

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง "จำนวนเชิงซ้อน" สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่สาม
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนแบบโปรแกรมที่สร้างขึ้น
3. เพื่อนำบทเรียนแบบโปรแกรมเรื่อง "จำนวนเชิงซ้อน" ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่สาม
4. เพื่อส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับบทเรียนแบบโปรแกรมให้แพร่หลายมากขึ้น

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่เรียนบทเรียนแบบโปรแกรมในการทดลองภาคสนามเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่สามปีการศึกษา 2517 ของโรงเรียนสหพาณิชย์ กรุงเทพมหานคร สังกัดกรมสามัญศึกษา จำนวน 100 คน จาก 3 ห้องเรียน คือ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก. ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ข. และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ค. ซึ่งนักเรียนทั้งหมดนี้ประกอบด้วยชาย 76 คน หญิง 24 คน

เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูล ได้แก่

1. บทเรียนแบบโปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่สาม เรื่อง จำนวนเชิงซ้อน ซึ่งมี 2 ตอน ตอนที่หนึ่งมี 97 กรอบ 211 คำตอบ และตอนที่สองมี 78 กรอบ 206 คำตอบ รวมทั้งสิ้นมี 175 กรอบ 417 คำตอบ

บทเรียนแบบโปรแกรมที่สร้างเป็นบทเรียนชนิดเส้นตรงประเภทใหญ่เรียนสร้าง
คำตอบเอง โดยผู้เขียนสร้างบทเรียนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

2. ขอทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง "จำนวน
เชิงซ้อน" ซึ่งแบ่งเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 เป็นแบบเลือกตอบมีจำนวน 30 ข้อ
ตอนที่ 2 เป็นแบบเติมคำมีจำนวน 20 ข้อ

การวิเคราะห์หขอมูล

ในการวิเคราะห์หขอมูลได้คำนวณหาสิ่งต่อไปนี้

1. หาประสิทธิภาพของบทเรียนแบบโปรแกรมที่สร้างขึ้นตามมาตรฐาน
ที่ตั้งไว้ คือ ร้อยละ 90/90

2. การวิเคราะห์เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยของ
การสอบก่อนเรียนและหลังเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม

ผลการวิเคราะห์หขอมูล

1. การหาประสิทธิภาพของบทเรียนแบบโปรแกรมตามมาตรฐาน 90/90 นั้น
มาตรฐาน 90 ตัวแรก หมายถึงการที่นักเรียนสามารถตอบคำถามในบทเรียนแบบ
โปรแกรมได้ถูกต้องโดยเฉลี่ยร้อยละ 90 ผลการทดลองปรากฏว่า นักเรียน
สามารถตอบคำถามในบทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องโดยเฉลี่ยร้อยละ 95.74
ซึ่งสูงกว่ามาตรฐาน 90 ตัวแรกเล็กน้อย ส่วนมาตรฐาน 90 ตัวหลัง หมายถึง
การที่นักเรียนทำข้อทดสอบภายหลังจากเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องโดย
เฉลี่ย ร้อยละ 90 ผลการทดลองปรากฏว่า นักเรียนทำข้อทดสอบภายหลังจากเรียน
บทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องโดยเฉลี่ยร้อยละ 88.68 ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐาน
90 ตัวหลังเล็กน้อย

2. นักเรียน 100 คน ทำแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนโดยเฉลี่ยนักเรียน
หนึ่งคน ตอบได้ร้อยละ 24.80 และทำแบบทดสอบหลังจากเรียนบทเรียนแล้วโดย
เฉลี่ยนักเรียนหนึ่งคน ตอบได้ร้อยละ 88.68 คะแนนการทดสอบหลังจากเรียน
บทเรียนแล้วโดยเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนการทดสอบก่อนเรียนบทเรียน แสดงว่าหลัง
จากเรียนบทเรียนแล้วทำให้นักเรียนมีพัฒนาการในเรื่อง "จำนวนเชิงซ้อน" มากขึ้น
คิดเป็นร้อยละ 63.88 โดยเฉลี่ย

3. การทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยของการสอบก่อนเรียน
และหลังเรียนบทเรียน ปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่
ระดับ .01

ดังนั้น การวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนแบบโปรแกรมตาม
มาตรฐานร้อยละ 90/90 ผลปรากฏว่า บทเรียนแบบโปรแกรมมีประสิทธิภาพ
ตามมาตรฐานร้อยละ 95.74/88.68 เท่านั้น แต่จากการทดสอบความแตกต่าง
ระหว่างคะแนนเฉลี่ยของการสอบก่อนและหลังเรียนบทเรียน ปรากฏว่า มีความ
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จึงอาจกล่าวได้ว่าโดยเฉลี่ยแล้ว
การเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมครั้งนี้ ทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นอย่างแท้จริง
ถ้าบทเรียนแบบโปรแกรมนี้นี้ได้รับการปรับปรุงแก้ไขอีกเพียงเล็กน้อยอาจจะทำให้
บทเรียนแบบโปรแกรมนี้นี้มีประสิทธิภาพถึงมาตรฐานที่วางไว้ก็ได้

การอภิปรายผล

เนื่องจากนักเรียนทำบทเรียนได้ร้อยละ 95.74/88.68 ซึ่งแสดงว่า
บทเรียนแบบโปรแกรมนี้นี้มีประสิทธิภาพไม่ถึงมาตรฐานร้อยละ 90/90 ตามที่กำหนดไว้
สาเหตุที่บทเรียนแบบโปรแกรมนี้นี้คุณภาพไม่ดีพอมีดังนี้

1. เนื่องจากมีความซับซ้อนเกี่ยวกับเวลา และความสะดวกของกลุ่มตัวอย่าง

การเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมและการทำข้อทดสอบก่อนและหลังเรียนบทเรียน
จำเป็นต้องทำติดต่อกันตลอดวัน แม้นักเรียนจะมีเวลาพักบ้างแต่อาจจะเกิดความ
เมื่อยได้ สิ่งนี้อาจจะเป็นสาเหตุทำให้บทเรียนนี้มีประสิทธิภาพไม่ถึงมาตรฐาน
ที่ตั้งไว้

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองเป็นระยะเวลาใกล้เคียงได้ ในระยะนั้น
โรงเรียนมุ่งสอนทบทวนเนื้อหาวิชาให้นักเรียนเป็นพิเศษ นักเรียนบางคน
เกิดความเบื่อหน่ายและขาดความสนใจในเนื้อหาวิชาที่เรียนในบทเรียน จึง
เป็นสาเหตุทำให้ความกระตือรือร้นในการทำบทเรียนน้อยลง

3. เนื่องจากการเรียนด้วยบทเรียนแบบโปรแกรมเป็นของใหม่
นักเรียนยังไม่คุ้นกับวิธีการนี้ นักเรียนบางคนคิดว่าเป็นเพียงแบบฝึกหัดให้เติมคำ
นักเรียนบางคนคิดว่าเป็นการทดสอบความรู้ จึงทำให้นักเรียนบางคนไม่สนใจ
และนักเรียนบางคนก็เกิดความกังวลใจในการทำบทเรียนมากเกินไป

4. วิธีการให้นักเรียนเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมนั้น เมื่อนักเรียน
ทำกรอบใดผิดจะต้องอ่านกรอบนั้นใหม่จนกว่าจะเข้าใจ และต้องลบคำตอบที่ผิด
แล้วเขียนคำตอบใหม่ให้ถูกต้องจึงจะทำกรอบต่อไปได้ แต่ในการทดลองครั้งนี้
เนื่องจากต้องการชี้ครอคำตอบที่ผิด เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน ดังนั้น
เมื่อนักเรียนทำผิดต้องอ่านข้อความใหม่จนกว่าจะเข้าใจถูกต้อง แล้วชี้ครอคำ
ตอบเดิมแล้วเขียนคำตอบใหม่ใส่คำตอบที่ผิด การที่นักเรียนไม่ได้ลบคำตอบที่ผิด
แต่เขียนคำตอบใหม่ให้ถูกต้องนี้ อาจมีผลทำให้นักเรียนไม่สามารถลบความคิด
ที่ผิด ๆ ซึ่งมีอยู่เดิมได้

5. นักเรียนเคยชินกับการเรียนโดยการฟังครูอธิบายมากกว่าที่จะ
อ่านและคิดตามลำพัง จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนบางคนขาดสมาธิที่จะคิด
ไตร่ตรองเนื้อหาวิชาไปตามลำดับ

6. นักเรียนส่วนใหญ่ยังคงเคยชินกับระบบการให้คะแนนซึ่งมีผลต่อการ
เรียนรู้ เมื่อได้รับคำสั่งแจ้งว่าแบบทดสอบหรือบทเรียนที่ให้ทำนั้นไม่มีผลต่อคะแนน
สอบใด ๆ จึงทำให้นักเรียนขาดความสนใจที่จะเรียนรู้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1.1 ควรมีการทดลองสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมเรื่องอื่นของวิชาคณิตศาสตร์ให้มากขึ้น เพื่อจะได้ส่งเสริมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้น

1.2 บทเรียนแบบโปรแกรมที่สร้างขึ้นเป็นบทเรียนแบบโปรแกรมชนิดเส้นตรง จึงควรมีการสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมชนิดสาขาในเรื่องเดียวกัน เพื่อจะได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียน

1.3 ควรมีการนำบทเรียนแบบโปรแกรมนี้ไปทดลองใช้สอนเปรียบเทียบกับการสอนตามปกติ เพื่อศึกษาว่าการสอนโดยบทเรียนแบบโปรแกรมจะให้ผลแตกต่างกับการสอนตามปกติหรือไม่

1.4 ควรมีการศึกษาว่าบทเรียนแบบโปรแกรมนี้จะช่วยเปลี่ยนทัศนคติของผู้เรียนต่อวิชาคณิตศาสตร์ได้หรือไม่

2. ข้อเสนอแนะสำหรับผู้นำบทเรียนแบบโปรแกรมไปใช้

2.1 ควรแบ่งบทเรียนออกเป็นตอนสั้น ๆ อีกเพื่อจะได้นำไปใช้ในเวลาที่จำกัด หรือใช้ประกอบการสอนในเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ เช่น แบ่งเป็นตอนสั้น ๆ เรื่องคอนจุกต์ของจำนวนเชิงซ้อน เป็นต้น

2.2 การให้นักเรียนใช้บทเรียนแบบโปรแกรมไม่ควรกำหนดเวลา เพราะนักเรียนแต่ละคนมีความสามารถแตกต่างกัน ในการวิจัยครั้งนี้เนื่องจากมีความจำกัดในเรื่องเวลา ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องให้นักเรียนทำบทเรียนในเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจเป็นการเร่งรัดการเรียนรู้ของนักเรียนบางคนจนเกินไป

2.3 ผู้นำบทเรียนแบบโปรแกรมไปใช้ควรอธิบายให้นักเรียนเข้าใจหลักเกณฑ์ของการใช้บทเรียนแบบโปรแกรมเป็นอย่างดีก่อนให้นักเรียนลงมือทำ ควรอธิบายให้นักเรียนเข้าใจว่าบทเรียนแบบโปรแกรมนี้เป็นบทเรียนที่ใช้สำหรับให้นักเรียนได้เรียนด้วยตนเองไม่ใช่เป็นการทดสอบนักเรียน

2.4 ถ้าจะมีการนำทฤษฎีบทเรขาคณิตแบบโปรแกรมเรื่องจำนวนเชิงซ้อนนี้ไปใช้จริง ผู้ใช้ควรมีการปรับปรุงแก้ไขกรอบบางกรอบ โดยเฉพาะกรอบที่นักเรียนตอบผิดเป็นจำนวนมาก ซึ่งได้แก่กรอบต่อไปนี้ ก.7, ก.15, ก.67, ก.89, ก.92, ก.137, ก.138, ก.139, ก.140, ก.144, ก.145, ก.146, ก.162, ก.163, ก.170, ก.171, ก.172, ก.174, ก.175, (ภาคผนวก ก.) เพื่อจะได้ทำให้บทเรียนแบบโปรแกรมเรื่องจำนวนเชิงซ้อนนี้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

ตัวอย่างกรอบที่ควรแก้ไข

ก.7 $-1, -2, -3, -4, -5, -6, -\frac{9}{11}, -\frac{22}{7}, -3.14, -0.177$

จำนวนเหล่านี้เรียกจำนวน _____

กรอบนี้นักเรียนตอบไม่ตรงคำตอบของผู้เขียน เช่น ตอบว่าจำนวนเต็ม, เศษส่วนและทศนิยมลบ ดังนั้นผู้เขียนจึงคิดว่าควรเติมคำตอบแนะแนวคิดให้ โดยการแก้ไข ก.7 เป็นดังนี้

$-1, -2, -3, -4, -5, -6, -\frac{9}{11}, -\frac{22}{7}, -3.14, -0.177$

จำนวนเหล่านี้เรียกจำนวน _____ (ลบ/บวก)

ก.15 (ดูบทเรียน) กรอบนี้นักเรียนส่วนมากจะเติมคำตอบผิดโดยจะตอบว่าเป็นจำนวนไม่จริง ดังนั้นผู้เขียนจึงคิดว่าควรแก้ไขโดยการเติมคำตอบแนะแนวคิดให้เป็นอย่างนี้

$\sqrt{-1}, \sqrt{-3}, \sqrt{-4}, \sqrt{-9}, \sqrt{-11}, \sqrt{-1.7}, \sqrt{-3.6}$ จำนวนเหล่านี้เป็นจำนวนไม่จริง เพราะไม่ได้อยู่ในรูปของจำนวนเต็ม เศษส่วน ทศนิยม และรากกำลังใด ๆ ของจำนวนบวก เราเรียกจำนวนเหล่านี้ว่า จำนวนจินตภาพ ดังนั้น จำนวนจินตภาพคือ จำนวนใด ๆ ที่อยู่ในรูปรากกำลังที่สองของจำนวน _____

(ลบ/บวก)

ก.67 (คบทเรียน) กรอบนี้นักเรียนส่วนมากตอบผิด เพราะยังไม่เข้าใจจำนวนลบ 2 จำนวนคูณกันแล้วจะได้จำนวนบวกก็จึงควรแก้ไขเป็นดังนี้

จงหาค่าของ $-61i^3$ ให้อยู่ในรูปผลสำเร็จ

$$-61i^3 = -61 \times i^2 \times i$$

$$= -61 \times (-1) \times i$$

$$= 61 \times (\dots) \quad (\because \text{จำนวนลบคูณจำนวนลบได้จำนวนบวก})$$

$$= 61i$$

ก.89 (คบทเรียน) กรอบนี้ก็เช่นเดียวกับ ก.67 เพราะนักเรียนไม่เข้าใจว่าจำนวนลบคูณจำนวนลบแล้วได้จำนวนบวกก็จึงควรแก้ไขเป็นดังนี้

จงทำ $(-5i) \times 3i$ ให้เป็นผลสำเร็จ

$$(-5i) \times 3i = -5 \times 3 \times i \times i$$

$$= \dots \dots i^2$$

$$\text{แต่ } i^2 = -1$$

$$(-5i) \times 3i = \dots \dots (-1)$$

$$= 15 \quad (\because \text{จำนวนลบคูณจำนวนลบได้จำนวนบวก})$$

ก.137, ก.138, ก.139, ก.140 (คบทเรียน) กรอบเหล่านี้นักเรียนส่วนใหญ่ตอบผิด เพราะนักเรียนยังหาผลบวกของจำนวนบวกกับจำนวนลบได้ไม่คล่อง จึงทำให้คำตอบสุดท้ายผิดเป็นส่วนมาก ผู้เขียนคิดว่าควรจะมีเพิ่มกรอบเกี่ยวกับการบวกจำนวนบวกกับจำนวนลบให้มากขึ้น

ก.145, ก.146 (คอบทเรียน) กรอบเหล่านี้นักเรียนส่วนใหญ่ทำผิดเพราะเป็นกรอบที่ให้นักเรียนแสดงวิธีทำเอง นักเรียนจึงไม่มีโอกาสได้ตรวจสอบคำตอบในแต่ละชั้นย่อย จะต้องทำเสร็จหมดทั้งกรอบจึงจะดูคำตอบได้ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ทำผิด ผู้เขียนคิดว่าควรแก้ไขกรอบเหล่านี้โดยการให้นักเรียนเติมคำตอบเป็นแห่งๆ เช่น ก.145 ควรแก้ไขดังนี้

ก.145 จงหา $(1-3i)(-2+i)$

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ } (1-3i)(-2+i) &= (1-3i)(\dots) + (1-3i)(\dots) \\ &= -2+6i+i-3i^2 \\ &= -2+(6i+i)-3(\dots) \\ &= -2+(\dots+\dots)i+3 \\ &= -2+3+(\dots)i \\ &= \dots \end{aligned}$$

ก.157, ก.158, ก.159, ก.160 (คอบทเรียน) กรอบเหล่านี้นักเรียนส่วนใหญ่ตอบผิด เพราะนักเรียนยังหาผลคูณของจำนวนเชิงซ้อนกับคอนจูเกตของจำนวนเชิงซ้อนได้ไม่คล่อง จึงควรที่จะเพิ่มเติมกรอบเกี่ยวกับการคูณจำนวนเชิงซ้อนกับคอนจูเกตของจำนวนเชิงซ้อนสัก 2-3 กรอบ ก่อนที่จะให้เรียน ก.157

ก.162, ก.163, ก.164 (คอบทเรียน) กรอบเหล่านี้นักเรียนส่วนใหญ่ทำผิด เพราะเป็นกรอบที่ให้นักเรียนแสดงวิธีทำ นักเรียนจึงไม่มีโอกาสได้ตรวจสอบคำตอบในแต่ละชั้นย่อย จะต้องทำเสร็จหมดทั้งกรอบจึงจะดูคำตอบได้ ผู้เขียนคิดว่าควรแก้ไขกรอบเหล่านี้โดยการให้นักเรียนเติมคำตอบเป็นแห่งๆ เช่น ก.163 ควรแก้ไขดังนี้

ก.163 จงทำ $(7-i) \div 3i$ ให้เป็นผลสำเร็จ

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ } (7-i) \div 3i &= \frac{7-i}{3i} = \frac{7-i}{3i} \times \frac{i}{i} \\ &= \frac{(7-i)i}{3i^2} = \frac{7i-\dots}{3(\dots)} = \frac{7i-(-1)}{\dots} \\ &= \frac{7i+1}{-3} = \dots \end{aligned}$$

ก.165, ก.166, ก.167, ก.168 (คุมท.เรียน) กรอบเหล่านี้
นักเรียนส่วนมากยังไม่รู้จักสัญลักษณ์ $>$ และ $<$ จึงควรจะ
อธิบายเพิ่มเติมใน ก.165 ดังนี้

ก.165 ในการแก้สมการกำลังสองที่อยู่ในรูป $ax^2+bx+c = 0$
เมื่อ a, b และ c เป็นจำนวนจริงใด ๆ เราจะใช้สูตร
$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

รากของสมการกำลังสองจะมีลักษณะดังนี้

1. ถ้า $b^2 - 4ac = 0$

รากทั้งสองของสมการจะเท่ากันและเป็นจำนวนจริง

2. ถ้า $b^2 - 4ac > 0$ หมายความว่า $b^2 - 4ac$ เป็นจำนวนบวก

รากทั้งสองของสมการจะไม่เท่ากันและเป็นจำนวนจริง

3. ถ้า $b^2 - 4ac < 0$ หมายความว่า $b^2 - 4ac$ เป็นจำนวนลบ

รากทั้งสองของสมการจะไม่เท่ากันและเป็นจำนวนไม่จริง

จำนวนไม่จริงนี้อาจจะเป็นจำนวนจินตภาพหรือจำนวนเชิงซ้อน

ก.170, ก.171, ก.172 กรอบเหล่านี้นักเรียนส่วนใหญ่ ทำผิด
เพราะเป็นกรอบที่ให้นักเรียนแสดงวิธีทำ นักเรียนจึงไม่มีโอกาสได้
ตรวจสอบคำตอบในแต่ละชั้นย่อย จะต้องทำเสร็จหมดทั้งกรอบจึงจะ
คำตอบได้ ผู้เขียนคิดว่า ควรจะแก้ไขกรอบเหล่านี้โดยการให้นักเรียน
เติมคำตอบเป็นแห่ง ๆ เช่น ก.170 ควรแก้ไขดังนี้

ก. 170 จงแก้สมการ $x^2 - 2x + 5 = 0$

สูตร $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

เมื่อ $a = 1, b = \dots\dots, c = 5$

แทนค่า a, b, c ในสูตร

$$x = \frac{-\dots \pm \sqrt{(\dots)^2 - 4 \times 1 \times 5}}{2}$$

$$= \frac{2 \pm \sqrt{-16}}{2} = \frac{2 + \dots i}{2}$$

$$= \frac{2(1 + 2i)}{2} = \dots\dots$$

รากของสมการนี้คือ _____ หรือ _____ ซึ่งเป็นจำนวนเชิงซ้อน

ก. 174, ก. 175, (คอบทเรียน) กรอบเหล่านี้นักเรียนส่วนใหญ่
 คุณจำนวนเชิงซ้อน 2 จำนวนยังไม่คล่อง เพราะมีทักษะน้อยเกินไป
 ผู้เขียนจึงคิดว่า ควรจะเติมกรอบเกี่ยวกับการคูณจำนวนเชิงซ้อน 2
 จำนวนให้มากขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย