

บทที่ 4

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

1. การวิเคราะห์แบบสอบเพื่อทดสอบก่อนและหลังการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม

ผลการหาความเชื่อมั่นของแบบสอบทั้งฉบับ จำนวน 80 ข้อ ปรากฏว่าแบบสอบมีความเชื่อมั่น 0.81 ซึ่งมีมาตรฐานพอที่จะเชื่อถือได้ (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 1 และรายละเอียดการคำนวณจากหน้า 164 ในภาคผนวก) และได้เลือกแบบสอบเฉพาะข้อที่มีค่าความยากตั้งแต่ .20 - .80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป มาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 50 ข้อ (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 2 ในภาคผนวก)

2. การทดลองชั้นหนึ่งคน

2.1 การทดลองชั้นหนึ่งคนครั้งที่หนึ่ง ปรากฏผลดังนี้

นักเรียนทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนได้ร้อยละ 18.00

ทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้ร้อยละ 87.10

ทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ร้อยละ 86.00

และใช้เวลาเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม 4 ชั่วโมง 48 นาที

2.2 การทดลองชั้นหนึ่งคนครั้งที่สอง ปรากฏผลดังนี้

นักเรียนทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนได้ร้อยละ 22.00

ทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้ร้อยละ 94.77

ทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ร้อยละ 92.00

และใช้เวลาเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม 4 ชั่วโมง 52 นาที

หลังจากการทดลองชั้นนี้ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงบทเรียนในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ตัดกรอบที่ไม่จำเป็นต่อการเรียนรู้ ออก

2. เพิ่มกรอบใหม่ เพื่อให้ให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดี และชัดเจนขึ้น

3. รวมกรอบบางกรอบเข้าเป็นกรอบเดี่ยว เพื่อให้ง่ายและประหยัดเวลา

ในการเรียนบทเรียน

4. แก้ไขการใช้ภาษาเสียใหม่ในกรอบที่นักเรียนใช้เวลาอ่านนานเกินไป
5. เปลี่ยนแปลงวิธีการเขียนกรอบในบางส่วนของเนื้อหา เช่น เปลี่ยนจากการเขียนกรอบโดยให้นักเรียนแสดงวิธีทำเป็นให้เติมคำในช่องว่าง

บทเรียนแบบโปรแกรมที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีทั้งหมด 238 กรอบ 721 คำตอบ หลังจากได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วเพิ่มเป็น 242 กรอบ 728 คำตอบ

3. การทดลองชั้นกลุ่มเล็ก ปรากฏผลดังนี้

นักเรียนทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนได้เฉลี่ยร้อยละ 54.50

ทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้เฉลี่ยร้อยละ 95.00

ทำแบบสอบหลังบทเรียนได้เฉลี่ยร้อยละ 91.40

และใช้เวลาเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมเฉลี่ย 5 ชั่วโมง 6 นาที

(ดูรายละเอียดการวิเคราะห์บทเรียนชั้นกลุ่มเล็กได้จากตารางที่ 3 ใน

ภาคผนวก)

หลังจากการทดลองชั้นกลุ่มเล็กแล้ว ผู้วิจัยได้พิจารณาปรับปรุงแก้ไขบทเรียนอีกครั้งหนึ่ง โดยการเพิ่มกรอบ แก้ไขข้อความในกรอบ และรวมบางกรอบเข้าด้วยกัน เมื่อแก้ไขบทเรียนเรียบร้อยแล้วปรากฏว่าจำนวนกรอบเพิ่มเป็น 249 กรอบ และจำนวนคำตอบเพิ่มเป็น 732 คำตอบ

ตัวอย่างกรอบที่แก้ไข

กรอบที่ 42

กรอบเดิม

42. เนื่องจาก $\pi \approx 3.1416$ (อ่านว่า π มีค่าประมาณ 3.1416)
 นั่นคือจะสรุปได้ว่า
- ก. ถ้า $|a| = 6.2832$ แล้วจะต้องแทน θ ด้วยส่วนโค้ง
 ของวงกลมหนึ่งหน่วยยาว _____ 1 รอบ
 (เท่ากับ/มากกว่า/น้อยกว่า)
- ข. ถ้า $|a| < 6.2832$ แล้วจะต้องแทน θ ด้วยส่วนโค้ง
 ของวงกลมหนึ่งหน่วยยาว _____ 1 รอบ
 (เท่ากับ/มากกว่า/น้อยกว่า)
- ค. ถ้า $|a| > 6.2832$ แล้วจะต้องแทน θ ด้วยส่วนโค้ง
 ของวงกลมหนึ่งหน่วยยาว _____ 1 รอบ
 (เท่ากับ/มากกว่า/น้อยกว่า)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่แก้ไขแล้ว

42. เนื่องจาก $\pi \approx 3.1416$ (อ่านว่า π มีค่าประมาณ 3.1416)
 ดังนั้น $2\pi \approx$ _____
 นั่นก็จะสรุปได้ว่า _____

ก. ถ้า $|e| = 6.2832$ แล้วจะต้องแทน θ ด้วยส่วนโค้งของ
 วงกลมหนึ่งหน่วยยาว _____ 1 รอบ
 (เท่ากับ/มากกว่า/น้อยกว่า)

ข. ถ้า $|e| < 6.2832$ แล้วจะต้องแทน θ ด้วยส่วนโค้ง
 ของวงกลมหนึ่งหน่วยยาว _____ 1 รอบ
 (เท่ากับ/มากกว่า/น้อยกว่า)

ค. ถ้า $|e| > 6.2832$ แล้วจะต้องแทน θ ด้วยส่วนโค้ง
 ของวงกลมหนึ่งหน่วยยาว _____ 1 รอบ
 (เท่ากับ/มากกว่า/น้อยกว่า)

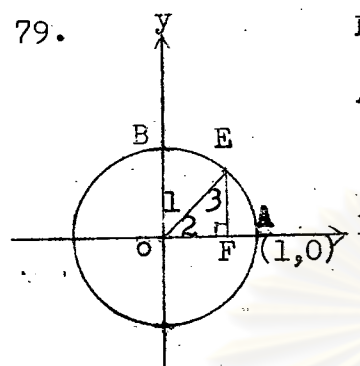
สาเหตุที่ต้องแก้ไข เพื่อต้องการจะเน้นให้นักเรียนเข้าใจว่า 6.2832
 คือค่าประมาณของ 2π และจะทำให้นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องมากขึ้น
กรอบที่ 79

79. E เป็นจุดปลายความยาวส่วนโค้งของ $\frac{\pi}{4}$
 ดังนั้น $\widehat{AE} = \frac{\pi}{4}$ และ $\hat{1} = \frac{\pi}{4}$

เนื่องจาก E F ขนานกับแกน Y
 ดังนั้น $\hat{1} = \hat{3}$
 และ $\hat{2} = \hat{3}$
 ($= / \neq$)

นั่นคือ $\triangle OFE$ เป็นสามเหลี่ยม _____
 และ $OF =$ _____

กรอบที่แก้ไขแล้ว

79. 

E เป็นจุดปลายความยาวส่วนโค้งของ $\frac{\pi}{4}$

$\widehat{AE} \quad \widehat{EB}$
(= / \neq)

ดังนั้น $\hat{1} \quad \hat{2}$
(= / \neq)

เนื่องจาก EF ขนานกับแกน Y ทำให้ $\hat{1} \quad \hat{3}$
(= / \neq)

ดังนั้น $\hat{2} \quad \hat{3}$
(= / \neq)

นั่นคือ $\triangle OEF$ _____ สามเหลี่ยมหน้าจั่ว
(เป็น/ไม่เป็น)

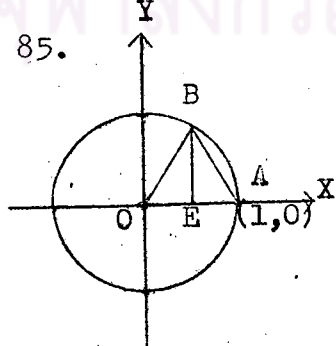
และ OF = _____

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อต้องการให้นักเรียนตอบคำถามในกรอบได้ถูกต้องและ

ตรงกัน

กรอบที่ 85

กรอบเดิม

85. 

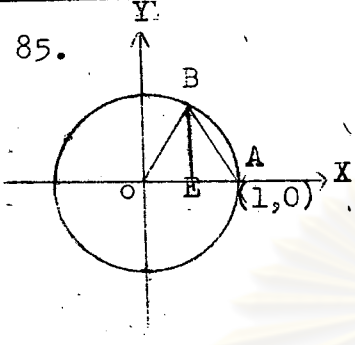
B เป็นจุดปลายความยาวส่วนโค้งของ $\frac{\pi}{3}$ หน่วย

OA = OB = AB = _____ หน่วย

ดังนั้น $\triangle AOB$ เป็นสามเหลี่ยม _____

และ OE = EA = _____ หน่วย

กรอบที่แก้ไขแล้ว

85. 

B เป็นจุดปลายความยาวส่วนโค้งของ $\frac{\pi}{3}$
 $OA = OB = AB =$ _____ หน่วย
 ดังนั้น $\triangle AOB$ _____ สามเหลี่ยมด้านเท่า
 (เป็น/ไม่เป็น)
 และ $OE = EA =$ _____ หน่วย

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อต้องการให้นักเรียนตอบคำถามในกรอบที่ถูกต้อง

และตรงกัน

กรอบที่ 99 และ 100 จากกรอบเดิมหนึ่งกรอบแยกเป็นสองกรอบ

กรอบเดิม

ดังนั้น ถ้า θ เป็นจำนวนจริงใด ๆ และเมื่อแทน θ ด้วยความยาว
 ของส่วนโค้งของวงกลมหนึ่งหน่วย จุดปลายความยาวส่วนโค้งของ θ
 มีโคออร์ดิเนตเป็น (x, y) แล้วจะได้ว่า เซ้ตของคู่อันดับ (θ, y) เป็น
 ฟังก์ชันและเรียกว่า sine (อ่านว่าฟังก์ชันไซน์)
 เซ้ตของคู่อันดับ (θ, x) เป็น _____ และเรียกว่า cosine
 (อ่านว่าฟังก์ชันโคไซน์)

กรอบที่แก้ไขแล้ว

99. ดังนั้นถ้า θ เป็นจำนวนจริงใด ๆ และเมื่อแทน θ ด้วยความยาว
 ของส่วนโค้งของวงกลมหนึ่งหน่วย จุดปลายความยาวส่วนโค้งของ
 θ มีโคออร์ดิเนตเป็น (x, y) แล้วจะได้ว่า
 เซ้ตของคู่อันดับ (θ, y) _____ ฟังก์ชัน
 (เป็น/ไม่เป็น)
 เซ้ตของคู่อันดับ (θ, x) _____ ฟังก์ชัน
 (เป็น/ไม่เป็น)

100. จากกรอบที่ 99

ฟังก์ชันซึ่งเป็นเซตของคู่ลำดับ (θ, y) เรียกว่า sine (อ่านว่า ฟังก์ชันซายน์)

ฟังก์ชันซึ่งเป็นเซตของคู่ลำดับ (θ, x) เรียกว่า cosine (อ่านว่า ฟังก์ชันโคซายน์)

ดังนั้น sine คือเซตของคู่ลำดับ _____

cosine คือเซตของคู่ลำดับ _____

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อต้องการเน้นให้นักเรียนเข้าใจความหมายของ sine และ cosine และตอบคำถามในกรอบต่อ ๆ ไปได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

กรอบที่ 116 เป็นกรอบเพิ่มเติม

116. นั่นคือจะสรุปได้ว่า

ถ้าแทนจำนวนจริง α และ θ ด้วยความยาวของส่วนโค้งของ วงกลมหนึ่งหน่วย ทำให้จุดปลายความยาวส่วนโค้งของ α และ θ เป็นจุดเดียวกัน แล้ว

$$\sin \theta \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad \sin \alpha$$

(= / ≠)

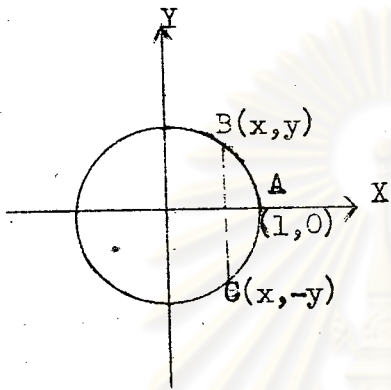
$$\cos \theta \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad \cos \alpha$$

(= / ≠)

สาเหตุที่เพิ่มกรอบนี้ เพื่อให้ให้นักเรียนตอบคำถามในกรอบที่ 117 ได้ ถูกต้องมากขึ้น

กรอบที่ 153 - 154 : จากกรอบเดิมหนึ่งกรอบแยกเป็นสองกรอบ

กรอบเดิม



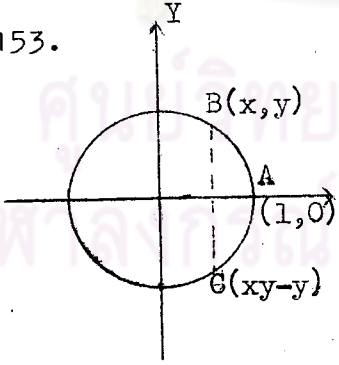
ให้ θ เป็นจำนวนจริงบวกใด ๆ
 B เป็นจุดปลายความยาวส่วนโค้งของ θ
 $\sin \theta = \underline{\hspace{2cm}}$ และ $\cos \theta = \underline{\hspace{2cm}}$
 เนื่องจาก $\widehat{AB} = \widehat{CA} = \underline{\hspace{2cm}}$ หน่วย
 ดังนั้น $\widehat{AC} = \underline{\hspace{2cm}}$ หน่วย
 และ C เป็นจุดปลายความยาวส่วนโค้งของ $\underline{\hspace{2cm}}$

$\sin(-\theta) = \underline{\hspace{2cm}}$ และ
 $\cos(-\theta) = \underline{\hspace{2cm}}$

นั่นคือ $\sin(-\theta) \underline{(\neq)}$ $\sin \theta$ และ $\cos(-\theta) \underline{(\neq)}$ $\cos \theta$

กรอบที่แก้ไขแล้ว

153.



ให้ θ เป็นจำนวนจริงบวกใด ๆ
 B เป็นจุดปลายความยาวส่วนโค้งของ θ
 $\widehat{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$ หน่วย
 $\widehat{AB} \underline{(\neq)}$ \widehat{CA}
 ดังนั้น $\widehat{AC} = \underline{\hspace{2cm}}$ หน่วย

นั่นคือ C เป็นจุดปลายความยาวส่วนโค้งของ $\underline{\hspace{2cm}}$



154. จากกรอบที่ 153

ดังนั้น $\sin \theta = \underline{\hspace{2cm}}$ และ $\cos \theta = \underline{\hspace{2cm}}$

$\sin (-\theta) = \underline{\hspace{2cm}}$ และ $\cos (-\theta) = \underline{\hspace{2cm}}$

นั่นคือ $\sin (-\theta) = \frac{\hspace{2cm}}{(\sin \theta / - \sin \theta)}$

$\cos (-\theta) = \frac{\hspace{2cm}}{(\cos \theta / - \cos \theta)}$

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อต้องการให้นักเรียนตอบคำถามในกรอบที่ถูกต้องมากขึ้น

4. การทดลองภาคสนาม ปรากฏผลดังนี้

นักเรียนทำแบบสอบถามก่อนเรียนบทเรียนโคจเนลียร์ร้อยละ 33.94

ทำบทเรียนแบบโปรแกรมโคจเนลียร์ร้อยละ 97.43 (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 4 ในภาคผนวก)

ทำแบบสอบถามหลังบทเรียนโคจเนลียร์ร้อยละ 77.14

จากผลการทดลองภาคสนาม แสดงว่าบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พังค์ชันตรีโกณมิติ ที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพเป็น 97.43/77.14 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 ที่ตั้งไว้แล้ว จะเห็นได้ว่า บทเรียนแบบโปรแกรมนี้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 90 ตัวแรก แต่ยังไม่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 90 ตัวหลัง กล่าวคือ นักเรียนทำบทเรียนแบบโปรแกรมโคจเนลียร์สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้คือร้อยละ 90 ตัวแรก แต่ทำแบบสอบถามถูกต้องต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้คือร้อยละ 90 ตัวหลัง

5. การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับ จำนวน 5 ข้อ ที่นำมาใช้ในการวิจัย ปรากฏว่าแบบสอบถามมีความเชื่อมั่น 0.93 (ดูรายละเอียดจากตาราง 5 และรายละเอียดการคำนวณจากหน้า 218 ในภาคผนวก)

6. การหาความก้าวหน้าในการเรียนหลังการเรียนบทเรียน

จากตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนในการทำแบบสอบก่อน และหลังการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก. ได้ข้อมูลสำหรับนำมาวิเคราะห์ ดังนี้

	คะแนนสอบก่อนเรียน X_1	คะแนนสอบหลังเรียน X_2	คะแนนความก้าวหน้า $d = X_2 - X_1$	d^2
Σ	1697	3857	2160	48510

นักเรียนทั้งหมดจำนวน 100 คน

(ดูรายละเอียดได้จากตารางที่ 6 ในภาคผนวก)

สมมติฐาน : คะแนนการสอบก่อนและหลังการเรียนบทเรียนไม่แตกต่างกัน

$$Z = \frac{\Sigma d}{\sqrt{\frac{n \Sigma d^2 - (\Sigma d)^2}{n - 1}}}$$

$$= \frac{2160}{\sqrt{\frac{100 (48510) - (2160)^2}{100 - 1}}}$$

$$= \frac{2160}{\sqrt{1872.7272}}$$

$$= \frac{2160}{43.27501}$$

$$= 49.913333$$

เนื่องจากค่า Z ที่ระดับนัยสำคัญ .01 มีค่าเป็น 2.58

ดังนั้น แสดงว่าคะแนนการสอบก่อนและหลังการ เรียนบทเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

นั่นคือจะสรุปได้ว่าในการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พังก์ชันตรีโกณมิติที่สร้างขึ้นนี้ ทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

การอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย ปรากฏว่า บทเรียนแบบโปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พังก์ชันตรีโกณมิติที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเป็น 97.43/77.14 ซึ่งบทเรียนแบบโปรแกรมนี้มีประสิทธิภาพไม่ถึงเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเหตุดังต่อไปนี้

1. นักเรียนไม่คุ้นเคยกับการเรียนโดยใช้บทเรียนแบบโปรแกรมมาก่อน
2. เนื่องจากเนื้อหาในบทเรียนแบบโปรแกรม ไม่ได้อยู่ในหลักสูตรที่นักเรียนจะต้องเรียน และไม่มีผลต่อคะแนนสอบของนักเรียน ทำให้นักเรียนขาดความตั้งใจในการทำแบบสอบ

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการทำการทดลองภาคสนาม เป็นระยะซึ่งใกล้เคียงปลายภาคของนักเรียน นักเรียนจะต้องใช้เวลาส่วนใหญ่ในการเตรียมสอบปลายภาค จึงทำให้นักเรียนขาดความกระตือรือร้นในการที่จะเรียนรู้เนื้อหาวิชาในบทเรียนที่นำไปทดลอง

4. เวลาที่ใช้ในการทดลองภาคสนามเป็นเวลาดอนเย็นหลังจากนักเรียนเลิกเรียนจากการเรียนตามปกติแล้ว ซึ่งเป็นเวลาที่สมองของนักเรียนเกิดความเมื่อยล้าเนื่องจากต้องเรียนมาแล้วทั้งวัน และเป็นเวลาในวันหยุด จึงทำให้นักเรียนขาดความตั้งใจที่แท้จริงในการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม

5. นักเรียนที่ใช้ในการทดลองเป็นนักเรียนที่ได้จากการสุ่ม ซึ่งมีทั้งนักเรียนอ่อนและนักเรียนเก่ง อีกทั้งนักเรียนบางคนอาจไม่สมัครที่จะทำการทดลองเรียนบทเรียน ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะทำให้นักเรียนทำแบบสอบหลังการ เรียนบทเรียน

ได้คะแนนเฉลี่ยถึง 90% จากแบบสอบที่เลือกมาแล้ว โดยมีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกพอเหมาะ

6. หลังจากที่ให้นักเรียนเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมจบทุกเรื่องแล้ว ในตอนเช้าของวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2519 และในตอนบ่ายวันเดียวกันนี้ได้มีการสอบหลังการเรียนบทเรียน ควบคู่กันนี้อาจมีผลทำให้นักเรียนทำแบบสอบได้ไม่เต็มที่เท่าที่ควร เพราะเป็นเวลาที่เด็กเกิดความเมื่อยล้า เนื่องจากการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมในตอนเช้า

ผลการทำแบบสอบหลังการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมของนักเรียนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานไม่มากนัก ถ้าหากนำบทเรียนนี้ไปแก้ไขปรับปรุงอีกเล็กน้อย หรือนำไปทดลองกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจริง ๆ ในระยะเวลาที่นักเรียนสามารถให้ความสนใจในบทเรียนได้อย่างเต็มที่แล้ว ก็จะได้บทเรียนที่มีประสิทธิภาพเชื่อถือได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 อย่างแน่นอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย