การสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถานสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถานด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ

3D reconstruction of Cultural heritage for Heritage Building Information Modeling (H-BIM) using UAV photogrammetry

ญาสุมินท์ ใจกว้าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี เสนอภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งขอการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาภูมิศาสตร์

พฤศจิกายน 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์และหัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรีเรื่อง “การสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถานสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถาน (H-BIM) ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ” (3D reconstruction of Cultural heritage for H-BIM using UAV photogrammetry) นิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

.....

(อาจารย์ ดร.พลปรีชา ชิดบุรี)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(รองศาสตราจารย์ พัฒนา ราชวงศ์)

ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ พัฒนา ราชวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.พลปรีชา ชิดบุรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษาพร้อมทั้งให้คำแนะนำและชี้แนวทางการแก้ไขปัญหาด้วยความเอาใจใส่ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนทำให้วิทยานพินธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณประพันธ์ พักตร์เขียว หัวหน้าพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติพระพุทธชินราช ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ผู้วิจัยได้ไปใช้สถานที่และเก็บข้อมูลโบราณสถาน และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติพระพุทธชินราชที่ได้ให้การต้อนรับและดูแลเป็นอย่างดีตลอดการเก็บข้อมูล

ขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิชาภูมิศาสตร์ ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ช่วยให้คำแนะนำและถ่ายทอดความรู้วิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้ และขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่าน

เหนือสิ่งอื่นใดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ที่ให้โอกาสผู้วิจัยได้รับการศึกษาและคอยเป็นกำลังใจสนับสนุนในทุกๆด้านตลอดมา และขอบคุณเพื่อน ๆ สาขาวิชาภูมิศาสตร์ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษามาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่องานอนุรักษ์โบราณสถานและผู้ที่สนใจไม่มากก็น้อย

ญาสุมินท์ ใจกว้าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ชื่อเรื่อง การสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถานสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถาน (H-BIM) ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ
ผู้วิจัย ญาสุมินท์ ใจกว้าง
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร. พลปรีชา ชิดบุรี
ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ วท.บ. สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2563
คำสำคัญ แบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถาน, โบราณสถาน, การสำรวจด้วยภาพถ่าย, อากาศยานไร้คนขับ

บทคัดย่อ

โบราณสถานเป็นสถานที่สำคัญทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมซึ่งควรค่าแก่การอนุรักษ์และบำรุงรักษาไว้ การสำรวจและเก็บข้อมูลของโบราณสถานอย่างเป็นระบบจึงเป็นสิ่งสำคัญต่องานอนุรักษ์อย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถานเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่สำคัญในการเก็บรายละเอียดของตัวอาคารโบราณสถานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับสำหรับการสร้างแบบจำลองสามมิติและแบบจำลองสารสนเทศอาคารของโบราณสถาน โดยมีพื้นที่ศึกษาคือพระอัฏฐารสที่ประดิษฐานอยู่ภายในวัดพระศรีมหาธาตุวรมหาวิหาร จังหวัดพิษณุโลก โดยใช้การสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับด้วย DJI Phantom 4 Pro แล้วทำการประมวลผลเพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถานด้วยโปรแกรม Agisoft Metashape จากนั้นทำการวิเคราะห์รายละเอียดของตัวอาคารโบราณสถานพระอัฏฐารสโดยการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารด้วยโปรแกรม Autodesk Revit และการเขียนแบบขององค์พระอัฏฐารสในรูปแบบสองมิติ ผลจากการวิจัยพบว่า รูปแบบการบินถ่ายภาพทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับมีผลอย่างมากต่อความครบถ้วนและความถูกต้องของแบบจำลองสามมิติของโบราณสถาน นอกจากนี้แบบจำลองสามมิติของโบราณสถานจากการประยุกต์ใช้การสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับนั้นสามารถสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถานได้ในระดับ Level-1 เพราะมีแค่การตรวจสอบความถูกต้องแต่ไม่สามารถกำหนดข้อมูลของวัสดุที่ใช้ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

Title	3D reconstruction of Cultural heritage for Heritage Building Information Modeling (H-BIM) using UAV photogrammetry
Author	Yasumin Jaikwang
Advisor	Polpreecha Chidburee, Ph.D
Academic Paper	Thesis B.S. in Geography, Naresuan University, 2020
Keywords	Heritage Building Information Modeling (H-BIM), Cultural heritage, photogrammetry, Unmanned aerial vehicle (UAV)

Abstract

An archaeological site is importantly a historical place and cultural heritage that has great importance on preservation and maintenance. Surveying for an archaeological site should systematically collect data of historic conservation area. In particular, the application of Heritage Building Information Modeling (H-BIM) is one of the widely used technologies for detail survey of ancient buildings accurately and precisely. The objective of this research is to develop a photogrammetric technique from an unmanned aerial vehicle (UAV) for creating a three-dimensional model and H-BIM of an ancient building. The study area of this research is Phra Atta Rassa located at Wat Pra Sri Rattana Mahathat Vora Maha Vihar in Phitsanulok province. The UAV photogrammetric approach used DJI Phantom 4 Pro for image acquisition. The 3D reconstruction from imagery was processed using Agisoft Metashape software. Then to analyse the details of Phra Atta Rassa's ancient building, H-BIM was carried out using Autodesk Revit software, and drawing of Phra Atta Rassa was created in two dimensions. From the experimental results, it was found that the pattern of UAV flights had a considerable amount of influence over the completeness and accuracy of the 3D model for cultural heritage. Furthermore, 3D model reconstruction from UAV photogrammetric approach provides only H-BIM in Level-1 because it could verify the accuracy but cannot identify material information.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

บทที่ 1 ..... **1**

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา **1**

1.2 วัตถุประสงค์ **2**

1.3 พื้นที่ศึกษา **2**

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ **3**

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย **4**

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ **5**

บทที่ 2 ..... **6**

2.1 โบราณสถาน **6**

2.2 การสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ หรือ UAV Photogrammetry **6**

2.3 แบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถาน หรือ Heritage Building Information Modeling (H-BIM) **7**

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **8**

บทที่ 3 ..... **15**

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย **15**

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล **18**

3.3 การประมวลผลข้อมูล **19**

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล **26**

3.5 สร้างและวิเคราะห์ H-BIM **26**

บทที่ 4 ..... **39**

4.1 ผลของการเก็บรวบรวมข้อมูล **39**

4.2 ผลลัพธ์ของแบบจำลองสามมิติ **40**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ **หน้า**

4.3 ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ 42
4.4 ผลการประเมินความถูกต้อง 43
4.5 ผลลัพธ์ของ H-BIM 43
4.6 ผลของพระอัฏฐารสในรูปแบบสองมิติ 44
บทที่ 5 45
5.1 สรุปผล 45
5.2 อภิปรายผล 46
5.3 ปัญหาและอุปสรรค 47
5.6 ข้อเสนอแนะการศึกษา 47
บรรณานุกรม 48
ภาคผนวก 49
ประวัติผู้วิจัย 53

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพ **หน้า**

ภาพที่ 1.1 พระอัฏฐารส 3
ภาพที่ 1.2 กรอบแนวคิดการวิจัย 4
ภาพที่ 2 1 Level ของ BIM 7
ภาพที่ 2.2 สะพาน Ízbor (León-Robles et al, 2019) 8
ภาพที่ 2.3 การวางจุด GCP และทำการสแกนสะพานหิน (León-Robles et al, 2019) 9
ภาพที่ 2.4 การสร้างแบบจำลอง H-BIM โดยจะระบุองค์ประกอบ BIM 9
ภาพที่ 2.5 การสแกนจับ Point Cloud (Angulo et al, 2017) 10
ภาพที่ 2.6 การประกอบชิ้นส่วน (Angulo et al, 2017) 10
ภาพที่ 2.7 การสร้าง HBIM ของพอร์ทัล และตรวจสอบชิ้นส่วน (Angulo et al, 2017) 11
ภาพที่ 2.8 เรขาคณิตของตัวแบบ (Castellano-Román et al, 2019) 12
ภาพที่ 2.9 โครงการส่วนกลางและโครงการที่เชื่อมโยงใน Charterhouse of Jerez HBIM 12
ภาพที่ 2.10 ความละเอียดของ point cloud ที่แตกต่างกัน (Fryskowska et al, 2018) 13
ภาพที่ 2.11 โมเดลของโบสถ์ได้รับการพัฒนาด้วยตนเองตาม point cloud ความละเอียด 2 ซม. . 13
ภาพที่ 2.12 การสร้างแบบจำลอง Roshan แหล่ง Baik (López et al, 2018) 14
ภาพที่ 3.1 อากาศยานไร้คนขับ รุ่น DJI Phantom 4 15
ภาพที่ 3.2 เทปวัดระยะทาง 16
ภาพที่ 3.3 Application DJI GO 4 16
ภาพที่ 3.4 Application Pix4D capture 17
ภาพที่ 3.5 Agisoft Metashape Professional 17
ภาพที่ 3.6 Autodesk Revit 17
ภาพที่ 3.7 การกำหนดแนวบินแบบ Double Grid 18
ภาพที่ 3.8 การกำหนดแนวบินแบบ Double Grid 18
ภาพที่ 3.9 การบินถ่ายภาพพระอัฏฐารสด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) 19

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ **หน้า**

ภาพที่ 3.10 หน้าต่างซอฟแวร์ Agisoft Metashape Professional 19
ภาพที่ 3.11 การเพิ่มภาพถ่าย 20
ภาพที่ 3.12 การกำหนดระบบพิกัด 20
ภาพที่ 3.13 การสร้างจุด GCPs 21
ภาพที่ 3.14 การสร้างและวาง Marker 21
ภาพที่ 3.15 การสร้าง Scaling เพื่อกำหนดขนาดที่ถูกต้องให้กับแบบจำลองสามมิติ 22
ภาพที่ 3.16 Align Photos 22
ภาพที่ 3.17 ผลลัพธ์การ Align Photos 23
ภาพที่ 3.18 Build Dense Cloud 23
ภาพที่ 3.19 ผลลัพธ์การ Build Dense Cloud 24
ภาพที่ 3.20 Build Mesh 24
ภาพที่ 3.21 ผลลัพธ์การ Build Mesh 24
ภาพที่ 3.22 Build Texture 25
ภาพที่ 3.23 ผลลพธ์ Build Texture 25
ภาพที่ 3.24 การวัดขนาดของพื้นที่จริง 26
ภาพที่ 3.25 การวัดขนาดในแบบจำลองสามมิติ 26
ภาพที่ 3.26 Export Point 27
ภาพที่ 3.27 Autodesk ReCap 27
ภาพที่ 3.28 การนำเข้าไฟล์ 28
ภาพที่ 3.29 การบันทึกโปรเจค 28
ภาพที่ 3.30 import Files 29
ภาพที่ 3.31 Launch Project 29
ภาพที่ 3.32 การบันทึกเพื่อแปลไฟล์แบบจำลอง 30
ภาพที่ 3.33 Autodesk Revit 30

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ **หน้า**

ภาพที่ 3.34 สร้าง Project 31
ภาพที่ 3.35 การเพิ่ม Point cloud 31
ภาพที่ 3.36 ค่าระดับการมองเห็นอยู่สูงกว่าระดับพื้นในแบบจำลอง 32
ภาพที่ 3.37 การปรับระดับการมองเห็น 32
ภาพที่ 3.38 ระดับการมองเห็นแบบ 3D 33
ภาพที่ 3.39 ระดับการมองเห็นแบบ 2D 33
ภาพที่ 3.40 การกำหนดและวาดเส้น Grid 34
ภาพที่ 3.41 เส้น Grid ที่ทำการกำหนดแล้ว 34
ภาพที่ 3.42 การวาดคาน 35
ภาพที่ 3.43 การวาดพื้น 35
ภาพที่ 3.44 การวาดเสา 36
ภาพที่ 3.45 ในรูปแบบ 3D 36
ภาพที่ 3.46 CloudCompare 37
ภาพที่ 3.47 นำเข้าไฟล์ Point Cloud แบบจำลองสามมิติ 37
ภาพที่ 3.48 แบบพระอัฏฐารสในรูปแบบสองมิติ 38
ภาพที่ 4.1 ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ การบินแบบ Circular จำนวน 36 ภาพ 39
ภาพที่ 4.2 ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ การบินแบบ Double Grid จำนวน 41 ภาพ 39
ภาพที่ 4.3 แบบจำลองสามมิติของโบราณสถานพระอัฏฐาร 40
ภาพที่ 4.4 แบบจำลองสามมิติของโบราณสถานพระอัฏฐารส 40
ภาพที่ 4.5 แบบจำลองสามมิติของโบราณสถานพระอัฏฐารส 41
ภาพที่ 4.6 แบบจำลองสามมิติโบราณสถานพระอัฏฐารส 41
ภาพที่ 4.7 การเปรียบเทียบประมวลผลพระอัฏฐารสด้วยการบินถ่ายภาพแบบ Double Grid การบินถ่ายภาพแบบ Circular และการบินแบบ Double Grid และ Circular รวมกัน 42
ภาพที่ 4.8 การเปรียบเทียบประมวลผลอาคารพระอัฏฐารสการบินถ่ายภาพแบบ Double Grid ... 42

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ **หน้า**

ภาพที่ 4.9 แบบตัวอาคารโบราณสถานพระอัฏฐารสในรูปแบบสองมิติ 43

ภาพที่ 4.10 แบบตัวอาคารโบราณสถานพระอัฏฐารสในรูปแบบสามมิติ..... 44

ภาพที่ 4.11 พระอัฏฐารสในรูปแบบสองมิติ..... 44

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

ตารางที่ 1 การประเมินความถูกต้องของแบบจำลองสามมิติของโบราณสถาน 43

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

โบราณสถานเป็นสถานที่ที่รวบรวมเรื่องราวในอดีตไว้ เป็นสิ่งที่บ่งบอกความเป็นมาของกลุ่มชน อายุของสถานที่ วัฒนธรรม และความเป็นอยู่ของผู้คนในอดีตต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบันได้เป็นอย่างดี โบราณสถานนอกจากจะเป็นสถานที่ให้ประโยชน์ในด้านการศึกษาแล้ว ยังมีประโยชน์ในด้านเศรษฐกิจเป็นอย่างดี เนื่องจากเป็นมรดกทางวัฒนธรรม แต่อย่างใดการอนุรักษ์ก็เป็นสิ่งสำคัญสำหรับสถานที่ในประวัติศาสตร์ เนื่องจากวัตถุหรือสิ่งก่อสร้างย่อมบุสลายไปตามกาลเวลา จึงมีการบูรณะอยู่หลายครั้งเพื่อที่ยังคงสภาพของสถานที่ในประวัติศาสตร์ไว้ไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงหรือบุสลายไปตามกาลเวลา และงานอนุรักษ์ในประเทศไทยบางแห่งนั้นยังเป็นการบูรณะหรือการสร้างใหม่แบบไม่มีการวัดขนาดที่ชัดเจนหรือแท้จริง มีการวัดขนาดแค่บางส่วน วัดขนาดแค่ส่วนที่จะซ่อมแซม แต่ในบางแห่งมีการวัดขนาดที่ชัดเจนของโบราณสถานและสร้างแบบจำลองขึ้นมาบ้างแล้วแต่ยังไม่ครอบคลุมทุกที่ เนื่องจากต้องใช้เวลาและโบราณสถานมีมากเกินไปจึงทำให้มีการทำแค่บางพื้นที่ใหญ่ๆก่อน ในงานอนุรักษณ์นั้นเป็นงานที่มีความละเอียดและต้องการความถูกต้องสูง จึงต้องการเครื่องมือหรือเทคโนโลยีที่มีความสามารถในการวิเคราะห์รายละเอียดของตัวอาคารได้

แบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถาน (Heritage Building Information Modeling: H-BIM) จึงเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ในปัจจุบันนิยมใช้ในงานอนุรักษณ์กันอย่างแพร่หลาย เพราะ H-BIM นอกจากจะเป็นแบบจำลองแล้ว ยังสามารถวิเคราะห์รายละเอียดของตัวอาคารโบราณสถานได้อย่างแม่นยำอีกด้วย โดย H-BIM นั้นยังใช้เป็นส่วนขยายของแบบจำลองสาสนเทศอาคาร (BIM) ซึ่ง BIM เป็นซอฟแวร์ที่ช่วยในด้านการออกแบบ การทำแบบ วิเคราะห์วัสดุที่ใช้ เช่น เสา หน้าต่าง หรือองค์ประกอบต่างๆของอาคาร เป็นต้น ส่วน H-BIM นั้น คือส่วนขยายของ BIM เป็นการทำ BIM ในรูปแบบของอาคารโบราณสถาน อนุสาวรีย์ หรือสะถานที่ในประวัติศาสตร์ ซึ่ง H-BIM นั้น สามารถบันทึกคุณสมบัติ เช่น รูปทรงเรขาคณิตวัสดุพื้นผิวของอาคาร และยังสามารถช่วยให้สร้างแบบจำลองอาคารได้ใหม่ในกรณีที่อาคารโบราณสถานเกิดความเสียหายหรือพุพังไป และยังสร้างแบบจำลองในรูปแบบของแบบจำลองสามมิติ ที่มีข้อมูลรายละเอียดของอาคาร ซึ่งการสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถานนั้น การได้มาของข้อมูลในการสร้างแบบจำลองสามมิตินั้นมีหลายวิธี ซึ่งหนึ่งในวิธีนั้นคือการได้มาของข้อมูลในรูปแบบของรูปภาพ โดยจะใช้กล้องถ่ายภาพในการถ่ายภาพเก็บข้อมูล แต่การถ่ายภาพนั้นจะขึ้นอยู่กับวัตถุของสิ่งของ ถ้าหากสิ่งของสิ่งนั้นเป็นวัตถุชิ้นเล็กก็สามารถใช้กล้องถ่ายภาพธรรมดาหรือกล้องโทรศัพท์เก็บข้อมูลได้ แต่ถ้าเป็นวัตถุชิ้นใหญ่สามารถใช้ อากาศยานไร้คนขับ, Laser Scanner, LiDAR Scanner หรือเครื่องมืออื่นๆนอกเหนือจากนี้ได้ เมื่อได้ข้อมูลแล้วจะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

เป็นการประมวลผลข้อมูลโดยซอฟแวร์ประมวลผลเพื่อให้ได้แบบจำลองสามมิติซึ่งจะทำได้หลายวิธี แล้วแต่ความถนัดหรือความต้องการที่จะใช้ของผู้ใช้งาน แต่เนื่องจากการใช้เทคนิค Laser Scanning นั้นต้องใช้ต้นทุนสูงในการซื้อเครื่องมือ UAV จึงเป็นที่นิยมในงานสำรวจมากกว่า

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการประยุกต์ใช้เทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (UAV photogrammetry) และจะนำภาพถ่ายที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับมาประมวลผลสร้างแบบจำลองสามมิติจากนั้นจะนำไปใช้กับงานสารสนเทศอาคารโบราณสถาน (H-BIM) โดยจะทำการวาดแบบตัวอาคารโบราณสานในรูปแบบสองมิติและสามารถแสดงผลได้ในรูปแบบสามมิติ เพื่อการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์รายละเอียดของโบราณสถาน ดูส่วนประกอบต่างๆของโบราณสถานและจัดเก็บข้อมูลของโครงสร้างอาคารโบราณสถานไว้ อันจะนำไปใช้ประโยชน์ในงานซ่อมแซมหรืองานสร้างใหม่ที่ต้องการความแม่นยำและถูกต้องสูง

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ สำหรับสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถาน
2. เพื่อสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถาน (H-BIM)

1.3 พื้นที่ศึกษา

พระอัฏฐารส คือ พระยืนที่ประดิษฐานอยู่ที่วัดพระศรีมหาธาตุวรมหาวิหาร อยู่ใน อ.เมือง จ.พิษณุโลก พระอัฏฐารสเป็นโบราณสถานศิลปะสมัยสุโขทัย ปัญจุบันตั้งอยู่ด้านหน้าองค์พระปรางค์ตรงบริเวณฐานชุกชีมีพระอัฏฐารสประทับยืนประทานพร สูง 18 ศอก เบื้องพระปฤษฎางศ์ก่อผนังปูนหนามีเสาไม้ยันไว้ 2 ต้น สันนิษฐานว่าของเดิมทำเป็นบันไดสำหรับขึ้นไปสูงจนถึงพระศอ ดังภาพ 1.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาพที่ 1.1 พระอัฏฐารส

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

โบราณสถาน เป็นสถานที่ในประวัติศาสตร์ ที่สร้างขึ้นโดยฝีมือมนุษย์ ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ มีความเก่าแก่ มีประวัติความเป็นมาที่เป็นประโยชนทางด้านศิลปะ ประวัติศาสตร์ หรือ โบราณคดี เป็นสถานที่ที่รวบรวมเรื่องราวในอดีตไว้เป็นสิ่งที่บ่งบอกความเป็นมาของกลุ่มชนรวมทั้งอายุของสถานที่ วัฒนธรรม และความเป็นอยู่ของผู้คนในอดีตต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบันได้เป็นอย่างดี

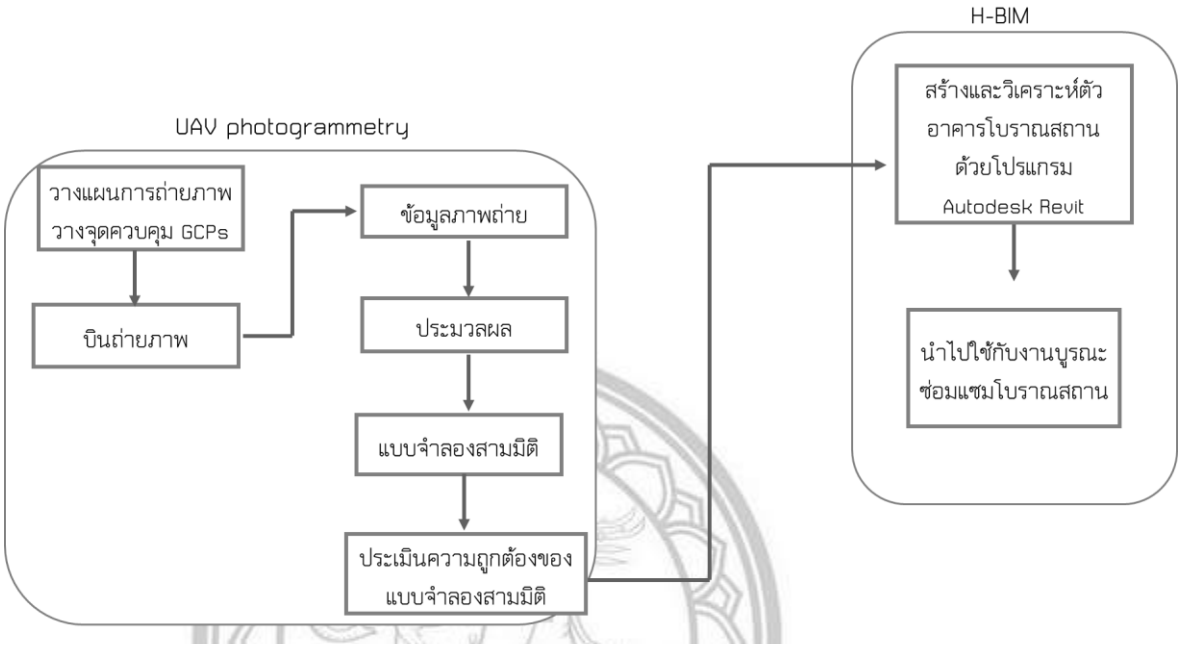
แบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถาน (H-BIM) แบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถาน หรือ H-BIM นั้นเป็นส่วนขยายของ แบบจำลองสารสนเทศอาคาร หรือที่เรียกกันว่า BIM ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยในด้านการถอดแบบเพื่อดูโครงสร้างของรูปแบบอาคาร โดยที่ BIM นั้นจะเป็นการถอดแบบของอาคารก่อสร้างทั่วไป แต่ H-BIM จะเป็นการถอดแบบอาคารโบราณสถาน โดยจะทำการถอดแบบไม่ว่าจะป็นเสา คาน ประตู บานหน้าต่าง และสามารถวิเคราะห์วัสดุ ประมาณค่าวัสดุที่ใช้ได้

การสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (UAV Photogrammetry) เป็นการรังวัดด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งอากาศยานไร้คนขับคืออากาศยานที่ไม่มีผู้ขับอยู่บนเครื่อง แต่สามารถควบคุมได้ผ่านตัวควบคุม สามารถบินได้โดยการบังคับหรือสั่งบินแบบอัตโนมัติได้ โดยหลักการการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับนั้นจะเริ่มจากการวางแผนแนวบินเพื่อทำการกำหนดแนวบิน จากนั้นจะทำการวางจุดควบคุมเพื่อความถูกต้องของแบบจำลองและทำการบินถ่ายภาพเพื่อนำภาพไปประมวลผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University
All rights reserved

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดจะแสดงดังภาพ 1.2 ดังนี้



ภาพที่ 1.2 กรอบแนวคิดการวิจัย

ขั้นตอนของกรอบแนวคิด

1. วางแผนการถ่ายภาพและบินถ่ายภาพ ด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV)

การวางแผนการบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับด้วยแอปพิเคชั่น Pix4Dcapture

- วางจุด GCP
- ใช้การบินแบบ Double Grid และการบินแบบ Circular

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

2. ประมวลผลภาพถ่ายเพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรม Agisoft Metashape Professional

3. ประเมินความถูกต้องของแบบจำลองสามมิติของโบราณสถาน

4. วิเคราะห์ตัวอาคารโบราณสถาน สร้าง H-BIM ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

แบบจำลองสามมิติและ H-BIM ของโบราณสถาน ซึ่งนำไปประยุกต์ใช้สำหรับงานอนุรักษ์โบราณสถานของวัดพระศรีมหาธาตุวรมหาวิหาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่องการสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถานสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถาน (H-BIM) ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมหลักการ แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดของประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

2.1 โบราณสถาน

พระราชบัญญัติว่าด้วยโบราณสถาน ศิลปวัตถุ โบราณวัตถุ และพิพิธภัณฑ์แห่งชาติ พุทธศักราช 2477 ได้ให้นิยามคำว่าโบราณสถานไว้ หมายความว่า “อสังหาริมทรัพย์อย่างหนึ่งอย่างใด หรือซากปรักหักพังแห่งอสังหาริมทรัพย์ ซึ่งอายุหรือลักษณะแห่งการก่อสร้างหรือความจริงเกี่ยวกับประวัติศาสตร์อันมีอยู่ในสิ่งนั้น เป็นประโยชน์ในทางประวัติศาสตร์ โบราณคดี หรือศิลปกรรม” โบราณสถาน เป็นสถานที่ในประวัติศาสตร์เป็นสิ่งก่อสร้างที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ เป็นสิ่งที่บ่งบอกความเป็นมาของกลุ่มชน อายุของสถานที่ วัฒนธรรม และความเป็นอยู่ของผู้คนในอดีตต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบันได้เป็นอย่างดี การอนุรักษ์จึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับสถานที่ในประวัติศาสตร์ เนื่องจากวัตถุหรือสิ่งก่อสร้างย่อมบุสลายไปตามกาลเวลา จึงมีการบูรณะอยู่หลายครั้งเพื่อที่ยังคงสภาพของสถานที่ในประวัติศาสตร์ไว้ไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงหรือบุสลายไปตามกาลเวลา และงานอนุรักษ์ส่วนมากจะเป็นการสำรวจและเก็บข้อมูลเป็นการเขียนแบบในรูปแบบ 2D หรือข้อมูล CAD ซึ่งใช้เวลามากในการเก็บข้อมูล ในปัจจุบันการเก็บข้อมูลในรูปแบบ 3D เป็นที่น่าสนใจอย่างมาก เนื่องจากสามารถเห็นได้รอบด้านและยังสามารถเก็บข้อมูลตัวอาคารได้

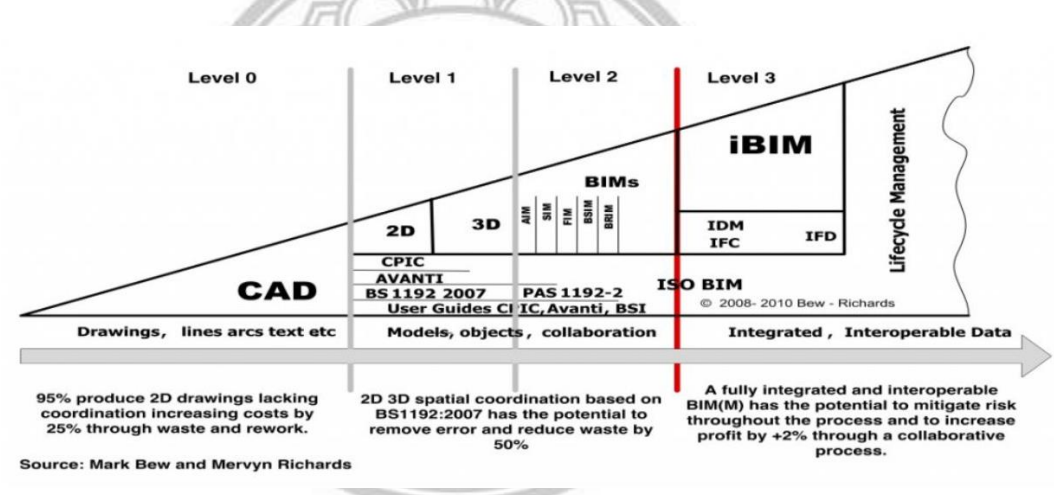
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

2.2 การสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ หรือ UAV Photogrammetry

เป็นการรังวัดด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ โดยหลักการการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับนั้น จะเริ่มจากการวางแผนการบินเพื่อทำการกำหนดแนวบินด้วย application Pix4D capture เป็นการกำหนดขอบเขตของการบินถ่ายภาพ จากนั้นจะทำการวางจุดควบคุมเพื่อความถูกต้องของภาพและแบบจำลองที่ต้องการสร้าง และทำการบินถ่ายภาพเพื่อนำภาพไปประมวลผลและสร้างแบบจำลองสามมิติ และเมื่อทำการประมวลผลได้แบบจำลองสามมิติแล้วมีการตวรจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เพื่อนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์

2.3 แบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถาน หรือ Heritage Building Information Modeling (H-BIM)

แบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถาน หรือ H-BIM นั้นเป็นส่วนขยายของ BIM ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยในด้านการถอดแบบเพื่อดูโครงสร้างของรูปแบบอาคาร โดยที่ BIM นั้นจะเป็นการถอดแบบของอาคารก่อสร้างทั่วไป แต่ H-BIM จะเป็นการถอดแบบอาคารโบราณสถาน โดยจะทำการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Autodesk Revit เพื่อสร้างแบบจำลองในลักษณะสามมิติ ซึ่งโปรแกรม Autodesk Revit จะทำการปริมาณวัสดุ ได้แก่ ส่วนประกอบโครงสร้างของตัวอาคาร ไม่ว่าจะเป็นจำนวนประตูหน้าต่าง เสา ผนัง ออกมาตามรูปแบบความเป็นจริง สามารถวิเคราะห์ตัวอาคารโบราณสถานได้อย่างแม่นยำ ซึ่ง BIM และ H-BIM จะมี Level ในการสร้างจะสามารถแบ่งออกเป็น 4 Level ดังภาพ 2.1



ภาพที่ 2.1 Level ของ BIM

(ที่มาภาพ: https://www.applicadthai.com/articles/article-education/bim-level-2/)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

Level 0 เป็นการเขียนแบบ ออกแบบอาคารโดยใช้ โปรแกรม 2D ทั่วไป จะเป็นการเขียนภาพออกมาในรูปแบบสองมิติ โดยใช้การเขียนแบบ CAD จะมองภาพได้ในรูปแบบสองมิติเพียงอย่างเดียว

Level 1 คือ มีการทำงานร่วมกันระหว่าง 2D และ 3D คือ มีการเขียนภาพแบบสองมิติอยู่แต่สามารถดูและแก้ไขได้ในรูปแบบของสามมิติ โดยจะมีการตรวจข้อมูลก่อนเพื่อความถูกต้อง แต่ยังขาด ข้อมูลของตัววัสดุ

Level 2 คือ ออกแบบและเก็บข้อมูลรวมทั้งสื่อสารด้วยไฟล์ 3D เป็นการเขียนภาพแบบสามมิติโดยจะมีการตรวจข้อมูลก่อน เพื่อความถูกต้องและมีการเก็บข้อมูลของตัววัสดุ และวิเคราะห์ตัววัสดุ

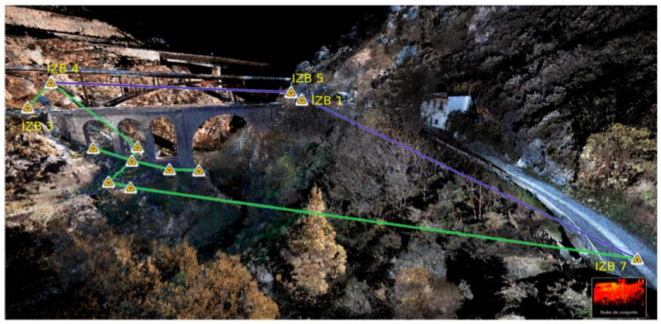
Level 3 หรือ iBIM คือการยกระดับการทำงานโดยที่ทุกคนจะสามารถทำงานร่วมกันพร้อมกันได้ข้อมูลต่างๆ อัพเดทได้ตลอดเวลา

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

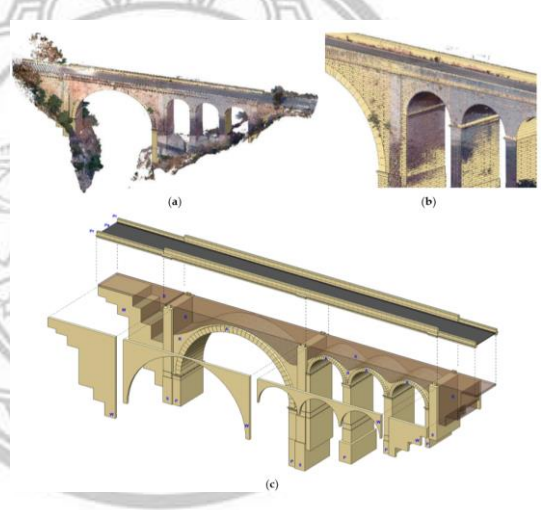
1) León-Robles et al. (2019) ศึกษาการสร้างแบบจำลองข้อมูลอาคารมรดก (H-BIM) ที่นำไปใช้กับสะพานหิน ซึ่งผู้ศึกษาวิจัยได้วิเคราะห์สะพานที่ทอดข้ามแม่น้ำ Ízbor (ดังภาพ 2.1) ตั้งอยู่ในเทือกเขา Betic ในจังหวัดกรานาดา (สเปน) วัสดุและวิธีการของงานวิจัยนี้ได้แบ่งเป็นสองส่วนหลักๆ นั่นคือ ส่วนแรกเป็นการจับภาพ Point Cloud โดยจะทำการการอ้างอิงตำแหน่งหลักและสแกนโดยใช้ TLS Leica C10 และการสแกนส่วนโค้งภายในโดยใช้ TLS BLK 360 เพื่อสร้าง Point Cloud ของสะพานหิน Ízbor ทั้งหมด และส่วนที่สองเป็นการสร้างแบบจำลอง H-BIM โดยจะระบุองค์ประกอบ BIM (หรือ H-BIM) เพื่อตรวจดูวัสดุของสะพานหิน จากนั้นทำการตรวจสอบสะพานและกำหนดสถานะการอนุรักษ์ของแต่ละชิ้นที่ประดิษฐ์ ผู้วิจัยได้ข้อสรุปว่าในระหว่างกระบวนการในการทำ BIM พบว่าซอฟต์แวร์ BIM เชิงพาณิชย์แบบดั้งเดิมสามารถใช้ในการสร้างแบบจำลอง BIM ของโครงสร้างที่ซับซ้อนหรือสัณฐาน

ภาพที่ 2.2 สะพาน Ízbor (León-Robles et al, 2019)

ลิขสิทธิ์
Copyright by
All rights reserved



ภาพที่ 2.3 การวางจุด GCP และทำการสแกนสะพานหิน (León-Robles et al, 2019)



ภาพที่ 2.4 การสร้างแบบจำลอง H-BIM โดยจะระบุองค์ประกอบ BIM (León-Robles et al, 2019)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

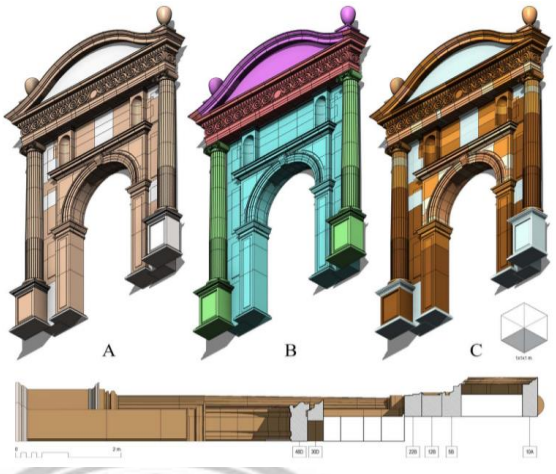
2) Angulo et al. (2017) ได้ศึกษาการดำเนินการรื้อของเดิมลงมาโดยทำรหัสไว้ จากนั้นทำฐานใหม่ให้แข็งแรง แล้วนำชิ้นส่วนที่รื้อรวมทั้งที่พังลงมากลับไปก่อใหม่ที่เดิม (Anastylosis) จุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้นี้คือการสร้างแบบจำลองดิจิทัลสำหรับทรัพย์สินทางมรดกทางวัฒนธรรมที่การสูญหาย นั่นคือ ซากประตูทางเข้าด้านหน้าของอารามเก่าของ San Agustín ในเซบียา (สเปน) ซึ่งวิธีการมีดังนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ DJI Phantom 2 quadcopter กับ Zenmuse H3-3D และกล้อง GoPro 3+ ในการถ่ายภาพเก็บข้อมูล จากนั้นภาพถ่ายถูกประมวลผลด้วย Agisoft PhotoScan , photogrammetric แบบหลายภาพพร้อมเทคโนโลยี SfM เพื่อให้ได้ point cloud และทำการบันทึกเอกสารและการสร้างฐานข้อมูล ผู้วิจัยได้ข้อมูลรายการวัสดุและแบบการสร้างเก่าที่ดำเนินการในปี 1983 ทำสำเนาภาพถ่ายดิจิตอลเก่าที่จัดเก็บที่มหาวิทยาลัย จากนั้นสร้างโมเดลดิจิตอล ขั้นตอนแรกคือการประมวลผลข้อมูลใน point cloud และส่งออกในรูปแบบ OBJ พื้นผิวผลลัพธ์ได้รับการ

ประมวลผลด้วยแอปพลิเคชั่นโอเพนซอร์ซ Meshlab และแบ่งย่อยเป็นชิ้น ๆ สร้าง HBIM ของพอร์ทัล ผู้วิจัยได้เลือกโปรแกรม Autodesk Revit® ในการทำ โดยสรุปแล้วการทำการรื้อของเดิมลงมาโดยทำรหัสไว้ (Anastylosis) ให้สมบูรณ์บนพื้นฐานของแบบจำลอง 3 มิติ ทำให้เกิดช่องว่างการแก้ไขในข้อมูลที่มีอยู่เนื่องจากความผิดปกติและความเสียหายที่เราระบุในหลาย ๆ ขอบและสันเขาอันเป็นผลมาจากการสึกกร่อนการสึกหรอในระหว่างการเก็บรักษา

ภาพที่ 2.5 การสแกนจับ Point Cloud (Angulo et al, 2017)

ภาพที่ 2.6 การประกอบชิ้นส่วน (Angulo et al, 2017)

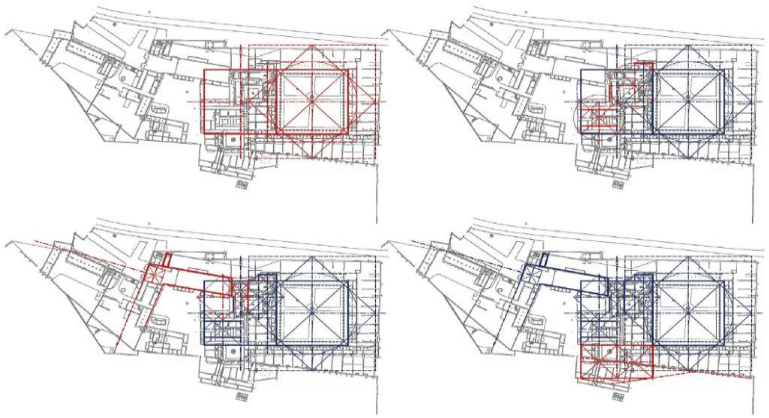
ลิขสิทธิ์ มหา
Copyright by N rsity
All righ



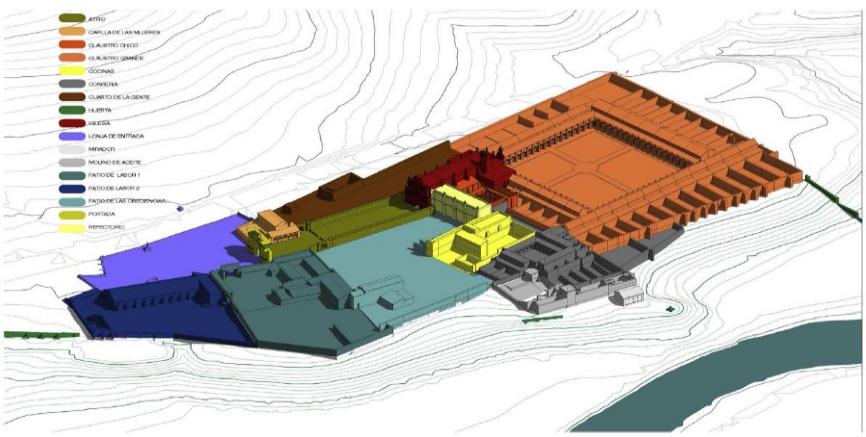
ภาพที่ 2.7 การสร้าง HBIM ของพอร์ทัล และตรวจสอบชิ้นส่วน (Angulo et al, 2017)

3) Castellano-Román et al. (2019) ได้เสนอลักษณะทั่วไปของ H-BIM โดยโอนแนวคิด BIM สองแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและการจัดการของสถาปัตยกรรมไซต์ใหม่ไปยังบริบทเฉพาะของมรดกทางวัฒนธรรม นั่นคือ มิติของ BIM และ ระดับการพัฒนา LOD ที่เปลี่ยนชื่อเป็นระดับความรู้ LOK สำหรับแอปพลิเคชั่นมรดก วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยนี้ คือ การกำหนดลักษณะ H-BIM เป็นวิธีการสำหรับการจัดการมรดกทางวัฒนธรรมที่ครอบคลุมรวมถึงในแนวคิด ควบคู่ไปกับการกำหนดลักษณะ H-BIM เป็นกรณีเฉพาะของ BIM เมื่อรวมถึงการสร้างคุณค่าทางวัฒนธรรมเป็นวัตถุเฉพาะ ซึ่งพื้นที่ศึกษาของงานวิจัยนี้คือ Charterhouse of Jerez ที่ตั้งจากใจกลางเมืองไป 5 กิโลเมตร ซึ่ง H-BIM model ของ Charterhouse of Jerez นั้น จะแบ่งเป็น 1. ความหมายทางเรขาคณิตของตัวแบบ 2. โครงการกลางและโครงการเชื่อมโยง 3. การสร้างแบบจำลองวิวัฒนาการทางประวัติศาสตร์ 4. การสร้างแบบจำลองโครงสร้างและช่องว่าง 5. โครงสร้างข้อมูล โดยสรุปแล้ว H-BIM มีลักษณะเป็นวิธีการสำหรับการจัดการมรดกทางวัฒนธรรมที่ครอบคลุมซึ่งการจับตัวชี้วัดแบบดิจิตอลที่มีความแม่นยำสูงสุดและการแปลงเป็นแบบจำลองที่หลอมรวมได้ โปรแกรม BIM เป็นเพียงหนึ่งในตัวเลือกสำหรับการสร้างแบบจำลอง รูปแบบ H-BIM ของ Charterhouse of Jerez ได้รับการพัฒนาในระดับ LOK200 ซึ่งตอบสนองต่อความต้องการด้านกราฟิกและข้อมูลของแผน การถ่ายทอดความรู้ที่มีอยู่เกี่ยวกับทรัพย์สินการกำหนดแนวทางสำหรับการคุ้มครองทางกฎหมาย การอนุรักษ์และแง่มุมพื้นฐานของการเผยแพร่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



ภาพที่ 2.8 เรขาคณิตของตัวแบบ (Castellano-Román et al, 2019)



ภาพที่ 2.9 โครงการส่วนกลางและโครงการที่เชื่อมโยงใน Charterhouse of Jerez HBIM (Castellano-Román et al, 2019)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

4) Fryskowska et al. (2018) ได้เสนอเป็นการประเมินเนื้อหาเชิงเรขาคณิตของแบบจำลองสามมิติ สำหรับการสร้างแบบจำลองข้อมูลอาคารประวัติศาสตร์ (hBIM) โดยไม่มีการวัดการอ้างอิง ซึ่ง point cloud ที่วิเคราะห์ในบทความนี้ได้มาจากการสแกนด้วยเลเซอร์ภาคพื้นดิน (TLS) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาวิธีการประเมินความถูกต้องของการสร้างแบบจำลองสามมิติของ point cloud สำหรับการสร้างแบบจำลองข้อมูลอาคารประวัติศาสตร์ (BIM) โดยไม่มีข้อมูลอ้างอิง พื้นที่ศึกษาของงานวิจัยนี้ คือ โบสถ์ Nozyk และโบสถ์ St. Anne ที่ตั้งอยู่ในเขตเมืองเก่าของวอร์ซอว์ ซึ่งวิธีการของงานวิจัยนี้ คือ 1) ก่อนการประมวลผล ทำการลงสแกนและกรอง point cloud เพื่อที่จะเปรียบเทียบผลลัพธ์ของผลการสร้างแบบจำลองโดยอาศัย point cloud ของพารามิเตอร์ทาง

เรขาคณิตต่างๆ จากนั้นทำการกรองเพื่อลบจุดใด ๆ ที่ไม่ได้เป็นของโครงสร้างที่ศึกษา 2) การสร้างแบบจำลองสามมิติซึ่งได้รับการพัฒนาโดยใช้ซอฟต์แวร์ Autodesk Revit ในกรณีของ Nozyk Synagogue มีการสร้างแบบจำลองอาคาร 6 แบบ หลังจากกำหนดระดับของอาคารที่สร้างแบบจำลองและคาดสิ่งของให้อยู่ในระดับที่ต่างกัน 3) การวิเคราะห์ผลกระทบของความหนาแน่นของ point cloud ต่อคุณภาพของแบบจำลองที่ใช้สำหรับ BIM , การวิเคราะห์คุณภาพของรูปแบบเนื้อหาทางเรขาคณิต , การวิเคราะห์คุณภาพเชิงเรขาคณิตสำหรับองค์ประกอบเฉพาะของตัวโมเดล , ค่าสัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลง (VS) , mesh ความถูกต้องแบบจำลองของเนื้อหาทางเรขาคณิตโดยสรุปแล้วรายละเอียดของแบบจำลองมีความสัมพันธ์กับการแก้ปัญหา point cloud อย่างเคร่งครัด เนื่องจากการสร้างแบบจำลองของรายละเอียดจำนวนมากส่งผลให้เกิดการเบี่ยงเบนเล็กน้อยจาก point cloud ความสามารถในการสร้างแบบจำลององค์ประกอบเฉพาะ ในกรณีของการสร้างแบบจำลองด้วยการใช้งานของ point cloud ขึ้นอยู่กับความละเอียดของ point cloud

ภาพที่ 2.10 ความละเอียดของ point cloud ที่แตกต่างกัน (Fryskowska et al, 2018)

ภาพที่ 2.11 โมเดลของโบสถ์ได้รับการพัฒนาด้วยตนเองตาม point cloud ความละเอียด 2 ซม. (Fryskowska et al, 2018)

ลิขสิทธิ์ ม
Copyright by ty
All ri

5) López et al. (2018) ได้เสนอวิธีการหลักที่พัฒนาขึ้นสำหรับ BIM สำหรับมรดกที่สร้างขึ้น ประเด็นเกี่ยวกับการแปลงเป็นดิจิทัลยังถูกเน้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเชื่อมต่อกับกระบวนการอัตโนมัติที่ไม่พร้อมใช้งาน ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาการวิจัยได้นำไปสู่ผลลัพธ์ที่มีแนวโน้ม ซึ่งการปฏิบัติงานอนุรักษ์อาคารจะใช้การวิเคราะห์แบบสามเหลี่ยม และ Photogrammetry ทำให้สามารถรับรูปทรงเรขาคณิตและคุณสมบัติพื้นผิว/วัสดุของอาคารได้ ส่วนนี้จะรีวิวการใช้ BIM ในมรดกที่แตกต่างกันและประเมินว่าพื้นที่ใดที่อยู่ภายใต้การพัฒนาที่แข็งขัน จะแบ่งเป็น การสำรวจ, การประมวลผลบน Point cloud , ระดับของ BIM การทำงานและข้อสรุปในอนาคต คือ สรุปผลการค้นพบที่สำคัญในวรรณกรรมปัจจุบันเกี่ยวกับกระบวนการ BIM สำหรับอาคารมรดก อาจเป็นไปได้ที่ BIM สามารถสนับสนุนข้อมูลที่ใช้สำหรับการอนุรักษ์และใน Heritage science project อย่างไรก็ตามเทคโนโลยียังไม่ได้รับการพัฒนาให้อยู่ในระดับที่จะสามารถทำได้ ยกเว้นตัวอย่างที่น่าสังเกตบางอย่างในปัจจุบันมันเป็นเรื่องธรรมดาที่จะใช้ BIM ในการพัฒนาอาคารใหม่ แต่มีปัญหาบางอย่างเกี่ยวกับอาคารที่มีอยู่

ภาพที่ 2.12 การสร้างแบบจำลอง Roshan แหล่ง Baik (López et al, 2018)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 3

ขั้นตอนการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็นหัวข้อ 5 หัวข้อ ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การประมวลผลข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. สร้างและวิเคราะห์ H-BIM

โดยแต่ละหัวข้อจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งเครื่องมือออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.1.1 อุปกรณ์

1) อากาศยานไร้คนขับ รุ่น DJI Phantom 4 (ภาพที่ 3.1) อากาศยานไร้คนขับหรือ UAV คืออากาศยานที่ไม่มีผู้ขับอยู่บนเครื่อง แต่สามารถควบคุมได้ผ่านตัวควบคุม สามารถบินได้โดยการบังคับหรือสั่งบินแบบอัตโนมัติได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาพที่ 3.1 อากาศยานไร้คนขับ รุ่น DJI Phantom 4
(ที่มาภาพ: https://www.dji13store.com/phantom-4-pro-plus-v2-0.html)

2) เทปวัดระยะทาง (ภาพที่ 3.2) ใช้สำหรับวัดระยะทางของพื้นที่ เมื่อลงไปสำรวจหรือเก็บข้อมูลภาคสนาม

ภาพที่ 3.2 เทปวัดระยะทาง
(ที่มาภาพ: https://www.cstshop.net/product/270)

3.1.2 ซอฟแวร์

1) Application DJI GO 4 (ภาพที่ 3.3) เป็นแอปพลิเคชันที่มีไว้สำหรับตั้งค่าการใช้งานและฟังก์ชันต่างๆของโดรน (UAV) และสามารถมองเห็นภาพแบบเรียลไทม์จากมุมมองของโดรนผ่านทางแอปพลิเคชันบนหน้าจอสมาร์ทโฟน

ภาพที่ 3.3 Application DJI GO 4
(ที่มาภาพ: https://play.google.com/store/apps/details?id=dji.pilot&hl=en)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

2) Application Pix4D capture (ภาพที่ 3.4) เป็นแอปพลิเคชันที่สามารถจับข้อมูลภาพโดยอัตโนมัติ เป็นการบินอย่างง่ายสามารถกำหนดแนวบินและสั่งบินได้อย่างอัตโนมัติ โดยส่วนมากจะนำไปใช้กับงานสำรวจทางภูมิศาสตร์เช่นการทำแผนที่แบบ 2D และแบบจำลองสามมิติ

ภาพที่ 3.4 Application Pix4D capture
(ที่มาภาพ: https://a2zapk.com/141634-pix4dcapture-4-0-1.html)

3) Agisoft Metashape Professional (ภาพที่ 3.5) เป็นซอฟต์แวร์ที่สามารถประมวลผลจากภาพถ่ายเป็นแบบจำลองสามมิติได้ และยังสามารถระบุจุดควบคุมเพื่อความถูกต้องของแบบจำลองได้

ภาพที่ 3.5 Agisoft Metashape Professional
(ที่มาภาพ: https://www.toolfarm.com/buy/agisoft_metashape/)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

4) Autodesk Revit (ภาพที่ 3.6) เป็นซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบงานด้านอาคารโดยเฉพาะ ในลักษณะของ CAD โดยใช้หลักการสร้างระบบจำลองสารสนเทศอาคารหรือการสร้างรูปแบบจำลองข้อมูลของอาคารแทนการเขียนแบบ

ภาพที่ 3.6 Autodesk Revit
(ที่มาภาพ: http://www.tpcad.com/Products/Products/products_revit.html)

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (UAV)

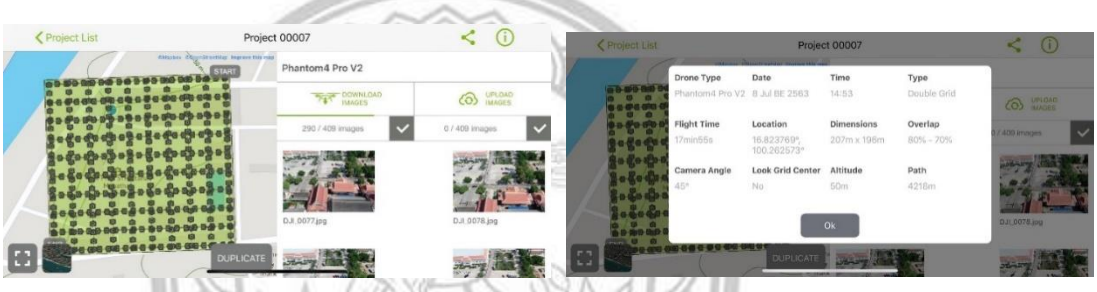
3.1.1 วางแผนการถ่ายภาพ

1) ตรวจสอบพื้นที่ก่อนทำการบินถ่ายภาพ

2) วางจุดควบคุมภาพถ่าย

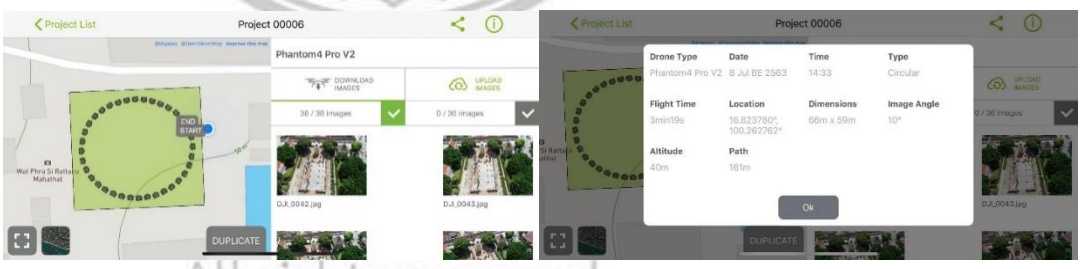
3) กำหนดแนวบินด้วยแอปพิเคชั่น Pix4Dcapture โดยจะมีรายละเอียดดังนี้

การบินแบบ Double Grid ความสูงบินที่ 50 เมตร มุมกล้องเอียง 45 องศา ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 การกำหนดแนวบินแบบ Double Grid

การบินแบบ Circular ความสูงบินที่ 40 เมตร ด้วยกล้องมุมเอียง ดังภาพที่ 3.8



All rights reserved

ภาพที่ 3.8 การกำหนดแนวบินแบบ Double Grid

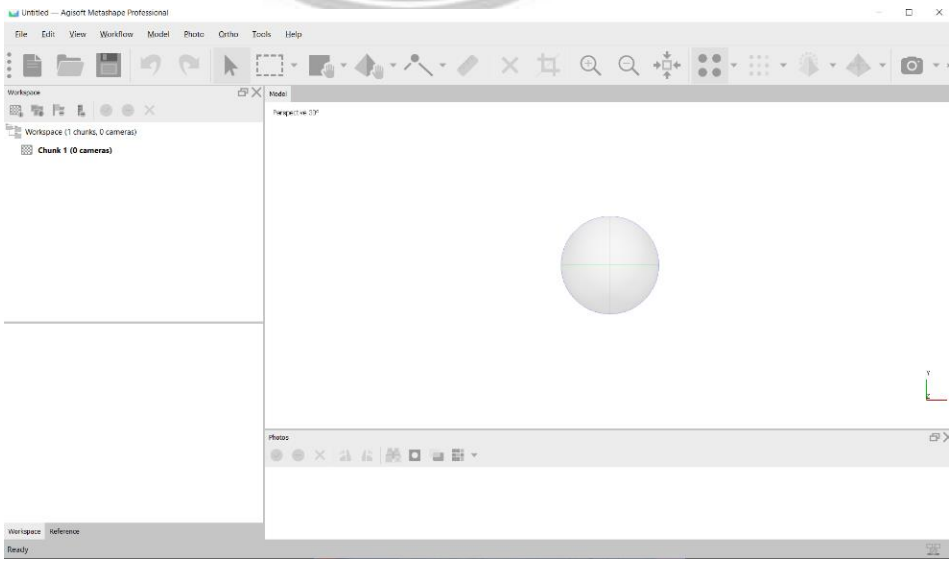
3.1.2 ทำการบินถ่ายภาพพระอัฏฐารสด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ดังภาพที่ 3.9

ภาพที่ 3.9 การบินถ่ายภาพพระอัฏฐารสด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV)

3.3 การประมวลผลข้อมูล

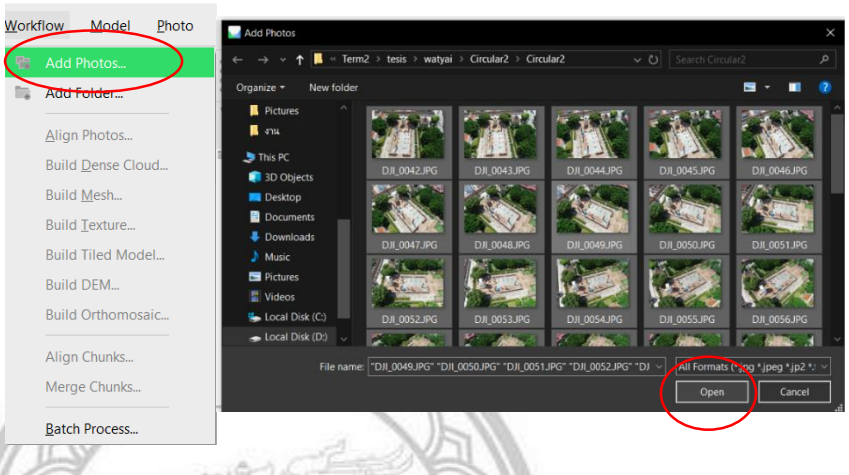
สร้างแบบจำลองสามมิติ

1) เปิดซอฟแวร์ Agisoft Metashape Professional ขึ้นมา จะได้หน้าต่างดังรูป 3.10



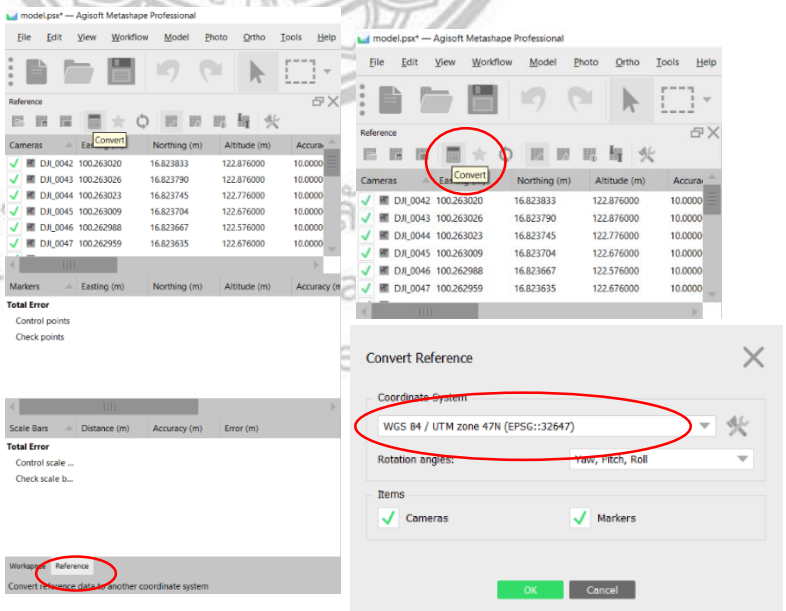
ภาพที่ 3.10 หน้าต่างซอฟแวร์ Agisoft Metashape Professional

2) ทำการเพิ่มภาพถ่ายโดยไปที่ Workflow > Add Photos... จะมีหน้าต่างให้เลือกภาพถ่าย ทำการเลือกภาพถ่าย > Open ดังภาพ 3.11



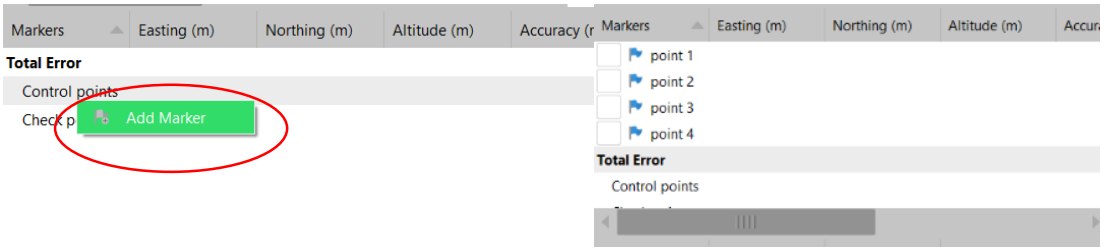
ภาพที่ 3.11 การเพิ่มภาพถ่าย

3) ไปที่ Reference > ทำการกำหนดระบบพิกัด ไปที่ Convert > เปลี่ยน Convert Reference เป็น WGS 84 / UTM zone 47N (EPSG::32647) > OK ดังภาพ 3.12



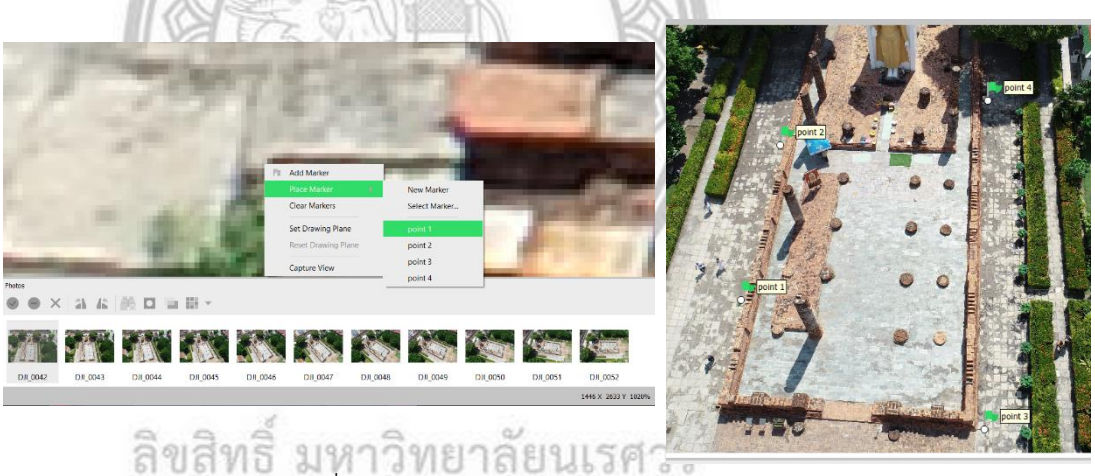
ภาพที่ 3.12 การกำหนดระบบพิกัด

4) สร้างจุด GCPs ไปที่ Control points > คลิกขวา > Add Marker > ทำการเพิ่ม Marker ทั้งหมด 4 จุด ดังภาพ 3.13



ภาพที่ 3.13 การสร้างจุด GCPs

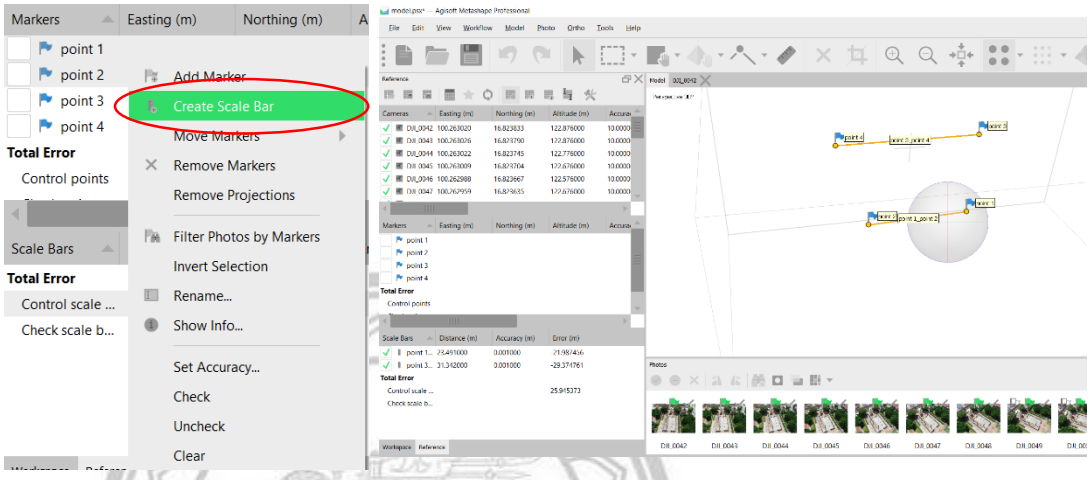
5) ทำการวาง Marker ในรูปภาพทั้งหมด เลือกจุดควบคุมที่เห็นชัด > Place Marker > Point1 > วางจุดควบคุมทั้งหมด 4 จุดในแต่ละภาพ ดังภาพ 3.14



ภาพที่ 3.14 การสร้างและวาง Marker

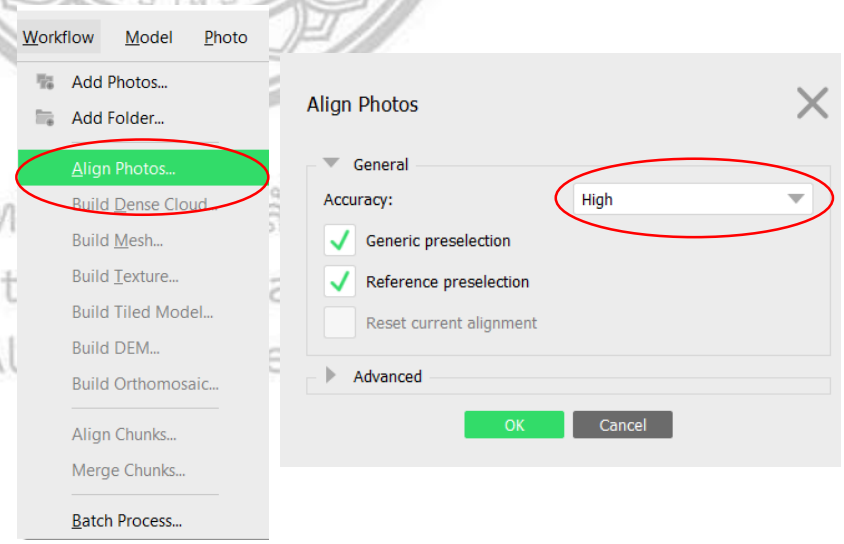
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

6) ทำการสร้าง Scaling เพื่อกำหนดขนาดที่ถูกต้องให้กับแบบจำลองสามมิติ โดยเลือกจุดควบคุมสองจุด > คลิกขวา > Create Scale Bar > ทำการ Create Scale Bar ทั้งสองจุด ดังภาพ 3.15



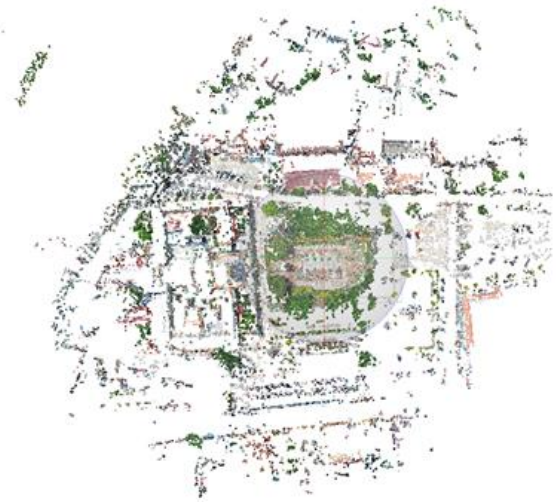
ภาพที่ 3.15 การสร้าง Scaling เพื่อกำหนดขนาดที่ถูกต้องให้กับแบบจำลองสามมิติ

7) เมื่อวางจุดควบคุมแล้วทำการ Align Photos ไปที่ Workflow > Align Photos... > ตั้งค่า Accuracy เป็น High > จะได้ Tiled points ดังภาพ 3.16 และดังภาพ 3.17



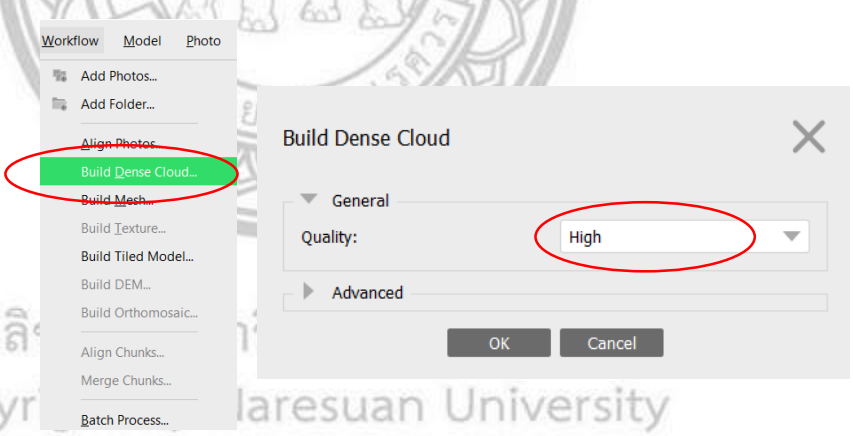
ภาพที่ 3.16 Align Photos

ลิขสิทธิ์ Copyright



ภาพที่ 3.17 ผลลัพธ์การ Align Photos

8) ทำการ Build Dense Cloud ไปที่ Workflow > Build Dense Cloud... > ตั้งค่า Quality เป็น High > จะได้ดังภาพ 3.18 และภาพ 3.19

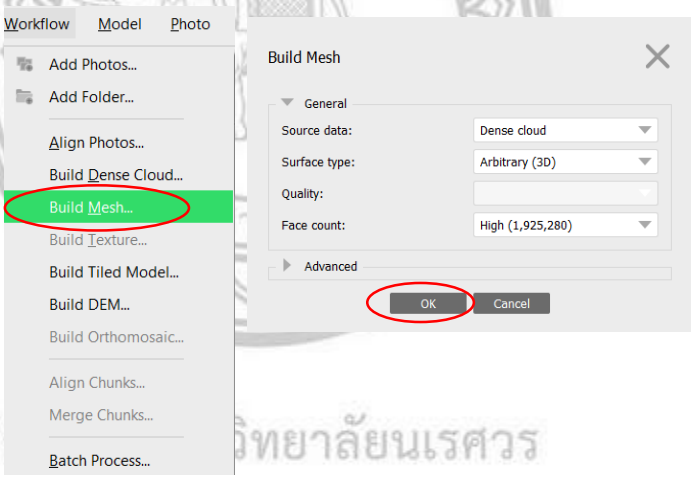


Copyright © Naresuan University
All rights reserved

ภาพที่ 3.18 Build Dense Cloud

ภาพที่ 3.19 ผลลัพธ์การ Build Dense Cloud

9) การ Build Mesh ไปที่ Workflow > Build Mesh... > OK ดังภาพ 3.20 และภาพ 3.21

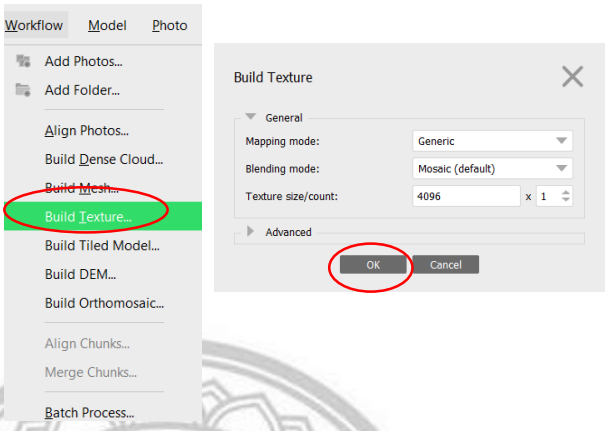


ภาพที่ 3.20 Build Mesh

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาพที่ 3.21 ผลลัพธ์การ Build Mesh

10) ทำการ Build Texture ไปที่ Workflow > Build Texture > OK ดังภาพ 3.22 และภาพ 3.23



ภาพที่ 3.22 Build Texture

ภาพที่ 3.23 ผลลพธ์ Build Texture

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ประเมินความถูกต้องของแบบจำลองสามมิติของโบราณสถาน ทำการวัดขนาดของพื้นที่จริง (ภาพที่ 3.24) เปรียบเทียบกับขนาดในแบบจำลองสามมิติ (ภาพที่ 3.25) โดยจะวัดทั้งหมด 30 ค่า จะแบ่งเป็น ความสูงของเสา 13 ค่า ความกว้างระหว่างเสา 13 ค่า และความยาวรอบฐานพระอัฏฐารส 4 ค่า จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับขนาดในแบบจำลองสามมิติ เพื่อหาค่า Error เมื่อได้ค่า Error แล้ว จะทำการหาค่าค่าพรรณนาเชิงสถิติ เช่น ค่า Mean และ ค่าRoot Mean Squared Error (RMSE) ซึ่งจะหาได้จากสูตรดังนี้

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - y_i^{\Delta})^2}{n}}$$

ภาพที่ 3.24 การวัดขนาดของพื้นที่จริง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

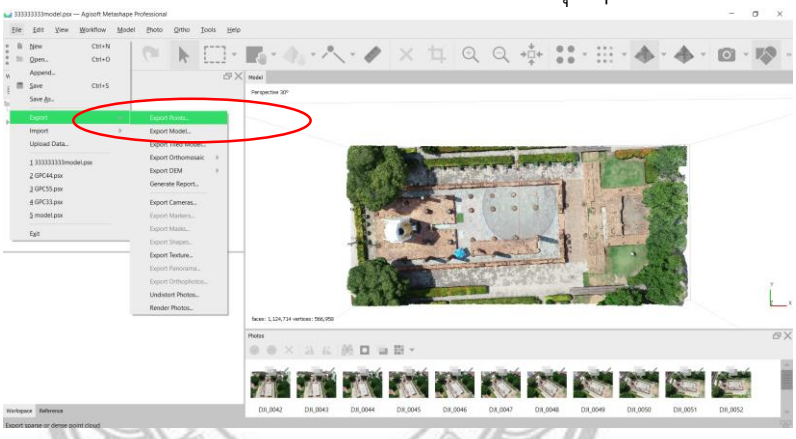
ภาพที่ 3.25 การวัดขนาดในแบบจำลองสามมิติ

3.5 สร้างและวิเคราะห์ H-BIM

3.5.1 การแปลงไฟล์ของ Point Cloud

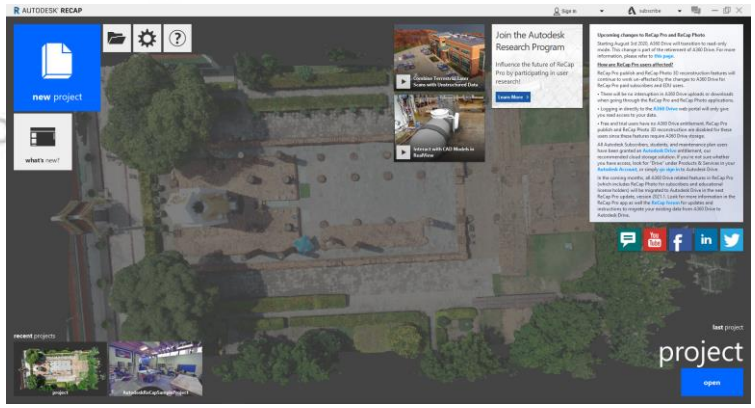
เป็นวิธีการแปลงนามสกุลของแบบจำลองเพื่อที่จะนำไปเข้าในโปรแกรม Autodesk Revit โดยจะมีขั้นตอนดังนี้

1) เปิดแบบจำลองสมมิตในโปรแกรม Agisoft Metashape Professional ขึ้นมาแล้วทำการ Export Point แบบจำลองสามมิติออกมา โดยไปที่ File > Export > Export Points.. > เลือกที่เก็บ > ตั้งชื่อและบันทึกเป็นไฟล์นามสกุล .pts ดังภาพที่ 3.26



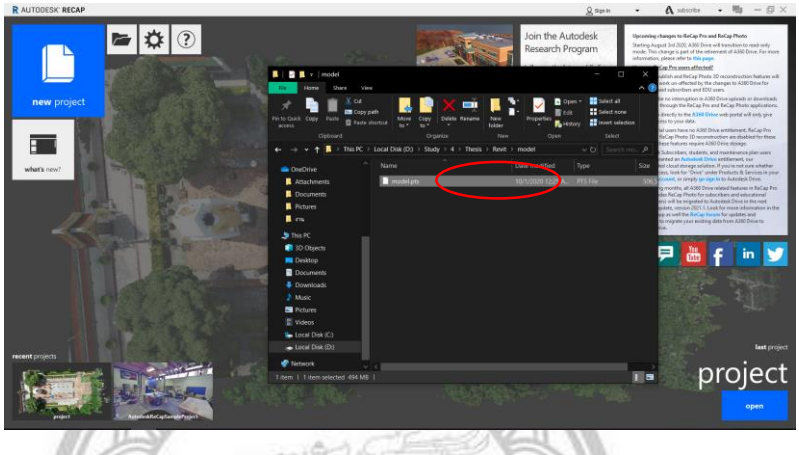
ภาพที่ 3.26 Export Point

2) เปิดโปรแกรม Autodesk ReCap ขึ้นมาจะได้หน้าต่างดังภาพ 3.27



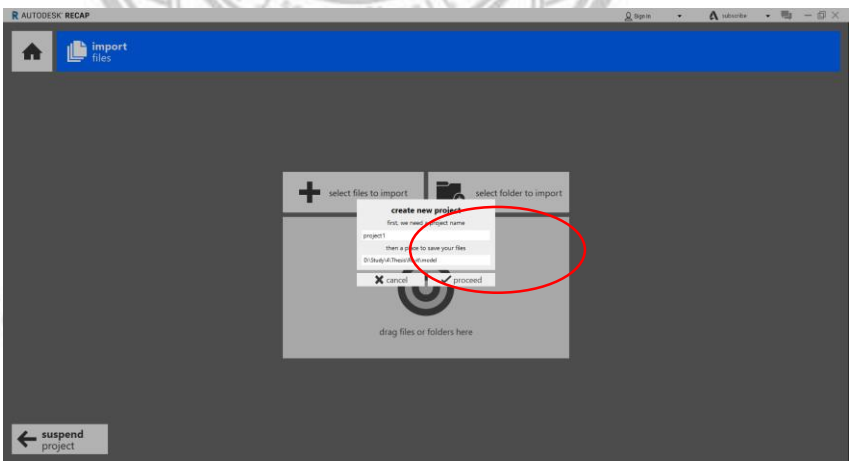
ภาพที่ 3.27 Autodesk ReCap

3) การนำเข้าไฟล์จะทำการเปิดหน้าต่างของไฟล์แบบจำลองสามมิติที่ทำการบันทึกไปก่อนหน้านี้ขึ้นมาแล้วทำการลากไฟล์ของแบบจำลองสามมิติ point cloud ที่บันทึกจาก Agisoft Metashape มาเข้าโปรแกรม Autodesk ReCap ดังภาพที่ 3.28



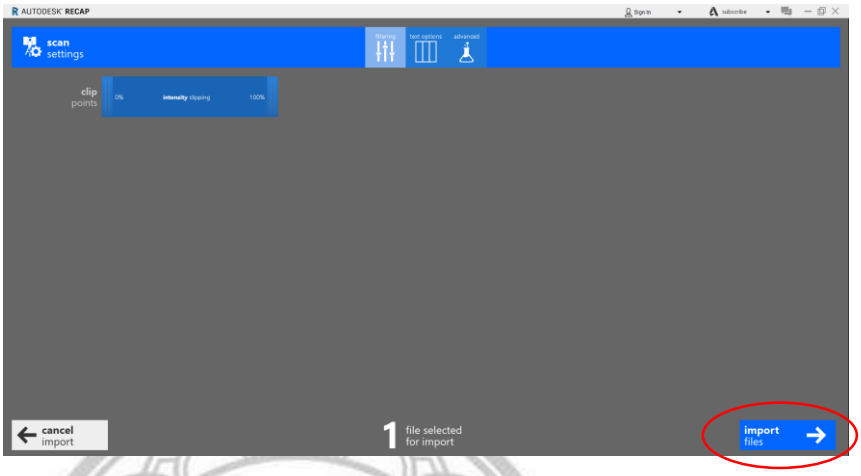
ภาพที่ 3.28 การนำเข้าไฟล์

4) เมื่อนำเข้าไฟล์มาแล้วจะมีหน้าต่างขึ้นมาใหม่ โดยโปรแกรมจะให้บันทึกโปรเจค ทำการตั้งชื่อโปรเจค > Proceed ดังภาพ 3.29



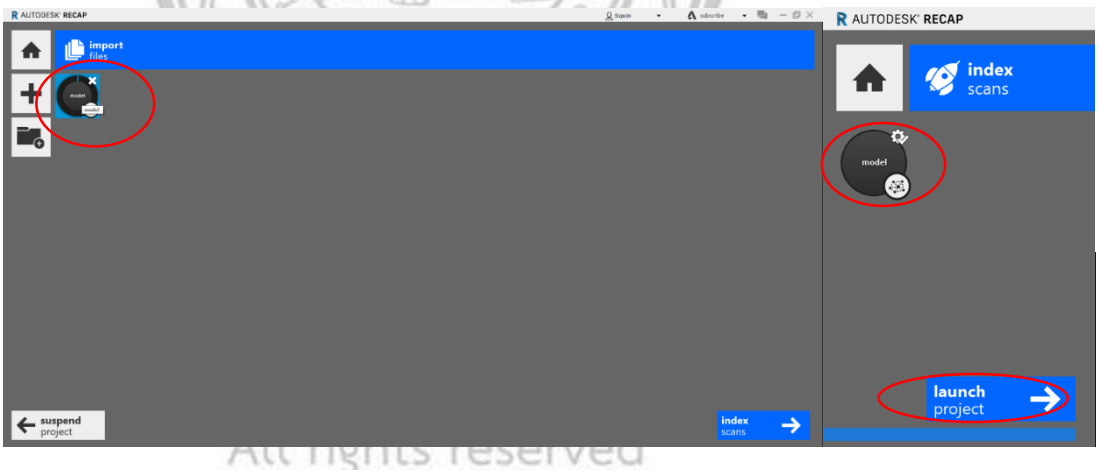
ภาพที่ 3.29 การบันทึกโปรเจค

5) เมื่อกด proceed โปรแกรมจะเด้งมาหน้านี้ให้เลือก import ดังภาพ 3.30



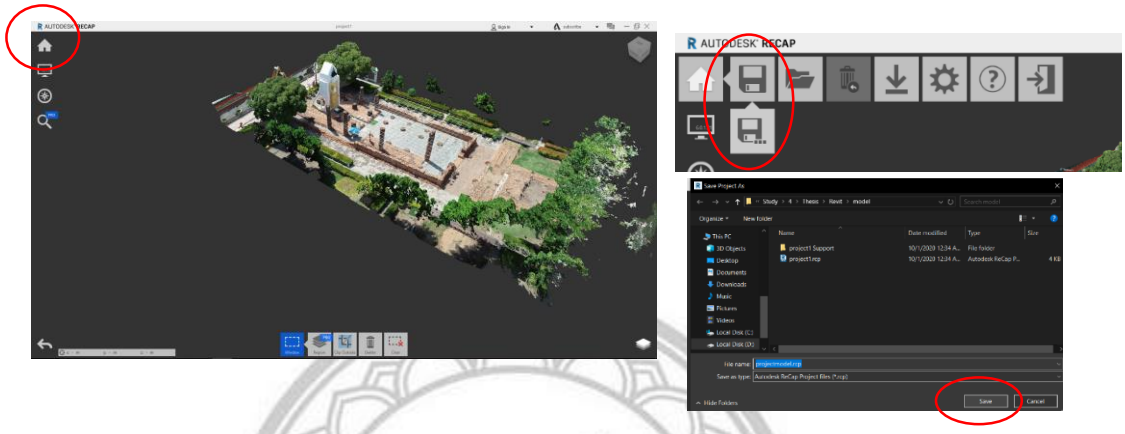
ภาพที่ 3.30 import Files

6) ทำการรอให้ตัววงกลมทำการอัพโหลดจนเต็ม และเมื่อเต็มแล้วให้ทำการเลือกวงกลมแล้วกดเลือกที่วงกลม > Launch Project ดังภาพ 3.31



ภาพที่ 3.31 Launch Project

7) เมื่อทำการ Launch Project แล้ว ตัว point cloud ของแบบจำลองสามมิติจะปรากฏขึ้นมา ทำการบันทึกไฟล์อีกรอบเพื่อเปลี่ยนนามสกุลไฟล์ ไปที่สัญลักษณ์รูปบ้าน (Home) > Save > Save as.. > ตั้งชื่อไฟล์แล้วเลือกเป็นนามสกุล.rcp ดังภาพที่ 3.32

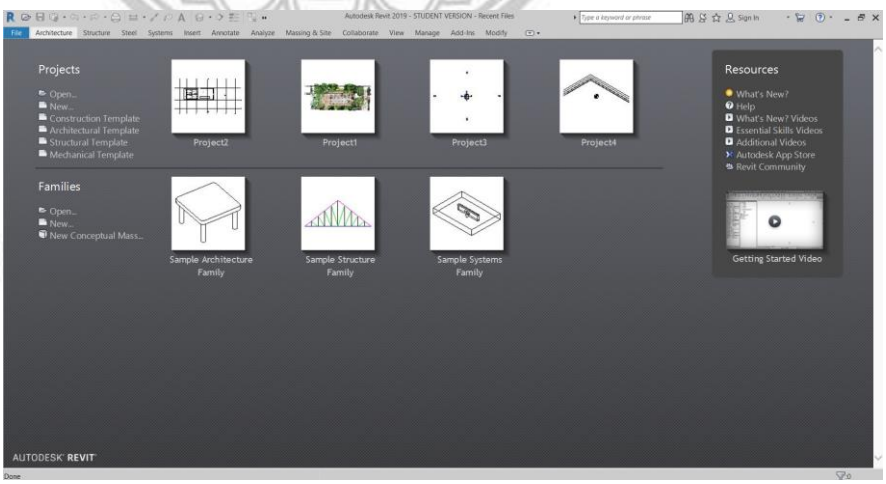


ภาพที่ 3.32 การบันทึกเพื่อแปลไฟล์แบบจำลอง

3.5.2 การสร้าง H-BIM

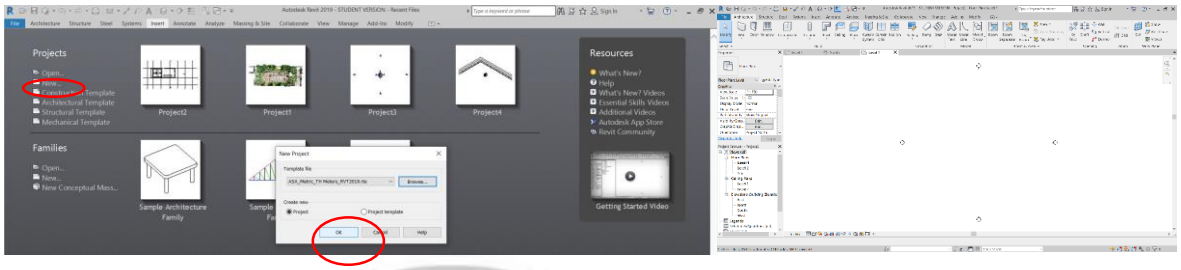
เป็นการสร้าง H-BIM ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit จะมีขั้นตอนดังนี้

1) เปิดโปรแกรม Autodesk Revit ขึ้นมา จะได้ดังภาพ 3.33



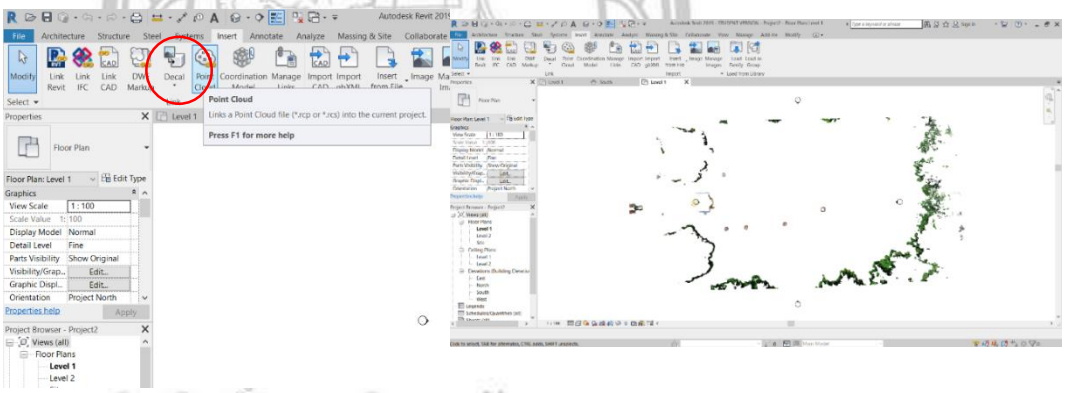
ภาพที่ 3.33 Autodesk Revit

2) ทำการสร้าง Project ไปที่ New > เลือก Template file เป็น ASA_Metric_TH Meters_RVT2019.rte > เลือก Create new เป็น Project > OK จะได้หน้าต่างดังภาพ 3.34



ภาพที่ 3.34 สร้าง Project

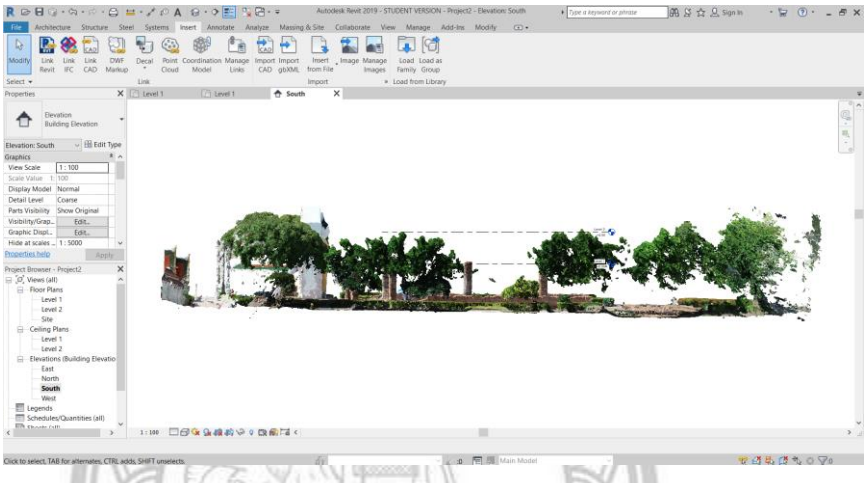
3) ทำการเพิ่ม Point cloud ที่แปลไฟล์แล้วเข้าในฌปรแกรม โดยไปที่เครื่องมือ Insert > Point cloud เมื่อเพิ่ม Point cloud แล้วจะได้หน้าต่างดังภาพ 3.35



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

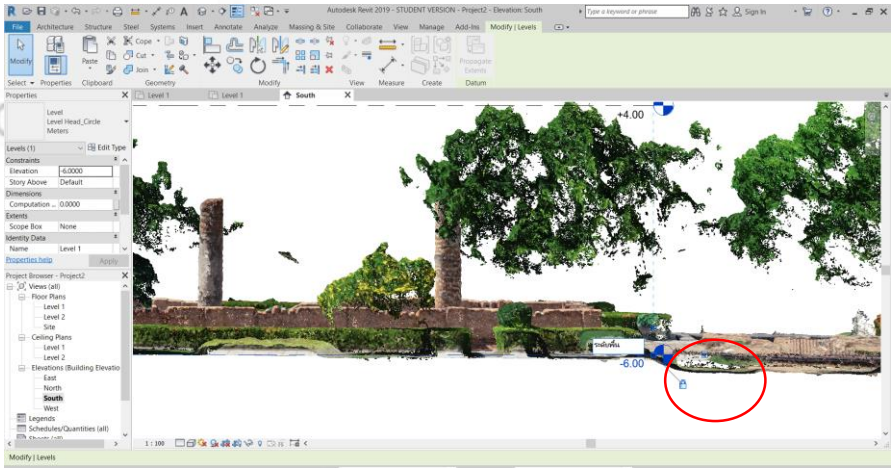
ภาพที่ 3.35 การเพิ่ม Point cloud

4) เมื่อทำการนำเข้า Point cloud แล้ว จะเห็นได้ว่าไม่สามารถมองเห็นแบบจำลองได้ เนื่องจากแบบจำลองอยู่ต่ำกว่าค่าระดับการมองเห็น จงต้องทำการปรับค่าระดับการมองเห็น โดยจะไปที่ South เพื่อมองภาพด้านข้าง ซึ่งจะเห็นได้ว่าเส้นค่าระดับอยู่สูงกว่าระดับพื้น ดังภาพ 3.36

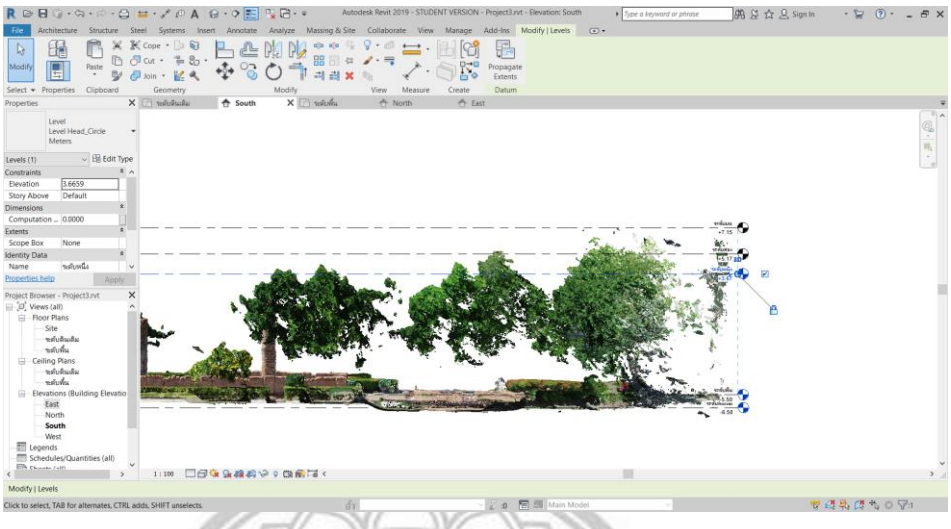


ภาพที่ 3.36 ค่าระดับการมองเห็นอยู่สูงกว่าระดับพื้นในแบบจำลอง

5) ทำการปรับค่าระดับการมองเห็น โดยเปลี่ยนค่าระดับล่างสุดเป็น -6.00 แล้วเปลี่ยนชื่อแต่ละระดับ ตั้งแต่ ระดับดินเดิม , ระดับพื้น , ระดับบน 1 , ระดับบน 2 , ระดับบน 3 และเมื่อปรับระดับการมองเห็นทั้งหมดจะได้ดังภาพ 3.37 และจะดูภาพในรูปแบบสามมิติดังภาพ 3.38

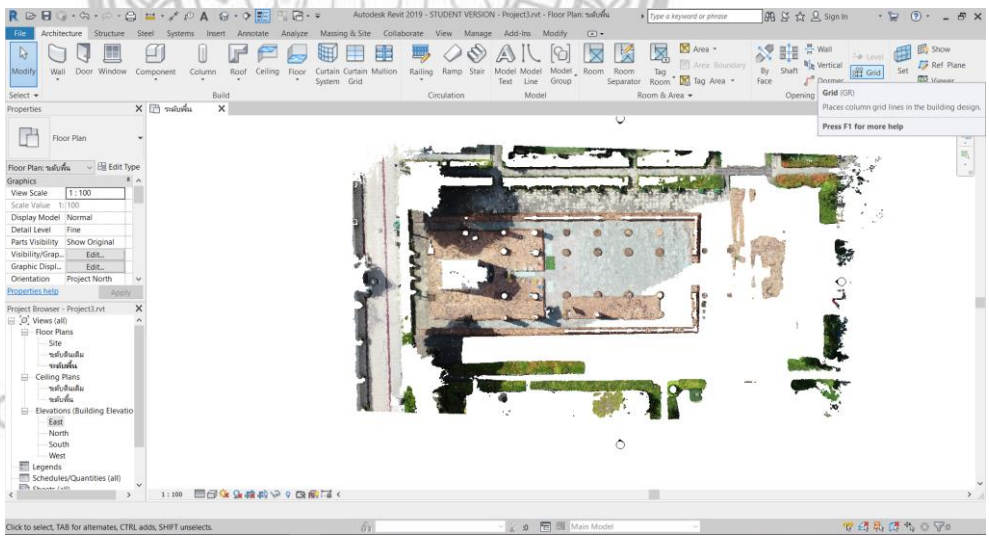


ภาพที่ 3.37 การปรับระดับการมองเห็น



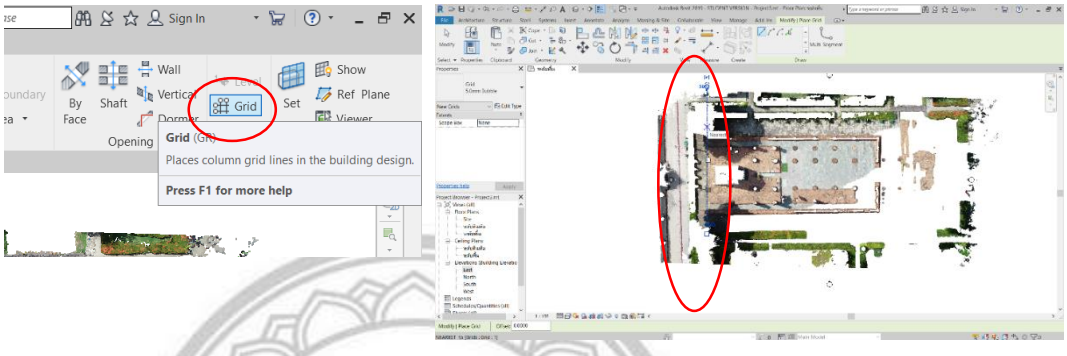
ภาพที่ 3.38 ระดับการมองเห็นแบบ 3D

6) และเมื่อกลับมาดูภาพ 2D จะเห็นได้ว่าพื้นของแบบจำลองสามารถมองเห็นได้เนื่องจากการปรับระดับ ดังภาพ 3.39

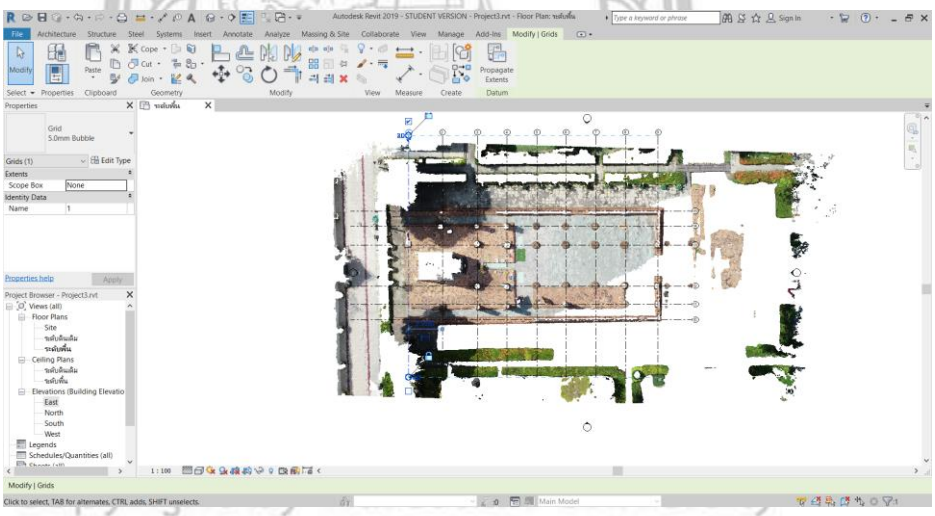


ภาพที่ 3.39 ระดับการมองเห็นแบบ 2D

7) ทำการกำหนดเส้น Grid เพื่อให้การวางตำแหน่งของตัวอาคารต่างๆตรงและถูกต้องมากขึ้น โดนจะไปที่คำสั่ง Grid ที่อยู่ตรงชุดเครื่องมือ และจากนั้นทำการวาดเส้น Grid ตามแนวเสาในแบบจำลอง จะได้ดังภาพ 3.40 และภาพ 3.41

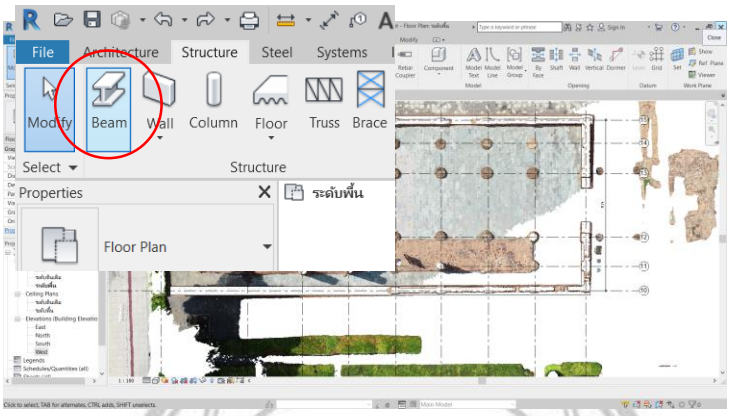


ภาพที่ 3.40 การกำหนดและวาดเส้น Grid



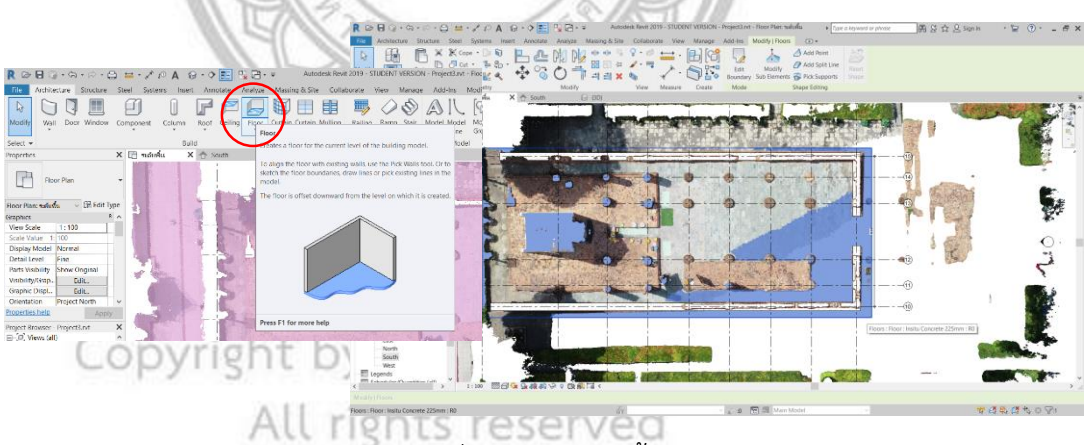
ภาพที่ 3.41 เส้น Grid ที่ทำการกำหนดแล้ว

8) การวาดคาน โดยจะไปที่แถบเครื่องมือ Structure > Beam > ทำการวาดคานตามแบบของแบบจำลองสามิติ จะได้ดังภาพ 3.4



ภาพที่ 3.42 การวาดคาน

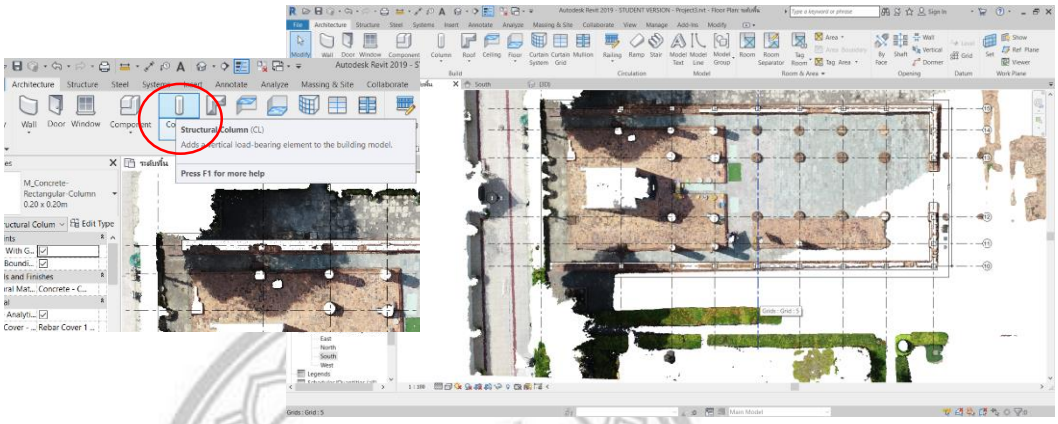
9) ทำการวาดพื้น โดยไปที่ระดับการมองเห็นที่ระดับพื้น > ไปที่แถบเครื่องมือ Architecture > Floor > ทำการวาดพื้นตามแบบจำลองสามิติ จะได้พื้นดังภาพ 3.43



Copyright by
All rights reserved

ภาพที่ 3.43 การวาดพื้น

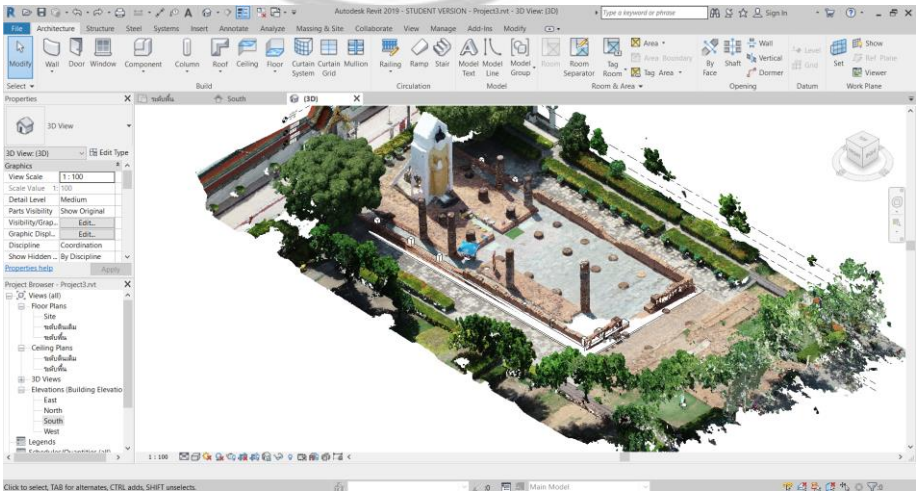
10) ทำการวาดเสา โดยไปที่ระดับการมองเห็นที่ระดับพื้น > ไปที่แถบเครื่องมือ Architecture > Column > วาดเสาแต่ละต้นตามขนาดของแบบจำลองสามมิติ ดังภาพ 3.44



ภาพที่ 3.44 การวาดเสา

11) ทำการวาดเสาและพื้นส่วนต่างๆที่ยังไม่ได้วาดโดยการเลือกเครื่องมือการใช้งานนั้นจะใช้ตามขั้นตอนดังกล่าว

12) สามารถเปิดดูภาพแบบ 3D โดยจะไปที่สัญลักษณ์รูปบ้านแล้วจะมีหน้าต่างปรากฏภาพ 3D ขึ้นมา นอกจากนี้ยังสามารถแก้ไขแบบในรูปแบบของ 3D ได้ ดังภาพ 3.45

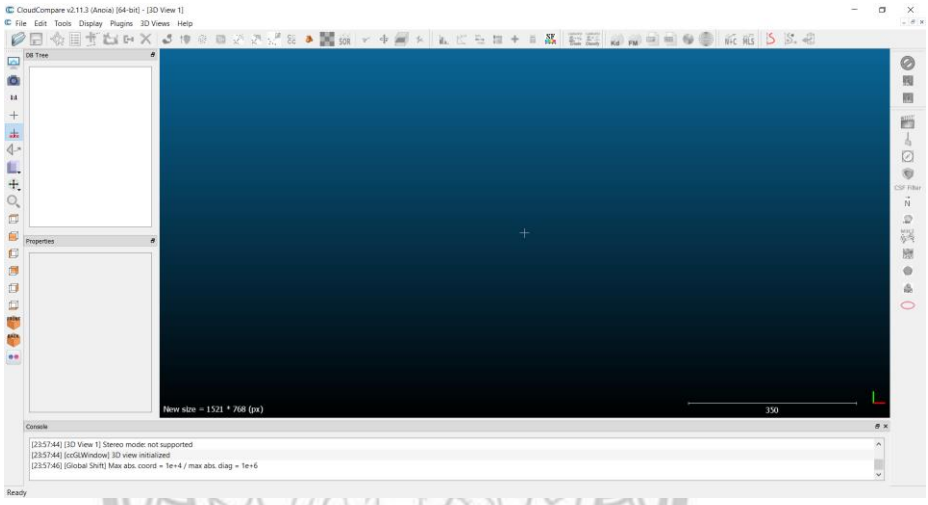


ภาพที่ 3.45 ในรูปแบบ 3D

3.5.3 การสร้างข้อมูลสองมิติขององค์พระอัฏฐารส

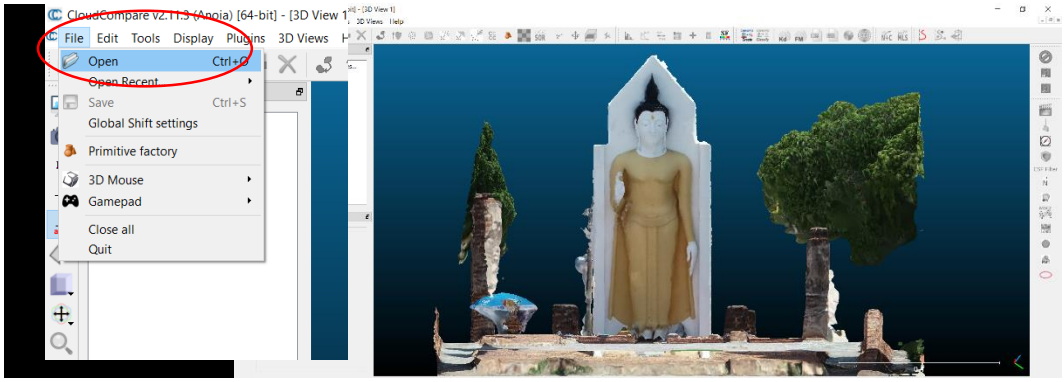
เนื่องจากการสร้างข้อมูลแบบจำลองสามมิติขององค์พระอัฏฐารสไม่สามารถสร้างได้ในโปรแกร Autodesk Revit ในรูปแบบสามมิติได้จึงทำการวาดแบบสองมิติแทน โดยจะมีขั้นตอนดังนี้

1) เปิดโปรแกรม CloudCompare ขึ้นมา จะได้หน้างต่างดังภาพ 3.46



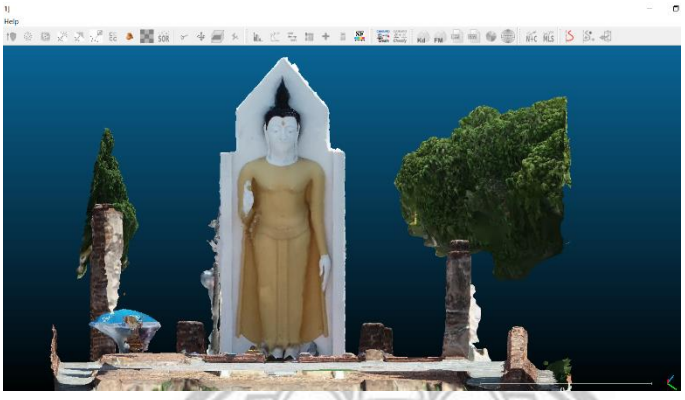
ภาพที่ 3.46 CloudCompare

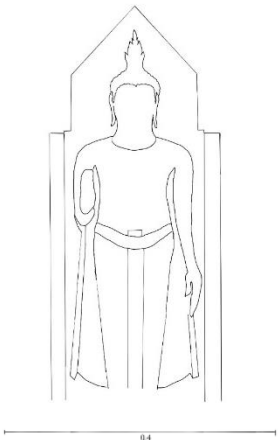
2) ทำการนำเข้าไฟล์ Point Cloud แบบจำลองสามมิติที่บันทึกจาก Agisoft Metashape มาเข้าโปรแกรม โดยจะไปที่ File > Open จะได้ดังภาพ 3.47



ภาพที่ 3.47 นำเข้าไฟล์ Point Cloud แบบจำลองสามมิติ

3) ทำการจัดตำแหน่งภาพแล้วทำการ Capture หน้าจอและนำภาพที่ทำการ Capture ไปวาดแบบสองมิติ จะได้ดังภาพ 3.48





ภาพที่ 3.48 แบบพระอัฏฐารสในรูปแบบสองมิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

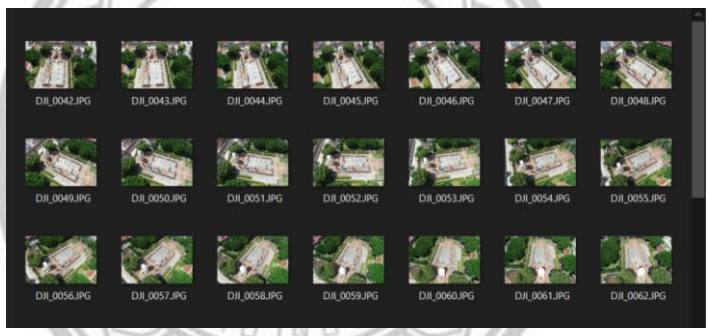
บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลลัพธ์ของงานวิจัย โดยจะแบ่งออกเป็น ผลของการเก็บรวบรวมข้อมูล ผลลัพธ์ของแบบจำลองสามมิติ ผลการเปรียบเทียบข้อมูล ผลการประเมินความถูกต้อง ผลของ H-BIM และผลของพระอัฏฐารสในรูปแบบสองมิติ ดังต่อไปนี้

4.1 ผลของการเก็บรวบรวมข้อมูล

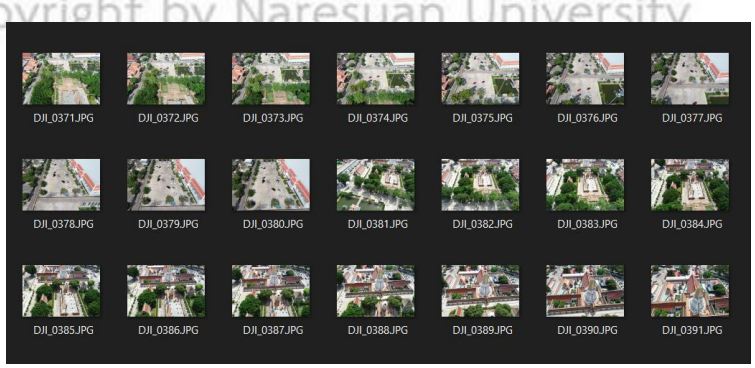
1) ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ รุ่น DJI Phantom 4 การบินแบบ Circular ถ่ายเมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2563 จำนวน 36 ภาพ ดังภาพ 4.1



ภาพที่ 4.1 ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ การบินแบบ Circular จำนวน 36 ภาพ

2) ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ รุ่น DJI Phantom 4 การบินแบบ Double Grid ถ่ายเมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2563 จำนวน 41 ภาพ ดังภาพ 4.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University

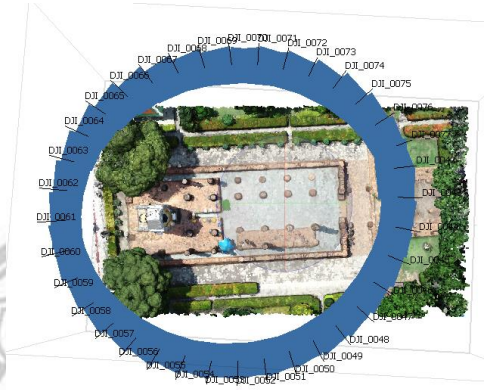


ภาพที่ 4.2 ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ การบินแบบ Double Grid จำนวน 41 ภาพ

4.2 ผลลัพธ์ของแบบจำลองสามมิติ

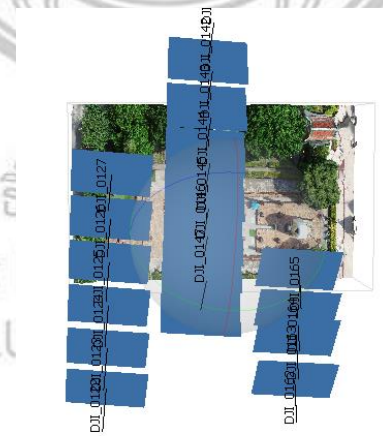
4.2.1 ผลลัพธ์การบินถ่ายถาพแต่ละแบบของโบราณสถานพระอัฏฐารส ประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Agisoft Metashape Professional

1) การประมลผลภาพถ่าย การบินถ่ายภาพแบบ Circular ดังภาพ 4.3



ภาพที่ 4.3 แบบจำลองสามมิติของโบราณสถานพระอัฏฐารส
การบินถ่ายภาพแบบ Circular

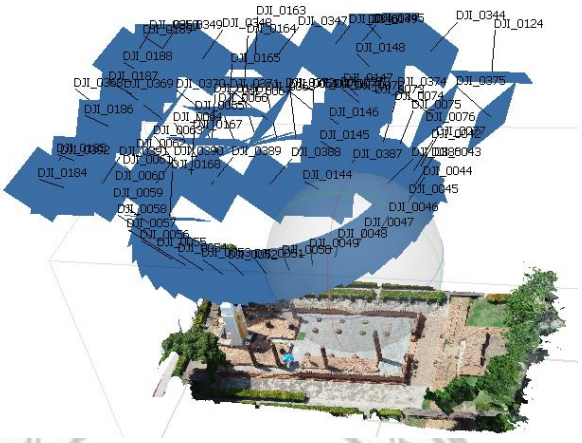
2) การประมลผลภาพถ่าย การบินถ่ายภาพแบบ Double Grid ดังภาพ 4.4



ภาพที่ 4.4 แบบจำลองสามมิติของโบราณสถานพระอัฏฐารส
การบินถ่ายภาพแบบ Double Grid

ลิขสิทธิ์ Copyright All rsity

3) การประมลผลภาพถ่าย การบินถ่ายภาพแบบ Double Grid และ Circular รวมกัน ดังภาพ 4.5



ภาพที่ 4.5 แบบจำลองสามมิติของโบราณสถานพระอัฏฐารส
การบินถ่ายภาพแบบ Double Gridและ Circular

4.2.2 แบบจำลองสามมิติโบราณสถานพระอัฏฐารส ประมวลผลโดยใช้โปรแกรม Agisoft Metashape Professional

การประมวลผลโดยใช้การบินแบบ Double Gridและ Circular รวมกัน จะได้แบบจำลองสามมิติดังภาพ 4.6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศ
Copyright by N

ภาพที่ 4.6 แบบจำลองสามมิติโบราณสถานพระอัฏฐารส

4.3 ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์

การเปรียบเทียบผลลัพธ์ ความครบถ้วนของแบบจำลองสามมิติ ได้ผลลัพธ์ คือ การประมวลผลโดยการใช้การบินแบบ Double Grid และ Circular รวมกัน ได้ความครบถ้วนของแบบจำลอง และแบบจำลองไม่บิดเบี้ยว โดยการบินแบบ Double Gridและ Circular ทั้งสองการบินความครบถ้วนของแบบจำลองมีความบิดเบี้ยว ดังภาพ 4.7 และภาพ 4.8

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 4.7 การเปรียบเทียบประมวลผลพระอัฏฐารสด้วย (ก) การบินถ่ายภาพแบบ Double Grid (ข) การบินถ่ายภาพแบบ Circular และ (ค) การบินแบบ Double Grid และ Circular รวมกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 4.8 การเปรียบเทียบประมวลผลอาคารพระอัฏฐารส (ก) การบินถ่ายภาพแบบ Double Grid (ข) การบินถ่ายภาพแบบ Circular และ (ค) การบินแบบ Double Grid และ Circular รวมกัน

4.4 ผลการประเมินความถูกต้อง

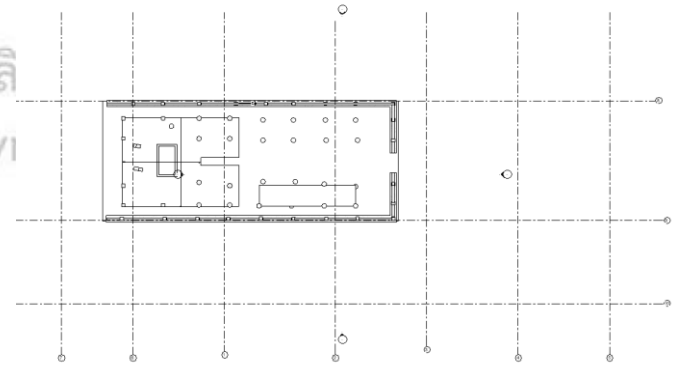
การประเมินความถูกต้องของแบบจำลองสามมิติของโบราณสถาน โดยจะวัดทั้งหมด 30 ค่า จะแบ่งเป็น ความสูงของเสา 13 ค่า ความกว้างระหว่างเสา 13 ค่า และความยาวรอบฐานพระอัฏฐารส 4 ค่า จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับขนาดในแบบจำลองสามมิติ เพื่อหาค่า Error และเมื่อได้ค่า Error แล้วจะทำการหาค่าพรรณนาเชิงสถิติ เช่น ค่า Mean และ ค่า Root Mean Squared Error (RMSE) และหาค่าเฉลี่ย แล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์ของรูปแบบการบินทั้ง 3 รูปแบบ จะได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การประเมินความถูกต้องของแบบจำลองสามมิติของโบราณสถาน

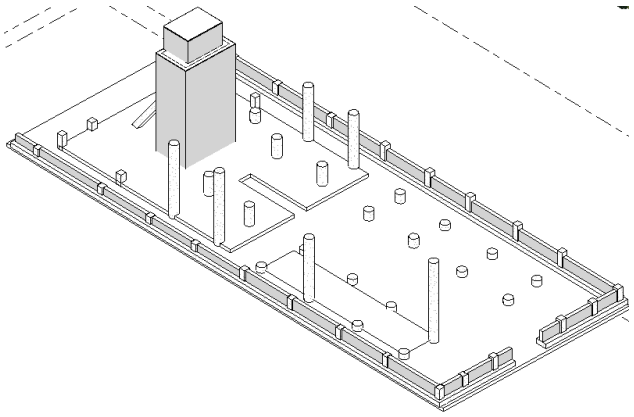
รูปแบบการบิน	ความยาวรอบฐานพระอัฐถารส		ความกว้าง		ความสูง	
	Mean (m)	RMSE (m)	Mean (m)	RMSE (m)	Mean (m)	RMSE (m)
การบินแบบ Circular	0.02	0.01	0.04	0.08	0.25	0.27
การบินแบบ DoubleGrid	0.02	0.01	0.02	0.05	0.71	0.60
การบินแบบ Double Grid และ Circular	0.03	0.02	0.03	0.02	0.48	0.34

4.5 ผลลัพธ์ของ H-BIM

ตัวอาคารโบราณสถานพระอัฏฐารสที่สร้าง H-BIM ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit โดยจะได้ผลลัพธ์ คือ แบบตัวอาคารโบราณสถานพระอัฏฐารสในรูปแบบสองมิติ (ภาพที่ 4.9) และ แบบตัวอาคารโบราณสถานพระอัฏฐารสในรูปแบบสามมิติ (ภาพที่ 4.10)



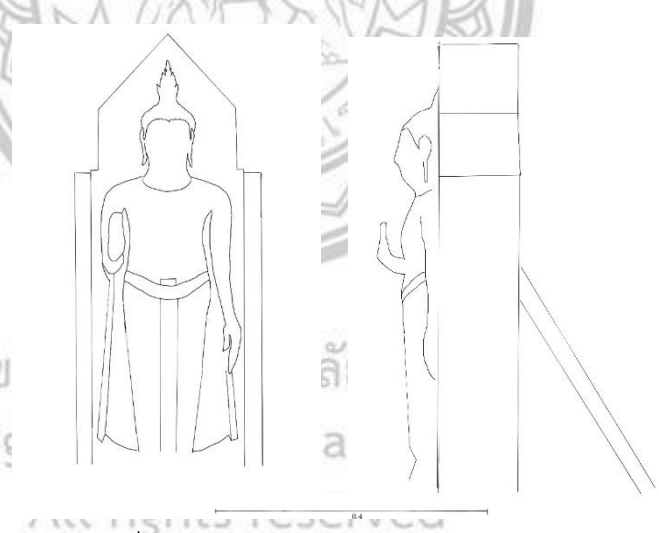
ภาพที่ 4.9 แบบตัวอาคารโบราณสถานพระอัฏฐารสในรูปแบบสองมิติ



ภาพที่ 4.10 แบบตัวอาคารโบราณสถานพระอัฏฐารสในรูปแบบสามมิติ

4.6 ผลของพระอัฏฐารสในรูปแบบสองมิติ

การวาดพระอัฏฐารสในรูปแบบสองมิติ โดยจะมีการกำหนด Scale bar ซึ่งจะได้ภาพด้านหน้าและด้านข้าง ดังภาพ 4.11



ภาพที่ 4.11 พระอัฏฐารสในรูปแบบสองมิติ

ลิข Copyri a All rights reserved

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาวิจัยในหัวข้อ การสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถานสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถาน (H-BIM) ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ สามารถสรุปผล อภิปรายผล ปัญหาและอุปสรรค และข้อเสนอแนะการศึกษา ดังนี้

5.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการการสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถานพระอัฏฐารสสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถาน (H-BIM) ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายจะเป็นการบินแบบ Double Grid และ Circular เมื่อนำภาพถ่ายมาประมวลผลในโปรแกรม Agisoft Metashape Professional เปรียบเทียบผลการประมวลผลของแบบจำลองสามมิติ ซึ่งเกณฑ์ในการตรวจสอบความครบถ้วนของแบบจำลองจะใช้การประเมินด้วยสายตา ได้ผลลัพธ์คือ การบินแบบ Double Grid มีความครบถ้วนของแบบจำลองแต่องค์พระอัฏฐารสมีความบิดเบียวอย่างมาก เนื่องจากการบินแบบ Double Grid เป็นการบินถ่ายภาพเพื่อทำแผนที่แบบสามมิติจะเน้นการถ่ายภาพเก็บรายละเอียดมุมสูงมากกว่าภาพมุมเอียง ส่วนการบินแบบ Circular มีความครบถ้วนแต่องค์พระอัฏฐารสยังมีความบิดเบี้ยวอยู่แต่มีน้อยกว่าการบินแบบ Double Grid เนื่องจากการบินแบบ Circular นั้นเป็นการบินที่ต้องการเน้นจุดเฉพาะ เพื่อทำแบบจำลองสามมิติ โดยจะเน้นเก็บรายละเอียดพื้นผิวด้านข้างหรือมุมเอียง และการประมวลผลการบินแบบ Double Grid และ Circular รวมกันมีความครบถ้วนและให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการบินแบบ Double Grid และการบินแบบ Circular ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้การสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับกับโบราณสถานของพระอัฏฐารส ด้วยรูปแบบการบินแบบ Double Grid และ Circular รวมกัน ได้ค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง 0.06 เมตร ค่า RMSE ที่ความยาวรอบฐานพระอัฏฐารส 0.02 เมตร ความกว้าง 0.02 เมตร และความสูง 0.34 เมตร จะเห็นได้ว่าค่า RMSE ของทางราบมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 10 เซนติเมตร และความคลาดเคลื่อนทางดิ่งมากกว่า 10 เซนติเมตร

การสร้าง H-BIM นั้นสามารถสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถาน (H-BIM) ได้แต่อยู่ในระดับ Level 1 เท่านั้น เพราะเนื่องจากมีการสร้างตัวอาคารโบราณสถานในรูปแบบสองมิติและสามารถดูได้ในรูปแบบสามมิติ และมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองแล้วแต่ไม่มีการกำหนดข้อมูลของวัสดุที่ใช้ และในการสร้างองค์พระอัฏฐารสนั้นไม่สามารถสร้างในรูปแบบสามมิติได้เนื่องจากต้องอาศัยความชำนาญในการใช้ซอฟต์แวร์อย่างมากจึงไม่สามารถขึ้นได้จึงทำการสร้างในรูปแบบสองมิติแทน ดังนั้นสามารถนำแบบจำลองสามมิติมาสร้างเป็นแบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถาน (H-BIM) ได้ โดยถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงหรือโบราณสถานเกิดการทรุดโทรมลง

มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University
All rights reserved

สามารถนำแบบจำลองนี้ นำไปใช้ประโยชน์ในงานซ่อมแซมหรืองานสร้างใหม่ที่ต้องการความแม่นยำและถูกต้องสูงได้ในภายภาคหน้า

5.2 อภิปรายผล

จากงานวิจัยของ López et al. (2018) เรื่อง A review of heritage building information modeling (H-BIM) ที่ได้เสนอการรีวิวการใช้ BIM ในมรดกที่แตกต่างกันและประเมินว่าพื้นที่ใดที่อยู่ในเขตที่มีการพัฒนาสูง จะแบ่งเป็น การสำรวจ, การประมวลผลบน Point cloud , ระดับของ BIM ในด้านการสำรวจเก็บข้อมูลนั้นจะเป็นการสำรวจเก็บข้อมูลโดยวิธีการ Photogrammetry และ Laser scanning technologies โดยเมื่อ 10 กว่าปีที่ผ่านมา การใช้ Laser scanning technologies เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถใช้ในการเร่งการรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ของอาคารที่มีอยู่หรือพื้นผิวที่ซับซ้อนรวมทั้งมีความถูกต้องและแม่นยำของข้อมูลที่ได้มา โดยการเก็บข้อมูลแบบ Photogrammetry นั้นในช่วง 10 กว่าปีที่ผ่านมาไม่ค่อยนิยมกันเนื่องจากการประมวลผลของการสร้างภาพถ่ายมีข้อเสียอย่างมาก เพราะเป็นกระบวนการที่ต้องใช้ความพยายามอย่างมากและใช้เวลามากโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพื้นผิวของวัตถุไม่ดีและรูปร่างมีความซับซ้อนมาก นอกจากนี้สำหรับภาพที่จะใช้เป็นแบบจำลอง 2 มิติหรือ 3 มิติที่มีความแม่นยำสูงต้องใช้กระบวนการตัดกันของจุดลักษณะเฉพาะและความสามารถในการปรับขนาดได้กับการจับภาพแต่ละครั้งที่ได้รับ

งานวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้การสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (UAV Photogrammetry) เป็นการสำรวจทางอากาศยาน ซึ่งการสำรวจเก็บข้อมูลโดยวิธี Photogrammetry ในปัจจุบันเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีการใช้งบประมาณที่ไม่แพงจนเกินไป เพราะการใช้ Laser scanning technologies นั้นต้องใช้งบประมาณในการสำรวจค่อนข้างสูงเนื่องจากตัว Laser scanner มีราคาแพง และช่วง 10 กว่าปีที่ผ่านมาเทคโนโลยีการสำรวจแบบ Photogrammetry ยังไม่ค่อยพัฒนาเหมือนในปัจจุบัน โดยงานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ โดยตัวอากาศยานไรคนขับเป็นเครื่องมือที่สามารถบินถ่ายภาพและเก็บข้อมูลค่าพิกัดของภาพได้ เมื่อนำภาพมาประมวลผล ทำการวางจุดควบคุมภาพ และตรวจสอบความถูกต้อง แบบจำลองสามมิติมีความถูกต้องสามารถนำไปใช้ในงานอนุรักษ์สร้าง H-BIM ได้ แต่สร้าง Level 1 เท่านั้น เนื่องจากเป็นการบินถ่ายภาพแบบภายนอก จึงไม่สามารถวิเคราะห์ตัววัสดุที่ใช้ได้แต่แบบจำลองมีความถูกต้องสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University
All rights reserved

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

1) ในการบินถ่ายภาพพระอัฏฐารสมีต้นไม้บดบังจึงทำให้พื้นที่บางส่วนเห็นไม่ชัด

2) ในการประมวลผลใช้เวลานานเนื่องจากคอมพิวเตอร์มีหน่วยความจำที่น้อย

3) ในการวาดองค์พระอัฏฐารสต้องอาศัยความชำนาญในการใช้โปรแกรม Autodesk Revit

5.6 ข้อเสนอแนะการศึกษา

1) อาจจะต้องมีการถ่ายภาพทางภาคพื้นดินเพื่อให้แบบจำลองสามมิติมีความละเอียดครบถ้วนสมบูรณ์มากขึ้น

2) ในการประมวลผลข้อมูลอาจจะต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำที่มากเพื่อประหยัดเวลา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บรรณานุกรม

León-Robles, C. A., Reinoso-Gordo, J. F., & González-Quiñones, J. J. (2019). Heritage building information modeling (H-BIM) applied to a stone bridge. ISPRS International Journal of Geo-Information, 8(3), 121.

Castellano-Román, M., & Pinto-Puerto, F. (2019). Dimensions and Levels of Knowledge in Heritage Building Information Modelling, HBIM: The model of the Charterhouse of Jerez (Cádiz, Spain). Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, 14, e00110.

Angulo, R., Pinto, F., Rodríguez, J., & Palomino, A. (2017). Digital anastylosis of the remains of a portal by master builder Hernán Ruiz: Knowledge strategies, methods and modelling results. Digital applications in archaeology and cultural heritage, 7, 32-41.

Fryskowska, A., & Stachelek, J. (2018). A no-reference method of geometric content quality analysis of 3D models generated from laser scanning point clouds for hBIM. Journal of Cultural Heritage, 34, 95-108.

López, F. J., Lerones, P. M., Llamas, J., Gómez-García-Bermejo, J., & Zalama, E. (2018). A review of heritage building information modeling (H-BIM). Multimodal Technologies and Interaction, 2(2), 21.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

.

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

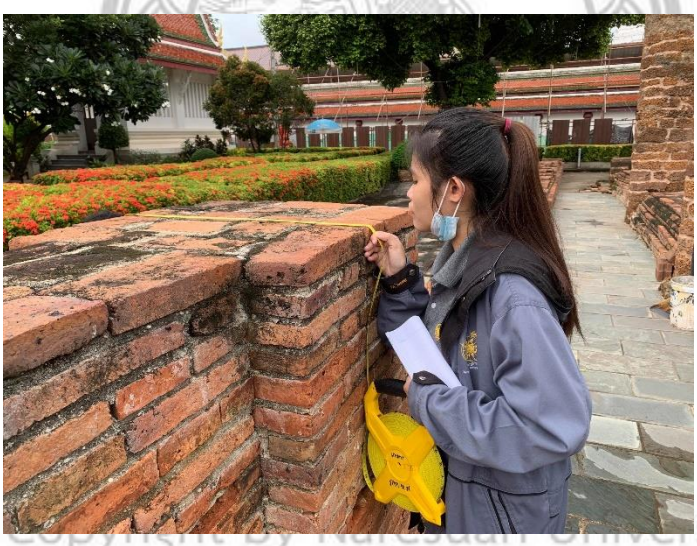
ภาคผนวก

เรื่อง การลงพื้นที่สำรวจเก็บข้อมูล

สำรวจพื้นที่บริเวณอาคารพระอัฏฐารส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

เก็บข้อมูลโดยการวัดขนาดของพื้นที่จริง



Copyright by Naresuan University

บินถ่ายภาพเก็บข้อมูล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ประวัติผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล ญาสุมินท์ ใจกว้าง

วัน เดือน ปีเกิด 1 มิถุนายน 2542

ที่อยู่ปัจจุบัน 184 หมู่ 5 ตำบลห้วยแก้ว อำเภอภูกามยาว จังหวัดพะเยา 56000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2560 – 2563	ระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิยาศาสตรบัณฑิต (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 เกรดเฉลี่ย 2.76
พ.ศ. 2557 – 2559	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) โรงเรียนดงเจนวิทยาคม ตำบลดงเจน อำเภอภูกามยาว จังหวัดพะเยา 56000
พ.ศ. 2548 – 2556	ระดับประถมศึกษา - ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ทั่วไป) โรงเรียนบ้านอิงโค้ง ตำบลห้วยแก้ว อำเภอภูกามยาว จังหวัดพะเยา 560000

กิจกรรมที่เข้าร่วม

1. เข้าร่วมกิจกรรมค่ายภูมิศาสตร์นเรศวร ครั้งที่ 36 ประจำปีการศึกษา 2560 ณ อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า ตำบลเนินเพิ่ม อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก 65120

2. เข้าร่วมกิจกรรมค่ายภูมิศาสตร์นเรศวร ครั้งที่ 37 ประจำปีการศึกษา 2561 ณ บ้านห้วยทรายเหนือ ตำบลห้วยเฮี้ย อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

3. เข้าร่วมอบรม OpenStreetMap Contribution by JOSM วันที่ 9 เมษายน 2562 คณะ เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดย OSGeoTH

4. เข้าร่วมค่ายพะเยาลูกน้ำกว๊าน ครั้งที่ 22 ประจำปี 2560 ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร

5. เข้าร่วมงานประชุมวิชาการนิสิตนักศึกษาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศศาสตร์แห่งประเทศไทย ครังที่ 12 (TSG)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University
All rights reserved

ประสบการณ์การทำงาน

1. เข้าร่วมโครงการร่วมคืนป่าให้ประชาชน สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) และ 6 ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ

2. จัดทำแผนที่ภาษีโรงเรือนและที่ดิน สำรวจและนำเข้าข้อมูลประเภทอาคารและสิ่งปลูกสร้าง จังหวัดสระบุรี

3. จัดทำค่ายพะเยาลูกน้ำกว๊าน ครั้งที่ 23 ประจำปี 2561 ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved