

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์  
เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี  
คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

THE DEVELOPMENT OF COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION FOR TUTORIAL  
IN COMPUTER ARCHITECTURE ENTITLED NUMBER SYSTEM AND  
COMPUTER STRUCTURE FOR UNDERGRADUATES FACULTY  
OF SCIENCE AT KING MONGKUT'S INSTITUTE OF  
TECHNOLOGY LADKRABANG



ธนาวุฒิ ประกอบผล

TANAWUT PRAKOBPOL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

จพ.

สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ (คอมพิวเตอร์)

ธ 252 ก  
2547

บัณฑิตวิทยาลัย

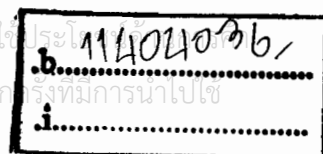
เลขหมู่.....สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขทะเบียน.....51544/

พ.ศ. 2547

วัน,เดือน,ปี.....2.0.ค.2547

ISBN 974-9700-64-3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**THE DEVELOPMENT OF COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION FOR TUTORIAL  
IN COMPUTER ARCHITECTURE ENTITLED NUMBER SYSTEM AND  
COMPUTER STRUCTURE FOR UNDERGRADUATES FACULTY  
OF SCIENCE AT KING MONGKUT'S INSTITUTE OF  
TECHNOLOGY LADKRABANG**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN SCIENCE EDUCATION (COMPUTER)  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2004**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ ISBN 974-9700-64-3 นี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2004**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เผยแพร่เห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน  
วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและ  
โครงสร้างคอมพิวเตอร์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญา  
ตรี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นักศึกษา

นายชนาวุฒิ ประกอบผล

รหัสประจำตัว

45063613

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

การศึกษาวิทยาศาสตร์ (คอมพิวเตอร์)

พ.ศ.

2547

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิไลพร วรจิตตานนท์

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รวีวรรณ เทนอิสสระ

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์

กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2546 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 20 คน ซึ่งได้จากการสุ่มอย่างง่ายโดยวิธีจับฉลาก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ และแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ จำนวน 20 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.33 – 0.90 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.06 – 0.46 และค่าความเชื่อมั่น 0.83

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการวิจัยนี้ใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80

ผลการวิจัยพบว่า

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.89/88.75 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>Thesis</b>            | The Development of Computer Assisted Instruction for Tutorial in Computer Architecture Entitled Number System and Computer Structure for Undergraduates Faculty of Science at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang |
| <b>Student</b>           | Mr.Tanawut Prakobpol  |
| <b>Student ID.</b>       | 45063613  |
| <b>Degree</b>            | Master of Science   |
| <b>Programme</b>         | Science Education (Computer)  |
| <b>Year</b>              | 2004  |
| <b>Thesis Advisor</b>    | Assistant Professor Dr. Wilaiporn Worrachittanont   |
| <b>Thesis Co-Advisor</b> | Assistant Professor Dr. Rawiwan Tenissara   |

## ABSTRACT

The purposes of this research were to develop and compute the effectiveness of the computer assisted instruction for tutorial in Computer Architecture Entitled Number System and Computer Structure.

The samples of this research were 20 computer science students in the Faculty of Science at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. They were selected from the 2<sup>nd</sup> year students, the academic year of 2003 by simple random sampling technique.

The research instruments were the computer assisted instruction for tutorial in Computer Architecture Entitled Number System and Computer Structure and the test comprising 20 items possessing the degree of difficulty ranging from 0.33 – 0.90, the degree of discrimination between 0.06 – 0.46 and the reliability coefficient of 0.83.

To examine the efficiency of the computer assisted instruction, the 80/80 standard criterion was used.

The result of the research revealed that:

The efficiency of the computer assisted instruction for tutorial in Computer Architecture Entitled Number System and Computer Structure was 81.89/88.75, which reached the standard criteria.

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิไลพร วรจิตตานนท์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รวิวรรณ เทนอิสสระ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาสละเวลาให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์อย่างยิ่ง ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิระวุฒิ สุวรรณจันทร์ และ ดร. ฉันทนา โหมดมณี ซึ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำที่มีคุณค่าเพื่อให้การแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้กรุณาแก้ไข และได้ให้ข้อเสนอแนะ ในการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ อันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้า ตลอดจนเป็นแนวทางในการจัดทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ธีรวัฒน์ ประกอบผล อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำปรึกษาแนะนำในด้านต่างๆ ตลอดจนเป็นกำลังใจและดูแลช่วยเหลือผู้วิจัยอย่างดีตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่สาตี ประกอบผล คุณพ่อบุญเปลิด ประกอบผล ที่เป็นผู้ให้กำเนิด ให้ความรักและดูแลเอาใจใส่ผู้วิจัยอย่างหาที่เปรียบมิได้ ตลอดจนส่งเสริมด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัยตลอดมา และขอขอบคุณพี่ น้อง ญาติอันเป็นที่เคารพรัก เพื่อนๆ ตลอดจนผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนและเป็นกำลังใจด้วยดี

สำหรับคุณค่าและคุณประโยชน์ใดๆ อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณแด่ มารดา บิดา ครู-อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ธนาวุฒิ ประกอบผล

# สารบัญ

|   | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย .....   | I    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....  | II   |
| กิตติกรรมประกาศ.....  | III  |
| สารบัญ .....  | IV   |
| สารบัญตาราง .....   | VII  |
| สารบัญภาพ .....   | VIII |
| บทที่ 1 บทนำ .....  | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....  | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....   | 3    |
| 1.3 สมมติฐานการวิจัย.....   | 3    |
| 1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย .....  | 4    |
| 1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....  | 4    |
| 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....  | 5    |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....                                      | 7    |
| 2.1 วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและ โครงสร้าง<br>คอมพิวเตอร์ ..... | 7    |
| 2.2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน .....                                | 9    |
| 2.3 การวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน .....                 | 29   |
| 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....  | 38   |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....   | 42   |
| 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง .....   | 42   |
| 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....  | 42   |
| 3.3 การดำเนินการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน .....                   | 53   |
| 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล .....  | 55   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

|   | หน้า |
|---|------|
| บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....  | 56   |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....   | 57   |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย.....   | 57   |
| 5.2 อภิปรายผล .....   | 58   |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ .....  | 60   |
| บรรณานุกรม.....   | 62   |
| ภาคผนวก .....   | 66   |
| ภาคผนวก ก เนื้อหาวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและ<br>โครงสร้างคอมพิวเตอร์ .....   | 67   |
| ภาคผนวก ข ตัวอย่างบทเรียน.....  | 92   |
| ภาคผนวก ค แบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ วิชาสถาปัตยกรรม<br>คอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและ โครงสร้างคอมพิวเตอร์.....   | 109  |
| ภาคผนวก ง แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน<br>วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและ โครงสร้าง<br>คอมพิวเตอร์ (ด้านเนื้อหา) .....                                      | 114  |
| ภาคผนวก จ แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน<br>วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและ โครงสร้าง<br>คอมพิวเตอร์ (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ).....                             | 117  |
| ภาคผนวก ฉ ตารางที่ 6.1 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน<br>เพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและ<br>โครงสร้างคอมพิวเตอร์ .....                                      | 120  |
| ภาคผนวก ช ตารางที่ 6.2 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบ<br>ทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์<br>เรื่องระบบตัวเลขและ โครงสร้างคอมพิวเตอร์ จำแนกตามรายชื่อ ..... | 123  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า |
|--|------|
| ภาคผนวก ข ตารางที่ 6.3 คະแนนวินยาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบ<br>ตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์..... | 125  |
| ประวัติผู้เขียน .....  | 127  |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

| ตารางที่  | หน้า |
|---|------|
| 1.1 จำนวนนักศึกษาที่ได้รับผลการเรียนระดับต่างๆ ในวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์<br>จำแนกตามปีการศึกษา .....   | 2    |
| 2.1 เวลาเรียนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้าง<br>คอมพิวเตอร์ จำแนกตามบทเรียน.....  | 8    |
| 3.1 จำนวนข้อของแบบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์จำแนกตามบทเรียน .....   | 52   |
| 4.1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชา<br>สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและ โครงสร้างคอมพิวเตอร์.....                           | 56   |
| 6.1 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชา<br>สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและ โครงสร้างคอมพิวเตอร์.....                                       | 121  |
| 6.2 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของ<br>ผลลัพธ์วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและ โครงสร้างคอมพิวเตอร์<br>จำแนกตามรายชื่อ..... | 124  |
| 6.3 คะแนนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและ โครงสร้างคอมพิวเตอร์  | 126  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ

| ภาพที่  | หน้า |
|---|------|
| 2.1 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นทางเดียว .....          | 13   |
| 2.2 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบย้อนกลับ .....              | 14   |
| 2.3 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสอบก่อนข้ามกรอบ .....       | 14   |
| 2.4 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบข้ามกรอบและย้อนกรอบ .....   | 15   |
| 2.5 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบทางเดินหลายเส้น .....       | 15   |
| 2.6 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกรอบซ่อมเสริมเดี่ยว.....    | 16   |
| 2.7 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีห่วงกรอบซ่อมเสริม .....   | 16   |
| 2.8 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกรอบซ่อมเสริมหลายกิ่ง ..... | 17   |
| 2.9 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบแตกกิ่งกุ่ม .....           | 18   |
| 2.10 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกิ่งประกอบ .....           | 18   |
| 2.11 การจำแนกจุดมุ่งหมายทางการศึกษา.....                          | 30   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ช่วงทศวรรษที่ผ่านมาประเทศไทยได้พัฒนาจากประเทศกำลังพัฒนาไปสู่การเป็นประเทศพัฒนาทางอุตสาหกรรมใหม่ ที่สามารถพึ่งตนเองได้ในหลายๆ ด้าน และการที่ประเทศไทยจะพัฒนาในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้นั้น จำเป็นที่จะต้องสร้างจิตสำนึกของคนในชาติ โดยเฉพาะเยาวชนให้มีความรู้ความสามารถในทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ รู้จักคิด และใช้เหตุผลในการแก้ปัญหาต่างๆ ตลอดจนสามารถทำงานเป็นกลุ่มและอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข ดังนั้นหลักสูตรการเรียนการสอนทางด้านวิทยาศาสตร์จึงต้องได้รับการพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ให้มีเนื้อหาและกระบวนการฝึกทักษะดังกล่าวที่เหมาะสมกับวุฒิภาวะของเยาวชน ซึ่งเป็นทรัพยากรของมนุษย์ที่มีความสำคัญยิ่งในการพัฒนาประเทศอย่างสืบเนื่องต่อไป (กระทรวงศึกษาธิการ. 2541 : คำแถลง)

การปรับปรุงโครงสร้างของหลักสูตรให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสังคม โดยกระบวนการเรียนการสอนยังคงเน้นแบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อมุ่งให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์อันเป็นเครื่องมือสำคัญที่นำไปสู่การเป็นคนมีใจใฝ่รู้อยู่เสมอ มีใจรักและสนใจในวิทยาศาสตร์สามารถเสาะหาข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538 : 1-2)

ปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางด้านคอมพิวเตอร์ ได้ขยายกว้างออกไปอย่างรวดเร็วจนกลายเป็นอุปกรณ์หรือเครื่องมือในทุกสาขาวิชา ดังนั้นการพัฒนาประเทศจะสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้ จำเป็นต้องมีบุคลากรที่มีความสามารถในการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในงานทุกด้าน

ความรู้ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ มีบทบาทที่สำคัญในการปฏิบัติงานหลายๆ สาขา ด้วยเหตุนี้ทางคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังจึงตระหนักถึงความจำเป็นดังกล่าวจึงทำการบรรจุวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ (Computer Architecture) เป็นหมวดวิชาเฉพาะของกลุ่มวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ตลอดหลักสูตรมีจำนวนหน่วยกิต ทั้งหมด 147 หน่วยกิต โดยแบ่งเป็นหมวดวิชาพื้นฐานทั่วไป 43 หน่วยกิต หมวดวิชาเฉพาะ 95 หน่วยกิต และหมวดวิชาเลือกเสรี 9 หน่วยกิต ซึ่งวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์เป็นรายวิชาบังคับ มีจำนวนหน่วยกิต 3 หน่วยกิต โดยนักศึกษาต้องผ่านการเรียนทุกคน เพื่อที่นักศึกษจะได้ นำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมเฉพาะงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ เป็นเนื้อหาส่วนหนึ่งของวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เป็นเนื้อหาที่ต้องใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นหัวใจของวิชาวิทยาศาสตร์ที่จะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพทางการศึกษา ดังนั้นการดำเนินการสอนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์อย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะนำไปสู่ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จากการสัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอนพบว่า อดีตที่ผ่านมาการเรียนการสอนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ไม่ได้ผลเท่าที่ควร โดยเฉพาะเรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ นักศึกษาส่วนใหญ่ทำคะแนนได้น้อยกว่าในเรื่องอื่นๆ ในวิชาเดียวกัน

ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อหาวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์โดยเฉพาะเนื้อหาเรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์มีลักษณะของเนื้อหาเป็นนามธรรม จึงทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ รวมทั้งตำราเรียนหรือเอกสารอ้างอิงส่วนใหญ่จะเป็นของต่างประเทศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอนอย่างมาก จึงทำให้การเรียนการสอนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์มักไม่ได้ผล โดยรายละเอียดเกี่ยวกับจำนวนนักศึกษาที่ได้ผลการเรียนระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 จำนวนนักศึกษาที่ได้รับผลการเรียนระดับต่างๆ ในวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ จำแนกตามปีการศึกษา

| ปีการศึกษา | จำนวนนักศึกษาที่ได้ระดับผลการเรียนต่างๆ (คน) |                |    |                |    |                |   |     |
|------------|--|----------------|----|----------------|----|----------------|---|-----|
|            | A  | B <sup>+</sup> | B  | C <sup>+</sup> | C  | D <sup>+</sup> | D | รวม |
| 2543       | 1  | 2              | 13 | 11             | 19 | 4              | 6 | 56  |
| 2544       | 1  | 6              | 11 | 15             | 3  | 3              | 4 | 43  |
| 2545       | 3  | 2              | 8  | 16             | 18 | 0              | 3 | 50  |

จากตารางที่ 1.1 เป็นระดับผลการเรียนของนักศึกษาทั้งรายวิชา ซึ่งเนื้อหาเรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์มีถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ของเนื้อหาทั้งหมด ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกเนื้อหาที่นำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากคะแนนที่นักศึกษาทำได้น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อหาอื่นๆ และเมื่อปรึกษากับอาจารย์ผู้สอนในวิชานี้ ได้รับการสนับสนุนว่าเนื้อหาเรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ มีความเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนสำหรับนักศึกษา เนื่องจากการเรียนการสอนในรายวิชานี้ยังมีสื่อการเรียนการสอนไม่เพียงพอ ถ้านักศึกษามีสื่อการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ จะทำให้นักศึกษาสามารถพัฒนาการเรียนรู้ในวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

สำหรับในวงการศึกษาที่นับว่าเพิ่งเริ่มมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้กันอย่างแพร่หลายเมื่อไม่นานมานี้เองที่ได้นำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน คอมพิวเตอร์จัดการเรียนการสอนไม่จำกัดเรื่องใดทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอน และคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ในลักษณะเดียวกับการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้สอนภายในห้องเรียนปกติ และเนื่องจากคอมพิวเตอร์เป็นเทคโนโลยีระดับสูง สามารถนำเสนอเนื้อหาได้ทั้งที่เป็นตัวอักษร ภาพกราฟิก ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว รวมทั้งเสียงประกอบ คอมพิวเตอร์จึงเป็นสื่อทางการศึกษาที่สามารถรวบรวมเอาสื่อแทบทุกชนิดบรรจุลงในหน่วยความจำของเครื่องได้ ซึ่งก็หมายความว่าผู้สอนสามารถแก้ไข ปรับปรุง และรวบรวมข้อมูลต่างๆ ในกิจกรรมการเรียนการสอนได้โดยไม่มีข้อจำกัด เพื่อเป็นการตอบรับกับความเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี การศึกษาในยุคปัจจุบัน ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหรือ CAI น่าจะเป็นสื่อการเรียนการสอนที่ได้รับการค้นคว้าและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพราะเป็นสื่อการศึกษาที่สามารถตอบสนองผู้เรียนแบบรายบุคคลอันจะนำไปสู่การเปิดกว้างทางการศึกษาแก่ผู้ที่สนใจ พร้อมกับเป็นการบริหารความรู้ทางเทคโนโลยีทั้งในระดับผู้สอนและผู้เรียนในเวลาเดียวกัน

จากเหตุผลดังกล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะจัดทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ และเป็นแนวทางในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้กว้างขวางยิ่งขึ้นต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## 1.3 สมมติฐานการวิจัย

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

### 1.4.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ โดยนำแนวคิดของ พรเทพ เมืองแมน (2544 : 46) มาเป็นกรอบแนวคิดในการสร้าง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบบทเรียน

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างบทเรียน

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและแก้ไขบทเรียน

โดยผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบบทเรียน

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างบทเรียน และขั้นตอนที่ 4 การประเมินและแก้ไขบทเรียน

### 1.4.2 การวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของ Bloom (1985) อังไฉน บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์. (ม.ป.ป. : 45-49) มาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการสร้างแบบทดสอบซึ่งมุ่งเน้นทางด้านขอบเขตด้านปัญญา ซึ่งมีทั้งหมด 6 ส่วน แต่ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเน้นเพียง 2 ส่วน คือ

1. ความรู้ ความจำ
2. ความเข้าใจ

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

### 1.5.1 ประชากร

ประชากรเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 70 คน ที่เคยเรียนเรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์มาแล้ว

### 1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 20 คน ที่เคยเรียนเรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์มาแล้ว ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยวิธีจับสลากนักศึกษาเป็นรายบุคคล

### 1.5.3 ตัวแปรที่ศึกษา

ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์

### 1.5.4 เนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง

เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน เป็นเนื้อหาตามรายวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ ของสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประกอบด้วย 4 บทเรียน ดังต่อไปนี้

บทเรียนที่ 1 ระบบตัวเลข

บทเรียนที่ 2 ไบนารีลอจิกเกต

บทเรียนที่ 3 โครงสร้างคอมพิวเตอร์

บทเรียนที่ 4 สถาปัตยกรรมไมโครโปรเซสเซอร์

### 1.5.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ ทำการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546

## 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อให้เข้าใจตรงกัน ผู้วิจัยได้นิยามศัพท์เฉพาะตามความหมายดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง บทเรียนที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมสำเร็จรูปช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ โปรแกรม Authorware Professional Version 6.5 มีลักษณะการใช้เพื่อสอนทบทวนจากการเรียนแบบปกติจากครูผู้สอน ประกอบด้วยกรอบจุดประสงค์การเรียนรู้ กรอบเนื้อหา บทเรียน และกรอบคู่มือการใช้งาน ซึ่งเนื้อหาของบทเรียนประกอบด้วย 4 บทเรียน คือ

บทเรียนที่ 1 ระบบตัวเลข

บทเรียนที่ 2 ไบนารีลอจิกเกต

บทเรียนที่ 3 โครงสร้างคอมพิวเตอร์ ซึ่งลักษณะการออกแบบเป็นแบบ

ไฮเปอร์มีเดีย

บทเรียนที่ 4 สถาปัตยกรรมไมโครโปรเซสเซอร์

2. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง อัตราส่วนของคะแนนเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละที่ได้จากการทำแบบทดสอบในแต่ละบทเรียนรวมกัน ซึ่งเป็นประสิทธิภาพของ กระบวนการกับคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของ ผลลัพธ์ ซึ่งเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ โดยในการวิจัยครั้งนี้ตั้งเกณฑ์  $E_1 / E_2$  ไว้เป็น 80/80

80 ตัวแรก ( $E_1$ ) หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ คิดเป็นร้อยละของ คะแนนที่ผู้เรียนได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ถูกต้อง

80 ตัวหลัง ( $E_2$ ) หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละของคะแนน ที่ผู้เรียนได้จากการทำแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์หลังเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนได้ถูกต้อง

3. นักศึกษา หมายถึง นักศึกษาที่กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาวิทยาการ คอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ที่เคยเรียนเรื่องระบบตัวเลข และโครงสร้างคอมพิวเตอร์มาแล้ว

## บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการและทฤษฎีตลอดจนผลงานวิจัยต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยแบ่งหัวข้อออกเป็นประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

- 2.1 วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่อง “ระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์”
- 2.2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.3 การวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่อง “ระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์”

#### 2.1.1 วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์

วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เป็นวิชาหนึ่งในหมวดวิชาเฉพาะของกลุ่มวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีลักษณะดังนี้

##### 1. ข้อกำหนดเบื้องต้น

ข้อกำหนดสำหรับนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ คือ ต้องผ่านวิชาการจัดโครงสร้างคอมพิวเตอร์

##### 2. เนื้อหาวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์

ระบบเลขฐาน การแปลงระบบเลข การคำนวณทางคณิตศาสตร์ของคอมพิวเตอร์ สัญลักษณ์ลอจิกพื้นฐาน การกระทำทางลอจิกพื้นฐาน บัส หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ สถาปัตยกรรมแบบ RISC และ CISC การประมวลผลแบบขนาน การประมวลผลร่วม ไลน์และซูเปอร์สเกล

##### 3. เวลาเรียน

1 สัปดาห์ มีการเรียนการสอน 3 คาบเรียน คาบเรียนละ 60 นาที โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เวลาเรียนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ จำแนกตามบทเรียน

| บทเรียน                                  | เวลาเรียน (คาบเรียน) |
|--|----------------------|
| บทเรียนที่ 1 ระบบตัวเลข                  | 3                    |
| บทเรียนที่ 2 ไบนารีลอจิกเกต              | 3                    |
| บทเรียนที่ 3 โครงสร้างคอมพิวเตอร์        | 6                    |
| บทเรียนที่ 4 สถาปัตยกรรมไมโครโปรเซสเซอร์ | 6                    |

#### 4. ประเมินผล

- ทดสอบระหว่างบทเรียน 20 %
- สอบปลายภาค 80 %

#### 2.1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่อง “ระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์”

เมื่อศึกษาจบบทเรียนแล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายเลขฐานต่างๆ ได้
2. แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของเลขฐานสอง ได้
3. อธิบายเลขแบบ 2 's complement ได้
4. บอกชื่อสัญลักษณ์เกตพื้นฐาน ได้
5. อธิบายลอจิกเกตพื้นฐาน ได้
6. อธิบายโครงสร้างคอมพิวเตอร์เบื้องต้น ได้
7. อธิบายความหมายของคำว่า Fetch and Execute ได้
8. อธิบายความหมายของหน่วยความจำแบบ RAM และ ROM ได้
9. อธิบายความแตกต่างทางด้านสถาปัตยกรรมของไมโครโปรเซสเซอร์ได้
10. อธิบายความหมายของสถาปัตยกรรมแบบ RISC และ CISC ได้
11. อธิบายความหมายของ Parallel Processing, Coprocessing, Pipeline และ Superscalar

ได้

#### 2.1.3 เนื้อหาเรื่อง “ระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์”

วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์เรื่อง “ระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์” ที่นำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

บทเรียนที่ 1 ระบบตัวเลข

บทเรียนที่ 2 ไบนารีลอจิกเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทเรียนที่ 3 โครงสร้างคอมพิวเตอร์

บทเรียนที่ 4 สถาปัตยกรรมไมโครโปรเซสเซอร์

## 2.2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

### 2.2.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน มาจากภาษาอังกฤษว่า Computer Assisted Instruction ซึ่งใช้คำย่อว่า CAI ได้มีผู้ให้ความหมายของคำ “คอมพิวเตอร์ช่วยสอน” ไว้หลายทัศนะด้วยกัน เช่น

กิดานันท์ มลิทอง (2536 : 187) คอมพิวเตอร์เป็นสื่อการสอนที่เป็นเทคโนโลยีระดับสูง เมื่อมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะทำให้การเรียนการสอนมีปฏิสัมพันธ์กันได้ในระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ เช่นเดียวกับการเรียนการสอนระหว่างครูกับนักเรียนที่อยู่ในห้องเรียนตามปกติ

ขนิษฐา ชานนท์ (2532 : 8) คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องช่วยครูในการเรียนการสอน โดยเนื้อหาวิชา แบบฝึกหัด และการทดสอบถูกพัฒนาขึ้นในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผดุง อารยะวิญญู (2527 : 41) คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง การนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องช่วยครูในการเรียนการสอน โปรแกรมสำหรับการเรียนการสอนมักบรรจุเนื้อหาเกี่ยวกับที่ครูจะสอนแต่แทนที่ครูจะสอนเนื้อหาวิชาด้วยตนเอง ครูก็บรรจุเนื้อหาเหล่านั้นไว้ในโปรแกรมและผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นผู้ถ่ายทอดวิชาแทนครู

วีระ ไทยพานิช (2527 : 10) กล่าวว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นวิธีการเรียนซึ่งคอมพิวเตอร์เป็นสื่อให้เนื้อหาเรื่องราวเป็นการเรียนโดยตรง และเป็นการเรียนแบบปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ระหว่างนักเรียนกับคอมพิวเตอร์

ชิน ภู่วรรณ (2531 : 121) กล่าวว่า เป็นการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน การทบทวน การทำแบบฝึกหัดและการวัดผล โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะนำเนื้อหาวิชาและลำดับวิธีการสอนที่บันทึกเก็บไว้มาเสนอในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับผู้เรียนแต่ละคน

ขนิษฐา ชานนท์ (2532 : 8) กล่าวว่า การนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนการสอน โดยที่เนื้อหาวิชา แบบฝึกหัด และการทดสอบจะถูกพัฒนาขึ้นในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมักเรียกว่า คอร์สแวร์ (Courseware) ผู้เรียนจะเรียนบทเรียน โดยที่คอมพิวเตอร์จะเสนอเนื้อหาซึ่งอาจจะเป็นทั้งในรูปแบบตัวหนังสือ และภาพกราฟิก นอกจากนี้คอมพิวเตอร์ยังสามารถตรวจคำตอบและแสดงผลการเรียนในรูปของข้อมูลย้อนกลับ (Feed Back) ให้แก่ผู้เรียนได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วสันต์ อติศัพท์ (2530 : 10) กล่าวว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นระบบการเรียนการสอน ซึ่งเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจเป็นไมโครคอมพิวเตอร์หรือเมนเฟรมก็ได้ โดยผู้เรียนจะศึกษาเนื้อหาบางบทเรียนที่ออกแบบไว้อย่างดี

สิริพร ทิพย์คง (2537 : 179) กล่าวว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นวิธีการหนึ่งของการสอนรายบุคคลโดยอาศัยคอมพิวเตอร์เป็นสื่อการสอนเนื้อหาและเรื่องราวที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

จากความหมายต่างๆ อาจสรุปได้ว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์ไปใช้ในกระบวนการเรียนการสอนในด้านต่างๆ ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ มีลักษณะเป็นการสอนรายบุคคล ผู้เรียนสามารถเรียนได้ตามความสามารถของตนเองและมีปฏิสัมพันธ์กับเครื่อง ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในบทเรียน ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น

## 2.2.2 ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ถนอมพร เลหาจรัสแสง (2541 : 11-12) กล่าวว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภท คือ

1. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์ (Tutorial) คือ บทเรียนทางคอมพิวเตอร์ซึ่งนำเสนอเนื้อหาแก่ผู้เรียน ไม่ว่าจะป็นเนื้อหาใหม่หรือการทบทวนเนื้อหาเดิมก็ตาม ส่วนใหญ่คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทติวเตอร์จะมีแบบทดสอบหรือแบบฝึกหัด เพื่อทดสอบความเข้าใจของผู้เรียนปนอยู่ด้วย อย่างไรก็ตามผู้เรียนมีอิสระพอที่จะเลือกตัดสินใจว่าจะทำแบบทดสอบหรือแบบฝึกหัดหรือไม่ อย่างไร หรือว่าจะเลือกเรียนเนื้อหาส่วนไหน เรียงลำดับในรูปแบบใด เพราะการเรียนโดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนของตนได้ตามความต้องการของตนเอง

2. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบฝึกหัด (Drill and Practice) คือ บทเรียนทางคอมพิวเตอร์ซึ่งมุ่งเน้นให้ผู้ใช้ทำแบบฝึกหัดจนสามารถเข้าใจเนื้อหาในบทเรียนนั้นๆ ได้ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบฝึกหัดเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทที่ได้รับความนิยมมาก โดยเฉพาะในระดับอุดมศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนที่เรียนอ่อนหรือเรียนไม่ทันคนอื่นๆ ได้มีโอกาสทำความเข้าใจบทเรียนสำคัญๆ ได้โดยที่ครูผู้สอนไม่ต้องเสียเวลาในชั้นเรียนอธิบายเนื้อหาเดิมซ้ำแล้วซ้ำอีก

3. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทการจำลอง (Simulation) คือ บทเรียนทางคอมพิวเตอร์ที่มีการนำเสนอบทเรียนในรูปแบบของการจำลองแบบ โดยการจำลองสถานการณ์ที่เหมือนจริงขึ้น และบังคับให้ผู้เรียนต้องตัดสินใจแก้ปัญหา (Problem-Solving) ในตัวบทเรียนจะมีคำแนะนำเพื่อช่วยในการตัดสินใจของผู้เรียนและแสดงผลลัพธ์ในการตัดสินใจนั้นๆ ข้อดีของการใช้คอมพิวเตอร์

ช่วยสอนประเภทการจำลอง คือ การลดค่าใช้จ่ายและลดอันตรายอันอาจเกิดขึ้นได้จากการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริง

4. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทเกม (Instruction Game) คือ บทเรียนทางคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ให้ผู้เรียนมีความสนุกสนาน เพลิดเพลิน จนลืมไปว่ากำลังเรียนอยู่ เกมคอมพิวเตอร์ทางการศึกษาเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สำคัญประเภทหนึ่ง เนื่องจากเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่กระตุ้นให้เกิดความสนใจในการเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทนี้นิยมใช้กับเด็กตั้งแต่ระดับอุดมศึกษา เพื่อเป็นการปูทางให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกที่ดีกับการเรียนทางคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วย

5. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบทดสอบ (Testing) คือ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้างแบบทดสอบ การจัดการสอน การให้คะแนน การคำนวณผลสอบ ข้อดีของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบทดสอบ คือ การที่ผู้เรียนได้รับผลป้อนกลับโดยทันที (Immediate Feedback) ซึ่งเป็นข้อจำกัดของการทดสอบที่ใช้กันอยู่ทั่วไป นอกจากนี้การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณผลสอบก็ยังมีความแม่นยำและรวดเร็วอีก

บุปผชาติ ทัททิกรณ์ (2540 : 11-14) ได้กล่าวไว้ในเอกสารการอบรมวิทยากรแกนนำของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งแบ่งรูปแบบออกเป็นดังนี้

1. ใช้เพื่อการสอน (Tutoring) เป็นโปรแกรมที่สร้างในลักษณะบทเรียน โปรแกรมเลียนแบบการสอนของครู กล่าวคือจะมีบทนำ (Introduction) คำอธิบาย (Explanation) ซึ่งประกอบด้วย ตัวทฤษฎี กฎเกณฑ์ คำอธิบาย และแนวคิดที่จะสอน หลังจากนั้นนักเรียนได้ศึกษาแล้วก็จะมีการถาม (Question) เพื่อใช้ในการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน มีการแสดงผลย้อนกลับ (Feedback) ตลอดจนการเสริมแรง (Reinforcement) สามารถให้นักเรียนย้อนกลับไปบทเรียนเดิมหรือข้ามบทเรียนที่นักเรียนรู้แล้ว นอกจากนี้ยังสามารถบันทึก (Records) การกระทำของนักเรียนว่าทำได้เพียงไร และอย่างไร เพื่อให้ครูผู้สอนมีข้อมูลในการเสริมความรู้ให้กับนักเรียนบางคนได้

2. การฝึกและปฏิบัติ (Drill and Practice) ส่วนใหญ่ครูผู้สอนจะใช้เสริม เมื่อได้สอนบทเรียนคอมพิวเตอร์บางอย่างไปแล้ว และให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดกับคอมพิวเตอร์เพื่อวัดระดับหรือให้นักเรียนมาฝึกจนถึงระดับที่ยอมรับได้ บทเรียนประเภทนี้จึงประกอบด้วยคำถามคำตอบที่จะให้นักเรียนทำการฝึกและปฏิบัติอาจต้องใช้หลักจิตวิทยา เพื่อทำให้ผู้เรียนอยากทำและตื่นเต้นกับการทำแบบฝึกหัดนั้น เช่น แทรกรูปภาพเคลื่อนไหว หรือคำพูดได้ตอบรวมทั้งอาจมีการแข่งขันจับเวลา หรือสร้างรูปแบบให้ตื่นเต้นจากการมีเสียง เป็นต้น

3. การแก้ปัญหา (Problem Solving) ประเภทนี้จะเน้นให้ฝึกการคิด การตัดสินใจ โดยมีการกำหนดเกณฑ์ให้ แล้วผู้เรียนพิจารณาไปตามเกณฑ์ มีการให้คะแนนหรือนำหนักกับเกณฑ์แต่ละข้อ เช่น ในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ผู้เรียนจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเข้าใจและมีความสามารถในการแก้ปัญหา กล่าวคือ รู้จักเลือกสูตรมาใช้ให้ตรงกับปัญหาผู้เรียน อาจต้องทดลองในกระดาษคำตอบก่อนที่จะเลือกข้อที่ถูกได้ ซึ่งการทำเช่นนี้ ผู้สอนอาจไม่ได้ต้องการเพียงคำตอบที่ถูกเพียง

อย่างเดี๋ยวยังต้องการขั้นตอนที่ผู้เรียนทำ เช่น ถ้าเลือกข้อ ข. แปลว่า ใช้สูตรผิด ถ้าเลือก ข้อ ก. แปลว่า คำถามผิด ถ้าเลือกข้อ ง. แปลว่า ไม่เข้าใจเลย เป็นต้น การแก้ปัญหาบางอย่างที่ผู้เรียนจะตอบได้จะต้องใช้คอมพิวเตอร์นั้นช่วยแก้ปัญหาด้วย เพราะเป็นการคำนวณที่สลับซับซ้อน ก็เท่ากับเป็นการวัดด้วยว่า ผู้เรียนมีความรู้ทางคอมพิวเตอร์มากน้อยเพียงไร

4. การสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) เป็นโปรแกรมที่จำลองสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียน โดยมีเหตุการณ์สมมติต่างๆ อยู่ในโปรแกรม และนักเรียนสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงหรือจัดกระทำ (Manipulate) ได้มีการโต้ตอบและมีตัวแปรหรือทางเลือกให้หลายๆทาง เพื่อให้ให้นักเรียนสามารถเลือกได้อย่างสุ่ม เพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากทางเลือกเหล่านั้น นอกจากนี้ในบางบทเรียนการสร้างภาพพจน์เป็นสิ่งสำคัญและจำเป็น การทดลองทางห้องปฏิบัติการในการเรียนการสอนจึงมีความสำคัญ แต่หลายวิชาไม่สามารถทดลองให้เห็นจริงได้ เช่น การเคลื่อนที่ของลูกปืนใหญ่ การเดินทางของแสงและการหักเหของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งชีววิทยาที่ต้องใช้เวลาานหลายวันจึงปรากฏผล ปัญหาเหล่านี้จึงไม่สามารถใช้คอมพิวเตอร์จำลองแบบให้ผู้เรียนได้เห็นจริง และเข้าใจได้ง่าย

5. การเล่นเกม (Gaming) เกมคอมพิวเตอร์ที่ใช้เพื่อการเรียนการสอนนั้น เป็นสิ่งที่ใช้เพื่อเร้าใจผู้เรียนได้อย่างดี โปรแกรมประเภทนี้นับเป็นแบบพิเศษของแบบจำลองสถานการณ์ โดยมีเหตุการณ์ที่มีการแข่งขัน ซึ่งสามารถที่จะเล่นได้โดยนักเรียนเพียงคนเดียวหรือหลายคนที่มีการให้คะแนน มีการแพ้ ชนะ อย่างไรก็ตามการเขียนโปรแกรมประเภทนี้ต้องระวางให้มีคุณค่าทางการศึกษาโดยต้องมีจุดมุ่งหมาย เนื้อหาและกระบวนการที่เหมาะสมกับหลักสูตร

6. บทสนทนา (Dialogue) เป็นการเรียนแบบการสอนในห้องเรียน กล่าวคือ พยายามให้เป็นการพูดคุยระหว่างผู้สอนและผู้เรียน เพียงแต่ว่าท่านที่จะใช้เสียงก็เป็นตัวอักษรบนจอภาพแล้วมีการสอนด้วยการตั้งปัญหาถาม ลักษณะในการใช้แบบสอบถามก็เป็นการแก้ปัญหาอย่างหนึ่ง เช่น บทเรียนวิชาฟิสิกส์ อาจถามหาแรงเสียดทานแต่ละชนิด ผู้เรียนอาจได้ตอบด้วยการใส่ชื่อแรงเสียดทานให้เป็นคำตอบ หรือบทเรียนสำหรับนักเรียนแพทย์ อาจเป็นการสมมติสภาพของคนไข้ให้ผู้เรียนกำหนดวิธีการรักษาให้ก็ได้

7. การสาธิต (Demonstration) การสาธิตโดยใช้คอมพิวเตอร์มีลักษณะคล้ายกับการสาธิตของครู แต่การสาธิตโดยใช้คอมพิวเตอร์น่าสนใจกว่า เพราะคอมพิวเตอร์ให้ทั้งเส้นกราฟที่สวยงามตลอดทั้งสี่และเสียงด้วย ครูสามารถนำคอมพิวเตอร์มาใช้เพื่อสาธิตเกี่ยวกับวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ได้หลายแขนง เช่น สาธิตเกี่ยวกับการโคจรของดาวพระเคราะห์ในระบบสุริยะ การหมุนเวียนของโลหิต การสมดุลของสมการ เป็นต้น

8. การทดสอบ (Testing) การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมักจะต้องการรวมการทดสอบเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนไปด้วย โดยผู้ทำจะต้องคำนึงถึงหลักการต่างๆคือการสร้างข้อสอบ การจัด

การสอบ การตรวจให้คะแนน การวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ การสร้างคลังข้อสอบ และการจัดให้ผู้สอบสุ่มเลือกข้อสอบเองได้

9. การไต่ถาม (Inquiry) คอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถใช้ในการค้นหาข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หรือข่าวสารที่เป็นประโยชน์ ในแบบให้ข้อมูลข่าวสารนี้ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะมีแหล่งเก็บข้อมูลที่มีประโยชน์ ซึ่งสามารถแสดงได้ทันทีเมื่อผู้เรียนต้องการ ด้วยระบบง่ายๆ ที่ผู้เรียนสามารถทำได้เพียงแต่กดหมายเลข หรือใส่รหัส หรือตัวของแหล่งข้อมูลนั้นๆ การใส่รหัสหรือหมายเลขของผู้เรียนนี้จะทำให้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแสดงข้อมูล ซึ่งจะตอบคำถามของผู้เรียนตามต้องการ

10. แบบรวมวิธีการต่างๆ เข้าด้วยกัน (Combination) คอมพิวเตอร์สามารถสร้างวิธีการสอนหลายแบบรวมกันได้ตามธรรมชาติของการเรียนการสอน ซึ่งมีความต้องการวิธีการสอนหลายๆแบบ ความต้องการนี้จะมาจากการกำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอน ผู้เรียนและองค์ประกอบหรือภารกิจต่างๆ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหนึ่ง อาจมีทั้งลักษณะที่เป็นการใช้เพื่อการสอน (Tutoring) เกม (Gaming) การไต่ถามให้ข้อมูล (Inquiry) รวมทั้งประสบการณ์การแก้ปัญหา (Problem Solving)

บุปผชาติ ทัททิกรณ์ (2535 : 15-21) ได้แบ่งการนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนออกเป็น 2 ประเภทใหญ่คือ

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นทางเดียว (Linear Program) การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนลักษณะนี้เป็นการสร้างกรอบที่มีลำดับการตอบสนองอย่างต่อเนื่องเป็นเทคนิควิธีการสร้างที่ใช้ได้ง่าย ประกอบด้วยกรอบเนื้อหาหรือกรอบคำถามเรียงต่อกันไปในทิศทางเดียว เหมาะสำหรับเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำ ความเข้าใจ ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นทางเดียว

2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกิ่ง (Branching Program) บทเรียนลักษณะนี้เหมาะสำหรับเนื้อหาที่แสดงความคิดเห็น สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้ดี ซึ่งมีหลายรูปแบบดังต่อไปนี้

2.1 แบบย้อนกลับ (Linear Format With Repetition) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนลักษณะนี้คล้ายคลึงกับโปรแกรมเส้นทางเดียวต่างกันตรงที่มีคำถามแทรกระหว่างกรอบ

เนื้อหา ถ้าผู้เรียนตอบคำถามถูกต้อง ผู้เรียนก็จะผ่านไปยังกรอบเนื้อหาที่อยู่ถัดไป ถ้าตอบไม่ถูกต้อง โปรแกรมจะให้ผู้เรียนย้อนกลับไปยังกรอบเนื้อหาเดิมอีกครั้งและถามคำถามซ้ำอีก ดังภาพที่ 2.2



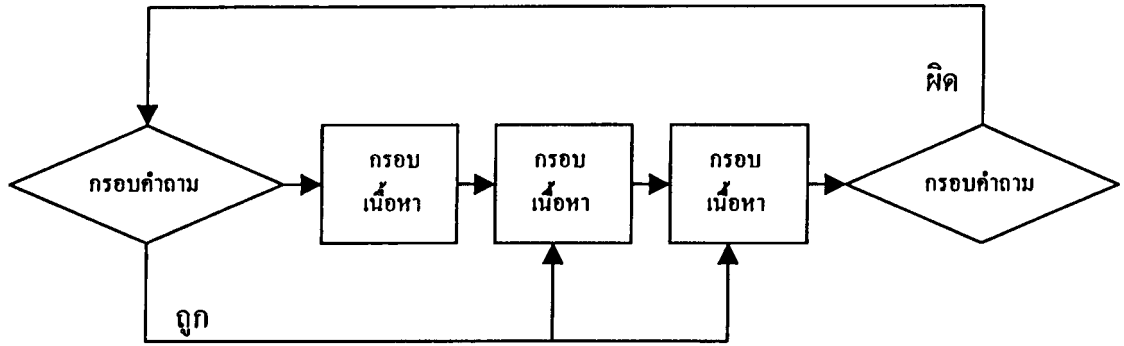
ภาพที่ 2.2 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบย้อนกลับ

2.2 แบบสอบก่อนข้ามกรอบ (Pretest And Skip Format) บทเรียนลักษณะนี้จะมีการทดสอบก่อนเรียน ถ้าผู้เรียนทดสอบก่อนเรียนแล้วผ่านก็จะข้ามกรอบที่ผู้เรียนรู้เนื้อหานั้นแล้วไปยังกรอบเนื้อหาจุดประสงค์อื่น บทเรียนลักษณะนี้จึงมีประสิทธิภาพในการตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล ดังภาพที่ 2.3



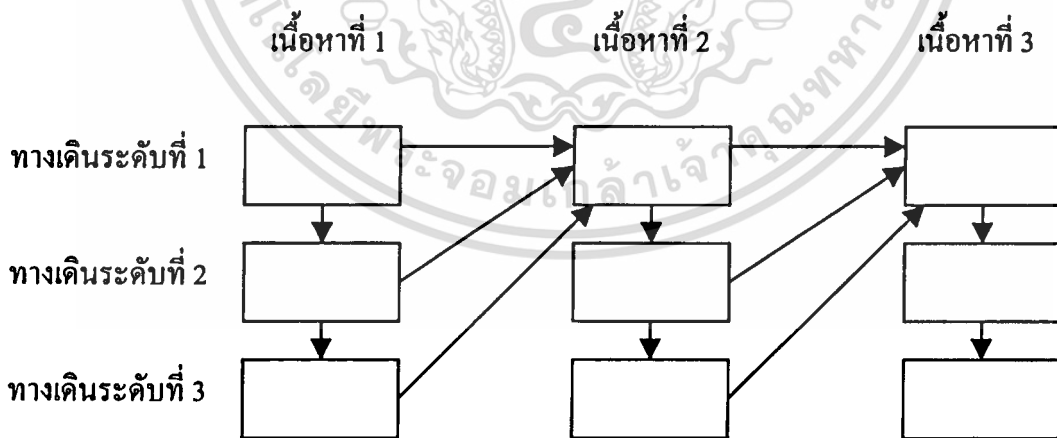
ภาพที่ 2.3 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสอบก่อนข้ามกรอบ

2.3 แบบข้ามกรอบและย้อนกรอบ (Gate Frames) บทเรียนลักษณะนี้กำหนดผู้เรียนไปยังกรอบต่างๆ ตามระดับความสามารถและความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่ให้ ในลักษณะเดียวกันกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นทางเดียวทั้งนี้อาจให้ผู้เรียนข้ามกรอบไปได้หลายกรอบหรืออาจส่งผู้เรียนไปยังกรอบที่ผ่านมาแล้ว เพื่อทบทวนเนื้อหาบางส่วนใหม่ ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบข้ามกรอบและย้อนกรอบ

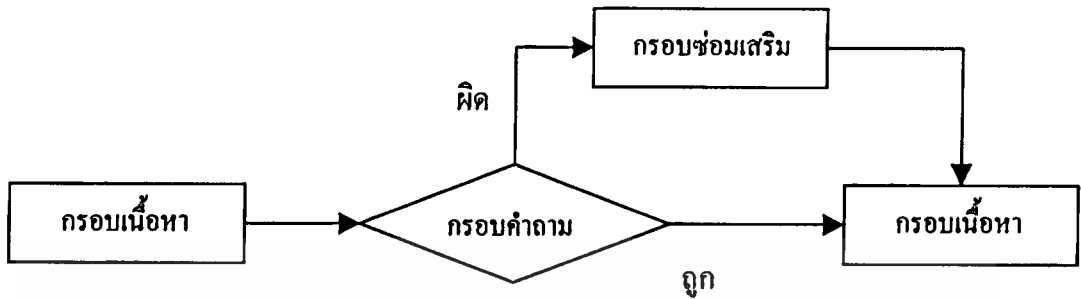
2.4 แบบทางเดินหลายเส้น (Secondary Tracks) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนลักษณะนี้ ประกอบด้วยกรอบในเส้นทางเดินหลายระดับ เส้นทางเดินระดับที่ 1 เป็นเส้นทางเดินของกรอบเนื้อหาหลักที่ไม่มีคำอธิบายละเอียดมากนัก ส่วนทางเดินระดับที่ 2 และที่ 3 เป็นกรอบเนื้อหาที่เพิ่มเติมรายละเอียดมากกว่าในกรอบที่อยู่ทางระดับที่ 1 กรอบเนื้อหาที่อยู่ในทางเดินระดับที่ 1 จะเชื่อมต่อกับกรอบเนื้อหาที่อยู่ในทางเดินระดับที่ 2 และที่ 3 เส้นทางกรเรียนของผู้เรียนในกรอบจึงได้มีหลายเส้นทาง ขึ้นอยู่กับว่าผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาในกรอบทางเดินระดับที่ 1 มากน้อยเพียงใดหรือไม่ กรอบในทางเดินระดับที่ 2 และ 3 จะให้เนื้อหาละเอียดจากน้อยไปสู่มากตามลำดับ โดยเนื้อหาในกรอบส่วนนี้จะเป็นเนื้อหาเรื่องเดียวกัน เพียงขยายความหมายของคำบางคำให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบทางเดินหลายเส้น

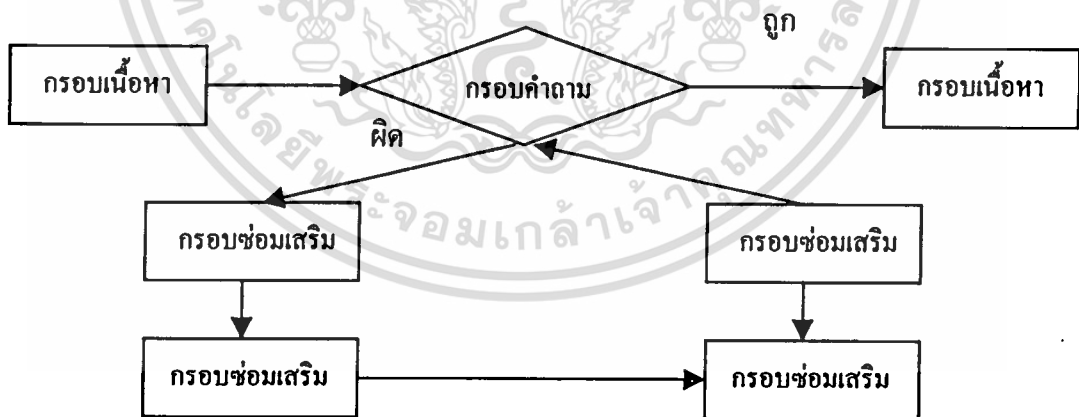
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 แบบกรอบซ่อมเสริมเดี่ยว (Single Remedial Branch) บทเรียนลักษณะนี้ เริ่มต้นด้วยกรอบเนื้อหา ตามด้วยกรอบคำถาม ถ้าผู้เรียนตอบถูก หากตอบผิดผู้เรียนจะได้รับการซ่อมเสริมก่อนไปยังเนื้อหาในกรอบต่อไป ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกรอบซ่อมเสริมเดี่ยว

2.6 แบบมีห่วงกรอบซ่อมเสริม (Remedial Loops) ลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบนี้ คล้ายคลึงกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกรอบซ่อมเสริมเดี่ยว ต่างกันที่แทนที่จะแตกออกเป็นกรอบซ่อมเสริมกรอบเดียว กลับประกอบด้วยกรอบซ่อมเสริมหลายกรอบ เป็นชุดบทเรียนย่อย 5 - 6 กรอบ เพื่อให้ความรู้และข้อมูลที่ผู้เรียนยังขาดอยู่ ก่อนที่จะส่งผู้เรียนกลับไปกรอบเนื้อหาเดิม ดังภาพที่ 2.7

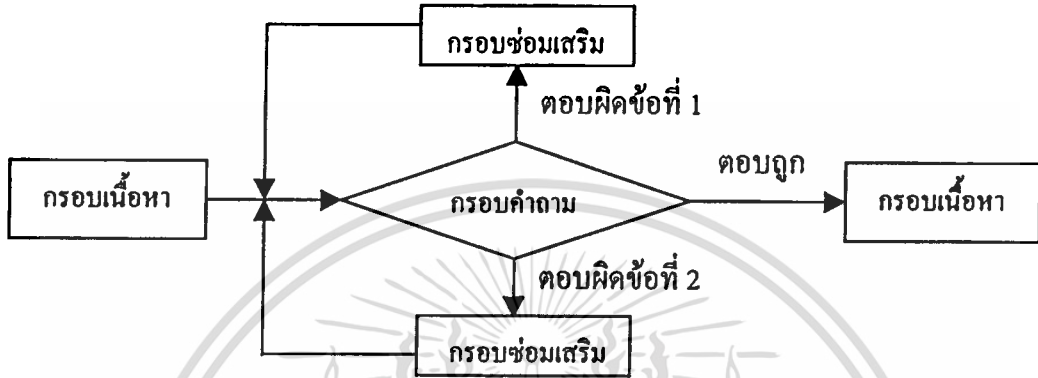


ภาพที่ 2.7 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมีห่วงกรอบซ่อมเสริม

2.7 แบบกรอบซ่อมเสริมหลายกิ่ง (Multiple Remedial Branches) บทเรียนลักษณะเช่นนี้ ประกอบด้วยเนื้อหาที่ให้ข้อมูลแล้วตามด้วยกรอบคำถามที่แตกเป็นกรอบซ่อมเสริมตั้งแต่ 2 กรอบขึ้นไป กรอบคำถามแต่ละกรอบจะมีกิ่งแยกออกมา ตามจำนวนข้อของตัวเลือกใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

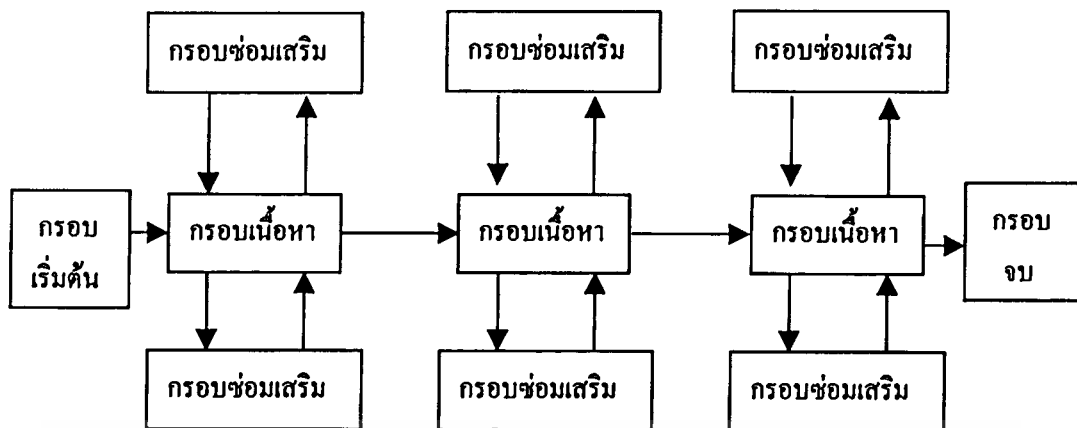
คำถามแบบเลือกตอบนั้น โดยแยกออกมาอย่างน้อย 2 กิ่ง เพื่อไปยังกรอบซ่อมเสริมแล้วจึงจะส่งผู้เรียนมายังกรอบคำถามเดิม เพื่อให้ผู้เรียนตอบคำถามในกรอบนั้นใหม่ และเลือกคำตอบอื่น ดังนั้นจะมีคำตอบที่ถูกต้องเพียง 1 คำตอบ คำตอบที่ผู้เรียนเลือกจะเป็นตัวกำหนดบทเรียนว่าจะไปกรอบใดต่อไป นั่นคือ ถ้าผู้เรียนตอบถูกต้องก็จะไปยังกรอบเนื้อหาใหม่ต่อไป ถ้าผู้เรียนตอบผิดโปรแกรมก็จะส่งไปยังกรอบซ่อมเสริม ก่อนจะกลับมายังคำถามเดิมใหม่ ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกรอบซ่อมเสริมหลายกิ่ง

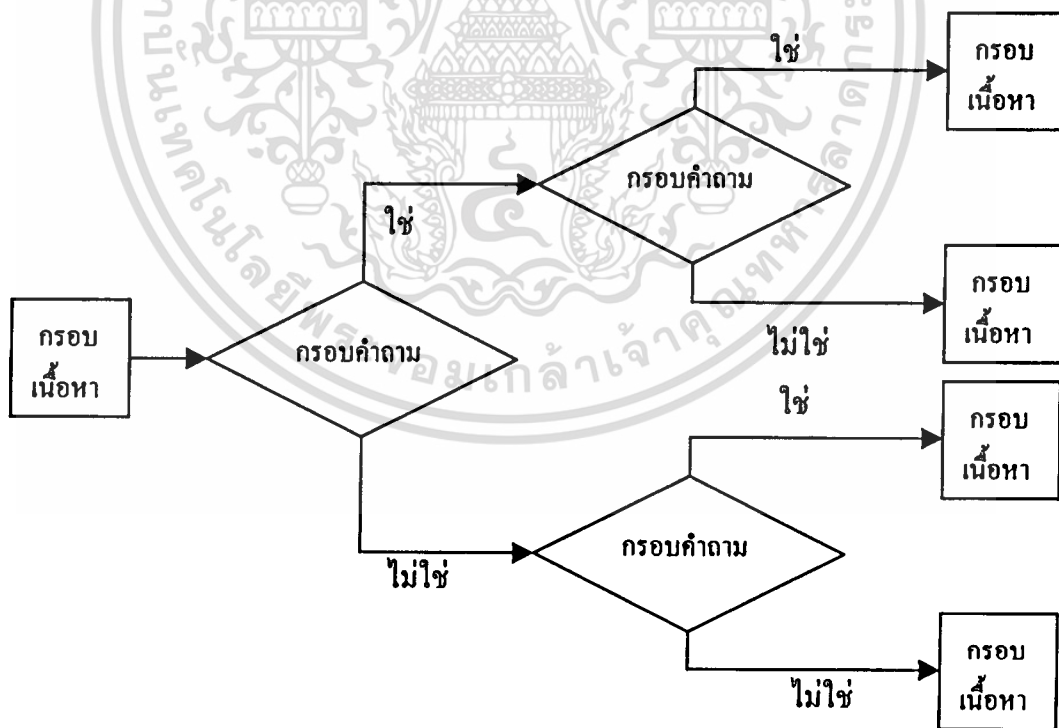
2.8 แบบแตกกิ่งคู่ (Branching Frame Sequences) บทเรียนในลักษณะนี้จะประกอบด้วยกรอบเนื้อหาที่แตกเป็นกรอบซ่อมเสริม 2 กรอบ ถ้าผู้เรียนตอบคำถามของกรอบเนื้อหาได้ถูกต้องจะทำให้ผู้เรียนผ่านจากกรอบเนื้อหาหนึ่งไปยังอีกกรอบเนื้อหาหนึ่งกรอบเนื้อหาแต่ละกรอบแสดงข้อความ 1-2 ข้อย่อย ซึ่งจะเป็ข้อมูลที่ผู้เรียนนำมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์การแก้ปัญหาและเลือกคำตอบที่มีอยู่ 3 คำตอบ โดยมีคำตอบที่ถูกต้องอยู่เพียงคำตอบเดียว และคำตอบที่ผู้เรียนเลือกจะเป็นตัวกำหนดว่าจะให้กรอบใดเป็นกรอบต่อไป ถ้าผู้เรียนเลือกคำตอบที่ถูกก็จะไปยังเนื้อหากรอบต่อไป แต่ถ้าตอบผิดก็จะไปยังกรอบซ่อมเสริม แล้วจึงกลับมายังกรอบเนื้อหาเดิมเพื่อศึกษาและตอบคำถามใหม่อีกครั้ง ดังนั้นการตอบสนองที่ถูกต้องของผู้เรียนนั้น ขึ้นอยู่กับความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาและความสามารถในการประยุกต์ข้อมูลที่ได้รับในกรอบนั้นๆ ผู้เรียนบางคนอาจจะต้องผ่านทั้งกรอบเนื้อหาและกรอบซ่อมเสริมเพียงบางกรอบ บทเรียนแบบนี้เหมาะกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภททบทวนความรู้ สึกฝน และฝึกหัดสถานการณ์จำลองและประเภทหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Book) ดังภาพที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.9 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบแตกกิ่งคู่

2.9 แบบกิ่งประกอบ (Compound Branches) บทเรียนรูปนี้ใช้กันมากในการเรียน เพื่อวินิจฉัยข้อบกพร่องของผู้เรียนหรือในสถานการณ์การแก้ปัญหา คำถามอยู่ในรูปแบบที่มีคำตอบใช่หรือไม่ใช่ กิ่งที่แยกจากแต่ละกรอบคำถามจะแยกไปสู่กรอบเนื้อหาใหม่ ตามพื้นฐานความรู้ความเข้าใจและความสามารถที่แตกต่างกันระหว่างบุคคล ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 แผนผังบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบกิ่งประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตลอดจนผลการนำคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้ในการเรียนการสอน พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสื่อทางการศึกษาที่สามารถใช้ประโยชน์ได้มาก ผู้สร้างและพัฒนาบทเรียนจะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับลักษณะเนื้อหาวิชา โดยคำนึงถึงการเรียนการสอนแบบเอกัตบุคคล ในบทเรียนควรมีการผสมผสานกราฟิก สี ให้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม ผู้เรียนสามารถโต้ตอบกับบทเรียนได้ในหลายลักษณะ ในบทเรียนควรมีการเร้าความสนใจให้ผู้เรียนอยากเรียน และอยากมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน ก่อให้เกิดประสบการณ์ สามารถจดจำได้นาน และสนใจที่จะศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองมากยิ่งขึ้น ไม่เกิดความเบื่อหน่ายและควรบอกวัตถุประสงค์ให้ผู้เรียนทราบเป้าหมายของการศึกษา บทเรียนมีการทบทวนความรู้เดิมหรือทบทวนทักษะที่ต้องใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนเนื้อหาใหม่ ภาษาที่ใช้ควรเหมาะสมกับระดับผู้เรียน

### 2.2.3 การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน

ไพศาล หุ่นแก้ว (2533 : 103 – 104) ได้กล่าวถึงการใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดการศึกษาว่าเป็นการนำคอมพิวเตอร์มาจัดการต่างๆ เกี่ยวกับการบริหารการสอนทั้งระบบ ซึ่งเกี่ยวข้องกับด้านต่างๆ ดังนี้

1. การจัดระบบศึกษาด้วยตนเอง (Individualized instruction)
2. การวัดผลและประเมินผล (Measurement and evaluation)
3. การพัฒนาหลักสูตร (Curriculum development)

อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์ (2530 : 7– 8) ได้กล่าวว่า การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอน ประโยชน์ที่เห็นเด่นชัด คือ

1. การทำงานกับคอมพิวเตอร์เป็นประสบการณ์ใหม่สำหรับผู้เรียน ช่วยเพิ่มแรงจูงใจให้แก่ผู้เรียนได้
2. มีความรวดเร็วในการโต้ตอบของนักเรียนแต่ละคน ช่วยเสริมแรงให้นักเรียนอยากเรียนมากขึ้น
3. คอมพิวเตอร์มีความสามารถในการจำสูง จึงสามารถบันทึกการกระทำในอดีตของผู้เรียนซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ในการวางแผนขั้นต่อไปได้
4. สี ภาพที่มีการเคลื่อนไหว จะสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนอยากเรียนมากขึ้น
5. ช่วยขยายขีดความสามารถของครูในการจัดเก็บข้อมูล และสะดวกในการนำข้อมูลออกมาใช้ จึงช่วยให้ครูสามารถควบคุมผู้เรียนได้อย่างใกล้ชิด
6. คอมพิวเตอร์สามารถคำนวณ และคิดอย่างมีเหตุผลได้ดีกว่าเครื่องคำนวณธรรมดา การเรียนด้วยคอมพิวเตอร์นั้น ผู้เรียนจะต้องลงมือทำกิจกรรมด้วยตนเอง ผู้เรียนจะโต้ตอบกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ด้วยตนเอง ทำให้ไม่เบื่อที่จะเรียน มีความสนุกสนานมากขึ้น และการได้รับการเสริมแรงที่จะเรียนรู้ต่อไป เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนตามความสามารถของแต่ละบุคคล

7. โปรแกรมถูกกำหนดไว้ให้มีความอดทนและมีลักษณะเป็นส่วนตัวสำหรับผู้เรียนแต่ละคนจึงทำให้ผู้เรียนแต่ละคนเกิดทัศนคติที่ดีและสร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนการสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ที่ยังเรียนช้า การที่คอมพิวเตอร์มีความสามารถในการเก็บข้อมูลสูง เราจึงสามารถนำมาใช้ในการจัดการศึกษารายบุคคลและการกำหนดบทเรียนให้เหมาะสมกับนักเรียนแต่ละคนก็สามารถทำได้ และสามารถตรวจสอบความก้าวหน้าของผู้เรียนได้ตามความต้องการตลอดเวลา

## 2.2.4 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน พรเทพ เมืองแมน (2544 : 46) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน
- ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบบทเรียน
- ขั้นตอนที่ 3 การสร้างบทเรียน
- ขั้นตอนที่ 4 การประเมินและแก้ไขบทเรียน

### 1. การวางแผน

ในการวางแผนเพื่อการผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น มีส่วนต้องนำมาพิจารณา 3 ประการ ดังนี้

- 1.1 การวิเคราะห์หลักสูตร เนื้อหา และผู้เรียน เพื่อให้ได้มาซึ่งโครงสร้างเนื้อหาวัตถุประสงค์ของบทเรียน และความต้องการของผู้เรียน
- 1.2 การกำหนดวัตถุประสงค์ของบทเรียน เป็นการระบุสิ่งที่คาดว่าผู้เรียนจะได้รับหลังจากเรียนบทเรียน
- 1.3 การกำหนดเนื้อหากิจกรรมการเรียน โดยเลือกกิจกรรมที่เหมาะสมกับลักษณะของเนื้อหาบทเรียน และความรู้หรือทักษะที่ต้องการจะให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียน

### 2. การออกแบบบทเรียน

หลังจากที่ได้ศึกษา วิเคราะห์หลักสูตร เนื้อหา ผู้เรียน และได้กำหนดวัตถุประสงค์ รวมทั้งกิจกรรมการเรียนแล้ว จึงนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบบทเรียน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- 2.1 การออกแบบบทเรียนขั้นแรก โดยการจัดแบ่งเนื้อหาของบทเรียนออกเป็นหน่วยย่อยๆ และจัดลำดับของเนื้อหา เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการเรียนรู้ตามธรรมชาติของเนื้อหาบทเรียน แล้วจึงกำหนดเป็นโครงสร้างบทเรียน

2.2 การเขียนผังงาน โดยการเขียนผังแสดงความสัมพันธ์ของเนื้อหาบทเรียน กิจกรรม การฝึก การประเมินผลการเรียน เป็นต้น เพื่อแสดงให้เห็นโครงสร้างรวมทั้งความสัมพันธ์ของกิจกรรมที่ต้องนำเสนอในบทเรียน เป็นการอธิบายลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

2.3 การสร้างสตอรี่บอร์ด เป็นขั้นตอนการออกแบบการนำเสนอเนื้อหา ทั้งที่เป็นข้อความ กราฟิก ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว โดยการออกแบบลักษณะของจอภาพที่ผู้เรียนจะได้เห็นบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เพียงแต่สตอรี่บอร์ดเป็นการออกแบบลงบนกระดาษ ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับการสร้างสตอรี่บอร์ดสำหรับการผลิตสไลด์หรือโทรทัศน์นั่นเอง

### 3. การสร้างบทเรียน

เป็นขั้นตอนของการดำเนินการสร้างบทเรียน โดยการแปลงบทหรือสตอรี่บอร์ดให้เป็นบทเรียนที่จะสามารถนำไปใช้ได้จริง โดยมีขั้นตอน ดังนี้

3.1 การสร้างบทเรียน โดยใช้ภาษาหรือโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งมีให้เลือกหลายโปรแกรม เช่น Authorware Professional, Multimedia Toolbook หรือ Director เป็นต้น

3.2 การผลิตเอกสารประกอบการเรียน เอกสารประกอบบทเรียนเป็นสิ่งจำเป็น เพราะจะเป็นการช่วยให้ผู้สอน หรือผู้เรียนสามารถนำบทเรียนไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเอกสารอาจจะเป็นลักษณะของคำแนะนำการใช้บทเรียน คู่มือสำหรับผู้สอน คู่มือสำหรับผู้เรียน ใบงานหรือแบบฝึกหัด เป็นต้น เพื่อให้การใช้บทเรียนเกิดประสิทธิภาพสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

### 4. การประเมินและแก้ไขบทเรียน

การประเมินและแก้ไขบทเรียนจะกระทำเมื่อต้องการทราบประสิทธิภาพของบทเรียนที่ได้จัดทำขึ้น ก่อนจะนำไปใช้งาน Price (1991 : 60) กล่าวว่า การประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น ต้องมีการกระทำทั้งในรูปแบบของการประเมินระหว่างการสร้างบทเรียน (Formative Evaluation) และการประเมินเพื่อสรุปรวบยอด (Summative Evaluation) เพื่อการเผยแพร่ในวงกว้าง หรือการตีพิมพ์ เป็นรายงานการสร้างบทเรียน ในเชิงการวิจัยและพัฒนา

ในการประเมินระหว่างการสร้างบทเรียนนั้น ควรเริ่มตั้งแต่ระยะที่กำลังดำเนินการเขียนโครงร่างของเนื้อหาบทเรียน ออกแบบแนวการสอน สร้างบทเรียนฉบับร่าง โดยขอความร่วมมือจากผู้ที่มีความชำนาญด้านเนื้อหา ด้านการผลิตบทเรียนมาให้ความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ซึ่งอาจจะทำอย่างไม่เป็นทางการนัก แต่จะให้ผลดีเป็นอย่างมากต่อการสร้างบทเรียนที่มีคุณภาพ หลังจากได้แก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิข้างต้นแล้วก็ต้องมีการทดลองใช้กับตัวอย่างประชากรที่เป็นกลุ่ม เป้าหมาย ซึ่งจะต้องเลือกสรรให้เป็นตัวแทนที่ดี กล่าวคือ มีผู้เรียนทั้งในกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อน มีทั้งเพศหญิงและชาย เป็นต้น การสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในขณะที่กำลังใช้บทเรียนก็เป็นสิ่งที่ควรกระทำ อีกทั้งข้อมูลย้อนกลับจากผู้เรียน ทั้งในแง่ผลสัมฤทธิ์ และ

เจตคติต่อบทเรียน จะต้องนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ในการพัฒนาบทเรียนก่อนจะนำไปเผยแพร่แก่  
สาธารณชน

Dick and Carey (1985) ได้เสนอแนะแนวทางในการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย  
สอนว่า ควรจะดำเนินการ 3 ประการดังนี้

1) การประเมินบทเรียนในแต่ละองค์ประกอบ (One-to-One Evaluation) เป็นการ  
ประเมินอย่างไม่เป็นทางการ ในระหว่างการออกแบบบทเรียน เช่น ผู้ออกแบบต้องการจะใช้วิธี  
พิเศษบางอย่างในการนำเสนอบทเรียนก่อนจะดำเนินการอย่างเต็มรูปแบบ เพื่อให้เกิดความมั่นใจยิ่ง  
ขึ้น ผู้ออกแบบอาจจะปรึกษากับผู้ร่วมงานเพื่อให้คำแนะนำข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์หรือการให้  
ผู้เชี่ยวชาญในด้านเนื้อหา ช่วยพิจารณาความสมบูรณ์ของลำดับแนวความคิดต่อเนื่อง สิ่งที่ไม่ควร  
ลืมกระทำ คือ การให้ตัวแทนของผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นต่อบทเรียน ที่ผู้ออกแบบได้พยายาม  
ทำขึ้น เพื่อพวกเขาจะได้มีสื่อที่มีประสิทธิภาพไว้ประกอบการเรียน

2) การประเมินเป็นกลุ่มเล็ก (Small-Group Evaluation) ควรกระทำหลังจากที่ได้  
สร้างบทเรียนฉบับร่างฉบับสุดท้าย ก่อนที่จะนำไปผลิตเป็นฉบับจริง โดยให้ผู้เรียนได้ทดลองใช้  
จำนวนผู้เรียนที่เหมาะสมของการประเมินเป็นกลุ่มเล็ก คือ 6 - 10 คน เพื่อให้ข้อมูลป้อนกลับใน  
ด้านต่างๆ เช่น บทเรียนบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ความเหมาะสมของการนำเสนอเนื้อหา  
คุณภาพของโปรแกรม ความมีประสิทธิภาพในแง่ของแรงจูงใจให้ผู้เรียนติดตามบทเรียน เทคนิคที่  
ใช้ในการประเมินบทเรียนจากผู้เรียนเป็นกลุ่มที่มีขนาดเล็กนี้อาจใช้ในรูปแบบการสัมภาษณ์ การสังเกต  
หรือการตีความจากข้อมูลเกี่ยวกับตัวผู้เรียน

3) การประเมินภาคสนาม (Field-Test Evaluation) จะกระทำเมื่อบทเรียนต้นแบบ  
ได้เสร็จสมบูรณ์แล้ว เพื่อต้องการทำให้เกิดความมั่นใจว่าหลังจากการปรับปรุงบทเรียนจากข้อมูล  
ในขั้นตอนที่ 1 และ 2 แล้ว บทเรียนมีประสิทธิภาพเป็นที่น่าพอใจ การประเมินในขั้นนี้ต้องจัด  
สถานการณ์ในการใช้บทเรียนให้เหมือนจริง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ควรได้จากการสุ่มเพื่อให้เป็นตัวแทน  
ที่ดีของประชากร ควรมีการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน ในขณะที่กำลังศึกษา

บทเรียนมีการบันทึกเวลาที่ผู้เรียนใช้ในการศึกษาและสัมภาษณ์ผู้เรียนเกี่ยวกับความ  
น่าสนใจของบทเรียน ความชัดเจนของการนำเสนอเนื้อหา ช่วงไหนของบทเรียนที่ผู้เรียนชอบที่สุด  
จุดด้อยของบทเรียน มีข้อเสนอแนะเพื่อการแก้ไขปรับปรุงบ้างหรือไม่ และคุณภาพของบทเรียนใน  
ภาพรวมเป็นอย่างไร เป็นต้น

จากการทดสอบภาคสนามจะช่วยให้ผู้พัฒนาบทเรียนมีข้อมูลในการนำมาพิจารณาเพื่อการ  
แก้ไขปรับปรุงอีกครั้ง อันจะส่งผลให้บทเรียนมีคุณภาพยิ่งขึ้น ก่อนจะนำไปเผยแพร่ในวงกว้าง

Chamber and Sprecher (1983 : 70-74) ระบุว่า การประเมินบทเรียนย่อมขึ้นอยู่กับ  
วัตถุประสงค์ของการสร้างบทเรียน การประเมินอาจทำได้โดยใช้แบบสอบถาม แบบเสนอรายการ  
ต่างๆ (Checklist) ให้ผู้ใช้บทเรียนทำการประเมิน รายการที่จะประเมินนั้น ขึ้นกับลักษณะบทเรียนที่  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ขึ้นต้นการคำ  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำเสนอ เช่น รายการที่จะประเมินของบทเรียนแบบสถานการณ์จำลอง อาจจะแตกต่างกับบทเรียนแบบการสอนเสริม การฝึกหัดหรือการแก้ปัญหา อย่างไรก็ตามรายการนี้เป็นเพียงเครื่องมือชนิดหนึ่งในการวัดเท่านั้น ดังนั้นการประเมินจำเป็นต้องใช้ความรู้ความสามารถของผู้ประเมินมาพิจารณาบทเรียนทุกด้านอย่างรอบคอบอีกด้วย

ในการสร้างรายการที่จะสอบถามเพื่อประเมินบทเรียนนั้น Chamber and Sprecher ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า ควรกล่าวถึงหัวข้อต่อไปนี้

1. การนำทฤษฎีการสอน ทักษะการสอนที่เหมาะสมมาใช้ในการสร้างบทเรียน
2. เวลาที่ใช้ในการศึกษาบทเรียนเหมาะสม
3. มีการสรุปสาระสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนจดจำสิ่งที่เรียนรู้ได้นาน
4. มีการสร้างบทเรียนในลักษณะของมืออาชีพ มีความประณีต ไม่มีความผิดพลาดที่เกิดจากความสะเพร่าของผู้ผลิตบทเรียน
5. มีความสะดวกต่อการใช้งานสามารถเรียนได้แม้ผู้เรียนจะมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์น้อยมากก็ตาม
6. สีสันทันที่ใช้สวยงาม ก่อให้เกิดความสบายตา เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน
7. ช่วงระยะเวลาที่ดำเนินการแต่ละขั้นตอนเหมาะสม ไม่ปล่อยให้ผู้เรียนต้องรอเป็นเวลานาน ถ้าหากจำเป็นต้องมีข้อความปรากฏบนหน้าจอ เพื่อให้ข้อมูลแก่ผู้เรียน เช่น “โปรดรอสักครู่” หรือ “กำลังประมวลผล” เป็นต้น
8. รูปแบบและขนาดของตัวอักษร มีความเหมาะสม อ่านง่าย
9. มีแรงจูงใจให้ผู้เรียนติดตามบทเรียนอย่างต่อเนื่องจนจบบทเรียน โดยไม่เกิดความเบื่อหน่าย
10. ผู้เรียนสามารถควบคุมเวลาและขั้นตอนในการดำเนิน ไปของบทเรียน ตามความสามารถของตน มีการให้ความช่วยเหลือผู้เรียนเมื่อต้องการ และสามารถออกจากบทเรียนได้สะดวก
11. ผลที่ได้รับจากการใช้บทเรียนสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และบทเรียนได้ทำหน้าที่ที่ควรจะทำให้ได้อย่างดี

นอกจากจะทำการประเมิน เพื่อพัฒนาคุณภาพของบทเรียนในด้านวัตถุประสงค์ เนื้อหาสาระ ความสวยงาม ความประณีตของสาระที่ปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ และความพึงพอใจของผู้เรียนแล้ว ควรมีการประเมินเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนและการศึกษา เพื่อให้ทราบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น มีผลต่อการเรียนรู้หรือการพัฒนาทักษะของผู้เรียนเป็นที่น่าพอใจหรือไม่ โดยอาจดำเนินการในลักษณะของการวิจัย เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนกับหลังเรียน หรือเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์กับการสอนโดยวิธีการอื่นๆ เป็นต้น

จากแนวคิดในการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของนักการศึกษาหลายท่าน ดังกล่าวข้างต้น พอจะสรุปแนวทางการประเมินบทเรียนได้ดังนี้ คือ มีการประเมินระหว่างการสร้างเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ไปเผยแพร่เรียนด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทเรียนและหลังสร้างบทเรียนฉบับร่าง โดยผู้ทรงคุณวุฒิและผู้ใช้บทเรียนเพื่อนำผลที่ได้มาปรับปรุงบทเรียนให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น หลังจากนั้นจะมีการทดสอบภาคสนาม โดยให้ผู้ใช้บทเรียนให้ความคิดเห็น และนำผลการเรียนมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน เพื่อให้เกิดความมั่นใจก่อนนำไปใช้จริง

### 2.2.5 หลักการเลือกโปรแกรมเพื่อการเรียนการสอน

การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอนจะมีประสิทธิภาพเพียงไรขึ้นกับโปรแกรมที่จะนำมาใช้ นุพชาติ ทัททิกรณ์ (2536 : 19-20) ได้กล่าวถึง หลักการเลือกโปรแกรมเพื่อการเรียนการสอนว่า ควรคำนึงถึงความเหมาะสมในด้านต่างๆสรุปได้ดังนี้ คือ

1. ความเหมาะสมในด้านเนื้อหา โปรแกรมที่คั้นควรมีเนื้อหาที่เหมาะสมกับชั้นเรียนและวัยของเด็ก ผู้เขียนโปรแกรมทางการศึกษานั้นควรจะเป็นผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจิตวิทยาเด็กและเป็นผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมเป็นอย่างดี เนื้อหาที่บรรจุไว้ในโปรแกรมจะต้องมีความถูกต้อง มีวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอนเด่นชัด และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร นอกจากนี้เนื้อหายังควรต้องปลูกฝังค่านิยมที่ดีให้แก่เด็กอีกด้วย

2. ความสะดวกในการใช้โปรแกรมควรมีคำชี้แจงรายละเอียดอย่างชัดเจน มีคู่มือการใช้งาน สามารถทำให้ผู้เรียนเข้าใจกระบวนการทำงานได้อย่างถูกต้อง เพื่อผู้เรียนจะได้รู้ขั้นตอนปฏิบัติและสามารถใช้ได้ด้วยตนเอง โปรแกรมไม่ควรสิ้นสุดลงโดยสิ้นเชิง เมื่อมีการป้อนข้อมูลผิด เช่น ควรมีคำแนะนำว่า ควรจะปฏิบัติอย่างไรต่อไป เพื่อมิให้โปรแกรมหยุดชะงักลง

3. ความเหมาะสมเกี่ยวกับนักเรียน โปรแกรมควรเป็นโปรแกรมที่น่าสนใจสำหรับเด็กทั้งในด้านการจัดเนื้อหาและการจัดกิจกรรมในการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ โปรแกรมควรสร้างขึ้นโดยอาศัยจิตวิทยาและการเรียนรู้ของเด็กเป็นหลัก ถ้าโปรแกรมเกิดความยาวเกินไปอาจทำให้เด็กหมดความสนใจได้ นอกจากนี้โปรแกรมควรให้ความสนุกสนานเพลิดเพลินที่นอกเหนือไปจากการให้ความรู้ด้านวิชาการ อันจะเป็นสิ่งล่อใจให้เด็กเรียนรู้และโปรแกรมจะต้องช่วยให้เด็กสามารถเรียนรู้ได้หลังจากเรียนจบแล้ว การเลือกโปรแกรมต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในเชิงการเรียน การสอนว่ามีมากน้อยเพียงใด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสอนอื่นๆ ที่ไม่ต้องใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมที่นำมาใช้ควรเป็นโปรแกรมที่ใช้ง่าย ไม่มีขั้นตอนยุ่งยากและสลับซับซ้อนในการดำเนินการเรียนการสอน

### 2.2.6 โปรแกรม Authorware Professional

โปรแกรม Authorware Professional เป็นโปรแกรมประเภท Authoring System หรือโปรแกรมสำเร็จรูปที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์สำหรับครูและนักการศึกษาที่มีพื้นฐานความรู้ด้านภาษาคอมพิวเตอร์ไม่มาก แต่มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการเรียนการสอนในวิชาที่ต้องการทำบทเรียนคอมพิวเตอร์โปรแกรมนี้มีประสิทธิภาพมาก สามารถ

สร้างงานที่เป็นลักษณะมัลติมีเดีย มีความสมบูรณ์ทั้งภาพ เสียง ตัวอักษร ภาพเคลื่อนไหว ภาพวิดีโอ สามารถพัฒนารูปแบบของการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับตัวบทเรียนได้หลายรูปแบบ

โปรแกรม Authorware Professional มีความสามารถในการสร้างโครงสร้างโปรแกรมได้ทันที โดยไม่ต้องเขียนลงกระดาษ ลักษณะคล้ายกับ Flowchart แต่ที่พิเศษมากกว่านั้น คือ Authorware จะสร้างโปรแกรมตามการออกแบบมาให้ทันที โดยที่ไม่ต้องลงมือเขียนโปรแกรมภาษาขึ้นมาเอง เพียงแต่ออกแบบมาให้ว่าต้องการอะไรก็พอ

### 2.2.6.1 จุดเด่นของโปรแกรม Authorware Professional

บุปผชาติ ทัททิกรณ์ (2536 : 1-3) และมธุรส จงชัยกิจ (2537 : 11-16) กล่าวถึงจุดเด่นของโปรแกรม Authorware Professional สรุปได้ว่าเป็นระบบช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พร้อมด้วยคุณลักษณะของระบบช่วยสร้างที่ดียิ่ง ได้แก่

1. ใช้งานได้ง่าย ผู้สร้างบทเรียนไม่จำเป็นต้องอาศัยความรู้ในการเขียนโปรแกรม
2. ความเป็นสื่อประกอบที่สามารถทำงานร่วมกับสื่อเสียงและภาพเคลื่อนไหว
3. ความสะดวกในการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นไปใช้งาน รวมทั้งการเชื่อมโยงเข้ากับไฟล์โปรแกรมฐานข้อมูลและระบบเครือข่าย
4. มีความเป็นวัตถุ
5. สามารถแก้ไขได้โดยตรง
6. แสดงภาพกราฟิกได้
7. แสดงภาพเคลื่อนไหวได้ตามข้อมูลที่กำหนด
8. มีกล่องเครื่องมือสร้างภาพที่สะดวกในการใช้
9. สามารถวิเคราะห์การตอบสนองได้
10. สามารถแสดงเหตุการณ์ต่างๆ ไปพร้อมกันได้
11. สามารถแตกกิ่งเนื้อหาได้ตามลำพัง
12. มีรูปแบบโครงสร้างของบทเรียน
13. มีตัวแปร
14. มีหน้าที่จัดการเรียนการสอน
15. สร้างไฟล์ข้อมูลนอกโปรแกรมได้
16. พัฒนาและนำไปใช้งานต่างระบบได้
17. ใช้ภาษาท้องถิ่น (Local Language) ได้
18. จัดการเอกสารที่เกี่ยวข้องได้แบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ลักษณะเด่นของโปรแกรม Authorware

โปรแกรม Authorware มีคุณสมบัติ 3 ประการที่สนับสนุนงานสร้าง ออกแบบโปรแกรมประยุกต์ใช้งานได้ โดยไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับภาษาโปรแกรม คือ

1. Object authoring เป็นการใช้อยู่สัญลักษณ์ (icon) ทำงานแทนคำสั่ง ร่วมกับการวางโครงสร้างของโปรแกรม ทำให้ผู้ใช้สามารถสร้างโปรแกรมหรือออกแบบโปรแกรม ได้ง่าย

2. Multimedia tools โปรแกรมประกอบด้วยเครื่องมือด้านมัลติมีเดีย อย่างพร้อมมูลทำให้สามารถสร้างหรือพัฒนาโปรแกรมที่ประกอบด้วย ข้อความ รูปภาพ เสียง ภาพ เคลื่อนไหว และวีดิทัศน์เข้าด้วยกันได้ ทำให้โปรแกรมนั้นมีประสิทธิภาพที่จะใช้ในการเรียน การสอน การอ้างอิงการทำงาน การเสนอสินค้า หรือการโฆษณาได้อย่างดี

3. Multiplatform architecture เป็นความสามารถของโปรแกรมที่ ทำงานได้ทั้งภายใต้ระบบ Microsoft Windows และ Macintosh ซึ่งคำสั่งในการทำงานต่างๆ ทั้งสอง Platform ไม่ได้มีความแตกต่างกันมากนัก นอกจากนี้ยังสามารถติดต่อไปยังทรัพยากรภายนอก ระบบได้ไม่ว่าจะเป็นการใช้ระบบฐานข้อมูล หรือระบบคอมพิวเตอร์เครือข่าย ยกเว้นในส่วน ของมัลติมีเดียและการทำงานของโปรแกรมในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน (ยีน ภู่วรรณ : 2536)

### 2.2.7 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อนที่จะนำไปใช้ในการสอน หรือประกอบการ เรียนการสอน ควรนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปทดลองใช้ (Try Out) ตามขั้นตอนที่กำหนด แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ได้มาตรฐานเสียก่อน เพื่อจะได้ทราบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นั้นมีคุณภาพเพียงใด

#### 2.2.7.1 ความจำเป็นที่ต้องการหาประสิทธิภาพ

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์มีความจำเป็นอยู่หลายประการ คือ

1. เป็นการประกันคุณภาพว่า อยู่ในขั้นสูง เหมาะสมที่จะลงทุนผลออกมาเป็น จำนวนมาก หากไม่มีการหาประสิทธิภาพก่อน เมื่อผลออกมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ก็จะต้องทำใหม่ เป็นการสิ้นเปลืองทั้งเวลา แรงงาน และเงินทอง

2. ชุดการสอนทำหน้าที่สอนโดยสร้างภาพการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเปลี่ยนพฤติกรรม ตามที่มุ่งหวัง บางครั้งต้องสอนแทนครู ก่อนนำชุดการสอนไปใช้ครูต้องมั่นใจได้ว่า ชุดการสอน นั้นมีประสิทธิภาพในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จริง การหาประสิทธิภาพตามลำดับขั้นจะช่วยให้เราได้ชุดการสอนที่มีคุณค่าทางการสอนตามเกณฑ์ที่กำหนด

3. การทดสอบประสิทธิภาพทำให้ผู้ผลิตมั่นใจว่าเนื้อหาที่บรรจุลงในชุดการสอนเหมาะสมต่อการเข้าใจ อันจะช่วยให้ผู้ผลิตมีความชำนาญสูงขึ้นและเป็นการประหยัดแรงงาน สมอง แรงงานเวลา และเงินทองในการเตรียมต้นฉบับ

#### 2.2.7.2 การกำหนดประสิทธิภาพ

ระดับประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เป็นระดับที่ผู้ผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะพึงพอใจว่า หากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นมีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียน การที่จะกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นกระทำโดยการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น  $E_1$  (ประสิทธิภาพของกระบวนการ)  $E_2$  (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) โดยปกติเนื้อหาที่เกี่ยวกับความรู้ความจำมักตั้งไว้ที่ 80/80 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะหรือเจตคติอาจตั้งไว้ 70/70 หรือ 75/75

การกำหนดประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์นิยมนำกำหนดเป็น 80/80 สำหรับเนื้อหาเกี่ยวกับความรู้ความจำ ความเข้าใจ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน  $\pm 2.5$  (ชัยขงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. 2521 : 136)

#### 2.2.7.3 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้สูตร  $E_1/E_2$  ซึ่งประยุกต์มาจากแนวคิดในการหาประสิทธิภาพชุดการสอนของ ชัยขงค์ พรหมวงศ์ และคณะ (2521 : 136) ที่กำหนดว่า  $E_1$  เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการและ  $E_2$  เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ โดยมีวิธีการคำนวณตามสูตรดังนี้

$$E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\sum F}{N} \times 100$$

|       |          |     |   |
|-------|----------|-----|---|
| เมื่อ | $E_1$    | แทน | ประสิทธิภาพของกระบวนการ                               |
|       | $E_2$    | แทน | ประสิทธิภาพของผลลัพธ์                                 |
|       | $\sum X$ | แทน | คะแนนรวมของผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|          |     |  |
|----------|-----|--|
| $\sum F$ | แทน | คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลสัมฤทธิ์ |
| N        | แทน | จำนวนผู้เรียนทั้งหมด   |
| A        | แทน | คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียนทุกบทเรียน                     |
| B        | แทน | คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลสัมฤทธิ์                |

#### 2.2.7.4 เกณฑ์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์

ประสิทธิภาพของบทเรียนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียนเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่น่าพอใจ โดยกำหนดให้เป็นเปอร์เซ็นต์ผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงาน และการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมด ต่อเปอร์เซ็นต์ของผลทดสอบหลังการเรียนของผู้เรียนทั้งหมด นั่นคือ  $E_1/E_2$  หรือประสิทธิภาพของกระบวนการ / ประสิทธิภาพของผลสัมฤทธิ์

ประสิทธิภาพของกระบวนการ คือ การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่องของผู้เรียน ได้แก่ การประกอบกิจกรรมกลุ่ม งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นๆ ที่ผู้สอนกำหนดไว้

ประสิทธิภาพผลสัมฤทธิ์ คือ การประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้ายโดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียน

ระดับประสิทธิภาพของบทเรียน คือระดับที่ผู้พัฒนาบทเรียนมีความพอใจว่า หากบทเรียนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้วจะมีคุณค่าที่น่าพอใจ ซึ่งเรียกระดับประสิทธิภาพที่น่าพอใจนั้นว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ

ตัวอย่าง 80/80 หมายความว่า เมื่อเรียนจบบทเรียนแล้วผู้เรียนจะสามารถทำแบบฝึกหัดหรืองาน ได้ผลเฉลี่ย 80% และทำแบบทดสอบหลังเรียน ได้ผลเฉลี่ย 80%

#### 2.2.7.5 ประโยชน์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

นภพินท์ อนันตรศิริชัย (2530 : 25) ได้กล่าวไว้ดังนี้

1. คอมพิวเตอร์เป็นสื่อการสอนที่ดี เพราะสามารถทำในสิ่งที่ยากหรือในสิ่งที่มีวิธีอื่นๆ ทำไม่ได้
2. ช่วยลดปัญหาในชั้นเรียนระหว่างครูกับนักเรียน และระหว่างนักเรียนกับนักเรียนที่มีพื้นฐานความรู้แตกต่างกัน ทำให้ครูมีเวลาพอที่จะแนะนำและกวดขันการเรียนของนักเรียน
3. นักเรียนสามารถเรียนด้วยตนเอง และทำการทดลองตามภาพจำลองซ้ำๆ กันหลายๆ ครั้ง เพื่อให้รู้จักและเข้าใจจริง
4. วิชาที่นักเรียนเข้าใจยาก เช่น ฟิสิกส์ คอมพิวเตอร์สามารถช่วยได้ในด้านการจำลองภาพทำให้นักเรียนได้ทดลองและสังเกตผลที่เกิดขึ้นทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในบทเรียนมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นักเรียนที่ต้องเรียนซ่อมเสริม สามารถเรียนได้ด้วยตนเอง โดยใช้เวลานอกเหนือจากการเรียนวิชาอื่นๆ จนกว่าจะสอนซ่อมเสริมผ่าน ซึ่งจะเป็นการลดภาระของครูในด้านการสอนซ่อมเสริมเป็นรายบุคคลหรือลดปัญหาการขาดแคลนครูผู้สอนซ่อมเสริม

6. ช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการจัดการสอนซ่อมเสริมแต่ละครั้ง จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนมากมาย ดังนี้

1. ให้ผลในการเรียนรู้และความคงทนของความรู้ได้ดีกว่าหรือเท่ากับการสอนปกติ
2. ช่วยในการฝึกซ้ำๆ ได้โดยไม่จำกัดความต้องการของนักเรียน
3. สามารถจำลองสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ได้ดีเท่ากับการเรียนรู้จากสถานการณ์จริง แต่ใช้เวลาสั้นกว่า
4. ตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล ช่วยพัฒนานักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ
5. ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์
6. ใช้เป็นสื่อการสอนที่ให้ผลดีกว่าสื่ออื่นๆ

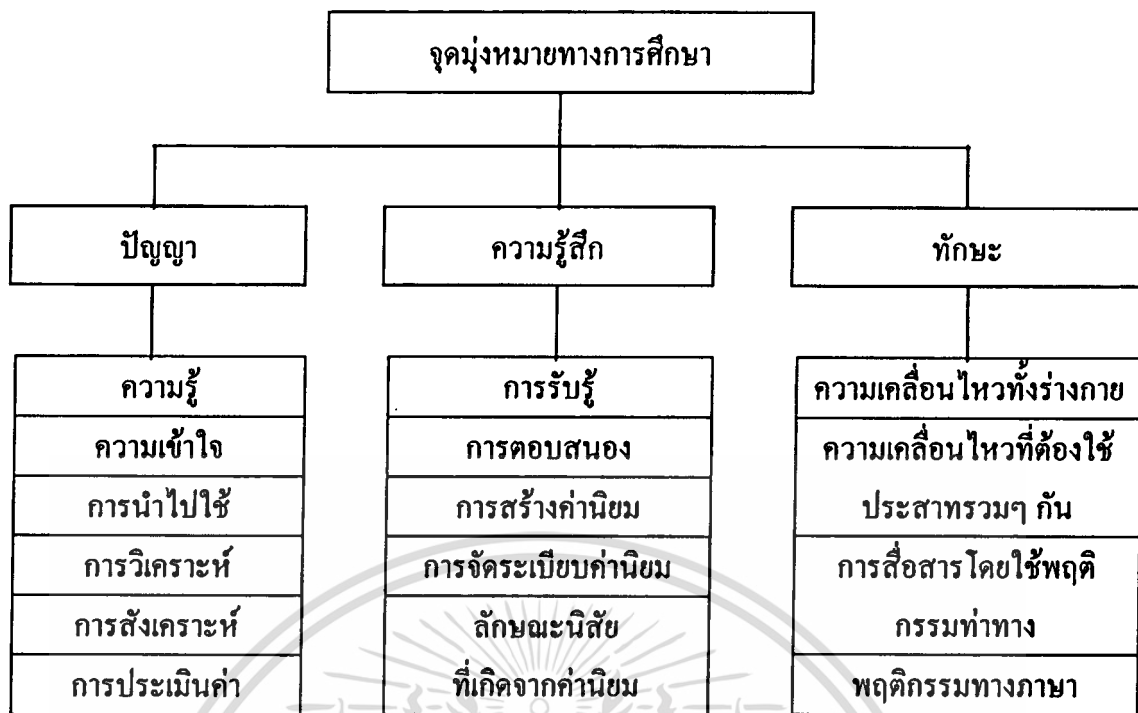
นับได้ว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประโยชน์และเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอนมาก ดังนั้นครูผู้สอนจึงควรศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์เพื่อลดข้อจำกัดต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นและสามารถนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม

### 2.3 การวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บุญเชิด ภิญโญนันตพงษ์ (ม.ป.ป. : 44 - 54) ได้กล่าวไว้ว่าในการวัดและประเมินผลจะต้องวัดและประเมินไปตามจุดประสงค์ของวิชาที่ใช้สอนนั้น ปัญหาขั้นต้นสุดจึงอยู่ที่ครูหรือผู้ประเมินสามารถตีความหมายของจุดประสงค์ของที่สอนได้ถูกต้องตรงกันหรือไม่เพียงใด ทั้งนี้เพราะจุดประสงค์ทางการศึกษาบางครั้งอาจใช้คำที่คลุมเครือทั้งความหมายและขอบเขตของคำ เมื่อเป็นเช่นนี้การเขียนข้อสอบเพื่อประเมินผลการเรียนรู้จึงอาจไม่เป็นไปตามความปรารถนาของวิชานั้น ถ้าครูเข้าใจความหมายของจุดประสงค์คลาดเคลื่อนไป

จากปัญหาที่สำคัญนี้ได้มีนักการศึกษาชาวอเมริกันกลุ่มหนึ่ง คือ Bloom, Engelhart, Furst, Hill และ Krathwohl (1956) ได้ทำการวิเคราะห์จุดประสงค์การสอนในวิชาการต่างๆแล้วจำแนกเป็นหมวดหมู่ใหญ่ๆ สามขอบเขต คือ ขอบเขตด้านปัญหา ด้านความรู้สึก และด้านทักษะ และในแต่ละขอบเขต ยังได้จำแนกและจัดเรียงลำดับความสลับซับซ้อนจากน้อยไปหามาก ดังแสดงในภาพที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 การจำแนกจุดมุ่งหมายทางการศึกษา

### 2.3.1 ขอบเขตด้านปัญญา (Cognitive Domain)

ขอบเขตด้านปัญญา เป็นจุดมุ่งหมายทางการศึกษาที่เกี่ยวกับสมรรถภาพทางสติปัญญาทางการเรียน และการแก้ปัญหา ซึ่ง Benjamin S. B. และคณะ (1965) ได้จำแนกพฤติกรรมในขอบเขตด้านนี้ออกเป็นสองระดับใหญ่ๆ คือ พฤติกรรมด้านพื้นฐาน ซึ่งได้แก่ พฤติกรรมด้านความรู้และพฤติกรรมขั้นสูง ได้แก่ ความสามารถต่างๆ ทั้งสองระดับนี้จำแนกออกเป็น 6 ระดับ โดยเรียงตามลำดับความสลับซับซ้อนจากน้อยไปหามาก ซึ่งเป็นที่ยอมรับและเผยแพร่ทั่วไปอย่างกว้างขวาง ดังนี้

1. ความรู้ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถในการระลึกเรื่องราวเฉพาะหรือทั่วไปออกมาได้ถูกต้องแม่นยำ เช่น สามารถบ่งบอกวิธีการหรือกระบวนการ หรือบ่งชี้ถึงแบบแผนโครงสร้างของเรื่องราวเฉพาะอย่างหรือทั้งระบบได้อย่างถูกต้อง ความรู้นี้ขึ้นอยู่กับบุคคลได้รับรู้และจดจำเอาไว้ อย่างไรก็ตามจะระลึกเรื่องราวนั้นออกมาตามลักษณะนั้น ซึ่งจำแนกเป็น 3 ระดับคือ

1.1 ความรู้เฉพาะเจาะจง (Specifics) เป็นความสามารถในการระลึกข้อมูลต่างๆ ที่เป็นรูปธรรมและสัญลักษณ์ซึ่งถือเป็นสมรรถภาพขั้นต่ำสุดที่จะเป็นพื้นฐานให้เกิดสมรรถภาพขั้นสูงที่จะรับรู้สิ่งที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรมต่อไป ซึ่งจำแนกเป็น 2 ระดับคือ

1.1.1 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (Terminology) เป็นความสามารถในการบอกความหมายของคำ กลุ่มคำ สัญลักษณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.2 ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงเฉพาะ (Fact) เป็นความสามารถในการบ่งบอกเรื่องราวต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ บุคคล สถานที่ วันที่ ปี พ.ศ. ขนาด จำนวน เป็นต้น

1.2 ความรู้เกี่ยวกับวิธีการเฉพาะอย่าง (Way and Means of Dealing with Specific) เป็นความสามารถที่จะบ่งบอกถึงวิธีการจัดระเบียบ วิธีการศึกษา วิธีการตัดสินใจ และวิพากษ์วิจารณ์ ตลอดจนวิธีการสืบเสาะความรู้ จัดลำดับเวลามาตรฐานของการตัดสินใจ ความรู้ประเภทนี้จะอยู่ในระดับกลางระหว่างความรู้เฉพาะกับความรู้ทั่วไป ซึ่งจำแนกเป็น 5 ระดับย่อย คือ

1.2.1 ความรู้เกี่ยวกับแบบแผน (Conventions) เป็นความสามารถที่จะบ่งบอกถึงรูปแบบ การปฏิบัติ และแบบฉบับที่เหมาะสมในการทำ เช่น แบบฉบับการพูด การเขียน การรายงาน

1.2.2 ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นและแนวโน้ม (Trend and Sequence) เป็นความสามารถที่จะบ่งบอกถึงขั้นตอนก่อนหลัง ทิศทางการเคลื่อนไหวโน้มเอียง

1.2.3 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภทและจัดกลุ่ม (Classification and Categories) เป็นความสามารถในการบ่งบอกวิธีจำแนก จัดหมวดหมู่ จัดแบ่งสิ่งของเหตุการณ์ตามจุดมุ่งหมาย เหตุผล หรือปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่ง

1.2.4 ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ (Criteria) เป็นความสามารถที่จะบ่งบอกถึงข้อเท็จจริง หลักการ ความคิดเห็น และการกระทำ เพื่อใช้ในการตัดสินใจวินิจฉัยสิ่งหนึ่งสิ่งใด

1.2.5 ความรู้เกี่ยวกับวิธีทำ (Methodology) เป็นความสามารถที่จะบ่งบอกถึง เทคนิค กระบวนการ และวิธีการสืบเสาะหาความรู้ วิธีการศึกษาค้นคว้ากับปัญหาและเหตุการณ์ต่างๆ ในระดับนี้จะเน้นเพียงความรู้ในวิธีการ ซึ่งไม่จำเป็นว่าจะต้องสามารถทำวิธีการต่างๆ เหล่านั้นได้

1.3 ความรู้ทั่วไปและนามธรรมในแต่ละสาขาวิชา (Universal and Abstractions in a Field) เป็นความสามารถที่จะบ่งบอกถึงการจัดระเบียบ แบบแผน หรือแผนการต่างๆ ของปรากฏการณ์และแนวคิดที่เป็นจุดเด่นของโครงสร้างหลักใหญ่ ทฤษฎี และข้อสรุปอ้างอิง ซึ่งจะนำไปใช้ทั่วไปในการแก้ปัญหาและศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ในสาขาวิชานั้น ซึ่งถือว่าเป็นความรู้ระดับสูงสุด อันมีลักษณะที่เป็นนามธรรมและซับซ้อนมาก จำแนกเป็น 2 ระดับคือ

1.3.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหลักการและข้อสรุปอ้างอิง (Principles and Generalization) เป็นความรู้ที่เป็นนามธรรมซึ่งสรุปจากการสังเกตปรากฏการณ์โดยอาศัยการอธิบาย บรรยาย พยากรณ์ หรือตัดสินใจการกระทำ หรือทิศทางการกระทำได้อย่างเหมาะสมและตรงประเด็นที่สุด เช่น ความรู้ของหลักการที่สำคัญ ซึ่งสรุปจากประสบการณ์ การระลึกข้อสรุปที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรม

1.3.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้าง (Theories and Structures) เป็นความรู้รวบยอดเกี่ยวกับหลักการและข้อสรุปอ้างอิง โดยแสดงแนวคิดเห็นในปรากฏการณ์และปัญหาที่ซับซ้อนออกมาได้ชัดเจน ครอบคลุมและเป็นระบบซึ่งเป็นการกระทำที่เป็นนามธรรมมากที่สุด โดยการผสมผสานความรู้เฉพาะอย่างที่มีสัมพันธ์กันเข้าด้วยกัน การระลึกทฤษฎีที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรม ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ในการวางระบบที่สมบูรณ์ของทฤษฎีวิวัฒนาการ

2. ความเข้าใจ (Comprehension) ความเข้าใจเป็นทักษะความสามารถทางปัญญา ชั้นแรกสุดของมนุษย์ที่จะเข้าใจการสื่อสารติดต่อและสามารถที่จะนำเอาความรู้และแนวคิดมาใช้ประโยชน์ได้ โดยไม่จำเป็นต้องไปสัมพันธ์กับเรื่องอื่น จำแนกเป็น 3 ระดับคือ

2.1 การแปล (Translation) เป็นความสามารถในการถอดความ หรือถอดแบบภาษาจากภาษาหนึ่งไปอีกภาษาหนึ่ง ซึ่งเป็นการสื่อสารความหมายให้สามารถรู้ความหมายตรงกัน เช่น การแปลความหมายข้อความ คำพังเพย สุภาษิต คำคม หรือสัญลักษณ์ หรือการแปลภาษาคณิตศาสตร์ ให้เป็นสัญลักษณ์หรือกลับกัน เป็นต้น

2.2 การตีความ (Interpretation) เป็นความสามารถในการสื่อความหมายโดยการอธิบายหรือสรุปความ ซึ่งมีลักษณะที่ถ่วงถ่วงกว่าการแปล เพราะการแปลจะมีลักษณะการสื่อความหมายโดยการถอดความแบบคำต่อคำแต่การตีความหมายจะต้องมีการจัดระเบียบใหม่ เรียบเรียงใหม่ แสดงแนวคิดใหม่ แต่ยังรักษาความหมายไว้ เช่น สามารถตีความหมายข้อมูลทางสังคมได้หลายๆแง่มุม สามารถสรุปความคิดทั้งหมดออกเป็นประเด็นสำคัญตามต้องการ

2.3 การขยายความ (Extrapolation) เป็นความสามารถในการสื่อความหมายโดยการขยายความ คาดคะเนแนวโน้มเชิงของข้อมูลว่าจะมีทิศทางไปทางใด มีผลลัพธ์ออกมาอย่างไร ซึ่งจะต้องสอดคล้องกับความหมายดั้งเดิม หรือต้องอาศัยข้อมูลเดิมเป็นเครื่องตัดสินผลลัพธ์ต่างๆ เช่น ทักษะในการพยากรณ์ความสืบเนื่องของแนวโน้มหนึ่งๆ ความสามารถในการสรุปผลโดยการอนุมานด้วยข้อความที่ชัดเจน

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการที่จดจำและนำเอาหลักการเทคนิค และทฤษฎีมาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ เช่น การนำปรากฏการณ์ต่างๆมาอภิปรายในเชิงวิทยาศาสตร์

4. การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวที่สมบูรณ์ ให้กระจายออกเป็นส่วนย่อยหรือองค์ประกอบที่สำคัญ ซึ่งจำแนกออกเป็น 3 ระดับคือ

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Analysis of Element) เป็นความสามารถในการค้นหาองค์ประกอบที่สำคัญส่วนรวมออกมา เช่น จำแนกข้อเท็จจริงออกจากสมมติฐาน

4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationships) เป็นความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบกับส่วนอื่นของการสื่อความหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปยังผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ความสามารถในการตรวจสอบ ความมั่นคงของสมมติฐานกับข้อมูลและข้อสมมติ ทักษะในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแนวความคิดหลายๆแนวความคิด

4.3 การวิเคราะห์ดำเนินการ (Analysis of organizational principles) เป็นความสามารถในการจัดระเบียบการเรียบเรียงว่ามีเค้าโครงอย่างไร ซึ่งอาจจะเป็นโครงสร้างที่ชัดเจนหรือมีเงื่อนไข เช่น ความสามารถในการชี้บ่งถึงเทคนิคทั่วไปที่ใช้ในการโฆษณาหรือชักชวน

5. การสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกัน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงาน การจัดเรียบเรียง และผสมผสานให้เกิดสิ่งใหม่ขึ้นนั้นต้องคัดแปลงปรับปรุงของเก่าให้ดีขึ้นมีคุณภาพสูงขึ้น จำแนกเป็น 3 ระดับ

5.1 การสื่อสารถ่ายทอดความคิด (Production of an Unique Communications) เป็นความสามารถในการถ่ายทอดของผู้เขียน หรือผู้พูดที่พยายามจะถ่ายทอดแนวคิด ความรู้สึก และ/หรือประสบการณ์ไปสู่ผู้อื่นให้เข้าใจความหมายตรงกัน เช่น ความสามารถในการบอกเล่าประสบการณ์ส่วนตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทักษะในการเขียน สามารถจัดเรียบเรียงแนวความคิด และเขียนถ่ายทอดออกมาได้อย่างดีเลิศ

5.2 การวางแผนงานหรือเสนอโครงการดำเนินการ (Production of a Plan, or Proposed Set of Operation) เป็นความสามารถในการวางแผนงาน หรือเสนอโครงการดำเนินการตามเงื่อนไข และข้อมูลที่กำหนดให้ เช่น สามารถเสนอวิธีการทดสอบสมมติฐาน สามารถวางแผนการสอนในสถานการณ์ที่กำหนดให้

5.3 การประสานความสัมพันธ์ของสิ่งที่เป็นนามธรรม (Derivation of a Set of Abstract Relation) เป็นความสามารถในการพัฒนากลุ่มความสัมพันธ์ที่เป็นนามธรรม กับทั้งจัดหมวดหมู่ หรืออธิบายข้อมูล หรือปรากฏการณ์ส่วนย่อย หรือการอนุมานแผนงานที่วางไว้ และความสัมพันธ์ของข้อเสนอ หรือสัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทน เช่น ความสามารถในการตั้งสมมติฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบได้อย่างเหมาะสม และเปลี่ยนแปลงสมมติฐานไปตามองค์ประกอบ และการพิจารณาสิ่งใหม่ได้ความสามารถที่จะทำการสรุปอ้างอิงหรือค้นพบหลักการทางคณิตศาสตร์

6. การประเมินผล (Evaluation) หมายถึง การตัดสินใจเกี่ยวกับคุณค่าของสิ่งของวิธีการซึ่งกำหนดให้การตัดสินใจทั้งด้านปริมาณ และคุณภาพ จะต้องมีเกณฑ์ที่เหมาะสม ที่ใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินเกณฑ์อาจจะได้มาจากผู้เรียนเอง หรือกำหนดขึ้นไว้ก็ได้ ซึ่งจำแนกเป็น 2 ระดับ คือ

6.1 การตัดสินใจโดยใช้เกณฑ์ภายในเหตุการณ์ (Judgements in Terms of Internal Evidence) เป็นความสามารถในการตัดสินใจเหตุการณ์หนึ่งโดยใช้เนื้อหาสาระของภายในเหตุการณ์นั้นเป็นเกณฑ์ตัดสินได้อย่างถูกต้องแม่นยำ มั่นคง เช่น สามารถที่จะระบุสิ่งที่ไม่ใช่เหตุผลที่แท้จริงได้

6.2 การตัดสินโดยใช้เกณฑ์ภายนอก (Judgements in Terms of External Criteria) เป็นความสามารถในการตัดสินเหตุการณ์หนึ่ง โดยนำไปเทียบกับเกณฑ์ภายนอกที่เลือกมาและเป็นที่ยอมรับในสังคมแล้ว เช่น การเปรียบเทียบทฤษฎี หลักการสรุปอ้างอิง และข้อเท็จจริงกับวัฒนธรรมที่เกี่ยวข้องกัน

### 2.3.2 ขอบเขตด้านความรู้สึก (Affective Domain)

ขอบเขตด้านความรู้สึกนี้ เป็นจุดมุ่งหมายทางการศึกษาที่เกี่ยวกับความรู้สึกปรุงแต่งทางจิตใจ เช่น ทศนคติ ค่านิยม ความสนใจ การจำแนกและจัดอันดับขั้นของกระบวนการทางจิตใจมีปัญหายุ่งยากมาก เพราะเป็นเรื่องที่เกิดขึ้นภายในของแต่ละบุคคล มีความละเอียดอ่อนและซับซ้อนมากกว่าการเรียนรู้ทางสมอง แต่ Krathwohl และคณะ (1964) ก็ได้พยายามศึกษาค้นคว้า หลังจากที Bloom และคณะ (1956) ได้พัฒนาขอบเขตด้านปัญญาไปแล้ว 8 ปี

ลักษณะการเรียนรู้ทางด้านจิตใจ เริ่มจากการรับรู้สิ่งแวดลอมก่อน แล้วจึงเกิดปฏิกิริยาโต้ตอบสิ่งแวดลอมนั้นและขยายกลายเป็นความรู้สึกด้านต่างๆ จนกลายเป็นค่านิยมระดับต่างๆแล้วพัฒนาต่อไปเป็นความคิดอุดมคติ ซึ่งจะเป็นตัวควบคุมทิศทางของพฤติกรรมของกษณานั้น สำหรับขอบเขตด้านนี้จำแนกเป็น 5 ระดับ เรียงตามลำดับขั้นก่อนหลังดังนี้ (Bloom, et. at., 1971 : 273-277)

#### 1. การรับ (Receiving or Attending)

การรับ หมายถึง การที่ผู้เรียนมีความรู้สึกต่อปรากฏการณ์และสิ่งเร้าอย่างหนึ่งอย่างใด โดยมีความยินดีที่จะรับหรือพิจารณาสิ่งเหล่านั้น ซึ่งจำแนกเป็น 3 ระดับคือ

1.1 การรับรู้ (Awareness) มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับพฤติกรรมด้านปัญญามาก แต่ไม่เหมือนกับพฤติกรรมด้านความรู้ เพราะว่าการรับรู้จะไม่เกี่ยวข้องกับความจำและความสามารถที่จะระลึกประสบการณ์ออกมานานนัก แต่จะเกี่ยวข้องกับความรู้สึกที่มีต่อบางสิ่งบางอย่าง ลักษณะที่เหมือนกับความรู้สึกก็คือไม่มีการตัดสินคุณภาพหรือธรรมชาติของสิ่งเร้านั้นลักษณะที่ต่างจากความรู้ก็คือไม่มีความจำเป็นที่จะต้องทำการพิจารณาเลือกสรร เช่นการรับรู้อย่างง่ายไม่จำเป็นต้องมีการจำแนกหรือจดจำ เช่น การรู้สึกต่อสี รูปแบบ การเรียบเรียง และออกแบบเกี่ยวกับโครงสร้างต่างๆ

1.2 การยินดีรับรู้ (Willingness to Receive) การยินดีก็ยังมีลักษณะพฤติกรรมทางปัญญาอยู่ เป็นความรู้ในแง่บวก คือไม่รังเกียจที่จะรับรู้ (แต่การยินดีไม่จำเป็นจะต้องเกิดความชอบพอขึ้นมา เช่น ยินดีที่จะช่วยเหลือเพื่อนทุกคน) เช่น การยอมรับฟังผู้อื่นพูด

1.3 การพิจารณาเลือกสรรสิ่งที่รับรู้ (Controlled or Selected Attention) ระดับนี้จะเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ใหม่หลายๆชนิด ที่จะเป็นตัวกระตุ้นให้รับรู้ในบางสิ่งบางอย่าง โดยเลือกสรรเอง เช่น การเลือกฟังเฉพาะเพลงลูกทุ่ง

## 2. การสนองตอบ (Responding)

ในระดับนี้จะเกี่ยวข้องกับการสนองตอบต่อสิ่งแวดล้อมบางอย่าง ที่ได้รับเข้ามาแล้วซึ่งจะแสดงถึงความสนใจของผู้เรียนได้ด้วย เพราะผู้เรียนได้มีปฏิริยาตอบโต้ต่อสิ่งแวดล้อมหลังจากที่ได้เลือกสรรแล้ว ซึ่งจำแนกเป็น 3 ระดับคือ

2.1 ความยินยอมในการสนองตอบ (Acquiescence in Responding) เกี่ยวข้องกับการเชื่อฟังหรือคล้อยตามเพื่อจะสนองตอบสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น การเล่นฟุตบอลตามกติกาที่ตั้งไว้ ปฏิบัติตามสุขบัญญัติ 10 ประการ

2.2 ความยินดีสนองตอบ (Willingness to Respond) การยินยอมมักจะทำตามกฎระเบียบ ซึ่งผู้ตอบสนองอาจจะเต็มใจหรือไม่เต็มใจก็ได้ ส่วนระดับนี้จะมีความรู้สึกเต็มใจยินดีหรือไม่รังเกียจที่จะสนองตอบ เช่น มีความรับผิดชอบในสุขภาพของตนเองและยังช่วยป้องกันให้คนอื่นด้วย

2.3 ความพึงพอใจในการสนองตอบ (Satisfaction in Response) การยินยอมที่จะสนองตอบและการยินดีจะสนองตอบได้ก่อให้เกิดความพึงพอใจในการได้สนองตอบขึ้นเป็นการสนองตอบด้วยอารมณ์ชื่นชอบ สนุกสนาน เช่น มีความสนุกสนานในการเล่นดนตรี อ่านหนังสือประเภทตลกขบขัน เป็นต้น

## 3. การสร้างค่านิยม (Valuing)

การสร้างค่านิยมเป็นแนวคิดทางนามธรรมที่มีคุณค่า ซึ่งเกิดจากแต่ละบุคคลที่จะตัดสินใจเลือกการประพฤติปฏิบัติในสิ่งที่ยอมรับแล้วในสังคม ผู้เรียนจะต้องเลือกใช้เกณฑ์ที่มีคุณค่านั้นด้วยตนเอง ส่วนมากพฤติกรรมด้านนี้จะเกิดจากแรงจูงใจ ไม่ใช่เกิดจากการเรียกร้องให้กระทำตามแต่จะเกิดจากความรู้สึกผูกพันในตนเองกับคุณค่านั้นๆ ที่เป็นตัวชี้แนะแนวทางพฤติกรรมจำแนกได้เป็น 3 ระดับคือ

3.1 การยอมรับในค่านิยมหนึ่ง (Acceptance of a Value) หลังจากการได้สนองตอบสิ่งแวดล้อมแล้วก็เกิดความเชื่อหรือทัศนคติต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด โดยการเลือกสนองตอบสิ่งนั้นอย่างคงที่ กลายเป็นการยอมรับยึดถือในคุณค่านั้นไว้ เช่น มีความปรารถนาที่จะพัฒนาความสามารถในการพูดและเขียนภาษาอังกฤษต่อไปเรื่อยๆ

3.2 การชื่นชอบในค่านิยมหนึ่ง (Preference for a Value) ในระดับนี้ไม่เพียงแต่ยินดีและยอมรับเท่านั้นแต่มีความต้องการในสิ่งนั้นด้วย หลังจากที่ได้ยอมรับค่านิยมอื่นๆ แล้วจะเหลืออยู่เพียงไม่กี่ค่านิยมที่ชื่นชอบมากกว่าค่านิยมอื่น เช่น หลังจากการพัฒนาทั้งการพูดและเขียนอังกฤษไประยะหนึ่งแล้ว ก็จะตัดสินใจเลือกฝึกเฉพาะการสนทนาอังกฤษเพียงอย่างเดียว

3.3 การตรึงมั่นในค่านิยม (Commitment) เป็นการยึดถือหรือเชื่อมั่นสิ่งใดสิ่งหนึ่งอย่างแน่นอน เช่น มีความเชื่อถือในเหตุผลและวิธีดำเนินการแบบทดลอง และอภิปรายผล

#### 4. การจัดระเบียบค่านิยม (Organization)

การจัดระเบียบค่านิยม หมายถึง การที่ผู้เรียนได้สร้างค่านิยมย่อยๆ ที่เกิดขึ้นแล้วและพิจารณารวบรวมค่านิยมเหล่านั้นว่าค่านิยมอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องตรงประเด็นกับสิ่งที่กำลังพิจารณา โดยจะต้อง จัดเรียบเรียงค่านิยมเหล่านั้นให้เป็นระบบ, จะต้องมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละค่านิยม, สร้างค่านิยมที่สำคัญขึ้นมาจำแนกเป็น 2 ระดับคือ

4.1 การสร้างมโนภาพในค่านิยม (Conceptualization of a Value) ในระดับที่ 3 นั้น ได้เน้นถึงความคงที่แน่นอนของความเชื่อต่างๆ หรือค่านิยมในระดับนี้จะเพิ่มคุณภาพของแนวคิดเข้าไปด้วย ซึ่งมีลักษณะเป็นนามธรรมและสัญลักษณ์ เช่นพยายามที่จะหาคุณลักษณะของจุดประสงค์ทางศิลปะซึ่งมีความชื่นชอบ

4.2 การจัดระเบียบค่านิยม (Organization of a Value System) เป็นความต้องการให้ผู้เรียนได้นำค่านิยมที่ซับซ้อน ค่านิยมที่แตกต่างกันให้ไปสัมพันธ์กับค่านิยมอื่นอย่างมีระเบียบ ความสัมพันธ์อย่างเป็นระเบียบนี้จะต้องทำให้กลมกลืนเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันมีความสอดคล้องกัน เช่น การปรับกฎข้อบังคับเกี่ยวกับที่พักให้สอดคล้องกับความต้องการ

#### 5. ลักษณะนิสัยที่เกิดจากค่านิยม (Characterization by a Value or Value Complex)

ลักษณะนิสัยที่เกิดจากค่านิยม หมายถึง ค่านิยมภายในบุคคลที่เป็นสายสัมพันธ์ลำดับชั้น ได้ถูกจัดระเบียบให้คงที่คงมาแล้วควบคุมพฤติกรรมของแต่ละบุคคลซึ่งจะต้องอาศัยเวลาพอสมควร ในการปรับปรุงพฤติกรรมเช่นนี้และไม่ได้เกิดจากอารมณ์ แต่เกิดจากการถูกกระทำหรือถูกทำโทษ ซึ่งจำแนกเป็น 2 ระดับ

5.1 การควบคุมตนเองแบบทั่วไป (Generalize Set) เป็นการตอบสนองต่อเหตุการณ์ทั่วไปหรือกลุ่มของเหตุการณ์ทำนองเดียวกันอย่างสม่ำเสมอและคงที่คงความมักจะไม่ใช่ความคิด (Unconscious) ในการกระทำหรือเป็นการกระทำที่ปราศจากความคิดแต่เป็นเพราะทำตามแนวเจตคติ เช่น พร้อมทั้งจะปรับปรุงตัดสินใจและเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในรูปของสิ่งที่ปรากฏ, ตัดสินปัญหาหรือข้อถกเถียงตามสถานการณ์ จุดมุ่งหมาย หรือความสำคัญที่เกี่ยวข้องมากกว่าจะตัดสินใจให้ตายตัวหรือ ไร้เหตุผล

5.2 การแสดงลักษณะนิสัย (Characterization) เป็นลักษณะสูงสุดของกระบวนการภายใน ซึ่งจะครอบคลุมจุดประสงค์ต่างๆ ของปรากฏการณ์และพิสัยของพฤติกรรมอย่างกว้างขวางที่จะประกอบกันขึ้นมา จุดประสงค์เหล่านี้จะเกี่ยวข้องกับทัศนคติหนึ่งขงทั้งหมด ปรัชญาชีวิตซึ่งจะมีลักษณะที่กว้างขวางกว่าการควบคุมตนเองแบบทั่วไปเพราะเกี่ยวข้องกับกลุ่มของทัศนคติ พฤติกรรม ความเชื่อหรือความคิด โดยเน้นที่ความสม่ำเสมอ เช่น การพัฒนาปรัชญาชีวิตอย่างสม่ำเสมอ การพัฒนากฎระเบียบต่างๆ ให้มีลักษณะเป็นประชาธิปไตย

### 2.3.3 ขอบเขตด้านทักษะ (Psychomotor Domain)

ขอบเขตด้านทักษะ เป็นจุดมุ่งหมายทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติ ฝึกฝนทักษะ ผลงานด้านนี้ยังไม่เป็นที่ยอมรับทั่วไป Bloom และคณะก็ไม่ได้ช่วยพัฒนาขอบเขตด้านทักษะเลย อย่างไรก็ตามก็ยังมีผู้ที่สนใจศึกษาค้นคว้าและพยายามพัฒนาต่อไป เนื่องจากผลงานด้านนี้ยังไม่เป็นที่ยอมรับเชื่อถือทั่วไป จึงขอเสนอผลงานของผู้ศึกษาค้นคว้าทั้งสองคนคือ Robert J. K. และคณะ (1970) และ Elizabeth J. S. (1972)

Kibler และคณะ (1970 : 44-75) ได้จำแนกขอบเขตด้านนี้ตามทักษะการเคลื่อนไหวของร่างกายออกเป็น 4 ระดับโดยเรียงลำดับจากทักษะที่ง่ายไปสู่ทักษะที่สลับซับซ้อนดังนี้ (สมิทร ภูวนากร, 2518 : 54-56)

#### 1. การเคลื่อนไหวทั้งร่างกาย (Gross Bodily Movement)

การเคลื่อนไหวทั้งร่างกาย เป็นการเคลื่อนไหวของอวัยวะต่างๆ ที่ไม่สลับซับซ้อน จำแนกเป็น 3 ระดับ

##### 1.1 การเคลื่อนไหวอวัยวะส่วนบน (Movements Involving the Upper Limbs)

##### 1.2 การเคลื่อนไหวอวัยวะส่วนล่าง (Lower Limbs)

##### 1.3 การเคลื่อนไหวอวัยวะทั้งสองส่วน (Two or More Bodily Units)

#### 2. การเคลื่อนไหวที่ดัดใช้ประสานรวมๆกัน

พฤติกรรมระดับนี้ หมายถึง การประสานงานกันระหว่างประสาทสัมผัส เช่น การเห็น การได้ยินกับการเคลื่อนไหวร่างกาย ไม่ว่าจะเป็นแขนหรือขา เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวตามที่ต้องการ เช่น การรับลูกบอล การเล่นดนตรี จำแนกออกเป็น 4 ระดับคือ

##### 2.1 การเคลื่อนไหวของมือและนิ้ว (Hand-Finger Movement)

##### 2.2 การเคลื่อนไหวของมือและตา (Hand-Eye Coordination)

##### 2.3 การเคลื่อนไหวของมือ ตาและเท้า (Hand-Eye-Foot Coordination)

##### 2.4 การเคลื่อนไหวอื่นๆ ของมือ เท้า ตา และหู (Other Combination of Hand-Foot-Eye-Ear Movement)

Foot-Eye-Ear Movement)

#### 3. การสื่อสารโดยใช้ท่าทาง (Non-Verbal Communication Behaviors)

พฤติกรรมระดับนี้ หมายถึงการสื่อสารโดยใช้ท่าทางต่างๆ เช่น การเคลื่อนไหวร่างกาย การใช้สีหน้า ภาษาใบ้ จำแนกออกเป็น 3 ระดับคือ

##### 3.1 การแสดงสีหน้า (Facial Expression)

##### 3.2 ท่าทาง (Gestures)

##### 3.3 การเคลื่อนไหวทั้งร่างกาย (Bodily Movement)

#### 4. พฤติกรรมทางภาษา (Speech Behaviors)

พฤติกรรมทางภาษา หมายถึง การสื่อสารโดยใช้เสียงพัฒนา การใช้เสียงจำแนกเป็น 4 ระดับคือ

- 4.1 การออกเสียง (Sound Production)
- 4.2 การสร้างเสียง (Sound-Word Formation)
- 4.3 การเปล่งเสียง (Sound Projection)
- 4.4 การประสานระหว่างเสียงและท่าทาง (Sound-Gesture Coordination)

การวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกการวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ในด้านปัญญา (Cognitive Domain) อันประกอบไปด้วย ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า โดยจะเลือกทดสอบเพียง 2 ระดับ คือ ความรู้ ความเข้าใจ ซึ่งเพียงพอที่จะสามารถทดสอบประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของนักศึกษา ที่เรียนบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ได้

#### 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นับตั้งแต่คอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทและเป็นที่ยอมรับกันในวงการศึกษาในรูปของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นักศึกษา นักวิชาการ ตลอดจนนักเทคโนโลยีทางการศึกษาได้ให้ความสนใจต่อการศึกษาค้นคว้า วิจัยเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์อย่างกว้างขวาง โดยมุ่งเน้นศึกษาค้นคว้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพวิธีการใช้คอมพิวเตอร์ให้มีคุณค่าต่อการเรียนการสอนอย่างแท้จริง ดังเช่นงานวิจัยในประเทศและต่างประเทศดังต่อไปนี้

ฉรงค์ คำใหม่ (2538 : 40) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องพื้นที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนโรงเรียนหนองแสงวิทยาศึกษา อำเภอหนองแสง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2538 รวม 42 คน ได้ทำการทดลองหาประสิทธิภาพ ผลปรากฏว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.33/81.83 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 และมีค่าดัชนีประสิทธิผล 0.68 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.5 ที่ตั้งไว้ แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ และทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนมีความก้าวหน้า บรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้

เนาวรัตน์ เปรมปรีดิ์ (2540 : บทคัดย่อ) พัฒนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชากลุ่ม สร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เรื่อง จังหวัดของเรา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดกลาง (บวรวิทยายน 3) อำเภอบางปะกง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 20 คน ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตเรื่อง จังหวัดของเรา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.27/90.00 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ คือ 80/80 และจากการประเมินความคิดเห็นของผู้ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับเหมาะสมดี นักเรียนส่วนใหญ่ชอบการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและต้องการเรียนเนื้อหาวิชาอื่นๆ ด้วยบทเรียนลักษณะนี้อีก

วารงคณา พระลับรักษา (2541 : 60) ได้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง คำศัพท์ ในรายวิชาภาษาอังกฤษอ่าน - เขียน (อ. 022) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2540 โรงเรียนนครขอนแก่น จำนวน 72 คน ที่เลือกมาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multistage Sampling) ได้ผลของการหาประสิทธิภาพและค่าดัชนีประสิทธิผลในการทดลองกับกลุ่มเล็กมีค่าต่ำกว่าการทดลองกับกลุ่มที่หนึ่งเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มอย่างง่ายและจำนวนผู้เรียนที่น้อย (9 คน) ซึ่งอาจจะเป็นตัวแทนของประชากรได้ไม่ดีเท่าที่ควร แต่เมื่อทดลองเพื่อยืนยันประสิทธิภาพของบทเรียน ได้ค่าประสิทธิภาพ 97.12/85.23 มีค่าดัชนีประสิทธิผล 0.65 และจากการสอบถามความคิดเห็นและระดับความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย ผู้เรียนมีความรู้สึกโดยรวมต่อบทเรียนชุดนี้ในระดับมากที่สุด

อารีย์ มีมุงกิจ (2541 : บทคัดย่อ) พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อการซ่อมเสริม วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2540 โรงเรียนวัฒนานุศาสตร์ อำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี จำนวน 30 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง ประกอบด้วยนักเรียนที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง 10 คน และนักเรียนที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับต่ำ 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบทดสอบระหว่างเรียน 6 ชุด แบบทดสอบก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนโดยใช้ค่าเฉลี่ยและร้อยละและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียน ใช้ Wilcoxon Matched-pairs Signed Rank Test ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการสอนซ่อมเสริม เรื่องเศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง การเปรียบเทียบเศษส่วน การบวกและลบเศษส่วน การคูณและการหารเศษส่วน และโจทย์ปัญหาหระคน 2) เมื่อนำบทเรียนไปใช้กับนักเรียนที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับปานกลางและต่ำ ได้ประสิทธิภาพของบทเรียนเป็น 82.33/87.67 และ 78.82/70.60 ตามลำดับ โดยนักเรียนทุกคนมีคะแนนสอบระหว่างเรียนและผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และ 3) ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของนักเรียนทุกคนในทั้งสองกลุ่มสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

สุธีรพันธุ์ สักการเวช (2541 : 74) ได้หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาพื้นฐานคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้น

ประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ จำนวน 30 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multistage Random Sampling) ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาพื้นฐานคอมพิวเตอร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพ 80.00/80.89 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80

ขรรค์ชัย ตูลละสกุล (2544 : 109) ได้พัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องอินเตอร์แอกทีฟมัลติมีเดียพร้อมชุดปฏิบัติการทดลองควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ วิชาการออกแบบวงจรดิจิทัล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (อิเล็กทรอนิกส์) ชั้นปีที่ 3 ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.89/86.94 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

บุญเรือน พุกฤษศิริ (2544 : 52) ได้พัฒนาและหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาโครงสร้างข้อมูล เรื่อง การเรียงลำดับและการค้นหาข้อมูล ซึ่งได้ทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงชันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.67/80.50 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

สมใจ สืบเสาะ (2544 : 71) ได้พัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาจิตรกรรมสากล คณะจิตรศิลป์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเพาะช่าง ปีการศึกษา 2544 จำนวน 42 คน โดยวิธีสุ่มแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบไฮเปอร์มีเดีย วิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้น ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 91.86/89.90 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

ภาสกร ภู่อี่ยม (2545 : 110- 111) ได้พัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์พร้อมทั้งหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ และแบบสอบถามหาความพึงพอใจของผู้เรียน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนโรงเรียนบางมดวิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.05/82.14 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 และความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 ซึ่งอยู่ในระดับมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุรพล ดิชา (2545 : 115) ได้พัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบปฏิบัติการและซอฟต์แวร์ระบบ พร้อมทั้งหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบปฏิบัติการและซอฟต์แวร์ระบบ แบบสอบถามหาความพึงพอใจของผู้เรียน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษา สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จำนวน 31 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.71/89.19 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 และความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.22 ซึ่งอยู่ในระดับค่อนข้างมาก

Mc (1987 : 849 A) ได้ศึกษาผลกระทบของการใช้คอมพิวเตอร์กับการเปลี่ยนแปลงทัศนคติของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการเรียนคอมพิวเตอร์มีความสัมพันธ์ต่อทัศนคติที่ดีต่อการเรียนคอมพิวเตอร์ โดยนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงจะมีทัศนคติที่ดีต่อไมโครคอมพิวเตอร์

Albert M (1988 : 76-77) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความแตกต่างที่มีความสัมพันธ์ทางเพศในด้านความสนใจเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ทัศนคติ และความเชื่อมั่น โดยศึกษากับนักเรียน เกรด 10 และเกรด 12 จำนวน 452 คน โรงเรียนมัธยมศึกษาทางแคลิฟอร์เนียตอนใต้ ผลการวิจัยพบว่า

1. สถานภาพทางสังคมมีจิตจะมีความสัมพันธ์กับความสนใจ ความเชื่อมั่นและประสบการณ์ที่มีต่อคอมพิวเตอร์ โดยมีแนวโน้มมากขึ้น
2. บทบาททั้งเพศชายและหญิง จะมีสัมพันธ์กับความมั่นใจในการใช้คอมพิวเตอร์
3. ความแตกต่างระหว่างเพศชายและหญิง จะมีส่วนเกี่ยวข้องกับทัศนคติที่มีต่อคอมพิวเตอร์ โดยมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวกับการสร้างและการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตลอดจนการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาใช้ในการเรียนการสอนพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างและพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด เป็นสื่อการสอนที่ใช้ได้กับหลายสาขาและใช้กับผู้เรียนหลายระดับชั้นการเรียน นอกจากนี้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนดีขึ้น และผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอีกด้วย

จากเหตุผลที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงต้องการที่จะพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นแนวทางที่ผู้สอนจะได้นำไปพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

## บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ โดยผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การดำเนินการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

#### 3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 70 คน ที่เคยเรียนเรื่องระบบตัวเลขและ โครงสร้างคอมพิวเตอร์มาแล้ว

#### 3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 จำนวน 20 คน ที่เคยเรียนเรื่องระบบตัวเลขและ โครงสร้างคอมพิวเตอร์มาแล้วซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยวิธีจับสลากนักศึกษาเป็นรายบุคคล

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและ โครงสร้างคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์

3.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์

### 3.2.1.1 ลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นบทเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อสอนทบทวน เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ แบ่งออกเป็น 4 บทเรียน ดังนี้

บทเรียนที่ 1 ระบบตัวเลข

บทเรียนที่ 2 ไบนารีลอจิกเกต

บทเรียนที่ 3 โครงสร้างคอมพิวเตอร์

บทเรียนที่ 4 สถาปัตยกรรมไมโครโปรเซสเซอร์

### 3.2.1.2 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ ได้แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน

1.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จากหนังสือการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งผู้วิจัยได้ประเด็น ดังนี้

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสื่อที่สร้างขึ้นโดยได้รับอิทธิพลจากแนวความคิดของนักจิตวิทยาในกลุ่มพฤติกรรมนิยม (Behaviorist) ที่มีความเชื่อว่าการสอนที่ได้กำหนดวัตถุประสงค์เอาไว้ล่วงหน้าเป็นอย่างดี มีความเหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน โดยจัดรูปแบบการนำเสนอความรู้เป็นหน่วยย่อยที่สัมพันธ์กันเป็นลำดับจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์และบรรลุผลในการเรียนที่มีความต่อเนื่อง สามารถตอบสนองต่อการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงประโยชน์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงได้นำแนวคิดทฤษฎีนี้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการสอนแบบโปรแกรมในลักษณะหน่วยย่อยโดยจัดลำดับของเนื้อหาให้มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

ในส่วนของเทคนิคการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์

ช่วยสอนนั้น ผู้วิจัยพบประเด็นที่สำคัญและจำเป็นต่อการออกแบบ เช่น กรณีที่ต้องการดึงดูดความเอกซารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนใจของผู้เรียนผู้วิจัยมีการใช้กราฟิก ภาพเคลื่อนไหวหรือเทคนิคอื่นๆ เข้าช่วย โดยกราฟิกหรือภาพเคลื่อนไหวมีขนาดที่พอเหมาะ ง่าย ไม่ซับซ้อน และการแสดงกราฟิกนั้นทำให้แสดงบนจอภาพอย่างรวดเร็ว ใช้เสียงประกอบโดยให้สอดคล้องกับกราฟิก หรืออาจใช้สีเข้าช่วย โดยเฉพาะสีเขียว แดง และน้ำเงิน หรือสีเข้มที่ตัดกับฉากหลังที่ชัดเจน นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ใช้เสียงดนตรีประกอบบทเรียนในบางส่วนด้วย

การนำเสนอจุดประสงค์การเรียนรู้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นผู้วิจัยคำนึงถึงหลักเกณฑ์ คือ ใช้คำสั้นๆ และเข้าใจง่าย หลีกเลี่ยงคำที่ยังไม่เป็นที่รู้จัก กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ 11 ข้อ การแสดงจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ปรากฏบนจอทีละข้อ เป็นเทคนิคการออกแบบที่ดี คำนึงถึงการกำหนดช่วงเวลาให้เหมาะสม และเพื่อให้การนำเสนอจุดประสงค์การเรียนรู้ที่น่าสนใจ ใช้กราฟิกง่ายๆ เข้าช่วย เช่น กรอบ ลูกศร และรูปทรงเรขาคณิต ซึ่งไม่ใช่ภาพเคลื่อนไหวในขั้นตอนนี้ เนื่องจากต้องการให้ผู้เรียนมีสมาธิต่อการศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้อย่างจริงจัง โดยไม่มีสิ่งอื่นมาดึงดูความสนใจ

การนำเสนอเนื้อหาในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นผู้วิจัยคำนึงถึงหลักเกณฑ์ เช่น ตัวอักษรต้องมีขนาดเหมาะสม รวมถึงรูปแบบตัวอักษรที่ใช้ ผู้เรียนอ่านได้ง่าย มีการใช้แผนภาพ ประกอบการนำเสนอเนื้อหา ในการเสนอเนื้อหาที่ยากและซับซ้อน ผู้วิจัยได้ใช้ตัวชี้แนะ ซึ่งอาจเป็นการขีดเส้นใต้ การติกรอบ การเปลี่ยนสีฉากหลัง การใช้สี หรืออาจชี้แนะด้วยคำพูด ซึ่งผู้วิจัยได้จัดรูปแบบของคำอ่านให้น่าอ่าน หากเนื้อหายาวก็จัดแบ่งกลุ่มคำให้อ่านจบเป็นตอน คำที่ใช้เป็นคำที่ผู้เรียนระดับอุดมศึกษาค้นเคยและเข้าใจตรงกัน การเสนอกราฟิก ผู้วิจัยใช้กราฟิกหลากหลาย เนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยใช้ทดลองเป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง การใช้สีในแต่ละเฟรมรวมถึงสีฉากหลังไม่เปลี่ยนสีไปมา โดยเฉพาะสีหลักของตัวอักษร

กรณีที่ต้องการกระตุ้นการตอบสนองและการให้ข้อมูลย้อนกลับในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น ผู้วิจัยคำนึงถึงหลักเกณฑ์ เช่น ให้ผู้เรียนได้มีโอกาสพิมพ์คำตอบ หรือข้อความสั้นๆ เพื่อเรียกความสนใจ ไม่ให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบที่ยาวเกินไป การแสดงการตอบสนองของผู้เรียนอยู่บนเฟรมเดียวกันกับคำถาม การให้ข้อมูลย้อนกลับอยู่บนเฟรมเดียวกันด้วย มีการเฉลยคำตอบที่ถูกต้องหลังจากที่ผู้เรียนทำผิด 1 ถึง 2 ครั้ง

การทดสอบความรู้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งเป็นการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน การทดสอบดังกล่าวเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียน ได้ทดสอบตนเองว่ามีความรู้ความเข้าใจมากน้อยเพียงใด การออกแบบได้คำนึงถึงหลักเกณฑ์ เช่น แบบทดสอบที่ต้องการวัดนั้นตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ คำถาม คำตอบ และการให้ข้อมูลย้อนกลับอยู่บนเฟรมเดียวกัน มีคำชี้แจงบอกวิธีการทำแบบทดสอบอย่างชัดเจน และในการตอบคำถามแต่ละคำถาม ผู้เรียนสามารถแก้ไขคำตอบได้จนกว่าจะพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากทฤษฎีและหลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยได้นำมาเป็นแนวทางในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อให้บทเรียนที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมและสามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ศึกษาเนื้อหาและวิเคราะห์หลักสูตรวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ ในหมวดวิชาเฉพาะของกลุ่มวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พบว่า มีเนื้อหาที่เหมาะสมในการนำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่นักศึกษาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาระดับสูงต่อไป

1.3 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 11 ข้อ ดังนี้

1. อธิบายเลขฐานต่างๆ ได้
2. แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของเลขฐาน 2 ได้
3. อธิบายเลขแบบ 2's complement ได้
4. บอกชื่อสัญลักษณ์เกิดพื้นฐานได้
5. อธิบายลอจิกเกิดพื้นฐานได้
6. อธิบายโครงสร้างคอมพิวเตอร์เบื้องต้นได้
7. อธิบายความหมายของคำว่า Fetch and Execute ได้
8. อธิบายความหมายของหน่วยความจำแบบ RAM และ ROM ได้
9. อธิบายความแตกต่างทางด้านสถาปัตยกรรมของ ไมโคร โปรเซสเซอร์ได้
10. อธิบายความหมายของสถาปัตยกรรมแบบ RISC และ CISC ได้
11. อธิบายความหมายของ Parallel Processing, Coprocessing, Pipeline และ Superscalar ได้

#### ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบบทเรียน

ดำเนินการเขียนสคริปต์บทเรียนไว้ในกรอบ เช่น กรอบเนื้อหาบทเรียน กรอบคู่มือการใช้บทเรียน เป็นต้น

ในส่วนของกรอบเนื้อหาบทเรียน ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบโดยคำนึงถึง ผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้วิจัยจึงออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้ผู้เรียนสามารถใช้งานได้ง่าย มีปุ่มตัวเลือกสำหรับเลือกศึกษาเนื้อหาบทเรียนหน้าที่ผ่านมา หรือหน้าที่จะทำการศึกษาถัดไป ปุ่มสำหรับการออกจากบทเรียนที่แสดงไว้อย่างชัดเจน และเมนูบาร์แสดงหัวข้อต่างๆ ของบทเรียน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่อำนวยความสะดวกต่อผู้เรียนในการศึกษาเนื้อหาบทเรียน เหตุที่ผู้วิจัยได้ออกแบบเมนูที่แสดงหัวข้อหลักทั้งหมดของบทเรียนเป็นแบบเมนูบาร์ เนื่องจากบทเรียนนี้สร้างขึ้นสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นสาขาที่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้งานคอมพิวเตอร์เป็นส่วนใหญ่ และในการใช้งานคอมพิวเตอร์นั้น ปุ่มตัวเลือกรักจะเป็นแบบเมนูบาร์ ดังนั้นเพื่อให้มีความเหมาะสมกับผู้เรียน ผู้วิจัยจึงออกแบบเมนูที่แสดงหัวข้อหลักทั้งหมดของบทเรียนเป็นแบบเมนูบาร์

วิธีการเข้าศึกษาเนื้อหาบทเรียนนั้น ผู้เรียนสามารถเข้าศึกษาเนื้อหาบทเรียนได้โดยการคลิกเลือกที่เมนูบาร์ในหัวข้อเนื้อหาบทเรียน เมื่อเข้ามาสู่กรอบเนื้อหาบทเรียนแล้ว จะปรากฏปุ่มตัวเลือกแสดงเนื้อหาบทเรียน 4 บทเรียน ดังนี้

บทเรียนที่ 1 ระบบตัวเลข

บทเรียนที่ 2 ไบนารีลอจิกเกต

บทเรียนที่ 3 โครงสร้างคอมพิวเตอร์

บทเรียนที่ 4 สถาปัตยกรรมไมโครโปรเซสเซอร์

ซึ่งนักศึกษาสามารถเข้าศึกษาเนื้อหาบทเรียนได้โดยการคลิกเลือกที่ปุ่มตัวเลือกบทเรียนที่ต้องการได้ทันที โดยแต่ละบทเรียนผู้วิจัยได้ออกแบบเนื้อหา โดยมีรายละเอียด ดังนี้

บทเรียนที่ 1 ระบบตัวเลข ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับระบบเลขฐานต่างๆ การแปลงระบบเลข และการคำนวณทางคณิตศาสตร์ของคอมพิวเตอร์

บทเรียนที่ 2 ไบนารีลอจิกเกต ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับสัญลักษณ์เกตพื้นฐาน และการกระทำทางลอจิกเกตพื้นฐานแบบต่างๆ

บทเรียนที่ 3 โครงสร้างคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับโครงสร้างคอมพิวเตอร์เบื้องต้น เฟรช เอชคิว และหน่วยความจำแบบแรมและรอม

บทเรียนที่ 4 สถาปัตยกรรมไมโครโปรเซสเซอร์ ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมแบบ RISC และ CISC, Parallel Processing, Coprocessing, Pipeline และ Super Scalar

เมื่อเข้าสู่แต่ละกรอบเนื้อหาบทเรียน บทเรียนจะนำเสนอเนื้อหาทั้งแบบตัวอักษรและเสียงบรรยาย เพื่อให้ผู้เรียนสามารถศึกษาเนื้อหาได้อย่างละเอียด และพร้อมกันนั้นผู้เรียนยังสามารถทำความเข้าใจไปพร้อมกับเสียงบรรยายได้อีกด้วย

ในการศึกษาเนื้อหาบทเรียนแต่ละบท ผู้วิจัยได้มีการเสริมความรู้ความเข้าใจให้แก่ผู้เรียน โดยการเพิ่มเติมในส่วนของแบบฝึกหัดทำดู ซึ่งเป็นแบบฝึกที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้ทดสอบตนเองว่าหลังจากศึกษาเนื้อหานั้นๆ แล้ว มีความรู้ ความเข้าใจมากน้อยเพียงใด ซึ่งเป็นการทดสอบโดยไม่มีกรบันทึกคะแนน ส่วนตอนท้ายของแต่ละบทเรียน ผู้วิจัยได้จัดทำแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นว่ามีประโยชน์ในการนำเอกสารนี้ไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบระหว่างเรียนขึ้นโดยแบบทดสอบระหว่างเรียนนี้เป็นแบบทดสอบเพื่อวัดความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนหลังจากที่ศึกษาเนื้อหาในบทเรียนนั้นๆ ทั้งหมดแล้ว ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บบันทึกคะแนนของผู้เรียนไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วย ซึ่งคะแนนที่บันทึกไว้ของผู้เรียนทุกคนจะนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพของกระบวนการ และในการทดสอบขั้นสุดท้าย ซึ่งเป็นการทดสอบหลังจากที่ผู้เรียนได้ทำการศึกษาเนื้อหาบทเรียนครบทุกบทเรียนแล้ว ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีการทดสอบโดยจัดทำเป็นเอกสาร มิได้ทำการทดสอบในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบจะนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพของผลลัพธ์

ในส่วนของการออกแบบการใช้บทเรียนนั้นผู้วิจัยออกแบบขึ้นเพื่ออธิบายขั้นตอนวิธีการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยนำเสนอทั้งแบบตัวอักษร รูปภาพและเสียงบรรยาย ซึ่งจะเป็นการอธิบายขั้นตอนตั้งแต่การเข้าสู่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การใช้งานเมนูบาร์เพื่อเลือกหัวข้อต่างๆ การใช้งานปุ่มตัวเลือก เช่น ปุ่มควบคุมเพื่อเปลี่ยนหน้าจอเดินหน้าหรือถอยหลัง และวิธีการออกจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างบทเรียน และขั้นตอนที่ 4 การประเมินและแก้ไขบทเรียน

3.1 นำสคริปต์ของบทเรียนไปสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้วิจัยได้นำกรอบที่เขียนไว้แล้วในสคริปต์บทเรียนมาบรรจุไว้เป็นกรอบย่อยๆ ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 บทเรียน ดังนี้

บทเรียนที่ 1 ระบบตัวเลข

บทเรียนที่ 2 ไบนารีลอจิกเกต

บทเรียนที่ 3 โครงสร้างคอมพิวเตอร์

บทเรียนที่ 4 สถาปัตยกรรมไมโครโปรเซสเซอร์

ในการดำเนินการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นผู้วิจัยได้สร้างบทเรียนและทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้บทเรียนมีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการปรับปรุงแก้ไขครั้งแรก ผู้วิจัยได้ทำการปรับเปลี่ยนในส่วนกรอบบทเรียนและรูปภาพ โดยปรับเปลี่ยนกรอบบทเรียนให้มีเอกลักษณ์เฉพาะ โดยการใช้สีฉากหลังที่แตกต่างกัน และในส่วนของรูปภาพในครั้งแรกที่สร้างผู้วิจัยได้บรรจุภาพการ์ตูนไว้ในบทเรียน แต่เมื่อนำมาปรึกษาอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมซึ่งร่วมกันพิจารณาเห็นว่าไม่เหมาะสมผู้วิจัยจึงได้ทำการลดขนาดของรูปภาพและตัดรูปภาพการ์ตูนออก เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้สร้างขึ้นสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 จึงไม่เหมาะสมต่อการนำเสนอรูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูนในบทเรียนจำนวนมากนักและผู้วิจัยได้ทำการเพิ่มรูปภาพเคลื่อนไหวเพื่อเป็นการดึงดูดความสนใจในการศึกษาเนื้อหาบทเรียนให้มากยิ่งขึ้น

การปรับปรุงแก้ไขครั้งที่สอง ผู้วิจัยได้ทำการตัดทอนเนื้อหาบทเรียนบางส่วนออก เนื่องจากเนื้อหาบทเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงได้ทำการตัดทอนและปรับเปลี่ยนรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาให้มีความกระชับ และง่ายต่อการทำความเข้าใจ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนไม่เกิดความรู้สึกเบื่อต่อการศึกษาเนื้อหาบทเรียน

การปรับปรุงแก้ไขครั้งที่สาม ผู้วิจัยได้ปรับเปลี่ยนเสียงบรรยายในบางกรอบบทเรียนให้มีความเหมาะสม โดยบรรยายให้กระชับ สามารถสื่อให้ผู้เรียนเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น และในการปรับปรุงแก้ไขครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เพิ่มเสียงดนตรีประกอบการบรรยาย เพื่อให้ผู้เรียนมีความผ่อนคลาย และมีความกระตือรือร้นต่อการศึกษาเนื้อหาบทเรียนเพิ่มมากขึ้น ในการเลือกเสียงดนตรีประกอบการบรรยายนั้น ผู้วิจัยได้คำนึงถึงลักษณะของเสียงเพลงไม่ให้มีเสียงที่ดังมาก และเสียงจังหวะที่ใช้ไม่ควรเร็วหรือช้ามากเกินไป เพราะอาจทำให้ผู้เรียนขาดสมาธิในการศึกษาเนื้อหาบทเรียนได้

3.2 ตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสมของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ โดยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น ให้ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม และผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบ ดังมีรายชื่อต่อไปนี้

1. ดร. กรกช ประชุมรัมย์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. อาจารย์รัชต์ธร อาชีวะ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. อาจารย์ศักดิ์ชัย เส็งสุข คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสยามมหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

โดยผู้วิจัยได้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้แบบประเมินซึ่งผลจากการประเมินพบว่า ผู้ทรงคุณวุฒิเห็นว่า ภาพรวมด้านเนื้อหา บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ฉ หลังจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้พิจารณาตรวจสอบและให้คำแนะนำแล้ว ผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ดังนี้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์กับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้เห็นจำเป็นต้องใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เนื้อหาบางส่วนยากต่อการเข้าใจของผู้เรียนในระดับนี้ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับเปลี่ยนข้อความในบางกรอบบทเรียนให้เหมาะสมและสามารถสื่อให้ผู้เรียนเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น
2. เพิ่มจำนวนแบบฝึกหัดลงในบางบทเรียน เพื่อให้ให้นักศึกษาเข้าใจในบทเรียนนั้นๆ ดียิ่งขึ้น
3. ในส่วนของจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้ทรงคุณวุฒิได้เสนอคำแนะนำว่าควรเปลี่ยนวัตถุประสงค์ข้อที่ 8 จากบอกรายละเอียดของ RAM ชนิดต่างๆ ได้ เป็นอธิบายความหมายของ หน่วยความจำแบบ RAM และ ROM ได้ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

3.3 ผู้วิจัยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น ให้ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม และผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อจำนวน 3 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบความเหมาะสมในการนำเสนอ ความเหมาะสมของรูปภาพ ตัวอักษร และการจัดบทเรียน ดังมีรายชื่อต่อไปนี้

1. ดร. ฉันทนา โหมคณฉิม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. อาจารย์รัชต์ธร อาชีวะ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. อาจารย์ศักดิ์ชัย เส็งสุข คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

โดยผู้วิจัยได้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้แบบประเมินซึ่งผลจากการประเมินพบว่า ผู้ทรงคุณวุฒิเห็นว่า ภาพรวมด้านเทคนิคการผลิตสื่อ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ดังแสดงไว้ในภาคผนวก จ หลังจากนี้ ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม และผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้พิจารณาตรวจสอบและให้คำแนะนำแล้ว ผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ดังนี้ คือ

1. ปรับเปลี่ยนคำบรรยายในบางกรอบบทเรียน ให้มีความเหมาะสม ถูกต้อง และสามารถสื่อให้ผู้เรียนเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น

2. ปรับเปลี่ยนสีของข้อความในบางกรอบบทเรียน เนื่องจาก สีของฉากหลังใช้สีที่สดใส ทำให้ดูกลมกลืนกับข้อความจึงปรับเปลี่ยนสีของข้อความใหม่ ให้ดู สวยงาม สบายตายิ่งขึ้น

3. ปรับเปลี่ยนเสียงบรรยายในบางกรอบบทเรียน เนื่องจาก เสียงบรรยายบางกรอบบทเรียนบรรยายซ้ำเกินไป ซึ่งอาจทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกเบื่อ จึงปรับปรุง โดยการบรรยายให้เร็วขึ้นกว่าเดิม

### 3.2.2 การสร้างแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย สอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์

การสร้างแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่อง ระบบตัวเลขและ โครงสร้างคอมพิวเตอร์ มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหลักการและทฤษฎีการสร้างแบบทดสอบ จากเอกสารและตำราเกี่ยวกับการวัด และการสร้างแบบทดสอบ
2. ศึกษาเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบ ตัวเลขและ โครงสร้างคอมพิวเตอร์ จากหนังสือเรียนและเอกสารอ้างอิง
3. สร้างแบบทดสอบ โดยให้ครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เป็นข้อสอบ ชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice) 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ
4. นำแบบทดสอบเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ พิจารณาตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validity) เพื่อหาค่าความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ โดยผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อ เสนอแนะ ดังนี้
  1. โจทย์คำถามบางข้อไม่กระชับ เช่น เลขฐานสิบหกสามารถแทนเลขไบนารี ได้กี่บิต ควรแก้ไขเป็น เลขฐานสิบหก 1 หลัก แทนเลขฐานสอง ได้กี่บิต
  2. จุดประสงค์การเรียนรู้บางข้อควรแก้ไข เช่น บอกข้อดีข้อเสียของ RAM และ ROM ได้ ควรแก้ไขเป็น อธิบายความหมายของหน่วยความจำแบบ RAM และ ROM ได้

เกณฑ์การให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิ มีดังต่อไปนี้

- + 1 สำหรับข้อสอบที่แน่ใจว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
- 0 สำหรับข้อสอบที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
- 1 สำหรับข้อสอบที่แน่ใจว่าไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้  
 $\sum R$  แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด  
 N แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

5. นำคะแนนที่ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินไว้ในแต่ละข้อมาหาค่าเฉลี่ย แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยกำหนดเกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป จึงถือว่าข้อสอบข้อนั้นมีความเที่ยงตรง

เมื่อพิจารณาข้อสอบจำนวน 50 ข้อแล้ว ปรากฏว่ามีค่า IOC 0.67 จำนวน 9 ข้อ 1.00 จำนวน 41 ข้อ

6. นำแบบทดสอบ ที่มีความเที่ยงตรงไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งผ่านการเรียนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ มาแล้วจำนวน 3 คน โดยเลือกนักศึกษาที่มีความรู้ต่างกัน โดยพิจารณาจากระดับผลการเรียนที่ได้จากการเรียนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ ด้วยการเลือกนักศึกษาที่มีผลการเรียนเก่งจำนวน 1 คน ผลการเรียนปานกลาง จำนวน 1 คน และผลการเรียนอ่อนจำนวน 1 คน เพื่อพิจารณาในเรื่องความเข้าใจเกี่ยวกับภาษาที่ใช้

เมื่อพิจารณาแล้วปรากฏว่า นักศึกษาเข้าใจเกี่ยวกับภาษาที่ใช้ในแบบทดสอบเป็นอย่างดี

7. นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เคยเรียนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์มาแล้วและไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน

8. นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบเป็นรายข้อ

การหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบเป็นรายข้อ (รวีวรรณ ชินะตระกูล, 2535 : 237) ดังสูตร

$$p = \frac{f_H + f_L}{n_H + n_L}$$

$$r = \frac{f_H - f_L}{n_H}$$

|       |       |     |                            |
|-------|-------|-----|----------------------------|
| เมื่อ | $r$   | แทน | ค่าอำนาจจำแนก              |
|       | $p$   | แทน | ค่าความยากง่าย             |
|       | $f_H$ | แทน | จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง |
|       | $f_L$ | แทน | จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ |
|       | $n_H$ | แทน | จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูง   |
|       | $n_L$ | แทน | จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ   |

คัดเลือกข้อสอบไว้จำนวน 20 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.33 – 0.90 และได้ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.06 – 0.46

รายละเอียดเกี่ยวกับจำนวนข้อสอบแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 จำนวนข้อของแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์จำแนกตามบทเรียน

| บทเรียน   | น้ำหนัก<br>(ร้อยละ) | ความรู้ความจำ |         | ความเข้าใจ |         | รวม     |         |
|---|---------------------|---------------|---------|------------|---------|---------|---------|
|   |                     | ใช้จริง       | ออกเกิน | ใช้จริง    | ออกเกิน | ใช้จริง | ออกเกิน |
| บทเรียนที่ 1<br>ระบบตัวเลข                      | 30                  | 3             | 9       | 3          | 7       | 6       | 16      |
| บทเรียนที่ 2<br>ไบนารีลอจิกเกต                  | 20                  | 2             | 3       | 2          | 3       | 4       | 6       |
| บทเรียนที่ 3<br>โครงสร้างคอมพิวเตอร์            | 25                  | 3             | 2       | 2          | 3       | 5       | 5       |
| บทเรียนที่ 4<br>สถาปัตยกรรม<br>ไมโครโปรเซสเซอร์ | 25                  | 2             | 1       | 3          | 2       | 5       | 3       |
| รวม   | 100                 | 10            | 15      | 10         | 15      | 20      | 30      |

#### 9. วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของบทเรียน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้าง  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ ที่คัดเลือกไว้ 20 ข้อ โดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder-Richardson (รวิวรรณ ชินะ  
ตระกูล. 2540 : 162)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right]$$

|       |          |     |  |
|-------|----------|-----|--|
| เมื่อ | $r_{tt}$ | แทน | ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ            |
|       | $k$      | แทน | จำนวนข้อของแบบทดสอบทั้งหมด             |
|       | $p$      | แทน | สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ       |
|       | $q$      | แทน | สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิดในแต่ละข้อ (1-p) |
|       | $S^2$    | แทน | ความแปรปรวนของคะแนนจากการทดสอบทั้งฉบับ |

ผลการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ของ  
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและ  
โครงสร้างคอมพิวเตอร์ มีค่าเท่ากับ 0.83

### 3.3 การดำเนินการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน  
โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยดำเนินการทดลอง ณ ห้อง  
ปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การทดลองใช้ในชั้นหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One Testing) ผู้วิจัยทดลองใช้เมื่อวันที่ 9  
มีนาคม 2547 เวลา 13.00 – 16.00 น. เป็นการศึกษาถึงข้อบกพร่องที่ควรแก้ไข ลำดับขั้นการนำเสนอ  
ภาษาที่ใช้และข้อบกพร่องอื่นๆ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขโดยทดลองกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี  
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 3 คน โดยเลือกนักศึกษาที่มี  
ความรู้ต่างกัน ซึ่งอาจารย์ผู้สอนเป็นผู้คัดเลือก โดยพิจารณาจากระดับผลการเรียนที่ได้ มีผลการ  
เรียนเก่ง จำนวน 1 คน ผลการเรียนปานกลาง จำนวน 1 คน และผลการเรียนอ่อน จำนวน 1 คน โดย  
ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น เพื่อหาจุดบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์  
ช่วยสอน ซึ่งในขณะที่ทำการทดลอง ผู้วิจัยสังเกตและสอบถามปัญหาที่นักศึกษาพบในการใช้  
บทเรียนนี้ แล้วนำบทเรียนมาปรับปรุงแก้ไขในด้านต่างๆ ที่บกพร่อง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ข้อความบางข้อความผู้เรียนทำความเข้าใจได้ยาก ควรอธิบายเพิ่มเติมในคำบรรยาย เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจดียิ่งขึ้น

2. บางกรอบบทเรียนสีของฉากหลังกับข้อความกลมกลืนกัน ทำให้อ่านได้ยาก ผู้วิจัยได้ปรับเปลี่ยนสีของข้อความให้เด่นชัดมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 2 การทดลองใช้ในชั้นทดลองกับกลุ่มเล็ก (Small Group Testing) ผู้วิจัยทดลองใช้เมื่อวันที่ 12 มีนาคม 2547 เวลา 13.00 – 16.00 น. เป็นการหาข้อบกพร่องและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นก่อนนำไปใช้จริง โดยทดลองกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 6 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยเลือกนักศึกษาที่มีระดับความรู้ต่างกัน ซึ่งอาจารย์ผู้สอนเป็นผู้คัดเลือก โดยพิจารณาจากระดับผลการเรียนที่ได้ มีผลการเรียนเก่ง จำนวน 2 คน ผลการเรียนปานกลาง จำนวน 2 คน และผลการเรียนอ่อน จำนวน 2 คน โดยทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นแล้วเก็บคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างบทเรียน ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวนทั้งหมด 29 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวม 29 คะแนน ได้คะแนนเฉลี่ย 22.83 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.73 หลังจากนักศึกษาได้ศึกษาครบทุกบทเรียนแล้วผู้วิจัยทำการทดสอบหลังเรียนโดยให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวนทั้งหมด 20 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวม 20 คะแนน ได้คะแนนเฉลี่ย 16.66 คิดเป็นร้อยละ 83.33 และสิ่งที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขจากการทดลองในครั้งนี้ ได้แก่

1. การพูดบรรยายบางกรอบบทเรียนแก้ไข โดยบรรยายให้เร็วขึ้น
2. การโต้ตอบบางกรอบบทเรียนแก้ไขให้ทำงานเร็วขึ้น

ขั้นที่ 3 การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยทดลองใช้เมื่อวันที่ 16 มีนาคม 2547 เวลา 13.00 – 16.00 น. โดยทดลองกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นทดลองเรียนตามเนื้อหาที่กำหนด แล้วเก็บคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างบทเรียน รวม 29 ข้อ หลังจากเรียนครบทุกบทเรียนแล้ว จึงให้นักศึกษาทำแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ จากนั้นนำผลจากการทำแบบทดสอบระหว่างบทเรียน และผลการทำแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนชุดนี้ คือ  $E_1/E_2 = 81.89/88.75$

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

#### 1. หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้สูตร

$$E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\sum F}{N} \times 100$$

|       |          |     |   |
|-------|----------|-----|---|
| เมื่อ | $E_1$    | แทน | ประสิทธิภาพของกระบวนการ                                     |
|       | $E_2$    | แทน | ประสิทธิภาพของผลลัพท์                                       |
|       | $\sum X$ | แทน | คะแนนรวมของผู้เรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน       |
|       | $\sum F$ | แทน | คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพท์ |
|       | N        | แทน | จำนวนผู้เรียนทั้งหมด  |
|       | A        | แทน | คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียนทุกบทเรียนรวมกัน            |
|       | B        | แทน | คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของ                       |

ผลลัพท์

2. พิจารณาการยอมรับประสิทธิภาพของบทเรียน โดยนำค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ และประสิทธิภาพของผลลัพท์ไปเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อน  $\pm 2.5\%$  เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์

| ผลการทดลอง                | คะแนน     |             | ค่าเฉลี่ยร้อยละ | ประสิทธิภาพของบทเรียน | การเทียบประสิทธิภาพกับค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 2.5\%$ |
|---------------------------|-----------|-------------|-----------------|-----------------------|--|
|                           | คะแนนเต็ม | คะแนนเฉลี่ย |                 |                       |  |
| คะแนนแบบทดสอบระหว่างเรียน | 29        | 23.75       | 81.89           | 81.89/88.75           | เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80                                 |
| คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน    | 20        | 17.75       | 88.75           |                       |  |

จากตารางที่ 4.1 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพ 81.89 / 88.75 ซึ่งเมื่อนำค่าเฉลี่ยร้อยละที่คำนวณได้ไปเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อน  $\pm 2.5\%$  สรุปได้ว่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชา วิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์
2. แบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 20 คน ซึ่งได้จากการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยวิธีจับสลากนักศึกษาเป็นรายบุคคล โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลอง วันที่ 16 มีนาคม 2547 เวลา 13.00 – 16.00 น. โดยให้ผู้เรียนเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น และทำแบบทดสอบระหว่างบทเรียน จำนวน 29 ข้อ หลังจากผู้เรียนได้ศึกษาครบทุกบทเรียนแล้ว ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังเรียนโดยให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ จำนวน 20 ข้อ จากนั้นนำคะแนนจากการทำแบบทดสอบระหว่างบทเรียนและคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผลการวิจัยพบว่า

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ มีประสิทธิภาพ 81.89/88.75 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

## 5.2 การอภิปรายผล

จากผลการวิจัย พบว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ มีประสิทธิภาพ 81.89/88.75 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นผ่านขั้นตอนการดำเนินการหลายขั้นตอน ทั้งขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งทั้งสองขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการอย่างเป็นระบบ โดยในขั้นตอนแรกผู้วิจัยได้แบ่งเป็นขั้นตอนย่อยอีก 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน การออกแบบบทเรียน การสร้างบทเรียนและการประเมินและแก้ไขบทเรียน ซึ่งการดำเนินการอย่างเป็นระบบนี้ ทำให้บทเรียนได้ผ่านกระบวนการกลั่นกรองแก้ไข และทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.89/88.75 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ในขั้นตอนการวางแผนนั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและหลักการของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จากคู่มือการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่างๆ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยทราบถึงประวัติความเป็นมา ทฤษฎีที่ว่าด้วยเรื่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หลักการสร้างและหลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับผู้วิจัยในการออกแบบและสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในครั้งนี้ และในขั้นตอนการวางแผนนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเนื้อหาและวิเคราะห์หลักสูตร วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ ในหมวดวิชาเฉพาะของกลุ่มวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยศึกษาจากหลักสูตรคำอธิบายรายวิชา และจุดประสงค์การเรียนรู้รายวิชา ตลอดจนเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผ่านการวิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหาอย่างเป็นขั้นตอน จากการวิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหา ผู้วิจัยพบว่ารายวิชานี้มีเนื้อหาบางส่วนที่เป็นนามธรรม ยากต่อการทำความเข้าใจ ผู้วิจัยจึงนำข้อบกพร่องนี้มาออกแบบ โดยเพิ่มเติมในส่วนของเนื้อหา ตัวอย่าง และคำอธิบาย เพื่อให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น และยังได้รับคำแนะนำจากอาจารย์ผู้สอนเกี่ยวกับเนื้อหา หลักสูตร และวิธีการสอน ซึ่งทำให้ผู้วิจัยสามารถออกแบบและสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีความเหมาะสมต่อการเรียนการสอนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์มากที่สุด

สำหรับขั้นตอนการออกแบบและสร้างบทเรียนนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการอย่างเป็นระบบ โดยดำเนินการเขียนสคริปต์บทเรียนไว้ในกรอบและได้นำกรอบที่เขียนไว้มาบรรจุเป็นกรอบเนื้อหาย่อยๆ ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในการออกแบบนั้นผู้วิจัยคำนึงถึงผู้เรียนเป็นสำคัญ และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะการใช้งานที่ง่าย สามารถเข้าถึงเนื้อหาได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวดเร็ว ไม่มีความซับซ้อน ลักษณะปุ่มมีความชัดเจน สามารถสื่อความหมายได้ตรง ลักษณะตัวอักษรและขนาดที่ใช้ผู้เรียนสามารถอ่านได้อย่างชัดเจน สีตัวอักษรที่ใช้ไม่กลมกลืนกับสีฉากหลัง เสียงบรรยายมีความชัดเจน มีเสียงดนตรีประกอบการบรรยาย เพื่อให้ผู้เรียนมีความผ่อนคลาย และมีคู่มือการใช้บทเรียนที่อธิบายขั้นตอนการใช้งานอย่างละเอียด

อีกประเด็นหนึ่งที่สำคัญคือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นนั้นได้ผ่านขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม โดยผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม และผู้ทรงคุณวุฒิทั้งด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยผู้วิจัยได้นำคำแนะนำต่างๆ มาปรับปรุงแก้ไข จนผลการประเมินคุณภาพสื่อทั้ง 2 ด้าน ผ่านเกณฑ์ อีกทั้งยังผ่านการดำเนินการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งมีขั้นตอน 3 ขั้นตอน คือ การทดลองใช้ในชั้นหนึ่งต่อหนึ่ง การทดลองใช้ในชั้นทดลองกับกลุ่มเล็ก และการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงแก้ไข จนทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพท์ก่อนเรียน (pre-test) ผลปรากฏว่า ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 12.75 คะแนน หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่งเมื่อศึกษาครบทุกบทเรียนแล้ว ผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพท์หลังเรียน (post-test) ผลปรากฏว่าคะแนนที่ผู้เรียนทำได้สูงกว่าการทดสอบก่อนเรียนโดยคะแนนเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 17.75 คะแนน ซึ่งเมื่อผู้วิจัยนำสถิติที่ใช้ในการทดสอบคือ t-test แบบ Dependent Samples ซึ่งเป็นสถิติที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกันมาทดสอบ ผลปรากฏว่าคะแนนจากการใช้แบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพท์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 แสดงให้เห็นว่าหลังจากที่ผู้เรียนได้ศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นแล้ว ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้มีความเหมาะสมและสามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุธีรพันธุ์ สักการ์เวช (2541 : 74) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาพื้นฐานคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ 80.00/80.89 ซึ่งจะไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 อคิสรณ์ แก้วมรกต (2541 : 61) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ยูนิคซ์ ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.89/85.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 ชรรค์ชัย ตูละสกุล (2544 : 109) ได้พัฒนา

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อินเทอร์เน็ตที่พมัตติมีเดียพร้อมชุดปฏิบัติการทดลองควบคุม ด้วยคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.89/86.94 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 บุญเรือน พงษ์ศศิธร (2544 : 52) ได้พัฒนา บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง การเรียงลำดับและการค้นหาข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า บทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.67/80.50 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 สมใจ สืบเสาะ (2544 : 71) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาคอมพิวเตอร์ เบื้องต้น ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 91.86/89.90 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 ภาสกร ภู่อี่ยม (2545 : 110) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน วิชาเทคโนโลยีสารสนเทศคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพ 85.05/82.14 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 และยังสอดคล้อง กับสุรพล ดีขำ (2545 : 115) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบปฏิบัติการและ ซอฟต์แวร์ระบบ ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.71/89.19 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

จากผลการวิจัยเกี่ยวกับการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เกี่ยวข้อง กับวิชาทางด้านคอมพิวเตอร์จะพบว่า ประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งจากการสร้าง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนพบว่าเมื่อทำไปตามเกณฑ์การสร้างจะได้ผลเป็นไปตามเกณฑ์ที่ กำหนด

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

#### 5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1. อาจารย์ผู้สอนสามารถนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรม คอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ ไปให้นักศึกษานำไปศึกษาด้วยตนเอง เพื่อทบทวนความรู้วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ โดยเมื่อนักศึกษาได้เรียน เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ จากการเรียนการสอนใน ห้องเรียนตามปกติแล้ว นักศึกษาสามารถที่จะทบทวนความรู้ที่ได้เรียนมาด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนด้วยตนเองได้โดยไม่จำกัดเวลา เพื่อช่วยให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจบทเรียน ได้ดียิ่งขึ้นซึ่ง จะช่วยให้การเรียนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบ ตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ สามารถนำไปเผยแพร่กับสถาบันหรือมหาวิทยาลัยอื่นๆ ที่เปิด สอนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้อาจารย์ผู้สอนได้มีโอกาสจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ที่หลากหลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. ควรทำการศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อทบทวน เช่น มีเสียงเพลงประกอบคำบรรยายกับไม่มีเสียงเพลงประกอบ
2. ควรส่งเสริมให้มีการวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ในเรื่องอื่นๆ ให้ครบทุกเรื่อง
3. แบบฝึกหัดที่นำเสนอในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน อาจสร้างให้มีลักษณะที่หลากหลายรูปแบบ เช่น เติมคำ ถูกผิด ต่อภาพ และจับคู่ เพื่อให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น



## บรรณานุกรม

- กิดานันท์ มลิทอง. 2536. คอมพิวเตอร์การศึกษา. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ขนิษฐา ชานนท์. 2532. “เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับการเรียนการสอน.” เทคโนโลยีการศึกษา. 1 (4) : 8.
- ชัยขงค์ พรหมวงษ์ และคณะ. 2520. ระบบสื่อการสอน. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยขงค์ พรหมวงษ์ และคณะ. 2521. การออกแบบโปรแกรม. กรุงเทพฯ : ยูไนเต็ดโปรดักชั่น.
- ฉรงค์ คำใหม่. 2538. “การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องพื้นที่ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.” รายงานการค้นคว้าอิสระศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ดวงใจ ศรีวัชชัย. 2535. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี การบริหารสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ฉนวนพร เลหาจรัสแสง. 2541. การใช้โปรแกรมมัลติมีเดีย Toolbook. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2540. การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2541. สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2546. ดิจิตอลลอจิก. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- นภพินท์ อนันตรศิริชัย. 2530. “แนวทางในการสร้างโปรแกรมสอนซ่อมเสริม.” วารสาร สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 15(3) : 42.
- เนาวรัตน์ เปรมปรีดิ์. 2540. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชากลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตเรื่อง จังหวัดของเรา สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3.” วิทยานิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. ม.ป.ป. การวัดและประเมินผลการศึกษาและการประยุกต์. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.
- บุปผชาติ ทัททิกรณ์. 2535. “การสร้าง CAI ด้วยโปรแกรม Authorware.” เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการ. 1-30. กรุงเทพฯ : สำนักบริการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- บุปผชาติ ทัพพิกรณ์. 2536. “เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่องการสร้าง CAI ด้วยโปรแกรม Authorware.” สสวท. เอกสารอัดสำเนา.
- บุปผชาติ ทัพพิกรณ์. 2540. “เอกสารประกอบการอบรมวิทยากรแกนนำเรื่องสื่อการสอน เรื่องการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.” กรุงเทพฯ : สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. เอกสารอัดสำเนา.
- ผดุง อารยะวิญญู. 2527. “การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน.” ไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ : เอชเอ็นการพิมพ์.
- พรเทพ เมืองแมน. 2544. การออกแบบและพัฒนา CAI Multimedia ด้วย Authorware. . กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ไพฑูรย์ นพภาส. 2536. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สำหรับสอนซ่อมเสริมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องการแยกตัวประกอบพหุนาม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3.” วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีทางการศึกษา) บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไพศาล หุ่นแก้ว. 2533. คอมพิวเตอร์กับการศึกษา. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- มธุรส จงชัยกิจ. 2537. ซีเอไอ/ซีเอแอล กับ Authorware Professionnal. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยี่น ภู่วรรณ. 2531. “อนาคตของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน.” ไมโครคอมพิวเตอร์. 3(36) : 20.
- ยี่น ภู่วรรณ. 2536. เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการระดับชาติเรื่อง การพัฒนาโปรแกรมช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน. สสวท. เอกสารอัดสำเนา.
- รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2535. วิธีวิจัยการศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.
- รุจิรา ชำนิวิทย์เดช. 2536. “การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาพหุศาสตร์ เรื่อง การออกแบบลักษณะซ้ำสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.” วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วรางคณา พระลับรักษา. 2541. “การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องคำศัพท์ ในรายวิชาภาษาอังกฤษอ่าน-เขียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.” วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วสันต์ อติศัพท์. 2530. “คอมพิวเตอร์ช่วยสอน.” วารสารศึกษาศาสตร์. 1(18) : 17.
- วีระ ไทยพานิช. 2526. “บทบาทและปัญหาของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน.” รวมบทความเทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา กรมการศึกษานอกโรงเรียน.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศิริโรตม์ ชมบุญ. 2543. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องพระราชบัญญัติควบคุมอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530. คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : กราฟแมนเพรส.

อารีย์ มีมุงกิจ. 2541. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซ่อมเสริมวิชาคณิตศาสตร์เรื่องเศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.” วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Albert M. 1988. “Sex-related Difference in Computer Interest Attitude and Confidence.” **Dissertation Abstracts International.** 49(3) : 76-80.

Chamber, J. A. and Spencer, J. W. 1983. **Computer – Based Instruction, Methods and Development.** New Jersey : Prentice Hall.

Cordell, B.J. 1989. **The Effects of Different Learning Styles on Outcomes of Education Using two Computer-Assisted Instructional Designs.** [CD-ROM].

Dance, M. 1981. “Toward Defining the Role of CAI : A Review.” **Education Technology.** 20 (5) : 50-54.

Dick, W. and Carey. L. 1985. **The Systematic Design of Instruction.** 2<sup>nd</sup> ed. Glenview, IL : Scott, Foresman.

Erickson, C.W.H. 1971. **Administering Instructional Media Programs.** New York : Harper & Row.

Harvey, T.J. and Willson B. 1985. “Gender Difference in Attitude toward Microcomputer Shown by Primary and Secondary School Pupils.” **British Journal of Education Technology.** 16(3) : 183-187.

Hopmeier G. 1984. “New Study Days CAI May Favor Introvert.” **Current Index to Journal in Education.** 32(10) : 443-464.

Kemp, J.E. 1985. **The Instructional Design Process.** New York : Harper & Row.

Lui, H.C. 1975. “Computer-Assisted Instruction in Teaching College Physics.” **Dissertation Abstracts International.** 33(3) : 3-30.

Mc, C.D. 1987. “Effects of Computer Access and Flowcharting on Students Attitudes and Performance in Learning.” **Dissertation Abstracts International.** 4(8) : 879-989.

Price, R. V. 1991. **Computer – Aided Instruction : A Guide for Authors.** California :  
Brooks/Cole.

Rowland, E.J. 1986. **Self-Concept and the Educational Orientation of Older Adult  
Learning Participants.** [CD-ROM]. Abstract from : Proquest file : Dissertation  
Abstracts Item 8613512.

Stanley J. C. and Hopkins K.D. 1972. **Educational and Psychological Measurement and  
Evaluation.** New Jersey : Prentice-Hall.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ระบบตัวเลข

ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เราคุ้นเคยกับระบบการนับสิบหรือที่เรียกว่า ระบบฐานสิบ โดยใช้ตัวเลข 0 ถึง 9 เป็นตัวเลขพื้นฐาน และเมื่อศึกษาคอมพิวเตอร์จะมีระบบเลขฐานอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ได้แก่ระบบเลขฐานสอง (Binary Number) ระบบเลขฐานแปด (Octal Number) และระบบเลขฐานสิบหก (Hexadecimal Number) สาเหตุที่ต้องใช้ระบบเลขฐานดังกล่าวก็เพื่อจะได้สอดคล้องกับกลไกอิเล็กทรอนิกส์ภายในคอมพิวเตอร์

### 1. ระบบเลขฐานสิบ (Decimal Number System)

ในระบบเลขฐานสิบที่เราใช้ในชีวิตประจำวันนั้นจะมีสัญลักษณ์หรือเลขโดดหรือตัวเลข (Digit) ที่ใช้จำนวน 10 ตัว คือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 และมีหลักของเลข คือ หลักหน่วย หลักสิบ หลักร้อย หลักพัน หลักหมื่น หลักแสน หลักล้าน ฯลฯ การเปลี่ยนแปลงค่าตัวเลข แต่ละหลักนั้นจะเริ่มจากเลขหลักหน่วยเริ่มที่ 0 เมื่อมีการเพิ่มค่าเข้าไปอีกหนึ่ง ก็จะเป็น 2 และเมื่อเพิ่มค่าเข้าไปอีกหนึ่งก็จะเป็น 3 ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึง 9 ตัวเลขเป็นสัญลักษณ์หรือตัวเลขที่มีค่ามากที่สุด ในหลักนั้น เมื่อมีการเพิ่มค่าเข้าไปอีกหนึ่ง ในเลขฐานสิบไม่มีสัญลักษณ์ที่มีค่ามากกว่า 9 ที่เป็นเลขตัวเดียวมาใช้แทนได้ จึงทำการเริ่มต้นใหม่ (Reset) ให้หลักหน่วยมีค่าเป็น 0 แล้วทอดไปข้างหน้า คือหลักสิบ ให้เป็น 1 เรียกว่า การทอด (Carry) ได้เป็น 10 และเมื่อหลักหน่วยถูกเพิ่มค่าขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 9 อีกครั้ง คือ ถึง 19 ก็จะทำให้การทอดอีกครั้งเช่นกัน โดยหมุนเพียงหลักสิบไปอีกหนึ่งครั้งได้เป็น 20 เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

เมื่อมาพิจารณาคุณค่าประจำหลักของเลขฐานสิบ จะได้ดังนี้

|           |                              |
|-----------|------------------------------|
| หลักหน่วย | มีค่าประจำหลักคือ $10^0$     |
| หลักสิบ   | มีค่าประจำหลักคือ $10^1$     |
| หลักร้อย  | มีค่าประจำหลักคือ $10^2$     |
| หลักพัน   | มีค่าประจำหลักคือ $10^3$     |
| หลักหมื่น | มีค่าประจำหลักคือ $10^4$ ฯลฯ |

### 2. ระบบเลขฐานสอง (Binary Number System)

เนื่องจากระบบเลขฐานสิบมี 10 ดิจิต จึงไม่สะดวกในการนำมาใช้กับระบบดิจิทัล เพราะเราออกแบบระบบดิจิทัลให้ทำงานกับแรงดันไฟฟ้าถึง 10 ระดับ ที่สอดคล้องกับ 10 ดิจิตของเลขฐานสิบได้ยาก ระบบเลขที่เหมาะสมกับการทำงานของวงจรดิจิทัลควรมีจำนวนดิจิทัลน้อยกว่าระบบเลขฐานสิบ ระบบที่นิยมใช้คือระบบเลขฐานสอง

ระบบเลขฐานสองประกอบด้วยสัญลักษณ์หรือเลขโดดหรือดิจิทัล 2 ตัว คือ 0 กับ 1 และค่าประจำหลักของเลขฐานสอง คือ  $2^0, 2^1, 2^2, 2^3, 2^4, \dots$  ซึ่งจะแสดงตารางเปรียบเทียบกับเลขฐานสิบ

| Decimal Number | Binary Number |
|----------------|---------------|
| 0              | 0             |
| 1              | 1             |
| 2              | 10            |
| 3              | 11            |
| 4              | 100           |
| 5              | 101           |
| 6              | 110           |
| 7              | 111           |
| 8              | 1000          |
| 9              | 1001          |
| 10             | 1010          |

### 3. ระบบเลขฐานแปด (Octal Number System)

ระบบเลขฐานแปดจะมีค่าของฐานคือ 8 และมีสัญลักษณ์หรือเลขโดดหรือดิจิทัลอยู่ 8 ตัว คือ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ความสัมพันธ์ระหว่างระบบเลขฐานแปดกับเลขฐานสอง คือ ค่าสูงสุดของเลขฐานแปดคือ 7 จะเท่ากับเลขฐานสองที่เป็น 1 ทั้ง 3 บิต คือ  $(111)_2$  ซึ่งมาจาก  $(1 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^0) = 7$  และเลขฐานสอง 3 บิต สามารถทำให้เกิดสถานะได้ถึง 8 สถานะ  
ค่าประจำหลักของเลขฐานแปดคือ  $8^0, 8^1, 8^2, 8^3, 8^4, \dots$

| Decimal Number | Octal Number |
|----------------|--------------|
| 0              | 0            |
| 1              | 1            |
| 2              | 2            |
| 3              | 3            |
| 4              | 4            |
| 5              | 5            |
| 6              | 6            |
| 7              | 7            |
| 8              | 10           |
| 9              | 11           |
| 10             | 12           |
| 11             | 13           |

#### 4. ระบบเลขฐานสิบหก (Hexadecimal Number System)

ระบบเลขฐานสิบหกจะใช้เป็นรหัสแทนข้อมูลสำหรับคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก เช่น คอมพิวเตอร์ 8 บิต 16 บิต ความสัมพันธ์ระหว่างเลขฐานสิบกับเลขฐานสองคือ ค่าสูงสุดของเลขฐานสิบ คือ F = 15 มีค่าเท่ากับฐานสอง 4 บิต ซึ่งมีค่า 1111 ทั้งหมด

ระบบเลขฐานสิบหกจะมีค่าฐานเป็น 16 เลขฐานสิบหกมีตัวเลข 16 ตัว คือ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F ซึ่ง A มีค่าเท่ากับ 10, B = 11, C = 12, D = 13, E = 14, F = 15 และเลขฐานสิบหกมีค่าประจำคือ  $16^0, 16^1, 16^2, 16^3, 16^4, \dots$

| Decimal Number | Hexadecimal Number |
|----------------|--------------------|
| 0              | 0                  |
| 1              | 1                  |
| 2              | 2                  |
| 3              | 3                  |
| 4              | 4                  |
| 5              | 5                  |
| 6              | 6                  |
| 7              | 7                  |
| 8              | 8                  |
| 9              | 9                  |
| 10             | A                  |
| 11             | B                  |
| 12             | C                  |
| 13             | D                  |
| 14             | E                  |
| 15             | F                  |
| 16             | 10                 |
| 17             | 11                 |

## 5. การแปลงระบบเลข (Converting Number System)

### 5.1 การแปลงเลขฐานสิบ (Decimal number) เป็นเลขฐานสอง (Binary Number)

การแปลงเลขฐานสิบที่เป็นเลขจำนวนเต็มให้เป็นเลขฐานสอง เลขฐานแปด และเลขฐานสิบหก มีหลักการง่ายๆและคล้ายคลึงกัน ซึ่งเราสามารถทำได้โดยการหารเลขฐานสิบที่ต้องการแปลงด้วยฐานของเลขที่ต้องการแปลง เช่น

- ถ้าต้องการแปลงให้เป็นเลขฐานสอง ก็เอา 2 หาร
- ถ้าต้องการแปลงให้เป็นเลขฐานแปด ก็เอา 8 หาร
- ถ้าต้องการแปลงให้เป็นเลขฐานสิบหก ก็เอา 16 หาร

เศษที่เหลือจากการหารแต่ละครั้ง ก็คือคำตอบที่ต้องการ โดยเศษที่เหลือจากการหารครั้งแรก เป็นตัวที่มีนัยความสำคัญน้อยที่สุด (Least significant digit หรือ LSD ) และเศษที่เหลือจากการหารครั้งสุดท้ายเป็นตัวที่มีนัยความสำคัญสูงที่สุด (Most significant digit หรือ MSD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนเลขฐานสิบที่เป็นทศนิยม ถ้าต้องการให้เป็นเลขฐานอื่นๆ ดังกล่าว ก็สามารถทำได้ โดยการคูณจำนวนทศนิยมนั้นด้วยฐานของเลขที่ต้องการแปลง หลายๆ ครั้ง เช่น

- ถ้าต้องการแปลงให้เป็นเลขฐานสอง ก็ให้เอา 2 คูณ
- ถ้าต้องการแปลงให้เป็นเลขฐานแปด ก็ให้เอา 8 คูณ
- ถ้าต้องการแปลงให้เป็นเลขฐานสิบหก ก็ให้เอา 16 คูณ

ผลลัพธ์จากการคูณที่เป็นเลขจำนวนเต็ม ก็คือ คำตอบที่ต้องการ

ตัวอย่างที่ 1.1 จงแปลง  $(25)_{10}$  ให้เป็นเลขฐานสอง (Binary number)

วิธีทำ

$$\begin{aligned} 25 \div 2 &= 12 \text{ เศษ } 1 \\ 12 \div 2 &= 6 \text{ เศษ } 0 \\ 6 \div 2 &= 3 \text{ เศษ } 0 \\ 3 \div 2 &= 1 \text{ เศษ } 1 \\ 1 \div 2 &= 0 \text{ เศษ } 1 \end{aligned}$$

คำตอบ หาได้โดยเรียงเศษจากล่างขึ้นบน ดังนั้น  $(25)_{10} = (11001)_2$

## 5.2 การแปลงเลขฐานสอง (Binary Number) เป็นเลขฐานสิบ (Decimal Number)

การแปลงเลขฐานสอง เลขฐานแปดและเลขฐานสิบหกเป็นเลขฐานสิบ สามารถทำได้โดยการนำเลขแต่ละตำแหน่งของเลขฐานนั้นๆ คูณด้วยน้ำหนัก (Weighting) หรือค่าประจำหลักของเลขฐานนั้นแล้วนำมารวมกันทั้งหมดก็จะได้คำตอบที่ต้องการ

ตัวอย่างที่ 1.2 จงแปลง  $(11011)_2$  ให้เป็นเลขฐานสิบ (Decimal number)

วิธีทำ

$$\begin{aligned} (11011)_2 &= (1 \times 2^4) + (1 \times 2^3) + (0 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (1 \times 2^0) \\ &= 16 + 8 + 0 + 2 + 1 \\ &= 27 \end{aligned}$$

คำตอบ ดังนั้น  $(11011)_2 = (27)_{10}$

5.3 การแปลงเลขฐานสอง (Binary Number) เป็นเลขฐานแปด (Octal Number) และ การแปลงเลขฐานแปด (Octal Number) เป็นเลขฐานสอง (Binary Number)

ตัวอย่างที่ 1.3 จงแปลง  $(110111010)_2$  ให้เป็นตัวเลขฐานแปด (Octal number)

วิธีทำ ในการทำเราต้องแบ่งเลข Binary ออกเป็นชุดๆ ละ 3 Bit โดยนับจากทางขวามาทางซ้าย ถ้าชุดสุดท้ายมีไม่ถึง 3 Bit ให้เติม 0 ลงไป แต่ถ้าเป็นทศนิยม การแบ่งเป็นชุดให้นับจากทางซ้ายไปทางขวา เมื่อแบ่งได้เป็นชุดแล้วก็ให้แทนค่าเป็นเลขฐานแปด

$$110111010)_2 = (110\ 111\ 010)_2$$

$$110 = 6$$

$$111 = 7$$

$$010 = 2$$

$$= (672)_8$$

คำตอบ  $(110111010)_2 = (672)_8$

ตัวอย่างที่ 1.4 จงแปลง  $(111010010000.01011)_2$  ให้เป็นตัวเลขฐานแปด (Octal number)

วิธีทำ

$$(111010010000.01011)_2 = (111010010000.010110)_2$$

$$111 = 7$$

$$010 = 2$$

$$010 = 2$$

$$000 = 0$$

$$= (7220.26)_8$$

คำตอบ  $(111010010000.01011)_2 = (7220.26)_8$

ตัวอย่างที่ 1.5 จงแปลง  $(543)_8$  ให้เป็นตัวเลขฐานสอง (Binary number)

วิธีทำ

$$5 = 101$$

$$4 = 100$$

$$3 = 011$$

$$(543)_8 = (101\ 100\ 011)_2$$

คำตอบ  $(543)_8 = (101100011)_2$

5.4 การแปลงเลขฐานสอง (Binary Number) เป็นเลขฐานสิบหก (Hexadecimal Number) และการแปลงเลขฐานสิบหก (Hexadecimal Number) เป็นเลขฐานสอง (Binary Number)

ตัวอย่างที่ 1.6 จงแปลง  $(10010011100)_2$  ให้เป็นตัวเลขฐานสิบหก (Hexadecimal number)

วิธีทำ

$$(10010011100)_2 = (0100\ 1001\ 1100)_2$$

$$0100 = 4$$

$$1001 = 9$$

$$1100 = C$$

$$(10010011100)_2 = (49C)_{16}$$

คำตอบ  $(10010011100)_2 = (49C)_{16}$

ตัวอย่างที่ 1.7 จงแปลง  $(111111000011100.10011)_2$  ให้เป็นตัวเลขฐานสิบหก (Hexadecimal number)

วิธีทำ

$$\begin{aligned} (111111000011100.10011)_2 &= (0111\ 1110\ 0001\ 1100.\ 1001\ 1000)_2 \\ &= (7E1C.98)_{16} \end{aligned}$$

คำตอบ  $(111111000011100.10011)_2 = (7E1C.98)_{16}$

ตัวอย่างที่ 1.8 จงแปลง  $(1AD)_{16}$  ให้เป็นตัวเลขฐานสอง (Binary number)

วิธีทำ

$$(1AD)_{16} = (0001\ 1010\ 1101)_2$$

คำตอบ  $(1AD)_{16} = (0001\ 1010\ 1101)_2$

5.5 การแปลงเลขฐานแปด (Octal Number) เป็นเลขฐานสิบหก (Hexadecimal Number) และการแปลงเลขฐานสิบหก (Hexadecimal Number) เป็นเลขฐานแปด (Octal Number)

ตัวอย่าง 1.9 จงแปลง  $(5642)_8$  ให้เป็นเลขฐานสิบหก (Hexadecimal number)

วิธีทำ

$$(5642)_8 = (101\ 110\ 100\ 010)_2$$

$$= (1011\ 1010\ 0010)_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= (BA2)_{16}$$

$$\text{คำตอบ } (5642)_8 = (BA2)_{16}$$

ตัวอย่าง 1.10 จงแปลง  $(FEC4)_{16}$  ให้เป็นเลขฐานแปด (Octal number)

วิธีทำ

$$\begin{aligned} (FEC4)_{16} &= (1111\ 1110\ 1101\ 0100)_2 \\ &= (001\ 111\ 111\ 011\ 010\ 100)_2 \\ &= (177324)_8 \end{aligned}$$

$$\text{คำตอบ } (FEC4)_{16} = (177324)_8$$

## 6. การคำนวณทางคณิตศาสตร์ของคอมพิวเตอร์

### 6.1 การบวกเลขฐานสอง

การบวกเลขฐานสอง (Binary Number) จะคล้ายกับการบวกเลขฐานสิบ โดยเริ่มจากการบวกเลขสองตัวที่มีความสำคัญต่ำสุดที่อยู่ทางซ้ายมือสุดก่อน ถ้าหากผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเกิน 1 หลักจะเป็นตัวทดและจะต้องนำไปบวกในหลักถัดไป

ในการบวกเลขระบบฐานสิบ ถ้าหากผลลัพธ์มีค่าเกิน 9 จะมีตัวทดเกิดขึ้น สำหรับในระบบเลขฐานสองตัวทดจะเกิดขึ้นถ้าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเกิน 1

| การบวกเลขฐานสิบ | เทอม    | การบวกเลขฐานสอง |
|-----------------|---------|-----------------|
| 11              | ตัวทด   | 1111 1110       |
| 099             | ตัวตั้ง | 0110 0011       |
| 095             | ตัวบวก  | 0101 1111       |
| 194             | ผลลัพธ์ | 1100 0010       |

การบวกเลข 99 กับ 95 สามารถแทนด้วยเลขฐานสองคือ 0110 0011 และ 0101 1111 เราจะเริ่มจากการบวกเลขบิตต่ำสุดก่อน จะได้ว่าตัวตั้งและตัวบวกเป็น 1 ทั้งคู่ ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็น 0 และมีตัวทดเป็น 1 ตัวทดจะถูกเขียนไว้ในคอลัมน์ที่ 2 ทำให้ในคอลัมน์นี้มีการบวก 1 ถึง 3 ตัว การบวก 1 สามครั้งจะได้เท่ากับ 11 ดังนั้นการบวกหลักที่ 2 จะได้ 11 หรือ 1 ทด 1 ตัวทอนี้นำไปเขียนในหลักที่ 3 จะเป็น 1 บวก 0 บวก 1 จะได้ผลลัพธ์เป็น 10 ใส่ 0 ทด 1 การบวกในหลักที่ 4 จะได้ 1 บวก 0 บวก 1 จะได้ ผลลัพธ์เป็น 10 ใส่ 0 ทด 1 การบวกในหลักที่ 5 จะได้ 1 บวก 0 บวก 1 จะได้ผลลัพธ์ 10 ใส่ 0 ทด 1 การบวกในหลักที่ 6 จะได้ 1 บวก 1 บวก 0 จะได้ผลลัพธ์เป็น 10 ใส่ 0 ทด 1 การบวกในหลักที่ 7 จะได้ 1 บวก 1 บวก 1 จะได้ผลลัพธ์เป็น 11 ใส่ 1 ทด 1 การบวกในหลักที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ 1 บวก 0 บวก 0 ได้ผลลัพธ์เป็น 1 ดังนั้นการบวกเลขฐานสอง 0110 0011 กับ 0101 1111  
จะได้ 1100 0010

## 6.2 การลบเลขฐานสอง

การลบเลขฐานสอง (Binary subtraction) จะคล้ายกับการลบเลขฐานสิบ คือถ้าตัวลบ (subtrahend) มีค่ามากกว่าตัวตั้ง (minuend) จะเกิดการยืม โดยจะยืมจากหลักที่สูงกว่า

| การลบเลขฐานสิบ | เทอม    | การลบเลขฐานสอง |
|----------------|---------|----------------|
| 1              | ตัวยืม  | 1 10 0000      |
| 109            | ตัวตั้ง | 0 110 1101     |
| 49             | ตัวลบ   | 0 011 0001     |
| 060            | ผลลบ    | 0 011 1100     |

การลบเลขฐานสอง เริ่มแรกจะเริ่มลบจากหลักขวาสุดก่อน จะเห็นว่า ลบ 1 ออกจาก 1 ผลลัพธ์เป็น 0 ตัวยืมเป็น 0 ในหลักที่ 2 ลบ 0 ออกจาก 0 ผลลัพธ์เป็น 0 ไม่มีตัวยืม ในหลักที่ 3 ลบ 0 ออกจาก 1 ผลลัพธ์เป็น 1 ไม่มีตัวยืม ในหลักที่ 4 ลบ 0 ออกจาก 1 ไม่มีตัวยืม ในหลักที่ 5 ลบ 1 ออกจาก 0 จะได้ 1 ตัวยืมเป็น 1 ในหลักที่ 6 เดิมที่ตัวตั้งเป็น 1 แต่ถูกยืมไปแล้ว ทำให้เหลือ 0 ดังนั้นหลักที่ 6 นำ 1 ไปลบ 0 ได้ 1 ตัวยืมเป็น 1 ในหลักที่ 7 เดิมที่ตัวตั้งเป็น 1 แต่ถูกยืมไปแล้ว ทำให้เหลือ 0 ดังนั้นหลักที่ 7 เหลือ 0 ลบ 0 เท่ากับ 0 ดังนั้นการลบเลขฐานสอง 0110 1101 กับ 0011 0001 จะได้ 0011 1100

## 7. ตัวเลขแบบคิดเครื่องหมาย (Signed Number)

การประมวลผลของคอมพิวเตอร์จะแทนค่าข้อมูลตัวเลขต่างๆเป็นเลขดิจิตอล ซึ่งตัวเลขดิจิตอลนี้อาจแบ่งออกได้เป็นสองส่วน โดยส่วนแรกจะเป็นขนาดของตัวเลข (magnitude) อีกส่วนหนึ่งจะมีขนาดหนึ่งบิตแทนเครื่องหมาย (sign) บวกหรือลบ ที่เรียกกันว่าบิตเครื่องหมาย (signed bit) โดยบิตเครื่องหมายนี้จะเป็บบิตสูงสุด ดังนั้นข้อมูลดิจิตอลนี้สามารถแทนได้ทั้งจำนวนบวกและจำนวนลบ ถ้าบิตเครื่องหมายเป็น "0" จะบอกว่าบิตขนาดที่ตามมาเป็นเลขบวก ถ้าบิตเครื่องหมายเป็น "1" หมายความว่าบิตขนาดที่ตามมาเป็นเลขลบ

ตัวอย่าง เช่น ถ้าแทนค่า +25 ด้วยเลขฐานสองจะแทนได้ดังนี้

$$00011001$$
 บิตเครื่องหมาย  $\uparrow$   $\uparrow$  บิตขนาด

แต่ถ้าแทนค่า -25 บิตเครื่องหมายจะเป็น "1" ดังต่อไปนี้

$$10011001$$

จะเห็นว่าความแตกต่างระหว่าง  $-25$  และ  $+25$  ต่างกันเพียงค่าของบิตเครื่องหมายเท่านั้น ส่วนบิตขนาดจะมีค่าเท่ากัน การแทนตัวเลขแบบที่ได้ศึกษามานี้เรียกว่า sign-magnitude system แม้ว่าระบบเลขแบบนี้จะแทนเลขบวกและเลขลบได้ แต่ในเครื่องคิดเลขและคอมพิวเตอร์จะไม่ใช้วิธีนี้ เนื่องจากการสร้างวงจรขึ้นมาทำการคำนวณจะซับซ้อนมาก จึงมีการนำวิธีการอื่นมาใช้แทน ตัวเลขฐานสองแบบคิดเครื่องหมาย เช่น ระบบเลขแบบทวคอมพลีเมนต์ (2's Complement System)

### 7.1 รูปแบบเลขวันคอมพลีเมนต์ (1's Complement System)

ถ้าหากมีตัวเลขบวกถ้าเขียนเป็นเลขฐานสองในระบบนี้จะเขียนเลขฐานสองของเลขบวกนั้นได้เลย แต่ถ้าต้องการแทนเลขลบจะต้องทำวันคอมพลีเมนต์ (1's Complement) โดยจะทำการเปลี่ยนเลขฐานสองทุกบิตจาก 0 เป็น 1 และจาก 1 เป็น 0 ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการแทนค่า  $-25$  สามารถทำวันคอมพลีเมนต์กับค่า  $+25$  ได้ดังต่อไปนี้

00011001

ตัวเลขเดิม +25

11100110

เลขวันคอมพลีเมนต์มีค่าเท่ากับ  $-25$

เพราะฉะนั้นเลขวันคอมพลีเมนต์ของ 00011001 คือ 11100110

### 7.2 รูปแบบเลขทวคอมพลีเมนต์ (2's Complement System)

รหัสทวคอมพลีเมนต์ (2's Complement code) เป็นรหัสที่ใช้แทนเลขฐานสองแบบบวกและแบบลบ ในระบบตัวเลขฐานสองแบบคิดเครื่องหมาย (signed binary number) การเขียนระบบตัวเลขแบบคิดเครื่องหมายหรือเลขทวคอมพลีเมนต์สามารถทำได้ดังนี้

1. ถ้าเป็นเลขบวกไม่ต้องเปลี่ยนแปลงใดๆ
2. ถ้าเป็นเลขลบให้กลับค่า (complement) ทุกบิตและบวกด้วย 1

ตัวอย่าง เช่น ถ้าหากเรามีเลข  $-6$  เราสามารถแทนด้วยเลขทวคอมพลีเมนต์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} -6 &\longrightarrow 0000\ 0110 + 1 = 1111\ 1001 + 1 = 1111\ 1010 \\ &= \text{FAH} \end{aligned}$$

จะเห็นว่าค่า  $-6$  สามารถแทนด้วยเลขฐานสองแบบทวคอมพลีเมนต์ได้ โดยมีค่าเทียบเท่ากับเลขฐานสิบหกได้ FAH ข้อมูลทั้ง 8 บิตนี้ บิตที่มีความสำคัญสูงสุด (MSB) จะเป็นบิตเครื่องหมาย ถ้าบิตเครื่องหมายเป็น 0 หมายความว่า เป็นเลขบวก ถ้าบิตเครื่องหมายเป็นเลข 1 หมายความว่า เป็นเลขลบ

ตัวอย่างที่ 1.11 จงทำเลขวันคอมพลิเมนต์และทวคอมพลิเมนต์ของเลข 12

วิธีทำ

$$(12)_{10} = (1100)_2$$

วันคอมพลิเมนต์ของเลขรูปแบบเลข 8 บิต

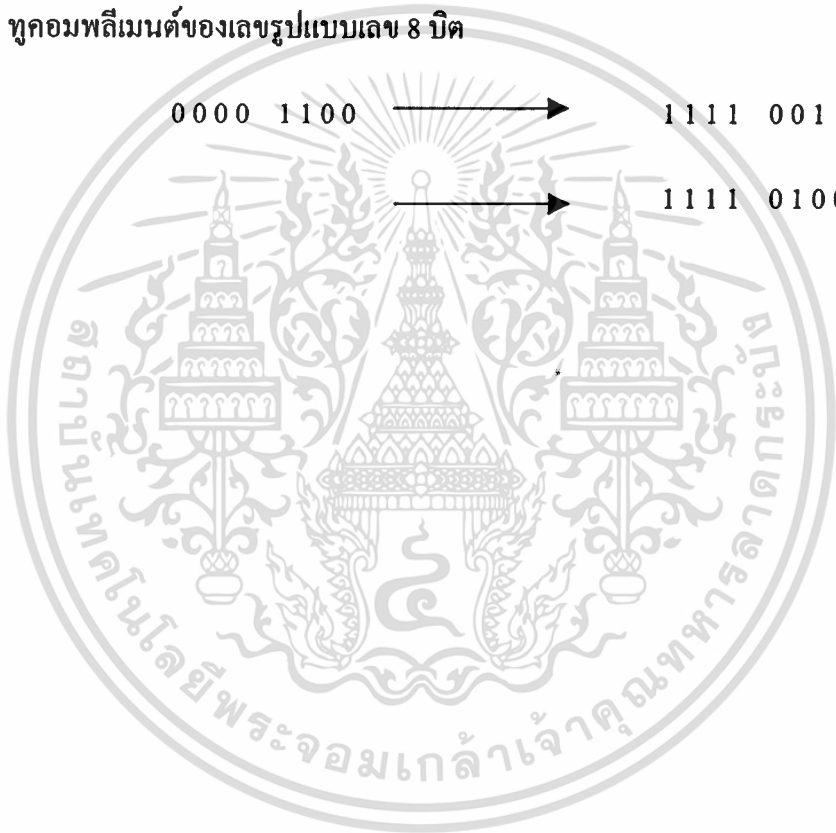
$$+12 = 0000\ 1100$$

$$-12 = 1111\ 0011$$

ทวคอมพลิเมนต์ของเลขรูปแบบเลข 8 บิต

$$0000\ 1100 \longrightarrow 1111\ 0011 + 1$$

$$\longrightarrow 1111\ 0100$$



## ไบนารีลอจิกเกต

### 1. ลอจิกเกตพื้นฐาน (BASIC LOGIC GATES)

เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องคำนวณเลข และอุปกรณ์ทางดิจิทัลมากมายที่สามารถทำงานให้กับมนุษย์ได้อย่างน่าอัศจรรย์นั้น ล้วนประกอบขึ้นจากอุปกรณ์และวงจรทางดิจิทัลที่มีการทำงานได้ลักษณะของลอจิกและวงจรดิจิทัลนั้น จะมีส่วนประกอบพื้นฐาน คือ ลอจิกเกต (Logic gate) ซึ่งจะมีการทำงานเหมือนระบบ เลขไบนารี (มีเลข 0 กับเลข 1) ดังนั้นบุคคลที่ต้องทำงานหรือเกี่ยวข้องกับระบบดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์จำเป็นต้องเข้าใจและใช้งานได้อย่างถูกต้องของการทำงานแบบไบนารีของลอจิกเกต (logic gate)

### 2. ค่าคงที่ลอจิกและตัวแปรลอจิก (logic constants and logic variables)

พีชคณิตทางลอจิกใช้สำหรับหาข้อเท็จจริงต่างๆ เกี่ยวกับการกระทำทางลอจิก ซึ่งจะแตกต่างกับพีชคณิตทั่วไปตรงที่พีชคณิตทางลอจิกประกอบด้วยชุดของตัวคงที่ และตัวแปรที่มีค่าได้เพียง 2 ค่าเท่านั้น คือ 0 และ 1 ตัวแปรนี้จะเรียกว่า ตัวแปรลอจิก (Logic variables) อาจแทนด้วยตัวอักษร เช่น A, B, C, a, b, c,... ฯลฯ สำหรับค่าของตัวแปรลอจิกที่มีค่าเป็น 0 หรือ 1 ที่เวลาต่างๆ กันนั้น เราจะเรียกว่า ระดับลอจิก (logic level) ดังนั้นค่าระดับแรงดันไฟฟ้าของวงจรดิจิทัลที่ขั้วอินพุตและเอาต์พุตของวงจร เราสามารถแทนได้ด้วยระดับลอจิก เช่น ระดับแรงดันจาก 2 - 5 โวลต์ ให้มีค่าเป็นลอจิก 1 ดังนั้นค่าแรงดันในวงจรดิจิทัลจะมีระดับลอจิกเป็น 0 หรือ 1 ขึ้นอยู่กับค่าจริงของการทำงานของวงจร

### 3. การกระทำทางลอจิกพื้นฐาน

สำหรับตัวแปรลอจิกดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เราสามารถนำมากระทำกันด้วยตัวกระทำทางลอจิกพื้นฐาน มี 3 แบบ คือ

1. การคูณทางลอจิก เรียกว่า การคูณแบบ AND หรือ การกระทำ AND มีสัญลักษณ์ คือ เครื่องหมายคูณแบบจุด (.)
2. การบวกทางลอจิก เรียกว่า การบวกแบบ OR หรือ การกระทำ OR มีสัญลักษณ์ คือ เครื่องหมายบวก (+)
3. การคอมพลิเมนต์ทางลอจิก หรือการกลับค่าเรียกว่า การกระทำ NOT มีสัญลักษณ์ คือ ขีดบน (-)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1 การกระทำ AND

ถ้ากำหนดให้ A และ B แทนตัวแปรอินพุตทั้งสอง ถ้าตัวแปร A มากระทำแบบ AND กับตัวแปร B ได้ผลลัพธ์ เป็น X ทำให้เขียนสมการลอจิก (ทางด้านเอาต์พุต x) ได้ดังนี้

$$X = A \cdot B$$

จากสมการลอจิก เครื่องหมาย ( . ) ก็คือ การคูณแบบ AND ซึ่งสามารถเขียนตารางค่าความจริงและสัญลักษณ์ได้ดังรูป

| A | B | X = A . B |
|---|---|-----------|
| 0 | 0 | 0         |
| 0 | 1 | 0         |
| 1 | 0 | 0         |
| 1 | 1 | 1         |



เมื่อพิจารณาจากตารางค่าความจริง จะเห็นว่าการคูณแบบ AND เหมือนกับการคูณทางพีชคณิตธรรมดา เมื่อใดก็ตามที่ A และ B เป็น 0 จะได้ผลคูณเป็น 0 แต่ถ้า A และ B เป็น 1 จะได้ผลคูณเป็น 1 ดังนั้นจากเหตุผลดังกล่าว เราสามารถสรุปได้ว่า การกระทำแบบ AND นั้น จะได้ผลคูณ เป็น 1 ก็ต่อเมื่อ อินพุตทั้งหมดจะต้องเป็น 1 สำหรับการมีอื่นๆ นอกจากนี้ จะได้ผลลัพธ์เป็น 0 จากสมการ  $X = A \cdot B$  อ่านว่า "X" เท่ากับ A AND B สำหรับเครื่องหมายคูณนั้น เราสามารถเขียนใหม่ให้เหมือนพีชคณิตธรรมดาจะได้  $X = AB$  เนื่องจากว่าการกระทำแบบแอนเหมือนกับการคูณทางพีชคณิตธรรมดานั่นเอง ถ้าเราจะให้ระดับลอจิกที่อินพุตควบคุม (ก็คืออินพุต B) เป็น 0 จะทำให้เอาต์พุต เป็น 0 สถานะการทำงานในลักษณะนี้เรียกว่า Inhibit Condition

### 3.2 การกระทำ OR

กำหนดให้ A และ B แทนตัวแปรอินพุตทั้งสอง ถ้าตัวแปร A มากระทำแบบ OR กับตัวแปร B ได้ผลลัพธ์เป็น X ทำให้สามารถเขียน สมการลอจิก (ทางเอาต์พุต) ได้ดังนี้

$$X = A + B$$

จากสมการลอจิก เครื่องหมาย + ไม่ใช่เป็นการบวกเลขแบบธรรมดา แต่จะเป็นการบวกแบบ OR ซึ่งสามารถเขียนเป็นกฎเกณฑ์ได้ตามตารางค่าความจริง

| A | B | X = A+B |
|---|---|---------|
| 0 | 0 | 0       |
| 0 | 1 | 1       |
| 1 | 0 | 1       |
| 1 | 1 | 1       |



จากตารางค่าความจริง จะเห็นว่าเหมือนกับการบวกเลขธรรมดา เช่น  $0+0=0$ ,  $0+1=1$ ,  $1+0=1$ , ยกเว้นในกรณีเมื่อ  $A = B = 1$  จะได้ผลบวกเป็น  $1+1=1$  (ไม่ใช่เป็น 2 เหมือนกับการบวกเลขแบบธรรมดา) ดังนั้นเราสามารถสรุปได้ว่าการบวกแบบ OR จะให้ผลลัพธ์ที่เอาต์พุตเป็น 1 ก็ต่อเมื่อตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งที่มีอินพุตเป็น 1 และจะให้ผลลัพธ์ที่เอาต์พุตเป็น 0 ก็ต่อเมื่อตัวแปรที่อินพุตทั้งหมด เป็น 0 เท่านั้น จากสมการลอจิก  $X=A+B$  อ่านว่า "X" เท่ากับ A OR B สิ่งที่สำคัญก็คือ เครื่องหมาย + หมายถึงการบวกแบบ OR ไม่ใช่การบวกเลขแบบธรรมดา

### 3.3 การกระทำ NOT

ตัวกระทำ NOT ไม่เหมือนตัวกระทำ OR และ AND ตรงที่ตัวกระทำ NOT ใช้กับตัวแปรอินพุตเดียว เช่น ถ้าให้ A แทนตัวแปรที่ป้อนอินพุต ของตัวกระทำ NOT และได้ผลลัพธ์เป็น X ทำให้เขียนสมการลอจิก (ทางเอาต์พุต X) ได้ดังนี้

$$X = \bar{A}$$

ซึ่งสัญลักษณ์ขีด (bar) บนตัว A จะแทนการกระทำ NOT สมการ  $X = \bar{A}$  อ่านว่า "X" เท่ากับ NOT A หรือ "X" เท่ากับส่วนกลับของ A หรือ "X" เท่ากับคอมพลีเมนต์ของ A หรือ "X" เท่ากับ A bar

| A | $X = \bar{A}$ |
|---|---------------|
| 0 | 1             |
| 1 | 0             |



จากตารางค่าความจริง จะเห็นได้ว่าลอจิกทางเอาต์พุต ของ  $X = \bar{A}$  จะมีค่าตรงข้ามกับลอจิกทาง อินพุตของ A เช่น

ถ้า  $A = 0$ ,  $X =$  เพราะ NOT 0 คือ 1

ถ้า  $A = 1$ ,  $X =$  เพราะ NOT 1 คือ 0

สัญลักษณ์ของตัวกระทำ NOT (NOT Gate) หรืออินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งจะมีอินพุตเพียงอันเดียว และค่าระดับลอจิกทางเอาต์พุตจะตรงกันข้ามกับค่าระดับลอจิกทางด้านอินพุตเสมอ

### 3.4 เกตเนอร์และเกตแนนด์ (NOR Gate and NAND Gate)

มีลอจิกเกตอีก 2 ประเภท คือ NOR Gate และ NAND Gate ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในวงจรทางดิจิทัล ซึ่งเกตดังกล่าวนี้ แท้จริงแล้วก็คือ รวมการกระทำพื้นฐานของเกต AND, OR และ NOT ไว้ด้วยกัน ซึ่งทำให้การอธิบายการทำงานทางคณิตศาสตร์ทางลอจิกง่ายขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### เกตนอร์ (NOR Gate)

สัญลักษณ์ของ NOR Gate ที่มี 2 อินพุต ซึ่งการกระทำของ NOR Gate จะมีค่าเท่ากับการนำ OR Gate มาต่อร่วมกับกับ NOT Gate ดังนั้นจึงเขียนสมการสำหรับเอาต์พุตของ NOR Gate ได้ดังนี้

$$X = \overline{A + B}$$

จากสมการลอจิกจะเห็นว่า NOR Gate มีการกระทำแรกเป็นการกระทำ OR ของอินพุต และการกระทำ NOT บนผลบวกแบบ OR เป็นการกระทำที่สอง สำหรับสัญลักษณ์ของ NOR Gate จะจำง่าย เพราะจะใช้สัญลักษณ์ของ OR Gate ร่วมกับวงกลมเล็กที่ปลายเอาต์พุต วงกลมเล็กนี้แสดงการกระทำ NOT (การกลับค่า)



จากตารางค่าความจริงของ NOR Gate จะเห็นว่าเอาต์พุตของเกต NOR ในแต่ละกรณีจะมีค่ากลับกันกับเอาต์พุตของเกต OR กล่าวคือ เอาต์พุตของเกต OR จะมีค่า High ก็ต่อเมื่ออินพุตใดๆ มีค่า High แต่เกต NOR มีเอาต์พุตเป็น Low เมื่ออินพุตใดๆ เป็น High

| A | B | $X = \overline{A+B}$ |
|---|---|----------------------|
| 0 | 0 | 1                    |
| 0 | 1 | 0                    |
| 1 | 0 | 0                    |
| 1 | 1 | 0                    |

### เกตแนนด์ (NAND Gate)

สัญลักษณ์ของ NAND Gate ที่มี 2 อินพุตซึ่งการกระทำของ NAND Gate จะมีค่าเท่ากับการนำ AND Gate มาต่อร่วมกับกับ NOT Gate ดังนั้นจึงเขียนสมการลอจิกสำหรับเอาต์พุตของ NAND Gate ได้ดังนี้

$$X = \overline{A \cdot B}$$

จากสมการลอจิกของ NAND Gate จะเห็นว่ามีการกระทำแรกเป็นการกระทำ AND ของอินพุต และการกระทำ NOT บนผลคูณแบบ AND เป็นการกระทำที่สอง สัญลักษณ์ของ NAND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gate จะใช้สัญลักษณ์ของ AND Gate ร่วมกับวงกลมเล็กที่ปลายเอาต์พุต วงกลมเล็กนี้แสดงการกระทำ NOT (การกลับค่า)



ตารางค่าความจริงของ NAND Gate เอาต์พุตของเกต NAND ในแต่ละกรณีจะมีค่าตรงข้ามกับเอาต์พุตของเกต AND กล่าวคือ เอาต์พุตของ AND เป็น High ก็ต่อเมื่ออินพุตทั้งหมดมีค่าเป็น High แต่เกต NAND มีเอาต์พุตเป็น LOW เมื่ออินพุตทั้งหมดมีค่าเป็น High

| A | B | $X = A \cdot B$ |
|---|---|-----------------|
| 0 | 0 | 1               |
| 0 | 1 | 1               |
| 1 | 0 | 1               |
| 1 | 1 | 0               |

### 3.5 เอกซ์คลูซีฟออร์เกต (Exclusive OR Gate)

Exclusive OR Gate คือ Gate ที่ให้ Output เป็น Logical 1 ก็ต่อเมื่อ Input มี Logical ต่างกัน และจะให้ Output เป็น Logical 0 ก็ต่อเมื่อ Input มี Logical เหมือนกัน เราสามารถเขียนสมการลอจิกสำหรับเอาต์พุต ตารางค่าความจริง (True table) และสัญลักษณ์ของ Exclusive OR Gate ได้ดังนี้

$$X = A \oplus B$$



| A | B | $X = A \oplus B$ |
|---|---|------------------|
| 0 | 0 | 0                |
| 0 | 1 | 1                |
| 1 | 0 | 1                |
| 1 | 1 | 0                |

## โครงสร้างคอมพิวเตอร์

โครงสร้างของระบบคอมพิวเตอร์จะไม่ใช่เพียงคอมพิวเตอร์ที่เราเห็นตั้งโต๊ะเท่านั้น เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์บางอย่างก็ถือว่าเป็นระบบคอมพิวเตอร์ได้ ถ้าจะพิจารณาว่าระบบที่เรากำลังศึกษาอยู่นี้ เป็นระบบคอมพิวเตอร์หรือไม่ให้พิจารณาจากโครงสร้างของมัน ซึ่งระบบคอมพิวเตอร์จะต้องมีส่วนประกอบดังนี้

1. หน่วยประมวลผลกลาง
2. หน่วยความจำ
3. อินพุตและเอาต์พุต

### 1. หน่วยประมวลผลกลาง (CPU : Central Processing Unit)

เป็นส่วนที่สำคัญมากในระบบคอมพิวเตอร์ การทำงานของคอมพิวเตอร์จะเกิดขึ้นได้เมื่อหน่วยประมวลผลกลางตีความคำสั่งที่อ่านจากหน่วยความจำและกระทำตามคำสั่งนั้น ซึ่งสามารถเปรียบได้กับสมองของคน ภายในซีพียูยังมีหน่วยที่ทำงานทางด้านตรรกศาสตร์และลอจิก (Arithmetic Logic Unit) หรือ ALU อีกด้วย

### 2. หน่วยความจำ (Memory)

ในระบบคอมพิวเตอร์จะมีหน่วยความจำที่ใช้กันอยู่สองชนิดคือ หน่วยความจำที่เป็น ROM (Read Only Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำแบบอ่านอย่างเดียวไม่มีการเขียนเกิดขึ้นและข้อมูลในหน่วยความจำจะไม่หายแม้ไม่มีไฟเลี้ยง หน่วยความจำชนิดนี้จะใช้เก็บโปรแกรมที่จะทำให้เกิดการทำงานในระบบคอมพิวเตอร์ หน่วยความจำอีกชนิดหนึ่งคือหน่วยความจำที่เป็น RAM (Random Access Memory) เป็นหน่วยความจำที่สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ แต่ข้อมูลจะหายไปถ้าไม่มีไฟเลี้ยง หน่วยความจำชนิดนี้จะใช้เก็บข้อมูลที่เกิดจากการประมวลผลจากหน่วยประมวลผลกลาง

### 3. ระบบคอมพิวเตอร์ (Computer System)

ไมโครโปรเซสเซอร์และคอมพิวเตอร์จะมีความหมายต่างกัน โดยไมโครโปรเซสเซอร์จะเป็นไอซีตัวหนึ่งที่สามารถจัดการข้อมูลและควบคุมได้ ส่วนระบบคอมพิวเตอร์จะเป็นระบบที่ทำงานได้สมบูรณ์ โดยมีไมโครโปรเซสเซอร์เป็นแกนกลางเรียกว่า CPU ซึ่งอาจเปรียบเทียบกับคอมพิวเตอร์กับคนได้ดังนี้

คนจะมี CPU และหน่วยความจำ คือ สมอง ส่วนพอร์ตอินพุต คือ ตา และเอาต์พุต คือ การพูดออกทางปาก โดยปกติแล้วในระบบคอมพิวเตอร์ส่วนที่ติดต่อกับอินพุตและเอาต์พุตจะเรียกว่า พอร์ต ส่วนกลุ่มสัญญาณที่เชื่อมต่อระหว่าง CPU กับส่วนต่างๆ เรียกว่าระบบ บัส

บัสมี 3 ชนิดคือ

1. บัสข้อมูล (Data Bus) เป็นกลุ่มสัญญาณที่ใช้รับและส่งข้อมูล
2. บัสแอดเดรส (Address Bus) เป็นกลุ่มสัญญาณที่ใช้อ้างตำแหน่งของพอร์ตและหน่วยความจำ
3. บัสควบคุม (Control Bus) เป็นกลุ่มสัญญาณควบคุมต่างๆ

#### 4. เฟทช์และเอกซ์คิว (Fetch and Execute)

การที่คอมพิวเตอร์จะทำคำสั่งต่างๆ ได้นั้นจะต้องไปอ่านรหัสคำสั่งที่เก็บไว้ในหน่วยความจำเข้ามาใน CPU เพื่อตีความและทำตามคำสั่งนั้นซึ่งเรียกว่าหนึ่งรอบคำสั่ง (1 Instruction Cycle) แต่ละรอบคำสั่งจะประกอบด้วยสองสภาวะย่อยคือ

1. สภาวะเฟทช์ หมายถึง ขบวนการที่ CPU อ่านรหัสคำสั่งจากหน่วยความจำและถอดรหัส คำสั่งนั้น

2. สภาวะเอกซ์คิว หมายถึง ขบวนการที่ CPU เริ่มทำตามคำสั่งนั้นจนเสร็จสิ้น โดยจะทำขบวนการย่อยๆหลายๆชนิดแบบต่อเนื่องกันจนจบสิ้นโปรแกรม ขบวนการย่อยๆในไมโครโปรเซสเซอร์ เรียกว่า แมชชีนไซเคิล (Machine Cycle)

เมื่อไมโครโปรเซสเซอร์ทำงานตามโปรแกรมต่างๆ จะประกอบด้วย การเฟทช์ การเอกซ์คิว, การเฟทช์ การเอกซ์คิว ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ จนจบโปรแกรม

## สถาปัตยกรรมไมโครโปรเซสเซอร์

การออกแบบระบบต่างๆ มีไมโครโปรเซสเซอร์หลายรุ่นให้เลือกใช้ แต่ละรุ่นจะมีสถาปัตยกรรมแตกต่างกัน ความเร็วในการทำงานต่างกัน ไมโครโปรเซสเซอร์บางรุ่นเหมาะกับงานหนึ่งแต่ไม่เหมาะกับอีกงานหนึ่ง

### 1. สถาปัตยกรรมแบบ RISC และ CISC (RISC & CISC Architecture)

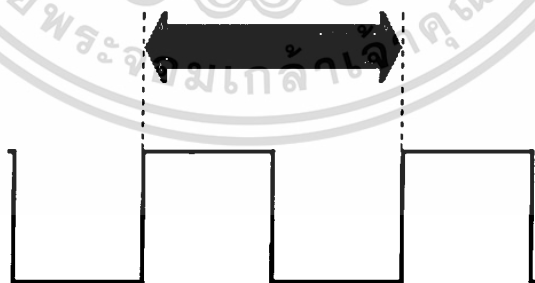
RISC เป็นคำย่อมาจากคำว่า Reduced Instruction Set Computer ซึ่งก็คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีชุดคำสั่งน้อยๆ และไม่ซับซ้อน โดยจะมีความหมายตรงกันข้ามกับ CISC หรือ Complex Instruction Set Computer ซึ่งจะมีชุดคำสั่งที่ซับซ้อนมากมาย

การออกแบบสถาปัตยกรรม Processor แบบ RISC นั้นจะเน้นการลดจำนวนและความซับซ้อนของคำสั่งภายใน (Instruction) ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ก็ยังมีอีกหลายอย่างที่เป็นลักษณะการออกแบบสถาปัตยกรรมแบบ RISC อันได้แก่ การจัดการเกี่ยวกับ Cache, การทำ pipeline, superscalar และ อื่นๆ

การออกแบบสถาปัตยกรรมแบบ RISC โดยทั่วไปจะมีกฎเกณฑ์ดังนี้

1. 1 คำสั่งต่อรอบสัญญาณนาฬิกา (One Instruction per Cycle) การออกแบบสถาปัตยกรรมแบบ RISC จะพยายามทำงานให้เสร็จสิ้นภายใน 1 รอบสัญญาณนาฬิกา (1 Clock Cycle) ซึ่งมีการใช้ pipeline มาช่วยในการทำงาน ดังนั้น ในการทำงานจริงๆ อาจไม่ใช่ทำงาน 1 คำสั่งเสร็จสิ้นใน 1 รอบสัญญาณนาฬิกา แต่ใช้การนับเวลาในการทำงานของโปรแกรม

#### 1 รอบสัญญาณนาฬิกา



2. กำหนดขนาดของ Instruction ให้มีขนาดที่แน่นอน (Fixed Instruction Length) ถ้าหากว่าจะทำให้มีการทำงานแต่ละคำสั่งให้เสร็จสิ้นภายใน 1 รอบสัญญาณนาฬิกาได้นั้น ผู้ออกแบบ RISC ก็จะต้องจำกัดขนาดของคำสั่งด้วย ไม่ให้มีขนาดที่ยาวเกินไป ซึ่งโดยปกติแล้วจะใช้ขนาด 1 Word (จะมีขนาดไม่แน่นอนแล้วแต่เครื่อง แต่โดยทั่วไป CPU แบบ RISC จะมีขนาดของ Word =

32 Bit) โดยใน 1 Word นั้น ก็จะกำหนดทุกๆ อย่างทั้งคำสั่ง, Operation , จะดึง Operand จากที่ไหน , จะให้เก็บผลลัพธ์ (Result) ที่ไหน และ คำสั่งถัดไปอยู่ที่ไหน

3. คำสั่งในการเข้าถึงหน่วยความจำหลักจะใช้แค่ load (ดึงข้อมูล) และ store (เก็บข้อมูล) เท่านั้น สถาปัตยกรรมแบบ RISC นั้น เมื่อจะทำการจัดการกับคำสั่งต่างๆ ก็จำเป็นจะต้องนำ Operand มาเก็บไว้ใน Register ก่อน และในแต่ละคำสั่งนั้นก็ถูกจำกัดไว้ที่ 1 Word ซึ่งก็ไม่เพียงพอต่อการเก็บค่าของ Operand ต่างๆ ดังนั้นจึงใช้การอ้างตำแหน่งในหน่วยความจำแทน แต่การเข้าถึงหน่วยความจำนั้นต้องเสียเวลาอยู่พอสมควร จึงมีการกำหนดให้ใช้เพียงแค่ 2 คำสั่งเท่านั้น คือการ load และ การ store เพื่อลด traffic ระหว่าง หน่วยประมวลผล และ หน่วยความจำ ส่วนเวลาในการ load หรือ store นั้น ก็ขึ้นอยู่กับขนาดของ Operand

4. ใช้การอ้างตำแหน่งแบบตรงๆ เพราะการอ้างแบบซับซ้อนต้องใช้ช่วงเวลานานกว่าซึ่งการอ้างตำแหน่งแบบ RISC นั้นจะจำกัดอยู่ 2 แบบ คือ แบบอ้างผ่าน Register (Register Indirect) และ Index โดยการอ้างผ่าน Register นั้น Register จะเก็บค่าตำแหน่งไว้ แล้วทำการอ้างตำแหน่งนั้นๆผ่าน Register และในแบบ Index จะเป็นการอ้างตำแหน่งจากค่าคงที่ที่เข้ามาในคำสั่งนั้นๆ เลย

5. ใช้ Operation ที่เรียบง่าย ธรรมดาและมีไม่กี่ Operation เพื่อจะได้ใช้รอบการทำงานน้อยๆ และรวมไปถึงทรัพยากรของระบบที่ใช้ก็จะใช้น้อยด้วย

ในส่วนของการทำงานแบบ CISC นั้นจะใช้หลักเกณฑ์ที่ตรงข้ามกับแบบของ RISC เพราะในขณะที่ RISC จะพยายามลดคำสั่งให้มีจำนวนน้อยๆและไม่ซับซ้อนแต่ CISC จะพยายามให้มีรูปแบบของคำสั่งต่างๆ มากมาย และซับซ้อนมากขึ้นเรื่อยๆ ส่วนในเรื่องของคำสั่งการทำงานของ RISC นั้น ก็จะมีค่าเฉลี่ยเป็น 1 คำสั่งต่อ 1 สัญญาณนาฬิกา แต่ในขณะที่ CISC อาจใช้ถึง 100 สัญญาณนาฬิกา เพื่อให้ทำงานให้เสร็จ เพียง 1 คำสั่ง

CISC นั้นมีจุดเด่นในเรื่องของการเขียน Program บน CISC นั้นจะทำให้ได้ง่ายกว่า เพราะโดยตัวของ Processor นั้นรู้จักคำสั่งต่างๆมากมาย ทำให้สะดวกต่อการเขียนโปรแกรมใช้งาน และ Program บน CISC นั้นก็มีขนาดเล็กกว่าบน RISC

#### ตัวอย่างที่ 4.1 การหาผลลัพธ์ของ $7 \times 9$

ถ้า RISC มีเพียงคำสั่ง บวก และ ลบ การจะหาผลลัพธ์ของ  $7 \times 9$  ก็คือ ต้องทำการบวก 7 เข้าด้วยกัน 9 ครั้ง สมมุติว่าแต่ละครั้งของการบวก จะใช้เวลา 1 สัญญาณนาฬิกา ก็จะใช้ถึง 9 สัญญาณนาฬิกา และแม้ว่า Compiler นั้นฉลาดทำการเอา 9 มาบวกกัน 7 ครั้งแทน ก็จะใช้สัญญาณนาฬิกาที่ 7 สัญญาณนาฬิกา ถ้าเป็น CISC ซึ่งมีคำสั่งคูณไว้ให้แล้ว และ ใช้ 5 สัญญาณนาฬิกาในการคูณแต่ละครั้ง การหาผลลัพธ์ของ  $7 \times 9$  ก็จะทำให้ได้ใน 5 สัญญาณนาฬิกาเท่านั้น แต่ในบางกรณี เช่น  $4 \times 3$  RISC นั้น จะใช้เวลาเพียง 3 หรือ 4 สัญญาณนาฬิกา แต่ CISC กลับต้องใช้ถึง 5 สัญญาณนาฬิกา

ในการเปรียบเทียบความเร็วและประสิทธิภาพของ RISC กับ CISC ทำได้ยาก เพราะ ต้อง แล้วย่างงานที่ใช้ในการทดสอบเปรียบเทียบ ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างข้างต้น เพียงแค่เปลี่ยนค่า Operand เท่านั้น ผลที่ได้ก็ต่างกันแล้ว เพราะฉะนั้น คำตอบสำหรับคำถามนี้คงตอบได้ยากเพราะ ต้องแล้วย่างงานและ โปรแกรมที่ใช้ รวมไปถึงค่าต่างๆ ที่อ้างอิงถึงด้วย

ปัจจุบันนี้ Processor แบบ CISC นั้นนับวันก็ยิ่งมีความซับซ้อนของคำสั่งแต่ก็เป็นเรื่อง แปลก ที่ในขณะที่เดียวกัน CISC นั้น ก็ยังมีรูปแบบออกไปทาง RISC ยิ่งขึ้น โดยส่วนหนึ่งนั้นก็มา จากการลดปัญหาเรื่อง ความเข้ากันได้ของ Processor รุ่นใหม่ๆ กับ Processor รุ่นเก่า ซึ่งดูเหมือนว่า การตัดแปลงคำสั่งสำหรับ Processor ตระกูล x86 (CISC) ให้เป็นชุดคำสั่งแบบ RISC ที่เล็กกว่า เร็วกว่า และง่ายขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้ ก็คือ ชุดคำสั่งของ RISC สำหรับ Process ตระกูล x86 (CISC) ที่ เรียกว่า ชุดคำสั่ง RISC86 และ ยิ่งนับวัน Processor แบบ CISC นั้น ก็มีการทำงานแบบ Pipeline และ แบบ Speculative Execution (มีการคาดเดาล่วงหน้า) ด้วย ซึ่งคุณลักษณะเหล่านี้ แต่เดิมนั้น พัฒนาอยู่บน RISC ส่วนในทางกลับกัน Processor แบบ RISC นั้น ก็เริ่มที่จะมีการใช้คำสั่งที่ ซับซ้อนขึ้น และมีหลากหลายคำสั่งมากขึ้น ซึ่งก็เหมือนว่าจะเบนไปทาง CISC เช่นกัน

## 2. สถาปัตยกรรมอื่นๆ ของไมโครโปรเซสเซอร์

### 2.1 การประมวลผลแบบขนาน (Parallel processing)

การประมวลผลแบบขนานเป็นการทำงานสองส่วนพร้อมๆกัน โดยจะเป็นการนำไมโคร โปรเซสเซอร์สองตัวมาบรรจุอยู่ในระบบเดียวกัน

ระบบที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ 2 ตัวมาต่อกันแบบขนานจะต้องมีวงจรพิเศษสำหรับแยก ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน เพื่อส่งให้ไมโครโปรเซสเซอร์แต่ละตัวทำการประมวลผล

### 2.2 การประมวลผลร่วม (Coproprocessing)

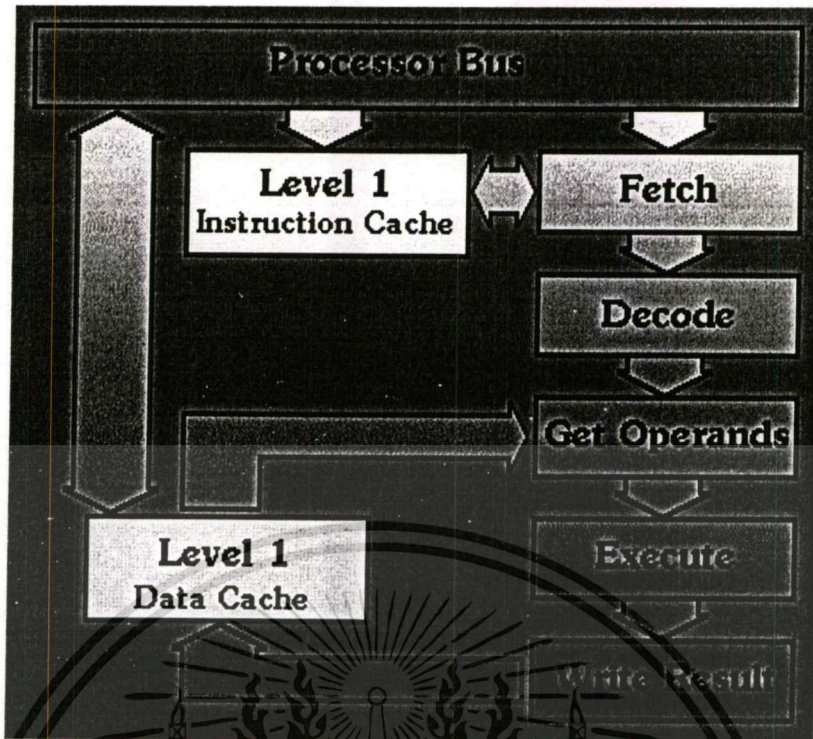
การประมวลผลร่วมมีลักษณะคล้ายกับการประมวลผลแบบขนาน โดยจะมีหน่วยประมวล ผลร่วม (Coproprocessing) แยกออกจากตัวประมวลผลหลัก เพราะว่าตัวประมวลผลร่วมจะทำหน้าที่ พิเศษบางอย่างที่มันสามารถทำงานได้เร็วกว่าให้หน่วยประมวลผลหลักทำ

ไมโครโปรเซสเซอร์หลายตัวที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะมีไอซีตัวอื่นๆ ที่สนับสนุนการทำงาน ของมัน ไอซีเหล่านั้นจะช่วยประมวลผลร่วม ตัวอย่างเช่นไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 80386 จะมีตัว ประมวลผลร่วมไอซีเบอร์ 80387 ที่ทำหน้าที่ช่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์ ไอซี 80387 จะต่อกับ ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 80386 แบบขนาน เมื่อติดตั้งไอซี 80387 แล้ว ระบบของเราสามารถ ทำงานทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร แบบมัลติเพล็กซ์ชันได้เร็วกว่าการใช้ไอซีไมโคร โปรเซสเซอร์ 80386 เพียงตัวเดียว นอกจากนี้ไอซี 80387 จะช่วยให้ไมโครโปรเซสเซอร์ 80386 สามารถคำนวณเกี่ยวกับฟังก์ชันลอการิทึม ตรีโกณมิติ และหาค่ารากได้

### 2.3 ไลน์ (Pipeline)

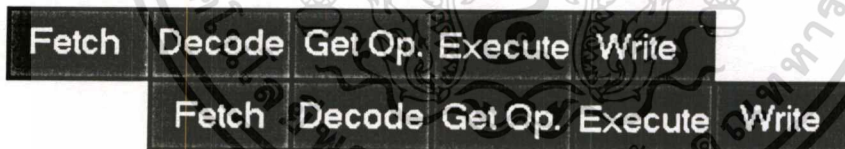
Pipeline เดิมที่เป็นเทคนิคของสถาปัตยกรรมแบบ RISC แต่ต่อๆมาก็ได้นำมาใช้กับสถาปัตยกรรมแบบ CISC ซึ่งการทำงานของมัน ก็คือสามารถรับงานใหม่ได้ในขณะที่ยังคงทำงานเก่าต่อไปได้ด้วยเพราะมีการแบ่งงานกันทำ กล่าวคือ แบ่ง CPU ออกเป็นส่วนย่อยๆ แล้วแบ่งงานกันรับผิดชอบ โดยจะแบ่งเป็นภาคหลักๆ คือ ภาครับคำสั่ง ภาคการถอดรหัส ภาคการรับข้อมูล ภาคประมวลผล และ ภาคเขียนข้อมูลกลับ ซึ่งคล้ายๆกับกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม เรียกสถาปัตยกรรมนี้ว่า CPU Pipeline ซึ่ง ผู้ผลิต CPU บางเจ้า ก็ได้แบ่งซอยช่วง ของ Pipeline ออกไปเป็นขั้นตอนย่อยๆ ต่างๆกัน แต่โดยรวมแล้ว ก็ยังคงมีขั้นตอนหลักๆ อยู่ 5 ขั้นตอน (หรือจะมองให้เล็กลงเหลือเพียงแค่ 3 ขั้นตอน ก็ได้) ดังนี้

1. **Instruction Fetch หรือภาครับคำสั่ง** คือ จะทำหน้าที่รับคำสั่งใหม่ๆ ทั้งจากหน่วยความจำหลักหรือจากใน Instruction Cache เข้ามา เพื่อส่งต่อไปจัดการต่อ
2. **Instruction Decode หรือภาคการแปลคำสั่ง** คือ จะทำหน้าที่แยกแยะคำสั่งต่างๆ ของ CISC ซึ่ง CISC นั้นในแต่ละคำสั่งจะมีขนาดที่ไม่แน่นอน ตรงส่วนนี้ก็จะทำการขยายคำสั่งนั้นเป็นคำสั่งย่อยๆ ให้มีความยาวเท่าๆกัน ในลักษณะเช่นเดียวกับ RISC เรียกคำสั่งย่อยๆ นั้นว่า Micro Operation
3. **Get Operands หรือ ภาครับข้อมูล** คือ รับข้อมูลที่จะใช้ในการประมวลผลเข้ามาเก็บไว้ เช่นจากขั้นตอนที่ 2 เรารู้ว่าจะใช้การ “บวก” ก็ต้องรับค่าที่จะใช้ในการบวกมาด้วยอีก 2 ค่า บางทีขั้นตอนนี้ ก็ถูกรวมเข้ากับขั้นตอนที่ 2
4. **Execute หรือ ภาคประมวลผล** คือ เป็นขั้นตอนที่ทำการประมวลผลตามคำสั่ง และ operand ที่ได้รับมาจากขั้นที่ 2 และ 3 ซึ่ง ถ้าให้ขั้นที่ 2 เป็นการถอดรหัสว่าเป็นการบวก ขั้นที่ 3 รับค่าที่จะบวก ขั้นนี้ ( ขั้นที่ 4 ) ก็จะทำการบวกให้ได้ผลลัพธ์ออกมา
5. **Write Result-หรือ ภาคการเขียนข้อมูลกลับ** เมื่อทำการประมวลผลเสร็จสิ้น ผลลัพธ์ที่ได้ก็จะนำไปเก็บไว้ใน register หรือ ใน Data Cache ซึ่งบางทีขั้นตอนนี้ ก็ถูกมองรวมไว้กับขั้นที่ 4

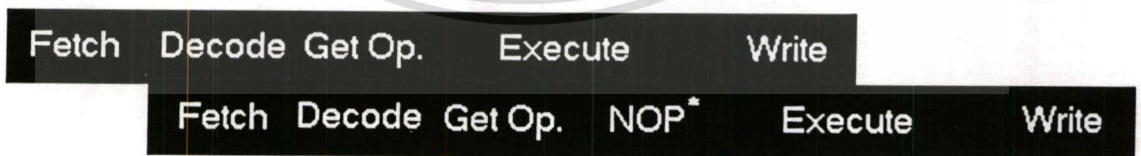


บางตำรา อาจมีการรวมขั้นตอนทั้ง 5 ดังกล่าว ให้เหลือเพียงแค่ 3 ขั้นตอนคือ Instruction Fetch, Instruction Decode และ Execute เท่านั้น แต่ก็ยังคงหลักสำคัญเดิมอยู่ การทำงาน (ทั้งทางทฤษฎี และ ทางปฏิบัติจริง) ของ Pipeline จะเป็นดังรูปนี้

การทำงานของ Pipeline ตามทฤษฎี



การทำงานของ Pipeline ในทางปฏิบัติจริง



\* NOP = No Operation หรือ ไม่มีการทำอะไรเป็นช่วงการรอ (Wait State)

กล่าวคือ เมื่อ ภาครับคำสั่ง รับคำสั่งมา ก็จะทำการส่งต่อให้ ภาคแปลคำสั่ง เมื่อส่งต่อให้ แล้วก็จะทำการรับคำสั่งถัดไปทันที และเมื่อภาคแปลคำสั่งได้รับคำสั่ง ก็จะทำการแปลและแยกแยะคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วส่งต่อให้ภาครับข้อมูลต่อไปเป็นทอดๆซึ่งทำให้สามารถทำงานได้หลายๆ คำสั่งในขณะเวลาเดียวกัน แต่ในความเป็นจริงนั้น ช่วงเวลาบางช่วงอาจยาวเกินช่วงอื่นๆได้ โดยเฉพาะช่วงของการประมวลผล ซึ่งอาจนานกว่าช่วงอื่นๆ เป็นเท่าตัว ทำให้เกิดช่วงของการรอ (Wait State) ได้ ซึ่งก็อาจทำให้การทำงานช้าลงไปเล็กน้อย

#### 2.4 ซุปเปอร์สเกลลา (Superscalar)

ถ้า Pipeline คือการทำงานให้แต่ละคำสั่งนั้นคาบเกี่ยวกัน (Overlap) ก็จะสามารถรับคำสั่งถัดไปได้ ในขณะที่กำลังทำงานในคำสั่งใดๆอยู่ Superscalar ก็คือ จะทำงานพร้อมๆกันไปเลยหลายๆคำสั่ง ซึ่งจะนำเอา Pipeline หลายๆ Pipeline มาทำงานขนานกันไป ดังภาพที่ 6.10

#### หลักการการทำงานของ Superscalar

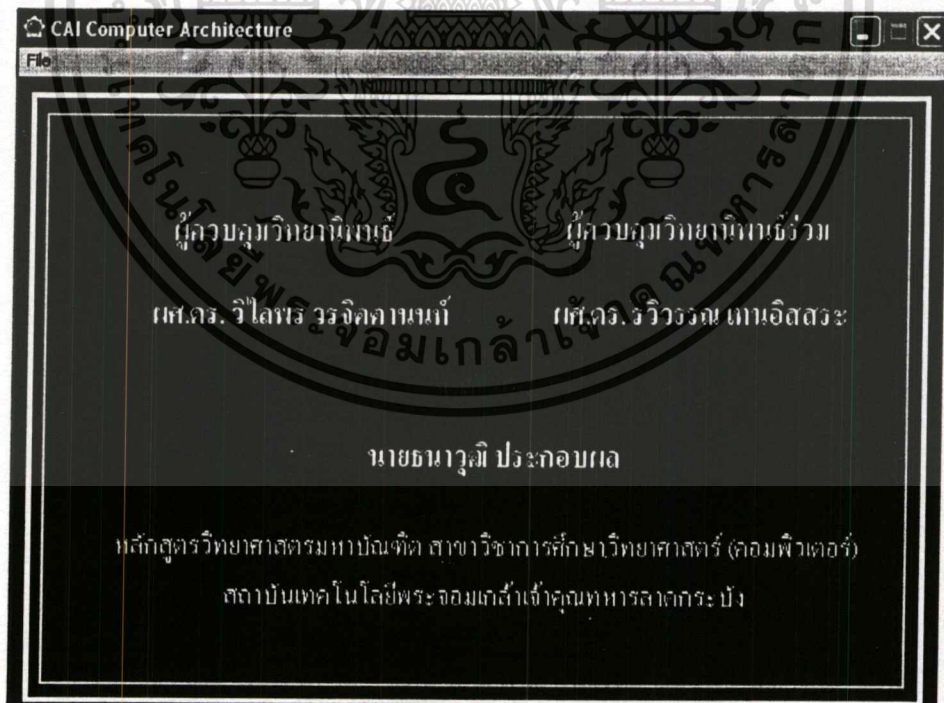
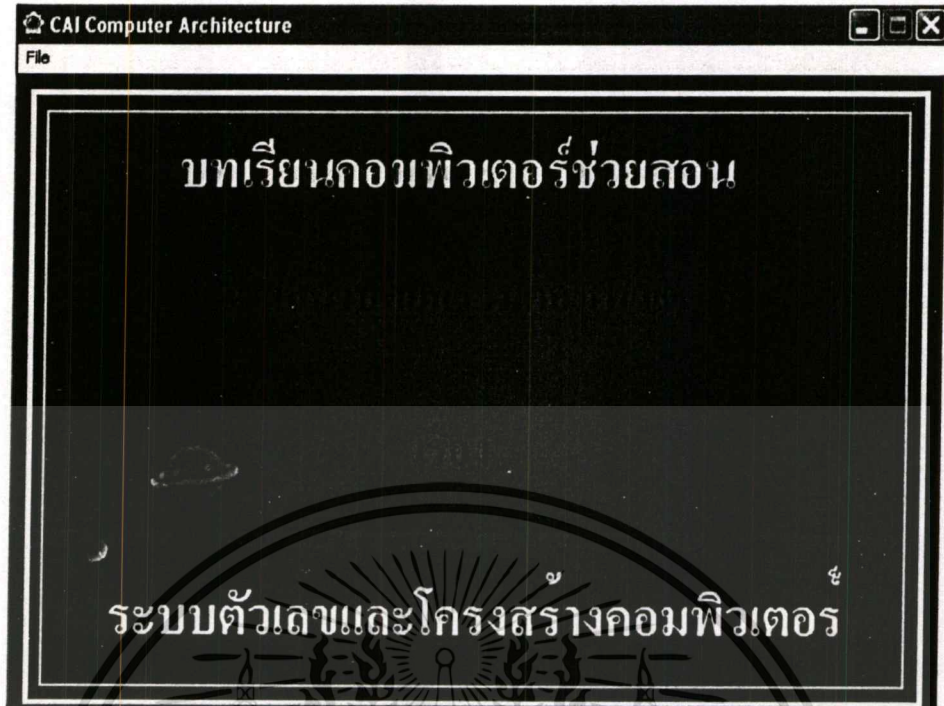
|       |        |         |         |       |
|-------|--------|---------|---------|-------|
| Fetch | Decode | Get Op. | Execute | Write |
| Fetch | Decode | Get Op. | Execute | Write |

สถาปัตยกรรมแบบ Superscalar ได้ถูกนำมาใช้บน CISC เป็นครั้งแรก กับ Intel Pentium (Classic) ซึ่งมี Pipeline อยู่ 2 Pipeline กล่าวคือ สามารถทำงาน 2 คำสั่งได้พร้อมๆกัน แบบอัตโนมัติ เมื่อรับคำสั่งจากโปรแกรมใดๆ มาแล้ว ก็จะทำการแยกคำสั่งนั้นๆ ไปให้กับ Pipeline ทั้งคู่ (ซึ่งเรียกว่า U-Pipeline และ V-Pipeline) ถึงแม้ว่าจะแยกคำสั่งออกได้ไม่ทั้งหมด เพราะยังมีการรอค่า หรือมีความเชื่อมโยงภายในของโปรแกรมอยู่ แต่มันก็จะพยายามแยกออกให้ได้มากที่สุด

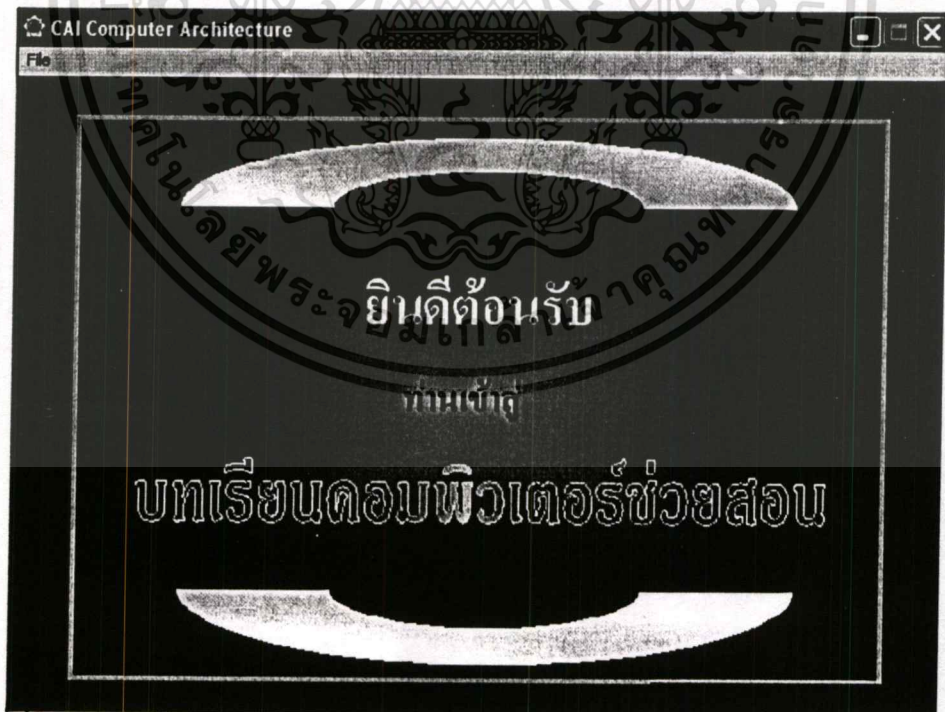
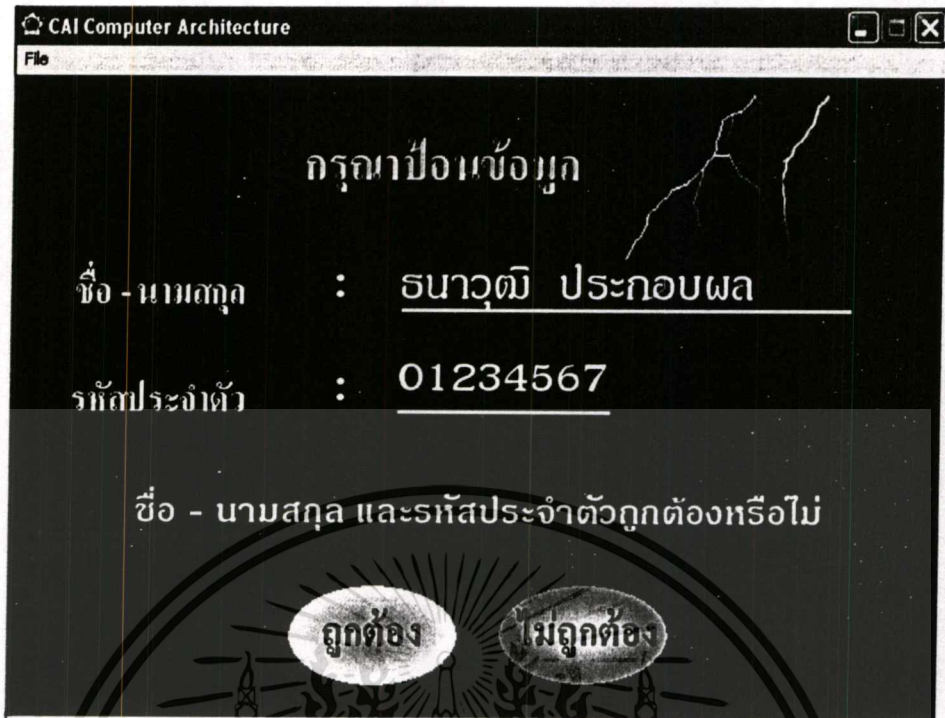


**ภาคผนวก ข**  
**ตัวอย่างบทเรียน**

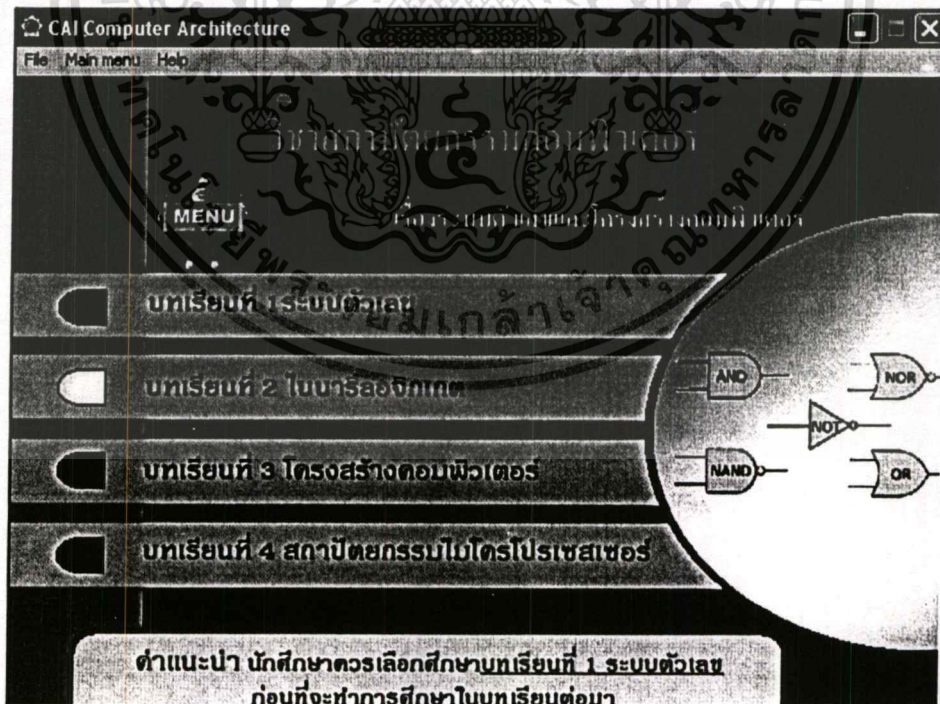
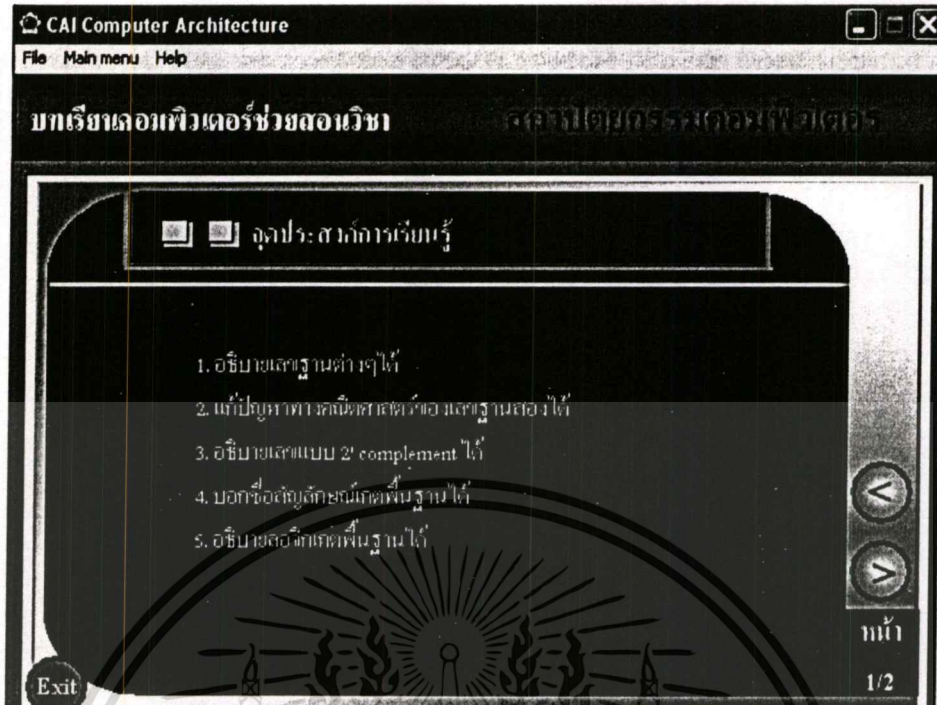
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CAI Computer Architecture

File Main menu Help

บทเรียนเลขทวิภาคีช่วยสอนวิชา เลขทวิภาคีโดยกรมคอมพิวเตอร์

บทเรียนที่ 1 ระบบตัวเลข

ตัวอย่างการแปลง เลขทวิภาคี (11111000011100.10011)<sub>2</sub> ให้เป็นเลขฐานสิบหก

(Binary to Hexadecimal Number)

วิธีทำ

$$(11111000011100.10011)_2 = (0111\ 1110\ 0001\ 1100.1001\ 1000)_2$$

$$= (7\ E\ 1\ C.\ 8)_{16}$$

คำตอบ  $(11111000011100.10011)_2 = (7E1C.98)_{16}$

Exit

หน้า 11/21

CAI Computer Architecture

File Main menu Help

บทเรียนเลขทวิภาคีช่วยสอนวิชา เลขทวิภาคีโดยกรมคอมพิวเตอร์

บทเรียนที่ 1 ระบบตัวเลข

ตัวอย่างการแปลง เลขทวิภาคี (1100.111) และ (0101.111)

| วิธีทำ | การบวกเลขฐานสอง | คำตอบ | การบวกเลขฐานสอง |
|--------|-----------------|-------|-----------------|
| 11     | บวก             | 11    | 111             |
| 099    | ตั้ง            | 0110  | 0011            |
| 095    | บวก             | 0101  | 1111            |
| 194    | ผลต่าง          | 1100  | 0010            |

คำตอบ 1100 0010

Exit

หน้า 16/21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CAI Computer Architecture

File Main menu Help

บทเรียนเลขทวิภาคีช่วยสาขาวิชา

บทเรียนที่ 1 ระบบตัวเลข

7.3.2 รูปแบบเลขทวิภาคีแบบเติม (2's Complement System)

1. ถ้าเป็นเลขบวกไม่ต้องเปลี่ยนแปลงใดๆ
2. ถ้าเป็นเลขลบให้กลับค่า (complement) ทุกบิต และบวกด้วย 1

ตัวอย่างเช่น ถ้าหากเรามีเลข -6 เราสามารถแทนด้วยเลขทวิภาคีแบบเติมได้ดังนี้

$$-6 \rightarrow 0000\ 0110 + 1 = 1111\ 1001 + 1$$

$$= 1111\ 1010 = \text{FAH}$$

Exit

หน้า 19/21

CAI Computer Architecture

File Main menu Help

บทเรียนเลขทวิภาคีช่วยสาขาวิชา

บทเรียนที่ 2 ไมโครอิเล็กทรอนิกส์

1.6 เอกกฤตช์ ออร์เกต (Exclusive OR Gate)

Exclusive OR Gate คือ Gate ที่ให้ Output เป็น Logical 1 ก็ต่อเมื่อ Input มี Logical ต่างกันและจะให้ Output เป็น Logical 0 ก็ต่อเมื่อ Input มี Logical เหมือนกัน เราสามารถเขียนสมการลอจิกสำหรับเอาต์พุต ตารางค่าความจริง (True table) และสัญลักษณ์ของ Exclusive OR Gate ได้ดังนี้

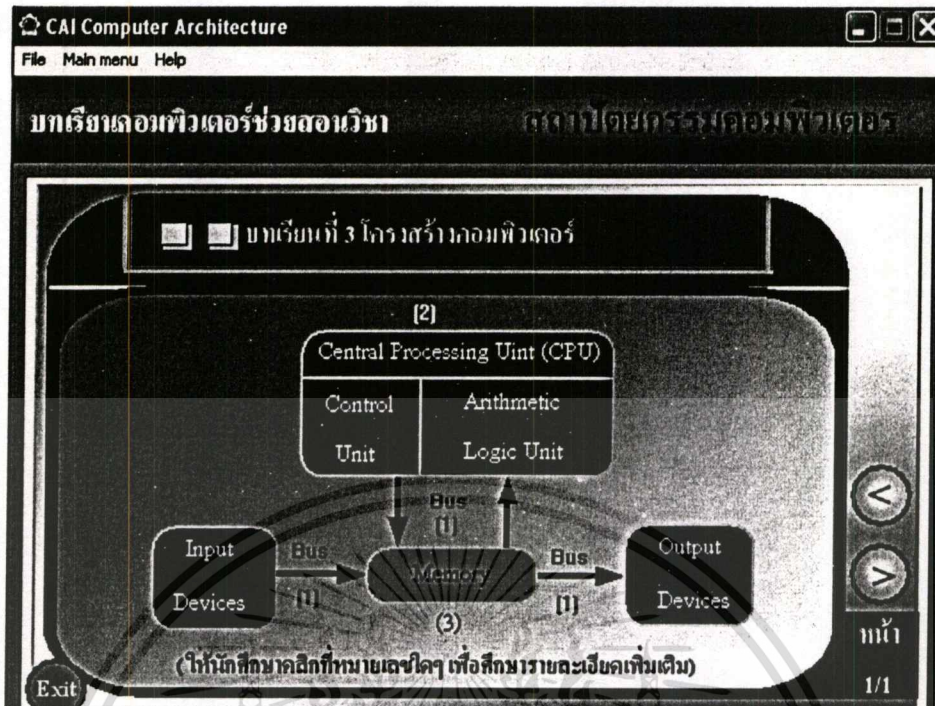
$$X = A \oplus B$$

| A | B | X = A ⊕ B |
|---|---|-----------|
| 0 | 0 | 0         |
| 0 | 1 | 1         |
| 1 | 0 | 1         |
| 1 | 1 | 0         |

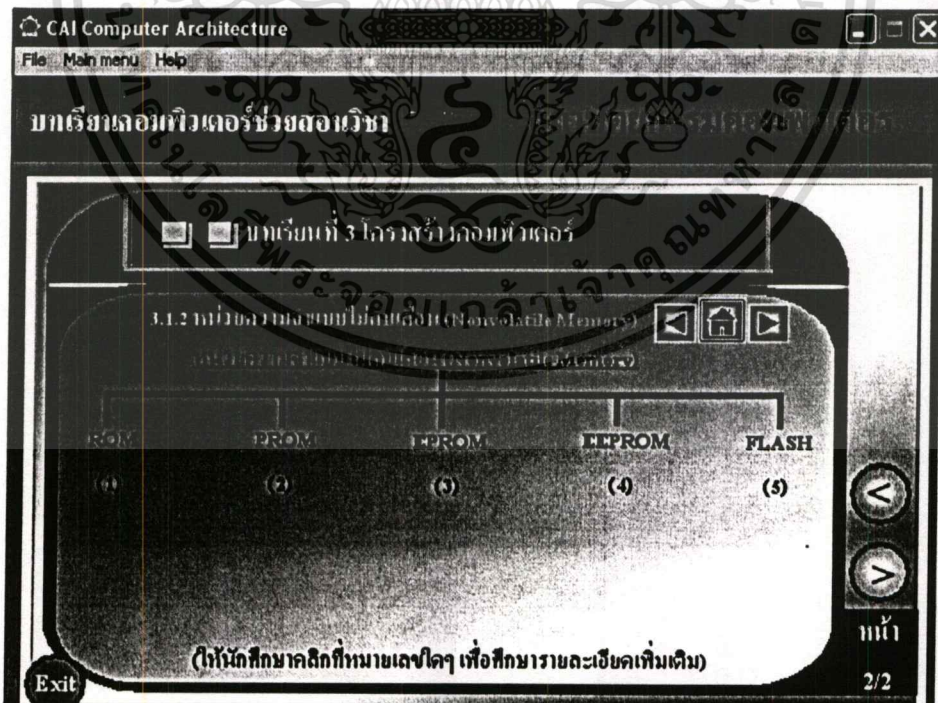
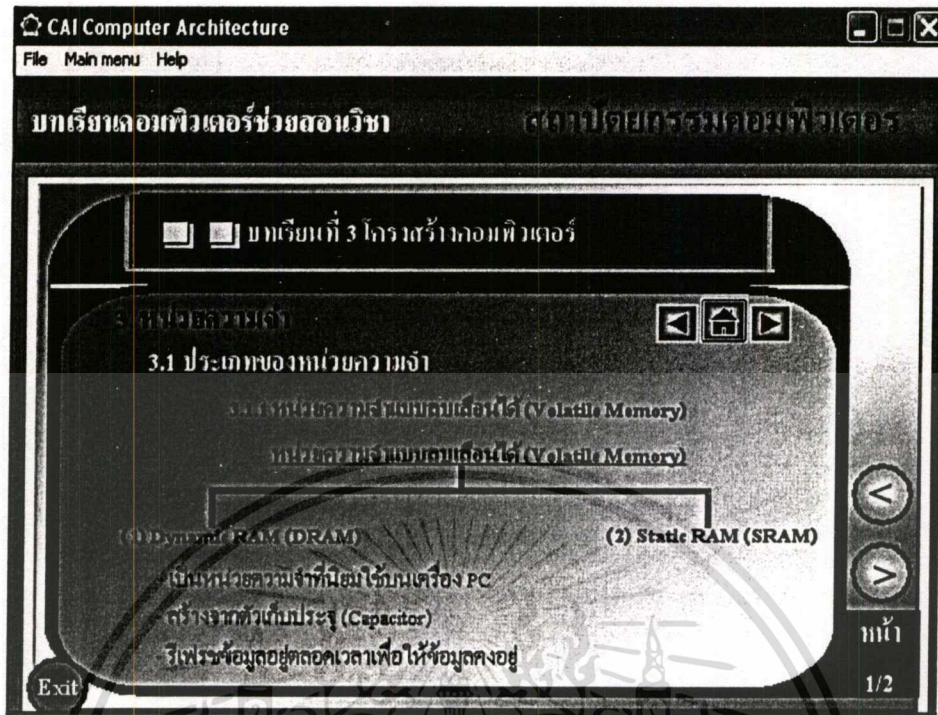
Exit

หน้า 6/6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

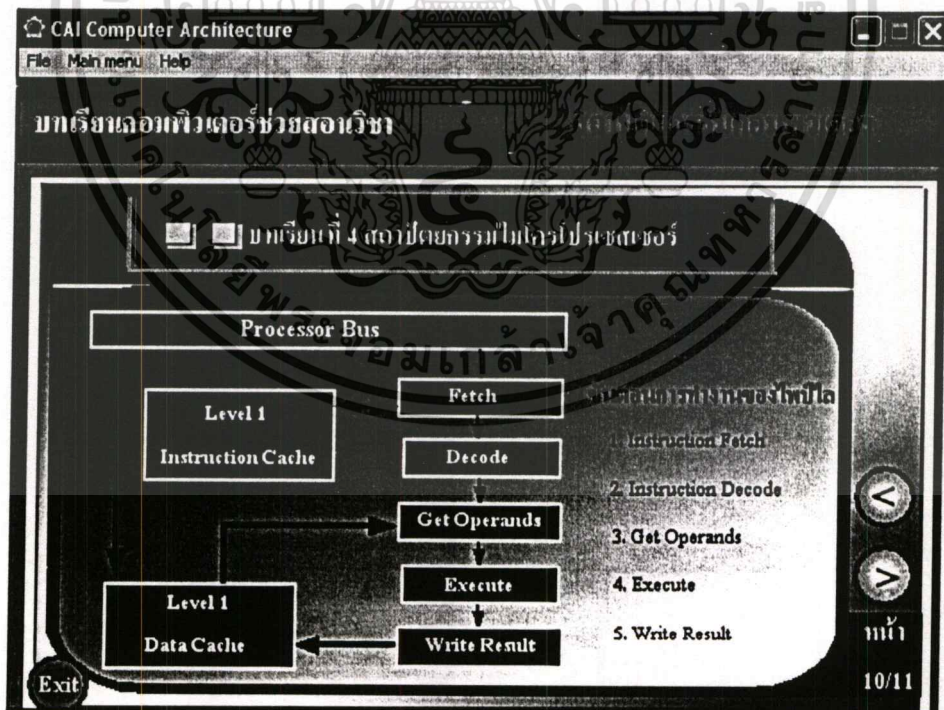


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

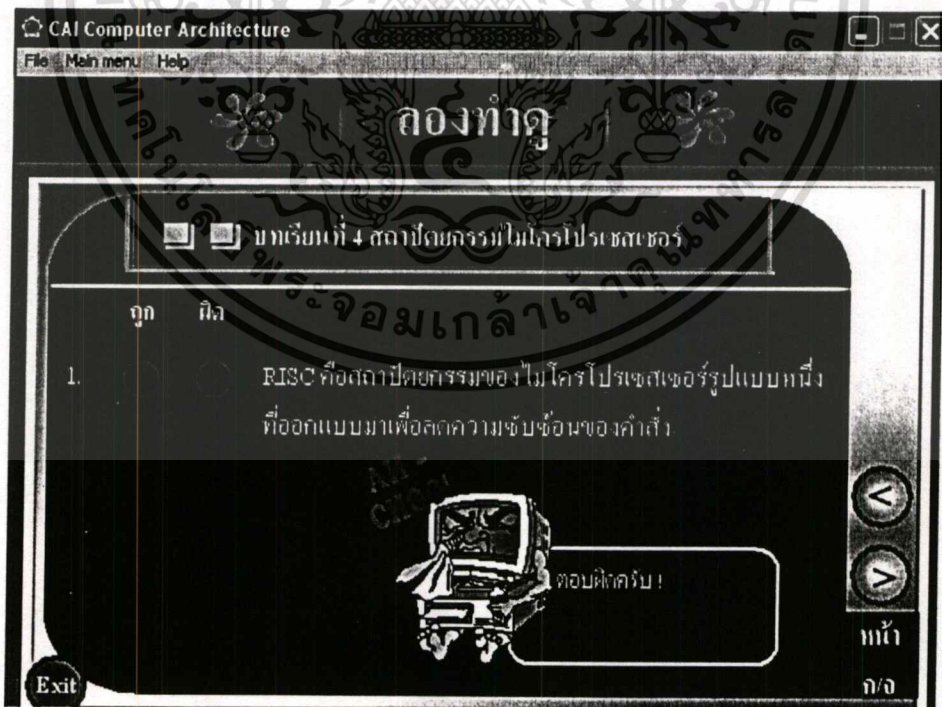
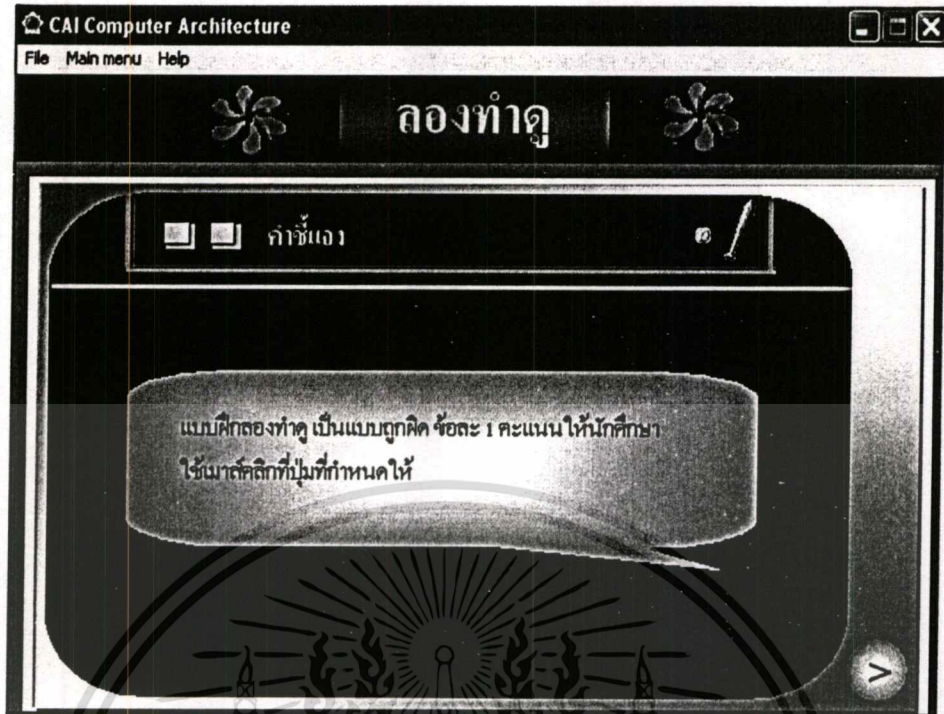


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

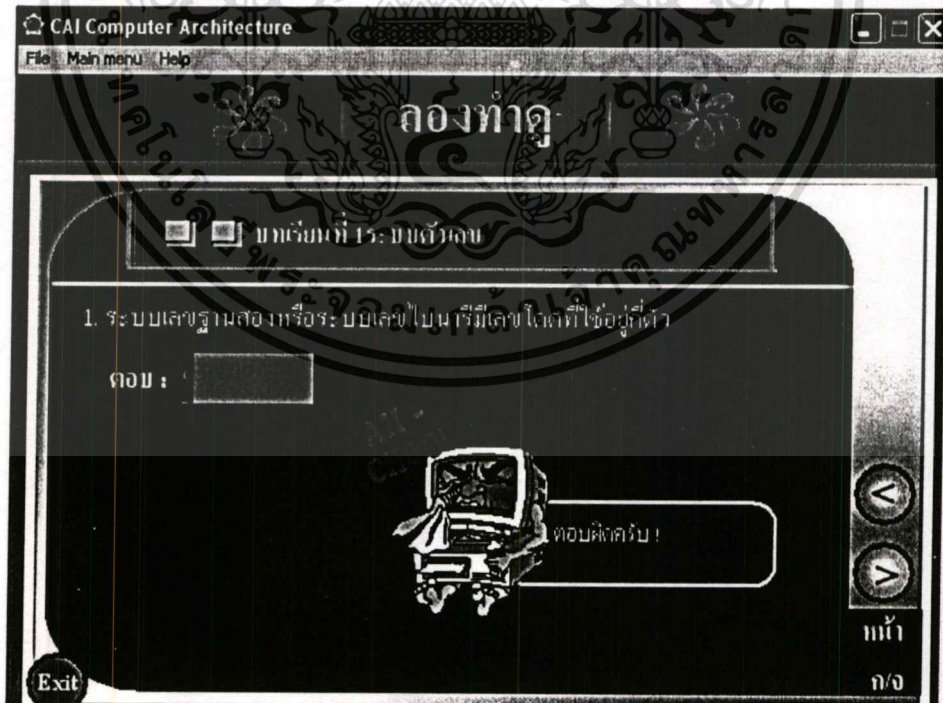
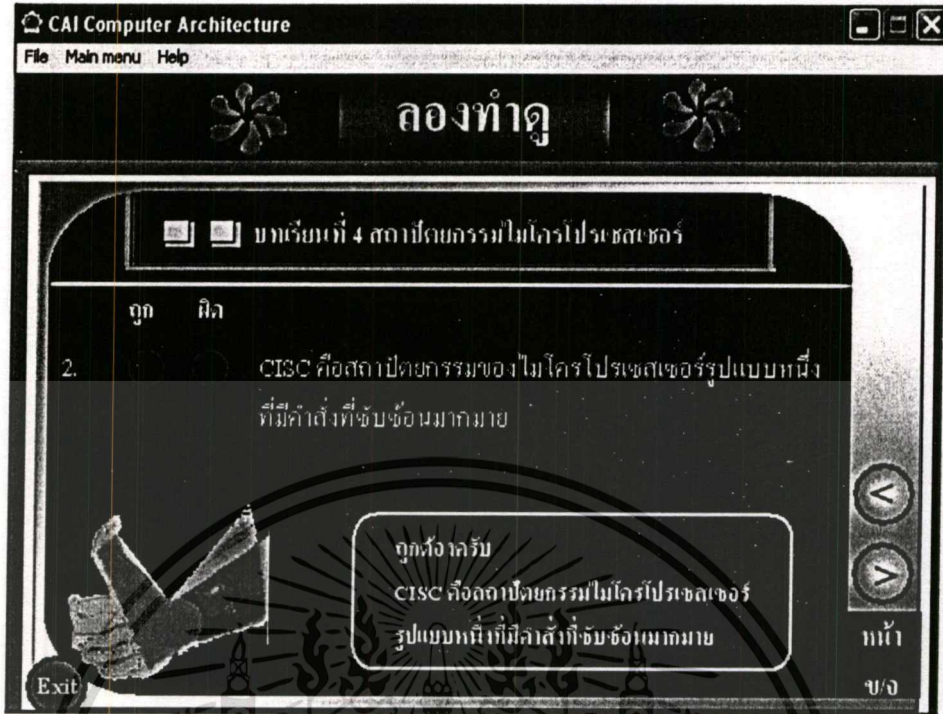




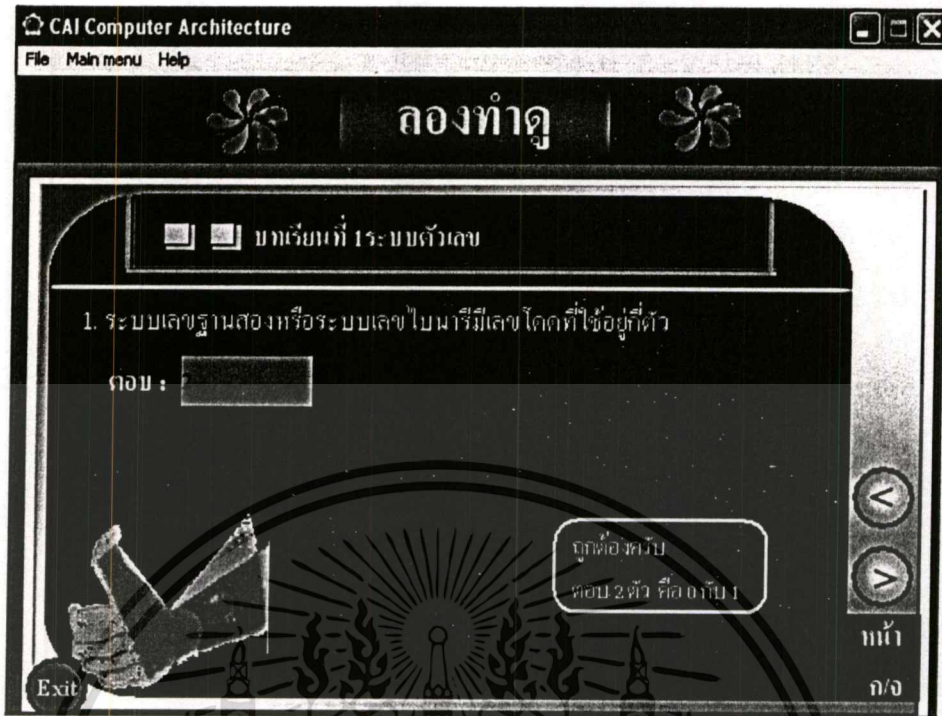
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



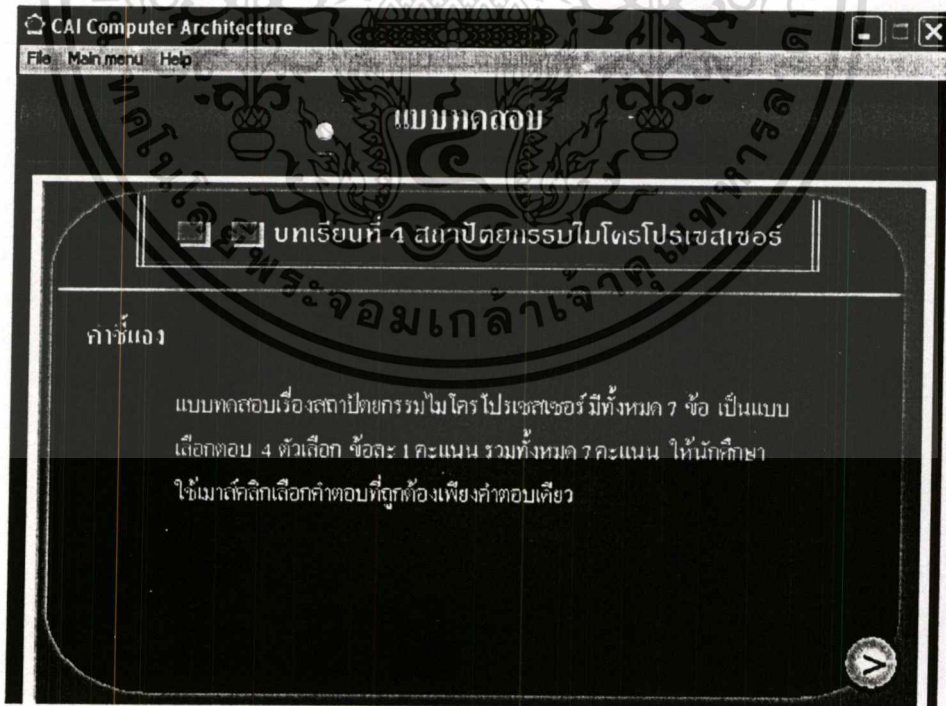
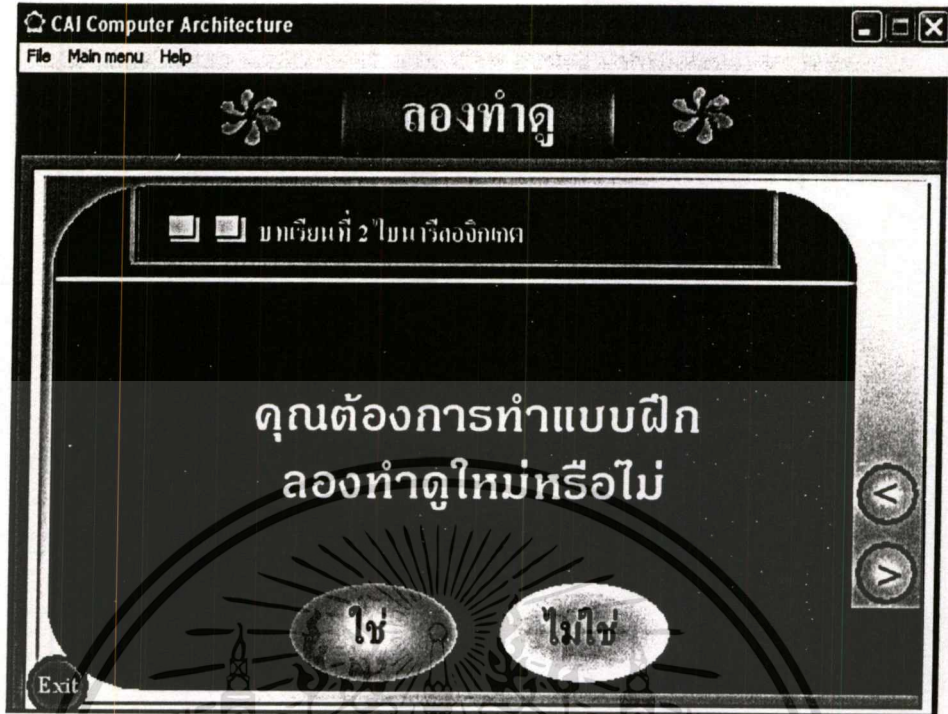
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



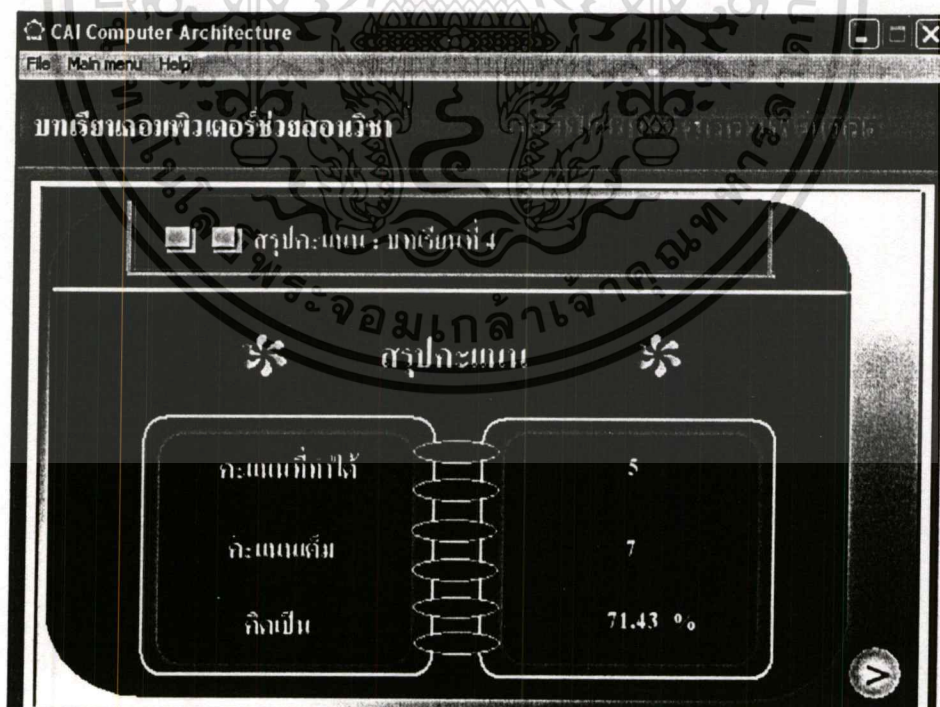
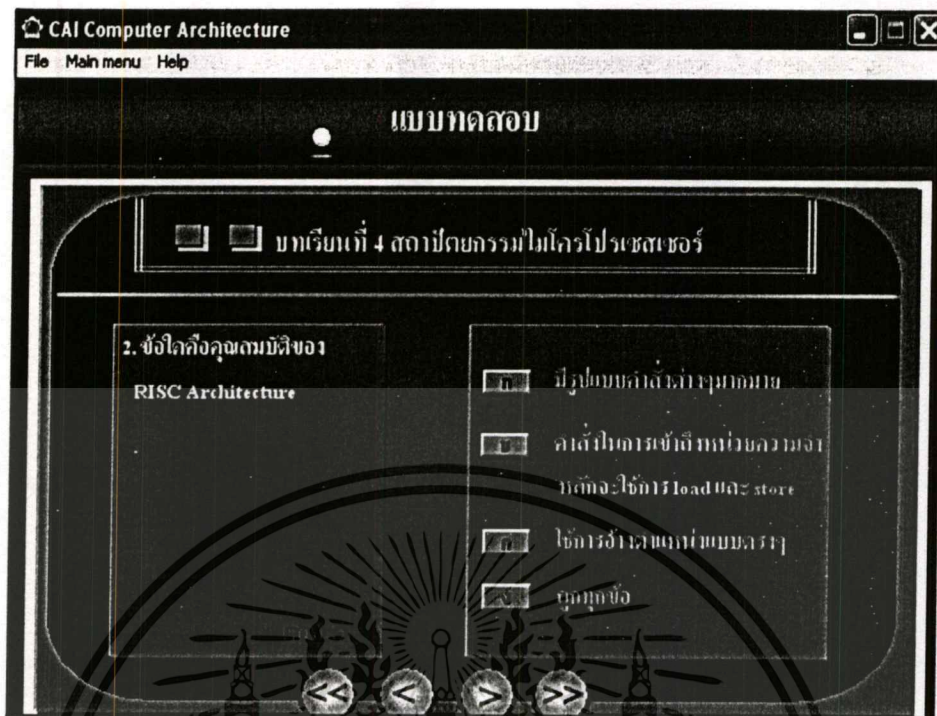
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



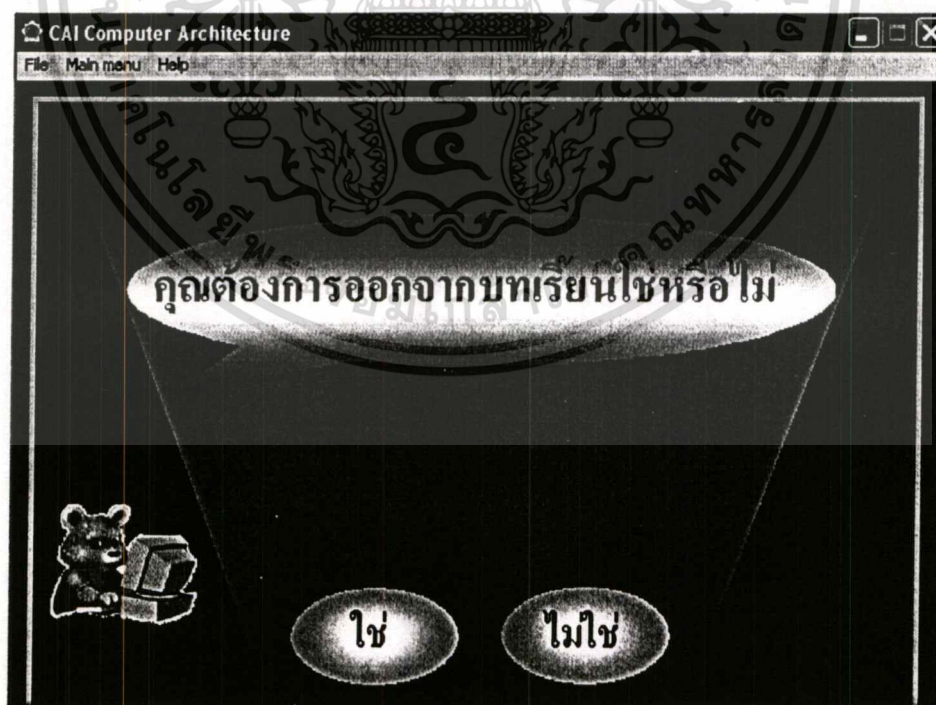
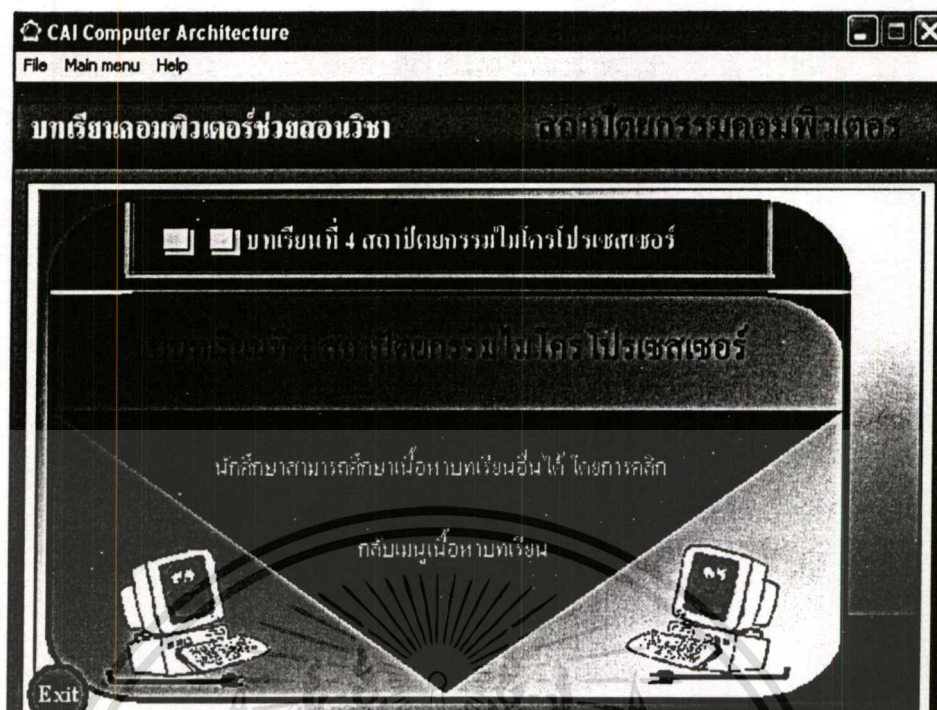
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาคผนวก ก**  
**แบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลสัมฤทธิ์วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์**  
**เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพ์ วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์  
เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์

คะแนนเต็ม 20 คะแนน

คำชี้แจง

แบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของผลลัพ์ วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ ทั้งหมด 20 ข้อ เป็นข้อสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก แต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ให้นักศึกษาเลือกตอบข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. ข้อใดไม่ใช่สัญลักษณ์ของเลขฐานสิบหก

ก. 0                      ข. 9                      ค. A                      ง. G

2. สัญลักษณ์เลขฐานสิบหก สัญลักษณ์ใดมีค่ามากที่สุด

ก. C                      ข. D                      ค. E                      ง. F

3. จงแปลงเลขฐานสิบ 51 ให้เป็นเลขฐานสอง

ก. 110011                      ข. 101001  
ค. 110111                      ง. 110110

4.  $1101 + 1111$  มีค่าเท่ากับเท่าไร

ก. 01100                      ข. 11010  
ค. 11100                      ง. 10101

5. กำหนดให้เลขไบนารี 01101011 จงหาทุกคอมพลิเมนต์ของเลขไบนารีนี้

ก. 10010100                      ข. 10110101  
ค. 10101010                      ง. 11110000

6. ทุกวันนี้ส่วนใหญ่แล้วเลขฐานสองที่เป็นค่าลบจะอยู่ในรูปใด

ก. วันคอมพลิเมนต์                      ข. ทุกคอมพลิเมนต์  
ค. เครื่องหมายและขนาด                      ง. คำสัมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. สัญลักษณ์ต่อไปนี้ เป็นลอจิกเกตชนิดใด



ก. NOT GATE

ข. OR GATE

ค. AND GATE

ง. NOR GATE

8. จากสัญลักษณ์ในข้อที่ 7. เมื่อให้ INPUT A เป็น 1 INPUT B เป็น 1 ค่าของ X จะมีค่าเท่าไร

ก. 1

ข. 0

ค. ไม่มีข้อถูก

ง. ถูกทั้งข้อ ก. และ ข.

9. สัญลักษณ์ต่อไปนี้ เป็นลอจิกเกตชนิดใด



ก. NOT GATE

ข. OR GATE

ค. AND GATE

ง. NOR GATE

10. จากสัญลักษณ์ในข้อที่ 9. เมื่อให้ INPUT A เป็น 1 INPUT B เป็น 0 ค่าของ X จะมีค่าเท่าไร

ก. 1

ข. 0

ค. ไม่มีข้อถูก

ง. ถูกทั้งข้อ ก. และ ข.

11. ระบบคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยหน่วยใดบ้าง

ก. INPUT,CPU,ALU,OUTPUT

ข. ALU,CPU,RAM,OUTPUT

ค. INPUT,CPU,MEMORY,ALU

ง. INPUT,CPU,MEMORY,OUTPUT

12. หน้าที่ของหน่วยประมวลผลกลางคือข้อใด

ก. อ่านและแปลคำสั่งที่เขียนไว้ในโปรแกรม

ข. ประมวลผลตามคำสั่งที่เขียนไว้ในโปรแกรม

ค. ย้ายข้อมูลและคำสั่งจากหน่วยงานหนึ่งไปยังอีกหน่วยงานหนึ่ง

ง. ถูกทุกข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 13. สภาวะเฟลท์ หมายถึงข้อใด

- ก. กระบวนการที่ CPU อ่านรหัสคำสั่งจากหน่วยความจำและถอดรหัสคำสั่งนั้น
- ข. กระบวนการที่ CPU เริ่มทำตามคำสั่งนั้น
- ค. การเขียนคำสั่งไปเก็บไว้ใน CPU
- ง. การเขียนคำสั่งไปเก็บไว้ใน Memory

## 14. Operation Code หมายถึงอะไร

- ก. การอ่านคำสั่ง
- ข. การทำคำสั่ง
- ค. รหัสของการทำคำสั่ง
- ง. รหัสของสถานที่ในการทำคำสั่ง

## 15. ข้อใดคือหน่วยความจำแบบลบเลือน (Volatile Memory)

- ก. ROM
- ข. PROM
- ค. FLASH
- ง. RAM

16. ถ้า RISC มีเพียงคำสั่งบวกและลบ นักศึกษาคิดว่าสถาปัตยกรรมแบบ RISC ทำการหาผลลัพธ์ของ  $6 \times 3$  จะใช้กี่สัญญาณนาฬิกา

- ก. 2 สัญญาณนาฬิกา
- ข. 4 สัญญาณนาฬิกา
- ค. 6 สัญญาณนาฬิกา
- ง. 8 สัญญาณนาฬิกา

## 17. ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อบ่งบอกถึงการประมวลผลแบบขนานได้เด่นชัดที่สุด

- ก. เป็นการทำงานสองส่วนพร้อมๆกันโดยจะนำไมโครโปรเซสเซอร์สองตัวมาบรรจุอยู่ในระบบเดียวกันและงานทั้งสองส่วนจะไม่ต้องรอผลลัพธ์จากอีกส่วนหนึ่ง
- ข. มีหน่วยประมวลผลร่วมแยกออกจากตัวประมวลผลหลัก เพราะว่าตัวประมวลผลร่วมจะทำหน้าที่พิเศษบางอย่างที่มันสามารถทำงานได้เร็วกว่าให้หน่วยประมวลผลหลักทำ
- ค. เทคนิคทางสถาปัตยกรรมคล้ายกับสายงานการผลิต
- ง. การออกแบบให้มีการอ่านคำสั่งบ่อยๆ

## 18. ไทป์ไลน์ (Pipeline) หมายถึงข้อใด

- ก. การประมวลผลร่วม
- ข. ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถทำคำสั่งหลายๆคำสั่งในเวลาเดียวกันได้
- ค. การเพิ่มขนาดของบัฟให้ใหญ่
- ง. ถูกทุกข้อ

19. ข้อใดกล่าวถึง Superscalar และ Pipeline ได้ถูกต้อง

- ก. Superscalar และ Pipeline คือการออกแบบสถาปัตยกรรมไมโครโปรเซสเซอร์
- ข. Superscalar คือการนำเอา Pipeline หลายๆ Pipeline มาทำงานขนานกันไป ส่วน Pipeline คือการทำงานให้แต่ละคำสั่งนั้นคาบเกี่ยวกัน (Overlap)
- ค. ถูกทั้ง ก. และ ข.
- ง. ไม่มีข้อถูก

20. CISC ย่อมาจากอะไร

- ก. Complex Instruction Set Computer
- ข. Counter Instruction Sequence Computer
- ค. Computer Instruction Sequence Computer
- ง. Counter Instruction Set Computer





**ภาคผนวก ง**  
**แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน**  
**วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและ**  
**โครงสร้างคอมพิวเตอร์ (ด้านเนื้อหา)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชา สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบ  
ตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ

คำชี้แจง

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชา สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบ  
ตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นสื่อในการเรียนการสอนนั้น เพื่อ  
ให้สื่อการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพและความสมบูรณ์ถูกต้องมากยิ่งขึ้นผู้วิจัยใคร่ขอความกรุณา  
ให้ผู้ทรงคุณวุฒิแสดงความคิดเห็นของท่านลงในแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย  
สอนเพื่อทบทวนที่ผู้วิจัยได้แนบมาพร้อมกันนี้

ซึ่งผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลนี้ไว้เป็นความลับ และผู้วิจัยขอแสดงความขอบพระคุณท่านมา ณ ที่

นี้ด้วย

ธนาวุฒิ ประกอบผล



**แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเนื้อหา)**  
**บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชา สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์**  
**เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์**

คำชี้แจง

กรุณาทำเครื่องหมาย / ลงในช่องซึ่งตรงกับความคิดเห็นของท่าน

| รายการประเมิน  | ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ |                 |          |                 |                          |
|--|----------------------------------|-----------------|----------|-----------------|--------------------------|
|  | เห็นด้วย<br>อย่างยิ่ง            | เห็นด้วย<br>มาก | เห็นด้วย | ไม่เห็น<br>ด้วย | ไม่เห็นด้วย<br>อย่างยิ่ง |
| 1. เนื้อหานำไปสู่วัตถุประสงค์การเรียนรู้ได้ง่าย..... | .....                            | .....           | .....    | .....           | .....                    |
| 2. เนื้อหานำไปสู่ข้อสรุปได้ง่าย.....                 | .....                            | .....           | .....    | .....           | .....                    |
| 3. ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่าย.....                | .....                            | .....           | .....    | .....           | .....                    |
| 4. เนื้อหาของบทเรียนมีความเหมาะสม.                   | .....                            | .....           | .....    | .....           | .....                    |
| 5. รูปภาพประกอบนำไปสู่การเรียนรู้ได้ง่าย.....        | .....                            | .....           | .....    | .....           | .....                    |

ความคิดเห็นเพิ่มเติม.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่ .....เดือน..... พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาคผนวก จ**  
**แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน**  
**วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและ**  
**โครงสร้างคอมพิวเตอร์ (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)  
 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์  
 เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์

คำชี้แจง

กรุณาทำเครื่องหมาย / ลงในช่องซึ่งตรงกับความคิดเห็นของท่าน

| รายการประเมิน  | ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ |                 |          |                 |                          |
|--|----------------------------------|-----------------|----------|-----------------|--------------------------|
|  | เห็นด้วย<br>อย่างยิ่ง            | เห็นด้วย<br>มาก | เห็นด้วย | ไม่เห็น<br>ด้วย | ไม่เห็นด้วย<br>อย่างยิ่ง |
| 1. การนำเข้าสู่เนื้อหาดึงดูดใจ.....                            | .....                            | .....           | .....    | .....           | .....                    |
| 2. รูปแบบการนำเสนอทำให้ผู้เรียนเกิด<br>การเรียนรู้ได้ง่าย..... | .....                            | .....           | .....    | .....           | .....                    |
| 3. ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา มีความ<br>เหมาะสม.....          | .....                            | .....           | .....    | .....           | .....                    |
| 4. การจัดวางองค์ประกอบต่างๆ มีความ<br>เหมาะสม.....             | .....                            | .....           | .....    | .....           | .....                    |
| 5. เสียงบรรยายมีความชัดเจน.....                                | .....                            | .....           | .....    | .....           | .....                    |
| 6. เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน.....                               | .....                            | .....           | .....    | .....           | .....                    |
| 7. การใช้ภาษาเหมาะสม.....                                      | .....                            | .....           | .....    | .....           | .....                    |
| 8. ใช้แทนการสอนของครูได้.....                                  | .....                            | .....           | .....    | .....           | .....                    |
| 9. ผู้เรียนสามารถเลือกศึกษาบทเรียนได้.....                     | .....                            | .....           | .....    | .....           | .....                    |

ความคิดเห็นเพิ่มเติม.....

.....  
 .....  
 .....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

ตารางที่ 6.1 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน  
เพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลข  
และโครงสร้างคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 6.1 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์

| รายการประเมิน   | $\bar{X}$   | S           | ระดับคุณภาพ |
|---|-------------|-------------|-------------|
| <b>ด้านเนื้อหา</b>                                    |             |             |             |
| 1. เนื้อหานำไปสู่วัตถุประสงค์การเรียนรู้ได้ง่าย       | 4.34        | 0.58        | ดี          |
| 2. เนื้อหานำไปสู่ข้อสรุปได้ง่าย                       | 3.67        | 0.58        | ดี          |
| 3. ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่าย                      | 4.34        | 0.58        | ดี          |
| 4. เนื้อหาของบทเรียนมีความเหมาะสม                     | 4.67        | 0.58        | ดีมาก       |
| 5. รูปภาพประกอบนำไปสู่การเรียนรู้ได้ง่าย              | 4.67        | 0.58        | ดีมาก       |
| <b>ด้านเนื้อหาโดยรวม</b>                              | <b>4.34</b> | <b>0.62</b> | <b>ดี</b>   |
| <b>ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ</b>                          |             |             |             |
| 1. การนำเข้าสู่เนื้อหาดึงดูดใจ                        | 4.34        | 0.58        | ดี          |
| 2. รูปแบบการนำเสนอทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่าย | 5.00        | 0.00        | ดีมาก       |
| 3. ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหาที่มีความเหมาะสม        | 4.67        | 0.58        | ดีมาก       |
| 4. การจัดวางองค์ประกอบต่างๆมีความเหมาะสม              | 4.34        | 0.58        | ดี          |
| 5. เสียงบรรยายมีความชัดเจน                            | 4.67        | 0.58        | ดีมาก       |
| 6. เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน                           | 4.34        | 0.58        | ดี          |
| 7. การใช้ภาษาเหมาะสม                                  | 3.67        | 0.58        | ดี          |
| 8. ใช้แทนการสอนของครูได้                              | 4.67        | 0.58        | ดีมาก       |
| 9. ผู้เรียนสามารถเลือกศึกษาบทเรียนได้                 | 4.67        | 0.58        | ดีมาก       |
| <b>ด้านเทคนิคการผลิตสื่อโดยภาพรวม</b>                 | <b>4.49</b> | <b>0.58</b> | <b>ดี</b>   |

#### หมายเหตุ

เกณฑ์การประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ

|             |   |             |
|-------------|---|-------------|
| 4.50 – 5.00 | คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ | ดีมาก       |
| 3.50 – 4.49 | คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ | ดี          |
| 2.50 – 3.49 | คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ | ปานกลาง     |
| 1.50 – 2.49 | คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ | พอใช้       |
| 1.00 – 1.49 | คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับ | ควรปรับปรุง |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 6.1 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนวิชา สถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ เป็นดังนี้

ด้านเนื้อหา คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับดีมากและดี โดยมี ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.34 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.67 มี 2 รายการ ได้แก่ (4) เนื้อหาของบทเรียนมีความเหมาะสม และ (5) รูปภาพประกอบนำไปสู่การเรียนรู้ได้ง่าย รายการที่มีค่าเฉลี่ย 4.34 มี 2 รายการ ได้แก่ (1) เนื้อหานำไปสู่วัตถุประสงค์การเรียนรู้ได้ง่าย และ (3) ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่าย รายการที่มีค่าเฉลี่ย 3.67 มี 1 รายการ ได้แก่ (2) เนื้อหานำไปสู่ข้อสรุปได้ง่าย

ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอยู่ในระดับดีมากและดี โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.49 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 5.00 ได้แก่ (2) รูปแบบการนำเสนอทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่าย รายการที่มีค่าเฉลี่ย 4.67 มี 4 รายการ ได้แก่ (3) ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหาที่มีความเหมาะสม (5) เสียงบรรยายมีความชัดเจน (8) ใช้แทนการสอนของครูได้ และ (9) ผู้เรียนสามารถเลือกศึกษาบทเรียนได้ รายการที่มีค่าเฉลี่ย 4.34 มี 3 รายการ ได้แก่ (1) การนำเข้าสู่เนื้อหาดึงดูดใจ (4) การจัดวางองค์ประกอบต่างๆมีความเหมาะสม และ (6) เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน รายการที่มีค่าเฉลี่ย 3.67 มี 1 รายการ ได้แก่ (7) การใช้ภาษาเหมาะสม

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 6.2 ค่าความยากง่าย ( $p$ ) ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ของแบบทดสอบ  
วัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่อง  
ระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์ จำแนกตามรายชื่อ

ตารางที่ 6.2 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพของ  
ผลลัพธ์วิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์  
จำแนกตามรายชื่อ

| ข้อที่ | ค่าความยากง่าย (p) | ค่าอำนาจจำแนก (r) |
|--------|--------------------|-------------------|
| 1      | 0.83               | 0.20              |
| 2      | 0.76               | 0.46              |
| 3      | 0.70               | 0.06              |
| 4      | 0.80               | 0.26              |
| 5      | 0.86               | 0.33              |
| 6      | 0.93               | 0.13              |
| 7      | 0.90               | 0.06              |
| 8      | 0.76               | 0.20              |
| 9      | 0.90               | 0.06              |
| 10     | 0.76               | 0.46              |
| 11     | 0.83               | 0.06              |
| 12     | 0.80               | 0.06              |
| 13     | 0.43               | 0.33              |
| 14     | 0.73               | 0.13              |
| 15     | 0.80               | 0.26              |
| 16     | 0.73               | 0.06              |
| 17     | 0.80               | 0.13              |
| 18     | 0.90               | 0.06              |
| 19     | 0.33               | 0.40              |
| 20     | 0.63               | 0.06              |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ซ

ตารางที่ 6.3 กระบวนการสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและ  
โครงสร้างคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 คะแนนวิชาสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ เรื่องระบบตัวเลขและโครงสร้างคอมพิวเตอร์

| คนที่ | คะแนนแบบทดสอบระหว่างเรียน บทที่ |   |   |   |     | คะแนนแบบทดสอบ<br>วัดประสิทธิภาพของ<br>ผลลัพธ์ |
|-------|---------------------------------|---|---|---|-----|---|
|       | 1                               | 2 | 3 | 4 | รวม |   |
| 1     | 8                               | 4 | 5 | 6 | 23  | 18  |
| 2     | 5                               | 4 | 5 | 6 | 20  | 17  |
| 3     | 5                               | 3 | 4 | 5 | 17  | 16  |
| 4     | 9                               | 5 | 6 | 7 | 27  | 20  |
| 5     | 8                               | 4 | 6 | 5 | 23  | 18  |
| 6     | 9                               | 5 | 5 | 3 | 22  | 18  |
| 7     | 6                               | 4 | 7 | 5 | 22  | 18  |
| 8     | 10                              | 5 | 6 | 6 | 27  | 19  |
| 9     | 9                               | 5 | 5 | 4 | 23  | 17  |
| 10    | 5                               | 3 | 4 | 4 | 16  | 15  |
| 11    | 9                               | 5 | 7 | 6 | 27  | 18  |
| 12    | 8                               | 5 | 7 | 6 | 26  | 18  |
| 13    | 9                               | 5 | 7 | 6 | 27  | 20  |
| 14    | 5                               | 4 | 3 | 4 | 16  | 15  |
| 15    | 10                              | 5 | 5 | 7 | 27  | 18  |
| 16    | 9                               | 5 | 6 | 5 | 25  | 18  |
| 17    | 9                               | 5 | 7 | 7 | 28  | 19  |
| 18    | 8                               | 4 | 7 | 7 | 26  | 17  |
| 19    | 8                               | 5 | 6 | 6 | 25  | 19  |
| 20    | 10                              | 5 | 7 | 6 | 28  | 17  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

|                     |  |
|---------------------|--|
| ชื่อ - สกุล         | นายชนาวุฒิ ประกอบผล  |
| วัน เดือน ปี เกิด   | 28 มีนาคม 2523   |
| สถานที่เกิด         | อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ   |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน | บ้านเลขที่ 155 หมู่ 5 ตำบลนาเกลือ อำเภอพระสมุทรเจดีย์<br>จังหวัดสมุทรปราการ 10290  |
| ประวัติการศึกษา     | พ.ศ.2545 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>พ.ศ.2547 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์<br>(คอมพิวเตอร์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร<br>ลาดกระบัง |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้