

การพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์ 3 มิติ เพื่อการอนุรักษ์โบราณสถานของศาลเจ้าโรงเกือก : กรณีศึกษาการประเมินผลกระทบจากอุทกภัย

The Development of Building Information Modeling (BIM) with 3D Laser Scanner for Rong Kueak Shrine Conservation: A Case Study of Flood Impact Assessment

ปรีฉัตร จันทะแสน^{1*} และฐิติรัตน์ ปันบำรุงกิจ¹

Parichart Chanthasaen^{1*} and Thitirat Panbamrungkij¹

Received: October 16, 2024; Revised: November 15, 2024; Accepted: November 26, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติเพื่อการอนุรักษ์โบราณสถานของศาลเจ้าโรงเกือก กรณีศึกษาการประเมินผลกระทบจากอุทกภัย เนื่องจากปัจจุบันศาลเจ้าโรงเกือก แขวงตลาดน้อย เขตสัมพันธวงศ์ กรุงเทพมหานคร กำลังประสบปัญหาการทรุดโทรมและมีปัญหาน้ำท่วมซ้ำบ่อยครั้ง ผู้วิจัยจึงจัดทำแบบจำลองสารสนเทศอาคาร เพื่อการเก็บข้อมูลรูปแบบสามมิติด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติ ผลลัพธ์ที่ได้ข้อมูลมีความถูกต้องเท่ากับ 2.9 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ในระดับความถูกต้องที่เชื่อถือได้ตามเกณฑ์งานสำรวจชั้น 3 ตามมาตรฐานของ FGCC1989 จากนั้นผู้วิจัยจึงนำข้อมูลมาพัฒนาเป็นแบบจำลองสารสนเทศอาคารโดยมีมาตรฐานรายละเอียดของแบบจำลองที่ระดับ (LOD.200) ซึ่งสามารถแสดงโครงสร้างทั่วไปของอาคาร มาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขและข้อมูลน้ำท่วมซ้ำจากสำนักกระแสน้ำกรุงเทพมหานคร ซึ่งแบ่งเป็น 5 ระดับ คือ 0.1 0.3 0.5 0.8 และ 1 เมตร โดยอ้างอิงจากข้อมูลหุ้ดงรอบที่มีค่าระดับความสูงต่ำสุดในพื้นที่ศึกษาเพื่อใช้ในการประมาณค่าความเสียหายที่เกิดขึ้น ผลการศึกษาพบว่าที่ระดับ 0.1 เมตร พื้นที่เสียหายมีขนาด 197.79 ตร.ม. ระดับน้ำ 0.3 เมตร พื้นที่เสียหายมีขนาด 477.43 ตร.ม. และที่ระดับน้ำ 0.5 0.8 และ 1 เมตร พื้นที่เสียหายเท่ากันรวมพื้นที่ประมาณ 987.33 ตร.ม. ค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นที่ระดับ 0.1 เมตร เท่ากับ 44,502.75 บาท ที่ระดับ 0.3 และ 0.5 เมตร เพิ่มขึ้นจากระดับ 0.1 เมตร ประมาณ 41.43 % และ 832.58 % จากนั้นความเสียหายจะคงที่จนถึงที่ระดับน้ำท่วม 0.8 เมตร และเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 902.78 % จากระดับ 1 เมตร เนื่องจากการประมาณราคาของงานระบบไฟฟ้าที่เพิ่มเข้ามา โดยข้อมูลประมาณค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นสามารถนำไปวางแผนเพื่อปรับปรุง ก่อสร้างหรือซ่อมแซมให้กับเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลหรืองานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ รวมถึงการวางแผนการป้องกันเพื่อการอนุรักษ์โบราณสถานได้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ : เครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติ; จุดพิกัดสามมิติ; แบบจำลองสารสนเทศอาคาร

¹ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹ Faculty of Arts, Chulalongkorn University

* Corresponding Author, Tel. 0 2218 4825, E - mail: thitirat.pa@chula.ac.th

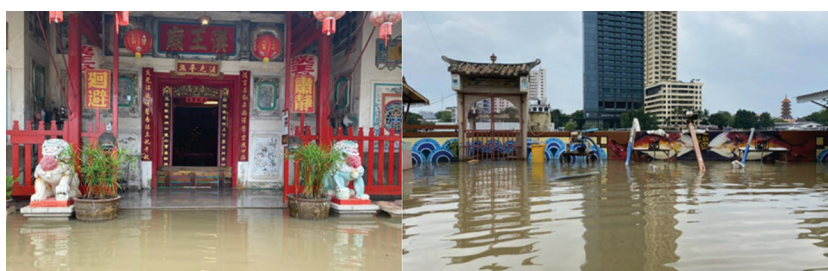
Abstract

This research focused on the development of Building Information Modeling (BIM) with a 3D laser scanner for the conservation of Rong Kueak Shrine, focusing on a flood impact assessment case study: The Rong Kueak Shrine, situated in Talat Noi, Samphanthawong District, Bangkok that had been experiencing deterioration exacerbated by recurrent flooding. Thus, a BIM model was created by acquiring data through 3D laser scanning, which produced a highly accurate 3D point cloud, with a precision level of 2.9 mm. The data collected were subsequently utilized to construct a BIM model with a Level of Detail (LOD) of 200. Analysis was conducted in conjunction with Digital Elevation Model (DEM) data and flood data provided by the Bangkok Metropolitan Drainage Department, simulating flood levels of 0.1, 0.3, 0.5, 0.8, and 0.5 m., referencing the lowest elevation benchmarks within the study area to estimate potential damages. The assessment evaluated the extent of damage sustained by Rong Kueak Shrine to estimate the associated repair costs. Results revealed that at a flood level of 0.1 m, the damaged area encompassed 197.79 sq.m. At 0.3 m., the damage expanded to 477.43 sq.m. For flood levels of 0.5, 0.8, and 1 m., the damage affected totaling approximately 987.33 sq.m. The estimated damage cost at 0.1 m. was 44,502.75 THB, increasing by approximately 41.43 % and 832.58 % at 0.3 and 0.5 m., respectively. The damage cost remained constant until the 0.8 m. level and increased by approximately 902.78 % at the 1 m. level due to the added cost of electrical system repairs. The calculated damage costs can be used to plan improvements, construction, or repairs by responsible authorities or related parties. Additionally, this information supports the development of preventive measures and strategies for the enhanced conservation of the heritage site.

Keywords: 3D Laser Scanning; Point Cloud; BIM

บทนำ

ศาลเจ้าโรงเกือกเป็นศาสนสถานสำคัญที่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ วัฒนธรรม และเป็นศูนย์รวมจิตใจแห่งหนึ่งของชุมชนในย่านตลาดน้อยซึ่งเป็ย่านประวัติศาสตร์ที่สำคัญของกรุงเทพมหานคร ปัจจุบันศาลเจ้าโรงเกือกกำลังทรุดโทรมจากกระบวนการทางธรรมชาติซึ่งมีสาเหตุมาจากอุทกภัย โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกหนักหรือฝนตกติดต่อกันเป็นเวลานาน ประกอบกับน้ำล้นตลิ่งและการขยายตัวของเมืองทำให้มีสิ่งปลูกสร้างหนาแน่น ส่งผลให้พื้นที่โดยรอบศาลเจ้าโรงเกือกระบายน้ำไม่ทันเกิดน้ำท่วมขัง เข้าเอ่อล้นพื้นที่เกือบทุกปี ดังรูปที่ 1 ดังนั้นการอนุรักษ์และฟื้นฟูศาสนสถานแห่งนี้จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากและจำเป็นต้องมีการสำรวจองค์ประกอบเชิงโครงสร้างดั้งเดิมเพื่อเป็นแนวทางในการอนุรักษ์และการหาวัสดุทดแทนที่ใกล้เคียงวัสดุดั้งเดิมมากที่สุด



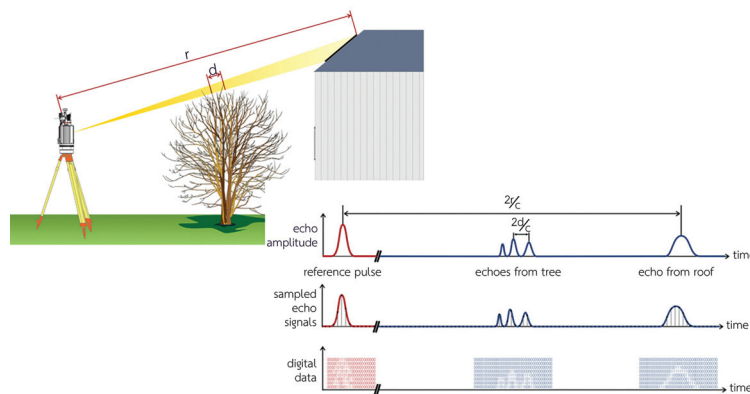
รูปที่ 1 น้ำท่วมขังบริเวณศาลเจ้าโรงเกือก ปี พ.ศ. 2564 (Thai PBS News, 2021)

ปัจจุบันเทคโนโลยีการสำรวจเก็บข้อมูลด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติ (3D Laser Scanning) ที่มีบทบาทมากขึ้นในการอนุรักษ์โบราณสถาน เพราะสามารถเก็บข้อมูลในรูปแบบจุดพิภักสามมิติ (Point Cloud) ของวัตถุ อาคาร หรือพื้นที่ที่ต้องการเพื่อนำมาจำลองเป็นภาพสามมิติทำให้กระบวนการอนุรักษ์สามารถทำได้สะดวก รวดเร็วและแม่นยำ โดยการสำรวจจริงวัดที่ไม่ต้องสัมผัสกับอาคารหรือพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวและชำรุดเสียหายง่าย ข้อมูลที่ได้จากเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติสามารถนำมาพัฒนาเป็นแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modelling: BIM) ที่สามารถใส่องค์ประกอบเพื่อสร้างแบบจำลองเสมือนของอาคาร จากนั้นจึงแสดงผลออกมาในรูปแบบสองมิติและสามมิติ ข้อมูลที่ได้จาก BIM จะนำมาแบ่งแยกองค์ประกอบอาคารและจัดประเภทข้อมูลได้อย่างชัดเจน โดยการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติในระบบสารสนเทศอาคารจากเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติ และเพื่อทดสอบการประเมินผลกระทบของอุทกภัยจากข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคารของศาลเจ้าโรงเกือก ซึ่งจากผลการศึกษาสามารถคาดการณ์ความเสียหายที่เกิดขึ้น รวมถึงการวางแผนการป้องกัน และเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบมาตรการป้องกันน้ำท่วม เช่น การยกระดับพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม หรือการออกแบบเส้นทางระบายน้ำที่เหมาะสมในอนาคตได้

แนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักการทำงานของเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติ

การทำงานของเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิตินั้นมีหลักการวัดอยู่สองแกน ได้แก่ แกนราบ (Horizontal) และ แกนตั้ง (Vertical) ของกล้อง โดยมีจุดกำเนิดเลเซอร์เป็นจุดศูนย์กลางในการใช้อ้างอิงตำแหน่งวัตถุที่ถูกตกกระทบทั้งหมด ซึ่งสามารถคำนวณตำแหน่งได้จากองค์ประกอบสามประการ คือ มุมราบ มุมตั้ง และระยะทางจากจุดกำเนิดไปยังวัตถุ สำหรับการคำนวณมุมราบและมุมตั้งนั้นอ้างอิงจากมุมในการหมุนของแกนราบและแกนตั้งของกล้องแต่การวัดระยะทางของเครื่องเลเซอร์สแกนภาคพื้นดินไปยังวัตถุนั้นอาศัยหลักการสามรูปแบบ คือ การวัดระยะเวลาของแสงเลเซอร์ (Pulse Round Trip Time) การวัดความต่างเฟสของคลื่น (Phase Shift Measurement) และการรังวัดสามเหลี่ยม (Triangulation) เป็นต้น ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การทำงานของเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติ (Peifer and Bries, 2007)

สำหรับหลักการทำงานของเครื่องเลเซอร์สแกนภาคพื้นดินที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จะอาศัยหลักการวัดระยะทางด้วยเวลาของการเดินทางแสงเลเซอร์ด้วยสมการที่ (1)

$$r = c \cdot \Delta t / 2 \quad (1)$$

โดยที่

r คือ ระยะทางที่เลเซอร์เดินทางไปยังวัตถุ

c คือ ความเร็วแสงที่ 299,792,458 m/s

t คือ เวลาที่แสงเลเซอร์ใช้ในการเดินทางไปและกลับ

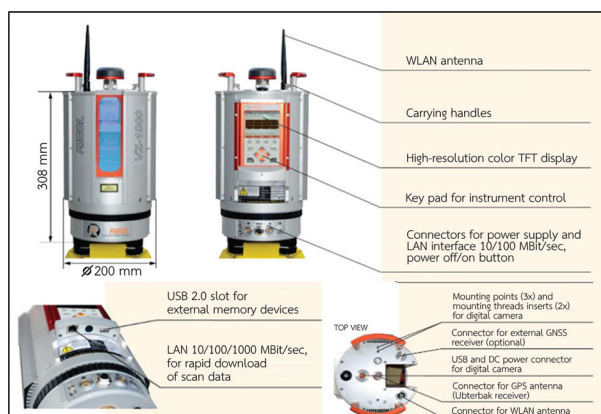
การเก็บข้อมูลของเครื่องเลเซอร์สแกนภาคพื้นดิน การปล่อยคลื่นเลเซอร์ออกไปแต่ละครั้งอาจกระทบวัตถุมากกว่า 1 วัตถุ เช่น การกระทบขอบผนังอาคารแล้วสะท้อนกลับเป็นคลื่นแรก คลื่นบางส่วนทะลุผ่านไปกระทบใบไม้สะท้อนวัตถุด้านหลังตามมาเป็นคลื่นที่สองและคลื่นที่สาม ตามลำดับ หากปล่อยคลื่นออกไปยังทิศทางที่ไม่มีวัตถุตั้งอยู่หรือไกลเกินกว่าที่กล้องจะตรวจจับได้จุดบริเวณนั้นก็จะไม่มีข้อมูล

การตั้งเครื่องเลเซอร์สแกนภาคพื้นดินต้องพิจารณาหลายปัจจัยในการเก็บข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์และถูกต้องมากที่สุด เริ่มจากการวางตำแหน่งเครื่องเลเซอร์สแกนภาคพื้นดินควรตั้งอยู่ในตำแหน่งที่มีมุมมองครอบคลุมวัตถุหรือพื้นที่ที่ต้องการสแกน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนและต้องใช้หลายตำแหน่งเพื่อหลีกเลี่ยงจุดบอดที่เลเซอร์ไม่สามารถเข้าถึงได้ ระดับความสูงของกล้องควรคำนึงถึงความสามารถในการสแกนส่วนบนและส่วนล่างของวัตถุด้วย เช่น การตั้งกล้องในระดับสายตาหรือระดับที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่เป้าหมาย เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้ทั้งส่วนบนและส่วนล่างของพื้นที่ได้ครบถ้วน นอกจากนี้ การวางตำแหน่งเครื่องเลเซอร์สแกนภาคพื้นดินให้เกิดการทับซ้อนของจุดสแกนระหว่างการสแกนในตำแหน่งต่าง ๆ จะช่วยให้การรวมข้อมูลในขั้นตอนการประมวลผลมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น และความเสถียรของกล้องเป็นปัจจัยสำคัญในการป้องกันการสั่นสะเทือนหรือการเคลื่อนไหวระหว่างการสแกนเก็บข้อมูล ซึ่งจะช่วยลดการเกิดข้อผิดพลาด และผลลัพธ์มีความถูกต้องสูง รวมไปถึงข้อมูลมีความคมชัดตามสภาพพื้นที่มากที่สุด

แม้ว่าเครื่องเลเซอร์สแกนภาคพื้นดินจะมีข้อดีมากมายแต่ยังมีข้อจำกัดที่ต้องพิจารณา ในกรณีที่พื้นที่สำรวจมีสิ่งกีดขวางหรือบดบัง อาจทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ครบถ้วน เช่น เฟอร์นิเจอร์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่อยู่ตามผนังอาคาร เป็นต้น นอกจากนี้พื้นผิวที่มีการสะท้อนแสงสูง เช่น กระจกหรือโลหะ มักทำให้ข้อมูลที่ได้อาจมีความผิดพลาดอีกประการหนึ่งคือ ค่าใช้จ่ายของเครื่องเลเซอร์สแกนภาคพื้นดินที่ค่อนข้างสูง และขนาดของอุปกรณ์ค่อนข้างใหญ่ อาจทำให้การเคลื่อนย้ายในพื้นที่บางแห่งทำได้ยาก รวมไปถึงการใช้งานต่อเนื่องอาจต้องใช้พลังงานสูงในการทำงาน จึงจำเป็นต้องมีแหล่งพลังงานเพิ่มเติมในการทำงานในระยะเวลาสั้น

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาวิจัยนี้ใช้ RIEGL VZ1000 เป็นเครื่องเลเซอร์สแกนภาคพื้นดินความเร็วสูงจากประเทศออสเตรีย ประเภท Noncontact Class 1 ที่มีความปลอดภัยกับดวงตา ซึ่งถูกออกแบบสำหรับการทำงานสำรวจภูมิประเทศ เหมือนโบราณคดีและมรดกทางวัฒนธรรม รวมทั้งงานด้านการตรวจสอบติดตาม โดยมีความละเอียดถูกต้องแม่นยำสูง และมีขนาดกระทัดรัด น้ำหนักเบาและสามารถสแกนเก็บข้อมูลต่อเนื่องได้นานสูงสุด 5 ชั่วโมง อีกทั้งสามารถทำงานได้ง่ายแม้ในพื้นที่ที่มีข้อจำกัด รวมทั้งในสภาพอากาศที่ไม่เอื้ออำนวย เครื่องเลเซอร์สแกนภาคพื้นดิน RIEGL VZ1000 มาพร้อมกับเครื่องรับสัญญาณ GNSS ในตัวพร้อมเสาอากาศ และกล้องดิจิทัล NIKON D700 ที่มีความละเอียด 12.1 ล้านพิกเซล ซึ่งระยะการสแกนตั้งแต่ 2.5 เมตรถึง 1,400 เมตร มุมการสแกนทางราบ 360° และทางดิ่ง 100° มีความถูกต้อง 0.8 มิลลิเมตร และแม่นยำ 0.5 มิลลิเมตร (RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, 2012) ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติ RIEGL VZ1000 (RIEGL Laser Measurement Systems GmbH, 2012)

หลักการและกระบวนการของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

ปัจจุบันแบบจำลองข้อมูลสารสนเทศอาคารหรือ BIM กำลังเป็นที่นิยมมากขึ้นในอุตสาหกรรมสถาปัตยกรรม วิศวกรรม การก่อสร้าง ซึ่ง BIM จะสะท้อนสภาพของอาคารที่สร้างขึ้นจริงทั้งการแบ่งส่วนและการจัดประเภทของข้อมูล โดยใช้ Point Cloud ซึ่งกระบวนการนี้เป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากขั้นตอนเดิมนั้นใช้เวลานานและมีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย โดยการทำงานของ BIM คือ การสร้างแบบจำลองอาคาร (Building Model) จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์และจะทำการเก็บข้อมูลแบบจำลองพร้อมทั้งข้อมูลสารสนเทศ รวมไปถึงฐานข้อมูลกลางของระบบ โดยแบบจำลองจะประกอบขึ้นจากองค์ประกอบต่าง ๆ ของอาคาร (Building Component) เช่น พื้น ผนัง เสา ฝ้า ประตู-หน้าต่าง และข้อมูลด้านกราฟิก เช่น ขนาด สี และวัสดุ รวมไปถึงข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิก เช่น ข้อมูลผู้ผลิต รุ่น และราคา เป็นต้น และ BIM สามารถแสดงผลแบบจำลองอาคารให้อยู่ในรูปแบบของมุมมอง (View) ที่เหมาะสมตามการใช้งาน เช่น มุมมองแบบสองมิติ ประกอบไปด้วย พื้น รูปด้าน และรูปตัด ส่วนมุมมองแบบสามมิติ ประกอบด้วย รูปทัศนียภาพ และรูป Isometric และสามารถแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ ของแบบจำลองอาคาร เช่น ปริมาณวัสดุ และพื้นที่ใช้สอย (The Association of Siamese Architects Under Royal Patronage, 2015)

การกำหนดมาตรฐานสำหรับการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร เพื่อกำหนดข้อมูลและรายละเอียดของอาคาร เนื่องจากในปัจจุบันมีซอฟต์แวร์ที่หลากหลายในการทำงาน การจัดเก็บไฟล์ข้อมูลที่ต่างกันส่งผลให้ไม่สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ในปัจจุบันมีการพัฒนาซอฟต์แวร์ซึ่งมีแนวคิดมาจากแบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อนำมาใช้ในงานก่อสร้าง ตัวอย่างเช่น Autodesk Revit ArchiCAD และ Tekla Structures มาตรฐานรายละเอียดขององค์ประกอบอาคารของแบบจำลองสารสนเทศอาคารเรียกว่า LOD หรือ (Level of Development) หมายถึงการกำหนดระดับความละเอียดขององค์ประกอบอาคารและแบบจำลองอาคาร รวมทั้งข้อมูลสารสนเทศที่ประกอบให้สอดคล้องกับการทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ สำหรับงานออกแบบทางสถาปัตยกรรม โดยมาตรฐานนี้จะกำหนดค่าเป็นตัวเลข เช่น LOD 100 LOD 200 LOD 300 เป็นต้น หมายถึงการกำหนดขั้นตอนการทำงาน เช่น ขั้นตอนแนวความคิดในการออกแบบ (Conceptual Design) ขั้นตอนพัฒนาแบบ (Design Development) โดยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำ BIM ไปใช้ในการทำงานออกแบบสถาปัตยกรรม และเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ในการศึกษารั้วนี้ใช้ค่ามาตรฐาน LOD เท่ากับ 200 เนื่องจากสามารถให้รายละเอียดขององค์ประกอบโครงสร้างอาคารได้ครบถ้วน เช่น รูปร่าง ขนาด และตำแหน่งขององค์ประกอบอาคาร เป็นต้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันแบบจำลองสามมิติได้ถูกพัฒนาขึ้นเป็นจำนวนมาก เนื่องจากแบบจำลองสามารถนำเสนอมุมมองที่ทำให้เห็นภาพเสมือนจริง รวมทั้งความเข้าใจในรูปทรงและสภาพพื้นที่จริงได้มากกว่าภาพสองมิติ มีประโยชน์เป็นอย่างมากกับงานทางด้านสถาปัตยกรรมที่เกี่ยวกับรูปร่างรูปทรงที่มีรายละเอียดและความซับซ้อนสูงรวมทั้งมีความสวยงามอีกด้วย

ในประเทศจีนได้ประยุกต์การสแกนด้วยเลเซอร์แบบภาคพื้นดินในการสร้างแบบจำลองสามมิติของชุมชนดั้งเดิมเพื่อศึกษาหมู่บ้านเฟิงหวง พบว่าเทคนิคการสแกนด้วยเลเซอร์ภาคพื้นดินมีความเหมาะสมเป็นอย่างมากในการการสำรวจการทำแผนที่ และการสร้างแบบจำลอง เนื่องจากมีข้อดีของการวัดแบบไม่สัมผัสกับวัตถุ อีกทั้งยังสามารถตรวจจับวัตถุที่ซับซ้อนได้อย่างแม่นยำ และการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งกระบวนการของการใช้การสแกนด้วยเลเซอร์เพื่อให้ได้ข้อมูลทางสถาปัตยกรรมเพื่อแสดงผลจากการก่อสร้างแบบจำลอง (Lin et al., 2021) เช่นเดียวกับในประเทศจีน หมู่บ้าน HEXINWU เป็นหนึ่งในหมู่บ้าน Hakka โบราณที่มีชื่อเสียงและสำคัญที่สุด ศึกษากระบวนการบันทึกมรดกทางสถาปัตยกรรมของจีนตั้งแต่การใช้เทคนิคการสำรวจสถานที่หลายครั้งจนถึง BIM ในขั้นตอนสุดท้าย ผลการศึกษาดูอธิบายวิธีการสำรวจที่แม่นยำและจัดทำข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีการสแกน เช่น ระบบ Terrestrial Laser Scan (TLS) และอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) วิธีการสำรวจรวมถึงเทคนิคต่าง ๆ เช่น การเก็บข้อมูล การประมวลผลข้อมูล การรวมข้อมูลและการนำเสนอที่เหมาะสม รวมถึงการสร้างแบบจำลอง BIM จาก Point Cloud แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการรวบรวมและบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอาคารได้เป็นอย่างดี ดังนั้นจึงมีประโยชน์เป็นอย่างมากสำหรับการนำเสนอข้อมูลหมู่บ้านโบราณรวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้กับบริบทมรดกทางวัฒนธรรมอื่น ๆ ที่มีองค์ประกอบที่ซับซ้อน และการประยุกต์ใช้งานร่วมกับข้อมูลทางภูมิศาสตร์อื่น ๆ สามารถเสนอแผนการท่องเที่ยวและการอนุรักษ์มรดกทางสถาปัตยกรรมในอนาคตได้ (Lin et al., 2020)

อย่างไรก็ตาม การสร้างแบบจำลองข้อมูลอาคารไม่ได้จำกัดเฉพาะอาคารเท่านั้น การประยุกต์เทคโนโลยี BIM กับงานโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ถนน เขื่อน สะพาน เครือข่ายการสื่อสาร ระบบน้ำเสีย และอุโมงค์ เป็นต้น เช่น การใช้เทคโนโลยี BIM สำหรับงานโครงสร้างสะพานยุคกลางที่มีความซับซ้อนในเมืองเลกโก ประเทศอิตาลี โดยการใช้เลเซอร์สแกนและรูปภาพควบคู่ไปกับการพัฒนาอัลกอริทึมที่สามารถจัดการกับรูปร่างที่ไม่สม่ำเสมอและซับซ้อนสูงของสะพาน ทำให้การสร้างองค์ประกอบของสะพานและการกำหนดพารามิเตอร์ขึ้นสูงประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ BIM ที่มีความถูกต้องตรงกับสภาพสะพานจริง พบว่าข้อมูล BIM สามารถให้รายละเอียดได้ครบถ้วนพร้อมความสัมพันธ์ของวัตถุและข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Barazzetti et al., 2016) สำหรับการนำเทคโนโลยีสแกนวัตถุสามมิติมาประยุกต์ใช้ร่วมกับงานด้านอื่น ๆ ก็เป็นที่นิยมเช่นกัน เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้มีความละเอียด ถูกต้องสูง รวมทั้งช่วยลดเวลาในการทำงาน เช่น เปรียบเทียบความแตกต่างของการรังวัดปริมาตรดินและถ่านหินในเมืองแม่เมาะโดยใช้การรังวัดด้วยเครื่องเลเซอร์สแกนภาคพื้นดินซึ่งเป็นวิธีการรังวัดที่มีความถูกต้องสูงและใช้ตรวจสอบปริมาตรการขุดดินและถ่านหินของเหมืองแม่เมาะในปัจจุบันเปรียบเทียบกับวิธีการรังวัดด้วยอากาศยานไร้คนขับ ที่ใช้หลักการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานแบบปีกตรึง (Fix Wing) รุ่น Wingtra One ประมวลผลแบบ Post Processing Kinematic (PPK) พร้อมหมดควบคุมภาพถ่ายทางอากาศ โดยผลของการเปรียบเทียบค่าแตกต่างของการรังวัดปริมาตรในพื้นที่ตัวอย่าง 3 พื้นที่ บริเวณเขตบ่อเหมืองแม่เมาะ พบว่าปริมาตรที่รังวัดได้หารด้วยขนาดพื้นที่แตกต่างกันในระดับไม่เกิน 8 เซนติเมตร ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการรังวัดเก็บรายละเอียดที่ไม่ต้องการความละเอียดถูกต้องสูงมากได้ โดยประหยัดเวลาการทำงานภาคสนามและเพิ่มพื้นที่การรังวัดในแต่ละวันได้กว้างมากยิ่งขึ้น (Lokham et al., 2021)

ในประเทศไทยการประยุกต์เทคโนโลยีสแกนเลเซอร์สามมิติกับแบบจำลองสารสนเทศอาคารก็เป็นที่นิยมเช่นเดียวกัน โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารวิเคราะห์เวลาในการอพยพหนีไฟออกจากอาคารเพื่อจัดทำแนวทางการปรับปรุงเส้นทางหนีไฟสำหรับแต่ละพื้นที่ภายในอาคารให้เป็นไปตามกฎกระทรวงและมาตรฐานการออกแบบเส้นทางหนีไฟ (มยผ. 8301) โดยกรมโยธาธิการและผังเมือง (Sangchan and Panchana, 2018) และอีกงานวิจัยได้มุ่งเน้นศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling: BIM) ที่เป็นกระบวนการซึ่งสามารถควบคุมการทำงาน โดยการสร้างความเข้าใจร่วมกันของผู้ร่วมงาน ในกระบวนการออกแบบและการก่อสร้าง รวมถึงศึกษากระบวนการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อนำไปสู่การเสนอแนวทางการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารในการดำเนินงานและซ่อมแซมบำรุงรักษาอาคาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเตรียมข้อมูลอาคารและแบบก่อสร้างจริงที่ใช้ในการบำรุงรักษาอาคารให้มีประสิทธิภาพ สามารถลดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการซ่อมแซมผิดตำแหน่งและลดระยะเวลาในการเตรียมข้อมูล ผลการศึกษาพบว่าการประยุกต์แบบจำลองสารสนเทศอาคารนั้นเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการออกแบบและการก่อสร้าง ช่วยเพิ่มความชัดเจนในการอ่านแบบก่อสร้างและหน้างานจริงได้ถูกต้องตรงตามแบบมากยิ่งขึ้น (Janudom, 2017)

การวิเคราะห์ด้านอุทกภัยในประเทศไทย มีเกณฑ์การประเมินหลัก ๆ ที่นิยมอยู่ 2 เกณฑ์คือ LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ซึ่งเป็นที่ยอมรับทั่วโลกจากสหรัฐอเมริกา และ TREES (Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability) หรือเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทยจากสถาบันอาคารเขียวไทย รวมทั้งการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA) เพื่อแก้ปัญหาระบายน้ำได้อย่างทันท่วงทีและไม่เกิดน้ำท่วมขังในพื้นที่ โดยให้นำแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ด้วยโปรแกรม Revit ซึ่งภายในจะมีโปรแกรมเสริม Dynamo ที่มีความสามารถในการดึงข้อมูลจากแบบจำลองมาใช้ในการคำนวณข้อมูลทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน และสามารถคำนวณปริมาณน้ำฝนไหลหลากได้อย่างอัตโนมัติ ดังนั้นข้อมูลจากแบบจำลองสารสนเทศอาคารสามารถนำมาใช้วิเคราะห์หรือเปรียบเทียบกับข้อมูลส่วนอื่น ๆ เช่น การคำนวณมือ การใช้ตาราง Microsoft Excel หรือการใช้โปรแกรมเฉพาะทาง (SWMM, WinSLAMM, Autodesk Storm and Sanitary) จากการศึกษาวิจัยพบว่าแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) เป็นเครื่องมือที่เข้ามาแก้ไขความซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ทำให้งานออกแบบนำข้อมูลไปใช้ต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Watcharamethakul and Sreshthaputra, 2020)

วิธีดำเนินการวิจัย

กรอบแนวคิดในงานวิจัย เครื่องมือที่ใช้และวิธีการดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่าง ๆ สำหรับการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติเพื่อการอนุรักษ์โบราณสถานของศาลเจ้าโรงเกือก กรณีศึกษาการประเมินผลกระทบจากอุทกภัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การศึกษาทบทวน แนวคิด ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติ (3D Laser Scanning) พ้อยท์คลาวด์ (Point Cloud) แบบจำลองสารสนเทศอาคาร หรือ BIM (Building Information Modelling) และวรรณกรรมที่ประยุกต์ใช้เครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติ (3D Laser Scanning) เป็นต้น
2. การสร้างหมุดหลักฐานในพื้นที่โครงการเพื่อใช้ในการอ้างอิงตำแหน่งพิกัดทางราบและทางตั้ง ด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS และการทำวงรอบและระดับเพื่อหาค่าพิกัดทางราบและทางตั้ง
3. การเก็บสำรวจรายละเอียดข้อมูลบริเวณโบราณสถานศาลเจ้าโรงเกือก จากเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติ (3D Laser Scanning)
4. การนำเข้าข้อมูลที่ได้จากการเก็บสำรวจมาประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อจัดทำเป็นแบบจำลองสารสนเทศอาคาร หรือ BIM (Building Information Modelling)
5. การทดสอบการประเมินผลกระทบของอุทกภัยจากข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ของศาลเจ้าโรงเกือก
6. สรุปผลการศึกษา

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้แบ่งได้เป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นข้อมูลที่ผู้วิจัยทำการสำรวจเองในภาคสนาม ได้แก่ ข้อมูลภาพถ่ายบริเวณศาลเจ้าโรงเกือก ทั้งภายนอกและภายในอาคารทั้งหมดที่ได้จากการสำรวจด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติ ส่วนที่สองเป็นข้อมูลน้ำท่วมขัง จากสำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร

2. ขอบเขตดำเนินงานสำรวจ การสำรวจจริงวัดและวิเคราะห์ประมวลผลข้อมูลจากสแกนเลเซอร์สามมิติ ประกอบด้วย 4 ส่วนหลักดังต่อไปนี้

2.1 การจัดทำหมุดหลักฐานควบคุมทางราบและทางตั้ง (Bench Mark) ดำเนินการวางตำแหน่งหมุดควบคุมโดยฝังหมุดนอตสแตนเลสไว้บนพื้นคอนกรีต การสร้างหมุดควบคุมถาวรจะพิจารณาสร้างในบริเวณที่ไม่เสี่ยงต่อการเป็นอุปสรรคหรือถูกทำลาย เพื่อไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนในทางตำแหน่งในการเก็บข้อมูล

2.2 การสำรวจเชื่อมโยงค่าพิกัดตำแหน่ง หมุดหลักฐานถาวรด้วยเครื่องหาพิกัดด้วยสัญญาณดาวเทียม (GNSS) โดยทำการเชื่อมโยงค่าพิกัดออกจากหมุดหลักฐานแผนที่ของกรมเจ้าท่า ด้วยเครื่องหาพิกัดด้วยสัญญาณดาวเทียม (GNSS) ที่ใช้รังวัดงานยี่ห้อเดซี โดยใช้วิธีรังวัดแบบสถิต (Static Surveying) ไปยังหมุดหลักฐานถาวรที่ได้จัดสร้างไว้ รังวัดพร้อมกันทั้งสามเครื่องเป็นโครงข่ายสามเหลี่ยม ระยะเวลาทำการรังวัดหมุดละไม่ต่ำกว่า 1 ชั่วโมง แล้ววิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Post Processing ค่าพิกัดที่คำนวณได้ต้องมีค่าพิกัดทางยี่ห้อเดซี (Geodetic Coordinates) และค่าพิกัดยูทีเอ็มกริด (Universal Transverse Mercator) บนพื้นหลักฐานสากล WGS 84 (World Geodetic System 1984) และค่าระดับ (Elevation) พื้นหลักฐานอ้างอิงจากพื้นผิวระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level) โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ดังนี้

2.3 งานวงรอบจะเป็นสำรวจหาค่าพิกัดทางราบ (Easting และ Northing) ของหมุดอ้างอิง โดยมีระยะทางวงรอบเท่ากับ 417 เมตร ค่าความผิดพลาดเชิงมุมเท่ากับ 23.96 วินาที ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าที่ยอมรับได้ที่ 49.75 วินาที ดังตารางที่ 1

2.4 งานระดับจะเป็นการสำรวจเพื่อหาค่าพิกัดทางตั้ง หรือเรียกว่า ค่าระดับ (Elevation) ของจุดใด ๆ ที่ต้องการทราบค่า โดยจุดที่มีค่าระดับอ้างอิง โดยการอ้างอิงจากหมุดระดับของกรมเจ้าท่า โดยถ่ายค่าระดับไปยังหมุดหมายเลข 118 และจุดที่หมายเลข 118 ระยะทางรวมเท่ากับ 480.06 เมตร ค่าความถูกต้องของงานระดับจะต้องไม่เกิน 12√K โดยที่ K คือระยะทางที่ทำการเดินระดับ โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับเท่ากับ 0.15 มิลลิเมตร ซึ่งดีกว่าค่าที่ยอมรับได้ที่ค่าเท่ากับ 8.314 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 รายการคำนวณวงรอบ

ERROR Of ANGLE	23.96 Sec.	ERROR In NORTH	0.009 m.			
ALLOWABLE ERROR	49.75 Sec	ERROR In EAST	-0.004 m.			
Correction/Angle	2.27 Sec	Closure Distance	0.0103 m.			
Precision Ratio	1 : 40677	Total Distance	417.202			
Station	OBS.Angle	Azimuth	OBS. Dist	Adj. North	Adj. East	Station
203		315 00 18.31				203
202	208 25 25.50	343 25 41.63	86.319	1518621.326	663640.086	202
115	100 14 01.00	263 39 40.45	44.506	1518704.058	663615.467	115
116	190 30 21.50	274 09 59.78	67.142	1518699.143	663571.234	116
117	141 52 46.50	236 02 44.10	23.363	1518704.020	663504.270	117
118	102 16 14.50	158 18 56.42	29.422	1518690.970	663484.891	118
119	128 00 23.00	106 19 17.24	48.593	1518663.630	663495.763	119
120	246 00 01.25	172 19 16.31	14.942	1518649.973	663542.398	120
121	101 52 29.75	94 11 43.88	55.049	1518635.164	663544.395	121
122	91 57 05.75	06 08 47.46	30.829	1518631.136	663599.297	122
123	243 02 15.50	69 11 00.78	17.037	1518661.787	663602.598	123
109	243 37 49.50	132 48 48.10		1518667.841	663618.523	109
201						201

ตารางที่ 2 รายการคำนวณระดับ

Station	Distance (M.)	Cumulative Distance (M.)	Differential in elevation (M.)	Unadjusted Elevation (M.)	Correction (M.)	Adjusted Elevation (M.)
118			1.57700		1.57700	
119	30.1	30.1	1.00122	2.57822	-0.00001	2.57823
120	48.6	78.7	-0.49355	2.08467	-0.00002	2.08469
121	20.2	98.9	-0.12566	1.95901	-0.00003	1.95904
122	55.0	153.9	0.01079	1.96980	-0.00005	1.96985
123	30.8	184.7	-0.07840	1.89140	-0.00006	1.89146
109	19.0	203.8	-0.11962	1.77178	-0.00006	1.77184
201	17.8	221.5	0.06083	1.83261	-0.00007	1.83268
202	36.0	257.5	-0.16230	1.67031	-0.00008	1.67039
203	36.0	293.6	0.16195	1.83226	-0.00009	1.83235
115	51.3	344.8	0.00841	1.84067	-0.00011	1.84078
116	44.5	389.4	-0.05200	1.78867	-0.00012	1.78879
117	67.4	456.7	0.04520	1.83387	-0.00014	1.83401
118-R	23.3	480.1	-0.25702	1.57685	-0.00015	1.57700
Total distance			480.06 m.			
Error			0.00015 m.			
Allovable Error			8.314 mm.			

การสำรวจเก็บข้อมูลด้วยสแกนเลเซอร์สามมิติ การสำรวจเก็บรายละเอียดลักษณะข้อมูลทางกายภาพ บริเวณศาลเจ้าโรงเกือก ทั้งภายนอกและภายในอาคารทั้งหมด เพื่อให้ทราบถึงสภาพอาคาร ลักษณะรูปร่าง รูปทรงต่าง ๆ ของอาคาร โดยการตั้งเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติกระจายรอบพื้นที่บริเวณศาลเจ้าโรงเกือก เพื่อให้ได้ข้อมูลจุดพิกัดสามมิติ (Point Clouds) และภาพสีเสมือนจริง (True Color) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ข้อมูลพิกัดจุดสามมิติบริเวณศาลเจ้าโรงเกือก

การประมวลผลข้อมูลพิกัดจุดสามมิติด้วยโปรแกรม RiScan Pro จะเป็นการเชื่อมต่อรวบรวมข้อมูล สแกนดังกล่าวทั้งหมด เข้าด้วยกัน (Register) โดยใช้วิธีการตั้งเป้าแบบ Finescanned Reflector โดยใช้หมุดควบคุม ในพื้นที่วิจัยทั้งหมดจำนวน 12 ครั้ง อยู่รอบ ๆ พื้นที่ และใช้วิธี Multistation Adjustment (MSA) ในบริเวณข้างใน อาคารศาลเจ้าโรงเกือก และบริเวณพื้นที่แคบและจำกัด ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีที่ออกแบบมาสำหรับแก้ปัญหาในพื้นที่มี ข้อจำกัดในการตั้งเป้า จะใช้การคำนวณพื้นผิวของ Point Cloud ของข้อมูลสแกนที่ทราบตำแหน่งพิกัดแน่นอนเป็นตัวอ้างอิง และคำนวณชุดข้อมูลตำแหน่ง Point Cloud จากข้อมูลสแกนที่ยังไม่ทราบพิกัดเข้าด้วยกัน โดยการจับกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะพื้นผิวคล้ายกัน จากข้อมูลสำรวจเก็บข้อมูลมาจำนวน 124 ครั้ง หากรวมทั้งสองวิธีเท่ากับ 136 ครั้ง ในการเก็บข้อมูลสแกน โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 2.9 มิลลิเมตร

3. การประมวลผลข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM)

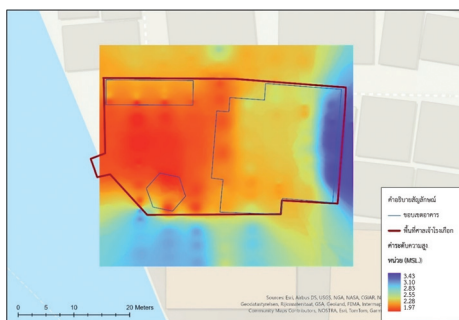
สำหรับการประมวลผลข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคาร จะใช้ข้อมูล Point Cloud ที่ได้จากการสำรวจ โดยในการศึกษานี้จะใช้ซอฟต์แวร์ Autodesk Revit 2023 ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับการทำงานร่วมกับการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) และเลือกประเภทของงานเป็นแบบงานสถาปัตยกรรม (Architecture) ผู้วิจัย จะกำหนดมาตรฐานรายละเอียดของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร LOD เท่ากับ 200 ซึ่งเป็นองค์ประกอบของแบบจำลอง ที่ถูกสร้างเป็นแบบทั่วไป โดยมีปริมาณ ขนาด รูปร่าง ตำแหน่ง และทิศทางแบบประมาณ ในการสร้างแบบจำลอง ใน Autodesk Revit 2023

สำหรับการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 2 มิติ ในซอฟต์แวร์ Autodesk Revit 2023 จะแบ่ง การสร้างกลุ่ม Elements ออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ๆ ดังนี้ 1) Model Elements เป็นองค์ประกอบประเภทวัตถุสามมิติ เช่น ผนัง (Walls) หน้าต่าง (Windows) ประตู (Doors) หลังคา (Roofs) และเสา (Column) เป็นต้น โดย Model Elements จะต้องสร้างขึ้นใหม่ เนื่องจากลักษณะของอาคารศาลเจ้าโรงเกือกมีลักษณะที่เฉพาะ ไม่มีรูปแบบเหมือน งานอาคารทั่วไป 2) Datum Elements เป็นองค์ประกอบสำหรับใช้ในการกำหนดสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ของโปรเจก โดยจะประกอบด้วยเส้นแนวกริด (Grids) เส้นบอกระดับ (Levels) และระนาบอ้างอิง (Reference Planes) เป็นต้น และ 3) View - Specific Elements เป็นองค์ประกอบของวัตถุที่เป็นคำอธิบายและวัตถุประเภทสองมิติ โดยจะแสดงผลเฉพาะในมุมมองที่ Elements นั้น ๆ ถูกใส่ลงไปและจะไม่ส่งผลกระทบต่อมุมมองอื่น ๆ เช่น เส้นบอกระยะ (Dimensions) สัญลักษณ์ประกอบแบบ (Tags) และ 2D Detail Components เป็นต้น

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร 3 มิติ สามารถแสดงผลได้หลากหลายมุมมอง เช่น รูปทัศนียภาพ รูปแบบ Isometric หรือสามารถอัปโหลดข้อมูลไว้ใน Autodesk Drive ซึ่งเป็นฟังก์ชันเสริมที่มีในซอฟต์แวร์ Autodesk Revit โดยจะแสดงผลข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่มีรายละเอียดครบถ้วน ทั้งในรูปแบบ 3 มิติ แบบแปลนพื้น แปลนอาคาร รูปด้าน และรูปตัดขวาง

4. การประเมินผลกระทบของอุทกภัยจากข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM)

ในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินผลกระทบของอุทกภัยที่เกิดขึ้น โดยการรวบรวมปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลน้ำท่วมซึ่ง แสดงสภาพน้ำท่วมระดับความสูงจากพื้น มีหน่วยเป็นเซนติเมตร และข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติและข้อมูลระดับอ้างอิงจากหมุดวงรอบในพื้นที่โครงการโดยกำหนดความละเอียดเชิงพื้นที่ 0.1×0.1 เมตร ดังรูปที่ 5 เพื่อดูผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยจะจำลองระดับน้ำท่วมซึ่งเป็น 5 ระดับ คือ 0.1 0.3 0.5 0.8 และ 1 เมตร ตามลำดับ โดยระดับ 0.1 เมตร มาจากข้อมูลท่วมขังต่ำสุดระดับ 0.3 เมตร มาจากค่าเฉลี่ยน้ำท่วมขังในช่วงปี พ.ศ. 2554 - 2564 ระดับ 0.5 เมตร มาจากข้อมูลน้ำท่วมขังสูงสุดที่มีการบันทึก ในปี พ.ศ. 2554 ของบริเวณศาลเจ้าโรงเกือกและระดับ 0.8 และ 1 เมตร เป็นระดับน้ำท่วมที่ผู้วิจัยคาดการณ์น้ำท่วมที่อาจจะเกิดขึ้นเพื่อประเมินความเสียหายที่เพิ่มขึ้นอย่างละเอียดและวิเคราะห์แนวโน้มความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นรวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับองค์ประกอบของอาคารศาลเจ้าโรงเกือกสำหรับการจำลองระดับความสูงของน้ำท่วมโดยวิเคราะห์จากหมุดวงรอบในพื้นที่โครงการ เพื่อเป็นจุดอ้างอิงความสูงของแบบจำลอง และจัดทำเป็นแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) โดยเลือกตำแหน่งอ้างอิงจากหมุดวงรอบในพื้นที่โครงการเพื่อประเมินผลกระทบความเสียหายที่เกิดขึ้นกับตัวอาคารศาลเจ้าโรงเกือก



รูปที่ 5 แบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) บริเวณศาลเจ้าโรงเกือก

5. การประมาณราคาจากความเสียหาย

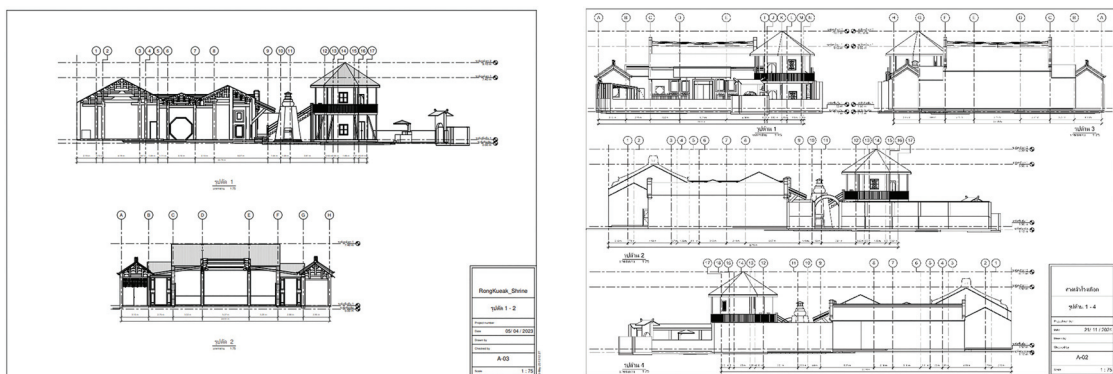
การประมาณราคาจากความเสียหายจากแบบจำลองระดับความสูงของน้ำท่วมร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคารบริเวณศาลเจ้าโรงเกือก โดยนำข้อมูลความเสียหายที่เกิดขึ้นกับอาคารศาลเจ้าโรงเกือกมาประมาณราคาเพื่อใช้ในการประมาณค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นรวมถึงการวางแผนเพื่อปรับปรุง ก่อสร้าง ซ่อมแซม หรือรื้อถอนบริเวณศาลเจ้าโรงเกือก โดยผู้วิจัยจะทำการสร้างตารางถอดปริมาณ (Scheduling the Building Model) เพื่อถอดปริมาณของวัสดุหรือรายละเอียดของวัตถุต่าง ๆ ที่เกิดความเสียหายจากอุทกภัย โดยข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบไฟล์ Excel สำหรับการประมาณราคาก่อสร้าง ผู้วิจัยจะใช้หลักเกณฑ์การคำนวณจากราคากลางงานก่อสร้างของทางราชการ โดยอ้างอิงราคาจากกรมบัญชีกลาง ปี พ.ศ. 2567 ในการคำนวณประมาณราคาของศาลเจ้าโรงเกือกเป็นเพียงการประมาณราคาก่อสร้างเบื้องต้นเท่านั้น เนื่องจากการประมาณราคาของอาคารโบราณสถานจะสูงกว่าการประมาณราคาก่อสร้างทั่วไปซึ่งมีกระบวนการที่มีความซับซ้อนและแตกต่างจากการประมาณราคาสำหรับโครงการก่อสร้างทั่วไป เนื่องจากอาคารโบราณสถานมีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ ศิลปะ และวัฒนธรรม กระบวนการดังกล่าวมักต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางและข้อมูลที่ละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างเดิม วัสดุ และเทคนิคที่ใช้ในอดีต ซึ่งการกำหนดต้นทุนของราคาวัสดุเฉพาะอาจสูงกว่าวัสดุทั่วไป

ผลการศึกษา

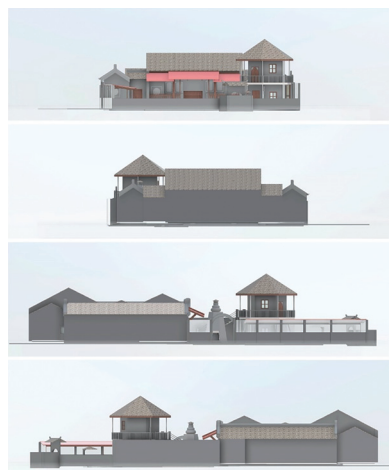
จากการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติเพื่อการอนุรักษ์โบราณสถานของศาลเจ้าโรงเกือก กรณีศึกษาการประเมินผลกระทบจากอุทกภัย สามารถสรุปผลการศึกษาโดยใช้พื้นฐานแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 มาอภิปรายผลได้ดังต่อไปนี้

1. การประมวลผลแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) จากข้อมูลเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติ

การประมวลผลแบบจำลอง BIM จากข้อมูลเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติ พบว่าข้อมูลพิกัดจุดสามมิติจากการประมวลผลมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 2.9 มิลลิเมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์งานสำรวจชั้น 3 ซึ่งเป็นเกณฑ์มาตรฐานของงานสำรวจเพื่อการก่อสร้าง ข้อมูลที่ได้จากการเก็บสำรวจเพียงพอที่จะนำมาประมวลผลเพื่อจัดทำแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่มาตรฐานรายละเอียดของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร LOD เท่ากับ 200 ซึ่งเป็นองค์ประกอบของแบบจำลองที่ถูกสร้างเพื่อเป็นแบบทั่วไป โดยมีปริมาณ ขนาด รูปร่าง ตำแหน่ง และทิศทางแบบประมาณ ผลลัพธ์ที่ได้ของแบบจำลองสารสนเทศอาคารนั้น ข้อมูลมีรายละเอียดครบถ้วนตามมาตรฐาน LOD โดยสามารถแสดงผลในมุมมอง 2 มิติ และ 3 มิติ ในรูปแบบแปลน (Plan) รูปด้าน (Elevation) และรูปตัด (Section) โดยมุมมองทุก ๆ มุมมองนั้นจะมีความเชื่อมโยงและสัมพันธ์กัน อีกทั้งในการทำงานสามารถกำหนดสภาพแวดล้อมของโครงการไปพร้อม ๆ กันได้ รวมถึงการกำหนดวัสดุ (Materials) เพื่อการแสดงผลขององค์ประกอบที่มีความแตกต่างกันของอาคารให้มีความชัดเจนและตรงตามสภาพจริงของศาลเจ้าโรงเกือกมากยิ่งขึ้น โดยสามารถแสดงผลในมุมมอง 2 มิติ ดังรูปที่ 6 และในมุมมอง 3 มิติ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 แบบรูปตัดขวาง (Section) และแบบรูปด้าน (Elevation) บริเวณศาลเจ้าโรงเกือก

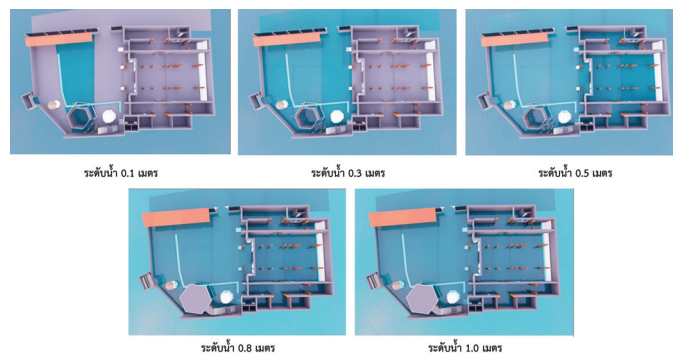


รูปที่ 7 แบบจำลองสารสนเทศอาคาร 3 มิติของศาลเจ้าโรงเกือก

2. การประเมินผลกระทบของอุทกภัยจากข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

2.1 การจำลองระดับความสูงของการเกิดอุทกภัย จากการจำลองระดับความสูงของน้ำท่วมร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคารบริเวณศาลเจ้าโรงเกือก พบว่าที่ระดับน้ำท่วม 0.1 เมตร บริเวณศาลเจ้าโรงเกือกจะมีน้ำท่วมขังเล็กน้อย เนื่องจากพื้นที่ลานหน้าศาลเจ้าโรงเกือกมีลักษณะเป็นแอ่ง โดยจากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) พบว่าบริเวณนี้เป็นจุดที่มีค่าระดับต่ำสุดในบริเวณพื้นที่ศาลเจ้า โดยมีค่าระดับอยู่ที่ประมาณ

1.4 - 1.7 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่ระดับน้ำท่วม 0.3 เมตร พบว่าบริเวณลานหน้าศาลเจ้าโรงเกือกทั้งหมด น้ำท่วมจนถึงทางเข้าอาคารศาลเจ้าโรงเกือก รวมทั้งบริเวณถนนตรอกถนนศาลเจ้าโรงเกือกด้วยที่ระดับน้ำท่วม 0.5 เมตร พบว่าน้ำท่วมซังทุกพื้นที่ในบริเวณศาลเจ้าโรงเกือก รวมทั้งเข้าไปในบริเวณอาคารศาลเจ้า ซึ่งเป็นพื้นที่สำหรับประกอบพิธีทางศาสนาเป็นหลัก โดยองค์ประกอบของอาคารศาลเจ้าโรงเกือกส่วนใหญ่จะสร้างมาจากไม้ เช่น เสา คาน หน้าต่าง ประตู เป็นต้น เมื่อมีน้ำท่วมซังวัสดุเหล่านี้จะเกิดความเสียหายได้ง่าย สำหรับงานระบบไฟฟ้า ภายในศาลเจ้าจะติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าไว้ที่ตำแหน่งค่อนข้างสูงเช่น ตำแหน่งปลั๊กไฟและสวิตช์ไฟ (Switch) จะอยู่ที่ระดับ 1.2 - 1.5 เมตร ซึ่งไม่ก่อให้เกิดความเสียหายจากน้ำท่วม และที่ระดับน้ำท่วม 0.8 เมตร และ 1 เมตร ความเสียหายที่เกิดขึ้นจะเท่ากับระดับน้ำท่วมที่ 0.5 เมตร ซึ่งมีความต่างเพียงระดับน้ำที่เข้ามาในพื้นที่สูงขึ้น แต่องค์ประกอบความเสียหายมีปริมาณเท่าเดิม ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แบบจำลองระดับความสูงของน้ำท่วม

2.2 การประมาณราคาจากความเสียหาย การประมาณราคาจากความเสียหาย จากแบบจำลองระดับความสูงของน้ำท่วมร่วมกับแบบจำลองสารสนเทศอาคารบริเวณศาลเจ้าโรงเกือกโดยนำข้อมูลความเสียหายที่เกิดขึ้นกับอาคารศาลเจ้าโรงเกือกมาประมาณราคาเพื่อใช้ในการประมาณค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นรวมถึงการวางแผนเพื่อปรับปรุง ก่อสร้าง ซ่อมแซม หรือรื้อถอนบริเวณศาลเจ้าโรงเกือก โดยผู้วิจัยจะทำการสร้างตารางถอดปริมาณ (Scheduling the Building Model) เพื่อถอดปริมาณของวัสดุหรือรายละเอียดของวัสดุต่าง ๆ ที่เกิดความเสียหายจากอุทกภัย โดยข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบไฟล์ Excel สำหรับการประมาณราคากลางก่อสร้าง ผู้วิจัยจะใช้หลักเกณฑ์การคำนวณจากราคากลางงานก่อสร้างของทางราชการโดยอ้างอิงราคาจากกรมบัญชีกลาง ปี พ.ศ. 2567 โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3 - 5

ตารางที่ 3 การประมาณราคาความเสียหายที่ระดับน้ำท่วม 0.1 เมตร

รายการ	ตารางการประมาณค่าใช้จ่ายเบื้องต้น						ราคารวม
	จำนวน	หน่วย	ราคาค่าวัสดุ		ราคาค่าแรง		
			ต่อหน่วย	รวม	ต่อหน่วย	รวม	
พื้นคอนกรีต	197.79	ตร.ม.	125	24,723.75	100	19,779	44,502.75

ตารางที่ 4 การประมาณราคาความเสียหายที่ระดับน้ำท่วม 0.3 เมตร

รายการ	ตารางการประมาณค่าใช้จ่ายเบื้องต้น						ราคารวม
	จำนวน	หน่วย	ราคาค่าวัสดุ		ราคาค่าแรง		
			ต่อหน่วย	รวม	ต่อหน่วย	รวม	
พื้นคอนกรีต	477.43	ตร.ม.	125	59,678.75	100	47,743	107,421.75

ตารางที่ 5 การประมาณราคาความเสียหายที่ระดับน้ำท่วม 0.5 - 0.8 เมตร

รายการ	ตารางการประมาณค่าใช้จ่ายเบื้องต้น						ราคารวม (บาท)
	จำนวน	หน่วย	ราคาค่าวัสดุ		ราคาค่าแรง		
			ต่อหน่วย	รวม	ต่อหน่วย	รวม	
พื้นคอนกรีต	477.43	ตร.ม.	125	59,678.75	100	47,743	107,421.75
พื้นกระเบื้อง	395.38	ตร.ม	235	92,914.30	300	118,614	211,528.30
เสาไม้สัก ขนาด Ø 0.36	31.7	ตร.ม	50	1,587.08	34	1,079.22	2,666.30
เสาไม้สักเหลี่ยม 0.3 x 0.3 m.	12.96	ตร.ม	50	648.00	34	440.64	1,088.64
ประตูบานเปิดเดี่ยววงกบ UPVC	6	บาน	-	220.00	-	-	220
ประตูบานเปิดเดี่ยววงกบไม้	2.05	ตร.ม	50	102.50	34	69.70	172.20
ประตูไม้บานคู่ ขนาด1.30 x 2.00 m.	5.2	ตร.ม	50	260.00	34	176.80	436.80
ประตูไม้บานคู่ ขนาด 3.00 x4.00 m.	24	ตร.ม	50	1,200.00	34	816.00	2,016.00
ประตูไม้บานคู่ ขนาด 3.30 x 2.4 m.	15.84	ตร.ม	50	792.00	34	538.56	1,330.56
ประตูไม้บานคู่ ขนาด 3.30 x 2.3 m.	15.18	ตร.ม	50	759.00	34	516.12	1,275.12
ผนังคอนกรีต	641.89	ตร.ม	36	23,108.04	30	19,256.70	40,364.74
รวมราคาประมาณ							370,521.41

สำหรับการประมาณราคาความเสียหายที่ระดับน้ำท่วม 1.0 เมตร ผู้วิจัยจะประมาณราคางานระบบไฟฟ้าเพิ่มเข้ามา ถึงแม้ว่าที่ระดับน้ำท่วมขัง 1.0 เมตร จะไม่กระทบถึงตำแหน่งของระบบไฟภายในอาคารศาลเจ้า แต่การที่มีน้ำท่วมขังสูงอาจก่อให้เกิดอันตรายหรือการชำรุดของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ จึงควรพิจารณาการประมาณค่าความเสียหายในส่วนนี้ด้วย เพื่อที่จะวิเคราะห์ความเสียหายได้ใกล้เคียงกับสภาพจริงในอนาคตที่อาจเกิดขึ้นได้ในกรณีต้องซ่อมแซมงานระบบไฟฟ้าด้วย ซึ่งสามารถประมาณราคาได้ดังตารางที่ 6

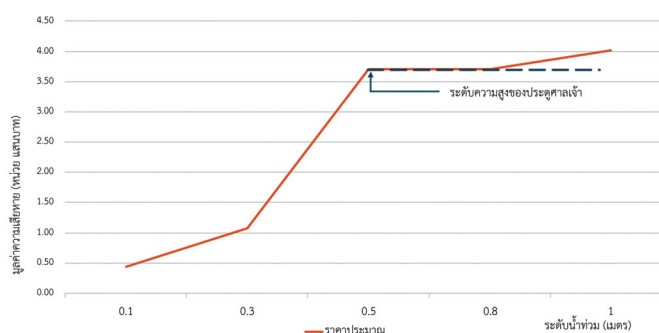
ตารางที่ 6 การประมาณราคาความเสียหายที่ระดับน้ำท่วม 1 เมตร

รายการ	ตารางการประมาณค่าใช้จ่ายเบื้องต้น						ราคารวม (บาท)
	จำนวน	หน่วย	ราคาค่าวัสดุ		ราคาค่าแรง		
			ต่อหน่วย	รวม	ต่อหน่วย	รวม	
พื้นคอนกรีต	477.43	ตร.ม.	125	59,678.75	100	47,743	107,421.75
พื้นกระเบื้อง	395.38	ตร.ม.	235	92,914.30	300	118,614	211,528.30
เสาไม้สัก ขนาด Ø 0.36	31.7	ตร.ม.	50	1,587.08	34	1,079.22	2,666.30
เสาไม้สักเหลี่ยม 0.3 x 0.3 m.	12.96	ตร.ม.	50	648.00	34	440.64	1,088.64
ประตูบานเปิดเดี่ยววงกบ UPVC	6	บาน	-	220.00	-	-	220
ประตูบานเปิดเดี่ยววงกบไม้	2.05	ตร.ม.	50	102.50	34	69.70	172.20
ประตูไม้บานคู่ ขนาด 1.30 x 2.00 m.	5.2	ตร.ม.	50	260.00	34	176.80	436.80

ตารางที่ 6 การประมาณราคาความเสียหายที่ระดับน้ำท่วม 1 เมตร (ต่อ)

รายการ	ตารางการประมาณค่าใช้จ่ายเบื้องต้น						ราคารวม (บาท)
	จำนวน	หน่วย	ราคาค่าวัสดุ		ราคาค่าแรง		
			ต่อหน่วย	รวม	ต่อหน่วย	รวม	
ประตูไม้บานคู่ ขนาด 3.00 x 4.00 m.	24	ตร.ม	50	1,200.00	34	816.00	2,016.00
ประตูไม้บานคู่ ขนาด 3.30 x 2.4 m.	15.84	ตร.ม	50	792.00	34	538.56	1,330.56
ประตูไม้บานคู่ ขนาด 3.30 x 2.3 m.	15.18	ตร.ม	50	759.00	34	516.12	1,275.12
ผนังคอนกรีต	641.89	ตร.ม	36	23,108.04	30	19,256.70	40,364.74
ตู้ควบคุมไฟฟ้า (Load Panel)	1	เหมา	20,000	20,000.00	3,000	3,000.00	23,000.00
ชุดสวิตช์ 1 ทาง 1 ช่อง	11	อัน	120	1,320.00	100	1,100.00	2,420.00
ชุดสวิตช์ 1 ทาง 4 ช่อง	1	อัน	200	200.00	100	100.00	300.00
เต้ารับ (Receptacle)	24	อัน	130	3,120.00	100	2,400.00	5,520.00
รวมราคาประมาณ							401,761.41

จากข้างต้นจะเห็นได้ว่าการประมาณราคาความเสียหายของน้ำท่วมบริเวณศาลเจ้าโรงเกือกที่ระดับ 0.1 เมตร จะมีค่าใช้จ่ายสำหรับการปรับปรุงซ่อมแซมประมาณ 44,502.75 บาท และที่ระดับน้ำท่วมขัง 0.3 เมตร ราคาประมาณความเสียหายจะเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 41.43 % หรือประมาณ 2.4 เท่าจากระดับ 0.1 เมตร และเมื่อระดับน้ำท่วมสูงขึ้นเป็น 0.5 เมตร ราคาประมาณความเสียหายจะเท่ากับ 370,521.41 บาท ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 832.58 % หรือ 8.3 เท่าจากระดับน้ำท่วมที่ 0.1 เมตร ถึงแม้ว่าระดับท่วมจะสูงขึ้นเป็น 0.8 เมตร ราคาความเสียหายจะยังคงเท่ากับระดับ 0.5 เมตร และที่ระดับน้ำท่วมสูงสุดของการจำลองน้ำท่วมขังที่ระดับ 1 เมตร ราคาประมาณความเสียหายจะเท่ากับ 401,761.41 บาท ซึ่งจะเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 902.78 % จากระดับ 0.1 เมตร ซึ่งมาจากการประมาณราคาของงานระบบไฟฟ้าที่เพิ่มเข้ามา จากข้อมูลข้างต้นสามารถคาดการณ์แนวโน้มของความเสียหายจากน้ำท่วมของโครงสร้างอาคารศาลเจ้าโรงเกือกได้ โดยราคาประมาณความเสียหายจะคงที่จนกว่าระดับน้ำจะสูงขึ้นไปถึงระดับที่ก่อให้เกิดความเสียหายของฝ้าเพดาน คานหรือองค์ประกอบอาคารอื่น ๆ ที่อยู่ในตำแหน่งสูงกว่า 1.2 เมตร ราคาประมาณความเสียหายจึงจะเพิ่มขึ้นจากระดับน้ำท่วมขัง 1 เมตร ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การประมาณราคาความเสียหายจากน้ำท่วมในแต่ละระดับ

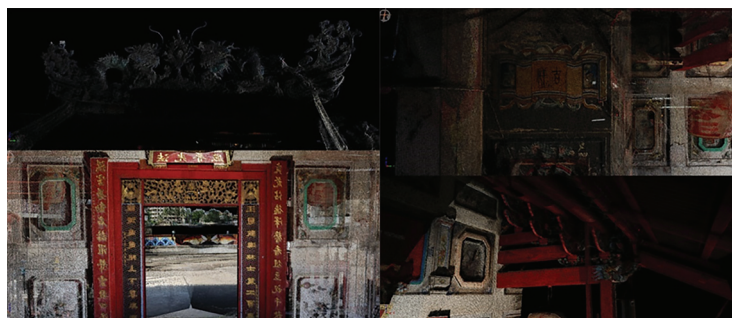
จากการประมาณราคาข้างต้นเป็นเพียงการประมาณค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นในกรณีที่มีน้ำท่วมขังระยะสั้นเท่านั้น เนื่องจากกรณีที่น้ำท่วมขังเป็นเวลานานอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายกับตัวโครงสร้างของอาคารด้วย เช่น น้ำจะซึมเข้าผิวคอนกรีต หรืออาจจะเกิดจากแรงดันน้ำ ส่งผลให้ผิวหน้าคอนกรีตสึกกร่อน ไม่เรียบ รวมไปถึง

การเกิดสนิมในเหล็กที่อยู่ภายในโครงสร้างได้ ดังนั้นแนวทางการแก้ไขปัญหาค่าใช้จ่ายของผลกระทบจากน้ำท่วมที่มีผลต่องานสถาปัตยกรรมและงานโครงสร้างของตัวอาคารจะประมาณค่าความเสียหายแตกต่างกัน อีกทั้งการประมาณราคาของอาคารศาลเจ้าโรงเกือก เป็นเพียงการประมาณราคาก่อสร้างเบื้องต้นเท่านั้น เพราะการประมาณราคาของอาคารโบราณสถานอาจจะสูงกว่าการประมาณราคาก่อสร้างทั่วไป เนื่องจากอาคารโบราณสถานมีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ ศิลปะ และวัฒนธรรมที่ต้องได้รับการอนุรักษ์และบูรณะด้วยความระมัดระวัง กระบวนการดังกล่าวมักต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางและข้อมูลที่ละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างเดิม วัสดุ และเทคนิคที่ใช้ในอดีต ซึ่งการกำหนดต้นทุนของราคาวัสดุเฉพาะอาจสูงกว่าวัสดุทั่วไป เนื่องจากกระบวนการผลิตหรือจัดหา ยก รวมถึงค่าแรงงานของช่างฝีมือหรือผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง

อภิปรายผล

การพัฒนาแบบจำลอง BIM จากข้อมูลเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติพบว่าผลลัพธ์ที่ได้ที่มีความถูกต้องในระดับมิลลิเมตร ซึ่งเหมาะสมต่อความต้องการในด้านการก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถวัดขนาดในบริเวณที่ทำการวัดโดยทั่วไปได้ยากและข้อมูลตำแหน่งจุดสามมิติสามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบในการทำแบบจำลองสามมิติได้โดยมีความถูกต้องเหมาะสมในการพัฒนาการวางแผนและการจัดการอาคาร รวมถึงจะเกิดประโยชน์อย่างยิ่งในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการก่อสร้างและลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น (Kowczynska et al., 2016) ซึ่งผู้วิจัยกำหนดในการศึกษาที่ LOD 200 ซึ่งสอดคล้องกับงานโครงสร้างทั่วไปตามมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา (AIA E202 BIM Protocol) และประเทศไทย โดยที่ LOD 200 มีความเหมาะสมสำหรับการแสดงผลแบบทั่วไปที่ต้องการรูปร่าง ขนาด และตำแหน่งขององค์ประกอบอาคาร ข้อมูลทั่วไปใน 3D ข้อมูลที่ได้จากการจัดทำแบบจำลอง BIM สามารถแสดงผลในมุมมอง 2 มิติ และ 3 มิติ ที่มีการเชื่อมโยงกัน เช่น แพลน รูปด้าน และรูปตัดขวาง ซึ่งเป็นข้อดีของ BIM เพราะทำให้สามารถสร้างความเข้าใจในภาพรวมของอาคารและช่วยลดความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบแปลนและการก่อสร้างจริงได้

จากการสำรวจด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติจะเห็นได้ว่าข้อมูล Point Cloud สามารถบันทึกรายละเอียดทางสถาปัตยกรรมของศาลเจ้าโรงเกือกได้เป็นอย่างดี โดยให้รายละเอียดของสีวัสดุ รูปร่างรูปทรงขนาดจริง รวมถึงตำแหน่งที่ถูกต้อง ดังรูปที่ 10 รวมถึงรูปภาพที่ถ่ายในวันที่ทำการสำรวจเก็บข้อมูล จึงสามารถนำข้อมูล Point Cloud จากการสำรวจมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลแบบจำลอง BIM เพื่อสะท้อนรายละเอียดสภาพพื้นที่จริงของศาลเจ้าโรงเกือกได้ถูกต้องและครบถ้วนตรงกับสภาพพื้นที่จริงมากที่สุด ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าแบบจำลอง BIM สามารถใช้ประเมินโครงสร้างองค์ประกอบต่าง ๆ ของอาคารได้เป็นอย่างดี และข้อมูล Point Cloud สามารถเก็บรายละเอียดทางด้านสถาปัตยกรรมได้ครบถ้วนทั้งหมด ทั้งขนาด รูปร่าง รูปทรง โดยสามารถวัดระยะและอ้างอิงค่าพิกัดจริงได้ ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องสูงสุด ควรจะใช้ข้อมูลทั้ง 2 ส่วนวิเคราะห์ร่วมกันเพื่ออ้างอิงในรายละเอียดที่ข้อมูลบางส่วนไม่สามารถวิเคราะห์ได้ครบถ้วน



รูปที่ 10 การบันทึกรายละเอียดของโบราณสถานจากข้อมูล Point Cloud

ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีจากการสำรวจด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติของศาลเจ้าโรงเกือกมีความเหมาะสมสำหรับนำข้อมูลที่ได้นำไปใช้ในการอนุรักษ์ทางด้านศาสนสถานหรือโบราณสถานเนื่องจากลักษณะของข้อมูล Point Cloud มีประโยชน์เป็นอย่างมากกับงานด้านการอนุรักษ์โบราณสถานซึ่งเป็นงานที่ต้องอาศัยข้อมูลที่แม่นยำและครบถ้วน เพื่อคงคุณค่าทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมของสถานที่ โดยข้อมูล Point Cloud ซึ่งเป็นข้อมูล 3 มิติที่เกิดจากการสแกนด้วยเลเซอร์หรือการถ่ายภาพประกอบในวันที่ทำการสำรวจเก็บข้อมูล จะช่วยสร้างคุณค่าต่อกระบวนการอนุรักษ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพรวมถึงการบันทึกรายละเอียดอย่างแม่นยำ ซึ่งข้อมูล Point Cloud ช่วยบันทึกรายละเอียดของโบราณสถานได้เป็นอย่างดี เช่น ขนาด รูปทรง ลวดลาย และพื้นผิวได้อย่างครบถ้วนในระดับมิลลิเมตรจึงเหมาะสำหรับการสร้างเอกสารอ้างอิงที่สามารถเก็บรักษาไว้ในระยะยาวเพื่อใช้สำหรับศึกษาหรือวิเคราะห์ในด้านอื่น ๆ เช่น กรณีการบูรณะปรับปรุง เป็นต้น อีกทั้งข้อมูล Point Cloud สามารถนำมาวิเคราะห์ความเสียหายและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับงานทางโบราณสถานได้ เช่น การแตกร้าว การทรุดตัว หรือการชำรุดของโบราณสถาน โดยเปรียบเทียบข้อมูลในช่วงเวลาต่าง ๆ เพื่อวางแผนการซ่อมแซมและป้องกันการเสื่อมสภาพ ซึ่งปัจจัยหลักของการอนุรักษ์โบราณสถานคือการสำรวจเก็บข้อมูล โดยที่เครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติ สำรวจเก็บข้อมูลนั้นไม่ได้สัมผัสกับโบราณสถาน ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงต่อการสัมผัสโดยตรงที่อาจทำให้โบราณสถานได้รับความเสียหาย ข้อมูลที่ได้สามารถสร้างเป็นแบบจำลองเสมือนจริงของโบราณสถานได้ สามารถนำมาใช้ในซอฟต์แวร์สำหรับการศึกษาทางวิชาการหรือสร้างเป็นสื่อเพื่อนำเสนอ เช่น การจำลองแบบ Virtual Reality (VR) เพื่อเผยแพร่วัฒนธรรมและให้ประชาชนเข้าถึงโบราณสถานในรูปแบบดิจิทัลสามารถเก็บรักษาในฐานข้อมูลดิจิทัล ซึ่งเป็นทรัพยากรสำคัญสำหรับการวิจัยและการอนุรักษ์ในอนาคตได้

การประมาณราคาความเสียหายจากน้ำท่วมด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบจำลองระดับความสูงของน้ำ โดยใช้ข้อมูล DEM และแบบจำลอง BIM มีความสำคัญอย่างมากในการวิเคราะห์ผลกระทบและวางแผนการปรับปรุงซ่อมแซมที่มีประสิทธิภาพ การใช้ DEM ช่วยให้สามารถประเมินระดับน้ำท่วมที่มีผลกระทบต่อโครงสร้างอาคารแต่ละส่วนได้อย่างแม่นยำ ขณะที่แบบจำลอง BIM ช่วยให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับรายละเอียดวัสดุ พื้นที่ ปริมาตรและโครงสร้างขององค์ประกอบอาคาร ทำให้สามารถประมาณราคาความเสียหายได้อย่างรวดเร็วเป็นระบบ ครบถ้วนและมีความถูกต้องสูง ทำให้สามารถคาดการณ์ความเสียหายและวางแผนการป้องกันเพื่อการอนุรักษ์โบราณสถานได้ดียิ่งขึ้น ไม่เพียงแต่ช่วยในการระบุจุดเสี่ยงได้ชัดเจน แต่ยังช่วยในการออกแบบมาตรการป้องกันน้ำท่วม เช่น การยกระดับพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม หรือการออกแบบเส้นทางระบายน้ำที่เหมาะสมในอนาคต โดยการใช้แบบจำลอง BIM ยังช่วยให้การวิเคราะห์ทำได้อย่างละเอียดและสามารถปรับแผนการป้องกันได้ในหลายมิติ เช่น การจัดการวัสดุและการออกแบบโครงสร้างเพื่อลดความเสียหายจากน้ำท่วม อีกทั้งการใช้แบบจำลอง BIM ร่วมกับข้อมูล DEM ทำให้การแสดงผลข้อมูล 2 มิติ และ 3 มิติมีความเชื่อมโยงและครอบคลุม จึงมีความเหมาะสมสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องในโครงการเห็นภาพรวมได้ชัดเจนและสามารถวางแผนการจัดการและการซ่อมแซมพื้นที่หลังน้ำท่วมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแนวคิดนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่แนะนำให้ใช้ BIM ในการวางแผนเพื่อลดความเสียหายจากภัยพิบัติ โดยเฉพาะในพื้นที่เสี่ยงอุทกภัย (Zlatanova et al., 2017)

ปัญหาและอุปสรรค

การสำรวจภายในศาลเจ้าโรงเกือกค่อนข้างใช้เวลานาน เนื่องจากมีสิ่งของและองค์เทพหลายองค์ที่ประดิษฐานอยู่ภายใน ทำให้เกิดการบดบังบางส่วนของพื้นที่สแกน ผู้วิจัยต้องย้ายตำแหน่งตั้งกล้องหลายครั้งเพื่อเก็บข้อมูลให้ครบ นอกจากนี้ศาลเจ้ายังมีนักท่องเที่ยวมาเยี่ยมชมอยู่เสมอซึ่งมีจำกัดพื้นที่ทำงานและอาจส่งผลให้เกิดการเคลื่อนไหวระหว่างการสแกน ทำให้ข้อมูลที่ได้มีส่วนที่ไม่ต้องการเพิ่มเข้ามา

สำหรับขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลอง BIM ผู้วิจัยต้องใช้เวลาในการศึกษาและเรียนรู้การทำงานของซอฟต์แวร์ Autodesk Revit ค่อนข้างนาน และยังพบข้อจำกัดในการสร้างรายละเอียดบางประเภทที่ซับซ้อน เช่น งานปูนปั้นหรือจิตรกรรมฝาผนัง รวมถึงลวดลายไม้ที่ประดับตกแต่งในอาคารศาลเจ้า เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถเขียนรายละเอียดได้อีกทั้งพบปัญหาในการประมวลผลข้อมูลที่ใช้เวลานาน เนื่องจากขนาดไฟล์ข้อมูลจากเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติมีขนาดใหญ่ ทำให้ต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการประมวลผล

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาในครั้งนี้เป็นการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติเพียงอย่างเดียว ซึ่งในปัจจุบันยังมีเครื่องมือสำรวจอื่น ๆ ที่สามารถเก็บข้อมูลในรูปแบบจุดพิกัดสามมิติได้เช่นกัน โดยการบูรณาการการใช้เครื่องมือหลายประเภทเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องสูง รายละเอียดครบถ้วนและสามารถเปรียบเทียบความแม่นยำของเครื่องมือในแต่ละชนิดได้
2. ในการประมาณราคาความเสียหายในครั้งนี้ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลน้ำท่วมซึ่งในระยะสั้นเท่านั้น ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจพิจารณาในกรณีที่เกิดน้ำท่วมซึ่งเป็นเวลานานร่วมด้วย เนื่องจากอาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างอาคารอย่างมาก เช่น การเกิดสนิมในเหล็กภายในคอนกรีตและการสึกกร่อนที่ผิวคอนกรีต ทำให้ต้องเพิ่มงบประมาณในการซ่อมแซมโครงสร้างมากขึ้น เป็นต้น
3. การประมาณราคาของอาคารศาลเจ้าโรงเกือก เป็นเพียงการประมาณราคาก่อสร้างเบื้องต้นเท่านั้น ในการศึกษาต่อไปควรจะใช้ราคาอ้างอิงจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางโบราณสถานหรือจากกรมศิลปากร เพื่อให้ได้ข้อมูลประมาณราคาที่ต้องใกล้เคียงกับราคาจริงมากที่สุด
4. ข้อมูลแบบจำลอง BIM สามารถที่นำไปประยุกต์ใช้พัฒนาต่อในการออกแบบมาตรการป้องกันน้ำท่วม เช่น การยกระดับพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม หรือการออกแบบเส้นทางระบายน้ำที่เหมาะสมในอนาคต
5. หากมีการวิจัยในครั้งถัดไปควรพิจารณาตัวแปรที่ทำให้เกิดน้ำท่วมซึ่งในพื้นที่จริงร่วมด้วย เช่น ระดับน้ำทะเล ปริมาณน้ำฝน ระบบระบายน้ำ พื้นที่รับน้ำ เป็นต้น เนื่องจากจะสามารถใช้แบบจำลอง BIM ในการคำนวณและวิเคราะห์ติดตามผลที่เกิดขึ้นได้

กิตติกรรมประกาศ

สำหรับการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์สามมิติเพื่อการอนุรักษ์โบราณสถานของศาลเจ้าโรงเกือก กรณีศึกษาการประเมินผลกระทบจากอุทกภัย ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรัตน์ บันบำรุงกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยชี้แนะ ให้คำปรึกษาในการดำเนินการวิจัย เจ้าหน้าที่ศาลเจ้าโรงเกือก ที่อนุเคราะห์ให้ใช้พื้นที่ในการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณ บริษัทเอทีเอส เอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการสำรวจข้อมูล รวมถึงให้คำแนะนำกับผู้วิจัย จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

References

- Barazzetti, L., Banfi, F., Brumana, R., Previtali, M., and Roncoroni, F. (2016). BIM from Laser Scans... Not Just for Buildings: NURBS-Based Parametric Modeling of a Medieval Bridge. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, III-5, 51-56. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-III-5-51-2016>
- Janudom, P. (2017). *Building Information Modeling (BIM) Guidelines to Manage Building Information and As-Built Drawing for Office Building Operation and Maintenance* [Master's thesis, Thammasat University]. https://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2017/TU_2017_5916030025_7680_9302.pdf (in Thai)
- Kowczynska, B., Litwin, U., Piech, I. and Obirek, P. (2016). The Use of Terrestrial Laser Scanning in Surveying Historic Buildings. *2016 Baltic Geodetic Congress (BGC Geomatics)*, <https://doi.org/10.1109/BGC.Geomatics.2016.54>

- Lin, G., Giordano, A., Sang, K., Stendardo, L. and Yang, X. (2021). Application of Territorial Laser Scanning in 3D Modeling of Traditional Village: A Case Study of Fenghuang Village in China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(11), 770. <https://doi.org/10.3390/ijgi10110770>
- Lin, G., Giordano, A. and Sang, K. (2020). From Site Survey to HBIM Model for the Documentation of Historic Buildings: The Case Study of Hexinwu Village in China. *Conservation Science in Cultural Heritage*, 20(1), 111-123. <https://doi.org/10.6092/issn.1973-9494/12793>
- Lokham, T., Boonprate, B., Chaimala, C., Hanouy, K., Amnart, A., Kongnin, T., Itthikorn, W. and Singhabut, B. (2021). Comparison of Terrestrial Laser Scanner (TLS) and Unman Aerial Vehicle (UAV) for Volume Determination in Mae Moh Mine, Lampang. *The 26th National Convention on Civil Engineering*, 23-25 June. (in Thai)
- Peifer, N. and Briese, C. (2007). Geometrical Aspects of Airborne Laser Scanning and Terrestrial Laser Scanning. *IAPRS*, XXXVI, Part 3 Part 3/W52. 311-319. https://www.isprs.org/proceedings/xxxvi/3-w52/final_papers/Pfeifer_2007_keynote.pdf
- RIEGL Laser Measurement Systems GmbH. (2012). *RIEGL VZ-1000 Data Sheet*. RIEGL. www.riegl.com
- Sangchan, N. and Punchana, D. (2018). *Development of Building Information Modeling for Fire Evacuation Analysis* [Bachelor's of Degree, Burapha University]. https://digital_collect.lib.buu.ac.th/project/b00260626.pdf (in Thai)
- Thai PBS News. (2021, 8 November). *Warning: High Tides Until November 11, Expected Again November 20-26*. Thai PBS. <https://www.thaipbs.or.th/news/content/309484> (in Thai)
- The Association of Siamese Architects Under Royal Patronage. (2015). *Thailand BIM Guideline*. Bangkok: Institute of Siamese Architects. ISBN 978-616-7384-13-9 (in Thai)
- Watcharamethakul, P. and Sreshthaputra, A. (2020). Development of Building Information Modeling (BIM) Tools to Calculate the Stormwater Runoff in Preliminary Design Stage. *Sarasatr*, 3(4), 881-894. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/sarasatr/article/view/241969> (in Thai)
- Zlatanova, S., Li, J. and Peters, R. (2017). Challenges in 3D Modeling and Visualization of Urban Flooding. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, IV-4/W5, 139-146.