การเรียนรู้โบราณสถานผ่านแบบจำลองสามมิติออนไลน์ กรณีศึกษา: วัดจุฬามณี อ.เมือง จ.พิษณุโลก

Learning archaeological site through on-line 3D models:
A case study of Wat Chulamani, Muang District, Phitsanulok Province

ณัฐนิชา ไฝเพ็ชร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

วิทยานิพนธ์ระดับปริญาตรี เสนอภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาภูมิศาสตร์
พฤศจิกายน 2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยานเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาภูมิศาสตร์และหัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรีเรื่อง “การเรียนรู้โบราณสถานผ่านแบบจำลองสามมิติออนไลน์ กรณีศึกษา: วัดจุฬามณี อ.เมือง จ.พิษณุโลก” (Learning ancient sites through online 3D models: Case study: Chulamani Temple, Muang District, Phitsanulok Province) นิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

จรัสดาว คงเมือง

.....

(อาจารย์ ดร.จรัสดาว คงเมือง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

พลปรีชา ชิดบุรี

.....

(อาจารย์ ดร.พลปรีชา ชิดบุรี)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

.....

(รองศาสตราจารย์ พัฒนา ราชวงศ์)

ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ พัฒนา ราชวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี “การเรียนรู้โบราณสถานผ่านแบบจำลองสามมิติออนไลน์ กรณีศึกษา: วัดจุฬามณี อ.เมือง จ.พิษณุโลก” สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือหลายท่าน ในการให้ข้อมูล คำปรึกษาแนะนำ ที่มีประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.จรัสดาว คงเมือง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่สละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาแนะนำ พร้อมทั้งชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาด้วยความเอาใจใส่ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.พลปรีชา ชิดบุรี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้เชี่ยวชาญด้านการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ ที่สละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกาและคำแนะนำ ความรู้อันเป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาภูมิศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติม จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจและเป็นผู้สนับสนุนในทุกๆด้าน เสมอมาและขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้คำปรึกษาและช่วยแนะนำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ณัฐนิชา ไฝเพ็ชร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ชื่อเรื่อง	การเรียนรู้โบราณสถานผ่านแบบจำลองสามมิติออนไลน์ กรณีศึกษา: วัดจุฬามณี อ.เมือง จ.พิษณุโลก
ผู้วิจัย	นางสาว ณัฐนิชา ไฝเพ็ชร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.จรัสดาว คงเมือง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.พลปรีชา ชิดบุรี
ประเภทสารนิสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2564
คำสำคัญ	โบราณสถาน, แบบจำลองสามมิติออนไลน์, การสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ, การสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้

บทคัดย่อ

วัดจุฬามณีเป็นโบราณสถานที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์ที่เก่าแก่ที่สุดของจังหวัดพิษณุโลก แต่อย่างไรก็ตามวัดจุฬามณียังไม่ค่อยเป็นที่รู้จัก งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้การสำรวจด้วยภาพถ่ายอากาศยานไร้คนขับ (UAV) สำหรับสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถานสำหรับการเรียนรู้และส่งเสริมด้านการท่องเที่ยวโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติบนอินเทอร์เน็ต โดยงานวิจัยนี้มีพื้นที่การศึกษาคือ วัดจุฬามณี อ.เมือง จ.พิษณุโลก ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลภาพถ่ายด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) และภาพถ่ายภาคพื้นดินโดยกล้อง DSLR เพื่อนำไปสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรม ContextCapture จากนั้นนำแบบจำลองสามมิติที่ได้ไปแสดงผลลัพธ์ด้วย Cesium และนำไปพัฒนาเว็บไซต์ด้วย Google Site ซึ่งเป็นการเรียนรู้ผ่านทางเว็บไซต์ของแผนที่สามมิติออนไลน์ ผลลัพธ์งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าใช้บริการในการชมโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติออนไลน์ จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 30 คน คะแนนรวมเฉลี่ยของความพึงพอใจทั้งหมดเท่ากับ 4.18 จากคะแนนเต็ม 5 ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองสามมิติโบราณสถานจากการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับและการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ สำหรับการเรียนรู้และส่งเสริมด้านการท่องเที่ยวโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติบนอินเทอร์เน็ตและเป็นแนวทางในการเข้าถึงแหล่งโบราณสถานได้อย่างง่ายและสะดวก

คำสำคัญ โบราณสถาน, แบบจำลองสามมิติออนไลน์, การสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ, การสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

Title	Learning archaeological site through on-line 3D models: A case study of Wat Chulamani, Muang District, Phitsanulok Province
Author	Nutnicha Faiphet
Advisor	Charatdao Kongmuang
Academic Paper	Thesis B.S. in Geography, Naresuan University, 2021
Keywords	Archaeological site, On-line 3D-model, UAV photogrammetry, Close-range photogrammetry

Abstract

Wat Chulamani is the oldest historical site in Phitsanulok province. However, Wat Chulamanee is still relatively unknown. This research aims to employ an unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetric approach to reconstruct 3D models of archaeological sites for learning and promoting its tourism through 3D maps on the Internet. The study area is Wat Chulamani, Muang District, Phitsanulok Province. In this research, ground-based photos taken by DSLR camera and UAV photographs were used for 3D reconstruction with ContextCapture. Then, a 3D model was rendered using Cesium and implemented on Google Site for learning archaeological site through the On-line, 3D website. The results of the satisfaction assessment for learning this archaeological site shows the overall average satisfaction score was 4.18 out of 5. Therefore, this research can be applied for 3D modelling of archaeological sites from UAV and close-range photogrammetric approaches. For learning and promoting the tourism of archaeological sites, the use of a 3D model-based website on the Internet will provide convenient access and ease to ancient sites.

Keywords Archaeological site, On-line 3 D-model, UAV photogrammetry, Close-range photogrammetry

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All right reserved

.

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

บทที่ 1 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 พื้นที่การศึกษา 2

1.4 นิยามคำศัพท์เฉพาะ 3

1.5 กรอบแนวคิดวิจัย 4

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

บทที่ 2 6

2.1 โบราณสถาน 6

2.2 การสำรวจด้วยภาพถ่าย 6

อากาศยานไร้คนขับ หรือ UAV Photogrammetry 6

ภาพถ่ายระยะใกล้(Close-range) 7

2.3 แบบจำลองสามมิติ 7

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

บทที่ 3 16

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 16

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล 20

3.3 การประมวลผลข้อมูล 22

3.4 การแสดงผลแบบจำลองสามมิติ 33

บทที่ 4 36

4.1 ผลของการเก็บรวบรวบข้อมูล 36

4.2 ผลลัพธ์ของแบบจำลองสามมิติ 38

4.3 ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์แบบจำลองสามมิติ 40

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

4.4 ผลการแสดงแบบจำลองสามมิติ 41
4.5 ผลการประเมินความพึงพอใจ 42
4.6 ข้อเสนอแนะอื่นๆ 44
บทที่ 5 45
5.1 สรุปผล 45
5.2 อภิปรายผล 46
5.3 ข้อเสนอแนะการศึกษา 46
5.4 ปัญหาและอุปสรรค 47
บรรณานุกรม 48
ภาคผนวก 50
ประวัติผู้วิจัย 55

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพ **หน้า**

ภาพ 1. 1 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา 2
ภาพ 1. 2 กรอบแนวคิด 4

ภาพ 2. 1 เจดีย์วัดมหาธาตุโครงสร้างปรางค์ (b) โครงสร้างเจดีย์ 8
ภาพ 2. 2 จุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCPs) 8
ภาพ 2. 3 ตำแหน่งสถานที่วัดมหาธาตุ อยุธยา(Supaporn Manajitprasert et al, 2019). 9
ภาพ 2. 4 รูปแบบแผนการบินแบบ GRID (A) และ CIRCULAR (B)(I. Aicardi et al, 2016) 10
ภาพ 2. 5 การวางจุดควบคุม (I. Aicardi et al, 2016). 10
ภาพ 2. 6 point cloud ที่สร้างขึ้น: ซอฟต์แวร์ MicMac (a) และ ContextCapture (b) ซึ่งแสดงส่วนที่ขาดหายไปมีต้นไม้ปกคลุม (I. Aicardi et al, 2016) 10
ภาพ 2. 7 ข้อผิดพลาดในการสร้าง point cloud ใน ContextCapture (I. Aicardi et al, 2016) 11
ภาพ 2. 8 แบบจำลองสามมิติโบสถ์ S. Maria (I. Aicardi et al, 2016). 11
ภาพ 2. 9 มุมมองจากอากาศยานไร้คนขับของพื้นที่การศึกษา (S. Chatzistamatis et al, 2018). 12
ภาพ 2. 10 แผนการบินถ่ายภาพแบบ CIRCULAR (A) และ GRID (B) 12
ภาพ 2. 11ศูนย์กลางการถ่ายภาพเป็นผลจากการบินเป็นวงกลมที่มีความสูงต่ำและจุดที่เชื่อมต่อกัน (S. Chatzistamatis et al, 2018). 12
ภาพ 2. 12 แบบจำลองสามมิติที่ได้จากข้อมูลทั้งสองชุดรวมกัน(S. Chatzistamatis et al, 2018). 13
ภาพ 2. 13 ภาพแนวเฉียงที่ใช้ในงานวิจัย 13
ภาพ 2. 14 อุโบสถวัดคูเต่า (รจณา คูณพูล และคณะ, 2020). 14
ภาพ 2. 15 ตำแหน่งหมุดควบคุมภาคพื้นดิน (รจณา คูณพูล และคณะ, 2020). 14
ภาพ 2. 16 แบบจำลอง 3 มิติ บริเวณอุโบสถวัดคูเต่า (รจณา คูณพูล และคณะ, 2020). 15

ภาพ 3. 1 อากาศยานไร้คนขับ รุ่น DJI Phantom 4 16
ภาพ 3. 2 Canon EOS 200D กล้อง DSLR 17
ภาพ 3. 3 กล้อง Total Station NIKON 17
ภาพ 3. 4 กล้อง Total Station NIKON 17
ภาพ 3. 5 เทปวัดระยะ 18
ภาพ 3. 6 Marker 18
ภาพ 3. 7 Application DJI GO 4 18

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาพ 3. 8 Application Pix4D capture 19
ภาพ 3. 9 Bentley ContextCapture 19
ภาพ 3. 10 Cesium 19
ภาพ 3. 11 การวางจุดควบคุมภาพถ่าย 20
ภาพ 3. 12 การกำหนดแนวบินแบบ Double Grid 20
ภาพ 3. 13 การกำหนดแนวบินแบบ Circular บริเวณพระปรางค์ 21
ภาพ 3. 14 การกำหนดแนวบินแบบ Circular บริเวณอุโบสถและรอยพระพุทธบาท 21
ภาพ 3. 15 การบินถ่ายภาพโบราณสถานด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) 21
ภาพ 3. 16 การถ่ายภาพภาคพื้นดินโดยกล้อง DSLR รุ่น Canon EOS 200D 22
ภาพ 3. 17 ContextCapture Engine 22
ภาพ 3. 18 โปรแกรม Context Capture 23
ภาพ 3. 19 สร้าง project 23
ภาพ 3. 20 การเพิ่มภาพถ่าย UAV 24
ภาพ 3. 21 Aerotriangulation 24
ภาพ 3. 22 ผลลัพธ์การ Aerotriangulation 25
ภาพ 3. 23 การเพิ่มภาพถ่าย Close-range 25
ภาพ 3. 24 เพิ่มค่า Senser Size และ Focal Size 26
ภาพ 3. 25 การ Aerotriangulation 26
ภาพ 3. 26 ผลลัพธ์ Aerotriangulation 27
ภาพ 3. 27 การสร้างและวาง Tie points 27
ภาพ 3. 28 การใส่ค่า Constraints ระยะ 28
ภาพ 3. 29 Export file 28
ภาพ 3. 30 Import file 29
ภาพ 3. 31 วาง Tie points ในรูปภาพ (Close-range) 29
ภาพ 3. 32 Control point 30
ภาพ 3. 33 ทำการ Run AT 30
ภาพ 3. 34 ผลลัพธ์ Run AT 31
ภาพ 3. 35 Merged 31
ภาพ 3. 36 Create 32
ภาพ 3. 37 Reconstruction 3D Models 32

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาพ 3. 38 ผลลัพธ์ Reconstruction 3D Models..... 33
ภาพ 3. 39 การเพิ่มชุดข้อมูลลงในบัญชี Cesium 33
ภาพ 3. 40 เลือกชุดข้อมูล Obj..... 34
ภาพ 3. 41 การ Upload ชุดข้อมูล 34
ภาพ 3. 42 การปรับค่าพิกัด และมาตราส่วนของแบบจำลองสามมิติ 35

ภาพ 4. 1 ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ การบินแบบ Double Grid จำนวนภาพถ่าย 277 ภาพ..... 36
ภาพ 4. 2 ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ การบินแบบ Circular จำนวนภาพถ่าย 106 ภาพ..... **Error! Bookmark not defined.**
ภาพ 4. 3 ภาพถ่ายภาคพื้นดินจากกล้อง DSLR จำนวนภาพถ่าย 114 ภาพ..... 37
ภาพ 4. 4 แบบจำลองสามมิติของโบราณสถาน การบินถ่ายภาพ UAV ..... **Error! Bookmark not defined.**
ภาพ 4. 5 แบบจำลองสามมิติของโบราณสถานการบินถ่ายภาพ UAV และ Close-rang .... **Error! Bookmark not defined.**
ภาพ 4. 6 แบบจำลองสามมิติโบราณสถานการประมวลผลการบินถ่ายภาพโดย UAV. **Error! Bookmark not defined.**
ภาพ 4. 7 แบบจำลองสามมิติโบราณสถานการประมวลผลการบินถ่ายภาพแบบ UAV และ Close-range ..... **Error! Bookmark not defined.**
ภาพ 4. 8 การเปรียบเทียบประมวลผลบริเวณพระปรางค์ (ก-ข) การบินถ่ายภาพโดย UAV (ค-ง)..... **Error! Bookmark not defined.**
ภาพ 4. 9 ตัวอย่างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถาน วัดจุฬามณี ด้วย Cesium 41
ภาพ 4. 10 ตัวอย่างหน้าเว็บไซต์..... 41
ภาพ 4. 11 แผนภูมิแสดงข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าใช้บริการ (อายุ)..... **Error! Bookmark not defined.**
ภาพ 4. 12 แผนภูมิแสดงข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าใช้บริการ (เพศ)..... **Error! Bookmark not defined.**
ภาพ 4. 13 แผนภูมิแสดงข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าใช้บริการ (ระดับการศึกษา)..... 43
ภาพ 4. 14 แผนภูมิแสดงข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าใช้บริการ (อาชีพ)..... 43

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

ตาราง 1 ผลการประเมินความพึงใจ..... 44

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

วัดจุฬามณี ถือได้ว่าเป็นโบราณสถานที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์ที่เก่าแก่ที่สุดของจังหวัดพิษณุโลก ที่มีมาตั้งแต่ก่อนสมัยสุโขทัยและเชื่อกันว่าเคยเป็นที่ตั้งเมืองของพิษณุโลกเดิม ภายในวัดยังคงพบโบราณสถานและโบราณวัตถุที่สำคัญทางพุทธศาสนา คือ “พระพุทธบาทจำลอง” ประดิษฐานอยู่ภายในพระปรางค์ขอมโบราณสถาน วัดจุฬามณีเป็นที่มาของพิษณุโลกและประวัติศาสตร์ของชาติที่สร้างอารยธรรมที่มีความรุ่งเรืองทางศาสนา ทางการเมืองการปกครอง ทางสถาปัตยกรรม ศิลปกรรมไทย พิษณุโลกจึงเป็นเมืองที่มีความยิ่งใหญ่ในประวัติศาสตร์ของชาติไทย แต่อย่างไรก็ตามวัดจุฬามณีถูกให้ความสำคัญน้อยลงแทบจะไม่มีคนกล่าวถึง หรือแทบจะไม่เป็นที่รู้จักกันทั่วไป ทั้งที่เป็นสถานโบราณเก่าแก่ที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์มีความรุ่งเรืองทางศาสนามาตั้งแต่ก่อนสมัยสุโขทัย ถ้าพูดถึงสถานที่ท่องเที่ยววัดหรือโบราณสถานที่สำคัญของจังหวัดพิษณุโลกแล้ว ผู้คนส่วนใหญ่มักจะนึกถึงวัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหารเป็นสำคัญ โดยลืมไปว่าวัดจุฬามณีก็เป็นอีกวัดหนึ่งที่เป็นสถานที่ท่องเที่ยวโบราณสถานที่สำคัญของจังหวัดพิษณุโลกอีกเช่นกัน มีร่องรอยความเจริญรุ่งเรืองทางศาสนาและสถานที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ที่น่าสนใจมาก ดังนั้นการส่งเสริมการเรียนรู้โบราณสถานของวัดจุฬามณีจึงมีความน่าสนใจและความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

การสร้างแบบจำลองสามมิติโบราณสถานวัดจุฬามณีโดยการสำรวจด้วยภาพถ่ายอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) ในการเรียนรู้โบราณสถานผ่านแบบจำลองสามมิติออนไลน์เป็นการสร้างแบบจำลองสามมิติเพื่อใช้สำหรับในการเรียนรู้และส่งเสริมด้านการท่องเที่ยวโบราณสถานวัดจุฬามณีให้เป็นที่รู้จักกันในสถานที่ท่องเที่ยวโบราณเพิ่มมากขึ้น โดยการใช้เทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (UAV Photogrammetry) เก็บข้อมูลภาพถ่ายและนำข้อมูลภาพถ่ายที่ได้ไปประมวลผลในการสร้างแบบจำลองสามมิติ จากภาพถ่ายสองมิติทางด้านคอมพิวเตอร์ทำให้มีการพัฒนาระบบการทำแผนที่จากอากาศยานไร้คนขับ (UAV Photogrammetry) ขึ้น การใช้งานง่ายสะดวกและมีความคล่องตัวมากขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศแบบเดิม (Traditional Photogrammetry) สามารถให้ผลลัพธ์หลายลักษณะแล้วแต่ความต้องการของผู้ใช้งาน มีรายละเอียดความถูกต้องแม่นย่ำสูง มีความสมบูรณ์ ความคมชัด การสร้างแบบจำลองสามมิติเป็นกระบวนการสร้างแบบจำลองสามมิติที่อ้างอิงจากหลักการที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์และการคำนวณโดยการใช้ซอฟต์แวร์ จากนั้นนำไปเผยแพร่ผ่านเทคโนโลยีบนเว็บแอพพลิเคชั่น ข้อดีของการเผยแพร่บนเว็บแอพพลิเคชั่นสามมิติ คือ ออกแบบมาเพื่อให้สามารถใช้กราฟิกสามมิติได้โดยตรงในเว็บเบราว์เซอร์ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ซอฟต์แวร์หรือปลั๊กอินแยกจากเบราว์เซอร์หลัก

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการประยุกต์ใช้เทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้ คนขับ (UAV photogrammetry) ในการเก็บข้อมูลของภาพถ่ายและนำภาพถ่ายที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับมาประมวลผลและสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถานวัดจุฬามณี จากนั้นนำเข้าข้อมูลแบบจำลองสามมิติผ่านการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

เผยแพร่บนเว็บแอพพลิเคชั่นสามมิติ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์สำหรับการเรียนรู้และส่งเสริมด้านการท่องเที่ยวโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติบนอินเทอร์เน็ต

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อประยุกต์ใช้การสำรวจด้วยภาพถ่ายอากาศยานไร้คนขับ (UAV) สำหรับสร้างแบบจำลองสามมิติโบราณสถาน
2. เพื่อสำหรับการเรียนรู้และส่งเสริมด้านการท่องเที่ยวโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติบนอินเทอร์เน็ต

1.3 พื้นที่การศึกษา

วัดจุฬามณี ต.ท่าทอง อ.เมืองพิษณุโลก จ.พิษณุโลก ตั้งอยู่ริมแม่น้ำน่านฝั่งตะวันออก ห่างจากตัวเมือง

ภาพ 1. 1 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา

1.4 นิยามคำศัพท์เฉพาะ

โบราณสถาน เป็นสถานเก่าแก่ในทางประวัติศาสตร์ ที่สร้างขึ้นโดยฝีมือมนุษย์หรือสถานที่ที่พบร่องรอยของกิจกรรมของมนุษย์ในอดีตที่มีคุณค่าในทางศิลปะ ประวัติศาสตร์ และโบราณคดี ไม่สามารถเคลื่อนย้าย

การสร้างแบบจำลองสามมิติ (3D model) โดยใช้ภาพถ่ายสองมิติ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองในรูปแบบสามมิติ ซึ่งถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานที่หลากหลาย เช่น การวิเคราะห์วัตถุ การจำลองภาพเสมือนจริง

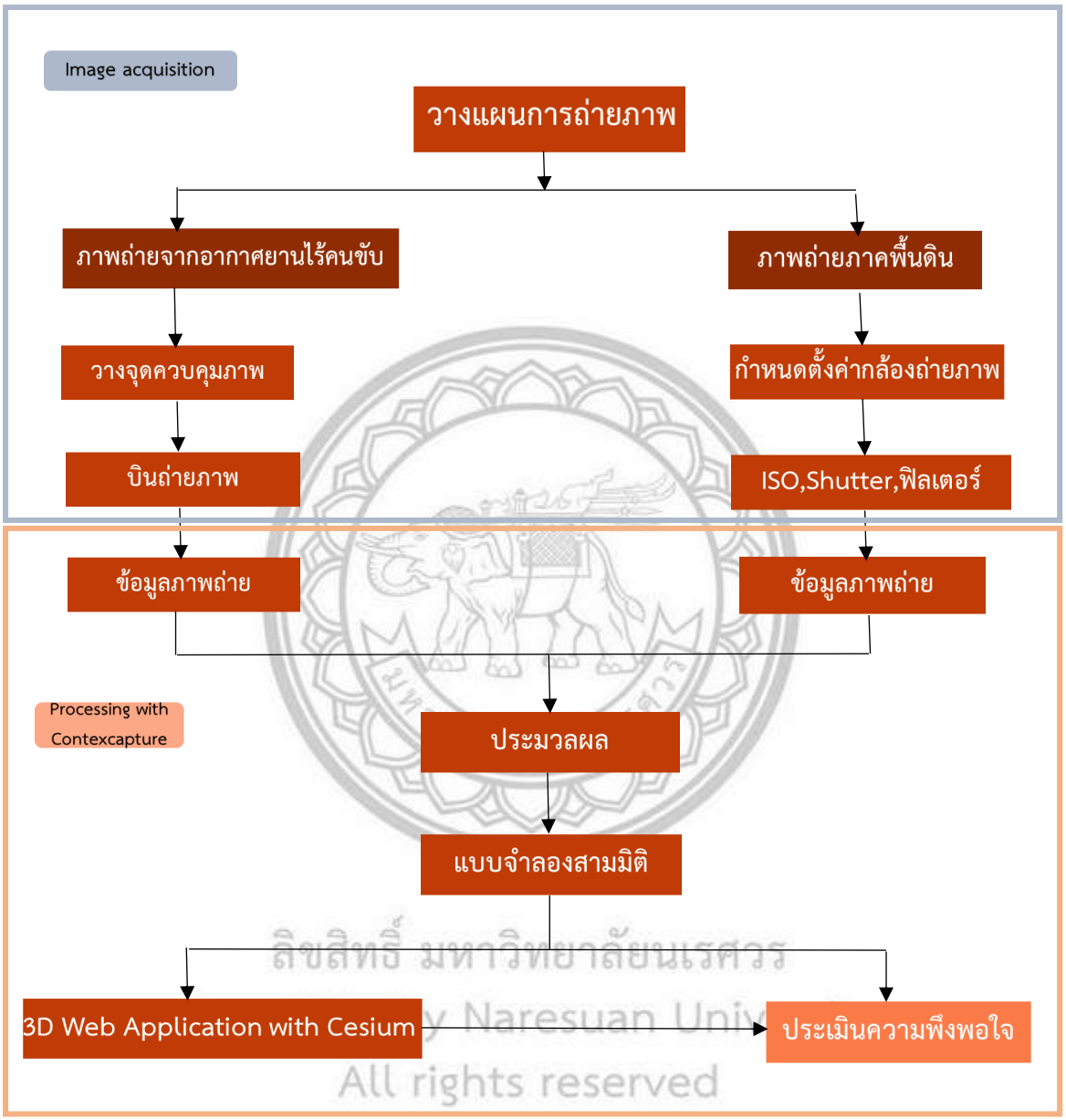
Photogrammetry การรังวัดด้วยภาพถ่าย หรือ การสำรวจด้วยภาพถ่าย เทคนิคในการวัดโดยใช้ภาพถ่ายสองมิติเป็นเครื่องมือหลักในการทำงานเพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นภาพสามมิติ กระบวนการทำงานจะใช้หลักการในการสร้างความสัมพันธ์ ของวัตถุ ทิศทาง และระยะทาง จากภาพถ่าย ซึ่งสามารถอ้างอิงได้ด้วยทฤษฎี ทางด้าน เรขาคณิต

การสำรวจด้วยภาพถ่ายอากาศยานไร้คนขับ (UAV Photogrammetry) เป็นยานพาหนะทางอากาศขนาดเล็ก มีการควบคุมและสั่งการการบินด้วยระบบอัตโนมัติและแบบกึ่งอัตโนมัติโดยไม่มีนักบินอยู่บนเครื่อง สามารถควบคุมด้วยอุปกรณ์ควบคุมระยะไกล การใช้งานอากาศยานไร้คนขับในช่วงแรกนั้นเริ่มต้นพัฒนามาจากเทคโนโลยีทางการทหารเพื่อการป้องกันประเทศเท่านั้น แต่ในปัจจุบันอากาศยานไร้คนขับถูกพัฒนาให้ใช้ ประโยชน์ได้หลากหลายมากขึ้น เช่น ด้านการเกษตร กีฬาและสันทนาการ การพาณิชย์โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การนำมาใช้ในงานภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photogrammetry)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

การสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ (Close-Range Photogrammetry) การรังวัดด้วยภาพที่ระยะระหว่างกล้องถ่ายรูปและวัตถุที่จะรังวัดอยู่ห่างกันไม่มากนัก โดยทั่วไปจะจำกัดในระยะ 1 ถึง 100 เมตร

1.5 กรอบแนวคิดวิจัย



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Naresuan University
All rights reserved

ภาพ 1. 2 กรอบแนวคิด

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สำหรับการเรียนรู้และส่งเสริมการท่องเที่ยวโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติบนอินเทอร์เน็ต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่อง การเรียนรู้โบราณสถานผ่านแบบจำลองสามมิติออนไลน์ กรณีศึกษา : วัดจุฬามณี อ.เมือง จ.พิษณุโลก ผู้วิจัยได้ทำการ รวบรวมหลักการ แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดของประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

2.1 โบราณสถาน

เป็นสิ่งที่เคลื่อนที่ไม่ได้ เช่น โบสถ์ วิหาร วัง มีอายุเก่ากว่า 100 ปีขึ้นไป เป็นอสังหาริมทรัพย์ซึ่งโดยอายุหรือโดยลักษณะแห่งการก่อสร้าง หรือโดยหลักฐานเกี่ยวกับประวัติของอสังหาริมทรัพย์นั้น เป็นประโยชน์ในทางศิลป ประวัติศาสตร์ หรือโบราณคดี ทั้งนี้ ให้รวมถึงสถานที่ที่เป็นแหล่งโบราณคดี แหล่งประวัติศาสตร์ และอุทยานประวัติศาสตร์ ความหมายของคำว่าโบราณสถานดังกล่าวยังคงใช้อยู่จนปัจจุบันนี้ตามที่ปรากฏในพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 สำหรับคำจำกัดความเฉพาะที่ใช้ในบทบัญญัติของกฎหมายที่ปรากฏ อยู่ในพระราชบัญญัติว่าด้วยโบราณสถาน ศิลปวัตถุ โบราณวัตถุ และการพิพิธภัณฑ์แห่งชาติ พุทธศักราช 2477 ได้ให้นิยามคำว่าโบราณสถานไว้ หมายความว่า “อสังหาริมทรัพย์อย่างหนึ่งอย่างใด หรือซากปรักหักพังแห่งอสังหาริมทรัพย์ ซึ่งอายุหรือลักษณะแห่งการก่อสร้างหรือความจริงเกี่ยวกับประวัติศาสตร์อันมีอยู่ในสิ่งนั้น เป็นประโยชน์ในทางประวัติศาสตร์ โบราณคดี หรือศิลปกรรม” แต่ในการตราพระราชบัญญัติโบราณสถาน โบราณวัตถุ

2.2 การสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ หรือ UAV Photogrammetry

อากาศยานไร้คนขับ หรือ Unmanned Aerial Vehicle (UAV) เป็นยานพาหนะทางอากาศขนาดเล็กมีการควบคุมและสั่งการการบินด้วยระบบอัตโนมัติและแบบกึ่งอัตโนมัติโดยไม่มีนักบินอยู่บนเครื่อง สามารถควบคุมด้วยอุปกรณ์ควบคุมระยะไกล ปัจจุบันการพัฒนาอากาศยานไร้คนขับเป็นไปอย่างรวดเร็ว มีการพัฒนาต่อเนื่องมีผู้สนใจและนำมาประยุกต์ให้ในงานด้านต่าง ๆ กันอย่างแพร่หลาย ในการสำรวจภูมิประเทศมีการนำอากาศยานไร้คนขับถ่ายภาพทางอากาศแทนการใช้เครื่องบิน โดยภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จะเก็บตามเส้นทางการบินเก็บเป็นชุดต่อเนื่องจำนวนมาก ในการถ่ายภาพจะมีการเหลื่อมของภาพมีจุดอ้างอิงที่เหมือนกันในแต่ละภาพ การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการจัดการภาพถ่ายทางอากาศ เป็นการต่อภาพถ่ายทางอากาศจำนวนมากให้เป็นภาพขนาดใหญ่ โดยเริ่มจากการเรียงของภาพ การกำหนดจุดควบคุมของภาพ การเพิ่มจุดความหนาแน่นของจุดอ้างอิง การสร้างโมเดลสามมิติ การผลิตภาพถ่ายทางอากาศ

การสำรวจด้วยภาพถ่ายภาพถ่ายระยะใกล้ (Close-range Photogrammetry)

การรังวัดโดยการใช้ภาพถ่ายซึ่งมีระยะห่างในการถ่ายภาพระหว่างตัวกล้องถึงอาคารหรือวัตถุที่จะทำการรังวัด ไม่เกิน 100 เมตร การสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้มีข้อดีหลายประการ เช่น การที่ไม่ต้องสัมผัสวัตถุ โดยตรง ใช้ต้นทุนต่ำ ระยะเวลาในการทำงานน้อย ใช้แรงงานและอุปกรณ์น้อย เป็นการรังวัดทั้ง สามมิติ จึงส่งผลให้ถูกไปใช้ในงานด้านต่างๆอย่างมากมาย อาทิ งานทางด้านสถาปัตยกรรม งานทางด้านโบราณคดี งานด้านอุบัติเหตุจราจร เป็นต้น

2.3 แบบจำลองสามมิติ

เป็นการสร้างรูปทรงหรือรูปร่างแบบสามมิติ โดยการกำหนดจุดต่างๆ และเชื่อมโยงจุดด้วยเส้นตรง เพื่อให้ได้รูปทรงตามต้องการ การใช้คอมพิวเตอร์สร้างรูปทรงสามมิติอาจทำได้โดยอัตโนมัติด้วยโปรแกรม ในกรณีที่รูปทรงเป็นแบบสมมาตร หรือรูปทรงเรขาคณิต หรือรูปทรงที่ประกอบขึ้นจากรูปทรงเรขาคณิตมาประกอบกัน หากเป็นรูปทรงที่ไม่สมมาตร หรือมีรายละเอียดมาก ก็จำเป็นต้องกำหนดจุดต่างๆ และลากเส้นต่อจุดเองด้วยผู้วาดภาพที่เชี่ยวชาญ เช่น การสร้างแบบจำลองสามมิติสำหรับใบหน้าและศีรษะมนุษย์ จำเป็นต้องกำหนดจุดเป็นจำนวนมากในหลักหมื่น เมื่อลากเส้นตรงต่อจุดเชื่อมโยงเป็นรูปใบหน้าและศีรษะในสามมิติ รูปทรงที่ได้เสมือนเกิดจากรูปสามเหลี่ยม หรือรูปสี่เหลี่ยม หรือรูปหลายเหลี่ยม (polygon) มาเรียงต่อๆ กันเป็นแบบเส้นโครง (wire-frame) สำหรับรูปใบหน้า และศีรษะมนุษย์ อาจมีจำนวนรูปหลายเหลี่ยมในหลักพัน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความละเอียดของการสร้างแบบจำลอง ในปัจจุบัน การสร้างแบบจำลองสามมิติอาจทำได้จากการใช้เครื่องกราดสามมิติ เพื่อกราดรูปทรงจริงสามมิติ เช่น ใบหน้ามนุษย์ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลรูปหลายเหลี่ยมที่ได้ยังคงไม่สมบูรณ์ จึงต้องใช้ผู้วาดภาพด้วยคอมพิวเตอร์มาปรับแต่งข้อมูลที่อาจไม่ถูกต้อง ซึ่งคงต้องใช้เวลามาก (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน,2555)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University
All rights reserved

2.4.1 การสร้างแบบจำลองสามมิติ (3D) ของแหล่งมรดกวัฒนธรรมโดยใช้ภาพ UAV: กรณีศึกษาเจดีย์ในวัดมหาธาตุ ประเทศไทย. (Supaporn Manajitprasert et al, 2019).

วิจัยนี้นำเสนอเกี่ยวกับการนำอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ไปใช้ในการศึกษาทางโบราณคดีมากขึ้น อันเนื่องมาจากเครื่องมือ photogrammetric ที่ประหยัดต้นทุนและใช้งานง่าย ซึ่งสามารถผลิตแบบจำลองที่มีความละเอียดสูงได้ การศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่การสร้างแบบจำลองสามมิติของเจดีย์ที่วัดมหาธาตุ โบราณสถานในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาของประเทศไทย ซึ่งได้รับการประกาศให้เป็นมรดกโลกโดยองค์การยูเนสโกที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมในปี 2534 บทความนี้นำเสนอ การประยุกต์ใช้ภาพ UAV เพื่อสร้างแบบจำลอง 3 มิติที่แม่นยำ โดยใช้เจดีย์สององค์ที่วัดมหาธาตุเป็นกรณีศึกษา คือ เจดีย์และปรางค์ วิธีการที่อธิบายไว้ในบทความนี้เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและประหยัดในการทำแผนที่กึ่งอัตโนมัติ และมีส่วนช่วยในการสร้างแบบจำลองคุณภาพสูงของแหล่งมรดกทางวัฒนธรรม ใช้วิธีโครงสร้างจากการเคลื่อนที่ของอากาศ

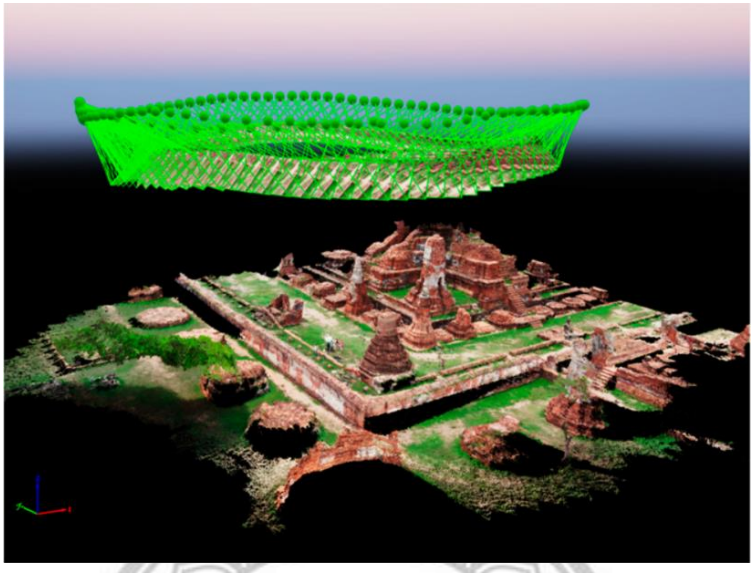
ยานไร้คนขับ (UAV-SfM) เพื่อสร้างแบบจำลองเจดีย์วัดมหาธาตุ 3 มิติ ความแม่นยำของมันถูกเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ได้จากการสแกนด้วยเลเซอร์ภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบ ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองเจดีย์ 3D UAV-SfM มีความแม่นยำเพียงพอที่จะสนับสนุนการจัดการอนุรักษ์เจดีย์ในประเทศไทย

ภาพ 2. 1 เจดีย์วัดมหาธาตุโครงสร้างปรางค์ (b) โครงสร้างเจดีย์

(Supaporn Manajitprasert et al, 2019).

ภาพ 2. 2 จุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCPs)

(Supaporn Manajitprasert et al, 2019).



ภาพ 2. 3 ตำแหน่งสถานที่วัดมหาธาตุ อยุธยา(Supaporn Manajitprasert et al, 2019).

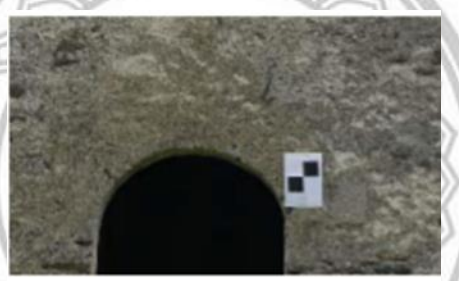
2.4.2 การถ่ายภาพ UAV ที่มีภาพเฉียง: การวิเคราะห์การเก็บรวบรวมข้อมูลและประมวลผล. (I. Aicardi et al, 2016).

วิจัยนี้นำเสนอเกี่ยวกับการใช้ภาพเฉียงจากอากาศยานไร้คนขับเพื่อให้ได้แบบจำลองเมืองสามมิติ ที่ได้รับการปรับปรุง วัตถุประสงค์ของบทความนี้คือเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการได้มาและใช้ภาพเฉียงสำหรับการสร้างแบบจำลองสามมิติอาคารประวัติศาสตร์ที่ได้จาก UAV และกล้องดิจิตอล COTS แบบดั้งเดิมเพื่อการสำรวจทางสถาปัตยกรรมที่มีรายละเอียดสูง ที่สำคัญประเด็นของการได้มาซึ่ง UAV มีกลยุทธ์การวางแผนการบิน วางจุดควบคุมภาคพื้นดิน การกระจายจุดตรวจ และการวัด ด้านการพิจารณาที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือการประเมินความเป็นไปได้ในการใช้ระบบเช่น วิธีต้นทุนต่ำในการรับข้อมูลที่สมบูรณ์จากมุมมองทางอากาศในกรณีที่เกิดปัญหาฉุกเฉินหรือดังเช่น ในความจำเป็นในด้านมรดกวัฒนธรรม การประมวลผลข้อมูลเกิดขึ้นโดยใช้วิธีการแบบ SfM ที่ใช้ซอฟต์แวร์ที่วิเคราะห์เป็นโซลูชั่นเชิงพาณิชย์ต่างๆเครื่องมือ Agisoft Photoscan Professional, Pix4D, 3Df Zephyr, Visuals FM, MICMAC และ ContextCapture สำหรับ point cloud มีการทดสอบอัลกอริธึมการจับคู่ภาพที่หนาแน่นต่างกันในซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์และโอเพ่นซอร์สบางตัวได้รับการทดสอบ NS ผลลัพธ์ที่ได้รับจะได้รับการวิเคราะห์และคำนวณความคลาดเคลื่อนจากข้อมูล LiDAR อ้างอิงบางส่วนสำหรับการประเมินขั้นสุดท้าย ระบบได้รับการทดสอบที่โบสถ์ S. Maria ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโบสถ์ Novalesa (อิตาลี)

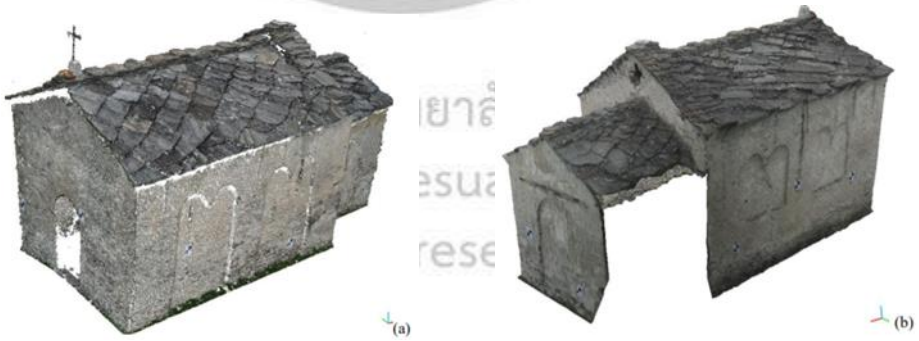
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

(A) (B)

ภาพ 2. 4 รูปแบบแผนการบินแบบ GRID (A) และ CIRCULAR (B)(I. Aicardi et al, 2016).



ภาพ 2. 5 การวางจุดควบคุม (I. Aicardi et al, 2016).



ภาพ 2. 6 point cloud ที่สร้างขึ้น: ซอฟต์แวร์ MicMac (a) และ ContextCapture (b) ซึ่งแสดงส่วนที่ขาดหายไปมีต้นไม้ปกคลุม (I. Aicardi et al, 2016).

ภาพ 2. 7 ข้อผิดพลาดในการสร้าง point cloud ใน ContextCapture (I. Aicardi et al, 2016).

ภาพ 2. 8 แบบจำลองสามมิติโบสถ์ S. Maria (I. Aicardi et al, 2016).

2.4.3 การรวมข้อมูลภาพถ่าย TLS และ UAV สำหรับหลังแผ่นดินไหวการสร้างแบบจำลอง 3 มิติของโบสถ์มรดกวัฒนธรรม. (S. Chatzistamatis et al, 2018).

วิจัยนี้นำเสนอเกี่ยวกับการติดตาม การบำรุงรักษา การอนุรักษ์ อาคารมรดกวัฒนธรรม ขั้นตอนการสำรวจได้รับการปรับปรุงอย่างมากโดยใช้เทคโนโลยีล้ำสมัย เช่น อากาศยานไร้คนขับ (UAV) และเครื่องสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน (TLS) หลังจากเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติแผ่นดินไหวรุนแรงที่ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมีนัยสำคัญสิ่งก่อสร้างต่างๆ เช่น อนุสรณ์สถาน อาคารมรดก เป็นสถานการณ์ที่ต้องการเก็บข้อมูลอย่างรวดเร็วในพื้นที่อันตราย วิธีการประเมินความเสียหายแบบเดิมคือ ใช้เวลานานและเจ้าหน้าที่ไม่สามารถเข้าถึงเนื่องจากได้รับความเสียหายอย่างมาก ในบทความนี้เป็นการประยุกต์ใช้โฟโตแกรมเมตรี TLS และ UAV เพื่ออำนวยความสะดวกรวดเร็วในการสำรวจพื้นที่มรดกทางวัฒนธรรม ขจัดสิ่งกีดขวางทั้งหมด เพื่อช่วยเจ้าหน้าที่ในการประเมินความเสียหายและจัดการฟื้นฟู โดยใช้ TLS ในการได้มาซึ่งส่วนหน้า ในขณะที่ UAV ถูกใช้เพื่อได้มาซึ่งหลังคาโบสถ์สมัยศตวรรษที่ 18 ที่หมู่บ้าน Vrisa ในเกาะ Lesvos ที่ได้รับความเสียหายอย่างรุนแรง เป้าหมายหลักของการศึกษาครั้งนี้คือเพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติของโบสถ์ โดยการนำไปสู่การประมวลผลภาพเหล่านี้ด้วยอัลกอริทึมเฉพาะ ผลลัพธ์การสร้างแบบจำลองสามมิติที่เหมาะสม แม่นยำของวัตถุที่ซับซ้อนโดยเฉพาะโครงสร้างจากอัลกอริทึมการเคลื่อนไหว (SfM) มักใช้ภาพถ่ายภาคพื้นดินและภาพถ่ายทางอากาศ

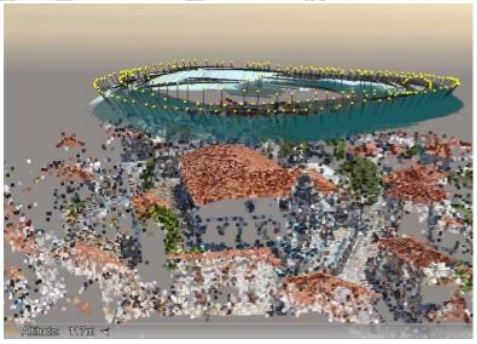
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สำหรับการสร้างแบบจำลองสามมิติที่มีความใกล้เคียงกับขนาดวัตถุจริง ทั้งสองเทคโนโลยีทำงานโต้ตอบกันอย่างครอบคลุมมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว แต่ในขณะเดียวกันโดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ เช่น การเข้าถึงและความปลอดภัย

ภาพ 2. 9 มุมมองจากอากาศยานไร้คนขับของพื้นที่การศึกษา (S. Chatzistamatis et al, 2018).

ภาพ 2. 10 แผนการบินถ่ายภาพแบบ CIRCULAR (A) และ GRID (B) (S. Chatzistamatis et al, 2018).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัย
Copyright ersity



ภาพ 2. 11ศูนย์กลางการถ่ายภาพเป็นผลจากการบินเป็นวงกลมที่มีความสูงต่ำและจุดที่เชื่อมต่อกัน (S. Chatzistamatis et al, 2018).

ภาพ 2. 12 แบบจำลองสามมิติที่ได้จากข้อมูลทั้งสองชุดรวมกัน
(S. Chatzistamatis et al, 2018).

2.4.4 การประยุกต์ใช้ระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงบนอากาศยานไร้คนขับเพื่อรังวัดรอยพิมพ์ฐานอาคาร. (จเด็จ ไพศาลสิทธิการต์ และ ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2020).

ศึกษาวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้ระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงบนอากาศยานไร้คนขับเพื่อรังวัดรอยพิมพ์ฐานอาคาร บทความนี้นำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายเฉียงที่ได้จากระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับชนิด VTOL (Vertical Take off and Landing) เพื่อรังวัดรอยพิมพ์ฐานอาคารสำหรับงานออกแบบทางด้านวิศวกรรมโยธาและการวางผังเมืองโดยระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงประกอบด้วยกล้องถ่ายภาพจำนวน 2 กล้องวางตัวเฉียงกับแนวดิ่งและแนวบินถ่ายภาพ กล้องทั้งสองถูกโยงยึดไว้ด้วยอุปกรณ์แท่นยึดกล้อง (Camera-Rig) โดยมีความสัมพันธ์ในเชิงการเลื่อนที่ (Translation) และการหมุน (Rotation) ที่สัมพัทธ์ต่อกันทำการบินถ่ายภาพแบบกริดตามหลักการทางโฟโตแกรมเมตรีโดยมีส่วนซ้อนด้านหน้า (Front Overlap) 80% และส่วนซ้อนด้านข้าง (Side Overlap) 60% และบันทึกภาพทั้งสองกล้องพร้อมกัน ผลการวิจัยพบว่า การรังวัดรอยพิมพ์ฐานอาคารจากภาพถ่ายเฉียงที่ได้มีความถูกต้องใกล้เคียงกับวิธีรังวัดภาคพื้นดินด้วยกล้องสำรวจแบบประมวลผลรวม (Total Station) และมีความถูกต้องเพียงพอที่จะแสดงผลบนแผนที่มาตราส่วน 1:1,000 ไปจนถึงแผนที่มาตราส่วนที่เล็กกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University

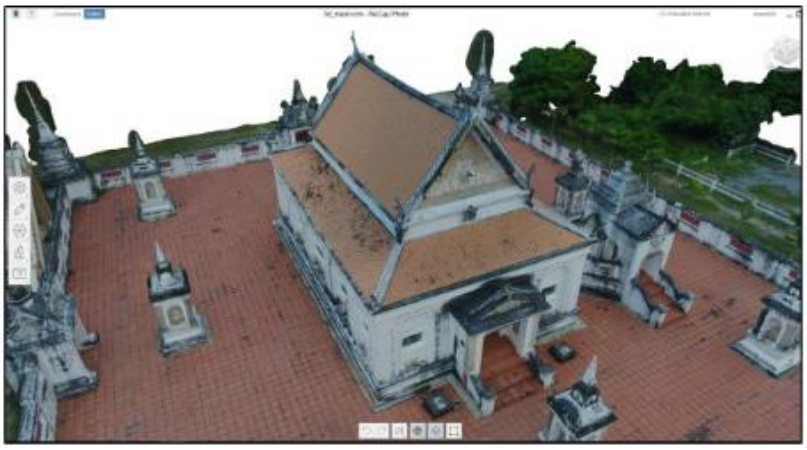
ภาพ 2. 13 ภาพแนวเฉียงที่ใช้ในงานวิจัย
(จเด็จ ไพศาลสิทธิการต์ และ ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2020).

2.4.5 การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากการสำรวจด้วย อากาศยานไร้คนขับเพื่องานวิศวกรรมในการสร้างแบบจำลองสิ่งปลูกสร้าง.(รจณา คูณพูล และคณะ, 2020).

ศึกษาวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากการสำรวจด้วย อากาศยานไร้คนขับเพื่องานวิศวกรรมในการสร้างแบบจำลองสิ่งปลูกสร้าง งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษา วิธีการสร้างแบบจำลองสามมิติ และแบบรูปด้านหน้าเฉพาะส่วนของอุโบสถวัดคูเต่า ตำบลแม่ทอม อำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา โดยการบินสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งผลที่ได้จะอยู่ในรูปของการประเมินค่าความ ถูกต้องแบบจำลองสามมิติ เหตุผลที่เลือกพื้นที่ศึกษาวัดคูเต่า เนื่องจากต้องการสร้างแบบจำลองสิ่ง ปลูกสร้าง ซึ่งสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการบูรณะซ่อมแซม โบราณสถานได้ โดยการประเมินค่าความถูกต้อง แบบจำลองสามมิติ จะนำมาเปรียบเทียบระยะที่วัดด้วยกล้อง total station ผลลัพธ์ที่ได้อยู่ในเกณฑ์งาน ก่อสร้างทางวิศวกรรม

ภาพ 2. 14 อุโบสถวัดคูเต่า (รจณา คูณพูล และคณะ, 2020).

ภาพ 2. 15 ตำแหน่งหมุดควบคุมภาคพื้นดิน (รจณา คูณพูล และคณะ, 2020).



ภาพ 2. 16 แบบจำลอง 3 มิติ บริเวณอุโบสถวัดคูเต่า (รจณา คูณพูล และคณะ, 2020).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 3
ขั้นตอนการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็นหัวข้อต่างๆ ทั้งหมด 5 หัวข้อ ได้แก่

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

โดยแต่ละหัวข้อการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้จำแนกเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยเป็น 2 ประเภท ได้แก่

3.1.1 อุปกรณ์

1) อากาศยานไร้คนขับ รุ่น DJI Phantom 4 Pro V2

เป็นยานพาหนะทางอากาศขนาดเล็ก มีการควบคุมและสั่งการการบินด้วยระบบอัตโนมัติและแบบกึ่งอัตโนมัติโดยไม่มีนักบินอยู่บนเครื่อง สามารถควบคุมด้วยอุปกรณ์ควบคุมระยะไกล (ดังภาพ 3.1)

ภาพ 3. 1 อากาศยานไร้คนขับ รุ่น DJI Phantom 4

ที่มา : (https://www.google.com/search)

2) กล้อง DSLR

ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลภาพถ่าย ด้วยการสำรวจภาพถ่ายระยะใกล้ บริเวณอุโบสถของวัดจุฬามณี (ดังภาพ 3.2)

ภาพ 3. 2 กล้อง DSLR Canon EOS 200D

ที่มา : (https://www.ec-mall.com/product/sold/61927.html)

3) กล้อง Total Station NIKON

ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลอ่านค่าความถูกต้องในการวัดระยะ (ดังภาพ 3.3)

ภาพ 3. 3 กล้อง Total Station NIKON

ที่มา : (https://www.hollywood.co.th/th/product-detail/121)

4) ชุดเป้าปริซึมสะท้อนแสงชนิดติดฐานกล้อง พร้อมขาตั้ง 1 ชุด

ใชสำหรับเป็นเป้าสะท้อนแสงให้กับกล้อง Total Station ในการวัดระยะ (ดังภาพ 3.4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาพ 3. 4 กล้อง Total Station NIKON

ที่มา : (http://www.survey4289.com)

5) เทปวัดระยะ

ใช้สำหรับวัดค่าความสูงระหว่างหมุดกับกล้อง Total Station (ดังภาพ 3.5)

ภาพ 3. 5 เทปวัดระยะ

ที่มา : (https://www.cst.co.th)

6) Marker

ใช้สำหรับเป็นเป้าในการวางจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCPs) (ดังภาพ 3.6)

ภาพ 3. 6 Marker

ที่มา : (https://www.cst.co.th)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

3.1.2 ซอฟแวร์

1) Application DJI GO 4

เป็นแอพพลิเคชั่นในการเชื่อมต่ออุปกรณ์และตั้งค่าการใช้งานฟังก์ชันต่างๆของโดรน และสามารถมองเห็นภาพจากมุมมองของโดรนผ่านทางแอปพลิเคชันบนหน้าจอสมาร์ทโฟน (ดังภาพ 3.7)

ภาพ 3. 7 Application DJI GO 4

ที่มา : (https://www.google.com/search?q=dji+go+4&tbm)

2) Application Pix4D capture

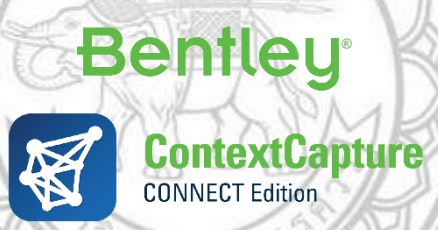
เป็นแอพพลิเคชั่นการบินโปรแกรมสำเร็จรูป Pix4D ในการวางแผนการบินและการควบคุมอากาศยานไร้คนขับขณะบินถ่ายภาพ (ดังภาพ 3.8)

ภาพ 3. 8 Application Pix4D capture

ที่มา : (https://en.wikipedia.org/wiki/File:Pix4D_LOGO_MAIN_tagline_(1).png)

3) Bentley ContextCapture

เป็นโปรแกรมสำหรับการประมวลผลเพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติ (ดังภาพ 3.9)



ภาพ 3. 9 Bentley ContextCapture

ที่มา : (https://www.geomatex.com/category/20)

4) Cesium

ใช้สำหรับการแสดงผลของแบบจำลองสามมิติ ซึ่งเป็นการทำงานผ่านทาง Web Browser ซึ่งสามารถดูแบบจำลองได้ 360 องศา และซูมเข้า-ซูมออก เพื่อดูแบบจำลองได้ชัดเจนมากขึ้น (ดังภาพ 3.10)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาพ 3. 10 Cesium

ที่มา: (https://gisuser.com/2020/10/philly-geospatial-startup-racks-up-awards/)

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลภาพถ่ายจากอากาสยานไร้คนขับ (UAV)

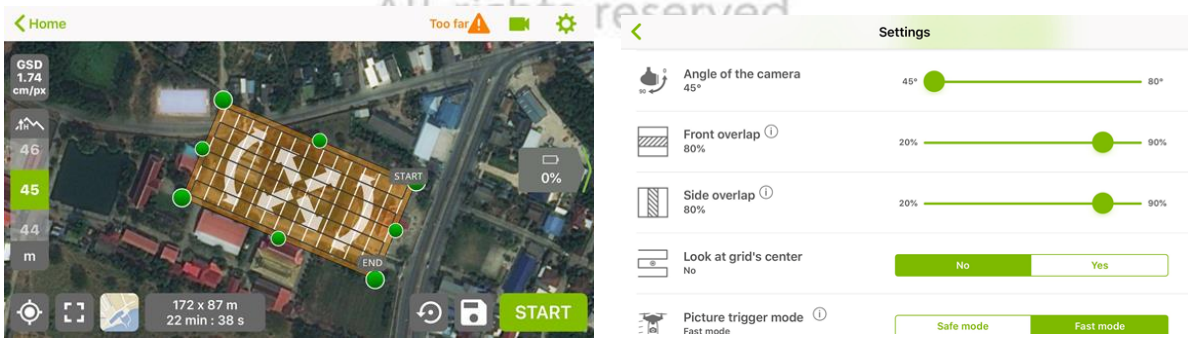
3.2.1วางแผนการถ่ายภาพ

1) สำรวจพื้นที่และวางจุดควบคุมภาพ สำหรับการอ้างอิงขนาดให้กับแบบจำลองสามมิติ (ดังภาพ 3.11)

ภาพ 3. 11 การวางจุดควบคุมภาพถ่าย

2) การถ่ายภาพบริเวณวัดจุฬามณี ตำบล ท่าทอง อำเภอ เมืองพิษณุโลก จังหวัด พิษณุโลก (วันที่11 กันยายน 2564) กำหนดแนวบินด้วย Pix4Dcapture Application โดยจะมีรายละเอียดดังนี้

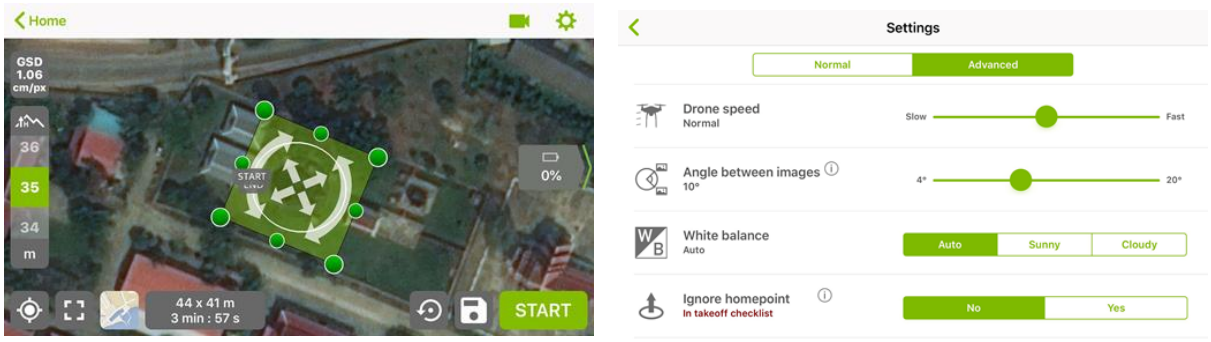
- การบินแบบ Double Grid ความสูงบินที่ 40 เมตร มุมกล้องเอียง 45 องศา (ดังภาพ 3.12)



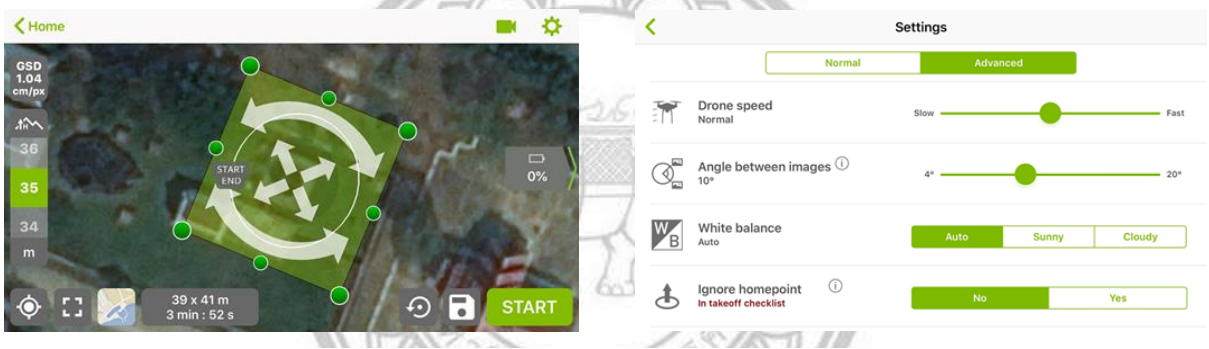
ภาพ 3. 12 การกำหนดแนวบินแบบ Double Grid

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

- การบินแบบ Circular ทำการบินเก็บข้อมูลภาพถ่ายทั้งหมด โดยรอบ 2 พื้นที่ ความสูงบินที่ 35 เมตร ด้วยกล้องมุมเอียง โดยรอบจุดศูนย์กลางทุกๆ 10 องศา (ดังภาพ 3.13)



ภาพ 3. 13 การกำหนดแนวบินแบบ Circular บริเวณพระปรางค์



ภาพ 3. 14 การกำหนดแนวบินแบบ Circular บริเวณอุโบสถและรอยพระพุทธบาท

3.2.2 ทำการบินถ่ายภาพโบราณสถานด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) (ดังภาพ 3.15)

ภาพ 3. 15 การบินถ่ายภาพโบราณสถานด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV)

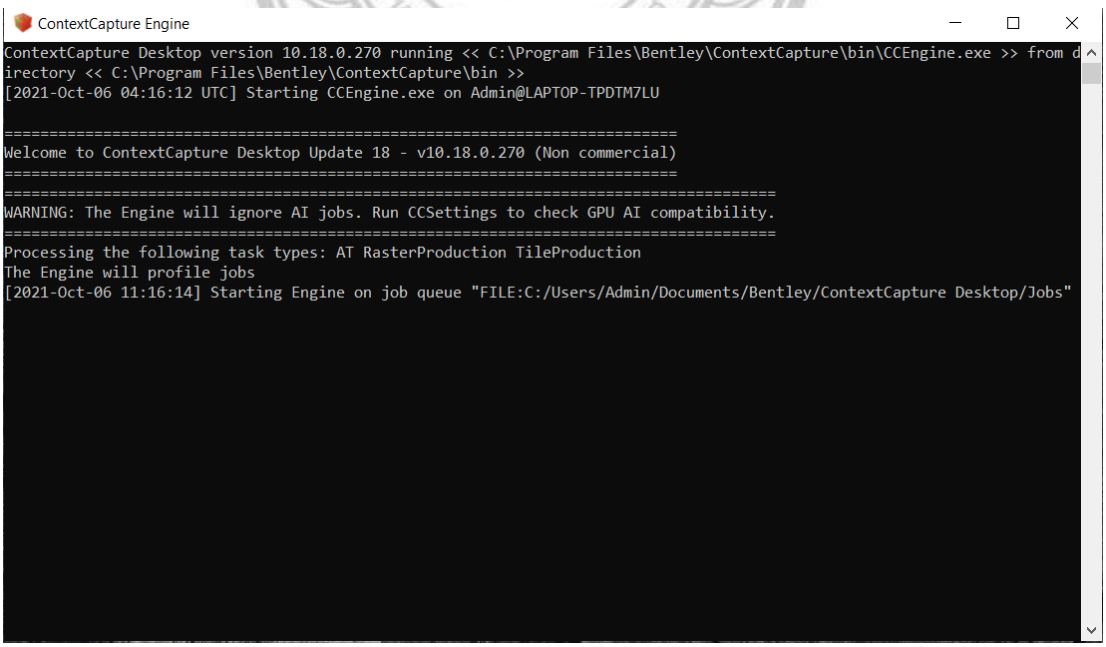
3.2.3 ทำการถ่ายภาพภาคพื้นดินโดยกล้อง DSLR รุ่น Canon EOS 200D (ดังภาพ 3.16)

ภาพ 3. 16 การถ่ายภาพภาคพื้นดินโดยกล้อง DSLR รุ่น Canon EOS 200D

3.3 การประมวลผลข้อมูล

นำข้อมูลภาพที่ได้มาประมวลผลในโปรแกรม Context Capture เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติโบราณสถาน โดยนำรูปภาพมาประมวลผลโดยขั้นตอนต่อไปนี้

เปิดซอฟแวร์ ContextCapture Engine >> เพื่อทำการ Start เริ่มต้นการทำงาน (ดังภาพ 3.17)

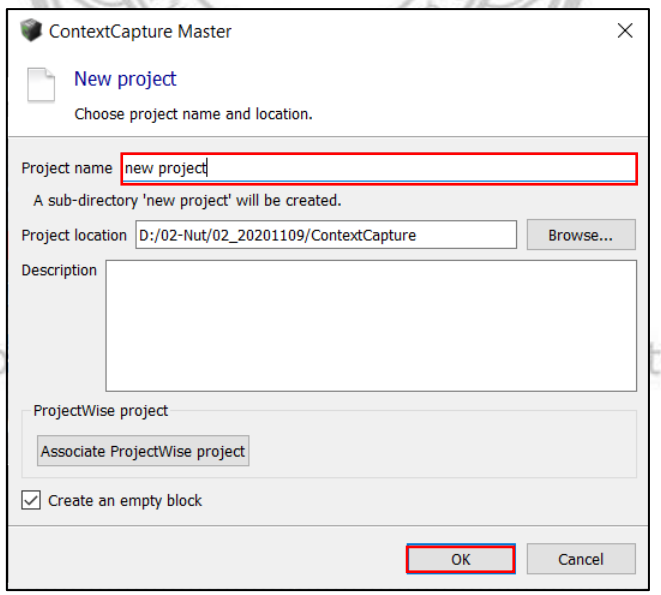


ภาพ 3. 17 ContextCapture Engine

1) เข้าสู่โปรแกรม ContextCapture (ดังภาพ 3.18)

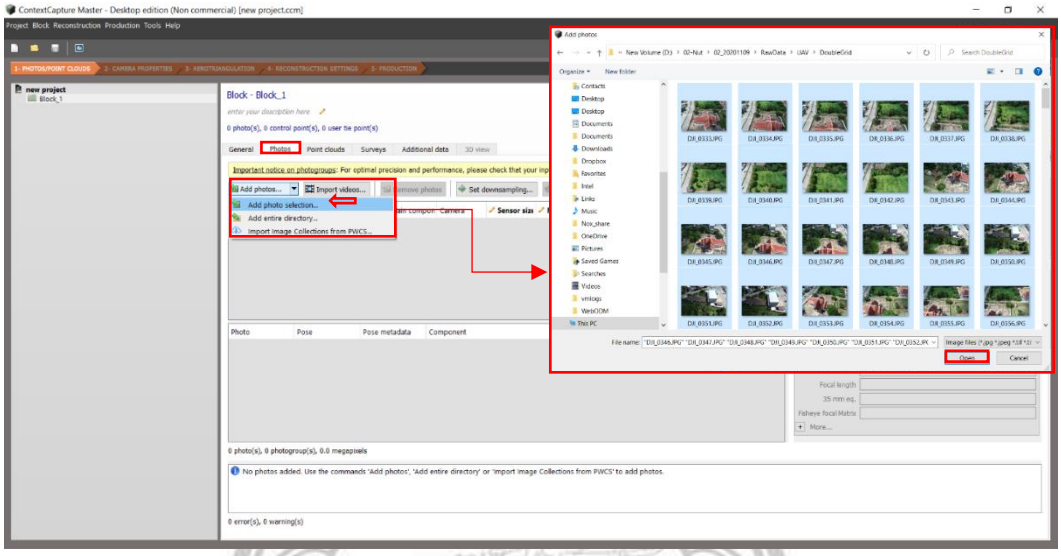
ภาพ 3. 18 โปรแกรม Context Capture

2) New project (ดังภาพ 3.19)



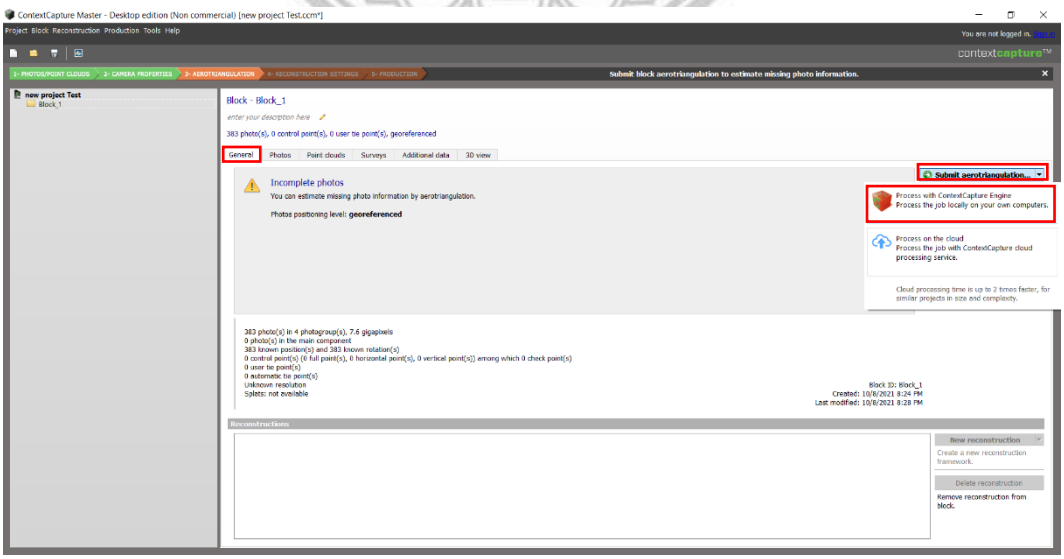
ภาพ 3. 19 สร้าง project

3) ทำการเพิ่มภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (UAV) โดยไปที่ photo > Add Photo Selection > ทำการเลือกภาพถ่าย > Open (ดังภาพ 3.20)



ภาพ 3. 20 การเพิ่มภาพถ่าย UAV

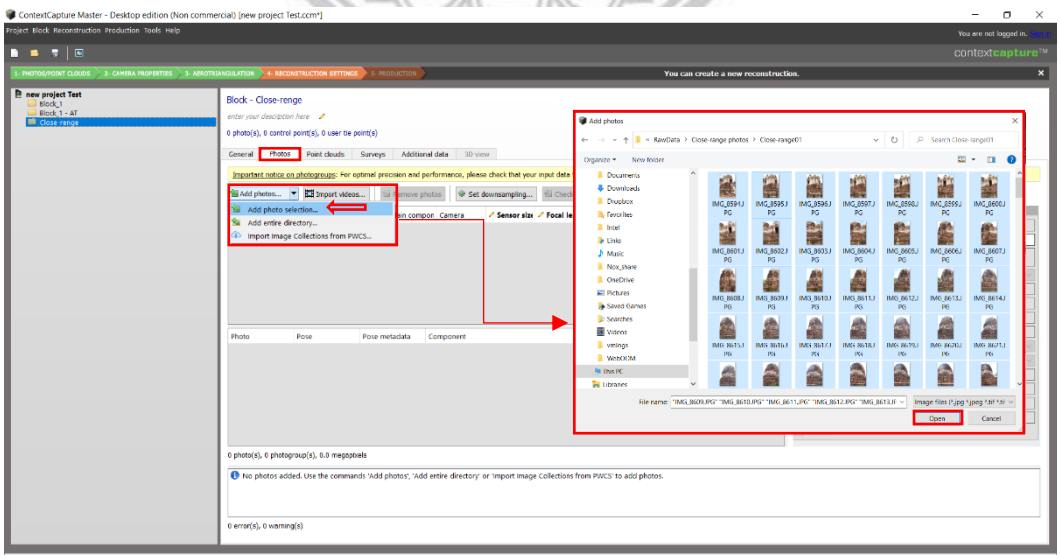
4) ทำการ Aerotriangulation ไปที่ General > Submit Aerotriangulation > Process With Context Capture... (ดังภาพ 3.21 และภาพ 3.22)



ภาพ 3. 21 Aerotriangulation

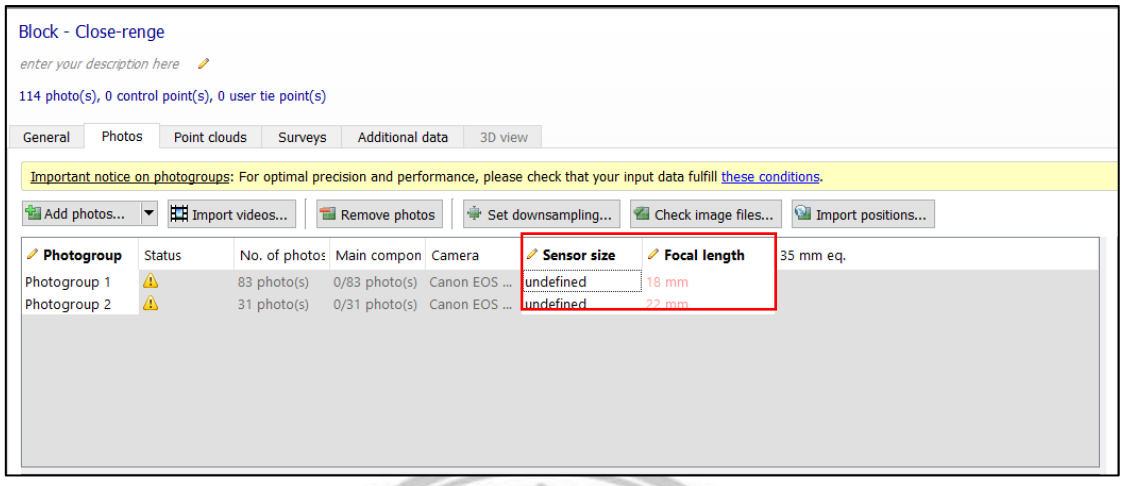
ภาพ 3. 22 ผลลัพธ์การ Aerotriangulation

5) ทำการเพิ่มภาพถ่าย Close-range photos โดยไปที่ photo > Add Photo Selection > ทำการเลือกภาพถ่าย > Open (ดังภาพ 3.23)



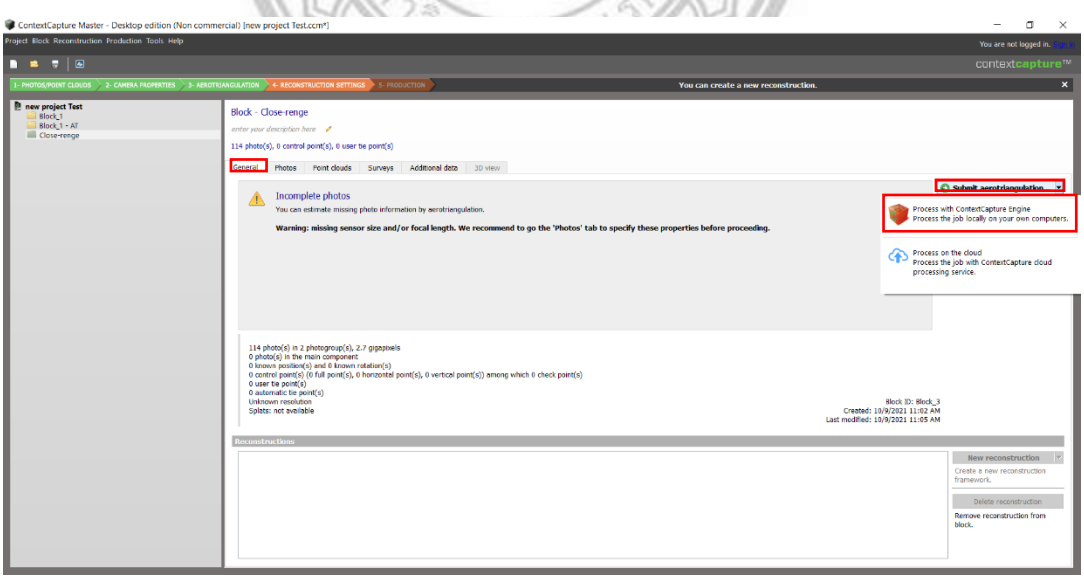
ภาพ 3. 23 การเพิ่มภาพถ่าย Close-range

6) ทำการเพิ่มค่า Senser Size และ Focal Size ของระบบกล้อง DSLR (ดังภาพ 3.24)

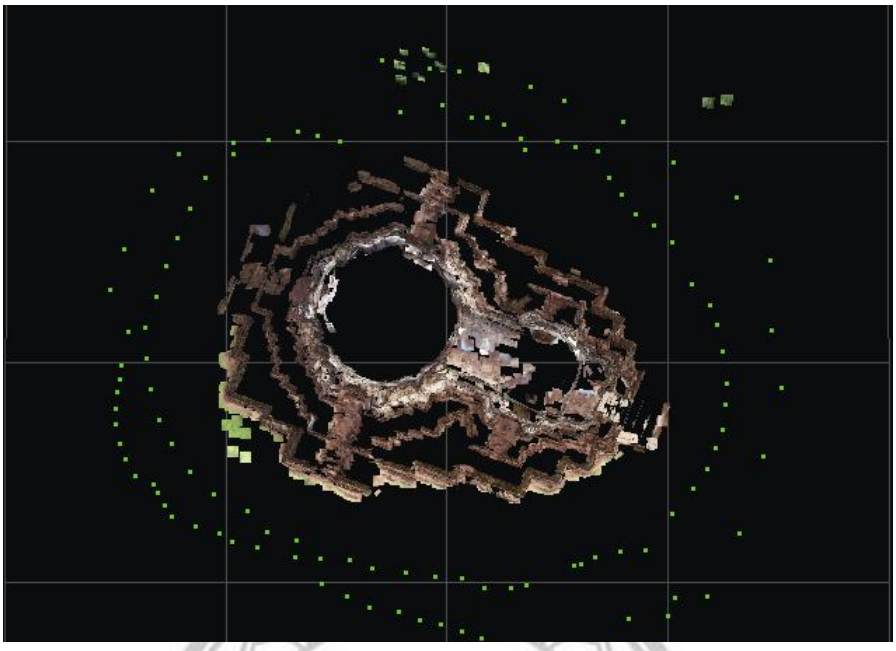


ภาพ 3. 24 เพิ่มค่า Senser Size และ Focal Size

7) ทำการ Aerotriangulation ไปที่ General > Submit Aerotriangulation > Process With ContextCapture... (ดังภาพ 3.25 และภาพ 3.26)

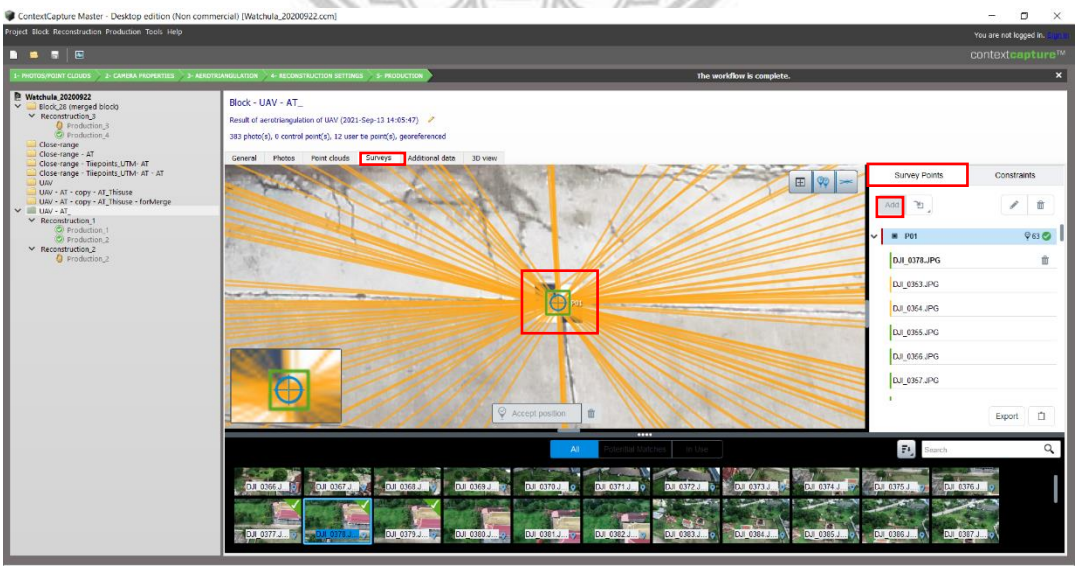


ภาพ 3. 25 การ Aerotriangulation



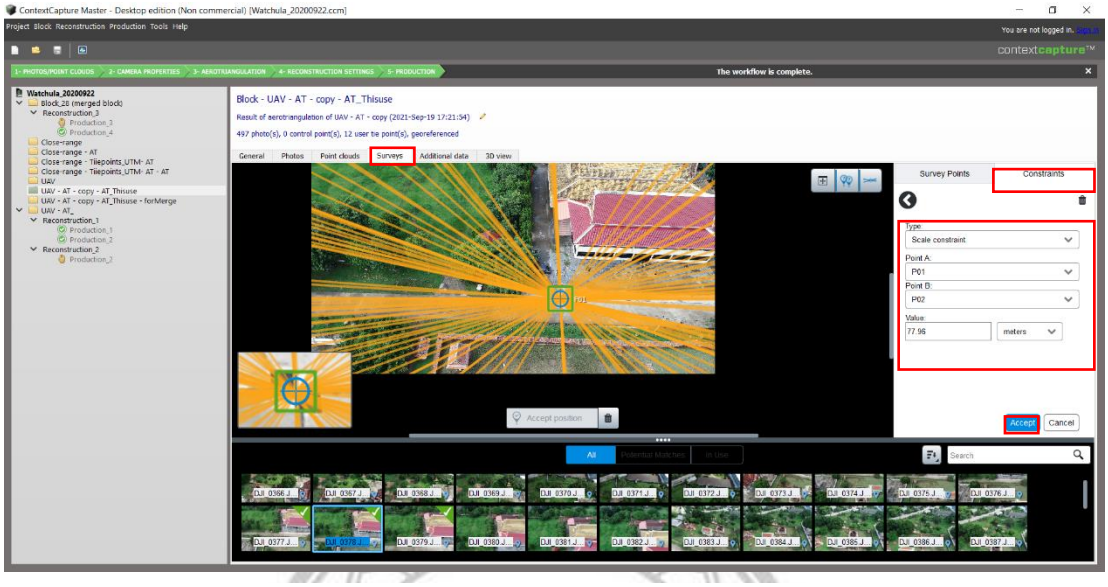
ภาพ 3. 26 ผลลัพธ์ Aerotriangulation

8) ทำการวาง Tie points ในรูปภาพ (UAV) ทั้งหมด เลือกจุดควบคุมที่เห็นชัด โดยไปที่ Survey > Survey Points > add T01 > วางจนครบทั้งหมด 6 จุดในแต่ละภาพ (ดังภาพ 3.27)



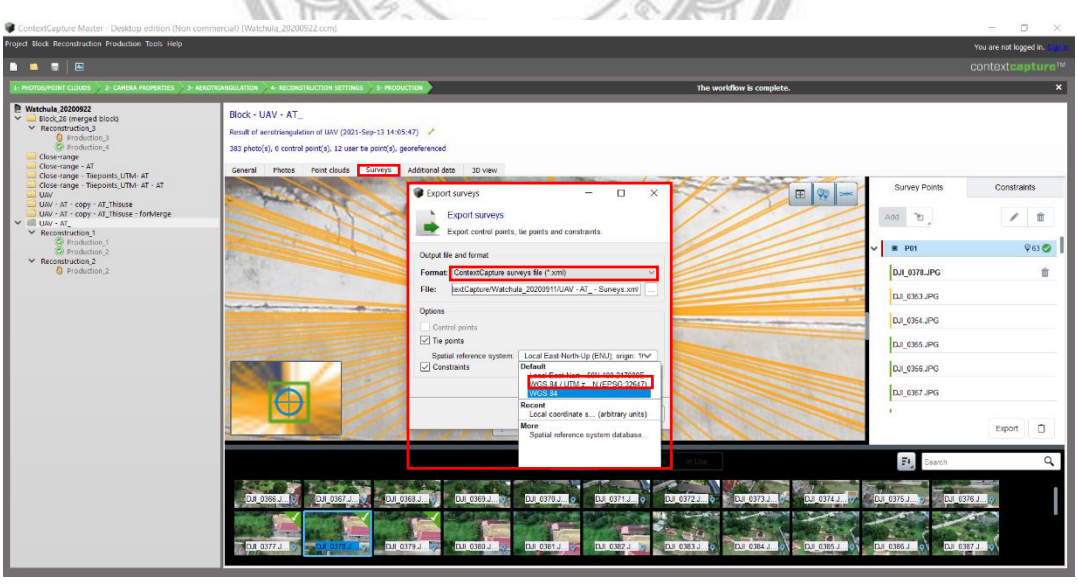
ภาพ 3. 27 การสร้างและวาง Tie points

9) ทำการใส่ค่า Constraints ระยะ > Accept (ดังภาพ 3.28)



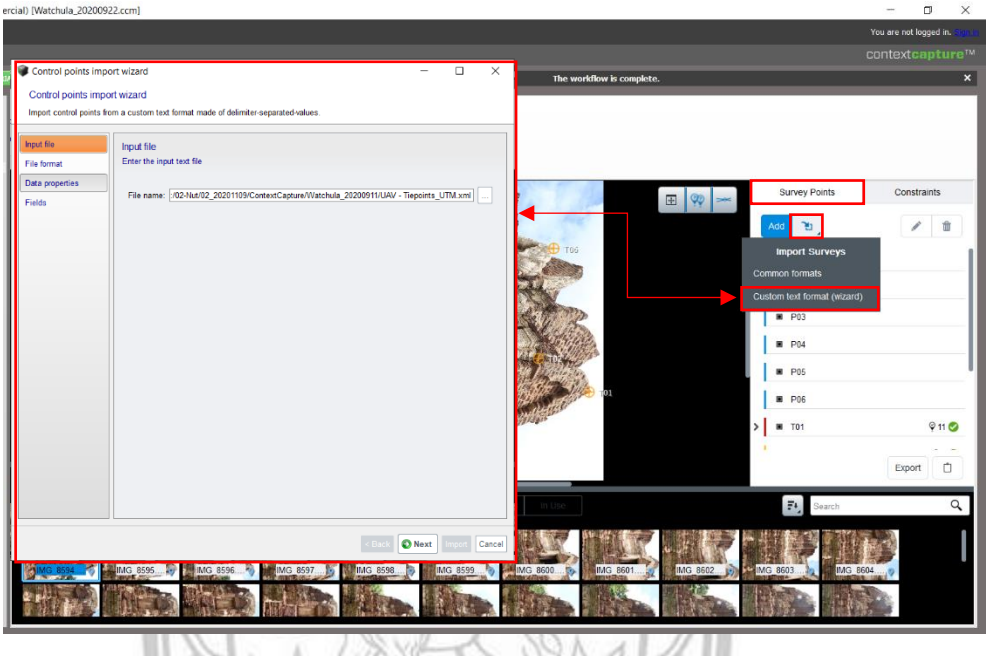
ภาพ 3. 28 การใส่ค่า Constraints ระยะ

10) ทำการ Export xml.file > ใส่ระบบค่าพิกัด WGS 84/UTM Zone 47N (EPSG:32647) (ดังภาพ 3.29)



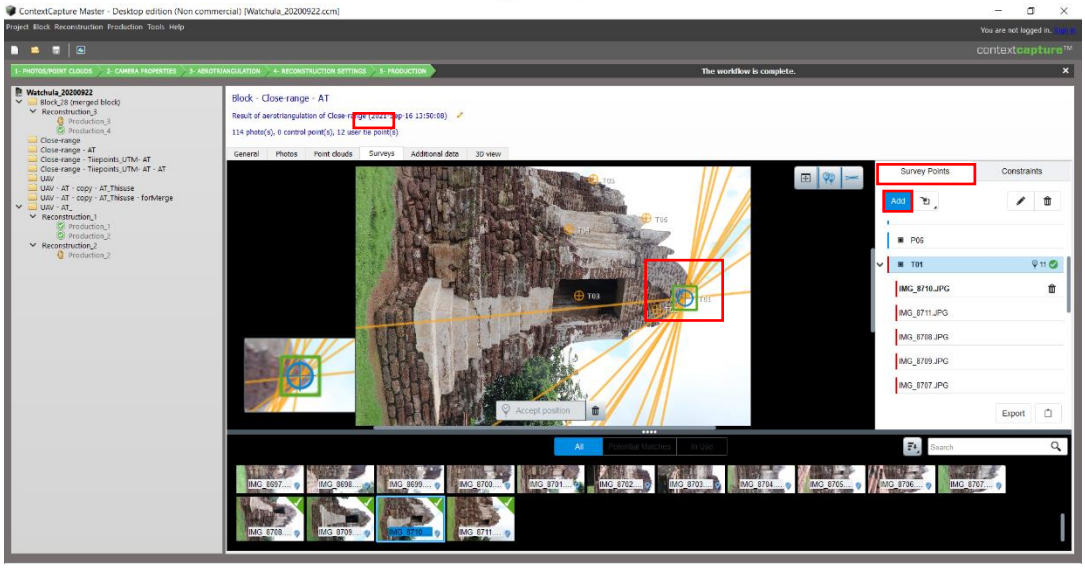
ภาพ 3. 29 Export file

11) ทำการ Import xml.file ของ UAV add ไปที่ภาพถ่ายภาคพื้นดิน Close-renege โดยไปที่ import Surveys > Custom text format (wizard) > เลือกไฟล์นำเข้า > import (ดังภาพ 3.30)



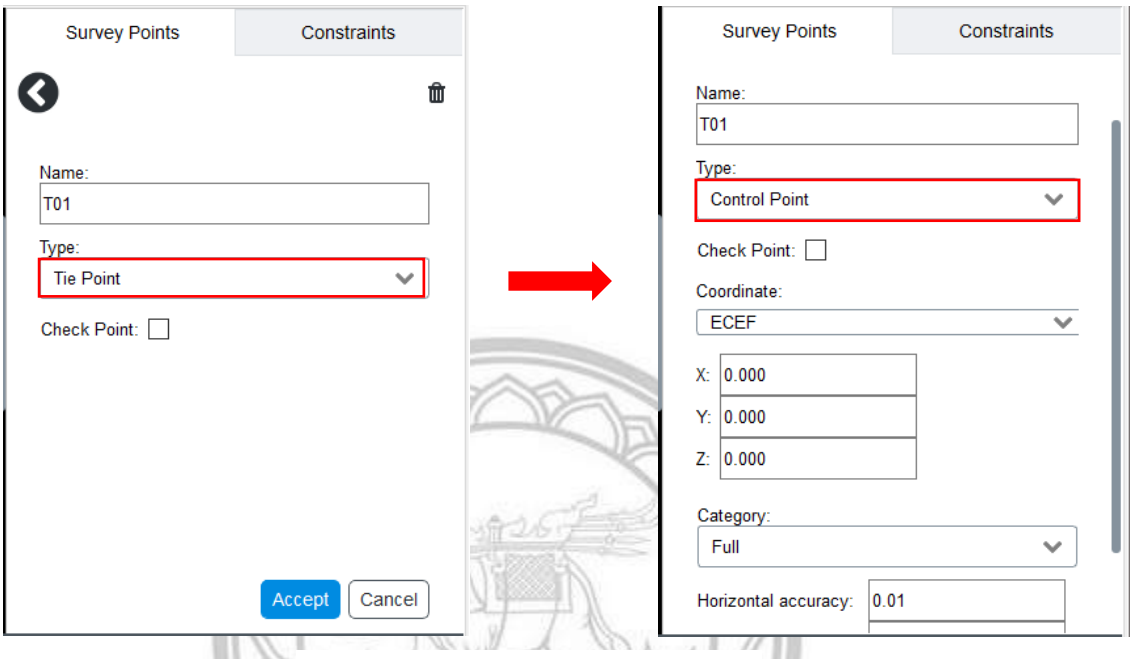
ภาพ 3. 30 Import file

12) วาง Tie points ในรูปภาพ (Close-range) ทั้งหมด เลือกจุดควบคุมที่เห็นชัด โดยไปที่ Survey > Survey Points > add P01 > วางจนครบทั้งหมด 6 จุดในแต่ละภาพ (ดังภาพ 3.31)



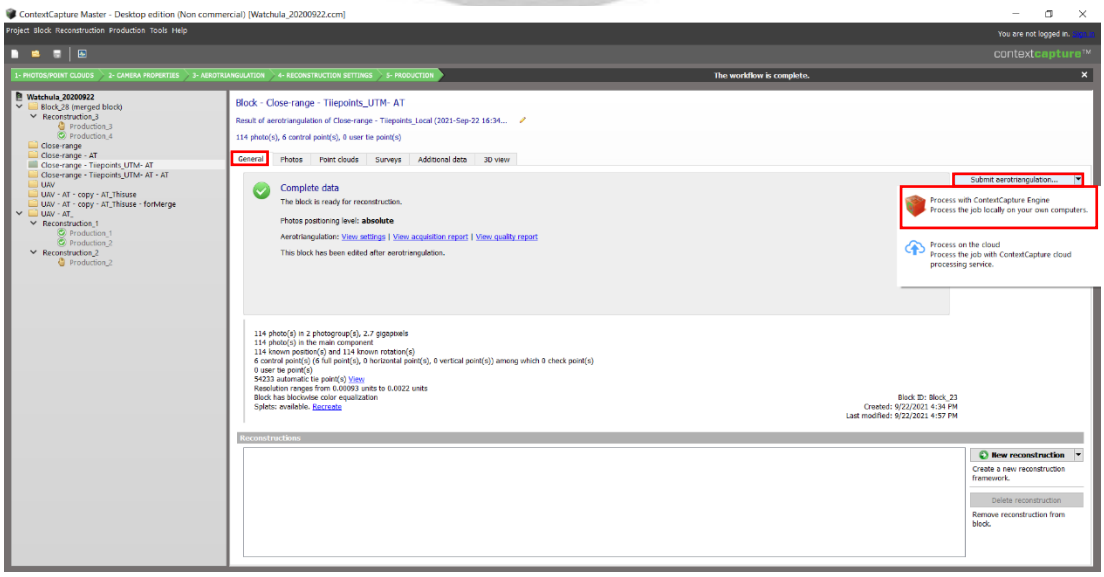
ภาพ 3. 31 วาง Tie points ในรูปภาพ (Close-range)

13) ทำการเปลี่ยน Tie point > Control point (ดังภาพ 3.32)

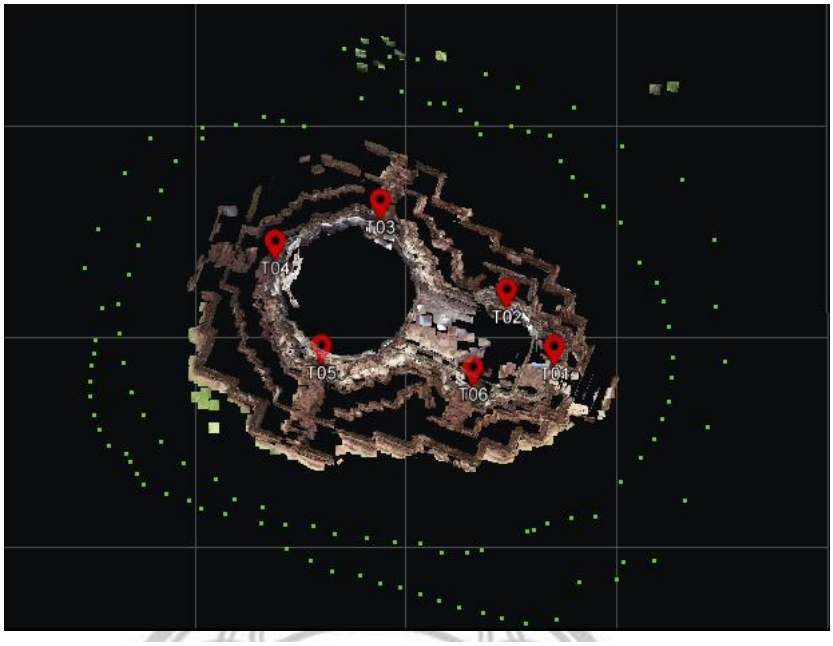


ภาพ 3. 32 Control point

14) ทำการ Run AT ไปที่ General > Submit Aerotriangulation > Process With ContextCapture... (ดังภาพ 3.33 และภาพ 3.34)

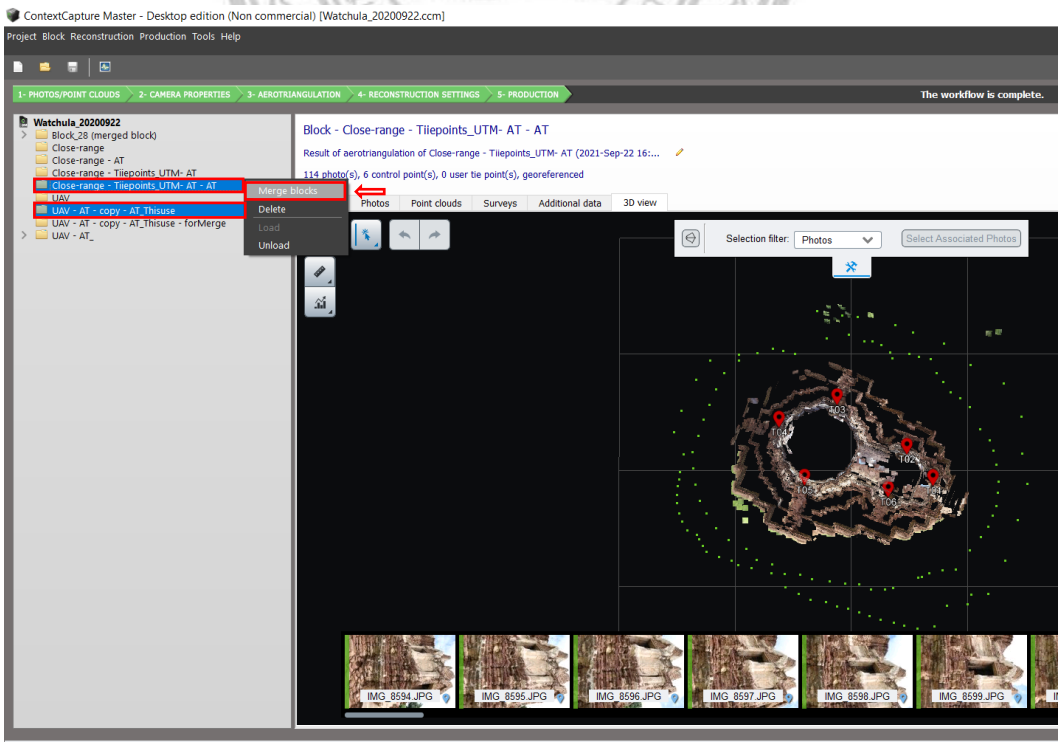


ภาพ 3. 33 ทำการ Run AT



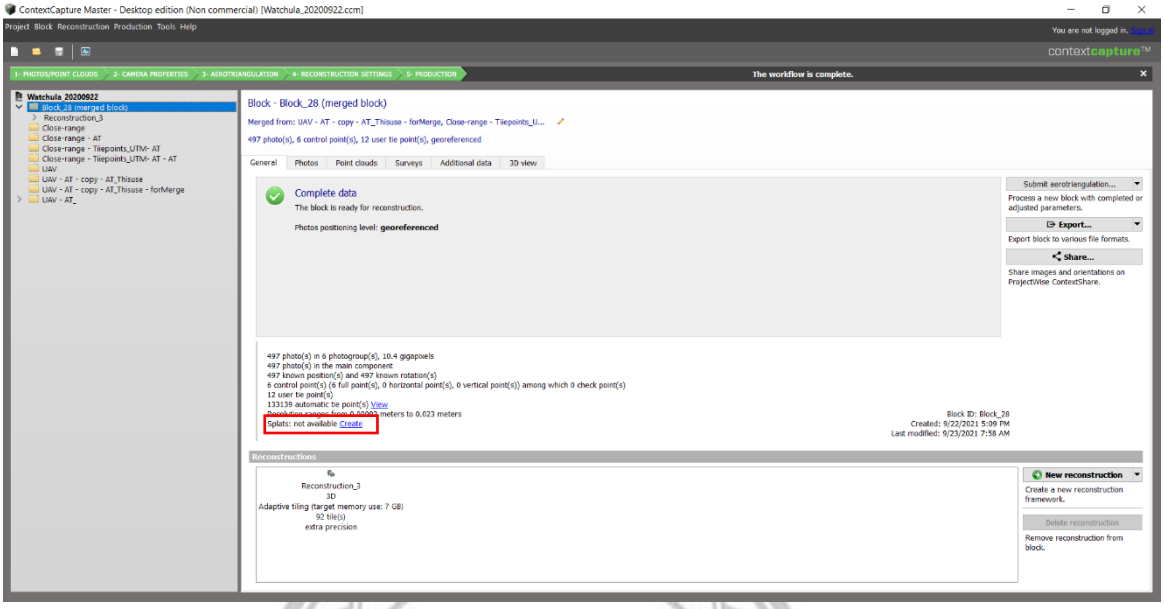
ภาพ 3. 34 ผลลัพธ์ Run AT

15) ทำการ Merged ระหว่าง UAV + Close-range โดยไปคลิกที่ Block UAV และ Block Close-range > คลิกขวา > Merged (ดังภาพ 3.35)



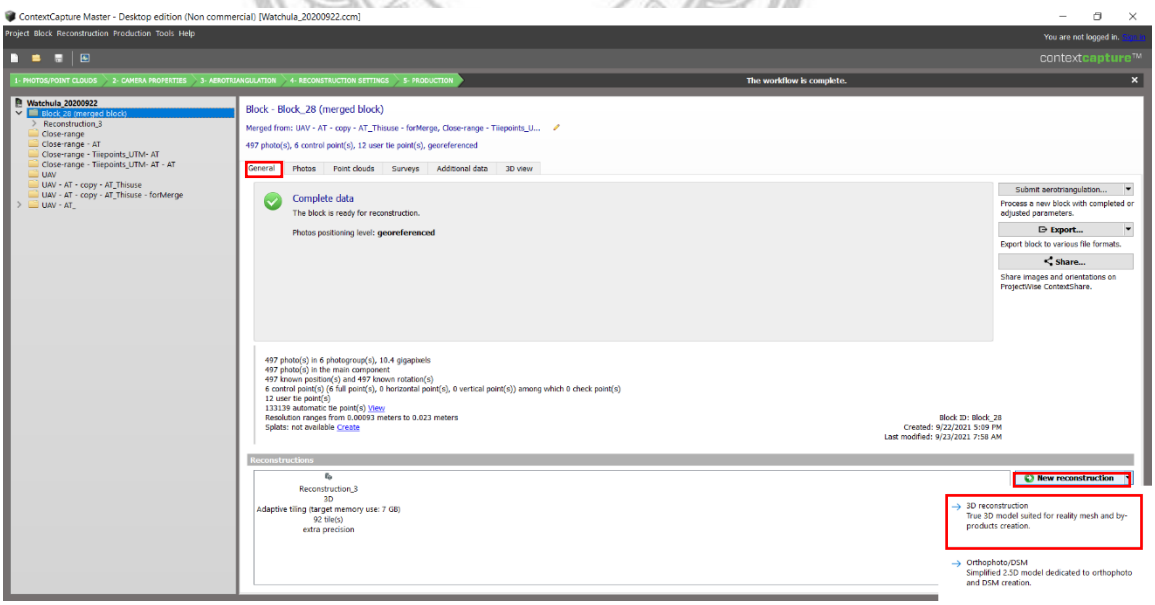
ภาพ 3. 35 Merged

16) ทำการ Create (ดังภาพ 3.36)



ภาพ 3. 36 Create

17) ทำการ Reconstruction 3D Models โดยไปที่ General > New reconstruction > 3D Reconstruction (ดังภาพ 3.37 และภาพ 3.38)



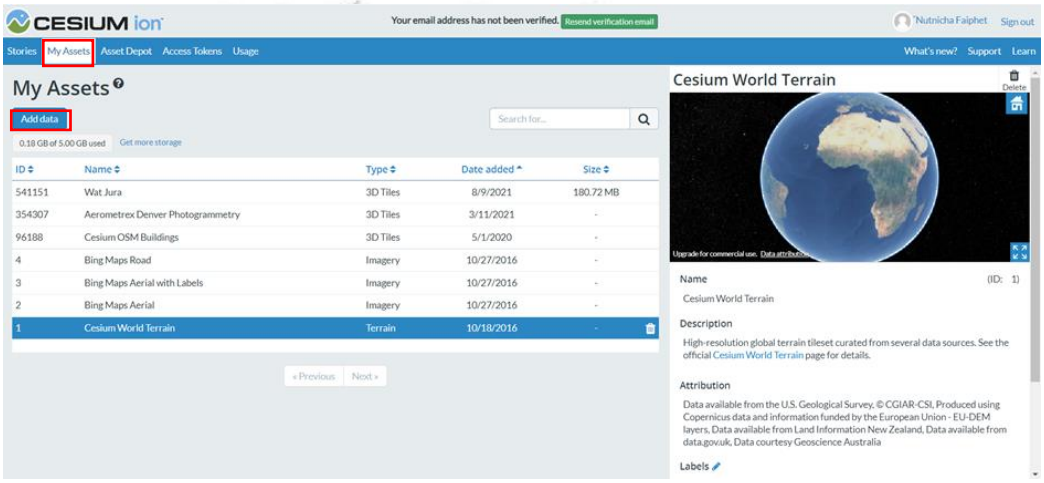
ภาพ 3. 37 Reconstruction 3D Models

ภาพ 3. 38 ผลลัพธ์ Reconstruction 3D Models

3.4 การแสดงผลแบบจำลองสามมิติ

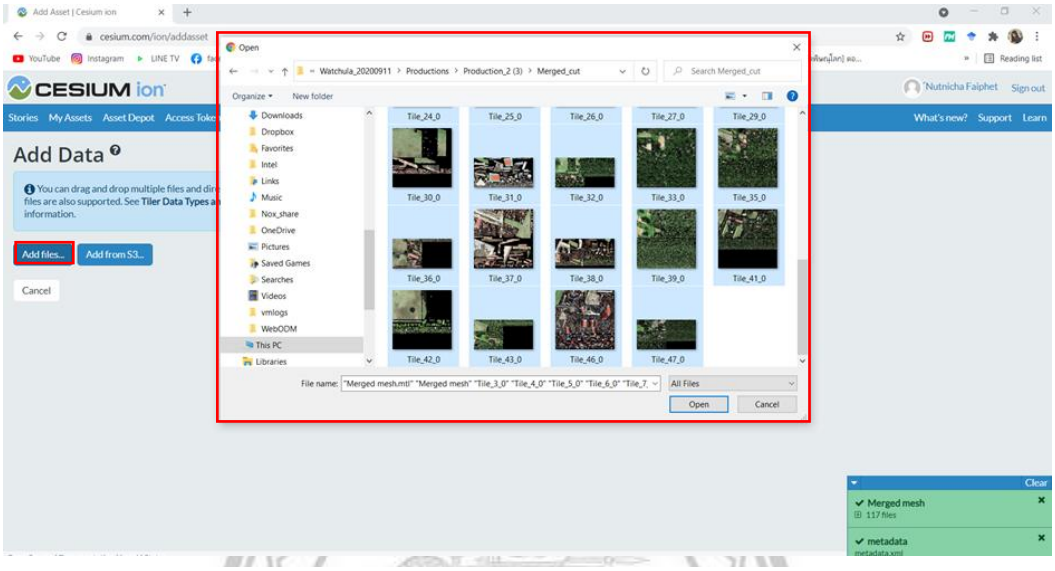
นำแบบจำลองสามมิติที่ได้ไปสร้างงานนำเสนอสามมิติด้วย The Platform for 3D Geospatial Data ผ่าน Cesium

1) เพิ่มชุดข้อมูลลงในบัญชี Cesium โดยไปที่ Add to my asset > Add data (ดังภาพ 3.39)



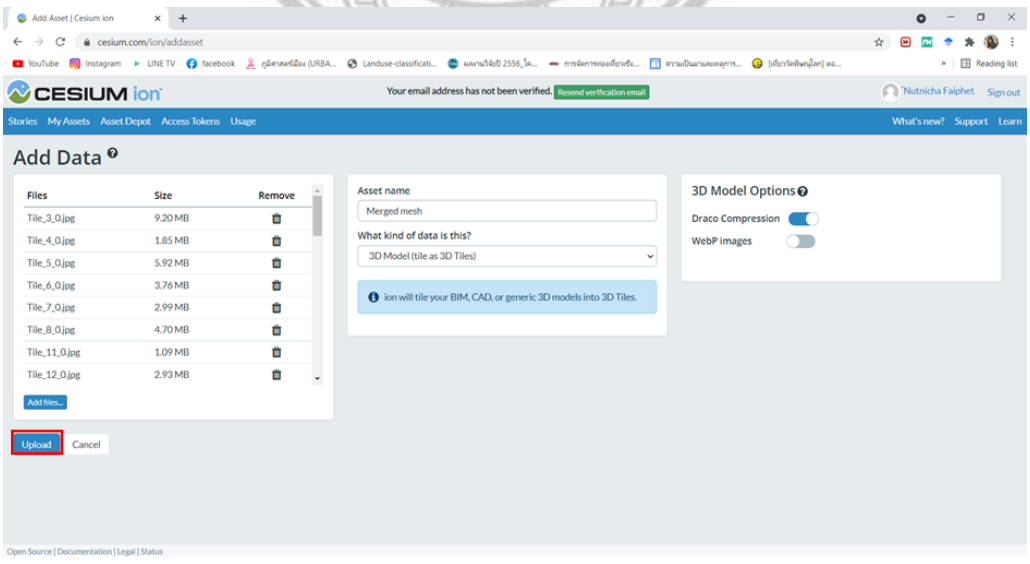
ภาพ 3. 39 การเพิ่มชุดข้อมูลลงในบัญชี Cesium

2) Add files... > เลือกชุดข้อมูล Obj. > Open (ดังภาพ 3.40)



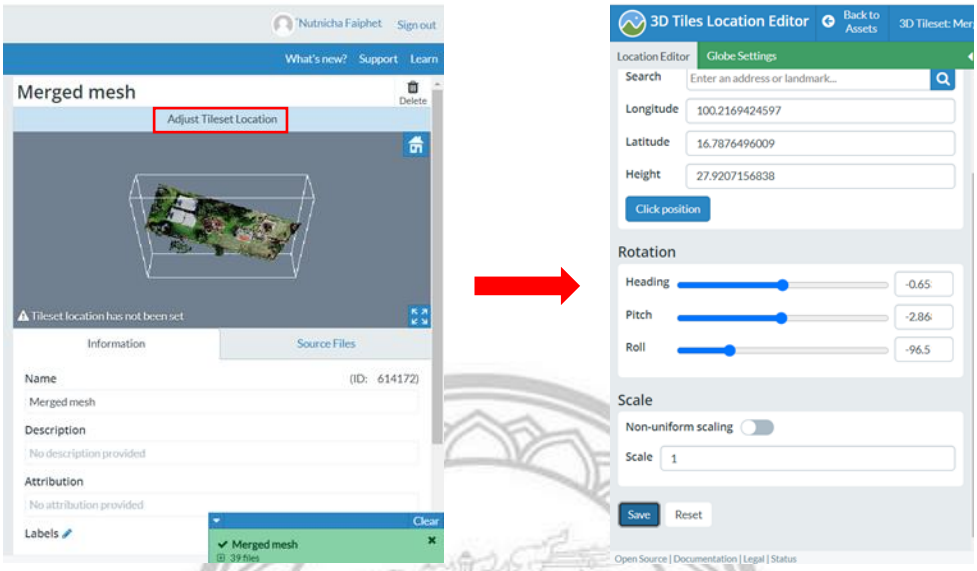
ภาพ 3. 40 เลือกชุดข้อมูล Obj.

3) เมื่อนำเข้าชุดข้อมูลแล้วจะได้ดังภาพที่ปรากฏ > Upload (ดังภาพ 3.41)



ภาพ 3. 41 การ Upload ชุดข้อมูล

4) แก้ไข Adjust Tileset Location เพื่อปรับค่าพิกัด และมาตราส่วนของแบบจำลองสามมิติ (ดังภาพ 3.42)



ภาพ 3. 42 การปรับค่าพิกัด และมาตราส่วนของแบบจำลองสามมิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

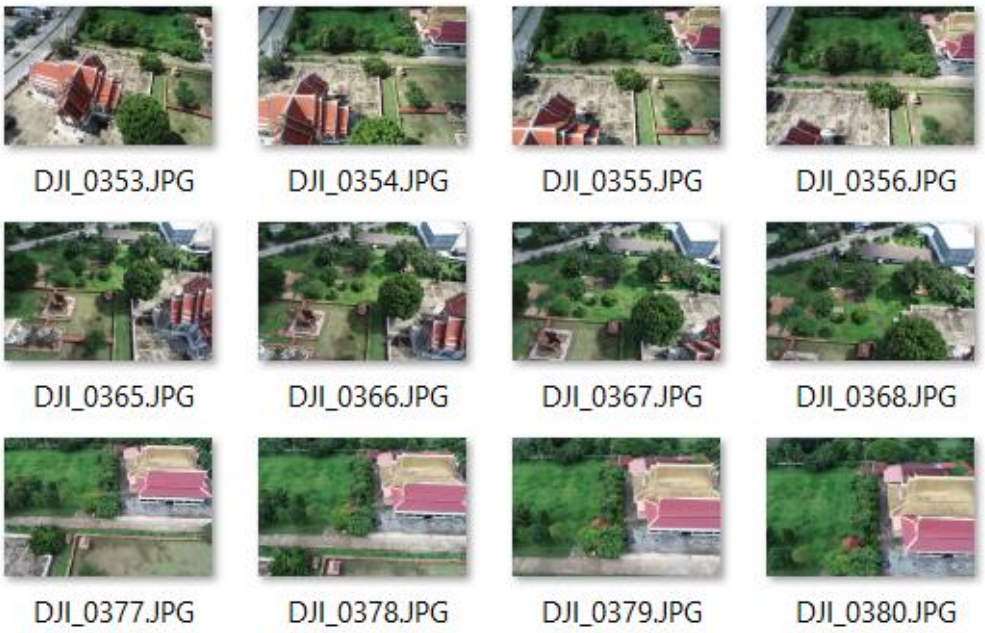
บทที่ 4
ผลการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยนี้ เป็นการสร้างแบบจำลองโบราณสถาน เพื่อสำหรับการเรียนรู้และส่งเสริมด้านการท่องเที่ยวโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติบนอินเทอร์เน็ต โดยได้นำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ผลของการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ผลลัพธ์ของแบบจำลองสามมิติ
3. ผลการเปรียบเทียบของแบบจำลองสามมิติ
4. ผลการแสดงแบบจำลองสามมิติ
5. ผลการประเมินความพึงพอใจ

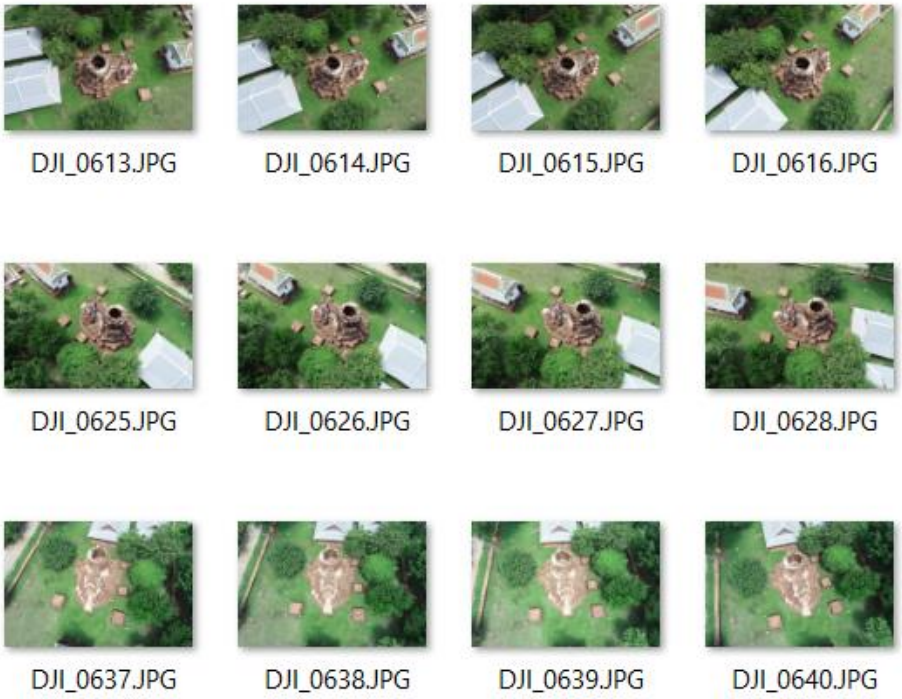
4.1 ผลของการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ รุ่น DJI Phantom 4 การบินแบบ Double Grid จำนวนภาพถ่าย 277 ภาพ (ถ่ายเมื่อวันที่ 11 กันยายน 2564) (ดังภาพ 4.1)



ภาพ 4. 1 ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ การบินแบบ Double Grid จำนวนภาพถ่าย 277 ภาพ

2) ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ รุ่น DJI Phantom 4 การบินแบบ Circular จำนวนภาพถ่าย 106 ภาพ (ถ่ายเมื่อวันที่ 11 กันยายน 2564) (ดังภาพ 4.2)



ภาพ 4. 2 ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ การบินแบบ Circular จำนวนภาพถ่าย 106 ภาพ

3) ภาพถ่ายภาคพื้นดินจากกล้อง DSLR รุ่น Canon EOS 200D จำนวนภาพถ่าย 114 ภาพ (ถ่ายเมื่อวันที่ 11 กันยายน 2564) (ดังภาพ 4.3)

ภาพ 4. 3 ภาพถ่ายภาคพื้นดินจากกล้อง DSLR จำนวนภาพถ่าย 114 ภาพ

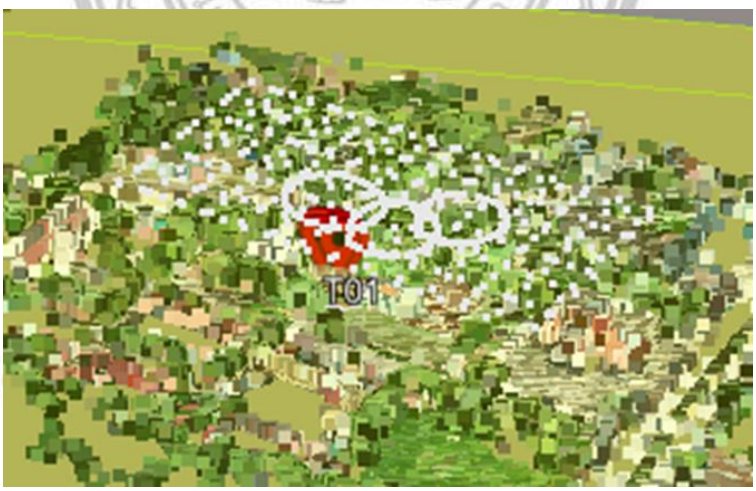
4.2 ผลลัพธ์ของแบบจำลองสามมิติ

4.2.1 ผลลัพธ์การถ่ายภาพแต่ละแบบของโบราณสถาน ประมวลผลโดยใช้โปรแกรม ContextCapture

1) การประมวลผลภาพถ่าย การบินถ่ายภาพแบบ UAV (ดังภาพ 4.4)

ภาพ 4. 4 แบบจำลองสามมิติของโบราณสถาน การบินถ่ายภาพ UAV

2) การประมวลผลภาพถ่าย การบินถ่ายภาพ UAV และ Close-rang (ดังภาพ 4.5)



ภาพ 4. 5 แบบจำลองสามมิติของโบราณสถานการบินถ่ายภาพ UAV และ Close-range photos

4.2.2 ผลลัพธ์แบบจำลองสามมิติโบราณสถาน ประมวลผลโดยใช้โปรแกรม ContextCapture

1) การประปวลผลโดยการใช้ภาพจาก UAV จะได้แบบจำลองสามมิติ (ดังภาพ 4.6)

ภาพ 4. 6 แบบจำลองสามมิติโบราณสถานการประมวลผลการบินถ่ายภาพโดย UAV

2) การประมวลผลโดยการใช้ภาพจาก UAV และ Close-range รวมกันจะได้แบบจำลองสามมิติ (ดังภาพ 4.7)

ภาพ 4. 7 แบบจำลองสามมิติโบราณสถานการประมวลผลการบินถ่ายภาพแบบ UAV และ Close-range photos

4.3 ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์แบบจำลองสามมิติ

การเปรียบเทียบผลลัพธ์ ความครบถ้วนของแบบจำลองสามมิติ ได้ผลลัพธ์ คือ การประมวลผลจาก UAV ได้ผลลัพธ์ค่าความถูกต้องดีกว่า รายละเอียดของแบบจำลองไม่สมบูรณ์ โดยการประมวลจากUAV ร่วมกับ Close-range photos มีความครบถ้วนของแบบจำลอง เห็นรายละเอียดได้ชัดเจน แต่ได้ค่าความถูกต้องน้อย (ดังภาพ 4.8)

(ก) **(ข)**

(ค) **(ง)**

ภาพ 4. 8 การเปรียบเทียบประมวลผลบริเวณพระปรางค์ (ก-ข) การบินถ่ายภาพโดย UAV (ค-ง) การบินถ่ายแบบ UAV และ Close-range photos รวมกัน

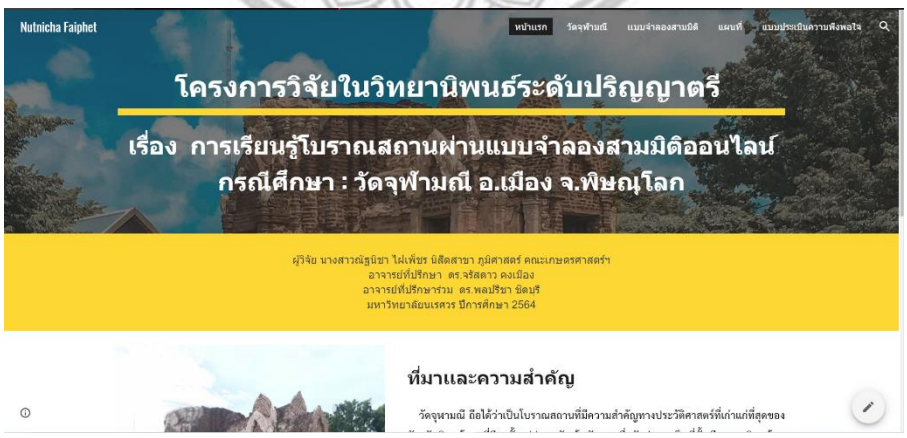
4.4 ผลการแสดงแบบจำลองสามมิติ

4.4.1 แบบจำลองสามมิติของโบราณสถาน วัดจุฬามณี ด้วย Cesium

Cesium เป็นการทำงานผ่านทาง Web Browser ซึ่งสามารถดูแบบจำลองได้ 360 องศา และซูมเข้า-ซูมออก เพื่อดูแบบจำลองได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น (ดังภาพ 4.9)

ภาพ 4. 9 ตัวอย่างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถาน วัดจุฬามณี ด้วย Cesium

4.4.2 การพัฒนา Web Site ด้วย Google Site (ดังภาพ 4.10)



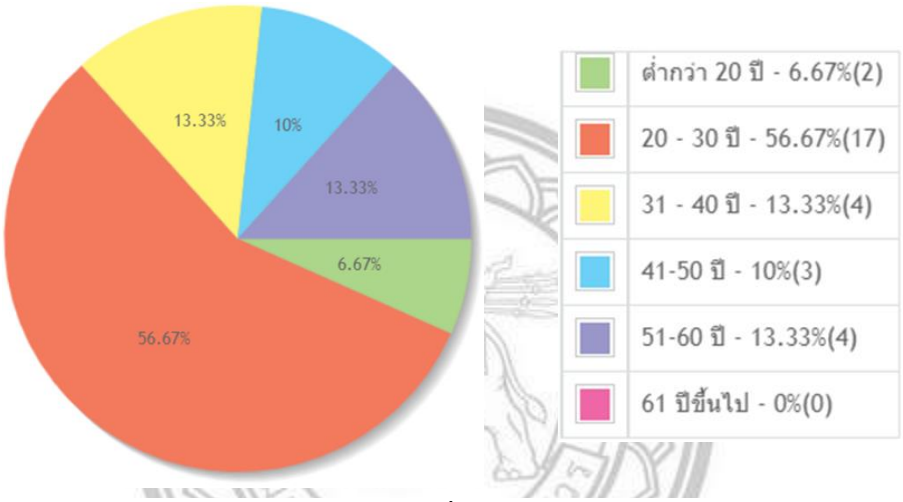
ภาพ 4. 10 ตัวอย่างหน้าเว็บไซต์

4.5 ผลการประเมินความพึงพอใจ

โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าใช้บริการเข้าชมโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติ จำนวน 30 คน โดยมีการสรุปผลใน 3 ส่วน ดังนี้

4.5.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าใช้บริการ

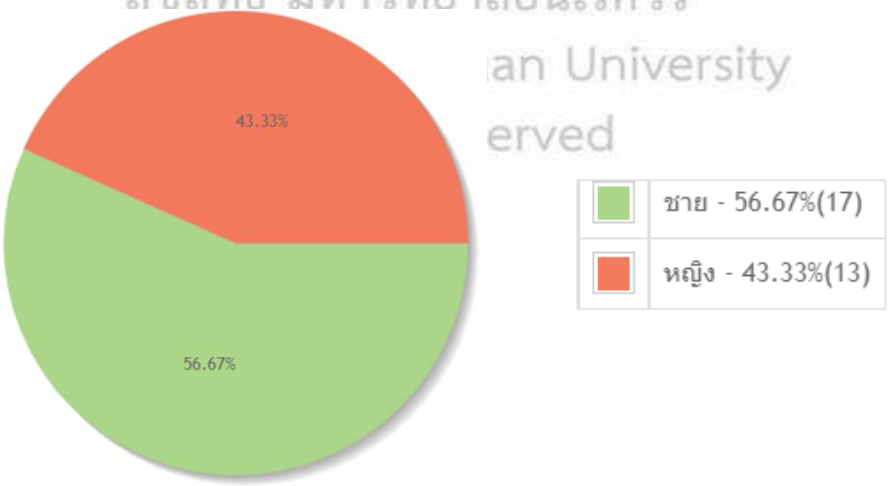
1) อายุ แบ่งช่วงอายุเป็น 6 ช่วง ดังนี้ 1) ต่ำกว่า 20 ปี จำนวน 2 คน 2) 20-30 ปี จำนวน 17 คน 3) 31-40 ปี จำนวน 4 คน 4) 41-50 ปี จำนวน 3 คน 5) 51-60 ปี จำนวน 4 คน 6) 61 ปี ขึ้นไป จำนวน 0 คน (ดังภาพ 4.11)



ภาพ 4. 11 แผนภูมิแสดงข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าใช้บริการ (อายุ)

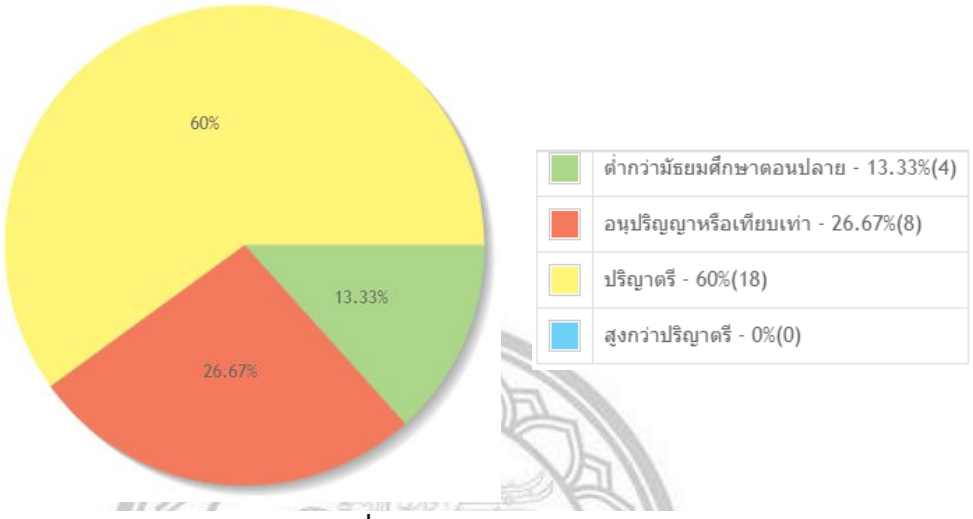
2) เพศ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ 1) ชาย จำนวน 17 คน 2) หญิง จำนวน 13 คน (ดังภาพ 4.12)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
an University
erved



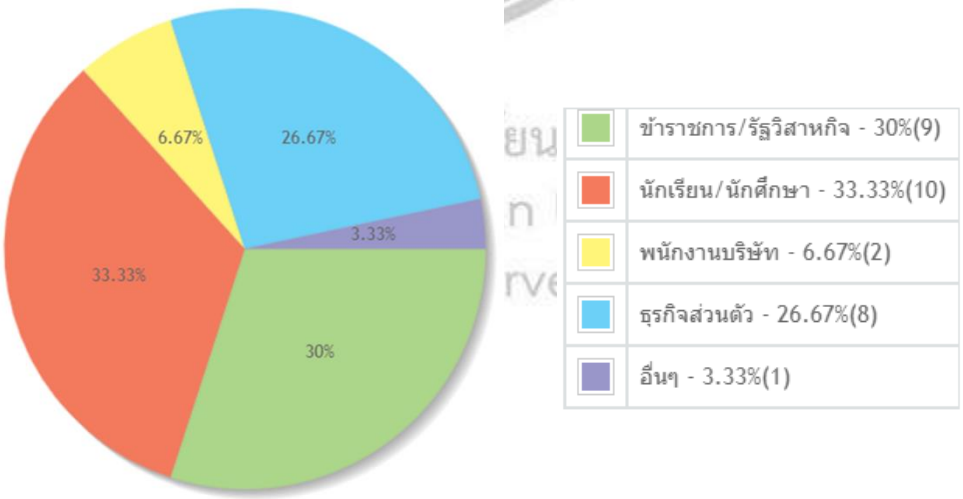
ภาพ 4. 12 แผนภูมิแสดงข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าใช้บริการ (เพศ)

3) ระดับการศึกษา แบ่งระดับการศึกษาเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ 1) ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 4 คน 2) อนุปริญญาหรือเทียบเท่า จำนวน 8 คน 3) ปริญญาตรี จำนวน 18 คน 4) สูงกว่าปริยญาตรี จำนวน 0 คน (ดังภาพ 4.13)



ภาพ 4. 13 แผนภูมิแสดงข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าใช้บริการ (ระดับการศึกษา)

4) อาชีพ แบ่งกลุ่มอาชีพเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้ 1) ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ จำนวน 9 คน 2) นักเรียน/นักศึกษา จำนวน 10 คน 3) พนักงานบริษัท จำนวน 2 คน 4) ธุรกิจส่วนตัว จำนวน 8 คน 5) อื่นๆ จำนวน 1 คน (ดังภาพ 4.14)



ภาพ 4. 14 แผนภูมิแสดงข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าใช้บริการ (อาชีพ)

4.5.2 ผลการประเมินความพึงพอใจ

จากผู้ใช้งานจำนวน 30 คน ผลคะแนนจะแบ่งเป็นหัวข้อต่างๆ โดยมีคะแนนรวมเฉลี่ยของความพึงพอใจทั้งหมดเท่ากับ 4.18 จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน (ดังตารางที่ 1)

ตาราง 1 ผลการประเมินความพึงใจ

No.	ประเด็นความพึงพอใจ	คะแนนเฉลี่ย	คะแนนรวมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	ความสมบูรณ์ของแบบจำลองสามมิติ	4.03	0.80
2	ความเหมาะสมของขนาดแบบจำลอง	4.17	0.87
3	องค์ประกอบภาพรวมรายละเอียดของแบบจำลองสามมิติ	4.27	0.87
4	ความสวยงามของแบบจำลองสามมิติ	4.30	0.95
5	เรียนรู้โบราณสถานผ่านแบบจำลองสามมิติออนไลน์	4.20	0.99
6	ส่งเสริมด้านการท่องเที่ยวโบราณสถาน	4.37	0.99
7	ได้รับความรู้เพิ่มเติมจากการเยี่ยมชมแบบจำลองสามมิติ	3.93	0.79
	คะแนนรวมเฉลี่ย	4.18	0.89

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

4.6 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

จากแบบประเมินความพึงพอใจ

1) เสนอให้มีการทำแบบจำลองสามมิติภายในตัวโบราณสถาน เพื่อให้เห็นโบราณวัตถุที่อยู่ด้านใน
2) เสนอให้ตัว Cesium เวลากดปุ่ม Home แล้วไปยังตำแหน่งโบราณสถาน วัดจุฬามณี ได้เลย
3) เป็นประโยชน์ในการเรียนรู้ สำหรับผู้สนใจในงานด้านโบราณสถาน หรือต้องการเยี่ยมชม ที่ไม่ต้องไปยังสถานที่จริง แต่สามารถเรียนผ่านเว็บไซต์ออนไลน์ได้ ซึ่งตรงกับสถานการณ์ในปัจจุบัน (COVID-19)

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยเรื่อง การเรียนรู้โบราณสถานผ่านแบบจำลองสามมิติออนไลน์ กรณีศึกษา : วัดจุฬามณี อ.เมือง จ.พิษณุโลก สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ ได้ดังนี้

1. เพื่อประยุกต์ใช้การสำรวจด้วยภาพถ่ายอากาศยานไร้คนขับ (UAV) และภาพถ่ายภาคพื้นดิน สำหรับสร้างแบบจำลองสามมิติ โบราณสถาน
2. เพื่อสำหรับการเรียนรู้และส่งเสริมด้านการท่องเที่ยวโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติบนอินเทอร์เน็ต

5.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้การสำรวจด้วยภาพถ่ายอากาศยานไร้คนขับ (UAV) และภาพถ่ายภาคพื้นดิน ดำเนินการโดย สำรวจพื้นที่และวางจุดควบคุมภาพ สำหรับการอ้างอิงขนาดให้กับแบบจำลองสามมิติและทำการเก็บข้อมูลภาพถ่ายโดยใช้อากาศยานไร้คนขับและกล้อง DSLR สำหรับเก็บภาพถ่ายภาคพื้นดิน บริเวณโบราณสถาน วัดจุฬามณี อ.เมือง จ.พิษณุโลก จากนั้นนำข้อมูลภาพที่ได้ มาประมวลผลในโปรแกรม ContextCapture เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติ หลังจากนั้นนำผลลัพธ์ของแบบจำลองสามมิติที่ได้ ไปแสดงผลลัพธ์ผ่านทาง 3D Web Application with Cesium และเป็นการพัฒนาเว็บไซต์ด้วย Google Site เพื่อสามารถเรียนรู้ รับชมแบบจำลองสามมิติโบราณสถานผ่าน Web Site ออนไลน์ และได้ประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าใช้บริการผู้ใช้บริการ เข้าชมโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติ โดยแบบประเมินความพึงพอใจแบ่งออกเป็น 3 ดังนี้ 1) ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าใช้บริการ 2) ประเด็นความพึงพอใจ 3) ข้อเสนอแนะอื่นๆ จากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานจำนวน 30 คน จากผลประเมินความพึงพอใจการเยี่ยมชมโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติ โดยมีคะแนนเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 4.18 จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ซึ่งประเด็นที่ได้คะแนนมากที่สุดคือ การส่งเสริมการท่องเที่ยวโบราณสถาน 4.37 คะแนน และประเด็นที่ได้คะแนนน้อยที่สุดคือ ได้รับความรู้เพิ่มเติมจากการเยี่ยมชมแบบจำลองโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติ 3.39 คะแนน ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้การสร้างแบบจำลองสามมิติโบราณสถาน ด้วยการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับและภาพถ่ายระยะใกล้ เพื่อสำหรับการเรียนรู้และส่งเสริมด้านการท่องเที่ยวโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติบนอินเทอร์เน็ต อันเป็นแนวทางในการเข้าถึงแหล่งโบราณสถานได้อย่างง่ายและสะดวกมากขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

5.2 อภิปรายผล

จากงานวิจัยของ Supaporn Manajitprasert et al, (2019). ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองสามมิติของแหล่งมรดกวัฒนธรรมโดยใช้ภาพ UAV: กรณีศึกษาเจดีย์ในวัดมหาธาตุ ประเทศไทย ซึ่งมีวิธีการคล้ายคลึงกันโดยได้มาซึ่งข้อมูล โดยการวางแผนการบิน การวางจุดควบคุมภาคพื้นดิน และการเก็บข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ เพื่อมาประมวลผลในการสร้างแบบจำลองสามมิติ โดยใช้ซอฟต์แวร์ Pix4D และนำแบบจำลองสามมิติที่ได้มาเปรียบเทียบกับแบบจำลองภาคพื้นดินที่ได้จากการสแกนเลเซอร์ภาคพื้นดิน

อีกทั้งงานวิจัยของ (I. Aicardi et al, 2016). ได้ศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายภาพ UAV ที่มีภาพเฉียง: การวิเคราะห์การเก็บรวบรวมข้อมูลและการประมวลผล วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการเก็บข้อมูลภาพเฉียงสำหรับการสร้างแบบจำลองสามมิติ โดยการเก็บข้อมูลภาพถ่ายด้วย UAV และกล้องดิจิตอล COTS เพื่อการสำรวจทางสถาปัตยกรรมที่มีรายละเอียดสูง การประมวลผลข้อมูลเกิดขึ้นโดยใช้วิธีการแบบ SfM ที่ใช้ซอฟต์แวร์วิเคราะห์เป็นโซลูชั่นเชิงพาณิชย์ต่างๆเครื่องมือเช่น MICMAC และ ContextCapture ซึ่งผลลัพธ์แบบจำลองสามมิติที่ได้นั้น point cloud ที่สร้างขึ้นด้วยซอฟต์แวร์ MicMac มีความครบถ้วนของแบบจำลอง และ point cloud ที่สร้างขึ้นด้วยซอฟต์แวร์ ContextCapture แบบจำลองสามมิติที่ได้นั้นมีความละเอียดสูงมาก แต่แบบจำลองไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ เนื่องจากมีบางส่วนที่ขาดหายไปเป็นผลมาจากมีต้นไม้ปกคลุมในการเก็บข้อมูลภาพถ่าย

แต่ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้การสำรวจด้วยภาพถ่ายอากาศยานไร้คนขับและภาพถ่ายภาคพื้นดินโดยการวางแผนการบิน การวางจุดควบคุมภาคพื้นดิน และการเก็บข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับและภาพถ่ายภาคพื้นดินโดยกล้อง DSLR เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติโบราณสถานโดยโปรแกรม ContextCapture ซึ่งผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองสามมิตินำมาเปรียบเทียบระหว่าง แบบจำลองที่ประมวลผลด้วยชุดข้อมูลภาพจากUAV และแบบจำลองที่ประมวลผลด้วยชุดข้อมูลภาพจาก UAV ร่วมกับ Close-range และแสดงผลแบบจำลองสามมิติด้วย Cesium และเผยแพร่แบบจำลองสามมิติผ่านทางเว็บไซต์ออนไลน์ และทำแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าใช้บริการเข้าชมโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติออนไลน์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

5.3 ข้อเสนอแนะการศึกษา

ควรวาง Targets บนพระปรางค์ เพื่อที่สามารถวาง Tie points ระหว่าง UAV และ Close-range Photo ได้ง่ายขึ้น

5.4 ปัญหาและอุปสรรค

1) ในการบินถ่ายภาพพระปรางค์ พบว่ามีต้นไม้ขนานข้างรอบพระปรางค์ จึงทำให้บดบังไม่สามารถถ่ายภาพได้ในบางส่วน
2) เนื่องจากพระปรางค์อยู่ในช่วงของการบรูณะซ่อมแซม (ช่วงเดือน มกราคม-กันยายน 2564) จึงพบนั่งร้านโดยรอบพระปรางค์
3) ในการการเลือก Tie points ระหว่าง UAV และ Close-range Photo ไม่สามารถหาจุด well-defined point ได้เนื่องจากไม่ได้วาง Targets บนพระปรางค์ ทำให้วาง Tie points ระหว่าง UAV และ Close-range Photo ได้ยาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บรรณานุกรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บรรณานุกรม

Manajitprasert, S., Tripathi, N. K., & Arunplod, S. (2019). Three-dimensional (3D) modeling of cultural heritage site using UAV imagery: A case study of the pagodas in Wat Maha That, Thailand. *Applied Sciences*, *9*(18), 3640.

Aicardi, I., Chiabrando, F., Grasso, N., Lingua, A. M., Noardo, F., & Spanò, A. (2016). UAV PHOTOGRAMMETRY WITH OBLIQUE IMAGES: FIRST ANALYSIS ON DATA ACQUISITION AND PROCESSING. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, *41*.

Chatzistamatis, S., Kalaitzis, P., Chaidas, K., Chatzitheodorou, C., Papadopoulou, E. E., Tataris, G., & Soulakellis, N. (2018). Fusion of TLS and UAV photogrammetry data for post-earthquake 3D modeling of a cultural heritage church. *Proceedings of the Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci*, 143-150.

จเด็จไพศาล สิทธิกานต์, & ไพศาล สันติธรรมนนท์. (2020). การ ประยุกต์ใช้ระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงบนอากาศยานไร้คนขับเพื่อรังวัดวัดรอยพิมพ์ฐานอาคาร. *การประชุม วิชาการ วิศวกรรม โยธา แห่ง ชาติ ครั้ง ที่ 25*, *25*, SGI05-SGI05.

รจณา คูณพูล, พรนรายณ์ บุญราศรี, สมใจ หมื่นจร, ปวิตรฏิระ วณิชย์กุล, & จิรวัฒน์ จันทองพูน. (2020). การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่องานวิศวกรรมในการสร้างแบบ จำลองสิ่งปลูกสร้าง. *การ ประชุม วิชาการ วิศวกรรม โยธา แห่ง ชาติ ครั้ง ที่ 25*, *25*, SGI02-SGI02.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

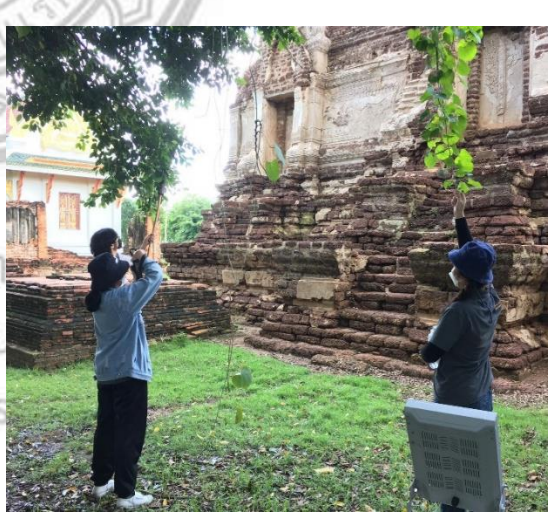
ภาคผนวก ก

การลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลภาพถ่ายโบราณสถาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สำรวจพื้นที่และวางจุดควบคุมภาพ

เก็บข้อมูลภาพถ่าย โดยใช้อากาศยานไร้คนขับและกล้อง DSLR



ภาคผนวก ข

แบบประเมินความพึงพอใจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ เข้าชมโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าใช้บริการ

อายุ *

◯ต่ำกว่า 20 ปี ◯20 - 30 ปี ◯31 - 40 ปี ◯41-50 ปี ◯51-60 ปี
◯61 ปีขึ้นไป

เพศ *

◯ชาย ◯หญิง

ระดับการศึกษา *

◯ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนปลาย
◯อนุปริญญาหรือเทียบเท่า
◯ปริญาตรี
◯สูงกว่าปริญาตรี

อาชีพ *

◯ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ ◯นักเรียน/นักศึกษา ◯พนักงานบริษัท ◯ธุรกิจส่วนตัว ◯อื่นๆ

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจในการเข้าเยี่ยมชมเว็บไซต์

แบบประเมินนี้ต้องการประเมินความพึงพอใจของผู้แข้าใช้บริการ เข้าชมโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติ โปรดทำเครื่องหมาย /
ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ซึ่งความหมายของระดับความคิดเห็นมีดังนี้

5 = มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = พอใช้ 1 = น้อย

ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการเข้าชมโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติ *

	น้อย	พอใช้	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
ความสมบูรณ์ของแบบจำลองสามมิติ	◯	◯	◯	◯	◯
ความเหมาะสมของขนาดแบบจำลองสามมิติ	◯	◯	◯	◯	◯
องค์ประกอบภาพรวมรายละเอียดของแบบจำลองสามมิติ	◯	◯	◯	◯	◯
ความสวยงามของแบบจำลองสามมิติ	◯	◯	◯	◯	◯
เรียนรู้โบราณสถานผ่านแบบจำลองสามมิติออนไลน์	◯	◯	◯	◯	◯
ส่งเสริมด้านการท่องเที่ยวโบราณสถาน	◯	◯	◯	◯	◯
ได้รับความรู้เพิ่มเติมจากการเยี่ยมชมแบบจำลองโบราณสถานผ่านแผนที่สามมิติ	◯	◯	◯	◯	◯

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะ / แนวความคิดเห็น เพิ่มเติม:

ประวัติผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล ณัฐนิชา ไฝเพ็ชร

วัน เดือน ปีเกิด 5 ตุลาคม 2542

ที่อยู่ปัจจุบัน 211 หมู่ 7 ตำบล ตาสัง อำเภอ บรรพตพิสัย

จังหวัด นครสวรรค์ 60180

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2561 – 2564 ระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอ เมือง จังหวัด พิษณุโลก 65000 เกรดเฉลี่ย 3.18

พ.ศ. 2560 – 2554 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) โรงเรียนลาซาลโชติรวี นครสวรรค์ ตำบลปากน้ำโพ อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ 60000

พ.ศ. 2549 – 2554 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนวัดจันทร์ทอง ตำบล ตาสัง อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ 60180

กิจกรรมที่เข้าร่วม

1. เข้าการฝึกอบรมเรื่อง การบินโดรนสำรวจเพื่อการก่อสร้างอสังหาริมทรัพย์ และเหมืองแร่
2. เข้ารับการอบรมจาก Space Inspirium อุทยานรังสรรค์นวัตกรรมอวกาศ (GISDA)
3. เข้ารับการอบรมที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบน ตำบลคลองขุด อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี
4. โครงการ อบรมเผยแพร่องค์ความรู้ด้านอุตุนิยมวิทยาและการใช้ข้อมูลดาวเทียมในการวิเคราะห์สภาพอากาศ โดย กรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดพิษณุโลก
5. ศึกษาดูงานภาคสนามที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าถ้ำผาท่าพล อำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University

ประสบการณ์การทำงาน

1. การบินโดรนสำรวจ เพื่อจัดทำแบบจำลองสามมิติเพื่อใช้ในการก่อสร้างปรับปรุงถนน ให้กรมทางหลวง
2. เป็นสตาฟของคณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชิตและสิ่งแวดล้อม ทำหน้าที่ในฝ่ายเทคนิคเชียร์
3. เป็นสตาฟของมหาวิทยาลัยนเรศวรทำหน้าที่ในฝ่ายเทคนิคเชียร์ ในโครงการร้องเพลงมหาวิทยาลัยภาคภูมิใจนเรสวร (Power Cheer)

รางวัลที่ได้รับ

1. โครงการเชิดชูเกียรตินิสิตที่มีผลการเรียนดี ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ประจำปี 2563

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved