การสร้างแบบจำลองอาคารโบราณสถานแบบ 3 มิติโดยใช้เทคนิคโฟโตแกรมเมทรี กรณีศึกษา : โบราณสถานมัสยิดกรือเซะ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี

The Creation of a 3D Model of Ancient Buildings Using Photogrammetry Techniques Case Study: Krue Se Mosque, Mueang District, Pattani Province

ศิฎดิกค์ มูเซะ[1], อาคม โสวณา[2] และอภิรดี สรวิสูตร[3]

Shiddiq Muzeh[1], Akom Sowana[2] and Apiradee Saravisutra[3]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ด้วยเทคนิคโฟโตแกรมเมทรีโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ด้วยวิธีการบินถ่ายภาพแบบต่าง ๆ 3 วิธีคือ 1. การบินแบบกริดเดียว (single grid) ทำการบินที่ระดับความสูง 25 เมตร มุมกล้องเอียง 90 องศา ส่วนซ้อนทับการภาพถ่าย 70 เปอร์เซ็นต์ 2. การบินแบบวงกลม (circle) ทำการบินที่ระดับความสูง 15 เมตร ด้วยมุมกล้องเอียง 29 องศา บันทึกภาพโดยรอบจุดศูนย์กลางทุก ๆ 10 องศา และ3. การบินแบบใช้บุคคลเป็นผู้ควบคุม (manual control) จากนั้นนำผลที่ได้ทั้งหมดมาเปรียบเทียบความถูกต้องกับวัตถุจริง

ผลการศึกษาพบว่าข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับสามารถนำมาสร้างแบบจำลองโบราณสถานสามมิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างดี เป็นวิธีการที่สามารถดำเนินการได้ไม่ยุ่งยาก ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย สามารถได้ข้อมูลสามมิติที่สวยงามได้ อย่างไรก็ตามยังมีปัญหาในการนำมาใช้งานอยู่หลายประการได้แก่ ลักษณะของสภาพแวดล้อมและวิธีการถ่ายภาพ เช่น แสง เงา ต้นไม้และวัตถุที่บดบังตัวอาคารโบราณสถาน และจากการเปรียบเทียบแบบจำลองทั้งสามแบบกับวัตถุจริงพบว่า แบบจำลองสามมิติที่สร้างจากข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากการกำหนดแนวบินแบบใช้บุคคลเป็นผู้ควบคุม (manual control) จะให้ภาพสามมิติที่มีความถูกต้องมากที่สุด

คำสำคัญ โบราณสถาน, การสร้างแบบจำลองสามมิติ, โฟโตแกรมเมทรี

[1] นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, E-mail: Shiddik604@gmail.com (corresponding author)

[2] อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, E-mail: akom.s@psu.ac.th

[3] อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, E-mail: apiradee.sa@psu.ac.th

Abstract

This study aims to create a 3D model using photogrammetry techniques by utilizing aerial images obtained from an Unmanned Aerial Vehicle (UAV). The image capture was conducted using three different flight methods: 1) Single grid flight at an altitude of 25 meters with a 90-degree camera tilt and 70% image overlap, 2) Circle flight at an altitude of 15 meters with a 29-degree camera tilt, capturing images around the central point every 10 degrees, and 3) Manual Control flight. The results from all methods were then compared for accuracy with the actual object.

The study found that the aerial images obtained from the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) can effectively be used to create 3D models of ancient structures using computer software. This method is straightforward, time-efficient, and cost-effective, providing high-quality 3D data. However, there are still several issues that need to be addressed, such as environmental conditions and image capture methods, including factors like lighting, shadows, trees, and objects obstructing the view of the ancient structure. When comparing the three different models with the actual object, it was found that the 3D model created from the Manual Control flight path produced the most accurate 3D representation.

Keywords: Ancient Site, 3D Modeling, Photogrammetry

1. บทนำ

มัสยิดกรือเซะ ตั้งอยู่ที่หมู่ที่ 2 บ้านกรือเซะ ตำบลตันหยงลูโละ จังหวัดปัตตานี มัสยิดกรือเซะมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ามัสยิดปิตูกรือบัน คำว่า “มัสยิดกรือเซะ” เรียกตามนามหมู่บ้านที่เป็นที่ตั้งตั้งมัสยิด ส่วน “มัสยิดปิตูกรือบัน” เรียกตามรูปทรงของประตูมัสยิดซึ่งมีลักษณะเป็นวงโค้งแหลมแบบโกธิคของชาวยุโรป และแบบสถาปัตยกรรมของชาวตะวันออกกลาง กรมศิลปากรพิจารณาเห็นว่ามัสยิดกรือเซะเป็นโบราณที่สำคัญทางศาสนาอิสลามและได้ขึ้นทะเบียนเป็นโบราณวัตถุสถานเพื่ออนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมทางสถาปัตยกรรมของชาติ มัสยิดกรือเซะเป็นอาคารก่ออิฐถือปูน กว้าง 15.10 เมตร ยาว 29.60 เมตร สูง 6.50 เมตร เสาทรงกลมเลียนรูปลักษณะแบบเสาโกธิคของยุโรป ช่องประตู หน้าต่างมีทั้งแบบโค้งแหลม และโค้งมนแบบโกธิค โดมและหลังคายังก่อสร้างไม่เสร็จ อิฐที่ใช้ก่อมีรูปลักษณะเป็นอิฐสมัยอยุธยา ตรงฐานมัสยิดมีอิฐ รูปแบบคล้ายอิฐสมัยทวารวดีปะปนอยู่ (ฐานข้อมูลท้องถิ่นภาคใต้, 2561)

มัสยิดกรือเซะเป็นสถานที่ท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ที่สำคัญและมีผู้คนมาท่องเที่ยวจำนวนมากในแต่ละปีทั้งคนในพื้นที่และต่างจังหวัดรวมถึงชาวต่างประเทศ และยังมีคนอีกจำนวนมากยังไม่ทราบเกี่ยวกับ

สถานที่ท่องเที่ยวแห่งนี้และคนรุ่นใหม่ๆ โดยเฉพาะเด็ก เยาวชนจำนวนมากที่ยังไม่ทราบหรือเห็นสภาพจริงของโบราณสถานแห่งนี้ ดังนั้นการพัฒนาสื่อในลักษณะของภาพสามมิติที่ให้ข้อมูลเสมือนจริง จะทำบุคคลที่สนใจสามารถเยี่ยมชมโบราณสถาน โดยไม่ต้องเดินทางมายังสถานที่นั้น ๆ ซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย และลดปัญหาที่จะเกิดสถานการณ์ไม่สงบของพื้นที่ได้ การสร้างแบบจำลองโบราณสถานจากข้อมูลการสำรวจด้วยภาพถ่ายอากาศยานไร้ คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) เป็นนวัตกรรมการเรียนรู้และประยุกต์ใช้งานในศตวรรษที่ 21 การใช้วิธีการ ประมวลผลตามหลักการโฟโตแกรมเมทรีแบบโครงสร้างการเคลื่อนไหว (Structure from Motion : SfM) สามารถให้ผลลัพธ์หลายลักษณะตามวัตถุประสงค์ของโครงการ มีรายละเอียดความถูกต้องแม่นย่ำสูง มีความสมบูรณ์ ความคมชัด ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำเทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ ในการเก็บข้อมูลของภาพถ่ายและนำภาพถ่ายที่ได้มาประมวลผลและสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถานมัสยิดกรือเซะ เพื่อจะพัฒนาต่อยอดเป็นสื่อประชาสัมพันธ์ให้บุคคลทั่วไปที่ไม่มีโอกาสเดินทางมาปัตตานีได้เยี่ยมชมโบราณสถานที่สำคัญแห่งหนึ่งของจังหวัดปัตตานีต่อไปในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบวิธีการสร้างแบบจำลอง 3 มิติโดยเทคนิคโฟโตแกรมเมทรี แบบการบินแบบกริดเดียว (single grid) การบินแบบวงกลม (circle) และการบินแบบใช้บุคคลเป็นผู้ควบคุม (manual control) บริเวณมัสยิดกรือเซะ จังหวัดปัตตานี

3. แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิด

3.1 หลักการโฟโตแกรมเมทรี และแบบจำลองสามมิติ

3.1.1 หลักการทำงานของระบบโฟโตแกรมเมทรี จะทำงานโดยอาศัยรูปภาพเป็นหลัก ซึ่งจะใช้รูปภาพหลายๆภาพมาต่อกัน โดยแต่ละภาพนั้นจะมีมุมมองที่ต่างกันแต่ละภาพแต่ก็ต้องมีความต่อเนื่องกัน

3.1.2 จุดเด่นของ โฟโตแกรมเมทรี คือสามารถทำงานได้โดยไม่จำเป็นต้องลงไปสัมผัสพื้นที่ เพียงแค่ถ่ายภาพก็สามารถรังวัดได้ทันทีและยังสามารถสามารถสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติได้หากมีรูปถ่ายที่หลากหลายมุมมอง แต่ข้อเสียของระบบนี้คือเรื่องของเครื่องมือ เพราะว่าคนที่ทำงานในส่วนนี้ต้องมีความเชี่ยวชาญ และเครื่องมือสำคัญ คือคอมพิวเตอร์ต้องมีประสิทธิภาพในการประมวลผล

3.1.3 Structure from motion (SfM) การสร้าง 3D จากรูปภาพ หรือ photogrammetry จะใช้เทคนิคการถ่ายภาพหลาย ๆ มุมมอง ซึ่งมีส่วนที่ซ้อนทับกัน และ การวัดเพื่อสร้างแบบจำลอง 3D ขึ้นมา โดยอาศัยหลักการของการเคลื่อนที่ตำแหน่งกล้องในปริภูมิ 3D (3D space) เพื่อวัดและประมาณตำแหน่ง (x,y,z) ของแต่ละจุดภาพบนรูปภาพ และมีชื่อเรียกเฉพาะว่า Structure from Motion (SfM)

3.1.4 การสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle : UAV) เป็นยานพาหนะทางอากาศขนาดเล็ก มีการควบคุมและสั่งการการบินด้วยระบบอัตโนมัติและแบบกึ่งอัตโนมัติโดยไม่มีนักบินอยู่บนเครื่อง สามารถ ควบคุมด้วยอุปกรณ์ควบคุมระยะไกล ปัจจุบันการพัฒนาอากาศยานไร้คนขับเป็นไปอย่างรวดเร็ว มีการพัฒนา ต่อเนื่องมีผู้สนใจและนำมาประยุกต์ให้ในงานด้านต่าง ๆ กันอย่างแพร่หลาย ในการสำรวจภูมิประเทศมีการนำอากาศยานไร้คนขับถ่ายภาพทางอากาศแทนการใช้เครื่องบิน โดยภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จะเก็บตามเส้นทาง การบินเก็บเป็นชุดต่อเนื่องจำนวนมาก ในการถ่ายภาพจะมีการเหลื่อมของภาพมีจุดอ้างอิงที่เหมือนกันในแต่ละภาพ การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการจัดการภาพถ่ายทางอากาศ เป็นการต่อภาพถ่ายทางอากาศจำนวนมาก ให้เป็นภาพขนาดใหญ่โดยเริ่มจากการเรียงของภาพ การกำหนดจุดควบคุมของภาพ การเพิ่มจุดความหนาแน่นของจุดอ้างอิง การสร้างโมเดลสามมิติ การผลิตภาพถ่ายทางอากาศ (TERRAIN PRO SURVEY & CONSTRUCTION, 2024)

3.1.5 แบบจำลองสามมิติแบบจำลองสามมิติ (model 3D) เป็นการสร้างรูปทรงหรือรูปร่างแบบสามมิติ โดยการกำหนดจุดต่างๆ และเชื่อมโยงจุดด้วยเส้นตรง เพื่อให้ได้รูปทรงตามต้องการ การใช้คอมพิวเตอร์สร้างรูปทรงสามมิติอาจทำได้โดยอัตโนมัติด้วยโปรแกรมในกรณีที่รูปทรงเป็นแบบสมมาตร หรือรูปทรงเรขาคณิต หรือรูปทรงที่ประกอบขึ้นจากรูปทรงเรขาคณิตมา ประกอบกัน หากเป็นรูปทรงที่ไม่สมมาตร หรือมีรายละเอียดมาก ก็จำเป็นต้องกำหนดจุดต่าง ๆ และลากเส้น ต่อจุดเองด้วยผู้วาดภาพที่เชี่ยวชาญ เช่น การสร้างแบบจำลองสามมิติสำหรับใบหน้าและศีรษะมนุษย์ จำเป็นต้องกำหนดจุดเป็นจำนวนมากในหลักหมื่น เมื่อลากเส้นตรงต่อจุดเชื่อมโยงเป็นรูปใบหน้าและศีรษะใน สามมิติ รูปทรงที่ได้เสมือนเกิดจากรูปสามเหลี่ยม หรือรูปสี่เหลี่ยม หรือรูปหลายเหลี่ยม (polygon) มาเรียงต่อ ๆ กันเป็นแบบเส้นโครง (wire-frame) สำหรับรูปใบหน้า และศีรษะมนุษย์ อาจมีจำนวนรูปหลายเหลี่ยมใน หลักพัน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความละเอียดของการสร้างแบบจำลอง ในปัจจุบัน การสร้างแบบจำลองสามมิติอาจทำ ได้จากการใช้เครื่องกราดสามมิติ เพื่อกราดรูปทรงจริงสามมิติ เช่น ใบหน้ามนุษย์ อย่างไรก็ตามข้อมูลรูปหลายเหลี่ยมที่ได้ยังคงไม่สมบูรณ์ จึงต้องใช้ผู้วาดภาพด้วยคอมพิวเตอร์มาปรับแต่งข้อมูลที่อาจไม่ถูกต้อง ซึ่งคงต้องใช้เวลามาก (มูลนิธิโครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2555)

3.2 การอนุรักษ์สารสนเทศดิจิทัล (digital preservation)

นิศาชล จำนงศรี (2566) ได้สรุปการอนุรักษ์สารสนเทศดิจิทัลไว้ว่า การอนุรักษ์สารสนเทศดิจิทัลเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการด้านต่าง ๆ เพื่อให้ทรัพยากรสารสนเทศดิจิทัลสามารถเข้าถึงและเรียกออกมาใช้ได้อย่างสมบูรณ์ตลอดไป ตราบเท่าที่ต้องการและจำเป็น ภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาของเทคโนโลยี เป้าหมายของการอนุรักษ์คือ เพื่อรักษาความสามารถในการแสดง (display) ค้นคืน (retrieve) และการใช้ดิจิทัลคอลเล็คชั่น (digital collection) ได้ภายใต้การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยี โครงสร้างพื้นฐานและองค์ประกอบขององค์กร ซึ่งประเด็นที่ต้องศึกษา ได้แก่

- การเก็บรักษาตัวเอกสาร รวมทั้ง metadata สคริปต์และโปรแกรมของเอกสาร (เช่น ต้องมั่นใจว่าสื่อที่บันทึกสารสนเทศมีการทำ back-up) รวมทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่จะใช้เพื่ออ่านสารสนเทศดังกล่าว ต้องได้รับการดูแลรักษาเช่นกัน)
- การรักษาสภาพการใช้ของสารสนเทศดิจิทัล เช่น ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้หรือการติดต่อกับผู้ใช้ต้องเป็นปัจจุบัน ผู้ใช้ต้องสามารถค้นคืนและปรับแต่งสารสนเทศเพื่อตอบสนองความต้องการของตนได้
- การรักษาความปลอดภัยของคอลเล็คชั่น เช่น การกำหนดนโยบายเกี่ยวกับสิทธิในการเข้าใช้คอลเล็คชั่น การพัฒนา การดูแลรักษาโปรแกรม การจัดการเรื่องสิทธิการเข้าใช้บริการที่มีค่าธรรมเนียม
- วิธีการเก็บรักษาข้อมูลดิจิทัลสามารถทำได้หลายวิธีได้แก่ data refreshing, technology preservation, technology emulation, information migration และ encapsulation

3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

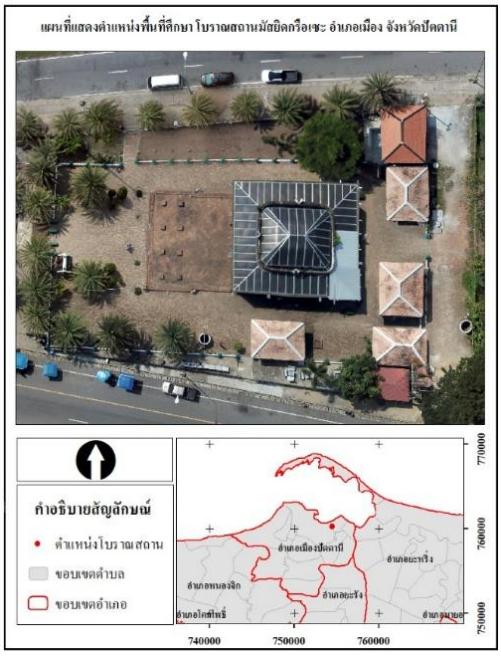
นที รุ่งผดุงเกียรติ, บุญฤทธิ์ วงศ์วาด, ศุภชัย แก้วขาว และอนุเผ่า อบแพทย์. (2561) ได้วิเคราะห์แผนการถ่ายภาพเพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยอากาศยานไร้คนขับ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับแบบ 4 ใบพัด รุ่น DJI Spark และได้วางแผนการบิน 3 รูปแบบคือ รูปแบบตารางกริดทำมุม 90 และ 45 องศา กับแกน x และแบบบินวนรอบวัตถุ โดยใช้พื้นที่ศึกษา 3 แห่งคือ ศาลาประชาคมอ่าวอุดม ลานพระพิรุณและห้องสมุดประชาชน อำเภอศรีราชา ผลการวิจัยพบว่ารูปแบบการวางแผนการบินแบบบินวนรอบวัตถุนำมาใช้สร้างแบบจำลองสามมิติได้สมบูรณ์กว่าการบินรูปแบบอื่น

ญาสุมินท์ ใจกว้าง (2563) ได้พัฒนาเทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับสำหรับการสร้างแบบจำลองสามมิติและแบบจำลองสารสนเทศอาคารของโบราณสถาน โดยมีพื้นที่ศึกษาคือพระอัฏฐารสที่ประดิษฐานอยู่ภายในวัดพระศรีมหาธาตุวรมหาวิหาร จังหวัดพิษณุโลก โดยใช้เครื่อง DJI Phantom 4 Pro แล้วทำการประมวลผลเพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยโปรแกรม Agisoft metashape จากนั้นทำการวิเคราะห์รายละเอียดของตัวอาคารด้วยโปรแกรม Autodesk Revit ผลจากการวิจัยพบว่ารูปแบบของการบินถ่ายภาพทางอากาศมีผลต่อความครบถ้วนและความถูกต้องของแบบจำลองสามมิติของโบราณสถาน

ดิศรณ์ ตัมพันธุสกุล (2564) ได้จัดทำระบบสารสนเทศออนไลน์สามมิติโดยใช้ค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์เพื่อนำเสนอข้อมูลของอาคารประเภทมรดกทางวัฒนธรรม โดยมีแบบจำลองโฟโตแกรมเมทรีสามมิติเป็นเครื่องมือในการนำเสนอ เครื่องมือที่ใช้ในการจัดทำภาพสามมิติคือ กล้องถ่ายรูป และใช้เทคนิคโฟโตแกรมเมทรีช่วย จากนั้นแสดงผลผ่านแพลทฟอร์มสำเร็จรูป Sketchfab

4. วิธีดำเนินการวิจัย

1. กำหนดหัวข้อ ขอบเขตการศึกษาและพื้นที่ศึกษา ผู้ศึกษากำหนดหัวข้อโดยเลือกศึกษาเรื่อง การสร้างแบบจำลองอาคารโบราณสถานแบบ 3 มิติ โดยใช้เทคนิคโฟโตแกรมเมทรี กรณีศึกษา : โบราณสถานมัสยิดกรือเซะ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี



ภาพที่ 1 ตำแหน่งพื้นที่ศึกษา มัสยิดกรือเซะ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี

ที่มา : ผู้วิจัย (2567)

2. รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิต่างๆ ได้แก่ สำนักวิทยาการบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี และเว็บไซต์ต่างๆ เพื่อสืบค้นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัย

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (UAV) มีดังนี้

3.1 การบินถ่ายภาพบริเวณ มัสยิดกรือเซะ (วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2567) กำหนดแนวบินด้วย 3D survey pilot application โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 การบินแบบกริดเดียว (single grid) ความสูงบินที่ 25 เมตร มุมกล้องเอียง 90 องศา และส่วนซ้อนทับการภาพถ่าย 70 เปอร์เซ็นต์ (ดังภาพที่ 2)

ภาพที่ 2 การกำหนดแนวบินแบบกริดเดียว (single grid)

ที่มา : ผู้วิจัย (2567)

3.1.2 การบินแบบวงกลม (circle) ทำการบินเก็บข้อมูลภาพถ่าย โดยรอบ ความสูงบินที่ 15 เมตร ด้วยมุมกล้องเอียง 29 องศา และเก็บภาพโดยรอบจุดศูนย์กลางทุกๆ 10 องศา (ดังภาพที่ 3)

ภาพที่ 3 การกำหนดแนวบินแบบวงกลม (circle)

ที่มา : ผู้วิจัย (2567)

3.2 การถ่ายภาพบริเวณ มัสยิดกรือเซะ โดยผู้วิจัยเป็นผู้กำหนดตำแหน่งถ่ายภาพ

ภาพที่ 4 การบันทึกรูปภาพแบบใช้บุคคลเป็นผู้ควบคุม (manual control)
ที่มา : ผู้วิจัย (2567)

3.3) ทำการบินถ่ายภาพโบราณสถานด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ตามแนวบินที่กำหนดไว้ในข้อ 3.1

4. การประมวลผลแบบจำลองสามมิติ

4.1 จัดเตรียมข้อมูลภาพที่ได้จากการบันทึกภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) และข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากการบันทึกภาพด้วย นำมาตรวจสอบความคมชัด ภาพซ้ำ และความถูกต้องของข้อมูลภาพ

4.2 ประมวลผลแบบจำลองสามมิติ ด้วยโปรแกรม Agisoft metashape ในขั้นตอนต่าง ๆ ของการประมวลผลแบบจำลองสามมิติ นำข้อมูลภาพที่ได้มาประมวลผลในโปรแกรม Agisoft metashape เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติโบราณสถาน

5. นำแบบจำลองสามมิติที่ได้จากการประมวลผลจากโปรแกรม Agisoft metashape นำมาปรับแต่งคุณสมบัติของแบบจำลองสามมิติ ในโปรแกรม Blender เพื่อให้แบบจำลองมีความคมชัดและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

6. กำหนดจุดตัวอย่าง และเก็บข้อมูลความกว้าง ความยาวของวัตถุตัวอย่าง โดยการศึกษาครั้งนี้ได้

7. เลือกวัตถุตัวอย่างทั้งหมด จำนวน 27 ตัวอย่าง จะแบ่งออกเป็น 4 บริเวณ ดังนี้ ด้านหน้าของโบราณสถาน (ทิศตะวันออก) จำนวน 7 ตัวอย่าง ด้านซ้ายของโบราณสถาน (ทิศเหนือ) จำนวน 7 ตัวอย่าง ด้านขวาของโบราณสถาน (ทิศใต้) จำนวน 7 ตัวอย่าง และ ด้านหลังของโบราณสถาน (ทิศตะวันตก) จำนวน 6 ตัวอย่าง

8. นำผลที่ได้จากแบบจำลองทั้ง 3 วิธีมาเปรียบเทียบความถูกต้องกับจุดตัวอย่าง

9. สรุปผลการศึกษา อภิปราย และเสนอแนะ และเขียนรายงานการศึกษา

5. สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาสรุปเป็นประเด็นต่างๆ ได้ดังนี้

5.1 การเก็บข้อมูลภาคสนามสำหรับการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ

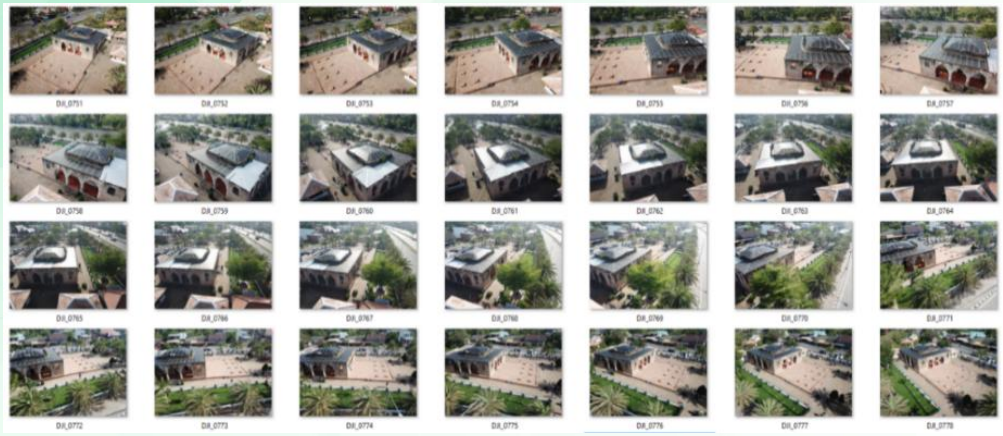
จากการเก็บข้อมูลโดยการถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ กำหนดแนวบินด้วย 3D survey pilot application ด้วยวิธีต่างๆได้ผลการศึกษา ดังนี้

5.1.1 การบินแบบกริดเดียว (single grid) ความสูงบินที่ 25 เมตร มุมกล้องเอียง 90 องศา และส่วนซ้อนทับการภาพถ่าย 70 เปอร์เซ็นต์ ได้จำนวนภาพถ่าย 112 ภาพ ภาพถ่ายทั้งหมดครอบคลุมโบราณสถานและพื้นที่ข้างเคียง เพียงพอต่อการนำมาสร้างแบบจำลองสามมิติ ภาพถ่ายมีความชัดเจนและสวยงาม (ถ่ายเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2567) (ดังภาพ 5)

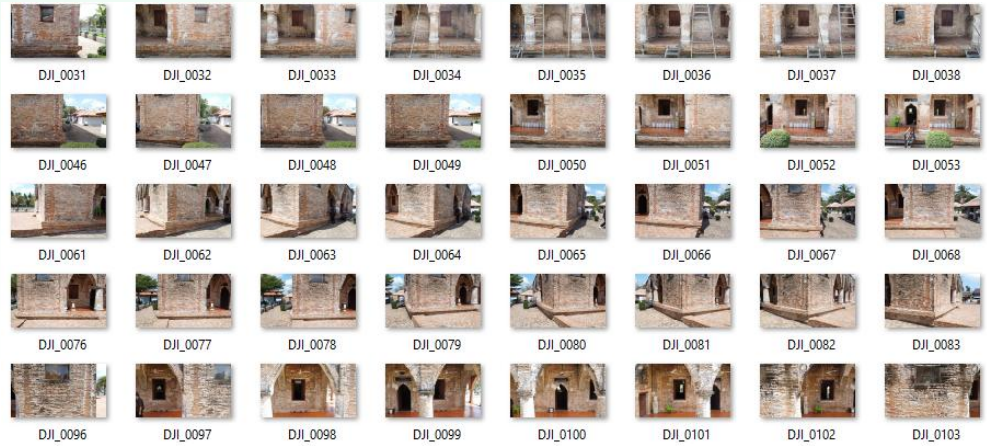
ภาพที่ 5 ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ การบินแบบกริดเดียว (single grid)
ที่มา : ผู้วิจัย (2567)

5.1.2 การบินแบบวงกลม (circle) ทำการบินเก็บข้อมูลภาพถ่าย โดยรอบ ความสูงบินที่ 15 เมตร ด้วยมุมกล้องเอียง 29 องศา และเก็บภาพโดยรอบจุดศูนย์กลางทุกๆ 10 องศา จำนวนภาพถ่าย 34 ภาพ ภาพถ่ายมีรัศมีจากศูนย์กลางโบราณสถานน้อยกว่าแบบกริดเดียว (single grid) แต่ก็ครอบคุลมโบราณสถานและเพียงพอกับการสร้างแบบจำลองสามมิติ (ถ่ายเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2567) (ดังภาพ 6)

5.1.3 การบันทึกรูปภาพแบบใช้บุคคลเป็นผู้ควบคุม (manual control) ด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ควบคู่กับขาตั้งกล้อง บันทึกรูปภาพ 2 แนว ที่ระดับความสูง 1.65 เมตร และระดับความสูง 3.05 เมตร จำนวนภาพถ่าย 134 ภาพ การเก็บข้อมูลภาพถ่ายด้วยวิธีนี้ เพื่อต้องการให้ได้ภาพที่ครอบคุลมและเห็นภาพส่วนต่างๆของโบราณสถานมากที่สุด ถึงแม้จะไม่ได้ภาพในมุมมอง top view ก็ตาม ซึ่งข้อมูลนี้ได้มีจำนวนมากและครอบคลุมบริเวณโบราณสถาน (วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2567) (ดังภาพ 7)



ภาพที่ 6 ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ การบินแบบวงกลม (circle)
ที่มา : ผู้วิจัย (2567)



ภาพที่ 7 การบันทึกรูปภาพแบบใช้บุคคลเป็นผู้ควบคุม (manual control)
ที่มา : ผู้วิจัย (2567)

5.2 ผลลัพธ์ของแบบจำลองสามมิติ

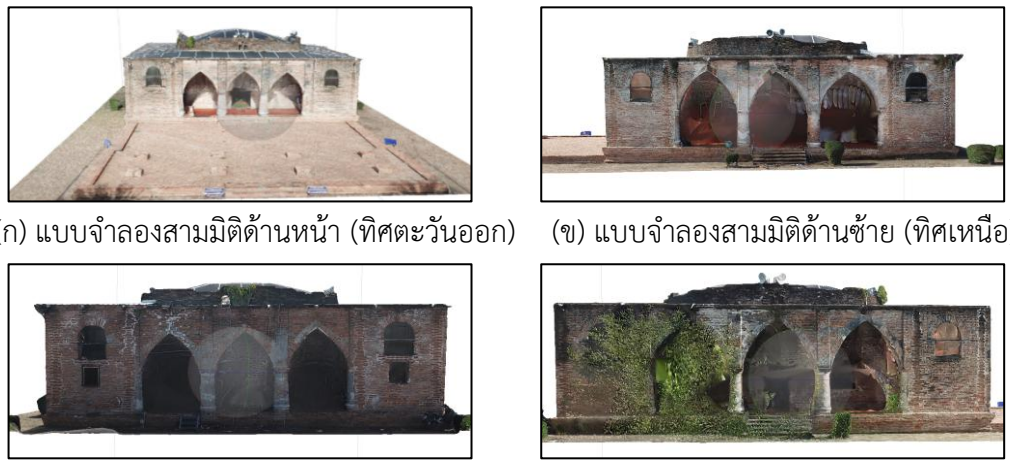
5.2.1 ผลการประมวลผลภาพสามมิติที่ได้จากการบินแบบกริดเดียว (single grid) ผลการประมวลผลแบบจำลองโดยรวมของการบินแบบกริดเดียว (single grid) จะเห็นได้ว่าแบบจำลองนั้นมีความสมบูรณ์หรือมีรายละเอียดพื้นผิวที่สามารถประมวลผลให้เกิดแบบจำลองที่มีความเสมือนจริงเพียงในแนวมุมมองด้านบน (top view) พื้นผิวทางด้านข้างทั้ง 4 ด้าน ไม่สามารถสร้างพื้นผิวที่สมบูรณ์ได้ เนื่องจากการบินแบบกริดเดียว (single grid) นั้นมุมกล้องจะทำการบันทึกภาพที่ 90 องศา ส่งผลให้ไม่สามารถบันทึกภาพพื้นผิววัตถุในแนวเอียงหรือแนวระนาบได้ ในขณะที่การสร้างภาพสามมิติ ต้องการการบันทึกภาพรอบทิศทาง โดยเฉพาะการสร้างแบบจำลองสามมิติของสิ่งก่อสร้างที่มีความซับซ้อน

(ก) แบบจำลองสามมิติด้านซ้าย (ทิศเหนือ) (ข) แบบจำลองสามมิติด้านขวา (ทิศใต้)

ภาพที่ 8 ตัวอย่างแบบจำลองสามมิติที่ได้จากการบินแบบกริดเดียว (single grid)

ที่มา : ผู้วิจัย (2567)

5.2.2 ผลการประมวลผลภาพสามมิติที่ได้จากการบินแบบวงกลม (circle) ผลการประมวลผลแบบจำลองสามมิติโดยรวมจากข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากการบินแบบวงกลม (circle) พบว่า แบบจำลองที่ได้จากผลข้อมูลชุดนี้มีความเสมือนจริงในเรื่องของโครงสร้างภายนอกและพื้นผิวโดยรวม โดยมีรายละเอียดของภาพ (resolution) เท่ากับ 7.19 mm/pixel ทั้งนี้ แบบจำลองสามมิติของข้อมูลชุดนี้ ยังมีในส่วนที่ไม่สมบูรณ์ เช่น ผนังทางด้านขวา (ทิศใต้) มีรายละเอียดของต้นไม้มาซ้อนทับผนัง เนื่องจากการบินแบบวงกลม circle ไม่สามารถบันทึกภาพใกล้วัตถุได้เท่าที่ควร มีต้นไม้บดบังทัศนะวิสัยของการบันทึกภาพ (ดังภาพที่ 9 (ง)) ผนังด้านหลัง (ทิศตะวันตก) มีรายละเอียดของความสว่างไม่เท่ากับด้านอื่นๆ เนื่องจากเวลาบันทึกรูปภาพแสงส่องกระทบผนังด้านหลังไม่เพียงพอ และรายละเอียดภายในโบราณสถานไม่สมบูรณ์ เนื่องจากมุมกล้องของการบันทึกภาพรวมถึงรายละเอียดของภาพไม่เพียงพอต่อการประมวลผล แบบจำลองสามมิติในมุมด้านบน (top view) มีความสมบูรณ์ของโครงสร้างและรายละเอียดของโบราณสถานมัสยิดกรือเซะ ในการประมวลผลครั้งนี้ได้ลบข้อมูลในส่วนที่มีปัญหาออก เพื่อให้สามารถสร้างแบบจำลองสามมิติ ที่มีลักษณะเหมือนของจริงมากที่สุด



(ก) แบบจำลองสามมิติด้านหน้า (ทิศตะวันออก) (ข) แบบจำลองสามมิติด้านซ้าย (ทิศเหนือ)

(ค) แบบจำลองสามมิติด้านหลัง (ทิศตะวันตก) (ง) แบบจำลองสามมิติด้านขวา (ทิศใต้)

ภาพที่ 9 แบบจำลองสามมิติที่ได้จากการบินแบบวงกลม (circle)

ที่มา : ผู้วิจัย (2567)

5.2.3 การบันทึกรูปภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับแบบใช้บุคคลเป็นผู้ควบคุม (manual control) ทำการบันทึกภาพทั้งหมด 134 ภาพผลการประมวลผลแบบจำลองโดยรวมของการบันทึกรูปภาพแบบใช้บุคคลเป็นผู้ควบคุม (manual control) พบว่าแบบจำลองสามมิติของการบันทึกภาพลักษณะนี้ประมวลผลได้ดีในเรื่องรายละเอียดพื้นผิวต่าง ๆ มีความคมชัดในระดับที่สามารถเห็นรายละเอียดได้คมชัดกว่าการประมวลผลของการกำหนดแนวบินด้วย 3D survey pilot application เนื่องจากการบันทึกด้วยวิธีนี้ สามารถบันทึกในระยะใกล้วัตถุได้ ทำให้ข้อมูลมีรายละเอียดต่อจุดภาพที่ละเอียด การประมวลผลครั้งนี้มีข้อบกพร่องเนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของความสูงในการบันทึกข้อมูลรูปภาพ จึงทำให้ไม่สามารถบันทึกรูปภาพในส่วนของหลังคาหรือในมุมสูงของวัตถุไม่สามารถบันทึกรูปภาพได้ ส่งผลให้แบบจำลองสามมิติเกิดความไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร

(ก) แบบจำลองสามมิติด้านหน้า (ทิศตะวันออก)

(ข) แบบจำลองสามมิติด้านขวา (ทิศใต้)

(ค) แบบจำลองสามมิติด้านหลัง (ทิศตะวันตก)

(ง) แบบจำลองสามมิติด้านซ้าย (ทิศเหนือ)

(จ) แบบจำลองสามมิติมุม top viwe (หลังคา)

ภาพที่ 10 แบบจำลองสามมิติที่ได้จากการใช้บุคคลเป็นผู้ควบคุม (manual control)
ที่มา : ผู้วิจัย (2567)

5.2.4 การเปรียบเทียบแบบจำลองและวัตถุจริง

ผลจากการสร้างแบบจำลองสามมิติของข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ (UAV) 3 วิธีคือ การบินรูปแบบกริดเดียว (single grid) มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเทียบกับอีกสองวิธี

รองลงมาคือการบินรูปแบบวงกลม (circle) และการบันทึกรูปภาพแบบใช้บุคคลเป็นผู้ควบคุม (manual control) มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด (รายละเอียดแต่ละจุดดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองสามมิติกับระยะทางที่วัดได้จริงของจุดตัวอย่าง

ทิศ	คำอธิบายตำแหน่ง	ระยะที่วัดจริง (cm)	ระยะจากแบบจำลอง (cm)		
			วิธี Single grid	วิธี Circle	วิธี Manual Control
ด้านหน้าโบราณสถาน (ทิศตะวันออก)	ก้อนอิฐหน้า แถว 9 คอลัมภ์ 2	4.95 x 31.50	-	4.55 x 29.9	4.25 x 29.90
	บันได แถว2	328.5	325	322	326
	ก้อนอิฐสี่เหลี่ยม แถว 2 ตัว 2 ซ้าย	66.5	65.1	68.7	68.2
	ลาน ก้อนอิฐข้างซ้าย ข้างสุด	10.20 x 23.80	8.84 x 19.9	10 x 22.2	-
	ลาน ก้อนอิฐบันได ตัวที่2 ซ้าย	14.5 x 24.8	13.3 x 25.9	13.2 x 26.5	-
	ลาน ก้อนอิฐข้างขวา ข้างสุด	10.1 x 23.3	7.7 x 21.9	9.6 x 23.9	-
	เสา ตัวโค้งด้านใน แท่งที่ 3	42.6	-	-	43.8
ด้านซ้ายของโบราณสถาน (ทิศเหนือ)	ก้อนอิฐซ้ายแถว 4	17.15 x 29.50	16.8 x 27.5	17.47 x 30	17.60 x 29.50
	ประตูใหญ่ ซ้าย	115	-	110	112
	ก้อนอิฐแถว2 ตัว 2	17.65 x 28.45	15.7 x 28.3	14.4 x 28.7	17.50 x 28.10
	กระเบื้องโมเสก แถว 2 ตัวที่ 3	29.3 x 29.3	-	27.9 x 27.9	-
	เสาตัวหน้า วัดด้านซ้าย แท่งที่ 1	8.9 x 60	-	8.3 x 58.6	8.74 x 61.7
	เสา ตัวโค้งด้านใน แท่งที่ 1	42	-	-	44.5
	อิฐข้างล่าง หน้าสุดตัวแรกแถว 2	26.9	-	27.5	25.8
ด้านขวาของโบราณสถาน (ทิศใต้)	ก้อนอิฐนั่ง แถว 2 ขวา	14.50 x 29.85	-	16.2 x 26.4	15.20 x 29.5
	หน้าต่างบานแรก ขวา	107.5	-	107	107
	อิฐผนัง ข้างหลัง แถว 9 สมบูรณ์	6.4 x 25.2	-	-	6.64 x 25.3
	อิฐนั่งข้างเสาด้านหลัง ตัวที่ 2	5.6 x 27.3	-	-	5.69 x 27.7
	เสาตัวแรก แนวตั้ง	10.5	-	13.3	9.92
	อิฐผนังแถว 8 ตัวที่ 3 ด้านหน้า	4.5 x 29.8	-	5 x 29.7	4.62 x 29.7
	อิฐผนัง แถว 6 ตัวที่ 2 หน้าสุด	8 x 29.8	-	7.6 x 29.3	8.17 x 29.8
ด้านหลังของโบราณสถาน (ทิศตะวันตก)	ด้านหลังช่องขวา	220	-	216	217
	ช่องหน้าต่างกระจกด้านขวา	83.5 x 70		90 x 68	81.1 x 68.2
	อิฐนั่งแถว 6 ตัวแรก	7.7 x 18.7		-	-
	กรอบหน้าต่างด้านขวา	105.5		-	104
	เสาด้านขวา	9x 63		-	9.4 x 64.2
	อิฐข้างท่อแถว 3 ตัวที่ 2	4.5 x 18.5			4.8 x 18.8

*หมายเหตุ : เครื่องหมาย “ - ” หมายถึงวัตถุหรือพื้นผิวที่ไม่สามารถวัดได้จากแบบจำลองสามิติ

6. อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการใช้เทคนิคทางโฟโตแกรมเมทรี เพื่อสร้างแบบจำลอง 3 มิติโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับบินถ่าย 3 แบบคือ บินแบบกริดเดียว (single grid) บินแบบวงกลม (circle) และถ่ายภาพโดยใช้บุคคลเป็นผู้ควบคุม (manual control) ซึ่งงานวิจัยนี้มีบางส่วนที่สอดคล้องกับงานของ นที รุ่งผดุงเกียรติ, บุญฤทธิ์ วงศ์วาด, ศุภชัย แก้วขาว และอนุเผ่า อบแพทย์. (2561) ที่ใช้อากาศยานไร้คนขับแบบ 4 ใบพัด รุ่น DJI Spark และได้วางแผนการบิน 3 รูปแบบคือ รูปแบบตารางกริดทำมุม 90 และ 45 องศา กับแกน x และแบบบินวนรอบวัตถุ โดยรูปแบบการบินที่เหมือนกันคือ การบินแบบกริดที่ทำมุม 90 องศาและการบินที่เป็นแบบวงกลม แต่ผลของแบบจำลองได้ผลที่แตกต่างกันทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความสูงของการบิน มุมที่ใช้ในการบิน โปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลและสภาพแวดล้อมของสถานที่ศึกษาทำให้ผลการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ดีที่สุดคือวิธีการแบบใช้บุคคลเป็นผู้ควบคุมในขณะที่แบบจำลองของ นที รุ่งผดุงเกียรติที่ดีที่สุดคือแบบวงกลม และประเด็นการวางแผนการบินที่แตกต่างกัน จะให้ผลของแบบจำลองที่แตกต่างกันก็สอดคล้องกับข้อสรุปของงานวิจัยของ ญาสุมินท์ ใจกว้าง (2563) ที่ทดลองสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถาน ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ และพบว่ารูปแบบของการบินถ่ายภาพทางอากาศมีผลต่อความครบถ้วนและความถูกต้องของแบบจำลองสามมิติของโบราณสถาน

ในประเด็นของการใช้เทคนิคทางโฟโตแกรมเมทรี มาช่วยในการสร้างแบบจำลอง มีความสอดคล้องกับงานของดิศรณ์ ตัมพันธุสกุล (2564) ได้จัดทำระบบสารสนเทศออนไลน์สามมิติโดยใช้ค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์เพื่อนำเสนอข้อมูลของอาคารประเภทมรดกทางวัฒนธรรม โดยมีแบบจำลองโฟโตแกรมเมทรีสามมิติเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยทั้งสองที่เหมือนกันคือ แบบจำลองสามมิติ เพียงแต่งานวิจัยทั้งสองต่างกันในประเด็น เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกภาพ และโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลภาพสามมิติ

7. ข้อเสนอแนะและการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การวางแผนการบินสำหรับการบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ต้องคำนึงสภาพอากาศ แสงที่ส่องกระทบวัตถุขณะทำการสำรวจถ่ายภาพ เนื่องจากต้องบินในพื้นที่ที่มีแสงสว่างเพียงพอ และช่วงเวลาในการบิน นอกจากนี้ควรคำนึงถึงความปลอดภัยในการบินสำรวจ ที่อาจเกิดจากนักท่องเที่ยว คนในชุมชน ต้นไม้และสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ที่อยู่บริเวณรอบพื้นที่ทำการบิน

2. ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจนำวิธีการบินทั้ง 3 วิธีประกอบกับการทบทวนเอกสารเพิ่มเติมเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียเพื่อมาปรับใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อให้มีความสมบูรณ์ และถูกต้องมากที่สุด

3. ผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลอง ส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการนำเสนอข้อมูลการท่องเที่ยวบนเว็บไซต์ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ไม่สามารถเดินทางมาเยี่ยมชมสถานที่จริงได้ และเป็นแหล่งสารสนเทศในการศึกษาค้นคว้า ข้อมูลทางโบราณสถาน หรือแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ ได้อีกทางหนึ่ง

8. เอกสารอ้างอิง

ญาสุมินท์ ใจกว้าง. (2563). การสร้างแบบจำลองสามมิติของโบราณสถานสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคารโบราณสถาน (H-BIM) ด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ. [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. สาขาวิชาภูมิศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ฐานข้อมูลท้องถิ่นภาคใต้. (2561). *มัสยิดกรือเซะ (Krue Se Mosque)* สืบค้นจาก https://clib.psu.ac.th/southerninfo/content/1/c4bf5914

ดิศรณ์ ตัมพันธุสกุล. (2564). *การจัดทำระบบสารสนเทศสามมิติโดยใช้ค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ เพื่อนำเสนอข้อมูลของอาคารประเภทมรดกทางวัฒนธรรม* [สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. สาขาวิชาสถาปัตยกรรม, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

นที รุ่งผดุงเกียรติ, บุญฤทธิ์ วงศ์วาด, ศุภชัย แก้วขาว และอนุเผ่า อบแพทย์. (2561). *การวิเคราะห์แผนการถ่ายภาพเพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติด้วยอากาศยานไร้คนขับ.* การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 15 ตามรอยพระยุคลบาท เกษตรศาสตร์ กำแพงแสน

นิศาชล จำนงศรี. (2566). *การอนุรักษ์สารสนเทศดิจิทัล (Digital Preservation).* สืบค้นจาก https://issuu.com/aokrubz/docs/digital_preservation

มูลนิธิโครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน.(2555).*แบบจำลองสามมิติ (Three-dimensional model)* สืบค้นจาก https://www.saranukromthai.or.th/index2.php

TERRAIN PRO SURVEY & CONSTRUCTION. (2024).*Terrain Surcon*. สืบค้นจาก https://sites.google.com/site/terrainsurcon/keiyw-kab-websit