



การพัฒนาโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวนและ
การตรวจสอบประสิทธิผลของโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน

สืบเนื่องจากผลการวิจัยในระยะที่ 1 ทำให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนว่า มีตัวแปรสำคัญ 3 ตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ด้านความรู้และทักษะ) ใน 3 ชั้นต้นแรก คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ความรู้พื้นฐานเดิม และ สำนักทางด้านจำนวนตามลำดับ ถึงแม้ว่า สำนักทางด้านจำนวน จะไม่ใช่ตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ในระดับสูงสุดเมื่อเทียบกับสองตัวแปรดังกล่าวก็ตาม แต่ผู้วิจัยก็มีความสนใจที่จะทำการศึกษาและพัฒนาศักยภาพสำนักทางด้านจำนวน ในลำดับต่อไป ด้วยเหตุผลสำคัญ 3 ประการ กล่าวคือ ประการแรก ในประเทศไทย ยังไม่มีผู้ใดได้ทำการศึกษาโดยตรงเกี่ยวกับ เรื่องสำนักทางด้านจำนวน ประการที่สอง สืบเนื่องจากผลการศึกษาศักยภาพสำนักทางด้านจำนวน ในการวิจัยระยะที่ 1 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 ในกรุงเทพมหานคร มีคะแนนเฉลี่ยของสำนักทางด้านจำนวน อยู่ในระดับต่ำ กล่าวคือ มีคะแนนเฉลี่ยไม่ถึงครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม ซึ่งคิดเป็นร้อยละเพียง 45.36 และประการที่สามคือ จากแนวคิดของนักจิตวิทยาและนักคณิตศาสตร์ศึกษา ตลอดจน ผลการวิจัยต่าง ๆ ในต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับ เรื่องของสำนักทางด้านจำนวน ต่างก็ให้ข้อสรุปเป็นที่ยืนยันกันว่า สำนักทางด้านจำนวน เป็นตัวแปรที่มีบทบาทสำคัญ ต่อการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียน และการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

สำหรับตัวแปรความรู้พื้นฐานเดิม และความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์นั้น ถึงแม้ว่าจะเป็นตัวแปรที่มีผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ในระดับที่สูงกว่าก็จริง แต่ผู้วิจัยมิได้ให้ความสนใจที่จะนำมาพัฒนาต่อ ด้วยเหตุผลที่ว่า ความรู้พื้นฐานเดิมเป็นตัวแปรที่สามารถจัดกระทำได้ง่าย ส่วนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์นั้น เป็นตัวแปรที่มีผู้สนใจทำการศึกษาไว้ค่อนข้างมากแล้ว แต่อย่างไรก็ตาม ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำตัวแปรสำคัญ 2 ตัวแปรดังกล่าว มาเป็นตัวแปรร่วม ในขั้นตอนของการประเมินประสิทธิผลของโปรแกรม

จากเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยในระยะที่ 2 เป็นลำดับต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาสำนักทางด้านจำนวน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยผ่านทางโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น โดยได้แบ่งหัวข้อการนำเสนอ ออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 : การพัฒนาโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน และการทดลองใช้โปรแกรม

ตอนที่ 2 : การตรวจสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน

ตอนที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน ประกอบด้วยขั้นตอนดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ การสร้างโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน
2. ศึกษาทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งได้แก่ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ และการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของเพียเจต์และกาเย่
3. ศึกษาทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสำนักทางด้านจำนวน ซึ่งได้แก่ ทฤษฎีการประมวลผลข้อสนเทศตามแนวคิดของแอกคินสัน และ กิฟฟริน และแนวคิดในการเรียนแบบร่วมมือ (Cooperative Learning)
4. ศึกษาเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในรายวิชา ค 203 และ ค 204
5. ศึกษาผลที่ได้จากการวิเคราะห์หารูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ในการวิจัยระยะที่ 1 แล้วพิจารณาคัดเลือกตัวแปรที่สามารถจัดการกระทำได้ บางตัวแปรที่ส่งผลและเอื้อต่อการพัฒนาสำนักทางด้านจำนวน ซึ่งได้แก่ ตัวแปรคุณภาพการสอนของครู และบรรยากาศในชั้นเรียน โดยใช้หลักการของตัวแปรดังกล่าว เป็นแนวทางในการจัดกระบวนการเรียนการสอนในโปรแกรม
6. สร้างโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน (Number Sense Program)
7. ประเมินคุณภาพของโปรแกรมโดยผู้ทรงคุณวุฒิ
8. ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง

โปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน ประกอบด้วย เอกสารชุดการสอนและการฝึก และ ตารางการสอนและฝึกสำนักทางด้านจำนวน

1. เอกสารชุดการสอนและฝึกสำนักทางด้านจำนวน ประกอบด้วย
 - 1.1 หลักการและแนวคิด

โปรแกรมสำนักทางด้านจำนวนสร้างขึ้น เพื่อพัฒนาสำนักทางด้านจำนวนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภายใต้หลักการและแนวคิดต่อไปนี้

 - 1.1.1 ใช้หลักการเรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อให้นักเรียนได้ช่วยเหลือ และแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน รวมทั้งช่วยกันคิดค้นกลวิธีใหม่ ๆ ซึ่งง่ายต่อการคำนวณและการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

1.1.2 เน้นในเรื่องของความเข้าใจในหลักการและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์มากพอ ๆ กับเน้นการฝึกทักษะการคำนวณและการแก้ปัญหา หลังจากนั้นก็เรียนเนื้อหาความรู้ความเข้าใจในหลักการและโครงสร้างดีแล้ว

1.1.3 สำนักทางด้านจำนวนสามารถพัฒนาได้ในบรรยากาศที่ผ่อนคลายไม่ตึงเครียด และการให้อิสระอย่างเต็มที่ในการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับจำนวนและปฏิบัติการต่าง ๆ บนจำนวน ภายใต้กิจกรรมการฝึกทักษะการคิดคำนวณในใจ และทักษะการประมาณค่าในเชิงของการคำนวณ และในเชิงของการคาดคะเนและตัดสินใจเกี่ยวกับปริมาณ

1.2 จุดประสงค์

1.2.1 พัฒนาทักษะการคิดคำนวณในใจ การประมาณค่าการคำนวณ และการตัดสินใจปริมาณ

1.2.2 พัฒนาทักษะในการคำนวณ และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนการนำคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ประจำวัน

1.2.3 พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

1.3 เนื้อหาในโปรแกรม

ประกอบด้วยหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.3.1 ทบทวนเรื่องค่าประจำหลัก จำนวนเต็ม จำนวนตรรกยะ จำนวนคู่จำนวนคี่ การแยกตัวประกอบ ห.ร.ม. ค.ร.น. และเลขยกกำลัง

1.3.1 คำตอบที่สมเหตุสมผล

1.3.3 การคาดคะเนปริมาณต่าง ๆ โดยใช้ตัวอ้างอิง

1.3.4 การประมาณค่าการคำนวณโดยการวัด

1.3.5 การประมาณค่าการคำนวณโดยใช้กลวิธีต่าง ๆ ได้แก่

1. กลวิธีชิดตัวหน้าเป็นหลัก (Front-end strategy)

2. กลวิธีใช้จำนวนที่แทนกันได้ (Compatible numbers strategy)

3. กลวิธีรวมกลุ่ม (Clustering strategy)

4. กลวิธีการใช้จำนวนพิเศษ (Special numbers strategy)

1.3.6 การประมาณค่าเศษส่วน เศษส่วน และทศนิยม

1.3.7 การประมาณค่าการวัด

- 1.3.8 ทบทวนสมบัติของจำนวน
- 1.3.9 รูปแบบของจำนวนที่สมมูลกัน
- 1.3.10 การหาผลบวกในใจสำหรับจำนวนที่เรียงลำดับแบบลำดับเลขคณิตและลำดับเรขาคณิต
- 1.3.11 การหาค่าเฉลี่ยของจำนวนที่เรียงลำดับแบบลำดับเลขคณิตและลำดับเรขาคณิต
- 1.3.12 การบวกลบในใจ
- 1.3.13 การคูณหารในใจ
- 1.3.14 การหาค่ากำลังสองของจำนวนที่มีสองหลัก
- 1.3.15 เปอร์เซนต์และส่วนลด
- 1.3.16 การคาดคะเนคำตอบ

1.4 ลักษณะของกิจกรรมในโปรแกรม เป็นกิจกรรมที่เน้นกระบวนการ 3 ประการ คือ กระบวนการคิดคำนวณในใจแบบยืดหยุ่น กระบวนการประมาณค่าในการคำนวณ และกระบวนการตัดสินใจและอ้างอิงเกี่ยวกับปริมาณ

1.5 การดำเนินการในโปรแกรม

1.5.1 เวลาในการสอนและฝึก คือ 2 คาบ ต่อสัปดาห์ ให้เวลาตาม 12 สัปดาห์ โดยดำเนินการสอนและฝึกในคาบกิจกรรมอิสระ คือ ในวันจันทร์และวันพฤหัสบดี ของทุกสัปดาห์

1.5.2 การฝึกเพิ่มเติมนอกเหนือจากในชั่วโมงเรียนตามตารางในโปรแกรม จะดำเนินการทุกวัน ๆ ละ 10 นาที ก่อนเรียนคณิตศาสตร์ในชั่วโมงเรียนปกติ

1.5.3 การสอบ ดำเนินการสอบในคาบที่ 8 ของวันศุกร์

1.6 สื่อการเรียนการสอน ประกอบด้วย แผนการสอนจำนวน 20 แผน และแบบฝึกสำคัญทางด้านจำนวน 20 แบบฝึก

1.7 การวัดผลและประเมินผล การสอบ การตรวจแบบฝึก และการสังเกตพฤติกรรมการแสดงออกซึ่งความคิดเห็น ตลอดจนการให้ความร่วมมือภายในกลุ่ม

2. ตารางการสอบและฝึกในโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน

ตารางการสอบและฝึกในโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2538

ลำดับที่	จันทร์	พฤหัสบดี	ศุกร์
0	←————— ปฐมนิเทศและทดสอบก่อนเรียน —————→		
1	ทบทวนค่า ประจำหลัก และจำนวน ชนิดต่าง ๆ	ทบทวนการแยก ตัวประกอบ ห.ร.ม. ค.ร.น. และเลขยกกำลัง	สอบ
2	คำตอบที่ สมเหตุสมผล	การคาดคะเน ปริมาณโดยใช้ตัวอ้างอิง	-
3	การคาดคะเน ปริมาณโดยใช้ ตัวอ้างอิง	การประมาณค่า โดยการวัด	สอบ
4	การประมาณค่า โดยใช้กลวิธีต่าง ๆ	การประมาณค่า โดยใช้กลวิธีต่าง ๆ	-
5	การประมาณค่า เศษส่วนและทศนิยม	การประมาณค่า เปอร์เซ็นต์	สอบ
6	การประมาณค่า การวัด	การประมาณค่า การวัด	สอบ

ตารางการสอนและฝึกในโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน (ต่อ)

สัปดาห์	จันทร์	พฤหัสบดี	ศุกร์
7	บททวนสมบัติ ของจำนวน	รูปแบบของจำนวน ที่สัมพันธ์กัน	สอบ
8	การหาผลบวก ของจำนวนที่ เรียงลำดับแบบ ลำดับเลขคณิต	การหาผลบวก ของจำนวนที่ เรียงลำดับแบบ ลำดับเรขาคณิต	-
9	การบวกกลืนในใจ	การบวกกลืนในใจ	สอบ
10	การคูณหารในใจ	การคูณหารในใจ	-
11	การหาค่ากำลังสอง ของจำนวนที่มีสองหลัก	เปอร์เซ็นต์และ ส่วนลด	สอบ
12	การคาดคะเนคำตอบ	บททวนทั้งหมด	-
<----- ทดสอบหลังเรียน ----->			

สำหรับตัวอย่างแผนการสอนและแบบฝึก แสดงไว้ในภาคผนวก ก.

การทดลองใช้โปรแกรม

สำหรับขั้นตอนวิธีการดำเนินการทดลองนั้น ผู้วิจัยได้เสนอรายละเอียดไปแล้วในบทที่ 3
ดังนั้น ในส่วนนี้ผู้วิจัยจึงขอเสนอแต่รายละเอียดเพิ่มเติม ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการทดลอง
ของผู้วิจัย ดังนี้

เนื่องจากผู้วิจัยได้พิจารณาคัดเลือกตัวแปรที่สามารถจัดกระทำได้ บางตัวแปรที่ส่งผลต่อสำนักทางด้านจำนวน ซึ่งได้แก่ ตัวแปรคุณภาพการสอน และบรรยากาศในห้องเรียน ถึงแม้ว่าตัวแปรทั้งสองจะไม่ใช้ตัวแปรที่ส่งผลต่อสำนักทางด้านจำนวน ในระดับสูงนักก็ตาม แต่ก็เห็นตัวแปรสำคัญที่เอื้อต่อการพัฒนาสำนักทางด้านจำนวน ตามแนวคิดและผลการวิจัยของนักคณิตศาสตร์ศึกษา หลายท่านตั้งได้กล่าวมาแล้วข้างต้น และเหตุผลที่สำคัญก็ประการหนึ่งก็คือ ตัวแปรทั้งสองเป็นตัวแปรที่สามารถจัดกระทำได้ไม่ยากนัก ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเอาหลักการของตัวแปรทั้งสองนี้ มาใช้เป็นแนวในการจัดกระบวนการเรียนการสอน ในขั้นตอนของการทดลอง กล่าวคือ

ในส่วนของคุณภาพการสอน ผู้วิจัยได้ปรับแนวการสอนให้สอดคล้องกับการสอนที่มีคุณภาพตามแนวคิดของบลูม ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการ คือ การชี้แนะ (cues) การให้ฝึกเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน (participation) การให้การเสริมแรง (reinforcement) และการให้ข้อมูลย้อนกลับและแก้ไขสิ่งที่บกพร่อง (feedback/corrective) สำหรับในเรื่องของการจัดบรรยากาศในห้องเรียนนั้น ผู้วิจัยพยายามปรับบรรยากาศในห้องเรียน ให้มีลักษณะผ่อนคลายไม่ตึงเครียด และเป็นกันเอง ให้ฝึกเรียนด้วยความสนุกสนานและเพลิดเพลินให้มากที่สุด โดยส่งเสริมให้ฝึกเรียนได้มีโอกาสแสดงออก โดยครูรับฟังความคิดเห็นของฝึกเรียนในทุก ๆ กรณี

ตอนที่ 2 การตรวจสอบประสิทธิผลของโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน

จากผลการวิจัยในระยะที่ 1 ได้ข้อสรุปว่า นอกจากสำนักทางด้านจำนวนจะมีบทบาทสำคัญต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แล้ว ยังมีตัวแปรสำคัญทางตัวที่มีผลกระทบทางตรงต่อสำนักทางด้านจำนวน ค่อนข้างสูง คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และความรู้พื้นฐานเดิม ดังนั้น ในการตรวจสอบประสิทธิผลของการทดลองใช้โปรแกรมในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยจึงใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม โดยกำหนดให้ ความรู้พื้นฐานเดิม และความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรร่วม (Covariates) และกำหนดให้ตัวแปรอิสระ คือ วิชาที่สอน ซึ่งมี 2 ระดับ คือ วิชาที่สอนโดยให้ฝึกเรียนในกลุ่มทดลองได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน และวิชาที่สอนโดยให้ฝึกเรียนในกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมสำนักทางด้านจำนวน

สำหรับตัวแปรตาม พิจารณาเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 สำนักทางด้านจำนวน เป็นตัวแปรตาม และกรณีที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เป็นตัวแปรตาม

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ต่าง ๆ ขึ้นเพื่อให้ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ดังนี้

X_1	หมายถึง	คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
X_2	หมายถึง	คะแนนความรู้พื้นฐานเดิม
Y_1	หมายถึง	คะแนนสำนักทางด้านจำนวน
Y_2	หมายถึง	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
Gr_1	หมายถึง	วิธีสอนโดยให้นักเรียนในกลุ่มทดลองได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกสำนักทางด้านจำนวน
Gr_2	หมายถึง	วิธีสอนโดยให้นักเรียนในกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการสอนและฝึกเข้าโปรแกรมฝึกสำนักทางด้านจำนวน
X_{1ij}	หมายถึง	คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนคนที่ i ในกลุ่ม j
$\sum_j \sum_i X_{1ij}$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมด
\bar{X}_1	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมด
$\sum_i X_{1..j}$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่ม j
$\bar{X}_{1..j}$	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่ม j

X_{2ij}	หมายถึง	คะแนนความรู้พื้นฐานเดิมของนักเรียนคนที่ i ในกลุ่มที่ j
$\sum_j \sum_i X_{2ij}$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนความรู้พื้นฐานเดิมของนักเรียนทั้งหมด
\bar{X}_2	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนความรู้พื้นฐานเดิมของนักเรียนทั้งหมด
$\sum_i X_{2..j}$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนความรู้พื้นฐานเดิมของนักเรียนในกลุ่ม j
$\bar{X}_{2..j}$	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนความรู้พื้นฐานเดิมของนักเรียนในกลุ่ม j
Y_{1ij}	หมายถึง	คะแนนสำนึกทางด้านจำนวนของนักเรียนคนที่ i ในกลุ่ม j
$\sum_j \sum_i Y_{1ij}$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนสำนึกทางด้านจำนวนของนักเรียน
\bar{Y}_1	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนสำนึกทางด้านจำนวนของนักเรียนทั้งหมด
$Y_{1..j}$	หมายถึง	คะแนนสำนึกทางด้านจำนวนของนักเรียนในกลุ่ม j
$\sum_i Y_{1..j}$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนสำนึกทางด้านจำนวนของนักเรียนในกลุ่ม j
$\bar{Y}_{1..j}$	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนสำนึกทางด้านจำนวนของนักเรียนในกลุ่ม j
Y_{2ij}	หมายถึง	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนคนที่ i ในกลุ่มที่ j
$\sum_j \sum_i Y_{2ij}$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมด

\bar{Y}_2	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมด
$Y_{2.j}$	หมายถึง	คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนใน กลุ่ม j
$\sum_1 Y_{2.j}$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของ นักเรียนในกลุ่ม j
$\bar{Y}_{2.j}$	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่ม j
C	หมายถึง	จำนวนตัวแปรร่วม
J	หมายถึง	จำนวนกลุ่ม
n	หมายถึง	จำนวนนักเรียนในแต่ละกลุ่ม
N	หมายถึง	จำนวนนักเรียนทั้งหมด
SS_{b_x}	หมายถึง	ค่า Sum of square ระหว่างกลุ่มของตัวแปรร่วม
SS_{w_x}	หมายถึง	ค่า Sum of square ภายในกลุ่มของตัวแปรร่วม
SS_{t_x}	หมายถึง	ค่า Sum of square total ของตัวแปรร่วม
SS_{b_y}	หมายถึง	ค่า Sum of square ระหว่างกลุ่มของตัวแปรตาม
SS_{w_y}	หมายถึง	ค่า Sum of square ภายในกลุ่มของตัวแปรตาม
SS_{t_y}	หมายถึง	ค่า Sum of square total ของตัวแปรตาม
$SS_{b_{xy}}$	หมายถึง	ค่า Sum of square ระหว่างกลุ่มของผลคูณของตัวแปร ร่วมและตัวแปรตาม

$SS_{w_{xy}}$	หมายถึง	ค่า Sum of square ภายในกลุ่มของผลคูณของตัวแปร ร่วมและตัวแปรตาม
$SS_{t_{xy}}$	หมายถึง	ค่า Sum of square total ของผลคูณของตัวแปรร่วม และตัวแปรตาม
SS'_{b_Y}	หมายถึง	ค่า Adjusted sum of square ระหว่างกลุ่มของ ตัวแปรตาม
SS'_{w_Y}	หมายถึง	ค่า Adjusted sum of square ภายในกลุ่มของตัวแปรตาม
SS'_{t_Y}	หมายถึง	ค่า Adjusted sum of square total ของตัวแปรตาม
MS_{b_x}	หมายถึง	ค่า Mean of square ระหว่างกลุ่มของตัวแปรร่วม
MS'_{b_Y}	หมายถึง	ค่า Adjusted mean of square ระหว่างกลุ่มของ ตัวแปรตาม
MS'_{w_Y}	หมายถึง	ค่า Adjusted mean of square ภายในกลุ่มของ ตัวแปรตาม
S_1	หมายถึง	ความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละตัวที่เบี่ยงเบนไปจากเส้นถดถอย ภายในกลุ่มแต่ละกลุ่ม
S_2	หมายถึง	ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การถดถอยในกลุ่มที่เบี่ยงเบนไป จากสัมประสิทธิ์การถดถอยภายในกลุ่มร่วม (Pooled within - groups regression coefficient)
β	หมายถึง	สัมประสิทธิ์การถดถอยภายในกลุ่มของกลุ่มประชากร
β_{yx}	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มประชากร

F	หมายถึง	ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบความแปรปรวน
\bar{X}	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
S.D.	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 13 จำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแยกตามเพศ

กลุ่ม	เพศ	ชาย		หญิง		รวม
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
กลุ่มทดลอง		20	35.71	36	64.29	56
กลุ่มควบคุม		12	21.43	44	78.57	56
รวม		32	28.57	80	71.43	112

จากตารางที่ 13 ปรากฏว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เป็นตัวอย่างไม่ทั้งหมด มีจำนวน 112 คน เป็นชาย 32 คน คิดเป็นร้อยละ 28.57 และเป็นหญิง 80 คน คิดเป็นร้อยละ 71.43

เมื่อแยกเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ปรากฏว่ามีจำนวนในกลุ่มทดลองทั้งหมด 56 คน เป็นชาย 20 คน คิดเป็นร้อยละ 35.71 และเป็นหญิง 36 คน คิดเป็นร้อยละ 64.29 และมีจำนวนนักเรียนในกลุ่มควบคุมทั้งหมด 56 คน เป็นชาย 12 คน คิดเป็นร้อยละ 21.43 และเป็นหญิง 44 คน คิดเป็นร้อยละ 78.57

ตอนที่ 1 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรที่ศึกษา

ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรที่ศึกษา ซึ่งได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ความรู้พื้นฐานเดิม สำคัญทางด้านจำนวน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนในกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ได้แสดงไว้ในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์ ความรู้พื้นฐานเดิม สำนักทางด้านจำนวน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มก่อนทำการทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์	33.79 (50)	6.35	28.82 (50)	5.38
ความรู้พื้นฐานเดิม	26.20 (40)	4.85	26.91 (40)	4.95
สำนักทางด้านจำนวน	22.96 (60)	6.30	20.45 (60)	6.60
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์	14.37 (50)	5.26	16.93 (50)	6.32

จากตารางที่ 14 ปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลอง คือ 33.79 (จากคะแนนเต็ม 50 คะแนน) และ 6.35 ส่วนในกลุ่มควบคุม คือ 28.82 และ 5.38 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความรู้พื้นฐานเดิม ของนักเรียนในกลุ่มทดลอง คือ 26.20 (คะแนนเต็ม 40 คะแนน) และ 4.85 ส่วนในกลุ่มควบคุม คือ 26.91 และ 4.95 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนสำนักทางด้านจำนวน ของนักเรียนในกลุ่ม ทดลอง คือ 22.96 (คะแนนเต็ม 60 คะแนน) และ 6.30 ส่วนในกลุ่มควบคุม คือ 20.45 และ 6.60 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลอง คือ 14.37 (จากคะแนนเต็ม 50 คะแนน) และ 5.06 ส่วนในกลุ่มควบคุม คือ 16.93 และ 6.32 ตามลำดับ

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนสำนักทางด้านจำนวน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม หลังการทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
	\bar{X}	S. D.	\bar{X}	S. D.
สำนักทางด้านจำนวน	35.30 (60)	7.40	22.54 (60)	6.01
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์	32.75 (50)	6.18	27.84 (50)	4.81

จากตารางที่ 15 ปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนสำนักทางด้านจำนวนของนักเรียนในกลุ่มทดลอง คือ 35.30 (คะแนนเต็ม 60 คะแนน) และ 7.40 ส่วนในกลุ่มควบคุม คือ 22.54 และ 6.01 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลอง คือ 32.75 (คะแนนเต็ม 50 คะแนน) และ 6.18 ส่วนในกลุ่มควบคุม คือ 27.84 และ 4.81 ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ก่อนทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบข้อมูลตามลักษณะที่ตกลงเบื้องต้น ดังนี้

1. การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรตาม โดยดำเนินการดังแสดงเป็นตัวอย่างไว้ในภาคผนวก ง.

ผลจากการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วม และตัวแปรตาม เป็นดังนี้

เมื่อให้ตัวแปรความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ (X_1) และ/หรือ ความรู้พื้นฐานเดิม (X_2) เป็นตัวแปรร่วม และสำนักทางด้านจำนวน (Y_1) เป็นตัวแปรตาม ปรากฏว่า ปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ที่ระดับนัยสำคัญ .01 ดังนั้นสามารถใช้ตัวแปรทั้งสองเป็นตัวแปรร่วมในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมครั้งนี้ได้

เมื่อให้ตัวแปรความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ (X_1) และ/หรือ ความรู้พื้นฐานเดิม (X_2) เป็นตัวแปรร่วม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (Y_2) เป็นตัวแปรตาม ปรากฏว่า ปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ที่ระดับนัยสำคัญ .01 ดังนั้นสามารถใช้ตัวแปรทั้งสองเป็นตัวแปรร่วมในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมครั้งนี้ได้

2. การทดสอบความเท่ากันของสัมประสิทธิ์การถดถอยของกลุ่มประชากร

การทดสอบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยภายในกลุ่มของกลุ่มประชากรมีค่าเท่ากันทุกกลุ่ม ได้ดำเนินการ ดังแสดงไว้เป็นตัวอย่างในภาคผนวก ง.

ผลการตรวจสอบความเท่ากันของสัมประสิทธิ์การถดถอยภายในกลุ่มของกลุ่มประชากรนั้น ปรากฏว่า ยอมรับสมมติฐานศูนย์ ที่ระดับนัยสำคัญ .10 ในทุกกรณี แสดงว่า สัมประสิทธิ์การถดถอยในกลุ่มประชากรทุกกลุ่มมีค่าเท่ากัน ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมต่อไป

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อให้ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ (X_1) ความรู้พื้นฐานเดิม (X_2) เป็นตัวแปรร่วม และสำนักทางด้านจำนวน (Y_1) เป็นตัวแปรตาม ปรากฏผลในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อให้ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความรู้พื้นฐานเดิม เป็นตัวแปรร่วม และสำนักทางด้านจำนวน เป็นตัวแปรตาม

แหล่งของความแปรปรวน	SS	DF	MS	F	sig of F P(F > F _c)
สัมประสิทธิ์ถดถอย (Regression)	3395.08	2	1697.54	114.25**	.000
ตัวแปรอิสระ	2319.11	1	2319.11	156.08**	.000
ส่วนที่เหลือ (Within+Residual)	1274.95	108	14.86		
โมเดล (Model)	2521.30	3	840.43	178.57**	.000
รวม	9564.28	111	86.16		

* หมายถึง $P < .05$

** หมายถึง $P < .01$

จากตารางที่ 16 เมื่อควบคุมตัวแปรความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และความรู้พื้นฐานเดิมโดยพิจารณาให้เป็นตัวแปรร่วม ปรากฏว่า ค่าความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์บนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่จริงนั้นมีค่าน้อยกว่าระดับความมีนัยสำคัญที่กำหนดไว้ ($\alpha = .05$) ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ นั่นคือ ค่าเฉลี่ย (ที่ได้รับการปรับแล้ว) ของคะแนนสำนักทางด้านจำนวนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ .05 แสดงว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกสำนักทางด้านจำนวน มีสำนักทางด้านจำนวนแตกต่างจากนักเรียนกลุ่มที่ไม่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกสำนักทางด้านจำนวน โดยนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกฯ มีสำนักทางด้านจำนวนสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ไม่ได้เข้าโปรแกรมฝึกฯ

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และ ความรู้พื้นฐานเดิม เป็นตัวแปรร่วม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เป็นตัวแปรตาม

แหล่งของความแปรปรวน	SS	DF	MS	F	sig of F P(F > F _c)
สัมประสิทธิ์ถดถอย (Regression)	1889.55	2	944.78	80.03 ^{**}	.000
ตัวแปรอิสระ	167.28	1	167.28	14.17 ^{**}	.000
ส่วนที่เหลือ (Within + Residual)	1274.95	108	11.81		
โมเดล (Model)	2521.30	3	840.43	71.19 ^{**}	.000
รวม	3796.25	111	34.20		

* หมายถึง $P < .05$

** หมายถึง $P < .01$

จากตารางที่ 17 เมื่อควบคุมตัวแปรความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และความรู้พื้นฐานเดิมโดยพิจารณาให้เป็นตัวแปรร่วม ปรากฏว่า ค่าความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์บนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่จริงนั้นมีค่าน้อยกว่าระดับความมีนัยสำคัญที่กำหนดไว้ ($\alpha = .05$) ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ นั่นคือ ค่าเฉลี่ย (ที่ได้รับการปรับแล้ว) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แสดงว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกสำนักทางด้านจำนวนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างจากนักเรียนที่ไม่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกสำนักทางด้านจำนวน โดยนักเรียนในกลุ่มที่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกฯ นั้น มีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ไม่ได้เข้าโปรแกรมฝึกฯ

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เป็นตัวแปรร่วม และสำนักทางด้านจำนวน เป็นตัวแปรตาม

แหล่งของความแปรปรวน	DF	SS _Y	SS _{XY}	SS _X	SS _Y '	MS _Y '	F
ตัวแปรอิสระ	1	4564.51	1774.73	690.04	1551.44	1551.44	104.61 ^{**}
ส่วนที่เหลือ	109	4999.77	3590.00	3809.64	1616.75	14.83	
รวม	110	9564.28	5364.73	4499.68	3168.19		

* หมายถึง $P < .05$

** หมายถึง $P < .01$

จากตารางที่ 18 เมื่อควบคุมตัวแปรความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาให้เป็นตัวแปรร่วม ปรากฏว่า ค่าความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ เกณฑ์ฐานของข้อมูลที่อยู่อ่จริงนั้นน้อยกว่าระดับความมีนัยสำคัญที่กำหนดไว้ ($\alpha = .05$) ดังนั้น จึงปฏิเสธสมมติฐาน นั่นคือ ค่าเฉลี่ย (ที่ได้รับการปรับแล้ว) ของคะแนนสำนักทางด้านจำนวนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แสดงว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกสำนักทางด้านจำนวนมีสำนักทางด้านจำนวน แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มที่ไม่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกสำนักทางด้านจำนวน โดยนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกฯ มีค่าเฉลี่ยของคะแนนสำนักทางด้านจำนวน สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ไม่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกฯ

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อควบคุมตัวแปรความรู้นิพนธ์เดิม เป็นตัวแปรร่วม และสำนึกทางด้านจำนวนเป็นตัวแปรตาม

แหล่งของความแปรปรวน	DF	SS _Y	SS _{XY}	SS _X	SS _Y	MS _Y	F
ตัวแปรอิสระ	1	4564.51	-255.36	14.29	5094.05	5094.05	272.55**
ส่วนที่เหลือ	109	4999.77	2796.34	2639.39	2037.15	18.69	
รวม	110	9564.28	2540.98	2653.68	7131.20		

* หมายถึง $P < .05$

** หมายถึง $P < .01$

จากตารางที่ 19 เมื่อควบคุมตัวแปรความรู้นิพนธ์เดิม โดยพิจารณาให้เป็นตัวแปรร่วมปรากฏว่า ค่าความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์บนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่จริงนั้นมีค่าต่ำกว่าระดับความมีนัยสำคัญที่กำหนดไว้ ($\alpha = .05$) ดังนั้น จึงปฏิเสธสมมติฐาน นั่นคือ ค่าเฉลี่ย (ที่ได้รับการปรับแล้ว) ของคะแนนสำนึกทางด้านจำนวนของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แสดงว่า นักเรียนกลุ่มที่ไม่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกสำนึกทางด้านจำนวนมีสำนึกทางด้านจำนวน แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มที่ไม่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกฯ โดยนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกฯ มีค่าเฉลี่ยของคะแนนสำนึกทางด้านจำนวน สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ไม่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกฯ

ตารางที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เป็นตัวแปรร่วม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เป็นตัวแปรตาม

แหล่งของความแปรปรวน	DF	SS _y	SS _{xy}	SS _x	SS' _y	MS' _y	F
ตัวแปรอิสระ	1	675.22	682.59	690.04	67.94	67.94	4.85 [*]
ส่วนที่เหลือ	109	3126.05	2469.39	3809.64	1525.41	14.00	
รวม	110	3801.27	3151.98	4499.68	1593.35		

* หมายถึง $P < .05$

จากตารางที่ 20 เมื่อควบคุมตัวแปรความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาให้เป็นตัวแปรร่วม ปรากฏว่า ค่าความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ บนพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่จริงนั้นมีค่ามากกว่าระดับความมีนัยสำคัญที่กำหนดไว้ ($\alpha = .05$) ดังนั้น จึงปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05 แสดงว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกสำนักทางด้านจำนวน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มที่ไม่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกสำนักทางด้านจำนวนที่ระดับความมีนัยสำคัญ.05 โดยนักเรียนที่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกฯ มีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ไม่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกฯ

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อความรู้พื้นฐานเดิม เป็นตัวแปรร่วม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เป็นตัวแปรตาม

แหล่งของความแปรปรวน	DF	SS _y	SS _{xy}	SS _x	SS' _y	MS' _y	F
ตัวแปรอิสระ	1	675.22	-98.21	14.29	809.48	809.48	45.68*
ส่วนที่เหลือ	109	3126.05	1775.94	2639.39	1931.09	17.72	**
รวม	110	3801.27	1677.73	2653.68	2740.57		

* หมายถึง $P < .05$

** หมายถึง $P < .01$

จากตารางที่ 21 เมื่อควบคุมตัวแปรความรู้พื้นฐานเดิม โดยพิจารณาให้เป็นตัวแปรร่วม ปรากฏว่า ค่าความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์บนพื้นฐานของข้อมูลที่ผิดอยู่จริงมีน้อยกว่าระดับความมีนัยสำคัญ .05 ($\alpha = .05$) ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ นั่นคือ ค่าเฉลี่ย (ที่ได้รับ การปรับแล้ว) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม แตกต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 แสดงว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกสำนึกทาง ด้านจำนวนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แตกต่างจากนักเรียนที่ไม่ได้รับการสอนและฝึก จากเข้าโปรแกรมฝึกสำนึกทางด้านจำนวน และกลุ่มที่ได้รับการสอนและฝึกจากโปรแกรมฝึกฯ มีค่า เฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สูงกว่า กลุ่มที่ไม่ได้รับการสอนและฝึกจาก โปรแกรมฝึกฯ