



## การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโลกเสมือนจริงกับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม

### Application Virtual World for Cultural Tourism

สมเกียรติ น่วมนา\*, คงทัต ทองพูน และ ปิติพงษ์ ยอดมงคล

Somkeit Noamna\*, Khongthat Thongphun and Pitipong Yodmongkol

วิทยาลัยศิลปะ สื่อ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย เชียงใหม่

College of Arts, Media and Technology, Chiang Mai University

Received: September 17, 2020; Revised: October 06, 2020; Accepted: October 07, 2020; Published: December 22, 2020

**ABSTRACT** – The purpose of the study is to invent an application that can be applied in Augmented Reality to create a virtual world for cultural Tourism. The application will be used as the guideline in the tourism promotion campaign in Chiang Mai province. It integrates virtual technology into cultural tourism. Since Chiang Mai is 700 years old and a conservation city, therefore, this study will apply the virtual technology for cultural tourism and integrates the computer graphic model to create virtual worlds for the users to perceive every aspect of the 3D model through the mobile device. The Computer graphic 3D model of JadiLaung temple in Chiang Mai province is one of the virtual worlds on the application that created by AR technology. This virtual world will display the new brand experience to tourists. The Virtual reality history system is one of the functions of the application that will give the information and the configuration about the archaeological sites that are now seen incomplete.

**KEYWORDS:** Virtual word, Cultural tourism, Application, Android

**บทคัดย่อ** - งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง Application ที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Augmented Reality มาสร้างเป็นโลกเสมือนจริงกับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมสำหรับเป็นแนวทางในการส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดเชียงใหม่ โดยการผสมผสานความทันสมัยในเรื่องของเทคโนโลยีโลกเสมือนจริง เนื่องจากจังหวัดเชียงใหม่เป็นเมืองเก่าแก่และเป็นเมืองอนุรักษ์ที่มีอายุถึง 700 ปี ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้เทคโนโลยีการสร้างโลกเสมือนจริงเข้ามาประยุกต์ใช้กับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยการผสมผสานการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างสิ่งเสมือนจริงให้กับผู้ใช้งานให้เห็นมุมมองของรูปจำลองสามมิติ ผ่านการแสดงผลบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ที่ทำให้เกิดโมเดลสิ่งก่อสร้างลักษณะที่เสมือนจริงด้วยการสร้างโบราณสถานแบบโมเดลสามมิติแบบดั้งเดิมของวัดเจดีย์หลวงในจังหวัดเชียงใหม่แบบโลกเสมือนจริงบนแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีเออาร์ เพื่อเป็นการสร้างประสบการณ์ที่แปลกใหม่ให้นักท่องเที่ยว โดยแอปพลิเคชันนี้ประกอบไปด้วยการสร้างโลกเสมือนจริงย้อนยุค (Virtual reality history system) จากฟังก์ชันการแสดงผลโลกเสมือนจริง ที่จะช่วยทำให้นักท่องเที่ยวได้ทราบถึงลักษณะของโบราณสถานที่พังทลาย หรือไม่สมบูรณ์ที่เห็นอยู่ในปัจจุบัน แต่สามารถที่จะเห็นได้ถึง ความสมบูรณ์ในรูปแบบดั้งเดิมผ่านระบบแอปพลิเคชันนี้

**คำสำคัญ:** โลกเสมือนจริง, การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม, แอปพลิเคชัน, ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

\*Corresponding Author: snoamna@gmail.com

## 1. บทนำ

ปัจจุบันการนำระบบเทคโนโลยีโลกเสมือนจริงมาใช้ในการท่องเที่ยวมีความนิยมเป็นอย่างมาก [1] โดยการถ่ายทอดประสบการณ์แปลกใหม่ของโลกเสมือนจริงจะถูกนำเสนอผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น โทรศัพท์มือถือ และ แท็บเล็ต ที่ใช้งานง่ายและสะดวกในการพกพาไปยังสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ [2]

จังหวัดเชียงใหม่ถือว่าเป็นเมืองเก่าแก่ที่น่าสนใจและเป็นเมืองท่องเที่ยวที่นักท่องเที่ยวทั่วโลกชอบที่จะมาท่องเที่ยวเมื่อเดินทางมายังประเทศไทย เนื่องจากจังหวัดเชียงใหม่ เป็นเมืองเก่าแก่ที่มีอายุถึง 700 ปี และสภาพภูมิศาสตร์มีการทับซ้อนกันระหว่างพื้นที่ของเมืองโบราณและขอบเขตของพื้นที่เมืองใหม่อยู่ด้วยกัน ซึ่งในเขตเมืองเก่าจะเต็มไปด้วยโบราณสถาน และ อนุสาวรีย์สำคัญในอดีตรัฐของจังหวัดเชียงใหม่ แต่ในปัจจุบันโบราณสถานที่สำคัญของจังหวัดเชียงใหม่บางสถานที่ได้พังทลายตามกาลเวลา และจากภัยธรรมชาติ ซึ่งในการบูรณะปฏิสังขรณ์ต้องใช้งบเป็นจำนวนที่มหาศาลสำหรับการบูรณะสถานที่ในแต่ละแห่ง และที่สำคัญในสถานที่หลาย ๆ แห่งก็ไม่สามารถที่จะบูรณะให้กลับมาเป็นอย่างเดิมดังเช่นในอดีตได้ ดังนั้นการจำลองโลกเสมือนจริงหรือ การใช้ระบบ AR ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบัน ที่ได้นำไปประยุกต์ใช้กับงานหลายแขนงไม่ว่าจะเป็นงานเพื่อการศึกษา การจัดนิทรรศการต่างๆ หรือการใช้เพื่อความบันเทิง รวมไปถึงการนำไปประยุกต์ใช้ทางด้านการสื่อสารมวลชน อาทิ เช่น การทำโฆษณา การทำหนังสือการท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ หรือแม้กระทั่งการเรียนรู้ ทักษะด้านดนตรี และที่สำคัญ ระบบ AR ยังสามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเป็นระบบที่มีการผสมผสานแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างเป็นสิ่งเสมือนจริงให้กับผู้ใช้งาน ให้สามารถที่จะเห็นมุมมองของรูปสามมิติผ่านการแสดงผลบนอุปกรณ์แบบเคลื่อนที่ ที่มีกล้องดิจิทัล เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือแท็บเล็ต ที่ทำให้เกิดการแสดงผลของโมเดลสิ่งก่อสร้างที่เสมือนจริงบนอุปกรณ์ของนักท่องเที่ยวได้ [3][4] [5] [6]

Chumjeet M. et al. [2] ได้นำความรู้เกี่ยวกับการท่องเที่ยวในช่วงปลายศตวรรษที่ 19 และต้นศตวรรษที่ 20 ของกรีกด้านศิลปะและมนุษยศาสตร์ผ่านแบบจำลองแบบ 3 มิติเพื่อทำให้เกิดความน่าสนใจและดึงดูดต่อผู้ที่พบเห็นได้เป็นอย่างดี

Ramy H. et al. [7] ได้จำลองโลกเสมือนจริงในห้องสมุดของมหาวิทยาลัยเพื่อสร้างบรรยากาศแบบจำลองของการเที่ยวชม

พิพิธภัณฑ์ โดยผู้ที่เข้าร่วมทดสอบต่างให้ความเห็นว่าได้รับประสบการณ์แบบใหม่ในมุมมองของโลกเสมือนจริงที่สามารถถ่ายทอดได้คล้ายกับไปเที่ยวชมพิพิธภัณฑ์จริง อีกทั้งเขายังทำการจำลองพิพิธภัณฑ์อียิปต์ด้วยวิธีแบบ Mixed Reality (MR) เพื่อทำการทดลองการสร้างโลกเสมือนจริงอีกด้วย [8]

Gert Jan H. et al. [9] ได้ทดลองเอาระบบโลกเสมือนจริงโดยใช้เทคโนโลยีแบบ AR ไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาโบราณคดีในห้องเรียน เพื่อทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ และมีแรงกระตุ้นในการเรียนรู้ โดยผลที่ได้พบว่า กลุ่มนักเรียนเกิดความสนใจและมีความตื่นตัวกับการเรียนในรูปแบบใหม่ผ่านเทคโนโลยีโลกเสมือนจริงเป็นอย่างมาก

Niccolo P. Et al. [10] ได้ทำการจำลองเหตุการณ์โลกเสมือนจริงโดยจำลองเสียงของการเป่าขลุ่ยโบราณของอียิปต์ในพิพิธภัณฑ์ โดยเมื่อผู้ที่เข้าชมได้เข้าใกล้ภาพของขลุ่ยโบราณ ซึ่งวิธีการดังกล่าวถือเป็นการนำเสนอแบบใหม่ที่ทำให้ผู้เยี่ยมชมเกิดการรับรู้และเกิดความรู้สึกที่เข้าถึงในการเยี่ยมชมประวัติศาสตร์ผ่านการจำลองโลกเสมือนจริงได้เป็นอย่างดี

แนวความคิดในการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีโลกเสมือนจริงแบบ AR จึงถือได้ว่าเป็นการสร้างประสบการณ์ที่แปลกใหม่ให้แก่นักท่องเที่ยว โดยเฉพาะการท่องเที่ยวเยี่ยมชมโบราณสถานจริงแบบย้อนยุค (Virtual reality history system) เพื่อทำให้เกิดมุมมอง และสร้างแรงดึงดูดให้กับนักท่องเที่ยว โดยเฉพาะชาวต่างชาติ ให้ได้สัมผัสและเกิดความหลงใหลในประวัติศาสตร์ของจังหวัดเชียงใหม่ได้อย่างไม่ลืมหืม

## 2. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

### 2.1 ทำการศึกษาในเชิงโบราณคดีและเชิงประวัติศาสตร์ในเรื่องความเป็นมาของวัดเจดีย์หลวงวรวิหาร

วัดเจดีย์หลวงวรวิหาร หรือวัดโชติการาม หรือราชภู หรือภูาราม เป็นโบราณสถานใจกลางเมืองของจังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากว่าเป็นวัดที่มีประติมากรรมเจดีย์ใหญ่ที่สุดในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งถูกสร้างขึ้นในสมัยรัชกาลพระเจ้าแสนเมืองมา โอรสของพญาเกือนา กษัตริย์องค์ที่ ๑ แห่งราชวงศ์มังราย (พ.ศ. ๑๕๑๓-๑๕๕๔) โดยต่อมาพระยาโคตรบองได้นำไพร่พลให้ช่างขยายองค์เจดีย์ให้มีความสูงและกว้างกว่าเดิม โดยได้ทรงโปรดให้สร้างเสริมส่วนสูงเพิ่มขึ้นเป็น ๘๐ เมตร และฐานสี่เหลี่ยมกว้างด้านละ ๕๖ เมตร ซึ่งปรับปรุงทรงเป็นแบบโลหะปราสาท

ของลังกา และมีรูปลักษณะทรงเจดีย์เป็นแบบพุกาม อีกทั้งมีการ  
ดัดแปลงซุ้มจรนมา มุขเจดีย์ด้านตะวันออกให้เป็นซุ้มและแท่นที่  
ประดิษฐานพระแก้วมรกต โดยเจดีย์ดังกล่าวถูกสร้างเสร็จในปี  
พ.ศ. ๒๐๒๔ หลังจากนั้นจึงได้อัญเชิญพระแก้วมรกตมา  
ประดิษฐานระหว่างปี พ.ศ. ๒๐๑๑-๒๐๕๑ ซึ่งยาวนานถึง ๔๐ ปี  
และในสมัยพระเมืองแก้วหรือ พญาแก้วมีการบูรณะอีกครั้งโดย  
ขยายฐานใหม่ให้ใหญ่ขึ้นอีก ต่อมาในสมัยพระนางจเรศประภา  
ได้เกิดแผ่นดินไหวเมื่อ พ.ศ. ๒๐๘๘ ทำให้ยอดเจดีย์หักโค่นลง  
ทำให้ในปัจจุบัน ตัวองค์เจดีย์จึงมีความสูงคงเหลือเพียง ๔๐.๘  
เมตร และฐานกว้างด้านละ ๖๐ เมตร

## 2.2 การสร้างโมเดลแบบจำลอง 3 มิติ

ในการศึกษาครั้งนี้ ทีมผู้วิจัยได้ศึกษารูปร่างสัญญาณจากแบบ  
เจดีย์องค์สมบูรณ์ และจากแบบร่างของกรมศิลปกร รวมไปถึง  
หน่วยงานที่ดูแลโบราณสถานเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการสร้าง  
แบบจำลองของวัดเจดีย์หลวง

### 2.2.1 โปรแกรมออดิเอสก์มายา (Autodesk Maya)

ใช้สำหรับขึ้นรูปแบบจำลองของวัตถุทั้งหมดในโลกเสมือนจริง  
ในส่วนของเจดีย์วัดเจดีย์หลวง โดยมีขั้นตอนการสร้าง  
แบบจำลองดังนี้

1. ปั้นแบบจำลองด้วยรูปทรงเรขาคณิตพื้นฐาน
2. ใส่ตัวควบคุมการเคลื่อนไหว
3. ใส่รูปพื้นผิวหรือ Texture
4. จัดแสงและเงา
5. สร้างเป็นไฟล์สำหรับใช้ในโปรแกรมสร้างโลกเสมือนจริง

ซึ่งในการสร้างโมเดล 3 มิติในโปรแกรมออดิเอสก์มายา  
(Autodesk Maya) จะแบ่งเป็นความละเอียดของโมเดล สำหรับการ  
ปั้นโมเดลของสถาปัตยกรรมหรือเจดีย์นั้น ซึ่งการขึ้นรูปด้วย  
วิธีดังกล่าว สามารถที่จะแบ่งชนิดย่อยๆ ได้สองแบบคือ โมเดล  
แบบความละเอียดต่ำ (Low polygon model) และโมเดลแบบ  
ความละเอียดสูง (High polygon model) ดังต่อไปนี้

#### 1) โมเดลแบบความละเอียดต่ำ

เป็นโมเดลที่ใช้จำนวนโพลีกอนที่ไม่มากนัก ข้อดีของโมเดล  
แบบนี้คือ สามารถสร้างและแก้ไขรายละเอียดเพิ่มเติมได้ง่าย  
และประหยัดเวลาในการประมวลผลภาพหรือเรนเดอร์ (Render)  
 อีกทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์มีการทำงานที่ไม่หนักมากจึงเหมาะกับ

งานที่ต้องการความรวดเร็วในการประมวลผลที่สูงเช่นแอป  
พลิเคชันบนอุปกรณ์พกพาหรือโมเดลสำหรับเกมต่างๆ

#### 2) โมเดลแบบความละเอียดสูง

เป็นโมเดลที่มีความละเอียดสูง ที่มีจำนวนโพลีกอนที่ใช้ในการ  
ทำงานรวมทั้งขนาดไฟล์ของโมเดลมากขึ้นตามไปด้วย และ  
เนื่องจากความใหญ่และมีความละเอียดทำให้โมเดลแบบนี้ต้อง  
ใช้เวลาในการประมวลผลต่างๆ ค่อนข้างมากซึ่งส่วนใหญ่โมเดล  
ในลักษณะแบบนี้มักจะถูกใช้ในงานประเภทที่ต้องการความ  
สมจริงมากๆ เช่น งานภาพยนตร์ งานโฆษณา หรือในการเริ่ม  
เรื่องหรือฉากเริ่มต้นในส่วนที่เป็นแอนิเมชันของเกมต่างๆ เป็น  
ต้น หลังจากที่ได้โมเดลในการสร้างวัตถุในแอปพลิเคชันแล้วจึงนี้  
ได้ใช้โปรแกรม Unity3D Engine มาทำการแสดงผลในระบบ  
AR

### 2.2.2 โปรแกรมยูนิตี้ทรีดี (Unity3D)

เป็น โปรแกรม สำหรับ สร้าง แอปพลิเคชันขึ้นมา โดย  
ความสามารถของโปรแกรมคือ จัดการการเคลื่อนไหวของ  
แบบจำลอง สร้างสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ และสร้าง  
ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ และที่สำคัญโปรแกรมยังสามารถทำงานและ  
แสดงผลได้ทั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และบนเว็บไซต์ได้

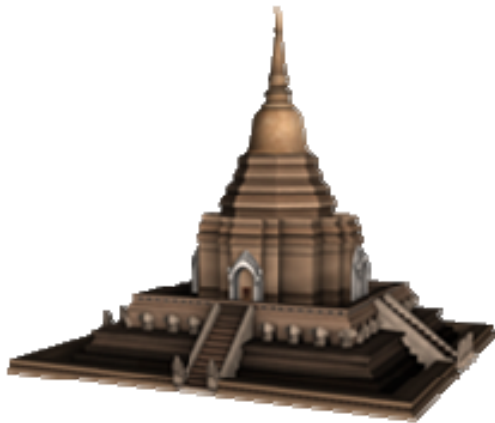
## 3. ผลการดำเนินงาน

### 3.1 การสร้างโมเดลแบบจำลอง 3 มิติ

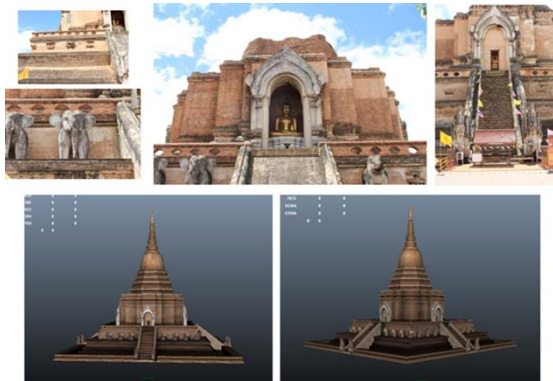
ในการสร้างโมเดล จะเริ่มจากนำเข้าโมเดลสามมิติจากโปรแกรม  
Autodesk Maya เข้ามาใช้ในโปรแกรม Unity3D Engine โดย  
นำเข้าไฟล์งานที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบจำลองจำพวก .ma,  
.mb หรือ Export file .fbx เนื่องจากโดยพื้นฐานแล้ว โปรแกรม  
Unity จะมีความเข้าใจและจดจำ คำพารามิเตอร์ ที่ถูกเชื่อมต่อมา  
เรียบร้อยแล้วโดยไม่ต้องใส่ค่าเข้าไปใหม่ ซึ่งได้แก่

- ตำแหน่ง การหมุน ขนาด และจุดอ้างอิง ของโมเดล
- โมเดลพร้อมสีที่ใช้กับโมเดล (Mesh with vertex color) และ UV
- พื้นผิวของโมเดล (Material with texture and diffuse color)
- แอนิเมชัน (Animation with IK&FK)
- กระดูกของตัวละคร (Bone-based Animations)

แต่อย่างไรก็ตาม การนำเข้าไฟล์เหล่านี้ อาจมีข้อผิดพลาด  
ในเรื่องของพื้นผิวได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับเวอร์ชันของโปรแกรมที่ใช้ใน  
แต่ละเครื่อง ซึ่งการสร้างโมเดล 3 มิติจะแสดงได้ดังในรูปที่ 1  
และ รูปที่ 2



รูปที่ 1. ภาพแสดง โมเดลเจดีย์ของวัดเจดีย์หลวงจากโปรแกรม  
3 มิติ

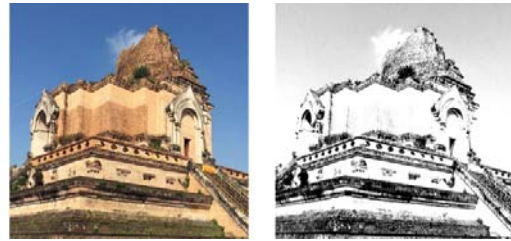


รูปที่ 2. ภาพแสดง โมเดลเจดีย์ของวัดเจดีย์หลวงจากโปรแกรม  
3 มิติ

### 3.2 การสร้างแอปพลิเคชัน

ในการทำแอปพลิเคชัน Augmented Reality จะต้องอาศัยสิ่งที่เรียกว่า marker เพื่อทำให้เป็นการมองเห็นในลักษณะ 3 มิติ เนื่องจากในกระบวนการทำ Augmented Reality จะต้องใช้ marker เพื่อกำหนดจุดคำสั่งในการกำหนดแกน หรือ ด้านของวัตถุ เพื่อการแสดงผลให้ถูกต้อง หากเป็นการสร้างแอนิเมชัน ก็จะเป็นการสั่งให้เกิดการแสดงผลแอนิเมชันขึ้น และ marker จะต้องมีความแตกต่างของสี ขาว ดำ อย่างชัดเจน โดยการกำหนดจุดให้พอดีกับ marker จะใช้มุมของฐานเจดีย์วัดเจดีย์หลวงในปัจจุบันที่ไม่สมบูรณ์มาเป็น marker ดังรูปที่ 3

โดยในการใช้งานของแอปพลิเคชันจะใช้ร่วมกันกับฟังก์ชันกล้องถ่ายรูปของอุปกรณ์เคลื่อนที่ และทำการถ่ายรูปไปยังตัวขององค์เจดีย์ ดังแสดงในรูปที่ 4 รูปที่ 5 และรูปที่ 7



รูปที่ 3. ตัวอย่างvmarker ที่เกิดจากภาพจริง



รูปที่ 4. ภาพแสดงหน้าจอเริ่มต้นของแอปพลิเคชัน



รูปที่ 5. ภาพแสดงหน้าจอภาพสามมิติที่ทับกับ โมเดลจริง

ในสร้างโมเดล 3 มิติ จะต้องทำพื้นผิวให้ใกล้เคียงกับโมเดลของเดิมที่สุด ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม Photoshop ในการตกแต่งโมเดล ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6. ภาพแสดงพื้นผิวที่มีความความกลมกลืนกับของจริง



รูปที่ 7. ภาพแสดงการถ่ายภาพร่วมกับโมเดลสามมิติ

#### 4. บทสรุปและการอภิปราย

การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยวในโลกเสมือนจริง เป็นแนวทางที่จะช่วยให้นักท่องเที่ยวสามารถที่จะสัมผัสกับประสบการณ์ในการท่องเที่ยวแบบใหม่ ทีมผู้วิจัยได้

ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโลกเสมือนจริง (Augmented Reality) เข้ามาใช้ในการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมเสมือนจริงแบบย้อนยุค (Virtual reality history system) ซึ่งช่วยทำให้นักท่องเที่ยวได้ทราบถึงลักษณะของโบราณสถานที่พังทลายหรือไม่สมบูรณ์ในปัจจุบัน แต่ถูกทำให้สามารถที่จะเห็นถึงความสมบูรณ์ในแบบดั้งเดิมของโบราณสถานผ่านการใช้แอปพลิเคชันนี้ได้ อีกทั้งหน่วยงานทางการศึกษา สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาประวัติศาสตร์ โดยเฉพาะนักเรียนและนักศึกษาในพื้นที่ที่สามารถที่จะศึกษา และเรียนรู้ประวัติศาสตร์ของเมืองเชียงใหม่ได้ด้วยตนเอง ผ่านแอปพลิเคชันนี้ ซึ่งแอปพลิเคชันสามารถที่จะแสดงผลได้กลมกลืนกับเจดีย์จริงในระดับดีมาก อีกทั้งยังแสดงพื้นผิวได้ใกล้เคียงกับตัวเจดีย์เดิม

ในการทดสอบการใช้งานของแอปพลิเคชัน ทีมผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่และนำเสนอให้นักท่องเที่ยวที่เข้ามาเยี่ยมชมในบริเวณวัดเจดีย์หลวง(ชาวต่างชาติ 10 คน ชาวไทย 20 คน) ได้ทดลองใช้งานแอปพลิเคชันดังกล่าวเพื่อทดสอบความพึงพอใจและเก็บข้อมูลเพื่อนำไปพัฒนาและปรับปรุงซึ่งผลจากการทดลองใช้งานพบว่านักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจ และมีความชื่นชมถึงแนวคิดในการประยุกต์ในการใช้เทคโนโลยีโลกเสมือนจริงในการสร้างความประทับใจให้กับนักท่องเที่ยวในการเชื่อมโยงอารมณ์ความรู้สึกในการเยี่ยมชมโบราณสถานระหว่างโลกปัจจุบันกับโลกในอดีตได้ แต่อย่างไรก็ตามแอปพลิเคชันดังกล่าวยังมีข้อจำกัดคือ เนื่องจากทีมผู้วิจัยได้ใช้แบบ Marker ในการวิเคราะห์ภาพโดยใช้ลักษณะต่างๆ (Natural Features) ที่อยู่ในภาพของกล้องสมาร์ทโฟนวิเคราะห์ (Marker-less based AR) ซึ่งอาจเกิดความคิดพลาดในการแสดงผลได้ หากตำแหน่งจุดอื่นของผู้ใช้แอปพลิเคชันไม่ตรงตำแหน่ง หรือหากในวันนั้นแสงสว่างของท้องฟ้าไม่เพียงพอ ก็จะส่งผลให้ความแตกต่างระหว่างตัวองค์เจดีย์และท้องฟ้าจะมองไม่เห็นรายละเอียดได้มากนักซึ่งในการแก้ไขสำหรับแอปพลิเคชันในเวอร์ชันใหม่ จะต้องใช้เทคนิคแบบ Location Based Tracking เข้ามาช่วยในการติดตามตามข้อมูลบอกตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ตำแหน่งของอุปกรณ์ GPS (ลองจิจูด, ละติจูด, ความสูง, ตำแหน่งเข็มทิศและการอ่านมาตรความเร่ง)ซึ่งมีอยู่ในสมาร์โฟนอยู่แล้วเข้ามาช่วยในการแสดงผลของแบบจำลองในแอปพลิเคชันมีความแม่นยำที่มากขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- [1] M. R. Heim, *Virtual Reality Wave 3*. Elsevier Inc., 2017.
- [2] C. Mahn, “The virtual tourist gaze in Greece, 1897-1905,” *Ann. Tour. Res.*, vol. 48, pp. 193–206, 2014, doi: 10.1016/j.annals.2014.06.001.
- [3] L. Repola, N. Scotto di Carlo, D. Signoretti, and J. Leidwanger, “Virtual simulation of a late antique shipwreck at Marzamemi, Sicily: Integrated processes for 3D documentation, analysis and representation of underwater archaeological data,” *Archaeol. Prospect.*, vol. 25, no. 2, pp. 99–109, 2018, doi: 10.1002/arp.1592.
- [4] A. H. and A. L. Theodore Koterwas, Jessica Suess, Scott Billings, “Augmenting Reality in Museums with Interactive Virtual Models,” *Augment. Real. Virtual Real.*, pp. 119–132, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-64027-3.
- [5] L. Duan, T. Guan, and Y. Luo, “Wide area registration on camera phones for mobile augmented reality applications,” *Sens. Rev.*, vol. 33, no. 3, pp. 209–219, 2013, doi: 10.1108/02602281311324663.
- [6] D. Liu, K. K. Bhagat, Y. Gao, and T. Chang, “Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education,” in *The Potentials and Trends of Virtual Reality in Education*, pp. 105–130, 2017.
- [7] R. Hammady and M. Ma, “Designing Spatial UI as a Solution of the Narrow FOV of Microsoft HoloLens: Prototype of Virtual Museum Guide,” pp. 217–231, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-06246-0\_16.
- [8] R. Hammady, M. Ma, C. Strathern, and M. Mohamad, “Design and development of a spatial mixed reality touring guide to the Egyptian museum,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 79, no. 5–6, pp. 3465–3494, 2020, doi: 10.1007/s11042-019-08026-w.
- [9] G. J. Harkema and A. Rosendaal, “From cinematograph to 3D model: how can virtual reality support film education hands-on?,” *Early Pop. Vis. Cult.*, vol. 18, no. 1, pp. 70–81, 2020, doi: 10.1080/17460654.2020.1761598.
- [10] N. Pretto, E. Micheloni, S. Gasparotto, C. Fantozzi, G. De Poli, and S. Canazza, “Technology-Enhanced Interaction with Cultural Heritage: An Antique Pan Flute from Egypt,” *J. Comput. Cult. Herit.*, vol. 13, no. 2, 2020, doi: 10.1145/3355395.