

# การออกแบบระบบนำเสนอข้อมูลโบราณสถานด้วยเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือน: กรณีศึกษา โบราณสถานปราสาทเขาโล้น จังหวัดสระแก้ว

## Designing Illustration System for Archeological Information by Augmented Reality: A Case of Prasat Khao Lon, Sakaew

กวิน งามจินดาวงศ์<sup>1</sup>, ชาวี บุษยรัตน์<sup>2</sup> และ กิตติศักดิ์ อารณวิชานพ<sup>3</sup>

Kawin Ngamchindavongse<sup>1</sup>, Chawee Busayarat<sup>2</sup> and Kittisak Arpornwicharnop<sup>3</sup>

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12121

Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University, Pathumthani 12121

E-mail: kawin.apu14@gmail.com<sup>1</sup>, cha\_v\_mek@hotmail.com<sup>2</sup>, kittisak.a@jai.co.th<sup>3</sup>

Received 15/2/2019    Revised 12/8/2019    Accepted 16/8/2019

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันระบบเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการเผยแพร่การนำเสนอข้อมูลแก่ผู้สนใจโบราณสถานให้ได้รับความรู้ความเข้าใจคุณค่าทางโบราณสถานเพิ่มมากขึ้น รวมถึงเทคโนโลยีที่นำภาพเสมือนที่เป็นรูปแบบจำลองสามมิติเข้าสู่โลกจริงผ่านกล้องและการประมวลผลที่จะนำวัตถุมาทับซ้อนเข้าเป็นภาพเดียวกันหรือที่เรียกว่า เทคโนโลยีการผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือน (augmented reality) ดังนั้นผู้วิจัยเล็งเห็นปัญหาของการนำเสนอข้อมูลสองมิติที่ใช้ในปัจจุบัน ไม่สามารถสื่อสารข้อมูลด้านโบราณสถานได้อย่างเต็มที่ เมื่อเปรียบเทียบกับได้เห็นได้สัมผัสสถาปัตยกรรมจริงหรือแบบจำลองกายภาพของสถาปัตยกรรมนั้น ๆ ทำให้ผู้ที่ต้องการเรียนรู้ข้อมูลทางสถาปัตยกรรมได้รับข้อมูลและประสบการณ์ที่ไม่เพียงพอในการศึกษาโบราณสถาน งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบนำเสนอข้อมูลโบราณสถานด้วยเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนที่ปรากฏอยู่บนแบบจำลองกายภาพที่ผลิตขึ้นด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถรับรู้ข้อมูลที่อยู่นอกเหนือขีดจำกัดของการนำเสนอข้อมูลในปัจจุบัน เช่น การเปลี่ยนแปลงของโบราณสถานในช่วงเวลาต่าง ๆ เป็นต้น โดยระบบที่พัฒนาขึ้นจะมีการประเมินการใช้งานระบบกับนักท่องเที่ยวหรือผู้ที่สนใจโบราณสถานและมีวัตถุประสงค์ชาวไทยหรือผู้บรรยายสถานที่เพื่อสรุปและอภิปรายผลการประเมินการใช้งานระบบ กรณีศึกษาโบราณสถานปราสาทเขาโล้น จังหวัดสระแก้ว ซึ่งเป็นโบราณสถานที่มีขนาดใหญ่และมีความเหมาะสมกับระยะเวลาในการศึกษาของผู้วิจัย ในปัจจุบันปราสาทได้พังทลายเสียหายไปบางส่วน ส่งผลให้โบราณสถานมีข้อมูลที่ไม่สามารถนำเสนอได้ในสถานที่จริง ทำให้การรับรู้ข้อมูลเรื่องราวของโบราณสถานไม่เพียงพอในปัจจุบัน ระบบที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นนี้จึงมีประโยชน์อย่างมากต่อการนำเสนอส่วนที่หายไปของอาคารได้ บทเรียนที่ได้จากการศึกษานี้จะสามารถนำไปใช้กับโบราณสถานแหล่งอื่น ๆ

### คำสำคัญ

การนำเสนอข้อมูลโบราณสถาน

เทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือน

แบบจำลองกายภาพ

เครื่องพิมพ์สามมิติ

เครื่องมือพัฒนาเกม

## **Abstract**

Illustration of archeological is a key factor for tourist or lay people to interested in historical monuments. At present, technological plays a significant role in historical monuments illustration. Most of 2D information system, which is only allow users to visualize architectural elements with limitation, compared with real building or physical model is more tactile allowing users to easily understand spatial information. The objective of this research is to create information technology system for historical monuments illustration using augmented reality and 3D printing technology. This method allows the system users to understand archeological information beyond limitation of current illustration system, such as building modification in a period of time and space. Our experimental site is Prasat Khao Lon, Sakaew Province. This archeological site is partially collapsed, which is suitable to our presentation system that can visualize miss part of the building.

## **Keywords**

Archeological Illustration

Augmented Reality

Physical Model

3D Printer

Game Engine

## 1. บทนำ

การนำเสนอข้อมูลโบราณสถานในประเทศไทยมีความสำคัญอย่างยิ่งแก่นักท่องเที่ยวหรือผู้ที่สนใจโบราณสถานเนื่องจากโบราณสถานเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการศึกษาถึงประวัติศาสตร์ของชาติในด้านต่าง ๆ ที่แสดงถึงวิวัฒนาการและการพัฒนาอย่างเป็นลำดับที่ควรค่าแก่การอนุรักษ์รักษาไว้ ซึ่งโบราณสถานนอกจากจะเป็นแหล่งเรียนรู้ในการศึกษาถึงประวัติศาสตร์ของชาติ อีกทั้งยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์ที่สำคัญ ซึ่งสามารถสร้างรายได้แก่ประเทศไทยเป็นอันดับต้น ๆ ของรายได้ในประเทศไทย

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้ถูกมาใช้เพื่อแก้ปัญหานำเสนอข้อมูลโบราณสถานเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้ความรู้ความเข้าใจในคุณค่าของสถาปัตยกรรมแก่นักท่องเที่ยวหรือผู้ที่สนใจโบราณสถาน ซึ่งการนำเสนอข้อมูลมีรูปแบบที่หลากหลาย ซึ่งสามารถเข้าไปสืบค้นข้อมูลที่ต้องการได้สะดวกตามแต่เวลาที่ต้องการเช่น เว็บไซต์ แผ่นป้ายข้อมูลที่ได้รับการพัฒนา เป็นต้น โดยการนำเสนอข้อมูลด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศส่วนใหญ่เป็นเพียงข้อมูลรูปแบบดิจิทัลสองมิติ ข้อความตัวอักษรและรูปภาพเท่านั้น ส่งผลให้ผู้ใช้งานไม่สามารถรับรู้ข้อมูลโบราณสถานได้อย่างเต็มที่เนื่องจากการเข้าใจองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่แสดงผลผ่านหน้าจอสองมิติหรือสามมิติที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ไม่สามารถถ่ายทอดข้อมูลผ่านหน้าจอแสดงผลให้ผู้ใช้งานได้เข้าใจเท่ากับการที่ได้เห็นสถาปัตยกรรมหรือแบบจำลองกายภาพ (Physical Model) ที่สามารถจับต้องได้ดูเข้าใจง่ายกว่าการแสดงผลข้อมูลในเว็บไซต์ออนไลน์ที่ไม่สามารถจับต้องได้

ในงานวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะออกแบบและพัฒนาระบบนำเสนอข้อมูลโบราณสถานด้วยเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนผ่านแบบจำลองกายภาพ มาเป็นสื่อสารสนเทศในการนำเสนอข้อมูลโบราณสถานที่สามารถรับรู้การเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลาในเชิงพื้นที่ของโบราณสถานได้ และได้รับประสบการณ์ใหม่ในการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้เลือกกรณีศึกษาโบราณสถานปราสาทเขาโล้น จังหวัดสระแก้ว เป็นโบราณสถานที่มีข้อมูลที่ไม่สามารถนำเสนอได้ในสถานที่จริง เนื่องจากโบราณสถานปราสาทเขาโล้นในปัจจุบันได้พังทลายเสียหายไปบางส่วน ส่งผลให้ผู้ใช้งานได้รับข้อมูลที่เพียงพอในการศึกษาโบราณสถานในปัจจุบัน ซึ่งระบบนำเสนอข้อมูลในงานวิจัยที่ได้พัฒนาขึ้น

สามารถใช้งานผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Smart Device) เช่น สมาร์ทโฟน เป็นต้น ซึ่งเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้สะดวกและได้รับประสบการณ์ใหม่ในการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้น รวมถึงได้รับข้อมูลที่เพียงพอในการศึกษาโบราณสถานปราสาทเขาโล้นในพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ ปราจีนบุรี โดยได้ทำการประเมินการใช้งานระบบในงานวิจัยแก่ผู้ใช้งานในสถานที่จริงเพื่อสรุปและอภิปรายผลการประเมินการใช้งานระบบนี้

## 2. ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับรูปแบบการนำเสนอข้อมูลโบราณสถานที่ใช้เทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนร่วมกับแบบจำลองกายภาพในพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ ปราจีนบุรี เนื่องจากโบราณสถานในภาคตะวันออกทั้งหมดอยู่ภายใต้การควบคุมของทางกรมศิลปากรในพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ ปราจีนบุรี ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องในแง่ต่าง ๆ ดังนี้

องค์ความรู้ด้านข้อมูลของโบราณสถานของปราสาทเขาโล้นนั้นมีผู้เก็บรวบรวมข้อมูลไว้ไม่มากนักเมื่อเทียบกับแหล่งมรดกอื่น ๆ ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ปราสาทแห่งนี้เป็นมรดกอารยธรรม “อังกอร์พนม” ที่หลงเหลืออยู่ในจังหวัดสระแก้ว ตั้งอยู่ที่บ้านเจริญสุข ตำบลทัพราช เลขทะเบียนโบราณสถาน 0000958 เป็นปราสาทที่ตั้งอยู่บนยอดเขาโล้นในบริเวณวัดปราสาทเขาโล้นบนเชิงเขาสะแกกรัง ปราสาทมีความกว้าง 5 เมตร ยาว 5 เมตร สูง 8 เมตร สันนิษฐานว่าปราสาทหลังนี้ถูกสร้างขึ้นในพุทธศตวรรษที่ 16 (Chutma, 2011) เป็นโบราณสถานที่มีข้อมูลที่ไม่สามารถนำเสนอได้ในสถานที่จริง เนื่องจากโบราณสถานปราสาทเขาโล้นในปัจจุบันได้พังทลายเสียหายไปบางส่วนทำให้การรับรู้ข้อมูลเรื่องราวของโบราณสถานไม่เพียงพอต่อผู้ใช้งานในปัจจุบัน

องค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือน เมื่อผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในเชิงลึกแล้วพบว่าในปัจจุบัน เทคโนโลยีนี้กำลังเป็นที่นิยมและมีผู้ให้ความสนใจในการนำไปใช้ ทั้งในวงการวิชาการและวิชาชีพเป็นจำนวนมาก เทคโนโลยีนี้สามารถก้าวข้ามขีดจำกัดด้านต่าง ๆ ในการนำเสนอข้อมูลทั้งสองและสามมิติ รวมทั้งสร้างปฏิสัมพันธ์ในเวลาจริง (real time) โดยการแสดงผลใช้การประมวลผลผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น กล้องเว็บแคม เป็นต้น (Azuma, 1997, pp. 355-385)

สำหรับการนำเสนอข้อมูลเพื่อการเรียนรู้ผ่านด้านเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนนั้น (Fleming, 1992) ได้เสนอทฤษฎี VARK เป็นทฤษฎีที่ช่วยสนับสนุนรูปแบบการเรียนรู้ที่สามารถถ่ายทอดเนื้อหาต่างๆ เพื่อใช้ในการออกแบบสื่อการเรียนรู้หรือสื่อจัดแสดงที่ช่วยสนับสนุนและสร้างความเข้าใจให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจรวมถึงจดจำเนื้อหาที่เหมาะสมในการออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ให้กับสื่อจัดแสดงประกอบด้วย 4 ประเด็นได้แก่ 1) ทางการมองเห็น (Visual) 2) ทางการได้ยิน (Aural) 3) ทางการอ่านหรือการเขียน (Read/Write) 4) ทางการสัมผัส (Kinesthetic)

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอกระบวนการแสดงผลเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนบนแบบจำลองกายภาพ แบบจำลองประเภทนี้หมายถึงสิ่งที่มนุษย์ได้สร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนของวัตถุในโลกจริง สามารถทำความเข้าใจการทำงานได้ง่ายกว่าศึกษาจากระบบจริงโดยตรง (Suanpaga, 2017)

การจะสร้างแบบจำลองกายภาพของสถาปัตยกรรมให้มีความใกล้เคียงกับสถาปัตยกรรมในโลกจริงที่สุดนั้น ผู้วิจัยได้เลือกใช้เทคโนโลยีเครื่องพิมพ์สามมิติ ซึ่งปัจจุบันเป็นเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในการสร้างแบบจำลองกายภาพในงานสถาปัตยกรรมที่สามารถจับต้องได้โดยอ้างอิงจากขนาดในสถานที่จริง เพื่อสร้างแบบจำลองขึ้นมีส่วนช่วยให้ผู้รับข้อมูลสามารถรับรู้ข้อมูลในโลกจริงมากยิ่งขึ้น (Jitaree, 2015)

## 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบระบบนำเสนอข้อมูลในงานวิจัยผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ระบบนำเสนอข้อมูลของโบราณสถานด้วยเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนที่แสดงผลผ่านวัตถุเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาระบบนำเสนอในงานวิจัย มีดังนี้

1) การสร้างระบบสารสนเทศการนำเสนอข้อมูลมรดกทางสถาปัตยกรรมหรือโบราณสถานในพิพิธภัณฑ์ โดยใช้เทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนผ่านแบบจำลองกายภาพ เนื่องจากการนำเสนอข้อมูลส่วนใหญ่จะเป็นเพียงรูปถ่ายหรือข้อความตัวอักษรเพียงอย่างเดียวส่งผลให้การรับรู้ข้อมูลแก่ผู้ใช้งานบางอย่างหายไป เช่น สภาพแวดล้อมบริบทโดยรอบของโบราณสถาน (Nagakura & Sung, 2015, pp. 1-20)

2) การใช้เทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนผ่านสมาร์ตโฟน ซึ่งสามารถระบุและตรวจจับซาก

ปรักหักพังที่เหลืออยู่ของมรดกวัฒนธรรมทางสถาปัตยกรรมหรือโบราณสถานและสร้างแบบจำลองสามมิติขึ้นใหม่และแสดงผลบนหน้าจอมาร์ตโฟน เพื่อสร้างความน่าสนใจและสร้างประสบการณ์ของผู้ใช้งาน ในความเข้าใจเหตุการณ์บางอย่างขององค์ประกอบทางประวัติศาสตร์ที่เคยมีในอดีตแต่ได้หายไปในปัจจุบัน (Galmangoda & Gajanayake & Indika & Rajapaksha & Jayaweera, 2016, pp. 40-44)

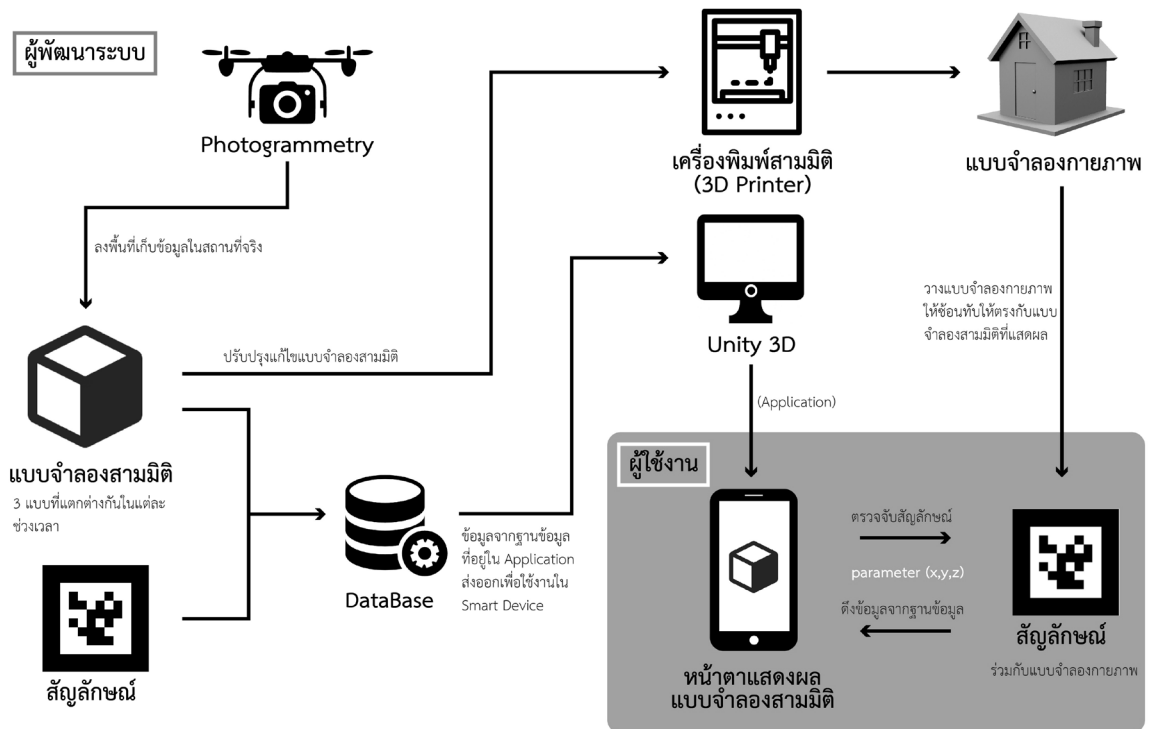
3) การใช้แบบจำลองกายภาพของเมืองเป็นเหมือนตัวแทนในการนำเสนอที่ทำให้เข้าใจและรับรู้ลักษณะทางบริบทของเมืองได้ง่ายมากขึ้นผ่านแบบจำลองกายภาพในการศึกษาทำความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของพื้นที่และความสัมพันธ์ของโครงสร้างเมืองที่แตกต่างกันในแต่ละยุคสมัย (Rossi & Petrucci & Olivieri, 2014, pp. 310-317)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยได้สรุปแนวทางในการออกแบบระบบ โดยใช้เทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนร่วมกับแบบจำลองกายภาพจากเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer) ที่สามารถให้ผู้ใช้งานรับรู้การเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลาในเชิงพื้นที่ของโบราณสถานรวมถึงสภาพแวดล้อมบริบทได้แก่นักท่องเที่ยวหรือผู้ที่สนใจโบราณสถานให้ได้รับข้อมูลที่เพียงพอในการศึกษาโบราณสถาน

## 3. การพัฒนาระบบ

จากการศึกษาทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยได้วิเคราะห์การออกแบบในการพัฒนาระบบนำเสนอข้อมูลที่ได้อ้างอิงจากทฤษฎี VARK ที่ช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ในการจดจำเนื้อหาที่เหมาะสมในการศึกษาข้อมูลโบราณสถานได้เพิ่มขึ้น ที่ประกอบด้วยการมองเห็น การอ่านหรือการเขียน และการสัมผัส เข้าด้วยกันขณะใช้งานระบบ โดยผู้วิจัยได้ทำการทดลองและพัฒนาระบบนำเสนอข้อมูลโบราณสถานด้วยเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนที่แสดงผลแบบจำลองสามมิติปราสาทเขาโล้นในอดีตที่หายไปซ้อนทับกับแบบจำลองกายภาพปราสาทเขาโล้นในปัจจุบัน ซึ่งแบบจำลองกายภาพสามารถจับต้องได้เห็นองค์ประกอบภาพรวมได้เข้าใจง่ายและชัดเจน แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของการนำเสนอข้อมูล ร่วมกับการแสดงข้อมูลด้วยเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือน ซึ่งเป็นรูปแบบแบบจำลองสามมิติที่ซ้อนทับกับแบบจำลองกายภาพในโลกจริง โดยมีข้อความตัวอักษรและรูปภาพ

## ภาพรวมการออกแบบระบบ



ที่มา: BERAC9, 2018, pp. 220-226

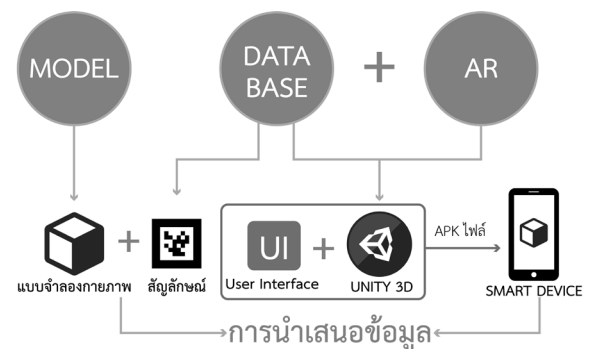
รูปที่ 1 ภาพรวมของการออกแบบระบบ (Overview of system design)

ประกอบ ช่วยให้ผู้ใช้สามารถรับรู้ถึงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของโบราณสถานในอดีตจนถึงปัจจุบันได้มากขึ้น กล่าวคือ ผู้วิจัยนำจุดเด่นของรูปแบบการนำเสนอข้อมูลด้วยเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนและแบบจำลองกายภาพเข้าด้วยกันเพื่อลดจุดด้อยการนำเสนอข้อมูลของทั้งสองรูปแบบ

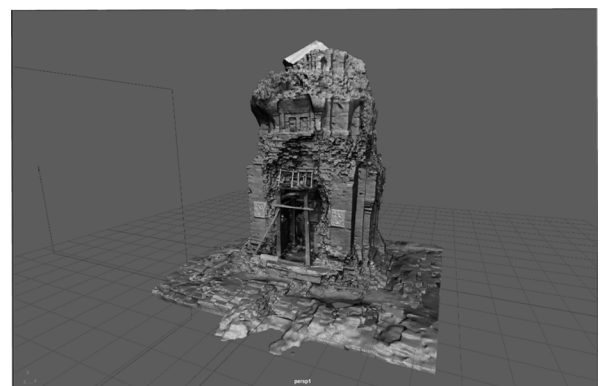
### 3.1 ภาพรวมของการออกแบบระบบ

ภาพรวมการออกแบบและพัฒนาระบบนำเสนอข้อมูลที่พัฒนาขึ้น (รูปที่ 1) ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งโครงสร้างการทำงานออกเป็น 4 ส่วน ตามรูปที่ 2 ดังนี้

3.1.1 ผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่เก็บข้อมูลในสถานที่จริงบริเวณโบราณสถานปราสาทเขาโล้น จังหวัดสระแก้ว โดยมีวิธีการเก็บข้อมูล 2 วิธี ได้แก่ วิธีการสแกนเนอร์สามมิติ (3D Laser Scanner) และวิธีการแปลงภาพถ่ายให้เป็นข้อมูลที่วัดได้ (Photogrammetry) ในการเก็บข้อมูลแบบจำลองดิจิทัลสามมิติโบราณสถานปราสาทเขาโล้นในกระบวนการสร้างแบบจำลองกายภาพที่สามารถจับต้องได้ โดยใช้เครื่องพิมพ์สามมิติ รุ่น Ultimaker ร่วมกับโปรแกรม Cura ตามรูปที่ 3



รูปที่ 2 ภาพรวมของการพัฒนาระบบ (Overview of system development)



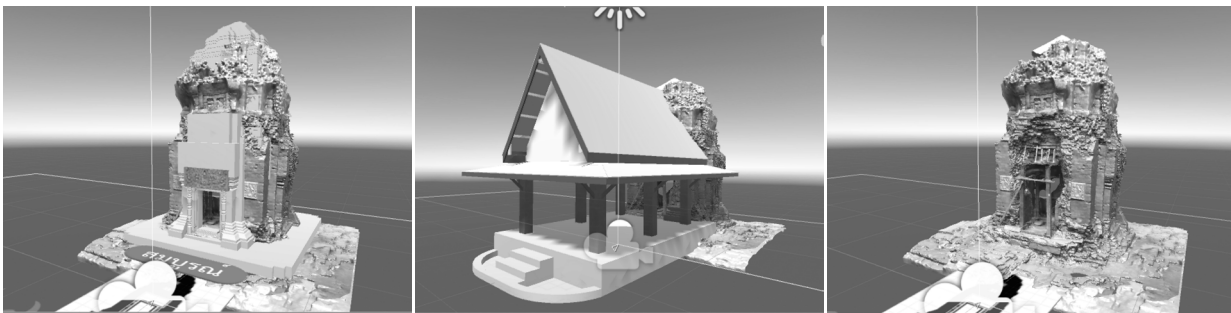
รูปที่ 3 แบบจำลองสามมิติที่ได้จากการเก็บข้อมูล (3D models obtained from data collection)

3.1.2 นำแบบจำลองสามมิติปราสาทเขาโล้นที่ได้จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลมาพัฒนาให้เป็นแบบจำลองสามมิติที่มีข้อมูลที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ร่วมกับโปรแกรม Autodesk Maya หรือ Rhinoceros โดยการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ เช่น ศึกษาจากแบบของกรมศิลปากร เป็นต้น เพื่อหาช่วงเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของปราสาทเขาโล้น ซึ่งสามารถแบ่งช่วงเวลาการเปลี่ยนแปลงของปราสาทเขาโล้นออกได้เป็น 3 ช่วงเวลาดังนี้ (รูปที่ 4)

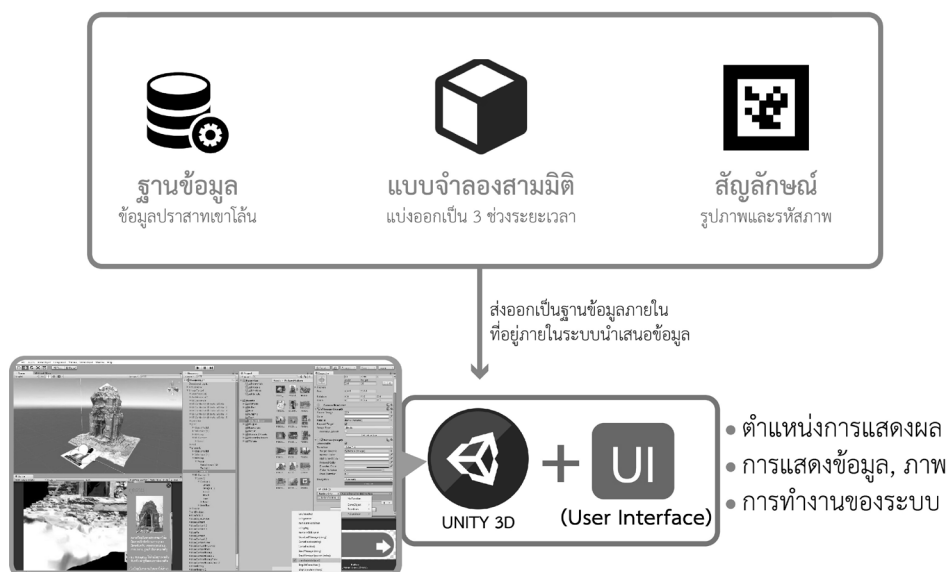
1. โบราณสถานช่วง พ.ศ.1559 – พ.ศ.2494
2. โบราณสถานช่วง พ.ศ.2495 – พ.ศ. 2559
3. โบราณสถานช่วง พ.ศ.2560 – พ.ศ. 2562 (ปัจจุบัน)

3.1.3 การสร้างสัญลักษณ์สำหรับการแสดงผลเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนและใช้ระบุตำแหน่งแบบจำลองสามมิติในการเริ่มแสดงผลการนำเสนอข้อมูลโบราณสถาน โดยนำรูปภาพหรือสัญลักษณ์อัฟโพลิตเข้าสู่ระบบ Vuforia.com เพื่อแปลงเป็นรหัสของรูปภาพในฐานะข้อมูลในการแสดงผลแบบจำลองสามมิติร่วมกับโปรแกรม Unity 3D เพื่อสร้างระบบเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือน

3.1.4 การสร้างระบบเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนร่วมกับการออกแบบอินเตอร์เฟซ (Interface) สำหรับผู้ใช้งานในการใช้งานระบบนำเสนอข้อมูล (Application) เพื่อเรียกดูข้อมูลแบบจำลองสามมิติจากฐานข้อมูลที่เตรียมไว้ โดยใช้เครื่องมือพัฒนาเกมยูนิตี้ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 การพัฒนาแบบจำลองสามมิติที่มีช่วงเวลาที่เกิดการเปลี่ยนแปลง  
(The development of a 3D models modification in a period of time and space)



รูปที่ 5 ขั้นตอนการสร้างระบบเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือน  
(Steps to create augmented reality system)



### 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบระบบ

อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการพัฒนาระบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนชุดคำสั่ง (Software) และส่วนอุปกรณ์ (Hardware) มีดังนี้

#### 3.2.1 ส่วนชุดคำสั่ง (Software)

1. อุปกรณ์ในกระบวนการเก็บข้อมูลและสร้างแบบจำลองกายภาพด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ ชุดคำสั่งที่เหมาะสมสำหรับการเก็บข้อมูลโบราณสถานคือ โปรแกรม Pointools เนื่องจากผู้วิจัยสามารถปรับแต่งตำแหน่งพอยต์คลาวด์ ที่ได้จากการเก็บข้อมูลสามมิติด้วยสแกนเนอร์สามมิติให้ตรงตามความต้องการได้ ร่วมกับโปรแกรม Agisoft PhotoScan ที่สามารถใช้รูปถ่ายคำนวณสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติ ทั้งสองโปรแกรมสามารถใช้งานได้ง่าย สะดวก ไม่เสียค่าใช้จ่าย ร่วมกับโปรแกรมแบบจำลองสามมิติ เช่น Maya, Rhinoceros และชุดคำสั่งที่เหมาะสมสำหรับการนำข้อมูลโบราณสถานที่ได้จากการเก็บข้อมูลสามมิติด้วยสแกนเนอร์สามมิติมาสร้างเป็นแบบจำลองกายภาพด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ (3D Printer) คือ โปรแกรม Cura เนื่องจากผู้วิจัยสามารถแก้ไขดัดแปลงแบบจำลองสามมิติได้สะดวก รวดเร็ว มีความถูกต้องแม่นยำ

2. อุปกรณ์ในการสร้างระบบการนำเสนอข้อมูลโบราณสถานด้วยเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือน ชุดคำสั่งที่เหมาะสมสำหรับนำมาพัฒนาระบบคือ โปรแกรมเครื่องมือพัฒนาเกม Unity 3D เนื่องจากผู้วิจัยสามารถแก้ไขดัดแปลงแบบจำลองสามมิติ และสามารถดัดแปลงชุดคำสั่งการแสดงผลให้ตรงตามความต้องการได้ รวมถึงสามารถใช้กับส่วนอุปกรณ์ที่มีอยู่ในปัจจุบันโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่ม และสามารถใช้งานร่วมกับ Vuforia ที่มีความเสถียรภาพมากกว่าเครื่องมือพัฒนาเกมอื่น ๆ เนื่องจากเป็นชุดคำสั่งที่มีให้สำหรับเครื่องมือพัฒนาเกมโดยตรงในการสนับสนุนการสร้างสัญลักษณ์ (Marker) เพื่อใช้ร่วมกับระบบเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนสำหรับโปรแกรมเครื่องมือพัฒนาเกม โดยเฉพาะสามารถใช้งานได้ในรูปแบบที่หลากหลาย มีตัวอย่างการใช้งานในการเรียนรู้ที่เรียนรู้ได้ง่าย เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านเวลาและไม่เสียค่าใช้จ่าย

ผู้วิจัยได้สรุปชุดคำสั่งที่ใช้ในการพัฒนาระบบได้ดังนี้

- 1) การเก็บข้อมูลแบบจำลองสามมิติจากโปรแกรม Pointools และ Agisoft PhotoScan
- 2) โปรแกรมแบบจำลองสามมิติ Maya, Rhinoceros
- 3) แบบจำลองกายภาพจากโปรแกรม Cura
- 4) โปรแกรมเครื่องมือพัฒนาเกม Unity 3D

5) เว็บไซต์สำหรับสร้างสัญลักษณ์ [www.Vuforia.com](http://www.Vuforia.com)

#### 3.2.2 ส่วนอุปกรณ์ (Hardware)

ชุดอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการใช้พัฒนาระบบคือ ชุดอุปกรณ์ที่สามารถรองรับการทำงานของระบบที่ส่งออกมาจากส่วนชุดคำสั่ง และเหมาะสมในกระบวนการนำเสนอข้อมูลโบราณสถาน เพื่อสะดวกต่อการใช้งานของนักท่องเที่ยวหรือผู้ที่สนใจโบราณสถาน

ผู้วิจัยได้สรุปอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบได้ดังนี้

1) สแกนเนอร์สามมิติและกล้องถ่ายภาพ ทำหน้าที่เก็บข้อมูลและสภาพแวดล้อมบริบทเชิงกายภาพของโบราณสถาน

2) เครื่องพิมพ์สามมิติ รุ่น Ultimaker 3 Extended ใช้สำหรับสร้างแบบจำลองกายภาพที่มีความถูกต้องสามารถจับต้องได้ โดยใช้ข้อมูลสามมิติจากเครื่องสแกนเนอร์สามมิติที่ไปเก็บข้อมูล

3) คอมพิวเตอร์ที่มีกล้อง Webcam ทำหน้าที่เป็นส่วนประมวลผลข้อมูลภาพที่ได้รับมาจากกล้อง และนำมาประมวลผลผ่านระบบชุดคำสั่ง

4) อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ใช้สำหรับเปิดโปรแกรมที่แสดงผลของระบบในการทดลองการจับภาพสัญลักษณ์บนแบบจำลองกายภาพและสร้างแบบจำลองสามมิติเข้าไปในแบบจำลองกายภาพ เช่น สมาร์ทโฟน เป็นต้น

### 3.3 ภาพรวมการทำงานของระบบต่อผู้ใช้งาน

การทำงานของระบบนำเสนอข้อมูลที่พัฒนาขึ้นต่อผู้ใช้งานจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. การติดตั้งระบบนำเสนอข้อมูลบนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยติดตั้งระบบในรูปแบบไฟล์ APK

2. การตรวจจับสัญลักษณ์ ผู้ใช้งานจะต้องมีสัญลักษณ์ที่ตรงกับฐานข้อมูลที่ได้เตรียมไว้ เพื่อให้ระบบสามารถตรวจจับและแสดงผลออกมาได้อย่างถูกต้อง โดยจะมีแบบจำลองกายภาพที่มีมาตราส่วน 1:50 อยู่ข้างสัญลักษณ์ในการแสดงผล

3. การควบคุมแบบจำลองสามมิติ หลังจากระบบสามารถตรวจจับสัญลักษณ์ที่ตรงกับฐานข้อมูลได้แล้ว จะแสดงผลแบบจำลองสามมิติบนสัญลักษณ์ โดยผู้ใช้งานสามารถดูการแสดงผลบนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และสามารถเข้าถึงข้อมูลต่าง ๆ ในแบบจำลองสามมิติได้จากการกดปุ่มและระบบสัมผัสบนหน้าจอตามต้องการได้ ดังรูปที่ 6 โดยมีอุปกรณ์ดังนี้ สมาร์ทโฟน สัญลักษณ์ที่ใช้ในการแสดงผลระบบและแบบจำลองกายภาพ



รูปที่ 6 อุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในระบบ  
(All devices used in the system)

### 3.4 การทำงานของระบบฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลที่ใช้ในระบบจะแสดงผลในรูปแบบความ ตัวอักษรและรูปภาพประกอบในหน้าแสดงผลอินเทอร์เน็ตเฟส โดยจะเก็บไว้ในฐานข้อมูลร่วมกับสัญลักษณ์ในโปรแกรม Unity 3D โดยจะแบ่งการแสดงผลของมูลในแต่ละชุดคำสั่งไว้ในปุ่มกดแต่ละปุ่ม ซึ่งข้อมูลจะแสดงผลก็ต่อเมื่อผู้ใช้งาน ได้ทำการกดปุ่มระบบจึงจะดึงคำสั่งที่เก็บข้อมูลไว้แสดงผลออกมาในแต่ละปุ่มเท่านั้น โดยการทำงานของปุ่มกด สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. ปุ่มกดที่มีการตั้งค่าด้วยฐานข้อมูลภายในแต่ละปุ่มโดยตรง เมื่อกดปุ่มหนึ่งครั้งจะแสดงผลข้อมูลที่ตั้งค่าไว้ในฐานข้อมูลภายใน และเมื่อกดปุ่มอีกครั้งเป็นการปิดการแสดงผลข้อมูลที่ตั้งค่าไว้ในฐานข้อมูลภายใน ดังรูปที่ 7
2. ปุ่มกดที่มีการตั้งค่าด้วยฐานข้อมูลภายในส่วนกลางแยกแบ่งเป็นกลุ่มไว้ เมื่อกดปุ่มหนึ่งครั้งจะแสดงผลข้อมูลที่ตั้งค่าไว้ในฐานข้อมูลภายในส่วนกลาง โดยปุ่มกด จะทำการดึงข้อมูลเลือกในฐานข้อมูลส่วนกลางที่มีการตั้งค่าไว้ ดังรูปที่ 8

### 3.5 การแสดงผลอินเทอร์เน็ตเฟสต่อผู้ใช้งาน

อินเทอร์เน็ตเฟสที่แสดงผลต่อผู้ใช้งานของระบบสารสนเทศในงานวิจัย ผู้วิจัยได้มีการแบ่งฟังก์ชันการเข้าถึงการแสดงผลข้อมูลให้สอดคล้องกับระบบของฐานข้อมูลภายในระบบที่จะแสดงผลต่อผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 9

เมื่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อ่านสัญลักษณ์บริเวณแบบจำลองกายภาพสำเร็จระบบจะเชื่อมโยงสัญลักษณ์เข้ากับระบบฐานข้อมูลที่เตรียมไว้เพื่อเริ่มต้นการทำงานและแสดงผลระบบในงานวิจัย

ระบบสามารถแบ่งการแสดงผลอินเทอร์เน็ตเฟสของระบบออกเป็น 5 ส่วนดังนี้

#### 3.5.1 อินเทอร์เน็ตเฟสแบบจำลองสามมิติ

ระบบจะแสดงผลแบบจำลองสามมิติของโบราณสถานซ้อนทับกับแบบจำลองกายภาพ ที่เกิดในแต่ละช่วงเวลาและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโบราณสถาน โดยจะแสดงผลร่วมกับข้อมูลพื้นฐานที่อธิบายเกี่ยวกับเหตุการณ์สำคัญในแต่ละช่วงเวลานั้น ดังรูปที่ 10

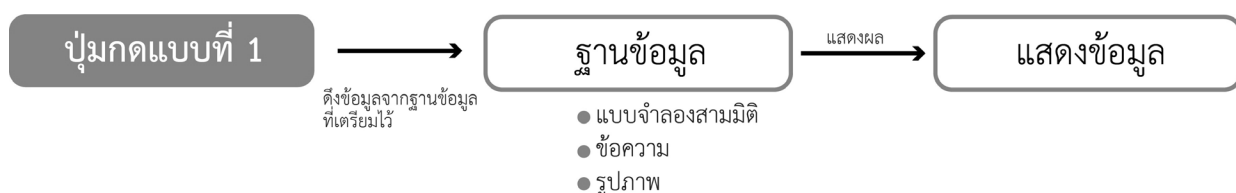
1. โบราณสถานช่วง พ.ศ.1559 – พ.ศ. 2494
2. โบราณสถานช่วง พ.ศ.2495 – พ.ศ. 2559
3. โบราณสถานช่วง พ.ศ.2560 – พ.ศ. 2562 (ปัจจุบัน)

#### 3.5.2 อินเทอร์เน็ตเฟสข้อมูลประวัติ

ผู้วิจัยได้ออกแบบการแสดงผลอินเทอร์เน็ตเฟสในส่วนนี้ออกเป็น 3 ส่วนคือ ความเป็นมา อายุสมัย และวัตถุประสงค์ เพื่อสื่อสารว่าโบราณสถานแห่งนี้สร้างขึ้นเพื่อการใด ดังรูปที่ 11

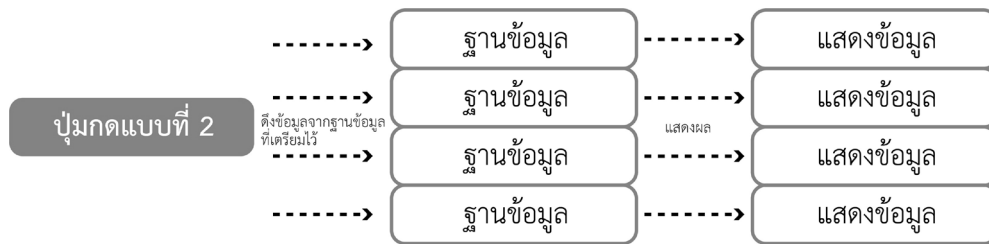
#### 3.5.3 อินเทอร์เน็ตเฟสสภาพแวดล้อมบริบท

การจำลองสภาพแวดล้อมบริบทพร้อมกับแบบจำลองสามมิติ เนื่องจากการนำเสนอข้อมูลระบบสารสนเทศในปัจจุบันลดความสำคัญของพื้นที่บริเวณโดยรอบของโบราณสถาน ส่งผลให้การรับรู้ข้อมูลบางอย่างขาดหายไป เช่น บริบทและสภาพแวดล้อม บริบทการเข้าถึงปราสาทเขาโล้น ชนิดพืชพรรณ เป็นต้น ดังรูปที่ 12

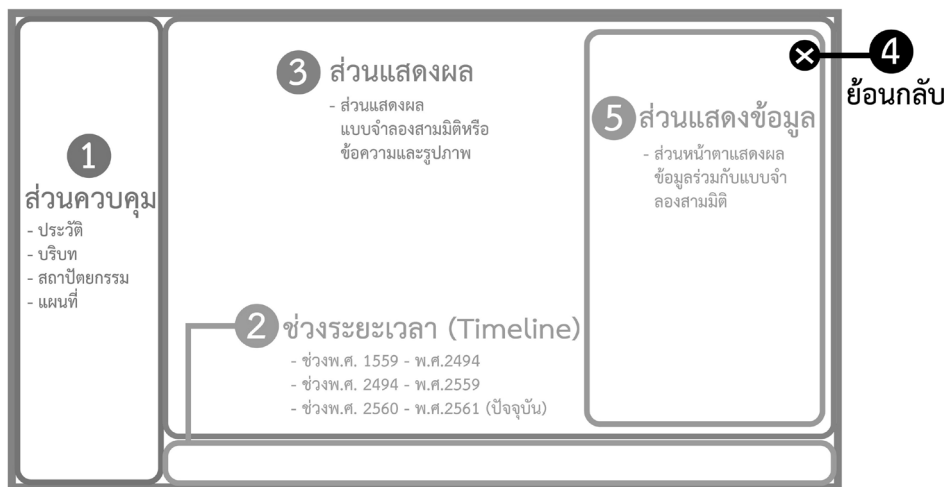


รูปที่ 7 ขั้นตอนการทำงานปุ่มกดที่มีการตั้งค่าด้วยฐานข้อมูลภายในแต่ละปุ่มโดยตรง  
(Workflows that are set up with a database inside each button directly)





รูปที่ 8 ขั้นตอนการทำงานปั๊มกดที่มีการตั้งค่าด้วยฐานข้อมูลภายในส่วนกลางแยกแบ่งเป็นกลุ่มไว้  
(Workflow that is set up with a centralized internal database is divided into groups)



รูปที่ 9 การออกแบบอินเตอร์เฟซที่แสดงผลต่อผู้ใช้งาน (Interface design that affects users)



รูปที่ 10 อินเตอร์เฟซแบบจำลองสามมิติ (3D model interface)



รูปที่ 11 อินเตอร์เฟซสภาพข้อมูลประวัติ (History data interface)

### 3.5.4 อินเทอร์เน็ตข้อมูลลักษณะและองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม

การแสดงผลอินเทอร์เน็ตที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลลักษณะทางสถาปัตยกรรม โดยแสดงผลในรูปแบบรูปภาพพร้อมกับข้อความตัวอักษรให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกดูรายละเอียดของข้อมูลในส่วนที่สำคัญได้ตามต้องการ ดังรูปที่ 13

### 3.5.5 อินเทอร์เน็ตข้อมูลแผนที่การเดินทาง

ข้อมูลแผนที่การเดินทางไปปราสาทเขาโล้นในสถานที่จริง หากผู้ใช้งานสนใจอยากเดินทางไปศึกษา ดังรูปที่ 14

## 3.6 การเลือกชิ้นส่วนขององค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม

เป็นฟังก์ชันพิเศษซึ่งอยู่ในอินเทอร์เน็ตสององค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม โดยจะเป็นการนำแบบจำลองสามมิติของปราสาทเขาโล้นในส่วนในอดีตที่หายไปซ้อนทับกับแบบจำลองกายภาพที่เป็นปราสาทเขาโล้นในปัจจุบัน ซึ่งผู้ใช้งานสามารถดูข้อมูลเพิ่มเติมในที่สำคัญ แต่ละส่วนในบริเวณเครื่องหมายวงกลมตามจุดต่าง ๆ ดังรูปที่ 15 และรูปที่ 16

## 4. ประเมินการใช้งานระบบ

### 4.1 ประเมินประสิทธิภาพระบบ

ผู้วิจัยได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบนำเสนอข้อมูลในการทำงานและแสดงผลของระบบ โดยผู้วิจัยวัดการตรวจจับสัญญาณในการแสดงผลเข้าสู่ระบบเริ่มต้นใช้งาน และการทำงานของระบบสามารถแสดงผลได้ต่อเนื่องโดยไม่มีเหตุขัดข้อง ด้วยการวัดความถี่ในการเข้าระบบจำนวน 30 ครั้งผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยการวัดประสิทธิภาพในการแสดงผลของข้อมูล ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลการวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ (The table shows the performance measurement data of the system by the researcher)

| การทำงานของระบบนำเสนอข้อมูล                      | จำนวนครั้งที่ระบบนำเสนอข้อมูลสามารถแสดงผลได้ (จากทั้งหมด 30 ครั้ง) | ร้อยละ |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------|
| การตรวจจับสัญญาณเพื่อเริ่มทำงานระบบนำเสนอข้อมูล  | 30                                                                 | 100    |
| ระบบสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง(ไม่ขัดข้องไม่ปิดตัว) | 30                                                                 | 100    |

ที่มา: ผู้วิจัย

จากตารางพบว่าจำนวนครั้งที่ระบบนำเสนอข้อมูลที่แสดงผลผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตรวจจับสัญญาณเพื่อเริ่มต้นทำงานระบบนำเสนอข้อมูลคิดเป็นร้อยละ 100 โดยระบบสามารถตรวจจับสัญญาณและเริ่มการทำงานได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าระบบสามารถตรวจจับสัญญาณได้แม่นยำมาก ตามเกณฑ์ประเมินของผู้วิจัยและจากการทดลองการทำงานของระบบสามารถทำงานได้ต่อเนื่องไม่ขัดข้องคิด เป็นร้อยละ 100 ถือว่าระบบมีความเสถียรและทำงานได้ไหลลื่น เว้นแต่หากใช้งานเกิน 5 นาที อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ทดลองจะเกิดความร้อนขึ้น ส่งผลให้ระบบอาจปิดตัวหรือระบบทำงานช้าลง และผู้วิจัยได้พบปัญหาดังระบบจากเข้าถึงฟังก์ชันการใช้งานของระบบนำเสนอข้อมูลในแต่ละฟังก์ชันอยู่ หากต้องการเปลี่ยนฟังก์ชันไปใช้งานอีกฟังก์ชันหนึ่ง ผู้ใช้งานจำเป็นต้องปิดการทำงานของฟังก์ชัน ที่ใช้งานอยู่ก่อนที่จะเปลี่ยนไปใช้งานอีกฟังก์ชัน ไม่เช่นนั้นจะทำให้ระบบเกิดเหตุขัดข้องขึ้น

ทั้งนี้ผู้วิจัยพบว่าปัจจัยการตรวจจับสัญญาณเพื่อให้ระบบเริ่มทำงานและระบบสามารถทำงานได้ต่อเนื่องไม่ขัดข้องหรือปิดตัวลง มีข้อควรคำนึงขณะใช้งานดังนี้

1. สภาพแสงแดดที่เหมาะสมเพื่อให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถตรวจจับสัญญาณเพื่อให้ระบบเริ่มทำงาน โดยปริมาณแสงแดดไม่ควรมืดหรือสว่างเกินไป
2. ขณะใช้งานระบบห้ามปิดการแสดงผลของสัญญาณ เนื่องจากหากปิดสัญญาณระบบที่ตรวจจับสัญญาณอยู่จะหยุดทำงานชั่วคราวและสามารถทำงานต่อได้อีกครั้งหากตรวจจับสัญญาณได้
3. ขณะใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับระบบนำเสนอข้อมูล ไม่ควรที่จะเคลื่อนไหวนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เร็วเกินไป เนื่องจากอาจส่งผลให้ระบบที่ตรวจจับสัญญาณอยู่ประมวลผลภาพไม่ทัน ส่งผลให้ระบบจะหยุดทำงานชั่วคราวการใช้งานระบบนำเสนอข้อมูลในงานวิจัยสามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวกผ่านอุปกรณ์ จึงสามารถลดข้อจำกัดการเข้าถึงการใช้งานได้มากขึ้นและสามารถให้ข้อมูลโบราณสถานเพื่อเปรียบเทียบกับโบราณสถานในสถานที่จริงได้ชัดเจนหากเดินทางไปศึกษาในสถานที่จริง

### 4.2 ประเมินการใช้งานระบบของกลุ่มตัวอย่าง

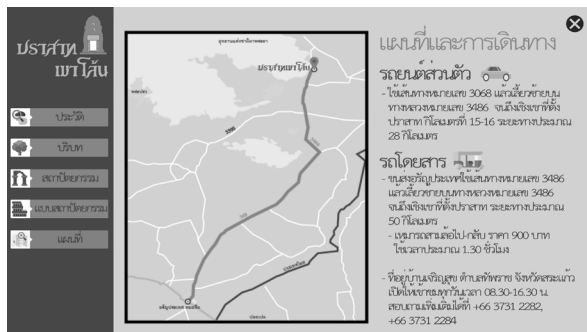
ผู้วิจัยได้นำระบบนำเสนอข้อมูลที่พัฒนาขึ้น มาประเมินการใช้งานกับกลุ่มตัวอย่างบริเวณพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติปราจีนบุรี โดยใช้แบบสอบถามการประเมินการใช้งานเปรียบเทียบระบบนำเสนอข้อมูลทั้ง 3 รูปแบบ คือ รูปแบบเว็บไซต์ออนไลน์ รูปแบบเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลก



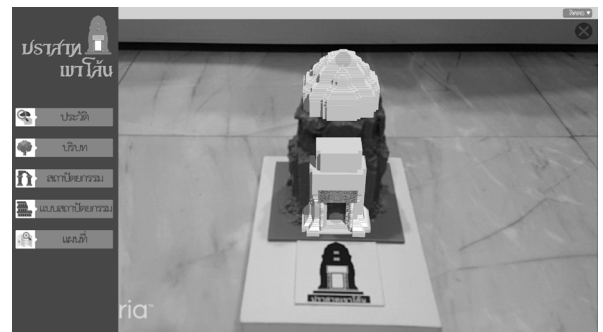
รูปที่ 12 อินเทอร์เฟซสภาพแวดล้อมบริบท (Context interface)



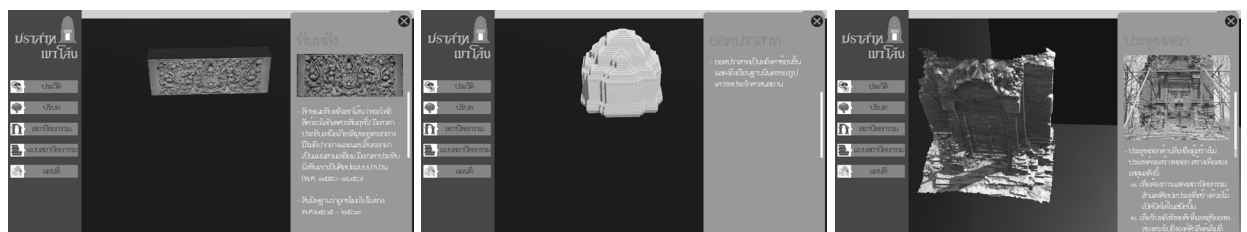
รูปที่ 13 อินเทอร์เฟซข้อมูลลักษณะและองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม (Information and elements architectural interface)



รูปที่ 14 อินเทอร์เฟซข้อมูลแผนที่และการเดินทาง (Map and travel information interface)



รูปที่ 15 อินเทอร์เฟซองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม (Architectural elements interface)



รูปที่ 16 อินเทอร์เฟซเมื่อเลือกชิ้นส่วนขององค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม (Interface when selecting architectural elements)

จริงเข้ากับโลกเสมือน และรูปแบบเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนร่วมกับแบบจำลองกายภาพในงานวิจัย ซึ่งแบ่งเป็นนักท่อยุทธหรือผู้ที่สนใจโบราณสถานจำนวน 23 คน และมีคณาจารย์ชาวไทยหรือผู้บรรยายสถานที่จำนวน 3 คน โดยข้อมูลที่ได้จากการทำแบบประเมิน มีเกณฑ์ในการแปลผลค่าเฉลี่ยดังนี้

- 1 – 1.49 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด
- 1.5 – 2.49 หมายถึง เห็นด้วยน้อย
- 2.5 – 3.49 หมายถึง เห็นด้วย
- 3.5 – 4.49 หมายถึง เห็นด้วยมาก
- 4.5 ขึ้นไป หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด

#### 4.2.1 กลุ่มทดลองที่ 1 : นักท่อยุทธหรือผู้ที่สนใจโบราณสถาน

มีนักท่อยุทธหรือผู้ที่สนใจโบราณสถานจำนวน 23 คน ที่ตอบแบบสอบถามเป็นนักท่อยุทธในพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ จังหวัดปราจีนบุรีจำนวน 1 คน ผู้มีประสบการณ์ด้านการนำเสนอข้อมูลจำนวน 2 คน และนักศึกษาคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมืองมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์จำนวน 20 คน แบ่งเป็นเพศชายจำนวน 12 คน เพศหญิง 11 คน โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุระหว่าง 20–29 ปี จำนวน 21 คน และช่วงอายุ 30–39 ปี จำนวน 2 คน

ตามรูปที่ 17 การเปรียบเทียบรูปแบบการนำเสนอข้อมูลจะพบว่าระดับการประเมินการใช้งานด้านประสิทธิภาพของระบบที่มากที่สุดคือ รูปแบบเว็บไซต์ออนไลน์โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.38 รองลงมาคือ รูปแบบเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนร่วมกับแบบจำลองกายภาพ โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.78 และรูปแบบเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือน โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.69 ซึ่งทั้งสามมีเกณฑ์ในการพิจารณาจากการใช้งานที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และความสะดวกในการใช้งานของระบบ

ในด้านความสามารถในการนำเสนอข้อมูลที่มากที่สุดคือ รูปแบบเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนร่วมกับแบบจำลองกายภาพ โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.63 รองลงมาคือ รูปแบบเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือน โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.18 และรูปแบบเว็บไซต์ออนไลน์ โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.49 จากการประเมินการใช้งานพบว่าระบบนำเสนอข้อมูลในงานวิจัยมีการใช้งานง่ายและสะดวก ช่วยสร้างความน่าสนใจและสร้างการรับรู้ข้อมูลในแง่ของมิติการนำเสนอรูปแบบใหม่ที่แตกต่างกันจากการนำเสนอข้อมูลรูปแบบ

เว็บไซต์ออนไลน์และรูปแบบเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนเพียงอย่างเดียว โดยยกตัวอย่างกลุ่มทดสอบที่ทำการประเมินการใช้งานระบบในงานวิจัยได้ให้ความเห็นว่า การแสดงข้อมูลด้วยเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนซ้อนทับแบบจำลองกายภาพสามารถสร้างความน่าสนใจ ได้เพิ่มมากขึ้นและช่วยให้รับรู้ข้อมูลช่วงเวลาในเชิงพื้นที่ที่แตกต่างกันได้เพิ่มมากขึ้น เห็นภาพชัดเจนขึ้น ถึงแม้ระบบจะมีความผิดพลาดขณะใช้งานอยู่เป็นบางครั้งและมีข้อเสนอแนะระบบในเรื่องการแสดงผลแบบจำลองสามมิติบางชิ้นส่วนไม่ถูกนำเสนอออกมาหากไม่ได้กดปุ่มเข้าไปดูข้อมูล ซึ่งอาจส่งผลให้มีข้อมูลที่ไม่ถูกนำเสนอให้ผู้ใช้งานรับรู้

#### 4.2.2 กลุ่มทดลองที่ 2 : คณาจารย์ชาวไทยหรือผู้บรรยายสถานที่

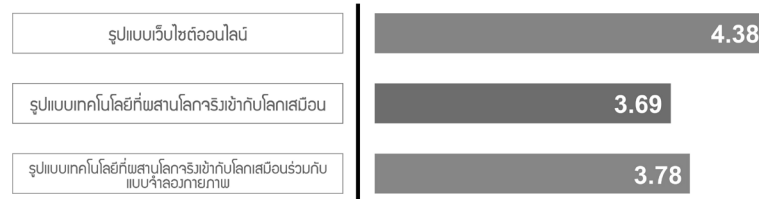
มีคณาจารย์ชาวไทยหรือผู้บรรยายสถานที่จำนวน 3 คนที่ตอบแบบสอบถามเป็นเพศชายจำนวน 1 คน เพศหญิง 2 คน โดยผู้ตอบแบบสอบถามอยู่ในช่วงอายุระหว่าง 20–29 ปี จำนวน 1 คน ช่วงอายุระหว่าง 30–39 ปี จำนวน 1 คน และช่วงอายุ 50 ปีขึ้นไป จำนวน 1 คน

หน้าที่การทำงานของคณาจารย์ชาวไทยหรือผู้บรรยายสถานที่ จากผู้ที่ตอบแบบสอบถามเป็นผู้บรรยายสถานที่ในพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ จังหวัดปราจีนบุรีหรือเรียกว่า ภัณฑารักษ์ จำนวน 3 คน และไม่มีคณาจารย์ชาวไทยจากการลงพื้นที่ประเมินการใช้งาน โดยมีหน้าที่บรรยายให้ข้อมูลเป็นการพูดอธิบายถึงโบราณสถานภาคตะวันออกทั้งหมดแก่นักท่อยุทธหรือผู้ที่สนใจโบราณสถาน เพื่อสร้างจินตนาการให้เห็นภาพและรับรู้ได้โดยไม่ใช้เครื่องมือประกอบ

ตามรูปที่ 18 การเปรียบเทียบรูปแบบการนำเสนอข้อมูลจะพบว่าระดับการประเมินการใช้งานด้านประสิทธิภาพของระบบที่มากที่สุดคือ รูปแบบเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนร่วมกับแบบจำลองกายภาพ โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.66 รองลงมาคือ รูปแบบเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือน โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.49 และรูปแบบเว็บไซต์ออนไลน์ โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.00

ในด้านความสามารถในการนำเสนอข้อมูลที่มากที่สุดคือ รูปแบบเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนร่วมกับแบบจำลองกายภาพ โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 5.00 รองลงมาคือ รูปแบบเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือน โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.66 และรูปแบบเว็บไซต์ออนไลน์ โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.13

#### คะแนนด้านประสิทธิภาพการใช้นานของนักท่องเที่ยวหรือผู้ที่สนใจโบราณสถาน

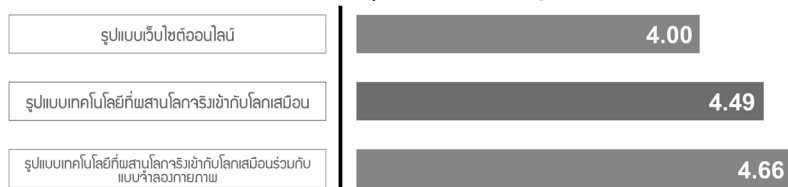


#### คะแนนด้านความสามารถในการนำเสนอข้อมูลของนักท่องเที่ยวหรือผู้ที่สนใจโบราณสถาน

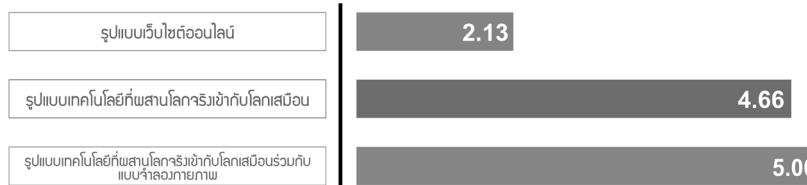


รูปที่ 17 กราฟผลการประเมินการใช้งานของกลุ่มนักท่องเที่ยวหรือผู้ที่สนใจโบราณสถาน โดยผู้วิจัย  
(The evaluation chart for the use of tourists or those interested in the archaeological site by the researcher)

#### คะแนนด้านประสิทธิภาพการใช้นานของมัคคุเทศก์ชาวไทยหรือผู้บรรยายสถานที่



#### คะแนนด้านความสามารถในการนำเสนอข้อมูลของมัคคุเทศก์ชาวไทยหรือผู้บรรยายสถานที่



รูปที่ 18 กราฟผลการประเมินการใช้งานของกลุ่มมัคคุเทศก์ชาวไทยหรือผู้บรรยายสถานที่ โดยผู้วิจัย  
(The evaluation of the use of Thai guides or places by the research)

จากการประเมินการใช้งานพบว่าระบบนำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถเป็นจุดเริ่มต้นที่จะพัฒนาเปลี่ยนแปลงระบบการนำเสนอข้อมูลในปัจจุบันให้ดียิ่งขึ้นแก่ผู้ที่มาศึกษาโบราณสถานจากข้อเสนอแนะของภัณฑารักษ์และได้ให้ความเห็นว่า การแสดงข้อมูลด้วยเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนซ้อนทับแบบจำลองกายภาพสามารถสร้างความน่าสนใจ ได้เพิ่มมากขึ้นและช่วยให้รับรู้ข้อมูลช่วงเวลาในเชิงพื้นที่ที่แตกต่างกันได้เพิ่มมากขึ้นเห็นภาพชัดเจน โดยระบบนำเสนอข้อมูลในงานวิจัยมีรูปแบบการนำเสนอที่เหมาะสมกับการจัดแสดงในพิพิธภัณฑ์มากที่สุดตามความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ และในอีกสองรูปแบบเหมาะสมกับการใช้งานที่ไม่ต้องเดินทางไปสถานที่จริง

## 5. สรุปผลการประเมินการใช้งานระบบ

ผู้วิจัยโดยสามารถประเมินและสรุปการประเมินการใช้งานระบบของกลุ่มตัวอย่างดังนี้

1. กลุ่มนักท่องเที่ยวหรือผู้ที่สนใจโบราณสถานจำนวน 23 คน ประเมินการใช้งาน ด้านประสิทธิภาพของระบบอยู่ในเกณฑ์ดีมาก และความสามารถในการนำเสนอข้อมูลด้วยเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนร่วมกับแบบจำลองกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมากที่สุด โดยระบบนำเสนอข้อมูลในงานวิจัยสามารถสร้างความน่าสนใจ และสามารถสร้างประสบการณ์เรียนรู้ให้ได้รับความรู้ที่เพียงพอในการศึกษาโบราณสถาน ในการแสดงภาพข้อมูลในส่วนที่หายไปในอดีตให้ ผู้ใช้งานเห็นภาพโบราณสถานเพิ่มขึ้น



2. กลุ่มมัลติเทคโนโลยีชาวไทยหรือผู้บรรยายสถานที่จำนวน 3 คน ประเมินการใช้งานด้านประสิทธิภาพของระบบ และความสามารถในการนำเสนอข้อมูลด้วยด้วยเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนร่วมกับแบบจำลองกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมากที่สุด โดยมุมมองการประเมินการใช้งาน ระบบของผู้ใช้งานกลุ่มนี้จะมีมุมมองถึงการต่อยอดระบบเพิ่มเติม ซึ่งระบบนำเสนอข้อมูลในงานวิจัยมีความเหมาะสมที่จะจัดแสดงในพิพิธภัณฑ์มากที่สุด โดยรูปแบบอื่นเหมาะสมตามสภาพแวดล้อมบริบทที่แตกต่างกัน ไม่ได้ทดแทนกันแต่เป็นการนำเสนอข้อมูลที่ช่วยส่งเสริมกันมากกว่า และเพื่อช่วยสนับสนุนการท่องเที่ยวให้เพิ่มมากขึ้นรวมถึงการสร้างคุณค่าในการศึกษาโบราณสถาน

## 6. ข้อเสนอแนะการใช้งานระบบจากกลุ่มตัวอย่าง

หลังจากการประเมินการใช้งานระบบจากกลุ่มตัวอย่าง มีข้อเสนอแนะต่อระบบนำเสนอข้อมูลในงานวิจัยดังนี้

### 6.1 กลุ่มนักท่องเที่ยวหรือผู้สนใจโบราณสถาน

มีข้อเสนอแนะจากนักท่องเที่ยวหรือผู้สนใจโบราณสถาน หลังจากทดลองใช้งานระบบดังนี้

1. การแสดงผลแบบจำลองสามมิติบางชิ้นส่วนไม่ถูกนำเสนอออกมาหากไม่ได้กดปุ่มเข้าไปดู อาจส่งผลให้มีข้อมูลที่ไม่ถูกนำเสนอให้รับรู้ โดยควรมีคำแนะนำในการใช้งานเบื้องต้นในปุ่มกดที่เข้าถึงแต่ละฟังก์ชัน

2. ระบบมีฟังก์ชันการใช้งานที่ค่อนข้างเยอะ มีความใช้งานยากเล็กน้อย ปุ่มกดบางปุ่มไม่จำเป็นต้องมีและพยายามลดให้น้อยและใช้งานได้ง่ายที่สุด โดยให้มีความเหมาะสมกันเนื้อหาข้อมูลที่ต้องการสื่อสารต่อผู้ใช้งาน

3. ควรให้แบบจำลองกายภาพมีส่วนร่วมในการนำเสนอข้อมูลร่วมกับเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนมากกว่านี้ เช่น การแสดงแบบทางสถาปัตยกรรมหรือการแสดงกราฟฟิกซ้อนทับแบบจำลองกายภาพเพิ่มเติม

4. ตัวอักษรอ่านยากเล็กน้อยและพัฒนาการแสดงผลอินเตอร์เฟซให้เข้าใจง่ายกว่านี้

5. การตรวจจับสัญลักษณ์ในการทำงานระบบไม่เสถียรในบางครั้ง โดยการแก้ไขเบื้องต้นคือ การเปลี่ยนรูปภาพสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงผลให้มีความละเอียดของเส้นสายหรือสีที่เพิ่มมากขึ้น

6. การพัฒนาระบบให้สามารถใช้งานได้ทุกที่ โดยไม่ต้องเดินทางไปพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติหรือสถานที่จริง

7. เพิ่มการปฏิสัมพันธ์ในการใช้งานระบบนำเสนอข้อมูลให้มากกว่านี้ เช่น ลูกเล่นการเคลื่อนไหวการแสดงผลของข้อมูลต่าง ๆ

### 6.2 กลุ่มมัลติเทคโนโลยีชาวไทยหรือผู้บรรยายสถานที่

มีข้อเสนอแนะจากมัลติเทคโนโลยีชาวไทยหรือผู้บรรยายสถานที่หลังจากทดลองใช้งานระบบดังนี้

1. การพัฒนาระบบนำเสนอข้อมูลให้สามารถดูข้อมูลมุมมองภายในอาคารได้ ซึ่งระบบตอนนี้สามารถดูข้อมูลมุมมองได้เฉพาะภายนอกอาคาร ซึ่งจะช่วยเพิ่มการทำความเข้าใจในการศึกษาโบราณสถานแก่ผู้ใช้งานเพิ่มมากขึ้น

2. การพัฒนาให้สามารถดาวน์โหลดระบบใช้งานบนเว็บไซต์ออนไลน์ หรือ Scan QR Code ที่สามารถใช้งานได้ทันที เนื่องจากทุกวันนี้ระบบออนไลน์สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายขึ้น

3. การพัฒนาต่อยอดให้ระบบมีคุณค่าเพิ่มขึ้นจากสัญลักษณ์ที่ใช้ภาพเพื่อเริ่มทำงานระบบ เป็นเพียงแผ่นพลาสติกหรือแผ่นกระดาษเพียงอย่างเดียว เช่น ของที่ระลึกที่สามารถใช้งานได้ เช่น ที่คั่นหนังสือ แก้วน้ำ โดยที่จะมี QR Code ติดอยู่บริเวณของที่ระลึกในการใช้ศึกษาข้อมูลโบราณสถาน ช่วยเพิ่มคุณค่าแก่ของที่ระลึกที่ผู้ใช้งานได้เลือกซื้อเก็บไว้ อีกทั้งยังช่วยสนับสนุนสร้างรายได้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับโบราณสถานโดยตรงอีกทางหนึ่ง

ภาพรวมความคิดเห็นข้อเสนอแนะของระบบในงานวิจัย กลุ่มผู้ทดลองได้ให้ความเห็นด้านการพัฒนาการแสดงผลของอินเตอร์เฟซให้เข้าใจง่ายและสวยงามมากขึ้น รวมถึงเพิ่มปฏิสัมพันธ์ในการใช้งานระบบนำเสนอข้อมูล ระบบมีฟังก์ชันการใช้งานยังเข้าใจยากอยู่ ระบบในอนาคตจะใช้งานได้ง่ายที่สุด โดยมีข้อมูลที่ต้องการสื่อสารต่อผู้ใช้งานรวมถึงได้เสนอให้มีการใช้แบบจำลองกายภาพในการนำเสนอข้อมูลร่วมกับเทคโนโลยีที่ผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนมากกว่านี้ เช่น การแสดงแบบทางสถาปัตยกรรมหรือการแสดงกราฟฟิกซ้อนทับลงบนแบบจำลองกายภาพจากการประเมินการใช้งานระบบนำเสนอข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงระบบนำเสนอข้อมูลคือการเพิ่มฟังก์ชันข้อมูลแบบทางสถาปัตยกรรม เช่น รูปด้าน รูปตัด และขนาดสัดส่วนของโบราณสถาน ตามรูปที่ 19



รูปที่ 19 อินเทอร์เฟซแบบสถาปัตยกรรม (Architectural Interface)

## 7. ข้อเสนอแนะในส่วนของระบบฐานข้อมูล

ระบบนำเสนอข้อมูลในงานวิจัยนี้มีการใช้ระบบฐานข้อมูลที่เป็นระบบปิดภายในกล่าวคือ ข้อมูลทั้งหมดที่แสดงผลจะอยู่ภายในระบบทั้งหมดส่งผลให้มีปริมาณข้อมูลมากและทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำการประมวลผลหนัก ซึ่งหากสามารถลดการประมวลผลของฐานข้อมูลให้น้อยลงโดยใช้ฐานข้อมูลในรูปแบบออนไลน์หรือ Server ในการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลในการแสดงผลข้อมูลในส่วนที่ประมวลผลเท่านั้น เพื่อลดการทำงานของฐานข้อมูลและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในงานวิจัยนี้ได้

ในส่วนของฐานข้อมูลสัญลักษณ์ที่ใช้ในการตรวจจับในการเริ่มการทำงานระบบนำเสนอข้อมูลในงานวิจัยนี้ ซึ่งหลังจากการประเมินการใช้งานพบว่าระบบการตรวจจับฐานข้อมูลสัญลักษณ์ไม่เสถียรส่งผลให้การแสดงผลหยุดชั่วคราวเป็นบางครั้ง ซึ่งสามารถเพิ่มความเสถียรเบื้องต้นโดยเปลี่ยนรูปภาพสัญลักษณ์ที่ใช้ให้มีความละเอียดของเส้นสายหรือสีที่เพิ่มมากขึ้น

## 8. ข้อเสนอแนะในประเด็นอื่น ๆ

จากการศึกษาและพัฒนาระบบนำเสนอข้อมูล ผู้วิจัยได้นำเสนอกรอบข้อเสนอแนะในประเด็นอื่น ๆ เพิ่มเติมจากการประเมินการใช้งานกลุ่มตัวอย่าง เพื่อพัฒนาต่อระบบในอนาคตดังนี้

ในอนาคตหากผู้ใช้งานสามารถสัมผัสแบบจำลองกายภาพเพื่อแสดงข้อมูลตามจุดที่มีได้สัมผัสกับแบบจำลองกายภาพแทนการสัมผัสผ่านหน้าจอเพื่อแสดงข้อมูลแก่ผู้ใช้งาน จะช่วยให้เกิดความน่าสนใจและช่วยให้ผู้พิการทางสายตาสามารถใช้งานระบบในการศึกษาโบราณสถาน เช่น การสัมผัสแบบจำลองกายภาพเพื่อแสดงข้อมูลในรูปแบบเสียงประกอบ เป็นต้น

เพิ่มทางเลือกให้กับผู้ใช้งานสามารถใช้งานระบบได้หลากหลายรูปแบบมากขึ้นหากผู้ใช้งานไม่สามารถเดินทางไปสถานที่จริงหรือพิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติได้ เช่น การใช้งานระบบที่ไม่ต้องใช้งานร่วมกับแบบจำลองกายภาพที่ใช้ประโยชน์จากอินเทอร์เน็ตที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัย โดยเป็นรูปแบบบนเว็บไซต์ออนไลน์ที่จัดเตรียมไว้ให้แก่ผู้ใช้งาน

การเพิ่มเนื้อหาข้อมูลที่เป็นภาษาอื่น ๆ เพื่อรองรับกรณีชาวต่างชาติมาใช้งานระบบสามารถพัฒนาระบบไปในรูปแบบแพลตฟอร์มอื่น ๆ เช่น ระบบปฏิบัติการ iOS จากเดิมที่สามารถใช้ได้เพียงระบบปฏิบัติการ Android เท่านั้น และสามารถเข้ากับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดหน้าจอการแสดงผลที่แตกต่างกันได้

การพัฒนาต่อยอดนาระบบนำเสนอข้อมูลในงานวิจัยนี้ไปใช้ในการนำเสนอข้อมูลโบราณสถานอื่นนอกจากปราสาทเขาโล้นสามารถนำโครงสร้างของระบบมาใช้งานได้ดังนี้

โครงสร้างระบบที่แสดงข้อมูลสิ่งที่เคยมีในอดีตให้ผู้ใช้งานได้รับรู้หรือแสดงสิ่งที่ไม่มีอยู่ในสถานที่ที่แสดงนั้น ถูกเก็บไว้ในสถานที่ที่ไม่สามารถมาแสดงร่วมกันได้ เช่น สถาปัตยกรรมพื้นถิ่น โบราณสถาน โบราณวัตถุ วัตถุ เป็นต้น โดยมีฟังก์ชันที่นำมาใช้งานคือ การเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาในเชิงพื้นที่ ข้อมูลประวัติ ลักษณะทางสถาปัตยกรรม แผนที่การเดินทาง

โครงสร้างระบบที่แสดงข้อมูลสถาปัตยกรรมที่จำเป็นต้องคำนึงบริบทของสถานที่ที่มีความพิเศษหรือมีเรื่องราวเฉพาะที่จะนำเสนอให้ผู้ใช้งาน เช่น การแสดงข้อมูลส่วนที่ต้องการนำเสนอในส่วนขององค์ประกอบที่สำคัญให้ชัดเจนมากขึ้น การแสดงข้อมูลบริบทในอดีตของโบราณสถานที่หายไปหรือมีการเข้าถึงที่ยาก เป็นต้น โดยมีฟังก์ชันที่นำมาใช้งานคือ สภาพแวดล้อมบริบทองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม แบบทางสถาปัตยกรรม

## 9. สรุปผล

ระบบนำเสนอข้อมูลที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองและพัฒนาระบบเพื่อสร้างเป็นต้นแบบระบบนำเสนอข้อมูลในการนำเสนอข้อมูลโบราณสถานในประเทศไทยด้วยเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนผ่านแบบจำลองกายภาพ ในรูปแบบปฏิสัมพันธ์แบบเวลาจริง โดยกระบวนการนำเสนอที่ได้อ้างอิงจากทฤษฎี VARK ที่ช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ในการจดจำเนื้อหาที่เหมาะสมในการศึกษาข้อมูลโบราณสถานได้เพิ่มขึ้นที่ประกอบด้วย การมองเห็น การอ่านหรือการเขียน และการสัมผัส เข้าด้วยกันขณะใช้งานระบบ ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ได้ใช้แบบจำลองกายภาพที่สามารถจับต้องได้ เห็นองค์ประกอบภาพรวมได้เข้าใจง่ายและชัดเจนกว่าการศึกษาผ่านสื่อสองมิติทั่วไป โดยมีกรณีศึกษาปราสาทเขาโล้น จังหวัดสระแก้ว มีการแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลาในพื้นที่ที่เกิดของโบราณสถานและพื้นที่บริบท เปรียบเสมือนการบันทึกประวัติศาสตร์ของมรดกวัฒนธรรมที่เกิดขึ้นให้ผู้ใช้งานสามารถเห็นภาพได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นและสื่อสารข้อมูลให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น หลังจากประเมินการใช้งานกับผู้ใช้งานจริงระบบนี้สามารถนำไปใช้ในการต่อยอดกับโบราณสถานในสถานที่อื่น ๆ ที่ไม่จำเป็น

ต้องเกี่ยวข้องกับการนำเสนอข้อมูลทางสถาปัตยกรรมหรือรูปแบบที่แสดงผลผ่านแบบจำลองกายภาพแต่เพียงเท่านั้น เช่น รูปแบบแผ่นพับเอกสารข้อมูล รูปแบบการขายของงานอีเว้นท์ หรือเกี่ยวข้องกับการนำเสนอข้อมูลประเภทอื่น ๆ ที่ผู้ส่งสารต้องการนำเสนอข้อมูลหรือถ่ายทอดข้อมูลที่มีอยู่ให้ผู้ใช้งานได้รับรู้ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพแก่ผู้ใช้งาน

## 10. กิตติกรรมประกาศ

บทความฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากห้องทดลองสร้างสรรค์สำหรับองค์ความรู้เชิงนวัตกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (CLICK!) ในด้านการพิมพ์สามมิติ รวมถึงการสนับสนุนจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ประเภทบุคคล) ชื่องานวิจัย การออกแบบระบบนำเสนอข้อมูลโบราณสถานด้วยเทคโนโลยีที่ผสมผสานโลกจริงเข้ากับโลกเสมือนผ่านแบบจำลองกายภาพ: กรณีศึกษา โบราณสถานปราสาทเขาโล้น จังหวัดสระแก้ว และบทความ Built Environment Research Associates Conference (BERAC9) (Ngamchindavongse & Busayarat, 2018, pp. 220-226).

## References

- Azuma, R. T. (1997). A survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators And Virtual Environments*, volume 6, issue 4, (pp. 355-385).
- Chutma, B. (2011). *Prasat Khao Lon the Heritage Civilization "Angkor Phan"* Retrieved from <http://oknation.nationtv.tv/blog/pateng/2011/05/24/entry-1>.
- Fleming, N. (1992). *VAR: A guide to learning style*. Retrieved from <https://vark-learn.com>.
- Galmangoda, G. D. D. M., Gajanayake, P. Y .S., Indika, K. P., Rajapaksha, N. R., & Jayaweera, Y. (2016). Augmented Reality to Reconstruct Sri Lankan Cultural Heritage in Prime State: HeladivaAR. *Symposium on Statistical & Computational Modelling with Applications (SymSCMA – 2016)*, (pp. 40-44). Department of Statistics & Computer Science, University of Kelaniya, Sri Lanka.
- Jitaree, A. (2015). *What is a 3D Printer?* Retrieved from <http://janissatacartoon.blogspot.com/2015/07>.
- Nagakura, T., & Sung, W. (2015). Ramalytique: Augmented Reality in Architectural Exhibitions, Massachusetts Institute of Technology. *Proceedings of the 19th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies 2014 (CHNT 19, 2014)*, (pp. 1-20). Retrieved from [http://cat2.mit.edu/multirama/CHNT2014\\_TN\\_Ki\\_paper\\_v17\\_imaged\\_small.pdf](http://cat2.mit.edu/multirama/CHNT2014_TN_Ki_paper_v17_imaged_small.pdf).

- Ngamchindavongse, K., & Busayarat, C. (2018). Designing Presentation System for Archeological Information by Augmented Reality to Physical Model: A Case of Prasat Khao Lon, Sakaew. *Built Environment Research Associates Conference, (BERAC9, 2018)*, (pp. 220-226).
- Rossi, D., Petrucci, E., & Olivieri, A. (2014). Projection-Based City Atlas: An Interactive, Touchless, Virtual Tour of the Urban Fabric of Ascoli Piceno. *International Conference on Virtual Systems & Multimedia (VSMM)*, (pp. 310-317). Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7136672/citations?tabFilter=papers#citations>.
- Suanpaga, W. (2017). *Model meaning or model*. Retrieved from <http://pirun.ku.ac.th/~fengwks/SD/2model.pdf>.

