

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์แบบสอบถาม

แบบสอบถามมีความเชื่อมั่น .81 (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 1 - 2 ในภาคผนวก) ซึ่งมากกว่า .60 แสดงว่ามีมาตรฐานเชื่อถือได้ แล้วนำแบบสอบถามนั้นไปหาค่าความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) แล้วเลือกเอาเฉพาะข้อที่มีค่าความยากระหว่าง .20 ถึง .80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป มาจำนวน 50 ข้อ (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 3 ในภาคผนวก)

การทดลองชั้นหนึ่งคน

จากการทดลองชั้นหนึ่งคน ผลปรากฏว่า

นักเรียนใช้เวลาในการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม 7 ชั่วโมง 23 นาที

ทำแบบสอบถามก่อนเรียนบทเรียนได้ถูกต้องร้อยละ 24

ทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องร้อยละ 96.53

ทำแบบสอบถามหลังเรียนบทเรียนได้ถูกต้องร้อยละ 88

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขบทเรียนดังนี้

1. จัดเรียงลำดับขั้นตอนของเนื้อหาและกรอบบางกรอบใหม่
2. เพิ่มเติมกรอบใหม่เพื่อขยายความในเนื้อหาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น
3. ตัดกรอบที่ไม่จำเป็น ไม่ชัดเจน ไม่ถูกต้อง หรือซับซ้อนเกินไปออก
4. แก้ไขภาษาและข้อความที่เขียนให้ชัดเจนยิ่งขึ้น
5. เปลี่ยนลักษณะของการตอบคำถามในบางกรอบ จากการให้ตอบโดยแสดง

วิธีทำการให้เติมคำตอบลงในช่องว่างที่เว้นไว้ให้

บทเรียนที่ใช้ในการทดลองชั้นนี้ มีจำนวนทั้งหมด 351 กรอบ และหลังจากปรับปรุงแล้วเหลือเพียง 301 กรอบ

ตัวอย่างกรอบที่แก้ไข

กรอบที่ 124 (เดิม)

เราทราบมาแล้วว่า ฟังก์ชันคือความสัมพันธ์ชนิดหนึ่งซึ่งเขียนในรูปเซตของคู่อันดับที่มีสมาชิกตัวแรกไม่ซ้ำกัน เช่น

$$f = \{(1, 2), (2, 3), (3, 4)\}$$

และสามารถจะเขียนฟังก์ชันในอีกรูปหนึ่งคือเขียนในรูปสมการซึ่งนิยมใช้กันมาก ดังนั้น จากฟังก์ชัน f เขียนในรูปสมการได้คือ $y = x + 1$

$$\therefore \text{จะได้ } y = x + 1 \quad \text{เป็นฟังก์ชัน}$$

เช่นเดียวกันจะได้ว่า

$$y = 3x + 2 \dots\dots\dots \text{ฟังก์ชัน}$$

(เป็น / ไม่เป็น)

กรอบที่แก้ไขแล้ว

นักเรียนทราบมาแล้วว่าฟังก์ชันคือความสัมพันธ์ชนิดหนึ่งซึ่งเขียนในรูปเซตของคู่อันดับที่มีสมาชิกตัวแรกไม่ซ้ำกัน เช่น

$$f = \{(1, 2), (2, 3), (3, 4)\}$$

หรือแสดงเป็นตารางได้

x	y
1	2
2	3
3	4

หรือเขียนเป็นสมการได้ $y = x + 1$

$$\therefore \text{จะได้ว่า } y = x + 1 \quad \text{เป็นฟังก์ชัน}$$

เราพิจารณาได้ว่า

$$y = 3x + 1 \dots\dots\dots \text{ฟังก์ชัน}$$

(เป็น / ไม่เป็น)

$$y = 2x - 1 \dots\dots\dots \text{ฟังก์ชัน}$$

(เป็น / ไม่เป็น)

สาเหตุที่ต้องแก้ไขรอบนี้ เพราะว่า ข้อความที่เขียนไม่ชัดเจนดีพอ และคำถาม
ที่เซ มีการชี้แนะคำตอบมากเกินไป

กรอบที่ 244 (เดิม)

ดังนั้นในการหาค่าของลอการิทึมก็คือ การหาค่าเรคเตอริสติก และแมนทิสสา
ของลอการิทึมนั่นเอง ถ้าค่าเรคเตอริสติกเป็นจำนวนเต็มบวกหรือศูนย์ก็นำเอา
ค่าเรคเตอริสติกกับแมนทิสสามาเขียนเรียงกัน

ตัวอย่าง เช่น

$$\text{จงหาค่าของ } \log 57.4; \quad \text{กำหนด } \log 5.74 = 0.7589$$

$$\therefore \text{ค่าเรคเตอริสติกของ } \log 57.4 \text{ คือ } 1$$

$$\text{แมนทิสสา ของ } \log 57.4 \text{ คือ } 0.7589$$

$$\therefore \log 57.4 \text{ มีค่าเท่ากับ } 1.7589$$

เช่นเดียวกัน จงหาค่าของ $\log 574$

$$\text{จะได้ว่า ค่าเรคเตอริสติกของ } \log 574 \text{ คือ } 2$$

$$\text{แมนทิสสา ของ } \log 574 \text{ คือ } \dots\dots\dots$$

$$\therefore \log 574 \text{ มีค่าเท่ากับ } \dots\dots\dots$$

กรอบที่แก้ไขแล้ว

ในการทำแบบฝึกหัดต่อไป จะกำหนดแมนทิสสาซึ่ง คัดลอกจากตารางลอการิทึม
ฐานสิบมาให้เพื่อนักเรียนจะได้ตอบค่าของลอการิทึมในรูปแบบที่สมบูรณ์ คือ ประกอบด้วยค่าเรคเตอริสติก
ซึ่งเป็นจำนวนเต็ม และแมนทิสสาซึ่งเป็นเศษทศนิยม

ตัวอย่าง

$$\text{จงหาค่าของ } \log 57.4 ; \quad \text{กำหนด } \log 5.74 = 0.7589$$

$$\text{วิธีทำ } \therefore \log 57.4 = \log (5.74 \times 10^1)$$

$$\begin{aligned}
 &= \log 5.74 + \log 10 \\
 &= 0.7589 + 1 \\
 &= 1.7589
 \end{aligned}$$

เช่นเดียวกัน จงหาค่าของ $\log 574$

วิธีทำ $\therefore \log 574 = \log (5.74 \times \dots\dots\dots)$

$$\begin{aligned}
 &= \log 5.74 + \dots\dots\dots \\
 &= 0.7589 + \dots\dots\dots \\
 &= \dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

สาเหตุที่แก้ไขรอบที่ 244 ก็เพราะว่ารอบที่ 244 เกินนั้นไม่ได้สอนให้นักเรียนคิดอย่างมีหลักเกณฑ์ คำถามที่ไขก็มีการชี้แนะมากจนเกินไป ซึ่งนักเรียนสามารถที่จะหาได้โดยไม่ต้องคิด กรอบที่แก้ไขแล้ว จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจขั้นตอนในการหาค่าของลอการิทึมดีขึ้น

กรอบที่ 314 (เดิม)

กำหนด $3^{x-2} = 7$ จงหาค่าของ x (ต้องการหาค่าแทนที่ 3) ให้ $\log 3 = 0.4771, \log 7 = 0.8451$

ใหม่แสดงวิธีทำด้วย

วิธีทำ

.....

กรอบที่แก้ไขแล้ว

ถ้า $3^{x-2} = 7$ จงหาค่าของ x (ต้องการหาค่าแทนที่ 2 ตำแหน่ง)

กำหนด $\log 3 = 0.4771, \log 7 = 0.8451$

วิธีทำ $3^{x-2} = 7$

$$\begin{aligned} \therefore \log 3^{x-2} &= \log 7 \\ (x - 2) \log 3 &= \log 7 \\ (x - 2) \dots\dots\dots &= 0.8451 \\ 0.4771x - \dots\dots\dots &= 0.8451 \\ 0.4771x &= 0.8451 + \dots\dots\dots \\ 0.4771x &= \dots\dots\dots \\ x &= \frac{(\dots\dots\dots)}{(\dots\dots\dots)} \end{aligned}$$

$$\therefore x = \dots\dots\dots \text{ (โดยประมาณ)}$$

สาเหตุที่แก้ไขรอบที่ 314 ก็เพราะว่าการไม่ชี้แนะเลยนั้นผู้เรียนไม่มีแรงจูงใจในการทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย ไม่ยอมคิด

รอบที่ 334 (เดิม)

นักเรียนลองพิจารณาสมการ $\log_2 x = 3$
 เขียนในรูปเลขยกกำลังจะได้ว่า $2^3 = x$
 \therefore จากสมการ $\log_2 x = 3$ จะได้ $x = 8$ ซึ่งทำให้สมการเป็นจริง
 ในทำนองเดียวกัน

จากสมการ $\log_3(x + 4) = 2$ จงหาค่าของ x

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \therefore \log_3(x + 4) &= 2 \\ \text{จะได้ } 3^2 &= x + 4 \quad (\text{เขียนในรูปเลขยกกำลัง}) \\ \therefore x + 4 &= 9 \\ \text{จะได้ } x &= \dots\dots\dots \end{aligned}$$

รอบที่แก้ไขแล้ว

นักเรียนลองพิจารณาสมการ $\log_2 x = 3$
 เขียนในรูปเลขยกกำลัง จะได้ว่า $x = 2^3 \therefore x = 8$

เราเรียก 8 ว่า เป็นรากของสมการ $\log_2 x = 3$

\therefore เมื่อแทน $x = 8$ แล้ว $\log_2 8 = 3$ เป็นจริง

ในทำนองเดียวกัน

จากสมการ $\log_3(x + 4) = 2$ จงหารากของสมการ

วิธีทำ

$$\therefore \log_3(x + 4) = 2$$

เขียนในรูปเลขยกกำลังจะได้

$$x + 4 = 3^2$$

$$\therefore x + 4 = 9$$

$$\text{จะได้ } x = 5$$

ตรวจคำตอบ

$$\text{ถ้า } x = 5$$

$$\text{จะได้ } \log_3(5 + 4) = 2 \text{ จริง}$$

\therefore รากของสมการ $\log_3(x + 4) = 2$ คือ

สาเหตุที่แก้ไขรอบที่ 334 ก็เพราะต้องการให้นักเรียนรู้และเข้าใจคำว่า "รากของสมการ" และในการหารากของสมการนั้นจะต้องมีการตรวจคำตอบเสียก่อน

การทดลองชั้นกลุ่มเล็ก

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนที่ได้ทดลองชั้นหนึ่งคนแล้ว จึงนำบทเรียนมาทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 10 คน จากการทดลอง ผลปรากฏว่า

นักเรียนใช้เวลาในการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม ถึงเฉลี่ยประมาณ 6 ชั่วโมง

12 นาที

ทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนโคถูกทอง เฉลี่ยร้อยละ 28.2

ทำบทเรียนแบบโปรแกรมโคถูกทอง เฉลี่ยร้อยละ 97.67

ทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนโคถูกทอง เฉลี่ยร้อยละ 92.24

หลังจากการทดลองกลุ่มเล็กแล้ว ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนอีกครั้งหนึ่ง โดยการตัดหรือเพิ่มข้อความบางตอนในแต่ละกรอบ แก้ไขเครื่องหมายต่าง ๆ ตลอดจนเทคนิคการเขียนและการพิมพ์

ตัวอย่างกรอบที่แก้ไข

กรอบที่ 27 สาเหตุที่แก้ไขเพราะนักเรียนเข้าใจฐาน (base) ของ -35^0 คือ -35

กรอบที่ 27 (เดิม)

จงหาคาของจำนวนต่อไปนี้

ตัวอย่าง

$$2(-35)^0 = 2 \left[\because (-35)^0 = 1 \right]$$

$$\text{ดังนั้น } -35^0 = \dots\dots\dots$$

$$3x^0 = \dots\dots\dots ; x \neq 0$$

$$(3x)^0 = \dots\dots\dots ; x \neq 0$$

กรอบที่ 27 (แก้ไข)

จงหาคาของจำนวนต่อไปนี้

ตัวอย่าง

$$2(-35)^0 = 2 \left[\because (-35)^0 = 1 \right]$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } (35)^0 &= \dots\dots\dots \\ 3x^0 &= \dots\dots\dots ; x \neq 0 \\ (3x)^0 &= \dots\dots\dots ; x \neq 0 \end{aligned}$$

กรอบทที่ 40 (เดิม)

$$\therefore \frac{2^{-4}}{2^3} = 2^{-4} \times \frac{1}{2^3} = 2^{-4} \times 2^{-3} = 2^{\dots\dots}$$

$$\text{และ } 2^{(-4)-3} = 2^{\dots\dots}$$

$$\therefore \frac{2^{-4}}{2^3} = 2^{(-4)-3}$$

กรอบทที่ 40 (แก้ไข)

$$\therefore \frac{2^{-4}}{2^3} = 2^{-4} \times \frac{1}{2^3} = 2^{-4} \times 2^{-3} = 2^{\dots\dots}$$

$$\text{และ } 2^{(-4)-(3)} = 2^{\dots\dots}$$

$$\therefore \frac{2^{-4}}{2^3} = 2^{(-4)-(3)}$$

เหตุที่ตอแก้ไขกรอบทที่ 40 เพราะนักเรียนเข้าใจว่า $(-4)-3$ คือ -4

คูณกับ - 3

กรอบทที่ 44 (เดิม)

จงหาผลหารต่อไปนี้ในรูปของ เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นบวก

$$\text{เช่น } \frac{5^{-2}}{5^{-6}} = 5^4 \quad \left[\because (-2) - (-6) = 4 \right]$$

$$\therefore \frac{9^{-3}}{9} = \dots\dots\dots$$

$$\frac{(-3)^3}{(-3)^{-2}} = \dots\dots\dots$$

กรอบที่ 44 (แก้ไข)

จงหาผลหารต่อไปนี้ในรูปของ เลขยกกำลัง

$$\text{เช่น } \frac{5^{-2}}{5^{-6}} = 5^4 \quad \left[\because (-2) - (-6) = 4 \right]$$

$$\therefore \frac{9^{-3}}{9} = \dots\dots\dots$$

$$\frac{(-3)^3}{(-3)^{-2}} = \dots\dots\dots$$

เหตุที่ต้องแก้ไข กรอบที่ 44 ก็เพราะกรอบที่ 44 กับกรอบที่ 43 ไม่สัมพันธ์กัน

กรอบที่ 62 (เดิม)

เมื่อ $a, b \neq 0$ และ n เป็นจำนวนเต็มใด ๆ จะได้ว่า

$\left(\frac{a}{b}\right)^n$ มีฐานคือ..... และ เลขชี้กำลังคือ

$$\therefore \left(\frac{a}{b}\right)^n = (a \times b^{-1})^n$$

$$= a^n \times b^{-n}$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{จาก } (ab)^n \\ = a^n b^n \quad \text{เมื่อ } n \text{ เป็นจำนวนเต็มใด ๆ} \end{array} \right]$$

$$= \frac{a^n}{b^n} ; b \neq 0$$

$$b^{-n}$$

กรอบที่ 62 (แก้ไข)

เมื่อ $a, b \neq 0$ และ n เป็นจำนวนเต็มใด ๆ จะได้ว่า

$(\frac{a}{b})^n$ มีฐานคือ และเลขชี้กำลังคือ

$$\begin{aligned} \therefore \left(\frac{a}{b}\right)^n &= (a \times b^{-1})^n \\ &= a^n \times b^{-n} \\ &= \frac{a^n}{b^n} \end{aligned}$$

เหตุที่ต้องแก้ไขกรอบที่ 62 เพราะนักเรียนเข้าใจว่า $\frac{a^n}{b^n}$ เป็นข้อความที่ออกจาก

$$(ab)^n = a^n b^n$$

กรอบที่ 120 (เดิม)

จงเขียนอยู่ในรูปผลหารของ เลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลัง เป็นบวก

$$\therefore \left(\frac{x}{2}\right)^{-\frac{4}{5}} = \dots\dots\dots$$

กรอบที่ 120 (แก้ไข)

จงเขียนอยู่ในรูปผลหารของ เลขยกกำลัง

$$\left(\frac{x}{2}\right)^{-\frac{4}{5}} = \dots\dots\dots$$

เหตุที่ต้องแก้ไขกรอบที่ 120 เพราะกรอบที่ 120 ไม่ต่อเนื่องกับกรอบที่ 121

กรอบที่ 147 (เดิม)

จะเห็นได้ว่า ฟังก์ชัน $y = a^x$

เป็นฟังก์ชันเพิ่ม เมื่อ

$$(a > 1 / a < 1 / 0 < a < 1)$$

เป็นฟังก์ชันลดเมื่อ

$$(a > 1 / a < 1 / 0 < a < 1)$$

กรอบที่ 147 (แก้ไข)

จะเห็นได้ว่า ฟังก์ชัน $y = a^x$ เมื่อ $a > 0$ และ $a \neq 1$
เป็นฟังก์ชันเพิ่มเมื่อ

$$(a > 1 / a < 1)$$

เป็นฟังก์ชันลดเมื่อ

$$(a > 1 / a < 1)$$

เหตุที่แก้ไขกรอบที่ 147 เพราะ นักเรียนไม่เข้าใจช่วง $0 < a < 1$ ชัดเจน
แตกแยกเป็น $a > 0$ และ $a < 1$ นักเรียนจะเข้าใจได้

กรอบที่ 149 (เดิม)

สมการเอกซ์โปเนนต์ คือสมการที่มีตัวแปร เป็นเลขชี้กำลัง

ดังนั้น $2^x = 4$ เป็นสมการเอกซ์โปเนนต์

เพราะมีเลขชี้กำลังคือ x ซึ่งเป็น

กรอบที่ 149 (แก้ไข)

สมการเอกซ์โปเนนต์ คือสมการที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังซึ่งมีเลขชี้กำลัง เป็นพจน์
ของตัวแปร ดังนั้นจะได้ว่า

$$2^x = 4 \text{ เป็นสมการเอกซ์โปเนนต์}$$

เพราะมีเลขชี้กำลัง เป็นพจน์ของตัวแปรคือ

สาเหตุที่ต้องแก้ไขกรอบที่ 149 เพราะภาษาที่ใช้ไม่ชัดเจน และนักเรียนเข้าใจ

ความหมายของคำตอบไม่ตรงกัน

กรอบที่ 221 (เดิม)

ในทำนองเดียวกันจะได้ว่า

ค่าเรคเทอริสติกของ $\log 79.2$ คือ 1

$$\left[\because \log 79.2 = \log (7.92 \times 10^1) \right]$$

\therefore ค่าเรคเทอริสติกของ $\log 7.92$ คือ

กรอบที่ 221 (แก้ไข)

ในทำนองเดียวกันจะได้ว่า

ค่าแรมคเทอริสติกของ $\log 79.2$ คือ 1

$$\left[\because \log 79.2 = \log (7.92 \times 10^1) \right]$$

\therefore ค่าแรมคเทอริสติกของ $\log 7.92$ คือ

$$\left[\because \log 7.92 = \log (7.92 \times 10^0) \right]$$

สาเหตุที่แก้ไขเพราะนักเรียนยังไม่คุ้นกับการหาค่าแรมคเทอริสติกโดยอาศัย
รูปมาตรฐาน และ เขียนรูปมาตรฐานยังไม่คล่อง

กรอบที่ 229 (เดิม)

ในการทำแบบฝึกหัดต่อไปจะกำหนดแมนทิสสา ซึ่งคัดลอกจากตารางลอการิทึม
ฐานสิบมาให้เพื่อให้นักเรียนจะได้ตอบค่าของลอการิทึมในรูปที่สมบูรณ์ คือประกอบ
ควคค่าแรมคเทอริสติก ซึ่งเป็นจำนวนเต็ม และแมนทิสสาซึ่งเป็นเศษทศนิยม
ตัวอย่าง

จงหาค่าของ $\log 57.4$ กำหนด $\log 5.74 = 0.7589$

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \because \log 57.4 &= \log (5.74 \times 10^1) \\ &= \log 5.74 + \log 10 \\ &= 0.7589 + 1 \\ &= 1.7589 \end{aligned}$$

จงหาค่าของ $\log 574$

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 \therefore \log 574 &= \log (5.74 \times \dots\dots\dots) \\
 &= \log 5.74 + \dots\dots\dots \\
 &= 0.7589 + \dots\dots\dots \\
 &= \dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

กรอบที่ 229 (แก้ไข)

ในการทำแบบฝึกหัดต่อไป จะกำหนดแมนทิสจำนวนที่ตัดออกจากตารางลอการิทึมฐานสิบมาให้ เพื่อนักเรียนจะได้ตอบค่าของลอการิทึมในรูปแบบที่สมบูรณ์ คือ ประกอบด้วยค่าแรกเทอริสติกซึ่งเป็นจำนวนเต็ม และแมนทิส ซึ่งเป็นเศษทศนิยม

ตัวอย่าง

กำหนด $\log 5.74 = 0.7589$ จงหาค่าของ $\log 57.4$

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 \therefore \log 57.4 &= \log (5.74 \times 10^1) \\
 &= \log 5.74 + \log 10 \\
 &= 0.7589 + 1 \\
 &= 1.7589
 \end{aligned}$$

เช่นเดียวกัน จงหาค่าของ $\log 574$

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 \therefore \log 574 &= \log (5.74 \times \dots\dots\dots) \\
 &= \log 5.74 + \log \dots\dots\dots \\
 &= 0.7589 + \dots\dots\dots \\
 &= \dots\dots\dots
 \end{aligned}$$

สาเหตุที่ทองแก้ไข เพราะว่ามีนักเรียนไม่เข้าใจคำสั่ง และนักเรียนเข้าใจความหมายของคำตอบที่ให้เต็มไม่ตรงกัน เพราะไม่ได้ระบุว่า "log" เอาไว้

การทดลองภาคสนาม

จากการทดลอง ปรากฏผลดังนี้

นักเรียนใช้เวลาในการทำบทเรียนแบบโปรแกรมเฉลี่ย 6 ชั่วโมง 22 นาที
ทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 21.82 (ดูรายละเอียด
จากตารางที่ 5 ในภาคผนวก)

ทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 95.98 (ดูรายละเอียดจาก
ตารางที่ 4 ในภาคผนวก)

ทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 87.36 (ดูรายละเอียด
จากตารางที่ 5 ในภาคผนวก)

ดังนั้น จากการทดลอง จะได้ว่า บทเรียนแบบโปรแกรมเรื่อง "ฟังก์ชันเอกซ์โปเนนต์
และฟังก์ชันลอการิทึม" มีประสิทธิภาพ 95.98 / 87.36

จากมาตรฐาน 90 / 90 ที่ผู้วิจัยได้ยึดเป็นเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพของบทเรียนนี้
ซึ่งมีความหมายว่า

90 ตัวแรก คือ ร้อยละของคะแนนที่นักเรียนตอบคำถามในบทเรียนแบบโปรแกรม
ได้ถูกต้องโดยเฉลี่ย

90 ตัวหลัง คือ ร้อยละของคะแนนที่นักเรียนทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้
ถูกต้องโดยเฉลี่ย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏว่า

บทเรียนแบบโปรแกรมเรื่อง ฟังก์ชันเอกซ์โปเนนต์และฟังก์ชันลอการิทึมมีสัมฤทธิ์ผล
ตามความหมายของ 90 ตัวแรก และยังไม่สัมฤทธิ์ผลตามความหมายของ 90 ตัวหลัง

นั่นคือ คะแนนการทำบทเรียนแบบโปรแกรมมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน
ที่กำหนดไว้ แต่คะแนนการทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้เล็กน้อย

การวิเคราะห์หาความก้าวหน้าในการเรียนจากบทเรียน

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างคะแนนจากแบบสอบถามและหลังเรียนบทเรียนดังนี้

สมมติฐาน : คะแนนจากแบบสอบถามและหลังเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมไม่แตกต่างกัน

นักเรียน 100 คน	X_1	X_2	$d = X_2 - X_1$	d^2
Σ	1091	4368	3277	108831
ค่าเฉลี่ย	10.91	43.68		
ค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ	21.82	87.36		

(ดูรายละเอียดจากการางที่ 5 ในภาคผนวก)

จากสูตร

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

$$= \frac{3277}{\sqrt{\frac{100 \times 108831 - (3277)^2}{100 - 1}}} = \frac{3277}{38.1876}$$

$$Z = 85.81$$

ที่ระดับความมีนัยสำคัญ .01 $Z = 2.58$ แต่ Z ที่คำนวณได้มีค่าตัวเลขมากกว่า 2.58 แสดงว่าคะแนนจากแบบสอบถามและหลังเรียนบทเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้นจึงเชื่อมั่นได้ว่านักเรียนมีพัฒนาการในการเรียนรู้เรื่อง "ฟังก์ชันเอกซโปเนนต และฟังก์ชันลอการิทึม

การอภิปรายผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือหาประสิทธิภาพของบทเรียนแบบโปรแกรมที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ว่าได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน 90 / 90 ที่กำหนดไว้หรือไม่ จากผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนสามารถตอบคำถามในบทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 95.98 และ ทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 87.36 นั่นคือ บทเรียนแบบโปรแกรมที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพ 95.98 / 87.36 ซึ่งแสดงว่าบทเรียนแบบโปรแกรมเรื่อง ฟังก์ชันเอกซโปเนนตและฟังก์ชันลอการิทึมมีประสิทธิภาพไม่ถึง เกณฑ์มาตรฐานตามที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้

1. เวลาที่นักเรียนใช้ในการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมเป็นช่วงเวลาหลังจากเลิกเรียนแล้ว นักเรียนเกิดความล้า จึงทำให้การเรียนบทเรียนไม่เกิดผลดีเท่าที่ควร และ โดยเฉพาะเวลาทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียน ทำให้เด็กไม่สนใจทำแบบสอบ
2. ในการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมนั้น นักเรียนส่วนมากสนใจในการหาคำตอบในบทเรียนจนลืมลำดับของการเรียนรู้ในเนื้อหา และกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในบทเรียน
3. ในการทดสอบหลังบทเรียนแต่ละครั้ง มีเนื้อหาวิชามากเกินไป ทำให้ นักเรียนลืมเนื้อหาวิชาในบทเรียนที่ได้เรียนมาแล้วในครั้งก่อน ๆ
4. นักเรียนขาดความตั้งใจในการทำแบบสอบ เพราะไม่ได้ถือเป็นคะแนนเก็บที่จะนำไปรวมกับคะแนนสอบได้
5. ทัศนคติของนักเรียนเกี่ยวกับการบวก ลบ คูณ หาร จำนวนทางพีชคณิต ไม่ดีพอ