

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

1. การทดลองชั้นหนึ่งคน

1.1 การทดลองครั้งที่หนึ่ง

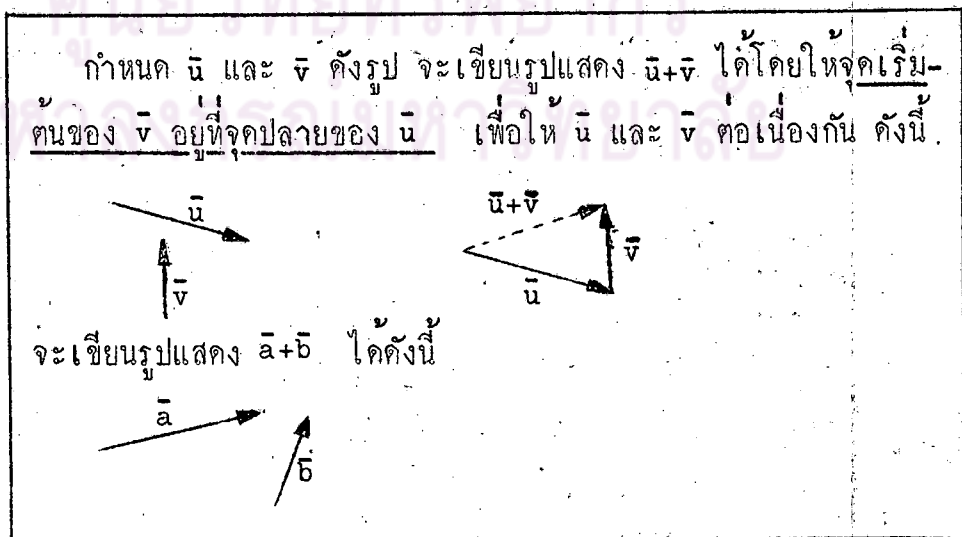
บทเรียนแบบโปรแกรมที่ใช้ทดลองครั้งนี้มี 335 กรอบ 490 คำตอบ  
 นักเรียนใช้เวลาในการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม 4 ชั่วโมง 20 นาที  
 ทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนได้ถูกต้องร้อยละ 50  
 ทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องร้อยละ 95.31  
 ทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ถูกต้องร้อยละ 92

ผู้วิจัยได้นำผลการทดลองมาทำการปรับปรุงแก้ไขบทเรียนในด้านต่างๆ เช่น  
 ความชัดเจนของภาษา ลำดับชั้นของเนื้อหาวิชา วิธีการเสนอข้อความรู้ การตั้งคำถาม  
 ตลอดจนจนถึงการตัดกรอบที่ไม่จำเป็นและเพิ่มกรอบบางกรอบเมื่อเห็นสมควร

ตัวอย่างกรอบที่แก้ไข

กรอบ 69


กรอบเดิมคือ



ปรากฏว่านักเรียนเขียนรูปผิด เนื่องจากเป็นกรอบสอนควรมีคำอธิบายให้ละเอียดชัดเจนกว่านี้ ผู้วิจัยจึงปรับปรุงแก้ไขดังนี้

ดังนั้น เมื่อต้องการหาผลบวกของเวกเตอร์ใดๆ เราก็ทำได้โดยการเขียนรูป เช่น

จาก  $\vec{u}$  และ  $\vec{v}$  ที่กำหนด จะหา  $\vec{u} + \vec{v}$  ได้ดังนี้

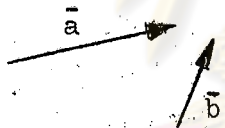


1. เขียน  $\vec{u}$  (เวกเตอร์ตัวตั้ง)
2. เขียน  $\vec{v}$  ให้มีจุดเริ่มต้นที่จุดปลายของ  $\vec{u}$

ดังรูป

3. เวกเตอร์จากจุดเริ่มต้นของ  $\vec{u}$  ไปยังจุดปลายของ  $\vec{v}$  คือ  $\vec{u} + \vec{v}$  ที่ต้องการ

จาก  $\vec{a}$  และ  $\vec{b}$  ที่กำหนดให้ จึงเขียนรูปแสดง  $\vec{a} + \vec{b}$



### กรอบ 102

กรอบเดิมเป็น 2 กรอบ คือ

จะพบว่า เมื่อ  $\vec{u}$  เป็นเวกเตอร์ใดๆจะมี.....เป็นอินเวอร์สสำหรับการบวก

และ

จึงสรุปได้ว่า เวกเตอร์มี.....สำหรับการบวก

นักเรียนตั้งใจในการเขียนคำตอบของกรอบหลัง เนื่องจากคำตอบของกรอบหลังต้องขึ้นกับกรอบแรก นับว่าเป็นกรอบที่คลุมเครือ อาจตอบได้หลายคำตอบ จึงปรับปรุงแก้ไข โดยรวมเป็นกรอบเดียวกัน ดังนี้

เมื่อ  $\vec{n}$  เป็นเวกเตอร์ใดๆจะมี..... เป็นอินเวอร์ส  
สำหรับการบวกของ  $\vec{n}$  เสมอ  
 จึงสรุปได้ว่า เวกเตอร์มี.....สำหรับการบวก

กรอบ 161

กรอบเดิมคือ

จากเรื่องการบวกเวกเตอร์ เราทราบมาแล้วว่า  
 $\vec{a} + \vec{0} = \vec{a} = \vec{0} + \vec{a}$   
 สำหรับการคูณเวกเตอร์กับสเกลาร์ จะพบว่า  
 $\vec{a} \cdot \dots = \vec{a} = \dots \cdot \vec{a}$

คำตอบของนักเรียนคือ  $\vec{0}, \vec{0}$  เพราะนักเรียนสังเกตจากการขีดเส้นใต้ โดยไม่ได้พิจารณาว่า เป็นการคูณเวกเตอร์กับสเกลาร์ จึงแก้ไขใหม่ดังนี้

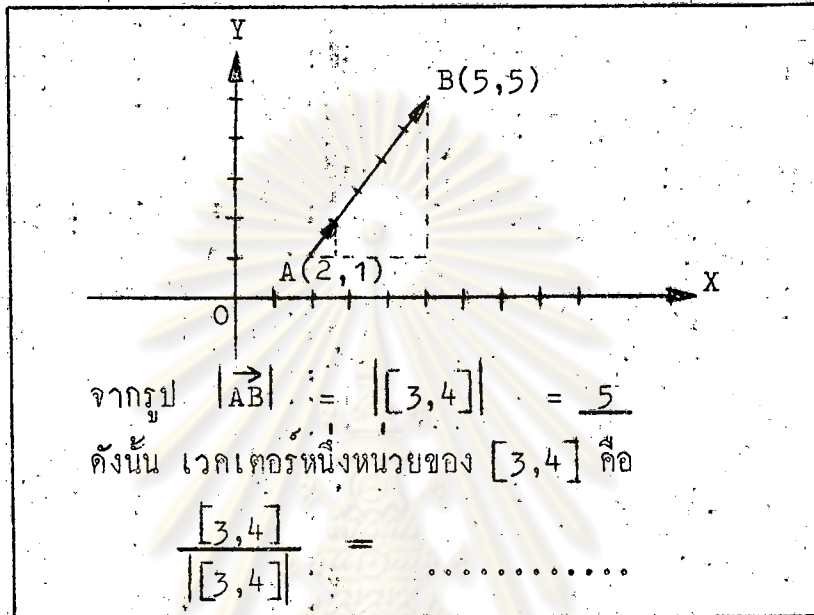
จากเรื่องการบวกเวกเตอร์ เราทราบมาแล้วว่า  
 $\vec{a} + \vec{0} = \vec{a} = \vec{0} + \vec{a}$   
 แต่ สำหรับการคูณเวกเตอร์กับสเกลาร์ เราจะพบว่า  
 $\vec{a} \cdot \dots = \vec{a} = \dots \cdot \vec{a}$

กรอบ 260, 261, 262

กรอบเดิมมีกรอบเดียว คือ

กำหนด  $\vec{n} = [3, 4]$  จะได้  $|\vec{n}| = 5$   
 ถ้า 5 หน่วยเป็นขนาดของเวกเตอร์อิสระ  $[3, 4]$   
 1 หน่วยก็เป็นขนาดของเวกเตอร์อิสระ  $\frac{[3, 4]}{5}$  หรือ  $\left[\frac{3}{5}, \frac{4}{5}\right]$   
 นั่นคือ  $\left[\frac{3}{5}, \frac{4}{5}\right]$  จะเป็นเวกเตอร์หนึ่งหน่วยของเวกเตอร์.....

ปรากฏว่า ยากเกินไปและเขียนไม่ชัดเจน จึงต้องแบ่งออกเป็น 3 กรอบและใช้รูปประกอบเพื่อให้เข้าใจยิ่งขึ้น กรอบที่แก้ไขแล้วคือกรอบ 260, 261 และ 262 เช่น กรอบที่ 262 คือ



1.2 การทดลองครั้งที่สอง

บทเรียนแบบโปรแกรมที่ใช้ทดลองครั้งนี้มี 310 กรอบ 454 คำตอบ  
 นักเรียนใช้เวลาในการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม 4 ชั่วโมง 35 นาที  
 ทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนได้ถูกต้องร้อยละ 26  
 ทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องร้อยละ 96.92  
 ทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ถูกต้องร้อยละ 96

จะพบว่าผลการทดลองครั้งนี้ดีกว่าครั้งแรก แสดงว่าการแก้ไขครั้งแรกทำให้บทเรียนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนอีกครั้งหนึ่ง โดยรวมบางกรอบเข้าด้วยกัน เพิ่มบางกรอบ ตัดบางกรอบและปรับปรุงแก้ไขบางกรอบให้ดียิ่งขึ้น

ตัวอย่างกรอบที่แก้ไข

กรอบ 45

กรอบเดิมคือ

ถ้า  $\vec{AB}, \vec{CD}$  และ  $\vec{EF}$  ต่างก็เขียนแทนเวกเตอร์ของการเคลื่อนที่  
10 หน่วย ในทิศเหนือเฉียงไปทางตะวันออก  $30^\circ$  จะพบว่า  
การเคลื่อนที่ 10 หน่วย ในทิศเหนือเฉียงไปทางตะวันออก  $30^\circ$   
เป็นเวกเตอร์.....

(อิสระ/จำกัด)

และ  $\vec{AB}, \vec{CD}, \vec{EF}$  เป็นเวกเตอร์.....

(อิสระ/จำกัด)

ปรากฏว่านักเรียนตอบเป็น "เวกเตอร์จำกัด" ทั้งสองแห่ง โดยที่ยังไม่ได้คิดหรือ  
สังเกตให้ละเอียด ผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

ถ้า  $\vec{AB}, \vec{CD}$  และ  $\vec{EF}$  ต่างก็เขียนแทนเวกเตอร์ของการเคลื่อนที่  
10 หน่วยในทิศเหนือเฉียงไปทางตะวันออก  $30^\circ$

จะพบว่า  $\vec{AB}, \vec{CD}$  และ  $\vec{EF}$  เป็นเวกเตอร์.....

(อิสระ/จำกัด)

ที่เขียนแทนเวกเตอร์.....ของการเคลื่อนที่ 10 หน่วย

(อิสระ/จำกัด)

ในทิศเหนือเฉียงไปทางตะวันออก  $30^\circ$

กรอบ 81

กรอบเดิมคือ

จึงสรุปได้ว่าเวกเตอร์สองเวกเตอร์ใดๆที่มีขนาด.....  
แต่ทิศทาง.....บวกกันจะได้เวกเตอร์.....

กรอบนี้เว้นช่องว่างให้เติมคำตอบหลายแห่งเกินไป จนกลายเป็นคำถามที่คลุม-  
เครือไม่ชัดเจนต้องอาศัยกรอบที่นำมาก่อนจึงจะตอบได้ถูกต้อง ผู้วิจัยจึงได้แก้ไข ดังนี้

จึงสรุปได้ว่าเวกเตอร์สองเวกเตอร์ใดๆที่มีขนาด.....  
แต่ทิศทาง.....บวกกันจะได้เวกเตอร์ศูนย์

กรอบ 83

กรอบเดิมคือ

เราจะเขียนแทนเวกเตอร์ที่มีขนาดเท่ากับ  $\vec{n}$  แต่มีทิศทางตรงข้ามกับ  $\vec{n}$  ด้วยสัญลักษณ์  $-\vec{n}$   
ดังนั้น เราจะเขียนแทน  $\vec{BA}$  ที่มีขนาดเท่ากับ  $\vec{AB}$  แต่มีทิศทางตรงข้ามกับ  $\vec{AB}$  ด้วยสัญลักษณ์.....

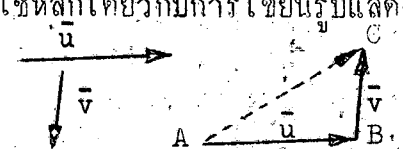
" $\vec{BA}$ " ทำให้นักเรียนงงและเสียเวลาคิดโดยไม่จำเป็น จึงได้แก้ไขใหม่ดังนี้

เราจะเขียนแทนเวกเตอร์ที่มีขนาดเท่ากับ  $\vec{n}$  แต่มีทิศทางตรงข้ามกับ  $\vec{n}$  ด้วยสัญลักษณ์  $-\vec{n}$   
ดังนั้น เราจะเขียนแทนเวกเตอร์ที่มีขนาดเท่ากับ  $\vec{AB}$  แต่มีทิศทางตรงข้ามกับ  $\vec{AB}$  ด้วยสัญลักษณ์.....

กรอบ 114

ผู้วิจัยได้เพิ่มกรอบ 114 เนื่องจาก นักเรียนใช้เวลาในการเขียนรูปของกรอบ 115 นานเกินควร ซึ่งในตอนแรกผู้วิจัยเข้าใจว่า นักเรียนเคยเขียนรูปแสดงการบวกเวกเตอร์มาแล้ว จึงไม่ได้ให้ตัวอย่างการเขียนรูปแสดงการลบเวกเตอร์อีก จึงต้องเพิ่มกรอบ 114 ดังนี้

เนื่องจาก  $\vec{n}-\vec{v}$  ก็คือ  $\vec{n}+(-\vec{v})$  ดังนั้นการเขียนรูปแสดง  $\vec{n}-\vec{v}$  ก็ใช้หลักเกี่ยวกับการเขียนรูปแสดงการบวก เช่น



$\vec{n}-\vec{v} = \dots\dots\dots$

## 2. การทดลองชั้นกลุ่มเล็ก

บทเรียนแบบโปรแกรมที่ใช้ทดลองครั้งนี้มี 279 กรอบ 363 คำตอบ.

นักเรียนใช้เวลาเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมโดยเฉลี่ย 4 ชั่วโมง 47 นาที

ทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 26.8

ทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 98.29

ทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 95.2

(ดูรายละเอียดจากตารางที่ 6 ในภาคผนวก)

จะเห็นว่านักเรียนทำบทเรียนและทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ดีมาก ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลการทดลองของแต่ละกรอบประกอบการพิจารณากรอบอย่างละเอียดแล้ว มีความเห็นว่าไม่มีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงแก้ไขบทเรียนอีก จึงได้นำไปทดลองภาคสนามเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนต่อไป

## 3. การทดลองภาคสนาม

บทเรียนแบบโปรแกรมที่ใช้ทดลองครั้งนี้มี 279 กรอบ 363 คำตอบ

นักเรียนใช้เวลาเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมโดยเฉลี่ย 6 ชั่วโมง

ทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 9.94

ทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 97.07 (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 7 ในภาคผนวก)

ทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 77.32

นั่นคือบทเรียนแบบโปรแกรมเรื่อง "เวกเตอร์" นี้ มีประสิทธิภาพ  $97.07/77.32$

จากเกณฑ์มาตรฐาน  $90/90$  ซึ่งผู้วิจัยยึดเป็นเกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพของบทเรียนนี้ ซึ่งมีความหมายว่า

90 ตัวแรกคือร้อยละของคะแนนที่นักเรียนโดยเฉลี่ยตอบคำถามในบทเรียนถูก

90 ตัวหลังคือร้อยละของคะแนนที่นักเรียนโดยเฉลี่ยทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียน

ถูก

จากผลของการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า นักเรียนทำบทเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 97.07 และทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 77.32

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า บทเรียนแบบโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 90 ตัวแรก แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 90 ตัวหลัง

### การวิเคราะห์หาความก้าวหน้าในการเรียนจากบทเรียน

จากผลของการสอบก่อนและหลังเรียนบทเรียน ผู้วิจัยได้ทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนจากแบบสอบก่อนและหลังเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมดังนี้

ตารางที่ 2 ตารางวิเคราะห์ความก้าวหน้าในการเรียนจากบทเรียน  
(ดูรายละเอียดเพิ่มเติมจากตารางที่ 8 ในภาคผนวก)

นักเรียน 100 คน	คะแนนสอบ ก่อนเรียนบทเรียน	คะแนนสอบ หลังเรียนบทเรียน	คะแนนความ ก้าวหน้า (d)	d <sup>2</sup>
$\Sigma$	497	3,866	3,369	115,499
$\bar{x}$	4.97	38.66		
$\bar{x}$ คิดเป็น %	9.94	77.32		

สมมติฐาน : ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนและหลังเรียนบทเรียนไม่แตกต่างกัน

จากการคำนวณได้ค่า  $Z = 75.01$

แต่ที่ระดับความมีนัยสำคัญ .01  $Z = 2.58$

ดังนั้นแสดงว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนและหลังเรียนบทเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

จึงอาจกล่าวได้ว่าโดยเฉลี่ยแล้วนักเรียนมีพัฒนาการในการเรียนรู้อะไรเรื่อง "เวกเตอร์" เพิ่มขึ้นอย่างแท้จริง



### การอภิปรายผลของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ คือหาประสิทธิภาพของบทเรียนแบบโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นว่าได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 หรือไม่ จากผลการวิจัยปรากฏว่านักเรียนสามารถทำบทเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 97.07 และทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 77.32 นั้นแสดงว่าบทเรียนมีประสิทธิภาพไม่ถึงเกณฑ์มาตรฐาน 90 ตัวหลัง ซึ่งอาจมีสาเหตุดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยต้องใช้กลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาระดับปีที่หนึ่ง แทนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่สี่ เนื่องจากนี่เป็นปีแรกที่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่สี่เรียนเป็นระบบหน่วยกิต ครูผู้สอนส่วนมากสอนไม่ทันต้องทำการสอนและสอบนอกเวลาเรียนด้วย ผู้วิจัยจึงไม่สามารถใช้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่สี่เป็นกลุ่มตัวอย่างได้ การใช้นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาระดับปีที่หนึ่งแทน ทำให้ได้นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาปานกลางมากกว่าการใช้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย คะแนนสอบหลังเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมที่ได้จึงมีลักษณะคล้ายโค้งปกติ ดังนั้น หากได้ใช้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นกลุ่มตัวอย่าง อาจทำให้คะแนนสอบหลังเรียนบทเรียนเฉลี่ยถึงร้อยละ 90 เช่นเดียวกับการทดลองในชั้นกลุ่มเล็กก็ได้

2. แบบสอบที่ใช้เป็นเครื่องมือเป็นแบบสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก ค่าความยาก และค่าความเชื่อมั่นเหมาะสม ซึ่งแสดงว่า แบบสอบนี้จะคงสามารถแจกแจงนักเรียนกลุ่มประชากรออกมาในลักษณะโค้งปกติ คือมีค่าเฉลี่ยของคะแนนเป็นร้อยละ 50 จึงเป็นการยากที่จะสุ่มนักเรียนจำนวน 100 คนให้สามารถทำคะแนนสอบโดยเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 90

3. ผู้วิจัยไม่มีเวลาที่จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทบทวนบทเรียน เพื่อเตรียมตัวสอบ จึงอาจทำให้คะแนนสอบต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

4. นักเรียนเรียนบทเรียนเป็นช่วงระยะเวลาสั้นครั้งละ 1 ชั่วโมง โดยใช้เวลาเรียนหลายวัน ความคิดอาจไม่ต่อเนื่องกันทำให้หมโนทัศน์ที่ได้ไม่ชัดเจน

5. การกำหนดเวลาให้นักเรียนเรียน เป็นการเร่งรัดนักเรียนบางคนมากเกินไป ทำให้ไม่มีเวลาคิดและไตร่ตรองให้ละเอียด

6. นักเรียนบางคนขาดความตั้งใจในการทำแบบสอบ