

**การพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ : กรณีศึกษา
สถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย**

นางสาวรชยา วราจิตเกษม

**วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2555**

A DEVELOPMENT OF ONLINE 4D VIRTUAL MODEL :
A CASE STUDY OF PHIMAI SANCTUARY
ARCHITECTURE

Rachaya Varajitkasem

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Information Technology
Suranaree University of Technology
Academic Year 2012

การพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ : กรณีศึกษา

สถาปัตยกรรมประสาทพินัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(อาจารย์ ดร.ศุภกฤษณ์ นีวัฒนากุล)

ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ธรา อังสกุล)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อาจารย์ ดร.นิสาชล จันทร์ศรี)

กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ชูกิจ ลิ้มปีจันทร์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(อาจารย์ ดร.พีรศักดิ์ สิริโยธิน)

คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

รชยา วราจิตเกษม : การพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ : กรณีศึกษา
สถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย (A DEVELOPMENT OF ONLINE 4D VIRTUAL MODEL :
A CASE STUDY OF PHIMAI SANCTUARY ARCHITECTURE) อาจารย์ที่ปรึกษา:
อาจารย์ ดร.ธรา อังสกุล, 131 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์โดยใช้สถาปัตยกรรมของปราสาทพิมายเป็นกรณีศึกษา โดยการจำลองเป็นภาพกราฟิกในลักษณะของภาพ 4 มิติ โดยใช้ภาษาเอ็กซ์ตรีดี ซึ่งมิติที่ 4 คือมิติทางด้านเวลาเป็นตัวช่วยแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายในแต่ละช่วงเวลาทางประวัติศาสตร์โดยผ่านเว็บเบราว์เซอร์ และยังมีประโยชน์ในทางการศึกษาสถาปัตยกรรม แหล่งท่องเที่ยวเชิงโบราณสถาน ซึ่งเป็นการศึกษาแบบเอกัตบุคคล อีกทั้งยังเป็นศึกษาหาความรู้ได้ตลอดเวลาไม่จำกัดสถานที่ แบบจำลองนี้ได้ทำการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือนใน 5 ด้าน ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพ ด้านประสิทธิผล ด้านความยืดหยุ่น ด้านความสามารถในการเรียนรู้ และด้านความพึงพอใจ จากผู้เชี่ยวชาญ 15 คน พบว่า ค่าเฉลี่ยโดยรวมของความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือนอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.32$, S.D. = 0.39)

RACHAYA VARAJITKASEM : A DEVELOPMENT OF ONLINE 4D
VIRTUAL MODEL : A CASE STUDY OF PHIMAI SANCTUARY
ARCHITECTURE . THESIS ADVISOR : THARA ANGSAKUL, Ph.D.,
131 PP.

4D VIRTUAL MODEL/PHIMAI SANCTUARY ARCHITECTURE

The research aimed to study the development of online 4D virtual model using Phimai Sanctuary Architecture as a case study. The 4D graphic was constructed using the X3D language. The fourth dimension of graphic is time dimension that help us to understand the changes of Phimai Sanctuary Architecture in any period of time through web browser. The contribution of this study is not only for architectural study and historic tourist attraction, but also for individual study which can do anytime and anywhere. The usability of online 4D virtual model of Phimai Sanctuary Architecture was evaluated by 15 experts in 5 categories comprised of efficiency, effectiveness, flexibility, learnability and satisfaction. The results indicated that overall usability of the online 4D virtual model of Phimai Sanctuary Architecture is in high level ($\bar{X} = 4.32$, S.D. = 0.39)

School of Information Technology

Academic Year 2012

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความกรุณาและดูแลเอาใจใส่อันดียิ่งของ อาจารย์ ดร. ฐรา อังสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ รวมทั้ง ข้อคิดเห็น มุมมองต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยจึงใคร่ขอกราบ ขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ศุภกฤษฎี นิวัฒนากุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.นิสาชล จ่านงศรี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการ พิจารณาและให้คำแนะนำในการแก้ไข ปรับปรุงวิทยานิพนธ์ เสนอความรู้และข้อเสนอแนะที่เป็น ประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ ประสาทวิชา ความรู้ และประสบการณ์อันมีค่าที่ล้วนแต่มีประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ ให้สำเร็จลุล่วง ไปด้วยดี

ขอขอบคุณ อาจารย์ทงศักดิ์ หาญวงศ์ นักโบราณคดี ที่ได้เสียสละเวลาให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะในการพัฒนาแบบจำลองเสมือน นายศักดิ์ชัย พนจันน์นันทวานิชย์ ผู้อำนวยการ สำนักศิลปากรที่ 12 นครราชสีมา นางชุตินา จันท์เทศ นักโบราณคดี ระดับชำนาญการ และ เจ้าหน้าที่กรมศิลปากร 12 ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และให้ข้อมูลสำคัญที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยขึ้น

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ อภิบาลศรี อาจารย์ ดร.กิติพงษ์ ถือนาม และอาจารย์ ดร.กฤตยา นาคประสิทธิ์ ที่ได้สละเวลาตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามเพื่อใช้ ในการประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือน

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ และเพื่อนร่วมรุ่น MIT2 ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และช่วยเป็นกำลังใจสำคัญในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ มารดาและบิดาที่เป็นกำลังใจสำคัญและเป็นแรงผลักดัน ให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลงได้ด้วยดี

สารบัญ

| | หน้า |
|---|-----------|
| บทคัดย่อ (ภาษาไทย)..... | ก |
| บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)..... | ข |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ค |
| สารบัญ..... | ง |
| สารบัญตาราง..... | ช |
| สารบัญภาพ..... | ฉ |
| บทที่ | |
| 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... | 8 |
| 1.3 สมมติฐานการวิจัย..... | 8 |
| 1.4 ข้อยกเว้นเบื้องต้น..... | 8 |
| 1.5 ขอบเขตของการวิจัย..... | 8 |
| 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 8 |
| 1.7 คำอธิบายศัพท์..... | 9 |
| 2 ปรัชญาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 10 |
| 2.1 ทฤษฎีพื้นฐานเบื้องต้นในการสร้างภาพสามมิติ..... | 10 |
| 2.1.1 แนวคิดเทคโนโลยีเกี่ยวกับสร้างภาพเสมือนจริง..... | 12 |
| 2.2 การพัฒนาแบบจำลองเสมือน..... | 14 |
| 2.2.1 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ..... | 14 |
| 2.2.2 ภาษาเอ็กซ์ตรีดี..... | 15 |
| 2.2.3 เอ็กซ์ตรีคอม..... | 16 |
| 2.3 ทฤษฎีในการสร้างความรู้..... | 18 |
| 2.3.1 ทฤษฎีการรับรู้..... | 18 |
| 2.3.2 การเรียนรู้ด้วยตนเอง..... | 21 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|-----------|
| 2.4 การเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์..... | 22 |
| 2.4.1 ความหมายของการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์..... | 22 |
| 2.4.2 อีเลิร์นนิ่งและเว็บเบสเลิร์นนิ่งในปัจจุบัน..... | 25 |
| 2.4.3 ประโยชน์ของการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (e-Learning)..... | 26 |
| 2.5 ทฤษฎีการใช้ประโยชน์และความสามารถในการใช้งานได้..... | 27 |
| 2.5.1 ความหมายของความสามารถในการใช้งานได้..... | 27 |
| 2.5.2 องค์ประกอบของความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือน..... | 28 |
| 2.6 ประวัติศาสตร์ปราชญา..... | 30 |
| 2.6.1 ประวัติความเป็นมา..... | 32 |
| 2.6.2 สถาปัตยกรรม..... | 34 |
| 2.6.3 วัสดุที่ใช้..... | 41 |
| 2.6.4 การบูรณะปราชญา..... | 41 |
| 2.6.5 การบูรณะโดยวิธีอนัสติโลซิส..... | 44 |
| 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 48 |
| 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... | 57 |
| 3.1 วิธีการวิจัย..... | 57 |
| 3.1.1 ศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 58 |
| 3.1.2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ..... | 58 |
| 3.1.3 การพัฒนาระบบ..... | 59 |
| 3.1.4 การทดสอบและประเมินระบบ..... | 62 |
| 3.1.5 การนำไปใช้และบำรุงรักษา..... | 63 |
| 3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง..... | 63 |
| 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... | 64 |
| 3.4 การสร้าง และหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ..... | 64 |
| 3.4.1 การสร้างแบบสอบถาม..... | 64 |
| 3.4.2 การทดสอบความเที่ยงตรง (Validity)..... | 65 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------------|
| 3.5 การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล..... | 67 |
| 3.5.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล | 67 |
| 3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล..... | 68 |
| 3.6 การนำเสนอข้อมูล..... | 70 |
| 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล..... | 71 |
| 4.1 ผลการพัฒนาระบบ | 71 |
| 4.1.1 การพัฒนาแบบจำลองเสมือน | 71 |
| 4.1.2 การพัฒนาเว็บ 4 มิติออนไลน์..... | 76 |
| 4.2 ผลการศึกษาความสามารถในการใช้งานได้ | 95 |
| 4.2.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม | 95 |
| 4.2.2 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ | 97 |
| 4.2.3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม..... | 102 |
| 4.3 อภิปรายผล | 103 |
| 4.3.1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้..... | 103 |
| 4.3.2 การทดสอบความสามารถในการใช้งานได้..... | 103 |
| 4.3.3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม..... | 104 |
| 4.3.4 การได้มาซึ่งแบบจำลอง 4 มิติออนไลน์..... | 104 |
| 5 สรุปและข้อเสนอแนะ..... | 106 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย..... | 106 |
| 5.1.1 ด้านประสิทธิผล (Effectiveness)..... | 106 |
| 5.1.2 ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) | 106 |
| 5.1.3 ด้านความยืดหยุ่น (Flexibility)..... | 107 |
| 5.1.4 ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability) | 107 |
| 5.1.5 ด้านความพึงพอใจ (Satisfaction)..... | 107 |
| 5.2 ปัญหาในการวิจัย..... | 107 |
| 5.3 การประยุกต์ผลการวิจัย..... | 108 |
| 5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป | 108 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| รายการอ้างอิง | 110 |
| ภาคผนวก | |
| ภาคผนวก ก แบบประเมินความสามารถในการใช้งานระบบ | 121 |
| ภาคผนวก ข แบบประเมินทดสอบความเที่ยงตรง (Validity) โดยใช้ดัชนี IOC (Index of item Objective Congruence) | 126 |
| ประวัติผู้เขียน | 131 |



สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|----------|--|
| 2.1 | การเปลี่ยนแปลงสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย..... 44 |
| 2.2 | การเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติ แบบออนไลน์ 54 |
| 3.1 | ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อความ จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ต่อ องค์ประกอบความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือน 5 ด้าน 66 |
| 4.1 | ข้อมูลของผู้ใช้งานที่ทำการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้..... 96 |
| 4.2 | ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานด้านประสิทธิผล 97 |
| 4.3 | ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานด้านประสิทธิภาพ..... 98 |
| 4.4 | ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานด้านความยืดหยุ่น..... 99 |
| 4.5 | ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานด้านความสามารถในการเรียนรู้..... 99 |
| 4.6 | ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานด้านความพึงพอใจ..... 100 |
| 4.7 | สรุปผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือน ใน 5 ด้าน 101 |

สารบัญญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.1 แสดงความแตกต่างของลักษณะระหว่างพิเซลกับว็อกเซล | 11 |
| 2.2 แสดงแกน X, Y และ Z | 11 |
| 2.3 แสดงการนำภาพต้นแบบมาสร้างงาน 3 มิติ..... | 14 |
| 2.4 แสดงแบบจำลอง 3 มิติที่สร้างเสร็จแล้วในส่วนของปรารงค์ประธาน | 15 |
| 2.5 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของเอกซ์ตรีคอม..... | 17 |
| 2.6 กระบวนการรับรู้ของแวกเนอร์และฮอลเลนเบค..... | 19 |
| 2.7 กระบวนการรับรู้ของกันยา สุวรรณแสง..... | 20 |
| 2.8 ผังแสดงส่วนของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย | 35 |
| 2.9 ปราสาทพิมายก่อนบูรณะ..... | 43 |
| 2.10 ปราสาทพิมายหลังการบูรณะ..... | 43 |
| 3.1 แบบจำลองขั้นตอนการวิจัยตามวงจรการพัฒนาระบบ | 57 |
| 3.2 กรอบแนวคิดการทำงานจากระบบ..... | 59 |
| 3.3 ลักษณะของปรารงค์ประธาน ปี พ.ศ. 2507..... | 60 |
| 3.4 ลักษณะของปรารงค์ประธาน ปี พ.ศ. 2508..... | 60 |
| 3.5 ลักษณะของปรารงค์ประธาน ปี พ.ศ. 2509..... | 61 |
| 3.6 ลักษณะของปรารงค์ประธาน ปี พ.ศ. 2510..... | 61 |
| 3.7 ลักษณะของปรารงค์ประธาน ปี พ.ศ. 2511..... | 62 |
| 3.8 จำนวนผู้ทดสอบระบบสัมพันธ์กับความน่าจะเป็นของการค้นพบปัญหาการใช้งาน | 64 |
| 4.1 การสร้างโมเดลแบบจำลองเสมือนในสเก็ทอัฟ 8..... | 72 |
| 4.2 โปรแกรมอินสแตนเรียลลิตี้ 2.2..... | 72 |
| 4.3 การแปลงไฟล์วีอาร์เอ็มแอลเป็นเอ็ทรีดี | 73 |
| 4.4 ไฟล์ที่ทำารลดขนาดและแปลงไฟล์เอ็ทรีดีให้อยู่ในรูปของเอชทีเอ็มแอล..... | 74 |
| 4.5 ไทม์ไลน์ของส่วนแบบจำลองเสมือนที่สามารถแปลงเป็นเอ็ทรีคอม | 76 |
| 4.6 หน้าแรกของเว็บ | 77 |

สารบัญญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.7 หน้าหลักของเว็บ..... | 77 |
| 4.8 คลังเงิน หรือธรรมศาลา หรือพลับพลาเปลื้องเครื่อง..... | 78 |
| 4.9 ส่วนของคลังเงิน ในปี พ.ศ. 2511..... | 78 |
| 4.10 ส่วนของคลังเงิน ในปี พ.ศ. 2531..... | 79 |
| 4.11 สะพานนาคราช..... | 79 |
| 4.12 ส่วนของสะพานนาคราช ในปี พ.ศ. 2508..... | 80 |
| 4.13 ส่วนของสะพานนาค ในปี พ.ศ. 2509..... | 80 |
| 4.14 ส่วนของสะพานนาค ในปี พ.ศ. 2510..... | 81 |
| 4.15 ทางเดินเข้าสู่ปราสาท หรือพลับพลาทางเดิน..... | 81 |
| 4.16 ส่วนของพลับพลาทางเดิน ในปี พ.ศ. 2524..... | 82 |
| 4.17 ส่วนของพลับพลาทางเดิน ในปี พ.ศ. 2531..... | 82 |
| 4.18 ชุ่มประตู่ หรือกำแพงชั้นใน หรือระเบียบยงคด..... | 83 |
| 4.19 ส่วนของกำแพงชั้นใน ในปี พ.ศ. 2507..... | 83 |
| 4.20 ส่วนของกำแพงชั้นใน ในปี พ.ศ. 2510..... | 84 |
| 4.21 ส่วนของกำแพงชั้นใน ในปี พ.ศ. 2511..... | 84 |
| 4.22 ส่วนของกำแพงชั้นใน ในปี พ.ศ. 2532..... | 85 |
| 4.23 ปรากฏ์ประธาน..... | 85 |
| 4.24 ส่วนของปรากฏ์ประธาน ในปี พ.ศ. 2507..... | 86 |
| 4.25 ส่วนของปรากฏ์ประธาน ในปี พ.ศ. 2508..... | 86 |
| 4.26 ส่วนของปรากฏ์ประธาน ในปี พ.ศ. 2509..... | 87 |
| 4.27 ส่วนของปรากฏ์ประธาน ในปี พ.ศ. 2510..... | 87 |
| 4.28 ส่วนของปรากฏ์ประธาน ในปี พ.ศ. 2511..... | 88 |
| 4.29 ปรากฏ์พรหมทัต..... | 88 |
| 4.30 ส่วนของปรากฏ์พรหมทัต ในปี พ.ศ. 2511..... | 89 |
| 4.31 ส่วนของปรากฏ์พรหมทัต ในปี พ.ศ. 2532..... | 89 |
| 4.32 ปรากฏ์หินแดง..... | 90 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 4.33 ส่วนของปราสาทหินแดง ในปี พ.ศ. 2507 | 90 |
| 4.34 ส่วนของปราสาทหินแดง ในปี พ.ศ. 2511 | 91 |
| 4.35 ส่วนของปราสาทหินแดง ในปี พ.ศ. 2532 | 91 |
| 4.36 หอปราสาท..... | 92 |
| 4.37 ส่วนของหอปราสาท ในปี พ.ศ. 2511..... | 92 |
| 4.38 บรรณาลัย..... | 93 |
| 4.39 ส่วนของบรรณาลัย ในปี พ.ศ. 2531..... | 93 |
| 4.40 ส่วนของเมื่อนำชมปราสาทพิมาย..... | 94 |
| 4.41 ส่วนของเมนูแผนที่ | 94 |
| 4.42 ส่วนของเมนู Phimai 3D | 95 |
| 4.43 กราฟสรุปผลการศึกษาศักยภาพความสามารถในการใช้งานได้..... | 102 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีในศตวรรษที่ 21 ไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยีทางการสื่อสารและเทคโนโลยีทางการศึกษาที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วซึ่งส่งผลกระทบต่อรูปแบบการจัดการศึกษาในปัจจุบัน มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงตามความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีด้วยการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้และเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้มีเพิ่มมากขึ้นจะเห็นได้จากทุกประเทศทั่วโลกได้มีการพัฒนาการศึกษาของตนเองให้ไปสู่โลกแห่งการเรียนรู้ เพื่อปรับตัวเข้าสู่สังคมแห่งการเรียนรู้บนฐานเทคโนโลยี (Technology-based Learning) ที่สามารถนำเสนอข้อมูลข่าวสารที่ทันสมัยและครอบคลุมวิธีการเรียนรู้หลากหลายรูปแบบ เน้นการศึกษาแบบเอกัตบุคคล อีกทั้งยังเป็นแหล่งสารสนเทศที่สามารถค้นหาสิ่งที่ต้องการ โดยไม่ต้องเสียเวลาเดินทาง เรียนรู้ได้ตลอดเวลา ไม่จำกัดสถานที่ (Anywhere Anytime) เช่นการเรียนรู้บนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer-based Learning) การเรียนรู้บนเว็บ (Web-based Learning) และห้องเรียนเสมือนจริง (Virtual Classrooms)

เมื่อความก้าวหน้าพัฒนาเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ คนไทยก็ให้ความสนใจในเรื่องประวัติศาสตร์น้อยลง เพราะไม่มีการกระตุ้นหรือสนับสนุนให้เกิดความสนใจ ดังนั้นการสร้างแหล่งเรียนรู้ที่เชื่อมโยงภูมิปัญญาและค่านิยมของชาติตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน แสดงถึงรากฐานของแนวคิดที่แสดงออกมาทางสถาปัตยกรรมและวิถีชีวิตของคนในยุคอดีตที่ส่งผลมาสู่คนในยุคปัจจุบันสิ่งที่ยังเหลือไว้ให้ลูกหลานได้เห็นความสามารถ ภูมิปัญญา และค่านิยมของชาติในอดีตก็คือ โบราณสถานซึ่งเป็นมรดกทางวัฒนธรรม และเป็นสถาปัตยกรรมที่สำคัญของมนุษยชาติที่จะเป็นแหล่งเรียนรู้เกี่ยวกับความเป็นมาของสถาปัตยกรรมทางประวัติศาสตร์ ซึ่งยังคงหลงเหลืออยู่ให้คนในปัจจุบันได้เห็นและใช้เป็นแหล่งเรียนรู้

ปราสาทพิมายหรือที่ปรากฏชื่อในศิลาจารึกของเขมรว่า วิมายปุระ อนุสรณ์สถานตั้งอยู่ที่จังหวัดนครราชสีมา และเป็นสถาปัตยกรรมโบราณที่เป็นหลักฐานบ่งบอกถึงการขยายอาณาเขตของอาณาจักรขอมที่ส่งผลต่ออารยธรรม และวัฒนธรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเป็นอย่างมาก (กรมศิลปากร, 2532; ธิดา สาระยาม, 2538) ได้แก่ แบบแผนการสร้างเมืองเป็นรูปสี่เหลี่ยม การสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่เรียกว่าบาราย ปราสาทพิมายเป็นศาสนสถาน

ขนาดใหญ่ในรูปแบบปราสาท และเป็นโบราณสถานที่สำคัญที่สุดในที่ราบลุ่มแม่น้ำชี-มูล ตามหลักฐานทางประวัติศาสตร์ที่ขุดพบในศิลาจารึกจึงสันนิษฐานได้ว่าปราสาทพิมายถูกสร้างขึ้นประมาณปลายพุทธศตวรรษที่ 16 ในสมัยของพระเจ้าสุริยวงษ์ที่ 1 มีรูปแบบทางศิลปกรรมแบบปาปนและก่อสร้างเพิ่มเติมในสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 (ธิดา สาระยาม, 2540) ทั้งนี้ กรมศิลปากรได้ประกาศขึ้นทะเบียนปราสาทพิมายเป็นโบราณสถานของชาติตั้งปรากฏในราชกิจจานุเบกษาเล่มที่ 53 ปีพุทธศักราช 2479 (นคร ลำภาทิพย์, 2545) ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาแบบจำลองเพื่อการเรียนรู้บนสื่อออนไลน์ ซึ่งกำลังได้รับความนิยม ได้แก่ เทคโนโลยีเว็บ 3 มิติ มีพื้นฐานอยู่บนเว็บเทคโนโลยีซึ่งข้อมูลจะถูกเก็บบนเซิร์ฟเวอร์และมีการเรียนรู้โดยกลุ่มผู้ใช้งาน แสดงผลบนเว็บเบราว์เซอร์ซึ่งมีการพัฒนาเทคโนโลยีเว็บ 3 มิติ อย่างรวดเร็วเพื่อให้แสดงผลทางด้านกราฟิกให้ดีขึ้น ซึ่งผู้จัดทำสื่อออนไลน์สามารถสร้างสภาพแวดล้อม 3 มิติแบบมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งานได้อีกทั้งยังสามารถนำเสนอเนื้อหาพร้อมกับสื่ออื่น ๆ ได้ ไม่ว่าจะเป็นรูปภาพหรือวิดีโอ

สิ่งที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของมนุษย์มากที่สุดก็คือการรับรู้จากการมองเห็น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ นักพัฒนา นักเทคโนโลยี และนักศึกษาได้นำเทคนิคการรับรู้จากการมองเห็นนำมาใช้เพื่อสร้างสื่อที่สามารถนำเสนอเนื้อหาที่มีความสลับซับซ้อนให้ดูเป็นเรื่องราวที่สามารถจดจำได้ง่ายแม้กระทั่งการเรียนรู้ทางการแพทย์ก็ยังมีให้นำเทคโนโลยีเกี่ยวกับการรับรู้ทางการมองเห็นมาประยุกต์ใช้ในเพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอน และใช้เป็นเครื่องมือในการวินิจฉัยโรคหรือใช้เป็นเครื่องมือในการฝึกหัดและการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยีนี้ได้ถูกนำมาใช้ในการเรียนและการฝึกหัดแพทย์ โดยเป็นสื่อที่มีผลกระทบและแนวโน้มที่จะเป็นสื่อหลักในอนาคต (Nigel, 2007: 20) การนำเทคโนโลยีเสมือนจริง (VR : Virtual Reality) เข้ามาใช้ในทางการศึกษาได้มีผู้พัฒนาและศึกษามาอย่างต่อเนื่องและควบคู่ไปกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (VEs: Virtual Environments) สามารถสร้างโลกแห่งการเรียนรู้ให้แก่ผู้ใช้ ทำให้ผู้ใช้ได้สัมผัสกับประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตัวของผู้เรียนเองไม่ว่าจะเป็นมุมมองเห็น การทดลอง และสัมผัสด้วยตนเอง โดยที่ผู้เรียนจะรับรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุ (รูปทรงและขนาด) อีกทั้ง ผู้เรียนยังสามารถปรับเปลี่ยนมุมมองตามความต้องการของตนเองและสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษาไม่ว่าจะที่ใดในเวลาใด (Lucio and Luca, 2007: 94-95) ช่วงเวลาที่ผ่านมานั้นการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนมาใช้ในวงการศึกษา มีค่อนข้างน้อยเนื่องจากอุปกรณ์พิเศษต่าง ๆ มีราคาสูงจึงมีโอกาสน้อยมากที่ผู้เรียนจะได้สัมผัสกับงานที่พัฒนาขึ้นด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน เทคโนโลยีเว็บ 3 มิติ (Web3d) เป็นเทคโนโลยีที่ทำให้ผู้เรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์ในสภาพแวดล้อมเสมือนจริงผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ เป็นการอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียนเนื่องจากสามารถเรียนที่ใดเวลาใดก็ได้ นอกจากนี้ยังมีข้อได้เปรียบมากกว่าเทคโนโลยี

ความเป็นจริงเสมือนแบบดั้งเดิม กล่าวคือเป็นการใช้งานเว็บเบราว์เซอร์ที่มีการผสมผสานการ ใช้งาน เทคโนโลยีเว็บ 3 มิติซึ่งการสนับสนุนเอ็กซ์ทีริคอม (X3DOM) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้งาน สามารถทำงานร่วมกับเอชทีเอ็มแอล 5 (HTML5) และเว็บจีแอล (WebGL)

ภาษาเอ็กซ์ทีริดี (Extensible 3D) เป็นพัฒนาที่ใช้ในการพัฒนาเว็บ 3 มิติ โดยเป็นภาษา ที่ได้พัฒนามาจากภาษาวีอาร์เอ็มแอล (Virtual Reality Modeling Language) ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ ในการสร้างแบบจำลองสามมิติให้เป็นภาพเคลื่อนไหวสามารถโต้ตอบผู้ใช้ได้ในโลกเสมือน (Virtual World) ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แอนซ์โลว์และคณะ (Anslow et. al., 2006) กล่าวว่า ภาษาเอ็กซ์ทีริดี เป็นระบบมาตรฐานแบบเปิดสำหรับงานกราฟิก 3 มิติบนเว็บ เมื่อเทียบกับ ซอฟต์แวร์เสมือนจริงชนิดอื่น และได้วิเคราะห์ให้เห็นว่าภาษาเอ็กซ์ทีริดี สามารถรองรับการ พัฒนาในรูปแบบเสมือนจริงที่ทำให้คนทั่วไปสามารถเข้าใจโครงสร้างและลักษณะของซอฟต์แวร์ โดยง่าย

งานวิจัยนี้ได้นำภาษาเอ็กซ์ทีริดีมาใช้ในการพัฒนาระบบ 4 มิติแบบออนไลน์ โดยใช้ ปรasaทพิมายเป็นกรณีศึกษา เพื่อที่จะแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านสถาปัตยกรรมทาง ประวัติศาสตร์ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงระยะเวลาจากอดีตจนถึงปัจจุบันให้ผู้ใช้ได้มีความรู้ความ เข้าใจ และเห็นสถาปัตยกรรมในรูปแบบจำลองในระบบ 3 มิติ ผ่านเว็บออนไลน์ในมุมมอง 180 องศา หรือมากกว่า

การพัฒนาแบบจำลองเสมือนทางสถาปัตยกรรมที่เป็นประวัติศาสตร์ของชาติไทยโดยใช้ แบบจำลองเสมือน 4 มิติ ในการจำลองเสมือนทางสถาปัตยกรรมปรasaทพิมาย และเป็น ตัวเชื่อมในเรื่องของเวลาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านสถาปัตยกรรมของปรasaทพิมาย เป็นการพัฒนามาจากสื่อการเรียนรู้ที่เป็นกราฟิก 2 มิติที่มองเห็นในด้านกว้าง และสูงมาเป็น 3 มิติ ที่มองเห็นวัตถุ ในด้านกว้าง สูง และลึก ในส่วนของ 4 มิตินั้น จะเป็นมิติของเวลาที่นำเข้ามาช่วย ในการพัฒนาโดยผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจประวัติศาสตร์ของปรasaทพิมาย สามารถมองเห็น ปรasaทพิมายในรูปแบบจำลองเสมือน 3 มิติ และเห็นความเปลี่ยนแปลงทางด้านสถาปัตยกรรม ของปรasaทพิมายตามช่วงเวลาก่อนและหลังการบูรณะปรasaทพิมาย โดยที่ผู้ใช้สามารถคิดและ จินตนาการจากรับรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองซึ่งการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยเป็น แหล่งข้อมูลในการศึกษาทางด้านประวัติศาสตร์และเป็นแหล่งข้อมูลเบื้องต้นในการท่องเที่ยวเชิง ประวัติศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์อื่นของประเทศ ไทยต่อไป (รชยา วราจิตเกษม, 2553: 87-92)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษากระบวนการในการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ ซึ่งสามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงตามช่วงระยะเวลาที่มีเอกสารในการอ้างอิงได้

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

ความพึงพอใจของผู้ใช้สื่อออนไลน์ แบบจำลองเสมือน 4 มิติ : กรณีศึกษา สถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย อยู่ในระดับไม่น้อยกว่าระดับมาก

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

งานวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ศึกษาและจำลองการเปลี่ยนแปลงของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายตามหลักฐานที่อ้างอิงได้ โดยการสร้างแบบจำลองเสมือนในรูปแบบ 4 มิติ เพื่อแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายทางด้านเวลาเพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูล ให้ผู้ใช้ได้ศึกษาเป็นแนวทางเกี่ยวกับการพัฒนาแบบจำลองเสมือนทางสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายในรูปแบบ 4 มิติแบบออนไลน์

ทั้งนี้ ผู้ใช้สามารถใช้งานแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ได้ โดยใช้เบราว์เซอร์ที่รองรับเว็บ 3 มิติ เทคนิคของเอ็กซ์ทีเอ็ม (X3DOM) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้งานร่วมกับเอชทีเอ็มแอล 5 (HTML5) และเว็บจีแอล (WebGL) สามารถใช้งานผ่านเบราว์เซอร์โดยตรงไม่จำเป็นต้องใช้ปลั๊กอินหรือเครื่องมือเสริม ได้แก่ ไฟร์ฟอก (Firefox) ตั้งแต่เวอร์ชัน 16 และกูเกิลโครม (Google Chrome) ตั้งแต่เวอร์ชัน 22

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์โดยใช้สถาปัตยกรรมปราสาทพิมายเป็นกรณีศึกษาซึ่งเป็นการรับรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยการจำลองในรูปแบบเสมือน 3 มิติของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายภายในบริเวณโคปุระ และจำลองการเปลี่ยนแปลงของตัวปราสาทตามระยะเวลาที่มีเอกสารอ้างอิงได้ให้อยู่ในรูปแบบจำลองเสมือน 4 มิติ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ ประโยชน์ที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองนั้น ทำให้ผู้ใช้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายตามช่วงเวลาที่

การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับตัวสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย ได้มีแหล่งเรียนรู้ออนไลน์เกี่ยวกับสถาปัตยกรรม โบราณสถาน การท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ และยังส่งผลถึงการศึกษาเชิงอนุรักษ์โบราณของประเทศไทยอีกด้วย จากการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติ : ทัศนศึกษาสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย ยังได้เป็นแนวทางเพื่อให้ผู้ที่ต้องศึกษาหรือพัฒนาต่อได้นำไปใช้ประโยชน์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดทำสื่อออนไลน์ในเรื่องอื่น ๆ ในรูปแบบ 4 มิติ ต่อไป

1.7 คำอธิบายศัพท์

1.7.1 สถาปัตยกรรม (Architecture) หมายถึง ผลงานศิลปะที่แสดงออกด้วยการก่อสร้างอาคาร ที่อยู่อาศัย การออกแบบก่อสร้างซึ่งเป็นถึงวัฒนธรรมในด้านสิ่งก่อสร้าง ในงานวิจัยนี้หมายถึง อาคารหรือสิ่งก่อสร้างภายในโคปุระชั้นนอก และพลับพลาเปลื้องเครื่องของปราสาทพิมาย

1.7.2 โคปุระ หมายถึง ชุ่มประตูและกำแพงชั้นนอกของปราสาทพิมาย จากสะพานนาคราชเข้ามาก็เป็นชุ่มประตูและกำแพงชั้นนอก

1.7.3 รูปแบบเสมือน 3 มิติ หมายถึง แบบจำลองสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย ในระบบคอมพิวเตอร์มีมุมมองที่สามารถเลือกดูได้ทั้งในด้านความกว้าง ความยาว และความลึก ของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย

1.7.4 รูปแบบเสมือน 4 มิติ หมายถึง แบบจำลองสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย ในระบบคอมพิวเตอร์มีมุมมองที่สามารถเลือกดูได้ทั้งในด้านความกว้าง ความยาว ความลึก และเวลา ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้ผู้ใช้ได้เห็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายตามช่วงระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลง และมีเอกสารอ้างอิงได้

1.7.5 เว็บ 3 มิติ หมายถึง เทคโนโลยีในการนำเสนอวัตถุในรูปแบบเสมือนสามมิติผ่านระบบออนไลน์

1.7.6 ความพึงพอใจ หมายถึง ความสามารถของระบบทำให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกสบายในการใช้งานและมีความพึงพอใจเป็นที่ยอมรับในการใช้งาน

บทที่ 2

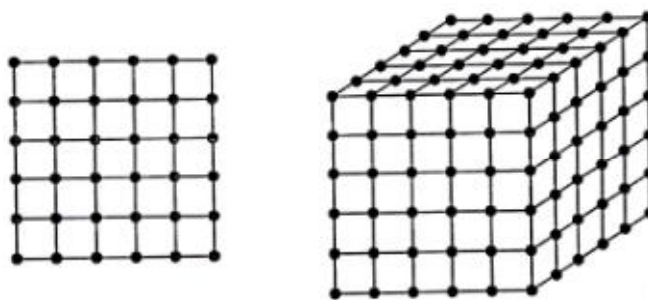
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์โดยใช้สถาปัตยกรรมประสาทพิมายเป็นกรณีศึกษา ซึ่งเป็นการนำเอาเทคโนโลยีเสมือนทางด้าน 3 มิติ มาจำลองสถาปัตยกรรมประสาทพิมายซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมทางประวัติศาสตร์และศิลปะทางวัฒนธรรมขอมที่มีอายุหลายร้อยปี เพื่อนำมาเป็นที่ให้ผู้เข้าชมและมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของสถาปัตยกรรมประสาทพิมาย ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวคิดในการนำเสนองานในรูปแบบ 4 มิติที่เป็นการนำเสนอผ่านเว็บออนไลน์โดยการพัฒนาแบบจำลองเสมือนที่บ่งบอกอดีตจนถึงปัจจุบัน อีกทั้งผู้เข้าชมยังสามารถเข้าถึงข้อมูลหรือศึกษาหาความรู้ได้ตลอดเวลา ทำให้ผู้ชมมีความคิดสร้างสรรค์มีการจินตนาการ สามารถต่อ ยอดความคิดและเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจให้มากยิ่งขึ้นได้ด้วยตนเอง ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานเบื้องต้นในการสร้างภาพสามมิติ

การสร้างภาพสามมิติบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ต้องใช้ความรู้พื้นฐานทางคอมพิวเตอร์กราฟิกมาประยุกต์ใช้ ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาทฤษฎีทางคอมพิวเตอร์กราฟิกขั้นพื้นฐานเพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ในการทำงานได้อย่างถูกต้อง

โดยทั่วไปภาพสองมิติจะประกอบไปด้วยอะเรย์สองมิติที่เป็นข้อมูลแสดงความเข้มของแสง ในมุมมองที่มีองค์ประกอบของข้อมูลที่เรียกว่าพิกเซล (Pixel) เป็นองค์ประกอบของภาพ ในกรณีเดียวกันการสร้างภาพสามมิติก็จะใช้อะเรย์ที่เป็นองค์ประกอบของภาพที่มีองค์ประกอบของข้อมูลที่เรียกว่า ว็อกเซล (Voxel) เป็นองค์ประกอบของภาพ ซึ่งเปรียบได้กับรูปเรขาคณิตที่เป็นองค์ประกอบพื้นฐานในการสร้างภาพทางคอมพิวเตอร์กราฟิก (กิติพงษ์ กาละยศ, 2549) ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 2.1



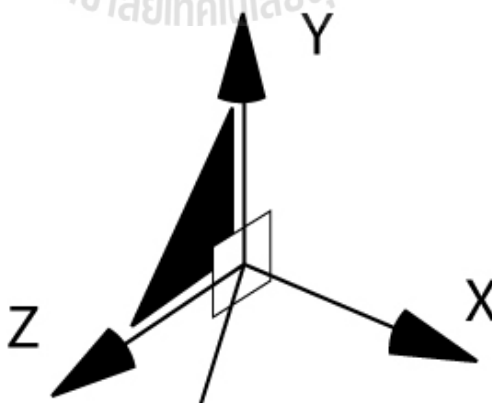
a) ฟิกเซล

b) ว็อกเซล

ภาพที่ 2.1 แสดงความแตกต่างของลักษณะระหว่างฟิกเซลกับว็อกเซล

ที่มา : การเปรียบเทียบผลการรับรู้ระยะทางสัมพัทธ์ต่อตัวชี้นำระยะทางในภาพ 3 มิติ บนหน้าจอกอมพิวเตอร์ (กิติพงษ์ กาละยศ, 2549: 34)

หลักการของการอ้างอิงตำแหน่งของวัตถุที่มองเห็นในรูปแบบสามมิตินั้น เป็นการอ้างอิง ในระบบแกนโคออร์ดิเนต (Coordinate) ซึ่งเป็นระบบคาร์ทีเซียน (Cartesian) โดยการอ้างอิงจุด 3 จุด จุดในแนวแกน X Y และ Z ซึ่งจะใช้การนับจุดตัดกันของทั้ง 3 แกนเป็นจุดเริ่มต้นของระบบแกนโคออร์ดิเนต (0,0,0) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งเป็นปริภูมิสามมิติ (3D Space) สามารถอ้างอิงได้ว่าจุดนั้นห่างจากแกน X, Y และ Z กี่หน่วย ระยะห่างจากแกนแต่ละแกนนี้จะป็นค่ากำหนดตำแหน่งของจุดที่อยู่ในปริภูมิสามมิติได้ทุกตำแหน่ง



ภาพที่ 2.2 แสดงแกน X, Y และ Z

ที่มา : การเปรียบเทียบผลการรับรู้ระยะทางสัมพัทธ์ต่อตัวชี้นำระยะทางในภาพ 3 มิติ บนหน้าจอกอมพิวเตอร์ (กิติพงษ์ กาละยศ, 2549: 35)

2.1.1 แนวคิดเทคโนโลยีเกี่ยวกับการสร้างภาพเสมือนจริง

แนวคิดในการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมาพัฒนาการสื่อสารงานด้านสถาปัตยกรรมด้วยระบบเสมือนจริง เป็นการรวบรวมประยุกต์หลาย ๆ แนวคิดเพื่อให้ได้สถาปัตยกรรม ที่เสมือนจริงที่สุด

2.1.1.1 เทคโนโลยีเสมือนจริง (virtual reality technology)

ในการพัฒนาระบบเสมือนจริง 3 มิติ (3D Virtual Environment) จำเป็นที่จะต้องศึกษาและทำความเข้าใจในเทคโนโลยีเสมือนจริงเกี่ยวกับแนวความคิดต่าง ๆ ทั้งนี้มีนักวิชาการหลายท่านได้ให้คำนิยามของความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality) คือสภาพแวดล้อมสามมิติที่ถูกสร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ผู้ใช้งานสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุตอบสนองได้อย่างรวดเร็ว หรือจะกระทำการใด ๆ ในสภาพแวดล้อมนั้นได้ (Bouchlaghem, Thorpe and Liyange, 1996) ซึ่งเป้าหมายในการพัฒนาเทคโนโลยีเสมือนจริงนั้นได้ทำการพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ ส่วนใหญ่มีแนวคิดในการสร้างสรรค์และพัฒนาช่องทางที่ดีกว่าในการสื่อสาร ไม่ว่าจะเป็นระหว่างมนุษย์กับมนุษย์ หรือมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ (Hayward, 1993)

เซลเซอร์ (Zeltzer, 1992) ได้กล่าวไว้ว่า การนำเทคโนโลยีเสมือนจริงมาใช้ควบคู่กับการทำงานแบบอื่น ๆ ควรจะต้องศึกษาความสามารถและลักษณะของความเป็นจริงเสมือน ซึ่งควรจะมีลักษณะเด่นของความเป็นจริงเสมือนดังนี้

1. ความมีอยู่จริง (Presence) หมายถึง ผู้ชมสามารถมีการรับรู้ความมีมิติที่ปรากฏในที่ว่างเสมือนจริง (Virtual Space) ได้
2. มีปฏิกริยาตอบสนอง (Interaction) หมายถึง มีการตอบสนองระหว่างผู้ใช้งานกับความเป็นจริงเสมือนในขณะที่รับชมหรือเรียนรู้
3. ความเป็นอิสระ (Autonomy) หมายถึง ความมีอิสระที่จะดำเนินการใด ๆ ของผู้ชมภายในที่ว่างเสมือนจริงนั้น

ลักษณะเด่นของความเป็นจริงเสมือน ซึ่งเป็นข้อดีเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีเสมือนจริงมาใช้กับการออกแบบสถาปัตยกรรม โดยความสัมพันธ์ของสถาปัตยกรรมกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเป็นความสัมพันธ์แบบสองทางซึ่งต่างฝ่ายต่างเกี่ยวพันซึ่งกันและกัน (Bridges and Charitos, 1997) สามารถแสดงลักษณะความสัมพันธ์ดังนี้

1. การออกแบบสถาปัตยกรรมสามารถนำเทคโนโลยีเสมือนจริงเข้ามาช่วยในเรื่องของการประเมินงานออกแบบ ช่วยในการติดต่อสื่อสาร

2. เทคโนโลยีเสมือนจริงสามารถนำการออกแบบสถาปัตยกรรมมาช่วยเหลือในการพัฒนา เพราะเป็นสาขาวิชาที่มีองค์ความรู้เหมาะสมกับการสร้างสรรค์ความเป็นจริงเสมือน

ถึงแม้ว่าความเหมาะสมของสถาปัตยกรรมกับขีดจำกัดของเทคโนโลยีในการรับรู้ สภาพแวดล้อมเสมือนจริงก็ไม่สามารถเทียบได้กับการรู้ในโลกแห่งความเป็นจริงได้ เช่น

1. สภาพแวดล้อมเสมือนจริงไม่สามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนได้เท่ากับสภาพแวดล้อมที่เป็นกายภาพ

2. เครื่องมือที่ใช้ในการแสดงผลไม่สามารถตอบรับกับระบบประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของผู้ใช้งานได้อย่างครบถ้วน โดยสามารถรับรู้ได้จากการมองเป็น การได้ยินเท่านั้น

ทั้งนี้ ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมเสมือนจริงในงานวิจัยนี้ ก็คือการที่ผู้ใช้ได้รับรู้ในการมองเห็นซึ่งเป็นประโยชน์ในการรับรู้งานสถาปัตยกรรมตามทฤษฎีการเรียนรู้ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับสภาพแวดล้อมที่เกิดจากการสร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจลักษณะทางสถาปัตยกรรมและการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายได้ ซึ่งการลักษณะทางสถาปัตยกรรมในอดีตจะไม่สามารถแสดงในโลกแห่งความเป็นจริงได้

2.1.1.2 เทคโนโลยีเว็บ 3 มิติ (Web3D)

เทคโนโลยีเว็บ 3 มิติ (Web3D Technologies) มีพื้นฐานอยู่บนเทคโนโลยีเว็บ (Web Technology) ซึ่งข้อมูลจะถูกเก็บอยู่บนเซิร์ฟเวอร์และมีการเรียกใช้โดยกลุ่มผู้ใช้งานโดยแสดงผลบนเว็บเบราว์เซอร์การขยายความเร็วของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในปัจจุบันก็มีผลให้การพัฒนา เทคโนโลยีเว็บ 3 มิติเป็นไปอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกันเนื่องจากความเร็วของเครือข่ายที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การแสดงผลทางด้านกราฟิกดีขึ้นและเพิ่มจำนวนกลุ่มผู้ใช้งานมากขึ้นสามารถสร้างสภาพแวดล้อม 3 มิติแบบมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งานและสามารถนำเสนอเนื้อหาพร้อมกับสื่ออื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นรูปภาพหรือวิดีโอ (Luca, 2007: 3-18) ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยีเว็บ 3 มิติ ผู้วิจัย ใช้ภาษาเอกซ์ทรีดี (X3D : Extensible 3D) ซึ่งถูกพัฒนามาจากภาษาวีอาร์เอ็มแอล (VRML : Virtual Reality Modeling Language) คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้สร้างแบบจำลอง 3 มิติให้เป็นภาพเคลื่อนไหว สามารถตอบโต้ผู้ใช้ได้ในโลกเสมือน (Virtual World) ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

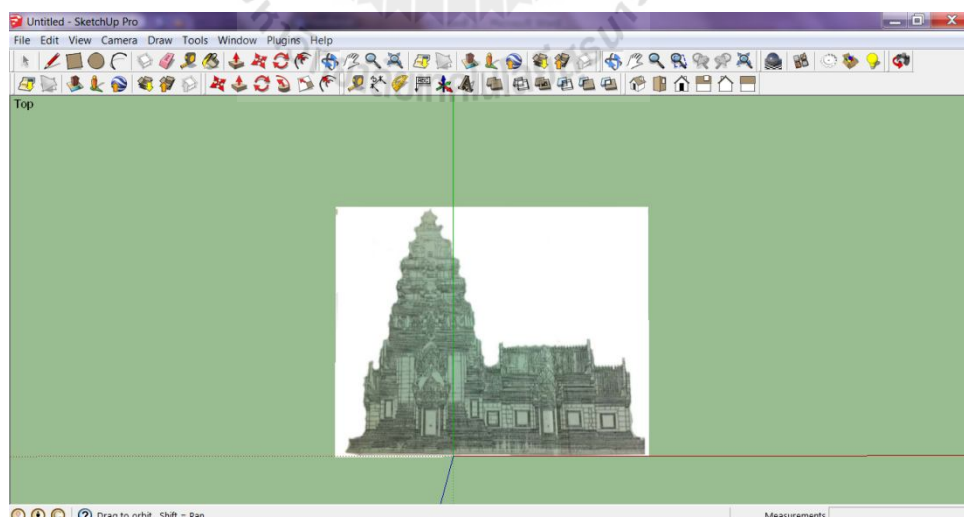
2.2 การพัฒนาแบบจำลองเสมือน

ทั้งนี้ในการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์โดยใช้สถาปัตยกรรมปราคาสท พินายเป็นกรณีศึกษานั้น ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และภาษาทางคอมพิวเตอร์เพื่อใช้เป็น แนวทางในการพัฒนาระบบขึ้นมาดังนี้

2.2.1 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ

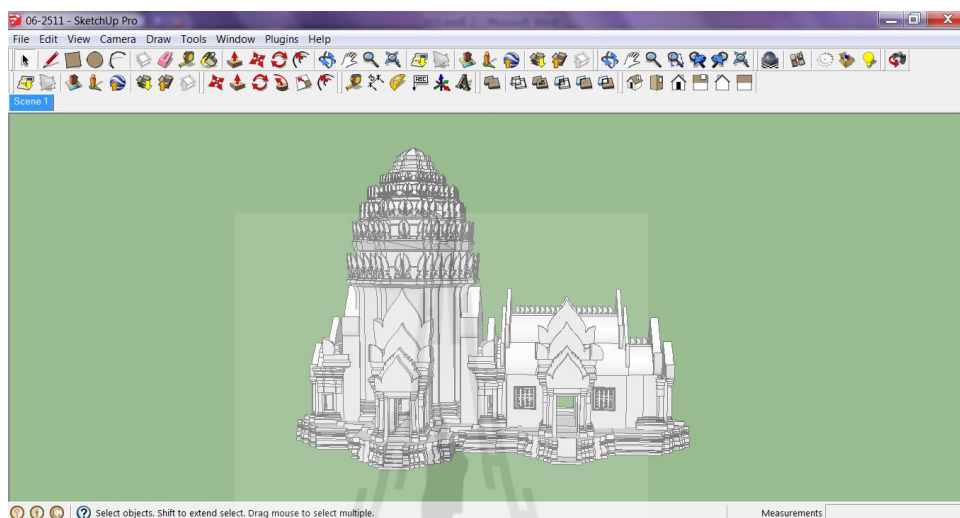
ปัจจุบันมีโปรแกรมที่ใช้สร้างภาพ 3 มิติหลากหลายโปรแกรม เช่น Autodesk MAYA, Autodesk 3DMAX, AUTOCAD, ZAM 3D, POSER 6, และ SketchUp 8 งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรมสเก็ทอัป (SketchUp 8) ซึ่งเป็นโปรแกรมสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ที่เหมาะ สำหรับการใช้งานทางด้านสถาปัตยกรรม โยธา ออกแบบงานชิ้นใหม่ของเฟอร์นิเจอร์ โมเดลเมือง สินค้าต้นแบบ ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่าง ๆ และอื่นๆ อีกมากมาย โดยโปรแกรมจะมีเครื่องมือที่ในการวาดภาพ การปรับเปลี่ยนรูปทรงเรขาคณิต และเครื่องมือเกี่ยวกับการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นขนาดพื้นที่วัดเทพไม้โปรแกรมเตอร์ มาตราเลเยอร์และการคำนวณความยาวของพื้นที่ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้งานได้ง่าย ไม่มีความซับซ้อนของเครื่องมือ ง่ายต่อการเรียนรู้ (นภคฉ วศินสิทธิ์สุข, 2555) ทั้งนี้ โปรแกรมยังสามารถเอ็กซ์พอร์ตไฟล์งานให้เป็นวีอาร์เอ็มแอลได้ โดยไม่มีส่วนประกอบของแบบจำลองหายไป โดยมีขั้นตอนดังนี้

ทำการเปิดไฟล์ JPG ที่เป็นแบบ 2 มิติ เพื่อเป็นต้นแบบในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ



ภาพที่ 2.3 แสดงการนำภาพต้นแบบมาสร้างงาน 3 มิติ

ในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ จะต้องใช้เครื่องมือในหลายๆ ส่วนเพื่อทำการขึ้นรูปในรูปทรงต่างๆ เมื่อทำการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ เรียบร้อยแล้ว ก็ทำการเอ็กซ์พอร์ต (Export) ไฟล์งานไปเป็นไฟล์อาร์เอ็มแอล



ภาพที่ 2.4 แสดงแบบจำลอง 3 มิติที่สร้างเสร็จแล้วในส่วนของปราสาทประธาน

ทั้งนี้ ผู้วิจัยมีความรู้เบื้องต้นสำหรับการใช้งานสเก็ทอัป ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาหนึ่งในการเรียนรู้เพื่อสร้างแบบจำลอง ในการนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย ในรูปแบบ 3 มิติ ทุกส่วนโดยแยกแต่ละส่วนของสถาปัตยกรรม และ ปี พ.ศ. ที่มีการเปลี่ยนแปลงสถาปัตยกรรมเกิดขึ้น และเมื่อสร้างแบบจำลองเรียบร้อยแล้วนำไปขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านโบราณคดี เพื่อทำการแก้ไขปรับปรุง

2.2.2 ภาษาเอ็กซ์ทรีดี

ภาษาเอ็กซ์ทรีดีที่พัฒนามาจากภาษาอาร์เอ็มแอลเนื่องจากปัญหาหลายอย่าง ภาษาอาร์เอ็มแอลถูกปรับปรุงแก้ไขในปี ค.ศ. 2005 โดยการรวมกันกับเอ็เอ็มแอล จึงทำให้ภาษาเอ็กซ์ทรีดีเป็นภาษาที่ได้รับมาตรฐานสากลไอเอสโอ (ISO) และใช้สำหรับการจัดการรูปแบบสามมิติบนเว็บ โดยแสดงแบบจำลองเสมือนที่รองรับรูปทรงเลขาคณิตและการรันไทม์ในเอ็เอ็มแอลจำลองเสมือนภาพ 3 มิติให้เป็นภาพเคลื่อนไหว สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้ในโลกเสมือน การนำเสนอในรูปแบบจำลองภาพ 3 มิติในเบราว์เซอร์จะต้องอาศัยปลั๊กอินในการเข้าใช้งาน

แอสโลว และคณะ (Anslow et. al., 2006: 161-162) กล่าวว่า ภาษาเอ็กซ์ตรีดีเป็นระบบมาตรฐานแบบเปิดสำหรับกราฟิก 3 มิติบนเว็บ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับซอฟต์แวร์เสมือนจริงตัวอื่น และได้วิเคราะห์ให้เห็นว่าภาษาเอ็กซ์ตรีดี สามารถรองรับการพัฒนาในรูปแบบเสมือนจริงที่ทำให้คนทั่วไปสามารถเข้าใจโครงการและลักษณะของซอฟต์แวร์ได้

ฉอน และคณะ (Chon et al., 2006: 1259-1265) กล่าวว่า ภาษาเอ็กซ์ตรีดี คือมาตรฐานซอฟต์แวร์สำหรับเผยแพร่เนื้อหาสาระด้าน 3 มิติร่วมกับสื่อมัลติมีเดียชนิดอื่นอีกทั้ง ภาษาเอ็กซ์ตรีดียังถูกพัฒนาเพื่อให้รองรับกับอุปกรณ์ในการสื่อสารต่าง ๆ และยังสามารถพัฒนาอย่างต่อเนื่องทางด้านวิศวกรรมเพื่อนำเสนอภาพที่เสมือนจริงไม่ว่าจะเป็นทางด้านวิทยาศาสตร์ หรือการนำเสนอมัลติมีเดียอื่นไม่ว่าจะเป็นด้านการบันเทิง หรือการศึกษาก็ตาม ซึ่งภาษาเอ็กซ์ตรีดีเป็นภาษาที่จัดรูปแบบโครงสร้างภาษาเพื่อตอบสนองงานด้านกราฟิกบนเว็บโดยตรง

ลีโอนาด และ ดอน (Leonard and Don, 2007: 130-135) กล่าวว่า ภาษาเอ็กซ์ตรีดีเป็นภาษามาตรฐาน ISO สำหรับเว็บสามมิติ ซึ่งเป็นภาษาที่สร้างรูปแบบในลักษณะรูปเลขาคณิตประกอบกันเพื่อสร้างเป็นลักษณะภาพเสมือนจริงขึ้นมา

2.2.3 เอ็กซ์ตรีดอม

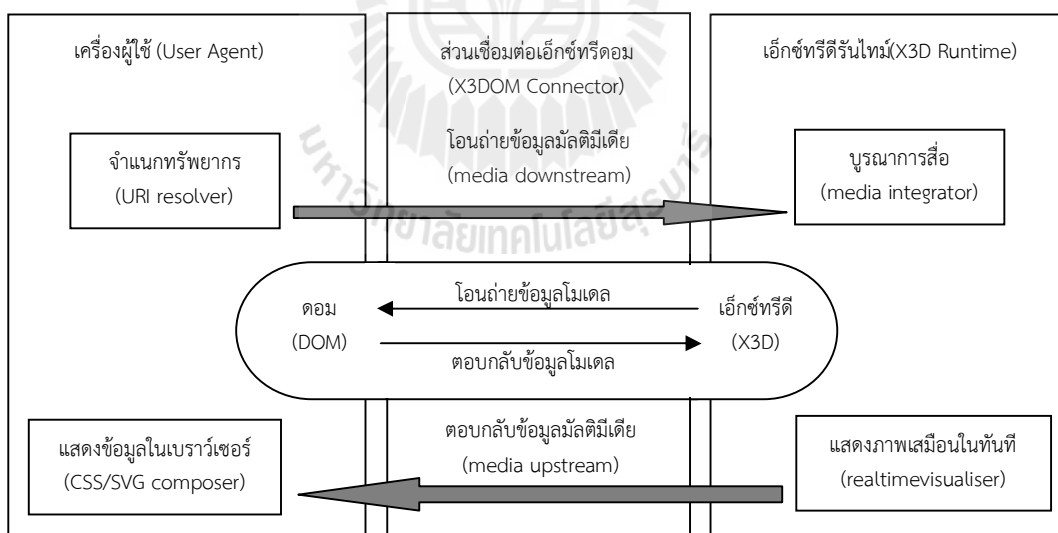
ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาโดยใช้เทคนิคของเอ็กซ์ตรีดอม (X3DOM) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้งานร่วมกับเอชทีเอ็มแอล 5 (HTML5) และเว็บจีแอล (WebGL) สามารถใช้งานผ่านเบราว์เซอร์โดยตรงไม่จำเป็นต้องใช้ปลั๊กอินหรือเครื่องมือเสริมเอ็กซ์ตรีดอมเป็นเทคนิคพิเศษที่ถูกพัฒนาเพื่อนำมาใช้กับภาษาเอ็กซ์ตรีดี (Fabiana et. al., 2011)

คริสติน และคณะ (Kristian et al., 2010: 175-184) กล่าวว่า เอ็กซ์ตรีดอมเป็นการฝังกราฟิกลงไปในเอ็กซ์ตรีดีเพื่อให้แสดงวัตถุในรูปแบบ 3 มิติโดยการประกาศ อีกทั้งผู้ใช้ไม่ต้องติดตั้งปลั๊กอินเสริม ซึ่งสคริปต์จะถูกจัดการผ่านเงื่อนไขของเว็บเบราว์เซอร์โดยอัตโนมัติอย่างไรก็ตาม เอ็กซ์ตรีดอมก็ต้องอาศัยเว็บจีแอลเพื่อเปิดใช้งานเอ็กซ์ตรีดีและจาวาสคริปต์ ในการตอบสนองเว็บเบราว์เซอร์และผู้ใช้โดยอัตโนมัติ

แดน และคณะ (Dan et al, 2011: 155-164) กล่าวว่า การผสมผสานภาษาเอ็กซ์ตรีดีกับเทคโนโลยีเอ็กซ์ตรีดอม เพื่อให้เกิดรูปแบบ 3 มิติควบคู่กับเอชทีเอ็มแอลจะทำผ่านเว็บจีแอลเป็นมาตรฐานที่สร้างขึ้นเพื่อให้ตอบสนองเว็บสามมิติในเว็บเบราว์เซอร์ ทั้งนี้ เว็บจีแอลจะถูกสนับสนุนจากเว็บเบราว์เซอร์ในปัจจุบัน ได้แก่ ไฟร์ฟอกเวอร์ชัน 4 และกูเกิลโครมเวอร์ชัน 9 ซึ่ง

เป็นเบราว์เซอร์ที่สามารถใช้งานเว็บ 3 มิติโดยไม่ต้องติดตั้งปลั๊กอิน จึงทำให้เอ็กซ์ทีริคอมเป็นการพัฒนาเทคนิคสู่การนำเสนอในรูปแบบ 3 มิติบนเว็บที่สมบูรณ์ที่สุด

จากข้อมูลและงานวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยได้นำความรู้ที่ได้มาวิเคราะห์หาข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ภาษาเอ็กซ์ทีริดีและเอ็กซ์ทีริดีคอมในการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ในบางส่วนของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย ซึ่งโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมของเอ็กซ์ทีริดีคอมจะเป็นการอ่านภาษาเอ็กซ์ทีริดี แล้วแปลงกับมาแสดงผลบนเบราว์เซอร์ของผู้ใช้ โดยผ่านส่วนเชื่อมต่อเอ็กซ์ทีริคอม (X3DOM Scene) ที่เป็นส่วนเชื่อมต่อกับคอม (DOM) ของผู้ใช้ผ่านเบราว์เซอร์เข้ากับเอ็กซ์ทีริดีรันไทม์ (X3D Runtime) ที่เป็น ตัวทำหน้าที่สร้างเอ็กซ์ทีริดีซีน (X3D Scene) และทำการให้แสงและเงา (Render) วัตถุเพื่อ แสดงผลออกมา ข้อแตกต่างจากการใช้เอ็กซ์ทีริดีในรูปแบบเดิมนั้น จะต้องเพิ่มเครื่องมือในการอ่านภาษาเอ็กซ์ทีริดี (X3D Plugins) เพื่อช่วยในการแสดงผลร่วมกับเบราว์เซอร์โดยวิธีการเรนเดอร์จะใช้ส่วนควบคุมเอ็กซ์ทีริดี (X3D Engine) ที่เป็นเครื่องมือในการอ่านข้อมูลเอ็กซ์ทีริดี แล้วแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบเสมือน 3 มิติ (Johannes et. al., 2010: 185-194) ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของเอ็กซ์ทีริคอม

ที่มา : A Scalable Architecture for the HTML5/X3D Integration Model X3DOM

(Johannes et. al., 2010: 186)

2.3 ทฤษฎีในการสร้างความรู้

ความรู้เป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นด้วยตนเอง ความรู้ไม่ได้หมายถึงกลุ่มข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอดหรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่รอคอยให้เกิดการค้นพบหรือบางสิ่งบางอย่างที่คงอยู่อย่างอิสระจากตัวผู้รู้ แต่มนุษย์เป็นผู้สร้างสรรค์ความรู้ขึ้น โดยพยายามให้เกิดอย่างมีความหมายตามประสบการณ์ที่พบมาทุกอย่างที่มนุษย์รู้มนุษย์เป็นผู้ทำให้เกิดขึ้น

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้ศึกษาวิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยใช้ทฤษฎีการรับรู้ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.3.1 ทฤษฎีการรับรู้

การรับรู้เป็นพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงความเข้าใจและสนใจในสิ่งเร้า และแสดงออกมาเป็นพฤติกรรม ซึ่งเป็นพื้นฐานที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้ โดยมีผู้ให้ความหมายของการรับรู้ไว้ดังนี้

รังสรรค์ ประเสริฐศรี (2545) ได้ให้ความหมาย การรับรู้ว่าเป็นกระบวนการที่บุคคลเลือกสรร จัดระบบ และแปลความหมายของสิ่งเร้าที่บุคคลสัมผัสได้ เป็นภาพที่มีความหมายตามความรู้สึคนึกคิดของตน การรับรู้ เป็นพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงการกระทำ จะแสดงออกมาเป็นพฤติกรรม ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีการเลือกสรร จัดระเบียบและตีความเกี่ยวกับสิ่งกระตุ้น หรือข้อมูลที่ได้รับโดยอาศัยประสาทสัมผัสทั้ง 5 คือ การได้เห็น ได้ยิน ได้กลิ่น ได้ลิ้มรส ได้สัมผัส หรือเป็นกระบวนการซึ่งบุคคลจัดระเบียบ

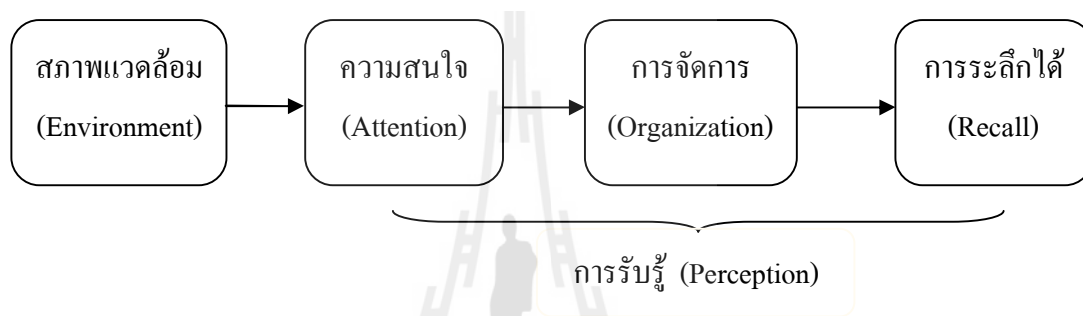
กรองแก้ว อยู่สุข (2539) ได้ให้ความหมาย การรับรู้ ว่าเป็นกระบวนการที่บุคคลตีความและมีปฏิกิริยาตอบสนองสิ่งเร้า โดยปกติแล้วบุคคลจะมองเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากสายตาของการรับรู้มากกว่าการมองข้อเท็จจริงที่เป็นจริง ทั้งนี้เพราะแต่ละคนมีประสบการณ์และการเรียนรู้ที่ต่างกัน

เกย์ (Gary, 1992) ได้ให้ความหมาย การรับรู้ ว่าเป็นกระบวนการของการแปลความหมายของประสาทสัมผัสของเรา เพื่อให้ความหมายต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งความสำคัญของการรับรู้ขึ้นอยู่กับกระบวนการแปลความหมาย นั่นคือ คนเรามักจะมีการกระทำที่ขึ้นอยู่กับกระบวนการแปลความหมาย สิ่งที่เกิดขึ้นตามระบบการรับรู้ของตนเองมากกว่าจะตีความไปตามความจริงของสิ่งที่เกิดขึ้น

ดับริน (Dubrin, 1994) ได้ให้ความหมาย การรับรู้ ว่าเป็นวิธีการต่าง ๆ ที่บุคคลแปลความหมายสิ่งแวดล้อมภายนอก และปฏิบัติต่อสิ่งเหล่านั้นตามพื้นฐานของการรับรู้ของตน เป็นการที่แต่ละคนรวบรวมจัดและทำความเข้าใจต่อสิ่งที่มองเห็น ได้ยิน หรือรู้สึก

روبينส์ (Robbins, 2003: 124) ได้ให้ความหมาย การรับรู้ ว่าเป็นกระบวนการที่ปัจเจกบุคคลจัดระบบหรือตีความสิ่งที่ประสาทสัมผัสได้ เพื่อให้ความหมายให้กับสภาพแวดล้อมของสิ่งนั้น ๆ

เวกเนอร์และฮอลเลนเบค (Wagner and Hollenbeck, 2005) ได้ให้ความหมาย การรับรู้ ว่าเป็นกระบวนการ ที่ปัจเจกบุคคลเลือก จัดการ เก็บ และรับ ข้อมูล ซึ่งมีกระบวนการสำคัญ ดังแสดงในภาพที่ 2.6



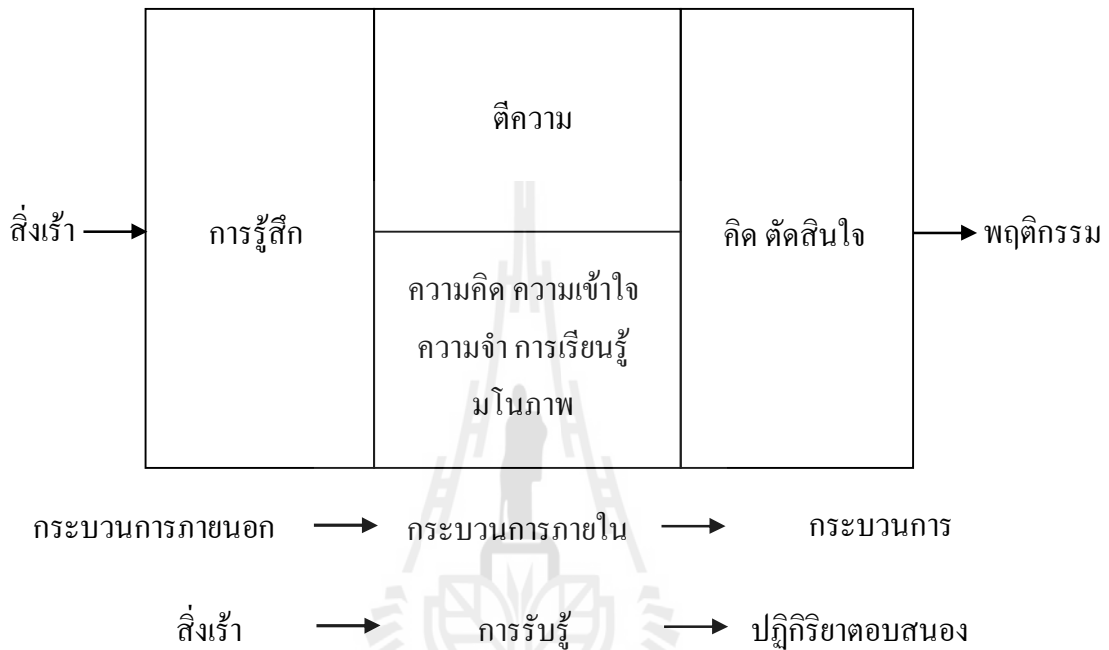
ภาพที่ 2.6 กระบวนการรับรู้ของเวกเนอร์และฮอลเลนเบค

ที่มา : Organizational Behavior Securing : Competitive Advantage.

(Wagner J. A. and Hollenbeck J. R., 2005: 73)

โดยส่วนใหญ่ คนเรามักจะมีความเชื่อมั่นในประสาทสัมผัสของตนเองในบางครั้ง อาจทำให้เกิดความเชื่อว่า สิ่งที่สัมผัสหรือรับรู้ คือ ความเป็นจริง (reality) ความเชื่อในลักษณะดังกล่าว อาจก่อให้เกิดปัญหาได้ โดยเฉพาะกรณีที่ การที่สิ่งรับรู้และความเป็นจริงของวัตถุมีความแตกต่างกันมาก ซึ่งจะนำไปสู่โอกาสที่จะเกิดความเข้าใจผิด ความสับสน และความขัดแย้งภายในองค์กร ในขั้นตอนแรกของกระบวนการรับรู้คือความสนใจ เอาใจใส่ เป็นขั้นตอนที่ข้อมูลทั้งหมด ถูกกรอง ดังนั้นจะมีบางส่วนผ่านเข้ามาในระบบ ขั้นตอนนี้จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เนื่องจากข้อมูลใดที่ไม่ได้ผ่านการกรอง ก็จะไม่ได้นำเข้ามาสู่การตัดสินใจ แม้ว่าข้อมูลที่ผ่านการกรองในขั้นตอนแรกแล้ว แต่ข้อมูลที่เข้ามายังมีจำนวนมหาศาล ดังนั้นขั้นตอนของการจัดการ จะทำหน้าที่จัดการกับข้อมูลจำนวนมหาศาลและสลับซับซ้อนให้มีความง่ายขึ้น ภายหลังจากที่ข้อมูลต่าง ๆ ถูกจัดการให้ง่ายขึ้น ข้อมูลดังกล่าวก็จะถูกจัดเก็บและดึงข้อมูลออกมาใช้ ซึ่งในบางครั้ง ข้อมูลบางส่วนอาจมีการสูญหายไปบ้างในกระบวนการจัดเก็บและการดึงข้อมูล

กันยา สุวรรณแสง (2540) กล่าวว่า กระบวนการรับรู้ ประกอบด้วย 3 กระบวนการหลัก คือ (1) กระบวนการภายนอกหรือสิ่งเร้า (2) กระบวนการภายในหรือการรับรู้ และ (3) กระบวนการแสดงออกหรือปฏิกิริยาตอบสนอง ดังแสดงในภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 กระบวนการรับรู้ของกันยา สุวรรณแสง

ที่มา : Organizational Behavior Securing : Competitive Advantage.

(Wagner J. A. and Hollenbeck J. R., 2005: 73)

จากภาพที่ 2.7 การสัมผัสเป็นบันไดขั้นแรกของการรับรู้ เมื่อร่างกายรับรู้ผ่านทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 ก็จะเกิดการดีความ โดยอาศัยความคิด ความเข้าใจ ความจำ การเรียนรู้และมโนภาพ หลังจากนั้นก็จะก่อให้เกิดการตัดสินใจและแสดงปฏิกิริยาตอบสนองโดยแสดงพฤติกรรมใดพฤติกรรมหนึ่งออกมา ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อการรับรู้ของปัจเจกบุคคลประกอบด้วยปัจจัยสำคัญ 3 ประการ คือ (1) ปัจจัยด้านสถานการณ์ ได้แก่ เวลา สภาพแวดล้อมในการทำงาน และ สภาพแวดล้อมทางสังคม (2) ปัจจัยด้านตัวผู้รับรู้ ได้แก่ ทักษะสติ แรงขับ ความสนใจ ประสบการณ์ และความคาดหวัง และ (3) ปัจจัยด้านเป้าหมาย ได้แก่ ความใหม่ การเคลื่อนที่ เสี่ยง ขนาด ภาพด้านหลัง ความใกล้ชิด และความเหมือน (Robbins, 2003: 124)

2.3.2 การเรียนรู้ด้วยตนเอง

สิริรัตน์ สัมพันธ์ยุทธ์ (2540: 13) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ด้วยตนเองไว้ว่า การเรียนรู้ด้วยตนเองเป็นกระบวนการศึกษาของบุคคล โดยบุคคลนั้นมีความคิดริเริ่มด้วยตนเองมีความตั้งใจ มีจุดมุ่งหมาย มีการวางแผนการเรียนเลือกแหล่งข้อมูล เลือกวิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสม และมีการวัดและประเมินผลตนเอง

ชัยฤทธิ์ โพธิสุวรรณ (2541: 4) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ด้วยตนเองไว้ว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะได้รับความช่วยเหลือสนับสนุนจากภายนอกตัวผู้เรียน ริเริ่มการเรียนรู้ เลือกเป้าหมาย แสวงหาแหล่งทรัพยากรของการเรียนรู้ เลือกวิธีการเรียนรู้ จนถึงการประเมินความก้าวหน้าของการเรียนรู้ของตนเอง

ทิสนา แคมมณี (2545: 90-91) กล่าวว่า ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของ เพียร์เจต และเล็ฟ ซีมาโนวิก วิกทอทส (Jean Piaget and Lev Semanovick Vygotsky) โดยที่ เพียร์เจต อธิบายว่าพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของบุคคลมีการปรับตัวผ่านทางกระบวนการซึมซับหรือดูดซึม และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา พัฒนาการเกิดขึ้น เมื่อบุคคลรับและซึมซับข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้เดิมหรือโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม หากไม่สามารถสัมพันธ์กันได้ ก็จะเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น บุคคลจะพยายามปรับสภาวะให้อยู่ในภาวะสมดุลโดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา

พิพัฒน์ พสุธารชาติ (2547: 127) กล่าวว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองของ เพียร์เจตทำให้เกิดความเชื่อว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ดังตัวอย่างการเรียนรู้เรื่องรูปทรง ซึ่งเด็กเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่นี้ขึ้นด้วยตนเอง หลังจากมีการปะทะสังสรรค์กับชิ้นไม้รูปทรงต่าง ๆ เมื่อเป็นเช่นนั้นความรู้เรื่องรูปทรงจึงไม่ใช่ความรู้ที่จะถ่ายทอดจากผู้ใหญ่ไปสู่เด็กได้โดยตรง แต่เด็กจะต้องสร้างความรู้ดังกล่าวจากประสบการณ์ส่วนตัวของตนเอง

วิจิตร สมบัติวงศ์ (2549) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ด้วยตนเองว่าเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนมีเสรีในการเลือกเรียนได้ตามความสนใจความถนัดและความต้องการ โดยใช้ความรู้ความสามารถในการแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเอง โดยผู้เรียนเป็นผู้ริเริ่มกำหนดวางแผน

เลือกแหล่งข้อมูล วิธีการ และประเมินผลตนเอง โดยอาจอาศัยแหล่งความรู้หรือการช่วยเหลือจากบุคคลอื่นประกอบการเรียนรู้หรือไม่ก็ได้

โนลส์ (Knowles, 1975: 18) กล่าวถึงการเรียนรู้ด้วยตนเองว่า เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนคิดริเริ่มการเรียนรู้เอง โดยอาจจะได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลอื่นหรือไม่ก็ได้ ผู้เรียนจะวิเคราะห์ความต้องการในการเรียนของตน กำหนดเป้าหมายและสื่อการเรียนรู้ติดต่อกับบุคคลอื่น หาแหล่งความรู้เลือกใช้ชีวิตการเรียนรู้ วางแผนการเรียนรู้ และประเมินผลการเรียนของตนเอง

จากความหมายของการเรียนรู้ด้วยตนเองที่กล่าวมาข้างต้นนั้น สามารถสรุปได้ดังนี้ การเรียนรู้ด้วยตนเองในยุคเทคโนโลยีสารสนเทศนั้น ผู้เรียนจะต้องสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยการลงมือปฏิบัติ แสวงหาเหตุผล และค่อย ๆ ทำความเข้าใจจนได้ความรู้ขึ้นมา ซึ่งเป็นการได้ความรู้โดยผ่านกระบวนการสร้างปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมด้วยตัวผู้เรียนเอง และจะไปสนับสนุนแนวคิดของผู้เรียนและสิ่งที่ผู้เรียนศึกษามาก่อนแล้ว ก็จะเพิ่มพูนความรู้จากการเรียนรู้ของผู้เรียนเอง ซึ่งในยุคปัจจุบันผู้เรียนไม่ใช่มีแค่เพียงทักษะการแสวงหาความรู้เท่านั้น ยังต้องมีทักษะในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ ให้กับตนเองด้วย

2.4 การเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์

เมื่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีไม่หยุดยั้ง ทักษะที่ผู้เรียนต้องมีและรอบรู้ก็ต้องพัฒนาตามไปด้วย ทำให้ผู้เรียนต้องเรียนรู้และใช้ทักษะใหม่ ๆ ในทางการศึกษาหรือวิชาชีพ ดังนั้นงานวิจัยนี้ ได้เน้นการออกแบบระบบการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ในรูปแบบเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ และประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำไปพัฒนาให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ให้ดีที่สุด และเป็นประโยชน์ในการพัฒนาการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยผ่านเครือข่ายที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 ความหมายของการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์

สื่ออิเล็กทรอนิกส์เป็นสื่อการเรียนการสอนที่เกิดจากวิวัฒนาการของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารโทรคมนาคม การใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ในการเรียนการสอนจะออกมาในลักษณะของสื่อประสม หรือมัลติมีเดีย (Multimedia) การศึกษาเรียนรู้ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต หรืออินทราเน็ตซึ่งเป็นการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนจะเรียนตามความสามารถและความสนใจของตน โดยเนื้อหาของบทเรียน ประกอบด้วย ข้อความ รูปภาพ เสียง วิดิทัศน์และ

มัลติมีเดียอื่น ๆ จะถูกส่งไปยังผู้เรียนผ่านเว็บเบราว์เซอร์โดยผู้เรียน ผู้สอน และเพื่อนร่วมชั้นเรียน ทุกคน สามารถติดต่อ ปรัชญาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกันได้ดังมีนักวิชาการและนักการศึกษา ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ดังนี้

มนต์ชัย เทียนทอง (2545: 58) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ไว้ว่าเป็นการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีเครือข่ายและเทคโนโลยีการสื่อสารเป็นเครื่องมือ ในการสร้างสรรค์และส่งผ่านองค์ความรู้ในรูปแบบต่าง ๆ ไปยังผู้เรียนที่อยู่ในสถานที่ที่แตกต่างกัน ให้ได้รับความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ร่วมกันอย่างมีชีวิตชีวา

โปรดปราน พิตรสาทร (2545: 2) ได้ให้ความหมายของการเรียนในระบบการ เรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ คือ การเรียนรู้ในรูปแบบใหม่ ที่ใช้อินเทอร์เน็ตเป็นสื่อระหว่าง ผู้เรียน และผู้สอน

ยีน ภู่วรรณ (2546: 136) ได้ให้คำนิยามสั้น ๆ ว่า อิเลิร์นนิ่งคือการเรียนผ่าน เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้ผู้เรียน เรียนรู้ได้เร็วมาก สามารถกระจายได้อย่างทั่วถึง และ ที่สำคัญ คือ ทำให้มีการพัฒนารูปแบบของการศึกษา การเรียนการสอนในรูปแบบใหม่ ๆ ออกมา มากมาย

มธุรส จงชัยกิจ (2546: 12-18) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ไว้ว่า เป็นการนำเอาคอมพิวเตอร์ในระบบเครือข่าย ทั้งแบบออฟไลน์และออนไลน์มาใช้ในการ ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อพัฒนาให้เกิดศักยภาพที่สอดคล้องกับความต้องการของสังคม โลกในยุคของความรู้และเทคโนโลยีสารสนเทศ (IT World and Cyberspace) ที่เรียกว่า ความสามารถพื้นฐานในการใช้งานสารสนเทศ (Information Literacy) โลกแห่งความรู้และเทคโนโลยีสารสนเทศได้ก่อให้เกิดความต้องการการพัฒนาผู้คนที่มีความรู้ความสามารถทางการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องด้วยตนเองตลอดชีวิตหรือที่เรียกว่า การศึกษาตลอดชีวิตซึ่งพระราชบัญญัติการศึกษา แห่งชาติพ.ศ. 2542 หมวดที่ 1 ระบุไว้ว่าการศึกษาตลอดชีวิต หมายถึง “การศึกษาที่เกิดจากการ ผสมผสานระหว่างการศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย เพื่อให้ สามารถพัฒนาคุณภาพชีวิตได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต” และมาตรา 8 ระบุให้การจัดการศึกษา ยึดหลัก ดังนี้

- (1) เป็นการศึกษาตลอดชีวิตสำหรับประชาชน
- (2) ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษา
- (3) การพัฒนาสาระและกระบวนการเรียนรู้ให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง

พิพัฒน์ ดวงคำสวัสดิ์ (2546: 9) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ไว้ว่า เป็นระบบหรือกระบวนการเรียนรู้ผ่านทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ วิกิพีเดีย ซีดี ซีดีรอม ดีวีดี ระบบดาวเทียม อินเทอร์เน็ต และอินเทอร์เน็ตรวมทั้งการจัดการด้านข้อมูลด้านองค์ความรู้ และด้านประสิทธิผล เปิดโอกาสให้เรียนรู้โดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่ โดยมีระบบการจัดการเข้ามาช่วยให้การเรียนรู้แบบทางไกลสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ถนอมพร เลหาจรัสแสง (2546: 3) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์หรือ e-Learning ไว้ว่าเป็นรูปแบบการเรียนการสอน ซึ่งใช้การถ่ายทอดเนื้อหา (Delivery Methods) ผ่านทางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ เครือข่ายอินเทอร์เน็ต อินเทอร์เน็ต เอ็กซ์ทราเน็ตหรือทางสัญญาณโทรทัศน์ หรือสัญญาณดาวเทียม และใช้รูปแบบการนำเสนอเนื้อหาสารสนเทศในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบการเรียนที่เราคุ้นเคยกันมาพอสมควร เช่น คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction) การสอนบนเว็บ (Web-Based Instruction) การเรียนออนไลน์ (On-Line Learning) การเรียนทางไกลผ่านดาวเทียมหรืออาจอยู่ในลักษณะที่ยังไม่ค่อยเป็นที่แพร่หลายนัก เช่น การเรียนจากวิดีโอตามอัธยาศัย (Video On-Demand) เป็นต้น

กิดานันท์ มลิทอง (2548: 279) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์หมายถึง การเรียนการสอนที่มีได้ทุกที่ทุกเวลาด้วยคอมพิวเตอร์ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยใช้การสื่อสารทางไกลด้วยการส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมและสายโทรศัพท์ มีการใช้เว็บในการนำเสนอบทเรียนออนไลน์ในลักษณะสื่อหลายมิติ และมีการสื่อสารระหว่างผู้สอนและผู้เรียนหรือระหว่างผู้เรียนด้วยกันเองทั้งแบบประสานเวลาและไม่ประสานเวลาผ่านการสนทนา อีเมล เว็บบอร์ด และการประชุมทางไกล

ปัญญา สิริโรจน์ (2551: 29-40) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ไว้ว่า เป็นการใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ในระบบอินเทอร์เน็ต มาออกแบบและจัดระบบ เพื่อสร้างระบบการเรียนการสอน โดยการสนับสนุนและส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายตรงกับความต้องการของผู้สอนและผู้เรียนเชื่อมโยงระบบเป็นเครือข่ายที่สามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลาและทุกคน

ธวัชพงษ์ พิทักษ์ (2552: 14) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ไว้ว่า เป็นกระบวนการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์อินเทอร์เน็ต (Internet) หรือ อินทราเน็ต (Intranet) มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยผู้สอน ผู้เรียน และเพื่อน

ร่วมชั้นเรียน สามารถติดต่อสื่อสาร แลกเปลี่ยนหรือแสดงความคิดเห็นระหว่างกัน ได้บนเครือข่ายของการเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์

แคมป์เบลล์ (Campbell, 1999) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ไว้ว่าเป็นการใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสร้างการศึกษาที่มีปฏิสัมพันธ์และการศึกษาที่มีคุณภาพสูงที่ผู้คนทั่วโลกมีความสะดวกและสามารถเข้าถึงได้อย่างรวดเร็วไม่จำกัดสถานที่และเวลาเป็นการเปิดประตูการศึกษาตลอดชีวิตให้กับประชาชน

คอลวิน และเมเยอร์ (Colvin and Mayer, 2003: 217-218) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ไว้ว่าเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่เปลี่ยนแปลงวิธีเรียนที่เป็นอยู่เดิมเป็นการเรียนที่ใช้เทคโนโลยีที่ก้าวหน้าดังนั้น จึงหมายรวมถึงการเรียนทางไกล การเรียนผ่านเว็บ ห้องเรียนเสมือนจริง ที่มีจุดเชื่อมโยงก็คือ เทคโนโลยีการสื่อสารเป็นสื่อกลางของการเรียนรู้ การเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์เป็นรูปแบบของเนื้อหาสาระที่สร้างเป็นบทเรียนสำเร็จรูปที่อาจใช้ซีดีรอมเป็นสื่อกลางในการส่งผ่านหรือใช้การส่งผ่านเครือข่ายภายใน ทั้งนี้อาจจะอยู่ในรูปแบบคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรม และการใช้เว็บเพื่อการฝึกอบรม หรือการเรียนการสอนทางไกลผ่านดาวเทียมก็ได้

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปความหมายของการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ได้ว่าเป็นการเรียนรู้แบบออนไลน์หรือการศึกษาเรียนรู้ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์อินเทอร์เน็ต หรือ อินทราเน็ต เป็นการเรียนรู้ด้วยตัวเอง โดยที่ผู้เรียนจะได้เรียนตามความสามารถและความสนใจของตนอาศัยเครื่องมือการติดต่อสื่อสารที่ทันสมัย (เช่น e-Mail, Web Board, Chat) จึงเป็นการเรียนสำหรับทุกคน และสามารถเรียนได้ทุกเวลาและทุกสถานที่อีกทั้งยังทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทางความคิดและต่อยอดความรู้ที่มีอยู่เดิมได้

2.4.2 อีเลิร์นนิ่งและเว็บเบสเลิร์นนิ่งในปัจจุบัน

อีเลิร์นนิ่งและเว็บเบสเลิร์นนิ่งต่างก็เป็นผลจากการผสมผสานระหว่างเว็บเทคโนโลยีกับกระบวนการออกแบบการเรียนการสอนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนรู้และแก้ปัญหาในเรื่องข้อจำกัดทางด้านสถานที่และเวลาในการเรียนเช่นเดียวกันกับเว็บเบสเลิร์นนิ่งการพัฒนาอีเลิร์นนิ่ง (องอาจ ชาญเชาว์, Online: 27-28)

สำหรับความแตกต่างระหว่างอีเลิร์นนิ่งและเว็บเบสเลิร์นนิ่งนั้นแทบจะไม่มีเลยก็ว่าได้เพราะอีเลิร์นนิ่งและเว็บเบสเลิร์นนิ่งนั้นเสมือนเป็นผลของวิวัฒนาการและเมื่อเว็บเทคโนโลยีโดยรวมมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วสิ่งที่เคยทำไม่ได้สำหรับเว็บเบสเลิร์นนิ่งในอดีตก็สามารถทำได้

อย่างไรก็ดีเมื่อกล่าวถึงอีเลิร์นนิ่งในปัจจุบันหากมีการพัฒนาอีเลิร์นนิ่งอย่างเต็มรูปแบบในระดับที่มีการโต้ตอบแบบออนไลน์ (Interactive Online) หรือสื่อมัลติมีเดียที่มีคุณภาพสูง (High Quality Online) การโต้ตอบสามารถทำได้โดยไม่มีข้อจำกัดอีกต่อไปเพราะปัจจุบันเทคโนโลยีที่ช่วยสำหรับการออกแบบบทเรียนให้มีการโต้ตอบอย่างมีความหมายกับผู้เรียนและส่งผลให้เกิดการพัฒนาในด้านการนำไปประยุกต์ใช้ที่ยืดหยุ่นมากขึ้นนอกจากนี้ความหมายของบทเรียนที่สร้างขึ้นสำหรับการเรียนผ่านระบบออนไลน์ (WBI : Web-based Instruction) จะจำกัดอยู่ที่การสอนบนเว็บเท่านั้นเพราะแนวความคิดหลักก็คือเพื่อใช้ประโยชน์จากทรัพยากรสารสนเทศบนเว็บเป็นหลักและการเรียนการสอนมักจะเน้นเนื้อหาในลักษณะตัวหนังสือ (Text-Based) และภาพประกอบหรือวีดิทัศน์ที่ไม่ซับซ้อนเท่านี้ในขณะที่ในปัจจุบันผู้ที่ศึกษาจากอีเลิร์นนิ่งจะสามารถเรียกดูเนื้อหาออนไลน์เมื่อไหร่และที่ไหนก็ได้โดยที่เนื้อหาสารสนเทศที่ออกแบบสำหรับอีเลิร์นนิ่งนั้นจะใช้เทคโนโลยีเชิงโต้ตอบ (Interactive Technology) รวมทั้งมีการใช้เทคโนโลยีมัลติมีเดีย (Multimedia Technology) เป็นสำคัญ

2.4.3 ประโยชน์ของการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (e-Learning)

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (2545) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของอีเลิร์นนิ่งว่า

1. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอน โดยใช้สื่ออุปกรณ์ และคลังความรู้ที่มีอยู่บนอินเทอร์เน็ต เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนของครูและนักเรียน
2. เกิดเครือข่ายความรู้ที่สามารถแลกเปลี่ยนความรู้และวัฒนธรรมซึ่งกันและกันบนอินเทอร์เน็ต ข้อมูลจะมีการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอ สะดวกและรวดเร็ว
3. ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง สามารถสืบค้นวิชาความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยมีการให้คำปรึกษา และชี้แนะโดยครู/อาจารย์
4. การลดช่องว่างระหว่างการศึกษาในเมืองและชนบท สร้างความเท่าเทียมกัน และกระจายโอกาสทางการศึกษาให้เด็กชนบทได้รู้เท่าทัน เพื่อสนับสนุนนโยบายและการพัฒนาระบบเทคโนโลยีทางการศึกษาและเครือข่ายสารสนเทศเพื่อความสอดคล้องและสนับสนุนการปฏิรูปการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542

ฉัฐพงศ์ สมปิตตา (2549) สรุปประโยชน์ของอีเลิร์นนิ่งไว้ว่า ทำให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาได้อย่างสะดวก อีกทั้งการนำเสนอ

เนื้อหาในรูปแบบมัลติมีเดียทำให้เนื้อหาดึงดูดที่น่าสนใจ และยังส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ทักษะทางด้านเทคโนโลยีใหม่ ๆ อีกด้วย

แคปเปอร์ (Capper, 2001) กล่าวว่า การเรียนการสอนด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์มีข้อดีและเอื้อประโยชน์ดังนี้

1. สามารถเรียนได้ตลอดเวลา (Any Time) ผู้เรียนสามารถเข้าถึงโปรแกรมทางการเรียนในเวลาใดก็ได้ตามความสะดวกของผู้เรียน
2. เรียนได้ทุกที่ (Any Place) ผู้เรียนสามารถบันทึกเปิดเข้าเรียนได้ในทุกที่
3. มีการโต้ตอบแบบไม่ประสานเวลา (Asynchronous Interaction) ช่วยให้ทั้งผู้เรียนและผู้สอนมีเวลาเตรียมตัวในการตอบสนองและให้ข้อมูลป้อนกลับซึ่งกันและกันโดยการคิดแบบไตร่ตรองและการโต้ตอบอย่างสร้างสรรค์
4. การเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม (Group Collaboration) เพื่อเสริมสร้างการแบ่งปันความรู้และช่วยส่งเสริมการสนทนาแบบไตร่ตรองได้ดีกว่าการใช้การสนทนาด้วยเสียงและถ้ามีผู้ช่วยประสานงานระหว่างกลุ่มจะยิ่งช่วยให้การเรียนรู้และการแก้ปัญหามีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น
5. วิธีการของการศึกษาแนวใหม่ (New Educational Approaches) ตัวอย่างเช่นเชิญผู้สอนจากทุกแห่งในโลกมาสอน โดยทีมผู้สอนจะเป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆ มาสอนร่วมกันเพื่อสามารถแบ่งปันความรู้ซึ่งกันและกัน รวมถึงการพัฒนาและประยุกต์ใช้ความรู้ระหว่างกัน
6. โปรแกรมซีเอไออัจฉริยะ (Intelligent Computer Assisted Instruction : ICAI) การพัฒนาโปรแกรมซีเอไออัจฉริยะจะช่วยให้การเลือกกลยุทธ์การสอนที่เหมาะสมและการแก้ไขในเชิงลึกสำหรับผู้เรียนที่มีปัญหา โดยใช้ผลงานวิจัยเกี่ยวกับความแตกต่างในวิธีการคิด การเรียน และแก้ไขปัญหาของบุคคล

2.5 ทฤษฎีการใช้ประโยชน์และความสามารถในการใช้งานได้

ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีการใช้ประโยชน์และความสามารถในการใช้งานได้ในแต่ละด้าน เพื่อเป็นการตรวจสอบความสามารถในการใช้งานจากผู้ใช้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.5.1 ความหมายของความสามารถในการใช้งานได้

แชกเคิล และริชาร์ดสัน (Shackel and Richardson, 1991) ได้ให้ความหมายของความสามารถใช้งานได้ ไว้ว่า “ความสามารถของระบบที่ใช้ให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่าย และมี

ประสิทธิภาพ เพื่อสนับสนุนให้ผู้ใช้สามารถใช้งานระบบได้บรรลุผลสำเร็จภายในขอบเขตของระบบ”

เนลเซน (Nielsen, 1993) ได้ให้ความหมายของความสามารถใช้งานได้ ไว้ว่า “เป็นคุณภาพของคุณสมบัติต่าง ๆ ของระบบที่สัมพันธ์กับความง่ายในการใช้งานอันเกี่ยวข้องกับผู้ใช้ สามารถเรียนรู้การใช้งานระบบได้รวดเร็วเพียงใด ระบบมีประสิทธิภาพในการทำงานเพียงใด ระบบสามารถจดจำขั้นตอนได้เพียงใด ระบบมีข้อผิดพลาดเพียงใด และผู้ใช้พึงพอใจในการใช้งานระบบเพียงใด หากผู้ใช้ไม่สามารถใช้งานคุณสมบัติต่าง ๆ ของระบบได้ ถือว่าระบบนั้นอาจจะขาดความสามารถในการใช้งานได้”

ในส่วนของมาตรฐานไอเอสโอ (ISO) 9241-11 ได้กำหนดความหมายของความสามารถในการใช้งานได้ ไว้ว่า “ความสามารถในการใช้งานได้ เป็นขอบเขตของระบบที่ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้สำเร็จ และบรรลุตามเป้าหมายของงาน อันเกี่ยวข้องกับด้านประสิทธิผล ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจในการใช้งาน”

2.5.2 องค์ประกอบของความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือน

จากการศึกษาพบว่า มีผู้กำหนดองค์ประกอบของความสามารถในการใช้งานได้ ไว้มากมาย ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอเพียงบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้เท่านั้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

องค์ประกอบความสามารถในการใช้งานได้ของระบบ ตามแนวความคิดของ แซคเคิล และริชาร์ดสัน (Shackel and Richardson, 1991: 21-38) มี 4 ด้าน ดังนี้

1. ด้านประสิทธิผล (Effectiveness) คือ ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานให้บรรลุผลสำเร็จของงานได้เป็นอย่างดี
2. ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability) คือ ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานเกิดการเรียนรู้วิธีใช้งานที่จะทำให้บรรลุผลสำเร็จของงานได้ดียิ่งขึ้น
3. ด้านความยืดหยุ่น (Flexibility) คือ ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนการใช้งานต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม
4. ด้านทัศนคติหรือมุมมองผู้ใช้ (Attitude) คือ ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ

องค์ประกอบความสามารถในการงานได้ ตามแนวความคิดของ เนลเซน (Nielsen, 1993: 61-78) มี 5 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability) คือ ระบบควรมีความง่ายในการเรียนรู้ สามารถทำให้ผู้ใช้งานเรียนรู้วิธีการใช้งานได้โดยง่าย

2. ด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน (Efficiency) คือ ระบบควรมีประสิทธิภาพในการใช้งาน ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ และสามารถใช้งานได้อย่างรวดเร็ว

3. ด้านความสามารถในการจดจำได้ (Memorability) คือ ระบบควรออกแบบให้ผู้ใช้สามารถจดจำวิธีการใช้งานได้ง่าย และเมื่อผู้ใช้ไม่ได้ใช้งานระบบเป็นระยะเวลาหนึ่ง ผู้ใช้สามารถกลับมาใช้งานระบบได้อีกครั้งโดยง่ายและรวดเร็ว

4. ด้านความผิดพลาด/ความปลอดภัยในการใช้งาน (Errors/safety) คือ ระบบควรมีอัตราความผิดพลาดน้อยที่สุดและเมื่อผู้ใช้งานทำงานผิดพลาดแล้วสามารถกลับออกจากความผิดพลาดนั้นได้โดยง่าย

5. ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (Satisfaction) คือ ระบบควรออกแบบให้มีความน่าใช้ เพื่อให้ผู้ใช้เกิดความพึงพอใจจากการใช้งาน

ทั้งนี้ มาตรฐานไอเอสโอ 9241-11 ได้กำหนดองค์ประกอบของความสามารถในการใช้งานได้ มี 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านประสิทธิผล (Effectiveness) คือ ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ตรงตามความต้องการบรรลุผลสำเร็จของงานและใช้งานได้ตรงตามเป้าหมาย

2. ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) คือ ความสามารถของระบบที่สามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับผลของความถูกต้องและผลสำเร็จของงานที่ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ตรงตามเป้าหมาย

3. ด้านความพึงพอใจ (Satisfaction) คือ ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกสบายในการใช้งาน และมีความพึงพอใจเป็นที่ยอมรับในการใช้งาน

จากองค์ประกอบความสามารถในการใช้งานได้ ตามแนวความคิดของ แซกเคล และริชาร์ดสัน เนลเซน และมาตรฐานไอเอสโอ 9241-11 ซึ่งมีองค์ประกอบสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ ทั้งหมด 5 ด้าน ได้แก่

1. ด้านประสิทธิผล (Effectiveness) คือ ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ตรงตามความต้องการบรรลุผลสำเร็จของงาน และใช้งานได้ตรงตามเป้าหมาย

2. ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) คือ ความสามารถของระบบที่สามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับผลของความถูกต้อง และผลสำเร็จของงานที่ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ตรงตามเป้าหมาย

3. ด้านความยืดหยุ่น (Flexibility) คือ ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนการใช้งานต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

4. ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability) คือ ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานเกิดการเรียนรู้วิธีใช้งานที่จะทำให้บรรลุผลสำเร็จของงานได้ดีขึ้น

5. ด้านความพึงพอใจ (Satisfaction) คือ ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกสบาย ใการใช้งานและมีความพึงพอใจเป็นที่ยอมรับในการใช้งาน

2.6 ประวัติศาสตร์ปราสาทพิมาย

ปราสาทพิมาย จัดเป็นศาสนสถานขอมที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย ชื่อของ “พิมาย” จารึกที่กรอบประตูปราสาทว่า “กมรเตงชคตวิมาย” และ “พิมาย” เป็นชื่อของเมืองโบราณที่ปรากฏในศิลาจารึกมาตั้งแต่พุทธศตวรรษที่ 12 ซึ่งกล่าวถึงเมือง “ภิมปุระ” และจารึกรุ่นหลังที่ปราสาทพระขรรค์ (พุทธศตวรรษที่ 18) กล่าวถึงเมือง “วิมายปุระ” เป็นต้น ดังนั้นปราสาทพิมายและเมืองพิมายจึงเป็นเมืองและศูนย์กลางทางศาสนาที่สำคัญในช่วงระยะเวลาหนึ่งของศิลปะขอมที่พบในประเทศไทย

หลักฐานการก่อสร้างปราสาทพิมายปรากฏในจารึกที่กรอบประตูโคปุระด้านหน้าระบูป.ศ. 1651 ซึ่งตรงกับสมัยของพระเจ้าชัยวรมันที่ 6 (พ.ศ. 1651-1655) ผู้สถาปนาขึ้นครองดินแดนเขมรสูง (ในเขตภาคอีสานตอนล่าง) ในขณะที่เขมรต่ำกำลังวุ่นวาย และทรงเป็นผู้ที่อุปถัมภ์ศาสนาพุทธมหายาน (ธิดา สาระยา, 2538)

ปราสาทพิมายเป็นสถาปัตยกรรมขอมที่ใหญ่และแทบจะสมบูรณ์ ทั้งนี้สถาปัตยกรรมขอมเป็นสถาปัตยกรรมที่รักษาระเบียบวินัยอย่างเคร่งครัด มีสัดส่วนสง่างามและน่าเกรงขามเห็นได้ชัดจากการวางผังอย่างได้สัดส่วน ในยุคแรก ๆ อาคารที่เป็นปราสาทมีลักษณะคล้ายกันมากกับทางภาคเหนือของอินเดีย คือที่วิหารลักษณ์เมืองสิระปุระ ศิลปะอินเดียแบบคุปตะวิหารลักษณ์นี้ได้ส่งอิทธิพลให้กับอาคารที่พบในกัมพูชาในยุคแรก ๆ เช่นที่ปราสาทสิทลปะสมัยสมโบว์ไพรุกอายุ ประมาณกลางพุทธศตวรรษที่ 12 (สุภัทรดิศ ดิศกุล, 2539) และอาคารที่เรียกว่า อาสมรมฤณี

ต่อมาในช่วงกลางพุทธศตวรรษที่ 14 เชื่อว่าสถาปัตยกรรมเขมรได้รับอิทธิพลจากศิลปะจามและศิลปะชวา โดยได้พบวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงของปราสาทเขมรที่สร้างบนฐานเป็นชั้นสูงซ้อนกัน และมีวิวัฒนาการลดลดยประดับที่มีอิทธิพลจากศิลปะจามและศิลปะชวาหลายประการ

(สุภัทรดิศ ดิศกุล, 2543) รวมทั้งอาคารจำลองที่ประดับมุมชั้นหลังคา ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียด ดังนี้

1. องค์ประกอบที่สำคัญของสถาปัตยกรรมขอมตามผังในแนวราบแบ่งออกเป็น 5 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1.1 กำแพงและซุ้มประตู เป็นส่วนที่อยู่ภายนอกสุด ทำหน้าที่ล้อมรอบป้องกันอาคารทั้งหมดไว้ กำแพงของสถาปัตยกรรมขอมนี้มักสร้างหลายชั้น แต่ละชั้นแสดงถึงความเป็นภูเขาบริวารที่ล้อมรอบเขาพระสุเมรุ และมักมีทางเดินเชื่อมถึงกันที่เรียกว่า “ทางดำเนิน” และทางเข้า-ออกที่เรียกว่าประตูนั้นมักทำซุ้มหลังคาชั้นซ้อนทรงสูงเรียกว่าประตูหรือโคปุระ

1.2 ส่วนของที่ว่างหรือฉนวน ระหว่างกำแพงแต่ละชั้นมีที่ว่างกันอยู่ บางชั้นจุดเป็นสระน้ำล้อมรอบไว้ด้านใน สระน้ำนี้เปรียบเหมือนเป็นมหาสมุทรใหญ่ที่ล้อมเขาพระสุเมรุและเขาบริวาร

1.3 ส่วนที่ว่างด้านในสำหรับทำเป็นลานประทักษิณ ส่วนนี้จะอยู่ระหว่างกำแพงชั้นในสุดกับตัวปราสาทประธาน ทำเป็นที่ว่าง สามารถใช้เดินวนโดยรอบได้ และพบว่ามีการสร้างอาคารที่เรียกว่าบรรณาลัยตั้งไว้ทางด้านหน้าเฉียงออกไปด้านข้างของปราสาทประธานเสมอ

1.4 ส่วนของมณฑป ที่ขยายออกมาใช้ทำพิธีบูชา พบว่าเริ่มมีขึ้นหลังพุทธศตวรรษที่ 16 โดยพบครั้งแรกในศิลปะสมัยบันทายศรี

1.5 ปราสาทประธาน หรือเรียกโดยรวมว่าปราสาทขอม เป็นอาคารหลังที่อยู่ตรงกลาง เปรียบเป็นเขาพระสุเมรุ เป็นศูนย์กลางของจักรวาล เป็นที่ประทับของพระผู้เป็นเจ้า และเป็นที่อยู่ของเทวดาต่าง ๆ นิยมตั้งรูปเคารพไว้ตรงกลาง ในส่วนนี้ยังแบ่งออกเป็นอีกสามส่วนตามผัง ในด้านแนวตั้ง

2. องค์ประกอบที่สำคัญของสถาปัตยกรรมขอมตามผังในแนวตั้ง แบ่งออกเป็นสามส่วนคือ ฐาน เรือนฐาน และส่วนยอด

2.1 ส่วนฐาน เป็นส่วนที่รองรับอาคารทั้งหมดของปราสาทแบบขอม มีทั้งเป็นฐานชั้นเดียวรองรับอาคารหลังเดียวในสมัยแรก ๆ ของศิลปะเขมร ต่อมาทำเป็นฐานชั้นซ้อนสูงขึ้นไปหลายชั้น รองรับอาคารหลังเดียว เพื่อแสดงสัญลักษณ์ว่าอาคารที่อยู่ข้างบนคือยอดเขาไกรลาสอันเป็นที่อยู่ของพระศิวะ เช่นที่ปราสาทบาคอง ปราสาทบาแคง ปราสาทแปรรูป ฯลฯ และมีการทำฐานชั้นเดียวขนาดใหญ่รองรับอาคารหลายหลัง เช่นที่ปราสาทพระโค ปราสาทโลเลย ปราสาทพนมกรอม ฯลฯ

ส่วนของฐานในศิลปะเขมรนี้นิยมทำลวดลายประดับเป็นลักษณะที่เรียกว่าบัวลูกฟักเป็นส่วนมาก พบว่าทำเป็นบัวลูกแก้วอกไก่บ้างก็มี เช่นที่ปราสาทพิมาย (สันติ เล็กสุขุม, 2540)

ในทางประติมานวิทยา ส่วนฐานนี้เปรียบเป็นที่อยู่ของมนุษย์ เป็นที่ซึ่งมนุษย์หรือตัวแทนของมนุษย์คือพราหมณ์สามารถขึ้นไปได้

2.2 เรือนธาตุ คือส่วนที่อยู่เหนือต่อจากฐานขึ้นมาในสมัยแรก ๆ เรือนธาตุในศิลปะเขมรพบว่ามีผังเป็นรูปแปดเหลี่ยม เช่นที่ปราสาทสมโบร์ไพรกุก ต่อมาพบว่านิยมทำเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มักทำประตูทางเข้าหันหน้าไปทางทิศตะวันออก ในยุคแรก ๆ มีประตูเข้าออกทางเดียว แล้ววิวัฒนาการทำเป็นประตูเข้าออกสี่ทางตามทิศ เช่นที่ปราสาทบาแกง เป็นต้น

ส่วนของเรือนธาตุนี้ ทางด้านประติมานวิทยาเชื่อว่าเป็นที่ที่สามารถอัญเชิญพระผู้เป็นเจ้าลงมาจากรวรรค์เบื้องบนให้มาประทับ เพื่อที่ตัวแทนของมนุษย์คือพราหมณ์ใช้เป็นที่ทำพิธีติดต่อกับพระผู้เป็นเจ้า

อาคารส่วนที่เป็นเรือนธาตุนี้จึงใช้เป็นที่ประดิษฐานรูปเคารพอยู่ภายในตรงกลางของเรือนธาตุ

2.3 ส่วนยอด ส่วนยอดหรือหลังคาในศิลปะเขมร นิยมทำเป็นชั้นซ้อนลดหลั่นกันขึ้นไป ส่วนใหญ่มักจะมีห้าชั้น ปลายยอดมักทำเป็นรูปดอกบัว หรือกลีบมะเฟืองที่เรียกว่าอมลกะ รองรับลูกแก้วอีกชั้นหนึ่ง มีความหมายทางด้านประติมานวิทยาว่าหมายถึง โมกษะ คือการหลุดพ้น ในศาสนาพราหมณ์ การทำหลังคาเรือนชั้นซ้อนขึ้นไป มีความหมายถึงความเป็นสวรรค์ มีหลายฐานันดร เป็นที่อยู่ของเหล่าเทวดา คนธรรพ์ อมนุษย์ ฤาษี ยักษ์ และสรรพสัตว์ทั้งหลาย ตามแต่ละชั้นฐานันดร อนึ่งแต่ละชั้นหลังคาของปราสาทขอมมีอาคารจำลองและปราสาทจำลองประดับอยู่

2.6.1 ประวัติความเป็นมา

มีหลักฐานว่าปราสาทพิมายสร้างขึ้นเมื่อปลายพุทธศตวรรษที่ 16-พุทธศตวรรษที่ 17 เพื่อให้เป็นพุทธสถานในลัทธิมหายาน (นิกายวัชรยาน) ไม่ใช่เทวสถานดังเช่นปราสาทอื่น ๆ ที่สร้างขึ้นในระยะเวลาใกล้เคียงกัน เช่น ปราสาทพนมรุ้ง จังหวัดบุรีรัมย์ หรือปราสาทนครวัดในประเทศสาธารณรัฐกัมพูชาประชาธิปไตย หลักฐานอย่างหนึ่งที่บ่งชี้ถึงอายุสมัยและศาสนาของปราสาทพิมาย ได้แก่ ศิลปะจาลึกพบภายในบริเวณปราสาทพิมายที่มุมทิศตะวันออกของปราสาท

ประธาน ระบุศักราชตรงกับ พ.ศ. 1579 และ 1589 มีข้อความสรรเสริญพระพุทธเจ้าและพระราชานาม “ศรีสุทธะวรมะ” ผู้ทรงนับถือพุทธศาสนาหายาน หมายถึง พระเจ้าสุริยวรมันที่ 1 และจารึกที่กรอบประตูระเบียงคดด้านทิศใต้ของปราสาทพิมายระบุศักราชตรงกับ พ.ศ. 1651-1655 นั้นกล่าวถึงการสถาปนากรมตรวจคตเสนบติไตร โลกยวิชัย ซึ่งเป็นชื่อของรูปเคารพในพุทธศาสนา ลัทธิมหายาน ครั้นเมื่อถึงสมัยที่พุทธศาสนา ลัทธิมหายานเฟื่องฟู และได้รับการอุปถัมภ์อย่างเต็มที่จากพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ในราวพุทธศตวรรษที่ 18 ปราสาทพิมายจึงได้มีการบูรณะและก่อสร้างเพิ่มเติมอีกมากมาย (กรมศิลปากร, 2552: 55)

ในสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 6 (พ.ศ. 1623-1650) กษัตริย์ผู้ครองประเทศกัมพูชา และกล่าวกันว่า ทรงสืบเชื้อสายลงมาแต่ขุนนางที่เมืองมหิธรปุระประทับที่เมืองพิมายนี้เป็นราชธานี ทั้งนี้เพราะปรากฏว่าที่เมืองพระนคร (Angkor) ในประเทศกัมพูชานั้น มีเจ้านายผู้สืบเชื้อสายมาจากพระเจ้าแผ่นดินองค์ก่อนปกครองอยู่ นอกจากนี้ลักษณะของปราสาทหลังกลางที่พิมายก็อยู่ใน สมัยของพระเจ้าชัยวรมันที่ 6 นี้ ที่ปราสาทพนมวันก็มีจารึกในรัชกาลนี้และตัวปราสาทเองก็เก่ากว่าปราสาทพิมายเล็กน้อยที่พิมายมีจารึกที่ประตูด้านใต้ของระเบียงคดกล่าวถึง พ.ศ. 1651 ซึ่งหมายความว่าปราสาทหลังกลางสร้างขึ้นในปีนี้ จารึกนี้กล่าวถึงการสร้างรูปไตร โลกยวิชัยให้เป็นเสนาบดีของ“วิมายะ” วิมายะ แปลว่า ผู้ไม่มีมายาซึ่งหมายถึงความถึงพระพุทธรูปสำคัญในปราสาทหลังกลางนั่นเอง ผู้สร้างรูปไตร โลกยวิชัยคือศรีวิเรนทราธิปดิศวรรมันแห่งเมืองโจกวะกุล นามนี้ปรากฏอยู่อีกว่าเป็นเจ้าประเทศราชผู้ยิ่งใหญ่องค์หนึ่งของพระเจ้าสุริยวรมันที่ 2 ในภาพสลักขบวนแถวทหารที่ปราสาทนครวัด

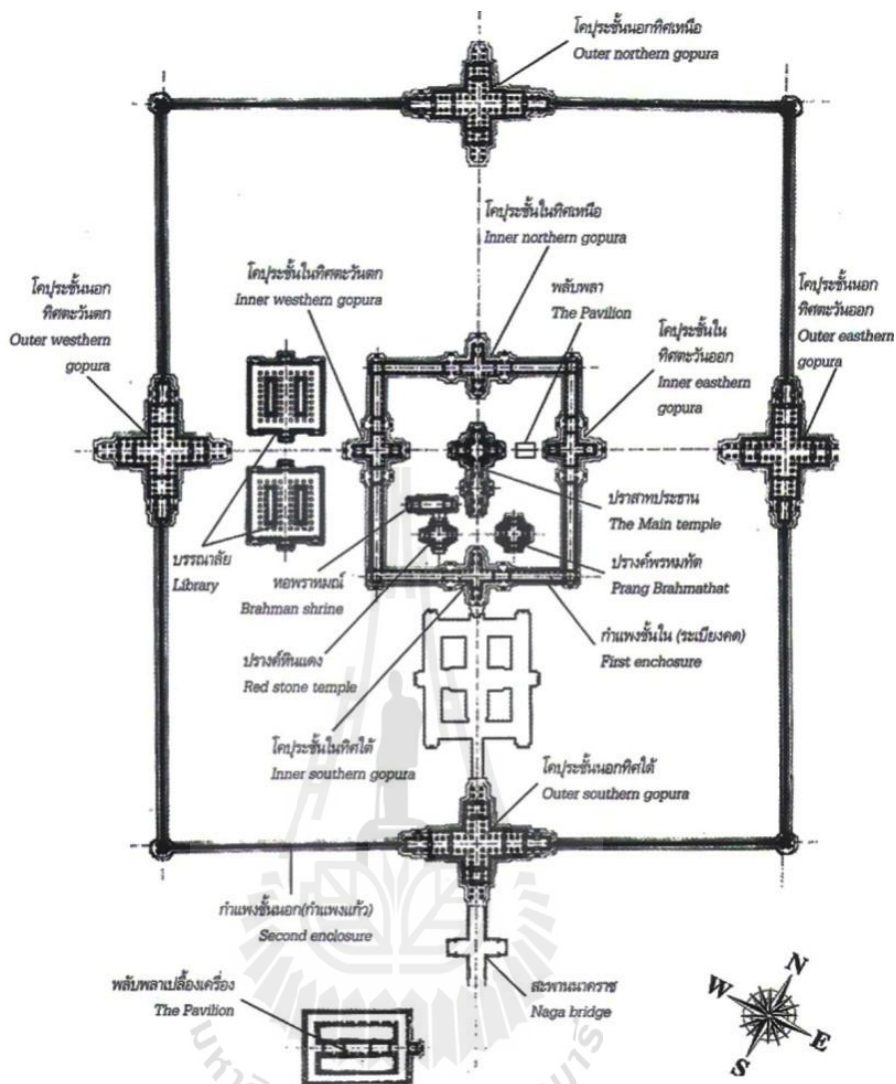
ในสมัยพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 พระองค์ได้ทรงสร้างปราสาทขึ้นอีก 2 องค์ในบริเวณปราสาทพิมาย คือ ปราสาทพรหมทัต และปราสาทหินแดง รวมทั้งพระรูปของพระองค์เองด้วยพระรูปพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 นี้ นับเป็นองค์หนึ่งในจำนวน 23 องค์ ที่พระองค์ได้ทรงสร้างขึ้นในเมืองสำคัญต่าง ๆ ทั่วราชอาณาจักร และยังได้ทรงสร้างที่พักรื่นอีก 17 แห่ง ระหว่างทางเดินจากเมืองพิมายไปยังเมืองพระนคร นอกจากนี้พระองค์ยังได้ทรงสร้างโรงพยาบาลขึ้นที่ปราสาทพนมวันเมืองพิมายอาจจะตรงกับชื่อพิ อู มาย (P'ou-Mai) ซึ่งนักเดินทางชาวจีนชื่อเฉาตาควนกล่าวไว้ใน พ.ศ. 1835 ว่าเป็นแคว้นสำคัญแคว้นหนึ่งของเมืองพระนคร ทั้งนี้ยังมีหลักฐานยืนยันเกี่ยวกับพระรูปที่ประดิษฐานอยู่ภายในปราสาทพิมาย โดยที่องรี มูออต (Henri Mouhot) ชาวฝรั่งเศสได้ไปเยี่ยมเมืองพิมายใน พ.ศ. 2402 และต่อมา เอเตียน อายโมนีเย (Etienne Aymonier) และลูเนเดอ

ลาจอนรี (Lunet de Lajonquiére) ก็ได้กล่าวถึงและทำแผนผังไว้จนกระทั่งจอร์จโคเด้ (George Coedés) ได้มาอ่าน จารึกและกล่าวว่ารูปที่เรียกกันว่าท้าวพรหมทัตก็คือ พระรูปพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 นั่นเอง (Bernard P. G., 2506)

2.6.2 สถาปัตยกรรม

ปราสาทพิมายประกอบด้วยสถาปัตยกรรม ซึ่งสร้างด้วยหินทรายและศิลาแลง ประกอบด้วยอาคารต่าง ๆ ได้แก่ ปราสาทประธาน ปราสาทหินแดง ปราสาทพรหมทัตระเบียงคดโคปุระ วิหาร บรรณาลัย บันไดนาถ และอาคารประกอบอีกหลายแห่ง ที่อยู่นอกเมืองโบราณอีกหลายแห่งที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับปราสาทประธานปราสาทพิมาย อาคารต่าง ๆ เหล่านี้ตั้งอยู่บนที่ราบริมฝั่งแม่น้ำมูล ซึ่งแตกต่างจากศาสนสถานแบบเขมรโบราณ โดยทั่วไปที่นิยมสร้างศาสนสถานไว้บนยอดเขา ซึ่งเป็นการจำลองทิพยวิมานของเทพเจ้าที่ตั้งอยู่บนเขาไกรลาสหรือเขาพระสุเมรุมาไว้บนโลกมนุษย์ ซึ่งการสร้างปราสาทบนยอดเขาในวัฒนธรรมเขมร เริ่มได้รับความนิยมาตั้งแต่พุทธศตวรรษที่ 15 เป็นต้นมา ถึงแม้ว่าปราสาทพิมายจะสร้างในสมัยเมืองพระนคร ซึ่งสร้างหันหน้าไปทางทิศใต้ ที่เป็น เช่นนี้อาจเป็นเพราะต้องสร้างหันหน้าเข้าสู่ศูนย์กลางของศาสนจักรและศูนย์กลางการปกครองที่เมืองพระนคร ที่อยู่ทางทิศใต้ของปราสาทพิมายก็ได้ (สมมาตร ผลิต, 2549: 43-46)

เมื่อกล่าวถึงความอัจฉริยอย่างหนึ่งของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายก็คือตั้งแต่ประตูเมืองประตูกำแพงล้อมรอบปราสาทไปจนประตูปราสาทซึ่งจะตรงเป็นแนวเดียวกันตลอด เป็นสิ่งที่น่าทึ่งมากถึงช่วงฝีมือโบราณที่ไม่มีเครื่องมือในการก่อสร้างที่ทันสมัยเหมือนปัจจุบัน (นคร ลำภาทิพย์, 2545: 41) รวมไปถึงสถาปัตยกรรมภายในกำแพงชั้นนอกของปราสาทพิมาย ดังแสดงในภาพที่ 2.8 ประกอบด้วย



ภาพที่ 2.8 ผังแสดงส่วนของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย

ที่มา : คู่มือเข้าชมปราสาทหินพิมาย (นคร สำเภาทิพย์, 2545: 40)

1. คลังเงิน หรือธรรมศาลา หรือพลับพลาเปลื้องเครื่องตั้งอยู่ทางด้านซ้ายมือเมื่อหันหน้าเข้าสู่ถนน เป็นอาคารรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 26 เมตร ยาว 35.10 เมตร มีบันไดและประตูเข้าสู่อาคารอยู่ตรงกลางทั้งทางด้านตะวันออกและตะวันตก โดยด้านทิศตะวันออกก่อเป็นมุขยื่นออกมา ในขณะที่ด้านหลังคือด้านทิศตะวันตกเจาะเป็นช่องประตูเรียบ ๆ ทั้งสองข้างประตูค่อนไปชิดมุมอาคารทำเป็นประตูหลอกข้างละ 1 ประตู ผนังด้านทิศตะวันออกและทิศใต้เจาะช่องหน้าต่างเป็นระยะ ๆ ส่วนด้านอื่น ๆ ปิดทึบ (กรมศิลปากร, 2531ก: 32)

ภายในอาคารทำเป็นห้องยาวคล้ายระเบียบทางเดินต่อเนื่องกันโดยรอบตรงกลางของระเบียบด้านทิศตะวันออกและตะวันตกเชื่อมต่อกัน โดยกันเป็นห้องยาวตลอดแนว โดยแบ่งเป็น 3 ห้อง ห้องกลางมีขนาดใหญ่ที่สุด ทุกห้องมีประตูทะลุถึงกัน ในระหว่างการขุดแต่งเมื่อ พ.ศ. 2511 พบโบราณวัตถุจำนวนมากและมีทั้งรูปเคารพและเครื่องประดับ ซึ่งอาคารหลังนี้คงจะสร้างขึ้นในราวพุทธศตวรรษที่ 17 โดยเปรียบเทียบลักษณะทางศิลปะของภาพสลักบนทับหลังที่พบ (จรรยา มาณะวิท และระวีวรรณ บุญญศาสตร์พันธุ์, 2542: 24 ; กรมศิลปากร, 2552: 29-31)

2. สะพานนาคราชตั้งอยู่ตรงหน้าประตูซุ้มกำแพงศาสนสถานสร้างด้วยหินทราย เป็นสะพานรูปกากบาทขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 31.70 เมตร ยกพื้นสูงจากพื้นดินประมาณ 2.50 เมตร ด้านหน้าและด้านข้างลดชั้น ทั้งสามด้านมีบันไดขึ้น-ลง เชิงบันไดทำเป็นอฒจันทร์รูปปีกกา ด้านหลังมีถนนเชื่อมเชื่อมต่อกับประตูซุ้มของกำแพงปราสาทด้านทิศใต้ราวสะพานโดยรอบทำเป็นลำตัวของนาคราช ซुकอแผ่พังพานเป็นนาค 7 เศียรมีรัศมีหันหน้าออกไปยังเชิงบันไดทั้ง 4 ทิศ เศียรนาคเหล่านี้ มีรัศมีติดกันเป็นแผ่นสลักลายในแนวนอน อันเป็นลักษณะที่นิยมในศิลปะเขมรแบบนครวัดราวกลางพุทธศตวรรษที่ 17 ที่เชิงบันไดมีประติมากรรมรูปสิงห์สลักด้วยหินทรายตั้งประดับอยู่เสาและขอบสะพานสลักลายงดงาม (จรรยา มาณะวิท และระวีวรรณ บุญญศาสตร์พันธุ์, 2542: 26 ; กรมศิลปากร, 2552: 33)

ทั้งนี้ สะพานนาคราช มีแต่เฉพาะหน้าประตูซุ้มด้านทิศใต้ซึ่งเป็นด้านหน้าเพียงด้านเดียว ซึ่งอาจสร้างขึ้นเพื่อให้เป็นสัญลักษณ์แสดงถึงทางเชื่อมต่อบetween โลกมนุษย์กับโลกสวรรค์ และการที่มีรูปสิงห์และนาคที่เป็นสัตว์ในจินตนาการที่เชื่อกันว่ามีอยู่นอกแดนมนุษย์ประดับบันไดและราวสะพานนั้น อาจจะไม่ใช่ทำขึ้นเพียงเพื่อความสวยงามเท่านั้น อาจต้องการสื่อความหมายในทำนองเดียวกันเพื่อให้เห็นว่าพ้นจากแดนโลกมนุษย์ และจากจุดนี้ไปจะเข้าสู่ดินแดนแห่งโลกสวรรค์ ตามคติความเชื่อที่สืบต่อกันมาทั้งศาสนาฮินดู และศาสนาพุทธ

3. ซุ้มประตูและกำแพงชั้นนอกของปราสาท หรือโคปุระจากสะพานนาคราชเข้ามาก็เป็นซุ้มประตู หรือที่เรียกกันว่า โคปุระ ของกำแพงปราสาทด้านทิศใต้ ประตูซุ้มก่อด้วยหินทราย ประกอบด้วยห้องกลาง ขนาด 6 x 13 เมตร ด้านนอกและด้านในของห้องนี้มีมุขขนาด 4 x 6 เมตร ส่วนด้านข้างซีกปีกออกไปต่อกับกำแพงปีกทั้งสองข้างกันเป็นห้องขนาดเดียวกับห้องมุข ผังโดยรวมของประตูซุ้มจึงมีลักษณะเป็นรูปกากบาท มีประตูผ่านเข้าได้ 3 ทาง คือประตูกลางผ่านทางห้องมุข และประตูข้างห้องริมสุดทั้งสองข้าง ภายในห้องต่าง ๆ มีเสาหินทรายสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ตั้งเรียงเป็นระยะเพื่อรองรับหลังคามุงด้วยหินทราย พื้นห้องปูด้วยหินทรายเช่นเดียวกันมีหลุมเจาะลงไปบนแท่งหินปูพื้น ส่วนใหญ่จะอยู่รอบแนวเสา ลักษณะน่าจะเป็นหลุมเสาซึ่งคงจะเป็นเสาไม้ ไม่อาจทราบได้แน่ชัดถึงประโยชน์ใช้สอยของเสาดังกล่าว สันนิษฐานกันว่า ภายในพื้นห้อง

เหล่านี้จะเคยมีพื้นไม้ปูอยู่เหนือพื้นหินที่เห็นอยู่อีกชั้นหนึ่ง โดยมีเสาเหล่านี้เป็นเครื่องรองรับพื้นไม้อีกที

ซุ้มประตูในลักษณะเดียวกันนี้มีอยู่ทั้ง 4 ทิศ อยู่ในแนวตรงกันคือ ทิศเหนือ-ทิศใต้ อยู่ตรงกึ่งกลางของกำแพง ส่วนทิศตะวันออก-ทิศตะวันตกก่อนไปทางทิศเหนือเล็กน้อย ทั้งหมดก่อด้วยหินทรายสีแดงเป็นหลัก มีหินทรายสีขาวประกอบในส่วนที่ต้องการความแข็งแรงเป็นพิเศษ ได้แก่ กรอบประตู กรอบหน้าต่าง ทับหลัง เสารับทับหลัง และเสารับหลังคา เป็นต้น โดยที่ส่วนบนของซุ้มประตูพังทลายไปเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้ไม่สามารถเห็นหน้าบันของประตูกลางซึ่งปกติจะสลักลวดลายประดับงดงาม ทับหลังส่วนหนึ่งก็ร่วงหล่นลงมาและได้ทำการเคลื่อนย้ายไปเก็บรักษาไว้ข้างนอก ลวดลายที่สลักบนทับหลังมักจะเป็นภาพเล่าเรื่อง โดยมากจะเป็นเรื่องอวตารของพระวิษณุหรือพระนารายณ์ โดยเฉพาะปางรามาวตาร และกฤษณาวตารจะเป็นที่นิยมเป็นพิเศษนอกจากนั้นเป็นภาพทางพุทธศาสนาและภาพอื่น ๆ

กำแพงทั้งสิ้นด้าน ก่อด้วยหินทรายสีแดงเช่นเดียวกัน โดยมีศิลาแลงแทรกอยู่บางส่วน ด้านกว้างคือด้านทิศเหนือและด้านทิศใต้ 220 เมตร ด้านยาวคือด้านทิศตะวันออกและตะวันตกยาว 277.50 เมตร ส่วนที่ยังเหลือสภาพค่อนข้างจะสมบูรณ์ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ สูงถึง 8 เมตร มีซุ้มมุมอยู่ที่มุมกำแพงทั้ง 4 ทิศ โดยทำเป็นมุขยื่นออกมามีประตูหลอกทำเลียนแบบบานประตูไม่มีมือกลอยู่ตรงกลางทางด้านที่หันออกข้างนอกสองด้าน (จรรยา มาณะวิท และระวีวรรณ บุญญศาสตร์พันธุ์, 2542: 28 ; กรมศิลปากร, 2552: 35-36)

4. ทางเดินเข้าสู่ปราสาทซาลาทางเดินเมื่อผ่านซุ้มประตูหรือโคปุระด้านทิศใต้เข้ามาเป็นลานชั้นนอกของปราสาทมีแนวทางเดินทอดไปยังประตูกลางของซุ้มประตูระเบียงคด แนวทางเดินนี้เชื่อมติดกันและยกพื้นสูงก่อด้วยหินทราย สองข้างของทางเดินนี้มีทางเดินอีก 2 ทางขนานกัน รับกับประตูข้างนอกของโคปุระซึ่งจะก่อด้วยหินทรายสูงขึ้นมาประมาณ 1 เมตร ทางเดินทั้งสามเชื่อมต่อกัน 3 ช่วง คือช่วงกลางและช่วงปลายทั้ง 2 ด้าน ทำให้มีผังเป็นรูปกากบาทอยู่ตรงกลาง และเกิดเป็นช่องว่าง 4 ช่อง มีบันไดลงจากทางเดินสู่พื้นล่างที่มุมทั้ง 4 และที่สองข้างของช่วงเวลา ตลอดแนวทางเดินที่เชื่อมติดกันนี้มีหลุมเสาตั้งเรียงกันอยู่เป็นระยะ ๆ ระหว่างการขุดแต่งเมื่อ พ.ศ. 2530 พบเศษกระเบื้องในบริเวณนี้จึงสันนิษฐานว่าทางเดินนี้มีลักษณะ เป็นระเบียงโปร่งหลังคามุงกระเบื้องรองรับด้วยเสาไม้ซึ่งผุพังไปตามกาลเวลา (จรรยา มาณะวิท และระวีวรรณ บุญญศาสตร์พันธุ์, 2542: 32 ; กรมศิลปากร, 2552: 37)

5. ซุ้มประตูและกำแพงชั้นในหรือระเบียงคดทางเดินกลางลานปราสาทที่ทอดตรงมายังประตูทางเข้าของกำแพงชั้นในด้านทิศใต้กำแพงชั้นในของปราสาทต่างจากกำแพงชั้นนอกคือก่อเป็นห้องยาวต่อเนื่องกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าล้อมรอบลานปราสาทชั้นใน คล้ายเป็นทางเดิน

ที่มีผนังกันและมีหลังคาคลุมอันเป็นลักษณะที่เรียกกันว่าระเบียงคด ภายในสามารถเดินทะลุถึงกันได้โดยตลอด ระเบียงคดทั้ง 4 ด้านก่อด้วยหินทรายสีแดง ยกเว้นส่วนที่ต้องการความแข็งแรงเป็นพิเศษและสลักลวดลายประดับ เช่น กรอบประตู กรอบหน้าต่าง เสารับทับหลัง จะใช้หินทรายสีขาว ห้องขานนี้ก่อสูงขึ้นมาจากระดับพื้นดินประมาณ 1 เมตร กว้าง 2.35 เมตร ความยาวของด้านทิศเหนือและทิศใต้ 72 เมตร ด้านทิศตะวันออกและตะวันตกยาว 80 เมตร ผนังด้านในทุกด้านเจาะหน้าต่างเป็นระยะตรงกัน ส่วนผนังด้านนอกปิดทึบแต่ทำเป็นหน้าต่างหลอกประดับลูกกรงสลักด้วยหินทรายอย่างที่เรียกว่าลูกมะหวด หลังคามุงด้วยหินทรายสลักด้านนอกเลียนแบบกระเบื้องก่อเหลี่ยมซ้อนกันขึ้นไปเป็นรูปโค้งคล้ายประทุนเรือ

ซึ่งระเบียงคดทั้ง 4 ด้าน มีซุ้มประตูอยู่ในแนวตรงกันกับซุ้มประตูกำแพงชั้นนอกอีก 2 ชั้น และตรงกันกับประตูปราสาทองค์กลางหรือปราสาทประธาน มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับประตูซุ้มของกำแพงปราสาทชั้นนอกแต่มีขนาดเล็กกว่า พื้นห้องปูด้วยหินทราย และมีหลุมเสา เจาะลงไปในแท่งหินปูพื้นบางส่วน เช่นเดียวกับที่โคปุระชั้นนอกทุกด้านมีช่องประตูผ่านได้ 3 ช่อง ที่มุมระเบียงคดทั้ง 4 ทำเป็นซุ้มมีประตูจริงเฉพาะที่ระเบียงด้านทิศใต้ ส่วนด้านอื่นเป็นประตูหลอก (จรรยา มาณะวิท และระวีวรรณ บุญญศาสตร์พันธุ์, 2542: 38-39 ; กรมศิลปากร, 2552: 43-44)

6. ปราสาทประธานภายในวงล้อมของระเบียงคด คือ บริเวณลานชั้นในเป็นที่ตั้งของอาคารศาสนสถานหลายองค์ด้วยกันที่ตั้งอยู่ตรงกลางลาน คือ ปราสาทประธาน ซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมหลักและเป็นศูนย์กลางของศาสนสถาน ทั้งนี้ ปราสาทประธานสร้างด้วยหินทรายสีขาว หันหน้าไปทางทิศใต้ ประกอบด้วยองค์ปราสาทสูง 28 เมตร ฐานรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสย่อมุมกว้าง 22 เมตร มีมุข 3 ด้านและมณฑป คือ ห้องรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 8x15 เมตร เชื่อมต่อกับองค์ปราสาททางด้านหน้าโดยมีฉนวนคั่นมีมุขเล็ก ๆ 3 ด้าน เช่นเดียวกัน ซึ่งทั้งองค์ปราสาทและมณฑปตั้งอยู่บนฐานเดียวกัน ประกอบด้วยฐานเชิงและฐานบัวเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นสลักลวดลายต่าง ๆ เช่น ลายกลีบบัวลายประจำยาม

เฉพาะองค์ปราสาทสลักลวดลายสูงขึ้นมาจนถึงผนังของเรือนธาตุ ซึ่งได้แก่ ส่วนกลางขององค์ปราสาทถัดจากส่วนฐานขึ้นมา มีลักษณะเป็นอาคารรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสย่อมุม มีมุขยื่นออกไปทางด้านทิศตะวันออก ทิศเหนือ และทิศตะวันตก หน้ามุขทั้ง 3 ด้านมีบันไดและประตูขึ้นสู่องค์ปราสาท ภายในอาคารมีห้องสี่เหลี่ยมอยู่ตรงกลางเรียกว่าห้องครรภคฤหะใช้เป็นที่ประดิษฐานรูปเคารพที่สำคัญที่สุดของศาสนสถาน

ถัดจากเรือนธาตุขึ้นไป คือ ส่วนยอด หรือเรือนยอด ซึ่งก็คือส่วนหลังคา แต่เป็นหลังคาที่ทำเป็นชั้น ๆ ลดหลั่นกันขึ้นไปอย่างที่เรียกว่าชั้นเชิงบาตรรวม 5 ชั้น ที่เชิงหลังคามี

รูปสลักเป็นครุฑแบกอยู่ตรงกลางทั้ง 4 ทิศ ชั้นเหล่านี้มีลักษณะคล้ายรูปจำลองอาคารสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ย่อมุมเข้าไปมา และลดขนาดเล็กลงตามลำดับ ทำให้มองเห็นเป็นทรงพุ่ม แต่ละชั้นแกะสลักเลียนแบบซุ้มประตูอยู่ตรงกลางทั้ง 4 ด้าน และประดับโดยรอบด้วยกลีบขนาดปรารงค์สลักเป็นรูปเทพต่าง ๆ มีเทพประจำทิศอยู่ตรงกลางของแต่ละด้าน และมีเศียรนาครอยู่ที่มุมกลางของแต่ละมุมเหนือชั้นเชิงบาตรชั้นสุดท้ายคือยอดบนสุดสลักเป็นรูปดอกบัว

ส่วนอื่น ๆ ของปรารงค์ประธาน ได้แก่ มุขปรารงค์ และมณฑป ล้วนมุ่งหลังคาด้วยแผ่นหินสลักเป็นลอนเลียนแบบกระเบื้องดินเผาซ้อนเหลื่อมกันขึ้นไปเป็นรูปโค้งลดชั้นประดับสันหลังคาด้วยบราลี ด้านในของหลังคารวมทั้งหลังคาองค์ปรารงค์ ที่หน้ามุขปราสาทด้านทิศเหนือมีเสาหินทรายขนาดใหญ่ตั้งอยู่ข้างละ 1 ต้น (จรรยา มาณะวิท และระวีวรรณ บุญญาศาสตร์พันธุ์, 2542: 42-45 ; กรมศิลปากร, 2552: 48-54)

7. ปรารงค์พรหมทัตด้านหน้าของปรารงค์ประธานทางทิศตะวันออกเฉียงใต้มีปรารงค์อีกองค์หนึ่งตั้งตรงเป็นแนวเดียวกันกับปรารงค์หินแดง ปรารงค์องค์นี้เรียกกันว่า ปรารงค์พรหมทัตสร้างด้วยศิลาแลง ฐานรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสย่อมุมกว้าง 14.50 เมตร สูงประมาณ 16 เมตร ใช้หินทรายสีขาวยาวประกอบในบางส่วนที่ต้องการความแข็งแรงและสลักลดตายประดับ เช่น เสากรอบประตูทับหลัง เสารับทับหลัง เป็นต้น มีประตูเข้าสู่องค์ปรารงค์ก่อเป็นมุขยื่นออกไปทั้ง 4 ทิศ ภายในองค์ปรารงค์ได้พบประติมากรรมสำคัญ คือประติมากรรมรูปบุคคลขนาดใหญ่นั่งขัดสมาธิสลักด้วยหินทรายซึ่งเชื่อกันว่าเป็นรูปพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ซึ่งชาวบ้านเรียกประติมากรรมรูปนี้ว่า ท้าวพรหมทัตและเป็นที่มาของชื่อเรียกปรารงค์องค์นี้ อีกรูปเป็นประติมากรรมสตรีนั่งคุกเข่าสลักด้วยหินทรายเช่นเดียวกัน ส่วนศิระและแขนขาดหายไปนานแล้ว เชื่อกันว่าอาจเป็นรูปพระนางชัยราชเทวีมเหสีของพระเจ้าชัยวรมันที่ 7 ชาวบ้านเรียกตามนิยายพื้นบ้านว่า นางอรพิมพ์ปัจจุบันตั้งแสดงอยู่ที่พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติพระนครทั้งสองรูป (จรรยา มาณะวิท และระวีวรรณ บุญญาศาสตร์พันธุ์, 2542: 54)

8. ปรารงค์หินแดงด้านหน้าของอาคารที่เรียกกันว่าหอพราหมณ์ มีปรารงค์อยู่องค์หนึ่งตั้งอยู่บนฐานที่ต่อเนื่องกัน ก่อด้วยหินทรายสีแดง ฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสย่อมุมขนาดกว้าง 11.40 เมตร ความสูงปัจจุบันประมาณ 15 เมตร มีประตูเข้าก่อเป็นมุขยื่นออกไปทั้ง 4 ทิศ เนื่องจากหินทรายสีแดงเสื่อมคุณภาพเร็วปรารงค์องค์นี้จึงผุพังไปมาก ยังมีทับหลังเหลืออยู่ในที่เดิมคือเหนือกรอบประตูด้านทิศเหนือให้เห็นอยู่ 1 ชั้น ทำด้วยหินทรายสีแดง ภาพสลักกลบเลือน

จากการขุดลอกมูลดินที่ทับถมฐานปรารงค์องค์นี้ออกใน พ.ศ. 2497 ได้พบแท่งหินที่ใช้ก่อฐานรากบางท่อนมีลวดลายสลัก เนื่องจากฐานของปรารงค์องค์นี้ต่อเนื่องเป็นฐาน

เดียวกับฐานของอาคารที่เรียกว่าหอพราหมณ์ สิ่งก่อสร้างทั้งสองนี้จึงควรจะสร้างขึ้นมาพร้อมกัน สันนิษฐานกันว่าน่าจะสร้างขึ้นหลังปราสาทประธานในราวปลายพุทธศตวรรษที่ 17 หรืออาจจะในพุทธศตวรรษที่ 18 ร่วมสมัยกันกับปราสาทอีกองค์หนึ่งที่สร้างอยู่คู่กัน (จรรยา มาณะวิท และระวีวรรณ บุญญาศาสตร์พันธุ์, 2542: 52)

9. หอพราหมณ์ด้านหน้าของปราสาทประธานทางมุขทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีอาคารรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 6.50x17.00 เมตร สร้างอยู่บนฐานสูง มีมุขยื่นออกไปเป็นบันไดและประตูเข้าออกทางทิศตะวันตก ผนังด้านข้างของห้องมุขมีหน้าต่างด้านละ 1 ช่อง ส่วนผนังด้านทิศเหนือและทิศใต้ซึ่งเป็นด้านยาวปิดทึบ อาคารหลังนี้สร้างด้วยหินทรายสีแดงเป็นหลัก ใช้ศิลาแลงแซมที่ผนังบางส่วน กรอบประตูหน้าต่างใช้หินทรายสีขาว

การขุดแต่งใน พ.ศ. 2497 ได้พบศิวิลิ่งค์ขนาดย่อมทำด้วยหินทราย จึงเชื่อกันว่าอาคารหลังนี้คงเป็นสถานที่ประกอบพิธีทางศาสนาพราหมณ์ เป็นเหตุให้เรียกต่อ ๆ กันมาว่าหอพราหมณ์ แต่เมื่อดูจากลักษณะแผนผัง และตำแหน่งที่ตั้งแล้ว อาคารหลังนี้ก็น่าจะได้แก่ อาคารที่มีชื่อเรียกกันในสถาปัตยกรรมเขมรว่าบรรณาลัย หรือบรรณศาลา มีความหมายตามรูปศัพท์ว่าเป็นที่เก็บคัมภีร์ ซึ่งในปราสาทแบบศิลปะเขมรจะสร้างไว้ที่มุมของลานชั้นใน ทางด้านขวาของปราสาทประธาน (จรรยา มาณะวิท และระวีวรรณ บุญญาศาสตร์พันธุ์, 2542: 50)

10. บรรณาลัยลานระหว่างประตูซุ้มกำแพงชั้นนอกและชั้นใน มีอาคารลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมกว้าง 25.50 เมตร ยาว 26.50 เมตร อยู่ 2 หลัง สร้างเรียงต่อกันตามแนวเหนือ-ใต้ หลังที่อยู่ใกล้ทิศตะวันตกเฉียงใต้ยังคงสภาพอยู่มากกว่าหลังที่อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ อาคารดังกล่าวมีประตูที่ผนังด้านทิศเหนือและทิศใต้ด้านละ 3 ช่อง ประตูกลางทำเป็นมุขยื่นออกมา ส่วนผนังอาคารที่เหลืออีก 2 ด้านปิดทึบภายในกันเป็นห้องแคบยาวโดยรอบคล้ายระเบียงคดตรงกลางของระเบียงด้านทิศเหนือและทิศใต้เชื่อมต่อกัน โดยกันเป็นห้องยาวตลอดแนว ทำให้เกิดเป็นช่องว่างรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าคล้ายเป็นห้องที่มีผนังปิดกันทั้ง 4 ด้าน อยู่ 2 ห้อง โดยที่ผนังทั้ง 4 ด้านเจาะหน้าต่างตรงกัน ด้านยาวด้านละ 6 ช่อง ด้านกว้างด้านละ 1 ช่อง ภายในระเบียงคดและห้องยาวตรงกลางมีหลุมเสารองรับหลังคามีลักษณะเป็นหลุมรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเรียงในแนวเดียวกันต่อกันเป็นระยะ ๆ ในระเบียงคดมี 1 แถวชิดแนวผนังด้านใน ส่วนผนังด้านนอกข้างบนมีช่องสำหรับสอดไม้ที่ใช้เป็นข้อรับเครื่องบน ในช่องกลางมี 2 แถว ตามแนวผนังทั้งสองด้าน ระหว่างการขุดแต่งได้พบกระเบื้องมุงหลังคาเป็นจำนวนมาก จึงเชื่อได้ว่าหลังคาเป็นเครื่องไม้มุงกระเบื้อง (จรรยา มาณะวิท และระวีวรรณ บุญญาศาสตร์พันธุ์, 2542: 34)

2.6.3 วัสดุที่ใช้

ปราสาทพิมายทำด้วยหินที่มีในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เรียกว่า หินทราย ซึ่งหินทรายที่ใช้ในการก่อสร้างปราสาทพิมายนั้นมี 2 ประเภท (ธิดา สารธยา, 2540) ได้แก่

หินทรายแดง เนื้อละเอียดเพราะประกอบขึ้นด้วยทรายเม็ดละเอียดมาก ส่วนใหญ่เป็นทรายของควอตซ์ที่ไม่มีสีกับควอตซ์สีเหลืองคล้ำ โดยเหล็กออกไซด์และแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นตัวประสานเม็ดทรายให้ยึดเหนี่ยวกัน สนิมเหล็กที่เกิดขึ้นทำให้หินดูเป็นสีแดง การประสานไม่มีเพราะฉะนั้นเนื้อหินจึงยุ่ย แทะสลักได้ง่าย

หินทรายขาวหม่น เนื้ออ่อนนุ่มเหมาะแก่การแกะสลักเป็นชิ้นเล็ก ๆ ประกอบด้วยเม็ดทรายขนาดปานกลาง ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ ไมก้าแมกนีไทท์ แคลเซียมคาร์บอเนตกับดินเหนียว ทำให้ยึดเหนี่ยวกันไว้ได้ หินขาวหม่นนี้นิยมนำมาใช้ทำลูกกรงเพราะเนื้ออ่อนนุ่ม ช่างสามารถกลึงได้เรียบร้อย

ลูกกรงหินที่ปราสาทพิมาย อันสวยงามทำด้วยหินธรรมชาติไม่ใช่หินผสมแบบขอม ซึ่งนักธรณีวิทยาบอกว่าต้องใช้สัมมะขามเปียกขยำแล้วทิ้งกาก ผสมกับหินปูนปนน้ำมันยางสน ยางโมงเคล้ากันหล่อในแบบทิ้งไว้ 7 วันจึงใช้ได้

ศิลาแลง นิยมนำมาใช้เป็นหินรองพื้น เพราะรับน้ำหนักได้มาก และทนทานกว่าหินทราย โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณรอบ ๆ พมายในชั้นดินต่ำลงไปไม่กี่ฟุตเป็นตะกอนดินซึ่งสามารถยึดตัวหอค้วง่ายเมื่อถูกน้ำแห้งแล้วรัดตัวรับน้ำหนักได้ดี การใช้ศิลาแลงมาปูพื้นชนิดนี้จะทำให้อาคารทรงตัวอยู่ได้

ทองแดง สันนิษฐานว่ามีการใช้ทองแดงบุยอดปราสาทด้วย เพราะปรากฏว่าข้างองค์ปรางค์ใหญ่ปราสาทพิมาย มีรูปจำลองยอดปรางค์ศิลาดกอยู่เมื่อตอนทำการบูรณะมีนักธรณีวิทยาตรวจดูก็พบเศษทองแดงที่หินนี้ โลหะซึ่งยึดแผ่นทองแดงให้ติดอยู่กับหินคือโลหะผสมระหว่างดีบุกและตะกั่ว แสดงว่าเมื่อทำหินยอดปรางค์นี้ช่างได้ใช้ทองแดงบุไว้ด้วย

2.6.4 การบูรณะปราสาทพิมาย

ปราสาทพิมาย สร้างเป็นปูชนียสถานในพุทธศาสนาเถรวาทเป็นศาสนสถานที่ยิ่งใหญ่มากทั้งในด้านสถาปัตยกรรมและประติมากรรมแต่ได้ชำรุดทรุดโทรมตามกาลเวลาจนถึงพังทลายเป็นส่วนใหญ่

การบูรณะปราสาทพิมาย ได้เริ่มมาตั้งแต่ พ.ศ. 2494 และ พ.ศ. 2497 โดยกรมศิลปากร ได้พยายามบำรุงรักษาและคำจูนไว้เท่าที่พอจะทำได้ในสมัยนั้น แต่ไม่สามารถดำเนินการติดต่อกันมา กรมศิลปากรก็ไม่ได้ละเลย ได้พยายามชี้แจงให้ประชาชนได้ทราบเรื่องราวของปราสาทพิมาย

โดยได้จัดทำหนังสือแนะนำที่วขึ้นและพร้อมกันนั้นก็จัดทำโครงการเพื่อการบูรณะและจัดตั้งพิพิธภัณฑสถานเมืองพิมายขึ้นไว้โดยละเอียด (กรมศิลปากร, 2532ก) กรมศิลปากรได้เริ่มลงมือขุดลอกภายในบริเวณปราสาทในปี พ.ศ. 2494 และปี พ.ศ. 2497 งานครั้งนั้นยังไม่ได้เริ่มทำการบูรณะเพียงแต่ขุดลอกเนินดินถึงระดับพื้นดินเดิม และรวบรวมก้อนหินที่ตกอยู่ตามทิศต่าง ๆ แล้วทำเครื่องหมายไว้ ต่อมาในปี พ.ศ. 2506 ได้เริ่มลงมือทำการบูรณะ (ปุรณา, 2511: 80-81)

ประเทศไทยได้รับความช่วยเหลือจากฝรั่งเศสผ่านองค์การสนธิสัญญาการป้องกันร่วมกันแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ส.ป.อ.) ซึ่งฝรั่งเศสได้ส่งผู้เชี่ยวชาญมาช่วยคือนายแบร์นาร์ดฟิลลิปโกรสลิเยร์ (Bernard Philippe Groslier) ส่วนฝ่ายไทยมีศาสตราจารย์หม่อมเจ้ายาใจจิตรพงษ์เป็นผู้อำนวยการร่วมกับฝรั่งเศสและตกลงกันว่าควรซ่อมปราสาทพิมายด้วยวิธีอนัสติโลซิส (Anastylosis) การดำเนินการได้เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2507-2512 (กรมศิลปากร, 2532ก) ซึ่งใช้วิธีนี้บูรณะโบราณสถานในประเทศกัมพูชาเป็นผลสำเร็จมาแล้ว (นคร สำภาทิพย์, 2545) โดยผ่านองค์การสนธิสัญญาการป้องกันร่วมกันแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ส.ป.อ.) ผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำ ในการบูรณะและทำการบูรณะปราสาทพิมายตามโครงการ 5 ปี ซึ่งเป็นการบูรณะปราสาทส่วนใหญ่ แต่ยังไม่เรียบร้อย เพราะตามโครงการได้บูรณะเฉพาะปราสาทประธานเท่านั้น (ปุรณา, 2511: 86) ดังภาพที่ 2.7 ปราสาทพิมายก่อนการบูรณะ และภาพที่ 2.8 ปราสาทพิมายหลังการบูรณะ

จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 5 กำหนดให้เมืองโบราณพิมายและปราสาทพิมายเป็นโครงการอุทยานประวัติศาสตร์ โครงการอุทยานประวัติศาสตร์พิมายเริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ พ.ศ. 2525 ต่อมาได้มีพิธีเปิดอย่างเป็นทางการเนื่องในวันอนุรักษ์มรดกไทย เมื่อวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2532 (ธิดา สาระยา, 2535)



ภาพที่ 2.9 ปราสาทพิมายก่อนการบูรณะ
ที่มา : การซ่อมปราสาทพิมาย (กรมศิลปากร, 2506: 30)



ภาพที่ 2.10 ปราสาทพิมายหลังการบูรณะ
ที่มา : นำชมอุทยานประวัติศาสตร์พิมาย (กรมศิลปากร, 2552: 47)

2.6.5 การบูรณะโดยวิธีอนัสติโลซิส

การบูรณะแบบอนัสติโลซิส เป็นวิธีที่นักปราชญ์ชาวฮอลันดาได้ริเริ่มทำขึ้นเป็นครั้งแรก โดยบูรณะโบราณสถานในเกาะชวา ประเทศอินโดนีเซีย ต่อมานักปราชญ์ชาวฝรั่งเศสได้นำวิธีการมาใช้บูรณะโบราณสถานในประเทศกัมพูชา เช่น ที่ปราสาทหินบันทายไศรย และโบราณสถาน แหล่งอื่น ๆ วิธีการบูรณะแบบนี้จะทำให้เฉพาะโบราณสถานที่สร้างด้วยศิลาเท่านั้น ประการแรกทีเดียวเมื่อก่อนจะทำการบูรณะ ต้องถ่ายรูปซากโบราณสถานที่ตั้งครูปอยู่นั้นทุก ๆ ด้านอย่างละเอียดถี่ถ้วนเพื่อนำไปเทียบเคียงกับโบราณสถานอื่น ๆ ที่สร้างในสมัยเดียวกัน เช่นที่ปราสาทวัดเอก และบาเสต ในเขตเมืองพระตะบอง เพื่อประโยชน์ในการบูรณะในโอกาสต่อไป ต่อจากนั้นก็เริ่มดำเนินงานขุดค้น รวบรวมหินที่ปรักหักพังลงมา ทำเครื่องหมายไว้ว่า ขุดพบด้านไหนของโบราณสถาน เมื่อพบอยู่ด้านไหนก็คงจะพังลงมาจากด้านนั้น เมื่องานขุดค้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มงานบูรณะโดยวิธีซากโบราณสถานของเดิมที่เหลืออยู่ ต้องทำหมายเลขหินทุกก้อนและทุกชั้น ทำแผนผังและถ่ายรูปทุกกระยะ บางแห่งต้องทำฐานใหม่ให้มีความมั่นคง แข็งแรง เมื่อทำฐานใหม่เสร็จแล้วจึงทำการบูรณะต่อไป โดยใช้ศิลาเดิมที่ได้จากการขุดค้นประกอบบูรณะขึ้นไปเหมือนเดิม พยายามใช้ของใหม่ให้น้อยที่สุด วิธีการใหม่ ๆ เช่นการใช้โครงเหล็กเสริมคอนกรีตก็ทำได้เฉพาะด้านในเท่านั้น เพราะด้านนอกต้องรักษารูปเดิมไว้ (ปุณณา, 2511) ซึ่งรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย

| ส่วนของสถาปัตยกรรม | ปี พ.ศ. ที่มีการปรับปรุงซ่อมแซม | การเปลี่ยนแปลงทางสถาปัตยกรรม |
|--------------------|---------------------------------|--|
| ทั้งหมด | ในสมัยอยุธยาตอนปลาย | มีการบูรณะซ่อมแซมบริเวณโดยรอบของปราสาทพิมาย โดย กรมหมื่นพิชัย โปรดให้ซ่อมแซม (กรมศิลปากร, 2531: 9) |
| ทั้งหมด | 2506 | งานส่วนใหญ่จะเป็นการเตรียมงาน ปรับพื้นดิน ถ่ายรูปสภาพปัจจุบันของปราสาทพิมายและทำแผนผังหินโดยละเอียด (สมบูรณ บุษยแพทย์. 2541: 72) |

ตารางที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย (ต่อ)

| ส่วนของสถาปัตยกรรม | ปี พ.ศ. ที่มีการปรับปรุงซ่อมแซม | การเปลี่ยนแปลงทางสถาปัตยกรรม |
|---|---------------------------------|---|
| คลังเงิน หรือ ธรรมศาลา หรือ พลับพลา เปลื้องเครื่อง | 2511 | ขุดแต่งคลังเงิน (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 42) |
| | 2531 | ตัดแต่งหินตรงบริเวณบันได รื้อหินที่มีสภาพชำรุดออก จัดเรียงหินผนังให้เรียงถึงระดับวงกบหน้าต่าง และปูพื้นด้วยศิลาทรายแดงให้ได้ระดับเดียวกันโดยตลอด (กรมศิลปากร, 2531ง: 10) |
| สะพานนาคราช | 2508 | รื้อสะพานนาคหน้าซุ้มประตูชั้นนอกทางทิศใต้ (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 41) |
| | 2509 | ก่อสร้างสะพานนาค สร้างรางระบายน้ำ (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 41) |
| | 2531 | ขุดดิน และตกแต่งบริเวณโดยรอบเพื่อให้เห็นโครงสร้างและฐานที่รองรับนาค โดยเริ่มจากด้านทิศตะวันตก ด้านทิศตะวันออก และด้านหน้า ซึ่งทำให้เห็นว่ามิมันไดตรงทางขึ้น (กรมศิลปากร, 2531ค: 12) |
| ซุ้มประตู หรือโคปุระ หรือกำแพงชั้นนอก | 2509 | ขุดแต่งซุ้มประตูกำแพงชั้นนอก ปรับปรุงซุ้มประตูกำแพง (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 41) |
| | 2510 | ขุดแต่งซุ้มประตูชั้นนอกทิศเหนือ และแนวกำแพงชั้นนอกด้านเหนือ ทั้งด้านนอกและด้านใน (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 42) |
| | 2511 | ปรับปรุงซุ้มประตูกำแพงชั้นนอกทิศตะวันตก และแนวกำแพงด้านทิศตะวันตก ทั้งด้านนอกและด้านใน (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 42) |
| | 2532 | ทำความสะอาดและเสริมความแข็งแรงให้กับโครงสร้างอาคาร โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพเดิม (กรมศิลปากร, 2532ข: 12) |

ตารางที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย (ต่อ)

| ส่วนของสถาปัตยกรรม | ปี พ.ศ. ที่มีการปรับปรุงซ่อมแซม | การเปลี่ยนแปลงทางสถาปัตยกรรม |
|--|---------------------------------|---|
| ทางเดินเข้าสู่ปราสาท หรือปลั้วพลาทางเดิน | 2524 | ปรับปรุงและนำก้อนศิลาทรายแดงมาจัดเรียงขอบของปลั้วพลาทางเดิน และนำดินมาถมปรับพื้นให้สูงขึ้นจากระดับเดิมประมาณ 0.3-0.4 เมตร (กรมศิลปากร, 2531ข: 2) |
| | 2531 | เสริมศิลาทรายแดงเข้าไปเพื่อให้ได้ระดับโดยไม่ต้องรื้อฐานเดิมออก เพื่อให้ปลั้วพลาทางเดินมีความสูงขึ้นจากเดิมประมาณ 0.6-0.7 เมตร โดยรวมสูงประมาณ 1 เมตร และปรับแต่งแนวขอบหินให้เท่ากัน (กรมศิลปากร, 2531ข: 4-10) |
| ซุ้มประตู หรือ กำแพงชั้นใน หรือระเบียงคด | 2507 | เชื่อมโครงเหล็กค้ำยันเพื่อเสริมความมั่นคงให้กับตัวอาคาร (กรมศิลปากร, 2532ค: 7) |
| | 2510 | รื้อและก่อตั้งระเบียงคด (เฉพาะวงกบหน้าต่างด้านในที่พังทลายให้เข้าที่เดิม) (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 42) |
| | 2511 | ปรับปรุงลานภายในระเบียงคดให้เรียบสม่ำเสมอ (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 42) |
| | 2532 | ทำความสะอาดและเสริมหินส่วนที่ชำรุดผุพัง เริ่มบูรณะจากทางด้านทิศตะวันตก ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศเหนือ โดยใช้คอนกรีตเชื่อมในบางส่วน โดยไม่เปลี่ยนแปลงสภาพเดิม (กรมศิลปากร, 2532ค: 9-10) |
| ปราสาทประธาน | 2507 | รื้อเครื่องยอดปราสาทประธานทั้ง 4 ด้าน เพื่อเสริมโครงเหล็กค้ำยันใน ขุดคกแต่งฐานปราสาทประธาน (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 40 ; สมบูรณ์ บุญเวทย์, 2541: 72) |
| | 2508 | รื้อวิหารหน้าของปราสาทประธานทางด้านทิศใต้ออกทั้งหมดเหลือแค่พื้นฐาน (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 40-41) |

ตารางที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย (ต่อ)

| ส่วนของสถาปัตยกรรม | ปี พ.ศ. ที่มี การปรับปรุงซ่อมแซม | การเปลี่ยนแปลงทางสถาปัตยกรรม |
|--------------------|----------------------------------|---|
| | 2509 | ก่อตั้งปราสาทประธานชั้นยอดต่อจากที่ดำเนินการไว้แล้ว (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 41) |
| | 2510 | ก่อตั้งเครื่องบนวิหารหน้า และมุขปราสาทประธานด้านทิศใต้ ก่อตั้งปราสาทประธานชั้นยอดต่อ ซ่อมแซมฐานวิหารหน้าทั้ง 3 ด้าน ให้คงรูปเดิม ติดตั้งมุขหน้าและหลังคามุข (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 41-42) |
| | 2511 | ก่อตั้งปลายยอดสุดของปราสาทประธาน ติดเครื่องประดับทั้งหมด (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 42) |
| ปราสาทพรหมทัต | 2511 | ปรับปรุงและทำความสะอาดโดยรอบของปราสาทพรหมทัต (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 42) |
| | 2532 | ทำความสะอาดและเสริมความแข็งแรงให้กับชิ้นส่วนที่ชำรุด โดยไม่เปลี่ยนแปลงสภาพเดิม (กรมศิลปากร, 2532ง: 13-14) |
| ปราสาทหินแดง | 2507 | ฉาบปูนเพื่อปรับเสริมโครงสร้างภายในให้แข็งแรง (กรมศิลปากร, 2532ง: 7) |
| | 2511 | ปรับปรุงทำความสะอาดปราสาทหินแดง (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 42) |
| | 2532 | ทำความสะอาด ขนย้ายหินที่ชำรุดเสียหายออก เสริมหินใหม่เข้าไปแทน และเสริมความมั่นคงด้วยเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยไม่เปลี่ยนแปลงสภาพเดิม (กรมศิลปากร, 2532ง: 8-9) |
| หอพรามณ์ | 2511 | ปรับปรุงทำความสะอาดปราสาทหอพรามณ์ (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 42) |
| บรรณาลัย | 2531 | นำหินมาตัดและเรียงขึ้นใหม่ ตามแบบโครงสร้างของบรรณาลัยเดิม (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 42) |

จากที่ตารางที่ 2.1 เห็นได้ว่าการบูรณะปราสาทพิมายโดยภาพรวมทั้งหมด ไม่ได้ดำเนินการในปีเดียวเพื่อให้แล้วเสร็จได้ ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยชิ้นนี้ที่จะทำให้ผู้ใช้งานแบบจำลองเสมือนได้สัมผัสถึงคุณค่าทางประวัติศาสตร์ ได้เห็นความเปลี่ยนแปลงของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายตามระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย อีกทั้งยังสามารถจับวัตถุพลิกและหมุนดูได้ อันเป็นหัวใจสำคัญของงานวิจัยนี้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านที่ทำการศึกษเกี่ยวกับการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ประวัติศาสตร์ออนไลน์ การสร้างรูปแบบ 3 มิติ และการสร้างชิ้นงานที่สัมพันธ์กับมิติด้านเวลาให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของวัตถุ ดังนี้

พิชิต ศรีกอก และคณะ (2545) ได้ทำการศึกษาระบบจำลองผลการใช้บริการทางด่วนผ่านเว็บด้วย VRML โดยระบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถที่จะเผยแพร่และให้ผู้ให้บริการได้ทดลองใช้บริการทางด่วนผ่านเว็บได้ ในลักษณะรูปแบบจำลองทางด่วน 3 มิติ ซึ่งผู้ให้บริการสามารถเลือกขึ้นทางด่วน และทางลงทางด่วนได้ จากนั้นระบบจำลองผลจะแสดงเส้นทางการเดินทางจากทางขึ้นพร้อมแสดงป้ายบอกทางต่าง ๆ จนถึงทางลงในภาพแวดล้อมแบบโลกเสมือน

พิรศุขย์ บุญมาธรรม (2549) ได้ทำการศึกษาระบบจำลองสารสนเทศโบราณสถานในจังหวัดมหาสารคามบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยสามารถแสดงอาณาบริเวณและสภาพของแหล่งโบราณสถานนั้น ๆ เพื่อนำเสนอข้อมูลของโบราณสถานแต่ละแห่งก่อให้เกิดความสะดวแก่ผู้สนใจในการสืบค้นข้อมูล อีกทั้งยังสามารถแสดงลักษณะเด่นในรูปแบบสามมิติของโบราณสถานแต่ละแห่ง โดยใช้เทคโนโลยีของการสร้างแบบจำลองสามมิติและวิธีการถ่วงน้ำหนักค่าของเอกสาร มาใช้ในการพัฒนาระบบ ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ย 4.52 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50 ในส่วนของผู้ใช้งานทั่วไปมีค่าเฉลี่ย 4.46 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64 จากผลการ ประเมินความพึงพอใจโดยรวมของระบบอยู่ในระดับดี

พรรณศิริ คำโอ (2549) ได้ทำการศึกษาเรื่องแบบจำลองโมเดลแบบพื้นผิวใน 3 มิติ เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากพื้นผิวความหนาแน่นอิเล็กทรอนิกส์ที่เท่ากันที่ 0.01 อะตอมิกยูนิต สำหรับใช้งานกับคอมพิวเตอร์และที่จับต้องได้ โดยพัฒนาขึ้นจากทฤษฎีอะตอมในโมเดลที่แบ่งขอบเขตระหว่างอะตอมในโมเดลด้วยพื้นผิวเกรเดียนท์ของความหนาแน่นอิเล็กทรอนิกส์

เท่ากับศูนย์ โดยใช้โปรแกรม Vizx3D แล้วสร้างเป็นไฟล์เอ็กซ์ตรีดีสำหรับแบบจำลองโมเดลที่จับต้องได้อีกครั้ง

สมเกียรติ โภชิตพิทย์ (2549) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องประวัติศาสตร์สถาปัตยกรรมยุคกรีกและโรมัน เพื่อเป็นการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องประวัติศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 โดยวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อนเรียนและหลังเรียน และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนในการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงปีที่ 1 จำนวน 30 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง

วิเศษ ศักดิ์ศิริ และกิตติ พรหมประพันธ์ (2549) ได้ทำการศึกษารูปแบบการนำเสนอสถานที่ท่องเที่ยวด้วยวิธีการนำการจำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาปัจจุบันของสถานที่ท่องเที่ยว แล้วแสดงผลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อให้ผู้เข้าเยี่ยมชม หรือผู้ที่ต้องการรับข้อมูลสามารถเลือกรับข้อมูลได้ซึ่งแตกต่างจากระบบการนำเสนอเดิมที่เน้นนำเสนอเพียงข้อมูลภาพและข้อความจึงทำให้การนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้รับความสนใจ จากการทดสอบระบบโดยกำหนดกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรก ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการนำเสนอข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จำนวน 5 คน และกลุ่มที่สอง นักศึกษา จำนวน 20 คน ได้รับข้อมูลค่าเฉลี่ยจากผู้เชี่ยวชาญเท่ากับ 3.91 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.48 ซึ่งเป็นระดับการนำเสนอที่มีคุณภาพดี และข้อมูลจากนักศึกษา ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52 เป็นระดับการนำเสนอที่มีคุณภาพดี ดังนั้น รูปแบบการนำเสนอที่ใช้วิธีจำลองสถานการณ์เสมือนจริง บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นระบบที่มีคุณภาพ

กันชกา สุวณิชย์ (2550) ได้การเปรียบเทียบสัมฤทธิ์ผลระหว่างแบบจำลองบ้านเสมือนสามมิติและหุ่นจำลองต่อการตัดสินใจซื้อบ้านจัดสรรผลจากการวิจัยพบว่า การรับรู้แบบบ้านผ่านสื่อเสมือนสามมิติสามารถทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามมีความเข้าใจแบบถูกต้องมากกว่าการรับรู้ผ่านสื่อหุ่นจำลองการนำเสนอโดยสื่อเสมือนสามมิติให้ความพึงพอใจเนื่องจากสีสันของสื่อเสมือนสามมิติมีความดึงดูดให้น่าสนใจและให้ความสมจริงของบรรยากาศภายในบ้านมากกว่าหุ่นจำลองส่งผลให้ระดับความพึงพอใจต่อการนำเสนอการให้ข้อมูลหรือคุณลักษณะของบ้านและความสามารถในการสร้างแรงจูงใจต่อการตัดสินใจซื้อบ้านจัดสรรของสื่อเสมือนสามมิติมีมากกว่าสื่อหุ่นจำลอง

ยุทธนา เกาะกิ่ง (2550) ได้ศึกษาการการสร้างแบบจำลองเสมือนของโครงสร้างอาคาร โดยนำแบบสองมิติมาพัฒนาเป็นแบบจำลองสามมิติและพัฒนาต่อเป็นแบบจำลองเสมือนจริง เพื่อให้สามารถแสดงผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ผลจากการพัฒนาทำให้ได้แบบจำลองของโครงสร้างในโลกเสมือนจริงที่แสดงรายละเอียดของโครงสร้าง เช่น ลักษณะของการเสริมเหล็ก พร้อมเชื่อมโยงกับแบบจำลองเสมือนจริงอื่น ๆ อีกทั้งยังเชื่อมโยงกับข้อมูลที่จำเป็นเพื่อใช้ประกอบในการควบคุมงานก่อสร้าง โดยจำลองการเดินของมนุษย์เพื่อศึกษาส่วนต่าง ๆ ของอาคารก่อนการ สร้างจริง จึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการควบคุมงานก่อสร้างเนื่องจากมีความสะดวกในการ ค้นหาข้อมูลและลดความผิดพลาดของการอ่านแบบเนื่องจากมีรายละเอียดโครงสร้างเสมือนจริงไว้ ตรวจสอบก่อนทำการก่อสร้าง

สรชัย ชวรางกูร (2550) ได้การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจ ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ที่มีต่อการดูแอนิเมชันรูปแบบ 2 มิติและ 3 มิติผลการวิจัยพบว่า 1) สื่อวีดิทัศน์การ์ตูนแอนิเมชันทั้งรูปแบบ 2 มิติและ 3 มิติมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานของเมกุย แกนส์ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยวีดิทัศน์การ์ตูนแอนิเมชันรูปแบบ 2 มิติและ 3 มิติไม่มีความแตกต่างกัน 3) ความสนใจของกลุ่มที่เรียนด้วยวีดิทัศน์การ์ตูนแอนิเมชันรูปแบบ 3 มิติสูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวีดิทัศน์การ์ตูนแอนิเมชันรูปแบบ 2 มิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 4) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อวีดิทัศน์การ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติและ 3 มิติมีความสัมพันธ์กันเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พาสนา เอกอุดมพงษ์ (2551) ได้ทำการศึกษาเพื่อหาประสิทธิภาพของแบบบ้านจำลอง เสมือนสามมิติ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของนักศึกษาและเปรียบเทียบความสนใจ โดย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ชั้น ปวช. ปีที่ 1 จำนวน 30 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 15 คน ได้แก่กลุ่มที่เรียนด้วยแบบจำลอง บ้านเสมือนสามมิติ และกลุ่มที่เรียนด้วยหุ่นจำลอง ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของแบบบ้าน จำลองเสมือนสามมิติผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในเกณฑ์ดี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ กลุ่มที่เรียนด้วยแบบจำลองบ้านเสมือนสามมิติ คะแนนเฉลี่ยคือ 23.13 จากคะแนนเต็ม 30 และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยหุ่นจำลอง คะแนนเฉลี่ยคือ 21.06 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยแบบจำลองบ้านเสมือนสามมิติสูงกว่า

หุ่นจำลอง ในส่วนของความพึงพอใจของกลุ่มผู้เรียนด้วยแบบบ้านจำลองเสมือนสามมิติ สูงกว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยหุ่นจำลอง

ณัฐพล สว่างจิตต์ (2551) ได้ทำการศึกษาศึกษาการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียเน้นปฏิสัมพันธ์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาการถ่ายภาพ โดยใช้เทคโนโลยีเว็บ 3 มิติ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่าง 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และเพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มทดลองที่มีต่อการเรียนด้วยบทเรียนที่สร้างขึ้น กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551 โรงเรียนรัตนานธิเบศร์ ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย มีประสิทธิภาพ 82.96/80.63 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับดี

สุกามาต นารายพิทักษ์ และคณะ (2552) ได้ศึกษาศึกษาการจำลองภาพสมบุรณ์ของมณฑป วัดศรีชุม ในลักษณะของงานแอนิเมชันสามมิติ โดยใช้ข้อมูลการค้นคว้าทางประวัติศาสตร์ศิลปะ เข้ามาศึกษาและอ้างอิง การดำเนินงานแบ่งเป็นขั้นตอนเริ่มจากการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลหลักฐานอ้างอิง นำมาเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์เพื่อทำการจำลองมณฑป วัดศรีชุม เสนอผลงานในรูปแบบแอนิเมชันสามมิติ เพื่อประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ และบุคคลทั่วไปให้เกิดความรู้ และเข้าใจในศิลปะไทยโบราณที่ยังคงหลงเหลือเป็นมรดกแก่คนรุ่นหลังต่อไป

พฤทธิพร ลพเกิด (2552) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือต้นแบบที่ช่วยในการจำลองรูปแบบ 3 มิติ เจึงปฏิสัมพันธ์สำหรับการสื่อสารงานออกแบบทางสถาปัตยกรรม และการสื่อสารเชิงปฏิสัมพันธ์ร่วมกับการจำลองปรากฏการณ์จริงทางกายภาพ ผ่านการพัฒนาและประยุกต์ใช้เพื่อการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนบนพื้นฐานของเทคโนโลยีที่มีชื่อเรียกว่าเรนจินทู (CryEngine2) เพื่อเป็นการศึกษาเชิงสำรวจและวิเคราะห์กระบวนการเรียนรู้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเกมคอมพิวเตอร์ ที่มีคุณลักษณะเฉพาะที่หลากหลาย สามารถรองรับการมีส่วนร่วมในสภาพแวดล้อมเดียวกันแบบทันทีจากผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการออกแบบทางสถาปัตยกรรม รวมถึงการใช้เป็นสื่อในการนำเสนอผลงานออกแบบทางสถาปัตยกรรมที่ง่ายต่อการรับรู้และเข้าใจจากเจ้าของโครงการหรือผู้ใช้ทั่วไปด้วย

วรชาติ พึ่งพรพันธุ์ (2553) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบการนำเสนองาน ออกแบบที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลเพื่อสนับสนุนการออกแบบร่วมกันระหว่างสถาปนิกผู้มีส่วน ร่วม ในการออกแบบโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือน 3 มิติเป็นเครื่องมือในการ พัฒนา เนื่องจากสภาพแวดล้อมเสมือน 3 มิติ สามารถทำให้ผู้มีส่วนร่วมในการออกแบบเกิดความ เข้าใจแบบอาคารโดยรวมได้

สรชัย ชวรางกูร และชัชฎา ชวรางกูร (2553) ได้ทำการศึกษาพัฒนาและหาประสิทธิภาพ สื่อวีดิทัศน์แอนิเมชันสามมิติ เรื่องระบบหมุนเวียนเลือด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนัก ช่วงชั้นที่ 3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่ใช้สื่อวีดิทัศน์แอนิเมชัน สามมิติกับกลุ่ม ที่เรียน ด้วยการเรียนปกติ และศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่ใช้สื่อวีดิทัศน์แอนิเมชันสามมิติ ซึ่ง ผลการวิจัยพบว่า สื่อวีดิทัศน์แอนิเมชันสามมิติ เรื่องระบบหมุนเวียนเลือด มีประสิทธิภาพที่ระดับ 83/13/81.15 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 และความพึงพอใจของผู้เรียนที่ใช้สื่อแอนิเมชันสามมิติ อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

สุเกติองค์ กุ้พัฒนา และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี สแกนร่างกายแบบ 3 มิติ (3D Body Scanning) กับงานทางด้านตัดเย็บเสื้อผ้าเฉพาะบุคคล เพื่อเป็น การเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดเย็บเสื้อผ้าให้แม่นยำ และรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยนำโมเดล 3 มิติจาก เครื่องสแกนร่างกายแบบ 3 มิติ ของผู้สวมใส่เข้าโปรแกรมออกแบบแพทเทิร์นสำเร็จรูปเพื่อทำการ ออกแบบปรับเปลี่ยนแพทเทิร์นและทดลองใส่เสมือนจริงก่อนทำการตัดจริงต่อไป

สมลักษณ์ บุญณรงค์ และคณะ (2554) ได้ศึกษาการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จัดเก็บ ข้อมูลก่อสร้างโครงการบ้านจัดสรรสรณาสิริ กรุงเทพมหานคร การดำเนินการวิจัยใช้ระบบ สารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือโดยเริ่มจากการจัดข้อมูลผังบริเวณของโครงการให้มีพิกัดอ้างอิง เมื่อตรวจสอบข้อมูลถูกต้องจึงดำเนินการจำลองอาคารรูปทรง 3 มิติ โดยที่ผู้ใช้สามารถจัดการงาน ก่อสร้างด้วยข้อมูลแผนภูมิ แผนที่ และแบบจำลอง 3 มิติ

ฮุกและฟลอต (Huk and Floto, 2003) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคะแนนการศึกษาของการใช้ คอมพิวเตอร์แอนิเมชัน 2 มิติและ 3 มิติและความเป็นไปได้ของคุณภาพของงานกราฟิกต่อ ความสำคัญในการเรียนการสอนในการถ่ายทอดสัญญาณผลของการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการศึกษา ด้วยสัญญาณของแอนิเมชันดีที่สุดนอกจากนั้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างแอนิเมชัน 2 มิติและ 3 มิตินั้นไม่แตกต่างกัน

มอนตาญต์ และเดลินเก็ต (Montagnat and Delingette, 2005) วิจัยเรื่องการแยกส่วนเวลายูทูปแบบ 3 มิติ โดยประมวลผลกลไกการทำงานของเส้นเลือดหัวใจด้านซ้ายที่มีการเปลี่ยนแปลงและยับยั้งตลอดเวลา โดยใช้ระบบ 4 มิติ ศึกษาและดูการเต้นของหัวใจที่มีการขยับและขยายตัวของเส้นเลือดหัวใจตลอดเวลา

แฮมซ่า-ลูป และสเตฟาน (Hamza-Lup and Stefan, 2007) ได้ศึกษาส่วนประกอบในการสร้างเว็บ 3 มิติ เพื่อเป็นตัวช่วยในการเรียนรู้ผ่านระบบ E-learning โดยศึกษากลุ่มนักเรียน ในทวีปยุโรป ผลการศึกษาพบว่าทำให้ผู้เรียนมีความสนใจในเนื้อหามากขึ้น และยังเพิ่มประสิทธิภาพของการอธิบายหลักการบางอย่างที่ยากต่อการใช้จินตนาการ ทำให้มองเห็นภาพและเข้าใจได้ง่ายขึ้น

คาบราล และคณะ (Cabral et. al., 2007) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างเมืองหรือตึกเก่า โดยการสร้างระบบเสมือนในสถาปัตยกรรมการออกแบบทางประวัติศาสตร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถสัมผัสความรู้จากโลกเสมือนจริง ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจสถาปัตยกรรมในอดีตที่ผ่านมาได้มากขึ้น

เมม่อน และคณะ (Memonet. al., 2007) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำระบบ 3 มิติ เข้ามาใช้ดูแลกระบวนการในการก่อสร้างทำให้เห็นความก้าวหน้าของงานแบบอัตโนมัติและสามารถมองเห็นขนาดของงานโดยภาพรวมได้ชัดเจนมากขึ้น

คาห์ตีบ และคณะ (Khatibet. al., 2007) ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์งานที่มาจากรูปแบบ 3 มิติ และ 4 มิติ เพื่อเป็นเครื่องมือในการวางแผนกระบวนการในงานก่อสร้างโดยที่รูปแบบ 4 มิติสามารถเพิ่มประสิทธิภาพ และลดระยะเวลาในการทำงาน เช่น การสร้างสนามบิน แห่งที่ 5 ของประเทศอังกฤษที่ใช้การสร้างงานในรูปแบบ 4 มิติ ซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายและข้อผิดพลาด ในกระบวนการก่อสร้างได้ถึง 10%

ซิญโญนี และสโกปิญโญ (Cignoni and Scopigno, 2008) ได้ทำการศึกษาการใช้ รูปแบบ 3 มิติ กับวัฒนธรรมในการส่งเสริมการศึกษาและวัฒนธรรมที่มีจากกราฟิก 2 มิติ เป็นกราฟิก 3 มิติ เพื่อใช้ในการเรียนรู้แทนรูปแบบเดิม

เรมอนด์โน และคณะ (Remondino et. al., 2009) ได้ทำการศึกษาการสร้างรูปแบบ 3 มิติ ที่ซับซ้อนและมีรายละเอียดที่ค่อนข้างมากเกี่ยวกับมรดกทางวัฒนธรรมโดยใช้ข้อมูลที่มีความละเอียดแตกต่างกันหลายระดับ ในการสร้างงานเสมือนจริงของรอยจารึกกอธินา ให้อยู่ในรูปแบบ 3 มิติ เพื่อศึกษาโครงสร้างและลักษณะทางกายภาพของวัฒนธรรมกรีกให้ออกมาเป็นรูปแบบตัวอักษรยุคเก่าแก่ และส่วนที่เป็นมรดกทางวัฒนธรรม

เบญจโอพาร และ โภคา (Benjaoran and Bhokha, 2009) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการระบบความปลอดภัยร่วมกับการจัดการงานก่อสร้างโดยใช้รูปแบบ 4 มิติ เพื่อเป็นการตรวจจับและวิเคราะห์ข้อมูล ในการตรวจจับอัตโนมัติของอันตรายที่จะเกิดจากการทำงานในที่สูง และใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความจำเป็นในการวัดผลด้านความปลอดภัย ซึ่งการประเมินผลด้านความปลอดภัยนี้จะถูกนำไปใส่ไว้ในแผนผังเวลาการก่อสร้าง และยังคงก่อให้เกิดความร่วมมือกันระหว่างทีมงานด้วย

จากงานวิจัยที่กล่าวมานั้นผู้วิจัยได้เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแสดงข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัยแยกตามการทำงานของงานนั้น ๆ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์สามารถสรุปดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์

| ผู้วิจัย (ค.ศ.) | งานวิจัย การเรียนรู้ด้าน ประวัติศาสตร์ | การเรียนรู้ ผ่านสื่อ อิเล็กทรอนิกส์ | รูปแบบ นำเสนอ | ประเภท การใช้งาน | จับต้อง วัตถุได้ |
|-----------------------|--|---|------------------|---------------------|---------------------|
| พิชิต (2545) | - | ✓ | 3 มิติ | ออนไลน์ | - |
| พีรศุขย์ (2549) | ✓ | ✓ | 3 มิติ | ออนไลน์ | - |
| พรรณศิริ (2549) | - | ✓ | 3 มิติ | ออฟไลน์ | ✓ |
| สมเกียรติ (2549) | ✓ | ✓ | 3 มิติ | ออฟไลน์ | - |
| วิเศษ และ กิติ (2549) | - | ✓ | 3 มิติ | ออนไลน์ | - |
| กันชกา (2550) | - | ✓ | 3 มิติ | ออนไลน์ | ✓ |
| ยุทธนา (2550) | - | ✓ | 3 มิติ | ออนไลน์ | ✓ |
| สรชัย (2550) | - | ✓ | 3 มิติ | ออฟไลน์ | - |
| พาสนา (2551) | - | ✓ | 3 มิติ | ออนไลน์ | ✓ |
| ณัฐพล (2551) | - | ✓ | 3 มิติ | ออนไลน์ | - |
| สุภามาส และคณะ (2552) | ✓ | ✓ | 3 มิติ | ออนไลน์ | - |
| พฤติพร (2552) | - | ✓ | 3 มิติ | ออนไลน์ | - |
| วรชาติ (2553) | - | ✓ | 3 มิติ | ออนไลน์ | - |

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ (ต่อ)

| ผู้วิจัย (ค.ศ.) | งานวิจัย การเรียนรู้ด้าน ประวัติศาสตร์ | การเรียนรู้ ผ่านสื่อ อิเล็กทรอนิกส์ | รูปแบบ นำเสนอ | ประเภท การใช้งาน | จับต้อง วัตถุได้ |
|---------------------------------|--|---|------------------|---------------------|---------------------|
| สรชัย และชัชฎา (2553) | - | ✓ | 3 มิติ | ออฟไลน์ | - |
| สุเกติองค์ และคณะ (2553) | - | - | 3 มิติ | ออนไลน์ | ✓ |
| สมลักษณ์ และคณะ (2554) | - | ✓ | 3 มิติ | ออนไลน์ | - |
| สุกและ โพลโต (2003) | - | ✓ | 3 มิติ | ออฟไลน์ | - |
| มอนตาญติ และเคลินเก็ท (2005) | - | ✓ | 4 มิติ | ออนไลน์ | ✓ |
| แฮมซ่า-ลูป และสเตฟาน (2007) | - | ✓ | 3 มิติ | ออนไลน์ | ✓ |
| คาบราล และคณะ (2007) | ✓ | ✓ | 3 มิติ | ออนไลน์ | - |
| เมม่อน และคณะ (2007) | - | - | 3 มิติ | ออนไลน์ | ✓ |
| คาห์ตีบ และคณะ (2007) | - | ✓ | 4 มิติ | ออฟไลน์ | ✓ |
| ชิญโญนี่ และสโกปิญโญ (2008) | ✓ | ✓ | 3 มิติ | ออนไลน์ | ✓ |
| เบญจโอพาร และโกค (2009) | - | - | 4 มิติ | ออฟไลน์ | ✓ |
| เรมอนคิโน และคณะ (2009) | ✓ | ✓ | 3 มิติ | ออนไลน์ | ✓ |
| งานวิจัยนี้ | ✓ | ✓ | 4 มิติ | ออนไลน์ | ✓ |

จากตารางที่ 2.2 โดยภาพรวมงานวิจัยส่วนใหญ่จะเน้นการพัฒนากระบวนการสร้างงานและการนำเสนอในรูปแบบ 3 มิติ ที่มีพื้นฐานมาจากระบบ 2 มิติ โดยที่มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการสร้างรูปแบบ 4 มิติ แต่ไม่ใช่ระบบออนไลน์ซึ่งจะเน้นการนำไปใช้ประโยชน์ในการออกแบบงานก่อสร้างเพราะทำให้มองเห็นการดำเนินงานของการก่อสร้างได้ชัดเจนมากขึ้น และสร้างความเข้าใจที่ตรงกันกับทีมงาน อีกทั้ง ยังช่วยในเรื่องความปลอดภัยในระหว่างการทำงานจากการศึกษา งานวิจัยข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยได้แนวคิดในการนำเสนองานด้านสถาปัตยกรรมในรูปแบบ 4 มิติ ที่เป็นการนำเสนอผ่านเว็บออนไลน์โดยที่ผู้ใช้สามารถจับต้องและบังคับวัตถุได้ในมุมมอง 360 องศา

ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ตลอดเวลา และยังเป็นตัวช่วยในการสร้างองค์ความรู้และการรับรู้ให้แก่ผู้ใช้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งยังก่อให้เกิดการสร้างจินตนาการทำให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ สามารถต่อยอดความคิดที่มีอยู่เดิมและเพิ่มเติมความรู้ความเข้าใจให้มีมากขึ้นได้ด้วยตัวเอง



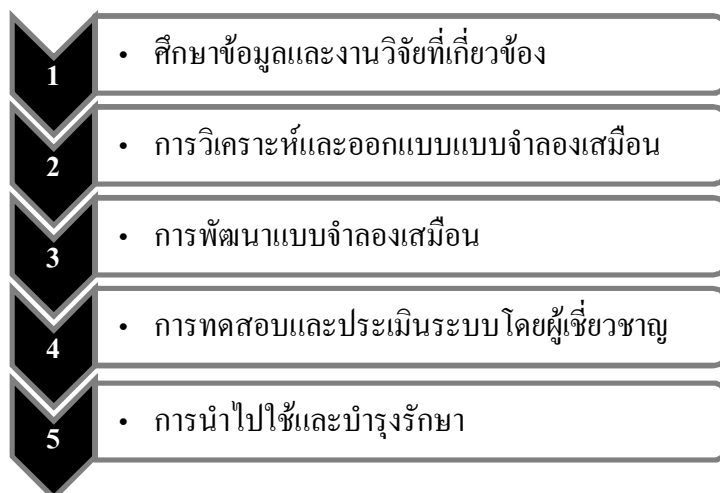
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นการศึกษาเพื่อจำลองการเปลี่ยนแปลงทางสถาปัตยกรรม และพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์โดยใช้สถาปัตยกรรมประสาทพิมายเป็นกรณีศึกษาผู้วิจัยได้ศึกษาถึงภาพรวมทั้งหมดของการจำลองรูปแบบสถาปัตยกรรมประสาทพิมายในแบบจำลองเสมือน 3 มิติ และจำลองรูปแบบเสมือนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางสถาปัตยกรรมประสาทพิมายโดยมีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องเป็นมิติที่ 4 เพื่อหาแนวทางการวิจัยการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยการสร้างและการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดของขั้นตอนและกระบวนการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.1 วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied Research) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ โดยให้กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ประเมินเพื่อศึกษาความถูกต้องและความพึงพอใจระบบ ในกระบวนการพัฒนาระบบจะเป็นการประยุกต์แนวทางของวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) ซึ่งมีขั้นตอนในการพัฒนา 5 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แบบจำลองขั้นตอนการวิจัยตามวงจรการพัฒนาระบบ

3.1.1 ศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองเสมือนแบบออนไลน์รูปแบบ 3 มิติ 4 มิติที่มีอยู่ในปัจจุบัน สถาปัตยกรรมประสาทพินาย และการบูรณะ เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระบบทั้งหมด ปรับปรุงและพัฒนาให้เกิดการพัฒนาแบบจำลองเสมือนทางด้านสถาปัตยกรรมผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์รูปแบบใหม่

3.1.2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ ผู้วิจัยได้นำความสัมพันธ์ที่ได้จากข้อ 3.1.1 มาเป็นแนวทางในการกำหนดความต้องการของระบบ เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์และขั้นตอนการออกแบบระบบมีรายละเอียดดังนี้

3.1.2.1 กรอบแนวคิดการทำงานของการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยในการศึกษาทางด้านประวัติศาสตร์ของสถาปัตยกรรมประสาทพินาย ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้สามารถมองเห็น และสัมผัสการเปลี่ยนแปลงของสถาปัตยกรรมประสาทพินายตามช่วงระยะเวลาก่อนและหลังการบูรณะ โดยมีเอกสารหลักฐานที่สามารถอ้างอิงได้ซึ่งกรอบการทำงานของการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ที่ผู้วิจัยเสนอแสดงในภาพที่ 3.2 ซึ่งมีส่วนประกอบ 4 ส่วนได้แก่

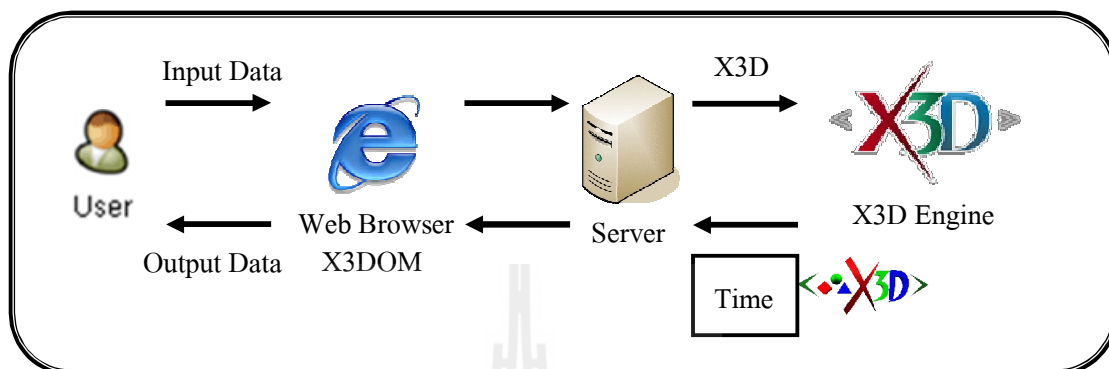
1. ผู้ใช้ (User/Client) หมายถึง ผู้ดูแลระบบ ซึ่งทำหน้าที่ในการบริหารจัดการ วิเคราะห์และแก้ไขระบบโดยทำการติดต่อผ่านเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) และผู้ใช้ระบบ ซึ่งจะเรียนรู้ระบบผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยผู้ใช้สามารถสัมผัสกับวัตถุ เช่น คลิกช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงของปราสาท ผู้ใช้ระบบก็จะเห็นความเปลี่ยนแปลงของตัวปราสาทพินายในช่วงเวลานั้น ๆ

2. เครื่องบริการ (Server) หมายถึง เครื่องที่ทำหน้าที่ให้บริการรับส่งข้อมูลโดยใช้โพรโทคอลเอชทีทีพี (HTTP : Hyper Text Transfer Protocol) ซึ่งเป็นตัวช่วยทำหน้าที่เก็บข้อมูลเว็บไซต์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถอ่านข้อมูลทั้งภาพ และเสียงผ่านเว็บเบราว์เซอร์ได้

3. ส่วนควบคุมเอ็กซ์ตรีดี (X3D Engine) หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการอ่านข้อมูลประเภทกราฟิกเอ็กซ์ตรีดี โดยจะแปลงข้อมูลเอ็กซ์ตรีดีให้อยู่ในรูปแบบ 3 มิติ

4. เวลา (Time) หมายถึง กล้องควบคุมทางด้านเวลาซึ่งจะอยู่ในส่วนของส่วนควบคุมเอ็กซ์ตรีดีที่แสดงการเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดขึ้นกับปราสาทพินาย การบูรณะปราสาทพินายหรือการเปลี่ยนแปลงทางด้านสถาปัตยกรรมของปราสาทพินายก่อนและหลังการบูรณะในแต่ละครั้ง

รายละเอียดของการทำงานจะกล่าวอย่างละเอียดต่อไปในขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบ ดังแสดงในภาพที่ 3.2

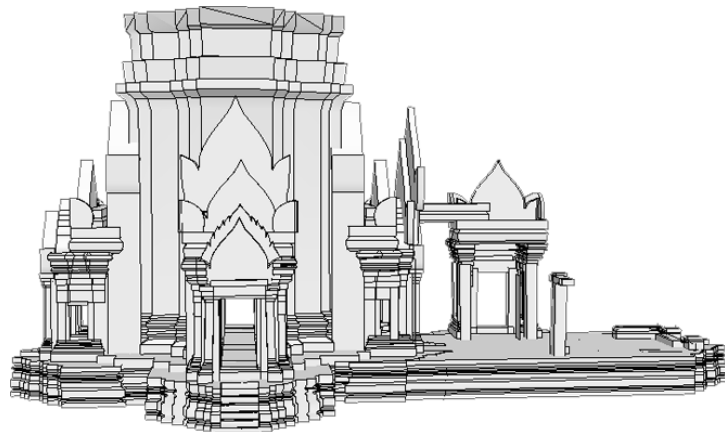


ภาพที่ 3.2 กรอบแนวคิดการทำงานของระบบ

3.1.3 การพัฒนาระบบ

การพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์โดยใช้สถาปัตยกรรมปราสาทพิมายเป็นกรณีศึกษาเป็นการพัฒนาระบบในรูปแบบของ โลกเสมือนจริงโดยการจำลองรูปแบบสถาปัตยกรรมจากของจริงให้อยู่ในรูปแบบของเว็บ 3 มิติ แสดงผลเป็นภาษาไทย โดยใช้โปรแกรมและภาษาทางคอมพิวเตอร์ในการพัฒนาระดับ ได้แก่ กูเกิลสเก็ทอัป 8 (Google SketchUp) และ เอ็กซ์ทรีดีเอ็กซ์ทรีดีคอม ซึ่งผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับระบบได้โดยตรง ในส่วนติดต่อกับผู้ใช้เป็นรูปแบบที่เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน

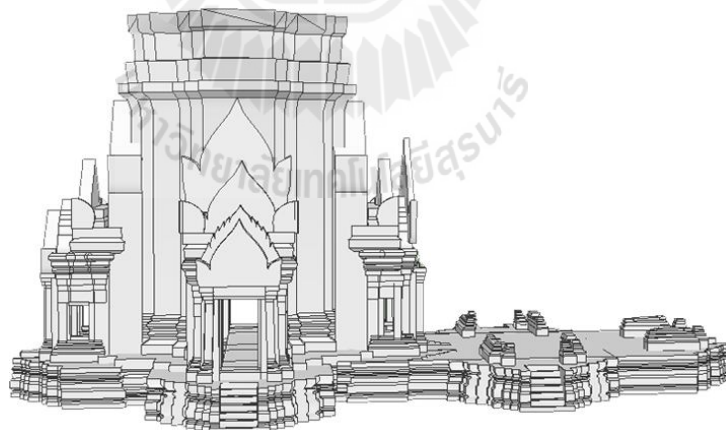
การทำงานของระบบเริ่มจากผู้ใช้แสดงความต้องการผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยที่เว็บเบราว์เซอร์จะต้องรองรับการแสดงผลในรูปแบบ 3 มิติ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่สร้างการเชื่อมต่อกับเอ็กซ์ทรีดีคอม การทำงานในลักษณะนี้จะเป็นการประมวลผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์โดยตรงซึ่งเป็นการแปลงข้อมูลไปในรูปแบบของเว็บจีแอล เมื่อทำการประมวลผลเรียบร้อยแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้ก็จะส่งกลับมายังเว็บเบราว์เซอร์ของผู้ใช้และแสดงผลในรูปแบบ 4 มิติ โดยที่ผู้ใช้สามารถเลือกช่วงเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย ทั้งนี้ การจำลองการเปลี่ยนแปลงของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายจะจำลองการเปลี่ยนแปลงตามเอกสารที่สามารถอ้างอิงได้ ดังแสดงในภาพที่ 3.3-3.7



ภาพที่ 3.3 ลักษณะปราสาทประธาน ปี พ.ศ. 2507

ที่มา : งานบูรณะโบราณสถานปราสาทหินพิมาย (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 40) ;
บันทึกประสบการณ์ครั้งแรกบูรณะปราสาทหินพิมายและปราสาทพนมรุ้ง
(สมบูรณ์ บุญเวทย์, 2541: 72)

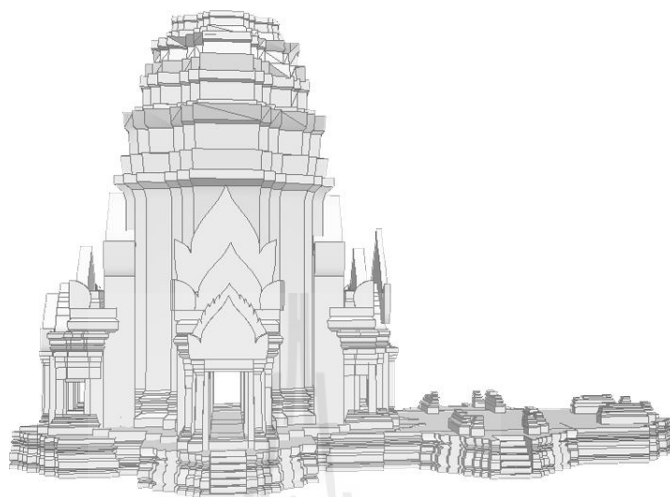
จากภาพที่ 3.3 แสดงลักษณะของปราสาทประธาน ปี พ.ศ. 2507 มีการรื้อเครื่องยอดปราสาทประธานทั้ง 4 ด้าน เพื่อเสริมโครงเหล็กด้านใน จุดตกแต่งฐานปราสาทประธาน



ภาพที่ 3.4 ลักษณะปราสาทประธาน ปี พ.ศ. 2508

ที่มา : งานบูรณะโบราณสถานปราสาทหินพิมาย (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 40-41)

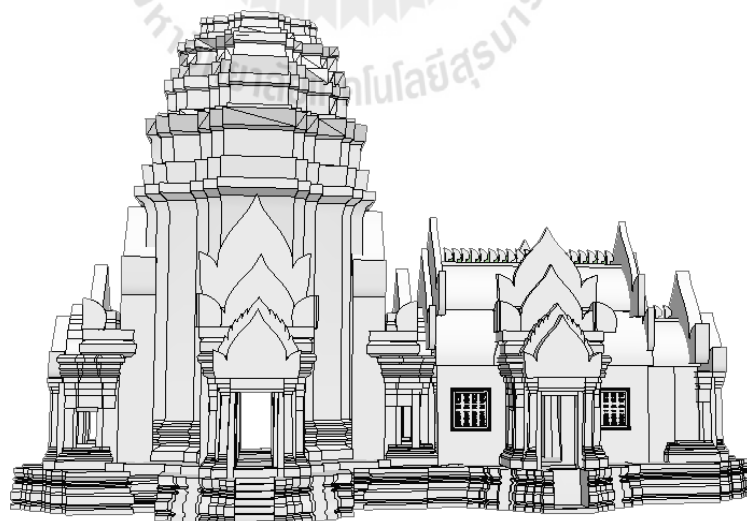
จากภาพที่ 3.4 แสดงลักษณะของปราสาทประธาน ปี พ.ศ. 2508 มีการดำเนินการโดยการ
รื้อวิหารหน้าของปราสาทประธานทางด้านทิศใต้ ออกจนเหลือแต่พื้นฐาน



ภาพที่ 3.5 ลักษณะปราสาทประธาน ปี พ.ศ. 2509

ที่มา : งานบูรณะโบราณสถานปราสาทหินพิมาย (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 41)

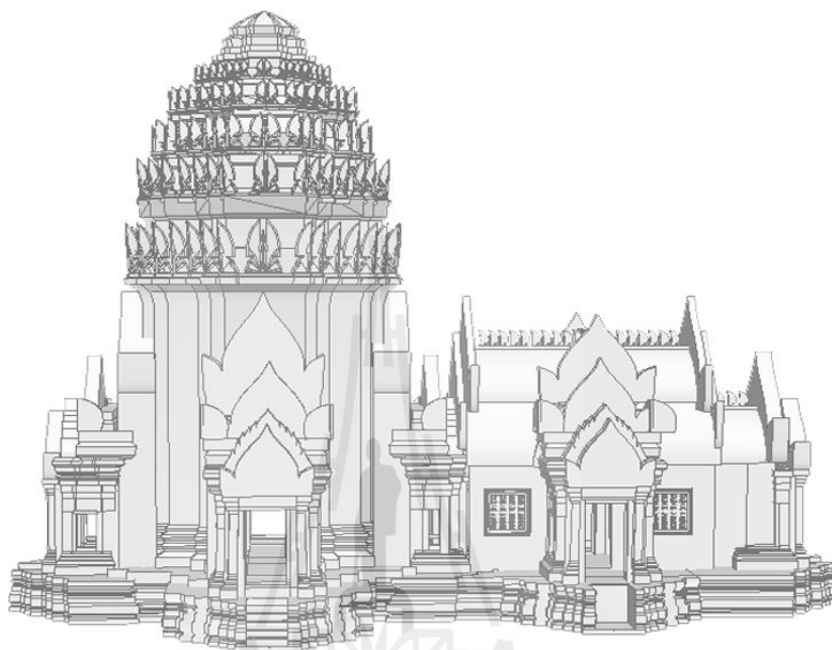
จากภาพที่ 3.4 แสดงลักษณะของปราสาทประธาน ปี พ.ศ. 2509 มีการดำเนินการโดยการ
ก่อสร้างปราสาทประธานขึ้นยอดต่อจากที่ดำเนินการไว้แล้ว



ภาพที่ 3.6 ลักษณะปราสาทประธาน ปี พ.ศ. 2510

ที่มา : งานบูรณะโบราณสถานปราสาทหินพิมาย (แทน ชีระพิจิตร, 2521: 41-42)

จากภาพที่ 3.6 แสดงลักษณะของปราสาทประธาน ปี พ.ศ. 2510 มีการดำเนินการโดยการก่อสร้างเครื่องบนวิหารหน้า และมุขปราสาทประธานด้านทิศใต้ ก่อตั้งปราสาทประธานชั้นยอดต่อซุ้มแฉนมุฐานวิหารหน้าทั้ง 3 ด้าน ให้คงรูปเดิม ตีตั่งมุขหน้าและหลังคามุข



ภาพที่ 3.7 ลักษณะปราสาทประธาน ปี พ.ศ. 2511

ที่มา : งานบูรณะโบราณสถานปราสาทหินพิมาย (แทน ชีระพีจิตร, 2521: 42)

จากภาพที่ 3.7 แสดงลักษณะของปราสาทประธาน ปี พ.ศ. 2511 มีการดำเนินการโดยการก่อสร้างปลายยอดสุดของปราสาทประธาน ตีตั่งเครื่องประดับทั้งหมด

3.1.4 การทดสอบและประเมินระบบ

การทดสอบและประเมินความเหมาะสมของการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์: วิทยาลัยการศึกษาศาสนาปราสาทหินพิมาย ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 15 คน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามโดยแบ่งระดับความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับตามมาตรวัดของลิเกิร์ต (Likert's Scale) โดยประเมินผลความพึงพอใจ 5 ด้าน และได้กำหนดค่าคะแนนในการแปลผลดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง อยู่ในเกณฑ์ดี

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง อยู่ในเกณฑ์พอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง อยู่ในเกณฑ์ไม่ดี

3.1.5 การนำไปใช้และบำรุงรักษา

การพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์: กรณีศึกษาสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายเป็นเว็บไซต์เพื่อการศึกษาออนไลน์ที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ทางการศึกษาและการเรียนรู้ทางด้านประวัติศาสตร์ โดยผู้ดูแลระบบสามารถเข้าไปปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันหรือหากมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย เพื่อเพิ่มความถูกต้องและความน่าเชื่อถือให้กับระบบ

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ในการศึกษาค้นคว้าวิจัยได้กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบและประเมินความพึงพอใจระบบ จำนวน 15 คน โดยการสุ่มแบบเจาะจง (Neilson and Thomas, 1993) ทำการพิจารณาหาจำนวนที่เหมาะสมของผู้ทดสอบและประเมินความพึงพอใจระบบ จากสูตร

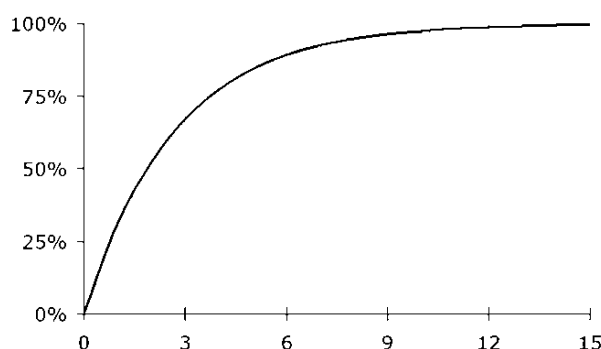
$$\text{จากสูตร} \quad n(1-(1-L)^n)$$

เมื่อ n คือ จำนวนผลรวมของจำนวนปัญหาการใช้ระบบ
(n มีค่าเท่ากับ 41 เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการศึกษา)

L คือ ความน่าจะเป็นที่จะค้นพบปัญหาขณะใช้งานโดย
ผู้ใช้ระบบเพียงหนึ่งคน (L มีค่าเท่ากับ 31% เป็นค่าเฉลี่ย
ที่ได้จากการศึกษา)

N คือ จำนวนคนที่ใช้ในการทดสอบ

โดยที่ผลลัพธ์ของการคำนวณจะแสดงผลดังรูปภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 จำนวนผู้ทดสอบระบบสัมพันธ์กับความน่าจะเป็นของการค้นพบปัญหาการใช้งาน

จากภาพที่ 3.8 สามารถอธิบายได้ว่าจำนวนของผู้ทดสอบที่ 1 คน จะสามารถค้นพบปัญหาการใช้งานได้ 31% และเมื่อเพิ่มจำนวนของผู้ทดสอบเป็น 5 คนก็จะครอบคลุมปัญหา 85% และเมื่อเพิ่มจำนวนผู้ทดสอบระบบเป็น 15 คน จะส่งผลให้สามารถครอบคลุมปัญหาได้ครบ 100%

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบถามออนไลน์ เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลความพึงพอใจของผู้ใช้ และความรู้ความเข้าใจที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์: กรณีศึกษาสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเป็นข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา และประสบการณ์ในการใช้งานคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามต่อการพัฒนาแบบจำลองเสมือน

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

3.4 การสร้าง และหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ

3.4.1 การสร้างแบบสอบถาม เป็นการนำแนวคิด ทฤษฎีที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมในบทที่ 2 มาใช้ในการสรุปกรอบแนวคิดที่เกี่ยวข้องจากข้อมูลเพื่อนำมาสร้างแบบสอบถามดำเนินการสร้างแบบสอบถาม และนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นมานำเสนอคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ก่อนส่งแบบสอบถามที่แก้ไขแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบก่อนการทดลองใช้ ซึ่งต้องมีการทดสอบความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability)

3.4.2 การทดสอบความเที่ยงตรง (Validity) โดยนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นมาเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความครอบคลุมของเนื้อหาว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยหรือไม่ ตลอดจนตรวจสอบภาษาที่ใช้เพื่อหาความเที่ยงตรงของเนื้อหา โดยใช้ดัชนี IOC (Index of item Objective Congruence) ในการตรวจสอบโดยใช้เกณฑ์ในการตรวจพิจารณาข้อคำถาม ดังนี้

-1 คือ ข้อคำถามไม่สอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการที่ต้องการวัด

0 คือ ไม่อาจตัดสินว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องหรือไม่

1 คือ ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการที่ต้องการวัด

สำหรับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ค่าดัชนี IOC ที่คำนวณได้ต้องมากกว่า 0.50 ($IOC > 0.05$) จึงถือว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับข้อความที่จะวัด

สำหรับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ค่าดัชนี IOC ที่คำนวณได้ต้องมากกว่า 0.50 ($IOC > 0.05$) จึงถือว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับข้อความที่จะวัดการหาค่าความเที่ยงตรงใช้สูตร ดังนี้

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

IOC, IC = ดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม
(Index Conference)

$\sum R$ = ผลรวมของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญแต่ละข้อ

N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 3.1 ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน
 ต้องประกอบความสามารถในการทำงานได้ของแบบจำลองเสมือน 5 ด้าน

| ข้อคำถาม | คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | ΣR | IOC |
|---|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|-----|
| | ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1 | ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1 | ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1 | | |
| 1. ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) | | | | | |
| 1.1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 1.2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 1.3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 1.4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 2. ด้านประสิทธิผล (Effectiveness) | | | | | |
| 2.1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 2.2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 2.3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 2.4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 3. ด้านความยืดหยุ่น (Flexibility) | | | | | |
| 3.1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 3.2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 4. ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learn ability) | | | | | |
| 4.1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 4.2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 4.3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |

ตารางที่ 3.1 ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน

ต่อองค์ประกอบความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือน 5 ด้าน (ต่อ)

| ข้อคำถาม | คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ | | | ΣR | IOC |
|--|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|-----|
| | ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1 | ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1 | ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1 | | |
| 5. ด้านความพึงพอใจ (Satisfaction) | | | | | |
| 5.1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 5.2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 5.3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 5.4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 5.5 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 5.6 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 5.7 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |

จากการทดสอบค่าความเที่ยงตรงในตารางที่ 3.1 พบว่า แบบสอบถามที่ใช้มีดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามในแต่ละข้อมีค่า 1.00 ทำให้อธิบายได้ว่า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ มีความเที่ยงตรงและความสอดคล้องกันของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด สามารถนำข้อคำถามมาใช้เก็บข้อมูลจริงได้

3.5 การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยนำเสนอลิงก์ (Link) ของแบบจำลองเสมือนให้กับกลุ่มตัวอย่างที่ระบุไว้ และส่งแบบประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือนไปด้วย โดยภายในแบบสอบถามได้อธิบายวัตถุประสงค์ และคำจำกัดความต่าง ๆ ในแบบสอบถามเพื่อเพิ่มความเข้าใจให้ตรงกันกับผู้ตอบแบบสอบถาม

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล แบบสอบถามที่เกี่ยวกับการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์: วิทยาลัยศึกษาปีตยกรรมปราสาทพิมาย เป็นคำถามแบบประมาณค่า (Rating Scale) ค่าสถิติที่ใช้ได้อาศัยหลักสถิติที่จำเป็น เช่น ความถี่ เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ย โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเป็นเครื่องมือในการดำเนินการ

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปโดยมีการวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอค่าสถิติต่าง ๆ ตามลำดับดังนี้

1. ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check-List) ใช้วิธีการหาค่าความถี่ (Frequency) แล้วสรุปออกมาเป็นค่าร้อยละ (Percentage) ในส่วนที่ 1

2. แบบสอบถามส่วนที่ 2 เกี่ยวกับความพึงพอใจในการใช้งานระบบการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์: วิทยาลัยศึกษาปีตยกรรมปราสาทพิมาย ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ย (Mean : \bar{X}) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) เพื่อวิเคราะห์หาระดับประสิทธิภาพของระบบ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538 : 73, 79) ดังนี้

$$\text{การคำนวณหาค่าเฉลี่ย ใช้สูตร } \bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

โดยมี \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ย
 $\sum X$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด
 N คือ จำนวนข้อมูล

$$\text{การคำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานใช้สูตร } S.D. = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

โดยมี σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 X คือ ข้อมูลแต่ละจำนวน
 μ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในชุดนั้น
 N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินผล ในด้านประสิทธิผลการใช้งานระบบการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์: วิทยาลัยศึกษาปีตยกรรมปราสาทพิมาย เป็นการประเมินหลังจากที่ได้ทำการพัฒนาระบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว และนำระบบที่ได้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่กำหนด เพื่อ

วิเคราะห์ข้อมูลตามการประเมินความสามารถในการใช้งานของระบบจากที่ได้ทบทวนวรรณกรรมในบทที่ 2 ซึ่งเป็นแบบอัตราส่วนประมาณค่า วิเคราะห์แปรผลรวมคะแนนคำตอบแต่ละข้อ โดยเลือกประเด็นในการประเมินความสามารถในการใช้งานได้ในด้านที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาในส่วนของแบบสอบถามของ เคนเดียน เลิศทยากุล (2554: 224-226) อรรถเดช โสสองชั้น (2554: 87-90) และเบญจภัก จงหมื่นไวย (2553: 121-122) หลังจากนั้นได้นำแบบสอบถามมาพัฒนาและปรับปรุงเนื้อหาให้สอดคล้องกับการพัฒนาแบบจำลองเสมือน ซึ่งผู้วิจัยแบ่งการประเมินออกเป็น 5 ด้าน จำนวน 20 ข้อ ดังนี้

1. ด้านประสิทธิผล (Effectiveness) จำนวน 4 ข้อ
2. ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) จำนวน 4 ข้อ
3. ด้านความยืดหยุ่น (Flexibility) จำนวน 2 ข้อ
4. ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability) จำนวน 3 ข้อ
5. ด้านความพึงพอใจ (Satisfaction) จำนวน 7 ข้อ

การประเมินผลความสามารถในการใช้งานได้ทั้ง 5 ด้านนี้ ได้จากการทดลองใช้งานจริงจากกลุ่มตัวอย่างที่กำหนด และเก็บข้อมูลในการประเมินระบบจากแบบทดสอบ แล้วจึงนำผลการประเมินระบบที่ได้มาเขียนรายงานและวิเคราะห์ผลในรูปแบบการบรรยายซึ่งในการประเมินมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนออกเป็น 2 เกณฑ์ คือ เกณฑ์การให้คะแนนเชิงคุณภาพ และเกณฑ์การให้คะแนนเชิงปริมาณ ซึ่งในเกณฑ์การให้คะแนนเชิงคุณภาพและปริมาณนั้นจะแบ่งออกเป็น 5 ระดับ (สุรพงษ์ โสชนเสถียร, 2545: 154) ดังนี้

| ระดับความเห็น | คะแนน |
|---|---|
| ระบบที่พัฒนาความสามารถในการใช้งานได้มากที่สุด | 5 |
| ระบบที่พัฒนาความสามารถในการใช้งานได้มาก | 4 |
| ระบบที่พัฒนาความสามารถในการใช้งานได้ค่อนข้างมาก | 3 |
| ระบบที่พัฒนาความสามารถในการใช้งานได้น้อย | 2 |
| ระบบที่พัฒนาไม่มีความสามารถในการใช้งาน | 1 |
| เกณฑ์การให้คะแนนเชิงคุณภาพ | |
| ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง | ระบบที่พัฒนาความสามารถในการใช้งานได้มากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง | ระบบที่พัฒนาความสามารถในการใช้งานได้มาก |
| ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง | ระบบที่พัฒนาความสามารถในการใช้งานได้ค่อนข้างมาก |

| | |
|-----------------------------|--|
| ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง | ระบบที่พัฒนามีความสามารถในการใช้งานได้น้อย |
| ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง | ระบบที่พัฒนาไม่มีความสามารถในการใช้งาน |

เมื่อได้ข้อมูลจากการเก็บแบบสอบถามเรียบร้อยแล้ว จึงทำการจัดเตรียมข้อมูลที่ได้เอาไว้ใช้ในส่วนของการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์: กรณีศึกษาสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายต่อไป

3.6 การนำเสนอข้อมูล

นำเสนอข้อมูลด้วยการเขียนรายงานเชิงบรรยายประกอบตารางข้อมูลซึ่งข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ได้มาจากผลทางสถิติของข้อมูล โดยการทดสอบสมมติฐานการวิจัยด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

ในบทนี้ จะกล่าวถึงผลของการพัฒนาแบบจำลองเสมือน และผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือน ซึ่งมีผลการประเมินในภาพรวม และแยกเป็นรายด้าน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการพัฒนาระบบ

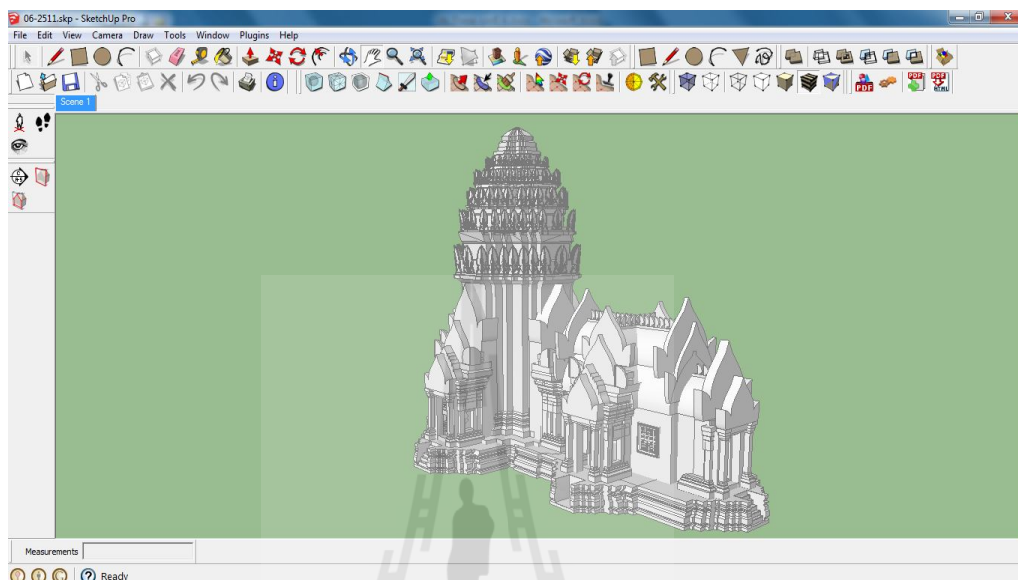
การพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ : กรณีศึกษา สถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied Research) ซึ่งนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศมาเพิ่มประสิทธิภาพในการศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับโบราณสถาน เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายในแต่ละช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยเกิดจากมนุษย์เป็นผู้กระทำ ซึ่งผลการพัฒนาแบบจำลองเสมือนมีรายละเอียด ดังนี้

4.1.1 การพัฒนาแบบจำลองเสมือน

การพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ : กรณีศึกษาสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการบูรณะปราสาทพิมาย ในแต่ละส่วน จากกรมศิลปากร 12 นครราชสีมา และหอสมุดแห่งชาติ เพื่อมาเป็นข้อมูลการสร้างแบบจำลองเสมือนของสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายในแต่ละส่วน

ในการสร้างแบบจำลองเสมือนนั้น ผู้วิจัยได้รับข้อเสนอแนะและคำแนะนำจากอาจารย์ทงศักดิ์ หาญวงษ์ นักโบราณคดี เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองเสมือน ซึ่งท่านได้ชี้แนะและให้คำแนะนำต่าง ๆ เกี่ยวกับโครงสร้างของปราสาทพิมาย และการบูรณะปราสาทพิมาย อีกทั้งท่านยังแนะนำเรื่องการใช้สีของแบบจำลองเสมือนอีกด้วย ผู้วิจัยจึงให้สีกับแบบจำลองเสมือนเป็นสีเทา และเทาดำ ท่านอาจารย์ทงศักดิ์ หาญวงษ์ ให้คำแนะนำว่า “เนื่องจากปราสาทพิมายใช้วัสดุหลายอย่างในการก่อสร้าง จึงมีสีที่แตกต่างกัน แต่ในการสร้างแบบจำลองกรมศิลปากรจะใช้สีเทา หรือเทาดำ เพื่อเป็นการแทนสีของวัสดุทั้งหมด”

กระบวนการในการสร้างแบบจำลองเสมือนปราสาทพิมาย ในแบบ 3มิติ ในส่วนต่าง ๆ ของปราสาทพิมาย ผู้วิจัยใช้โปรแกรมสเก็ทอัฟ ดังภาพที่ 4.1 เป็นเครื่องมือในการขึ้นรูป



ภาพที่ 4.1 การสร้างโมเดลแบบจำลองเสมือนในสเก็ทอัฟ 8

จากนั้น เมื่อสร้างแบบจำลองเสมือนในแต่ละส่วนเรียบร้อยแล้ว ทำการเอ็กซ์พอร์ตไฟล์จากสเก็ทอัฟ 8 ไปเป็นภาษาวีอาร์เอ็มแอล ใช้โปรแกรมเสริมในการเอ็กซ์พอร์ตไฟล์จากภาษาวีอาร์เอ็มแอลเป็นเอ็ทซีทีดี โดยการดาวน์โหลดโปรแกรมอินสแตนเรียลลิตี 2.2 (Instantreality release 2.2) ที่มา <http://www.instantreality.org/downloads/> โดยเลือกในส่วนของวินโดว ซึ่งเป็นการวิเคราะห์และเพิ่มคุณภาพให้กับไฟล์เอ็ทซีทีดีด้วย ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 โปรแกรมอินสแตนเรียลลิตี 2.2

เมื่อรันโปรแกรมอินสแตนเชียลที่ 2.2 ลงเครื่องเรียบร้อยแล้ว run command เพื่อเรียกไฟล์วีอาร์เอ็มเอลที่เราสร้างไว้ โดยใช้คำสั่ง `aopt -i [input.foo] -x [output].x3d` ในการแปลงไฟล์จากวีอาร์เอ็มเอลเป็นเอ็กซ์ทรีดี ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้เวลาในการเอ็กซ์พอร์ตไฟล์ ดังภาพที่ 4.3

```

C:\Windows\system32\cmd.exe - aopt -i 06_2507.wrl -x 06_2507.x3d

Directory of C:\Users\Admin\Desktop\Collapse Phimai
04/16/2013  03:43 AM    <DIR>          .
04/16/2013  03:43 AM    <DIR>          ..
04/16/2013  03:43 AM    <DIR>          01
04/16/2013  03:43 AM    <DIR>          02
04/16/2013  03:43 AM    <DIR>          03
04/16/2013  03:43 AM    <DIR>          04
04/16/2013  03:43 AM    <DIR>          05
04/16/2013  03:43 AM    <DIR>          06
04/16/2013  03:43 AM    <DIR>          07
04/16/2013  03:43 AM    <DIR>          08
04/16/2013  03:43 AM    <DIR>          09
04/16/2013  03:43 AM    <DIR>          10
04/14/2013  01:10 PM             186,181,145 Phimai_Present.wrl
                1 File(s)      186,181,145 bytes
                12 Dir(s)   33,569,017,856 bytes free

C:\Users\Admin\Desktop\Collapse Phimai>cd 06
C:\Users\Admin\Desktop\Collapse Phimai\06>dir
Volume in drive C has no label.
Volume Serial Number is 9894-5F90

Directory of C:\Users\Admin\Desktop\Collapse Phimai\06
04/16/2013  03:47 AM    <DIR>          .
04/16/2013  03:47 AM    <DIR>          ..
04/16/2013  03:47 AM    <DIR>          06_2507
04/15/2013  04:55 PM             15,461,037 06_2508.wrl
04/15/2013  08:59 PM             15,461,037 06_2509.wrl
04/15/2013  05:26 PM             43,149,835 06_2510.wrl
04/15/2013  05:36 PM             45,903,920 06_2511.wrl
                4 File(s)      119,975,037 bytes
                3 Dir(s)   33,568,460,992 bytes free

C:\Users\Admin\Desktop\Collapse Phimai\06>cd 06_2507
C:\Users\Admin\Desktop\Collapse Phimai\06\06_2507>dir
Volume in drive C has no label.
Volume Serial Number is 9894-5F90

Directory of C:\Users\Admin\Desktop\Collapse Phimai\06\06_2507
04/16/2013  03:47 AM    <DIR>          .
04/16/2013  03:47 AM    <DIR>          ..
04/15/2013  05:08 PM             15,023,261 06_2507.wrl
                1 File(s)      15,023,261 bytes
                2 Dir(s)   33,567,973,376 bytes free

C:\Users\Admin\Desktop\Collapse Phimai\06\06_2507>aopt -i 06_2507.wrl -x 06_2507.x3d
LOG   Avalon   Init: 24/437, U2.2.0 build: R-24102 Aug  2 2012 Windows x86_64
LOG   Avalon   Read url
LOG   Avalon   Read time: 14.009000
=====
Call: writeX3D with 1 param
Set maxElemAttField to -1
Write raw-data to 06_2507.x3d as model/x3d+xml

```

ภาพที่ 4.3 การแปลงไฟล์วีอาร์เอ็มเอลเป็นเอ็กซ์ทรีดี

เมื่อโปรแกรมรันและแปลงไฟล์เรียบร้อยแล้ว และได้ไฟล์เอ็กซ์ทรีดีแล้ว จากนั้นใช้ชุดคำสั่งดังต่อไปนี้

ชุดที่ 1 `aopt -i model.ply -u -b model-clean.x3db` จากชุดคำสั่งที่ 1 จะได้ไฟล์โมเดล-clean.x3db ออกมา ซึ่งกระบวนการนี้จะเป็นการทำความสะอาดไฟล์โมเดล ซึ่งจะมีกระบวนการในการรันตรวจสอบไฟล์งานทั้งหมด 4 รอบ

ชุดที่ 2 aopt -i model-clean.x3db -F Scene -b model-opt.x3db จากชุด คำสั่งชุดที่ 2 จะได้ไฟล์ โมเดล-opt.x3db โมเดลที่เอ็กพอร์ออกมาจากกระบวนการแรกจะสามารถใช้งานได้ หรือไม่จะอยู่ที่ขั้นตอนนี้

ชุดที่ 3 aopt -i model-opt.x3db -G binGeo/:saI -N model.html เป็นชุด คำสั่งสุดท้าย จะได้ไฟล์ โมเดล.html ซึ่งเป็นกระบวนการสุดท้ายและจะได้ไฟล์โมเดลที่สามารถรันบนเว็บได้

ซึ่งกระบวนการเหล่านี้เป็นการลดโหนดและตรวจสอบโหนดที่ใช้งานไม่ได้ และทำความสะอาดโมเดลให้กลายเป็นไบนารีซึ่งเป็นรูปทรงเลขาคณิต และสุดท้ายก็จะได้ไฟล์เอ็กซ์ทริคอมในรูปแบบของเอชทีเอ็มแอล ดังภาพที่ 4.4 ซึ่งกระบวนการของคำสั่งแต่ละชุดจะกินเวลานาน และในบางส่วนของปราสาทพิมายไม่สามารถรันไฟล์ออกมาเป็นไฟล์เอ็กซ์ทริคอมได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องใช้การฝากไฟล์ไปยังสเก็ทเฟ็บ (Sketchfab) และนำโค้ชที่ได้ของแต่ละส่วนของปราสาทพิมายมาสร้างงาน 3มิติ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานแบบจำลองเสมือนในรูปแบบ 3 มิติ และสามารถใช้งานบนเว็บได้

```

1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3 <head>
4 <meta http-equiv='X-UA-Compatible' content='chrome=1'></meta>
5 <meta http-equiv='Content-Type' content='text/html; charset=utf-8'></meta>
6 <link rel='stylesheet' type='text/css' href='http://www.x3dom.org/x3dom/release/x3dom.css'></link>
7 <script type='text/javascript' src='http://www.x3dom.org/x3dom/release/x3dom.js'></script>
8 </head>
9 <body>
10 <xml>
11 <div style='width:300px;float:right;'>
12 <fieldset style='margin:4px;'>
13 <legend>
14 <strong>Viewer Settings
15 </strong>
16 </legend>
17 <table>
18 <tr>
19 <td>Navigation Mode:
20 </td>
21 <td align='right'>
22 <select style='float:right;' onchange='if (typeof this.selectedIndex != &apos;undefined&apos;) { var e = document.ge
23 <option value='examine'>Examine
24 </option>
25 <option value='lookat'>LookAt
26 </option>
27 <option value='walk'>Walk
28 </option>

```

ภาพที่ 4.4 ไฟล์ที่ทำการลดขนาดและแปลงเป็นไฟล์เอ็กซ์ทริคอม

```

29         <option value='fly'>Fly
30     </option>
31     <option value='walkfast'>Walk (fast)
32 </option>
33     <option value='flyfast'>Fly (fast)
34 </option>
35 </select>
36 </td>
37 </tr>
38 <tr>
39 <td>Debug Display:
40 </td>
41 <td align='right'>
42     <input type='checkbox' onclick='if (this.checked){ document.getElementById("&apos;x3dElement&apos;").runtime.statistic
43 </input>
44     <input type='checkbox' onclick='var x3dElem=document.getElementById("&apos;x3dElement&apos;");if (this.checked){ x3dEl
45 </input>
46 </td>
47 </tr>
48 <tr>
49 <td>
50     <button onclick='document.getElementById("&apos;x3dElement&apos;").runtime.showAll();'>Show Everything
51 </button>
52 </td>
53 <td>
54     <button onclick='document.getElementById("&apos;x3dElement&apos;").runtime.resetView();'>Reset View
55 </button>
56 </td>
57 </tr>
58 </table>
59 </fieldset>
60 </div>
61 <div>
62 <h1>Minimalistic X3DOM Viewer
63 </h1>
64 <p>
65     <a href='http://www.x3dom.org'>X3DOM
66 </a> output created with
67     <a href='http://www.instantreality.org'>InstantReality
68 </a> aopt tool.
69 </p>
70 </div>
71 <div style='clear:both;'></div>
72 <br></br>
73 </xml>
74 <x3d id='x3dElement' showStat='false' showLog='false' style='width:100%;height:75%;'>
75 <scene>
76 <background DEF='grays' skyColor='1 1 1'></background>
77 <viewpoint DEF='_1' description='Scene 1' jump='false' orientation='0.494206 0.551955 0.671645 2.05874' position='6758.06 33
78 <shape DEF='SP_0'>
79     <appearance DEF='COL_Stone_Granite_Midnite'>
80 <material></material>
81 </appearance>
82 <binaryGeometry DEF='BG_0' vertexCount='4596 15363' primType='TRIANGLESTRIP' TRIANGLES'' position='2714.16088867 25.5130
83 </shape>
84 <shape DEF='SP_1'>
85 <appearance DEF='COL_BackColor'>
86 <material diffuseColor='0.671 0.69 0.8'></material>
87 </appearance>
88 <binaryGeometry DEF='BG_1' vertexCount='4612 13119' primType='TRIANGLESTRIP' TRIANGLES'' position='2714.16088867 25.5130
89 </shape>
90 </scene>
91 </x3d>
92 </body>
93 </html>

```

ภาพที่ 4.4 ไฟล์ที่ทำการลดขนาดและแปลงเป็นไฟล์เอ็ทริคคอม (ต่อ)

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดแบบจำลองเสมือนในแต่ละส่วนและบันทึกการเปลี่ยนแปลงไปเป็นปีที่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งในการเอ็ทริคคอมไฟล์ให้กลายเป็นไฟล์เอ็ทริคคอมนั้น

สามารถเอ็กซ์พอร์ตได้แบบจำลองเสมือนได้ ในส่วนของคลังเงิน หรือธรรมศาลา หรือพลับพลา เปลื้องเครื่อง และส่วนของปรารักษ์หินแดง

4.1.2 การพัฒนาเว็บ 4มิติออนไลน์

การสร้างใหม่ไลน์ให้กับส่วนของปราสาทที่สามารถเอ็กซ์พอร์ตไฟล์ออกเป็นเอ็กซ์ทริคอมเป็นการเขียน โดยเรียกไฟล์ที่ทำการเอ็กซ์พอร์ตและผ่านชุดคำสั่งที่ได้ทำไปในข้างต้นแล้วมาใช้งานเอ็กซ์ทริคอมและจาวาสคริป จะเป็นตัวเสริมให้กับแบบจำลองเสมือน ให้ผู้สามารถใช้งานได้ โดยไม่ต้องลงปลั๊กอิน ดังภาพที่ 4.5

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <meta http-equiv='X-UA-Compatible' content='chrome=1'></meta>
    <meta http-equiv='Content-Type' content='text/html; charset=utf-8'></meta>

    <title>Phimai History Park 4D</title>

    <link rel='stylesheet' type='text/css' href='../css/normalize.css'></link>
    <link rel='stylesheet' type='text/css' href='../css/reset.css'></link>
    <link rel='stylesheet' type='text/css' href='../css/x3dom.css'></link>
    <link rel='stylesheet' type='text/css' href='../css/styles.css'></link>
    <link rel='stylesheet' type='text/css' href='../css/texts.css'></link>

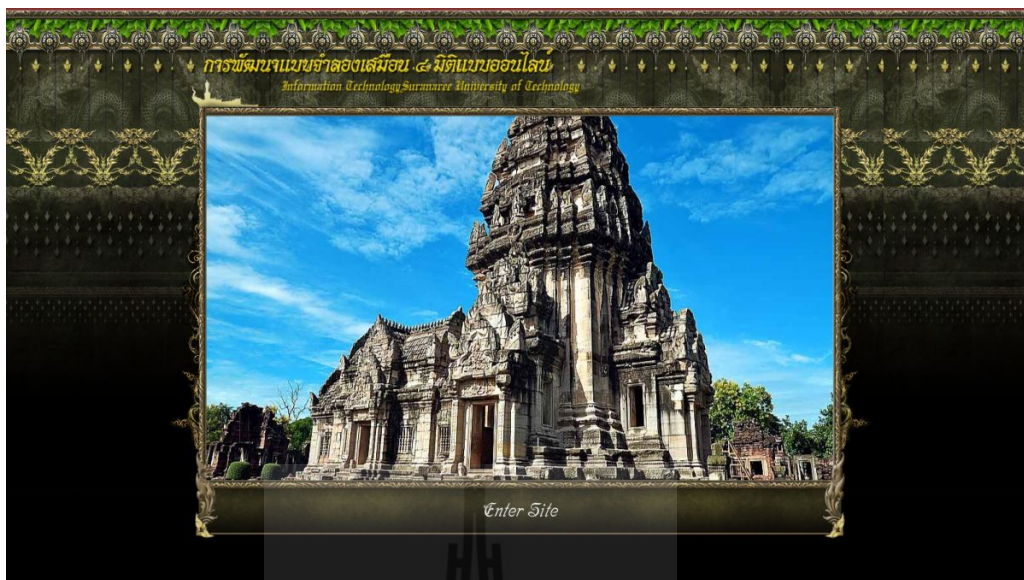
    <script type='text/javascript' src='../js/x3dom-1.5/x3dom.js'></script>
    <script type='text/javascript' src='../js/custom_runtime.js'></script>
  </head>
  <body>
    <article id='x3dom-page'>
      <header class='header-bar'>
        <div class='header-bar-container'>
          <span class='header-bar-title flt-left'>
            <h1>Phimai History Park 4D</h1>
          </span>

          <nav class='header-nav-timeline flt-left'>
            <ul>
              <a href='/01-2511-final.html'>
                <li class='flt-left'>2511</li>
              </a>
              <a href='/01-2531/01-2531-final.html'>
                <li class='flt-left'>2531</li>
              </a>
            </ul>
          </nav>

          <nav class='header-nav flt-right'>
            <ul>
              <a href='../main.html'>
                <li>
                  &laquo; Back to main page
                </li>
              </a>
            </ul>
          </nav>
        </div>
      </header>
    </article>
  </body>
</html>
```

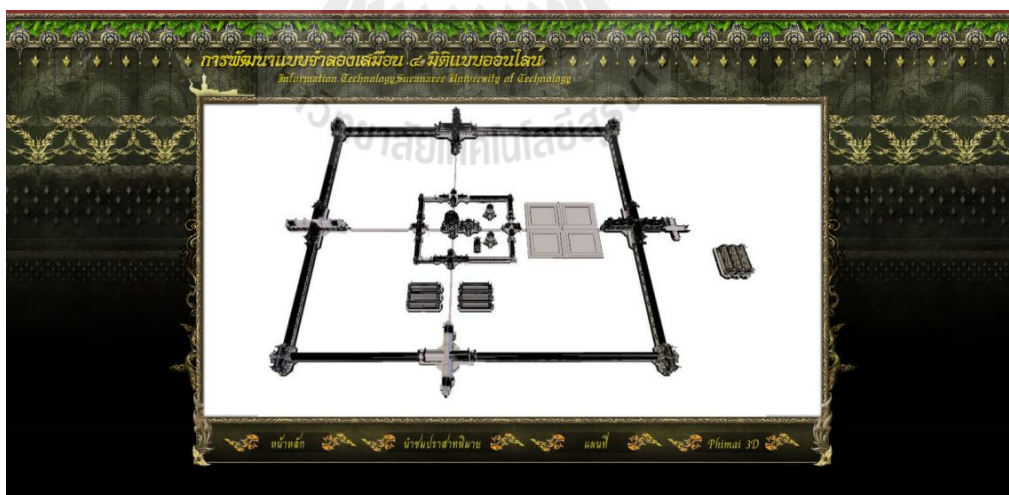
ภาพที่ 4.5 ใหม่ไลน์ของส่วนแบบจำลองเสมือนที่สามารถแปลงเป็นเอ็กซ์ทริคอม

เมื่อเข้าสู่เว็บเบราว์เซอร์ที่รองรับการแสดงผลเว็บ 3 มิติ และเข้าสู่เว็บไซต์การพัฒนาแบบจำลองเสมือน ซึ่งแสดงในส่วนต่าง ๆ ของปราสาทพิมาย โดยที่ผู้ใช้สามารถใช้เมาส์บังคับแบบจำลองเสมือนได้ด้วยตนเอง และมีการแสดงผลในแบบวิดีโอ โดยเป็นการจำลองปราสาทพิมายทั้งหมดในแบบปราสาทพิมายในปัจจุบัน และปราสาทพิมายในแบบที่สมบูรณ์ แสดงให้เห็นดังภาพต่อไปนี้



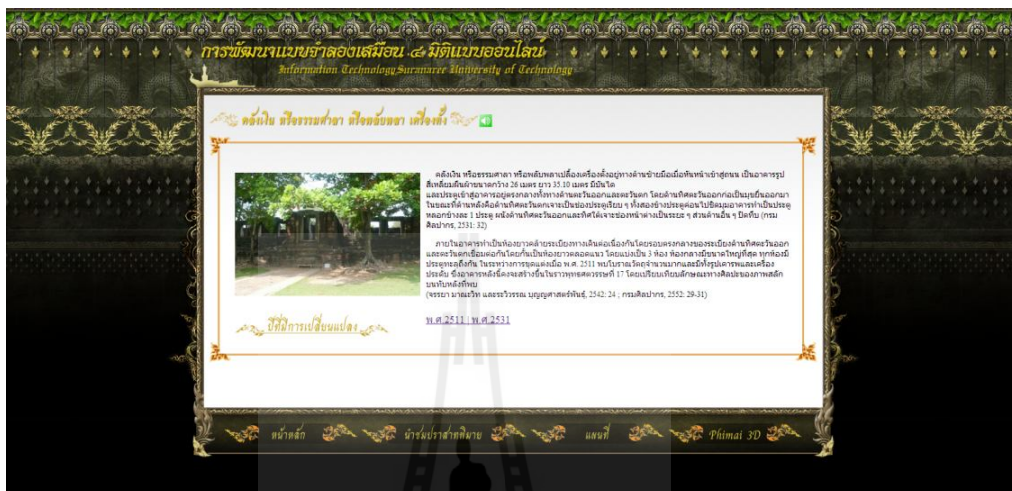
ภาพที่ 4.6 หน้าแรกของเว็บ

จากภาพที่ 4.6 เมื่อเปิดเว็บขึ้นมา ผู้ใช้จะเจอหน้าแรกของเว็บและคลิกที่ Enter Site เพื่อเข้าสู่เว็บไซต์



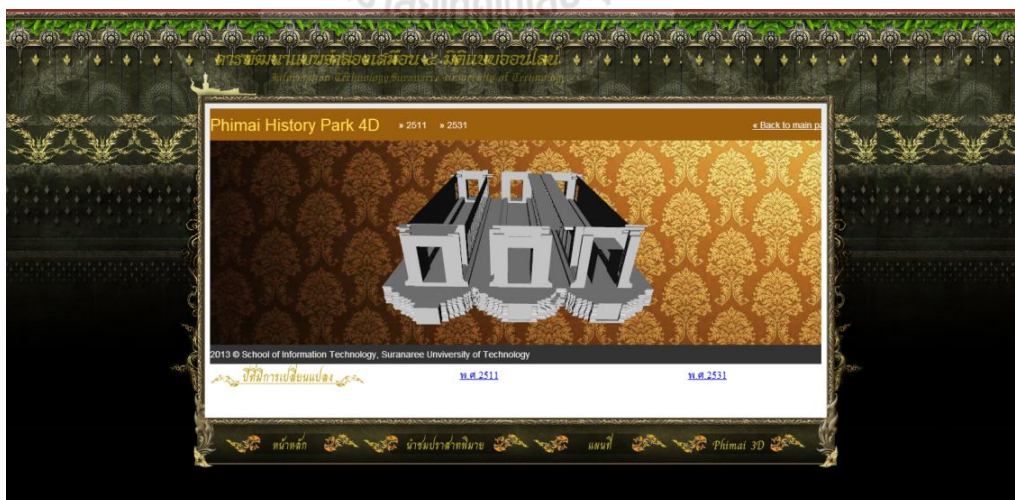
ภาพที่ 4.7 หน้าหลักของเว็บ

จากภาพที่ 4.7 เป็นหน้าหลักของเว็บ และแสดงส่วนต่างๆ ของปราสาทพิมาย โดยผู้ใช้นำเมาส์ไปชี้บริเวณของส่วนต่างๆ ของปราสาทพิมายก็จะขึ้นข้อความทางด้านขวามือด้านบนเพื่อแสดงให้เห็นว่าส่วนที่ผู้ชี้ เป็นส่วนของอะไร และมีชื่อเรียกว่าอะไร

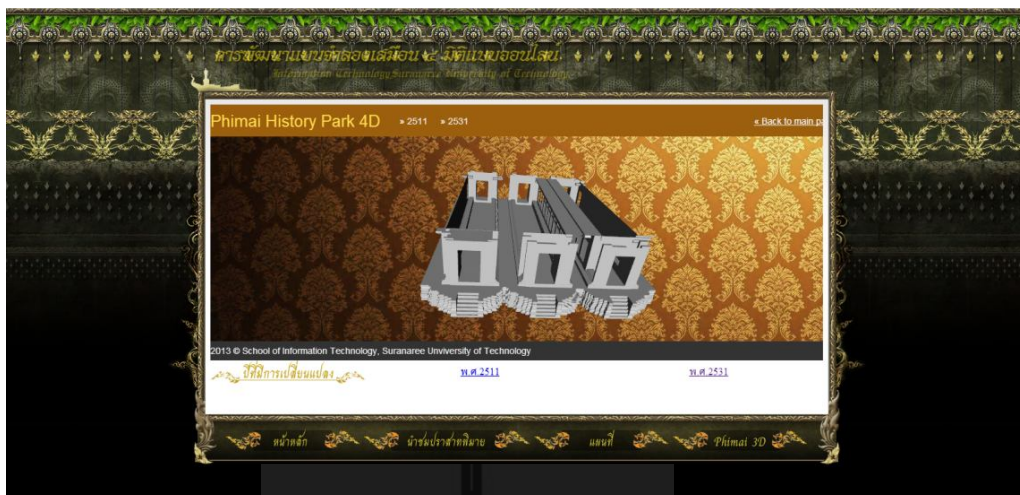


ภาพที่ 4.8 คลังเงิน หรือธรรมศาลา หรือพลับพลาเปลื้องเครื่อง

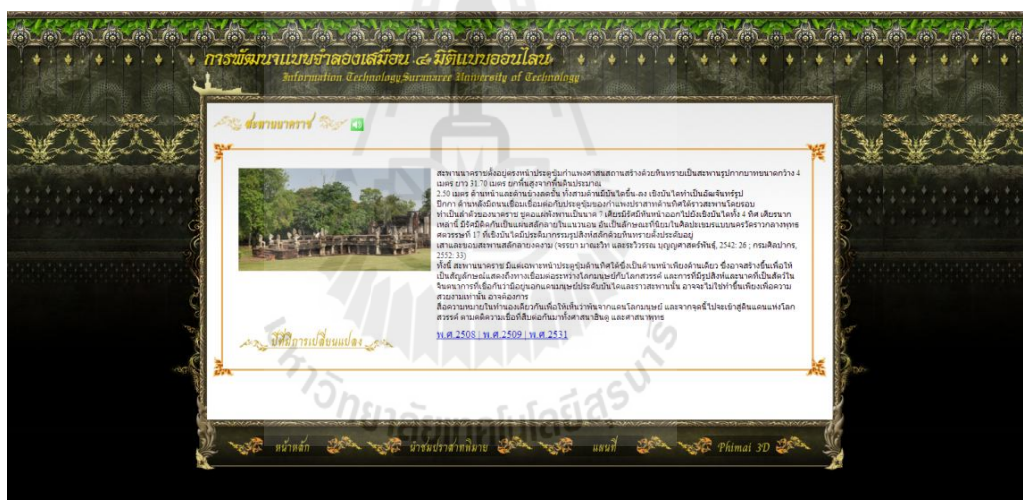
จากภาพที่ 4.8 เมื่อผู้ชี้คลิกเข้ามาในแต่ละส่วนของปราสาทพิมาย ในหน้านี้จะแสดงในส่วนของคลังเงิน หรือธรรมศาลา หรือพลับพลาเปลื้องเครื่อง มีเสียงบรรยายความเปลี่ยนแปลงของส่วนคลังเงินในแต่ละปี และมีส่วนปีที่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงอยู่ด้านล่าง



ภาพที่ 4.9 ส่วนของคลังเงิน ในปี พ.ศ. 2511

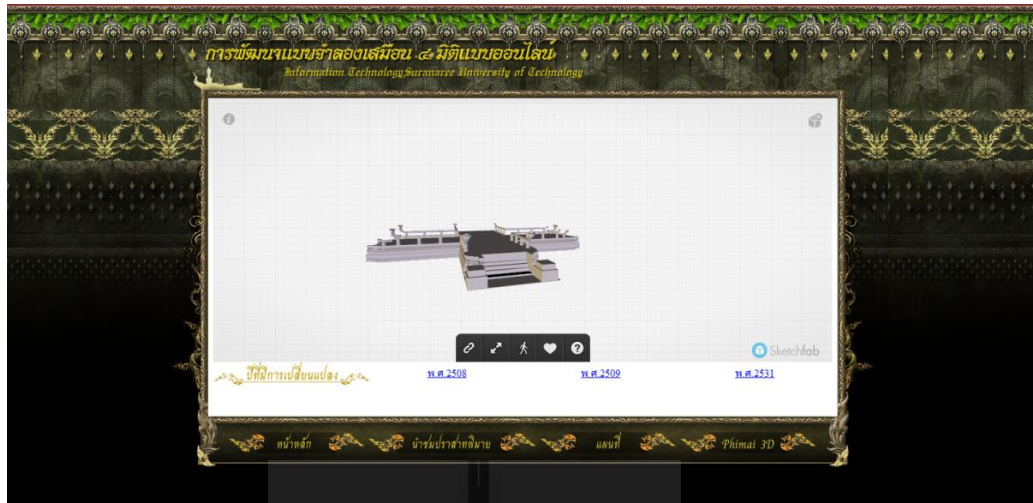


ภาพที่ 4.10 ส่วนของคลังเงิน ในปี พ.ศ. 2531

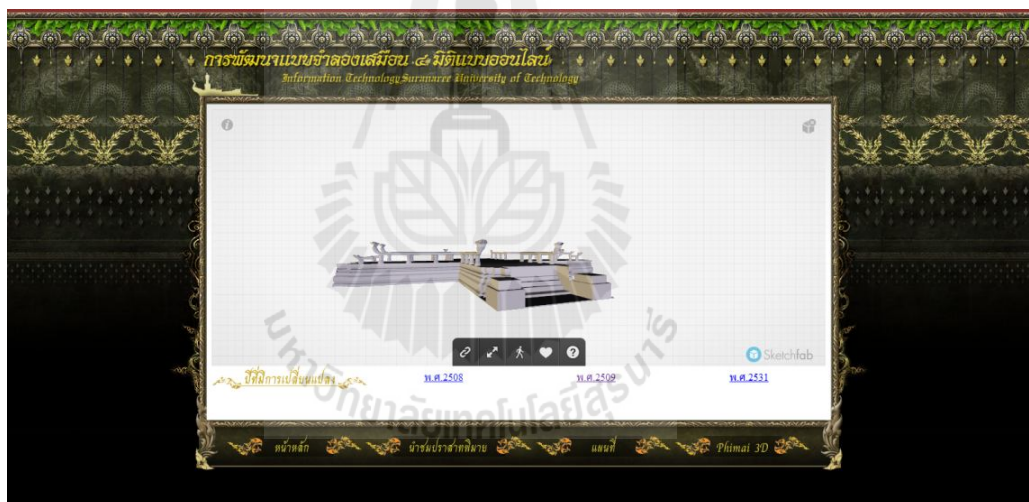


ภาพที่ 4.11 สะพานนาคราช

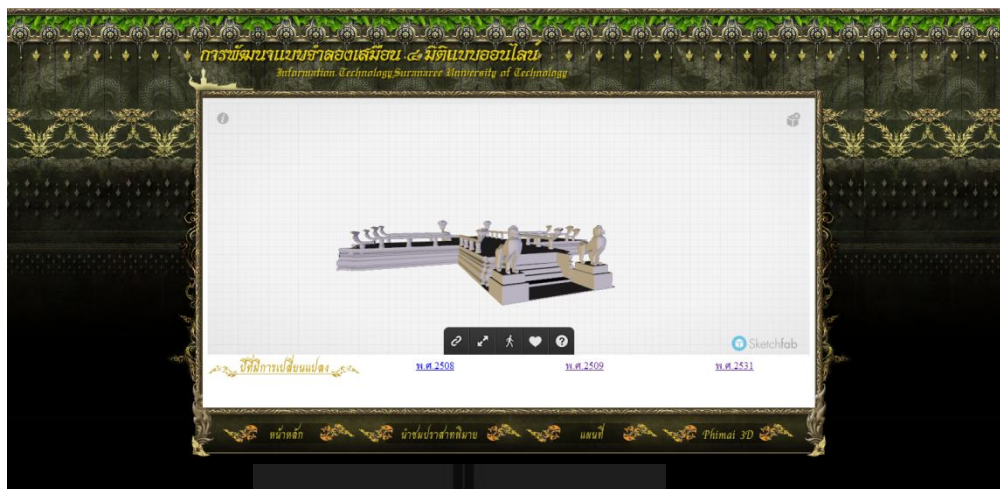
จากภาพที่ 4.11 เมื่อผู้ใช้คลิกเข้ามาในแต่ละส่วนของปราสาทพิมาย ในหน้านี้จะแสดงในส่วนของสะพานนาคราช มีเสียงบรรยายความเปลี่ยนแปลงของส่วนสะพานนาคราชในแต่ละปี และมีส่วนปีที่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงอยู่ด้านล่าง



ภาพที่ 4.12 ส่วนของสะพานนาคราช ในปี พ.ศ. 2508



ภาพที่ 4.13 ส่วนของสะพานนาค ในปี พ.ศ. 2509

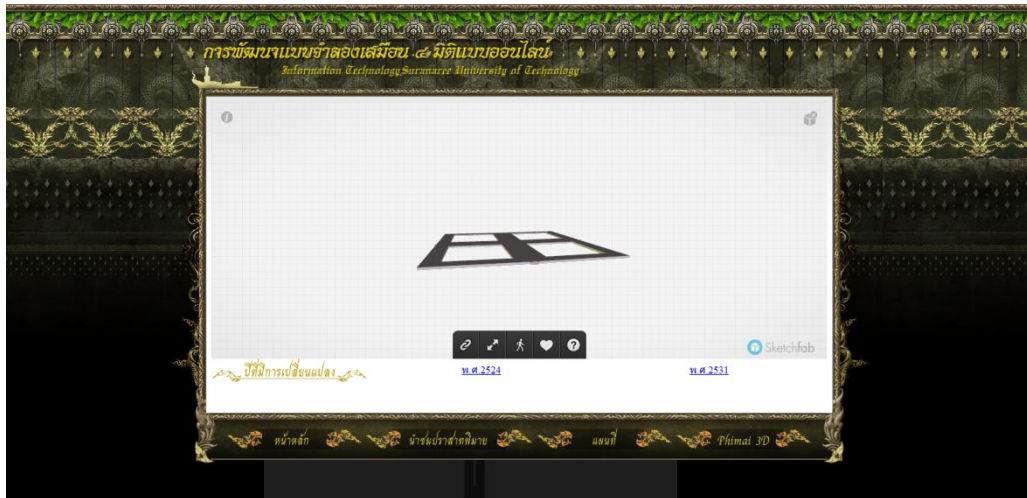


ภาพที่ 4.14 ส่วนของสะพานนาค ในปี พ.ศ. 2510

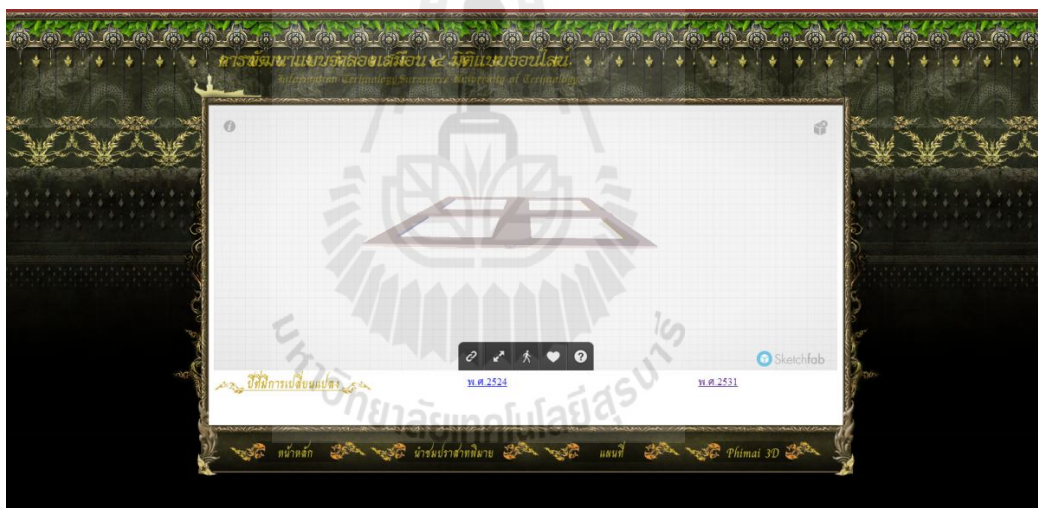


ภาพที่ 4.15 ทางเดินเข้าสู่ปราสาท หรือพลับพลาทางเดิน

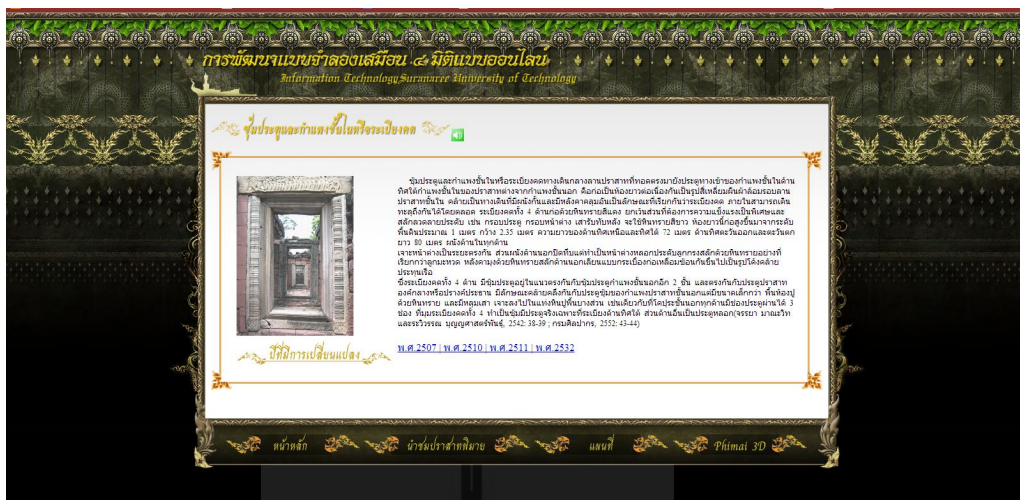
จากภาพที่ 4.15 เมื่อผู้คลิกเข้ามาในแต่ละส่วนของปราสาทพิมาย ในหน้านี้จะแสดงใน ส่วนของทางเดินเข้าสู่ปราสาท หรือพลับพลาทางเดิน มีเสียงบรรยายความเปลี่ยนแปลงของส่วน ทางเดินเข้าสู่ปราสาท หรือพลับพลาทางเดินในแต่ละปี และมีส่วนปีที่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงอยู่ ด้านล่าง



ภาพที่ 4.16 ส่วนของพลับพลาทางเดิน ในปี พ.ศ. 2524

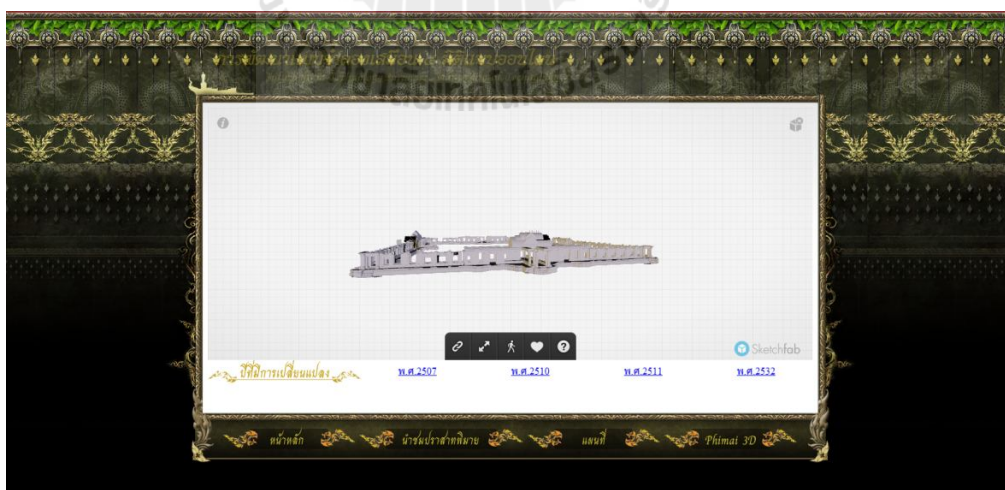


ภาพที่ 4.17 ส่วนของพลับพลาทางเดิน ในปี พ.ศ. 2531

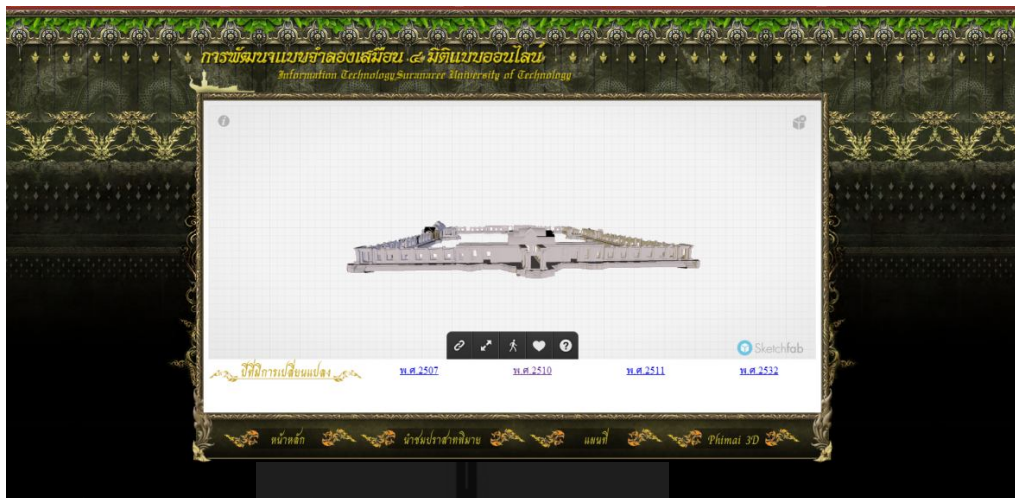


ภาพที่ 4.18 ชุ่มประตูก หรือกำแพงชั้นใน หรือระเบียงกค

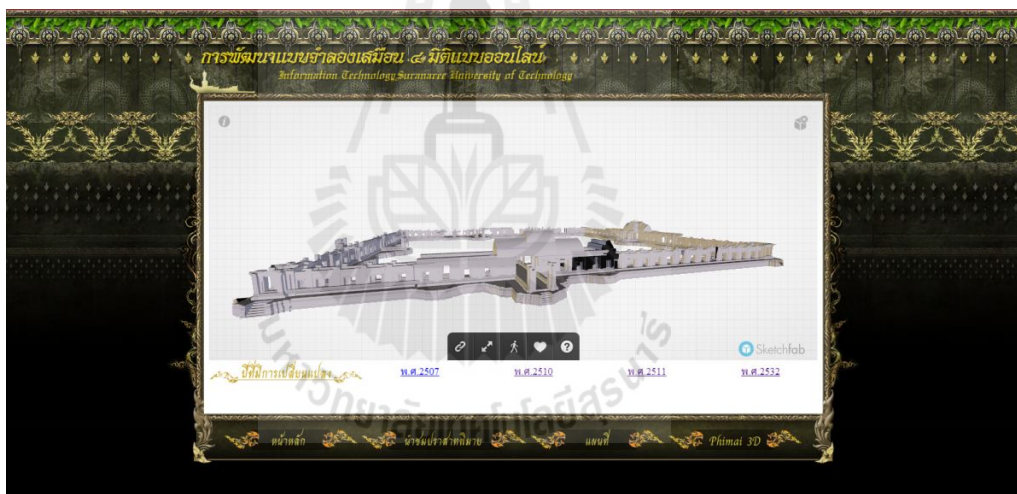
จากภาพที่ 4.18 เมื่อผู้ใช้คลิกเข้ามาในแต่ละส่วนของปราสาทพิมาย ในหน้านี้จะแสดงในส่วนของคุณุ่มประตูก หรือกำแพงชั้นใน หรือระเบียงกค มีเสียงบรรยายความเปลี่ยนแปลงของส่วนชุ่มประตูก หรือกำแพงชั้นใน หรือระเบียงกค ในแต่ละปี และมีส่วนปีที่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงอยู่ด้านล่าง



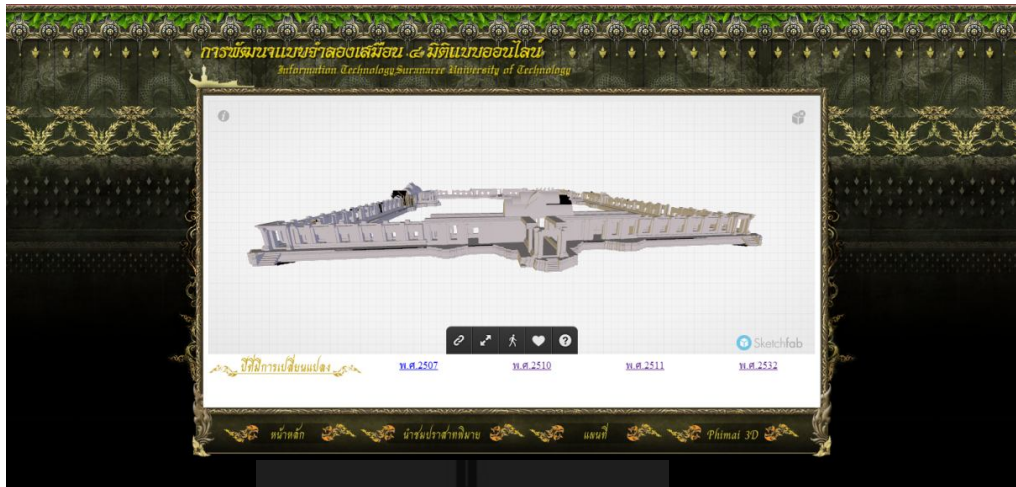
ภาพที่ 4.19 ส่วนของกำแพงชั้นใน ในปี พ.ศ. 2507



ภาพที่ 4.20 ส่วนของกำแพงชั้นใน ในปี พ.ศ. 2510



ภาพที่ 4.21 ส่วนของกำแพงชั้นใน ในปี พ.ศ. 2511

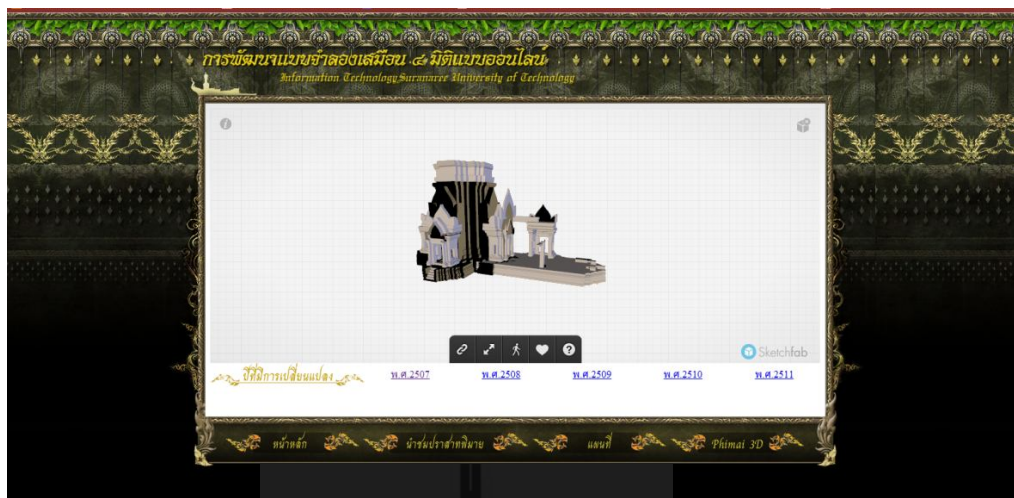


ภาพที่ 4.22 ส่วนของกำแพงชั้นใน ในปี พ.ศ. 2532

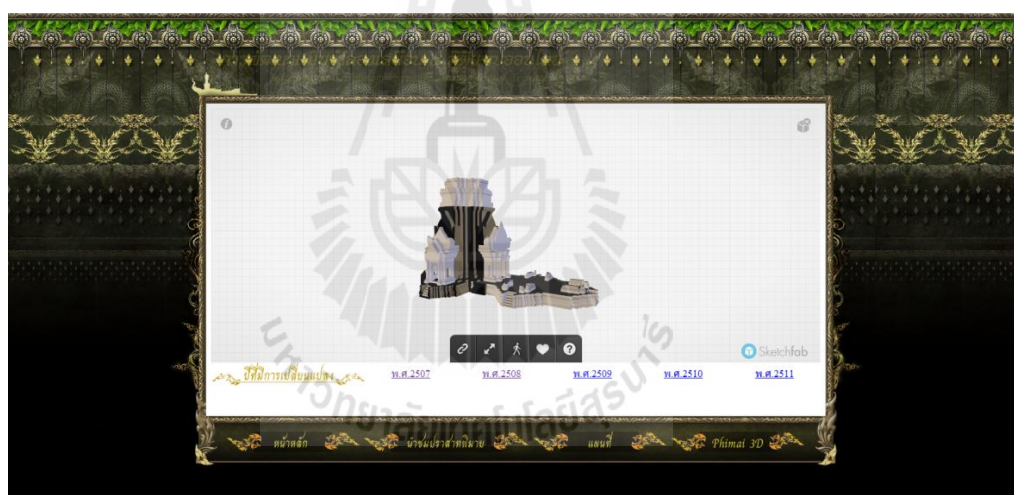


ภาพที่ 4.23 ปรารงค์ประชน

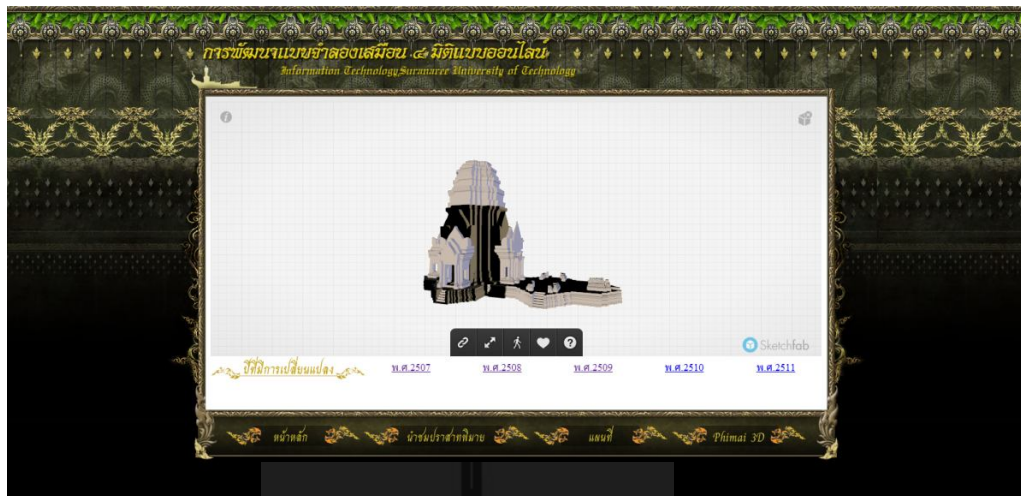
จากภาพที่ 4.23 เมื่อผู้ใช้คลิกเข้ามาในแต่ละส่วนของปราสาทพิมาย ในหน้านี้จะแสดงในส่วนของปรารงค์ประชน มีเสียงบรรยายความเปลี่ยนแปลงของส่วนปรารงค์ประชนในแต่ละปี และมีส่วนปีที่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงอยู่ด้านล่าง



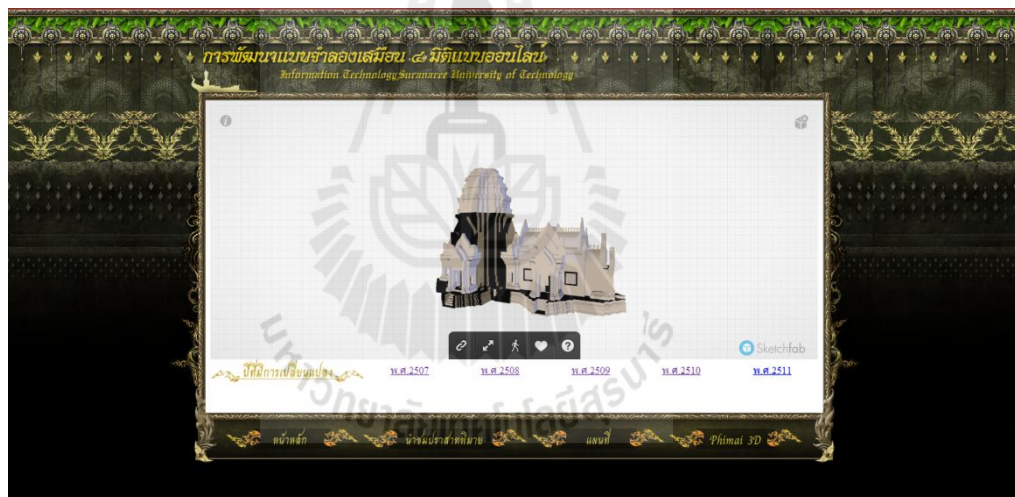
ภาพที่ 4.24 ส่วนของปรารงค์ประธาน ในปี พ.ศ. 2507



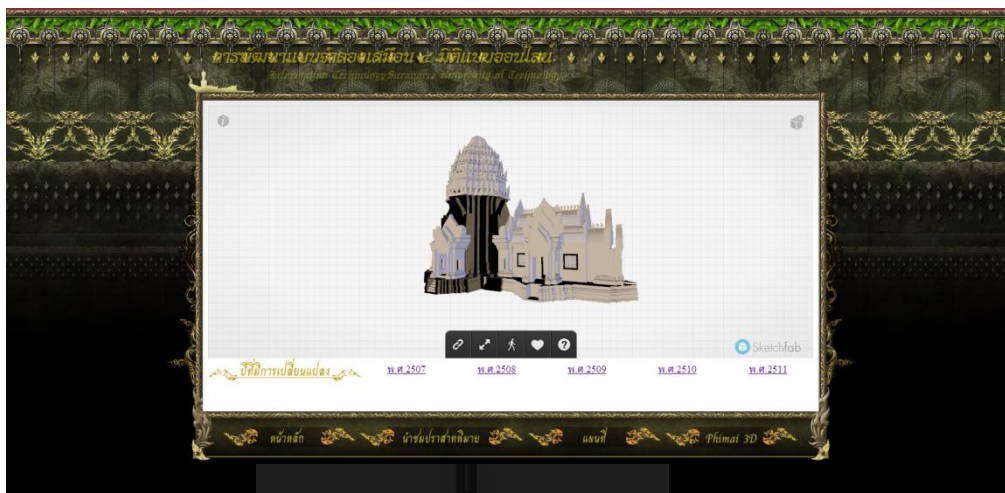
ภาพที่ 4.25 ส่วนของปรารงค์ประธาน ในปี พ.ศ. 2508



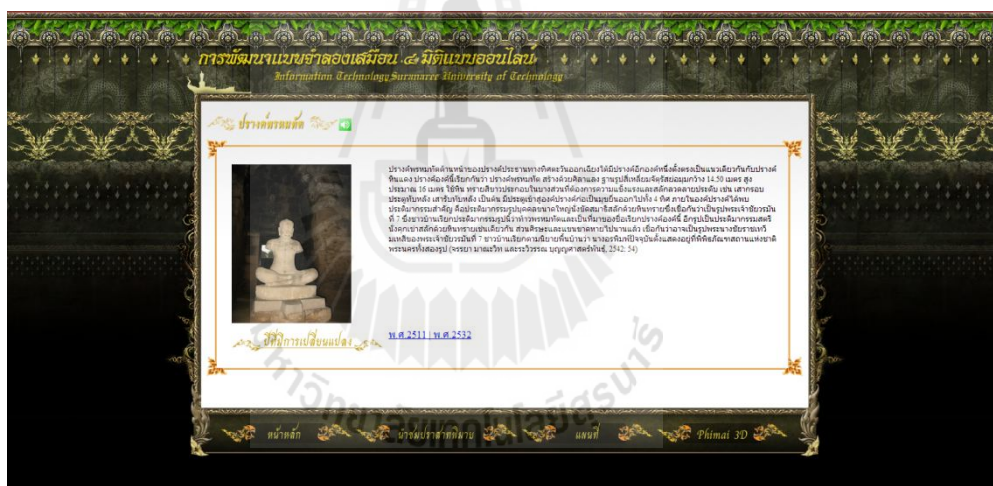
ภาพที่ 4.26 ส่วนของปรารักษ์ประธาน ในปี พ.ศ. 2509



ภาพที่ 4.27 ส่วนของปรารักษ์ประธาน ในปี พ.ศ. 2510

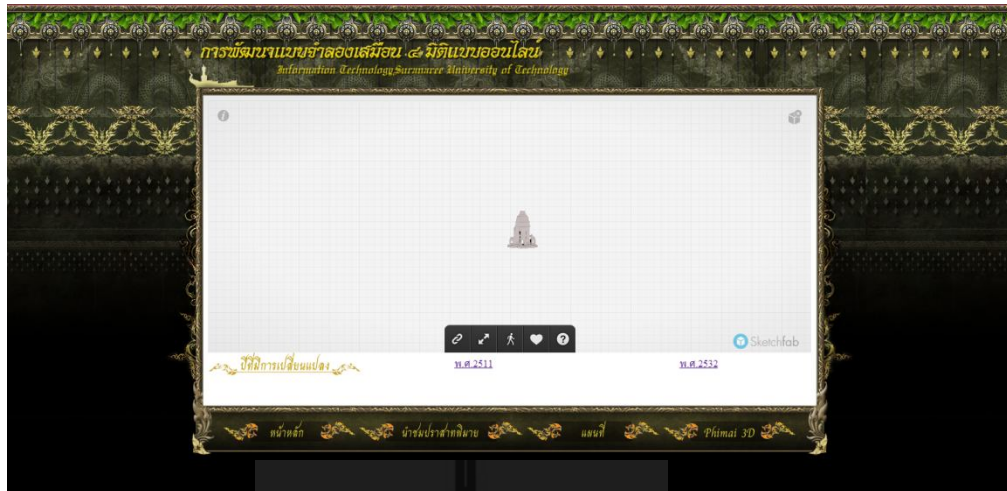


ภาพที่ 4.28 ส่วนของปราสาทประธาน ในปี พ.ศ. 2511

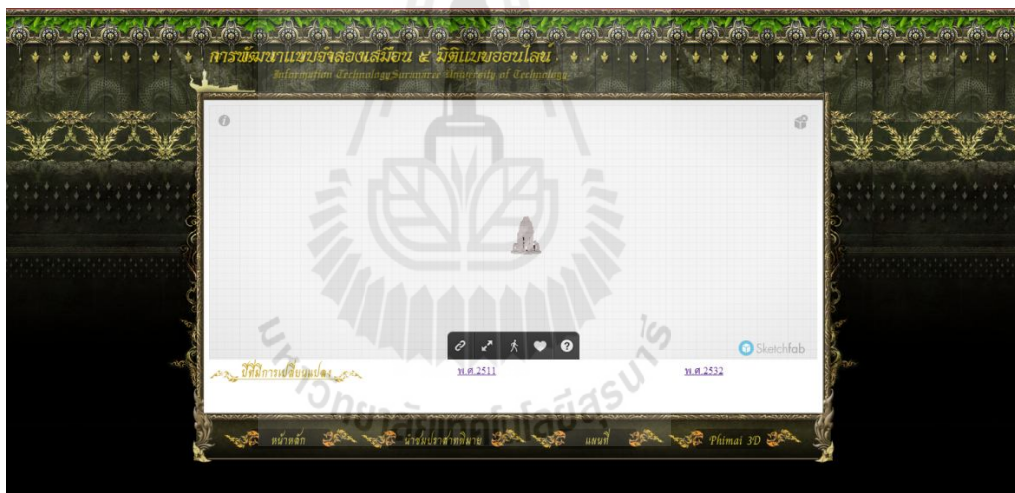


ภาพที่ 4.29 ปราสาทพรหมทัต

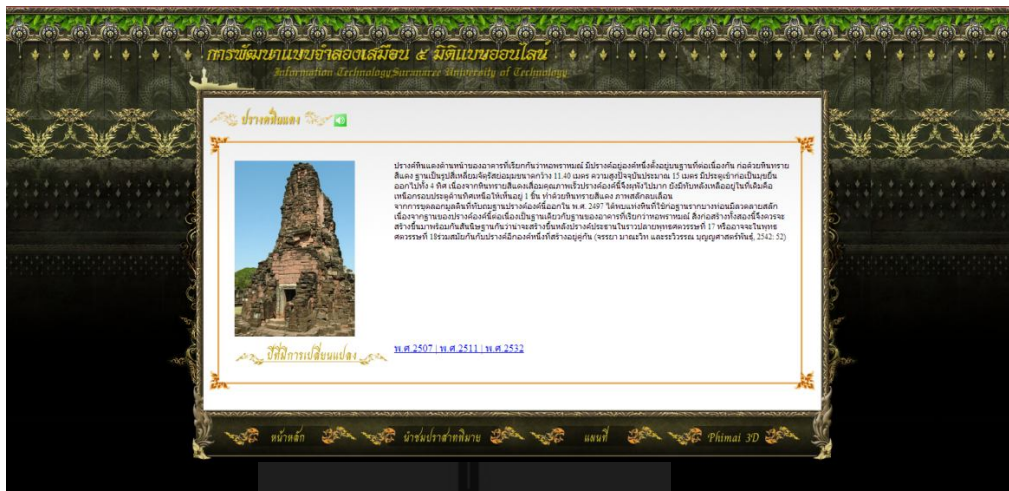
จากภาพที่ 4.29 เมื่อผู้ใช้คลิกเข้ามาในแต่ละส่วนของปราสาทพิมาย ในหน้านี้จะแสดงในส่วนของปราสาทพรหมทัต มีเสียงบรรยายความเปลี่ยนแปลงของส่วนปราสาทพรหมทัตในแต่ละปี และมีส่วนปีที่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงอยู่ด้านล่าง



ภาพที่ 4.30 ส่วนของปราสาทพรหมทัต ในปี พ.ศ. 2511

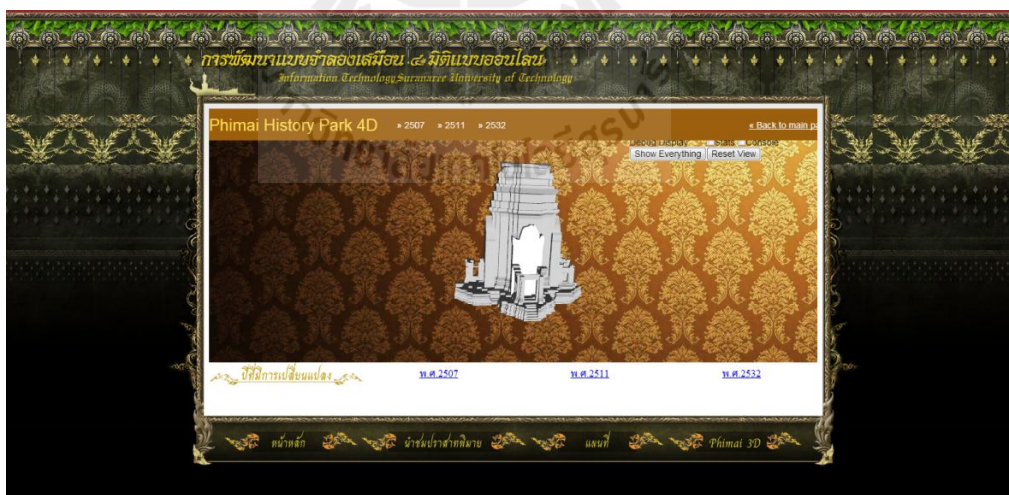


ภาพที่ 4.31 ส่วนของปราสาทพรหมทัต ในปี พ.ศ. 2532

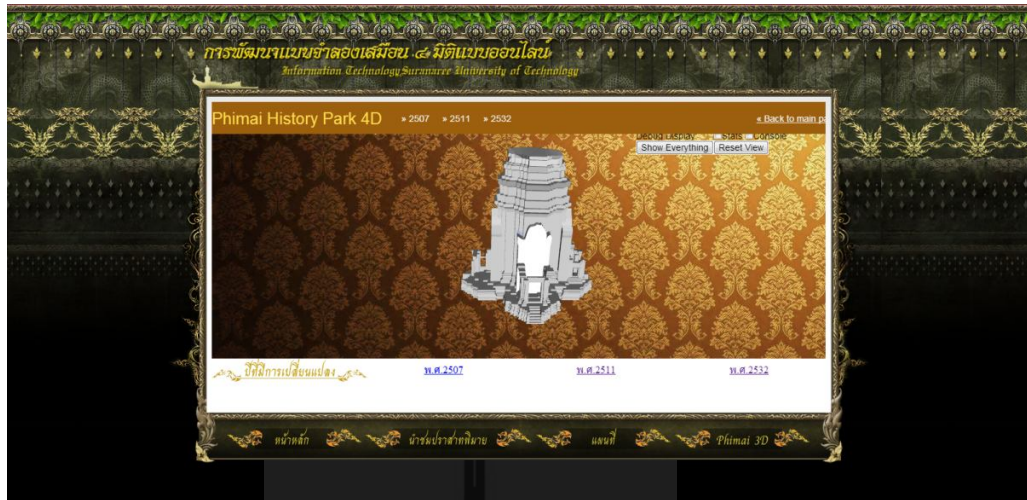


ภาพที่ 4.32 ปรารค์หินแดง

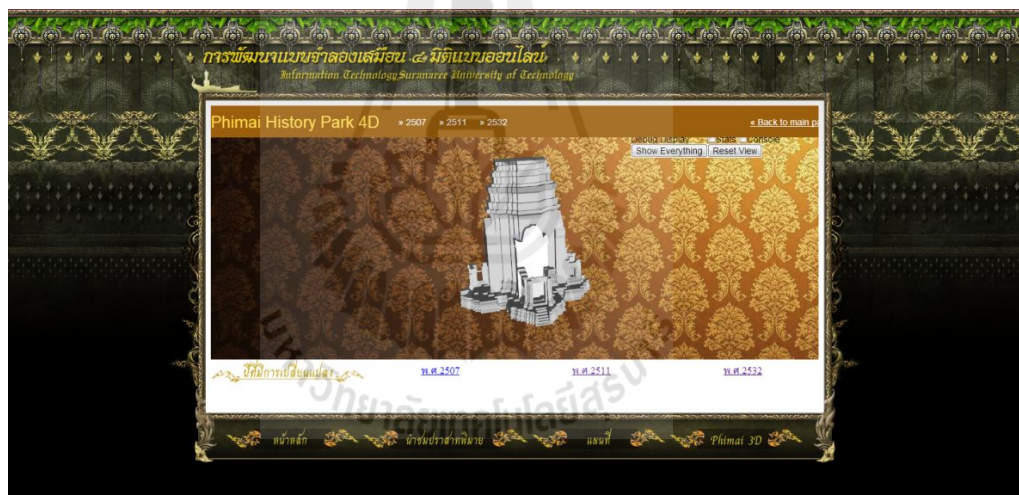
จากภาพที่ 4.32 เมื่อผู้ใ้คลิกเข้ามาในแต่ละส่วนของปราสาทพิมาย ในหน้านี้จะแสดงในส่วนของปรารค์หินแดง มีเสียงบรรยายความเปลี่ยนแปลงของส่วนปรารค์หินแดงในแต่ละปี และมีส่วนปีที่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงอยู่ด้านล่าง



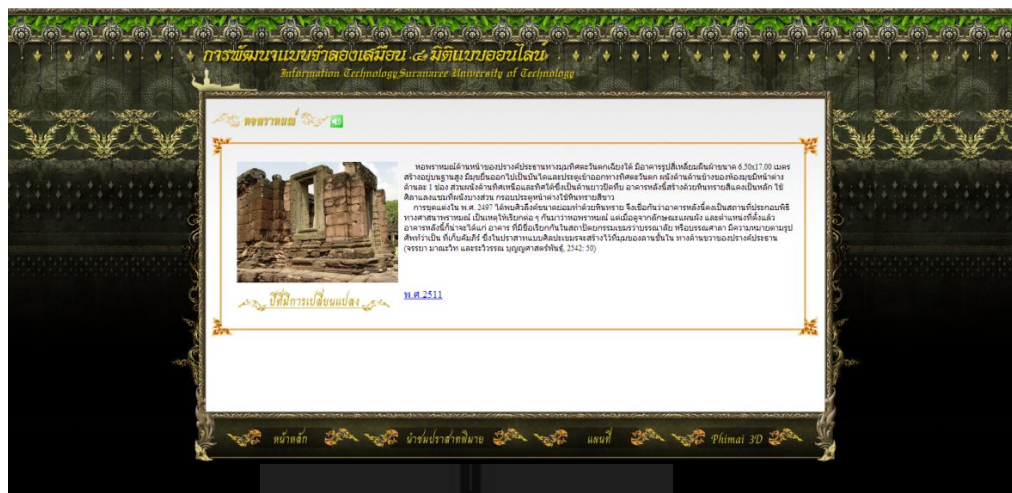
ภาพที่ 4.33 ส่วนของปรารค์หินแดง ในปี พ.ศ. 2507



ภาพที่ 4.34 ส่วนของปราสาทหินแดง ในปี พ.ศ. 2511

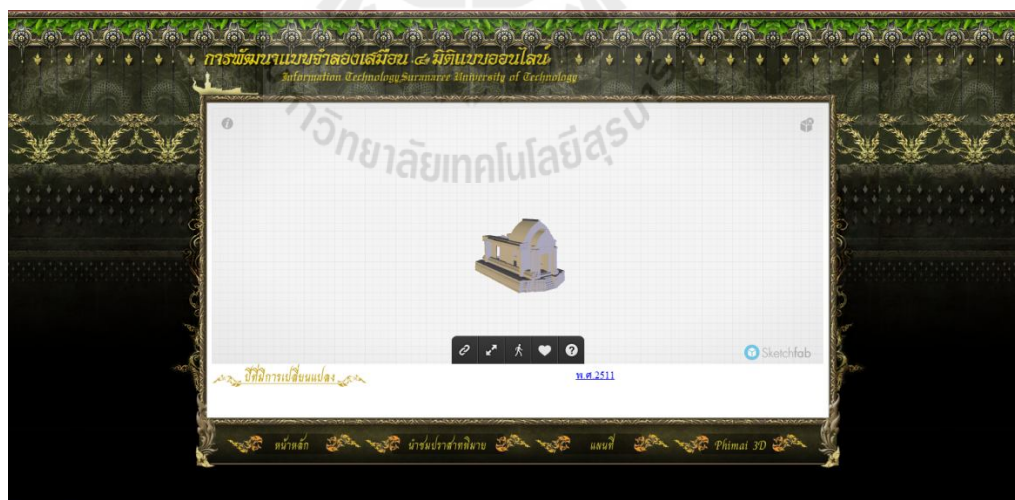


ภาพที่ 4.35 ส่วนของปราสาทหินแดง ในปี พ.ศ. 2532

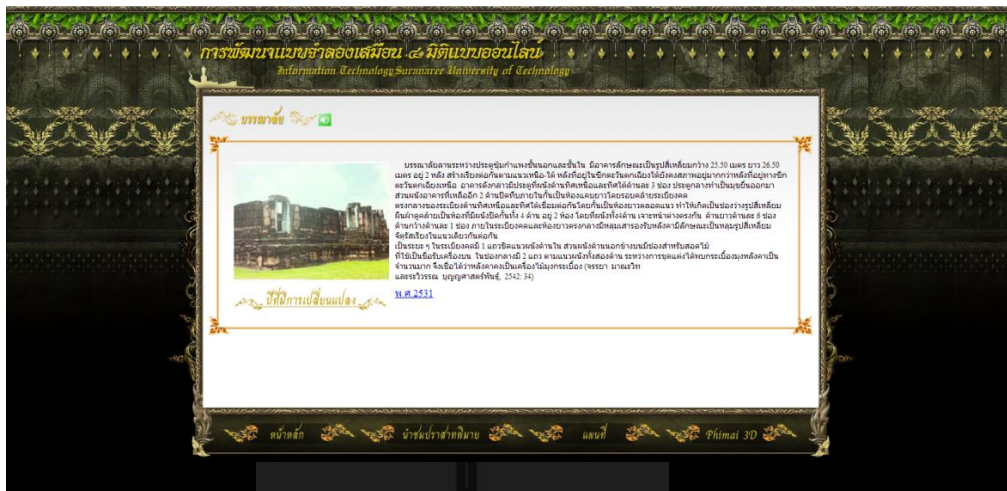


ภาพที่ 4.36 หอพราหมณ์

จากภาพที่ 4.36 เมื่อผู้ใช้คลิกเข้ามาในแต่ละส่วนของปราสาทพิมาย ในหน้านี้จะแสดงในส่วนของหอพราหมณ์ มีเสียงบรรยายความเปลี่ยนแปลงของส่วนหอพราหมณ์ในแต่ละปี และมีส่วนปีที่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงอยู่ด้านล่าง



ภาพที่ 4.37 ส่วนของหอพราหมณ์ ในปี พ.ศ. 2511



ภาพที่ 4.38 บรรณาลักษณ์

จากภาพที่ 4.38 เมื่อผู้ใช้คลิกเข้ามาในแต่ละส่วนของปราสาทพิมาย ในหน้านี้จะแสดงในส่วนของบรรณาลักษณ์ มีเสียงบรรยายความเปลี่ยนแปลงของส่วนบรรณาลักษณ์ในแต่ละปี และมีส่วนปีที่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงอยู่ด้านล่าง



ภาพที่ 4.39 ส่วนของบรรณาลักษณ์ ในปี พ.ศ. 2531



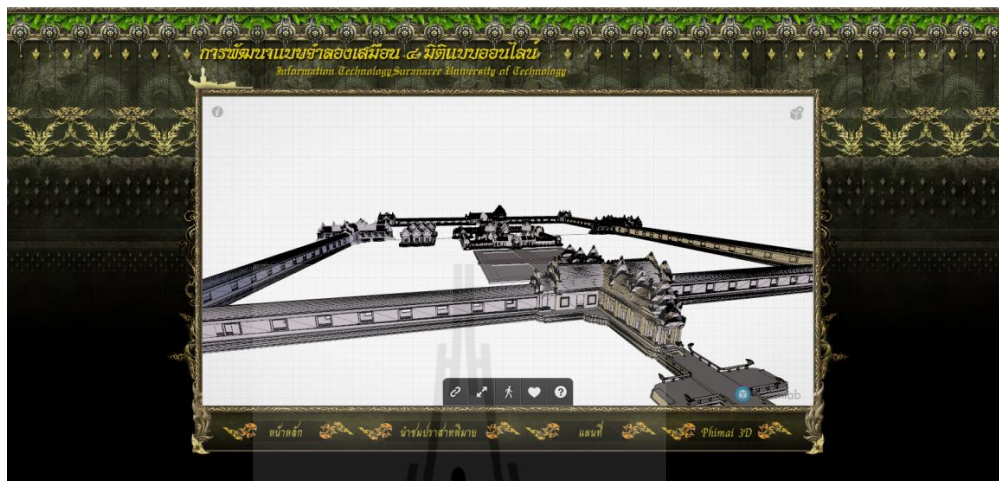
ภาพที่ 4.40 ส่วนของเมนูนำชมปราสาทพิมาย

จากภาพที่ 4.40 เมื่อผู้ใช้คลิกเข้ามาในเมนูนำชมปราสาทพิมาย จะมีวิดีโอแสดงการจำลองเสมือนของปราสาทพิมายในปัจจุบัน และแสดงการจำลองเสมือนปราสาทพิมายในลักษณะที่สมบูรณ์



ภาพที่ 4.41 ส่วนของเมนูแผนที่

จากภาพที่ 4.41 เมื่อผู้ใช้คลิกเข้ามาในเมนูแผนที่ ก็จะมีแผนที่จากกูเกิลเอิร์ธ แสดงแผนที่ตั้งของปราสาทพิมาย เส้นทางการเดินทาง



ภาพที่ 4.42 ส่วนของเมนู Phimai 3D

จากภาพที่ 4.42 เมื่อผู้ใช้คลิกเข้ามาในเมนู Phimai 3D จะเป็นการจำลองสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายในลักษณะที่สมบูรณ์ทั้งหมด โดยที่ผู้ใช้สามารถใช้เมาส์บังคับในการพลิกหมุนได้

4.2 ผลการศึกษาความสามารถในการใช้งานได้

จากการตอบแบบสอบถามเพื่อทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ของการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ : กรณีศึกษาสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย ทั้งหมด 15 ท่าน ที่ทำการทดสอบการใช้งาน และความสามารถในการใช้งานได้ของการพัฒนาแบบจำลองเสมือน สามารถสรุปผลการตอบแบบสอบถาม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.2.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากการตอบแบบสอบถามในส่วนของข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิด ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลของผู้ใช้งานที่ทำการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้

| รายละเอียด | จำนวน | ร้อยละ |
|--|-------|--------|
| เพศ | | |
| ชาย | 10 | 66.70 |
| หญิง | 5 | 33.30 |
| อายุ | | |
| 21-30 ปี | - | - |
| 31-40 ปี | 13 | 86.70 |
| 41-50 ปี | 1 | 6.70 |
| 51-60 ปี | - | - |
| 61 ปีขึ้นไป | 1 | 6.70 |
| ระดับการศึกษา | | |
| ปริญญาตรี | 2 | 13.30 |
| ปริญญาโท | 11 | 73.30 |
| ปริญญาเอก | 2 | 13.30 |
| ประสบการณ์การใช้งานคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต | | |
| น้อยกว่า 1 ปี | - | - |
| 1-5 ปี | - | - |
| 6-10 ปี | 4 | 26.70 |
| 11-15 ปี | 3 | 46.70 |
| มากกว่า 15 ปี | 8 | 53.30 |

จากตารางที่ 4.1 ข้อมูลผู้ใช้งานสรุปได้ดังนี้ ผู้ใช้งานคิดเป็นเพศชาย ร้อยละ 66.70 เพศหญิง ร้อยละ 33.30 ผู้ใช้งานส่วนใหญ่ มีอายุระหว่าง 31-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 86.70 มีการศึกษาอยู่ในระดับ ปริญญาโท คิดเป็นร้อยละ 73.30 และมีประสบการณ์การใช้คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตมากกว่า 15 ปี คิดเป็นร้อยละ 53.30

4.2.2 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้

จากการวิเคราะห์ผลการตอบแบบสอบถามความสามารถในการใช้งานได้ของการพัฒนาแบบจำลองเสมือน และนำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในด้านต่าง ๆ แบบมาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนเชิงคุณภาพ

| | |
|-----------------------------|---|
| ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง | ระบบที่พัฒนามีความสามารถในการใช้งานได้มากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง | ระบบที่พัฒนามีความสามารถในการใช้งานได้มาก |
| ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง | ระบบที่พัฒนามีความสามารถในการใช้งานได้ค่อนข้างมาก |
| ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง | ระบบที่พัฒนามีความสามารถในการใช้งานได้น้อย |
| ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง | ระบบที่พัฒนาไม่มีความสามารถในการใช้งาน |

จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ นำมาแสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแปลผลตามด้านของการทดสอบ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานด้านประสิทธิผล

| ข้อ | การใช้งานแบบจำลองเสมือน | \bar{X} | S.D. | แปลผล |
|-----|---|-----------|------|-------|
| 1. | แบบจำลองเสมือนสามารถใช้งานได้และมีความเร็วในการโหลด | 4.07 | 0.26 | มาก |
| 2. | แบบจำลองเสมือนมีเครื่องมือควบคุมที่มีความเหมาะสมสามารถบังคับทิศทางของแบบจำลองได้รวดเร็ว | 4.33 | 0.72 | มาก |
| 3. | แบบจำลองเสมือนมีการเชื่อมโยงข้อมูลในแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้องนำมาแสดงผลได้อย่างรวดเร็ว | 4.07 | 0.46 | มาก |
| 4. | แบบจำลองเสมือนสามารถแสดงข้อมูลตรงกับความต้องการได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว | 4.40 | 0.74 | มาก |
| | ค่าเฉลี่ย | 4.23 | 0.31 | มาก |

จากตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ ด้านประสิทธิผลของการพัฒนาแบบจำลองเสมือน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.23$, S.D. = 0.31) เมื่อพิจารณาแต่ละข้อคำถามการใช้งานแบบจำลองเสมือน พบว่า แบบจำลองเสมือนสามารถใช้งานได้และมีความเร็วในการโหลด อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.07$, S.D. = 0.26) แบบจำลองเสมือนมีเครื่องมือควบคุมที่มีความเหมาะสมสามารถบังคับทิศทางของแบบจำลองได้รวดเร็ว อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.72) แบบจำลองเสมือนมีการเชื่อมโยงข้อมูลในแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้องนำมาแสดงผลได้อย่างรวดเร็ว อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.07$, S.D. = 0.46) และแบบจำลองเสมือนสามารถแสดงข้อมูลตรงกับความต้องการได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.74)

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานด้านประสิทธิภาพ

| ข้อ | การใช้งานแบบจำลองเสมือน | \bar{X} | S.D. | แปลผล |
|------------------|--|-------------|-------------|------------|
| 1. | แบบจำลองเสมือนสามารถจัดการภาพนิ่งได้อย่างถูกต้อง | 4.47 | 0.52 | มาก |
| 2. | แบบจำลองเสมือนสามารถแสดงผลได้ตรงตามช่วงระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ถูกต้อง | 4.40 | 0.74 | มาก |
| 3. | แบบจำลองเสมือนมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนในการนำเสนอการเปลี่ยนแปลงของสถาปัตยกรรม | 4.53 | 0.52 | มากที่สุด |
| 4. | แบบจำลองเสมือนมีการเชื่อมโยงในแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้องกันมาแสดงผลได้อย่างถูกต้อง | 4.53 | 0.74 | มากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ย | | 4.48 | 0.55 | มาก |

จากตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ ด้านประสิทธิภาพของการพัฒนาแบบจำลองเสมือน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.48$, S.D. = 0.55) เมื่อพิจารณาแต่ละข้อคำถามการใช้งานแบบจำลองเสมือน พบว่า ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ คือแบบจำลองเสมือนสามารถจัดการภาพนิ่งได้อย่างถูกต้อง อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.47$, S.D. = 0.52) แบบจำลองเสมือนสามารถแสดงผลได้ตรงตามช่วงระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ถูกต้อง อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.74) แบบจำลองเสมือนมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนในการนำเสนอการ

เปลี่ยนแปลงของสถาปัตยกรรม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.52) และแบบจำลองเสมือนมีการเชื่อมโยงในแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้องกันมาแสดงผลได้อย่างถูกต้อง อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.74)

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานด้านความยืดหยุ่น

| ข้อ | การใช้งานแบบจำลองเสมือน | \bar{X} | S.D. | แปลผล |
|------------------|---|-------------|-------------|------------|
| 1. | แบบจำลองสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการของผู้ใช้ | 4.20 | 0.94 | มาก |
| 2. | แบบจำลองเสมือนมีการนำเสนอหลากหลายรูปแบบ | 4.47 | 0.74 | มาก |
| ค่าเฉลี่ย | | 4.33 | 0.69 | มาก |

จากตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ ด้านความยืดหยุ่นของการพัฒนาแบบจำลองเสมือน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.69) เมื่อพิจารณาแต่ละข้อคำถามการใช้งานแบบจำลองเสมือน พบว่า ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ คือแบบจำลองเสมือน สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการของผู้ใช้ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.20$, S.D. = 0.94) และแบบจำลองเสมือนมีการนำเสนอหลากหลายรูปแบบ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.47$, S.D. = 0.74)

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานด้านความสามารถในการเรียนรู้

| ข้อ | การใช้งานแบบจำลองเสมือน | \bar{X} | S.D. | แปลผล |
|------------------|---|-------------|-------------|------------|
| 1. | ผู้ใช้สามารถเรียนรู้การใช้งานแบบจำลองเสมือนได้เองโดยไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญช่วยเหลือ | 4.60 | 0.51 | มากที่สุด |
| 2. | ผู้ใช้สามารถใช้งานแบบจำลองเสมือนได้ทันทีโดยไม่ต้องเรียนรู้ใหม่เมื่อกลับมาใช้งานแบบจำลองเสมือนอีกครั้ง | 4.53 | 0.52 | มากที่สุด |
| 3. | ผู้ใช้สามารถสัมผัสประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านแบบจำลองเสมือน | 4.33 | 0.49 | มาก |
| ค่าเฉลี่ย | | 4.49 | 0.39 | มาก |

จากตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ ด้านความสามารถในการเรียนรู้ของผู้ใช้แบบจำลองเสมือน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.49$, S.D. = 0.39) เมื่อพิจารณาแต่ละข้อคำถามการใช้งานแบบจำลองเสมือน พบว่า ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้คือ ผู้ใช้สามารถเรียนรู้การใช้งานแบบจำลองเสมือนได้เองโดยไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญช่วยเหลืออยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.51) ผู้ใช้สามารถใช้งานแบบจำลองเสมือนได้ทันทีโดยไม่ต้องเรียนรู้ใหม่เมื่อกลับมาใช้งานแบบจำลองเสมือนอีกครั้ง อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.53$, S.D. = 0.52) และผู้ใช้สามารถสัมผัสประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านแบบจำลองเสมือนอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.49)

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานด้านความพึงพอใจ

| ข้อ | การใช้งานแบบจำลองเสมือน | \bar{X} | S.D. | แปลผล |
|------------------|---|-------------|-------------|------------|
| 1. | แบบจำลองเสมือนมีความง่ายต่อการใช้งาน | 4.40 | 0.51 | มาก |
| 2. | แบบจำลองเสมือนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้ดี | 4.06 | 0.70 | มาก |
| 3. | แบบจำลองเสมือนมีความเหมาะสมทางด้านตัวอักษร ขนาดและสี | 4.00 | 0.65 | มาก |
| 4. | แบบจำลองเสมือนมีรูปแบบหน้าจอ การแบ่งหน้า มีความสอดคล้องกันทั้งหมด ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน | 3.73 | 0.70 | มาก |
| 5. | แบบจำลองเสมือนมีการจัดชุดข้อมูลในการนำเสนอได้อย่างเป็นระเบียบ | 4.33 | 0.49 | มาก |
| 6. | แบบจำลองเสมือนมีความชัดเจนในการใช้เสียงเพื่อบรรยาย | 3.93 | 0.88 | มาก |
| 7. | แบบจำลองเสมือนมีความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย | 4.20 | 0.68 | มาก |
| ค่าเฉลี่ย | | 4.09 | 0.47 | มาก |

จากตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้แบบจำลองเสมือน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.09$, S.D. = 0.47) เมื่อพิจารณาแต่ละข้อคำถามการใช้งานแบบจำลองเสมือน พบว่า ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ คือแบบจำลองเสมือนมีความง่ายต่อการใช้งาน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.51) แบบจำลองเสมือนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้ดี อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.06$, S.D. = 0.70) แบบจำลองเสมือนมีความเหมาะสมทางด้านตัวอักษร ขนาด และสี อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.00$, S.D. = 0.65) แบบจำลองเสมือนมีรูปแบบหน้าจอ การแบ่งหน้า มีความสอดคล้องกันทั้งหมด ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.73$, S.D. = 0.70) แบบจำลองเสมือนมีการจัดชุดข้อมูลในการนำเสนอได้อย่างเป็นระบบ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.49) แบบจำลองเสมือนมีความชัดเจนในการใช้เสียงเพื่อบรรยาย อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.93$, S.D. = 0.88) และแบบจำลองเสมือนมีความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.20$, S.D. = 0.68)

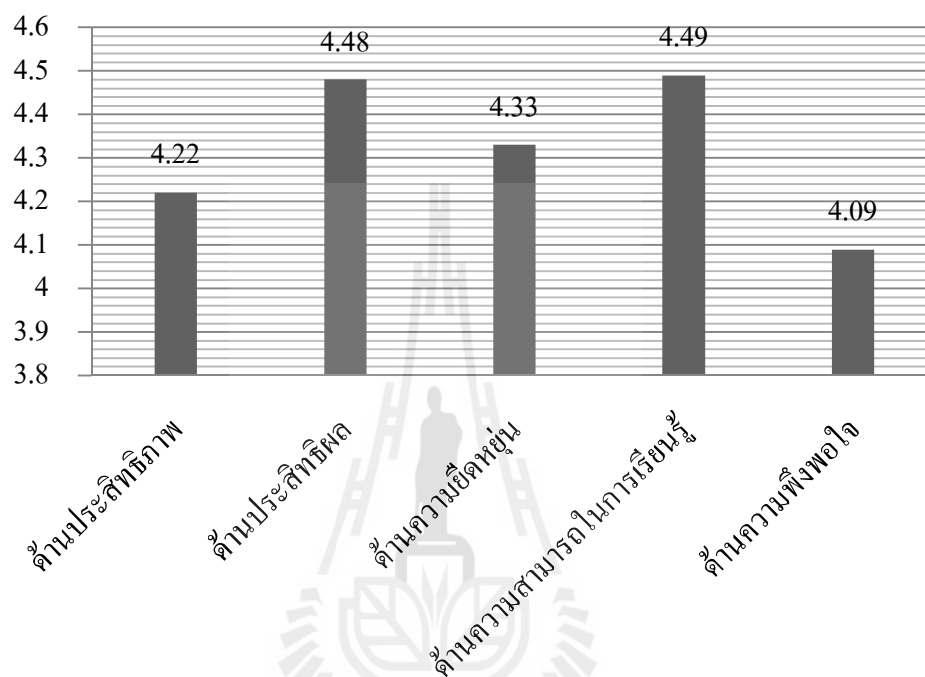
ตารางที่ 4.7 สรุปผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานของแบบจำลองเสมือน ใน 5 ด้าน

| ข้อ | การใช้งานแบบจำลองเสมือน | \bar{X} | S.D. | แปลผล |
|------------------|-----------------------------|-------------|-------------|------------|
| 1. | ด้านประสิทธิภาพ | 4.22 | 0.31 | มาก |
| 2. | ด้านประสิทธิผล | 4.48 | 0.55 | มาก |
| 3. | ด้านความยืดหยุ่น | 4.33 | 0.69 | มาก |
| 4. | ด้านความสามารถในการเรียนรู้ | 4.49 | 0.39 | มาก |
| 5. | ด้านความพึงพอใจ | 4.09 | 0.47 | มาก |
| ค่าเฉลี่ย | | 4.32 | 0.39 | มาก |

จากตารางที่ 4.7 สรุปผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือนในด้านต่าง ๆ ทั้ง 5 ด้าน ซึ่งในแต่ละด้านอยู่ในระดับมาก เมื่อแปลผล พบว่า ด้านความสามารถในการเรียนรู้ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.49$, S.D. = 0.39) ซึ่งมีผลค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านมากที่สุด และเมื่อหาผลรวมค่าเฉลี่ยทุกด้าน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.32$, S.D. = 0.39)

ในการประเมินความสามารถในการทำงานได้ของแบบจำลองเสมือน โดยแยกตามด้านต่าง ๆ สรุปผลการประเมินได้ ดังภาพที่ 4.43

คะแนน



ภาพที่ 4.43 กราฟสรุปผลการศึกษาความสามารถในการทำงานได้

4.2.3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

จากการทดสอบความสามารถในการทำงานได้ของแบบจำลองเสมือนในส่วนของความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้ใช้งานที่ทำงานทดสอบความสามารถ ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิดที่สามารถแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ เกี่ยวกับแบบจำลองเสมือนได้อย่างหลากหลาย โดยมีความคิดเห็นและข้อเสนอแนะดังนี้

- 1) ผู้ใช้แนะนำให้เพิ่มระดับเสียงบรรยายให้มีความดังเพิ่มขึ้น
- 2) ผู้ใช้ต้องการให้มีข้อความบรรยายสั้นๆ เพื่อประกอบภาพเคลื่อนไหว พร้อมกับรูปภาพเคลื่อนไหวไปด้วย

4.3 อภิปรายผล

จากการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ของการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์: กรณีศึกษาสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย นำมาวิเคราะห์และอภิปรายผล โดยแบ่งตามหัวข้อ ได้ดังนี้

4.3.1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้

การทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือน ได้แก่ เพศชาย ร้อยละ 66.70 เพศหญิง ร้อยละ 33.30 ผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 31-40 ปี คิดเป็นร้อยละ 93.30 มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาโท คิดเป็นร้อยละ 86.70 และมีประสบการณ์การใช้งานคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต มากกว่า 15 ปี คิดเป็นร้อยละ 53.30

4.3.2 การทดสอบความสามารถในการใช้งานได้

จากการสรุปผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือน ใน 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านประสิทธิภาพ 2) ด้านประสิทธิผล 3) ด้านความยืดหยุ่น 4) ด้านความสามารถในการเรียนรู้ และ 5) ด้านความพึงพอใจ พบว่า ความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือน ด้านความสามารถในการเรียนรู้ มากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 และด้าน ความพึงพอใจของผู้ใช้ น้อยที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.09 อย่างไรก็ตาม คะแนนเฉลี่ยของทั้ง 2 ด้าน ยังมีค่ามากกว่า 3.50 ซึ่งเมื่อแปลผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือนแล้วยังมีเกณฑ์อยู่ในระดับดี

ความแตกต่างระหว่างผลคะแนนการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.39 ซึ่งผู้ใช้งานแบบจำลองเสมือนโดยส่วนมากมีประสบการณ์ในการใช้งานคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตมาเป็นระยะเวลา 15 ปีขึ้นไป จึงทำให้มีความเข้าใจ สามารถใช้เครื่องมือ และสามารถใช้เมาส์ในการบังคับแบบจำลองได้ดี เมื่อนำค่าเฉลี่ยทุกด้านมาหาผลรวมอีกครั้ง พบว่า ความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การพัฒนามีความสามารถในการใช้งานได้มาก จึงสามารถนำการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ : กรณีศึกษาสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย มาใช้เพื่อเป็นสื่อทางการศึกษาทางด้านประวัติศาสตร์ และการท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ หรือจะเป็นสื่อนาร่องในการศึกษาสถาปัตยกรรมทางประวัติศาสตร์อื่นอีกด้วย

4.3.3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

จากความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ : กรณีศึกษาสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย พบว่า ผู้ใช้ต้องการให้เพิ่มคำบรรยาย และระดับความดังของเสียงบรรยาย เพื่อให้สอดคล้องกับสื่อที่แสดงออกมาก

ทั้งนี้ จากการที่ผู้วิจัยได้นำเว็บไซต์การพัฒนาแบบจำลองเสมือนไปทดสอบจากผู้ใช้แล้ว ได้รับคำชมซึ่งเป็นข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นที่ดี ซึ่งผู้ใช้ได้เขียนเพิ่มเติมไว้ดังนี้

งานวิจัยนี้เป็นผลงานที่มีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนในด้านทัศนศิลป์ กล่าวคือเป็นผลงานที่แสดงให้เห็นถึงมิติของปราสาทที่ดูเรียบง่ายทำให้นักศึกษาศิลปะสามารถเข้าใจโครงสร้างของปราสาท ซึ่งทำให้ถ่ายทอดเป็นผลงานศิลปะได้อย่างมีประสิทธิภาพและหัวข้อมีความน่าสนใจในแนวทางการอนุรักษ์และเปลี่ยนแปลง ซึ่งมองดูแล้วว่ามีประโยชน์ต่อหลักฐานทางโบราณคดีเป็นอย่างมาก

4.3.4 การได้มาซึ่งแบบจำลอง 4 มิติออนไลน์

กระบวนการในการได้มาซึ่งแบบจำลอง 4 มิติออนไลน์นั้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับประวัติศาสตร์ของปราสาทพิมาย การบูรณะปราสาทพิมาย โดยดำเนินการเป็นขั้นตอน ดังนี้

4.3.4.1 ประเด็นปัญหาด้านสื่อสถาปัตยกรรมโบราณสถานออนไลน์

จากการรวบรวมข้อมูลและค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การทำสื่อออนไลน์เกี่ยวกับโบราณสถานยังมีไม่มากนักเป็นสื่อ 2 มิติ และ 3 มิติ และยังไม่มียานวิจัยที่ทำเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมโบราณสถานในรูปแบบ 4 มิติ ด้วย ซึ่งเมื่อทำแล้วก็จะส่งผลดีทางด้านการท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ สื่อการสอนในห้องเรียน การเรียนทางด้านสถาปัตยกรรม การเรียนทางด้านโบราณคดี เป็นต้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาในขั้นตอนกระบวนการในการจัดทำสื่อ 4 มิติแบบออนไลน์ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าทางโบราณสถาน โดยมีมิติทางด้านเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน และสามารถจับต้องวัตถุได้โดยผู้ใช้เอง

4.3.4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับการบูรณะปราสาทพิมาย

จากการสัมภาษณ์และสอบถามนายช่างที่ทำการบูรณะปราสาทพิมาย ทำให้ทราบว่า ปราสาทพิมายแต่ละส่วน ไม่ได้ทำการบูรณะให้แล้วเสร็จภายในปีเดียว แต่มีการบูรณะเรื่อยมา ซึ่งก็ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านสถาปัตยกรรมของปราสาทพิมายในแต่ละปี

ที่มีการบูรณะปราสาท จากนั้น ผู้วิจัยจึงทำเรื่องจากมหาวิทยาลัย เพื่อขอข้อมูลเกี่ยวกับการบูรณะปราสาทพิมายจากกรมศิลปากร 12 ก็ได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการบูรณะปราสาทพิมาย รวมถึงข้อเสนอแนะจาก ผู้อำนวยการกรมศิลปากร 12 เป็นอย่างดี เมื่อได้ข้อมูลมาเรียบร้อยแล้ว ก็วิเคราะห์แต่ละส่วนของปราสาทพิมายเพื่อจัดเรียงการบูรณะปราสาทให้เป็นของแต่ละส่วนตามปีที่มีการบูรณะ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาจากสถานที่จริง และการบันทึกภาพถ่ายแต่ละส่วนของปราสาทพิมายเพื่อเป็นข้อมูลอย่างละเอียดในการนำมาใช้จำลองสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายในแบบ 3 มิติ โดยใช้โปรแกรมทูลูเกิลสเก็ทอัฟในการสร้างโมเดล

4.3.4.3 การสร้างแบบจำลองเสมือน ด้วยโปรแกรมสเก็ทอัฟ 8

กระบวนการในการพัฒนาแบบจำลองเสมือน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลทางด้านเนื้อหา และรายละเอียดเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย จากหนังสือ เอกสารการบูรณะปราสาทพิมาย งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกต้องนำมาออกแบบและสร้างแบบจำลองเสมือนในรูปแบบ 3 มิติ

เนื่องจากโปรแกรมสเก็ทอัฟสามารถเอ็กซ์พอร์ตไฟล์ออกไปเป็นวีอาร์เอ็มแอล ซึ่งผู้วิจัยมีเพียงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโปรแกรมสเก็ทอัฟ 8 และใช้โปรแกรมเสริมในการเอ็กซ์พอร์ตไฟล์จากภาษาวีอาร์เอ็มแอลเป็นเอ็กซ์ทรีดี โดยการดาวน์โหลดโปรแกรมอินสแตนเรียลลิตี้ 2.2 โปรแกรมสเก็ทอัฟ 8 เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมกับงานด้านสถาปัตยกรรม อีกทั้งยังเป็นโปรแกรมที่สามารถศึกษาเข้าใจได้ง่าย มีเครื่องมือในการทำงานที่ไม่ซับซ้อน ผู้วิจัยจึงเลือกใช้โปรแกรมสเก็ทอัฟ 8 ในการสร้างแบบจำลองเสมือน

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้ จะกล่าวถึง ข้อสรุปผลการวิจัย การนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ซึ่งมีรายละเอียดดังหัวข้อต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลที่ได้จากการดำเนินการตามขั้นตอนนั้น ก็จะได้สื่อออนไลน์ในรูปแบบใหม่ที่ใช้สถาปัตยกรรมประสาทพินัยในรูปแบบ 4 มิติ จะทำให้ผู้ใช้เข้าใจได้มากขึ้น และยังส่งผลดีทางด้านการท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ การเรียนรู้เกี่ยวกับสถาปัตยกรรม แหล่งโบราณคดี ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาในขั้นตอนกระบวนการทำสื่อ 4 มิติแบบออนไลน์ ทำให้เพิ่มมูลค่าทางโบราณสถาน โดยมีมิติทางด้านเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือนใน 5 ด้าน ซึ่งสรุปผลได้ ดังนี้

5.1.1 ด้านประสิทธิผล (Effectiveness)

แบบจำลองเสมือนมีเครื่องมือ และส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ในการนำเสนอแบบจำลองเสมือน ซึ่งผลการทดสอบด้านประสิทธิผล ในด้านนี้มีคะแนนเฉลี่ย 4.22 จึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองเสมือนมีความรวดเร็วในการโหลด มีเครื่องมือควบคุมที่มีความเหมาะสม ผู้ใช้สามารถบังคับทิศทางของแบบจำลองได้ มีการเชื่อมโยงข้อมูลในแต่ละส่วน อีกทั้งยังแสดงข้อมูลได้ตรงกับความต้องการได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว อยู่ในระดับมาก

5.1.2 ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency)

แบบจำลองเสมือนมีเครื่องมือ และส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ในการนำเสนอแบบจำลองเสมือน ซึ่งผลการทดสอบด้านประสิทธิภาพ ในด้านนี้มีคะแนนเฉลี่ย 4.48 จึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองเสมือนสามารถจัดการภาพนิ่งได้อย่างถูกต้อง แบบจำลองเสมือนสามารถแสดงผลได้ตรงตามช่วงระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ถูกต้อง แบบจำลองเสมือนมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนในการนำเสนอการเปลี่ยนแปลงของสถาปัตยกรรม และแบบจำลองเสมือนมีการเชื่อมโยงในแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้องกันมาแสดงผลได้อย่างถูกต้อง อยู่ในระดับมาก

5.1.3 ด้านความยืดหยุ่น (Flexibility)

แบบจำลองเสมือนมีเครื่องมือ และส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ในการนำเสนอแบบจำลองเสมือน ซึ่งผลการทดสอบด้านความยืดหยุ่น ในด้านนี้มีคะแนนเฉลี่ย 4.33 จึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองเสมือนสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการของผู้ใช้ และแบบจำลองเสมือนมีการนำเสนอหลากหลายรูปแบบ อยู่ในระดับมาก

5.1.4 ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability)

แบบจำลองเสมือนมีเครื่องมือ และส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ในการนำเสนอแบบจำลองเสมือน ซึ่งผลการทดสอบด้านความสามารถในการเรียนรู้ ในด้านนี้มีคะแนนเฉลี่ย 4.49 จึงสามารถสรุปได้ว่า ผู้ใช้สามารถเรียนรู้การใช้งานแบบจำลองเสมือนได้เองโดยไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญช่วยเหลือ ผู้ใช้สามารถใช้งานแบบจำลองเสมือนได้ทันทีโดยไม่ต้องเรียนรู้ใหม่เมื่อกลับมาใช้งานแบบจำลองเสมือนอีกครั้ง และผู้ใช้สามารถสัมผัสประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านแบบจำลองเสมือน อยู่ในระดับมาก

5.1.5 ด้านความพึงพอใจ (Satisfaction)

แบบจำลองเสมือนมีเครื่องมือ และส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ในการนำเสนอแบบจำลองเสมือน ซึ่งผลการทดสอบด้านความพึงพอใจ ในด้านนี้มีคะแนนเฉลี่ย 4.09 จึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองเสมือนมีความง่ายต่อการใช้งาน แบบจำลองเสมือนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้ดี แบบจำลองเสมือนมีความเหมาะสมทางด้านตัวอักษร ขนาด และสี แบบจำลองเสมือนมีรูปแบบหน้าจอ การแบ่งหน้า มีความสอดคล้องกันทั้งหมด ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน แบบจำลองเสมือนมีการจัดชุดข้อมูลในการนำเสนอได้อย่างเป็นระบบ แบบจำลองเสมือนมีความชัดเจนในการใช้เสียงเพื่อบรรยาย และแบบจำลองเสมือนมีความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย อยู่ในระดับมาก

5.2 ปัญหาในการวิจัย

ในการออกแบบและพัฒนาโมเดลสถาปัตยกรรมประสาทพินัย ซึ่งมีปัญหาในการวิจัย ดังนี้

5.2.1 เอชทีเอ็มแอล 5 และเอ็กซ์ทีริสดีคอม เป็นเทคโนโลยีใหม่สำหรับผู้วิจัย จึงต้องใช้เวลาในการศึกษาและทำความเข้าใจการทำงานเป็นเวลานาน

5.2.2 ผู้วิจัยมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรมสเก็ทอัฟ 8 จึงต้องใช้เวลาในการศึกษาและฝึกฝนในการสร้างแบบจำลองเสมือน

5.2.3 ในการสร้างโมเดลแบบจำลองเสมือนสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายนั้นจะต้องอาศัยความชำนาญหลาย ๆ ด้านด้วยกัน ซึ่งผู้วิจัยจะต้องศึกษาโปรแกรม โครงสร้างทางประวัติศาสตร์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการบูรณะปราสาทพิมายในแต่ละช่วงปี

5.2.4 โมเดลสถาปัตยกรรมปราสาทพิมายในภาพรวมทั้งหมด มีขนาดของไฟล์ และส่วนของปราสาทในแต่ละส่วนมีขนาดของเอจ (Eade) และเฟซ (Face) มีขนาดใหญ่มาก

5.2.5 แบบจำลองเสมือนในแต่ละส่วนที่ผู้วิจัยได้ทำการแยกออกมาเป็นส่วน ๆ ในการนำเสนอให้เป็นแต่ละช่วงปีที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้น แบบจำลองส่วนใหญ่จะไม่สามารถแปลงค่าเป็นไฟล์เอ็กซ์ทรีดีได้ เนื่องจากมีความละเอียดของโหนด (Node) มากเกินไป ซึ่งสาเหตุนี้มาจากโปรแกรมที่ผู้วิจัยใช้ในการสร้างโมเดลขึ้นมา

5.2.6 เมื่อดำเนินการสร้างแบบจำลองเสมือนแล้ว จึงพบว่า ไฟล์ที่ทำการเอ็กซ์พอร์ตจากสเก็ทอัป 8 เป็นวีอาร์เอ็มแอล และจะต้องแปลงไฟล์นามสกุลวีอาร์เอ็มแอลไปเป็นไฟล์นามสกุลเอ็กซ์ทรีดี และจะต้องทำการรันค่าเพื่อให้ไฟล์เอ็กซ์ทรีดีคอม ซึ่งกระบวนการนี้จะเป็นกระบวนการที่กินเวลานาน บางไฟล์ไม่สามารถรันได้ จึงทำให้ทราบว่าโปรแกรมสเก็ทอัปยังไม่มีประสิทธิภาพพอ เนื่องจากมีผู้พัฒนางานออกมาน้อย ส่งผลให้การหาความรู้ของผู้วิจัยถูกจำกัด ทำให้บางครั้งต้องมีการหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาเพื่อที่จะทำให้การสร้างเว็บ 3 มิติ สามารถใช้งานได้

5.3 การประยุกต์ผลการวิจัย

จากผลการทดสอบการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือนที่สามารถใช้งานได้จริง และปัญหาที่พบจากงานวิจัยนี้ สามารถนำไปพัฒนาและต่อยอดเพื่อสร้างเป็นสื่อหรือแนวทางในการอนุรักษ์โบราณสถานที่มีอยู่ในประเทศไทยต่อไป

5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการวิจัยในครั้งนี้ หากมีการพัฒนาต่อผู้วิจัยแนะนำให้สร้างโมเดลในโปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender) ซึ่งเป็นโปรแกรมฟรีแวร์ และมีความเสถียรในการเอ็กซ์พอร์ตชิ้นงานไปเป็นไฟล์เอ็กซ์ทรีดี เพราะโครงสร้างของโมเดลที่สร้างขึ้นในเบลนเดอร์ไม่มีความซับซ้อนของเอจและเฟซ ทำให้ไฟล์

งานที่สร้างขึ้นมามีขนาดเล็ก แต่ด้วยข้อจำกัดของเวลาในการศึกษาค้นคว้า อีกทั้งในช่วงเวลาที่ศึกษานั้น โปรแกรมเบลนเดอร์ยังไม่มีสื่อเป็นที่แพร่หลายมากนัก และมีความซับซ้อนของโปรแกรมที่จะต้องศึกษาและทำความเข้าใจ ซึ่งในอนาคตอันใกล้คงมีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้โปรแกรมเบลนเดอร์เกี่ยวกับการสถาปัตยกรรม และงานโครงสร้างมากขึ้น



รายการอ้างอิง

- กรมศิลปากร. (2531ก). เมืองพิมาย. กรุงเทพฯ: บริษัท สำนักพิมพ์สมาพันธ์ จำกัด.
- กรมศิลปากร. (2531ข). รายงานการขุดแต่งและปรับปรุงพลับพลาทางเดิน ระหว่างโคปุระและ
ระเบียงคตด้านทิศใต้ ปราสาทหินพิมาย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา. ฉบับที่ 2
ปีงบประมาณ 2531. นครราชสีมา: กองโบราณคดี ฝ่ายอุทยานประวัติศาสตร์ โครงการ
อุทยานประวัติศาสตร์ พมาย.
- กรมศิลปากร. (2531ค). รายงานการขุดแต่ง บูรณะ สะพานนาคน ปราสาทหินพิมาย อำเภอเมือง
จังหวัดนครราชสีมา. ฉบับที่ 5 ปีงบประมาณ 2531. นครราชสีมา: กองโบราณคดี ฝ่าย
อุทยานประวัติศาสตร์ โครงการอุทยานประวัติศาสตร์ พมาย.
- กรมศิลปากร. (2531ง). รายงานการขุดแต่ง บูรณะ ธรรมศาลา ปราสาทหินพิมาย อำเภอเมือง
จังหวัดนครราชสีมา. ฉบับที่ 6 ปีงบประมาณ 2531. นครราชสีมา: กองโบราณคดี ฝ่าย
อุทยานประวัติศาสตร์ โครงการอุทยานประวัติศาสตร์ พมาย.
- กรมศิลปากร. (2532). เมืองพิมาย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย
จำกัด.
- กรมศิลปากร. (2532ก). รายงานการบูรณะ ประตูซุ้ม (โคปุระ) ปราสาทหินพิมาย อำเภอเมือง
จังหวัดนครราชสีมา. นครราชสีมา: กองโบราณคดี ฝ่ายอุทยานประวัติศาสตร์ โครงการ
อุทยานประวัติศาสตร์ พมาย.
- กรมศิลปากร. (2532ข). รายงานการขุดแต่ง บูรณะ ปรางค์พรหมทัต ปราสาทหินพิมาย อำเภอ
เมือง จังหวัดนครราชสีมา. นครราชสีมา: กองโบราณคดี ฝ่ายอุทยานประวัติศาสตร์
โครงการอุทยานประวัติศาสตร์ พมาย.
- กรมศิลปากร. (2532ค). รายงานการบูรณะปรางค์หินแดง ปราสาทหินพิมาย อำเภอเมือง จังหวัด
นครราชสีมา. นครราชสีมา: กองโบราณคดี ฝ่ายอุทยานประวัติศาสตร์ โครงการอุทยาน
ประวัติศาสตร์ พมาย.
- กรมศิลปากร. (2552). นำชมอุทยานประวัติศาสตร์พิมาย. นครราชสีมา: โรงพิมพ์โจเซฟ.

- กรองแก้ว อยู่สุข. (2539). **พฤติกรรมองค์กร**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
กระทรวงศึกษาธิการ. (2533). **หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้นพุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533)**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์การศาสนา.
- กันชกา สุวณิชย์. (2550). **การเปรียบเทียบสัมฤทธิ์ผลระหว่างแบบลงบ้านเสมือนสามมิติและ หุ่นจำลองต่อการตัดสินใจซื้อบ้านจัดสรร**. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา สื่อศิลปะและการออกแบบสื่อ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- กันยา สุวรรณแสง. (2540). **จิตวิทยาทั่วไป**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์รวมสาส์น.
- กิดานันท์ มลิทอง. (2548). **เทคโนโลยีและการสื่อสารเพื่อการศึกษา**. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.
- กิติพงษ์ กาละยศ. (2549). **การเปรียบเทียบผลการรับรู้ระยะทางสัมพัทธ์ต่อตัวชี้นำระยะทาง ในภาพ 3 มิติบนหน้าจอคอมพิวเตอร์**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ.
- จรรยา มาณะวิท และระวีวรรณ บุญญศาสตร์พันธุ์. (2542). **อุทยานประวัติศาสตร์พิมาย**. **นำชมอุทยานประวัติศาสตร์พิมาย**. หน้า 16-64. กรุงเทพฯ: กรมศิลปากร.
- ชัยฤทธิ์ โพธิสุวรรณ. (2541). **รายงานการวิจัยเรื่อง ความพร้อมในการเรียนรู้โดยการชี้นำตนเอง ของผู้เรียนผู้ใหญ่ของกิจกรรมการศึกษาผู้ใหญ่บางประเภท**. กรุงเทพฯ: สาขาวิชา การศึกษาผู้ใหญ่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ณัฐพล สว่างจิตต์. (2551). **การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียเน้นปฏิสัมพันธ์ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาการถ่ายภาพ โดยใช้เทคโนโลยีเว็บ 3 มิติ**. วิทยานิพนธ์ครุ ศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- เด่นเดือน เลิศทยากุล. (2554). **การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการเลือกโฆษณาทาง เว็บไซต์ ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อเลือกช่วงเวลาโฆษณาในสื่อโทรทัศน์**. วิทยานิพนธ์วิทยาการสารสนเทศมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

- ถนอมพร เลหาจรัสแสง. (2546). **Best Practice in Teaching with e-Learning: คู่มืออาจารย์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ด้านการสอนด้วย e-Learning**. เชียงใหม่: คณะศึกษาศาสตร์ และสถานบริการเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ทศนา แคมมณี. (2548). **ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- แทน ชีระพิจิตร. (2521). “งานบูรณะโบราณสถานปราสาทหินพิมาย.” **โบราณคดีนครราชสีมา**. กรุงเทพฯ: กรุงเทพมหานครพิมพ์.
- รัชพงษ์ พิทักษ์. (2552). **การใช้เครือข่ายทางสังคมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบจัดการเนื้อหาทางการเรียนรู้**. วิทยานิพนธ์วิทยาการสารสนเทศมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ธิดา สารระยา. (2538). **เมืองประวัติศาสตร์ เมืองพิมาย เขาพระวิหาร เมืองอุบล เมืองศรีสังขนาลัย**. กรุงเทพฯ: ด้านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.
- ธิดา สารระยา. (2540). **ชุด เมืองประวัติศาสตร์ เมืองพิมาย**. กรุงเทพฯ: ศรีบุญอุตสาหกรรมพิมพ์ จำกัด.
- นคร ลำเกาทัณฑ์. (2545). **คู่มือนำชมปราสาทหินพิมาย**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ธรรมสาร.
- นภดล วสินธุ์สุข (2555). **SketchUp 8+V-Ray**. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.
- เบญจกักร จงหมื่นไวย (2553). **การพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารในอุตสาหกรรมผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป**. วิทยานิพนธ์วิทยาการสารสนเทศมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ปัญญา ศิริโรจน์. (2551). e-Learning System. **วารสารวิจัยรามคำแหง**. 11(1): 29-40.
- ปฐณา. (2511). **ปราสาทหินพิมายและการบูรณะ**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ศึกษาการพิมพ์.
- พรรณศิริ คำโอ. (2549). **การพัฒนาแบบจำลองโมเดลแบบพื้นผิวใน 3 มิติ สำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์รากฐาน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ฟิสิกส์) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

- พฤฒิพร ลพเกิด. (2552). ระบบจำลองรูปแบบสามมิติเชิงปฏิสัมพันธ์ในสภาพแวดล้อมเสมือนร่วมสำหรับการสื่อสารงานออกและสถาปัตยกรรม: แนวทางวิจัยเชิงสำรวจ. **Journal of Architectural/Planning Research and Studies**. 5(1): 85-102. Bangkok: Faculty of Architecture and Planning, Tharnmasat University.
- พาสนา เอกอุดมพงษ์. (2551). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้และความพึงพอใจผ่านสื่อแบบจำลองบ้านเสมือนสามมิติและหุ่นจำลอง. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- พิชิต ศรีกอก. (2545). การพัฒนาระบบจำลองผลการใช้บริการทางด้านผ่านเว็บด้วย VRML. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 40 สาขาวิทยาศาสตร์ สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. 4-7 กุมภาพันธ์ 2545. หน้า 154-160. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิพัฒน์ ดวงคำสวัสดิ์. (2546). บทบาท e-Learning กับการศึกษาไทยในยุคปฏิรูป. **วารสารเอ็ดดูเคชั่น ทูเดย์**. 4(38): 8-10.
- พิรศุขย์ บุญมาธรรม. (2549). การพัฒนาระบบแบบจำลองสารสนเทศสามมิติโบราณสถานกรณีศึกษาแหล่งโบราณสถานในจังหวัดมหาสารคาม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- มธุรส จงชัยกิจ. (2546). E-Learning กับการเรียนการสอนในสถานศึกษา. **วารสารการศึกษา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี**. 31(123): 12-18.
- มนต์ชัย เทียนทอง. (2545). ก้าวไกล : e-Learning. Learning solution for the next education ตอนที่ 1. **พัฒนาเทคนิคศึกษา**. 15(44): 53-59.
- ยุทธนา เกาะกิ่ง. (2550). การสร้างแบบจำลองเสมือนจริงเพื่อการจัดการงานก่อสร้าง. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12**. 2-4 พฤษภาคม 2550. หน้า 172-177. พิษณุโลก: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

- รชยา วราจิตเกษม. (2553). ระบบการเรียนรู้ประวัติศาสตร์ผ่านระบบ 4 มิติแบบออนไลน์: กรณีศึกษาสถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย. **ECTI-CARD 2010**. หน้า 87-92. ชลบุรี : คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ร่วมกับ สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคมและสารสนเทศ ประเทศไทย.
- รังสรรค์ ประเสริฐศรี. (2545). **พฤติกรรมองค์กร**. กรุงเทพฯ: บริษัท ชรรวมสาร จำกัด.
- วรชาติ พึ่งพรพันธุ์. (2553). **การพัฒนาระบบสื่อสารงานออกแบบร่วมกันทางด้านสถาปัตยกรรม ในสภาพแวดล้อมเสมือน 3มิติ**. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา สถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิจิตร สมบัติวงศ์. (2549). **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (E-Learning)**. สารนิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ.
- วินัย พงศ์ศรีเพียร. (2543). **ดินแดนไทยตั้งแต่สมัยโบราณจนถึงต้นพุทธศตวรรษที่ 20. คู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนประวัติศาสตร์ ประวัติศาสตร์ไทย: จะเรียนจะสอนกันอย่างไร**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์การศาสนา.
- วิเศษ ศักดิ์ศิริ และกิตติ พรหมประพันธ์. (2549). **การจำลองสถานการณ์เสมือนจริง แหล่งท่องเที่ยวบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต กรณีศึกษา วัดพระศรีรัตนศาสดาราม. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ. 2(4): 37-42.**
- ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ NECTEC. (2545). **บทบาทการเรียนการสอน e-Learning ในประเทศไทย**. [Online]. ได้จาก: <http://www.thaicai.com/articles/elearning6.html>.
- ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. (2552). **รายงานผลการสำรวจกลุ่มผู้ใช้ อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ปี 2552**. ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ: กรุงเทพฯ.

สมเกียรติ โพธิ์ทิพย์. (2549). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ประวัติศาสตร์
สถาปัตยกรรมยุคกรีกและโรมัน สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
ปีที่ 1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตศาลายา จังหวัดนครปฐม.
วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สมบูรณ์ บุญเวทย์. (กันยายน-ตุลาคม 2541). บันทึกประสบการณ์ครั้งเริ่มบูรณะปราสาทหิน
พิมายและปราสาทหินพนมรุ้ง. ศิลปากร. 41(5): 68-91.

สมมาตร ผลเกิด. (2549). การศึกษาเชิงวิเคราะห์ปราสาทพิมาย. บุรีรัมย์: คณะมนุษยศาสตร์และ
สังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

สมลักษณ์ บุญณรงค์. (มกราคม-เมษายน 2554). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อ
บริหารงานก่อสร้าง. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 21(1): 52-60.

สรชัย ชวรางกูร. (2550). การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสนใจ
ของนักเรียนช่วงชั้นปีที่ 2 ที่มีต่อการดูแอนิเมชัน 2 มิติและ 3 มิติ. วิทยานิพนธ์
ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สรชัย ชวรางกูร และชัชฎา ชวรางกูร. (2553). การพัฒนาวีดิทัศน์แอนิเมชันสามมิติ เรื่องระบบ
หมุนเวียนเลือด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3. ECTI-
CARD 2010. หน้า 105-110. ชลบุรี: คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ร่วมกับ สมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเลคทรอนิกส์
โทรคมนาคมและสารสนเทศ ประเทศไทย.

สันติ เล็กสุขุม. (2540). เจดีย์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มติชน.

สิริรัตน์ สัมพันธ์ยุทธ์. (2540). ลักษณะการเรียนรู้ด้วยการนำตนเองของนักเรียนในระบบ
การศึกษาทางไกล มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาระดับปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

- สุเกดองค์ ภูพัฒน์ และคณะ. (2553). ระบบจัดการโมเดลรูปร่าง 3 มิติโดยใช้กระบวนการ Robust pair of Polygonal Models สำหรับการตัดเย็บเสื้อผ้าเฉพาะบุคคล. **Proceedings of the Second Conference on Knowledge and Smart Technologies 2010**. หน้า 73-79.
ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุภัทรดิศดิสกุล, หม่อมเจ้า. (2539). **ศิลปะขอม**. กรุงเทพฯ: กุรุสภา.
- สุภัทรดิศดิสกุล, หม่อมเจ้า. (2543). **ประวัติศาสตร์ศิลปะในประเทศไทยใกล้เคียง**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มติชน.
- สุภามาส นารายพิทักษ์. (2552). **ศึกษาการจำลองภาพโบราณสถานเพื่อใช้ในการงานด้านโบราณคดีกรณีศึกษามณฑลปวัตศรีขุม**. วิทยานิพนธ์ศิลปะมหาบัณฑิต วิชาคอมพิวเตอร์อาร์ต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรังสิต.
- อรรคเดช ไสสองชั้น. (2554). **การพัฒนาโมเดลนำเสนอภาพนิ่งสำหรับมูวี่ดีล** วิทยานิพนธ์ วิทยาการสารสนเทศมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- Anslow Craig and Others. (2006). Evaluating X3D for use in software visualization. **Software Visualization Proceedings of the 2006 ACM symposium on Software visualization**. pp 161-162. New York: ACM.
- Benjaoran Vacharapoom and Bhokha Sdhabhon. (2009). An integrated safety management with construction management using 4D CAD model. **Safety Science**. pp 1-9.
- Bentley, Michael Lee. (2007). **Teaching Constructivist Science**. U.S.A.: Corwin Press.
- Bernard Philippe Groslier. (หม่อมเจ้า สุภัทรดิศดิสกุล แปล). (2506). **การซ่อมปราสาทหินพิมาย**. กรุงเทพฯ: กรมศิลปากร.
- Bouchlaghem, N., Thorpe, A. and Liyange, I. G. (1996). Virtual Reality Applications in the UK's Construction on the Information Highway. **CIB Proceeding Publication**. pp. 89-94.
- Bridges, A. and Charitos, D. (1997, April). On Architectural Design in Virtual Environments. **Design Studies**. 18(2): 143-154.

- Cabral Marcio et. al. (2007). An experience using X3D for Virtual Cultural Heritage. **3D technologies for the World Wide Web Proceedings of the twelfth international conference on 3D web technology**. pp. 161-164. New York: ACM.
- Chon et al. (2006) Web-based interactive visualization of 3D video mosaics using X3D standard. **Journal of Zhejiang University SCIENCE**. 7(7): 1259-1265
- Cignoni, Paolo and Scopigno, Roberto. (2008, June). Sampled 3D Models for CH Applications: A Viable and Enabling New Medium or Just a Technological Exercise?. **ACM Journal on Computing and Cultural Heritage**. 1(1): 2(2:1-2:23).
- Clark, R. C. and Mayer, R. E. (2003). **e-Learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning**. San Francisco : Jossey-Bass.
- Cobb, P. (1996). Constructivism and Learning. **International Encyclopedia of educational technology**. 2nd ed. Cambridge : Cambridge University Press.
- Colvin, R. and Mayer, R. (2003). **E-Learning and the Science of Instruction : Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning**. U.S.A.: Wiley & Sons Inc.
- Dan Tilden et al, (2011). Multimedia Mashups for Mirror Worlds. **Web 3D 2011 Proceeding of the 16th International Conference on 3D Web Technology**. pp 155-164. U.S.A. : ACM New York.
- Dubrin, A. J. (1994). **Applying Psychology Individual and Organization Effectiveness**. New Jersey: Prentice-Hall.
- Fabiana, Z. et. al. (2011). X3DMMS: an X3Dom Tool for Molecular and Material Sciences. **Web 3D 2011 Proceeding of the 16th International Conference on 3D Web Technology**. pp 129-135. U.S.A.: ACM New York.
- Garrison, D.R. and Anderson, T. (2003). **E-Learning in the 21st Century : A Framework for Research and Practice**. London: Routledge Falmer.

- Gary, J. (1992). **Organizational Behavior Understanding Life at Work**. New York: Harper Collins Publishers Inc.
- Hamza-Lup, G. and Stefan, Veronica. (2007). Web 3D & Virtual Reality-Based Applications for Simulation and e-Learning. **ICVL 2007 Virtual Learning-Virtual Reality Proceedings of the 2nd International Conference on Virtual Learning**. pp 1-9. Constanta: Romania.
- Hayward, T. (1993). *Adventures in Virtual Reality*. Indiana: Que Corporation.
- Huk Thomas and Floto Christian. (2003). Computer-Animations In Education: The Impact Of Graphical Quality (3D/2D) And Signals. **Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2003**. pp. 1036-1037. Chesapeake VA: AACE.
- ISO. (1998). Ergonomic requirement for office work with virtual display terminals (VDTs)- Part 11: Guidance on usability (ISO 9241-11: 1998(E)). Geneva, Switzerland: Author
- Johannes et. al. (July, 2010). A scalable architecture for the HTML5/X3D integration model X3DOM. **Web 3D 2010 Proceeding of the 15th International Conference on 3D Web Technology**. pp 185-194. New York: ACM.
- Katz, E., Blumler, J. G., and Gurevitch, M. (1983). **Utilization of mass communications by the individual**. London : Sage.
- Khatib J.M., Chileshe N. and Sloan S. (2007). Antecedents and benefits of 3D and 4D modeling for construction planners. **Journal of Engineering, Design and Technology**. 5(2): 159-172.
- Knowles, M. S. (1975). **Self-directed learning: A guide for learners and teachers**. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Kristian Song et al. (2010). XML3D-Interactive 3D Graphics for the Web. **Web 3D 2010 Proceeding of the 15th International Conference on 3D Web Technology**. pp 175-184. New York: ACM.

- Krogh, Suzanne Lowell. (1994). **Educating Young Children Infancy to Grade Three**. New York: McGraw-Hill.
- Leonard, Daly and Don, Brutzman. (2007) X3D : Extensible 3D Graphics Standard. **IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE**. NOVEMBER 2007: 130-135.
- Lucio Leronutti and Luca Chittaro. (2007). Employing virtual humans for education and training in X3D/VRML worlds. **ScienceDirect**. 49(8): 93-109.
- McCombs, M. E., and Becker, L. E. (1979). **Using mass communication theory**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- McQuail, D. (1994). **Mass communication theory : An introduction**. 3rd ed. London: Sage.
- Memon Zubair Ahmed, Abd, Majid Muhd Zaimi and Mustaffar Mushairry. (2007).
A systematic procedure for developing the 3D model to evaluate the construction project progress. **Construction Innovation**. 7(2): 187-199.
- Montagnat, Johan and Delingette, Hervé. (2005). 4D deformable models with temporal constraints : application to 4D cardiac image segmentation. **Medical Image Analysis**. 9(2005): 87-100.
- Nielsen, J. (1993). Usability Engineering. Academic press, San Diego, CA. Quoted in Folmer, E. and Bosch, J. (2004). Architecting for Usability: A Survey. **Journal of Systems and Software**. 70(1-2): P.61-78.
- Nigel, W. John. (2007, August). The impact of Web3D technologies on medical education and training. **ScienceDirect**. 49(8): 19-31.
- Prawat, R. S. and Floden, R. E. (1994, January). Philosophical Perspective on Constructivist View of Learning. **Educational Psychologist**. 29(1): 37-48.
- Remondino, Fabio et. al. (July 2009). 3D Modeling of Complex and Detailed Cultural Heritage Using Multi-Resolution Data. **ACM Journal on Computing and Cultural Heritage**. 2(1): 2(2:1-2:20).
- Robbins, S. P. (2003). **Organizational behavior**. Englewood Cliffs. NJ: Prentice-Hall.

Shackel, B. and Richardson, S. J. (1991). Usability-Context Framework Design and Evaluation.

Quoted in Shackel, B. and Richardson, S. **Human Factors for Informatics Usability.**

Cambridge: UK. Cambridge University Press.

Wagner, J. A., and Hollenbeck, J. R. (2005). **Organizational behavior: Securing competitive advantage.** Cincinnati, OH: South-Western.

Zeltzer, D. (1992). Autonomy Interaction and Presence. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments.** 1(1): 127-132.



ภาคผนวก ก
แบบทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือน
(System Usability Testing)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบทดสอบเพื่อการวิจัย

เรื่อง การพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ : กรณีศึกษา สถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบการวิจัยครั้งนี้ ใช้เป็นเครื่องมือเพื่อสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการใช้งานได้ของการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ : กรณีศึกษา สถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการทำวิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. แบบทดสอบนี้ ใช้วิเคราะห์ความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือน 5 ด้าน ได้แก่

1. ด้านประสิทธิผล (Effectiveness)
2. ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency)
3. ด้านความยืดหยุ่น (Flexibility)
4. ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability)
5. ด้านความพึงพอใจ (Satisfaction)

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง ที่ท่านได้กรุณาให้ความร่วมมือและเสียสละเวลาในการตอบแบบสอบถามเพื่อการวิจัยในครั้งนี้ ทั้งนี้ ผู้วิจัยขอรับรองว่าข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบนี้ จะนำไปใช้ประโยชน์ในงานวิจัย และจะนำเสนอในภาพรวมเท่านั้น

นางสาวรชยา วราจิตเกษม

ผู้วิจัย

ข้อมูลในการประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของการพัฒนาแบบจำลองเสมือน

4 มิติแบบออนไลน์ : กรณีศึกษา สถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย

ระดับคะแนนที่ใช้วัด คือ

1 = ไม่มีความสามารถ, 2 = มีความสามารถน้อย, 3 = มีความสามารถค่อนข้างมาก,

4 = มีความสามารถมาก, 5 = มีความสามารถมากที่สุด

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ให้ผู้ตอบแบบสอบถามใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่อง หน้าข้อความที่ตรงกับข้อมูลของท่าน

ท่าน

1. เพศ 1. ชาย 2. หญิง
2. อายุ 1. 21-30 ปี 2. 31-40 ปี 3. 41-50 ปี
 4. 51-60 ปี 5. 61 ปีขึ้นไป
3. ระดับการศึกษา
 1. ปริญญาตรี 2. ปริญญาโท 3. ปริญญาเอก
4. ประสบการณ์การใช้คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต
 1. น้อยกว่า 1 ปี 2. 1-5 ปี 3. 6-10 ปี
 4. 11-15 ปี 5. มากกว่า 15 ปี

ส่วนที่ 2 รายการประเมินความสามารถในการใช้งานได้

| ประเด็นคำถามการใช้งาน | ระดับความคิดเห็น | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1. ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) | | | | | |
| 1.1 แบบจำลองเสมือนสามารถใช้งานได้และมีความเร็วในการโหลด | | | | | |
| 1.2 แบบจำลองเสมือนมีเครื่องมือควบคุมที่มีความเหมาะสมสามารถบังคับทิศทางของแบบจำลองได้รวดเร็ว | | | | | |
| 1.3 แบบจำลองเสมือนมีการเชื่อมโยงข้อมูลในแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้องนำมาแสดงผลได้อย่างรวดเร็ว | | | | | |
| 1.4 แบบจำลองเสมือนสามารถแสดงข้อมูลตรงกับความต้องการได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว | | | | | |

| ประเด็นคำถามการใช้งาน | ระดับความคิดเห็น | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 2. ด้านประสิทธิผล (Effectiveness) | | | | | |
| 2.1 แบบจำลองเสมือนสามารถจัดการภาพนิ่งได้อย่างถูกต้อง | | | | | |
| 2.2 แบบจำลองเสมือนสามารถแสดงผลได้ตรงตามช่วงระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ถูกต้อง | | | | | |
| 2.3 แบบจำลองเสมือนมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนในการนำเสนอการเปลี่ยนแปลงของสถาปัตยกรรม | | | | | |
| 2.4 แบบจำลองเสมือนมีการเชื่อมโยงในแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้องกันมาแสดงผลได้อย่างถูกต้อง | | | | | |
| 3. ด้านความยืดหยุ่น (Flexibility) | | | | | |
| 3.1 แบบจำลองเสมือนสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการของผู้ใช้ | | | | | |
| 3.2 แบบจำลองเสมือนมีการนำเสนอหลากหลายรูปแบบ | | | | | |
| 4. ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learn ability) | | | | | |
| 4.1 ผู้ใช้สามารถเรียนรู้การใช้งานแบบจำลองเสมือนได้เองโดยไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญช่วยเหลือ | | | | | |
| 4.2 ผู้ใช้สามารถใช้งานแบบจำลองเสมือนได้ทันทีโดยไม่ต้องเรียนรู้ใหม่เมื่อกลับมาใช้งานแบบจำลองเสมือนอีกครั้ง | | | | | |
| 4.3 ผู้ใช้สามารถสัมผัสประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านแบบจำลองเสมือน | | | | | |
| 5. ด้านความพึงพอใจ (Satisfaction) | | | | | |
| 5.1 แบบจำลองเสมือนมีความง่ายต่อการใช้งาน | | | | | |
| 5.2 แบบจำลองเสมือนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้ดี | | | | | |
| 5.3 แบบจำลองเสมือนมีความเหมาะสมทางด้านตัวอักษรขนาด และสี | | | | | |
| 5.4 แบบจำลองเสมือนมีรูปแบบหน้าจอ การแบ่งหน้า มีความสอดคล้องกันทั้งหมด ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน | | | | | |

| ประเด็นคำถามการใช้งาน | ระดับความคิดเห็น | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|
| | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 5.5 แบบจำลองเสมือนมีการจัดชุดข้อมูลในการนำเสนอได้อย่างเป็นระเบียบ | | | | | |
| 5.6 แบบจำลองเสมือนมีความชัดเจนในการใช้เสียงเพื่อบรรยาย | | | | | |
| 5.7 แบบจำลองเสมือนมีความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย | | | | | |

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....


.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาคผนวก ข
แบบประเมินทดสอบความเที่ยงตรง (Validity)
โดยใช้ดัชนี IOC (Index of item Objective Congruence)

แบบประเมินแบบสอบถาม

แบบประเมินแบบสอบถามนี้ เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบความตรง (Validity) ของเครื่องมือ โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบข้อคำถามที่ปรากฏในเครื่องมือ แล้วนำมาหาค่า IOC (Item Objective Congruency Index)

IOC หมายถึง ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ มีต่ออยู่ระหว่าง 1 ถึง -1 ข้อคำถามที่มีความตรงตามเนื้อหาจะมีค่า IOC เข้าใกล้ 1.00 ถ้าข้อใดมีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ควรจะปรับปรุงข้อคำถามใหม่ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนการพิจารณา ตามเกณฑ์การให้คะแนนความสอดคล้องของข้อคำถาม กับวัตถุประสงค์ ดังนี้

| | | |
|----|---------|--|
| 1 | หมายถึง | ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือสิ่งที่ต้องการวัด |
| 0 | หมายถึง | ข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือสิ่งที่ต้องการวัด |
| -1 | หมายถึง | ข้อคำถามที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือสิ่งที่ต้องการวัด |

แบบทดสอบเพื่อการวิจัย

เรื่อง การพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ : กรณีศึกษา สถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบการวิจัยครั้งนี้ ใช้เป็นเครื่องมือเพื่อสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการใช้งานได้ของการพัฒนาแบบจำลองเสมือน 4 มิติแบบออนไลน์ : กรณีศึกษา สถาปัตยกรรมปราสาทพิมาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการทำวิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. แบบทดสอบนี้ ใช้วิเคราะห์ความสามารถในการใช้งานได้ของแบบจำลองเสมือน 5 ด้าน ได้แก่

1. ด้านประสิทธิผล (Effectiveness)
2. ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency)
3. ด้านความยืดหยุ่น (Flexibility)
4. ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability)
5. ด้านความพึงพอใจ (Satisfaction)

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง ที่ท่านได้กรุณาให้ความร่วมมือและเสียสละเวลาในการตอบแบบสอบถามเพื่อการวิจัยในครั้งนี้ ทั้งนี้ ผู้วิจัยขอรับรองว่าข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบนี้ จะนำไปใช้ประโยชน์ในงานวิจัย และจะนำเสนอในภาพรวมเท่านั้น

นางสาวรชยา วราจิตเกษม

ผู้วิจัย

แบบประเมินความสอดคล้อง ระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ในการเก็บข้อมูล

| ประเด็นคำถามการใช้งาน | คะแนนการพิจารณา | | |
|---|-----------------|---|----|
| | +1 | 0 | -1 |
| 1. ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) | | | |
| 1.1 แบบจำลองเสมือนสามารถใช้งานได้และมีความเร็วในการโหลด | | | |
| 1.2 แบบจำลองเสมือนมีเครื่องมือควบคุมที่มีความเหมาะสม สามารถบังคับทิศทางของแบบจำลองได้รวดเร็ว | | | |
| 1.3 แบบจำลองเสมือนมีการเชื่อมโยงข้อมูลในแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้องนำมาแสดงผลได้อย่างรวดเร็ว | | | |
| 1.4 แบบจำลองเสมือนสามารถแสดงข้อมูลตรงกับความต้องการได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว | | | |
| 2. ด้านประสิทธิผล (Effectiveness) | | | |
| 2.1 แบบจำลองเสมือนสามารถจัดการภาพนิ่งได้อย่างถูกต้อง | | | |
| 2.2 แบบจำลองเสมือนสามารถแสดงผลได้ตรงตามช่วงระยะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ถูกต้อง | | | |
| 2.3 แบบจำลองเสมือนมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนในการนำเสนอการเปลี่ยนแปลงของสถาปัตยกรรม | | | |
| 2.4 แบบจำลองเสมือนมีการเชื่อมโยงในแต่ละส่วนที่เกี่ยวข้องกันมาแสดงผลได้อย่างถูกต้อง | | | |
| 3. ด้านความยืดหยุ่น (Flexibility) | | | |
| 3.1 แบบจำลองเสมือนสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการของผู้ใช้ | | | |
| 3.2 แบบจำลองเสมือนมีการนำเสนอหลากหลายรูปแบบ | | | |
| 4. ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learn ability) | | | |
| 4.1 ผู้ใช้สามารถเรียนรู้การใช้งานแบบจำลองเสมือนได้เอง โดยไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญช่วยเหลือ | | | |
| 4.2 ผู้ใช้สามารถใช้งานแบบจำลองเสมือนได้ทันทีโดยไม่ต้องเรียนรู้ใหม่เมื่อกลับมาใช้งานแบบจำลองเสมือนอีกครั้ง | | | |
| 4.3 ผู้ใช้สามารถสัมผัสประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านแบบจำลอง | | | |

| ประเด็นคำถามการใช้งาน | คะแนนการพิจารณา | | |
|---|-----------------|---|----|
| | +1 | 0 | -1 |
| เสมือน | | | |
| 5. ด้านความพึงพอใจ (Satisfaction) | | | |
| 5.1 แบบจำลองเสมือนมีความง่ายต่อการใช้งาน | | | |
| 5.2 แบบจำลองเสมือนมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้ดี | | | |
| 5.3 แบบจำลองเสมือนมีความเหมาะสมทางด้านตัวอักษร ขนาด และสี | | | |
| 5.4 แบบจำลองเสมือนมีรูปแบบหน้าจอ การแบ่งหน้า มีความสอดคล้องกันทั้งหมด ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน | | | |
| 5.5 แบบจำลองเสมือนมีการจัดชุดข้อมูลในการนำเสนอได้อย่างเป็นระเบียบ | | | |
| 5.6 แบบจำลองเสมือนมีความชัดเจนในการใช้เสียงเพื่อบรรยาย | | | |
| 5.7 แบบจำลองเสมือนมีความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย | | | |

ชื่อ.....ผู้ประเมิน

ประวัติผู้เขียน

นางสาวรชชา วราจิตเกษม เกิดเมื่อวันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2523 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา จากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2549 ในขณะที่ศึกษาอยู่ก็ทำงานในตำแหน่งผู้ปฏิบัติงานบริหาร สำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ต่อมาในปี พ.ศ. 2551 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

