บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผลการวิจัย

1. การทดลองขั้นหนึ่งคน

1.1 การทดลองขั้นหนึ่งคนครั้งที่หนึ่ง ปรากฏผลดังนี้

นักเรียนทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนได้ร้อยละ 18.00

ทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้ร้อยละ 92.97

ทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ร้อยละ 82.00

และใช้เวลาเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม 4 ชั่วโมง 3 นาที

1.2 การทดลองขั้นหนึ่งคนครั้งที่สอง ปรากฏผลดังนี้

นักเรียนทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนได้ร้อยละ 10.00

ทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้ร้อยละ 90.89

ทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ร้อยละ 92.00

และใช้เวลาเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม 4 ชั่วโมง 16 นาที

หลังจากการทดลองขั้นนี้ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ตัดกรอบที่ไม่จำเป็นต่อการเรียนรู้ออก
2. เพิ่มกรอบใหม่ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดีและชัดเจนขึ้น
3. รวมกรอบบางกรอบเข้าเป็นกรอบเดียวกัน เพื่อให้ง่ายและประหยัดเวลาในการเรียนบทเรียน
4. แก้ไขการใช้ภาษาเสียใหม่ในกรอบที่นักเรียนใช้เวลาอ่านนานเกินไป
5. เปลี่ยนแปลงวิธีการเขียนกรอบในบางส่วนของเนื้อหา เช่น เปลี่ยนจากการเขียนกรอบโดยให้นักเรียนแสดงวิธีทำเป็นให้เติมคำในช่องว่าง

บทเรียนแบบโปรแกรมที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีทั้งหมด 275 กรอบ 427 คำตอบ หลังจากได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว จำนวนกรอบ เพิ่มเป็น 280 กรอบ 479 คำตอบ

2. <u>การทดลองขั้นกลุ่มเล็ก</u> ปรากฏผลดังนี้

นักเรียนทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนได้เฉลี่ยร้อยละ 35.40

ทำบทเรียนแบบโปรแกรม ได้เฉลี่ยร้อยละ 96.45

ทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ร้อยละ 85.40

และใช้เวลาในการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมเฉลี่ย 4 ชั่วโมง 43 นาที

(ดูรายละเอียดการวิเคราะห์บทเรียนขั้นกลุ่มเล็กได้จากตารางที่ 1 ในภาคผนวก)

หลังจากการทดลองขั้นกลุ่มเล็กแล้ว ผู้วิจัยได้พิจารณาปรับปรุงแก้ไขบทเรียนอีกครั้งหนึ่ง โดยการเพิ่มกรอบ แก้ไขข้อความในกรอบ และรวมกรอบบางกรอบเข้าด้วยกัน พร้อมทั้งปรับปรุงเทคนิคการพิมพ์ เมื่อแก้ไขบทเรียนเรียบร้อยแล้วปรากฏว่าจำนวนกรอบของบทเรียนยังคงเท่าเดิม คือ 280 กรอบ แต่จำนวนคำตอบเพิ่มเป็น 483 คำตอบ

ตัวอย่างกรอบที่แก้ไข

<u>กรอบที่ 75 และ 76</u> จากกรอบเดิมหนึ่งกรอบแยกเป็นสองกรอบ

กรอบเดิม

ถ้าให้ a เป็นจำนวนจริงใด ๆ แทนได้ด้วยจุดบนเส้นจำนวน เราเรียกระยะทางจาก 0 ถึง จุดแทน a บนเส้นจำนวนว่า <u>ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริง a</u>

∴ ค่าสัมบูรณ์ของ 4 คือ 4

∴ 4 เป็นระยะทางจาก 0 ถึงจุดแทน 4

ค่าสัมบูรณ์ของ $-\sqrt{5}$ คือ_____

∴ $\sqrt{5}$ เป็นระยะทางจาก 0 ถึงจุดแทน $-\sqrt{5}$

ค่าสัมบูรณ์ของ $-\frac{20}{21}$ คือ $\frac{20}{21}$

∴ _____เป็นระยะทางจาก 0 ถึงจุดแทน $-\frac{20}{21}$

กรอบที่แก้ไขแล้ว

75. ถ้าให้ a เป็นจำนวนจริงใด ๆ แทนได้ด้วยจุดบนเส้นจำนวน เราเรียกระยะทางจาก 0 ถึงจุดแทน a บนเส้นจำนวนว่า <u>ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริง</u> a

∴ ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริง a คือระยะทางจาก____ ถึงจุดแทน____ บนเส้นจำนวน

76. ค่าสัมบูรณ์ของ 4 คือ 4

∴ 4 เป็นระยะทางจาก 0 ถึงจุดแทน 4

ค่าสัมบูรณ์ของ $-\sqrt{5}$ คือ_____

∴ $\sqrt{5}$ เป็นระยะทางจาก 0 ถึงจุดแทน $-\sqrt{5}$

ค่าสัมบูรณ์ของ $-\frac{20}{21}$ คือ $\frac{20}{21}$

∴ ____ เป็นระยะทางจาก 0 ถึงจุดแทน $-\frac{20}{21}$

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อต้องการเน้นความหมายของค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริงและตอบคำถามในกรอบที่ 76 ได้ถูกต้องมากขึ้น

<u>กรอบที่ 92</u> เป็นกรอบเพิ่มเติมดังนี้

92. ∴ $|-2| = 2$ จากข้อความนี้

ถ้าให้ a แทนจำนวนลบ ซึ่งได้แก่ -2

∴ _____ แทน 2
(a/-a)

∴ เขียน $|-2| = 2$ ในพจน์ของ a ได้ดังนี้

$|a| =$ _____

สาเหตุที่เพิ่มกรอบนี้ เพื่อให้นักเรียนตอบคำถามในกรอบที่ 93 ได้ถูกต้องมากขึ้น

กรอบที่ 103

กรอบเดิม

ในการบวก จำนวนจริงสามจำนวน เราจะบวกทีละสองจำนวน อาจบวกสองจำนวนแรกก่อน หรือสองจำนวนหลังก่อน ผลบวกจะเท่ากัน เช่น

$(3+4) + 6$ = _____

$3+(4+6)$ = _____

$\therefore (3+4)+6 = 3+(4+6)$

เราเรียกคุณสมบัตินี้ว่า คุณสมบัติการจัดหมู่สำหรับการบวก

กรอบที่แก้ไขแล้ว

103. ในการบวกจำนวนจริงสามจำนวน เราจะบวกทีละสองจำนวน อาจบวกสองจำนวนแรกก่อน หรือสองจำนวนหลังก่อน ผลบวกจะเท่ากัน เช่น

$(3+4) + 6 = 13$

$3+(4+6) = 13$

$\therefore (3+4) + 6 = 3+(4+6)$

เพราะต่างมีผลลัพธ์ = _____

เราเรียกคุณสมบัตินี้ว่า คุณสมบัติการจัดหมู่สำหรับการบวก

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อต้องการให้นักเรียนตอบคำถามในกรอบได้ถูกต้องตรงกัน

กรอบที่ 201

กรอบเดิม

∵ $1 > (-2)$ บวกกับ 3 ทั้งสองข้าง

$1 + 3 =$ _____

$(-2) + 3 =$ _____

เพราะว่า $4 > 1$ ฉะนั้น $1 + 3$ _____ $(-2) + 3$
($>/<$)

นั่นคือ ∵ $1 > (-2)$ ดังนั้น $1 + 3 > (-2) + 3$

กรอบที่แก้ไขแล้ว

201. ∵ $1 > (-2)$ บวกกับ 3 ทั้งสองข้าง

ข้างซ้ายได้ $1 + 3 = 4$
ข้างขวาได้ $(-2) + 3 = 1$
∴ 4 _____ 1
($>/<$)

ฉะนั้น $1 + 3$ _____ $(-2) + 3$
($>/<$)

นั่นคือ ∵ $1 > (-2)$ ดังนั้น $1 + 3 > (-2) + 3$

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อต้องการให้นักเรียนอ่านและเข้าใจได้ง่ายขึ้น

กรอบที่ 219

กรอบเดิม

พึงสังเกตว่าสัญญลักษณ์ " ( ) " ใช้เมื่อจำนวนที่เป็นจุดปลายของช่วงไม่เป็น สมาชิกของเซ็ทของจำนวนจริงในช่วงนั้น ๆ และสัญญลักษณ์ " [ ] " ใช้เมื่อจำนวนที่เป็นจุดปลายของช่วง_____ สมาชิกของเซ็ทของจำนวนจริงในช่วงนั้นๆ
(เป็น/ไม่เป็น)

กรอบที่แก้ไขแล้ว

219. นักเรียนจะสังเกตได้ว่า

เมื่อเราใช้สัญญลักษณ์ " ( ) " แทนช่วงใด ๆ แสดงว่าจำนวนที่เป็นจุดปลายของช่วงไม่เป็นสมาชิกของเซ็ทของจำนวนจริงในช่วงนั้น ๆ

และเมื่อเราใช้สัญญลักษณ์ " [ ] " แทนช่วงใด ๆ แสดงว่าจำนวนที่เป็นจุดปลายของช่วง_____ สมาชิกของเซ็ทของ
(เป็น/ไม่เป็น)
จำนวนจริงในช่วงนั้น ๆ

สาเหตุที่แก้ไข เนื่องจากนักเรียนส่วนมากตอบคำถามในกรอบผิด และบางคนใช้เวลาอ่านนาน จึงได้เปลี่ยนข้อความให้ชัดเจนและอ่านเข้าใจง่ายขึ้น

3. การทดลองภาคสนาม ปรากฏผลดังนี้

นักเรียนทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนได้ร้อยละ 37.02

ทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้ร้อยละ 97.49 (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 5 ในภาคผนวก)

ทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ร้อยละ 71.56

นั่นคือ บทเรียนแบบโปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบจำนวนจริง ที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพเป็น 97.49/71.56 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 ที่ตั้งไว้แล้ว จะเห็นได้ว่า บทเรียนแบบโปรแกรมนี้ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 90 ตัวแรก แต่ยังไม่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 90 ตัวหลัง กล่าวคือ นักเรียน ทำคะแนนในการทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้คือ ร้อยละ 90 ตัวแรก แต่ทำคะแนนแบบสอบได้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ คือร้อยละ 90 ตัวหลัง

การเปรียบเทียบคะแนนในการทำแบบสอบก่อนและหลังเรียนบทเรียน

จากตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนในการทำแบบสอบก่อนและหลังเรียนบทเรียน ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ได้ข้อมูลสำหรับนำมาวิเคราะห์ดังนี้

	คะแนนสอบก่อนเรียน X_1	คะแนนสอบหลังเรียน X_2	คะแนนความก้าวหน้า $d = X_2 - X_1$	d^2
$\sum$	1851	3578	1727	36197

นักเรียนทั้งหมดจำนวน 100 คน

(ดูรายละเอียดได้จากตารางที่ 6 ในภาคผนวก)

สมมุติฐาน : คะแนนการสอบก่อนและหลังเรียนบทเรียนไม่แตกต่างกัน

$$z = \frac{\sum d}{\sqrt{\frac{n\sum d^2 - (\sum d)^2}{n-1}}}$$

$$= \frac{1727}{\sqrt{\frac{100\,(36197) - (1727)^2}{99}}}$$

$$= \frac{1727}{\sqrt{6436.0707}}$$

$$= \frac{1727}{80.225}$$

$$= 22.53$$

∴ ค่า z ที่ระดับความมีนัยสำคัญ .01 มีค่าเป็น 2.58

ฉะนั้น แสดงว่าคะแนนการสอบก่อนและหลังเรียนบทเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

สรุปได้ว่า ในการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องระบบจำนวนจริงที่สร้างขึ้นนี้ ทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

<u>การอภิปรายผลการวิจัย</u>

จากผลการวิจัย ปรากฏว่า บทเรียนแบบโปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์เรื่องระบบจำนวนจริงที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพเป็น 97.49/71.56 จะเห็นได้ว่าบทเรียนแบบโปรแกรมนี้มีประสิทธิภาพไม่ถึงเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเหตุดังต่อไปนี้

1. เวลาที่ใช้ในการทดลอง เป็นเวลาตอนเย็นหลังจากเด็กเลิกเรียนจาก

การเรียนตามปกติแล้ว ซึ่งเป็นเวลาที่เด็กเกิดความเมื่อยล้า เนื่องจากเรียนมาทั้งวัน ทำให้นักเรียนขาดความตั้งใจในการเรียนบทเรียน

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นระยะใกล้สอบไล่ ซึ่งนักเรียนจะต้องใช้เวลาส่วนใหญ่ในการเตรียมสอบ จึงทำให้ขาดความกระตือรือร้นในการที่จะเรียนรู้เนื้อหาวิชาในบทเรียนที่นำไปทดลอง

3. นักเรียนที่ใช้ในการทดลองเป็นนักเรียนอาสาสมัคร ซึ่งมีทั้งนักเรียนที่เรียนเก่งและเรียนอ่อน ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะทำให้นักเรียนได้คะแนนทดสอบเฉลี่ยถึง 90 % จากแบบสอบที่เลือกมาแล้วโดยมีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกพอเหมาะ

4. นักเรียนไม่คุ้นเคยกับการเรียนโดยใช้บทเรียนแบบโปรแกรมมาก่อน

5. เนื่องจากเนื้อหาในบทเรียนแบบโปรแกรม ไม่ได้อยู่ในหลักสูตรที่นักเรียนจะต้องเรียน และไม่มีผลต่อคะแนนสอบของนักเรียน ทำให้นักเรียนขาดความตั้งใจในการทำแบบสอบ

6. หลังจากที่ให้นักเรียนเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมจบทุกเรื่องแล้ว การทดลองจำเป็นต้องเว้นระยะเวลาถึง 3 วัน จึงได้มีการสอบหลังเรียนบทเรียน เนื่องจากนักเรียนต้องใช้เวลาสอบวิชาต่าง ๆ เพื่อเก็บคะแนนในชั้นเรียนปกติ ด้วยเหตุนี้อาจมีผลทำให้นักเรียนลืมสิ่งที่เรียนมาในบทเรียนและทำแบบสอบได้ไม่ดีเท่าที่ควร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย