

515.43
81117
9.3

การเสนอใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเรื่องอินทิกรัต ระดับมหาวิทยาลัย

๗๓ พ.ศ. ๒๕๔๐

ปริญญานิพนธ์

ของ

ธ.ธง พวงสุวรรณ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขฎิบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา

มีนาคม ๒๕๔๐

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

๖๓ ๑๖๔

๓๕๙๓๕

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต
สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

.....ประธาน

(ดร.สุรพล วัฒนวิทย์กิจ)

.....กรรมการ

(รศ.ดร.สมพล เล็กสกุล)

.....กรรมการ

(รศ.ดร.ฉลอง ทับศรี)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน

(ดร.สุรพล วัฒนวิทย์กิจ)

.....กรรมการ

(รศ.ดร.สมพล เล็กสกุล)

.....กรรมการ

(รศ.ดร.ฉลอง ทับศรี)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(รศ.ดร.ปิยวดี วงษ์ใหญ่)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(ผศ.ดร.ภิรมย์ พูลสวัสดิ์)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ)

วันที่ 13 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2540

ประกาศคุณูปการ

การทำปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยได้ทุ่มเททั้งกำลังกาย กำลังใจและใช้เวลาเต็มทีและต่อเนื่องด้วยความเพียรพยายามเป็นอย่างมาก จึงทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และได้รับความรู้และประสบการณ์ด้านการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนและกระบวนการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียน ผลการวิจัยนี้ จะเป็นประโยชน์แก่นักวิชาการและสถาบันการศึกษาที่ดำเนินการเพื่อนำเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์มาใช้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการเรียนการสอน

ความดีที่ได้จากความเพียรพยายามนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อคุณแม่และท่านอาจารย์ทุกท่านที่ช่วยชี้แนะแนวทางในการดำเนินวิจัยนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คณะกรรมการที่ปรึกษาทั้งสามท่านคือ อาจารย์ ดร.สุรพล วัฒนวิทย์กิจ รศ.ดร.สมพล เล็กสกุล และรศ.ดร.ฉลอง ทับศรี ที่ได้ช่วยให้คำแนะนำและช่วยตรวจสอบปรับปรุงแก้ไขในรายละเอียดทุกขั้นตอนตั้งแต่เริ่มแรกจนสิ้นสุดการวิจัย และอาจารย์อีกท่านหนึ่งคือ ผศ.ดร.ภิรมย์ พูลสวัสดิ์ ที่ได้ช่วยเหลือแนะนำและช่วยตรวจสอบปรับปรุงแก้ไขในด้านเนื้อหาและวิธีสอนตลอดจนได้กรุณาเป็นกรรมการสอบปากเปล่าเพิ่มเติมด้วยความเต็มใจยิ่ง จึงขอขอบพระคุณในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ คณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ สำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยบูรพาและอาจารย์สมศักดิ์ ลิ้มเกิด บริษัท อินเทอร์เน็ตฟาร์อีสท์ วิศวกร จำกัด (มหาชน) ที่มีส่วนร่วมในการให้คำปรึกษา ตลอดจนนิสิตวิชาเอกคณิตศาสตร์ วิชาเอกวิทยาการคอมพิวเตอร์และเจ้าหน้าที่ของสำนักคอมพิวเตอร์ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ในขณะที่ทำการวิจัย นอกจากนี้ ขอขอบคุณอาจารย์วันิดา พงษ์ศักดิ์ชาติ ที่ช่วยเหลือด้านการวิเคราะห์ข้อมูล อาจารย์ ดร.พิชัย สนแจ้ง อาจารย์คณิงนิจ กุโปลา ที่ช่วยเหลือด้านการบันทึกเสียงประกอบโปรแกรมบทเรียน อาจารย์วรรณัทธนา ภาณุพินทุ คุณวิภาวดี เวียงนนท์ ที่ช่วยเหลือด้านการพิมพ์และการจัดรูปเล่มปริญญานิพนธ์นี้ และขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ของภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัยเคอร์ดิน ประเทศออสเตรเลีย ที่อำนวยความสะดวกในทุก ๆ ด้านและให้กำลังใจในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน

ความสำเร็จครั้งนี้นำมาซึ่งความระลึกถึง คุณอารีย์จิตร พวงสุวรรณ ซึ่งเป็นคูชีวิตที่เป็นผู้ให้การสนับสนุนให้กำลังใจในการศึกษาครั้งนี้ก่อนที่เธอจะล่องลับ... โดยไม่มีโอกาสได้รับรู้ความสำเร็จนี้

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
ความสำคัญของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
ตอนที่ 1 คอมพิวเตอร์และการสอนวิชาแคลคูลัส.....	7
การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัส.....	7
งานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัส.....	9
ตอนที่ 2 การสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยและการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน.....	11
ประเภทของการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย.....	11
หลักการเบื้องต้นในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน.....	13
ขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน.....	20
การออกแบบและการสร้างโปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหา.....	22
การปรับปรุงแก้ไขและการประเมิน โปรแกรมบทเรียน.....	27
สมมติฐานการวิจัย.....	31
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	34
ตอนที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมบทเรียน.....	34
ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหา.....	34
ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบการสอน.....	37
ขั้นตอนที่ 3 การเขียนผังงานสำหรับ โปรแกรมบทเรียน.....	38
ขั้นตอนที่ 4 การสร้างกรอบของเนื้อหาและผลย้อนกลับ.....	40

ขั้นตอนที่ 5 การสร้างโปรแกรมบทเรียน.....	41
ขั้นตอนที่ 6 การจัดทำคู่มือประกอบการใช้งานโปรแกรมบทเรียน.....	42
ขั้นตอนที่ 7 การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียน ครั้งที่ 1.....	43
ขั้นตอนที่ 8 การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียน ครั้งที่ 2.....	43
ตอนที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียน.....	44
การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง.....	44
เครื่องมือในการทดลอง.....	45
การทดลอง.....	46
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	48
4 ผลการวิจัย.....	50
การพัฒนาโปรแกรมบทเรียน.....	50
การศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียน.....	51
คุณลักษณะของกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดลอง.....	51
ค่าสถิติสหสัมพันธ์ในการทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง.....	53
การทดสอบสมมติฐานการวิจัย.....	54
การทดสอบสมมติฐานข้อที่หนึ่ง.....	54
การทดสอบสมมติฐานข้อที่สอง.....	55
การสังเกตและสัมภาษณ์.....	58
5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	59
สรุปผลการวิจัย.....	61
อภิปรายผล.....	61
ข้อเสนอแนะ.....	65
บรรณานุกรม	67

บทที่**หน้า**

ภาคผนวก.....	74
ภาคผนวก ก จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละหน่วยการเรียนรู้.....	75
ภาคผนวก ข เมนูของระบบโปรแกรมบทเรียน.....	78
ภาคผนวก ค แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และ แนวคำตอบ.....	95
ภาคผนวก ง ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของข้อสอบ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก.....	106
ภาคผนวก จ ข้อมูลดิบของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง.....	108
ภาคผนวก ฉ รายชื่อผู้ที่เกี่ยวข้องในการวิจัย.....	111
 ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	 113

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

1 ผลการศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาออกเป็นหน่วยการเรียนรู้ย่อย.....	35
2 จำนวนและจำนวนร้อยละในตัวแปรเพศของกลุ่มตัวอย่าง.....	52
3 ค่าสถิติสำหรับค่าเฉลี่ยสะสมและความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์.....	52
4 ค่าสถิติสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสำหรับกลุ่มควบคุม.....	53
5 ค่าสถิติสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสำหรับกลุ่มทดลอง.....	53
6 ค่าสถิติพื้นฐานด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์.....	55
7 ค่าสถิติในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นของกลุ่มตัวอย่าง.....	56
8 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบตัวแปรอิสระหลายตัว.....	57

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

	หน้า
1 ผลงานแสดงกระบวนการเรียนการสอน 9 ชั้น.....	19
2 ผลงานแสดงโครงสร้างของบทเรียนแบบเชิงเส้น.....	23
3 ผลงานแสดงโครงสร้างของบทเรียนแบบแตกกิ่ง.....	24
4 กราฟแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานทาง คณิตศาสตร์กับวิธีสอนที่คาดหวัง.....	32
5 โครงสร้างเมนูของระบบโปรแกรมบทเรียน.....	39
6 เส้นถดถอยสำหรับกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง.....	58

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1965 เป็นต้นมา จุดมุ่งหมายการเรียนรู้ทางคอมพิวเตอร์ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก จากการเรียนรู้ทางคอมพิวเตอร์ที่เคยมุ่งเน้นถึงการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ นักการศึกษาและครูอาจารย์ได้เริ่มยอมรับและสนใจการเรียนรู้ทางคอมพิวเตอร์เพื่อนำมาใช้ในการศึกษา (Hess. 1994 : 212) การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอนเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าคอมพิวเตอร์มาใช้เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนให้สูงขึ้น จากผลของการศึกษาวิจัยในระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษา และอุดมศึกษาเกี่ยวกับการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการเรียนการสอนสรุปได้ว่า โดยทั่วไป การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอนจะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสูงขึ้น (Heinich. 1993 : 223) คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์สาขาหนึ่งที่มีผู้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการเรียนการสอนในทุกระดับชั้นของผู้เรียน เช่น แมดเซน (Madsen. 1993) เฮนี (Haynie. 1989) เพอร์คินส์ (Perkins. 1988) ได้ศึกษาวิจัยผลของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา ผลการศึกษากล่าวโดยสรุปได้ว่าการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้น ในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษาก็เช่นกัน มีนักวิจัยหลายท่านที่ได้ศึกษาวิจัยการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนสอนวิชาคณิตศาสตร์ และได้ผลสรุปจากการศึกษาวิจัยสอดคล้องกับผลสรุปในระดับประถมศึกษาดังกล่าว เช่น .เวทคินส์ (Watkins. 1992) ลี (Lee. 1990) เวทเธอร์บ (Wetherbe. 1990)

การสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย (ราชบัณฑิตยสถาน. 2535:32) ซึ่งตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า Computer-Assisted Instruction หรือเรียกย่อ ๆ ว่า ซี เอ ไอ (CAI) เป็นรูปแบบหนึ่งของการสอนที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นผู้สอน และเป็นการสอนรายบุคคล (Individualized Instruction) ซึ่งจะต้องมีจุดมุ่งหมายที่สำคัญเพื่อเป็นแนวทางในการประเมินความรู้เดิมของผู้เรียน ช่วยในการค้นหาจุดเริ่มต้นของผู้เรียนแต่ละคน ในการจัดลำดับการเรียนและช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนตามอัตราความสามารถของตนเอง นอกจากนั้น เพื่อสะดวกต่อการประเมินผลได้บ่อยครั้งเท่าที่ต้องการ เพื่อเป็นการส่งเสริมความก้าวหน้าของผู้เรียนแต่ละคน (กิดานันท์ มลิทอง. 2536 : 166)

โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการสอน (Instructional Computer Program) หรือโปรแกรมบทเรียน (Courseware) ที่พัฒนาขึ้น หากมีการออกแบบที่ดี และเหมาะสมแล้วผลจากการโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ จะเป็นแนวทางกำหนดให้ผู้เรียนได้เรียนตามลำดับขั้นตอนอย่างมีโครงสร้างและเหมาะสมสำหรับแต่ละบุคคล โปรแกรมบทเรียนที่ดีสามารถวิเคราะห์การโต้ตอบของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเรียนเนื้อหาใหม่ต่อไป หรือต้องมีการเรียนซ่อมเสริม นอกจากนี้ยังสามารถประเมินผลการเรียน และบันทึกผลการเรียนของผู้เรียนได้ (ฉลอง ทับศรี. 2535 : 2) ส่วนความเหมาะสมของการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย ครรชิต มาลัยวงศ์ (2537 : 4) ได้ให้คำแนะนำว่า การสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย ควรนำไปใช้กับวิชาพื้นฐานที่มีผู้เรียนจำนวนมาก และนิสิต นักศึกษาไม่ต้องมีปฏิสัมพันธ์กับอาจารย์มากนัก

การสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยระดับอุดมศึกษาในประเทศไทย ทบวงมหาวิทยาลัยได้กำหนดไว้ในแผนอุดมศึกษาระยะยาว (พ.ศ.2533-2547) โดยมุ่งส่งเสริมให้มีการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและระบบการเรียนการสอนด้วยตนเองให้เป็นระบบคู่ขนานกับระบบการเรียนปกติในสาขาวิชาทุกสาขา (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2533 : 15) นอกจากนี้ ศรีศักดิ์ จามรมาน (2535: 17) และ ยืน ภู่วรรณ (2535 : 139-140) ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่า ควรนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเข้ามาใช้ในสถาบันการศึกษา ปัจจุบัน สถาบันศึกษาระดับอุดมศึกษาบางแห่งได้พัฒนาโปรแกรมบทเรียนขึ้นเพื่อใช้สอนเนื้อหาในบางสาขาวิชา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้พัฒนาโปรแกรมหลักชื่อ จูฟา ซี เอ ไอ (CHULA CAI) ขึ้นใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 โดยมีผู้นำไปใช้สร้างโปรแกรมบทเรียนขึ้นในหลายสาขาวิชา (พิสนธิ์ จงตระกูล. 2537 : 55) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชได้พัฒนาระบบที่ใช้สร้างโปรแกรมบทเรียนที่เรียกว่า ระบบไวทัลไทย (A Videotex Integrated Teaching And Learning System - VITAL/THAI) ระบบไวทัลไทยนี้เป็นระบบที่นำมาใช้สร้างโปรแกรมบทเรียนซึ่งเป็นที่ส่งเสริมในการสอนทางไกลเพื่อสอนชุดวิชาต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย (กิดานันท์ มลิทอง. 2536 : 193)

แคลคูลัส (Calculus) เป็นคณิตศาสตร์สาขาหนึ่ง ประกอบด้วยเนื้อหาที่เป็นการสังเคราะห์ระหว่างพีชคณิตและเรขาคณิต มโนคติ (Concept) พื้นฐานของวิชาแคลคูลัสจะเกี่ยวข้องกับฟังก์ชันและกราฟ และยังเป็นวิชาที่แสดงให้เห็นแนวความคิดทางคณิตศาสตร์ของนักคณิตศาสตร์ในสมัยก่อน (Fey. 1984 : 53-59) แคลคูลัสเป็นวิชาหนึ่งที่มีประโยชน์สามารถนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในสาขาวิชาหลายสาขา ในระดับอุดมศึกษา เช่น วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ สังคมศาสตร์ จากความสำคัญและประโยชน์ของวิชาแคลคูลัส สถาบันระดับอุดมศึกษา จึงได้บังคับให้นิสิต นักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และสาขาอื่นที่เกี่ยวข้อง

จะต้องเรียนเนื้อหาวิชาแคลคูลัสในระดับชั้นปีที่ 1 จำนวนนิสิต นักศึกษาที่เรียนเนื้อหาวิชาแคลคูลัส มีจำนวนมากและเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปีการศึกษา ทำให้อาจารย์ที่สอนวิชาแคลคูลัสประสบปัญหาในการเรียนการสอนในชั้นเรียน ทั้งปัญหาความแตกต่างของความรู้พื้นฐานของนิสิต นักศึกษาที่เริ่มเข้าสู่ระบบมหาวิทยาลัย ปัญหาความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้านความสามารถทางการเรียนของนิสิต นักศึกษา ปัญหาการสอนเนื้อหาอย่างละเอียดไม่ทันตามกำหนดเวลาในชั้นเรียน ปัญหาการให้ความช่วยเหลือในด้านเนื้อหาสำหรับนิสิต นักศึกษาที่ขาดเรียน หรือไม่เข้าใจเนื้อหาที่อาจารย์สอนในชั้นเรียน และยังมีปัญหาที่เกิดจากการเรียนวิชาแคลคูลัสของนิสิต นักศึกษาที่ขาดการเชื่อมโยงระหว่างการคิดเชิงวิเคราะห์ กับการใช้สิ่งที่สามารถมองเห็นได้เพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจ (Ferrini-Mundy and Lauten. 1994 : 118) เช่น การใช้กราฟประกอบการวิเคราะห์ การใช้ภาพประกอบที่มีลักษณะเหมือนจริง นอกจากนี้ อาจารย์ที่สอนวิชาแคลคูลัส บางครั้งมีเวลาจำกัดในการเขียนกราฟหรือภาพประกอบ หรืออาจจะเขียนได้ไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร หรือในเนื้อหาบางหัวข้อ ผู้สอนไม่สามารถเขียนกราฟหรือภาพประกอบบนกระดานดำให้นิสิต นักศึกษาได้เห็นอย่างสมบูรณ์ได้ เช่น ภาพสามมิติที่เกิดจากการหมุนบริเวณที่ล้อมรอบด้วยกราฟของฟังก์ชัน ปัญหาต่าง ๆ ดังกล่าว อาจจะทำให้ นิสิต นักศึกษาเข้าใจเนื้อหาไม่ลึกซึ้ง หรือมีความเข้าใจเนื้อหาผิดพลาดได้ และอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนไม่ประสบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาแคลคูลัส

จากปัญหาเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัสในระดับมหาวิทยาลัย คุณลักษณะเด่นของการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยและการขาดแคลนทางด้าน โปรแกรมบทเรียน จึงน่าจะมีการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหาเรื่อง อินทิกรัล (Integral) ซึ่งเป็นเนื้อหาส่วนหนึ่งในวิชาแคลคูลัสสำหรับนิสิตนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ระดับมหาวิทยาลัย และเป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับฟังก์ชันและกราฟซึ่งเหมาะสมที่จะใช้ประโยชน์จากขีดความสามารถของคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนาโปรแกรมบทเรียนที่มีประสิทธิภาพ (Alessi and Trollip. 1991 : 5)

การประเมินประสิทธิภาพของ โปรแกรมบทเรียน เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญในกระบวนการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน การสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยโดยให้ผู้เรียนเรียนด้วยตนเองจากโปรแกรมบทเรียน เป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนการสอนรายบุคคล และการจัดการเรียนการสอนรายบุคคลให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องคำนึงถึงลักษณะความแตกต่างและความสามารถของผู้เรียนแต่ละคนเป็นสำคัญ (กิดานันท์ มลิทอง. 2536 : 163-164) ผู้เรียนแต่ละคนจะมีความสามารถ หรือคุณลักษณะเฉพาะตนที่แตกต่างกันและจะมีวิธีการเรียนรู้ที่ต่างกัน การศึกษาความเหมาะสมของวิธีสอนสำหรับผู้เรียนแต่ละคนที่มีความแตกต่างกันในด้านต่าง ๆ นั้น มีวิธีการศึกษาวิธีหนึ่งที่เรียกว่า “Aptitude-Treatment Interaction” หรือเรียกย่อ ๆ ว่า ATI

(Borg & Gall. 1979 : 572) ครอนบาช (Cronbach) และสโนว์ (Snow) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า “Aptitude” คือ ลักษณะของผู้เรียนที่มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลการเรียนรู้ และคำว่า “Treatment” หมายถึง วิธีสอนที่ผู้สอนใช้ ผลของการวิจัยของครอนบาชและสโนว์ พบว่า ผู้เรียนที่มีลักษณะต่างกันจะชอบวิธีสอนต่างกัน กล่าวคือ ในการสอนจำเป็นจะต้องคำนึงถึงลักษณะของผู้เรียน เพราะ ไม่มีวิธีสอนวิธีใดที่จะเหมาะสมสำหรับผู้เรียนทุกคน (สุรางค์ โค้วตระกูล. 2536 : 195) การศึกษา ATI เป็นการศึกษาการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของผู้เรียนกับวิธีสอน มีนักการศึกษาหลายท่านได้ใช้ ATI เพื่อศึกษาความเหมาะสมของวิธีสอนที่มีต่อลักษณะที่แตกต่างกันของผู้เรียน เช่น ปาสคาเรลลา (Pascarella. 1978 : 275-285) ได้ใช้ ATI เพื่อศึกษาความเหมาะสมของวิธีสอนที่เรียกว่า “Personalized System of Instruction” หรือเรียกย่อ ๆ ว่า PSI ในการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัส สุรพล วัฒนวิทย์กิจ (Surapon Vatanavigkit. 1984) ได้ใช้ ATI เพื่อศึกษาความเหมาะสมของวิธีสอนแบบ PSI ซึ่งใช้สอนวิชาแคลคูลัสสำหรับนิสิตนักศึกษาในประเทศไทย และอะแดมส์ (Adams. 1987: 21-23) ได้ใช้ ATI เพื่อตรวจสอบปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจากการใช้โปรแกรมบทเรียนที่มีผลต่อระดับความสามารถของกลุ่มผู้เรียน ผู้วิจัยจึงเห็นว่า การศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา ควรศึกษาถึงผลที่เกิดจากการใช้โปรแกรมบทเรียนสำหรับผู้เรียนทุก ๆ ระดับความสามารถ ฉะนั้น นอกจากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยเฉลี่ยของกลุ่มผู้เรียนแล้ว จะใช้ ATI เพื่อศึกษาความเหมาะสมของวิธีสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยโดยให้ผู้เรียนเรียนด้วยตนเองจาก โปรแกรมบทเรียน

การสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยโดยให้ผู้เรียนเรียนด้วยตนเองจาก โปรแกรมบทเรียนที่มีประสิทธิภาพ จะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาค่าเรียนการสอนวิชาแคลคูลัส ระดับมหาวิทยาลัยที่มិនิสิต นักศึกษาเรียนเป็นจำนวนมาก ๆ และเวลาการสอนในชั้นเรียนมีจำนวนจำกัด และในกรณีที่นิสิต นักศึกษาขาดเรียนหรือไม่เข้าใจเนื้อหาที่เรียนในชั้นเรียน นิสิต นักศึกษาจะสามารถเรียนทบทวนเนื้อหาด้วยตนเองได้จาก โปรแกรมบทเรียน นอกจากนั้น โปรแกรมบทเรียนที่จะพัฒนาขึ้นนี้จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองตามระดับความสามารถ และนิสิต นักศึกษา จะสามารถเรียนรู้เนื้อหาเรื่องอินทิกรัลทั้งในเชิงทฤษฎีและฝึกปฏิบัติ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ประกอบกับการใช้กราฟหรือภาพที่สมบูรณ์เพื่อสร้างมโนคติที่ถูกต้องในเรื่องอินทิกรัลและการประยุกต์ ตลอดจนสามารถประเมินผลตนเองทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อทราบระดับความรู้พื้นฐาน ความก้าวหน้าหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเนื้อหาในแต่ละตอน

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมบทเรียนในเนื้อหาวิชาแคลคูลัส ระดับมหาวิทยาลัย เรื่องอินทิกรัลจำกัดเขต (Definite Integral) ของฟังก์ชันพีชคณิตและการประยุกต์ทางเรขาคณิต
2. ศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา กับนิสิตนักศึกษา ชั้นปีที่ 1 ระดับมหาวิทยาลัย โดยการ
 - 2.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนตามปกติและกลุ่มที่เรียนจากโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา
 - 2.2 ศึกษาการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน กับวิธีสอนตามปกติและวิธีสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยนี้จะเป็นแนวทางหนึ่งในการนำเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์มาพัฒนาการเรียนการสอน และเป็นการกระตุ้นให้ผู้สอนมีความสนใจที่จะนำเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสอน ตลอดจน จะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจในการเรียนมากขึ้น นอกจากนี้ ยังจะเป็นแนวทางที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนในเนื้อหาวิชาแคลคูลัส ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาแคลคูลัสของนิสิต นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ระดับมหาวิทยาลัย และเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองตามขีดความสามารถของนิสิต นักศึกษาแต่ละคน

ขอบเขตของการวิจัย

1. เนื้อหาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนนี้ เป็นส่วนหนึ่งในวิชาแคลคูลัส สำหรับนิสิต นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ระดับมหาวิทยาลัย เฉพาะเรื่องอินทิกรัลจำกัดเขตของฟังก์ชันพีชคณิต และการประยุกต์ทางเรขาคณิต ตามหัวข้อดังนี้
 - 1.1 ความหมายและการหาค่าของอินทิกรัลจำกัดเขต
 - 1.2 การประยุกต์ทางเรขาคณิตของอินทิกรัลจำกัดเขต
 - 1.2.1 การหาพื้นที่ของบริเวณระหว่างเส้นโค้ง
 - 1.2.2 การหาปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบ

1.2.3 การหาความยาวของส่วนโค้งในระนาบ

1.2.4 การหาพื้นที่ผิวของการหมุนรอบ

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา เป็นนิสิต
ชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง กลุ่มละ 30 คน
3. ระยะเวลาในการเรียนของกลุ่มควบคุมที่เรียนตามปกติและกลุ่มทดลองที่เรียน
จากโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา ใช้เวลาเรียนตามปกติจำนวน 8 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที

นิยามศัพท์เฉพาะ

ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษา
เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่กำหนด สำหรับในการวิจัยนี้ เป็นความรู้ที่ได้จากการเรียนวิชาแคลคูลัส
และเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 ตามหลักสูตรคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ปี พ.ศ. 2538
โดยวัดได้จากการสอบปลายภาคเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาแคลคูลัส
และเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 ซึ่งสร้างขึ้นโดยผู้วิจัยและอาจารย์จากภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัย
บูรพา ที่สอนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 ในภาคต้น ปีการศึกษา 2539

การสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย หมายถึง การสอนที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อในการถ่ายทอดเนื้อหา
วิชาความรู้ให้แก่ผู้เรียนในรูปแบบการเรียนด้วยตนเองจากคอมพิวเตอร์

โปรแกรมบทเรียน หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีการออกแบบและพัฒนาขึ้นใช้ในการ
นำเสนอหรือเสริมเนื้อหาเพื่อให้ผู้เรียนประสบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามวัตถุประสงค์การสอน
สำหรับในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้จัดการดำเนินการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมบทเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนคณิตศาสตร์ วิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 เฉพาะเรื่อง อินทิกรัลจำกัดเขต
ของฟังก์ชันพีชคณิตและการประยุกต์ทางเรขาคณิต ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น

ประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียน หมายถึง ผลที่เกิดจากการใช้โปรแกรมบทเรียนซึ่งทำให้
ผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ทุกระดับ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
ตามเป้าหมายที่กำหนด

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นักคณิตศาสตร์ศึกษาได้มีแนวคิดเกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน วิชาแคลคูลัสและศึกษาวิจัยผลของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาแคลคูลัสในบทบาทที่แตกต่างกัน เช่นใช้คอมพิวเตอร์ในลักษณะสื่อประกอบการเรียนการสอนในชั้นเรียน หรือใช้ช่วยเสริมความเข้าใจในห้องปฏิบัติการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป และมีนักการศึกษาบางท่านได้ให้หลักการและเสนอแนะขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนที่มีประสิทธิภาพ จึงทำให้นักคณิตศาสตร์ศึกษาบางท่านพัฒนาโปรแกรมบทเรียนขึ้นเองและศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนจากโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา แนวคิดและผลการวิจัย ตลอดจนหลักการและขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนดังกล่าว จึงนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาและการประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาขึ้นในการวิจัยนี้

ตอนที่ 1 คอมพิวเตอร์และการสอนวิชาแคลคูลัส

1. การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัส

เนื่องจากการพัฒนาด้านเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว และการเรียนการสอนสำหรับรายบุคคลเริ่มมีบทบาทมากขึ้นในสังคมปัจจุบัน การเรียนการสอนหรือการฝึกอบรมทางวิชาการเกือบทุกสาขาได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยอาศัยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเพื่อจัดหาสื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพมาใช้ประกอบในกระบวนการเรียนการสอน โดยมุ่งเน้นการตอบสนองความสามารถของแต่ละบุคคล เนื่องจากการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัสเป็นกระบวนการที่ทั้งผู้เรียน และผู้สอนประสบปัญหาในด้านผลสัมฤทธิ์ จึงมีผู้ที่จะพยายามจัดหาสื่อการสอนมาช่วยในการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ในการเรียนการสอนให้สูงขึ้น อาจารย์ที่สอนวิชาแคลคูลัสและนักคณิตศาสตร์ศึกษาได้คิดหาแนวทางในการสอนเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาวิชาแคลคูลัสให้มากยิ่งขึ้น การใช้ห้องปฏิบัติการประกอบการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัสก็เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ผู้เรียนสามารถตรวจสอบหรือสำรวจในเชิงปฏิบัติได้ สื่อที่ใช้ประกอบการปฏิบัติก็อาจจะใช้เครื่องคิดเลข เครื่องคอมพิวเตอร์หรือเครื่องคิดเลขที่แสดงกราฟ (Graphing Calculator)

เพื่อช่วยการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับกราฟของฟังก์ชัน เครื่องคิดเลขที่แสดงกราฟเป็นคอมพิวเตอร์ประเภทหนึ่ง que ผู้เรียนใช้ได้สะดวกทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน โซโลว์ (Solow. 1994 : 236-238) ได้ทดลองใช้เครื่องคิดเลขที่แสดงกราฟช่วยสอนวิชาแคลคูลัส พบว่าผลสรุปจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตนเองของผู้เรียนจะเป็นผลสรุปที่ถูกต้องและแน่นอน การอภิปรายและคำถามระหว่างการปฏิบัติการมีคุณค่าสูงขึ้น ผู้เรียนสามารถมองเห็นกราฟประกอบการแก้ปัญหาซึ่งทำให้เกิดความเข้าใจได้รวดเร็ว โซโลว์ยังได้ทดลองออกแบบการสอนวิชาแคลคูลัส 1 โดยให้ผู้เรียนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเสริมความเข้าใจ เช่น การปฏิบัติการเรื่องผลบวกกริมมันน์ (Riemann Sum) ซึ่งใช้เปรียบเทียบผลบวกกริมมันน์เพื่อให้ผู้เรียนเห็นว่าผลบวกนี้จะมีค่าเข้าใกล้พื้นที่ภายใต้กราฟ อย่างไรก็ตาม โซโลว์เชื่อว่า เครื่องคิดเลขที่แสดงกราฟ จะเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมและเพียงพอในการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัส 1 ส่วนการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัส 2 ควรใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนและใช้ขีดความสามารถด้านกราฟิคของคอมพิวเตอร์อย่างเต็มที่

การเรียนการสอนวิชาแคลคูลัสควรจะเป็นกระบวนการเชิงสำรวจ ตรวจสอบให้เห็นจริง และอยู่บนรากฐานของการปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับตัวเลขและเรขาคณิต ซึ่งคงต้องใช้ประโยชน์จากเครื่องคิดเลขและคอมพิวเตอร์ กิจกรรมการสอนควรจะมีมุ่งส่งเสริมผู้เรียนในด้านความเข้าใจเชิงมโนคติ (Conceptual Understanding) ให้มากขึ้น การพัฒนาการของวิชาแคลคูลัสเป็นสิ่งที่แสดงถึงประวัติความสามารถด้านสติปัญญาของมนุษย์ จึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับผู้เรียนที่เรียนวิชาแคลคูลัสควรจะได้เรียนรู้ และมีความซาบซึ้งในแนวคิดในกระบวนการนั้น (NCTM. 1989 : 180-181) นอกจากนั้นในกระบวนการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัส ผู้เรียนพยายามที่จะแยกเรื่องฟังก์ชันในเชิงวิเคราะห์กับกราฟออกจากกัน แต่ที่จริงแล้วกระบวนการเรียนการสอนควรช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงทั้งสองด้านดังกล่าวเข้าด้วยกัน โดยเริ่มจากการสอนด้วยสิ่งที่มองเห็นได้ แล้วตามด้วยการกระทำในเชิงวิเคราะห์ก็จะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาวิชาแคลคูลัสมากขึ้น (Ferrini-Mundy and Lauten. 1994 : 118) จากขีดความสามารถของคอมพิวเตอร์ทั้งในด้าน การนำเสนอรูปภาพและการคิดคำนวณ ตลอดจนด้านการโต้ตอบกับผู้ใช้ จึงมีผู้พัฒนาโปรแกรมบทเรียนที่ช่วยในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ เช่น โปรแกรมระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ (Computer Algebra System หรือ CAS) ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ช่วยสอนวิชาคณิตศาสตร์ในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิต (Waits and Demana. 1992 : 180)

นอกจากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปดังกล่าวแล้ว ยังมีนักคณิตศาสตร์ศึกษาบางท่าน ได้พัฒนาโปรแกรมบทเรียนขึ้นเองเพื่อใช้ช่วยการสอนวิชาแคลคูลัส เช่น บราวน์ (Brown. 1993) ได้ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหาเพื่อใช้ช่วยสอนความรู้พื้นฐานที่ใช้ใน

การเรียนวิชาแคลคูลัส โดยแบ่งขั้นตอนการสร้างโปรแกรมบทเรียนออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ (1) การวิเคราะห์ผู้เรียน ทักษะและความรู้ที่จำเป็น (2) ออกแบบโปรแกรมบทเรียนและ (3) พัฒนาโปรแกรมบทเรียนให้เป็นที่การสอน กล่าวโดยสรุปได้ว่าคอมพิวเตอร์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีบทบาทสำคัญต่อการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัส ส่วนการนำคอมพิวเตอร์เพื่อไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัส นั้น อาจจะใช้ในลักษณะเป็นผู้สอน ใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนการสอนในชั้นเรียน ใช้ช่วยเสริมความเข้าใจในห้องปฏิบัติการ หรือใช้ช่วยสอนซ่อมเสริมให้แก่ผู้เรียนนอกเวลาเรียนก็ตาม ย่อมขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งานและการออกแบบโปรแกรมบทเรียนนั้น ๆ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัส

นักคณิตศาสตร์ศึกษาหลายท่านได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัสในระดับมหาวิทยาลัย ซึ่งมีทั้งการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปและโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นเอง แนวโน้มของผลการวิจัยซึ่งเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง มีทั้งแตกต่างกันและไม่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับบทบาทของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอนและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้

เมลิน-โคนีเจโรส (Melin-Conejeros. 1993) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลของการใช้โปรแกรมระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ในห้องปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติของผู้เรียนวิชาแคลคูลัส ผู้วิจัยให้กลุ่มทดลองซึ่งเรียนวิชาแคลคูลัสใช้โปรแกรมระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการทำแบบฝึกหัดในห้องปฏิบัติการ ส่วนกลุ่มควบคุมทำแบบฝึกหัดซึ่งเหมือนกันโดยใช้กระดาษและดินสอเท่านั้น ผลการวิจัยสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน

ชรอก (Schrock. 1990) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้โปรแกรมระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ เพื่อพัฒนาความเข้าใจและทักษะการคำนวณในการเรียนวิชาแคลคูลัส และศึกษาเจตคติที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์หลังจากการใช้โปรแกรมระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในตะวันตกกลางของสหรัฐอเมริกา ผู้วิจัยได้แบ่งผู้เรียนวิชาแคลคูลัสออกเป็นกลุ่มควบคุม ซึ่งใช้การสอนตามปกติและเน้นการคำนวณ ส่วนกลุ่มทดลองใช้โปรแกรมระบบพีชคณิตคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้สาธิตและช่วยผู้เรียนในด้านการคำนวณ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า กลุ่มทดลองมีความเข้าใจเชิงนิมิต สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างในความสามารถทางการคำนวณ นอกจากนั้น กลุ่มทดลองมีเจตคติในทางบวกต่อวิชาคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์

สุเทพ ทองอยู่ (Sutep Thongyoo. 1989) ได้ศึกษาวิจัยผลของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาแคลคูลัส กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยชิราคิวส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา การศึกษานี้ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Calculus Toolkit สำหรับกลุ่มทดลอง เพื่อช่วยในการสอนวิชาแคลคูลัส โดยอาจารย์ผู้สอนใช้โปรแกรมดังกล่าวในการสาธิต พร้อมด้วยตัวอย่างประกอบ และให้ผู้เรียนใช้โปรแกรมเพื่อศึกษา สำรวจ ตรวจสอบ และทำแบบฝึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้กับโปรแกรม Calculus Toolkit ส่วนกลุ่มควบคุมเรียนเนื้อหาและใช้ตำราเรียนเหมือนกับกลุ่มทดลอง โดยให้อาจารย์สอนตามปกติ ผลของการวิจัยสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาแคลคูลัสของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน

ฟรีเดนเบอร์ก (Fredenberg. 1994) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการเรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการสอนกับการสอนตามปกติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยมอนทานา ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยผู้วิจัยแบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่มทดลองซึ่งเรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ และมีการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเสริมในห้องปฏิบัติการ ส่วนกลุ่มควบคุมให้เรียนตามปกติและมีการบ้านเสริมการเรียน ผลการศึกษาสรุปได้ว่า ทั้งสองกลุ่มมีการเปลี่ยนแปลงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างไม่แตกต่างกัน และทั้งสองกลุ่มมีผลสัมฤทธิ์ในทางปฏิบัติสูงในระดับเดียวกัน

ปาร์ค (Park. 1993) ได้ศึกษาวิจัย ประเมินผลการเรียนวิชาแคลคูลัสเชิงปฏิบัติการทางคอมพิวเตอร์ ในรายวิชาแคลคูลัสและคณิตศาสตร์ (Calculus and Mathematica Course หรือ C&M) ของมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่เรียนวิชาแคลคูลัสเชิงปฏิบัติการทางคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นกลุ่มทดลอง กับกลุ่มควบคุมที่เรียนวิชาแคลคูลัสตามปกติ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า กลุ่มทดลองมีความเข้าใจเชิงมนมคติในเนื้อหาวิชาแคลคูลัส ดีกว่ากลุ่มควบคุม

แฮม (Hamm. 1990) ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสอนวิชาแคลคูลัสเบื้องต้น แล้วนำไปทดลองใช้และประเมินผล ผู้วิจัยได้แบ่งผู้เรียนวิชาแคลคูลัสเบื้องต้นออกเป็นกลุ่มทดลองซึ่งเรียนโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นและใช้เพื่อทำแบบฝึกหัด ส่วนกลุ่มควบคุมเรียนจากผู้สอนตามปกติโดยไม่ใช้คอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยสรุปได้ว่าการใช้คอมพิวเตอร์สอนวิชาแคลคูลัสเบื้องต้น มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนไม่แตกต่างกัน

จากงานวิจัยดังที่ได้กล่าวมา จะเห็นว่า เมลิน-โคนีเจโรสและฟรีเดนเบอร์กได้ทำการวิจัยโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยเสริมความเข้าใจเชิงมนมคติในเนื้อหาวิชาแคลคูลัสในห้องปฏิบัติการเท่านั้น ส่วน ชรอก ปาร์ค แฮม และสุเทพ ทองอยู่ ได้ทำการวิจัยโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการเรียนการสอนในชั้นเรียน อย่างไรก็ตาม จากผล

การวิจัยดังกล่าว กล่าวได้ว่า ยังไม่สามารถสรุปได้แน่นอนว่าการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาแคลคูลัสจะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสูงกว่าการสอนตามปกติ ซึ่งสอดคล้อง กับผลสรุปของแมดดัซ (Maddux. 1992 : 104-105) ที่ว่า จากผลการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา ยังไม่ สามารถยืนยันว่าการสอนด้วยโปรแกรมบทเรียนแบบฝึกปฏิบัติและแบบศึกษาเนื้อหา จะมี ประสิทธิภาพสูงกว่าการสอนตามปกติ

โดยทั่วไป โปรแกรมบทเรียนที่นำมาใช้สอน อาจจะเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่จำหน่าย ทั่วไป หรือเป็นโปรแกรมที่ผู้สอนพัฒนาขึ้นเอง เช่น แสม ได้ศึกษาวิจัยโดยพัฒนาโปรแกรม บทเรียนขึ้นเองเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย ในต่างประเทศมีผู้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่สามารถนำมาใช้ช่วยสอนวิชาแคลคูลัสออกจำหน่ายทั่วไปเป็นจำนวนมาก ผู้สอนสามารถเลือก นำมาใช้ตามความเหมาะสม ส่วนในประเทศไทย จะมีเฉพาะผู้สอนหรือผู้ที่ทำการวิจัยเท่านั้น ที่พัฒนาโปรแกรมบทเรียนขึ้นเองเพื่อช่วยสอนวิชาแคลคูลัส เช่น สมใจ อรุณศรีโสภณ พนมกร จันทร์เจริญ และ อนงนาฏ ศรีวิหค (2535 : 680-681) ได้พัฒนาโปรแกรมบทเรียนเรื่อง การประยุกต์อินทิเกรต ในหัวข้อเรื่องการหาพื้นที่และการหาปริมาตรของรูปทรงต่าง ๆ ซึ่งมีการ ทบทวน แนะนำ ตัวอย่าง และแบบฝึกหัดพร้อมเฉลย แล้วนำโปรแกรมบทเรียนไปทดลอง ใช้กับนิสิตชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยสุ่มนิสิตที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ เท่ากัน แบ่งเป็นสองกลุ่ม กลุ่มหนึ่งเรียนตามปกติ อีกกลุ่มหนึ่งเรียนเสริมด้วยโปรแกรมบทเรียน ผลการวิจัยสรุปได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่เรียนตามปกติ ต่ำกว่ากลุ่มที่เรียนเสริมด้วยโปรแกรม บทเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ อุทุมพร พลาวงศ์ ศรีบุตร แววจเจริญ และ พรทิพย์ สินุชก (Utomporn Plalavonk , Sribudh Waewcharoen and Porntip Sinutog. 1995 : 134) ได้ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมบทเรียนวิชาแคลคูลัสทั้งในเนื้อหาการหาอนุพันธ์ (Differentiation) และการอินทิเกรต (Integration) สำหรับนักศึกษาที่เรียนวิชาแคลคูลัสของสถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และศึกษาผลของการใช้โปรแกรมบทเรียน ผลจาก การศึกษาสรุปได้ว่า กลุ่มนักศึกษาที่ใช้โปรแกรมบทเรียนในขณะที่เรียนวิชาแคลคูลัส จะมี คะแนนสอบหลังการเรียนสูงขึ้น

ตอนที่ 2. การสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยและการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน

1. ประเภทของการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย

การสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย เป็นการนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์เป็นผู้สอน กล่าวคือ การใช้คอมพิวเตอร์ในบทบาทของผู้สอน ผู้เรียนจะได้รับความรู้จากโปรแกรมบทเรียน

ในการประยุกต์ในลักษณะดังกล่าว คอมพิวเตอร์จะนำเสนอสาระเนื้อหาหรือสารสนเทศบางอย่าง และมีคำถามหรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหานั้น ๆ แล้วให้ผู้เรียนตอบ คอมพิวเตอร์จะประเมินผล การโต้ตอบของผู้เรียนตามเกณฑ์ที่กำหนดและตัดสินใจที่จะดำเนินการขั้นต่อไปบนรากฐานของ การประเมินผลจากการโต้ตอบนั้น การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ทำหน้าที่เป็นผู้สอนนี้ สามารถแบ่ง ออกได้เป็น 5 แบบ (Merrill, 1992: 11-13) คือ

1. แบบฝึกและปฏิบัติ (Drill and Practice) เป็นการใช้คอมพิวเตอร์นำเสนอปัญหา หรือแบบฝึกหัดและให้ผู้เรียนโต้ตอบ คอมพิวเตอร์จะประเมินคำตอบของผู้เรียนและแสดงผล ย้อนกลับที่เหมาะสม หากผู้เรียนตอบคำถามไม่ถูกต้อง คอมพิวเตอร์จะแสดงคำตอบที่ถูกต้อง แล้วนำเสนอปัญหาหรือแบบฝึกหัดข้ออื่นต่อไป โปรแกรมบทเรียนจึงประกอบด้วย คำถาม คำตอบ และเกณฑ์ประเมินระดับความรู้ของผู้เรียนที่ทำการฝึกและปฏิบัติ

2. แบบศึกษาเนื้อหา (Tutorial) เป็นการใช้คอมพิวเตอร์สอนเนื้อหาหรือสารสนเทศ ใหม่ นักเรียนจะสามารถศึกษาเนื้อหาตามลำดับที่โปรแกรมบทเรียนกำหนด เนื้อหาจะถูก วิเคราะห์แยกออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อประโยชน์ในการนำเสนอและมีคำถามประกอบเพื่อ ตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน โปรแกรมบทเรียนประเภทนี้จะสามารถให้ผู้เรียนย้อนกลับ บททวนบทเรียน ตอบคำถามซ้ำ ซ้ำมเนื้อหาที่ผู้เรียนรู้แล้ว หรือนำเสนอเนื้อหาที่ยากขึ้นตามระดับ ความสามารถของผู้เรียนแต่ละคน นอกจากนี้ ยังสามารถบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียนและระดับ ความรู้ของผู้เรียนแต่ละคนได้

3. แบบสถานการณ์จำลอง (Simulation) เป็นการใช้คอมพิวเตอร์นำเสนอ สถานการณ์ที่จำลองมาจากสถานการณ์จริง ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่าย ลดอันตรายที่เกิดจากการเสี่ยง และย่นระยะเวลาในการศึกษาจากสถานการณ์จริง การตัดสินใจหรือการแก้ปัญหาของผู้เรียน ที่ได้ตอบกับคอมพิวเตอร์ จะสามารถแสดงผลลัพธ์ให้เห็นได้ทันที

4. แบบการแก้ปัญหา (Problem Solving) เป็นการใช้คอมพิวเตอร์นำเสนอปัญหา หรือสถานการณ์ของปัญหา ซึ่งอาจจะจำลองหรือไม่ได้จำลองมาจากสถานการณ์จริง ผู้เรียน จะสามารถเรียนรู้และเพิ่มพูนทักษะในการแก้ปัญหา ผู้เรียนจะต้องพยายามค้นหากระบวนการ และใช้ทักษะในการให้เหตุผลเพื่อแก้ปัญหานั้น ๆ

5. แบบเกม (Games) เป็นการใช้คอมพิวเตอร์นำเสนอเกมการศึกษาเพื่อดึงดูดและ ได้รับความสนใจของผู้เรียน โปรแกรมบทเรียนประเภทเกมการศึกษานี้ จะช่วยพัฒนาความคิด การตัดสินใจ การแก้ปัญหาและให้ความรู้ด้านต่าง ๆ แก่ผู้เรียน

ผู้วิจัยประสงค์ที่พัฒนาโปรแกรมบทเรียนเพื่อใช้สอนเรื่องอินทิกรัล ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับอินทิกรัลจำกัดเขตและการประยุกต์ และเป็นเนื้อหาที่จะต้องเรียนรู้สำหรับนิสิต นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ระดับมหาวิทยาลัย องค์ประกอบเนื้อหาที่สอนจะเกี่ยวกับ มโนคติ ทฤษฎีบท ตัวอย่างการคำนวณและการประยุกต์ และเนื่องจากการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยแบบศึกษาเนื้อหาเป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมกับการสอนด้านความรู้ ความเข้าใจและการประยุกต์ (Bramble and Mason. 1985 : 106) ฉะนั้น ผู้วิจัยจึงเห็นว่าโปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหาเป็นรูปแบบที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้สอนเรื่องอินทิกรัล สำหรับนิสิต นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ระดับมหาวิทยาลัย

2. หลักการเบื้องต้นในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน

การพัฒนาโปรแกรมบทเรียนให้มีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องอาศัยการประยุกต์ของหลักจิตวิทยาทางการศึกษา ทฤษฎีการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดของนักการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย ซึ่งแต่ละท่าน ได้กล่าวถึงหลักการในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนพอสรุปได้ ดังนี้

อะเลสซี และ ทรอลลลิป (Alessi and Trollip. 1991 : 11-13) ได้กล่าวถึงทฤษฎีปัญญานิยม (Cognitive Theory) ว่ามีความสำคัญที่สุดต่อการออกแบบโปรแกรมบทเรียน องค์ประกอบจากทฤษฎีปัญญานิยมที่ต้องคำนึงถึงสำหรับการออกแบบโปรแกรมบทเรียน ได้แก่

1. การรับรู้และการใส่ใจ (Perception and Attention) การเรียนรู้ขึ้นอยู่กับ การใส่ใจกับสิ่งเร้าและรับรู้สิ่งที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง องค์ประกอบที่อาจจะช่วยให้เกิดการรับรู้ของผู้เรียนคือ การออกแบบการนำเสนอ เช่น รายละเอียดของเนื้อหาและการมีลักษณะเหมือนจริง การใช้สีและเสียงประกอบ รูปแบบและขนาดของตัวอักษร การเคลื่อนไหวและตำแหน่งของสิ่งที่นำเสนอบนจอภาพ นอกจากนั้นควรต้องคำนึงถึง ระดับความสามารถ ความสนใจ ความรู้พื้นฐานของผู้เรียน ความยากของเนื้อหาและลำดับการดำเนินเนื้อหา องค์ประกอบเหล่านี้จะทำให้ผู้เรียนมีความสนใจที่จะเรียนตลอดเวลา

2. ความจำ (Memory) เนื้อหาที่เรียนรู้จะต้องเก็บไว้ในความจำและสามารถนำออกมาใช้ได้ หลักสองประการที่จะช่วยในการจำของผู้เรียน คือ หลักการจัดและรวบรวม (Organization) และหลักการกระทำซ้ำ (Repetition) การเรียนเนื้อหาใหม่ของผู้เรียน หากผู้เรียนใช้หลักการจัดและรวบรวมยังไม่เหมาะสม อาจจะใช้หลักการกระทำซ้ำเพื่อช่วยในการจำของผู้เรียน

3. ความเข้าใจ (Comprehension) เมื่อผู้เรียนรับรู้จากสิ่งเร้าและนำเก็บไว้ในความจำแล้วผู้เรียนจะต้องสามารถนำมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาได้ โปรแกรมบทเรียนจึงควรประกอบด้วย

กิจกรรมที่จะประเมินความสามารถของผู้เรียนด้านนี้ เช่น การใช้แบบทดสอบปรนัยหรือแบบทดสอบที่ให้ผู้เรียนเติมคำตอบสั้น ๆ

4. การเรียนรู้โดยการแสดงพฤติกรรมหรือการกระทำ (Active Learning) ผู้เรียนควรจะได้เรียนรู้โดยการกระทำ ไม่ใช่การเรียนรู้โดยการสังเกต การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับโปรแกรมบทเรียน จะทำให้ผู้เรียนสามารถรับรู้ เข้าใจความรู้ใหม่และเกิดทักษะ การออกแบบให้โปรแกรมบทเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนสามารถกระทำได้โดยง่ายเนื่องจากคอมพิวเตอร์มีขีดความสามารถในด้านนี้เหนือกว่าสื่อชนิดอื่น

5. แรงจูงใจ (Motivation) องค์ประกอบที่จะช่วยให้โปรแกรมบทเรียนเป็นที่น่าสนใจและสร้างแรงจูงใจให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนนั้น ควรจะต้องคำนึงถึงการสร้างความท้าทาย สร้างความกระตือรือร้นแก่ผู้เรียน และการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการควบคุมโปรแกรมบทเรียน จะช่วยเพิ่มแรงจูงใจและเกิดการเรียนรู้ ดังเช่น โปรแกรมบทเรียนแบบสถานการณ์จำลอง และเกมการศึกษา

6. สภาพการควบคุม (Locus of Control) การออกแบบโปรแกรมบทเรียนควรจะต้องคำนึงถึงการควบคุมลำดับการนำเสนอ การควบคุมเนื้อหาและวิธีการ ตลอดจนองค์ประกอบอื่น ๆ ทั้งผู้เรียนและโปรแกรมบทเรียนควรจะมีส่วนร่วมในการควบคุมการเรียนการสอน

7. การถ่ายโยงการเรียนรู้ (Transfer of Learning) ผู้เรียนควรจะสามารถนำความรู้ที่ได้รับมาประยุกต์ใช้ในโลกแห่งความจริง ความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้เกิดขึ้นจาก ผู้เรียนได้รับการฝึกหัด การมีปฏิสัมพันธ์ การมีลักษณะเหมือนจริงของการสอนและวิธีการใช้งานในโปรแกรมบทเรียน

8. ความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individual Differences) การออกแบบโปรแกรมบทเรียนควรคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างผู้เรียน วิธีการนำเสนอและกิจกรรมควรจะสนองตอบ และสอดคล้องตามระดับความสามารถของผู้เรียน ควรมีระบบให้ความช่วยเหลือหรือแนะนำผู้เรียนที่มีระดับความสามารถในการเรียนต่ำ

แฮนนาฟิน และ เพค (Hannafin and Peck, 1988 : 46-50) ได้กล่าวถึง การออกแบบโปรแกรมบทเรียนจะต้องอาศัยหลักการและการประยุกต์จากทฤษฎีการเรียนรู้พฤติกรรมนิยม (Behavioral Learning Theory) ซึ่งเน้นความสำคัญของสิ่งเร้า พฤติกรรมการตอบสนองซึ่งทำให้เกิดการเรียนรู้ และแรงเสริมซึ่งจะช่วยทำให้เกิดพฤติกรรม นอกจากนั้น การออกแบบโปรแกรมบทเรียนให้มีประสิทธิภาพจะต้องอาศัยทฤษฎีปัญญานิยม ซึ่งมีแนวคิดว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นจาก ผู้เรียนรับจากสิ่งเร้า ผ่านกระบวนการสัมผัส แล้วจัดรูปแบบเก็บไว้ในความจำระยะสั้น (Short-term Storage) และเปลี่ยนรูปหรือที่เรียกว่าการเข้ารหัส (Encoding) เก็บไว้ในความจำ

ระยะยาว (Long-term Storage) หลังจากนั้นสามารถเรียกสิ่งทีเรียนแล้วมาใช้ได้

นอกจากนั้น ก็สิเร่ท และ ฟุเทรล (Geisert and Futrell.1990 : 89-90) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบที่สำคัญที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ โปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหาให้มี ประสิทธิภาพ องค์ประกอบดังกล่าว คือ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม การวัดผลเชิงพฤติกรรม และกระบวนการสอนที่มีประสิทธิภาพ โปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหาควรจะต้องกำหนด จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่แน่นอนและมีการวัดผลเพื่อตรวจสอบผู้เรียนว่าประสบผลสัมฤทธิ์ ตามจุดประสงค์ดังกล่าวหรือไม่ ส่วนกระบวนการสอนที่มีประสิทธิภาพนั้น ควรเป็นไปตาม กระบวนการเรียนรู้ด้านสติปัญญาของ กาเย (Gagne) ซึ่งประกอบด้วย 9 ขั้นและนำมาประยุกต์ใช้ ในการออกแบบ โปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหา ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ เฟอเรนซ์ และ วอคเคลล์ (FERENCE and VOCKELL. 1994 : 25-31) เมอร์ริลล์ (Merrill. 1992 : 77-79) และ สุกกรี รอดโพธิ์ทอง (2535 : 42-47) กล่าวคือ

1. ได้รับความสนใจของผู้เรียน
2. นำเสนอจุดประสงค์ของบทเรียน
3. ตรวจสอบและทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียน
4. นำเสนอเนื้อหา บรรยายด้วยตัวอักษร กราฟิกและอื่น ๆ โดยใช้วิธีการนำเสนอ ที่เหมาะสม
5. ให้ตัวอย่างหรือกิจกรรมประกอบเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้
6. นำเสนอโจทย์หรือปัญหาให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติซึ่งสอดคล้องตามจุดประสงค์
7. ให้ผลย้อนกลับเมื่อผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ ทั้งในกรณีที่ผู้เรียนตอบได้ถูกต้องและ ไม่ถูกต้องก็ตาม หากผู้เรียนตอบผิด ควรให้คำแนะนำเพื่อช่วยเหลือผู้เรียนและอาจจะให้กระทำซ้ำ อีกครั้งหนึ่ง
8. ประเมินผลการกระทำของผู้เรียน โดยใช้แบบทดสอบเพื่อตรวจสอบว่า ผู้เรียน ประสบความสำเร็จตามจุดประสงค์หรือไม่
9. ส่งเสริมวิธีการถ่ายโยงความรู้และความคงทนในการจำ ซึ่งให้เห็นถึงวิธีการ ที่จะนำความรู้ไปใช้เพื่อประโยชน์ในการเรียนครั้งต่อไป

คุณภาพของโปรแกรมบทเรียนเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องกับการ พัฒนาหรือผู้ที่จะนำโปรแกรมบทเรียนไปใช้ควรจะต้องคำนึงถึง มีนักการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับ การพัฒนาโปรแกรมบทเรียนบางท่านได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับคุณลักษณะของโปรแกรมบทเรียน โดยเฉพาอย่างยิ่ง โปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหาที่มีประสิทธิภาพ ไว้ดังนี้

แฮนนอฟิน และ เพค (Hannafin and Peck. 1988 : 17-23) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับคุณลักษณะของโปรแกรมบทเรียนที่มีประสิทธิภาพไว้ 12 ประการ คือ

1. โปรแกรมบทเรียนต้องพัฒนาขึ้นตามจุดประสงค์ จุดประสงค์เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญซึ่งจะต้องมีความชัดเจน และชี้ได้ชัดว่าเนื้อหาใดเป็นเนื้อหาที่สำคัญสำหรับผู้เรียน จะทำให้ผู้เรียนมีความตั้งใจ มีแรงจูงใจในการเรียนและแสดงการตอบสนองตามที่กำหนดไว้

2. ควรเหมาะสมกับลักษณะของผู้เรียน ระดับความรู้ ทักษะ ความสามารถของผู้เรียนทั้งความสามารถในการอ่านและการทำความเข้าใจด้านภาษา ตลอดจน ความสามารถทางคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะต้องคำนึงถึง และควรพัฒนาโปรแกรมบทเรียน ให้เหมาะสมกับองค์ประกอบเหล่านั้น

3. ควรมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนให้มากที่สุด เนื่องจากคอมพิวเตอร์มีศักยภาพที่จะสามารถประเมินผลการตอบสนองของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี โปรแกรมบทเรียนควรจะต้องมีประสิทธิภาพมากกว่าหนังสือแบบเรียน การให้ผู้เรียนมีโอกาสได้โต้ตอบมากจะทำให้สามารถทราบถึงผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของผู้เรียนว่าบรรลุตามจุดประสงค์ที่ได้กำหนดไว้หรือไม่

4. ควรมีลักษณะเป็นการสอนรายบุคคล เหมาะสมกับระดับความสามารถของแต่ละบุคคล ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนของตนเองสอดคล้องตามผลของการตอบสนอง โปรแกรมบทเรียนควรมีส่วนซ่อมเสริมความรู้และการให้ความช่วยเหลือแก่ผู้เรียนตามสมควร

5. ควรดึงดูดความสนใจของผู้เรียน เมื่อผู้เรียนมีความสนใจในบทเรียนอยู่ตลอดเวลา ผู้เรียนก็จะเกิดความตั้งใจ กระตือรือร้นที่จะเรียนซึ่งอาจจะทำให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

6. ควรให้ความรู้ลึกในทางที่ดีแก่ผู้เรียน ผู้เรียนควรมีปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ในลักษณะที่เกิดความพึงพอใจ มีกำลังใจที่จะเรียน ควรจะได้รับคำชมเชยในกรณีที่ตอบได้ถูกต้อง โปรแกรมบทเรียนควรจะมีหลักการลงโทษในกรณีที่ผู้เรียนตอบไม่ถูกต้อง

7. ควรแสดงผลย้อนกลับแก่ผู้เรียนอย่างหลากหลายเพื่อไม่ให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายการเรียน โปรแกรมบทเรียนควรแสดงผลย้อนกลับในหลาย ๆ รูปแบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแสดงผลย้อนกลับในทางบวก ควรหลีกเลี่ยงการแสดงผลย้อนกลับที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนต้องการลองตอบผิด

8. ควรเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของการเรียนการสอน ผู้เรียนควรจะสามารถเรียนได้อย่างอิสระและสมบูรณ์โดยมิต้องได้รับการช่วยเหลือ และควรคำนึงถึงความเหมาะสมของเวลาเรียน สถานที่เรียน นอกจากนั้นหากโปรแกรมบทเรียนมีเสียงประกอบด้วย ไม่ควรให้เสียงนั้นไปรบกวนผู้เรียนอื่น

9. ควรมีการประเมินผลผู้เรียนอย่างเหมาะสม การใช้คำถามควรใช้ภาษาที่ผู้เรียนคุ้นเคย มีความหมาย ไม่ง่ายจนเกินไป มีความเที่ยงตรงตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ และการตัดสินใจคำตอบควรจะต้องชัดเจน

10. ควรใช้ขีดความสามารถของคอมพิวเตอร์อย่างเต็มที่ ไม่ควรใช้เพียงตัวอักษรอย่างเดียว ควรแสดงด้วยกราฟิกประกอบ มีการเคลื่อนไหวอย่างเหมาะสม และมีเสียงประกอบเพื่อช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน

11. โปรแกรมบทเรียนต้องอยู่บนพื้นฐานของหลักการออกแบบการสอนเช่นเดียวกับการผลิตสื่อการสอนชนิดอื่น ซึ่งจะต้องประกอบด้วยหลายขั้นตอน ควรจะดึงดูดความสนใจของผู้เรียน บอกจุดประสงค์ บอกทักษะเบื้องต้นและความรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการเรียน นำเสนอลำดับของเนื้อหาอย่างเหมาะสม ให้ผลย้อนกลับ ประเมินผลการเรียน และแจ้งให้ผู้เรียนได้ทราบ

12. โปรแกรมบทเรียนจะต้องได้รับการประเมินผลในทุก ๆ ด้าน ต้องมีการประเมินโปรแกรมบทเรียนในด้านคุณภาพการสอน ประสิทธิภาพ ความเหมาะสมของการแสดงผลบนจอภาพ การใช้เสียงประกอบและความถูกต้องของเนื้อหาที่นำเสนอ ตลอดจนการสร้างความสนใจและสร้างเจตคติที่ดีให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียน

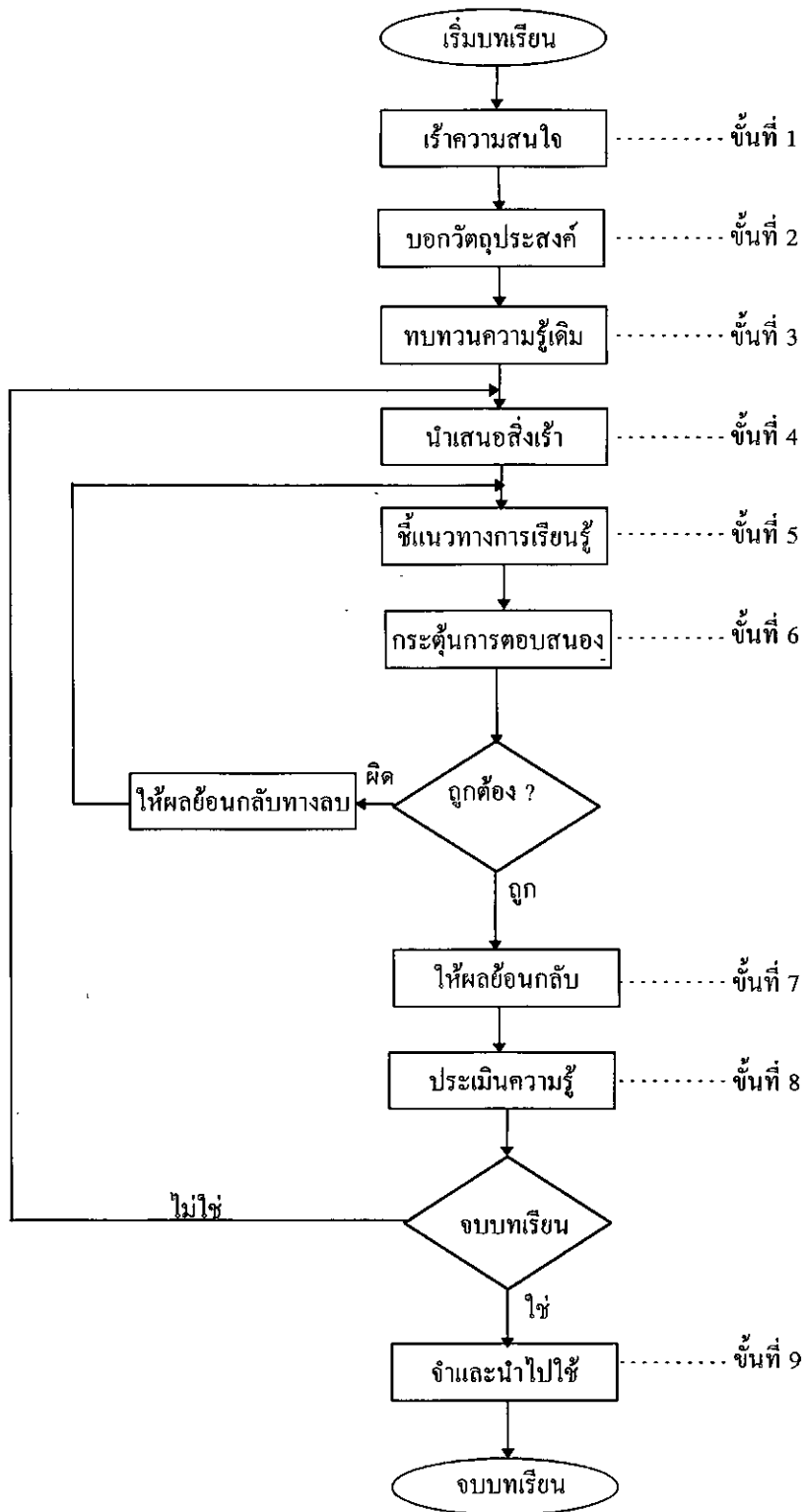
ลอคการ์ด (Lockard, 1990 : 172-173) ได้กล่าวถึงลักษณะของโปรแกรมบทเรียนที่ดีซึ่งเป็นโปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหา ไว้ดังนี้

1. โปรแกรมบทเรียนที่ดีจะต้องพัฒนามโนคติของผู้เรียนตามลำดับโดยผู้เรียนไม่เกิดความสับสน
2. ใช้วิธีการนำเสนอเนื้อหาที่เหมาะสม
3. มีการใช้กราฟิกและเสียงประกอบ
4. การทดสอบก่อนการเรียนและหลังการเรียนต้องมีความเที่ยงตรง
5. มีการทดสอบวัดผลความก้าวหน้าของผู้เรียน
6. สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียน
7. ผู้เรียนสามารถควบคุมการดำเนินเนื้อหาของโปรแกรมบทเรียนได้
8. ผู้เรียนสามารถควบคุมการนำเสนอเนื้อหาในแต่ละกรอบโดยสามารถให้แสดงย้อนกลับได้

9. สามารถบันทึกคะแนนหรือผลการเรียนของผู้เรียนโดยอัตโนมัติ เพื่อประโยชน์สำหรับผู้สอนสามารถนำไปวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนแต่ละคนและของทั้งชั้นเรียนได้

นอกจากนั้น ในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนเพื่อให้มีประสิทธิภาพ องค์ประกอบที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ควรคำนึงถึงก็คือ ผู้เชี่ยวชาญในสาขาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและเนื้อหา ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อและวัสดุการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (ช่วงโชติ พันธุเวช . 2535 : 50) เบรมเบิล และ เมสัน (Bramble and Mason. 1985 : 226-228) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน นอกจากวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการพัฒนาแล้ว ยังมีองค์ประกอบด้านบุคลากรใน 3 สาขา คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไป ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนหรือออกแบบการสอนอาจจะเป็นบุคคลเดียวกันก็ได้ ผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาดังกล่าวจะมีบทบาทในการช่วยตรวจสอบโปรแกรมบทเรียนในด้านเนื้อหา การออกแบบการสอนหรือวิธีสอน การออกแบบการแสดงผลบนจอภาพ และการสร้างโปรแกรมบทเรียน เพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียน

จากแนวคิดเกี่ยวกับหลักการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนของ อะเลสซีและทรอลลิป แชนนาฟินและเพค กล่าวได้ว่า หลักการหรือทฤษฎีการเรียนรู้ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างโปรแกรมบทเรียน ก็คือ ทฤษฎีการเรียนรู้พฤติกรรมนิยมซึ่งเน้นการศึกษาพฤติกรรมที่เกิดขึ้นโดยการเรียนรู้ จะสามารถสังเกตภายนอกได้ เน้นความสำคัญของสิ่งแวดล้อม และแรงเสริมซึ่งจะช่วยทำให้พฤติกรรมเกิดขึ้น และทฤษฎีการเรียนรู้ปัญญานิยม ซึ่งเน้นความสำคัญของผู้เรียนและศึกษาว่าเมื่อเกิดการเรียนรู้ขึ้น จะมีการเปลี่ยนแปลงอะไรบ้างในตัวบุคคล (สุรางค์ โค้วตระกูล. 2536 : 135) ทั้งสองทฤษฎีดังกล่าวเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนให้มีประสิทธิภาพ นอกจากนั้น นักการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนที่ได้กล่าวมาแล้วทุกท่าน ต่างก็ให้หลักการในการออกแบบ โปรแกรมบทเรียน โดยกำหนดเป็นขั้นตอนซึ่งประยุกต์มาจากกระบวนการเรียนการสอน 9 ขั้นตอนของกาเย สรุปรเป็น ผังงาน (Lockard.1990: 214) ได้ดังนี้



ภาพประกอบ 1 ฟังงานแสดงกระบวนการเรียนการสอน 9 ขั้น

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับหลักการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน จะเห็นว่ากระบวนการเรียนการสอน 9 ขั้นตอนของกาเย เป็นประโยชน์ในการออกแบบโปรแกรมบทเรียนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และขั้นตอนดังกล่าวเป็นแบบแผนที่ดีในการสอนเนื้อหาในแต่ละหน่วยการเรียนย่อย แต่การสอนเนื้อหาในบางหน่วยการเรียนย่อยอาจใช้ขั้นตอนไม่ครบถ้วนทั้ง 9 ขั้นตอนซึ่งแล้วแต่ความเหมาะสม นอกจากนี้ในกระบวนการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนควรจะต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้องเพื่อตรวจสอบผลของการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน ดังนี้

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและวิธีสอน
2. ผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์
3. ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อการสอน

3. ขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน

แฮนนาฟิน และ เพค (Hannafin and Peck, 1988 : 60-63) ช่วงโชติ พันธุเวช (2535: 52-55) และ ปกรณ์ วงศ์รัตนพิบูลย์ (2536: 1-3) แต่ละท่านได้แบ่งขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมบทเรียนไว้ 3 ขั้นตอน แต่มีความแตกต่างกันเล็กน้อยในรายละเอียด พอสรุปได้ดังนี้

1. ศึกษาสิ่งที่ต้องการประเมินผล ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษารายละเอียดของผู้เรียนศึกษาเนื้อหา เอกสารที่เกี่ยวข้องและอุปสรรคที่จำเป็นในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน กำหนดจุดมุ่งหมาย และจุดประสงค์ การประเมินผลที่จะตอบสนองจุดประสงค์ที่กำหนด ทักษะ ความรู้ที่ผู้เรียนจะได้เรียนจากโปรแกรมบทเรียน ตลอดจนความรู้พื้นฐานของผู้เรียนก่อนเริ่มเรียนเนื้อหา
2. การออกแบบ ขั้นตอนนี้เริ่มจากการพิจารณาการจัดลำดับของจุดประสงค์ และแนวทางที่ดีที่สุดที่จะให้บรรลุจุดประสงค์ กำหนดลักษณะของปัญหาและกิจกรรมสำหรับผู้เรียน หลังจากนั้นแปลงเนื้อหาลงในกรอบที่เรียงลำดับตามเนื้อหา หรือที่เรียกว่า เรื่องราวบทเรียน (Storyboard) ในขั้นตอนนี้จะต้องมีการออกแบบสิ่งที่จะแสดงบนจอภาพคอมพิวเตอร์ให้เหมาะสมทั้งกรอบที่นำเสนอเนื้อหาและกรอบที่แสดงผลย้อนกลับ
3. การพัฒนาและนำไปใช้ สิ่งที่จะดำเนินการในขั้นนี้ก็คือ การแปลงบทเรียนที่เขียนไว้บนกระดาษลงสู่คอมพิวเตอร์สำหรับผู้เรียน โดยการเริ่มจากการเขียนผังงานเขียนโปรแกรมหรือสร้างโปรแกรมบทเรียนด้วยระบบนิพนธ์โปรแกรมบทเรียน (Authoring System) มีการทดสอบ แก้ไขข้อผิดพลาด เพื่อประเมินผลการทำงานของโปรแกรม และจัดทำเอกสารประกอบเพื่อแนะนำการใช้โปรแกรมบทเรียน แนะนำระบบคอมพิวเตอร์ที่จำเป็นในการใช้งาน ตลอดจนรายละเอียดอื่น ๆ ที่จะทำให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการเรียน หลังจากนั้น

ดำเนินการประเมินผลเพื่อการปรับปรุงแก้ไข (Formative Evaluation) และนำโปรแกรมบทเรียนไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายเพื่อประเมินผลขั้นสุดท้าย (Summative Evaluation)

อะเลสซีและทรอลลิป (Alessi and Trollip, 1991 : 245-248) ได้แบ่งลำดับขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนออกโดยละเอียดเป็น 10 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดความต้องการและจุดประสงค์ของบทเรียน
2. รวบรวมเอกสารและวัสดุที่จำเป็นในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน
3. ศึกษาเนื้อหาของบทเรียนให้ชัดเจน
4. ระดมความคิดที่ทำให้เกิดแนวคิดในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน
5. ออกแบบการสอนซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต้องอาศัยแนวคิดที่ดีที่สุดจากการวิเคราะห์เนื้อหาและการเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสมในการสอน
6. เขียนผังงานของบทเรียน เพื่อบอกทิศทางของการดำเนินเนื้อหาและแสดงการมีปฏิสัมพันธ์ในระหว่างการเรียน
7. เขียนเรื่องราวบทเรียนบนกระดาษ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต้องกำหนดรายละเอียดของเนื้อหาทั้งที่เป็นตัวอักษรและรูปภาพประกอบ รวมทั้งคำถาม ผลย้อนกลับและสิ่งอื่น ๆ ที่จะแสดงบนจอภาพคอมพิวเตอร์
8. สร้างโปรแกรมบทเรียน ซึ่งเป็นขั้นตอนการแปลงจากภาพบนกระดาษที่ได้เตรียมการไว้ตามลำดับขั้นตอน ให้กลายเป็นโปรแกรมสำหรับคอมพิวเตอร์
9. ผลิตสื่ออื่น ๆ ที่สนับสนุน ได้แก่ คู่มือสำหรับผู้เรียน คู่มือสำหรับผู้สอน คู่มือทางเทคนิค และอุปกรณ์ประกอบการสอนซึ่งรวมถึง ตารางงาน แผนผัง รูปภาพ และแบบฝึกหัด
10. ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ทราบผลจากการทดลองนำโปรแกรมบทเรียนไปใช้ และมีการปรับปรุงแก้ไขให้ได้โปรแกรมบทเรียนที่มีประสิทธิภาพ

จะเห็นว่า แชนนาฟินและเพค ช่วงโชติ พันธุเวช และปกรณ์ วงศ์รัตนพิบูลย์ ได้แบ่งขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนออกเป็นขั้นตอนใหญ่ ๆ ซึ่งอาจจะแตกต่างกันในรายละเอียด อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนย่อยตามแนวคิดของแต่ละท่านมีลำดับในการดำเนินการสอดคล้องกัน กล่าวโดยสรุปคือ เริ่มจากการวิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหา กำหนดจุดประสงค์ วิเคราะห์และออกแบบการสอน จัดลำดับการนำเสนอเนื้อหา สร้างโปรแกรมบทเรียน การทดสอบ การปรับปรุงแก้ไข และการนำไปประยุกต์ใช้ ส่วนอะเลสซีและทรอลลิปได้แยกขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนออกเป็นขั้นตอนโดยละเอียด 10 ขั้นตอน ซึ่งลำดับขั้นตอนก็ยัง

สอดคล้องกับกระบวนการดังกล่าวข้างต้น ฉะนั้น ขั้นตอนตามแนวคิดดังกล่าวควรจะเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการกำหนดขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหา

4. การออกแบบและการสร้างโปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหา

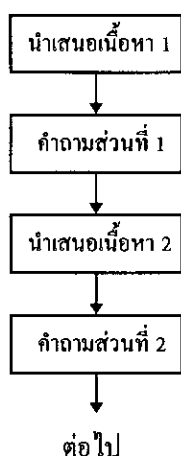
โปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหาทั้งที่เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายทั่วไปและโปรแกรมที่ครู อาจารย์เป็นผู้พัฒนาขึ้นเอง จะมีคุณภาพน่าเชื่อถือหรือไม่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ แต่องค์ประกอบที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การออกแบบโปรแกรมบทเรียน ผู้วิจัยหลายท่าน ได้อ้างถึงสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลของการใช้โปรแกรมบทเรียน ไม่เกิดคุณค่าทางการเรียนเท่าที่ควร เนื่องจากการออกแบบโปรแกรมบทเรียนนั้นไม่เหมาะสม (Alessi and Trollip. 1991 : 5) ในการวิจัยนี้ได้ศึกษาแนวคิดของนักการศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโปรแกรมบทเรียนในประเด็นที่สำคัญ ๆ พอสรุปได้ 2 ประเด็น ดังนี้

1. บทนำของบทเรียนและการนำเสนอเนื้อหา ส่วนประกอบในบทนำของบทเรียน ควรประกอบด้วยชื่อเรื่อง บอกจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม คำแนะนำ กระตุ้นผู้เรียนเพื่อทบทวนความรู้เดิมและทดสอบก่อนเรียน ส่วนประกอบเหล่านี้ควรออกแบบให้การนำเสนอบนจอภาพ คอมพิวเตอร์สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียน โดยการใช้ภาพประกอบกับตัวอักษร การเคลื่อนไหว การเน้นข้อความด้วยแถบสว่าง การใช้เสียงประกอบและอื่น ๆ ที่สร้างความสนใจของผู้เรียน แต่ควรพยายามไม่ให้เกิดผลในทางลบต่อผู้เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดสอบก่อนเรียน ซึ่งเป็นการตรวจสอบความพร้อมของผู้เรียนและใช้ทดสอบตามความต้องการบางอย่างของผู้ออกแบบ ควรแยกส่วนออกจากบทเรียน และเน้นเฉพาะเนื้อหาที่จำเป็นก่อนเริ่มเรียน หรือเนื้อหาที่เป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญของเนื้อหาที่จะเรียน (Alessi and Trollip. 1991 : 18 : 23)

2. ลำดับของเนื้อหาในบทเรียน การออกแบบกำหนดทิศทางการดำเนินเนื้อหาเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญเพื่อสนองตอบความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน โดยทั่วไป นักการศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนหลายท่าน ได้แบ่งการออกแบบการนำเสนอลำดับเนื้อหาของบทเรียนไว้ 2 แบบ คือ แบบเชิงเส้น (Linear) และแบบแตกกิ่ง (Branching)

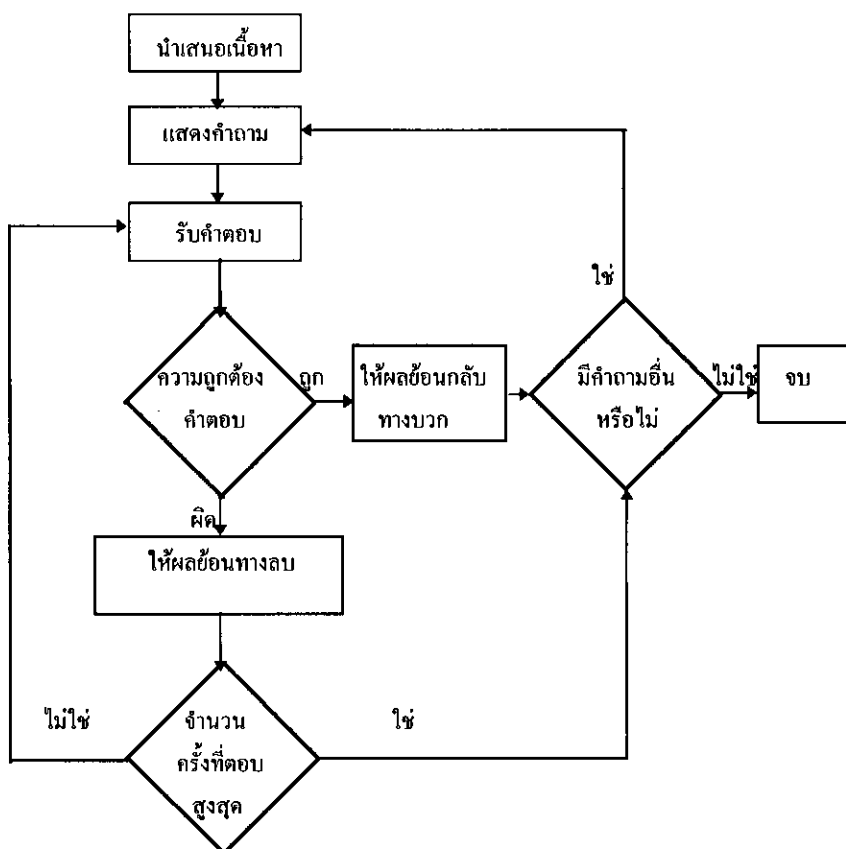
บทเรียนแบบเชิงเส้น (Linear Lesson) เป็นบทเรียนที่ได้รับการออกแบบอย่างง่าย ๆ การดำเนินเนื้อหาเป็นไปตามลำดับ โดยการนำเสนอเนื้อหาและมีคำถามประกอบ การเรียงลำดับเนื้อหาอาจจะเรียงลำดับตามความสำคัญของเนื้อหา หรือเรียงลำดับตามความยากง่ายของเนื้อหา ผู้เรียนทุกคนจะต้องเรียนเนื้อหาและจะถูกถามด้วยคำถามที่เหมือนกัน ลำดับของการนำเสนอ

เนื้อหาจะไม่มีเปลี่ยนแปลงไม่ว่าผู้เรียนจะตอบคำถามได้ถูกต้องหรือไม่ก็ตาม โครงสร้างของบทเรียนแบบเชิงเส้นสามารถแสดงได้ดังผังงาน ดังนี้



ภาพประกอบ 2 ผังงานแสดงโครงสร้างของบทเรียนแบบเชิงเส้น

บทเรียนแบบแตกกิ่ง (Branching Lesson) เป็นบทเรียนที่ได้รับการออกแบบเพื่อให้สอดคล้องกับความแตกต่างระหว่างบุคคล การแตกกิ่งอาจเกิดขึ้นจากผลของการกระทำของผู้เรียนแต่ละคน หรือผู้เรียนเป็นผู้ตัดสินใจเลือก ตัวอย่างโครงสร้างหนึ่งของบทเรียนแบบแตกกิ่งแสดงได้ดังผังงาน (Bowers. 1989 : 16) ดังนี้



ภาพประกอบ 3 ผลงานแสดงโครงสร้างของบทเรียนแบบแตกกิ่ง

นักออกแบบการสอนบางท่าน ได้ให้แนวคิดและเสนอรูปแบบของโครงสร้างของบทเรียนแบบแตกกิ่งไว้แตกต่างกัน ตามจุดมุ่งหมายของการใช้งาน ดังเช่น

เคมป์ และ สเมลลี (Kemp and Smellie. 1989 : 288-290) ได้แบ่งโครงสร้างของบทเรียนแบบแตกกิ่งไว้หลายประเภท ซึ่งกล่าวโดยสรุปได้ว่า การออกแบบการสอนบางประเภท ถ้าผู้เรียนเรียนเนื้อหาแล้วตอบคำถามได้ถูกต้อง ผู้เรียนจะสามารถเรียนเนื้อหาต่อไปได้ หากผู้เรียนตอบผิด ผู้เรียนจะต้องเรียนซ้ำหรือเรียนซ่อมเสริม แล้วอาจจะให้ตอบคำถามซ้ำอีกครั้ง หรืออาจให้เรียนเนื้อหาอื่นต่อไปได้ นอกจากนั้น การออกแบบการสอนบางประเภท ผู้เรียนจะต้องทำแบบทดสอบก่อนเรียน ถ้าผู้เรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง ผู้เรียนสามารถผ่านข้ามไปเรียนเนื้อหาใหม่ได้เลย

เบรมเบิล และ เมสัน (Bramble and Mason. 1985 : 62-64) ได้กล่าวถึงบทเรียนแบบแตกกิ่งประเภทหนึ่งซึ่งเป็นรูปแบบง่าย ๆ โดยผู้เรียนจะได้รับการตรวจสอบความรู้ก่อนที่จะเรียนรู้เนื้อหาตามจุดประสงค์แต่ละข้อ หากผู้เรียนผ่านการตรวจสอบตามจุดประสงค์ข้อนั้น ๆ ผู้เรียน

จะผ่านข้ามไปเรียนเนื้อหาตามจุดประสงค์ข้อต่อไปได้เลย และเมื่อผู้เรียนเรียนเนื้อหาครบตามจุดประสงค์ทุกข้อแล้ว จะมีการทดสอบความรู้ทั้งหมด ถ้าผู้เรียนไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนด ผู้เรียนจะต้องย้อนกลับไปเริ่มเรียนเนื้อหาตามจุดประสงค์ตั้งแต่ข้อแรกใหม่อีกครั้งหนึ่ง

นอกจากนั้น สวิตเตอร์ส (Sweeters. 1994 : 47-48) ได้ให้แนวคิดและเสนอรูปแบบมาตรฐานของโปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหา สำหรับการออกแบบการสอน ไว้เป็นขั้นตอนใหญ่ ๆ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. บทนำ เป็นขั้นตอนที่สร้างความสนใจให้เกิดแก่ผู้เรียน และบอกถึงจุดประสงค์ของการเรียน
2. สร้างความพร้อมก่อนเรียน เป็นขั้นตอนที่ทบทวนความรู้ มโนคติ เทคนิควิธีการ และทักษะที่ต้องการให้ผู้เรียนมีความพร้อมก่อนที่จะเรียน
3. นำเสนอองค์ประกอบความรู้ ซึ่งประกอบด้วยการนำเสนอเนื้อหา ตัวอย่างและการโต้ตอบในการฝึกปฏิบัติ
4. สรุปเนื้อหา เป็นขั้นตอนที่สรุปเนื้อหาที่สำคัญในบทเรียนทั้งหมดให้แก่ผู้เรียน
5. ฝึกหัดบทเรียน ขั้นตอนนี้เป็นการให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติเพิ่มเติมในเนื้อหาที่เรียนแล้ว ถึงแม้ว่าจะมีการฝึกปฏิบัติในขั้นตอนที่ 3 มาบ้างแล้วก็ตาม เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ในเนื้อหาที่เรียนอย่างสมบูรณ์ และเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในโอกาสต่อไป
6. การทดสอบ เป็นขั้นตอนที่ทดสอบผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนตามเนื้อหาที่ได้เรียนมาแล้วทั้งหมด

จากแนวคิดในการออกแบบการสอนสำหรับการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหาของนักออกแบบการสอนที่กล่าวมา สรุปได้ว่า ในขั้นตอนการสอนควรจะเน้นถึงระดับความสามารถทางการเรียนของผู้เรียน หรือผลสัมฤทธิ์จากการปฏิบัติของผู้เรียนแต่ละคน โดยกำหนดให้มีการทบทวน หรือเรียนซ่อมเสริมในเนื้อหาที่ผู้เรียนยังไม่เข้าใจ ผู้วิจัยเห็นด้วยกับแนวคิดดังกล่าว เพื่อที่จะทำให้โปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเหนือกว่าตำราเรียนซึ่งไม่ตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคล ฉะนั้น การออกแบบการสอนควรจะต้องให้ความสำคัญกับการออกแบบสิ่งเร้า การโต้ตอบของผู้เรียน การให้ผลย้อนกลับ และการควบคุมบทเรียนซึ่งเป็นไปตามตามแนวคิดของ โจนเนสเซน และ แฮนนัม (Jonassen and Hannum. 1987 : 7-8) และมีความเห็นว่า บางครั้งการเรียนเนื้อหา หรือการฝึกปฏิบัติของผู้เรียน ผู้เรียนที่มีความรู้ในเนื้อหาที่จะเรียนแล้ว ควรจะให้ผ่านข้ามไปเรียนในเนื้อหาใหม่ต่อไป หรือข้ามไปฝึกปฏิบัติในเนื้อหาในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดของ เคมพ์และสมลลี เบรมเบลและ เมสัน นอกจากนี้โปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาขึ้นควรออกแบบเพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถ

เลือกเรียนเนื้อหาใดก่อนหรือหลังได้ตามความเหมาะสมของเนื้อหา อย่างไรก็ตาม การออกแบบการสอนเพื่อพัฒนาโปรแกรมบทเรียนของการวิจัยนี้ เห็นว่าควรใช้รูปแบบของโปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหาตามแนวคิดของสวิตเตอร์ส ส่วนรายละเอียดของขั้นตอนย่อยในการสอนแต่ละเนื้อหาจะแตกต่างกันออกไปตามความเหมาะสมของเนื้อหานั้น ๆ

การสร้างโปรแกรมบทเรียนเป็นขั้นตอนที่ดำเนินการสร้างรวมไปถึงการทดสอบการทำงานของโปรแกรมบทเรียน และการปรับปรุงแก้ไข ตลอดจนการจัดทำคู่มือประกอบการใช้งาน ช่วงโชติ พันธุเวช (2535 : 51-52) ได้แบ่งวิธีการสร้างโปรแกรมบทเรียนออกเป็น 2 ลักษณะดังนี้

1. การสร้างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งแยกเป็น 2 ระบบคือ
 - 1.1 ระบบนิพนธ์โปรแกรมบทเรียน (Authoring System)
 - 1.2 ระบบการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป
2. การสร้างด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูง

การสร้างโปรแกรมบทเรียนด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูงเป็นกระบวนการที่ผู้พัฒนาโปรแกรมจะต้องมีความรู้และประสบการณ์ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ นอกจากนั้นยังจะต้องสิ้นเปลืองเวลาและต้องอาศัยความอดทนในการพัฒนาโปรแกรม ส่วนการสร้างโปรแกรมบทเรียนโดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ก็เป็นวิธีการหนึ่งที่จะสามารถสร้างโปรแกรมบทเรียนได้แต่โปรแกรมบทเรียนที่สร้างขึ้นจะมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของโปรแกรมสำเร็จรูปและความเหมาะสมที่นำไปใช้สอนในรูปแบบต่าง ๆ ส่วนการสร้างโปรแกรมบทเรียนด้วยระบบนิพนธ์โปรแกรมบทเรียนนั้น ปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบนิพนธ์โปรแกรมบทเรียนขึ้นหลายระบบ แต่ละระบบก็มีประสิทธิภาพสูง เช่น Authorware Professional, Course Builder, Quest Authoring System, IconAuthor, WISSE, TenCore Producer และ Mentor/Macvideo (Merrill. 1992 : 225)

Authorware Professional เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการสร้างโปรแกรมบทเรียนที่มีความสามารถด้านมัลติมีเดีย (Multimedia) วิธีการสร้างโปรแกรมบทเรียนด้วย Authorware Professional ไม่ต้องมีขั้นตอนในการเขียนโปรแกรม แต่จะเป็นการทำงานโดยใช้สัญลักษณ์ (Icon) โดยการนำสัญลักษณ์ไปเรียงไว้บนเส้นผังงานเพื่อกำหนดการทำงานหรือการแสดงผลและความสัมพันธ์ของกรอบแต่ละกรอบ โปรแกรม Authorware Professional นั้น จะต้องทำงานอยู่ภายใต้ระบบปฏิบัติการของ Microsoft Windows (สมศักดิ์ ลืมเกิด. 2536 : 4) นอกจากนั้น ประดิษฐ์ ธรรมทัต (Pradit Thammatat. 1993 : 51-53) ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน ได้ผลสรุปว่า โปรแกรม Authorware Professional สามารถนำไปใช้

ประโยชน์ได้ดีในการสร้างโปรแกรมบทเรียน มีประสิทธิภาพในการนำเสนอเนื้อหา ตัวอย่าง การคำนวณ การตัดสินใจ การสร้างภาพและเสียงประกอบ คำถามและการฝึกปฏิบัติ ตลอดจน สามารถประเมินผลจากคำตอบของผู้เรียนได้ ฉะนั้น โปรแกรม Authorware Professional เป็นโปรแกรมหนึ่งที่น่าจะเหมาะสมกับการสร้างโปรแกรมบทเรียน และหลังจากการสร้าง โปรแกรมบทเรียนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ควรจะจัดทำคู่มือประกอบการใช้งานสำหรับผู้เรียนและ เจ้าหน้าที่ที่ควบคุมห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ที่ผู้เรียนจะใช้โปรแกรมบทเรียน คู่มือที่จะจัดทำขึ้น ควรประกอบด้วยรายละเอียดใน 3 หัวข้อ ตามแนวคิดของเคมป์ และ สเมลลี (Kemp and Smellie, 1989 : 291) กล่าวคือ อธิบายรายละเอียดของระบบคอมพิวเตอร์ที่จำเป็นสำหรับ โปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาขึ้น ซึ่งเจตนาประสงค์ของบทเรียน และอธิบายขั้นตอนการใช้งาน โปรแกรมบทเรียน

5. การปรับปรุงแก้ไขและการประเมินโปรแกรมบทเรียน

หลังจากสร้างโปรแกรมบทเรียนและคู่มือประกอบการใช้งานแล้ว ขั้นแรกผู้วิจัย จะดำเนินการตรวจสอบข้อผิดพลาดของโปรแกรมบทเรียน โดยจะต้องตรวจสอบทุก ๆ กรณีที่เป็นไปได้ที่ผู้เรียนจะใช้ตลอดโปรแกรมบทเรียน และต้องใช้ในการตรวจสอบหลาย ๆ ครั้ง หากมี เมฆให้ผู้เรียนเลือก จะต้องทดลองใช้ทุก ๆ เมฆเลือก เพื่อตรวจสอบการทำงานของจุดแตกกิ่ง ในโปรแกรมบทเรียน นอกจากนั้น ควรจะตรวจสอบความชัดเจนของคู่มือใช้งานด้วย

ในการประเมินประสิทธิภาพเพื่อการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียน ก่อนที่จะนำไป ใช้งานกับกลุ่มเป้าหมาย มีแนวความคิดและวิธีการประเมินเพื่อการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรม บทเรียนพอสรุปได้ดังนี้

เมอร์ริลล์ (Merrill, 1992 : 121 - 128) ได้ให้แนวคิดในการประเมินประสิทธิภาพ ของโปรแกรมบทเรียนที่จำหน่ายทั่วไปและที่พัฒนาขึ้นเอง ควรจะพิจารณาถึงเกณฑ์ 2 ประการ สำหรับการประเมินดังนี้

1. เกณฑ์ในด้านการสอน ควรพิจารณาถึงความเหมาะสมของจุดประสงค์ของ บทเรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมบทเรียน พิจารณาว่าการออกแบบ โปรแกรมบทเรียนช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์หรือไม่ และประเภทของโปรแกรม บทเรียนที่ใช้เหมาะสมกับผลลัพธ์ทางการเรียนที่ต้องการหรือไม่ นอกจากนั้น ควรจะพิจารณาถึง ความเหมาะสมของการใช้ยุทธวิธีการสอน

2. เกณฑ์ในการนำเสนอ ควรจะแยกพิจารณาออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

2.1 รูปแบบบนจอภาพ (Screen Format) การออกแบบบนจอภาพ ควรพิจารณาถึงขีดความสามารถในการนำเสนอเนื้อหาซึ่งประกอบด้วยตัวอักษรและกราฟิก ควรพิจารณาข้อความที่แสดงบนจอภาพว่ามีความถูกต้องในด้านต่าง ๆ หรือไม่ เช่น หลักไวยากรณ์ การเว้นวรรค การตัดคำและควรให้ผู้เรียนสามารถอ่านได้โดยง่าย

2.2 การชี้หน้า (Navigation) การออกแบบโปรแกรมบทเรียนควรพิจารณาถึงวิธีการควบคุมการนำเสนอกรอบของเนื้อหาใหม่หลังจากผู้เรียนได้เรียนเนื้อหาในกรอบเดิมแล้ว โดยทั่วไป ควรให้ผู้เรียนควบคุมการนำเสนอเนื้อหาในแต่ละกรอบแทนการควบคุมของคอมพิวเตอร์ อาจกำหนดปุ่มบนแป้นพิมพ์ที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้เรียนใช้กดเพื่อแสดงกรอบของเนื้อหาใหม่ การแสดงผลบนจอภาพควรแสดงข้อความก่อนจนผู้เรียนอ่านข้อความเรียบร้อยแล้ว จึงแสดงตามด้วยภาพ ควรหลีกเลี่ยงการเน้นจุดสนใจมากกว่าหนึ่งแห่งในเวลาเดียวกันบนจอภาพหนึ่ง ๆ ควรให้ผู้เรียนสามารถควบคุมการแสดงย้อนกลับของกรอบของเนื้อหาเดิมได้ในบางโอกาส

2.3 ความง่ายในการใช้งาน (Ease of Use) การออกแบบโปรแกรมบทเรียนควรพิจารณาถึงความสะดวกสำหรับผู้เรียนที่จะต้องการค้นหาเนื้อหาที่สนใจ การบอกตำแหน่งของการเรียนในบทเรียนที่กำลังใช้งานและควรบอกถึงวิธีการที่ผู้เรียนจะกระโดดข้ามไปยังจุดต่าง ๆ ในบทเรียนได้โดยสะดวก โดยทั่วไป โปรแกรมบทเรียนควรมีเมนูให้ผู้เรียนเลือกตลอดจนมีเมนูย่อยตามความจำเป็น ควรมีรายการเมนูแสดงเพื่อให้ผู้เรียนเลือกได้โดยสะดวก ซึ่งอาจจะกำหนดให้เลื่อนแถบสว่างไปตามเมนู หรือกำหนดปุ่มเฉพาะบนแป้นพิมพ์สำหรับการเลือกของผู้เรียน นอกจากนั้นควรมีระบบการให้ความช่วยเหลืออื่น ๆ ที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียน

2.4 การปฏิสัมพันธ์ (Interaction) เกณฑ์ที่สำคัญประการหนึ่งในการประเมินโปรแกรมบทเรียน คือ การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างโปรแกรมบทเรียนกับผู้เรียน โดยทั่วไป โปรแกรมบทเรียนควรจะได้รับ การออกแบบเพื่อให้โอกาสผู้เรียนได้มี การโต้ตอบอย่างมากพอ และอย่างเหมาะสม และให้ผลย้อนกลับทั้งทางบวกและทางลบ พร้อมทั้งให้แสดงข้อความในลักษณะการแนะนำเมื่อผู้เรียนตอบไม่ถูกต้อง

เบรมเบิล และ เมสัน (Bramble and Mason. 1985 : 171-172) ได้ให้ข้อเสนอแนะในการประเมินโปรแกรมบทเรียนไว้ว่าควรพิจารณาคุณลักษณะสำคัญ 3 ประการ ดังนี้

1. ด้านเนื้อหา โปรแกรมบทเรียนจะต้องมีเนื้อหาถูกต้องและมีคุณค่าทางการศึกษา ทั้งเนื้อหาและจุดประสงค์จะต้องเป็นไปตามความต้องการของหลักสูตร

2. ด้านการสอน วิธีการสอนควรจะใช้ที่เหมาะสมและเกิดผลสัมฤทธิ์ตามวัตถุประสงค์ การนำเสนอเนื้อหาควรมีทั้งข้อความ ภาพ สี เสียง และควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถควบคุมการนำเสนอเนื้อหาได้ นอกจากนี้ วิธีการสอนควรจะเป็นวิธีการที่ดึงดูดความสนใจของผู้เรียน

3. ด้านเทคโนโลยี การแสดงผลบนจอภาพควรจะชัดเจนและมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนสามารถใช้โปรแกรมบทเรียนได้ง่ายและอิสระ การออกแบบควรใช้ขีดความสามารถของคอมพิวเตอร์อย่างเต็มที่เพื่อส่งเสริมและช่วยผู้เรียนให้เกิดความเข้าใจยิ่งขึ้น

จากแนวคิดดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่าการประเมินผลโปรแกรมบทเรียนนั้น ควรจะมีการประเมินผลทุกขั้นตอนของการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน เริ่มจากการประเมินจุดประสงค์ ความถูกต้องของเนื้อหา การใช้ยุทธวิธีการสอนและการออกแบบซึ่งรวมทั้งการออกแบบโปรแกรมบทเรียนและการออกแบบหน้าจอภาพ ตลอดจนการประเมินผลจากการใช้งาน ส่วนกระบวนการประเมินโปรแกรมบทเรียน แฮนนาฟิน และ เพค (Hannafin and Peck, 1988 : 300-302) ได้แบ่งระดับของการประเมินโปรแกรมบทเรียนไว้ 2 ระดับคือ การประเมินเพื่อปรับปรุงแก้ไข ซึ่งเป็นกระบวนการประเมินตั้งแต่เริ่มการออกแบบและสร้างโปรแกรมบทเรียน และการประเมินขั้นสุดท้าย ซึ่งเป็นกระบวนการประเมินการนำไปใช้งานหลังจากได้พัฒนาโปรแกรมบทเรียนเสร็จเรียบร้อยแล้ว แฮนนาฟินและเพค ได้แบ่งขั้นตอนการประเมินโปรแกรมบทเรียนออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การประเมินหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-one Evaluation) เป็นขั้นตอนการประเมินตั้งแต่เริ่มออกแบบและสร้างโปรแกรมบทเรียน ในขั้นนี้เป็นกระบวนการที่ไม่เป็นทางการเพื่อพิจารณาปัญหาสำคัญที่เกี่ยวกับการวางแผนการออกแบบ ซึ่งต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ด้านการสอนและเนื้อหา และจะต้องอาศัยข้อมูลจากผู้เรียนโดยทดลองใช้ครั้งละคน เพื่อช่วยตรวจสอบโปรแกรมบทเรียนที่ออกแบบไว้และมีการอภิปรายระหว่างผู้เรียนกับผู้ออกแบบเพื่อสรุปหาข้อบกพร่องของโปรแกรมบทเรียน

2. การประเมินกลุ่มย่อย (Small-group Evaluation) เป็นขั้นตอนที่ใช้ดำเนินการในระยะเวลาที่การพัฒนาโปรแกรมบทเรียนเกือบจะเสร็จสมบูรณ์ เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการยอมรับโปรแกรมบทเรียน และความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการที่ค่อนข้างเป็นทางการมากขึ้น การดำเนินการนำโปรแกรมบทเรียนไปทดลองใช้กับผู้เรียนซึ่งเป็นกลุ่มย่อยและเป็นตัวแทนของกลุ่มเป้าหมาย การรวบรวมข้อมูลจากการทดลองใช้งานโปรแกรมบทเรียนของผู้เรียน อาจจะกระทำได้โดยการสัมภาษณ์ การสังเกตและการบันทึกข้อมูล

3. การประเมินทดสอบภาคสนาม (Field Test Evaluation) เป็นขั้นตอนที่ใช้ดำเนินการเมื่อโปรแกรมบทเรียนเสร็จสมบูรณ์ นำไปทดลองใช้งานอย่างเป็นทางการ ในขั้นตอนนี้ปัญหาที่เกิดขึ้นและการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียน จะเกิดขึ้นน้อยมาก มีการประเมินผลการเรียนของผู้เรียนและวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่คาดหวังและที่ผู้เรียนได้รับ

จากการศึกษากระบวนการประเมินโปรแกรมบทเรียน ตามแนวคิดของ แชนนาพิน และเพค จะเห็นว่ากระบวนการดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้อง ในระยะแรกของการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน และต้องอาศัยผู้เรียนซึ่งเป็นตัวแทนของกลุ่มเป้าหมายตั้งแต่ในระยะแรกของการพัฒนาจำนวนอย่างน้อย 3 คน ซึ่งมีความสามารถในการเรียน ระดับต่ำ ปานกลาง และสูง (Alessi and Trollip. 1991 : 379) ส่วนจำนวนผู้เรียนที่เป็นตัวแทนของกลุ่มเป้าหมายที่ใช้เป็นกลุ่มย่อยในการทดลองใช้งาน ควรมีจำนวน 5-20 คน (Davidove. 1986 : 13) เพื่อให้เกิดความมั่นใจในความถูกต้องของข้อมูลที่ได้รับจากผู้เรียนในขณะทดลองใช้โปรแกรมบทเรียน ฉะนั้น การประเมินโปรแกรมบทเรียนในงานวิจัยนี้ ควรจะใช้ผู้เรียนซึ่งเป็นตัวแทนของกลุ่มเป้าหมายให้ทดลองใช้งาน พร้อมทั้งการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียน รวม 2 ครั้ง ก่อนที่จะนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

การประเมินขั้นสุดท้ายเป็นขั้นตอนที่นำโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาเสร็จสมบูรณ์แล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อประเมินผลการเรียนของผู้เรียนและวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่คาดหวังและที่ผู้เรียนได้รับ วิธีหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มผู้เรียนที่เรียนจากโปรแกรมบทเรียน โดยใช้การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มผู้เรียนที่เรียนจากโปรแกรมบทเรียนกับผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนอีกกลุ่มหนึ่งที่เรียนตามปกติ การเลือกกลุ่มเป้าหมายเข้าเป็นสมาชิกของแต่ละกลุ่มผู้เรียน จะต้องไม่มีความลำเอียงในการเลือก ควรจับคู่สมาชิกบนพื้นฐานของตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุด แล้วจัดสมาชิกของแต่ละคู่เข้ากลุ่มโดยการสุ่ม ตัวแปรอิสระที่มักจะใช้เป็นพื้นฐานในการจับคู่ได้แก่ ระดับสติปัญญา ฐานะทางเศรษฐกิจ เพศ อายุ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ผลการทดสอบของตัวแปรตามก่อนการทดลอง เป็นต้น (บุญเรียง ขจรศิลป์ . 2537 : 244)

ในการศึกษา ATI เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของวิธีสอนสำหรับผู้เรียนที่มีลักษณะที่แตกต่างกันนั้น ตัวแปรที่แสดงลักษณะที่แตกต่างกันของผู้เรียน ควรจะต้องเป็นตัวแปรที่มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อะแดมส์ (Adams. 1987: 21-23) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถ (Ability หรือ Aptitude) ซึ่งวัดด้วยค่าเกรดเฉลี่ย คะแนนจากแบบทดสอบระดับวิทยาลัยของสหรัฐอเมริกา (American College Test) หรือที่เรียกย่อ ๆ ว่า ACT กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยโปรแกรมบทเรียนและเรียนตามปกติ

และศึกษา ATI เพื่อตรวจสอบปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจากการใช้โปรแกรมบทเรียน ที่มีผลต่อระดับความสามารถของกลุ่มตัวอย่าง การวิจัยของอะแคมส์ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 กลุ่ม โดยให้กลุ่มตัวอย่างเรียนจากโปรแกรมบทเรียนในเนื้อหา 3 หน่วยการเรียนรู้ และเรียนตามปกติอีก 3 หน่วยการเรียนรู้ หลังจากเรียนในแต่ละหน่วยแล้วใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์จากการเรียนโดยใช้โปรแกรมบทเรียนสูงกว่าการเรียนตามปกติ ค่าเกรดเฉลี่ยเป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์จากการเรียนด้วยโปรแกรมบทเรียนได้ดีกว่าคะแนนจาก ACT และทั้งค่าเกรดเฉลี่ยและคะแนนจาก ACT เป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์จากการเรียนด้วยโปรแกรมบทเรียน สูงกว่าการเรียนตามปกติ นอกจากนี้ อะแคมส์ได้ให้ข้อสังเกตว่า จากผลการศึกษาดูเหมือนว่า ATI จะเกิดขึ้นกับการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย และผู้เรียนที่มีความสามารถสูง อาจจะมีผลสัมฤทธิ์จากการเรียนด้วยโปรแกรมบทเรียน เพิ่มขึ้นได้ดีกว่าผู้เรียนที่มีความสามารถต่ำกว่า

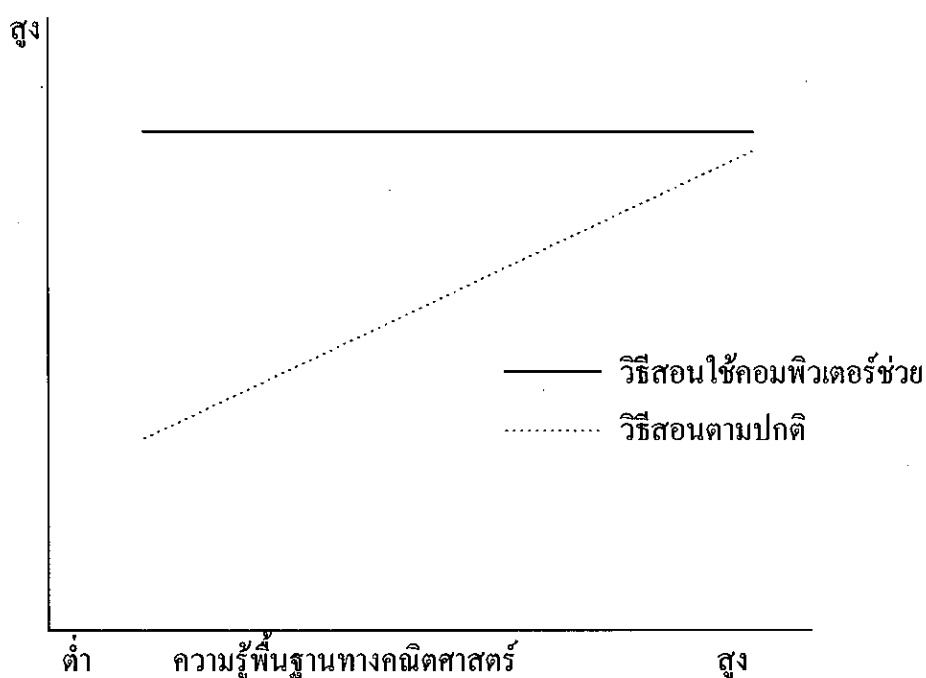
จากผลการวิจัยของ สุนันทา ประไพตระกูล (2534: 139-140) สรุปว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลในรูปที่เป็นสาเหตุทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ คือ ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ นุกูล ภู่งประเสริฐ (2534) และ สุพจน์ บุรพุกศลศรี (2538: 504-505) และรพีพร ใจอุ้น (2534) ซึ่งได้ศึกษาวิจัยสรุปว่า กลุ่มที่สอนเสริมความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ไม่สอนเสริมความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน นอกจากนี้ ในการวิจัยนี้ คะแนนความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์เป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 ซึ่งเป็นพื้นฐานที่จำเป็นในการเรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 และโดยทั่วไป นิยมใช้ความรู้พื้นฐานของผู้เรียนเป็นตัวแปรแสดงลักษณะที่แตกต่างกันของผู้เรียน (Snow, 1987 : 28-29) ฉะนั้น จะเห็นว่าความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ น่าจะเป็นตัวแปรที่ทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้ดีกว่าตัวแปรอื่น ๆ และในการวิจัยนี้จะใช้ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรที่แสดงลักษณะที่แตกต่างกันของผู้เรียนในการศึกษา ATI เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของวิธีสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย

สมมติฐานการวิจัย

ในการวิจัยนี้ จะใช้ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรในการจับคู่สมาชิกของกลุ่มเป้าหมาย แล้วสุ่มสมาชิกของแต่ละคู่ออกเป็นสมาชิกของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง เพื่อให้ทั้งสองกลุ่มมีคุณสมบัติก่อนการทดลองเท่ากันเป็นคู่ และศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มควบคุมที่เรียนตามปกติ กับกลุ่มทดลองที่เรียนจาก

โปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา เชื่อว่ากลุ่มทดลองน่าจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ปาร์ค (Park. 1993) และ ชรอก (Schrock. 1990) นอกจากนี้ จะศึกษาปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจากการเรียนโดยใช้โปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา ซึ่งมีผลต่อระดับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง จากผลการวิจัยของ ลอว์สัน (Lawson. 1989) สรุปได้ว่า การสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในวิชาคณิตศาสตร์ จะทำให้นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ มีความสามารถในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ มโนคติ และการประยุกต์ เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนตามปกติ และผลการวิจัยของ ลี (Lee. 1990) และแฟรงก์ (Franke. 1988) ซึ่งได้ผลสรุปว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนต่ำ จะได้รับประโยชน์มากที่สุดในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ จากการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย ฉะนั้น ผู้วิจัยเชื่อว่า ผู้เรียนที่มีระดับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ต่ำ น่าจะได้รับประโยชน์ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย มากกว่า การสอนตามปกติ ส่วนผู้เรียนที่มีระดับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์สูง จะเรียนด้วยวิธีการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยหรือการสอนตามปกติ น่าจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน ดังนั้น การปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์กับวิธีสอนที่คาดหวังน่าจะเกิดขึ้น แสดงได้ดังนี้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์



ภาพประกอบ 4 กราฟแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์กับวิธีสอนที่คาดหวัง

สมมติฐานข้อ 1

กลุ่มที่เรียนโดยการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยการสอนตามปกติ

สมมติฐานข้อ 2

การสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย จะช่วยให้ผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ต่ำ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เพิ่มขึ้นได้ดีกว่าผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ สูงกว่า

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาโปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหา วิชาแคลคูลัส และเรขาคณิตวิเคราะห์ ระดับมหาวิทยาลัย เรื่องอินทิกรัลจำกัดเขตของฟังก์ชันพีชคณิตและการประยุกต์ทางเรขาคณิต และศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา ในการทดลองใช้สอนนิสิต นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ระดับมหาวิทยาลัย

ตอนที่ 1 การพัฒนาโปรแกรมบทเรียน

การพัฒนาโปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหาในการวิจัยนี้ ได้ใช้แนวคิดของแฮนนาฟินและเพค อะเลสซีและทรอลลิป ช่วงโชติ พันธุเวช และปกรณ์ วงศ์รัตนพิบูลย์ กำหนดขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน รวม 8 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหา

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบการสอน

ขั้นตอนที่ 3 การเขียนผังงานสำหรับโปรแกรมบทเรียน

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างกรอบของเนื้อหาและผลย้อนกลับ

ขั้นตอนที่ 5 การสร้างโปรแกรมบทเรียน

ขั้นตอนที่ 6 การจัดทำคู่มือประกอบการใช้งานโปรแกรมบทเรียน

ขั้นตอนที่ 7 การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียน ครั้งที่ 1

ขั้นตอนที่ 8 การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียน ครั้งที่ 2

แต่ละขั้นตอนได้ดำเนินการภายใต้การควบคุมและการให้คำแนะนำจาก

คณะกรรมการควบคุมการทำปริญญาโท และ มีรายละเอียดในการดำเนินการโดยลำดับ คือ

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหา การวิจัยศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาเรื่องอินทิกรัลจำกัดเขตของฟังก์ชันพีชคณิต และการประยุกต์ทางเรขาคณิต ใช้ตำราเรียนวิชาแคลคูลัส และเรขาคณิตวิเคราะห์ ดังนี้

1. Calculus and Analytic Geometry โดย George B. Thomas, Jr. และ Ross L. Finney

2. Calculus with Analytic Geometry โดย Robert Ellis และ Denny Gulick

ในขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหา ได้กำหนดลำดับของเนื้อหาและแยกเนื้อหาออกเป็นหน่วยการเรียนย่อย โดยผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและวิธีสอน จำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีประสบการณ์ในการสอนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ ระดับมหาวิทยาลัย ผลการดำเนินการในขั้นตอนนี้ สามารถกำหนดเนื้อหาแยกออกเป็นหน่วยการเรียนย่อยได้ 8 หน่วย โดยกำหนดให้ผู้เรียนใช้เวลาเรียน 8 คาบเรียน ๆ ละ 50 นาที ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 1 ผลการศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาออกเป็นหน่วยการเรียนย่อย

หน่วยที่	เนื้อหา
1. อินทิกรัลจำกัดเขต ตอนที่ 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. แนวคิดในการหาพื้นที่ของบริเวณใต้เส้นโค้ง 2. การประมาณค่าพื้นที่ของบริเวณใต้เส้นโค้ง 3. ผลแบ่งกันและนอร์ม 4. ผลบวกล่างและผลบวกบน 5. ผลบวกรีมันน์ 6. อินทิกรัลรีมันน์
2. อินทิกรัลจำกัดเขต ตอนที่ 2	<ol style="list-style-type: none"> 1.- สมบัติของอินทิกรัลจำกัดเขต 2. การหาอินทิกรัลโดยใช้สมบัติของอินทิกรัลจำกัดเขต 3. อินทิกรัลของฟังก์ชันคงตัว 4. อินทิกรัลของฟังก์ชันเอกลักษณ์ 5. อินทิกรัลของฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ 6. ค่าเฉลี่ยของฟังก์ชัน
3. อินทิกรัลจำกัดเขต ตอนที่ 3	<ol style="list-style-type: none"> 1. ทฤษฎีบทหลักมูลของอินทิกรัลแคลคูลัส ส่วนที่ 1 2. ทฤษฎีบทหลักมูลของอินทิกรัลแคลคูลัส ส่วนที่ 2 3. การหาอินทิกรัลโดยใช้ทฤษฎีบทหลักมูลของอินทิกรัลแคลคูลัส 4. ทฤษฎีบทการแทนค่าในอินทิกรัลจำกัดเขต 5. การหาอินทิกรัลโดยใช้การแทนค่าในอินทิกรัลจำกัดเขต

ตาราง 1 (ต่อ)

หน่วยที่	เนื้อหา
4. พื้นที่ของบริเวณระหว่างเส้นโค้ง	<ol style="list-style-type: none"> 1. สูตรพื้นฐานการหาพื้นที่ของบริเวณระหว่างเส้นโค้ง โดยการอินทิเกรตเทียบกับ x 2. สูตรพื้นฐานการหาพื้นที่ของบริเวณระหว่างเส้นโค้ง โดยการอินทิเกรตเทียบกับ y
5. ปริมาตรของทรงตัน ตอนที่ 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. สูตรพื้นฐานการหาปริมาตรของทรงตันโดยวิธีการตัดขวาง 2. ทรงตันการหมุนรอบ 3. สูตรพื้นฐานการหาปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบแกน x โดยวิธีแบบจาน 4. สูตรพื้นฐานการหาปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบแกน y โดยวิธีแบบจาน
6. ปริมาตรของทรงตัน ตอนที่ 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. สูตรพื้นฐานการหาปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบแกน x โดยวิธีวงแหวน 2. สูตรพื้นฐานการหาปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบแกน y โดยวิธีวงแหวน 3. สูตรพื้นฐานการหาปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบแกน x โดยวิธีแบบชั้นทรงกระบอก 4. สูตรพื้นฐานการหาปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบแกน y โดยวิธีแบบชั้นทรงกระบอก
7. ความยาวของส่วนโค้งในระนาบ	<ol style="list-style-type: none"> 1. ฟังก์ชันปริบเรียบ 2. สูตรพื้นฐานการหาความยาวของส่วนโค้งในระนาบ
8. พื้นที่ผิวของการหมุนรอบ	<ol style="list-style-type: none"> 1. สูตรพื้นฐานการหาพื้นที่ผิวที่เกิดจากการหมุนส่วนโค้งรอบแกน x 2. สูตรพื้นฐานการหาพื้นที่ผิวที่เกิดจากการหมุนส่วนโค้งรอบแกน y

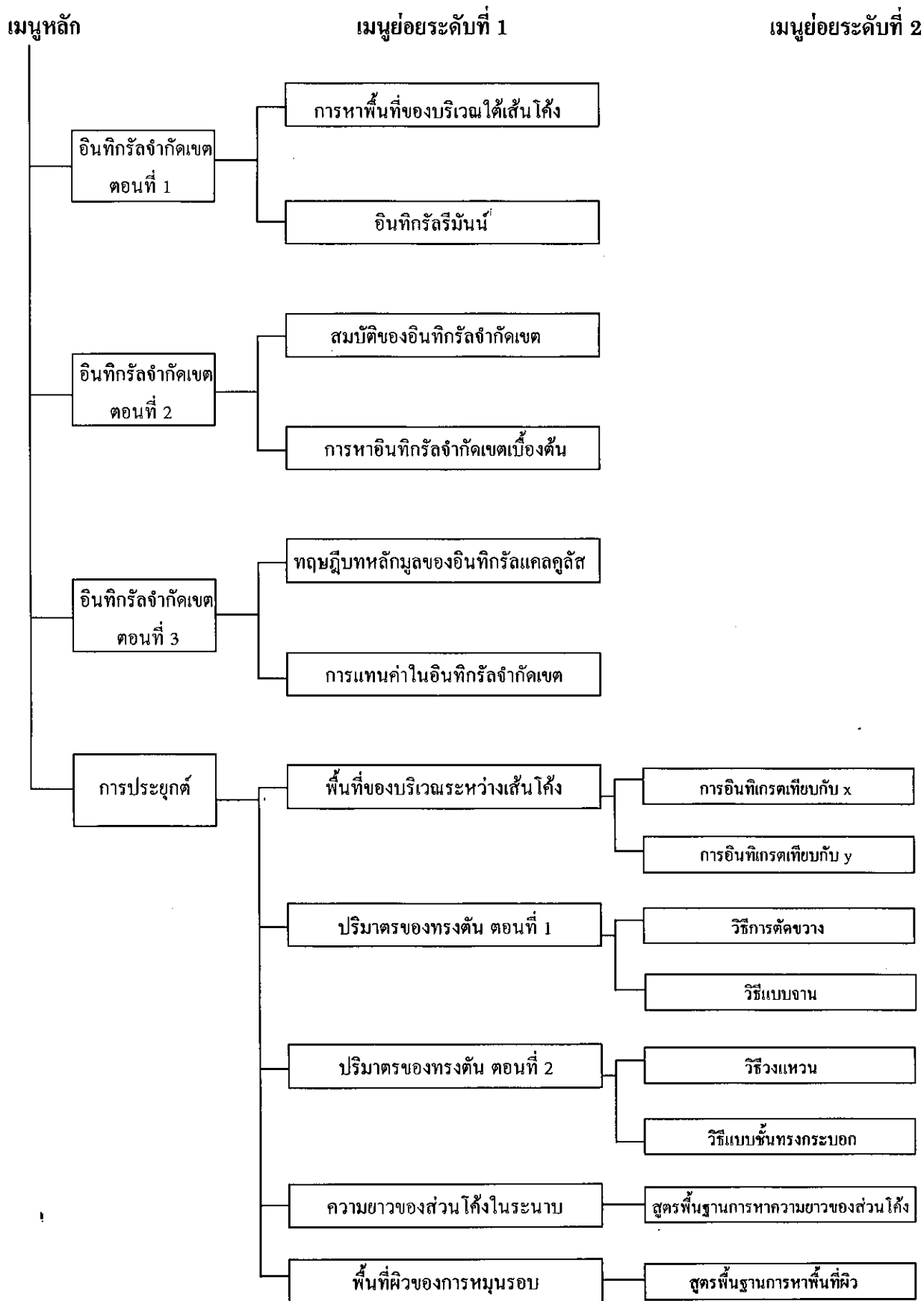
การศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหา โดยกำหนดแยกเนื้อหาออกเป็นหน่วยการเรียนรู้ย่อยนี้ เพื่อกำหนดเป็นมโนคติที่ต่อเนื่องกันซึ่งเป็นแนวทางที่สามารถนำไปเขียนผังงาน และกรอบของสาระเนื้อหาได้ต่อไป นอกจากนี้ ได้กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมสำหรับหน่วยการเรียนรู้แต่ละหน่วย โดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและวิธีสอน 3 ท่านชุดเดิม ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม จุดประสงค์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ที่ได้จากการดำเนินการในขั้นตอนนี้ ได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก ก สำหรับแนวทางการประเมินผลหลังการเรียนรู้ว่า ผู้เรียนประสบผลสำเร็จตามจุดประสงค์ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้หรือไม่นั้น ใช้ข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อสำหรับแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สร้างข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและวิธีสอน 3 ท่านชุดเดิม ตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบการสอน ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการนำเสนอสาระเนื้อหาและกิจกรรมของบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ โดยประยุกต์จากกระบวนการเรียนการสอน 9 ขั้นตอนของกาย ซึ่งมีรายละเอียดอธิบายไว้แล้วในบทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและวิธีสอน 3 ท่านชุดเดิม ตรวจสอบความเหมาะสมที่จะทำให้ผู้เรียนบรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ในขั้นตอนที่ 1 ผลจากการออกแบบการสอน วิธีการนำเสนอสาระเนื้อหาและกิจกรรมของบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ จะประกอบด้วยกระบวนการนำเสนอตามลำดับ ดังนี้

1. ชื่อหน่วยการเรียนรู้ย่อย
2. หัวข้อย่อยของเนื้อหา
3. จุดประสงค์ของบทเรียน
4. ไร่้ความสนใจหรือนำเสนอปัญหา หรือทบทวนความรู้เดิม
5. เสนอสาระเนื้อหาโดยใช้ตัวอักษร ภาพกราฟิก การเคลื่อนไหวของตัวอักษร และภาพ ตลอดจนเสียงประกอบการบรรยาย พร้อมทั้งมีคำถามหรือสิ่งเร้าให้ผู้เรียนตอบสนอง และให้ผลย้อนกลับทั้งในกรณีที่ผู้เรียนตอบสนองได้ถูกต้องและไม่ถูกต้อง
6. เสนอดตัวอย่างประกอบการนำเสนอสาระเนื้อหา
7. เสนอดตัวอย่างหรือปัญหาให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติหรือเสนอคำถามพร้อมทั้งให้ผลย้อนกลับเมื่อผู้เรียนได้ตอบสนอง
8. สรุปสาระเนื้อหาที่สำคัญเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์

9. ประเมินผลการเรียนของผู้เรียน โดยใช้ข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก พร้อมทั้งมีคำแนะนำในการทำข้อสอบแต่ละข้อ จำนวน 5 ข้อ เพื่อตรวจสอบว่าผู้เรียนประสบผลสำเร็จตามจุดประสงค์หรือไม่

ขั้นตอนที่ 3 การเขียนผังงานสำหรับโปรแกรมบทเรียน ได้กำหนดให้แต่ละหน่วยการเรียนเป็นเมนูในโปรแกรมบทเรียนเพื่อให้ผู้เรียนเลือกเรียนได้สะดวกตามความต้องการ และแยกเนื้อหาของหน่วยการเรียนบางหน่วยที่มีเนื้อหาออก เป็นเมนูย่อย เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการเลือกเรียนและการทบทวนเนื้อหาของผู้เรียน นอกจากนี้ ได้กำหนดแบบทดสอบหลังการเรียนเนื้อหาในแต่ละหน่วยการเรียน เป็นเมนูหนึ่งในหน่วยการเรียนนั้น ๆ จากนั้นได้เขียนผังงานแสดงโครงสร้างเมนูของระบบโปรแกรมบทเรียน และให้ผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องและความเป็นไปได้ของผังงานที่จะพัฒนาขึ้นเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผลจากการดำเนินการในขั้นตอนนี้ จะได้ผังงานดังนี้



ภาพประกอบ 5 โครงสร้างเมนูของระบบโปรแกรมบทเรียน

โครงสร้างเมนูของระบบโปรแกรมบทเรียน ดังภาพประกอบ 5 มีรายละเอียดดังนี้

1. ผู้เรียนจะสามารถเลิกใช้โปรแกรมบทเรียนหรือกลับเมนูระดับที่อยู่เหนือขึ้นไปได้ตลอดเวลา
2. ในแต่ละกลุ่มของเมนูย่อยจะมีเมนูแบบทดสอบประกอบอยู่ด้วยเสมอ
3. ผู้เรียนสามารถเลือกดูการสาธิตการใช้โปรแกรมบทเรียนและคำแนะนำการเรียนได้ตลอดเวลาในขณะที่อยู่ในเมนูทุกระดับ

ในการนำเสนอสาระเนื้อหาในแต่ละเมนู ได้เขียนผังงานที่เป็นรูปแบบทั่วไปเพื่อการนำเสนอสาระเนื้อหา โดยกำหนดลำดับการเสนอรอบมโนมตยอยอย่างต่อเนื่องกัน พร้อมทั้ง กำหนดจุดที่มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่าง โปรแกรมบทเรียนกับผู้เรียนตามความเหมาะสมของเนื้อหาและตัวอย่างที่นำเสนอ โดยยึดหลักตามกระบวนการเรียนการสอนในห้องเรียน ที่มีผู้สอนตามปกติ

นอกจากนั้น ได้เขียนผังงานที่เป็นรูปแบบทั่วไปสำหรับการเสนอข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ เพื่อเป็นรูปแบบสำหรับการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในขั้นตอนต่อไป รายละเอียดในผังงานดังกล่าวจะประกอบด้วย ขั้นตอนการเสนอข้อสอบครั้งละ 1 ข้อ พร้อมคำแนะนำในกรณี que ผู้เรียนต้องการคำแนะนำ ขั้นตอนการรับคำตอบและตรวจสอบคำตอบ ถ้าผู้เรียนตอบถูกต้องจะแสดงคะแนนเพิ่มขึ้น ข้อละ 1 คะแนน จนครบ 5 ข้อ และขั้นตอนสุดท้ายจะแสดงคะแนนของผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบและมีผลย้อนกลับทั้งทางบวกเพื่อเสริมแรงจูงใจและทางลบเพื่อการทบทวนเนื้อหา โดยใช้เกณฑ์ผ่านด้วยคะแนนร้อยละ 60

จากนั้น ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ท่านเดิม ตรวจสอบความถูกต้องและความเป็นไปได้ของผังงานสำหรับการนำเสนอสาระเนื้อหา และผังงานสำหรับการนำเสนอข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ข้อ ดังกล่าว

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างกรอบของเนื้อหาและผลย้อนกลับ ดำเนินการโดยได้ออกแบบการแสดงผลบนจอภาพคอมพิวเตอร์ลงในกระดาษ ให้แต่ละกรอบที่จะแสดงบนจอภาพ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนบนของกรอบจะเป็นบริเวณที่แสดงชื่อบทเรียน วันและเวลาปัจจุบัน ส่วนกลางของกรอบเป็นบริเวณที่ใช้แสดงสาระเนื้อหาที่นำเสนอ และส่วนล่างของกรอบจะเป็นบริเวณที่แสดงเมนูเพื่อออกจากโปรแกรมบทเรียน เมนูเพื่อดูรายละเอียดของคณะผู้ที่เกี่ยวข้องในการจัดทำโปรแกรมบทเรียน และเมนูเพื่อให้ผู้เรียนสามารถพลิกไปยังหน้าถัดไปหรือย้อนกลับไปได้

ยังหน้าที่ผ่านมาแล้วได้ นอกจากนั้น ยังแสดงหมายเลขหน้าจากจำนวนหน้าทั้งหมด และแสดงข้อความเพื่อการโต้ตอบระหว่างโปรแกรมบทเรียนกับผู้เรียน

การออกแบบในแต่ละกรอบเพื่อแสดงสาระเนื้อหาและผลย้อนกลับ ดำเนินการโดยได้สร้างกรอบมโนมด็ยยจนครบถ้วนตามเนื้อหาในแต่ละหน่วย โดยพิจารณาความต่อเนื่องของกรอบเพื่อให้ผู้เรียนเกิดมโนมด็ยที่ต่อเนื่องกัน พร้อมทั้งกำหนดภาพประกอบ และข้อความที่จะนำไปใช้เป็นเสียงประกอบในแต่ละกรอบของเนื้อหาเพื่อเน้นข้อความบนจอภาพ และให้ดึงดูดความสนใจของผู้เรียน จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและวิธีสอน 3 ท่านชุดเดิม ตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของข้อความ ภาพประกอบ และข้อความที่นำไปใช้เป็นเสียงประกอบ นอกจากนั้น ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อการสอน จำนวน 1 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของการออกแบบการนำเสนอสาระเนื้อหาในแต่ละกรอบ

ขั้นตอนที่ 5 การสร้างโปรแกรมบทเรียน อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างโปรแกรมบทเรียนคือ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ PENTIUM ความเร็ว 133 เมกะเฮิร์ซ มีหน่วยความจำ 64 เมกะไบต์ ฮาร์ดดิสค์ความจุ 1.2 กิกะไบต์ จอภาพสี และการ์ดเสียง พร้อมลำโพง และได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูประบบนิพจน์โปรแกรมบทเรียน คือ Authorware Professional 2.0 เพื่อสร้างโปรแกรมหลักแสดงเมนู โปรแกรมนำเสนอแบบทดสอบ และโปรแกรมบทเรียนตามกรอบของเนื้อหาที่ออกแบบไว้ในขั้นตอนที่ 4

ผู้วิจัยและคณะทำงานร่วมกันสร้างโปรแกรมบทเรียน มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างโปรแกรมหลักเพื่อแสดงเมนูสำหรับผู้เรียนเลือกเรียนในแต่ละหน่วยการเรียน และเมื่อผู้เรียนเลือกหน่วยการเรียนแล้ว โปรแกรมหลักจะทำหน้าที่ในการเรียกโปรแกรมย่อยของแต่ละเมนูให้ทำงาน จากนั้น ตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมหลัก และให้ผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ท่านเดิม ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของโปรแกรมหลักเพื่อให้ง่ายแก่การใช้งานของผู้เรียน

ขั้นที่ 2 สร้างแบบรูป (Pattern) ของโปรแกรมย่อยและเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงสาระเนื้อหาตามกรอบของเนื้อหาที่ได้ออกแบบไว้ในลักษณะของกรอบต่อเนื่องกัน เพื่อบรรจุสาระเนื้อหาจนครบถ้วนตามที่สร้างในหน่วยการเรียนที่ 1 พร้อมทั้งสร้างแบบรูปของโปรแกรมย่อยและเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับนำเสนอข้อสอบชนิดแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ซึ่งได้สร้างและออกแบบไว้แล้ว จากนั้น ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ท่านเดิม ตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรมย่อย และให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและวิธีสอน

3 ท่านชุดเดิม ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของวิธีการนำเสนอสาระเนื้อหา

ขั้นที่ 3 ใช้แบบรูปของโปรแกรมย่อยที่สร้างไว้ในขั้นที่ 2 เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงสาระเนื้อหาตามกรอบของเนื้อหาจนครบถ้วนตามที่สร้างไว้ในทุกหน่วยการเรียน

ขั้นที่ 4 บันทึกเสียงแต่ละข้อความที่ใช้ประกอบการนำเสนอสาระเนื้อหาทั้งหมด ลงในเครื่องคอมพิวเตอร์จนครบทุกหน่วยการเรียน แล้วจึงนำเสียงประกอบที่บันทึกนั้นบรรจุลงในโปรแกรมบทเรียนโดยปรับปรุงการทำงานของโปรแกรมบทเรียนให้สอดคล้องกับเสียงประกอบ จากนั้น ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและวิธีสอน 3 ท่านชุดเดิม ตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง

ขั้นที่ 5 นำโปรแกรมบทเรียนของแต่ละหน่วยการเรียนมาเชื่อมโยงเข้าในโปรแกรมหลัก และทดสอบการทำงานของระบบโปรแกรมบทเรียนทั้งหมด จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ท่านเดิม ตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของระบบโปรแกรมบทเรียนทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 6 การจัดทำคู่มือประกอบการใช้งานโปรแกรมบทเรียน เขียนคู่มือการใช้งานโปรแกรมบทเรียนสำหรับผู้เรียน ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

1. บทนำ
2. จุดมุ่งหมาย
3. รายชื่อหน่วยการเรียน
4. อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทำงานของโปรแกรมบทเรียน
5. วิธีการใช้โปรแกรมบทเรียน
6. วิธีการเรียน
7. รายละเอียดของแต่ละหน่วยการเรียนพร้อมตารางงาน
8. แบบฝึกหัดพร้อมคำตอบ

สำหรับแบบฝึกหัดพร้อมคำตอบของแต่ละหน่วยการเรียน ได้สร้างขึ้น จำนวน 8 ชุด ๆ ละ 8 - 10 ข้อ โดยให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ในขั้นตอนที่ 1 และให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและวิธีสอน 3 ท่านชุดเดิม ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม

นอกจากนั้น เขียนคู่มือการใช้งานโปรแกรมบทเรียนสำหรับเจ้าหน้าที่ควบคุมห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินกิจกรรมการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยคู่มือดังกล่าวประกอบด้วยรายละเอียดตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

1. บทนำ
2. จุดมุ่งหมาย
3. รายชื่อหน่วยการเรียนรู้
4. อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทำงานของโปรแกรมบทเรียน
5. การบรรจุโปรแกรมลงฮาร์ดดิสก์และโครงสร้างของโปรแกรม
6. วิธีการใช้โปรแกรมบทเรียน
7. การดำเนินกิจกรรมและควบคุมห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
8. ปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้น

จากนั้น ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ท่านเดิม ตรวจสอบคู่มือการใช้งานโปรแกรมบทเรียนดังกล่าวเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความชัดเจนของข้อความ ลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติการใช้โปรแกรมบทเรียนและการดำเนินกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 7 การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียน ครั้งที่ 1 ในขั้นตอนนี้ สุ่มนิสิตชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่กำลังเรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 ในภาคต้น ปีการศึกษา 2539 และได้คะแนนสอบเข้าเรียนมหาวิทยาลัยบูรพาในวิชาคณิตศาสตร์ จากกลุ่มที่ได้คะแนนระดับสูง ระดับปานกลางและระดับต่ำซึ่งคิดเป็นจำนวนร้อยละ 25 50 และ 25 ของจำนวนนิสิตชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์ตามลำดับ จำนวนกลุ่มละ 1 คน และให้นิสิตดังกล่าวเรียนเนื้อหาจากโปรแกรมบทเรียนครั้งละหนึ่งคน โดยผู้วิจัยใช้การสังเกตบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนและสอบถามผู้เรียนในขณะที่ใช้โปรแกรมบทเรียน จากนั้นจึงวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ทั้งหมด แล้วนำไปตรวจสอบปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียนและคู่มือการใช้งานโปรแกรมบทเรียน

ขั้นตอนที่ 8 การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียน ครั้งที่ 2 นำโปรแกรมบทเรียนที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วจากการทดลองใช้ครั้งที่ 1 ไปบันทึกลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ สำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จากนั้น สุ่มนิสิตชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่กำลังเรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 ในภาคต้น ปีการศึกษา 2539 จำนวน 9 คน โดยแยกกลุ่มนิสิตที่ได้คะแนนสอบเข้ามหาวิทยาลัยบูรพาในวิชาคณิตศาสตร์ จากกลุ่มที่ได้คะแนนระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำซึ่งคิดเป็นจำนวนร้อยละ 25 50 และ 25 ของจำนวนนิสิตชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์

ตามลำดับ จำนวนกลุ่มละ 3 คน นิสิตทั้งหมดเป็นนิสิตที่ยังไม่เคยทดลองใช้โปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา ให้นิสิตดังกล่าวเข้าใช้โปรแกรมบทเรียนในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ หลังจากนิสิตเรียนเนื้อหาครบในแต่ละหน่วยการเรียนรู้แล้ว ผู้วิจัยและนิสิตได้ร่วมกันอภิปรายข้อบกพร่องของโปรแกรมบทเรียน จากนั้นจึงวิเคราะห์และพิจารณาตัดสินผลจากข้อมูลร่วมกันอภิปรายแล้วนำผลสรุปไปปรับปรุงแก้ไข โปรแกรมบทเรียน และคู่มือการใช้งาน ให้มีความสอดคล้องกับโปรแกรมบทเรียน

ตอนที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียน

ในการศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา ในตอนที่ 1 ดำเนินการโดยการนำโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา ไปทดลองใช้กับนิสิตชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่กำลังเรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 ในภาคปลาย ปีการศึกษา 2539 ใช้กลุ่มควบคุมจำนวน 1 กลุ่ม ซึ่งเรียนเรื่องอินทิกรัลจำกัดเขตของฟังก์ชันพีชคณิตและการประยุกต์ทางเรขาคณิต จากการสอนตามปกติโดยไม่มีการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน ผู้สอนกลุ่มควบคุมใช้ตำราเรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน ในตอนที่ 1 และเป็นตำราประกอบการเรียนการสอนที่มีอยู่ในสำนักหอสมุดของมหาวิทยาลัยบูรพา กลุ่มทดลองจำนวน 1 กลุ่มซึ่งเรียนเนื้อหาดังกล่าวด้วยตนเองจากโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาโดยไม่มีผู้สอน และไม่มีการสอนเสริมเนื้อหาที่เรียนในทั้งสองกลุ่ม อย่างไรก็ตาม นิสิตทั้งสองกลุ่มก็ยังสามารถศึกษาเนื้อหาเพิ่มเติมด้วยตนเองได้จากตำราที่มีอยู่ส่วนตัวหรือในสำนักหอสมุด ในการทดลองได้กำหนดแผนการทดลองและการดำเนินการทดลอง ดังนี้

การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นตอนการกำหนดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดลองนี้ ดำเนินการโดยรวบรวมรายชื่อ นิสิตชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 ในภาคปลาย ปีการศึกษา 2539 และเป็นนิสิตที่ไม่เคยใช้โปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา จำนวน 116 คน เรียงตามคะแนนความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ แล้วจับคู่โดยให้แต่ละคู่มิคุณสมบัติเทียบเคียงกันเป็นคู่ตามคะแนนดังกล่าว ให้คะแนนของแต่ละคู่มิความแตกต่างกันไม่เกินบวกหนึ่งและลบหนึ่งคะแนน และสุ่มมาทีละคู่ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คู่ จากนั้นสุ่มสมาชิกแต่ละคู่เข้าเป็นสมาชิกของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง กลุ่มละ 30 คน ผลจากการกำหนด

กลุ่มตัวอย่างดังกล่าว จะได้กลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองต่างก็มี คุณสมบัติที่ใกล้เคียงกัน

กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวมานี้ จะได้กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองต่างก็มีคุณสมบัติก่อนการทดลอง
เทียบเคียงกัน ดังได้แสดงไว้ในบทที่ 4

เครื่องมือในการทดลอง

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง คือ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์
PENTIUM ความเร็วในการทำงาน 100 เมกะเฮิร์ซ และมีหน่วยความจำ 8 เมกะไบต์ ฮาร์ดดิสต์
ความจุ 1.2 กิกะไบต์ จอภาพสี และการ์ดเสียงพร้อมอุปกรณ์หูฟัง (Earphone) จำนวน 30 เครื่อง
แต่ละเครื่องใช้ระบบปฏิบัติการ MS-DOS และ Microsoft Windows 95

2. โปรแกรมบทเรียน

โปรแกรมบทเรียนเป็นโปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหาซึ่งได้พัฒนาขึ้นในตอนที 1
พร้อมทั้งคู่มือการใช้โปรแกรมบทเรียนสำหรับผู้เรียน และเจ้าหน้าที่ควบคุมห้องปฏิบัติการ
คอมพิวเตอร์ ซึ่งหลังการทดลอง ได้บันทึกโปรแกรมบทเรียนลงในซีดีรอม (CD-ROM)
ที่นำเสนอพร้อมทั้งคู่มือการใช้โปรแกรมบทเรียนสำหรับผู้เรียนและเจ้าหน้าที่ควบคุมห้อง
ปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ แยกต่างหากจากปริญญานิพนธ์นี้

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 ในเนื้อหาเรื่องอินทิกรัลจำกัดเขตของฟังก์ชัน
พีชคณิต และการประยุกต์ทางเรขาคณิต ตามหลักสูตรคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ปี พ.ศ. 2538 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์นี้ ประกอบด้วย ข้อสอบ
แบบปรนัย 4 ตัวเลือก และข้อสอบแบบอัตนัยที่สร้างตามขั้นตอน และรายละเอียดการสร้าง ดังนี้

3.1 ขั้ววางแผนและร่างข้อสอบ

ผู้วิจัยได้กำหนดตารางวิเคราะห์หลักสูตร (Table of Specification) ขึ้นตาม
เนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ในตอนที่ 1 เพื่อเป็นแนวทางในการสร้าง
แบบทดสอบ โดยพยายามเขียนข้อสอบทั้งแบบปรนัย 4 ตัวเลือก และข้อสอบแบบอัตนัย
ให้มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) และสอดคล้องตามจุดประสงค์

3.2 ขั้วหาคุณภาพของแบบทดสอบ

การหาคุณภาพของข้อสอบว่ามีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ดำเนินการโดยอาศัย
ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและวิธีสอน 3 ท่านชุดเดิม และผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลการศึกษา จำนวน
1 ท่าน ช่วยตรวจสอบ ผู้วิจัยเป็นผู้พิจารณาความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่สอดคล้องกันของ

ผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน แล้วจึงทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยปรับปรุงข้อคำถามให้มีความชัดเจนและสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการจะวัดให้มากยิ่งขึ้น หลังจากปรับปรุงแบบทดสอบแล้ว ได้นำข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ไปทดลองใช้กับนิสิตชั้นปีที่ 2 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งได้จากการสุ่ม จำนวน 49 คน ในภาคต้นปีการศึกษา 2539 หลังจากนั้น วิเคราะห์ข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือกดังกล่าว โดยใช้โปรแกรมลีรี (สุรพล วัฒนวิทย์กิจ. 2537) คำนวณหาค่าอำนาจจำแนก (Item Discrimination) ค่าความยากง่าย (Item Difficulty) และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ตามสูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson KR-20) เพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกปรับปรุงข้อสอบ จนในที่สุดได้ข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน จำแนกตามหน่วยการเรียนรู้หน่วยละ 4-6 ข้อ และมีค่าอำนาจจำแนก ระหว่าง .21-.62 และค่าความยากง่าย ระหว่าง .25-.79 ซึ่งได้นำเสนอรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ง และคำนวณได้ค่าความเชื่อมั่น $r = .81$ ถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีคุณภาพพอเพียงที่สามารถเชื่อถือได้ ส่วนข้อสอบแบบอัตนัยมีจำนวน 1 ข้อ ประกอบด้วย 2 ข้อย่อย ข้อย่อยละ 5 คะแนน รวม 10 คะแนน ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์การตรวจให้คะแนนของแต่ละข้อ โดยผ่านการตรวจสอบและการให้คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและวิธีสอน 3 ท่านชุดเดิม แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และแนวคำตอบที่ทั้งฉบับมีคะแนนเต็ม 50 คะแนน ใช้เวลาทำ 120 นาที ได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก ค

การทดลอง

ในการทดลองนี้ มีการเตรียมการและดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างโดยกำหนดให้นิสิตทั้งกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง เรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 รวมกัน ตั้งแต่ต้นภาคปลาย ปีการศึกษา 2539 ตามตารางการเรียนปกติของมหาวิทยาลัย และผู้วิจัยได้เตรียมความพร้อมด้านการใช้โปรแกรม ให้แก่นิสิตกลุ่มทดลอง โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนและฝึกปฏิบัติการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และการใช้อุปกรณ์หูฟัง พร้อมทั้งชี้แจงวิธีการใช้โปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาขึ้นในตอนที่ 1 ตามคู่มือการใช้งานโปรแกรมบทเรียนสำหรับผู้เรียน รวมเวลาที่ผู้เตรียมความพร้อมดังกล่าวให้แก่นิสิตกลุ่มทดลอง จำนวน 5 ชั่วโมง ในช่วงเวลาตอนเย็นก่อนเริ่มการทดลอง 3 วัน นอกจากนั้น ได้ชี้แจงให้เจ้าหน้าที่ที่จะควบคุมห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์จำนวน 3 คน ได้ทราบขั้นตอนการปฏิบัติตามรายละเอียดในคู่มือการใช้งานโปรแกรมบทเรียนสำหรับเจ้าหน้าที่ควบคุมห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ และได้ร่วมวางแผนการทดลองและการทดสอบหลังการเรียน กับอาจารย์ที่เป็นผู้สอนกลุ่มควบคุมก่อนเริ่มการทดลอง จากนั้น ได้เริ่ม

การทดลองในช่วงเวลาที่กลุ่มตัวอย่างเริ่มเรียนเนื้อหาเรื่องอินทิกรัลจำกัดเขตของฟังก์ชันพีชคณิต และการประยุกต์ทางเรขาคณิต โดยได้ดำเนินการ ดังนี้

1. กลุ่มควบคุม

กลุ่มควบคุมเรียนตามปกติในชั้นเรียนในเนื้อหา เรื่องอินทิกรัลจำกัดเขตของฟังก์ชันพีชคณิตและการประยุกต์ทางเรขาคณิตตามที่กำหนดไว้ในตอนที่ 1 ในช่วงเวลา 8.00-8.50 น. (1 คาบเรียน) ของทุกวันอังคารและเวลา 9.50 - 11.30 น. (2 คาบเรียน) ของทุกวันพฤหัสบดี ซึ่งเป็นเวลาเรียนตามตารางเรียนของมหาวิทยาลัย จนครบ 8 คาบเรียน โดยให้ผู้สอนกลุ่มควบคุมใช้ตำราเรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับที่ผู้วิจัยใช้พัฒนาโปรแกรมบทเรียนในตอนที่ 1 และเป็นตำราประกอบการเรียนการสอนที่มีอยู่ในสำนักหอสมุดของมหาวิทยาลัยบูรพา และหลังการเรียนเนื้อหาแต่ละตอน ผู้สอนให้นิสิตในกลุ่มควบคุมทำแบบฝึกหัดชุดที่ 1-8 ตามลำดับ ซึ่งเป็นแบบฝึกหัดพร้อมคำตอบ เช่นเดียวกันกับที่ปรากฏในตอนท้ายของคู่มือการใช้งาน โปรแกรมบทเรียนสำหรับผู้เรียนในกลุ่มทดลอง การสอนในกลุ่มควบคุมไม่มีการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน และไม่มีการสอนเสริมเนื้อหา นอกเวลาเรียน

2. กลุ่มทดลอง

กลุ่มทดลองเรียนเนื้อหาตามโปรแกรมบทเรียนที่ได้บันทึกลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 30 เครื่องในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ สำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยบูรพา โดยให้เรียนเครื่องละ 1 คนพร้อมคู่มือการใช้งาน โปรแกรมบทเรียนสำหรับผู้เรียนซึ่งสามารถจดบันทึกเนื้อหาที่เรียนลงในตารางงานในคู่มือดังกล่าวได้ และไม่มีผู้สอน แต่มีเจ้าหน้าที่ควบคุมห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์คอยให้ความช่วยเหลือในด้านเทคนิคการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ กลุ่มทดลองใช้ช่วงเวลาเรียนและแบบฝึกหัดเหมือนกันกับกลุ่มควบคุม ไม่มีการสอนเสริมเนื้อหา นอกเวลาเรียน แต่ให้นิสิตในกลุ่มทดลองสามารถเรียนและทบทวนเนื้อหาดังกล่าวจาก โปรแกรมบทเรียนในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์นอกเวลาเรียนได้ โดยอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของเจ้าหน้าที่ควบคุมห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ และสามารถศึกษาเนื้อหาเพิ่มเติมด้วยตนเองได้จากตำราที่มีอยู่ส่วนตัวหรือในสำนักหอสมุดเช่นเดียวกับนิสิตในกลุ่มควบคุม

3. การดำเนินการวัดผล

ในการวัดผลอันเกิดจากการทดลอง ได้ดำเนินการทดสอบนิสิตทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง 3 วัน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ได้สร้างไว้ แล้วตรวจให้คะแนนข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก

โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน คือ ข้อที่ตอบถูกต้องได้ 1 คะแนน และ ข้อที่ตอบผิดได้ 0 คะแนน ส่วนการตรวจให้คะแนนข้อสอบแบบอัตนัย ดำเนินการโดยรวบรวมกระดาษคำตอบของนิสิต ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง รวมคะแนนเข้าด้วยกันแล้วจัดทำสำเนา จำนวน 3 ชุด และให้ อาจารย์ที่สอนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ จำนวน 3 ท่าน เป็นผู้ตรวจให้คะแนน ตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ จากนั้น นำคะแนนจากการตรวจให้คะแนนของอาจารย์ทั้ง 3 ท่าน มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยโดยการปัดเศษให้เป็นจำนวนเต็ม แล้วใช้เป็นคะแนนของนิสิตแต่ละคนที่ได้ จากการทำข้อสอบแบบอัตนัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา ผู้วิจัยจะใช้การทดสอบ t (t-test) เปรียบเทียบตัวแปรคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มควบคุมที่เรียนตามปกติ กับกลุ่มทดลองที่เรียนจากโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา และใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบตัวแปรอิสระหลายตัว (Multiple Linear Regression Analysis) สำหรับการศึกษ่า ATI เพื่อตรวจสอบปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจากการสอนโดยใช้โปรแกรมบทเรียน ที่มีผลต่อระดับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ซึ่งมีขั้นตอนในการวิเคราะห์หาค่าสถิติ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบสมการถดถอยที่เหมาะสมที่สุด (Goodness of Fit) สำหรับข้อมูล โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination) คือ R^2 ซึ่งมีสูตร (Dielman, 1991 : 99) ดังนี้

$$R^2 = \frac{SSR}{SST}$$

เมื่อ SSR คือ ผลรวมกำลังสองของการถดถอย (Regression Sum of Squares)

SST คือ ผลรวมกำลังสองของข้อมูลทั้งหมด (Total Sum of Squares)

การทดสอบการมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการถดถอยเชิงเส้นแบบตัวแปรอิสระหลายตัว ใช้ค่าสถิติ F ซึ่งมีสูตร ดังนี้

$$F = \frac{MSR}{MSE}$$

เมื่อ MSR คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของการถดถอย (Mean Square due to regression)

MSE คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Mean Square due to Error)

ขั้นที่ 2 การศึกษา ATI เพื่อตรวจสอบว่าวิธีสอนมีปฏิสัมพันธ์กับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์หรือไม่ กระทำโดยการเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบเต็มรูป (Full Model) และตัวแบบลดรูป (Reduced Model) ว่าตัวแบบใดมีความเหมาะสมมากกว่า เมื่อ

ตัวแปรอิสระในตัวแบบเต็มรูป ประกอบด้วย

1. ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์
2. วิธีสอน เมื่อกำหนดให้ วิธีสอนตามปกติมีรหัสเป็น 0 และวิธีสอน

ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยมีรหัสเป็น 1

3. ตัวแปรปฏิสัมพันธ์ (Interaction Variable) คือ
(ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ x วิธีสอน)

ตัวแปรอิสระในตัวแบบลดรูป ประกอบด้วย

1. ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์
2. วิธีสอน มีวิธีสอนตามปกติและวิธีสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย

การทดสอบการมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตัวแบบเต็มรูปและตัวแบบลดรูปใช้ค่าสถิติ F ซึ่งมีสูตร (Dielman, 1991 : 151) ดังนี้

$$F = \frac{(SSE_R - SSE_F) / (K - L + 1)}{SSE_F / (n - K - 1)}$$

เมื่อ SSE_R คือ ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Sum of Squares of Error) ของตัวแบบลดรูป

SSE_F คือ ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนของตัวแบบเต็มรูป

K คือ จำนวนตัวแปรในตัวแบบเต็มรูป

L คือ จำนวนตัวแปรในตัวแบบลดรูป

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ขั้นที่ 3 สร้างกราฟของเส้นถดถอยเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยแยกกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในการวิจัยนี้ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล การทดสอบสมมติฐานทางสถิติทั้งหมดในบทนี้ จะใช้ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ .05 ส่วนข้อมูลดิบของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ได้เสนอไว้ในภาคผนวก จ ในการเสนอผลการทดลอง จะใช้ข้อความหรือสัญลักษณ์ย่อในการแสดงผลไว้ดังนี้

- GPA หมายถึงค่าเฉลี่ยสะสมจากผลการเรียนในภาคต้น
- PRE หมายถึงคะแนนความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์
- MC หมายถึงคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ตอนที่หนึ่ง ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก
- WP หมายถึงคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ตอนที่สอง ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย
- POST หมายถึงคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ทั้งสองตอน

1. การพัฒนาโปรแกรมบทเรียน

ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนในการวิจัยนี้ เริ่มจากการศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหา การออกแบบการสอน การเขียนผังงาน การสร้างกรอบของเนื้อหาและผลย้อนกลับ การสร้างโปรแกรมบทเรียน การจัดทำคู่มือประกอบการใช้งาน การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไข โปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาจะต้องได้รับการทดสอบความถูกต้องในด้านเนื้อหาและการนำเสนอสาระเนื้อหา ตลอดจนตรวจสอบความสมบูรณ์ในการทำงานของโปรแกรมบทเรียนก่อนนำไปใช้งาน ฉะนั้น ขั้นตอนการทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียนจึงเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการพัฒนาโปรแกรมบทเรียน ในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะผลจากการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนในขั้นตอนที่ 7 และขั้นตอนที่ 8 ซึ่งเป็นผลจากการทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียน ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

ขั้นตอนที่ 7 การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียน ครั้งที่ 1 โดยให้นิสิตจำนวน 3 คน ทดลองใช้โปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา ข้อมูลจากการสังเกต บันทึกพฤติกรรม และสอบถามนิสิตในขณะที่ใช้โปรแกรมบทเรียน ปรากฏว่าพบข้อบกพร่องของโปรแกรมบทเรียนในด้านการนำเสนอสาระเนื้อหาซึ่งการนำเสนอเนื้อหาบางกรอบค่อนข้างรวบรัด ทำให้ผู้เรียนไม่เกิดมโนคติในเนื้อหานั้น และเนื้อหาบางกรอบมีตัวอักษรมากแต่มีภาพที่ใช้ประกอบในการนำเสนอจำนวนน้อยไป จึงได้ปรับปรุงแก้ไขโดยแบ่งกรอบของเนื้อหาเหล่านั้นออกเป็นกรอบย่อยที่มีความต่อเนื่องกันจำนวนมากขึ้น ลดจำนวนตัวอักษร และใช้เทคนิคเพิ่มเติมเพื่อเสนอภาพประกอบเพิ่มขึ้นทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขข้อความที่ใช้เป็นเสียงประกอบในการนำเสนอให้มีความละเอียดชัดเจนและสอดคล้องกับกรอบย่อยที่เพิ่มขึ้น หลังจากนั้นจึงทดสอบความสมบูรณ์ในการทำงานของโปรแกรมบทเรียนอีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะนำไปทดลองใช้ครั้งต่อไป

ขั้นตอนที่ 8 การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียน ครั้งที่ 2 โดยให้นิสิตจำนวน 9 คน ทดลองใช้โปรแกรมบทเรียนที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว หลังจากนิสิตเรียนเนื้อหาในแต่ละหน่วยการเรียนรู้แล้ว ผู้วิจัยและนิสิตได้ร่วมกันอภิปรายข้อบกพร่องของโปรแกรมบทเรียน ปรากฏว่า ผู้เรียนต้องการให้เสนอกรอบของเนื้อหาที่เป็นความรู้เดิมที่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการเรียนเนื้อหาบางกรอบ เนื่องจากผู้เรียนบางคนไม่สามารถจดจำความรู้เดิมนั้นได้ จึงได้ปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียนเพื่อเพิ่มกรอบของเนื้อหาซึ่งเป็นความรู้เดิมที่จำเป็นและใช้อ้างถึงในขณะนำเสนอเนื้อหาที่เรียน โดยให้ผู้เรียนสามารถใช้เมาส์คลิกที่ข้อความ บทนิยามหรือข้อทฤษฎีบทที่อ้างถึงเพื่อขอรายละเอียดของเนื้อหาที่อ้างถึงนั้น ๆ

จากการนำโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาไปทดลองใช้ และปรับปรุงแก้ไข รวม 2 ครั้งตามรายละเอียดดังกล่าว โปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาน่าจะมีคุณภาพเพียงพอที่จะนำไปใช้ทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพต่อไป

2. การศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียน

2.1 คุณลักษณะของกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดลอง

ในการทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนนี้ ได้ใช้กลุ่มควบคุมซึ่งเรียนโดยการสอนตามปกติและกลุ่มทดลองซึ่งเรียนโดยการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยตามโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา แต่ละกลุ่มประกอบด้วยนิสิตชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา กลุ่มละ 30 คน ซึ่งประกอบด้วยเพศชายและเพศหญิงตามจำนวนที่แสดงในตาราง 2 และจากการ

ทดสอบไคสแควร์ (Chi-Square Test) เปรียบเทียบความแตกต่างในตัวแปรเพศระหว่างทั้งสองกลุ่ม ได้ $\chi^2 = 1.15$ สรุปได้ว่าทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันในตัวแปรเพศ

ตาราง 2 จำนวนและร้อยละในตัวแปรเพศของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่ม	เพศชาย	เพศหญิง
กลุ่มควบคุม	13 (43.33%)	17 (56.67%)
กลุ่มทดลอง	9 (30.00%)	21 (70.00%)

เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนิสิตชั้นปีที่ 1 ซึ่งกำลังเรียนในภาคปลาย ปีการศึกษา 2539 ฉะนั้น ทุกสมาชิกในกลุ่มตัวอย่างจึงมีค่าเฉลี่ยสะสมจากผลการเรียนในภาคต้น ปีการศึกษา 2539 ซึ่งได้แสดงค่าสถิติสำหรับค่าเฉลี่ยสะสมและคะแนนความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง ดังตาราง 3

ตาราง 3 ค่าสถิติสำหรับค่าเฉลี่ยสะสมและคะแนนความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

แหล่งที่มา	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ช่วง
GPA	กลุ่มควบคุม	2.44	.381	1.73-3.50
	กลุ่มทดลอง	2.50	.434	1.45-3.25
PRE (คะแนนเต็ม 40)	กลุ่มควบคุม	22.37	5.149	14-35
	กลุ่มทดลอง	22.33	4.922	14-33

จากการทดสอบ t เปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรค่าเฉลี่ยสะสมและตัวแปรความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม ปรากฏว่า ตัวแปรค่าเฉลี่ยสะสมของทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ($t = .56$) และในทำนองเดียวกัน ตัวแปรความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของทั้งสองกลุ่มก็ไม่มีความแตกต่างกัน ($t = .03$)

ดังนั้น จากผลของการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง สรุปได้ว่า ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง นอกจากจะมีคุณสมบัติก่อนการทดลองไม่แตกต่างกันในด้านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์แล้ว ทั้งสองกลุ่มยังมีคุณสมบัติก่อนการทดลองไม่แตกต่างกันในด้านเพศ และค่าเฉลี่ยสะสมด้วยเช่นกัน

2.2 ค่าสถิติสหสัมพันธ์ในการทดสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยสะสม คะแนนความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ตอนที่หนึ่ง ตอนที่สอง และทั้งสองตอน โดยแยกสำหรับกลุ่มควบคุม ดังตาราง 4 และสำหรับกลุ่มทดลอง ดังตาราง 5

ตาราง 4 ค่าสถิติสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสำหรับกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	GPA	PRE	MC	WP	POST
GPA	1.00	.66*	.37*	.17	.38*
PRE		1.00	.47*	.35	.54*
MC			1.00	.15	.94*
WP				1.00	.47*
POST					1.00

* $p < .05$

ตาราง 5 ค่าสถิติสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสำหรับกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	GPA	PRE	MC	WP	POST
GPA	1.00	.55*	.59*	.39*	.62*
PRE		1.00	.45*	.25	.46*
MC			1.00	.32	.97*
WP				1.00	.54*
POST					1.00

* $p < .05$

ในตาราง 4 และตาราง 5 จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง จะพบว่าตัวแปรค่าเฉลี่ยสะสม และตัวแปรความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ มีค่าสถิติสหสัมพันธ์ทางบวกที่สูงพอสมควรทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง และตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบว่า ตัวแปรทั้งสองดังกล่าวแต่ละตัวยังมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ตอนที่หนึ่งและรวมทั้งสองตอน ยกเว้นคะแนนจากแบบทดสอบ๑ ตอนที่สอง สาเหตุดังกล่าวอาจจะเนื่องมาจากแบบทดสอบ๑ ตอนที่สองเป็นแบบทดสอบแบบ อัตนัยที่ผ่านการตรวจสอบและการให้คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและวิธีสอนแต่เพียง อย่างเดียว ไม่ได้มีการทดลองใช้ก่อนที่จะนำมาทดลองในขั้นตอนการศึกษาประสิทธิภาพของ โปรแกรมบทเรียน และนอกจากนั้น นิสิตชั้นปีที่ 1 ระดับมหาวิทยาลัย อาจจะมี ความคุ้นเคยเฉพาะ ข้อสอบแบบปรนัยมาตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษา แต่ไม่มีประสบการณ์ในการตอบข้อสอบแบบอัตนัย ด้วยสาเหตุดังกล่าวอาจจะทำให้ตัวแปรค่าเฉลี่ยสะสมและตัวแปรความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ไม่มีความสัมพันธ์กับคะแนนจากแบบทดสอบ๑ ตอนที่สอง อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบ๑ ตอนที่สองระหว่าง สองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน และจะเห็นว่า ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรทำนาย ที่ดีของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้เรียนทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

2.3 การทดสอบสมมติฐานการวิจัย

การดำเนินการทดสอบสมมติฐานการวิจัยนี้ เป็นการทดสอบความแตกต่างของ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง และทดสอบ ปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจากการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยที่มีผลต่อระดับความรู้พื้นฐาน ทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง กล่าวคือ ศึกษา ATI เพื่อตรวจสอบว่าวิธีสอนมีปฏิสัมพันธ์กับ ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์หรือไม่ การทดสอบสมมติฐานการวิจัย ปรากฏผลดังนี้

2.3.1 การทดสอบสมมติฐานข้อที่หนึ่ง

การทดสอบสมมติฐานข้อแรก “กลุ่มที่เรียนโดยการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย จะมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่เรียน โดยการสอนตามปกติ” ใช้การทดสอบสมมติฐานแบบทางเดียวโดยใช้ค่าสถิติ t เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง ปรากฏผลดังตาราง 6

ตาราง 6 ค่าสถิติพื้นฐานด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t
POST			
กลุ่มควบคุม	23.90	6.95	.19
กลุ่มทดลอง	24.27	8.15	
MC			
กลุ่มควบคุม	22.17	6.22	.36
กลุ่มทดลอง	22.80	7.28	
WP			
กลุ่มควบคุม	1.73	2.32	.48
กลุ่มทดลอง	1.47	2.00	

ในตาราง 6 จากการทดสอบ t พบว่า ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบฯ รวมทั้งสองตอนของกลุ่มควบคุมเท่ากับ 23.90 และของกลุ่มทดลองเท่ากับ 24.27 ไม่มีความแตกต่างกัน ($t = .19$) ในทำนองเดียวกัน ค่าเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบฯ ตอนที่หนึ่งและจากแบบทดสอบฯ ตอนที่สองระหว่างสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน

2.3.2 การทดสอบสมมติฐานข้อที่สอง

การศึกษา ATI เพื่อตรวจสอบปฏิสัมพันธ์ของวิธีสอนที่มีต่อระดับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ซึ่งตามสมมติฐานข้อที่สอง “การสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย จะทำให้ผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ต่ำ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เพิ่มขึ้นได้ดีกว่าผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์สูงกว่า” กระบวนการที่ใช้ในการทดสอบนี้ คือ การเปรียบเทียบความเหมาะสมระหว่างตัวแบบเต็มรูปกับตัวแบบลดรูป ซึ่งตัวแปรอิสระในตัวแบบเต็มรูปประกอบด้วย ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ วิธีสอนโดยการกำหนดรหัส 0 สำหรับวิธีสอนตามปกติ และรหัส 1 สำหรับวิธีสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย พร้อมทั้งตัวแปรปฏิสัมพันธ์ คือ ผลคูณของความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์กับวิธีสอน ส่วนตัวแบบลดรูป

ประกอบด้วยตัวแปรอิสระ คือ ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์และวิธีสอน โดยไม่มีตัวแปร ปฏิสัมพันธ์ ค่าสถิติ F เป็นค่าที่ใช้ในการทดสอบการมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตัวแบบเต็มรูป และตัวแบบลดรูป ถ้ามีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่าตัวแบบเต็มรูปมีความเหมาะสมกว่าตัวแบบลดรูป นั่นคือ มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ กับวิธีสอน แต่กระบวนการดังกล่าวจะต้องอยู่บนสมมติฐานที่ว่าความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ กับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์จะต้องเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น

การทดสอบสมมติฐานข้อที่สอง ดำเนินการดังนี้

จากข้อมูลในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ได้ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์กับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์โดยใช้แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram) ผลปรากฏว่า ความสัมพันธ์ดังกล่าวมีแนวโน้มเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น ผลสรุปในการตรวจสอบการมีนัยสำคัญทางสถิติของสมการถดถอยเชิงเส้น ปรากฏในตาราง 7 ซึ่งจะพบว่าได้ $F = 11.24$ สำหรับกลุ่มควบคุม และได้ $F = 7.70$ สำหรับกลุ่มทดลอง สรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ดังกล่าวของทั้งสองกลุ่ม เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 7 ค่าสถิติในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่ม	df	R^2	MS	F
กลุ่มควบคุม				
ตัวแบบ	1	.2865	400.71	11.24*
ความคลาดเคลื่อน	28		35.64	
กลุ่มทดลอง				
ตัวแบบ	1	.2158	415.50	7.70*
ความคลาดเคลื่อน	28		53.94	

* $p < .05$

จากนั้น วิเคราะห์ตัวแบบเชิงเส้นซึ่งมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตาม และมีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ วิธีสอน และ (ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ \times วิธีสอน) เป็นตัวแปรอิสระ ผลการวิเคราะห์ปรากฏ ดังตาราง 8

ตาราง 8 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบตัวแปรอิสระหลายตัว

แหล่งที่มา	df	R ²	MS	F
โมเดล	3	.2460	272.75	6.09*
PRE	1	.2450	815.12	18.20*
วิธีสอน	1	.0007	2.30	.05
PRE × วิธีสอน	1	.0002	.81	.02
ความคลาดเคลื่อน	56		44.79	

* p < .05

จากตาราง 8 จะพบว่า ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรทำนายในตัวแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 18.20$) ส่วนตัวแปรวิธีสอน และตัวแปร (ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ × วิธีสอน) ปรากฏว่า ตัวแปรแต่ละตัวไม่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ กล่าวคือ ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์กับวิธีสอน ดังนั้น ไม่มีหลักฐานทางสถิติเพียงพอที่จะสรุป ATI และจากผลของการวิเคราะห์ทางสถิติของตัวแบบ กล่าวได้ว่า ตัวแบบลดรูปมีความเหมาะสมมากกว่าตัวแบบเต็มรูป ($F = .02$) นั่นคือจากการทดสอบสมมติฐานข้อที่สอง ผลปรากฏว่า ผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ต่ำได้รับประโยชน์ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยไม่แตกต่างจากผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์สูงกว่า

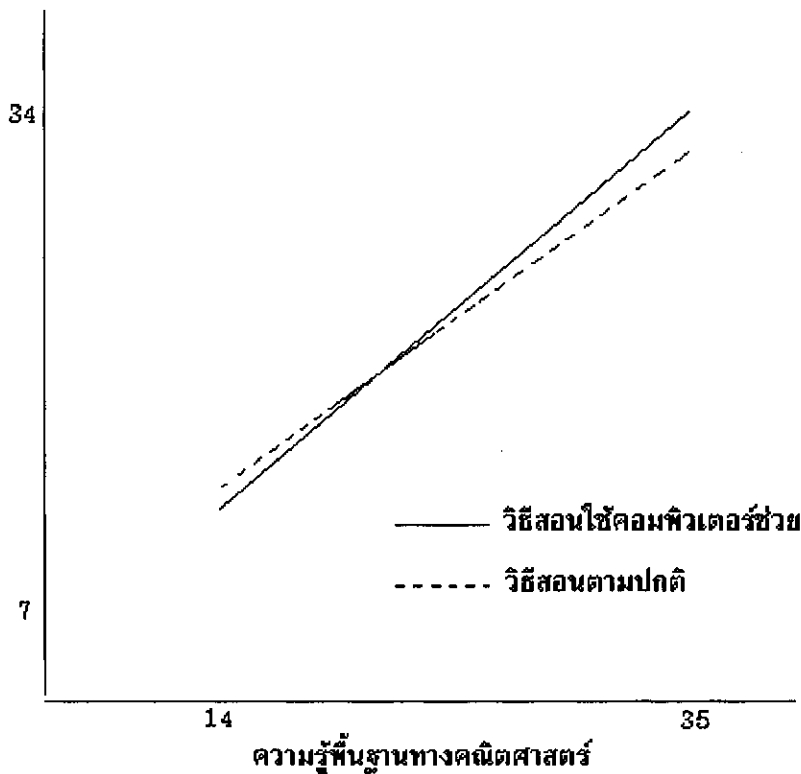
จากกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว จะได้สมการถดถอยเชิงเส้นสำหรับกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ดังนี้

$$\text{กลุ่มควบคุม : } \text{POST} = 7.75 + .72 \text{ PRE}$$

$$\text{กลุ่มทดลอง : } \text{POST} = 7.09 + .76 \text{ PRE}$$

สร้างกราฟของเส้นถดถอยเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยแยกกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ดังภาพประกอบ 6

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์



ภาพประกอบ 6 เส้นถดถอยสำหรับกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

จากกราฟของเส้นถดถอย จะพบว่าความชัน (Slope) ของทั้งสองเส้นมีค่าเป็นบวก และมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนช่วงของคะแนนความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่นำมาพิจารณาในการทดลองนี้ คือ ช่วงคะแนนตั้งแต่ 14 ถึง 35 เท่านั้น และจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตาราง 8 สรุปได้ว่า ในช่วงคะแนนดังกล่าว เส้นถดถอยทั้งสองเส้นเป็นเส้นตรงเดียวกัน ($F = .05$) และสมการของตัวแบบสรุปสำหรับเส้นถดถอยดังกล่าวคือ

$$POST = 7.45 + .74 PRE$$

2.4 การสังเกตและสัมภาษณ์

ในระหว่างการทดลองนี้ ได้มีการสังเกตนิสิตในกลุ่มทดลองในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ พบว่า นิสิตในกลุ่มทดลองส่วนมากมีความสนใจในการเรียนจากโปรแกรมบทเรียน และจากการสัมภาษณ์นิสิตในกลุ่มทดลอง พบว่า นิสิตทุกคนที่ให้ข้อมูล มีความพึงพอใจที่มีอิสระในการเรียนด้วยตนเองจากโปรแกรมบทเรียนในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาโปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหา เรื่องอินทิกรัลจำกัดเขตของฟังก์ชันพีชคณิตและการประยุกต์ทางเรขาคณิต และศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา โดยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิต นักศึกษา ชั้นปีที่ 1 ระดับมหาวิทยาลัย กลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ และกลุ่มที่เรียนจากโปรแกรมบทเรียนดังกล่าว ตลอดจนศึกษาการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนกับวิธีสอน

การพัฒนาโปรแกรมบทเรียนในการวิจัยนี้ มีขั้นตอนการดำเนินงาน 8 ขั้นตอน ดังนี้
ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหา กำหนดลำดับของเนื้อหาและแยกเนื้อหาออกเป็นหน่วยการเรียนรู้ย่อย ตลอดจนกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบการสอน กำหนดวิธีการนำเสนอสาระเนื้อหาและกิจกรรมของบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 3 การเขียนผังงานสำหรับโปรแกรมบทเรียน เขียนผังงานแสดงโครงสร้างเมนูของระบบโปรแกรมบทเรียนและผังงานที่เป็นรูปแบบทั่วไปเพื่อนำเสนอสาระเนื้อหา

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างกรอบของเนื้อหาและผลย้อนกลับ ออกแบบการแสดงผลบนจอภาพคอมพิวเตอร์ลงในกระดาษเพื่อแสดงสาระเนื้อหาและผลย้อนกลับ

ขั้นตอนที่ 5 การสร้างโปรแกรมบทเรียน สร้างโปรแกรมหลักเพื่อแสดงเมนู และสร้างรูปแบบของโปรแกรมย่อยเพื่อแสดงสาระเนื้อหาตามกรอบของเนื้อหา

ขั้นตอนที่ 6 การจัดทำคู่มือประกอบการใช้งานโปรแกรมบทเรียน เขียนคู่มือการใช้งานโปรแกรมบทเรียนสำหรับผู้เรียนและเจ้าหน้าที่ควบคุมห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนที่ 7 การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียน ครั้งที่ 1 โดยสูมนิสิตชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จำนวน 3 คน ที่ได้คะแนนสอบเข้ามหาวิทยาลัยบูรพาในวิชาคณิตศาสตร์ระดับสูง ระดับปานกลางและระดับต่ำ ให้ทดลองใช้โปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ช่วยตรวจสอบหาข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุงแก้ไข

ขั้นตอนที่ 8 การทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียน ครั้งที่ 2 โดยสื่อนิติตชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จำนวน 9 คน ที่ได้คะแนนสอบเข้ามหาวิทยาลัยบูรพาในวิชาคณิตศาสตร์ระดับสูง ระดับปานกลางและระดับต่ำ กลุ่มละ 3 คน ให้ทดลองใช้โปรแกรมบทเรียนที่ได้ปรับปรุงแก้ไขจากขั้นตอนที่ 7 จากนั้น จึงปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียนตามข้อมูลที่ได้จากการอภิปรายถึงข้อบกพร่องของโปรแกรมบทเรียนระหว่างผู้วิจัยกับกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวหลังการทดลองใช้

การศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น ดำเนินการทดลองโดยใช้กลุ่มตัวอย่างนิติตชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่เรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 ในภาคปลาย ปีการศึกษา 2539 ซึ่งจับคู่โดยใช้คะแนนความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และสุ่มที่ละคู่จากกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด ได้จำนวน 30 คู่ แล้วสุ่มสมาชิกของแต่ละคู่เข้าเป็นสมาชิกของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง กลุ่มละ 30 คน ในการดำเนินการทดลอง กำหนดเวลาในการเรียนของทั้งสองกลุ่ม กลุ่มละ 8 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที สัปดาห์ละ 3 คาบเรียน โดยใช้เวลาตรงกันตามตารางเรียนของมหาวิทยาลัย กลุ่มควบคุมเรียนจากอาจารย์ที่สอนตามปกติในห้องเรียน ส่วนกลุ่มทดลองเรียนด้วยตนเองจากโปรแกรมบทเรียนดังกล่าวในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

ในระหว่างการทดลอง ได้สังเกตการเรียนของนิติตในกลุ่มทดลองในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ สุ่มสัมภาษณ์นิติตในกลุ่มทดลอง และหลังจากเสร็จสิ้นการทดลอง 3 วัน จึงใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ทดสอบนิติตทั้งสองกลุ่ม แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบ่งเป็น 2 ตอน ตอนที่หนึ่งประกอบด้วยข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ๆ ละ 1 คะแนน รวม 40 คะแนน ตอนที่สองประกอบด้วยข้อสอบแบบอัตนัย 1 ข้อ มี 2 ข้อย่อย ๆ ละ 5 คะแนน รวม 10 คะแนน รวมคะแนนเต็มทั้งหมด 50 คะแนน จากนั้นได้นำผลจากการวัดตัวแปรด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้การทดสอบ t ตรวจสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ การถดถอยเชิงเส้นแบบตัวแปรอิสระหลายตัวเพื่อตรวจสอบปฏิสัมพันธ์ที่เกิดจากการสอนโดยใช้โปรแกรมบทเรียน ที่มีผลต่อระดับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนและศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาสรุปผลได้ดังนี้

1. ผลจากการวิจัยนี้ ได้พัฒนาโปรแกรมบทเรียนแบบศึกษาเนื้อหาเรื่อง อินทิกรัต จำกัดเขตของฟังก์ชันพีชคณิตและการประยุกต์ทางเรขาคณิตในวิชาแคลคูลัส ระดับมหาวิทยาลัย ตามขั้นตอนการพัฒนาทั้ง 8 ขั้น
2. ในการศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา พบว่า
 - 2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับ .05 หรืออาจกล่าวได้ว่า การเรียนจากโปรแกรมบทเรียนของกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างจากการเรียนตามปกติของกลุ่มควบคุม
 - 2.2 ไม่มีหลักฐานทางสถิติเพียงพอที่จะสรุปว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์กับวิธีสอน หรืออาจกล่าวได้ว่า ผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ต่ำ ได้รับประโยชน์ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากวิธีสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย ไม่แตกต่างจากผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์สูงกว่า
3. จากการสังเกตและสัมภาษณ์นิสิตระหว่างการทดลอง พบว่านิสิตในกลุ่มทดลอง มีความสนใจ มีความตั้งใจ และมีความพอใจการมีอิสระในการเรียนด้วยตนเองจากโปรแกรมบทเรียนในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
4. จากการทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา จำนวน 2 ครั้ง และการศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนดังกล่าว สรุปได้ว่าโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาน่าจะมีความเหมาะสมสำหรับนิสิต นักศึกษาโดยใช้เรียนด้วยตนเองหรือสอนเสริมเพื่อทบทวนเนื้อหาเรื่อง อินทิกรัตจำกัดเขตของฟังก์ชันพีชคณิตและการประยุกต์ทางเรขาคณิตในวิชาแคลคูลัส ระดับมหาวิทยาลัย

อภิปรายผล

จากผลการพัฒนาจนได้โปรแกรมบทเรียนและทดลองศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาซึ่งได้ผลการทดลองไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. การพัฒนาโปรแกรมบทเรียนในการวิจัยนี้ ได้ดำเนินตามขั้นตอนที่เป็นไปตามหลักการและแนวคิดของเฮนนาฟีนและเพค อะเลสซีและทรอลลิป ขั้นตอนการนำเสนอสาระเนื้อหาในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ย่อมนั้นได้ประยุกต์มาจากกระบวนการเรียนการสอน 9 ชั้นของกายเอ และในแต่ละขั้นตอนของการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนได้ผ่านการตรวจสอบและการให้คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญทั้งในด้านเนื้อหาและวิธีสอน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สื่อการสอน และการวัดผล โปรแกรมบทเรียนที่พัฒนานั้นประกอบด้วยจุดเด่นหลายประการ เช่น การใช้ทั้งภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหวและเสียงประกอบการนำเสนอเนื้อหา การให้ความสะดวกสำหรับผู้เรียนในด้าน การเรียน การค้นหาเนื้อหาที่สนใจและการทบทวนเนื้อหา ตลอดจนมีจุดที่สร้างการปฏิสัมพันธ์อย่างเพียงพอระหว่างผู้เรียนกับบทเรียนเพื่อการตรวจสอบการเรียนรู้ของผู้เรียน นอกจากนี้ ในขั้นตอนการทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียนครั้งที่ 1 ได้วิเคราะห์ข้อมูลจากการสังเกต บันทึกพฤติกรรมและสอบถามนิสิตในขณะที่ใช้โปรแกรมบทเรียนแล้วปรับปรุงแก้ไข ข้อบกพร่องของโปรแกรมบทเรียนโดยการแบ่งกรอบของเนื้อหาบางส่วนออกเป็นกรอบย่อยที่มีความต่อเนื่องจำนวนมากขึ้น ลดตัวอักษรและสร้างภาพประกอบเพิ่มขึ้นนั้นเป็นไปตามแนวคิดของ สุกกรี รอดโพธิ์ทอง (2535. 44-47) ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่าการเสนอภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาประกอบกับข้อความที่สั้นและเข้าใจได้ง่ายเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ การใช้ภาพประกอบจะช่วยทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้นและความคงทนในการจำจะดีกว่าการใช้ข้อความเพียงอย่างเดียว และการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียน ครั้งที่ 2 หลังจากให้นิสิตทดลองใช้โปรแกรมบทเรียน ได้วิเคราะห์ข้อมูลร่วมกันอภิปรายกับนิสิตที่ทดลองใช้ โดยอาศัยแนวคิดของคลาร์ก (Clark. 1995 : 14-15) และสุกรี รอดโพธิ์ทอง (2535. 45) ซึ่งได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่า โปรแกรมบทเรียนที่ดีควรช่วยส่งเสริมความทรงจำของผู้เรียนในขณะที่เรียนโดยนำเสนอเนื้อหาหรือความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องซึ่งจำเป็นในการเรียนเนื้อหาใหม่ และแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของเนื้อหาใหม่กับเนื้อหาที่ผู้เรียนมีความรู้หรือประสบการณ์มาแล้ว ฉะนั้นการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียน ครั้งที่ 2 ได้เพิ่มกรอบของเนื้อหาซึ่งเป็นความรู้เดิมที่จำเป็นและใช้อ้างถึงในขณะที่นำเสนอเนื้อหาที่เรียน โดยผู้เรียนสามารถใช้เมาส์คลิกเพื่อขูดรายละเอียดความรู้เดิมที่อ้างถึงนั้นได้ จากผลของการพัฒนาและปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียนตามรายละเอียดดังกล่าวซึ่งสอดคล้องตามหลักการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนที่ดี ฉะนั้น โปรแกรมบทเรียนที่พัฒนามาจะมีคุณภาพเพียงพอที่จะนำไปใช้ทดลองเพื่อศึกษาประสิทธิภาพ

จากการนำโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาไปทดลองใช้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพ ผลการทดลองพบว่าทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

และผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า เส้นถดถอยสำหรับกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองต่างก็มีความชันเป็นค่าบวกและมีค่าใกล้เคียงกัน ฉะนั้น แสดงว่าโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาน่าจะมีความเหมาะสมเพียงพอที่จะนำไปใช้สอนโดยตรง หรือสอนเสริมเพื่อทบทวนเนื้อหาสำหรับผู้เรียน ซึ่งจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัส ระดับมหาวิทยาลัยที่มีนิสิตนักศึกษาจำนวนมาก ๆ และในกรณีที่มีนิสิต นักศึกษาขาดเรียน หรือไม่เข้าใจเนื้อหาที่เรียนในชั้นเรียน นิสิต นักศึกษาจะสามารถเรียนหรือทบทวนเนื้อหาด้วยตนเองได้จากโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา

2. การศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา โดยการใช้ทดลองสอนนิสิตชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มที่เรียนตามปกติกับกลุ่มที่เรียนจากโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา ผลการทดลองพบว่าไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อแรก กล่าวคือ กลุ่มที่เรียนโดยการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เรียนโดยการสอนตามปกติ การวิจัยนี้ปรากฏผลสอดคล้องกับผลการวิจัยของเมลิน-โคนีเยโรส (Melin-Conejeros. 1993) และฟรีเดนเบอร์ก (Fredenberg. 1994) ซึ่งทั้งสองท่านได้ทำการวิจัยโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยเสริมความเข้าใจเชิงมโนคติในเนื้อหาวิชาแคลคูลัสในห้องปฏิบัติการ และยังคงสอดคล้องรายงานผลการวิจัยของสุเทพ ทองอยู่ (Sutep Thongyoo. 1989) และแฮม (Hamm. 1990) โดยทั้งสองท่านได้ใช้คอมพิวเตอร์เป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการเรียนการสอนวิชาแคลคูลัสในชั้นเรียน แต่ผลการทดลองนี้ขัดแย้งกับผลการวิจัยของชรอก (Schrock. 1990) และปาร์ค (Park. 1993) ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยพัฒนาความเข้าใจ และทักษะการคำนวณเชิงปฏิบัติการ

จากผลการทดลองนี้ มีข้อสังเกตในการพิจารณาถึงสิ่งที่น่าจะเป็นสาเหตุของการที่ไม่มี ความแตกต่างระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของทั้งสองกลุ่ม กล่าวคือ ในการทดลองนี้ได้กำหนดให้กลุ่มควบคุมเรียนเนื้อหาจากอาจารย์ที่สอนตามปกติในชั้นเรียน ส่วนกลุ่มทดลองเรียนด้วยตนเองจากโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา โดยไม่มีผู้สอนหรือผู้ให้คำแนะนำ ในขณะที่ผู้เรียนมีปัญหาด้านเนื้อหา กระบวนการเรียนการสอนสำหรับกลุ่มทดลองเป็นรูปแบบ การเรียนด้วยตนเองเป็นรายบุคคล รูปแบบการเรียนนี้มีความแตกต่างจากกระบวนการทดลอง ในการวิจัยของนักคณิตศาสตร์ศึกษาที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น นิสิต นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ระดับ มหาวิทยาลัยจะมีความคุ้นเคยเฉพาะวิธีการสอนตามปกติในระดับมัธยมศึกษา ซึ่งเป็นวิธีสอนที่ใช้กันทั่วไปสำหรับนักเรียนในระบบการศึกษาของไทย และระบบการเรียนการสอนทั้งในระดับมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษาไม่เคยสอนให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง (ครรชิต มาลัยวงศ์. 2539 : 33) ฉะนั้น รูปแบบการเรียนด้วยตนเองเป็นรายบุคคลจึงเป็นวิธีการใหม่สำหรับนิสิต นักศึกษา

ชั้นปีที่ 1 ระดับมหาวิทยาลัย ในกรณีทีมนิสิตในกลุ่มทดลองมีปัญหาด้านเนื้อหาในขณะที่เรียนจากโปรแกรมบทเรียน นิสิตดังกล่าวจะไม่สามารถซักถามปัญหานั้นเพิ่มเติมได้ ซึ่งแตกต่างจากการเรียนของนิสิตในกลุ่มควบคุมที่สามารถซักถามผู้สอนได้ตลอดเวลาเรียน นอกจากนี้ อาจารย์ที่สอนนิสิตในกลุ่มควบคุมในการวิจัยนี้ เป็นผู้ที่มีการสอนคณิตศาสตร์ระดับมหาวิทยาลัยมาแล้วประมาณ 23 ปี น่าจะทำให้การเรียนการสอนสำหรับกลุ่มควบคุมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จากสาเหตุดังกล่าวน่าจะทำให้ผลการทดลองไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่หนึ่ง

3. การศึกษาการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์กับวิธีสอนตามปกติและวิธีสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยซึ่งเป็นอีกส่วนหนึ่งของการศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา จากผลการทดลองพบว่าไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่สอง กล่าวคือพบว่าผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ต่ำได้รับประโยชน์ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากวิธีสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย ไม่แตกต่างจากผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์สูงกว่า ทั้งนี้ อาจจะเนื่องมาจากส่วนหนึ่งของแนวคิดในการตั้งสมมติฐานข้อที่สองดังกล่าว ได้อาศัยผลการวิจัยของลี และแฟรงค์ ซึ่งได้ผลสรุปว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนต่ำ จะได้รับประโยชน์มากที่สุดในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย แต่ทั้งสองท่านได้ทำการทดลองในระดับประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษาซึ่งเนื้อหาที่ใช้สอนไม่มีความซับซ้อนและยุ่งยากมากนัก ส่วนในการวิจัยนี้เป็นการทดลองในระดับอุดมศึกษา ฉะนั้น อาจจะทำให้ผลของการทดลองของทั้งสองท่านดังกล่าวแตกต่างจากผลการทดลองในการวิจัยนี้

นอกจากนั้น ในการพิจารณาถึงสิ่งที่น่าจะเป็นสาเหตุอีกประการหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ต่ำ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เพิ่มขึ้น ได้ไม่ดีกว่าผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์สูงกว่า อาจจะเนื่องมาจากลักษณะของวิชาแคลคูลัส เนื้อหาของวิชาแคลคูลัสนั้นเป็นการสังเคราะห์ระหว่างพีชคณิตและเรขาคณิต ในขณะที่เรียน ผู้เรียนจะต้องมีความคิดเชื่อมโยงระหว่างการคิดเชิงวิเคราะห์ กับการใช้สิ่งที่สามารถมองเห็นได้เพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจ (Ferrini-Mundy & Lauten. 1994 : 118) การเรียนวิชาแคลคูลัสให้เกิดความเข้าใจได้เช่นนั้น ผู้เรียนจำเป็นต้องมีความรู้ทางคณิตศาสตร์ในเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานและเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความรู้พื้นฐานทางพีชคณิตและเรขาคณิต และเนื้อหาของวิชาแคลคูลัสที่ใช้ในการทดลองนี้ คือเรื่อง อินทิกรัลจำกัดเขตของฟังก์ชันพีชคณิตและการประยุกต์ทางเรขาคณิต เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับมโนคติเรื่องลิมิต (Limit) และแนวคิดเกี่ยวกับค่าอนันต์ (Infinity) เนื้อหาเหล่านี้เป็นเนื้อหาที่ยากแก่การเข้าใจสำหรับผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ต่ำ ฉะนั้น สาเหตุดังกล่าวน่าจะทำให้ผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ต่ำซึ่ง

ต้องเรียนด้วยตนเองจากโปรแกรมบทเรียน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เพิ่มขึ้นได้ไม่ดีกว่าผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์สูง อย่างไรก็ตาม ผลของการทดลองพบว่า ผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ต่ำ ได้รับประโยชน์ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์จากโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา ไม่แตกต่างจากผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์สูงกว่า

4. จากผลการวิจัยของสุนันทา ประไพตระกูล (2534 : 139-140) สรุปได้ว่าตัวแปรหนึ่งที่มีอิทธิพลในรูปที่เป็นสาเหตุทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ คือ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติและความสนใจต่อวิชาคณิตศาสตร์ จากการสังเกตและสุ่มสัมภาษณ์นิสิตจากกลุ่มทดลองในขณะที่เรียนจากโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา พบว่า นิสิตส่วนมากในกลุ่มทดลองมีความสนใจ มีความตั้งใจและมีความพอใจการมีอิสระในการเรียนด้วยตนเองจากโปรแกรมบทเรียน ฉะนั้น ผลของการวิจัยนี้ จึงเป็นการช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสนใจและมีความตั้งใจเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้นโดยการเรียนรู้จากโปรแกรมบทเรียน

โดยสรุป จะเห็นว่าควรที่จะใช้โปรแกรมบทเรียนเพื่อการสอนเนื้อหาโดยตรง หรือส่งเสริมเพื่อทบทวนเนื้อหาสำหรับผู้เรียนผนวกเข้ากับการสอนตามปกติ จะทำให้ผู้เรียนมีความสนใจและมีความตั้งใจในการเรียนคณิตศาสตร์มากขึ้น ซึ่งแนวคิดนี้จะสอดคล้องกับแผนอุดมศึกษาระยะยาว (พ.ศ.2533-2547) ของทบวงมหาวิทยาลัยที่มุ่งส่งเสริมให้มีการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและระบบการเรียนการสอนด้วยตนเองให้เป็นระบบคู่ขนานกับระบบการเรียนปกติในทุกสาขาวิชา

ข้อเสนอแนะ

1. ในการวิจัยนี้ ใช้โปรแกรมระบบนิพนธ์บทเรียน คือ Authorware Professional 2.0 เพียงโปรแกรมเดียวเพื่อพัฒนาโปรแกรมบทเรียน แต่เนื่องจากโปรแกรมหดงกล่าวมีขีดจำกัดในการสร้างภาพกราฟิก ฉะนั้น ผู้ที่สนใจจะพัฒนาโปรแกรมบทเรียน อาจใช้โปรแกรมอื่น ๆ เช่น Director for Windows 3D Studio หรือโปรแกรมอื่นที่มีขีดความสามารถในตัวเอง เพื่อสร้างภาพกราฟิกประกอบการนำเสนอเนื้อหา และใช้ขีดความสามารถของโปรแกรม Authorware Professional เรียกแฟ้ม (File) ของภาพกราฟิกมาใช้งานร่วมกันได้ ก็จะช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจในบทเรียนมากขึ้น และจากผลการทดลอง ควรมีการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนาให้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้เรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันในทุก ๆ ระดับ

2. จากผลการวิจัยนี้ยังไม่สามารถยืนยันได้ว่าการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการสอนตามปกติ อย่างไรก็ตามความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ เป็นสิ่งที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ในวงการศึกษานอนาครต และจากผลการวิจัยอีกหลายเรื่องได้สนับสนุนผลดีของการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในด้านอื่น ๆ ซึ่งไม่ได้ศึกษาในการวิจัยนี้ เช่น การส่งเสริมให้เกิดความสนใจในการเรียนคณิตศาสตร์ การมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ ฉะนั้น ควรได้มีการสนับสนุนให้มีการวิจัยและพัฒนาโปรแกรมบทเรียนในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์อย่างกว้างขวาง เพื่อนำไปใช้สอนโดยตรงหรือสอนเสริมเพื่อทบทวนเนื้อหาสำหรับผู้เรียน น่าจะเกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในทุก ๆ ระดับการศึกษา

3. จากผลการวิจัยนี้ มีข้อเสนอแนะสำหรับผู้สนใจศึกษาเพิ่มเติมดังนี้

3.1 การวิจัยนี้ ได้กำหนดเพียงให้กลุ่มทดลองเรียนด้วยตนเองจากโปรแกรมบทเรียนที่พัฒนา โดยไม่มีผู้สอน ฉะนั้น ควรมีการศึกษาวิจัยถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการใช้โปรแกรมบทเรียนประกอบการเรียนการสอนในลักษณะอื่น ๆ เช่น การกำหนดให้กลุ่มทดลองเรียนด้วยตนเองจากโปรแกรมบทเรียน แต่มีผู้สอนสรุปเนื้อหาและตอบข้อซักถามของผู้เรียน หลังการเรียนจากโปรแกรมบทเรียน

3.2 ควรมีการศึกษาเพื่อพัฒนาโปรแกรมบทเรียนเพื่อสอนเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ประเภทอื่น ๆ เช่น โปรแกรมบทเรียนแบบฝึกและปฏิบัติ โปรแกรมบทเรียนแบบการแก้ปัญหา โปรแกรมบทเรียนแบบสถานการณ์จำลอง

3.3 ควรมีการศึกษาวิจัยถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย เช่น ระยะเวลาในการเรียน ความถนัดด้านอื่น ๆ หรือสภาพแวดล้อมทางสังคมของผู้เรียน สภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

3.4 ควรมีการศึกษาตัวแปรตามอื่น ๆ ที่เป็นผลเกิดขึ้นจากการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย เช่น กระบวนการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผล ความคิดสร้างสรรค์

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กิดานันท์ มลิทอง. เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เอ็ดดิสันเพรส
โปรดักส์, 2536.

ครรชิต มาลัยวงศ์. "ปรัชญาการศึกษาในยุคไอที (ตอนที่ 2)," สาร NECTEC.
8 : 29 - 36 ; ม.ค.-ก.พ. 2539.

———. "สรุปการบรรยาย IT in University Education," Chulanet Newsletter.
1(6) : 3-4 ; เม.ย.-พ.ค. 2537.

ฉลอง ทับศรี. "ซีเอไอ เป็นไปได้ใหม่กับเมืองไทย," วารสารรวมคำแหง. 15(3) : 1-8; 2535.

✓ ช่วงโชติ พันธุเวช. "การออกแบบและการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์," วารสารรวมคำแหง.
15(3) : 50-61 ; 2535.

นุกูล ภูประเสริฐ. องค์ประกอบบางประการที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิต
ศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตจังหวัดสุพรรณบุรี. วิทยานิพนธ์
ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2534. อัดสำเนา.

บุญเรียง ขจรศิลป์. สถิติวิจัย II. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : เบสท์ กราฟฟิค เพรส, 2537.

ปกรณ์ วงศ์รัตนพิบูลย์. "แนวทางการพัฒนา CAI," ใน เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ
ระดับชาติ เรื่อง การพัฒนาโปรแกรมช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ระดับ
โรงเรียน. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2536.

พิสนธิ์ จงตระกูล. "บทบาทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยและสื่อประสมในการศึกษาวิทยา
ศาสตร์," ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่ง
ประเทศไทย ครั้งที่ 20. หน้า 55. กรุงเทพฯ : สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยใน
พระบรมราชูปถัมภ์, 2537.

มหาวิทยาลัย, ทบวง. วัตถุประสงค์ นโยบาย มาตรการและเป้าหมายของแผนอุดมศึกษาระยะยาว
(พ.ศ.2533-2547). 2533. อัดสำเนา.

✓ ยืน ภู่วรรณ. "การใช้คอมพิวเตอร์ในมหาวิทยาลัย," วารสารรวมคำแหง. 15(3) : 133-140 ;
2535.

รพีพร ใจอ่อน. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยม
ศึกษาปีที่ 3 เรื่อง "การแยกตัวประกอบพหุนาม" โดยการสอนและไม่สอนเสริมความรู้
พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, 2534. อัดสำเนา.

ราชบัณฑิตยสถาน. ศัพท์คอมพิวเตอร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ :
โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

ศรีศักดิ์ จามรมาน. "การพัฒนาและการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน," วารสาร
รวมคำแหง. 15(3) : 9-18 ; 2535.

สมใจ อรุณศรีโสภณ, พนมกร จันทร์เจริญ และอนงนาฏ ศรีวิหค. "โปรแกรมคอมพิวเตอร์
ช่วยสอนคณิตศาสตร์เรื่องการประยุกต์อินทิเกรต," ใน เอกสารประกอบการประชุม
วิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18. หน้า 680-681.
กรุงเทพฯ : สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2535.

✓ สมศักดิ์ ลิ่มเกิด. "มัลติมีเดียช่วยการเรียนการสอน," ใน เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ
ระดับชาติ เรื่องการพัฒนาโปรแกรมช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ระดับ
โรงเรียน. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2536.

✓ สุกรี รอดโพธิ์ทอง. "การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน," วารสารรวมคำแหง.
15(3): 40-49; 2535.

สุนันทา ประไพตระกูล. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรกักสรร กับผล
สัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กรุงเทพมหานคร.
วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534. อัดสำเนา.

สุพจน์ นุรพุกุศลศรี. "การศึกษาปัจจัยและความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา
คณิตศาสตร์ทั่วไป 1," ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21. หน้า 504-505. กรุงเทพฯ : สมาคม
วิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2538.

สุรางค์ โค้วตระกูล. จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2536.

สุรพล วัฒนวิทย์กิจ. สี่ อีกทางเลือกหนึ่งของการสอบ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มิตรสยาม, 2537.

Adams and others. "Aptitude-Treatment Interaction in Computer-Assisted Instruction,"
Educational Technology : 21-23; December, 1987.

Alessi, Stephen M. and Stanley R. Trollip. Computer-Based Instruction : Methods and
Development. 2nd Ed. New Jersey : Prentice-Hall, Inc; 1991.

Borg, Walter R. and Meredith D. Gall. Educational Research. (3 Ed). New York:
Longman Inc., 1979.

✓ Bramble, Willeam J. and Emanuel J. Mason. Computer in Schools. San Francisco : McGraw-Hill, Inc. , 1985.

Brown, F. Eugene. "The Design and Development of a Computer-Assisted Tutorial Covering the Precalculus Concepts Involved in Sketching Functions," Dissertation Abstracts International. 54(06) : 2080-A ; December, 1993.

Clark, Ruth C. "Authorware, Multimedia, and Instructional Methods," Taking The Plunge: Macromedia Authorware. 1-28; Macromedia, Inc., 1995.

Cronbach, Lee J. and Richard E. Snow. Aptitudes and Instructional Methods: A Handbook for Research on Interactions. New York : Irvington Publishing, 1981.

Davidove, Eric A. "Design and Production of Interactive Videodisc Programming," Educational Technology. 7-14 ; August, 1986.

Dielman, Terry E. Applied Regression Analysis for Business and Economics. USA: PWS-KENT Publishing Com., 1991.

✓ Ference, Pamela R. and Edward L. Vockell. "Adult Learning Characteristics and Effective Software Instruction," Educational Technology. 25-31; July-August, 1994.

Ferrini-Mundy, Joan and Darien Lauten. "Learning about Calculus Learning," The Mathematics Teacher. 87(2) : 115-120 ; February, 1994.

Fey, James T. and others. Computing & Mathematics. 2nd Ed. University of Maryland, 1984.

Franke, Robert James. "An Evaluation of a Computer-Assisted Instruction Program in Seventh-Grade Mathematics: Implications for Curriculum Planning," Dissertation Abstracts International. 48(12): June, 1988.

Fredenberg, Virgil Grant. "Supplemental Visual Computer-Assisted Instruction and Student Achievement in Freshman College Calculus (Visualization)," Dissertation Abstracts International. 55(1) : 59-A ; July, 1994.

✓ Geisert, Paul and Mynga Futrell. Teachers, Computers, and Curriculum : Microcomputers in the classroom. USA : Allyn and Bacon, 1990.

Hamm, Don Michael. "The Association Between Computer-Oriented and Noncomputer-Oriented Mathematics Instruction, Student Achievement, and Attitude Towards Mathematics in Introductory Calculus," Dissertation Abstracts International. 50(09) : 2817-A ; March, 1990.

Hannafin, Michael J. and Kyle L. Peck. The Design, Development, and Evaluation of Instructional Software. New York : Macmillan Publishing Company, 1988.

Haynie, Theodore Robert. "The Effect of Computer-Assisted Instruction on the Mathematics Achievement of Selected Groups of Elementary School Students," Dissertation Abstracts International. 50(06) : December, 1989.

Heinich, Robert, Michael Molenda and James D. Russell. Instructional Media and the New Technologies of Instruction. New York : Macmillan Publishing Company , 1993.

Hess, Caryl A. "Computer Literacy : An Evolving Concept," School Science and Mathematics. 94(4) : 208-214, April, 1994.

Jonassen, David H. and Wallace H. Hannum. "Research-Based Principles for Designing Computer Software," Educational Technology : 7-8; December, 1987.

Kemp, Jerrold E. and Don C. Smellie. Planning, Producing and Using Instructional Media. 6th ed. New York : Harper&Row Publisher Inc., 1989.

Lawson, Lawrence Allen. "Effects of Computer Assisted Mathematic Instruction on low Achieving Students," Dissertation Abstracts International. 49(07): 1725-A ; January, 1989.

Lee, Wen-Cheng. "The Effectiveness of Computer-Assisted Instruction and Computer Programming in Elementary and Secondary Mathematics : A Meta-Analysis," Dissertation Abstracts International. 51(30) : 775-A : September, 1990.

Lockard, James, Peter D. Abrams and Wesley A. Marry. Microcomputers for Educators. 2nd ed. USA : Harper Collins Publishers, 1990

Maddux, Cleborne D. and others. Educational Computing : Learning with Tomorrow's Technologies. USA : Allyn and Bacon, 1992.

Madsen, John C. "An Investigation of the Impact of Microcomputers on Mathematics Achievement in the Elementary Grades," Dissertation Abstracts International. 54(01) : 118-A ; July, 1993.

Melin-Conejeros, Juan. "The Effect of Using a Computer Algebra System in a Mathematics Laboratory on the Achievement and Attitude of Calculus Students," Dissertation Abstracts International. 53(07) : 2283-A ; January, 1993.

✓ Merrill, Paul F. and others. Computers in Education . 2nd ed. USA : Allyn and Bacon, 1992.

National Council of Teacher of Mathematics. Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics. Virginia : The National Council of Teachers of Mathematics, Inc. , 1989.

Park, Kyungmee. "A Comparative Study of the Traditional Calculus Course VS. the Calculus & Mathematica Course (CAI, Calculus & Mathematica)," Dissertation Abstracts International. 54(01): 119-A ; July, 1993.

Pascarella, Ernest T. "Interactive Effects of Prior Mathematics Preparation and Level of Instructional Support in College Calculus," American Educational Research Journal. 15(2): 275-285 ; 1978.

Perkins, Sally Ann. "The Effect of Computer-Assisted Instruction on Meap Mathematics Achievement and Attitudes Toward Mathematics and Computers in Grades Four and Seven," Dissertation Abstracts International. 49(02) : 197-A ; August, 1988.

✓ Pradit Thammatat. "A Research for the Development of Computer-Assisted Instruction in the Course 'Introduction to Microcomputer,'" Journal of Regional Education Center (REC), Computer Education, 2: 51-53; 1993.

Schrock, Connie Sue. "Calculus and Computing : An Exploratory Study to Examine the Effectiveness of Using a Computer Algebra System to Develop Increased Conceptual Understanding in a First-Semester Calculus Course," Dissertation Abstracts International. 50(07) : 1926-A ; January, 1990.

Snow, R.E. "Aptitude-Treatment Interaction Models," The International Encyclopedia of Teaching and Teacher Education. USA : U. Pergamon Books LTD. , 1987.

Solow, Anita E. "Graphing Calculators in Calculus," The College Mathematics Journal. 25(3) : 235-239 ; May, 1994.

Surapon Vatanavigkit. A Personalized System of Instruction in a Mathematics Course for Thai College Students. Doctor's Dissertation. New York: Syracuse University, 1984. photocopied.

- Sutep Thongyoo. A Study of Using Microcomputer Software to Enhance Calculus Instruction.
Doctor's Dissertation. New York : Syracuse University, 1989. photocopied.
- Sweeters, William. "Multimedia Electronic Tools for Learning," Educational Technology.
47-52; May-June, 1994.
- Utomporn Phalavonk , Sribudh Waewcharoen and Pornip Sinutog. "Computer-Assisted
Instruction in Calculus," in The Second Asian Mathematical Conference Abstracts.
p.134, Nakhon Ratchasima : Suranaree University of Technology, 1995.
- Waits, Bert K. and Demana Franklin. "A Case against computer Symbolic Manipulation in
School Mathematics Today," The Mathematics Teacher; 85(3) : 180 ; March, 1992.
- Watkins, John Philip. "Long-Term Effects of Integrated Microcomputer Project on
Subsequent Science and Mathematics Achievement in Arkansas Schools,"
Dissertation Abstracts International. 52(08) : 1992.
- Wetherbe, Cheryl Glass. "The Effectiveness of Computer-Assisted Instruction Integrated
with a Spreadsheet as an Instructional Tool for Teaching Quantitative Concepts,"
Dissertation Abstracts International. 50(11) : 3455-A ; May, 1990.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละหน่วยการเรียนรู้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละหน่วยการเรียนรู้

หน่วยที่	ชื่อหน่วย	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
1	อินทิกรัลจำกัดเขต ตอนที่ 1	เมื่อเรียนเนื้อหาในหน่วยนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ 1. ประมาณค่าพื้นที่ของบริเวณใต้เส้นโค้ง 2. บอกได้ว่าในการแบ่งช่วงของการอินทิเกรต ถ้าจำนวนช่วงย่อยเปลี่ยนไป (เพิ่มขึ้น/ลดลง) แล้วค่าประมาณของพื้นที่จะเพิ่มขึ้น/ลดลง 3. หาผลบวกกลางและผลบวกบน 4. เขียนลิมิตของผลบวกกรีมานน์ในรูปอินทิกรัลจำกัดเขต 5. กำหนดพื้นที่ของบริเวณใต้เส้นโค้งในรูปอินทิกรัลจำกัดเขต
2	อินทิกรัลจำกัดเขต ตอนที่ 2	เมื่อเรียนเนื้อหาในหน่วยนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ 1. หาอินทิกรัลโดยใช้สมบัติของอินทิกรัลจำกัดเขต 2. หาอินทิกรัลโดยใช้อินทิกรัลของฟังก์ชันคงตัว ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล และฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ 3. หาค่าเฉลี่ยของฟังก์ชัน
3	อินทิกรัลจำกัดเขต ตอนที่ 3	เมื่อเรียนเนื้อหาในหน่วยนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ 1. หาอนุพันธ์ของอินทิกรัลจำกัดเขตของฟังก์ชันต่อเนื่องเทียบกับลิมิตบนของการอินทิเกรตที่แปรค่าได้ 2. หาอินทิกรัลโดยใช้ทฤษฎีบทหลักมูลของอินทิกรัลแคลคูลัส 3. หาอินทิกรัลโดยใช้การแทนค่าในตัวแปรของการอินทิเกรต

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วย	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
4	พื้นที่ของบริเวณระหว่างเส้นโค้ง	เมื่อเรียนเนื้อหาในหน่วยนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ 1. หาพื้นที่ของบริเวณระหว่างเส้นโค้งโดยการอินทิเกรตเทียบกับ x 2. หาพื้นที่ของบริเวณระหว่างเส้นโค้งโดยการอินทิเกรตเทียบกับ y
5	ปริมาตรของทรงตัน ตอนที่ 1	เมื่อเรียนเนื้อหาในหน่วยนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ 1. หาปริมาตรของทรงตันโดยวิธีการตัดขวาง 2. หาปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบแกน x โดยวิธีแบบจาน 3. หาปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบแกน y โดยวิธีแบบจาน
6	ปริมาตรของทรงตัน ตอนที่ 2	เมื่อเรียนเนื้อหาในหน่วยนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ 1. หาปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบแกน x โดยวิธีวงแหวน 2. หาปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบแกน y โดยวิธีวงแหวน 3. หาปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบแกน x โดยวิธีแบบชั้นทรงกระบอก 4. หาปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบแกน y โดยวิธีแบบชั้นทรงกระบอก
7	ความยาวของส่วนโค้งในระนาบ	เมื่อเรียนเนื้อหาในหน่วยนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถหาความยาวของส่วนโค้งในระนาบของฟังก์ชันปรับเรียบ
8	พื้นที่ผิวของการหมุนรอบ	เมื่อเรียนเนื้อหาในหน่วยนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ 1. หาพื้นที่ผิวที่เกิดจากการหมุนส่วนโค้งรอบแกน x 2. หาพื้นที่ผิวที่เกิดจากการหมุนส่วนโค้งรอบแกน y

ภาคผนวก ข

เมนูของระบบโปรแกรมบทเรียน

เมนูของระบบโปรแกรมบทเรียน

อินทิกรัลจำกัดเขต

ประวัติเลือกรายการที่ต้องการ


อินทิกรัลจำกัดเขตตอนที่ 1

อินทิกรัลจำกัดเขตตอนที่ 2

อินทิกรัลจำกัดเขตตอนที่ 3

การประยุกต์

แนวคิดในตารางพื้นที่ด้วยลวดลายเส้นโค้ง



ลิงก์ดาวน์โหลด

เวลาเรียน ๑๐ นาที

ออกจากรายการ
ประวัติการใช้งาน
แนะนำการใช้งาน

อินทิกรัลจำกัดเขต

ตอนที่ 1

ประวัติเลือกและเวลาที่ใช้งาน

แนวคิดของอาร์คิมิดีส

$$\int_a^b f(x) dx$$

แนวคิดในการหาพื้นที่บริเวณใต้เส้นโค้ง

★ การหาพื้นที่ของบริเวณใต้เส้นโค้ง

อินทิกรัลรีมันน์

แบบทดสอบ

ออกจากรายการ
กลับเมนูหลัก
ประวัติการใช้งาน
แนะนำการใช้งาน

อินทิกรัลจำกัดเขต

ตอนที่ 1

โปรแกรมการทดลอง

แลกเปลี่ยน และ ขวาม
ผลบวกค่าและผลบวกบน

$$\int_a^b f(x) dx$$

ผลบวกปริมาตร
อินทิกรัลปริมาตร

*
การหาพื้นที่ของบริเวณใต้เส้นโค้ง

อินทิกรัลปริมาตร

แบบทดสอบ

ออกจาบทเรียน
กลับบทหลัก
สถิติการใช้งานเรียน
แนะนำบทเรียน

อินทิกรัลจำกัดเขต

ตอนที่ 1

โปรแกรมการทดลอง

แบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก

$$\int_a^b f(x) dx$$

จำนวน 5 ข้อ
ทดสอบความรู้ความเข้าใจ ทักษะการเรียน

*
การหาพื้นที่ของบริเวณใต้เส้นโค้ง

อินทิกรัลปริมาตร

แบบทดสอบ

ออกจาบทเรียน
กลับบทหลัก
สถิติการใช้งานเรียน
แนะนำบทเรียน

อินทิกรัลจำกัดเขต

ตอนที่ 2

เปิดเลือกรายการที่ต้องการ

การหาผลอินทิกรัลจำกัดเขต

คือ

$$\int_a^b f(x) dx = \int_a^c f(x) dx + \int_c^b f(x) dx$$

ที่ c ใดก็ได้

ใช้วิธีแยกกำลัง

ซึ่งจะได้ $f(x) = x^2$

ตัวเฉลี่ยของฟังก์ชัน

สมบัติของอินทิกรัลจำกัดเขต

การหาค่าอินทิกรัลจำกัดเขตเบื้องต้น

แบบทดสอบ

ออกาทบทเรียน
กลับเมนูหลัก
สำเร็จการใช้งานเรียน
แนะนำการเรียน

อินทิกรัลจำกัดเขต

ตอนที่ 2

เปิดเลือกรายการที่ต้องการ

แบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก

$$\int_a^b f(x) dx = \int_a^c f(x) dx + \int_c^b f(x) dx$$

จำนวน 8 ข้อ

ทดสอบความรู้ความเข้าใจ ทักษะการเรียน

สมบัติของอินทิกรัลจำกัดเขต

การหาค่าอินทิกรัลจำกัดเขตเบื้องต้น

แบบทดสอบ

ออกาทบทเรียน
กลับเมนูหลัก
สำเร็จการใช้งานเรียน
แนะนำการเรียน

อินทนิลเจ้าแก้วเขต

โปรแกรมสื่อการเรียนการสอน

อินทนิลเจ้าแก้วเขตตอนที่ 1

อินทนิลเจ้าแก้วเขตตอนที่ 2

อินทนิลเจ้าแก้วเขตตอนที่ 3

การประยุกต์

ทฤษฎีบทพีทาโกรัสของอินทนิลเจ้าแก้วเขต



การแทนค่าในอินทนิลเจ้าแก้วเขต

เวลาเรียน 50 นาที

ออกจากบทเรียน
สถิติการใช้งาน
แนะนำบทเรียน

อินทนิลเจ้าแก้วเขต

ตอนที่ 3

โปรแกรมสื่อการเรียนการสอน

ทฤษฎีบทพีทาโกรัสของอินทนิลเจ้าแก้วเขต ส่วนที่ 1

ทฤษฎีบทพีทาโกรัสของอินทนิลเจ้าแก้วเขต ส่วนที่ 2

$$a^2 + b^2 = c^2$$

การหาความยาวอินทนิลเจ้าแก้วเขตโดยใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัส

ทฤษฎีบทพีทาโกรัสของอินทนิลเจ้าแก้วเขต

การแทนค่าในอินทนิลเจ้าแก้วเขต

แบบทดสอบ


ออกจากบทเรียน
กลับบทเรียน
สถิติการใช้งาน
แนะนำบทเรียน

อินทิดกรังจำกดเขต

ตอนที่ 3

เปิดกล่องรายการที่ต้องการ

การแทนค่าในอินทิดกรังจำกดเขต



ภาวทาสำดินทิดกรังจำกดเขต
โดยการแทนค่าในอินทิดกรังจำกดเขต

★

ทุกขุมทิดกรังของแกลดดูส

การแทนค่าในอินทิดกรังจำกดเขต

แบบทดสอบ


ออกจาบทเรียน
กลับบทหลัก
สารบัญบทเรียน
แนะนำบทเรียน

อินทิดกรังจำกดเขต

ตอนที่ 3

เปิดกล่องรายการที่ต้องการ

แบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก



จำนวน 5 ข้อ
ทดสอบความรู้ความเข้าใจ หลังการเรียน

★

ทุกขุมทิดกรังของแกลดดูส

การแทนค่าในอินทิดกรังจำกดเขต

แบบทดสอบ

ออกจาบทเรียน
กลับบทหลัก
สารบัญบทเรียน
แนะนำบทเรียน

อินทกวีร์จ๋ากัดเซต

โปรแกรมรายการที่ต้องการ

อินทกวีร์จ๋ากัดเซตตอนที่ 1

อินทกวีร์จ๋ากัดเซตตอนที่ 2

อินทกวีร์จ๋ากัดเซตตอนที่ 3

การประยุคต์

การทอพื้นทึ่ลอมวิเษะระหว่างเส้นโค้ง
การทอพื้นทึ่ลอมของทรงตั้งการทอพื้นทึ่ลอม



การทอพื้นทึ่ลอมของเส้นโค้งในระนาบ
การทอพื้นทึ่ลอมของเส้นโค้ง

เวลาเรียน 5 คาบเรียน - สอนเมื่อเวลา 50 นาที

ออกวางบทเรียน

สำเร็จการป้บ้นบทเรียน

แนะนำการป้บ้นบทเรียน


๖ การประยุคต์ทางเรขาคณิต ๖

โปรแกรมรายการที่ต้องการ

การประยุคต์ ของ อินทกวีร์จ๋ากัดเซต

บทนิยาม สูตรพื้นฐาน

การทอพื้นทึ่ลอมของเส้นโค้งระหว่างเส้นโค้ง



การอินทิเกรตเทียบกับ x
การอินทิเกรตเทียบกับ y

เวลาเรียนเรื่องละ 50 นาที

★

พื้นที่ของบริเวณระหว่างเส้นโค้ง

ปริมาตรของทรงตั้ง ตอนที่ 1

ปริมาตรของทรงตั้ง ตอนที่ 2

ความยาวของส่วนโค้งในระนาบ

พื้นที่ผิวการทอพื้นทึ่ลอม

ออกวางบทเรียน

กลับบทเรียน

สำเร็จการป้บ้นบทเรียน

แนะนำการป้บ้นบทเรียนประยุคต์

๑ การประยุกต์ทางเรขาคณิต ๑

การหาพื้นที่บริเวณระหว่างเส้นโค้ง

โปรดเลือกรายการที่ต้องการ

บทนิยาม สูตรพื้นฐาน
การหาพื้นที่ของบริเวณระหว่างเส้นโค้ง

ค่าของ x

✦

กรณีนี้กรณีเดียวกับ x

กรณีนี้กรณีเดียวกับ y

แบบทดสอบ

ออกจากบทเรียน

กลับเมนูหลัก

สถิติการใช้งานเรียน

แนะนำการเรียน

๑ การประยุกต์ทางเรขาคณิต ๑

การหาพื้นที่บริเวณระหว่างเส้นโค้ง

โปรดเลือกรายการที่ต้องการ

บทนิยาม สูตรพื้นฐาน
การหาพื้นที่ของบริเวณระหว่างเส้นโค้ง

ค่าของ y

✦

กรณีนี้กรณีเดียวกับ x

กรณีนี้กรณีเดียวกับ y

แบบทดสอบ

ออกจากบทเรียน

กลับเมนูหลัก

สถิติการใช้งานเรียน

แนะนำการเรียน

๑ การประยุกต์ทางเรขาคณิต ๑

การหาพื้นที่บริเวณระหว่างเส้นโค้ง

ปริศนาคณิตศาสตร์ที่ ๑๖๖

แบบทดสอบแบบปลายปี ๓ ตัวเลือก



ทดสอบความรู้อารมณ์เชิง ตรรกะเรขาคณิต

การอินทิเกรตเทียบกับ x

การอินทิเกรตเทียบกับ y

แบบทดสอบ

ออกาทบทเรียน
กลับเมนูประยุกต์
สำเร็จการไปบทเรียน
แนะนำการเรียน


๑ การประยุกต์ทางเรขาคณิต ๑

ปริศนาคณิตศาสตร์ที่ ๑๖๖

การประยุกต์ ของ อินทิกรัลจำกัดเขต

บทนิยาม สูตรพื้นฐาน

การหาปริมาณ ปริมาตรตัน



โดย

วิธีการตัดขวาง
วิธีแผ่นจาน

เวลาเรียนเรื่องละ 50 นาที

พื้นที่ของบริเวณระหว่างเส้นโค้ง

ปริมาตรของทรงตัน ตอนที่ 1

ปริมาตรของทรงตัน ตอนที่ 2

ความยาวของส่วนโค้งในระนาบ


พื้นที่ผิวการหมุนรอบ

ออกาทบทเรียน
กลับเมนูหลัก
สำเร็จการไปบทเรียน
แนะนำการใช้เมนูประยุกต์

๖ การประยุกต์ทางเรขาคณิต ๖
 การหาปริมาตรของทรงตัน ตอนที่ 1
 ปริศนาคณิตศาสตร์ที่ตึงการ

นายนิยาม กุศลพิสิฐ

การหาปริมาตรของทรงตัน



โดย
วิไลพรพิสิฐ กว

35การตัดขวาง

35แบบบ้าน

แบบทดสอบ

ออกวางบทเรียน

กลับเมนูหลัก

สำเร็จการบ้านเรียน

แนะนำการเรียน


๖ การประยุกต์ทางเรขาคณิต ๖
 การหาปริมาตรของทรงตัน ตอนที่ 1
 ปริศนาคณิตศาสตร์ที่ตึงการ

สูตรห้จรงการหาปริมาตร

ทล

ทรงตันที่เกิดจากระนาบที่ขนาน

ทลระนาบแรก x ทลระนาบหลัง



โดย
วิไลพรพิสิฐ กว

35การตัดขวาง

35แบบบ้าน

แบบทดสอบ

ออกวางบทเรียน

กลับเมนูหลัก

สำเร็จการบ้านเรียน

แนะนำการเรียน

๑ การประยุกต์ทางเรขาคณิต ๑

การหาปริมาตรของทรงตัน ตอนที่ 1

โปรดเลือกรายการที่ต้องการ

แบบทดสอบแบบปรกติ 4 ตัวเลือก

ทดสอบความรู้ความเข้าใจ หลังการเรียน

35 การตัดขวาง

35 สมบารณ

สมบัตกทดสอบ

ออกวางบทเรียน

กลับบทประยคต

สวธการใชบทเรียน

หนะนำการเรยน

๑ การประยุกต์ทางเรขาคณิต ๑

โปรดเลือกรายการที่ต้องการ

การประยุกต์ ของ อินทิกรัลจำกัดเขต

สูตรพื้นฐาน

การหาปริมาตรของทรงตันที่เกิดจากการหมุนบริเวณ

โดย

วิหิงแหวน

วิธีแบบขั้นที่ทรงกระบอก

เวลาเรียนเรื่องละ 50 นาที

พื้นที่ของบริเวณระหว่างเส้นโค้ง

ปริมาตรของทรงตัน ตอนที่ 1

ปริมาตรของทรงตัน ตอนที่ 2

ความยาวของส่วนโค้งในระนาบ

พื้นที่ผิวการหมุนรอบ

ออกวางบทเรียน

กลับบทหลัก

สวธการใชบทเรียน

หนะนำการใชบทประยคต

๑ การประยุกต์ทางเรขาคณิต ๑


การหาปริมาตรของทรงตัน ตอนที่ 2

เปิดสื่อรายการที่ต้องการ

สูตรพื้นฐานการหาปริมาตร

ทรง

ทรงพีระมิดเกิดจากการหมุนเวียน



มุมหน้ามุมบน > มุมหน้ามุมล่าง >

โดย

วิจิตรเกษม

☆

35องศา

35มุมในทรงกระบอก

มุมที่ลดลง

ออกอากาศฟรี

คลังบทสรุป

สารบัญการใช้งานฟรี

แนะนำการเรียน

๑ การประยุกต์ทางเรขาคณิต ๑


การหาปริมาตรของทรงตัน ตอนที่ 2

เปิดสื่อรายการที่ต้องการ

สูตรพื้นฐานการหาปริมาตร

ทรง

ทรงพีระมิดเกิดจากการหมุนเวียน



มุมหน้ามุมบน > มุมหน้ามุมล่าง >

โดย

วิจิตรเกษม

☆

35องศา

35มุมในทรงกระบอก

มุมที่ลดลง

ออกอากาศฟรี

คลังบทสรุป

สารบัญการใช้งานฟรี


แนะนำการเรียน

◎ การประยุกต์ทางเรขาคณิต ◎

การหาปริมาตรของทรงตัน ๑ ส่วนที่ 2

ปริศนาเลือกเรขาคณิตที่ ๑

แบบทดสอบแบบปรนัย ๔ ตัวเลือก



กำหนดความสูงของทรงตันไว้ แล้วหาคำตอบ

355 มล

750 มล


1000 มล

เฉลยคำตอบที่ 1
กลับเมนูหลัก
สถิติการใช้งาน
แนะนำการเรียน

◎ การประยุกต์ทางเรขาคณิต ◎

ปริศนาเลือกเรขาคณิตที่ ๒

การประยุกต์ ของ อินทิกรัลจำกัดเขต



เวลาเรียนเรื่องละ 50 นาที

พื้นที่ของวงรีและครึ่งวงรี

ปริมาตรของทรงตัน ตอนที่ 1

ปริมาตรของทรงตัน ตอนที่ 2

ความยาวของส่วนโค้งในระนาบ

พื้นที่ผิวการหมุนรอบ

เฉลยคำตอบที่ 1
กลับเมนูหลัก
สถิติการใช้งาน
แนะนำการเรียน

๑ การประยุกต์ทางเรขาคณิต ๑

การหาความยาวของส่วนโค้งในระนาบ

โปรแกรมกราฟิกที่คำนวณ

จุดศูนย์กลาง

การหาความยาว

ส่วนโค้งในระนาบ

สูตรคำนวณหาความยาวของส่วนโค้ง

ลบยกผลลบ

ออกจาบทเรียน
กลับเมนูหลัก
สถิติการใช้งาน
แนะนำการเรียน

๑ การประยุกต์ทางเรขาคณิต ๑

การหาความยาวของส่วนโค้งในระนาบ

โปรแกรมกราฟิกที่คำนวณ

แบบทดสอบแบบปรกติ 4 ข้อ

ทดสอบความรู้จากข้อใด ข้อใดที่เรียน

สูตรคำนวณหาความยาวของส่วนโค้ง

ลบยกผลลบ

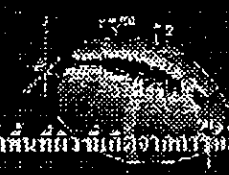
ออกจาบทเรียน
กลับเมนูหลัก
สถิติการใช้งาน
แนะนำการเรียน

๑ การประยุกต์ทางเรขาคณิต ๑

โปรแกรมกราฟิกที่ต่อเนื่อง

ภาพประกอบ ของ อินทวิไลจำเริญ

สูตรพื้นฐาน



การหาพื้นที่ผิวของทรงกลมบางส่วนได้

เวลาเขียนเฉลย: 50 นาที

พื้นที่ของบริเวณระหว่างเส้นโค้ง

ปริมาตรของทรงตัน ตอนที่ 1

ปริมาตรของทรงตัน ตอนที่ 2

ความยาวของส่วนโค้งในระนาบ

พื้นที่ผิวการหมุนรอบ

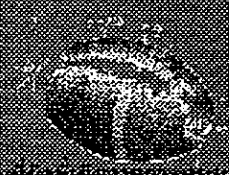
ออกจากบทเรียน
กลับบทหลัก
สถิติการใช้งาน
แนะนำการใช้งานประยุกต์

๑ การประยุกต์ทางเรขาคณิต ๑

การหาพื้นที่ผิวการหมุนรอบ

โปรแกรมกราฟิกที่ต่อเนื่อง

สูตรพื้นฐานการหาพื้นที่ผิว



การหาพื้นที่ผิวของทรงกลมบางส่วนได้

หมุนรอบแกน x

หมุนรอบแกน y

สูตรพื้นฐานการหาพื้นที่ผิว

แบบทดสอบ

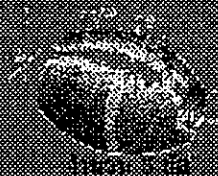
ออกจากบทเรียน
กลับบทประยุกต์
สถิติการใช้งาน
แนะนำการเริ่ม

๑ การประยุกต์ทางเรขาคณิต ๑

การหาพื้นที่ผิวการหมุนรอบ

โปรดเลือกภาษาที่ต้องการ

แบบทดสอบสมมติ 4 ตัวเลือก



พิกัด 3 มิติ

ทดสอบสมมติจำนวนเต็ม 10 หลังทศนิยม

สูตรพื้นที่ผิวการหมุนที่ผิว

แบบทดสอบ

ขอรายละเอียด

กลับเมนูหลัก

สมัครรับทราบ

แนะนำเรื่อง

ภาคผนวก ก

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
และแนวคำตอบ**

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

เรื่อง

อินทิกรัลจำกัดเขตของฟังก์ชันพีชคณิตและการประยุกต์ทางเรขาคณิต

คะแนนเต็ม 50 คะแนน

เวลา 120 นาที

คำแนะนำ

แบบทดสอบนี้ประกอบด้วยคำถาม 2 ตอน ในตอนที่ 1 ประกอบด้วยข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน คำถามในตอนที่ 2 ประกอบด้วยข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 1 ข้อ ซึ่งมี 2 ข้อย่อย ข้อละ 5 คะแนน รวมคะแนนเต็มทั้งหมด 50 คะแนน

ตอนที่ 1

1. ให้ $f(x) = 3x^2 + 2x$, $1 \leq x \leq 4$ ถ้าแบ่งช่วง $[1,4]$ ออกเป็น 3 ช่วงย่อยเท่า ๆ กัน และสร้างรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากบนช่วงย่อยเหล่านั้น ให้มีความสูงเท่ากับ $f(c_k)$ เมื่อ c_k เป็นจุดกึ่งกลางของช่วงย่อยที่ k , $k = 1,2,3$ ผลบวกของพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากทั้งสามรูปจะมีค่าต่างจากพื้นที่ของบริเวณใต้กราฟของ f บนช่วง $[1,4]$ เท่ากับข้อใด

1. 0.25	2. 0.5
3. 0.75	4. 1

2. ให้ $f(x) = x$, $0 \leq x \leq 7$ และให้ P, P' เป็นผลแบ่งกันของช่วง $[0,7]$ ซึ่งกำหนดดังนี้ $P = \{0,1,6,7\}$, $P' = \{0,1,3,6,7\}$
ข้อใดต่อไปนี้ เป็นจริง
 1. ผลบวกล่างของ f เทียบกับ P มากกว่าหรือเท่ากับผลบวกล่างของ f เทียบกับ P'
 2. ผลบวกบนของ f เทียบกับ P มากกว่าหรือเท่ากับผลบวกบนของ f เทียบกับ P'
 3. ผลต่างระหว่างผลบวกบนและผลบวกล่างของ f เทียบกับ P น้อยกว่าผลต่างระหว่างผลบวกบนและผลบวกล่างของ f เทียบกับ P'
 4. ผลบวกบนของ f เทียบกับ P มีค่าใกล้ $\frac{49}{2}$ มากกว่าผลบวกบนของ f เทียบกับ P'

3. ข้อใดเป็นผลต่างระหว่างผลบวกบนและผลบวกล่างของ $f(x) = x^2$, $-2 \leq x \leq 0$ เมื่อเทียบกับผลแบ่งกัน $P = \{-2, -\frac{3}{2}, -1, -\frac{1}{2}, 0\}$ ของช่วง $[-2, 0]$

- | | |
|------|------------------|
| 1. 1 | 2. $\frac{3}{2}$ |
| 3. 2 | 4. $\frac{5}{2}$ |

4. ถ้า $f(x) = x - 2$, ข้อใดเป็นผลบวกรีมันน์ของ f บนช่วง $[0, 5]$ เมื่อแบ่งช่วง $[0, 5]$ ออกเป็น 5 ช่วงย่อยเท่า ๆ กัน และ c_k , $k = 1, 2, \dots, 5$ เป็นจุดปลายขวามือของแต่ละช่วงย่อย

- | | |
|------|-------------------|
| 1. 0 | 2. $\frac{5}{2}$ |
| 3. 5 | 4. $\frac{13}{2}$ |

5. จำนวนในข้อใดเท่ากับ $\lim_{\|P\| \rightarrow 0} \sum_{k=1}^n |c_k| \Delta x_k$ เมื่อ P เป็นผลแบ่งกันของช่วง $[-1, 1]$

- | | |
|------|------------------|
| 1. 0 | 2. $\frac{1}{2}$ |
| 3. 1 | 4. 2 |

6. พื้นที่ของบริเวณที่ล้อมรอบด้วยแกน x , แกน y , เส้นตรง $x=2$ และเส้นตรง $y=2$ เท่ากับจำนวนในข้อใด

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1. $\int_0^2 dx$ | 2. $\int_0^2 x dx$ |
| 3. $\int_0^2 y dy$ | 4. $2 \int_0^2 dy$ |

7. ให้ $\int_1^2 f(x) dx = -4$ และ $\int_1^5 f(x) dx = 6$, $\int_2^5 f(x) dx$ เท่ากับจำนวนในข้อใด

- | | |
|--------|-------|
| 1. -2 | 2. 2 |
| 3. -10 | 4. 10 |

8. ให้ $\int_1^5 f(x) dx = 6$ และ $\int_1^5 f(x) dx = 8$ แล้ว $\int_5^1 [4f(x) - g(x)] dx$

เท่ากับจำนวนในข้อใด

- | | |
|--------|--------|
| 1. -16 | 2. -14 |
| 3. 2 | 4. 16 |

15. $\int_0^1 \frac{x-1}{\sqrt{x-1}} dx$ เท่ากับจำนวนในข้อใด

1. $\frac{2}{3}$

2. 1

3. $\frac{3}{2}$

4. $\frac{5}{3}$

16. $\int_{-\sqrt{7}}^0 x(x^2+1)^{\frac{1}{3}} dx$ เท่ากับจำนวนในข้อใด

1. $-\frac{47}{8}$

2. $-\frac{45}{8}$

3. $-\frac{43}{8}$

4. $-\frac{41}{8}$

17. $\int_0^1 8x(x^2+1)^3 dx$ เท่ากับจำนวนในข้อใด

1. 18

2. 17

3. 16

4. 15

18. จำนวนในข้อใดเป็นพื้นที่ของบริเวณระหว่างเส้นโค้ง $y = x^2$ และ $y = x^3$ จาก $x = -2$ ถึง $x = 1$

1. $\frac{25}{4}$

2. $\frac{27}{4}$

3. $\frac{29}{4}$

4. $\frac{31}{4}$

19. จำนวนในข้อใดเป็นพื้นที่ของบริเวณที่ล้อมรอบด้วยกราฟของ $y = x^2$ และ $y = x + 2$

1. $\int_{-1}^2 (2+x-x^2) dx$

2. $\int_{-1}^2 (x^2-x-2) dx$

3. $\int_1^4 (x^2-x-2) dx$

4. $\int_{-1}^4 (2+x-x^2) dx$

20. จำนวนในข้อใดเป็นพื้นที่ของบริเวณที่ล้อมรอบด้วยกราฟของ $x = y^2$ และ $x = 3 - 2y^2$

1. 2

2. 3

3. 4

4. 6

21. จำนวนในข้อใดเป็นพื้นที่ของบริเวณที่ล้อมรอบด้วยกราฟของ $x = y^2$ และ $x - y = 2$

1. $\int_0^4 (y^2 - y - 2) dy$

2. $\int_1^4 (2 + y - y^2) dy$

3. $\int_{-1}^2 (y^2 - y - 2) dy$

4. $\int_{-1}^2 (2 + y - y^2) dy$

22. จำนวนในข้อใดเป็นพื้นที่ของบริเวณที่ล้อมด้วยกราฟของ $x = 8 + 2y - y^2$, $y = -1$, $y = 3$ และแกน y

1. $\frac{92}{3}$

2. $\frac{89}{3}$

3. $\frac{85}{3}$

4. $\frac{80}{3}$

23. ปริมาตรของทรงสี่หน้าซึ่งมีจุดยอดที่ $(0,0,0)$, $(2,0,0)$, $(0,1,0)$ และ $(0,0,1)$ คือ

1. $\frac{1}{2}$

2. $\frac{2}{3}$

3. $\frac{3}{4}$

4. $\frac{4}{3}$

24. ถ้าหมุนบริเวณใต้เส้นโค้ง $y = x^2 + 1$ เหนือแกน x จาก $x=0$ ถึง $x=2$ รอบแกน x แล้วปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบคือ

1. $\frac{14\pi}{3}$

2. $\frac{114\pi}{17}$

3. $\frac{206\pi}{15}$

4. 5π

25. ถ้าหมุนบริเวณใต้กราฟของ $f(x) = \sqrt{r^2 - x^2}$, $-r \leq x \leq r$ เหนือแกน x รอบแกน x แล้วปริมาตรทรงตันการหมุนรอบคือ

1. $\int_{-r}^r \pi \sqrt{r^2 - x^2} dx$

2. $2 \int_{-r}^r \pi \sqrt{r^2 - x^2} dx$

3. $\int_{-r}^r \pi (r^2 - x^2) dx$

4. $2 \int_{-r}^r \pi (r^2 - x^2) dx$

26. ถ้าหมุนบริเวณที่ล้อมรอบด้วยกราฟของ $x = \sqrt{r^2 - y^2}$, $-r \leq y \leq r$ และแกน y รอบแกน y แล้วปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบคือ

1. $\int_{-r}^r \pi \sqrt{r^2 - y^2} dy$

2. $2 \int_{-r}^r \pi \sqrt{r^2 - y^2} dy$

3. $\int_{-r}^r \pi (r^2 - y^2) dx$

4. $2 \int_{-r}^r \pi (r^2 - y^2) dx$

27. ถ้าหมุนบริเวณที่ล้อมรอบด้วยกราฟของ $y = x^2$ และ $y = 2x$ บนช่วง $[0,2]$ รอบแกน x แล้วปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบคือ

1. $\pi \int_0^2 (4x^2 - x^4) dx$

2. $\pi \int_0^2 (2x - x^2)^2 dx$

3. $\pi \int_0^2 (x^4 - 4x^2) dx$

4. $\pi \int_0^2 (x^2 - 2x)^2 dx$

28. ถ้าหมุนบริเวณที่ล้อมรอบด้วยกราฟของ $y = x^2$ และ $x = y^2$ รอบแกน x แล้วปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบคือ

1. $\frac{\pi}{10}$

2. 3π

3. $\frac{7\pi}{10}$

4. $\frac{3\pi}{10}$

29. ถ้าหมุนบริเวณที่ล้อมรอบด้วยกราฟของ $y = x^2$ และ $y = 2x$ รอบแกน y แล้วปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบคือ

1. $\pi \int_0^2 (y^2 - 2y) dy$

2. $\pi \int_0^4 (y - \frac{1}{4}y^2) dy$

3. $\pi \int_0^4 (\frac{1}{4}y^2 - y) dy$

4. $\pi \int_0^4 (\frac{y}{2} - \sqrt{y}) dy$

30. ถ้าหมุนบริเวณที่ล้อมรอบด้วยกราฟของ $y = x^2$ และ $y = 2x$ บนช่วง $[0, 2]$ รอบแกน x แล้วปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบคือ

1. $2\pi \int_0^2 (y^{\frac{3}{2}} - \frac{1}{2}y^2) dy$

2. $2\pi \int_0^4 (y^{\frac{3}{2}} - \frac{1}{2}y^2) dy$

3. $2\pi \int_0^4 (\sqrt{y} - \frac{1}{2}y)^2 dy$

4. $2\pi \int_0^4 (y - \frac{y^2}{4}) dy$

31. ถ้าหมุนบริเวณที่ล้อมรอบด้วยกราฟของ $y = x$ และ $y = x^2$ รอบแกน y แล้วปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบคือ

1. $\pi \int_0^1 (y - y^2) dy$

2. $2\pi \int_0^1 (x^2 - x^3) dx$

3. $\pi \int_0^1 (x^2 - x^4) dx$

4. $2\pi \int_0^1 (x^4 - x^2) dx$

32. ถ้าหมุนบริเวณที่ล้อมรอบด้วยกราฟของ $y = 4 - x^2$ และแกน x จาก $x=1$ ถึง $x=2$ รอบแกน y แล้วปริมาตรของทรงตันการหมุนรอบคือ

1. $\frac{3\pi}{2}$

2. $\frac{5\pi}{2}$

3. $\frac{7\pi}{2}$

4. $\frac{9\pi}{2}$

33. ให้ $f(x) = x^{\frac{3}{2}} + 2$, $0 \leq x \leq \frac{4}{3}$ ความยาวของส่วนโค้ง f คือ

1. $\frac{56}{27}$

2. $\frac{64}{81}$

3. $\frac{64\sqrt{3}}{243}$

4. $\frac{8}{27}$

34. ความยาวของส่วนโค้ง $9x^2 = 4y^3$ จากจุด $(0,0)$ ถึงจุด $(2\sqrt{3},3)$ คือ

1. $\frac{14}{5}$

2. $\frac{14}{3}$

3. $\frac{13}{4}$

4. $\frac{11}{4}$

35. ความยาวของส่วนโค้ง $y = (x-1)^{\frac{2}{3}}$ จาก $x = 1$ ถึง $x = 9$ คือ

1. $\int_1^9 \sqrt{1+y^2} dy$

2. $\int_1^9 \sqrt{1+\frac{9}{4}y} dy$

3. $\int_1^4 \sqrt{1+y^2} dy$

4. $\int_0^4 \sqrt{1+\frac{9}{4}y} dy$

36. ความยาวของส่วนโค้ง $y = \frac{1}{3}x^{\frac{3}{2}}$ จากจุด $(0,0)$ ถึงจุด $(9,9)$ คือ

1. $\int_0^9 \sqrt{1+\frac{1}{4}x} dx$

2. $\int_0^9 \sqrt{1+4x} dx$

3. $\int_0^9 \sqrt{1+x^4} dx$

4. $\int_0^9 \sqrt{1+\frac{9}{4}x} dx$

37. ให้ $f(x) = x^3, 0 \leq x \leq 1$ พื้นที่ผิวที่เกิดจากการหมุนส่วนโค้ง f รอบแกน x คือ

1. $\frac{\pi}{27}$

2. $\frac{10\pi}{27}$

3. $\frac{\pi}{36}(10^3 - 1)$

4. $\frac{\pi}{27}(10^2 - 1)$

38. พื้นที่ผิวที่เกิดจากการหมุนส่วนโค้ง $y = \sqrt{a^2 - x^2}, -a \leq x \leq a$ จาก $x = b$ ถึง $x = c$ เมื่อ $-a < b < c < a$ รอบแกน x คือ

1. $2\pi a$

2. $2\pi(c-b)$

3. $2\pi a(c-b)$

4. $2\pi a^2$

39. พื้นที่ผิวที่เกิดจากการหมุนส่วนโค้ง $y = x^2 + 1$, ในช่วง $[0,3]$ รอบแกน y คือ

1. $\frac{\pi}{6} \int_0^3 x \sqrt{1+4x^2} dx$

2. $2\pi \int_0^3 x \sqrt{1+4x^2} dx$

3. $\pi \int_0^3 x \sqrt{1+x^2} dx$

4. $2\pi \int_0^3 \sqrt{1+4x^2} dx$

40. พื้นที่ผิวที่เกิดจากการหมุนส่วนโค้ง $y = x^2$ ในช่วง $[0,1]$ รอบแกน y คือ

1. $\frac{2\pi}{3}$

2. $\frac{\pi}{6}(5\sqrt{5}-1)$

3. $\frac{\pi}{3}(5\sqrt{5}-1)$

4. $\frac{\pi}{12}(5\sqrt{5}-1)$

ตอนที่ 2

กำหนดให้ A เป็นบริเวณที่ล้อมรอบด้วยเส้นตรง $y=1$, $x=3$ และเส้นโค้ง $y = x^2$

จงหา

1. พื้นที่ของ A
2. ปริมาตรของทรงตันของการหมุน A รอบแกน x

แนวคำตอบ

ตอนที่ 1

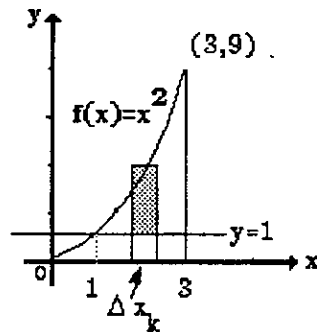
คำตอบจากข้อ 1 ถึงข้อ 40 :

1. 3 2. 2 3. 3 4. 3 5. 3 6. 2 7. 4 8. 3 9. 3 10. 1
 11. 2 12. 2 13. 3 14. 1 15. 4 16. 2 17. 2 18. 2 19. 1 20. 3
 21. 4 22. 1 23. 2 24. 3 25. 3 26. 3 27. 1 28. 2 29. 2 30. 2
 31. 2 32. 4 33. 1 34. 2 35. 4 36. 1 37. 4 38. 3 39. 2 40. 2

ตอนที่ 2

1.1 (ก) วิธีการอินทิเกรตเทียบกับ x

ขั้นที่ 1 เขียนกราฟแสดงบริเวณ



ขั้นที่ 2 กำหนด A_k ซึ่งเป็นพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากรูปที่ k บนช่วงย่อยที่ k บนแกน x

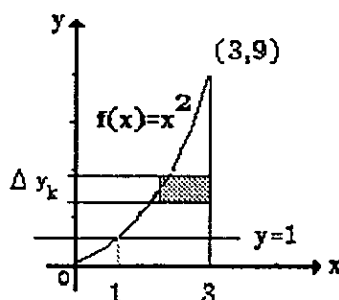
$$A_k = (x_k^2 - 1)\Delta x_k$$

ขั้นที่ 3 กำหนดและหาอินทิกรัล ซึ่งเป็นพื้นที่ของ A

$$\text{พื้นที่ของ } A = \int_1^3 (x^2 - 1)dx = \frac{20}{3}$$

(ข) วิธีการอินทิเกรตเทียบกับ y

ขั้นที่ 1 เขียนกราฟแสดงบริเวณ



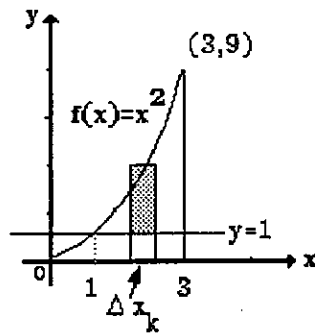
ขั้นที่ 2 กำหนด $A_k = (3 - \sqrt{y_k})\Delta y_k$

ขั้นที่ 3 กำหนดและหาอินทิกรัลซึ่งเป็นพื้นที่ของ A

$$\text{พื้นที่ของ } A = \int_1^9 (3 - \sqrt{y}) dy = \frac{20}{3}$$

1.2 (ก) วิธีวงแหวน

ขั้นที่ 1 เขียนกราฟแสดงบริเวณ



ขั้นที่ 2 กำหนด V_k ซึ่งเป็นปริมาตรที่เกิดจากการหมุนรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากรูปที่ k รอบแกน x

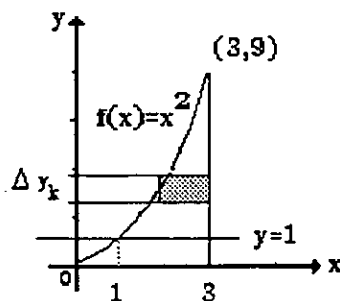
$$V_k = \pi(x_k^4 - 1)\Delta x_k$$

ขั้นที่ 3 กำหนดและหาอินทิกรัลซึ่งเป็นปริมาตร V ที่ต้องการ

$$V = \pi \int_1^3 (x^4 - 1) dx = \frac{232}{5} \pi$$

(ข) วิธีแบบชั้นทรงกระบอก

ขั้นที่ 1 เขียนกราฟแสดงบริเวณ



ขั้นที่ 2 กำหนด V_k ซึ่งเป็นปริมาตรที่เกิดจากการหมุนรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากรูปที่ k รอบแกน x

$$V_k = 2\pi y_k (3 - \sqrt{y_k}) \Delta y_k$$

ขั้นที่ 3 กำหนดและหาอินทิกรัลซึ่งเป็นปริมาตร V ที่ต้องการ

$$V = 2\pi \int_1^9 y(3 - \sqrt{y}) dy = \frac{232}{5} \pi$$

ภาคผนวก ง

ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก

ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก

ข้อที่	ค่า (P)	ค่า (D)	ข้อที่	ค่า (P)	ค่า (D)
1	0.33	0.32	21	0.53	0.54
2	0.44	0.48	22	0.74	0.48
3	0.58	0.23	23	0.53	0.35
4	0.49	0.32	24	0.47	0.56
5	0.51	0.43	25	0.61	0.23
6	0.68	0.50	26	0.72	0.40
7	0.72	0.37	27	0.61	0.62
8	0.79	0.21	28	0.54	0.51
9	0.78	0.22	29	0.58	0.39
10	0.71	0.41	30	0.44	0.50
11	0.44	0.34	31	0.44	0.42
12	0.53	0.62	32	0.35	0.32
13	0.64	0.42	33	0.35	0.30
14	0.71	0.32	34	0.44	0.44
15	0.44	0.25	35	0.25	0.23
16	0.53	0.44	36	0.27	0.21
17	0.51	0.42	37	0.49	0.38
18	0.62	0.51	38	0.53	0.32
19	0.72	0.55	39	0.67	0.23
20	0.63	0.50	40	0.49	0.41

ภาคผนวก จ

ข้อมูลดิบของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ข้อมูลดิบของกลุ่มควบคุม

ลำดับ	เพศ	อายุ	GPA	PRE(40)*	MC(40)*	WP(10)*	POST(50)*
1	ชาย	18	2.53	24	28	7	35
2	หญิง	18	2.98	29	23	6	29
3	ชาย	18	2.48	30	20	7	27
4	หญิง	20	3.00	25	21	0	21
5	ชาย	19	2.73	28	24	1	25
6	หญิง	19	3.50	35	35	5	40
7	หญิง	19	2.33	22	32	0	32
8	หญิง	18	2.28	17	16	0	16
9	หญิง	20	1.95	20	27	2	29
10	หญิง	18	2.20	20	20	2	22
11	ชาย	19	2.40	23	32	2	34
12	หญิง	18	2.55	27	33	0	33
13	หญิง	18	2.18	17	15	1	16
14	ชาย	20	2.35	14	23	1	24
15	ชาย	18	1.98	25	17	1	18
16	ชาย	20	2.73	23	17	0	17
17	หญิง	19	2.28	14	27	0	27
18	หญิง	18	2.93	24	25	0	25
19	หญิง	19	1.90	16	13	0	13
20	หญิง	19	2.65	20	17	0	17
21	ชาย	19	1.73	23	27	1	28
22	ชาย	19	2.30	21	23	0	23
23	หญิง	18	2.50	26	15	1	16
24	หญิง	19	2.15	19	13	0	13
25	ชาย	16	2.35	15	16	1	17
26	หญิง	17	2.53	23	20	0	20
27	ชาย	19	2.10	21	19	4	23
28	หญิง	19	2.40	21	21	6	27
29	ชาย	19	2.25	18	17	4	21
30	ชาย	19	2.98	31	29	0	29

* ตัวเลขในวงเล็บเป็นคะแนนเต็ม

ข้อมูลดิบของกลุ่มทดลอง

ลำดับ	เพศ	อายุ	GPA	PRE(40)*	MC(40)*	WP(10)*	POST(50)*
1	ชาย	19	3.10	28	27	6	33
2	หญิง	18	2.95	30	33	2	35
3	หญิง	18	3.25	26	35	3	38
4	หญิง	18	2.63	20	19	3	22
5	ชาย	18	2.48	21	33	0	33
6	หญิง	19	2.38	23	29	7	36
7	หญิง	18	3.20	33	32	1	33
8	ชาย	19	2.88	29	28	4	32
9	หญิง	18	2.08	20	28	0	28
10	หญิง	17	2.70	25	27	0	27
11	หญิง	17	2.60	18	20	0	20
12	หญิง	18	2.85	27	23	0	23
13	หญิง	18	2.60	24	25	0	25
14	หญิง	18	2.18	14	17	0	17
15	หญิง	18	1.90	20	23	1	24
16	หญิง	19	1.45	16	9	0	9
17	หญิง	18	2.65	15	19	0	19
18	ชาย	18	2.15	14	20	1	21
19	หญิง	18	2.33	22	24	0	24
20	ชาย	19	2.08	18	19	2	21
21	ชาย	18	2.43	24	32	1	33
22	หญิง	20	2.48	17	11	1	12
23	ชาย	18	2.00	19	20	0	20
24	หญิง	18	2.62	26	24	0	24
25	ชาย	18	2.63	23	15	1	16
26	หญิง	19	2.40	21	24	1	25
27	หญิง	20	2.88	23	15	1	16
28	ชาย	18	1.75	30	7	0	7
29	หญิง	19	2.28	21	17	3	20
30	หญิง	18	3.08	23	29	6	35

* ตัวเลขในวงเล็บเป็นคะแนนเต็ม

ภาคผนวก ฉ

รายชื่อผู้ที่เกี่ยวข้องในการวิจัย

รายชื่อผู้ที่เกี่ยวข้องในการวิจัย

ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและวิธีสอน

- | | | |
|-----------------|-----------------|------------------------------------|
| 1. ผศ.ดร.ภิรมย์ | พูลสวัสดิ์ | ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 2. รศ.ดร.อำพล | ธรรมเจริญ | ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 3. ผศ.ศุภกิจ | เฉลิมวิสุตม์กุล | ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |

ผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์สมศักดิ์ ลิ้มเกิด บริษัท อินเตอร์ ฟาร์อีสต์ วิศวกร จำกัด(มหาชน)

ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อการสอน

อาจารย์ ดร. นัญญา พลิตวานนท์ ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา

ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลการศึกษา

อาจารย์ ดร.สมศักดิ์ ลีลา ภาควิชาวิจัยและวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะอาจารย์ที่ร่วมตรวจข้อสอบแบบอัตนัย

- | | | |
|-----------------|-----------------|------------------------------------|
| 1. ผศ.ศุภกิจ | เฉลิมวิสุตม์กุล | ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 2. อาจารย์ปรารภ | บุญศิริเรก | ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 3. อาจารย์รักพร | ดอกจันทร์ | ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |

คณะทำงานที่ร่วมพัฒนาโปรแกรมบทเรียน

- | | | |
|------------------|----------------|--|
| 1. อาจารย์รัชชัย | เอี่ยมไพโรจน์ | ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 2. อาจารย์นวลศรี | เด่นวัฒนา | ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 3. นายธิปไตย | จิตต์วิณะ | นิสิตวิชาเอกวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 4. นายปัทม์ | วงศ์บุปผา | นิสิตวิชาเอกคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 5. นายชัยวัฒน์ | พนิตวงศ์ตระกูล | นิสิตวิชาเอกคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา |

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ ธ.ธง พวงสุวรรณ
เกิด วันที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2490
สถานที่เกิด บ้านเลขที่ 99 หมู่ที่ 4 ต.สิงห์ อ.บางระจัน จ.สิงห์บุรี
สถานที่ทำงานปัจจุบัน ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี
ตำแหน่ง อาจารย์

ประวัติการศึกษา

- ปี พ.ศ. 2500 จบการศึกษาระดับประถมศึกษา โรงเรียนบ้านไม้คัด
อ.บางระจัน จ.สิงห์บุรี
- ปี พ.ศ. 2506 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบางระจัน
อ.บางระจัน จ.สิงห์บุรี
- ปี พ.ศ. 2508 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสิงห์วัฒนะพาหุ
อ.บางระจัน จ.สิงห์บุรี
- ปี พ.ศ. 2512 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี กศ.บ.(คณิตศาสตร์)
วิทยาลัยการศึกษา บางแสน
- ปี พ.ศ. 2518 จบการศึกษาระดับปริญญาโท กศ.ม.(คณิตศาสตร์)
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
- ปี พ.ศ. 2532 จบการศึกษาประกาศนียบัตรการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์
ศูนย์การศึกษาคอมพิวเตอร์
- ปี พ.ศ. 2540 จบการศึกษาระดับปริญญาเอก กศ.ด.(คณิตศาสตร์ศึกษา)
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

สถานที่อยู่ปัจจุบัน

บ้านเลขที่ 76/6 หมู่ที่ 15 ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี โทร (038) 382214

การสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเรื่องอินทิกรัล ระดับมหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ของ

ธ.ธง พวงสุวรรณ

**เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขฎีบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา
มีนาคม 2540**

ความก้าวหน้าทางด้านคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ดังนั้น การสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วยจะต้องได้รับการพัฒนาตามไปด้วยเสมอ การวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อ (1) พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาแคลคูลัส เรื่อง อินทิกรัลจำกัดเขตของฟังก์ชันพีชคณิตและการประยุกต์ทางเรขาคณิต และ (2) ศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมที่พัฒนา โดยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยตนเองจากโปรแกรมที่พัฒนากับกลุ่มที่เรียนตามปกติ และศึกษาการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนกับวิธีสอน

ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามขั้นตอนการพัฒนา 8 ขั้นที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น หลังจากนั้นได้ศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมที่พัฒนา โดยใช้กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนิสิตชั้นปีที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่เรียนวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 2 ในปีการศึกษา 2539 ซึ่งจับคู่ตามความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นคะแนนสอบวิชาแคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1 ในภาคเรียนก่อนหน้า แล้วสุ่มมาทีละคู่และสุ่มสมาชิกของแต่ละคู่เข้าเป็นสมาชิกในกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง กลุ่มละ 30 คน ให้กลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ ส่วนกลุ่มทดลองเรียนด้วยตนเองจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หลังการเรียนครบ 8 คาบเรียนทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การทดสอบ t เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม และใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบตัวแปรอิสระหลายตัว เพื่อตรวจสอบการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์กับวิธีสอน

ผลการวิจัยปรากฏว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนิสิตกลุ่มที่เรียนจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับนิสิตกลุ่มที่เรียนตามปกติไม่มีความแตกต่างกัน (2) ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ กับวิธีสอน หรือกล่าวได้ว่า ผลที่เกิดจากการสอนใช้คอมพิวเตอร์ช่วย จะไม่แตกต่างกันในระดับใด ๆ ของความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน และ (3) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้พัฒนาขึ้นน่าจะมีความเหมาะสมสำหรับนิสิต นักศึกษาใช้เรียนด้วยตนเองหรือเสริมการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องอินทิกรัลจำกัดเขตของฟังก์ชันพีชคณิตและการประยุกต์ทางเรขาคณิตในวิชาแคลคูลัส

จากผลของการวิจัยนี้ มีข้อเสนอแนะ (1) ควรใช้วิธีสอนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการสอนโดยตรงหรือเพื่อเสริมการเรียนรู้สำหรับนิสิต นักศึกษาผนวกเข้ากับวิธีสอนตามปกติ และ (2) ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบของสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

**COMPUTER-ASSISTED INSTRUCTION IN INTEGRAL CALCULUS
AT THE UNIVERSITY LEVEL**

AN ABSTRACT

BY

TAU-TONG PUANGSUWAN

Presented in partial fulfillment of the requirements for the

Doctor of Education degree in Mathematics Education

at Srinakharinwirot University

March 1997

Computer technology has been developed so rapidly that Computer-Assisted Instruction (CAI) should be also developed accordingly. The purposes of this study were : (1) to develop CAI software to assist Calculus learning at the university level on "Definite Integrals and Applications" and (2) to investigate mathematical achievements in "Definite Integrals and Applications" through the CAI software as compared with those through traditional method and to determine an interaction between the previous mathematical knowledge and the instructional methods.

The CAI software was developed in an 8-step procedure and its efficiency was studied. The subjects of the study were 60 science freshmen enrolled in the class of Calculus and Analytic Geometry II at Burapha University in 1996. They were randomly selected in pairs based on their previous mathematical knowledge determined by test scores in Calculus and Analytic Geometry I. The experimental group of 30 students was assigned to learn on their own through the CAI software. The control group of 30 students was assigned to learn by the traditional method without computer aids. The mathematical achievement test constructed by the researcher was used to evaluate students' achievements after 8 periods of instruction.

The t-test technique was employed to determine the difference of mean scores obtained by the two groups whereas the multiple linear regression analysis technique was employed to investigate the interaction between the previous mathematical knowledge and the instructional methods.

The results of this research were as follows : (1) no significant difference of mean scores achieved by the two groups was found. (2) no interaction between the previous mathematical knowledge and the instructional methods was revealed; that is, CAI had no differential effects on the previous mathematical knowledge at any level. (3) the developed software should be appropriate for the teaching of Definite Integrals and Applications as well as the remedy thereof.

The author recommended that (1) learning through CAI software should be for students' self study or review of materials in addition to the traditional method of teaching and (2) a further research should be undertaken as regards other environmental factors that might improve the efficiency of CAI.