# การสร้างแบบจำลองภายในอาคารโบราณสถาน เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวแบบเสมือน ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้

# An indoor model reconstruction of heritage building for virtual tourism using Close-range photogrammetry

**จิรวิชญ์ มีไทย**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

**วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์**

**พฤศจิกายน 2562**

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์และหัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรีเรื่อง “การสร้างแบบจำลองภายในอาคารโบราณสถาน เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวแบบเสมือน ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้” (An indoor model reconstruction of heritage building for virtual tourism using Close-range photogrammetry) นิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

.....

(อาจารย์ ดร.พลปรีชา ชิดบุรี)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(รองศาสตราจารย์ พัฒนา ราชวงศ์)

ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ พัฒนา ราชวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

**ประกาศคุณูปการ**

งานวิจัยเรื่อง การสร้างแบบจำลองภายในอาคารโบราณสถาน เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวแบบเสมือน ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร.พลปรีชา ชิดบุรี อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้สละเวลาอันมีค่ายิ่ง มาให้คำปรึกษา คำชี้แนะ ตลอดจนแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์สำหรับผู้วิจัย และขอขอบคุณคณาจารย์สาขาภูมิศาสตร์ ที่ได้ให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะ ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีตามระยะเวลาที่กำหนด

และขอขอบคุณ นาย โสภณัฐ รังสี เพื่อนของผู้วิจัย ที่มีความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่สำหรับกล้องถ่ายภาพในการให้ใช้อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล สำหรับการทำวิทยานิพนธ์ รวมไปถึงเพื่อน ๆ ของผู้วิจัยอีกหลายต่อคน ที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้เสมอมา และกราบขอบพระคุณ มารดา ของผู้วิจัย ที่คอยเป็นกำลังใจ และคอยช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน แก่ผู้วิจัย จนจัดทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ ผู้วิจัยขออุทิศให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และผู้วิจัยหวังว่าวิทยานิพนธ์เรื่อง การสร้างแบบจำลองภายในอาคารโบราณสถาน เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวแบบเสมือน ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ จะมีประโยชน์ต่อการวางแผน และพัฒนาแนวทางการท่องเที่ยวแบบเสมือนได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

จิรวิชญ์ มีไทย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

| | |
|---|---|
| **ชื่อเรื่อง** | **การสร้างแบบจำลองภายในอาคารโบราณสถาน เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวแบบเสมือน ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้** |
| **ผู้วิจัย** | จิรวิชญ์ มีไทย |
| **ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์** | ดร. พลปรีชา ชิดบุรี |
| **ประเภทสารนิพนธ์** | วิทยานิพนธ์ วท.บ. สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2562 |
| **คำสำคัญ** | การสร้างแบบจำลองภายใน, อาคารโบราณสถาน, การสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้, ภาพเสมือนจริง |


**บทคัดย่อ**

เนื่องด้วยในปัจจุบันประเทศไทยกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ อีกทั้งยังมีผู้พิการที่มีปัญหาในการเดินทางเป็นจำนวนมาก จากข้อจำกัดดังกล่าว จึงเป็นอุปสรรคต่อการท่องเที่ยวด้วยตนเอง ประกอบกับภัยคุกคามที่เกิดขึ้นต่อแหล่งโบราณสถานมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งจากภัยของน้ำมือมนุษย์และภัยพิบัติทางธรรมชาติ งานวิจัยนี้จึงมีวัตุประสงค์เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวให้กับผู้สูงอายุ, ผู้พิการและผู้ที่สนใจ ผ่านการท่องเที่ยวแบบเสมือนจริงภายในอาคารโบราณสถาน อีกทั้งยังเป็นการอนุรักษ์อาคารโบราณไว้ในรูปแบบดิจิตอล โดยงานวิจัยนี้มีพื้นที่การศึกษาคือ ภายในอาคารของโบสถ์ วัดนาทราย อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลภาพถ่ายด้วยกล้อง DSLR (Digital single-lens reflex) และใช้เทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้สำหรับภายในอาคารโบราณสถาน เพื่อนำไปสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan จากนั้นนำแบบจำลองสามมิติที่ได้ไปสร้างภาพเสมือนจริงผ่านเว็บไซต์ Sketchfab และรับชมด้วย VR Glasses ซึ่งเป็นแว่นตาสำหรับการรับชมภาพเสมือนจริงกับสมาร์ทโฟน ผลลัพธ์งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 30 คน โดยมีคะแนนรวมเฉลี่ยของความพึงพอใจทั้งหมดเท่ากับ 3.54 จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้การสร้างแบบจำลองสามมิติภายในอาคารโบราณสถานด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ เพื่อนำไปสร้างภาพเสมือนจริงสำหรับสนับสนุนการท่องเที่ยวให้กับผู้สูงอายุและผู้พิการ อันเป็นแนวทางในการเข้าถึงแหล่งโบราณสถานได้อย่างง่ายและสะดวก



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University
All rights reserved

| | |
|---|---|
| **Title** | **An indoor model reconstruction of heritage building for virtual tourism using Close-range photogrammetry** |
| **Author** | Jirawit Meethai |
| **Advisor** | Dr. Polpreecha Chidburee |
| **Academic Paper** | Thesis B.S. in Geography, Naresuan University, 2019 |
| **Keywords** | An indoor model reconstruction, Heritage building, Close-Range Photogrammetry, Virtual Reality (VR) |


**Abstract**

Nowadays, Thailand is entering an aging society. Moreover, there are many the disabled people who may have problems with travelling. From those limitations, it is difficult for self-travelling. Also, the threat of heritage buildings has extremely increased from human activities and natural disasters. The aim in this research is to support tourism for the elderly, the disabled and the interesting person of an indoor heritage building through virtual reality (VR) in tourism. In addition, it can be utilised for the conservation of heritage buildings in terms of digital format. In this research, the study area is an indoor monastery of Na Sai temple, Lom Kao district in Phetchabun province. A digital single-lens reflex (DSLR) camera in the research was used to collect images for close-range photogrammetric approach in order to create an indoor, 3D-model of heritage building using Agisoft PhotoScan software. Then, virtual reality of an indoor, 3D-model heritage building was performed using the Sketchfab website with VR Glasses and a smart-phone. The results of this research were assessed the satisfaction of users through surveying from 30 people. It shows that the average total score of all satisfaction is 3.54 of 5. Thus, this research can be applied for the reconstruction of an indoor, 3D model for heritage buildings using close-range photogrammetry. Also, the virtual reality of an indoor heritage building can promote tourism for the elderly and the disabled. Finally, the accessibility of an indoor heritage building can be performed easily and conveniently



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

**สารบัญ**

**บทที่** **หน้า**

**1 บทนำ** ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ ..... 2

1.3 พื้นที่การศึกษา ..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 2

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย ..... 3

**2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** ..... 4

2.1 แบบจำลองสามมิติ ..... 5

2.2 การสร้างแบบจำลองสามมิติ ..... 5

2.2.1 ด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ (Laser scanner) ..... 5

2.2.2 การสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ (Close-range photogrammetry) ..... 7

2.3 การวางแผนการถ่ายภาพ ..... 9

2.4 เทคนิคการนำเสนอภาพเสมือนจริง (VR) ..... 11

2.5 การนำเสนอแบบจำลองสามมิติ และภาพเสมือนจริง ผ่านแอพพลิเคชั่น ..... 13

**3 ขั้นตอนการวิจัย** ..... 15

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ..... 15

3.1.1 อุปกรณ์ ..... 15

3.1.2 ซอฟท์แวร์ (software) ..... 16

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล ..... 16

3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายภายในอาคาร ..... 16

3.3 การประมวลผล ..... 17

3.4 การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองสามมิติ ..... 22

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

**สารบัญ (ต่อ)**


3.4.1 แก้ไขด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan ..... 22

3.4.2 การเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายด้วยโปรแกรม blender ..... 24

3.5 การตั้งค่าการมองภาพเสมือน ..... 35

3.5.1 การอัปโหลดแบบจำลองสามมิติ ..... 35

3.5.2 การตั้งค่าแสง ..... 36

3.5.3 การตั้งค่าสัดส่วนการมองภาพเสมือน ..... 38

3.6 การประเมินความพึงพอใจ ..... 39

**4 ผลการวิจัย** ..... 40

4.1ข้อมูลภาพถ่าย ..... 40

4.1.1 กรณีศึกษาที่ 1 วัดราชบูรณะ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ..... 40

4.1.2 กรณีศึกษาที่ 2 วัดนาทราย อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ ..... 41

4.2 การปรับแก้ภาพถ่าย ..... 42

4.3 การประมวลผลด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan ..... 43

4.4 การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองสามมิติ ..... 45

4.4.1 ผลลัพธ์การปรับปรุงแก้ไขด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan ..... 45

4.4.2 ผลลัพธ์การปรับปรุงแก้ไขด้วยโปรแกรม Blender ..... 46

4.5 การตั้งค่าการมองภาพเสมือน ..... 46

4.5.1 ผลลัพธ์ของการปรับแก้แสง ..... 46

4.5.2 ผลลัพธ์ของการตั้งค่าสัดส่วนการมองภาพเสมือน ..... 47

4.6 ผลการประเมินความพึงพอใจ ..... 47

4.6.1 ข้อมูลสถานภาพทั่วไป ..... 47

4.6.2 ผลการประเมินความพึงพอใจ ..... 49

**5 สรุปและอภิปรายผล** ..... 50


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

**สารบัญ (ต่อ)**

5.1 สรุปผลการวิจัย .....50

5.2 อภิปรายผล .....50

5.3 ข้อเสนอแนะ .....51

5.4 ปัญหาและอุปสรรค .....51

5.4.1 ข้อจำกัดด้านความละเอียดของแบบจำลองสามมิติ .....51

5.4.2 แว่นตา VR ลดความละเอียดของภาพเสมือนจริง .....52

5.4.3 ปัญหาสายตาของผู้สูงอายุ .....52

**บรรณานุกรม** .....53

**ภาคผนวก** .....56

ภาคผนวก ก .....57

ภาคผนวก ข .....59

**ประวัติผู้วิจัย** .....62

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

**สารบัญภาพ**

**ภาพ** **หน้า**

**ภาพที่ 1.1** โบสถ์วัดนาทราย---------- 2
**ภาพที่ 1.2** กรอบแนวคิดการวิจัย ---------- 3
**ภาพที่ 2.1**จิตรกรรมฝาผนัง วัดพระเชตุพนวิมลมังคลาราม----------4
**ภาพที่ 2.2** จิตรกรรมฝาผนังวัดราชบูรณะ---------- 5
**ภาพที่ 2.3** เครื่องสแกน LEICA SCAN STATION (TLS)---------- 6
**ภาพที่ 2.4** ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จาก LASER SCANNING ---------- 6
**ภาพที่ 2.5** ตัวอย่างผลลัพธ์แบบจำลองสามมิติที่ได้จาก LASER SCANNING---------- 6
**ภาพที่ 2.6** การติดจุดควบคุมภาพถ่าย----------7
**ภาพที่ 2.7** การกำหนดจุดควบคุมภาพถ่าย---------- 7
**ภาพที่ 2.8** โครงข่ายของข้อมูลภาพถ่าย ---------- 8
**ภาพที่ 2.9** การถ่ายภาพด้านหน้าที่ถูก---------- 9
**ภาพที่ 2.10** การถ่ายภาพด้านหน้าที่ผิด ---------- 9
**ภาพที่ 2.11** การถ่ายภาพภายในที่ถูก ---------- 9
**ภาพที่ 2.12** การถ่ายภาพภายในที่ผิด ---------- 9
**ภาพที่ 2.13** ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จาก CLOSE-RANGE PHOTOGRAMMETRY---------- 10
**ภาพที่ 2.14** โทรศัพท์มือถือ IPHONE 6---------- 11
**ภาพที่ 2.15** กล้อง NIKON D5100---------- 11
**ภาพที่ 2.17** ชุดหูฟัง OCULUS RIFF---------- 12
**ภาพที่ 2.16** อุปกรณ์ KINECT---------- 12
**ภาพที่ 2.18** การทดสอบระบบ VR---------- 12
**ภาพที่ 2.19** ตัวอย่างภาพ VR ---------- 13
**ภาพที่ 2.20** แบบจำลองสามมิติในแอพพลิเคชั่น KONZERTHAUS PLUS ---------- 14
**ภาพที่ 3.1** กล้อง Nikon d5100----------15
**ภาพที่ 3.2** IPHONE 6 ---------- 15
**ภาพที่ 3.3** แว่นตา VR ---------- 16
**ภาพที่ 3.4** แบบแผนการถ่ายภาพ---------- 17

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

**ภาพที่ 3.5** ระยะห่างระหว่างภาพถ่าย---17
**ภาพที่ 3 6** วิธีการ ADD CHUNK ---17
**ภาพที่ 3.7** การ ADD PHOTO ---18
**ภาพที่ 3.8** ผลลัพธ์การ ADD PHOTO---18
**ภาพที่ 3.9** การ ESTIMATE PHOTO QUALITY ---18
**ภาพที่ 3.10** กระบวนการ BATCH PROCESS ---19
**ภาพที่ 3.11** เครื่องมือในการประมวลผลภาพถ่าย---19
**ภาพที่ 3.12** ผลเบื้องต้นของการ ALIGN PHOTO---20
**ภาพที่ 3.13** ผลเบื้องต้นของการ BUILD DENSE CLOUD---20
**ภาพที่ 3.14** ผลเบื้องต้นของการ BUILD MESH ---21
**ภาพที่ 3.15** ผลเบื้องต้นของการ BUILD TEXTURE---21
**ภาพที่ 3.16** ส่วนเกินของแบบจำลองสามมิติ ---22
**ภาพที่ 3.17** เครื่องมือ SELECTION---22
**ภาพที่ 3.18** การลบส่วนเกินของแบบจำลองสามมิติ ---23
**ภาพที่ 3.19** ผลลัพธ์ของการลบส่วนเกิน ---23
**ภาพที่ 3.20** ช่องว่างของแบบจำลองสามมิติ---24
**ภาพที่ 3.21** การ EXPORT แบบจำลองสามมิติ---24
**ภาพที่ 3.22** การเลือกนามสกุลไฟล์---25
**ภาพที่ 3.23** หน้าแรกของโปรแกรม BLENDER---25
**ภาพที่ 3.24** การ IMPORT FILE ---26
**ภาพที่ 3.25** การ IMPORT FILE (2) ---26
**ภาพที่ 3.26** การลบ CUBE ---27
**ภาพที่ 3.27** การเปลี่ยนสีของแบบจำลอง---27
**ภาพที่ 3.28** การ ADD CUBE---28
**ภาพที่ 3.29** ผลลัพธ์ของการ ADD CUBE ---28
**ภาพที่ 3.30** การแก้ไขรูปร่างของ CUBE---29
**ภาพที่ 3.31** ผลลัพธ์ของการปรับแก้รูปร่างของ CUBE---29
**ภาพที่ 3.32** การแบ่งหน้าจอ ---30
**ภาพที่ 3.33** การ UV EDITOR---30

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

**ภาพที่ 3.34** การ UV EDITOR (2)---31
**ภาพที่ 3.35** การ UV EDITOR (3)---31
**ภาพที่ 3.36** การ OPEN IMAGE ---32
**ภาพที่ 3.37** ผลลัพธ์การ OPEN IMAGE---32
**ภาพที่ 3.38** การ UNWRAP---33
**ภาพที่ 3.39** การกำหนดขอบเขตของสีรูปภาพ ---33
**ภาพที่ 3.40** ผลลัพธ์การ UV EDITOR---34
**ภาพที่ 3.41** การปรับรูปร่างของ CUBE ที่ UV EDITOR แล้ว---34
**ภาพที่ 3.42** การ EXPORT MEDEL ---35
**ภาพที่ 3.43** การเลือกชนิดของรูปภาพ---35
**ภาพที่ 3.44** การบีบอัดไฟล์ เพื่ออัปโหลดลงเว็บไซต์ ---36
**ภาพที่ 3.45** แบบจำลองที่อัปโหลดแล้ว ---36
**ภาพที่ 3.46** การปรับแสง---37
**ภาพที่ 3.47** การปรับแสง (2)---37
**ภาพที่ 3.48** การปรับแสง (3)---38
**ภาพที่ 3.49** การตั้งค่าการมองภาพเสมือน---38
**ภาพที่ 3.50** อุปกรณ์ในการรับชมภาพเสมือนจริง ---39
**ภาพที่ 4.1** ข้อมูลภาพถ่ายของวัดราชบูรณะ---40
**ภาพที่ 4.2** ข้อมูลภาพถ่ายของวัดนาทราย (แนวตั้ง)---41
**ภาพที่ 4.3** ข้อมูลภาพถ่ายของวัดนาทราย (แนวนอน) ---41
**ภาพที่ 4.4** ก่อนการปรับแก้ภาพถ่าย ---42
**ภาพที่ 4.5** หลังการปรับแก้ภาพถ่าย---42
**ภาพที่ 4.6** ผลลัพธ์จากการ ALIGN PHOTO---43
**ภาพที่ 4.7** ผลลัพธ์จากการ BUILD DENSE CLOUD---44
**ภาพที่ 4.8** ผลลัพธ์จากการ BUILD MESH ---44
**ภาพที่ 4.9** ผลลัพธ์จากการ BUILD TEXTURE---45
**ภาพที่ 4.10** ผลลัพธ์จากการปรับปรุงแก้ไขด้วยโปรแกรม AGISOFT PHOTOSCAN ---45
**ภาพที่ 4.11** ผลลัพธ์จากการปรับปรุงแก้ไขด้วยโปรแกรม BLENDER---46
**ภาพที่ 4.12** ผลลัพธ์จากการปรับแก้แสง ---46

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

**ภาพที่ 4.13** ผลลัพธ์จากการตั้งค่าสัดส่วนการมองภาพเสมือน ---------- 47
**ภาพที่ 4.14** กราฟแสดงข้อมูลสถานภาพทั่วไป (เพศ) ---------- 47
**ภาพที่ 4.15** กราฟแสดงข้อมูลสถานภาพทั่วไป (อายุ) ---------- 48
**ภาพที่ 4.16** กราฟแสดงข้อมูลสถานภาพทั่วไป (ระดับการศึกษา) ---------- 48
**ภาพที่ 4.17** กราฟแสดงข้อมูลสถานภาพทั่วไป (อาชีพ) ---------- 48

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

แหล่งโบราณสถาน โบราณวัตถุ ไม่ใช่สิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หากแต่เกิดจากความรู้ภูมิปัญญา สติปัญญา ความเชี่ยวชาญ ที่บ่งบอกถึง ผู้คน หมู่บ้าน เมือง และประเทศชาติของบรรพชน จนตกทอดมาถึงปัจจุบัน แหล่งโบราณสถาน และโบราณวัตถุทั้งหลายทั้งมวล จึงมีคุณค่าทางจิตใจในแง่ของความเป็นมาของชาติอย่างมาก เนื่องจากในปัจจุบันภัยคุกคามที่มีต่อแหล่งโบราณสถาน มีแนวโน้มสูงขึ้น ทั้งจากภัยตามธรรมชาติ อาทิ วาตภัย อุทกภัย และอีกหนึ่งปัจจัยคือจากน้ำมือของมนุษย์ที่ขาดจิตสำนึกในการอนุรักษ์สมบัติของชาติ การปลูกจิตสำนึกในการอนุรักษ์แหล่งโบราณสถานโดยการใช้ข้อมูลเสมือนจริง จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก และจากแนวโน้มของแต่ละสังคมทั่วโลกกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุมากขึ้น จากข้อจำกัดดังกล่าว อาจส่งผลกระทบต่อการเดินทางท่องเที่ยวในแหล่งโบราณสถานได้ยากมากยิ่งขึ้น เนื่องจากผู้สูงอายุส่วนใหญ่ มักจะมีปัญหาสุขภาพ ซึ่งแหล่งโบราณสถานส่วนใหญ่ ยังไม่มีการจัดการสถานที่ท่องเที่ยวแหล่งโบราณสถานสำหรับผู้สูงอายุได้ดีพอ ดังนั้นการสร้างข้อมูลเสมือนจริงเพื่อใช้ในการสนับสนุนการท่องเที่ยวแหล่งโบราณสถาน จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

การสร้างแบบจำลองภายในอาคารโบราณสถาน และสร้างภาพเสมือนจริงภายในอาคารโบราณสถาน โดยใช้การสำรวจด้วยภาพถ่าย เนื่องจากการใช้วิธีนี้เป็นวิธีที่มีความสะดวก และใช้ต้นทุนต่ำกว่าการสำรวจด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ โดยใช้กล้อง DSLR ในการเก็บข้อมูลภาพถ่าย หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างแบบจำลองสามมิติ และนำแบบจำลองสามมิติที่ได้ไปสร้างภาพเสมือนจริง การท่องเที่ยวแบบเสมือนจริง จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือก สำหรับผู้สูงอายุ และผู้พิการ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำการรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ (Close-range Photogrammetry) มาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองสามมิติของภายในอาคาร โดยใช้โปรแกรม Agisoft PhotoScan และนำแบบจำลองสามมิติที่ได้ไปปรับปรุง,แก้ไข เพื่อให้เกิดความถูกต้องและสวยงาม จากนั้นนำแบบจำลองสามมิติไปสร้างสร้างภาพเสมือนจริง (VR) ด้วยเว็บไซต์ Sketchfab เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวในแหล่งโบราณสถาน สำหรับผู้สูงอายุ และผู้พิการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

**1.2 วัตถุประสงค์**

เพื่อจัดทำแบบจำลองสามมิติและภาพเสมือนจริงของภายในอาคารโบราณสถาน สำหรับสนับสนุนการท่องเที่ยวสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการ และพัฒนาแนวทางในการสร้างแบบจำลองสามมิติภายในอาคารโบราณสถานจากการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้

**1.3 พื้นที่การศึกษา**

ขอบเขตของการศึกษาครั้งนี้คือบริเวณภายในโบสถ์ วัดนาทราย อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

***ภาพที่ 1.1*** *โบสถ์วัดนาทราย*

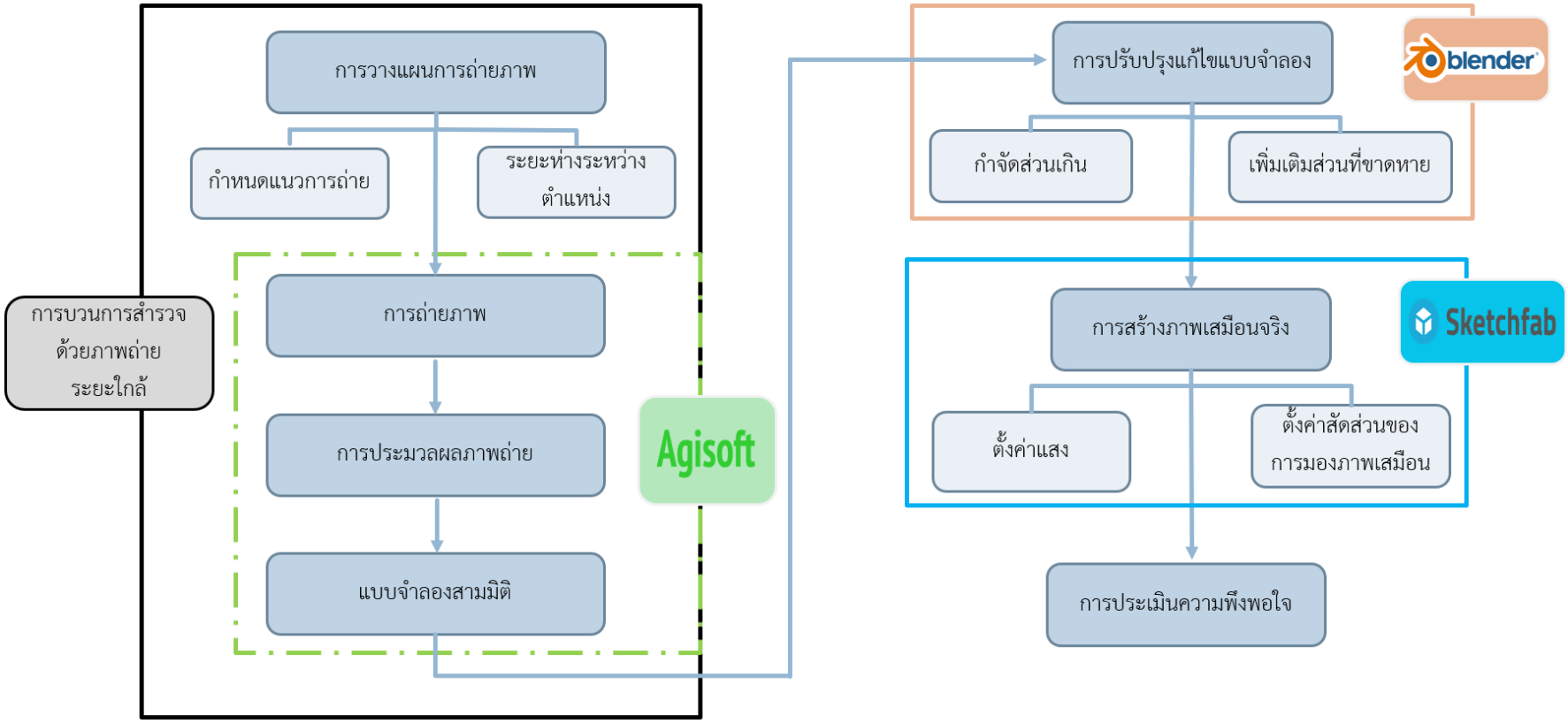
**1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. แบบจำลองสามมิติและภาพเสมือนจริงของภายในอาคารโบราณสถาน เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการ

2. การสร้างแบบจำลองสามมิติ และการทำภาพ VR (Virtual Reality) ด้วยวิธีการที่มีต้นทุนต่ำ ให้แก่ผู้ที่สนใจ เพื่อนำไปต่อยอดในด้านต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

## 1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย




***ภาพที่ 1.2*** *กรอบแนวคิดการวิจัย*

ลิขสิทธิ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

# บทที่ 2

## เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โบราณวัตถุ และโบราณสถาน เป็นหลักฐานทางประวัติศาสตร์ ที่บ่งบอกถึงความเป็นมาของกลุ่มชน หมู่บ้าน เมือง และประเทศชาติ ดังพระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช รัชกาลที่ 9 ในโอกาสที่ประพาสอยุธยา เมื่อปี พ.ศ. 2506 “โบราณสถานนั้นเป็นเกียรติของชาติ อิฐเก่าๆ แผ่นเดียวก็มีค่า ควรจะช่วยกันรักษาไว้ ถ้าเราขาดสุโขทัย อยุธยา และกรุงเทพฯ แล้ว ประเทศไทยก็ไม่มีความหมาย” เป็นหน้าที่ของคนรุ่นปัจจุบัน ที่จะอนุรักษ์สิ่งที่หลงเหลือจากบรรพชน ซึ่งเป็นคุณค่าทางจิตใจของคนไทย

ในปัจจุบันแหล่งโบราณสถานได้รับความเสียหายที่มากจากหลายๆปัจจัย อาทิ ปัจจัยที่มาจากธรรมชาติ เช่น อุทกภัย วาตภัย และแผ่นดินไหว ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายที่รุนแรง หากไม่ได้รับการป้องกันล่วงหน้า และอีกหนึ่งปัจจัยก็คือภัยที่มาจากน้ำมือของมนุษย์ เช่น การบุกรุกเพื่อสิ่งของมีค่า การท่องเที่ยวที่ไร้ซึ่งจิตสำนึกของการอนุรักษ์ ปัจจัยเหล่านี้ ล้วนเป็นภัยที่จะก่อให้เกิดความเสียหายแก่แหล่งโบราณสถาน การสร้างแรงจูงใจในการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์จึงมีความสำคัญอย่างมาก ต่อการอนุรักษ์แหล่งโบราณสถาน เป็นการปลูกจิตสำนึกให้มีความภูมิใจ และหวงแหนสมบัติของชาติ (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2516)

หนึ่งในโบราณสถานที่มีความสำคัญคือ พระอุโบสถ หรือโบสถ์ ซึ่งโบสถ์เป็นสถานที่ที่พระสงฆ์และพุทธศาสนิกชน ประกอบกิจกรรมทางศาสนาแล้ว ภายในโบสถ์ยังมีพระประทาน และ จิตรกรรมฝาผนัง ซึ่งมีอายุเก่าแก่แตกต่างกันไปในแต่ละสถานที่ ซึ่งพื้นฐานของสังคมไทยในสมัยก่อน มีการพบปะ เจรจา และทำกิจกรรม ซึ่งมีวัดเป็นศูนย์กลาง ด้านศาสนา ประเพณี รวมทั้งการศึกษา สังเกตุได้จาก งานจิตรกรรมบนฝาผนังของโบสถ์ ซึ่งเขียนถ่ายทอดเรื่องราวที่น่าสนใจ เป็นลวดลายที่มีความสวยงาม เป็นเอกลักษณ์ของความเป็นไทย เรื่องราวที่เขียนบนฝาผนังส่วนใหญ่จะมาจากประวัติศาสตร์ ความเชื่อทางศาสนา และวรรณกรรม ซึ่งแฝงไปด้วยคำสอนและข้อคิดที่น่าสนใจ การอนุรักษ์จิตรกรรมฝาผนังจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก (ดังภาพ 2.1 และ 2.2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

***ภาพที่ 2.1*** *จิตรกรรมฝาผนัง วัดพระเชตุพนวิมลมังคลาราม*

*ภาพที่ 2.2* จิตรกรรมฝาผนังวัดราชบูรณะ

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับเรื่องการสร้างแบบจำลองสามมิติภายในอาคาร และการสร้างภาพเสมือนจริง ซึ่งมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

**2.1 แบบจำลองสามมิติ**

แบบจำลองสามมิติ (Three-dimensional model) เป็นการสร้างรูปทรงหรือรูปร่างแบบสามมิติ โดยการกำหนดจุดต่าง ๆ และเชื่อมโยงจุดด้วยเส้นตรง เพื่อให้ได้รูปทรงตามต้องการ การใช้คอมพิวเตอร์สร้างรูปทรงสามมิติอาจทำได้โดยอัตโนมัติด้วยโปรแกรม ในกรณีที่รูปทรงเป็นแบบสมมาตร หรือรูปทรงเรขาคณิต หรือรูปทรงที่ประกอบขึ้นจากรูปทรงเรขาคณิตมาประกอบกัน หากเป็นรูปทรงที่ไม่สมมาตร หรือมีรายละเอียดมาก ก็จำเป็นต้องกำหนดจุดต่าง ๆ และลากเส้นต่อจุดเองด้วยผู้วาดภาพที่เชี่ยวชาญ เช่น การสร้างแบบจำลองสามมิติสำหรับใบหน้าและศีรษะมนุษย์ จำเป็นต้องกำหนดจุดเป็นจำนวนมากในหลักหมื่น เมื่อลากเส้นตรงต่อจุดเชื่อมโยงเป็นรูปใบหน้าและศีรษะในสามมิติ รูปทรงที่ได้เสมือนเกิดจากรูปสามเหลี่ยม หรือรูปสี่เหลี่ยม หรือรูปหลายเหลี่ยม (polygon) มาเรียงต่อ ๆ กันเป็นแบบเส้นโครง (wire-frame) สำหรับรูปใบหน้า และศีรษะมนุษย์ อาจมีจำนวนรูปหลายเหลี่ยมในหลักพัน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความละเอียดของการสร้างแบบจำลอง ในปัจจุบันการสร้างแบบจำลองสามมิติอาจทำได้จากการใช้เครื่องกราดสามมิติ เพื่อกราดรูปทรงจริงสามมิติ เช่น ใบหน้ามนุษย์ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลรูปหลายเหลี่ยมที่ได้ยังคงไม่สมบูรณ์ จึงต้องใช้ผู้วาดภาพด้วยคอมพิวเตอร์มาปรับแต่งข้อมูลที่อาจไม่ถูกต้อง ซึ่งคงต้องใช้เวลามาก (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2555)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

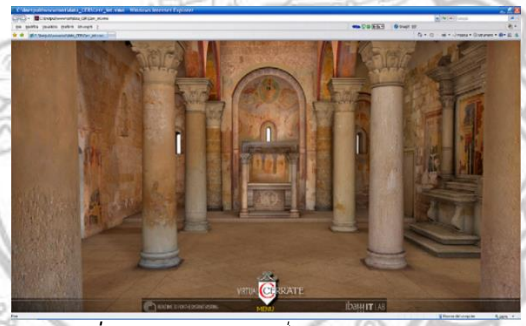
**2.2 การสร้างแบบจำลองสามมิติ**

**2.2.1 ด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ (Laser scanner)**

ชุดข้อมูลภาพสามมิติที่ได้จากการสแกนด้วยเครื่องเลเซอร์ภาคพื้นดินแบบ Time-of-Flight (TOF) (ดังภาพ 2.3) โดยได้รับการคัดเลือกด้านรูปร่าง พื้นผิว และขนาด โดยเมื่อพิจารณาแบบจำลองสามมิติของสุสาน Etruscan ที่มีจิตรกรรมฝาผนังอยู่หลายแห่ง แบบจำลองสามมิติที่ใช้นั้นถูกสร้างผ่านการเก็บข้อมูลสามมิติที่แม่นยำโดยเครื่องสแกนเลเซอร์ โดยมีการสุ่ม point cloud นั้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3-5 มิลลิเมตร ซึ่งนับว่ามีความละเอียดสูงมาก และโครงสร้างของ point cloud ได้รับการจัดระเบียบ

โดยการลบจุดที่ซ้ำซ้อนกันออก และได้รับการจัดตำแหน่ง และผสานรวมจุดทั้งหมดเข้าด้วยกัน ทำให้พื้นผิว และรูปร่างของแบบจำลองสามมิติที่ได้นั้น มีความละเอียดและเรียบเนียนมาก (ดังภาพ 2.4) (Fernández-Palacios et al, 2016)

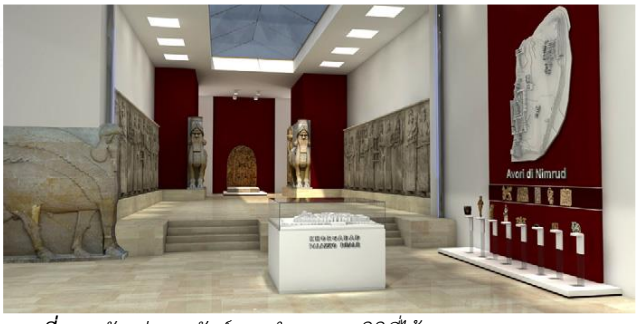
***ภาพที่ 2.3*** *เครื่องสแกน Leica Scan Station (TLS)*



***ภาพที่ 2.4*** *ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จาก laser scanning*

IbamITLab ได้ทำการทดสอบการเปรียบเทียบวิธีการสร้างแบบจำลองสามมิติโดยใช้เทคนิคการสแกนด้วยเครื่องเลเซอร์ โฟโตแกรมเมตรี และการสร้างแบบจำลองสามมิติจากภาพถ่ายแบบจำลอง ในแถบจังหวัด Basilicata ในประเทศอิตาลี โดยแบบจำลองสามมิติที่ใช้วิธีการเหล่านี้ เป็นประโยชน์สำหรับ รูปร่าง สัณฐานของสถาปัตยกรรม ทีมีความละเอียดอ่อน ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดเฉพาะ และการจัดการอนุสาวรีย์โดยรวม และรวมไปถึง ลักษณะของการตกแต่งพื้นผิว ทั้งภายในและภายนอก แต่ละอนุสาวรีย์ถูกสร้างแบบจำลองสามมิติ และศึกษาเกี่ยวกับบริบทต่าง ๆ ด้านสิ่งแวดล้อมของแต่ละสถานที่ ระบบความสัมพันธ์นี้ เป็นสิ่งที่ทำให้เข้าใจวิธีคิดเชิงสถาปัตยกรรมที่นำมาใช้ อย่างไรก็ตามเป้าหมายหลักของงานวิจัยนี้ก็คือ การทำให้สาธารณชนได้รับประโยชน์จากการเข้าเยี่ยมชม และเพลิดเพลินไปกับอนุสรณ์สถานต่าง ๆ (ดังภาพ 2.5) (Francesco Gabellone, 2009)

มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All




***ภาพที่ 2.5*** *ตัวอย่างผลลัพธ์แบบจำลองสามมิติที่ได้จาก laser scanning*

### 2.2.2 การสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ (Close-range photogrammetry)

มีการใช้ชิ้นส่วนจุดควบคุมภาพถ่ายที่สะท้อนแสงติดบนกำแพงสำหรับการรังวัด (marker) โดยยึดตามกฎการทดลอง โดยจุดควบคุมภาพถ่ายมีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 2 ขนาดก็คือ 14 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร โดยจะติดห่างกันเป็นระยะทุก ๆ 1 เมตร โดยจุดควบคุมภาพถ่ายที่มีขนาด 16 มิลลิเมตร จะติดอยู่บนกำแพงตึกฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือเรียกว่า base marker (เป็นระยะทาง 80 เมตร จากกล้อง) ส่วนจุดควบคุมภาพถ่ายที่มีขนาด 14 มิลลิเมตร จะตอกอยู่บนกำแพงดิน (เป็นระยะทาง 60 เมตรจากกล้อง) (ดังภาพ 2.6)

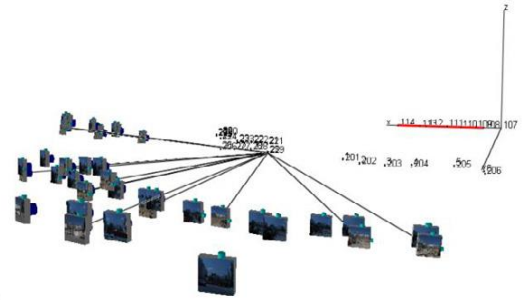
***ภาพที่ 2.6*** *การติดจุดควบคุมภาพถ่าย*

ในการปรับเทียบและกำหนดค่าสอบเทียบภายในกล้องในการถ่ายแนวระนาบ จะทดสอบตามขนาดของพื้นที่เป้าหมาย ในขั้นตอนของการออกแบบโครงข่าย และการหาทำเลที่ตั้งของจุดควบคุมภาพถ่าย ตามข้อจำกัดของโครงการ จำนวนสูงสุดของจุดควบคุมภาพถ่ายในข้อมูลภาพถ่าย และจะถูกวิเคราะห์โดยการบรรจบกันของที่ตั้งกล้อง (ดังภาพ 2.7)

การแก้ปัญหาของข้อจำกัดของพื้นที่การถ่ายภาพ และความเสถียรภาพของเครือข่าย เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ของความแม่นยำ โดยมีเงื่อนไขตามแนวคิด การทับซ้อนกันของภาพ (overlap) ของข้อมูลภาพถ่ายในแต่ละที่ตั้งกล้อง ดังภาพที่ 2.8 แสดงโครงข่ายที่สร้างขึ้นจากที่ตั้งกล้อง กับพื้นที่เป้าหมาย (ดังภาพ 2.8) (Farid Esmaeili at el, 2013)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

**ภาพที่ 2.7** การกำหนดจุดควบคุมภาพถ่าย



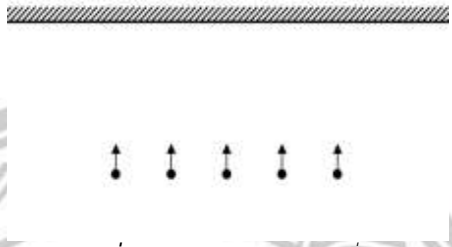
*ภาพที่ 2.8 โครงข่ายของข้อมูลภาพถ่าย*

งานรังวัดที่ต้องการความละเอียดสูงควรที่จะต้องมีกระบวนการที่สามารถวัดขนาดได้โดยที่ไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุโดยตรง ซึ่งมีวิธีการหนึ่งในปัจจุบันคือ การใช้เลเซอร์สแกนเนอร์ ผลที่ได้จะเป็นพื้นผิวเชิงเลข แต่ก็มีข้อเสียเนื่องจากค่าใช้จ่ายที่สูงมาก เพราะอุปกรณ์มีราคาแพง และก ารสแกนพื้นผิวของวัตถุจะมีความคลาดเคลื่อนแฝงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของตัวสแกนเนอร์ ด้วยเหตุนี้ วิธีการรังวัดขนาดด้วยการถ่ายภาพระยะใกล้ (Close-range Photogrammetry) จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ควรศึกษา เนื่องจากกล้องดิจิตอลที่มีขายในปัจจุบันมีราคาที่ถูกลง พร้อมกับความละเอียดในการถ่ายภาพที่สูงขึ้น ซึ่งมีความสอดคล้องกับงายวิจัยของ Amaneh E. Kenarsari , Stanley J. Vitton และ John E. Beard (2017) เรื่องการสร้างแบบจำลองสามมิติรอยยางรถแทรกเตอร์ ได้มีการอธิบายถึง Digital photogrammetry ว่า เป็นการใช้เทคนิคโฟโตแกรมเมตรีในการสร้างแผนที่ภูมิประเทศแบบเก่า ซึ่งใช้หลักในการซ้อนทับของภาพ หรือคู่สเตอริโอ ทำให้เกิดภาพสามมิติ แต่ในปัจจุบันโฟโตแกรมเมตรีได้รับการทางานอัตโนมัติ ด้วยการใช้การถ่ายภาพดิจิตอลและการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ กระบวนการนี้กำลังได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากต้นทุนต่ำและเป็นวิธีการทดสอบแบบ non-contact ลักษณะสำคัญของวิธีนี้ คือ ต้องใช้ภาพถ่ายจากผิวดินในมุมมองที่ต่างกัน โดยมีการซ้อนทับกัน 60-80% ทั้งในแนวแกน x และในแนวแกน Y ในขนาดที่ซอฟต์แวร์โฟโตแกรมเมตรี สามารถสร้างแบบจำลองสามมิติได้โดยใช้ภาพอย่างน้อย 2 ภาพ แต่อย่างไรก็ตามควรจะต้องมีจำนวนภาพที่เพียงพอเพื่อลดความคลาดเคลื่อนหรือข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น และลดบริเวณจุดบอดของภาพ การถ่ายภาพดินให้ชัดเจนเป็นสิ่งที่สำคัญในการพัฒนาภาพแบบจำลองรอยยางรถยนต์สามมิติ (ชาติชาย ไวยสุระสิงห์, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

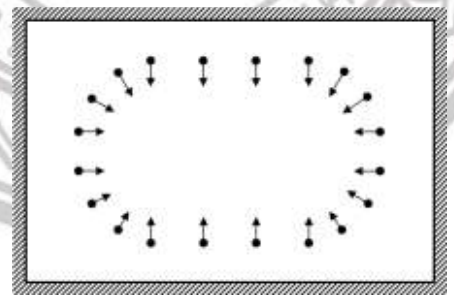
**2.3 การวางแผนการถ่ายภาพ**

1. รูปด้านล่างแสดงให้เห็นถึงแนวคิดของการวางแผนถ่ายรูปที่เหมาะสม



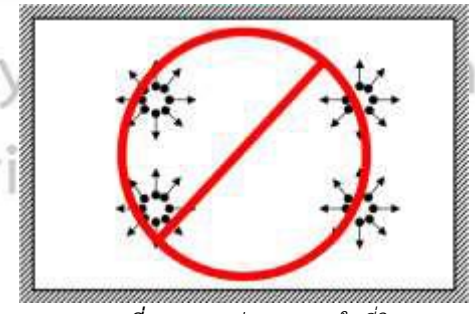
***ภาพที่ 2.9*** *การถ่ายภาพด้านหน้าที่ถูก*

***ภาพที่ 2.10*** *การถ่ายภาพด้านหน้าที่ผิด*



***ภาพที่ 2.11*** *การถ่ายภาพภายในที่ถูก*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by [illegible]niversity
All ri[illegible]



***ภาพที่ 2.12*** *การถ่ายภาพภายในที่ผิด*

2. เพื่อผลลัพธ์ที่ดีของการสร้างแบบจำลอง สิ่งที่จะรับประกันก็คือ การมีภาพซ้อนทับกันเพียงพอในชุดข้อมูล ในกรณีถ่ายภาพทางอากาศ ความต้องการในการซ้อนทับดังนี้ 60% ของด้านข้าง และ 80% ของด้านหน้า เป็นอย่างน้อย

3. ใส่ใจเกี่ยวกับชนิดของพื้นผิววัตถุ เพื่อสร้างเทคนิคการถ่ายภาพในการหลีกเลี่ยงพื้นผิวที่มันวาว ยกตัวอย่างเช่น ต้องถ่ายขาของมนุษย์ ให้ใส่ถุงเท้าที่มีพื้นผิวละเอียดมาก่อน ถ้ากำหนดเป้าหมายเป็นรถยนต์ ให้ทาผงแป้งกระจายไปบางส่วน เพื่อลดความมันวาว เป็นสีคล้ำ

4. ถ้าต้องสร้างแผนผังของพื้นผิว ต้องเตรียมการเป็นพิเศษ ก่อนที่จะทำการถ่ายภาพ ให้เหมือนตัวอย่างข้างต้น จำเป็นจะต้องมีภาพ 2 ชุด ของวัตถุเป้าหมายเดียวกัน อย่างแรกคือ พื้นผิวธรรมชาติของวัตถุนั้น และอย่างที่สอง คือมีการทาผงแป้ง หรืออื่น ๆ ซึ่งจุดสำคัญก็คือ ตำแหน่งกล้องของภาพทั้ง 2 ชุด ต้องมาจากตำแหน่งเดียวกัน

5. หากวางแผนจะทำการวัดใด ๆ ตามการสร้างใหม่ ต้องมีการสร้างเครื่องหมาย (marker) ด้วยระยะทางที่ทราบอยู่แล้วบนวัตถุ อาจจะวางไม้บรรทัดไว้ภายในพื้นที่ถ่าย ในการถ่ายทางอากาศอาจต้องการจุดอ้างอิงทางภูมิศาสตร์และ กระจายจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) (อย่างน้อย 10 จุด ทั่วทั้งพื้นที่) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพ และความแม่นยำเชิงเรขาคณิต และการอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ แต่ Agisoft PhotoScan นั้น สามารถดำเนินการสร้างใหม่ และการอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ได้ โดยไม่ต้องใช้จุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) (Agisoft, 2006)

***ภาพที่ 2.13*** *ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จาก close-range photogrammetry*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สรุป เลือกใช้การสำรวจด้วยภาพระยะใกล้ เพราะว่ามีความสะดวก ต้นทุนต่ำกว่าการรังวัดด้วย laser scanner ที่มีราคาสูงมาก และกล้องโทรศัพท์เป็นสิ่งที่มีอยู่ทุกคน จึงเหมาะแก่การรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ โดยงานวิจัยครั้งนี้ จะใช้กล้องด้วยกัน 2 แบบ คือ กล้องจากโทรศัพท์มือถือ (iPhone 6) และ กล้อง DSLR (Nikon D5100) (ดังภาพ 2.14 และ 2.15)

**ภาพที่ 2.14** โทรศัพท์มือถือ iPhone 6

***ภาพที่ 2.15*** *กล้อง Nikon D5100*

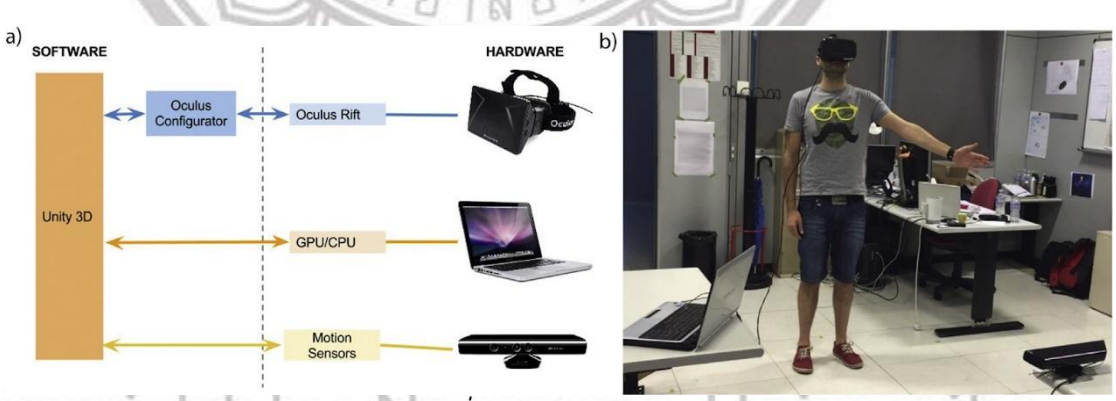
## 2.4 เทคนิคการนำเสนอภาพเสมือนจริง (VR)

ขั้นตอนการทำงานนั้นทำงานบน เอนจิ้นเกม Unity ควบคู่กับอุปกรณ์ natural interface เพื่อสร้าง แอพพลิเคชั่น VR ที่สมารถมองเห็นและเปิดเผย คุณสมบัติ และมรดกทางวัฒนธรรมผ่านทางดิจิทัล โดยใช้ชุดข้อมูลสามมิติที่ได้รับจาก laser scanner และ โฟโตแกรม เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือและการทำซ้ำ ของวิธีการ VR ภายใต้เงื่อนไขการปฏิบัติที่แตกต่างกันออกไป ไปป์ไลน์ของการจัดการรายละเอียดของแบบจำลองสามมิติ โดยไม่เสียคุณภาพของรูปทรงเรขาคณิต และพื้นผิว ด้วยการตอบโต้แบบ real-time อย่างคล่องแคล่ว นี่เป็นความต้องการที่จำเป็น จากการใช้ประโยชน์ของเนื้อหาทั้งหมดของแบบจำลองสามมิติ สำหรับการสร้างภาพการสื่อสาร การวิเคราะห์ และวัตถุประสงค์ทางการศึกษา มีการใช้งาน interface ที่เข้าใจง่าย ซึ่งได้รับจาก ชุดหูฟัง Oculus Riff สามารถรับข้อมูล metadata ได้ (ดังภาพ 2.16) วิธีการนี้ประกอบกับเครื่องมือ Kinect ช่วยให้ควบคุมการเคลื่อนไหวร่างกายของผู้ใช้ได้อย่างสมบูรณ์ (ดังภาพ 2.17) (Fernández-Palacios et al, 2016)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

***ภาพที่ 2.16*** *ชุดหูฟัง Oculus Riff*

***ภาพที่ 2.17*** *อุปกรณ์ Kinect*




***ภาพที่ 2.18*** *การทดสอบระบบ VR*

Copyright by Naresuan University
All rights reserved

*ภาพที่ 2.19 ตัวอย่างภาพ VR*

**2.5 การนำเสนอแบบจำลองสามมิติ และภาพเสมือนจริง ผ่านแอพพลิเคชั่น**

Konzerthaus Berlin: การมีส่วนร่วมทางวัฒนธรรมผ่านการแปลงเป็นดิจิทัล

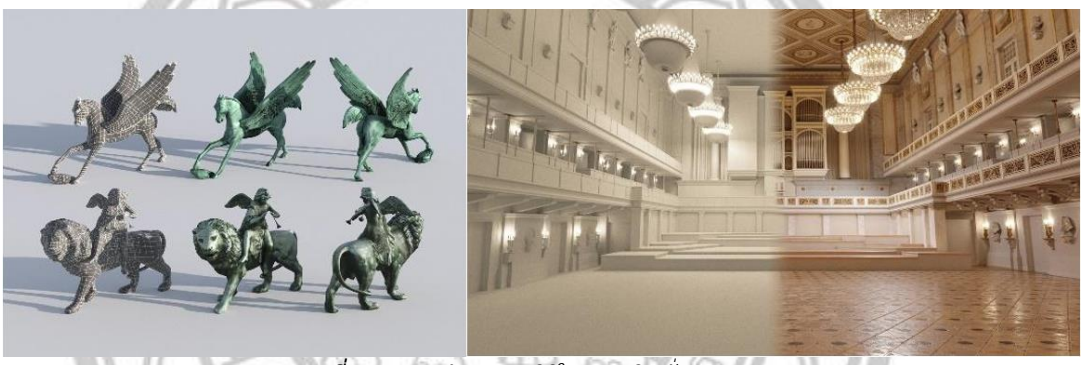
Albrecht Sensch และ Annette Thoma จาก "Virtual Konzerthaus" "Virtual Konzerthaus" เป็นโครงการความร่วมมือที่ได้รับทุนจากสหภาพยุโรประหว่าง Konzerthaus Berlin และ University of Applied Sciences Berlin (HTW) เป็นเวลาสามปีที่เราได้สำรวจแนวทางใหม่ ๆ ในการฟังเพลงคลาสสิกโดยมุ่งเน้นไปที่เทคนิคต่าง ๆ เช่นภาพเสมือนจริง (VR) และการผสมผสานโลกเสมือน (AR) นอกเหนือจากแอพพลิเคชั่น VR ที่ให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับโครงสร้างของวงซิมโฟนีออร์เคสตร้าแล้วเรายังได้เผยแพร่แอพ AR “Konzerthaus Plus” ซึ่งทุกคนสามารถดาวน์โหลดได้ฟรีใน App Store หรือ Play Store เราเชื่อมั่นว่าการแปลงเป็นดิจิทัลเป็นโอกาสที่พิเศษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเข้าถึงกลุ่มคนที่อายุน้อย และด้อยโอกาสทางสังคมที่มีโอกาสในการเข้าถึงแหล่งวัฒนธรรม มันเป็นวิธีการที่ง่ายและมีความเท่าเทียมในการเรียนรู้และเนื้อหาทางวัฒนธรรมที่ Konzerthaus Berlin นั้นมีการใช้ AR และรูปแบบการเล่าเรื่องราว ที่อำนวยความสะดวกในการโต้ตอบและการมีส่วนร่วมในการเป็นสื่อดนตรีดิจิทัล สำหรับโครงการนี้เราตัดสินใจที่จะให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีนี้โดยมีเนื้อหาตั้งแต่ตัวอักษรกราฟิกภาพเคลื่อนไหว และวิดีโอไปจนถึงวัตถุสามมิติแบบคงที่และเคลื่อนไหวที่ช่วยให้ประชาชนเข้าถึงเพลงได้มากขึ้น เราเริ่มรวมแบบจำลอง ไว้ในแอพของเราในปี 2559 ทุกคนสามารถเข้าถึงได้ผ่านทาง AR – ทุกที่ทุกเวลาที่พวกเขาต้องการ (ดังภาพ 2.20)

ขั้นตอนการทำงาน

เราสามารถใช้เครื่องมือในการอัปเดตแบบจำลองสามมิติได้อย่างกว้างขวางด้วยความช่วยเหลือของ "Eve Images" ซึ่งเป็น บริษัท ด้านการสร้างภาพเชิงสถาปัตยกรรม เส้นทางไปยังตัวแบบเสร็จแล้วเกิดขึ้นในหลายขั้นตอนและจะเป็นไปไม่ได้หากไม่ได้รับการสนับสนุนจาก Eve Images

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright By Naresuan University
All rights reserved

ก่อนอื่นต้องสร้างโมเดลแต่ละตัวในมาตราส่วนที่เหมาะสม โชคดีที่ Konzerthaus Berlin มีแผนรายละเอียดขององค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมทั้งหมดซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกในการทำงานเบื้องต้น ในขั้นตอนที่สองรายละเอียดของสถาปัตยกรรมทุกชิ้นจะถูกบันทึกไว้ในภาพถ่ายแต่ละภาพเพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสที่สมจริงและเป็นของแท้ ในขั้นตอนสุดท้ายมีการปรับแก้แสงของภายนอกของแบบจำลอง และห้องโถงเสร็จสิ้น พร้อมคำอธิบายประกอบที่ให้ข้อมูลเพิ่มเติม และมีเพลงประกอบขณะรับชมแบบจำลองสามมิติ (https://sketchfab.com/blogs/community/konzerthaus-berlin-cultural-participation-through-digitisation/,31/03/2562)



***ภาพที่ 2.20*** *แบบจำลองสามมิติในแอพพลิเคชั่น Konzerthaus Plus*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

# บทที่ 3

## ขั้นตอนการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ทั้งหมด 4 หัวข้อ ได้แก่

1. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การประมวลผล
4. การประเมินความพึงพอใจ

โดยแต่ละหัวข้อการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

### 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จำแนกเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยเป็น 2 ประเภท ได้แก่

#### 3.1.1 อุปกรณ์

1) กล้องถ่ายภาพ DSLR

ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลภาพถ่าย ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ ภายในโบสถ์ของวัดนาทราย อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ (ดังภาพ 3.1)

***ภาพที่ 3.1*** *กล้อง Nikon D5100*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

2) โทรศัพท์ Smartphone

ใช้สำหรับการเปิดภาพเสมือนจริง (VR) โดยจะต้องเปิดผ่านแอพพลิเคชั่น Sketchfab และใช้ควบคู่กับแว่นตา VR (ดังภาพ 3.2)

***ภาพที่ 3.2*** *iPhone 6*

3) แว่นตา VR (VR Glasses)

ใช้ควบคู่กับ smartphone โดยนำ smartphone สอดใส่เข้าไปในแว่นตา สำหรับการมองภาพเสมือน เนื่องจากการมองภาพเสมือน จะแบ่งภาพออกเป็นสองฝั่ง เมื่อมองผ่านแว่นตาแล้ว จะทำให้มองเห็นภาพเป็นสามมิติ (ดังภาพ 3.3)

***ภาพที่ 3.3*** *แว่นตา VR*

**3.1.2 ซอฟท์แวร์ (software)**

1) Agisoft PhotoScan

โปรแกรมสำหรับการประมวลผลภาพถ่าย โดยนำภาพถ่ายที่ได้มาประมวลผลด้วยขั้นตอนต่าง ๆ โดยผลลัพธ์จะออกมาเป็นแบบจำลองสามมิติ

2) Blender

เมื่อได้แบบจำลองสามมิติที่ได้จากการประมวลผลด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan แล้ว จำนำแบบจำลอง 3 มิติที่ได้ มาประปรับปรุงแก้ไขรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อให้มีความถูกต้อง สวยงาม

3) Sketchfab

เป็นเว็บไซต์สำหรับแบบจำลองสามมิติโดยเฉพาะ โดยจะทำการอัปโหลดแบบจำลอง 3 มิติที่ได้รับการแก้ไขแล้ว ลงไปในเว็บไซต์นี้ จากนั้นเปิดด้วยแอพพลิเคชั่นใน smartphone สำหรับการมองภาพเสมือน

## 3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

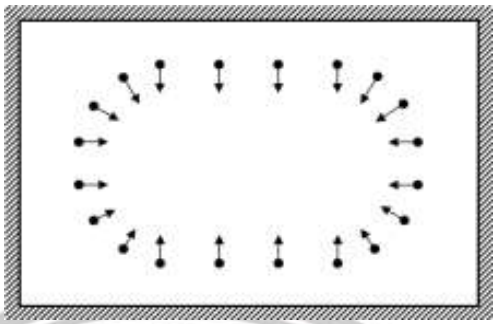
**3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายภายในอาคาร**

ผู้วิจัยได้วางแผนการถ่ายภาพ และระยะห่างระหว่างรูปภาพที่เหมาะสมกับพื้นที่ภายในอาคารโบราณสถาน เมื่อกำหนดแนวการถ่ายภาพให้เหมาะสมกับพื้นที่ภายในอาคารได้แล้ว ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลภาพถ่าย โดยใช้กล้อง DSLR รุ่น Nikon D5100 และเนื่องจากจิตรกรรมฝาผนังภายในอาคารนั้นมีความสูงขึ้นไปจนเกือบติดเพดานห้อง ผู้วิจัยจึงได้ทำการถ่ายภาพออกเป็นทั้งหมด 2 แนว ก็คือ แนวนอน และแนวตั้ง แต่ยังคงไว้ซึ่งแผนการถ่ายภาพเดิม

จุดดำ คือ ตำแหน่งที่ยืนถ่ายภาพ

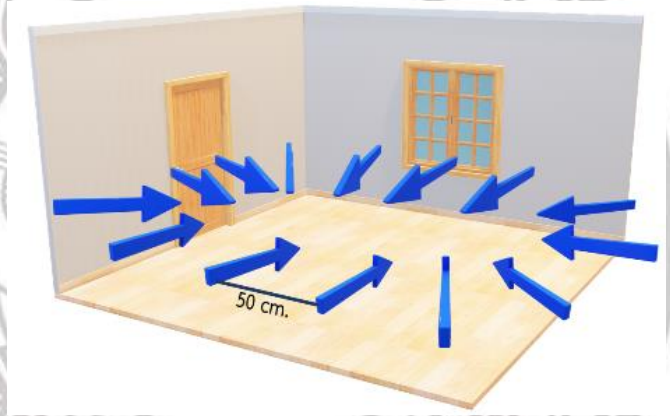
ลูกศร คือ ทิศทางการถ่ายภาพ โดยถ่ายภาพเข้าหาผนังที่ต้องการถ่าย (ดังภาพ 3.4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



***ภาพที่ 3.4*** *แบบแผนการถ่ายภาพ*

โดยกำหนดระยะห่างระหว่างรูปมีระยะห่างประมาณ 50 เซนติเมตร (ดังภาพ 3.5)

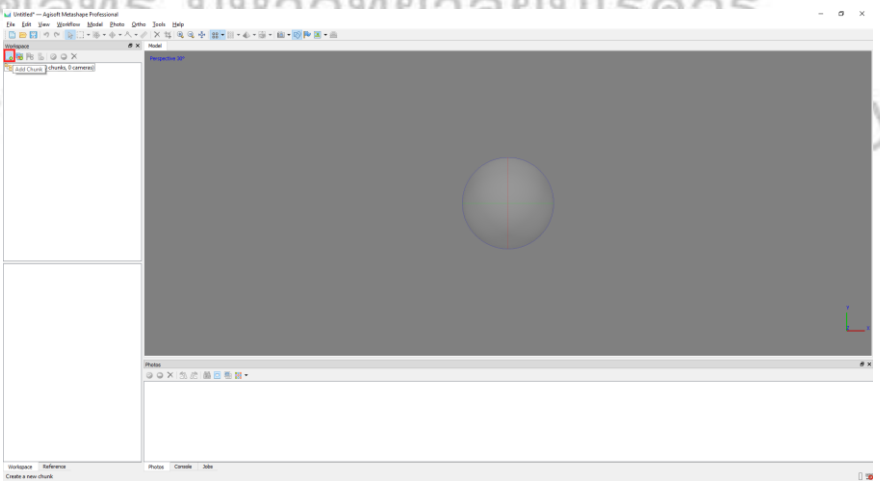



***ภาพที่ 3.5*** *ระยะห่างระหว่างภาพถ่าย*

**3.3 การประมวลผล**

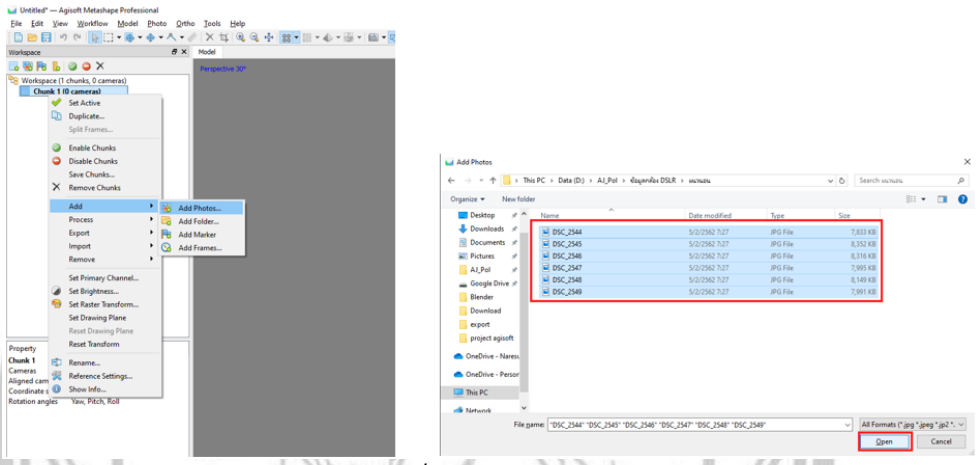
นำข้อมูลภาพที่ได้มาประมวลผลในโปรแกรม Agisoft PhotoScan เพื่อทำแบบจำลองสามมิติภายในอาคารโบราณสถาน โดยนำรูปภาพมาประมวลผลโดยใช้กระบวนการทำงานดังนี้

1) เปิดโปรแกรม Agisoft PhotoScan ขึ้นมา จากนั้นไปที่ Add Chunk (ดังภาพ 3.6)



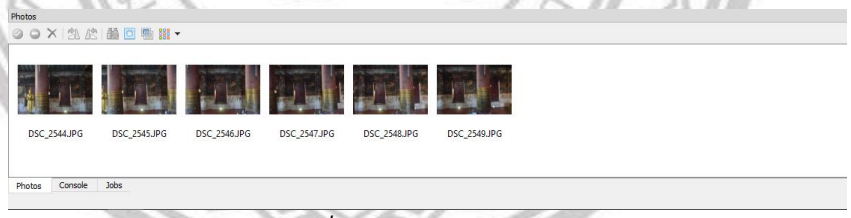
***ภาพที่ 3 6*** *วิธีการ add chunk*

2) จากคลิกขวาที่ chunk ไปที่ add > add photo จากนั้น add ข้อมูลภาพถ่ายลงไป (ดังภาพ 3.7)



***ภาพที่ 3.7*** *การ add photo*

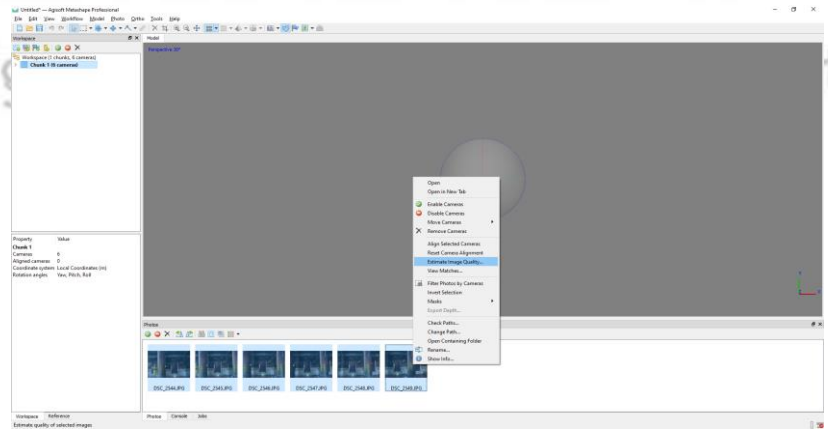
จะได้ผลลัพธ์ดังภาพ 3.8




***ภาพที่ 3.8*** *ผลลัพธ์การ add photo*

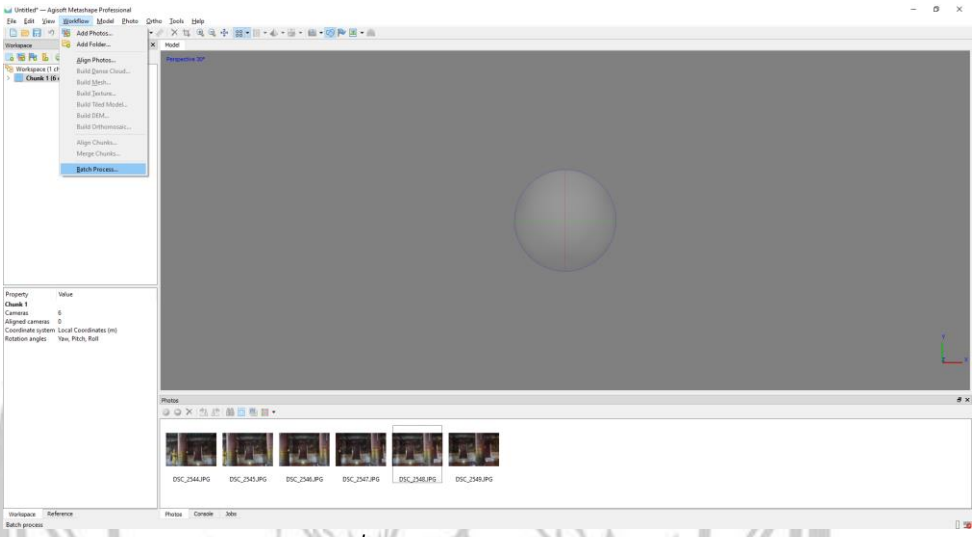
3) Estimate image quality คือการประมาณคุณภาพของภาพถ่ายโดยมีวิธีการคือ คลุมดำไปที่ข้อมูลรูปภาพทั้งหมดที่เรา add ลงไป จากนั้นคลิกขวา และเลือกไปที่ Estimate image quality (ดังภาพ 3.9)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright



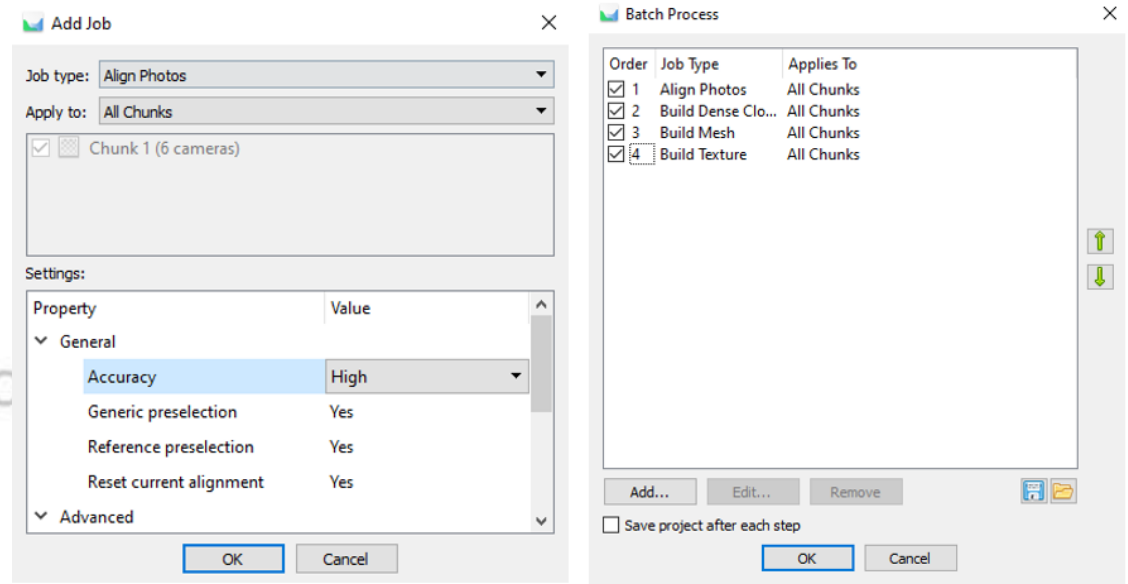
***ภาพที่ 3.9*** *การ estimate photo quality*

4) เมื่อ estimate image quality แล้วเสร็จ จากนั้นไปที่ Workflow > Batch process (ดังภาพ 3.10)



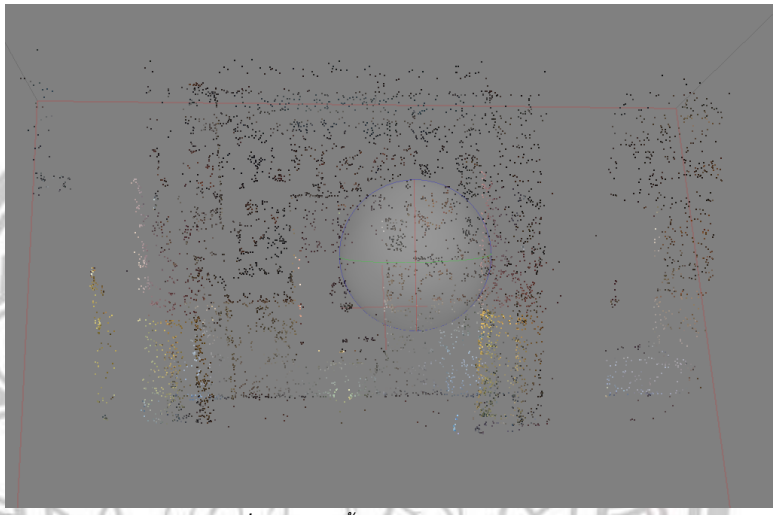
*ภาพที่ 3.10 กระบวนการ Batch Process*

5) เลือกเครื่องมือให้ครบทุกเครื่องมือจะได้ดังนี้ จากนั้นกด ok โปรแกรมจะทำการประมวลผลภาพถ่าย ออกมาดังต่อไปนี้ (ดังภาพ 3.11)



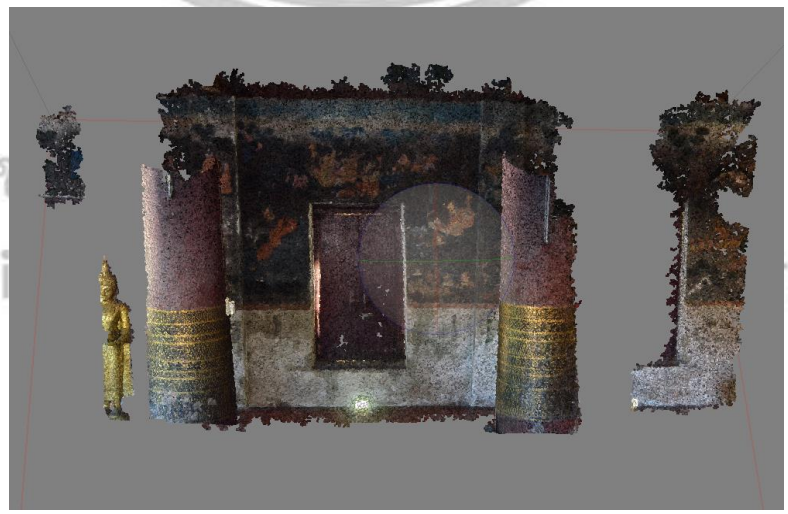

*ภาพที่ 3.11 เครื่องมือในการประมวลผลภาพถ่าย*

6) Align photo คือ การจัดเรียงรูปภาพ และนำจุดที่เหมือนกัน (Tie Point) ของภาพแต่ละภาพเพื่อมาสร้างเป็นแบบจำลอง (ดังภาพ 3.12)



***ภาพที่ 3.12*** *ผลเบื้องต้นของการ Align photo*

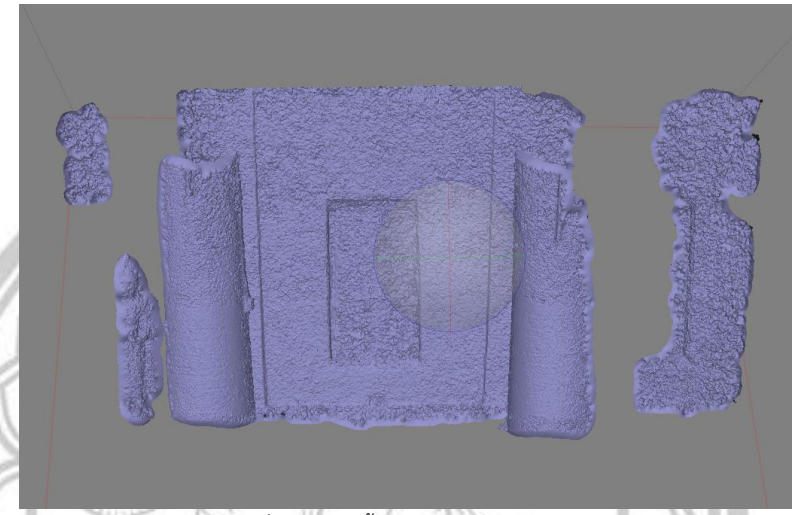
7) Build Dense Cloud คือ การเพิ่มจำนวนจุด tile point ให้มากขึ้นก่อนจะนำไปสร้างพื้นผิว (ดังภาพ 3.13)



***ภาพที่ 3.13*** *ผลเบื้องต้นของการ Build Dense Cloud*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University

8) Build Mesh ขั้นตอนต่อจากการสร้าง Dense Cloud จะเป็นการสร้างพื้นผิวโดยมีไม่มีสีของภาพในแบบจำลอง (ดังภาพ 3.14)



***ภาพที่ 3.14*** *ผลเบื้องต้นของการ Build Mesh*

9) Build Texture นำพื้นสีของภาพมาใส่ในแบบจำลอง 3 มิติ ทำให้แบบจำลองมีความสวยงามและมีความละเอียดของสีเพิ่มมากขึ้น (ดังภาพ 3.15)

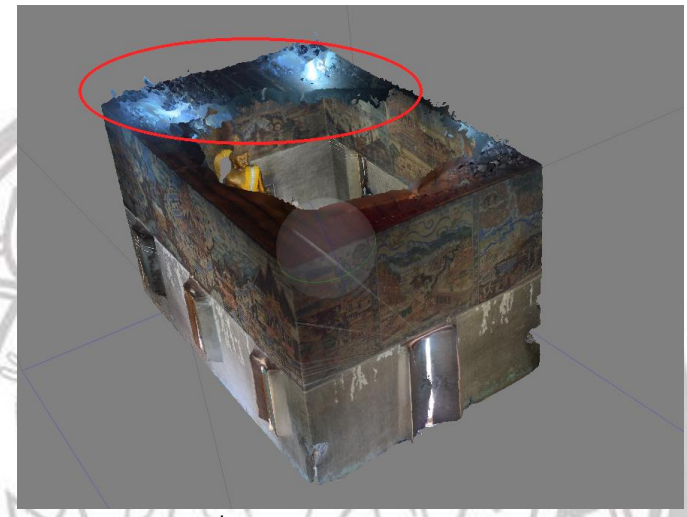
***ภาพที่ 3.15*** *ผลเบื้องต้นของการ Build Texture*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University

## 3.4 การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองสามมิติ

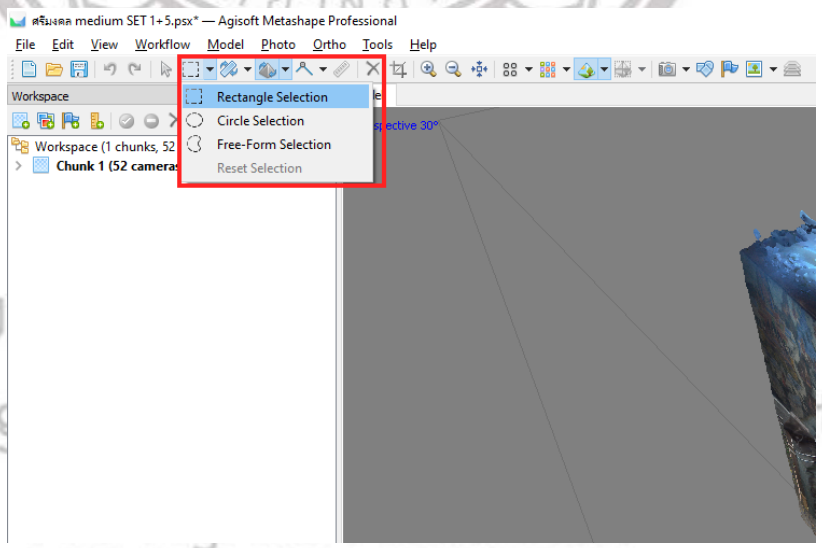
### 3.4.1 แก้ไขด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan

จากแบบจำลองที่ได้จะเห็นได้ว่า มีแบบจำลองส่วนเกินที่เป็นผลมาจากการประมวลผล ดังนั้นต้องกำจัดแบบจำลองส่วนเกินนี้ออกไป มีวิธีการดังนี้ (ดังภาพ 3.16)



*ภาพที่ 3.16 ส่วนเกินของแบบจำลองสามมิติ*

1) ไปที่เครื่องมือ selection จากนั้นเลือกรูปแบบตามต้องการ โดยจะมีทั้งหมด 3 แบบ ได้แก่ สี่เหลี่ยม วงกลม และอิสระ (ดังภาพ 3.17)




*ภาพที่ 3.17 เครื่องมือ selection*

2) จากนั้นใช้เครื่องมือ selection เลือกไปที่ส่วนเกินของแบบจำลองสามมิติ (ดังภาพ 3.18)

***ภาพที่ 3.18*** *การลบส่วนเกินของแบบจำลองสามมิติ*

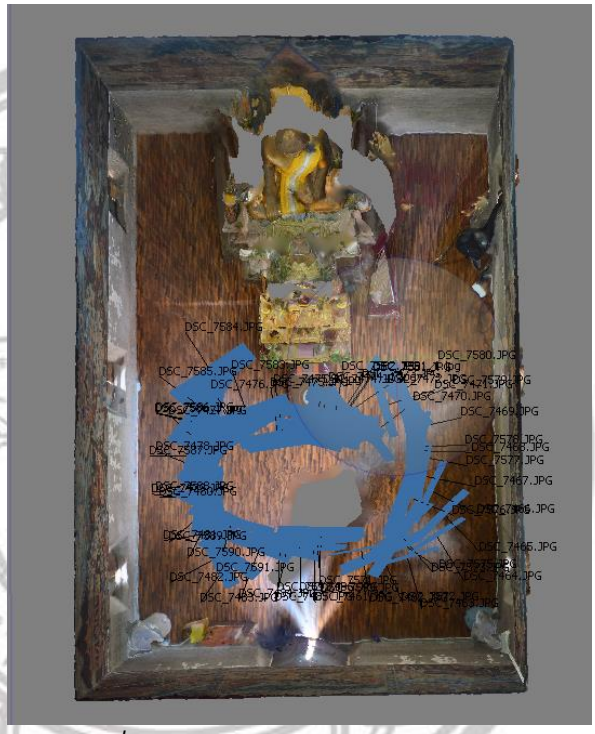
3) กดปุ่ม delete บนคีย์บอร์ด เพื่อกำจัดส่วนเกินของแบบจำลองสามมิติออกไป (ดังภาพ 3.19)

***ภาพที่ 3.19*** *ผลลัพธ์ของการลบส่วนเกิน*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

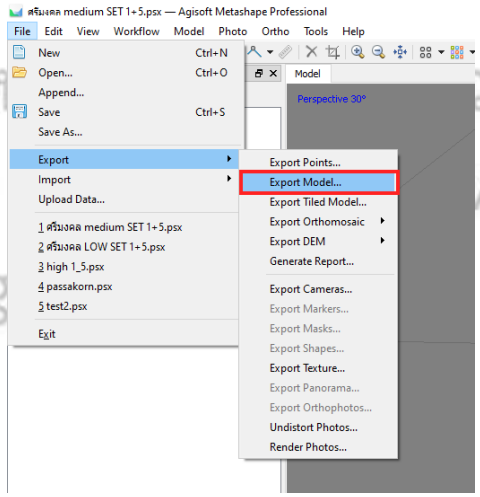
### 3.4.2 การเพิ่มเติมส่วนที่ขาดหายด้วยโปรแกรม Blender

จากแนวของการถ่ายภาพ ทำให้เกิดช่องว่างที่บริเวณพื้นของโบสถ์ (ดังภาพ 3.20) จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองสามมิติ ก่อนที่จะนำไปอัปโหลดในเว็บไซต์ sketchfab มีวิธีการดังนี้



***ภาพที่ 3.20*** *ช่องว่างของแบบจำลองสามมิติ*

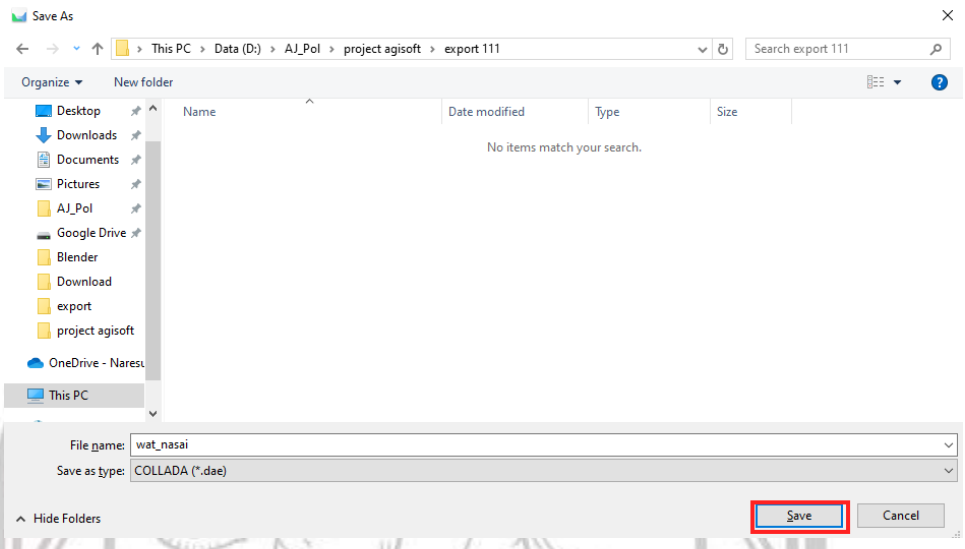
1) ขั้นตอนแรกให้ export model จาก Agisoft PhotoScan โดยไปที่ file > Export > Export Model (ดังภาพ 3.21)




***ภาพที่ 3.21*** *การ export แบบจำลองสามมิติ*

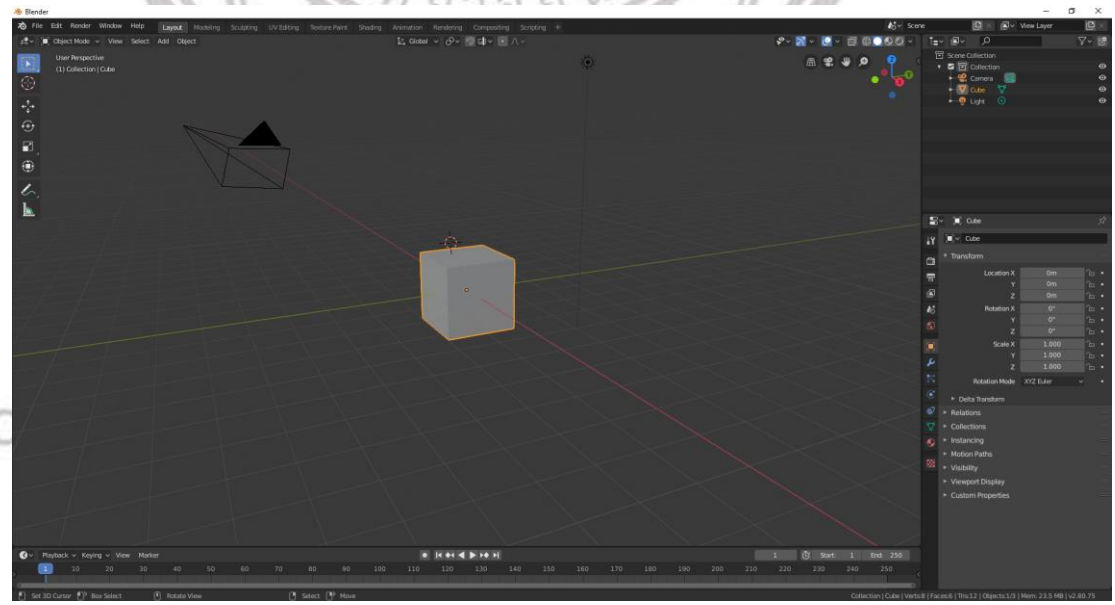
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัย
Copyright by University
All rights

2) จะได้หน้าต่างดังนี้ ให้เลือกโฟลเดอร์ที่ต้องการจะเก็บไฟล์ และตั้งชื่อไฟล์ เลือกนามสกุลไฟล์เป็น COLLADA (*.dae) จากนั้นกด save (ดังภาพ 3.22)



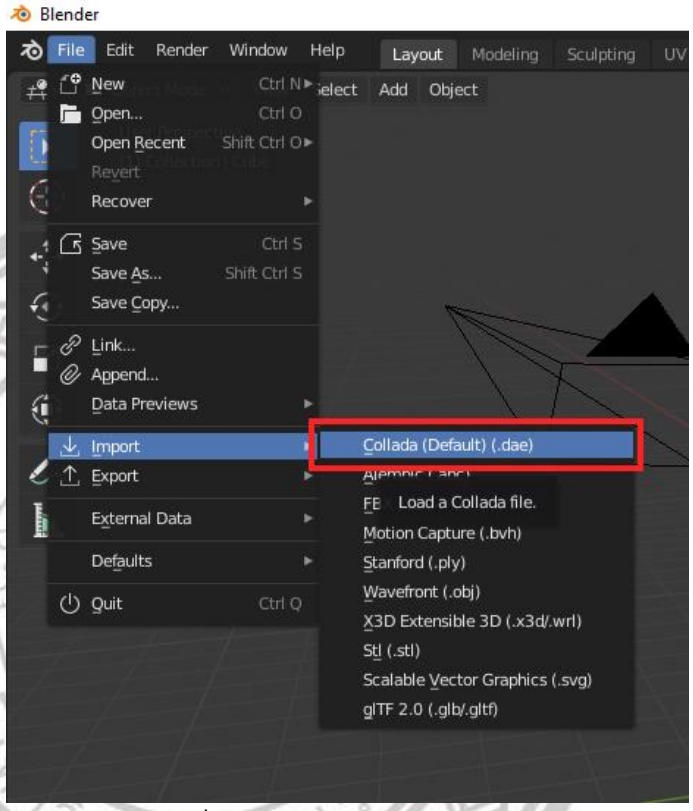

***ภาพที่ 3.22*** *การเลือกนามสกุลไฟล์*

3) เปิดโปรแกรม blender ขึ้นมา และหน้าตาของโปรแกรมจะแสดงดังภาพที่ 3.23



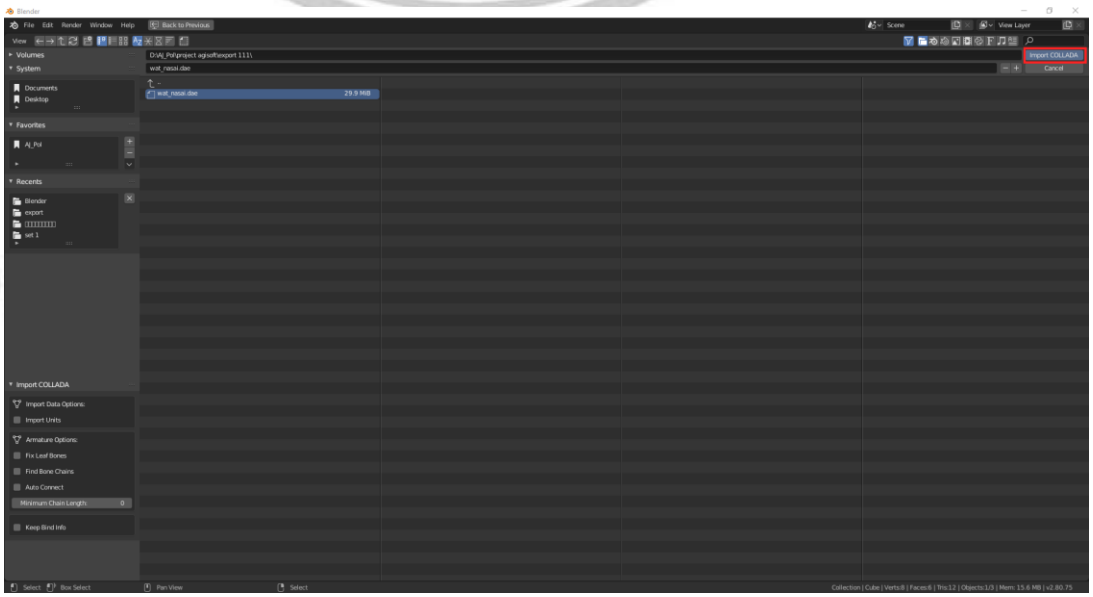
***ภาพที่ 3.23*** *หน้าแรกของโปรแกรม blender*

4) ไปที่ file > Import > Collada (Default) (ดังภาพ 3.24)



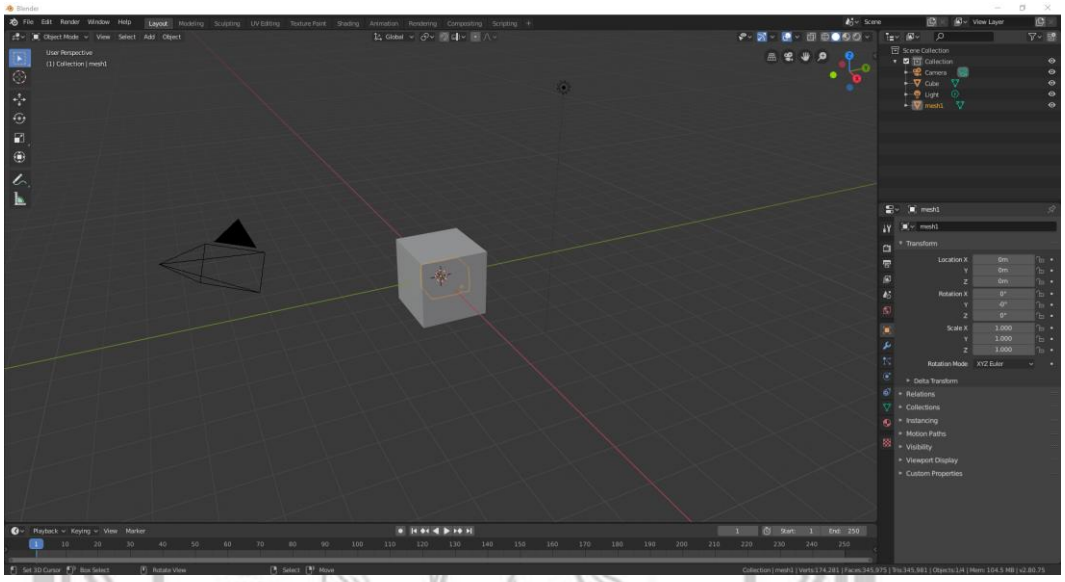

***ภาพที่ 3.24*** *การ import file*

5) จะได้หน้าต่างดังนี้ ให้เลือกไฟล์ จากโฟลเดอร์ที่บันทึกไว้ไว้เมื่อครู่ จากนั้นกด Import (ดังภาพ 3.25)



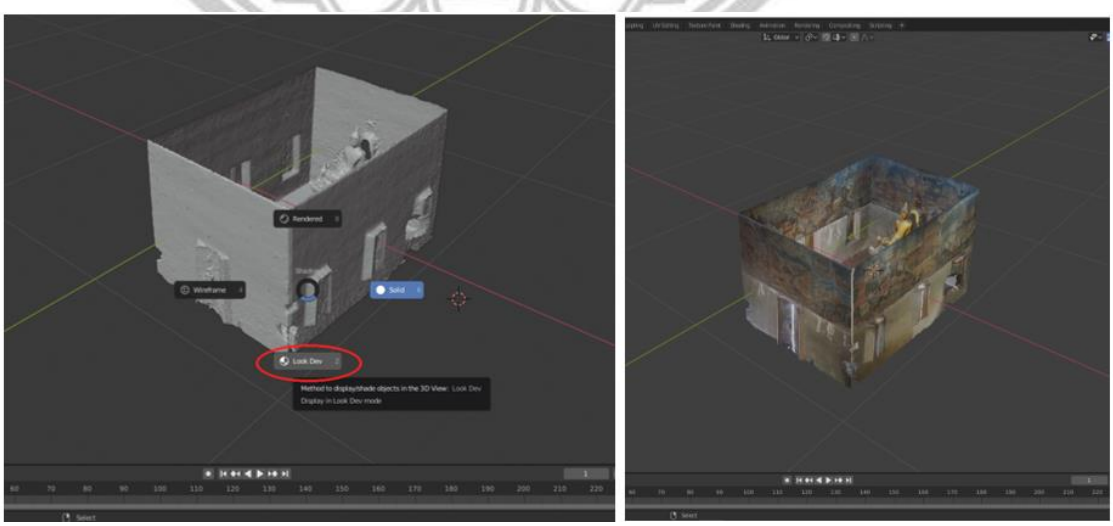
***ภาพที่ 3.25*** *การ import file (2)*

6) จะเห็นได้ว่า cube หรือว่ากล่องลูกบาศก์นั้น ได้บดบังแบบจำลองสามมิติอยู่ ให้คลิกขวาเพื่อเลือก cube และกดปุ่ม delete บนคีย์บอร์ดเพื่อลบ cube ออกไป (ดังภาพ 3.26)



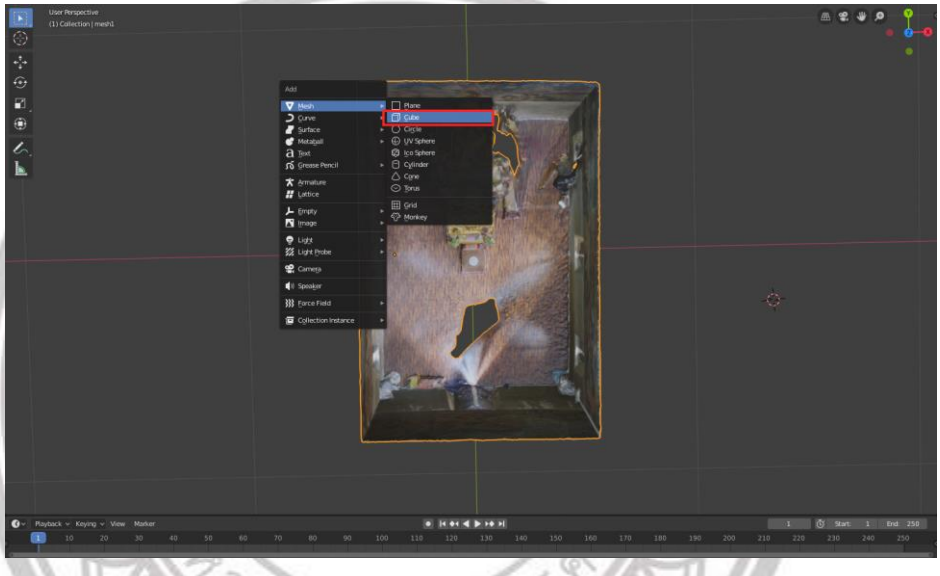
***ภาพที่ 3.26*** *การลบ cube*

7) แบบจำลองสามมิติครั้งแรกที่ import เข้ามานั้นนั้นยังไม่มีสีพื้นผิว ให้กดปุ่ม Z ค้างไว้และเลือกไปที่ look dev จะได้แบบจำลองที่มีสีของพื้นผิว (ดังภาพ 3.27)



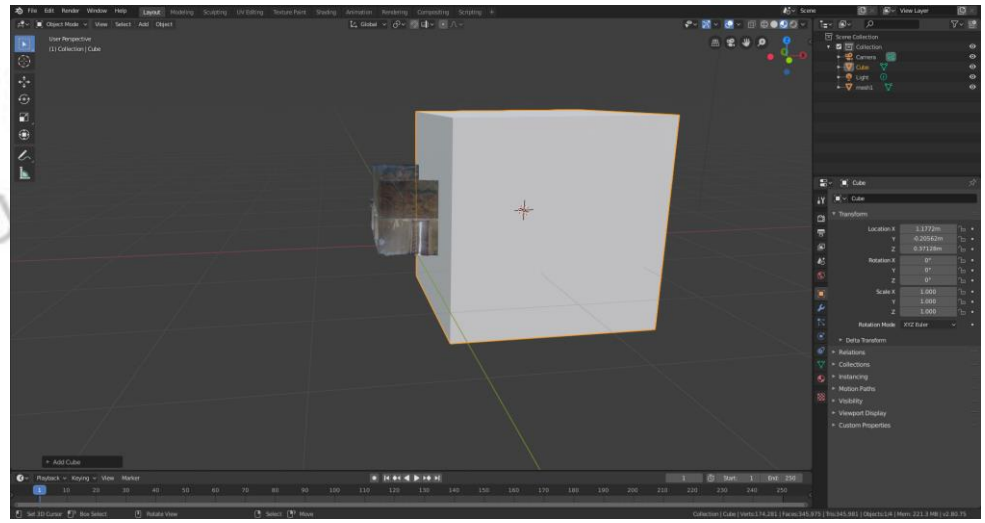
***ภาพที่ 3.27*** *การเปลี่ยนสีของแบบจำลอง*

8) จะเห็นได้ว่าแบบจำลองสามมิติมีช่องว่างซึ่งเป็นจุดที่ทำการยืนถ่ายภาพ ซึ่งบริเวณนี้เป็นจุดอับของข้อมูลภาพถ่าย วิธีการอุดช่องว่างนี้ก็คือ สร้างกล่องลูกบาศก์ หรือว่า cube ขึ้นมา จากนั้นใช้วิธีการ UV Mapping ซึ่งเป็นวิธีที่จะนำสีของภาพถ่าย มาทับบนกล่องลูกบาศก์ จากนั้นนำกล่องลูกบาศก์ มาปิดช่องว่าในแบบจำลอง ขั้นตอนแรกคือ สร้าง cube ขึ้นมา โดยกด Shift + A และเลือกไปที่ mesh > cube (ดังภาพ 3.28)



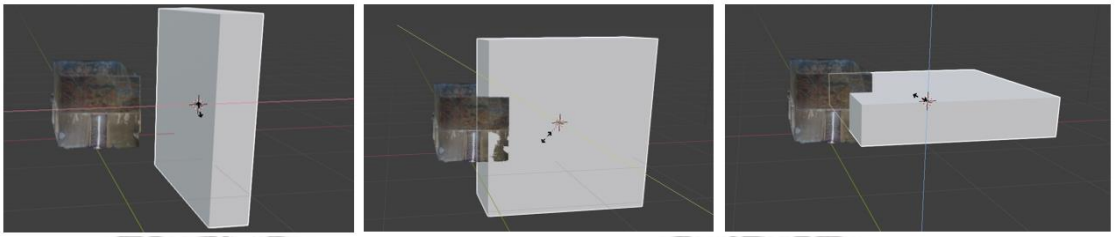
***ภาพที่ 3.28*** *การ add cube*

9) Cube ที่ถูกสร้างมา จะมีรูปล่างและลักษณะดังนี้ ซึ่งจะสังเกตได้ว่า cube มีขนาดใหญ่มาก ดังนั้นจึงต้องปรับแก้ขนาดและสัดส่วนของ cube ให้มีความพอเหมาะพอดีสำหรับการอุดช่องว่างในแบบจำลอง (ดังภาพ 3.29)



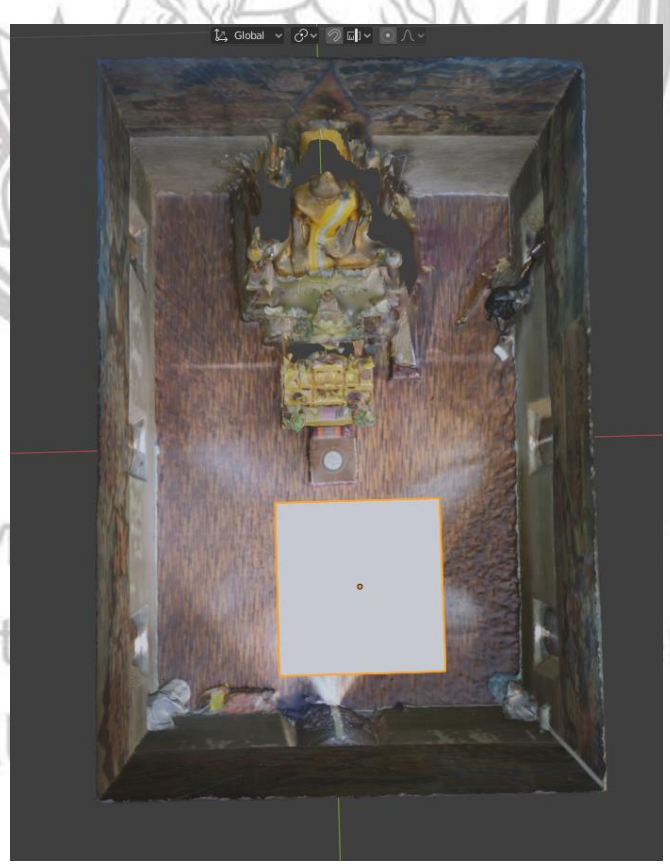
***ภาพที่ 3.29*** *ผลลัพธ์ของการ add cube*

10) วิธีการคือคลิกขวาที่ cube จากนั้นกดปุ่ม S บนคีย์บอร์ดเพื่อเข้าสู่โหมดการแก้ไข cube โดยหากต้องการให้ cube ลดหรือเพิ่มขนาดไปในแนวแกน X ก็ให้กดปุ่ม Xบนคีย์บอร์ดหากต้องการแก้ไขในแนวแกน Y ก็ให้กดปุ่ม Y บนคีย์บอร์ด หากต้องการแก้ไขในแนวแกน Z ก็ให้กดปุ่ม Z บนคีย์บอร์ด แกน X,Y และ Z ไล่จากซ้ายไปขวาตามลำดับ (ดังภาพ 3.30)



***ภาพที่ 3.30*** *การแก้ไขรูปร่างของ cube*

11) ปรับแก้ให้ขนาดของ cube มีความพอดีกับช่องว่างในแบบจำลอง (ดังภาพ 3.31)



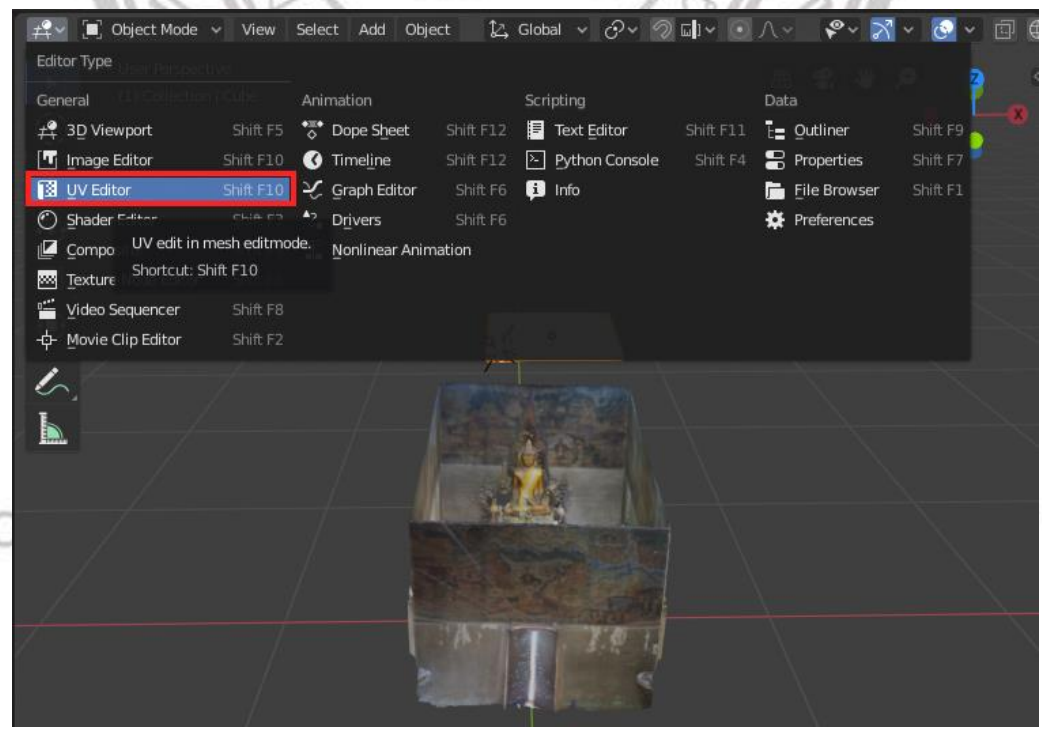

***ภาพที่ 3.31*** *ผลลัพธ์ของการปรับแก้รูปร่างของ cube*

ลิขสิ
Copyright
rsity
A

12) จากนั้นนำ cursor ของเมาส์ไปชี้บริเวณนี้ จะขึ้นเป็นเครื่องหมาย + จากนั้นคลิก และลาก เพื่อทำการแบ่งหน้าจอ ออกเป็น 2 จอ (ดังภาพ 3.32)

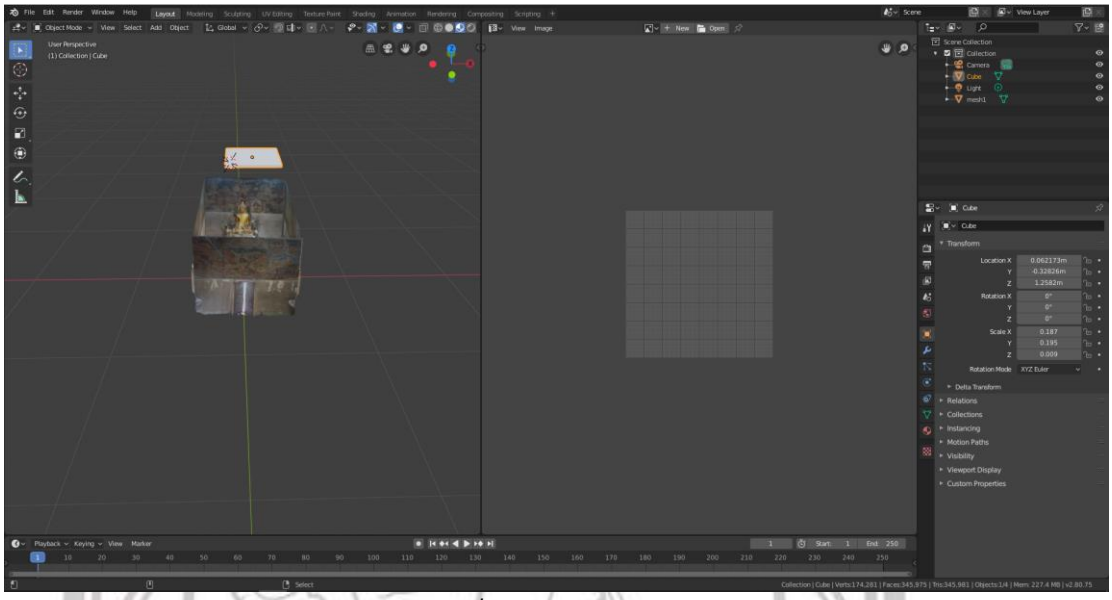
***ภาพที่ 3.32*** *การแบ่งหน้าจอ*

13) จากนั้นคลิกไปที่ edit type > UV Editor ของหน้าจอที่พึ่งแบ่งออกมา (ดังภาพ 3.33)



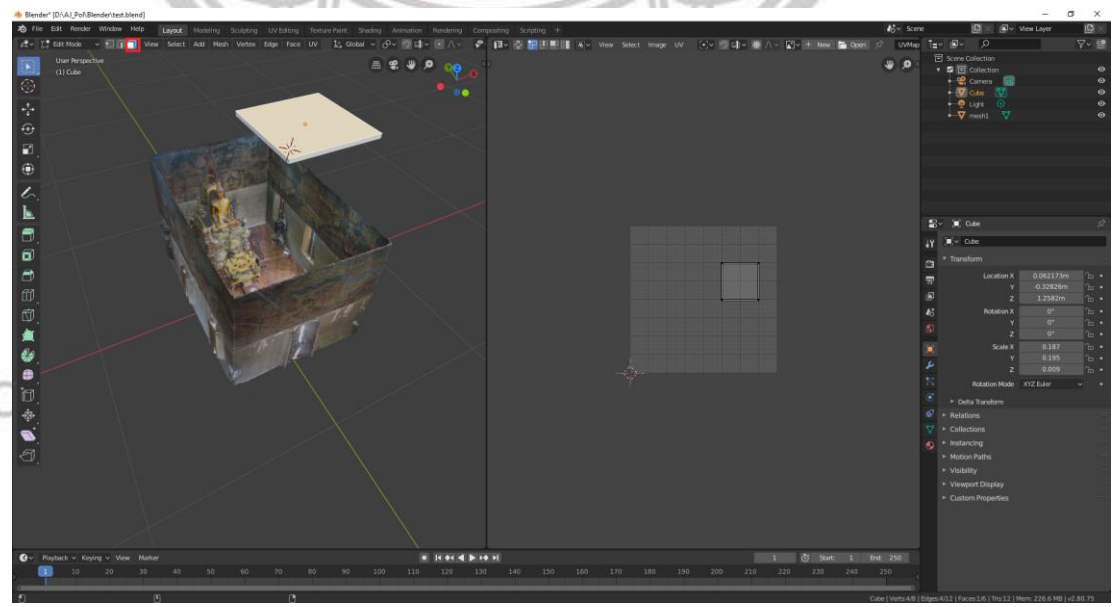

***ภาพที่ 3.33*** *การ UV Editor*

14) ผลลัพธ์ดังนี้ (ดังภาพ 3.34)



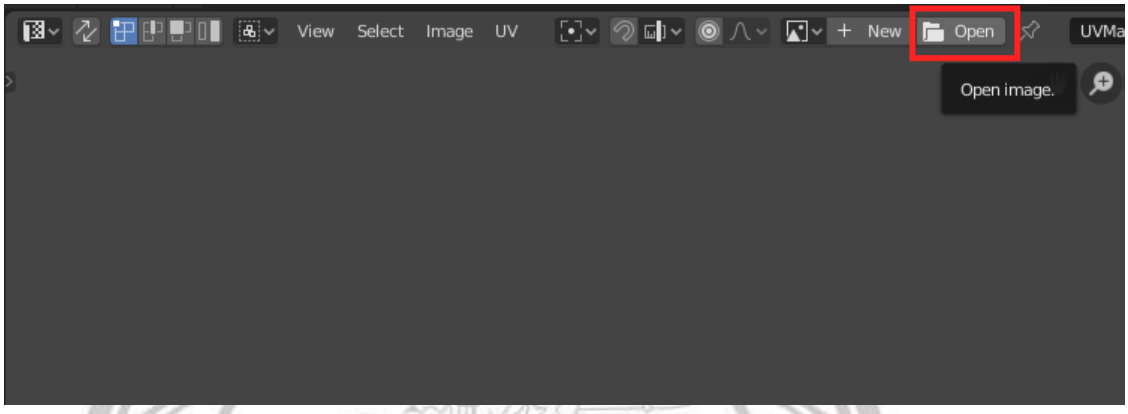
***ภาพที่ 3.34*** *การ UV Editor (2)*

15) กดปุ่ม Tab บนคีย์บอร์ด เพื่อเข้าสู่โหมด Edit Mode จากนั้นกดปุ่ม 3 บนคีย์บอร์ด เพื่อเข้าสู่โหมด face select และคลิกขวาไปที่ พื้นผิวที่ต้องการจะนำสีของรูปภาพทับลงไป (ดังภาพ 3.35)



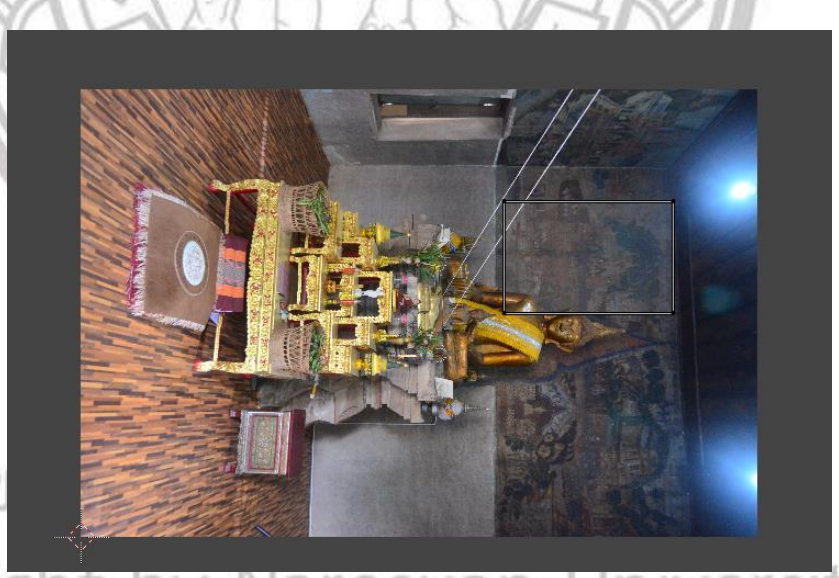
***ภาพที่ 3.35*** *การ UV Editor (3)*

16) คลิกไปที่ Open ในหน้าต่าง UV Editor จากนั้นเลือกหาไฟล์รูปที่มีพื้นของโบสถ์อยู่ จากนั้นกด Open Image (ดังภาพ 3.36)




***ภาพที่ 3.36*** *การ open image*

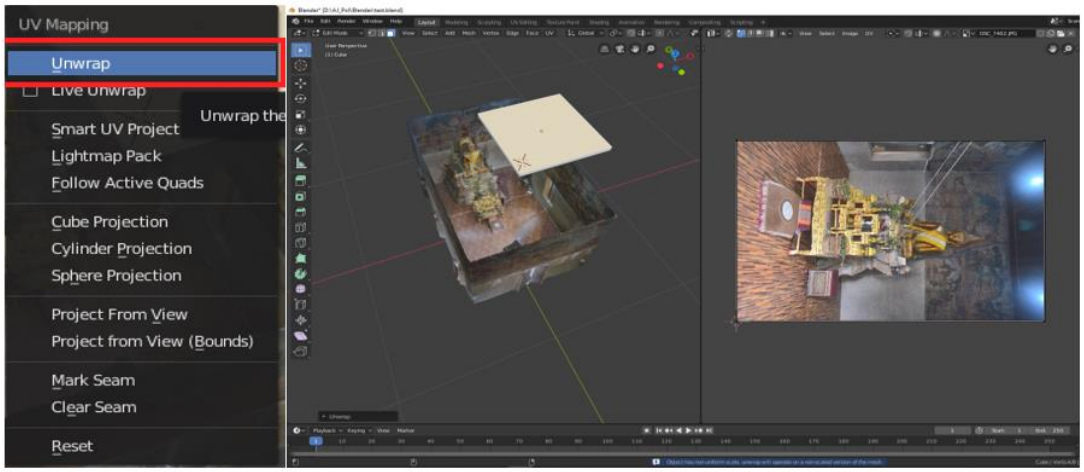
17) จะได้ผลลัพธ์ดังนี้ (ดังภาพ 3.37)



***ภาพที่ 3.37*** *ผลลัพธ์การ open image*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

18) จากนั้นนำ cursor เม้าส์ไปชี้ที่ cube และกดปุ่ม U บนคีย์คอร์ด เพื่อเปลี่ยนเป็นโหมด Unwrap จะได้ผลลัพธ์ดังนี้ (ดังภาพ 3.38)

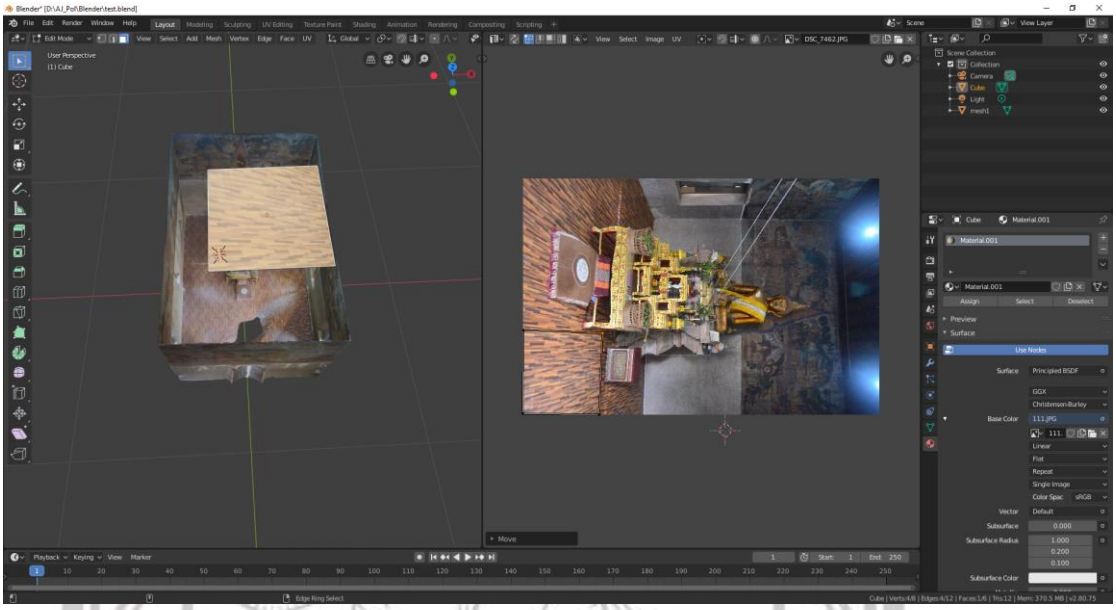



***ภาพที่ 3.38*** *การ Unwrap*

19) จากนั้นทำการปรับขนาดของกรอบสี่เหลี่ยมจัตุรัสในหน้า UV Editor ปรับให้ครอบคลุมสีพื้นของโบสถ์ เพื่อที่จะกำหนดขอบเขตสีในกรอบนี้ไปใส่ใน cube (ดังภาพ 3.39)

***ภาพที่ 3.39*** *การกำหนดขอบเขตของสีรูปภาพ*

20) สีของรูปภาพจะถูกนำมาวางทับใน cube ดังนี้ (ดังภาพ 3.40)



***ภาพที่ 3.40*** *ผลลัพธ์การ UV Editor*

21) จากนั้นทำการปรับขนาดของ cube ให้มีความพอดีกับพื้นของแบบจำลอง ซึ่งจะเห็นได้ว่า สีของพื้นไม่มีความเข้ากัน เนื่องจากลายไม้ของสีใน cube นั้นมีขนาดใหญ่กว่า ลายไม้ของแบบจำลองจึงต้องทำการปรับขนาดของ cube ให้ลายไม้นั้นมีความพอดีกับแบบจำลองเสียก่อน (ดังภาพ 3.41)

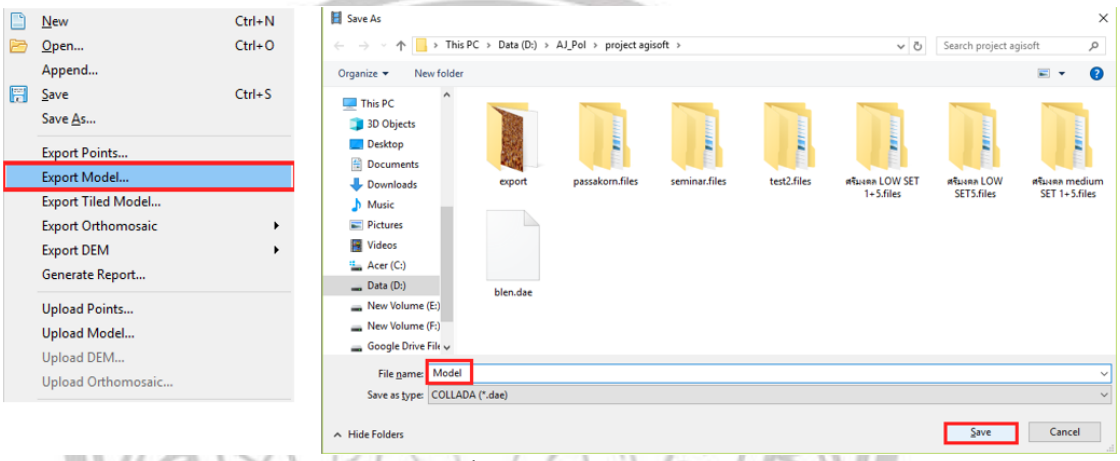
***ภาพที่ 3.41*** *การปรับรูปร่างของ cube ที่ UV Editor แล้ว*

## 3.5 การตั้งค่าการมองภาพเสมือนจริง

### 3.5.1 การอัปโหลดแบบจำลองสามมิติ

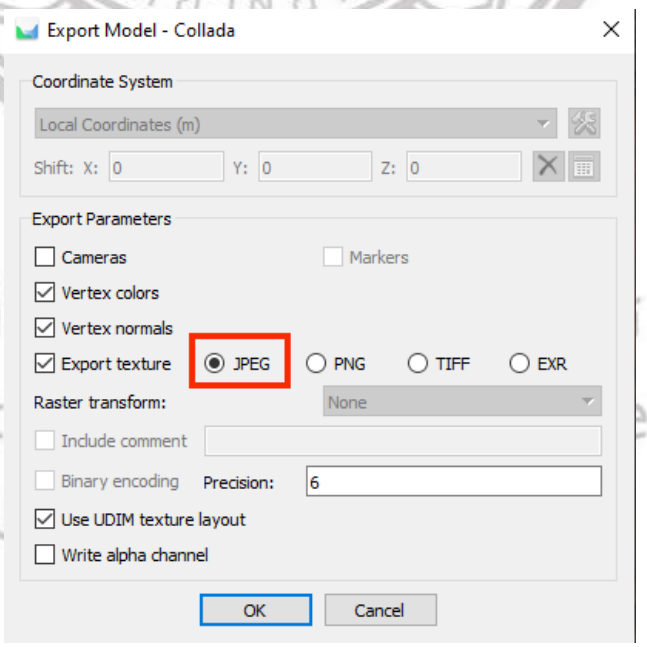
หลังจากได้แบบจำลองที่ทำการแก้ไขแล้ว ก็จะนำมาอัปโหลดขึ้นไปในเว็บไซต์ sketchfab มีวิธีการดังนี้

1) export model ไปที่ file export model ตั้งชื่อไฟล์จากนั้นกด save (ดังภาพ3.42)




*ภาพที่ 3.42 การ export medel*

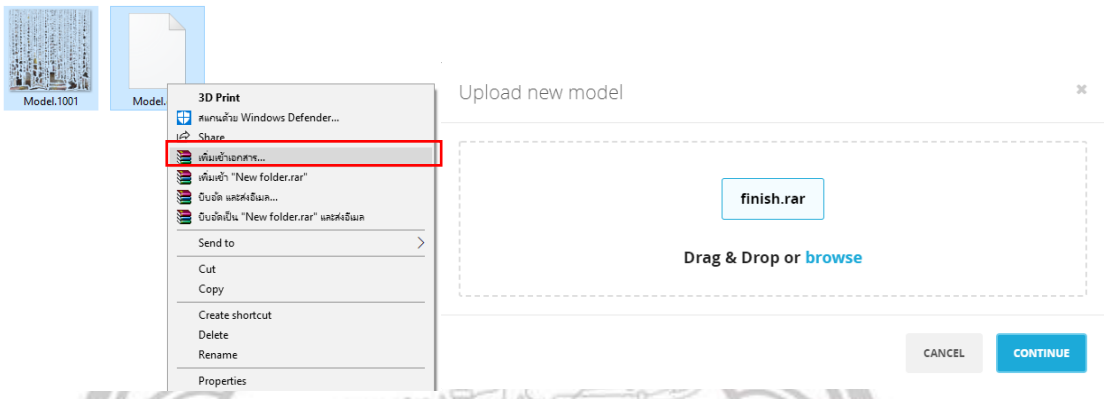
2) จากนั้นเลือกชนิดของรูปภาพ ในที่นี้จะเลือกเป็น jpeg (ดังภาพ 3.43)




*ภาพที่ 3.43 การเลือกชนิดของรูปภาพ*

ลิขสิทธิ์ Copyright

3) จะได้ออกมาเป็น 2 ไฟล์ดังรูป จากนั้น zip ไฟล์ที่ได้และอัปโหลดไปในเว็บไซต์ sketchfab (ดังภาพ 3.44)




***ภาพที่ 3.44*** *การบีบอัดไฟล์ เพื่ออัปโหลดลงเว็บไซต์*

### 3.5.2 การตั้งค่าแสง

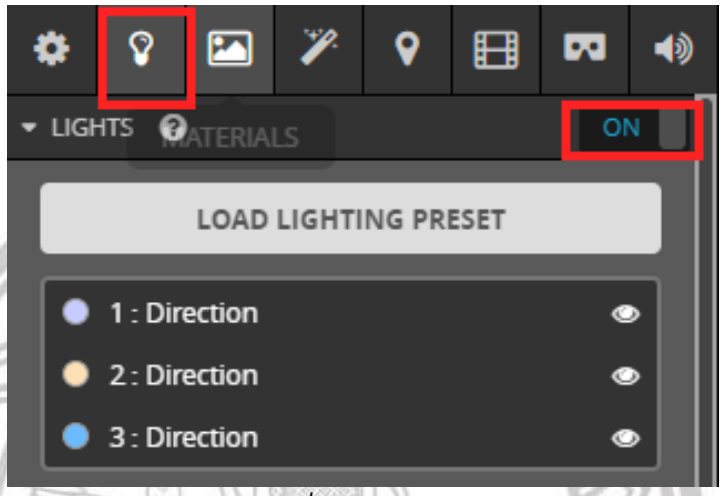
จากการอัปโหลดแบบจำลองไปในครั้งแรกจะเห็นได้ว่าแบบจำลองสามมิตินั้นมีความมืดมาก (ดังภาพ 3.45) เนื่องจากยังไม่ได้มีการปรับแก้ และตั้งค่าแสง ดังนั้นควรจะมีการปรับแก้แสงของแบบจำลองสามมิติเสียก่อน

***ภาพที่ 3.45*** *แบบจำลองที่อัปโหลดแล้ว*

ลิขสิ
Copyrigh
rsity
A

ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแก้เพื่อให้แบบจำลองมีความชัดเจน สวยงามเสียก่อน ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1) โดยไปที่โหมด Lighting จากนั้นปรับเครื่องมือ Light ให้เป็น ON (ดังภาพ 3.46)



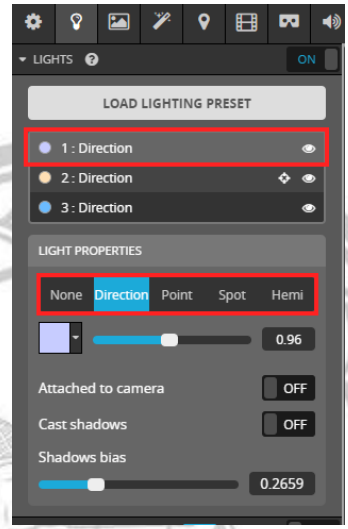

***ภาพที่ 3.46*** *การปรับแสง*

2) จะได้เป็นดวงไฟออกมาทั้งหมด 3 ดวงดังรูป (ดังภาพ 3.47)

***ภาพที่ 3.47*** *การปรับแสง (2)*

ลิขสิ
Copyrig ity
All rights reserved

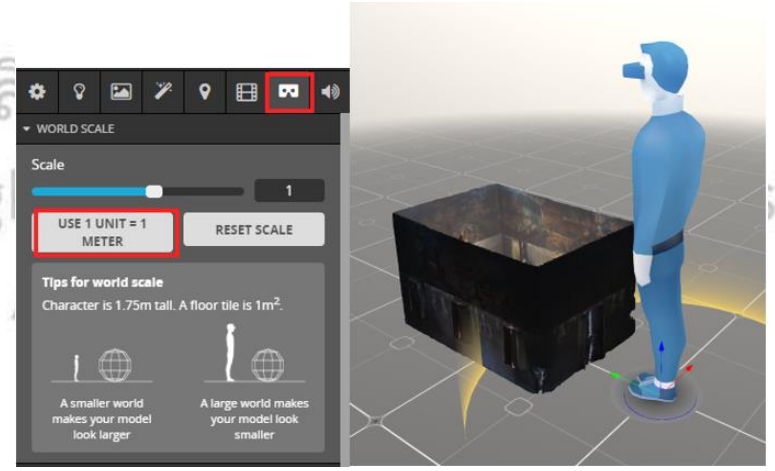
3) เมื่อคลิ๊กไปที่ดวงไฟแต่ละดวง จะปรากฏรูปแบบต่างๆ ของดวงไฟ โดยมีทั้งหมด 4 รูปแบบ ที่แตกต่างกันไป ได้แก่ Direction, Point, Spot, และ Hemi ตามลำดับ (ดังภาพ 3.48)




***ภาพที่ 3.48*** *การปรับแสง (3)*

### 3.5.3 การตั้งค่าสัดส่วนการมองภาพเสมือน

เนื่องจากเว็บไซต์ ยังไม่รู้ขนาดและสัดส่วนของแบบจำลองที่แท้จริง ดังนั้นจำเป็นต้องมีการตั้งค่าสัดส่วนการมองภาพเสมือน เพื่อการมองภาพสามมิติ มีความสมจริงมากที่สุด จากภาพนี้ เว็บไซต์จะกำหนดสัดส่วนเริ่มต้นมาที่ 1 หน่วย ซึ่ง 1 หน่วยเท่ากับ 1 เมตร (ดังภาพ 3.49) และเนื่องจากแบบจำลอง 3 มิติ ไม่ได้มีการกำหนดจุดควบคุมภาพถ่าย (GCP) ทำให้ขนาดของแบบจำลอง 3 มิตินั้นมีขนาดเล็กเกินกว่าความเป็นจริงไปพอสมควร ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแก้สัดส่วนของการมองภาพเสมือนให้มีความเหมาะสม




***ภาพที่ 3.49*** *การตั้งค่าการมองภาพเสมือน*

4) แสดงผลภาพเสมือนจริงผ่านแอพพลิเคชั่น Sketchfab ด้วยโหมด VR และใช้ควบคู่กับ VR Glasses (แว่นตา VR) (ดังภาพ 3.50)

*ภาพที่ 3.50 อุปกรณ์ในการรับชมภาพเสมือนจริง*

**3.6 การประเมินความพึงพอใจ**

ผลของงานวิจัยนี้จะทำการประเมินความพึงพอใจโดยการแสดงผลภาพเสมือนจริงผ่านแอพพลิเคชั่น Sketchfab โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจ โดยการสำรวจกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ดังได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

# บทที่ 4

## ผลการวิจัย

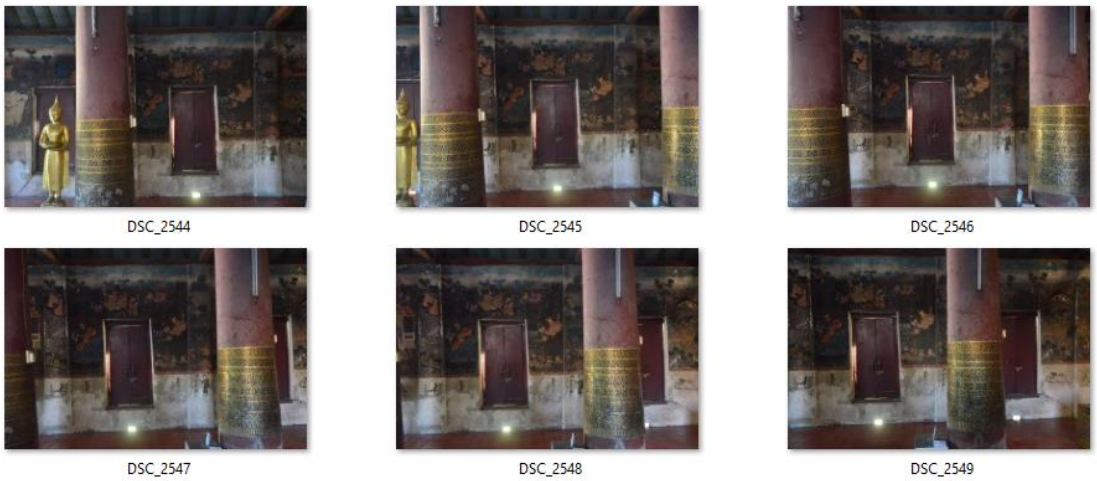
การดำเนินงานวิจัยนี้ เป็นการสร้างแบบจำลอง และภาพเสมือนจริงของภายในอาคารโบราณสถาน เช่น วัด เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวในจังหวัดพิษณุโลกและเพชรบูรณ์ โดยได้นำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ข้อมูลภาพถ่าย
2. การปรับแก้ภาพถ่าย
3. การประมวลผลด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan
4. การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองสามมิติ
5. การตั้งค่าการมองภาพเสมือนจริง

### 4.1ข้อมูลภาพถ่าย

#### 4.1.1 กรณีศึกษาที่ 1 วัดราชบูรณะ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

ตัวอย่างข้อมูลภาพถ่ายของโบสถ์วัดราชบูรณะ โดยเป็นแนวนอนทั้งหมด 6 ภาพ ดังภาพ 4.1

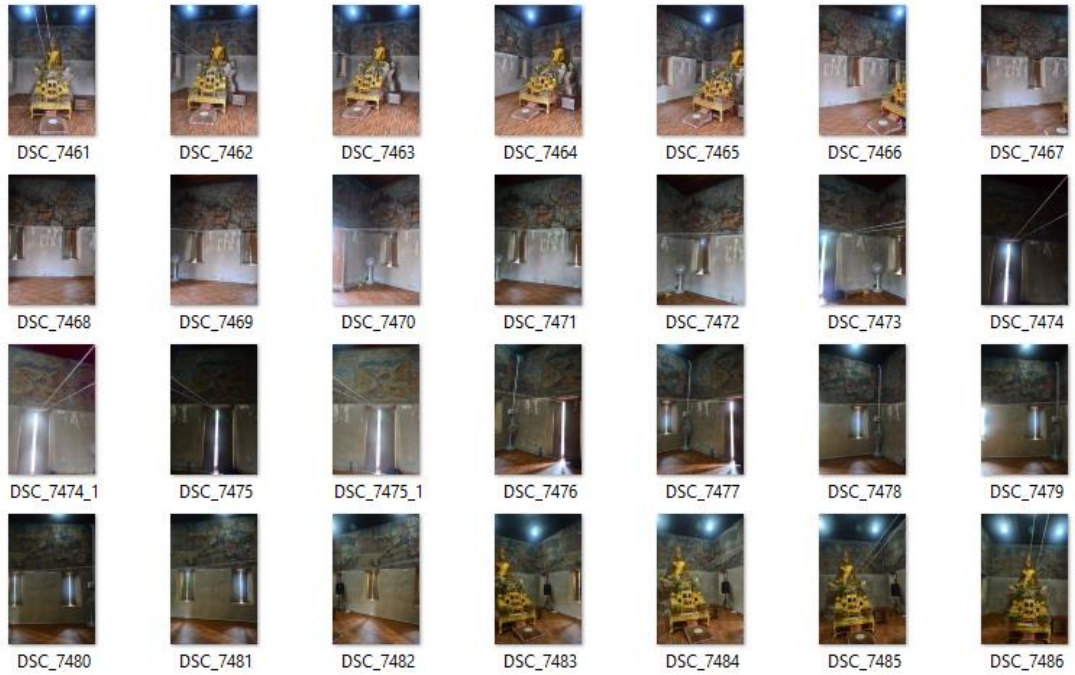



*ภาพที่ 4.1 ข้อมูลภาพถ่ายของวัดราชบูรณะ*

Copyright by Naresuan University
All rights reserved

### 4.1.2 กรณีศึกษาที่ 2 วัดนาทราย อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

ตัวอย่างข้อมูลภาพถ่ายของโบสถ์วัดนาทราย อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ จะแบ่งเป็น 2 ชุด โดยเป็นแนวตั้ง 28 ภาพ (ดังภาพ 4.2)และแนวนอน 24 ภาพ (ดังภาพ 4.3) ดังนี้

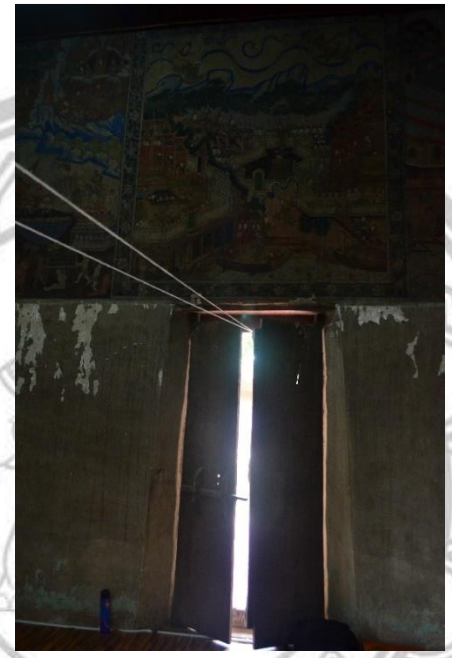



***ภาพที่ 4.2*** *ข้อมูลภาพถ่ายของวัดนาทราย (แนวตั้ง)*

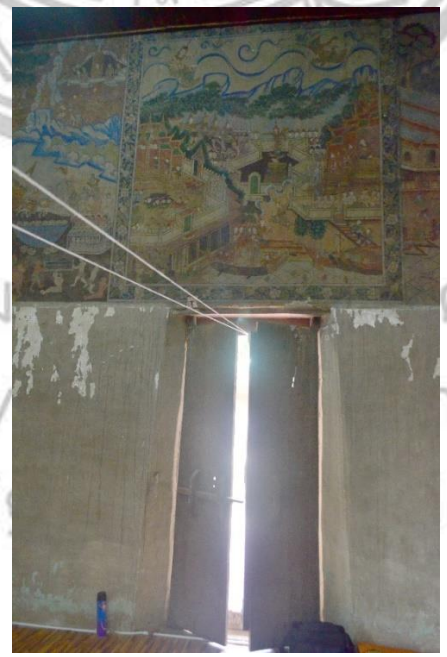
***ภาพที่ 4.3*** *ข้อมูลภาพถ่ายของวัดนาทราย (แนวนอน)*

**4.2 การปรับแก้ภาพถ่าย**

จากการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ อาจจะมีข้อมูลภาพบางภาพ ที่เกิดปัญหาเรื่องแสง จึงทำให้จำเป็นต้องมีการปรับแก้ภาพถ่ายเสียก่อน ก่อนที่จะนำไปประมวลผล



***ภาพที่ 4.4*** *ก่อนการปรับแก้ภาพถ่าย*



***ภาพที่ 4.5*** *หลังการปรับแก้ภาพถ่าย*

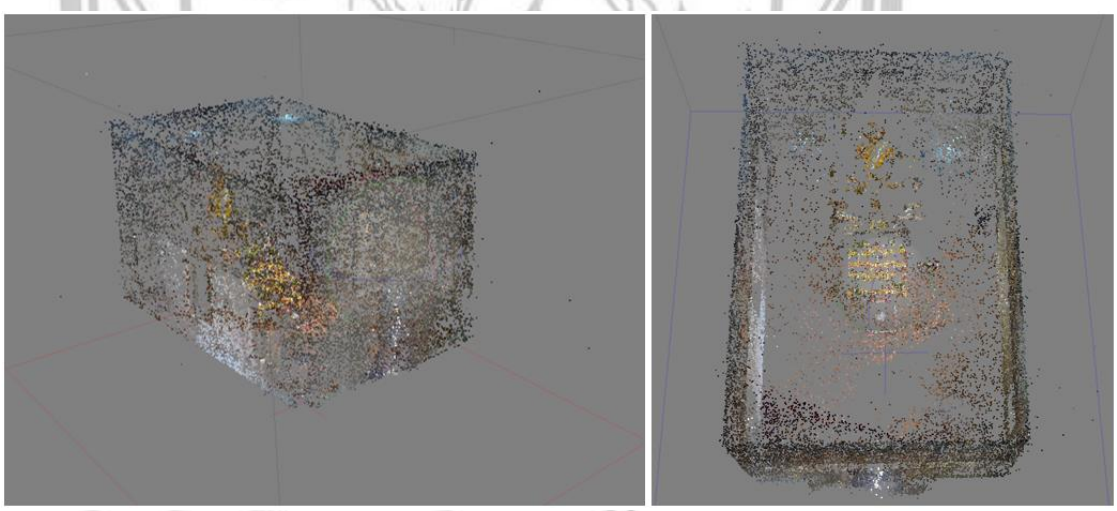
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
Copyright by Silpakorn University
All rights reserved

จากภาพที่ 4.4 จะสังเกตเห็นได้ว่าสีของภาพนั้น มีความมืดมาก เนื่องจากแสงที่เข้ามาทางประตูโบสถ์ ทำให้รูรับแสงของกล้องลดลง ส่งผลทำให้รายละเอียดของภาพมืดลงไปด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแก้ภาพถ่าย โดยการปรับเพิ่มแสงโดยใช้โปรแกรม Photoshop cs6 เพื่อให้ได้ภาพที่เห็นรายละเอียดชัดเจน ก่อนนำไปประมวลผล (ดังภาพ 4.5)

**4.3 การประมวลผลด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan**

ขั้นตอนการประมวลผลจะมีอยู่ด้วยกัน 4 ขั้นตอน ดังนี้

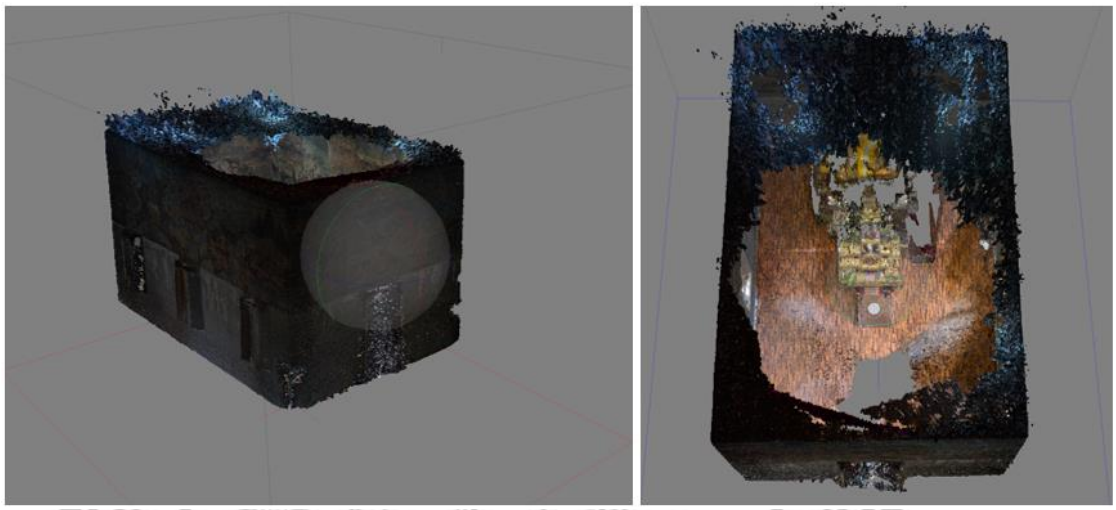
4.3.1 Align photo คือ การจัดเรียงรูปภาพ และนำจุดที่เหมือนกัน (Tie Point) ของภาพแต่ละภาพเพื่อมาสร้างเป็นแบบจำลอง (ดังภาพ 4.6)



***ภาพที่ 4.6*** *ผลลัพธ์จากการ Align photo*

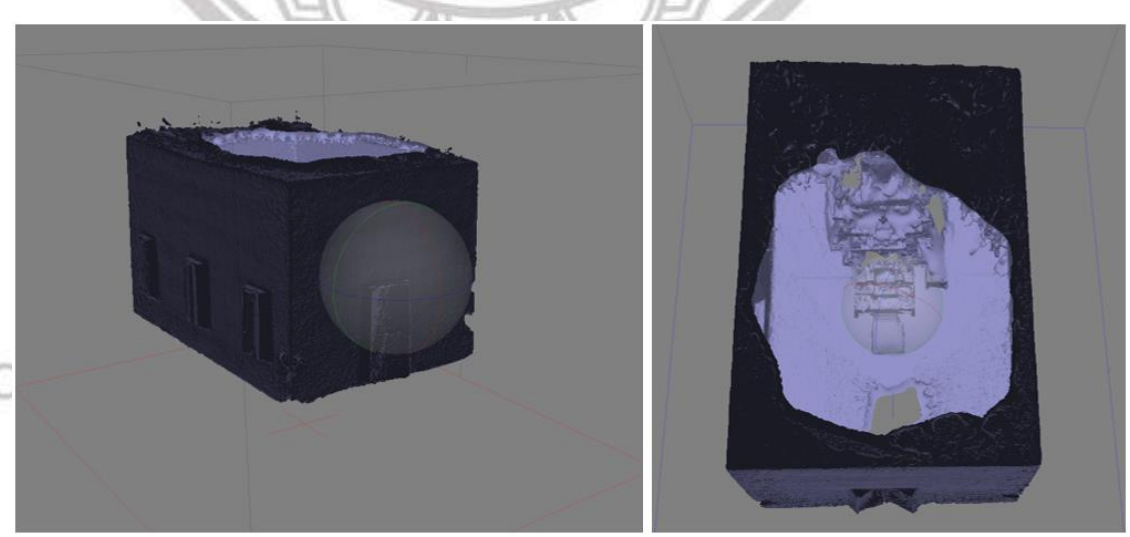
ลิขสิทธิ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

4.3.2 Build Dense Cloud คือ การเพิ่มจำนวนจุด tie point ให้มากขึ้นก่อนจะนำไปสร้างพื้นผิว (ดังภาพ 4.7)



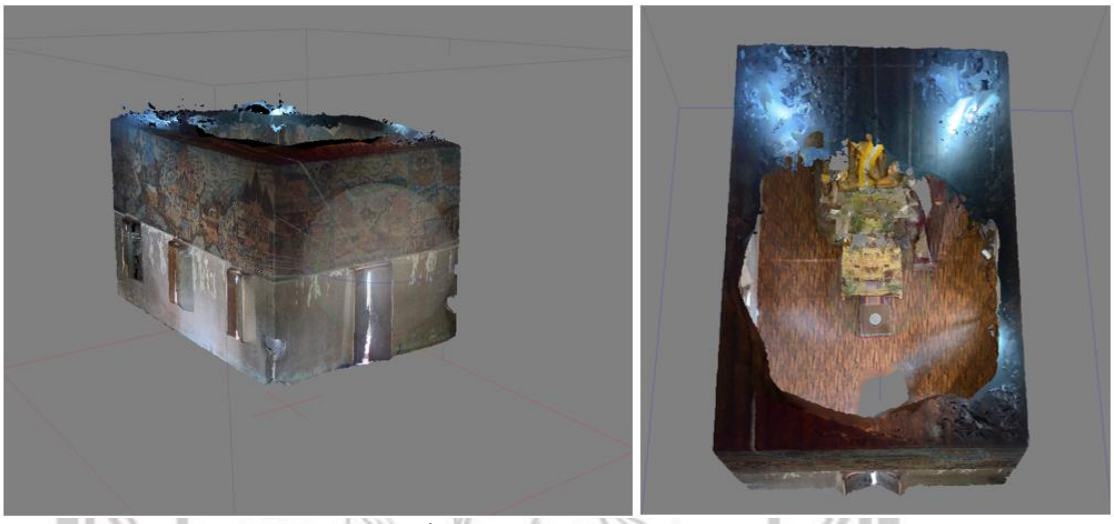
***ภาพที่ 4.7*** *ผลลัพธ์จากการ Build Dense Cloud*

4.3.3 Build Mesh ขั้นตอนต่อจากการสร้าง Dense Cloud จะเป็นการสร้างพื้นผิวโดยมีไม่มีสีของภาพในแบบจำลอง (ดังภาพ 4.8)



***ภาพที่ 4.8*** *ผลลัพธ์จากการ Build Mesh*

4.3.4 Build Texture นำพื้นสีของภาพมาใส่ในแบบจำลอง 3 มิติ ทำให้แบบจำลองมีความสวยงามและมีความละเอียดของสีเพิ่มมากขึ้น (ดังภาพ 4.9)



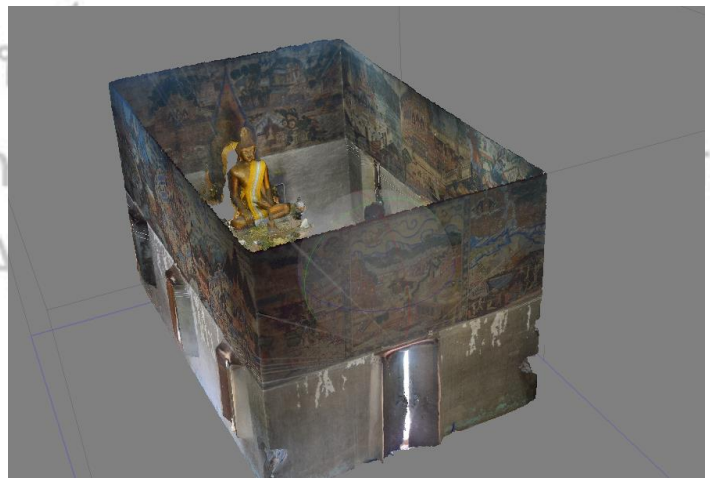
***ภาพที่ 4.9*** *ผลลัพธ์จากการ Build Texture*

## 4.4 การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองสามมิติ

หลังจากประมวลผลภาพถ่ายด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan แล้วก็จะนำแบบจำลองสามมิติที่ได้ มาปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้มีความถูกต้องและสวยงาม ซึ่งมีกระบวนการอยู่ด้วยกัน 2 ขั้นตอนดังนี้

### 4.4.1 ผลลัพธ์การปรับปรุงแก้ไขด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan

โดยการปรับปรุงแก้ไขโดยโปรแกรม Agisoft PhotoScan นี้ จะเป็นการลบส่วนเกินของแบบจำลองสามมิติออกไป ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่มีความเรียบเนียนของแบบจำลอง ซึ่งเกิดจากการมีข้อมูลภาพถ่ายไม่เพียงพอ

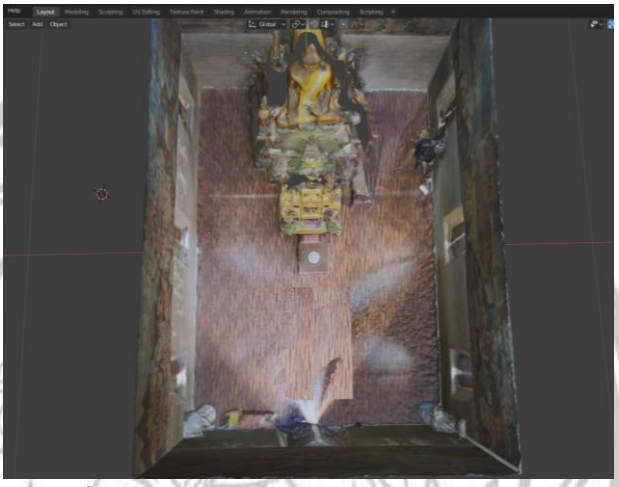


***ภาพที่ 4.10*** *ผลลัพธ์จากการปรับปรุงแก้ไขด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan*

ลิขสิ
Copyrigh
sity
A

### 4.4.2 ผลลัพธ์การปรับปรุงแก้ไขด้วยโปรแกรม Blender

การแก้ไขแบบจำลองด้วยโปรแกรม blender คือ การสร้างลูกบาศก์จากนั้นทำการปรับแก้รูปร่าง และสัดส่วนของลูกบาสก์ให้มีความเหมาะสมกับช่องว่าง จากนั้นนำสีของภาพถ่าย มาใส่ในลูกบาศก์จากนั้นนำลูกบาศก์ที่ได้รับการใส่สีแล้ว มาวางทับเพื่อปิดช่องว่างของแบบจำลอง



*ภาพที่ 4.11 ผลลัพธ์จากการปรับปรุงแก้ไขด้วยโปรแกรม Blender*

## 4.5 การตั้งค่าการมองภาพเสมือน

### 4.5.1 ผลลัพธ์ของการปรับแก้แสง

ผลลัพธ์ของการปรับแก้แสงบนเว็บไซต์ Sketchfab ทำให้แบบจำลองนั้นมีความสว่างและชัดเจนก่อนนำไปตั้งค่าสัดส่วนการมองภาพเสมือน

*ภาพที่ 4.12 ผลลัพธ์จากการปรับแก้แสง*

ลิข
Copyrig
ty

### 4.5.2 ผลลัพธ์ของการตั้งค่าสัดส่วนการมองภาพเสมือน

ก่อนที่จะมีการปรับแก้สัดส่วนการมองภาพ จำเป็นต้องมีการเคลื่อนย้ายหุ่นจำลอง สามารถทำไกเคลื่อนย้ายโดยการคลิกที่ลูกศร ซึ่งอยู่บริเวณเท้าของหุ่นจำลอง และลากไปในแกนที่ต้องการ เหตุที่ต้องย้ายหุ่นจำลองเข้ามาภายในบริเวณภายในแบบจำลอง เพราะสำหรับการเปรียบเทียบสัดส่วนของการมองภาพเสมือน โดยเปรียบเทียบความสูงของหุ่นจำลองกับฝาผนังของแบบจำลอง จากนั้นปรับแก้สัดส่วนของการมองภาพเสมือนจากค่าเริ่มต้นที่ 1 ปรับมาอยู่ที่ 0.17 ดังรูป

***ภาพที่ 4.13*** *ผลลัพธ์จากการตั้งค่าสัดส่วนการมองภาพเสมือน*

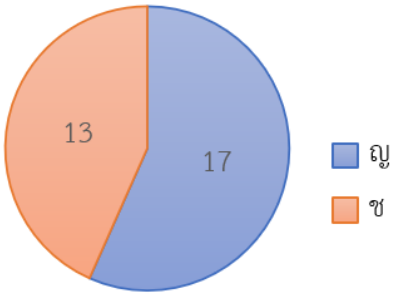
## 4.6 ผลการประเมินความพึงพอใจ

โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินการแสดงผลภาพเสมือนจริงภายในโบสถ์ของวัดนาทราย ด้วยแบบประเมินความพึงพอใจจำนวน 30 คน โดยมีการผลสรุปใน 3 ส่วน ดังนี้

### 4.6.1 ข้อมูลสถานภาพทั่วไป

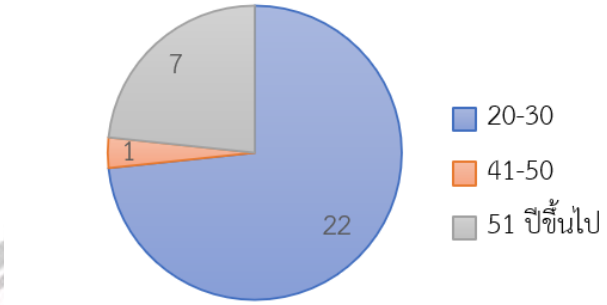
1.1 เพศ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ 1) หญิง 17 คน 2) ชาย 13 คน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University



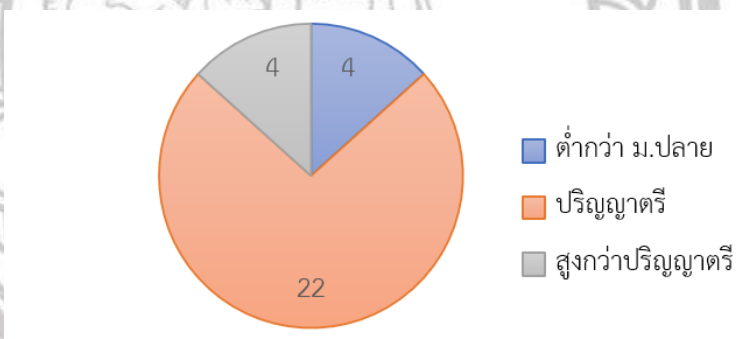

***ภาพที่ 4.14*** *กราฟแสดงข้อมูลสถานภาพทั่วไป (เพศ)*

1.2 อายุ แบ่งเป็นช่วงอายุเป็น 3 ช่วง ดังนี้ 1) 20-30 ปี จำนวน 22 คน 2) 41-50 ปี จำนวน 1 คน และ 3) 51 ปีขึ้นไป จำนวน 7 คน




***ภาพที่ 4.15*** *กราฟแสดงข้อมูลสถานภาพทั่วไป (อายุ)*

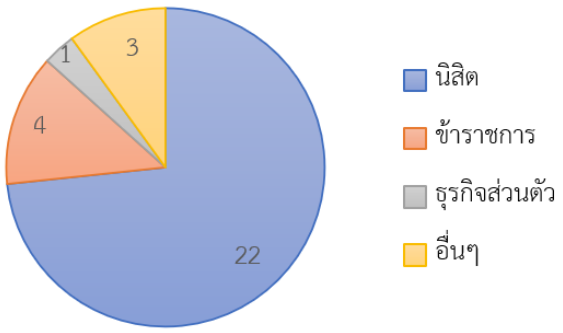
1.3 ระดับการศึกษา แบ่งระดับการศึกษาเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ 1) ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 4 คน 2) ปริญญาตรี จำนวน 22 คน และ 3) สูงกว่าปริญญาตรี จำนวน 4 คน




***ภาพที่ 4.16*** *กราฟแสดงข้อมูลสถานภาพทั่วไป (ระดับการศึกษา)*

1.4 อาชีพ แบ่งกลุ่มอาชีพเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ 1) นิสิต/นักศึกษา จำนวน 22 คน 2) ข้าราชการ จำนวน 4 คน 3) ธุรกิจส่วนตัว จำนวน 1 คน และ 4) อื่น ๆ จำนวน 3 คน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยบูรพา
Copyright b sity
All




***ภาพที่ 4.17*** *กราฟแสดงข้อมูลสถานภาพทั่วไป (อาชีพ)*

**4.6.2 ผลการประเมินความพึงพอใจ**

จากผู้ใช้งานจำนวน 30 คน ผลคะแนนจะแบ่งเป็นหัวข้อต่าง ๆ โดยมีคะแนนรวมเฉลี่ยของความพึงพอใจทั้งหมดเท่ากับ 3.54 จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ดังนี้

1) ความเหมาะสมของขนาดแบบจำลอง 3.70 คะแนน

2) รายละเอียดต่าง ๆ ของแบบจำลอง 3.27 คะแนน

3) ความสมบูรณ์ของแบบจำลอง 3.57 คะแนน

4) ความเหมาะสมของอุปกรณ์ในการรับชม 3.20 คะแนน

5) เพิ่มแรงจูงใจในการท่องเที่ยว 3.50 คะแนน

6) สามารถนำไปต่อยอด และใช้ในงานอนุรักษ์แหล่งโบราณสถาน 3.97 คะแนน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

# บทที่ 5

## สรุปและอภิปรายผล

จากผลการศึกษาวิจัยเรื่อง การสร้างแบบจำลองภายในอาคารโบราณสถาน เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวแบบเสมือน ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ ได้ดังนี้

1. เพื่อจัดทำแบบจำลอง และภาพเสมือนจริงภายในโบราณสถาน สำหรับสนับสนุนการท่องเที่ยวในจังหวัดพิษณุโลกและใกล้เคียง

2. เพื่อพัฒนาแนวทางในการสร้างแบบจำลองภายในอาคารโบราณสถานจากการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้การสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ มาใช้เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวให้แก่ผู้สูงอายุ และผู้พิการ ดำเนินการโดย เก็บข้อมูลภาพถ่าย บริเวณภายในโบสถ์ของวัดนาทราย อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ จากนั้นนำข้อมูลภาพถ่ายที่ได้ มาประมวลผลในโปรแกรม Agisoft PhotoScan เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติ หลังจากนั้นจะนำแบบจำลองสามมิติที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์และสวยงาม ด้วยโปรแกรม Blender จากนั้นนำแบบจำลองสามมิติที่ได้รับการปรับปรุงและแก้ไขแล้ว ไปสร้างภาพเสมือนจริงด้วยเว็บไซต์ Sketchfab จากนั้นรับชมภาพเสมือนจริงด้วยอุปกรณ์ smartphone ควบคู่ไปกับ VR Glasses และประเมินความพึงพอใจด้วยแบบประเมินความพึงพอใจ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ได้ผลลัพธ์เป็นผลคะแนน 3.54 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

### 5.2 อภิปรายผล

จากงานวิจัยของ Fernández-Palacios et al. (2017) ซึ่งมีผลลัพธ์และวิธีการที่คล้ายคลึงกัน โดยการได้มาซึ่งข้อมูลแบบจำลองสามมิติของงานวิจัยนี้ ได้มาจากการใช้ laser scanner จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำไปสร้างภาพเสมือนจริงโดยใช้เอนจิ้นเกมของ unity ซึ่งเป็นซอฟท์แวร์ที่ใช้จัดการกับข้อมูลสามมิติ และสร้างเป็นแอพพลิเคชั่น การรับชมภาพเสมือนจริงของงานวิจัยนี้ จะรับชมโดยชุดหูฟังที่ประกอบไปด้วย จอภาพและหูฟัง โดยใช้ควบคู่ไปกับอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เพื่อให้มีการโต้ตอบแบบ real-time เป็นวิธีใหม่ในการส่งเสริมความรู้เกี่ยวกับมรดกทางวัฒนธรรม

อีกทั้งงานวิจัยของของ Francesco Gabellone. (2009) ซึ่งจะเป็นการเก็บข้อมูลภายในอาคารโบราณสถาน โดยส่วนใหญ่เน้นไปที่พิพิธภัณฑ์โดยใช้ laser scanning ซึ่งแบบจำลองสามมิติที่ได้นั้นมีความละเอียดสูงมาก ทำให้มีรายละเอียดใกล้เคียงกับความเป็นจริง จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เป็นการสร้างแหล่งความรู้ของการมองภาพเสมือนจริง โดยมุ่งเน้นไปยังสถานที่พิพิธภัณฑ์ต่าง ๆ

แต่จากงานวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้การสำรวจรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติสำหรับงานภาพเสมือนจริงของภายในอาคารโบราณสถาน เช่น วัด ที่ให้ผลลัพธ์ของแบบจำลองสามมิติที่มีความละเอียดสูงได้ใกล้เคียงวิธีการสำรวจรังวัดด้วย laser scanning ซึ่งจากประโยชน์ดังกล่าวในงานวิจัยสามารถประยุกต์ใช้วิธีการสำรวจรังวัดที่มีต้นทุนได้ต่ำกว่าโดยเฉพาะเครื่องมือ,อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล

นอกจากนี้จากผลประเมินความพึงพอใจการมองภาพเสมือนจริงของภายในอาคารโบราณสถาน โดยมีคะแนนรวมเฉลี่ยที่ 3.54 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้การสร้างแบบจำลองสามมิติภายในอาคารโบราณสถานด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ เพื่อนำไปสร้างภาพเสมือนจริงสำหรับสนับสนุนการท่องเที่ยวให้กับผู้สูงอายุและผู้พิการ อันเป็นแนวทางในการเข้าถึงแหล่งโบราณสถานได้อย่างง่ายและสะดวก

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะมีการเพิ่มโคมไฟ เพื่อทำให้เกิดความสว่างภายในอาคารโบราณสถาน ก่อนเก็บข้อมูลภาพถ่าย

2. การมองภาพเสมือนจริงในงานวิจัยนี้ หากต้องการเคลื่อนย้ายตำแหน่งในการมองภาพจะต้องทำการถอด smartphone ออกมาจากแว่นตา VR เสียก่อน จึงจะสามารถย้ายตำแหน่งในการมองภาพได้ ดังนั้นควรจะสามารถเคลื่อนย้ายตำแหน่งได้เอง ด้วยการเดินชมภาพเสมือนจริงโดยใช้ควบคู่ไปกับอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

## 5.4 ปัญหาและอุปสรรค

### 5.4.1 ข้อจำกัดด้านความละเอียดของแบบจำลองสามมิติ

เนื่องจากเว็บไซต์ Sketchfab เป็นเว็บไซต์ที่มีการสมัครสมาชิกรายเดือน โดยจ่ายค่าสมัครเพื่อเพิ่มระดับการใช้งาน โดยในเว็บไซต์จะมีทั้งหมด 3 ระดับก็คือ 1) Basic 2) Plus 3) Pro ซึ่งระดับที่

ผู้วิจัยใช้งาน ก็คือระดับ Basic ซึ่งจะสามารถอัปโหลดแบบจำลองสามมิติได้เพียงขนาด 50 MB ซึ่งหากจะสามารถอัปโหลดแบบจำลองสามมิติที่มีความละเอียดสูง ราคาที่จะต้องจ่ายก็จะสูงตามไปด้วย

**5.4.2 แว่นตา VR ลดความละเอียดของภาพเสมือนจริง**

อุปกรณ์ในการรับชมภาพเสมือนจริงในงานวิจัยนี้ คือ แว่นตา VR ซึ่งแว่นตา VR ที่ใช้นี้ค่อนข้างที่จะมีราคาถูก ทำให้คุณภาพของเลนส์นั้นมีความด้อยประสิทธิภาพกว่าแว่นตา VR ที่มีราคาแพง ทำให้ภาพขณะรับชมผ่านแว่นตานั้น มีความเบลอ อันเกิดมากจากประสิทธิภาพของเลนส์ในแว่นตา VR

**5.4.3 ปัญหาสายตาของผู้สูงอายุ**

ผู้สูงอายุโดยส่วนใหญ่นั้นมักจะมีปัญหาสายตายาว อันเนื่องมาจากปัญหาสุขภาพสายตาเป็นผลมาจากอายุที่มากขึ้น ทำให้ต้องมีการใส่แว่นสายตาตลอดเวลา และการรับชมภาพเสมือนจริงนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการถอดแว่นตาออกเสียก่อน ซึ่งทำให้ระยะในการมองภาพนั้นเปลี่ยนไป ทำให้เกิดความพล่ามัวในการมองภาพ ขณะรับชมภาพเสมือนจริง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

# บรรณานุกรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

**บรรณานุกรม**

โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. (2516). สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ : การอนุรักษ์โบราณสถาน และโบราณวัตถุ. 16, 56-62.

โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. (2555). สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ : แอนิเมชัน. 36, 253

ชาติชาย ไวยสุระสิงห์. 2545. การประยุกต์ใช้กระบวนการรังวัดบนภาพถ่ายระยะใกล้ส าหรับการวัดละเอียดสูง. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อนุชา. (2556). วัดราชบูรณะ. สืบค้นเมื่อ20 มีนาคม 2562, จากเว็บไซต์: https://www.phitsanulokhotnews.com/2013/09/02/42522.

Agisoft (2006). Image Capture Tips: Equipment and Shooting Scenarios. Retrieved March 19, 2019, from https://www.agisoft.com/support/tips-tricks/.

Annette Thoma. (2018). Konzerthaus Berlin: Cultural participation through digitisation Retrieved 31 March 2019. from: https://sketchfab.com/blogs/community/konzerthaus-berlin-cultural-participation-through-digitisation/

Bersini Andrea & C. Sas - Via A. De Gasperi. Surveys with laser scanner of Palazzo Ricordi (Milano). Retrieved March 18, 2019, from: http://www.tracciatori.com/en/services/architectonic/laser-scanner-milan-building-ricordi.

Fernández-Palacios, B. J., Morabito, D., & Remondino, F. (2017). Access to complex reality-based 3D models using virtual reality solutions. *Journal of cultural heritage*, *23*, 40-48.

Gabellone, F. (2009). Ancient contexts and Virtual Reality: From reconstructive study to the construction of knowledge models. *Journal of Cultural Heritage*, *10*, e112-e117.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University

Kim, D. H., Poropat, G. V., Gratchev, I., & Balasubramaniam, A. (2015). Improvement of photogrammetric JRC data distributions based on parabolic error models. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, *80*, 19-30.

Sampaio, A. Z., Ferreira, M. M., Rosário, D. P., & Martins, O. P. (2010). 3D and VR models in Civil Engineering education: Construction, rehabilitation and maintenance. *Automation in Construction*, *19*(7), 819-828.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

# ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

# ภาคผนวก ก

## การลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลภาพถ่ายภายในอาคารโบราณสถาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาพถ่าย ภายในโบสถ์วัดราชบูรณะ จังหวัดพิษณุโลก

ลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาพถ่าย ภายในโบสถ์วัดนาทราย จังหวัดเพชรบูรณ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

**ภาคผนวก ข**

**แบบประเมินความพึงพอใจ**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

**แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้รับชมแบบจำลองเหมือนจริงภายในอาคารโบราณสถาน**
**งานวิจัย การสร้างแบบจำลองภายในอาคารโบราณสถาน เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยว**
**แบบเสมือนจริง ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้**
**มหาวิทยาลัยนเรศวร**

---

**<u>วัตถุประสงค์</u> แบบสอบถามความคิดเห็นฉบับนี้จัดทำขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความคิดเห็นของผู้รับชมแบบจำลองเสมือนจริง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ ไปปรับปรุงแก้ไข เพื่อทำให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น**

**<u>คำอธิบาย</u>** แบบสอบถามความคิดเห็นฉบับนี้มีทั้งหมด 3 ตอน ขอให้ผู้ตอบ ตอบแบบสอบถามให้ครบทั้ง 3 ตอน เพื่อให้การดำเนินงานตรงตามวัตถุประสงค์ และเพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ต่อไป

**<u>ตอนที่ 1</u> สถานภาพทั่วไป**

**<u>คำชี้แจง</u>** โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ หน้าข้อความ

**1. เพศ**

☐ หญิง ☐ ชาย

**2. อายุ**

☐ ต่ำกว่า 20 ปี ☐ 20-30 ปี ☐ 31-40 ปี ☐ 41-50 ปี ☐ 51 ปีขึ้นไป

**3. การศึกษา**

☐ มัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า ☐ อนุปริญญาหรือเทียบเท่า
☐ ปริญญาตรี ☐ สูงกว่าปริญญาตรี
☐ อื่น ๆ .....

**4. อาชีพ**

☐ นิสิต / นักศึกษา ☐ ข้าราชการ ☐ พนักงานของรัฐ รัฐวิสาหกิจ
☐ ลูกจ้าง ☐ ธุรกิจส่วนตัว ☐ อื่น ๆ .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

**<u>ตอนที่ 2</u> ระดับความพึงพอใจ**

**<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความพึงพอใจของท่านเพียงระดับเดียว**

| ประเด็นความคิดเห็น | ระดับความพึงพอใจ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | มากที่สุด 5 | มาก 4 | ปานกลาง 3 | น้อย 2 | น้อยที่สุด 1 |
| 1. ความเหมาะสมของขนาดแบบจำลอง | | | | | |
| 2. รายละเอียดต่าง ๆ ของแบบจำลอง (จิตรกรรมฝาผนัง ,องค์พระพุทธรูป) | | | | | |
| 3. ความสมบูรณ์ของแบบจำลอง | | | | | |
| 4. ความเหมาะสมของอุปกรณ์ในการรับชม (โทรศัพท์, แว่นตา VR) | | | | | |
| 5. เพิ่มแรงจูงในการท่องเที่ยวในแหล่งโบราณสถาน | | | | | |
| 6. สามารถนำไปต่อยอด และใช้ในงานอนุรักษ์แหล่งโบราณสถาน | | | | | |

**<u>ตอนที่ 3</u> ข้อเสนอแนะอื่น ๆ**

ข้อคิดเห็น / ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

**ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม**

ประวัติผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

## ประวัติผู้วิจัย

**ชื่อ – ชื่อสกุล** จิรวิชญ์ มีไทย

**วัน เดือน ปีเกิด** 5 เมษายน 2541

**ที่อยู่ปัจจุบัน** 93 หมู่ 7 ตำบลทุ่งสมอ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67270

**ประวัติการศึกษา**

พ.ศ. 2559 - ปัจจุบัน วท.บ. (ภูมิศาสตร์) เกรดเฉลี่ย 2.58

พ.ศ. 2553 – 2558 ระดับมัธยมศึกษา (วิทย์-คณิต) โรงเรียนหล่มสักวิทยาคม ตำบลหล่มสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ 67110

พ.ศ. 2550 – 2553 ระดับประถมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนผดุงวิทย์ ตำบลหล่มสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ 67101

พ.ศ. 2547 – 2549 ระดับประถมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบ้านทุ่งสมอ ตำบลทุ่งสมอ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67270

**ประสบการณ์การทำงาน**

1) สตาฟกลางขององค์การนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวร ทำหน้าที่ในฝ่ายสวัสดิการ ในปี การศึกษา 2560 และปีการศึกษา 2561

2) จัดทำแผนที่ภาษีโรงเรือนและที่ดิน สำรวจและนำเข้าข้อมูลประเภทอาคารและสิ่งปลูกสร้าง ภายใต้บริษัท กราฟเมติกซ์ จำกัด

3) จำแนกประเภทของอาคาร และสิ่งปลูกสร้าง สำหรับจัดทำแผนที่ภาษีโรงเรือน บริษัท แมพพ้อยท์เอเชีย (ประเทศไทย)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

**รางวัลที่ได้รับ**

1) รางวัลรองชนะเลิศอันดับที่ 1 โครงการประกวดดนตรีโฟล์คซอง คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปีการศึกษา 2561