

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง โดยใช้เมตาคอกนิชัน มีวัตถุประสงค์ สมมุติฐานการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย สรุปผลการวิจัย อภิปรายและข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง โดยใช้เมตาคอกนิชัน

สมมุติของฐานการวิจัย

ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง หลังการสอนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้เมตาคอกนิชัน มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนได้รับการสอน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง ของโรงเรียนอนุบาลสุพรรณบุรี ปีการศึกษา 2539 สังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 30 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ฉบับ เป็นแบบสอบแบบอัตนัย จำนวน 9 ข้อ มีค่าสัมประสิทธิ์ความเที่ยงเท่ากับ 0.70

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยนำแผนการฝึกเมตาคognition และแผนการสอน โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้เมตาคognition ไปสอนนักเรียน 26 วัน วันละ 40 นาที ตั้งแต่ เวลา 12.20 - 13.00 น. ซึ่งเป็นเวลานอกเหนือจากการเรียนการสอนปกติ โดยมีขั้นตอน ดำเนินการ ดังนี้

3.1 วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์กับตัวอย่างประชากรก่อน การฝึกเมตาคognition (pre-test) โดยใช้แบบสอบถามความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา คณิตศาสตร์

3.2 ฝึกเมตาคognition ทั้ง 3 ขั้นตอน คือ การวางแผน การกำกับ และการ ประเมินร่วมกับเทคนิคการคิดเชิงตั้ง จำนวน 8 แผน

เวลาที่ใช้ในการฝึกเมตาคognition ใช้เวลาสอน 8 วัน วันละ 40 นาที (2 คาบ) ตั้งแต่เวลา 12.20 - 13.00 น.

3.3 นำเมตาคognition มาใช้สอนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ใช้เวลาสอน 18 วัน คือวันที่ทางโรงเรียนอนุมัติ วันละ 40 นาที (2 คาบ) กับตัวอย่างประชากร จำนวน 18 แผนการสอน

3.4 วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของตัวอย่างประชากร หลังการสอนแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้เมตาคognition (post-test) โดยใช้แบบสอบถามเดิม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงก่อนและหลังการสอนโดยใช้ เมตาคognition ด้วยการทดสอบค่าที (t-test)

4.2 นำวิธีการที่นักเรียนปฏิบัติในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้ เมตาคognition จากแบบบันทึกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ และแบบสอบถาม ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ มาจัดเป็นหมวดหมู่และหาค่าร้อยละ แล้วนำเสนอผล ที่ได้

สรุปผลการวิจัย

1. ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง หลังการสอนแก้โจทย์ปัญหา คณิตศาสตร์ โดยใช้เมตาคognition มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ ปัญหาคณิตศาสตร์ ก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาตาม ลักษณะของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทั้ง 9 กลวิธี พบว่า หลังการ สอนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้เมตาคognition ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คณิตศาสตร์สูง มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ทุกลักษณะของโจทย์ปัญหา

2. นักเรียนแสดงให้เห็นว่าได้มีการปฏิบัติตามขั้นตอนของเมตาคognition 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการวางแผน ขั้นตอนการกำกับ และขั้นตอนการประเมินร่วมกับเทคนิคการคิดเสียงดัง ในการแก้ โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ได้แก่

1) ขั้นตอนการวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

นักเรียนมีการปฏิบัติในขั้นตอนการวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา 4 ด้าน ได้แก่

1.1) ด้านการวิเคราะห์เป้าหมายของการแก้โจทย์ปัญหา

นักเรียนมีการปฏิบัติด้านการวิเคราะห์เป้าหมายในการแก้โจทย์ปัญหา 4 ด้าน ดังนี้

1.1.1) ด้านการบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้

นักเรียนปฏิบัติ 3 วิธี คือ เขียนตามข้อความเดิมที่โจทย์ให้ มาอย่างสั้น ๆ ตามความเข้าใจของตนเองมากที่สุด เป็นจำนวนครั้งที่นักเรียนปฏิบัติ ร้อยละ 45.28 รองลงมานักเรียนใช้วิธีการเขียนสรุปเป็นข้อความสั้น ๆ ตามความเข้าใจของตนเอง ร้อยละ 40.82 และเขียนตามข้อความที่โจทย์ให้มาทั้งหมด ร้อยละ 13.90

1.1.2) ด้านการบอกข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหา

นักเรียนปฏิบัติเพียงวิธีเดียว คือ เขียนเป็นข้อความสั้น ๆ ที่ ได้จากการพิจารณาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหา เป็นจำนวนครั้งที่นักเรียนปฏิบัติ ร้อยละ 19.87

1.1.3) ด้านการบอกค่าและข้อความสำคัญในโจทย์ปัญหา

นักเรียนปฏิบัติเพียงวิธีเดียว คือ ใช้ปากกาหรือดินสอขีดเส้นใต้ ค่าและข้อความสำคัญนั้น ๆ ทั้งหมด เป็นจำนวนครั้งที่นักเรียนปฏิบัติ ร้อยละ 100.00

1.1.4) ด้านการบอกเป้าหมายของการแก้โจทย์ปัญหา

นักเรียนปฏิบัติ 3 วิธี คือ เขียนข้อความเดิมที่โจทย์ให้มาอย่าง สั้น ๆ ตามความเข้าใจของตนเอง มากที่สุด เป็นจำนวนครั้งที่นักเรียนปฏิบัติ ร้อยละ 51.13 รองลงมานักเรียนใช้การเขียนสรุปเป็นข้อความสั้น ๆ ตามความเข้าใจของตนเอง ร้อยละ 34.03 และเขียนตามข้อความเดิมที่โจทย์ให้มาอย่างสั้น ๆ ตามความเข้าใจของตนเอง ร้อยละ 14.84

1.2) ด้านการเลือกกลวิธีที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

นักเรียนได้เลือกกลวิธีที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาแล้ว ทำให้ได้คำตอบที่ ถูกต้อง เป็นจำนวนครั้งที่นักเรียนปฏิบัติ ร้อยละ 87.26 และได้คำตอบผิด ร้อยละ 12.74 โดยที่นักเรียนส่วนใหญ่จะเลือกใช้กลวิธีที่ตรงกับลักษณะของโจทย์ปัญหา และมีนักเรียนบางส่วน เลือกใช้กลวิธีที่ไม่ตรงกับลักษณะของโจทย์ปัญหา แต่สามารถนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ ได้ แก่ โจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีเขียนแผนภาพ นักเรียนจะมีการเลือกใช้กลวิธีอื่น ๆ นอกเหนือจาก

กลวิธีเขียนแผนภาพ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ ได้แก่ กลวิธีสร้างตาราง กลวิธีเขียนสมการ กลวิธีเดาและตรวจสอบ กลวิธีทำย้อนกลับ และใช้การหา ค.ร.น. โจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีสร้างรายการ นอกจากนักเรียนจะเลือกใช้กลวิธีสร้างรายการแล้ว นักเรียนยังเลือกใช้กลวิธีสร้างตารางในการแก้โจทย์ปัญหาอีกด้วย และโจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีใช้การให้เหตุผล นักเรียนจะมีการเลือกใช้กลวิธีอื่น ๆ นอกเหนือจากกลวิธีใช้การให้เหตุผล ที่สามารถนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ ได้แก่ กลวิธีเขียนแผนภาพ และกลวิธีสร้างตาราง นอกจากนั้นยังพบว่า ในโจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีวาดภาพ นอกจากนักเรียนจะเลือกใช้กลวิธีวาดภาพแล้ว นักเรียน ยังมีการเลือกใช้กลวิธีวาดภาพร่วมกับกลวิธีเดาและตรวจสอบ และใช้กลวิธีวาดภาพร่วมกับการคำนวณอีกด้วย

1.3) ด้านการเรียงลำดับขั้นตอนตามกลวิธีที่เลือกไว้

นักเรียนปฏิบัติ 2 วิธี คือ เขียนเป็นข้อความสั้น ๆ เรียงตามลำดับในการแก้โจทย์ปัญหาของแต่ละคน มากที่สุด เป็นจำนวนครั้งที่นักเรียนปฏิบัติ ร้อยละ 99.56 รองลงมานักเรียนเขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ตามขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา ร้อยละ 0.44

1.4) ด้านการประมาณคำตอบที่คาดว่าจะได้

นักเรียนปฏิบัติ 2 วิธี คือ ประมาณจากขั้นตอนของกลวิธีที่ได้เลือกไว้ มากที่สุด เป็นจำนวนครั้งที่นักเรียนปฏิบัติ ร้อยละ 83.00 รองลงมานักเรียนประมาณคำตอบจากการปิดเศษของจำนวนใดจำนวนหนึ่งที่โจทย์กำหนดให้แล้วนำมาคูณกับจำนวนอีกจำนวนหนึ่งที่โจทย์กำหนดให้ ร้อยละ 4.67

2) ชั้นการกำกับความคิดในการแก้โจทย์ปัญหา

นักเรียนมีการปฏิบัติด้านกำกับความคิดในการแก้โจทย์ปัญหา 2 ด้าน ได้แก่

2.1) ด้านการกำหนดเป้าหมายไว้ในใจขณะแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนมีการปฏิบัติทุกครั้ง ร้อยละ 100.00

2.2) ด้านการกำกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาให้เป็นไปตามขั้นตอนของกลวิธีที่ได้เลือกไว้ นักเรียนมีการปฏิบัติ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการจำข้อความสำคัญในขณะแก้โจทย์ปัญหา ที่พบสามารถสรุปจำนวนครั้งที่นักเรียนปฏิบัติ ได้ว่า ส่วนใหญ่ยังจำข้อความสำคัญในโจทย์ปัญหาได้ ร้อยละ 89.50 และจำข้อความสำคัญในโจทย์ปัญหาไม่ได้ ร้อยละ 10.50 ในด้านการควบคุมความคิดของตนเองในขณะแก้โจทย์ปัญหาที่พบ สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่ได้ปฏิบัติและไม่ได้บันทึกลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ร้อยละ 86.04 รองลงมานักเรียนได้ปฏิบัติและบันทึกลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ร้อยละ 13.96 ในด้านการกำกับกลวิธีที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่เลือกใช้กลวิธีในการแก้โจทย์ปัญหาถูกแล้ว และไม่ต้องการเปลี่ยนไปใช้กลวิธีอื่น ร้อยละ 90.88 และเลือกใช้กลวิธีในการแก้โจทย์ปัญหายังไม่ถูก และต้องการเปลี่ยนไปใช้กลวิธีอื่น ร้อยละ 9.12

3) ชั้นการประเมินความถูกต้องในการแก้โจทย์ปัญหา

นักเรียนมีการปฏิบัติในชั้นการประเมินความถูกต้องในการแก้โจทย์ปัญหา 4 ด้าน ได้แก่

3.1) ด้านการประเมินความสำเร็จตามเป้าหมาย

นักเรียนมีการปฏิบัติด้านการประเมินความสำเร็จตามเป้าหมาย 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการประเมินความสำเร็จตามเป้าหมาย และด้านความแน่ใจในคำตอบที่ได้ โดยด้านการประเมินความสำเร็จตามเป้าหมาย สามารถสรุปจำนวนครั้งที่นักเรียนปฏิบัติได้ว่า นักเรียนบรรลุเป้าหมายในการแก้โจทย์ปัญหาแล้วทุกครั้ง ร้อยละ 100.00 ในด้านการความแน่ใจในคำตอบที่ได้ สรุปจำนวนครั้งที่นักเรียนปฏิบัติได้ว่า ส่วนใหญ่มีความแน่ใจในคำตอบที่ได้ ร้อยละ 91.95 และมีส่วนน้อยที่ไม่แน่ใจในคำตอบที่ได้ ร้อยละ 8.05

3.2) ด้านการตรวจสอบคำตอบที่ได้

นักเรียนมีการปฏิบัติในด้านการตรวจสอบคำตอบที่ได้ทุกกลวิธี โดยรวมทั้ง 9 กลวิธี พบว่า จำนวนครั้งที่นักเรียนปฏิบัติ ส่วนใหญ่ตรวจสอบคำตอบที่ได้ โดยพิจารณาคำตอบว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้หรือไม่ ร้อยละ 31.57 รองลงมาตรวจสอบคำตอบโดยการทบทวนขั้นตอนของกลวิธีที่เลือกใช้อีกครั้งหนึ่ง ร้อยละ 18.18 และพบว่า โจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีทำย้อนกลับ นักเรียนมีการตรวจสอบคำตอบที่ได้แตกต่างจากโจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีอื่น ๆ คือ การนำคำตอบที่ได้ไปแทนค่าแล้วหาคำตอบตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการแก้โจทย์ปัญหา และโจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีเขียนแผนภาพ นักเรียนจะมีการตรวจสอบคำตอบที่ได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น ตรวจสอบจากแผนภาพที่เขียนขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ตรวจสอบจากตารางที่สร้างขึ้นอีกครั้งหนึ่ง เป็นต้น ซึ่งจะใช้วิธีใดในการตรวจสอบคำตอบที่ได้นั้นก็ขึ้นอยู่กับกลวิธีที่นักเรียนได้เลือกใช้

3.3) ด้านการตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา

นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้ตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา สรุปจำนวนครั้งที่นักเรียนปฏิบัติได้ ร้อยละ 90.50 และนักเรียนมีการปฏิบัติในด้านการตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาน้อยมาก ร้อยละ 9.50 โดยสามารถสรุปวิธีที่นักเรียนปฏิบัติตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา ได้ 2 วิธี ได้แก่ พิจารณาขั้นตอนของกลวิธีที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาอีกครั้งหนึ่ง และใช้วิธีการพิจารณาขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทั้ง 3 ขั้นตอน คือ ขั้นการวางแผน ขั้นการกำกับ และชั้นการประเมินอีกครั้งหนึ่ง

3.4) ด้านการบอกปัญหาและอุปสรรคที่พบในขณะแก้โจทย์ปัญหา

ปัญหาและอุปสรรคที่นักเรียนพบในขณะแก้โจทย์ปัญหา ส่วนใหญ่เกิดจากการที่นักเรียนอ่านโจทย์ไม่เข้าใจ และปัญหาอื่น ๆ ได้แก่ โจทย์ปัญหาซับซ้อน และไม่รู้จะใช้กลวิธีใดในการแก้โจทย์ปัญหา

อภิปรายผลกรวิจัย

จากผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง โดยใช้เมตาคอคนิชนำให้เห็นประเด็นสำคัญ ๆ ที่จะนำมาอภิปรายผล ได้แก่ อภิปรายผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล และประเด็นอื่น ๆ ดังนี้

1. อภิปรายผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 อภิปรายผลโดยรวม

1.2 อภิปรายผลตามขั้นตอนของเมตาคอคนิชนทั้ง 3 ขั้นตอน

1.1 อภิปรายผลโดยรวม

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง หลังการสอนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้เมตาคอคนิชนั้น มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณาตามลักษณะของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาทั้ง 9 กลวิธี พบว่า หลังการสอนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้เมตาคอคนิชนั้น ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ทุกลักษณะของโจทย์ปัญหา และนักเรียนมีการปฏิบัติตามขั้นตอนของเมตาคอคนิชนั้น ในขณะแก้โจทย์ปัญหา ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจาก

1.1.1 การแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้เมตาคอคนิชนั้น นักเรียนได้แก้โจทย์ปัญหาด้วยขั้นตอนทั้ง 3 ขั้นตอนของเมตาคอคนิชนั้น คือ ขั้นตอนการวางแผน ขั้นตอนการกำกับ และขั้นตอนประเมินร่วมกับเทคนิคการคิดเชิงตั้ง ลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ทุกครั้ง ซึ่งในแต่ละขั้นนักเรียนจะต้องทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้เสียก่อน ในขั้นการวางแผนประกอบด้วยวิเคราะห์เป้าหมายของการแก้โจทย์ปัญหา เลือกกลวิธีที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา เรียงลำดับตามเลือกไว้ และประมาณคำตอบที่คาดว่าจะได้ แล้วตามด้วยขั้นตอนการกำกับ ขั้นนี้นักเรียนต้องควบคุมความคิดของตนเองเพื่อแก้โจทย์ปัญหาให้เป็นไปตามสิ่งที่ได้วางแผนไว้ ในขั้นนี้หากนักเรียนพบว่า กลวิธีที่เลือกไว้ไม่สามารถทำให้บรรลุเป้าหมายได้ นักเรียนอาจจะต้องเปลี่ยนไปใช้กลวิธีอื่น ๆ และจะมีนักเรียนจำนวนน้อยมากที่จะเปลี่ยนกลวิธีในการแก้โจทย์ปัญหา เนื่องจากนักเรียนได้ตัดสินใจเลือกกลวิธีที่คิดว่าดีที่สุดและเหมาะสมที่สุดกับตนเองแล้ว ตั้งแต่ขั้นการวางแผน เมื่อมาถึงขั้นสุดท้ายคือขั้นตอนการประเมิน นักเรียนจะได้ทำการประเมินความสำเร็จตามเป้าหมาย ตรวจสอบคำตอบที่ได้ ตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์

ปัญหา และบอกปัญหาและอุปสรรคที่พบในขณะแก้โจทย์ปัญหาจากการปฏิบัติตามขั้นตอนของเมตาคอกนิชันทั้ง 3 ขั้นตอน ทำให้นักเรียนเกิดความมั่นใจกับคำตอบที่ได้ เนื่องจากก่อนการเลิกเรียนในแต่ละครั้งจะมีการอภิปรายและแลกเปลี่ยนแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงสิ่งที่บกพร่องที่เกิดขึ้นจากการเรียน เพื่อเป็นการลดปัญหาและอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้นในครั้งต่อไป และผู้วิจัยได้สังเกตเห็นว่านักเรียนทุกคนได้มีการเปลี่ยนแปลงในด้านการใช้เมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหามากขึ้นในการสอนแต่ละครั้ง สามารถแก้โจทย์หาได้อย่างรวดเร็วขึ้นด้วย เป็นผลทำให้แก้โจทย์ปัญหาได้สำเร็จตามเป้าหมายของโจทย์ปัญหา โดยใช้เมตาคอกนิชัน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Brown และคณะ (1983) ที่กล่าวไว้ว่า ความสามารถในการด้านเมตาคอกนิชัน จะส่งผลต่อการพัฒนาด้านการคิดทั้งหลายโดยเฉพาะความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เช่นเดียวกับแนวคิดของ Bondy (1984) ที่สรุปได้ว่า ทักษะพื้นฐานทางเมตาคอกนิชันจะช่วยให้เด็กเกิดความตระหนักถึงความเข้าใจ ความรอบคอบในการวางแผน วิธีการเรียนและการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะเด็กที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาได้ดี ซึ่ง Flavell (1985) กล่าวว่าเด็กจะมีความสามารถในการวางแผนควบคุมในแต่ละขั้นตอนของปัญหา ตลอดจนมีความสามารถในการประเมินผล ซึ่งความสามารถดังกล่าวได้รับการพิจารณาว่าเป็นขอบข่ายความรู้ของเมตาคอกนิชัน และจากการวิจัยของ Swanson (1990) ทำให้ทราบว่า ความรู้ด้านเมตาคอกนิชันเป็นตัวทำนายความสามารถในการแก้ปัญหา กล่าวคือ ผู้ที่มีความรู้ด้านเมตาคอกนิชันสูงจะสามารถแก้ปัญหาได้ดี

1.1.2 หลังการสอนนักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สูงขึ้น ไม่ว่าจะเป็นโจทย์ปัญหาลักษณะแบบใดนั้น จากการสังเกตและประสบการณ์ที่ได้จากการสอน พบว่า ลักษณะของโจทย์ปัญหาที่นักเรียนมีความคุ้นเคย และง่ายต่อการแก้โจทย์ปัญหา มีค่าเฉลี่ยของคะแนนสูงและไม่แตกต่างกันมากนักทั้งก่อนและหลังการสอน ได้แก่ โจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีเขียนแผนภาพ โจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีทำย้อนกลับ และโจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีค้นหารูปแบบ ซึ่งนักเรียนเคยพบในบทเรียนมาบ้างแล้ว ลักษณะของโจทย์ปัญหาที่นักเรียนคิดว่ายากและมีค่าเฉลี่ยของคะแนนค่อนข้างต่ำทั้งก่อนและหลังการสอน แต่หลังการสอนนักเรียนจะมีค่าเฉลี่ยของคะแนนเพิ่มขึ้นกว่าก่อนการสอนมาก ได้แก่ โจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีสร้างรายการ และโจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีสร้างตาราง ซึ่งเป็นลักษณะของโจทย์ปัญหาที่ต้องใช้กลวิธีเฉพาะในการแก้โจทย์ปัญหา เมื่อนักเรียนได้เรียนหลักการใช้กลวิธีที่ถูกต้องแล้ว ก็จะทำให้สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ นอกจากนั้นยังสังเกตพบว่า หลังการสอนนักเรียนได้เลือกใช้กลวิธีที่ตรงกับลักษณะของโจทย์ปัญหา และทำให้ได้คำตอบที่ถูกต้องมากกว่าก่อนการสอนด้วย

1.1.3 นักเรียนได้คิดเสียงดังในขณะแก้โจทย์ปัญหา โดยที่นักเรียนได้อธิบายและเสนอแนวคิดของกลวิธีที่จะใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่พบ ขณะเดียวกันก็ได้รับฟังการอธิบายของเพื่อน ยิ่งนักเรียนได้เสนอและอธิบายแนวคิดมากเท่าใด ก็จะช่วยให้นักเรียนสามารถตัดสินใจในการเลือกกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาได้ง่ายขึ้น โดยผู้วิจัยจะเป็นเพียงผู้ให้

คำแนะนำและให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในส่วนที่นักเรียนสงสัยหรือบกพร่องไป ซึ่งตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ นักเรียนส่วนใหญ่จะกล้าแสดงออกมาก อยากรู้อยากถามอธิบายความคิดที่ตนเองมีอยู่ให้เพื่อนได้ฟัง ดึงงานวิจัยของ สิริมาศ ลิทธิหล่อ (2534) ได้ระบุว่า นักเรียนในกลุ่มเก่งสามารถให้ข้อมูลในการแก้ปัญหา บอกพฤติกรรมในการแก้ปัญหาได้ชัดเจนมากกว่ากลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อนด้วยวิธีการคิดเสียงดัง และได้ผลดีมากเนื่องจากนักเรียนกล้าที่จะแสดงออก นอกจากนี้ Costa (1987) กล่าวว่า ในการประเมินเมตาคอกนิชันในการแก้โจทย์ปัญหาว่า เด็กมีการใช้เมตาคอกนิชันมากขึ้นหรือไม่ สามารถพิจารณาได้จากการอธิบายสิ่งที่เขาคิด การวางแผนในการแก้ปัญหา และการอธิบายถึงลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา ที่สอดคล้องกับ งามตา กมลวรรณ (2536) ที่พบว่า เด็กที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ดี จะมีความสามารถในการควบคุมตนเอง และมีการรายงานถึงกระบวนการในการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจนกว่าเด็กที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในระดับต่ำ

1.1.4 นักเรียนได้เรียนรู้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาที่ละกลวิธี ตามลำดับที่ใช้มากและพบมาก เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้กลวิธีหลายๆ กลวิธี นักเรียนจะสามารถเลือกใช้กลวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการแก้โจทย์ปัญหาต่าง ๆ ที่พบ โดยไม่จำเป็นต้องใช้กลวิธีใดวิธีหนึ่งเฉพาะ ซึ่งก็แล้วแต่ความสามารถและความถนัดของแต่ละบุคคลด้วย

1.1.5 ในการเรียนผู้วิจัยมีการเสริมแรงหรือการให้รางวัล ด้วยการให้คะแนนจากแบบบันทึกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่นักเรียนส่งมาแล้วรวบรวมไว้ในหนึ่งสัปดาห์ใครมีคะแนนมากที่สุดจะได้รับรางวัล ซึ่งเป็นผลทำให้นักเรียนเกิดความรู้สึกกระตือรือร้น ตั้งใจและสนใจเรียน พยายามที่จะทำงานให้สำเร็จเป็นอย่างดี

1.1.6 นักเรียนจะมาเรียนครบทุกวันและไม่ขาดเรียนโดยไม่จำเป็น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วาสุกี รัชกุล (2526) ที่พบว่า ลักษณะเด่นชัดของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง ด้านนิสัยในการเรียน คือ ไม่ขาดเรียนโดยไม่จำเป็น และทำการบ้านสม่ำเสมอ แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงเหล่านี้มีความใฝ่รู้ มีความกระตือรือร้นต่อการเรียน ถึงแม้เวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จะเป็นช่วง 12.20-13.00 และเป็นเวลานอกเหนือจากการเรียนปกติก็ตาม นักเรียนส่วนใหญ่จะรีบขึ้นมาคอยดูว่า โจทย์ปัญหาในวันที่จะเรียนมีโจทย์ปัญหาใดบ้าง และใช้กลวิธีใดเพื่อจะแก้โจทย์ปัญหานั้น

1.2. อภิปรายผลตามขั้นตอนของเมตาคอกนิชันทั้ง 3 ขั้นตอน

นักเรียนมีการปฏิบัติตามขั้นตอนของเมตาคอกนิชัน ทั้ง 3 ขั้นตอน ในขณะแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถนำมาอภิปราย ได้ดังนี้

2.1.1 ขั้นตอนการวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา

ในขั้นตอนการวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนได้ปฏิบัติ 4 ด้าน ได้แก่

2.1.1.1 ด้านการวิเคราะห์เป้าหมายของการแก้โจทย์ปัญหา

2.1.1.1.1 ด้านการบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ นักเรียนส่วนใหญ่ จะเขียนตามข้อความเดิมที่โจทย์ให้มาอย่างสั้น ๆ ตามความเข้าใจของตนเอง มีส่วนน้อยที่จะ เขียนตามข้อความที่โจทย์ให้มาทั้งหมด เนื่องจากเห็นว่าเป็นการสะดวกและประหยัดเวลากว่า

2.1.1.1.2 ด้านการบอกข้อมูลอื่น ที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ ปัญหา นักเรียนจะพิจารณาว่า โจทย์ปัญหานั้น ๆ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลอื่นหรือไม่ ถ้าจำเป็น นักเรียนก็จะเขียนไว้เป็นข้อความสั้น ๆ ที่ได้จากการพิจารณาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ ปัญหา ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่จะคิดก่อนว่าเขาสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้โดยไม่ต้องใช้ข้อมูลอื่นได้ หรือไม่ ถ้าสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้นักเรียนจะผ่านขั้นตอนนี้ไปเลย เนื่องจากเห็นว่าไม่จำเป็นต้อง ใช้ เพราะข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้เพียงพอที่จะแก้โจทย์ปัญหาได้แล้ว

2.1.1.1.3 ด้านการบอกค่าและข้อความสำคัญในโจทย์ปัญหา นักเรียนจะใช้ปากกาหรือดินสอขีดเส้นใต้ค่าและข้อความสำคัญของโจทย์ปัญหานั้น ๆ ทุกครั้ง เนื่องจากนักเรียนได้แก้โจทย์ปัญหาลงบนแบบบันทึกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา และเป็นการ สะดวกมากกว่าการเขียน

2.1.1.1.4 ด้านการบอกเป้าหมายของการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่จะเขียนตามข้อความเดิมที่โจทย์ให้มาอย่างสั้น ๆ ตามความเข้าใจของตนเอง และมีส่วนน้อยที่จะเขียนตามข้อความที่โจทย์ให้มาทั้งหมด เนื่องจากเห็นว่าเป็นการสะดวกและ ประหยัดเวลากว่าเช่นเดียวกับการบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้

2.1.1.2 ด้านการเลือกกลวิธีที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหานั้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์ ข้อมูลจากแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์หลังการสอนที่นักเรียนได้ ทำ และแบบบันทึกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่นักเรียนได้บันทึกไว้ 3 ส่วน ได้แก่ ในส่วนของการบันทึกกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาที่ใช้ ในส่วนของการเรียงลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ ปัญหา และในส่วนของการกำกับที่นักเรียนดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อให้เกิดความแน่ใจว่า นักเรียนได้เลือกใช้กลวิธีใดในการแก้โจทย์ปัญหา โดยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จะเลือกและ ตัดสินใจเลือกกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาที่ตรงกับลักษณะของโจทย์ปัญหานั้น ๆ และมีนักเรียนบางส่วน เลือกใช้กลวิธีที่ไม่ตรงกับลักษณะของโจทย์ปัญหา แต่สามารถนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ เช่น โจทย์ปัญหา “จงใช้ตัวเลข 4 จำนวน 4 ตัว สร้างเป็นประโยคสัญลักษณ์ที่มีเครื่องหมาย $+$, $-$, \times และ \div หรือใส่ () เพื่อแสดงผลลัพธ์จาก 0-5” กลวิธีเลือกใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา นี้จะมีเพียงกลวิธีเดาและตรวจสอบเท่านั้น ซึ่งต่างกับโจทย์ปัญหา “หญิงคนหนึ่งใช้เงินไปสองใน สามของเงินที่มีอยู่และทำเงินหายไปสองในสามของที่เหลือ สุดท้ายเหลือเงินอยู่ 4 บาท อยาก ทราบว่าหญิงคนนี้มีเงินอยู่ทั้งหมดกี่บาท” โจทย์ปัญหานี้จะเอื้อให้นักเรียนได้เลือกใช้กลวิธีในการ แก้โจทย์ปัญหาที่หลากหลายมากกว่า นักเรียนอาจจะเลือกใช้กลวิธีเดาและตรวจสอบ กลวิธีเขียน แผนภาพ หรือกลวิธีสร้างตาราง เป็นต้น ที่สามารถแก้โจทย์ปัญหานี้ได้และทำให้บรรลุเป้าหมาย ของการแก้โจทย์ปัญหาได้เช่นเดียวกัน กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาที่นักเรียนได้เลือกใช้นั้นได้จากการที่ นักเรียนและเพื่อนช่วยกันเสนอกลวิธีที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่พบ ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้

ตัดสินใจเลือกกลวิธีที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ง่ายขึ้น โดยนักเรียนต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับโจทย์ปัญหา และเหมาะกับตนเองมากที่สุด

นอกจากนี้ยังได้พบประเด็นที่น่าสนใจเกี่ยวกับกลวิธีที่นักเรียนได้เลือกใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ทั้ง 9 กลวิธี ดังนี้

1. กลวิธีเดาและตรวจสอบ เป็นกลวิธีที่นักเรียนทุกคนมี แต่ปัญหาอยู่ที่ว่าเมื่อนักเรียนพบโจทย์ปัญหาแล้ว นักเรียนไม่รู้หลักการว่าจะเดาอย่างไร เพื่อให้สามารถเดาคำตอบได้เร็วขึ้น

2. กลวิธีวาดภาพ นักเรียนส่วนใหญ่มีกลวิธีนี้ และมักจะใช้ร่วมกับกลวิธีเดาและตรวจสอบ

3. กลวิธีสร้างตาราง เป็นกลวิธีที่นักเรียนมีน้อยมาก อาจเป็นเพราะว่านักเรียนไม่ค่อยได้พบโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ใช้กลวิธีสร้างตาราง แต่จะได้รับการสอนให้แก้โจทย์ปัญหาที่ต้องใช้ทักษะการคิดคำนวณมากกว่า ซึ่งกลวิธีสร้างตารางนี้ต้องใช้กลวิธีเดาและตรวจสอบร่วมด้วย แต่เป็นการเดาและตรวจสอบอย่างเป็นระบบ และทำให้ผู้แก้โจทย์ปัญหาไม่เกิดความสับสนและคิดซ้ำซ้อนกับจำนวนที่ได้คิดไปแล้ว เป็นผลทำให้แก้โจทย์ปัญหาได้สำเร็จ

4. กลวิธีสร้างรายการ โจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีสร้างรายการมักมีคำตอบมากกว่าหนึ่งคำตอบเสมอ นักเรียนมักจะงงและไม่เข้าใจโจทย์ปัญหา ซึ่งข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับนักเรียนมากที่สุดคือ นักเรียนได้คำตอบไม่ครบ

5. กลวิธีเขียนแผนภาพ เมื่อนักเรียนพบโจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีเขียนแผนภาพ นักเรียนมักจะเลือกใช้กลวิธีอื่น ๆ ที่สามารถแก้โจทย์ปัญหาที่พบได้ นอกเหนือจากการเลือกใช้กลวิธีเขียนแผนภาพ

6. กลวิธีใช้การให้เหตุผล เป็นกลวิธีที่นักเรียนทุกคนมี และมักใช้ร่วมกับกลวิธีอื่น ๆ เสมอ

7. กลวิธีค้นหารูปแบบ เนื่องจากกลวิธีนี้ต้องอาศัยการสังเกตและทักษะการคิดคำนวณ การแก้โจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีค้นหารูปแบบเดียวในหนึ่งข้อ นักเรียนจะค้นหารูปแบบได้อย่างรวดเร็วกว่าโจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีค้นหารูปแบบหลายรูปแบบในข้อเดียวกัน เนื่องจากว่านักเรียนพยายามที่จะค้นหารูปแบบเพียงรูปแบบเดียวเท่านั้น

8. กลวิธีแก้ปัญหาย่างง่าย เป็นกลวิธีที่นักเรียนทุกคนมี เมื่อนักเรียนพบโจทย์ปัญหา นักเรียนจะทำทุกวิธีเพื่อให้แก้โจทย์ปัญหาได้อย่างง่ายและรวดเร็วขึ้น ซึ่งอาจต้องใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาหลาย ๆ กลวิธีร่วมกัน

9. กลวิธีทำย้อนกลับ ก่อนการสอนนักเรียนจะรู้สึกว่ายากกว่าโจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีทำย้อนกลับยากมาก หลังจากการสอนแล้วนักเรียนจะรู้สึกสนุกและรู้สึกว่าง่าย และใช้เวลาในการแก้โจทย์ปัญหาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่จะเกิดข้อผิดพลาดบ้างเกี่ยวกับการคิดคำนวณ จุดที่น่าสนใจของโจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีทำย้อนกลับคือ นักเรียนบางคนจะคิดตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสุดท้ายด้วยกลวิธีเดาและตรวจสอบจำนวนที่ต้องการหา จนกว่าจะถูกต้องอย่างมีหลักการ ไม่เดาแบบ

เรื่อยไป แต่จะพิจารณาเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้ควบคู่กันไปด้วย นอกจากนั้นยังมีกลวิธีสร้างสมการที่นักเรียนได้เรียนรู้มาตามหลักสูตร แล้วนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีทำย้อนกลับได้เช่นเดียวกัน

2.1.1.3 ด้านการเรียงลำดับขั้นตอนตามกลวิธีที่เลือกไว้ นักเรียนที่เลือกกลวิธีเดียวกันจะเรียงลำดับกลวิธีที่แตกต่างกันออกไป แต่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้เช่นเดียวกัน นักเรียนจะรู้สึกลำบากใจมากที่จะเขียน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วนักเรียนมีขั้นตอนในใจอยู่แล้ว แต่ไม่รู้ว่าจะเขียนอย่างไร แต่นักเรียนก็พยายามที่จะเขียน ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าอาจเป็นเพราะนักเรียนไม่ได้รับการฝึกฝนในด้านนี้ โดยนักเรียนส่วนใหญ่จะเขียนเป็นข้อความสั้น ๆ เรียงตามลำดับในการแก้โจทย์ปัญหาของแต่ละคน และมีส่วนน้อยที่จะเขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ตามขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา โจทย์ปัญหาบางข้อสามารถเรียงลำดับขั้นตอนตามกลวิธีที่ได้เลือกไว้ ทั้ง 2 วิธี เช่น โจทย์ปัญหา “แม่แบ่งเงินให้แจ้จุก และจิบ โดยให้จุกได้เงินครึ่งหนึ่งของเงินทั้งหมดกับอีก 2 บาท ให้จุกได้ครึ่งหนึ่งของที่เหลือกับอีก 2 บาท ที่เหลือเป็นของจิบได้เงิน 12 บาทพอดี อยากทราบว่าก่อนที่แม่จะแบ่งเงินให้แจ้จุกแม่มีเงินทั้งหมดเท่าไร” ถ้าเขียนเป็นข้อความสั้น ๆ เรียงตามลำดับในการแก้โจทย์ปัญหาของแต่ละคน นักเรียนบางคนจะเรียงลำดับขั้นตอนตามกลวิธีที่ได้เลือกไว้ ดังนี้ 1) หาจำนวนเงินของจุก 2) หาจำนวนเงินของจอก 3) นำจำนวนเงิน ของจอก จุก และจิบมารวมกัน และถ้าเขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ตามขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนบางคนจะเรียงลำดับขั้นตอนตามกลวิธีที่ได้เลือกไว้ ดังนี้ 1) $12 + 2$ 2) 14×2 3) $28 + 2$ 4) 30×2 5) 60 เป็นต้น อย่างไรก็ตามการที่นักเรียนจะปฏิบัติในด้านการเรียงลำดับขั้นตอนตามกลวิธีที่ได้เลือกไว้อย่างไร ก็ขึ้นอยู่กับความรู้ ความสามารถและทักษะในการเขียนของนักเรียนแต่ละคน ซึ่ง Gagné (1985) กล่าวว่า ในการลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา เป็นการใช้ความรู้ที่สัมพันธ์กันและสามารถที่จะเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาได้ ความสามารถนี้จะเป็นไปตามความรู้ความชำนาญ

2.1.1.4 ด้านการประมาณค่าตอบที่คาดว่าจะได้รับ ในการวิจัยครั้งนี้มีโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่นักเรียนได้ปฏิบัติลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งหมด 53 ข้อ แต่มีโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เอื้อให้นักเรียนสามารถประมาณค่าตอบได้ 20 ข้อเท่านั้น เมื่อนักเรียนได้พบโจทย์ปัญหาและได้วิเคราะห์เป้าหมายของการแก้โจทย์ปัญหาแล้ว นักเรียนจะพิจารณาโจทย์ปัญหาก่อนว่า สามารถที่จะประมาณค่าตอบได้หรือไม่ โจทย์ปัญหาข้อใดที่ประมาณค่าได้ นักเรียนจะมีวิธีการปฏิบัติในด้านการประมาณค่าตอบที่คาดว่าจะได้รับ 2 วิธีด้วยกัน คือ ประมาณค่าตอบจากขั้นตอนของกลวิธีที่ได้เลือกไว้เป็นส่วนใหญ่ และใช้วิธีการประมาณค่าตอบจากการปิดเศษของจำนวนใดจำนวนหนึ่งที่โจทย์กำหนดให้แล้วนำมาคูณกับจำนวนอีกจำนวนหนึ่งที่โจทย์กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ Reys และคณะ (1982) ที่กล่าวว่า นักเรียนที่เก่งคณิตศาสตร์จะใช้วิธีการประมาณค่าโดยปิดเศษให้เป็นจำนวนเต็มเพื่อการคำนวณ ตัวอย่างโจทย์ปัญหาที่นักเรียนได้ปฏิบัติในด้านการประมาณค่าตอบที่คาดว่าจะได้ เช่น

โจทย์ปัญหา “เด็กชายบุญมีมายืนอยู่ที่บันไดชั้นล่างสุดอยู่ เขานับขึ้นไปปรากฏว่ามีบันไดอยู่อีก 5 ชั้น จึงจะถึงชั้นกลาง อยากทราบว่าบันไดมีทั้งหมดกี่ชั้น” นักเรียนประมาณคำตอบจากขั้นตอนของกลวิธีที่ได้เลือกไว้ ขั้นตอนคือ 1) วาดภาพ 2) ตรวจสอบ สามารถประมาณคำตอบได้ 10 ชั้น หรือโจทย์ปัญหา “หญิงคนหนึ่งใช้เงินไปสองในสามของเงินที่มีอยู่และทำเงินหายไปสองในสามของที่เหลือ สุดท้ายเหลือเงินอยู่ 4 บาท อยากทราบว่าหญิงคนนี้มีเงินอยู่ทั้งหมดกี่บาท” ขั้นตอนคือ 1) พิจารณาข้อมูล 2) เขียนแผนภาพ 3) ตรวจสอบแผนภาพ ประมาณคำตอบได้ $9 \times 4 = 36$ โจทย์ปัญหาที่นักเรียนประมาณคำตอบจากการปิดเศษของจำนวนใดจำนวนหนึ่งที่โจทย์กำหนดให้แล้วนำมาคูณกับจำนวนอีกจำนวนหนึ่งที่โจทย์กำหนดให้ เช่น โจทย์ปัญหา “จงหาผลลัพธ์ $5,820 \times 999$ ” นักเรียนจะปิด 999 เป็น 1000 แล้วนำมาคูณกับ 5,820 และจะประมาณคำตอบได้ 5,820,000 เป็นต้น การที่นักเรียนจะเลือกปฏิบัติในด้านการประมาณคำตอบที่คาดว่าจะได้อย่างไร ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์นั้น ๆ ที่จะเอื้อให้นักเรียนใช้วิธีการใดในการประมาณคำตอบ นอกจากนั้นยังมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่ได้ประมาณคำตอบ เนื่องจากนักเรียนละเอียดที่จะทำในด้านนี้ แต่มุ่งที่จะแก้โจทย์ปัญหาเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการแก้โจทย์ปัญหาเท่านั้น ซึ่งถ้าหากนักเรียนมีความสามารถในการประมาณคำตอบแล้ว นักเรียนยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบคำตอบอีกด้วย ดังนั้นจึงควรจะได้ส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการเรียนการสอนด้านนี้ด้วย

2.1.2 ชั้นการกำกับความคิดในการแก้โจทย์ปัญหา

นักเรียนมีการปฏิบัติด้านกำกับความคิดในการแก้โจทย์ปัญหา 2 ด้าน ได้แก่

2.1.2.1 ด้านการกำหนดเป้าหมายไว้ในใจ ในขั้นนี้จะดูได้จากการที่นักเรียนได้ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ตามขั้นตอนของกลวิธีที่เลือกไว้ เมื่อนักเรียนได้ปฏิบัตินั้นแสดงว่านักเรียนได้กำหนดเป้าหมายไว้ในใจแล้ว เพื่อให้ได้คำตอบตามเป้าหมายของการแก้โจทย์ปัญหาที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งนักเรียนจะคิดอยู่เสมอว่าจะต้องแก้โจทย์ปัญหานั้น ๆ ด้วยกลวิธีที่เลือกไว้ให้บรรลุเป้าหมายในที่สุด

2.1.2.2 ด้านการกำกับวิธีการแก้โจทย์ปัญหาให้เป็นไปตามขั้นตอนของกลวิธีที่ได้เลือกไว้ นักเรียนมีการปฏิบัติ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการจำข้อความสำคัญในขณะแก้โจทย์ปัญหาที่พบ ด้านการกำกับความคิดในขณะแก้โจทย์ปัญหาที่พบ และด้านการกำกับกลวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยที่นักเรียนจะปฏิบัติทั้ง 3 ด้านไปพร้อม ๆ กัน และในขั้นนี้นักเรียนจะแสดงวิธีแก้โจทย์ปัญหาไปพร้อม ๆ กับควบคุมวิธีการคิดแก้โจทย์ปัญหาให้เป็นไปตามขั้นตอนของกลวิธีที่ได้เลือกไว้ ซึ่งในด้านการจำข้อความสำคัญในขณะแก้โจทย์ปัญหาที่พบนั้น นักเรียนส่วนใหญ่จะสามารถจำข้อความสำคัญในโจทย์ปัญหาที่กำลังแก้ได้อยู่ได้ โดยที่ไม่ต้องพลิกไปดูข้อความสำคัญนั้นอีกเนื่องจากนักเรียนได้วิเคราะห์เป้าหมายของโจทย์ปัญหามาแล้ว จะมีเพียง

บางโจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อนมาก ๆ และมีข้อความมาก ๆ ที่นักเรียนยังต้องย้อนกลับไปดูบ้าง ในด้านการควบคุมความคิดของตนเองในขณะแก้โจทย์ปัญหาที่พบ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ได้ปฏิบัติ และไม่ได้บันทึกลงในแบบบันทึกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เนื่องจากเขาจะตอบ คำถามตนเองในใจเสมอในขณะแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งบางคนอาจจะเพิ่งเริ่มต้น หรือบางคนอาจจะ เกือบแก้ปัญหาเสร็จแล้ว บางคนอาจจะเสร็จแล้ว เป็นต้น จึงไม่ได้บันทึกลงในแบบบันทึก กระบวนการแก้โจทย์ปัญหา และมีนักเรียนส่วนน้อยที่ได้ปฏิบัติและบันทึกลงในแบบบันทึก กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ส่วนในด้านการกำกับกลวิธีที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา พบว่า กลวิธีที่นักเรียนเลือกใช้เพื่อแก้โจทย์ปัญหาแล้วนักเรียนส่วนใหญ่จะมั่นใจมากกว่ากลวิธี นั้นสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้และไม่คิดจะเปลี่ยนแปลงไปใช้กลวิธีอื่น ๆ เลย

2.1.3 ชั้นการประเมินความถูกต้องในการแก้โจทย์ปัญหา

นักเรียนมีการปฏิบัติในชั้นการประเมินความถูกต้องในการแก้โจทย์ปัญหา

4 ด้าน ได้แก่

2.1.3.1 ด้านการประเมินความสำเร็จตามเป้าหมาย นักเรียนตรวจสอบ ดูว่าคำตอบที่ได้เป็นสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบหรือไม่ ซึ่งโดยปกตินักเรียนทุกคนแก้โจทย์ปัญหา เพื่อให้บรรลุเป้าหมายอยู่แล้ว นอกจากนั้นนักเรียนส่วนใหญ่ยังมั่นใจในคำตอบที่ได้ว่าถูกต้อง เนื่องจากว่าในขณะที่นักเรียนแก้โจทย์ปัญหานั้นเขาได้ทำการตรวจสอบคำตอบที่ได้ไปแล้ว

2.1.3.2 ด้านการตรวจสอบคำตอบที่ได้ นักเรียนส่วนใหญ่มีการ ตรวจสอบคำตอบที่ได้ โดยการพิจารณาคำตอบที่ได้ว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้หรือไม่ ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนดให้แล้วก็แสดงว่าคำตอบที่ได้นั้นถูกต้อง และเป็นไปตาม เป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ และรองลงมานักเรียนจะตรวจสอบคำตอบที่ได้ด้วยการคิดทบทวนตาม ขั้นตอนของกลวิธีที่ได้เลือกไว้ในการแก้โจทย์ปัญหาอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งสอดคล้องกับยุววัฒน์ คล้ายมงคล (2533) ที่ว่าวิธีการทบทวนคำตอบและแผนของนักเรียนคือการคิดทบทวนตั้งแต่ต้น ใหม่ มีนักเรียนจำนวนน้อยที่จะใช้วิธีการอื่น อย่างไรก็ตามก็ขึ้นอยู่กับโจทย์ปัญหาแต่ละประเภท และกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่นักเรียนได้เลือกใช้ เช่น โจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีทำย้อนกลับ นักเรียนจะตรวจสอบคำตอบโดยนำคำตอบที่ได้ไปแทนค่าแล้วหาคำตอบตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสุด การแก้โจทย์ปัญหา โจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีค้นหารูปแบบ นักเรียนจะตรวจสอบคำตอบโดย ดูว่า คำตอบที่ได้เป็นไปตามรูปแบบที่ได้หรือไม่ ถ้าได้คำตอบที่เป็นไปตามรูปแบบแล้วแสดงว่า รูปแบบคำตอบและรูปแบบนั้นถูกต้องด้วย เป็นต้น ซึ่งจะสะดวกกว่าใช้การตรวจสอบคำตอบ ด้วยวิธีอื่น ๆ

2.1.3.3 ด้านการตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา มีนักเรียน น้อยมากที่จะมองย้อนกลับไปขั้นตอนของกลวิธีที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและขั้นตอนในการแก้ โจทย์ปัญหาตั้งแต่ ชั้นการวางแผน ชั้นการกำกับ และชั้นการประเมิน อีกครั้งหนึ่งโดยคร่าว ๆ จากการสอบถามนักเรียน หลังจากที่ถูกวิจัยได้ตรวจแบบบันทึกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา

คณิตศาสตร์แล้ว ทำให้ทราบว่ากรณีที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้ตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา เนื่องจากเมื่อนักเรียนตรวจสอบคำตอบว่าถูกต้องแล้ว นักเรียนจะเชื่อมั่นว่าสิ่งที่ทำมานั้นถูกต้อง จึงไม่สนใจที่จะตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างละเอียด ซึ่งในด้านการตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหานี้หากนักเรียนปฏิบัติได้ก็จะสร้างความมั่นใจในคำตอบที่นักเรียนได้รับมากขึ้น

2.1.3.4 ด้านการบอกปัญหาและอุปสรรคที่พบในขณะแก้โจทย์ปัญหา ที่เกิดขึ้นกับนักเรียนมากที่สุดคือ นักเรียนอ่านโจทย์ไม่เข้าใจ ซึ่งทักษะการอ่านเป็นองค์ประกอบสำคัญในการแก้โจทย์ปัญหา ตามที่ Henney (1971) กล่าวว่า การคิดคำนวณจะไม่มีประโยชน์เลย ถ้านักเรียนปราศจากความสามารถในการอ่านและเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้องและแม่นยำ ปัญหาอื่น ๆ คือ โจทย์ปัญหาซับซ้อนและนักเรียนไม่รู้ว่าจะใช้กลวิธีใดในการแก้โจทย์ปัญหา จะเห็นว่าปัญหาดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันมาก เมื่อนักเรียนสามารถอ่านโจทย์ปัญหาได้เข้าใจอย่างถ่องแท้ นักเรียนก็จะทราบว่าจะใช้กลวิธีใดในการแก้โจทย์ปัญหาที่พบ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและความถนัดของแต่ละบุคคล เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการแก้โจทย์ปัญหานั้น ๆ

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนอภิปรายเพิ่มเติม เกี่ยวกับสิ่งที่ช่วยให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาได้ง่ายขึ้น ซึ่งนักเรียนบอกว่าต้องอ่านโจทย์ให้เข้าใจ มากที่สุด รองลงมาคือ ต้องศึกษาจากกลวิธีที่ผ่านมาและด้านอื่น ๆ ได้แก่ ตั้งใจฟังครูอธิบาย ตั้งใจเรียน ฝึกแก้โจทย์ปัญหาบ่อย ๆ เป็นต้น ซึ่งโดยลักษณะของนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนคณิตศาสตร์ ส่วนใหญ่มีความคงทนในการเรียนรู้ กระตือรือร้นในการเรียน มินิสัยใฝ่รู้ สนุกและชอบเรียนคณิตศาสตร์ ชอบแก้โจทย์ปัญหาที่ทำหาย มีกลวิธีการคิดที่หลากหลาย และจะมีความสามารถในการระลึกถึงโจทย์ปัญหาที่คล้ายคลึงกับโจทย์ปัญหาที่พบมาแล้วได้เป็นอย่างดี

2. ประเด็นอภิปรายอื่น ๆ

2.1 นักเรียนมักเคยชินกับการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่มีคำตอบเพียงคำตอบเดียว ทำให้เมื่อพบโจทย์ปัญหาที่มีคำตอบมากกว่าหนึ่งคำตอบ เช่น โจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีสร้างรายการ นักเรียนมักจะได้คำตอบไม่ครบตามเป้าหมายที่โจทย์ปัญหาต้องการ

2.2 จากการสอบถามถึงกลวิธีที่นักเรียนคิดว่าง่ายและยากที่สุด สำหรับนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ตอบว่าโจทย์ปัญหาที่ใช้กลวิธีทำย้อนกลับง่ายที่สุด เนื่องจากนักเรียนคิดว่าแค่เปลี่ยนเครื่องหมายก็สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ หรือเมื่อปฏิบัติขั้นวางแผนให้เข้าใจอย่างดีแล้ว ก็จะสามารถแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้กลวิธีทำย้อนกลับได้อย่างรวดเร็ว รองลงมาคือ กลวิธีเดาและตรวจสอบ เนื่องจากนักเรียนคิดว่าเพียงแต่เดาและตรวจสอบดูว่าถูกหรือไม่ก็พอแล้ว ไม่ต้องคิดมาก ส่วนกลวิธีที่นักเรียนส่วนใหญ่ตอบว่ายากที่สุดได้แก่ กลวิธีเดาและตรวจสอบ เนื่องจากว่าต้องใช้การเดาหลายครั้งและมักเดาผิดเสมอ รองลงมาคือกลวิธีค้นหารูปแบบ เนื่องจากค้นหารูปแบบไม่ได้

ข้อเสนอแนะ

1. ผู้บริหารควรสนับสนุนการสอนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้เมตาคอคนิชนั้น และกลวิธีที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาต่าง ๆ ด้วยการจัดหาเอกสารที่เกี่ยวกับการสอนโดยใช้เมตาคอคนิชนั้น สนับสนุนด้านงบประมาณในการจัดหาและจัดทำสื่อการเรียนการสอนตามความเหมาะสม

2. ครูผู้สอนนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง สามารถนำเมตาคอคนิชนั้นไปใช้ในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยเน้นชั้นการวางแผน โดยเฉพาะการวิเคราะห์เป้าหมายของการแก้โจทย์ปัญหา การเรียงลำดับขั้นตอนตามกลวิธีที่เลือกไว้ และการประมาณคำตอบที่คาดว่าจะได้รับ ชั้นการประเมินโดยเฉพาะการตรวจสอบคำตอบที่ได้ เนื่องจากมีความสำคัญต่อความชำนาญในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

3. ครูผู้สอนควรพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียน ด้วยการสอนให้นักเรียนได้แก้โจทย์ปัญหาแปลก ๆ ที่ไม่พบในหนังสือเรียน และกลวิธีแก้โจทย์ปัญหาต่าง ๆ โดยเฉพาะกลวิธีสร้างรายการ กลวิธีสร้างตาราง และกลวิธีค้นหารูปแบบ เพื่อให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างหลากหลาย เลือกใช้กลวิธีแก้โจทย์ปัญหาให้เหมาะสมกับโจทย์ปัญหา ความสามารถและความถนัดของตนเองมากที่สุด

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้เมตาคอคนิชนั้นกับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง ในระดับชั้นอื่น ๆ และนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำ

2. ควรมีการใช้เมตาคอคนิชนั้นในการพัฒนาความรู้ในกลุ่มประสบการณ์อื่น ๆ ด้วย

3. น่าจะมีการสร้างรูปแบบการฝึกเมตาคอคนิชนั้นสำหรับนักเรียน เพื่อเสริมสมรรถภาพในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ให้ความสำคัญกับการเรียนการสอนปกติ