

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

N	แทนจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
\bar{x}	แทนคะแนนเฉลี่ยของการสอบก่อนเรียนบทเรียน
\bar{y}	แทนคะแนนเฉลี่ยของการสอบหลังเรียนบทเรียน
$\bar{y} - \bar{x}$	แทนคะแนนเฉลี่ยของผลต่างของการสอบก่อนเรียนบทเรียน และหลังเรียนบทเรียน
$(\bar{x} - \bar{y})$	แทนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผลต่าง
$C.R. (Z)$	แทนอัตราส่วนวิกฤตของผลต่างของคะแนนก่อนเรียนบทเรียน และหลังเรียนบทเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกได้ดังนี้

1. การหาประสิทธิภาพของบทเรียนแบบโปรแกรมตามมาตรฐานที่ตั้งไว้
คือ ร้อยละ 90/90
90 ตัวแรก หมายถึงการที่นักเรียนสามารถตอบคำถามในบทเรียนแบบ
โปรแกรมได้ถูกต้องโดยเฉลี่ยร้อยละ 90
90 ตัวหลัง หมายถึงการที่นักเรียนทำข้อทดสอบภายหลังจากการเรียนบทเรียน
แบบโปรแกรมได้ถูกต้องโดยเฉลี่ยร้อยละ 90
2. การทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยของการสอบก่อนเรียน
บทเรียนและหลังเรียนบทเรียน
3. การหาความเชื่อถือได้ของแบบทดสอบ

การทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง

การทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่งเป็นการทดลองให้นักเรียนเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมเพื่อหาข้อบกพร่องที่ควรแก้ไขให้ดีขึ้น บทเรียนที่ใช้นำทดลองครั้งนี้มีทั้งหมด 155 กรอบ 376 คำตอบ ผลการทดลองครั้งนี้ นักเรียนทำบทเรียนได้คำตอบถูกต้อง 267 คำตอบคิดเป็นร้อยละ 71.01 เวลาที่ใช้ทำบทเรียนทั้งหมด 3 ชั่วโมง 15 นาที และผลจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนได้ 15 คะแนนจากคะแนนเต็ม 100 คะแนน และนักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนได้ 60 คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60 นักเรียนทำคะแนนได้เพิ่มขึ้น 45 คะแนน ซึ่งจากการทดลองนักเรียนทำบทเรียนได้ $71.01/60$ ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน $90/90$ ที่ตั้งไว้ แสดงว่าบทเรียนยังมีข้อบกพร่องอีกมาก ผู้วิจัยจึงได้นำบทเรียนมาพิจารณาแต่ละกรอบเพื่อแก้ไขปรับปรุงให้ดีขึ้น

การแก้ไขปรับปรุงบทเรียนทำดังนี้

1. ได้จัดเรียงลำดับของเนื้อหาที่สัมพันธ์เสียใหม่
2. ตัดกรอบที่ไม่จำเป็นและมีความคิดรวบยอดไม่ถูกต้องออก
3. เพิ่มเติมกรอบใหม่ซึ่งมีความคิดรวบยอดที่สำคัญขึ้นอีกเพื่อขยายความของเนื้อหาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น
4. แก้ไขภาษาที่ใช้เสียใหม่ โดยเปลี่ยนไปใช้ภาษาง่าย ๆ แทนข้อความที่นักเรียนไม่เข้าใจ
5. ตัดข้อความบางตอน หรือเพิ่มข้อความลงในกรอบต่าง ๆ ที่นักเรียนทำผิด

6. แก้ไขเปลี่ยนแปลงการตอบคำถามในบางกรอบจากการให้ตอบโดยแสดงวิธีทำเป็นให้เติมคำตอบในช่องว่างที่เว้นไว้ให้

7. การปรับปรุงครั้งนี้ทำให้ตอนที่ 1 ซึ่งเดิมมีจำนวน 81 กรอบ 186 คำตอบ เพิ่มเป็น 90 กรอบ 202 คำตอบ ตอนที่ 2 เดิมมีจำนวน 74 กรอบ 190 คำตอบ เพิ่มขึ้นเป็น 79 กรอบ 209 คำตอบ

สำหรับแบบทดสอบใดแก้ไขให้สอดคล้องกับบทเรียนด้วย โดยแก้คำถาม
บางข้อ และเรียบเรียงให้ภาษาสละสลวยขึ้น แต่จำนวนข้อของแบบทดสอบยังคง
เท่าเดิม

การทดลองแบบกลุ่มเล็ก

เมื่อผู้วิจัยได้รับปรับปรุงแก้ไขบทเรียนแบบโปรแกรมที่ได้ทดลองแบบหนึ่งต่อ
หนึ่งแล้ว จึงได้นำบทเรียนนั้นไปทดลองแบบกลุ่มเล็กกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่สาม
ของโรงเรียนสหพาณิชย์ จำนวน 10 คน แบบเรียนแบบโปรแกรมที่ใช้ทดลองครั้ง
นี้มี 169 กรอบ 411 คำตอบ การทดลองใช้บทเรียนครั้งที่สองปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองแบบกลุ่มเล็ก

นักเรียนคนที่	คะแนนก่อน เรียนบทเรียน	คะแนนหลัง เรียนบทเรียน	คะแนนความ ก้าวหน้า	คะแนนคำตอบ ที่ตอบถูก
1	10	58	48	291
2	2	81	79	389
3	9	67	58	305
4	6	72	66	329
5	7	74	67	338
6	5	75	70	351
7	14	77	63	369
8	14	70	56	321
9	5	80	75	379
10	7	52	45	276
รวม	79	706	627	3348
คะแนนเฉลี่ย	7.9	70.6	62.7	334.8
คะแนนเฉลยร้อยละ	7.9	70.6	62.7	81.45

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่านักเรียนทำบทเรียนได้ 81.45/70.60 แสดงว่า บทเรียนมีประสิทธิภาพไม่ถึงมาตรฐานร้อยละ 90/90 ที่ตั้งไว้

ร้อยละ 90 ตัวแรก หมายถึงการที่นักเรียนสามารถตอบคำถามในบทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องโดยเฉลี่ยร้อยละ 90 จากผลการทดลองเรียนบทเรียน นักเรียนทำใ้ร้อยละ 81.45

ร้อยละ 90 ตัวหลัง หมายถึงการที่นักเรียนสามารถทำข้อทดสอบภายหลังจากเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องโดยเฉลี่ยร้อยละ 90 จากผลการทำข้อทดสอบนักเรียนทำใ้ร้อยละ 70.60 เท่านั้น

แต่เมื่อเปรียบเทียบการทำบทเรียนได้ 81.45/70.60 ของการทดลองแบบกลุ่มเล็กกับการทำบทเรียนได้ 71.01/60 ของการทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง แสดงว่าบทเรียนได้รับการปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นแต่บทเรียนยังไม่มีประสิทธิภาพดีพอ ดังนั้นหลังจากได้ทดลองแบบกลุ่มเล็กแล้ว ผู้วิจัยได้นำบทเรียนมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่งโดยรวมบางกรอบเข้าด้วยกัน เพิ่มบางกรอบ ตัดบางกรอบแกบางกรอบให้เข้าใจยิ่งขึ้น ซึ่งการปรับปรุงแก้ไขครั้งนี้ ได้แก้ไขทั้งความเรียง (Composition) เทคนิคการเขียน (Programming Technique) และความถูกต้องทางหลักวิชา (Technical Accuracy)

ตัวอย่างกรอบที่แก้ไข

1) กรอบเดิม "จำนวนเต็ม คือ จำนวนที่ประกอบด้วย

1. จำนวน -----
2. จำนวนศูนย์ (0)
3. จำนวน -----

เมื่อนักเรียนอ่านบทเรียนแล้ว นักเรียนตอบไม่ถูกเนื่องจากข้อความไม่ชัดเจนจึงได้แก้ไข ดังนี้

กรอบที่ 3 จำนวนเต็ม คือ จำนวนที่เขียนอยู่ในรูปต่อไปนี้

1. จำนวน _____

2. จำนวนศูนย์ (0)

3. จำนวน _____

2) เมื่อนักเรียนอ่านบทเรียนแล้ว นักเรียนยังตอบไม่ได้ว่า $-\sqrt{-1 \cdot 28}$ เป็นจำนวนจินตภาพ ผู้เขียนจึงได้เพิ่มเติมกรอบที่ 16 ให้นักเรียนรู้จักจำนวนจินตภาพลบ

กรอบที่ 16 1, 2, 3, 4, 5 เป็นจำนวนเต็มบวก และ -1, -2, -3, -4, -5 เป็นจำนวนเต็มลบ ในทำนองเดียวกัน $\sqrt{-1}$, $\sqrt{-3}$, $\sqrt{-4}$, $\sqrt{-9}$, $\sqrt{-11}$ เป็นจำนวนจินตภาพบวก และ $-\sqrt{-1}$, $-\sqrt{-3}$, $-\sqrt{-4}$, $-\sqrt{-9}$, $-\sqrt{-11}$ เป็นจำนวนจินตภาพ _____ (ลบ/บวก)

3) กรอบเดิม เราเขียน i แทน $\sqrt{-1}$

ดังนั้น เราสามารถเขียน $2i$ แทน $2\sqrt{-1}$

กรอบนี้ปรากฏว่าผู้เขียนบทเรียนเขียนไม่ละเอียดพอที่จะทำให้ นักเรียนมองเห็นได้ว่าจำนวนจินตภาพทุกจำนวนจะเขียนแยกอยู่ในรูป $\sqrt{-1}$ ได้ ผู้เขียนจึงแก้ไขกรอบดังนี้

กรอบที่ 23 เราสามารถเขียน $\sqrt{-4} = \sqrt{4 \times (-1)} = \sqrt{4} \times \sqrt{-1} = 2\sqrt{-1}$ ได้ เพื่อความสะดวกต่อการคำนวณ เราจึงเขียน i แทนรากกำลังที่สองของ -1

∴ เราเขียน i แทน $\sqrt{-1}$

∴ เราเขียน $2i$ แทน $2\sqrt{-1}$ ได้

4) กรอบเติม นักเรียนทราบมาแล้วว่า การถอดรากที่สอง คือ การนำตัวที่ซ้ำกันสองตัวภายในเครื่องหมายรากที่สองออกมาหนึ่งตัว เช่น $\sqrt{9} = \sqrt{3 \times 3}$ จะเห็นได้ว่ามี 3 อยู่ในเครื่องหมายรากที่สอง 2 ตัว จึงนำเอา 3 ออกมา 1 ตัว ดังนั้น $\sqrt{9} = 3$

กรอบนี้ผู้เขียนใช้ภาษาไม่ชัดเจน ทำให้ผู้อ่านบทเรียนไม่เข้าใจ จึงได้แก้ไขภาษาให้ดีขึ้น ดังนี้

กรอบที่ 34 นักเรียนทราบว่า การถอดรากกำลังที่สอง คือ การนำจำนวนที่ซ้ำกันสองจำนวนภายในเครื่องหมายรากกำลังที่สอง ($\sqrt{\quad}$) ออกมาหนึ่งจำนวน เช่น $\sqrt{9} = \sqrt{3 \times 3}$ จะเห็นว่า มี 3 อยู่ในเครื่องหมายรากกำลังที่สอง 2 จำนวน จึงนำเอา 3 ออกมาหนึ่ง จำนวน $\therefore \sqrt{9} = 3$

5) กรอบเติม จงหาค่าของ $(-5i) \times 3i$ โดยแสดงวิธีทำเป็นขั้น ๆ

กรอบนี้ผู้เขียนใช้คำสั่งไม่รัดกุมจึงทำให้ผู้อ่านไม่เข้าใจว่าจะทำจบลงในรูปใด ผู้เขียนจึงได้แก้ไขคำสั่งใหม่ดังนี้

กรอบที่ 89 จงทำ $(-5i) \times 3i$ ให้เป็นผลสำเร็จ

5) กรอบเติม เมื่อ $a+bi$ เป็นจำนวนเชิงซ้อน ถ้า $b=0$ จำนวนเชิงซ้อนคือ $a+0i = a$ ดังนั้น $b=0$ จำนวนเชิงซ้อนก็จะกลายเป็นจำนวนจริงเพียงอย่างเดียว เราจึงพูดได้ว่า จำนวนจริงใด ๆ เป็นส่วนหนึ่งของจำนวนเชิงซ้อน

กรอบนี้ผู้เขียนเขียนเนื้อหาไม่ชัดเจน จึงทำให้นักเรียนตอบไม่ได้ว่าจำนวนจริงก็เป็นจำนวนเชิงซ้อนชนิดหนึ่ง ผู้เขียนจึงแก้ไขดังนี้

กรอบที่ 107 เมื่อ $a+bi$ เป็นจำนวนเชิงซ้อน ที่มี a และ b เป็นจำนวนจริงใด ๆ ถ้า $b=0$ จำนวนเชิงซ้อน คือ $a+0i = a$ ดังนั้น ถ้า $b=0$ จำนวนเชิงซ้อนก็กลายเป็นจำนวนจริงเพียงอย่างเดียว

สรุป จำนวนจริงใดสามารถเขียนอยู่ในรูป $a+0i$ ได้ ดังนั้น จำนวนจริงใด ๆ เป็นกลุ่มหนึ่งที่เขียนอยู่ในรูปจำนวนเชิงซ้อนได้

6. จงหา $(-2 - 3i) - (-3 + i)$

กรอบนี้ผู้เขียนพบว่านักเรียนส่วนมากไม่เข้าใจเรื่องการลบด้วยจำนวนลบ ทำให้ลบลบคือบวกบอย ๆ ผู้เขียนจึงเปลี่ยนวิธีการเขียนบทเรียน โดยแนะนำให้นักเรียนรู้จักจำนวนตรงกันข้ามสำหรับการบวก และเพิ่มเติมกรอบที่ 136 ดังนี้

กรอบที่ 136 การลบจำนวนเชิงซ้อน 2 จำนวน คือ การบวกจำนวนเชิงซ้อนที่เป็นตัวตั้งกับจำนวนตรงกันข้ามสำหรับการบวกของจำนวนเชิงซ้อน ที่เป็นตัวลบ นั้น ตัวอย่าง จงหา $(2+3i)-(3+i)$

วิธีทำ จำนวนตรงกันข้ามสำหรับการบวกของ $3+i$ คือ $-(3+i)=-3-i$

$$\begin{aligned}(2+3i)-(3+i) &= (2+3i)+(-3-i) \\ &= \{2+(-3)\} + \{3+(-1)\}i \\ &= -1+2i\end{aligned}$$

การทดลองภาคสนาม

เมื่อผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนที่นำไปทดลองแบบกลุ่มเล็กแล้ว จึงได้นำบทเรียนไปทดลองภาคสนามกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่สามของโรงเรียนสหพานิชย์ จำนวน 100 คน บทเรียนแบบโปรแกรมที่จัดทำทดลองครั้งนี้มี 2 ตอน ตอนที่ 1 มี 97 กรอบ 211 คำตอบ ตอนที่ 2 มี 78 กรอบ 206 คำตอบ รวมทั้งสองตอนมี 175 กรอบ 417 คำตอบ

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนการทำข้อสอบก่อนเรียนบทเรียนและหลังเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม

จำนวนนักเรียน	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คะแนนความก้าวหน้า
100. คน	บทเรียน	บทเรียน	
คะแนนรวม	2480	8868	6388
คะแนนเฉลี่ย	24.80	88.68	63.88
คะแนนเฉลี่ยร้อยละ	24.80	88.68	63.88

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่านักเรียนทำข้อสอบหลังจากเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมแล้วได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 88.68 เท่านั้น แสดงว่าบทเรียนแบบโปรแกรมนี้มีประสิทธิภาพไม่ถึงมาตรฐานร้อยละ 90 ตัวหลัง ตามมาตรฐานร้อยละ 90/90 ที่ตั้งไว้

เมื่อผู้วิจัยได้นำบทเรียนไปทดลองกับนักเรียนแล้ว จึงได้นำบทเรียนมาตรวจคำตอบแต่ละกรอบ (ดังผนวก ค.) ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงการวิเคราะห์บทเรียนแบบโปรแกรม

จำนวนคำตอบที่ตอบถูก	คำตอบที่ถูกเฉลี่ยร้อยละ
39924	95.74

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่านักเรียนเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมโดยเฉลี่ยแล้วทำถูกร้อยละ 95.74 แสดงว่าบทเรียนแบบโปรแกรมนี้มีประสิทธิภาพถึงมาตรฐานร้อยละ 90 ตัวหน้า ซึ่งหมายถึง การที่นักเรียนสามารถตอบคำถามในบทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องโดยเฉลี่ยร้อยละ 90 ตามมาตรฐานร้อยละ 90/90 ที่ได้ตั้งไว้

การประเมินค่าประสิทธิภาพของบทเรียนแบบโปรแกรม

ปรากฏว่าบทเรียนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีประสิทธิภาพต่ำกว่ามาตรฐานที่ตั้งไว้เล็กน้อย จากการทดลองภาคสนามปรากฏว่ามาตรฐาน 90 ตัวหน้า นักเรียนทำได้เฉลี่ยร้อยละ 95.74 แต่มาตรฐาน 90 ตัวหลัง นักเรียนทำได้เฉลี่ย 88.68 เท่านั้น ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานร้อยละ 1.32

แม้ว่าผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนจะต่ำกว่ามาตรฐานที่วางไว้เพียงเล็กน้อยก็ตาม แต่เพื่อจะทราบว่าบทเรียนนี้สามารถทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นจริงหรือไม่ ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนก่อนและหลังเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยของการสอบก่อนเรียนและหลังเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม

N	\bar{x}	\bar{y}	$\bar{y}-\bar{x}$	$\sqrt{\bar{x}-\bar{y}}$	C.R.(Z)
100	24.80	88.68	63.88	1.34	47.67 *

* P < .01

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนวิกฤต (C.R.) ค่า Z ที่คำนวณได้เท่ากับ 47.67 เพราะฉะนั้นค่า Z ที่คำนวณได้ $47.67 > 2.58$ แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยของการสอบก่อนเรียนบทเรียนและหลังเรียนบทเรียนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 จึงอาจกล่าวได้ว่า โดยเฉลี่ยแล้ว การเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมครั้งนี้ทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นอย่างแท้จริง

การหาความเชื่อถือได้ของแบบทดสอบ

เนื่องจากเนื้อหาวิชาจำนวนเชิงซ้อนเป็นเนื้อหาใหม่ที่น่ามาสอนในระดับมัธยมศึกษาปีที่สาม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคำนวณหาความเชื่อถือได้จากการทดสอบของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนบทเรียนแบบโปรแกรมชุดนี้

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่สามจำนวน 100 คน ของโรงเรียนสหพาณิชย์ สังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ค่าความเชื่อถือได้ (Reliability) ของแบบทดสอบคำนวณโดยใช้สูตร Hoyt ได้ค่าความเชื่อถือได้ 0.91 ซึ่งนับว่ามีความเชื่อถือได้อยู่ในระดับดี และคำนวณความคลาดเคลื่อนในการวัดของแบบทดสอบชุดนี้ได้ 0.29 แสดงว่าแบบทดสอบชุดนี้วัดผลได้คลาดเคลื่อนน้อยมาก และวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบทดสอบโดยใช้วิธี Randomize Complete Block Design ได้ $F = 11.54$ และ 9.64 (ดูภาคผนวก จ.) มากกว่า 1.36 ซึ่งเป็นค่าจากตารางในระดับความมีนัยสำคัญ .01 แสดงว่า แบบทดสอบชุดนี้สามารถแยกนักเรียนที่เรียนเก่งและนักเรียนที่เรียนอ่อนได้ และ แบบทดสอบชุดนี้ประกอบด้วยข้อสอบทั้งง่ายและยากคละกันไปนั่นคือ แบบทดสอบชุดนี้วัดผลกำารเรียนได้อยู่ในเกณฑ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย