บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมผลการเรียนทางคณิตศาสตร์และความตระหนักรู้ในการรู้คิดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้การผสานแนวคิดการประมวลสารสนเทศและการรู้คิดนี้ ได้มีการศึกษาเอกสาร ตำรา บทความวิชาการ และรายงานการวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และได้ประมวลสาระที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาดังนี้

1. การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์
2. แนวคิดการประมวลสารสนเทศ
3. การรู้คิด
4. ความตระหนักรู้ในการรู้คิด
5. ผลการเรียนทางคณิตศาสตร์
   5.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
   5.2 ความคงทนของความรู้ทางคณิตศาสตร์
   5.3 เจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

คณิตศาสตร์ถือเป็นภาษาที่ใช้อธิบายเหตุการณ์ทั่ว ๆ ไปในชีวิตประจำวัน เช่น การวางแผนการใช้จ่ายประจำวัน ตลอดจนเหตุการณ์ที่ซับซ้อน เช่น การคิดคำนวณทางธุรกิจ วิทยาศาสตร์ หรือในการพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ ดังนั้นคณิตศาสตร์จึงเป็นพื้นฐาน หรือเป็นเครื่องมือและภาษาเพื่อการแก้ปัญหาทั้งในเรื่องใหญ่และเล็ก

Kenedy และ Tipps (2000: 3) ได้กล่าวถึงการเรียนคณิตศาสตร์ในปัจจุบันว่า นักเรียนจะต้องเรียนรู้มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และทักษะการคิด เพื่อการนำมาประยุกต์ ปรับใช้ และขยายมโนทัศน์ที่มีอยู่ไปสู่เรื่องใหม่ ๆ หรืออาจเป็นความคิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ไปสู่ความคิดใหม่ ๆ ครูและผู้ปกครองจะได้รับการท้าทายให้คิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ ในลักษณะต่าง ๆ มากขึ้น เนื่องมาจากนักเรียนได้รับประสบการณ์ในระหว่างช่วงการเรียนการสอนในโรงเรียน หรือจากเหตุการณ์ต่าง ๆ นอกโรงเรียน ดังนั้นในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ต้องมุ่งให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์ต่าง ๆ มีความถนัดในทักษะต่าง ๆ และมีเจตคติในทางบวกต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเกิดได้หากนักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ และเกิด

การเรียนรู้มโนทัศน์ต่าง ๆ โดยผ่านวิธีการที่ให้นักเรียนมีโอกาสเขียน วาดรูป แสดงการกระทำในเชิงปฏิบัติ อ่านเกี่ยวกับเรื่องราว และสร้างรูปแบบความคิดทางคณิตศาสตร์ในแบบต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้รู้ว่า ความคิดในแง่มุมหนึ่งๆทางคณิตศาสตร์ สามารถแสดงออกได้ในหลาย ๆ วิธี และกระตุ้นให้นักเรียนมีความยืดหยุ่นในการคิด

ในมาตรฐานวิชาชีพสำหรับการสอนคณิตศาสตร์ (Professional standards for teaching Mathematics อ้างถึงใน Kenedy and Tipps, 2000 : 6-7) ได้ระบุสิ่งที่ครูคณิตศาสตร์จำเป็นต้องทราบ เพื่อให้การสอนไปสู่เป้าหมายใหม่ในการจัดการศึกษาด้านคณิตศาสตร์ โดยได้ระบุวิธีปฏิบัติด้านการสอนที่สำคัญซึ่งจะนำไปสู่มาตรฐานดังนี้

1) เลือกสิ่งเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ทำให้เกิดความสนใจและกระตุ้นเชาวน์ปัญญาของนักเรียน

2) ให้โอกาสในการสร้างความเข้าใจระดับลึกทางคณิตศาสตร์ และให้มีการประยุกต์ในสิ่งที่เรียน

3) สนทนากับนักเรียนในลักษณะที่ช่วยสนับสนุนส่งเสริมการค้นพบและพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์

4) ให้มีการใช้หรือช่วยให้นักเรียนได้ใช้เครื่องมือ หรือเทคโนโลยีอื่น ๆ ที่จะนำไปสู่การค้นคว้าทางคณิตศาสตร์

5) แสวงหาหรือช่วยนักเรียนแสวงหาการเชื่อมโยงความรู้ที่มีอยู่ก่อน กับความรู้ที่กำลังศึกษา

6) ให้แนวทางในการทำงานเป็นรายบุคคล กลุ่มย่อย และทั้งชั้นเรียน

ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ควรคำนึงประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1.1 ประโยชน์ของการเรียนคณิตศาสตร์

คณิตศาสตร์ เป็นวิชาที่นานาชาติให้ความสำคัญ เนื่องจากคณิตศาสตร์จะเป็นทักษะพื้นฐานสำคัญในชีวิตประจำวัน รวมถึงการเรียนรู้และพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ ซึ่ง Ernest (2000: 3) ได้ชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1.1.1 การสอนคณิตศาสตร์มีความมุ่งหมายที่ชัดเจนและสูงสุดสำหรับนักเรียน คือ

1.1.1.1 การเรียนรู้ทักษะพื้นฐานและตัวเลขที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น การซื้อของ การทำงานต่าง ๆ ทั่วไปที่ต้องใช้ความรู้คณิตศาสตร์

1.1.1.2 การเรียนรู้เพื่อที่จะแก้ปัญหาแบบต่าง ๆ

1.1.1.3 การเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่เป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาคณิตศาสตร์ในขั้นต่อไปและในวิชาอื่น ๆ รวมทั้งเทคโนโลยีสารสนเทศ

1.1.1.4 การเรียนรู้ที่จะใช้คณิตศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของความรู้ที่ติดอยู่กับตนเอง ความรู้ทางคณิตศาสตร์ช่วยให้ประชาชนที่ต้องเผชิญกับสถานการณ์ต่าง ๆ ในสังคมสามารถพิจารณาไตร่ตรองข้อมูล เช่น ข้อมูลทางสถิติ กราฟของการโฆษณา และประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับทางการเมือง เป็นต้น

1.1.1.5 การเรียนรู้ที่จะใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์และทักษะให้เกิดผลสำเร็จในการทดสอบ ใช้เป็นตัวกำหนดคุณสมบัติในการจ้างงาน การศึกษา และการอบรมต่าง ๆ

1.1.2 การสอนคณิตศาสตร์เป็นความมุ่งหมายที่ต้องการให้นักเรียนได้รับและพัฒนาตนเองเป็นรายบุคคลจากการเรียนคณิตศาสตร์ คือ

1.1.2.1 การเกิดความเชื่อมั่นในทักษะและความสามารถทางคณิตศาสตร์ของตนเอง

1.1.2.2 การเรียนรู้ที่จะสร้างสรรค์และแสดงออกโดยใช้คณิตศาสตร์รวมทั้งสำรวจและประยุกต์คณิตศาสตร์กับงานอดิเรก ความสนใจ และโครงงานของตนเอง

1.2 มาตรฐานทางการศึกษาคณิตศาสตร์

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NCTM, 2000) ได้กำหนดมาตรฐานทางการศึกษาคณิตศาสตร์ ในปี ค.ศ. 2000 ซึ่งได้เปลี่ยนแปลงจากมาตรฐานในปี ค.ศ. 1989 ที่ว่าการศึกษาควรให้โอกาสนักเรียนได้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคณิตศาสตร์สามารถเรียนรู้ได้ตลอดชีวิต เป็นพลเมืองและผู้ที่มีสิทธิออกเสียง โดยในมาตรฐานใหม่นี้ได้บรรจุสิ่งที่เปลี่ยนแปลงไว้ 3 ประการ คือ 1) ความเชื่อที่เป็นเกณฑ์หลักของแต่ละเรื่อง ซึ่งเรียกว่า หลักการ 2) มาตรฐานการกำหนดช่วงชั้นเรียนโดยกำหนดเป็น 4 ช่วง คือ ก่อนวัยเรียนอนุบาลถึงเกรด 2 เกรด 3 ถึง เกรด 5 เกรด 6 ถึง เกรด 8 และ เกรด 9 ถึง เกรด 12 ตามลำดับ และ 3) มาตรฐานด้านความรู้ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา 5 ด้าน และกระบวนการ 5 ด้าน ที่ใช้กับทุกระดับชั้นการศึกษา

มาตรฐานด้านความรู้ถือว่าเป็นมาตรฐานที่สำคัญมาก เพราะเป็นมาตรฐานที่นักเรียนจะต้องเรียนรู้ และทำให้เกิดในตัวนักเรียนทุกคน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้จึงต้องตอบสนองมาตรฐานดังกล่าวนี้ รายละเอียดของมาตรฐานด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดโดยสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติ ซึ่งเรียกว่า มาตรฐานปี ค.ศ. 2000 มีรายละเอียดดังนี้

1) มาตรฐานด้านเนื้อหา (Content standard) ประกอบด้วย

1.1) จำนวนและการปฏิบัติการด้านจำนวน

1.2) เรขาคณิตและสำนึกเชิงปริภูมิ

1.3) การวัด

1.4) การวิเคราะห์ข้อมูล สถิติ และความน่าจะเป็น

1.5) แบบรูป ฟังชัน และพีชคณิต

2) มาตรฐานด้านกระบวนการ (Process standard) ประกอบด้วย

2.1) การแก้ปัญหา

2.2) การให้เหตุผลและการพิสูจน์

2.3) การสื่อสาร

2.4) การเชื่อมโยง

2.5) การนำเสนอความคิดทางคณิตศาสตร์

1.3 หลักการในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

Reys และคนอื่น ๆ (1998: 22-30) ได้เสนอหลักการในการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งได้จากการศึกษาวิจัย จากประสบการณ์ในการสอน และจากข้อพิจารณาเกี่ยวกับวิธีการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน มีทั้งหมด 11 ข้อ ซึ่งแต่ละข้อมีความสำคัญเท่าเทียมกัน ดังนี้

1) การให้นักเรียนได้ลงมือกระทำ ช่วยพัฒนาความเข้าใจคณิตศาสตร์ได้มากขึ้น

2) การเรียนรู้เป็นพัฒนาการ นักเรียนจะเรียนคณิตศาสตร์ได้ดีเมื่อประเด็นทางคณิตศาสตร์นั้นเหมาะสมกับระดับพัฒนาการของนักเรียน

3) การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ต้องอยู่บนพื้นฐานของความรู้เดิม

4) การบูรณาการการสื่อสาร โดยที่การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ภาษาในการสื่อสารความเข้าใจที่เกี่ยวกับความคิดทางคณิตศาสตร์ของตน ซึ่งจะช่วยให้คณิตศาสตร์กลายเป็นส่วนหนึ่งของนักเรียนและได้มีการพัฒนาทักษะการสื่อสารที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์

5) การใช้คำถามที่ดีจะช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ คำถามเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้ ซึ่งครูจำเป็นต้องรู้ว่าเมื่อใดควรจะถามคำถาม และเมื่อใดจึงจะตอบคำถาม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนหาคำตอบของคำถามจากจุดเริ่มต้นที่ยังหาคำตอบไม่ได้

6) การใช้สื่ออุปกรณ์หรือตัวแบบช่วยในการเรียนรู้ เช่น การใช้เหรียญเป็นตัวแบบของวงกลม ซึ่งตัวแบบนี้ไม่ใช่คณิตศาสตร์แต่เป็นสิ่งที่จะแสดงให้เห็นถึงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

7) การรู้คิดจะมีผลต่อการเรียนรู้

8) เจตคติต่อการสอนคณิตศาสตร์ของครูเป็นสิ่งสำคัญต่อการสร้างเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน

9) ประสบการณ์มีผลต่อความวิตกกังวล ความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนจะมีความสัมพันธ์กับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียน ครูควรช่วยให้นักเรียนได้จัดการกับการแก้ปัญหาความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ เช่น การสอนที่เน้นความหมายและความ เข้าใจมากกว่าความจำ ให้นักเรียนเห็นประโยชน์และความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ กระตุ้นให้นักเรียนบอกความรู้สึกที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ หรือการเสนอยุทธวิธีที่เป็นตัวแบบของการแก้ปัญหามากกว่าการเสนอการแก้ปัญหาที่เรียบร้อยแล้ว

10) เพศชายและหญิงต่างมีความถนัดทางคณิตศาสตร์เท่า ๆ กัน

11) ความคงทนของความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่สามารถพัฒนาได้

Alan และคนอื่น ๆ (1983 อ้างถึงใน Koshy, Ernest, and Casey, 2000: 4) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการสอนและการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และสรุปแยกแยะให้เห็นถึงสิ่งที่ครูสามารถสอนนักเรียนเพื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งได้แก่ ข้อเท็จจริง ทักษะ มโนทัศน์ การเกิดมโนทัศน์ และโครงสร้างมโนทัศน์ การเรียนรู้กลยุทธ์ทางคณิตศาสตร์ทั่วไป การพัฒนาเจตคติ และความประทับใจต่อคณิตศาสตร์ รายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบที่นักเรียนควรได้เรียนรู้มีดังนี้

1) ข้อเท็จจริง คือหน่วยความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เล็กที่สุด เป็นส่วนของความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ข้อเท็จจริงแต่ละหน่วยประกอบขึ้นเป็นตัวสาระของความรู้ โดยเชื่อมโยงกันเป็นระบบที่มีความหมาย ซึ่งทำให้ง่ายต่อการจดจำ และในที่สุดจะกลายเป็นส่วนของโครงสร้างมโนทัศน์ ตัวอย่างเช่น 9x6 = 54 เป็นข้อเท็จจริง นักเรียนสามารถรู้ต่อไปอีกว่า 9x6 =6x9 หรือ (10-1) x (7-1) ก็ได้ ซึ่งข้อเท็จจริงเหล่านี้จะเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างมโนทัศน์

2) ทักษะ เป็นวิธีการที่มีหลายขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้อย่างดีในทางคณิตศาสตร์ ทักษะต่าง ๆ มีทั้งที่คุ้นเคยและที่ต้องฝึกปฏิบัติบ่อย ๆ ตัวอย่างเช่น การดำเนินการเกี่ยวกับจำนวน ซึ่งเป็นการกระทำกับจำนวน เช่น การบวกตามแนวตั้ง การดำเนินการที่กระทำกับสัญลักษณ์ทางพีชคณิต เช่น การแก้สมการเชิงเส้น เป็นต้น นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะได้โดยเรียนรู้จากตัวอย่างที่ทำไว้แล้ว แล้วนำมาปฏิบัติตาม ถ้าเป็นตัวอย่างทักษะที่ยากก็ต้องฝึกทำซ้ำบ่อย ๆ การเรียนรู้ทักษะที่คลาดเคลื่อน ทำให้เกิดทักษะที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเรียนรู้ทักษะเพียงบางส่วน ทำให้ทักษะบางส่วนขาดหายไป หรือไม่ครบเต็มสมบูรณ์ของทักษะนั้น ความคลาดเคลื่อนอีกประการหนึ่งของการเรียนรู้ทักษะ คือการประยุกต์กฎไปใช้อย่างผิด ๆ เช่น การบวกเศษส่วน $\frac{1}{3}+\frac{1}{4}=\frac{2}{7}$ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้กฎการคูณในการหาคำตอบ แต่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อน จึงนำกฎการบวกมาใช้ในการหาคำตอบแทน

3) มโนทัศน์และโครงสร้างมโนทัศน์ มโนทัศน์เป็นกลุ่มคุณสมบัติอย่างง่ายที่บ่งบอกถึงสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เป็นความคิดที่อยู่เบื้องหลังชื่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ตัวอย่างเช่น มโนทัศน์ของจำนวนลบ คือ จำนวนที่เลือกมาจากจำนวนที่น้อยกว่าศูนย์ การเรียนรู้แต่เพียงชื่อ จะเป็นการเรียนรู้ข้อเท็จจริงเท่านั้น ดังนั้นจะต้องเรียนรู้ถึงความหมายและการให้คำจำกัดความ จึงจะถือว่าเป็นการเรียนรู้มโนทัศน์

โครงสร้างมโนทัศน์ เป็นชุดหรือกลุ่มของมโนทัศน์ที่เชื่อมโยงสัมพันธ์ระหว่างกัน อาจจะซับซ้อนและพัฒนามากขึ้น เมื่อนักเรียนเพิ่มเติมมโนทัศน์มากขึ้น โดยการเชื่อมโยงผ่านกระบวนการเรียนรู้ ตัวอย่างเช่น สี่เหลี่ยม ประกอบขึ้นเป็นโครงสร้างมโนทัศน์อย่างง่ายที่รวมการเรียนรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างรูปหลายเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยมคางหมู รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก และรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นต้น

4) กลยุทธ์ทั่วไป เป็นวิธีการที่จะให้แนวทางในการเลือกทักษะ หรือความรู้เพื่อใช้ในแต่ละขั้นของการแก้ปัญหา ด้วยเหตุที่การแก้ปัญหาในทางคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมที่สำคัญของการเรียนคณิตศาสตร์ ดังนั้นนักเรียนจึงจำเป็นต้องรู้กลยุทธ์เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา สำหรับปัญหาทางคณิตศาสตร์อาจจะเป็นการจำวิธีการแก้ปัญหาได้ แต่หากปัญหาเปลี่ยนไปจากเดิม นักเรียนก็จะไม่สามารถระลึกวิธีการแก้ปัญหาได้ เมื่อเกิดสถานการณ์อย่างนี้ขึ้น กลยุทธ์ทั่วไปจะเป็นประโยชน์อย่างมาก เพราะจะเป็นตัวแนะแนวคิดหรือแนวทางต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ที่อาจนำไปสู่คำตอบ การค้นหาวิธีการจะทำให้นักเรียนได้สร้างสรรค์วิธีการสำรวจเพื่อหาคำตอบทางคณิตศาสตร์แบบใหม่ ๆ รวมทั้งการค้นหาแบบแผนทางคณิตศาสตร์ไปด้วย ตัวอย่างของการใช้กลยุทธ์ทั่วไป เช่น ในการแก้ปัญหาจำนวน โดยถามว่า 15+47 มีค่าเท่าไร โดยให้คิดในใจ นักเรียนก็จะหาวิธีการที่จะทำให้ปัญหานั้นง่ายขึ้น เช่น โดยการทำให้เป็น 10 จากตัวเลขหลักหน่วย นักเรียนก็อาจจะนำ 3 จาก 5 ไปบวกกับ 7 เพื่อให้ได้ 10 ดังจะเห็นได้จากขั้นตอนดังนี้ 12+(47+3) = 12+50 = 62 หรืออาจจะใช้วิธีเอา 5 จาก 7 ไปบวกกับ 5 เพื่อให้ได้ 10 ซึ่งแสดงขั้นตอนดังนี้ (15+5)+42 = 20+42=62

กลยุทธ์ทั่วไปที่เป็นแบบฉบับซึ่งนักเรียนได้เคยเห็นการใช้มาบ้างแล้วในการนำไปใช้กับปัญหาที่ซับซ้อนมาก ๆ และในการค้นหาแนวทางเพื่อแก้ปัญหา มีดังนี้

4.1) สร้างตัวแทนปัญหาโดยวาดแผนภาพ

4.2) พยายามแก้ปัญหาให้ง่ายขึ้น เพื่อหวังว่าจะเป็นตัวแนะวิธีการ

4.3) สร้างตัวอย่างต่าง ๆ

4.4) สร้างตารางผลลัพธ์แบบต่าง ๆ

4.5) ใส่ผลลัพธ์ในตารางเพื่อให้การเรียงลำดับเป็นตัวแนะ

4.6) ค้นหาแบบแผนจากข้อมูล

4.7) ค้นหาวิธีการที่แตกต่างและลองใช้

4.8) ตรวจสอบหรือทดสอบผลลัพธ์

5) เจตคติ เจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์เป็นความรู้สึกและการตอบสนองต่าง ๆ ต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งอาจชอบหรือไม่ชอบ สนุกหรือไม่สนุก เชื่อมั่นในการดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งทางคณิตศาสตร์ เจตคติมีความสำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์ และเป็นความมุ่งหมายของการสอนคณิตศาสตร์ที่จะทำให้เกิดสิ่งนี้หลังการเรียนรู้ การมีเจตคติทางบวกจะนำไปสู่ความพยายามและบรรลุความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ แต่ถ้าขาดเจตคติที่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ก็จะส่งผลให้เกิดความรู้สึกวิตกกังวลเกิดขึ้น

เจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ไม่สามารถสอนได้โดยตรง แต่จะเป็นผลลัพธ์ทางอ้อมของประสบการณ์การเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน บางเหตุการณ์สามารถเปลี่ยนเจตคติของนักเรียนได้ เช่น การกระตุ้นของครู ความสนใจของครูต่อผลงานของนักเรียนจะทำให้เกิดผลทางบวกต่อนักเรียน ส่วนการวิพากษ์วิจารณ์และดูถูกนักเรียนในที่สาธารณะ จะส่งผลต่อนักเรียนโดยตรง โดยทำให้เกิดผลต่อเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ในทางลบ

6) ความประทับใจ ความประทับใจในวิชาคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับความเข้าใจในภาพรวมทั่วไปทางคณิตศาสตร์ เกี่ยวข้องกับการตระหนักรู้ว่าคณิตศาสตร์เป็นอย่างไรในภาพรวมทั่วไป รวมทั้งเข้าใจคุณค่าและบทบาทของคณิตศาสตร์ต่อสังคม

Cockcroft (1982 อ้างถึงใน Koshy and others, 2000: 12-13) ได้รายงานผลสรุปจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งได้ให้ข้อแนะนำในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ โดยระบุว่า การสอนคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ควรสร้างโอกาสในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1) การอธิบายโดยครู

2) การอภิปรายระหว่างครูและนักเรียน และระหว่างนักเรียนกับนักเรียน

3) การให้งานในการปฏิบัติอย่างเหมาะสม

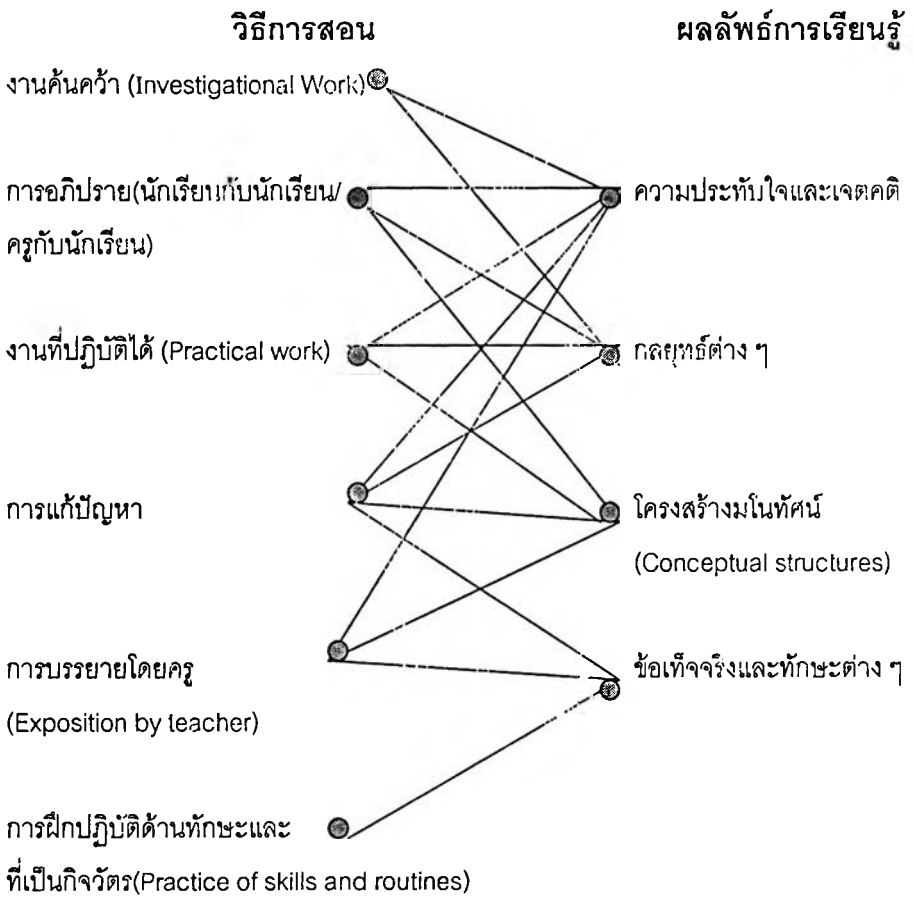
4) การทำให้เกิดความแข็งแกร่งและมีการฝึกปฏิบัติเกี่ยวกับทักษะต่าง ๆ และให้ทำเป็นกิจวัตร

5) การให้แก้ปัญหา รวมทั้งประยุกต์คณิตศาสตร์เข้ากับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน

6) การให้งานที่มีการค้นคว้า

แนวคิดการสอนคณิตศาสตร์ข้างต้น สามารถช่วยพัฒนาความประทับใจต่อวิชาคณิตศาสตร์ให้แก่นักเรียน กลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ ๆ โครงสร้างมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งความรู้ในข้อเท็จจริงและทักษะต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ต่างมีความ

สัมพันธ์กับวิธีการสอนที่ใช้ ซึ่งวิธีการสอนมีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ดังแสดงในแผนภาพที่ 1 อย่างไรก็ตามวิธีการสอนหรือกลยุทธ์การสอนเหล่านี้จะไม่มีวิธีการใดเด่นกว่ากัน และวิธีที่เลือกควรขึ้นกับความต้องการของนักเรียน และความเหมาะสมกับแหล่งความรู้ที่สามารถหาได้



แผนภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการสอนและผลลัพธ์การเรียนรู้
(Cockcroft, 1982 อ้างถึงใน Koshy and others, 2000: 13)

2. แนวคิดการประมวลสารสนเทศ(Information Processing Approach)

นักทฤษฎีประมวลสารสนเทศ มีแนวคิดที่แตกต่างจากกลุ่มพฤติกรรมนิยมที่เชื่อว่าการเรียนรู้ทุกอย่างเกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนอง แต่นักทฤษฎีประมวลสารสนเทศเชื่อว่าการเชื่อมโยงที่เกิดขึ้น เป็นการเชื่อมโยงระหว่างหน่วยความรู้ต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดความรู้ขึ้นและจัดเก็บไว้ในความจำ ลดความสนใจเงื่อนไขจากภายนอก แต่หันมามุ่งความสนใจกระบวนการภายใน หรือกระบวนการทางสมอง (Mental Process) ที่อยู่ระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนอง นักเรียนจะเป็นผู้แสวงหาความรู้แบบกระตือรือร้น (Active seekers) และเป็น

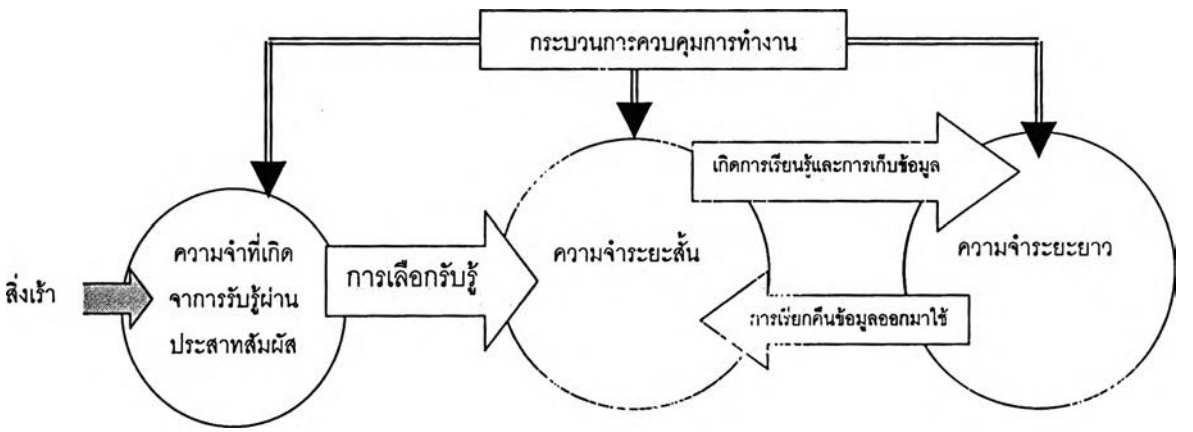
ผู้จัดกระทำหรือประมวลสาระข้อมูลเอง นักเรียนจะเลือกใส่ใจลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อม แปลงรูปและท่องจำข้อมูล สร้างความสัมพันธ์ข้อมูลใหม่กับข้อมูลที่มีอยู่แล้ว และจัดระบบความรู้ให้มีความหมาย (Mayer, 1996 อ้างถึงใน Schunk, 2000: 120) นอกจากนั้นนักวิจัยด้านสารสนเทศมีมุมมองเกี่ยวกับแนวคิดการประมวลสารสนเทศในแง่มุมที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมทางปัญญา (Cognitive activities) เช่น การรับรู้ การท่องจำ การคิด การแก้ปัญหา การจำ การลืม และการสร้างภาพความคิด (Shuell, 1986 อ้างถึงใน Schunk, 2000: 120 -121)

การประมวลสารสนเทศ เป็นชื่อทั่วไป (Generic name) ที่ปรับเข้ากับแนวคิดทฤษฎีต่าง ๆ ที่อธิบายถึงลำดับขั้นและการจัดการกับเหตุการณ์ทางความคิด (Cognitive events) แนวคิดของการประมวลสารสนเทศนี้ได้ถูกนำไปใช้ในการศึกษาเรื่องของการเรียนรู้ ความจำ การแก้ปัญหา การรับรู้จากการเห็นและการได้ยิน พัฒนาการทางสติปัญญา และเรื่องของเชาวน์ปัญญาเทียม (Artificial intelligence) (Schunk, 1991: 127) แนวคิดนี้สนใจว่าบุคคลจะพัฒนาเหตุการณ์แวดล้อม เก็บสะสมความรู้ใหม่ในความจำ และนำออกมาใช้เมื่อต้องการได้อย่างไร ซึ่งการประมวลสารสนเทศนี้ได้รับอิทธิพลจากความก้าวหน้าทางด้านการติดต่อสื่อสารและเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

แนวคิดการประมวลสารสนเทศ จัดอยู่ในกลุ่มพุทธิปัญญานิยม (Cognitivism) เป็นกลุ่มที่ให้ความสนใจกับกระบวนการคิด และการให้เหตุผลของนักเรียน (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2541: 219) และเป็นกลุ่มพลังสำคัญทางด้านจิตวิทยาการเรียนรู้ที่มีคุณค่ามากสำหรับครูในการช่วยอธิบายในเรื่องของการเรียนรู้ (Biehler and Snowman, 1990 อ้างถึงใน พรรณี ช. เจนจิต, 2538: 355) นักทฤษฎีประมวลสารสนเทศมีความคิดเห็นว่า การเรียนรู้ทั้งหมดเป็นรูปแบบของการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนองแต่เป็นการเชื่อมโยงที่เน้นกระบวนการภายใน หรือเป็นกิจกรรมทางปัญญามากกว่าที่จะเป็นเงื่อนไขจากภายนอก นักเรียนเป็นผู้ใขว่คว้าและประมวลข้อมูล นักเรียนเป็นผู้เลือกและพิจารณาแง่มุมทางด้านสิ่งแวดล้อม ถ่ายโยงและท่องจำข้อมูล เชื่อมโยงข้อมูลใหม่กับความรู้เดิม และจัดการกับความรู้เพื่อให้ความรู้นั้นเป็นความรู้ที่มีความหมาย

การประมวลสารสนเทศมีระบบการทำงานที่สำคัญสองประการ คือ ความจำ และกระบวนการควบคุม (Executive Control of Information Processing) ซึ่งในส่วนของความจำประกอบด้วยองค์ประกอบของความจำ 3 ส่วน ได้แก่ ความจำ ที่เกิดจากการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัส (Sensory Register หรือ Sensory memory) ความจำ ระยะสั้น (Short Term Memory or working memory) และความจำระยะยาว (Long - Term Memory) องค์ประกอบของความจำทั้ง 3 ส่วนจะถูกควบคุมโดยกระบวนการควบคุม ซึ่งจะทำหน้าที่ในการกำหนดสารสนเทศจากความจำหนึ่งไปสู่อีกความจำหนึ่ง ที่จะช่วยให้ข้อมูลสามารถผ่านเข้าในระบบการประมวลข้อมูลได้ ตัวอย่างของกระบวนการควบคุม เช่น การระลึกได้(Recognition) การใส่ใจ (Attention) การพูดปากเปล่า

หรือการท่องจำ (Rehearsal) การท่องจำเพื่อความเข้าใจ (Elaborative rehearsal) การเรียกข้อมูลออกมาใช้ (Retrieval) ตลอดจนการจัดระบบข้อมูล (Organization) ดังแสดงในแผนภาพที่ 2



แผนภาพที่ 2 ระบบการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการประมวลสารสนเทศ
(Atkinson & Shiffrin,1968; R. Gagne, 1985 อ้างถึงใน Woolfolk,1995: 244)

จากแผนภาพที่ 2 แสดงระบบการประมวลสารสนเทศ ซึ่งแสดงถึงขั้นตอนทั้ง 3 ขั้นของระบบการประมวลสารสนเทศ ได้แก่ ความจำที่เกิดจากการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัส ความจำระยะสั้น และความจำระยะยาว ข้อมูลจะเข้าสู่การบันทึกการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสโดยการรับรู้จะตัดสินว่าข้อมูลจะเข้าสู่ความจำระยะสั้นต่อไป โดยในการประมวลนี้ข้อมูลบางส่วนจะเข้าไปอยู่ในความจำระยะยาว และสามารถดึงกลับมาใช้ในความจำระยะสั้น

กล่าวโดยสรุป ในระบบการประมวลสารสนเทศ ประกอบด้วย ความจำที่เกิดจากการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสและกระบวนการควบคุม ความจำระยะสั้นและกระบวนการควบคุม และความจำระยะยาวและกระบวนการควบคุม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 ความจำที่เกิดจากการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัส และกระบวนการควบคุมในการบันทึกการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัส

2.1.1 ความจำที่เกิดจากการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัส

ความจำที่เกิดจากการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสเกิดขึ้นซึ่งอธิบายได้ว่า "คนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างไร เมื่อมีการรับสัมผัสสิ่งเร้าจากสิ่งแวดล้อม" เครื่องรับสัมผัสของคนจะรับข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมด้วยประสาททั้ง 5 คือ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง ข้อมูลหรือประสบการณ์ที่รับเข้ามาจะบันทึกอยู่ในความจำที่เกิดจากการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัส ซึ่งเป็นความจำระบบแรก ความจำที่เกิดจากการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัส มีหน้าที่เก็บข้อมูลต่าง ๆ ในระยะสั้น ๆ ประมาณ 1

ถึง 3 วินาที เพียงเพื่อให้บุคคลได้ตัดสินใจว่า จะให้ความสนใจต่อไปหรือไม่ ถ้าสนใจก็จะบันทึกหรือแปรรูปเก็บไว้ในความจำระยะสั้น

2.1.2 กระบวนการควบคุมในส่วนบันทึกการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัส

กระบวนการที่จะควบคุมในส่วนบันทึกรับการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสที่ช่วยให้ข้อมูลเข้าไปสู่ความจำระยะสั้น คือ การรับรู้ และการเลือกใส่ใจ (Woolfolk, 1995: 245) ดังนี้

1) การรับรู้ (Perception)

การรับรู้เป็นการรับข้อมูลดิบที่ผ่านมาจากประสาทสัมผัสการรับรู้จะขึ้นกับทั้งตัววัตถุหรือสิ่งที่จะรับรู้ และความรู้เดิมที่มีอยู่ เช่น การเขียน I3 ถ้าถามว่าเป็น ตัวอักษรอะไรก็จะตอบว่า B แต่ถ้าถามว่าเป็นตัวเลขอะไร ก็จะตอบว่าตัวเลข 13 การรับรู้จึงเปลี่ยนแปลงไปตามความคาดหวังของบุคคลต่อการรู้จักตัวเลขหรือตัวอักษร ในเด็กเล็ก ๆ ที่ไม่มีความรู้เดิมเพียงพอที่จะรู้ว่าเป็นตัวเลขหรือตัวหนังสือ เครื่องหมายที่เห็นนั้นจึงไม่มีความหมายใด ๆ ดังนั้นการรับรู้ที่สำคัญคือการรับรู้ที่มีการเชื่อมโยงกับข้อมูลที่สะสมไว้ก่อนหรือเรียกว่าการระลึกได้ มีคำอธิบาย 2 ประการเกี่ยวกับแนวคิดการประมวลสารสนเทศในเรื่องการระลึกได้ และการให้ความหมายต่อเหตุการณ์ที่รับสัมผัสเข้ามา คำอธิบายแรกเป็นการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ (Feature analysis หรือ Pattern analysis) (Woolfolk, 1995: 245) เช่น ตัวอักษร A มีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมทำมุม 45 องศา (∧) และมีเส้นตรงขีดในแนวนอน เพราะฉะนั้นไม่ว่าบุคคลจะเห็นลักษณะเช่นนี้หรือมีลักษณะที่คล้ายคลึงนี้ บุคคลนั้นจะบอกได้ว่าเป็น A ซึ่งอธิบายได้ว่าเหตุใดบุคคลจึงสามารถอ่านคำที่เขียนด้วยลายมือของคนทั่ว ๆ ไปได้ทั้งที่เขียนไม่เหมือนกัน

การระลึกได้ที่อาศัยเพียงการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพที่พบเห็นอย่างเดียวจะทำให้การเรียนเกิดได้ช้า มนุษย์มีความสามารถที่จะระลึกได้อีกวิธีหนึ่งคือการระลึกได้ที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความคาดหวัง มักเรียกว่า "Top – down processing" เพื่อที่จะให้จำรูปแบบนั้นได้ บุคคลจะใช้สิ่งที่ได้รู้มาก่อนเกี่ยวกับสถานการณ์นั้น ซึ่ง บุคคลอาจจะรู้เป็นคำหรือภาพ เช่น บุคคลจะไม่ระลึกถึงอักษร B ถ้าบุคคลนั้นไม่เคยมีความรู้เกี่ยวกับตัวเขียนโรมันนั้นมาก่อน ดังนั้นอะไรก็ตามที่บุคคลรู้จะมีผลกระทบต่อสิ่งที่บุคคลนั้นรู้มาก่อน

ด้วยเหตุนี้ การจัดการเรียนการสอนในระดับอนุบาลและประถมศึกษาจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องจัดให้มีระบบระเบียบ มีความกระจ่างชัด มีความสมบูรณ์และทิศทางที่แน่นอน ตลอดจนวัสดุอุปกรณ์ที่เป็นรูปธรรม ทั้งนี้เพราะนักเรียนในวัยนี้ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับข้อมูลที่สะสมไว้ในความจำระยะยาวยังมีค่อนข้างน้อย และความสามารถยังมีน้อยที่จะเชื่อมโยงความรู้ที่มีอยู่เข้ากับความรู้ใหม่ที่ได้รับมา (พรรณี ช.เจนจิต, 2538: 323)

2) การเลือกใส่ใจ (Selected attention)

การเลือกใส่ใจเป็นลักษณะของการเลือกให้ความใส่ใจเฉพาะข้อมูลบางส่วนที่อยู่ในความสนใจ จะพบว่าความสนใจของคนแต่ละคนจะแตกต่างกันตามความแตกต่างระหว่างบุคคล บางคนมีสมาธิดีแม้อยู่ในที่ ๆ มีทั้งแสงและเสียงแต่ก็สามารถทำงานได้ บางคนต้องแยกตัวออกไปอยู่ตามลำพังจึงจะสามารถทำงานได้ เป็นต้น นักเรียนจะให้ความใส่ใจเฉพาะสิ่งที่ตนมีความคิดเกี่ยวกับเรื่องนั้นอยู่แล้ว และจะละเลยที่จะให้ความใส่ใจเรื่องอื่น ๆ นั่นคือการที่บุคคลคาดหวังที่จะเห็น หรือได้ยินสิ่งที่ต้องการจะเห็น หรือต้องการจะได้ยิน เช่น บุคคลสามารถได้ยินเสียงเจ้าหน้าที่เรียกชื่อตนเองขณะที่อยู่ในห้องที่คนแออัดและเสียงดัง ทั้งนี้เพราะชื่อของบุคคลนั้นเป็นสิ่งที่มีความหมายมากสำหรับตนเอง และเป็นสิ่งที่ตนกำลังให้ความสนใจ นอกจากนั้นพฤติกรรมต่าง ๆ ที่บุคคลสามารถปฏิบัติได้อย่างเป็นอัตโนมัติจะทำให้บุคคลนั้นสามารถรับรู้สิ่งอื่น ๆ เข้ามาได้ในเวลาเดียวกัน แต่หากมีภาวะไม่ปกติเกิดขึ้นบุคคลจะหันเหความสนใจมาสู่พฤติกรรมที่เคยปฏิบัติเป็นอัตโนมัติ และไม่รับรู้และใส่ใจกับสิ่งอื่น เช่น การขับรถ ที่สามารถขับได้เป็นอัตโนมัติ สามารถฟังวิทยุได้ แต่ถ้าในภาวะคับขันบุคคลจะใส่ใจในการขับรถ โดยจะไม่ได้ยินหรือไม่รับรู้ข้อมูลจากวิทยุ ซึ่งในแง่ของการศึกษา พฤติกรรมที่เป็นอัตโนมัติและเป็นเป้าหมายทางการศึกษา คือทักษะที่เป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ เช่น ในกรณีการเรียนคณิตศาสตร์ ทักษะที่เป็นพื้นฐาน คือทักษะที่เกี่ยวกับการบวก การลบ การคูณ และการหาร เป็นต้น (Gagne', 1983; Bloom, 1986 อ้างถึงใน Driscoll, 1994: 78) ในการเรียนการสอนเพื่อทำให้นักเรียนเกิดการใส่ใจ ครูควรคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อการใส่ใจ และการทำให้การใส่ใจคงอยู่อย่างต่อเนื่อง ดังนี้

2.1) ปัจจัยที่มีผลต่อการใส่ใจ

ความยากหรือความซับซ้อนของงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความใส่ใจ นักเรียนต้องให้ความสนใจค่อนข้างมากกับสิ่งที่นักเรียนมีความรู้เดิมน้อย เช่น นักศึกษาใหม่ที่เริ่มเรียนทฤษฎีการเรียนรู้ จะให้ความสนใจอย่างใกล้ชิดกับครูและเอกสารตำรา นอกจากนั้นความสามารถในการควบคุมความใส่ใจขึ้นกับปัจจัยทั่ว ๆ ไป และปัจจัยเฉพาะ เช่น เพศ บุคลิกภาพ ความกระตือรือร้น เชาวน์ปัญญา และความสามารถในการเรียนรู้ ซึ่ง Grabe (1986 อ้างถึงใน Driscoll, 1994: 73-74) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนรู้มีดังนี้

2.1.1) สิ่งที่เรียนต้องมีความหมายสำหรับนักเรียน

2.1.2) ความคล้ายคลึงของงานหรือแหล่งข้อมูล หากมีความคล้ายคลึงกันมาก จะทำให้นักเรียนไม่สามารถเลือกรับรู้ หรือเลือกใส่ใจเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้ ชัดเจน

2.1.3) ความซับซ้อนหรือความยากของงาน ความยากของงานมีผลต่อการให้ความใส่ใจของนักเรียน หากงานง่าย ๆ นักเรียนไม่ต้องให้ความใส่ใจมาก แต่หากงานนั้นยากมากนักเรียนต้องให้ความใส่ใจมุ่งเฉพาะงานนั้น ๆ มากขึ้น

2.1.4) ความสามารถในการควบคุมความใส่ใจของตนเอง นักเรียนบางคนที่มีปัญหาในการควบคุมความใส่ใจ เช่น เด็กที่มีความสนใจบกพร่อง นักเรียนเหล่านี้จะทำงานได้ไม่ดี

สาระประโยชน์ที่ผู้เป็นครูจะนำความคิดเกี่ยวกับเรื่องนี้ไปใช้ คือ ในการจัดการเรียนการสอน จะต้องทำให้นักเรียนเกิดความมั่นใจว่าบทเรียนนี้เป็นสิ่งที่มีประโยชน์ สนุกสนาน และมีความหมาย ซึ่ง Grabe (1986 อ้างถึงใน Driscoll, 1994: 75) ได้เสนอวิธีที่จะสอนให้นักเรียนมีความใส่ใจในงาน โดยชี้ให้เห็นถึงความสำคัญ 2 ประการ ประการที่หนึ่ง คือ ครูควรสอนให้นักเรียนใช้เวลามากขึ้นในการตอบสนองต่องานที่เรียนรู้ (ลดการกระทำที่ขาดความยั้งคิดหรือความตั้งใจ) และประการที่สอง นักเรียนควรเรียนรู้เกี่ยวกับยุทธวิธีสำหรับที่จะเน้นความใส่ใจและอนุญาตให้มีการฝึกยุทธวิธีนั้น

Biggs และ Moore (1993: 200-209) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่จะให้เกิดความใส่ใจกับข้อมูลหรือสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

2.1.1) การเตรียมความพร้อมทางความคิด (Mental Set) การเตรียมความพร้อมทางความคิดทำได้โดยการจัดเตรียม วางแผนอย่างตั้งใจ เช่น การกำหนดให้อ่านเอกสาร ฟังวิทยุ หรือพูดคุยกับเพื่อน การเตรียมความพร้อมทางความคิดจะทำให้เกิดการตัดสินใจอย่างมีสติในการที่จะใส่ใจ ทำให้สามารถใส่ใจในการทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

2.1.2) คุณลักษณะทางกายภาพของสิ่งเร้า (Physical properties of the stimulus) สิ่งเร้าควรมีความชัดเจน มีความเข้ม ถ้าเป็นเสียงก็ควรมีเสียงดังพอและเปลี่ยนระดับเสียง สิ่งเร้าควรมีลักษณะที่แปรเปลี่ยนไปเพื่อให้เกิดความสนใจ

2.1.3) สภาพทางสรีระหรือสภาวะภายใน (Physiological or internal states) บุคคลจะให้ความใส่ใจกับกลิ่นอาหารเมื่อบุคคลหิว และเมื่อบุคคลวิตกกังวลจะให้ความใส่ใจต่อความรู้สึกของความเครียดและความไม่สุขสบาย สิ่งเร้าเช่นนี้จะมีผลให้การปฏิบัติงานลดลง ดังนั้นในระหว่างการเลือกใส่ใจนักเรียนควรมีความพร้อมทางด้านร่างกาย เช่นไม่หิว ไม่ง่วง อยู่ในสภาพที่สุขสบาย และไม่มีภาวะเครียดจนเกินไป

2.2) การคงอยู่ของความใส่ใจ (Maintenance attention)

เมื่อความสนใจของนักเรียนเกิดขึ้น มีความจำเป็นที่จะต้องรักษาให้ความใส่ใจนั้นดำรงอยู่ต่อไป Biggs และ Moore (1993: 210-212) กล่าวถึงแนวทางในการรักษาให้ความใส่ใจคงอยู่ดังนี้

2.2.1) เนื้อหา เนื้อหาควรเป็นประเด็นสำคัญที่จะทำให้ความใส่ใจนั้นคงอยู่ ถ้านักเรียนเป็นผู้ที่เห็นความสำคัญของเนื้อหานั้น และเลือกเนื้อหานั้นด้วยตนเอง การใส่ใจก็จะคงอยู่ได้ไม่ยากเนื่องจากเป็นแรงจูงใจที่มีอยู่ในนักเรียนอยู่แล้ว แต่ถ้าครูจะต้องเป็นผู้เลือกเนื้อหาให้นักเรียน ครูต้องมีเทคนิคในการสร้างจุดสนใจในเนื้อหานั้น

2.2.2) การใช้คำถาม ครูสามารถใช้คำถามกระตุ้นนักเรียนได้ทั้งก่อนและหลังจากที่นักเรียนได้ศึกษาเนื้อหาที่มอบหมาย และคำถามควรเป็นคำถามในระดับสูง Biggs และ Moore (1993: 212) ได้ศึกษาแนวทางในการใช้คำถาม และให้ข้อเสนอดังนี้

2.2.2.1) การใช้คำถามก่อนอ่าน ใช้คำถาม กำหนดประเด็นก่อนอ่าน ในลักษณะที่ช่วยกำหนดประเด็นให้นักเรียนมีความใส่ใจในส่วนที่เกี่ยวข้อง และไม่ใส่ใจในสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง

2.2.2.2) การใช้คำถามหลังการอ่าน ใช้คำถาม ถามเฉพาะสาระที่เกี่ยวข้องให้เกิดการเชื่อมโยง จะทำให้นักเรียนซึมซับ เข้าใจในสาระที่เกี่ยวข้องได้ยิ่งขึ้น

2.2.2.3) ผลของคำถามที่ถามก่อน จะช่วยให้การค้นหาสาระได้ดี ในกรณีที่เป็นบทเรียน หรือประเด็นที่มีความยากมาก ๆ ส่วนคำถามหลังการอ่านช่วยให้เข้าใจยิ่งขึ้น ในสิ่งที่เป็นประเด็นในการเรียนรู้

2.2.2.4) คำถามระดับสูงจะให้ผลทางบวกกว่าคำถามที่ถามเพียงข้อเท็จจริง คำถามระดับสูงทำให้นักเรียนคิดกว้างกว่าเพียงข้อเท็จจริง ขณะที่คำถามถามข้อเท็จจริงจะช่วยมุ่งเฉพาะสิ่งที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียนรู้ ดังนั้นในการใช้คำถามจึงขึ้นอยู่กับว่าครูต้องการให้นักเรียนเรียนรู้อะไรจากเอกสารนั้น ถ้าเป็นเพียงรายละเอียดของข้อเท็จจริง ควรใช้คำถามถามข้อเท็จจริงก่อนโดยที่ไม่ได้คาดหวังอะไรมาก เพียงดูว่าข้อเท็จจริงที่หลงเหลืออยู่ในตัวนักเรียนมีเพียงใด ถ้าต้องการให้มีความหมายกว้างและลึกควรใช้คำถามระดับสูงทั้งคำถามก่อนและหลังการศึกษาเนื้อหา

2.2.3) การใช้ภาพรวม การให้ภาพรวม เช่น การจัดระบบความคิดล่วงหน้า (Advance Organizer) จะเป็นการให้ความรู้อย่างกว้าง ๆ ที่เกี่ยวกับระดับของโครงสร้างทางความคิดได้ดีกว่าการให้เพียงเนื้อหาจากตำราที่อ่าน

2.2 ความจำระยะสั้น และกระบวนการควบคุมในความจำระยะสั้น

2.2.1 ความจำระยะสั้น

เมื่อข้อมูลที่เลือกแล้วผ่านเข้าสวนความจำที่เกิดจากการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสจะถ่ายโยงไปอยู่ในความจำระยะสั้น ซึ่งเป็น 1 ใน 2 ของแหล่งสะสมความจำ ความสามารถของความจำระยะสั้นจะสามารถจำข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกันเลยได้ 7 ข้อมูล (หรืออยู่ระหว่าง 5 ถึง 9 ข้อมูล) และจะจัดเก็บข้อมูลนี้ไว้ในระยะเวลาจำกัด โดยประมาณ 20-30 วินาที ถึงเกือบ 1 นาที (Sprinthall and Sprinthall, 1990: 291) ความจำระยะสั้นเป็นความจำที่เกิดขึ้น และต้องใช้ในช่วงที่บุคคลกำลังทำกิจกรรม หรือดำเนินการคิดในกิจกรรมบางอย่างในเวลาใดเวลาหนึ่ง เช่น การจำหมายเลขโทรศัพท์ของบุคคลที่ไม่คุ้นเคย ถ้ากดหมายเลขแล้วปรากฏว่าสายไม่ว่าง เมื่อจะกดใหม่จะต้องดูหมายเลขนั้นอีกทีเพราะบุคคลได้ลืมหมายเลขนั้นไปแล้ว

ถึงแม้ว่าความจำระยะสั้นจะจำกัดข้อมูลได้ประมาณ 7 หน่วยข้อมูลย่อย แต่หน่วยข้อมูลย่อยเหล่านี้สามารถจับกลุ่มรวมกันได้ (Chunking) โดยวิธีนี้ข้อมูลมากมายอาจถูกจัดเป็นชุดและประมวลเป็นองค์ประกอบเดียวกันได้ เช่น มีหน่วยข้อมูลย่อยต้องจำ 6 หน่วยข้อมูล คือ 3, 5, 4, 8, 7 และ 0 สามารถที่จะจัดกลุ่มข้อมูลเป็นเพียง 2 หรือ 3 กลุ่ม คือ 35, 48 และ 70 หรือ 354 และ 870 ซึ่งการเปลี่ยนเป็นกลุ่มข้อมูลบรรจุในหน่วยความจำเพียง 2 หรือ 3 กลุ่ม ไม่ใช่ 6 หน่วยข้อมูลที่ต้องจำในเวลาเดียวกันจะทำให้จำข้อมูลได้ง่ายขึ้น

ความจำระยะสั้น เป็นส่วนของความจำที่ใช้ในการปฏิบัติงานหรือประมวลข้อมูล จึงเรียกความจำนี้ว่า "working memory" ทำหน้าที่เกี่ยวกับการคิดในระดับสูง ๆ เช่น การแก้ปัญหา และการคิดเพื่อให้เกิดความเข้าใจมากกว่าแค่เพียงจำข้อมูล ความจำระยะสั้นมีความจำเป็นอย่างมาก เพราะมีกิจกรรมทางความคิดที่ต้องใช้มาก ขณะเดียวกันเนื้อที่ที่เหลือในความจำเพื่อการทำงานมีความจำกัดต่อการประมวลข้อมูล ดังนั้นในการเรียนรู้ นักเรียนควรจัดกลุ่มข้อมูลต่าง ๆ ให้มากเท่าที่จะทำได้ (เพื่อให้เหลือเนื้อที่ในการทำงาน) ในกรณีนี้นักเรียนต้องมีฐานความรู้ที่ดี มีประสบการณ์มาก คุ้นเคยกับเนื้อหาที่เป็นพื้นฐาน เพื่อให้นักเรียนสามารถจัดกลุ่มข้อมูลได้อย่างเป็นอัตโนมัติ ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีพื้นที่ว่างในความจำระยะสั้น พอที่จะเหลือเนื้อที่ในการคิดระดับสูงหรือซับซ้อนได้ (Case, 1988 อ้างถึงใน Biggs and Moors, 1993: 214) เช่น เด็กอายุ 8 ขวบ สามารถหาคำตอบ 7+9 = ? หรือ 16-5 = ? ได้ แต่เมื่อให้หาผลบวกของ 7+9+5 เด็กไม่สามารถทำได้ เพราะการบวกแบบนี้ต้องการเนื้อที่ในความจำในระยะสั้นมากขึ้น เพื่อใช้หาผลลัพธ์ แต่ในเด็กโตกว่าที่ได้ฝึกฝนมามาก และสามารถจัดกลุ่มการบวก 7+9 เป็น 1 หน่วยความจำ นักเรียนจึงสามารถบวก (7 + 9) +5 หรือ (16 + 5) ได้ เพราะเป็นการหาผลบวกของตัวเลขเพียงสองหน่วยข้อมูลเท่านั้น ทำให้สามารถมีพื้นที่ที่จะเก็บข้อมูลและประมวลข้อมูลได้เร็วขึ้น ดังนั้น

ในเด็กที่อายุน้อยหรือมีความสามารถน้อยกว่า ครูควรสอนให้นักเรียนรู้จักการจัดกลุ่มข้อมูลไว้ (Case, 1988 อ้างถึงใน Biggs and Moore, 1993: 214)

ในภาวะตึงเครียด เช่นในขณะสอบ มีผลให้เนื้อที่ในความจำระยะสั้นลดลง ดังนั้นการแก้ไขอาจทำได้โดยการจดสิ่งที่นึกขึ้นมาได้ลงไว้ก่อน เพื่อลดปริมาณเนื้อที่การใช้พื้นที่ในความจำระยะสั้น ดังนั้นในการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้และการแก้ปัญหาเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องลดหรือตัดส่วนที่ไม่จำเป็นออกจากความจำระยะสั้น เพื่อให้มีเนื้อที่สำหรับการประมวลข้อมูล (Biggs and Moore, 1993: 214)นอกจากนั้นความจำระยะสั้นมีลักษณะที่เปราะบาง ถูกทำลายได้ง่าย ข้อมูลนั้นจะอยู่ได้นานและจำได้ถ้าหากบุคคลได้มุ่งความใส่ใจที่ข้อมูลนั้นตลอดเวลา และจะช่วยป้องกันการสูญเสียข้อมูลไปจากความจำระยะสั้นได้ และมั่นใจได้ว่าข้อมูลนั้นจะถ่ายโอนเข้าไปเก็บในความจำระยะยาวต่อไป แต่ถ้าบุคคลลดความใส่ใจ ข้อมูลนั้นก็จะหายไป

2.2.2 กระบวนการควบคุมในความจำระยะสั้น

กระบวนการควบคุมที่จำเป็นต่อความจำระยะสั้น ได้แก่ การท่องจำ และการลงรหัส (Bell-Gredler, 1986: 154; Driscoll, 1994: 82-86) นอกจากนั้น Biggs และMoore (1993: 215) ได้เพิ่มกระบวนการที่จำเป็นอีกประการหนึ่ง คือ การสร้างรหัสใหม่ (Recoding) ดังนี้

1) การท่องจำ

การท่องจำเป็นการทบทวนข้อมูลในใจ ถ้าบุคคลมีการทบทวนข้อมูลนั้นนานเท่าใด บุคคลนั้นก็จะคงข้อมูลนั้นได้นาน การท่องจำจะใช้เมื่อเราต้องการนำข้อมูลนั้นไปใช้ภายในระยะเวลาหนึ่ง การท่องจำนี้ Ausubel (1968 อ้างถึงใน Biggs and Moore, 1993: 215) เรียกว่า Maintenance rehearsal หรือ rote learning ตัวอย่างของการท่องจำลักษณะนี้ เช่น การท่องจำหมายเลขโทรศัพท์ การท่องจำลักษณะนี้จะมีประโยชน์ในช่วงเวลาหนึ่ง และเป็นการใช้ความพยายามเพื่อที่จะจำในระยะเวลาหนึ่ง แต่ไม่เกี่ยวกับความจำระยะยาว

2) การลงรหัสหรือการเชื่อมโยงข้อมูลใหม่เข้ากับข้อมูลเดิม (Encoding)

การลงรหัสเป็นการเชื่อมโยงข้อมูลที่ต้องการจำเข้ากับข้อมูลเดิมที่บุคคลรู้มาก่อน ซึ่งอยู่ในความจำระยะยาว Ausubel (1968 อ้างถึงใน Biggs and Moore, 1993: 215) เรียกว่า การเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful learning) ส่วน Craik และ Lockhart (1972 อ้างถึงใน Woolfolk, 1995: 247) เรียกว่าเป็นการท่องจำด้วยความเข้าใจ (Elaborative rehearsal) การลงรหัสเป็นการเรียนรู้ที่ดีกว่าการท่องจำเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม การลงรหัสยังขึ้นอยู่กับสื่อที่ใช้ในการเรียน ซึ่งจะต้องมีความชัดเจน และตัวนักเรียนจะต้องมีความสามารถใน

การเชื่อมโยงด้วย การกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามตนเอง จะช่วยให้นักเรียนผสมผสานข้อมูลใหม่กับความรู้ที่มีอยู่ ซึ่งจะเป็นการช่วยในการลงรหัสของนักเรียนได้ เช่นการกระตุ้นให้นักเรียนถามตนเองว่า "ความหมายของมโนทัศน์นี้แตกต่างจากที่ได้อภิปรายในหน้าที่ผ่านมาอย่างไร" คำถามนี้จะทำให้นักเรียนเกิดความมั่นใจว่าตนเองเข้าใจในมโนทัศน์นั้น จากนั้นครูจึงให้ข้อมูลป้อนกลับแก่นักเรียน (Snowman, 1986 อ้างถึงใน Driscoll, 1994: 85)

3) การสร้างรหัสใหม่หรือการปรับการเชื่อมโยงข้อมูลใหม่ (Recoding) ในบางกรณีที่ประสบการณ์ใหม่ที่รับเข้าไปไม่สามารถลงรหัสได้กับประสบการณ์เดิมที่มีมาก่อน บุคคลจะมีการสร้างรหัสใหม่ หรือเชื่อมโยงข้อมูลใหม่ โดยการรวมเอาประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่เข้าด้วยกันโดยวิธีใหม่เพื่อให้มีความหมายต่อการเรียนรู้ การรวมกันของประสบการณ์ใหม่และประสบการณ์เดิมเป็นไปได้ใน 4 ลักษณะ ดังนี้

3.1) การรวมกันได้อย่างสมบูรณ์ (No mismatch) ประสบการณ์ใหม่และประสบการณ์เดิมสอดรับกันได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้จำได้ทันที ไม่ต้องคิดใหม่ เป็นการเกิดการลงรหัสทันที การรวมกันลักษณะนี้เป็นประสบการณ์ที่จะทำให้เกิดความน่าเบื่อขึ้น เช่น การฟังเรื่องตลกซ้ำหลาย ๆ ครั้ง

3.2) การรวมกันได้บางส่วน (Some mismatch) ทำให้เกิดความ ท้าทายแต่ก็ไม่มากจนเกินไป การปรับความคิดนี้จะเป็นสิ่งที่จำเป็น การสร้างรหัสใหม่ทำได้ง่าย ไม่เกินความสามารถที่จะทำได้ ประสบการณ์ใหม่นี้จะเป็นที่น่าสนใจ เพราะมีฐานของแรงจูงใจภายในอยู่แล้ว

3.3) ส่วนใหญ่รวมกันไม่ได้ (Much more mismatch) ไม่สามารถที่จะรวมประสบการณ์ใหม่และเก่าเข้าไว้ด้วยกันได้ง่าย การสร้างรหัสใหม่ทำได้ยากและทำให้นักเรียนเกิดอาการตื่นตระหนกวิตกกังวลได้เนื่องจากความรู้เดิมที่มีอยู่ไม่เพียงพอ

3.4) การรวมกันไม่ได้เลย (All mismatch) ประสบการณ์ใหม่และเก่าไม่สามารถรวมกันได้เลย เนื่องจากการขาดความเข้าใจในเรื่องประสบการณ์ใหม่ ไม่มีความรู้ในประสบการณ์ใหม่อยู่เลย

ในการจัดการเรียนการสอนควรส่งเสริมให้นักเรียนใช้การท่องจำ รวมถึงการจัดกลุ่มสิ่งที่มีลักษณะเดียวกันไว้ด้วยกัน และสิ่งที่นำมาใช้เรียนนั้นจะต้องมีความหมาย ซึ่งหมายความว่าการเรียนรู้สิ่งใหม่ สามารถเชื่อมโยงได้กับสิ่งที่เรียนรู้มาแล้ว จะช่วยให้จำได้ และนำไปสู่ความจำระยะยาวต่อไป ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนไม่ว่าจะสอนสิ่งใดที่เป็นสิ่งใหม่ให้พิจารณาว่าสามารถเชื่อมโยงกับความรู้เดิมได้หรือไม่

อย่างไรก็ตาม Biggs และ Moore (1993: 215) ให้ความคิดเห็นว่า การท่องจำและการลงรหัสไม่ใช่วิธีการที่จะถูกนำมาใช้อย่างใดอย่างหนึ่งเลยทีเดียว บางครั้งทั้งสองวิธีนี้อาจจะต้องใช้ควบคู่กันไป เช่น ในการจัดกลุ่มอาหารเป็นกลุ่ม ๆ อาจกระทำได้ ดังนี้

อาหารสำหรับบาร์บิคิว	อาหารสำหรับอาหารเช้า	ประเภทที่ไม่ใช่อาหาร
น้ำปลา	ไข่	กรรไกร
กระเทียม	ขนมปัง	ผงซักฟอก
หัวหอม	น้ำส้ม	ยาสีฟัน

ในการท่องจำนักเรียนจะจำทั้ง 3 ประเภท และท่องจำ รายละเอียดในแต่ละประเภทได้โดยการจำอย่างมีความหมาย วิธีนี้จะช่วยให้นักเรียนมีบริบทที่ระลึก (Recall) คำเหล่านั้นได้ ในขณะที่การจำแบบเชื่อมโยงนักเรียนมีการเชื่อมโยงรายการอาหารกับประเภทของอาหาร (Biggs and Moore, 1993: 215)

2.2.3 การลืมในความจำระยะสั้น

การลืม หมายถึงการที่ข้อมูลนั้นสูญหายไปจากความจำระยะสั้น และไม่สามารถดึงข้อมูลจากความจำระยะยาวมาใช้ได้ สาเหตุเกิดจากปัจจัยสำคัญ 2 ประการ คือ จากการเสื่อมลง (decay) และจากสิ่งรบกวนหรือการสอดแทรก (interference) การเสื่อมลงเป็นการสูญเสียความจำจากการขาดการทวนซ้ำ จากเวลาที่ผ่านไป และไม่ได้มีความสนใจอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลนั้นจะค่อย ๆ เสื่อมลงและในที่สุดจะเลือนหายไปไม่สามารถเรียกกลับมาใช้ได้อีก ส่วนการสอดแทรกหรือมีสิ่งรบกวน เกิดจากที่มี ข้อมูลใหม่เข้ามารบกวนการจำข้อมูลเก่า ความคิดใหม่จะเข้าแทนที่ความคิดเก่า เช่นเมื่อเรียนวิชาภาษาอังกฤษในเทอมนี้ เทอมต่อไปเรียนวิชาภาษาฝรั่งเศส การเรียนวิชาภาษาอังกฤษก่อนจะไปรบกวนการจำภาษาฝรั่งเศส เรียกว่า "Proactive inhibition" ซึ่งหมายถึงข้อมูลเดิมไปขัดขวางการเรียนรู้สิ่งใหม่ หรือที่เรียกว่าตามระงับและในทางตรงกันข้ามการเรียนภาษาฝรั่งเศสในเทอมนี้อาจจะไปรบกวนการจำหรือการดึงข้อมูลด้านภาษาอังกฤษมาใช้ได้ เรียกว่า "Retroactive" ซึ่งหมายถึงการเรียนสิ่งใหม่ไปขัดขวางข้อมูลเดิม หรือที่เรียกว่า การย้อนระงับ

ด้วยเหตุนี้ ในการจัดการเรียนการสอนควรใช้การจำแบบต้องใช้ความคิดหรือจำด้วยความเข้าใจ เพื่อช่วยให้นักเรียนท่องจำด้วยความเข้าใจนั้นจะต้องมีการจัดระบบระเบียบคำต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งจะรวมถึงการจัดกลุ่มสิ่งที่มีลักษณะเดียวกันไว้ด้วยกัน และสิ่งที่นำมาใช้เรียนนั้นจะต้องมีความหมาย ซึ่งหมายความว่าการเรียนรู้สิ่งใหม่ สามารถเชื่อมโยงได้กับสิ่งที่เรียนรู้แล้ว ซึ่งจะช่วยให้จำได้และนำไปสู่ความจำระยะยาวต่อไป ดังนั้นในการจัดการเรียน

การสอนไม่ว่าจะสอนสิ่งใดใหม่ให้พิจารณาว่า สามารถเชื่อมโยงกับความรู้เดิมได้หรือไม่ (พรรณี ช. เจนจิต, 2538: 365-366)

2.3 ความจำระยะยาวและกระบวนการควบคุมในความจำระยะยาว

ความจำระยะยาวมีหน้าที่เก็บข้อมูลที่ได้เรียนรู้มาอย่างดีแล้ว เรียกว่าเป็นข้อมูลที่มีความแกร่งของความจำ (Memory strength) หรือเรียกว่าเป็นข้อมูลที่สามารถคงอยู่ได้นาน (Anderson, 1990 อ้างถึงใน Woolfolk, 1995: 249) ความจำระยะสั้นและความจำระยะยาวมีลักษณะที่แตกต่างกัน ข้อมูลจะสามารถเข้าสู่ความจำระยะสั้นได้เร็ว แต่จะสามารถเข้าไปสู่การเก็บในความจำระยะยาวต้องใช้เวลามากขึ้น และต้องใช้ความพยายาม ขณะที่ความจุของความจำระยะสั้นมีจำกัด แต่ความจำระยะยาวมีความจุไม่จำกัด นอกจากนั้นข้อมูลที่เก็บในความจำระยะยาว สามารถเก็บในที่นั้นได้อย่างค่อนข้างถาวร แต่มีปัญหาสำคัญอยู่ที่การนำข้อมูลที่ต้องการออกมาจากความจำระยะยาว ขณะที่ข้อมูลในความจำระยะสั้นสามารถดึงมาได้ตลอดเวลาเพราะเป็นข้อมูลที่เรากำลังคิดอยู่ ซึ่งจะเปรียบเทียบความจำระยะสั้นและความจำระยะยาวได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบความจำระยะสั้นและความจำระยะยาว (Woolfolk, 1995: 249)

ชนิดของความจำ	ความเร็วในการนำเข้า	ความจุ	ระยะเวลาที่ข้อมูลคงอยู่	เนื้อหาที่เก็บ	การดึงข้อมูลกลับ
ความจำระยะสั้น	เร็วมาก	จำกัด	20-30 วินาที	คำ ภาพ ความคิด ประโยค	ดึงได้ทันที
ความจำระยะยาว	ช้า	ในเชิงปฏิบัติไม่จำกัด	ในเชิงปฏิบัติไม่จำกัด	เครือข่ายที่เกี่ยวกับข้อความ โครงสร้างความรู้ ผลผลิตที่เกิดขึ้น เหตุการณ์ บางครั้งเป็นภาพ	ขึ้นกับการนำเสนอและการจัดระบบ

2.3.1 รูปแบบของการเก็บข้อมูลในความจำระยะยาว

ข้อมูลที่ถูกถ่ายโอนมาจากความจำระยะสั้นจะถูกเก็บไว้ในความจำระยะยาว ในลักษณะต่าง ๆ กันดังนี้ (Tulving, 1985 อ้างถึงใน Woolfolk, 1995: 250; Biggs and Moore, 1993: 221)

1) การจำเชิงความหมาย (Semantic memory) ข้อมูลจะเก็บในรูปข้อความ (Proposition) ภาพ (Images) และโครงสร้างความรู้ (Schema) การเก็บข้อมูลทั้ง 3 ลักษณะเป็นมโนทัศน์ที่สำคัญของการสอน ดังนี้

1.1) การเก็บความจำในลักษณะของข้อความ และโครงข่ายของข้อความ (Propositional networks) ข้อความเป็นหน่วยเล็กที่สุดของข้อมูลที่บุคคลสามารถ ตัดสินได้ว่าถูกหรือผิด ซึ่งเป็นข้อความที่อยู่ในรูปของข้อความที่เป็นจริงหรือเท็จ โครงข่ายข้อความ คือ หน่วยข้อมูลที่เป็นข้อความเชื่อมโยงระหว่างกัน โครงข่ายข้อความสามารถเขียนได้หลายวิธี แต่ความหมายไม่แตกต่างกัน เช่น การแสดงความสัมพันธ์ของข้อความว่า " Ida ขอยืมผ้าปูโต๊ะโบราณ" (Ida borrowed antique tablecloth) หรืออาจจะเขียนข้อความได้อีกแบบว่า "ผ้าปูโต๊ะโบราณถูกยืมโดย Ida" (Antique tablecloth was borrowed by Ida) หรือ"Ida ยืมผ้าปูโต๊ะที่เป็นแบบโบราณ" (Ida borrowed the tablecloth which was an antique) ข้อความทั้งหมดเหล่านี้ประกอบด้วยข้อความ 2 ชุด คือ "Ida ยืมผ้าปูโต๊ะ" และ "ผ้าปูโต๊ะเป็นผ้าปูโต๊ะโบราณ" โครงข่ายข้อมูลเหล่านี้เมื่อบุคคลระลึกถึงข้อมูลหนึ่ง ข้อมูลอีกชุดหนึ่งจะถูกกระตุ้นมาด้วย (Anderson, 1990 อ้างถึงใน Woolfolk, 1995: 250)

1.2) การเก็บความจำในลักษณะของภาพ ภาพคือ ตัวแทนที่นำเสนอตามที่บุคคลรับรู้ในลักษณะสอดคล้องตามโครงสร้างของข้อมูลที่รับเข้ามา ภาพจะสะท้อนให้เห็นถึงสิ่งที่ปรากฏอยู่ เช่น คุณลักษณะทางกายภาพ โครงสร้างทางมิติของข้อมูลนั้น ตัวอย่าง เช่น เมื่อถามว่า "ในห้องนั่งเล่นมีหน้าต่างบานเกล็ดกี่บาน" คนส่วนใหญ่จะนึกถึงภาพของกระจกในสายตาของบุคคลนั้น ๆ และนับบานเกล็ดหน้าต่างนั้น ๆ ภาพมีประโยชน์มากในด้านการตัดสินใจในเชิงปฏิบัติ ช่วยในการให้เหตุผลเชิงนามธรรม และเหตุผลใหม่ ๆ โดยใช้วิธีการจินตนาการ (Gagne', Yekovich and Yekovich, 1993 อ้างถึงใน Woolfolk, 1995: 251)

1.3) การเก็บความจำในลักษณะของโครงสร้างความรู้ โครงสร้างความรู้เป็นโครงสร้างที่จัดการกับข้อมูลปริมาณมาก ๆ ให้อยู่ในระบบที่มีความหมาย (Anderson, 1990 อ้างถึงใน Schunk, 1991: 158) ข้อความและภาพเป็นส่วนย่อยเล็ก ๆ ของการนำเสนอความคิดและความสัมพันธ์เพียงสิ่งเดียว แต่บ่อยครั้งที่ความรู้ในประเด็นใดประเด็นหนึ่งจะรวมภาพและข้อความหลาย ๆ ประการเข้าไว้ด้วยกัน ดังนั้นเพื่อที่จะเสนอภาพข้อความมากกว่า 1 ประเด็น นักวิจัยจึงได้พัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับโครงสร้างความรู้ ที่จะเชื่อมโยงข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกับความรู้ของบุคคลในรูปแบบของการผสมผสานภาพและข้อความต่าง ๆ (Gagne', Yekovich and Yekovich, 1993 อ้างถึงใน Woolfolk, 1995: 251)

โครงสร้างความรู้ เป็นโครงสร้างข้อมูลเชิงนามธรรมที่เป็นการจัดระบบปริมาณข้อมูลหลาย ๆ ข้อมูลเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน โครงสร้างความรู้เป็นแผนแบบหรือเป็นแนวทางในการเข้าใจเหตุการณ์ มโนทัศน์ หรือทักษะ โครงสร้างความรู้จะบอกให้ทราบถึงสิ่งที่เป็นแบบเฉพาะของประเภทหมวดหมู่นั้น ๆ เหมือนกับเป็นต้นแบบ (Prototype) หรือแผนแบบ

ที่กำหนดความสัมพันธ์แบบมาตรฐานของสิ่งของหรือสถานการณ์โดยในแผนแบบนั้นจะมีช่องที่บุคคลสามารถเติมข้อมูลเฉพาะ เมื่อนำโครงสร้างความรู้นั้นไปใช้ในสถานการณ์เฉพาะอันใดอันหนึ่ง บุคคลสามารถเติมข้อมูลเฉพาะเข้าไปได้อีก

2) ความจำเชิงเหตุการณ์ (Episodic) เป็นความจำในความจำระยะยาวที่เกี่ยวข้องกับสถานที่และเวลา โดยเฉพาะที่เป็นเหตุการณ์ในชีวิตของตนเอง ข้อมูลจะเก็บตามลำดับของเหตุการณ์หรือสิ่งของ

3) ความจำเชิงวิธีการ (Procedure) เป็นความจำที่เกี่ยวกับวิธีที่จะทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น การเล่นสกี ซึ่งต้องใช้เวลาที่จะต้องเรียนรู้วิธีการ แต่เมื่อใดเรียนรู้แล้วความจำในส่วนนี้มีแนวโน้มที่จะจดจำไว้ได้นาน ความจำเชิงวิธีการจะนำเสนออยู่ในรูปของกฎ เงื่อนไขการกระทำ หรือเรียกว่า ผลการกระทำภายใต้เงื่อนไขเฉพาะนั้น ผลการกระทำกำหนดถึงสิ่งที่ต้องทำภายใต้เงื่อนไขเฉพาะ เช่น ถ้า A เกิดขึ้นได้ แล้ว B ก็จะเกิดขึ้นตาม Anderson (1990 อ้างถึงใน Woolfolk, 1995: 254) กล่าวว่า บุคคลยิ่งมีการปฏิบัติเกี่ยวกับวิธีการมากเท่าใด ก็ยิ่งจะส่งเสริมให้เกิดการแสดงออกอย่างอัตโนมัติได้มากขึ้น

2.3.2 การเก็บข้อมูลไว้ในความจำระยะยาว

ในการเก็บข้อมูลไว้ในความจำระยะยาว ความสำคัญไม่ได้อยู่เพียงการสร้างแผนแบบต่าง ๆ ของข้อมูลที่ถูกเก็บไว้ในความจำระยะยาว แต่ต้องให้ความสำคัญว่าทำอย่างไรข้อมูลนั้นจึงจะถูกเก็บไว้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่ง Woolfolk (1995: 254-255) กล่าวว่าการที่จะทำให้ข้อมูลถูกเก็บได้ดี คือ การขยายความเข้าใจ (Elaboration) การจัดระบบ (Organization) และบริบท (Context) ดังนี้

1) การขยายความเข้าใจ คือการขยายความเข้าใจสู่ข้อมูลใหม่ โดยผ่านการเชื่อมต่อกับความรู้ที่มีอยู่ก่อน หรืออีกทางหนึ่งคือการประยุกต์โครงสร้างความรู้ที่มีอยู่ไปสร้างความเข้าใจกับข้อมูลใหม่ การขยายความเข้าใจมักเป็นไปโดยอัตโนมัติ เช่น ประโยคที่บอกถึงประวัติศาสตร์ในศตวรรษที่ 17 มีแนวโน้มที่จะกระตุ้นความรู้ในยุคนั้นออกมาด้วย และมีการใช้ความรู้เก่าที่กระตุ้นออกมานั้นมาช่วยให้เกิดความเข้าใจข้อมูลใหม่ยิ่งขึ้น

2) การจัดระบบ คือกระบวนการที่จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้โดยใช้สื่ออุปกรณ์ที่ได้รับการจัดการ จัดระบบมาอย่างดี จะง่ายต่อการเรียนรู้และการจำมากกว่าข้อมูลที่แยกเป็นส่วน ๆ โดยเฉพาะข้อมูลที่มีความซับซ้อนมาก ๆ การจัดมโนทัศน์ให้เป็นโครงสร้างจะทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้และการจำ เช่นการนำเสนอที่เป็นภาพ ตาราง แผนภูมิ โครงสร้าง เป็นต้น

3) บริบท คือสภาวะทั้งที่เป็นทางด้านกายภาพและทางด้านอารมณ์ เช่น สถานที่ ห้องเรียน ความรู้สึกที่มีขณะนั้น บุคคลที่อยู่ใกล้ชิดในขณะนั้น จะมีผลต่อการเรียนรู้

บุคคลจะจำข้อมูลได้ง่ายขึ้น ถ้าบุคคลนั้นได้อยู่ในบริบทที่คล้ายคลึงกับบริบทในครั้งแรกที่เคยประสบ เช่นเดียวกับที่นักเรียนจะทำข้อสอบได้มากขึ้นถ้าอยู่ในห้องเรียนที่เคยเรียน อย่างไรก็ตาม การจัดสถานที่ดังกล่าว ไม่สามารถทำได้เสมอไป แต่สามารถทำได้โดยบุคคลนั้นจะนึกถึงภาพ สถานที่ เวลา บุคคล เพื่อนร่วมงาน ซึ่งอาจจะช่วยให้บุคคลสามารถนึกข้อมูลที่ต้องการได้

2.3.3 การนำข้อมูลออกจากความจำระยะยาว

เมื่อข้อมูลถูกเก็บไว้ในความจำระยะยาว ไม่ว่าจะในรูปแบบใด ข้อมูลเหล่านั้นอาจจะสามารถถูกนำเอาออกมาใช้ ถูกเก็บไว้ หรือลืมไปก็ได้ ในการนำข้อมูลออกมาใช้เป็นกระบวนการในการค้นหาข้อมูลในความจำระยะยาว ซึ่งในความจำระยะยาวจะมีเครือข่ายของความจำที่เป็นเครือข่ายขนาดใหญ่แต่จะมีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ถูกกระตุ้นออกมาในช่วงเวลาหนึ่ง Woolfolk (1995: 255) กล่าวว่า การนำข้อมูลบางส่วนที่มีความสัมพันธ์กันกับอีกข้อมูลหนึ่งออกมาก็จะทำให้ข้อมูลนั้นมาอยู่ในส่วนที่จะปฏิบัติการได้ แต่หากไม่สามารถค้นหาข้อมูลในความจำระยะยาวได้ บุคคลอาจจะใช้การสร้างโครงสร้างใหม่ ซึ่งเป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่ใช้ตรรกะ ตัวชี้นำ และความรู้อื่น ๆ มาสร้างเป็นคำตอบที่มีเหตุมีผล อย่างไรก็ตาม การสร้างโครงสร้างใหม่บางครั้งอาจจะไม่ได้คำตอบที่ถูกต้องก็ได้

ในการนำข้อมูลออกมาอาจจะนำออกมาได้ในลักษณะที่ไม่มีสิ่งกระตุ้น นักเรียนสามารถนำความรู้ออกมาโดยไม่มีตัวชี้นำ เรียกว่า การระลึกได้ หรือการนำข้อมูลออกมาที่ต้องมีตัวกระตุ้นล่อให้นักเรียนจำได้ การนำออกมาลักษณะนี้ เรียกว่าการจำได้ การลงรหัสอย่างเฉพาะเจาะจง เป็นการสร้างรหัสที่นักเรียนมีการใช้ตัวชี้นำ ในการลงรหัส ซึ่งจะช่วยให้การเรียกข้อมูลแบบมีการชี้นำทำได้ดีขึ้น (Tulving and Thomson, 1973 อ้างถึงใน Driscoll, 1994: 96) เช่น ในประโยคที่กล่าวว่า "ที่บรรจุสิ่งของใส่แอปเปิ้ลอยู่" และ "ที่บรรจุสิ่งของใส่น้ำอัดลมอยู่" ภาพที่ปรากฏขึ้นระหว่างการอ่านประโยคแรกมักเป็นภาพของตะกร้าใส่ผลไม้ และประโยคหลังเป็นขวดใส่น้ำอัดลม ดังนั้นตะกร้าจะเป็นตัวชี้นำในการดึงข้อมูลของประโยคที่หนึ่ง แต่จะไม่เป็นประโยชน์ต่อประโยคที่สอง (Anderson and Ortong, 1975 อ้างถึงใน Driscoll, 1994: 96) ดังนั้นการนำข้อมูลออกมาจึงได้รับอิทธิพลจากบริบทของการลงรหัส ดังนั้นข้อเสนอแนะที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการสอนคือ ครูควรให้บริบทและตัวอย่างที่มากหลากหลาย ในระหว่างที่นำเสนอมโนทัศน์ใหม่ เพื่อที่จะช่วยให้นักเรียนได้มีตัวชี้นำในการลงรหัส และการดึงความรู้ออกมาได้มากเพียงพอที่จะสามารถเลือกใช้ได้ (Driscoll, 1994: 96)

ด้วยเหตุนี้ในการจัดการเรียนการสอนครูควรจะตระหนักว่า สิ่งที่นักเรียนเคยเรียนรู้มาก่อนจะสะสมในความจำระยะยาวซึ่งจะมีอิทธิพลต่อสิ่งที่จะเรียนรู้ใหม่ ดังนั้นเพื่อที่จะช่วยให้นักเรียนสะสมความรู้ให้อยู่ในความจำระยะยาวได้ดี ครูควรจัดเนื้อหาใหม่ให้

เชื่อมโยงกับความรู้เดิม พร้อมทั้งใช้วิธีท่องจำแบบสร้างความเข้าใจอย่างมีความหมายเข้ามาช่วย จะทำให้จำได้นานขึ้น (พรรณี ช.เจนจิต, 2538: 366-367)

3. **การรู้คิด** (Metacognition)

ในช่วง 2 ทศวรรษที่ผ่านมา แนวคิดทางจิตวิทยาได้รับอิทธิพลอย่างมากจากแนวคิดการประมวลสารสนเทศ ซึ่งเป็นการอธิบายระบบการประมวลข้อมูลทางพหุปัญญา ในลักษณะที่คล้ายกับการประมวลข้อมูลของระบบคอมพิวเตอร์ แต่พุทธิปัญญาของมนุษย์มีศักยภาพอีกหลายประการที่อยู่เหนือศักยภาพของคอมพิวเตอร์ ซึ่งได้แก่ ศักยภาพในการกำกับและควบคุมระบบทางพุทธิปัญญาของตนเอง ซึ่งศักยภาพส่วนนี้มีความเกี่ยวข้องกับการรู้คิด

3.1 ความหมายของการรู้คิด

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของการรู้คิดไว้ดังนี้

Flavell (1985: 104) ให้ความหมายว่า การรู้คิด คือการคิดที่เกี่ยวข้องกับการคิด หรือความรู้ในกิจกรรมทางพุทธิปัญญา หรือการกำกับการดำเนินการทางพุทธิปัญญาต่าง ๆ

Cross และ Paris (1988: 131) ให้ความหมายว่า การรู้คิด คือการที่บุคคลมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการคิดของตนเอง สามารถควบคุมความคิด ตลอดจนการประเมิน วางแผน และจัดระบบการคิดของตนเอง

Schraw และ Dennison (1994: 460) ให้ความหมายว่าการรู้คิดว่า หมายถึงความสามารถในการไตร่ตรอง ทำความเข้าใจ และควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง

จึงสรุปความหมายได้ว่า การรู้คิด คือ การรู้และเข้าใจในความคิดของตนเอง แสดงถึงการรับรู้ ไตร่ตรอง กำกับ ตรวจสอบการกระทำของตนเอง

3.2 องค์ประกอบของการรู้คิด

นักการศึกษาได้กำหนดองค์ประกอบของการรู้คิดไว้ต่าง ๆ กัน ดังนี้

Woolfolk (1990: 292-294) ได้สรุปองค์ประกอบของการรู้คิดไว้ว่า ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ ดังนี้

1) การตระหนักรู้ (Awareness) เป็นการตระหนักรู้ในตัวเองว่าจะต้องใช้ทักษะ กลวิธี และแหล่งข้อมูลอะไรบ้างที่จำเป็นต่อการทำงานให้มีประสิทธิภาพ และจะต้องทำอะไร ซึ่งจะเป็นเรื่องที่บุคคลรู้ในสิ่งที่ตนคิด และสอดคล้องกับสถานการณ์การเรียนรู้ แล้วแสดงออกในสิ่งที่เรียนรู้ และยังสามารถสะท้อนการคิดของตัวเองออกมาถึงเรื่องราวที่อ่านหรือที่คิดแก้ปัญหา

I20872847

ทักษะเหล่านี้จะทำให้คนทำงานอย่างมีแผน และรู้ว่าควรจะต้องประกอบด้วยสิ่งใดบ้างจึงจะทำให้การทำงานเกิดประสิทธิภาพ

2) การกำกับตนเอง (Self regulation) ความสามารถนี้เป็นการรู้ว่าจะทำงานนั้นอย่างไร และเมื่อไร เพื่อให้งานเกิดความสำเร็จสมบูรณ์ เช่นการกำกับตนเองในขณะที่กำลังคิดแก้ปัญหา ก็จะมีการพิจารณาว่า มีความเข้าใจในสิ่งนั้นหรือไม่ มีการประเมินความพยายามในการทำงาน การวางแผน ตลอดจนขั้นตอนในการทำงาน ทดสอบวิธีการที่ใช้ ตัดสินใจเกี่ยวกับการใช้เวลา รวมทั้งการใช้ความสามารถที่มีอยู่ และอาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการไปใช้กลวิธีอื่น เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้

Flavell (1985: 105-110) แบ่งการรู้คิดออกเป็น 2 องค์ประกอบที่ต่างออกไป ดังนี้

1) ความรู้เกี่ยวกับการรู้คิด (Metacognitive Knowledge) เป็นความรู้ทั้งหมดที่สะสมอยู่ในความจำระยะยาว บุคคลจะรู้ว่าตนเองรู้อะไร คิดอย่างไร คิดถึงเป้าหมายอะไร และจะบรรลุเป้าหมายได้อย่างไร ความรู้ในการรู้คิดจะประกอบด้วยความรู้เบื้องต้น หรือความเชื่อในเรื่องตัวแปรที่มีผลต่อกิจกรรมการคิด ความรู้ในการรู้คิดแบ่งออกได้เป็น 3 ตัวแปร คือ

1.1) ตัวแปรด้านบุคคล หมายถึงการที่บุคคลมีความรู้เกี่ยวกับลักษณะโดยทั่วไปที่ตัวเองมีอยู่ ทั้งในด้านความสามารถทางปัญญา ความสามารถในการเรียนรู้ หรือในการทำงาน เช่น รู้ถึงความถนัด และความสามารถของตนเอง รู้ว่าตนเองต้องมีลักษณะอย่างไรจึงจะทำงานเฉพาะอย่างนั้นอย่างดีและมีประสิทธิภาพ

1.2) ตัวแปรด้านงาน หมายถึงการตระหนักรู้ลักษณะของงานที่ทำ ซึ่งมีผลต่อ การปฏิบัติงานของบุคคลนั้น ๆ การรู้ว่าสิ่งใดทำให้งานนั้นยาก สิ่งใดทำให้งานนั้นง่าย รวมไปถึงปัญหาอุปสรรคของงานนั้น

1.3) ตัวแปรด้านกลวิธี หมายถึงความรู้ของบุคคลเกี่ยวกับกลวิธีที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทำให้งานนั้นบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นวิธีการที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจการจัดระบบ การวางแผน การลงมือปฏิบัติ และการประเมินผล ทั้งในสิ่งที่ทำไปแล้ว และกับสิ่งที่จะทำต่อไป ตัวแปรด้านนี้ทำให้เกิดความก้าวหน้าในการคิดกลวิธีในการรู้คิด ตลอดจนการตรวจสอบ

2) ประสบการณ์ในการรู้คิด (Metacognitive Experience) เป็นประสบการณ์ทางความคิดที่บุคคลสามารถควบคุมได้ และประสบการณ์นี้มีความสำคัญต่อการกำกับตนเอง (Self-regulation) ในกิจกรรมการคิด เริ่มตั้งแต่การเข้าสู่สถานการณ์ในการคิด

จนกระทั่งสามารถบรรลุเป้าหมายหรือเลิกการกระทำ ประสบการณ์ในการรู้คิดมี 3 องค์ประกอบย่อย (Brown, and others, 1983: 107-108) ซึ่งทั้งหมดเป็นกิจกรรมทางความคิด คือ

2.1) การวางแผน (Planning) เป็นการรู้ว่าตนเองคิดว่าจะทำงานนั้นอย่างไร ตั้งแต่การกำหนดเป้าหมาย จนถึงการปฏิบัติงานจนบรรลุเป้าหมาย

2.2) การกำกับ (Monitoring) เป็นการทบทวนความคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ว่าเป็นไปได้เพียงใด ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอน และวิธีการที่เลือกใช้

2.3) การประเมิน (Evaluating) เป็นการคิดเกี่ยวกับการประเมินการวางแผน วิธีการตรวจสอบ และการประเมินผลลัพธ์

Brown (1987 อ้างถึงใน Gredler, 2001: 208-210) ได้เน้นการรู้คิดว่าประกอบด้วย ความรู้ด้านพุทธิปัญญาและการกำกับพุทธิปัญญา ดังนี้

1) ความรู้ด้านพุทธิปัญญา (Knowledge of Cognition) ประกอบด้วยความรู้เกี่ยวกับการคิดของตนเอง และความตระหนักในการคิดของตนเอง สำหรับความรู้ที่เกี่ยวกับความคิดของตนเองจะรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับความสามารถและความจำกัดของตนเอง ส่วนความตระหนักในความคิดของตนเองจะคำนึงถึงความยากต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างที่เรียนรู้และจะมีการดำเนินการเพื่อแก้ไข ความรู้ในการพิจารณาว่า เมื่อไรและที่ไหนจึงจะนำกลยุทธ์ต่าง ๆ ที่ได้มาไปใช้ ซึ่งจะรวมความรู้ที่เกี่ยวกับงานและสถานการณ์ต่าง ๆ ที่จะนำกลยุทธ์ที่มีเป้าหมายเฉพาะว่ากลยุทธ์ใดใช้ได้อย่างเหมาะสม

2) การกำกับพุทธิปัญญา (Regulation of Cognition) ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

2..1) การวางแผน เป็นการกำหนดเป้าหมาย การหาแหล่งความรู้ที่เกี่ยวข้อง การจัดสรรเวลา และการเลือกกลยุทธ์ที่เหมาะสม

2.2) การกำกับตรวจสอบ เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบความคืบหน้า หรือความก้าวหน้าในงานของตนเอง และเลือกกลยุทธ์เพื่อซ่อมแซมที่เหมาะสม หากพบว่ากลยุทธ์ที่เลือกในตอนแรกไม่สามารถทำงานให้บรรลุเป้าหมายได้

2.3) การประเมิน เกี่ยวข้องกับการตัดสินระดับความเข้าใจของตนเอง

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการแก้ปัญหากับบทบาทของทักษะการรู้คิด

ทักษะการรู้คิดเป็นทักษะที่มีความสำคัญต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งทักษะการรู้คิดนี้จะเข้าไปมีบทบาทในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา ขั้นตอนที่สำคัญของการแก้ปัญหา ได้แก่ การนำเสนอประเด็นปัญหา กลยุทธ์การวางแผน การกำจัดอุปสรรค และการ

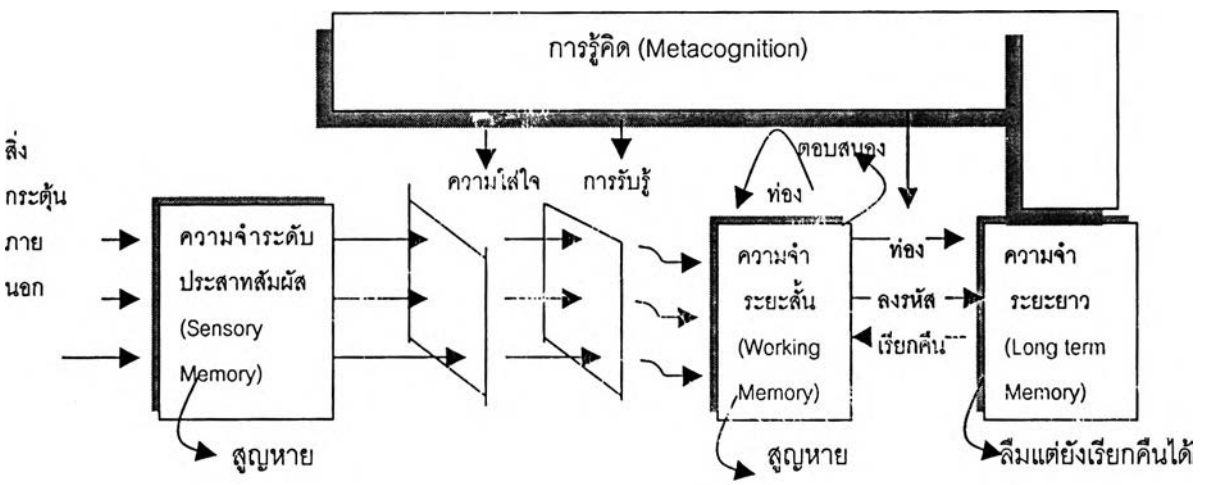
วางแผนดำเนินการ (Davidson and Sternberg, 1998 อ้างถึงใน Gredler, 2001: 220) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาและบทบาทของทักษะการรู้คิด

ขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา	บทบาทของทักษะการรู้คิด
1. นำเสนอประเด็นปัญหา โดยระบุสิ่งที่เกี่ยวข้องมากที่สุด และสร้างแผนผังความคิดของส่วนประกอบของปัญหา	1 ก. ช่วยในการเข้าสู่ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในความจำระยะยาว และช่วยในการระบุองค์ประกอบที่สำคัญของปัญหา ข. ช่วยในการสร้างแผนผังความคิดของสิ่งที่กำหนดให้ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่กำหนดให้ เป้าหมาย และข้อจำกัด ค. ช่วยในการเลือก การสร้างรหัสใหม่ กลุ่มข้อมูลที่เลือก การเปรียบเทียบที่ต้องเลือกเมื่อจำเป็น
2. การวางแผน	2 ก. ทบทวน เลือกแผนการ และกลยุทธ์ที่สัมพันธ์กับการสำรวจตามโครงสร้างที่กำหนดไว้ ข. เริ่มขั้นตอน 1 ก. อีกครั้งหากจำเป็น
3. การกำจัดอุปสรรคหรือการเอาชนะอุปสรรค	3 ก. ช่วยในการค้นหาข้อมูลจากความจำระยะยาวเมื่อต้องการข้อมูลใหม่ ข. เริ่มขั้นตอน 1 ค. ใหม่
4. การวางแผนดำเนินการ รวมถึงการเอาชนะอุปสรรคใหม่อีกครั้ง	4 ก. ตรวจสอบความคืบหน้าและปรับแก้แผนเมื่อจำเป็น ข. กลับไปเริ่มต้นขั้นที่ 3 ใหม่หากจำเป็น

3.4 การรู้คิดกับกระบวนการประมวลสารสนเทศ

Eggen และ Kauchak (1997: 260) ได้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่าง การรู้คิดกับกระบวนการประมวลสารสนเทศ ดังแสดงในแผนภาพที่ 3



แผนภาพที่ 3 การรู้คิดกับกระบวนการประมวลสารสนเทศ

(Eggen and Kauchak, 1997: 260)

การรู้คิด ในกรอบแนวคิดการประมวลสารสนเทศ สามารถอธิบายได้ว่า การเริ่มต้นของกระบวนการเรียนรู้ จะเริ่มที่ความใส่ใจ ซึ่งตอนนี้การรู้คิดจะกำกับโดยให้ความสำคัญแก่ความใส่ใจของนักเรียน ทำให้นักเรียนมุ่งอยู่ที่ลักษณะสำคัญด้านต่าง ๆ ของการเรียนรู้ในกิจกรรมนั้น ๆ และในขณะเดียวกัน การรู้คิดก็จะกำกับการรับรู้ โดยให้ตระหนักว่า อาจจะรับรู้ข้อมูลผิดพลาดได้ จึงให้ชะลอเวลาการตัดสินใจไว้ก่อน เพื่อให้มีข้อมูลที่เพียงพอ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการมีการตระหนักรู้และมีการกำกับการรับรู้ของตนเองไปด้วย นอกจากนี้การรู้คิดยังช่วยในการกำกับการเคลื่อนที่ของข้อมูลเข้าไปสู่ความจำระยะสั้น เช่น เมื่อต้องการจำหมายเลขโทรศัพท์ หรือที่อยู่ของคนใดคนหนึ่งก็อาจจะใช้วิธีการท่องจำหรือจดจำไว้ การกระทำดังกล่าวนี้ไม่ว่าจะเป็นการท่องจำหรือจดไว้ ล้วนมีอิทธิพลมาจากการตระหนักรู้ และรวมถึงการควบคุมกระบวนการจำด้วย หรือที่เรียกว่า Metamemory นอกจากนี้ การรู้คิดยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการตระหนักรู้ และการควบคุมกำกับความจำระยะยาว และรวมถึงกรองรหัสด้วย ดังเช่น มีการตระหนักรู้ว่า ถ้าหากจำสิ่งต่าง ๆ แบบเชื่อมโยงและสัมพันธ์กัน จะช่วยให้สะดวกในการเรียกข้อมูลมาใช้ได้ง่ายขึ้น ที่กล่าวนี้ล้วนแล้วแต่เป็นการทำงานของการรู้คิดทั้งสิ้น

4. ความตระหนักรู้ในการรู้คิด (Metacognitive Awareness)

4.1 ความหมายของความตระหนักรู้ในการรู้คิด

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของคำที่เกี่ยวข้องกับความตระหนักรู้ในการรู้คิด และความตระหนักรู้ในการรู้คิด ดังนี้

Good (1973: 54) ได้ให้ความหมายของคำว่า "ตระหนัก" ไว้ใน Dictionary of Education ว่า หมายถึง การกระทำที่แสดงการใส่ใจรับรู้หรือมีความรู้

Schraw และ Dennison (1994: 460) ได้ให้ความหมายการรู้คิดว่า หมายถึง ความสามารถในการไตร่ตรอง ทำความเข้าใจ และควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง

Baker และ Brown (1984 อ้างถึงใน Singhal, 2001) ให้ความหมายว่า ความตระหนักรู้ในการรู้คิดคือ ความรู้เกี่ยวกับตนเอง เกี่ยวกับงานที่เผชิญและกลยุทธ์ต่าง ๆ ที่ใช้

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า ความตระหนักรู้ในการรู้คิด หมายถึง สภาวะที่บุคคลรู้และเข้าใจอย่างชัดเจน หรือรับรู้อย่างมีสติ เกี่ยวกับความสามารถในการไตร่ตรอง ทำความเข้าใจ และควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง

4.2 องค์ประกอบของความตระหนักรู้ในการรู้คิด

Schraw และ Dennison (1994: 460-475) แบ่งองค์ประกอบของความตระหนักรู้ในการรู้คิด เป็น 2 ส่วน ได้แก่ความตระหนักรู้ในด้านความรู้ด้านพุทธิปัญญา (Knowledge of Cognition) และด้านการกำกับพุทธิปัญญา (Regulation of Cognition) ดังนี้

4.2.1 ความตระหนักรู้ในด้านความรู้ด้านพุทธิปัญญา ประกอบด้วยความตระหนักรู้ 3 ด้าน ดังนี้

4.2.1.1 ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Declarative Knowledge) หมายถึง การกระทำที่แสดงถึงการรับรู้และเข้าใจเกี่ยวกับทักษะ ความสามารถต่าง ๆ ของตนเอง และข้อมูลและกลยุทธ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการเรียนรู้

4.2.1.2 ความรู้เกี่ยวกับวิธีการ (Procedural Knowledge) หมายถึง การกระทำที่แสดงถึงการรับรู้และเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการ หรือขั้นตอนต่าง ๆ ที่ต้องนำมาใช้ในการเรียนรู้หรือแก้ปัญหา

4.2.1.3 ความรู้เกี่ยวกับเงื่อนไข (Conditional Knowledge) หมายถึง การกระทำที่แสดงถึงการรับรู้และเข้าใจว่าเมื่อไรและทำไมนักเรียนจึงต้องใช้ความรู้ ทักษะ วิธีการ และขั้นตอนต่าง ๆ ในการเรียนรู้นั้น ๆ

4.2.2 ความตระหนักรู้ในด้านการกำกับพุทธิปัญญา (Regulation of Cognition) ประกอบด้วยความตระหนักรู้ 5 ด้าน ดังนี้

4.2.2.1 การวางแผน หมายถึง การกระทำที่แสดงถึงการรับรู้และเข้าใจในการวางแนวทางการดำเนินการ การตั้งเป้าหมาย และการจัดสรรแหล่งทรัพยากรต่าง ๆ ก่อนการเรียนรู้

4.2.2.2 การจัดการข้อมูล หมายถึง การกระทำที่แสดงถึงการรับรู้และเข้าใจในการดำเนินการเกี่ยวกับทักษะและลำดับกลยุทธ์ต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้เพื่อให้เกิดการประมวลข้อมูลต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องกับ การจัดระบบข้อมูล การให้รายละเอียด การสรุป และการเลือกสนใจข้อมูล

4.2.2.3 การกำกับตรวจสอบ หมายถึง การกระทำที่แสดงถึงการรับรู้และเข้าใจในการติดตามประเมินการเรียนรู้ หรือผลของการใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ ของตนเอง

4.2.2.4 การแก้ไขข้อบกพร่อง หมายถึง การกระทำที่แสดงถึงการรับรู้และเข้าใจ ในการใช้กลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อแก้ไขความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง และความผิดพลาดในการปฏิบัติงานของตนเอง

4.2.2.5 การประเมินผล หมายถึง การกระทำที่แสดงถึงการรับรู้และเข้าใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์สถานการณ์ เพื่อพิจารณาผลของการปฏิบัติงาน และประสิทธิผลของกลยุทธ์ต่าง ๆ ภายหลังการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง

5. ผลการเรียนทางคณิตศาสตร์

ผลการเรียนทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ความคงทนของความรู้ทางคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงความสามารถของนักเรียน อันเป็นผลที่ได้รับจากการใช้ความพยายามในการเรียนรู้ของนักเรียนเอง โดยแสดงถึงความรู้ ความเข้าใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่งของนักเรียน จนนักเรียนสามารถนำความรู้ ความเข้าใจนั้นไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ได้ เช่น สามารถนำความรู้ความเข้าใจไปใช้ในการแก้ปัญหา เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ จึงจำเป็นต้องตระหนักถึงการสร้างความเข้าใจในสาระทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และในขณะเดียวกันจะต้องคำนึงถึงการผสมผสานเชื่อมโยงมโนทัศน์ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง ซึ่งความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จัดได้ว่าเป็นเป้าหมายสำคัญที่จะบ่งบอกถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1.1 ความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

5.1.1.1 ความหมายของความเข้าใจ

ความเข้าใจเป็นส่วนที่ได้รับความสนใจและมีความสำคัญเป็นอย่างมากในทางการศึกษา การเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ล้วนมีเป้าหมายเพื่อการทำให้เกิดความเข้าใจต่อสิ่งนั้น Perkins และ Blythe (1994 อ้างถึงใน North Central Regional Educational Laboratory, 2000) กล่าวถึงความเข้าใจไว้ว่า "ความเข้าใจ เป็นความสามารถที่จะถ่ายทอดความคิดหรือความรู้ที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ ตามที่ความคิดขณะนั้นต้องการสื่อออกไป เช่น การอธิบายวิธีค้นหาหลักฐานและตัวอย่าง การให้หลักการทั่วไป การประยุกต์สิ่งใดสิ่งหนึ่ง การอุปมาอุปมัยในเรื่องหนึ่งเรื่องใด และการนำเสนอรูปแบบวิธีใหม่ต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่ง"

Boix-Mansilla และ Gardner (1977 อ้างถึงใน Schwalbach, and Dosemagen, 2000: 90) อธิบายไว้ว่า ความเข้าใจเป็นความสามารถที่จะคิดและอธิบาย หรือสื่อความหมายในเรื่องหนึ่งเรื่องใดของบุคคล โดยต้องสอดคล้องกับมาตรฐานและการปฏิบัติที่ถูกต้องในขอบเขตความรู้เฉพาะของเรื่องนั้น ๆ

Wiggins และ McTighe (1998 อ้างถึงใน Schwalbach, and Dosemagen, 2000: 90) ระบุว่า วิธีการสื่อความหมายที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจมีหลายวิธี เช่น การอธิบาย การตีความ การประยุกต์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับบริบทในด้านของมุมมอง ความคิดเห็นต่อความรู้สึก และความรู้ของตนเอง เป็นต้น จากวิธีการดังกล่าวจะมีการใช้การอธิบาย การตีความ การประยุกต์ ที่เกี่ยวข้องกับบริบท ความรู้ และมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมการแสดงออกในด้านความเข้าใจทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์

ความเข้าใจเป็นกระบวนการสร้างความหมายให้กับข้อมูลที่ได้รับเข้ามา (Crowl, Kaminsky, and Podell, 1997: 149) ความเข้าใจ คือความสามารถในการดัดแปลง ปรับปรุง หรือเสริมแต่งความรู้เดิมให้มีลักษณะใหม่แต่ยังคงอาศัยความรู้ที่มีอยู่เป็นพื้นฐาน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นการขยายความรู้ไปสู่สถานการณ์ใหม่ ที่นักเรียนสามารถจับใจความสำคัญจากสิ่งที่ตนเรียนรู้ไปแล้ว โดยใช้ความสามารถในการแปลความ ถอดใจความ สรุปอ้างอิง หรือในขั้นสูงขึ้น คือ แปล ขยาย ย่อ และถ่ายทอดข้อความต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง (เพราพรรณ เปลี่ยนภู่, 2542: 268)

ความเข้าใจ หมายถึง การมีความรู้ในสิ่งที่เรียน โดยสามารถอธิบายด้วยคำพูดของตนเอง หรืออาจจะแปลความ ตีความได้ บอกผลของการกระทำที่ตามมาได้ (Bloom, et al., 1956 อ้างถึงใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2541: 273)

ชวาล แพรัตกุล (2520: 134) กล่าวถึงความหมายของความเข้าใจว่า คือ ความสามารถในการผสมแล้วขยายความรู้ ความจำให้ไกลออกไปจากเดิมอย่างสมเหตุสมผล ผู้กระทำเช่นนี้ได้ต้องมีคุณสมบัติ 4 ประการ ดังนี้

1) รู้ความหมายและรายละเอียดย่อย ๆ ของเรื่องนั้น

2) รู้ความเกี่ยวข้อง สัมพันธ์ระหว่างขั้นความรู้ย่อย ๆ เหล่านั้น

3) สามารถอธิบาย ชี้แจง สิ่งเหล่านี้ให้ผู้อื่นได้ด้วยภาษาตนเอง

4) สามารถตอบและอธิบายสิ่งอื่นที่มีสภาพทำนองเดียวกับที่รู้มาแล้ว

Krathwohl (1968: 25-26) มีความเห็นว่า ความเข้าใจเป็นพื้นฐานที่สำคัญทางปัญญาที่แสดงออกด้วยพฤติกรรม 3 แบบ ดังนี้

1) การแปลความ (Translation) คือ การบรรยายเรื่องเดิมโดยใช้ถ้อยคำใหม่ ภาษาใหม่

2) การตีความ (Interpretation) คือ การเก็บความจากเรื่องราวเดิมมาบันทึกใหม่ จัดลำดับเนื้อเรื่องใหม่ โดยยังคงสาระสำคัญ และความสัมพันธ์ในเรื่อง แล้วย่อเป็นข้อสรุป

3) การขยายความ (Extrapolation) คือ การขยายความคิดให้ไกลออกไป โดยอาศัยความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์เดิม ที่ได้รับในตอนแรก

จากความหมายและองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจข้างต้น จึงสรุปได้ว่าความเข้าใจ คือ กระบวนการที่ทำให้เกิดความหมายต่อข้อมูลหรือสิ่งที่รับเข้ามาและสามารถถ่ายทอดเป็นความรู้ ความคิด ด้วยภาษาของตนเองในบริบทของเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ในรูปของการอธิบาย แปลความ ตีความ ขยายความ เชื่อมโยง ยกตัวอย่าง/หลักฐาน และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ

5.1.1.2 ความหมายของมโนทัศน์ (Concept)

ในการเรียนการสอน หรือการรับรู้ เกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งและทำให้เกิดความเข้าใจในเรื่องนั้นอย่างชัดเจน แสดงว่านักเรียนเกิดมโนทัศน์ในเรื่องนั้นแล้ว ดังนั้นในการเรียนการสอนทุกครั้งจำเป็นที่จะต้องส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้มโนทัศน์นั้น ๆ เสมอ ซึ่งนักการศึกษาได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ดังนี้

Gunter, Estes และ Schwab (1990: 98 อ้างถึงใน Kindsvaller, Wilen, and Ishler, 1996: 131) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ โดยสรุปได้ว่า มโนทัศน์ คือ แนวความคิดหรือข้อความเชิงนามธรรมที่เกิดจากผลของการจัดหมวดหมู่ข้อมูลจำนวนหนึ่งที่ได้จาก

การสังเกต

Schunk (1991: 176) ให้ความหมมายของมโนทัศน์ สรุปได้ว่า มโนทัศน์ คือ ข้อความที่กำหนดขึ้นมาเพื่ออธิบายถึงวัตถุ สัญลักษณ์หรือเหตุการณ์ที่มีลักษณะต่าง ๆ ที่เป็นลักษณะสำคัญ

Woolfolk (1995: 286) ให้ความหมายขอมโนทัศน์ สรุปได้ว่า มโนทัศน์ คือ หมวดหมู่ข้อความชุดหนึ่งที่เกิดจากการจัดกลุ่มเหตุการณ์ที่สอดคล้องกับแนวความคิด วัตถุ หรือบุคคลที่มีลักษณะสำคัญคล้ายคลึงกัน

สุรางค์ โค้วตระกูล (2541: 303) ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า มโนทัศน์ คือ คำที่เป็นนามธรรม ใช้แทนสัตว์ วัตถุ สิ่งของที่ได้จัดไว้ในจำพวกเดียวกัน โดยถือลักษณะที่สำคัญเป็นเกณฑ์

จากความหมายของมโนทัศน์ที่กล่าวมาข้างต้น จึงสรุปได้ว่า มโนทัศน์ คือ ข้อความหรือความคิดที่อธิบายถึงการจัดประเภทของวัตถุ เหตุการณ์ สัตว์ หรือคน ที่มีลักษณะสำคัญร่วมกันหรือคล้ายคลึงกัน ความหมายของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ จึงหมายถึง ข้อความเชิงนามธรรม ที่อธิบายแนวคิดหรือโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ ที่มีลักษณะที่สำคัญร่วมกัน

5.1.1.3 ความหมายของความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

ในการจัดการเรียนการสอนด้านคณิตศาสตร์ สิ่งสำคัญและเป็นเป้าหมายหลักของการเรียนการสอน คือ การทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นภารกิจหลักที่ครูจะต้องคำนึงถึงและตระหนักในทุกครั้ง

เนื่องจากการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นเรื่องของการเรียนรู้แนวความคิดทางคณิตศาสตร์ที่อยู่ในรูปของข้อความหรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ความสัมพันธ์ของแนวความคิดที่จะกำหนดเป็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา (Stiff, Johnson, and Johnson, 1991: 3) ดังนั้นจึงสรุปความหมายของความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ คือ ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ ความคิด ออกมาเป็นข้อความหรือสัญลักษณ์ที่เกี่ยวกับมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ สามารถแสดงความสัมพันธ์ของความคิดของมโนทัศน์นั้น ๆ ออกมาเป็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่สามารถนำมาอธิบาย แปลความ ตีความ สรุปอ้างอิง ขยายความ ย่อความ เชื่อมโยง หรือนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ ได้

5.1.2 การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การแก้ปัญหามีความสำคัญมากเป็นพิเศษสำหรับการศึกษาทางด้านคณิตศาสตร์ เป้าหมายเบื้องต้นของการเรียนและการสอนคณิตศาสตร์คือ การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนให้แก่นักเรียน และในรูปแบบที่หลากหลาย การแก้ปัญหาเป็นเรื่องเกี่ยวพันกับภาระงานในการหาวิธีการหาคำตอบที่ยังไม่ทราบล่วงหน้า แต่เพื่อพยายามหาคำตอบ นักเรียนจะต้องใช้ความรู้ของตัวเองออกมาดำเนินการผ่านวิธีที่นักเรียนได้ค้นพบเพื่อให้ได้คำตอบ จากการที่นักเรียนได้พยายามพัฒนาตนเองในด้านการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ในประเด็นใหม่ ๆ มากขึ้น ดังนั้นการแก้ปัญหาจึงไม่เป็นเพียงเป้าหมายของการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์เท่านั้น แต่ยังเป็นวิธีการหลักที่ทำให้เกิดการพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาคณิตศาสตร์อีกด้วย นอกจากนี้ นักเรียนควรได้รับโอกาสในการสร้าง หรือกำหนดและส่งเสริมให้เกิดความมุ่งมั่นในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนบ่อย ๆ เพื่อให้ได้ใช้ความพยายามในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้ และมีการกระตุ้นให้นักเรียนมีโอกาสสะท้อนความคิดของตนเอง

การเรียนรู้เกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ต้องให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการในการคิด ฝึกนิสัยให้มีการเพียรพยายาม ความอยากรู้อยากเห็น มีความเชื่อมั่นในความสามารถที่จะแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ไม่เคยเรียนรู้มาก่อน เพราะจะเกิดประโยชน์ต่อนักเรียนเมื่อต้องเผชิญกับสภาพการณ์ หรือปัญหาต่าง ๆ นอกชั้นเรียน และสามารถทำให้นักเรียนหาวิธีที่จะนำไปสู่คำตอบของปัญหานั้น

การแก้ปัญหาเป็นการรวมการเรียนรู้และใช้ความรู้ด้านคณิตศาสตร์เกือบทั้งหมด ดังนั้น การเรียนคณิตศาสตร์จึงไม่ควรแยกส่วน บริบทของปัญหาทางคณิตศาสตร์สามารถแปรเปลี่ยนไปจากประสบการณ์ที่คุ้นเคยในชีวิตประจำวันหรือที่โรงเรียนก็ได้ แต่มีการประยุกต์ให้สัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์หรือความเป็นจริงในโลกของการทำงาน ลักษณะปัญหาที่ดีจะต้องรวมหลาย ๆ เรื่อง หลาย ๆ ประเด็นไว้ด้วยกันและต้องเกี่ยวพันกับหลักการหรือสาระที่สำคัญ ๆ ทางคณิตศาสตร์ที่จะต้องนำมาใช้เพื่อการแก้ปัญหา (NCTM, 2000: 52)

5.1.2.1 ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Huitt (1992: 33) ให้ความหมายว่า การแก้ปัญหา คือ กระบวนการในการแก้ไขช่องว่างระหว่างสถานการณ์หรือสภาพปัจจุบันกับเป้าหมายที่ต้องการให้เกิดขึ้น การแก้ไขนั้นต้องต่อสู้กับอุปสรรคต่าง ๆ ทั้งที่ทราบและไม่ทราบ เพื่อไปสู่เป้าหมายตามที่ต้องการ

Polya (1957: 4-5) ให้ความหมายวา การแก้ปัญหา คือ ความสามารถพิเศษของสมอง ที่เป็นพรสวรรค์ของบุคคล ทำให้บุคคลนั้นมีความพิเศษเหนือผู้อื่น

วัลลภา อารีรัตน์ (2528: 64) ให้ความหมายว่า การแก้ปัญหา คือ กระบวนการของการประยุกต์เอาความรู้ที่มีอยู่ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือสถานการณ์ที่ยังไม่คุ้นเคย

จากความหมายของการแก้ปัญหาข้างต้น จึงกล่าวได้ว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือ กระบวนการที่เกิดจากการรับรู้เหตุการณ์หรือปัญหาที่สัมพันธ์กับการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยมีการประยุกต์ความรู้และกลวิธีต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ไข เพื่อบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ

5.1.2.2 องค์ประกอบในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Johnson และ Rising (1969: 108) กล่าวถึงการแก้ปัญหาว่า เป็นกระบวนการทางสมองที่ซับซ้อน ซึ่งประกอบด้วย

1) การมองเห็นภาพ (Visualizing)

2) การจินตนาการ (Imagining)

3) การจัดกระทำอย่างมีทักษะ (Manipulating)

4) การวิเคราะห์ (Analyzing)

5) การสรุปในเชิงนามธรรม (Abstracting)

6) การเชื่อมโยงความคิด (Associating idea)

Heimer และ Trueblood (1997: 52) ได้อธิบายเกี่ยวกับองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาดังนี้

1) เทคนิคการรับรู้คำศัพท์ในโจทย์คำถาม จะช่วยให้มองเห็นแนวทางในการแก้ปัญหา

2) ทักษะการคำนวณ ครูควรช่วยให้นักเรียนได้ฝึกฝนด้านนี้ เช่น อาจใช้วิธีการให้ฝึกคิดคำนวณในใจ

3) การแยกแยะข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง

4) การหาความสัมพันธ์ของข้อมูล

5) การคาดคะเนคำตอบ

6) การเลือกใช้วิธีจัดกระทำกับข้อมูลอย่างถูกต้อง

7) ความสามารถในการหาข้อมูลเพิ่มเติม

8) การแปลความหมายของโจทย์

Adams (1977: 174-175) ได้กล่าวถึงความสามารถที่จำเป็นในการแก้ปัญหา ดังนี้

1) ความสามารถด้านสติปัญญา เนื่องจากการแก้ปัญหาต้องใช้กระบวนการคิดในระดับสูง ดังนั้นสติปัญญาจึงมีความสำคัญมาก

2) ความสามารถในด้านการอ่าน ส่วนมากโจทย์ปัญหามักเป็นโจทย์ภาษา ดังนั้นผู้แก้ปัญหาควรมีความรู้ในศัพท์ทางคณิตศาสตร์เป็นอย่างดี ก่อนลงมือแก้ปัญหาจึงควรทำความเข้าใจโจทย์โดยการอ่านด้วยความระมัดระวัง วิเคราะห์สิ่งที่อ่าน หาเงื่อนไขของปัญหาจากโจทย์เพื่อช่วยในการตัดสินใจ

3) ความสามารถด้านทักษะพื้นฐาน หลังจากที่วิเคราะห์ปัญหาและตัดสินใจว่าจะลงมือแก้ปัญหาอย่างไรแล้ว ยังต้องมีความสามารถด้านทักษะพื้นฐานด้วย

Zalewski (1978: 2804-A) ได้ศึกษาพบว่าองค์ประกอบในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์มีดังนี้

1) ความสามารถในการเข้าใจสัญลักษณ์

2) ความสามารถในการจัดกระทำ

3) ความสามารถในการอ่าน

4) มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

5) ทักษะในการคำนวณ

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอน และผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนคณิตศาสตร์ (2524: 141) กล่าวถึงความรู้ความสามารถพื้นฐาน และองค์ประกอบด้านเจตคติที่ควรฝึกฝนให้กับนักเรียน อันเป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา มีดังนี้

1) ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหา มโนทัศน์ ความเข้าใจและทักษะที่เกี่ยวข้องความสามารถในการอ่าน การแปลความ การตีความ การขยายความ

2) ความสามารถในการแปลงข้อความเป็นสัญลักษณ์ หรือแผนภาพ

3) ความสามารถในการวิเคราะห์ความเกี่ยวข้องระหว่างข้อมูลที่มีอยู่

4) ความสามารถในการจัดระบบข้อมูล จัดลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์หารูปแบบและหาข้อสรุป

5) ความเข้าใจ ใฝ่รู้ มีความกระตือรือร้น อยากรู้อยากเห็นมีศรัทธา มีกำลังใจ มีความอดทนในการแก้ปัญหา

สรุปองค์ประกอบในการแก้ปัญหา มีดังนี้

1) ความสามารถด้านสติปัญญา และการเรียนรู้ขั้นพื้นฐานของนักเรียน อันได้แก่ ทักษะการอ่าน การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา การวิเคราะห์แปลความหมาย และทักษะในการคิดคำนวณ

2) ความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งครูจำเป็นต้องถ่ายทอดและปลูกฝังให้เกิดขึ้นกับตัวนักเรียน

3) การเลือกยุทธศาสตร์ หรือเทคนิควิธีการที่จะใช้แก้ปัญหาที่เหมาะสมตามความแตกต่างในแต่ละสถานการณ์

5.1.2.3 วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

นักการศึกษาได้เสนอแนะวิธีสอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

Earle (1976: 51-57) ได้เสนอรูปแบบการฝึกแก้โจทย์ปัญหาที่มุ่งเสริมความเข้าใจในการอ่านโจทย์ปัญหา ช่วยในการวิเคราะห์โจทย์คำถาม โดยครูเป็นผู้เตรียมตัวเลือกเป็นประโยคทั่วไปและประโยคสัญลักษณ์จากโจทย์คำถามข้อนั้น ๆ ซึ่งมุ่งตอบคำถามดังนี้

1) โจทย์กำหนดอะไรมาให้บ้าง

2) โจทย์ถามหาอะไร

3) จากโจทย์เขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ตรงกับข้อใด

4) คำตอบที่ถูกต้องคือข้อใด

ในแต่ละขั้นจะมีประโยคที่อธิบายโจทย์หรือสถานการณ์ของปัญหาให้นักเรียนเลือกตอบว่าประโยคนั้นถูกหรือผิด สอดคล้องกับปัญหาหรือไม่ ซึ่งประโยคที่ใช้ในการอธิบายต้องเพียงพอที่จะให้นักเรียนสามารถสรุปตอบปัญหาได้ทีละขั้นตอนจนครบทั้ง 4 ขั้นตอน โจทย์ที่ให้นักเรียนแก้ปัญหาไม่ควรซ้ำซ้อน ควรมีลักษณะที่แตกต่างกัน ให้นักเรียนได้มีโอกาสได้คิดวิเคราะห์ แยกแยะปัญหาที่แตกต่างกัน ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา จะทำให้ประสบความสำเร็จมากกว่าการคิดแบบลองผิดลองถูก

การแก้ปัญหาโดยครูใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น อธิบายจากตัวอย่าง ให้นักเรียนวิเคราะห์ตามโจทย์ ครูใช้คำถามซักถาม มีนักเรียนเพียงบางส่วนเท่านั้นที่สามารถเข้าใจและนำเอาขั้นตอนการแก้ปัญหาต่าง ๆ ไปใช้กับการแก้ปัญหาได้ โดยนักเรียนจะใช้ความพยายามในการคิดด้วยตนเอง และถ่ายโยงขั้นตอนต่าง ๆ การจัดการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนค้นพบด้วยตนเอง ครูจะต้องเน้นที่กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการอ่าน การคิดวิเคราะห์โจทย์หรือสถานการณ์อย่างมีลำดับขั้นและต่อเนื่องสิ่งที่สำคัญ 2 ประการ ต่อความสำเร็จของนักเรียนในการแก้ปัญหาคือ

1) ครูช่วยชี้แนะ โดยใช้คำถามตามลำดับเหตุการณ์ของโจทย์นั้น ๆ อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะที่มีข้อความคล้ายหรือสอดคล้องกับโจทย์

2) นักเรียนแต่ละคนจะต้องมีความรับผิดชอบในการตัดสินใจ แต่ละขั้นตอนของกระบวนการอย่างกระตือรือร้น

Krulik (1980: 251) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า การจัดกิจกรรมหลาย ๆ แบบ เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจและแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ อาจจัดในรูปของกลุ่มย่อย ปล่อยให้นักเรียนช่วยกันแก้ปัญหา ครูควรอธิบายเสริมด้วย เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจวิธีการแก้ปัญหาชัดเจนยิ่งขึ้น กิจกรรมนี้ช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา มีความแม่นยำและมีความรู้พิเศษเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันก็ช่วยพัฒนาความเข้าใจในการอ่านมากยิ่งขึ้น

น้อมศรี เคท (2535: 18-24) ได้ให้ข้อเสนอเกี่ยวกับการสอนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ทำให้เกิดผลดี ครูควรคำนึงถึงหลักสำคัญ 8 ประการ ดังนี้

1) วิเคราะห์ปัญหา ครูควรสอนให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ว่าโจทย์ปัญหาแต่ละข้อนั้น กำหนดสิ่งใดให้บ้าง และโจทย์ต้องการทราบอะไร

2) การเขียนประโยคสัญลักษณ์ เมื่อนักเรียนสามารถวิเคราะห์โจทย์ได้แล้ว ขั้นต่อไปนักเรียนควรมีความสามารถในการเขียนประโยคสัญลักษณ์

3) การใช้สื่อการสอน สื่อการสอนเป็นสิ่งจำเป็นที่ครูควรใช้ประกอบในการสอนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ การใช้สื่อจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมในโจทย์ปัญหามากขึ้น สื่อการสอนอาจเป็นของจริง รูปภาพ หรือแผนภูมิก็ได้

4) ความสามารถในการอ่าน สาเหตุหนึ่งที่นักเรียนไม่สามารถทำโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ คือ นักเรียนขาดทักษะในการอ่าน ดังนั้น การสอนโจทย์ปัญหาจะต้องสอนการอ่านโจทย์ปัญหา โดยให้นักเรียนรู้จักสังเกตคำศัพท์สำคัญที่จะบอกให้ทราบว่าจะแก้ปัญหาโจทย์แต่ละข้อนั้นได้อย่างไร

5) ทักษะในการคำนวณ ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์นักเรียนจะต้องมีทักษะในการคำนวณ คือ สามารถบวก ลบ คูณ และหารได้ถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็ว

6) การประมาณคำตอบ ครูควรสอนให้นักเรียนรู้จักประมาณคำตอบในเรื่องโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เช่นเดียวกับการสอนคณิตศาสตร์ทั่ว ๆ ไป

7) การใช้วิธีแก้ปัญหาหลายวิธีในการแก้ปัญหา แต่ละปัญหาคนบางคนอาจใช้วิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ กันไปแม้ว่าปัญหาจะเหมือนกัน และวิธีการต่าง ๆ นั้นจะนำไปสู่คำตอบเดียวกัน

8) การเลือกโจทย์ปัญหา ครูควรพิจารณาสิ่งต่อไปนี้

8.1) โจทย์ปัญหามีความสำคัญทางคณิตศาสตร์เพื่อนักเรียนจะได้พัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์

8.2) สถานการณ์ในโจทย์ปัญหา เป็นเรื่องที่สามารถใช้สื่อเป็นของจริง หรือของจำลองประกอบการสอนได้

8.3) เนื้อเรื่องในโจทย์ปัญหาควรเป็นเรื่องที่นักเรียนสนใจ และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

8.4) ภาษาที่ใช้ควรเหมาะสมกับวัยของนักเรียน และไม่ควรใช้ถ้อยคำฟุ่มเฟือย

สรุปการสอนเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

1) สอนให้นักเรียนอ่านและทำความเข้าใจกับโจทย์ปัญหาให้ถ่องแท้

2) วิเคราะห์ว่าโจทย์ที่กำหนดให้มีกี่ส่วน ประกอบด้วยอะไรบ้าง เช่น สิ่งที่กำหนดให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการถาม และข้อมูลบางอย่างที่โจทย์ให้มาทั้ง ๆ ที่ไม่มีความจำเป็น และข้อมูลที่ขาดหายไป

3) ให้นักเรียนฝึกเปลี่ยนประโยคภาษาที่โจทย์กำหนด เป็นรูปประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

4) ใช้สื่อการสอนที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจ เป็นรูปธรรมยิ่งขึ้น

5) เสนอแนะ ให้ตัวอย่างการแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่แตกต่างกันหลายวิธี และเปิดโอกาสให้นักเรียนคิด หรือใช้วิธีการของตนเองในการแก้ปัญหาในข้อเดียวกันอย่างหลากหลาย

6) ให้นักเรียนตรวจสอบคำตอบที่ได้ด้วยตนเอง

5.1.2.4 กระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Polya (1957: 5-22) ผู้เป็นต้นแบบในเรื่องการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา สามารถแยกแยะและระบุส่วนสำคัญของปัญหาแต่ละส่วน

2) ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา หลังจากแยกแยะและระบุสิ่งต่าง ๆ ในปัญหาได้แล้ว ต้องพิจารณาความสัมพันธ์ข้อมูล ว่ามีข้อมูลใดที่นำไปสู่สิ่งที่ต้องการหา หรือสรุปวางแผนแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ในขั้นนี้ผู้แก้ปัญหาต้องได้รับการฝึกสมองให้คิดและให้เหตุผลมาเป็นอย่างดี ขั้นนี้ถือว่าเป็นขั้นที่สำคัญ และยากที่สุดในการแก้ปัญหา

3) ขั้นดำเนินการตามแผน เป็นการรวบรวมและเรียบเรียงแนวคิดให้ชัดเจน ลงมือคิดคำนวณหาคำตอบของปัญหา สิ่งที่ต้องใช้ในขั้นนี้คือทักษะการคิดคำนวณ ขั้นนี้เป็นขั้นที่แสดงให้ผู้อื่นเห็นวิธีการแก้ปัญหา

4) ขั้นตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ช่วยให้เกิดแนวทางดัดแปลงวิธีการแก้ปัญหาให้ง่าย สั้น หรือชัดเจนยิ่งขึ้น

Helton (1958: 203) ได้แบ่งขั้นตอนการแก้ปัญหาออกเป็น 7 ขั้น ได้แก่

1) อ่านโจทย์ให้เข้าใจว่าโจทย์ต้องการทราบอะไร ต้องการให้หาตัวไม่ทราบค่าตัวเดียวหรือมากกว่านั้น

2) กำหนดสัญลักษณ์เป็นตัวแทนของตัวไม่ทราบค่า

3) หาความสัมพันธ์ของจำนวนต่าง ๆ ที่สอดคล้องกันในโจทย์

4) เขียนสมการ

5) แก้สมการ

6) ให้ความหมายของคำตอบ เช่น บอกหน่วย บอกคุณภาพ

7) ตรวจสอบคำตอบ

Krulik (1977: 650 – 651) กล่าวว่าขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มี 4 ขั้น คือ

1) แปลความปัญหาว่าถามเกี่ยวกับอะไร ต้องการค้นหาอะไร มีข้อมูลอะไรบ้าง แล้ววาดรูปหรือเขียนภาพประกอบ โดยกำหนดสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เข้าไปให้เหมาะสม

2) เชื่อมโยงข้อมูลที่มีอยู่ก่อนแล้วกับข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เลือกวิธีการแก้ปัญหา

3) ดำเนินการแก้ปัญหาตามที่เลือกไว้

4) ตรวจสอบผลว่ามีความเชื่อถือได้

Talton (1988: 40) ได้ศึกษาและรวบรวมขั้นตอนในการแก้ปัญหาจากตำราคณิตศาสตร์ที่ผลิตในช่วง ค.ศ.1960-1979 พบว่าผู้เขียนหลายท่านในสมัยนั้นแนะนำให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้ขั้นตอนดังนี้

1) อ่านโจทย์

2) กำหนดว่าโจทย์ถามอะไรบ้าง

3) กำหนดว่าโจทย์ให้อะไรบ้าง

4) เลือกวิธีการ

5) ลงมือแก้ปัญหา

Dwight (1996: 471) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ 7 ขั้น ดังนี้

1) ให้นักเรียนอ่านคำถามทั้งหมดของโจทย์ เพื่อทำความเข้าใจอย่างคร่าว ๆ ก่อน

2) ให้อ่านทวนอีกครั้ง และระบุให้ได้ว่า

2.1) โจทย์ต้องการให้หาอะไร

2.2) อะไรเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่โจทย์ต้องการให้หาคำตอบ

3) แสดงหรือระบุให้เห็นอย่างชัดเจนถึงความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับจำนวนที่รู้ค่า และจำนวนที่ไม่รู้ค่า ซึ่งระบุไว้ในตัวโจทย์ปัญหา โดยแสดงออกเป็นคำพูดหรือประโยคชัดเจน

4) เขียนประโยคสัญลักษณ์ในการหาคำตอบ

5) คำนวณ หรือหาตัวเลขที่ทำให้ประโยคสัญลักษณ์เป็นจริง

6) ตรวจสอบคำตอบที่ได้จากการคำนวณ

7) ใช้คำหรือประโยคแสดงวิธีทำในการแก้ปัญหา

Schoenfeld (2000) ได้อธิบายพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไว้ 4 ประการ ซึ่งเกี่ยวข้องกัน ดังนี้

1) พิจารณาความรู้คณิตศาสตร์ในปัจจุบันของนักเรียน ทั้งในด้านเนื้อหา และวิธีการ

2) ความเชื่อและความรู้สึกของนักเรียนต่อคณิตศาสตร์ ซึ่งมีอิทธิพลต่อแรงจูงใจของนักเรียน

3) พฤติกรรมการรู้คิด และการกำกับการคิดของตนเอง (Metacognition behavior)

4) เทคนิคการคิด ซึ่งทำหน้าที่ช่วยให้นักเรียนหาคำตอบได้เร็วขึ้น

จากกระบวนการและพฤติกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่นักการศึกษาได้เสนอไว้ สรุปเป็นขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหาได้ดังนี้

1) ทำความเข้าใจความหมายของโจทย์ โดยศึกษาจากปัญหาและข้อมูลของปัญหา

2) วิเคราะห์เหตุการณ์ในปัญหา และวางแผนการแก้ปัญหา

2.1) จัดลำดับขั้นตอน

2.2) กำหนดสื่อ

2.3) แปลงเป็นประโยคสัญลักษณ์

3) ดำเนินการแก้ปัญหา

4) ตรวจสอบคำตอบ

Wilson (1971: 643-696) ได้จำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษา โดยมีพื้นฐานจากลำดับขั้นพฤติกรรมของบลูม (Bloom) พฤติกรรมที่พึงประสงค์ในวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษามีดังนี้

1) ความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ เป็นความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนมาแล้วทั้งในด้านข้อเท็จจริง ศัพท์ นิยาม ตลอดจนความสามารถในการดำเนินการคิดโจทย์ปัญหาอย่างง่าย ๆ ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่ต้องอาศัยการตัดสินใจ ทั้งนี้รวมถึงโจทย์ปัญหาที่เหมือนกับตัวอย่างหรือแบบฝึกหัดที่เคยทำมาแล้ว พฤติกรรมนี้แบ่งออกเป็น 3 ขั้น คือ

1.1) ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง เป็นความสามารถที่จะระลึกถึงข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้ว ตลอดจนพื้นฐานต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนสะสมมาเป็นเวลานานอีกด้วย

1.2) ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม เป็นความสามารถในการระลึกถึงศัพท์นิยามต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้วได้โดยไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณแต่อย่างใดและไม่ต้องการความรู้อื่นมาช่วย

1.3) ความรู้ความจำเกี่ยวกับการใช้กระบวนการคิดคำนวณ เป็นความสามารถในการใช้ข้อเท็จจริง ศัพท์หรือนิยาม และกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้วมาคิดคำนวณตามกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้ว ในที่นี้หมายถึงการดำเนินการตามลำดับขั้นตอนที่ครูเคยสอนมาแล้ว เช่น ลำดับขั้นตอนการหารยาว ลำดับการหา ค.ร.น. หรือ ห.ร.ม

2) ความเข้าใจ เป็นความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้วมาสัมพันธ์กับโจทย์หรือปัญหาใหม่ ตลอดจนความสามารถในการตีความ แปลความและขยายความได้ พฤติกรรมขั้นนี้แบ่งออกเป็น 6 ขั้น

2.1) ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ เป็นความสามารถในการนำข้อเท็จจริงที่มีอยู่มาประมวลเข้าเป็นมโนทัศน์ มโนทัศน์นั้นมีความซับซ้อนกว่าข้อเท็จจริง ซึ่งต้องอาศัยความรู้ต่าง ๆ มาผสมผสานกัน คำถามเกี่ยวกับมโนทัศน์นี้ ครูจะต้องไม่เคยบอกหรือสอนมาก่อน เพราะว่าถ้าเคยบอกมาก่อนแล้วจะกลายเป็นวัดความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง

2.2) ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎ และการสรุปอ้างอิงเป็นกรณีทั่วไปทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการนำเอาหลักการ กฎ และความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ไปสัมพันธ์กับโจทย์ปัญหาจนได้แนวทางในการแก้ปัญหาโจทย์ได้

2.3) ความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถที่จะอธิบายหรือแยกได้ว่า สิ่งใดเป็นคำนิยาม ข้อตกลงเบื้องต้น และทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ รวมถึงการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ พฤติกรรมในขั้นนี้ต่างจากพฤติกรรมขั้นความรู้ความจำที่เกี่ยวข้องกับศัพท์ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์

2.4) ความสามารถในการแปลงโจทย์ปัญหา จากรูปหนึ่งไปยังอีกรูปหนึ่ง เป็นความสามารถในการแปลข้อความที่กำหนดให้ออกเป็นข้อความใหม่หรือภาษาใหม่อีกรูปหนึ่ง ซึ่งมีความหมายคงเดิม เช่น เปลี่ยนโจทย์ปัญหาในรูปของสมการ ซึ่งการวัดในขั้นนี้ไม่รวมถึงวิธีการในการหาคำตอบจากสมการนั้น

2.5) ความสามารถในการดำเนินความคิดตามแนวของเหตุผลที่วางไว้ ความสามารถในการดำเนินความคิดตามแนวของเหตุผล เป็นความสามารถในการอ่านและเข้าใจข้อความทางคณิตศาสตร์และสามารถบอกได้ว่าผลสรุปแต่ละขั้นมาจากเหตุผลใด

2.6) ความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหา เป็นความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้ เพื่อทราบว่าโจทย์ต้องการอะไร โจทย์กำหนดอะไรให้บ้าง สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ยังขาดส่วนใดบ้าง รวมทั้งการแปลความหมายจากกราฟหรือข้อมูลจากสถิติ ตลอดจนการแปลสมการหรือตัวเลขให้เป็นรูปภาพ

3) การนำไปใช้ เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่คล้ายคลึงกับที่เคยเรียนมาแล้ว นั่นคือนักเรียนจะต้องผสมผสานความรู้ความสามารถจากข้อ 1 และ 2 ในการนำมาใช้แก้โจทย์ปัญหา ซึ่งมีหลายขั้นตอนในการจัดกระทำเพื่อให้ได้คำตอบออกมา ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีการเลือกการตัดสินใจว่าจะทำขั้นตอนใด ก่อน - หลัง แบ่งเป็น 4 ขั้น

3.1) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่เป็นปัญหาไม่ซับซ้อน สามารถแก้ปัญหาโจทย์ที่คล้ายคลึงแต่ไม่ใช่ข้อเดียวกันกับตัวอย่างได้ นักเรียนจำเป็นต้องอาศัยความรู้ ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ และความเข้าใจ มาผสมผสานกับแก้ปัญหา

3.2) ความสามารถในการเปรียบเทียบ สามารถหาความสัมพันธ์โดยการเปรียบเทียบข้อมูลที่โจทย์ให้มา 2 ชุด ในการแก้ปัญหาอาจจะต้องใช้วิธีการคิดคำนวณ ความเข้าใจ แล้วจึงนำมาเปรียบเทียบเพื่อตัดสินใจ

3.3) ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นความสามารถในการจำแนกและตัดสินได้ว่า ข้อมูลส่วนใดจำเป็นหรือไม่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาโจทย์

3.4) ความสามารถในการมองเห็นแบบ ลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกัน และการสมมาตร พฤติกรรมในขั้นนี้จะเกี่ยวกับการระลึกถึงข้อมูล แปลงปัญหาการจัดกระทำกับข้อมูล การมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่คุ้นเคยกับข้อมูลที่กำหนดให้ หรือจากปัญหาที่กำหนดขึ้น

4) การวิเคราะห์ เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาที่นักเรียนไม่เคยเห็น หรือไม่เคยทำมาก่อน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโจทย์พลิกแพลง แต่ก็อยู่ในขอบเขตเนื้อหาวิชาที่นักเรียน การแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าว จะต้องอาศัยความรู้ที่ได้เรียนรู้มาร่วมกับความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานกันเพื่อแก้ปัญหา พฤติกรรมในระดับนี้ ถือว่าเป็นพฤติกรรมขั้นสูงสุดของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ซึ่งต้องการใช้สมรรถภาพทางสมองระดับสูง แบ่งเป็น 5 ขั้น ดังนี้

4.1) ความสามารถในการแก้โจทย์ที่ซับซ้อน คำถามในขั้นนี้เป็นคำถามที่ ซับซ้อนไม่มีในแบบฝึกหัดหรือตัวอย่าง ไม่เคยเห็นมาก่อน นักเรียนต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ผสมผสานความเข้าใจ มโนทัศน์ นิยามตลอดจนทฤษฎีต่าง ๆ ที่เรียนมาแล้วเป็นอย่างดี

4.2) ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการจัดส่วนต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดใหม่ แล้วสร้างความสัมพันธ์ขึ้นใหม่เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา แทนการจำความสัมพันธ์เดิมที่เคยพบมาแล้ว มาใช้กับข้อมูลชุดใหม่ เท่านั้น

4.3) ความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ เป็นความสามารถในการสร้างภาษา เพื่อยืนยันข้อความทางคณิตศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล โดยอาศัยนิยาม สัจพจน์และทฤษฎีต่าง ๆ ที่เรียนมาแล้ว พิสูจน์โจทย์ปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน

4.4) ความสามารถในการวิพากษ์วิจารณ์ข้อพิสูจน์ เป็นความสามารถที่ควบคู่กับความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ อาจเป็นพฤติกรรมที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าพฤติกรรมในการสร้างข้อพิสูจน์ พฤติกรรมในขั้นนี้ต้องการให้นักเรียนสามารถตรวจสอบข้อพิสูจน์ว่าถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดบ้าง

4.5) ความสามารถในการสร้างสูตรและทดสอบความถูกต้องให้มีผลใช้ได้เป็นกรณีทั่วไป เป็นความสามารถในการค้นพบสูตร หรือกระบวนการแก้ปัญหาและพิสูจน์ว่าใช้เป็นกรณีทั่วไปได้

Walberg (อ้างถึงใน Ornstein, and Lasley. 2000: 308) ได้ทำการวิจัยโดยสังเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน จากผลการวิจัยจำนวนมาก พบว่าปัจจัยทั่ว ๆ ไปที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมี 9 ประการ คือ

1) ความสามารถ
2) ระยะพัฒนาการ
3) แรงจูงใจ
4) คุณภาพการสอน
5) ปริมาณการสอน
6) สิ่งแวดล้อมในบ้าน
7) กลุ่มสังคมในห้องเรียน
8) กลุ่มเพื่อน
9) การใช้เวลานอกชั้นเรียน

5.2 ความคงทนของความรู้ทางคณิตศาสตร์

สิ่งสำคัญประการหนึ่งของการเรียนรู้ คือความคงอยู่ของสิ่งที่ได้เรียนรู้ เพราะหากสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ในชั้นเรียน เช่นนักเรียนสามารถดูนาฬิกาเพื่อบอกเวลาได้ แต่เมื่อกลับบ้านไม่สามารถทำได้อีก แสดงว่านักเรียนมีข้อจำกัดของทักษะนั้น การเรียนรู้ก็มิได้มีประโยชน์ใด ๆ Reys และคนอื่น ๆ (1998: 30) เสนอว่า ความคงทนของความรู้ เป็นการสะท้อนให้เห็นถึงปริมาณความรู้ที่คงอยู่หรือถูกเก็บไว้ ทักษะที่คงอยู่และพฤติกรรมการแก้ปัญหาที่ปรากฏอยู่อย่างสม่ำเสมอ

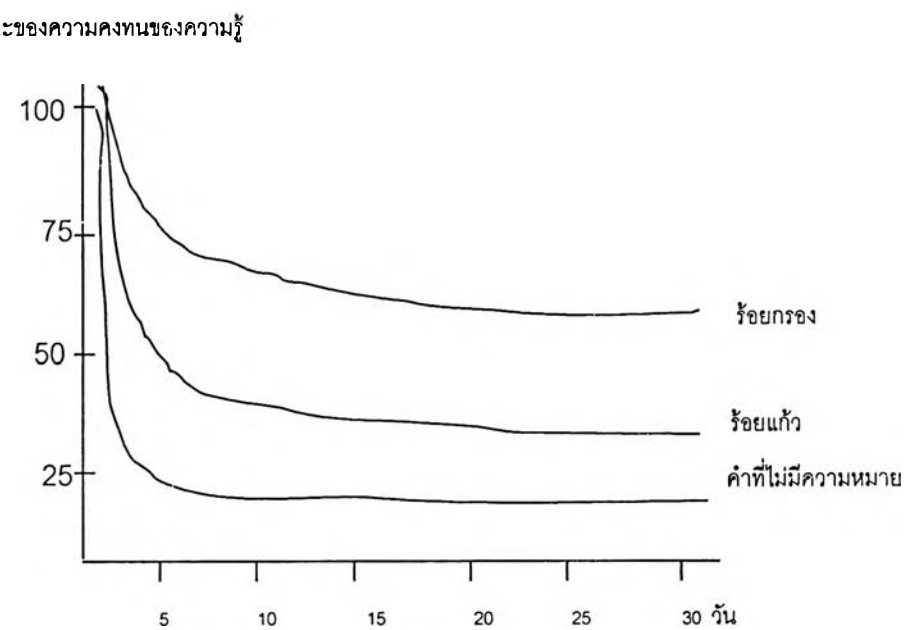
ความคงทนของความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นเป้าหมายสำคัญของการศึกษาคณิตศาสตร์ (Reys, and others, 1998: 30) ในการเรียนการสอนต้องตระหนักถึงความคงทนของความรู้ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีข้อเสนอดังนี้

1) การเรียนรู้อย่างมีความหมาย เป็นวิธีที่ดีอย่างหนึ่งที่จะทำให้ความรู้นั้นคงอยู่ทุกระยะในการเรียนคณิตศาสตร์ทั้งความรู้ ทักษะ และการแก้ปัญหาที่ได้รับการพัฒนาจากความหมายและการเรียนด้วยความเข้าใจจะทำให้เกิดการคงอยู่ได้นานขึ้น

2) การเชื่อมโยงช่วยให้นักเรียนเห็นว่า แนวคิดทางคณิตศาสตร์สัมพันธ์กันอย่างไร ดังนั้นประเด็นต่าง ๆ ของคณิตศาสตร์ไม่ควรแยกจากกันเด็ดขาด แต่ควรมีการเชื่อมโยงกันของปัญหาและการนำไปใช้

Ebbinghaus (อ้างถึงใน Guilford, 1952: 408 อ้างถึงใน สุนีย์ สอนตระกูล, 2534: 85-87) ได้ศึกษาความคงทนของความรู้ โดยการทดลองจำคำที่ไม่มีความหมายและเขียนคำเหล่านั้นใหม่ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน เช่น เริ่มต้นจากการจำคำ 20 คำ ในเวลา 2 วันต่อมาปรากฏว่าเขาสามารถจำได้เพียงร้อยละ 30 หรือลืมคำเหล่านั้นไป 14 คำ คิดเป็นร้อยละ 70 ของคำทั้งหมดที่ถูกลืม และยังพบว่าคำเหล่านั้นหลังจาก 20 นาที จะถูกลืมไปร้อยละ 42 หลังจาก 24 ชั่วโมงจะถูกลืมไปร้อยละ 66 และหลังจาก 1 เดือนจะถูกลืมไปร้อยละ 79 ดังนั้นความคงทนของความรู้ในระยะเวลา 20 นาที 24 ชั่วโมง และ 30 วัน จะเหลืออยู่เพียงร้อยละ 58, 34 และ 21 ตามลำดับ นอกจากการทดลองเกี่ยวกับความคงทนของตนเองแล้ว Guilford (อ้างถึงใน สุนีย์ สอนตระกูล, 2534: 86) ได้เสนอกราฟของความคงทนของการจำคำที่เป็นร้อยแก้วและร้อยกรอง ดังกราฟในแผนภาพต่อไปนี้

แผนภาพที่ 4 กราฟแสดงความคงทนของการจำคำชนิดต่าง ๆ ในระยะ 1 เดือน
(Guilford, 1952: 408 อ้างถึงใน สุนีย์ สอนตระกูล, 2534)



จากกราฟจะเห็นได้ว่า ในช่วงแรก ๆ จะเกิดการลืมอย่างรวดเร็ว และจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป และจะสังเกตได้ว่าเส้นกราฟจะไม่ลดลงถึงศูนย์ ซึ่งหมายถึงจะไม่มีการลืมถึงร้อยละ 100 หรือจำไม่ได้เลย ส่วนในด้านโคลงกลอนนั้นแม้ว่าเวลาจะผ่านไป 40 ปี ถ้าได้กลับมาเรียนใหม่ก็

สามารถจะจำได้อย่างรวดเร็ว (Guilford, 1952: 4094 อ้างถึงใน สุนีย์ สอนตระกูล, 2534) และเมื่อพิจารณาจากกราฟจะเห็นได้ว่าในด้านร้อยแก้ว เส้นกราฟตั้งแต่วันที่ 15 เป็นต้นไป จะอยู่ในระดับที่สม่ำเสมอไม่ลดลงอีก ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำหลักการจากผลการทดลองนี้ไปออกแบบการทดลองเพื่อวัดความคงทนของความรู้ โดยวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการสอนทันที และหลังจากสอนจบแล้ว 2 สัปดาห์

ความคงทนของความรู้จะขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ซึ่งGuilford (1952: 409-411 อ้างถึงใน สุนีย์ สอนตระกูล, 2534: 87) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความคงทนของความรู้ได้แก่

1) ชนิดของสิ่งที่เรียน สิ่งที่มีความหมาย มีเหตุผล เช่น กฎต่าง ๆ โคลงกลอน จะทำให้จำได้ง่ายกว่า และมีความคงอยู่ได้นานกว่าคำที่ไม่มีความหมาย แต่สำหรับสิ่งที่คิดขึ้นได้เองจะไม่ลืม จะคงอยู่ตลอดไป

2) การเรียนเกิน ซึ่งหมายถึงการเรียนสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้ดีอยู่แล้ว แต่ยังคงเรียนซ้ำอีก ทำให้จำสิ่งนั้นได้อย่างถาวร เช่นการท่องสูตรคูณ

3) อาการหลงลืม ซึ่งเกิดจากการได้รับความกระทบกระเทือนทางสมอง

4) ผลจากยาและสารเคมี ยาหรือสารเคมีบางอย่างเมื่อรับเข้าไปในร่างกายจะมีผลต่อสมองได้ เช่น อัลกอฮอล์ จะทำให้ความจำลดลงได้

5) การย้อนรบกวน หมายถึงความรู้ใหม่รบกวนความรู้เก่า ทำให้เกิดอาการสับสนในสิ่งที่เรียนมาก่อนได้

6) การนอนหลับ การนอนหลับจะทำให้เกิดการลืมได้ช้ากว่าในขณะที่ตื่นอยู่

5.3 เจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์

5.3.1 ความหมายของเจตคติ

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของเจตคติไว้ดังนี้

Feldman (1999: 661) กล่าวถึง เจตคติในความหมายของความโน้มเอียงของบุคคลที่จะตอบสนองในท่าทีที่ชอบหรือไม่ชอบ ต่อบุคคล พฤติกรรม ความเชื่อ หรือสิ่งของเฉพาะอย่างนั้น ๆ

Schunk (2000: 404) ได้ให้ความคิดเห็นว่า เจตคติเป็นความเชื่อภายในบุคคลที่มีอิทธิพลต่อการแสดงออกของบุคคล เจตคติไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง และเจตคติเป็นเรื่องที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ ซึ่งเจตคติประกอบด้วยองค์ประกอบที่สัมพันธ์กัน 3 ประการ คือ องค์ประกอบทางด้านความรู้สึก เกี่ยวข้องกับอารมณ์ทางบวกหรือทางลบเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่าง

ว่ามีความรู้สึกต่อสิ่งนั้นอย่างไร องค์ประกอบทางด้านพฤติกรรม เกี่ยวข้องกับแนวโน้มที่จะกระทำสิ่งต่าง ๆ และองค์ประกอบทางด้านความคิด เป็นความเชื่อ ความคิด ที่บุคคลมีต่อสิ่งนั้น ๆ

Reys และคนอื่น ๆ (1998: 27-28) กล่าวถึง เจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนว่าเป็นผลผลิตจากการเรียนรู้และเชื่อมโยงกับแรงจูงใจและความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ ค่านิยมและเจตคติของนักเรียนจะได้รับอิทธิพลจากครู การเรียนการสอนที่เน้นทักษะการคิดคำนวณ นักเรียนจะมีมุมมองว่าการคิดคำนวณเป็นสิ่งสำคัญ หากครูให้ความสำคัญและมุ่งที่การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หรือแนวคิดในการแก้ปัญหาว่าเป็นสิ่งที่มีคุณค่า การคิดอย่างมีวิจารญาณและการแก้ปัญหาก็จะเป็นมุมมองที่สำคัญของนักเรียน แต่ถ้าครูเน้นว่าอะไรเป็นสิ่งสำคัญและมีคุณค่าในการเรียนคณิตศาสตร์ การเรียนนั้นไม่เพียงมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้คืออะไร เรียนรู้อย่างไร แต่จะมีอิทธิพลต่อเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้วย

สุรางค์ โค้วตระกูล (2541: 366) กล่าวถึงเจตคติในความหมายที่เป็นอัชฌาสัย (Disposition) หรือแนวโน้มที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมสนองตอบต่อสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งเร้า ซึ่งอาจจะเป็นได้ทั้งคน วัตถุสิ่งของ หรือความคิด เจตคติอาจจะเป็นบวก หรือลบ ถ้าบุคคลมีเจตคติบวกต่อสิ่งใด ก็จะมีพฤติกรรมที่จะเผชิญกับสิ่งนั้น ถ้ามีเจตคติลบก็จะหลีกเลี่ยง เจตคติเป็นสิ่งที่เรียนรู้และเป็นการแสดงออกของค่านิยมและความเชื่อของบุคคล

สรุปได้ว่า เจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความรู้สึก ที่นักเรียนมีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ เจตคติมีอิทธิพลต่อการแสดงพฤติกรรมต่าง ๆ ของนักเรียนต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ นักเรียนที่มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จะมีแนวโน้มที่จะมีพฤติกรรมที่เข้าหา เช่น ให้ความสนใจ ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม รับผิดชอบทำงานที่ได้รับมอบหมาย แต่นักเรียนที่มีเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ในทางลบ จะมีความเบื่อหน่าย ไม่สนใจเรียน เป็นต้น

5.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์

การพัฒนาแนวคิดทางคณิตศาสตร์ การวางแผนการสอนต้องคำนึงถึงความรู้สึก และเจตคติของนักเรียนก่อน ซึ่งGarafalo และ Schoenfeld (1986 อ้างถึงใน Riedelsel, 1990: 37) กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อเจตคติของนักเรียนที่ครูต้องพิจารณาถึงคือ

1) เนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์

2) บุคคลสำคัญ เช่น ครู บิดามารดา เพื่อน

3) ความจำเป็นพื้นฐาน ได้แก่ ร่างกาย ความปลอดภัย ความรัก/การเป็นเจ้าของคุณค่าในตนเอง ความต้องการที่จะบรรลุผลสัมฤทธิ์ และความต้องการพัฒนาตนเองสูงสุด

4) การสอน เช่น ยุทธศาสตร์การสอน การจัดการชั้นเรียน การให้การบ้าน และการมอบหมายงาน

5) สื่อวัสดุอุปกรณ์

6) ความรู้สึกนึกคิดที่นักเรียนมีต่อตนเอง เช่น ความคิดเห็นต่อตนเองในเรื่องความสามารถทางคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นต้น

5.3.3 การสร้างเจตคติ

เจตคติเป็นเรื่องของการเรียนรู้ ดังนั้นจึงสามารถสร้างเจตคติให้กับบุคคลได้ Allport (อ้างถึงใน เพราพรรณ เปลี่ยนภู่, 2542: 100-101) ได้กล่าวถึงสถานการณ์ 5 แบบที่ทำให้บุคคลเกิดหรือสร้างเจตคติขึ้นมา ดังนี้

1) การได้รับการเรียนรู้ ที่มีอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมในสังคม การศึกษา การอบรมของครอบครัว

2) ประสบการณ์ที่ได้รับของแต่ละบุคคล แรงเสริมที่ได้รับด้วยตนเองจะทำให้บุคคลเกิดเจตคติต่อสิ่งนั้นอย่างถูกต้อง

3) อิทธิพลของสิ่งที่พบ ประสบการณ์ที่ร้ายแรงต่อตนเอง ทำให้เกิดความตื่นตระหนก เกิดความหวาดกลัวในชีวิต และมีอิทธิพลที่จะสร้างทัศนคติของตนเองได้ แม้ว่าประสบการณ์นั้นเกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวก็ตาม

4) การรับเอาเจตคติของผู้อื่นมาเป็นของตน เด็กมีแนวโน้มที่จะมีเจตคติต่อสิ่งต่าง ๆ เช่นเดียวกับบิดามารดา ครู หรือเพื่อน ซึ่งบุคคลเหล่านี้จะมีส่วนส่งเสริมสนับสนุนเจตคติของเด็กไปในทิศทางต่าง ๆ

5) เกิดจากความต้องการ บางคนสร้างเจตคติเพื่อสนองความต้องการของตนเอง เช่น เด็กต้องการให้พ่อแม่รัก และทราบว่าพ่อแม่ชอบสุนัข เด็กก็พลอยชอบสุนัขไปด้วย

สรุปได้ว่า เจตคติเป็นสิ่งที่สามารถสร้างหรือเปลี่ยนแปลงได้ และในการสร้างหรือเปลี่ยนแปลงให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ครูจะต้องจัดประสบการณ์ที่สนับสนุนให้เกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ เช่น จัดสาระให้น่าสนใจ ใช้ยุทธศาสตร์การสอนที่หลากหลาย มีการเสริมแรง ใช้สื่อวัสดุอุปกรณ์ที่เร้าความสนใจ และให้นักเรียนมีความพร้อมทางด้านร่างกายในการที่จะเรียนรู้

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ความคงทนของความรู้ทางคณิตศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ ดังนี้

6.1.1 งานวิจัยในต่างประเทศ

Noguera (1998) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเจตคติและการพัฒนาทางปัญญาของนักเรียนเกรด 10 ที่เรียนวิชาพีชคณิตโดยใช้การจัดกระทำแบบสัญลักษณ์ การศึกษาโดยวิธีการเชิงคุณภาพ ต่อสิ่งที่มีผลต่อเจตคติและเชาวน์ปัญญาของนักเรียนเกรด 10 ที่เรียนวิชาพีชคณิตโดยใช้ตัวจัดกระทำแบบสัญลักษณ์ กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนเพศหญิง จำนวน 28 คน ที่เลือกจากประชากรที่เป็นนักเรียนเกรด 10 จำนวน 60 คน ที่เรียนวิชาพีชคณิตขั้นสูง เก็บข้อมูลจากการทำแบบวัดเจตคติก่อนและหลังการสัมภาษณ์รายบุคคลในเรื่องของการแก้ปัญหา สัมภาษณ์ครู การสังเกตของผู้วิจัยในเรื่องการทำงานรายบุคคลและกลุ่มการสังเกตการนำเสนอของนักเรียนในขั้นตอนสุดท้ายของนักเรียน ผลการวิจัย พบว่านักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านบวกทุกด้านในเรื่องเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ รวมทั้งมีการพัฒนาแรงจูงใจ ความเชื่อมั่นในตนเองและยังพบอีกว่านักเรียนมีพัฒนาการในด้านความเข้าใจมโนทัศน์ รวมทั้งการแก้ปัญหาด้านการใช้แนวคิดต่าง ๆ คำศัพท์ทางคณิตศาสตร์ และทักษะการสื่อสาร

Drueck (1997) ได้ศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับความเข้าใจมโนทัศน์และวิธีการหาคำตอบของการบวกเลขสองหลักของนักเรียนเกรด 2 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในระดับเฉลี่ยและระดับต่ำ ที่อยู่ในภาวะเสี่ยงต่อความบกพร่องทางการเรียนรู้ ศึกษากรณีตัวอย่าง โดยการสัมภาษณ์นักเรียนเกรด 2 ที่มีผลสัมฤทธิ์อยู่ในระดับเฉลี่ยกับระดับต่ำ และอยู่ในภาวะเสี่ยงต่อการบกพร่องทางการเรียน เพื่อค้นหาความก้าวหน้าด้านการบวกลบจำนวนที่เป็นเลขสองหลัก ในแง่ของความถูกต้อง โครงสร้างทางมโนทัศน์และวิธีการนำเสนอ ผลการวิจัย พบว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความถูกต้องในการคำนวณไม่แตกต่างกัน แต่มีความแตกต่างกันในเรื่องโครงสร้างมโนทัศน์และวิธีการนำเสนอ นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ระดับต่ำขาดความเข้าใจมโนทัศน์มากกว่านักเรียนในกลุ่มผลสัมฤทธิ์ระดับเฉลี่ย และนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ระดับต่ำใช้วิธีการนำเสนอแบบรูปธรรมและวิธีหาคำตอบมีความซับซ้อนน้อยกว่า

Seaman (1995) ได้ศึกษาผลของความเข้าใจและกลวิธีต่าง ๆ ที่มีต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยศึกษาผลของการบูรณาการในการสอนการแก้ปัญหาในด้าน

ความเข้าใจปัญหา การสร้างตัวแทนและการหาคำตอบ และกลวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหากลุ่มตัวอย่าง เป็นนักศึกษาที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์ ระดับมหาวิทยาลัย ชั้นปีที่ 1 โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 21 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 28 คน ผลการวิจัย พบว่า กลุ่มทดลองมีความเข้าใจปัญหา การสร้างตัวแทนการหาคำตอบ และการใช้กลวิธีในการแก้ปัญหาดีกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนั้นการถ่ายโอนความรู้ การสรุปเนื้อหาทั้งหมดหลังเรียนจบเนื้อหา 7 สัปดาห์ของกลุ่มทดลองยังคงอยู่ตลอด

Karnasih (1995) ได้ศึกษาผลของการเรียนแบบร่วมมือกลุ่มเล็กและการเรียนแบบพึ่งพาและแบบอิสระ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์และพฤติกรรมด้านจิตพิสัยทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในเมืองเมดาน ประเทศอินโดนีเซีย เป็นการทดลองเพื่อค้นหาผลของการเรียนแบบร่วมมือกลุ่มเล็กที่มีต่อผลสัมฤทธิ์และจิตพิสัยของนักเรียน ข้อมูลเชิงพรรณาได้จากปฏิสัมพันธ์และการสัมภาษณ์นักเรียน การสัมภาษณ์จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับความรู้สึกและปฏิกิริยาต่อวิธีการของสมาชิกในกลุ่ม กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนเกรด 10 จำนวน 160 คน ผลการวิจัย พบว่า การเรียนคณิตศาสตร์แบบร่วมมือกลุ่มเล็ก มีผลต่อผลสัมฤทธิ์และความวิตกกังวลของนักเรียน นักเรียนส่วนใหญ่จะชอบแบบกลุ่มเล็กเพราะมีโอกาสในการเรียนรู้ กลุ่มแบบคละและไม่คละมีปฏิสัมพันธ์กัน แต่ไม่มีความแตกต่างกันในด้านปัญญาสังคม และลักษณะนักเรียน เช่น ความสามารถทางคณิตศาสตร์ เพศ การพึ่งพา จะช่วยสนับสนุนต่อการเรียนรู้ เพราะการผสมผสานกันจะช่วยในการทำงานและแก้ปัญหาร่วมกัน

6.1.2 งานวิจัยภายในประเทศ

พัชรินทร์ เปรมประเสริฐ (2542) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาตร์และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยเน้นกระบวนการคณิตศาสตร์ กับการสอนตามคู่มือครู เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลองเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยเน้นกระบวนการคณิตศาสตร์ กับการสอนตามคู่มือครู กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคการเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2541 โรงเรียนพุทธรังสีพิบูล อำเภอบ้านโพธิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 82 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 41 คน ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยเน้นกระบวนการคณิตศาสตร์และการสอนตามคู่มือครู มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ แตกต่างกัน ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยเน้นกระบวนการกับการสอนตามคู่มือครูมีความแตกต่างกัน

ปัทมา ศรขาว (2540) ได้ศึกษาผลการเรียนแบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม ผลการวิจัย พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง คิดเป็น ร้อยละ 15 นอกจากนั้นเจตคติของกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 10

นพวรรณ คนซื่อ (2539) ได้ศึกษาผลของการร่วมมือและการให้ข้อมูลป้อนกลับเฉลี่ยที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ของการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความคงทนของการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เป็นการวิจัยกึ่งทดลองเพื่อศึกษาผลของการร่วมมือและการให้ข้อมูลป้อนกลับเฉลี่ยที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านหนองคอกปีการศึกษา 2538 จำนวน 36 คน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 12 คน กลุ่มที่ 1 เรียนเป็นรายคู่ และรับข้อมูลป้อนกลับแบบพร้อมกันเป็นคู่ กลุ่ม 2 เรียนเป็นรายคู่ และรับข้อมูลป้อนกลับเป็นรายบุคคล กลุ่มที่ 3 เรียนเป็นรายบุคคล และรับข้อมูลป้อนกลับเป็นรายบุคคล ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่เรียนเป็นรายคู่และรับข้อมูลป้อนกลับแบบพร้อมกันเป็นคู่ และที่เรียนเป็นรายคู่ และรับข้อมูลป้อนกลับเป็นรายบุคคล มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มที่เรียนเป็นรายคู่ และรับข้อมูลป้อนกลับ มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนเป็นรายบุคคลและรับข้อมูลป้อนกลับเป็นรายบุคคล นักเรียนที่เรียนเป็นรายคู่และรับข้อมูลป้อนกลับแบบพร้อมกันเป็นคู่ มีคะแนนความคงทนทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนเป็นรายคู่และรับข้อมูลป้อนกลับเป็นรายบุคคล และนักเรียนที่เรียนเป็นรายบุคคลและรับข้อมูลป้อนกลับเป็นรายบุคคล

สุภาพร พงศ์ภิญโญโอภาส (2536) ได้ศึกษาผลของความถี่ในการสอบย่อยต่อความคงทนของการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการวิจัยกึ่งทดลองเพื่อศึกษาผลของความถี่ในการสอบย่อยที่มีต่อความคงทนของการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวน 168 คน แบ่งเป็น 4 กลุ่ม เป็นกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม และกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม กลุ่มละ 42 คน แต่ละกลุ่มมีนักเรียนที่มีระดับความรู้เดิมทางคณิตศาสตร์เท่ากัน โดยกลุ่มทดลอง 1 รับการสอบย่อยด้วยความถี่สูง (ทุกสัปดาห์) กลุ่มทดลอง 2 รับการสอบย่อยด้วยความถี่ปานกลาง (ทุก 2 สัปดาห์) กลุ่มทดลอง 3 รับการสอบย่อย ด้วยความถี่ต่ำ(ทุก 3 สัปดาห์) กลุ่มควบคุมไม่มีการสอบย่อย ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอบย่อยมีความคงทนของความรู้สูงกว่านักเรียนที่ไม่สอบย่อย นักเรียนที่สอบย่อยความถี่สูง มีความคงทนของความรู้สูงกว่านักเรียนที่สอบย่อยความถี่ต่ำ

6.2 การวิจัยเกี่ยวกับความตระหนักรู้ในการรู้คิด

Stevens (1992) ได้ศึกษาผลของการฝึกตระหนักรู้ในการรู้คิดต่อความสามารถในการแก้ปัญหาการคูณแบบขั้นตอนเดียว กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 3 จำนวน 69 คน ใช้การสุ่มอย่างง่ายเข้าในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลอง กลุ่มตัวอย่างได้รับการทดสอบก่อนเรียนเพื่อตรวจสอบว่ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความสามารถในการแก้ปัญหาเท่ากันหรือไม่ กลุ่มทดลองได้รับการฝึกการตระหนักรู้ในการรู้คิด โดยเริ่มจากครูเป็นตัวแบบ แล้วค่อย ๆ ลดการเป็นตัวแบบลง ร่วมกับการให้ข้อมูลป้อนกลับอย่างต่อเนื่องขณะที่นักเรียนแก้ปัญหาด้วยตนเอง ขณะที่กลุ่มควบคุมได้รับการฝึกแก้ปัญหาเช่นกัน แต่เพียงในช่วงเวลา 15 นาที ผลการวิจัยพบว่า การฝึกความตระหนักรู้ในการรู้คิดสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Human (1992) ได้ศึกษาผลของการเขียนบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการที่มีต่อกระบวนการรู้คิดของนักเรียนเกรด 8 ที่เรียนคณิตศาสตร์ โดยการวิเคราะห์การเขียนบันทึกการเรียนรู้การรู้คิด เพื่อตัดสินว่า 1) นักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันมีความตระหนักรู้ในการรู้คิดแตกต่างกันหรือไม่ 2) การพัฒนาการรู้คิดเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาหรือไม่ และ 3) มีความแตกต่างกันของความตระหนักรู้ในการรู้คิดระหว่างเพศหรือไม่ ดำเนินการวิจัยโดยการวิเคราะห์บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนจำนวน 14 คน จากนั้นหลังการทดลอง 18 สัปดาห์ ทดสอบความ แตกต่างของคะแนนทดสอบก่อนและหลังเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติ t-test วิเคราะห์บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้วิธีการประเมินแบบธรรมชาติ (naturalistic evaluation procedures) ผลการวิจัยพบว่า 1) คะแนนทดสอบหลังการทดสอบในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ 2) นักเรียนในกลุ่มที่มีความสามารถสูง กลาง และต่ำ แสดงความตระหนักรู้ในการรู้คิดทั้งความตระหนักรู้ในด้านกระบวนการการเรียนรู้และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ตระหนักรู้ถึงความยากในการเรียนรู้และการประยุกต์กลยุทธ์การเรียนรู้ 3) ร้อยละของหน่วยความคิดต่าง ๆ ของนักเรียนทั้งสามกลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดในด้านต่าง ๆ ของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 4) ร้อยละของความตระหนักรู้ในการรู้คิดในรายข้อต่าง ๆ ของนักเรียนกลุ่มต่ำเพิ่มมากกว่านักเรียนในกลุ่มกลางและกลุ่มสูง และ 5) ไม่มีความแตกต่างทางเพศปรากฏในหมวดหมู่ต่าง ๆ ของความตระหนักรู้ในการรู้คิด

Santos (1993) ได้ศึกษาความตระหนักรู้ในการรู้คิดของนักศึกษาครูในฐานะที่เป็นผู้เรียน และที่จะเป็นครูที่มีศักยภาพ โดยศึกษาในบริบทรายวิชาคณิตศาสตร์ (T104) การศึกษานี้ได้สำรวจอิทธิพลของรายวิชา T104 ที่มีต่อความเข้าใจ ความเชื่อ และความตระหนักรู้ในการรู้คิดเกี่ยวกับเรื่องเศษส่วนของนักศึกษาครู ในรายวิชา T 104 จะประกอบด้วยการใช้การแก้ปัญหาการเรียนแบบร่วมมือ ทางเลือกในการประเมิน และการไตร่ตรองอย่างเป็นระบบที่จะช่วย

ให้นักศึกษาได้คิดใหม่เกี่ยวกับระบบความเชื่อในวิชาคณิตศาสตร์ และสร้างความกระจ่างและความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชา T104 จำนวน 26 คน เริ่มเรียนตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ค.ศ. 1991 เก็บข้อมูลโดยการสังเกตชั้นเรียน สัมภาษณ์นักศึกษา 4 คน จากทุก ๆ 8 คน และวิเคราะห์เอกสารผลงานของนักศึกษา นวัตกรรมเกี่ยวกับการเรียนการสอนของรายวิชา T104 กระตุ้นให้นักศึกษาเกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์และการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ นักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหาแบบต่าง ๆ โดยที่ต้องมีการพิจารณาความรู้ที่ได้เรียนมาก่อน มีการตั้งคำถามว่าทำไมมโนทัศน์และวิธีการนี้จึงทำงานได้ดีกว่าแทนที่เพียงยอมรับว่าเป้าหมายการเรียนรู้ คือการหาคำตอบที่ถูกต้อง ข้อค้นพบได้เสนอแนะความเชื่อเกี่ยวกับคณิตศาสตร์และการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ สามารถที่จะท้าทายและเกิดการเปลี่ยนแปลง เมื่อนักศึกษาได้รับโอกาสที่จะควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง นักศึกษาที่ค่อนข้างมีความตระหนักรู้ในการรู้คิดเกี่ยวกับความรู้คณิตศาสตร์อยู่แล้ว และตั้งใจที่จะเรียนรู้ในแนวทางที่มีความหมาย ทำให้ขยายความเข้าใจในคณิตศาสตร์ และส่งเสริมความตระหนักรู้ในการรู้คิด แต่อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาหนึ่งภาคการศึกษาของการใช้นวัตกรรมทางการเรียนการสอนนี้ไม่เพียงพอที่จะพัฒนาความตระหนักรู้ในการรู้คิดได้อย่างเต็มที่แก่นักศึกษาที่ระดับต่าง ๆ ของแรงจูงใจ ความตั้งใจที่จะเรียนรู้และความตระหนักในตนเองของนักศึกษาในฐานะผู้เรียน

6.3 การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลของแนวคิดการประมวลสารสนเทศต่อการเรียนรู้

Ivins (1985) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลของการสอนสองวิธี ในการสอนกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ โดยใช้แนวคิดการประมวลสารสนเทศที่มีต่อการเรียนรู้มโนทัศน์ ความคงทนของมโนทัศน์ และความชอบในวิชาวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างในการวิจัย เป็นนักเรียนเกรด 7 ที่ลงทะเบียนเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 100 คน แบ่งเป็น 6 ชั้นเรียน โดยในกลุ่มทดลองได้เรียนรู้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยการฝึกหัดทำการทดลองจากการอ่านตำราและการอภิปรายกลุ่ม กลุ่มควบคุมฝึกทำการทดลองตามคำบอกของครู ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนของความรู้สูงกว่ากลุ่มควบคุม

Krug (1990) ได้ศึกษาการถ่ายโอนข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์การเรียนรู้ โดยมีความเชื่อว่าผลของการประมวลความสัมพันธ์ของข้อมูลจะมีต่อการถ่ายโอนข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาได้ตามแนวคิดการประมวลสารสนเทศ การวิจัยได้ศึกษาถึงผลของปฏิสัมพันธ์ของตัวแปรต้นสองตัวแปร คือ ตัวแปรด้านการเรียนการสอน แบ่งเป็นการเรียนการสอนที่ครูให้ข้อมูลและครูไม่ให้ข้อมูล และตัวแปรเกี่ยวกับการประมวลความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยแบ่งเป็นระดับความสามารถในการประมวลความสัมพันธ์ของข้อมูล 5 ระดับ ตัวแปรตามคือความสามารถในการ

แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรต้นทั้งสองตัวแปรไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน ตัวแปรด้านการสอนไม่มีผลต่อความถูกต้องของการแก้ปัญหา แต่ระดับของความสามารถในการประมวลความสัมพันธ์ของข้อมูลมีผลต่อความถูกต้องของการแก้ปัญหา ซึ่งสรุปได้ว่า การประมวลความสัมพันธ์เป็นปัจจัยที่สำคัญในการอธิบายความสามารถในการถ่ายโอนข้อมูล

6.4 การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้คิดและผลการเรียนทางคณิตศาสตร์

6.4.1 งานวิจัยในต่างประเทศ

Wilburne (1997) ได้ศึกษาผลของการสอนกลยุทธ์การรู้คิดในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักศึกษาครู โดยการศึกษากึ่งทดลอง ใช้เวลาในการทดลอง 7 สัปดาห์ กลุ่มทดลองได้รับการสอนกลยุทธ์ทางปัญญาในวิชาคณิตศาสตร์ ส่วนกลุ่มควบคุมได้เรียนในวิชาเดียวกันแต่ไม่ได้รับการสอนกลยุทธ์ทางปัญญา ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้น ส่วนกลุ่มควบคุมมีผลสัมฤทธิ์ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์สูงขึ้น แต่เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ไม่สูงขึ้น และกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม แต่มีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม

Ahn (1998) ได้ศึกษาเชิงสำรวจเกี่ยวกับการพัฒนากระบวนการทางปัญญา และการรู้คิดต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านคอมพิวเตอร์ โดยการศึกษาผลของการสอนกลยุทธ์โดยตรงให้แก่นักเรียนเกรด 6 ต่อทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเจตคติต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับประถมศึกษา จำนวน 95 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มทดลอง 39 คน กลุ่มควบคุมที่สอนโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 29 คน และกลุ่มควบคุมแบบปกติ จำนวน 27 คน ผลการวิจัย พบว่า กลุ่มทดลองที่ใช้การสอนกลยุทธ์โดยตรงผ่านคอมพิวเตอร์ แสดงการพัฒนาด้านทักษะพื้นฐาน ซึ่งวัดด้วย CTBS (Canadian Test of Basic Skills) มากกว่ากลุ่มควบคุมที่สอนโดยโปรแกรม CBI (Computer-based Instruction) และมากกว่ากลุ่มปกติ นอกจากนั้นพบว่า นักเรียนที่แสดงความสามารถด้านการใช้โปรแกรม CBI ที่ได้รับหรือไม่ได้รับการสอนกลยุทธ์โดยตรง มีการพัฒนาด้านเจตคติในทางบวกต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

6.4.2 งานวิจัยภายในประเทศ

สมบัติ โพธิ์ทอง (2539) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง โดยใช้เมตาคอคนิชั่น เป็นการวิจัยกึ่งทดลองใช้การสอนเมตาคอคนิชั่น เพื่อพัฒนาความสามารถ

ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ในระยะหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีคะแนนความ สามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สูงขึ้นร้อยละ 26.11

จรุง ขำพงศ์ (2542) ได้ศึกษาผลของการใช้วิธีเมตาคอคนิชัน ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นการวิจัยกึ่งทดลองกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านไร่พิทยาคม จังหวัดสุโขทัย จำนวน 65 คน ปีการศึกษา 2542 เรียนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธีเมตาคอคนิชัน ผลการวิจัย นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา โดยใช้กลวิธีเมตาคอคนิชัน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ที่กำหนดไว้ และหลังการเรียน นักเรียนสามารถแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น พบว่า ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาผลการเรียนทางคณิตศาสตร์โดยการใช้กระบวนการเรียนการสอน หรือเทคนิควิธีต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เช่น การใช้การเรียนแบบร่วมมือ การใช้สัญลักษณ์ การให้ข้อมูลป้อนกลับ และการใช้การทดสอบบ่อย ๆ จะทำให้นักเรียนมีผลการเรียนทางคณิตศาสตร์ เช่น มีความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ แก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ และมีเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์สูงขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่าการใช้แนวคิดการประมวลสารสนเทศ เช่นการสร้างตัวแทนและหาคำตอบ การใช้ภาพความคิด การสอนที่เน้นให้เห็นเป็นรูปธรรม ทำให้นักเรียนมีผลการเรียนทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น และพบว่า การสอนกลวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา การสอนเมตาคอคนิชันให้กับนักเรียน ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น การที่ครูเป็นตัวแบบในความตระหนักรู้ในการรู้คิดและให้ข้อมูลป้อนกลับกับนักเรียน ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความตระหนักรู้ในการรู้คิดได้