รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยเรื่อง

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

Computer Assisted Instruction on Digital Integrated Circuits Design with VHDL

โดย

นาย ขรรค์ชัย ตุลละสกุล

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รายงานนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

จากเงินงบประมาณ ประจำปี 2546

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล รวมทั้งหาประสิทธิผลทางการเรียนรู้ของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ชั้นปีที่ 4 ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จำนวน 34 คน

ผลการวิจัยพบว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอลที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 88.33/87.38 และมีประสิทธิผลเท่ากับ 60.82 ซึ่งผลของประสิทธิภาพของบทเรียนและการทดลองสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ ดังนั้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอลที่สร้างขึ้นสามารถใช้เป็นบทเรียนสำเร็จรูปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน, การออกแบบวงจรรวมดิจิตอล, วีเอชดีแอล

Abstract

The purpose of this research were to construct a computer assisted instruction on digital integrated circuits design with VHDL and to evaluate the package efficiency and to determine the learning effectiveness of the learners after having used this package. The sample group consisted of 34 fourth year bachelor's degree students. They were studying electrical engineering in Electrical Technology Education, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi.

The result of the study revealed that the efficiency of the constructed package was 88.33/87.38 the effectiveness was 60.82, which was higher than the set criteria of the research, which was 80/80. The result indicate that the instruction package helped the learner gaining high achievement.

Keywords : Computer Assisted Instruction, Digital Integrated Circuits Design, VHDL

คำนำ

งานวิจัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล เป็นงานวิจัยที่พัฒนาสำหรับการเรียนรู้การเขียนภาษาวีเอชดีแอลด้วยตนเอง ซึ่งเป็นภาษาระดับสูงที่สามารถสังเคราะห์เป็นวงจรรวมประเภทดิจิตอลได้ ซึ่งโปรแกรมนี้ได้ถูกนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนที่ภาคครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี ในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลหรือรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาวงจรการเขียนภาษาระดับสูง

งานวิจัยนี้ได้รับกาสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ จากเงินงบประมาณประจำปี 2546 ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ผู้วิจัย

สารบัญ

ชื่อเรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ก
คำนำ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.5 นิยามศัพท์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 หลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์การสอน	4
2.2 การประเมินคุณภาพแบบทดสอบ	25
2.3 การประเมินคุณภาพบทเรียน	26
2.4 ภาษาวีเอชดีแอล	28
2.5 ภาษาวีเอชดีแอลเบื้องต้น	30
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	
3.1 รวบรวมเนื้อหา	39
3.2 การวิเคราะห์เนื้อหา	40
3.3 ออกแบบหน่วยการเรียน	41

สารบัญ (ต่อ)

ชื่อเรื่อง	หน้า
3.4 การพัฒนาหน่วยการเรียน	42
3.5 การพัฒนาเนื้อหาสู่โปรแกรม	46
3.6 การประเมินผลบทเรียน	48
3.7 การวิเคราะห์ผลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล	50
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	
4.1 ผลการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	54
4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบ	62
4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนและประสิทธิผลการเรียนรู้	65
บทที่ 5 สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	68
5.2 ขอบเขตของการวิจัย	68
5.3 เครื่องมือที่ใช้	69
5.4 สรุปผลการดำเนินงาน	69
5.5 อภิปรายผล	70
5.6 ข้อเสนอแนะ	70
บรรณานุกรม	71

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงการตีความหมายระดับความยากของการวิเคราะห์ข้อสอบ	25
2.2 แสดงการตีความหมายค่าอำนาจจำแนกของการวิเคราะห์ข้อสอบ	26
2.3 แสดงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบต่างๆ	31
4.1 แสดงการแบ่งเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	61
4.2 แสดงตารางวิเคราะห์ข้อสอบ	63
4.3 แสดงผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียน	66
4.4 แสดงผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนเฉลี่ยทั้ง 5 หน่วยการเรียน	66
4.5 แสดงประสิทธิผลทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อบทเรียน	67

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	รูปการเขียน Entity	32
2.2	รูปแบบการเขียน Architecture	32
3.1	ขั้นตอนหลักของการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	37
3.2	แสดงกระบวนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	38
4.1	แสดงแผนภูมิระดมสมอง (Brain Storm Chart) ของบทเรียน	55
4.2	แสดงแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ (Concept Chart) ของบทเรียน	56
4.3	แสดงแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart) ของบทเรียน	57
4.4	แสดงแผนภูมิการนำเสนอลำดับการเรียนทั้งรายวิชา (Course Flow Chart)	60

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้เข้ามามีบทบาทและมีความสำคัญอย่างมากทั้งในด้านธุรกิจอุตสาหกรรม และในชีวิตประจำวัน ในรูปแบบของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องอำนวยความสะดวก เช่น โทรทัศน์ วิทยุ โทรศัพท์ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น จากการประดิษฐ์วงจรรวมที่สามารถบรรจุวงจรทรานซิสเตอร์ลงไปได้นับแสนตัว ทำให้เทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว จนอาจเรียกได้ว่าเป็นการปฏิวัติอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ครั้งใหม่ ในส่วนของวงจรรวมดิจิตอล ได้มีการพัฒนาไอซีเอฟพีจีเอและซีพีแอลดี ที่สามารถใช้แทนวงจรดิจิตอลหลายๆ วงจรได้ด้วยไอซีเพียงตัวเดียวและยังสามารถออกแบบวงจรที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นได้ ส่งผลให้วงจรรวมดิจิตอลมีขนาดเล็กลง ในการออกแบบวงจรนั้นนอกจากผู้ออกแบบจะต้องมีพื้นฐานทางอิเล็กทรอนิกส์แล้ว ผู้ออกแบบยังต้องมีความรู้ทางด้านการออกแบบวงจรรวมและภาษาที่ใช้ในการออกแบบซึ่งยากที่จะเข้าใจด้วยการอ่านเพียงอย่างเดียว และหากไม่มีพื้นฐานจะทำให้ผู้เรียนมองไม่เห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาในแต่ละส่วน อันจะทำให้เสียเวลาในการศึกษามากและเกิดความเบื่อหน่ายในการศึกษา

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ประกอบการศึกษาโดยเน้นในการศึกษาด้วยตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษานอกระบบโรงเรียนและเป็นการศึกษาตามอัธยาศัย ซึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอลได้ทำการออกแบบด้วยโปรแกรม Macromedia Authorware Professional version 6.0 ภายในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประกอบด้วยตัวหนังสือ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และมีเสียงบรรยายประกอบ ทำให้ผู้เรียนสามารถโต้ตอบกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้และสามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนในปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจรายละเอียดของเนื้อหาที่ซับซ้อนได้ชัดเจนมากขึ้น เช่นการออกแบบวงจรด้วยรูปแบบคำสั่งต่างๆ

1.3.2 ช่วยให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนรู้ เพราะมีภาพและเสียงบรรยายประกอบทำให้ไม่เกิดความเบื่อหน่าย

1.3.3 ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรับผิดชอบต่อการเรียน เพราะสามารถเรียนรู้ได้ตามความสนใจและสามารถเลือกเวลาที่เหมาะสมตามความต้องการของตนเองได้

1.3.4 ผู้เรียนสามารถทราบระดับความรู้ของตนเองได้ทันที หลังจากทำแบบทดสอบก่อนเรียนและสามารถทราบพัฒนาการของตนเองได้ทันทีหลังจากทำแบบทดสอบหลังเรียน

1.3.5 สามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอลนี้ไปเป็นแนวทางในการสร้าง และพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในสาขาวิชาอื่นๆ ที่มีลักษณะของเนื้อหาวิชาที่คล้ายคลึงกัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ประชากร คือนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จำนวน 74 คน

1.4.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ ประกอบด้วย

1.4.2.1 กลุ่มที่ 1 กลุ่มสำหรับหาคุณภาพของแบบทดสอบคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จำนวน 34 คน

1.4.2.2 กลุ่มที่ 2 กลุ่มสำหรับหาประสิทธิภาพและประสิทธิผลทางการเรียนรู้ของผู้เรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จำนวน 34 คน

1.4.3 ตัวแปรที่ทำการวิจัย ประกอบด้วย

1.4.3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

1.4.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

1.4.4 เนื้อหาที่นำมาใช้ในการสร้าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

1.4.4.1 Introduction to VHDL

1.4.4.2 VHDL Basic

1.4.4.3 Data types

1.4.4.4 VHDL Operations

1.4.4.5 Sequential Statement

1.4.5 องค์ประกอบตัวโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

1.4.5.1 เนื้อหาของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1.4.5.2 แบบทดสอบก่อนเรียน

1.4.5.3 แบบทดสอบระหว่างเรียน

1.4.5.4 แบบทดสอบหลังเรียน

1.4.6 โปรแกรมที่ใช้สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล คือ โปรแกรม Macromedia Flash MX Authorware Professional version 6.0 โดยใช้ร่วมกับโปรแกรม Adobe Photoshop 6.0

1.5 นิยามศัพท์

1.5.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

1.5.2 นักศึกษาหรือผู้เรียน หมายถึง นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

1.5.3 ประสิทธิภาพของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง ประสิทธิภาพของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล ที่สามารถปฏิบัติงานได้สำเร็จตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80

80 (E_1) ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยที่นักศึกษาทำแบบทดสอบระหว่างเรียนได้ถูกต้องร้อยละ 80

80 (E_2) ตัวหลัง หมายถึง คะแนนเฉลี่ยที่นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียนได้ถูกต้องร้อยละ 80

1.5.4 ประสิทธิผลทางการเรียน หมายถึง ความแตกต่างของคะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

1.5.5 แบบทดสอบ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ประเมินผลนักศึกษาก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์การสอน

2.1.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ความหมายของ คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction) หรือ ซีเอไอ (CAI) มีผู้รวบรวมและให้ความหมายไว้คล้ายคลึงกัน ดังนี้

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หรือโปรแกรมช่วยสอน คือสื่อที่ใช้ในการเรียนการสอนอันหนึ่ง CAI คล้ายกับสื่อการสอนอื่น ๆ เช่น วิดีโอช่วยสอน บัตรคำช่วยสอน โปสเตอร์ แต่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะดีกว่าตรงที่ตัวสื่อการสอน ซึ่งก็คือคอมพิวเตอร์นั้น สามารถโต้ตอบกับ นักเรียนได้ ไม่ว่าจะเป็นการรับคำสั่งเพื่อมาปฏิบัติ ตอบคำถามหรือไม่เช่นนั้นคอมพิวเตอร์ก็จะเป็นฝ่ายป้อนคำถาม [1]

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI : Computer Assisted Instruction) หมายถึง การประยุกต์นำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการเรียนการสอน โดยมีการพัฒนาโปรแกรมขึ้นเพื่อเสนอเนื้อหาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเสนอแบบติวเตอร์ (Tutorial) แบบจำลองสถานการณ์ (Simulations) หรือแบบการแก้ไขปัญหา (Problem Solving) เป็นต้น การเสนอเนื้อหาดังกล่าวเป็นการเสนอโดยตรงไปยังผู้เรียนผ่านทางจอภาพหรือแป้นพิมพ์ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วม วัสดุทางการสอนคือโปรแกรมหรือ Courseware ซึ่งปกติจะถูกจัดเก็บไว้ในแผ่นดิสก์หรือหน่วยความจำของเครื่องพร้อมที่จะเรียกใช้ได้ตลอดเวลา การเรียนในลักษณะนี้ในบางครั้งผู้เรียนจะต้องโต้ตอบ หรือตอบคำถามเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยการพิมพ์การตอบคำถามจะ ถูกประเมินโดยคอมพิวเตอร์ และจะเสนอแนะขั้นตอนหรือระดับในการเรียนขั้นต่อๆไป กระบวนการเหล่านี้เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ [2]

เฮนนาฟิน และเพค (Hannafin and Peck) [3] กล่าวถึง CAI ว่าเป็นการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอนโดยใช้โปรแกรมการเรียนการเรียนการสอนที่ผ่านคอมพิวเตอร์ประเภทใดก็ตาม กล่าวได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหรือ CAI มีคำที่ใช้ในความหมายเดียวกัน ได้แก่ Computer-Assisted Learning (CAL), Computer-aided Instruction (CaI), Computer-aided Learning (CaL) เป็นต้น

สรุปความหมายของ “คอมพิวเตอร์ช่วยสอน” หรือ CAI คือ การนำคอมพิวเตอร์มาเป็นเครื่องมือสร้างเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ ประกอบไปด้วย เนื้อหาวิชา แบบฝึกหัด แบบทดสอบ ลักษณะของการนำเสนออาจมีทั้งตัวหนังสือ ภาพกราฟฟิก ภาพเคลื่อนไหว สีหรือเสียง เพื่อดึงดูดให้ผู้เรียนเกิดความสนใจมากยิ่งขึ้น รวมทั้งการแสดงผล การเรียนให้ทราบทันทีด้วยข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ให้แก่ผู้เรียน และยังมีการจัดลำดับวิธีการสอนหรือกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียนในแต่ละคน ทั้งนี้จะต้องมีการวางแผนการในการผลิตอย่างเป็นระบบในการนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบที่แตกต่างกัน คำที่ใช้เรียกคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้แก่ Computer Assisted Instruction (CAI), Computer Aided Instruction (CAI), Computer Assisted Learning (CAL), Computer Aided Learning (CAL), Computer Based Instruction (CBI), Computer Based Training (CBI), Computer Administered Education (CAE) , Computer Aided Teaching (CAT) คำที่นิยมใช้ทั่วไปในปัจจุบันได้แก่ Computer Assisted Instruction หรือ CAI [4]

2.1.2 ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1.2.1 ไพโรจน์ ตีรณธนากุล [5] ได้เสนอรูปแบบหรือประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ออกเป็น 7 ประเภท ดังนี้

ก. Tutorial แบบสอนซ่อมเสริมหรือทบทวนหรือสอนเนื้อหาใหม่ เป็นบทเรียนเพื่อทบทวนการเรียนจากห้องเรียน หรือจากผู้สอนโดยวิธีใด ๆ จากทางไกล หรือทางใกล้ก็ตาม การเรียนมักจะไม่ใช่ความรู้ใหม่ หากแต่จะเป็นความรู้ที่เคยได้รับมาแล้วในรูปแบบ อื่นๆ แล้วใช้บทเรียนซ่อมเสริมเพื่อตอกย้ำความเข้าใจที่ถูกต้องและสมบูรณ์ดีขึ้น สามารถใช้ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน

ข. Drill and Practice แบบฝึกหัดและฝึกปฏิบัติ เพื่อใช้เสริมการปฏิบัติหรือเสริม ทักษะกระทำบางอย่างให้เข้าใจยิ่งขึ้นและเกิดทักษะที่ต้องการได้ เป็นการเสริมประสิทธิผลการเรียนของผู้เรียน สามารถใช้ในห้องเรียน เสริมขณะที่สอนหรือนอกห้องเรียน ณ ที่ใด เวลาใดก็ได้ สามารถใช้ฝึกหัดทั้งทางด้านทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ รวมทั้งทางช่างอุตสาหกรรมด้วย

ค. Simulation แบบสร้างสถานการณ์จำลอง เพื่อใช้สำหรับการเรียนรู้หรือทดลองจากสถานการณ์ที่จำลองจากสถานการณ์จริง ซึ่งอาจจะหาไม่ได้หรืออยู่ไกล ไม่สามารถ นำเข้ามาในห้องเรียนได้หรือมีสภาพอันตราย หรืออาจสิ้นเปลืองมากที่ต้องใช้ของจริงซ้ำๆ สามารถใช้สาธิตประกอบการสอนใช้เสริมการสอนในห้องเรียนหรือใช้ซ่อมเสริมภายหลังการเรียนนอกห้องเรียนที่ได้เวลาใดก็ได้

ง. Games แบบสร้างเป็นเกม การเรียนรู้บางเรื่อง บางระดับ บางครั้งการพัฒนาเป็นลักษณะเกมส์ สามารถเสริมการเรียนรู้ได้ดีกว่า การใช้เกมส์เพื่อการเรียน สามารถใช้สำหรับการเรียนรู้ความรู้ใหม่หรือเสริมการเรียนในห้องเรียนก็ได้ รวมทั้งสามารถสอนทดแทนครูในบางเรื่องได้ด้วยจะ

เป็นการเรียนรู้จากความเพลิดเพลินเหมาะสำหรับผู้เรียนที่มีระยะเวลาความสนใจสั้น เช่น เด็ก หรือในภาวะสภาพแวดล้อมที่ไม่อำนวย เป็นต้น

จ. Problem Solving แบบการแก้ปัญหา เป็นการฝึกการคิด การตัดสินใจ สามารถใช้กับวิชาการต่าง ๆ ที่ต้องการให้สามารถคิดแก้ปัญหา ใช้เพื่อเสริมการสอนในห้องเรียน หรือใช้ในการฝึกทั่ว ๆ ไป นอกห้องเรียนก็ได้ เป็นสื่อสำหรับการฝึกผู้บริหารได้ดี

ฉ. Test แบบทดสอบ เพื่อใช้สำหรับตรวจวัดความสามารถของผู้เรียน สามารถใช้ประกอบการสอนในห้องเรียน หรือใช้ตามความต้องการของครู หรือของผู้เรียนเอง รวมทั้งสามารถใช้นอกห้องเรียน เพื่อตรวจวัดความสามารถของตนเองได้ด้วย

ช. Discovery แบบสร้างสถานการณ์เพื่อให้ค้นพบเป็นการจัดทำเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากประสบการณ์ของตนเอง โดยการลองผิดลองถูกหรือเป็นการจัดระบบนำล่องเพื่อชี้นำสู่การเรียนรู้ สามารถใช้เรียนรู้ความรู้ใหม่หรือเป็นการทบทวนความรู้เดิม และใช้ประกอบการสอนในห้องเรียนหรือการเรียนนอกห้องเรียน สถานที่ใด เวลาใด ก็ได้

2.1.2.2 วีระ ไทยพานิช [6] สรุปลักษณะของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ทั่ว ๆ ไป แยกเป็นประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ดังต่อไปนี้

ก. ด้านการฝึกและปฏิบัติ (Drill and practice) คือนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในกิจกรรมการเรียนที่จะต้องฝึกหรือปฏิบัติซ้ำ ๆ นับว่าเหมาะสมมาก ทั้งนี้ ก็เพราะเหตุผลที่ว่าคอมพิวเตอร์มีความสามารถทำงานด้วยความสม่ำเสมอ ไม่รู้เบื่อ ไม่รู้จักเหนื่อยและให้ผลสูงสุด นักเรียนสามารถโต้ตอบ (Interact) กับคอมพิวเตอร์โดยปราศจากความกลัว

ข. ด้านสถานการณ์จำลอง (Simulation)คอมพิวเตอร์จะเสนอสถานการณ์ การเรียนซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะของความเป็นจริงหรือคล้ายสถานการณ์จริง ผู้เรียนจะต้องตัดสินใจ เมื่อคอมพิวเตอร์ได้รับคำตอบก็จะตอบผู้เรียนว่าที่ตอบไปนั้น เหมาะสมถูกต้องกับความเป็นจริงแค่ไหน สถานการณ์จำลองเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับสร้างประสบการณ์ มีประโยชน์ทั้งด้านเพิ่มประสบการณ์ ประหยัด ปลอดภัยทั้งผู้เรียนและผู้ที่เกี่ยวข้อง และเป็นที่ยอมรับในด้านการสอน ฝึกทักษะ (Motor Skills) เช่น การฝึกบิน นักบินอวกาศ ฯลฯ

ค. ด้านเป็นผู้สอนพิเศษหรือติวเตอร์ (Tutorials) คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ สอนพิเศษแก่ผู้เรียน คอมพิวเตอร์เสนอเนื้อหาหรืออาจเป็นรูปภาพ ถามคำถาม รับคำตอบ และแจ้งผลคำตอบ คอมพิวเตอร์จะปรับเนื้อหาและวิธีการให้เหมาะสมกับพื้นฐานของผู้เรียน

ง. ด้านการสอนโดยผู้เรียนควบคุมการเรียน (Learner Controlled Instruction) คอมพิวเตอร์เสนอนำรายการที่จะเรียนต่อผู้เรียนว่ามีอะไรเรียนบ้าง และผู้เรียนจะเป็นผู้เลือกจุดมุ่งหมายและกลวิธีการเรียนตามที่ต้องการ คอมพิวเตอร์จะเสนอเรื่อง เนื้อหา ให้เหมาะสมกับ

จุดมุ่งหมายที่ผู้เรียนเลือก ตลอดจนการเสนอเรื่องเนื้อหา ก็จะเป็นไปตามกลวิธีที่ผู้เรียนเลือกเช่นกัน ผู้เรียนถามและตอบคอมพิวเตอร์

จ. ด้านสอบสวนสืบสวน (Inquiry) ผู้สอนรวบรวมเนื้อหาเขียนเป็นโปรแกรม (Software) ขึ้นโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อ ผู้เรียนจะตั้งปัญหาหาทางหรือวิธีการแก้ปัญหา (Problem Solving) ป้อนคำถามเข้าคอมพิวเตอร์ และคอมพิวเตอร์ก็จะให้คำตอบการเรียนดำเนินไปเช่นนี้จนกว่าผู้เรียนจะสามารถแก้ปัญหาหรือเข้าใจปัญหา

ฉ. ด้านการฝึกเกม (Training Games) คอมพิวเตอร์สามารถทำให้นักเรียนเล่นเกมกับเครื่องคอมพิวเตอร์หรือเล่นแข่งกับเพื่อน เกมที่เล่นจะได้รับการออกแบบไว้อย่างดีแล้วเพื่อช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้ คอมพิวเตอร์จะเก็บคะแนนไว้ และปรับระดับความยากง่ายของเกมให้เหมาะกับระดับทักษะของนักเรียน

2.1.2.3 ทักษิณา สวนานนท์ [4] กล่าวถึงวิธีการและประเภทของงานการสอนที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ สรุปได้ดังนี้

ก. การฝึกทักษะและทำแบบฝึกหัด (Drill) วิธีการนี้เป็นที่รู้จักกันดีมาตั้งแต่ต้น มักจะเริ่มต้นด้วยการเตรียมเนื้อหามาให้อ่าน แล้วใช้แบบฝึกหัดเป็นการวัดความเข้าใจทบทวนและช่วยเพิ่มพูน ความรู้ หรือความชำนาญ แต่แบบฝึกหัดในลักษณะนี้ มักจะเป็นบทเรียนสั้น ๆ ที่นิยมกันมากแบบหนึ่งก็คือ จับคู่ ชี้ว่าถูก/ผิด และเลือกข้อที่ถูกจากตัวเลือก 3 - 5 ตัว การสอนในลักษณะนี้ จะต้องทำเป็นโปรแกรมบทเรียน คือ ค่อย ๆ เพิ่มเนื้อหา โดยให้เริ่มจากง่ายไปจนถึงยาก

ข. การเจรจา (Dialogue) วิธีนี้ได้รับความนิยมมากเช่นกัน ถึงแม้ว่าวิธีการทำจะค่อนข้างยุ่งยาก กล่าวคือพยายามให้เป็นการพูดคุยระหว่างผู้สอนและผู้เรียน โดยเลียนแบบการสอนในห้องเรียน เพียงแต่ว่าแทนที่จะเป็นเสียงก็เป็นตัวอักษรบนจอภาพ แล้วมีการสอนด้วยการตั้งปัญหาถาม ลักษณะในการใช้แบบสอบถามก็เป็นการแก้ปัญหาอย่างหนึ่ง เช่น บทเรียนวิชาเคมี อาจ ถามหาสารเคมีให้เป็นคำตอบ หรือบทเรียนสำหรับนักเรียนแพทย์ อาจเป็นการสมมติสภาพของคนไข้ ให้ผู้เรียนกำหนดวิธีการรักษาให้ก็ได้

ค. การจำลองสภาพ (Simulation) วิธีการนี้เป็นการเสนอปรากฏการณ์ที่จำลองมาจากของจริง เพราะบางทีประสบการณ์จริงเสี่ยงเกินไปหรือแพงเกินไป เช่น การเรียนวิธีขับเครื่องบินโดยใช้สถานการณ์จำลองจากคอมพิวเตอร์แทนการปฏิบัติจริงก่อน จนกว่าจะชำนาญ เป็นต้น การจำลองสภาพจริงมี 3 ลักษณะ คือ

(1) การจำลองสภาพแบบการทำงาน (Task Performance Simulation) เช่น การจำลองสภาพการบิน การขับรถ

(2) การจำลองสภาพแบบจำลองระบบ (System Modeling Simulation) เช่น การจำระบบจัดการจราจรวันเวย์ในนครหลวงดูว่า จะมีปัญหาอย่างใดหรือไม่ ก่อนจะลงมือทำถนนจริง ๆ

(3) การจำลองสภาพแบบประสบการณ์ (Experience Encounter Simulation) เช่น การลองให้ผู้ฝึกงานได้ทดลองทำงานบางอย่างหรือตัดสินใจในบางเรื่อง การทำจริง ๆ อาจยังไม่เกิดผล แต่ผู้เรียนจะได้เรียนรู้จากการจำลองสภาพว่า ประสบการณ์ของตนจะเป็นอย่างไร ถ้าอยู่ในสถานการณ์เช่นนั้น ทำให้คิดได้ล่วงหน้าว่า ควรจะพิจารณาปัจจัยอะไรบ้าง และ รู้ว่าจะมีความรู้สึก ความคิดเห็นต่าง ๆ อย่างไร

ง. เกมส์ (Games) ได้แก่ การเรียนรู้จากการเล่น การเล่นเกมส์เป็น กิจกรรมที่ให้ความสนุกสนานและหากเลือกเล่นให้เป็นแล้ว เกมส์นั้นจะช่วยในการเรียนรู้เป็นอย่างมาก เกมที่นำมาใช้ต้องมีเป้าหมายที่แน่นอนเพื่อให้ผู้เล่นจะต้องพยายามบรรลุเป้าหมายคือชัยชนะ โดยต้องคำนึงถึงกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ประกอบด้วยตลอดเวลา โดยทั่วไปเกมส์ที่ใช้ประกอบการเรียนมี 2 ประเภท คือ ประเภทการแข่งขันและประเภทการร่วมมือ เกมส์ประเภทแข่งขันมองแต่ชัยชนะ สอนให้เป็นตัวของตัวเอง ให้อยากพบความสำเร็จ ส่วนเกมส์ความร่วมมือ มักจะเป็นการแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม การทำงานเป็นทีม

จ. การแก้ปัญหาต่าง ๆ (Problem Solving) เป็น CAI ที่เน้นให้ฝึกการคิด การตัดสินใจ โดยมีการกำหนดเกณฑ์ให้แล้วให้ผู้เรียนพิจารณาไปตามเกณฑ์ มีการให้คะแนนหรือน้ำหนักกับเกณฑ์แต่ละข้อ เพื่อนำคะแนนของแต่ละเกณฑ์ไปรวมกันเพื่อการตัดสิน

ฉ. การค้นพบของใหม่ ได้แก่ CAI ประเภทที่ให้ประสบการณ์แก่ผู้เรียน ในด้านต่าง ๆ แล้วผู้เรียนจะสามารถนำประสบการณ์ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ หรือค้นพบสิ่งใหม่ ในลักษณะที่เกิดการเรียนรู้

ช.การทดสอบ คือการใช้ CAI ในการทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนไปด้วย ซึ่งจะต้องคำนึงถึงหลักเกณฑ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้แก่ การสร้างข้อสอบ การจัดการสอบ การตรวจให้คะแนน การวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ การสร้างคลังข้อสอบ และการจัด ให้ผู้สอบสุ่มเลือกข้อสอบเองได้ สรุปประเภทของ CAIโดยทั่วไป แบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ได้แก่ แบบสอนซ่อมเสริม (Tutorial) แบบฝึกหัด (Drill and Practice) แบบสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) แบบเกมส์ (Games) แบบการแก้ปัญหา (Problem Solving) แบบทดสอบ (Testing) และแบบสร้างสถานการณ์เพื่อให้ค้นพบ (Discovery or Investigation) และแบบเจรจา (Dialogue)

ในปัจจุบัน การมุ่งสู่ E-Education หรือ Virtual Instruction and Web Based Instruction ดังนั้น ไพโรจน์ ตีรณธนากุล และ ไพบูลย์ เกียรติโกมล [7] จึงได้เสนอรูปแบบหรือประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ออกเป็น 8 ประเภท ดังนี้

1. Instruction แบบการสอน เพื่อใช้สอนความรู้ใหม่แทนครู ซึ่งจะเป็นการพัฒนาแบบ Self-Study Package เป็นรูปแบบของการศึกษาด้วยตนเอง จะเป็นชุดการสอนที่จะต้องใช้ความระมัดระวัง และทักษะในการพัฒนาที่สูงมาก เพราะจะยากเป็นทวีคูณกว่าการพัฒนาชุดการสอนแบบโมดูลหรือแบบโปรแกรมที่เป็นตำราซึ่งคาดว่าจะมีบทบาทมากในอนาคตอันใกล้นี้ โดยเฉพาะ IMMCAI บน Internet

2. Tutorial แบบสอนซ่อมเสริมหรือทบทวน เป็นบทเรียนเพื่อทบทวนการเรียนจากห้องเรียน หรือจากผู้สอนโดยวิธีใด ๆ จากทางไกล หรือทางใกล้ก็ตาม การเรียนมักจะไม่ใช่ความรู้ใหม่ หากแต่จะเป็นความรู้ที่เคยได้รับมาแล้วในรูปแบบอื่นๆแล้วใช้บทเรียนซ่อมเสริมเพื่อตอกย้ำความเข้าใจที่ถูกต้องและสมบูรณ์ดีขึ้น สามารถใช้ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน

3. Drill and Practice แบบฝึกหัดและฝึกปฏิบัติ เพื่อใช้เสริมการปฏิบัติหรือเสริมทักษะ กระทำบางอย่างให้เข้าใจยิ่งขึ้นและเกิดทักษะที่ต้องการได้ เป็นการเสริมประสิทธิผล การเรียนของผู้เรียน สามารถใช้ในห้องเรียน เสริมขณะที่สอนหรือนอกห้องเรียน ณ ที่ใด เวลาใดก็ได้ สามารถใช้ฝึกหัดทั้งทางด้านทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ รวมทั้งทางช่าง อุตสาหกรรมด้วย

4. Simulation แบบสร้างสถานการณ์จำลอง เพื่อใช้สำหรับการเรียนรู้ หรือทดลองจากสถานการณ์ที่จำลองจากสถานการณ์จริง ซึ่งอาจจะหาไม่ได้หรืออยู่ไกล ไม่สามารถ นำเข้ามาในห้องเรียนได้หรือมีสภาพอันตรายหรืออาจสิ้นเปลืองมากที่ต้องใช้ของจริงซ้ำๆ สามารถใช้สาธิตประกอบการสอน ใช้เสริมการสอนในห้องเรียน หรือใช้ซ่อมเสริมภายหลังการเรียนนอกห้องเรียน ที่ได้ เวลาใด ก็ได้

5. Games แบบสร้างเป็นเกม การเรียนรู้บางเรื่อง บางระดับ บางครั้ง การพัฒนาเป็นลักษณะเกม สามารถเสริมการเรียนรู้ได้ดีกว่า การใช้เกมเพื่อการเรียน สามารถใช้สำหรับการเรียนรู้ความรู้ใหม่หรือเสริมการเรียนในห้องเรียนก็ได้ รวมทั้งสามารถสอนทดแทนครูในบางเรื่องได้ด้วย จะเป็นการเรียนรู้จากความเพลิดเพลิน เหมาะสำหรับผู้เรียนที่มีระยะเวลาความสนใจสั้น เช่น เด็ก หรือในภาวะสภาพแวดล้อมที่ไม่อำนวย เป็นต้น

6. Problem Solving แบบการแก้ปัญหา เป็นการฝึกการคิด การตัดสินใจ สามารถใช้กับวิชาการต่าง ๆ ที่ต้องการให้สามารถคิด แก้ปัญหา ใช้เพื่อเสริมการสอนในห้องเรียน หรือใช้ในการฝึกทั่ว ๆ ไป นอกห้องเรียนก็ได้ เป็นสื่อสำหรับการฝึกผู้บริหารได้ดี

7. Test แบบทดสอบ เพื่อใช้สำหรับตรวจวัดความสามารถของผู้เรียนสามารถใช้ประกอบการสอนในห้องเรียน หรือใช้ตามความต้องการของครู หรือของผู้เรียนเอง รวมทั้งสามารถใช้นอกห้องเรียน เพื่อตรวจวัดความสามารถของตนเองได้ด้วย

8. Discovery แบบสร้างสถานการณ์เพื่อให้ค้นพบ เป็นการจัดทำเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากประสบการณ์ของตนเอง โดยการลองผิดลองถูกหรือเป็นการจัดระบบนำล่องเพื่อชี้นำสู่การเรียนรู้ สามารถใช้เรียนรู้ความรู้ใหม่หรือเป็นการทบทวนความรู้เดิม และใช้ประกอบการสอนในห้องเรียนหรือการเรียนนอกห้องเรียน สถานที่ใด เวลาใด ก็ได้

2.1.3 ข้อดีของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1.3.1 กิดานันท์ มลิทอง [8] ได้สรุปข้อดีและข้อจำกัดของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction : CAI) ไว้ดังนี้

ก. คอมพิวเตอร์ช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนเนื่องจากการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์นั้นเป็นประสบการณ์ที่แปลกและใหม่

ข. การใช้สี ภาพลายเส้นที่แลดูคล้ายเคลื่อนไหว ตลอดจนเสียงดนตรี จะเป็นการเพิ่มความเหมือนจริงและเร้าใจผู้เรียนให้เกิดความอยากเรียนรู้ ทำแบบฝึกหัดหรือทำ กิจกรรมต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นต้น

ค. ความสามารถของหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยในการบันทึกคะแนนและพฤติกรรมต่าง ๆ ของผู้เรียนได้เพื่อใช้ในการวางแผนบทเรียนในขั้นต่อไปได้

ง. ความสามารถในการเก็บข้อมูลของเครื่อง ทำให้สามารถนำมาใช้ได้ในลักษณะของการศึกษารายบุคคลได้เป็นอย่างดีโดยสามารถกำหนดบทเรียนให้แก่ผู้เรียนแต่ละคนและแสดงผลก้าวหน้าให้เห็นได้ทันที

จ. ลักษณะของโปรแกรมบทเรียนที่ให้ความเป็นส่วนตัวแก่ผู้เรียนเป็นการช่วยให้ผู้เรียนที่เรียนช้าสามารถเรียนไปได้ตามความสามารถของตนโดยสะดวกอย่างไม่รีบเร่งโดยไม่ต้องอายผู้อื่นและไม่ต้องอายเครื่องมือเมื่อตอบคำถามผิด

ฉ. เป็นการช่วยขยายขีดความสามารถของผู้สอนในการควบคุมผู้เรียนได้อย่างใกล้ชิดเนื่องจากสามารถบรรจุข้อมูลได้ง่ายและสะดวกในการนำออกมาใช้

2.1.3.2 ทักษิณา สวนานนท์ [4] ยังได้สรุปผลงานการวิจัยต่าง ๆ ด้านCAI ซึ่งผลของการวิจัยมีแนวโน้มว่า CAI ส่งเสริมให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ได้แก่

ก. CAI ทำให้ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนสูงขึ้น แม้จะมีบางแห่งไม่แสดงความแตกต่างมากนัก เมื่อเทียบกับการเรียนในห้องเรียน

ข. CAI จะลดเวลาเรียนลง เมื่อเทียบกับการเรียนในห้องเรียน

ค. ผู้เรียนจะสนใจการเรียนมากขึ้นเมื่อเรียนด้วย CAI

ง. พัฒนาการของ CAI เท่าที่เป็นมา เป็นที่ยอมรับกันมากในวงการศึกษาและวงการครู

จ. ผู้เรียนที่ค่อนข้างช้า จะมีผลสัมฤทธิ์สูงขึ้นมากกว่าผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนปกติ แม้ว่าสิ่งที่คงเหลือจากการเรียนรู้จะต่ำกว่า เมื่อเทียบกับการเรียนจากห้องเรียนปกติ

ฉ. ไม่ว่า CAI จะมีลักษณะใด (ทบทวน ฝึกหัด เกม สร้างสถานการณ์จำลอง) ความแตกต่างทางด้านผลสัมฤทธิ์มีไม่มากนัก ไม่ว่าผู้เรียนจะอยู่ในชั้นประถม มัธยม หรือผู้ใหญ่ที่มารับการอบรม ผู้เรียนส่วนใหญ่ต้องการพบครูผู้สอนเป็นครั้งคราวหรือไม่ก็ต้องการให้ครูอยู่ในชั้นเรียนด้วย เพราะบางทีอยากอภิปรายในเรื่องบางเรื่องเป็นพิเศษ แต่ผลการวิจัยกลับพบว่า การมีครูเข้าไปยุ่งด้วยมากเท่าใด ยิ่งทำให้การเรียนช้าลง มหาวิทยาลัยบางแห่งจึงกำลังทำการวิจัยอยู่ว่า ครูควรเข้าไปมีบทบาทร่วมด้วยมากน้อยเพียงใด จึงจะพอดี

สำหรับในด้านผู้เรียนแล้ว ทักษิณา สวนานนท์ [4] ได้รวบรวมประโยชน์ที่ได้รับจากการเรียนด้วย CAI สรุปได้ดังนี้

ก. การได้เจรจาโต้ตอบกับคอมพิวเตอร์ ทำให้ผู้เรียนพอใจมาก

ข. นอกจากนั้นผู้เรียนสามารถควบคุมวิธีการเรียนของตัวเองได้

ค. ผู้เรียนใช้ความถนัดของตนเองมากที่สุด ถ้าสนใจมากก็อาจใช้เวลามากสนใจน้อยก็ใช้เวลาน้อยลง

ง. เราอาจกำหนดวิธีสอนให้ตรงกับความต้องการของผู้เรียนได้เพราะคำตอบที่ผู้เรียนใช้ อาจเป็นแนวให้กำหนดบทเรียนให้ไปช้า เร็ว หรือมีความแตกต่างอย่างนั้นอย่างนี้ได้

จ.ในการเรียนด้วย CAI ผู้เรียนจะต้องมีสมาธิอยู่กับเครื่องคอมพิวเตอร์และจอภาพตลอดเวลา จะฝันกลางวันเหมือนอย่างเวลาฟังครูสอนหน้าชั้นไม่ได้เลย

ฉ. การได้นำคำตอบของผู้เรียนมาวิจัยได้ นับว่าเป็นประโยชน์ที่สุดในการทำบทเรียนหรือแก้ไขบทเรียนในโอกาสต่อไป ผู้เรียนจะพบว่าบทเรียนดี สนุกสนาน และน่าเรียน

2.1.3.3 เฮนนาฟิน และเพค (Hannafin and Peck) [3] กล่าวถึงข้อได้เปรียบของ CAI เมื่อเปรียบเทียบกับสื่อการเรียนการสอนประเภทอื่น ๆ สรุปได้ดังนี้

ก. บทเรียน CAI มีการโต้ตอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับบทเรียนในขณะที่เรียนมากกว่าสื่อการเรียนการสอนประเภทอื่นๆ โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการนำเสนอบทเรียน

ข. บทเรียน CAI สนับสนุนการเรียนแบบรายบุคคล (Individualization)ได้อย่างมีประสิทธิผลผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองเวลาใดก็ได้ตามต้องการ

ค. บทเรียน CAI ช่วยลดต้นทุนในด้านการจัดการเรียนการสอนได้เพราะการเรียนด้วย CAI ไม่ต้องใช้ครูผู้สอน เมื่อสร้างบทเรียนแล้ว การทำซ้ำเพื่อการเผยแพร่ใช้ต้นทุนต่ำมาก และสามารถใช้กับผู้เรียนได้เป็นจำนวนมากเมื่อเทียบการสอนโดยใช้ครูผู้สอน

ง. บทเรียน CAI มีแรงจูงใจให้ผู้เรียนสนใจเรียน เนื่องจากบทเรียนCAI ใช้คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ในการนำเสนอบทเรียน เป็นสิ่งแปลกใหม่ มีการปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนตลอดเวลา ผู้เรียนไม่เบื่อหน่าย ทำให้ช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วย

จ. บทเรียน CAI ให้ผลย้อนกลับ (Feedback) แก่ผู้เรียนได้อย่างรวดเร็ว ผู้เรียนทราบความก้าวหน้าของตนเองได้ทันที

ฉ. บทเรียน CAI สะดวกต่อการติดตามประเมินผลการเรียน โดยมีการออกแบบโปรแกรมให้สามารถเก็บข้อมูลคะแนนหรือผลการเรียนของผู้เรียนแต่ละคนไว้สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อประเมินผลได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องเมื่อเปรียบเทียบกับครูผู้สอน

ช. บทเรียน CAI มีเนื้อหาที่คงสภาพแน่นอน เนื่องจากเนื้อหาของ บทเรียน CAI ได้ผ่านการตรวจสอบให้มีเนื้อหาที่ครอบคลุม จัดลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหาอย่างถูกต้อง มีความคงสภาพเหมือนเดิมทุกครั้งที่เรียน ทำให้เชื่อมั่นได้ว่าผู้เรียนเมื่อได้เรียนบทเรียน CAI ทุกครั้งจะได้เรียนเนื้อหาที่คงสภาพเดิมไว้ทุกประการ ต่างจากการสอนด้วยครูผู้สอนที่มีโอกาสที่การสอนแต่ละครั้งของครูผู้สอนในเนื้อหาเดียวกัน อาจมีลำดับเนื้อหาไม่เหมือนกันหรือข้ามเนื้อหาบางส่วนไป

ซ. บทเรียน CAI ผู้เรียนสามารถควบคุมกิจกรรมการเรียนได้ด้วยตนเอง การออกแบบบทเรียน CAI อนุญาตให้ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนได้ตามต้องการ เช่น การเลือกเนื้อหา การเลือกทำแบบฝึกหัด การเลือกเวลาเรียน เป็นต้น ซึ่งไม่สามารถทำได้หากเรียนโดยใช้ครูผู้สอนจริง

2.1.4 ข้อจำกัดของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1.4.1 กิดานันท์ มลิทอง [8] สรุปข้อจำกัดของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนหรือ CAI ไว้ดังนี้

ก. ถึงแม้ว่าขณะนี้ราคาเครื่องคอมพิวเตอร์และค่าใช้จ่ายต่างๆ เกี่ยวกับ คอมพิวเตอร์จะลดลงมากแล้วก็ตามแต่การที่จะนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในวงการศึกษาในบางสถานที่นั้น จำเป็นต้องมีการพิจารณากันอย่างรอบคอบ เพื่อให้คุ้มกับค่าใช้จ่ายตลอดจนการดูแลรักษาด้วย

ข. การออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการเรียนการสอนนั้นนับว่ายังมีน้อยเมื่อเทียบกับการออกแบบโปรแกรมเพื่อใช้กับวงการอื่นๆ จึงทำให้โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังมีจำนวนและขอบเขตจำกัดที่จะนำมาใช้เรียนในวิชาต่าง ๆ

ค. ในขณะนี้ยังขาดอุปกรณ์ที่ได้คุณภาพมาตรฐานระดับเดียวกันเพื่อให้สามารถใช้ได้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ต่างระบบกัน เป็นต้นว่า ซอฟต์แวร์ที่ผลิตขึ้นมาใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบของ IBM ไม่สามารถใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบของ Macintosh ได้

ง. การที่จะให้ผู้สอนเป็นผู้ออกแบบโปรแกรมบทเรียนเองนั้น นับว่าเป็นงานที่ต้องอาศัยเวลา สติปัญญา และความสามารถเป็นอย่างดี ทำให้เป็นการเพิ่มภาระของผู้สอน ให้มีมากยิ่งขึ้น

จ. เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์เป็นการวางโปรแกรมบทเรียนไว้ล่วงหน้าจึงมีลำดับขั้นตอนในการสอนทุกอย่างที่วางไว้ ดังนั้นการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงไม่สามารถช่วยในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้

ฉ. ผู้เรียนบางคนโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้เรียนที่เป็นผู้ใหญ่ อาจจะไม่ชอบโปรแกรมที่เรียนตามขั้นตอน ทำให้เป็นอุปสรรคในการเรียนรู้ได้

2.1.4.2 วีระ ไทยพานิช [6] ได้กล่าวถึงปัญหาด้านต่าง ๆ ที่เป็นข้อจำกัดของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ดังนี้

ก. ปัญหาด้านโปรแกรม (Software) ได้แก่ ขาดแคลนโปรแกรม (Software) ที่จะนำมาใช้สอนในสาขาวิชาต่าง ๆ โปรแกรมที่มีอยู่คุณภาพไม่ดี บุคลากรขาดที่จะพัฒนา CAI โปรแกรมเมอร์ (Programmer) ส่วนใหญ่ที่สร้างซอฟต์แวร์ขาดความรู้พื้นฐานทางการศึกษา ไม่มีความรู้ในเนื้อหาวิชาอย่างแท้จริงขาดกุลยุทธ์ในการสอนปัญหาอีกประการหนึ่งคือขาดความชำนาญใน การเลือกใช้ซอฟต์แวร์ที่มีอยู่ เช่น เนื้อหาและวิธีการนำเสนอไม่เหมาะสมกับวัยของผู้เรียนหรือไม่ ใช้งานง่ายหรือไม่ และมีแรงจูงใจเพื่อให้เด็กเรียนหรือไม่

ข. ปัญหาด้านเศรษฐกิจ (Economic) การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและเวลา เนื่องจากฮาร์ดแวร์ที่ใช้มีราคาแพง และการสร้างซอฟต์แวร์ต้องสิ้นเปลืองเวลาอย่างมากในการพัฒนาซอฟต์แวร์ CAI

ค. ปัญหาด้านเทคนิค (Technical) การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมักเกิดปัญหาทางด้านเทคนิคของตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ วิธีการบำรุงรักษา การแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาเป็นต้น ส่วนในด้านของซอฟต์แวร์ เมื่อเกิดปัญหา ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ จำเป็นต้องติดต่อกับผู้ผลิตซอฟต์แวร์เพื่อขอคำแนะนำโดยตรง

ง. ปัญหาด้านสังคม (Social) การใช้คอมพิวเตอร์มากเกินไปจะเป็น การลดความสัมพันธ์ของนักเรียนที่มีต่อกันลงไป ปฏิกิริยาระหว่างบุคคลกับเพื่อนหรือกับครูในห้องเรียนจะน้อยลงไป

2.1.4.3 เฮนนาฟิน และเพค (Hannafin and Peck) [3] ได้กล่าวถึงข้อเสียของ CAI สรุปได้ดังนี้

ก. บทเรียน CAI ต้องการฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะพิเศษและมีราคาแพงสำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการนำเสนอบทเรียน

ข. บทเรียน CAI ไม่สะดวกต่อการเรียน เมื่อเปรียบเทียบกับหนังสือเรียน เนื่องจากจะเรียนด้วย CAI ได้ต้องจัดเตรียมฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ CAI อีกทั้งในเรื่องของ การทบทวนบทเรียนทำได้ยากอันเนื่องจากข้อจำกัดดังกล่าว รวมถึงถ้ามีการออกแบบบทเรียน CAI ให้เรียนแบบเรียงลำดับบทเรียน จะไม่สะดวกในการทบทวนบทเรียนที่ได้เรียนผ่านมาแล้ว

ค. บทเรียน CAI ต้องใช้สายตาและทักษะการอ่านโดยผ่านทางจอภาพของคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีผลกระทบต่อการเรียนของผู้เรียนที่มีความอดทนในการอ่านบนจอภาพแตกต่างกัน

ง. การแสดงภาพในคอมพิวเตอร์ อาจไม่เท่ากับขนาดที่แท้จริงของวัตถุเพราะข้อจำกัดของขนาดจอภาพคอมพิวเตอร์

จ. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต้องอาศัยความชำนาญหลายๆ ด้าน ทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์และต้องมีความเข้าใจในคุณสมบัติและวิธีการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นอย่างมาก

ฉ. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีประสิทธิภาพต้องใช้ระยะเวลานาน อาจไม่คุ้มค่าหรือล้าสมัยเมื่อสร้างบทเรียนเสร็จ

ช. เนื้อหาในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ถูกจำกัดเนื้อหาอยู่เฉพาะที่มีในบทเรียนเท่านั้น ในขณะเรียนจะไม่สามารถเพิ่มหรือขยายเนื้อหาเพิ่มเติมได้เหมือนกับการเรียนการสอนในชั้นเรียนโดยครูผู้สอน

ซ. ผู้เรียนได้รับการตอบสนองจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในรูปแบบที่แน่นอนตามการป้อนข้อมูลเข้า (Input) ของผู้เรียนให้แก่โปรแกรมคอมพิวเตอร์เท่านั้น บทเรียนคอมพิวเตอร์ไม่สามารถตรวจสอบและดูแลพฤติกรรมของผู้เรียนในขณะที่เรียนได้

2.1.5 หลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ไพโรจน์ ตีรณธนากุล, ไพบูลย์ เกียรติโกมล และสิริลักษณ์ ตีรณธนากุล [9] ได้พัฒนาหลักการออกแบบการสอน 9 ข้อของกาเย่น์ (Gagne) เพื่อให้เหมาะสมกับการออกแบบ บทเรียนแบบ IMMCAI : Interactive Multi Media Computer Assisted Instruction ในขั้นตอนออกแบบและเขียนกรอบเนื้อหาเพื่อให้ได้บทเรียนที่เกิดจากการการออกแบบในลักษณะของการสอนจริง (Live Instruction) ดังนี้

2.1.5.1 การนำเข้าบทเรียน (Pre-view or Warm-up) การนำเข้าบทเรียนเป็นกระบวนการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในการเรียนรู้สิ่งที่มุ่งหมายที่จะสอน ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญในการสร้างเสริมประสิทธิผลการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นอย่างมาก ในการนำเข้าบทเรียนควรดำเนินการ ดังนี้

ก. ทำให้ผู้เรียนตระหนักถึงสิ่งที่จะเรียนรู้ (Inform the learner of the Objectives) การเรียนในบทเรียนคอมพิวเตอร์ จะต้องดำเนินการให้ผู้เรียนได้รู้ล่วงหน้าถึงประเด็นสำคัญของเนื้อหาที่จะเรียน รวมถึงเค้าโครงของเนื้อหา ซึ่งเป็นการทำให้ผู้เรียนทราบถึงโครงร่างของเนื้อหาอย่างกว้างๆ จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถผสมผสานแนวคิดในรายละเอียดหรือส่วนย่อยของเนื้อหา ให้สอดคล้องและสัมพันธ์กับเนื้อหาส่วนใหญ่ได้จะมีผลทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและทำให้ผู้เรียนสามารถจำและเข้าใจเนื้อหาได้ดีกว่าด้วยการทำให้ผู้เรียนตระหนักถึงสิ่งที่จะเรียนรู้ สามารถจัดทำได้หลายแบบ เช่น เป็นการสร้างความเข้าใจอย่างกว้าง ๆ จนถึงการรับรู้ในหัวข้อย่อยด้วย ในการออกแบบ บทเรียน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น หลักการสำคัญอย่างหนึ่งคือ ข้อความหรือภาพวิดีโอภาพต่อเนื่องหรือคำบรรยายที่เสนอบนจอ ควรที่จะสั้นและได้ใจความ และสิ่งเสนอนั้น ถ้าเป็นไปได้ควรจะมีส่วนจูงใจผู้เรียนด้วย ข้อควรที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

(1) ใช้คำ ภาพ แผนภูมิที่สั้น ๆ สื่อความหมายดีและเข้าใจง่าย

(2) หลีกเลี่ยงสิ่งที่ยังไม่เป็นที่รู้จักและเป็นที่เข้าใจโดยทั่วไป

(3) ไม่ควรยืดยาวจนเกินไป โดยเฉพาะในเนื้อหาย่อยในแต่ละส่วน

(4) การทำให้ผู้เรียนมีโอกาสทราบส่วนที่สามารถประยุกต์ใช้จะทำให้น่าสนใจได้บ้าง

(5) หากบทเรียนมีหลายบทเรียน การนำเสนอแผนภูมิบทเรียนแทน Menu จะทำให้ง่ายขึ้น

(6) การนำเสนอเรื่องราวนำ เพื่อสร้างความสนใจในการนำเข้าบทเรียนเป็นสิ่งที่ดี แต่ควรคำนึงถึงด้านเวลา กำหนดช่วงให้เหมาะสม หรือให้ผู้เรียนกดแป้นพิมพ์เพื่อข้ามช่วงไปก็ได้

ข. การสร้างความสนใจให้เกิดขึ้น (Gaining Attention)ในการนำเข้าบทเรียนควรจะทำให้ผู้เรียนได้รับแรงกระตุ้นและแรงจูงใจที่อยากจะเรียน ดังนั้น ควรจะเริ่มด้วยลักษณะการใช้ภาพ แสง สี เสียง หรือการประกอบกันหลาย ๆ อย่างโดยสิ่งที่สร้างขึ้นนั้น จะต้องเกี่ยวข้องกับเนื้อหาและน่าสนใจ ซึ่งจะมีผลต่อความสนใจจากผู้เรียน และเป็นการเตรียมผู้เรียนให้พร้อมที่จะศึกษาเนื้อหาต่อไป ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การเตรียมตัวและกระตุ้นผู้เรียน จะต้องเริ่มตั้งแต่ Title ของบทเรียน ในการสร้าง Title นั้นจะต้องออกแบบเพื่อให้สายตาของผู้เรียนอยู่ที่จอภาพ ไม่ใช่พะวงอยู่ที่แป้นพิมพ์ ถึงแม้ต้องการตอบสนองจาก ผู้เรียนโดยผ่านแป้นพิมพ์ก็ควรจะเป็นการตอบสนองที่ง่าย ๆ เช่น การกด Space Bar หรือ การกด Key ตัวใดตัวหนึ่ง เป็นต้น ข้อควรที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

(1) ใช้กราฟฟิกที่เกี่ยวข้องกับส่วนของเนื้อหาและกราฟฟิกนั้นควรจะ มีขนาดใหญ่ ง่าย ไม่ซับซ้อน

(2) ใช้ภาพเคลื่อนไหว (Animation) หรือเทคนิคอื่นๆ เข้าช่วย เพื่อแสดงการเคลื่อนไหว

(3) ควรใช้สีเข้าช่วย โดยเฉพาะสีเขียว แดง น้ำเงิน หรือสีเข้มอื่น ๆ ที่ตัดกับพื้นชัดเจน

(4) ใช้เสียงให้สอดคล้องกับกราฟฟิก

(5) กราฟฟิกควรจะค้างบนจอภาพไม่นานจนเกินไปหรือให้ผู้เรียนกด Key หรือ Space Bar

(6) ในกราฟฟิกดังกล่าวควรแสดงชื่อเรื่องบทเรียนหรือหัวเรื่อง เนื้อหาไว้ด้วย

(7) ควรใช้เทคนิคการเรียนกราฟฟิกที่แสดงบนจอได้เร็วมีการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม

(8) กราฟฟิกนั้น นอกจากจะเกี่ยวข้องกับเนื้อหาแล้วต้องเหมาะสมกับวัยของผู้เรียนด้วย

2.1.5.2 การนำเสนอเนื้อหาบทเรียน (Presenting Main Content)การนำเสนอเนื้อหาบทเรียนควรจะเริ่มจากส่วนที่มีความสัมพันธ์กับ การนำเข้าบทเรียน และจะต้องยึดหลักการสอนที่จะต้องเริ่มจากสิ่งที่รู้ไปสู่สิ่งที่ยังไม่รู้ จากพื้นฐานไปสู่สิ่งที่สูงขึ้น จากสิ่งที่เข้าใจง่ายไปสู่สิ่งที่สลับซับซ้อน และการนำเสนอสิ่งต่าง ๆ ที่สร้างเสริมความเข้าใจเป็นกลุ่มก้อนที่เหมาะสม เพื่อเป็นการสร้างประสิทธิผลการเรียนที่สูงขึ้นในการ นำเสนอเนื้อหาควรดำเนินการดังนี้

ก. ทำการกระตุ้นให้หวนนึกถึงความรู้เดิม (Stimulate Recall of requisites) ในการเรียนความรู้ใหม่ของผู้เรียน เนื้อหาและแนวความคิดอาจต้องมีส่วนอาศัยพื้นฐานความรู้บางเรื่องมาก่อน หากผู้เรียนสามารถจำเรื่องเหล่านั้นได้ จะทำให้ผล การเรียนรู้เนื้อหาใหม่ง่ายยิ่งขึ้น ดังนั้น ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะต้องหาวิธีการชี้นำและกระตุ้น ให้ผู้เรียนได้หวนนึกถึงความรู้เดิมให้ได้ก่อน ทั้งนี้นอกจากเพื่อเตรียมผู้เรียนให้พร้อมที่จะรับความรู้ใหม่แล้ว ยังเป็นการทบทวนหรือให้ผู้เรียนได้ย้อนไปคิดในสิ่งที่ตนรู้มาก่อนด้วย เช่น จัดให้ทำกิจกรรมที่จะหวนสัมพันธ์กับเนื้อหาเดิม การนำเสนอเรื่องราว ภาพ หรือเหตุการณ์ที่จะโยงไปยังเนื้อหาเดิมได้ หรือใช้วิธีการตรวจสอบต่าง ๆ ที่จะวัดและชี้นำให้ผู้เรียนตระหนักถึงความรู้เดิม เช่น การทดสอบก่อนการเรียนรู้ (Pre-test) เพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียน (หมายเหตุ การทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) นี้ จะต่างจากการทดสอบก่อนเรียนเพื่อประสิทธิผล ซึ่งจะเป็นการทดสอบเพื่อหาระดับความรู้ใหม่ที่ผู้เรียนรู้ก่อนเข้าเรียนบทเรียน) เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำการเรียนรู้สิ่งใหม่อย่างมีประสิทธิภาพ การทบทวนความรู้เดิมนี้ อาจใช้การทดสอบเสมอสำหรับการเข้าสู่ บทเรียนใหม่ แต่หากเป็นบทเรียนที่สร้างเป็นรายหน่วยต่อๆ กันไปตามลำดับ การทบทวนความรู้เดิมอาจเป็นไปในรูปแบบของการกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดย้อนหลังถึงสิ่งที่ได้เรียนก่อนหน้านี้ซึ่ง เช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้วว่า การกระตุ้นอาจแสดงด้วยคำพูด คำเขียน ภาพ หรือเป็นการ ผสมผสานกันแล้วแต่ความเหมาะสม จะมากบ้าง น้อยบ้าง ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับเนื้อหา ข้อควรที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

(1) ห้ามใช้การคาดคะเนว่าผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานก่อนการเรียนเนื้อหาใหม่เท่ากัน ควรจะมีการทดสอบหรือให้ความรู้ เพื่อเป็นการทบทวนให้ผู้เรียนพร้อมที่จะรับความรู้ใหม่

(2) การทบทวนหรือทดสอบควรให้กระชับและตรงตามเนื้อหามากที่สุด

(3) ในระหว่างการเรียนเนื้อหาใหม่ ควรให้โอกาสแก่ผู้เรียนออกจากเนื้อหาใหม่ หรือออกจากการทดสอบ เพื่อไปศึกษาทบทวนเนื้อหาเดิมได้ตลอดเวลา

(4) อาจจะใช้ภาพประกอบในการกระตุ้นให้ผู้เรียนย้อนคิดจะทำให้บทเรียนน่าสนใจขึ้น

ข. การเสนอเนื้อหาน่าสนใจ (Presenting the Stimulus Material) ในการนำเสนอเนื้อหาใหม่ สามารถนำเสนออย่างน่าสนใจโดยการเสนอภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาประกอบกับคำพูดที่สั้น ง่าย และได้ใจความ เป็นหัวใจสำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การใช้ภาพประกอบจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้นและความคงทนในการจำจะดีกว่าการใช้คำพูดหรือข้อเขียนเพียงอย่างเดียว เพราะภาพจะช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้ง่ายต่อการรับรู้ บางครั้งในเนื้อหาบางช่วง มีความยากในการที่จะสร้างภาพประกอบ แต่ก็ควรหาวิธีการอื่น ๆ ที่จะนำเสนอแทนด้วยภาพได้ ซึ่งจะได้ผลดีกว่าข้อเขียนทั้งหมดภาพที่สามารถใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีทั้งภาพนิ่งและ ภาพเคลื่อนไหว ภาพนิ่ง (Still Picture) ได้แก่ ภาพลายเส้น ภาพ 2 มิติ ภาพ 3 มิติ ภาพถ่ายของจริง แผนภาพ แผนภูมิ กราฟและส่วนอื่น ๆ ส่วนภาพเคลื่อนไหว (Motion Picture) ได้แก่ ภาพจากสัญญาณวีดีทัศน์ (Video) ภาพจากสัญญาณดิจิตอลอื่น ๆ เช่น ภาพถ่ายดิจิตอลจาก Laser Disc จากกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์โดยตรง เป็นต้น การใช้ภาพประกอบเนื้อหาจะต้องมีความเหมาะสม ดังนี้

(1) มีรายละเอียดไม่มากเกินไป

(2) ใช้เวลาให้ภาพปรากฏบนจอไม่ล่าช้าเกินไป

(3) ภาพจะต้องเกี่ยวข้องโดยตรงกับเนื้อหาเท่าที่ควร

(4) ไม่สลับซับซ้อน เป็นที่เข้าใจยาก

(5) ต้องให้เหมาะสมในเรื่องเทคนิคการออกแบบทางกราฟฟิกหากจะต้องมีเนื้อหาที่เสนอเป็นข้อความหรือคำอธิบายนั้น ในแต่ละกรอบไม่ควรมีมากจนเกินไป เพราะข้อเขียนเหล่านั้นจะเบียดเสียดทำให้อ่านยาก จะทำให้ผู้เรียนต้องพยายามอ่าน อาจรู้สึกเบื่อที่ต้องอ่านนาน ๆ ด้วย

ข้อควรพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

(1) ควรใช้ภาพนิ่งประกอบการเสนอเนื้อหาเสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นเนื้อหาสำคัญ

(2) พยายามใช้ภาพเคลื่อนไหวในส่วนของเนื้อหาที่ยากและ ซับซ้อนและมีการเปลี่ยนแปลงเป็นลำดับขั้น

(3) ใช้แผนภูมิ แผนภาพ แผนสถิติ สัญลักษณ์หรือภาพเปรียบเทียบในส่วนเนื้อหาที่ควรจะมี

(4) ในการเสนอเนื้อหาที่ยากและซับซ้อน จะต้องเน้นให้ชัดเจนโดยเฉพาะในส่วนของข้อความสำคัญ ซึ่งอาจเป็นการขีดเส้นใต้ การตีกรอบ การกะพริบ การเปลี่ยน สีพื้น การโยงลูกศร การใช้สี หรือเป็นการชี้แนะด้วยคำพูด เช่น ดูที่ด้านล่างของภาพ

(5) จัดรูปแบบของคำอ่านให้น่าอ่าน หากเนื้อหายาว ควรจัดแบ่งกลุ่มคำอ่านให้จบเป็นตอนและไม่ควรเปลี่ยนสีไปมา โดยเฉพาะสีหลักของตัวอักษร

(6) การกำหนดส่วนของปฏิสัมพันธ์ จะต้องกำหนดให้สามารถกระทำได้หลายรูปแบบ ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทำอย่างอื่น แทนที่จะให้กด Space Bar อย่างเดียว

ค. กำกับแนวทางการเรียนที่เหมาะสม (Providing Learning Guidance) ในการเรียนรู้หากมีการจัดระบบการเรียนเนื้อหาที่ดีและสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิม จะทำให้การเรียนที่กระจ่างชัด (Meaningful Learning) และทำให้สามารถวิเคราะห์และตีความในเนื้อหาใหม่บนพื้นฐานของความรู้และประสบการณ์เดิมรวมกันเป็นความรู้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่โดยทั่วไปผู้เรียนจะไม่ทราบ รวมทั้งอาจจะไม่ชำนาญในแนวทางการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพก็ได้ ดังนั้น หน้าที่ของผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะต้องพยายามหาเทคนิคในการที่จะชี้แนะ กำกับและกระตุ้นให้ผู้เรียนดำเนินการเรียนรู้ในแนวทางที่เหมาะสม นำความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษาหาความรู้ใหม่ นอกจากนั้น ยังจะต้องพยายามหาวิถีทางที่จะทำให้ การศึกษาความรู้ใหม่ของผู้เรียนนั้นมีความกระจ่างชัดด้วย เทคนิคของการดำเนินเนื้อเรื่องบทเรียน การใช้ภาพเปรียบเทียบ การใช้ตัวอย่าง จะช่วยทำให้ผู้เรียนแยกแยะและเข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ได้ชัดเจนขึ้น Guided Discovery หรือการพยายามให้ผู้เรียนคิดหาเหตุผล ค้นคว้า และวิเคราะห์หาคำตอบด้วยตนเอง จะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการชี้นำการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยผู้ออกแบบบทเรียนจะต้องค่อย ๆ ชี้แนะจากจุดกว้าง ๆ แล้วค่อย ๆ แคบลง หรือการใช้คำถามตะล่อมถาม จนผู้เรียนหาคำตอบได้เอง เป็นต้น

ข้อควรพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

(1) ต้องชี้นำให้ผู้เรียนได้เห็นถึงความสัมพันธ์ของเนื้อหา และช่วยให้เห็นว่าเนื้อหานั้นมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาใหม่อย่างไร

(2) ให้ตัวอย่างที่แตกต่างกันออกไป เพื่อช่วยอธิบายแนวคิด (Concept) ใหม่ให้ชัดเจนขึ้น เช่น ตัวอย่างของเครื่องกลึงหลาย ๆ ชนิด หลาย ๆ ขนาด

(3) ให้ตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่างที่ถูกต้อง เพื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ถูกต้อง เช่น ให้ดูภาพเครื่องกัด ภาพของเครื่องเจียร และบอกว่าเครื่องเหล่านี้ไม่ใช่เครื่องกลึง เป็นต้น

(4) ในการนำเสนอเนื้อหาที่ยากควรมีตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมไปสู่นามธรรม ถ้าเป็นเนื้อหาที่ไม่ยากนัก ให้เสนอตัวอย่างจากนามธรรมไปสู่รูปธรรม

(5) จะต้องออกแบบในการกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดถึงความรู้เดิม และประสบการณ์เดิมด้วย

2.1.5.3 การเสริมความเข้าใจในบทเรียน (Re-enforcement) ในการศึกษาเนื้อหาบทเรียนตามขั้นตอนในการนำเสนอ อาจจะสร้างความเข้าใจในเนื้อหาได้ระดับหนึ่ง ซึ่งอาจจะยังไม่ชัดเจนสมบูรณ์ ดังนั้น การจัดให้มีกิจกรรมเสริมความเข้าใจเพิ่มขึ้น จะเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สมบูรณ์และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น กระบวนการเสริมความเข้าใจบทเรียน สามารถดำเนินการได้ ดังนี้

ก. กระตุ้นให้เกิดการตอบสนอง (Eliciting Performance) ประสิทธิภาพการเรียนรู้จะมีมากหรือน้อยเพียงใด เกี่ยวข้องโดยตรงกับระดับและขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้ หากผู้เรียนได้มีโอกาสดำเนินการเรียนรู้อย่างถูกต้อง ได้ร่วมคิด ร่วมกิจกรรมในส่วนที่เกี่ยวกับเนื้อหา การตอบสนองต่อการถาม การโต้ตอบในด้านกิจกรรมอื่น ๆ ที่จำเป็นและเหมาะสม เช่น การทำการทดลอง การทำแบบฝึกหัดหรือการแสดงออกอื่น ๆ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้การเรียนรู้ดีกว่าผู้ที่เรียนโดย การอ่านหรือการคัดลอก ข้อความเพียงอย่างเดียว

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีข้อได้เปรียบเหนืออุปกรณ์อื่นๆ มาก ทำให้การเรียนจากคอมพิวเตอร์นั้น สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ (Interactive) ได้ ผู้เรียนสามารถมีกิจกรรมร่วมได้หลายลักษณะ แม้จะเป็นการแสดงความคิดเห็น การเลือกกิจกรรม และการโต้ตอบกับเครื่องก็สามารถทำได้ กิจกรรมเหล่านี้เองที่ทำให้ผู้เรียนไม่รู้สึกเบื่อหน่าย และเมื่อมีส่วนร่วมคิดหรือติดตาม ซึ่งทำให้เกิดความผูกประสานให้โครงสร้างของการจำดีขึ้น อุปกรณ์อื่นๆ ที่จัดเป็นการสอนแบบ Non-interactive เช่น วีดีทัศน์ ภาพยนตร์ สไลด์ เทป หรือสื่อการสอนอื่น ๆ เป็นต้น

ข้อควรที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

(1) ออกแบบให้ผู้เรียนได้ตอบสนองด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งตลอดการเรียนบทเรียน

(2) ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสพิมพ์คำตอบหรือข้อความสั้น ๆ เพื่อเร้าความสนใจ แต่ไม่ควรให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบยาวเกินไป

(3) ควรมีกระบวนการเร้าความคิดและจินตนาการจากการตะล่อมด้วยคำถาม

(4) หลีกเลี่ยงถามและการตอบสนองซ้ำๆ หลายครั้ง การถามแต่ละครั้งเมื่อทำผิดสักครั้งสองครั้ง ควรจะให้ Feedback แล้วเปลี่ยนทำกิจกรรมอย่างอื่นต่อไป

(5) ในการตอบสนองจากผู้เรียน ควรไม่ให้มีความผิดพลาด แต่หากเป็นส่วนเข้าใจผิด เช่น การพิมพ์ตัว L กับเลข 1 หรือ Space ในการพิมพ์ อาจเกินไปหรือขาดหาย บางครั้งใช้ตัวพิมพ์ใหญ่หรือตัวพิมพ์เล็ก ก็อาจใช้วิธีการเตือนให้แก้ไขได้

(6) จะต้องแสดงให้การตอบสนองของผู้เรียน กรอบเดียวกันกับ คำถาม และการตรวจปรับคำตอบ จะต้องอยู่บนกรอบเดียวกันด้วย ซึ่งอาจจะเป็นกรอบซ้อนขึ้นมาในกรอบหลักเดิมก็ได้

ข. การประเมินความเข้าใจในการเรียนรู้ (Assessing Performance) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจัดเป็นบทเรียนสำเร็จรูปประเภทหนึ่ง การตรวจสอบระดับความรู้ใหม่ที่เรียนเพื่อผลทางการเสริมการให้ความรู้ใหม่เพิ่มหรือซ้ำ จะทำการเรียนจากบทเรียนสำเร็จรูปได้ผลสมบูรณ์ขึ้น ซึ่งอาจจะเป็นการทดสอบระหว่างบทเรียนหรือจัดทำกิจกรรมใด ๆ ที่เหมาะสมและสัมพันธ์กับเนื้อหา จะมีผลทำให้เกิดการจำระยะยาวของผู้เรียนด้วยการประเมินผลหรือกระทำกิจกรรมควรครอบคลุมและเรียงลำดับตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน ถ้าบทเรียนมีหลายส่วนอาจจำแนกแบบประเมิน (ทดสอบ) หรือกิจกรรมออกเป็นส่วน ๆ ตามเนื้อหา ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบบทเรียนว่าจะต้องการแบบใด การประเมินหรือกิจกรรมเหล่านี้ จะต้องย้อนผลกลับด้วยการเฉลยให้ผู้เรียนได้รับรู้ระดับการเรียนของตนเองด้วย

ข้อควรที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

(1) สิ่งที่ต้องการประเมินและกิจกรรมนั้น ต้องตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน

(2) การย้อนกลับ (Feedback) จะเป็นสิ่งที่ถูกต้องและเสริมความเข้าใจ มากขึ้น และต้องอยู่บนกรอบเดียวกัน และแสดงตัวโต้ตอบต่อเนื่องกันอย่างรวดเร็ว

(3) ไม่ควรให้ผู้เรียนจะต้องพิมพ์คำตอบที่ยาวเกินไป นอกจากจะทำให้เสียเวลาแล้ว ผู้เรียนอาจจะเกิดความเบื่อหน่าย

(4) ให้ผู้เรียนตอบได้หลายครั้งในแต่ละคำถามและจะต้องมีคำเฉลยที่ถูกต้องแสดงให้ดูด้วย

(5) จะต้องกำกับการโต้ตอบให้ผู้เรียนทราบอย่างชัดเจน เช่น ควรจะตอบคำถามด้วยวิธีใด เช่น ให้กด T ถ้าเห็นว่าถูก และกด F ถ้าเห็นว่าผิด เป็นต้น

ค. ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Providing Feedback) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน IMMCAI สามารถกระตุ้นความสนใจจากผู้เรียนได้มากขึ้นและท้าทายผู้เรียนได้ดี เมื่อมีการย้อนผล กลับ (Feedback) โดยการบอกเป้าหมายที่จะเรียนให้ชัดเจน และให้ตำแหน่ง ณ ที่เรียนขณะนั้น ผู้เรียนอยู่ตรงไหน ห่างจากเป้าหมายอย่างไร ทำให้ผู้เรียนไม่เรียนรู้ในความมืด ผู้เรียนจะทราบสภาพแวดล้อมการเรียนอย่างโปร่งใสชัดเจน การย้อนกลับที่เป็นรูปภาพจะช่วยเร้าความสนใจยิ่งขึ้น โดยเฉพาะ อย่างยิ่ง ถ้าภาพนั้นเกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน หรือด้วยคำเขียน คำตอบต่าง ๆ รวมทั้งเป็นกราฟ ก็เป็นการเหมาะสมดี

ข้อควรที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

(1) ให้ผลย้อนกลับทันทีหลัง จากผู้เรียนโต้ตอบ

(2) จะต้องทำให้ผู้เรียนทราบว่าถูกหรือผิดโดยแสดงผลย้อนกลับบนกรอบเดิม

(3) ถ้าใช้ภาพย้อนกลับจะต้องเป็นภาพที่ง่ายและเกี่ยวข้องกับเนื้อหาด้วย ถ้าหากหาภาพที่เกี่ยวข้องตรง ๆ ไม่ได้ ก็อาจใช้ภาพใกล้เคียงได้

(4) อาจใช้ภาพกราฟฟิกในการย้อนกลับ แต่ควรให้เหมาะสมและเกี่ยวข้องกับเนื้อหาด้วย ถ้าหากหาภาพที่เกี่ยวข้องตรง ๆ ไม่ได้ ก็อาจใช้ภาพใกล้เคียงได้

(5) สามารถใช้เสียงสำหรับการย้อนผลกลับได้ แต่คำตอบที่ถูกต้องและคำตอบที่ผิดควรใช้เสียงที่ต่างกัน

(6) ถ้าเป็นคำถามหรือโจทย์ที่มีตัวเลือก ควรเฉลยคำตอบที่ถูกหลังจากผู้เรียนทำผิด 2-3 ครั้ง (เฉพาะในส่วนที่เป็น Re-enforcement เท่านั้น)

(7) สามารถใช้คะแนนหรือภาพเพื่อบอกความใกล้ไกลจากเป้าหมายก็ได้

(8) ในการนำเสนอลำดับข้อในการเสริมความเข้าใจ จะต้องใช้การสุ่มย้อนกลับ เพื่อเร้าความสนใจ และจะไม่สามารถจำได้ หากจะต้องทำซ้ำ

2.1.5.4 การสรุปบทเรียน (Re-view)

ก. การเสริมการจำและนำไปใช้งาน (Promote Retention and Transfer) ในการออกแบบการสอนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในขั้นสุดท้าย ข้อเสนอแนะของกาเย่น์(Gagne) จะให้เป็นกิจกรรมสรุปเฉพาะประเด็นสำคัญ รวมทั้งข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทบทวนหรือซักซ้อมปัญหาก่อนจบบทเรียน ในขั้นนี้เองที่ผู้ออกแบบการสอนจะได้แนะนำ การนำความรู้ใหม่ไปใช้ หรืออาจจะแนะนำการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมกิจกรรมเหล่านี้ จะทำให้ผู้เรียน สามารถเปลี่ยนการจำจากความจำชั่วคราว เป็นความจำระยะยาวได้ และจะสามารถถ่ายทอดความรู้ไปยังผู้อื่นได้ด้วย

ข้อควรที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ มีดังนี้

(1) ให้สรุปให้ชัดเจนว่าความรู้ใหม่ มีส่วนสัมพันธ์กับความรู้ หรือประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนคุ้นเคยแล้วอย่างไร

(2) ทำการทบทวนหลักการหรือแนวความคิดที่สำคัญของเนื้อหาเพื่อเป็นการจัดหมวดหมู่ให้เหมาะสม

(3) ชี้นำเสนอแนะการนำความรู้ใหม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง

(4) เสนอแนะแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการค้นคว้าศึกษาต่อไปให้ชัดเจน

2.1.5.5 การทดสอบบทเรียน (Test or Examination) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจัดเป็นบทเรียนสำเร็จรูปประเภทหนึ่ง ซึ่งใช้สำหรับศึกษาด้วยตนเอง โดยเฉพาะบทเรียน IMMCAI นี้สามารถใช้สอนแทนผู้สอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนที่กำลังเรียนบทเรียน IMMCAI จะเสมือนกำลังถูกสอนโดยผู้สอน ซึ่งเป็นสภาพการสอนเสมือนจริง (Virtual Instruction) เมื่อเรียนแล้วทำการสอบ คอมพิวเตอร์ก็สามารถตรวจความถูกผิดของการตอบและประเมินผลออกมาได้ โดยผู้เรียนไม่

จำเป็นต้องไปตรวจคำตอบเอง การทดสอบความรู้ใหม่ในช่วงท้ายของบทเรียน ที่เรียกว่า Posttest เป็นสิ่งที่จำเป็น เพราะการทดสอบดังกล่าว อาจเป็นการทดสอบเพื่อเก็บคะแนน หรือจะเป็นการทดสอบเพื่อวัดว่า ผู้เรียนผ่านเกณฑ์ต่ำสุด เพื่อที่จะศึกษาบทเรียนต่อไปหรือไม่ การทดสอบนี้ จะย้อนผลกลับเฉพาะระดับผลการสอบเท่านั้น จะไม่เฉลยคำตอบและจะไม่ให้ตอบหลายครั้งด้วยในการออกแบบทดสอบหลังเรียนนี้ จะต้องพิจารณาประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

ก. ต้องแน่ใจสิ่งที่ต้องการวัดนั้น ตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน

ข. ต้องตรวจสอบพฤติกรรมตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เขียนไว้

ค. ให้ผู้เรียนตอบครั้งเดียวในแต่ละคำถาม โดยไม่แสดงความถูกผิดในขณะที่ทำข้อทดสอบ

ง. คำนึงถึงความเป็นมาตรฐานของข้อสอบ ต้องแม่นยำและเชื่อถือได้

จ. อย่าทดสอบโดยการใช้ข้อเขียนเพียงอย่างเดียวควรใช้ภาพประกอบบ้าง

ฉ. หากการตอบจะเป็นการพิมพ์คำไม่ควรตัดสินคำตอบว่าผิด หากผิดพลาด หรือเว้นวรรคผิด หรือใช้ตัวพิมพ์เล็กแทนที่จะเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ เป็นต้น

นอกจากนั้นอำนวย เดชชัยศรี [10] ได้กล่าวถึงเทคนิคในการออกแบบ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่าควรพิจารณาให้สอดคล้องกับทฤษฎีรูปแบบการสอนของ กาเย่น์ (Gagne) มี 9 ขั้นตอน ได้แก่ การเร้าความสนใจ (Gain Attention) การบอกวัตถุประสงค์ (Define Objective) การทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge) การเสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information) การชี้แนวทางการเรียนรู้ (Guided Learning) การกระตุ้นการตอบสนอง (Elicit Responses) การให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback) การทดสอบความรู้ (Assess Performance) การจำและการนำไปใช้ (Promote Retention and Transfer) เช่นเดียวกัน

2.1.6 ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทต่าง ๆ ได้มีผู้เสนอ ขั้นตอนหรือวิธีการพัฒนาหลายแนวคิด มีขั้นตอนในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนคล้ายคลึงกันและแตกต่างกันบ้าง ได้แก่ ไพโรจน์ ตีรณธนากุล และไพบูลย์ เกียรติโกมล [7] ได้เสนอขั้นตอนในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ในลักษณะของการสอน (Instruction) เนื้อหาหรือความรู้ใหม่แบบ Interactive Multi Media Computer Assisted Instruction : IMMCAI) โดยเริ่มจาก หัวเรื่อง เป้าหมายที่กำหนด วัตถุประสงค์ และกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้บทเรียน การพัฒนาควรจะดำเนินได้เป็น 5 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

ก. วิเคราะห์ (Analysis)

ข. ออกแบบ (Design)

ค. พัฒนา (Development)

ง. สร้าง (Implementation)

จ. ประเมินผล (Evaluation)

จากนั้นนำบทเรียนออกเผยแพร่ (Publication) และควรจะมีการติดตามผล (Follow up) เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาครั้งต่อ ๆ ไป

การพัฒนา IMMCAI ทั้ง 5 ขั้นตอนหลัก ไพโรจน์ ตีรณธนากุล ได้แบ่งเป็น ขั้นตอนย่อย ๆ 16 ขั้นตอน ดังนี้

2.1.6.1 เริ่มจากหัวเรื่องที่กำหนด โดยมีวัตถุประสงค์และกลุ่มเป้าหมายกำกับ

2.1.6.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis) มีขั้นตอน ดังนี้

ก.สร้างแผนภูมิ (Brain Storm Chart) ของเนื้อหาที่ควรจะมีตามหัวเรื่องที่กำหนด โดยไม่ทำการลอกแบบของตำราเล่มใด ๆ เลย

ข. สร้างแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ (Concept Chart) ภายหลังการวิเคราะห์ที่ละเอียด ตัด – เพิ่มหัวเรื่องตามเหตุผลและความเหมาะสม

ค. สร้างแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหาโดยวิธีการวิเคราะห์ข่ายงาน (Network Analysis)

2.1.6.3 ขั้นออกแบบ (Design) มีขั้นตอน ดังนี้

ก. กำหนดวิธีการนำเสนอ เป็นการออกแบบหน่วยการเรียน แล้วเขียนกำกับด้วยวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดของเนื้อหาแต่ละตอน (Strategic Presentation Plan vs Behavior Objective) จากนั้นนำมาลำดับเป็นแผนการนำเสนอหน่วยการเรียนเป็นแผนภูมิวิชา (Course Flow Chart)

ข. สร้างแผนภูมิการนำเสนอในแต่ละหน่วย (Module Presentation Chart) เป็นรูปแบบและลำดับการนำเสนอบทเรียนตามหลักการสอน

2.1.6.4 ขั้นพัฒนา (Development) มีขั้นตอน ดังนี้

ก. เขียนรายละเอียดเนื้อหาตามรูปแบบที่ได้กำหนด (Script Development) โดยเขียนเป็นกรอบๆ จะต้องเขียนไปตามที่ได้วางแผนไว้ โดยเฉพาะถ้าเป็นแบบ IMMCAI จะต้องกำหนด ภาพ เสียง สี ฯลฯ และการกำหนดปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ไว้ให้สมบูรณ์

ข. จัดทำลำดับเนื้อหา (Storyboard Development) เป็นการนำเอากรอบเนื้อหาหรือที่เขียนเป็นScript มาเรียบเรียงลำดับการนำเสนอที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งจะยังเป็นเอกสารสิ่งพิมพ์อยู่ การลำดับกรอบนี้สำคัญมากเมื่อเป็นแบบ active

ค. นำเนื้อหาที่ยังเป็นสิ่งพิมพ์นี้มาหาค่าความถูกต้อง (Content Correctness) โดยเฉพาะการสร้าง IMMCAI จะเป็นการเขียนตำราใหม่ทั้งเรื่องเลย ซึ่งจะต้องนำเนื้อหาไปทดลองหาค่า Content Validity และ Reader Reliability ด้วย แล้วปรับปรุงให้สมบูรณ์

ง. สร้างแบบทดสอบส่วนต่างๆ และนำมาหาค่าความยากง่ายอำนาจจำแนก ความเที่ยงและความเชื่อมั่นทุกแบบทดสอบและจะต้องปรับปรุงให้สมบูรณ์ ผลที่ได้ทั้งหมดจะเป็นตัวบทเรียน (Courseware)

2.1.6.5 ขั้นสร้าง (Implementation) มีขั้นตอน ดังนี้

ก. เลือก Software หรือโปรแกรมสำเร็จรูปที่เหมาะสม และสามารถสนองตอบต่อความต้องการที่กำหนดไว้เป็นตัวจัดการเสนอบทเรียนบนคอมพิวเตอร์

ข. จัดเตรียมรูปภาพ เสียง หรือการถ่ายวิดีโอหรือภาพนิ่ง หรือ Caption ไว้ให้พร้อมที่จะใช้งาน

ค. จัดการนำ Courseware เข้าในโปรแกรมด้วยความประณีตและด้วยทักษะที่ดี ซึ่งได้เป็นบทเรียน (วิชา) บนคอมพิวเตอร์ [(Subject) CAI Software]

2.1.6.6 ขั้นประเมินผล (Evaluation) มีขั้นตอน ดังนี้

ก. ตรวจสอบคุณภาพ (Quality Evaluation) จัดการให้คณะผู้เชี่ยวชาญทาง IMMCAI ตรวจสอบคุณภาพของ Package ปรับปรุงให้สมบูรณ์

ข. ทำการทดสอบ ดำเนินการทดสอบหาประสิทธิภาพด้วยกลุ่มตัวอย่าง เป้าหมายจำนวนไม่เกิน 10 คน นำผลมากำหนดกลวิธีการหาประสิทธิภาพจริงต่อไป

ค. ทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพ (Efficiency E_1/E_2) ของ Package และหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Effectiveness) จากกลุ่มตัวอย่างเป้าหมายไม่น้อยกว่า 30 คน หากได้ผลตามเป้าหมายที่ต้องการเป็นอันใช้ได้

ง. จัดทำคู่มือการใช้ Package (User Manual) หรือ Package Instruction เมื่อได้พัฒนาตาม 16 ขั้นตอน และเสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ตามที่ได้มุ่งหวังไว้ เป็นอันว่าได้พัฒนา IMMCAI Package ที่มีคุณภาพสำเร็จและสามารถนำออกเผยแพร่(Publication) ใช้งานต่อไปได้ แต่ควรจะมีระบบติดตามผล (Follow up) เพื่อนำผลมาประกอบการปรับปรุงพัฒนางานต่อ ๆ ไป

2.2 การประเมินคุณภาพแบบทดสอบ

2.2.1 การหาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ

ระดับความยาก (Difficulty) ของข้อสอบเป็นค่าแสดงถึงร้อยละหรือสัดส่วนของผู้ที่ตอบข้อสอบนั้นถูก หรือที่เลือกตอบคำตอบนั้น เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ p ระดับความยาก มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 หรือ 0.00 ถึง 1.00 (กรณีใช้ระบบสัดส่วน) ค่าของความยากที่อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 ซึ่งไม่ยากเกินไปหรือง่ายเกินไป สำหรับการหาค่าระดับความยาก คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{ค่าระดับความยากง่าย} = \frac{W_L + W_H}{N} \times 100 \qquad \text{สมการที่ 2.1}$$

เมื่อ W_L หมายถึง จำนวนผู้ตอบผิดกลุ่มต่ำ

W_H หมายถึง จำนวนผู้ตอบผิดกลุ่มสูง

N หมายถึง จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

ตารางที่ 2.1 แสดงการตีความหมายระดับความยากของการวิเคราะห์ข้อสอบ

ระดับความยาก		ความหมาย	
สูงกว่า 0.80	สูงกว่า 80 %	ยากมาก	ไม่ควรใช้ควรตัดทิ้ง
0.61 – 0.80	61% – 80 %	ยากพอใช้ได้	ควรปรับปรุงก่อนนำไปใช้
0.51 – 0.60	51% – 80 %	ค่อนข้างยาก	นำไปใช้ได้
0.5	50%	ปานกลาง	พอเหมาะที่สุด สมควรนำไปใช้มาก
0.40 – 0.49	40% – 49 %	ค่อนข้างง่าย	นำไปใช้ได้
0.20 – 0.39	20% – 39%	ง่ายพอใช้ได้	ควรปรับปรุงก่อนนำไปใช้
ต่ำกว่า 0.20	ต่ำกว่า 20%	ง่ายมาก	ไม่ควรใช้ควรปรับทิ้ง

2.2.2 การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

อำนาจจำแนกของข้อสอบ หมายถึง ประสิทธิภาพในการจำแนกผู้สอบออกเป็นผู้รอบรู้หรือสอบผ่านกับผู้ที่ไม่รอบรู้หรือสอบไม่ผ่าน คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ค่าอำนาจจำแนก} = \frac{W_L - W_H}{n} \qquad \text{สมการที่ 2.2}$$

เมื่อ W_L หมายถึง จำนวนผู้ตอบผิดกลุ่มต่ำ

W_H หมายถึง จำนวนผู้ตอบผิดกลุ่มสูง

n หมายถึง จำนวนผู้เรียนกลุ่มหนึ่ง

ตารางที่ 2.2 แสดงการตีความหมายค่าอำนาจจำแนกของการวิเคราะห์ข้อสอบ

ค่าอำนาจจำแนก		ความหมาย
0.40 ขึ้นไป	อำนาจจำแนกดีมาก	เก็บไปใช้ได้
0.30 – 0.39	อำนาจจำแนกดีพอสมควร	ควรเก็บไปใช้
0.20 – 0.29	อำนาจจำแนกต่ำ	ควรปรับปรุงก่อนนำไปใช้
ต่ำกว่า 0.20	อำนาจจำแนกต่ำมาก	ใช้ไม่ได้ ตัดทิ้ง
0	ไม่มีอำนาจจำแนก	ใช้ไม่ได้ ตัดทิ้ง
ค่าติดลบ	อำนาจจำแนกในแง่ลบ	ใช้ไม่ได้ ตัดทิ้ง

2.2.3 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

ความเที่ยงหรือความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson) คูเดอร์และริชาร์ดได้เสนอวิธีหาค่าความสอดคล้องกันระหว่างข้อสอบ โดยดำเนินการสอบครั้งเดียวด้วยแบบทดสอบชุดเดียว แล้วพิจารณาการตอบข้อสอบแต่ละข้อว่าทำถูกหรือทำผิด นำมาคำนวณความเที่ยง โดยใช้สูตร

$$r_{tt} = \frac{n}{n \quad 1}\left\{1 \quad \frac{\sum_{i=1}^{n} pq_i}{s_i^2}\right\}$$ สมการที่ 2.3

เมื่อ r_{tt} หมายถึง ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n หมายถึง จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

p หมายถึง สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูก

q หมายถึง 1-p = สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิด

S^2_t หมายถึง ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

2.3 การประเมินคุณภาพบทเรียน

ในการวิจัยเพื่อสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในครั้งนี้มีการประเมินคุณภาพ ของบทเรียน 2 แบบคือ

2.3.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน (CIP) มีประสิทธิภาพ E_1:E_2 = 80:80

สูตร

$$E_1 = \frac{\sum_{i=1}^{M} E_{1i}}{M} \qquad \text{สมการที่ 2.4}$$

$$E_2 = \frac{\frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N} \times 100}{B} \qquad \text{สมการที่ 2.5}$$

เมื่อ E_1 = ประสิทธิภาพของบทเรียนระหว่างกระบวนการเป็นค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพหน่วยการเรียนย่อยทั้งหมด

E_{1i} = ประสิทธิภาพจากการทดสอบระหว่างเรียนของหน่วยการเรียนย่อย i คิดจากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยย่อย i ของนักเรียนทั้งหมด

E_2 = ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์หลังการเรียนครบทั้งวิชา คิดจากร้อยละของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียน หรือทดสอบหลังเรียน

$$E_{1i} = \frac{\sum_{J=1}^{N} x_j}{NA_i} \times 100 \qquad \text{สมการที่ 2.6}$$

เมื่อ X_j คือ คะแนนรวมของนักเรียนคนที่ j ระหว่างเรียนหน่วยเรียนที่ i

A_i คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบหน่วยเรียนที่ i

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังบทเรียน หรือ Posttest

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมด

M คือ จำนวนหน่วยการเรียนย่อยในวิชานั้น

2.3.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน (CIP) มีประสิทธิผล E_{post}-E_{pre} > = 60

E_{post} = ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์หลังการเรียนครบทั้งวิชาคิดจากร้อยละของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียน หรือทดสอบหลังเรียน

E_{pre} = ระดับประสิทธิภาพของผู้เรียนก่อนการเรียนวิชาคิดจากร้อยละของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน

$$E_{post} = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{NB} \times 100 \qquad \text{สมการที่ 2.7}$$

เมื่อ X_i = คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนคนที่ i

N = จำนวนนักเรียนทั้งหมด

B = คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

$$E_{pre} = \frac{\sum_{k=1}^{N} X_k}{NC} \times 100 \qquad \text{สมการที่ 2.8}$$

เมื่อ X_k = คะแนนสอบก่อนเรียนของนักเรียนคนที่ k

N = จำนวนนักเรียนทั้งหมด

C = คะแนนเต็มของแบบทดสอบก่อนเรียน

เมื่อหาค่า E_{post} และ E_{pre} แล้ว จะต้องหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของทั้งสองด้วย เพื่อใช้ตรวจสอบความใกล้กันของทั้งสองค่า ซึ่งไม่น่าจะมีความใกล้กัน หากบทเรียนพัฒนาขึ้นอย่างมีประสิทธิผลมากกว่า 60 ขึ้นไป

ในการสร้างบทเรียนสำเร็จรูป มุ่งที่จะให้บทเรียนมีประสิทธิผลสูงกว่า 60 % เพื่อสามารถใช้แทนการสอนได้ ดังนั้นค่าความต่างของ E_{post}-E_{pre} จะต้องมากกว่า หรือเท่ากับ 60 %

2.4 ภาษาวีเอชดีแอล

ภาษาวีเอชดีแอล หรือ VHSIC (Very High Speed Integrated Circuit) Hardware Description Language ซึ่งเป็นภาษาที่พัฒนาขึ้นโดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกาในช่วงปี ค.ศ. 1980 โดยเป้าหมายของโครงการนี้ก็เพื่อพัฒนา ขีดความสามารถในการออกแบบวงจรรวมให้สูงขึ้นและสามารถทำได้ง่ายมากยิ่งขึ้น เป้าหมายหลักของพัฒนาภาษาวีเอชดีแอล มี 2 ประการคือ

ก. เนื่องจากนักออกแบบวงจรรวมมีความต้องการภาษาที่สามารถรองรับการออกแบบวงจรที่มีความซับซ้อน

ข. นักออกแบบต้องการภาษาที่เป็นมาตรฐานหรือเป็นภาษากลาง ที่ทำให้สามารถเผยแพร่ผลงานการออกแบบกันภายในกลุ่มนักออกแบบด้วยกันได้

ในปี 1986 ได้เริ่มมีการปรับปรุงภาษาวีเอชดีแอล เพื่อให้สามารถกำหนดเป็นมาตรฐานของ IEEE โดยสามารถประกาศเป็นมาตรฐานได้ในเดือนธันวาคมปี 1987 โดยอยู่ในหมวด IEEE 1076 – 1987 หลังจากนั้นก็ได้มีการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่องโดยได้มีประกาศปรับปรุงอีกครั้งในปี 1993 ซึ่งเรียกว่า IEEE 1076 – 1993 โดยได้มีการเพิ่มเติม Syntax พิเศษเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น สำหรับขีดความสามารถในการออกแบบโดยใช้ภาษาวีเอชดีแอลนั้น สามารถออกแบบได้เฉพาะวงจรที่มีลักษณะเป็นดิจิตอล เท่านั้นส่วนวงจรที่เป็นอนาล็อก ในขณะนี้ยังไม่สามารถออกแบบได้โดยการใช้ภาษาวีเอชดีแอล แต่จะทำได้ในอนาคต

2.4.1 ข้อดีของภาษาวีเอชดีแอล

2.4.1.1 Standard VHDL เป็นมาตรฐานของ IEEE ทำให้มีเครื่องมือ โปรแกรม และบริษัทที่สนับสนุนการทำงานมากมาย นอกจากนี้วงจรที่ออกแบบโดยการเขียนภาษาวีเอชดีแอล ก็จะใช้งานได้นานเนื่องจากมีความเข้ากันได้ของภาษากับวงจรที่ได้รับการออกแบบใหม่

2.4.1.2 Government Support เนื่องจากภาษาวีเอชดีแอลได้รับการพัฒนาโดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา ดังนั้นการออกแบบวงจรโดยใช้ภาษาวีเอชดีแอล จึงได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลสหรัฐอเมริกา

2.4.1.3 Industrial Support เนื่องจากภาษาวีเอชดีแอล เป็นภาษาที่เป็นมาตรฐานของ IEEE จึงมีอุตสาหกรรมจำนวนมากที่รองรับการออกแบบที่ใช้ภาษาวีเอชดีแอล

2.4.1.4 Portability การออกแบบโดยใช้ภาษาวีเอชดีแอล สามารถนำไปจำลองการทำงานหรือสังเคราะห์ด้วยซอฟท์แวร์ตัวใดก็ได้ที่รองรับภาษาวีเอชดีแอล จึงทำให้การออกแบบด้วยภาษาวีเอชดีแอล จึงเป็นการออกแบบที่ไม่ยึดติดกับซอฟท์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบ

2.4.1.5 Modeling Capability ผู้ออกแบบวงจรสามารถออกแบบวงจรโดยใช้ภาษาวีเอชดีแอลได้หลายระดับตั้งแต่ระดับ Electronic boxes ถึงระดับทรานซิสเตอร์ และสามารถออกแบบวงจรที่มีความซับซ้อนสูงและมีขนาดใหญ่มากได้

2.4.1.6 Reusability วงจรที่ออกแบบโดยภาษาวีเอชดีแอล สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ง่ายเนื่องจากสามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขวงจรได้ง่าย

2.4.1.7 Documentation VHDL เป็นภาษาในรูปแบบบรรยายพฤติกรรม ทำให้เราสามารถอธิบายการทำงานของวงจรภายในการออกแบบได้ทันที

2.4.2 ลักษณะการใช้งานภาษาวีเอชดีแอล

การใช้งานภาษาวีเอชดีแอลอาจจำแนกออกเป็น 5 ประเภทดังนี้คือ

2.4.2.1 Document Language: ใช้สำหรับบรรยายรายละเอียดการทำงานของวงจรที่ออกแบบ

2.4.2.2 Design Language: ใช้สำหรับออกแบบวงจรที่มีความซับซ้อนสูงเพื่อใช้สำหรับการจำลองการทำงาน

2.4.2.3 Verification Language: ใช้ตรวจสอบการทำงานของวงจรที่ออกแบบว่ามีความถูกต้องหรือไม่

2.4.2.4 Test Language: ใช้สำหรับสร้าง Test Vector เพื่อใช้สำหรับเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับทดสอบการทำงานของวงจรที่ออกแบบ

2.4.2.5 Synthesis Language: ใช้สำหรับสร้างวงจรจริงเพื่อนำไป Implement เป็น Hardware ต่อไป

2.5 ภาษาวีเอชดีแอเบื้องต้น

2.5.1 การใช้ตัวอักษรในภาษาวีเอชดีแอล

การใช้ตัวอักษรในภาษาวีเอชดีแอล นั้นอักษรตัวเล็กหรือใหญ่จะมีความหมายเหมือนกัน ผู้เขียนสามารถกำหนดรูปแบบการใช้ขนาดตัวอักษรได้เอง เช่น signal, variable, port name ใช้อักษรตัวเล็ก Constant หรือ signal ที่กำหนดขึ้นมาเองใช้อักษรตัวใหญ่ เพื่อให้สะดวกในการอ่าน code แล้วสามารถแยกแยะได้ทันทีว่า code แต่ละส่วนมีความหมายเป็นเช่นใด

2.5.1.1 การ assign ค่า signal ใช้เครื่องหมายน้อยกว่าหรือเท่ากับ (<=)

2.5.1.2 แต่ละ statement จะต้องจบด้วยเครื่องหมาย semicolon (;) สามารถเขียนหลาย statement อยู่บนบรรทัดเดียวกันได้ โดยมี semicolon คั่นทุก statement ในบาง statement อาจมี statement ย่อยซ้อนอยู่ภายในได้ เช่น if…. Then….else

2.5.1.3 การประกาศ signal หรือ variable หลายๆ อัน ใช้เครื่องหมาย comma (,) คั่นแต่ละ signal , variable

2.5.1.4 สามารเขียน '--' ก่อนเขียน comment และจบการเขียน comment เมื่อขึ้นบรรทัดใหม่

2.5.2 Identifiers

2.5.2.1 พยัญชนะ A - Z , a – z

2.5.2.2 ตัวเลข 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9

2.5.2.3 เครื่องหมายขีดเส้นใต้ (Underscore) " – "

2.5.2.4 ต้องขึ้นต้นด้วยพยัญชนะเสมอ

2.5.2.5 ชื่อสามารถประกอบด้วยพยัญชนะ ตัวเลข และเครื่องหมายขีดเส้นใต้จำนวนไม่จำกัด

2.5.2.6 การใช้เครื่องหมายขีดเส้นใต้ทุกครั้ง ต้องนำหน้าด้วยพยัญชนะหรือตัวเลขและตามด้วยพยัญชนะหรือตัวเลขเช่นกัน

2.5.2.7 พยัญชนะตัวเล็กหรือตัวใหญ่มีความหมายเหมือนกัน

2.5.2.8 ห้ามใช้คำสงวน (reserved word) ของภาษาวีเอชดีแอล

2.5.3 VHDL Structural Elements

ภาษาวีเอชดีแอล เป็นภาษาที่มีลักษณะเป็นโครงสร้าง โดยจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

2.5.3.1 Entity

2.5.3.2 Architecture

2.5.3.3 Component

2.5.3.4 Package

2.5.3.5 Library

2.5.3.6 Configuration

2.5.4 Declaration of VHDL Objects

นอกจาก Elements ต่างๆ ที่กล่าวมา ในภาษาวีเอชดีแอล ยังมีส่วนประกอบอีกประเภทหนึ่งเรียกว่า Objects ถ้าเปรียบเทียบกับภาษาในการเขียนโปรแกรมทางซอฟแวร์ Objects จะเปรียบเทียบได้กับตัวแปรและค่าคงที่ หรือเปรียบได้เหมือนภาชนะไว้สำหรับเก็บค่าต่างๆ สามารถแบ่งออกได้ 3 class คือ

2.5.4.1 Constant เป็น Object ที่กำหนดค่าเริ่มต้นไว้ แล้วไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้

2.5.4.2 Signal เป็น Object ที่สามารถกำหนดค่าที่สัมพันธ์กับเวลาให้ได้

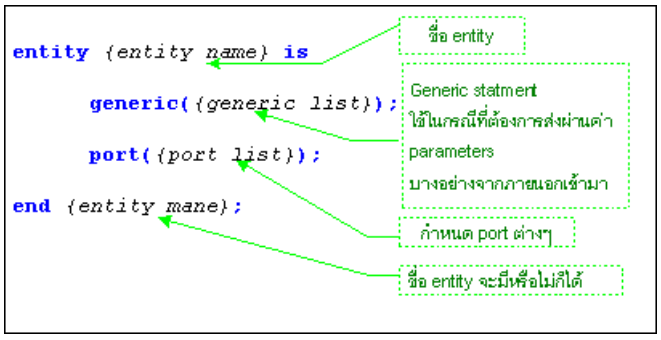
2.5.4.3 Variable เป็น Object ที่สามารถกำหนดค่าให้ได้และสามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ตลอดการจำลองการทำงาน

ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบต่างๆ

	Entity	**Architecture**	**Process/Subprogram**	**Package**
Subprogram	✖	✖	✖	✖
Component		✖		✖
Configuration		✖		
Constant	✖	✖	✖	✖
Data type	✖	✖	✖	✖

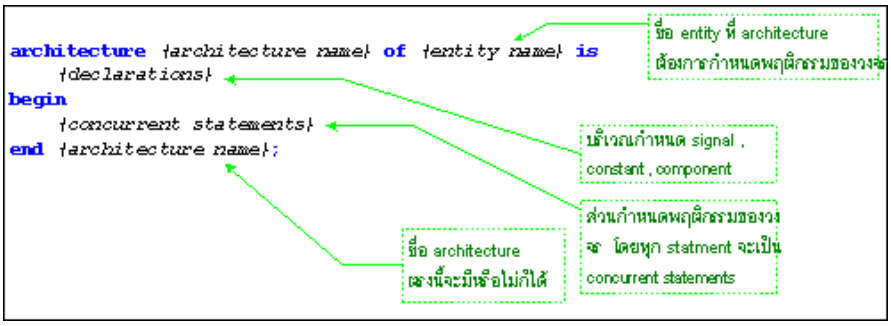
2.5.5 Entity and Architecture

2.5.5.1 Entity เป็นส่วนที่แสดงพอร์ตต่างๆของวงจร รวมทั้งการส่งผ่านค่าพารามิเตอร์บางอย่างระหว่างวงจรกับภายนอก รูปแบบการเขียนเป็นดังนี้



รูปที่ 2.1 รูปแบบการเขียน Entity

2.5.5.2 Architecture เป็นส่วนสำหรับเขียน statement ต่างๆเพื่อกำหนดพฤติกรรมการทำงานของวงจรที่ต้องการออกแบบ โดยมีพอร์ตติดต่อกับภายนอกตามที่กำหนดไว้ใน Architecture มีรูปแบบการเขียนดังนี้



รูปที่ 2.2 รูปแบบการเขียน Architecture

ดังนั้น Architecture จะใช้ร่วมกับ Entity เสมอ แต่ใน 1 Entity สามารถสร้าง Architecture ได้มากกว่า 1 Architectureได้ โดยตั้งชื่อ Architecture ให้ต่างกันแล้วใช้ชื่อ entity ที่อ้างถึงเดียวกัน ถ้าเปรียบเทียบกับการออกแบบด้วย Schematics แล้ว Entity นั้นเปรียบเสมือนเป็น Symbol ของวงจร มีหน้าที่อธิบายเพียงว่ามีพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตเป็นอย่างไร ส่วน Architecture นั้นเปรียบได้กับ Schematics ของวงจรนั่นเอง

2.5.6 Entity port mode

ประเภทของ port ที่ประกาศใน entity ประกอบด้วย

2.5.6.1 input : เป็น port ทิศทางเดียว ที่นำค่าสัญญาณจากภายนอก เข้ามาภายใช้ภายในวงจรที่แสดงโดย Entity นั้นสามารถนำมา Source ให้กับสัญญาณอื่นได้ แต่ไม่สามารถเป็น Destination ใน Assign statement ได้

2.5.6.2 output : เป็น port ทิศทางเดียว นำค่าสัญญาณภายในออกไปสู่ภายนอก ไม่สามารถเป็น Source ให้กับสัญญาณใดๆใน Architecture ได้ เพราะมีทิศทางออกไปภายนอกทิศทางเดียว

2.5.6.3 in-out : เป็น port 2 ทิศทาง สามารถส่งสัญญาณเข้า และออกได้

2.5.6.4 buffer : เป็น port output ที่สามารถ Feedback สัญญาณที่ port กลับเข้ามาในวงจรได้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในลักษณะเป็นบทเรียนแบบโปรแกรม หรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1. ประเวศร์ เดี่ยววานิช [11] ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องคำสั่งพื้นฐานที่ใช้ควบคุมเครื่องกลึง CNC ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 สาขาเครื่องกล ของวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2535 จำนวน 20 คน ผลปรากฏว่า บทเรียนที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 90.17/84.00 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

2. เตรียมพล ขอดคำ [12] ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน “ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไฟฟ้า” โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนระหว่างการเรียนแบบกลุ่มกับการเรียนแบบรายบุคคลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศรีพฤฒา กรุงเทพมหานคร เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนระหว่างการเรียนแบบกลุ่มและการเรียนแบบรายบุคคลโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนปรากฏว่าผลการเรียนทั้งสองไม่แตกต่างกัน

3. สุวิทย์ สินที [13] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การทดลองการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบอธิบายและไม่อธิบายคำตอบ วิชาความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบอธิบายและไม่อธิบายคำตอบในวิชาความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเบญจมราชานุสรณ์ ที่กำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2537 จำนวน 60 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน ข้อมูลป้อนกลับแบบอธิบายและไม่อธิบายคำตอบ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำเรียนจาก บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบอธิบายและไม่อธิบายคำตอบ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

0.05 และนักเรียนที่มี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน และเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบอธิบายและไม่อธิบายคำตอบมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

4. สุวรรณ เกษร [14] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ความคงทนและความชอบทางการเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่เรียนเป็นรายบุคคลและรายกลุ่มที่มีขนาดของกลุ่มแตกต่างกัน วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ความคงทน และความชอบทางการเรียน จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่จัดสถานการณ์การเรียน 3 วิธี คือ เรียนแบบรายบุคคล เรียนแบบรายกลุ่ม 2 คน และเรียนแบบรายกลุ่ม 3 คน ในวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 2 โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี จำนวน 72 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ทดลองเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามวิธีที่กำหนด คือ กลุ่มแรกเรียนแบบรายบุคคล กลุ่มที่ 2 เรียนแบบรายกลุ่ม 2 คน และกลุ่มที่ 3 เรียนแบบรายกลุ่ม 3 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์และความคงทนทางการเรียนที่เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้ง 3 กลุ่ม ไม่มีนัยสำคัญของความแตกต่างที่ระดับ 0.05 ความชอบทางการเรียนที่เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้ง 3 กลุ่ม แตกต่างกันที่ระดับ 0.05 ผู้เรียนชอบการเรียนแบบรายกลุ่ม 2 คน มากกว่าการเรียนแบบรายบุคคลและแบบรายกลุ่ม 3 คน แต่วิธีการเรียนแบบรายกลุ่ม 2 คนกับวิธีเรียนแบบรายบุคคล ผู้เรียนมีความชอบทางการเรียนไม่แตกต่างกันที่ระดับ 0.05

5. สุพรรณ แก้วฝั้น [15] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประกอบการสอนเรื่อง สไควเรลเกจอินดักชันมอเตอร์ เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หาประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ของบทเรียน โดยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรวม 7 หน่วย นำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพเทคนิค ชั้นปีที่ 2 สาขาเครื่องเย็นและปรับอากาศ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ จำนวน 21 คน ผลปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพ 84.97/80.95 เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.01

6. นิคม ลนขุนทด [16] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และ ความคงทนทางการเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เสนอเนื้อหาแบบต่อเนื่องกันแบบสมบูรณ์ในการสอน เรื่องลอจิกเกตพื้นฐาน นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาแผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา โดยแบ่งกลุ่มทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 18 คน จากการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัยปรากฏว่ากลุ่มที่ทดลองเรียนจาก

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สอนเนื้อหาแบบต่อเนื่อง มีผลสัมฤทธิ์และความคงทนทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มทดลองที่เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เสนอเนื้อหาแบบสมบูรณ์ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

7. สมศักดิ์ จีวัฒนา [17] ได้ทำการวิจัยเรื่อง สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาระบบการสื่อสารข้อมูล ตามหลักสูตรคอมพิวเตอร์ศึกษาของสถาบันราชภัฏ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นำบทเรียนไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า คะแนนสอบระหว่างเรียนเฉลี่ยรวม คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 91.61 คะแนนสอบหลังเรียนจบทั้งหมดเฉลี่ยรวมคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 87.64 สรุปชุดบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นนี้ มีประสิทธิภาพ 91.61/87.64 เมื่อนำคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์โดยการทดสอบค่าที (t-test) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 คะแนนสอบเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 87.64 สูงกว่าคะแนนสอบก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 56.06 แสดงว่าบทเรียนทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นสามารถนำบทเรียนไปใช้ในการเรียนการสอนได้

8. รื่นจิตร พัฒนยินดี [18] ได้ทำการวิจัยเรื่องประเภทของการชี้นำความลึกในภาพบนจอคอมพิวเตอร์ที่มีผลต่อการรับรู้ของเด็กอนุบาล โดยศึกษาประเภทของตัวชี้นำความลึกในภาพบนจอคอมพิวเตอร์ต่อการรับรู้และตัวเปรียบเทียบตัวชี้นำความลึกประเภทต่างๆ ในภาพบนจอคอมพิวเตอร์ โดยใช้ตัวชี้นำ 7 ประเภท ได้แก่ ตัวชี้นำความลึกแบบแนวเส้น, ตัวชี้นำความลึกแบบขนาด, ตัวชี้นำความลึกแบบพื้นผิว, ตัวชี้นำความลึกแบบซ้อนทับ, ตัวชี้นำความลึกแบบเลือนหาย, ตัวชี้นำความลึกแบบแสงเงา และตัวชี้นำความลึกแบบมุมสูง โดยใช้กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นเด็กในระดับชั้นอนุบาลที่มีอายุ 5-6 ปี จำนวน 120 คน ผลการวิจัยพบว่าตัวชี้นำความลึกแบบแนวเส้นมีผลต่อการรับรู้ความลึกของภาพบนจอคอมพิวเตอร์ได้ดีกว่าตัวชี้นำความลึกแบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนตัวชี้นำความลึกอื่นๆ จะเรียงลำดับผลของการรับรู้โยเรียงจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ตัวชี้นำความลึกแบบมุมสูง, ตัวชี้นำความลึกแบบซ้อนทับ, ตัวชี้นำความลึกแบบเลือนหาย, ตัวชี้นำความลึกแบบขนาด, ตัวชี้นำความลึกแบบพื้นผิวและตัวชี้นำความลึกแบบแสงเงา

9. ณริศร์ กาญจโนภาศ [19] ได้ทำการวิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นหลังสำหรับตัวอักษรบนจอคอมพิวเตอร์ที่ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทย ที่มีต่อความยากง่ายของ นักเรียนชั้นประถม โดยได้วิจัยถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นหลังสำหรับตัวอักษรบนคอมพิวเตอร์ ที่มีต่อความยากง่ายในการอ่าน โดยใช้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2540 จากโรงเรียนวัดดอกไม้ สังกัดสำนักงานการประถมศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวน 90 คน โดยให้กลุ่มตัวอย่างคำที่ปรากฏบนจอคอมพิวเตอร์ที่มีพื้นหลังที่แตกต่างกัน 6 ประเภท ได้แก่ ประเภทสีคล้ำ, ประเภทรูปทรงเรขาคณิต, ประเภทรูปทรง

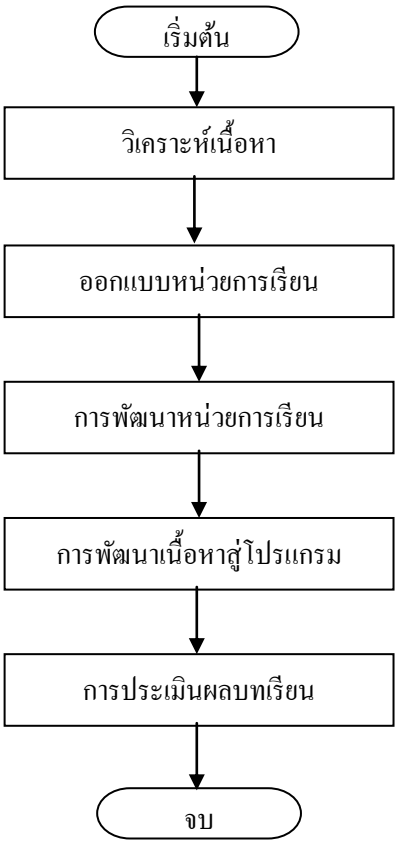
อินทรีย์รูป, ประเภทรูปทรงอิสระ, ประเภทภาพทิวทัศน์ทางธรรมชาติ และประเภทภาพภูมิทัศน์ทางสถาปัตยกรรม จากการวิจับพบว่ามรเฉพาะพื้นหลังประเภทรูปทรงอิสระและพื้นหลังประเภทรูปทรงเรขาคณิต มีความยากในการอ่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนพื้นหลังแบบอื่นๆ ไม่พบความแตกต่างของความยากง่ายในการอ่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

10. อัมพิกา โกมณเฑียร [20] ได้ทำการวิจัยเรื่อง แบบตัวอักษรไทยบนจอคอมพิวเตอร์ที่มีผลต่อความชัดเจนในการอ่านของนักเรียนชั้นประถมปีที่ 4 โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2540 ของโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ฝ่ายประถม,โรงเรียนพญาไทย, โรงเรียนอนุบาลสามเสนวิทยาลัย, โรงเรียนวินิตประถม และโรงเรียนปทุมวัน รวมจำนวน 90 คน โดยใช้แบบตัวอักษรอังสนาภาษาไทย 6 ประเภท คือ ตัวเอนหนา, ประเภทตัวธรรมดา, ประเภทตัวแคบ, ประเภทตัวหนา, ประเภทตัวเส้นขอบ, และประเภทตัวดำ ผลการวิจัยพบว่า ตัวอักษรประเภทตัวธรรมดามีผลต่อความชัดเจนในการอ่านบนจอคอมพิวเตอร์ได้ดีกว่าตัวอักษรประเภทอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนตัวอักษรประเภทอื่นมีผลต่อความชัดเจนในการอ่านโดยเรียงลำดับจากดีจนถึงไม่ดีที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้ดังนี้ ประเภทตัวเอน, ประเภทตัวแคบ, ประเภทตัวดำ, ประเภทตัวหนา สุดท้ายคือประเภทตัวเส้นขอบ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าส่วนใหญ่เป็นการนำเอาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นตัวช่วยพัฒนาการศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นต่างๆ เหล่านั้นเป็นตัวบ่งชี้ให้ทราบว่า นักเรียนที่เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเทียบเท่าหรือสูงกว่าการเรียนแบบปกติ นอกจากนี้ผู้เรียนยังมี ทัศนคติที่ดีต่อการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอีกด้วย และจากการศึกษายังพบอีกว่าผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยส่วนใหญ่มีการทำวิจัยในลักษณะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนขึ้นมาเพียงหัวเรื่องเดียว และทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพและประสิทธิผลกับวิธีการสอนปกติหรือ เปรียบเทียบผลกับการใช้สื่อประเภทอื่น ๆ หรือสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนขึ้นมา และนำไปทดลองสอนเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เช่นศึกษาผลของการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนแบบรายบุคคลและแบบกลุ่มศึกษาผลของการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบให้ข้อมูลป้อนกลับแบบอธิบายและไม่อธิบายคำตอบ เป็นต้น ต่อมาในระยะหลังเริ่มมีการวิจัยเพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่มีเนื้อหาครบถ้วนทั้งรายวิชา และสอดคล้องกับหลักสูตรที่ใช้ในการเรียนการสอนจริง

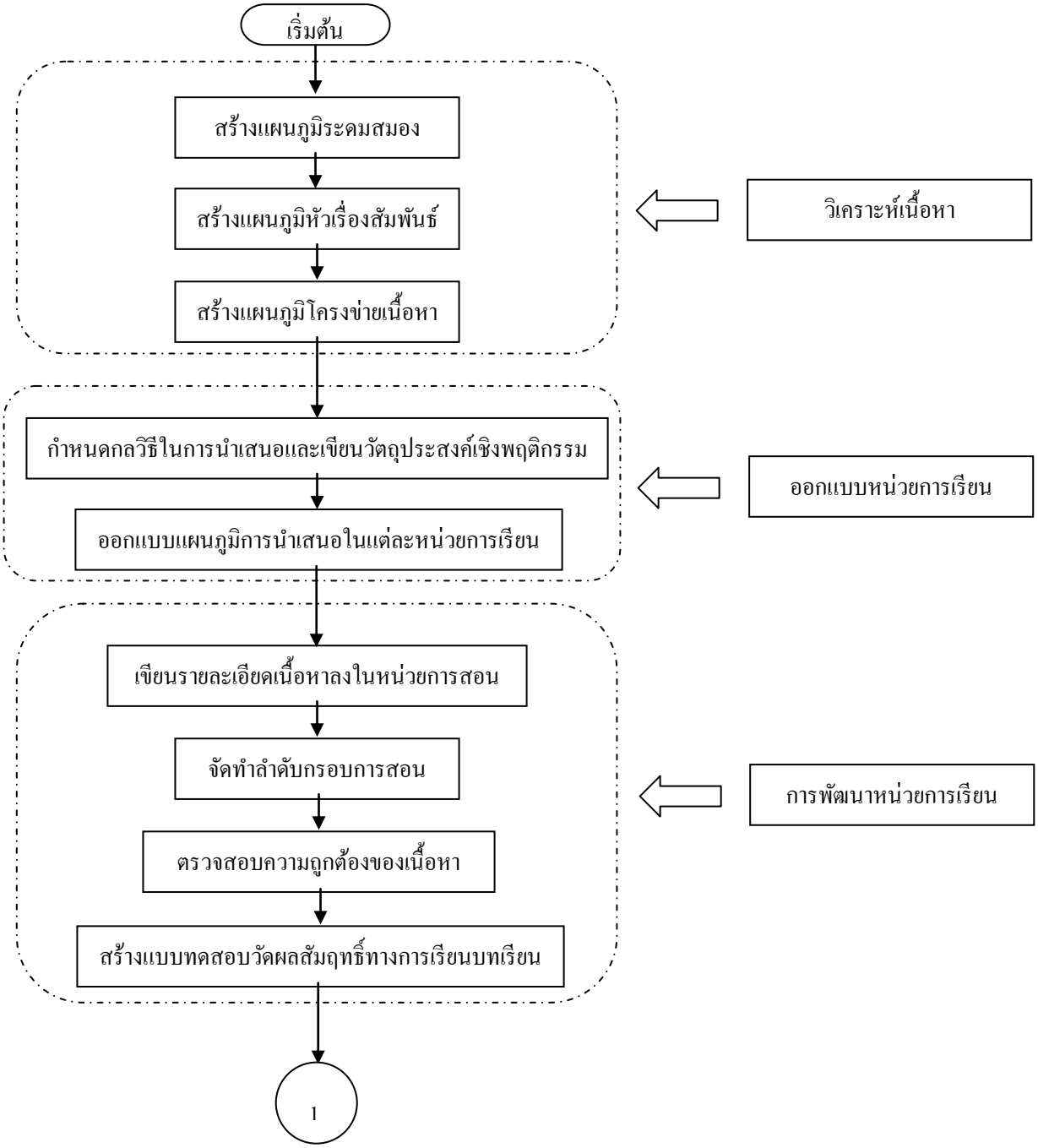
บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล สามารถแสดงขั้นตอนการพัฒนาได้ดังแสดงในรูปที่ 3.1

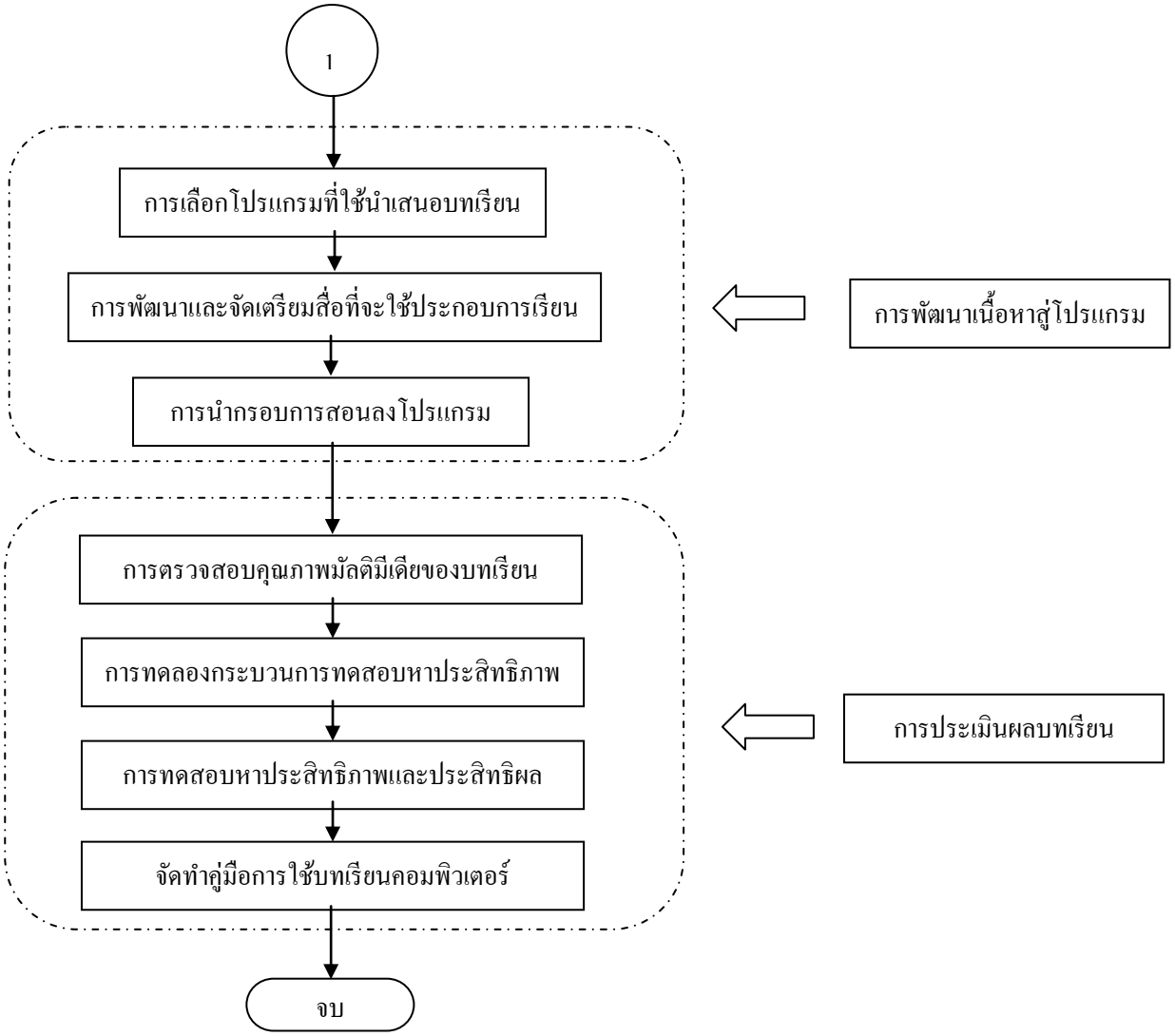


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนหลักของการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ขั้นตอนหลักทั้ง 5 ขั้นตอนนั้น สามารถแบ่งกระบวนการออกได้เป็น 16 ขั้นตอนย่อยๆ มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.2 แสดงกระบวนการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน



รูปที่ 3.2 แสดงกระบวนการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ต่อ)

3.1 รวบรวมเนื้อหา

ในขั้นตอนนี้เป็นการรวบรวมเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล โดยได้ทำการรวบรวมจากแหล่งความรู้ต่างๆ เช่น หนังสือบนอินเตอร์เน็ต เป็นต้น เพื่อให้ได้เนื้อหาที่เหมาะสมเพียงพอในการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วย เนื้อหาที่รวบรวมได้ประกอบด้วย 5 ส่วน คือ VHDL Introduction , VHDL Basic , Data Types, VHDL Operation และ Sequential Statement ตลอดจนการสรรหารูปภาพ เพื่อประกอบและตกแต่งภายในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ เห็นภาพพจน์ และเพื่อให้เกิดความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

3.2 การวิเคราะห์เนื้อหา

ในการพัฒนาเนื้อหาการเรียนการสอน ผู้พัฒนาจะต้องทำความเข้าใจกับเนื้อหาสาระ ที่จะนำมาใส่บทเรียน เพื่อกำหนดให้ชัดเจนว่าจะให้ผู้เรียนเรียนอะไรบ้าง เรียนอะไรก่อน เรียนอะไรหลัง เพื่อไม่ให้ซ้ำซ้อนในแต่ละหัวข้อ ไม่ให้สิ่งที่เรียนนั้นมากหรือน้อยเกินไป ยากหรือง่ายเกินไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงตระหนักและให้ความสำคัญกับเนื้อหาสาระ ที่จะถูกบรรจุอยู่ในบทเรียน และวิธีการที่ดีวิธีหนึ่งก็คือการวิเคราะห์เนื้อหาที่จะนำมาผลิตเป็นบทเรียน

การวิเคราะห์เนื้อหาจึงเป็นขั้นตอนแรกของการพัฒนาบทเรียน ในการวิเคราะห์เนื้อหานั้นมีขั้นตอนย่อยๆ ที่จะต้องทำตามลำดับ 3 ขั้นตอน คือ

3.2.1 สร้างแผนภูมิระดมสมอง (Brain Storm Chart Drafting)

เป็นการค้นหาหัวข้อทั้งหมดอันเป็นเป้าหมายขององค์ความรู้และความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันของหัวข้อในเรื่องการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล ที่จะทำให้มองเห็นภาพของบทเรียนว่าควรจะมีเนื้อหาโดยรวมเป็นเช่นไร ผลของการระดมสมองนี้จะเป็นภาพแผนภูมิระดมสมองที่เป็นรูปธรรมของความคิดของคณะผู้เชี่ยวชาญนั้น

3.2.2 สร้างแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ (Concept Chart Drafting)

เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์หัวเรื่องโดยละเอียดจากแผนภูมิระดมสมองเพื่อคัดเลือกหัวเรื่องที่เหมาะสม จึงอาจมีบางหัวเรื่องถูกตัดออกเพราะเป็นความรู้ที่ผู้เรียนได้เคยเรียนมาแล้ว หรือจัดไว้เป็นหัวเรื่องรอง หรือหัวเรื่องสนับสนุน หลังจากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาช่วยพิจารณาเนื้อหาว่าเหมาะสม ถูกต้อง และครอบคลุมตามหัวข้อหลักหรือไม่ เพื่อให้ได้หัวข้อที่จะนำมาพัฒนาเป็นเนื้อหาที่สมบูรณ์ที่สุด

3.2.3 สร้างแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Analysis Chart Drafting)

เป็นการสร้างแผนภูมิจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการส่งทอดกันของเนื้อหาในลักษณะของข่ายงานการนำเสนอ เป็นการแสดงภาพของความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันของการนำเสนอว่าเนื้อหาส่วนใดควรนำเสนอก่อนหลังหรือพร้อมกันไปได้กับเนื้อหาส่วนใด เมื่อเขียนเสร็จแล้วผู้วิจัยได้วิเคราะห์ลำดับความสัมพันธ์ของเนื้อหาทั้งหมดอีกครั้ง

3.3 ออกแบบหน่วยการเรียน

การออกแบบหน่วยการเรียน เป็นขั้นตอนที่สำคัญจะต้องทำต่อจากขั้นตอนการวิเคราะห์เนื้อหาภายหลังจากสร้างแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหาเสร็จจะได้เนื้อหาที่ถูกวิเคราะห์โครงสร้างลำดับความสัมพันธ์ไว้อย่างถูกต้องแล้ว ในขั้นตอนต่อไปจะเป็นกระบวนการในการออกแบบหน่วยการเรียนและการสอน

การออกแบบหน่วยการเรียน นับเป็นหัวใจสำคัญในการผลิตโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ประกอบด้วยขั้นตอนที่จะต้องทำไปตามลำดับ 2 ขั้นตอน คือ

3.3.1 กำหนดกลวิธีการนำเสนอและเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละหัวเรื่องที่กำหนด (Strategic Presentation Plan vs Behavior Objective)

ในขั้นตอนนี้ จะจัดเนื้อหาที่มีให้เป็นหน่วยการเรียน เพื่อให้เหมาะสมกับการเรียนของผู้เรียน จากนั้นจึงสร้างแผนภูมิหน่วยการเรียนวิชา แล้วเขียนกำกับในแต่ละหน่วยการเรียน ด้วยวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมี 3 ขั้นตอน คือ

3.3.1.1 การแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยการเรียน
สำหรับการแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยการเรียนนี้ เป็นการแบ่งเนื้อหาเพื่อให้เหมาะสมกับการเรียนแต่ละครั้ง โดยเปรียบเทียบกับการสอนในห้องเรียนปรกติ เช่น ในระดับอุดมศึกษา 1 คาบใช้เวลา 60 นาที หรือ 120 นาทีต่อหน่วยการเรียน เป็นต้น

การแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยการเรียนนั้น จะเริ่มจากนำแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหามาพิจารณากลุ่มหัวเรื่องที่สามารถจัดไว้ในหน่วยการเรียนเดียวกันได้ จากนั้นก็ตีกรอบล้อมรอบกลุ่มต่างๆ ไว้จนครบ อย่างไรก็ตาม การตีกรอบควรจะพิจารณาตามเงื่อนไขของเวลาที่ตั้งไว้ เมื่อเสร็จแล้วเนื้อหาในกรอบแต่ละกรอบก็คือ หน่วยการเรียนนั่นเอง

3.3.1.2 การสร้างแผนภูมิหน่วยการเรียนวิชา
เมื่อแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยการเรียนได้แล้ว ก็กำหนดลำดับของแต่ละหน่วยโดยเขียนเป็นตัวเลขลงไป จากนั้นก็นำหน่วยการเรียนมาลำดับการนำเสนอตามอันดับ และความสัมพันธ์แนวเดียวกับแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา ซึ่งจะได้ผลเป็นแผนภูมิหน่วยการเรียนวิชา (Course Flow Chart)

3.3.1.3 การกำหนดและเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียนนำหัวเรื่องเนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียน มาพิจารณากำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เหมาะสม แล้วเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้กำหนด กำกับไว้แต่ละหน่วยการเรียนให้เป็นระเบียบที่ชัดเจน เมื่อดำเนินการเสร็จแล้ว ถือว่าจบขั้นตอนการกำหนดกลวิธีในการนำเสนอและเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหา

3.3.2 การออกแบบแผนภูมิการนำเสนอในแต่ละหน่วยการเรียน (Module Presentation Chart)

การออกแบบแผนภูมิการนำเสนอในแต่ละหน่วยการเรียนเปรียบเสมือนการออกแบบการสอนในชั้นเรียน เป็นการวางแผนการสอน ซึ่งจะต้องออกแบบการสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหาและกลุ่มเป้าหมาย โดยเลือกวิธีการสอน สื่อการสอนที่เหมาะสมมาใช้

เป้าหมายสำคัญในการออกแบบคือ การให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งไว้ ในการออกแบบนั้นจะต้องคำนึงถึงกระบวนการนำเสนอทั้งหมด ซึ่งจะมีการนำเข้าบทเรียน การนำเสนอเนื้อหาสาระ การทบทวนเสริมความเข้าใจ และการสรุปบทเรียน รวมทั้งการใช้เทคนิควิธีการสอน การใช้สื่อต่างๆ ที่เหมาะสม และสิ่งที่สำคัญที่การออกแบบการสอนทั่ว ๆ ไปไม่มีก็คือ จะต้องออกแบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนกับผู้เรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่คอมพิวเตอร์สามารถทำได้

สำหรับขั้นตอนการออกแบบแผนภูมิการนำเสนอในแต่ละหน่วยการเรียนนั้น จะเริ่มจากพิจารณาเนื้อหาแต่ละช่วงพร้อมคิดวิธีการสอน สื่อที่ใช้ และลักษณะปฏิสัมพันธ์ในหัวข้อนั้นๆ ทีละหัวข้อ พิจารณาไปทีละลำดับ ทำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งหมดหน่วยการเรียนนั้น แล้วจึงเริ่มทำหน่วยการเรียนถัดไป เพียงเท่านี้ก็จะได้แผนภูมิการนำเสนอในแต่ละหน่วยการเรียน

เมื่อออกแบบแผนภูมิการนำเสนอในแต่ละหน่วยการเรียนเสร็จ ก็จะเห็นภาพรวมของการออกแบบการสอนแต่ละหน่วย ซึ่งจะเป็นแนวทางที่ง่ายสำหรับการพัฒนาเนื้อหาลำดับต่อไป

3.4 การพัฒนาหน่วยการเรียน (Development)

ขั้นพัฒนาหน่วยการเรียนเป็นการพัฒนาเนื้อหาหน่วยการเรียนให้สมบูรณ์ก่อนที่จะนำไปเขียนโปรแกรม ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ 4 ขั้นตอน คือ

3.4.1 การเขียนรายละเอียดเนื้อหาลงบนกรอบการสอน (Script Development)

เป็นการดำเนินการหลังจากที่ได้มีการวิเคราะห์และออกแบบบทเรียนแล้วนำมาจัดเป็นรายละเอียดของเนื้อหา โดยการนำมาเขียนลงในกรอบการนำเสนอที่ได้วางไว้ ซึ่งจะเป็นการร่างต้นแบบของการนำเสนอก่อนการนำเสนอจริงในแต่ละเฟรม (กรอบ) การกำหนดเนื้อหาลงในกรอบนี้ จะเป็นการกำหนดทั้งภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง และภาพวีดีโอ ผู้วิจัยได้สร้างกรอบการสอนขึ้นมาใช้ในการเขียนเนื้อหาสาระ ภายในกรอบการสอนจะมีพื้นที่สำหรับเขียนเนื้อหาที่จะสอน พื้นที่สำหรับระบุเสียงบรรยาย การระบุการจัดเก็บสื่อต่างๆ และการนำเสนอหน้าจอ

3.4.2 การจัดลำดับกรอบการสอน (Story Board Development)

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำกรอบการสอนมาตรวจสอบลำดับการนำเสนอที่ได้วางแผนไว้ ขั้นตอนนี้มีความสำคัญมาก เพราะเป็นการตรวจสอบลำดับการสอนของกรอบการสอนที่ได้เขียนไว้ว่ามีความต่อเนื่องกันหรือไม่ เพื่อให้เป็นไปตามการนำเสนอที่ได้วางแผนไว้ทั้งหมด และความสมบูรณ์ของเนื้อหาที่สามารถตอบสนองการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้กำหนดไว้ด้วย ในการตรวจสอบลำดับเนื้อหานั้นจะมีการตรวจสอบ 2 ขั้นตอน คือ

3.4.2.1 การตรวจสอบความต่อเนื่องของเนื้อหาในหน่วยการเรียนเดียวกัน เพื่อดูว่ามีความเหมาะสมต่อเนื่องกันหรือไม่ และตอบสนองวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมครบถ้วนหรือไม่

3.4.2.2 การตรวจสอบการเชื่อมโยงของเนื้อหาในแต่ละหน่วยการเรียน เพื่อดูว่าการเชื่อมโยงของเนื้อหาแต่ละหน่วยเป็นไปตามที่ได้วิเคราะห์ไว้หรือไม่

ภายหลังจากที่ได้ตรวจสอบลำดับของเนื้อหาตามขั้นตอนแล้ว ก็ถือว่าเสร็จสิ้นกระบวนการจัดลำดับกรอบการสอน เนื้อหาทั้งหมดนี้ เป็นข้อมูลบนกระดาษที่ฉายภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนได้ครบ ซึ่งเรียกว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ (Course Ware)

3.4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำ Course Ware ที่พัฒนาขึ้น ไปทำการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาที่พัฒนาขึ้น โดยทำ 2 ด้านต่อเนื่องกัน คือ

3.4.3.1 การตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

3.4.3.2 นำไปทดลองกับกลุ่มเป้าหมายที่จะเรียนเนื้อหานั้นๆ

การตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ เป็นการรับรองคุณภาพของเนื้อหานั้นว่าถูกต้องก่อนที่จะนำไปพัฒนาเป็นบทเรียน การตรวจสอบนั้นอาจจะให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินลงไปในกรอบการสอนหรือประเมินคู่กับแบบฟอร์มที่เป็นปลายเปิด

ภายหลังประเมินความถูกต้องของผู้เชี่ยวชาญและปรับแก้แล้ว ต่อไปนำไปทดลองกับกลุ่มเป้าหมายที่จะเรียนเนื้อหานั้นๆ เพื่อทดสอบความเข้าใจในการเรียนเนื้อหาและการสื่อความหมายของสัญญาณที่ใช้ ตลอดจนรูปแบบที่สื่อความหมายต่อผู้เรียน ผู้วิจัยได้ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยการจับฉลากซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จำนวน 10 คน เมื่อได้กลุ่มตัวอย่างแล้วให้กลุ่มตัวอย่างอ่านเนื้อหาซึ่งอยู่ในรูปแบบของเอกสารแล้วให้ทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียน โดยสามารถเปิดเอกสารอ่านประกอบการทำแบบฝึกหัดได้ พิจารณาผลของการทำแบบฝึกหัด และในขั้นตอนนี้ยังให้กลุ่มตัวอย่างอ่านเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเนื้อหา สำนวน ลักษณะทางภาษา หากกลุ่มตัวอย่างอ่านแล้วติดขัด เช่น อ่านแล้วไม่เข้าใจก็ให้ทำเครื่องหมายไว้ พร้อมระบุรายละเอียดหรือข้อสงสัยลงไป จากนั้นนำข้อเสนอแนะที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างมาพิจารณาปรับเปลี่ยนข้อความของเนื้อหาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3.4.4 การเขียนและการประเมินคุณภาพของแบบทดสอบ

ในขั้นตอนนี้เริ่มจากการสร้างแบบทดสอบสำหรับบทเรียน โดยอาศัยหลักการของการสร้างแบบทดสอบในการวัดผล โดยอ้างอิงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ จากนั้นนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่เคยเรียนเนื้อหานั้นมาแล้วและนำผลทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบสำหรับบทเรียน ประกอบไปด้วย แบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน โดยแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือกเพื่อให้เหมาะสมกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยมีรายละเอียดการสร้างแบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนดังนี้

3.4.4.1 สร้างตารางวิเคราะห์ความสำคัญของเนื้อหา (Test Blue Print) การสร้าง ตารางวิเคราะห์ความสำคัญของเนื้อหา เพื่อกำหนดสัดส่วนของเนื้อหาที่จะใช้ในแบบทดสอบ เพื่อให้แบบทดสอบสามารถครอบคลุมเนื้อหาให้มากที่สุด มีขั้นตอนดังนี้

ก. กำหนดความสามารถที่ผู้เรียนจะได้รับ เช่นความสามารถในการรับรู้ความสามารถในด้านความเข้าใจ และความสามารถในด้านการนำไปใช้

ข. กำหนดอัตราส่วนของเนื้อหาออกเป็นร้อยละของเนื้อหาทั้งหมด ตามความสำคัญของเนื้อหา

ค. สร้างตารางบรรจุเนื้อหา วัตถุประสงค์ ชนิดของข้อสอบและจำนวนข้อสอบ โดยใช้ตารางวิเคราะห์ความสำคัญของเนื้อหา

ง. กำหนดรูปแบบของข้อคำถามและศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบ ผู้วิจัยได้เลือกสร้างแบบทดสอบเป็นแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) ชนิด 4 ตัวเลือก หลักในการคิกคะแนนคือ ผู้เรียนตอบถูกได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ได้ 0 คะแนน

จ. เขียนแบบทดสอบ โดยดำเนินการเขียนแบบทดสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ ในการเขียนยึดหลักตามหลักการเขียนแบบทดสอบประเภทเลือกตอบ

ฉ. ตรวจทานข้อสอบ คือ นำข้อสอยที่ได้เขียนไว้แล้วมาพิจารณาทบทวนอีกครั้ง โดยพิจารณาความถูกต้อง สามารถวัดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการได้หรือไม่ ภาษาที่ใช้ชัดเจนหรือไม่ ตัวถูก ตัวลวง เหมาะสมเข้าเกณฑ์หรือไม่ ทำการแก้ไขปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

ช.นำแบบทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และด้านการวัดผลทางการศึกษาตรวจสอบและนำจ้อเสนอแนะต่างๆของผู้เชี่ยวชาญ นำไปปรับปรุงแบบทดสอบเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ต่อไป

ซ. พิจารณาความเที่ยงตรงของเนื้อหาของแบบทดสอบโดย ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผลและประเมินผลและผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาเป็นผู้มีประสบการณ์ในการสอนเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจแบบทดสอบ การพิจารณาความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบทดสอบใช้วิธีของโรวิเนลลี (Rovinelli) และ แฮมเบลตัน (R.K. Hambleton) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนความสอดคล้องของข้อสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมไว้ดังนี้

คะแนน +1 เมื่อมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและตามโครงสร้าง
คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจ
คะแนน –1 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามไม่ตรงตามเนื้อหาและโครงสร้าง

จากนั้นนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IC) ถ้าได้ค่า IC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 แสดงว่าข้อคำถามนั้นเป็นข้อคำถามที่มีความเที่ยวตรงตามเนื้อหา ถ้าได้ค่า IC น้อยกว่า 0.5 ให้นำข้อคำถามนั้นไปปรับปรุงใหม่

ฌ. พิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบทั้งหมดที่ผ่านเกณฑ์มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบ โดยมีคำชี้แจงเกี่ยวกับแบบทดสอบ วิธีตอบ จัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

ญ. นำแบบทดสอบมาหาคุณภาพ หลังจากปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้ว จึงนำแบบทดสอบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าชั้นปีที่ 4 ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จำนวน 34 คน จากนั้นนำแบบทดสอบที่ผ่านกระบวนการทดสอบแล้วมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนกและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

(1) นำแบบทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความยากง่ายของแบบทดสอบ โดยพิจารณาข้อสอบที่มีความยากง่ายในช่วงระหว่าง 0.20 – 0.80

(2) นำแบบทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกโดยพิจารณาข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกมากว่า 0.20

(3) ตรวจสอบแบบทดสอบในแต่ละหน่วยว่าข้อสอบที่ได้ตามเกณฑ์มีจำนวนครบตามที่ตั้งไว้ในวัตถุประสงค์หรือไม่ ผู้วิจัยได้ทำการแยกข้อสอบที่ดีออกจากข้อสอบที่ไม่ได้ตามเกณฑ์และไปตรวจสอบกับจำนวนที่ได้ระบุในแต่ละหน่วย หากมีวัตถุประสงค์ใดที่มีข้อสอบไม่ครบตามจำนวน ผู้วิจัยจึงพิจารณาข้อสอบที่มีเกณฑ์ใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ยอมรับได้และออกแบบทดสอบเพิ่มเติม

(4) นำแบบทดสอบที่ทำใหม่และข้อสอบที่มีค่าดัชนีความยากง่ายและอำนาจจำแนกใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ยอมรับได้มาปรับปรุง และนำไปทดสอบใหม่อีกครั้งกับกลุ่มนักศึกษาเดิมเพื่อจะได้ข้อสอบตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ นำผลมาวิเคราะห์ใหม่อีกครั้ง จนได้ตามที่ต้องการ

(5) วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นโดยคำนวณจากค่าประสิทธิภาพความเชื่อมั่นจากสูตรคูเดอร์ริชาร์ดสัน 20

ฎ. นำข้อสอบที่มีคุณภาพเข้าเกณฑ์มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับจริง โดยพิมพ์ไว้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้น โดยเน้นรูปแบบการพิมพ์ที่ประณีตและความถูกต้อง มีคำชี้แจงที่ชัดเจน ละเอียด เข้าใจง่าย โดยแยกจัดเป็นแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียน แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบทดสอบดังกล่าวถือว่าเป็นแบบทดสอบคู่ขนานกัน

3.5 การพัฒนาเนื้อหาสู่โปรแกรม

ขั้นการพัฒนาเนื้อหาสู่โปรแกรม เป็นขั้นที่ทำต่อจากขั้นการพัฒนาหน่วยการเรียนโดยนำกรอบการสอนไปจัดทำเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จนเสร็จสมบูรณ์ ในขั้นนี้จะประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

3.5.1 การเลือกโปรแกรมที่จะใช้เสนอบทเรียน

ภายหลังจากพัฒนาเนื้อหาจนได้ตัวบทเรียนแล้ว ในขั้นนี้จะเป็นการคัดเลือกโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ โดยเลือกซอฟต์แวร์ระบบนิพนธ์บทเรียน (Authoring Software) และซอฟต์แวร์อื่นๆ เพื่อใช้ในการสร้างบทเรียนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยได้เลือกโปรแกรมที่จะใช้ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ โดยพิจารณาโปรแกรมที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้วิจัยเพื่อเตรียมผลิตบทเรียนต่อไป ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Macromedia Authorware Professional Version 6.0, Adobe Photoshop 6.0, Macromedia Flash MX ในการสร้างตัวบทเรียนคอมพิวเตอร์

3.5.2 การพัฒนาและจัดเตรียมสื่อที่จะใช้ประกอบบทเรียน

ขั้นตอนนี้เป็นการจัดเตรียมทรัพยากรต่างๆ ที่ต้องการใช้ ผู้วิจัยได้จัดเตรียมสื่อต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการผลิตบทเรียน เริ่มจากการแยกแยะสื่อแต่ละชนิด ได้แก่ ข้อความ ภาพนิ่ง ภาพวีดีโอ และเสียงออกจากกรอบการสอน เพื่อให้ทราบว่าจะต้องผลิตสื่ออะไรบ้างและผลิตสื่อแต่ละชนิดจำนวนเท่าใด เมื่อได้ข้อมูลแล้วก็วางแผนการผลิตและนำไปผลิตตามกระบวนการผลิตสื่อการสอน ดังนี้

3.5.2.1 การสร้างพื้นหลังจะต้องใช้โปรแกรม Adobe Photoshop 6.0 ในการสร้างกรอบพื้นหลัง โดยใช้ความละเอียดมาตรฐานโปรแกรมที่ 800 x 600 Pixel ซึ่งจะได้ภาพที่มีความละเอียดเต็มจอพอดี การสร้างพื้นหลังแต่ละเฟรมจะใช้ภาพจำนวนมากกว่า 6 Layer ก่อนที่จะบันทึกเป็น JPG file การสร้างจะใช้ filter ต่างๆ ที่มีอยู่ในโปรแกรม Adobe Photoshop 6.0 เป็นตัวช่วยในการออกแบบ

3.5.2.2 การทำภาพซ้อน จะนำเอารูป 2 – 3 รูป มาแปลงขนาดความละเอียดให้ได้ Pixel ตามต้องการ และทำการ Crop ภาพก่อนที่จะนำภาพแต่ละภาพมาซ้อนกันเป็น Layer ตามจำนวนภาพที่นำมาซ้อน ในโปรแกรม Adobe Photoshop 6.0 แล้วทำการใส่ Effect เพื่อทำสีจางและโปร่งใสให้กับ Layer ด้านบน เพื่อให้เห็นภาพได้ทุก Layer ก่อนที่จะบันทึกเป็น JPG file

3.5.2.3 การสร้างปุ่มจะต้องสร้างภาพ 2 ภาพ ในการใช้งาน 1 ปุ่ม เพื่อแสดงสถานะการกดปุ่ม คือเมื่อนำเมาส์ไปวางไว้ที่ปุ่ม ปุ่มจะทำการเปลี่ยนสีอัตโนมัติเพื่อความสวยงามและความเด่นชัดในการมองเห็น โดยใช้โปรแกรม Adobe Photoshop 6.0 ในการสร้างกรอบของปุ่ม 2 กรอบ ให้มีขนาดเท่ากัน และนำ Layer ที่เป็นข้อความแสดงหน้าที่ของปุ่ม มาซ้อนกับกรอบของปุ่มโดยจะต้องเปลี่ยนสีกรอบและข้อความของปุ่ม ก่อนที่จะบันทึกเป็น JPG file

3.5.2.4 การสร้างภาพข้อความ จะใช้ฟอนต์แบบ Cordia New ขนาด 50 สำหรับข้อความหัวเรื่องใหญ่ และขนาด 30 สำหรับข้อความหัวเรื่องเล็ก

3.5.2.5 การสร้างภาพเคลื่อนไหว จะใช้โปรแกรม Macromedia Flash MX ในการสร้างภาพเคลื่อนไหว โดยจะสร้างภาพนิ่งหลาย Layer โดยใช้ความละเอียดที่ 800 x 600 Pixel แล้วนำมาซ้อนกัน กำหนดความเร็วในการเปลี่ยนภาพและทิศทางการเคลื่อนไหวของภาพ แล้วบันทึกเป็นไฟล์นามสกุล FLA

3.5.2.6 การสร้างตัวอักษรบรรยายข้อความ โดยใช้กล่องเครื่องมือในโปรแกรม Authorware Professional Version 6.0 แล้วทำการใช้ Effect เพื่อเพิ่มลูกเล่นในการนำเสนอ

3.5.2.7 บรรจุแบบทดสอบก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียนลงในโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

3.5.2.8 การบันทึกเสียงลงในโปรแกรมบทเรียน โดยใช้โปรแกรม Cactive 128 Vibra ทำการบันทึกและแก้ไขไฟล์เสียงที่จะใส่ลงในตัวบทเรียน เพื่อให้ได้ไฟล์เสียงที่มีขนาดเล็กที่ดังชัดเจนสมบูรณ์พร้อมที่จะทำการติดตั้งลงในโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้

3.5.3 การนำกรอบการสอนลงโปรแกรม

โดยการนำสื่อต่างๆที่เตรียมพร้อมไว้แล้วมาสร้างเป็นโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ตามกรอบการสอนที่ได้ออกแบบไว้ รวมทั้งลำดับการเชื่อมโยงของเนื้อหา เมื่อลงโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะได้โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามที่ต้องการ

3.6 การประเมินผลบทเรียน

ขั้นการประเมินผลบทเรียนเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการพัฒนาโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และนับเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ขาดไม่ได้ในกระบวนการวิจัยเชิงพัฒนา เพราะเป็นการตรวจสอบผลการวิเคราะห์และออกแบบว่าจะได้คำตอบตามที่ตั้งเป้าไว้หรือไม่ในการประเมินผลโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้พัฒนาขึ้น จะประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

3.6.1 การตรวจสอบคุณภาพมัลติมีเดียของบทเรียน

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบคุณภาพมัลติมีเดียของโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นเสร็จแล้ว โดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านมัลติมีเดียเป็นผู้ตรวจสอบ ซึ่งอาจจะตรวจสอบสื่อต่าง ๆ เช่น สีของตัวอักษรและสีของพื้นหลังเหมาะสมหรือไม่ คุณภาพของเสียงดีหรือไม่ ภาพที่นำมาใช้มีความชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสมหรือไม่ การออกแบบหน้าจอ รวมทั้งการเชื่อมโยงของกรอบการสอนในแต่ละกรอบ

3.6.2 การทดลองกระบวนการทดสอบหาประสิทธิภาพ

วิธีการดำเนินการทดสอบกระบวนการหาประสิทธิภาพ เพื่อตรวจสอบปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นได้ในการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพจริง โดยให้กลุ่มตัวอย่างนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าชั้นปีที่ 3 ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จำนวน 10 คน ทดลองเรียนโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น สังเกตและสอบถามปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นในขณะทดลองเรียนบทเรียน ข้อสังเกตหรือปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลไว้เพื่อใช้แก้ไขและปรับปรุงกระบวนการทดลองจริง ในขั้นตอนการทดลองจริงเพื่อหาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและประสิทธิผลการเรียนรู้ที่ได้จากโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

3.6.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพและประสิทธิผล

วิธีการดำเนินการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของการเรียนโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น โดยนำโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่เลือกไว้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าชั้นปีที่ 3 ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จำนวน 40 คนมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ผู้วิจัยแนะนำความรู้ และวิธีการใช้โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสร้างทักษะในการใช้คอมพิวเตอร์ให้แก่กลุ่มตัวอย่าง หลังจากนั้นแนะนำวิธีการเริ่มเรียนบทเรียน วิธีการเรียน การควบคุมบทเรียน ลักษณะของการปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน การเข้าสู่เนื้อหา วิธีการทำแบบทดสอบแต่ละหน่วยการเรียน และการเลิกเรียนบทเรียน

ขั้นที่ 2 ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียน ด้วยแบบทดสอบแบบเลือกตอบ เพื่อรวบรวมคะแนนสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยกำหนดเวลาในการทำข้อสอบ เมื่อทำแบบทดสอบเสร็จแล้วผู้วิจัยได้เก็บคะแนนสอบก่อนเรียน (Pretest) ของผู้เรียนแต่ละคนไว้ เพื่อนำข้อมูลคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์หาประสิทธิผลการเรียนรู้ของผู้เรียนต่อไป

ขั้นที่ 3 ให้กลุ่มตัวอย่างทดลองเรียนโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เมื่อเรียนจบบทเรียนแต่ละหน่วยการเรียนแล้วให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบท้ายหน่วยการเรียน โดยกำหนดเวลาในการทำการทดสอบ ข้อสอบที่ใช้เป็นข้อสอบคู่ขนานกับแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เมื่อกลุ่มตัวอย่างทดลองจนครบ 5 หน่วยการเรียน ผู้วิจัยนำผลการทดสอบมาจัดเก็บ โดยแยกเป็นคะแนนก่อนสอบแต่ละหน่วยการเรียนของผู้เรียนแต่ละคนไว้ เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนต่อไป

ขั้นที่ 4 ทดสอบหลังเรียน (Posttest) เมื่อเรียนจบทุกหน่วยการเรียนแล้ว ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยกำหนดเวลาในการทดสอบ แบบทดสอบที่ใช้เป็นแบบทดสอบคู่ขนานกับแบบทดสอบก่อนเรียน เมื่อทำแบบทดสอบเสร็จแล้วเก็บคะแนนสอบหลัง

เรียน (Posttest) ของแต่ละคนไว้ เพื่อนำข้อมูลคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์หาประสิทธิผลของการเรียนรู้จากบทเรียนต่อไป

3.6.4 จัดทำคู่มือการใช้โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ภายหลังจากการผลิตโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสร็จแล้ว จะต้องทำคู่มือการใช้โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อใช้ประกอบการเรียน หรือหากมีข้อสงสัยก็สามารถที่จะเปิดดูจากคู่มือนี้ ทั้งนี้โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นบทเรียนสำเร็จรูปที่ผู้เรียนจะต้องพึ่งตนเองและตัวบทเรียนเท่านั้น ดังนั้นคู่มือจะเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้ผู้เรียนเข้าหาโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้สะดวกและถูกต้อง

ภายในคู่มือจะประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้คือ บทนำ อุปกรณ์ที่ใช้งาน การกำหนดหน้าจอมอนิเตอร์ การเริ่มเข้าบทเรียน เป้าหมายของบทเรียน ข้อมูลเสริมที่สำคัญ ข้อควรระวัง ข้อมูลนักพัฒนาโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และวันที่เผยแพร่ เป็นต้น

3.7 การวิเคราะห์ผลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล

3.7.1 สถิติพื้นฐาน

ค่าเฉลี่ย $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$ สมการที่ 3.1

เมื่อ $\bar{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ย

N หมายถึง จำนวนข้อมูล

X หมายถึง คะแนนแต่ละจำนวน

$\sum_{i=1}^{n} x_i$ หมายถึง ผลรวมของคะแนน

3.7.2 สถิติที่ใช้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน

สถิติที่ใช้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพ $E_1 : E_2 = 80 : 80$

$$E_1 = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} E_{li} \right)}{M} \qquad \text{สมการที่ 3.2}$$

$$E_2 = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{N} \right) \times 100}{B} \qquad \text{สมการที่ 3.3}$$

เมื่อ E_1 คือประสิทธิภาพของบทเรียนระหว่างกระบวนการเรียนคิดเป็นค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพหน่วยการเรียนย่อยทั้งหมด

E_{li} คือประสิทธิภาพจากการทดสอบระหว่างเรียนของหน่วยการเรียนย่อย i คิดจากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยย่อย i ของนักเรียนทั้งหมด

E_2 คือประสิทธิภาพของบทเรียนหลังการเรียนครบทั้งวิชา คิดจาก ร้อยละของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนครบ ทุกหน่วยการเรียน หรือทดสอบหลังเรียน

$$E_{li} = \frac{\sum_{j=1}^{n} x_j}{NA_i} \times 100 \qquad \text{สมการที่ 3.4}$$

เมื่อ x_j คือ คะแนนรวมของนักเรียนคนที่ j ระหว่างเรียนหน่วยเรียนที่ i

A_i คือ คะแนนเต็มของหน่วยการเรียนที่ i

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังบทเรียน หรือ Posttest

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมด

M คือ จำนวนหน่วยการเรียนย่อย

3.7.3 สถิติที่ใช้วิเคราะห์หาประสิทธิผลของบทเรียน

ประสิทธิผลของบทเรียน $E_{post} - E_{pre} >= 60$

E_{post} = ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์หลักการเรียนครบทั้งวิชา คิดจากร้อยละของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียน หรือทดสอบหลังเรียน = E_2

E_{pre} = ระดับประสิทธิภาพของผู้เรียนก่อนการเรียนก่อนการเรียนวิชา คิดจากร้อยละของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน

$$E_{post} = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{NB} \times 100$$ สมการที่ 3.5

เมื่อ X_i คือ คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนคนที่ i

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมด

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

$$E_{pre} = \frac{\sum_{k=1}^{N} X_k}{NC} \times 100$$ สมการที่ 3.6

เมื่อ X_k คือ คะแนนสอบก่อนเรียนของนักเรียนคนที่ k

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมด

C คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบก่อนเรียน

เมื่อหาค่า Epost และ Epre แล้ว จะต้องหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของ ทั้งสองด้วย เพื่อใช้ตรวจสอบความใกล้กันของทั้งสองค่า ซึ่งไม่น่าจะมีความใกล้กัน หากบทเรียนพัฒนาขึ้นอย่างมีประสิทธิผลมากกว่า 60 ขึ้นไป

3.7.4 สถิติที่ใช้วิเคราะห์แบบทดสอบ

3.7.4.1 หาค่าระดับความยาก (P) ของแบบทดสอบรายข้อใช้สูตรดังนี้

$$\text{ค่าระดับความยากง่าย} = \frac{W_L + W_H}{N} \times 100$$ สมการที่ 3.7

เมื่อ W_L หมายถึง จำนวนผู้ตอบผิดกลุ่มต่ำ

W_H หมายถึง จำนวนผู้ตอบผิดกลุ่มต่ำ

N หมายถึง จำนวนผู้เรียนทั้งสองกลุ่ม

3.7.4.2 หาอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ สูตรที่ใช้ในการวิเคราะห์

ค่าอำนาจจำแนก = $\frac{W_L - W_H}{n}$ **สมการที่ 3.8**

W_L หมายถึง จำนวนผู้ตอบผิดกลุ่มต่ำ

W_H หมายถึง จำนวนผู้ตอบผิดกลุ่มต่ำ

n หมายถึง จำนวนผู้เรียนกลุ่มหนึ่ง

3.7.4.3 หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตรคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (KR – 20) มีสูตรดังนี้

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} pq_1}{s_i^2}\right\}$$ สมการที่ 3.9

เมื่อ r_{tt} หมายถึง ค่าความเชื่อม่านของแบบทดสอบ

n หมายถึง จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

p หมายถึง สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูก

q หมายถึง 1-p = สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิด

S^2_t หมายถึง ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

.

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล การหาประสิทธิภาพของโปรแกรมบทเรียนและประสิทธิผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ได้ผลการดำเนินการดังต่อไปนี้

4.1 ผลการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนและประสิทธิผลการเรียนรู้ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

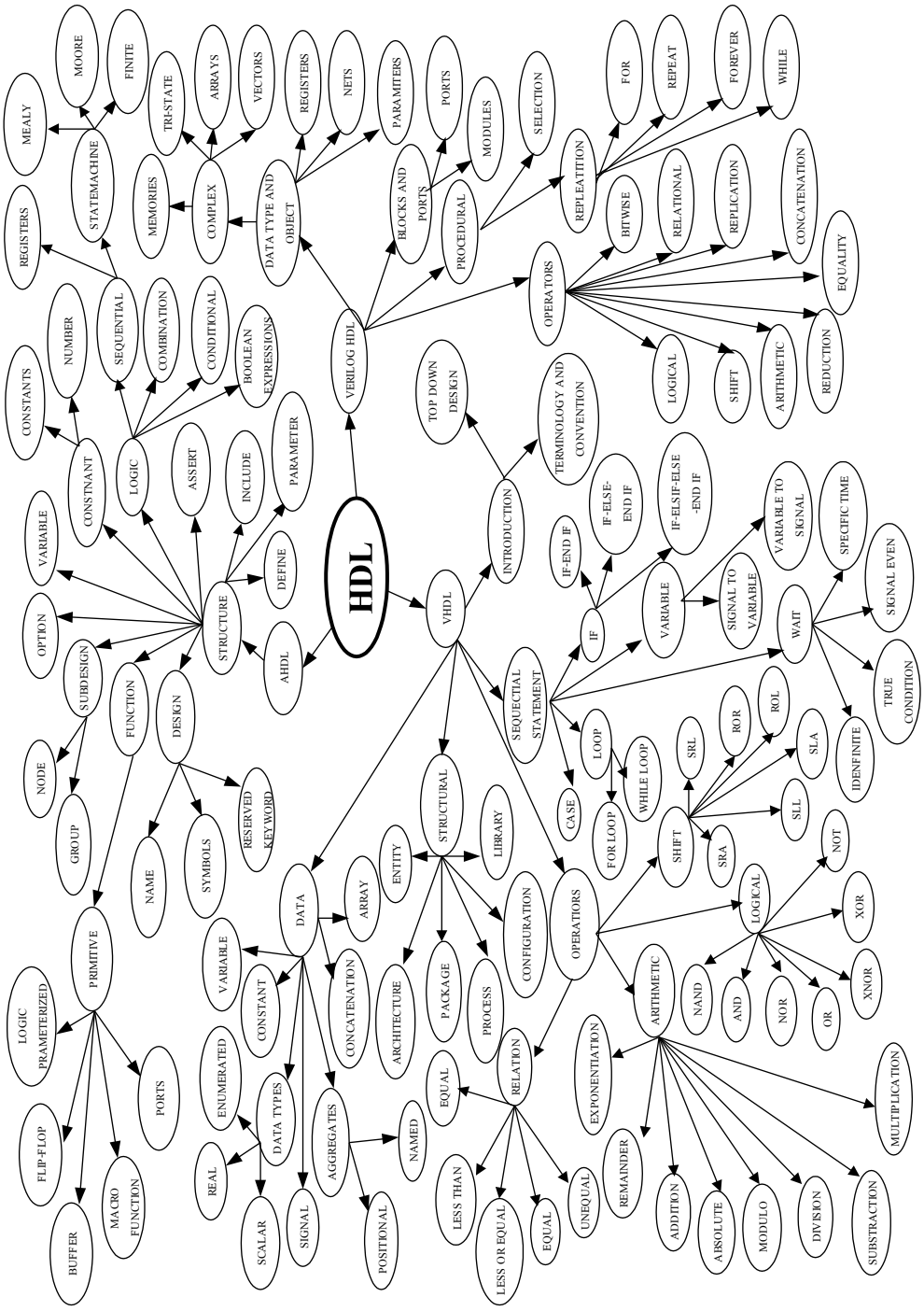
4.1 ผลการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

การสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล เริ่มจากการกำหนดวัตถุประสงค์และกลุ่มเป้าหมายของบทเรียนโดยมีขั้นตอนการดำเนินงานในการสร้างตามลำดับ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวิเคราะห์ (Analysis) ขั้นออกแบบ (Design) ขั้นพัฒนา (Development) ขั้นสร้าง (Implementation) และขั้นประเมินผล (Evaluation) ผลที่ได้จากการดำเนินงานสร้างบทเรียนในแต่ละขั้นตอน มีดังนี้

4.1.1 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาวิชา

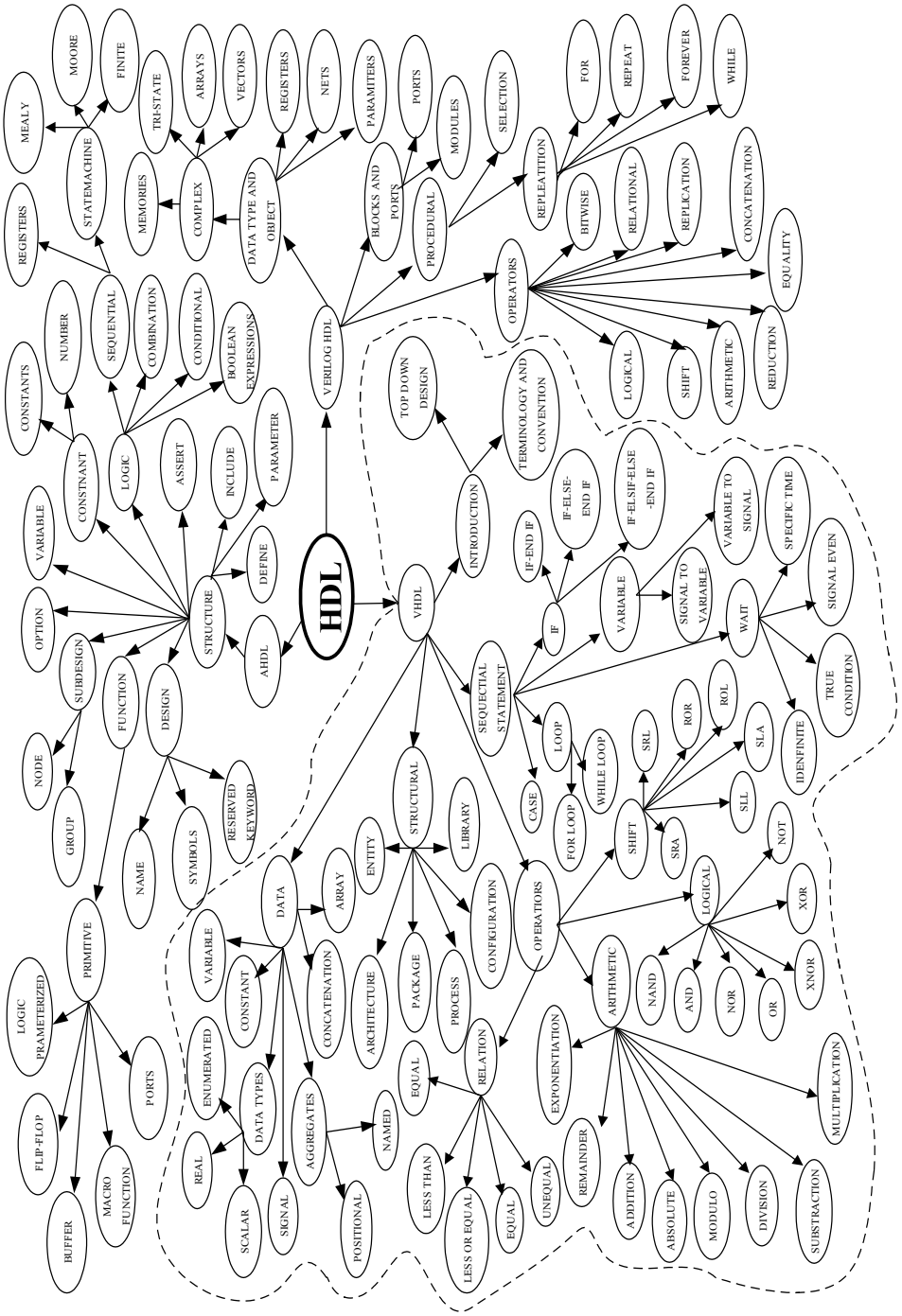
การวิเคราะห์เนื้อหาเรื่อง การออกแบบวงจรดิจิตอลได้ผลตามลำดับดังนี้

4.1.1.1 ผลการสร้างแผนภูมิระดมสมอง (Brain Storm Chart) หลังจากศึกษาความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันของหัวข้อเนื้อหาในเรื่องการออกแบบ วงจรดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล และสอบถามขอบเขตเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ และผู้มีประสบการณ์ ด้านการสอนเรื่องการออกแบบวงจรดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอลจึงทำการสร้างแผนภูมิระดม สมองเพื่อหาหัวข้อ และรวบรวมหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาผลจากการระดมสมองได้ แผนภูมิ (Brain Storm Chart) ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 4.1



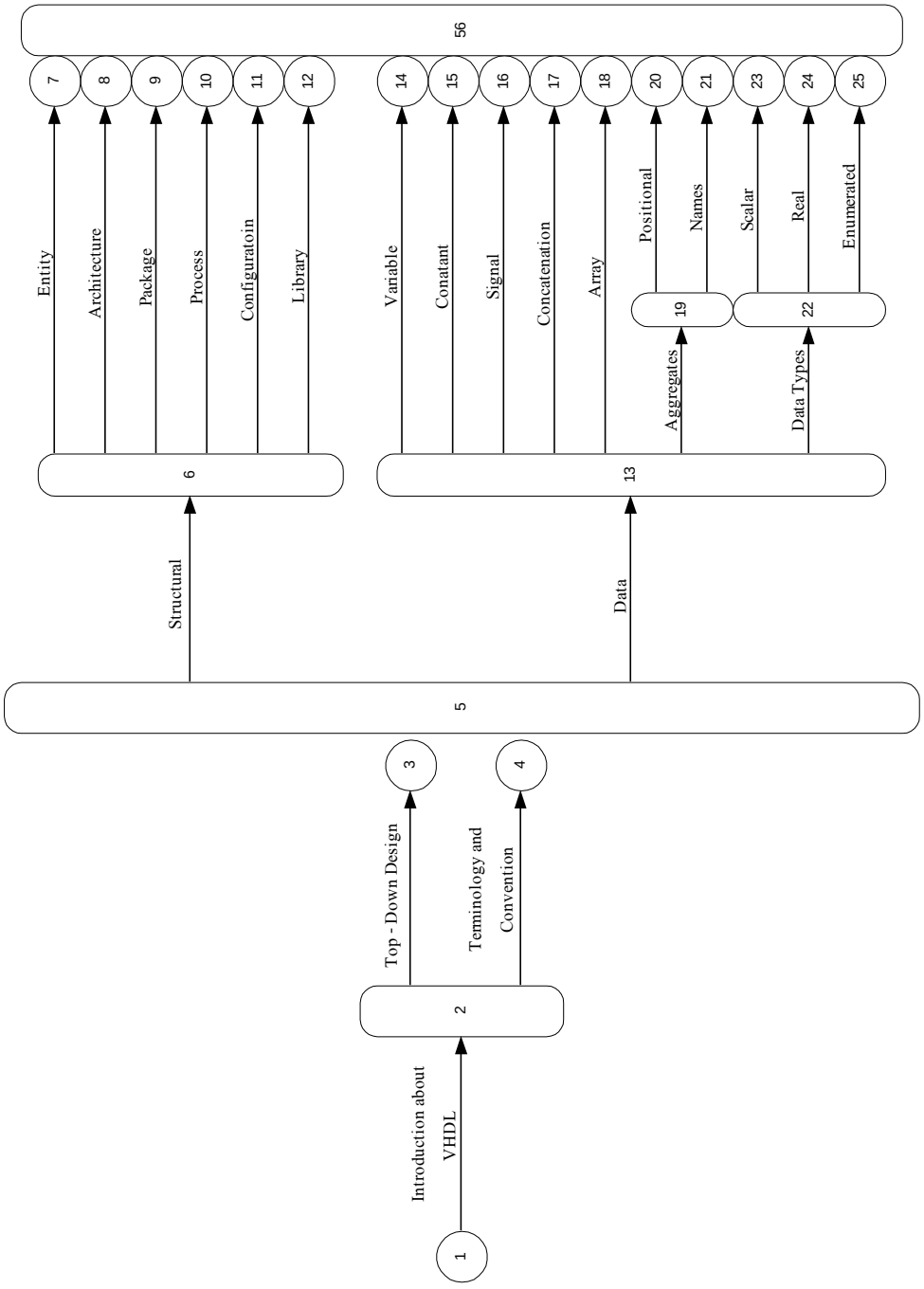
รูปที่ 4.1 แสดงแผนภูมิระดมสมอง (Brain Storm Chart) ของบทเรียน

4.1.1.2 ผลการสร้างแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ของเนื้อหา (Concept Chart) เมื่อนำแผนภูมิที่ได้ระดมหัวเรื่องไว้มาพิจารณาเพื่อรวมกลุ่มหัวเรื่องที่สัมพันธ์กันเข้าไว้ด้วยกัน เพิ่มหรือตัดหัวเรื่อง รวมทั้งปรับหัวเรื่องต่าง ๆ ตามเหตุและผล และ ตามความเหมาะสม จึงได้กลุ่มเนื้อหาที่มีความสอดคล้องสัมพันธ์กัน ดังรูปที่ 4.2

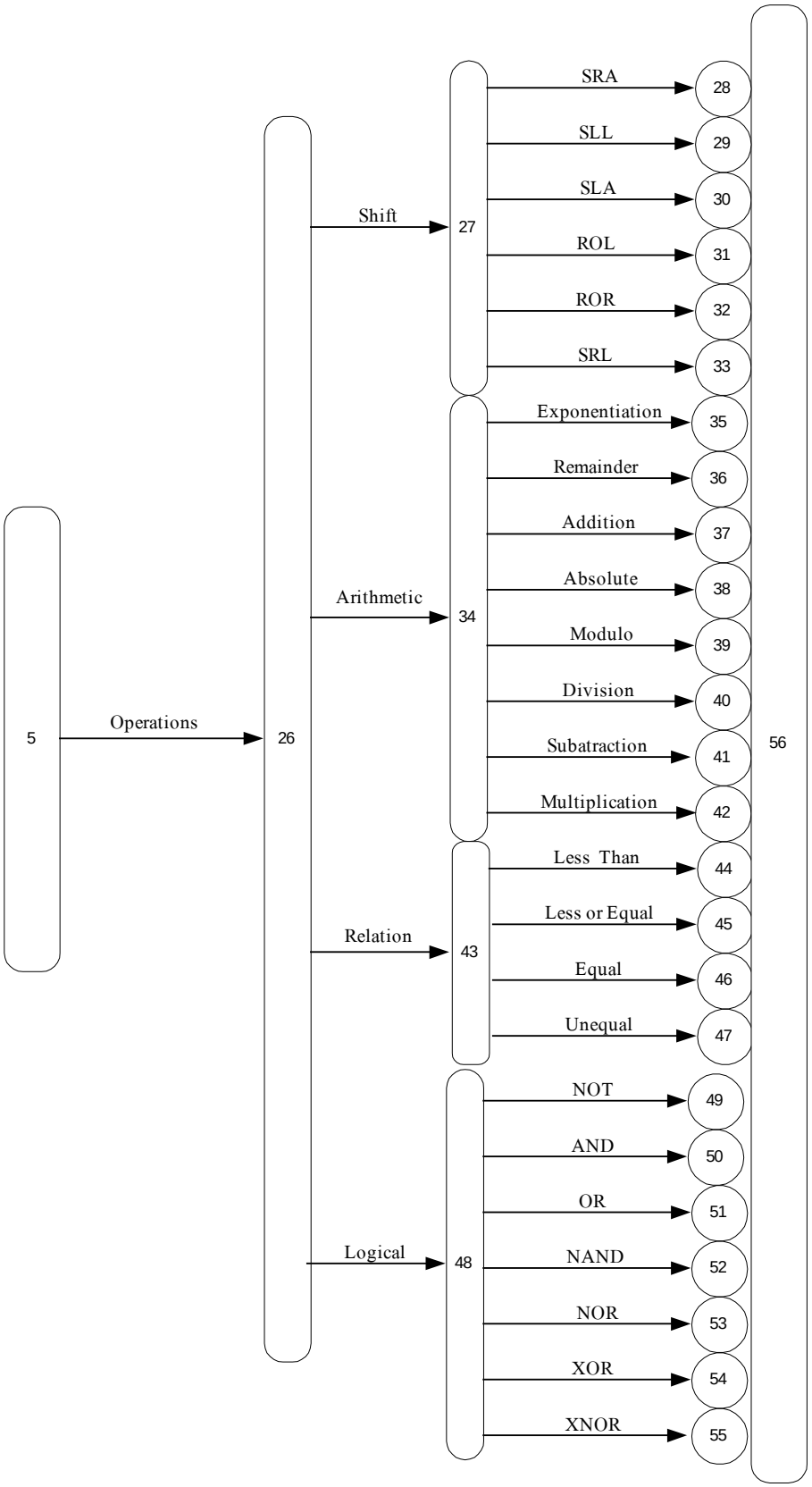


รูปที่ 4.2 แสดงการสร้างแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ของเนื้อหา (Concept Chart) ของเนื้อหา

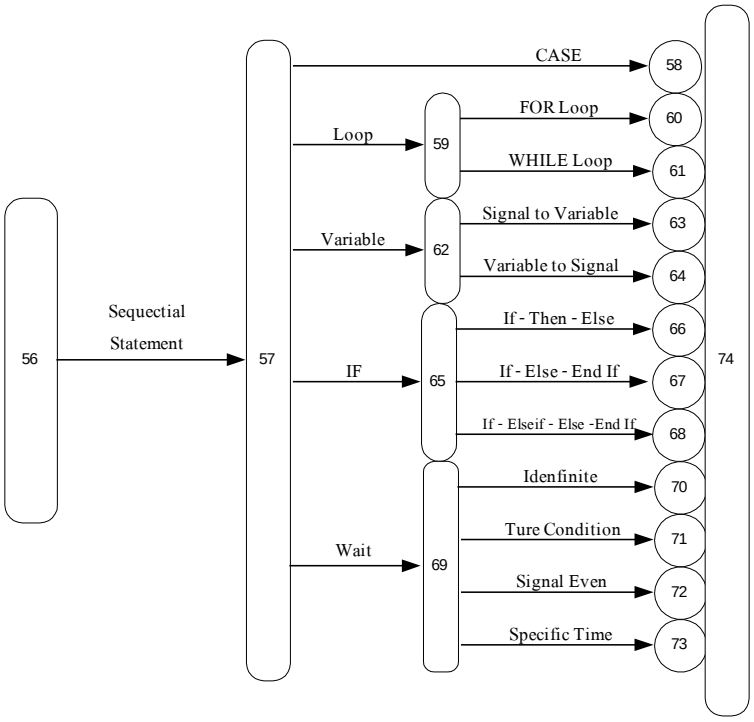
4.1.1.3 ผลการสร้างแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart) ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และลำดับก่อนหลังของหัวเรื่อง โดย พิจารณาถึงลำดับ และความสัมพันธ์ในการเรียนรู้เนื้อหาจริงของผู้เรียนเป็นหลัก สามารถแสดงความสัมพันธ์และลำดับก่อนหลังของเนื้อบทเรียนได้ ตามแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart) ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart) ของเนื้อหาบทเรียน



รูปที่ 4.3 แสดงแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart) ของเนื้อหาบทเรียน (ต่อ)

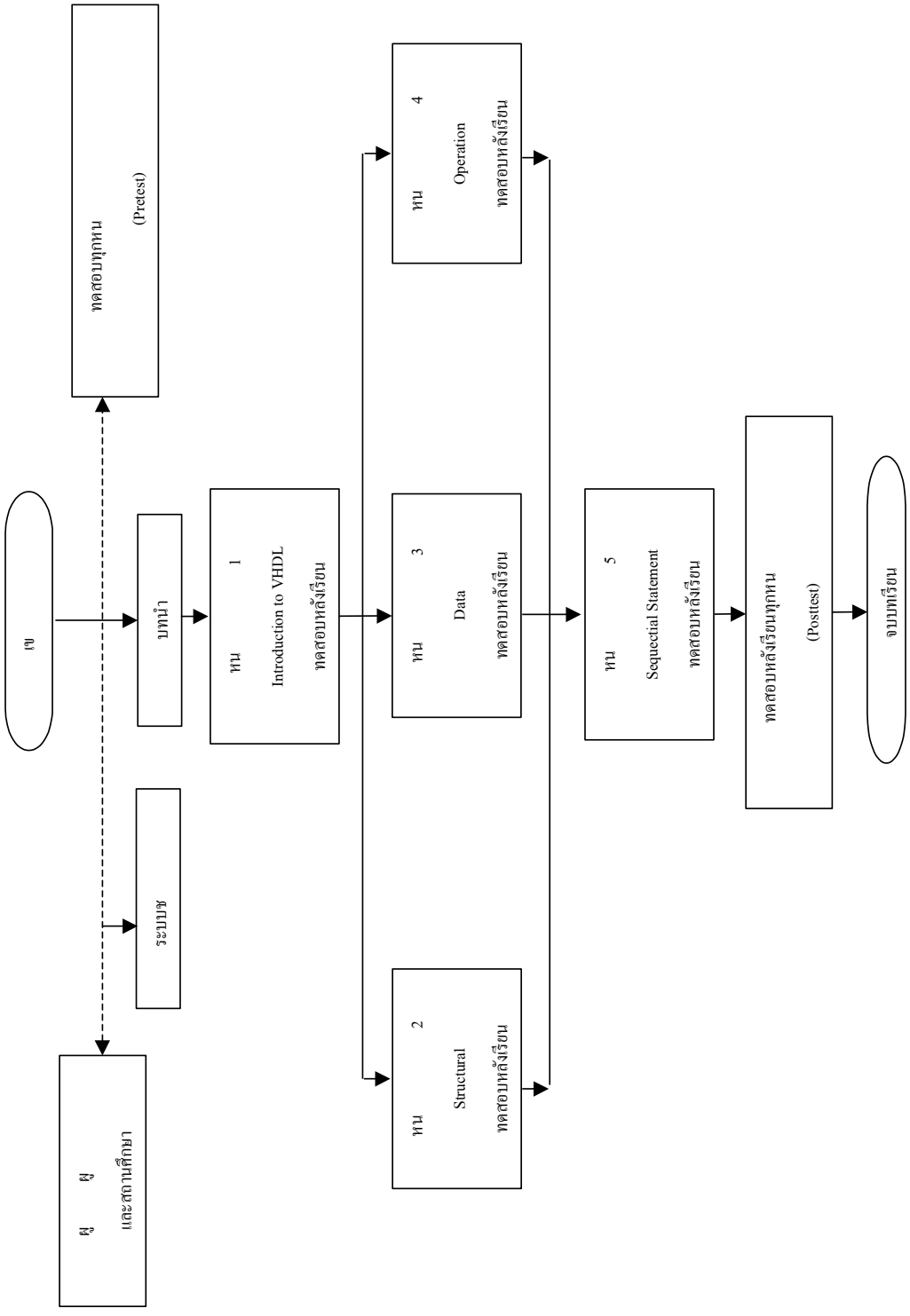


รูปที่ 4.3 แสดงแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart) ของเนื้อหาบทเรียน (ต่อ)

4.1.2 ผลการออกแบบการสอน

ในขั้นตอนการออกแบบการสอนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอล ด้วยภาษาวีเอชดีแอล มีผลในแต่ละขั้นตอนของการออกแบบ ดังนี้

4.1.2.1 ผลการกำหนดกลวิธีการนำเสนอบทเรียน การนำเสนอเนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียน (Module) ของบทเรียน แสดงเป็นแผนภูมินำเสนอลำดับการเรียนทั้งรายวิชา (Course Flow Chart) โดยการแบ่งออกเป็นหน่วยการเรียน (Module) ซึ่งการแบ่งหน่วยการเรียนนี้จะพิจารณาถึงเวลาเรียนแต่ละครั้งของกลุ่มเป้าหมาย และคำนึงเนื้อหาที่สัมพันธ์กัน ดังนั้นจึงใช้เวลาเรียนแต่ละครั้งประมาณ 2 ชั่วโมง จากแผนภูมิโครงข่ายวิเคราะห์เนื้อหาวิชา ในรูปที่ 4.3 ปรากฏว่าสามารถจัดการศึกษาบนคอมพิวเตอร์ได้ 5 หน่วยการเรียน โดยแต่ละหน่วยจะใช้เวลาเรียนประมาณ 2 ชั่วโมง สำหรับการเรียนปกติ รวมเวลาประมาณ 10 ชั่วโมง สำหรับผู้เรียนเร็วอาจใช้เวลาลดลงเหลือเพียงประมาณ 8-9 ชั่วโมง ในการพัฒนานี้จะมีข้อมูลความรู้เสริมความเข้าใจเพิ่มให้ในกรณีที่ผู้เรียนต้องการ ดังนั้นผู้เรียนช้าอาจใช้เวลาเรียนประมาณ 12-14 ชั่วโมง ในที่นี้จะนำเสนอรูปแบบหลักสำหรับ ผู้เรียนระดับปานกลาง 5 หน่วยการเรียน (Module) ดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.4 แสดงแผนภูมินำเสนอลำดับการเรียนทั้งรายวิชา (Course Flow Chart)

ตารางที่ 4.1 แสดงการแบ่งเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เนื้อหา	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแต่ละหน่วย
หน่วยที่ 1 VHDL Introduction 1.1 VHDL คืออะไร 1.2 top – down design	1. อธิบายคุณลักษณะภาษาวีเอชดีแอลได้ 2. อธิบายรูปแบบการใช้งานภาษาวีเอชดีแอลได้ 3. อธิบายการออกแบบแบบ top – down design ได้
หน่วยที่ 2 VHDL Basic 2.1 การประกาศใช้งาน VHDL objects 2.2 Identifier 2.3 โครงสร้างของภาษาวีเอชดีแอล 2.3.1 Entity 2.3.2 Architecture 2.3.3 Component 2.3.4 Package 2.3.5 Library 2.3.6 Configuration	1. บอกรูปแบบการประกาศใช้งาน VHDL objects ได้ 2. อธิบายคุณลักษณะของ Identifier ได้ 3. อธิบายคุณลักษณะโครงสร้างแต่ละส่วนของภาษาวีเอชดีแอลได้ 4. อธิบายรูปแบบการใช้งานโครงสร้างแต่ละส่วนของภาษาวีเอชดีแอลได้
หน่วยที่ 3 Data Types 3.1 constant 3.2 signal 3.3 variable 3.4 types 3.4.1 scalar 3.4.2 array 3.4.3 record 3.4.4 IEEE standard logic	1. อธิบายการประกาศใช้งาน constant ในโครงสร้างแต่ละส่วนของภาษาวีเอชดีแอล ได้ 2. อธิบายการประกาศใช้งาน signal ในโครงสร้างแต่ละส่วนของภาษาวีเอชดีแอลได้ 3. อธิบายการประกาศใช้งาน variable ในโครงสร้างแต่ละส่วนของภาษาวีเอชดีแอลได้ 4. อธิบายการใช้งาน types แบบต่างได้
หน่วยที่ 4 VHDL Operators 4.1 boolean 4.2 relational	1. บอกความหมายของ operator ต่างๆ ได้ 2. บอกลำดับการทำงานของ operator ได้

ตารางที่ 4.1 แสดงการแบ่งเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (ต่อ)

เนื้อหา	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแต่ละหน่วย
4.3 shifting 4.4 arithmetic	3. อธิบายการใช้งาน types แบบต่างๆได้
หน่วยที่ 5 Sequential Statement 5.1 If ststement 5.2 Case ststement 5.3 Loop ststement 5.4 Wait ststement	1. อธิบายคุณลักษณะของ ststementต่างๆ ได้ 2. อธิบายรูปแบบการนำ ststement ไปใช้งานได้ 3. สามารถออกแบบวงจรดิจิตอลด้วยภาษา วีเอชดีแอลได้

4.1.2.2 ผลการสร้างแผนภูมิการนำเสนอ (Module Presentation Chart)

ผลการวิเคราะห์รูปแบบและลำดับในการนำเสนอบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนให้สอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอนจริง ประกอบด้วยขั้นตอนของการนำเข้าสู่เนื้อหาของบทเรียน ขั้นตอนการเรียน ขั้นตอนของการสรุปเนื้อหา แสดงเป็นแผนภูมิการนำเสนอบทเรียน

4.1.2.3 ผลการหาค่าความถูกต้องทางด้านเนื้อหา (Content Correctness)

การหาค่าความถูกต้องทางด้านเนื้อหา (Content Validity) โดย วิธีการให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเป็นผู้ตรวจสอบและแก้ไขนำข้อเสนอแนะที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาแก้ไขปรับปรุงเนื้อหาให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

4.2.1 ผลการสร้างแบบทดสอบของบทเรียน

การสร้างข้อสอบของบทเรียน สร้างตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดย วิเคราะห์เพื่อหาจำนวนข้อสอบที่ต้องการจริงโดยผู้เชี่ยวชาญ ได้ผลการวิเคราะห์ทั้งสิ้น 80 ข้อ จึงได้เขียนแบบทดสอบขึ้นมาจำนวน 130 ข้อ และนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จำนวน 34 คน ได้แบบทดสอบที่ผ่านการวิเคราะห์คุณภาพ จำนวน 83 ข้อ นำไปสร้างเก็บไว้ในคลังข้อสอบ

ตารางที่ 4.2 แสดงตารางวิเคราะห์ข้อสอบ

จุดมุ่งหมายในการสอบ	VHDL Introduction 4 %	VHDL Basic 23 %	Data Type 16 %	VHDL Operator 39 %	Sequential Statement 18 %	จำนวนและชนิดข้อสอบ
อธิบายคุณลักษณะ 20 %	อธิบายคุณลักษณะ • ภาษาวีเอชดีแอล • top-down design	อธิบายคุณลักษณะ • Identifier • โครงสร้างภาษาวีเอชดี • Entity • Architecture • Component • Package	อธิบาย คุณลักษณะ • Constant • Signal • Variable	อธิบายคุณลักษณะ • Boolean • Relational • Shifting • Arithmetic	อธิบาย คุณลักษณะ • IF statement • Case statement • Loop statement • Wait	ปรนัย 16 ข้อ
อธิบายรูปแบบการใช้งาน 50 %	อธิบายรูปแบบการใช้งานภาษาวีเอชดีแอล	อธิบายรูปแบบการใช้งาน • Identifier • โครงสร้างภาษาวีเอชดี • Entity • Architecture • Component • Package • Librry	อธิบายรูปแบบการใช้งาน • Constant • Signal • Variable	อธิบายรูปแบบการใช้งาน • Boolean • Relational • Shifting • Arithmetic	อธิบายรูปแบบการใช้งาน • IF statement • Case statement • Loop statement • Wait	ปรนัย 40 ข้อ
การนำไปใช้ 30 %	วิธีการออกแบบวงจรแบบ top-down design	การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาวีเอชดีแอล				ปรนัย 24 ข้อ
	4	19	19	30	14	80

จากตารางที่ 4.2 ได้ผลการกำหนดน้ำหนักวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 5 หน่วยการเรียนได้ผลดังนี้

- หน่วยที่ 1 เรื่อง VHDL Introduction ได้จำนวนแบบทดสอบ 4 ข้อ แบ่งเป็นระดับพฤติกรรมทางสติปัญญาระดับความเข้าใจ 3 ข้อ และระดับการนำไปใช้ 1 ข้อ
- หน่วยที่ 2 เรื่อง VHDL Basic ได้จำนวนแบบทดสอบ 19 ข้อ แบ่งเป็นระดับพฤติกรรมทางสติปัญญาระดับความเข้าใจ 13 ข้อ และระดับการนำไปใช้ 6 ข้อ
- หน่วยที่ 3 เรื่อง Data Types ได้จำนวนแบบทดสอบ 13 ข้อ แบ่งเป็นระดับพฤติกรรมทางสติปัญญาระดับความเข้าใจ 9 ข้อ และระดับการนำไปไช้ 4 ข้อ
- หน่วยที่ 4 เรื่อง VHDL Operator ได้จำนวนแบบทดสอบ 30 ข้อ แบ่งเป็นระดับพฤติกรรมทางสติปัญญาระดับความเข้าใจ 21 ข้อ และระดับการนำไปใช้ 9 ข้อ
- หน่วยที่ 5 เรื่อง Sequential Statement ได้จำนวนแบบทดสอบ 14 ข้อ แบ่งเป็นระดับพฤติกรรมทางสติปัญญาระดับความเข้าใจ 10 ข้อ และระดับการนำไปใช้ 4 ข้อ

เมื่อแยกผลการกำหนดน้ำหนักออกตามระดับพฤติกรรมทางสติปัญญาแล้วได้ผลดังนี้ พฤติกรรมระดับความเข้าใจ 56 ข้อ พฤติกรรมระดับการนำไปใช้ 24 ข้อ

การพัฒนาแบบทดสอบมีผลของการตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.2.1.1 ผลการหาค่าระดับความยาก (P) นำผลสอบที่ได้จากการทดสอบนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าชั้นปีที่ 4 ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า ที่เคยศึกษาเนื้อหาวิชาการออกแบบวงจรดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล มาวิเคราะห์เพื่อหาค่าความยากของข้อสอบรายข้อ ข้อสอบที่มีค่าความยาก (P) อยู่ระหว่าง 0.2 – 0.8 จำนวน 123 ข้อ เป็นข้อสอบที่สามารถนำไปใช้ได้

4.2.1.2 ผลการหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ นำผลสอบที่ได้จากการทดสอบนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าชั้นปีที่ 4 ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า ที่เคยศึกษาเนื้อหาวิชาการออกแบบวงจรดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล มาวิเคราะห์เพื่อหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อ ได้ข้อทดสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตรงตามเกณฑ์จำนวน 85 ข้อ

ดังนั้นเมื่อนำผลการหาค่าระดับความยากและผลของค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบมาวิเคราะห์แบบทดสอบควบคู่กันจะได้ข้อสอบที่เป็นไปตามเกณฑ์ความยากและอำนาจจำแนกทั้งหมด 83 ข้อ โดยมีค่าเฉลี่ยของความยากง่าย 0.56 และค่าเฉลี่ยของอำนาจจำแนกเท่ากับ 0.3

4.2.1.3 ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ การคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ใช้วิธีการหา ความเชื่อมั่นภายใน (internal consistency) ของ Kuder - Richardson 20 ผลการคำนวณหา ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ 0.83 แสดงว่า แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นตามเกณฑ์ที่กำหนดกล่าวคือ มากกว่า 0.7 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่น สามารถนำไปใช้ทดสอบได้ เมื่อผ่านขั้นตอนต่าง ๆ ของการพัฒนาแบบทดสอบ จะได้แบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์เพื่อนำไปสร้างเป็นคลังข้อสอบของบทเรียน ทั้งหมด 83 ข้อ

4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนและประสิทธิผลการเรียนรู้ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

4.3.1 ผลการพัฒนาบทเรียนบนคอมพิวเตอร์

4.3.1.1 ผลการพัฒนาบทเรียนบนคอมพิวเตอร์ ได้บทเรียนพร้อมคู่มือการใช้ โดยเนื้อหาสาระที่อยู่ในชุดการสอนมีทั้งหมด 5 หน่วย ได้แก่ หน่วยการเรียนที่ 1 เรื่อง VHDL Introduction หน่วยการเรียนที่ 2 เรื่อง VHDL Basic หน่วยการเรียนที่ 3 เรื่อง Data Types หน่วยการเรียนที่ 4 เรื่อง VHDL Operator และหน่วยการเรียนที่ 5 เรื่อง Sequential Statement

4.3.1.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพ (Quality Evaluation) ของบทเรียน นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล ให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีการศึกษาและคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นผู้ประเมิน และตรวจสอบคุณภาพสื่อมัลติมีเดีย (Multimedia) ด้านข้อความหรือตัวอักษร (Text) ด้านภาพนิ่ง (Image) ด้านภาพเคลื่อนไหว (Animation) ด้านเสียง (Audio) ด้านปฏิสัมพันธ์ (Interactive) และด้านอื่น ๆ เช่นความเหมาะสมของการออกแบบจอภาพของบทเรียนพร้อมทั้งให้ข้อแนะนำหรือข้อเสนอแนะ

4.3.2 ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียน

ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนทั้งหมด 5 หน่วยการเรียน สรุปได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียน

หน่วยการเรียนที่	คะแนนระหว่างการเรียน	ประสิทธิภาพ(E_{1i})
1	141	88.13
2	670	88.16
3	469	90.19
4	1054	87.83
5	489	87.32
	E_1	88.33

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนเฉลี่ยทั้ง 5 หน่วยการเรียน

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนรวมของผู้เรียน	ประสิทธิภาพ
คะแนนทดสอบหลังทำการทดลองครบทุกหน่วยการเรียน(E_2)	40	80	2796	87.38

ผลที่ได้หน่วยการเรียนที่ 1 มีประสิทธิภาพในกระบวนการเรียน 88.125 หน่วยการเรียนที่ 2 มีประสิทธิภาพในกระบวนการเรียน 88.16 หน่วยการเรียนที่ 3 มีประสิทธิภาพในกระบวน การเรียน 90.192 หน่วยการเรียนที่ 4 มีประสิทธิภาพในกระบวนการเรียน 87.83 และหน่วยการเรียนที่ 5 มีประสิทธิภาพในกระบวนการเรียน 87.32 เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าหน่วยการเรียนที่มีประสิทธิภาพในกระบวนการเรียนมากกว่า 90.00 มี 1 หน่วยคือหน่วยที่ 3 หน่วยการเรียนที่เหลืออีก 4 หน่วยมีประสิทธิภาพในกระบวนการเรียนระหว่าง 85.00 - 89.99 เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพ (E_1) มีค่า 88.33 และ ค่าประสิทธิภาพหลังกระบวนการเรียน (E_2) มีค่าเท่ากับ 87.38 พบว่าประสิทธิภาพของบทเรียนคือ 88.33/87.38 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80

4.3.3 ผลการหาประสิทธิผลการเรียนรู้ของบทเรียน

จากการทดลองเรียนบทเรียน ผลการเปรียบเทียบผลต่างที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับผลที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pretest) ปรากฏผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 แสดงประสิทธิผลทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อบทเรียน

ผลที่ได้จาก	คะแนนเฉลี่ย	ประสิทธิภาพ	ประสิทธิผล
แบบทดสอบก่อนเรียน (E_{pre})	21.25	26.56	60.82
แบบทดสอบหลังเรียน (E_{post})	69.90	87.38	

จากการศึกษาพบว่า ผลที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนซึ่งมีคะแนนเต็ม 80 คะแนน กลุ่มตัวอย่างสามารถทำได้คะแนนเฉลี่ย 21.25 ประสิทธิภาพก่อนกระบวนการ (E_{pre}) เท่ากับ 26.56 และผลที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนซึ่งมีคะแนนเต็ม 80 คะแนนเช่นกัน กลุ่มตัวอย่างสามารถทำได้คะแนนเฉลี่ย 69.90 คะแนน ประสิทธิภาพหลังกระบวนการ (E_{post}) เท่ากับ 87.38 เมื่อนำผลที่ได้มาหาค่าประสิทธิผลทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง ได้ค่าประสิทธิผลเท่ากับ 60.82 แสดงว่าบทเรียนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิผลสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล สามารถสรุป อภิปรายและมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.1 เพื่อสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล
5.1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของตัวโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

5.2 ขอบเขตของการวิจัย

5.2.1 ประชากร คือนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จำนวน 74 คน
5.2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ ประกอบด้วย

5.2.2.1 กลุ่มที่ 1 กลุ่มสำหรับหาคุณภาพของแบบทดสอบคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จำนวน 34 คน

5.2.2.2 กลุ่มที่ 2 กลุ่มสำหรับหาประสิทธิภาพและประสิทธิผลการเรียนรู้ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอลคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จำนวน 34 คน

5.2.3 ตัวแปรที่ทำการวิจัย ประกอบด้วย

5.2.3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

5.2.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

5.2.4 เนื้อหาที่นำมาใช้ในการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

5.2.4.1 Introduction to VHDL

5.2.4.2 VHDL Basic

5.2.4.3 Data types

5.2.4.4 VHDL Operations

5.2.4.5 Sequential Statement

5.2.5 องค์ประกอบตัวโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

5.2.5.1 เนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

5.2.5.2 แบบทดสอบก่อนเรียน

5.2.5.3 แบบทดสอบระหว่างเรียน

5.2.5.4 แบบทดสอบหลังเรียน

5.2.6 โปรแกรมที่ใช้สร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอลคือ โปรแกรม Macromedia Authoware Professional Versions 6 โดยใช้ร่วมกับโปรแกรม Adobe Photoshop 6.0 และ Macromedia Flash MX

5.3 เครื่องมือที่ใช้

เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย

5.3.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล

5.3.2 แบบทดสอบวัดประสิทธิผลทางการเรียน

5.4 สรุปผลการดำเนินงาน

สรุปผลจากการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล ผู้วิจัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล ซึ่งประกอบด้วยโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย ภายในบทเรียนมีเนื้อหาทั้งหมด 5 หน่วยการเรียน

ผลจากการหาประสิทธิภาพและประสิทธิผล ปรากฏว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอลที่สร้าง มีประสิทธิภาพเท่ากับ 88.33/87.38 จึงสรุปได้ว่าโปรแกรมโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอลมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80 และเมื่อพิจารณาในส่วนของประสิทธิผลการเรียนรู้ที่

เพิ่มขึ้นหลังจากการเรียนจะมีค่าเท่ากับ 60.82 แสดงว่าบทเรียนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิผลสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

5.5 อภิปรายผล

การทำโครงงานครั้งนี้เป็นการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล ออกแบบบทเรียนจะได้บทเรียนทั้งหมด 5 หน่วยการเรียน ได้แก่ หน่วยการเรียนที่ 1 VHDL Introduction หน่วยการเรียนที่ 2 VHDL Basic หน่วยการเรียนที่ 3 Data Types หน่วยการเรียนที่ 4 VHDL Operators และหน่วยสุดท้าย หน่วยการเรียนที่ 5 Sequential Statement ผลการออกแบบบทเรียนปรากฏว่าประสิทธิภาพของบทเรียนเท่ากับ 88.33/87.38 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของบทเรียนระหว่างเรียนและประสิทธิภาพหลังการเรียนแล้วพบว่าประสิทธิภาพระหว่างเรียนมีค่ามากกว่าประสิทธิภาพหลังการเรียน อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากการวัดผลระหว่างเรียนได้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังจากจากที่เรียนเนื้อหาในแต่ละหน่วยการเรียนนั้นๆจบทำให้ผู้เรียนยังคงจดจำเนื้อหาได้ดี เมื่อทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพหลังการเรียน ผู้เรียนอาจมีการลืมเนื้อหาที่เรียนมาบ้างทำให้ทำคะแนนได้น้อยลง และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพก่อนกระบวนการ(E_{pre}) ได้ 26.56 และประสิทธิภาพหลังกระบวนการ(E_{post}) ได้ 87.38 เมื่อทำการเปรียบเทียบกันแล้วมีความแตกต่างกัน 60.82 จะเห็นว่าคะแนนที่ได้มีความแตกต่างกันมาก แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างเกิดการเรียนรู้เพิ่มขึ้นเมื่อได้เรียนจากบทเรียนที่สร้างขึ้น สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

5.6 ข้อเสนอแนะ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนการออกแบบวงจรรวมดิจิตอลด้วยภาษาวีเอชดีแอล สามารถพัฒนาให้เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่สามารถ Simulation ได้ และสามารถพัฒนาให้สามารถใช้บนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เป็น Web Based Instruction ได้ เพื่อให้ครอบคลุมกลุ่มผู้เรียนมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

1. นัยนา เอกบูรณวัฒน์, 2539, “CAI สื่อการสอนใหม่ในยุคไฮเทค,” วารสาร WATTACHAK COMPUTER, ปีที่ 4, ฉบับที่ 174, หน้า 28-29.
2. ศิริชัย สงวนแก้ว, 2534, “แนวทางการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน,” วารสา Computer review, ปีที่ 8, ฉบับที่ 78, หน้า 173-176.
3. Hannafin, M.J. and Peck, K.L., 1988, The Design Development and Evaluation of Instructional Software, New-York, Macmillan, pp. 5-13.
4. ทักษิณา สวนานนท์, 2530, คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา, องค์การค้าคุรุสภา, หน้า 206-255.
5. ไพโรจน์ ตีรณธนากุล และ ไพบูลย์ เกียรติโกมล, 2541, “Creating IMMCAI Package,” วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, ปีที่ 1, พ.ค., หน้า 14-18.
6. วีระ ไทยพานิช, ม.ป.ป., “บทบาทและปัญหาของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน,” รวมบทความเทคโนโลยีทางการศึกษา : ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา, กรมการศึกษานอกโรงเรียน,หน้า 9-19.
7. ไพโรจน์ ตีรณธนากุล และ ไพบูลย์เกียรติโกมล, 2541, “Creating IMMCAI Package,” วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, ปีที่1, พ.ค., หน้า 14
8. กิดานันท์ มลิทอง, 2535, เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 163-198.
9. ไพโรจน์ ตีรณธนากุล, ไพบูลย์ เกียรติโกมล และสิริลักษณ์ ตีรณธนากุล, 2542, Design IMM Computer Instruction การออกแบบการสอนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 4-13.
10. อำนวย เดชชัยศรี, 2539, “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน,” วารสารกองทุนสงเคราะห์การศึกษาเอกชน, ปีที่ 7, ฉบับที่ 67, พ.ย., หน้า 46-50.
11. ประเวศร์ เดี่ยววานิช, 2535, การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง คำสั่งพื้นฐานที่ใช้ควบคุมเครื่องกลึง CNC ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ, วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า ค.
12. เตรียมพล ขอดคำ, 2536, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน “ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไฟฟ้า”โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ระหว่างการเรียนแบบกลุ่มและการเรียนแบบรายบุคคลของนักเรียนชั้นมัธยมชั้นปีที่ 2 โรงเรียนศรีพฤตา กรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 45-49.
13. สุวิทย์ สินที, 2537, การทดลองใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีการให้ข้อมูลแบบป้อนกลับแบบอธิบายและไม่อธิบายคำตอบในวิชาความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น, วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า ค.

14. สุวรรณ เกสร, 2537, การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ความคงทนและความชอบทางการเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เรียนเป็นรายบุคคลและรายกลุ่มที่มีขนาดกลุ่มต่างกัน วิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 2 , วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า ค.
15. สุพรรณ แก้วฝั้น, 2539, การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประกอบการสอนเรื่อง สไควเรลเกจอินดัคชันมอเตอร์, วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์เครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า ข.
16. นิคม ลนขุนทด, 2540, การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และความคงทนทางการเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เสนอเนื้อหาแบบต่อเนื่องกันแบบสมบูรณ์ในการสอนเรื่องลอจิกเกตพื้นฐาน, วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า ค.
17. สมศักดิ์ จีวัฒนา, 2541, การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาระบบสื่อสารข้อมูล หลักสูตรคอมพิวเตอร์ศึกษาของสถาบันราชภัฏ, วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 84-88.
18. รื่นจิตร พัฒนยินดี, 2540, ประเภทของการชี้นำความลึกในภาพบนจอคอมพิวเตอร์ที่มีผลต่อการรับรู้ของเด็กอนุบาล, บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สาขาวิชาโสตทัศนะศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
19. ณริศร์ กาญจโนภาศ , 2540, ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นหลังสำหรับตัวอักษรบนจอคอมพิวเตอร์ที่ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทย ที่มีต่อความยากง่ายของนักเรียนชั้นประถม, บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สาขาวิชาโสตทัศนะศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
20. อัมพิกา โกมณเฑียร, 2540, แบบตัวอักษรไทยบนจอคอมพิวเตอร์ที่มีผลต่อความชัดเจนในการอ่านของนักเรียนประถมชั้นปีที่ 4,บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สาขาวิชาโสตทัศนะศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย