การติดตามความก้าวหน้าในงานก่อสร้างเพื่อการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้

Construction progress monitoring for application on Building Information Modeling (BIM) using Close-range photogrammetry

ภาสกร พรหมบุญ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี เสนอภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งขอการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาภูมิศาสตร์
พฤศจิกายน 2562
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์และหัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรีเรื่อง “การติดตามความก้าวหน้าในงานก่อสร้างเพื่อการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้” (Construction progress monitoring for application on Building Information Modeling (BIM) using Close-range photogrammetry) นิสิตระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยนเรศวร เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

.....

(อาจารย์ ดร.พลปรีชา ชิดบุรี)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(รองศาสตราจารย์ พัฒนา ราชวงศ์)

ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ พัฒนา ราชวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ อาจารย์ ดร.พลปรีชา ชิดบุรี ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษาพร้อมทั้งให้คำแนะนำ และให้แนวคิดตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

กราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาภูมิศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ช่วยให้คำแนะนำ ถ่ายทอดความรู้วิทยาการอันมีคุณค่ายิ่ง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยและด้านการดำเนินชีวิตของผู้วิจัย และขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านตลอดจนรุ่นพี่ และเพื่อน ๆ สาขาวิชาภูมิศาสตร์

ขอขอบพระคุณ นายอำนวย วรรณการ ผู้จัดการโครงการก่อสร้างอาคารพัฒนามาตรฐานและเฝ้าระวังการปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์ออกานิกในสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ชุมชนภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์สำหรับการเข้าไปใช้สถานที่ในการทำวิจัยและเก็บข้อมูล ขอขอบพระคุณ บริษัท วี. สถาปัตย์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลแบบก่อสร้างอาคาร และแผนผังเวลางานสำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้

เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัวที่เปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาคอยให้กำลังใจพร้อมกับการสนับสนุนในทุก ๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการติดตามงานก่อสร้างและผู้ที่สนใจบ้างไม่มากก็น้อย

ภาสกร พรหมบุญ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ชื่อเรื่อง	การติดตามความก้าวหน้าในงานก่อสร้างเพื่อการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้
ผู้วิจัย	ภาสกร พรหมบุญ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร. พลปรีชา ชิดบุรี
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ วท.บ. สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2562
คำสำคัญ	การตรวจสอบความก้าวหน้างานก่อสร้าง, แบบจำลองสารสนเทศอาคาร, การสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้, การสร้างแบบจำลองสามมิติ

บทคัดย่อ

เนื่องจากในปัจจุบันมีโครงการก่อสร้างอาคารเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งผู้ควบคุมงานจำเป็นต้องทำการบันทึกปริมาณงานที่ทำได้อย่างสม่ำเสมอที่หน้างานโดยตรง เพื่อการติดตามความก้าวหน้าของงานก่อสร้าง การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยเทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ (Close-Range Photogrammetry) สำหรับการติดตามความก้าวหน้าของโครงการก่อสร้าง และการประยุกต์ใช้ในงานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ของอาคาร โดยพื้นที่การศึกษาของงานวิจัยนี้ คือ อาคารก่อสร้างของคณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก การศึกษานี้ได้ใช้ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (UAV) และภาพจากกล้องโทรศัพท์มือถือ เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติในรูปแบบของ 3D point cloud ด้วยโปรแกรม Agisoft Metashape นอกจากนี้การสร้างแบบจำลองสามมิติของแบบก่อสร้างที่ได้มาจากแบบแปลนก่อสร้าง (2D CAD) ด้วยโปรแกรม SketchUp จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองสามมิติทั้งสองมาซ้อนทับกัน เพื่อประเมินการติดตามความก้าวหน้าของงานก่อสร้าง ด้วยโปรแกรม ArchiCAD จากผลการวิจัยพบว่า การติดตามความก้าวหน้าของงานก่อสร้างสามารถประเมินด้วยการประเมินจากสายตาจากเปรียบเทียบของแบบจำลองสามมิติทั้งสองได้ ดังนั้นการสร้างแบบจำลองสามมิติของอาคารที่กำลังทำการก่อสร้างนี้สามารถนำมาเปรียบเทียบเพื่อดูความก้าวหน้าของการก่อสร้างด้วยสายตาได้อย่างง่ายและรวดเร็ว โดยการซ้อนทับกันของแบบจำลองสามมิติทั้งสอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University
All rights reserved

Title	CONSTRUCTION PROGRESS MONITORING FOR APPLICATION ON BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) USING CLOSE-RANGE PHOTOGRAMMETRY
Author	Passakorn Phrombun
Advisor	Polpreecha Chidburee, Ph.D.
Academic Paper	Thesis B.S. in Geography, Naresuan University, 2019
Keywords	Construction progress monitoring, Building Information Modeling (BIM), Close-range photogrammetry, 3D model reconstruction

Abstract

The building constructions have extremely increased in the present. Inspectors have to record working tasks at construction site in order to monitor regularly the construction progress. The aim of this research is to create 3d-model using close-range photogrammetric techniques for construction progress monitoring and apply for Building Information Modeling (BIM). The study area is the building of Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment at Naresuan University in Phitsanulok province. This research used the imagery taken from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and smartphone in order to reconstruct 3D-model in format of point cloud using Agisoft Metashape software. In addition, as-planned 3D-model was performed using SketchUp software from construction drawing (2D CAD). Then, the data analysis of both 3D-models was overlapped to assess the construction progress monitoring on ArchiCAD software. Results indicated that construction progress monitoring could be estimated by the visualisation using comparison of as-planned and as-built 3D-model. Therefore, the reconstruction of as-built, 3D-model for building construction can be easily and rapidly compared to monitor the construction progress of building through overlaying with 3D-models.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญ

บทที่ **หน้า**

1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ 3

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย 5

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 การติดตามความก้าวหน้างานก่อสร้าง 7

2.2 เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร หรือ Building Information Modeling (BIM) 8

2.3 การสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ หรือ Close-range photogrammetry 8

3 ขั้นตอนการวิจัย 20

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 20

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย 23

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 27

3.4 การประมวลผลข้อมูล 28

1) การสร้างแบบจำลองสามมิติ 28

2) การสร้าง As-planned 3D-Model 39

3) การปรับแก้ระบบพิกัด และหมุนแกนแบบจำลองสามมิติ 42

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 47

1) วิเคราะห์ 3D point cloud จากกล้องโทรศัพท์มือถือ iPhone6 47

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ **หน้า**

2) วิเคราะห์ 3D point cloud จากกล้อง Mini-Drone รุ่น Dji Tello 47

3) วิเคราะห์ 3D point cloud จากกล้อง Drone รุ่น Dji Phantom 4 pro 47

3.6 การเปรียบเทียบข้อมูล 47

4 ผลการวิจัย 48

4.1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล 48

1) การวางจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCPs) และวัดระยะห่างระหว่างจุด (Scaling).....48

2) ภาพถ่ายจากกล้องโทรศัพท์มือถือ iPhone 6 วันที่ 13 พ.ค. 2562 จำนวน 28 ภาพ 49

3) ภาพถ่ายจากกล้อง Mini-Drone รุ่น Dji Tello วันที่ 9 มิ.ย. 2562 จำนวน 43 ภาพ 49

4) ภาพถ่ายจากกล้อง Drone รุ่น Dji Phantom 4 Pro วันที่ 21 ก.ย. 2562.....49

4.2 ผลการประมวลผลข้อมูล 50

1) การสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรม Agisoft Metashape 50

2) ผลการสร้าง As-planned 3D-Model 61

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....61

1) ผลการวิเคราะห์ 3D point cloud จากกล้องโทรศัพท์มือถือ iPhone 6 61

2) ผลการวิเคราะห์ 3D point cloud จากกล้อง Mini-Drone รุ่น Dji Tello.....61

3) ผลการวิเคราะห์ 3D point cloud จากกล้อง Drone รุ่น Dji Phantom 4 Pro 61

4.4 ผลการเปรียบเทียบข้อมูล.....62

5 อภิปรายและสรุปผลการวิจัย..... 65

5.1 สรุปผล.....65

5.2 อภิปรายผล.....65

5.3 ปัญหาและอุปสรรค.....67

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ **หน้า**

5.4 ข้อเสนอแนะ 68

บรรณานุกรม..... 69

ภาคผนวก ก 72

ภาคผนวก ข 75

ภาคผนวก ค 85

ประวัติผู้วิจัย 96

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพ **หน้า**

ภาพที่ 1.1 ตำแหน่งของพื้นที่ก่อสร้างอาคารที่คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2
ภาพที่ 1.2 โครงการก่อสร้างอาคารพัฒนามาตรฐานและเฝ้าระวังการปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์ออกานิกในสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ชุมชนมหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ 3
ภาพที่ 1.3 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย 5
ภาพที่ 2.1 โครงสร้างการตรวจสอบความก้าวหน้าการก่อสร้าง 9
ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างอาคารที่ใช้เพื่อแสดงการพึ่งพาเทคโนโลยี....10
ภาพที่ 2.3 กราฟความสำพันธ์ที่มีความสำคัญสำหรับการพึ่งพาเทคโนโลยี 10
ภาพที่ 2.4 point cloud ของอาคารที่ถูกตรวจสอบ 10
ภาพที่ 2.5 raster cells บนพื้นผิววัตถุ 10
ภาพที่ 2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ก่อนหน้าสำหรับส่วนอาคารในภาพที่ 2.5....11
ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างสำหรับสองภาพที่ถ่ายในสถานที่ก่อสร้าง ซึ่งวงกลมสีแดงจะแสดงจุดควบคุม 11
ภาพที่ 2.8 กลุ่มจุด (point cloud) กระจายของพิกัด สามมิติของ SIFTFeatures และตำแหน่งกล้องรูปภาพ I และ II แสดงในภาพที่ 2.7....12
ภาพที่ 2.9 point cloud ที่สร้างจากภาพที่แสดงในภาพที่ 2.8 12
ภาพที่ 2.10 การแตกของ point cloud ที่มีระนาบโมเดล....13
ภาพที่ 2.11 ผลลัพธ์สำหรับแต่ละ raster cells 13
ภาพที่ 2.12 มุมมองด้านบนของพื้นที่ก่อสร้างจากกล้องที่ติดตั้งอยู่บนเครน....14
ภาพที่ 2.13 มุมมองทางอากาศของพื้นที่ก่อสร้างจาก UAV....14
ภาพที่ 2.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ก่อนหน้าพร้อมโมเดลที่สอดคล้องกัน 14
ภาพที่ 2.15 point cloud ที่สร้างขึ้นจากพื้นที่ก่อสร้าง....15
ภาพที่ 2.16 รูปสามเหลี่ยมระบุว่า“ ถูกตรวจพบ” โดยจับคู่กับ point cloud 15
ภาพที่ 2.17 องค์ประกอบการก่อสร้าง 15
ภาพที่ 2.18 ขั้นตอนสำคัญในแนวทางแบบดั้งเดิมของการตรวจสอบและการวางแผนการก่อสร้าง...16
ภาพที่ 2.19 ขั้นตอนต่าง ๆ ของโครงการก่อสร้างตามลำดับของแบบจำลอง สามมิติ 17
ภาพที่ 2.20 การแปลงข้อมูลภาพถ่ายจาก Drone เป็นแบบจำลองสามมิติ 17

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพ **หน้า**

ภาพที่ 2.21 การเปรียบเทียบเชิงปริมาตรระหว่างแผนการก่อสร้าง กำหนดการและความคืบหน้าของไซต์ก่อสร้าง 18
ภาพที่ 2.22 ตัวอย่างการเปรียบเทียบปริมาณสำหรับการจัดวางห้องน้ำ - ห้องสุขาทั้งหมดอยู่ในกำหนดเวลา....18
ภาพที่ 2.23 ตัวอย่างการเปรียบเทียบตารางเวลาสำหรับโครงการกรณีศึกษา - การจัดวางหน้าต่างล่าช้าตามกำหนดเวลา....19
ภาพที่ 3.1 โทรศัพท์มือถือ iPhone6....20
ภาพที่ 3.2 Mini-Drone รุ่น Dji Tello....21
ภาพที่ 3.3 Drone รุ่น Dji Phantom 4 pro....21
ภาพที่ 3.4 แบบสถาปัตยกรรมของชุดก่อสร้าง รูปด้าน A....23
ภาพที่ 3.5 แบบสถาปัตยกรรมของชุดก่อสร้าง รูปด้าน B, D....24
ภาพที่ 3.6 แบบสถาปัตยกรรมของชุดก่อสร้าง รูปด้าน C....24
ภาพที่ 3.7 แบบแปลนก่อสร้าง หรือ 2D CAD....25
ภาพที่ 3.8 ผังคุมกำหนดงาน....26
ภาพที่ 3. 9 แสดงการเปิดเครื่องมือ Agisoft Metashape Professional (64 bit)....28
ภาพที่ 3.10 แสดงขั้นตอนการ Add Photos....29
ภาพที่ 3.11 แสดงการ Estimate Image Quality....29
ภาพที่ 3.12 แสดงการ Align Photos....30
ภาพที่ 3.13 แสดงการกำหนดระบบพิกัด....30
ภาพที่ 3.14 แสดงตัวอย่างเมื่อทำการกำหนดค่าพิกัดแล้ว....31
ภาพที่ 3.15 แสดงการหาภาพที่มีจุดควบคุมภาคพื้นดิน....31
ภาพที่ 3.16 แสดงการ Add Marker....32
ภาพที่ 3.17 แสดงการ place marker ของ point 1....32
ภาพที่ 3.18 แสดงการมีอยู่ของ point 1 แบบอัตโนมัติ เมื่อทำการ place marker ของ point 1....33
ภาพที่ 3.19 แสดงการมีอยู่ของ point 1 แบบอัตโนมัติของทุก ๆ ภาพ เมื่อทำการ place marker ของ point 1....33

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพ **หน้า**

ภาพที่ 3.20 แสดงตัวอย่างการเลื่อนจุดที่เสร็จสิ้นแล้ว....33
ภาพที่ 3.21 แสดงการปรากฏของหน้า Scale Bars ที่ช่อง Reference....34
ภาพที่ 3.22 แสดงการ Create Scale Bar....35
ภาพที่ 3.23 แสดงการใส่ระยะห่างระหว่างจุดที่ช่อง Distance (m)....35
ภาพที่ 3.24 แสดงตัวอย่างการ Align Photos....36
ภาพที่ 3.25 แสดงการเข้าใช้เครื่องมือ Build Dense Cloud....37
ภาพที่ 3.26 แสดงการกำหนดค่าก่อนการสร้าง....37
ภาพที่ 3.27 แสดงตัวอย่างการ Build Dense Cloud....38
ภาพที่ 3.28 แสดงการส่งออกข้อมูล point cloud....38
ภาพที่ 3.29 แสดงตัวอย่างการเลือกประเภทไฟล์....39
ภาพที่ 3.30 แสดงการเลือก Templates Meters....40
ภาพที่ 3.31 แสดงตัวอย่างผลการเลือก Templates Meters....40
ภาพที่ 3.32 แสดงขั้นตอนการ Import ไฟล์....40
ภาพที่ 3.33 แสดงตัวอย่างผลการ Import ไฟล์....41
ภาพที่ 3.34 แสดงขั้นตอนการวาดโครงสร้างให้เป็นสามมิติ (ก): เครื่องมือ Shapes, (ข): เครื่องมือ Push/Pull....41
ภาพที่ 3.35 แสดงตัวอย่างผลการวาดโครงสร้างให้เป็นสามมิติ....42
ภาพที่ 3.36 แสดงหน้าเริ่มต้นของโปแกรม CloudCompare....43
ภาพที่ 3.37 แสดงขั้นตอนการนำเข้าไฟล์....43
ภาพที่ 3.38 แสดงหน้าต่างสำหรับการเลือกไฟล์....44
ภาพที่ 3.39 แสดงตัวอย่างไฟล์ที่นำเข้า....44
ภาพที่ 3.40 แสดงการเลือกเน้นไฟล์ที่นำเข้า....45
ภาพที่ 3.41 แสดงการเข้าเครื่องมือ Apply Transformation....45
ภาพที่ 3.42 แสดงหน้าต่าง Apply Transformation....46
ภาพที่ 3.43 แสดงการเข้าเครื่องมือ Translate/Rotate....46
ภาพที่ 3.44 แสดงการหมุนแบบจำลองสามมิติ....47

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาพที่ 4.1 แสดงการวางจุด GCPs ในจุดต่าง ๆ 48
ภาพที่ 4.2 แสดงการทำ Scaling 48
ภาพที่ 4.3 ภาพถ่ายจากกล้องโทรศัพท์มือถือ iPhone 6 จำนวน 28 ภาพ.....49
ภาพที่ 4.4 ภาพถ่ายจากกล้อง Mini-Drone รุ่น Dji Tello จำนวน 43 ภาพ.....49
ภาพที่ 4.5 ภาพถ่ายจากกล้อง Drone รุ่น Dji Phantom 4 Pro จำนวน 139 ภาพ 50
ภาพที่ 4.6 ภาพถ่ายจากกล้อง Drone รุ่น Dji Phantom 4 Pro จำนวน 63 ภาพ 50
ภาพที่ 4.7 แสดงผลการ Align Photo จากกล้องโทรศัพท์มือถือ iPhone 6.....51
ภาพที่ 4.8 แสดงผลการ Build Dense Cloud จากกล้องโทรศัพท์มือถือ iPhone 6.....51
ภาพที่ 4.9 แสดงผลการ Align Photo จากกล้อง Mini-Drone รุ่น Dji Tello 52
ภาพที่ 4.10 แสดงผลการ Build Dense Cloud จากกล้อง Mini-Drone รุ่น Dji Tello.....53
ภาพที่ 4.11 แสดงจุด GCPs ทั้งหมด 6 จุด 53
ภาพที่ 4.12 แสดงตำแหน่งของ Scale Bars.....54
ภาพที่ 4.13 แสดงค่า Scale Bars.....54
ภาพที่ 4.14 แสดงผลการ Align Photos ที่ความสูงบิน 80 เมตร.....55
ภาพที่ 4.15 แสดงผลการ Align Photos ที่ความสูงบิน 120 เมตร.....56
ภาพที่ 4.16 แสดงผลการ Align Photos ที่ความสูงบิน 80 เมตร รวมกับ 120 เมตร 57
ภาพที่ 4.17 แสดงผลการ Build Dense Cloud ที่ความสูงบิน 80 เมตร.....58
ภาพที่ 4.18 แสดงผลการ Build Dense Cloud ที่ความสูงบิน 120 เมตร.....59
ภาพที่ 4.19 แสดงผลการ Build Dense Cloud ที่ความสูงบิน 80 เมตร รวมกับ 120 เมตร 60
ภาพที่ 4.20 แสดงผลการสร้าง As-planned 3D-Model.....61
ภาพที่ 4.21 แบบจำลองสามมิติจากภาพถ่ายที่ระยะความสูงต่าง ๆ ;.....63
ภาพที่ 4.22 การซ้อนทับกันของแบบจำลองสามมิติทั้งสองแบบ ในด้านต่าง ๆ ; (ก) ด้านบน, (ข) ด้านซ้าย, (ค) ด้านขวา, (ง) ด้านหน้า, (จ) ด้านหลัง 64
ภาพที่ 5.1 แสดงสภาพแวดล้อมของอาคารก่อสร้าง 67
ภาพที่ 5.2 แสดงสแลน และนั่งร้านที่ตัวอาคารก่อสร้าง.....67
ภาพที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบความต่างด้านหน้าของอาคารระหว่างภาพถ่ายกับแบบจำลองสามมิติ 67
ภาพที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบความต่างด้านข้างของอาคารระหว่างภาพถ่ายกับแบบจำลองสามมิติ 68

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีโครงการก่อสร้างอาคารเกิดขึ้นอย่างมาก ผู้ควบคุมงานหรือผู้ตรวจสอบควรจะมีการบันทึกปริมาณงานที่ทำได้ไว้อย่างสม่ำเสมอเพื่อการติดตามความก้าวหน้าของงานก่อสร้าง และใช้เป็นสถิติในการคาดการณ์เวลาที่งานนั้นจะแล้วเสร็จ ใช้ตรวจสอบกับแผนงานที่วางไว้ แต่การติดตามความก้าวหน้าของงานก่อสร้างยังคงเป็นการตรวจสอบที่หน้างานโดยตรงที่ไซต์ก่อสร้างนั้นทำให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบ และยังส่งผลให้เกิดความล่าช้าในงานก่อสร้างที่กำลังดำเนินอยู่ได้ ดังนั้นยังไม่มีวิธีการจัดการอย่างง่ายและสะดวกรวดเร็วสำหรับการติดตามงานก่อสร้าง ซึ่งวิธีการนำภาพถ่ายมาช่วยอาจจะเป็นวิธีที่ง่ายต่อการติดตามความก้าวหน้าของงานในโครงการก่อสร้าง

การได้มาซึ่งภาพถ่ายนั้นต้องอาศัยอุปกรณ์ในการถ่ายภาพ โดยในชีวิตประจำวันแล้วโทรศัพท์มือถือกลายเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับคนจำนวนมาก มีความสามารถในการเก็บข้อมูลภาพถ่ายได้เป็นอย่างดีและง่ายต่อการใช้งาน นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาสำหรับการถ่ายภาพโดยเฉพาะ ซึ่งเรียกกันว่าโดรน หรืออากาศยานไร้คนขับ สามารถบินถ่ายภาพในมุมสูงได้ จึงทำให้การสำรวจด้วยภาพถ่ายเป็นวิธีการที่ง่ายต่อการติดตามความก้าวหน้าของงานในโครงการก่อสร้าง ดังนั้นการพัฒนาแนวทางอย่างง่ายเพื่อใช้ในการติดตามความก้าวหน้าของโครงการก่อสร้าง จะเป็นการสร้างแบบจำลองสามมิติ ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ เพื่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็วและง่ายต่อการติดตามความก้าวหน้า

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาแนวทางอย่างง่ายและรวดเร็ว สำหรับติดตามความก้าวหน้าของงานในโครงการก่อสร้าง ด้วยการใช้เทคนิคการสำรวจด้วยถ่ายภาพระยะใกล้ (Close-Range Photogrammetry) เพื่อนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองสามมิติของอาคารที่กำลังทำการก่อสร้าง โดยใช้โปรแกรม Agisoft Metashape และเปรียบเทียบแบบจำลองสามมิติของอุปกรณ์การถ่ายภาพที่ใช้แตกต่างกัน เพื่อนำไปใช้ในการซ้อนทับกับแบบจำลองสามมิติของแบบก่อสร้างที่ได้มาจากแบบแปลนก่อสร้าง (2D CAD) ด้วยโปรแกรม SketchUp จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบจำลองสามมิติทั้งสองมาซ้อนทับกัน เพื่อประเมินการติดตามความก้าวหน้าของงานก่อสร้าง ด้วยโปรแกรม ArchiCAD อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling: BIM) ที่จะช่วยลดความเสี่ยง และความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาแนวทางในการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้อย่างง่ายและรวดเร็ว สำหรับการติดตามความก้าวหน้าของโครงการก่อสร้างในการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM)

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตการศึกษา โครงการก่อสร้างอาคารพัฒนามาตรฐานและเฝ้าระวังการปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์ออกานิกในสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ชุมชน ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 1 หลัง

ภาพที่ 1.1 ตำแหน่งของพื้นที่ก่อสร้างอาคารที่คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาพที่ 1.2 โครงการก่อสร้างอาคารพัฒนามาตรฐานและเฝ้าระวังการปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์ออกานิกในสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ชุมชน ภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

การติดตามความก้าวหน้างานก่อสร้าง (Construction Progress Monitoring) เป็นกระบวนการของการวัดหรือการตรวจสอบงานที่ทำเป็นประจำเป็นช่วง ๆ โดยติดตามดูว่าการปฏิบัติงานตามโครงการนั้นได้ผลงานก้าวหน้าไปในทิศทางที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติงานตลอดจนงบประมาณที่กำหนดไว้หรือไม่

การสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ (Close-range Photogrammetry) เป็นการรังวัดด้วยภาพที่ระยะระหว่างกล้องถ่ายรูปอยู่ห่างจากวัตถุที่จะรังวัดไม่มากนัก โดยทั่วนั้นไปจะจำกัดในระยะ 1-100 ม. แต่ได้มากสุดไม่เกิน 300 ม. ซึ่งจะมีการใช้กล้องถ่ายภาพพิเศษเพื่อการนี้โดยเฉพาะ

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling) เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับวงการงานสถาปัตยกรรม และการก่อสร้าง ที่เริ่มตั้งแต่การออกแบบอาคารไปจนถึงการก่อสร้าง BIM จะเป็นการใช้ระบบคอมพิวเตอร์มาควบคุมกระบวนการต่าง ๆ ระบบจะสร้าง

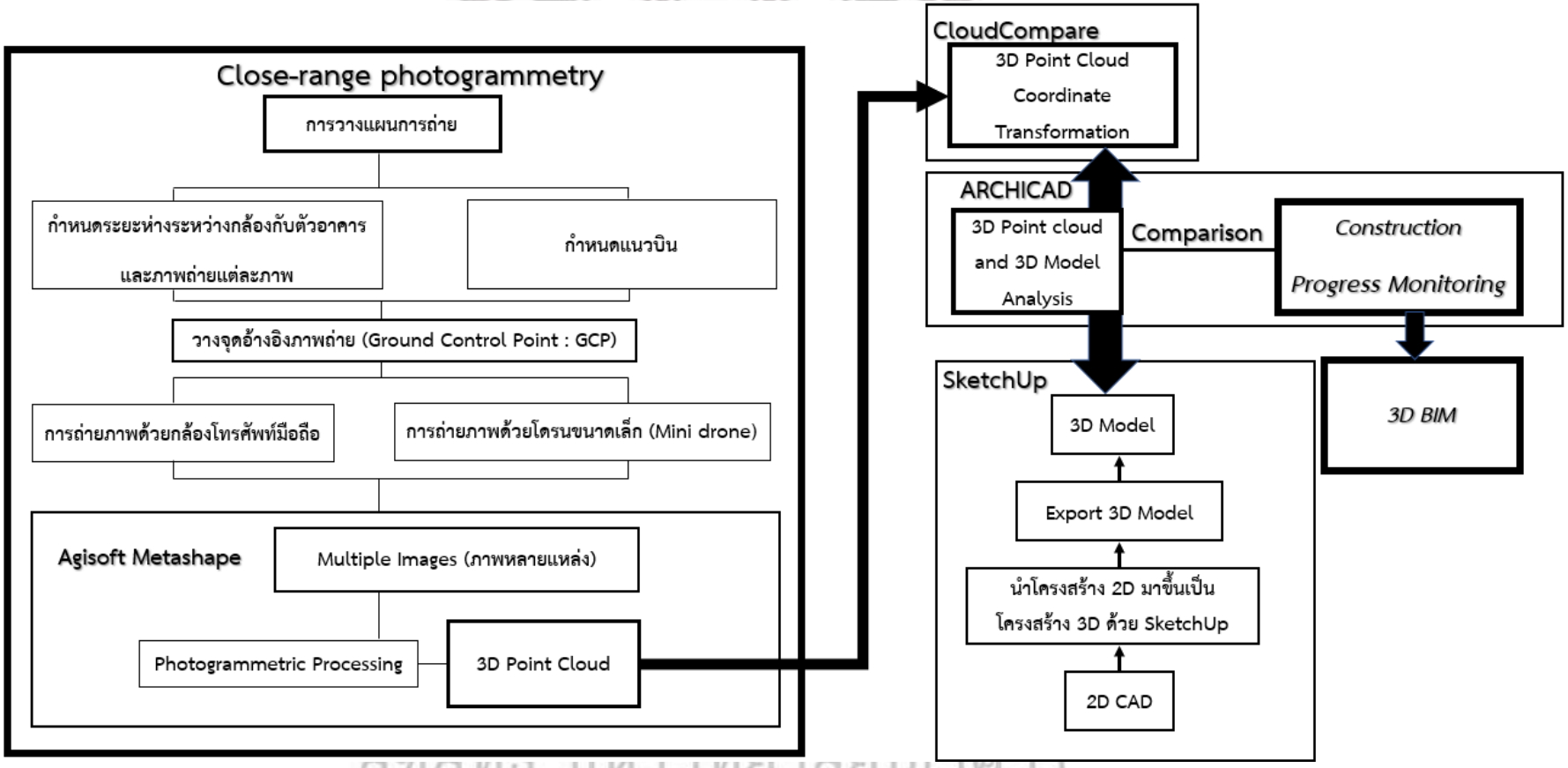
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

แบบจำลองเสมือนของอาคารที่แม่นยำ แบบจำลองแบบดิจิทัล อย่างการออกแบบ การเขียนแบบ การคำนวณโครงสร้าง การประมาณราคา การจัดซื้อ รวมไปถึงการวางแผนงานต่าง ๆ ของอาคาร

แบบจำลองสามมิติ (3D Model) เป็นการสร้างรูปทรงหรือรูปร่างแบบสามมิติ โดยการกำหนดจุดต่าง ๆ และเชื่อมโยงจุดด้วยเส้นตรง เพื่อให้ได้รูปทรงตามต้องการ การใช้คอมพิวเตอร์สร้างรูปทรงสามมิติอาจทำได้โดยอัตโนมัติด้วยโปรแกรม ในกรณีที่รูปทรงเป็นแบบสมมาตร หรือรูปทรงเรขาคณิต หรือรูปทรงที่ประกอบขึ้นจากรูปทรงเรขาคณิตมาประกอบกัน หากเป็นรูปทรงที่ไม่สมมาตร หรือมีรายละเอียดมาก ก็จำเป็นต้องกำหนดจุดต่าง ๆ และลากเส้นต่อจุดเองด้วยผู้วาดภาพที่เชี่ยวชาญ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1.3 กรอบแนวคิดการวิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ต้นแบบแนวทางอย่างง่ายและรวดเร็ว สำหรับการสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยเทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ เพื่อการติดตามงานก่อสร้าง

2. ต้นแบบแนวทางในการจัดทำฐานข้อมูลแบบก่อสร้างสามมิติ ด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี BIM เพื่อนำไปต่อยอดในด้านต่าง ๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่องการติดตามความก้าวหน้างานก่อสร้างเพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ด้วยเทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมหลักการ แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดของประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

2.1 การติดตามความก้าวหน้างานก่อสร้าง

ความหมายของการตรวจสอบความก้าวหน้าการก่อสร้างเป็นการดูงานเพื่อให้แน่ใจว่าการก่อสร้างที่เสนอนั้นตรงกันกับเงินทุนที่ถูกร้องขอจากผู้รับเหมา และยังตรวจสอบว่างานที่เสร็จสมบูรณ์นั้นตรงกันกับแผนงานและข้อกำหนด ซึ่งการตรวจสอบความก้าวหน้าการก่อสร้างจะทำร่วมกับคำขอชำระเงินค่าจ้างของผู้รับเหมาทั่วไปก่อนการเบิกจ่ายใด ๆ ที่จำเป็นต้องมีการตรวจสถานที่จริงเพื่อตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของสิ่งก่อสร้างที่ดำเนินการในช่วงระยะเวลาที่ร้องขอ

ปัจจุบันงานก่อสร้างหลาย ๆ โครงการมีปัญหาหลังส่งมอบงานได้ไม่นาน หรือ ใช้งานไม่ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เพราะผู้ควบคุมงาน หรือ ผู้ตรวจการจ้าง มีความรู้ไม่มากพอที่จะทำหน้าที่ตรวจสอบ และ ควบคุมคุณภาพงานก่อสร้างให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้

ซึ่งแนวทางการแก้ไขปัญหานี้ คือ ทุก ๆ โครงการก่อสร้างไม่ว่าจะเป็นโครงการเล็กหรือใหญ่ งบประมาณมากหรือน้อยก็ตาม ก่อนจะเริ่มลงมือก่อสร้าง จะต้องมีการอบรมผู้ตรวจงานก่อสร้าง รวมทั้งผู้ควบคุมงาน และ ผู้ตรวจการจ้าง โครงการนั้น ๆ ก่อนว่า งานก่อสร้างนั้น ๆ มีขั้นตอนในการก่อสร้างอย่างไร แต่ละขั้นตอนจะตรวจสอบและควบคุมคุณภาพอย่างไร จะตรวจสอบวัสดุก่อนนำมาใช้ในโครงการอย่างไร เป็นต้น ซึ่งจะช่วยให้การใช้งบประมาณมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

Construction Inspector ผู้ตรวจสอบงานก่อสร้าง หรือ ผู้ตรวจการงานก่อสร้าง จะทำหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพและความสมบูรณ์ของเนื้องานในแต่ละขั้นตอนว่าถูกต้องตามแบบและรายการก่อสร้าง หรือ ที่เรียกว่า Plan & Specification (หรือ spec คือรายการก่อสร้างตามเกณฑ์มาตรฐานทางด้านคุณภาพของงานก่อสร้าง) โดยไม่จำเป็นต้องอยู่ที่หน้างานก่อสร้างตลอดเวลาเหมือนผู้ควบคุมงานก่อสร้าง และจะไม่สนใจว่าใครจะเป็นคนทำงานนั้น ๆ เพราะเป็นหน้าที่ของวิศวกร

โครงการ แต่จะสนใจว่างานนั้น ๆ ตรงตามแบบและรายการก่อสร้างหรือไม่เท่านั้น จึงจะผ่านงานในขั้นตอนนั้นไปสู่ขั้นตอนต่อไปได้

อย่างไรก็ตาม มีการก่อสร้างบางชนิดที่สำคัญ ๆ ที่วิศวกรสนามหรือนายช่างผู้ควบคุมงานสามารถขอคำแนะนำจากผู้ตรวจสอบงานก่อสร้างก่อนลงมือทำงานก็ได้ ว่าควรทำอย่างไรเพื่อให้งานออกมาถูกต้องตาม แบบและรายการก่อสร้าง โดยไม่ต้องเสียเวลารื้อถอนและทำใหม่ (รังสรรค์ วงษ์บุญ , 2559)

Construction monitoring การควบคุมและตรวจงานก่อสร้าง จะเริ่มตั้งแต่เริ่มงานจนส่งมอบงาน โดยวางแผนก่อสร้างของโครงการ และเข้าถึงการออกแบบสถาปัตยกรรม-วิศวกรรม งานสถาปัตยกรรมภายใน งานภูมิสถาปัตยกรรม ครอบคลุมทุกงานเพื่อการประสานงานที่ลงตัว ซึ่งจะทำให้ลดปัญหาระหว่างการก่อสร้างไปได้มากและส่งผลให้ได้งานที่มีคุณภาพ ตามความคาดหมายของเจ้าของโครงการให้มากที่สุด

2.2 เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร หรือ Building Information Modeling (BIM)

เป็นกระบวนการสำหรับการสร้างและจัดการข้อมูลโครงการก่อสร้างตลอดทั้งโครงการ ผลลัพธ์หนึ่งที่สำคัญของกระบวนการนี้คือการสร้างแบบจำลองข้อมูลอาคาร (BIM) ซึ่งจะอธิบายลักษณะทั้งหมดแบบดิจิตอลของการสร้าง การวาดแบบจำลองตามที่รวบรวมข้อมูลและการอัพเดทขั้นตอนสำคัญของโครงการ การสร้างแบบจำลองข้อมูลอาคารแบบดิจิตอลจะช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างอาคารสามารถสื่อสารระหว่างกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพวกเขาได้ ส่งผลให้งานมีมูลค่าที่สูงขึ้น เนื่องจาก BIM ของอุตสาหกรรมก่อสร้างในสหราชอาณาจักรได้ผ่านการปฏิวัติระบบดิจิตอลของตนเองแล้ว BIM จึงสามารถเป็นแนวทางของการทำงานได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

2.3 การสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ หรือ Close-range photogrammetry

สำหรับงานโฟโตแกรมเมตรีภาคพื้นดิน ในระยะแรกส่วนใหญ่ใช้ในการสำรวจรังวัดพื้นที่ขนาดใหญ่เพื่อจัดทำ แผนที่ภูมิประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันของระดับ เช่น หุบเขา เนินเขา หรือใช้ในการผลิต แผนที่ทางธรณีวิทยา เช่นแผนที่เหมืองแร่ เป็นต้น การทำงานสามารถถ่ายภาพได้ทั้งระยะใกล้และไกล อย่างไรก็ตาม การรังวัดภาคพื้นดินในระยะแรกๆ นั้นพบว่ามีข้อจำกัดในเรื่องอุปกรณ์ในการถ่ายภาพ ซึ่งเกี่ยวพันไปถึงความแม่นยำ ของมาตราส่วนที่ได้ การนำมาใช้เพื่อรังวัดวัตถุหรืองานสถาปัตยกรรมในระยะแรกๆ จึงไม่เป็นที่นิยม อย่างไรก็ตาม ภายหลัง

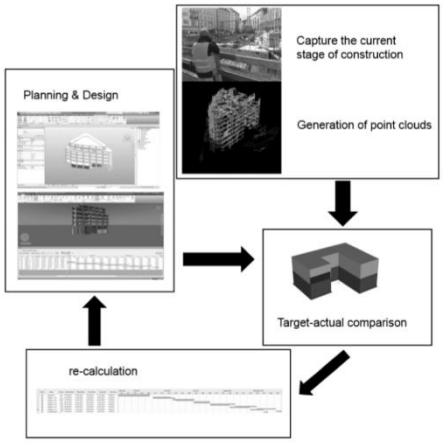
เมื่อมีการพัฒนากล้องถ่ายภาพดิจิตอล ซึ่งมีความสามารถในการบันทึกเชิงคณิตศาสตร์ รวมถึงความก้าวหน้า ทางด้านคอมพิวเตอร์ ได้ทำให้เกิดการพัฒนาเทคนิคการรังวัดวัตถุและอาคารในระยะใกล้มากขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งภายหลัง จึงเรียกการสำรวจรังวัดดังกล่าวว่า การรังวัดด้วยภาพในระยะใกล้ (Close-range photogrammetry) ซึ่งได้ถูก นำไปประยุกต์ใช้ในสาขาอนุรักษ์สถาปัตยกรรมมากยิ่งขึ้น ที่สำคัญคือการสำรวจรังวัดอาคารประวัติศาสตร์รวมถึงงาน ทางด้านโบราณคดี (ชาญณรงค์ ศรีสุวรรณ, 2556)

เป็นการรังวัดด้วยภาพที่ระยะระหว่างกล้องถ่ายรูปอยู่ห่างจากวัตถุที่จะรังวัดไม่มากนัก โดยทั่วไปจะจำกัดในระยะ 1-100 ม. แต่ได้มากสุดไม่เกิน 300 ม. ซึ่งจะมีการใช้กล้องถ่ายภาพพิเศษเพื่อการนี้โดยเฉพาะ

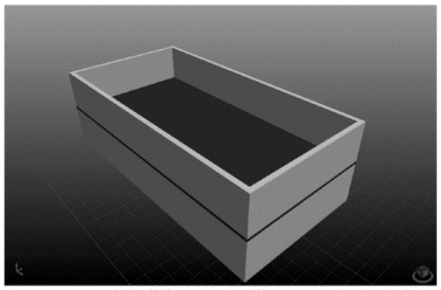
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) Braun et al. (2014) ศึกษาการออกแบบและการวางแผนแบบจำลองอาคารและกระบวนการจะถูกจำลอง สำหรับการเปรียบเทียบอัตโนมัติของสภาพที่แท้จริงของพื้นที่ก่อสร้างกับแบบแปลน เพื่อค้นหาความคลาดเคลื่อนในกระบวนการก่อสร้างตั้งแต่ต้น ซึ่งสภาพที่แท้จริงของพื้นที่ก่อสร้างถูกตรวจพบโดยการสำรวจการรังวัดด้วยภาพถ่าย จากการบันทึก กลุ่มของจุดเหล่านี้ถูกสร้างขึ้นจากการหลอมรวมของแผนที่ความไม่เท่าเทียมที่สร้างขึ้นด้วย Semi-Global Matching (SGM) สิ่งเหล่านี้ถูกจับคู่กับสถานะเป้าหมายที่จัดทำโดยแบบจำลองข้อมูลอาคาร 4D (BIM) สำหรับการจับคู่กลุ่มของจุดกับ BIM ระยะห่างระหว่างจุดแต่ละจุดของคลาวด์และพื้นผิวของส่วนประกอบจะรวมกันโดยใช้กริดเซลล์ปกติ สำหรับแต่ละเซลล์จะมีการกำหนดระดับความครอบคลุมด้วย

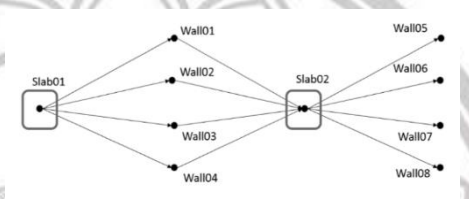
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัย
Copyright by University
All rights



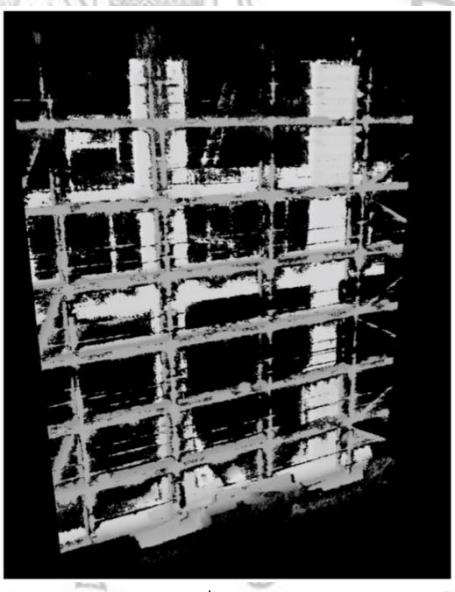
ภาพที่ 2.1 โครงสร้างการตรวจสอบความก้าวหน้าการก่อสร้าง (Braun et al. , 2014)



ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างอาคารที่ใช้เพื่อแสดงการพึ่งพาเทคโนโลยี (Braun et al. , 2014)

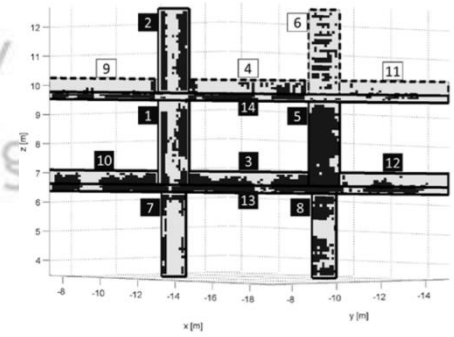


ภาพที่ 2.3 กราฟความสำพันธ์ที่มีความสำคัญสำหรับการพึ่งพาเทคโนโลยี (Braun et al. , 2014)

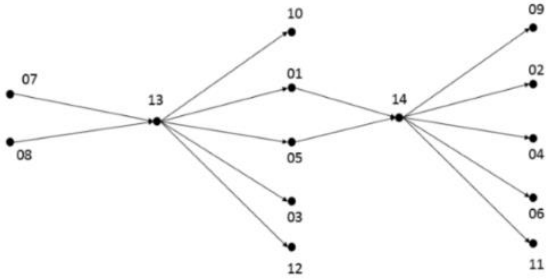


ภาพที่ 2.4 point cloud ของอาคารที่ถูกตรวจสอบ (Braun et al. , 2014)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright by [illegible] versity
All rig



ภาพที่ 2.5 raster cells บนพื้นผิววัตถุ (Braun et al. , 2014)



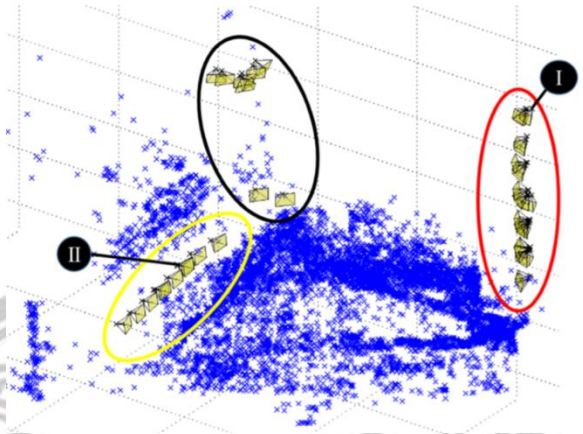
ภาพที่ 2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ก่อนหน้าสำหรับส่วนอาคารในภาพที่ 2.5 (Braun et al. , 2014)

2) Tuttas et al. (2014) ศึกษาวิธีการสร้างกลุ่มของจุดตามที่สร้างขึ้นโดยโฟโตแกรมเมตรี ใช้การรวมกันของโครงสร้างจากกระบวนการเคลื่อนไหว (motion process) พร้อมกับจุดควบคุม (control points) เพื่อสร้างกลุ่มของจุดที่ปรับขนาดในระบบพิกัดที่สอดคล้องกัน หลังจากนั้นกลุ่มของจุดนี้จะใช้สำหรับการเปรียบเทียบที่ถูกสร้างขึ้นตามแผนที่วางไว้ สำหรับ voxels ของ octree นั้นถูกทำเครื่องหมายว่าว่างหรือไม่เป็นที่รู้จัก โดยการถ่ายภาพด้วยรังสี อิงตามตำแหน่งที่ได้รับการวิเคราะห์แล้ว และตำแหน่งของกล้อง สิ่งนี้ทำให้สามารถระบุชิ้นส่วนอาคารที่ไม่มีอยู่ได้ สำหรับการตรวจสอบการมีอยู่ของส่วนต่าง ๆ ของอาคารจะทำการทดสอบครั้งที่สอง โดยอิงตามจุดที่อยู่ด้านหน้าและด้านหลังของแบบจำลองตามแผนที่วางไว้ ซึ่งทดสอบตามสถานที่ก่อสร้างภายใต้เงื่อนไขจริง

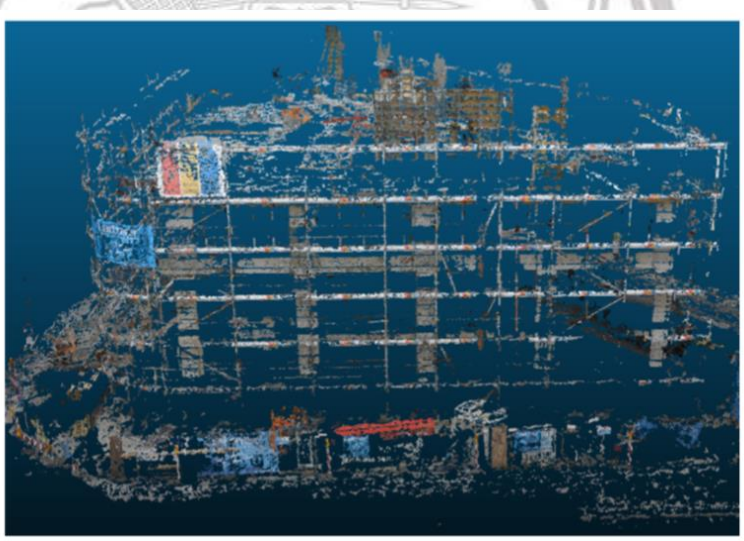
I II

ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างสำหรับสองภาพที่ถ่ายในสถานที่ก่อสร้าง ซึ่งวงกลมสีแดงจะแสดงจุดควบคุม (Braun et al. , 2014)

Copyright by Naresuan University
All rights reserved



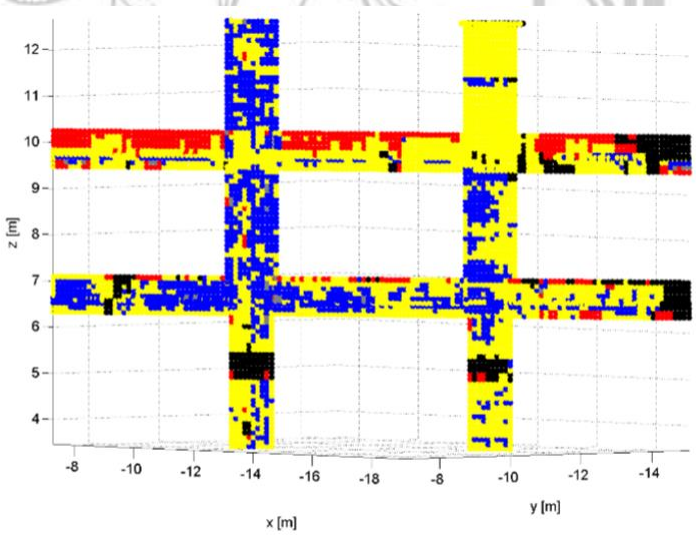
ภาพที่ 2.8 กลุ่มจุด (point cloud) กระจายของพิกัด สามมิติของ SIFTFeatures และตำแหน่งกล้อง รูปภาพ I และ II แสดงในภาพที่ 2.7 (Braun et al. , 2014)



ภาพที่ 2.9 point cloud ที่สร้างจากภาพที่แสดงในภาพที่ 2.8 (Braun et al. , 2014)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

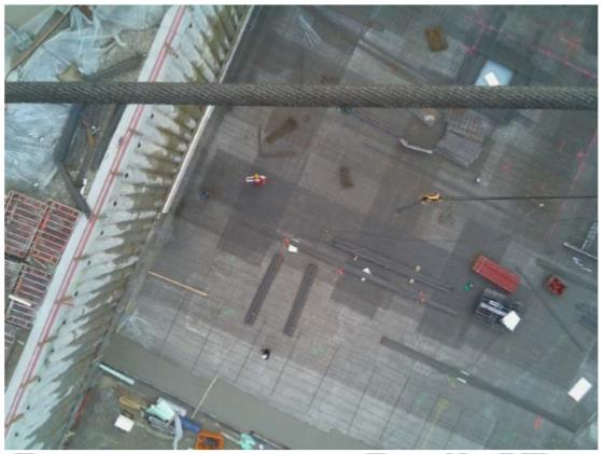
ภาพที่ 2.10 การแตกของ point cloud ที่มีระนาบโมเดล (Braun et al. , 2014)



ภาพที่ 2.11 ผลลัพธ์สำหรับแต่ละ raster cells (Braun et al. , 2014)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

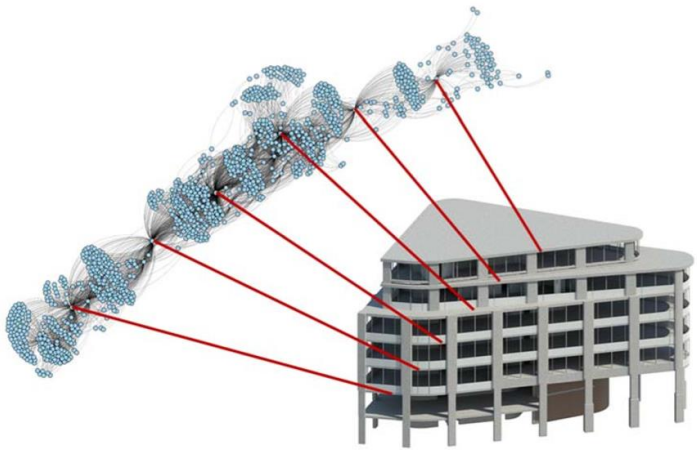
3) Braun et al. (2015) ศึกษาวิธีการอำนวยความสะดวกในการเปรียบเทียบกับการวางแผนที่สร้างขึ้นผ่านการตรวจสอบด้วยภาพกลุ่มของ point clouds ถูกสร้างขึ้นใหม่จากภาพที่เปรียบเทียบกับแบบจำลองข้อมูลอาคาร 4D (BIM) ที่มีอยู่ อย่างไรก็ตามเนื่องจากสิ่งกีดขวางจำนวนมากที่พบในสถานที่ก่อสร้างจึงสามารถตรวจพบได้เพียงส่วนน้อยขององค์ประกอบอาคาร โดยจะพูดถึงผลการตรวจจับนั้นได้รับการปรับปรุงและทำให้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่และเวลาเพิ่มเติมจาก 4D BIM



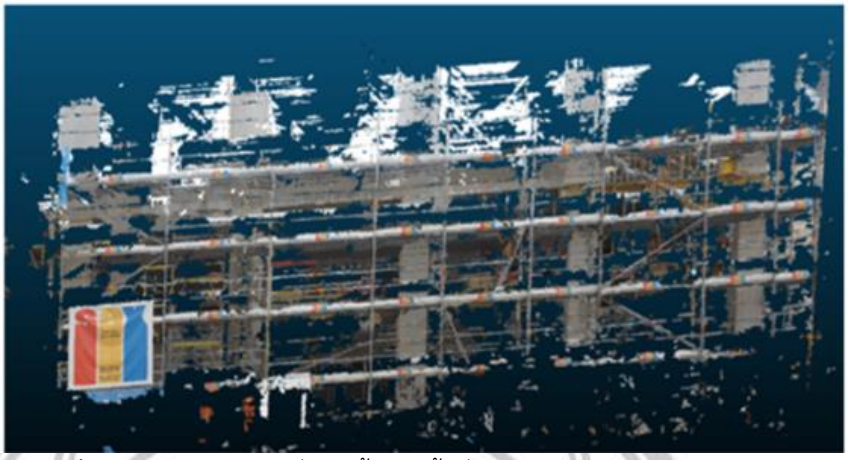
ภาพที่ 2.12 มุมมองด้านบนของพื้นที่ก่อสร้างจากกล้องที่ติดตั้งอยู่บนเครน (Braun et al. , 2015)

ภาพที่ 2.13 มุมมองทางอากาศของพื้นที่ก่อสร้างจาก UAV (Braun et al. , 2015)

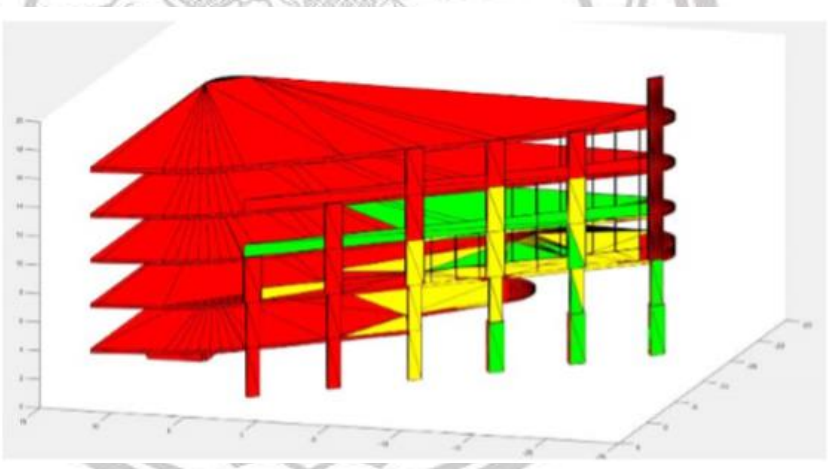
ลิขสิ
Copyrigh
ity
A



ภาพที่ 2.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ก่อนหน้าพร้อมโมเดลที่สอดคล้องกัน (Braun et al. , 2015)

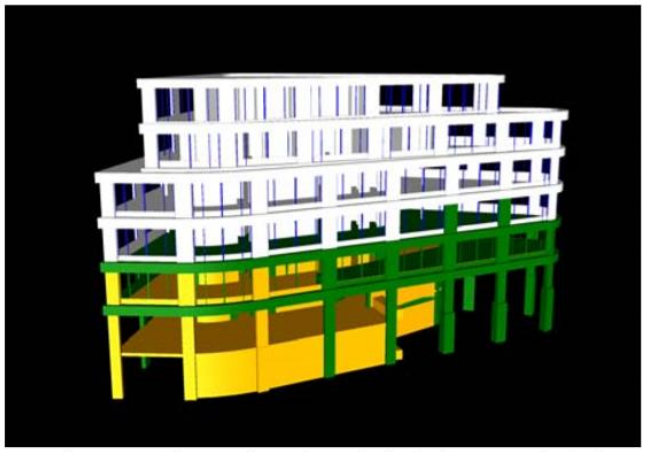


ภาพที่ 2.15 point cloud ที่สร้างขึ้นจากพื้นที่ก่อสร้าง (Braun et al. , 2015)



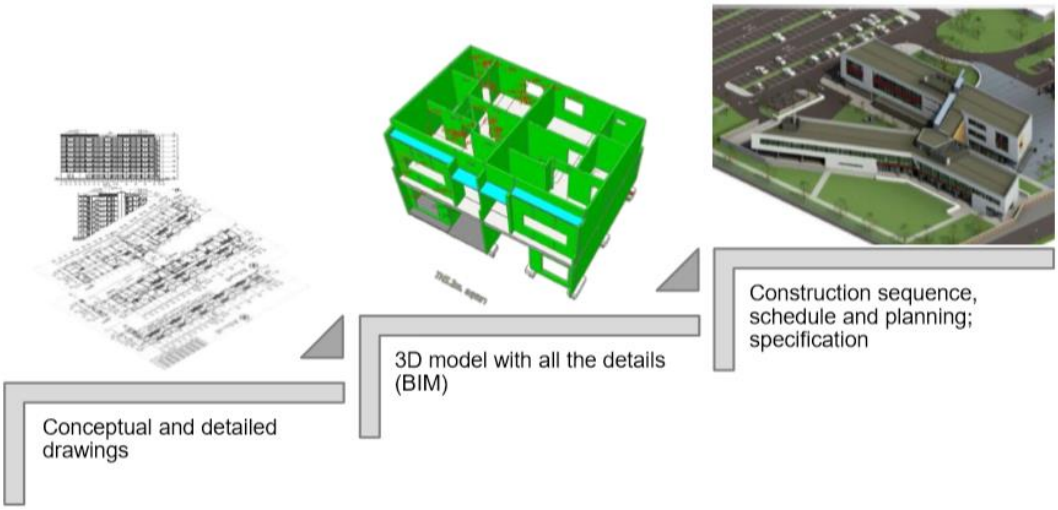
ภาพที่ 2.16 รูปสามเหลี่ยมระบุว่า“ ถูกตรวจพบ” โดยจับคู่กับ point cloud (Braun et al. , 2015)

ลิขสิทธิ์
Copyright
sity
All



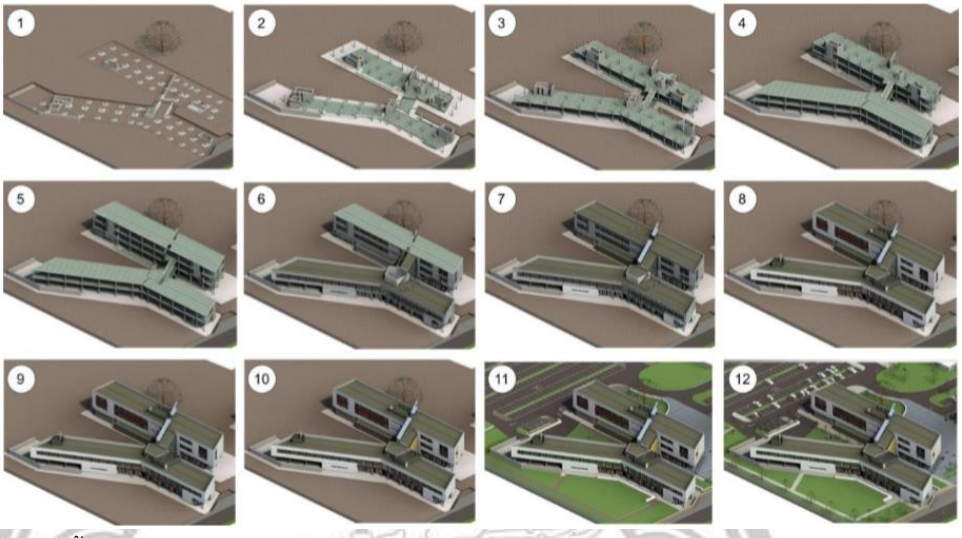
ภาพที่ 2.17 องค์ประกอบการก่อสร้าง (Braun et al. , 2015)

4) Anwar et al. (2018) ศึกษาการทำงานสำหรับการพัฒนาระบบตรวจสอบและการรายงานการก่อสร้างอัจฉริยะแบบอัตโนมัติเต็มรูปแบบ โดยใช้ข้อมูลแบบเรียลไทม์ที่ได้รับจากโดรนและ UAVs ข้อมูลจากหลายสถานที่และกลุ่มของจุด (จากการสแกน สามมิติของสถานที่ก่อสร้าง) สามารถนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองสามมิติ โดยใช้เทคนิคโฟโตแกรมสมมาตร ที่เรียกว่า "โดรนโมเดล" สามารถเปรียบเทียบกับโมเดล BIM ในขั้นตอนการก่อสร้างต่าง ๆ เพื่อติดตามความก้าวหน้าการก่อสร้าง นอกเหนือจากการกำหนดเวลาการก่อสร้างและการคิดต้นทุนการเปรียบเทียบนี้สามารถขยายเพื่อรวมการบันทึกตามเวลาจริง การรายงานการเรียกเก็บเงินการตรวจสอบและการวางแผน โดยใช้ตัวอย่างของโครงการก่อสร้างกรณีศึกษาการใช้ข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพนั้นแสดงให้เห็นในแง่ของการตรวจสอบการก่อสร้างอย่างชาญฉลาด แสดงให้เห็นว่าระบบอัตโนมัติเต็มรูปแบบนี้สามารถลดความพยายามที่จำเป็นในการตรวจสอบการก่อสร้างแบบดั้งเดิมและขั้นตอนการรายงาน ระบบนี้ไม่เพียงแต่ให้วิธีการควบคุมดูแลและจัดการไซต์ที่สะดวกสบายและชาญฉลาด แต่ยังส่งผลให้การดำเนินงานการวางแผนและการปรับเปลี่ยนในสถานที่ดีขึ้น

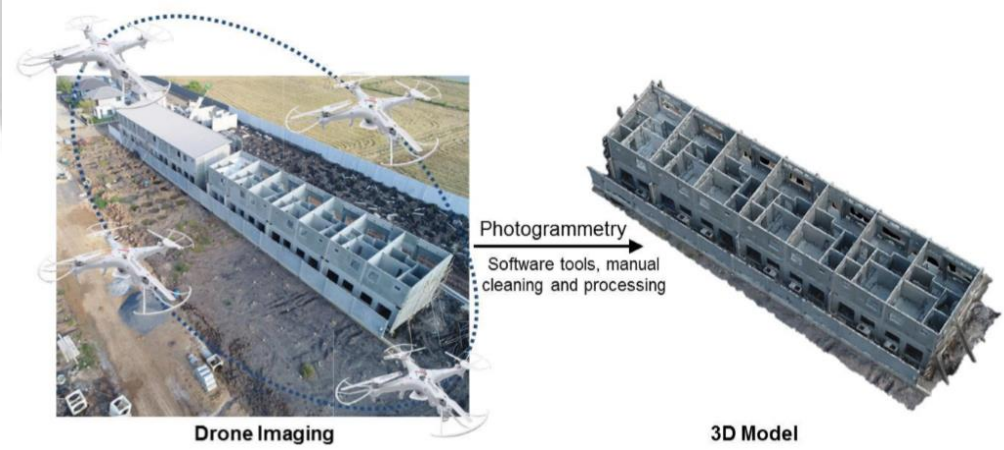


ภาพที่ 2.18 ขั้นตอนสำคัญในแนวทางแบบดั้งเดิมของการตรวจสอบและการวางแผนการก่อสร้าง (Anwar et al. , 2018)

มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

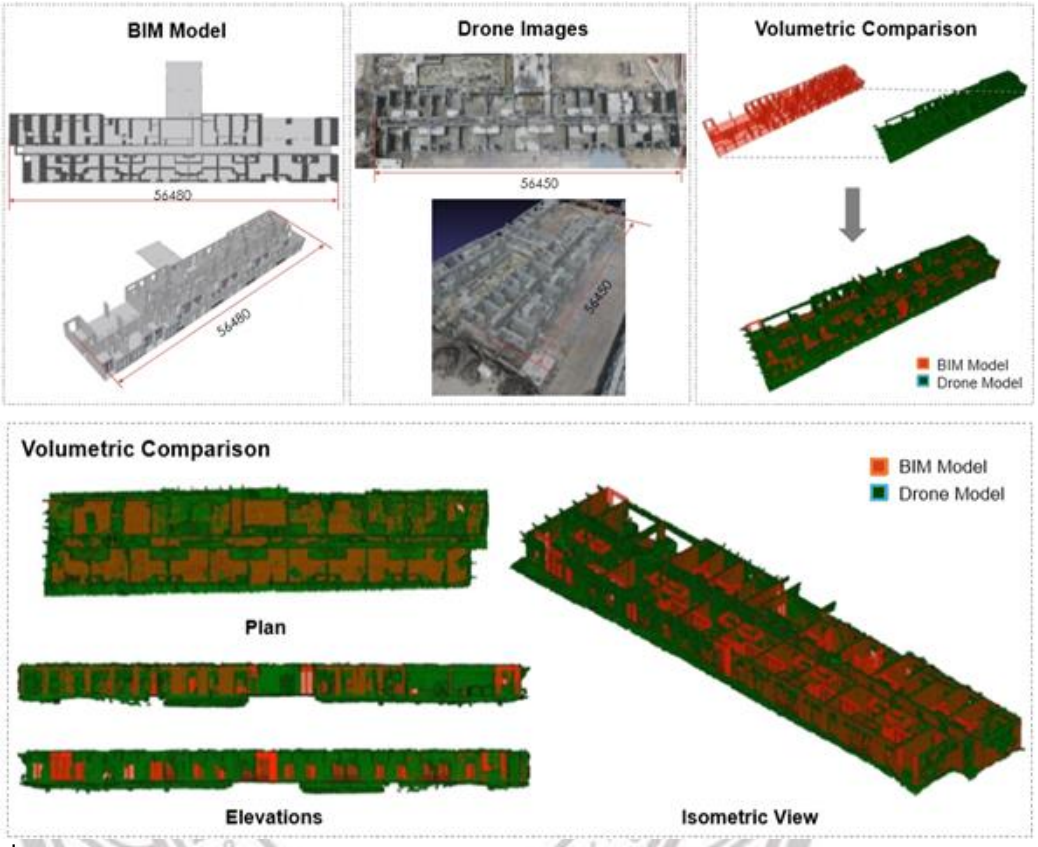


ภาพที่ 2.19 ขั้นตอนต่าง ๆ ของโครงการก่อสร้างตามลำดับของแบบจำลอง สามมิติ (Anwar et al. , 2018)

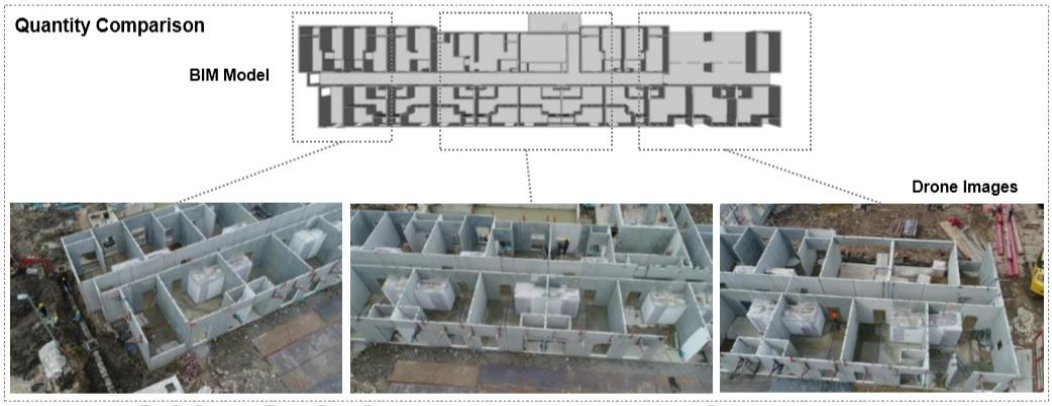


ภาพที่ 2.20 การแปลงข้อมูลภาพถ่ายจาก Drone เป็นแบบจำลองสามมิติ (Anwar et al. , 2018)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

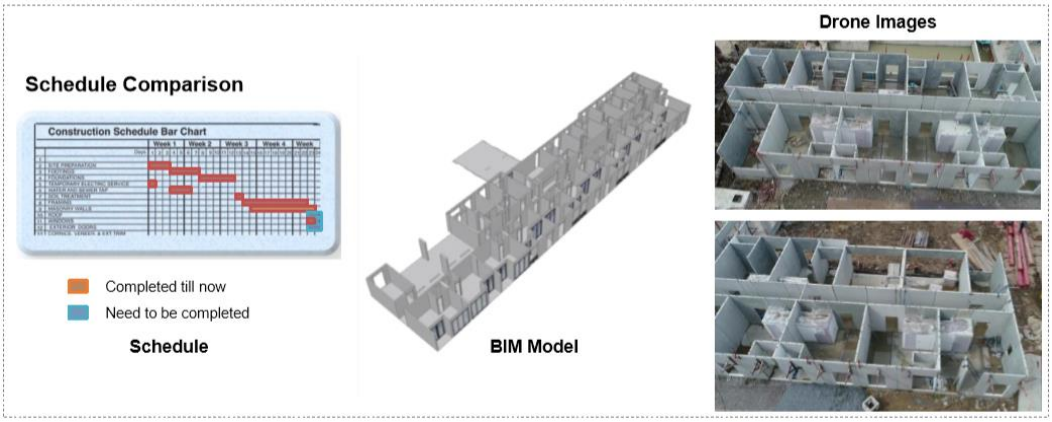


ภาพที่ 2.21 การเปรียบเทียบเชิงปริมาตรระหว่างแผนการก่อสร้าง กำหนดการและความคืบหน้าของไซต์ก่อสร้าง (Anwar et al. , 2018)



ภาพที่ 2.22 ตัวอย่างการเปรียบเทียบปริมาณสำหรับการจัดวางห้องน้ำ - ห้องสุขาทั้งหมดอยู่ในกำหนดเวลา (Anwar et al. , 2018)

Cop All rights reserved



ภาพที่ 2.23 ตัวอย่างการเปรียบเทียบตารางเวลาสำหรับโครงการกรณีศึกษา - การจัดวางหน้าต่างล่าช้าตามกำหนดเวลา (Anwar et al. , 2018)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 3

ขั้นตอนการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ทั้งหมด 6 หัวข้อ ได้แก่

1. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย
2. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การประมวลผล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. การเปรียบเทียบข้อมูล

โดยแต่ละหัวข้อการวิจัยมีรายละเอียดที่แตกต่างกันไป ดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จำแนกเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) อุปกรณ์การถ่ายภาพ

1.1 กล้องโทรศัพท์มือถือ (iPhone6)

ภาพที่ 3.1 โทรศัพท์มือถือ iPhone6 (https://store.ais.co.th/th/mobile-phone/apple-iphone-6-64gb.html, 2018)

ลิขสิท
Copyright
AI
ersity

1.2 โดรน (Drone) หรือ UAV (Unmanned Aerial Vehicles)
อากาศยานไร้คนขับ รุ่น Dji Tello และ Dji Phantom 4 pro

ภาพที่ 3.2 Mini-Drone รุ่น Dji Tello (https://www.autoinfo.co.th/online/283245/, 2019)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาพที่ 3.3 Drone รุ่น Dji Phantom 4 pro (https://www.blueskiesdronerental.com/product/dji-phantom-4-pro-2/, 2019)

2) ซอฟต์แวร์ประมวลผล

2.1 Agisoft Metashape เป็นโปรแกรมแบบสแตนด์อโลนที่ประมวลผลภาพถ่าย หรือการรังวัดด้วยภาพ (photogrammetric) แบบดิจิทัล และสร้างข้อมูล 3 มิติ ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่นำไปใช้กับงาน GIS (Geographic Information Systems) งานจัดเก็บข้อมูลมรดกทางวัฒนธรรม และการผลิตภาพถ่ายเทคนิคพิเศษ (visual effects) รวมไปถึงการวัดค่าของวัตถุระดับต่าง ๆ ในทางอ้อม ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้ในการประมวลผลภาพอัตโนมัติแล้วสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติ

2.2 AutoCAD เป็นโปรแกรมช่วยออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Aided Drafting/Design, CAD) ที่สามารถรองรับการทำงานทั้งใน 2 มิติ และ 3 มิติ สำหรับงานออกแบบด้านวิศวกรรม สถาปัตยกรรม และอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้เปิดข้อมูลแบบสถาปัตยกรรม (2D CAD)

2.3 SketchUp เป็นโปรแกรมออกแบบที่มีความสามารถในการเปลี่ยนภาพวาดโครงร่างให้กลายเป็นภาพงานจำลองสามมิติ เป็นโปรแกรมขนาดเล็ก จึงทำให้มีการประมวลผลออกมาอย่างรวดเร็ว ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้ในการสร้างแบบสถาปัตยกรรม (2D CAD) ให้เป็นแบบสามมิติ

3) ซอฟต์แวร์วิเคราะห์ข้อมูล

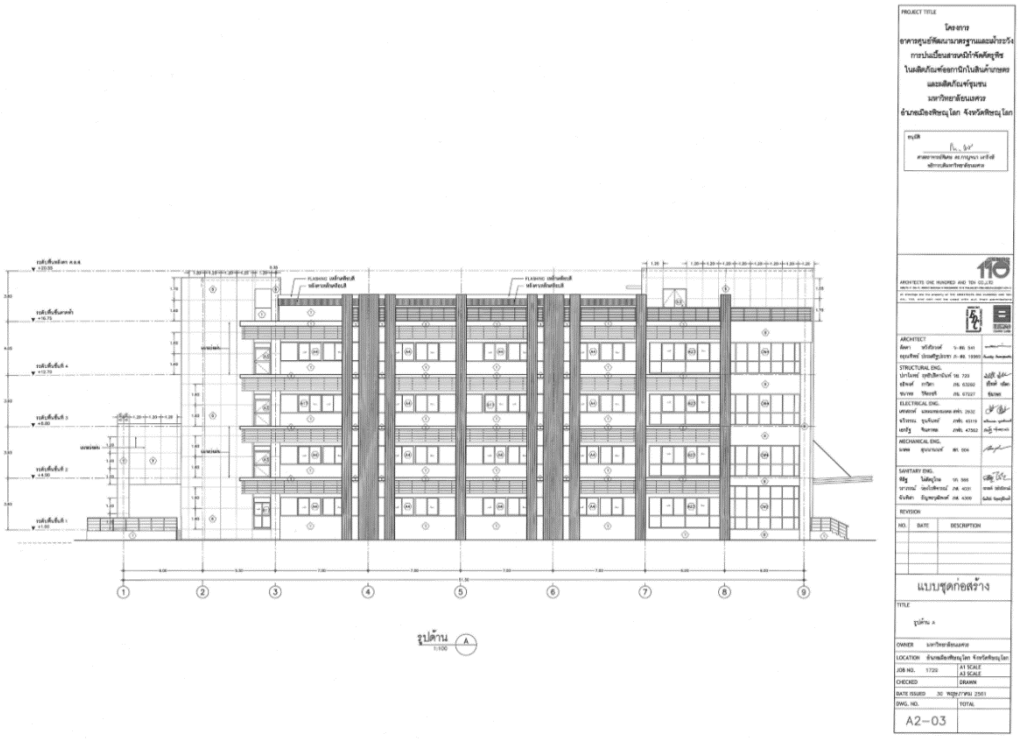
3.1 CloudCompare เป็นโปรแกรมแก้ไขและประมวลผลให้กับ 3D point cloud ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบอาคารก่อสร้าง

3.2 ARCHICAD เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบงานสถาปัตยกรรม ซึ่งเป็นโปรแกรมที่รวมการสร้างแบบจำลองอาคาร (3D) และการเขียนแบบDrawing เข้าไว้ด้วยกันในโปรแกรมเดียว ตัวโปรแกรมใช้เทคโนโลยีในการจำลองอาคารที่เรียก BIM (Building Information Modeling) ซึ่งเป็นการใส่ข้อมูลลงไปใน Object ของอาคาร ทำให้โปรแกรมเข้าใจได้ว่าส่วนไหนคือเสา ส่วนไหนคือผนัง ทำให้โปรแกรมสามารถประมาณราคาการก่อสร้างออกมาได้แม่นยำ การทำงานสร้างแบบหรือแก้ไขแบบก็สามารถทำได้ง่ายในขั้นตอนเดียว ลดขั้นตอนในการทำงานที่ซ้ำซ้อนและประหยัดเวลาได้มากยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

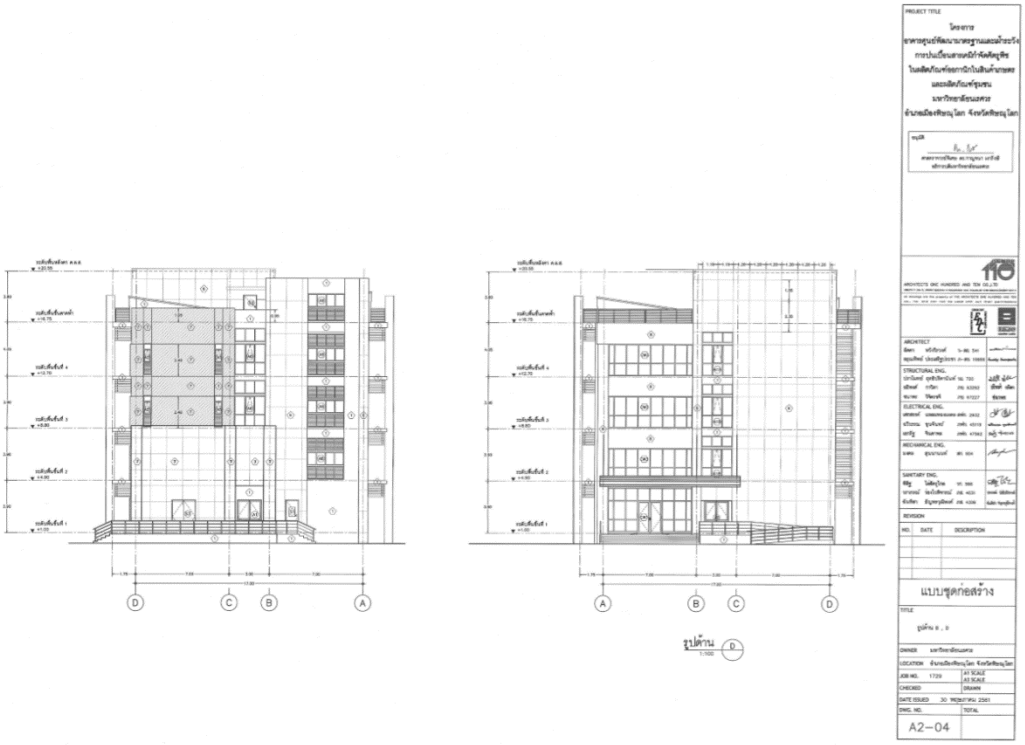
3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

1) แบบสถาปัตยกรรม อาคารศูนย์พัฒนามาตรฐานและเฝ้าระวังการปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์ ม.นเรศวร จาก บริษัท วี. สถาปัตย์ จำกัด

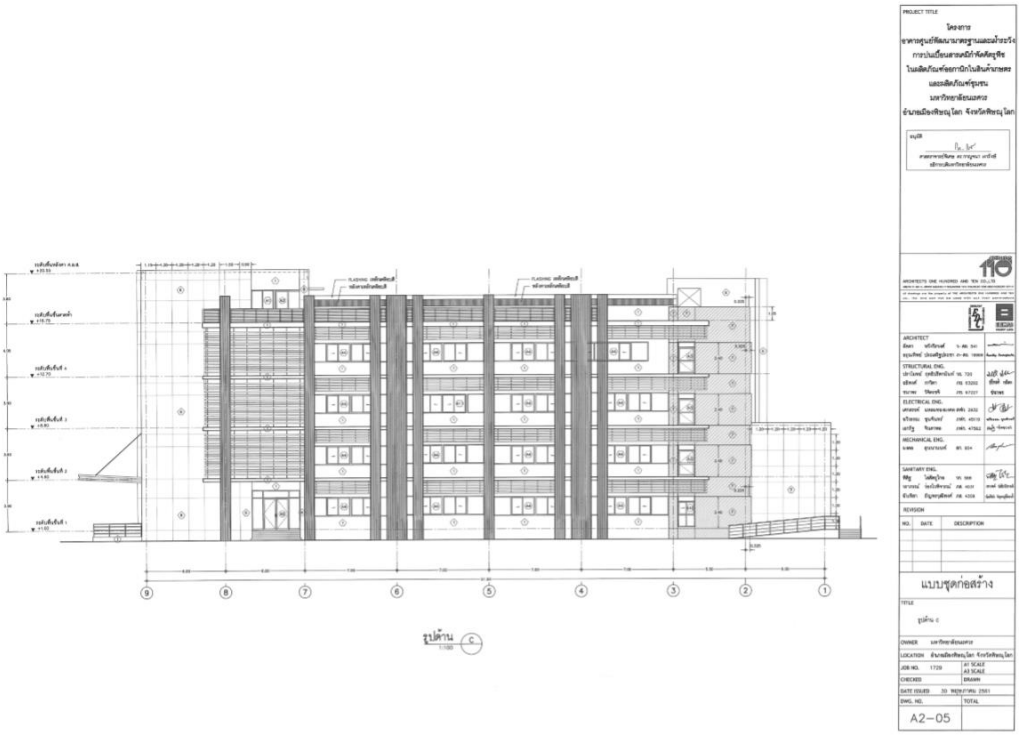


ภาพที่ 3.4 แบบสถาปัตยกรรมของชุดก่อสร้าง รูปด้าน A (บริษัท วี. สถาปัตย์ จำกัด, 2019)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



ภาพที่ 3.5 แบบสถาปัตยกรรมของชุดก่อสร้าง รูปด้าน B, D (บริษัท วี. สถาปัตย์ จำกัด, 2019)



ภาพที่ 3.6 แบบสถาปัตยกรรมของชุดก่อสร้าง รูปด้าน C (บริษัท วี. สถาปัตย์ จำกัด, 2019)

2) แบบวิศวกรรมโครงสร้าง อาคารศูนย์พัฒนามาตรฐานและเฝ้าระวังการปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์ ม.นเรศวร จาก บริษัท วี. สถาปัตย์ จำกัด

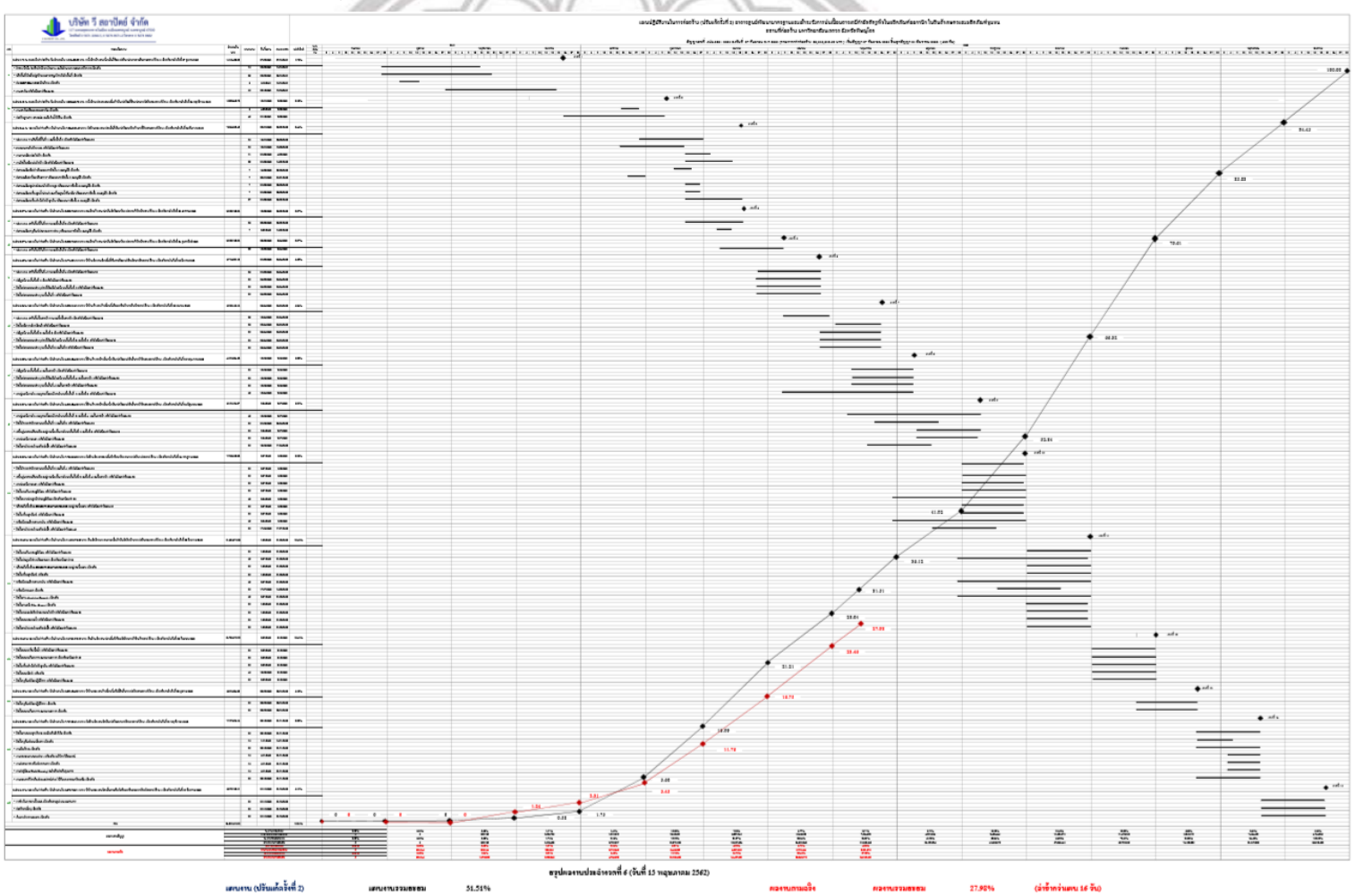
3) ภาพถ่ายอาคารศูนย์พัฒนามาตรฐานและเฝ้าระวังการปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์ ม.นเรศวร จาก กล้องโทรศัพท์มือถือ และโดรนขนาดเล็ก

4) แบบแปลนก่อสร้าง หรือ 2D CAD ที่ได้จากผู้ควบคุมอาคารพัฒนามาตรฐานและเฝ้าระวังการปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์ออกานิกในสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ชุมชน คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ภาพที่ 3.7 แบบแปลนก่อสร้าง หรือ 2D CAD (บริษัท วี. สถาปัตย์ จำกัด, 2019)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

5) แผนผังคุมกำหนดงาน (Gantt Chart)



ภาพที่ 3.8 ผังคุมกำหนดงาน

All rights reserved

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ข้อมูลภาพถ่ายจากกล้องโทรศัพท์มือถือ (iPhone6)

1.1 ตรวจสอบพื้นที่ก่อนทำการถ่ายภาพ

1.2 การวางแผนการถ่ายภาพ

1.2.1 กำหนดระยะห่างระหว่างกล้องกับตัวอาคาร ไม่เกิน 3 เมตร

1.2.2 กำหนดระยะห่างระหว่างภาพถ่ายแต่ละภาพ ไม่เกิน 1 เมตร

1.2.3 ถ่ายโดยรอบทั้งหมด

1.3 ทำการถ่ายภาพ อาคารศูนย์พัฒนามาตรฐานและเฝ้าระวังการปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ในผลิตภัณฑ์ ม.นเรศวร

1.4 ตรวจสอบข้อมูลภาพถ่ายที่ได้ เพื่อนำไปใช้ในการประมวลผลข้อมูลต่อไป

2) ข้อมูลภาพถ่ายจากโดรนขนาดเล็ก (Mini-Drone รุ่น Dji Tello)

2.1 ตรวจสอบพื้นที่ก่อนทำการถ่ายภาพ

2.2 การวางแผนการถ่ายภาพ

2.2.1 กำหนดแนวบิน ซึ่งถ่ายภาพทุก ๆ ระยะ 1 เมตร

2.2.2 ถ่ายโดยรอบทั้งหมด

2.3 ทำการถ่ายภาพ อาคารศูนย์พัฒนามาตรฐานและเฝ้าระวังการปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์ ม.นเรศวร

2.4 ตรวจสอบข้อมูลภาพถ่ายที่ได้ เพื่อนำไปใช้ในการประมวลผลข้อมูลต่อไป

3) ข้อมูลภาพถ่ายจากโดรน (Drone รุ่น Dji Phantom 4 Pro)

3.1 ตรวจสอบพื้นที่ก่อนทำการถ่ายภาพ

3.2 วางจุดควบคุมภาพถ่าย เพื่อใช้สำหรับกำหนดขนาดแบบจำลองสามมิติ

3.3 การวางแผนการถ่ายภาพ

3.2.1 ใช้การบินถ่ายแบบอัตโนมัติ

3.2.2 ความสูงบิน 80 เมตร Angle of the camera 60 องศา Front overlap 80 % Side overlap 80%

3.2.3 ความสูงบิน 120 เมตร Angle of the camera 45 องศา Front overlap 80 % Side overlap 70%

3.4 ทำการถ่ายภาพที่ความสูงบิน 80 เมตร Angle of the camera 60 องศา Front overlap 80 % Side overlap 80%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

3.5 ทำการถ่ายภาพที่ความสูงบิน 120 เมตร Angle of the camera 45 องศา Front overlap 80 % Side overlap 70%

3.6 ตรวจสอบข้อมูลภาพถ่ายที่ได้ของความสูงบิน 80 และ 120 เมตร เพื่อนำไปใช้ในการประมวลผลข้อมูลต่อไป

3.4 การประมวลผลข้อมูล

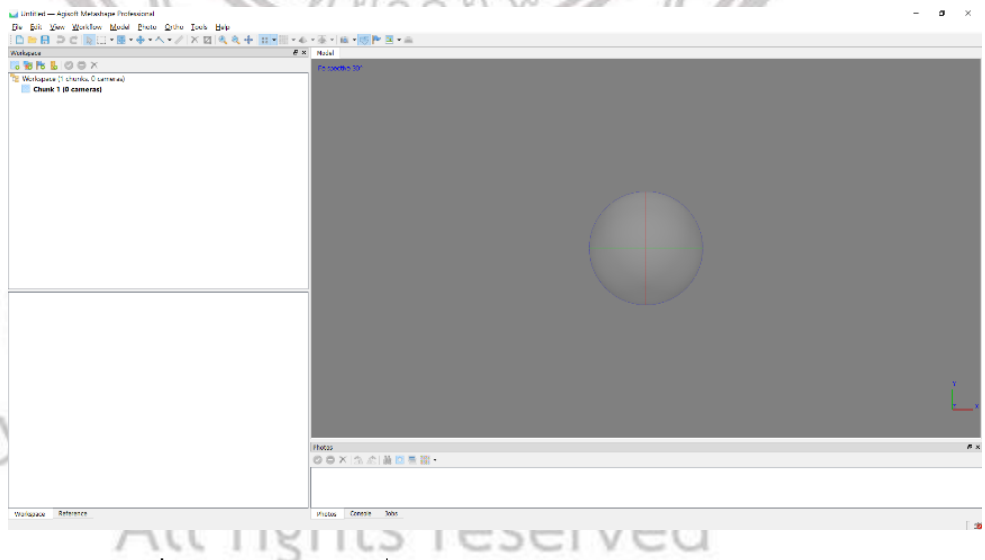
1) การสร้างแบบจำลองสามมิติ

1.1 เตรียมข้อมูลภาพถ่าย อาคารศูนย์พัฒนามาตรฐานและเฝ้าระวังการปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์ ม.นเรศวร ที่ทำการถ่ายจากกล้องโทรศัพท์มือถือ โดรนขนาดเล็ก (Mini-Drone รุ่น Dji Tello) และ Drone รุ่น Dji Phantom 4

1.2 นำภาพถ่ายที่เตรียมไว้ เข้าประมวลผลใน เครื่องมือ Agisoft Metashape Professional (64 bit) เพื่อให้ได้มาซึ่งแบบจำลองสามมิติ

1.3 ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยเครื่องมือ Agisoft Metashape Professional (64 bit) ทำได้ดังนี้

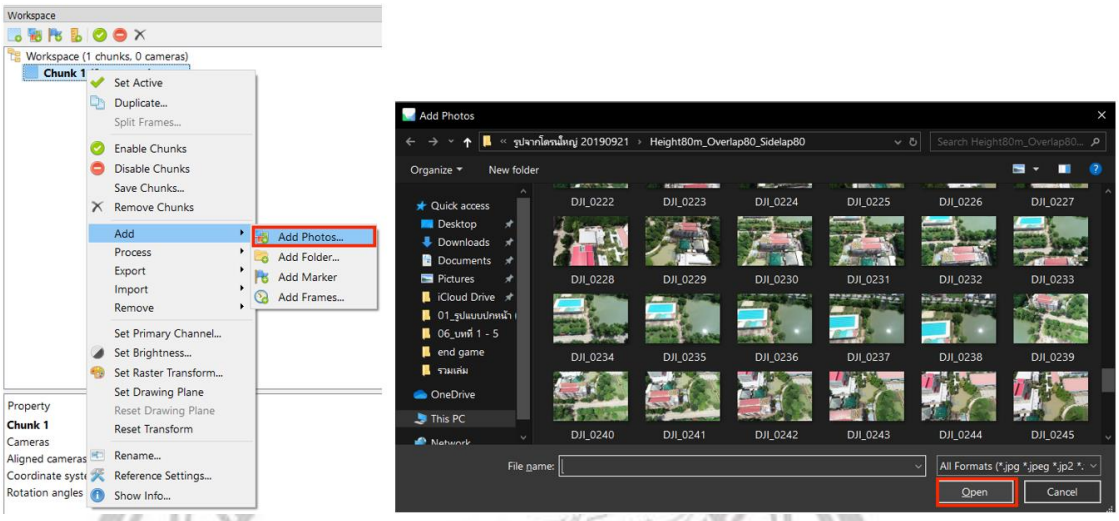
1.3.1 เปิดเครื่องมือ Agisoft Metashape Professional (64 bit)



ภาพที่ 3. 9 แสดงการเปิดเครื่องมือ Agisoft Metashape Professional (64 bit)

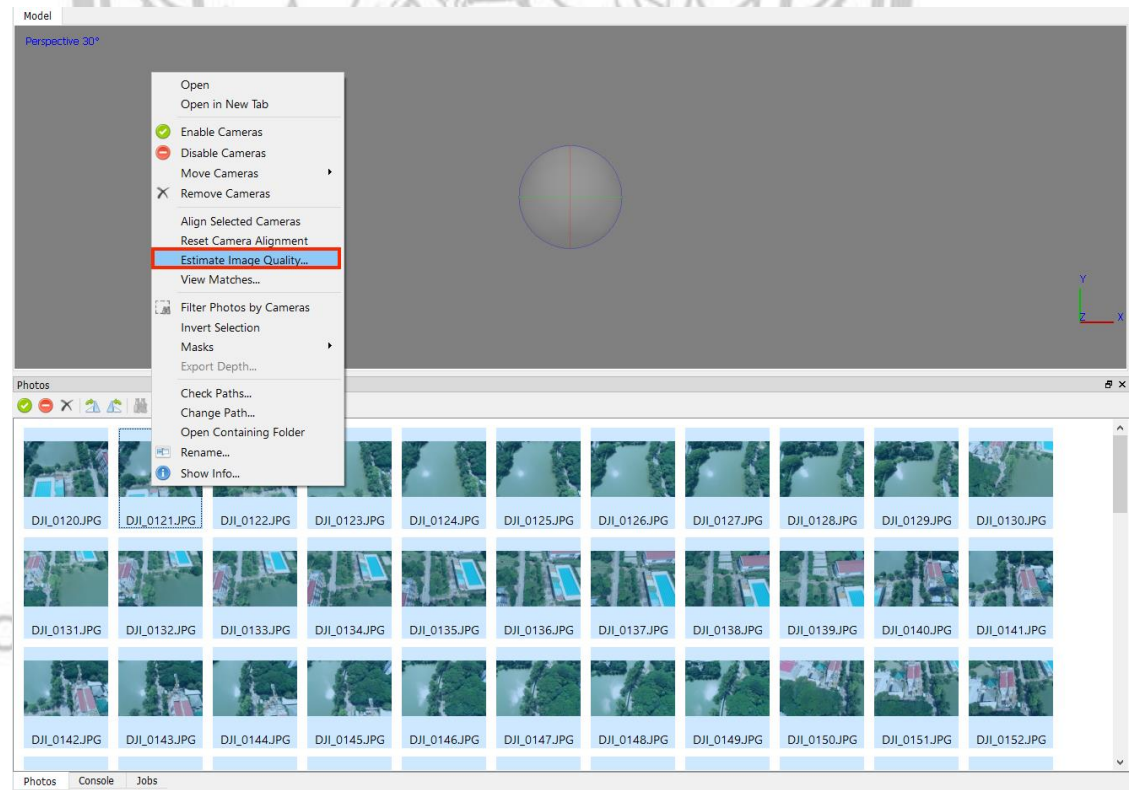
1.3.2 ไปที่ Workspace > Add Chunk เพื่อเป็นที่เก็บรวบรวมภาพถ่าย > Add Photos เพื่อเพิ่มภาพถ่าย

Copyright All rights reserved



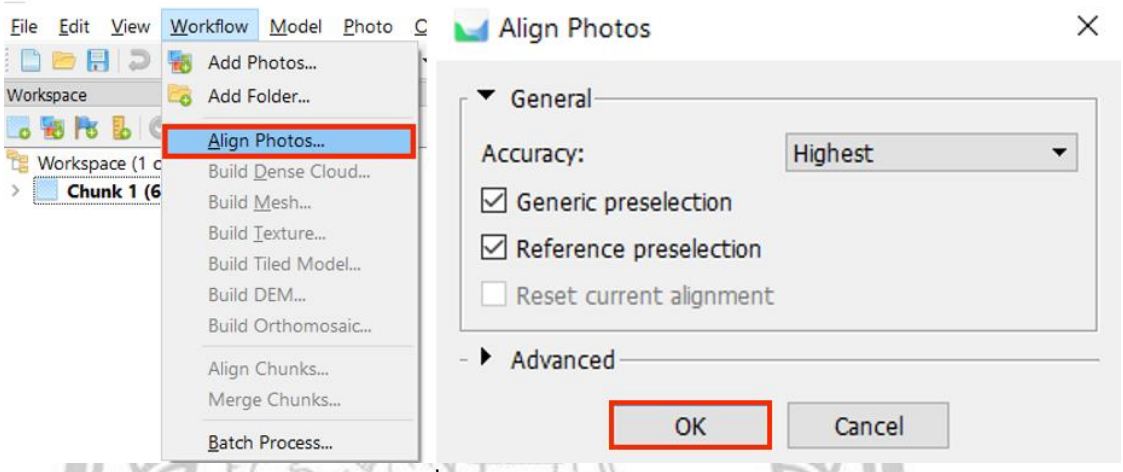
ภาพที่ 3.10 แสดงขั้นตอนการ Add Photos

1.3.3 เมื่อเพิ่มภาพถ่ายแล้ว ทำการคลุมทุกภาพ คลิกขวาเลือก Estimate Image Quality เป็นการประมาณคุณภาพของภาพถ่าย



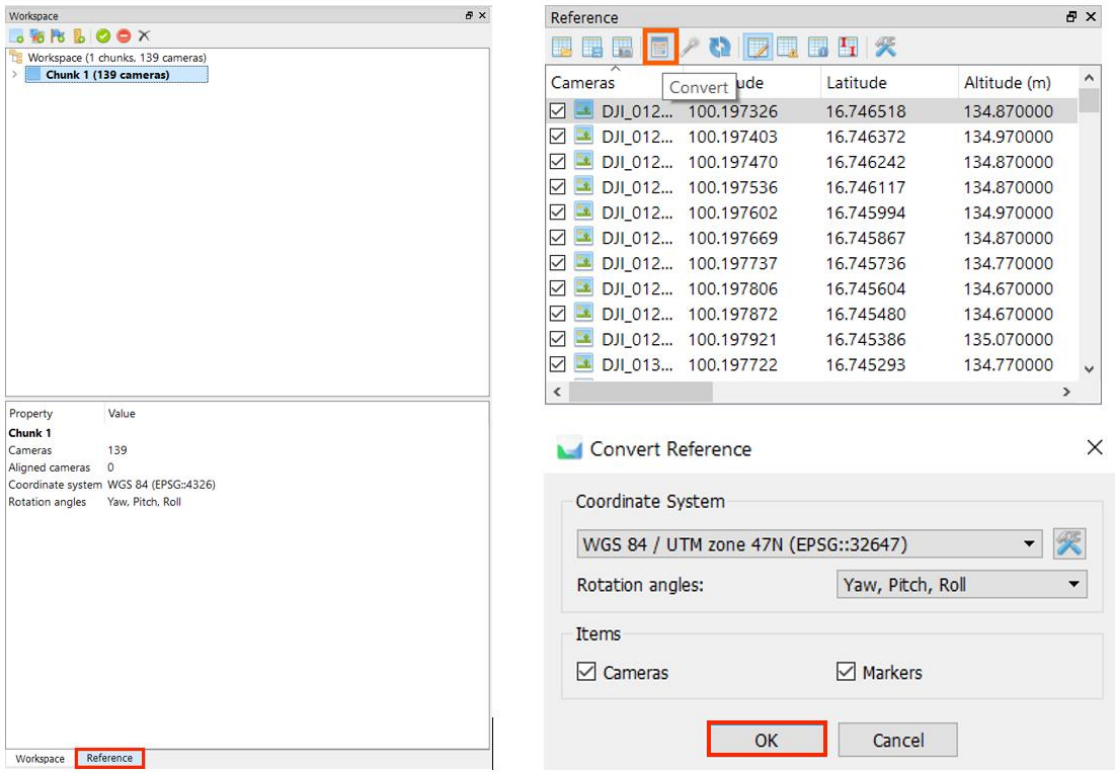
ภาพที่ 3.11 แสดงการ Estimate Image Quality

1.3.4 เมื่อ Estimate Image Quality เสร็จแล้ว ทำการ Align Photos เป็นการนำภาพมาจัดเรียง แล้วเลือกจุดของภาพที่เหมือนกันมาสร้างแบบจำลองสามมิติแบบอัตโนมัติ โดยไปที่ Workflow > Align Photos

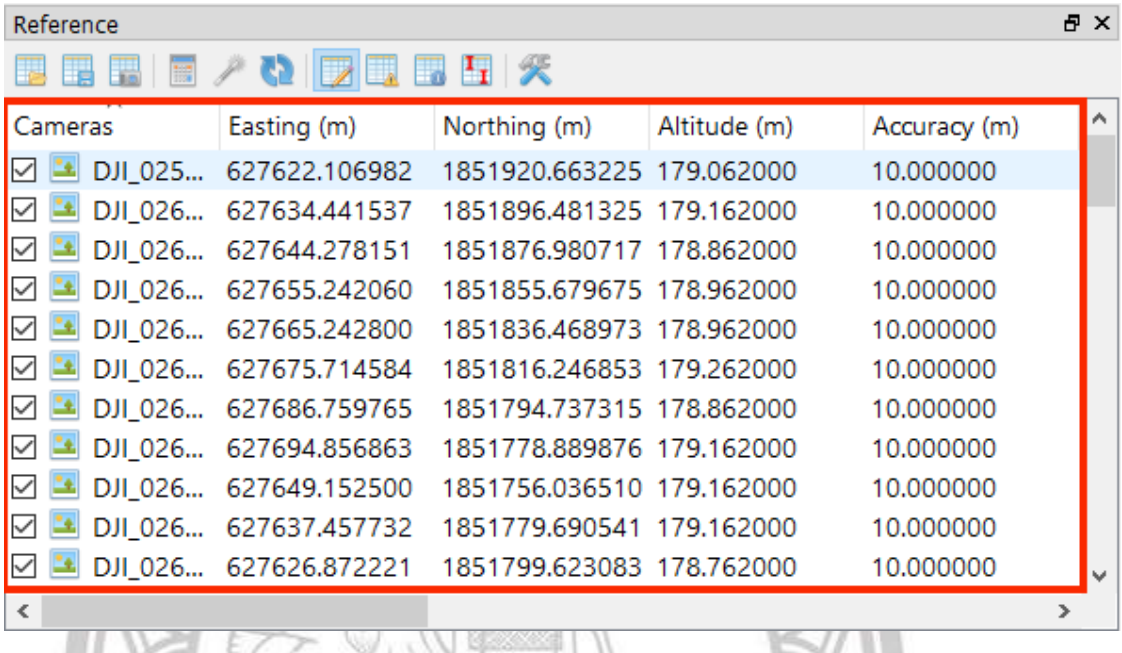


ภาพที่ 3.12 แสดงการ Align Photos

1.3.5 เมื่อ Align Photos เสร็จแล้ว ทำการกำหนดระบบพิกัด โดยคลิกที่ Reference > คลิก Convert เพื่อเลือกระบบพิกัด > กำหนดเป็น WGS 84 / UTM zone 47N (EPSG::32647) > OK

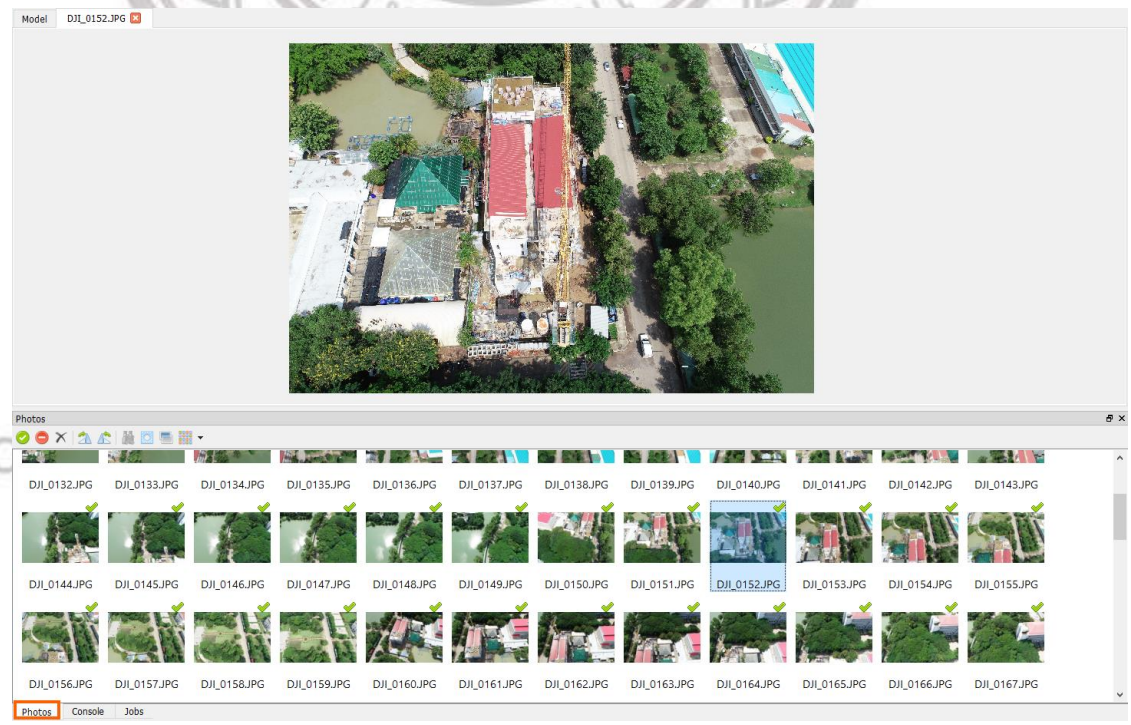


ภาพที่ 3.13 แสดงการกำหนดระบบพิกัด



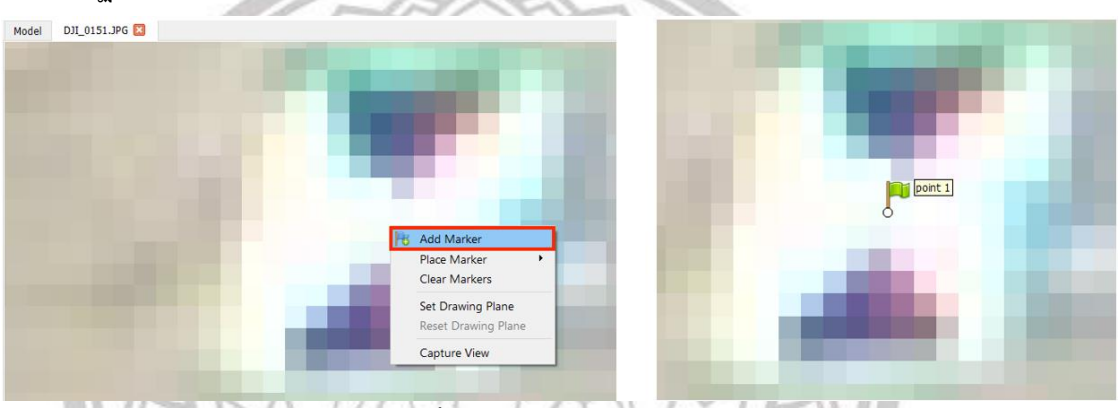
ภาพที่ 3.14 แสดงตัวอย่างเมื่อทำการกำหนดค่าพิกัดแล้ว

1.3.6 เมื่อกำหนดระบบพิกัดแล้ว ต่อไปเป็นการกำหนดจุดควบคุมให้กับภาพถ่าย ด้วยการมาร์คจุดให้ตรงกับจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ได้ทำการเก็บรวบรวมมาจากพื้นที่จริง โดยไปที่ Photos หาภาพที่มีจุดควบคุมภาคพื้นดิน

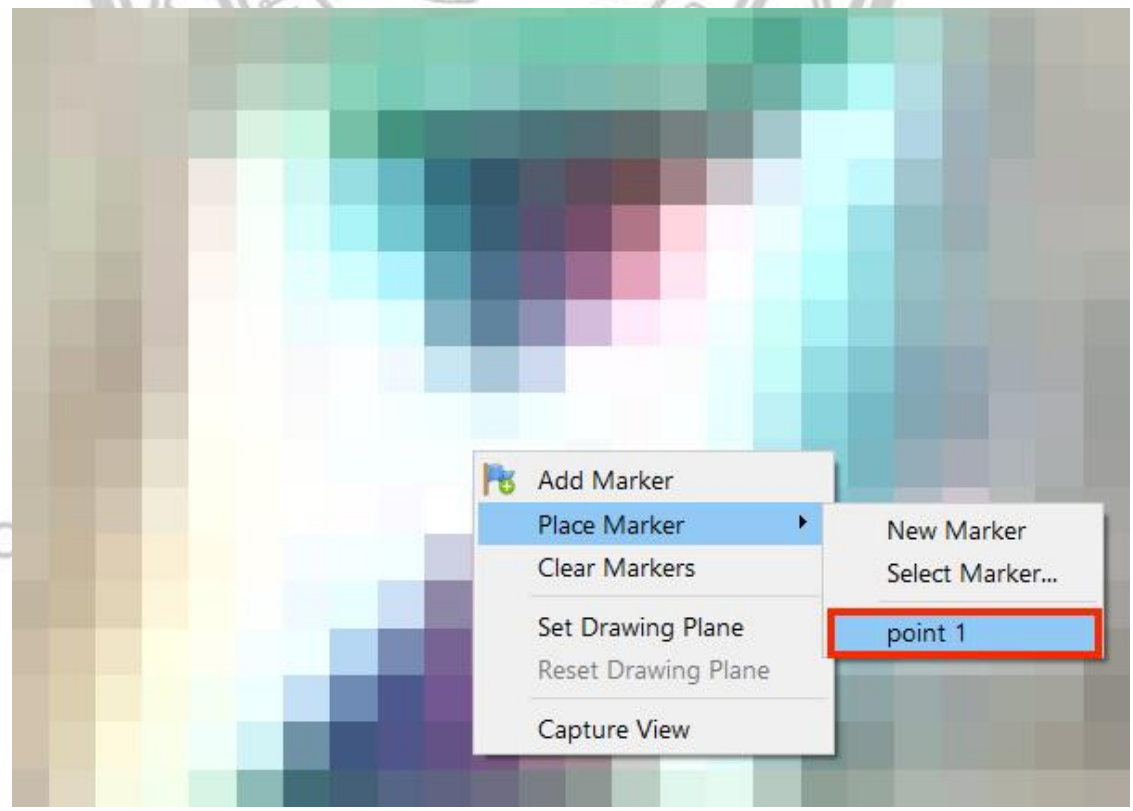


ภาพที่ 3.15 แสดงการหาภาพที่มีจุดควบคุมภาคพื้นดิน

1.3.7 เมื่อหาภาพที่มีจุดควบคุมภาคพื้นดินได้แล้ว ทำการมาร์คจุด โดยคลิกขวาจุดที่เลือก > Add Marker > จะได้ point 1 ซึ่ง point 1 นั้นมีหลายภาพ การที่จะให้ปรากฏทุกภาพทำได้โดย หาอีกภาพที่มีจุดควบคุมภาคพื้นดินที่เหมือนกัน > คลิกขวาที่จุดที่เลือก > Place Marker > เลือก point 1 เท่านี้โปรแกรมก็จะทำการกำหนด point 1 ให้อัตโนมัติของทุกภาพที่มี (แต่ต้องทำการเลื่อน ให้ตรงจุดทุกภาพ เพราะมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย-ปานกลาง เมื่อเลื่อนแล้วจะปรากฏเป็นสีเขียว)

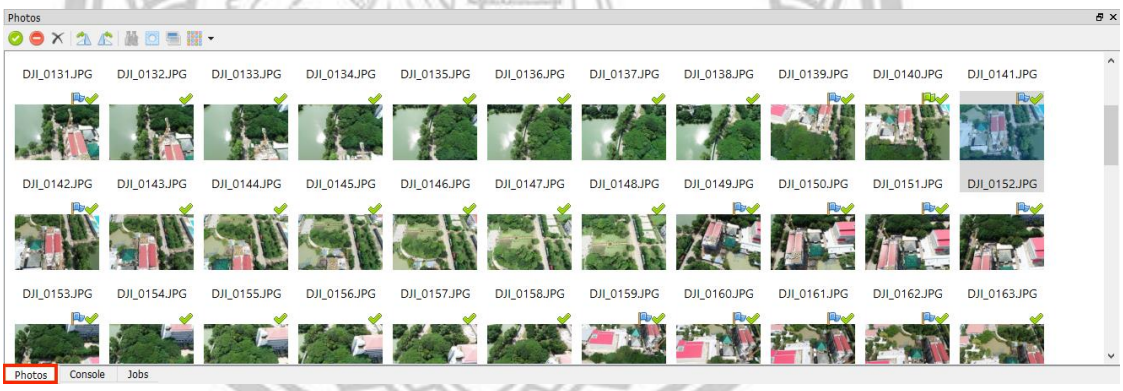


ภาพที่ 3.16 แสดงการ Add Marker

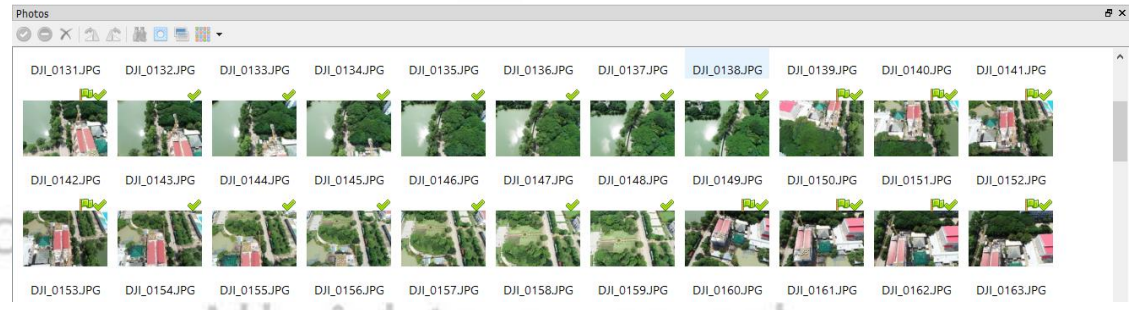


ภาพที่ 3.17 แสดงการ place marker ของ point 1

ภาพที่ 3.18 แสดงการมีอยู่ของ point 1 แบบอัตโนมัติ เมื่อทำการ place marker ของ point 1



ภาพที่ 3.19 แสดงการมีอยู่ของ point 1 แบบอัตโนมัติของทุก ๆ ภาพ เมื่อทำการ place marker ของ point 1

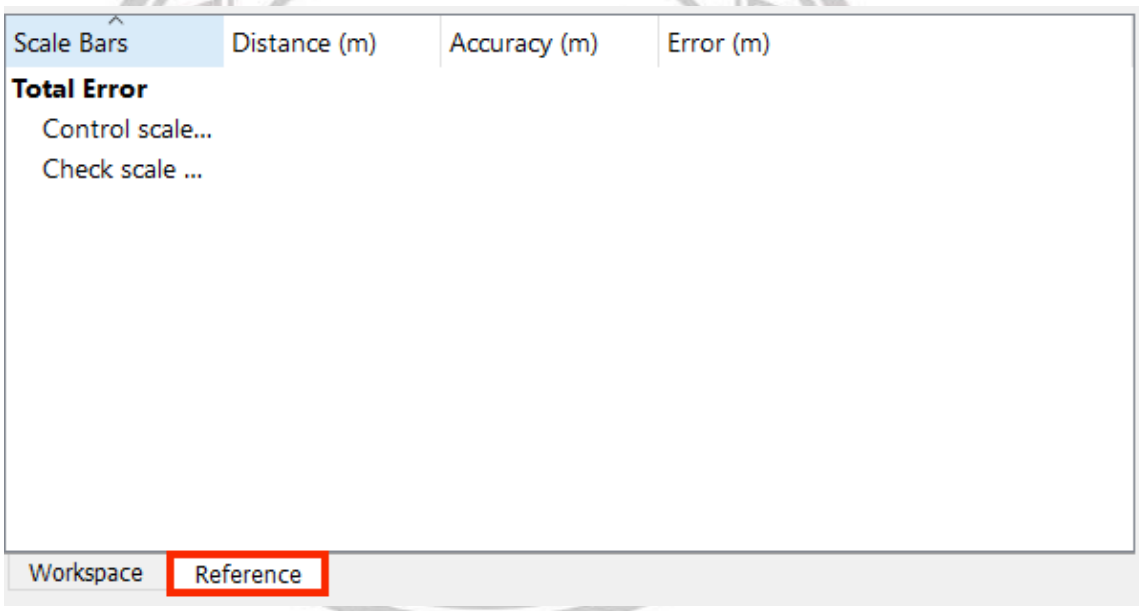


ภาพที่ 3.20 แสดงตัวอย่างการเลื่อนจุดที่เสร็จสิ้นแล้ว

All rights reserved

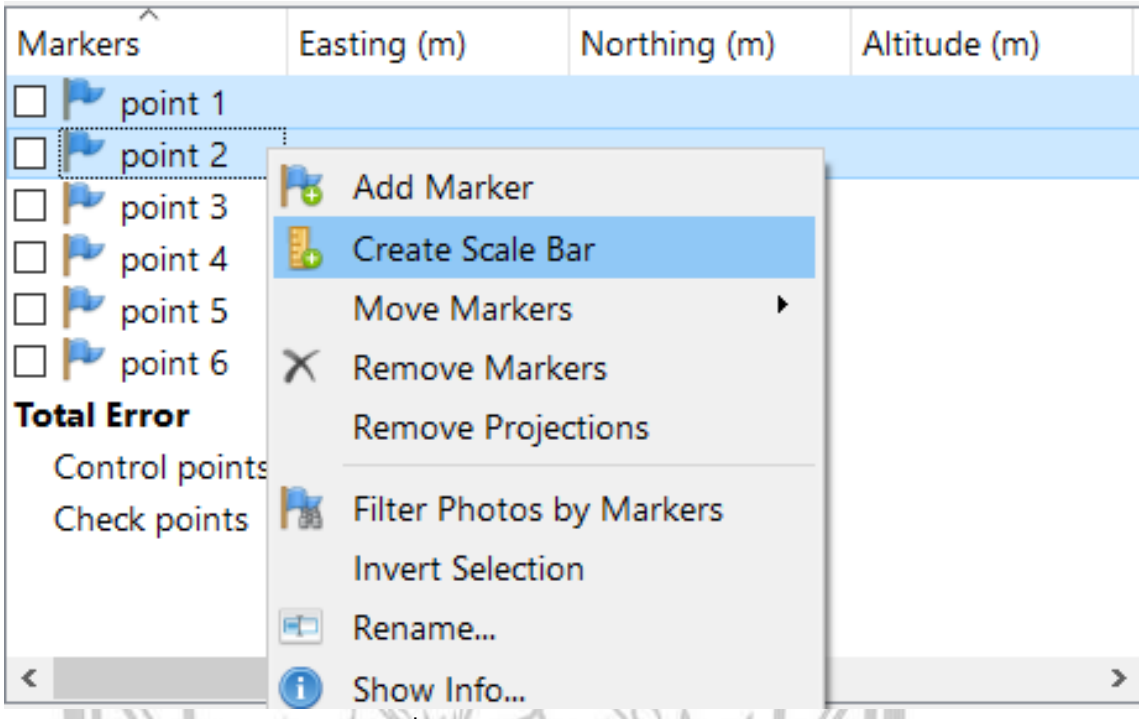
1.3.8 กรณีที่มีจุดควบคุมภาคพื้นดินหลายจุด ให้ทำการกลับไปภาพเดิมที่มี point 1 แล้วหาจุดที่ 2 จากนั้น Add Marker ใหม่ เป็น point 2 และ Place Marker เลือก point 2 ของภาพใหม่ ดังวิธีการของ point 1

1.3.9 เมื่อ mark จุดครบแล้ว ทำการ Align Photos อีกครั้ง ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการสร้าง Scaling ซึ่งเป็นการกำหนดขนาดที่ถูกต้องให้กับแบบจำลองสามมิติ ที่ได้วัดระยะห่างระหว่างจุดจริงจากบริเวณพื้นที่ก่อสร้างมาแล้ว ด้วยการสร้าง Scale Bar ที่ช่อง Reference โดย กด Shift ที่ point 1 และ 2 > คลิกขวา > เลือก Create Scale Bar > จะได้กำหนดระยะห่างระหว่าง point 1 และ 2 ได้

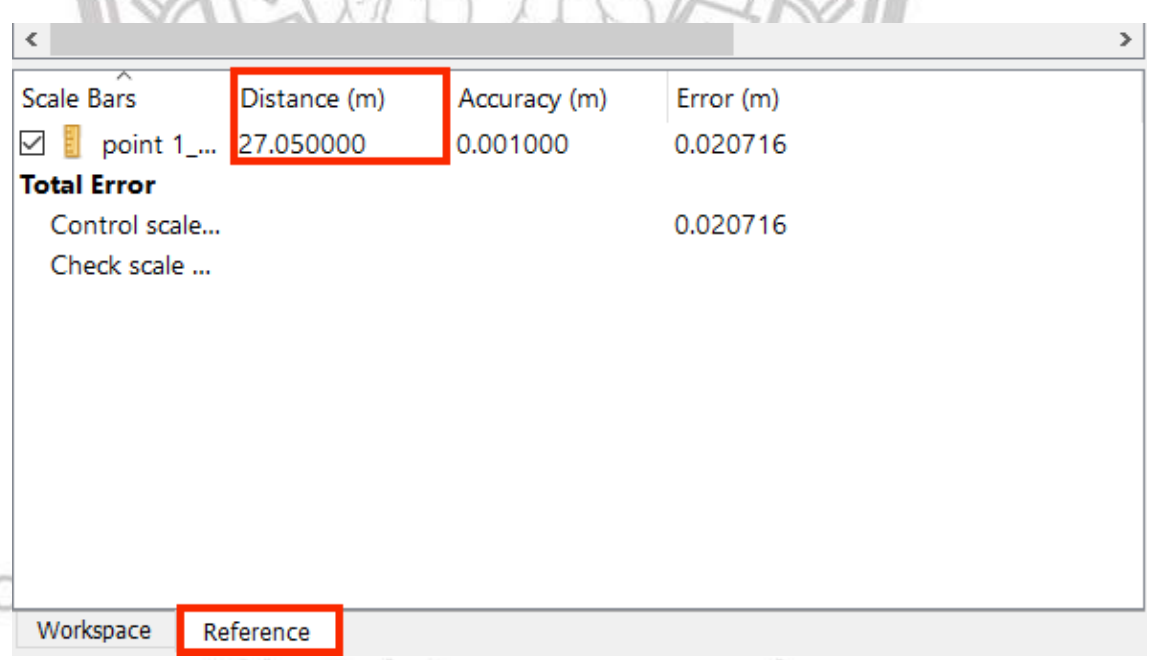


ภาพที่ 3.21 แสดงการปรากฏของหน้า Scale Bars ที่ช่อง Reference

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



ภาพที่ 3.22 แสดงการ Create Scale Bar

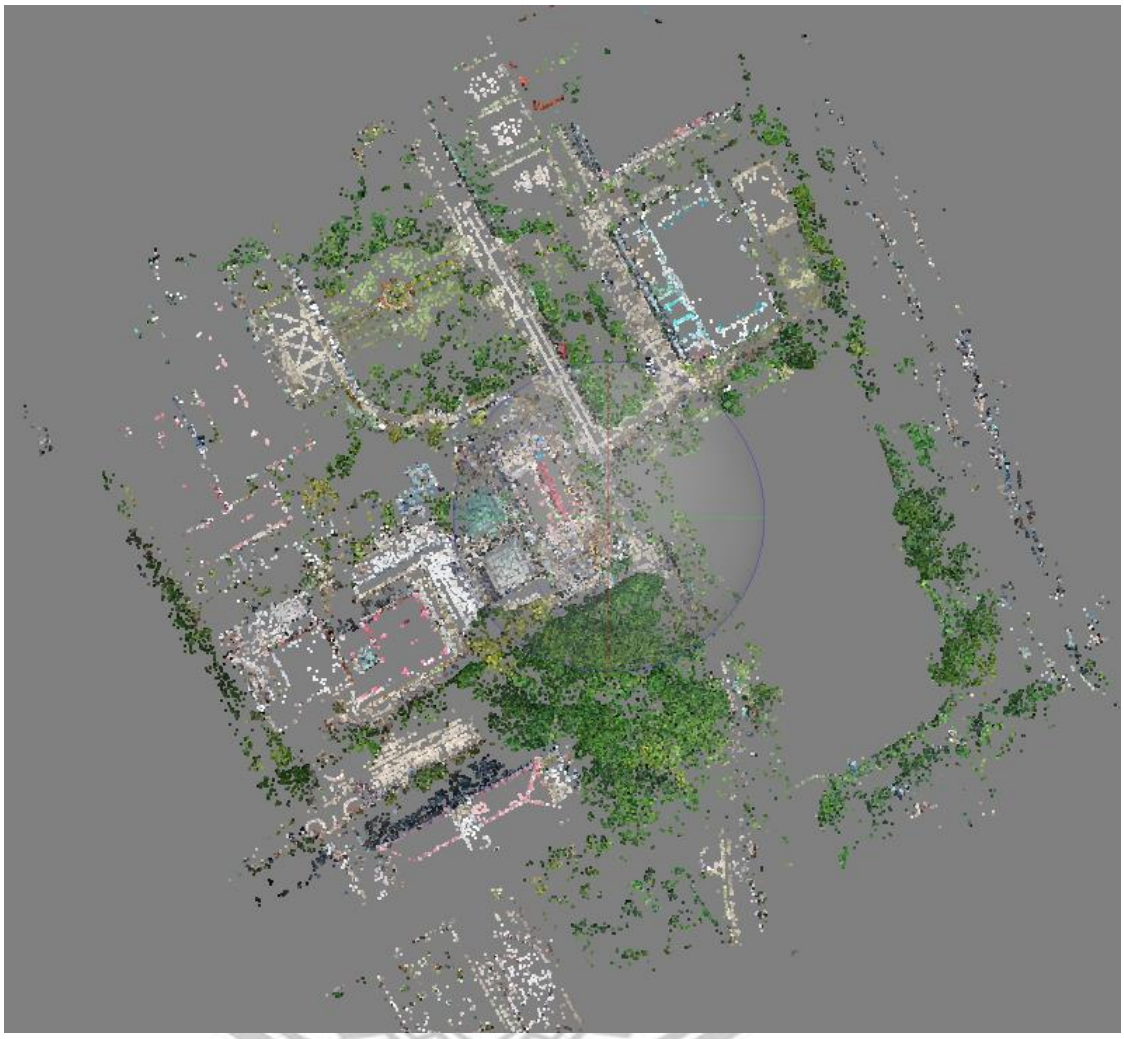


ภาพที่ 3.23 แสดงการใส่ระยะห่างระหว่างจุดที่ช่อง Distance (m)

1.3.10 เมื่อทำการ Create Scale Bar ครบตามที่ต้องการแล้ว ควรจะ save ก่อนหนึ่งครั้ง โดยไปที่ ไปที่ File > save as เลือกที่เก็บแล้วกด save

1.3.11 เมื่อ save เรียบร้อยแล้วกลับไปที่ Workflow ทำการ Align Photos ใหม่อีกครั้ง เพื่อให้เป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้ทั้งหมด

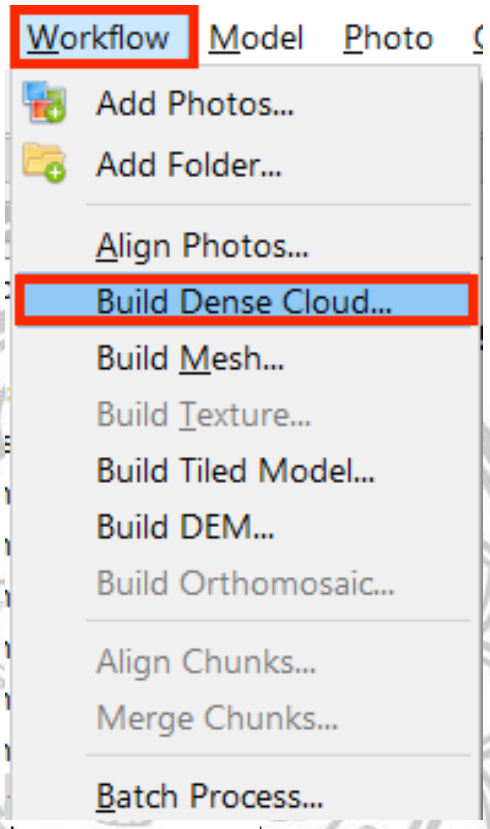
All rights reserved



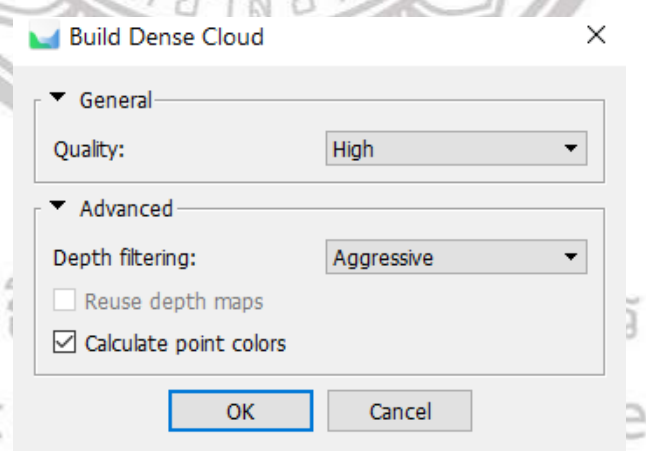
ภาพที่ 3.24 แสดงตัวอย่างการ Align Photos

1.3.12 หลังจากทำการ Align Photos แล้ว ต่อไปจะเป็นขั้นตอน Build Dense Cloud เพื่อเพิ่มจำนวนจุดให้กับ Tie Points (ซึ่ง Tie Points ได้มาจากการ Align Phots) โดยไปที่ Workflow > Build Dense Cloud

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



ภาพที่ 3.25 แสดงการเข้าใช้เครื่องมือ Build Dense Cloud

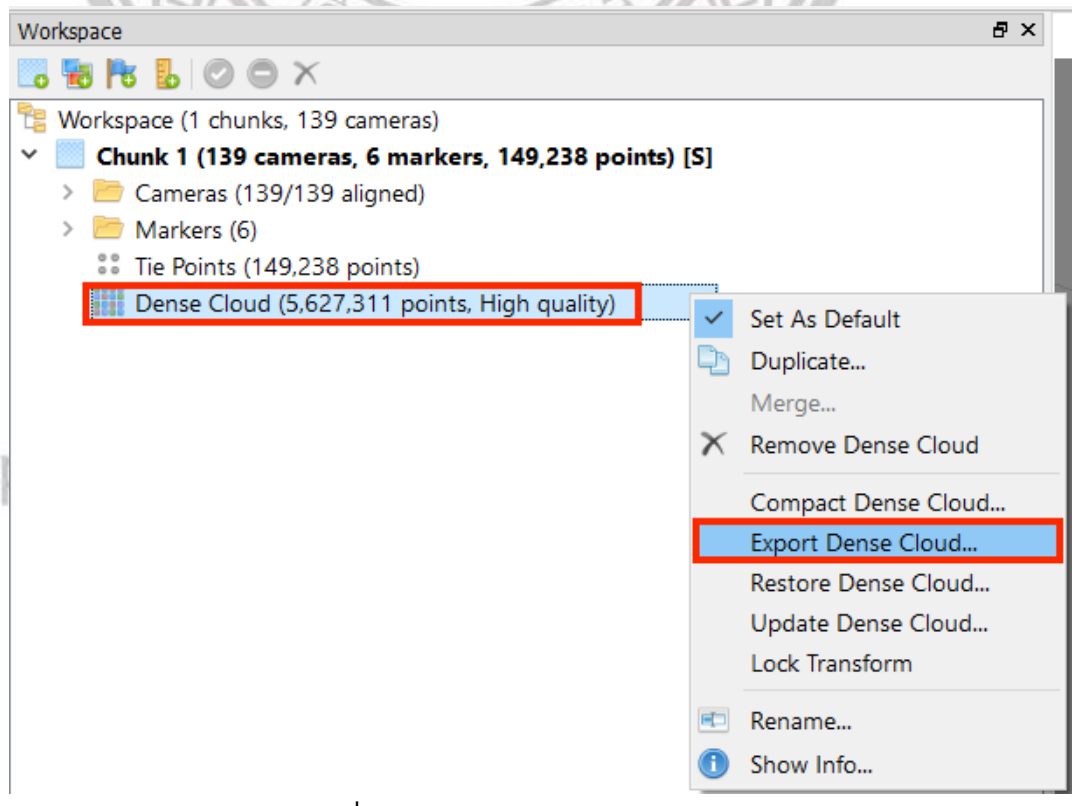


ภาพที่ 3.26 แสดงการกำหนดค่าก่อนการสร้าง

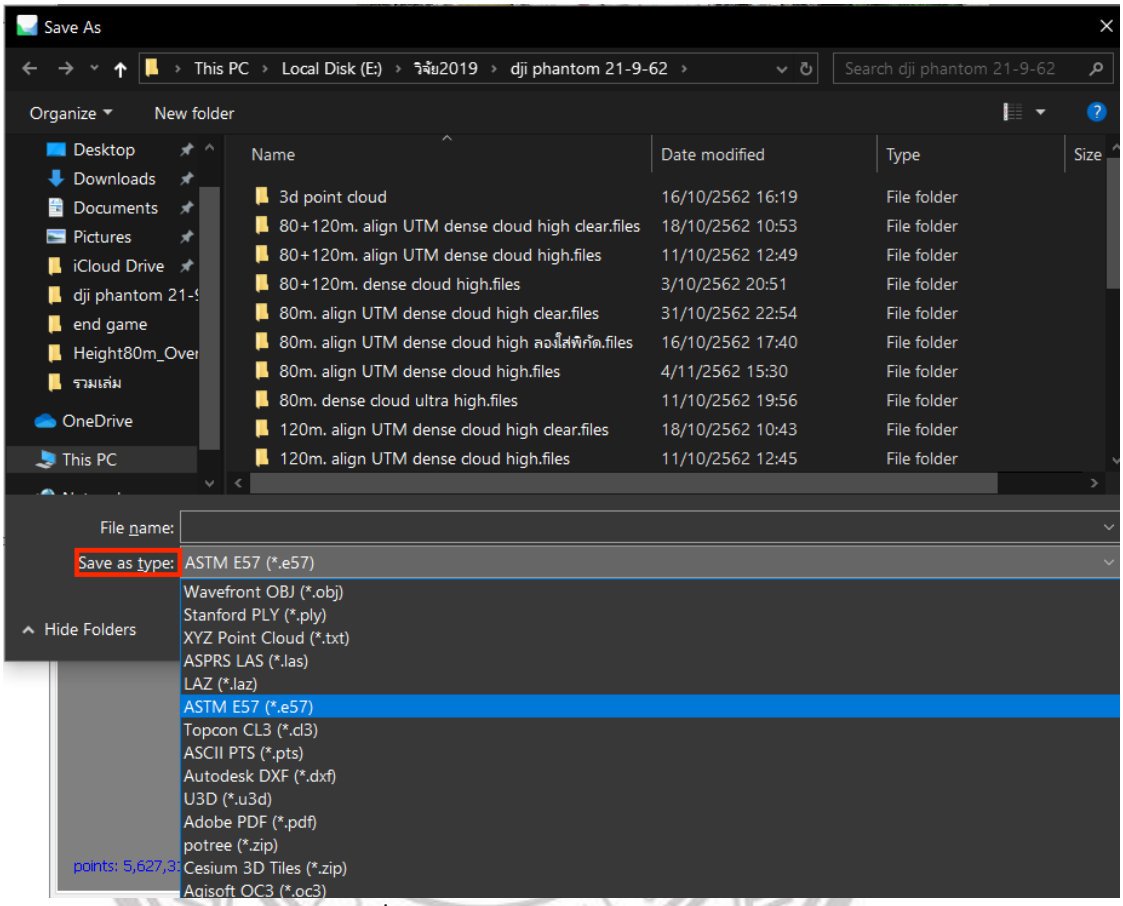
ลิขสิทธิ์
Copyright
ersity
All rights reserved

ภาพที่ 3.27 แสดงตัวอย่างการ Build Dense Cloud

1.3.13 ส่งออกข้อมูล point cloud ที่ทำการสร้าง โดยไปที่ Dense Cloud > คลิกขวาเลือก Export Dense Cloud แล้วเลือกไฟล์นามสกุลที่ต้องการ



ภาพที่ 3.28 แสดงการส่งออกข้อมูล point cloud



ภาพที่ 3.29 แสดงตัวอย่างการเลือกประเภทไฟล์

1.3.14 เมื่อได้ข้อมูล point cloud แล้ว สามารถนำไปวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่อไป

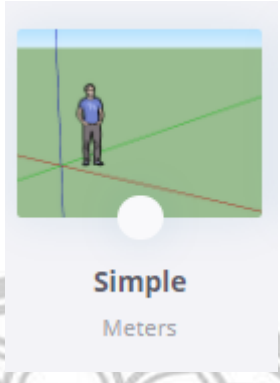
2) การสร้าง As-planned 3D-Model

2.1 As-planned หมายถึง การสร้างตามกำหนดการวางแผนการก่อสร้างตามที่ได้วางแผนไว้ หรือสร้างขึ้นตามข้อมูลการกำหนดการที่มีอยู่

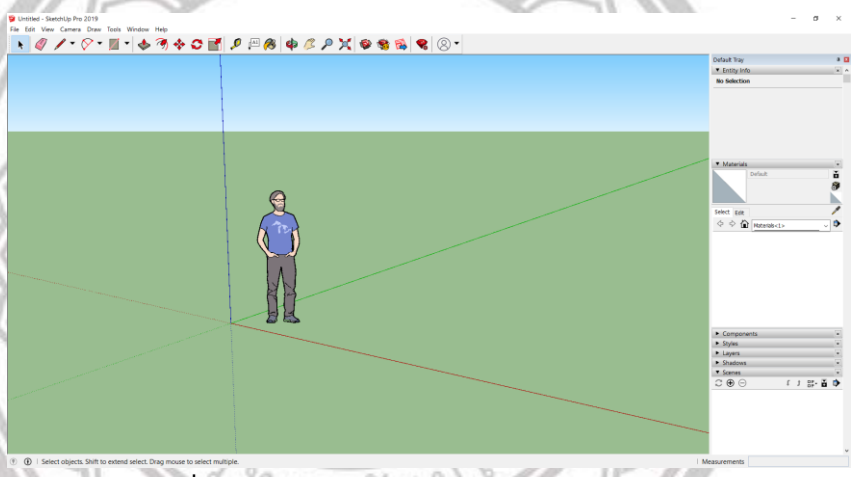
2.2 การสร้าง As-planned 3D-Model ซึ่งสร้างขึ้นมาจาก 2D As-planned หรือ 2D CAD เป็นแบบสถาปัตยกรรมอาคารก่อสร้างตามแผนที่วางไว้ โดยนำโปรแกรม SketchUp มาใช้ในการขึ้นองค์ประกอบสามมิติตามสัดส่วนจริงของ 2D CAD ดังนี้

2.2.1 เปิดโปรแกรม SketchUp แล้วเลือก Templates Meters

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

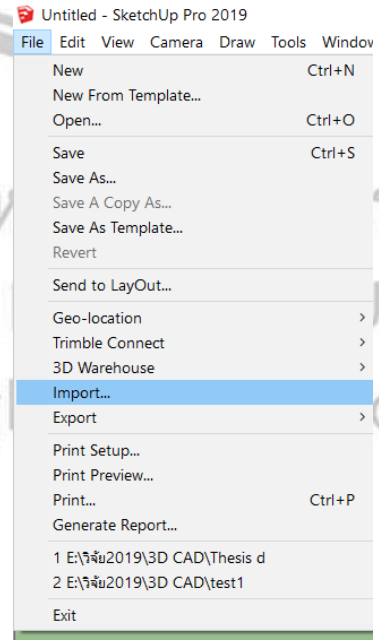


ภาพที่ 3.30 แสดงการเลือก Templates Meters



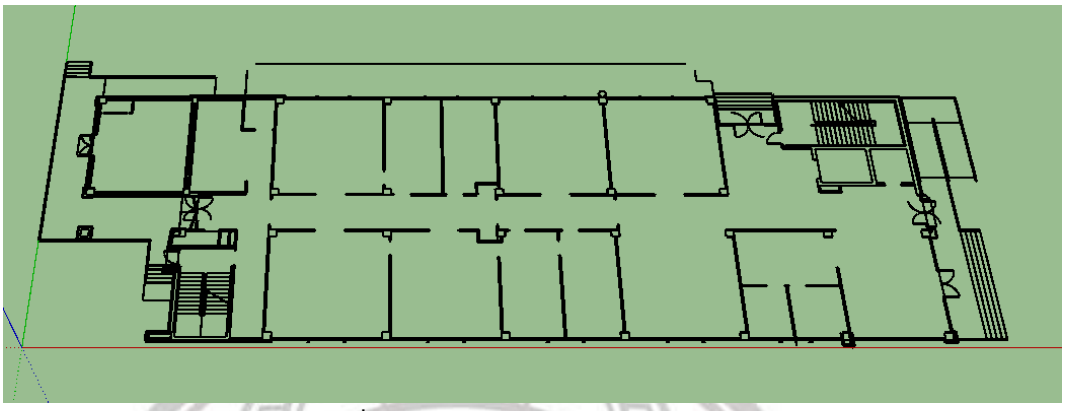
ภาพที่ 3.31 แสดงตัวอย่างผลการเลือก Templates Meters

2.2.2 นำเข้าไฟล์ 2D CAD โดยคลิกที่ File > Import > เลือกไฟล์



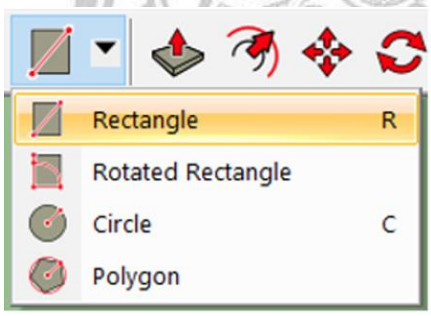
ภาพที่ 3.32 แสดงขั้นตอนการ Import ไฟล์

ลิขสิทธิ์ มห รศวร
Copyright by University
All rig d

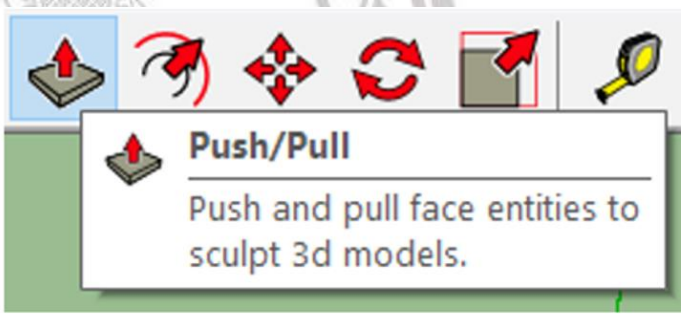


ภาพที่ 3.33 แสดงตัวอย่างผลการ Import ไฟล์

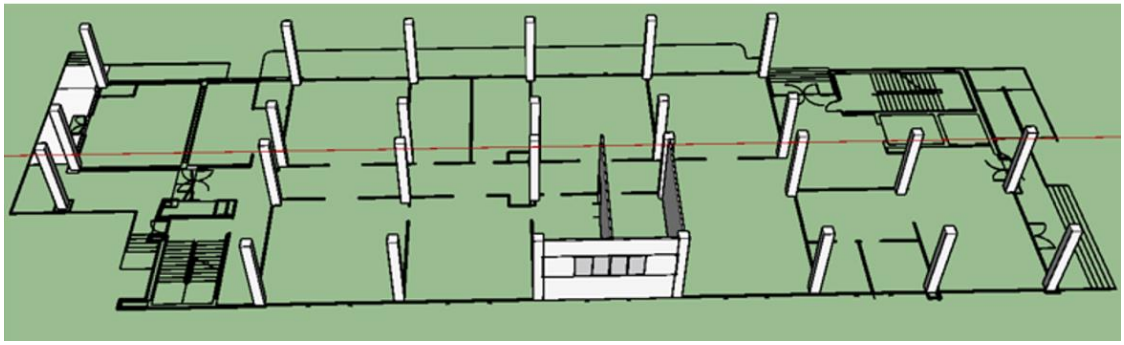
2.2.3 ใช้เครื่องมือ Shapes เพื่อวาดโครงสร้างตามแบบแผน และใช้ Push/Pull เพื่อขึ้นโครงสร้างที่วาดไว้ให้เป็นสามมิติ



ก

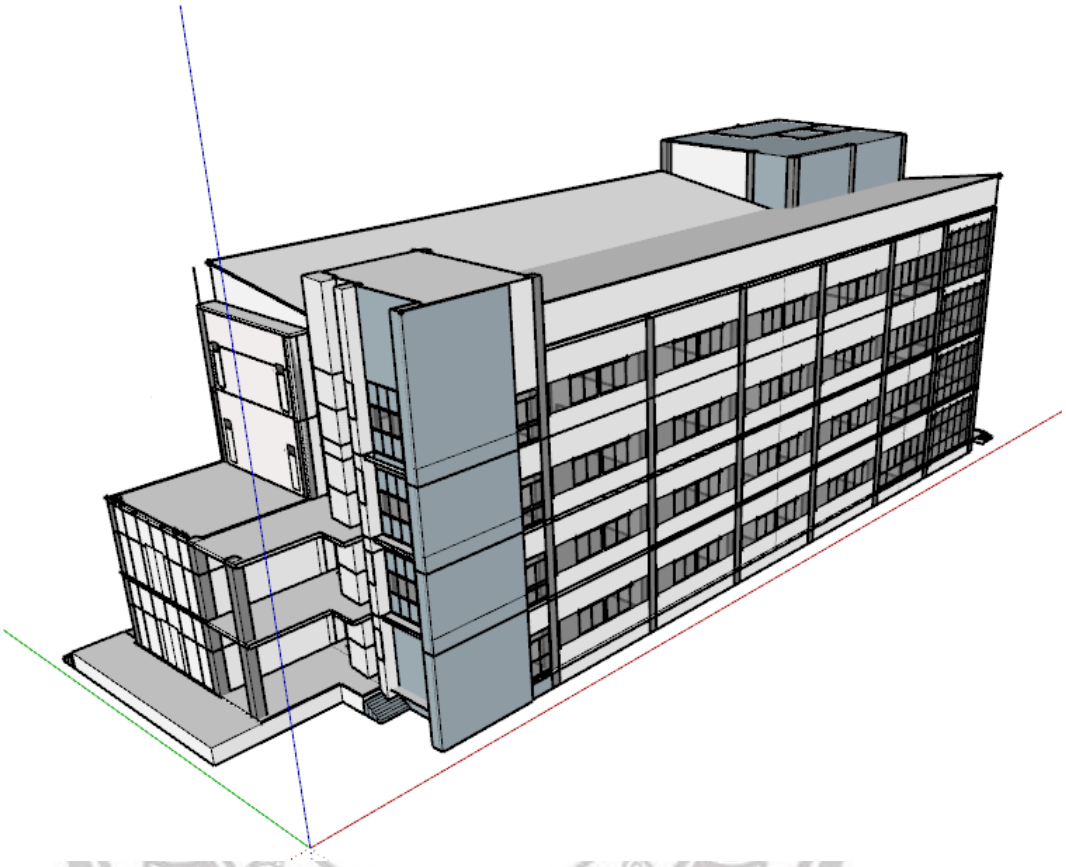


ข



ภาพที่ 3.34 แสดงขั้นตอนการวาดโครงสร้างให้เป็นสามมิติ (ก): เครื่องมือ Shapes, (ข): เครื่องมือ Push/Pull

Copyright by Naresuan University
All rights reserved



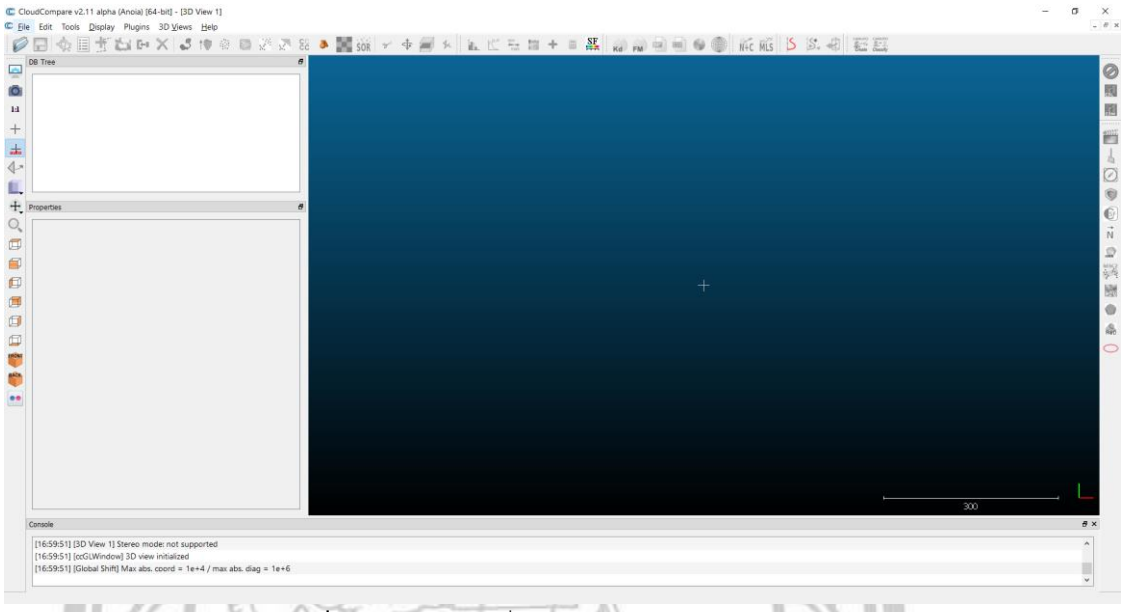
ภาพที่ 3.35 แสดงตัวอย่างผลการวาดโครงสร้างให้เป็นสามมิติ

3) การปรับแก้ระบบพิกัด และหมุนแกนแบบจำลองสามมิติ

3.1 ปรับแก้ระบบพิกัดให้กับแบบจำลองสามมิติ ด้วยโปรแกรม CloudCompare ดังนี้

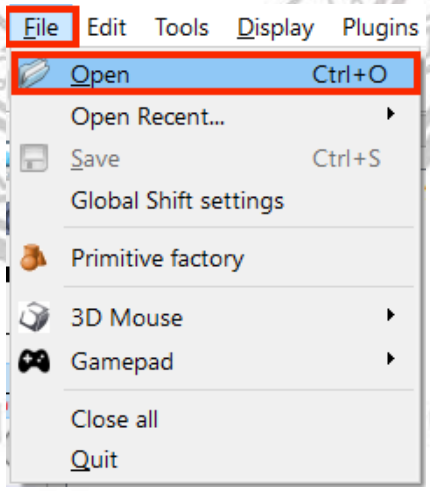
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

3.1.1 เปิดโปรแกรม CloudCompare



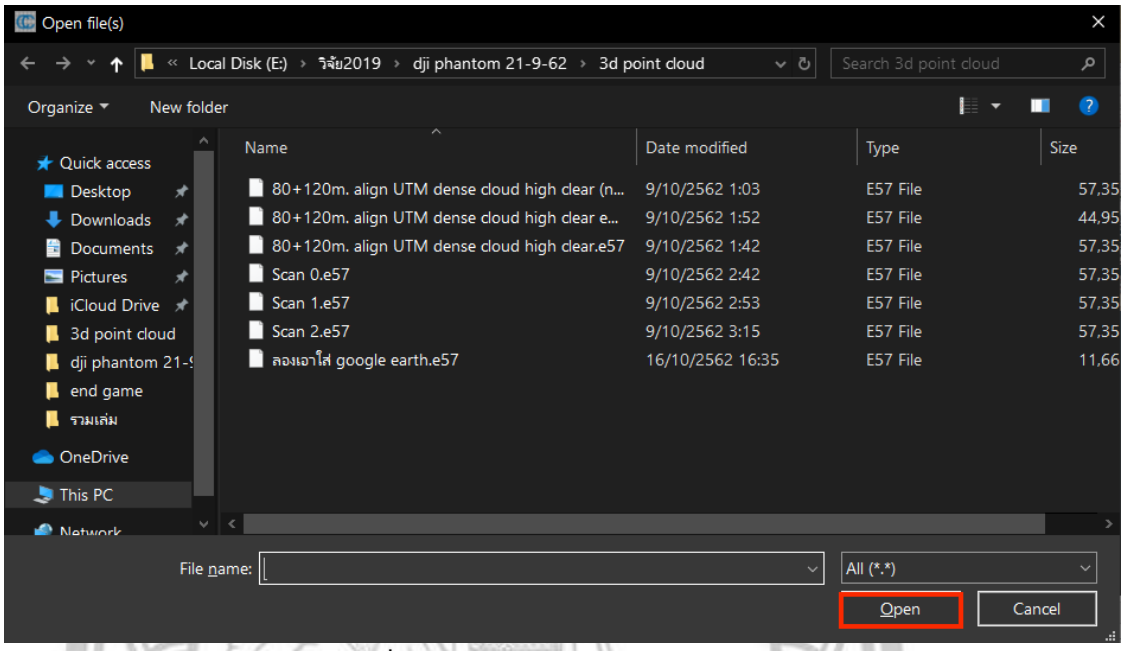
ภาพที่ 3.36 แสดงหน้าเริ่มต้นของโปแกรม CloudCompare

3.1.2 นำเข้าไฟล์ที่ต้องการปรับแก้ค่าระบบพิกัด โดยคลิกที่ File > Open > เลือกไฟล์ที่ต้องการ > คลิก Open

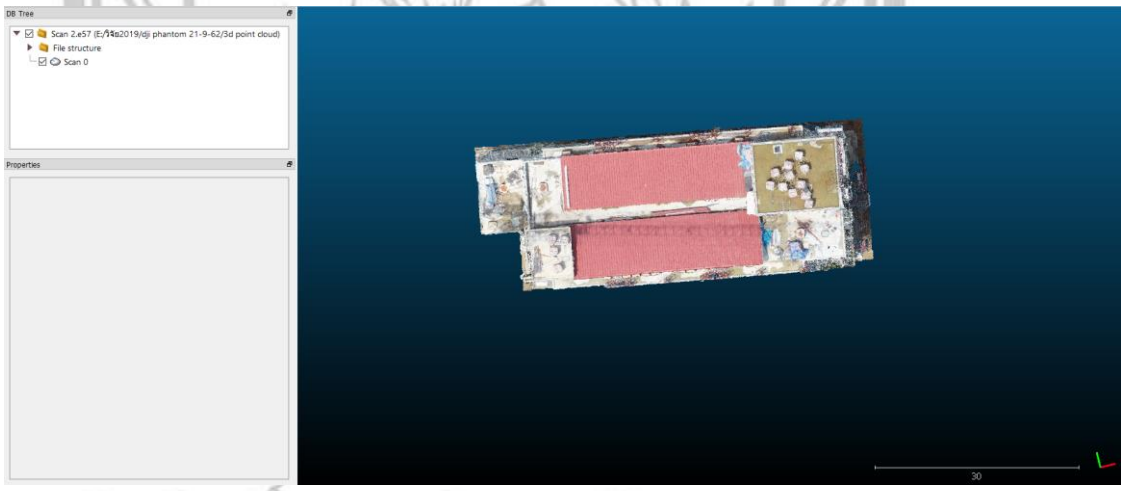


ภาพที่ 3.37 แสดงขั้นตอนการนำเข้าไฟล์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



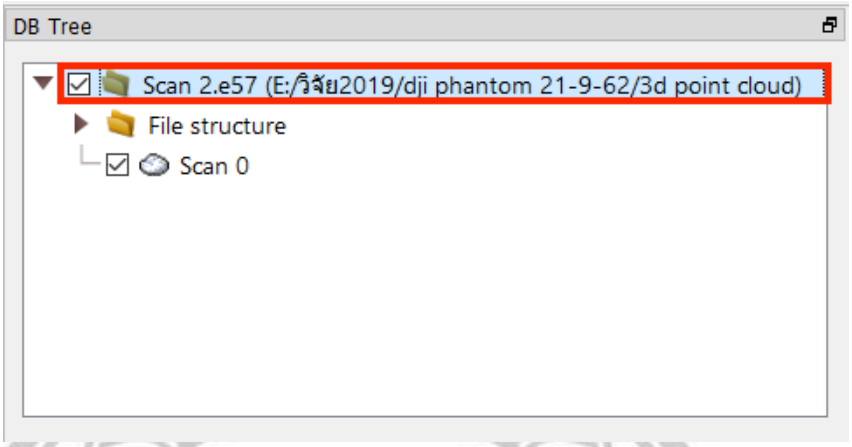
ภาพที่ 3.38 แสดงหน้าต่างสำหรับการเลือกไฟล์



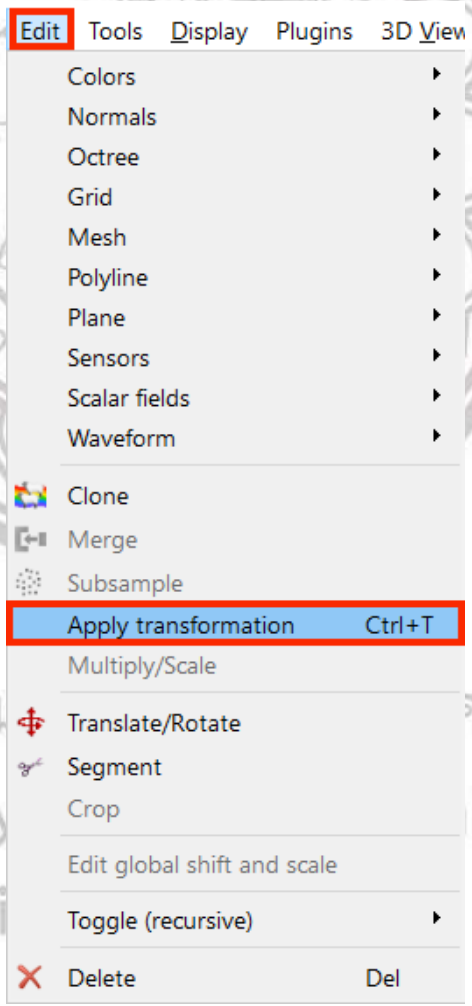
ภาพที่ 3.39 แสดงตัวอย่างไฟล์ที่นำเข้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

3.1.3 เมื่อนำเข้าไฟล์แล้ว ให้คลิกซ้าย ดังภาพที่ > ไปที่เครื่องมือ Edit > Apply Transformation > จะปรากฏหน้าต่างดังภาพที่ > ให้เลือกที่ Euler angles > เปลี่ยนค่าที่ Translation > OK

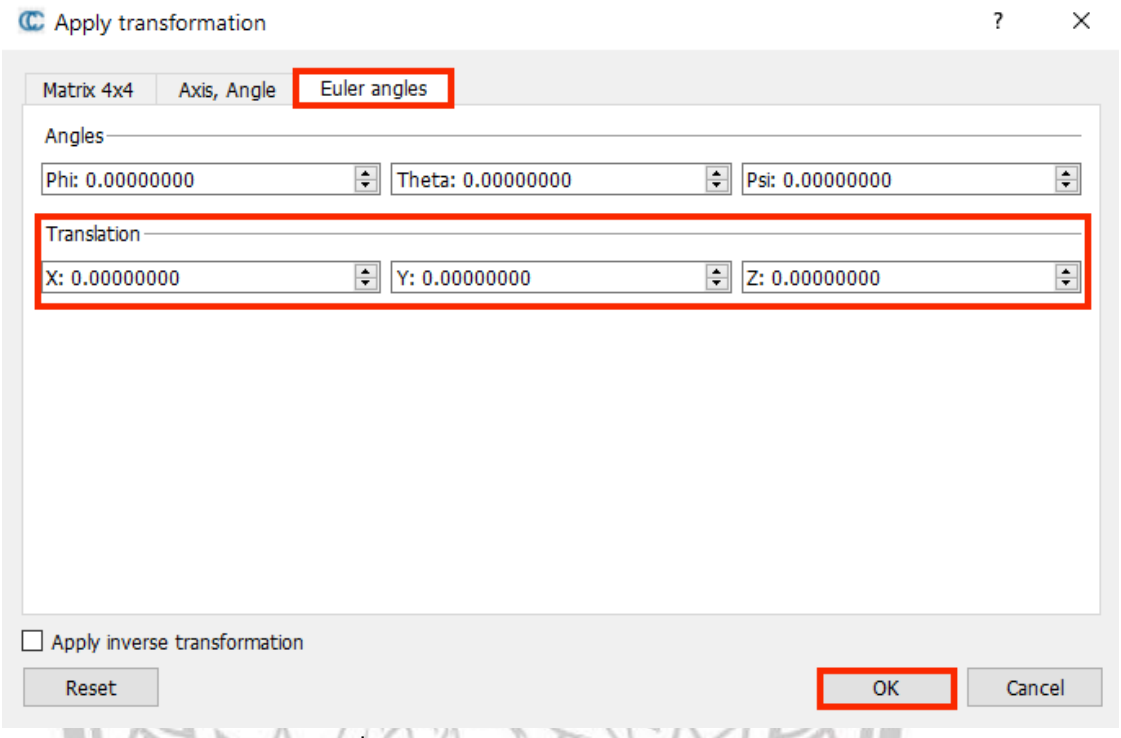


ภาพที่ 3.40 แสดงการเลือกเน้นไฟล์ที่นำเข้า



ภาพที่ 3.41 แสดงการเข้าเครื่องมือ Apply Transformation

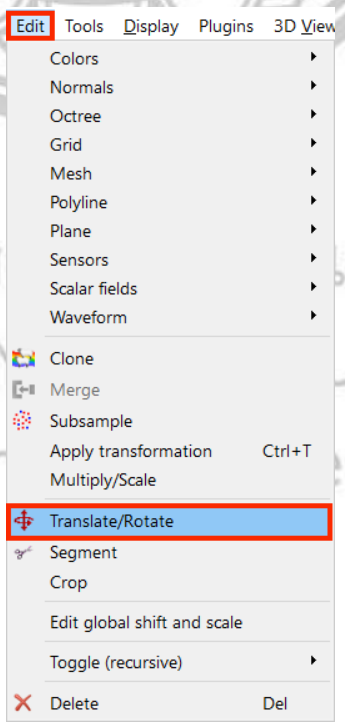
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยศรี
Copyright by iversity
All ri



ภาพที่ 3.42 แสดงหน้าต่าง Apply Transformation

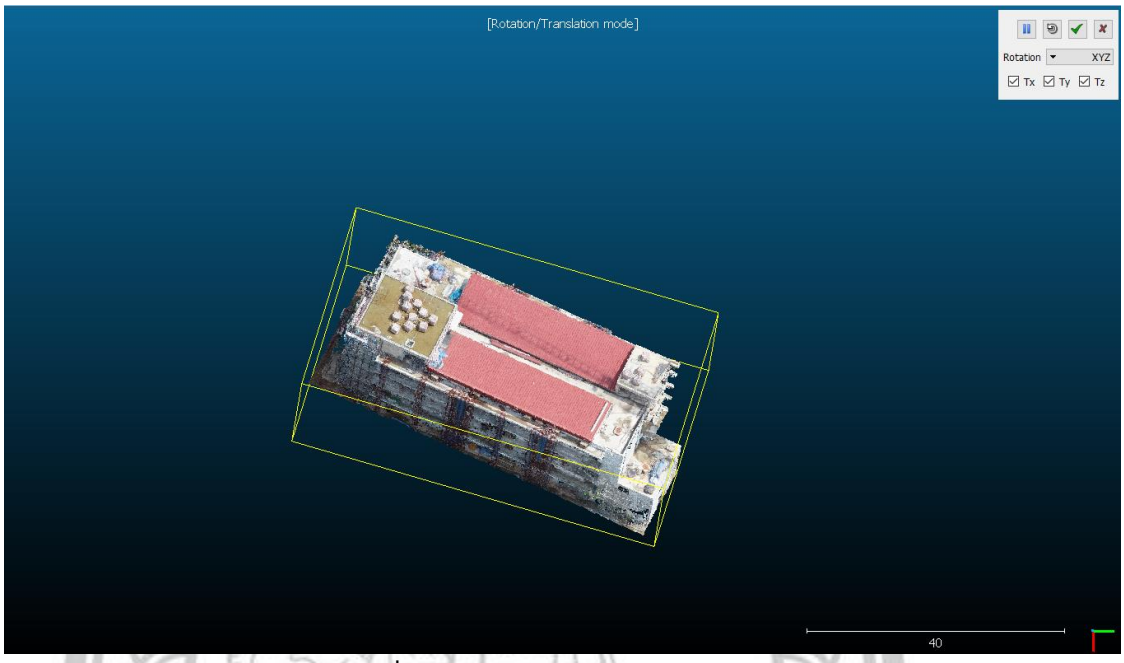
3.2 หมุนแกนแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรม CloudCompare

3.2.1 ไปที่ เครื่องมือ Edit > Translate/Rotate > ทำการหมุนได้ตามต้องการ เมื่อได้มุมที่ต้องการแล้วกด เพื่อยืนยันการหมุน



ภาพที่ 3.43 แสดงการเข้าเครื่องมือ Translate/Rotate

ลิขสิทธิ์ มห ิทยาลัยนเรศวร
Copyright by N University
All righ ed



ภาพที่ 3.44 แสดงการหมุนแบบจำลองสามมิติ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์ 3D point cloud จากกล้องโทรศัพท์มือถือ iPhone6
2) วิเคราะห์ 3D point cloud จากกล้อง Mini-Drone รุ่น Dji Tello
3) วิเคราะห์ 3D point cloud จากกล้อง Drone รุ่น Dji Phantom 4 pro

3.6 การเปรียบเทียบข้อมูล

ทำการเปรียบเทียบ 3D point cloud ที่ดีที่สุดจากทั้งสามอุปกรณ์ เพื่อนำไปใช้ในการซ้อนทับกับแบบจำลองสามมิติของแบบก่อสร้างที่ได้มาจากแบบแปลนก่อสร้าง (2D CAD) สำหรับประเมินความก้าวหน้าในงานก่อสร้างด้วยสายตา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 เพื่อให้งานวิจัยนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ ในบทนี้จึงเป็นการนำผลของการเก็บรวบรวมข้อมูล ประมวลผลข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และการเปรียบเทียบข้อมูล ดังต่อไปนี้

4.1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล

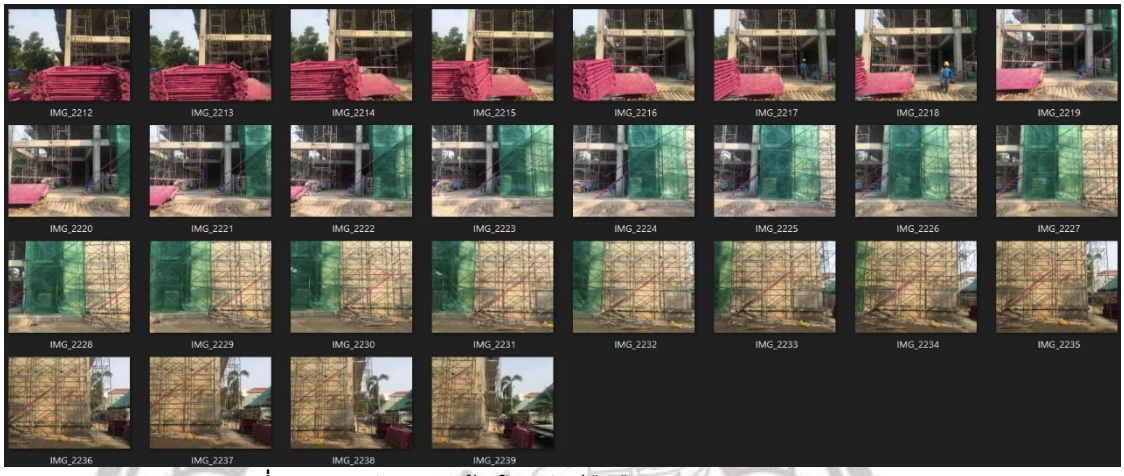
1) การวางจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCPs) และวัดระยะห่างระหว่างจุด (Scaling)

ภาพที่ 4.1 แสดงการวางจุด GCPs ในจุดต่าง ๆ

ภาพที่ 4.2 แสดงการทำ Scaling

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

2) ภาพถ่ายจากกล้องโทรศัพท์มือถือ iPhone 6 วันที่ 13 พ.ค. 2562 จำนวน 28 ภาพ



ภาพที่ 4.3 ภาพถ่ายจากกล้องโทรศัพท์มือถือ iPhone 6 จำนวน 28 ภาพ

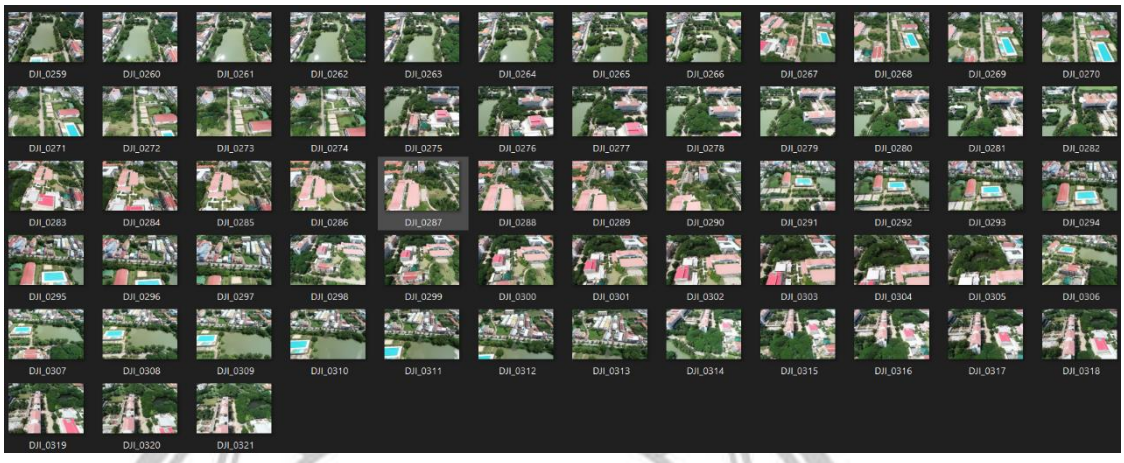
3) ภาพถ่ายจากกล้อง **Mini-Drone** รุ่น **Dji Tello** วันที่ **9** มิ.ย. 2562 จำนวน 43 ภาพ

ภาพที่ 4.4 ภาพถ่ายจากกล้อง Mini-Drone รุ่น Dji Tello จำนวน 43 ภาพ

4) ภาพถ่ายจากกล้อง Drone รุ่น Dji Phantom 4 Pro วันที่ 21 ก.ย. 2562

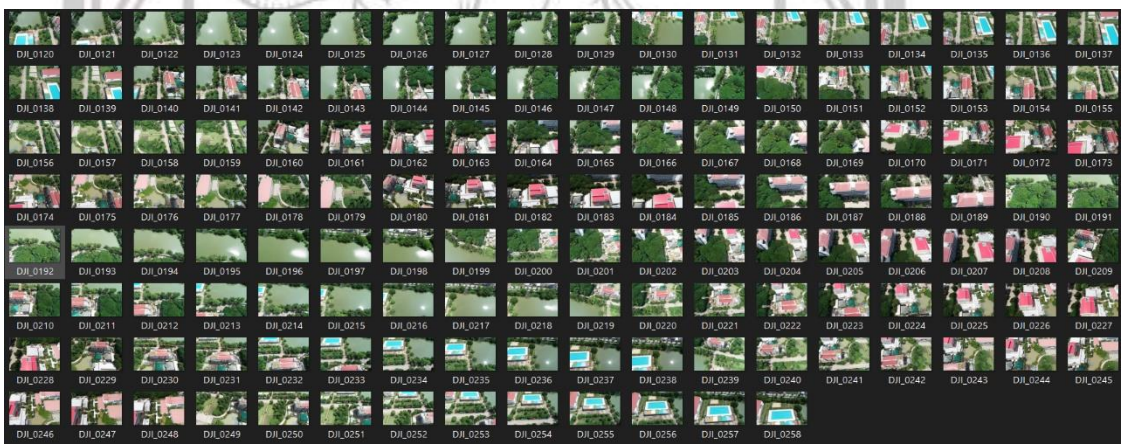
4.1 ความสูงบิน 80 เมตร Angle of the camera 60 องศา Front overlap 80 % Side overlap 80% จำนวน 139 ภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



ภาพที่ 4.5 ภาพถ่ายจากกล้อง Drone รุ่น Dji Phantom 4 Pro จำนวน 139 ภาพ

4.2 ความสูงบิน 120 เมตร Angle of the camera 45 องศา Front overlap 80 % Side overlap 70% จำนวน 63 ภาพ



ภาพที่ 4.6 ภาพถ่ายจากกล้อง Drone รุ่น Dji Phantom 4 Pro จำนวน 63 ภาพ

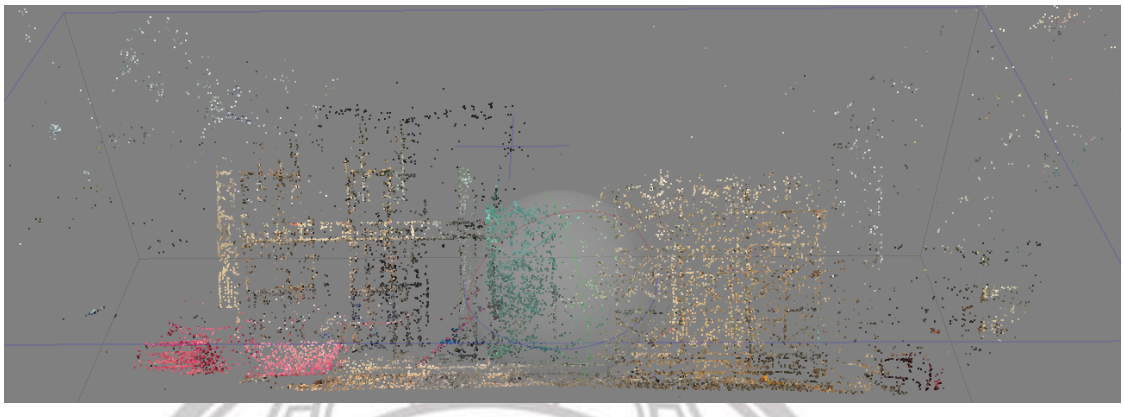
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

4.2 ผลการประมวลผลข้อมูล

1) **การสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรม** Agisoft Metashape

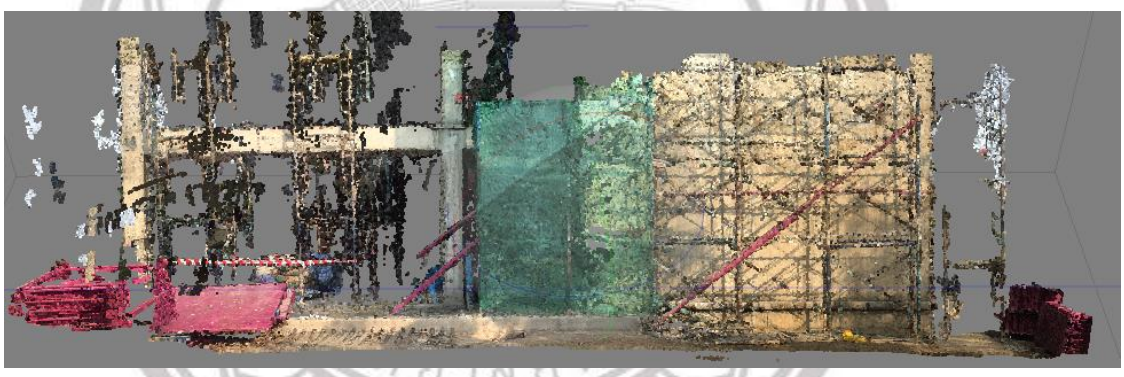
1.1 ภาพถ่ายจากกล้องโทรศัพท์มือถือ iPhone 6

1.1.1 Align Photo



ภาพที่ 4.7 แสดงผลการ Align Photo จากกล้องโทรศัพท์มือถือ iPhone 6

1.1.2 Build Dense Cloud

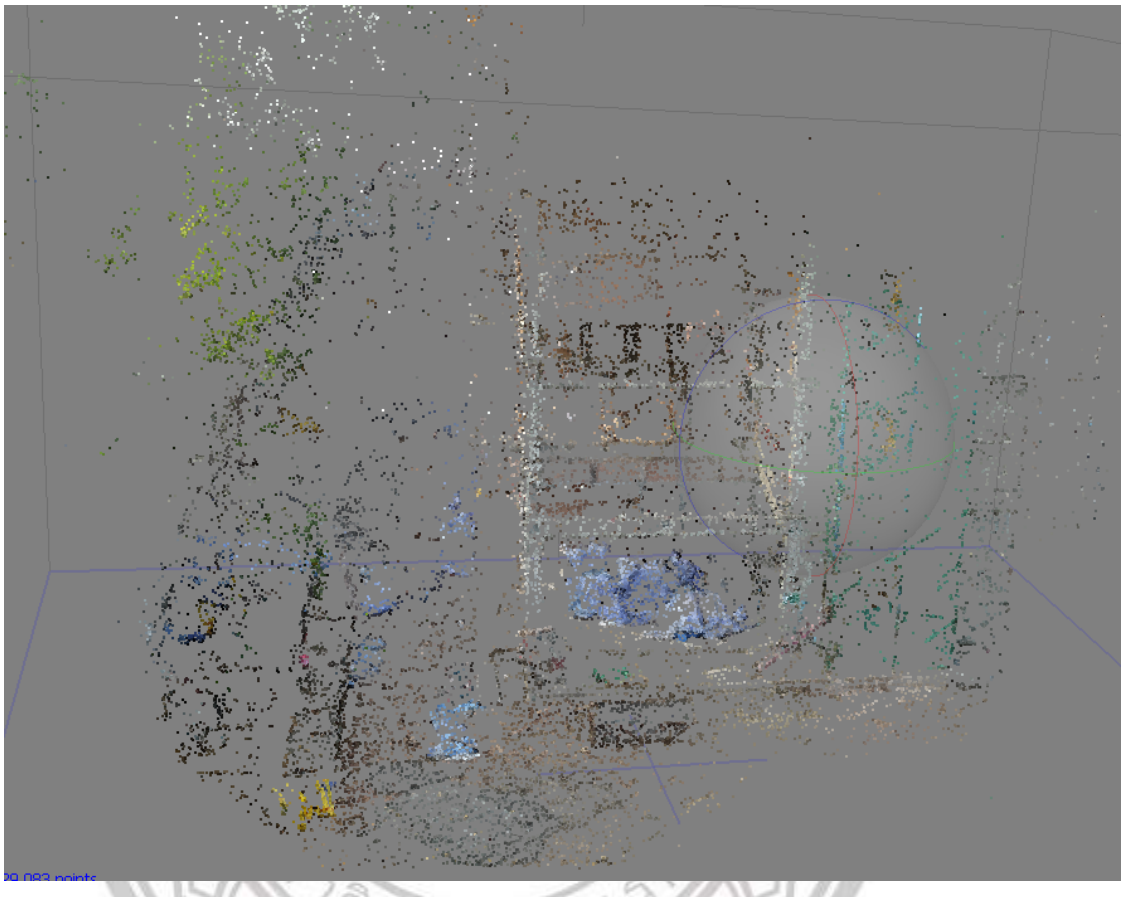


ภาพที่ 4.8 แสดงผลการ Build Dense Cloud จากกล้องโทรศัพท์มือถือ iPhone 6

2.1 ภาพถ่ายจาก Mini-Drone รุ่น Dji Tello

2.1.1 Align Photo

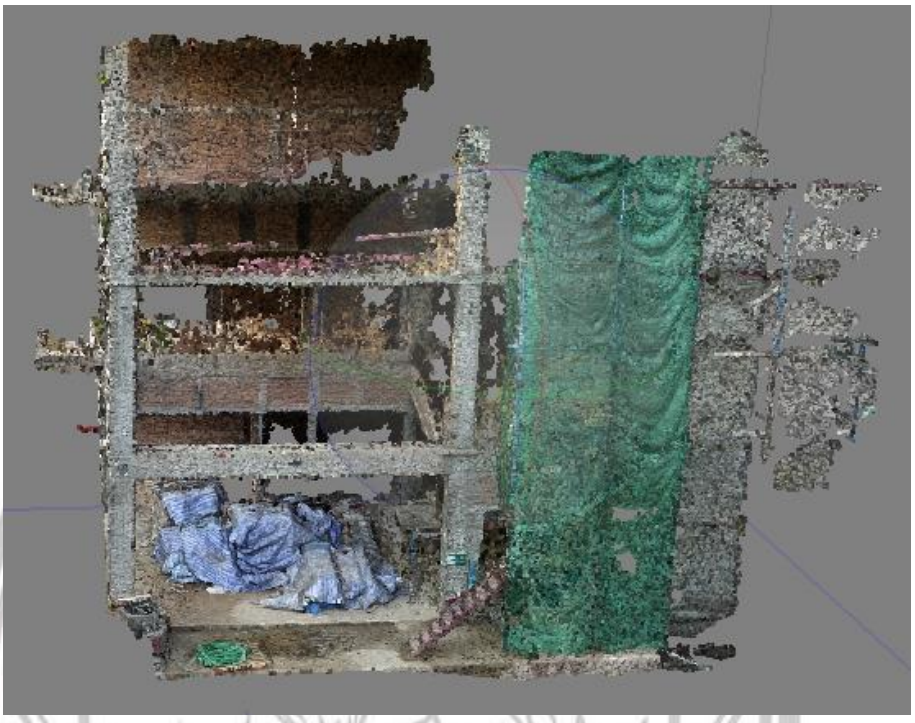
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



ภาพที่ 4.9 แสดงผลการ Align Photo จากกล้อง Mini-Drone รุ่น Dji Tello

2.1.2 Build Dense Cloud

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



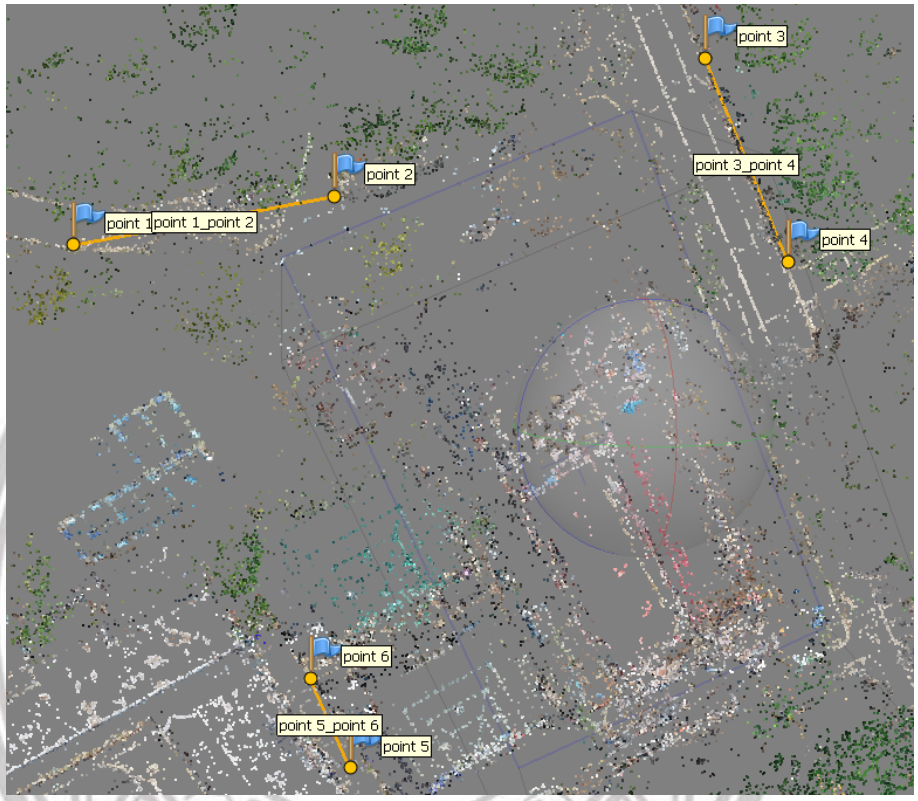
ภาพที่ 4.10 แสดงผลการ Build Dense Cloud จากกล้อง Mini-Drone รุ่น Dji Tello

3.1 ภาพถ่ายจาก Drone รุ่น Dji Phantom 4 Pro

3.1.1 mark จุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCPs) จำนวน 6 จุด

ภาพที่ 4.11 แสดงจุด GCPs ทั้งหมด 6 จุด

3.1.2 ทำการวัดระยะห่างระหว่างจุด (Scaling) ด้วยการสร้าง Scale Bars



ภาพที่ 4.12 แสดงตำแหน่งของ Scale Bars

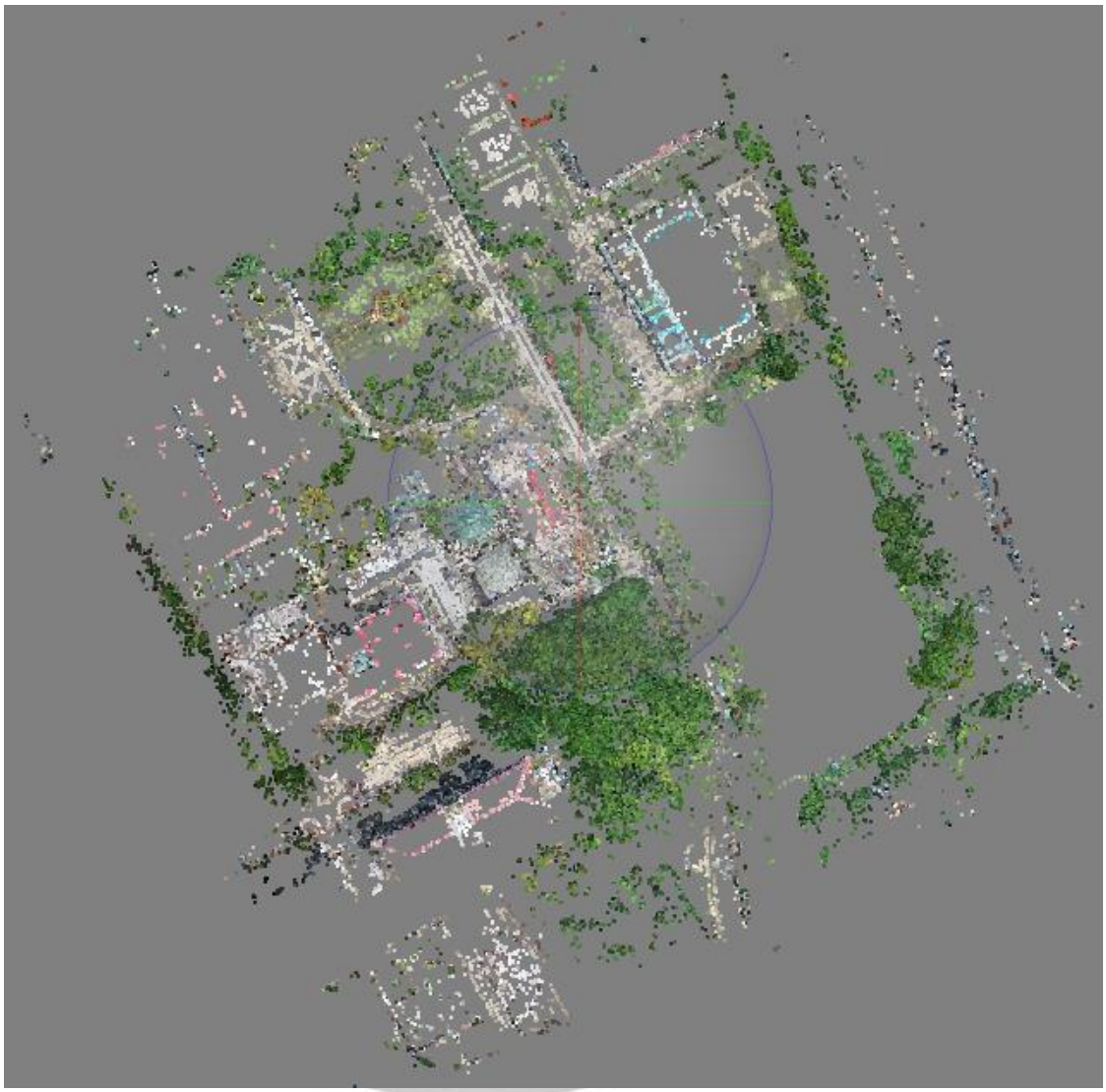
Scale Bars	Distance (m)	Accuracy (m)	Error (m)
point 1_...	27.050000	0.001000	0.014348
point 3_...	26.890000	0.001000	-0.009112
point 5_...	13.989000	0.001000	-0.007543
Total Error			
Control scale...			0.010736
Check scale ...			

ภาพที่ 4.13 แสดงค่า Scale Bars

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

3.1.3 การ Align Photos หลังจากกำหนดจุดควบภาคพื้นดิน (GCPs) และกำหนดระยะห่างระหว่างจุด (Scaling)

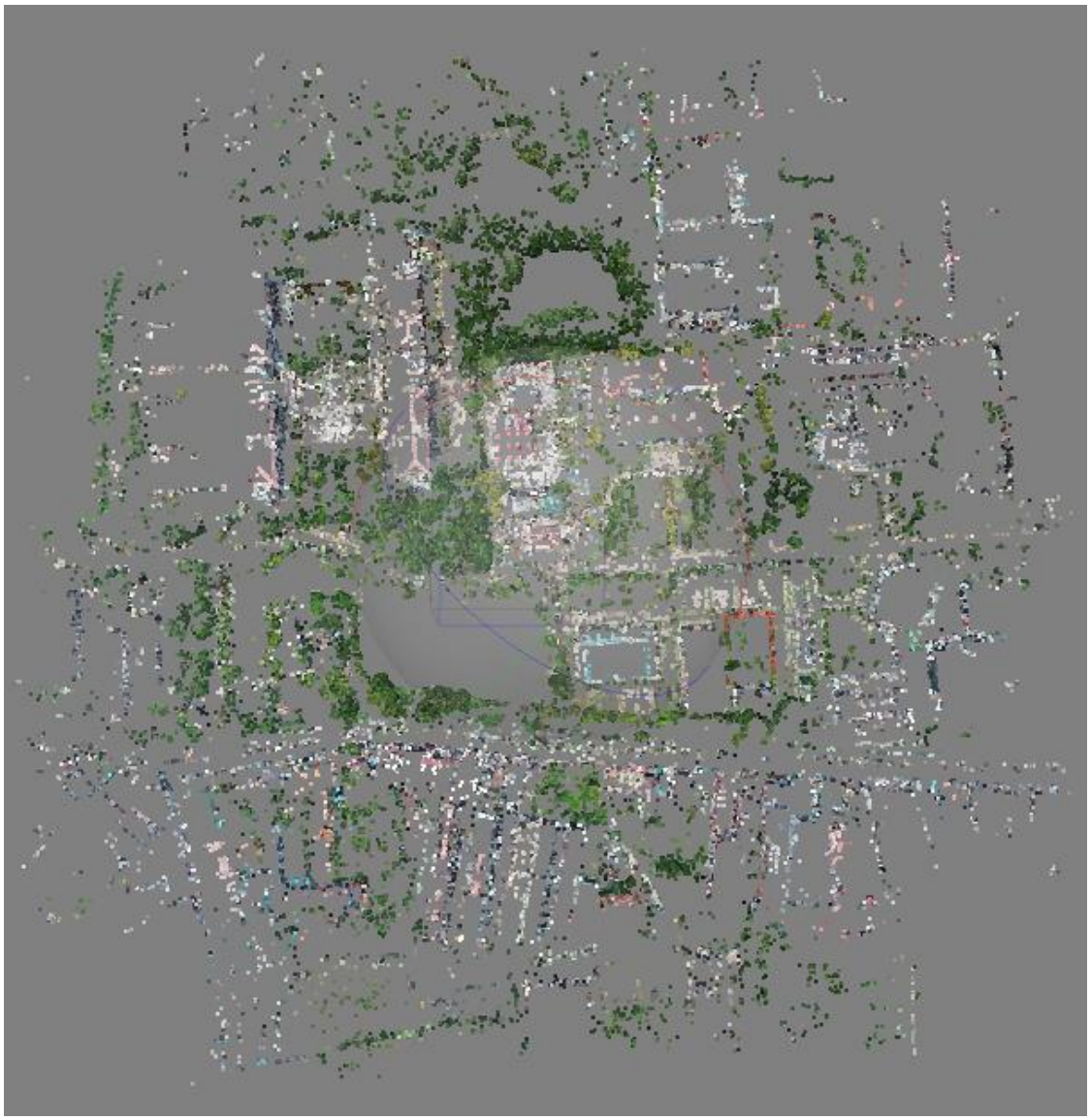
3.1.4 การ Align Photos ที่ความสูงบิน 80 เมตร



ภาพที่ 4.14 แสดงผลการ Align Photos ที่ความสูงบิน 80 เมตร

3.1.5 การ Align Photos ที่ความสูงบิน 120 เมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

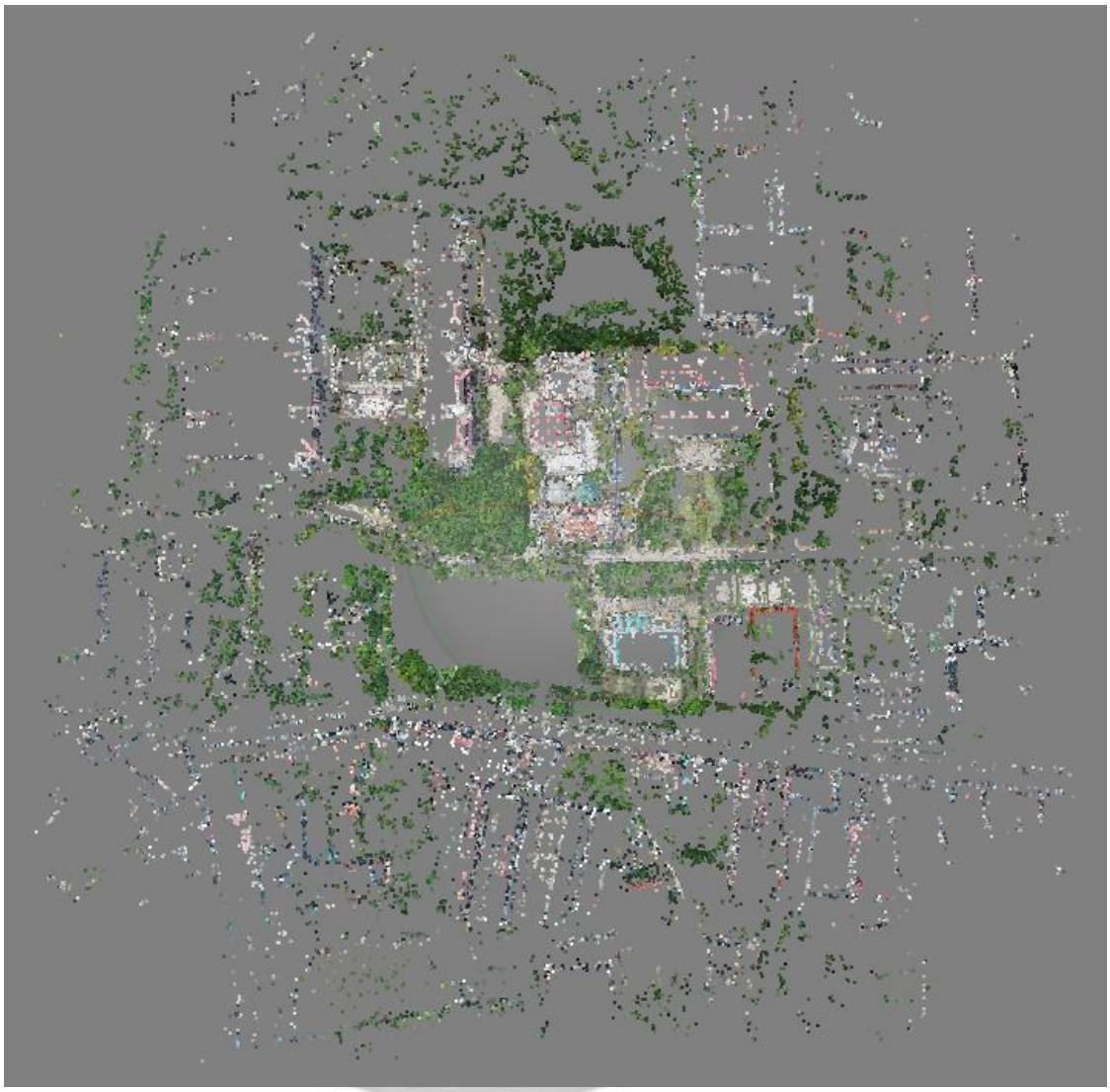


ภาพที่ 4.15 แสดงผลการ Align Photos ที่ความสูงบิน 120 เมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3.1.6 การ Align Photos ที่ความสูงบิน 80 เมตร รวมกับ 120 เมตร

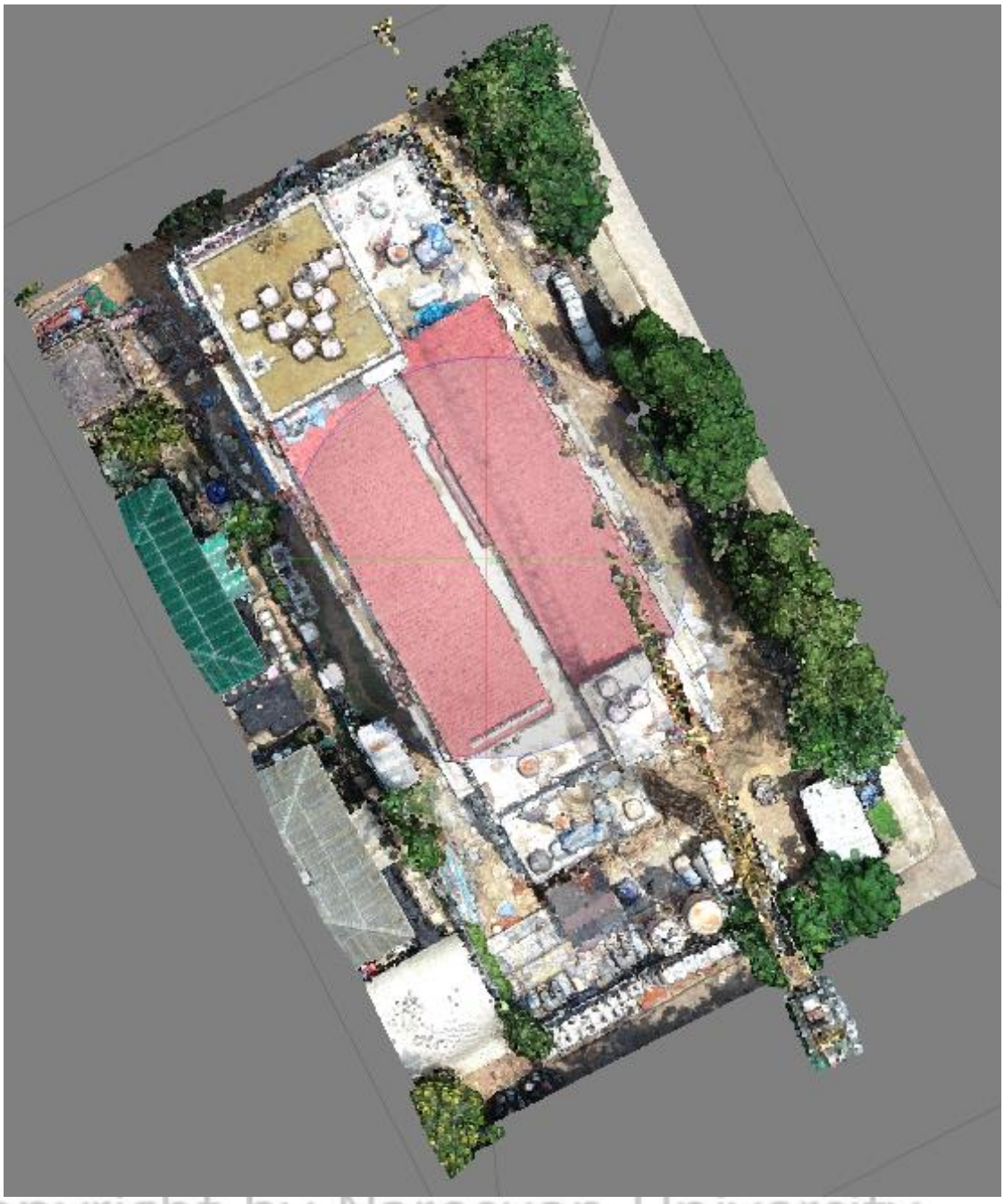
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



ภาพที่ 4.16 แสดงผลการ Align Photos ที่ความสูงบิน 80 เมตร รวมกับ 120 เมตร

3.1.7 Build Dense Cloud ที่ความสูงบิน 80 เมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

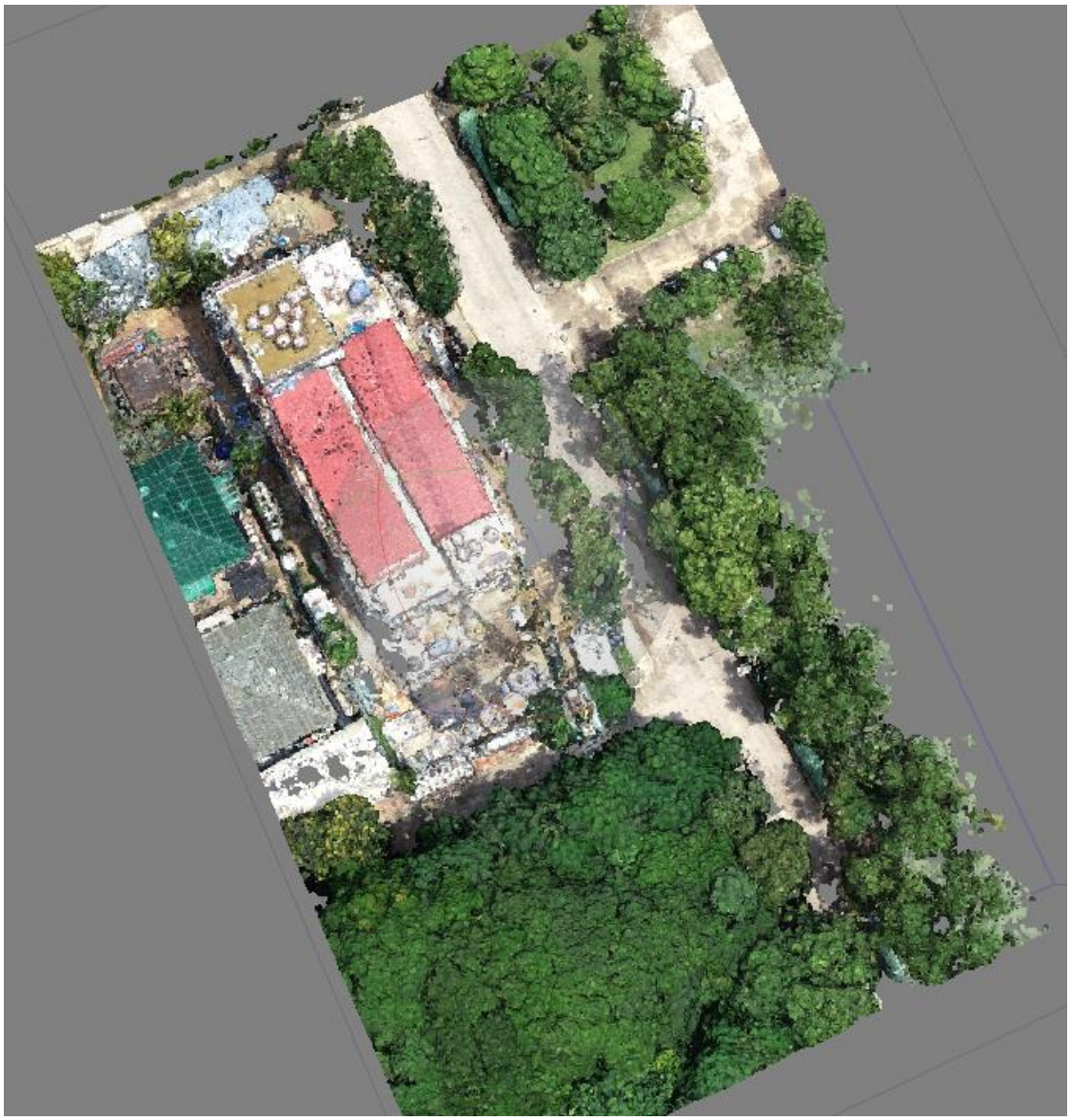


Copyright by Naresuan University

ภาพที่ 4.17 แสดงผลการ Build Dense Cloud ที่ความสูงบิน 80 เมตร

All rights reserved

3.1.8 การ Build Dense Cloud ที่ความสูงบิน 120 เมตร

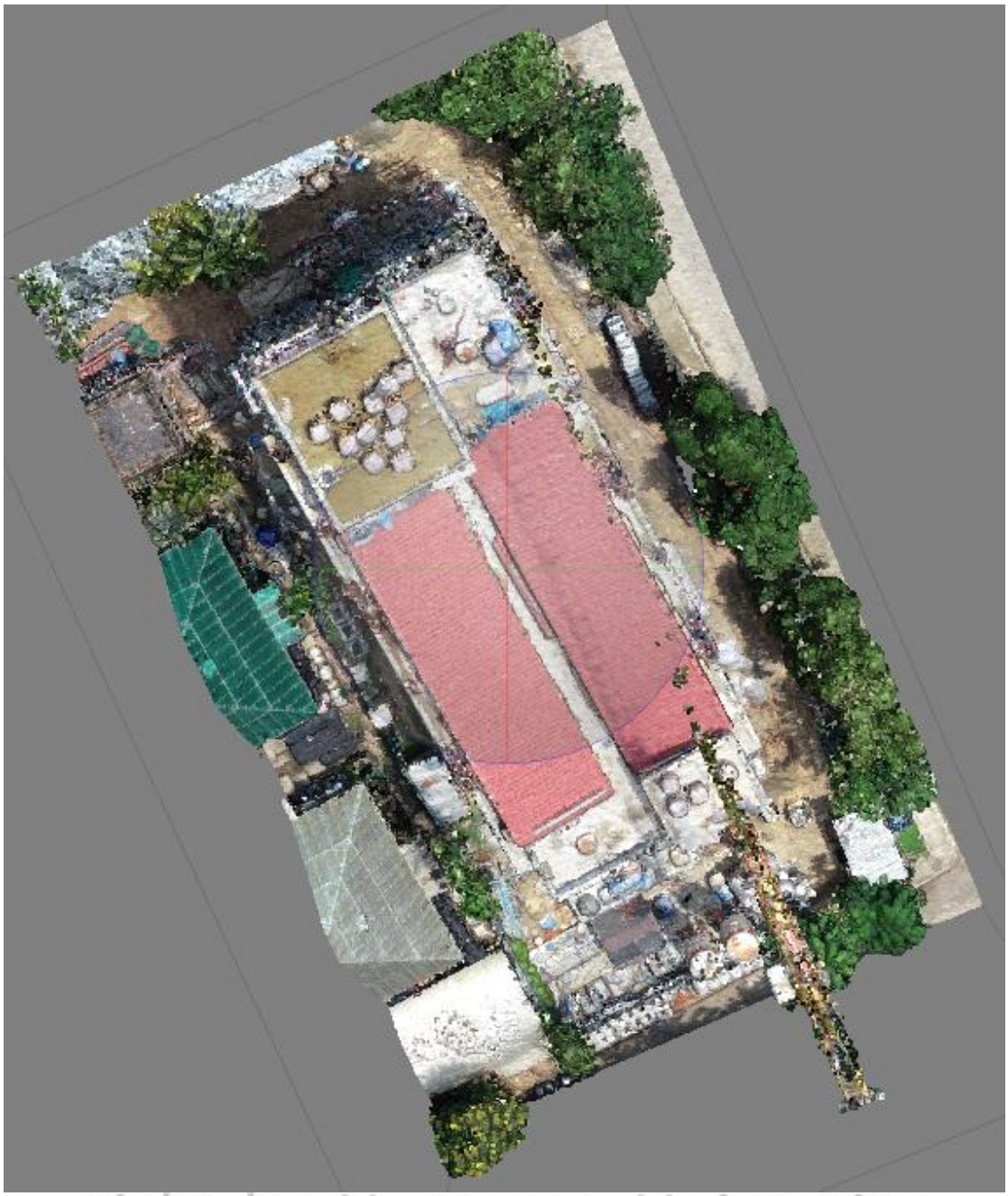


ภาพที่ 4.18 แสดงผลการ Build Dense Cloud ที่ความสูงบิน 120 เมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3.1.9 การ Build Dense Cloud ที่ความสูงบิน 80 เมตร รวมกับ 120 เมตร

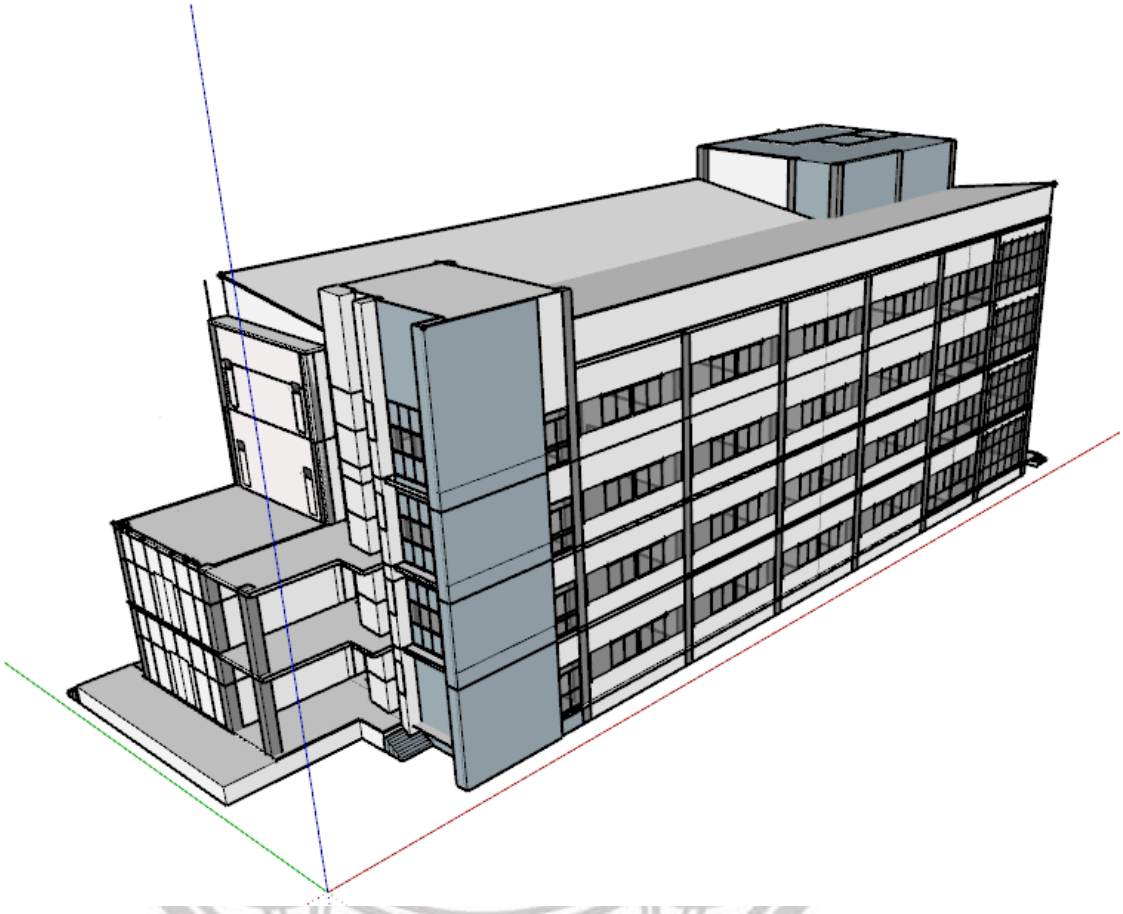
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



ภาพที่ 4.19 แสดงผลการ Build Dense Cloud ที่ความสูงบิน 80 เมตร รวมกับ 120 เมตร

Copyright by Naresuan University
All rights reserved

2) ผลการสร้าง As-planned 3D-Model



ภาพที่ 4.20 แสดงผลการสร้าง As-planned 3D-Model

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1) **ผลการวิเคราะห์ 3D point cloud จากกล้องโทรศัพท์มือถือ iPhone 6**

ถ่ายได้เฉพาะด้านหน้าอาคาร เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องพื้นที่รอบ ๆ ที่คับแคบ และมีต้นไม้อยู่ใกล้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

2) **ผลการวิเคราะห์ 3D point cloud จากกล้อง Mini-Drone รุ่น Dji Tello**

ถ่ายได้ครอบคลุมทั้งอาคาร แต่บินได้ไม่นาน และไม่สูงมาก

3) **ผลการวิเคราะห์ 3D point cloud จากกล้อง Drone รุ่น Dji Phantom 4 Pro**

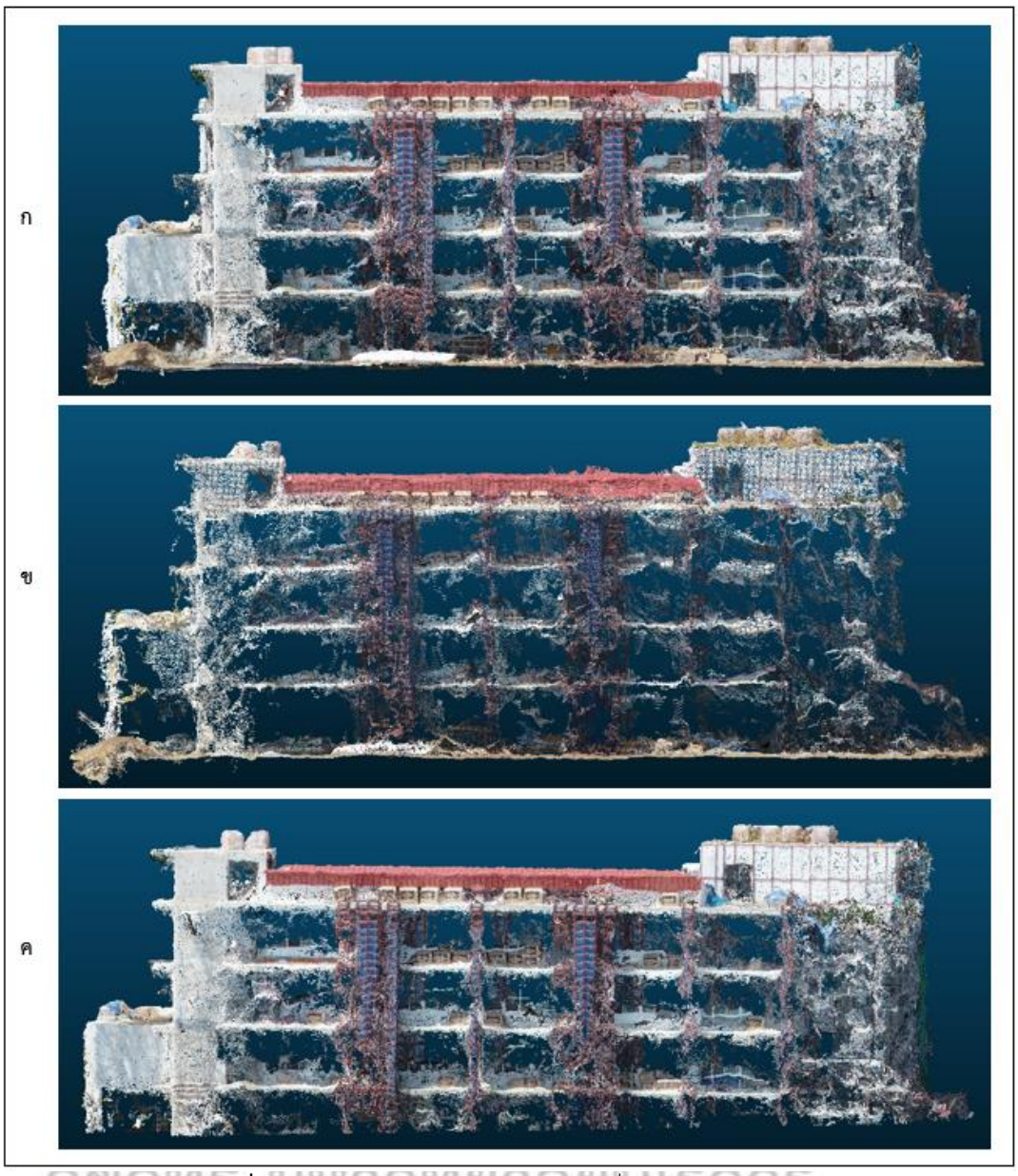
ถ่ายได้ครอบคลุมทั้งอาคาร บินได้นาน และสูง แบบจำลองสามมิติที่ได้ค่อนข้างดี

4.4 ผลการเปรียบเทียบข้อมูล

เมื่อสร้างแบบจำลองสามมิติจากภาพถ่ายของโทรศัพท์มือถือ iPhone 6 Mini-Drone รุ่น Dji Tello และ Drone รุ่น Dji Phantom 4 Pro แล้ว นำมาประเมินความแตกต่างด้วยสายตา เพื่อเลือกแบบจำลองสามมิติของอาคารที่กำลังทำการก่อสร้างที่จะใช้ในการเปรียบเทียบกับแบบจำลองสามมิติของแบบก่อสร้างที่ได้มาจากแบบแปลนก่อสร้าง (2D CAD) โดยที่แบบจำลองสามมิติจากกล้อง Drone รุ่น Dji Phantom 4 Pro มีรายละเอียดที่ชัดเจนกว่าแบบจำลองสามมิติทั้งหมดที่สร้างขึ้น และนำไปใช้ในการติดตามความก้าวหน้างานก่อสร้างด้วยสายตาได้

ผลลัพธ์แบบจำลองสามมิติที่สร้างจากจากการประมวลรูปแบบการถ่ายภาพแบบต่าง ๆ ทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 ที่ระยะความสูง 80 เมตร ด้วย Angle of the camera 60 องศา Front overlap 80 % Side overlap 80% จำนวน 139 ภาพ, รูปแบบที่ 2 ที่ระยะความสูง 120 เมตร Angle of the camera 45 องศา Front overlap 80 % Side overlap 70% จำนวน 63 ภาพ และรูปแบบที่ 3 เป็นการรวมภาพจากรูปแบบที่ 1 และ 2 ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังภาพข้างล่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



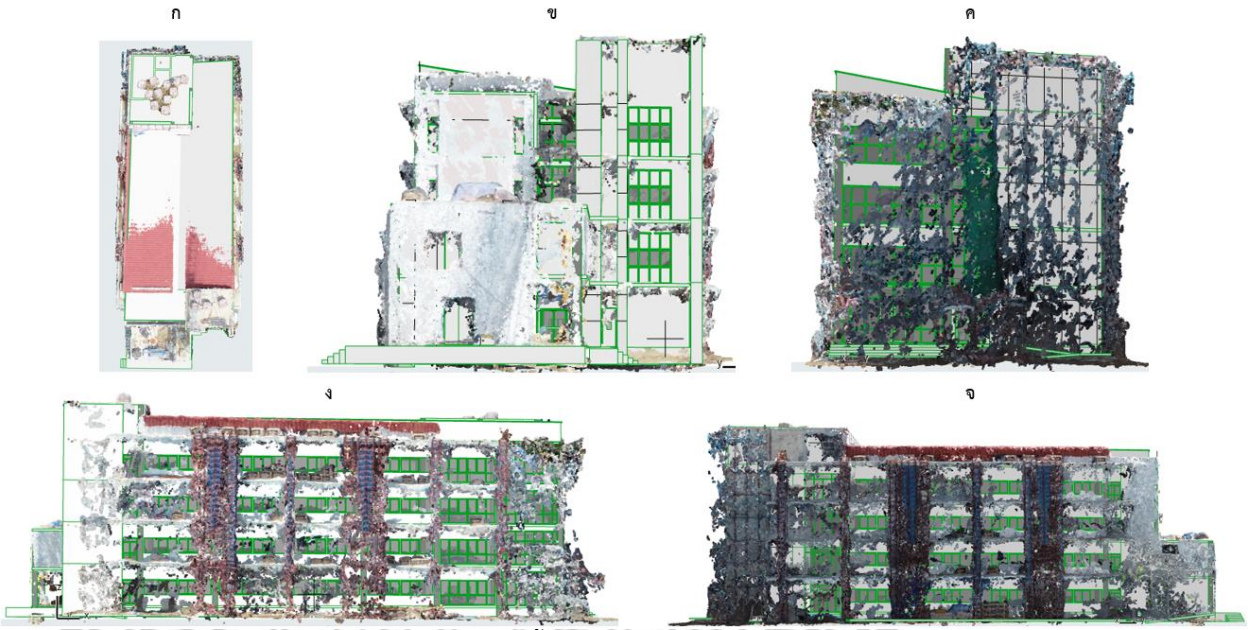
ภาพที่ 4.21 แบบจำลองสามมิติจากภาพถ่ายที่ระยะความสูงต่าง ๆ ;

(ก) ที่ความสูง 80 เมตร, (ข) ที่ความสูง 120 เมตร, (ค) ที่ความสูง 80 รวมกับ 120 เมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

เมื่อสร้างแบบจำลองสามมิติจากภาพถ่ายของ Drone รุ่น Dji Phantom ทั้งสามแบบแล้ว จากนั้นนำแบบจำลองสามมิติทั้งสามแบบมาประเมินความแตกต่างด้วยสายตา เพื่อเลือกแบบจำลองสามมิติของอาคารที่กำลังทำการก่อสร้างที่จะใช้ในการเปรียบเทียบกับแบบจำลองสามมิติของแบบก่อสร้างที่ได้มาจากแบบแปลนก่อสร้าง (2D CAD) จากผลลัพธ์ดังกล่าวพบว่า มีรายละเอียดที่ชัดเจนกว่าแบบจำลองสามมิติที่สร้างจากภาพถ่ายที่ระยะความสูง 80 เมตร และ 120 เมตร เพราะเมื่อนำภาพมารวมกันความสูงทั้งสองมารวมกัน ทำให้ภาพมีส่วนที่ซ้อนกันมากขึ้น จึงทำให้แบบจำลองสามมิติ

ที่สร้างขึ้นมีความละเอียดมาก จากการติดตามความก้าวหน้าของงานก่อสร้างสามารถประเมิน ด้วยการประเมินจากสายตา จากการเปรียบเทียบของแบบจำลองสามมิติทั้งสองได้ ดังภาพข้างล่าง



ภาพที่ 4.22 การซ้อนทับกันของแบบจำลองสามมิติทั้งสองแบบ ในด้านต่าง ๆ ; (ก) ด้านบน, (ข) ด้านซ้าย, (ค) ด้านขวา, (ง) ด้านหน้า, (จ) ด้านหลัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการศึกษางานวิจัยบทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย ในหัวข้อการการติดตามความก้าวหน้าในงานก่อสร้างเพื่อการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ สามารถสรุปผล อภิปรายผล ปัญหาและอุปสรรค และข้อเสนอแนะการศึกษาได้ดังนี้

5.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างแบบจำลองสามมิติของอาคารที่กำลังก่อสร้าง (As-built, 3D-Model) ของคณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยการเก็บข้อมูลภาพถ่าย จากเทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ โดยใช้กล้องจาก สมาร์ทโฟน, Mini-drone รุ่น Dji Tello และ drone รุ่น Dji Phantom 4 ซึ่งมีการวางแผนการถ่ายภาพแตกต่างกันออกไป หลังจากนั้นนำภาพถ่ายที่ได้ มาประมวลผลในโปรแกรม Agisoft Metashape สำหรับสร้างแบบจำลองสามมิติ และเพื่อให้แบบจำลองสามมิติที่สร้างขึ้นมีความถูกต้องตรงตามขนาดจริง จึงต้องมีการกำหนดจุดอ้างอิงให้กับภาพถ่าย และวัดระยะทางระหว่างจุดอ้างอิง ซึ่งเมื่อได้แบบจำลองสามมิติที่มีขนาดถูกต้องหรือใกล้เคียงแล้ว จะสามารถนำมาเปรียบเทียบสำหรับการติดตามความก้าวหน้างานก่อสร้างได้ โดยนำแบบจำลองสามมิติของอาคารที่กำลังก่อสร้างซ้อนทับกับแบบจำลองสามมิติของแบบก่อสร้างที่ได้มาจากแบบแปลนก่อสร้าง (2D CAD) ผลลัพธ์ที่ได้สามารถติดตามความก้าวหน้าได้ในระดับหนึ่ง ดังนั้นการติดตามความก้าวหน้าของงานก่อสร้าง สามารถติดตามได้ด้วยการประเมินจากสายตาได้อย่างง่ายและรวดเร็ว โดยที่ไม่ต้องติดตามที่หน้างานโดยตรง ซึ่งอาจมีประโยชนกับผู้บริหารโครงการก่อสร้างหรือผู้รับเหมาก่อสร้าง และสามารถนำไปจัดทำเป็นฐานข้อมูล BIM เพื่อปรับแก้ หากมีการต่อเติมในภายภาคหน้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

5.2 อภิปรายผล

จากงานวิจัยของ Braun et al. (2014) เรื่อง Towards automated construction progress monitoring using BIM-based point cloud processing ได้ศึกษาเกี่ยวกับการค้นหาความคลาดเคลื่อนในกระบวนการก่อสร้างตั้งแต่เริ่ม ด้วยการสำรวจรังวัดด้วยภาพ จากการบันทึกภาพถ่ายจากระบบกล้องถ่ายภาพ Nikon D3 ซึ่งกำหนดจุดควบคุมที่ตึกใกล้เคียงและบนเครน point

cloud นี้ถูกสร้างขึ้นด้วยโปรแกรม VSfM และจับคู่กับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (4D BIM) ที่จัดทำขึ้น ผลการวิจัยพบว่า point cloud ที่ได้ค่อนข้างมีความสมบูรณ์ตรงกับอาคารก่อสร้างจริง เพราะบริเวณพื้นที่ก่อสร้างไม่มีต้นไม้บดบัง และมีพื้นที่ในการถ่ายภาพกว้าง ซึ่งนำมาใช้ตรวจสอบกับแบบจำลอง BIM โดยผลลัพธ์แสดงเปอร์เซ็นต์สำหรับพื้นที่มีขนาดเล็กเกินไปสำหรับชิ้นส่วนอาคารส่วนใหญ่ และงานวิจัยของ Braun et al. (2015) เรื่อง Automated progress monitoring based on photogrammetric point clouds and precedence relationship graphs ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการต่าง ๆ ในการถ่ายภาพอาคาร เช่น การถ่ายภาพด้วยกล้องมือถือ การติดตั้งกล้องบนเครนอย่างน้อย 2 ตัว และการถ่ายภาพจากอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ผลการวิจัยพบว่า การถ่ายภาพด้วยกล้องมือถือสามารถหลีกเลี่ยงการเกิดข้อผิดพลาดที่เกิดจากเครื่องจักรขนาดใหญ่ได้ การติดตั้งกล้องบนเครนดีต่อการสร้าง point cloud สำหรับอาคารขนาดใหญ่และสามารถครอบคลุมทุกด้านของตำแหน่งจำนวนมาก และการถ่ายภาพจาก UAV นั้นมีความทันสมัยใช้การปรับทิศทางด้วย GPS สามารถบินได้แบบอัตโนมัติ และการรวมความรู้จากแบบจำลองสารสนเทศอาคารกับการติดตามความก้าวหน้าแบบอัตโนมัติ เนื่องจากการติดตามด้วยภาพมักขาดความสมบูรณ์ วิธีการนี้จึงให้การสนับสนุนที่เป็นประโยชน์สำหรับการเปรียบเทียบที่สร้างขึ้นเทียบกับที่วางแผนไว้

แต่จากงานวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้การสำรวจรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ กล้องมือถือ Mini-Drone และ Drone ซึ่งกล้องมือถือและ Mini-Drone เป็นอุปกรณ์ที่เข้าถึงได้แต่ Drone มีราคาที่สูงขึ้นมาก จะนำมาซึ่งประสิทธิภาพในการทำงานที่มากกว่า จึงได้นำอุปกรณ์เหล่านี้มาสร้างแบบจำลองสามมิติสำหรับงานก่อสร้าง เช่น อาคารที่กำลังก่อสร้าง ที่ให้ผลลัพธ์ของแบบจำลองสามมิติที่ได้นั้น แบ่งตามอุปกรณ์ที่ได้ทำการถ่ายภาพ โดยกล้องมือถือจะไม่สามารถได้แบบจำลองสามมิติที่สมบูรณ์ได้ เนื่องจากอาคารที่ศึกษามีทั้งหมด 4 ชั้น และสภาพพื้นที่ก่อสร้างคับแคบ มีต้นไม้บดบังตัวอาคาร, Mini-Drone ไม่สามารถระบุตำแหน่งของภาพถ่ายได้ ซึ่งจำเป็นในการนำมาสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติที่สมบูรณ์ และ Drone สามารถถ่ายอาคารด้วยระบบอัตโนมัติได้อย่างดี แต่ต้องระวังเรื่องเครื่องจักรที่กำลังทำงานอยู่ ทำให้ต้องบินสูงกว่าเดิม ซึ่งการใช้ Drone ต้องถ่ายเฉพาะตอนที่ไซต์ก่อสร้างหยุดงานเพื่อไม่ให้มีปัญหาเกิดขึ้น ดังนั้นการติดตามงานก่อสร้างครั้งนี้จึงใช้ภาพถ่ายจาก Drone ซึ่งสามารถเป็นแนวทางในการติดตามงานก่อสร้างด้วยสายตาได้อย่างง่ายและรวดเร็ว แต่จะไม่สามารถติดตามงานก่อสร้างได้อย่างแม่นยำได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

1) พื้นที่การก่อสร้างคับแคบทำให้การถ่ายภาพ ด้วย โทรศัพท์มือถือ ไม่เป็นไปตามที่วางแผนไว้ และการถ่ายภาพด้วย โดรนขนาดเล็ก บินได้ไม่สูงมากจึงเก็บข้อมูลภาพได้ไม่ครบทุกด้าน

ภาพที่ 5.1 แสดงสภาพแวดล้อมของอาคารก่อสร้าง

2) การถ่ายภาพจะมี สแลน และนั่งร้าน หรือ โครงสร้างชั่วคราว ที่ใช้ในงานก่อสร้างและซ่อมแซม บังตัวอาคาร ทำให้ไม่สามารถนำภาพถ่ายมาสร้างเป็นแบบจำลองที่ชัดเจนได้

ภาพที่ 5.2 แสดงสแลน และนั่งร้านที่ตัวอาคารก่อสร้าง

ภาพที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบความต่างด้านหน้าของอาคารระหว่างภาพถ่ายกับแบบจำลองสามมิติ

Copyright by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบความต่างด้านข้างของอาคารระหว่างภาพถ่ายกับแบบจำลองสามมิติ

3) อาจจะต้องเปลี่ยนการติดตามเป็นการ ส่งมอบ 3D BIM หลังก่อสร้างเสร็จแทน

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. การปรับใช้กับอาคารในภายภาคหน้าควรใช้กับงานก่อสร้างที่มีพื้นที่เปิดโล่ง เพื่อที่จะทำการถ่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. เพื่อให้ได้แบบจำลองสามมิติที่ชัดขึ้น ควรถ่ายอาคารในแนวขนานกับตัวอาคาร และถ่ายทุกด้าน เช่น ด้านหน้า, ด้านหลัง, ด้านซ้าย, ด้านขวา

3. การวางจุดอ้างอิงให้กับภาพถ่าย สำหรับการถ่ายภาพอาคารในแนวขนานกับตัวอาคารนั้นทำด้วยตัวเองได้ยาก และหากให้คนงานก่อสร้างทำการติดให้ อาจเป็นการเพิ่มภาระงานให้กับคนงานก่อสร้าง

4. ไม่ควรถ่ายภาพห่างจากตัวอาคารมากเกินไป เช่น หากสูงเกินไปอาจทำให้การซ้อนทับกันของภาพมีน้อย และแบบจำลองที่ได้จะมีประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บรรณานุกรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บรรณานุกรม

ชาติชาย ไวยสุระสิงห์. 2545. การประยุกต์ใช้กระบวนการรังวัดบนภาพถ่ายระยะใกล้สำหรับการวัดละเอียดสูง. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภูริทัต แสนสุทธวิจิตร. 2557. การประยุกต์ใช้การรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ในการรังวัดโครงสร้างอาคาร. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Braun, A., Tuttas, S., Stilla, U., & Borrmann, A. (2014). Towards automated construction progress monitoring using BIM-based point cloud processing. eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction: ECPPM 2014, 101.

Tuttas, S., Braun, A., Borrmann, A., & Stilla, U. (2014). COMPARISION OF PHOTOGRAMMETRIC POINT CLOUDS WITH BIM BUILDING ELEMENTS FOR CONSTRUCTION PROGRESS MONITORING. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences.

Braun, A., Tuttas, S., Borrmann, A., & Stilla, U. (2015). Automated progress monitoring based on photogrammetric point clouds and precedence relationship graphs. In ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction (Vol. 32, p. 1). IAARC Publications.

Anwar, N., Izhar, M. A., & Najam, F. A. (2018). Construction Monitoring and Reporting using Drones and Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). In Proc. of the 10th Int. Conf. on Constr. in the 21st Century (CITC-10) (Colombo, Sri Lanka, July 2nd-4th).

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาคผนวก

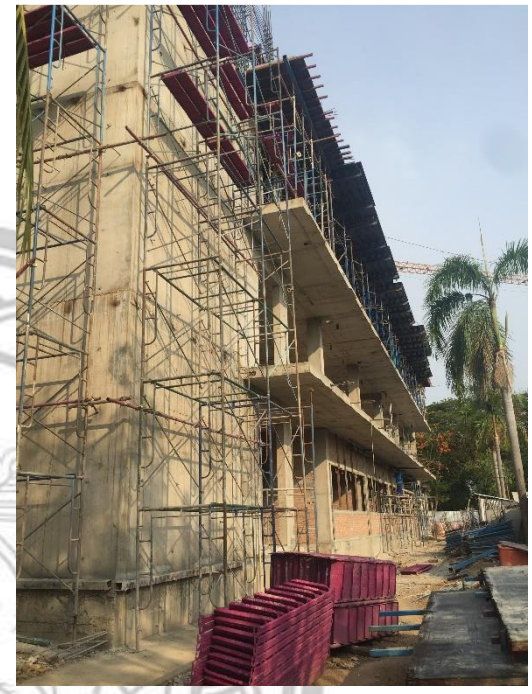
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

เรื่อง การลงพื้นที่สำรวจ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

- สำรวจบริเวณรอบพื้นที่ก่อสร้าง



ลิขสิ
Copyrigh
ersity
A

- ลงพื้นที่วางจุด GCPs และวัดระยะห่างระหว่างจุด (Scaling)

Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

เรื่อง อุปกรณ์ในการทำงาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

- โทรศัพท์มือถือ iPhone 6 Specs

General	
Brand	Apple
Model	iPhone 6
Release date	September 2014
Launched in India	Yes
Form factor	Touchscreen
Body type	Metal
Dimensions (mm)	138.10 x 67.00 x 6.90
Weight (g)	129.00
Battery capacity (mAh)	1810
Removable battery	No
Colours	Gold, Silver, Space Grey
Display	
Screen size (inches)	4.70
Touchscreen	Yes
Resolution	750x1334 pixels
Aspect ratio	16:9
Pixels per inch (PPI)	326
Hardware	
Processor	1.4GHz dual-core
Processor make	Apple A8
RAM	1GB
Internal storage	16GB
Expandable storage	No

Camera	
Rear camera	8-megapixel (f/2.2, 1.5-micron)
Rear autofocus	Phase detection autofocus
Rear flash	Dual LED
Front camera	1.2-megapixel (f/2.2)
Software	
Operating system	iOS 8.0
Connectivity	
Wi-Fi	Yes
Wi-Fi standards supported	802.11 a/b/g/n
GPS	Yes
Bluetooth	Yes, v 4.20
NFC	Yes
Infrared	No
USB OTG	No
Lightning	Yes
Headphones	3.5mm
FM	No
Number of SIMs	1
Wi-Fi Direct	No
Mobile High-Definition Link (MHL)	No
SIM Type	Nano-SIM
GSM/CDMA	GSM
3G	Yes
4G/ LTE	Yes
Supports 4G in India (Band 40)	Yes

Co sity

Sensors	
Fingerprint sensor	Yes
Compass/ Magnetometer	Yes
Proximity sensor	Yes
Accelerometer	Yes
Ambient light sensor	Yes
Gyroscope	Yes
Barometer	Yes
Temperature sensor	No

- Mini-Drone Dji Tello Specs

- Weight: Approximately 80 g (with propellers and battery)
- Dimensions: 98mm*92.5mm*41mm
- Propeller: 3 inch
- Built-In Functions: Range Finder, Barometer, LED, Vision System, WIFI 802.11n 2.4G, 720P Live View
- Port: Micro USB Charging Port

Performance

- Max Flight Distance: 100m
- Max Speed: 8m/s
- Max Flight Time: 13min

Battery

- Detachable Battery: 1.1Ah/3.8V

Camera

- Photo: 5MP (2592×1936)
- FOV: 82.6°
- Video: HD720P30
- Format: JPG(Photo); MP4(Video)
- Electronic Image Stabilization: Yes

- Drone Dji Phantom 4 Pro Specs

AIRCRAFT

Weight (Battery & Propellers Included)	1388 g
Diagonal Size (Propellers Excluded)	350 mm
Max Ascent Speed	S-mode: 6 m/s P-mode: 5 m/s
Max Descent Speed	S-mode: 4 m/s P-mode: 3 m/s
Max Speed	S-mode: 45 mph (72 kph) A-mode: 36 mph (58 kph) P-mode: 31 mph (50 kph)
Max Tilt Angle	S-mode: 42° A-mode: 35° P-mode: 25°
Max Angular Speed	S-mode: 250°/s A-mode: 150°/s
Max Service Ceiling Above Sea Level	19685 feet (6000 m)
Max Wind Speed Resistance	10 m/s
Max Flight Time	Approx. 30 minutes
Operating Temperature Range	32° to 104°F (0° to 40°C)
Satellite Positioning Systems	GPS/GLONASS
Hover Accuracy Range	Vertical: ±0.1 m (with Vision Positioning) ±0.5 m (with GPS Positioning) Horizontal: ±0.3 m (with Vision Positioning) ±1.5 m (with GPS Positioning)

Copyright by Naresuan University
All rights reserved

GIMBAL

Stabilization	3-axis (pitch, roll, yaw)
Controllable Range	Pitch: -90° to +30°
Max Controllable Angular Speed	Pitch: 90°/s
Angular Vibration Range	±0.02°

INFRARED SENSING SYSTEM

Obstacle Sensory Range	0.6 - 23 feet (0.2 - 7 m)
FOV	70° (Horizontal), ±10° (Vertical)
Measuring Frequency	10 Hz
Operating Environment	Surface with diffuse reflection material, and reflectivity > 8% (such as wall, trees, humans, etc.)

VISION SYSTEM

Vision System	Forward Vision System Backward Vision System Downward Vision System
Velocity Range	≤31 mph (50 kph) at 6.6 ft (2 m) above ground
Altitude Range	0 - 33 feet (0 - 10 m)
Operating Range	0 - 33 feet (0 - 10 m)
Obstacle Sensory Range	2 - 98 feet (0.7 - 30 m)
FOV	Forward: 60°(Horizontal), ±27°(Vertical) Backward: 60°(Horizontal), ±27°(Vertical) Downward: 70°(Front and Rear), 50°(Left and Right)
Measuring Frequency	Forward: 10 Hz Backward: 10 Hz Downward: 20 Hz
Operating Environment	Surface with clear pattern and adequate lighting (lux>15)

All rights reserved

REMOTE CONTROLLER

Operating Frequency	2.400 - 2.483 GHz and 5.725 - 5.825 GHz
Max Transmission Distance	2.400 - 2.483 GHz (Unobstructed, free of interference) FCC: 4.3 mi (7 km) CE: 2.2 mi (3.5 km) SRRC: 2.5 mi (4 km) 5.725 - 5.825 GHz (Unobstructed, free of interference) FCC: 4.3 mi (7 km) CE: 1.2 mi (2 km) SRRC: 3.1 mi (5 km)
Operating Temperature Range	32° to 104°F (0° to 40°C)
Battery	6000 mAh LiPo 2S
Transmitter Power (EIRP)	2.400 - 2.483 GHz FCC: 26 dBm CE: 17 dBm SRRC: 20 dBm MIC: 17 dBm 5.725 - 5.825 GHz FCC: 28 dBm CE: 14 dBm SRRC: 20 dBm MIC: -
Operating Current/Voltage	1.2 A@7.4 V
Video Output Port	GL300E: HDMI GL300F: USB
Mobile Device Holder	GL300E: Built-in display device (5.5 inch screen, 1920×1080, 1000 cd/m^2, Android system, 4 GB RAM + 16 GB ROM) GL300F: Tablets and smart phones

INTELLIGENT FLIGHT BATTERY

Capacity	5870 mAh
Voltage	15.2 V
Battery Type	LiPo 4S
Energy	89.2 Wh
Net Weight	468 g
Charging Temperature Range	41° to 104°F (5° to 40°C)
Max Charging Power	160 W

ศวร
Co iversity

CAMERA

Sensor	1" CMOS Effective pixels: 20M
Lens	FOV 84° 8.8 mm/24 mm (35 mm format equivalent) f/2.8 - f/11 auto focus at 1 m - ∞
ISO Range	Video: 100 - 3200 (Auto) 100 - 6400 (Manual) Photo: 100 - 3200 (Auto) 100- 12800 (Manual)
Mechanical Shutter Speed	8 - 1/2000 s
Electronic Shutter Speed	8 - 1/8000 s
Image Size	3:2 Aspect Ratio: 5472 × 3648 4:3 Aspect Ratio: 4864 × 3648 16:9 Aspect Ratio: 5472 × 3078
PIV Image Size	4096×2160(4096×2160 24/25/30/48/50p) 3840×2160(3840×2160 24/25/30/48/50/60p) 2720×1530(2720×1530 24/25/30/48/50/60p) 1920×1080(1920×1080 24/25/30/48/50/60/120p) 1280×720(1280×720 24/25/30/48/50/60/120p)
Still Photography Modes	Single Shot Burst Shooting: 3/5/7/10/14 frames Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5 bracketed frames at 0.7 EV Bias Interval: 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

Video Recording Modes	H.265 C4K:4096×2160 24/25/30p @100Mbps 4K:3840×2160 24/25/30p @100Mbps 2.7K:2720×1530 24/25/30p @65Mbps 2.7K:2720×1530 48/50/60p @80Mbps FHD:1920×1080 24/25/30p @50Mbps FHD:1920×1080 48/50/60p @65Mbps FHD:1920×1080 120p @100Mbps HD:1280×720 24/25/30p @25Mbps HD:1280×720 48/50/60p @35Mbps HD:1280×720 120p @60Mbps H.264 C4K:4096×2160 24/25/30/48/50/60p @100Mbps 4K:3840×2160 24/25/30/48/50/60p @100Mbps 2.7K:2720×1530 24/25/30p @80Mbps 2.7K:2720×1530 48/50/60p @100Mbps FHD:1920×1080 24/25/30p @60Mbps FHD:1920×1080 48/50/60 @80Mbps FHD:1920×1080 120p @100Mbps HD:1280×720 24/25/30p @30Mbps HD:1280×720 48/50/60p @45Mbps HD:1280×720 120p @80Mbps
Max Video Bitrate	100 Mbps
Supported File Systems	FAT32 (≤32 GB); exFAT (>32 GB)
Photo	JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG
Video	MP4/MOV (AVC/H.264; HEVC/H.265)
Supported SD Cards	Micro SD Max Capacity: 128GB Write speed ≥15MB/s, Class 10 or UHS-1 rating required
Operating Temperature Range	32° to 104°F (0° to 40°C)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

CHARGER

Voltage	17.4 V
Rated Power	100 W

APP / LIVE VIEW

Mobile App	DJI GO 4
Live View Working Frequency	2.4 GHz ISM, 5.8 GHz ISM
Live View Quality	720P @ 30fps
Latency	Phantom 4 Pro: 220 ms (depending on conditions and mobile device) Phantom 4 Pro *: 160 - 180 ms

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

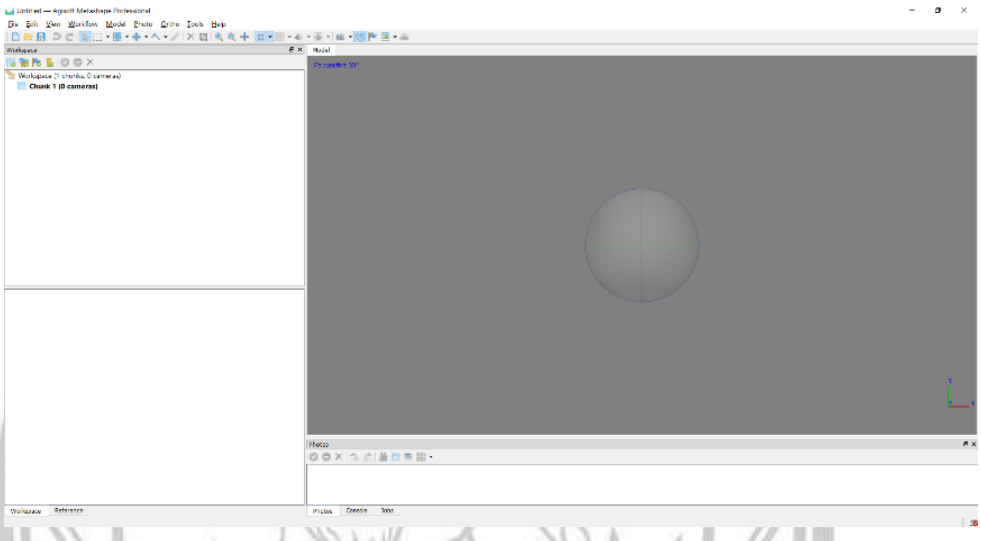
ภาคผนวก ค

เรื่อง ขั้นตอนการประมวลผลในโปรแกรม Agisoft Metashape

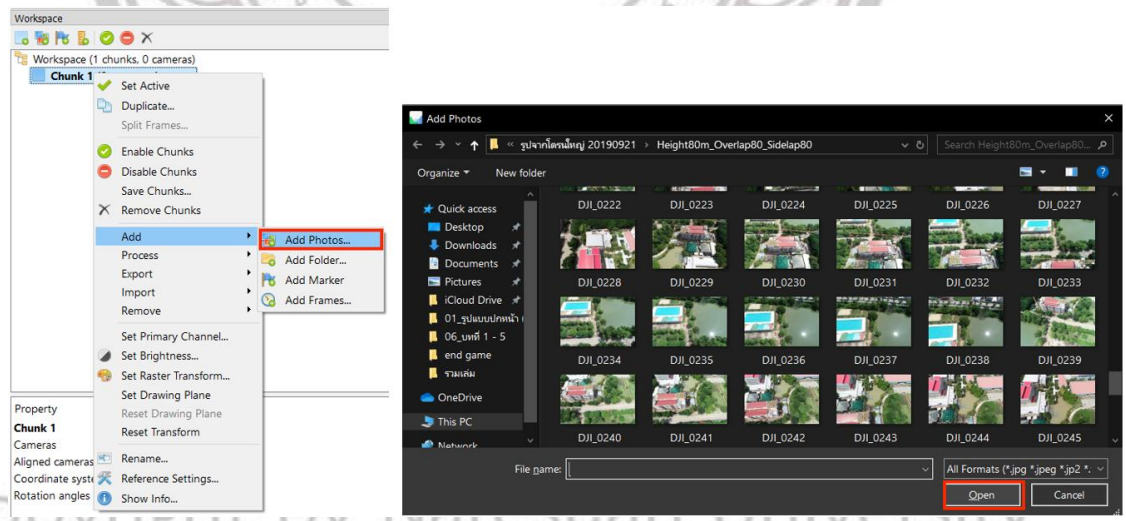
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยเครื่องมือ Agisoft Metashape Professional (64 bit) ทำได้ดังนี้

1. เปิดเครื่องมือ Agisoft Metashape Professional (64 bit)

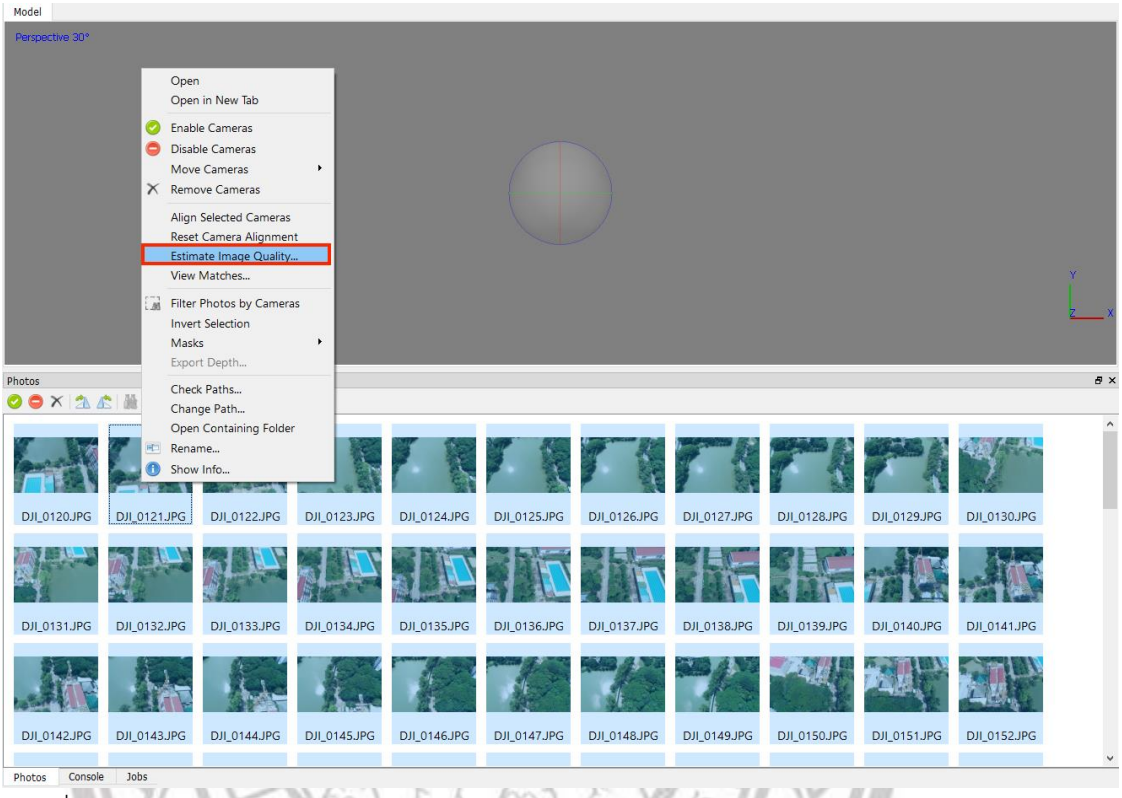


2. ไปที่ Workspace > Add Chunk เพื่อเป็นที่เก็บรวบรวมภาพถ่าย > Add Photos เพื่อเพิ่มภาพถ่าย

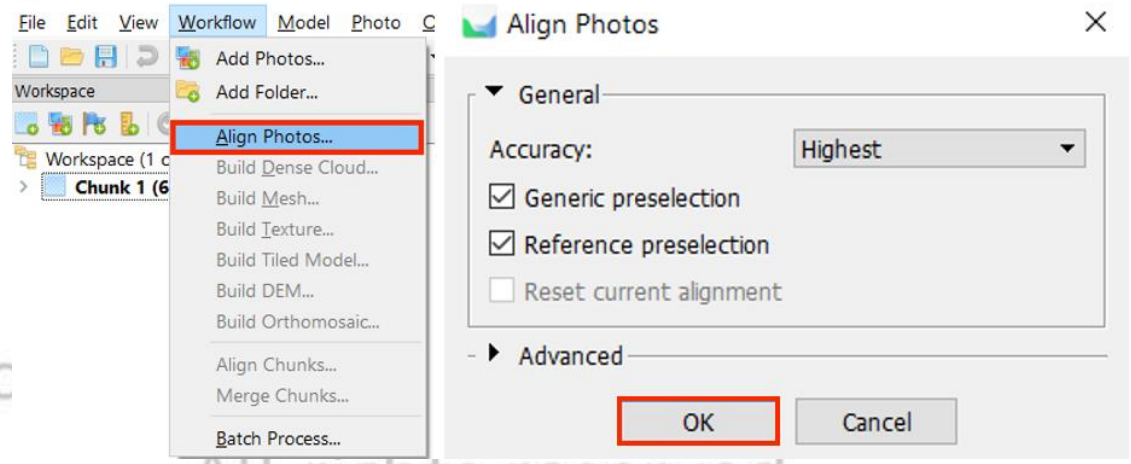


3. เมื่อเพิ่มภาพถ่ายแล้ว ทำการคลุมทุกภาพ คลิกขวาเลือก Estimate Image Quality เป็นการประมาณคุณภาพของภาพถ่าย

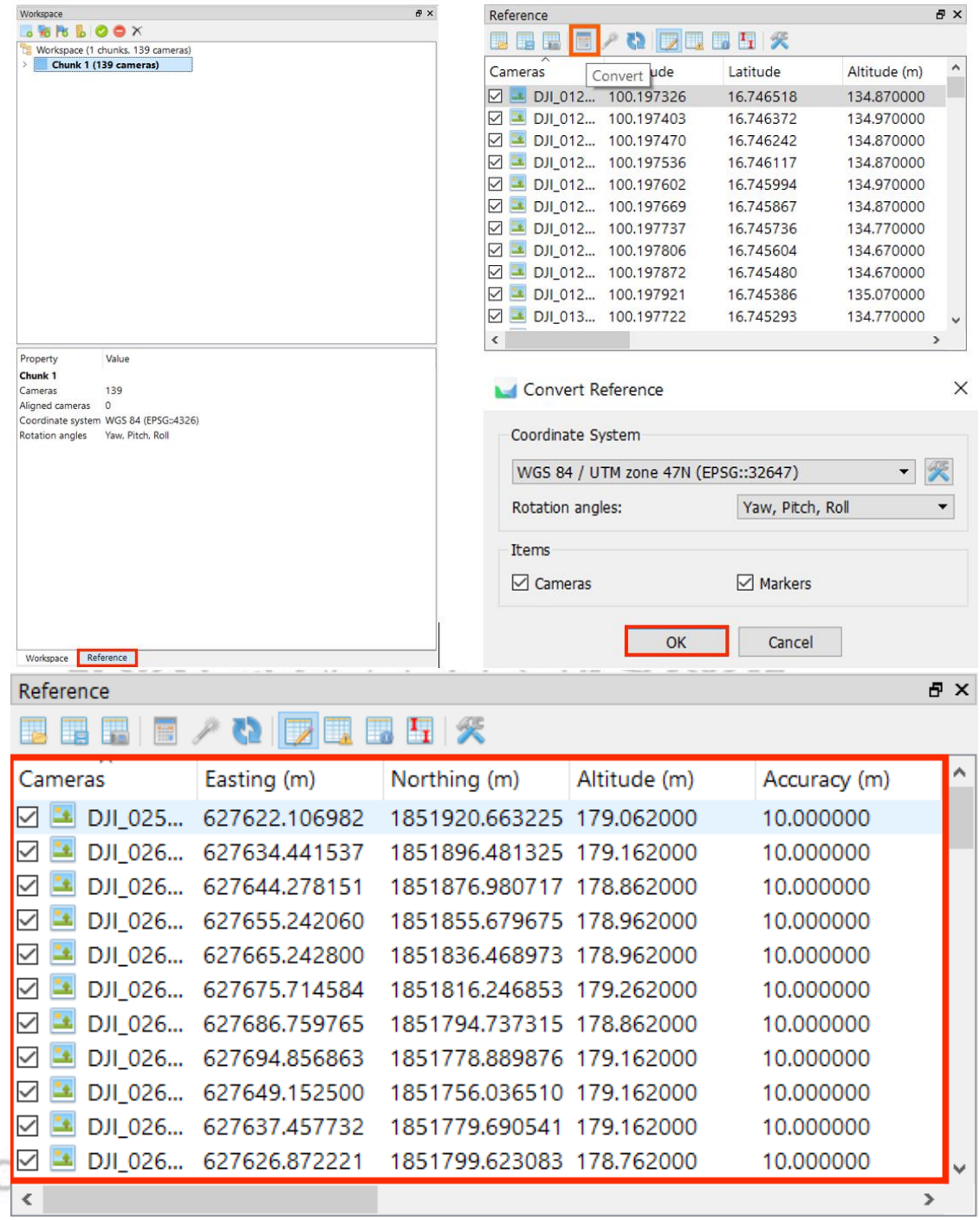
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



4. เมื่อ Estimate Image Quality เสร็จแล้ว ทำการ Align Photos เป็นการนำภาพมาจัดเรียง แล้วเลือกจุดของภาพที่เหมือนกันมาสร้างแบบจำลองสามมิติแบบอัตโนมัติโดยไปที่ Workflow > Align Photos

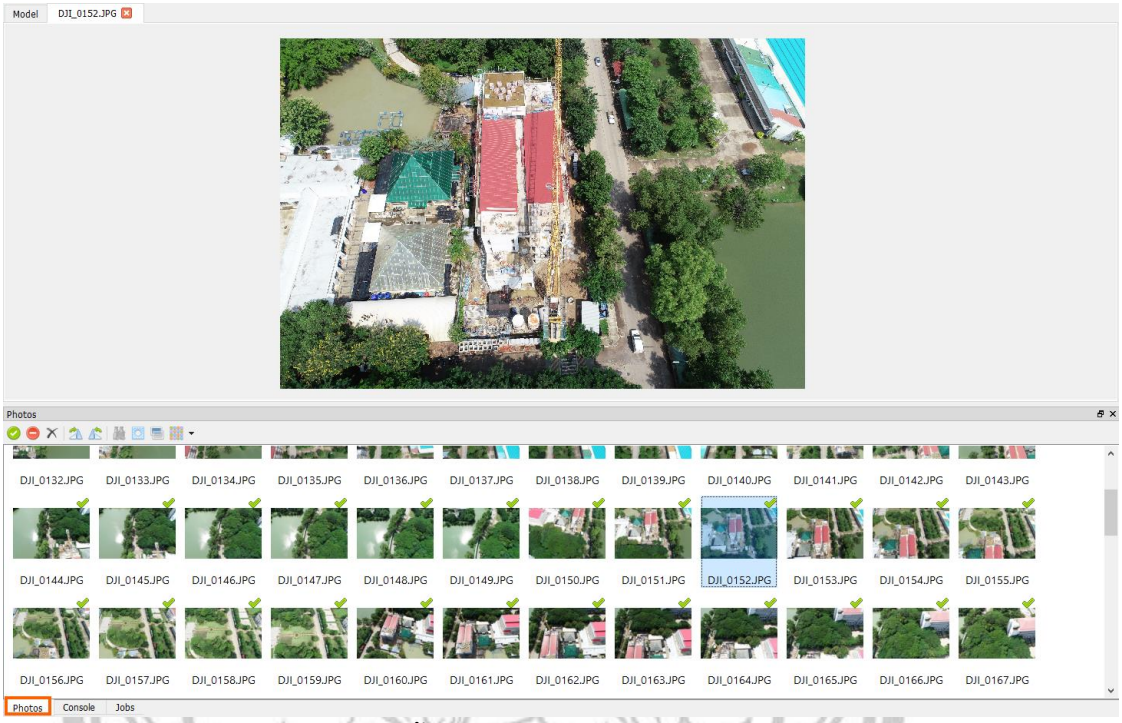


5. เมื่อ Align Photos เสร็จแล้ว ทำการกำหนดระบบพิกัด โดยคลิกที่ Reference > คลิก Convert เพื่อเลือกระบบพิกัด > กำหนดเป็น WGS 84 / UTM zone 47N (EPSG::32647) > OK



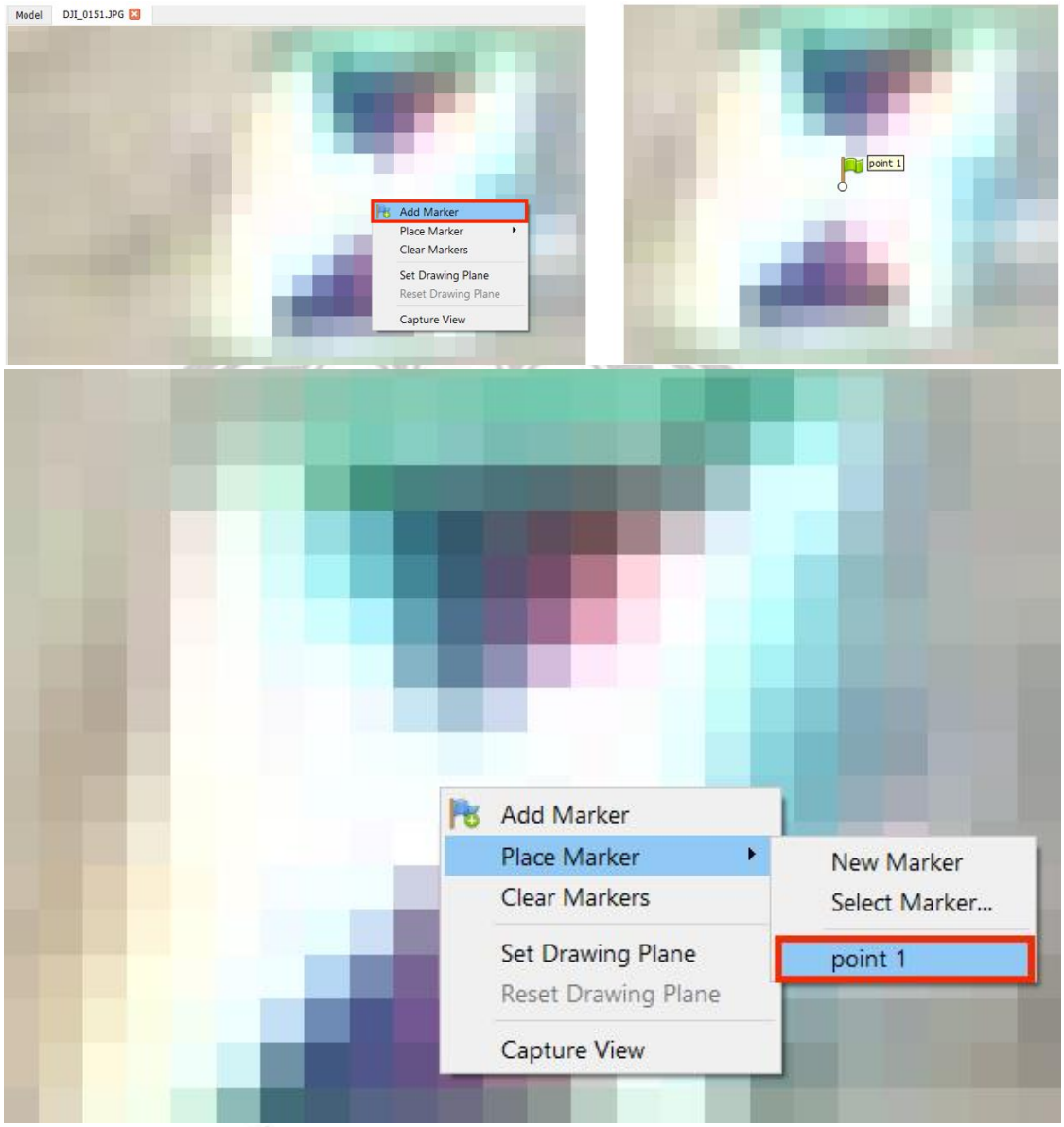
6. เมื่อกำหนดระบบพิกัดแล้ว ต่อไปเป็นการกำหนดจุดควบคุมให้กับภาพถ่าย ด้วยการมาร์คจุดให้ตรงกับจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ได้ทำการเก็บรวบรวมมาจากพื้นที่จริง โดยไปที่ Photos หาภาพที่มีจุดควบคุมภาคพื้นดิน

All rights reserved

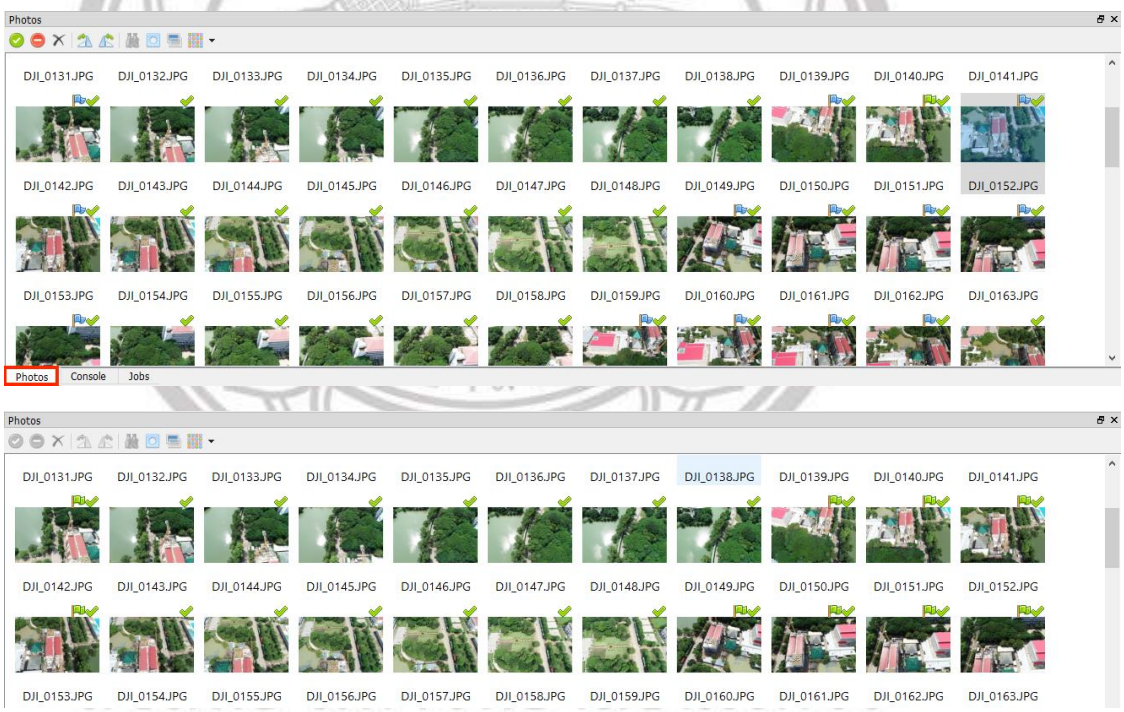


7. เมื่อหาภาพที่มีจุดควบคุมภาคพื้นดินได้แล้ว ทำการมาร์คจุด โดยคลิกขวาจุดที่เลือก > Add Marker > จะได้ point 1 ซึ่ง point 1 นั้นมีหลายภาพ การที่จะให้ปรากฏทุกภาพทำได้โดย หาอีกภาพที่มีจุดควบคุมภาคพื้นดินที่เหมือนกัน > คลิกขวาที่จุดที่เลือก > Place Marker > เลือก point 1 เท่านี้โปรแกรมก็จะทำการกำหนด point 1 ให้อัตโนมัติของทุกภาพที่มี (แต่ต้องทำการเลื่อน ให้ตรงจุดทุกภาพ เพราะมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย-ปานกลาง เมื่อเลื่อนแล้วจะปรากฏเป็นสีเขียว)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



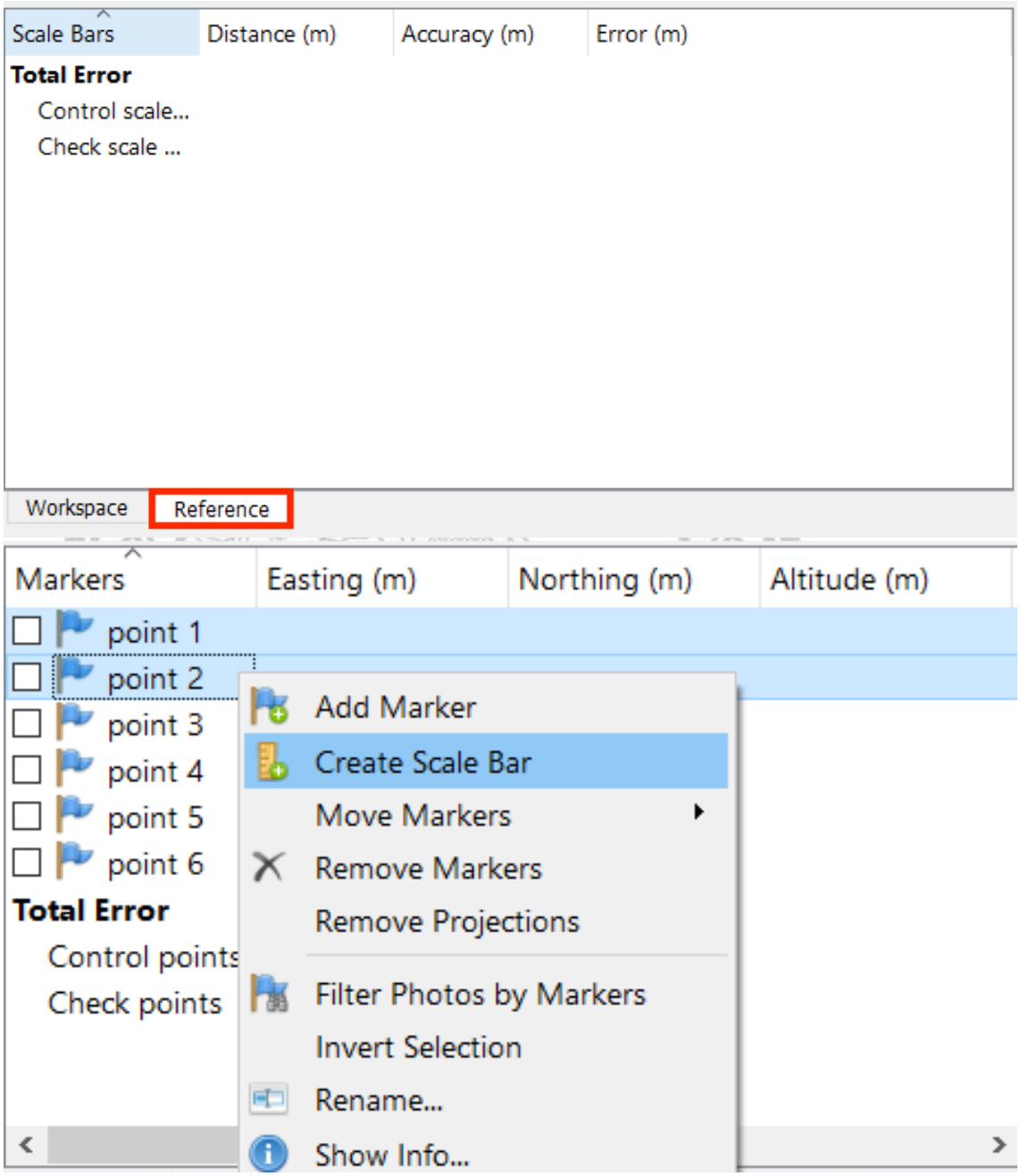
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



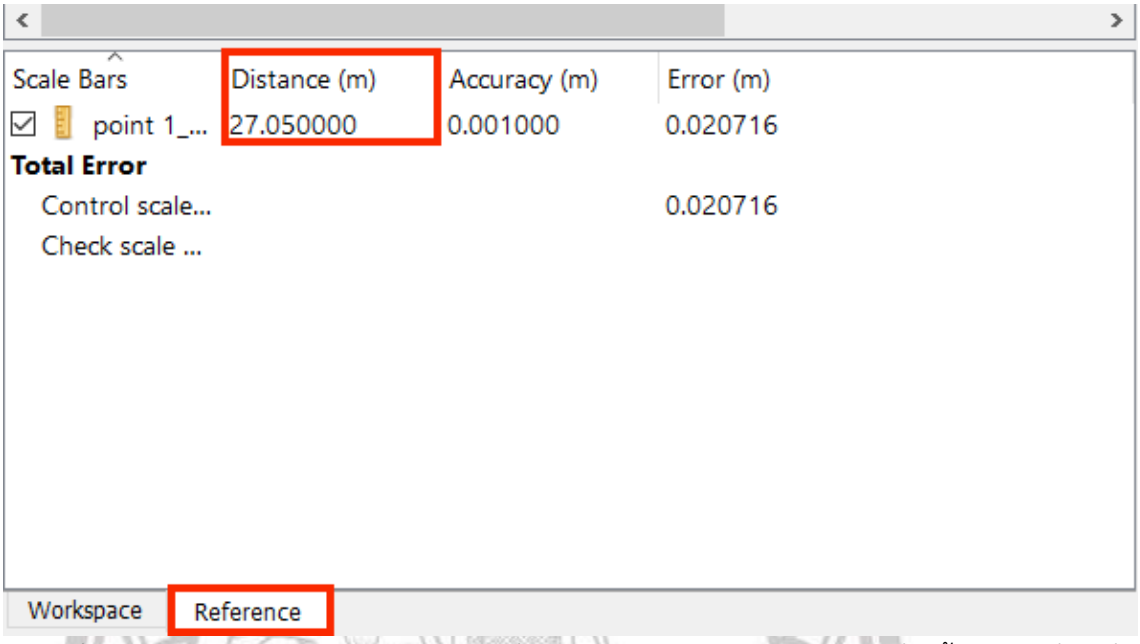
8. กรณีที่มีจุดควบคุมภาคพื้นดินหลายจุด ให้ทำการกลับไปภาพเดิมที่มี point 1 แล้วหาจุดที่ 2 จากนั้น Add Marker ใหม่ เป็น point 2 และ Place Marker เลือก point 2 ของภาพใหม่ ดังวิธีการของ point 1

Copyright by Naresuan University
All rights reserved

9. เมื่อ mark จุดครบแล้ว ทำการ Align Photos อีกครั้ง ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการสร้าง Scaling ซึ่งเป็นการกำหนดขนาดที่ถูกต้องให้กับแบบจำลองสามมิติ ที่ได้วัดระยะห่างระหว่างจุดจริงจากบริเวณพื้นที่ก่อสร้างมาแล้ว ด้วยการสร้าง Scale Bar ที่ช่อง Reference โดย กด Shift ที่ point 1 และ 2 > คลิกขวา > เลือก Create Scale Bar > จะได้กำหนดระยะห่างระหว่าง point 1 และ 2 ได้

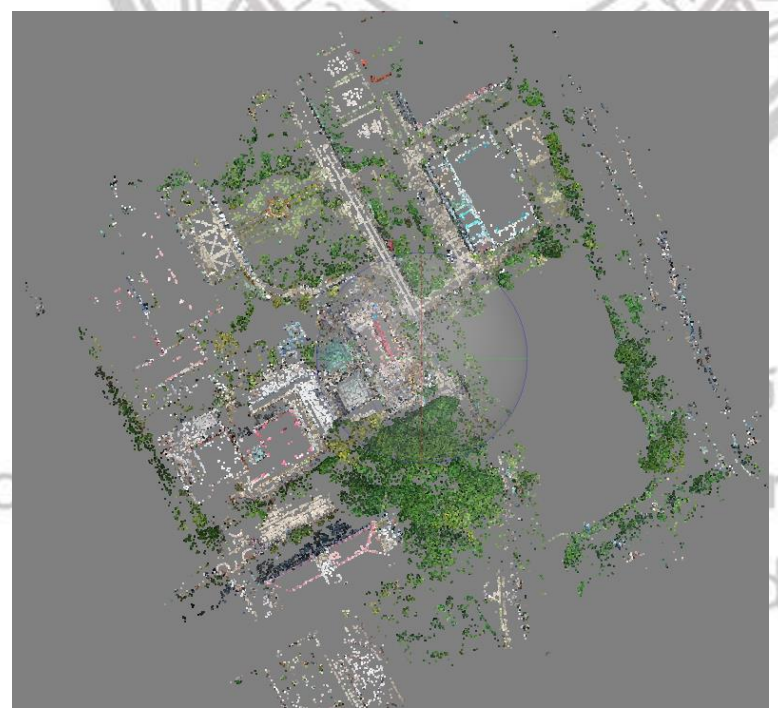


Copyright by Naresuan University
All rights reserved

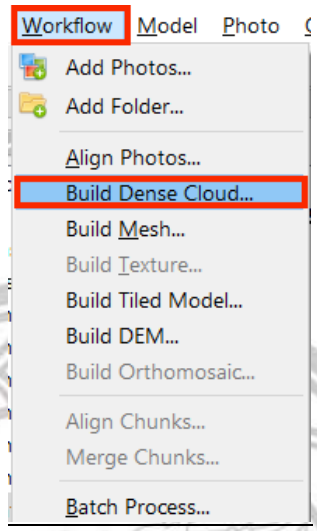


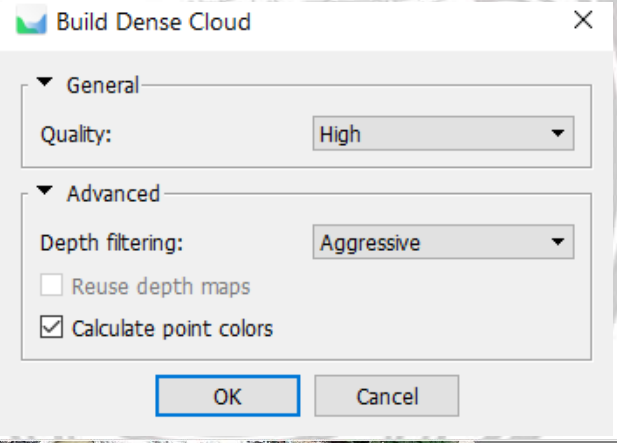
10. เมื่อทำการ Create Scale Bar ครบตามที่ต้องการแล้ว ควรจะ save ก่อนหนึ่งครั้ง โดยไปที่ ไปที่ File > save as เลือกที่เก็บแล้วกด save

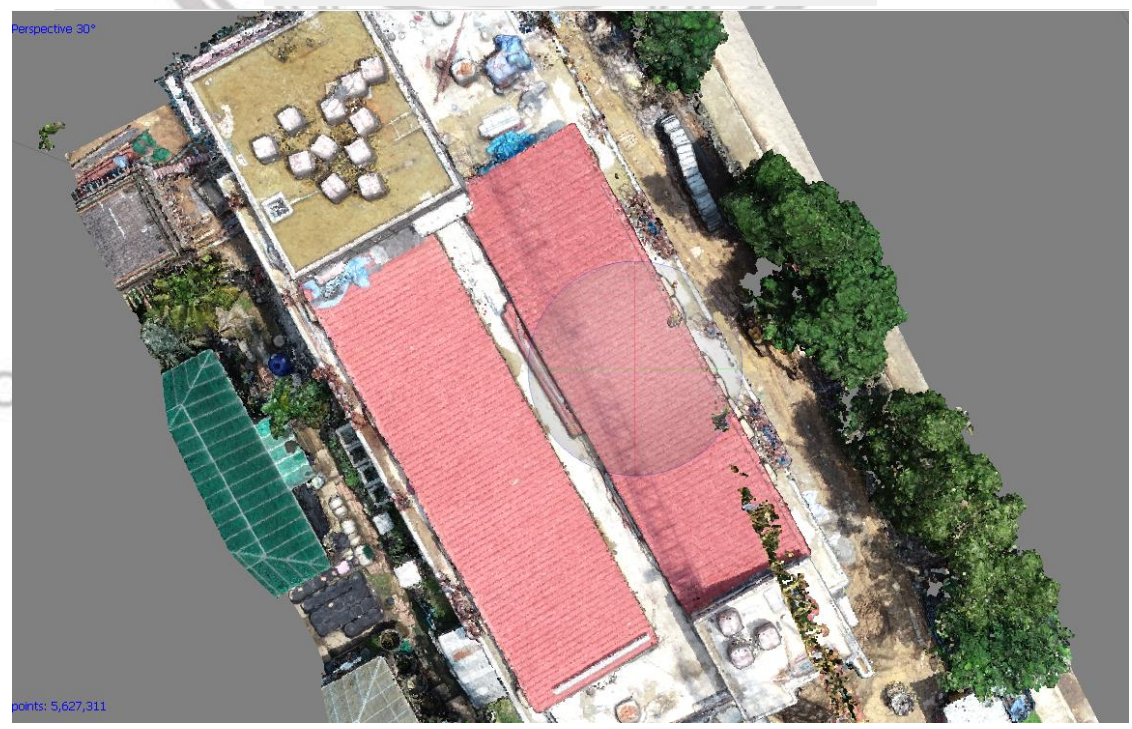
11. เมื่อ save เรียบร้อยแล้วกลับไปที่ Workflow ทำการ Align Photos ใหม่อีกครั้ง เพื่อให้เป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้ทั้งหมด



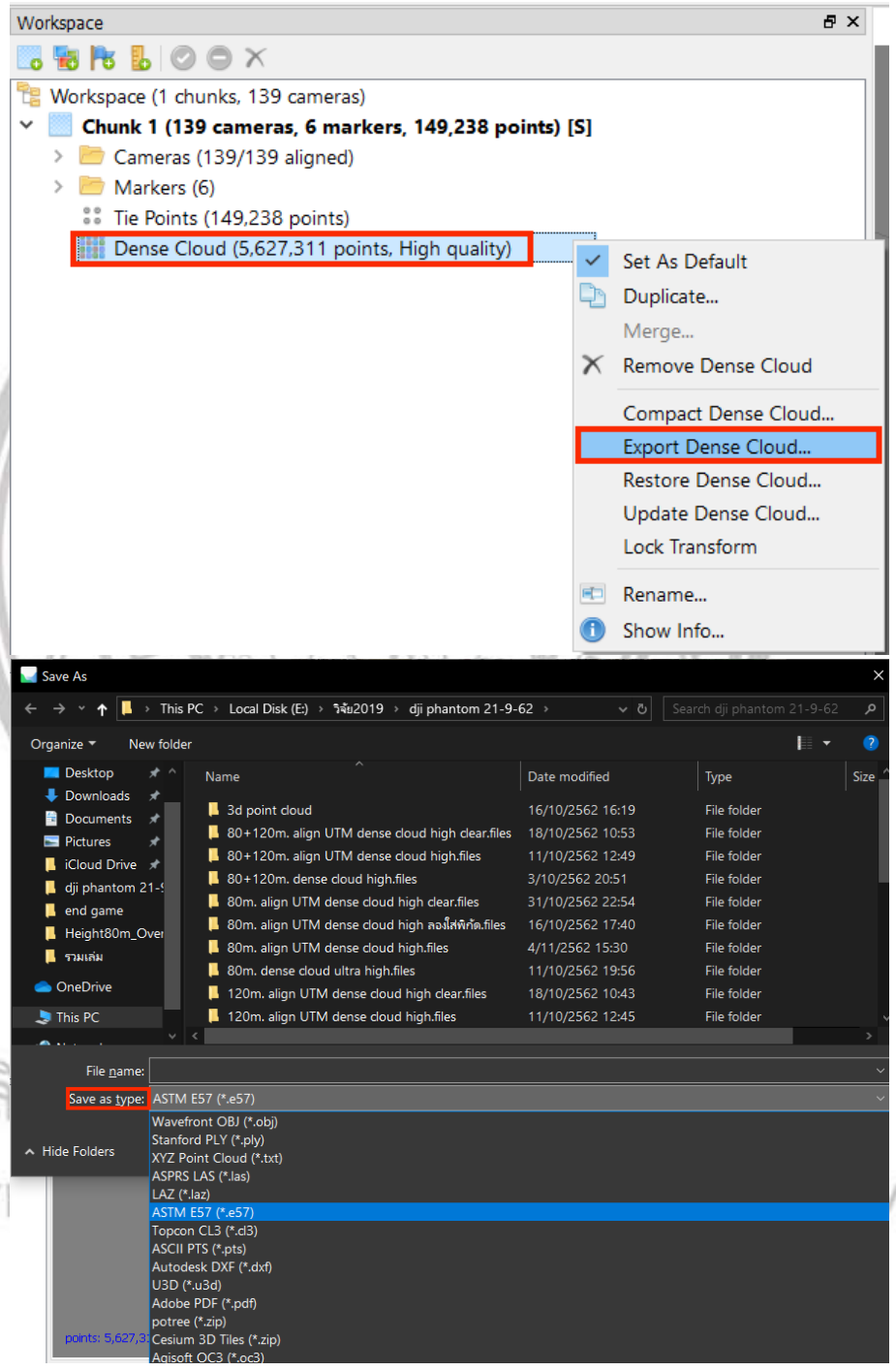
12. หลังจากทำการ Align Photos แล้ว ต่อไปจะเป็นขั้นตอน Build Dense Cloud เพื่อเพิ่มจำนวนจุดให้กับ Tie Points (ซึ่ง Tie Points ได้มาจากการ Align Phots) โดยไปที่ Workflow > Build Dense Cloud


Workflow
Model
Photo
Add Photos...
Add Folder...
Align Photos...
Build Dense Cloud...
Build Mesh...
Build Texture...
Build Tiled Model...
Build DEM...
Build Orthomosaic...
Align Chunks...
Merge Chunks...
Batch Process...


Build Dense Cloud
General
Quality:
High
Advanced
Depth filtering:
Aggressive
Reuse depth maps
Calculate point colors
OK
Cancel


Perspective 30°
points: 5,627,311

13. ส่งออกข้อมูล point cloud ที่ทำการสร้าง โดยไปที่ Dense Cloud > คลิกขวาเลือก Export Dense Cloud แล้วเลือกไฟล์นามสกุลที่ต้องการ



ประวัติผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล ภาสกร พรหมบุญ

วัน เดือน ปี เกิด 3 กรกฎาคม 2540

ที่อยู่ปัจจุบัน 1/1 หมู่ 3 ตำบลนาป่า อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2559-2562	ระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 เกรดเฉลี่ย 2.49
พ.ศ. 2553-2558	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ทั่วไป) – ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) โรงเรียนเพชรพิทยาคม ตำบลในเมืองอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000
พ.ศ. 2547-2552	ระดับประถมศึกษา โรงเรียนอนุบาลเพชรบูรณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

กิจกรรมที่เข้าร่วม

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

2. เข้าร่วมอบรม OpenStreetMap Contribution by JOSM วันที่ 9 เมษายน 2562 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดย OSGeoTH

ประสบการณ์การทำงาน

1. จัดทำแผนที่ภาษีโรงเรือนและที่ดิน สำรวจและนำเข้าข้อมูลประเภทอาคารและสิ่งปลูกสร้าง ภายใต้บริษัท กราฟเมติกซ์ จำกัด

2. จำแนกประเภทของอาคารและสิ่งปลูกสร้าง ภายใต้บริษัท แมพพ้อยท์เอเชีย (ประเทศไทย)

3. เป็นสตาฟกลางขององค์การนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวร ทำหน้าที่ในฝ่ายพยาบาล ในปีการศึกษา 2560 และทำหน้าที่ในฝ่ายสวัสดิการ ในปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved