สร้างแบบจำลอง 3 มิติของโบราณสถานด้วยการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับและตรวจสอบความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งของแบบจำลอง

Create a 3D Model of an Ancient Site Using an Unmanned Aerial Vehicle and Verity the Positional and Accuracy of The Model

ธีรกริช กุลจักร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี เสนอภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาภูมิศาสตร์
พฤศจิกายน 2567
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ประธานหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์และหัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ เรื่อง “สร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของโบราณสถานด้วยวิธีประยุกต์ใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับและตรวจสอบความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งของแบบจำลอง 3 มิติ (Create a 3D model of an Ancient Site Using an Unmanned Aerial Vehicle and Verity the Positional and Accuracy of The Model) นิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาตร์ ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

.....

(รองศาสตราจารย์ ร้อยเอก ดร. ชัยวิวัฒน์ วงศาโรจน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

.....

(อาจารย์ธัญญาลัคน์ จันทร์สมบัติ)

ประธานหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ ร้อยตรี ดร.รังสรรค์ เกตุอ๊อต)

หัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี “การสร้างแบบจำลอง 3 มิติของโบราณสถานด้วยการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับและตรวจสอบความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งของแบบจำลอง 3 มิติ “ ” สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจาก ได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ในการให้ข้อมูล คำปรึกษาแนะนำ ที่มีประโยชน์ในการ ทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ร้อยเอก ดร. ชัยวิวัฒน์ วงศาโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่สละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาแนะนำ พร้อมทั้งชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาด้วยความเอาใจใส่ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาภูมิศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติม จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจและเป็นผู้สนับสนุนในทุก ๆ ด้านเสมอมาและขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้คำปรึกษาและช่วยแนะนำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ธีรกริช กุลจักร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ชื่อเรื่อง การสร้างแบบจำลอง 3 มิติของโบราณสถานด้วยการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับและตรวจสอบความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งของแบบจำลอง

ชื่อนิสิต นาย ธีรกริช กุลจักร์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ร้อยเอก ดร. ชัยวิวัฒน์ วงศาโรจน์

ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ปีการศึกษา 2657

คำสำคัญ อากาศยานไร้คนขับ, การสำรวจด้วยภาพถ่าย, การสำรวจด้วยภาพถ่ายภาคพื้นดิน

บทคัดย่อ

โบราณสถานเป็นสถานที่สำคัญทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมซึ่งควรค่าแก่การอนุรักษ์และ บำรุงรักษาไว้ การสำรวจและเก็บข้อมูลของโบราณสถานอย่างเป็นระบบจึงเป็นสิ่งสำคัญต่องาน อนุรักษ์อย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถานเป็น เทคโนโลยีหนึ่งที่สำคัญในการเก็บรายละเอียดของตัวอาคารโบราณสถานได้อย่างถูกต้องและแม่นย า การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับสำหรับ การสร้างแบบจำลองสามมิติและแบบจำลองสารสนเทศอาคารของโบราณสถาน โดยพื้นที่การศึกษาคือ พระมหาเจดีย์ วัดเสนาสน์ อำเภอ วัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก โดยใช้การ สำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับด้วย DJI Phantom 4 Pro แล้วท าการประมวลผลเพื่อ สร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถานด้วยโปรแกรม Agisoft Metashape จากนั้นทำการวิเคราะห์รายละเอียดของตัวอาคารโบราณสถานและตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำเชิงพื้นที่ของแบบจำลองโบราณสถาน จากการวิจัยพบว่า รูปแบบการบินถ่ายภาพทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับมีผลต่อความครบถ้วนของแบบจำลองโบราณสถาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

Title	Create a 3D model of an Ancient Site Using an Unmanned Aerial Vehicle and Verity the Positional and Accuracy of The Model
Author	Teerakrit Kuljak
Advisor	Associate Professor Capt.Dr. Chaiwiwat Wongsaroj
Academic Paper	Thesis B.S. in Geography, Naresuan University, 2024
Keywords	Unmanned aerial vehicle (UAV), photogrammetry

บทคัดย่อ

Heritage sites are significant for historical and cultural preservation, warranting their conservation and maintenance. Systematic exploration and data collection of heritage sites are crucial for effective conservation efforts. Particularly, the application of Building Information Modeling (BIM) technology is essential for accurately capturing the details of these historical structures. This research aims to develop aerial photography techniques using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for creating three-dimensional models and Building Information Models of heritage sites. The study area is Phra Maha Chedi at Wat Senasna, Wat Bot District, Phitsanulok Province. The research employs the DJI Phantom 4 Pro drone for aerial photography, then processing the images with Agisoft Metashape to create a three-dimensional model of the heritage site. The study analyzes the details of the historical structure and assesses the spatial accuracy of the resulting model. Findings indicate that the flight pattern during aerial photography significantly impacts the completeness of the heritage site model.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญ

บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ 3

1.5 กรอบความคิดงานวิจัย 4

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 แบบจำลองสามมิติ 6

2.2 การสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ 6

2.3 แบบจำลองสามมิติ 7

2.4 การประเมินความถูกต้อง 7

2.5 การเทียบมาตรฐานสมาคมโฟโตแกรมเมตรีและการรับรู้ระยะไกลของสหรัฐอเมริกา 7

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

วิธีดำเนินงานวิจัย 13

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 13

3.2 การเก็บรวมรวมข้อมูล 15

3.3 การวางแผนการถ่ายภาพและเก็บข้อมูลภาพ 16

3.4 การประมวลผลข้อมูลภาพด้วยโปรแกรม Agisoft Metashape Professional 18

3.5 การประเมินความถูกต้องและความครบถ้วนของแบบจำลอง 22

ผลการวิจัย 25

4.1 การเก็บข้อมูลภาพด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ 25

4.2 ผลลัพธ์การประมวลผลภาพถ่ายด้วยโปรแกรม Agisoft Metashape Professional 26

4.3 ผลลัพธ์การประเมินความถูกต้องทางราบและทางดิ่งของแบบจำลองสามมิติที่ระดับความสูง 80 เมตร แผนการบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) และ แบบวงโคจร (Orbit) 27

4.4 ผลลัพธ์การประเมินความถูกต้องเชิงพื้นที่ของแบบจำลองตามรูปแบบการบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) และ แบบวงโคจร (Orbit) 28

4.5 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบของความครบถ้วนของแบบจำลองสามมิติที่มีมีแผนการบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) และ แบบวงโคจร (Orbit)ที่ความสูง 80 เมตร ทั้งสองแผนการบิน 29

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สรุปและอภิปรายผล 30
5.1 สรุปผลการการดำเนินงาน 30
5.2 อภิปรายผลการวิจัย 31
5.3 ปัญหาและอุปสรรค 32
5.4 ข้อเสนอแนะ 32
บรรณานุกรม 34

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

ตารางที่ 1 ความละเอียดถูกต้องตามหลัก ASPRS 23
ตารางที่ 2 ผลการคำนวนรังวัด 26
ตารางที่ 3 ความถูกต้องเชิงพื้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % 28

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 1.1 วัดเสนาสน์ 2
ภาพที่ 1.2 กรอบแนวคิด 4
ภาพที่ 2.1 การเก็บข้อมูลภาพถ่ายระยะใกล้ 8
ภาพที่ 2.2 รายละเอียดของแบบจำลองกับภาพถ่าย 8
ภาพที่ 2.3 ภาพของพระราชวัง Tschudi 9
ภาพที่ 2.4 แบบจำลองของพระราชวัง Tschudi 9
ภาพที่ 2.5 ภาพภายในอาคารของโบราณ 10
ภาพที่ 2.6 หูฟังชุด Oculus Riff 10
ภาพที่ 2.7 พระพุทธรูปจำลองขนาด 5 นิ้ว 11
ภาพที่ 2.8 พระพุทธรูป 11
ภาพที่ 2.9 ภาพแบบจำลองด้วยอากาศยานไร้คนขับขนาดน้ำหนักเบา 12
ภาพที่ 3.1 อากาศยานไร้คนขับ 13
ภาพที่ 3.2 จุดควบคุมภาพถ่าย 13
ภาพที่ 3.3 เครื่องมือเก็บพิกัดแบบ GNSS 14
ภาพที่ 3.4 โปรแกรม Agisoft Metashape Professional 14
ภาพที่ 3.5 แอพพลิเคชัน DJI GO 4 15
ภาพที่ 3.6 แอพพลิเคชัน Pix4Dcapture 15
ภาพที่ 3.7 แผนการบินแบบ Double Grid 16
ภาพที่ 3.8 การแผนการบินแบบ Orbit 17
ภาพที่ 3.9 การนำเข้าข้อมูลภาพ 18
ภาพที่ 3.10 การนำเข้าข้อมูลจุดควบคุมภาพถ่าย 18
ภาพที่ 3.11 จุด GCP ก่อนการตรึงค่าพิกัดในวงกลมสีแดง 19
ภาพที่ 3.12 จุด GCP หลังการตรึงค่าพิกัดในวงกลมสีแดง 19
ภาพที่ 3.13 การสร้าง Point Cloud 20
ภาพที่ 3.14 ผลลัพธ์ Point Cloud 20
ภาพที่ 3.15 การสร้างแบบจำลอง 21
ภาพที่ 3.16 การตั้งค่าการสร้างแบบจำลอง 21
ภาพที่ 3.17 ความครบถ้วนของแบบจำลองสามมิติ 24
ภาพที่ 4.1 ชุดข้อมูลภาพรูปแบบการบิน Double Grid 25
ภาพที่ 4.2 ชุดข้อมูลภาพรูปแบบการบิน Orbit 26

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาพที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบความคาดเคลื่อนทั้งสองแผนการบิน 27
ภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบความครบถ้วนของแบบจำลองสามมิติ 29

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

โบราณสถานเป็นสถานที่ที่รวบรวมเรื่องราวในอดีต เป็นสิ่งที่บ่งบอกความเป็นอยู่ของกลุ่มชน อายุของสถานที่ วัฒนธรรม และความเป็นมาของผู้คนในอดีตต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน แหล่งโบราณสถาน เนื่องด้วยปัจจุบันแหล่งโบราณสถานเสื่อมโทรมจากภัยธรรมชาติต่าง ๆ จนมีการบูรณะอยู่หลายครั้งเพื่อให้คงสภาพของสถานที่ประวัติศาสตร์ไว้ไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงหรือบุบสลายไปตามกาลเวลา และงานอนุรักษ์ในประเทศไทยบางแห่งนั้นยังเป็นการบูรณะหรือสร้างใหม่แบบไม่มีการวัดขนาดที่ชัดเจนหรือแท้จริง มีการวัดขนาดแค่บางส่วนที่ซ่อมแซมจึงขาดความแม่นยำในการบูรณะขึ้นมาใหม่

วัดเสนาสน์เป็นวัดโบราณ สร้างขึ้นในสมัยใดไม่มีหลักฐานแน่ชัด โดยประวัติกล่าวว่าสร้างขึ้นก่อน พ.ศ. 1232 และได้ย้ายสถานที่ตั้งมาถึง 5 ครั้ง และเป็นวัดที่ได้รับพระราชทานวิสุงคามสีมาในปี พ.ศ. 1820 กล่าวคือ เป็นเขตแดนหรือที่ดินที่แยกต่างหากจากที่ดินของบ้านเมือง เป็นเขตที่พระเจ้าแผ่นดินพระราชทานแก่พระสงฆ์เป็นการเฉพาะ เพื่อใช้สร้างอุโบสถโดยประกาศเป็นพระบรมราชแง่การพื้นที่พระราชทานและจะได้รับเครื่องหมายบอกเขตเรียกว่า นิมิต

แม้ว่าในปัจจุบันได้มีเทคนิคการวัดโดยอ้อมจะมีหลายวิถีมากมาย ทั้งเครื่องเลเซอร์สแกนที่มความแม่นยำสูง แต่มีค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูลและค่าอุปกรณ์ค่อนข้างสูง และอีกวิธี คือการรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ ซึ่งมีความแม่นยำขึ้นอยู่กับอุปกรณ์และการวางจุดควบคุม แต่มีค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูลและค่าอุปกรณ์ค่อนข้างต่ำกว่า ซึ่งนำมาใช้ในการสร้าแบบจำลองของโบราณสถานมากขึ้น และในบางแห่งมีการวัดขนาดที่ชัดเจนของโบราณสถานและสร้างแบบจำลองขึ้นมาบ้าง แต่ยังไม่ครอบคลุมพื้นที่เนื่องจากต้องใช้เวลาและโบราณสถานมีขนาดใหญ่มาก ในงานอนุรักษ์นั้นเป็นงานที่ต้องการความละเอียดและต้องการความถูกต้องสูงมาก จึงต้องการเครื่องมือที่มีความสามารถในการวิเคราะห์รายละเอียดของตัวอาคารได้

ดังนั้นการสร้างแบบจำลองของโบราณสถาน โดยการใช้การสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ เนื่องจาการใช้วิธีนี้เป็นวิธีที่มีความสะดวก และใช้ต้นทุนต่ำกว่าการสำรวจด้วยเครื่องเลเซอร์สแกน โดยใช้กล้องถ่ายภาพในการเก็บข้อมูลภาพถ่าย หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สร้างแบบจำลองสามมิติ โดยการใช้การรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ (Close-range Photogrammetry) มาประยุกต์ในการสร้างแบบจำลองสามมิติของตัวอาคาร โดยใช้โปรแกรม Agisoft Photoscan และนำแบบจำลองสามามิติมาปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้เกิดความถูกต้องและสวยงาม

การอนุรักษ์ เป็นศาสตร์อย่างหนึ่ง มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับวิชาโบราณคดี กรมศิลปกรนิยามคำว่า “การอนุรักษ์” ว่าหมายถึง ‘การดูแลรักษาเพื่อคงคุณค่าไว้ และให้หมายรวมถึงการป้องกัน การรักษา การสงวน การปฏิสังขรณ์และการบูรณะด้วย’ ยิ่งไปกว่านั้น กรมศิลปกรยังนิยามคำ “การสงวนรักษา การปฏิสังขรณ์และการบูรณะ” หมายถึง ‘การดูแลรักษาไว้ตามสภาพเดิมเท่าที่เป็นอยู่ และป้องกันมิให้เสียหายต่อไป’ “การปฏิสังขรณ์” หมายถึง ‘การทำให้กลับคืนสู่สภาพอย่างที่เคยเป็นมา’ “การบูรณะ” หมายถึง ‘การซ่อมแซม และปรับปรุง ให้รูปทรงมีลักษณะกลมกลืนเหมือนของเดิมมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ แต่ต้องแสดงความแตกต่างของสิ่งที่มีอยู่เดิมและสิ่งที่ทำขึ้นมาใหม่

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบจำลอง 3 มิติของโบราณสถานด้วยการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายระยะใกล้ภาคพื้นดินและภาพถ่ายทางอากาศ

2. เพื่อตรวจสอบความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งของแบบจำลอง 3 มิติ กับตำแหน่งโบราณสถานในพื้นที่จริง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

พระมหาเจดีย์ วัดเสนาสน์ อำเภอ วัดโบสถ์ จังหวัด พิษณุโลก

ภาพที่ 1.1 วัดเสนาสน์

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.4.1 อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle, UAV)

เป็นเทคโนโลยีที่ทำหน้าที่ในการบังคับเครื่องบินแทนมนุษย์ ในอดีตอากาศยานไร้ คนขับถูกใช้ในการทหารและภารกิจป้องกันประเทศเป็นหลัก แต่ในปัจจุบันอากาศยานไร้คนขับกำลังเข้ามามีอิทธิพลต่อรูปแบบการทาธุรกิจและถูกประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในด้านการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศอากาศยานไร้คนขับสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ 1. ประเภทปีกหมุน (Multirotor) ที่มีลักษณะการทางานแบบเดียวกับเฮลิคอปเตอร์ 2. ประเภทปีก ยึด (Fixed wing) มีลักษณะเช่นเดียวกับเครื่องบินทั่วไป แต่มีขนาดที่เล็กกว่ามาก

1.4.2 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS)

กระบวนการใช้คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอฟต์แวร์ (Software) บุคลากร (Peopleware) และข้อมูล (Data) ในการสร้างประสิทธิภาพการจัดเก็บข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล การคำนวณ และการวิเคราะห์ข้อมูล ให้แสดงตามผลในรูปของข้อมูลที่สามารถอ้างในภูมิศาสตร์

การสำรวจด้วยภาพถ่าย (Photogrammetry)

เป็นการวัดบนภาพที่แสดงขึ้นมาจากแสง ทั้งนี้การวัดขึ้นได้นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องผ่านกระบวนการบันทึก เพื่อจัดเก็ยที่วาดขึ้นจากแสงในรูปแบบของภาพถ่าย ซึ่งเป็นได้ทั้งบันทึกบนฟิล์ม การดาษอัดภาพ หรือเซนเซอร์รับภาพ และจัดเก็บเป็นดิจิทัล โดยไม่ว่าเป็นภาพลักษณะใดก็ตามจะถูกส่งผ่านกระบวนการวัด รวมถึงกระบวนการแปลความหมายซึ่งในอดีตเป็นการวัดโดยตรงที่อยู่บนภาพถ่ายจากฟิล์ม หรือกระดาษอัดภาพ และในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะเป็นการวัดโดยตรงจากภาพถ่ายดิจิทัลที่เป็นการวัดโดยตรงจากจุดภาพรวมไปถึงการประมวลผลแต่ละจุดภาพโดยใช้เทคโนโลยีกระบวนการภาพถ่ายดิจิทัล

1.4.3 การวางจุดควบคุมและข้อมูลภาพถ่าย (Ground Control Point)

การวางจุดควบคุม เป็นจุดที่นำมาใช้ในการยึดโยง ควบคุม และดัดแก้ภาพถ่ายทางอากาศตลอดจนอ้างอิงพิกัดตำแหน่งภูมิประเทศบนแผนที่ให้ปรากฏบนแผนที่ และควบคุมการตรวจสอบ ซึ่งต้องเป็นจุดที่ปรากฏเห็นชัดบนภาพถ่ายและสามารถชี้ชัดได้บนภาคพื้นดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ข้อพิจารณากำหนดจุดควบคุมบนภาพ

1.ต้องเป็นจุดที่ปรากฏเด่นชัดบนภาพถ่าย และสามารถระบุชี้ชัดได้บนภาพพื้นดิน

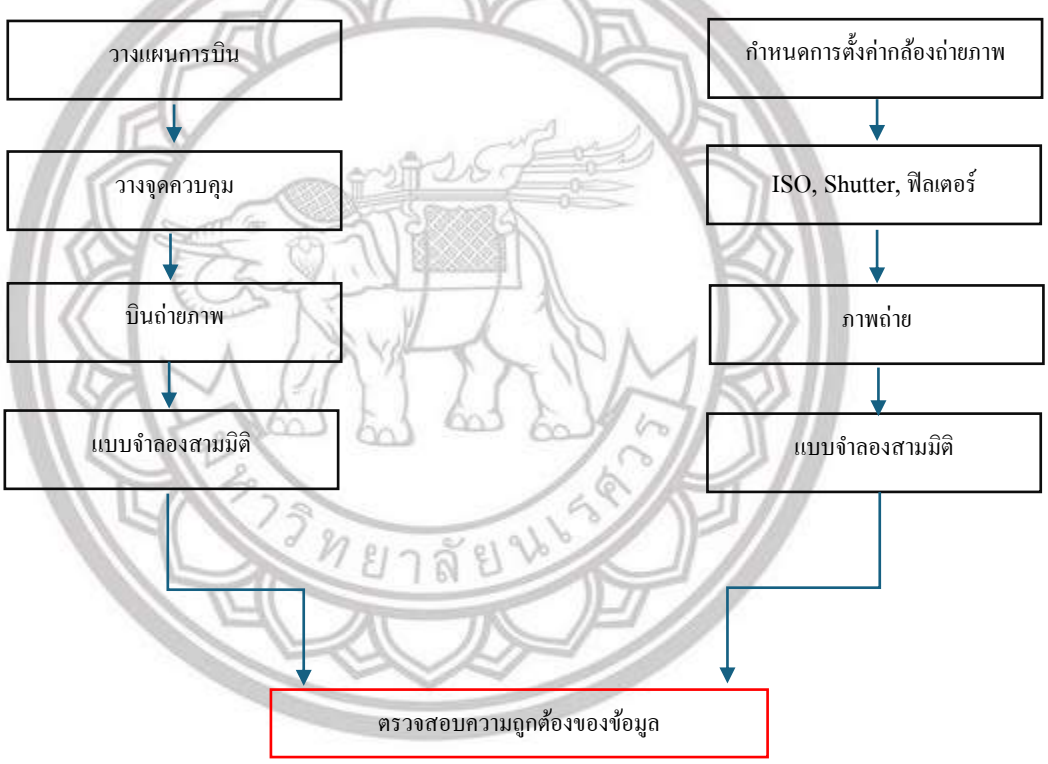
2.เป็นจุดที่สามารถเดินเข้าถึงได้ หรือหลีกเลี่ยงที่มีสิ่งบดบังเครื่องมือถ่ายภาพ

3.กระจายตามมุมของบล็อกการบินทั้ง 4 มุม

ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศทาได้จากการบินถ่ายภาพโดยอากาศยานไร้คนขับ โดยการวางแผนการบินด้วยโปรแกรม เป็นการกำหนดขอบเขตการบินถ่ายภาพ จากนั้นทำการวางจุด

ควบคุมเพื่อความถูกต้องของภาพถ่ายและแบบจำลองที่ต้องการสร้าง และนำภาพถ่ายยหลังจากการบินไปประมวลผลและสร้างแบบจำลองสามมิติ และเมื่อทำการประมวลผลและสร้างแบบจำลองสามมิติแล้ว ต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เพื่อนำแบบจำลองไปประเมินการเอียงตัว

1.5 กรอบความคิดงานวิจัย



ภาพที่ 1.2 กรอบแนวคิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ซึ่งจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาและค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. กระบวนการสำรวจด้วยภาพถ่ายโดยอากาศยานไร้คนขับจะเริ่มจากการวางแผนการถ่ายภาพด้วยแอพพลิเคชั่น Pix4Dcapture Pro แบบ Double Grid และ Orbit ที่มีระดับความสูงการบินถ่ายภาพเท่ากันที่ 80 เมตร

3. ทำการวางจุดควบคุมภาพในพื้นที่สำรวจเพื่อให้แบบจำลองสามมิติมีความถูกต้องและบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ DJI Phantom 4

4. นำข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับมาประมลผลโดยใช้โปรแกรม Agisoft Metashape เพื่อสร้างแบบจำลอง

5. ประเมินความถูกต้องของแบบจำลองสามมิติ โดยการวัดค่าความถูกต้องทางตำแหน่งจาก GNSS จากพื้นที่จริงและวัดค่าความถูกต้องจากแบบจำลองสามมิติ

6. นำข้อมูลมาคำนวนหาความถูกต้องแม่นยำเชิงตำแหน่งเพื่อประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ข้อมูลสำหรับเปรียบเทียบของแบบจำลอง 3 มิติเพื่อวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของแบบจำลองและตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่งของพื้นที่เพื่อใช้ข้อมูลในการทำแผนที่ตามหลักการทางโฟโตแกรมเมตรี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับเรื่องการสร้างแบบจำลองสามมิติโบราณสถาน และการตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่ง

2.1 แบบจำลองสามมิติ

เป็นการสร้างรูปทรงหรือรูปร่างแบบ 3 มิติ โดยการกำหนดจุดต่างๆ และเชื่อมโยงจุดด้วยเส้นตรง เพื่อให้ได้รูปทรงตามต้องการ การใช้คอมพิวเตอร์สร้างรูปทรง 3 มิติ อาจทำได้โดยอัตโนมัติโดยโปรแกรม ในกรณีที่รูปทรงเป็นแบบสมมาตร หรือรูปทรงทางเรขาคณิต หรือรูปทรงที่ประกอบขึ้นจากรูปทรงเลขาคณิตมาประกอบกัน หากเป็นรูปทรงที่ไม่สมมาตร หรือมีรายละเอียดมาก ก็จำเป็นต้องกำหนดจุดต่างๆ และลากเส้นต่อจุดเองด้วยผู้วาดภาพที่เชี่ยวชาญ เช่น การสร้างแบบจำลอง 3 มิติสำหรับใบหน้าและศีรษะมนุษย์ จำเป็นต้องกำหนดจุดเป็นจำนวนมากในหลักหมื่น เมื่อลากเส้นตรงต่อจุดเชื่อมโยงเป็นรูปใบหน้าและศีรษะใน 3 มิติ รูปทรงที่ได้เสมือนเกิดจากรูปสามเหลี่ยม รูปหลายเหลี่ยมมาเรียงต่อๆกันเป็นแบบเส้นโครง รูปใบหน้าและศีรษะมนุษย์อาจมีจำนวนรูปหลายเหลี่ยมเป็นหลักพัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความละเอียดของการสร้างแบบจำลอง ในปัจจุบันการสร้างแบบจำลอง 3 มิติอาจทำได้จากการใช้เครื่อง วาด 3 มิติ เพื่อวาดรูปทรงจริง 3 มิติ เช่น ใบหน้ามนุษย์ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลรูปหลายเหลี่ยมที่ได้ยังคงไม่สมบูรณ์ จึงต้องใช้ผู้วาดภาพด้วยคอมพิวเตอร์มาปรับแต่งข้อมูลที่อาจไม่ถูกต้อง ซึ่งคงต้องใช้เวลามาก (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน,2555)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

2.2 การสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้

เป็นการรังวัดด้วยภาพที่ระยะระหว่างกล้องถ่ายรูปอยู่ไม่ห่างจากวัตถุที่จะรังวัดไม่มากนัก โดยทั่วไปจะจำกัดในระยะ 1 ถึง 100 เมตร นับแต่อดีตการใช้เทคโนโลยีการสำรวจด้วยภาพ ไม่เป็นที่แพร่หลายเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานค่อนข้างสูง แล้วต้องการความชำนาญในการทำงานเป็นสำคัญ ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และการประมวลภาพมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะกล้องถ่ายภาพดิจิตอล

2.3 แบบจำลองสามมิติ

Agisoft Metashape เป็นโปรแกรมสแกนเนอร์ 3 มิติ ด้วยเทคโนโลยีขั้นสูงจาก Agisoft ทำให้โปรแกรมสามารถคำนวณสร้างโมเดล 3 มิติจากภาพถ่ายได้อย่างรวดเร็วและให้ความแม่นยำสูง (ระยะ 3 ซม. สำหรับภาพถ่ายทางอากาศ และ 1มม. สำหรับการถ่ายภาพระยะใกล้) โปรแกรม Agisoft Metashape สามารถประมวลผลสร้างแบบจำลองสามมิติ จากภาพถ่ายทางอากาศ แบบอัตโนมัติและมีการทำงานแบบเป็นลำดับขั้น ให้ความแม่นยำสูง พร้อมรายละเอียด และสีที่แม่นยำ

2.4 การประเมินความถูกต้อง

ความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลสำรวจระยะไกลสามารถอธิบายด้วยค่าที่คลาดเคลื่อนไปจากค่าที่แท้จริง การที่ลักษณะทางตำแหน่งของข้อมูลสำรวจระยะไกลคลาดเคลื่อนไปจากค่าจริงถือว่าเป็นความผิดพลาดทางเรขาคณิต ของข้อมูล ซึ่งอาจมีผลมาจากการได้มาซึ่งข้อมูลทั้งจากระบบสำรวจและระบบการประมวลผลภาพ การประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลเป็นการสร้างความเชื่อมั่นในการนำข้อมูลไปใช้ การชี้วัดความถูกต้องอธิบายด้วย ค่าความคลาดเคลื่อนที่หาจากวิธีการทางสถิติ(สังเกตว่า ควรใช้คำว่า “ค่าความคลาดเคลื่อน ในการแสดงความถูกต้องของข้อมูลการวัดที่มีความผิดพลาดทางเรขาคณิต” เพราะถ้าใช้คำว่า “ค่าความผิดพลาด เพื่อแสดงความถูกต้องของข้อมูลวัด...”ก็จะเป็นสำนวนที่อาจดูมีความขัดแย้งกันนของคำในทางความหมาย)

ตัวชี้วัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลสำรวจระยะไกล ได้แก่

- ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error; MSE)
- รากที่สองค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error; RMSE)
- ความคลาดเคลื่อนแนววงรอบ (Circular Error; CE)

2.5 การเทียบมาตรฐานสมาคมโฟโตแกรมเมตรีและการรับรู้ระยะไกลของสหรัฐอเมริกา

ข้อมูลภาพหรือข้อมูลแผนที่ที่ได้จากการสำรวจระยะไกลเมื่อผ่านการปรับแก้ความผิดพลาดทางเรขาคณิตและกำหนดพิกัดทางแผนที่ให้กับภาพแล้วสามารถสร้างความมั่นใจให้กับผู้ที่จะนำไปใช้งานได้ด้วยการเทียบความถูกต้องกับมาตรฐานของสมาคมโฟโตแกรมเมตรีและการรับรู้ระยะไกลของสหรัฐอเมริกา (American Society of Photogrammetry and Remote Sensing Accuracy Standard : ASPRS) เป็นมาตรฐานที่กำหนดเพื่อใช้กับการประเมินแผนที่ รายงานความถูกต้อง ของข้อมูลเป็นค่าความถูกต้องภาคพื้นดิน (Ground Scale Accuracy) โดยใช้ค่า RMSE เป็นค่าแสดง ขีดจำกัดสูงสุดที่ยอมให้เกิดได้เมื่อนำข้อมูลเชิงพื้นที่นั้นไปทำเป็นแผนที่ที่ขนาดมาตราส่วนหนึ่ง ๆ กล่าวคือ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบได้ว่าข้อมูลที่ประเมินนั้นสอดคล้องกับแผนที่ที่ระดับมาตราส่วนใด เป็นมาตรฐานที่พัฒนามาจากมาตรฐาน NMAS (The National Map

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

Accuracy Standard) อันเป็น มาตรฐานที่ใช้กับแผนที่พิมพ์มาแต่เดิม เป็นประโยชน์ต่อการสร้างความมั่นใจในการนำข้อมูลเชิงพื้นที่ไป จัดทำเป็นแผนที่หรือนำเสนอเป็นภาพพิมพ์ที่ผู้ใช้สามารถประเมินความถูกต้องของค่าที่อ่านจากข้อมูลนี้ ได้โดยไม่ต้องใช้การอ้างอิงกับตารางมาตรฐานใด

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.) A hybrid photogrammetry approach for archaeological site: Block alignment issues in a case study (the Roman camp of A Cidadela) (Marcos Araz-Garcia et al., 2019) งานวิจัยนี้เป็นการ การสำรวจด้วยภาพถ่ายคือวิธีที่คุ้มค่าและเป็นเทคนิคที่มีความเป็นอเนกประสงค์ใช้สำหรับสร้างภาพสามมิติของที่ตั้งของโบราณสถาน ด้วยการจัดข้อมูลของภาพที่ไม่เหมือนกันในการใช้กล้องถ่ายภาพ ที่ตั้ง ตำแหน่ง หรือ เวลาที่เก็บภาพ โดยการใช้ SfM โดยการใช วิธีการนี้นั้นเป็นการใช้วิธีการแบบประยุกต์เทคนิคสองแบบเข้าด้วยกัน การถ่ายภาพรอบนอกนั้นเก็บด้วยอากาศยานไร้คนขับ และ พื้นที่ที่อยู่ด้านในนั้นใช้การภาพถ่ายระยะใกล้ เพื่อให้ได้รายละเอียดที่มากกว่าจะอากาศยานไร้คนขับ ข้อมูลภาพหรือข้อมูล

ภาพที่ 2.1 การเก็บข้อมูลภาพถ่ายระยะใกล้

ที่มา: Marcos Araz-Garcia et al.,2019 สืบค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2564 , จาก www.sciencedirect.com/science

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

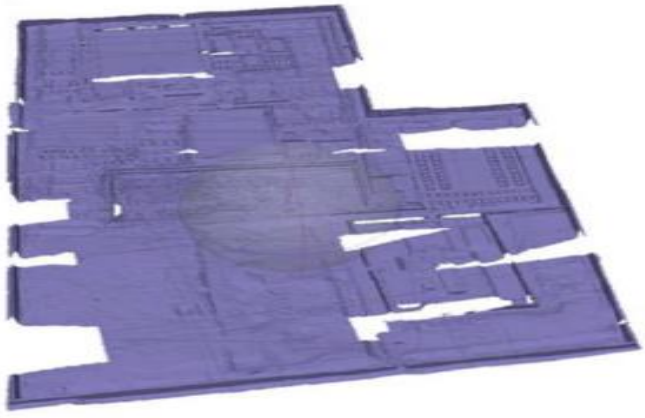
ภาพที่ 2.2 รายละเอียดของแบบจำลองกับภาพถ่าย

ที่มา: Marcos Araz-Garcia et al.,2019 สืบค้นเมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2564 , จาก www.sciencedirect.com/science

2.) Mapping Chimu's settlements for conservation purposes using UAV and close-range photogrammetry. The virtual reconstruction of Palacio Tschudi, Chan Chan, Peru (Roberto Pierdicca el al., 2019)

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างแผนที่ของพระราชวังทัชชุดิทำแผนที่ได้สำเร็จด้วยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับและภาพถ่ายภาคพื้นดินโดยใช้เทคนิคการสำรวจรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ โดยได้ใช้เครื่องมือที่ราคาไม่แพงแต่มีข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น สภาพของลม ทัศนวิสัยของอากาศยานไร้คนขับ โดยส่วนใหญ่ในแผนที่จะสำเร็จด้วยภาพถ่ายทางอากาศ การสำรวจรังวัดภาคพื้นดินที่ the Plataforma de

ภาพที่ 2.3 ภาพของพระราชวัง Tschudi
ที่มา: Roberto Pierdicca et al, 2019 สืบค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2564 จาก www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212054817300413?casa_



ภาพที่ 2.4 แบบจำลองของพระราชวัง Tschudi
ที่มา: Roberto Pierdicca et al, 2019 สืบค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2564 จาก www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212054817300413?casa_

ลิขสิ
Copyrigh
rsity
A

3.) การสร้างแบบจำลองภายในอาคารโบราณสถาน เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวแบบเสมือน ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้. จิรวิชญ์ มีไทย. (2562).

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างภาพเสมือนจริงจากภาพสามมิติด้วยภาพถ่านระยะใกล้ เพื่อให้ผู้สูงอายุรับชม ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้กล้อง DSLR (Digital single-lens reflex) และใช้เทคนิคภาพถ่ายระยะใกล้สำหรับภาพในอาคารโบราณสถาน เพื่อนำไปสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan จากนั้นนำไปแบบจำลงมาสร้างภาพเสมือนจริงผ่านเว็ปไซต์ และรับชมด้วย VR Glasses เป็นแว่นตาสำหรับการรับชมภาพเสมือนจริงกับสมาร์มโฟน

ภาพที่ 2.5 ภาพภายในอาคารของโบราณ
ที่มา: Jirawit Meethai, 2018 สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2564 จาก ww2.agi.nu.ac.th/nred/Document/is-PDF/2563/geo_2563_014_FullPaper.pdf

ภาพที่ 2.6 หูฟังชุด Oculus Riff
ที่มา: Jirawit Meethai, 2018 สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2564 จาก ww2.agi.nu.ac.th/nred/Document/is-PDF/2563/geo_2563_014_FullPaper.pdf

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University

4.) การสร้างแบบจำลองพระพุทธรูปด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้. จุฬา สุทธิพิศาล. (2562).

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองสามมิติของพระพุทธรูป ด้วยเทคนิควิธีการรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติเพื่อใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์หาสัดส่วนเพื่องานอนุรักษ์ โดยการเก็บข้อมูลภาพ โดยใช้เลเซอร์สแกนและ กล้อง DSLR และนำข้อมูลภาพที่ได้มาประมวลผลในโปรแกรม Agisoft Metashape เพื่อให้ได้แบบจำลองสามมิติในรูปแบบของ point cloud และนำไปวิเคราะห์เพื่อหาสัดส่วนของพระพุทธรูป โดยใช้โปรแกรม Cloud Compare จากนั้นนำไปสร้างแบบจำลองโครงร่างสองมิติของพระพุทธรูป โดยงานวิจัยนี้มีพื้นที่ศึกษา 3 กรณี (1) พระพุทธชินราชจำลอง ณ วัดคุ้งวารี (2) พระพุทธชินราชจำลองขนาด 5 นิ้ว (3) พระพุทธรูปหลวงพ่อทองคำ ณ วัดราชบูรณะ

ภาพที่ 2.7 พระพุทธรูปจำลองขนาด 5 นิ้ว

ที่มา: Chula Sutdhiphisal, 2019 สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2564 จาก ww2.agi.nu.ac.th/nred/Document/is-PDF/2562/geo_2562_034_FullPaper.pdf

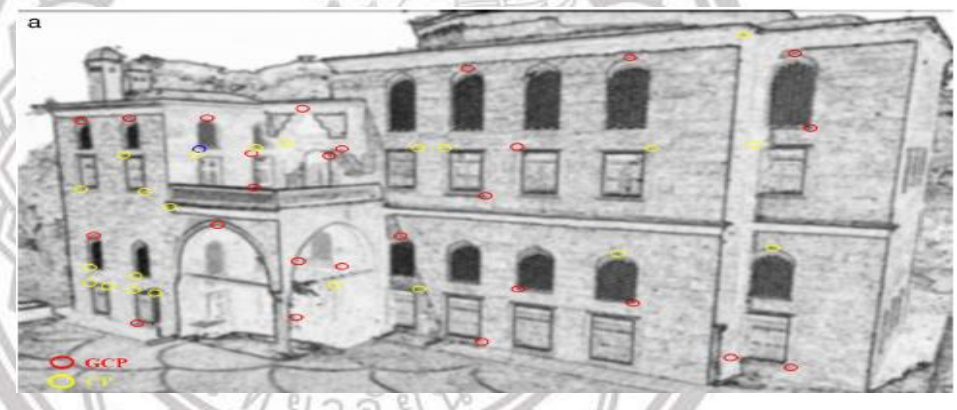
ลิขสิทธิ์
Copyright b rsity
All r

ภาพที่ 2.8 พระพุทธรูป

ที่มา: Chula Sutdhiphisal, 2019 สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2564 จาก ww2.agi.nu.ac.th/nred/Document/is-PDF/2562/geo_2562_034_FullPaper.pdf

5.) Implementation of ultra-light UAV systems for cultural heritage documentation (Tolga Bakirman el al., 2019)

งานวิจัยนี้เป็นการนำเทคโนโลยี เช่น อากาศยานไร้คนขับ และ การถ่ายภาพเลเซอร์สแกน เพื่อเก็บข้อมูลพื้นที่โบราณสถาน รวมไปถึง อากาศยานไร้คนขับขนาดน้ำหนักเบา โดยการนำอากาศยานไร้คนขับและอากาศยานไร้คนขับขนาดน้ำหนักเบามาเก็บข้อมูลและนำมาเปรียบเทียบกับการถ่ายภาพด้วยเลเซอร์สแกนจากพื้นดินได้ผลลัพธ์คือ อากาศยานไร้คนขับได้ค่าเบี่ยงเบน 0.62 เซนติเมตร ส่วนอากาศยานไร้คนขับขนาดน้ำหนักเบาได้ค่าเบี่ยงเบน 1.87 เซนติเมตร ผลที่ได้คือ อากาศยานไร้คนขับขนาดน้ำหนักเบานั้น เหมาะกับการเก็บข้อมูลโบราณสถาน



ภาพที่ 2.9 ภาพแบบจำลองด้วยอากาศยานไร้คนขับขนาดน้ำหนักเบา
ที่มา: Tolga Bakirman el al., 2019 สืบค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2564 จาก www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1296207419303747?casa_token=SIAum-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถานโดยเฉพาะวัตถุที่ผิวมันวาว เช่น เจดีย์ ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ โดยใช้ข้อมูลจากกล้องบนอากาศยานไร้คนขับ โดยใช้โปรแกรมในการประมวลผล 1 โปรแกรม และแอพลิเคชัน เพื่อทำการสร้างแบบจำลองสามมิติและตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลอง เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

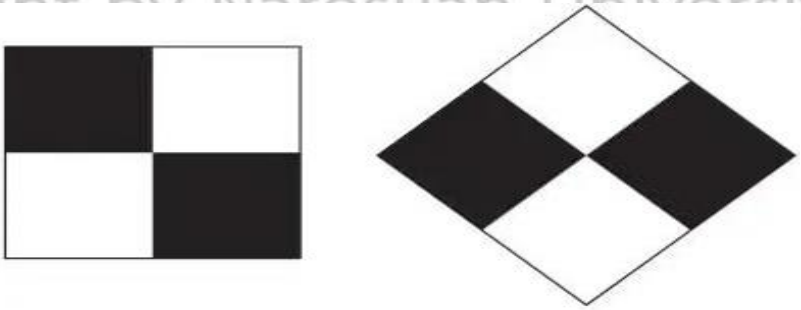
ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จำแนกเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็น 2 ประเภทได้แก่

3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในภาคสนาม

1. อากาศยานไร้คนขับ DJI Phantom 4

ภาพที่ 3.1 อากาศยานไร้คนขับ

2. จุดควบคุมภาพ Ground Control Point



ภาพที่ 3.2 จุดควบคุมภาพถ่าย

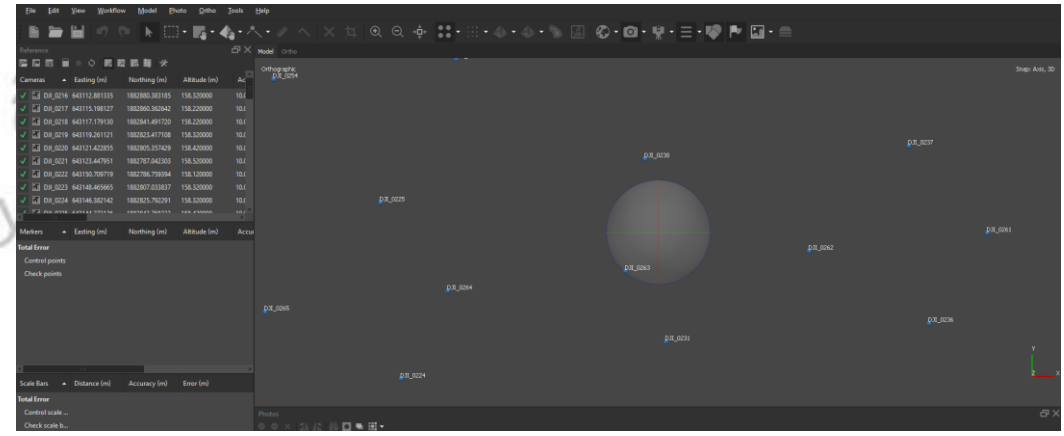
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University

3. เครื่องมือเก็บข้อมูลพิกัด GPS (Garmin eTrex)

ภาพที่ 3.3 เครื่องมือเก็บพิกัดแบบ GNSS

3.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในภาคสนาม

1. โปรแกรม Agisoft Metashape Professional ซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพถ่ายหรือการรังวัดด้วย (photogrammetry)ภาพถ่าย และสร้างข้อมูลภาพจำลองสามมิติข้อมูลเชิงพื้นที่ นำไปใช้กับงาน GIS (Geographic Information Systems) งานจัดเก็บข้อมูลมรดกทางวัฒนธรรม และการผลิตภาพถ่ายเทคนิคพิเศษ (visual effects) รวมไปถึงการวัดค่าของ วัตถุระดับต่าง ๆ ในทางอ้อม

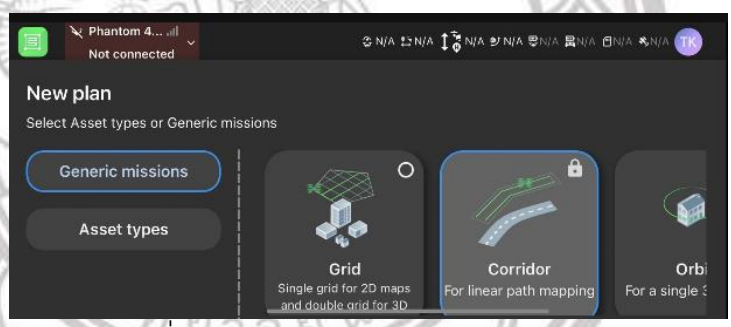


ภาพที่ 3.4 โปรแกรม Agisoft Metashape Professional

2. DJI Go 4 แอปพลิเคชันสำหรับการตั้งค่าอากาศยานไร้คนขับ

ภาพที่ 3.5 แอพพลิเคชัน DJI GO 4

3. PIX4Dcapture Pro แอปพลิเคชันสำหรับการวางแผนการบินถ่ายภาพ และตั้งค่าของกล้องอากาศยานไร้คนขับ



ภาพที่ 3.6 แอพพลิเคชัน Pix4Dcapture

3.2 การเก็บรวมรวมข้อมูล

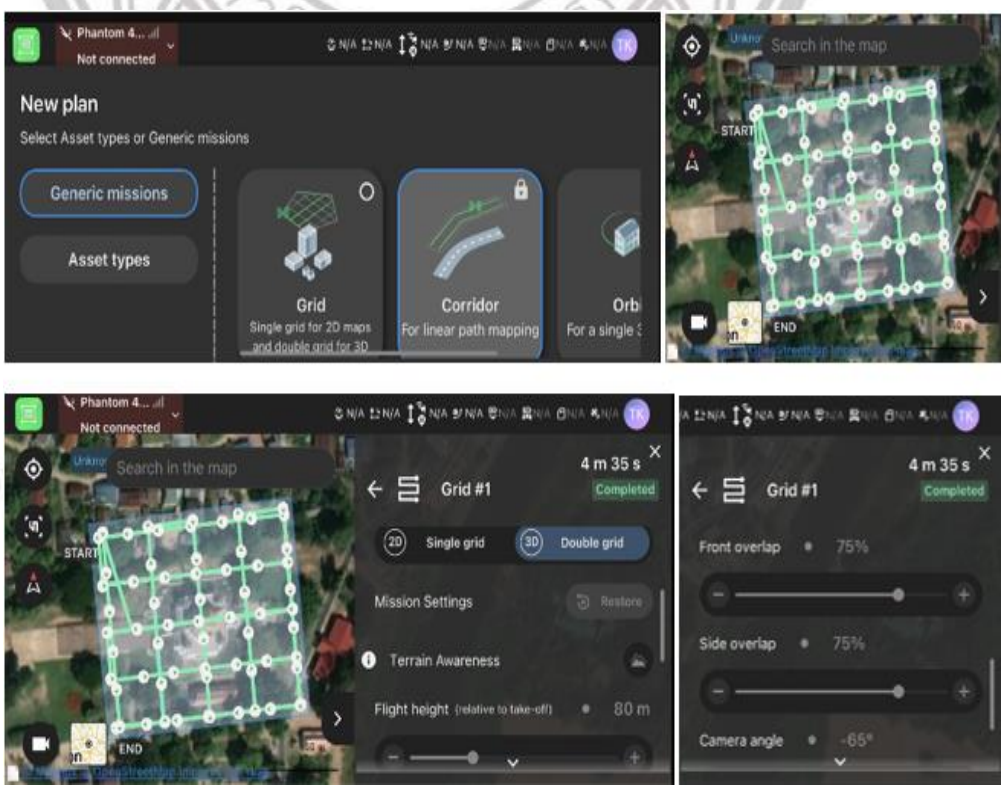
ทำการเก็บภาพพระมหาเจดีย์ วัดเสนาสน์ อำเภอ วัดโบสถ์ จังหวัด พิษณุโลก โดยตั้งเป้าหมายว่าจะทำการถ่ายภาพโดยอากาศยานไร้คนขับ โดยมีวางแผนการถ่ายภาพด้วย Pix4Dcapture แบบ double Grid และแบบ Orbit ที่ความสูงการบินเท่ากันที่ 80 เมตร แล้วนำข้อมูลภาพที่ได้มาประมวลผลในโปรแกรม Agisoft Metashape Professional เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติขึ้นมาจากนั้นทำการ จากนั้นนำข้อมูลมาตรวจสอบความแม่นยำเชิงพื้นที่ของแบบจำลองด้วยตัวชี้วัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลสำรวจระยะไกล

มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

3.3 การวางแผนการถ่ายภาพและเก็บข้อมูลภาพ

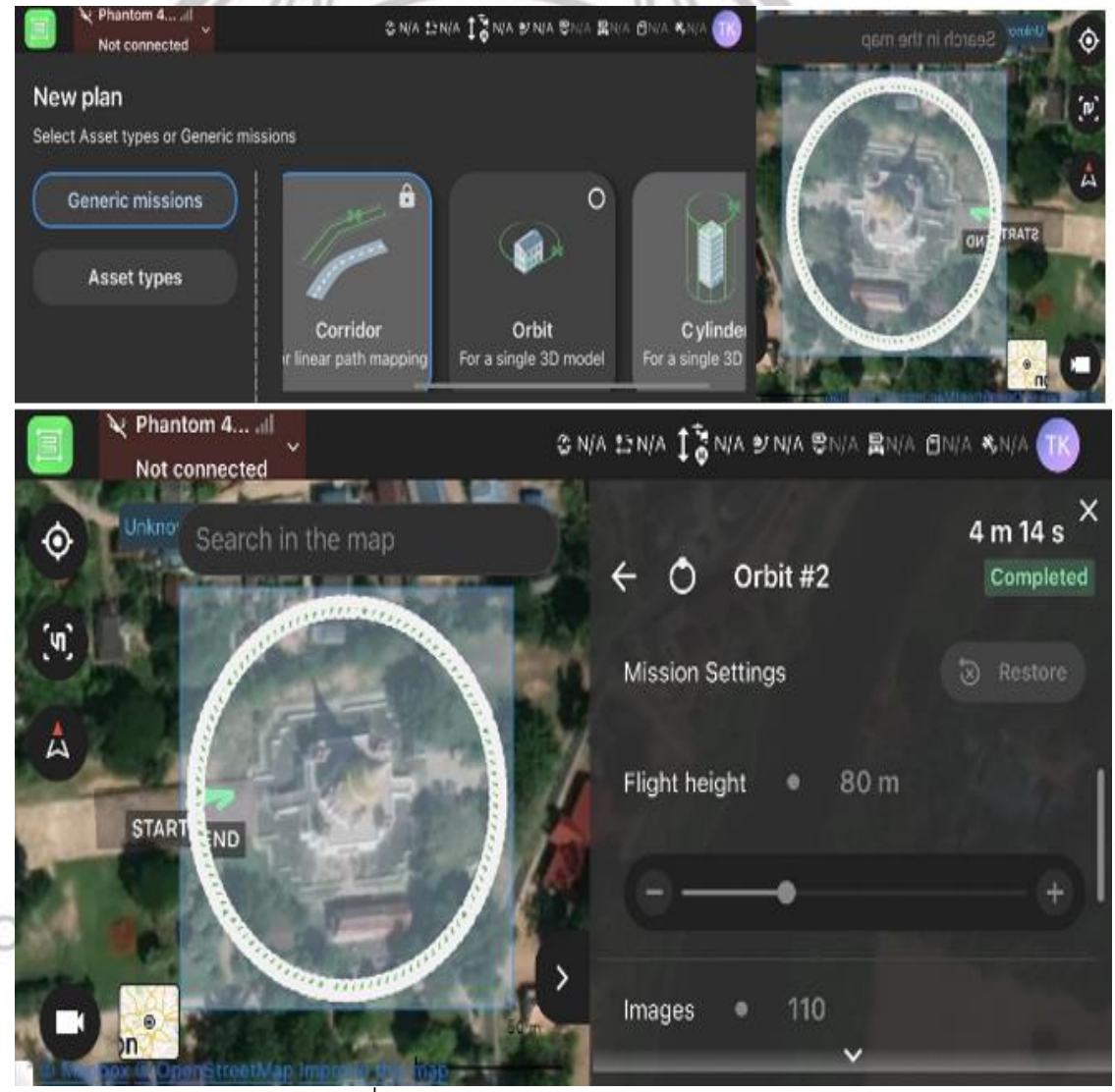
ก่อนการบินถ่ายภาพทางอากาศเพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณภาพดีและสอดคล้องวัตถุประสงค์และมีแนวทางการปฏิบัติงานด้านโฟโตแกรมเมตตรี (Photogrammetry) ที่ชัดเจน จำเป็นต้องมีการวางแผนการบิน(Flight plan) ด้วยความรอบคอบและถูกต้องเพื่อที่จะได้ทำการเก็บข้อมูลภาพพื้นที่ศึกษาวิจัยได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ โดยการเก็บข้อมูลภาพโดยใช้อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กยี่ห้อ DJI PHANTOM 4 ความละเอียดของการถ่ายภาพนิ่ง 20 ล้านพิกเซล ข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากการบินสำรวจจะมีนามสกุลไฟล์ .JPGF โดยทำการวางแผนการบินสำรวจที่ความสูง 80 เมตร ทั้งสองแผนการบิน คือ Double Grid และ Orbit ดังนี้

1. โดยที่การบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) ซึ่งจะเป็นการบินถ่ายภาพเป็นเส้นตรงไปกลับสลับกันไปมา 2 แนวตัดขวางกันเพื่อให้ได้ส่วนซ้อนทับกันของภาพ โดยในแต่ละรูปภาพจะต้องมีส่วนที่ทับซ้อนกัน เพื่อที่จะสามารถนำมาสร้างแบบจำลองแบบสามมิติ โดยให้มีส่วนซ้อนทับกันของภาพ (Overlap) ร้อยละ 75 และส่วนเกยของภาพ (Sildelap) ร้อยละ 75 และทำการตั้งค่ามุมกล้องเอียงที่ 60 องศา ในการบินสำรวจได้ทำการวางจุดควบคุมภาพบนภาคพื้นดินจำนวน 6 จุด ได้ข้อมูลภาพ 65 ภาพ ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 แผนการบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid)

2. โดยที่การบินแบบวงโคจร (Orbit) ซึ่งจะเป็นรูปแบบการบินวนรอบวัตถุหรือสิ่งก่อสร้างอย่างใดอย่างหนึ่งที่สนใจเป็นวงกลมรอบวัตถุนั้น เพื่อที่จะให้ได้รูปภาพรอบสิ่งก่อสร้างที่สนใจซึ่งเหมาะกับงานที่ต้องการสร้างชั้นข้อมูลแบบกลุ่มของจุด 3 มิติ (Point Cloud) หรือ Mesh โดยจะมีการทับซ้อนกันของภาพตามแผนการบินแบบวงกลมรอบวัตถุ เพื่อที่จะสามารถนำมาสร้างแบบจำลองแบบสามมิติโดยให้มีส่วนซ้อนทับกันของภาพ และทำการตั้งค่ามุมกล้องเอียงที่ 60 องศา ในการบินสำรวจได้ทำการวางจุดควบคุมภาพบนภาคพื้นดินจำนวน 6 จุด ได้ข้อมูลภาพ 110 ภาพ ดังภาพที่ 3.8



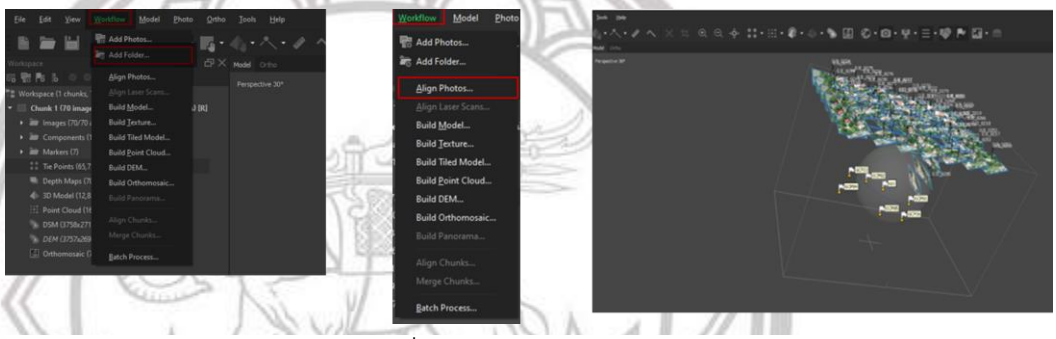
ภาพที่ 3.8 การแผนการบินแบบวงโคจร Orbit

3.4 การประมวลผลข้อมูลภาพด้วยโปรแกรม Agisoft Metashape Professional

ในการประมวลผลข้อมูลมีวิธีการดังต่อไปนี้

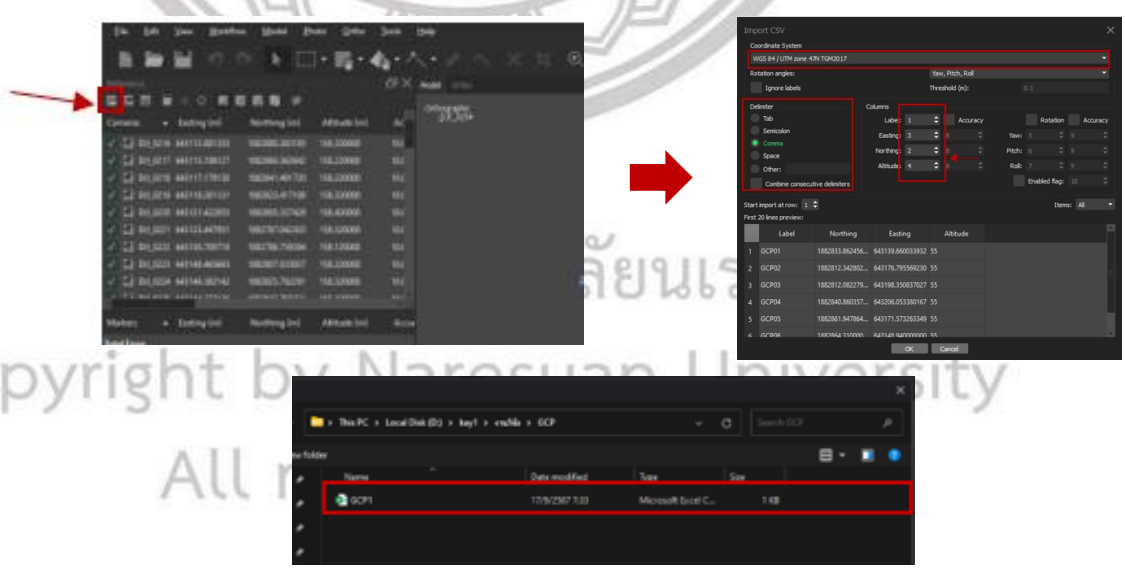
3.4.1 การประมวลผลภาพในโปรแกรม Agisoft Metashape Professional

1. เปิดโปรแกรม Agisoft Metashape Professional > คลิกขวาที่ workflow > add chunk > คลิกขวาที่ chunk1 > add photo เพื่อนำเข้าภาพข้อมูลภาพ และตั้งค่าพิกัดภาพเป็นแบบ WGS 84 / UTM Zone 47 N (EPGS::32647)



ภาพที่ 3.9 การนำเข้าข้อมูลภาพ

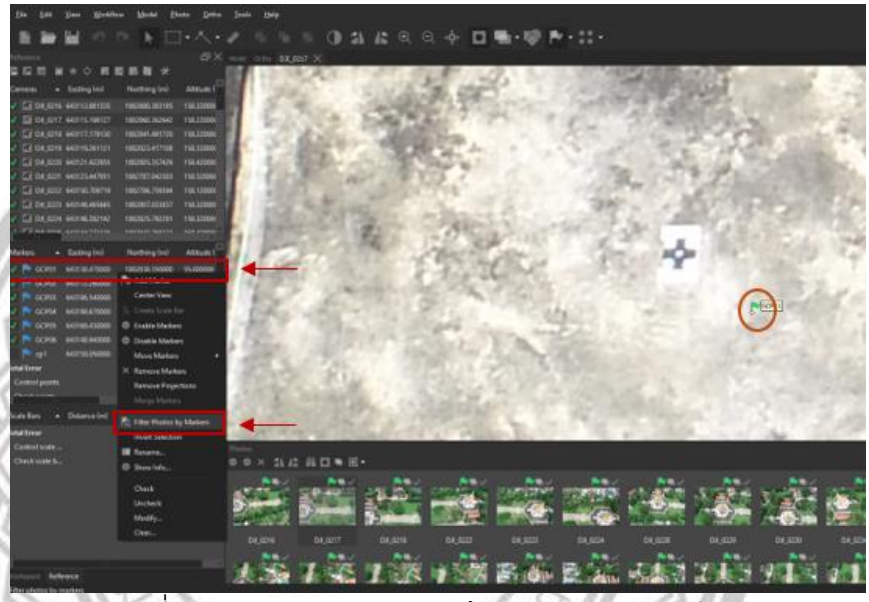
3. การนำเข้าค่าพิกัดจุดควบคุมภาพาถ่ายภาคพื้นดิน (Ground Control Point : GCP)และการปรับแก้ค่าพิกัด GCP จุดควบคุมภาพถ่าย (Ground Control Point)



ภาพที่ 3.10 การนำเข้าข้อมูลจุดควบคุมภาพถ่าย

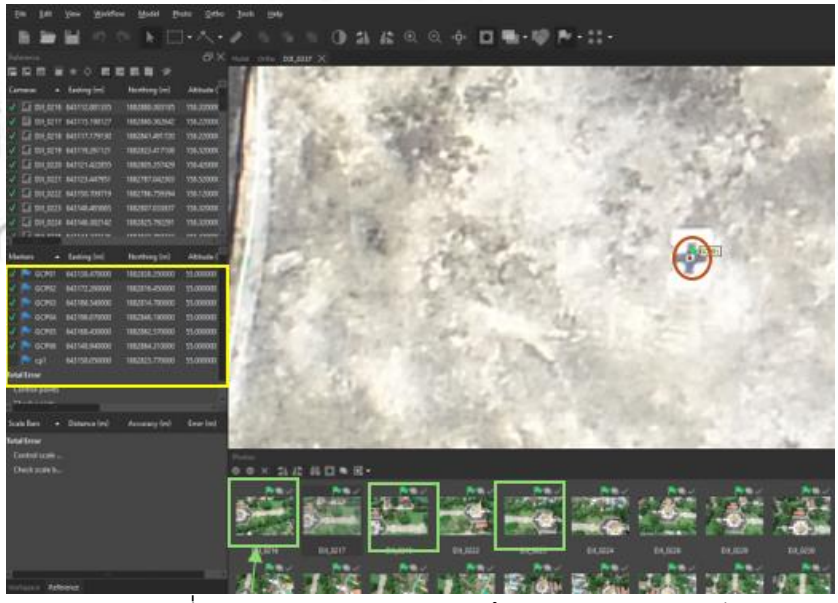
Copyright by Naresuan University
All r

3. การนำเข้าค่าพิกัดจุดควบคุมภาพาถ่ายภาคพื้นดินและการปรับแก้ค่าพิกัด GCP การตรึงค่าพิกัดตามจุด GCP ที่ได้ทำการเก็บค่าพิกัดจากพื้นที่จริง ต้องทำการปรับแก้ทุกจุดและทุกรูปภาพ ทำการตึงค่าจุดควบคุมด้วยการ คลิกขวาที่จุด GCP > เลือก Filter by Maker



ภาพที่ 3.11 จุด GCP ก่อนการตรึงค่าพิกัดในวงกลมสีแดง

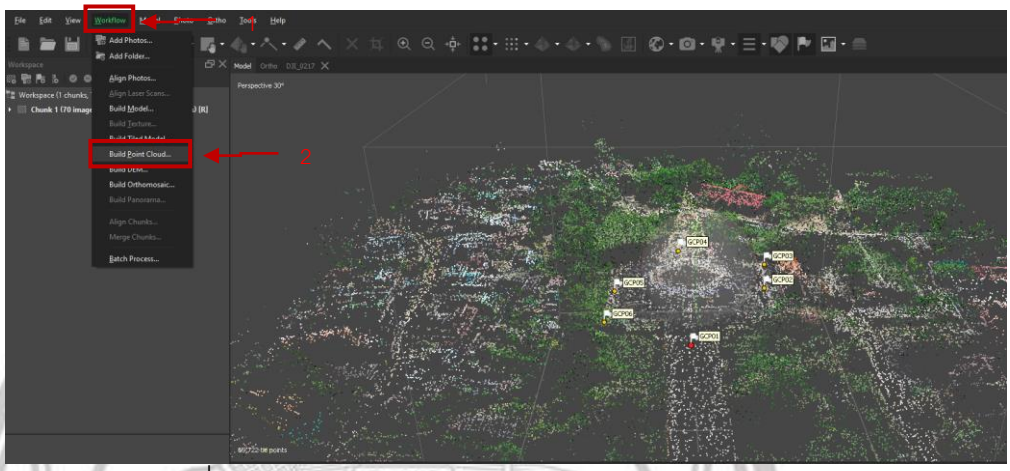
ทำการลากจุด GCP เข้าไปในจุดควบคุมในรูปภาพจุดจุดควบคุมภาพให้ครบทุกภาพตามกรอบสีเขียว และทำให้ครบทุกจุดควบคุมภาพถ่ายตามกรอบสีเหลือง



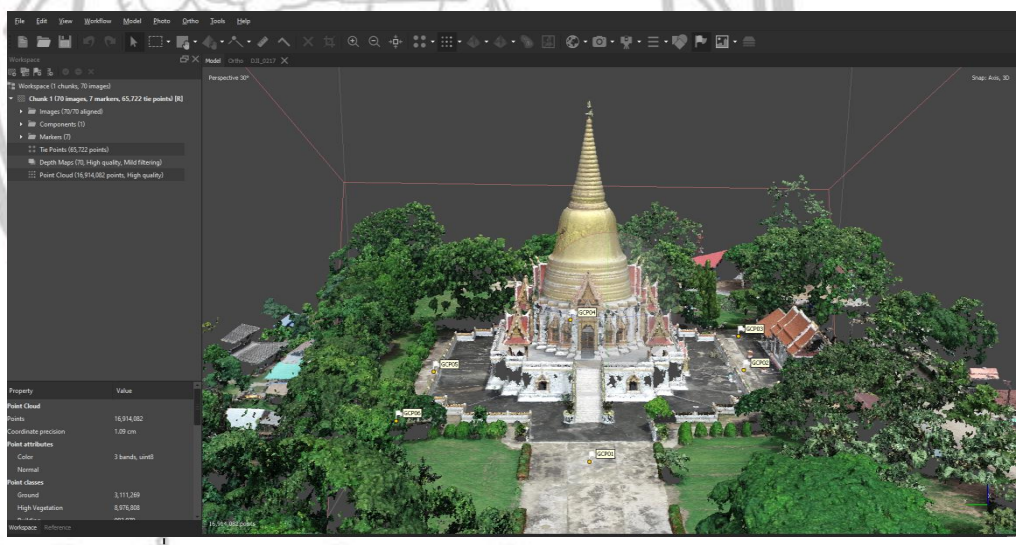
ภาพที่ 3.12 จุด GCP หลังการตรึงค่าพิกัดในวงกลมสีแดง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright © by Naresuan University

4. ขั้นตอนการสร้างกลุ่มของจุดภาพ3 มิติ (Point Cloud) คลิกที่ workflow > Build point cloud > เลือก quality เป็น High > คลิก OK



ภาพที่ 3.13 การสร้างกลุ่มของจุด 3 มิติ (Point Cloud)

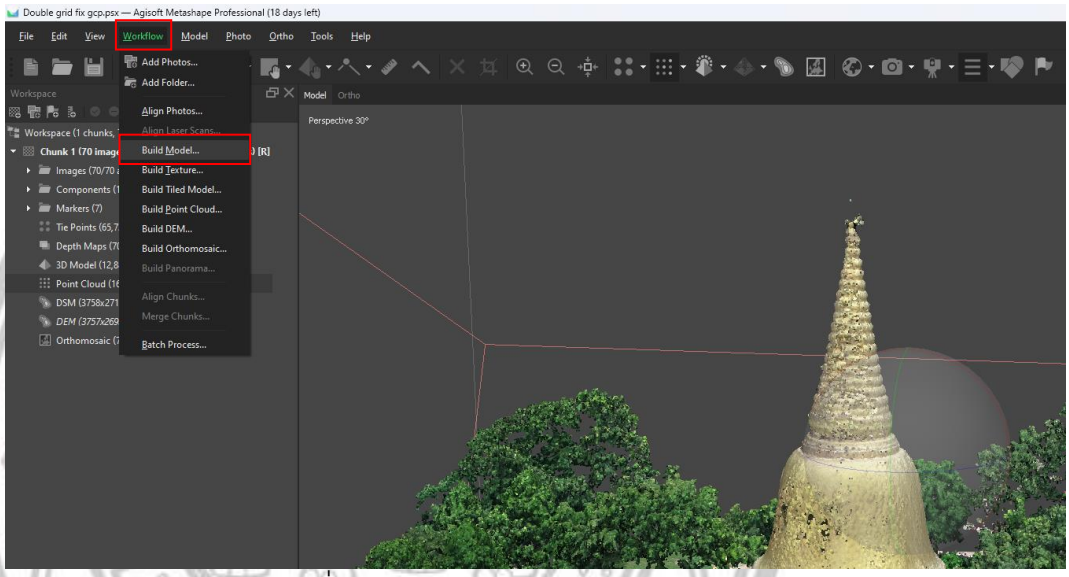


ภาพที่ 3.14 ผลลัพธ์การสร้างกลุ่มของจุด 3 มิติ (Point Cloud)

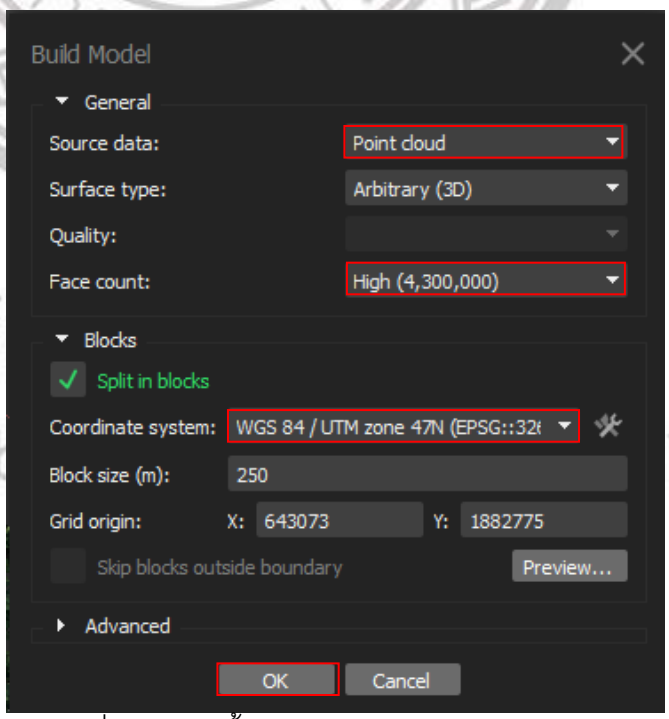
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

5. การประมวลผลแบบจำลอง 3 มิติ โดยทำการสร้างข้อมูลรูปแบบสามมิติจากข้อมูลของกลุ่มของจุดภาพ3 มิติ (Point Cloud)

คลิกที่ workflow > Build Model > เลือก Source data เป็น point cloud > Face count เป็น High > เลือก Coordinate system เป็น WGS 84 / UTM zone 47N > คลิก OK



ภาพที่ 3.15 การสร้างแบบจำลอง



ภาพที่ 3.16 การตั้งค่าการสร้างแบบจำลอง

ลิขสิทธิ์
Copyright
All

3.5 การประเมินความถูกต้องและความครบถ้วนของแบบจำลอง

3.5.1 การประเมินความถูกต้องของแบบจำลองสามมิติในแนวราบและแนวดิ่งโดยการวัดขนาดจากพื้นที่จริงขนาดจากแบบจำลองสามมิติ ถือว่าเป็นความผิดพลาดทางเรขาคณิตของข้อมูล ซึ่งอาจมีผลมาจากการได้มาซึ่งข้อมูลทั้งจากระบบสำรวจและระบบการประมวลผลภาพ การประเมินความถูกต้องทางตำแหน่งของข้อมูลเป็นการสร้างความเชื่อมั่นในการนำข้อมูลไปใช้ มาตราฐานความถูกต้องเชิงตำแหน่งสามารถอธิบายด้วยค่าคลาดเคลื่อนที่หาจากวิธีการทางสถิติ โดยวัดจาก ความกว้างของฐาน ความยาวของช่องทางเดิน และความสูงของสิ่งปลูกสร้าง เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของแบบจำลองสามมิติกับพื้นที่จริง ซึ่งจะหาได้จากสูตรดังนี้

ค่าคลาดเคลื่อนรากกำลังสองเฉลี่ยผิดพลาด (Root Mean Square Error : RMSE)

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{0i}-X_{GNSSi})^2}{n}}$$

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_{0i}-Y_{GNSSi})^2}{n}}$$

$$RMSE_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{0i}-X_{GNSSi})^2+\sum_{i=1}^{n}(Y_{0i}-Y_{GNSSi})^2}{n}}$$

ค่าคลาดเคลื่อนรากกำลังสองเฉลี่ยทางดิ่ง

$$RMSE_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Z_{0i}-Z_{GNSSi})^2}{n}}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

โดยที่

Xoi , Yoi และ Zoi คือ ค่าพิกัดของค่าที่วัดได้จากภาพถ่าย

XGNSS , YGNSS และ ZGNSS คือ ค่าพิกัดที่รังสัดจากระบบตำแหน่งบนโลกด้วยดาวเทียม (GNSS)

หมายเหตุ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 ยิ่งเข้าใกล้ 1 แปลว่าโมเดลของเรามีผลที่สามารถใช้งานได้

3.5.2 การคำนวณความละเอียดถูกต้อง (Accuracy) เชิงตำแหน่งที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

- ความละเอียดถูกต้องทางราบ

$$Accuracy_r = 1.7308 \times RMSE_r$$

- ความละเอียดถูกต้องทางดิ่ง

$$Accuracy_z = 1.9600 \times RMSE_z$$

ค่าความละเอียดถูกต้องทางราบอ้างอิงตามมาตรฐานสมาคมโฟโตแกรมเมตรีและการรับรู้ระยะไกลของสหรัฐอเมริกา (American Society of Photogrammetry and Remote Sensing Accuracy Standard : ASPRS) ที่มีความสัมพันธ์กับมาตราส่วนของแผนที่ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความละเอียดถูกต้องของค่า $RMSE_r$ ที่สัมพันธ์กับมาตราส่วนของแผนที่

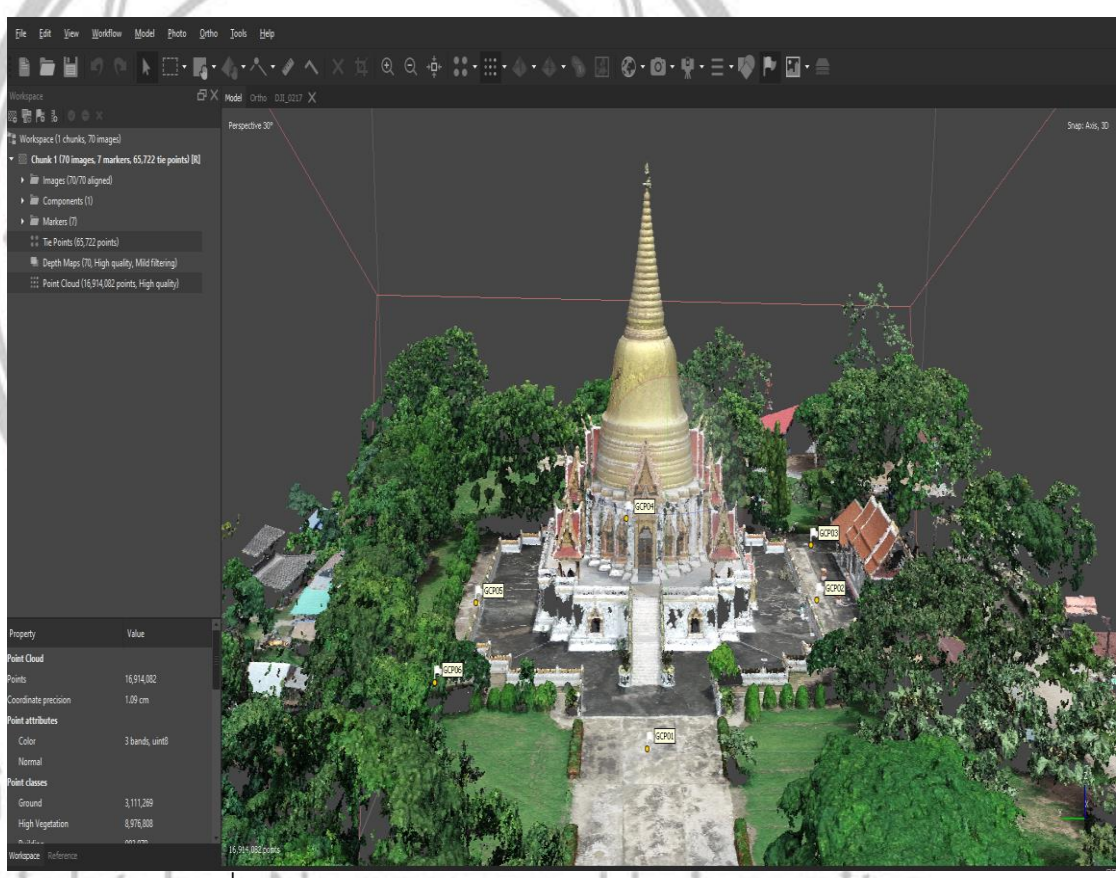
Map Scale	Horizontal Data Accuracy Class I (m)
1: 25	0.009
1: 50	0.018
1: 100	0.035
1: 200	0.071
1: 300	0.106
1: 400	0.141
1: 500	0.177
1: 600	0.212
1:700	0.247

ที่มา : (ASPRS,1990)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

3.5.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ของความครบถ้วนของแบบจำลองของแผนการบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) และ แบบวงโคจร (Orbit) ที่ความสูงการบิน 80 เมตรทั้งสองแผนการบิน

ทำการเปรียบเทียบความครบถ้วนของแบบจำลองสามมิติด้วยการประเมินด้วยสายตาของทั้งสองแผนการบิน ดังแสดงในภาพที่ 3.17 เพื่อทำการประเมินความครบถ้วนสมบูรณ์ของแบบจำลอง เพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบความแม่นยำเชิงพื้นที่ของแบบจำลอง โดยจะประเมินความครบถ้วนของแบบจำลองสามมิติทั้งทางราบและทางดิ่ง



ภาพที่ 3.17 ความครบถ้วนของแบบจำลองสามมิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 เพื่อให้งานวิจัยนี้เป็นไปตามจุดประสงค์ในบทนี้จึงเป็นการนำผลของการเก็บรวบรวมข้อมูล ประมวลผลข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และการเปรียบเทียบข้อมูลดังต่อไปนี้

4.1 การเก็บข้อมูลภาพด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ

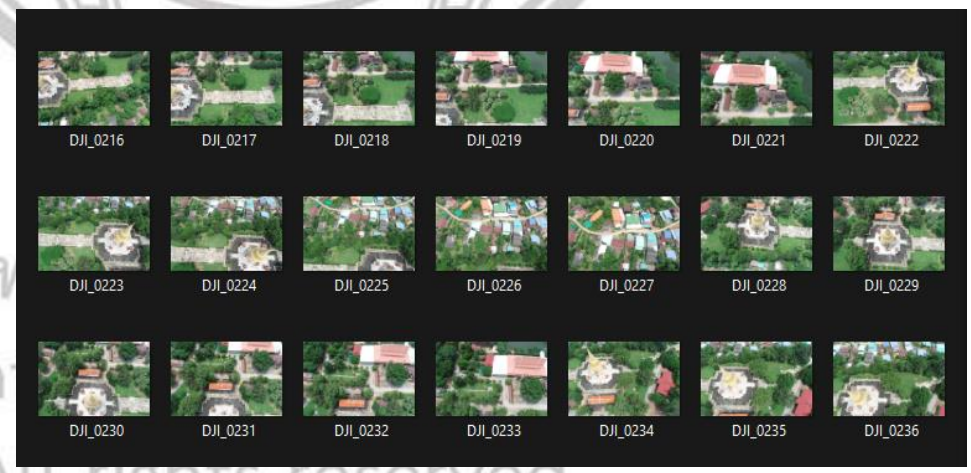
โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

4.1.1 การเก็บข้อมูลภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ

โดยมีการเก็บข้อมูลภาพของแบบแผนการบินดังนี้ 1.) ตารางกริดคู่ (Double Grid) 2.) แบบวงโคจร(Orbit) ด้วยระดับความสูง80 เมตร ทั้งสองรูปแบบการบินโดยอากาศยานไร้คนขับ DJI Phantom4

4.1.2 การประมวลผลภาพโดยใช้โปรแกรม Agisoft Metashape Professional

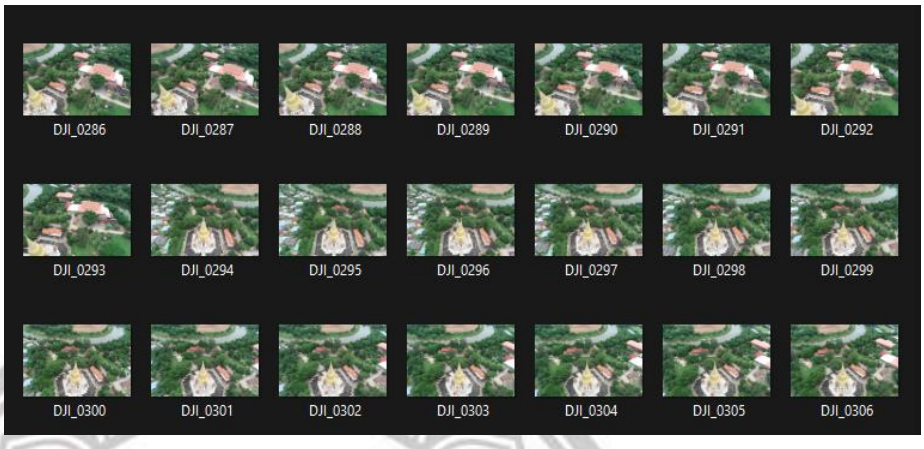
1. ชุดข้อมูลภาพแผนการบินแบบตารางกริดคู่ ที่ระดับความสูง 80 เมตร จำนวนภาพ 65 ภาพ



ภาพที่ 4.1 ชุดข้อมูลภาพรูปแบบการบิน Double Grid

2. ชุดข้อมูลภาพแผนการบินแบบวงโคจร ที่ระดับความสูง 80 เมตร จำนวนภาพ 110 ภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4.2 ชุดข้อมูลภาพรูปแบบการบิน Orbit

4.2 ผลลัพธ์การประมวลผลภาพถ่ายด้วยโปรแกรม Agisoft Metashape Professional

จากการสำรวจด้วยภาพถ่ายโดยอากาศยานไร้คนขับของพื้นที่ศึกษาวิจัย สามารถแสดงผลลัพธ์ของการประมวลผลดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการคำนวนรังวัดด้วยภาพถ่ายโดยอากาศยานไร้คนขับ

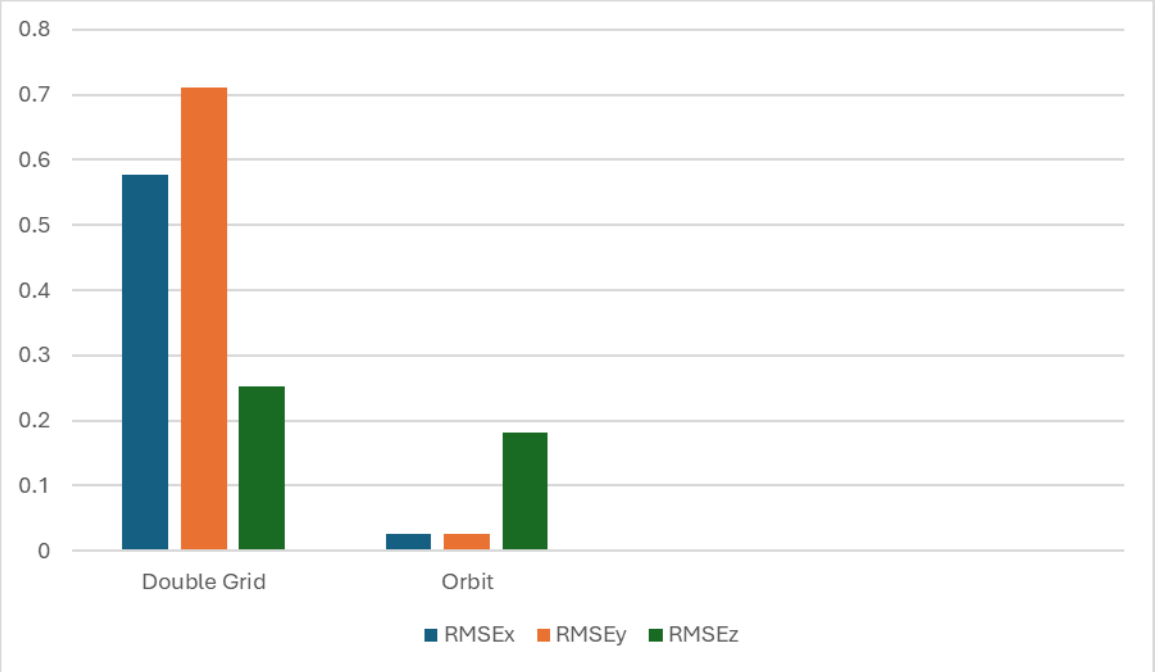
แผนการบิน	Tie Point (จุด)	Point Cloud (จุด)	3D Model
ตารางกริดคู่ (Double Grid)	65,722	16,472,828	12,887,718
วงโคจร (Orbit)	33,126	11,524,257	9,150,138

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

จากข้อมูลในตาราง ที่รูปแบบการบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) มีรูปภาพที่นำไปประมวลผลจำนวน 65 รูป ซึ่งจากการประมวลผลด้วยโปรแกรม Agisoft Metashape Professional ได้จำนวนจุด Tie Point จำนวน 65,722 จุด มีจำนวนกลุ่มของจุดภาพ 3 มิติ (Point Cloud) จำนวน 16,472,828 จุด และได้นำมาปประมวลผลแบบจำลองสามมิติ (3D Model) ได้จำนวน 12,887,718 faces รูปแบบการบินแบบ Orbit มีรูปภาพที่นำไปประมวลผลจำนวน 110 รูป ซึ่งจากการประมวลผลด้วยโปรแกรม ได้จำนวนจุด Tie Point จำนวน 33,126 จุด มีจำนวนจุด Point Cloud จำนวน 11,524,257 จุด และได้นำมาปประมวลผล 3D Model ได้จำนวน 9,150,138 faces

4.3 ผลลัพธ์การประเมินความถูกต้องทางราบและทางดิ่งของแบบจำลองสามมิติที่ระดับความสูง 80 เมตร แผนการบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) และ แบบวงโคจร (Orbit)

จากการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศโดยใช้ GCP ทั้งสองรูปแบบการบิน ประกอบด้วย รูปแบบการบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) และ แบบวงโคจร (Orbit) ซึ่งแต่ละรูปแบบทำการประมวลผลด้วยโปรแกรม ทำให้ได้ผลลัพธ์ 2 ลักษณะ คือ 1. ภาพถ่ายออร์โธสีที่มีความละเอียดของภาพถ่ายทางอากาศรูปแบบการบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) และ รูปแบบการบินแบบวงโคจร(Orbit)ดังนี้ 0.021 x 0.021 เมตร และ 0.027 x 0.027 เมตร 2. แบบจำลองพื้นที่เชิงตัวเลขของรูปแบบการบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) และ รูปแบบการบินแบบวงโคจร(Orbit) ที่มีความละเอียดขนาด 0.043 x 0.043 เมตร และ 0.054 x 0.054 เมตร เมื่อทำการตรวจสอบความสูงต้องของจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) ของแต่ละแผนการบินดังนี้ Double Grid และ Orbit พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนของจุดควบคุมภาคพื้นดิน โดยมีค่ารากกำลังสองเฉลี่ยผิดพลาด (RMSE x) คือ 0.5769 เมตร และ 0.0267 เมตร และ RMSE y คือ 0.7109 เมตร และ 0.0263 เมตร ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อน REMS r คือ 0.4632 เมตร และ 0.0941 เมตร ส่วนค่าความคลาดเคลื่อน RMSE z คือ 0.253 เมตร และ 0.1822 เมตร



ภาพที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบความคาดเคลื่อนทั้งสองแผนการบิน

4.4 ผลลัพธ์การประเมินความถูกต้องเชิงพื้นที่ของแบบจำลองตามรูปแบบการบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) และ แบบวงโคจร (Orbit)

จากการประเมินความถูกต้องทางตำแหน่งด้วยวิธีการทางสถิติแต่ละรูปแบบการบินซึ่งประกอบด้วย ตารางกริดคู่ (Double Grid) และ แบบวงโคจร (Orbit) พบว่า

1. แผนการบินรูปแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) มีค่าความคคลาดเคลื่อน $RMSE_r$ เท่ากับ 0.4632 เมตร และมีค่า $RMSE_z$ เท่ากับ 0.253 เมตร และเมื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของภาพถ่ายทางอากาศ พบว่ามีค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งในทางราบเท่ากับ 0.08 เมตร และทางดิ่งเท่ากับ 0.4958 เมตรดังตารางที่ 3
2. แผนการบินรูปแบบวงโคจร (Orbit) มีค่าความคคลาดเคลื่อน $RMSE_r$ เท่ากับ 0.0094 เมตร และมีค่า $RMSE_z$ เท่ากับ 0.1822 เมตร และเมื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของภาพถ่ายทางอากาศ พบว่ามีค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งในทางราบเท่ากับ 0.016 เมตร และทางดิ่งเท่ากับ 0.3572 เมตร ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความถูกต้องเชิงพื้นที่ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

รูปแบบการบิน	Accuracy $_r$ Horizontal at 95% Confidence Level	Accuracy $_z$ Vertical at 95% Confidence Level
ตารางกริดคู่ Double Grid	0.08	0.4958
แบบวงโคจร Orbit	0.016	0.3572

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

4.5 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบของความครบถ้วนของแบบจำลองสามมิติที่มีมีแผนการบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) และ แบบวงโคจร (Orbit)ที่ความสูง 80 เมตร ทั้งสองแผนการบิน

จากการประเมินด้วยสายตาพบว่าความครบถ้วนของแบบจำลองสามมิติของทั้งสองแผนการบินที่มีระดับความสูงที่ 80 เมตร เท่ากัน มีความครบถ้วนที่ต่างกัน โดยแบบจำลองสามมิติของแผนการบินแบบวงโคจร (Orbit) นั้นมีรายละเอียดที่เรียบเนียนมากกว่ารายละเอียดของแบบจำลองสามมิติของแผนการบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) สาเหตุที่ทำให้รายละเอียดแบบจำลองสามมิติของแผนการบินแบบ Orbit ดีกว่าเนื่องจากมีจำนวนรูปภาพที่มากกว่าแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) เป็นเพราะแผนนการบินแบบวงโคจร (Orbit) สามารถถ่ายภาพรายละเอียดของเจดีย์ได้ดีกว่าแผนการบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid)

ภาพที่ 4.4 การเปรียบเทียบความครบถ้วนของแบบจำลองสามมิติ

ลิ
Copyr

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัยในบทที่ 4 ของการดำเนินวิจัยการประเมินความแบบจำลองสามมิติของโบราณสถานและตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำเชิงพื้นที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับ สามารถสรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย อุปสรรคและข้อเสนองานวิจัยได้ดังนี้

5.1 **สรุปผลการการดำเนินงาน**

งานวิจัยนี้ได้ทำการการสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณพระมหาเจดีย์ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายจะเป็นการบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) และ แบบวงโคจร(Orbit) ที่ความสูง 80 เมตรทั้งสองแผนการบิน เมื่อนำภาพถ่ายมาประมวลผลในโปรแกรม Agisoft Metashape Professional เปรียบเทียบผลการ ประมวลผลของแบบจำลองสามมิติ ซึ่งเกณฑ์ในการตรวจสอบความครบถ้วนของแบบจำลองจะใช้การประเมินด้วยสายตา ได้ผลลัพธ์คือ การบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) มีความครบถ้วนของแบบจำลองแต่รายละเอียดของพื้นที่นั้นไม่เรียบเนียน เนื่องจากการบินแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) เป็นการบินถ่ายภาพเพื่อทำแผนที่แบบสามมิติจะเน้นการถ่ายภาพเก็บรายละเอียดมุมสูงมากกว่าภาพมุมเอียง ส่วนการบินแบบวงโครจร (Orbit) มีความครบถ้วนมากกว่าแบบตารางกริดคู่ (Double Grid) เนื่องจากการบินแบบวงโคจร (Orbit) เป็นการบินแบบเน้นเฉพาะจุดเพื่อทำแบบจำลองสามมิติ โดยเน้นการเก็บรายละเอียดของพื้นผิวมากกว่า

การสำรวจรังวัดด้วยภาพถ่ายทางอากาศโดยใช้อากาศยานไร้คนขับนับว่าเป็นการนำเทคโนโลยีมาเพื่อลดขั้นตอน ระยะเวลา และค่าใช้จ่าย ในการจัดทำข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่มีความถูกต้องแม่นยำขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ ในการทำข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ จุดควบคุมพิกัดภาคพื้นดิน ก็เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้องแม่นยำของภาพถ่ายทางอากาศ รวมไปถึงรูปแบบการบินสำรวจรังวัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

จากการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศโดยใช้จุดควบคุมภาคพื้นดิน โดยพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นโดยที่ค่า RMSE $_x$ คือ 0.5769 เมตร และ 0.0267 เมตร และมีค่า RMSE $_y$ คือ 0.7109 เมตร และ 0.0263 และมีค่า RMSE $_z$ คือ 0.2530 เมตร และ 0.1822 เมตร

การประเมินความถูกต้องแม่นยำทางตำแหน่ง 2 รูปแบบ คือ Double Grid และ Orbit ในการตรวจสอบพบว่ามีค่าดังนี้ RMSE $_r$ คือ 0.08 เมตร และ 0.016 เมตร และมีค่า RMSE $_z$ คือ 0.4958 เมตร และ 0.3572 เมตร

เมื่อนำค่าความละเอียดถูกต้องทางราบอ้างอิงตามมาตรฐาน ASPRS ซึ่งมีความสัมพันธ์กับมาตราส่วนของแผนที่สามารถผลิตแผนที่ที่มีความละเอียดสูงในมาตราส่วน 1:25 , 1:50

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากงานวิจัยของ Pérez et al (2019) ที่ได้นำอากาศยานไร้คนขับไปเก็บข้อมูลภาพและนำไปประมวลผลภาพผ่านโปรแกรม Agisoft Metashape Professional และนำแบบจำลองสามมิติไปประเมินความถูกต้อง ผลจากการประเมินความถูกต้องของแบบจำลองสามมิติพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ใน ระดับหน่วยเดซิเมตร ซึ่งผลที่ได้จากการรังวัดด้วยภาพถ่ายโดยอากาศยานไร้คนขับสามารถวัดตำแหน่งของระยะทางต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษาได้อย่างถูกต้องโดยไม่ต้องลงพื้นที่วัดจากเทปวัด ซึ่งความสอดคล้องกับผลการศึกษาของผู้วิจัย ที่ได้นำแบบจำลองสามมิติมาประเมินความถูกต้อง ผลจากการประเมินความถูกต้องของแบบจำลองสามมิติ พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองสามมิติอยู่ใน ระดับหน่วยเดซิเมตร

จากงานวิจัยของ López et al. (2018) เรื่อง A review of heritage building information modeling (H-BIM) ที่ได้เสนอการรีวิวการใช้ BIM ในมรดกที่แตกต่างกันและประเมินว่าพื้นที่ใดที่อยู่ ในเขตที่มีการพัฒนาสูง จะแบ่งเป็น การสำรวจ, การประมวลผลบน Point cloud , ระดับของ BIM ในด้านการสำรวจเก็บข้อมูลนั้นจะเป็นการสำรวจเก็บข้อมูลโดยวิธีการรังวัดด้วยภาพถ่ายทางอากาศ (Photogrammetry) และ เทคโนโลยีเลเซอร์สแกน (Laser scanning technologies) โดยเมื่อ 10 กว่าปีที่ผ่านมา การใช้เทคโนโลยีเลเซอร์สแกน (Laser scanning technologies) เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถใช้ในการเร่งการรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ของอาคารที่มี อยู่หรือพื้นผิวที่ซับซ้อนรวมทั้งมีความถูกต้องและแม่นยำของข้อมูลที่ได้มา โดยการเก็บข้อมูลแบบการรังวัดด้วยภาพถ่ายทางอากาศ Photogrammetry นั้นในช่วง 10 กว่าปีที่ผ่านมาไม่ค่อยนิยมกันเนื่องจากการประมวลผลของการ สร้างภาพถ่ายมีข้อเสียอย่างมาก เพราะเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

กระบวนการที่ต้องใช้ความพยายามอย่างมากและใช้เวลา มากโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพื้นผิวของวัตถุไม่ดีและรูปร่างมีความซับซ้อนมาก นอกจากนี้สำหรับภาพที่ จะใช้เป็นแบบจำลอง 2 มิติหรือ 3 มิติที่มีความแม่นยำสูงต้องใช้กระบวนการตัดกันของจุด ลักษณะเฉพาะและความสามารถในการปรับขนาดได้กับการจับภาพแต่ละครั้งที่ได้รับ งานวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้การสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (UAV Photogrammetry) เป็นการสำรวจทางอากาศยานซึ่งการสำรวจเก็บข้อมูลโดยวิธีการรังวัดด้วยภาพถ่ายทางอากาศ Photogrammetry ในปัจจุบันเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีการใช้งบประมาณที่ไม่แพง จนเกินไป เพราะการใช้เทคโนโลยีเลเซอร์สแกน (Laser scanning technologies) นั้นต้องใช้งบประมาณในการสำรวจค่อนข้างสูงเนื่องจากตัว Laser scanner มีราคาแพง และช่วง 10 กว่าปีที่ผ่านมาเทคโนโลยีการสำรวจแบบ Photogrammetry ยังไม่ค่อยพัฒนาเหมือนในปัจจุบัน โดยงานวิจัยนี้ใช้เทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ โดยตัวอากาศยานไรคนขับเป็นเครื่องมือที่สามารถบินถ่ายภาพและ เก็บข้อมูลค่าพิกัดของภาพได้ เมื่อนำภาพมาประมวลผล ทำการวางจุดควบคุมภาพ และตรวจสอบ ความถูกต้อง แบบจำลองสามมิติมีความถูกต้องสามารถนำไปใช้ในงานอนุรักษ์ได้

5.3 **ปัญหาและอุปสรรค**

1. การบินถ่ายภาพพระมหาเจดีย์มีขนาดที่ใหญ่และสูงจึงทำให้ในการถ่ายภาพเก็บข้อมูลมีพื้นที่ที่ใหญ่เกินความจำเป็น จึงทำให้ต้องใช้เวลาในการประมวลผลนาน
2. สภาพอากาศในการลงพื้นที่เก็บข้อมูล ต้องทำข้อมูลอยู่ในช่วงฤดูฝนทำให้สภาพอากาศไม่เหมาะแก่การบินถ่ายภาพเก็บข้อมูล จึงทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้น้อยครั้งกว่าที่กำหนด

5.4 **ข้อเสนอแนะ**

1.) ควรมีการพัฒนาแบบจำลอง 3 มิติที่สามารถนำไปแสดงผลบนเครือข่ายอินเตอร์เน็ตที่มีความละเอียดถูกต้องทางภูมิศาสตร์ที่เหมาะสมและมีค่าความถูกต้องที่ยอมรับได้กับข้อมูลในพื้นที่จริง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บรรณานุกรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บรรณานุกรม

จิรวิชญ์ มีไทย. (2562). การสร้างแบบจำลองภายในอาคารโบราณสถาน เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวแบบเสมือนด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้.

จุฬ้า สุทธิพิศาล. (2562). การสร้างแบบจาลองพระพุทธรูปด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้.

ปริวัฒน์ พิสิษฐพงศ์. (2561).การใช้เทคนิคสแกนวัตถุสามมิติและการท าพื้นผิวสำหรับเกมในการแสดงผลรายละเอียดบนพื้นผิวของพุทธศิลป์อีสานกรณีศึกษาสิมและฮูปแต้ม.

อภิวดี จิตเกษมภูรี, พิศประไพ สาระศาลิน, ชัยพร พานิชรุทติวงศ์. (2562). เทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อการจัดแสดงเครื่องถ้วยไทย.

Arza-García, M., Gil-Docampo, M., & Ortiz-Sanz, J. (2019). A hybrid photogrammetry approach for archaeological sites: Block alignment issues in a case study (the Roman camp of A Cidadela). Journal of Cultural Heritage, 38, 195-203.

Bakirman, T., Bayram, B., Akpinar, B., Karabulut, M. F., Bayrak, O. C., Yigitoglu, A., & Seker, D. Z. (2020). Implementation of ultra-light UAV systems for cultural heritage documentation. Journal of Cultural Heritage.

Kaufman, J., Rennie, A. E., & Clement, M. (2015). Single camera photogrammetry for reverse engineering and fabrication of ancient and modern artifacts

Pierdicca, R. (2018). Mapping Chimu's settlements for conservation purposes using UAV and close-range photogrammetry. The virtual reconstruction of Palacio Tschudi, Chan Chan, Peru. Digital applications in archaeology and cultural heritage, 8, 27-34.

Santoši, Ž., Šokac, M., Korolija-Crkvenjakov, D., Kosec, B., Sokovic, M., & Budak, I. (2015). Reconstruction of 3D models of cast sculptures using close-range photogrammetry. Metalurgija, 54(4), 695-698.

Zulkipli, M. A., & Tahar, K. N. (2018). Multirotor UAV-Based Photogrammetric Mapping for Road Design. International Journal of Optics, 2018.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ประวัติผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล ธีรกริช กุลจักร์

วัน เดือน ปี เกิด 15 พฤษภาคม 2543

ที่อยู่ปัจจุบัน 460/30 หมู่ 8 ตำบล สมอแข อำเภอ เมืองพิษณุโลก
จังหวัด พิษณุโลก 65000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2561 - ปัจจุบัน	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ภูมิศาสตร์) มหาวิยาลัยนเรศวร
พ.ศ. 2555 - 2560	ระดับมัธยมต้น (English Program) โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม ระดับมัธยมปลาย (วิทย์ - คณิต) โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
พ.ศ. 2555 – 2550	ระดับประถมศึกษา โรงเรียนอนุบาลโรจนวิทย์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved