บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญ ในด้านความรู้เฉพาะด้าน (Domain-Specific Knowledge) กระบวนการในการแก้ปัญหา (Problem Solving Process) และ เมตาคอคนิชั่น (Metacognition) ในการนี้จะต้องอาศัยความรู้ ทฤษฎี และผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องมาเป็นแนวคิดในการสร้างกรอบการวิจัย และสมมุติฐานในการวิจัย โดยผู้วิจัยจะนำเสนอตามลำดับขั้นดังนี้

1. ทฤษฎีความชำนาญในการแก้ปัญหา (Theory of Expertise)
2. การแก้ปัญหาของผู้ชำนาญ และ ผู้ไม่ชำนาญ
   - 2.1 วิธีแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เฉพาะด้านของผู้ชำนาญ และผู้ไม่ชำนาญ
   - 2.2 โครงสร้างการแก้ปัญหาโดยการใช้ความรู้เฉพาะด้านของผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญ
   - 2.3 ความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญ
   - 2.4 งานวิจัยเปรียบเทียบการแก้ปัญหาของผู้ชำนาญ และผู้ไม่ชำนาญ
3. ความรู้เฉพาะด้าน (Domain-Specific Knowledge)
   - 3.1 ความรู้ด้านความคิดรวบยอด
   - 3.2 ความรู้ด้านการดำเนินการ
   - 3.3 โครงสร้างความรู้เฉพาะด้านคณิตศาสตร์
   - 3.4 การใช้ความรู้เฉพาะด้านในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
4. กระบวนการในการคิดแก้ปัญหา
   - 4.1 ลำดับขั้นตอนในกระบวนการแก้ปัญหา
   - 4.2 กระบวนการแก้ปัญหาตามทฤษฎีการประมวลผลข้อมูล
   - 4.3 กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามหลักของ Polya
   - 4.4 กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของ Krulik
   - 4.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแก้ปัญหาโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
   - 4.6 การตรวจสอบความคิดทางคณิตศาสตร์

5. เมตาคอคนิชั่น (Metacognition)
   5.1 ความรู้ในเมตาคอคนิชั่น
      5.1.1 ด้านบุคคล
      5.1.2 ด้านงาน
      5.1.3 ด้านกลวิธี
   5.2 ประสบการณ์ในเมตาคอคนิชั่น
   5.3 การวัดเมตาคอคนิชั่น
6. วิธีการศึกษาการคิด
   6.1 ทฤษฎีการคิดออกเสียง
   6.2 ความแม่นยำในการวัดการคิด
7. การวิจัยที่เกี่ยวข้อง
8. กรอบแนวคิดในการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. <u>ทฤษฎีเกี่ยวกับความชำนาญในการแก้ปัญหา</u> (Theory of Expertise)

Chi และคณะ (1982 : 29-37) ได้ทำการวิจัยเชิงประจักษ์ เพื่อนำผลการวิจัยมาสร้างทฤษฎีการแก้ปัญหาในแบบของผู้ชำนาญ (expertise) ในการวิจัยนี้มีคำถามพื้นฐานในการสร้างทฤษฎีอยู่ 3 คำถาม และผลจากการวิจัย นำมาตอบคำถามได้ดังนี้

<u>คำถามที่ 1</u> การปฏิบัติงานของผู้ชำนาญต่างกับการปฏิบัติงานของผู้ไม่ชำนาญอย่างไร

ผลที่ได้จากการวิจัย ตอบคำถามได้ดังนี้

1. ด้านกลวิธีการแก้ปัญหา ผู้ชำนาญใช้วิธีแก้ปัญหาแบบมุ่งไปข้างหน้า(forward)แต่ผู้ไม่ชำนาญ ใช้วิธีแก้ปัญหาแบบ ย้อนกลับ (backward)

2. ด้านการสร้างตัวแทนปัญหา ผู้ชำนาญ และผู้ไม่ชำนาญ มีวิธีการสร้างตัวแทนปัญหาต่างกัน ผู้ชำนาญสร้างตัวแทนปัญหาโดยใช้ความคิดในระดับสูง(higher order) ในขณะที่ผู้ไม่ชำนาญใช้ความคิดอย่างพื้นๆ และไม่สามารถสัมพันธ์ปัญหาเข้าด้วยกันได้

3. การวิเคราะห์ปัญหา ในการเริ่มต้นแก้ปัญหา ผู้ชำนาญมีการวิเคราะห์ปัญหาก่อนลงมือแก้ แต่ผู้ไม่ชำนาญลงมือแก้ปัญหาโดยไม่มีการวิเคราะห์ปัญหาก่อน

4. เวลาในการปฏิบัติงาน ผู้ชำนาญ แก้ปัญหาได้รวดเร็วกว่าผู้ไม่ชำนาญ

<u>คำถามที่2</u> ผู้ชำนาญ และผู้ไม่ชำนาญ มีโครงสร้างของความรู้ต่างกันอย่างไร

สิ่งที่แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนจากผลการวิจัยคือ

1. ผู้ชำนาญ มีความรู้สะสมอยู่ในระบบความจำมากกว่าผู้ไม่ชำนาญ

2. ผู้ชำนาญมีการจัดระบบความรู้พื้นฐานที่มีอยู่ให้สัมพันธ์กับกฎเกณฑ์ในระดับสูง ซึ่งผู้ไม่ชำนาญไม่มีความสัมพันธ์ดังกล่าว

ผลการวิจัยของ Chi ครั้งนี้สนับสนุนผลการวิจัยของ Larkin(1980 : 317-345) ที่ว่า โครงสร้างความรู้พื้นฐานของผู้ชำนาญถูกจัดระบบในรูปแบบของ การจัดโครงสร้างอย่างมีระบบ

<u>คำถามที่ 3</u> ผู้ชำนาญ และผู้ไม่ชำนาญ มีวิธีการใช้ความรู้พื้นฐานของตนอย่างไร

จากการวิจัยพบว่า

1. ผู้ชำนาญจะใช้ความรู้พื้นฐานในการวิเคราะห์องค์ประกอบของปัญหา เพื่อสร้างตัวแทนปัญหา

2. ผู้ชำนาญจะใช้ความรู้พื้นฐานในการทำความเข้าใจในปัญหานั้น ทั้งในด้านองค์ประกอบของปัญหา เป้าหมาย โครงสร้าง และแนวทางในการแก้ปัญหา

3. ผู้ชำนาญแสดงให้เห็นอย่างชัดเจน ถึงการนำความรู้พื้นฐานมาใช้ในการแก้ปัญหาตั้งแต่เริ่มต้นแก้ปัญหา สำหรับผู้ไม่ชำนาญนั้นมีการใช้ความรู้พื้นฐานในการแก้ปัญหาเช่นกัน แต่ไม่ชัดเจน และไม่เป็นระบบเท่าผู้ชำนาญ

4. การใช้พื้นความรู้ของผู้ชำนาญ มีคุณภาพ ความถูกต้อง ความสมบูรณ์ และความสอดคล้องกันของการเสนอตัวแทนปัญหา มากกว่าผู้ไม่ชำนาญ

สรุปได้ว่า ผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญ มีความแตกต่างกันในการแก้ปัญหา คือ ในด้านจำนวนความรู้ที่สะสมอยู่ในความจำ การจัดระบบความรู้ ลักษณะโครงสร้างของความรู้ การทำความเข้าใจปัญหา การสร้างตัวแทนปัญหา และยังมีความแตกต่างกันในด้าน การปฏิบัติงานด้านกลวิธีการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ซึ่งผู้ชำนาญมีความสามารถในการแก้ปัญหามากกว่าผู้ไม่ชำนาญในทุกด้าน

2. <u>การแก้ปัญหาของผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญ</u>

สมมุติฐานที่สำคัญในเรื่องความแตกต่างในการแก้ปัญหาของผู้ชำนาญ และผู้ไม่ชำนาญ ก็คือ ผู้ชำนาญสามารถใช้กลวิธีในการปฏิบัติต่างๆ ได้ดีกว่าผู้ไม่ชำนาญ (Adelson, 1984 : 483-498; Pressley, Borkowski, and Schneider, 1987 : 89-129) เช่นในการสร้างความสัมพันธ์ของปัญหา ผู้แก้ปัญหาที่ไม่ชำนาญจะใช้ความเข้าใจสิ่งที่เป็นพื้นผิว(surface) มาสร้างความสัมพันธ์ แต่สำหรับผู้ชำนาาญจะมีระบบในการปฏิบัติงานและจะใช้ความคิดลึกซึ้งมีหลักเกณฑ์ในการสัมพันธ์ความคิดเข้าด้วยกัน

จากสมมุติฐานที่กล่าวถึงข้างต้นทำให้เกิดข้อสังเกตว่า การฝึกการใช้ลำดับขั้นตอนในการคิดแก้ปัญหาตามแบบของผู้ชำนาญให้แก่ผู้ไม่ชำนาญในการแก้ปัญหา สามารถทำให้การปฏิบัติงานต่างๆ ของผู้ไม่ชำนาญดีขึ้นได้ด้วย

2.1 <u>วิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เฉพาะด้านของผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญ</u>

นักจิตวิทยาทั้งหลาย มีความเห็นสอดคล้องกันว่า การจะแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น สิ่งสำคัญประการหนึ่งขึ้นอยู่กับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ที่สะสมไว้ของบุคคล จากการวิจัยของ Chi และคณะ (1982) พบว่าลักษณะการสะสมข้อมูล และการนำข้อมูลที่สะสมไว้มาใช้ในการแก้ปัญหาของผู้ชำนาญ มีดังนี้

ลักษณะการสะสมข้อมูลไว้ในความคิดของผู้ชำนาญ

1. ข้อมูลที่สะสมไว้ใช้ในการแก้ปัญหา มีทั้งข้อมูลด้านความรู้(knowledge) ด้านข้อเท็จจริง (facts) ด้านความคิดรวบยอด (concepts) และ ด้านการดำเนินการ (procedures)

2. มีการจัดระบบระเบียบข้อมูลไว้ในระบบความจำ และสามารถนำออกมาใช้ได้ง่ายและถูกต้อง

3. มีแรงจูงใจเป็นพลังสำคัญ ที่จะผลักดันให้เกิดความพยายาม จนประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหา

4. มีความรู้เฉพาะด้าน ทั้งความรู้ด้านความคิดรวบยอด คือข้อเท็จจริง และข้อมูลความรู้ ที่อยู่ในลักษณะของถ้อยคำ และ ความรู้ด้านการดำเนินการ คือความเข้าใจว่าจะมีวิธีการในการดำเนินการที่หลากหลายอย่างไร

การแก้ปัญหาของผู้ชำนาญ

1. เมื่อได้รับการเสนอปัญหาอย่างทันทีทันใด ผู้ชำนาญจะรู้ว่า จะทำอย่างไรต่อปัญหานั้น

2. เลือกความรู้เรื่องการจัดกระทำ และเงื่อนไขในการจัดกระทำ ซึ่งสะสมไว้มากมายในความคิด ออกมาใช้ได้เหมาะสมกับสภาพการณ์ของปัญหาที่ได้รับ

3. ขั้นตอนในการทำความเข้าใจปัญหา และการเลือกวิธีการแก้ปัญหา จะเกิดขึ้นพร้อมกัน และเป็นไปอย่างอัตโนมัติ

4. สามารถย่นย่อ หรือตัดตอนวิธีการในการแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี

2.2 <u>โครงสร้างการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เฉพาะด้านของผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญ</u>

Gallini(1989 : 239-268)ได้กล่าวถึงความแตกต่างด้านโครงสร้างการแก้ปัญหาของผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญไว้ดังนี้

1. ผู้ชำนาญจะมีโครงสร้างของการแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้ด้านหลักเกณฑ์พื้นฐาน (principle based knowledge) เป็นแนวทางในการจำแนกปัญหา

2. ผู้ชำนาญจะมีการจัดลำดับขั้นตอนของการดำเนินการในการแก้ปัญหา (action or procedural schemata)

3. ผู้ชำนาญเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาได้เหมาะสมกับประเภทของปัญหา ที่แตกต่างกันออกไป

4. ผู้ชำนาญมีการเชื่อมโยงปัญหาประเภทเดียวกัน เข้าด้วยกัน (combination type problem)

5. ผู้ชำนาญมีโครงสร้างของการแก้ปัญหา ที่เหมาะสมกับประเภทของปัญหาที่เชื่อมโยงเข้าด้วยกันแล้วนั้น

สำหรับในพวกผู้ไม่ชำนาญ จะขาดความเข้าใจในการจำแนกปัญหาออกเป็นหมวดหมู่ ทำให้กระบวนการในการแก้ปัญหา เป็นไปทีละขั้นตอน(step by step) เมื่อมีปัญหามากกว่า 1 ปัญหาก็ไม่มีการเชื่อมโยงปัญหาเข้าด้วยกัน ซึ่งวิธีการนี้ทำให้กลวิธีพื้นฐาน (search-based strategies) ไม่มีประสิทธิภาพ

การพัฒนาและการใช้โครงสร้างความรู้ของผู้ชำนาญ นับว่าเป็นกลวิธีขั้นสูงที่ผู้ชำนาญใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ผู้ชำนาญมีวิธีการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน โดยการจัดข้อมูลของปัญหาให้เข้าอยู่ในระบบโครงสร้างความรู้ โดย

1. จัดรูปแบบของความคิด (form mental model)

2. จำแนกประเภทของปัญหาตามลักษณะ และวิธีการแก้ปัญหา

3. สร้างความเชื่อมโยงของปัญหาต่างๆเข้าด้วยกัน

4. สร้างตัวแทนปัญหาให้เป็นนามธรรม (abstracts) และพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาโดยศึกษารูปแบบโครงสร้างของปัญหาอย่างลึกซึ้ง

จะเห็นได้ว่าผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญ (expert-novice) มีความแตกต่างกันเป็นอย่างมากในเรื่องของความรู้เฉพาะด้าน ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ ผู้ชำนาญจะมีการจัดระเบียบของโครงสร้างความรู้ และมีความจำในเรื่องที่ตนชำนาญได้มากกว่า และดีกว่าผู้ไม่ชำนาญ การจัดระบบโครงสร้างที่ดีกว่านี้ ทำให้การค้นหาหรือเลือกวิธีการแก้ปัญหามีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

จากการทดลองของ Feltovich(1981 อ้างจาก Gagne', 1985 : 147-152) ในการแก้ปัญหาของแพทย์ผู้ชำนาญ กับแพทย์ผู้ไม่ชำนาญ แพทย์ผู้ชำนาญนั้น ทำงานการวินิจฉัยโรคหัวใจ มาเป็นเวลา 20 ปี แพทย์ผู้ไม่ชำนาญคือนิสิตแพทย์ปี 4 ซึ่งได้เรียนเกี่ยวกับการวินิจฉัยโรคหัวใจมาแล้ว โดยให้แพทย์ทั้ง 2 กลุ่ม ตรวจคนไข้โรคหัวใจ ซึ่งสามารถวินิจฉัยอาการของโรคได้หลายกรณี และการตรวจจะมีข้อมูลหลายๆด้าน ผลการทดลอง พบว่าความแตกต่างในการวินิจฉัยโรคหัวใจระหว่างแพทย์ผู้ชำนาญ กับแพทย์ผู้ไม่ชำนาญก็คือ แพทย์ผู้ชำนาญมีความรู้เฉพาะวิชามากกว่าแพทย์ผู้ไม่ชำนาญ และเป็นความรู้ ที่มีการจัดระเบียบโครงสร้างการเรียงลำดับถึง 6 ระดับในขณะที่แพทย์ผู้ไม่ชำนาญ จะมีเพียง 2 ระดับเท่านั้น และความรู้ของแพทย์ผู้ไม่ชำนาญ ก็เหมือนๆกับรูปแบบในตำราเรียน

2.3 <u>ความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญ</u>

การวิเคราะห์หาความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้ชำนาญกับผู้ไม่ชำนาญ เพื่อที่จะนำความแตกต่างในลักษณะดังกล่าวมาสอน เพื่อให้ผู้ไม่ชำนาญพัฒนาเป็นผู้ชำนาญได้ ดังเช่น Reed (1988 : 250-258) ได้วิเคราะห์ความแตกต่างในการแก้ปัญหาระหว่าง ผู้ชำนาญ กับผู้ไม่ชำนาญ ไว้ดังนี้

ตารางการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญ(Reed,1988)

ความสามารถในการแก้ปัญหา	ผู้ชำนาญ	ผู้ไม่ชำนาญ
การเสนอตัวแทนของปัญหา	จะสร้างแผนภูมิ(diagram)เมื่อเห็นว่าเกิดประโยชน์, เชื่อมั่นในตัวแทนของสื่อที่เป็นตัวเชื่อมโยงกับปัญหา	มีความเชื่อมั่นในประโยคปัญหาที่เป็นถ้อยคำภาษา ไม่ได้ใช้ความหมายหรือข้อมูลในลักษณะอื่น
โครงสร้างความรู้	มีการจัดลำดับข้อมูลปัญหาเป็นอย่างดี โดยจะนำไปเชื่อมโยงกับวิธีแก้ปัญหา	ไม่ใช้การจัดลำดับข้อมูลปัญหาไว้ ไม่มีการแยกแยะออกจากกัน
การวิเคราะห์เริ่มแรก	ปรับปรุงรูปแบบของการแก้ปัญหาที่ไม่ชัดเจนให้ชัดเจนขึ้นเพื่อประสิทธิภาพในการนำไปใช้แก้ปัญหา	ไม่ได้วิเคราะห์ประสิทธิภาพของข้อมูล ไม่ได้ทำความกระจ่างในวิธีการ นำไปใช้โดยไม่มีการปรับปรุง
กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา	มีการวางแผนในการแก้ปัญหา มีการทบทวนการทำงานโดยวิธีการในรูปแบบต่างๆ	การทำงานมีแต่ปริมาณเพราะจะทำซ้ำแล้วซ้ำอีก จนกว่าจะได้คำตอบ

ความแตกต่างของผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญในการเสนอตัวแทนของปัญหา มีความแตกต่างที่สำคัญๆ และเห็นได้อย่างชัดเจนคือ

1. ผู้ชำนาญ มีทักษะเหนือกว่าผู้ไม่ชำนาญ ในด้านการเสนอตัวแทนทางปัญหาออกมาเป็นรูปความคิดรวบยอด (concept) และหลักเกณฑ์ (principle) โดยอาศัยพื้นฐานความรู้ (knowlege base) ที่สะสมไว้ (Reif, 1980 : 39-50)

2. ผู้ชำนาญสามารถสร้างความสัมพันธ์ ระหว่างความคิดรวบยอดต่างๆ เข้าด้วยกัน และจัดเข้าหมวดหมู่ของปัญหาได้ ในขณะที่ผู้ไม่ชำนาญจะไม่มีการสัมพันธ์ปัญหาเข้าด้วยกัน การสร้างตัวแทนปัญหาจะเป็นไปอย่างง่ายๆ

2.4 <u>งานวิจัยเปรียบเทียบการแก้ปัญหาของผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญ</u>

Chi,et.al. (1982 : 29-37) ได้ทำชุดการวิจัยเพื่อศึกษาการแก้ปัญหา ของผู้ชำนาญ และผู้ไม่ชำนาญ ซึ่งประด้วยการวิจัยย่อย 8 งานวิจัย ในที่นี้จะขอเสนอ 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ คือ

งานวิจัยที่ 1: ศึกษาการรายงานด้วยถ้อยคำ(protocol) ในการแก้ปัญหา

งานวิจัยที่ 2: จำแนกชนิดของปัญหา (Sorting Problems)

งานวิจัยที่ 3: จำแนกปัญหาที่กำหนดรูปแบบพิเศษ(Specially Designed Problems)

งานวิจัยที่ 4: การจำแนกลำดับขั้นตอนของปัญหา (Hierarchical Sorting)

<u>งานวิจัยที่ 1</u> : ศึกษาการรายงานด้วยถ้อยคำ(protocol) ในการแก้ปัญหา

เป็นการศึกษาเพื่อทราบลักษณะและความแตกต่างทั้งในด้านปริมาณ และคุณภาพ ในการแก้ปัญหาของผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญ เริ่มตั้งแต่การอ่านปัญหา ไปจนถึง การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา

กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชำนาญ 2 คน ซึ่งเป็นอาจารย์สอนวิชาฟิสิกส์ และผู้ไม่ชำนาญ 2 คน เป็นนักศึกษาปีที่ 1 ในวิชาเอกฟิสิกส์ ให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 แก้ปัญหาฟิสิกส์ 5 ข้อ โดยมีการสอนการคิดออกเสียง ให้ก่อน และใช้วิธีนี้ในการแก้ปัญหาทั้ง 5 ข้อ

ผลของการวิจัยพบว่า

ด้านปริมาณ โดยเฉลี่ยแล้วผู้ชำนาญแก้ปัญหาได้ถูก 4 ข้อ ผิด 1 ข้อ ผู้ไม่ชำนาญแก้ปัญหาถูก 2 ข้อ ผิด 3 ข้อ ด้านเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาปรากฏว่า ผู้ไม่ชำนาญใช้เวลาแก้ปัญหาน้อยกว่าผู้ชำนาญ ผู้วิจัยอภิปรายว่า เนื่องจากผู้ไม่ชำนาญแก้ปัญหาไม่ครบทุกตอนในบางข้อจึงทำให้การใช้เวลาในการแก้ปัญหาน้อยกว่า แต่หากแก้ปัญหาทุกตอนให้ครบผู้ไม่ชำนาญต้องใช้เวลามากกว่าผู้ชำนาญ

ในด้านคุณภาพ จากการเปรียบเทียบการวิเคราะห์คำรายงานการแก้ปัญหา ของ ผู้

ชำนาญกับผู้ไม่ชำนาญโดยการรายงานความคิดในการแก้ปัญหาโดยวิธีการคิดออกเสียง ผู้ชำนาญมีการรายงานความคิดได้ลึกซึ้งกว่า มีความถูกต้องสมบูรณ์ และมีรายละเอียดมากกว่า

งานวิจัยที่ 2 : จำแนกชนิดของปัญหา

เป็นการให้จัดกลุ่มชนิดของปัญหา ตามความแตกต่างของประสบการณ์ในการแก้ปัญหาของผู้ชำนาญ และผู้ไม่ชำนาญ

ผู้ชำนาญเป็นนักศึกษาปริญญาเอกสาขาวิชาฟิสิกส์ 8 คน และผู้ไม่ชำนาญเป็นนักศึกษาปริญญาตรี ที่เรียนวิชากลศาสตร์ไปแล้ว 8 คน ให้ทั้ง 2 กลุ่มจำแนกประเภทปัญหาเกี่ยวกับวิชาฟิสิกส์เบื้องต้น 24 ปัญหาที่อยู่ในพื้นฐานเดียวกันเข้าด้วยกัน และดูว่าจะแก้ปัญหาอย่างไร

ผลการจำแนกปัญหาของกลุ่มผู้ชำนาญ และผู้ไม่ชำนาญพบว่า

ด้านปริมาณ ไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจน ระหว่างผู้ชำนาญ กับผู้ไม่ชำนาญในการจำแนกชนิดของปัญหา เพราะมีความใกล้เคียงกันของจำนวนประเภทของปัญหา และเวลาที่ใช้ในการจำแนกประเภท

ด้านคุณภาพ พบความแตกต่างกัน คือกลุ่มผู้ชำนาญจะจำแนกประเภทของปัญหาและระบุหลัก หรือกฎเกณฑ์ ที่เกี่ยวข้อง หรือใช้ในการแก้ปัญหานั้น โดยมีการพิจารณาที่ลึกซึ้งกว่าผู้ไม่ชำนาญ ที่จัดกลุ่มปัญหา โดยใช้โครงสร้างที่ผิวเผินเป็นพื้นฐานในการพิจารณา

งานวิจัยที่ 3 : จำแนกปัญหาที่กำหนดรูปแบบรูปแบบพิเศษ

เป็นการเสนอปัญหาที่กำหนดรูปแบบพิเศษให้กลุ่มตัวอย่างจำแนกประเภท เพื่อทดสอบสมมุติฐานซึ่งเนื่องมาจากงานวิจัยที่ 2 สมมุติฐานคือ ผู้ไม่ชำนาญจะจำแนกประเภทของปัญหาโดยพิจารณาโครงสร้างอย่างผิวเผิน และผู้ชำนาญจะจำแนกประเภทของปัญหา โดยพิจารณาโครงสร้างที่ลึกซึ้ง อาศัยกฎเกณฑ์ในระดับสูงมาประกอบการจำแนกประเภทของปัญหา

ปัญหาฟิสิกส์ที่กำหนดรูปแบบพิเศษ ด้านโครงสร้าง และกฎเกณฑ์ที่จะนำมาใช้แก้ปัญหา 20 ปัญหา ถูกนำเสนอให้กลุ่มผู้ชำนาญ และผู้ไม่ชำนาญจำแนกประเภท

ผลการวิจัยพบว่า ผู้ชำนาญจำแนกประเภทปัญหา โดยใช้กฎทางฟิสิกส์มาเป็นพื้นฐานในการจำแนก ในขณะที่ผู้ไม่ชำนาญจำแนกประเภทของปัญหาตามตัวอักษร หรือจากการอ่านโจทย์ปัญหาอย่างผิวเผิน ผลการวิจัยเป็นไปตามข้อสมมุติฐานที่ตั้งไว้ในข้างต้น

งานวิจัยที่ 4 : การจำแนกลำดับขั้นตอน

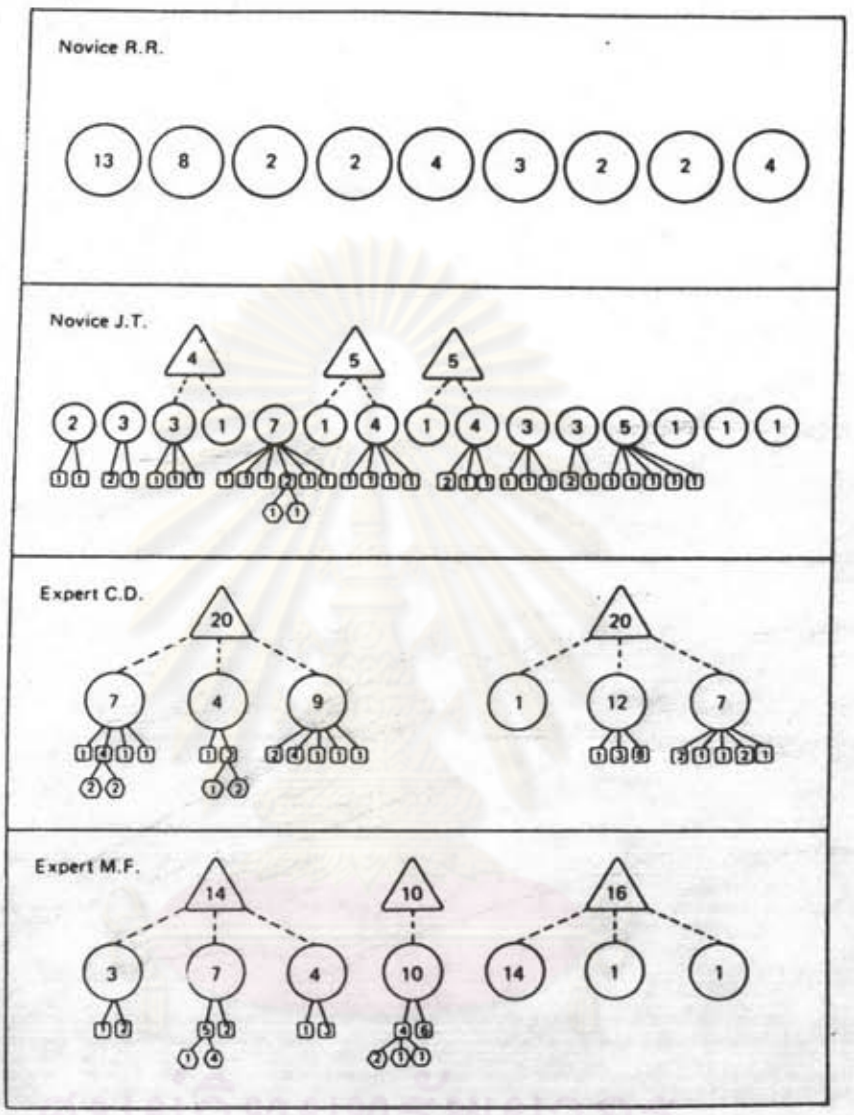
สืบเนื่องมาจากงานวิจัยที่ 2 และ 3 ทำให้เกิดความคิดที่ว่า การจำแนกประเภทของปัญหา น่าจะสอดคล้องกับโครงสร้างของปัญหา (problem schemata) และโครงสร้างเหล่านั้นสามารถแยกเป็นโครงสร้างย่อย สมมุติฐานในงานวิจัยนี้ก็คือ ผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญจะมีทักษะในการจัดโครงสร้างของปัญหาอยู่ในระดับที่ต่างกัน

กลุ่มตัวอย่าง แบ่งเป็น กลุ่มผู้ชำนาญคือ นักศึกษาปริญญาโท กลุ่มระดับกลาง คือ นักศึกษาปีที่ 4 และกลุ่มผู้ไม่ชำนาญ คือกลุ่มนักศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเป็นนักศึกษาวิชาเอกฟิสิกส์ ปัญหาที่ให้แก้มี 40 ปัญหา เลือกมาจากวิชากลศาสตร์พื้นฐานที่นักศึกษาปี 1 ต้องเรียน

วิธีในการศึกษา กระทำโดยการให้กลุ่มตัวอย่าง จัดกลุ่มของปัญหา ทั้ง 40 ปัญหา และให้บอกเหตุผลในการจัดกลุ่ม กลุ่มตัวอย่างต้องจัดประเภทของปัญหาเข้าด้วยกันในอันดับแรก จากนั้นก็จัดปัญหาในแต่ละกลุ่ม ออกเป็นกลุ่มย่อย และเชื่อมโยงปัญหาเข้าด้วยกันดังภาพ วงกลมหมายถึงการจัดปัญหา 40 ปัญหาออกเป็นกลุ่มๆ ตัวเลขในวงกลมหมายถึงจำนวนปัญหาในกลุ่มนั้น สี่เหลี่ยมคือการแตกปัญหาในกลุ่มออกเป็นกลุ่มย่อย และตัวเลขในสี่เหลี่ยมหมายถึงจำนวนปัญหาในกลุ่มย่อยสำหรับสามเหลี่ยม คือการเชื่อมโยงปัญหาเข้าด้วยกัน ตัวเลขในสามเหลี่ยม หมายถึงจำนวนปัญหาที่เชื่อมโยงเข้าด้วยกัน จะปรากฏเป็นภาพการจัดกลุ่มโครงสร้างของปัญหาทั้ง 40 ปัญหา

ผลการวิจัยที่นำเสนอในภาพต่อไปนี้ แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในการจัดหมวดหมู่โครงสร้างของปัญหาระหว่างผู้ชำนาญ และผู้ไม่ชำนาญได้อย่างชัดเจน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 1 แสดงความแตกต่างในการจัดโครงสร้างปัญหาของผู้ชำนาญ และ ผู้ไม่ชำนาญ ที่มา : McCormick, 1989 : 245

ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างในการแก้ปัญหาของผู้ชำนาญกับผู้ไม่ชำนาญ

ผู้ศึกษา	ด้าน	ผู้ชำนาญ	ผู้ไม่ชำนาญ
Chi et.al.1982	โครงสร้างความรู้ (knowledge - Structure)	1.แสดงให้เห็นถึงการสัมพันธ์สถานการณ์ที่ปรากฏเข้ากับกฎเกณฑ์ในระดับสูง(higher-order principles) 2.สามารถใช้กฎเกณฑ์ที่สัมพันธ์กับสถานการณ์มากำหนดรูปแบบของกระบวนการในการแก้ปัญหาได้ 3.สามารถประยุกต์เงื่อนไขเฉพาะของกฎเกณฑ์และนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้	1.ครอบคลุมเฉพาะเนื้อหาของสถานการณ์ที่กำหนดให้ในแต่ละเรื่องเท่านั้น 2.ไม่สามารถคิดถึงกฎเกณฑ์ในระดับสูงและนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้
Reif , 1980	การสร้างความคิดรวบยอดหลักเกณฑ์ในการแก้ปัญหาและการเสนอตัวแทนปัญหา	1.สามารถคิดปัญหานามธรรมออกมาเป็นความคิดรวบยอด ของปัญหานั้นและสร้างหลักเกณฑ์โดยอาศัยความรู้พื้นฐาน (knowledge base) 2.สามารถสร้างความพันธ์ระหว่างความคิดต่างๆ เข้าด้วยกัน 3.สามารถจัดหมวดหมู่ของปัญหาได้	1.คิดปัญหาอย่างง่ายๆ และเป็นรูปภาพ 2.ไม่สามารถสัมพันธ์ปัญหาเข้าด้วยกันได้ 3.แก้ปัญหาด้วยวิธีทั่วๆไป

ผู้ศึกษา	ด้าน	ผู้ชำนาญ	ผู้ไม่ชำนาญ
Larkin, 1985	การใช้หลักเกณฑ์ในการแก้ปัญหา	นำหลักเกณฑ์ต่างๆมาใช้ในการแก้ปัญหา (principles)	มองปัญหาอย่างผิวเผิน (surface - structure)
Adelson, 1984 Britton Glynn, 1987;Pressley, 1986;Pressley, Borkowski and Schnider,1987	ระบบในการปฏิบัติงาน	ใช้ความคิดลึกซึ้งมีหลักเกณฑ์ต่างๆที่จะสัมพันธ์ความคิดเข้าด้วยกัน	ใช้ความเข้าใจทั่วๆไปง่ายๆมาสร้างความสัมพันธ์ความคิด
Rohwer and Thomas,1989	ความสามารถในการแก้ปัญหา	1.ใช้เวลาพิจารณาทำความเข้าใจและวางแผนในการสร้างตัวแทนมากกว่า ผู้ไม่ชำนาญ 2.เชื่อมโยงโจทย์ปัญหาเข้ากับกฎเกณฑ์ในโครงสร้างความรู้ของตน 3.การใช้ความรู้ในเมตาคอคนิชั่น เป็นตัวกำหนดแนวทางการแก้ปัญหา ถามตัวเอง -เรากำลังทำอะไร -ทำไมจึงทำเช่นนั้น -จะนำผลการแก้ปัญหาไปใช้อย่างไร	1.ไม่มีการวางแผนในการสร้างตัวแทนปัญหาเมื่ออ่านโจทย์แล้ว ลงมือแก้ปัญหาเลย 2.สร้างตัวแทนปัญหาโดยการอธิบายให้รู้ว่าเป็นปัญหาเรื่องอะไร 3.การใช้ความรู้ในเมตาคอคนิชั่นในการแก้ปัญหา จะดำเนินดังนี้ -อ่านโจทย์ปัญหา -กำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา -ลงมือทำจนกว่าจะหมดเวลา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ศึกษา	ด้าน	ผู้ชำนาญ	ผู้ไม่ชำนาญ
Scandura, 1981	ความสามารถในการแก้ปัญหา	1. มีความรู้ที่สะสมไว้มากพร้อมที่จะนำไปใช้ 2. ใช้วิธีการขั้นสูงในการปฏิบัติการแก้ปัญหา 3. มีข้อมูลสะสมอยู่ในความจำมากและระลึกได้อย่างรวดเร็ว 4. มีการจัดระบบความรู้และวิธีการ เป็นโครงสร้างอย่างมีลำดับขั้น 5. นำความรู้และวิธีการออกมาใช้ได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง 6. แก้ปัญหาได้รวดเร็วและถูกต้อง	1. มีความรู้สะสมไว้เป็นความคิดรวบยอดน้อย 2. มีข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาน้อย 3. มีข้อมูลสะสมไว้ในความจำน้อย 4. มีศักยภาพในการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาต่ำ
Gick, 1986 Simon and Simon, 1978	วิธีการแก้ปัญหา วิธีการแก้ปัญหา	1. มีโครงสร้างความรู้สัมพันธ์กับปัญหา จึงสามารถใช้วิธีในการแก้ปัญหาเฉพาะด้านทำงานมุ่งไปข้างหน้า (working forward) โดยใช้ข้อมูลที่กำหนดให้สู่เป้าหมายในลักษณะของ กระบวนการในการแก้ปัญหา	1. มีโครงสร้างความรู้ที่สัมพันธ์กับปัญหาไม่เพียงพอจึงใช้วิธีทั่วๆ ไปในการแก้ปัญหาทำงานแบบย้อนกลับเป็นการกำหนดเป้าหมายย่อย (subgoal) เพื่อนำไปใช้เป็นกลวิธีในการแก้ปัญหา ตามด้วย means-ends - analysis

ผู้ศึกษา	ด้าน	ผู้ชำนาญ	ผู้ไม่ชำนาญ
Covington, 1974; Robenstein, 1975	ลักษณะของการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีแก้ปัญหาแบบตรงจุด (heuristic)	1. ทำความเข้าใจปัญหา 2. กำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาหลายทาง 3. มีการวางแผนในการแก้ปัญหา 4. วางแผนในการดำเนินการตามแนวทางที่วางไว้ 5. ลงมือดำเนินการ	ให้ความสำคัญต่อสิ่งเหล่านี้น้อย

จากการศึกษาวิจัยลักษณะของผู้ชำนาญ ผู้วิจัยสรุปลักษณะด้านต่างๆ ของผู้ชำนาญได้ดังนี้

1. ด้านความรู้เฉพาะด้าน
   1.1 ผู้ชำนาญมีความรู้พื้นฐานสะสมไว้มากกว่าผู้ไม่ชำนาญ
   1.2 ผู้ชำนาญมีการจัดระบบโครงสร้างความรู้พื้นฐานสัมพันธ์กับหลักเกณฑ์ขั้นสูง
   1.3 โครงสร้างความรู้พื้นฐานของผู้ชำนาญจะเป็นเครือข่ายที่ซับซ้อนมากกว่า
2. ด้านการนำความรู้พื้นฐานมาใช้
   2.1 ผู้ชำนาญ และผู้ไม่ชำนาญ มีความแตกต่างกันในการนำความรู้มาใช้ ทั้งในด้านความแม่นยำ และความรวดเร็วในการดึงความรู้มาใช้
   2.2 ผู้ชำนาญใช้ความรู้ที่สมบูรณ์ และสอดคล้องกับปัญหา มากกว่าผู้ไม่ชำนาญ
3. ด้านกระบวนในการคิดแก้ปัญหา
   3.1 ผู้ชำนาญมีวิธีแก้ปัญหาแบบ มุ่งไปข้างหน้า ผู้ไม่ชำนาญใช้วิธีการ ย้อนกลับ
   3.2 ผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญมีวิธีการสร้างตัวแทนปัญหาแตกต่างกันคือผู้ชำนาญใช้ความคิดในระดับสูง แต่ผู้ไม่ชำนาญใช้ความคิดแบบพื้นๆ ทั่วๆไป
   3.3 ผู้ชำนาญจะมีการวิเคราะห์ปัญหาก่อนลงมือแก้ปัญหา
   3.4 ผู้ชำนาญมีความรวดเร็วในการแก้ปัญหามากกว่าผู้ไม่ชำนาญ

4. ด้านการใช้ เมตาคอคนิชั่น ผู้ชำนาญมีการใช้ เมตาคอคนิชั่น ในการตรวจสอบงานที่ทำ

3. <u>ความรู้เฉพาะด้าน</u> (Domain - Specific Knowledge)

ความรู้เฉพาะด้าน เป็นโครงสร้างความรู้เฉพาะในเนื้อหาวิชา และวิธีการแสวงหาความรู้ในวิชานั้นๆ ซึ่งโครงสร้างความรู้นี้ จะทำให้ผู้เรียนเรียนในเรื่องนั้นได้ อย่างมีประสิทธิภาพ (Rohwer and Thomas,1989 : 104-132; Bourne, 1986 : 266-267) โครงสร้างความรู้เฉพาะด้าน มีองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการ (Alexander and Judy, 1988 : 375-404; English,1992 : 203-216) คือ

1) ความรู้เกี่ยวกับความคิดรวบยอด (Conceptual Knowledge)

2) ความรู้เกี่ยวกับการดำเนินการ (Procedural Knowledge)

3.1 <u>ความรู้เกี่ยวกับความคิดรวบยอด</u> หมายถึงส่วนที่เป็นเนื้อหา เป็นความคิดรวบยอดว่า รู้อะไร (knowing what) ความเข้าใจคำ หรือข้อความ เป็นความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เก่า และความเกี่ยวพันต่อเนื่องระหว่างส่วนต่างๆของโครงสร้างความรู้ อาจเป็นคำหรือข้อความก็ได้ รูปแบบโครงสร้างความรู้นี้ ถ้ามีการจัดระบบให้ดี จะทำให้เกิดการเรียนรู้ได้เร็ว (Heiber and Lefevre, 1986 : 1-27)

ในการจัดระบบความรู้ในความคิดรวบยอด จากการศึกษาความแตกต่างของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ของผู้ชำนาญ กับผู้ไม่ชำนาญที่พบอยู่เสมอคือ มีการจัดระบบความรู้แตกต่างกัน และยังพบว่า ผู้ชำนาญมีความรู้สะสมไว้ในความจำมากกว่า (Larkin, 1980 : 317-345; Chi, 1982 : 7-72) วิธีการที่จะทราบว่านักเรียนมีการจัดระบบความรู้อย่างไร จะต้องใช้การอ้างอิง เช่น จากการระลึกโดยเสรีหลังจากที่ได้บอกคำที่กำหนด การให้จัดเรียงประเภทของปัญหา แล้วใช้การสัมภาษณ์เหตุผลในการจัดกลุ่ม เพื่อดูว่าความรู้เหล่านั้น มีการจัดกลุ่มและสัมพันธ์กันอย่างไร (Chi,et.al.1982 : 7-76; Silver,1981 : 54-64) นอกจากนี้ยังพิจารณาความสามารถในการที่จะบอกว่า มีสิ่งใดที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาหรือไม่ อย่างไร

ด้านการจัดกลุ่มปัญหา เพื่อตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างความรู้ พบว่า ผู้ชำนาญ นอกจากมีปริมาณของเนื้อหาความรู้มากกว่าแล้ว ในการจำแนกกลุ่มปัญหา มีเกณฑ์ในการแบ่งที่เป็นมาตรฐานสูงกว่า เช่นใช้กระบวนการคิดเป็นเกณฑ์ ส่วนผู้ไม่ชำนาญมักใช้ความคล้ายคลึงด้านภาษา เนื้อหา ซึ่งเป็นลักษณะของโครงสร้างผิวเผินเป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่ม

โครงสร้างของความเข้าใจ จะประกอบด้วย การเห็นความสัมพันธ์ของความรู้ การจำ และความสามารถที่จะดึงความรู้นั้นมาใช้ ดังนั้นผู้แก้ปัญหา จะต้องมีความสามารถในการเปรียบเทียบด้วยว่าปัญหาแต่ละปัญหาจะใช้โครงสร้างความรู้ใดในการแก้ปัญหา ในการสอนเพื่อฝึกความสามารถในการจัดระบบความรู้นี้ จะต้องคำนึงความชัดเจนของคำ ความคิดรวบยอด และความสัมพันธ์ของสิ่งเหล่านี้ จะต้องตัดสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องออกไปจากโครงสร้างความรู้ในสิ่งที่สอนให้มากที่สุด จะต้องมีวิธีการจำการจัดเรียงปัญหาโดยใช้เกณฑ์ต่างๆ ดังเช่นการวิจัยของ Schoenfeld (1982 : 25-37) ที่สามารถฝึกนักเรียนระดับประถมผู้ไม่ชำนาญในการรับรู้ปัญหา โดยจัดโปรแกรมการฝึกการแก้ปัญหา (Technique of Problem Solving Course) ซึ่งใช้เวลาในการฝึก 18 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง ในการฝึก มีการสอนการพิจารณาปัญหา โดยการฝึกให้นักเรียนจัดกลุ่มปัญหา(sorting cards) ตามลักษณะโครงสร้างแบบลึก (deep structure) หลังจากการฝึก ปรากฏว่านักเรียนสามารถรับรู้ปัญหาในลักษณะความรู้ความเข้าใจตามแบบของผู้ชำนาญได้

การพัฒนาความรู้เกี่ยวกับความคิดรวบยอดต้องอาศัยกระบวนการ 3 อย่าง(Larkin 1985 : 140-159) คือ

1) การสะสมความรู้พื้นฐาน (knowledge base) ยิ่งมีปริมาณของความรู้สะสมไว้มาก จะยิ่งทำให้การคิดมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2) การแต่งเติมรายละเอียด (Elaboration) เป็นกระบวนการเพิ่มเติมข้อมูลต่างๆ ลงไปในข้อความ หรือคำ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น สิ่งที่เพิ่มเติมลงไปได้แก่ การอ้างอิงตามหลักตรรกศาสตร์ สร้างสิ่งที่ต่อเนื่องกัน การเชื่อมกับตัวอย่าง รายละเอียด หรือสิ่งต่างๆ ที่เชื่อมโยงกันกับข้อมูล ซึ่งจะทำให้มองเห็นว่า คำ หรือข้อความเหล่านั้น เกี่ยวข้องกับสิ่งที่จะเรียนรู้อย่างไร

3) การจัดระบบ (Organization) เป็นกระบวนการในการจำแนกชุดของข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยๆ และแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของส่วนย่อยๆนั้นในหน่วยเดียวกัน ซึ่งจะทำให้เห็นถึงลักษณะของโครงสร้างความรู้ ว่ามีการเรียบเรียงกันอยู่ในลักษณะใด

3.2 <u>ความรู้ด้านการดำเนินการ</u> เป็นการรวบรวมความรู้เกี่ยวกับความคิดรวบยอดมาจัดเป็นกระบวนการเพื่อนำไปปฏิบัติ เป็นความรู้ว่าจะทำอย่างไร (knowing how) และรวมไปถึง การรู้ว่า จะใช้ความรู้นั้น ที่ใด และ เมื่อใด (knowing where and when) (English,1992 : 201-216; Gagne', 1985 : 102-106)

Gagne' กล่าวว่า การใช้ความรู้ด้านการดำเนินการในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 2 ลักษณะคือ

1) การระลึกรูปแบบ (pattern recognition) เป็นการใช้ทักษะด้านการจำแนกประเภท เพื่อระลึกรูปแบบที่เคยใช้มาก่อนในการแก้ปัญหา และ

2) การกำหนดลำดับขั้นในการกระทำ (action sequence) เป็นความสามารถ ในการบอกขั้นตอนของการปฏิบัติการทางสัญลักษณ์ในการแก้ปัญหา

ลักษณะที่สำคัญอีกประการหนึ่ง ของการใช้ความรู้ด้านการดำเนินการในการแก้ปัญหาก็คือการคาดคะเนคำตอบ การคาดคะเนนี้ต้องเป็นไปอย่างฉลาด คือ มีหลักเกณฑ์ในการคาดคะเน ในการศึกษาของ Reys และคณะ(1982) ในด้านการคาดคะเนคำตอบโดยการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับ 7-12 ที่เป็นนักคาดคะเนที่ดี ถึงกลวิธีที่เขาใช้พบว่ามี 3 รูปแบบคือ

1) การปรับค่าใหม่(Reformulation) เป็นการใช้ข้อมูลรอบๆตัวประมาณค่า เช่น 87,421 จะประมาณค่าเป็น 87,000

2) การเปลี่ยนรูปแบบ (Translation) จะเปลี่ยนโครงสร้างคำถามจะเป็นรูปอื่น เช่น 504+492+487 มีค่าเท่าไร ก็จะเปลี่ยนแปลงไปใช้การคูณ คือ 500 x 3 มีค่าประมาณ 1500

3) การทดแทนค่า (Compensation) เป็นการปรับค่าตัวเลข เพื่อให้มีค่าเท่ากัน หรือเป็นกระทำในลักษณะตรงข้าม เช่นตัวอย่างในข้อ 2 ผู้ตอบอาจบอกว่า ประมาณการโดย 500 X 3 คำตอบต่ำกว่า 1500 เล็กน้อย เพราะจำนวนที่ลบน้อยกว่าตัวที่เพิ่มเพื่อให้ครบ 500

ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ จะต้องใช้ทั้งความรู้ในด้านความคิดรวบยอด และความรู้ในการดำเนินการ คือต้องใช้ทั้ง ความรู้พื้นฐาน กระบวนการแต่งเติมรายละเอียด การจัดระบบ การระลึกรูปแบบ และการกำหนดขั้นตอนการดำเนินการ แต่มีปัญหาว่าจะเชื่อมโยงทั้งสองสิ่งนี้เข้าด้วยกันได้อย่างไร Derry (1989 : 49-65) ได้เสนอวิธีการที่จะเชื่อมโยงความรู้ด้านความคิดรวบยอด ไปยังความรู้ด้านการดำเนินการ ไว้ดังนี้

1) การสร้างตัวแทนความรู้ด้านความคิดรวบยอด คือการสะสมจำนวนความรู้ไว้ในความจำ และความสามารถที่จะดึงความรู้ที่สะสมไว้ออกมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ ผู้ชำนาญในการแก้ปัญหาจะมีความรู้ที่สะสมไว้ในระบบความจำมากกว่าผู้ไม่ชำนาญ ทำให้ดึงความรู้ออกมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ง่ายและรวดเร็ว ส่วนผู้ไม่ชำนาญมีความรู้บันทึกไว้ในระบบความจำน้อยกว่าจึงนำออกมาใช้ในการแก้ปัญหาปัญหาได้ช้า และมีแนวโน้มว่าจะมีความผิดพลาดในการแก้ปัญหาได่ง่ายด้วย

2) การสร้างการดำเนินงาน (Proceduralization)เป็นการจำสิ่งที่เป็นตัวแทนความรู้ด้านคิดรวบยอดเข้าไว้ในความจำระยะยาวอย่างเป็นระบบระเบียบ และสามารถที่จะดึงมาใช้ได้

3) การประสาน (Composition) เป็นการเชื่อมโยงการคิดในแต่ละส่วนย่อยที่จัดเป็นระบบระเบียบเข้าด้วยกัน เพื่อนำไปสู่การปฏิบัติการ

จากแนวคิดของ Gagne'(1985) และ Derry (1989) จะเห็นได้ว่าในการพัฒนาความรู้ด้านดำเนินการนั้น จะต้องมีความรู้ที่เป็นความคิดรวบยอดมาก่อน และสร้างเป็นตัวแทนทางความคิดขึ้น เก็บไว้ในความจำระยะยาว ที่สามารถดึงมาใช้ได้ รวมทั้งต้องมีการประสานกันระหว่างความคิดย่อย เพื่อสามารถนำไปสู่ความรู้ด้านการดำเนินการ เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาต่อไป ในการพัฒนาความสามารถด้านนี้ทำได้ด้วยการฝึกบ่อยๆ

3.3 โครงสร้างความรู้เฉพาะด้านคณิตศาสตร์

ตามทัศนะของ Greeno (1978 : 1880B) และ Shavelson (1972 : 225-234) ได้แบ่งโครงสร้างความรู้ด้านคณิตศาสตร์ไว้ 2 ประเภท ตามลักษณะของความรู้เฉพาะด้านที่กล่าวไว้ข้างต้น คือ

1) โครงสร้างด้านความคิดรวบยอด (Conceptual Structure หรือ Propositional Structure) หมายถึง ตัวแทนความหมายของความคิดรวบยอด และ การปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ (Shavelson, 1981 : 225-234) เช่น จะมีความเข้าใจเรื่องการเปรียบเทียบจำนวน จำเป็นต้องมีความรู้ในเรื่องความสัมพันธ์ของความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเรื่องความมากกว่า และความน้อยกว่า

2) โครงสร้างด้านการดำเนินการ (Procedural Structure หรือ Algorithemic Structure) มีรูปแบบคล้าย ๆ กับโครงสร้างด้านความคิดรวบยอด แต่แตกต่างกันที่แบบของโครงสร้าง โครงสร้างด้านการดำเนินการนั้น อธิบายลำดับขั้นของการใช้กฎ สูตร หรือ หลักเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ เพื่อดำเนินการไปสู่การแก้ปัญหา

3.4 <u>การใช้ความรู้เฉพาะด้านในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์</u>

กระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยแท้จริงแล้วเป็นกระบวนการในการแก้ปัญหาเพราะผู้เรียนจะต้องดำเนินการ โดยเริ่มตั้งแต่ การได้รับปัญหาคณิตศาสตร์เข้าสู่การรับรู้ของบุคคล ซึ่งจะต้องใช้ความสามารถในด้านการรับรู้ ความจำ การแปลความหมาย การคำนวณ ความรู้ที่มีอยู่เดิม และการใช้กลวิธีที่จะแก้ปัญหา จนได้คำตอบ

Gagne' (1985 : 229-261) อธิบายว่าความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ประกอบด้วย ทักษะในการคิดคำนวณ และความเข้าใจในความคิดรวบยอด

1. ทักษะด้านการคิดคำนวณ (Computational Skill) เป็นทักษะที่ประเมินได้จากความรวดเร็ว และความถูกต้องแม่นยำในการคำนวณ สิ่งที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการคิดคำนวณคือมีวิธีการคิดที่ผิดพลาด และการขาดทักษะพื้นฐานที่จะนำมาใช้ในการคำนวณ ความผิดพลาดในการคำนวณ อาจเป็นไปได้ทั้งทักษะเป้าหมาย และทักษะย่อย Hershkowitz และ Bruckheimer (1981) ได้ศึกษาว่า การแก้ปัญหาเกี่ยวกับการบวกเศษส่วนมีข้อผิดพลาดอย่างไรบ้าง และ พบความผิดพลาดในสองประการดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นในการสอนคณิตศาสตร์จะต้องปฏิบัติดังนี้

1.1 ประเมินทักษะพื้นฐานของนักเรียนก่อน โดยการวิเคราะห์ว่า ในเรื่องที่จะสอนนั้นต้องใช้ความสามารถพื้นฐานใดบ้าง

1.2 ฝึกและตรวจสอบผลการฝึก จะต้องมีการฝึกอยู่เสมอๆ ตลอดจนการตรวจผลการฝึกในการคิดคำนวณว่ามีความผิดพลาดอย่างใดจะมีวิธีการแก้ไขอย่างไร

2. ความเข้าใจในความคิดรวบยอด (Conceptaul Understanding) ได้แก่ ความเข้าใจในปัญหา มีความสำคัญต่อการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ เพราะถ้านักเรียนไม่มีความเข้าใจในปัญหาก็จะไม่สามารถแก้ปัญหาได้ คุณลักษณะที่สำคัญของความเข้าใจก็คือการจัดระบบความรู้ (Knowledge Oganization)

ตารางสรุปองค์ประกอบของความรู้เฉพาะด้าน

ผู้ศึกษา	องค์ประกอบ	ลักษณะในองค์ประกอบ
Alexander and Judy,1988; Heiber and Lefevre, 1986; Larkin,1980 Chi,1982; Silver, 1981;Schoenfeld, 1982;English,1992; Greeno,1978	ความรู้ด้าน ความคิดรวบยอด	- ปริมาณของความรู้พื้นฐานที่มี - การจัดความรู้ไว้ในระบบความจำ - การสัมพันธ์ความรู้แต่ละหน่วย - การจัดรูปแบบโครงสร้างความรู้ - ความสามารถในการนำความรู้ออกมาใช้ - การเข้าใจคำ ข้อความ
Alexander and Judy,1988; English,1992; Gagne'1985;Reys, 1982;Greeno,1978; Shavelson,1981	ความรู้ด้าน ด้านการดำเนินการ	- การใช้ความ อย่างไร และ เมื่อไร (how,and when) - การระลึกรูปแบบว่าอยู่ในเรื่องใด - การอธิบายขั้นตอนการใช้ กฎเกณฑ์ หลักการในการแก้ปัญหา - การประมาณค่า - การกำหนดขั้นตอนในการปฏิบัติ

จากแนวคิดและงานวิจัยเกี่ยวกับความรู้เฉพาะด้าน ที่อ้างอิงไว้ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความรู้เฉพาะด้านนั้นเป็นความรู้เฉพาะในเนื้อหาวิชา หรือเนื้อหาของงานที่ต้องทำ ในการวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นในเรื่องของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ความรู้เฉเพาะด้าน จึงเป็นความรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 องค์ประกอบ คือ

1. ความรู้ด้านความคิดรวบยอด คือความรู้ในนิยาม สูตร และ หลักเกณฑ์ ทางคณิตศาสตร์ ความาสามารถในการระบุคำ หรือข้อความในโจทย์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และ ความสามารถในการจำแนกประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์ ตามลักษณะโครงสร้างความรู้ ซึ่งแบ่งเป็นโครงสร้างความรู้แบบลึก และโครงสร้างความรู้แบบผิวเผิน

2. ความรู้ด้านการดำเนินการ เป็นความรู้ในการประมาณค่าคำตอบของโจทย์ปัญหา เหตุผล หรือวิธีการในการประมาณค่าคำตอบ การระบุหลักการสำคัญทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา และความรู้ในลำดับขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. กระบวนการในการคิดแก้ปัญหา

กระบวนการในการคิดแก้ปัญหา คือการดำเนินการตามลำดับขั้นตอนของการคิดตั้งแต่เริ่มเห็นปัญหา จนสิ้นสุดการแก้ปัญหา

4.1 ลำดับขั้นตอนในกระบวนการคิดแก้ปัญหา

ในการศึกษากระบวนการในการแก้ปัญหานั้น มีผู้เสนอแนวคิดไว้หลายท่าน ขั้นตอนของกระบวนการในการแก้ปัญหานั้น ส่วนใหญ่แล้วมีความคล้ายคลึงกัน จะแตกกต่างกันในเรื่องการแบ่งขั้นตอน ซึ่งจะขอเสนอแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดแก้ปัญหาไว้ดังนี้

Wallas (1972 :215-247) ได้เสนอกระบวนการในการคิดแก้ปัญหาไว้ในหนังสือ The Art of Thought ว่ามีอยู่ 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเตรียม (Preparation) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหา เลือกปัญหา รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา เป็นความพยายามเบื้องต้น ที่จะแก้ปัญหา 2) ขั้นพักตัว (Incubation) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาหันความสนใจออกไปจากปัญหาไปยังกิจกรรมอื่นๆ 3) ขั้นเกิดความคิด หรือ ขั้นเข้าใจปัญหา (Illumination) ผู้แก้ปัญหาจะมีความคิด "แว้บ" ขึ้นในสมอง 4) ขั้นตรวจสอบ (Verification) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหา ตรวจสอบคำตอบของตนว่าสามารถใช้ได้หรือไม่

Wilson (1981 อ้างจาก มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2526 : 298-319) ได้แบ่งลักษณะของการคิดในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ไว้ 4 ขั้นตอน คือ

1) การรู้ เป็นความความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนมาแล้ว ทั้งในด้านข้อเท็จจริง ศัพท์ นิยาม ตลอดจน ความสามารถในการดำเนินการคิดโจทย์อย่างเป็นลำดับขั้นตอน

2) ความเข้าใจ เป็นความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้ว มาสัมพันธ์กับโจทย์หรือปัญหาใหม่ ตลอดจนความสามารถในการตีความ แปลความ และ ขยายความได้ เป็นความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอด ความเข้าใจเกี่ยวกับ สูตร กฎ และหลักการ ความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการแปลงโจทย์จากรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง ความสามารถในการดำเนินความคิดตามแนวของเหตุผลที่วางไว้ ความสามารถในการอ่าน และ ตีความโจทย์

3) การนำไปใช้ เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาต่างๆ ที่คล้ายคลึงกับที่เคยเรียนมาแล้ว ได้แก่ ความสามารถในการแก้โจทย์ที่คุ้นเคย ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลว่าข้อมูลส่วนใดจำเป็นต่อการแก้ปัญหาโจทย์ ความสามารถในการระลึกถึงข้อมูล การแปลงปัญหา และ การจัดกระทำข้อมูล

4) การวิเคราะห์ เป็นการนำความรู้ทั้ง 3 ขั้นข้างต้น มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยมาก่อน สามารถสร้างข้อพิสูจน์ บอกเหตุผล และความถูกต้องของข้อพิสูจน์ที่สร้างขึ้น

Wessells (1972 : 72-94) เสนอกระบวนการในการคิดแก้ปัญหา ไว้ 4 ขั้นคือ การทำความเข้าใจและการสร้างตัวแทนปัญหา การเลือกหรือการวางแนวทางแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และ การประเมินผลการแก้ปัญหา

จะเห็นว่าลำดับขั้นตอนในกระบวนการคิดแก้ปัญหาที่มีผู้ศึกษาและเสนอไว้ดังกล่าวข้างต้น มีลำดับขั้นตอนพอสรุปได้ดังนี้

1. การศึกษาและทำความเข้าใจปัญหา
2. การวางแผนในการแก้ปัญหา
3. การลงมือคิดแก้ปัญหา และ
4. การตรวจสอบการแก้ปัญหา

4.2 กระบวนการคิดแก้ปัญหาตามทฤษฎีการประมวลผลข้อมูล (Information Processing)

ทฤษฎีนี้ใช้การอธิบายกระบวนการด้านการคิดว่าเหมือนกับการทำงานของคอมพิวเตอร์ กล่าวคือ มีการใส่ข้อมูล (input) เข้าไป และจะมีตัวปฏิบัติการ (processor) และการนำผลออกมา(output) ในทัศนะของนักจิตวิทยาปัญญานิยม อธิบายกระบวนการคิดของมนุษย์ตามแนวทฤษฎีการประมวลข่าวสารว่า ในการเรียนรู้ผู้เรียนสามารถควบคุมอัตราการเรียนรู้และขั้นตอนการเรียนรู้ได้ และการเรียนรู้นั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงความรู้ของผู้เรียน ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ ได้แก่ความสามารถในการเรียนรู้ และจัดเก็บความรู้เพื่อดึงมาใช้ได้เมื่อต้องการ ดังนั้นกระบวนการที่สำคัญก็คือกระบวนที่เกิดขึ้นในสมอง ซึ่งต้องใช้ความสามารถหลายอย่างในการที่จะคิดหรือ การทำงาน ที่ต้องใช้กระบวนการทางปัญญา กระบวนการที่เกิดขึ้นในสมองไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่สามารถศึกษาได้จากการอ้างอิง หรือการคาดคะเนกระบวนการนั้น (Klausmeier, 1985 : 73-75)

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา นักจิตวิทยาได้ใช้กระบวนการทางคอมพิวเตอร์ มาอธิบายรูปแบบการคิด โดยเปรียบเทียบกระบวนการคิดของมนุษย์ กับประมวลผลข้อมูลของคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การยอมรับข้อมูล (accept information)
2. การจัดกระทำ และการแปลงข้อมูลที่รับมา (manipulate and transform)
3. การเก็บรักษาข้อมูล (storage)
4. การนำข้อมูลออกมาใช้ได้อย่างเหมาะสมกับสถานการณ์ (retrieval)

เทคนิควิธีการที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนนั้น เป็นเทคนิคที่เกี่ยวกับกระบวนการคิดที่เกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไข หรือสถานการณ์ต่างๆ โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์ที่ได้รับการฝึกฝนหรือเรียนรู้มา กระบวนการนี้ เรียกโดยทั่วไปว่า กระบวนการประมวลผลข้อมูล (information processing)

Sternberg (1986 : 41-78) ได้กล่าวถึง กระบวนการประมวลผลข้อมูลอย่างสมบูรณ์แบบ (Executive Information Prosessing) ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาสติปัญญา ในการวางแผน การตรวจสอบ และ การประเมินการแก้ปัญหา ตลอดจนการปฏิบัติ ที่เรียกว่า Metacomponents วิธีการนี้จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา โดย Sternberg ได้แนะ

นำกระบวนการคิดนี้ไว้ 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การนิยามธรรมชาติของปัญหา เป็นการทบทวนปัญหาเพื่อทำความเข้าใจ ต่อจากนั้นก็เป็นการตั้งเป้าหมาย และนิยามปัญหา เพื่อจะนำไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้

ขั้นที่ 2 การเลือกองค์ประกอบ หรือขั้นตอนที่จะใช้ในการแก้ปัญหา เป็นการกำหนดขั้นตอน ให้แต่ละขั้นตอนมีขนาดที่เหมาะสม ไม่กว้างเกินไป หรือไม่แคบเกินไป ขั้นแรกควรเป็นขั้นตอนที่ง่ายไว้ก่อน เพื่อเป็นการเริ่มต้นที่ดี ก่อนจะกำหนดขั้นตอนต่อๆไป ควรพิจารณารายละเอียดในแต่ละขั้นตอนให้ถี่ถ้วนก่อน

ขั้นที่ 3 การเลือกกลวิธีในการจัดลำดับองค์ประกอบในการแก้ปัญหา ต้องแน่ใจว่ามีการพิจารณาปัญหาอย่างทั่วถึงแล้ว ไม่ด่วนสรุปในสิ่งที่เกิดขึ้น เพราะอาจเกิดการผิดพลาดได้ ต้องแน่ใจว่าการเรียงลำดับขั้นตอนเป็นไปตามลักษณะธรรมชาติ หรือหลักเหตุผลที่จะนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ

ขั้นที่ 4 การเลือกตัวแทนทางความคิดเกี่ยวกับข้อมูลของปัญหา ซึ่งต้องทราบรูปแบบความสามารถของตน ใช้ตัวแทนทางความคิดในรูปแบบต่างๆ จากความสามารถที่ตนมีอยู่ ตลอดจน ใช้ตัวแทนจากภายนอกมาเพิ่มเติม

ขั้นที่ 5 การกำหนดแหล่งข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ จะต้องมีการทุ่มเทเวลาให้กับการวางแผนอย่างรอบคอบ ใช้ความรู้ที่มีอยู่อย่างเต็มที่ในการวางแผน และการกำหนดแหล่งข้อมูลที่จะนำมาใช้ประโยชน์ มีความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงแผนและแหล่งข้อมูล เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพการณ์ในการแก้ปัญหา และ แสวงหาแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์แหล่งใหม่ๆอยู่เสมอ

ขั้นที่ 6 การตรวจสอบวิธีแก้ปัญหา ว่าเป็นวิธีที่นำไปสู่เป้าหมายที่วางไว้หรือไม่

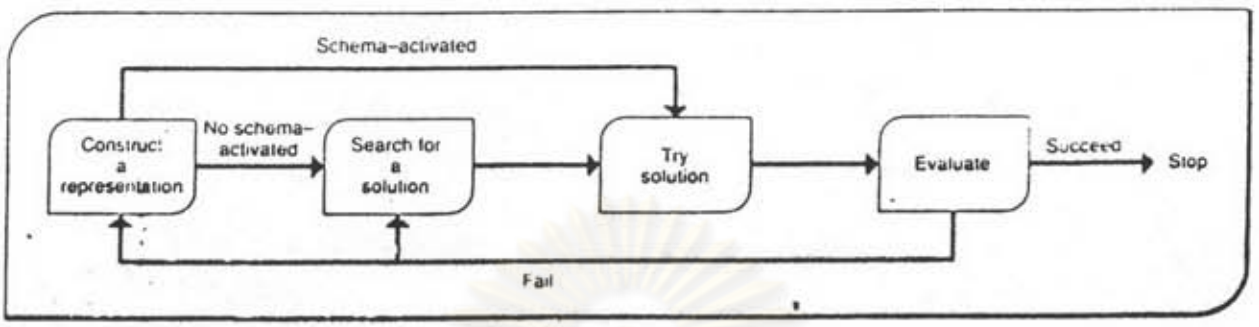
ในทฤษฎีการประมวลผลข้อมูลนี้ การแก้ปัญหาได้เน้นกระบวนการที่สำคัญ 2 ประการ (Greeno, 1980 : 1980B; Simon, 1981 : 365-375) คือ

1. การสร้างตัวแทนของปัญหา (Problem representation) ผู้แก้ปัญหา พยายามทำความเข้าใจปัญหา โดยเชื่อมโยงปัญหากับความรู้เดิมที่มีอยู่ และสร้างเป็นตัวแทนของปัญหาขึ้น ในรูปแบบต่างๆ

2. กระบวนการแก้ปัญหา(Solution process) เป็นการค้นหาขอบข่ายของปัญหา (Problem space) ซึ่งเป็นการใช้ความเข้าใจ รวมไปถึงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่กำหนดมาให้ในปัญหานั้น และการสร้างรูปแบบในการแก้ปัญหาขึ้น

I17193593

กระบวนการแก้ปัญหาตามแนวทางนี้ แสดงได้ดังภาพ



ภาพที่ 2 แสดง กระบวนการแก้ปัญหา ที่มา : Gick 1986 : 101

อย่างไรก็ตาม กระบวนการคิดแก้ปัญหาตามทฤษฎีการประมวลผลข้อมูล อาจสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. การสร้างตัวแทนปัญหา อาจใช้การสร้างสัญลักษณ์ วาดรูป ทำแผนผัง หรือแผนภูมิ เพื่อทำให้เข้าใจปัญหาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2. การคิดวิธีการแก้ปัญหา เป็นการรวบรวมวิธีการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เพื่อนำไปสู่คำตอบ รวมไปถึงการวางแผน และจัดลำดับขั้นตอนในการดำเนินการแก้ปัญหา

3. การลงมือแก้ปัญหา เป็นการปฏิบัติตามแผน และขั้นตอนที่กำหนดไว้

4. การประเมินผลการดำเนินการแก้ปัญหา ว่ามุ่งไปสู่คำตอบหรือเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่ ถ้าไม่ อาจทบทวนวิธีการคิดตั้งแต่ต้นใหม่ ว่าผิดพลาดหรือบกพร่องในจุดใด เพื่อจะได้ปรับปรุงกระบวนการแก้ปัญหา ให้บรรลุเป้าหมาย

4.3 กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามหลักของ Polya

George Polya ซึ่งเป็นนักคณิตศาสตร์ ได้คิดรูปแบบในการแก้ปัญหา เป็นรูปแบบที่ได้รับการนิยมและนำไปใช้อย่างกว้างขวาง ใช้ได้กับปัญหาทางคณิตศาสตร์ทุกระดับ รูปแบบการแก้ปัญหาของ Polya มี 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้ (Polya, 1971 : 191-223)

ขั้นที่ 1 การเข้าใจปัญหา ต้องทำความเข้าใจว่า สิ่งใดที่เราต้องค้นหา สิ่งใดคือข้อมูล สิ่งใดคือเงื่อนไข และเงื่อนไขนั้นจะเป็นตัวที่นำไปสู่สิ่งที่เราต้องการค้นหาหรือไม่ จาก

นั้นเป็นการวาดแผนผังเพื่อแสดงให้เห็นถึงจุดที่สำคัญได้ และแยกเงื่อนไขออกเป็นตอน ๆ

ขั้นที่ 2 การคิดวางแผนในการแก้ปัญหา เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล กับสิ่งที่ต้องการค้นหา แต่หากไม่สามารถหาพบได้อย่างทันทีทันใด ต้องรู้จักพิจารณาปัญหาข้างเคียงมาประกอบการวางแผน ในการคิดวางแผนนี้ ต้องพิจารณาว่า เคยเห็นปัญหานั้นหรือปัญหาแบบเดียวกันนั้นมาก่อนหรือไม่ ทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องหรือทฤษฎีที่จะเป็นประโยชน์ต้องการแก้ปัญหาหรือไม่ หากเป็นปัญหาที่เคยพบหรือคล้ายกับปัญหาที่เคยพบมา จะใช้วิธีการเดิมในการแก้ปัญหาได้หรือไม่ ถ้าไม่สามารถแก้ปัญหาทั้งหมดได้ ก็พยายามแก้ปัญหาบางส่วนก่อน และพิจารณาว่าปัญหานั้นเป็นปัญหาทั่วๆ ไปหรือเป็นปัญหาที่เฉพาะเจาะจง

ขั้นที่ 3 การดำเนินการตามแผน ในการลงมือแก้ปัญหานั้น ต้องมีการทบทวนขั้นตอนแต่ละขั้นตอน ดูว่าเป็นขั้นตอนที่ถูกต้องหรือไม่ สามารถทดสอบได้หรือไม่ว่าถูกต้อง

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบการดำเนินการ เป็นการทบทวนผลลัพท์ จากการดำเนินการแก้ปัญหา และพิจารณาว่าสามารถใช้วิธีการนี้ในการปัญหาอื่น ๆ ได้หรือไม่

จะเห็นว่าการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์นั้น จะประกอบด้วย ความรู้พื้นฐาน กระบวนการในการแก้ปัญหา และ เมตาคอคนิชั่น

4.4 กระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ของ Krulik

Krulik (1987 : 45-46) ได้เสนอวิธีการในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และยังสามารถนำไปแก้ปัญหาโดยทั่วไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยวิธีแก้ปัญหาแบบตรงจุด (heuristic) โดยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 การอ่านโจทย์ (Read) ประกอบด้วย การบันทึกคำสำคัญจากโจทย์ การอธิบายปัญหา การทวนปัญหาด้วยคำพูดของตนเอง บอกว่าโจทย์ถามอะไร และ บอกว่าโจทย์กำหนดข้อมูลใดมาให้บ้าง

ขั้นที่ 2 การสำรวจรายละเอียดของปัญหา (Explore) ประกอบด้วย การจัดระบบข้อมูล การบอกว่าข้อมูลเพียงพอหรือไม่ การบอกว่าข้อมูลมากเกินไปหรือไม่ การวาดรูป หรือไดอะแกรม และ การเขียนแผนภูมิ หรือตาราง

ขั้นที่ 3 การเลือกวิธี (Select a Strategy) ประกอบด้วย การระลึกรูปแบบการทำงานย้อนกลับ การการคาดคะเน และการตรวจสอบ การสร้างสถานการณ์ หรือการทด

ลอง การเขียนโครงสร้างในการจัดระบบหรือรายการที่จะช่วยในการแก้ปัญหา การอนุมาณทางตรรกศาสตร์ และ การแบ่งปัญหาออกเป็นตอนๆ เพื่อเตรียมการแก้

ขั้นที่ 4 การลงมือแก้ปัญหา (Solve) ประกอบด้วย การดำเนินการตามแผน การใช้ทักษะการคำนวณ การใช้ทักษะทางเรขาคณิต การใช้ทักษะทางพีชคณิต และ การใช้ตรรกศาสตร์เบื้องต้น

ขั้นที่ 5 การพิจารณาคำตอบ และการขยายผล (Review and Extend) ประกอบด้วย การทบทวนคำตอบ การพิจารณาข้อความปัญหาบางตอนที่น่าสนใจ การใช้คำถาม ถ้า....แล้ว (if...then) และ การอภิปรายการแก้ปัญหา

จะเห็นได้ว่า กระบวนการคิดแก้ปัญหาของ Sternberg (1986) Polya (1971) และ Krulik (1987) มีขั้นตอนใกล้เคียงกันมาก คือเริ่มต้นจากการทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนหาวิธีการแก้ปัญหา การจัดลำดับขั้นตอน และการปฏิบัติตามขั้นตอนที่วางไว้ และสุดท้ายก็เป็นการประเมินผล

4.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์

นักการศึกษาและนักวิจัยจำนวนไม่น้อย ได้พยายามศึกษาวิจัยถึงปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน(Nuzum, 1987 : 53) Adams และคณะ (1977 : 176) ได้สรุปว่าในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ จำเป็นต้องอาศัยองค์ประกอบ 3 ด้านได้แก่

1. องค์ประกอบด้านสติปัญญา การแก้ปัญหาจำเป็นต้องใช้การคิดในระดับสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง องค์ประกอบด้านปริมาณ (quantitative factors)

2. องค์ประกอบด้านการอ่าน การแก้โจทย์ปัญหา ต้องใช้ความสามารถในการอ่านแบบวิเคราะห์ (analytical reading) เพื่อให้เกิดความเข้าใจ และเกิดการตัดสินใจว่าควรทำอะไร อย่างไร

3. องค์ประกอบด้านทักษะพื้นฐาน ซึ่งต้องใช้ในขั้นตอนของการคำนวณ คือทักษะในการ บวก ลบ คูณ และ หาร เพราะในการแก้โจทย์ปัญหาจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้ทักษะเหล่านี้

นอกจากองค์ประกอบดังกล่าวแล้ว ผู้แก้ปัญหายังต้องมีความรู้ที่จะนำมาใช้ เพื่อให้การแก้โจทย์ปัญหาบรรลุเป้าหมาย ความรู้ที่จำเป็นสำหรับผู้แก้โจทย์ปัญหา มี 3 ด้าน (Fleischner, Nuzum, and Marzola, 1987 : 214-217) ได้แก่

1. ความรู้ที่ได้จากโจทย์ปัญหา ผู้แก้ปัญหาต้องรู้ว่าสิ่งใดที่โจทย์ต้องการให้หา และโจทย์ให้ข้อมูลใดมาบ้าง ข้อมูลใดเกี่ยวข้อง ข้อมูลใดไม่เกี่ยวข้อง กับการนำมาใช้ในการแก้ปัญหา และต้องเห็นความสัมพันธ์ของ ทั้ง 2 ส่วนนี้

2. ความรู้เฉพาะในงานที่ต้องทำในโจทย์ปัญหา ได้แก่ความรู้ในเรื่องการคำนวณ สูตร กฎเกณฑ์ หลักต่างๆ และ มโนทัศน์พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่ต้องนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหานั้น

3. ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการในการจัดลำดับขั้นตอน ได้แก่การรู้ถึงคำ หรือข้อความสำคัญของปัญหา การวางแผนในการแก้ปัญหา การตั้ง และการทดสอบสมมุติฐาน ตลอดจนการประเมินผลลัพท์

มีนักเรียนเป็นจำนวนไม่น้อย ที่สามารถแก้โจทย์ปัญหาจนได้คำตอบ แต่เป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้อง จึงมีการศึกษาสาเหตุของความผิดพลาด Dickson Brown และ Gibson(1984) ได้สำรวจความผิดพลาดในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน ชั้นปีที่ 7 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ผลการเรียนปานกลาง และกลุ่มที่ผลการเรียนต่ำ พบว่า กลุ่มผลการเรียนต่ำมีความผิดพลาดในเรื่องการแปลงโจทย์ปัญหา ให้เป็นประโยคสัญลักษณ์ และความคลาดเคลื่อนในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา มากที่สุด รองลงมาคือขาดทักษะทางคณิตศาสตร์ และขาดแรงจูงใจ สำหรับกลุ่มผลการเรียนปานกลางนั้น พบว่าสิ่งที่เป็นสาเหตุให้เกิดความผิดพลาดในการแก้โจทย์ปัญหา มากที่สุด คือ การขาดความระมัดระวัง และขาดแรงจูงใจ รองลงมา คือ ความคลาดเคลื่อนในการแปลงโจทย์ปัญหาเป็นประโยคสัญลักษณ์ และการใช้ทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์

4.6 การกำกับการคิดทางคณิตศาสตร์

(Cognitive Monitoring in Mathemetics)

การกำกับการคิด (cognitive monitoring) นั้น ใช้ได้ในทุกจุดมุ่งหมาย เป็นการควบคุมความคิดของตนเอง(Flavell, 1979 อ้างจาก Van Hanegham 1989 : 215-238) การกำกับการคิดนี้รวมไปถึง การวางแผน การทบทวน การทดสอบตนเอง การประเมินความก้าวหน้า และ การแก้ไขข้อผิดพลาด

แต่เป็นที่น่าแปลกใจว่า เรื่องของการตรวจสอบความคิดทางคณิตศาสตร์ ยังได้รับความสนใจไม่มากนัก งานวิจัยในด้านนี้ยังนับว่ามีน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับการคิดและ

การแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ จึงทำให้เกิดการถกเถียงกันในเรื่องของ ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ในด้านความคิดรวบยอด (concept) กับ ความรู้ในกระบวนการ(procedure) ว่าจะใช้ผลของความคิดรวบยอด มาเป็นตัวตัดสินผลของกระบวนการได้หรือไม่ ดังนั้นการตรวจสอบความคิดจะทำให้เกิดความเข้าใจ และนำผลการตรวจสอบมาใช้ในการลดช่องว่างระหว่างการใช้กระบวนการกับความเข้าใจของนักเรียน

การกำกับความคิดทางคณิตศาสตร์ เป็นการที่นักเรียนพยายามค้นหาว่า

1. คำตอบของเขาถูกต้องหรือไม่

2. เขาเลือกวิธีการในการแก้ปัญหาได้ถูกต้องหรือไม่

3. เขาเข้าใจปัญหาหรือไม่ อย่างไร

ในการกำกับการคิดนี้ มุ่งความสนใจอย่างยิ่งไปที่ความเข้าใจ ซึ่งบางครั้งเรียกว่า การกำกับความเข้าใจ(comprehension monitoring) (Baker and Brown, 1984 : 21-44; Flavell,1979 : 907)

การประเมินการตรวจสอบความคิดในการแก้ปัญหาโจทก์คณิตศาสตร์ อย่างน้อยเราจะประเมินใน 3 ด้านคือ

1. ประเมินกระบวนการต่างๆที่นักเรียนแสดงออกมาเพื่อจะให้ได้คำตอบ โดยดูจากการที่เด็กตรวจสอบกระบวนการต่างๆในการคิดคำนวณของเขา

2. ประเมินการเลือกใช้กระบวนการของนักเรียน ว่าใช้ได้ถูกต้องหรือไม่ โดยการพิจารณาจากการตัดสินใจเลือกวิธีการของเขา

3. ประเมินความไวต่อปัญหา โดยการสำรวจว่า นักเรียนตัดสินว่าปัญหานั้นมีความไวต่อความรู้สึกของเขาเพียงใด

งานวิจัยที่สนับสนุนการตรวจสอบการคิดทางคณิตศาสตร์ของเด็กนี้ ส่วนมากจะเป็นการหาความสัมพันธ์ ระหว่างการใช้กระบวนการในการแก้ปัญหา กับ ความรู้ความเข้าใจเรื่องระบบจำนวน และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง(Van Lehn, 1983 : 201-253) จากงานวิจัย Van Hanegham (1989 : 193-194) ได้เสนอองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ไว้ 3 องค์ประกอบ ดังนี้คือ

1. นักเรียนต้องมีความรู้พื้นฐานด้านกระบวนการ และความรู้ด้านความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์อย่างเพียงพอ มิฉะนั้นอาจทำให้เกิดการผิดพลาดในการคิดคำนวณขึ้นได้

2. นักเรียนต้องมีความสามารถ ในการเชื่อมโยงความรู้ด้านกระบวนการ เข้ากับความรู้ด้านความคิดรวบยอดได้ และต้องสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เรียนในชั้นเรียนไปใช้กับความรู้ด้านคณิตศาสตร์นอกชั้นเรียนได้ เพราะการเชื่อมโยงนี้ มีผลต่อการตรวจสอบความคิดของตนเอง

3. นักเรียนจะต้องมีความรู้ในเรื่องมาตรฐานในการตรวจสอบพฤติกรรมของตนเอง นั่นคือจะต้องมี เมตาคอคนิชั่น นั่นเอง

Van Hanegham (1989) ยังพบว่า การที่เด็กส่วนใหญ่ไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ด้านกระบวนการเข้ากับ ความรู้ด้านความคิดรวบยอดได้นั้น เป็นเพราะว่า

1. ขาดความรู้พื้นฐาน หรือความรู้พื้นฐานบกพร่อง
2. ไม่สามารถคิดงานที่ทำให้ออกมาเป็นรูปธรรมได้
3. ไม่สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ มาใช้ในการแก้ปัญหาได้

ตารางวิเคราะห์ลำดับขั้นตอนและพฤติกรรมของกระบวนการในการคิดแก้ปัญหา

ลำดับขั้นตอน	พฤติกรรม	ผู้ศึกษา
การทำความเข้าใจปัญหา	- ทบทวนโจทย์ปัญหา - รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา - ระบุว่าโจทย์ถามอะไร และให้ข้อมูลใดมาบ้าง - บอกคำ/ข้อความสำคัญในโจทย์ - ให้นิยามคำและข้อความสำคัญ - ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับปัญหา - ระบุคำที่ยากแก่การเข้าใจ - ระลึกว่าเคยพบปัญหาประเภทนี้มาก่อนหรือไม่	Wallas, 1972 Krulick, 1987 Polya, 1971 Fleischener, 1987 Sternberg, 1985 Greeno, 1980 Simmon, 1981 Wilson, 1981

ลำดับขั้นตอน	พฤติกรรม	ผู้ศึกษา
การสร้างตัวแทนปัญหา	- สร้างตัวแทนความคิดในรูปแบบต่างๆ - เลือกใช้ตัวแทนทางคณิตศาสตร์ - ใช้สัญลักษณ์ วาดรูป เขียนตาราง เขียนแผนภูมิ - เขียนเป็นโครงสร้าง - จัดระบบข้อมูลใหม่	Wallas, 1972 Krulick, 1987 Polya, 1971 Fleischener, 1987 Sternberg, 1985 Wilson, 1981
การวางแผนในการแก้ปัญหา	- ระลึกรูปแบบ/สร้างรูปแบบในการแก้ปัญหา - หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีอยู่กับสิ่งที่ต้องการหา - ใช้ตัวแทนภายนอก/พิจารณาปัญหาข้างเคียงประกอบ - พิจารณาว่าเป็นปัญหาทั่วไปหรือปัญหาเฉพาะ - แบ่งขั้นตอนของปัญหา/จัดลำดับขั้นตอน - เลือกแนวทางในการแก้ปัญหา(แบบตรงไปข้างหน้า หรือแบบย้อนกลับ) - เลือกทฤษฎี สูตร หลักการที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา - ตั้งสมมุติฐาน - คาดคะเนคำตอบ	Wilson, 1981 Krulick, 1987 Polya, 1971 Fleischener, 1987 Sternberg, 1985 Simmon, 1981 Greeno, 1980 Wessels, 1972

ลำดับขั้นตอน	พฤติกรรม	ผู้ศึกษา
การดำเนินการแก้ปัญหา	- ลงมือแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ - ใช้ทักษะในการดำเนินงาน - ใช้ทักษะพื้นฐานในการคิดคำนวณ (การบวก ลบ คูณ หาร) - ใช้ทักษะทางพีชคณิต และเรขาคณิต - บอกเหตุผลในการดำเนินการ - บอกเหตุผลในการทดสอบขั้นตอนว่าถูกต้องหรือไม่	Nuzum, 1987 Krulick, 1987 Polya, 1971 Fleischener, 1987 Adam, 1977 Greeno, 1980 Simmon, 1981 Wilson, 1981
การตรวจสอบการแก้ปัญหา	- ทบทวนขั้นตอนในการแก้ปัญหา - ทบทวนการดำเนินการตามขั้นตอน - ทบทวนคำตอบโดยตรวจสอบกับโจทย์ - ตรวจทานคำตอบว่าตรงกับสิ่งที่ต้องการหาหรือไม่ - ตรวจทานความถูกต้องของค่าคำตอบ - ตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหากับวิธีการอื่นๆ	Krulick, 1987 Polya, 1971 Fleischener, 1987 Wessels, 1972 Wilson, 1981

จากแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการคิดแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้นำมาสรุปเป็นกระบวนการเพื่อนำไปใช้ในการศึกษากระบวนการคิดแก้ปัญหา ตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. การทำความเข้าใจปัญหาจากโจทย์

1.1 การบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้

1.2 การบอกเป้าหมายของการแก้ปัญหา

1.3 การบอกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา

1.4 การระบุคำที่ยากต่อการเข้าใจ

2. การสร้างตัวแทนปัญหา

2.1 การวาดรูป แสดงข้อมูลต่างที่โจทย์กำหนด

2.2 การสร้าง แผนภูมิ หรือแผนภาพ

2.3 การเขียนสัญลักษณ์ต่างๆแทนข้อความในโจทย์

2.4 การแปลงโจทย์ให้อยู่ในรูปของประโยคสัญลักษณ์

2.5 การจัดระบบข้อมูลใหม่

3. การวางแผนในการแก้ปัญหา

3.1 การระบุเงื่อนไขจากโจทย์

3.2 การแบ่งขั้นตอนในการแก้ปัญหา

3.3 การเลือกขั้นตอนในการทำงาน

3.4 การจัดลำดับขั้นตอน

3.5 การประมาณค่าคำตอบ

3.6 การระบุว่าปัญหาเกี่ยวข้องกับการใช้สูตร กฎ หรือหลักเกณฑ์เรื่องใด

4. การลงมือแก้ปัญหา

4.1 การดำเนินการตามแผนที่กำหนดไว้

4.2 การใช้ทักษะด้านพีชคณิต และเรขาคณิต

4.3 การระบุเหตุผลในการคำนวณ

4.4 การระบุความถูกต้องในการคำนวณ

4.5 การใช้กฎเกณฑ์ ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณ

5. การตรวจสอบการแก้ปัญหา

5.1 การตรวจสอบขั้นตอนในการแก้ปัญหา

5.2 การทบทวนคำตอบโดยพิจารณาจากการคิดคำนวณ

5.3 การตรวจสอบคำตอบว่าตรงกับสิ่งที่โจทย์ต้องการหรือไม่

5.4 การตรวจสอบความถูกต้องของค่าคำตอบ

5.5 การทบทวนคำตอบจากการประมาณค่า

ในเรื่องของการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์นี้ Owens (1989 : 322-328) ได้ทดสอบรูปแบบ องค์ประกอบต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่า ตัวแปรที่มีผลโดยตรงต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ได้แก่ ความรู้เฉพาะด้าน กระบวนการในการแก้ปัญหา และ เมตาคอคนิชั่น และพบว่า ความรู้เฉพาะด้าน มีผลโดยตรงต่อกระบวนการในการคิดของเด็ก และ ทักษะด้านเมตาคอคนิชั่น นอกจากนั้นยังพบว่า เมตาคอคนิชั่น และ กระบวนการในการแก้ปัญหา มีความสัมพันธ์กัน

ในการปฏิบัติงานที่ใช้ทักษะการคิด (Intellectual Performance) เช่น การแก้ปัญหา การอ่าน ฯลฯ บุคคลที่มีความรู้เฉพาะในด้านนั้นๆ จะแก้ปัญหาได้ดีกว่าผู้ที่มีความรู้จำกัด โดยนัยเดียวกันนี้ผู้ที่ใช้ความรู้ใน เมตาคอคนิชั่น อย่างมีประสิทธิภาพ ย่อมจะบรรลุเป้าหมายได้รวดเร็ว และแม่นยำกว่าผู้ที่มีความสามารถน้อย (Chi,et.al., 1989 : 38-52) ความรู้เฉพาะด้าน เมตาคอคนิชั่น และ กระบวนการในการแก้ปัญหา จึงเป็นเรื่องที่สำคัญ เพราะองค์ประกอบด้านการคิดทั้ง 3 นี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการ พัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหา

จะเห็นได้ว่า นอกจากความรู้เฉพาะด้าน และ กระบวนการคิดแก้ปัญหาดังได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว ยังมีความรู้ใน เมตาคอคนิชั่น ที่มีความสำคัญต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นอย่างยิ่ง Swanson(1990) Owen(1989) และ Chi(1989)ได้ศึกษา พบว่าความรู้ใน เมตาคอคนิชั่น เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญ เกี่ยวข้องโดยตรงกับการความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาค้นคว้าในเรื่องของความรู้ในเมตาคอคนิชั่น ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ ดังต่อไปนี้

5. <u>เมตาคอคนิชั่น</u> (Metacognition)

การวิจัยด้าน เมตาคอคนิชั่น โดยทั่วไป ใช้กรอบแนวคิด และการนิยามคำว่า เมตาคอคนิชั่น ตามแนวของ Flavell (1979 : 906-911) ซึ่งได้อธิบายความหมาย ของ เมตาคอคนิชั่น ไว้ว่าเป็นการที่บุคคลได้รู้ถึงกระบวนการคิด และผลิตผลของการคิดหรือสิ่งอื่นๆ

ที่เกิดจากกระบวนการคิด อาจปรากฏเป็นความรู้ กิจกรรมทางการคิดใดๆที่มี เป้าหมาย มีทิศทาง ที่เรียกว่าเป็น เมตาคอคนิชั่น ก็เพราะหมายถึง การคิดเกี่ยวกับการคิด (cognition about cognition)

ซึ่งในทำนองเดียวกัน Brown และ Smiley, 1977 : 1-8) ให้นิยาม เมตาคอคนิชั่น ว่า เป็น การรู้ว่าเรารู้ในสิ่งใด และเข้าใจในสิ่งใด ซึ่งทั้งนี้เป็นผลมาจากการที่ บุคคลพยายามควบคุมกระบวนการคิดของตนเอง ซึ่งกล่าวได้ว่า เป็นความสามารถในการตรวจสอบความคิดของตนเองหรือเป็นการคิดเกี่ยวกับการคิด (thinking about thinking)

องค์ประกอบของ เมตาคอคนิชั่น

ในเรื่ององค์ประกอบของ เมตาคอคนิชั่น นั้น มีนักจิตวิทยากล่าวถึงไว้หลายท่าน ซึ่งบางองค์ประกอบ คล้ายกัน และบางองค์ประกอบที่ต่างกัน ซึ่งจะนำเสนอไว้ในที่นี้ดังต่อไปนี้

Baker และ Brown(1984 : 21-44) Palincsar และ Brown (1987 : 65 -116) และ Woolfolk (1990 : 292-294) ได้สรุปไว้ตรงกันว่า เมตาคอคนิชั่น สามารถแยกได้เป็น 2 องค์ประกอบ คือ

1) การตระหนักรู้ (awareness) เป็นการตระหนักรู้ถึง ทักษะ กลวิธี และแหล่งข้อมูลที่จำเป็นต่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และรู้ว่าจะต้องทำอย่างไร (what to do) องค์ประกอบแรกนี้ เป็นเรื่องของการที่บุคคลรู้ถึงสิ่งที่ตนเองคิด และความสอดคล้องกับสถานการณ์การเรียนรู้ รวมไปถึงการแสดงออกในสิ่งที่รู้ออกมาโดยการอธิบายให้ผู้อื่นฟังได้ สามารถสรุปใจความสำคัญของสิ่งที่เรียนรู้นั้น มีวิธีจำสิ่งนั้นได้ง่าย ตลอดจนการคิดแบบทดสอบ การวางขอบข่าย และการจดบันทึก ความสามารถในการสะท้อนกระบวนการคิดของตนออกมาในขณะที่อ่านเรื่องราว หรือในการคิดแก้ปัญหา เป็นทักษะที่จะทำให้บุคคลทำงานอย่างมีแผน เพราะจะทำให้รู้ว่าในงานนั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านการอ่าน การแก้ปัญหา หรืองานอื่นใดที่ต้องอาศัยการเรียนรู้ว่า จะต้องประกอบด้วยสิ่งใดบ้าง ที่จะทำให้การทำงานนั้นเกิดประสิทธิภาพ จะทำให้สถานการณ์ในการทำงานนั้นมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2) ความสามารถของการใช้กลไกในการกำกับตนเอง(self regulation) เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้สำเร็จสมบูรณ์ เป็นการรู้ว่าจะทำงานนั้นอย่างไร และ เมื่อไร (how and when to do) องค์ประกอบประการที่ 2 นี้ เป็นกลวิธีการกำกับตนเองในขณะที่กำลังคิดแก้ปัญหา ซึ่งรวมไปถึง การพิจารณาว่ามี ความเข้าใจในสิ่งนั้นหรือไม่ การประเมินความ

พยายามในการทำงาน การวางแผน และขั้นตอนในการทำงาน การทดสอบวิธีการที่ใช้ การตัดสินใจในการใช้เวลา และการใช้ความสามารถที่มีอยู่ และการเปลี่ยนไปใช้กลวิธีอื่นๆเพื่อแก้ปัญหาให้ได้

ตามแนวคิดของ Flavell นั้น แบ่ง เมตาคอคนิชั่น ออกเป็น องค์ประกอบที่ สำคัญ 2 องค์ประกอบ คือ ความรู้ใน เมตาคอคนิชั่น (Metacognitive knowledge) และ ประสบการณ์ใน เมตาคอคนิชั่น (Metacognitive experience)

5.1 <u>ความรู้ในเมตาคอคนิชั่น</u> (Metacognitive knowledge)เป็นส่วนของความรู้ทั้งหมดที่บุคคลสะสมไว้ในระบบความจำระยะยาว เป็นการที่บุคคลรู้ว่า ตนเองรู้อะไร และคิดอย่างไร คิดถึงเป้าหมาย และการบรรลุเป้าหมายอย่างไร ความรู้ในเมตาคอคนิชั่นประกอบด้วย ความรู้เบื้องต้น หรือความเชื่อในเรื่องของตัวแปร หรือองค์ประกอบ ที่มีผลต่อกิจกรรมการคิด Flavell(1985 : 103-110) แบ่งความรู้ในเมตาคอคนิชั่น ออกเป็น 3 ตัวแปร คือ ตัวแปรด้านบุคคล (person variables) ตัวแปรด้านงาน (task variables) และ ตัวแปรด้านกลวิธี (strategy variables) Flavell ได้อธิบายถึงตัวแปรทั้ง 3 ไว้ดังนี้

5.1.1 <u>ตัวแปรด้านบุคคล</u> หมายถึง การที่บุคคลมีความรู้เกี่ยวกับลักษณะที่บุคคลโดยทั่วไปมีอยู่ ในด้านความสามารถทางปัญญา การเรียนรู้ หรือ ในการทำงาน เช่น รู้ถึงความถนัด และความสามารถของบุคคล รู้ว่าบุคคลต้องมีลักษณะอย่างไร จึงจะทำงานเฉพาะอย่างได้ดี

5.1.2 <u>ตัวแปรด้านงาน</u> หมายถึงการตระหนักรู้ลักษณะของงานที่ทำ ซึ่งมีผลต่อการปฏิบัติงานของบุคคลนั้นๆ การรู้ว่าสิ่งใดทำให้งานนั้นยาก สิ่งใดทำให้งานนั้นง่าย รวมไปถึง ปัญหาและอุปสรรคของงานนั้นที่จะเกิดแก่ตน

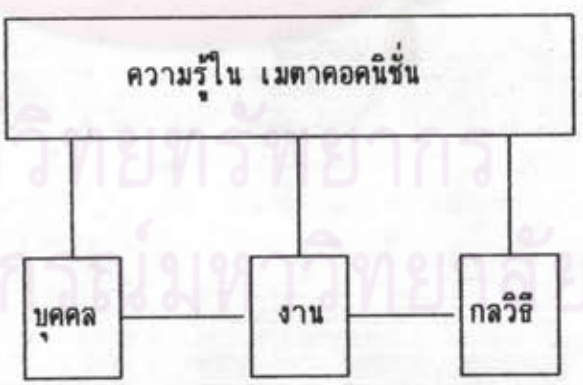
5.1.3 <u>ตัวแปรด้านกลวิธี</u> คือความรู้ของบุคคลเกี่ยวกับกลวิธีที่เหมาะสม ที่จะใช้ในการทำให้การทำงานนั้นบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นวิธีการที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจการจัดระบบ การวางแผน การลงมือปฏิบัติ และ การประเมินผล ทั้งในสิ่งที่ทำไปแล้ว และกับสิ่งที่จะทำต่อไป ตัวแปรด้านนี้ทำให้เกิดความก้าวหน้าในการคิดกลวิธีใน เมตาคอคนิชั่น ตลอดจนการตรวจสอบ

เพ็ญพิไล ฤทธาคณานนท์ (2533 : 86-88) ได้กล่าวถึงความรู้ในเมตาคอคนิชั่น โดยเรียกว่า "ความรู้ทางอภิปัญญา" ว่าหมายถึงความรู้ทั้งหมดที่เรามีอยู่เกี่ยวกับเรื่องของการรู้คิด เป็นความรู้ที่สะสมมา และเก็บไว้ในระบบความจำระยะยาว เป็นทั้งข้อเท็จจริง และกระบวนการ ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ด้านคือ

1) ด้านที่เกี่ยวกับคน เป็นความรู้ความเชื่อที่มีต่อคนว่า คนมีลักษณะอย่างไรในฐานะผู้ใช้ปัญญา และแบ่งย่อยออกไปเป็น ความรู้ความเข้าใจถึงความแตกต่างและความคล้ายคลึงทางปัญญาภายในตัวบุคคล และระหว่างบุคคล

2) ด้านที่เกี่ยวกับงาน แยกกล่าวได้เป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นธรรมชาติหรือลักษณะของข้อมูลที่เรารับมา เช่น ข้อมูลที่มีลักษณะซับซ้อน ไม่คุ้นเคย หรือข้อมูลที่น้อยเกินไป ลักษณะของข้อมูลนี้มีอิทธิพลสำคัญต่อการประมวลข้อมูล อีกส่วนหนึ่งเกี่ยวข้องกับงานที่เราต้องทำ แม้ว่าจะมีข้อมูลเท่ากัน เป็นความยาก ความง่ายของงาน เพราะงานบางอย่างก็ทำง่าย งานบางอย่างก็ทำยาก

3) ด้านที่เกี่ยวกับวิธีการหรือกลยุทธ คือการเรียนรู้ว่าวิธีการใดจะทำให้เราประสบความสำเร็จในการทำงานนั้น กลยุทธทางอภิปัญญา (Metacognitive Strategy) แตกต่างจากกลยุทธทางปัญญา (Cognitive Strategy) คือ กลยุทธทางปัญญามีไว้เพื่อให้เราทำงานทางปัญญาได้สำเร็จ ส่วนกลยุทธทางอภิปัญญา จะทำให้เรารู้ว่าเราได้ทำงานนั้นก้าวหน้าไปถึงไหนแล้ว



ภาพที่ 3 แสดงองค์ประกอบของ ความรู้ในเมตาคอคนิชั่น

ที่มา : Klausmeir, 1989 :74

องค์ประกอบด้าน ความรู้ในเมตาคอคนิชั่น ตามแนวของ Flavell นี้ อาจเปรียบได้กับ องค์ประกอบด้านการตระหนักรู้ (awareness) ตามที่ Brown , Palincsar(1987) และ Woolfolk(1990) ได้กล่าวไว้ดังข้างต้น กล่าวคือ ต่างก็เป็นความสามารถที่จะอธิบายถึงสิ่งที่ตนคิดเกี่ยวกับลักษณะ ที่จะทำให้บุคคลทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ความรู้ในด้านทักษะความสามารถของบุคคล ลักษณะของงาน และกลวิธีในการทำงาน

สรุปได้ว่า ความรู้ในเมตาคอคนิชั่น เป็นความรู้ในด้านการคิดของบุคคล ที่มีผลต่อเนื่องไปสู่การสามารถกำกับตนเอง ให้ปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความรู้นี้แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ คือ 1) ความรู้เกี่ยวกับบุคคล 2) ความรู้เกี่ยวกับงาน และ 3) ความรู้เกี่ยวกับกลวิธีในการทำงาน

5.2 <u>ประสบการณ์ในเมตาคอคนิชั่น</u> (Metacognitive Experience) เป็นประสบการณ์ทางการคิดที่บุคคลสามารถควบคุมได้ และประสบการณ์นี้ มีความสำคัญต่อการกำกับตนเอง (self-regulation) ในกิจกรรมการคิด เริ่มตั้งแต่ การเข้าสู่สถานการณ์ในการคิดจนกระทั่งสามารถบรรลุเป้าหมายหรือเลิกการกระทำ

ในการใช้ประสบการณ์ในเมตาคอคนิชั่นนั้น เป็นกระบวนการที่บุคคลวางแผนควบคุมและกำกับพฤติกรรมของตนเอง ซึ่งประกอบด้วย การสังเกตตนเอง กระบวนการตัดสิน และกระบวนการแสดงปฏิกิริยาต่อตนเอง โดยมีจุดประสงค์เพื่อเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของตนให้ไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ (Corno and Mandinach,1983 : 88-108; Bandura,1986:395-418; Schunk, 1987 :54-61; Zimmerman, 1986 : 614-628)

ประสบการณ์ในเมตาคอนิชั่น มี 3 องค์ประกอบย่อย (Brown, Bransford,Ferrala,and Compione, 1983 : 107-108; Lawson, 1984 : 403-410) ซึ่งทั้งหมดเป็นกิจกรรมทางการคิด คือ

1. การวางแผน (planning) เป็นการรู้ว่าตนเองคิดว่า จะทำงานนั้นอย่างไร ตั้งแต่การกำหนดเป้าหมาย จนถึงการปฏิบัติงานจนบรรลุเป้าหมาย

2. การกำกับ (monitoring) เป็นการทบทวนความคิดเกี่ยวกับแผนที่วางไว้ว่าเป็นไปได้เพียงใด ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอน และวิธีการที่เลือกใช้

3. การประเมิน (evaluating) เป็นการคิดเกี่ยวกับการประเมินการวางแผน วิธีการตรวจสอบ และการประเมินผลลัพธ์

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกองค์ประกอบของ เมตาคอคนิชั่น ในด้านความรู้ในเมตาคอคนิชั่น เพียงองค์ประกอบเดียว มาเป็นตัวแปรหนึ่งของการวิจัย ส่วนองค์ประกอบด้านประสบการณ์ในเมตาคอคนิชั่น นั้น เมื่อพิจารณาองค์ประกอบแล้ว จะเห็นว่าได้มีความใกล้เคียงกับกระบวนการในการคิดแก้ปัญหา ทั้งในการวางแผน การกำกับ และการประเมิน ซึ่งในการศึกษาตัวแปรด้านกระบวนการในการคิดแกปัญหา ก็มีการศึกษาขั้นตอนการวางแผนในการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา และ การตรวจสอบการแก้ปัญหาแล้ว

5.3 <u>การวัดเมตาคอคนิชั่น</u>

Swanson (1990) ได้สร้างแบบวัดความรู้ในเมตาคอคนิชั่น ด้าน บุคคล งาน และกลวิธีในการแก้ปัญหาทั่วไป เพื่อศึกษาผลของเมตาคอคนิชั่นและความถนัดทางการเรียนต่อการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถม ในการสร้างแบบวัด Swanson แบ่งความรู้ในเมตาคอคนิชั่นเป็น 3 ด้าน คือด้านบุคคล ด้านงาน และด้านกลวิธี ตามแนวคิดของ Flavell (1985) โดยสร้างข้อคำถามเกี่ยวกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา 17 สถานการณ์ โดยดัดแปลงมาจากข้อคำถามของ Kreutzer, Leonard,และ Flavell(1975) และแบบสอบของ Myers และ Paris (1978) ข้อคำถาม 17 ข้อนั้น แบ่งเป็น คำถามความรู้ในเมตาคอคนิชั่นด้านบุคคล 7 ข้อ ด้านงาน 6 ข้อ ด้านกลวิธี 3 ข้อ (คำถามข้อที่ 7 วัดทั้งด้านบุคคล และด้านกลวิธี) และมี 2 ข้อที่ไม่เกี่ยวกับเมตาคอคนิชั่นโดยตรงแต่ เป็นคำถามที่ต่อเนื่องมาจากข้อข้างต้น คือข้อที่ 9 เป็นคำถามต่อเนื่องมาจากข้อที่ 8 คำถามข้อที่ 8 ถามว่า "สมมุติว่าเจ้ฟมีไข่ 50 ฟองใส่ถุงเทินไว้บนศีรษะ ไข่ 49 ฟองมีสีขาว มี 1 ฟองเป็นสีน้ำตาล เขาต้องเดินบนท่อนซุงเพื่อข้ามแม่น้ำ เมื่อเขาเดินไปถึงกึ่งกลางของท่อนซุง ก็มีเสียงหนึ่งออกคำสั่งว่าให้หยิบไข่สีน้ำตาลขึ้นมาแสดงจึงจะให้ผ่านไปยังอีกฝั่งหนึ่งได้ เสียงนั้นสั่งว่าต้องการเห็นไข่สีน้ำตาลเดี๋ยวนี้ ท่านคิดว่าปัญหาของเจ้ฟคืออะไร ทำไม" คำถามข้อที่ 9 ถามว่า "เจ้ฟจะแก้ปัญหาอย่างไร" และคำถามอีกข้อหนึ่งที่มีลักษณะเช่นเดียวกันคือข้อที่ 11 ต่อเนื่องมาจากคำถามข้อที่ 10

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน ระดับ 4-7 ใช้วิธีการสอบเป็นรายบุคคล โดยใช้การ

บันทึกเสียงแล้ว นำมาถอดเป็นรหัสเพื่อนำไปให้คะแนน โดยให้คะแนนระดับ 1-5 ตามน้ำหนักของการแสดงความคิดในการตอบปัญหา โดยพิจารณาจากการแสดงเหตุผลในการสนับสนุนคำตอบของนักเรียน ที่เป็นการแสดงถึงการตระหนักรู้(awareness) เกี่ยวกับปัญหานั้น ถ้าเป็นการให้เหตุผลที่แสดงถึงความคิดในระดับสูง ก็ได้คะแนนมาก ลดหลั่นลงมาตามลำดับ การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบ โดยหาความสอดคล้องภายใน(Internal Consistency)มีค่าเท่ากับ .87 และค่าความเที่ยงของการตรวจ (Interrater reliability) ในแต่ละข้อเกิน 90 %

ตัวอย่างคำถามที่ใช้วัดเมตาคอคนิชั่น ของ Swanson

ด้านบุคคล : จิมสามารถเล่นเปียโน วาดภาพ และ แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ได้ดีกว่าเพื่อนคนอื่นๆในชั้น ท่านคิดว่าเขาเป็นคนปราดเปรื่องในชั้นใช่หรือไม่ ทำไม (ข้อที่ 5)

ด้านงาน : ในชั้นเรียนหนึ่งนักเรียนแต่ละคนต้องแก้ปัญหาโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ นักเรียนคนหนึ่งมีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่บ้าน ท่านคิดว่า ผู้ที่ไม่มีคอมพิวเตอร์ที่บ้านจะแก้ปัญหาได้ง่าย หรือยากกว่า ทำไม (ข้อที่ 4)

ด้านกลวิธี : ชายคนหนึ่งซื้อเครื่องทำความร้อนเครื่องใหม่มาใช้ในบ้าน ปรากฏว่าเขาสามารถประหยัดเงินค่าเชื้อเพลิงไปได้ครึ่งหนึ่ง เขามีความสุขมาก และตัดสินใจซื้อเครื่องทำความร้อนใหม่เพิ่มอีก 1 เครื่อง เพื่อจะได้ลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่เหลืออีกครึ่งหนึ่งให้หมดไป ท่านคิดว่าเขาจะทำได้หรือไม่ เพราะอะไร (ข้อที่ 14)

ผลการศึกษาพบว่า ระหว่าง ความรู้ในเมตาคอคนิชั่น กับความถนัดทางการเรียนนั้น ความรู้ในเมตาคอคนิชั่นเป็นตัวกำหนดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ได้ดีกว่าความถนัดทางด้านการเรียน

6. วิธีการศึกษาการคิด

Garner (1988 : 63-74) ได้กล่าวถึงการศึกษากระบวนการคิด เมตาคอคนิชั่น และกิจกรรมอื่นๆเกี่ยวกับการคิด ไว้ว่า ในการตรวจสอบกลวิธีในการคิด ต้องใช้วิธีกระตุ้นจากภายนอก ได้แก่การสัมภาษณ์ (interview) และการคิดออกเสียง (think aloud) ซึ่งจัดว่าเป็นวิธีการรายงานโดยใช้ถ้อยคำ (verbal report method)

1) <u>การสัมภาษณ์</u> (interview techniques) เป็นการใช้คำพูดในการทบทวนความคิด (retrospective verbalization) ในการรายงานกระบวนการในการคิดและ เมตาคอคนิชั่น หลังจากที่ได้ทำงานไปแล้ว

Forrest และ Waller (1980 : 63-76) ได้ศึกษาเด็กระดับ 3 และ 6 (grade 3 and 6) โดยใช้คำถามมาตรฐานในการสัมภาษณ์เด็ก ในเรื่องความรู้เกี่ยวกับกลวิธีการอ่านที่มีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาพบว่าเด็กที่เรียนในระดับชั้นที่สูงกว่าจะมีความรู้กลวิธีดีกว่า และมีความไว ต่อคำถามที่ใช้สัมภาษณ์ (คำว่า when, และ how) มากกว่านักเรียนในระดับชั้นที่ต่ำกว่า

2) <u>การคิดออกเสียง</u> (Think Aloud Procedures) การคิดออกเสียง เป็นวิธีการที่สัมพันธ์กับการสัมภาษณ์ โดยการให้นักเรียนรายงานความคิดและ การกระทำของเขาในขณะที่เขากำลังอยู่ในกระบวนการคิด เช่น ใช้คำถามว่า บอกซิว่าเธอกำลังคิดอะไรในขณะอ่านปัญหาข้อนี้ บอกวิธีในการคิดของเธอซิมีวิธีคิดอย่างไร

การให้รายงานความคิดโดยการ คิดออกเสียง นั้น ทำได้ 2 แบบ คือ

1. การให้กลุ่มตัวอย่างรายงานความคิด ในขณะที่กำลังทำงาน หรือกำลังแก้ปัญหา (Concurent Protocol) มีการบันทึกเสียงการรายงานไว้ แล้วถอดเทปออกมาใส่รหัสข้อความคำพูดที่ได้ จากนั้นก็นำไปวิเคราะห์ต่อไป

2. การให้กลุ่มตัวอย่างรายงานความคิด หลังจากที่แก้ปัญหาเสร็จแล้ว (Retrospective Protocol) วิธีการนี้เป็นการลดการรบกวนสมาธิในการทำงาน ที่อาจเกิดขึ้นในการใช้วิธีในข้อ 1 และเป็นการให้ผู้แก้ปัญหาได้รวบรวมความคิดรวบยอดเกี่ยวกับงานที่ทำ หรือปัญหาที่แก้ แต่ในการใช้วิธีนี้ การแปลถ้อยคำที่รายงานต้องทำอย่างระมัดระวัง เพราะบางทีความคิดที่ไม่มีในขณะแก้ปัญหา อาจเกิดขึ้นได้ในช่วงการทบทวนนี้ (Nisbett and Wilson 1977 : 231-259)

6.1 <u>ทฤษฎีการคิดออกเสียง</u> (Think Aloud Theory)

ทฤษฎีนี้ มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า การคิดออกเสียง เป็นวิธีหนึ่งของการรายงานความคิดด้วยถ้อยคำ (verbal report) ซึ่งจะนำไปสู่ การวิเคราะห์การประมวลผลข้อมูล (information processing analysis) สิ่งสำคัญของทฤษฎีนี้ก็คือ ผู้แก้ปัญหาสามารถรายงาน

ในสิ่งที่อยู่ในความจำระยะสั้นเท่านั้น ลักษณะของการรายงาน แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ

1. รายงานเป็นคำพูดโดยตรง (direct verbalization) เป็นการรายงานข้อความที่มีรหัสถ้อยคำอยู่ในความจำระยะสั้นแล้ว ผู้แก้ปัญหาจะรายงานออกมาตามที่คิดได้เลย ไม่ต้องเสียเวลามาก

2. การใส่รหัสถ้อยคำลงในความจำระยะสั้น (recording the content of short term memory) ข้อความที่จะรายงานนั้น ยังไม่มีการใส่รหัสไว้ในความจำระยะสั้น ดังนั้น ก่อนการรายงาน ผู้แก้ปัญหา จึงต้องใช้เวลาในการบันทึกข้อมูลเป็นรหัสถ้อยคำ ลงในความจำระยะสั้นก่อน แล้วจึงรายงานออกมา ดังนั้น จึงต้องใช้เวลาในการรายงานการคิดไม่พูดออกมาได้อย่างรวดเร็ว เหมือนในแบบที่1 แต่จะใช้ได้กับกระบวนการคิดที่สูงกว่าการคิดโดยทั่วไป

3. การอธิบาย (explanation) เป็นการรายงานด้วยถ้อยคำ ที่ใช้กระบวนการขั้นสูงขึ้นไปกว่าวิธีการที่2 เป็นการถามให้ผู้แก้ปัญหาอธิบายความคิดของเขา ที่ต้องใช้การคิดและการสังเคราะห์ในการอธิบาย ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการอธิบายความคิดของผู้แก้ปัญหาก็ต้องเพิ่มมากขึ้น

Olshvasky (1976-1977 : 654-674) เป็นผู้ใช้วิธีการ คิดออกเสียง เป็นคนแรกในการศึกษากลวิธีการอ่านของเด็กชั้นปีที่ 10 ในการศึกษาของเขามีตัวแปรที่น่าสนใจเกี่ยวกับตัวเด็ก คือ ความสนใจในงานที่ทำ ประสิทธิภาพของตัวเด็กเอง แบบการเรียน เขาให้กลุ่มตัวอย่างคิดออกเสียงเกี่ยวกับสิ่งที่อ่าน เกี่ยวกับความคิด และการกระทำ สิ่งที่เด็กรายงานเป็นคำพูดถูกบันทึกเทปไว้

Alexander (1984 : 119-130) ใช้วิธีการ คิดออกเสียง ศึกษาการรายงานกลวิธีในการอ่านของนักศึกษาระดับวิทยาลัยในขณะที่กำลังอ่าน โดยให้อ่านข้อความ 8 หน้า และให้หยุดทุกครั้งตรงที่กำหนดจุดแดงไว้เพื่อที่จะรายงานกลวิธีในการอ่านและตอบคำถาม โดยการคิดออกเสียง หลังจากนั้นให้มีการตอบคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่อ่านผลการวิจัย พบว่าผู้ที่มีความสามารถด้านการรายงานกลวิธีการคิดสูง จะได้คะแนนในการตอบคำถามมากกว่า ผู้ที่มีความสามารถด้านการรายงานกลวิธีการคิดต่ำ

Eyler(1989 : 1971A) ได้ศึกษา เมตาคอคนิชั่น โดยใช้วิธี การคิดออกเสียงในระหว่างการแก้ปัญหา และได้มีการบันทึกวีดีโอเทปในขณะที่นักเรียนกำลังแก้ปัญหา หลังจาก

นั้นก็ทำการสัมภาษณ์ในพฤติกรรมที่น่าสนใจ เช่นในช่วงที่เงียบไปนานๆ หรือคำตอบที่คลุมเครือ มีการกำหนดเกณฑ์ที่เป็นทักษะทางเมตาคอคนิชั่น (metacognitive skill) และนำเกณฑ์นี้ไปใช้บันทึกความถี่ของความถูกต้องในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน จากคำพูดที่ถอดจากเทปที่ได้บันทึกไว้

Fulkerson และคณะ (1984 : 376-382) ได้กล่าวถึงวิธี การคิดออกเสียง ว่าเมื่อนำมาใช้วัดในสิ่งที่คิด จะช่วยให้ผู้แก้ปัญหา ลดการลืมสิ่งที่คิดในขณะแก้ปัญหา

Simon และ Kaplan (1989 : 4-5) ได้กล่าวถึงวิธีการศึกษาการคิดว่า การรายงานความคิดด้วยวิธี คิดออกเสียง จะเป็นแนวทางให้ทราบถึงความคิดของบุคคล การตั้งคำถาม เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาการคิด ถ้อยคำที่ตอบคำถาม จะเป็นข้อมูลทางการคิด

การวิเคราะห์ถ้อยคำ (Protocol Analysis) เป็นวิธีการหนึ่ง ที่ใช้จัดกระทำกับข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถาม ในปัจจุบันได้กลายมาเป็นวิธีการหนึ่งที่มีความสำคัญ และเป็นที่นิยมใช้ในการศึกษาความสามารถทางสติปัญญาของมนุษย์ (Simon and Kaplan, 1989 : 9-15)

Simon และ Kaplan กล่าวว่า การรายงานด้วยถ้อยคำ จะดูคล้ายกับว่า เป็นการย้อนกลับไปใช้วิธีพินิจภายใน แต่ความเป็นจริงแล้วมิใช่เช่นนั้น การพินิจภายในนั้น สิ่งที่พูดออกมา ถือว่าเป็นกระบวนการคิดของผู้พูด นำไปใช้ได้เลย สำหรับวิธีการของ การวิเคราะห์ถ้อยคำ (Protocal Analysis) นั้น ถ้อยคำที่รายงานออกมาถือว่าเป็นข้อมูลดิบ ซึ่งต้องนำไปผ่านกระบวนการวิเคราะห์ ก่อนจึงแปรผล

Simon และ Kaplan ได้ให้ข้อเสนอแนะในการศึกษาการคิด ด้วยวิธีการวิเคราะห์ถ้อยคำ ไว้ดังนี้

1. คำถามที่ใช้ในการให้รายงานความคิดนั้นจะใช้คำถามใด ขึ้นอยู่กับลักษณะ และจุดมุ่งหมายของงานที่ให้ทำ

2. ในระยะแรกต้องมีการฝึกผู้เรียนให้ คิดออกเสียง เพื่อให้เกิดความคุ้นเคยกับวิธีนี้ก่อน แล้วจึงให้ฝึกตามเป้าหมายที่วางไว้

3. ในช่วงของการคิดออกเสียง เพื่อรายงานการคิด ถ้าผู้เรียนเงียบไปนานเกินปกติ ผู้ฝึกต้องใช้คำพูดกระตุ้นให้พูดออกมา ต้องใช้คำพูดที่รบกวนการคิดของเขาน้อยที่สุด เช่น การใช้คำว่า "ต่อไปซิ" จะดีกว่าพูดว่า "กำลังคิดอะไรอยู่" อาจทำให้ความคิดขาดตอน

เพราะต้องย้อนมาทบทวนความคิดของตนเอง

4. หลังจากการบันทึกรายการคำพูด ที่รายงานออกมาแล้ว ก็จะเป็นการ ใส่รหัส และจัดหมวดหมู่ของข้อความ เกณฑ์ในการจัดหมวดหมู่ของข้อความ ขึ้นอยู่กับการให้รหัส และการวิเคราะห์ข้อความ บางข้อความที่ไม่สมบูรณ์ อาจมีการเติมให้เป็นข้อความที่สมบูรณ์ ก่อนเข้ารหัส

5. การเข้ารหัส คือการแปลเนื้อหาข้อความให้เป็นคำพูดธรรมดา ที่ทำให้เกิดความเข้าใจ การจัดหมวดหมู่ในการเข้ารหัสนี้ ขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน และสมมุติฐานที่วางไว้

6.2 <u>ความแม่นยำในการวัด</u>

การวัดการคิดของบุคคล โดยให้ทบทวนความคิด และรายงานสิ่งที่คิดออกมา สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการวัดก็คือ ความถูกต้อง (acuracy) ของข้อมูลที่ได้รับ Garner (1987 : 16-20) ได้กล่าวถึงปัญหาที่ทำให้เกิดความผิดพลาด ว่าเกิดจากสิ่งต่อไปนี้

1. ขาดการตระหนักรู้ (awareness) ในด้านกระบวนการคิด

2. ไม่สามารถจำเหตุการณ์ หรือสิ่งที่คิดในขณะแก้ปัญหาได้ เพราะทิ้งช่วงเวลาห่างมากระหว่างการเกิดกระบวนการคิด กับการรายงานกระบวนการคิด

3. คำพูดที่อธิบายการคิดน้อยเกินไป หรือมากเกินไปกว่าสิ่งที่คิด Nisbett และ Wilson (1977 : 231-259) เรียกว่าเป็นการบอกมากกว่าสิ่งที่รู้ (telling more than we can know) หรือบางครั้ง รู้มากกว่าสิ่งที่บอก (knowing more than we can tell)

4. การพูดอธิบายกระบวนการคิดในบางเรื่อง อาจเป็นการพยายามตอบให้ตรงกับความต้องการของผู้สัมภาษณ์ มากกว่าจะอธิบายความคิดอย่างแท้จริง

5. ปัญหาด้านการใช้ภาษา การไม่สามารถหาถ้อยคำที่จะอธิบายความคิดให้ตรงตามที่คิด

วิธีที่จะทำให้ข้อมูลที่ได้นั้นถูกต้องมากที่สุด ทำได้โดยการใช้วิธีหลาย ๆ วิธีร่วมกัน (multi-method)ในการวัดว่านักเรียนรู้ในสิ่งใด (knowing about knowing)(Ericson and Simon,1980 : 215-251; Garner,1988 : 63-74; Kait and Bisang, 1982 : 65) เช่นอาจดูว่าข้อมูลที่ได้จากการวัดผลการทำงาน ว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากการรายงานด้วยคำพูด (verbal report) หรือไม่ นอกจากนั้นอาจจะมีการสังเกตลักษณะ

อื่นๆ(ที่ไม่ใช่คำพูด)ของนักเรียน ที่แสดงออกในขณะแก้ปัญหา เช่น การเคลื่อนสายตา และท่าทาง การเคลื่อนไหว อื่นๆ (Flavell, Speer, Green, and August, 1981 : 35)

ในการสร้าง วิธีการประสม (multi-method) เพื่อใช้ในการประเมินนั้น ต้องระวังในเรื่องการนำทางด้านความคิด เช่น ในการใช้วิธีคิดออกเสียง การตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบออกมานั้น ต้องเป็นคำถามที่กระตุ้นให้เขาบอกทุกสิ่งทุกอย่าง ที่เกิดขึ้นในความคิดของเขา ขณะปฏิบัติงาน ผู้ถามต้องหลีกเลี่ยงการถามแบบนำทางให้ตอบ

การใช้ วิธีการประสม ในการวัด เมตาคอคนิชั่น นี้ ก่อนใช้ต้องมีการทดสอบความสามารถพื้นฐานของนักเรียนก่อนโดยเฉพาะด้านภาษา เพราะการรายงานกระบวนการคิดนั้นใช้ภาษาเป็นหลักสำคัญ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการวัดการคิดแก้ปัญหาโดยใช้ทั้งวิธีการสัมภาษณ์ และวิธีคิดออกเสียงร่วมกัน เพื่อให้นักเรียนได้รายงานการคิดของเขาออกมาให้มากที่สุด ในการคิดออกเสียงนั้น ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีให้นักเรียนรายงายการคิด หลังจากแก้ปัญหาแต่ละข้อเสร็จแล้ว (Retrospective Protocal) ทั้งนี้เพื่อลดการรบกวนสมาธิในขณะทำงาน

7. <u>งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</u>

งานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวกับเรื่อง กระบวนการในการคิดแก้ปัญหา ความรู้เฉพาะด้าน เมตาคอคนิชั่น และ ผู้ชำนาญในการแก้ปัญหา-ผู้ไม่ชำนาญในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยครั้งนี้ ที่นอกเหนือไปจากงานวิจัยที่เสนอไว้ข้างต้น ผู้วิจัยขอเสนอเพิ่มเติมไว้ดังต่อไปนี้

<u>งานวิจัยในประเทศไทย</u>

งานวิจัยในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับ ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และกระบวนการในการคิด ซึ่งจะนำเสนอดังต่อไปนี้

แน่งน้อย ทองธวัช (2526) ได้วิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านเหตุผลเชิงอ้อยคำ และความสามารถในการใช้นิยามและทฤษฎีบท กับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบทดสอบความสามารถด้านเหตุผลเชิงอ้อยคำ แบบทดสอบความสามารถในการใช้นิยามและทฤษฎีบท และแบบทดสอบความ

สามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถด้านเหตุผลเชิงอ้อยคำ และ ความสามารถในการใช้นิยามและทฤษฎีบท มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

เจริญ แก้วประดิษฐ์ (2533) ศึกษาเรื่อง ความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์สมการของนักเรียนชั้นมัธยมปีที่ 2 โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์สมการ ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้โจทย์สมการของนักเรียนอยู่ในระดับต่ำมาก โดยความสามารถในการตีความและการทำความเข้าใจโจทย์ ความสามารถในการใช้ตัวแปรแทนตัวไม่ทราบค่า อยู่ในระดับปานกลาง ความสามารถในการเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ตามที่โจทย์กำหนด อยู่ในระดับต่ำ ความสามารถในการแก้สมการ และความสามารถในการตรวจสอบคำตอบ อยู่ในระดับต่ำมาก

ไตรรงค์ เจนการ (2532) ศึกษาเรื่อง การพิสูจน์ร่องรอยกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมปีที่ 6 โดยให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาคณิตศาสตร์แล้วนำกระดาษคำตอบของนักเรียน ที่แสดงวิธีการคิดในแต่ละตอน จนได้คำตอบ พร้อมกับร่องรอยการคิดในกระดาษทด มาสอบถามนักเรียนเป็นรายบุคคลอีกครั้ง นักเรียนจะเล่าและแสดงกระบวนการคิดอีกครั้ง สรุปได้เป็นรูปแบบการคิด 6 แบบคือ

1. นักเรียนอ่านโจทย์เข้าใจ รู้วิธีทำ คิดคำนวณได้ถูกตามวิธีการ ได้คำตอบถูกต้อง

2. นักเรียนอ่านโจทย์เข้าใจ รู้วิธีทำ เรียงลำดับได้ว่าทำสิ่งใดก่อน สิ่งใดหลัง แต่เมื่อลงมือคำนวณแล้วไม่ถูกต้อง หรือถูกบางจุด จึงได้คำตอบผิด

3. นักเรียนอ่านโจทย์เข้าใจ แต่ไม่รู้วิธีทำที่ถูกจริง ทำให้ได้คำตอบที่ผิด แม้จะมีความสามารถในการคำนวณก็ตาม

4. นักเรียนมีความเข้าใจโจทย์อย่างเดียว นอกนั้นทำไม่ได้

5. นักเรียนคำนวณได้อย่างเดียว ไม่มีความเข้าใจโจทย์

6. นักเรียนไม่รู้อะไรเลย บางคนอ่านหนังสือไม่ออก

วิจิตรา การกลาง (2532) ได้ทำการวิจัยเรื่อง กระบวนการคิดและและความรู้สึก โครงการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนทางด้านความรู้ความคิด ซึ่งได้ศึกษาธรรมชาติของกระบวนการคิด ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในด้านกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ และเสนอรูปแบบของการเรียนการสอน ที่เอื้อต่อการวินิจฉัยกระบวนการและพัฒนากระบวนการ

คิด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมปีที่ 6 เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบ 3 ฉบับคือ แบบทดสอบวัดกระบวนการคิดทั่วไป แบบทดสอบวัดกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดเจตคติ พบว่า กระบวนการคิดทั่วไป แต่ละขั้นมีความสัมพันธ์กัน นอกจาก ด้านความคิดรวบยอดที่มีลักษณะเป็นอิสระ และพบว่ากระบวนการคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้น มีขั้นตอนที่สำคัญ 6 ขั้นตอนดังนี้ 1)อ่านโจทย์เข้าใจ 2) แปลงภาษาโจทย์เป็นสัญลักษณ์ 3) บอกวิธีทำ 4) เขียนประโยคสัญลักษณ์ 5) คิดคำนวณ และ 6) หาคำตอบได้ ทั้ง 6 ขั้นตอนนี้ มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงซึ่งกันและกัน และมีความสัมพันธ์กับกระบวนการคิดโดยทั่วไปด้วย

ธุรวัฒน์ คล้ายมงคล (2524) ศึกษาเรื่อง กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมปีที่ 6 เครื่องมือที่ใช้คือ แบบวัดกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา (MEQ) แบบสังเกตกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา และแบบสัมภาษณ์การใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาเพียง 3 ขั้นตอน คือ การทำความเข้าใจโจทย์ การวางแผนแก้ปัญหา และ การดำเนินงานตามแผน มีส่วนน้อยที่ทำครบทั้ง 4 ขั้นตอน คือมีการทบทวนคำตอบและแผนการแก้ปัญหา

สิริมาส สิทธิหล่อ (2534) ศึกษาเรื่อง การพัฒนาวิธีการวัดกระบวนการก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมต้น โดยใช้วิธีการคิดออกเสียง มีขั้นตอนคือ ครูเสนอโจทย์ปัญหาให้นักเรียนคิด แล้วพูดออกมาดังๆ มีการเขียนในกระดาษทดประกอบด้วย ในขณะแก้ปัญหาครูบันทึกพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกโดยการพูด ลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งครูนำมาตรวจให้คะแนนภายหลัง ในการเปรียบเทียบพฤติกรรมการแก้ปัญหา ระหว่างนักเรียนกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อน พบว่า นักเรียนกลุ่มเก่งจะแสดงพฤติกรรมเกือบทุกขั้นตอน ในขณะที่นักเรียนกลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน แสดงพฤติกรรมไม่ครบขั้นตอน และนักเรียนกลุ่มเก่งแสดงพฤติกรรมการคิดออกเสียงที่ให้ข้อมูลมากกว่า

อำนวย เลิศชัยนตี (2523) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ความสามารถทางสมองและความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับมัธยม โดยใช้แบบทดสอบความถนัดทางการเรียน และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 13 ฉบับ เพื่อใช้วัดความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ พบว่าองค์ประกอบที่ช่วยในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มี 7 องค์ประกอบคือ

1) ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาด้านคำศัพท์ สูตร กฎเกณฑ์ และเนื้อหาต่างๆที่เรียนไปแล้ว

2) ความรู้ ความเข้าใจในวิธีดำเนินการ

3) ความเข้าใจในการแปลความ เข้าใจปัญหาอย่างชัดเจน

4. ความเข้าใจในการขยายความ การคิดแก้ปัญหาต้องอาศัยการคาดการณ์ล่วงหน้าได้ถูกต้อง จึงจะแก้ปัญหาได้

5) การวิเคราะห์ความสำคัญ สามารถแยกแยะโจทย์ได้ว่า สิ่งใดมีประโยชน์ สิ่งใดไม่จำเป็นในการคิดแก้ปัญหา

6) วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของส่วนประกอบที่สำคัญของตัวปัญหา

7) วิเคราะห์หลักการโดยพิจารณาว่า สิ่งต่างๆในปัญหานั้น ประกอบเป็นตัวปัญหาได้เนื่องจากสิ่งใดเป็นแกนกลาง

นอกจากนั้นยังพบว่า องค์ประกอบด้านความถนัดทางการเรียนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เรียงตามลำดับความสำคัญดังนี้คือ ตัวเลข ความเข้าใจในการอ่าน ความถนัดเชิงความจำ ความสนใจในการจัดประเภท และยังพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ มีส่วนช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงมาก

<u>งานวิจัยในต่างประเทศ</u>

งานวิจัยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาของผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญ

จากการศึกษาของ Scandura (1981 : 137-146) เกี่ยวกับความแตกต่างกันในการแสดงความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ของผู้ชำนาญ และผู้ไม่ชำนาญ โดยศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มคือ ผู้มีประสบการณ์น้อยในการแก้ปัญหา(naive problem solver) เป็นนักเรียนระดับ 3 ผู้ไม่ชำนาญ(neophyte)เป็นนักเรียนระดับ 6 และผู้ชำนาญ(expert) เป็นนักเรียนระดับ 9

ผลของการศึกษาพบว่า

1. ผู้มีประสบการณ์น้อย มีความรู้เรื่องความคิดรวบยอดน้อย มีความเข้าใจในปัญหา

และกลวิธีในการแก้ปัญหาน้อย มีสิ่งสะสมอยู่ในความจำน้อย และมีศักยภาพที่จะนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาต่ำ

2. ผู้ไม่ชำนาญมีความรู้ และกลวิธีในการแก้ปัญหามากกว่ากลุ่มแรก มีความสามารถในการจำ และศักยภาพ ที่จะนำความรู้ไปใช้มากกว่า ตลอดจนแก้ปัญหาได้รวดเร็วและถูกต้องกว่า แก้ปัญหาได้บ่อยครั้งกว่า และมีข้อผิดพลาดน้อยกว่ากลุ่มแรก

3. ผู้ชำนาญ มีการสะสมความรู้ ที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา มากกว่าทั้ง 2 กลุ่มแรก มีวิธีปฏิบัติที่อยู่ในขั้นสูง (higher-order) มีความจำมากและระลึกได้อย่างรวดเร็ว มีการจัดระบบความรู้และวิธีการ ในรูปแบบของการเรียงลำดับเป็นโครงสร้าง สามารถแก้ปัญหาที่ยาก และแก้ไขได้รวดเร็ว

Barba (1990 : 4078A) ได้ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์ ของผู้สอนวิทยาศาสตร์ที่ชำนาญ กับผู้สอนวิทยาศาสตร์ผู้ไม่ชำนาญ ตัวแปรในการศึกษาได้แก่ ความสามารถทางสติปัญญาโดยทั่วไป ความรู้ในเนื้อหาในวิชาที่สอน ระดับของความรู้เนื้อหาตามขั้นตอนของ Gagne'(1985) และ ความรู้ด้านการดำเนินการ ที่ใช้ในการแก้ปัญหาวิทยาศาสตร์

กลุ่มตัวอย่างเป็นครูวิทยาศาสตร์ 60 คน เป็นครูผู้ชำนาญ 30 คนและครูผู้ไม่ชำนาญ 30 คน ซึ่งใช้ระดับของ ความรู้ด้านความคิดรวบยอด ด้านการดำเนินการ และ ด้านกลวิธี ที่ได้จากการประเมิน เป็นเกณฑ์ในการจัดกลุ่มตัวอย่างครั้งนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ Otis-Lennon Mental Abilities Test ใช้ในการเก็บข้อมูลด้านความสามารถทางสติปัญญา และ Earth Science Examination ใช้รวบรวมข้อมูลด้านความรู้ด้านความคิดรวบยอด โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์ 5 ข้อ ใช้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความรู้ด้านการดำเนินงาน และกลวิธี

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มผู้ชำนาญ และผู้ไม่ชำนาญมีความ แตกต่างกันในด้าน ความสามารถทางสติปัญญา และความรู้เฉพาะด้าน ทั้งที่เป็น ความคิดรวบยอด การดำเนินการ และโครงสร้างความรู้ ครูที่ชำนาญใช้ความรู้ด้านความคิดรวบยอดในการแก้ปัญหา ได้มากกว่าครูผู้ไม่ชำนาญ และแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างความรู้มากกว่าเช่นกัน นอกจากนั้นยังแก้ปัญหาได้คล่องแคล่วและเป็นอัตโนมัติกว่าครูผู้ไม่ชำนาญ

Defranco (1987 : 53A) ได้ศึกษาบทบาทของ เมตาคอคนิชั่น ว่ามีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของผู้ชำนาญด้านคณิตศาสตร์อย่างไร เพื่อตรวจสอบและหาความแตกต่างของตัวแปรด้าน บุคคล งาน และกลวิธีที่สัมพันธ์กับคณิตศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ใช้กลุ่มตัวอย่าง 16 คน เป็นผู้จบปริญญาเอกด้านคณิตศาสตร์ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน กลุ่มแรกเป็นผู้ที่ได้รับการยอมรับจากนานาชาติว่า เป็นผู้ที่ประสบความสำเร็จในงานอย่างสูง กลุ่มที่ 2 ไม่ได้รับการยอมรับเท่ากลุ่มแรก วิธีการศึกษาเป็นการนำปัญหาคณิตศาสตร์ที่ยากมากๆ มาให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มแก้ โดยใช้วิธี การคิดออกเสียง เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลมี 2 แบบ คือ แบบสอบถามเกี่ยวกับ บุคคล งาน และ กลวิธี เพื่อใช้ตรวจสอบความแตกต่างในความรู้ด้าน เมตาคอคนิชั่น ของผู้ชำนาญ เครื่องมืออีกอย่างหนึ่ง ได้แก่ สมุดปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ ที่จะให้ผู้ชำนาญแก้

ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างผู้ชำนาญ สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องมากกว่า และใช้ทักษะด้านเมตาคอคนิชั่น อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าผู้ไม่ชำนาญ และความรู้ด้าน เมตาคอคนิชั่น มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

Schunk (1983 : 89-93) ทำการวิจัยเชิงทดลอง โดยสอนทักษะการลบ และกลวิธีในการกำกับตนเอง แก่เด็กในระดับประถมที่มีความสามารถทางคณิตศาสตร์ต่ำ โดยให้เด็กได้รับการฝึกการตรวจสอบพฤติกรรมในเวลาการทำงานและนอกเวลาทำงาน การประเมินผลการทำงาน และการกำหนดการเสริมแรงในผลงานที่ออกมา ผลปรากฏว่า ไม่เพียงแต่เด็กจะมีความรู้สึกด้าน ความคาดหวังเกี่ยวกับความสามารถของตนเอง (self - efficacy) เพิ่มขึ้นเท่านั้น แต่ยังมีทักษะในการลบและการทำงานเพิ่มขึ้นอีกด้วย

ผลงานวิจัยทั้งหลายที่ผ่านมา ทั้งการจัดการฝึก และการวิเคราะห์ความแตกต่างในการแก้ปัญหา ระหว่างผู้ชำนาญกับผู้ไม่ชำนาญ จะเห็นว่ามีความแตกต่างกัน ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ ในเรื่องของความรู้เฉพาะด้าน เช่น การสร้างตัวแทนปัญหา ความซับซ้อนของโครงสร้างความรู้ ความรู้พื้นฐาน การตั้งสมมุติฐาน และ การวางแผน

งานวิจัยที่เกี่ยวกับความรู้เฉพาะด้าน

Park (1990 : 3376A) ได้ศึกษาตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับ การเลือกตัวแทนการคิดและกลวิธีในการแก้ปัญหา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ 4 คน โดยให้แก้

โจทย์ปัญหากลศาสตร์ ตัวแปรในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย โครงสร้างของงานที่เกี่ยวกับปัญหากลศาสตร์ ความรู้ด้านความคิดรวบยอด ความรู้ด้านการดำเนินการ ความรู้ด้านกลวิธี และ ระบบความเชื่อ เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แบบสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับวิชาวิทยาศาสตร์ และฟิสิกส์ แบบทดสอบความมีเหตุผล แบบทดสอบทักษะในการคำนวณ และ แบบทดสอบความรู้พื้นฐาน

โจทย์ปัญหากลศาสตร์ 8 ข้อ ที่ให้กลุ่มตัวอย่างแก้นั้นใช้วิธีการคิดออกเสียง และตามด้วยการสัมภาษณ์ พื้นฐานการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน ที่นำมาพิจารณา ได้แก่ ทักษะในการให้เหตุผลด้านวิทยาศาสตร์ และฟิสิกส์ ทักษะในการคำนวณ รวมไปถึงความคิดรวบยอดที่ผิดพลาด สิ่งที่ถูกนำมาอภิปรายในการศึกษาวิจัยดังนี้ ได้แก่ การสร้างตัวแทนปัญหา กลวิธีในการแก้ปัญหา ความผิดพลาด ความคุ้นเคยกับปัญหา ความเชื่อมั่นในตนเอง และกระบวนการในการแก้ปัญหาของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน

ผลการวิจัยพบว่า ทักษะและความรู้พื้นฐานเป็นสิ่งสำคัญต่อการแก้ปัญหา แต่ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีความรู้เดิมอยู่แล้วยังแก้ปัญหาผิดพลาดนั้น เป็นเพราะขาดความรอบคอบ มีการคิดคำนวณผิด การเสนอตัวแทนของปัญหาผิด ขาดความเข้าใจ และจัดระบบผิด

ตัวแปรที่มีผลต่อการเลือกตัวแทนปัญหาที่พบ ก็คือ 1) การใช้ถ้อยคำในการสร้างโจทย์คำนวณ 2) ประสบการณ์เดิม 3) ความพร้อมด้านจิตใจ 4) ปริมาณของ ความรู้พื้นฐานที่มีอยู่ 5) ความสามารถในการแปลความ

Greenbowe (1983 : 3651A) ได้ศึกษาผลของความรู้ในเนื้อหาวิชา ระดับของสติปัญญา วิธีการแก้ปัญหาแบบตรงจุด (heuristic) ความสามารถในการสร้างตัวแทนปัญหา และ ความเข้าใจผิดพลาดที่ยังไม่ได้รับการแก้ไข ว่ามีต่อผลการแก้ปัญหาเคมีอย่างไร

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักศึกษาปริญญาตรีวิชาเอกเคมีจำนวน 30 คน และอาจารย์สอนวิชาเคมี 1 คน กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความรู้พื้นฐานในวิชาพีชคณิต เคมี และทักษะทางการคิด

การแก้ปัญหาโจทย์เคมี ทำเป็นรายบุคคลโดยการให้การคิดออกเสียง และมีการบันทึกเทป เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ขั้นตอนย่อยๆ ในการแก้ปัญหา และการกล่าวถึงเนื้อหาวิชาเคมี ของกลุ่มตัวอย่าง

ผลที่ได้จากการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. โจทย์เคมีที่ใช้ในการวิจัยจะยากสำหรับผู้ไม่มีพื้นฐานความรู้ด้านเคมี

2. ผู้ที่แก้ปัญหาได้ คือ ผู้ที่สามารถสร้างตัวแทนปัญหาได้เหมาะสม ผู้ที่แก้ปัญหาไม่สำเร็จ เพราะสร้างสมการเคมีที่เป็นตัวแทนปัญหาได้ไม่ถูกต้อง และใช้ algorithm ในการแก้ปัญหา ทั้งนี้อาจแก้ปัญหาได้แต่ได้คำตอบที่ไม่ถูกต้อง

3. การสร้างตัวแทนปัญหา มีผลต่อการประยุกต์ความคิดรวบยอดไปใช้ การจะสร้างตัวแทนปัญหาได้นั้น กลุ่มตัวอย่างต้องเข้าใจความคิดรวบยอดของปัญหา

4. ผู้แก้ปัญหาได้สำเร็จ สร้างตัวแทนของปัญหาใน 3 ระดับคือ สัญลักษณ์(symbol) การพิจารณารายละเอียด(microscopic) และการพิจารณาภาพรวม(macroscopic) เพื่อที่จะทำให้เข้าใจปัญหา

5. ผู้แก้ปัญหาได้สำเร็จ แสดงออกถึงความสามารถในทักษะการแก้ปัญหาด้านการจัดระบบ ความคงเส้นคงวา การประเมินการแก้ปัญหาแบบตรงจุด และ การปฏิบัติการอย่างมีแบบแผน มากกว่าผู้แก้ปัญหาไม่สำเร็จ

6. ตัวแปรด้านเนื้อหาและกระบวนการมีความสำคัญต่อการแก้ปัญหาเคมี

French(1990 : 3672A) ได้ศึกษาการใช้แบบสอบวัด MWPST (Mathematical Word Problem Solving Test) ในการศึกษาการแก้ปัญหา ด้านความรู้ความคิดรวบยอด การดำเนินการ และกลวิธีในการแก้ปัญหา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน ระดับ 4 ระดับ 5 และ ระดับ 6 จำนวน 79 คน เทคนิคที่ใช้ในการวิจัย ใช้วิธีการคิดออกเสียง ในขณะที่กำลังแก้ปัญหา

ผลการวิจัยพบว่า

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น ตามระดับของความรู้ด้านความคิดรวบยอด

2. นักเรียนประสบความยุ่งยากกับปัญหาที่ต้องใช้การคิดคำนวณเกิน 1 ขั้น

3. กลวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียน ส่วนใหญ่จะมีการดำเนินการ 4 ด้านคือ การตรวจสอบคำถาม การเลือกแผน การสร้างตัวแทนปัญหา และ การดำเนินการตามแผน เด็กเก่งจะมีการให้ความกระจ่างในเป้าหมายด้วย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ความรู้ด้านความคิดรวบยอด และการดำเนินการนั้นขึ้นอยู่แก่กัน กลวิธีในการคิด และ เมตาคอคนิชั่น ขึ้นอยู่กับความรู้ด้านความคิดรวบยอด และการดำเนินการ พวกที่ได้คะแนนสูงจะสร้างกลวิธีได้มากกว่า พวกได้คะแนนต่ำจะมีปฏิกริยาต่องานน้อย ขณะที่นักแก้ปัญหาระดับปานกลาง จะมีการใช้กลวิธีในการคิด อย่างกว้างขวาง พวกได้

คะแนนปานกลางจะใช้เมตาคอคนิชั่น บ้างแต่ไม่แน่นอน แต่พวกที่ได้คะแนนสูงจะใช้เมตาคอคนิชั่นในการตรวจสอบความก้าวหน้าในการแก้ปัญหา

แสดงว่า MWPST สามารถนำไปใช้วัดความรู้ในการแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี และมีความสัมพันธ์ระหว่างกันใน ความรู้ด้านความคิดรวบยอด การดำเนินการ และกลวิธีในการแก้ปัญหา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการและกลวิธีในการคิด

Pressley (1986 : 139-161) ได้ใช้ Good Strategy User Model ในการฝึกเพื่อพัฒนาการคิดของนักเรียนระดับประถม โดยสอนกลวิธีในการแก้ปัญหาให้ ให้นักเรียนรู้ว่า จะใช้เมื่อไร อย่างไร เมื่อนักเรียนลงมือฝึกการแก้ปัญหา ครูจะเป็นผู้คอยแนะในเรื่องวิธีการคิดอย่างเป็นระบบ เมื่อนักเรียนทำงานเสร็จ ครูจะเป็นผู้สะท้อน(feedback) การทำงานนั้นเพื่อให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการฝึก จากการฝึก พบว่าผู้ที่จะประสบความสำเร็จในการเรียนได้ต้องประกอบด้วย การมีมีข้อมูลหรือความรู้ ที่มีการจัดระบบเพื่อนำไปสู่เป้าหมาย การมีโปรแกรมในการตรวจสอบกลวิธีการคิดที่จะทำให้บรรลุเป้าหมาย และ ได้รับความรู้เกี่ยวกับร่องกลวิธีในการคิด

Guernon (1989 : 2768A) ได้ศึกษาผลของการสอนการแก้ปัญหาแบบตรงจุด (heuristics) ภายใต้ระบบการควบคุมด้าน เมตาคอคนิชั่น ต่อการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของเด็กระดับประถม โดยในการสอนการแก้ปัญหาแบบตรงจุดนั้นได้เน้นในสิ่งที่ Schoenfeld (1985) อ้างถึง คือการควบคุม เมตาคอคนิชั่น การควบคุมในที่นี้ ก็คือความสามารถของนักเรียนในการตรวจสอบ (monitoring) ว่าทำอย่างไร (how) และเมื่อไร (when) ที่จะทำให้การแก้ปัญหานั้นดีขึ้น

เขาใช้วิธีทดลองโดยแบ่งเด็กที่เรียนในระดับ 8 จำนวน 55 คน ออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่1 ได้รับการสอนการแก้ปัญหาแบบตรงจุด (heuristic) และเป็นเรื่อง การใช้คำว่าเมื่อไร(when) และ อย่างไร(how) ในกลวิธีการแก้ปัญหาด้วย กลุ่มที่ 2 ได้รับการสอนการแก้ปัญหาหลายๆอย่าง แต่ไม่ได้เป็นเรื่องการสอนแบบตรงจุด (heuristic) ในการแก้ปัญหา กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุม ได้รับการสอนตามปกติ ทั้ง 3 กลุ่มได้รับการสอนดังกล่าว ในชั้น

เรียนปกติ และสอนเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตร เป็นเวลา 16 สัปดาห์ การแก้ปัญหาเป็นส่วนหนึ่งของการสอนในชั้นเรียนวิชาคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ได้รับการสอนโดยครูตามปกติ ผลของการทดลองพบว่า นักเรียนในกลุ่มที่ 2 มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 1 มีความสามารถในการปัญหาสูงสุด ผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การฝึกให้นักเรียนแก้ปัญหาโดยเน้นเรื่องการควบคุมการคิดของตนเอง ทบทวนเสมอว่าจะทำ อะไร เมื่อไร และอย่างไร มีการฝึกการคิดแบบตรงจุด มีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของเด็ก

งานวิจัยเกี่ยวกับ เมตาคอคนิชั่น

Eyler (1989 : 1971A) ได้ศึกษาผลของ เมตาคอคนิชั่น ที่มีต่อการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 เพื่อสำรวจความแตกต่างทั้งในด้านปริมาณ และคุณภาพของความรู้ด้านความรู้คิด และความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยศึกษาจากนักศึกษาที่ประสบความสำเร็จ และนักศึกษาที่ไม่ประสบความสำเร็จ ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ใช้เทคนิคการคิดออกเสียง ในการแก้ปัญหา ซึ่งจะใช้เทปบันทึกเสียง ตามด้วยการสัมภาษณ์ ในการสัมภาษณ์จะถามถึงสิ่งที่เขาอธิบายไม่ชัดเจนในการแก้ปัญหา หรือในช่วงที่เขาเงียบ จากนั้นจะถอดเทปการสัมภาษณ์ และทำรหัส (code) เพื่อนับจำนวนการตัดสินใจที่ใช้เมตาคอคนิชั่นของนักศึกษาแต่ละคนว่ามีมากน้อยเพียงใด และบันทึกความถูกต้องในการแก้ปัญหาไว้ด้วย

ผลการวิจัยพบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของการตัดสินใจโดยใช้เมตาคอคนิชั่นกับความถูกต้องในการแก้ปัญหา ในด้านคุณภาพพบว่า ผู้ประสบความสำเร็จ และผู้ไม่ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีความแตกต่างกันในการให้ข้อมูลที่นำมาทำเป็นถ้อยคำ (protocol) ในด้านปริมาณพบว่า ผู้ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีจำนวนของการตัดสินใจ โดยใช้เมตาคอคนิชั่น มากกว่าผู้ไม่ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

จากผลของการวิจัยนี้ Eyler ให้ข้อเสนอแนะว่า การส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์นั้น นอกจากการพัฒนารูปแบบการสอนแล้ว ควรมีการฝึกการตัดสินใจ โดยการใช้เมตาคอคนิชั่น ด้วย

Swanson (1990 : 306-314) ได้ศึกษาผลของความรู้ด้าน เมตาคอคนิชั่น และความถนัดทางการเรียน ที่มีต่อการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นประถม ที่มีความถนัดทางการเรียนสูง กับนักเรียนที่มีความถนัดทางการเรียนต่ำ (high-low aptiude students) และที่มีความสามารถด้าน เมตาคอคนิชั่น สูง กับมีความสามารถด้าน เมตาคอคนิชั่น ต่ำ โดยการใช้แบบสอบถามปลายเปิด เพื่อวัดเกี่ยวกับความรู้ใน เมตาคอคนิชั่น ด้านบุคคล งาน และกลวิธี การตอบใช้วิธี การคิดออกเสียง คำถามแต่ละข้อจะมีการให้คะแนน 5 ระดับ ผู้ที่ได้คะแนนสูงถือว่ามี ความรู้ในเมตาคอคนิชั่น สูง และใช้ Cognitive Ability Test (CAT) ในการวัดความ ถนัดในการเรียน นอกจากนั้นมีปัญหาให้นักเรียนแก้ 5 ปัญหา

ผลการศึกษาพบว่า ความรู้ด้าน เมตาคอคนิชั่น เป็นตัวทำนายความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีกว่าความถนัดทางด้านการเรียน ผู้ที่มีความรู้ด้าน เมตาคอคนิชั่นสูง แต่มีความถนัดด้านการเรียนต่ำ สามารถแก้ปัญหาได้ดีกว่าผู้ที่มีความถนัดด้านการเรียนสูงแต่มีความรู้ด้าน เมตาคอคนิชั่น ต่ำ Swanson เสนอแนะว่าการฝึกความรู้ด้าน เมตาคอคนิชั่น สามารถนำไปใช้กับผู้มีความสามารถด้านการเรียนต่ำ เพื่อสร้างเสริมให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นได้

Coltharp (1990 : 48-49) ศึกษาผลของการใช้ กลวิธีทางเมตาคอคนิชั่น ต่อการปรับปรุงความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนในระดับประถมศึกษา โดยแบ่งเด็กออกเป็น กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองได้รับการสอนที่เน้นในด้านกลวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ เมตาคอคนิชั่น กลุ่มควบคุมรับการสอนด้วยวิธีสอนตามปกติ ผลของการศึกษาพบว่า ไม่มีความแตกต่างในความสามารถการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม Coltharp ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่า ควรใช้วิธีการอื่นร่วมกัน กับวิธีสอนกลวิธีทางเมตาคอคนิชั่น จะช่วยให้การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของเด็กดีขึ้น

อย่างไรก็ตามในการศึกษาของ Coltharp มีข้อสังเกตว่าได้ใช้เวลาในการฝึกเพียง 15 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 ชั่วโมง วิธีการฝึกนั้นใช้เพียงการอธิบายของครู และการอภิปรายร่วมกันของนักเรียน โดยไม่ได้ให้มีการลงมือฝึกอย่างแท้จริง จึงเชื่อว่าผลของการฝึกกลวิธีในเมตาคอคนิชั่น ไม่น่าจะเพียงพอที่จะส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

8. <u>กรอบแนวคิดในการวิจัย</u>

จากเอกสารและผลการศึกษาวิจัยที่กล่าวไว้ข้างต้น พบว่าผู้ชำนาญ และผู้ไม่ชำนาญ มีวิธีในการแก้ปัญหาต่างกัน ผู้ชำนาญแก้ปัญหาได้มีประสิทธิภาพมากกว่าผู้ไม่ชำนาญ ทั้งในด้านความรู้เฉพาะด้าน กระบวนการในการแก้ปัญหา และ เมตาคอคนิชั่น (Chi, et.al.,1982; Reed, 1988; Reif, 1980; Rohwer and Thomas, 1989 ; Fleischner,Nuzum, and Marzola, 1987) ผลการวิจัยที่พบนี้ทำให้เกิดสมมุติฐานที่น่าสนใจว่า เด็กไทย ที่เป็นผู้ชำนาญในการแก้ปัญหา จะมีองค์ประกอบด้านความสามารถในการแก้ปัญหา แตกต่างจาก ผู้ไม่ชำนาญอย่างไร

การวิจัยที่เกี่ยวกับการเปรียบเทียบ ความรู้เฉพาะด้าน กระบวนการในการคิดแก้ปัญหา และเมตาคอคนิชั่นในการแก้ปัญหา ระหว่างกลุ่มผู้ชำนาญและไม่ชำนาญ พบว่ามีการใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับแตกต่างกันมาก เช่นการวิจัยของ French (1990) ที่ศึกษาด้านความรู้ด้านความคิดรวบยอด และความรู้ด้านการดำเนินการ ใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็น นักเรียนระดับ 4 5 และ 6 โดยถือว่าผู้ที่อายุมากกว่าน่าจะมีความรู้และความผู้ชำนาญมากกว่า Feltovich (1982)ศึกษาการใช้ความรู้เฉพาะด้านในการวินิจฉัยโรค กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาแพทย์ปีที่ 4 กับอาจารย์แพทย์ผู้เชี่ยวชาญโรคเฉพาะอย่าง และมีประสบการณ์ในการทำคลินิค 20 ปี Chi (1982) ได้วิจัยเพื่อตั้งทฤษฎีความชำนาญ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาจารย์สอนฟิสิกส์ กับนักศึกษาปีที่ 1วิชาเอกฟิสิกส์ ในการศึกษากระบวนการในการคิดแก้ปัญหา ใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาปริญญาเอก กับนิสิตชั้นปีที่ 1 ในการจำแนกประเภทปัญหา และใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาปริญญาโท นักศึกษาชั้นปีที่ 4 และนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ในการศึกษาด้านโครงสร้างความรู้ Myers และ Paris (1978) ศึกษาเมตาคอคนิชั่น ด้านบุคคล งาน และ กลวิธี ในการอ่านโดยใช้นักเรียนที่มีอายุ 8 และ12 ปี พบว่าเด็กที่มีอายุสูงกว่ามีความรู้ในเมตาคอคนิชั่น สูงกว่าเด็กที่มีอายุต่ำกว่า นอกจากนั้นยังมี Scandura (1981)ที่ศึกษาความแตกต่างในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับ 3 ระดับ 6 และระดับ 9 Forrest และ Waller(1980) ศึกษาการใช้ความรู้ด้านกลวิธีในการแก้ปัญหาของนักเรียนในระดับ 3 และระดับ 6

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะทำการวิเคราะห์ ลักษณะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของผู้ชำนาญ กับผู้ไม่ชำนาญ แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมุ่งเน้นในองค์ประกอบ 3 ด้าน คือด้านความรู้เฉพาะด้าน ด้านกระบวนการใน

คิดแก้ปัญหา และ ด้านเมตาคอคนิชั่น

1. การศึกษาด้านความรู้เฉพาะด้าน ศึกษาใน 2 ด้าน คือ ความรู้ด้านความคิดรวบยอด และ ความรู้ด้านการดำเนินงาน ตามการแบ่งของ Gagne' (1985) Alexander และ Judy (1988) และ English (1992)

1.1 ความรู้ด้านความคิดรวบยอด จากการศึกษาพบว่าผู้ชำนาญมี ความเข้าใจ มีการสะสมความรู้ การจำคำ ข้อความ ข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ หลักการต่างๆ และ การสร้างโครงสร้างความรู้ได้ดีกว่าผู้ไม่ชำนาญ และมีความแม่นยำในการดึงความรู้นี้มาใช้ ทั้งนี้เพราะผู้ชำนาญมีการจัดระบบโครงสร้างความรู้ได้ดีกว่าผู้ไม่ชำนาญ (Chi,1982; Gallini,1989; Feltovich, 1981; Reif, 1980; Larkin, 1985)

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความรู้ด้านความคิดรวบยอด ของผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญ ใน 3 ลักษณะ คือ

1.1.1 ความรู้ ความเข้าใจ และความรู้พื้นฐานที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

1.1.2 ความเข้าใจความสัมพันธ์ ของถ้อยคำ และข้อเท็จจริงในปัญหา

1.1.3 ลักษณะการจำแนกปัญหาตามลักษณะโครงสร้างความรู้

1.2 ความรู้ด้านการดำเนินการ จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ผู้ชำนาญมีความรู้ด้านการนำ กฎเกณฑ์ สูตร ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้แม่นยำกว่าผู้ไม่ชำนาญ และมีการจัดลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหาได้ดีกว่า นอกจากนั้นยังมีความสามารถในการคาดคะเนผลลัพธ์ได้ใกล้เคียงและมีเหตุมีผลมากกว่าผู้ไม่ชำนาญ(Barba, 1990; Scandura, 1981; Larkin, 1985 ;Reif, 1980) การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาความรู้ด้านการดำเนินการในด้านต่อไปนี้

1.2.1 การประมาณค่าคำตอบ

1.2.2 การระบุหลักการสำคัญทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา

1.2.3 ลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา

2. ด้านกระบวนการในการในการแก้ปัญหา จากการวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ผู้ชำนาญกับผู้ไม่ชำนาญ มีกระบวนการในการคิดแก้ปัญหาต่างกันในด้าน การทำความเข้าใจปัญหา และการสร้างตัวแทนปัญหา สำหรับด้านวิธีในการแก้ปัญหา ผู้ชำนาญมีกระบวนการแก้ปัญหาที่ชัดเจน แต่ผู้ไม่ชำนาญ จะแก้ปัญหาโดยไม่มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน เมื่ออ่านโจทย์ปัญหาแล้วจะลงมือแก้ปัญหาเลย (Rohwer and Thomas, 1989)

สำหรับกระบวนการในการคิดแก้ปัญหาตามแนวของ Wallas(1972) Weir(1974) Wessells(1972) Glover(1987)Klausmeier(1985) Polya(1957) Krulik(1987) และ Sternberg (1985) สามารถสรุปเป็นกระบวนการในการคิดแก้ปัญหา ที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้ 5 ขั้นตอนคือ 1) การทำความเข้าใจปัญหา 2) การสร้างตัวแทนปัญหา 3) การวางแผนในการแก้ปัญหา 4) การดำเนินการแก้ปัญหา และ 5) การตรวจสอบการแก้ปัญหา จากลำดับขั้นตอนดังกล่าว ผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญ มีความแตกต่างกันในด้าน การให้ความสำคัญในการทำความเข้าใจปัญหา การกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา การวางแผนในการแก้ปัญหา และ การดำเนินการตามแผนที่วางไว้ (Convington,1974 ; Robenstein, 1975)

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้วางกรอบของกระบวนในการคิดแก้ปัญหาไว้ 5 ขั้นตอนตามแนวคิดข้างต้น โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ผู้ชำนาญกับผู้ไม่ชำนาญ ว่ามีกระบวนการในการแก้ปัญหาแตกต่างกันอย่างไร เป็นไปตามที่พบในผลงานวิจัยที่กล่าวถึงข้างต้นหรือไม่

3. ด้านเมตาคอคนิชั่น ซึ่งเป็นความสามารถในการตรวจสอบการคิดของตนเองหรือเป็นการคิดเกี่ยวกับการคิด (Flavell, 1979 ; Brown and Smiley, 1977) ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ความรู้ในเมตาคอคนิชั่น (metacognition knowledge) ได้ใช้แนวคิดของ Flavell (1979) Baker, Brown และ Parlincasar (1984,1987) และ Woolfolk (1990) ที่ได้ให้ความสำคัญของความรู้ในเมตาคอคนิชั่นว่า เป็นความรู้ในความสามารถของบุคคลในการทำงาน ความรู้ในลักษณะของงาน แหล่งข้อมูล และความรู้ในกลวิธีที่สอดคล้องกับสถานการณ์ หรือในการคิดแก้ปัญหา หรือการทำงานอื่นใด การใช้ความรู้ในเมตาคอคนิชั่นในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ จะช่วยให้บุคคลสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น สามารถกำกับความคิดของตนเองให้ไปสู่เป้าหมายที่ต้องการได้ ในการศึกษาผู้ชำนาญกับผู้ไม่ชำนาญ พบว่ามีความแตกต่างกันในด้านความรู้ในเมตาคอคนิชั่น และผู้ชำนาญมีการใช้เมตาคอคนิชั่นในการกำกับกระบวนการคิดของตนเองมากกว่าผู้ไม่ชำนาญ (Shoenfeld,1985; Rohwer and Thomas, 1989)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สรุปลักษณะของความรู้ใน เมตาคอคนิชั่น ตามแนวคิดดังกล่าวข้างต้น ดังนี้

3.1 ความรู้เกี่ยวกับ ลักษณะของบุคคล ที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

3.2 ความรู้เกี่ยวกับลักษณะของงานในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ได้แก่ การรู้ว่าโจทย์ปัญหานั้นๆอยู่ในเรื่องใด มีข้อมูลใดที่เกี่ยวข้องกับปัญหานั้นบ้าง รู้ถึงความยาก ง่ายของปัญหา และสิ่งที่จะช่วยให้ปัญหานั้นง่ายขึ้น

3.3 ความรู้ในกลวิธีการแก้ปัญหา เป็นความรู้ในด้าน การวางแผน ได้แก่การรู้จักกำหนดเป้าหมาย วิธีการ การจัดระเบียบข้อมูล การดำเนินการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ รวมไปถึงความรู้ในด้านการตรวจสอบกระบวนในการแก้ปัญหา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 4 แสดงกรอบการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>สมมุติฐานการวิจัย</u>

1. ผู้ชำนาญมีคะแนนความรู้เฉพาะด้านมากกว่าผู้ไม่ชำนาญ ในด้านต่อไปนี้
   1.1 การนิยามคำศัพท์ สูตร กฎเกณฑ์และหลักการทางคณิตศาสตร์
   1.2 การระบุคำที่ช่วยในการแก้ปัญหา
   1.3 การจำแนกประเภทปัญหาคณิตศาสตร์ตามลักษณะโครงสร้างความรู้แบบลิก
   1.4 การประมาณค่าคำตอบ
   1.5 การระบุหลักการสำคัญทางคณิตศาสตร์
   1.6 การลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนความรู้เฉพาะด้านมากกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในด้านต่อไปนี้
   2.1 การนิยามคำศัพท์ สูตร กฎเกณฑ์และหลักการทางคณิตศาสตร์
   2.2 การระบุคำที่ช่วยในการแก้ปัญหา
   2.3 การจำแนกประเภทปัญหาคณิตศาสตร์ตามลักษณะโครงสร้างความรู้แบบลิก
   2.4 การประมาณค่าคำตอบ
   2.5 การระบุหลักการสำคัญทางคณิตศาสตร์
   2.6 การลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา
3. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความชำนาญกับระดับชั้นมีผลต่อความรู้เฉพาะด้าน ในด้านต่อไปนี้
   3.1 การนิยามคำศัพท์ สูตร กฎเกณฑ์และหลักการทางคณิตศาสตร์
   3.2 การระบุคำที่ช่วยในการแก้ปัญหา
   3.3 การจำแนกประเภทปัญหาคณิตศาสตร์ตามลักษณะโครงสร้างความรู้
   3.4 การประมาณค่าคำตอบ
   3.5 การระบุหลักการสำคัญทางคณิตศาสตร์
   3.6 การลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา
4. ผู้ชำนาญมีกระบวนการในการคิดแก้ปัญหาถูกต้องมากกว่าผู้ไม่ชำนาญ ในด้านต่อไปนี้
   4.1 การทำความเข้าใจปัญหา
   4.2 การสร้างตัวแทนปัญหา
   4.3 การวางแผนในการแก้ปัญหา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 การดำเนินการแก้ปัญหา

4.5 การตรวจสอบการแก้ปัญหา

5. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีกระบวนการในการคิดถูกต้อง มากกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในด้าน ต่อไปนี้

5.1 การทำความเข้าใจปัญหา

5.2 การสร้างตัวแทนปัญหา

5.3 การวางแผนในการแก้ปัญหา

5.4 การดำเนินการแก้ปัญหา

5.5 การตรวจสอบการแก้ปัญหา

6. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความชำนาญกับระดับชั้น มีผลต่อความถูกต้องของกระบวนการในการคิดแก้ปัญหา ในด้านต่อไปนี้

6.1 การทำความเข้าใจปัญหา

6.2 การสร้างตัวแทนปัญหา

6.3 การวางแผนในการแก้ปัญหา

6.4 การดำเนินการแก้ปัญหา

6.5 การตรวจสอบการแก้ปัญหา

7. ผู้ชำนาญมีความรู้ในเมตาคอคนิชั่นมากกว่าผู้ไม่ชำนาญ ในด้านต่อไปนี้

7.1 บุคคล

7.2 งาน

7.3 กลวิธี

8. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีความรู้ในเมตาคอคนิชั่น มากกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในด้านต่อไปนี้

8.1 บุคคล

8.2 งาน

8.3 กลวิธี

9. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความชำนาญกับระดับชั้นมีผลต่อความรู้ในเมตาคอคนิชั่น ในด้านต่อไปนี้

9.1 บุคคล

9.2 งาน

9.3 กลวิธี

นิยามปฏิบัติการ

ผู้ชำนาญในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ หมายถึง ผู้ที่มีพื้นความรู้ทางคณิตศาสตร์ดี มีความสามารถจัดระบบความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถคิดแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้ชำนาญในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมปีที่ 2 ในปีการศึกษา 2536 ที่มีคะแนนสอบปลายภาควิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 4 ตลอดทุกภาคเรียนที่เรียนในระดับมัธยมต้น จำนวน 25 คน และนักเรียนชั้นมัธยมปีที่ 5 และ 6 ที่ได้คะแนนสอบปลายภาควิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 4 ตลอดทุกภาคเรียนที่เรียนในระดับมัธยมปลาย และได้รับการคัดเลือกจากทางโรงเรียนให้เป็นตัวแทน เข้าแข่งขันการสอบคณิตศาสตร์ของสมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทย หรือแข่งขันคณิตศาสตร์โอลิมปิคระดับประเทศ จำนวน 25 คน

ผู้ไม่ชำนาญในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ หมายถึง ผู้ที่มีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์น้อย มีความสามารถในการจัดระบบความรู้เข้าด้วยกันต่ำ และไม่สามารถแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้ไม่ชำนาญในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 0 ทุกภาคเรียนที่เรียนในระดับมัธยมต้น และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับ 0 ทุกภาคเรียน ที่เรียนในระดับมัธยมปลาย ระดับชั้นละจำนวน 25 คน

ความรู้เฉพาะด้าน หมายถึง ความรู้ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมปีที่ 2 แบ่งออกเป็น ความรู้ด้านความคิดรวบยอด และความรู้ด้านการดำเนินการ

ความรู้ด้านความคิดรวบยอด หมายถึง ความรู้ความเข้าใจใน คำ ข้อความ ข้อเท็จจริง และ ความสัมพันธ์ระหว่างคำ ข้อความ หรือ ข้อเท็จจริงเหล่านั้น ตลอดจน ลักษณะของการจัดโครงสร้างความรู้

ความรู้ด้านการดำเนินการ หมายถึง ความรู้ในด้านการประมาณค่าคำตอบ การระบุหลักการสำคัญที่ใช้ในการแก้ปัญหาและ การลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา

โครงสร้างความรู้แบบลึก หมายถึง ลักษณะความสัมพันธ์ของความรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้หลักการสำคัญทางคณิตศาสตร์เป็นเกณฑ์ในการสร้างความสัมพันธ์

โครงสร้างความรู้แบบผิวเผิน หมายถึง ลักษณะความสัมพันธ์ของความรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้เนื้อหา หรือข้อความในโจทย์ปัญหาเป็นเกณฑ์ในการสร้างความสัมพันธ์

กระบวนการในการคิดแก้ปัญหา หมายถึง ลำดับขั้นในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตั้งแต่เริ่มแก้ปัญหา จนสิ้นสุดการดำเนินการ แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือ การทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา การสร้างตัวแทนปัญหา การวางแผนในการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา และ การตรวจสอบการแก้ปัญหา

เมตาคอคนิชั่น หมายถึงการรู้ถึงกระบวนการคิดของตนเองในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการแก้ปัญหา ประกอบด้วย การรู้ในด้านบุคคล ด้านงาน และด้านกลวิธีในการคิดแก้ปัญหาคณิตศาสตร์

เมตาคอคนิชั่นด้านบุคคล หมายถึงความรู้ในลักษณะของบุคคลว่าต้องมีลักษณะอย่างไรจึงจะทำงานเฉพาะอย่างได้ดี

เมตาคอคนิชั่นด้านงาน หมายถึงความรู้ในลักษณะของงานที่ต้องปฏิบัติว่าสิ่งใดทำให้งานนั้นง่าย สิ่งใดทำให้งานนั้นยาก สิ่งใดที่จะทำให้งานนั้นง่ายขึ้น

เมตาคอคนิชั่นด้านกลวิธี หมายถึงความรู้ว่า มีวิธีการใดที่จะทำให้งานนั้นบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ