การสร้างแบบจำลองพระพุทธรูปด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้

3D-model reconstruction of Buddha image using Close-range photogrammetry

จุฬา สุทธิพิศาล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี เสนอภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาภูมิศาสตร์

2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์และหัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรีเรื่อง “การสร้างแบบจำลองพระพุทธรูปด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้” (3D-model reconstruction of Buddha image 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

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากบุคคลหลายๆท่าน ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.พลปรีชา ชิดบุรี อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ ด้านการเดินทาง ตลอดจนด้านค่าใช้จ่ายบางส่วน อีกทั้งยังคอยให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการดำเนินงานวิจัย และตรวจสอบ ข้อบกพร่องของงานวิจัยในครั้งนี้

และขอขอบคุณ นาย โสภณัฐ รังสี เพื่อนของผู้วิจัย ที่มีความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ ในการให้ใช้อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล สำหรับการทำวิทยานิพนธ์ และกราบขอบพระคุณ มารดา เพื่อน ที่คอยเป็นกำลังใจ และคอยช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน แก่ผู้วิจัยจนจัดทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ ผู้วิจัยขออุทิศให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และผู้วิจัยหวังว่า วิทยานิพนธ์เรื่อง การสร้างแบบจำลองพระพุทธรูปด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ จะมีประโยชน์ต่อการวางแผน และพัฒนาแนวทางการหล่อพระพุทธรูปได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

จุฬา สุทธิพิศาล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ชื่อเรื่อง การสร้างแบบจำลองพระพุทธรูปด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้

ผู้วิจัย จุฬา สุทธิพิศาล

ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.พลปรีชา ชิดบุรี

ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ วท.บ. สาขาภูมิศาสตร์,มหาวิทยาลัยนเรศวร,2562

คำสำคัญ พระพุทธรูป, การรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้, แบบจำลองสามมิติ

บทคัดย่อ

เนื่องจากปัจจุบันมีการคุกคามต่อวัตถุโบราณทางประวัติศาสตร์เพิ่มมากขึ้น เช่น ภัยจากธรรมชาติ และน้ำมือมนุษย์ ดังนั้นการอนุรักษ์วัตถุโบราณเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากโดยเฉพาะพระพุทธรูป แต่การหล่อพระพุทธรูปจำเป็นต้องจะได้ขนาดสัดส่วนนั้นการวัดโดยตรงอาจทำให้วัตถุโบราณเกิดความเสียหายได้ การวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองสามมิติของพระพุทธรูป ด้วยเทคนิควิธีการรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติเพื่อใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์หาสัดส่วนเพื่องานอนุรักษ์ โดยทำการสำรวจและเก็บข้อมูลภาพ โดยใช้เลเซอร์สแกนและ กล้อง DSLR และนำข้อมูลภาพที่ได้มาประมวลผลในโปรแกรม Agisoft Metashape เพื่อให้ได้แบบจำลองสามมิติในรูปแบบของ Point cloud และนำไปวิเคราะห์เพื่อหาสัดส่วนของพระพุทธรูป ด้วยโปรแกรม Cloud Compare จากนั้นนำไปสร้างเป็นแบบจำลองโครงร่างสองมิติของพระพุทธรูป โดยงานวิจัยนี้มีพื้นที่การศึกษา 3 กรณี ดังนี้ (1) พระพุทธชินราชจำลองขนาด 5 นิ้ว, (2) พระพุทธชินราชจำลอง ณ วัดคุ้งวารี และ (3) พระพุทธรูปหลวงพ่อทองดำ ณ วัดราชบูรณะ จากการประเมินความถูกต้องของผลลัพธ์แบบจำลองพระพุทธรูปหลวงพ่อทองดำ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนสำหรับความกว้างหน้าตักเท่ากับ 0.85 เมตร และค่าความคลาดเคลื่อนสำหรับความสูงขององค์พระเท่ากับ 0.24 เมตร ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองสามมิติและแบบโครงร่างสองมิติของพระพุทธรูป เพื่อใช้สำหรับการหล่อพระพุทธรูป โดยเป็นการวัดโดยอ้อมอย่างง่ายและรวดเร็ว ซึ่งไม่สร้างความเสียหายให้กับต้นแบบด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

Title	3D-model reconstruction of Buddha image using Close-range photogrammetry
Author	Chula Sutdhiphisal
Advisor	Polpreecha Chidburee
Academic Paper	Thesis B.S. in Geography, Naresuan University,2019
Keywords	Buddha image, Close-rang Photogrammetry, 3D-model

Abstract

In the present, there are increasingly many threats that have an impact on antique objects, such as natural disasters, human activities. Therefore, the conservation of ancient artefacts is importantly indispensable, especially the Buddha images. However, in casting the Buddha statues, the size and proportion are directly measured using a measuring tape that can cause its damage. This research aims to reconstruct a 3D-model of Buddha image using close-range photogrammetric technique from the imagery in order to study and analysis of the proportions for conservation. Surveying and image data were collected by a laser scanner and a DSLR camera. The imagery was processed by Agisoft Metashape software to generate a 3D-model in the form of point cloud. Next, the analysis of the proportions of Buddha image was performed by Cloud Compare software. Then, a 2D outline of the Buddha image was created. In this research, there are three the study cases: 1) a 5-inch replica of Phra Phuttha Chinnarat, 2) The replica of Phra Phuttha Chinnarat at Wat Kung Waree, and 3) Luang Phor Thongdum at Wat Ratchaburana. Regarding the results of the accuracy assessment from last experimental study (Luang Phor Thongdum), the value of errors for the width of sitting is 0.85 meters, and the value of errors for the height of Buddha image is 0.24 meters. Therefore, this research can offer the 3D-model reconstruction and 2D-outline of the Buddha image for casting Buddha statues. Also, this approach can employ easily, quickly the indirect measurement not to damage the Buddha image

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญ

บทที่ หน้า

1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย 2

1.3 ความสำคัญของงานวิจัย 2

1.4 คำถามงานวิจัย 2

1.5 ขอบเขตการวิจัย 3

1.6 นิยายศัพท์เฉพาะ 4

1.7 กรอบแนวคิด 5

2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 ข้อมูลพระพุทธรูป 6

2.2 การสร้างแบบจำลองสามมิติ 8

2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12

3 วิธีดำเนินการวิจัย 16

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 16

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล 17

3.3 การประมวลผล 22

4 ผลการวิจัย 29

กรณีศึกษา 1 : พระพุทธชินราชขนาดจำลอง ขนาดหน้าตัก 5 นิ้ว 29

กรณีศึกษา 2 : พระพุทธชินราชจำลอง ณ วัดคุ้งวารี 31

กรณีศึกษา 3 : พระพุทธรูปหลวงพ่อทองดำ ณ วัดราชบูรณะ 35

การประเมินความถูกต้อง 40

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 42

5.1 สรุปผลการวิจัย 42

5.2 อภิปรายผล 42

5.3 ข้อเสนแนะ 43

5.4 ปัญหาและอุปสรรค 43

บรรณานุกรม 46

ภาคผนวก 47

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพ หน้า

ภาพ 1 . 1 พระพุทธชินราช 1
ภาพ 1 . 3 วิหารหลวง 3
ภาพ 1 . 2 พื้นที่การศึกษา 3
ภาพ 1 . 4 หลวงพ่อทองดำ 4
ภาพ 1 . 5 กรอบแนวคิดงานวิจัย 5
ภาพ 2 . 1 เลเซอร์สแกน 9
ภาพ 2 . 2 ตำแหน่งการถ่ายภาพที่ถูกต้อง 11
ภาพ 2 . 3 ตำแหน่งการถ่ายภาพที่ผิด 11
ภาพ 2 . 4 กล้อง DSLR 12
ภาพ 2 . 5 ฟิลเตอร์โพลาไรซ์ 12
ภาพ 2 . 6 การเตรียมสถานที่ วางแผนการถ่ายภาพ 13
ภาพ 2 . 7 การถ่ายภาพโดยมีการควบคุมแสงภายนอกและใช้ฉาก 13
ภาพ 2 . 8 กรลบ Point Cloud ที่ไม่ต้องการและเปรียบเทียบโมเดลกับวัตถุต้นแบบ 13
ภาพ 2 . 9 (a)เครือข่ายกล้องที่ได้รับมาสำหรับนักรบบรอนซ์ (b)แบบจำลองตาข่ายหลังจากการวิเคราะห์ตำแหน่งของความแน่นจุด (c)และแบบจำลองพื้นผิว 14
ภาพ 2 . 10 กระเป๋าทำวัสดุทำจากเงิน 15
ภาพ 2 . 11 ผลจากเครื่องสแกน 15
ภาพ 2 . 12 การถ่ายภาพวัตถุ 15
ภาพ 2 . 13 ผลลัพธ์โมเดล 3 มิติ 15
ภาพ 2 . 14 ผลลัพธ์ที่ทำการซูมเข้าไปดูใกล้ๆ 15
ภาพ 2 . 15 การสกรีนช็อตใน VisualSFM ของจุดถ่ายภาพ 15
ภาพ 3 . 1 แผนการถ่าย 18
ภาพ 3 . 2 (a)ภาพที่ถ่ายปกติ (b)ภาพที่ถ่ายโดยใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์ 18
ภาพ 3 . 3 การวางตำแหน่งโคมไฟรอบวัตถุ (a)แบบที่ 1 (b)แบบที่2 19
ภาพ 3 . 4 การทดสอบวางตำแหน่งโคมไฟ 19
ภาพ 3 . 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัย 20
ภาพ 3 . 6 การวางจุดควบคุมภาพ 21
ภาพ 3 . 7 การวัดระยะเพื่อกำหนดมาตราส่วนจุดควบคุมภาพ 21
ภาพ 3 . 8 ผลการวางจุดควบคุมภาพ 21
ภาพ 3 . 9 การถ่ายภาพ (a)แนวที่ 1 (b)แนวที่2 22
ภาพ 3 . 10 การนำภาพเข้า 22
ภาพ 3 . 12 ภาพการประมวลผล Align Photo ในกรณีปรับเป็น Highest 23

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาพ หน้า

ภาพ 3 . 11 การเลือกการประมวลผลของ Align Photo....23
ภาพ 3 . 13 การกำหนดจุดควบคุมภาพ....24
ภาพ 3 . 14 ผลการวางจุดควบคุมภาพ....24
ภาพ 3 . 15 เปลี่ยนระบบพิกัดจากระบบภูมิศาสตร์เป็น ระบบมาตราส่วน....25
ภาพ 3 . 16 การกำหนดมาตราส่วนให้กับจุดควบคุม....25
ภาพ 3 . 17 การเลือกการประมวลผล Dense Cloud....26
ภาพ 3 . 18 ผลลัพธ์ Point Cloud....26
ภาพ 3 . 19 การใช้ Selection ทำการเลือก Point Cloud ที่ไม่ต้องการ....27
ภาพ 3 . 20 ผลลัพธ์การลบ Point Cloud ที่ไม่ต้องการ....27
ภาพ 3 . 21 การเลือกการประมวลผล Mesh....28
ภาพ 3 . 22 ผลลัพธ์การประมวลผล Mesh....28
ภาพ 4 . 1 ทดสอบการวางตำโคมไฟและถ่ายภาพ....29
ภาพ 4 . 2 ผลลัพธ์ภาพถ่ายจากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์....30
ภาพ 4 . 3 ผลลัพธ์ Point Cloud จากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์....30
ภาพ 4 . 4 ผลลัพธ์ Point Cloud จากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์....30
ภาพ 4 . 5 ผลลัพธ์ Point Cloud จากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์....30
ภาพ 4 . 6 ผลลัพธ์ Point Cloud จากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์....30
ภาพ 4 . 7 ผลลัพธ์ Mesh จากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์....31
ภาพ 4 . 8 พื้นที่กรณศึกษาที่ 2 พระพุทธชินราชจำลอง ณ วัดคุ้งวารี....31
ภาพ 4 . 9 ผลลัพธ์ภาพถ่ายจากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์....32
ภาพ 4 . 10 ผลลัพธ์ Point Cloud จากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์....33
ภาพ 4 . 11 ผลลัพธ์ Mesh จากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์....33

มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาพ หน้า

ภาพ 4 . 12 ผลลัพธ์ภาพถ่ายจากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ *(a)* การถ่ายแบบปกติ *(b)* การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์ 34
ภาพ 4 . 13 ผลลัพธ์ Point Cloud จากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์ 34
ภาพ 4 . 14 ผลลัพธ์ Mesh จากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ **(**a) การถ่ายแบบปกติ **(**b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์ 35
ภาพ 4 . 15 ผลลัพธ์ภาพถ่ายจากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์ 36
ภาพ 4 . 16 ผลลัพธ์ Point Cloud จากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์ 36
ภาพ 4 . 17 ผลลัพธ์ Mesh จากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์ 37
ภาพ 4 . 18 ผลลัพธ์ภาพถ่ายจากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์ 38
ภาพ 4 . 19 ผลลัพธ์ Point Cloud จากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์ 38
ภาพ 4 . 20 ผลลัพธ์ Mesh จากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์ 39

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตาราง 3 . 1 ข้อมลและอุปกรณ์ใช้ในการวิจัย.....16
ตารง 4 . 1 ตารางเทียบความสูงตักจากการวัดจริงกับวัดจากแบบจำลอง 40
ตารง 4 . 2 ตารางเทียบความกว้างหน้าตักจากการวัดจริงกับวัดจากแบบจำลอง 41

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

พระพุทธรูปในวัดที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์ เป็นโบราณวัตถุที่มีความสำคัญทางจิตใจต่อพุทธศาสนิกชนคนไทยเป็นอย่างมาก ซึ่งในปัจจุบันภัยคุกคามต่อโบราณสถานหรือโบราณวัตถุมีแนวโน้มสูงขึ้น ทั้งจากภัยตามธรรมชาติ เช่น วาตภัย อุทกภัย เป็นต้น และแม้แต่ภัยจากน้ำมือของมนุษย์ ดังนั้นงานอนุรักษ์โบราณวัตถุ เช่น พระพุทธรูปมีขนาดใหญ่ จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก แต่การวัดโดยตรงจากพระพุทธรูปมีขนาดใหญ่ มีความยากลำบากต่อการสำรวจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิธีการสำรวจรังวัดโดยตรง (Direct measurement) เช่น การใช้เทปวัดระยะจากวัตถุโดยตรงกับโบราณวัตถุหรือพระพุทธรูป ซึ่งจะทำการวัดขนาดอาจจะทำให้ดูไม่เหมาะสมและไม่สมควร ยกตัวอย่างเช่น กรณีที่เป็นข่าว เมื่อวันที่ 3 กรกฎาคม 2559 ทีมช่างหล่อปีนเหยียบองค์ พระพุทธชินราช สิ่งศักดิ์สิทธิ์คู่บ้านคู่เมืองของชาวพิษณุโลก เพื่อทำการวัดขนาด สร้างความไม่พอใจให้ชาวจังหวัดพิษณุโลกเป็นอย่างมาก (Voice TV, 2559) ดังนั้น การสำรวจรังวัดโดยตรงกับพระพุทธรูป อาจไม่เหมาะสม เพราะอาจสร้างความเสียให้กับโบราณวัตถุนั้นได้

ภาพ 1 . 1 พระพุทธชินราช

(*Voice TV, 2559*)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

แม้ว่าในปัจจุบันจะได้มีเทคนิคการวัดโดยอ้อม จะมีหลายวิธีมากมาย ทั้งเครื่องเลเซอร์สแกนที่มีความแม่นยำสูง แต่มีค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูลและค่าอุปกรณ์ค่อยข้างสูง และอีกวิธี คือการรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ มีความแม่นยำขึ้นกับอุปกรณ์และการวางจุดควบคุม แต่มีค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูลและค่าอุปกรณ์ค่อยข้างต่ำกว่า ซึ่งนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณวัตถุมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้สำหรับวัสดุของพระพุทธรูปส่วนใหญ่ทำมาจากทอง

สำริด ซึ่งมีลักษณะของพื้นผิวที่มันวาว แสงที่มากระทบพื้นผิวทำให้เกิดการหักเหและเกิดเงาได้ จึงเกิดปัญหาในการสร้างแบบจำลองของพระพุทธรูปด้วยวิธีการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้จึงยังมีข้อจำกัด

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ซึ่งได้มีการปรับปรุงวิธีการถ่ายภาพมาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองวัตถุโบราณ โดยใช้โปรแกรม Agisoft Metashape เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติและแบบโครงร่างสองมิติขององค์พระพุทธรูป เพื่อใช้สำหรับการหล่อพระพุทธรูป การใช้เทคนิคนี้เป็นการวัดโดยอ้อมอย่างง่ายและรวดเร็ว ซึ่งไม่สร้างความเสียหายให้กับต้นแบบ ในราคาที่ไม่แพง และทำการวิเคราะห์หาขนาดขององค์พระพุทธรูป ด้วยโปรแกรม CloudCompare

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาการสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราญวัตถุที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ โดยเฉพาะพระพุทธรูปที่มีพื้นผิวมันวาว
2. เพื่อประยุกต์ใช้สำหรับการวัดขนาดและหาสัดส่วนพระพุทธรูปของงานสร้างรูปหล่อ

1.3 ความสำคัญของงานวิจัย

การวิเคราะห์และหาขนาดของแบบจำลองสามมิติของวัตถุโบราณ ที่สร้างจากการเก็บข้อมูลภาพระยะใกล้ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับการวัดขนาดจริงด้วยเทปวัดระยะ เพื่อตรวจสอบอนุรักษ์วัตถุโบราณและเพื่อพัฒนาแนวทางในการประยุกต์ใช้การรังวัดด้วยเทคนิคการถ่ายภาพระยะใกล้

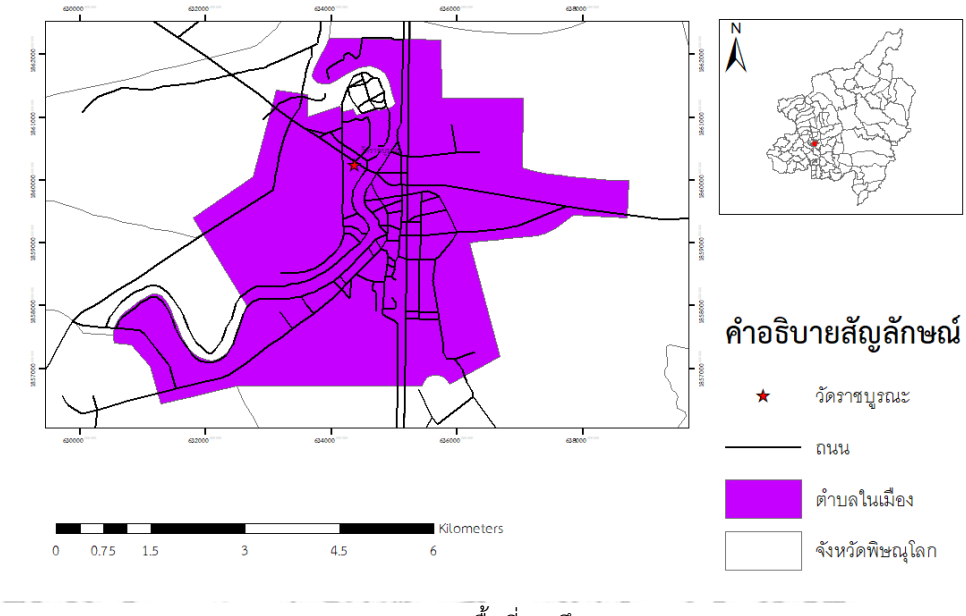
1.4 คำถามงานวิจัย

- จะทำการวัดขนาดพระพุทธรูปอย่างไร
- จะมีวิธีสร้างแบบจำลองพระพุทธรูปที่มีความละเอียดถูกต้องได้อย่างไร
- จะมีวิธีแก้ไขการทำโมเดลที่มีผิวโลหะมันวาวอย่างไร
- ภาพที่ได้จากกล้อง DSLR เมื่อมาทำเป็นโมเดล 3 มิติแล้ว จะมีความละเอียดมากน้อยแค่ไหน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

1.5 ขอบเขตการวิจัย

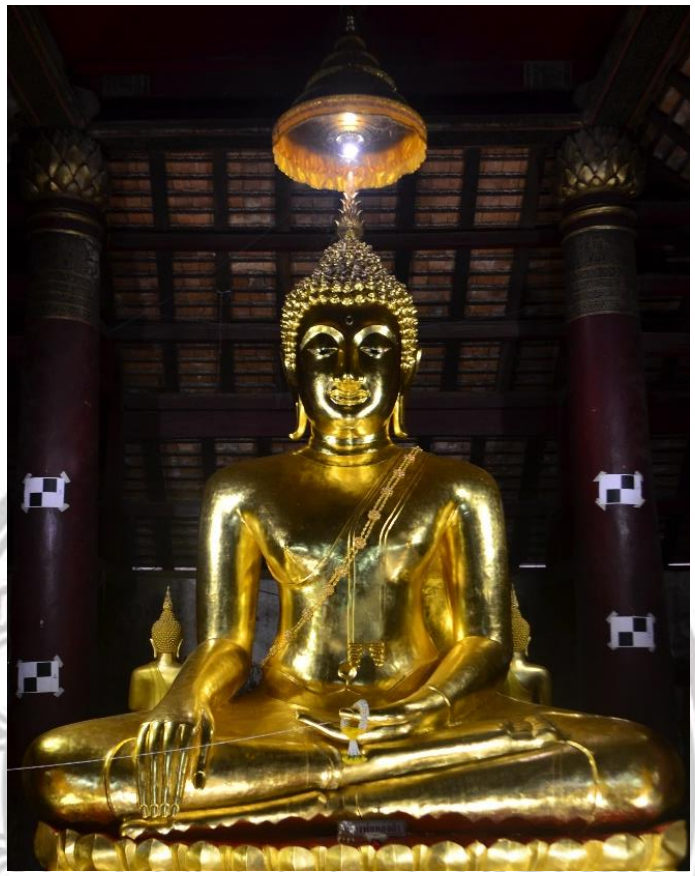
ขอบเขตที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ คือ พระพุทธรูปหลวงพ่อทองดำ ณ วิหารหลวง วัดราชบูรณะ จ.พิษณุโลก



ภาพ 1 . 3 พื้นที่การศึกษา

ภาพ 1 . 2 วิหารหลวง

ลิ
Copyr ty



ภาพ *1 . 4* หลวงพ่อทองดำ

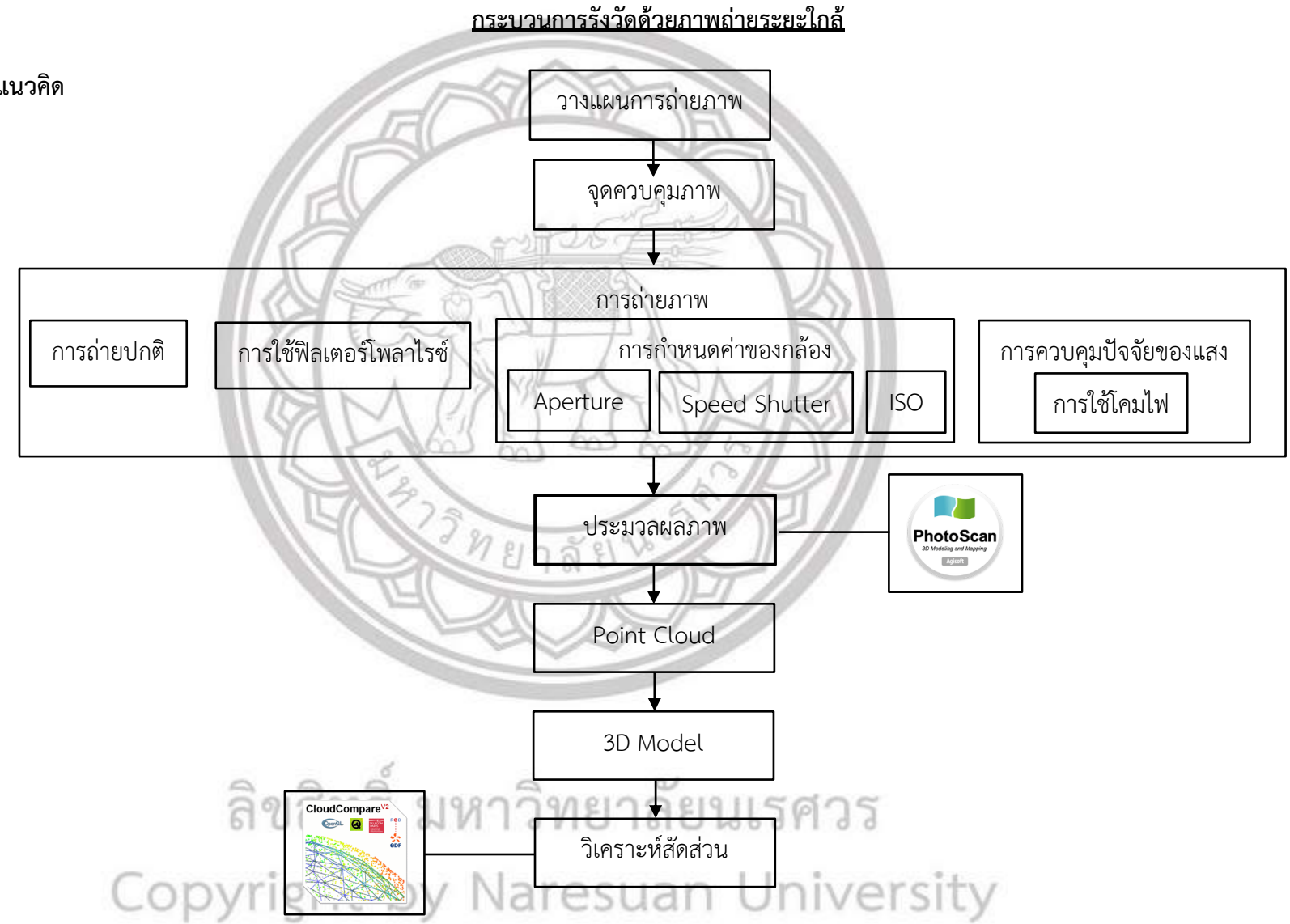
1.6 นิยายศัพท์เฉพาะ

โฟโตแกรมเมตรี คือ ตามความหมายของสมาคมโฟโตแกรมเมตรีและการรับรู้จากระยะไกล (The International Society for Photogrammetry and Remote Sensing : ISPRS) คือ ศิลปวิทยาและเทคโนโลยีที่ให้ได้มาซึ่งสารสนเทศที่น่าเชื่อถือได้ ภาพที่ไม่ต้องสัมผัสและระบบตรวจวัดอื่นๆที่ เกี่ยวกับโลก สิ่งแวดล้อมของโลกและวัตถุทางกายภาพอื่นๆ และประมวลผลด้วยกรรมวิธีการบันทึก การวัด การวิเคราะห์และการแสดง

แบบจำลองสามมิติ คือ การกำหนดจุดต่างๆ และเชื่อมโยงจุดด้วยเส้นตรง เพื่อให้ได้รูปทรงตามต้องการ การใช้คอมพิวเตอร์สร้างรูปทรงสามมิติ อาจทำได้โดยอัตโนมัติด้วยโปรแกรม ในกรณีที่รูปทรงเป็นแบบสมมาตร หรือรูปทรงเรขาคณิต หรือรูปทรงที่ประกอบขึ้นจากรูปทรงเรขาคณิตมาประกอบกัน หากเป็นรูปทรงที่ไม่สมมาตร หรือมีรายละเอียดมาก ก็จำเป็นต้องกำหนดจุดต่างๆ และลากเส้นต่อจุดเองด้วยผู้วาดภาพที่เชี่ยวชาญ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University
All rights reserved

1.7 กรอบแนวคิด



ภาพ 1 . 5 กรอบแนวคิดงานวิจัย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University

บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวคิดในการศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษาเทคนิคการถ่ายภาพวัตถุโบราณ โดยเฉพาะวัตถุที่มีผิวมันวาว และการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ ซึ่งมีรายละเอียดดังหัวข้อต่อไปนี้

2.1 ข้อมูลพระพุทธรูป

2.1.1 ปรางค์พระพุทธรูป

2.1.2 วัสดุหล่อพระพุทธรูป

2.2 การสร้างแบบจำลองสามมิติ

2.2.1 เลเซอร์สแกน

2.2.2 การรังวัดด้วยภาพถ่าย

2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลพระพุทธรูป

2.1.1 ปางพระพุทธรูป

ปางพระพุทธรูป คือ ลักษณะของรูปสมมุติของพระพุทธเจ้าในอิริยาบถต่าง ๆ ซึ่งสร้างขึ้นตามความเชื่อในพุทธประวัติ โดยช่างสมัยโยนก (คันธารราฐ) ราชวงศ์คุปตะ (พ.ศ. ๘๖๓-๑๐๒๓) เป็นชาวกรีกพวกแรกที่กำหนดรูปแบบปางพระพุทธรูป ต่อมาช่างชาวอินเดียฝ่ายใต้ ซึ่งเป็นชาวกลิงคราฐข้างฝ่ายใต้ รวมทั้งในยุคสมัยต่าง ๆ ในภายหลังได้คิดปางพระพุทธรูปเพิ่มขึ้นอีกเป็นจำนวนมาก

การสร้างรูปเคารพพระพุทธเจ้าปรากฏทั้งในงานประติมากรรม และงานจิตรกรรม ในระยะแรก งานประติมากรรมส่วนใหญ่เป็นประติมากรรมนูนต่ำและนูนสูง ต่อมาสร้างเป็นงานประติมากรรมลอยตัว ส่วนงานจิตรกรรมที่เขียนบนผนังถ้ำ ผนังวิหาร และบนผ้าที่เรียกว่า “พระบฎ” ในระยะแรกเป็นภาพเล่าเรื่องพุทธประวัติตอนสำคัญๆประดับศาสนสถาน เพื่อที่ว่าเมื่อมีการประกอบพิธีกรรมทางศาสนา จะได้ทราบประวัติของพระพุทธเจ้าไปพร้อมๆกัน ในการแสดงพุทธประวัติมักมีเรื่องราวและภาพบุคคลประกอบ แต่ถ้ามีพระพุทธรูปตามลำพังเพียงองค์เดียว ก็จะแสดงด้วยท่าทางซึ่งเป็นสัญลักษณ์ว่า เป็นพุทธประวัติตอนใด อันเป็นที่มาของการแสดงปางต่างๆ (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนโดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว,2562)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University
All rights reserved

ลำดับยุคสมัยของการเกิดปางพระพุทธรูป

- สมัยคันธาระ (กรีก) มีอยู่ ๙ ปาง ด้วยกัน คือ ปางมารวิชัย ปางปฐมเทศนา ปางอุ้มบาตร ปางประทานพร ปางประทานอภัย ปางลีลา ปางมหาปาฏิหาริย์ และปางปรินิพพาน
- อินเดียใต้ เมืองมธุร และอมราวดี (อินเดีย) มีอยู่ ๗ ปางด้วยกัน คือ ปางตรัสรู้ ปางเทศนา ปางทรมานพญาวานร ปางทรมานช้างนาฬาคีรี ปางลีลา ปางมหาปาฏิหาริย์ และปางปรินิพพาน
- ลังกา มีอยู่ ๕ ปางด้วยกัน คือ ปางสมาธิ ปางรำพึง ปางลีลา ปางประทานอภัย และปางปรินิพพาน
- สมัยทวาราวดี มีอยู่ ๑๐ ปางด้วยกัน คือ ปางมารวิชัย ปางสมาธิ ปางเทศนา ปางลีลา ปางประทานอภัย ปางประทานพร ปางมหาปาฏิหาริย์ ปางบรรทม ปางโปรดสัตว์ และปางปรินิพพาน
- สมัยศรีวิชัย มีอยู่ ๖ ปางด้วยกัน คือ ปางมารวิชัย ปางสมาธิ ปางนาคปรก ปางลีลา ปางประทานอภัย และปางปรินิพพาน
- สมัยลพบุรี มีอยู่ ๗ ปางด้วยกัน คือ ปางมารวิชัย ปางสมาธิ ปางนาคปรก ปางลีลา ปางประทานพร ปางประทานอภัย และปางปรินิพพาน
- สมัยเชียงแสน มีอยู่ ๑๐ ปางด้วยกัน คือ ปางมารวิชัย ปางสมาธิ ปางถวายเนตร ปางอุ้มบาตร ปางลีลา ปางเปิดโลก ปางประดิษฐานรอยพระพุทธบาท ปางประทับนั่งห้อยพระบาท ปางประทับยืน และปางไสยา
- สมัยสุโขทัย มีอยู่ ๘ ปาง ด้วยกัน คือ ปางมารวิชัย ปางสมาธิ ปางถวายเนตร ปางประทับยืน ปางประทานพร ปางประทานอภัย ปางลีลา และปางไสยา
- สมัยอยุธยา มีอยู่ ๗ ปางด้วยกัน คือ ปางมารวิชัย ปางสมาธิ ปางประทับยืน ปางลีลา ปางป่าเลไลยก์ ปางประทานอภัย และปางไสยา
- สมัยรัตนโกสินทร์ มีอยู่ ๖ ปางด้วยกัน คือ ปางมารวิชัย ปางสมาธิ ปางประทานอภัย ปางขอฝน ปางหมอยา และปางไสยา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

โดยทั้งนี้สามารถสรุปปรางค์พระพุทธรูปในประเทศไทยได้ 73 ปรางค์ กำหนดตามพระอิริยาบถ ได้ 3 อย่าง คือ พระอิริยาบถนั่ง 37 ปาง พระอิริยาบถยืน 24 ปาง พระอิริยาบถนอน 5 ปาง ซึ่งในการวิจัยนี้ได้สรุปเลือก พระพุทธรูปหลวงพ่อทองคำ ซึ่งปรางค์พระอิริยาบถนั่ง ซึ่งเหมาะสมต่อการเก็บข้อมูลกว่า ปรางค์พระอิริยาบถยืนหรือพระอิริยาบถนอน ที่มีความยาวมากและยากต่อการเก็บข้อมูล

2.1.2 วัสดุหล่อพระพุทธรูป

หลักฐานการสร้างพระพุทธรูปในประเทศไทยในแรกเริ่ม ตั้งแต่สมัยก่อนทวารวดี และในสมัยทวารวดี พบว่า มีการใช้วัสดุหลายอย่าง ได้แก่ดินเผา ปูนปั้น ศิลา ทองสำริด จนกระทั่งถึงสมัย สุโขทัย

ล้านนา อยุธยา และรัตนโกสินทร์ จึงมีวัสดุชนิดอื่นเพิ่มขึ้นมา ได้แก่ ทองคำ นาก ไม้ หินสีต่างๆ หรือสลักจากศิลาแลงเป็นโคลน (การขึ้นรูปเป็นเค้าโครงอย่างคร่าวๆ) แล้วปั้นปูนทับ รวมทั้งการก่ออิฐถือปูน หากเป็นพระพุทธรูปขนาดใหญ่ โดยทั่วไปแล้ว ไม่ว่าพระพุทธรูปจะสร้างด้วยวัสดุประเภทใดก็ตาม มักมีการลงรักปิดทอง ดังนั้น พระพุทธรูปส่วนมากจึงมีสีทองทั้งองค์

- ดินเผา ใช้ดินเหนียวปั้นเป็นพระพุทธรูป แล้วนำมาเผาไฟเพื่อให้เกิดความแข็งแกร่ง เสร็จแล้วอาจปั้นปูนทับ หรืออาจลงรัก และปิดทองทับอีกครั้งหนึ่ง
- ศิลา นิยมนำมาใช้ในการทำพระพุทธรูป ได้แก่ หินทราย หินชั้นอื่นๆ หินชนวน และหินแกรนิต ในระยะหลังๆมา มีพวกหินสีต่างๆตระกูล ควอตซ์
- ทองสำริด เป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้ในการทำพระพุทธรูปเป็นอย่างมาก มีส่วนผสมของโลหะที่สำคัญ 2 อย่าง คือ ทองแดงกับดีบุก ใช้เทคนิคการสร้างด้วยการหล่อที่เรียกว่าการใช้ความร้อนใส่ขี้ผึ้งออก หรือที่เรียกว่า “สูญขี้ผึ้ง” นอกจากทองสำริด โลหะมีค่าที่อาจนำมาใช้หล่อพระพุทธรูป คือ ทองคำ และ นาก นากเป็นส่วนผสมของทองคำ เลิน และทองแดง ทั้งทองคำและนากเมื่อหล่อเป็นพระพุทธรูปที่สวยงามมาก แต่เนื่องจากมีราคาแพงมาก จึงมีจำนวนไม่มากนัก
- ปูนปั้น
- งานก่ออิฐถือปูน มักพบในการก่อสร้างพระพุทธรูปขนาดใหญ่ และลงรัก นอกจากนี้การก่ออิฐ บางครั้งก็ใช้ศิลาแลงก่อ หรือทำเป็นโคลน
- ไม้ นำมาสร้างพระพุทธรูปโดยการแกะสลัก แล้วจึงลงรักปิดทอง

(สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนโดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว, 2562)

2.2 การสร้างแบบจำลองสามมิติ

แบบจำลองสามมิติ (Three-dimensional model) เป็นการสร้างรูปทรงหรือรูปร่างแบบสามมิติ โดยการกำหนดจุดต่างๆ และเชื่อมโยงจุดด้วยเส้นตรง เพื่อให้ได้รูปทรงตามต้องการ การใช้คอมพิวเตอร์สร้างรูปทรงสามมิติอาจทำได้โดยอัตโนมัติด้วยโปรแกรม ในกรณีที่รูปทรงเป็นแบบสมมาตร หรือรูปทรงเรขาคณิต หรือรูปทรงที่ประกอบขึ้นจากรูปทรงเรขาคณิตมาประกอบกัน หากเป็นรูปทรงที่ไม่สมมาตร หรือมีรายละเอียดมาก ก็จำเป็นต้องกำหนดจุดต่างๆ และลากเส้นต่อจุดเองด้วยผู้วาดภาพที่เชี่ยวชาญ เช่น การสร้างแบบจำลองสามมิติสำหรับใบหน้าและศีรษะมนุษย์ จำเป็นต้องกำหนดจุดเป็นจำนวนมากในหลักหมื่น เมื่อลากเส้นตรงต่อจุดเชื่อมโยงเป็นรูปใบหน้าและศีรษะในสามมิติ รูปทรงที่ได้เสมือนเกิดจากรูปสามเหลี่ยม หรือรูปสี่เหลี่ยม หรือรูปหลายเหลี่ยม (polygon) มาเรียงต่อๆ กันเป็นแบบเส้นโครง (wire-frame) สำหรับรูปใบหน้า และศีรษะมนุษย์ อาจมีจำนวนรูปหลายเหลี่ยมในหลักพัน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความละเอียดของการสร้างแบบจำลอง ในปัจจุบันการสร้างแบบจำลองสามมิติอาจทำได้จากการใช้เครื่องกราดสามมิติ เพื่อกราดรูปทรงจริงสามมิติ เช่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University
All rights reserved

ใบหน้ามนุษย์ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลรูปหลายเหลี่ยมที่ได้ยังคงไม่สมบูรณ์ จึงต้องใช้ผู้วาดภาพด้วยคอมพิวเตอร์มาปรับแต่งข้อมูลที่อาจไม่ถูกต้อง ซึ่งคงต้องใช้เวลามาก (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2555)

2.2.1 เลเซอร์สแกน

เลเซอร์สแกนเป็นเครื่องมือวัดที่นิยมกันมากในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถใช้งานง่าย มีความสะดวก รวดเร็ว มีความผิดผลาดน้อยและมีความแม่นยำในการเก็บ ขนาด รูปร่าง รูปภาพ ของรายละเอียดของชิ้นงานต่างๆในรูปแบบข้อมูลดิจิตอล เพื่อที่จะนำไปสร้างเป็นแบบจำลอง 3 มิติที่สามารถนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ประภาคาร ทองค้าไม้และคณะ, 2562)

ภาพ 2 . 1 เลเซอร์สแกน

เครื่องสแกนเนอร์เลเซอร์จะแสดงข้อมูลเป็น "ช่วง" ข้อมูล (ระยะทางห่างจากเครื่องสแกนเนอร์ไปยังวัตถุ) รวมทั้งการวัด "การคืนค่าของพลังงาน" หรือสิ่งที่เราเรียกว่าเป็น "ความหนาแน่นของพลังงาน" เครื่องสแกนเนอร์เลเซอร์ จึงให้โมเดล 3 มิติ ที่มีรายละเอียดและสี ที่มีความถูกต้องแม่นยำของสภาพแวดล้อมที่ถูกสแกน สแกนเนอร์เลเซอร์สามารถจับภาพที่ความละเอียดสูงถึง 800 ล้านแต่ละพิกเซลของจุดพิกเซลแบบ 3 มิติ จะมีค่าพิกัด X, Y และ Z และค่าสี สแกนเนอร์เลเซอร์ส่งคลื่นพลังงานที่ค่อนข้างต่ำในช่วงคลื่นความถี่อินฟราเรด ทำให้มีความปลอดภัยในสภาพแวดล้อมของมนุษย์และชีวภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

2.2.2 การรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้

การสำรวจด้วยภาพถ่ายเป็นศาสตร์และเทคโนโลยีของการรังวัดหาตำแหน่ง ขนาด และรูปร่างของ วัตถุโดยอาศัยการ วัดบนภาพถ่ายเป็นสำคัญ การสำรวจด้วยภาพถ่าย ประกอบด้วยกระบวนการและเครื่องมือที่สลับซับซ้อน เนื่องจากการใช้ภาพเป็น สื่อกลางในการจัดเก็บข้อมูล และการวัด จึงมี

ข้อจำกัดของความละเอียดถูกต้องที่ระดับหนึ่ง การสำรวจด้วยภาพถ่าย มีทั้งการสำรวจด้วย ภาพถ่ายทางอากาศ (aerial photogrammetry) การสำรวจด้วย ภาพถ่ายระยะใกล้ (close-range photogrammetry) การสำรวจด้วย ภาพถ่ายภาคพื้นดิน (terrestrial photogrammetry) การสำรวจด้วย ภาพถ่าย ทางอากาศ เป็นลักษณะงานที่มีการใช้แพร่หลายมากที่สุด โดย ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำ ไปใช้ในการผลิต แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ภูมิศาสตร์ แผนที่ภาพ (image map หรือ photo map) ตลอดจน การสร้างระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ปัจจุบันการสำรวจด้วยภาพถ่ายได้อาศัยเทคโนโลยีการประมวลผลภาพดิจิตอล (digital image processing) ทำให้เกิดเครื่องมือสำหรับงานการสำรวจด้วยภาพถ่ายที่เรียกว่า digital photogrammetric workstation หรือสามารถ นิยามสาขาใหม่ของวิทยาการนี้ว่า softcopy photogrammetry ซึ่งจะใช้งานกับภาพถ่ายเมื่อได้ทำการแปลงภาพถ่าย ทางอากาศให้ อยู่ในรูปดิจิตอลโดยการใช้เครื่องกวาดภาพสำหรับงานสำรวจด้วยภาพถ่าย (photogrammetric scanner) ซึ่งเป็นเครื่องกวาดภาพที่มีความละเอียดสูงตั้งแต่ 5 ไมครอน และมีความถูกต้องทางตำแหน่งในระดับไมครอน เช่น เครื่องกวาดภาพ VexScan5000

งานสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศมีข้อได้เปรียบการสำรวจด้วยวิธีอื่น ๆ คือ ครอบคลุม พื้นที่กว้าง มีการทำงานในสนาม เพียงบางส่วน มีการรังวัดบนวัตถุในสามมิติโดยไม่ต้อง เข้าถึงโดยตรง หากว่าวัตถุนั้นปรากฏให้เห็นบนภาพถ่ายได้ ผลลัพธ์ที่ได้จากงาน สำรวจด้วยภาพถ่ายคือ แผนที่ลายเส้น เส้นชั้นความสูงและแบบจำลองความสูง แผนที่ภาพที่ดัด แก้ความผิดเพี้ยน (rectified photograph) ตลอดภาพถ่ายดัดแก้ออโธ (ortho-rectified photo) ซึ่งเป็นวิธีการผลิตแผนที่ ดิจิตอลวิธีหนึ่งที่สามารถทำได้อย่าง รวดเร็วและครอบคลุมพื้นที่กว้าง

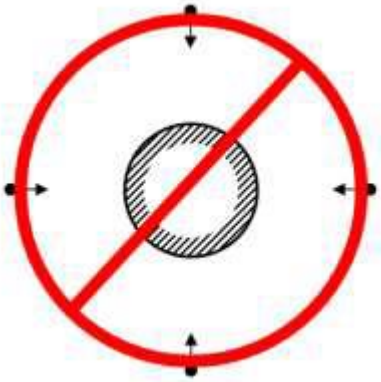
(ชมรมภูมิศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร,25/3/2562)

2.2.3 Agisoft Metashape

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

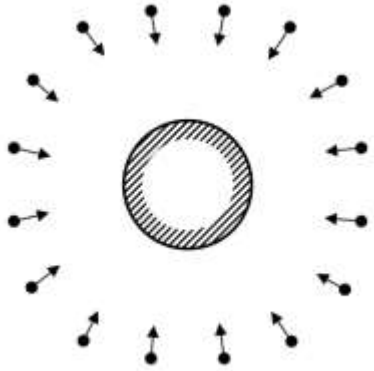
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

2.2.4 การถ่ายภาพ



ภาพ 2 . 3 ตำแหน่งการถ่ายภาพที่ผิด

(Agisoft,2016)



ภาพ 2 . 2 ตำแหน่งการถ่ายภาพที่ถูกต้อง

(Agisoft,2016)

1. แสดงให้เห็นถึงแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับสถานการณ์การถ่ายภาพที่เหมาะสม

2. เพื่อความสำเร็จของงานการสร้างใหม่ที่สำเร็จเป็นสิ่งสำคัญที่จะรับประกันภาพที่ซ้อนทับกันในชุดข้อมูลที่นำเข้า ในกรณีของการถ่ายภาพทางอากาศความต้องการที่สามารถใส่ในรูปต่อไปนี้ 60% ของการทับซ้อนกันด้านข้าง และ 80% ของการทับซ้อนไปข้างหน้าอย่างน้อย

3. สนใจเกี่ยวกับพื้นผิวของวัตถุและเทคนิคในการประดิษฐ์เพื่อหลีกเลี่ยงพื้นผิวที่เรียบ / ซ้ำซากและแวววาว ตัวอย่างเช่นในกรณีที่คุณต้องถ่ายภาพขามนุษย์ให้ใส่ถุงเท้าที่มีพื้นผิวอย่างประณีตมาก่อน หากคุณกำหนดเป้าหมายวัตถุเป็นรถยนต์ให้กระจายแป้งบางส่วนไปเพื่อเปลี่ยนจากแสงระยิบระยับเป็นผิวคล้ำ

4. หากคุณต้องสร้างแผนที่พื้นผิวของวัตถุที่คุณต้อง "เตรียมเป็นพิเศษ" ก่อนที่จะทำการถ่ายภาพเหมือนในตัวอย่างด้านบนคุณจำเป็นต้องจับภาพชุดของวัตถุเดียวกันสองชุด: หนึ่งใน "ธรรมชาติ" ” พื้นผิวของวัตถุและอื่น ๆ ของแป้ง / ฯลฯ ปกคลุม จุดสำคัญที่นี่คือคุณต้องถ่ายภาพทั้งสองชุดจากตำแหน่งกล้องเดียวกันซึ่งจริงๆแล้วบังคับให้คุณจัดระเบียบชุดกล้องคงที่สำหรับสถานการณ์การถ่ายภาพดังกล่าวเพื่อพิสูจน์ว่าประสบความสำเร็จ

5. หากคุณวางแผนที่จะทำการวัดใด ๆ ตามแบบจำลองที่สร้างขึ้นใหม่อย่าลืมที่จะหาเครื่องหมายอย่างน้อยสองตัวที่มีระยะห่างที่รู้จักระหว่างวัตถุเหล่านั้นกับวัตถุ หรือคุณอาจวางไม้บรรทัดไว้ในพื้นที่ถ่ายภาพ ในกรณีของการถ่ายภาพทางอากาศและความต้องการเพื่อตอบสนองงานการอ้างอิงทางภูมิศาสตร์แม้แต่การแพร่กระจายของจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCPs) (อย่างน้อย 10 ทั่วพื้นที่ที่จะสร้างใหม่) จำเป็นต้องมีเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพสูงสุดทั้งในแง่ของความแม่นยำเชิง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เรขาคณิต ความถูกต้อง ถึงกระนั้น Agisoft Metashape ก็สามารถทำงานฟื้นฟูและการอ้างอิงทางภูมิศาสตร์โดยไม่ต้องใช้ GCP ได้เช่นกัน

ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงเลือกใช้การรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ เพราะว่ามีความสะดวก ต้นทุนต่ำกว่าการรังวัดด้วย laser scanner ที่มีราคาสูงค่อยข้างสูง และกล้องเป็นเครื่องมือที่ทุกคนหาได้ง่าย จึงเหมาะแก่การรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ โดยงานวิจัยครั้งนี้ ด้วยกล้อง DSLR (nikon d5100) และฟิลเตอร์โพลาไรซ์

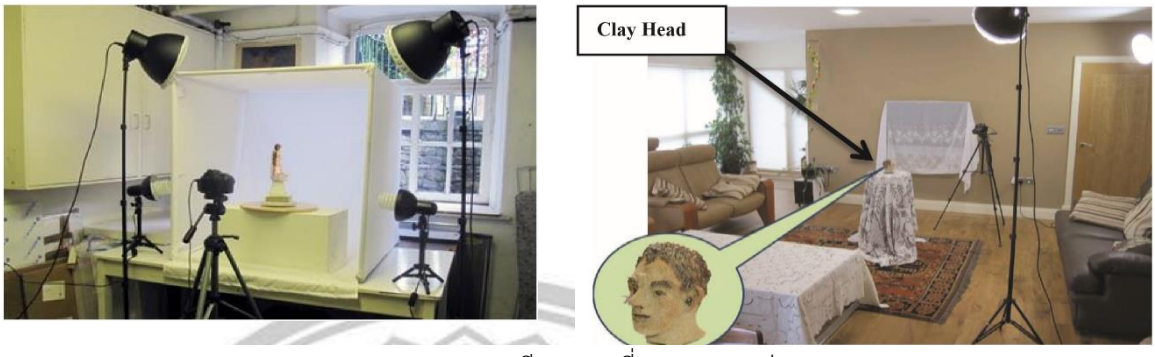
2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภาพ 2 . 5 กล้อง DSLR

ภาพ 2 . 4 ฟิลเตอร์โพลาไรซ์

1.งานวิจัยเรื่อง Single Camera Photogrammetry for Reverse Engineering and Fabrication of Ancient and Modern Artifacts (Kaufman, J. et al,2015) ได้อธิบายขั้นตอนการการถ่ายภาพและการวางแผนแบบการสร้างแบบจำลองสามมิติ ของวัตถุโบราณ โดยการใช้การรังวัดระยะใกล้ด้วยภาพถ่าย(Close-rang Photogrammetry) ว่ามีความสามารถในการเก็บข้อมูลไม่ด้อยกว่าเลเซอร์สแกนที่มีความแม่นยำสูงที่ราคาแพง ได้อธิบายถึงปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น การกระตัวของแสง และขั้นตอนการแก้ปัญหาดังกล่าว อย่างไรก็ตามมีการแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าเพียงแค่ใช้กล้อง DSLR เดียวซอฟต์แวร์ที่ใช้งานง่ายและเทคโนโลยี AM ทั้งสิ่งประดิษฐ์ที่ทันสมัยและโบราณวัตถุได้รับการย้อนกลับทางวิศวกรรมและแบบจำลองที่สร้างขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved



ภาพ *2 . 8* การเตรียมสถานที่ วางแผนการถ่ายภาพ

(Kaufman, J. et al, 2015)

ภาพ *2 . 7* การถ่ายภาพโดยมีการควบคุมแสงภายนอกและใช้ฉาก

(Kaufman, J. et al, 2015)

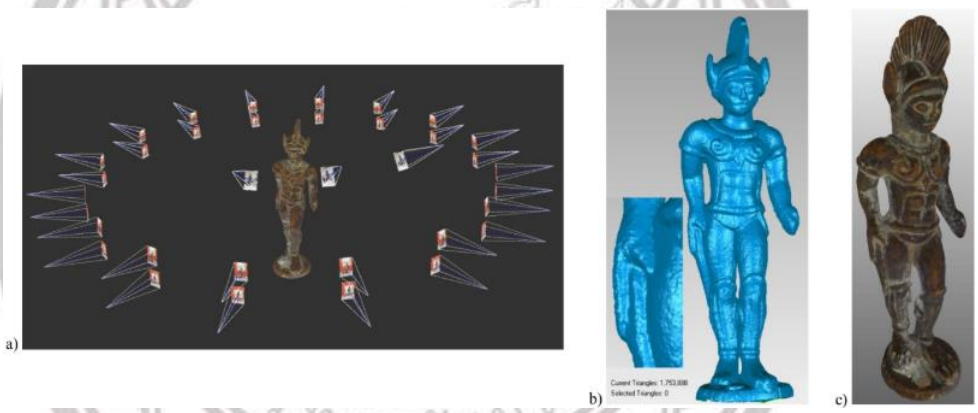
Copyright by Naresuan

ภาพ *2 . 6* กรลบ *Point Cloud* ที่ไม่ต้องการและเปรียบเทียบโมเดลกับวัตถุต้นแบบ

(Kaufman, J. et al, 2015)

2. งานวิจัยเรื่อง Reconstruction of 3D Models of Cast Sculptures using Close-rang Photogrammetry (Santoši, Ž. et al, 2015) ได้อธิบายถึงเทคนิคการถ่ายภาพเป็นชุด ๆ มีประโยชน์มากแค่ไหนในการประมวลผลให้ผลลัพธ์ในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ได้ดีมาก ในการเก็บข้อมูลภาพถ่ายของวัตถุที่มีขนาดใหญ่ และได้แนะนำเอาจุดความหนาแน่นมาทำการหาผลลัพธ์

3. งานวิจัยเรื่อง Photogrammetry applied to problematic artefacts (Nicolae, C. et al,2014) จะกล่าวถึงการประยุกต์ใช้โฟโตแกรมกับการอนุรักษวัตถุโบราณกับวัตถุโบราณ 3 ชนิด 1) หินอ่อน 2) รูปปั้นบรอนซ์ 3) เหยือกเซรามิค โดยที่รูปปั่นบรอนซ์มีผิวมันวาวทำจากทองสัมฤทธิ์ ในการถ่ายภาพนั้น เค้าจะใช้เลนโพลาไรซ์ ฟิลเตอร์ในการช่วยควบคุมปริมาณแสงที่ตกกระทบกับผิววัตถุที่ติดกับกล้อง DSLR



*ภาพ 2 . 9 (a)*เครือข่ายกล้องที่ได้รับมาสำหรับนักรบบรอนซ์ *(b)*แบบจำลองตาข่ายหลังจากการวิเคราะห์ตำแหน่งของความแน่นจุด *(c)*และแบบจำลองพื้นผิว

(Nicolae, C. et al,2014)

4.งานวิจัยเร่อง MODELLING THE APPEARANCE OF HERITAGE METALLIC SURFACES. (MacDonald, L., 2014) ได้สร้างแบบจำลอง 3 มิติกับวัตถุโบราณก็คือกระเป๋า Courtauld ของ ที่มีลักษณะผิวที่มันวาว และมีวิธีการ 2 วิธี คือ 1) เลเซอร์สแกน 2) การรังวัดระยะใกล้ด้วยภาพถ่าย วิธีแรกเลเซอร์สแกน เนื่องจากผิวของกระเป๋าทำมาจากโลหะเงิน ไม่สามารถสแกนร่องในกระเป๋าได้ ได้หันมาใช้วิธีการรังวัดด้วยภาพถ่าย เพราะเนื่องจากการใช้เครื่องเลเซอร์มีราคาค่อนข้างสูง การทำการถ่ายภาพด้วยกล้องวัดแสง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาพ *2 . 11* กระเป๋าทำวัสดุทำจากเงิน

(MacDonald, L.,2014)

ภาพ *2 . 10* ผลจากเครื่องสแกน

(MacDonald, L.,2014)

ภาพ *2 . 12* การถ่ายภาพวัตถุ

(MacDonald, L.,2014)

ภาพ *2 . 13* ผลลัพธ์โมเดล 3 มิติ

(MacDonald, L.,2014)

ภาพ *2 . 15* การสกรีนช็อตใน *VisualSFM* ของจุดถ่ายภาพ

(MacDonald, L.,2014)

ภาพ *2 . 14* ผลลัพธ์ที่ทำการซูมเข้าไปดูใกล้ๆ

(MacDonald, L.,2014)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสร้างแบบจำลองสามมิติของวัตถุโบราณโดยเฉพาะวัตถุที่มีผิวมันวาว เช่น พระพุทธรูป โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากกล้อง DSLR โดยใช้ซอฟแวร์ในการประมวลผล 2 ซอฟแวร์ เพื่อทำการเปรียบเทียบความละเอียดถูกต้อง ในพื้นที่ศึกษา พระพุทธรูปหลวงพ่อทองดำ ณ วิหารหลวง วัดราชบูรณะ โดยมีรายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

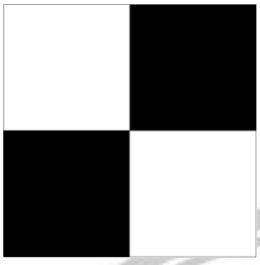
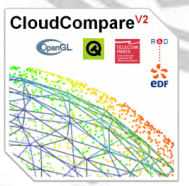
1. เครื่องมือและแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การประมวลผล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตาราง *3 . 1* ข้อมลและอุปกรณ์ใช้ในการวิจัย

ลำดับ	ข้อมูล/อุปกรณ์	ประเภท	แหล่งที่มา/คุณสมบัติ
1	ภาพถ่าย	ราสเตอร์	กล้อง DSLR
2	กล้อง DSLR5100	อุปกรณ์	ความละเอียดภาพ 16.2 ล้านพิกเซล ขนาดประมาณ 128 × 97 × 79 มม./5.0 × 3.8 × 3.1 นิ้ว
3	**โน้ตบุ๊ค** ACER NITRO AN515-52-51SH (BLACK)	Notebook	Windows 10 RAW 8 GB Intel(R) Core(TM) i5-8300H CPU @ 2.30GHz

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

4	**เป้า** 	อุปกรณ์	ขนาด 20 × 20 ซม.
5	**เทปวัดระยะ** 	อุปกรณ์	เทปความยาว 60 เมตร มีตัวเลขบอกทุกระยะ 1 เซนติเมตร และมีขีดแบ่งย่อยทุกๆ 2 มิลลิเมตร หน้ากว้างของเส้นเทปไม่เกิน 13 มิลลิเมตร และหนาไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร
6	Agisoft Photoscan 	ซอฟต์แวร์	สร้างแบบจำลอง 3 มิติจากข้อมูลภาพถ่าย
7	Cloud Compare 	ซอฟต์แวร์	โปรแกรมสำหรับหาขนาดของแบบจำลองสามมิติจาก Point Cloud

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright© by Naresuan University
All rights reserved

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ดังนี้

เทคนิคการถ่ายภาพ

ภาพ *3* . 1 แผนการถ่าย

เนื่องจากวัตถุเป้าหมายเป็นวัตถุที่มีผิวมันวาวเวลาแสดงมากระทบ จึงต้องทำการถ่ายรอบๆ หลายละดับ ให้ภาพที่ได้มีการซ้อนทับ (Overlap) ให้มากที่สุดหรือประมาณ 90 % ให้ได้ความละเอียดให้มากที่สุด

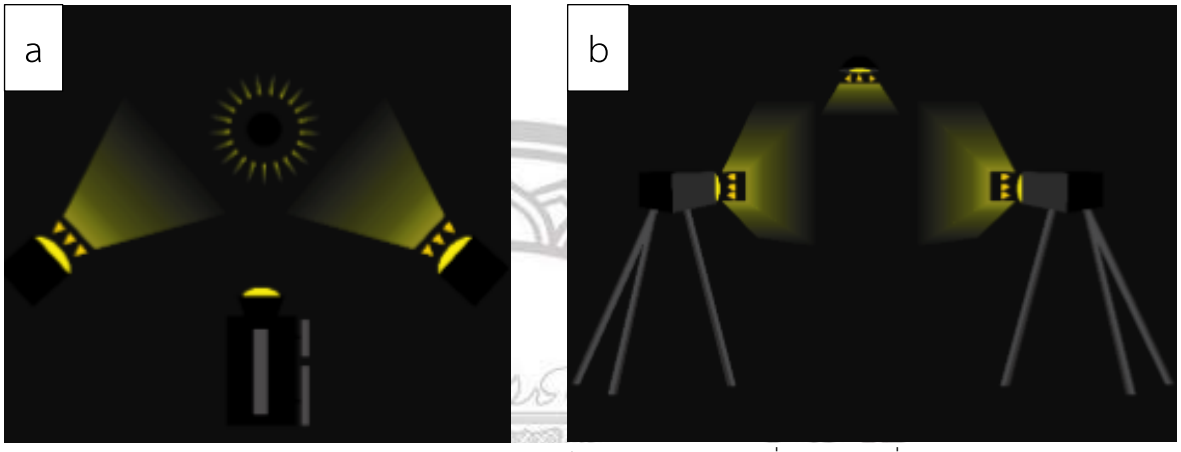
การใช้ฟิลเตอร์

ฟิลเตอร์ตัวนี้มีหน้าที่ในการเงาสะท้อนจากวัตถุซึ่งเกิดจากแสงสะท้อนในธรรมชาติทำให้วัตถุต่างๆ ในภาพดูสีสดขึ้นและอิ่มตัวมากขึ้น การใช้ฟิลเตอร์ให้ตัดแสงสะท้อนได้มากที่สุดนั้นคือต้องให้กล้องวางอยู่ในมุม 30-40 องศากับพื้นผิว

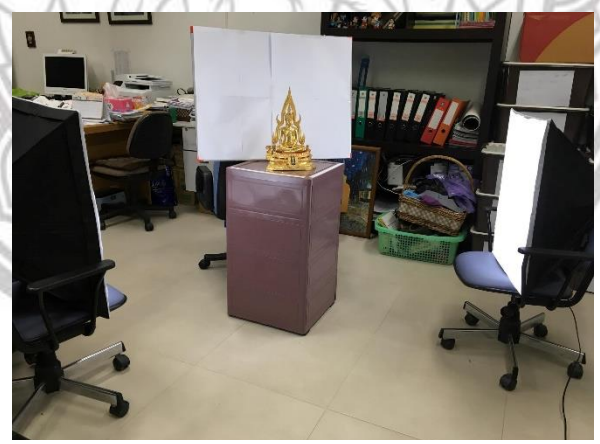
ภาพ *3* . *2 (a)*ภาพที่ถ่ายปกติ *(b)*ภาพที่ถ่ายโดยใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์

การใช้โคมไฟ

จะช่วยให้ความสว่างในบริเวณที่ที่มีแสงน้อย ทำให้แสงมีความเข้มข้นสม่ำเสมอ



ภาพ *3 . 3* การวางตำแหน่งโคมไฟรอบวัตถุ (a)แบบที่ 1 (b)แบบที่2



ภาพ *3 . 4* การทดสอบวางตำแหน่งโคมไฟ

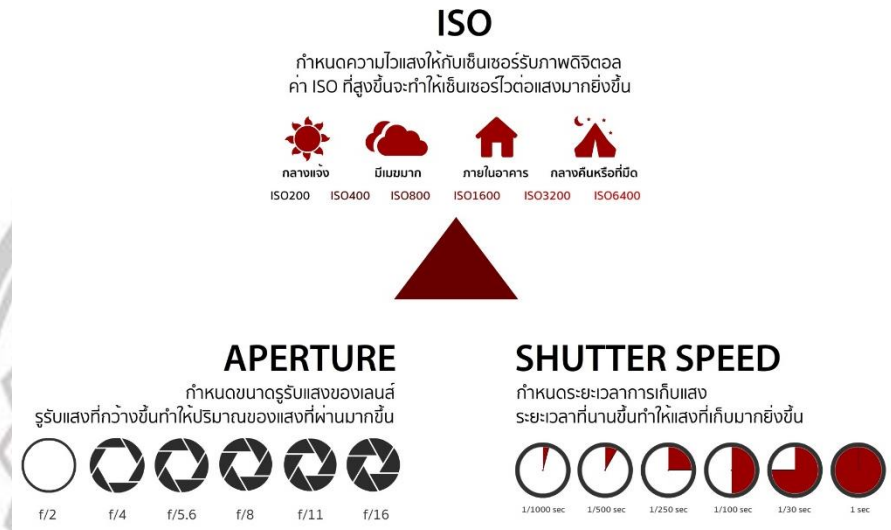
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

การปรับค่าของกล้อง

การปรับค่ากล้อง จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ Aperture, ISO, Speed Shutter

- Aperture หรือ รูรับแสง รูรับแสงจะอยู่ที่เลนส์ เป็นตัวกำหนดให้แสงเข้ามากหรือน้อย เปิดกว้างก็เข้ามาก เปิดแคบก็เข้าน้อย
- ISO หรือ ความไวแสง ทำหน้าที่ควบคุมระดับความไวต่อแสงที่มากระทบของเซนเซอร์ภาพ การตั้งค่า ISO สูงๆ ทำให้เซนเซอร์กล้องของคุณไวต่อแสงมากขึ้น
- Shutter Speed หรือ ความไวชัตเตอร์ นั้น หมายถึง ระยะเวลาที่ชัตเตอร์ของกล้องเปิดออกเพื่อรับแสงเข้ามายังเซนเซอร์ในตัวกล้องขณะถ่ายภาพ ควบคุมการถ่ายภาพ

ที่กำลังเคลื่อนไหวได้ ซึ่งถือเป็นอีกหนึ่งในปัจจัยหลักในการควบคุมปริมาณแสงและลักษณะของภาพถ่าย เมื่อแสงเดินทางผ่านเลนส์เข้ามายังตัวกล้อง ชุดชัตเตอร์จะเป็นประตูเปิด-ปิดเพื่อกั้นแสงที่จะเดินทางต่อไปยังเซนเซอร์รับภาพ



ภาพ 3 . 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 ปัจจัย

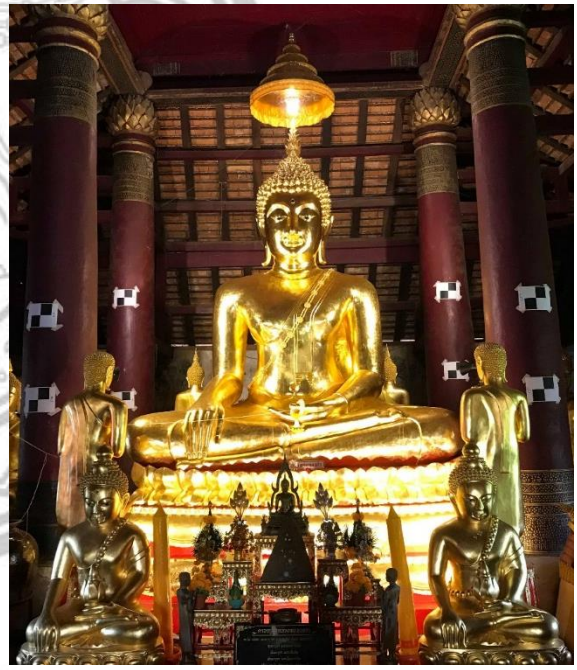
(https://dozzdiy.com/ความสัมพันธ์-3-ปัจจัยในการรับแสง-the-exposure-triangle/)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

การกำหนดขนาดมาตราส่วน

การวางจุดควบคุมเพื่อบอกขนาดมาตราส่วน บอกขนาด จะวางจุดทั้งหมด 8 จุด แต่จะจับคู่กันทั้งหมดจะได้ 4 คู่ จากนั้นทำการวัดขนาดแต่ละคู่เพื่อจดบันทึก

ภาพ *3 . 6* การวางจุดควบคุมภาพ



ภาพ *3 . 8* ผลการวางจุดควบคุมภาพ

ภาพ *3 . 7* การวัดระยะเพื่อกำหนดมาตรา

ส่วนจุดควบคุมภาพ

Co resuan University
s reserved

จากนั้นจะทำการถ่ายภาพตามแผนที่ได้วางเอาไว้ โดยจะถ่ายภาพเป็นแนว 2 ระดับ โดยจะใช้เก้าอี้มาช่วยในการถ่ายเพิ่ม โดยการถ่ายนั้นจะถ่าย ให้มีส่วนซ้อนของภาพ (Overlap) 90% จากแผนการถ่ายภาพทั้งหมดแบ่งออกเป็น 4 กรณีศึกษา ภาพ

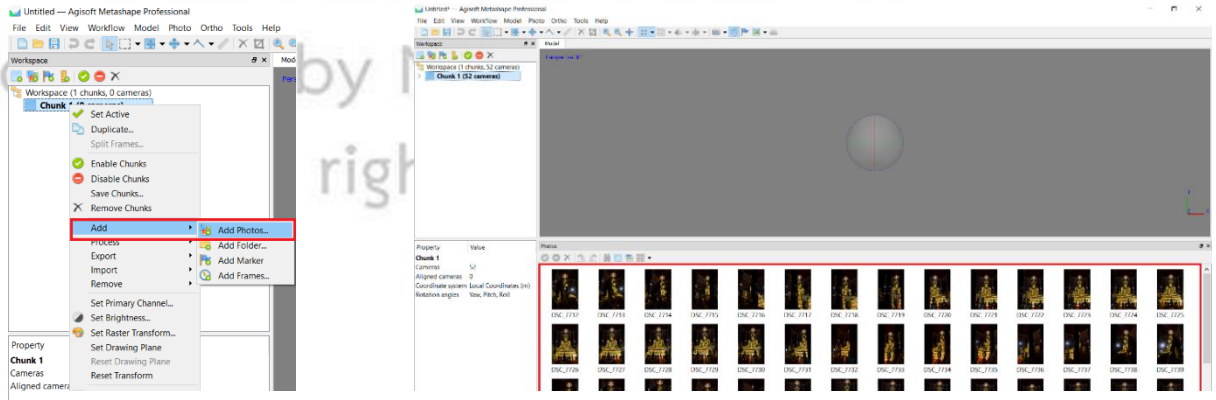
ภาพ *3 . 9* การถ่ายภาพ *(a)*แนวที่ 1 *(b)*แนวที่2

3.3 การประมวลผล

การประมวลผลด้วยโปรแกรม Agisoft Metashape เพื่อทำแบบจำลองสามมิติขององค์พระพุทธรูป โดยนำรูปภาพมาประมวลผลโดยใช้กระบวนการทำงานดังนี้

เปิดโปรแกรม Agisoft Metashape ขึ้นมา จากนั้น Chunk 1 > Add > Add Photo > เลือกภาพที่ต้องการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

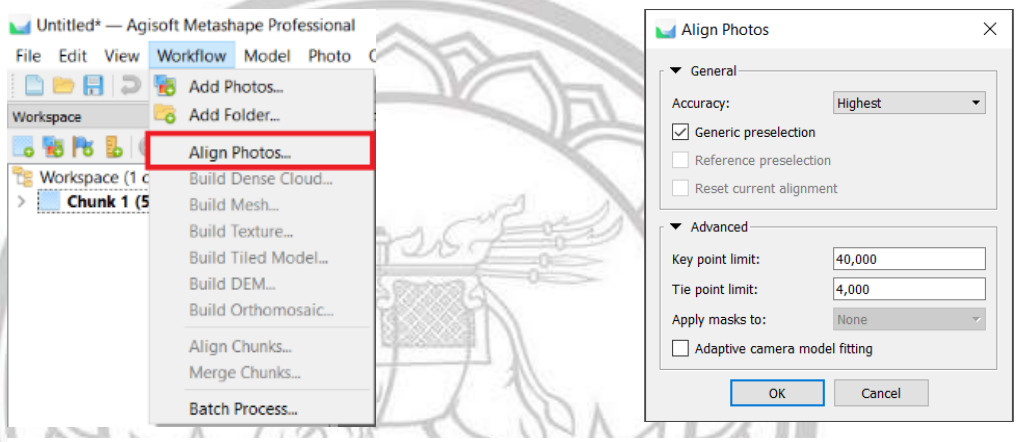


ภาพ *3 . 10* การนำภาพเข้า

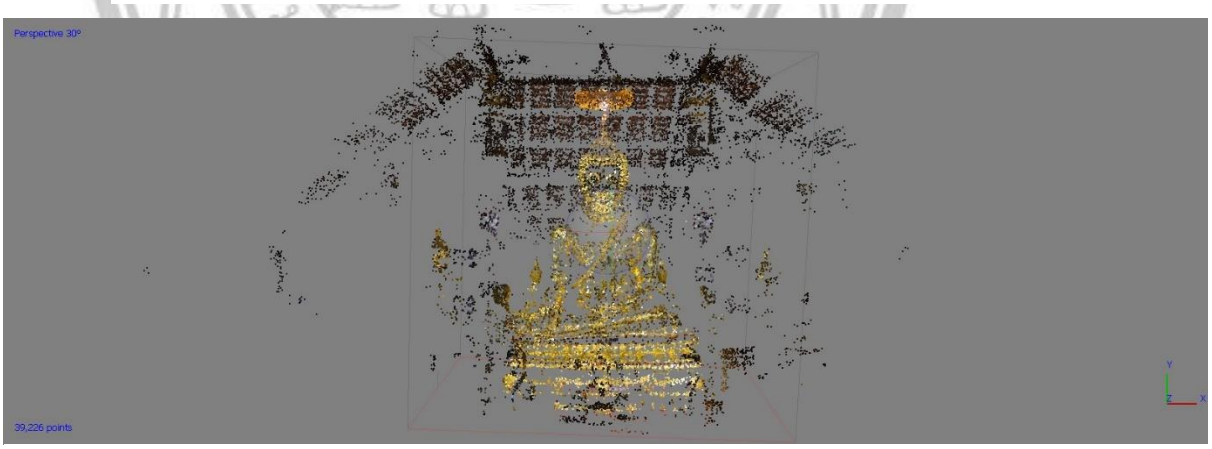
ขั้นตอนที่ 1 การจัดเรียงรูปภาพ Align photo

คือ การจัดเรียงรูปภาพ และนำจุดที่เหมือนกัน(Tie Point) ของภาพแต่ละภาพเพื่อมาสร้างเป็นแบบจำลอง โดยทำการ **Workflow > Align Photo >** เลือกค่าฟังก์ชั่นหรือความละเอียดที่ต้องการ **> OK**

จัดเรียงภาพที่มีส่วนเหลื่อมกันทุกภาพ



ภาพ 3 . 12 การเลือกการประมวลผลของ *Align Photo*



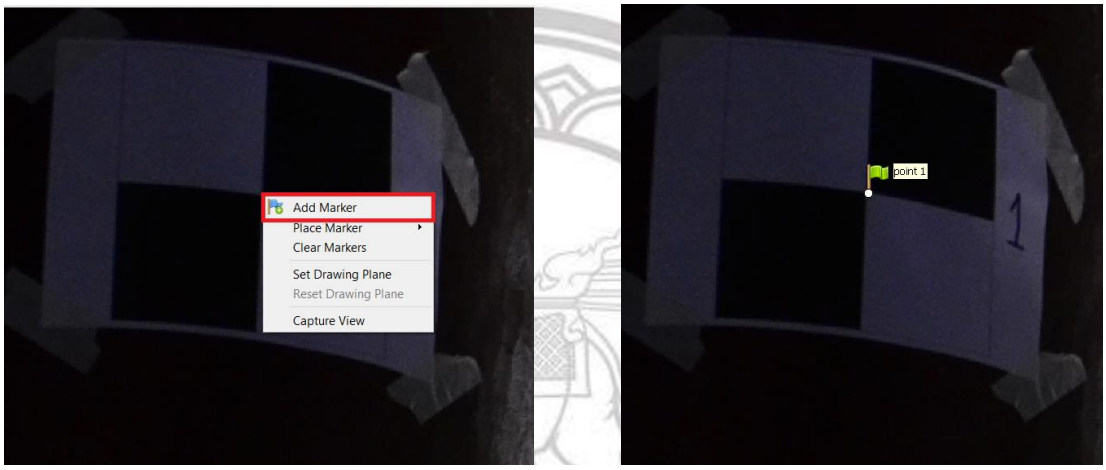
ภาพ 3 . 11 ภาพการประมวลผล *Align Photo* ในกรณีปรับเป็น Highest

Copyright by Naresuan University
All rights reserved

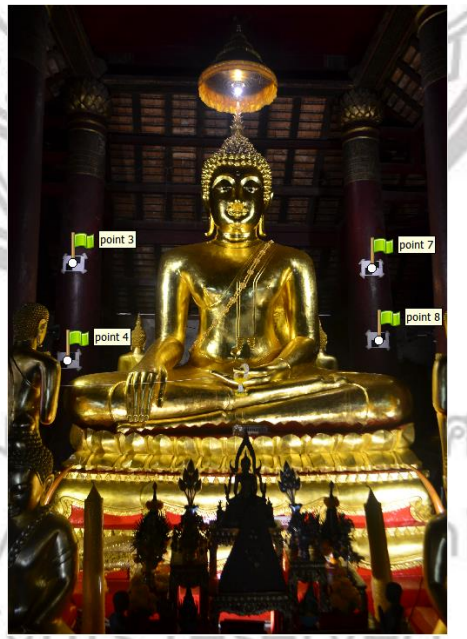
ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดจุดอ้างอิงขนาด (Add Maker)

เป็นการกำหนดจุดอ้างอิงให้กับพื้นที่ หรือวัตถุ เพื่อบอกว่าเป็นจุดเดียวกันในหลายๆภาพ

ไปจุดที่ได้กำหนด > คลิกขวา > Add Maker ทำให้ครบตามที่ได้กำหนด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดจุดทั้งหมด 8 จุด



ภาพ 3 . 13 การกำหนดจุดควบคุมภาพ

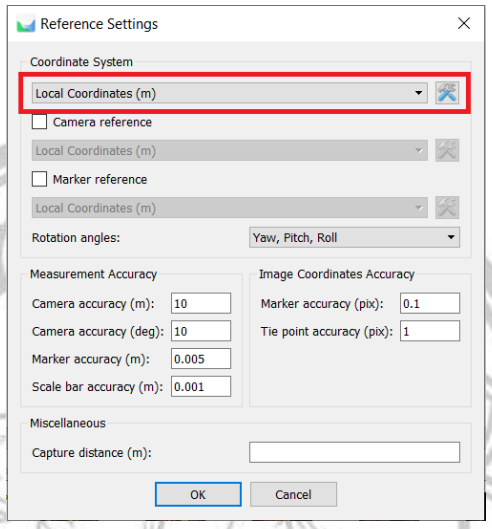


ลิขสิทธิ์ ม ศวร
Copyright by iversity
All rights reserved

ภาพ 3 . 14 ผลการวางจุดควบคุมภาพ

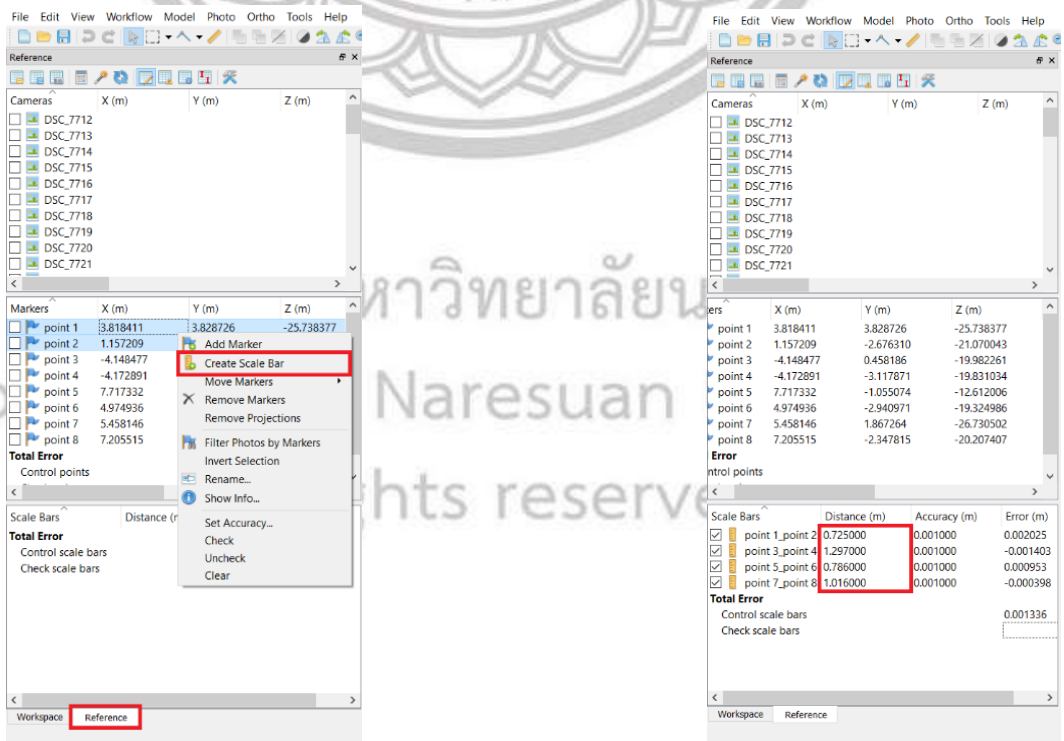
ขั้นตอนที่ 3 การกำหนดขนาด (Scale Bar)

โดยจะไปที่ ทำการเปลี่ยนระบบอ้างอิง



ภาพ 3 . 15 เปลี่ยนระบบพิกัดจากระบบภูมิศาสตร์เป็น ระบบมาตราส่วน

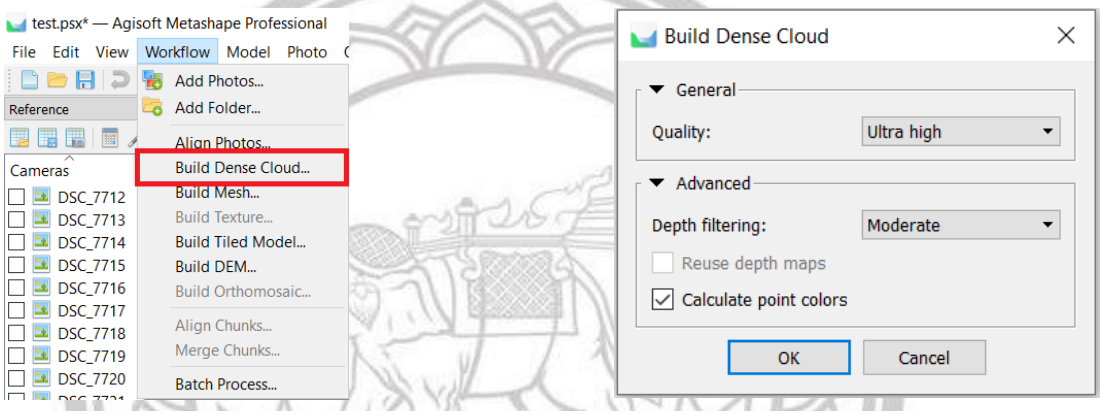
จากนั้นไปที่ **reference** แล้วกด **ctrl(ค้าง)**+เลือกจุดที่ได้กำหนดคู่เอาไว้ **>** คลิกขวา **>** Create Scale Bar จะได้ **Scale Bar** มาทั้ง 4 แล้วนำค่าที่จดบันทึกตอนลงภาคสนามมาใส่ในช่อง Distance(m)



ภาพ 3 . 16 การกำหนดมาตราส่วนให้กับจุดควบคุม

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างจุดความหนาแน่น (Point cloud)

Build Dense Cloud คือ การเพิ่มจำนวนจุด **tile point** ให้มากขึ้นก่อนจะนำไปสร้างพื้นผิว โครงข่ายสามเหลี่ยมนั้นเมื่อเราทำการคำนวณแล้วจะทำให้เราทราบตำแหน่งภาพ ซึ่งจะง่ายต่อการนำมาเปรียบเทียบกับจุดที่มีตำแหน่งเดียวกัน โดยเราจะนำส่วนนี้มาสร้างแบบจำลองพื้นผิว โดยหลังจาก **Align photo** เสร็จแล้ว ควร **Save** งานก่อน ไปที่ **File > save as >**เลือกที่เกดเก็บ **> save** จากนั้น ไปที่ **Work flow > Build Dense Cloud > OK**

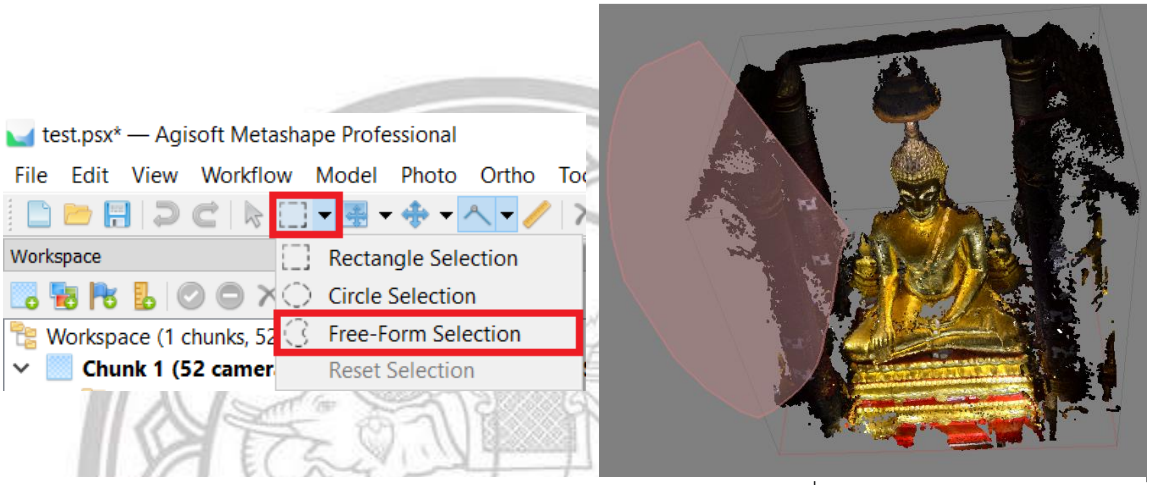


ภาพ 3 . 17 การเลือกการประมวลผล Dense Cloud

ภาพ 3 . 18 ผลลัพธ์ Point Cloud

ขั้นตอนที่ 5 การลบ Point Cloud ที่ไม่ต้องการออก

ไปที่ Free-Form Selection > คลิกซ้ายจุดแล้วลากคลุม Point Cloud ที่เราไม่ต้องการ(จะเห็นเป็นสีชมพู) > กดปุ่ม Delete



ภาพ *3 . 19* การใช้ *Selection* ทำการเลือก *Point Cloud* ที่ไม่ต้องการ

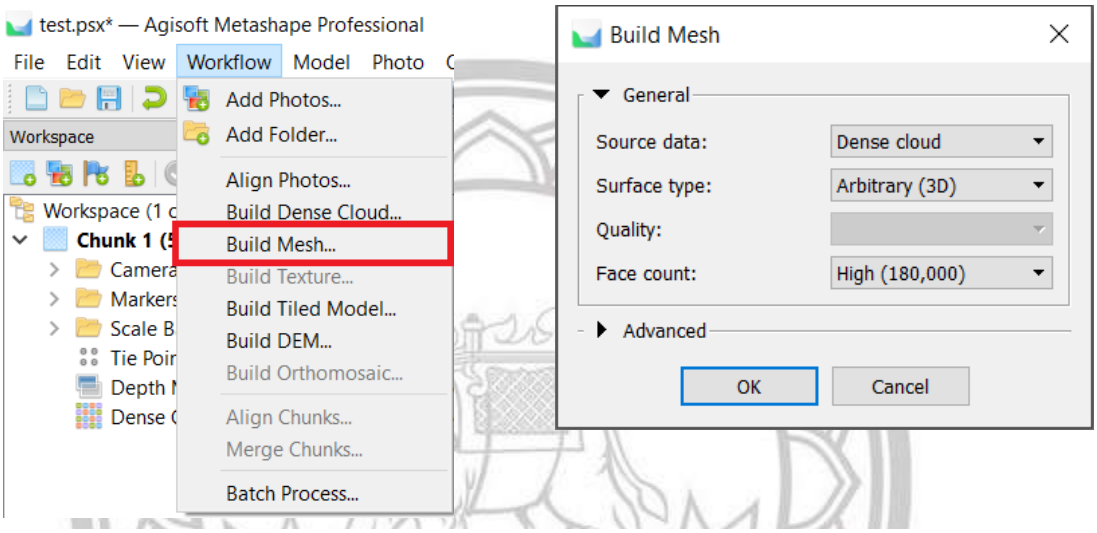
ภาพ *3 . 20* ผลลัพธ์การลบ *Point Cloud* ที่ไม่ต้องการ

ลิขสิทธิ์ ศวร
Copyright b iversity
All rights reserved

ขั้นตอนที่ 6 การสร้างพื้นผิว Mesh

Build Dense Mesh คือการสร้างพื้นผิวของวัตถุ จะสร้างตามความหนาแน่นจาก Point Cloud

ไปที่ Workflow > Build Mesh



ภาพ 3 . 21 การเลือกการประมวลผล *Mesh*

ภาพ 3 . 22 ผลลัพธ์การประมวลผล *Mesh*

All rights reserved

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองสามมิติของพระพุทธรูป ได้นำเสนอผลการวิจัยออกเป็นกรณีศึกษาต่างๆ ซึ่งแต่ละกรณีศึกษามีขั้นตอนได้แก่ 1) ข้อมูลภาพถ่าย 2) การปรับแก้แสดงภาพถ่าย 3) การประมวลผลด้วยโปรแกรม Agisoft Metashape 4) การปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง 3 มิติ ด้วยโปรแกรม Agisoft Metashape จากผลการวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น 3 กรณีศึกษาดังต่อไปนี้

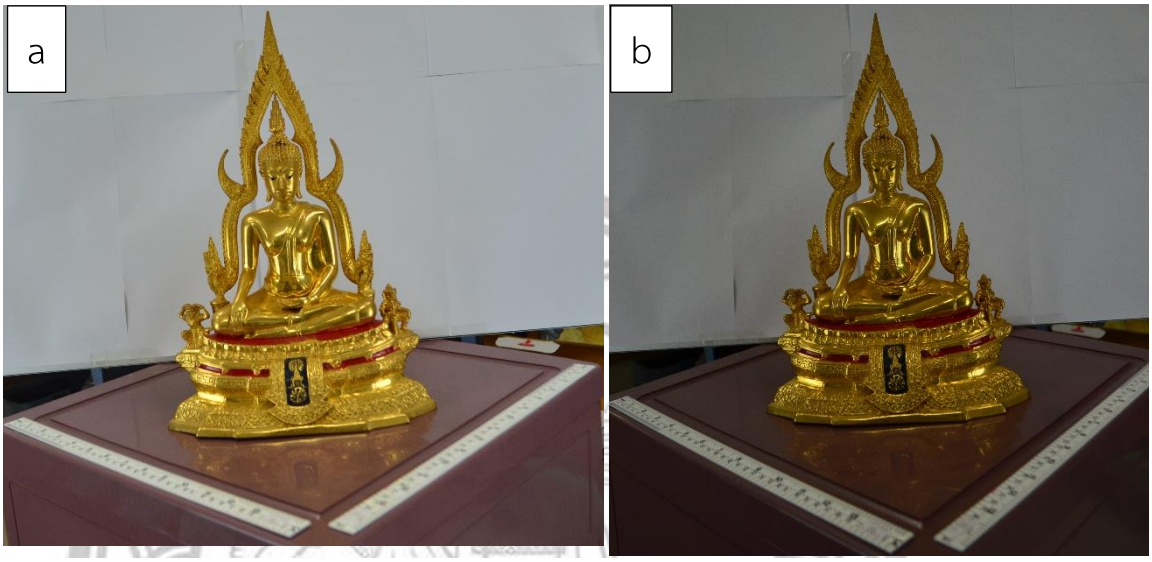
กรณีศึกษา 1 : พระพุทธชินราชขนาดจำลอง ขนาดหน้าตัก 5 นิ้ว

จะเป็นการทดสอบควบคุมปริมาณของแสง ในพื้นที่ปิด การใช้โคมไฟ และการถ่ายแบบปกติ และใช้ฟิลเตอร์โพลาไรด์ การตั้งค่ากล้อง ทดสอบวางตำแหน่งโคมไฟ และ ตำแหน่งการถ่ายภาพ

ภาพ 4 . 1 ทดสอบการวางตำโคมไฟและถ่ายภาพ

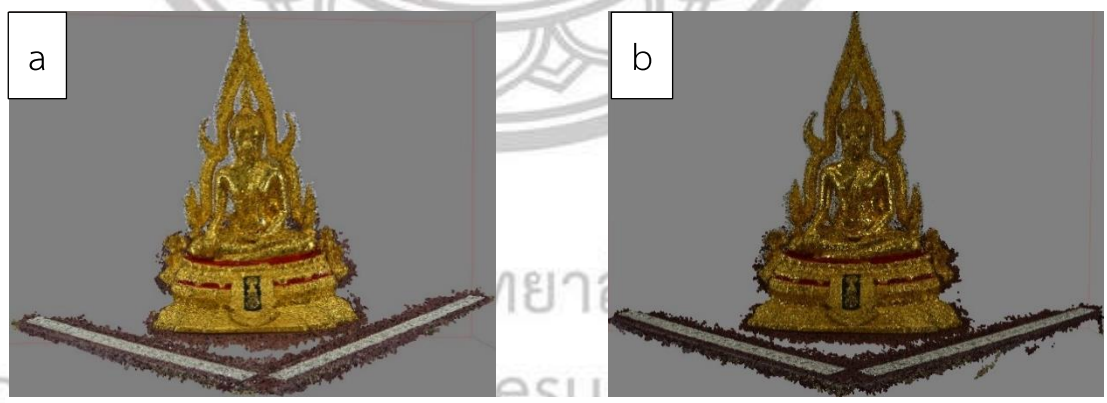
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ผลลัพธ์ภาพถ่ายของกรณีศึกษาที่ 1



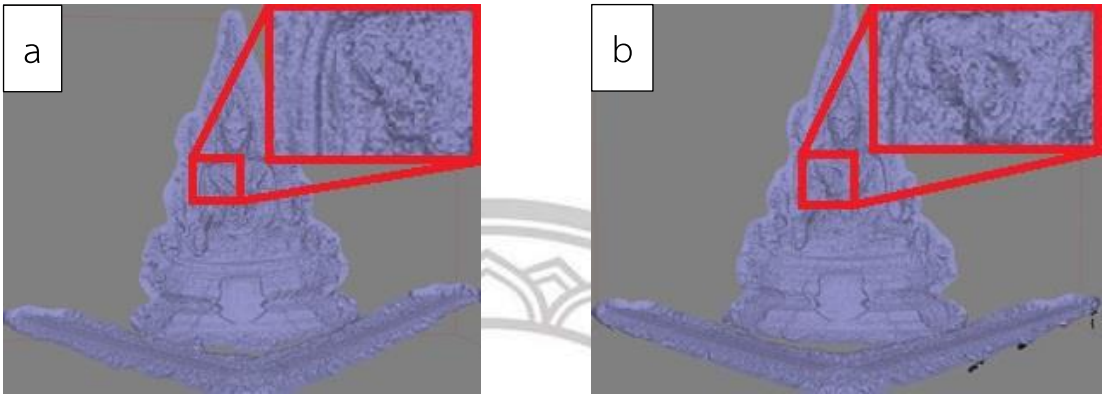
ภาพ 4 . 2 ผลลัพธ์ภาพถ่ายจากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ *(a)* การถ่ายแบบปกติ *(b)* การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์

ผลลัพธ์ Point Cloud ของกรณีศึกษาที่ 1



ภาพ 4 . 3 ผลลัพธ์ *Point Cloud* จากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ *(a)* การถ่ายแบบปกติ *(b)* การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์

ผลลัพธ์ Mesh ของกรณีศึกษาที่ 1

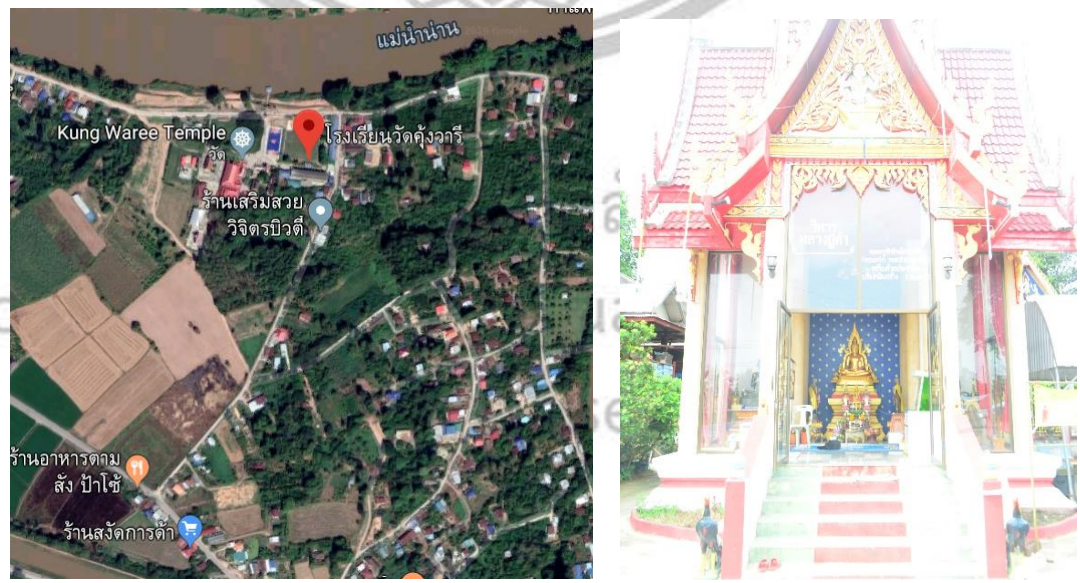


ภาพ 4 . 7 ผลลัพธ์ *Mesh* จากทดสอบถ่ายภาพโดยใช้โคมไฟ *(a)* การถ่ายแบบปกติ *(b)* การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์

สรุปผลจากการศึกษาในกรณีนี้ พบว่า ถ้าทำการถ่ายภาพในพื้นที่ปิดที่สามารถควบคุมปริมาณของแสงได้โดยใช้โคมไฟสามารถช่วยให้ผลลัพธ์ของแบบจำลองดีขึ้น แต่การเลือกใช้ระหว่างฟิลเตอร์โพลาไรซ์และการปรับค่ากล้องไม่ส่งผลต่อผลลัพธ์ของแบบจำลอง

กรณีศึกษา 2 : พระพุทธชินราชจำลอง ณ วัดคุ้งวารี

จะเป็นการทดสอบควบคุมปริมาณของแสง ในพื้นที่เปิด การถ่ายแบบปกติ และใช้ฟิลเตอร์โพลาไรด์ การตั้งค่ากล้อง

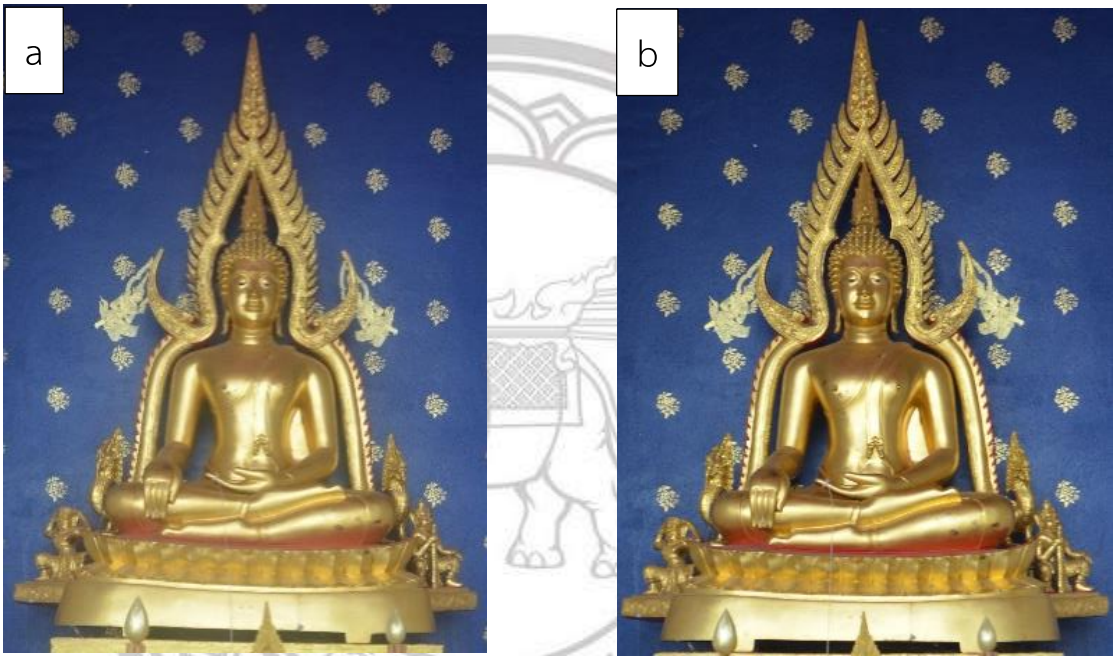


ภาพ 4 . 8 พื้นที่กรณีศึกษาที่ 2 พระพุทธชินราชจำลอง ณ วัดคุ้งวารี

จะแบ่งออกเป็น 2 กรณี กรณไม่ควบคุมแสง และกรณีควบคุมแสง

กรณีไม่ควบคุมแสง (ไม่ปรับค่ากล้อง)

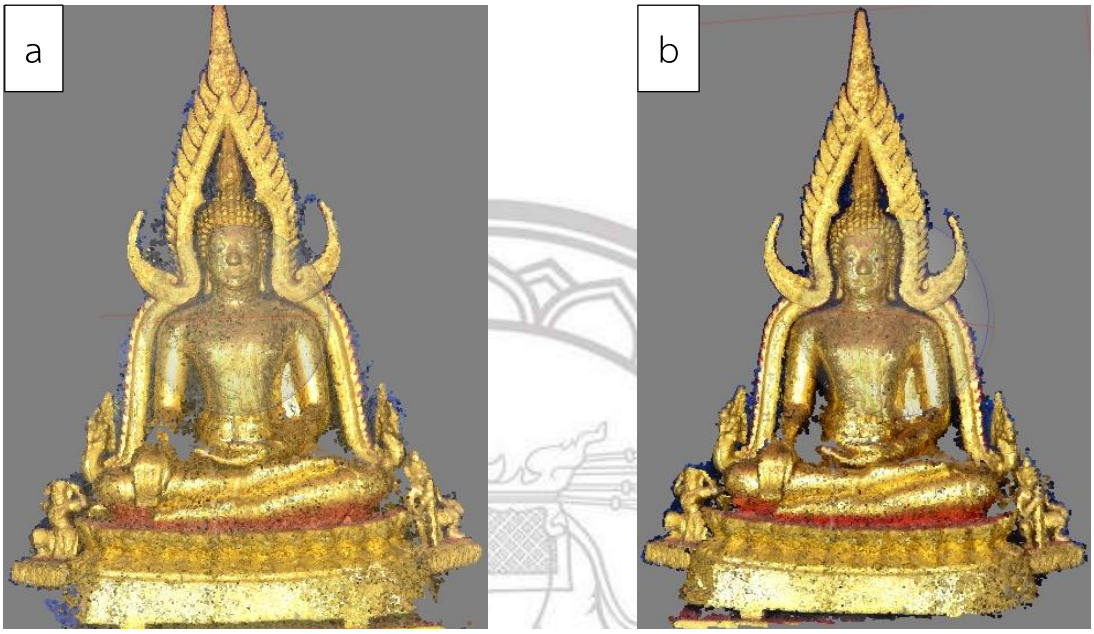
ผลลัทธ์ภาพถ่ายของกรณีศึกษาที่ 2 (แบบไม่ควบคุมแสง)



ภาพ 4 . 9 ผลลัพธ์ภาพถ่ายจากทดสอบถ่ายภาพ *(a)* การถ่ายแบบปกติ *(b)* การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์

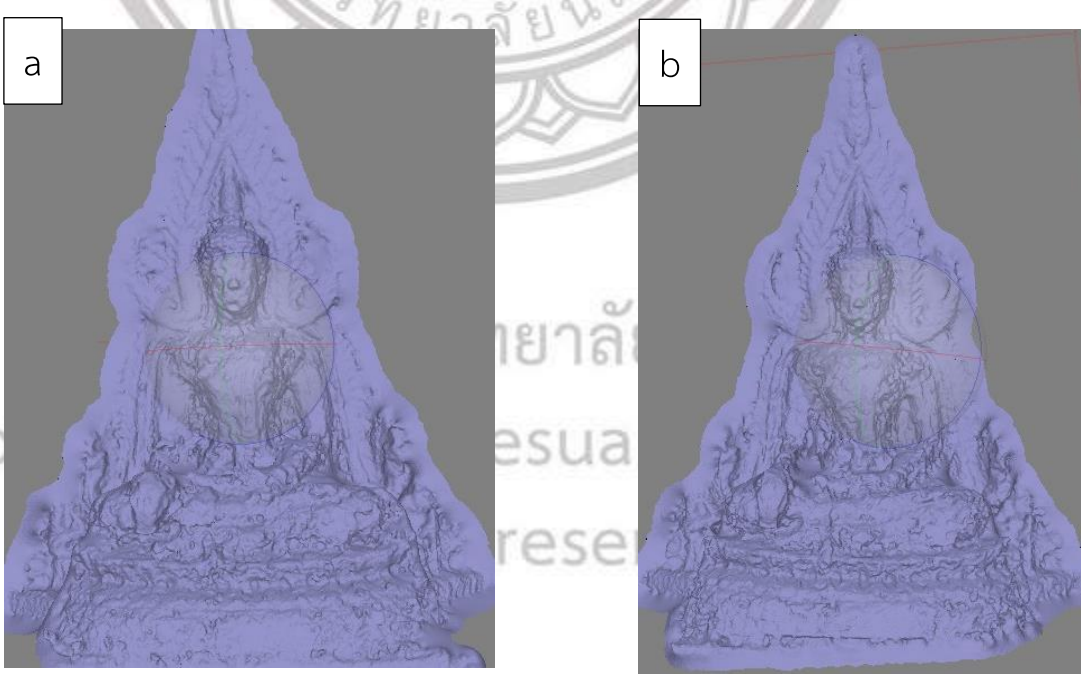
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ผลลัทธ์ Point Cloud ของกรณีศึกษาที่ 2 (แบบไม่ควบคุมแสง)



ภาพ 4 . 10 ผลลัพธ์ *Point Cloud* จากทดสอบถ่ายภาพ *(a)* การถ่ายแบบปกติ *(b)* การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์

ผลลัพธ์ Mesh ของกรณีศึกษาที่ 2 (แบบไม่ควบคุมแสง)



ภาพ 4 . 11 ผลลัพธ์ *Mesh* จากทดสอบถ่ายภาพ *(a)* การถ่ายแบบปกติ *(b)* การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์

<u>กรณีควบคุมแสง (ปรับค่ากล้อง)</u>

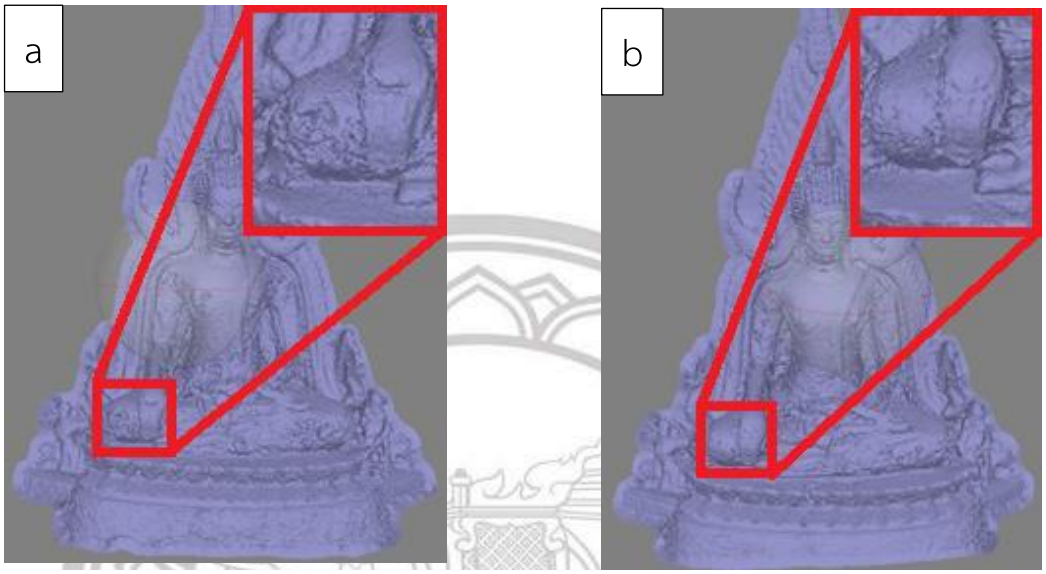
ผลลัพธ์ภาพถ่าย กรณีศึกษาที่ 2 (iso : 100, f-stop : 5, speed shutter : 1/20 sec)

ภาพ 4 . 12 ผลลัพธ์ภาพถ่ายจากทดสอบถ่ายภาพ **(a)** การถ่ายแบบปกติ **(b)** การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์

ผลลัพธ์ Point Cloud ของกรณีศึกษาที่ *2* (iso : 100, f-stop : 5, speed shutter : 1/20 sec)

ภาพ 4 . 13 ผลลัพธ์ Point Cloud จากทดสอบถ่ายภาพ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์

ผลลัพธ์ Mesh ของกรณีศึกษาที่ 2 (iso : 100, f-stop : 5, speed shutter : 1/20 sec)



ภาพ 4 . 14 ผลลัพธ์ *Mesh* จากทดสอบถ่ายภาพ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์

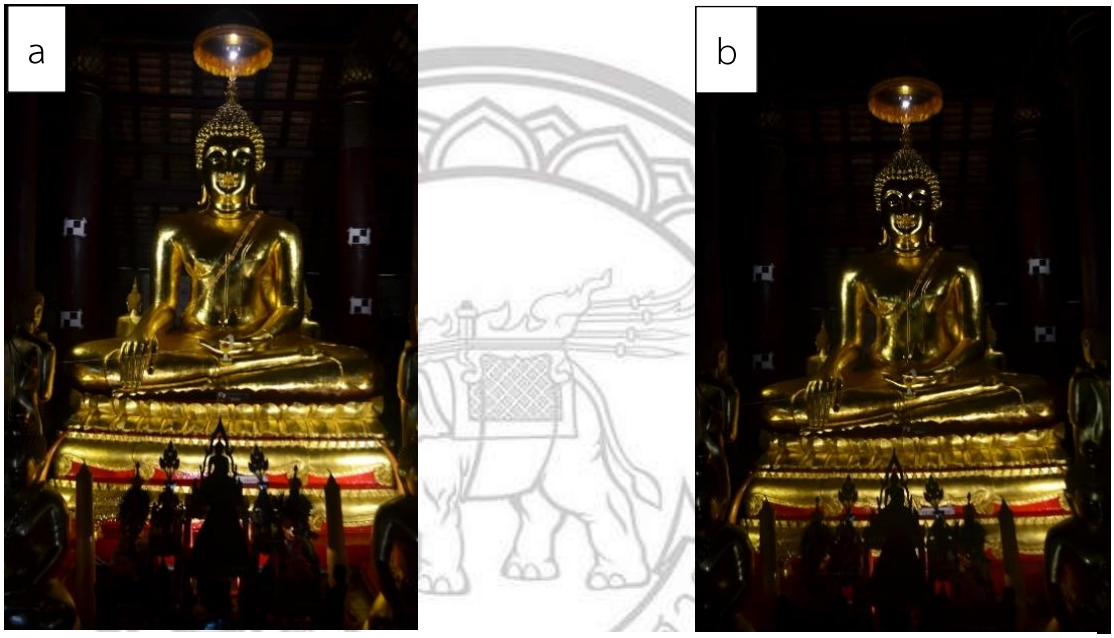
สรุปผลจากการศึกษาในกรณีนี้ พบว่า ถ้าทำการถ่ายภาพในพื้นที่เปิดที่ไม่สามารถควบคุมปริมาณของแสง การเลือกใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์สามารถช่วยให้ผลลัพธ์ของแบบจำลองดีขึ้น เพราะช่วยควบคุมปริมาณของแสงจากภายนอกของการถ่ายได้ แต่การเลือกปรับค่ากล้องอาจจะไม่ส่งผลต่อผลลัพธ์ของแบบจำลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

กรณีศึกษา 3 : พระพุทธรูปหลวงพ่อทองดำ ณ วัดราชบูรณะ

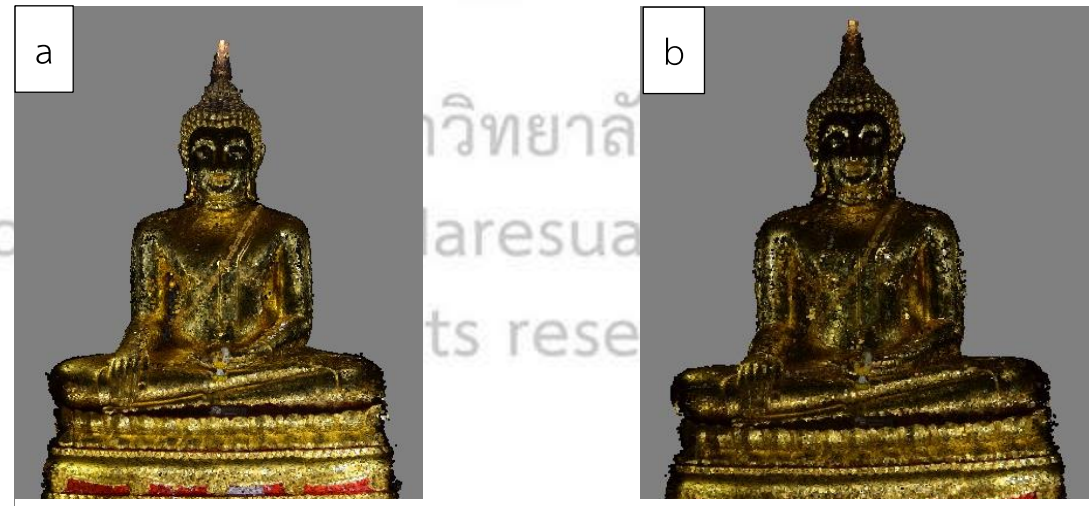
<u>กรณีควบคุมแสง(ปรับค่ากล้อง กำหนด iso : 200, f-stop : 4, speed shutter : 1/50 sec)</u>

ผลลัพธ์ภาพถ่ายของกรณีศึกษาที่ 3 (กำหนด iso : 200, f-stop : 4, speed shutter : 1/50 sec)



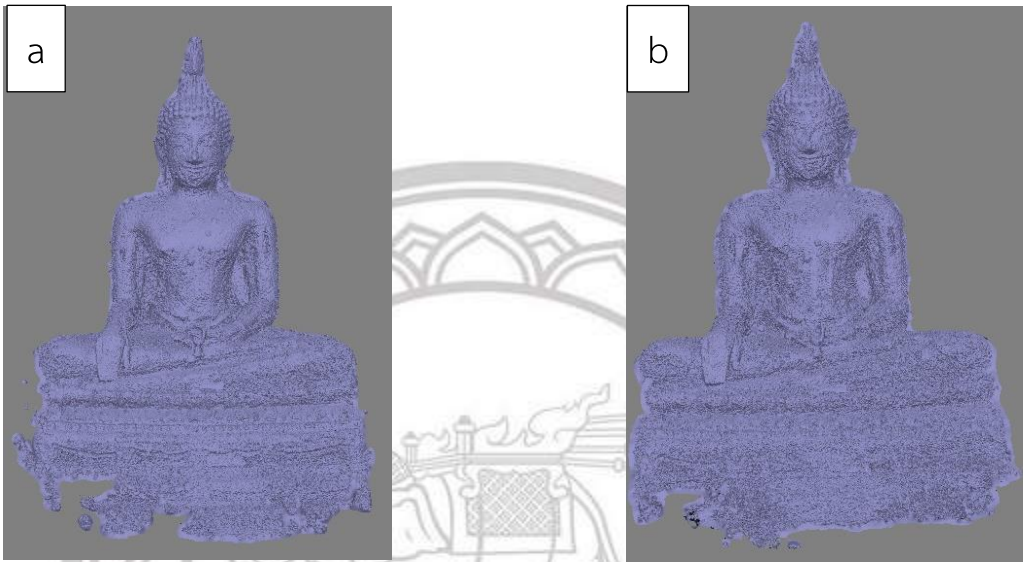
ภาพ 4 . 15 ผลลัพธ์ภาพถ่ายจากทดสอบถ่ายภาพ (*a)* การถ่ายแบบปกติ (*b)* การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์

ผลลัพธ์ point cloud ของกรณีศึกษาที่ 3 (กำหนด iso : 200, f-stop : 4, speed shutter : 1/50 sec)



ภาพ 4 . 16 ผลลัพธ์ *Point Cloud* จากทดสอบถ่ายภาพ (*a)* การถ่ายแบบปกติ (*b)* การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์

ผลลัพธ์ Mesh ของกรณีศึกษาที่ 3 (กำหนด iso : 200, f-stop : 4, speed shutter : 1/50 sec)

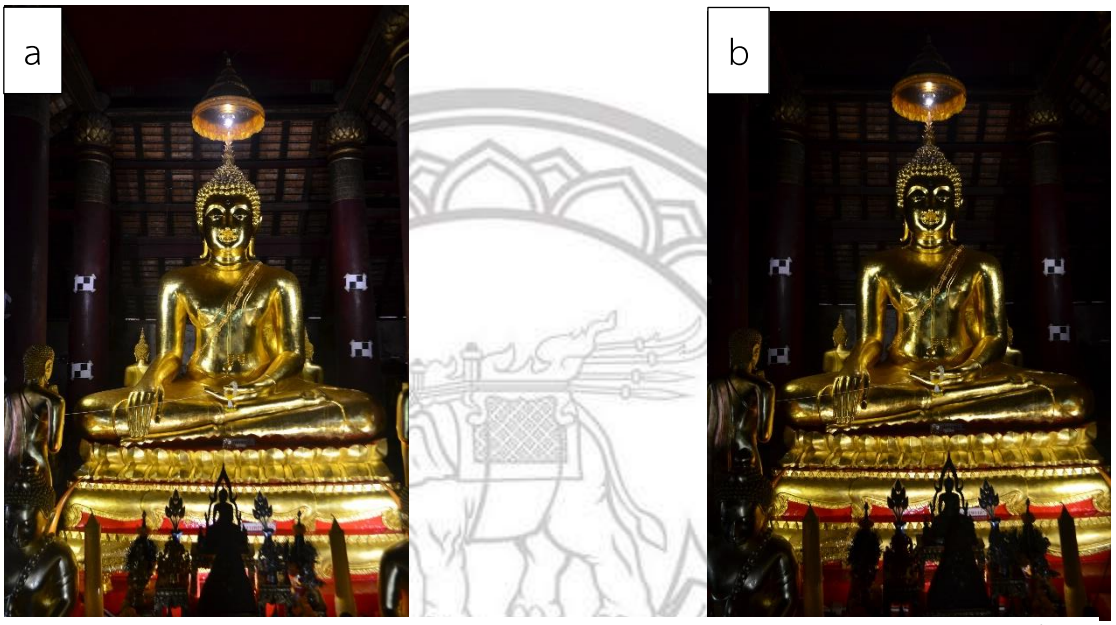


ภาพ 4 . 17 ผลลัพธ์ Mesh จากทดสอบถ่ายภาพ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

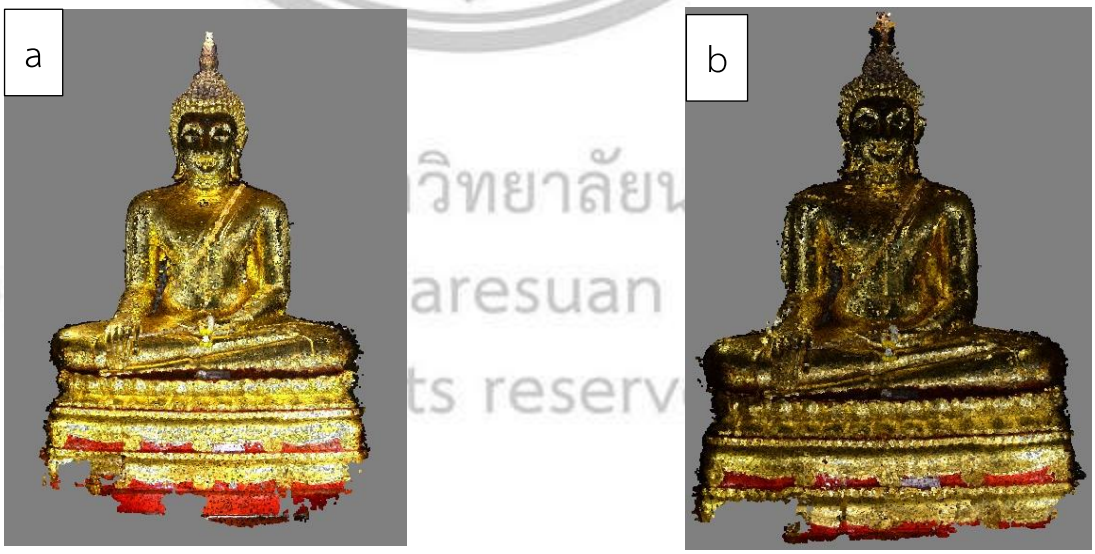
<u>กรณีควบคุมแสง(ปรับค่ากล้อง กำหนด (iso : 400, f-stop : 4, speed shutter : 1/50 sec)</u>

ผลลัพธ์ภาพถ่ายของกรณีศึกษาที่ 3 (กำหนด iso : 400, f-stop : 4, speed shutter : 1/50 sec)



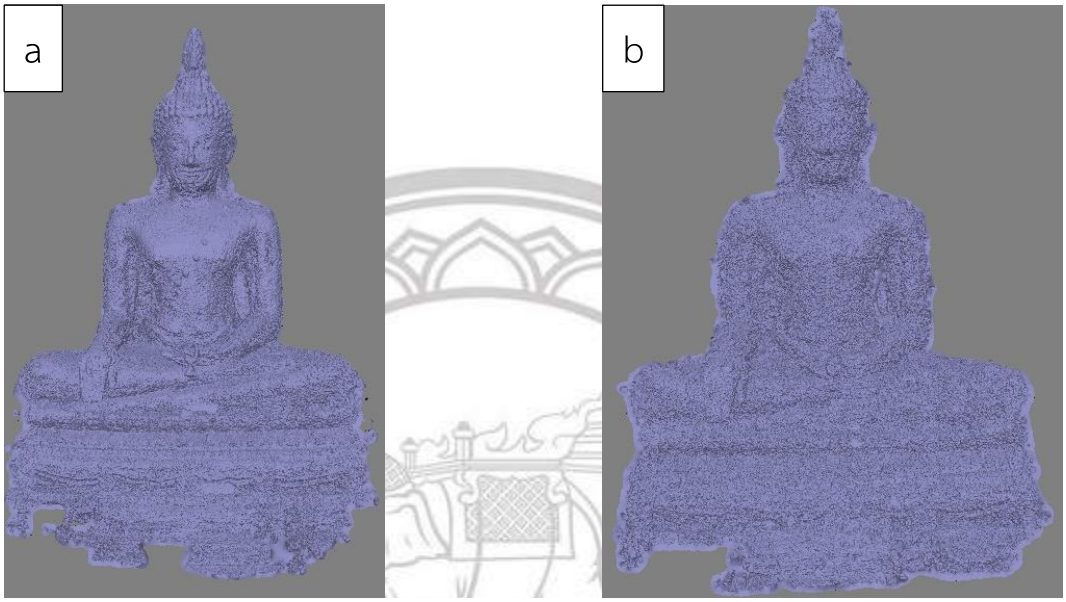
ภาพ 4 . 18 ผลลัพธ์ภาพถ่ายจากทดสอบถ่ายภาพ *(a)* การถ่ายแบบปกติ *(b)* การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์

ผลลัพธ์ Point Cloud ของกรณีศึกษาที่ 3 (กำหนด iso : 400, f-stop : 4, speed shutter : 1/50 sec)



ภาพ 4 . 19 ผลลัพธ์ *Point Cloud* จากทดสอบ *(a)* การถ่ายแบบปกติ *(b)* การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์

ผลลัพธ์ Mesh ของกรณีศึกษาที่ 3 (กำหนด iso : 400, f-stop : 4, speed shutter : 1/50 sec)



ภาพ 4 . 20 ผลลัพธ์ Mesh จากทดสอบ (a) การถ่ายแบบปกติ (b) การถ่ายแบบใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์

จะเห็นได้ว่าผลที่ได้จากการไม่ใช้ฟิลเตอร์ พื้นผิวมีความราบเรียบมากกว่า ผลที่ได้จากการใช้ฟิลเตอร์ เพราะมีแสงสปอรต์ไลท์ฉายลงองค์พระตลอดเวลา ทำให้องค์พระสว่างและพื้นที่โดยรอบมืดลง จึงไม่ควรใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์ แต่ควรใช้แค่โคมไฟในบริเวณโดยรอบร่วมกับการปรับค่าแสงของกล้องถ่ายภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

การประเมินความถูกต้อง

การประเมินความถูกต้องความสูงขององค์พระจริงจากการวัดจากเลเซอร์สแกนที่ความแม่นย่ำสูงกว่าเปรียบเทียบกับการวัดจากแบบจำลองสามมิติจากการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ ด้วยโปรแกรม Cloud Compare

ตาราง *4 . 1* ตารางเทียบความสูงตักจากการวัดจริงกับวัดจากแบบจำลอง

	Iso200_1-50_F4_Filter	Iso200_1-50_F4_No Filter	Iso400_1-50_F4_Filter	Iso400_1-50_F4_No Filter
ความสูงจากเลเซอร์สแกน (m)	3.75	3.75	3.75	3.75
ความสูงจากแบบจำลอง (m)	3.89	4.05	3.97	4.05
Error (m)	0.14	0.3	0.22	0.3
Mean (m)	0.23			
RMSE (m)	0.48			

จากผลลัพธ์การเปรียบเทียบจาการวัดความถูกต้องในแนวความสูงขององค์พระจริงด้วยเลเซอร์สแกนกับแบบจำลองสามมิติพบว่า ค่า Mean เท่ากับ 0.23 เมตร และค่า RMSE เท่ากับ 0.48 เมตร

การประเมินความถูกต้องความกว้างหน้าตักขององค์พระจริงจากการวัดจากเลเซอร์สแกนที่ความแม่นย่ำสูงกว่าเปรียบเทียบกับการวัดจากแบบจำลองสามมิติจากการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ ด้วยโปรแกรม Cloud Compare

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ตาราง *4 . 2* ตารางเทียบความกว้างหน้าตักจากการวัดจริงกับวัดจากแบบจำลอง

	Iso200_1-50_F4_Filter	Iso200_1-50_F4_No Filter	Iso400_1-50_F4_Filter	Iso400_1-50_F4_No Filter
ความกว้างหน้าตักจากเลเซอร์สแกน (m)	2.44	2.44	2.44	2.44
ความกว้างหน้าตักจากแบบจำลองสามมิติ (m)	3.30	3.30	3.29	3.25
Error (m)	0.86	0.86	0.85	0.81
Mean (m)	0.72			
RMSE (m)	0.85			

จากผลลัพธ์การเปรียบเทียบจาการวัดความถูกต้องในแนวหน้าตักขององค์พระจริงด้วยเลเซอร์สแกนกับแบบจำลองสามมิติพบว่า ค่า Mean เท่ากับ 0.72 เมตร และค่า RMSE เท่ากับ 0.85 เมตร

ซึ่งจากการประเมินความถูกต้องในแนวหน้าตักและความสูง จะพบว่า ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องของแบบจำลองสามมิติอยู่ในระดับเมตร เนื่องจากด้วยปัญหาของพื้นที่ในการถ่ายภาพแคบ ทำให้ภาพที่ได้ไม่สามารถบันทึกองค์พระพุทธรูปได้ครบถ้วน โดยเฉพาะบริเวณหน้าตักและหัวเข่าขององค์พระพุทธรูป จึงทำให้เกิดความคาดเคลื่อนของแบบจำลองสามมิติขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ สามารถสรุปผลการวิจัย อภิปรายผลข้อเสนอแนะ และปัญหาและอุปสรรค ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากภัยคุกคามที่มีต่อวัตถุโบราณ นอกจากภัยธรรมชาติแล้ว การวัดขนาดโดยตรงเพื่อทำแบบจำลององค์พระพุทธรูป อาจจะสร้างความเสียหายให้แก่วัตถุได้ เพื่อปกป้องกันการสูญเสียที่อาจเกิดขึ้น ในปัจจุบันมีการวัดขนาดมากมายหลายวิธี แต่วิธีการรังวัดระยะใกล้ด้วยภาพถ่าย สามารถใช้งานง่าย ราคาถูก ที่ทุกคนสามารถใช้ได้ จากข้อมูลภาพถ่ายจากกล้อง DSLR และการควบคุมปัจจัยแสงต่างๆ ทั้ง ปรับค่ากล้อง รูรับแสง ฟิลเตอร์โพลาไรด์ โคมไฟ มาทำแบบจำลองสามมิติของ Agisoft Metashape แต่อย่างไรก็ตามความแม่นยำที่ได้ยังขึ้นอยู่กับภาพ แสง มุมในการถ่ายภาพ จากการประเมินความถูกต้องของผลลัพธ์แบบจำลองสามมิติของพระพุทธรูปหลวงพ่อทองดำ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนสำหรับความกว้างหน้าตักเท่ากับ 0.85 เมตร และค่าความคลาดเคลื่อนสำหรับความสูงขององค์พระเท่ากับ 0.48 เมตร

ดังนั้น กระบวนการวัดขนาดและวิเคราะห์สัดส่วนของพระพุทธรูป สำหรับงานหล่อและจำลององค์พระพุทธรูป เพื่อป้องกันการชำรุดเสียเพื่อการอนุรักษ์ วัตถุโบราณที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก การสร้างแบบจำลองพระพุทธรูปด้วยวิธีการรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองสามมิติและแบบโครงร่างสองมิติของพระพุทธรูป เพื่อใช้สำหรับการหล่อพระพุทธรูป โดยเป็นการวัดโดยอ้อมอย่างง่าย ราคาถูกและรวดเร็ว ซึ่งไม่สร้างความเสียหายให้กับต้นแบบอีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

5.2 อภิปรายผล

จากงานวิจัยของ Kaufman, J. et al (2015) ซึ่งมีวิธีการที่คล้ายคลึงกัน โดยการได้มาซึ่งข้อมูลแบบจำลองสามมิติของงานวิจัยนี้ ข้อมูลจะได้มาจากการใช้ การถ่ายภาพ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำไปสร้างแบบจำลองวัตถุในรูปแบบสามมิติ งานวิจัยนี้ใช้กล้อง DSLR ในการเก็บข้อมูล และได้ปรับค่ากล้อง ใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์ โคมไฟ และฉากเพื่อช่วยในการแยกวัตถุกับพื้นหลัง เพื่อเป็นการปรับปรุงภาพถ่ายก่อนสร้างแบบจำลองสามมิติ

อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nicolae, C. et al. (2014) เรื่องการควบคุมแสง ที่ไม่เหมาะสำหรับการสำรวจ การสะท้อนแสงบนวัตถุมันวาว เพื่อที่จะแก้ไข้ การประมวลผลและสร้างพื้นผิวที่ไม่แม่นยำ จึงมาใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์ติดกล้อง ปรับค่ากล้อง เลนส์และโคมไฟ การใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์จะช่วยลดปริมาณของแสง

5.3 ข้อเสนแนะ

- ควรจะมีการเพิ่มโคมไฟ เพื่อทำให้เกิดความสว่างแก่จุดควบคุมภาพ ก่อนเก็บข้อมูลภาพถ่าย
- ควรนำบันไดไปเพื่อการเก็บข้อมูลหลายๆแนวระดับให้เกิดการซ้อนทับ เพื่อการสร้างแบบจำลองให้ละเอียดขึ้น
- .

5.4 ปัญหาและอุปสรรค

*1.***พื้นที่ในการเก็บข้อมูล**

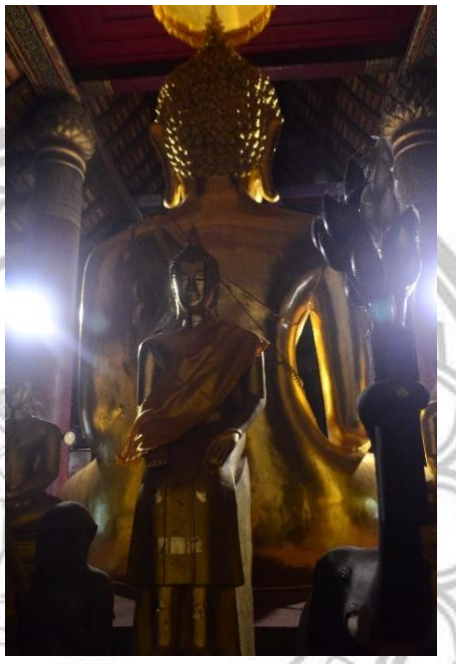
งานวิจัยนี้ศึกษาในพื้นที่แคบ และมีเสาในอาคาร จึงยากต่อการสำรวจ หรือการเก็บข้อมูล ทำให้การเก็บข้อมูลไม่ต่อเนื่อง

ภาพ 5 . 1 พื้นรอบองค์พระ

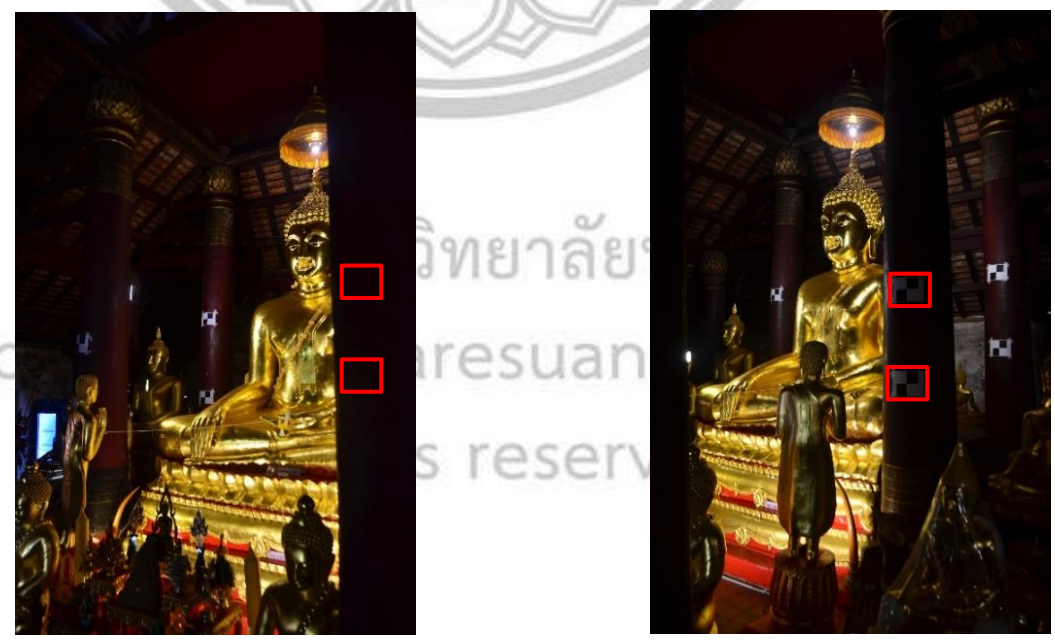
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

2. **การควบคุมแสงองค์พระและสิ่งแวดล้อม**

เนื่องจากรอบๆองค์พระมีแสงจากสปอร์ตไลท์ แสงที่ฉายลงมายังตัวองค์ทำให้ความสว่างรอบๆ องค์พระนั้นมืดลง



ภาพ 5 . 2 แสงจากสปอรต์ไลท์



ภาพ 5 . 3 จุดควบคุมภาพไม่ไม่เห็น

มหาวิทยาลัยนเรศวร Copyright © by Naresuan University All rights reserved

บรรณานุกรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

บรรณานุกรม

โครงการสารานุกรมไทย สำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. (2562).พระพุทธรูปปางต่างๆ. สืบค้นเมื่อ มีนาคม 12, 2562, จาก http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/other_sub.php?file=contactus/contactus.html.

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

ธีระ ลาภิศชยางกูล, (2550). การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขในงานวิศวกรรมโครงสร้าง Alternative : Digital photogrammetry application for structural engineering (Doctoral dissertation, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี).

Kaufman, J., Rennie, A. E., & Clement, M. (2015). Single camera photogrammetry for reverse engineering and fabrication of ancient and modern artifacts. Procedia CIRP, 36, 223-229.

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

Nicolae, C., Nocerino, E., Menna, F., & Remondino, F. (2014). Photogrammetry applied to problematic artefacts. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40(5), 451.

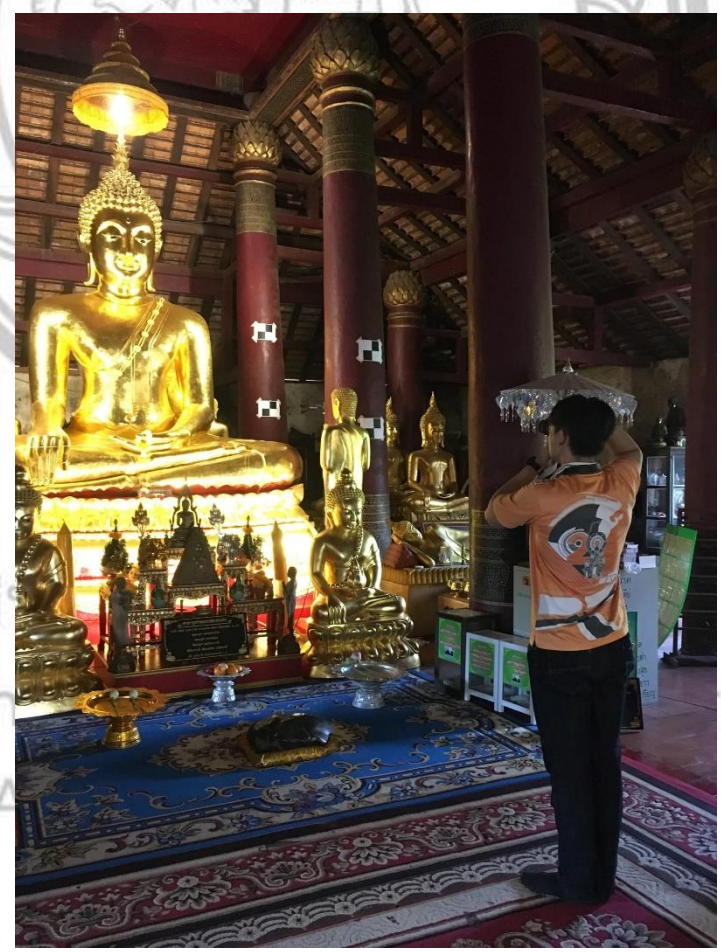
MacDonald, L., Hindmarch, J., Robson, S., & Terras, M. (2014). MODELLING THE APPEARANCE OF HERITAGE METALLIC SURFACES. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 45.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved

การถ่ายภาพกรณีศึกษาที่ 1



การถ่ายภาพกรณีศึกษาที่ 3

ลิขสิ
Copyrigh
sity
A

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล จุฬา สุทธิพิศาล

วัน เดือน ปี เกิด 8 ตุลาคม 2540

ที่อยู่ปัจจุบัน 397/59 หมู่ 10 ตำบลบึงพระ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2559 – ปัจจุบัน	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยนเรศวร
พ.ศ.2555 – 2558	ระดับมัธยมศึกษา (วิทย์-คณิต) โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
พ.ศ.2547 – 2552	ระดับประถมศึกษา โรงเรียนอนุบาลพิษณุโลก

กิจกรรมที่เข้าร่วม

1. เข้ารับการอบรมเชิงปฏิบัติการหัวข้อ “การทำแผนที่ภูมิประเทศ” วันที่ 23 กันยายน 2560 คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
2. เข้ารับฟังการบรรยายหัวข้อ “แนวโน้มและเทคโนโลยีในการทำแผนที่สมัยใหม่” วันที่ 20 พฤศจิกายน 2561 โดย คุณจนิษฐ์ ประเสริฐบูรณะกุล บริษัท จีไอเอส จำกัด คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
3. โครงการ อบรมเผยแพร่องค์ความรู้ด้านอุตุนิยมวิทยาและการใช้ข้อมูลดาวเทียมในการวิเคราะห์สภาพอากาศ วันที่ 10 กรกฎาคม 2562 มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยกรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดพิษณุโลก
4. ผู้นำเชียร์ลีดเดอร์ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2559
5. ผู้นำด้านวินัย คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2561-2562

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University
All rights reserved