิ พฤติกรรมทางจริยธรรมที่เกี่ยวกับการทำมาหากิน เช่น การส่วยวัวข้าว การส่วยวัวเรือ พฤติกรรมทางจริยธรรมเกี่ยวกับวิถีชีวิต เช่นการบรรพชาอุปสมบท

ภูมิปัญญาไทยเปลี่ยนแปลงปรับปรุงได้ตามยุคสมัย เมื่อกาลเวลาเปลี่ยนไป เช่น มีการทำลายป่า คนในชุมชนรวมกันอนุรักษ์ป่า สร้างระเบียบปฏิบัติร่วมกันรักษาป่า ชาวบ้านคิดปลูกป่าทดแทนที่ใช้กินได้ ชักชวนการออมเงิน เกิดกลุ่มที่เกี่ยวกับการออมในหมู่บ้านซึ่งภูมิปัญญาต่างๆ เหล่านี้เกิดขึ้น ปรับเปลี่ยน เปลี่ยนแปลงไปตามยุคสมัย อีกนัยหนึ่ง “ภูมิปัญญานับว่าเป็นจุดศูนย์รวมแห่งความสามัคคีสู่ปวงชน”

รัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2540 อันเป็นกฎหมายในการปกครองประเทศ ให้ความสำคัญกับภูมิปัญญาไทย ในมาตราที่เกี่ยวข้องคือ มาตราที่ 46 , 69 , 81 ส่งผลให้พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ให้ความเห็นชอบนโยบายส่งเสริมภูมิปัญญาไทยในการจัดการศึกษา โดยให้การจัดการศึกษาให้ความรู้เกี่ยวกับศาสนา ศิลปะ วัฒนธรรม การกีฬา รวมทั้งภูมิปัญญาไทยและการประยุกต์ใช้

2.9.3 แนวทางการนำภูมิปัญญาไทยมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน

สภาพการศึกษาของประเทศไทยในปัจจุบันมุ่งเน้นการนำความรู้ทางเทคโนโลยีและวิทยาการโทรคมนาคมไปใช้ในการศึกษา จึงเป็นผลให้ต้องเผชิญกับปัญหาในด้านประสิทธิภาพในการจัดการศึกษาอย่างจำกัด จึงก่อให้เกิดอุปสรรคมากมาย ด้วยเหตุนี้แหล่งวิทยาการในห้องเรียนจึงเป็นแหล่งรวบรวมการเปลี่ยนแปลงที่มีมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันที่เหมาะสมและสอดคล้องกับการดำเนินชีวิตในโรงเรียน ดังนั้นแหล่งวิทยาการในห้องเรียนเป็นแหล่งความรู้เกี่ยวกับภูมิปัญญาท้องถิ่นจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญที่ควรนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการเรียนการสอนได้มากที่สุด ซึ่งได้มีผู้เสนอแนวทางไว้ดังนี้ คือ

ศูนย์พัฒนาภูมิปัญญาไทย สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ(2541) ได้ให้ข้อเสนอแนวความคิดเชิงนโยบายของการนำภูมิปัญญาไทยมาใช้ในการเรียนการสอนดังนี้

- 1) ต้องรวบรวม ศึกษา และเก็บรักษาภูมิปัญญาที่เหลืออย่างเร่งด่วน
- 2) สนับสนุนการจัดระบบความรู้ระบบสารสนเทศของผู้ทรงภูมิปัญญา และหน่วยงานที่ทำหน้าที่ประสานงาน รวมทั้งการผลิตสื่อ กระบวนการเผยแพร่ และการใช้สื่อมวลชนในการเผยแพร่
- 3) สนับสนุนให้ชาวบ้านและชุมชนเป็นศูนย์กลางด้านการศึกษา การเก็บรักษาการใช้การถ่ายทอด และจัดการกับงานด้านพันธุกรรมด้วยตนเอง เช่น ภูมิปัญญาด้านสมุนไพร แพทย์พื้นบ้าน เรื่องพันธุกรรมที่สูญหายไป เพราะปัจจุบันชาวบ้านมีสิทธิ น้อยมาก ในการเข้าไปจัดการเรื่องเหล่านี้
- 4) สนับสนุนให้ผู้ทรงภูมิปัญญาถ่ายทอดไปสู่คนใกล้ชิด บุตรหลาน รวมทั้งนักวิชาการที่มีเวลาเรียนรู้วิถีชีวิต และองค์ความรู้
- 5) หน่วยงานและสถาบันต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนเปิดโอกาสให้ประชาชนมีทางเลือกของตนเอง เช่น ด้านการดูแลสุขภาพ การศึกษาและการจัดการทรัพยากร ฯลฯ
- 6) ปรับปรุงระบบการศึกษาให้เอื้อต่อวิถีชีวิตของชุมชนทั้งในส่วนของสถาบันการศึกษา ในส่วนของชุมชน และการศึกษาตามอัธยาศัย
- 7) ปลูกฝังแนวคิดให้เด็ก และเยาวชนเห็นคุณค่าของภูมิปัญญา
- 8) สร้างความเข้มแข็งให้กับองค์กรชุมชนทั่วประเทศ โดยการรับรองสิทธิในการรวมกลุ่มของคนในชุมชน ตลอดจนสนับสนุนให้กลุ่มและองค์กรเป็นเครื่องมือส่งเสริมวัฒนธรรมและความสัมพันธ์ของคนทุกกลุ่มในชุมชน
- 9) รมรงค์ประชาสัมพันธ์ให้คนในชุมชนมีความเข้าใจในคุณค่า และประยุกต์ภูมิปัญญา มาใช้ในการดำเนินชีวิต
- 10) สนับสนุนเครือข่ายระหว่างผู้ทรงภูมิปัญญา บุคคล องค์กรต่าง ๆ เพื่อสร้างความร่วมมือ และการเรียนรู้ร่วมกัน

11) ยกย่องให้เกียรติ จัดสวัสดิการ จัดการเรียนรู้ และเครื่องมือให้แก่ผู้ทรงภูมิปัญญาได้ทำงานเต็มตามศักยภาพ

แนวทางการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นไปใช้ในการเรียนการสอนดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2541)

1) ลักษณะของภูมิปัญญาท้องถิ่นที่จะนำไปสู่การเรียนการสอน ควรเป็นองค์ความรู้และประสบการณ์ที่มีส่วนของคุณธรรมจริยธรรมสอดแทรกอยู่ด้วย และเป็นสิ่งที่สร้างสรรค์ประโยชน์สุขให้แก่ผู้เรียนและสังคมอย่างสอดคล้องกับธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2) กระบวนการการเรียนการสอน เป็นการผสมผสานระหว่างความรู้สากลกับความรู้ท้องถิ่นให้ผู้เรียนได้คิดอย่างเป็นอิสระ คิดได้หลายมุมและสรุปเป็นความรู้และประสบการณ์ที่จะใช้ในการดำรงชีวิต

3) การจัดการเรียนการสอนอาจจะให้ครูเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมโดยนำความรู้และประสบการณ์ของปราชญ์ท้องถิ่นมาจัดกิจกรรมการเรียนการสอน หรืออาจให้ปราชญ์ท้องถิ่นเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนแทนครูผู้สอนและทำหน้าที่ประเมินผลด้วย ส่วนสถานที่เรียนอาจจะเป็นโรงเรียนหรือให้นักเรียนไปเรียนที่บ้านนักปราชญ์ท้องถิ่น

4) บทบาทของหน่วยงานหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง ผู้บริหารและครูผู้สอน ควรเห็นความสำคัญในคุณค่าของภูมิปัญญาท้องถิ่น และตระหนักในตนเองว่าไม่ใช่ผู้ที่รู้อะไรหมดทุกอย่างแต่เป็นผู้สร้างกระบวนการเรียนรู้ และควรนำผู้รู้ในท้องถิ่นหรือปราชญ์ท้องถิ่นมาร่วมพัฒนาหลักสูตร

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดเกี่ยวกับการนำภูมิปัญญาไทยมาใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งกระบวนการเรียนรู้ควรเป็นการผสมผสานระหว่างความรู้สากลกับความรู้ท้องถิ่นให้ผู้เรียนได้คิดอย่างเป็นอิสระ คิดได้หลายมุมและสรุปเป็นความรู้และประสบการณ์ที่จะใช้ในการดำรงชีวิต

3. ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

3.1 ความสำคัญของทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

รุ่งฟ้า จันทจักรภรณ์ (2555, น. 9-2 ถึง 9-3) ได้กล่าวถึงความสำคัญของทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นสาระหนึ่งในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ที่ควรส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้ ฝึกฝนและพัฒนาให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียน ประกอบด้วย การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ในการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ครูจะต้องมี

ความรู้และความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เสริมสร้างทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และแนวการประเมินผลที่คำนึงถึงทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นอย่างดี

แนวทางหนึ่งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เสริมสร้างทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ก็คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนรู้เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ใช้สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับวัยและพัฒนาการของนักเรียน นักเรียนจะได้เรียนรู้เนื้อหาคณิตศาสตร์ มีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาตามขั้นตอนและกระบวนการแก้ปัญหา ได้สำรวจ สืบสวน สร้างข้อความคาดการณ์ อธิบาย และตัดสินใจสรุปในกรณีทั่วไปด้วยตนเอง สำหรับการประเมินผลการเรียนรู้ควรบูรณาการทั้งการประเมินความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์และการประเมินผลทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน ซึ่งมีหลักการที่สำคัญคือ การใช้แบบทดสอบที่มีลักษณะคำถามแบบเจาะลึกแนวคิด กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาและกระบวนการแก้ปัญหาของนักเรียน การใช้การสังเกตและการใช้คำถามกระตุ้นควบคู่ไปกับกระบวนการเรียนรู้ การส่งเสริมให้นักเรียนเขียนอนุทินเพื่อสะท้อนกระบวนการคิดของตนเอง และการใช้เกณฑ์การให้คะแนนที่เป็นระบบและชัดเจนทั้งการให้คะแนนแบบวิเคราะห์ และการให้คะแนนแบบองค์รวม

4.2 แนวคิดเกี่ยวกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

รุ่งฟ้า จันทจักรภรณ์ (2555, น. 9-4 ถึง 9-6) ได้กล่าวถึงแนวคิดเกี่ยวกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

4.2.1 การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหา กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งกระบวนการแก้ปัญหานั้นยอมรับและนำมาใช้การอย่างแพร่หลาย คือ กระบวนการแก้ปัญหามาตามแนวคิดของโพลยา ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน ซึ่งได้แก่ (1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (2) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (3) ขั้นดำเนินการตามแผน และ (4) ขั้นตรวจสอบผล ในขณะที่กลยุทธ์ในการแก้ปัญหานั้นเป็นเครื่องมือสำคัญและสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาได้ดีและพบบ่อยในคณิตศาสตร์ ได้แก่ (1) การค้นหาแบบรูป (2) การสร้างตาราง (3) การเขียนภาพหรือแผนภาพ (4) การแจงกรณีที่เป็นไปได้ทั้งหมด (5) การคาดเดาและตรวจสอบ (6) การทำงานแบบย้อนกลับ (7) การเขียนสมการ (8) การเปลี่ยนมุมมอง (9) การแบ่งเป็นปัญหาย่อย (10) การให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์ และ (11) การให้เหตุผลทางอ้อม

4.2.2 การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์หรือความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการรวบรวมข้อเท็จจริง/ข้อความ/แนวคิด/

สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่างๆ แจกแจงความสัมพันธ์ หรือการเชื่อมโยงเพื่อทำให้เกิดข้อเท็จจริง หรือสถานการณ์ใหม่ ซึ่งรูปแบบของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มี 3 แบบ คือ (1) การให้เหตุผลแบบสหัชญาณ (2) การให้เหตุผลแบบอุปนัย และ (3) การให้เหตุผลแบบนิรนัย

4.2.3 การสื่อสาร หมายถึง กระบวนการถ่ายทอดข่าวสารจากผู้ส่งสาร ไปยังผู้รับสาร โดยนำเสนอผ่านช่องทางการสื่อสารต่างๆ ได้แก่ การฟัง การพูด การอ่าน การเขียน การดู และการแสดงท่าทาง โดยอาจไม่ใช้สื่อหรือใช้สื่อต่างๆ เช่น วิทยุ โทรทัศน์ หนังสือพิมพ์ วารสาร หรือสิ่งตีพิมพ์ต่างๆ และอินเทอร์เน็ต ในขณะที่การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ เป็นกระบวนการสื่อสารที่มีลักษณะพิเศษโดยมีการใช้สัญลักษณ์ ตัวแปร ตาราง กราฟ สมการ อสมการ ฟังก์ชัน และแบบจำลอง เป็นต้น มาช่วยในการสื่อสารที่นอกจากการสื่อสารผ่านช่องทางการสื่อสาร การฟัง การพูด การอ่าน การเขียน การดู และการแสดงท่าทาง การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอจะมีประสิทธิภาพ ถ้าการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอนั้นมีจุดมุ่งหมาย เนื้อหาของแนวคิด ความคิดเห็นหรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และรูปแบบของการสื่อความหมายหรือการนำเสนอที่ชัดเจน ตลอดจนครู เพื่อนนักเรียน หรือผู้เกี่ยวข้อง มีเจตนาที่จะรับข่าวสารและมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน กิจกรรมที่ครูสามารถนำมาใช้ในการเสริมสร้างการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ ได้แก่ (1) การสืบสวนสอบสวน (2) การเขียนอนุทิน (3) การเขียนรายงาน และ (4) การเขียนโปสเตอร์

4.2.4 การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และหลักการทางคณิตศาสตร์ มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างความรู้และทักษะและกระบวนการที่มีในเนื้อหา คณิตศาสตร์ กับงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาและการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนหรือสมบูรณ์ขึ้น การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อาจจำแนกตามลักษณะการเชื่อมโยงได้เป็น 2 แบบ ได้แก่ (1) การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และ (2) การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น กิจกรรมที่ครูสามารถนำมาใช้ในการเสริมสร้างการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ก็คือ การจัดทำโครงการคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้มีการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในการสร้างผลงานและการแก้ปัญหาของตน

4.5.5 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ หมายถึง กระบวนการคิดที่อาศัยความรู้พื้นฐานจินตนาการและวิจารณญาณในการพัฒนาหรือคิดค้นองค์ความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม ซึ่งองค์ประกอบสำคัญที่นำไปสู่ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ได้แก่ (1) ความคิดคล่อง (2) ความคิดยืดหยุ่น (3) ความคิดริเริ่ม และ (4) ความคิดละเอียดลออ

สำหรับขั้นตอนการพัฒนาความคิดของนักเรียนเพื่อนำไปสู่ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) คิดกำหนดปัญหาให้ชัดเจน (2) คิดหาคำตอบที่หลากหลาย (3) คิดพิจารณา ไตร่ตรอง วิเคราะห์อย่างถี่ถ้วน รอบคอบและสมเหตุสมผล และ (4) ตัดสินใจ ซึ่งกิจกรรมที่ครูสามารถนำมาใช้ในการเสริมสร้างความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ได้แก่ การแก้ปัญหาปลายเปิด และการตั้งปัญหา

สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจในการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และหลักการทางคณิตศาสตร์ มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างความรู้และทักษะและกระบวนการที่มีในเนื้อหา คณิตศาสตร์ กับงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาและการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนหรือ สมบูรณ์ขึ้น ซึ่งการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อาจจะเป็นการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ หรือการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นและการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน โดยครูสามารถใช้การจัดทำโครงการคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้มีการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในการสร้างผลงานและการแก้ปัญหาที่ตนสนใจ เพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการ ด้านความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ได้ต่อไป

4. ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

4.1 ความหมายการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา(The National Council of Teacher of Mathematics (NCTM), 2000) ได้ให้ความหมายของ ทักษะการเชื่อมโยงว่าเป็นการผสมผสานแนวคิดที่มีความเกี่ยวข้องกันให้รวมเป็นองค์ประกอบเดียวกัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. การเชื่อมโยงภายในวิชา เป็นการนำเนื้อหาภายในวิชาเดียวกันไปสัมพันธ์กันให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ความรู้และทักษะไปใช้ในชีวิตจริง ช่วยนักเรียนให้ทำความเข้าใจถึงความแตกต่างของเนื้อหาวิชารวมทั้งพีชคณิต เรขาคณิต และตรีโกณมิติ ซึ่งจะทำการเรียนของผู้เรียนมีความหมาย

2. การเชื่อมโยงระหว่างวิชา เป็นการรวมศาสตร์ต่างๆ ตั้งแต่ 2 สาขาขึ้นไป ภายใต้หัวข้อเรื่องที่ เกี่ยวข้องให้มาสัมพันธ์กัน เช่น วิชาคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ สังคม กีฬาหรือ ศิลปะ เป็นการเรียนรู้โดยใช้ความรู้ ความเข้าใจและทักษะวิชาต่างๆ มากกว่า 1 วิชาขึ้นไป จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและตรงกับสภาพชีวิตจริง

สรุปว่า ความหมายของการเชื่อมโยงตามแนวคิดของสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา คล้ายกับมาตรฐาน ค 6.1 ของการจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของประเทศไทยซึ่งกล่าวว่านักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ได้

อุษาวดี จันทรสุนธิ(2543, น. 4-5) กล่าวว่า ทักษะการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ว่ามี 2 รูปแบบ คือ 1) การสร้างแบบจำลองเชื่อมโยงระหว่างปัญหาในสิ่งแวดล้อมหรือปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์หัวข้ออื่นๆ กับตัวแทนเชิงคณิตศาสตร์ของปัญหา 2) การเชื่อมโยงระหว่างตัวแทนทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่สมนัยกันและระหว่างกระบวนการทางคณิตศาสตร์ทั้งนี้ นักเรียนที่สามารถประยุกต์ระหว่างตัวแทนที่ต่างกันซึ่งแทนปัญหาเดียวกัน หรือแทนมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เดียวกันย่อมเกิดพัฒนากระบวนการคิดในการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ และมีกระบวนการคิดแบบยืดหยุ่นที่จะค้นหาวิธีแก้ปัญหาที่หลากหลาย ผลที่ตามมาคือผู้เรียนเกิดทักษะการให้เหตุผลและสื่อความคิดโดยใช้คณิตศาสตร์ ซาบซึ่งในความสอดคล้องและความงดงามของคณิตศาสตร์ ความคงทนในการเรียนรู้และถ่ายโอนความคิดทางคณิตศาสตร์ย่อมเพิ่มพูนตามไป

โพธิ์ทิพย์ วัชรสวัสดิ์(2546, น. 8) กล่าวว่า ทักษะการเชื่อมโยงเป็นกระบวนการสร้างความสัมพันธ์ทั้งระหว่างสิ่งของ คนหรือแนวคิด ซึ่งการเชื่อมโยงแนวคิดเป็นกระบวนการทางปัญหาในการนำสิ่งต่างๆ เช่น ความรู้ ประสบการณ์หรือเหตุการณ์ตั้งแต่ 2 ขึ้นไปมาเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กัน

อัมพร ม้าคนอง(2553, น. 60) กล่าวว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการสัมพันธ์ความรู้หรือปัญหาคณิตศาสตร์ที่เรียนมา กับความรู้ ปัญหาหรือสถานการณ์อื่นๆ ที่ตนพบเห็นการเชื่อมโยงอาจทำได้หลากหลาย แต่ที่นิยมทำในห้องเรียนคณิตศาสตร์มี 3 ประเภท ดังนี้

1. การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับคณิตศาสตร์ เป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระ องค์ความรู้หรือกระบวนการภายในคณิตศาสตร์
2. การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น เป็นการเชื่อมโยงความรู้หรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นในเรื่องที่เกี่ยวข้องกัน
3. การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน เป็นการเชื่อมโยงความรู้หรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์กับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน

จากความหมายของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่าการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นการนำความรู้ เนื้อหาสาระและทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาสัมพันธ์กับความรู้หรือแนวคิดที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่หรือช่วยในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอน

กำหนดขึ้น ซึ่งแบ่งเป็นการเชื่อมโยงความรู้ภายในวิชาคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงความรู้ระหว่างวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นและการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน

4.2 ความสำคัญของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

สมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา กล่าวว่าเหตุผลที่สนับสนุนการเชื่อมโยงวิชาหนึ่งกับวิชาอื่นๆ ในการสอน เช่นการเชื่อมโยงในวิชาคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์และภาษาไทยการเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาสังคมศึกษา การเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาศิลปะ ฯลฯ ก็คือสิ่งที่เกิดในชีวิตประจำวัน ไม่ได้จำกัดว่าจะเกี่ยวข้องกับสาขาวิชาใดวิชาหนึ่งโดยเฉพาะ ตัวอย่างเช่น การเกิดอุทกภัย ซึ่งเป็นเหตุการณ์เดียวแต่ก่อให้เกิดผลกระทบหลายอย่าง เช่น บ้านเรือนเสียหาย ธุรกิจหยุดชะงัก โรงเรียนหรือสถานที่ทำงานต่างๆ ต้องหยุดทำงาน ก่อให้เกิดความเดือดร้อนหลายประการในการแก้ปัญหาต่างๆ เราจำเป็นต้องใช้ความรู้และทักษะจากหลายๆ วิชา มาร่วมกันแก้ปัญหาสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง(NCTM., 2000)

กรมวิชาการ(2545, น. 203) กล่าวถึง ประโยชน์ของทักษะการเชื่อมโยงว่าเป็นการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในวิชาชีพบางอย่างโดยตรง เช่น การตัดเย็บเสื้อผ้า งานคหกรรมเกี่ยวกับอาหาร งานเกษตร งานออกแบบสร้างหีบห่อบรรจุภัณฑ์ต่างๆ รวมถึงการนำคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับชีวิตความเป็นอยู่ประจำวัน เช่น การซื้อขาย การชั่ง การตวง การวัด การคำนวณระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเดินทาง การวางแผนการออมเงินไว้ใช้ในชว่บั้นปลายของชีวิต

อัมพร ม้าคอง(2547, น. 101) กล่าวว่า การเชื่อมโยงมีความสำคัญและจำเป็นสำหรับการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย เนื่องจากการเชื่อมโยงจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจคณิตศาสตร์ที่เรียนในห้องเรียน ได้ดีขึ้น และมองเห็นความสำคัญของคณิตศาสตร์ในแง่ของการเป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ที่สามารถนำไปใช้กับศาสตร์สาขาอื่นๆ ได้

Kennedy & Tipps(1994, pp. 194-200) กล่าวว่า การเชื่อมโยงในวิชาคณิตศาสตร์ นักเรียนจำเป็นต้องทำการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรม ได้แก่ รูปภาพ ภาพประกอบ แผนผัง สัญลักษณ์และภาษากับกระบวนการรวมเนื้อหาและวิธีการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันและจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน การเชื่อมโยงควรสร้างให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในระหว่างการเรียนการสอนคือ ให้นักเรียนปฏิบัติงานหรือทำกิจกรรมแล้วแปลงกิจกรรมเหล่านั้นออกมาเป็นรูปภาพ แผนภาพ แผนภูมิ แผนผัง กราฟและสัญลักษณ์ต่างๆ

การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และกับชีวิตจริงเกิดขึ้นได้มากมาย ครูสามารถให้นักเรียนปฏิบัติงานที่จะเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศิลปะ งานคหกรรมเกี่ยวกับอาหาร และกิจกรรมในวิชาต่างๆ

ตัวอย่างต่อไปนี้จะแสดงถึงวิธีที่ครูจะสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์ต่างๆ และสังคมนรอบตัว ด้วยการให้นักเรียนทำโครงการที่บางโครงการอาจให้ร่วมกันทำทั้งชั้น รายบุคคล หรือทำโดยกลุ่มย่อย ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เช่น การจดและการบันทึกอุณหภูมิความเร็วลม และความดันอากาศ การส่งมนุษย์ไปยังดวงจันทร์ การโคจรของดาวเคราะห์ การกำหนดมาตราส่วนและการสร้างระบบโซลาร์เซลล์

ตัวอย่างที่ 2 คณิตศาสตร์และสังคมศึกษา เช่น นาฬิกาและนาฬิกาทราย การสร้างพีระมิดในประเทศอียิปต์ การศึกษาการออกแบบ พรหม ถ้วยชาม และตะกร้าที่ใช้หลักการสมมาตรและรูปทรงลูกบาศก์ของชาวอินเดียนแดงทางตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา การแยกประเภทอาชีพต่างๆ เป็นอาชีพที่มีเครื่องแบบและไม่มีเครื่องแบบ เช่น นักวิจัย ผู้ให้บริการ คนงานโรงงาน ทหาร และปศุสัตว์

ตัวอย่างที่ 3 คณิตศาสตร์กับศิลปะ เช่น การวัดของกระดาษรอบจิตรกรรมฝาผนัง หรือ การตัดกระดาษติดภาพของจิตรกรท่าการแบ่งสเกลในการวาดฉากหลังเวที การวัดและการเตรียมกระดาษจัดฉากหลังเวที การวาดภาพทิวทัศน์ อ่านและทำตามคำแนะนำจากการพับกระดาษเป็นรูปต่างๆ ของชาวญี่ปุ่น

ตัวอย่างที่ 4 คณิตศาสตร์และสุขภาพ เช่น การวัดความสูงของนักเรียน บันทึกผลในรูปตารางและกราฟ การหาปริมาณแคลอรีที่รับเข้า การอ่านฉลากจากรายงานโภชนาการ การวัดระดับคลอเรสเตอรอล

ตัวอย่างที่ 5 คณิตศาสตร์และการอ่านศิลปะทางภาษา เช่น รูปแบบของคำ หมวดหมู่ของคำ เช่น บอกคำสัมผัส และไม่สัมผัสในโคลง กลอน การมองคำที่สามารถอ่านกลับไปมาได้ (อ่านกลับหลังได้) จุดเริ่มต้นของการวิจัยในวิชาคณิตศาสตร์ คำที่เดิมข้างหน้าและคำที่เดิมต่อท้ายอ่านงานวิจัย และงานเขียนทางคณิตศาสตร์ที่มีชื่อเสียง เลขวิทยาและตัวเลขที่งดงาม ตารางการวิเคราะห์ตัดสินใจของจดหมาย

ตัวอย่างที่ 6 คณิตศาสตร์กับพลศึกษา เช่น การนับจำนวนรอบของการกระโดดเชือก การตัดสินกีฬาโอลิมปิกเป็นการแข่งขันที่มีขนาดใหญ่หรือไม่ การจัดวางพื้นที่การเล่น การจับเวลา การเล่นแข่งขัน

ในปัจจุบันวิชาคณิตศาสตร์และโลกในทุกวันนี้สามารถเชื่อมโยงกันได้หลายวิธี จากหนังสือพิมพ์และวารสารที่ประกอบด้วยบทความทางธุรกิจกับความน่าจะเป็น แนวโน้มทางเศรษฐกิจ ภูมิอากาศและวารสารที่ประกอบด้วยบทความทางธุรกิจกับความน่าจะเป็น แนวโน้มทางเศรษฐกิจ ภูมิอากาศและข้อมูลวิทยาศาสตร์ ที่ได้ออกประกาศตามบอร์ดในหัวข้อพิเศษที่สามารถ

เตรียมบทความและรูปภาพจากสิ่งพิมพ์เหล่านี้ ส่วนใหญ่ในเรื่องการเดินทาง เช่น ทำเทียบเรือ สถานีรถไฟ(การสับรางรถไฟ) และท่าอากาศยาน ล้วนต้องใช้ข้อมูลทางคณิตศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมดูแลสถานที่เพื่ออำนวยความสะดวก ปัญหาเกี่ยวกับระบบนิเวศน์ เช่น การกำจัดขยะหรือมลพิษทางรถยนต์และการแผ่รังสีของโรงงาน ได้ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับการดำรงชีวิตในปัจจุบัน ครูจึงควรสอนโดยบูรณาการคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือกับปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

จากความสำคัญของการเชื่อมโยง ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาเชื่อมโยงและประยุกต์ในการเรียนสาขาวิชาอื่นๆ ตลอดจนนำไปเชื่อมโยงเข้ากับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเห็นคุณค่าและความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ ครูผู้สอนจะต้องเลือกปัญหาที่ทำให้ให้นักเรียนสามารถฝึกทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ นักเรียนได้พัฒนาความคิดเพื่อให้เกิดความคิดใหม่ๆ ในการแก้ปัญหา นอกจากนี้ครูผู้สอนจะต้องคอยให้กำลังใจนักเรียนและสนับสนุน ความรู้ความเข้าใจและแนวคิดใหม่ๆ ที่อาจเชื่อมโยงไปยังวิชาอื่นๆ หรือเชื่อมโยงกับการดำเนินชีวิตของนักเรียน

จากความสำคัญของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า ความสำคัญของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ช่วยทำให้นักเรียนเห็นคุณค่า และเห็นประโยชน์ของการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เป็นการบูรณาการความรู้เข้าด้วยกัน ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเห็นความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์

4.3 มาตรฐานการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา(NCTM., 2000, p. 64) ได้กำหนดมาตรฐานการเชื่อมโยงไว้ดังนี้ โปรแกรมการสอนตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงเกรด 12 มุ่งให้นักเรียนสามารถตระหนักและใช้การเชื่อมโยงระหว่างความคิดในคณิตศาสตร์ เข้าใจการเชื่อมโยงความคิดทางคณิตศาสตร์ และนำความรู้หนึ่งไปสร้างความรู้ใหม่ได้ ตระหนักและประยุกต์คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ

ปานทอง กุลนาถศิริ(2546, น. 17) กล่าวว่า มาตรฐานการเชื่อมโยงที่สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา ได้จัดทำและพิมพ์เผยแพร่เอกสารมาตรฐานและการวัดผลที่ชื่อว่า มาตรฐานหลักสูตรและการประเมินผลวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา(The Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics) ในปี ค.ศ. 1989 ไว้ดังนี้

มาตรฐานที่ 9 การเชื่อมโยง สำหรับโปรแกรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ควรจัดกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้มีการเชื่อมโยงองค์ความรู้ต่างๆ เข้าด้วยกัน เพื่อเสริมสร้างให้นักเรียนได้รู้และเข้าใจคณิตศาสตร์และเพื่อให้นักเรียนทุกคนมีความสามารถ ดังนี้

1.ตระหนักถึงความสำคัญของการเชื่อมโยงและสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ต่างๆ ตลอดจนแนวคิดต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ได้

2. สามารถเข้าใจถึงวิธีการที่จะสร้างแนวคิดต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ โดยเชื่อมโยงองค์ความรู้ เพื่อให้ได้ความรู้ใหม่ได้

3. ขยายความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ตลอดจนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปช่วย การพิจารณาปัญหาวิธีต่างๆ ได้

4. สามารถระลึกถึงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาแล้ว และสามารถนำความรู้ เหล่านั้นมาใช้เชื่อมโยงในการเรียนคณิตศาสตร์และวิชาอื่นๆ ได้

กรมวิชาการ(2545, น. 10-14) กำหนดให้ทักษะและกระบวนการเชื่อมโยงเป็นมาตรฐาน หนึ่งในสาระการเรียนรู้เรื่องทักษะกระบวนการที่มุ่งหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเมื่อจบหลักสูตร การศึกษาวิชาคณิตศาสตร์ทุกระดับ โดยระบุไว้ว่าผู้เรียนต้องมีความสามารถเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกาที่เป็นประเทศผู้นำของโลกปัจจุบันได้กำหนดให้ผู้เรียนมี มาตรฐานด้านทักษะและกระบวนการเชื่อมโยงไว้เช่นกัน โดยกำหนดสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับ ผู้เรียนเกี่ยวกับการเชื่อมโยงไว้ 3 ประการ คือ

1. ผู้เรียนตระหนักและสามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างคณิตศาสตร์กับคณิตศาสตร์ได้

2. ผู้เรียนมีความเข้าใจสามารถเชื่อมโยงวิธีการ แนวคิดทางคณิตศาสตร์มาทำให้เกิดการ เรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งได้อย่างเป็นระบบ

3. ผู้เรียนมีความเข้าใจสามารถเชื่อมโยงและประยุกต์ความรู้คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ได้ มาตรฐานการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.-3)

(กระทรวงศึกษาธิการ, 2552, น. 25) กล่าวไว้ดังนี้

1. สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงในการเรียนรู้เนื้อหาต่างๆ ในวิชา คณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ ได้

2. สามารถนำความรู้และทักษะที่ได้จากการเรียนไปประยุกต์ในการเรียนรู้สิ่งต่างๆ และใน ชีวิตประจำวันได้

จากมาตรฐานการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า เป็นการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ เรื่องต่าง ๆ เชื่อมโยงเข้าด้วยกัน การนำความรู้ทางคณิตศาสตร์เชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ และการนำ ความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับสิ่งต่างๆ ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้อย่างเป็น ระบบ

4.4 แบบของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ดวงเดือน อ่อนน่วม และคณะ(2547, น. 50) กล่าวถึงลักษณะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ว่าเป็นไปได้หลายลักษณะดังนี้

1. การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ การเรียนรู้เกี่ยวกับการสร้างสูตร การหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม ต้องเชื่อมโยงกับความรู้เดิมเรื่องพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าใน 2 ประเด็น คือ รูปสามเหลี่ยมเป็นครึ่งหนึ่งของรูปสี่เหลี่ยมและพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า คือ ความกว้างคูณความยาว ดังนั้น สูตรการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมคือ $\frac{1}{2} \times \text{สูง} \times \text{ฐาน}$

2. การเชื่อมโยงระหว่างเรื่องราวต่างๆ ของคณิตศาสตร์ เช่น การลบเป็นการดำเนินการตรงข้ามของการบวก การคูณเป็นการบวกซ้ำๆ การคูณและการหารเป็นการดำเนินการตรงกันข้าม ร้อยละสัมพันธ์กับเศษส่วน การวัดสัมพันธ์กับเรขาคณิต

3. การเชื่อมโยงแบบจำลองหลายๆ แบบสู่ความคิดรวบยอดเดียวกัน เช่น การให้นักเรียนสร้างหน่วยการวัดที่ไม่เป็นมาตรฐานตามความต้องการของตนเอง ก็จะได้หน่วยที่ไม่เป็นมาตรฐานหลายๆ ลักษณะ แต่ทุกหน่วยนำไปสู่ความคิดรวบยอดเดียวกันว่าเป็นหน่วยการวัดที่ไม่เป็นมาตรฐาน

4. การเชื่อมโยงความคิดรวบยอดไปสู่วิธีคิดคำนวณ เช่น ในการเรียนรู้เรื่องหน่วยการวัดเด็กต้องเกิดความคิดรวบยอดว่าจำนวนต่างๆ จะมาบวกกลับกันได้ต้องมีหน่วยการวัดเดียวกัน ดังนั้น ถ้าหากจำนวนเหล่านั้นมีหน่วยต่างกันจึงต้องมีการเปลี่ยนหน่วยให้เหมือนกันก่อน

5. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวันและคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ โดยการกำหนดเป็นหน่วยการเรียนรู้เป็นวิถีทางหนึ่ง ที่สนับสนุนส่งเสริมการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน การกำหนดหน่วยการเรียนรู้เปิดโอกาสให้เด็กได้ศึกษาสำรวจ สืบค้น เกี่ยวกับเรื่องต่างๆ ที่ตนสนใจ ได้มีโอกาสแสดงความคิดริเริ่ม ได้สร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ในขณะที่เดียวกัน ยังคงเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วย หน่วยการเรียนรู้อาจเป็นหน่วยการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์เอง หรือเป็นหน่วยการเรียนรู้กลางที่คณิตศาสตร์เรียนรู้ร่วมกับวิชาอื่นๆ ก็ได้

เทอดเกียรติ วงศ์สมบูรณ์ (2547, น. 38) ได้กล่าวถึงการเชื่อมโยงระหว่างรูปสมมาตร และประวัติศาสตร์ว่าที่ผ่านมามีการนำเอาวัฒนธรรมจากที่ต่างๆ มาเป็นต้นแบบในการผลิตและออกแบบสิ่งประดับตกแต่งต่างๆ หรือเป็นภาพสัญลักษณ์ของพิธีการหรือสัญลักษณ์ทางศาสนา ซึ่งหลายอย่างที่ถูกกล่าวมาเป็นคณิตศาสตร์โดยธรรมชาติ มีภาพที่สร้างมาจากการสะท้อนและการหมุน ภาพบนระนาบ ดังนั้นประวัติศาสตร์และการผสมผสานทางศิลปะ ทำให้นักเรียนได้ศึกษาการสะท้อนและการหมุนภาพบนระนาบได้เช่นเดียวกับมโนคติของรูปสมมาตร การศึกษารูปสมมาตรเพื่อให้เชื่อมโยงกับศิลปะและประวัติศาสตร์ ส่งเสริมความเข้าใจในการสร้างภาพบนระนาบและแสดงโครงสร้างพื้นฐานของพีชคณิตและเรขาคณิต

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551, น. 99) ได้กล่าวว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ อาจจำแนกตามลักษณะของการเชื่อมโยงได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1. การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ เป็นการนำความรู้และทักษะ/กระบวนการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ไปสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผล ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธีหรือกระทัดรัดขึ้น และทำให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีความหมายสำหรับนักเรียนมากขึ้น

2. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ เป็นการนำความรู้และทักษะ/กระบวนการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ไปสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลกับเนื้อหา และความรู้ของศาสตร์อื่นๆ เช่น วิทยาศาสตร์ ดาราศาสตร์ และเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น ทำให้การเรียนคณิตศาสตร์น่าสนใจ มีความหมาย และนักเรียนเห็นความสำคัญของการเรียนคณิตศาสตร์ คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญต่อศาสตร์อื่นๆ โดยเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์

การจำแนกในแต่ละลักษณะข้างต้น ได้รวมเอาการนำความรู้และทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้กับสถานการณ์ในชีวิตจริงด้วย

สรุปได้ว่า แบบการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จำแนกได้เป็น 2 แบบ คือ 1. การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ 2. การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น โดยสามารถนำมาใช้กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้ด้วย ทำให้เกิดเป็นการผสมผสานแนวคิดที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

4.5 การสอนคณิตศาสตร์โดยการเชื่อมโยง

การสอนคณิตศาสตร์โดยการเชื่อมโยงได้มีผู้กล่าวถึงแตกต่างกัน ดังนี้

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติ ของสหรัฐอเมริกา(The National Council of Teachers of Mathematics (NCTM.), 2000) ได้กล่าวว่า การเชื่อมโยงวิชาหนึ่งเข้ากับวิชาอื่นๆ ในการสอน เช่น การเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์และภาษาไทย การเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับสังคม การเชื่อมโยงวิชาคณิตศาสตร์กับศิลปะ ฯลฯ เหตุผลที่สนับสนุนวิชาการต่างๆ เข้าด้วยกันในการสอน มีดังต่อไปนี้คือสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงไม่ได้จำกัดว่าจะเกี่ยวข้องกับสาขาวิชาใดวิชาหนึ่ง โดยเฉพาะ เราจำเป็นต้องใช้ความรู้และทักษะจากหลายๆ สาขาวิชามาร่วมกันแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง

การจัดการเรียนการสอนให้เกิดความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างความคิดรวบยอดในศาสตร์ต่างๆ ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย การเรียนการสอนในวิชาคณิตศาสตร์ไม่จำเป็นว่าความคิดรวบยอดจะต้องแยกความคิดรวบยอดในวิชาอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นวิชาวิทยาศาสตร์ ภาษา หรือสังคมศึกษาเนื้อหาและกระบวนการเรียนในวิชาหนึ่งอาจช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในวิชาอื่นดีขึ้นได้ การสอนที่สัมพันธ์เชื่อมโยงความคิดรวบยอดหลายๆ สาขาเข้าด้วยกันมีประโยชน์หลายอย่าง ที่สำคัญที่สุดคือช่วยให้เกิดการถ่ายโอนการเรียนรู้(Transfer Learning) สิ่งที่เรียนเข้ากับชีวิตจริงได้ และในทางกลับกันก็จะสามารถเชื่อมโยงเรื่องจริงภายนอกห้องเรียนเข้ากับสิ่งที่เรียนได้ ทำให้นักเรียนเข้าใจได้ว่าสิ่งที่ตนเรียนมีประโยชน์หรือพร้อมที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

หลักสูตรการเรียนการสอนแบบเชื่อมโยงมีประโยชน์ในการจัดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาต่างๆ ในหลักสูตร ในปัจจุบันประสบปัญหาในเรื่องความรู้และข้อมูลต่างๆ นี้ทำให้การเรียนแบบสัมพันธ์วิชามีความสำคัญมากกว่าที่ต่างวิชาต่างเพิ่มเนื้อหาเข้าไปในหลักสูตรของตน การเรียนการสอนแบบเชื่อมโยงสามารถตอบสนองต่อความสามารถของผู้เรียนซึ่งมีหลายด้าน เช่น ภาษาศาสตร์ การมองเห็นที่ ความคล่องของร่างกาย การเคลื่อนไหว ดนตรี สังคมหรือมนุษย์สัมพันธ์ และความรู้ความเข้าใจตนเอง และสนองต่อความสามารถที่จะแสดงออกและตอบสนองทางอารมณ์(Emotional Intelligence)

Kennedy and Tipps(1994, pp. 194-198) กล่าวถึง ความสำคัญของการเชื่อมโยงในวิชาคณิตศาสตร์ในการสอนว่า นักเรียนจำเป็นต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรม ได้แก่ รูปภาพ แผนภูมิ แผนภาพ สัญลักษณ์ มโนคติ และความเข้าใจ เนื้อหาต่างๆ กับกระบวนการรวมเนื้อหาและวิธีการที่หลากหลายรวมกันเป็นหลักการทางคณิตศาสตร์ และจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

การเชื่อมโยงควรสร้างให้เกิดขึ้นสม่ำเสมอในระหว่างการเรียนการสอน การจัดการกับเนื้อหาให้เป็นรูปธรรม โดยให้นักเรียนได้ปฏิบัติงานหรือทำกิจกรรมแล้วแปลความหมายกิจกรรมในแบบของรูปภาพ แผนภูมิ ตารางข้อมูลกราฟและสัญลักษณ์ต่างๆ เช่น ในชั้นเรียนเกรด 3 ครูได้สอนให้นักเรียนสร้างการเชื่อมโยงระหว่าง “ลูกกอล์ฟ” กับเศษส่วน นักเรียนในชั้นนั้นได้รู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงด้วยปัญหาการทำ “ลูกกอล์ฟ”

จากการสอนคณิตศาสตร์โดยการเชื่อมโยงที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า สิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงไม่ได้จำกัดว่าจะเกี่ยวข้องกับสาขาวิชาใดวิชาหนึ่ง แต่ในการดำรงชีวิตจำเป็นต้องใช้ความรู้และทักษะต่างๆ จากหลายๆ สาขาวิชามาร่วมกันแก้ปัญหา และสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง การจัดการเรียนการสอนให้เกิดความสัมพันธ์เชื่อมโยงทั้งภายในกลุ่มวิชา ทั้งในระบบและนอกระบบโรงเรียน และการดำเนินชีวิตจริงให้เชื่อมโยงระหว่างความคิดรวบยอดในศาสตร์ต่างๆ ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย ที่สำคัญที่สุดช่วยให้เกิดการถ่ายโอนการเรียนรู้ สิ่งที่เรียนเข้ากับชีวิตจริง และพร้อมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ และแก้ปัญหาสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้

แนวทางการพัฒนาทักษะ/กระบวนการด้านการเชื่อมโยง สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา(NCTM., 2000, p. 359) ได้กล่าวถึง บทบาทของครูในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหรือให้นักเรียนเกรด 9-12 ว่า มีวิธีการมากมายที่ครูสามารถช่วยนักเรียนค้นหาและนำมาซึ่งการเชื่อมโยงทางวิชาคณิตศาสตร์ ปัญหานี้นับได้ว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะว่าเป็นไปไม่ได้ที่นักเรียนทำการเชื่อมโยงเองได้ครูจำเป็นต้องเริ่มในการบูรณาการแต่ละปัญหาเพราะวัตถุประสงค์ของการสอน โดยส่วนมากมุ่งเน้นที่ขอบเขตเนื้อหา มีการจัดหลักสูตรแยกออกจากกัน เช่น

เรขาคณิต พีชคณิตและสถิติ ครูจำเป็นต้องพัฒนาความรู้ความชำนาญในการทำการเชื่อมโยงทางวิชาคณิตศาสตร์ และช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถของพวกเขา และสิ่งหนึ่งที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในการให้ความช่วยเหลือให้นักเรียนทำการเชื่อมโยง คือการสร้างบรรยากาศของชั้นเรียนให้มีการเข้าถึงปัญหาที่เกี่ยวข้องทางคณิตศาสตร์ โดยสามารถใช้วิธีการที่หลากหลายในการหาคำตอบ และถ้านักเรียนทำผิดไม่ควรบอกว่าผิดแล้วปล่อยให้ผ่านไป ครูควรจะช่วยให้นักเรียนได้พบแก่น (ข้อเท็จจริง) ของแนวคิดถูกต้อง ซึ่งบางทีอาจนำไปสู่วิธีการใหม่ๆ และเกิดการเชื่อมโยงขึ้น นักเรียนได้รับการส่งเสริมให้พิจารณาและเปรียบเทียบวิธีการของตนเองกับกลุ่มอื่น แสดงให้เห็นการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

จากความหมายของการสอนคณิตศาสตร์โดยการเชื่อมโยง สรุปได้ว่า เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ทำให้เกิดการเชื่อมโยงทั้งภายในกลุ่มวิชาเดียวกัน ต่างกลุ่มวิชาและสัมพันธ์กับชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาของวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น เพื่อใช้ประโยชน์และแก้ปัญหาได้ ทำให้นักเรียนเข้าใจว่าสิ่งที่ตนเรียนมีคุณค่ามีประโยชน์

4.6 การพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา NCTM.(2000, Evaluation of teaching : Standard 4 – Mathematical Concepts, Procedures, and Connections อ้างถึงใน นงลักษณ์ แก้วมาลา. 2547, p. 21) กล่าวถึง การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่า ครูมีบทบาทในการพัฒนาความคิดรวบยอด กระบวนการ และการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. สาธิตความรู้ในเรื่องความคิดรวบยอดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์
2. นำเสนอคณิตศาสตร์ในลักษณะเช่นเดียวกับเครือข่ายการเชื่อมโยง ความคิดรวบยอดและกระบวนการร่วมกัน
3. เน้นให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และเป็นการเชื่อมโยงในชีวิตประจำวัน
4. ร่วมทำกิจกรรมกับนักเรียน โดยส่งเสริมความเข้าใจในความคิดรวบยอดกระบวนการ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์
5. ร่วมกันอภิปรายคณิตศาสตร์ โดยขยายความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดกระบวนการ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ของนักเรียน

กรมวิชาการ(2545, น. 203-205) ระบุว่า องค์ประกอบหลักที่ส่งเสริมการพัฒนาการเรียนรู้ ทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงมีดังนี้

1. มีความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์อย่างเด่นชัดในเรื่องนั้น
2. มีความในเนื้อหาที่จะนำไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรืองานอื่นๆ ที่ต้องการเป็นอย่างดี

3. มีทักษะการมองเห็นความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงระหว่างความรู้และทักษะ/กระบวนการที่มีในเนื้อหานั้นกับงานที่เกี่ยวข้องด้วย

4. มีทักษะในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างความสัมพันธ์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องด้วย

5. มีความเข้าใจในการแปลความหมายของคำตอบที่หาได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ว่ามีความเป็นไปได้หรือสอดคล้องกับสถานการณ์นั้นอย่างสมเหตุสมผลในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์นั้นผู้สอนอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์สอดแทรกในการเรียนรู้อยู่เสมอ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นการนำความรู้ เนื้อหาสาระและกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือเป็นการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

จรรยา ภูอุดม(2545, น. 23-24) กล่าวถึง การคัดเลือกสถานการณ์ปัญหาเพื่อใช้เป็นสื่อในการเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับสาระที่ 6 ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งนับเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาทักษะกระบวนการเชื่อมโยง ดังนี้

1. เป็นสถานการณ์แบบองค์รวม มีการบูรณาการแบบเนื้อหา เน้นมโนคติหรือแนวคิดหลักการสอนคณิตศาสตร์ที่แยกเป็นส่วนๆ ทำให้นักเรียนไม่สามารถสร้างมโนคติที่เป็นภาพรวมและนำคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถสร้างมโนคติที่เป็นภาพรวมจากส่วนย่อยๆ ได้แต่จะจำเฉพาะลักษณะที่เป็นส่วนย่อยๆ ในทางตรงกันข้าม เมื่อมโนคติถูกนำเสนอในลักษณะที่เป็นภาพรวม นักเรียนจะหาวิธีการสร้างความหมายโดยการแยกภาพรวมออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้สามารถให้เข้าใจได้ ส่วนการเน้นมโนคติหลักก็เนื่องมาจากจุดประสงค์การเรียนรู้ทุกจุดประสงค์ไม่ได้มีความสำคัญเท่ากันหมด บางจุดประสงค์เป็นเพียงกรณีเฉพาะหรือเป็นผลที่ได้โดยอ้อมจากการเรียนบางจุดประสงค์ นอกจากนี้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นความสำคัญทุกจุดประสงค์จะทำให้เวลาที่มีในหลักสูตรไม่เพียงพอสำหรับจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้คิดอย่างจริงจัง การจัดบรรยากาศการเรียนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้โดยการกระทำ จะต้องเป็นบรรยากาศที่อัดแน่นด้วยเนื้อหา แต่เป็นการเน้นที่แนวคิดใหม่ๆ จึงต้องมีการวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจว่าจะเลือกจุดประสงค์ใดที่เป็นจุดประสงค์หลักสำหรับจัดประสบการณ์การเรียนรู้ โดยอาจใช้การสร้างแผนผังมโนคติเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ เนื่องจากแผนผังมโนคติเป็นระบบการแทนความรู้ที่มีโครงสร้างเป็นลำดับขั้น มีความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกันระหว่างมโนคติต่างๆ สามารถแสดงให้เห็นถึงเนื้อหาที่ขึ้นต่อกันอย่างชัดเจน โดยมโนคติที่เป็นกรณีทั่วไปที่สุดจะเป็นมโนคติ

หลักส่วนมโนมิติที่เฉพาะเจาะจงจะเป็นมโนมิติตรง แผนผังมโนมิติ จึงสามารถแสดงให้เห็นถึงมโนมิติหลักและความรู้พื้นฐานได้เป็นอย่างดี

2. ข้อมูลในสถานการณ์สอดคล้องและตรงตามสภาพจริงในชีวิตประจำวันไม่เป็นเพียงข้อมูลที่แต่งขึ้น จากประสบการณ์ที่ผ่านมาเรามักพบว่านักเรียนไม่สามารถนำสิ่งที่เรียนไปใช้กับสถานการณ์จริงได้ เพราะสถานการณ์ในชีวิตจริงส่วนใหญ่มีลักษณะซับซ้อนผสมผสานกับเนื้อหาต่างๆ มากกว่าที่จะแยกออกเป็นส่วนๆ ด้วยเหตุนี้ สถานการณ์ปัญหาที่จะนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงมีลักษณะแบบองค์รวม มีการบูรณาการของเนื้อหาและมีความซับซ้อนตรงตามความเป็นจริงมากกว่าการแต่งขึ้น การฝึกให้นักเรียนได้เผชิญกับปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริงย่อมทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของวิชาคณิตศาสตร์ เห็นว่าคณิตศาสตร์สัมพันธ์โดยตรงกับชีวิตประจำวัน และสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน การให้โอกาสนักเรียนได้แก้ปัญหาแบบนี้จะทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่ซับซ้อนในชีวิตจริงได้ และเห็นว่าการเรียนรู้ต่อไปอีกเป็นสิ่งที่มีความสำคัญยิ่ง

3. เป็นสถานการณ์ปัญหาที่อยู่รอบตัวนักเรียน เหมาะกับวัย ความสนใจและมีความหมายต่อนักเรียน เนื่องจากการใช้สถานการณ์ที่เหมาะสมกับวัย ความสนใจและมีความหมายต่อนักเรียนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะผลักดันให้นักเรียนเกิดความอยากแก้ปัญหาหรือการกระทำอันก่อให้เกิดการเรียนรู้

4. เป็นสถานการณ์ที่ส่งเสริมการสำรวจ การอภิปรายและการตัดสินใจ เนื่องจากสถานการณ์ที่ส่งเสริมการสำรวจ อภิปรายและตัดสินใจ เป็นสถานการณ์ที่มีประสิทธิภาพต่อการเร้าให้นักเรียนรู้จักคิดอันเป็นจุดเริ่มต้นของการสำรวจอย่างนักวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้สถานการณ์ที่ส่งเสริมการสำรวจ อภิปรายและการตัดสินใจ ยังเป็นสถานการณ์ที่ส่งเสริมให้เกิดการใช้ระบบสัญลักษณ์ในการสื่อสาร เกิดปฏิสัมพันธ์ของสมาชิกในสังคม ที่สำคัญคือการใช้สถานการณ์ที่ส่งเสริมการสำรวจ อภิปรายและการตัดสินใจ จะช่วยส่งเสริมและพัฒนาความสามารถของนักเรียนทางด้านทักษะ/กระบวนการ ทั้งทางด้านการสื่อสาร การแก้ปัญหา และการให้เหตุผลได้เป็นอย่างดี

5. เป็นสถานการณ์ที่ท้าทาย สามารถหาคำตอบได้หลายวิธี นักเรียนแต่ละคนมีระดับความรู้ ทักษะและความเข้าใจต่อสถานการณ์ปัญหาแตกต่างกัน การใช้สถานการณ์ปัญหาที่สามารถหาคำตอบได้หลายวิธีจึงเอื้อต่อการใช้วิธีการของนักเรียนในการหาคำตอบ ซึ่งจะส่งเสริมการคิดและอภิปรายของนักเรียนประกอบกับปัญหาในชีวิตประจำวันส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาที่สามารถแก้ไขได้หลายวิธี ดังนั้นการใช้สถานการณ์ปัญหาที่สามารถแก้ไขได้หลายวิธีจึงส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายและสอดคล้องกับความเป็นจริงได้มากขึ้น นอกจากนี้การแก้ปัญหาเพียงไม่กี่ปัญหา แต่มีวิธีการแก้ที่หลากหลาย เป็นสิ่งที่มีประโยชน์กว่าการแก้ปัญหาหลายๆ ปัญหา

แต่ใช้วิธีการเดียวกัน เนื่องจากการใช้เพียงวิธีเดียวมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดความล้มเหลวในการแก้ปัญหาของนักเรียน

ในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะ/กระบวนการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์นั้น ผู้สอนอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาสอดแทรกในการเรียนรู้อยู่เสมอ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นการนำความรู้ เนื้อหาสาระและกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ หรือนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่หรือนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาในสถานการณ์ ที่ผู้สอนกำหนดขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือเห็นการนำคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงในชีวิตประจำวัน เพื่อให้ผู้เรียนได้มีการปฏิบัติจริง และมีทักษะกระบวนการเชื่อมโยงความรู้ ผู้สอนอาจมอบหมายงานหรือกิจกรรมให้ผู้เรียนไปศึกษาค้นคว้าหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมนั้น แล้วนำเสนองานต่อผู้สอนและผู้เรียนให้มีการอภิปรายและหาข้อสรุปร่วมกัน ดังตัวอย่างการเชื่อมโยงสถานการณ์ปัญหา ต่อไปนี้(กรมวิชาการ, 2545, น. 204 – 205)

บริษัทก่อสร้างดำรงต้องการเช่าที่ดินขนาด 2 ไร่ จำนวน 1 แปลง สำหรับเก็บวัสดุก่อสร้าง ในราคาประหยัด และมีผู้นำที่ดินมาเสนอให้เช่า 2 รายดังนี้

นายบุญ เสนอที่ดิน 2 ไร่ 1 งาน คิดราคาค่าเช่าที่ดินทั้งแปลงเดือนละ 7,000 บาท

นายล้วน เสนอที่ดิน 5 ไร่ 3 งาน แปลงที่ดินให้เช่าได้โดยคิดค่าเช่าตารางวาละ 100 บาท

ต่อไป

ถ้านักเรียนเป็นเจ้าของบริษัทก่อสร้างดำรง นักเรียนจะเช่าที่ดินของใคร เพราะเหตุใด

จากสถานการณ์ปัญหาข้างต้น จะเห็นว่าผู้เรียนต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ในการคำนวณค่าเช่าที่ดิน ต้องคำนวณถึงราคาที่ต้องการประหยัด ต้องใช้เหตุผลประกอบการตัดสินใจการนำเสนอเฉพาะคำตอบจากการคำนวณของผู้เรียน ไม่ใช่สิ่งสำคัญสุด ผู้สอนจะต้องให้ความสำคัญต่อแนวคิดและเหตุผลของผู้เรียนแต่ละคนประกอบด้วย

ตัวอย่างคำตอบและเหตุผลของนักเรียนอาจเป็นดังนี้

ค.ช. ก่อ ตอบว่า ควรเช่าที่ดินของนายบุญ ซึ่งมีค่าเช่าจ่ายปีละ 84,000 บาท

$(7,000 \times 12 = 84,000)$ และได้ที่ดินมากกว่าที่กำหนดไว้อีก 1 งาน

ค.ญ. นิตยา ตอบว่า ควรเช่าที่ดินของนางล้วน ซึ่งคิดค่าเช่า 2 ไร่

หรือ 800 ตารางวา เป็นเงิน 80,000 บาท ต่อปี ซึ่งเป็นราคาเช่า

ที่ถูกกว่าเช่าที่ดินของนายบุญ

ค.ญ. นุช ตอบว่า ควรเช่าที่ดินของนายบุญ ซึ่งเมื่อคิดค่าเช่าเป็นตารางวาต่อปีแล้ว

จะจ่ายเพียงตารางวาละ 93 บาท $\left(\frac{7000 \times 12}{900} \approx 93\right)$ ซึ่งถูกกว่าค่าเช่าที่ดิน ของนางล้วน

ผู้สอนอาจเปิดประเด็นให้ผู้เรียนได้มีการอภิปรายต่อในเรื่องนี้ได้อีกในประเด็นที่ว่าในชีวิตจริงแล้วก่อนตัดสินใจลงทุนทำกิจการใด ผู้ลงทุนจะไม่พิจารณาเฉพาะค่าเช่าเพียงอย่างเดียวต้องพิจารณาองค์ประกอบอื่นๆ ด้วย เช่น สภาพแวดล้อม ความสะดวกในการเข้าออก ที่อยู่ที่ใกล้หรือไกลจากบริษัทเพียงใด ประเด็นเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียนเสริมทักษะกระบวนการการให้เหตุผล ความคิดสร้างสรรค์ ส่งเสริมคุณธรรมจริยธรรมและค่านิยม ในด้านการคิดอย่างถี่ถ้วนรอบคอบ กล้าแสดงความคิดเห็นคิดอย่างมีวิจารณญาณอีกด้วย

จากความหมายของการพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่าเป็นการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้พัฒนาทักษะการเชื่อมโยง ครูผู้สอนควรบูรณาการเนื้อหาต่างๆ ภายในวิชาคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ รวมถึงการนำวิชาคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับชีวิตความเป็นอยู่ประจำวัน การจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนสนใจ ให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติจริง เพื่อที่จะได้นำความรู้เนื้อหาสาระและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้เรียนรู้เนื้อหาใหม่ๆ หรือนำมาแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้นจะช่วยให้วิชาคณิตศาสตร์น่าสนใจมากยิ่งขึ้น

4.7 การประเมินทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ(2552, น. 17-23) กล่าวถึง การประเมินผลตามสภาพจริงของวิชาคณิตศาสตร์เป็นการประเมินผลที่ได้จากการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เช่น การสังเกต การบันทึก การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผลงานที่นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่แสดงถึงสมรรถภาพของนักเรียนอย่างเพียงพอ และตรงกับความเป็นจริง การประเมินตามสภาพจริงควรให้ความสำคัญกับทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน ที่สอดคล้องกับคุณภาพของนักเรียนแต่ละคนตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลที่สอดคล้องกับวิธีการประเมินผล จำแนกได้ 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบ เป็นเครื่องมือวัดผลที่ผู้สอนสร้างขึ้นเพื่อใช้ทดสอบนักเรียนประกอบด้วยแบบทดสอบประเภทต่างๆ ได้แก่ แบบเลือกตอบ แบบถูกผิด แบบจับคู่ แบบเติมคำ แบบเปรียบเทียบ แบบเขียนตอบ และแบบแสดงวิธีทำ

2. ภาระงานที่ได้รับมอบหมาย เป็นเครื่องมือวัดผลที่ผู้สอนและนักเรียนอาจมีส่วนร่วมกันกำหนดขอบเขตและเกณฑ์ต่างๆ ในการทำงาน ซึ่งประกอบด้วยแบบฝึกหัด ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การศึกษาค้นคว้าทางคณิตศาสตร์และการร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ แฟ้มสะสมงานและ โครงการงานคณิตศาสตร์ก็เป็นภาระงานที่ได้รับมอบหมาย ที่ผู้สอน นักเรียนและผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ อาจร่วมกันประเมินผลงานของนักเรียนตามความเหมาะสม

นอกจากนี้กระทรวงศึกษาธิการยังได้นำเสนอวิธีการประเมินตามสภาพจริงที่ผู้สอน นักเรียนและผู้ที่เกี่ยวข้องร่วมกันประเมินหรือนักเรียนประเมินตนเอง จากผลงานในรูปของภาระงานที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนมีโอกาสใช้ความรู้ ความคิด ทักษะ กระบวนการทางคณิตศาสตร์และการแสดงออกด้านต่างๆ ในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่หลากหลาย มีการใช้เหตุผล การสื่อสาร การนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ และมีความคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนได้ตระหนักในคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ตลอดจนฝึกให้ทำงานอย่างเป็นระบบ มีระเบียบวินัย มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ มีวิจารณญาณและมีความเชื่อมั่นในตนเอง(กระทรวงศึกษาธิการ. 2552, น. 75-125) ภาระงานที่ได้รับมอบหมาย ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. เป็นกิจกรรมที่สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ตามมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นหรือสอดคล้องกับสาระเพิ่มเติม โดยบูรณาการกับสถานการณ์จริงหรือกับศาสตร์อื่นๆ
2. ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงออกและประยุกต์ใช้มนทัศน์ รวมทั้งใช้ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อการสร้างสร้งงาน
3. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการค้นพบด้วยตนเอง ที่ทำให้เกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย
4. แสดงถึงความรู้ความสามารถด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียน รวมทั้งความสามารถด้านการจัดการและการลงมือปฏิบัติจริง
5. ปลุกฝังนักเรียนให้มีส่วนร่วมในการทำงานที่ดี มีความมุ่งมั่น พากเพียร พยายาม มีเหตุผล มีการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบและมีความรับผิดชอบ

ภาระงานที่ได้รับมอบหมายทางคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีรูปแบบหลากหลาย ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

1. แบบฝึกหัด เป็นภาระงานที่ช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสทบทวนผลการเรียนรู้เนื้อหาสาระต่างๆ ที่ได้เรียนรู้มาแล้ว แบบฝึกหัดที่มอบหมายให้นักเรียนฝึกฝน จำแนกได้เป็นแบบฝึกหัดในชั้นเรียน แบบฝึกหัดทำเรื่อง แบบฝึกหัดทำบทเรียน
2. ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นสถานการณ์หรือคำถามที่มีเนื้อหาสาระกระบวนการหรือความรู้ที่นักเรียนไม่คุ้นเคยมาก่อนและไม่สามารถหาคำตอบได้ทันที การหาคำตอบจะต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่นๆ ประกอบกับความสามารถด้านการวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการตัดสินใจ

3. การศึกษาค้นคว้าทางคณิตศาสตร์ เป็นภาระงานที่นักเรียนได้รับมอบหมายให้ศึกษา การค้นคว้า เรียบเรียงเพื่อให้ได้ความหมายอย่างครอบคลุมกับประเด็นที่ต้องการศึกษาและนำเสนอผลการศึกษาในรูปแบบต่างๆ โดยผู้สอนทำหน้าที่แนะนำเกี่ยวกับแหล่งเรียนรู้และแนวทางในการค้นคว้า ตลอดจนเป็นที่ปรึกษาระหว่างการค้นคว้าด้วยกัน

4. การร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะต่างๆ เช่น การเข้าร่วมกิจกรรมการสาธิต การทดลอง การศึกษาสำรวจ และการชมนิทรรศการหรือการแสดงผลงาน

แบบฝึกเสริมทักษะที่มอบหมายให้นักเรียนได้ฝึกฝน อาจจำแนกได้ 3 ประเภท คือ

1. แบบฝึกเสริมทักษะระหว่างเรียน ที่ผู้สอนกำหนดให้ใช้วิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธี เพื่อวัดผลการเชื่อมโยง เช่น ให้นักเรียนทำกิจกรรมเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม ในห้องเรียนหรือนอกห้องเรียน ให้อธิบายหรือแสดงวิธีทำบนกระดานเพื่อให้นักเรียนได้ค้นหากฎเกณฑ์ต่างๆ ได้ด้วยตนเองโดยการแนะนำของครูผู้สอน

2. แบบฝึกเสริมทักษะท้ายเรื่อง มีลักษณะเป็นการสรุปผลการเรียนรู้ ที่ผู้สอนกำหนดให้นักเรียนทำในลักษณะของการบ้านก็ได้ โดยผู้สอนกำหนดตามความสามารถของนักเรียนเพื่อเป็นการฝึกทักษะให้เกิดความแม่นยำและรวดเร็ว

3. แบบฝึกเสริมทักษะท้ายบทเรียน เป็นแบบฝึกทักษะที่ต้องใช้ความรู้และวิธีการที่หลากหลายผสมผสานกัน เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้ด้านต่างๆ หรือเพื่อเป็นการทบทวนความรู้ฝึกทักษะเพิ่มเติม

การวัดทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นการวัดความสามารถการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ตามสภาพจริงเพื่อตรวจสอบดังนี้

1. สามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้เนื้อหาต่างๆ ในวิชาคณิตศาสตร์ โดยมองปัญหาคณิตศาสตร์ที่กำหนดให้ในภาพรวมก่อนแล้วจึงวิเคราะห์เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่โจทย์กำหนดให้ว่าตรงกับสาระเนื้อหาหรือสาระคณิตศาสตร์เรื่องใด มีความสัมพันธ์หรือเชื่อมโยงกันในเรื่องใดและสามารถนำไปเชื่อมโยงกับเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่นๆ นอกเหนือจากที่โจทย์กำหนดให้ได้

2. สามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับวิชาอื่นๆ โดยสำรวจปัญหาและอธิบายผลที่ได้จากการเชื่อมโยงเนื้อหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้การให้เหตุผลและสร้างแนวคิดใหม่หรือแนวทางการแก้ปัญหาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ จากการเชื่อมโยงความรู้ที่เป็นพื้นฐานแนวคิดของคณิตศาสตร์ในเรื่องต่างๆ ได้

3. นำความรู้และทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ไปประยุกต์ใช้โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาความสัมพันธ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือปัญหาในชีวิตประจำวัน

จากความหมายของการประเมินทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่าเป็นการประเมินผลทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ใช้การประเมินจากความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น และการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับการดำเนินชีวิตประจำวัน โดยใช้การประเมินจากโครงการคณิตศาสตร์ที่มีองค์ประกอบสมบูรณ์ เพื่อเป็นการวัดและการประเมินผลทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นความสามารถทางการเรียนหลังจากได้เรียนเนื้อหาของวิชาคณิตศาสตร์แล้วนักเรียนมีความสามารถเรียนรู้มากขึ้นเพียงใด หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าเป็นความสามารถทางสติปัญญาด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียน Wilson (1971, pp. 645-696 อ้างถึงในอนันต์ จันทร์ทวี 2546, น. 297-318) ได้จำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์ของวิชาคณิตศาสตร์ทางด้านสติปัญญาไว้ ดังนี้

1. ความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ (Computation) เป็นความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้อย่างแม่นยำทั้งในด้านข้อเท็จจริง ศัพท์ นิยาม ตลอดจนความสามารถในการดำเนินการคิด โจทย์ปัญหาอย่างง่าย ๆ ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่ต้องอาศัยการตัดสินใจ ทั้งนี้รวมถึงโจทย์ปัญหาที่เหมือนกับตัวอย่างหรือแบบฝึกหัดที่เคยทามาแล้ว พฤติกรรมขั้นนี้ยังแบ่งออกเป็น 3 ขั้นย่อยๆ คือ

1.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Specific Facts) เป็นความสามารถที่จะระลึกถึงข้อเท็จจริงต่างๆ ที่ได้เรียนมาแล้ว ตลอดจนพื้นฐานต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนสร้างสมการเป็นเวลานานอีกด้วย

1.2 ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (Terminology) เป็นความสามารถในการระลึกถึงศัพท์นิยามต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้ว โดยไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณแต่อย่างใดและไม่ต้องการความรู้อื่นมาช่วย

1.3 ความรู้ความจำเกี่ยวกับการใช้กระบวนการคิดคำนวณ (Algorithms) เป็นความสามารถในการใช้ข้อเท็จจริง ศัพท์หรือนิยาม และคิดคำนวณตามกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้ว ในที่นี้หมายถึงการดำเนินการตามลำดับขั้นตอนที่ครูเคยสอนมาแล้ว เช่น ลำดับขั้นตอนในการหารยาว ลำดับขั้นตอนการหาตัวคูณร่วมน้อย หรือ ตัวหารร่วมมาก

2. ความเข้าใจ(Comprehension) เป็นความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้ว มาสัมพันธ์กับโจทย์หรือปัญหาใหม่ ตลอดจนความสามารถในการตีความ แปลความ และขยายความ ได้ พฤติกรรมขั้นนี้แบ่งออกเป็น 6 ขั้นย่อย ๆ คือ

2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติ(Concept) เป็นความสามารถในการนำข้อเท็จจริง ที่มีอยู่มาประมวลเข้าเป็นมโนคติ มโนคตินั้นมีความซับซ้อนกว่าข้อเท็จจริง ซึ่งต้องอาศัยความรู้ ต่างๆ มาผสมผสานกัน คำถามเกี่ยวกับมโนคตินี้ ครูจะต้องไม่เคยบอกหรือสอนมาก่อน เพราะว่าถ้า เคยบอกมาก่อนแล้วจะกลายเป็นวัดความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง

2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎ และการสรุปอ้างอิงเป็นกรณีทั่วไปทาง คณิตศาสตร์(Principles Rules and Generalization) เป็นความสามารถในการนำเอาหลักการ กฎ และ ความรู้เกี่ยวกับมโนคติไปสัมพันธ์กับ โจทย์ปัญหาจนได้แนวทางในการแก้ปัญหาโจทย์ได้

2.3 ความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์(Mathematical Structure) คำถาม ที่วัดพฤติกรรมในขั้นนี้ต่างจากพฤติกรรมขั้นความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม เรามักจะใช้ คำถามเกี่ยวกับศัพท์และนิยามในคณิตศาสตร์มาใช้วัดพฤติกรรมเกี่ยวกับโครงสร้างทางคณิตศาสตร์

2.4 ความสามารถในการแปลง โจทย์ปัญหา จากรูปแบบหนึ่ง ไปยังอีกรูปแบบหนึ่ง (Transform Problem Elements From One mode to Another) เป็นความสามารถในการแปลข้อความ ที่กำหนดให้ออกเป็นข้อความใหม่หรือภาษาใหม่ อีกรูปหนึ่งซึ่งมีความหมายคงเดิม เป็นต้นว่า เปลี่ยน โจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปสมการ ซึ่งการวัดในขั้นนี้ไม่รวมถึงวิธีการหาคำตอบจากสมการนั้น

2.5 ความสามารถในการดำเนินความคิดตามแนวของเหตุผลที่วางไว้(Follow a Line of Reasoning) ความสามารถในการดำเนินความคิดตามแนวของเหตุผลเป็นความสามารถใน การอ่านและเข้าใจกับข้อความทางคณิตศาสตร์และสามารถบอกได้ว่าผลสรุปในแต่ละขั้นมาจาก เหตุผลใด

2.6 ความสามารถในการอ่านและตีความ โจทย์ปัญหา (Read and Interpret of Problem) เป็นความสามารถในการอ่านและตีความจาก โจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ เพื่อทราบ ว่า โจทย์ ต้องการอะไร โจทย์กำหนดอะไรให้บ้าง สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ยังขาดส่วนใดบ้าง รวมทั้งการแปล ความหมายจากกราฟหรือข้อมูลทางสถิติตลอดจนการแปลสมการหรือตัวเลขให้เป็นรูปภาพ

3. การนำไปใช้(Application) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาต่างๆ ที่คล้ายคลึง กับที่ เคย เรียนมาแล้ว นั่นคือนักเรียนจะต้องผสมผสานความรู้ความสามารถจากขั้นความรู้ความจำเกี่ยวกับ การคิดคำนวณและความเข้าใจ ในการนำมาใช้แก้ โจทย์ปัญหาซึ่งจะมีหลายขั้นตอนในการจัดกระทำ เพื่อให้ได้คำตอบออกมา ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีการเลือก การตัดสินใจว่าจะทำขั้นตอนใด ก่อน – หลัง พฤติกรรมขั้นนี้ยังแบ่งออกเป็น 4 ขั้นย่อย คือ

3.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่คุ้นเคย(Solve Routine Problem) หรือปัญหาที่เคยเรียนมาแล้ว พฤติกรรมขั้นนี้เป็นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่คล้ายคลึงแต่ไม่ใช่ข้อเดียวกันกับตัวอย่างหรือแบบฝึกหัดที่นักเรียนเคยทำมาแล้ว นักเรียนจะต้องอาศัยความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ และความเข้าใจ มาผสมผสานกันแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมา

3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ(Make Comparison) เป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์ โดยการเปรียบเทียบข้อมูลที่โจทย์ให้มา 2 ชุด ในการแก้ปัญหานั้นจะต้องใช้วิธีการคิดคำนวณ และความเข้าใจ แล้วจึงนำมาเปรียบเทียบเพื่อตัดสินใจ

3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล(Analyze Data) เป็นความสามารถในการจำแนกและตัดสินใจได้ว่าข้อมูลส่วนใดจำเป็นหรือไม่จำเป็นต่อการแก้โจทย์ปัญหา

3.4 ความสามารถในการมองเห็นแบบ ลักษณะ โครงสร้างที่เหมือนกัน และการสมมาตร(Recognize Patterns, Isomorphism and Symmetries) พฤติกรรมในขั้นนี้จะเกี่ยวกับการระลึกข้อมูล แปลงปัญหาการจัดกระทำกับข้อมูล การมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่คุ้นเคยกับข้อมูลที่กำหนดให้ หรือจากปัญหาที่กำหนดขึ้น

4. การวิเคราะห์(Analysis) พฤติกรรมขั้นนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมขั้นสูงสุดด้านสติปัญญา นักเรียนจะตอบปัญหาที่วัดพฤติกรรมขั้นนี้ได้ต้องมีความสามารถในระดับสูง โจทย์ปัญหานั้นจะมีลักษณะซับซ้อน พลิกแพลง ซึ่งนักเรียนไม่เคยลองฝึกทำมาก่อน แต่ทั้งนี้มิได้หมายความว่าโจทย์ปัญหานั้นจะอยู่นอกขอบข่ายเนื้อหาวิชาที่เคยเรียนมา ดังนั้นการแก้โจทย์ปัญหาที่วัดพฤติกรรมในขั้นนี้จึงครอบคลุมความรู้ความสามารถในสามขั้นที่กล่าวมาแล้ว รวมทั้งการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถค้นพบวิธีการหรือแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหานั้นๆ ได้ พฤติกรรมขั้นวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 5 ขั้นย่อย ๆ คือ

4.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยมาก่อน(Solve Nonroutine Problems) คำถามในขั้นนี้เป็นคำถามที่ต้องคิดซับซ้อน เป็นโจทย์ที่ไม่ได้อยู่ในแบบฝึกหัดหรือตัวอย่าง ไม่เคยเห็นมาก่อน นักเรียนจะแก้ปัญหานั้นได้ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ของคณิตศาสตร์ ต้องเข้าใจ โนมติหรือนิยามตลอดจนทฤษฎีต่างๆ ที่ครูสอนมาแล้วเป็นอย่างดี แล้วใช้ความรู้เหล่านั้นมาผสมผสานกันแก้ปัญหานั้น

4.2 ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์(Discover Relationships) ข้อสอบที่วัดพฤติกรรมในขั้นนี้นักเรียนจะต้องจัดส่วนต่างๆ ที่โจทย์กำหนดให้ใหม่ แล้วสร้างความสัมพันธ์ขึ้นเพื่อใช้ในการแก้ปัญหานั้น พฤติกรรมในขั้นนี้ที่ต่างไปจากขั้นนำไปใช้ตรงที่นักเรียนต้องรวบรวมสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มาเป็นความสัมพันธ์ใหม่ แทนที่จะจำความสัมพันธ์อันเดิมที่เคยพบมาแล้ว มาใช้กับข้อมูลชุดใหม่เท่านั้น

4.3 ความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์(Construct Proofs) เป็นความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์โจทย์ปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน นักเรียนจะต้องอาศัยนิยามและทฤษฎีความรู้ต่างๆ มาช่วยแก้ปัญหา

4.4 ความสามารถในการวิพากษ์วิจารณ์การพิสูจน์(Criticize Proofs) เป็นการใช้เหตุผลที่ควบคู่ไปกับความสามารถในการพิสูจน์ ซึ่งต้องการให้นักเรียนมองเห็นหรือเข้าใจ การพิสูจน์นั้นว่าถูกต้องหรือไม่มีข้อใดผิดพลาดไปบ้าง

4.5 ความสามารถในการสร้างสูตร และการทดสอบความถูกต้องของสูตรนั้น ซึ่งใช้เป็นกรณีทั่วไปได้(Formulate and Validate Generalization) พฤติกรรมขั้นนี้คล้ายกับข้อ 3 แต่อาจซับซ้อนมากกว่า นักเรียนสามารถสร้างสูตรขึ้นมาใหม่ โดยให้สัมพันธ์กับเรื่องที่เคยเรียนมาแล้ว และต้องสมเหตุสมผลสามารถใช้ได้ทุกกรณี

ผู้วิจัยได้นำความรู้เรื่องการจำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์ของวิชาคณิตศาสตร์ ทางด้านสติปัญญาตามแนวคิดของวิลสัน ไปใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน วิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ที่ผู้วิจัยใช้เป็นเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้

6. ความพึงพอใจ

6.1 ความหมายของความพึงพอใจ

นักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ดังนี้

รักษ์พงษ์ วงษ์ธานี (2546, น. 65) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึงความรู้สึกที่ดีหรือทัศนคติที่ดีของบุคคล ซึ่งมักเกิดจากการได้รับการตอบสนองตามที่ตนเองต้องการที่จะเกิดความรู้สึกที่ดีในสิ่งนั้นตรงกันข้ามหากความต้องการที่ตนเองไม่ได้รับการตอบสนองความไม่พอใจก็จะเกิดขึ้น

มยุรี ศรีคะเนย์ (2547, น. 91) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึงพลังที่เกิดจากจิตที่มีผลทำให้บุคคลชอบหรือไม่ชอบในงานหรือกิจกรรมที่ทำซึ่งส่งผลให้งานหรือกิจกรรมที่ทำนั้นประสบผลสำเร็จหรือล้มเหลวได้

สุรพงษ์ บรรจจุสุข(2547, น. 62) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึงความรู้สึกนึกคิดหรือเจตคติของบุคคลที่มีต่อการทำงานหรือการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนในเชิงบวกและต้องการดำเนินกิจกรรมนั้นๆ จนบรรลุผลสำเร็จ

บุญธรรม กิจปรีดาวิสุทธิ(2551, น. 189) กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นสภาพความรู้สึกที่มีความสุข สดชื่น เป็นภาวะทางอารมณ์เชิงบวกที่บุคคลแสดงออก เมื่อได้รับผลสำเร็จ

ทั้งปริมาณและคุณภาพตามจุดมุ่งหมายความต้องการ ความพึงพอใจจึงเป็นผลของความต้องการที่ได้รับการตอบสนองโดยมีการจูงใจ(Motivation) หรือสิ่งจูงใจ(Motivators) เป็นตัวเหตุ

กอนน ทศานนท์(2553, น. 35) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึงความรู้สึกหรือทัศนคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งอันเกิดจากพื้นฐานของการรับรู้ค่านิยมประสบการณ์ที่แต่ละบุคคลได้รับและจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อสิ่งนั้นสามารถตอบสนองความต้องการให้แก่บุคคลนั้นได้ ซึ่งระดับความพึงพอใจของแต่ละบุคคลย่อมมีความแตกต่างกันไป

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึงความรู้สึกพอใจหรือทัศนคติที่ดีของบุคคลที่มีต่อการทำงานหรือการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนและเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่จะช่วยให้การดำเนินงานประสบความสำเร็จ

6.2 ความสำคัญของความพึงพอใจ

ในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน ความพึงพอใจเป็นสิ่งที่สำคัญที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนทำงานที่ได้รับมอบหมาย หรือต้องการปฏิบัติให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์(บุญนำ เกษี, 2556, น. 47-48) ดังนั้นการทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจในการเรียนรู้หรือปฏิบัติงาน มีแนวคิดพื้นฐานที่ต่างกัน 2 ลักษณะคือ

1. ความพึงพอใจนำไปสู่การปฏิบัติงาน การตอบสนองความต้องการผู้ปฏิบัติงานจนเกิดความพึงพอใจจะทำให้เกิดแรงจูงใจในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานที่สูงกว่าผู้ไม่ได้รับการตอบสนอง ครูผู้สอนต้องคำนึงถึงการจัดบรรยากาศและสถานการณ์รวมทั้งสื่อ อุปกรณ์การเรียนการสอนที่เอื้ออำนวยต่อการเรียนเพื่อตอบสนองความพึงพอใจของผู้เรียนให้มีแรงจูงใจในการทำกิจกรรมจนบรรลุตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

2. ผลการปฏิบัติงานนำไปสู่ความพึงพอใจ ความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจและผลการปฏิบัติงานจะถูกเชื่อมโยงด้วยปัจจัยอื่นๆ ผลการปฏิบัติงานที่ดี จะนำไปสู่ผลตอบแทนที่เหมาะสมซึ่งในที่สุดจะนำไปสู่การตอบสนองความพึงพอใจ

จากแนวคิดพื้นฐานดังกล่าว เมื่อนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผลตอบแทนภายในหรือรางวัลภายในใจ เป็นผลด้านความรู้สึกของผู้เรียนที่เกิดขึ้น เช่น ความภาคภูมิใจ ความมั่นใจ การได้รับการยกย่องจากบุคคลอื่น ส่วนผลตอบแทนภายนอกเป็นรางวัลที่ผู้อื่นจัดหาให้ เช่น ได้รับคำชมเชยจากครูผู้สอน พ่อแม่

6.3 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับความพึงพอใจ

นักการศึกษาหลายท่าน ได้ทำการศึกษาค้นคว้าและตั้งทฤษฎีเกี่ยวกับแรงจูงใจในการทำงานไว้ ดังนี้

Herberg et al. (1959, pp. 113-115) ได้ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เป็นมูลเหตุที่ทำให้เกิดความพึงพอใจ เรียกว่า The Motivation Hygiene Theory ทฤษฎีนี้ได้กล่าวถึง ปัจจัยที่ทำให้เกิดความพึงพอใจในการทำงานมี 2 ปัจจัย คือ

1. ปัจจัยกระตุ้น(Motivation Factors) เป็นปัจจัยที่เกี่ยวกับงาน ซึ่งมีผลก่อให้เกิดความพึงพอใจในการทำงาน เช่น ความสำเร็จของงาน การได้รับการยอมรับนับถือ ลักษณะของงาน ความรับผิดชอบ ความก้าวหน้าในตำแหน่งการงาน

2. ปัจจัยค้ำจุน(Hygiene Factors) เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมในการทำงาน และมีหน้าที่ให้บุคคลเกิดความพึงพอใจในการทำงาน เช่น เงินเดือน โอกาสที่จะก้าวหน้าในอนาคต สถานะอาชีพ สภาพการทำงาน เป็นต้น

สมยศ นาวิการ(2541, น. 119-155) กล่าวว่า การดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน ความพึงพอใจเป็นสิ่งสำคัญที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนทำงานที่ได้รับมอบหมาย หรือต้องการปฏิบัติให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ ครูผู้สอนซึ่งในสภาพปัจจุบันเป็นเพียงผู้อำนวยการควบคุม หรือให้คำแนะนำปรึกษา จึงต้องคำนึงถึงความพอใจในการเรียนรู้ การทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจ ในการเรียนรู้ หรือการปฏิบัติงานมีแนวคิดพื้นฐานที่ต่างกัน 2 ลักษณะ คือ

1. ความพึงพอใจนำไปสู่การปฏิบัติงาน การตอบสนองความต้องการผู้ปฏิบัติงาน จนเกิดความพึงพอใจ จะทำให้เกิดแรงจูงใจในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานที่สูงกว่าผู้ไม่ได้รับการตอบสนอง

2. ผลการปฏิบัติงานนำไปสู่ความพึงพอใจ ความสัมพันธ์ระหว่างความพึงพอใจและผลการปฏิบัติงานจะถูกเชื่อมโยงด้วยปัจจัยอื่นๆ ผลการปฏิบัติงานที่ดีจะนำไปสู่ผลตอบแทนที่เหมาะสม ซึ่งในที่สุดการตอบสนองความพึงพอใจ ผลการปฏิบัติงานย่อมได้รับการตอบสนองในรูปของรางวัลหรือผลตอบแทน ซึ่งแบ่งออกเป็นผลตอบแทนภายใน (Intrinsic Rewards) และผลตอบแทนภายนอก (Extrinsic Rewards) โดยผ่านการรับรู้เกี่ยวกับความยุติธรรมของผลตอบแทน ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณของผลตอบแทนที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับ นั่นคือ ความพึงพอใจในงานของผู้ปฏิบัติจะถูกกำหนดโดยความแตกต่างระหว่างผลตอบแทนที่เกิดขึ้นจริง และการรับรู้เรื่องเกี่ยวกับความยุติธรรมของผลตอบแทนที่รับรู้แล้ว ความพึงพอใจย่อมเกิดขึ้น

สรุปได้ว่า จากแนวคิดดังกล่าว ครูผู้สอนที่ต้องการให้กิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบรรลุผลสำเร็จ จึงต้องคำนึงถึงการจัดบรรยากาศและสถานการณ์ รวมทั้งสื่ออุปกรณ์การเรียนการสอนที่เอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ ผลตอบแทนภายในหรือรางวัลภายในเป็นผลด้านความรู้สึกของผู้เรียนที่เกิดแก่ตัวผู้เรียนเอง เช่น ความรู้สึกต่อความสำเร็จที่เกิดขึ้นเมื่อสามารถเอาชนะความยุ่งยากต่างๆ และสามารถดำเนินงานภายใต้ความยุ่งยากทั้งหลายได้สำเร็จ ทำให้เกิด

ความภาคภูมิใจ ความมั่นใจ ตลอดจนได้รับการยกย่องจากบุคคลอื่น ส่วนผลตอบแทนภายนอกเป็นรางวัลที่ผู้อื่นจัดทำให้มากกว่าที่ตนเองให้ตนเอง เช่น การได้รับคำยกย่องชมเชยจากครูผู้สอน พ่อแม่ ผู้ปกครอง หรือแม้แต่การได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับที่น่าพอใจ เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของผู้เรียนให้มีแรงจูงใจในการทำกิจกรรมจนบรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

6.4 การวัดความพึงพอใจ

บุญธรรม กิจปริดาปริสุทธิ (2551, น. 181) กล่าวว่า การวัดความพึงพอใจสามารถวัดได้โดยใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่าแบบวัดซึ่งเป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลทั่วไป ทั้งแบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ แบบประเมินค่า แบบทดสอบวัดความรู้ วัดความถนัดและวัดพฤติกรรม ดังนั้นการวัดความพึงพอใจสามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. การใช้แบบสอบถาม โดยผู้สอบถามจะออกแบบสอบถามเพื่อต้องการทราบความคิดเห็น ซึ่งสามารถทำได้ในลักษณะที่กำหนดคำตอบให้เลือกหรือตอบคำถามอิสระ คำถามดังกล่าวอาจถามความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ

2. การสัมภาษณ์เป็นวิธีวัดความพึงพอใจทางตรงทางหนึ่ง ซึ่งต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดีจึงจะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงได้

3. การสังเกตเป็นวิธีการวัดความพึงพอใจโดยสังเกตพฤติกรรมของบุคคล ไม่ว่าจะแสดงออกจากการพูด กิริยาท่าทาง วิธีนี้จะต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจังและ การสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

มนต์ชัย เทียนทอง(2554, น. 318) กล่าวว่า การวัดความพึงพอใจเป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการประเมินผลด้านคุณภาพ ซึ่งเป็นการสอบถามความรู้สึกหรือความชอบเกี่ยวกับบทเรียนที่พัฒนาขึ้น โดยแนวทางที่ใช้ในการกำหนดประเด็นคำถามที่นิยมใช้มีอยู่ 2 แนวทาง ดังนี้

1. แนวทางการประเมินภาพรวมทั่วไป เช่น สอบถามเกี่ยวกับส่วนนำเข้า ส่วนประมวลและส่วนที่แสดงผล โดยพิจารณารายละเอียดแต่ละส่วนว่ามีข้อคำถามใดบ้างที่จะสอบผู้เรียนเกี่ยวกับความพึงพอใจในการใช้บทเรียน กล่าวได้ว่าแนวทางนี้เป็นแนวทางที่มีการใช้ประเมินความพึงพอใจมากที่สุด

2. แนวทางการใช้ทฤษฎีประเมินผล โดยสามารถนำทฤษฎีประเมินผลมากำหนดกรอบในการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนเกี่ยวกับสาระ(Context) ส่วนนำเข้า(Input) ส่วนประมวลผล(Process) และผลผลิต(Product)

การเก็บรวบรวมข้อมูลจะนิยมใช้แบบสอบถามมากกว่าการสัมภาษณ์ โดยการกระทำกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ที่ใช้บทเรียน โดยตรงเพื่อประเมินความพึงพอใจหลังจากที่ทดลองใช้บทเรียนแล้ว ผลที่ได้จากการประเมินจะเป็นดัชนีบ่งชี้ความพึงพอใจของผู้เรียน สำหรับสถิติที่ใช้ในการ

วิเคราะห์ความพึงพอใจที่ได้จากแบบสอบถาม จะใช้ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือใช้สถิติเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้เรียนแต่ละกลุ่มก็ได้

แบบประเมินความพึงพอใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยกำหนดเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

พึงพอใจมากที่สุด	ให้คะแนน	5	คะแนน
พึงพอใจมาก	ให้คะแนน	4	คะแนน
พึงพอใจปานกลาง	ให้คะแนน	3	คะแนน
พึงพอใจน้อย	ให้คะแนน	2	คะแนน
พึงพอใจน้อยที่สุด	ให้คะแนน	1	คะแนน

ค่าเฉลี่ยจากการประเมินแต่ละข้อเมื่อเทียบกับเกณฑ์การประเมิน โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายคะแนน(บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 82-83) ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	4.51-5.00	หมายถึง	มีความพึงพอใจมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	3.51-4.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจมาก
คะแนนเฉลี่ย	2.51-3.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.51-2.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจน้อย
คะแนนเฉลี่ย	1.00-1.50	หมายถึง	มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การวัดความพึงพอใจเป็นการสอบถามความรู้สึกหรือความชอบเกี่ยวกับบทเรียนที่พัฒนาขึ้น โดยสามารถทำได้หลายวิธีทั้งการสัมภาษณ์ การสังเกตและที่นิยมใช้มากที่สุด คือ การใช้แบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยการให้น้ำหนักคะแนนหากข้อความใดมีค่าคะแนนสูงแสดงว่ามีความพึงพอใจต่อสิ่งนั้นมาก

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากการวิจัยการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบ MESUK Model เพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการ แนวคิด และทฤษฎีการเรียนรู้ต่างๆ มาใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว โดยผู้วิจัยได้นำเอาขั้นตอนกระบวนการจัดกิจกรรม โครงการคณิตศาสตร์และการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาปรับประยุกต์ และออกแบบรูปแบบการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบ MESUK Model เพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ จึงขอนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์

จากการศึกษารายงานวิจัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรม โครงงานคณิตศาสตร์ รวม 11 เรื่อง ผู้วิจัยสังเคราะห์และสังเขปสาระ โดยแบ่งการศึกษางานวิจัยเป็น 2 ช่วงเวลา ดังนี้

7.1.1 รายงานวิจัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ ก่อน พ.ศ. 2550 การศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรม โครงงานคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยศึกษางานวิจัย 6 เรื่อง ได้แก่ รายงานวิจัยของ นภัสสร สุทธิกุล (2546) อารีรัตน์ ขวัญทะเล (2546) นุชกร คาพุช (2548) ศศิอุทัย ด้านกลาง (2548) โชติกา กิจเนตร (2549) ศรีนทรา อุทัยเลิศ (2549) ผู้วิจัยสังเคราะห์งานวิจัยทั้ง 6 เรื่องในประเด็นต่อไปนี้

1) รายงานวิจัยของ นภัสสร สุทธิกุล (2546) และ อารีรัตน์ ขวัญทะเล (2546) งานวิจัยของ นภัสสร สุทธิกุล (2546) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการทำโครงงานคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาจากผลที่เกิดขึ้นกับนักเรียนหลังจากทำโครงงานคณิตศาสตร์ในเรื่องต่อไปนี้ (1) จำนวนและประเภทของโครงงานคณิตศาสตร์ (2) คุณภาพของโครงงานคณิตศาสตร์ (3) พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม (4) เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ (5) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา ค 014 คณิตศาสตร์ 4 และ (6) ความสามารถในการแก้ปัญหา ส่วนงานวิจัยของ อารีรัตน์ ขวัญทะเล (2546) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องจำนวนและตัวเลข และเจตคติที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการทำโครงงานคณิตศาสตร์และที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามปกติ รูปแบบการวิจัยของงานวิจัยทั้งสองเรื่องเป็นการวิจัยกึ่งทดลอง แบบแผนวัดก่อนและหลังการทดลอง มีกลุ่มเปรียบเทียบ กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยของ นภัสสร สุทธิกุล (2546) ได้มาจากการสุ่มอย่างง่ายจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 72 คน จับสลากให้กลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง และอีกกลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 36 คน ส่วนงานวิจัยของ อารีรัตน์ ขวัญทะเล (2546) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 2 ห้องเรียน ๆ ละ 52 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผลการวิจัยของ นภัสสร สุทธิกุล (2546) พบว่า (1) โครงงานคณิตศาสตร์ ที่กลุ่มทดลองจัดทำมีจำนวน 12 โครงงาน แยกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ โครงงานตามกลุ่มสาระการเรียนรู้และโครงงานที่นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง (2) โครงงานคณิตศาสตร์ที่นักเรียนกลุ่มทดลองจัดทำมีคุณภาพอยู่ในระดับดี (3) พฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียนกลุ่มทดลองอยู่ในระดับปานกลาง (4) เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังการทดลอง สูงกว่าก่อนการทดลอง (5) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา ค 014 คณิตศาสตร์ 4 ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (6) ความสามารถในการแก้ปัญหของนักเรียน

กลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนผลการวิจัยของ อารีรัตน์ ขวัญทะเล (2546) ปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องจำนวนและตัวเลข และเจตคติที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการทำโครงการคณิตศาสตร์สูงกว่าที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามปกติ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 จะเห็นว่างานวิจัยทั้งสองเรื่องได้ผลการวิจัยที่สอดคล้องกันในเรื่องของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

2) รายงานวิจัยของ บุญกร คาพุช (2548) ศศิฤทัย ค่านกลาง (2548) โชติกา กิจเนตร (2549) และ ศรีนทรา อุทัยเลิศ (2549) พบว่า งานวิจัยทั้ง 4 เรื่อง มีวัตถุประสงค์สอดคล้องกัน คือ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ และศึกษาความสามารถในการประยุกต์ความรู้วิชาคณิตศาสตร์ แต่มีรายละเอียดการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน งานวิจัยของบุญกร คาพุช (2548) และ ศศิฤทัย ค่านกลาง (2548) เปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียน ส่วนงานวิจัยของ โชติกา กิจเนตร (2549) และ ศรีนทรา อุทัยเลิศ (2549) เปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ ระดับการศึกษา ที่ศึกษา ได้แก่ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-2 และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม ยกเว้นงานวิจัยของ ศรีนทรา อุทัยเลิศ (2549) กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง

ผลการวิจัยด้านการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 4 เรื่องได้ผลสอดคล้องกัน งานวิจัยของ บุญกร คาพุช (2548) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการประยุกต์ การแปลงทางเรขาคณิตของนักเรียนหลังการเรียนโดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 งานวิจัยของ ศศิฤทัย ค่านกลาง (2548) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการเรียนโดยใช้กิจกรรมโครงการเรื่องเส้นขนาน สูงกว่าก่อนการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนงานวิจัยของ โชติกา กิจเนตร (2549) พบว่า นักศึกษาที่ได้รับการสอนหลังจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และงานวิจัยของ ศรีนทรา อุทัยเลิศ (2549) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการเรียนโดยใช้กิจกรรมโครงการเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก สูงกว่าเกณฑ์ 65 %

ผลการวิจัยด้านการประยุกต์ความรู้วิชาคณิตศาสตร์ของ ศศิฤทัย ค่านกลาง (2548) โชติกา กิจเนตร (2549) และ ศรีนทรา อุทัยเลิศ (2549) ได้ผลสอดคล้องกัน คือ นักเรียนและนักศึกษามีความสามารถในการประยุกต์ความรู้วิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีขึ้นไป ส่วนงานวิจัยของ บุญกร

คาพูช (2548) พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการประยุกต์ความรู้ วิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้

7.1.2 รายงานวิจัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ตั้งแต่ พ.ศ. 2550 ผู้วิจัยได้ศึกษารายงานวิจัยจำนวน 5 เรื่อง ได้แก่ รายงานวิจัยของ เจียมใจ จันทร์ศรี (2550) สมชาย ทองบ่อ (2551) ทิพรัตน์ ปะสีละเตสัง (2551) รัชณี ทุ่มแห้ว (2552) และศันสนีย์ อินทรบริสุทธี (2554) มีวัตถุประสงค์สอดคล้องกัน คือ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังการใช้กิจกรรม โครงงานคณิตศาสตร์ ศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ และศึกษาคุณภาพของโครงงานคณิตศาสตร์ของนักเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้ของงานวิจัยทั้ง 5 เรื่อง สร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ โดยออกแบบกิจกรรมตามสถานการณ์ต่างๆ ที่เน้นให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่มย่อยหรือรายบุคคล โดยสอดแทรกโครงงานเข้าเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะค่อยเป็นค่อยไป เริ่มต้นด้วยโครงงานที่มีองค์ประกอบง่ายๆ แล้วค่อยๆ เพิ่มองค์ประกอบให้มากขึ้น จนกระทั่งสมบูรณ์ตามรูปแบบของการจัดทำโครงงาน แผนการสอนที่ใช้ในงานวิจัยทั้ง 5 เรื่อง มีจำนวน 6-16 แผน ใช้เวลาสอน 15-18 ชั่วโมง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 6-16 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แบบปรนัยเลือกตอบ จำนวน 25-40 ข้อ แบบอัตนัยจำนวน 2 ข้อ แบบทดสอบทุกชุดมีคุณภาพเพราะมีค่าความเที่ยงมากกว่า 0.5 ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปทุกชุด แบบประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของงานวิจัยทั้ง 5 เรื่อง อยู่ในระดับดี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.00 -3.23 แบบประเมินคุณภาพโครงงานคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับดี 4 เรื่อง ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.74-3.94 ส่วนงานวิจัยของทิพรัตน์ ปะสีละเตสัง (2551) คุณภาพโครงงานคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.12

จากผลการวิจัยทั้ง 5 เรื่อง ได้ผลสอดคล้องกันงานวิจัยของ เจียมใจ จันทร์ศรี (2550)ได้ทำการวิจัยเรื่อง “กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์เรื่องทศนิยม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ” พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการสอน โดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อน ได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องทศนิยมของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.23 ซึ่งอยู่ในระดับดี และ 3) คุณภาพโครงงานคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.946 อยู่ในระดับดี งานวิจัยของสมชาย ทองบ่อ (2551) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “ กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์

เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ” พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัสของนักเรียนหลังการใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนการใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1 2) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัสของนักเรียนหลังใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ย 3.08 อยู่ในระดับดี 3) คุณภาพของโครงการคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ย 3.84 ซึ่งอยู่ในระดับดี งานวิจัยของทิพรัตน์ ปะสีละเตสัง (2551) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “ กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์เรื่องสถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ” พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ สูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องสถิติของนักเรียนหลังการใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.5 อยู่ในระดับดี 3) คุณภาพโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 อยู่ในระดับดีมาก งานวิจัยของรัชณี ทุ่มแห้ว (2552) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “ กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ” พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนโดยการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.1 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ 2) ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่อง อัตราส่วนและร้อยละของนักเรียนหลังการสอนโดยการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ย 3.00 อยู่ในระดับดี 3) คุณภาพโครงการคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละของนักเรียนอยู่ในระดับดี งานวิจัยของ สันสนีย์ อินทรบริสุทธิ์ (2554) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “ ผลการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์เรื่องรูปสามเหลี่ยมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5” พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์สูงกว่าการจัดกิจกรรมแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ อยู่ในระดับดี

งานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรม โครงการคณิตศาสตร์ ยังไม่มีผู้ทำการวิจัย จึงขอนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการคณิตศาสตร์ ดังนี้

Meyer and others(1997) ได้วิจัยพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกเมื่อได้รับความท้าทายต่อการเรียนรู้แบบโครงการด้วยตนเองโดยใช้ความรู้เดิมเป็นฐานศึกษาเพียงกลุ่มเดียวโดยการสอบคัดเลือกวัดระดับความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่มีความสามารถเท่าเทียมกัน จำนวน 14 คนเป็นนักเรียนเกรด 5 จำนวน 8 คน เกรด 6 จำนวน 6 คน เป็นนักเรียนผู้หญิง 7 คน นักเรียนผู้ชาย 7 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโครงการว่า พฤติกรรมของนักเรียนมี 3 รูปแบบ คือ

ความล้มเหลว ต้องปรับปรุง และปฏิบัติได้ โดยการสัมภาษณ์ เมื่อเกิดความล้มเหลวในการทำงาน แบบสำรวจการเรียนรู้แบบประยุกต์ใช้ ผลการวิจัย นักเรียนที่มีความล้มเหลวในการทำงาน จะไม่ชอบงานที่มีความท้าทายและแรงตอบโต้ในการทำงานครั้งต่อไป นักเรียนที่ไม่ค่อยมีความล้มเหลว ก็จะมีเป้าหมายในการทำงานและมีกลยุทธ์ในการเรียนรู้ที่ดีกว่า

Trujillo(1998) ได้ทำการวิจัยเรื่อง เจตคติของนักเรียนที่มีต่อ โครงการงานคณิตศาสตร์ เพื่อตรวจสอบปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเจตคติของนักเรียนที่มีต่อโครงการงานคณิตศาสตร์(เช่น ความวิตกกังวล ความสนใจ การนำเสนอโครงการงาน ครู เพศ เป็นต้น) กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียน จำนวน 304 คน ที่ถูกสำรวจความคิดเห็น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีเจตคติทางบวกต่อโครงการงาน และ ความวิตกกังวลกับเจตคติของนักเรียนมีค่าความสัมพันธ์ทางบวกเท่ากับ 0.12 ซึ่งผลการวิจัยทั้งสองแบบมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในด้านผลการวิจัยเชิงคุณภาพ นักเรียน 61% มีเจตคติที่ดีต่อโครงการงานคณิตศาสตร์ และมีความตั้งใจในการทำโครงการงานคณิตศาสตร์ นักเรียนจำนวน 40 % มีความสุขและสนุกในการทำโครงการงานคณิตศาสตร์ นักเรียนมากกว่า 50 % กล่าวว่า เจตคติที่มีต่อโครงการงานเป็นผลมาจากครู กลุ่มเพื่อน และเนื้อหาของโครงการงาน

จากผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องการใช้กิจกรรมโครงการงานคณิตศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงขึ้น รวมทั้งโครงการงานคณิตศาสตร์ที่นักเรียนได้ทำมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ซึ่งจะเห็นได้ว่ากิจกรรมโครงการงานคณิตศาสตร์นั้นเป็นกิจกรรมที่มีขั้นตอนในการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาเรียนรู้ในสิ่งที่สนใจ ได้นำองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนไปเชื่อมโยงกับการดำเนินชีวิตประจำวัน ได้ร่วมคิดร่วมแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้เห็นคุณค่าของวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้นอันจะส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ด้วย ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำเอาขั้นตอนกระบวนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงการงานคณิตศาสตร์ มาปรับประยุกต์และผนวกกับแนวคิดและทฤษฎีทางการเรียนรู้ต่างๆ ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบ MESUK Model เพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในครั้งนี้

7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา

คะเนิงนิจ จันทรมณี (2557) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนแบบ STEM ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ งานวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษา ติดตามผลการจัดการเรียนการสอนแบบ STEM โดยจัดกิจกรรมโดยใช้หุ่นยนต์ (Robot) ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์และนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบประเมินการจัดการเรียนการสอนแบบตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้หุ่นยนต์แบบ

สัมภาษณ์ และแบบสังเกต ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นและสนใจเรียนมากขึ้น การจัดการกิจกรรมโดยใช้หุ่นยนต์ช่วยเสริมและฝึกสมาธิ โดยเฉพาะในกลุ่มนักเรียนที่เรียนช้า และกลุ่มนักเรียนที่ไม่ค่อยสนใจเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมดีขึ้น

จรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒนาผล, วิชัย วงษ์ใหญ่ และศรีสมร พุ่มสะอาด(2558) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรปฏิบัติดังนี้ คือ 1) ศึกษาสาระสำคัญของสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในลักษณะของการบูรณาการ 2) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยตนเองก่อนที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน 3) จัดการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) 4) จัดการเรียนรู้แบบ โครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) 5) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน 6) วัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic assessment) ซึ่งแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาดังกล่าวเป็นการจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic learning)

เกศินี สุทธิ(2557) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เรื่องความหมายของลำดับ โดยใช้การจัดการกิจกรรมบูรณาการตามแนวทาง STEM EDUCATION(สะเต็มศึกษา) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน โรงเรียนพิชญ์โลกพิทยาคม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ห้อง 6 ปีการศึกษา 2557 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 40 คน และผลวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมที่ใช้ความรู้ และทักษะด้านสะเต็มศึกษาได้ดี จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 92.50 2) นักเรียนสามารถออกแบบและเขียนแผนภาพและจำนวนหนูแฮมเตอร์ได้ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในระดับดีมาก 4) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษามีค่าเฉลี่ยร้อยละ 80

Kuen(2015) ได้วิจัยเรื่อง การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้แบบจำลองการแก้ปัญหาทางวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมให้ทักษะด้านการคิด แก้ปัญหา จุดหมายคือต้องการให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมเป็นฐานในการแก้ปัญหาเรื่องสะพานถล่มที่ Minnesota ในปี 2007 กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมเป็นฐาน ซึ่งมี 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) วิธีการแก้ปัญหาและความเป็นไปได้ 3) วางแผนและออกแบบวิธีการ 4) สร้างและทดสอบชิ้นงาน 5) ปรับปรุงและพัฒนา ผลที่ได้คือ การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้

โดยใช้แบบจำลองการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมเป็นฐานสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะด้านการแก้ปัญหาพร้อมกับเพื่อน และเสริมสร้างทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ ความคิดยืดหยุ่นของนักเรียนได้อีกด้วย ยิ่งไปกว่านั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมเป็นฐานยังสามารถส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันเมื่อพบเจอสถานการณ์ต่างๆ ได้

Sunyoung, Rorert and Margaret(2014) ได้วิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐาน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนที่แตกต่างกันคือ สูง กลาง ต่ำ ในรายวิชาคณิตศาสตร์ จุดมุ่งหมายคือเพื่อตรวจสอบว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่างกันที่เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐานว่ามีผลการทำงานในระดับที่ต่างกันหรือไม่ เพื่อตรวจสอบว่าผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แต่ละคนเป็นอย่างไร กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนที่มาจาก 3 โรงเรียนในรัฐ Texas จำนวน 836 คน ผลการศึกษาพบว่าหลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐานส่งผลให้นักเรียนที่มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นและมีประสิทธิภาพการทำงานได้ดีขึ้น

จากผลการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จะพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาการเรียนรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้นเป็นการนำเอาจุดเด่นของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกัน โดยเน้นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ร่วมระดมสมองแก้ปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันหรืออาชีพต่างๆ นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ยังเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะทางสังคม เนื่องจากนักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีการปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานคณิตศาสตร์เป็นฐานมาปรับใช้และสอดแทรกในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบ MESUK Model เพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในครั้งนี้

7.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ลิลลา ดลภาค (2549) ได้ศึกษากิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการที่เน้นทักษะการเชื่อมโยง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการเรียนการสอนเรื่อง โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับสมการที่เน้นทักษะการ

เชื่อมโยงสามารถสอบผ่านเกณฑ์ได้มากกว่าร้อยละ 60 ของนักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

รัชนิวรรณ ชันชัยภูมิ(2551) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ที่มีต่อทักษะการเชื่อมโยงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า

1. นักเรียนจำนวนร้อยละ 76.00 มีคะแนนความสามารถในการเชื่อมโยงคิดเป็นร้อยละ 75.60 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ให้มีจำนวนนักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

2. นักเรียนจำนวนร้อยละ 80.00 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 77.04 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ให้มีจำนวนนักเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป

Rohendi (2012) ได้ศึกษาการพัฒนาการเรียนการสอนผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์โดย การนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบแอนิเมชันเพื่อปรับปรุงความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา พบว่าการเรียนการสอนผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์โดยการนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบแอนิเมชันเพื่อปรับปรุงความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ไม่ มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยังสามารถปรับปรุงความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ดีกว่า วิธีการสอนแบบปกติ

Rohendi and Dulpaja(2013) ได้ศึกษาแบบจำลองโครงการการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์(CMP) เพื่อเป็นสื่อในการนำเสนอความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่าความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้แบบจำลองโครงการการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์(CMP) เป็นสื่อที่ดีกว่าแบบทั่วไป นอกจากนี้ กิจกรรมของนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองนี้ดีมาก และกลายเป็นสื่อที่ใช้งานอยู่

จากการศึกษา เอกสาร แนวคิด หลักการ ทฤษฎีการเรียนรู้และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่นำจุดเด่นของรูปแบบการจัดการเรียนการสอนต่างๆ ผสมกับแนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ มาเป็นกรอบแนวคิดในการออกแบบนวัตกรรมรูปแบบการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบ MESUK Model สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อศึกษาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบ MESUK Model ต่อไป