

6) ถ้าระยะเวลาวิจัยมีพอและต้องการความสมบูรณ์ นักเรียนในกลุ่มจะเรียนด้วยกันอีกครั้งหนึ่งและอภิปรายปัญหานั้นๆต่อเพื่อให้เกิดข้อค้นพบโดยสมาชิกของกลุ่ม

7) กลุ่มจะสรุปผลของการศึกษาร่วมกัน และเลือกที่ดีที่สุดเป็นแนวตอบของกลุ่ม

8) สุดท้ายกลุ่มจะนำเสนอผลการศึกษาร่วมกันและบอกที่มาที่ไปของแนวทางที่ได้มาซึ่งคำตอบ

ด้านการประเมินผลการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่เป็นการเรียนที่ทำให้นักเรียนค้นตัวในการเรียนนี้ งานประเมินต้องสัมพันธ์โดยตรงกับลักษณะการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นและขณะที่ประสบความสำเร็จมีความรู้ในด้านเนื้อหา โดยต้องถูกออกแบบมาเพื่อวัดการสู่เป้าหมายทั้งหมดของวิชาและรวมไปถึงทักษะกระบวนการที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นที่เป็นผลมาจากการเรียนด้วยรูปแบบนี้ ประเภทของการประเมินจึงมีดังนี้

1) การประเมินตนเองด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณของความรู้ ทักษะ และเจตคติ

2) การประเมินกลุ่มเพื่อนเกิดจากการที่ให้เพื่อนประเมินเพื่อน

3) ประเมินการนำเสนอที่เป็นภาษาเขียนหรือภาษาพูด

4) ประเมินจากชิ้นงานหรือแฟ้มสะสมงานที่เกิดจากการเรียนรู้ของนักเรียน

มหาวิทยาลัยได้สรุปว่านักเรียนในมหาวิทยาลัยเซมฟอร์ดนี่เป็นผู้ที่ได้มีการพัฒนาทั้งความรู้ที่หลากหลาย ทักษะ/กระบวนการและเจตคติ ที่เกิดจากอันสัจของการมีโอกาและประสบการณ์ในการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก ที่มหาวิทยาลัยจัดขึ้นในระบบการเรียนการสอนนั่นเอง

4.14 ประโยชน์ของการแก้ปัญหาโดยใช้ปัญหาปลายเปิด (Open-Ended Problem Solving) มี 5 ข้อ (Sawada, 1997)

4.14.1 นักเรียนได้มีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นในบทเรียนและแสดงความคิดได้บ่อยมากกว่า เป็นบรรยากาศการเรียนรู้ที่อิสระ มีการโต้ตอบ และมีการสนับสนุน เพราะว่ามีคำตอบที่ถูกต้องที่แตกต่างกันเป็นจำนวนมาก ดังนั้นในนักเรียนแต่ละคนจะมีโอกาสที่จะมีคำตอบเป็นเฉพาะของตนเองที่ไม่เหมือนใคร ดังนั้นนักเรียนจึงอยากรู้อยากเห็นคำตอบอื่นๆ และนำคำตอบมาเปรียบเทียบและอภิปรายซึ่งกันและกัน การที่นักเรียนมีความกระตือรือร้นมากจะนำมาสู่การแก้ปัญหาพูดคุยอย่างน่าสนใจมากในห้องเรียน

4.14.2 นักเรียนจะมีโอกาสมากขึ้นในการใช้อย่างมีความเข้าใจในความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ของพวกเขา เพราะการมีคำตอบที่แตกต่างกันหลากหลายนักเรียนจะสามารถ

เลือกวิถีทางที่ตนชอบในการนำไปสู่คำตอบและสร้างคำตอบของพวกเขาเอง กิจกรรมต่างๆสามารถที่จะทำให้การใช้ข้ออย่างเข้าใจในความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์

4.14.3 นักเรียนทุกคนสามารถตอบปัญหาในวิถีทางที่ดีของตนเองได้ ยังมีนักเรียนหลายประเภทที่ไม่ได้สนใจในบทเรียนคณิตศาสตร์ของญี่ปุ่น จึงมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องนำเด็กทุกคนเข้าไปมีส่วนร่วมในกิจกรรมในห้องเรียนและบทเรียนต้องทำให้นักเรียนทุกคนเข้าใจ ซึ่งคำถามปลายเปิดจะสามารถทำให้นักเรียนมีโอกาสที่จะพบคำตอบของตนเอง

4.14.4 บทเรียนสามารถจัดให้นักเรียนมีประสบการณ์การคิดเหตุผล โดยผ่านการเปรียบเทียบและอภิปรายในห้องเรียน นักเรียนจะได้รับแรงจูงใจภายในที่จะเสนอเหตุผลในคำตอบของพวกเขาให้แก่นักเรียนคนอื่นๆ มันเป็นโอกาสที่ดีมากสำหรับนักเรียนในการพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของพวกเขา

4.14.5 นักเรียนจะมีประสบการณ์มากในการมีโอกาที่จะค้นพบและรับการปรับปรุงจากกลุ่มเพื่อน เพราะฉะนั้นนักเรียนแต่ละคนจะมีคำตอบของตนเองขึ้นกับความคิดของพวกเขา และนักเรียนยังสนใจในคำตอบของเพื่อนๆ แต่ยังมีข้อบกพร่องบางอย่างที่Sawadaกล่าวถึงในปี 1977เช่นเป็นการยากมากในการที่จะตั้งคำถามให้มีประสิทธิภาพ ยกในการพัฒนาสถานการณ์ของปัญหาให้มีความหมาย และยากในการสรุปบทเรียน

5. การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment)

5.1 บทบาทของการประเมินทางการศึกษา

การประเมิน เป็นกระบวนการในการพยายามทำความเข้าใจวิธีการทำกิจกรรมของนักเรียน เป็นสิ่งที่ต้องทำอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอเพื่อให้เห็นถึงความเข้าใจในกระบวนการปฏิสัมพันธ์ และการประยุกต์ใช้ความเข้าใจของนักเรียน การประเมินไม่ใช่ขั้นตอนสุดท้ายของรูปแบบการสอน แต่เป็นการเริ่มต้นในการปรับปรุงการเรียนรู้ของนักเรียน การประเมินนั้นต้องเป็นมากกว่าการนำแบบทดสอบมาใช้เพื่อวัดการเรียนรู้ของนักเรียนในตอนท้ายของรูปแบบการสอนเท่านั้น (Robinson & Bartlett, 1993) แต่ต้องบูรณาการเข้าเป็นส่วนหนึ่งของรูปแบบการสอนที่สามารถนำมาใช้เพื่อแนะแนวทางแก่ครู และส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน ครูต้องได้รับข้อมูลเกี่ยวกับนักเรียนอย่างต่อเนื่อง และสามารถนำมาใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม เช่น การจัดเตรียมอุปกรณ์ การสอนเสริมเกี่ยวกับความคิดรวบยอดที่ยาก เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการเรียนรู้ การประเมินต้องเน้นที่ความเข้าใจพอ ๆ กับทักษะเชิงวิธีการ เพราะนักเรียนที่มีความแตกต่างกัน จะแสดงให้เห็นถึงสิ่งที่พวกเขาารู้และสามารถทำได้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน (NCTM, 2000)

สมาคมครุศาสตร์ของอเมริกา (1989) กล่าวว่า ข้อมูลที่ได้จากการประเมินสามารถนำมาใช้เพื่อกำหนดระดับผลการเรียน ตัดสินใจให้การสนับสนุน วินิจฉัยและแก้ไขประเมินผลโครงการหรือหลักสูตรการเรียนการสอน และที่สำคัญคือ เพื่อ ชี้แนะแนวทางในการเรียนการสอน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า

- 1) การประเมินต้องทำอย่างต่อเนื่อง และเป็นกิจกรรมที่บูรณาการเข้ากับการเรียนการสอน มากกว่าที่จะแยกออกมาจากการเรียนการสอนต่างหาก
- 2) การประเมินอย่างไม่เป็นทางการมีความสำคัญมากกว่า การประเมิน โดยใช้แบบทดสอบ
- 3) ครูจำเป็นต้องใช้คำถามที่สามารถล้วงลึกให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหาและความคิดของนักเรียน
- 4) ประเมินเชิงคุณภาพสามารถนำมาซึ่งข้อมูลที่มีประโยชน์ในการประเมินได้มากกว่าคะแนนที่ได้

ส. วาสนา ประवालพฤษย์ (2544) กล่าวถึง บทบาทของการประเมินทางการศึกษาที่บูรณาการผสมกลมกลืนไปกับการเรียนการสอน ในประเด็นที่ส่งเสริมการพัฒนาการศึกษา ดังต่อไปนี้

- 1) การประเมินเป็นการกำกับติดตามรูปแบบการสอนอย่างต่อเนื่อง การประเมินที่มีประสิทธิภาพจะให้ข้อมูลที่จำเป็นเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับการสอนที่มีประสิทธิภาพ เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับที่จะช่วยติดตามกำกับ ดูแลความก้าวหน้าของผู้เรียนตลอดเวลา โดยผู้สอนจะนำข้อมูลดังกล่าวมาพิจารณาปรับแนวทางการจัดกิจกรรมให้สอดคล้องกับสภาพของผู้เรียน
- 2) การประเมินเป็นเครื่องมือผลักดันหรือกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการเรียนการสอน ให้เป็นไปในทิศทางที่ต้องการ การบูรณาการการวัดและประเมินเข้ากับการเรียนการสอน จะสื่อให้ผู้สอนรู้ว่าสอนอะไร อย่างไร ดังนั้น ถ้าผู้สอนออกแบบการประเมินอย่างถูกต้องจะผลักดันการสอนไปในทิศทางที่ต้องการ
- 3) การประเมินเป็นเครื่องมือนำไปสู่การพัฒนาการเรียนของผู้เรียน การประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน ในขณะที่ทำกิจกรรมการเรียนจะช่วยให้ผู้เรียนตระหนักในความสามารถและพัฒนาการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง และมีคุณธรรม ผู้เรียนจะค้นพบความรู้ใหม่ และแนวคิดในการแก้ปัญหาเพื่อการทำงานด้วยตนเองหรือจากการแนะนำของผู้อื่น
- 4) การประเมินจะช่วยเสริมประสิทธิภาพของการบริหารจัดการ การประเมินในระดับมหภาค ไม่ว่าจะเป็นระดับประเทศ เขต จังหวัด หรือสถานศึกษา ผลจากการประเมินสามารถ

นำมากำหนดยุทธศาสตร์เพื่อพัฒนาการบริหารจัดการที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

เครื่องมือที่นำมาใช้เพื่อประเมินทางการศึกษาที่พบมากในปัจจุบัน คือ แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2537) ซึ่งไม่สามารถวัดกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างแท้จริง คำถามที่อยู่ในข้อสอบแบบเลือกตอบ จะไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างคำตอบที่เหมาะสมกับตัวของเขาเอง ไม่ได้แสดงกระบวนการที่ใช้หาคำตอบ ไม่ได้แสดงถึงเหตุผลหรือแนวคิดของเขา หรือการแสดงทางเลือกที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหา หรือการแปลความของสถานการณ์ที่เป็นปัญหานั้น นอกจากนั้นแล้วการใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบยังมีความเข้มงวดในการกำหนดระยะเวลาที่จำกัด ซึ่งเป็นการขัดขวางไม่ให้นักเรียนได้แสดงศักยภาพของพวกเขาอย่างเต็มที่ ภายใต้สถานการณ์ที่เหมาะสมในการปฏิบัติ การใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบอย่างแพร่หลาย ส่งผลทางลบต่อการสอนและไปจำกัดคุณภาพการสอนคณิตศาสตร์ของครู กล่าวคือ ครูที่ถูกครอบงำด้วยเนื้อหาในแบบทดสอบแบบเลือกตอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อนำผลการสอบที่ได้มาเป็นเกณฑ์ในการจัดลำดับที่ที่สำคัญบางอย่างสำหรับตนเองหรือนักเรียน จะให้ความสำคัญกับการสอนในวงแคบลง มีการจัดสรรเวลาที่ไม่ได้ส่วน และมุ่งสอนเฉพาะเนื้อหาที่ส่วนมากใช้ในการสอบมากกว่าที่จะสอนภายใต้มโนคติหรือหลักการที่แท้จริง หรือมากกว่าสอนเนื้อหาที่ไม่ได้นำมาสอบหรือใช้สอบน้อย เช่น เนื้อหาทางด้านเรขาคณิตหรือสถิติ ซึ่งก็เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรเช่นกัน พฤติกรรมการสอนของครูที่มักใช้แบบทดสอบเป็นแบบเลือกตอบ เพื่อตัดสินผลการเรียน จะทำการสอนเพื่อการสอบมากกว่าการสอนเพื่อให้นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงหรือประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมตามธรรมชาติ เมื่อเครื่องมือที่มีอยู่ไม่สามารถนำมาประเมินกระบวนการเรียนรู้ได้ จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบการประเมินผลแบบใหม่ขึ้นมา

เมื่อระบบความเชื่อเกี่ยวกับการเรียนรู้และการประเมินที่เปลี่ยนแปลงมาให้ความสำคัญกับกระบวนการคิด ส่งผลให้เกิดการปฏิรูปการศึกษา หลักสูตรการศึกษาของไทยนั้นได้เน้นความสำคัญของกระบวนการเรียนรู้มากยิ่งขึ้นตามระบบความเชื่อที่เปลี่ยนแปลงไป ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาคณิตศาสตร์นั้น ได้กำหนดให้กระบวนการทางคณิตศาสตร์เป็นสาระหนึ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับนักเรียนในทุกระดับชั้น ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อวิธีการประเมินผลซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของการศึกษา ที่ใช้อยู่ส่วนมากในปัจจุบันยังไม่สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงได้อย่างแท้จริง ดังนั้น จึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนวิธีการประเมินผล เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากผลที่ได้จากการประเมินอย่างแท้จริง และเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการพัฒนา เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพที่แต่ละคนมีอยู่ และสอดคล้องกับแนวความเชื่อในปัจจุบัน

ซึ่งการประเมินผลระบบใหม่ที่น่าสนใจเพื่อประเมินกระบวนการเรียนรู้ คือ การประเมินตามสภาพจริง

5.2 การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment)

กระทรวงศึกษาธิการ (2540) กล่าวถึงความหมายของการประเมินผลจากสภาพจริงว่า หมายถึง กระบวนการสังเกต การบันทึก และรวบรวมข้อมูลจากงานและวิธีการที่นักเรียนทำเพื่อเป็นพื้นฐานของการตัดสินใจในการศึกษาถึงผลกระทบต่อเด็กเหล่านั้น การประเมินจากการแก้ปัญหา การตั้งปัญหาและ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Problem solving, Problem posing & Mathematical thinking) สภาพจริงจะไม่เน้นเฉพาะทักษะพื้นฐาน แต่จะเน้นการประเมินการคิดทักษะที่ซับซ้อนในการทำงานของนักเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และการแสดงออกที่เกิดจากการปฏิบัติในสภาพจริงจริงในการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง เป็นผู้ค้นพบ และผลิตความรู้ นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติจริง รวมทั้งเน้นพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ (2546) กล่าวว่า การประเมินตามสภาพจริงเป็นการประเมินครอบคลุมพฤติกรรม การแสดงออกด้านต่างๆ ของผู้เรียนอย่างหลากหลายและเป็นการมุ่งเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตรวจสอบความสามารถที่สะสมของผู้เรียนที่เกิดจากการประยุกต์ใช้ทักษะและความรู้เดิม เพื่อปฏิบัติงานที่ท้าทายของประสบการณ์ชีวิตจริง และสังเคราะห์เป็นองค์ความรู้ใหม่ของตนเอง พฤติกรรมเหล่านั้น ได้แก่ การนำเสนอด้วยปากเปล่า การเขียนรายงาน การประเมินตนเอง การทดลอง การจัดนิทรรศการ การอภิปราย การสาธิต การแก้ปัญหา การประดิษฐ์ เป็นต้น

นอกจากนี้ ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ ยังให้แนวคิดเกี่ยวกับ เหตุผลที่ต้องมีการประเมินตามสภาพจริงดังนี้

- 1) แสดงให้เห็นว่าผู้เรียน รู้อะไรและสามารถทำอะไรได้บ้าง
- 2) แสดงให้เห็นสภาพการเรียนรู้ ทั้งด้านกระบวนการและผลลัพธ์ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความระมัดระวังขณะปฏิบัติตามกระบวนการ
- 3) มีความสอดคล้องกับหลักสูตร เชื่อมโยงระหว่าง การคิด-การกระทำ ทฤษฎี-การปฏิบัติ ในบริบทสภาพจริง
- 4) เป็นการบูรณาการ การประเมินผลเข้ากับการเรียนการสอน ทำให้สามารถปรับปรุงพัฒนาให้เกิดการเรียนรู้ใหม่ได้ เพราะเน้นการประเมินระหว่างการเรียนการสอน
- 5) เกณฑ์ที่ใช้สำหรับประเมิน เป็นแบบอิงเกณฑ์ เป็นการประเมินสาระสำคัญที่เกิดจากการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง จึงต้องกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ประเมินผลการเรียนรู้ให้ชัดเจนเป็นที่รับรู้ของผู้เรียน ผู้ปกครอง ผู้สอน และผู้เกี่ยวข้องอื่นๆ

6) การประเมินตนเอง เป็นหลักการสำคัญอย่างหนึ่งของกระบวนการประเมินตามสภาพจริง เพราะผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติงานที่มอบหมายให้บรรลุตามเกณฑ์ที่กำหนด การประเมินตนเองระหว่างปฏิบัติงานเป็นภารกิจจริง ที่ผู้เรียนต้องรับผิดชอบในการพัฒนาความสามารถจนทำงานได้สำเร็จตามมาตรฐาน

7) การนำเสนอผลงาน เมื่อได้ผลงานหรือผลการเรียนรู้ตามเกณฑ์คุณลักษณะที่กำหนดไว้แล้ว ต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำเสนอผลงานที่เป็นผลการเรียนรู้ของตนเองหรือของกลุ่ม ส่วนใหญ่นิยมนำเสนอด้วยปากเปล่า ประกอบการจัดแสดงผลงานให้ผู้เกี่ยวข้องรับทราบ และสามารถตรวจสอบคุณภาพที่เกิดขึ้นจริง เพื่อเสนอแนะแนวทางปรับปรุงต่อไป ซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งของการประกันคุณภาพภายในของสถานศึกษาด้วย

การจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Learning) เป็นการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในผู้เรียน เมื่อผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนและได้รับโอกาสแสวงหาความรู้ตามลักษณะของการเกิดความรู้ในชีวิตจริง ซึ่งการเรียนรู้อตามสภาพจริงเป็นการเรียนรู้ไม่เพียงเฉพาะสาระความรู้และทักษะพื้นฐานเท่านั้นแต่เป็นการรวมทักษะทั้งหลายบูรณาการเข้าไปในภาระงาน (Task) ที่ต้องการความคิดซับซ้อน (Complexity) และความรู้ที่ลึกซึ้ง (Indept of Knowledge) ซึ่งจะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา และสร้างสรรค์สิ่งใหม่ขึ้น

หลักการของการเรียนรู้ตามสภาพจริง (ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ , 2546)

1) การเรียนรู้โดยคำนึงถึงบริบทแวดล้อมเป็นการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กับความเป็นจริง จึงสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้

2) การให้ผู้เรียนได้เผชิญกับสภาพการณ์จริง ปัญหาจริง เป็นโอกาสที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ความเป็นจริงซึ่งทุกคนต้องเผชิญ

3) การเรียนรู้ความเป็นจริง ของจริง เป็นการเรียนรู้ที่มีความหมาย เพราะสามารถนำไปใช้ได้เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนและจะกระตุ้นให้เกิดความอยากรู้

4) การให้ผู้เรียนเผชิญปัญหาและแก้ปัญหา จะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต

เกณฑ์ในการประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริง

1) การได้พัฒนาการคิดขั้นสูง (Higher-order thinking)

2) การได้ความรู้ที่ลึกซึ้ง (Dept of Knowledge)

3) การอภิปรายหรือการสนทนาที่เป็นแก่นสาร (Substantive Conversation)

4) การเชื่อมโยงของสิ่งที่เรารู้กับโลกแห่งความเป็นจริง (Connections to the World Beyond Classroom)

เครื่องมือในการประเมินตามสภาพจริง (ยาใจ พงษ์บริบูรณ์ , 2546)

1) การประเมินตามสภาพจริงจากการปฏิบัติงาน (Performance-Based Assessment) การปฏิบัติงานจะเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา (Problem Solving) ในงานที่ต้องทำซึ่งจุดมุ่งหมายสุดท้ายคือได้ผลงาน (Product) ส่วนการปฏิบัติงานขณะที่ใช้วิธีแก้ปัญหาถือเป็นกระบวนการ (Process) ฉะนั้นในการประเมินการปฏิบัติงานจะมีอยู่ 3 ลักษณะคือเน้นกระบวนการปฏิบัติงาน เน้นผลงาน โดยไม่ดูกระบวนการ และพิจารณาทั้งกระบวนการและผลงาน งานปฏิบัติมิได้ทั้งงานเดียวที่ผลการประเมินมีความแตกต่างในรายบุคคล และงานกลุ่มที่ทุกคนในกลุ่มได้รับผลการประเมินเหมือนกัน โดยเครื่องมืออิงการปฏิบัติมี 2 ชนิดคือประเมินโดยชิ้นงาน (Task) และการประเมินโดยโครงการ (Project) ซึ่งมีกระบวนการประเมินตามสภาพจริงอิงการปฏิบัติงานมีขั้นตอนที่สำคัญคือ

(1) กำหนดจุดประสงค์ของการปฏิบัติ โดยกำหนดลักษณะของงาน (Task) และสถานการณ์ของการปฏิบัติ (Situation)

(2) ระบุผลลัพธ์ของความสามารถด้านการปฏิบัติ (Performance Outcome) ที่ต้องการ ว่าเป็นความสำคัญกับการวัดกระบวนการ หรือผลของงาน หรือทั้งสองอย่าง และจะวัดผ่านตัวบ่งชี้ (Indicators) อะไรบ้าง ทั้งนี้ผู้กำหนดงานจะต้องทำการวิเคราะห์งาน (Job Analysis) ให้เข้าใจชัดเจนถึงองค์ประกอบที่มีอยู่และต้องการให้ได้งานชนิดใด เช่นองค์ประกอบของขั้นตอนการปฏิบัติงาน องค์ประกอบของคุณลักษณะที่ต้องการประเมิน (คุณภาพหรือปริมาณงาน)

(3) กำหนดวิธีการประเมินการปฏิบัติงาน เป็นการวางแผนว่าจะประเมินการปฏิบัติงานในลักษณะใด เช่นการเขียนตอบ การปฏิบัติงานให้ดูในสถานการณ์จำลอง หรือในสถานการณ์จริง หรือโดยการประเมินจากตัวอย่างงานที่เป็นผลลัพธ์ของการปฏิบัติเช่น ผลงานที่ต้องการให้ส่ง อาจได้แก่ รายงานบทประพันธ์ สิ่งประดิษฐ์ และโปสเตอร์ เป็นต้น

(4) กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการวัด (เครื่องมือประเมินกระบวนการ ได้แก่ แบบสังเกต แบบตรวจสอบรายงาน แบบสัมภาษณ์ แบบบันทึก และแบบบันทึกพฤติกรรม การปฏิบัติงาน หรือเครื่องมือประเมินผลงาน ได้แก่ แบบทดสอบ การสอบปากเปล่า) ผู้วัด (เป็นผู้สังเกตหรือผู้รวบรวมข้อมูล เช่นการประเมินทักษะการฝึกสอน ผู้ให้ข้อมูลจะเป็นครูที่เลี้ยง อาจารย์นิเทศ และเพื่อนนักศึกษา) และช่วงเวลาวัด (ช่วงเวลาที่จะประเมิน ก็ครั้ง ต้นหรือระหว่างหรือปลายกิจกรรมของการปฏิบัติงาน)

(5) กำหนดวิธีประเมิน การประเมินผลการปฏิบัติงานคือการตัดสินคุณค่าหรือคุณภาพของกระบวนการและผลงาน ผู้ประเมินจะต้องกำหนดว่าจะใช้สัดส่วนน้ำหนักคะแนนเท่าใด เกณฑ์ที่ใช้ตัดสินควรเป็นเกณฑ์ที่ใช้อิงมาตรฐานของวิชานั้น และสอดคล้องกับสภาพความ

เป็นจริงในชีวิตประจำวัน เนื่องจากการประเมินผลต้องอาศัยข้อมูลหลากหลายทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน และต้องการความยุติธรรมของผู้ประเมินมาก ขณะเดียวกัน การประเมินก็ต้องสอดคล้องกับการประเมินตามสภาพจริง มีการใช้วิจารณ์ญาณประกอบการประเมิน ฉะนั้นข้อมูลดังกล่าวที่รวบรวมมาได้ควรใช้วิธีการตรวจให้คะแนนที่ชัดเจนและครอบคลุม ซึ่งการตรวจให้คะแนนแบบรูบริก(Scoring Rubric) จะเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

2) การประเมินตามสภาพจริงจากคำถามปลายเปิด (Open-Response Questions) คำถามปลายเปิดมีจุดประสงค์การประเมินว่า ผู้เรียนรอบรู้ในมโนคติและทักษะขั้นพื้นฐานเพียงใด วิธีการวัดจะต้องมีสิ่งเร้าเช่น โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ การดูการเมือง แผนที่ หรือสิ่งเร้าอื่น ๆ ที่นำมาจากแหล่งปฐมภูมิ ผู้สอนอาจถามให้ผู้เรียนตีความ บรรยาย คำนวน อธิบาย หรือพยากรณ์ จากนั้นให้ผู้เรียนตอบโดยการ เขียนตอบสั้นๆ หรือตอบปากเปล่า แสดงวิธีแก้ปัญหา บอกวิธีแก้ปัญหา วาดภาพ เขียนแผนผัง เขียนแผนภูมิ หรือกราฟแสดงความสัมพันธ์

คำถามปลายเปิดมีอยู่ 3 ลักษณะ (Nodha , 2000) คือ เปิดคำตอบที่มีได้หลากหลาย เปิดวิธีแก้ปัญหาที่มีได้หลายวิธีการ และเปิดโจทย์คำถามที่สามารถขยายปัญหาหรือปรับเปลี่ยนคำถาม การประเมินตามสภาพจริงจากคำถามปลายเปิดนี้อาจหมายถึงข้อสอบอัตนัย (Subjective Test) ที่ใช้เนื้อหาของคำถามอยู่ในบริบทของชีวิตจริงที่สอดคล้องกัน หรือการสอบไล่ที่มอบหมายงานให้ค้นคว้า (Take Home Exam) คำถามปลายเปิดจะนิยมใช้กันมากในวิชาคณิตศาสตร์ และมีการศึกษาวิจัยมากในญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา

3) การประเมินตามสภาพจริงจากแฟ้มสะสมงาน (Portfolio) แฟ้มสะสมงาน หมายถึงสิ่งที่รวบรวมตัวอย่างหรือบางส่วนของหลักฐานที่แสดงถึง ทักษะ แนวคิด ความสนใจ ผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้เห็นพัฒนาการของการเรียนรู้ วัตถุประสงค์ของการใช้แฟ้มสะสมผลงาน ประการแรก ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการสะท้อนผลตนเอง (Self - reflection) ว่าผลการเรียนรู้ของตนเป็นเช่นไร ประสบผลสำเร็จหรือควรปรับปรุงแก้ไขอย่างไร และประการที่สอง เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องได้ประเมินเจ้าของแฟ้ม (Evaluative Feedback) ว่ามีความสามารถในการเรียนรู้เพียงใด ประสบผลสำเร็จหรือไม่เพียงใด ควรได้รับการช่วยเหลือหรือพัฒนาหรือไม่อย่างไร

แฟ้มสะสมงานมีหลายประเภทที่เหมาะสมมากกับการประเมินตามสภาพจริง ได้แก่ แฟ้มสะสมผลงานดีเด่น (Show Case Folio) และแฟ้มแสดงกระบวนการ (Process-Folio) ชนิดแรกเป็นแฟ้มที่ให้โอกาสผู้เรียนคัดเลือกงานที่ดีที่สุด ที่เป็นตัวแทนความรู้และความพยายามในการทำผลงานของตน โดยผู้เรียนตัดสินใจด้วยตนเองจากเกณฑ์ที่กำหนดร่วมกันระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ชนิดที่สองแฟ้มแสดงกระบวนการ เป็นแฟ้มที่ผู้เรียนเลือกเก็บงานที่แสดงพัฒนาการของ

ตนเองในช่วงเวลา โดยแสดงให้เห็นคุณลักษณะ หรือมิติหลายด้านของกระบวนการเรียนรู้ในวิชานั้น จากตัวอย่างงานที่รวบรวมไว้ทั้งในแนวลึก กว้าง ก้าวหน้า ทั้งนี้จะมีข้อบันทึกการสังเกตของผู้สอนเป็นระยะๆและมีการประเมินตนเองของผู้เรียนด้วย

การให้คะแนนรูบริค (Scoring Rubric) กับการประเมินตามสภาพจริง

รูบริค (Rubric) คือแนวการตรวจให้คะแนน (Scoring Guide) ซึ่งเป็นเครื่องมือให้คะแนนที่ระบุเกณฑ์ประเมินชิ้นงานและกำหนดคุณภาพของชิ้นงานในแต่ละเกณฑ์ ที่จะแสดงให้เห็นระดับต่างๆ ที่ผู้เรียนจะไปสู่ความรอบรู้ในงาน ซึ่งการสร้างรูบริคเพื่อประเมินจะต้องกำหนดประเด็นการประเมิน ให้ชัดเจนครอบคลุม และคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนระหว่าง 4-6 ระดับ ซึ่งมีวิธีสร้างเกณฑ์อยู่ 2 ชนิด ได้แก่

1) ชนิดใช้เกณฑ์ภาพรวม (Holistic Scoring Rubric) เป็นเกณฑ์แบบปลายเปิดที่กำหนดเกณฑ์ความคาดหวังผลงานในรูปทั่วไป ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับผลงานชนิดใดก็ได้

ตัวอย่างเกณฑ์รูบริค 6 ระดับ

ระดับ 5 ผลงานหรือการปฏิบัติยอดเยี่ยม

ระดับ 4 ผลงานหรือการปฏิบัติมีประสิทธิภาพเพียงพอ

ระดับ 3 มีข้อผิดพลาดเล็กน้อย แต่โดยทั่วไปน่าพึงพอใจ

ระดับ 2 มีความผิดพลาดในประเด็นสำคัญ แต่ก่อนข้างน่าพอใจ

ระดับ 1 มีความพยายามที่จะปฏิบัติ แต่ไม่สำเร็จ

ระดับ 0 ขาดความพยายาม ไม่แสดงผลงานให้ปรากฏ

ตัวอย่างเกณฑ์รูบริค 5 ระดับ

5 ดีเยี่ยม มีคุณสมบัติครบทุกข้อ

4 ดีมาก ขาดคุณสมบัติ 1 ข้อ

3 ดี ขาดคุณสมบัติ 2 ข้อ

2 พอใช้ ขาดคุณสมบัติ 3 ข้อ

1 ต้องปรับปรุง ขาดคุณสมบัติ 4 ข้อขึ้นไป

2) ชนิดใช้เกณฑ์วิเคราะห์องค์ประกอบ (Analytical Scoring Rubric) เป็นการให้คะแนนที่ระบุประเด็นการประเมินในหลายมิติตามที่ต้องการประเมินและกำหนดเกณฑ์เชิงคุณภาพตามคุณลักษณะของแต่ละประเด็นประเมิน โดยบรรยายลักษณะของชิ้นงาน ที่มีคุณภาพที่ดีที่สุดและคุณภาพลดหลั่นกันลงมา จนถึงคุณภาพของชิ้นงานที่มีคุณภาพต่ำสุด

สุวิทย์ มูลคำ (2541) กล่าวถึงความหมายของการประเมินตามสภาพจริงว่า หมายถึงการวัดและประเมินผลกระบวนการทำงานในด้านสมองหรือการคิดหรือจิตใจของผู้เรียน

อย่างตรงไปตรงมาตามสิ่งที่ผู้เรียนกระทำ โดยพยายามตอบคำถามว่าผู้เรียนทำอะไรและทำไมจึงทำอย่างนั้น การได้ข้อมูลว่า “เขาทำอะไร” และ “ทำไม” จะช่วยให้ผู้สอนได้ช่วยผู้เรียนพัฒนาการเรียนของผู้เรียนและการสอนของผู้สอน ทำให้การเรียนการสอนมีความหมายและทำให้เกิดความอยากในการเรียนรู้ต่อไป

ส.วาสนา ประवालพฤษ์ (2539ข) ให้ความหมายของ Authentic Assessment หรือ Authentic Performance Assessment ว่า คือ การวัดและประเมินผลที่สะท้อนให้เห็นถึงสภาพการเรียนการสอนที่แท้จริง โดยเน้นการปฏิบัติจริงในลักษณะดังนี้

- 1) ประเมินความสามารถจริงในชั้นเรียน โดยใช้ Portfolio ที่เน้นสภาพแวดล้อมของการจัดการเรียนการสอนที่เรียกว่า Ecological Assessment
- 2) ประเมินความสามารถโดยตรงจากหลักสูตร (Curriculum Based Assessment - CBA) เรียกว่า Direct Assessment
- 3) ประเมินปฏิสัมพันธ์ระหว่างความสามารถต่างๆจากหลักสูตร (Content free Metacognition) เรียกว่า Dynamic Assessment
- 4) ประเมินจากงานหรือโครงการเพื่อประยุกต์วิธีและกระบวนการเรียนรู้โดยมีจุดเน้นที่กระบวนการทำงาน ผลงานและความพึงพอใจเรียกว่า Task หรือ Project Assessment
- 5) ประเมินความสามารถสุดท้าย เพื่อตรวจสอบเป้าหมายของการศึกษาเพื่อให้ประกาศนียบัตรเรียกว่า Outcome Based Assessment เพื่อให้การวัดและประเมินผลสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถจริงของผู้เรียนตามแนวดังกล่าว ข้อมูลที่นำมาใช้ประเมินจะต้องมาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เหล่านี้คือผลงาน แบบฝึกหัด โครงการ การสอบในลักษณะต่างๆ การสังเกต การสัมภาษณ์ และการบันทึกของผู้เรียน ผู้สอน และผู้ปกครอง เป็นต้น

ส.วาสนา ประवालพฤษ์ (2539ค) กล่าวว่า Authentic Performance (การปฏิบัติงานจริง) นั้น ถือเอาการที่ให้ผู้เรียนปฏิบัติงาน เช่น การแก้ปัญหาโดยใช้ประสบการณ์ในสภาพการณ์คล้ายคลึงกับเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน จนเหมือนกับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยอาจจะเป็นข้อสอบข้อเขียนหรือการเสนอแผนงาน ตลอดจนการแก้ปัญหานั้นๆ ให้สำเร็จ โดยใช้วิธีการประเมินตามสภาพจริง ทั้งนี้เทคนิควิธีการวัดและประเมินผลตามแนวของการปฏิบัติจริงมี 2 ลักษณะคือ

- 1) ประเมินจากแฟ้มสะสมงาน (Portfolio)
- 2) วัดด้วยแบบทดสอบความสามารถจริง (Authentic Test) โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rubric Scoring ที่มีระดับของความถูกต้องประมาณ 4-6 ระดับ ซึ่งจะต้องมีคำอธิบายประกอบกับตัวอย่างของผลงานหรือคำตอบ

กระทรวงศึกษาธิการ (2541) กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการประเมินตามสภาพที่แท้จริงไว้ดังนี้

- 1) มีงานและเกณฑ์การประเมินที่ชัดเจน
- 2) นักเรียนได้แสดงความรู้สึกรู้สึก (Reflect) ของตนเองต่อผลงาน
- 3) นักเรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่สภาพชีวิตจริง
- 4) เป็นการประเมินเพื่อปรับปรุงผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน
- 5) นักเรียนได้บูรณาการความรู้ที่มีอยู่ในการสร้างผลงานต่างๆ
- 6) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียน และนักเรียนกับครุมีลักษณะสัมพันธ์เชิงบวก ไม่สร้างความขัดแย้งหรือการแข่งขัน
- 7) นักเรียนต้องใช้ความสามารถในการคิดระดับสูง เช่น การวิเคราะห์หรือสังเคราะห์ข้อความรู้ต่างๆ
- 8) เน้นคุณภาพของผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้น
- 9) ประเมินความสามารถหลายๆด้านของนักเรียน เช่น ด้านภาษา ตัวเลข การใช้กล้ามเนื้อ การคิดอย่างมีเหตุผล เป็นต้น
- 10) เน้นงานที่มีความหมายต่อนักเรียน

กระทรวงศึกษาธิการ (2541) ได้กล่าวถึงวิธีการประเมินตามสภาพที่แท้จริงที่สอดคล้องกันว่ามีดังต่อไปนี้

- 1) การสังเกต เป็นวิธีการเก็บข้อมูลพฤติกรรมด้านการใช้ความคิด การปฏิบัติงาน โดยเฉพาะด้านอารมณ์ความรู้สึกและลักษณะนิสัย สามารถกระทำได้ตลอดเวลาทุกสถานที่
- 2) การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการเก็บข้อมูลพฤติกรรมด้านต่าง ๆ เช่น ความคิด ความรู้สึก กระบวนการ ขั้นตอนในการทำงาน วิธีแก้ปัญหา ฯลฯ อาจใช้ประกอบการสังเกตเพื่อความมั่นใจมากขึ้น
- 3) การตรวจงาน เช่น ตรวจแบบฝึกหัด ผลงานภาคปฏิบัติ ซึ่งควรประเมินลักษณะนิสัย คุณลักษณะที่ดีในการทำงานควบคู่ไปกับการตรวจงานด้วย การตรวจงานไม่จำเป็นต้องตรวจงานทุกชิ้น ซึ่งชิ้นงานของแต่ละคนอาจไม่ใช่เรื่องเดียวกัน
- 4) การรายงานตนเอง เป็นการให้นักเรียนเขียนบรรยายหรือตอบคำถามสั้น ๆ หรือตอบแบบสอบถาม เพื่อสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งความรู้ ความเข้าใจ วิธีคิด วิธีทำงาน ความพอใจในผลงาน ความต้องการพัฒนาตนเอง

5) การใช้บันทึกจากผู้เกี่ยวข้อง เป็นการรวบรวมข้อมูล ความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับตัวนักเรียน ผลงานนักเรียน โดยเฉพาะความก้าวหน้าในการเรียนรู้จากแหล่งต่าง ๆ เช่น จากเพื่อน ครู จากเพื่อน นักเรียน จากผู้ปกครอง

6) การใช้ข้อสอบแบบเน้นการปฏิบัติจริง (Authentic Test) ข้อสอบที่ใช้ต้องเน้นปัญหาที่มีความหมายต่อนักเรียนแสดงถึงภูมิรู้ เน้นปัญหาเลียนแบบสภาพจริงในชีวิตของนักเรียน ครอบคลุมความสามารถตามเนื้อหาและหลักสูตร ใช้ความรู้ความสามารถและความคิดหลาย ๆ ด้าน มาผสมกัน และแสดงวิธีคิดได้เป็นขั้นตอนชัดเจน มีคำตอบถูกต้องหลายคำตอบและวิธีการหาคำตอบได้หลายวิธี มีเกณฑ์การให้คะแนน ตามความสมบูรณ์ของคำตอบอย่างชัดเจน

7) การประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมงาน เป็นการสะสมงานของนักเรียนอย่างมีจุดประสงค์ ที่แสดงให้เห็นถึงความพยายาม ความก้าวหน้า ผลสัมฤทธิ์ในเรื่องนั้นๆ โดยที่นักเรียนมีส่วนร่วมในขั้นตอนต่าง ๆ

ส. วาสนา ประवालพฤษย์ (2538) ได้กล่าวถึงวิธีการประเมินตามสภาพที่แท้จริง ว่ามีวิธีการประเมิน ดังต่อไปนี้

1) การสังเกตและการตรวจงาน ซึ่งในการสังเกตจะต้องมีการบันทึกด้วยและการตรวจงานนั้น ครูควรให้คำแนะนำในการปรับพฤติกรรมและผลงานด้วย ควรให้คำชี้แจง แนะนำ ชมเชย ยกย่องเพื่อเป็นการปรับพฤติกรรมให้เหมาะสมยิ่งขึ้น (ในกรณีที่ใช้ได้อยู่แล้ว) หรือแก้ไขให้ถูกต้อง

2) การประชุมร่วมกัน อาจเป็นทางการหรือไม่เป็นทางการ ซึ่งครูจะใช้การประชุมนี้ทบทวนและวิเคราะห์การเรียนรู้ของนักเรียน และวางแผนในการดำเนินการเรียนการสอนต่อไป

3) การประเมินจากการเขียน การฝึกให้เขียนในลักษณะนี้มิใช่การเขียนทั่วไป กระบวนการเขียนจะต้องเริ่มด้วย ความต้องการที่จะเขียน ไม่ว่าจะเป็นการเขียนในชีวิตประจำวัน การเขียนสร้างสรรค์ ซึ่งจะเริ่มหรือหยุดเมื่อไรก็ได้ ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงความรู้สึกริ่กคิดและเจตคติของนักเรียน

4) การประเมินตนเอง ผู้เรียนอาจจะนำบันทึกของครู การเขียนและผลงานของตนเอง มารายงานความก้าวหน้าของตนและประเมินตนเองได้

5) การทดสอบข้อเขียน โดยใช้ข้อสอบที่ให้นักเรียนเขียนคำตอบเอง ในลักษณะการสอบแบบเน้นการปฏิบัติงานจริง ซึ่งจะจำลองสภาพปัญหาให้ผู้เรียนวางแผนดำเนินการพิจารณาปรับปรุงการดำเนินงานจนบรรลุผลสำเร็จ โดยเน้นพฤติกรรม กระบวนการคิด และการแก้ปัญหา มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนเป็นระดับต่างๆ

6) การทดสอบด้วยแบบทดสอบมาตรฐาน เพื่อเป็นประโยชน์ในการวัดความสามารถพื้นฐานและความคิดรวบยอดที่จำเป็นบางอย่าง ที่ครูอาจจะนำมาสอบและเป็นข้อมูลประกอบ

7) แฟ้มสะสมงาน ซึ่งเป็นการนำรายละเอียดและข้อมูลจากทั้ง 6 ประการข้างต้น มาจัดเก็บอย่างเป็นระบบ

จากการศึกษาการประเมินตามสภาพจริงข้างต้น สรุปได้ว่า การประเมินสภาพจริงเป็นการประเมินการเรียนรู้จากการที่ครูเฝ้าดูนักเรียน โดยอาศัยการสังเกตและเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาที่นักเรียนอยู่กับครู เป็นกิจกรรมที่ดำเนินควบคู่ไปกับรูปแบบการสอนในชีวิตประจำวัน ซึ่งการเรียนการสอนนั้นต้องเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง เป็นผู้ค้นพบความรู้เป็นผู้ผลิตงาน นักเรียนจะต้องมีโอกาสได้ฝึกปฏิบัติจริงในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง การประเมินจากสภาพจริงจะครอบคลุมการประเมินจากแฟ้มสะสมงาน การจัดนิทรรศการ การทำงานกลุ่ม การแสดงการกระทำ การแสดงออกหรือการปฏิบัติ (Performance) การนำเสนองาน แบบฝึกหัด ตลอดจนการทดลองต่าง ๆ ล้วนแต่เป็นวิธีการประเมินตามสภาพจริงของการเรียนการสอน

6. แนวคิดเชิงทฤษฎีที่ใช้ประเมินทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์

6.1 แนวคิดเชิงทฤษฎีที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา (Problem Solving)

6.1.1 แนวคิดในการประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาแบบพิจารณาองค์รวม

เมื่อการแก้ปัญหาได้รับการเน้นในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ การประเมินการแก้ปัญหาก็ควรจะได้รับการเน้นไปด้วยในขณะเดียวกัน การประเมินควรแสดงถึงความสามารถของนักเรียนในการแสดงสาระสำคัญทั้งหมดของการแก้ปัญหา หลักฐานร่องรอยเกี่ยวกับความสามารถในการถามคำถาม การใช้ข้อสนเทศที่กำหนดให้ และการสร้างข้อคาดการณ์ การประเมินจะให้หลักฐานของการใช้ยุทธวิธี และเทคนิคการแก้ปัญหา รวมทั้งความสามารถในการตรวจสอบความถูกต้อง และอธิบายความหมายของผลลัพธ์ที่ได้ ตลอดจนความสามารถในการขยายสู่กรณีทั่วไปในมาตรฐานการประเมินของ NCTM มาตรฐานที่ 5 : การแก้ปัญหา ระบุว่า การประเมินความสามารถของนักเรียนในการใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา เป็นการจัดหาหลักฐานร่องรอยที่นักเรียนสามารถ (1) สร้างปัญหา (2) ประยุกต์ใช้ยุทธวิธีที่หลากหลายในการ

แก้ปัญหา (3) แก้ปัญหา (4) ตรวจสอบความถูกต้องและอธิบายตีความหมายของผลลัพธ์ และ (5) สร้างรูปทั่วไปของคำตอบ (NCTM,1989)

การประเมินความก้าวหน้าในการแก้ปัญหาคควรประเมินในขอบข่ายใหญ่ ๆ 2 ประการคือ (1) การแสดงการใช้ทักษะและยุทธวิธีที่หลากหลายในการแก้ปัญหา (2) เจตคติและความเชื่อเกี่ยวกับการแก้ปัญหา

การพิจารณาทางเลือกสำหรับเทคนิคการประเมินขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่อไปนี้คือ (1) ประเภทของทักษะการแก้ปัญหาหรือผลได้ที่ปรากฏซึ่งต้องการวัด (2) จำนวนของนักเรียนที่จะประเมิน (3) เวลาที่จะใช้ในการประเมิน (4) ประสิทธิภาพของครูในการสอนและการประเมินการแก้ปัญหา (5) ความต้องการในการใช้ผลของการประเมิน และ (6) เครื่องมือการประเมินที่จะหาได้ เพราะฉะนั้นงานของครูก็คือการเลือกเทคนิคการประเมินที่จะช่วยครูให้วัดได้ตรงตามเป้าหมายที่ต้องการเน้นและให้บังเกิดผลดีที่สุด (Charles, et al. 1987: 15; Krulik & Rudnick, 1998)

6.1.2 แนวคิดของวิธีการแก้ปัญหา (Problem Solving Approach) ของนักการศึกษา มีดังนี้

6.1.2.1 Polya (1957) ได้เสนอขั้นตอนสี่ขั้นตอนในวิธีการแก้ปัญหทางคณิตศาสตร์ไว้ มีสาระสำคัญดังนี้

1) การทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the problem) เป็นขั้นตอนแรกของการแก้ปัญหา โดยมองไปที่ตัวปัญหาพิจารณาว่าปัญหาต้องการอะไร ปัญหากำหนดอะไรให้บ้าง เงื่อนไขของปัญหาคืออะไร คำตอบของปัญหาอยู่ในรูปแบบใด การทำความเข้าใจปัญหาอาจใช้วิธีการต่าง ๆ ช่วย เช่น การเขียนรูป การเขียนแผนภูมิ การเขียนสาระของปัญหาด้วยถ้อยคำของตนเอง

2) การวางแผนการแก้ปัญหา (Devise a plan) เป็นขั้นตอนสำคัญที่จะต้องพิจารณากำหนดว่าจะแก้ปัญหด้วยวิธีการใด เป็นขั้นที่ค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ต้องการให้หา กับข้อมูลหรือสิ่งที่กำหนดให้ ถ้าหากไม่สามารถหาความสัมพันธ์ได้ก็ควรอาศัยหลักของการวางแผนการแก้ปัญหา โดยดูว่าปัญหาลักษณะนี้เคยพบมาก่อนหรือไม่ มีลักษณะคล้ายคลึงกับปัญหาที่ทำมาแล้วอย่างไร และใช้วิธีการใดในการแก้ปัญหา กำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา และเลือกยุทธวิธีแก้ปัญหา

3) การดำเนินการตามแผน (Carry out the plan) เป็นขั้นตอนที่ลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน เพิ่มเติมรายละเอียด

ต่าง ๆ ของแผนให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติจนกระทั่งสามารถหาคำตอบได้ หรือค้นพบวิธีการแก้ปัญหาใหม่

4) การตรวจสอบ (Look back) เป็นการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าผลลัพธ์ที่ได้ถูกต้องสมบูรณ์ โดยการพิจารณาและตรวจสอบว่าผลลัพธ์ถูกต้องและมีเหตุผลที่น่าเชื่อถือได้หรือไม่ พิจารณาวามีคำตอบหรือมีวิธีแก้ปัญหาย่างอื่นอีกหรือไม่ ขั้นตอนนี้ครอบคลุมถึงการมองไปข้างหน้าโดยใช้ประโยชน์จากวิธีการแก้ปัญหาที่ผ่านมา ขยายแนวคิดในการแก้ปัญหาให้กว้างขวางขึ้นกว่าเดิม

6.1.2.2 Garofalo และ Lester (1985 อ้างถึงใน สมจิตร์ ทรัพย์อัประมัย, 2540) เสนอกรอบแนวคิดในวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนที่สำคัญซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1) การเริ่มต้นกำหนดวิธีการแก้ปัญหา (Orientation) หมายถึง พฤติกรรมมีกลวิธีในการประเมินและทำความเข้าใจปัญหา ยังแบ่งขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้

- (1) กลวิธีทำความเข้าใจ
- (2) การวิเคราะห์ข่าวสารข้อมูลและเงื่อนไข
- (3) ประเมินความคุ้นเคยกับงาน
- (4) การสร้างตัวแทนปัญหา
- (5) ประเมินความยากและโอกาสที่จะสำเร็จ

2) การวางแผนแก้ปัญหา (Organization)

- (1) ระบุเป้าหมายย่อยและเป้าหมายสุดท้าย
- (2) วางแผนรวม
- (3) วางแผนย่อย

3) การดำเนินการแก้ปัญหา (Execution) หรือการดำเนินการตาม

แผน

- (1) ดำเนินการตามแผนย่อย
- (2) กำกับ ประเมินความก้าวหน้าในการดำเนินการตามแผนย่อยและแผนรวม
- (3) กำกับตนเองในด้านความถูกต้องของงาน การใช้เวลา

4) ประเมินความถูกต้อง (Verification)

- (1) ประเมินการนิยามปัญหา และการวางแผนการแก้ปัญหา
- (2) ประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหา

อนึ่ง ในงานแต่ละอย่าง หรือปัญหาแต่ละข้อ จะมีขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาเหล่านี้แตกต่างกันออกไป

6.1.2.3 Krulik (1987 อ้างถึงใน ทองหล่อ วงษ์อินทร์, 2536) ได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็น 5 ขั้นตอนคือ

1) การอ่านโจทย์ (Read) ประกอบด้วย การบันทึกคำสำคัญจากโจทย์ การอธิบายปัญหา การทวนปัญหาด้วยคำพูดของตนเอง บอกว่าโจทย์ถามอะไร และบอกว่าโจทย์บอกข้อมูลใดมาให้บ้าง

2) การสำรวจรายละเอียดของปัญหา (Explore) ประกอบด้วย การจัดระบบข้อมูล การบอกว่าข้อมูลเพียงพอหรือไม่ การบอกว่าข้อมูลมากเกินไปหรือไม่ การวาดรูป หรือไดอะแกรม และการเขียนแผนภูมิตาราง

3) การเลือกยุทธวิธี (Select strategy) ประกอบด้วย การระลึกรูปแบบการทำงานย้อนกลับ การคาดคะเน และการตรวจสอบ การสร้างสถานการณ์ หรือการทดลองการเขียนโครงสร้างในการจัดระบบ หรือรายการที่จะช่วยในการแก้ปัญหา การอุปนัยทางตรรกและการแบ่งปัญหาออกเป็นตอน ๆ เพื่อเตรียมการแก้ปัญหา

4) การลงมือแก้ปัญหา (Solve) ประกอบด้วย การดำเนินการตามแผน การใช้ทักษะทางด้านการคำนวณทางคณิตศาสตร์และการใช้ตรรกเบื้องต้น

5) การพิจารณาคำตอบและขยายผล (Review & Extend) ประกอบด้วย การทบทวนคำตอบ การพิจารณาข้อความปัญหาบางตอนที่น่าสนใจ การใช้คำถามถ้า.....แล้ว (ifthen) และการอภิปรายการแก้ปัญหา

6.1.2.4 Troutman และ Lichtenberg (1995) ได้เสนอแนะวิธีการแก้ปัญหาสี่ขั้นตอนของโพลยาปรับเปลี่ยนดังนี้

1) ทำความเข้าใจปัญหา ผู้แก้ปัญหาไม่เพียงแต่ต้องทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏในปัญหาเท่านั้น แต่ต้องมีความรู้เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ในปัญหา สิ่งหนึ่งที่สำคัญในการทำความเข้าใจปัญหา คือการตั้งคำถามตนเอง เพื่อให้เข้าใจปัญหาอย่างลึกซึ้ง

2) กำหนดแผนในการแก้ปัญหา โดยกำหนดอย่างน้อยที่สุดหนึ่งแผน การกำหนดแผนการแก้ปัญหามากมาย ๆ เป็นสิ่งที่มีประโยชน์ เพราะสามารถเปรียบเทียบและเลือกใช้แผนที่คิดว่าน่าจะมีประสิทธิภาพที่สุด การกำหนดแผนเป็นการกำหนดยุทธวิธีที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

3) ดำเนินการตามแผน เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาลงมือทำตามแผนที่กำหนดไว้ ซึ่งมีข้อแนะนำให้ทำงานเป็นกลุ่ม เพราะถ้าแต่ละคนดำเนินการตามแผนของตน

คำตอบที่ได้สามารถนำมาตรวจสอบเปรียบเทียบกัน และได้เรียนรู้สิ่งแปลกใหม่จากเพื่อน ๆ ถ้าทุกคนในกลุ่มใช้แผนแก้ปัญหาเดียวกัน ทั้งกลุ่มจะได้มีโอกาสช่วยเหลือกันแก้ปัญหาอย่างรอบคอบ ในปัญหาที่มีความซับซ้อนเมื่อสามารถวางแผนแบ่งงานได้เป็นส่วน ๆ แล้วผู้แก้ปัญหาสามารถแบ่งกันทำงานตามแผนคนละส่วนที่วางไว้แล้วนำมาประกอบกัน จะทำให้งานลุล่วงเร็ว และมีความสมบูรณ์

4) ประเมินผล และคำตอบ ในขั้นตอนการดำเนินการด้วย

(1) พิจารณาว่าคำตอบมีความเป็นไปได้หรือมีความสมจริงหรือไม่

(2) ตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้มีความสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดในปัญหา

(3) ลองแก้ปัญหาใหม่ โดยวางแผนใช้แผนการอื่น แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้

(4) เปรียบเทียบคำตอบของตนเองกับคำตอบของเพื่อน ๆ คนอื่น ๆ

(5) ขยายปัญหา ผู้แก้ปัญหาจะต้องค้นหาแบบรูปทั่วไปของคำตอบของปัญหา ซึ่งต้องเข้าใจโครงสร้าง ของปัญหาอย่างชัดเจนและสามารถขยายปัญหาได้ การขยายปัญหาจะช่วยสร้างทักษะในการแก้ปัญหา ซึ่งการขยายปัญหาสามารถทำได้โดยเขียนปัญหาที่คล้ายกับปัญหาเดิมหรือ เสนอปัญหาใหม่ เพื่อที่ว่าผู้แก้ปัญหามองจะค้นหารูปแบบทั่วไป กฎ หรือสูตรในการหาคำตอบ

(6) บันทึกการแก้ปัญหา นักแก้ปัญหาที่ดีจะจดบันทึกการทำงานของเขาไว้เพื่อที่จะได้สามารถรื้อฟื้นหรือทบทวนความพยายามของเขาได้ การจดบันทึกอาจเก็บข้อมูลจากการร่วมกันคิด ร่วมกันทำ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาต่อไป สิ่งที่ต้องจดบันทึกได้แก่

- แหล่งของปัญหา
- ตัวปัญหาที่กำหนด
- แนวคิดในการแก้ปัญหา หรือแบบแผนการคิดอย่างคร่าว ๆ
- ยุทธวิธีแก้ปัญหาที่นำมาใช้หรือสามารถนำมาใช้ได้
- ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการขยายผลการแก้ปัญหา

6.1.2.5 Schoenfeld (1985 อ้างถึงใน ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ และคณะ, 2546) ได้เสนอแนะว่าความตระหนักในการคิด (Metacognition) เป็นสิ่งที่มีอิทธิพลมากที่สุดต่อ

ศักยภาพในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน และได้กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของความตระหนักในการคิดว่าเป็นความหลากหลายของกลุ่มพฤติกรรม (Episodes) ที่แสดงออกในขณะแก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยพฤติกรรมมี 6 กลุ่มดังนี้

1) การอ่าน (Reading) กลุ่มพฤติกรรมนี้จะเริ่มขึ้นเมื่อนักเรียนอ่านออกเสียงข้อความหรือปัญหาที่กำหนดให้ รวมถึงช่วงเวลาที่ใช้ในการแยกแยะเงื่อนไขของปัญหา ตลอดจนช่วงเงียบที่เกิดขึ้นหลังอ่านออกเสียง ความเงียบนี้อาจจะชี้ให้เห็นว่า มีการพิจารณาไตร่ตรองปัญหาที่กำหนดให้ มีการอ่านซ้ำโดยไม่ออกเสียง หรือเงียบเพราะคิดอะไรไม่ออก กลุ่มพฤติกรรมการอ่านนี้จะแสดงถึงนักเรียนมีการสังเกตเห็นเงื่อนไขทั้งหมดหรือไม่ ชัดเจนอย่างไร เห็นเป้าหมายที่ต้องการได้อย่างถูกต้องหรือไม่ ความรู้ที่มีสัมพันธ์กับงานที่กำลังแก้ปัญหาหรือไม่

2) การวิเคราะห์ (Analysis) กลุ่มพฤติกรรมนี้จะเกิดหลังการอ่าน จะพิจารณาได้จากการที่นักเรียนมีความพยายามอย่างเต็มที่ในการทำความเข้าใจปัญหา การเลือกแนวทางที่เหมาะสม ปัญหาอาจถูกทำให้ง่ายขึ้นหรือมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของปัญหาใหม่บ่อยครั้งที่การวิเคราะห์จะนำไปสู่การพัฒนาการวางแผน พฤติกรรมกลุ่มนี้อาจอาจจะไม่ปรากฏให้เห็น ในกรณีที่มีการแก้ปัญหาเป็นไปอย่างรวดเร็วซึ่งผลมาจากผู้ที่แก้ปัญหาารู้ถึงแนวทางที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาหรือรู้วิธีการที่จะแก้ปัญหาล่วงหน้า

3) การสำรวจ (Exploration) กลุ่มพฤติกรรมนี้จะมีลักษณะเป็นการค้นหาอย่างกว้างๆภายในขอบเขตของปัญหา รวมถึงการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่สามารถมีส่วนร่วมอยู่ในลำดับของกลุ่มพฤติกรรมด้านการวิเคราะห์-การวางแผน-การนำไปใช้ เช่นถ้ามีการพบข้อมูลใหม่ระหว่างที่มีการสำรวจ อาจจะมีการย้อนกลับไปในช่วงของการวิเคราะห์อีก เพราะผู้แก้ปัญหาหวังว่าจะใช้ข้อมูลใหม่ในการทำความเข้าใจปัญหาให้มากขึ้น

4) การวางแผน-การนำไปใช้ (Planning-Implementation) กลุ่มพฤติกรรม 2 กลุ่มนี้เกี่ยวข้องกันอย่างใกล้ชิดและมักจะเกิดขึ้นพร้อมๆกัน มีลักษณะเป็นการนำแนวทางที่ได้จากการวิเคราะห์มาเป็นยุทธวิธีในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบของปัญหา สิ่งที่น่าสนใจคือมีการวางแผนเป็นระบบขั้นตอนหรือไม่ และมีการนำแผนที่กำหนดไว้ไปใช้หรือไม่ มีการสำรวจตรวจตราและการประเมินการแก้ปัญหาหรือไม่ รวมไปถึงการมีข้อมูลย้อนกลับหรือไม่

5) การตรวจสอบ (Verification) สามารถเห็นได้ชัดเจนไม่ว่าจะเป็นแนวทางตรวจคำตอบหรือแนวทางการแก้ปัญหา โดยสังเกตการทบทวนคำตอบของปัญหา การตรวจสอบคำตอบไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง ผลการตรวจสอบเป็นเช่นไร มีการประเมินกระบวนการหรือผลลัพธ์ในการได้มาซึ่งคำตอบนั้นๆหรือไม่

ดังนั้นจึงสรุปวิธีการแก้ปัญหา (Problem Solving Approach) มีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้คือ

- 1) การวิเคราะห์โจทย์ แสดงการสร้างตัวแทนโจทย์ปัญหา (โดยใช้สื่อ รูปธรรม การวาดภาพ ตาราง แผนภูมิ แผนผัง หรือ บรรยายเป็นความเรียง)
- 2) การวางแผน กำหนดแนวทางการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบ
- 3) แสดงวิธีการ ขั้นตอนการแก้ปัญหา การหาคำตอบ มาได้อย่างไร พร้อมระบุเหตุผลประกอบ
- 4) สรุปสิ่งค้นพบหรือคำตอบที่ได้
- 5) แสดงการตรวจคำตอบ

6.2 แนวคิดเชิงทฤษฎีที่ใช้ในการประเมินกระบวนการพิสูจน์และให้เหตุผล (Proof & Reasoning)

Artzt & Yaloz- Femia (1999 อ้างถึงใน ศิริมาส ศรีลำควน, 2546) ได้ศึกษาพฤติกรรมการพิสูจน์และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 5 จำนวน 1 กลุ่ม ซึ่งประกอบด้วยสมาชิกในกลุ่ม 4 คน ในระหว่างกระบวนการแก้ปัญหาปลายเปิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยวิเคราะห์ภายใต้กระบวนการแก้ปัญหาที่ประกอบด้วย การอ่าน การทำความเข้าใจปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การสำรวจ การวางแผน การนำแผนไปใช้ และการตรวจสอบ และวิเคราะห์ผ่านกรอบของการพิสูจน์และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่สมาคมครูคณิตศาสตร์ของอเมริกา กำหนดว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนจะปรากฏขึ้นเมื่อนักเรียนแสดงพฤติกรรมบ่งชี้ ดังนี้

- 1) การลองผิดลองถูก (Use trial & error) เป็นการประยุกต์ใช้การกระทำต่าง ๆ ที่อาจเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา ซึ่งวิธีการลองผิดลองถูกอาจแยกเป็น 2 วิธี คือ การลองผิดลองถูกอย่างมีระบบ (Systematic trial error) และการลองผิดลองถูกโดยอาศัยการวินิจฉัยจากความรู้ที่มีอยู่ (Inferential trial error) ซึ่งต่างจากการลองผิดลองถูกอย่างมีระบบ ในประเด็นที่จะยึดความรู้ที่เกี่ยวข้องตรงกับปัญหา แล้วนำความรู้เหล่านั้นมาทำให้การค้นคว้าแคบลง มีวงจำกัดขึ้น
- 2) การทำงานย้อนกลับเพื่อแก้ปัญหา (Working backward to solve a problem) เป็นการแก้ปัญหาที่เริ่มจากจุดหมายหรือสิ่งที่เราต้องการพิสูจน์ มากกว่าจะเริ่มจากสิ่งที่กำหนดให้ กล่าวคือจะเริ่มพิจารณาจากผล ไปสู่เหตุ โดยพยายามจะค้นหาข้อความหรืออนุกรมของข้อความที่อ้างถึงผลหรือจุดหมายของปัญหา

3) การสร้างและตรวจสอบข้อความคาดการณ์ (Make & test conjectures) เป็นการเดาคำตอบของปัญหานั้นน่าจะเป็นอย่างไร การเดาครั้งแรกจะเป็นการเดาหาสิ่งที่จะต้องอ้างอิงต่อไปหรือเป็นการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม การเดาครั้งต่อไปซึ่งเป็นผลจากการเดาครั้งแรก อาจจะได้เหตุผลใหม่สำหรับการเปลี่ยนแปลงเพื่อเดาครั้งต่อไป

4) การเสนอประเด็นเชิงอุปนัยและเชิงนิรนัย (Create inductive & deductive arguments) การเสนอประเด็นเชิงอุปนัย เป็นการสร้างข้อสรุปจากปรากฏการณ์ หรือกรณีเฉพาะ การเสนอประเด็นเชิงนิรนัย เป็นการสร้างข้อสรุปหรือลงความเห็น โดยพิจารณาจากกฎ หรือหลักการทั่วไป ไปสู่สิ่งเฉพาะ

5) การค้นหารูปแบบเพื่อหาข้อสรุปทั่วไป (Look for patterns to arrive at generalization) การสร้างรูปแบบเป็นกลวิธีที่เริ่มจากการหาตัวอย่างหลายตัวที่สอดคล้องกัน หลังจากนั้นจะสามารถหาคำตอบของปัญหาได้โดยการสรุปรวมจากตัวอย่างเฉพาะต่าง ๆ ที่หาได้

6) การให้เหตุผลเชิงตรรกะ (Use logical reasoning) เป็นการให้เหตุผล โดยใช้หลักการสร้างข้อสรุป จากการพิจารณาความจริงและความสัมพันธ์ระหว่างประพจน์

7) การให้เหตุผลเชิงมิติสัมพันธ์ (Use spatial reasoning) เป็นการให้เหตุผลจากการสร้างมโนภาพ การเกิดจินตนาการเกี่ยวกับส่วนประกอบต่าง ๆ เมื่อแยกสิ่งเหล่านั้นออกจากกัน การเห็นเค้าโครงเมื่อนำสิ่งเหล่านั้นมาประกอบเข้าด้วยกัน การเข้าใจถึงมิติต่าง ๆ ได้แก่ ขนาด รูปร่าง ความสูงต่ำ ไกล ใกล้ พื้นที่ ปริมาตร

6.3 แนวคิดเชิงทฤษฎีที่ใช้ในการประเมินกระบวนการนำเสนอ(Representation)

Lesh (1979) อ้างถึงใน Cramer & Karawski, 1995 อ้างถึงในศิริมาส ศรีลำดวน, 2546) กล่าวว่า นักเรียนจะมีการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เมื่อเขาได้รับโอกาสในการนำเสนอความรอบคอบคิดด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน และอธิบายว่าวิธีการนำเสนอที่แตกต่างกันนั้น สะท้อนให้เห็นถึงความคิดรอบคอบเดียวกันอย่างไร ถ้านักเรียนมีความสามารถในการนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่หลากหลาย และเชื่อมโยงระหว่างวิธีการนำเสนอที่แตกต่างกันได้นั้น แสดงว่านักเรียนมีความเข้าใจในคณิตศาสตร์ นอกจากนั้นแล้ว ความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างการนำเสนอด้วยวิธีการที่แตกต่างกันได้ จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดแนวคิดเชิงนามธรรมได้ ซึ่งวิธีการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วย 5 วิธีการ ดังนี้

6.3.1 การใช้อุปกรณ์ (Manipulatives) เป็นการสะท้อนความเข้าใจและความคิดเห็นทางคณิตศาสตร์โดยผ่านวัตถุเชิงกายภาพ (Physical materials) เช่น กระดานตะปู ลูกบาศก์ แท่งสี เป็นต้น การนำเสนอด้วย Manipulatives ของนักเรียน ช่วยให้ครูเข้าใจระดับพัฒนาการของ

นักเรียน และเป็นพื้นฐานสำหรับการอภิปรายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้วย การนำเสนอด้วยวิธีการนี้อาจสะท้อนให้เห็นถึงความเชื่อของนักเรียน ซึ่งนักเรียนจำเป็นต้องมีประสบการณ์เชิงนามธรรมเพื่อการเรียนคณิตศาสตร์

6.3.2 รูปภาพ (Pictures) เป็นการนำรูปภาพมาช่วยในการสะท้อนแนวคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ การนำเสนอด้วยรูปภาพ ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนได้อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์

6.3.3 สัญลักษณ์ทางการเขียน (Written symbols) เป็นการสื่อสะท้อนแนวคิดและความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ โดยผ่านการเขียนสัญลักษณ์บางอย่าง เช่น การเขียนอธิบายวิธีการในการแก้ปัญหาของนักเรียน การเขียนเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ จะช่วยให้แนวคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของนักเรียนชัดเจนยิ่งขึ้น

6.3.4 สัญลักษณ์ทางการพูด (Verbal symbols) การสื่อความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับคณิตศาสตร์โดยใช้การพูด การฟัง หรือการอ่านเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ เช่น การพูดเพื่ออธิบายวิธีการที่สมาชิกในกลุ่มใช้เพื่อหาคำตอบของปัญหา เป็นต้น การนำเสนอโดยวิธีนี้ จะช่วยให้แนวคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของนักเรียนชัดเจนยิ่งขึ้น

6.3.5 บริบทในชีวิตจริง (Real-life context) เป็นการแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ฝังตัวอยู่ในบริบทที่คุ้นเคย ซึ่งจะก่อให้เกิดประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ไม่เป็นทางการของนักเรียน วิธีการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ที่ทั้ง 5 วิธีดังกล่าว จะมีการเชื่อมโยงระหว่างวิธีต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน และภายในวิธีเดียวกัน ซึ่งสามารถนำมาเป็นกรอบการประเมินกระบวนการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนสำหรับครูและนำมาเป็นแนวทางในการสอนของครูอีกด้วย ซึ่งครูจะค้นพบความเข้าใจในเชิงลึกของนักเรียน จากการอ่านสิ่งที่นักเรียนเขียนและสามารถตรวจสอบระดับของความไม่เข้าใจของนักเรียนด้วยการฟังสิ่งที่นักเรียนพูด ครูสามารถประเมินการปฏิบัติของนักเรียนจากกรอบนี้ ด้วยการจัดกิจกรรมให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม ที่สามารถสังเกตได้ว่านักเรียนคนใดนำเสนอด้วย Manipulatives หรือนักเรียนคนใดนำเสนอด้วยรูปภาพบ้าง เป็นต้น ครูมีบทบาทในการกระตุ้นให้นักเรียนมีโอกาสนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เพื่อส่งเสริมความเข้าใจของนักเรียน

จากการศึกษาวิธีการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ที่เลข (1979 อ้างถึงใน Cramer & Karawski, 1995) กล่าวถึงข้างบน สามารถทำให้มองเห็นแนวทางการนำเสนอความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ที่แตกต่างกัน ซึ่งนักเรียนควรได้รับการส่งเสริมให้สามารถนำเสนอได้ในหลายๆ แนวทางนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำวิธีการดังกล่าวมาใช้เพื่อเป็นกรอบในการประเมินกระบวนการนำเสนอ

ทางคณิตศาสตร์ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อจะได้ทราบจุดเด่นและจุดด้อยเกี่ยวกับการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ทำให้สามารถปรับปรุงและพัฒนาได้ถูกต้องตามสภาพจริง

6.4 แนวคิดเชิงทฤษฎีที่ใช้ในการประเมินกระบวนการสื่อสาร (communication)

Civil (1998 อ้างถึงใน ศิริมาส ศรีลำดวน ,2546) ได้ศึกษาองค์ประกอบที่ส่งผลต่อกระบวนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน อันได้แก่ 1) การใช้ภาษา (The use of language) โดยแบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ การพูด (Oral) การเขียน (Written) และการสื่อสารที่ไม่ใช้ภาษา (Nonverbal) 2) ความเชื่อเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของนักเรียน 3) ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยแบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ ความเข้าใจเชิงเทคนิค (Instrumental Underst&ing) และ ความเข้าใจเชิงสัมพันธ์ (Relational Underst&ing) และ 4) พลวัตของกลุ่ม

จากการศึกษากรอบการวิเคราะห์กระบวนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอโดยซีวิล (1998) พบว่าองค์ประกอบที่ทำการศึกษานั้นมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ทำให้มองเห็นภาพความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบในระหว่างการสื่อสารของนักเรียนได้ชัดเจน และจากการศึกษาวิธีการสื่อสารที่ พีรี (1998) พบว่าแต่ละวิธีการมีแสดงถึงระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันตามลำดับ มีองค์ประกอบ ต่อไปนี้

1) วิธีการ (Means) เป็นการวิเคราะห์วิธีการที่นักเรียนใช้ในการสื่อสารความคิดเห็นของตนเองเกี่ยวกับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวิเคราะห์ภายใต้ 6 วิธีการ ได้แก่

(1) การใช้ภาษาทั่วๆ ไป (Ordinary language) หมายถึง การนำภาษาที่ใช้กันอยู่เป็นประจำในชีวิตประจำวันมาใช้เพื่อสื่อสารความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งภาษานั้นจะแปรผันไปตามอายุและระดับขั้นของความเข้าใจที่แตกต่างกัน

(2) การใช้วัจนภาษาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical verbal language) หมายถึง “การใช้คำ” ทางคณิตศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นโดยการพูดหรือการเขียน

(3) การใช้ภาษาสัญลักษณ์ (Symbolic language) หมายถึง การนำภาษาที่อยู่ ในรูปของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์มาใช้เพื่อสื่อสารความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์

(4) การนำเสนอด้วยการนึ่งภาพ (Visual representation) หมายถึง การพยายามสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์โดยใช้สิ่งที่สามารถมองเห็นได้ เช่น ภาพ หรือวัตถุ ซึ่งเป็นสิ่งที่มีความหมายมากในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

(5) การแสดงสมมติฐานร่วม (Unspoken but shared assumptions) หมายถึง การสื่อสารความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ หรือการสร้างความรู้ใหม่ทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา

เป็นการแสดงออกถึงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์บางอย่างที่เหมือนกัน โดยที่ไม่ต้องใช้ภาษาในการนำเสนอความหมาย

(6) การใช้ภาษากึ่งคณิตศาสตร์ (Quasi- mathematical language) หมายถึง ภาษาที่เด็กใช้และมีนัยสำคัญทางคณิตศาสตร์สำหรับพวกเขา แต่ไม่โดดเด่นจนเป็นที่สังเกตของคนภายนอก

2) ความเชื่อเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ (Beliefs in Mathematics) เป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับโลกทัศน์หรือมุมมองของนักเรียนเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ และวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระหว่างการแก้ปัญหา ซึ่งความเชื่อที่แตกต่างกันส่งผลต่อการตีความหมายของปรากฏการณ์ที่แตกต่างกันด้วย (ชอเอ็นเฟลด์, 1992 อ้างถึงใน ศิริมาศ ศรีถำควน, 2546)

3) ความเข้าใจคณิตศาสตร์ (Mathematical Understanding) เป็นการวิเคราะห์ระดับความเข้าใจเกี่ยวกับทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนแสดงออกมา โดยใช้แนวคิดของสเคมป์ (Skemp, 1976) ซึ่งแบ่งความเข้าใจออกเป็น 2 ระดับ คือ 1) ความเข้าใจเชิงเทคนิค (Instrumental Understanding) เป็นความรู้เกี่ยวกับวิธีดำเนินการทางคณิตศาสตร์ แต่ไม่ได้รับความหมายและเหตุผลของการดำเนินการนั้น และ 2) ความเข้าใจเชิงสัมพันธ์ (Relational Understanding) เป็นความรู้เกี่ยวกับวิธีดำเนินการพร้อมทั้งเหตุผลและความหมายของการดำเนินการทางคณิตศาสตร์นั้นด้วย

4) พลวัตของกลุ่ม (Group dynamic) เป็นการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงบทบาทและพฤติกรรมของสมาชิกในกลุ่มแต่ละคน รวมทั้งวิธีการที่สมาชิกในกลุ่มนำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาความขัดแย้งภายในกลุ่มนั้น มีผลต่อความสำเร็จและความล้มเหลวของการแก้ปัญหาในกลุ่ม

6.5 แนวคิดเชิงทฤษฎีที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการเชื่อมโยง (Connection)

การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ เป็นการนำเอาความรู้หลักการ และวิธีการทางคณิตศาสตร์มาใช้เชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์กับสาระอื่นๆตลอดจนนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างสอดคล้องและเหมาะสม ลักษณะของการเชื่อมโยงมีดังนี้ (House & Coxford, 1995)

- 1) สามารถเชื่อมโยงความรู้ด้านโนมติและด้านกระบวนการ
- 2) ใช้คณิตศาสตร์ในหลักสูตรอื่น
- 3) ใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน
- 4) มองคณิตศาสตร์เป็นการบูรณาการแบบหนึ่ง

5) ประยุกต์การคิดและรูปแบบทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในศาสตร์สาขาอื่นเช่น ศิลปะ ดนตรี จิตวิทยา วิทยาศาสตร์และธุรกิจ

6) ใช้และเห็นคุณค่าในการเชื่อมโยงระหว่างเรื่องต่างๆในคณิตศาสตร์

7) จำกรนำเสนอที่เหมือนกันของมโนคติที่คล้ายกัน

มโนคติของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีด้วยกัน3ด้านคือ

1) Unifying Themes การรวมหัวข้อทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน

2) Mathematical Process กระบวนการทางคณิตศาสตร์

3) Mathematical Connectors ตัวเชื่อมทางคณิตศาสตร์

ในการเรียนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้ และมีพื้นฐานในการที่จะนำไปศึกษาต่อจำเป็นต้องบูรณาการเนื้อหาต่างๆในรายวิชาคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันเช่นการใช้ความรู้ในเรื่องเซตในการให้ความจำกัดความหรือบทนิยามในเรื่องต่างๆเช่นบทนิยามของฟังก์ชันในรูปของเซต บทนิยามของลำดับในรูปของฟังก์ชัน

นอกจากเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาต่างๆในคณิตศาสตร์ด้วยกันแล้ว ยังมีการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆโดยใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้และใช้ในการแก้ปัญหาเช่นในเรื่องการเงิน การคิดดอกเบี้ยทบต้น ก็อาศัยความรู้ในเรื่องเลขยกกำลังและผลบวกของอนุกรม ในงานศิลปะและการออกแบบบางชนิดก็ใช้ความรู้เกี่ยวกับรูปเรขาคณิต

นอกจากนั้นแล้วยังมีการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ในวิชาชีพบางอย่างโดยตรงเช่น การตัดเย็บเสื้อผ้า งานคหกรรมเกี่ยวกับอาหาร งานเกษตร งานออกแบบสร้างทึบห่อบรรจุภัณฑ์ต่างๆรวมถึงการนำคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับชีวิตความเป็นอยู่ประจำวันเช่นการซื้อขาย การชั่ง การตวง การวัด การคำนวณระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเดินทาง การวางแผนในการออมเงินไว้ใช้ในชว่บั้นปลายของชีวิต

องค์ประกอบหลักที่ส่งเสริมการพัฒนาการเรียนรู้กระบวนการการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆมีดังนี้

1) มีความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์อย่างเด่นชัดในเรื่องนั้น

2) มีความรู้ในเนื้อหาที่จะเชื่อมโยงกับสถานการณ์หรืองานอื่นๆที่ต้องการเป็นอย่างดี

3) มีทักษะในการมองเห็นความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงระหว่างความรู้และกระบวนการที่มีในเนื้อหานั้นกับงานที่เกี่ยวข้องด้วย

4) มีทักษะในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างความสัมพันธ์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องด้วย

5) มีความเข้าใจในการแปลความหมายของคำตอบที่หาได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ว่ามีความเป็นไปได้หรือสอดคล้องกับสถานการณ์นั้นอย่างสมเหตุสมผล

ในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์นั้น ผู้สอนอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหาสอดคล้องกับการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นการนำความรู้ เนื้อหาสาระ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ หรือนำความรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงของคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ หรือเห็นการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน โดยในการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีการพัฒนาการเรียนรู้ผู้สอนควรจัดกิจกรรมหรือให้ปัญหาที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิด สามารถบอกแนวคิด และแสดงเหตุผลได้ ผู้สอนไม่ควรดูเฉพาะคำตอบที่หาได้เท่านั้น คำตอบของปัญหาอาจมีมากกว่า 1 คำตอบ หรือยุทธวิธีในการหาคำตอบอาจแตกต่างกันขึ้นกับการให้เหตุผลประกอบที่สมเหตุสมผลด้วย

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก

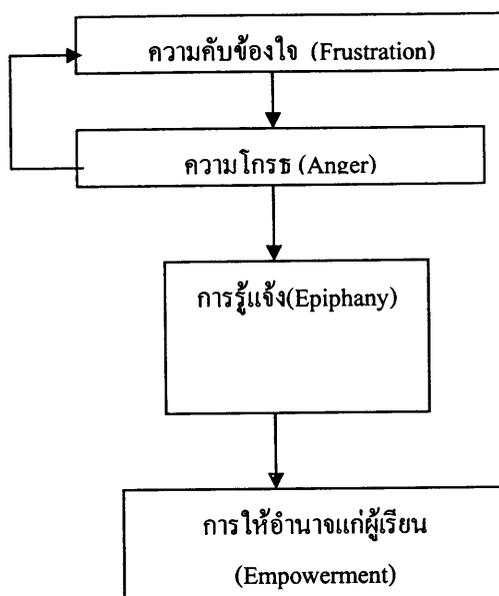
มีงานวิจัยที่ใช้การเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักพบอย่างชัดเจนว่าผู้เรียนชอบวิธีการสอนแบบนี้มากกว่าแบบเดิมที่ครูเป็นผู้บรรยาย (Albanese & Mitchell, 1993; Norman & Schmidt, 1992; Vernon & Blake, 1993; Moore et al., 1994) นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและความรู้สึกในการเรียนวิธีดังกล่าวว่ามีความพึงพอใจ มีความสนุกและมีเจตคติในทางบวกในระดับสูง และ Korenman & Shipp (1994) ได้พบว่าบทบาทครูในฐานะผู้อำนวยความสะดวกที่มี ประสิทธิภาพคือปลุกเร้าการสนทนาและอภิปรายในกลุ่มเพื่อนมากกว่าที่จะใช้การบรรยาย เปิดโอกาสให้นักเรียนค้นพบการแก้ปัญหาด้วยตัวของนักเรียนเอง มากกว่าการยึดเยียดความรู้ให้ นักเรียนจะเข้าไปสอดคล้องเมื่อการอภิปรายขาดช่วง หรืออภิปรายนอกเรื่องที่ไม่เกี่ยวกับปัญหาที่ครูนำเสนอ ให้บริการมากกว่าเป็นผู้สั่งการ กระตุ้นให้มีการสะท้อนผลการเรียน ชักชวนให้นักเรียนศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆเพิ่มเติมและเรียนรู้ในสถานการณ์และโอกาสต่างๆ

Norman และ Schmidt (1992) ได้ระบุประโยชน์ที่แสดงความมีประสิทธิภาพอย่างยิ่งของการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักเมื่อเปรียบเทียบกับการสอนแบบเดิมคือการเกิดแรงจูงใจในการเรียนเพิ่มขึ้น การเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ การคงอยู่ของความรู้ การเรียกความรู้ออกมาใช้ และทำให้นักเรียนเป็นผู้แก้ปัญหาที่ดีและเกิดทักษะในการเรียนรู้ด้วยตนเอง

Cita & others (1997) ใช้การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักที่เป็นรูปแบบการสอนใหม่และมีชื่อเสียงแพร่หลายมากขึ้นเรื่อยๆ กับนักเรียนวิทยาศาสตร์สุขภาพจำนวน 164 คนในประเทศเนเธอร์แลนด์ และใช้เครื่องมือที่เป็นแบบวัตพฤติกรรมการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักใน 24 ลักษณะ ทั้งในขณะที่ศึกษาในกลุ่มและศึกษาคนเดียวของนักเรียน ผลพบว่าการใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาเป็นหลักมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และลักษณะของพฤติกรรมการเรียนรู้ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Blumberg (2000) ได้พบว่า การเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักทำให้เกิดทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง นักเรียนมีการขวนขวายเพิ่มขึ้นมีพฤติกรรมการใช้บริการห้องสมุดมากขึ้น มีการพัฒนายุทธวิธีการเรียนรู้จนเกิดผลลัพธ์ที่เป็นกระบวนการในระดับสูง และสามารถปรับปรุงความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเองได้

Besena, Fries, & Killibarda (2001) ได้ทำการวิจัยกับนักเรียนฝึกหัดครูในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในเนื้อหาเรขาคณิต โดยใช้การสอนด้วยวิธีใช้ปัญหาเป็นหลัก โดยมีปัญหาที่ใช้นำกิจกรรมการเรียนการสอนคือ “What type of isometry is the result of the composition of two reflection” ซึ่งเป็นปัญหาที่สามารถตอบได้หลากหลาย โดยครูอนุญาตให้นักเรียนสามารถศึกษาจากอุปกรณ์ของจริงที่เป็นรูปทรง 3 มิติต่างๆ รูปจากโปรแกรม Sketchpad รูปตัวอย่างภาพในหนังสือ Henderson (2001) เพื่อให้เห็นรูปในลักษณะต่างๆที่จะทำให้เกิดความเข้าใจที่เป็นรูปธรรม นักเรียนได้เรียนเป็นกลุ่มเพื่อแก้ปัญหาร่วมกัน โดยครูมีหน้าที่คอยฟังการอภิปรายปัญหาของกลุ่มนักเรียน และสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น การวิจัยนี้ใช้เวลาถึง 4 ปีติดต่อกันในมหาวิทยาลัย คอร์เนลล์ โดยเริ่มตั้งแต่ปี 1998 ถึง ปี 2001 และได้ค้นพบรูปแบบปฏิกิริยาของ นักเรียนต่อการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงรูปแบบปฏิกิริยาของนักเรียนที่เรียน โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก

นักเรียนโดยมากไม่ค่อยชอบวิชาเรขาคณิตตั้งแต่ในระดับมัธยมศึกษาโดยมีแนวคิดที่ว่าทุก คำถามต้องมีคำตอบเพียงคำตอบเดียว แต่เมื่อมาเรียนเรขาคณิต โดยใช้ปัญหาเป็นหลักนักเรียน จะไม่ได้รับการแนะนำแนวคิดเหมือนเรียนแบบเดิม ทำให้ต้องหาวิธีการแก้ปัญหาเองซึ่งทำให้เกิด ความคับข้องใจในระดับสูง โดยเฉพาะนักเรียนที่เรียนอ่อนจะคิดว่าการเรียนขาดความสมบูรณ์ไป และจะถามครูว่า “ครูไม่เห็นสอน” “ครูยังไม่สอนเลย” ส่วนนักเรียนที่เรียนในกลุ่มปานกลางหรือ เก่งก็จะเกิดความคับข้องใจเช่นเดียวกัน โดยจะรอให้ครูถามว่า “นักเรียนต้องการอะไร” “บอกครู ได้ไหมว่าเธอต้องการอะไร” เพื่อจะได้ขอให้ครูช่วยอธิบายหรือแนะแนวทางในการคิด แต่ครูใน การสอนแบบนี้ไม่ใช่มีบทบาทเหมือนที่นักเรียนคาดหวัง นักเรียนจึงเกิดความคับข้องใจ (Frustration) ในการหาคำตอบของปัญหาและจะกลายเป็นความ โกรธ (Anger) ในที่สุด แต่ถ้า นักเรียนผ่านพ้นช่วงนี้ไปได้ นั่นหมายความว่านักเรียนสามารถแก้ปัญหาสำเร็จจะทำให้เกิด การรู้แจ้ง (Epiphany) ซึ่งจะเกิดการประสบผลสำเร็จ (Accomplishment) การเป็นเจ้าของผลงาน (Ownership) และเป็นการให้อำนาจแก่นักเรียนในการเรียน (Empowerment) ซึ่งเป็นธรรมชาติบ่งบอก ถึงการได้กำไรและประโยชน์จากการเรียน โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก และข้อมูลจากการวิจัยพบอีกว่า นักเรียนได้ปรับเจตคติและความเชื่อเกี่ยวกับเรื่องเรขาคณิตและเรื่องคณิตศาสตร์อื่นๆ ในทางที่ดีขึ้น

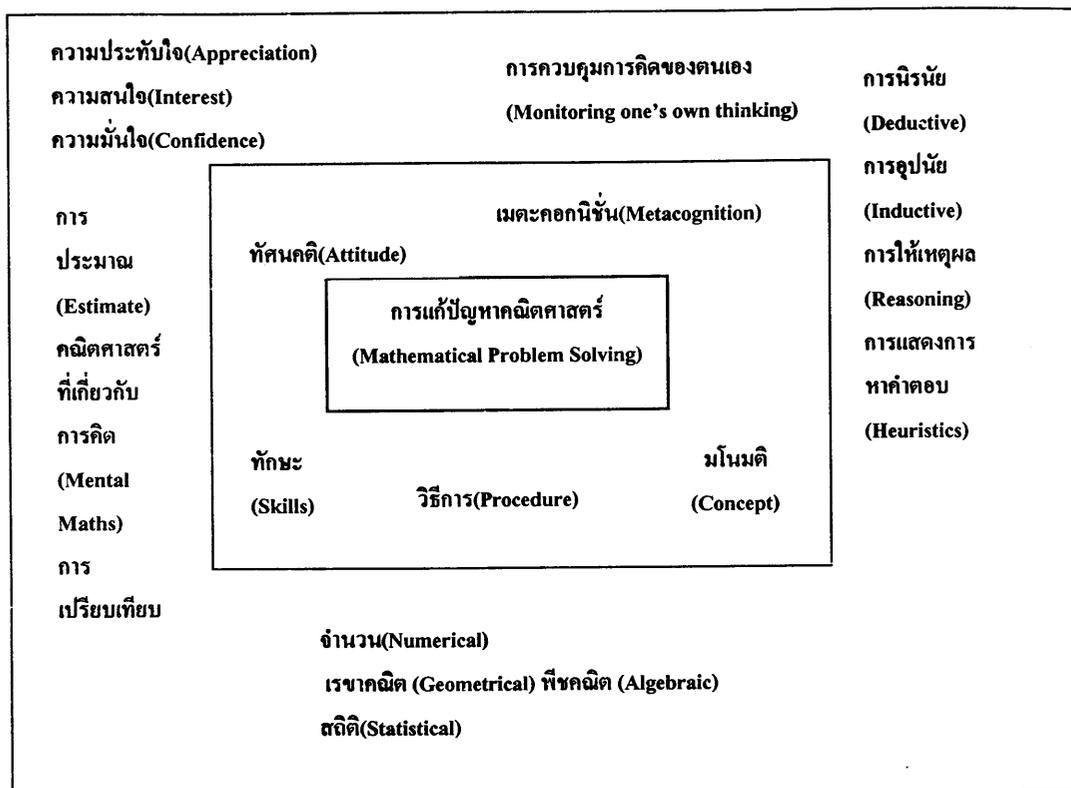
ซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนแบบใหม่นี้ และจากแบบบันทึกความคิดเห็นของนักเรียนได้ระบุว่า “มีความสนุกในการเรียนรูปแบบนี้ และเป็นวิธีการสอนอีก 1 วิธีที่จะนำไปใช้สอนจริงในอนาคตเมื่อเป็นครู ในห้องเรียนของตนเอง” “ไม่เคยคิดเลยว่าวิชาเรขาคณิตจะสามารถทำให้นักเรียนเรียนโดยการใส่ประสาทสัมผัสรูปทรงต่างๆ โดยตรง และการจินตนาการรูปร่างต่างๆ...” “ฉันคิดเสมอว่ามีเพียงวิธีเดียวเท่านั้นที่จะพิสูจน์ทฤษฎีโคทฤษฎีหนึ่ง และมีรูปแบบหรือแนวทางที่ใช้กันมานานเพียงแบบเดียวในการพิสูจน์ข้อเท็จจริงบางอย่าง”

Boaler (1998) มหาวิทยาลัยลอนดอน คิงคอลเลจเรื่อง “Open & Closed Mathematics: Student Experiences & Underst&ings” ศึกษาเกี่ยวกับกรณีศึกษาเป็นเวลา 3 ปีของโรงเรียน 2 โรงเรียนที่ใช้วิธีการสอนคณิตศาสตร์ต่างกัน โรงเรียน Amber Hill ใช้ Traditional, Textbook Approach ส่วนอีกโรงเรียนหนึ่งคือ Phoenix Park ใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบปลายเปิดเป็นหลัก ได้ใช้รูปแบบต่างๆของการเก็บข้อมูลคือการสังเกต แบบสอบถาม สัมภาษณ์ และการประเมินเชิงปริมาณ พบว่านักเรียนที่เรียนแบบเดิมจะพัฒนาความรู้ที่ถูกจำกัดให้ใช้ในสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย มีการพัฒนาไม่มาก ความรู้เชิงวิธีการถูกใช้อย่างจำกัดในกรณีที่นอกเหนือจากสถานการณ์ในตำรา ส่วนนักเรียนที่เรียนโดยใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบปลายเปิด จะพัฒนาความเข้าใจในมโนคติและทำให้มีความสามารถในการประเมิน นักเรียนที่เรียนในรูปแบบนี้จะถูกฝึกหัดให้มีระบบความคิดและใช้คณิตศาสตร์ในการช่วยพวกเขาในบริบททั้งในและนอกโรงเรียน นักเรียนอธิบายปัญหาที่พวกเขาพยายามที่จะแก้ปัญหา สิ่งที่เขาค้นพบหลังการแก้ปัญหา และสิ่งที่กำลังจะทำต่อไปข้างหน้า ในห้องเรียนของ Phoenix Park นักเรียนได้มีการอภิปรายความหมายของงานของพวกเขาให้กันและกันฟังมีการโต้แย้งในแนวทางของคณิตศาสตร์

นักเรียนใน Phoenix Park ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับการเรียนคณิตศาสตร์ใน 3 ประเด็นที่เด่นเป็นพิเศษคือเสียงดังของนักเรียนในการทำกิจกรรม (23%) บรรยากาศดี (17%) และน่าสนใจ (15%) ซึ่งต่างจากนักเรียนใน Amber Hill 163 คน ที่ตอบว่ายาก (40%) บางสิ่งต้องอ้างอิงถึงครู (36%) และ น่าเบื่อ (28%)

นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีแก้ปัญหาแบบคำถามปลายเปิด จะมีการเขียนข้อวิจารณ์เกี่ยวกับการสอนของครูน้อยมากเมื่อเทียบกับพวกที่เรียนแบบเดิม (14%:44%) และมีน้อยรายที่เขียนในสิ่งไม่ชอบในการเรียนส่วนมากล้วนพึงพอใจ

นอกจากนี้ Yee (2000) จากสถาบันการศึกษาแห่งชาติของประเทศสิงคโปร์ได้ให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นคำถามปลายเปิดแบบสั้น และเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนคิดและเกิดความเข้าใจ ในมโนคติทางคณิตศาสตร์ได้หลากหลายวิธี โดยสรุปความเกี่ยวเนื่องกันของตัวแปรต่างๆที่หลากหลายดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงกรอบหลักสูตรคณิตศาสตร์ของประเทศสิงคโปร์

ภาพที่ 6 แสดงให้เห็นกรอบของหลักสูตรสิงคโปร์ที่มีมโนคติตั้งแต่เริ่มแรกของปี 1990 ที่ระบุว่าวิธีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นหัวใจที่สำคัญที่สุด หลักสูตรแกนกลางจะกำหนดการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์อยู่ในกรอบที่รวมเอางานด้านการใช้และการประยุกต์ คณิตศาสตร์ออกมาในลักษณะของงานด้านการปฏิบัติที่เกี่ยวกับชีวิตประจำวันและภายใน คณิตศาสตร์เอง ปัญหาควรจะถูกคลุมในแนวกว้างของสถานการณ์จากปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เป็น งานประจำไปสู่ปัญหาในบริบทที่ไม่เหมือนกัน และปัญหาจะสามารถใช้กับกระบวนการคิดและ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม

กรอบของหลักสูตรคณิตศาสตร์นี้ทำให้ทราบว่าปัญหาเป็นทั้งวิธีการและผลลัพธ์ ในการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนการสอนผ่านปัญหาเป็นวิธีการสำหรับนักเรียนที่จะสร้างมโนคติทางคณิตศาสตร์และพัฒนาทักษะ ปัญหานำนักเรียนให้ใช้วิธีการแก้ปัญหามาจากประสบการณ์เดิม เช่นการสืบเสาะและสำรวจรูปแบบและเช่นเดียวกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในวิธีการแก้ปัญหานักเรียนต้องสังเกต เชื่อมโยง ตั้งคำถาม ให้เหตุผลและอ้างอิงได้ ความสำเร็จในการแก้ปัญหาก็เชื่อมโยงกับการกำหนด ควบคุมกระบวนการคิดของตนเอง นักการศึกษาทางคณิตศาสตร์รวมถึง

ครูปฏิบัติการเริ่มต้นตัวที่ใช้การปฏิบัติจริงหรือทำกิจกรรมต่างๆ ในปัจจุบันห้องเรียนคณิตศาสตร์ ในสิงคโปร์ก็ยังยึดติดกับแนวเก่าที่ยึดการบรรยายก่อนแล้วให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่เป็นงานประจำและการสอบยังประกอบไปด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ คอบสั้นและตอบแบบยาวเพื่อให้สอดคล้องกับคำถาม Chang, Kaur, Koay & Lee (2001) เห็นว่ามีความจำเป็นที่จะจัดหาธนาคารคำถามทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลายสำหรับให้นักเรียนแสดงวิธีการแก้ปัญหาเพื่อทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการสอนนักเรียนต้องเผชิญการอยากรู้ในปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่จะสามารถให้เหตุผลและเสนอข้อมูลสำหรับการคิด การสื่อสาร และนำเสนอความคิดของพวกเขาในทางคณิตศาสตร์และค้นหาความเชื่อมโยงข้ามคณิตศาสตร์เช่นเดียวกับในชีวิตจริง

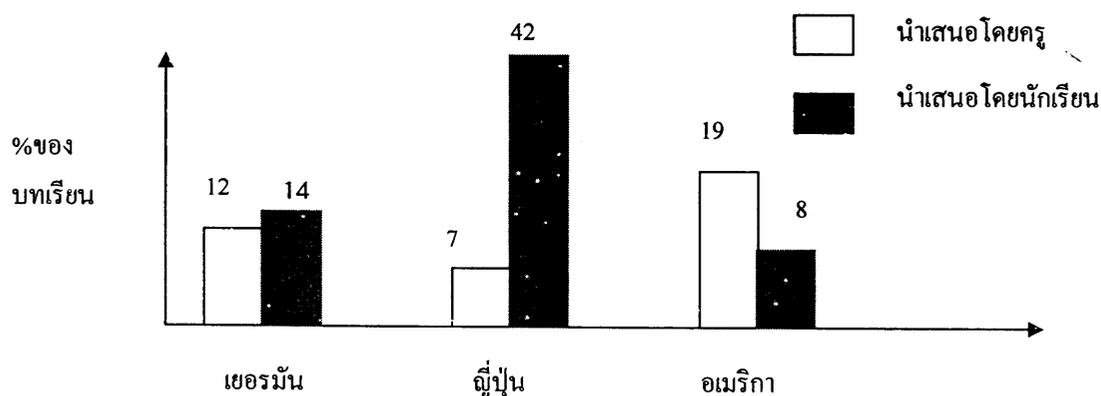
Pehkonen (1997) แห่งมหาวิทยาลัยเฮลซิงกิ ประเทศฟินแลนด์ระหว่างปี 1993-1996 ทำรายงานเรื่อง Using Open-Ended Problems in Mathematics ที่บรรจุวิสัยทัศน์ที่มีการปฏิรูปในการนำเสนอในการอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาจากคำถามปลายเปิดในห้องเรียนคณิตศาสตร์ โดยมีนักการศึกษาจำนวนมากที่เห็นด้วย และมีการใช้วิธีการแก้ปัญหาจากคำถามปลายเปิดที่นานมาแล้วในประเทศออสเตรเลีย ญี่ปุ่น และอังกฤษ และยังมีปรากฏการณ์การใช้วิธีการแก้ปัญหาจากคำถามปลายเปิดในแวดวงการศึกษาของประเทศฟินแลนด์และได้หวั่น รายงานจะเน้นสภาพจริงของการสอนคณิตศาสตร์โดยให้นักเรียนแสดงวิธีแก้ปัญหาที่เป็นคำถามปลายเปิดซึ่งจะเป็นสิ่งที่แสดงถึงการที่นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาและทำให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงกว่าปกติ รายงานเหล่านี้มีเรื่องเกี่ยวกับการแนะนำสู่โมติในการพัฒนาหลักสูตร การตั้งปัญหาทางคณิตศาสตร์ การสอนนักเรียนให้คิดแบบคณิตศาสตร์และวรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

Tougaw & William (1993) ทำวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอกของมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ได้ เป้าหมายของการศึกษานี้เพื่อสืบเสาะผลของการสอนที่ใช้วิธีการแก้ปัญหาที่เป็นปลายเปิดในการสอนคณิตศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาจำนวน 50 คน การแก้ปัญหาปลายเปิดนี้รวมถึงการเกิดการคาดเดา การสำรวจ การค้นพบ การอภิปราย การตรวจสอบ และการสรุปอ้างอิงที่เกิดจากทัศนคติ ทักษะ ความรู้ที่เรียนมาก่อนของนักเรียนและผ่านกระบวนการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การสอบเกี่ยวกับพฤติกรรม ยุทธวิธี และวิธีการในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่แสดงออกถึงการแก้ปัญหาของกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นแบบสอบก่อนเรียนและหลังเรียนรวมอยู่ในคำถามปลายเปิด 4 ข้อและแบบสอบถามแบบลิเคิร์ตเกี่ยวกับทัศนคติในการเรียนคณิตศาสตร์ การประเมินคำตอบของคำถามปลายเปิดใน 4 ข้อนี้จะศึกษาผู้เรียนถึงเกี่ยวกับเรื่องความคิดสร้างสรรค์ในด้าน ความถี่ (frequency) ความคล่อง (fluency) ความริเริ่ม (originality) ความมีไหวพริบ (elegance) โดยใช้ทั้งการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ และพบว่าวิธีการ

แก้ปัญหาวทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างมีการปรับปรุงทำให้เกิดความรู้มากยิ่งขึ้น และมีผลการวิเคราะห์อีกด้านหนึ่งที่แสดงว่านักเรียนมีทัศนคติทางบวกต่อคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งเพศไม่ได้ทำให้ความสามารถในการแสดงวิธีการแก้ปัญหาแตกต่างกัน

Bay (2000) ได้สรุปงานวิจัยเกี่ยวกับการสอนที่ใช้วิธีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในบทความเรื่อง “Linking Problem Solving to Student Achievement in Mathematics: Issues & Outcomes” ว่ามีผลต่อการพัฒนาด้านทักษะ/กระบวนการและมโนคติทางคณิตศาสตร์ดังนี้ Butkowski, Corrigan, Nemeth, & Spencer (1994) พบว่านักเรียนเกรด 3 ที่เรียนโดยวิธีการแก้ปัญหามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีกว่าที่เรียนแบบอื่น ส่วนการศึกษานักเรียนเกรด 5 และเกรด 7 พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเน้นกระบวนการแก้ปัญหามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีกว่านักเรียนในกลุ่มเพื่อน (Charles, & Lester, 1984) และในส่วนที่คล้ายกันระยะเวลา 10 สัปดาห์จากที่เรียนโดยวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนจะมีความแตกต่างกันกับอีกกลุ่มในด้านผลสำเร็จของกระบวนการการแก้ปัญห (Rudnitsky, Etheredge, Freeman, & Gilbert, 1995)

Stigler (2002) ได้ศึกษาวิจัยในโครงการ TIMSS (The Third International Mathematics & Science Study) เพื่อเปรียบเทียบนักเรียนในชั้นเกรด 8 ของประเทศอเมริกา เยอรมัน และญี่ปุ่นเกี่ยวกับร้อยละการนำเสนอ โดยครูและนักเรียนในการแสดงวิธีการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย ผลดังกราฟภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กราฟแท่งแสดงการเปรียบเทียบร้อยละการนำเสนอวิธีแก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยครูและนักเรียนของเยอรมัน ญี่ปุ่น และอเมริกา

ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์และคณะ (2546) ได้รับทุนสภาวิจัยแห่งชาติทำวิจัยเรื่อง การปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียน โดยเน้นกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษากระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาและชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้วิธีแก้ปัญหาแบบปลายเปิด และการวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหาแบบโปรโตคอล (Protocol Analysis) สร้างโมเดลการพัฒนากระบวนการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยการบูรณาการปัญหาปลายเปิดกับยุทธวิธีเมตะคือกนิชั้น และเผยแพร่โมเดลพัฒนาการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์สู่ครูผู้สอน โดยมีกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 จำนวน 24 คน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 จำนวน 24 คน ใช้การวิจัยเชิงคุณภาพแบ่งกลุ่มเป้าหมายเป็นคู่ๆแล้วให้แก้ปัญหาคณิตศาสตร์แบบปลายเปิด ครูผู้ช่วยวิจัยบันทึกภาคสนาม หลังเสร็จภาระกิจครูผู้ช่วยวิจัยจะสัมภาษณ์นักเรียนแต่ละคู่ทันที และมีการบันทึกวิดีโอและเทปตลอดการทำกิจกรรมทุกขั้นตอน ผลการศึกษาพบว่า การใช้ปัญหาปลายเปิดทำให้สามารถรู้ว่ นักเรียนคู่ใดเกิดการเรียนรู้แบบมีความตระหนักรู้ในการคิด (Metacognition) หรือรู้ว่ นักเรียนคู่ใดไม่เกิด และยังพบว่าปัญหาปลายเปิดทุกปัญหาเป็นสถานการณ์ที่เหมาะสมที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการแก้ปัญหาแบบมีความตระหนักรู้ในการคิด และปัญหาที่ทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการแก้ปัญหาแบบมีความตระหนักรู้ในการคิดในระดับประถมศึกษาคือปัญหาเรื่องการเคลื่อนที่ของหนอนคืบ ส่วนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นคือเรื่องสายโทรศัพท์และแม่เหล็กติดกระดาษ ส่วนเรื่องที่ทำให้มีความตระหนักรู้ในการคิดน้อยที่สุดในทั้งสองระดับคือเรขาคณิต สำหรับการสร้างโมเดลการพัฒนากระบวนการเรียนรู้คณิตศาสตร์ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบทางสังคมและวัฒนธรรมในชั้นเรียน ความเชื่อและประสบการณ์เดิมของนักเรียน ครูผู้เข้าอบรมมีความเห็นว่าปัญหาปลายเปิดเป็นนวัตกรรมที่สอดคล้องกับแนวคิดในการปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ได้จริงและให้ข้อเสนอแนะผู้วิจัยเผยแพร่ในแง่มุมอื่นได้แก่กระบวนการเรียนรู้และเทคนิคการสอนที่ใช้ปัญหาปลายเปิด และการสร้างปัญหาปลายเปิดในเนื้อหาอื่นของวิชาคณิตศาสตร์ด้วย

ศิริมาส ศรีลำควน (2545) ที่ใช้การวิเคราะห์โปรโตคอล เพื่อประเมินกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 3 กระบวนการคือ 1) กระบวนการพิสูจน์และให้เหตุผล 2) กระบวนการนำเสนอ และ 3) กระบวนการสื่อสาร ในเนื้อหาด้านเรขาคณิต จากการโดยใช้ปัญหาปลายเปิด เป็นหลักของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยผู้วิจัยใช้คำถามปลายเปิดจำนวน 3 คำถาม แต่ละคำถามใช้เวลา 2 คาบเรียน (100 นาที) รวมเวลาทั้งหมด 6 คาบเรียน (300 นาที) ใช้การบันทึกภาพ เสียงจากกล้องถ่ายวิดีโอ และเทปบันทึกเสียง มีแบบบันทึกพฤติกรรม ใช้การวิเคราะห์จากโปรโตคอล (Protocol) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการถอดคำพูดจากเทปและวิดีโอเทป ซึ่งคำพูดนี้ นักเรียนพูดในระหว่างการแก้ปัญหา โดยใช้วิธีการคิดแล้วพูดออกมาดังๆ

(Thinking aloud) และข้อมูลการเคลื่อนไหวทางกาย (Body movement) ที่เกี่ยวข้องกันมีทั้งหมด 12 โปรโตคอล ได้ผลวิจัยคือ 1) ปัญหาปลายเปิดเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมในการประเมินกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน 2) วิธีการวิเคราะห์โปรโตคอลเป็นทางเลือกหนึ่งในการวิจัยเพื่อวิเคราะห์กระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และ 3) กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 ที่ศึกษามีความสัมพันธ์กันในระดับลึกและส่งผลกระทบต่อกันในระหว่างที่นักเรียนแก้ปัญหาปลายเปิด

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2544) ใช้กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยการแก้ปัญหาปลายเปิดที่มีขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนการสอน 4 ขั้นคือ 1) การแก้ปัญหาร่วมกันในกลุ่มใหญ่ 2) การแก้ปัญหาร่วมกันในกลุ่มย่อย 3) การนำเสนอผลการปฏิบัติ และ 4) กิจกรรมรายบุคคลเป็นการฝึกแก้ปัญหาเพิ่มเติม ปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา ค101 คณิตศาสตร์ 1 ของนักเรียนในกลุ่มที่เรียนโดยใช้กิจกรรมดังกล่าวกับเกณฑ์ปกติของโรงเรียนที่เป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ชั้นม.1 มีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01 มีพฤติกรรมการแก้ปัญหายู่ในระดับดีและมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

ราตรี เกตบุตรดา (2546) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาที่เรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นพบว่า มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เรียนแบบปรกติ และสูงกว่าเกณฑ์ 50% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ส่วนความคิดสร้างสรรค์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนตามทฤษฎีแบบสร้างสรรค์นิยม

ไพจิตร สะดวกการ (2539) ทำวิจัยเรื่องผลของการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของทฤษฎีแบบสร้างสรรค์นิยมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีขั้นการสอน 3 ขั้นคือ

1) ขั้นสร้างความขัดแย้งทางปัญญา

(1) ครูเสนอปัญหานำไปสู่การสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญาให้นักเรียนทำ โจทย์เป็นรายบุคคล

(2) นักเรียนเข้ากลุ่มย่อยแสดงวิธีทำของตนต่อกลุ่ม

2) ขั้นกิจกรรมไตร่ตรอง

(1) กลุ่มย่อยเลือกวิธีที่กลุ่มเห็นชอบมากที่สุดเสนอต่อกลุ่มใหญ่

(2) ครูเสนอวิธีทำที่เตรียมมา

(3) นักเรียนแลกเปลี่ยนกันตรวจและทำโจทย์

3) ขั้นสรุปผลการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา

(1) สรุปขั้นตอนการคำนวณและแก้โจทย์ปัญหา

(2) นักเรียนทำแบบฝึกหัด

พบว่านักเรียนในกลุ่มปานกลางมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าในกลุ่มเดียวกันที่เรียนตามการสอนแบบปรกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนการเชื่อมโยงความรู้ นักเรียนในทุกกลุ่มทั้งสูง ปานกลาง และต่ำมีความสามารถในการถ่ายโยงสูงกว่ากลุ่มเดียวกันที่เรียนแบบปรกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สมศรี คงวงศ์ (2542) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามแนวคิดของทฤษฎีแบบสร้างสรรค์นิยมและการสอนแบบร่วมมือด้วยการวิจัยปฏิบัติการ พบว่ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการถ่ายโยงความรู้ผ่านเกณฑ์ 70%ที่กำหนดเกินร้อยละ 80 และเกิดคุณลักษณะที่พึงประสงค์ด้านการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ความเชื่อมั่นในตนเอง การแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล ความกล้าแสดงออก ทักษะทำงานกลุ่ม ความรับผิดชอบต่อตนเองและกลุ่ม และการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน

วันเพ็ญ ผลอุดม (2543) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยม ชั้นประถมปีที่ 6 ตามแนวคิดของทฤษฎีแบบสร้างสรรค์นิยมและการสอนแบบร่วมมือด้วยการวิจัยปฏิบัติการ พบว่ารูปแบบการสอนมี 4 ขั้นตอนคือ ขั้นนำ ขั้นสอน ขั้นสรุป และขั้นพัฒนาทักษะและการนำไปใช้ นักเรียนเกิดคุณลักษณะที่พึงประสงค์และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ปิยนุช รัตนวรรณ. (2544) ได้ทำการวิจัยเชิงปฏิบัติการกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 31คน โรงเรียนบ้านเปือย อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2544 โดยใช้รูปแบบการสอนตามทฤษฎีแบบสร้างสรรค์นิยม พบว่าผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับน่าพอใจ และพฤติกรรมที่พึงประสงค์เปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น

7.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางคณิตศาสตร์

จริยาศิ บรรทัดเที่ยง. (2546) ทำวิจัยเรื่องผลของการใช้กิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการใช้ตัวแทน เรื่องคู่ลำดับและกราฟ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนท่าหลวงวิทยาคม อำเภอท่าหลวง จังหวัดลพบุรี จำนวน 40 คนในปีการศึกษา 2546 พบว่ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังสอนสูงกว่าก่อนสอนอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สมปอง ทองคา (2547) ได้ใช้การวิจัยปฏิบัติการมาใช้ในการประเมินผลตามสภาพจริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 35คน โรงเรียนจารีวิทยาคาร ภาคปลาย ปีการศึกษา 2546 จังหวัดสุรินทร์ ที่เรียนเรื่องพื้นฐานทางเรขาคณิต พบว่ากระบวนการแก้ปัญหาและการ

เชื่อมโยงผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ทุกคน คิดเป็นร้อยละ 100 ส่วนด้านความรู้ผ่านเกณฑ์ 60% จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 94.29 ส่วนคุณลักษณะที่พึงประสงค์ด้านความรับผิดชอบและทำงานเป็นระบบ นักเรียนผ่านเกณฑ์ 60% ในทุกคน

ศิรินา วาจาสิทธิ์ (2547) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปวงกลม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 . ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 49 คน โดยมีขั้นการสอน 5 ขั้นคือ 1) ขั้นนำ 2) ขั้นสอน 3) ขั้นฝึกทักษะ 4) ขั้นสรุป 5) ขั้นวัดและประเมินผล พบว่านักเรียนที่เรียนโดยเน้นทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์นี้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 70% ร้อยละ 81.63

ธนกร คุ่มบุญ (2548) ทำวิจัยเรื่อง การสร้างชุดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เส้นขนานที่เน้นทักษะการให้เหตุผล และการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในปีการศึกษา 2547 ภาคปลาย โรงเรียนมัธยมด่านสำโรง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 41 คน พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการให้เหตุผล และการแก้ปัญหาล้างสอน ล้วนต่างมีค่าสูงกว่าก่อนสอนด้วยชุดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษา แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักสามารถสรุปได้ว่าการใช้ปัญหาเป็นตัวนำกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยใช้พื้นฐานความรู้เดิมมาใช้ในการแก้ปัญหา และนักเรียนควรได้มีการสรุปและตรวจสอบคำตอบที่ได้ ซึ่งหลักการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักนี้มีขั้นตอนใหญ่ๆอยู่ 4 ขั้นคือ

1. การนำเสนอปัญหา (Presenting the Problem) เป็นปัญหาที่เร้าความสนใจ เกิดการทำทหาย เกิดแรงจูงใจให้อยากคิดอยากลงทำ ต้องเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับเนื้อหา

2. การสร้างฐานความรู้เดิม (Building a Knowledge Base) ความรู้ในเนื้อหาทักษะและประสบการณ์เป็นสิ่งสำคัญมากในการแก้ปัญหา การใช้แหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย การลงมือ การประยุกต์ใช้สื่อเทคโนโลยี สิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่นำมาสร้างฐานความรู้และทักษะพื้นฐานเดิม

3. การสนับสนุนการแก้ปัญหาของนักเรียน (Supporting Learners' Problem Solving) ให้นักเรียนศึกษาโดยมีการยืดหยุ่นเรื่องเวลาและแหล่งเรียนรู้เพื่อแสวงหาคำตอบด้วยตนเอง ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกและต้องเชี่ยวชาญในเรื่องที่สอน โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก ครูต้องเป็นนักวางแผนที่ดี

4. การตรวจสอบและทบทวนคำตอบ (Testing and Revising Solutions) ปัญหาต้องมีการตรวจคำตอบ โดยเฉพาะที่คำตอบมีหลายแนวทางตอบ นักเรียนสามารถบอกที่มาหรืออธิบายวิธีการในการได้มาซึ่งคำตอบ

ลักษณะของการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นหลัก เป็นลักษณะของการเรียนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ นักเรียนจะมีบทบาทในการทำกิจกรรมมากกว่าครู โดยส่วนมากใช้วิธีอุปนัยจาก การที่จะต้องเกิดความขัดแย้งทางปัญญากับปัญหาที่ครูสร้างขึ้น โดยปัญหานั้นควรซับซ้อน ทำทาบไม่มีคำตอบหรือแนวทางหาคำตอบเพียงอย่างเดียว และควรใช้กิจกรรมกลุ่มในการพิจารณาวิธีการตอบที่เหมาะสม ดังนั้นจึงเกิดกรอบเชิงทฤษฎีในการสังเคราะห์รูปแบบการสอนดังตารางที่ 3

รูปแบบการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก
(Problem-Based Approach)

