PULINET Journal

การพัฒนาฐานข้อมูลวัตถุ 3 มิติ เพื่อยกระดับการแสดงผลข้อมูลคลังสารสนเทศ สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปิยะบุตร ปัญญาดี*, ณัฏฐวี เมธีสุวภาพ
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

Development of a 3D Object Database to Enhance the Data Display Chiang Mai University Library

Piyaboot Panyadee*, Nattavee Mateesuwapap
Chiang Mai University Library
239 Huay Kaew Road, Muang District, Chiang Mai 50200
E-mail: piyaboot.p@cmu.ac.th

▶ รับบทความ 05 กุมภาพันธ์ 2568 ▶ แก้ไขบทความ 25 เมษายน 2568 ▶ ตอบรับบทความ 29 เมษายน 2568

บทคัดย่อ

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้พัฒนาคลังสารสนเทศ เพื่อรวบรวมองค์ความรู้ด้านวัฒนธรรมท้องถิ่น ประเพณี และวัสดุหายาก ถือเป็นการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นคอลเล็กชันเฉพาะ บางส่วนมีการจัดแสดงให้ผู้ใช้บริการได้เยี่ยมชม ขณะที่บางชิ้นถูกเก็บรักษาภายใต้การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง ทั้งนี้ เพื่อเพิ่มความน่าสนใจและขยายการเข้าถึงข้อมูล จึงพัฒนาตัวต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูลสามมิติ ทำงานร่วมกับเครื่องมือสแกนวัตถุสามมิติในการจัดเก็บข้อมูลของวัสดุหายากอย่างสมจริง และมีการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดของวัตถุด้วยมาตรฐาน Metadata VRA Core ที่เหมาะสมในการจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างวัตถุสามมิติด้วยเครื่องสแกนสามมิติ สามารถบันทึกและแปลงข้อมูลวัสดุหายากในรูปแบบสามมิติที่มีรายละเอียดและสีใกล้เคียงของจริง หลังจากนั้นดำเนินการนำข้อมูลเข้าสู่ตัวต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูล บันทึกไฟล์ข้อมูล พร้อมทั้งรายละเอียดของวัตถุ จากการพัฒนาและปรับปรุงการทำงานของระบบ พบว่า ผู้ทดสอบระบบ มีความพึงพอใจร้อยละ 85.83 เนื่องจากระบบสามารถเผยแพร่ไฟล์แสดงผลในเว็บไซต์อื่นได้ ไม่ต้องติดตั้งเครื่องมือเสริม อย่างไรก็ตาม ระบบยังมีข้อจำกัดด้านขนาดไฟล์ที่ใหญ่ ทำให้ใช้เวลานานในการแสดงผลบนเว็บไซต์ จึงทำการแก้ไขโดยลดขนาดไฟล์สำหรับการแสดงผล เพื่อเพิ่มความเร็วในการแสดงผลได้ดีมากยิ่งขึ้น ขณะที่ยังคงจัดเก็บไฟล์ต้นฉบับที่มีความละเอียดสูงไว้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง สามารถนำไปต่อยอด ใช้งานด้านกราฟิก การประชาสัมพันธ์ และปรับแต่งวัตถุที่ชำรุดให้สมบูรณ์ได้ผ่านโปรแกรมแก้ไขวัตถุสามมิติ

คำสำคัญ

คลังข้อมูลดิจิทัล, วัตถุสามมิติ, วัสดุหายาก, การแปลงผันข้อมูลวัตถุ

ผลงานนี้ได้ผ่านการนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติ PULINET ครั้งที่ 15 วันที่ 15-17 มกราคม 2568
จัดโดยสำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และข่ายงานห้องสมุดมหาวิทยาลัยส่วนภูมิภาค (PULINET)

Abstract

Currently, Chiang Mai University Library has established an information repository to collect knowledge on local culture, traditions, and rare materials. This serves as a specialized collection, with some items displayed for visitors while others are preserved under controlled temperature, humidity, and lighting conditions. To enhance accessibility and engagement, a prototype 3D data repository has been developed, integrating 3D scanning tool to accurately capture and store information on ancient rare materials. The repository follows the Metadata VRA Core standard, ensuring appropriate documentation of 3D objects.

The researcher utilized a 3D scanner to create digital models of rare materials, capturing their details and colors with high accuracy. The scanned data was then imported into the prototype repository, including both 3D files and detailed metadata. System testing and improvements revealed that 85.83% of users were satisfied, as the system allows for file sharing and display on external websites without requiring additional software installation. However, a limitation was identified regarding large file sizes, which resulted in slow loading times on websites. To address this, file sizes were optimized for faster display while maintaining high-resolution originals for archival purposes. The stored data can be further utilized in graphic design, public relations, and rare materials restoration using 3D editing software.

Keywords

Data Repository, 3D Objects, Rare Materials, 3D Object Transformation

บทนำ (Introduction)

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีพันธกิจในการบริหารจัดการทรัพยากรการเรียนรู้อย่างมีมาตรฐาน และสร้างพื้นที่แห่งการเรียนรู้ของชุมชนมหาวิทยาลัยเชียงใหม่และสังคม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างคุณค่า อนุรักษ์ และสงวนรักษาทรัพยากรสารสนเทศในรูปแบบดิจิทัล เพื่อการเข้าถึงและแบ่งปัน จึงเป็นที่มาของการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นคอลเล็กชันเฉพาะที่มีการรวบรวมองค์ความรู้ด้านวัฒนธรรมท้องถิ่น ประเพณี และวัสดุหายาก ซึ่งบางส่วนมีการจัดแสดงให้ผู้ใช้บริการได้เยี่ยมชม ขณะที่บางชิ้นถูกเก็บรักษาภายใต้การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง ทั้งนี้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าถึงข้อมูล ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาตัวต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูลสามมิติ ใช้จัดเก็บข้อมูลของวัสดุหายาก และจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดของวัตถุด้วยมาตรฐาน Metadata VRA Core

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างต่อเนื่องจึงใช้หลักวงจรคุณภาพ PDCA ร่วมกับวงจรการพัฒนาระบบ (Software Development Life Cycle: SDLC) ในกระบวนการพัฒนาตัวต้นแบบให้ได้ระบบที่ตรงกับความต้องการของผู้ปฏิบัติงานมากที่สุด จากการศึกษางานวิจัยของ Magabaleh et al. (2024) ได้เลือกโมเดลที่เหมาะสมกับการพัฒนา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการควบคุมการพัฒนาระบบ และรูปแบบในการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดให้ได้มาตรฐานนั้น Blundell et al., (2020) ได้เปรียบเทียบข้อกำหนดและมาตรฐานการจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติหลากหลายรูปแบบ แต่การจัดเก็บรายละเอียดของตัววัตถุที่ดีที่สุด คือ Metadata VRA Core ผู้วิจัยจึงนำมาใช้ในการจัดเก็บรายละเอียดวัตถุในงานวิจัยนี้ การจัดเก็บข้อมูลวัตถุในรูปแบบวัตถุสามมิติ ซึ่งถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างหลากหลาย เช่น การจัดเก็บข้อมูลของกระดูกปลาวาฬ ในงานวิจัยของ Merella et al. (2023) เป็นการจัดเก็บข้อมูลกระดูกของปลาวาฬแต่ละประเภทตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เพื่อทำการศึกษาและเผยแพร่เป็นคอลเล็กชันพิเศษ ในพิพิธภัณฑ์ประวัติศาสตร์ทางธรรมชาติของมหาวิทยาลัยปิซา (University of Pisa) และสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในการบูรณะวัสดุหายาก เช่น งานวิจัยของ Ubik et al. (2022) เป็นการจัดเก็บข้อมูลวัสดุหายากในรูปแบบสามมิติก่อนดำเนินการบูรณะวัสดุหายากให้กลับมาสมบูรณ์

ดังเดิม จากการเปรียบเทียบข้อมูลวัสดุหายากที่ถูกสร้างในยุคสมัยเดียวกัน เพื่อจำลองสร้างส่วนที่เสียหายของรูปปั้นและทำการจำลองการบูรณะวัสดุหายากในวัตถุสามมิติก่อนดำเนินการบูรณะในวัตถุจริง ปัจจุบันมีเครื่องมือช่วยแปรผันข้อมูลวัตถุให้เป็นวัตถุสามมิติได้ง่ายมากยิ่งขึ้น และมีซอฟต์แวร์ช่วยสร้างวัตถุสามมิติ โดยผู้ปฏิบัติงานไม่จำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญด้านการสร้างวัตถุสามมิติมากนัก ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำองค์ความรู้เหล่านี้มาประยุกต์ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลวัตถุ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและการเข้าถึงข้อมูลได้มากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือสแกนวัตถุสามมิติให้ผู้ปฏิบัติงานได้ทดสอบ ในการจัดเก็บข้อมูลวัตถุและสร้างคลังข้อมูลต้นแบบขึ้น หลังจากนั้นได้ทำการประเมินความพึงพอใจต่อกระบวนการจัดเก็บข้อมูลวัตถุและคลังข้อมูลต้นแบบในการจัดเก็บข้อมูลและการแสดงผล เพื่อนำผลการประเมินที่ได้ไปปรับปรุงคลังข้อมูลต้นแบบให้สมบูรณ์ได้ในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์ (Objective)

1. เพื่อสร้างต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูลสามมิติ เพื่อจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ โดยสามารถนำเสนอวัสดุหายากในรูปแบบสามมิติได้อย่างสมจริง

2. เพื่อประเมินความพึงพอใจในการจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ และแสดงผลวัตถุสามมิติบนคลังสารสนเทศสำนักหอสมุด

วิธีการดำเนินการ (Methodology)

การดำเนินการในงานวิจัยนี้ได้สำรวจและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำหลักวงจรคุณภาพ PDCA ร่วมกับกระบวนการพัฒนาระบบ SDLC ดำเนินการพัฒนาคลังข้อมูลต้นแบบให้ตรงกับความต้องการของผู้ปฏิบัติงานและจัดทำแบบประเมินผลการทดสอบใช้คลังข้อมูลต้นแบบแล้วนำผลการประเมินมาปรับปรุงระบบเพิ่มเติมมีขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบวัตถุสามมิติ พบว่า การสร้างและการประยุกต์ใช้วัตถุสามมิติได้รับความนิยมในหลายสาขา โดยเฉพาะในการจัดเก็บข้อมูลวัสดุหายากและโครงกระดูกสัตว์เพื่อศึกษาวิวัฒนาการ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการอนุรักษ์และการจัดการโบราณวัตถุ งานวิจัยที่ใช้โมเดลสามมิติในการจัดเก็บข้อมูลเหล่านี้ช่วยเสริมความเข้าใจในเทคโนโลยีที่มีอยู่และเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในอนาคต นอกจากนี้ ยังพบว่าการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบวัตถุสามมิติได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ในหลากหลายด้าน อาทิ Merella et al. (2023) รายงานว่าพิพิธภัณฑ์ประวัติศาสตร์ธรรมชาติ มหาวิทยาลัยปิซา ได้นำเสนอคอลเล็กชันโครงกระดูกสัตว์จำพวกวาฬที่สำคัญที่สุดแห่งหนึ่งในยุโรป รวมถึงคอลเล็กชันซากดึกดำบรรพ์ที่มีความสำคัญ เช่น อาร์คีโอเซติ (วาฬโบราณ) มิสทีเซติ (วาฬบาลีน) และโอโดนโตเซติ (วาฬฟัน) เป็นต้น โดยได้ดำเนินการจัดเก็บข้อมูลโครงกระดูกสัตว์จำพวกวาฬสมัยใหม่และฟอสซิลในรูปแบบวัตถุสามมิติ และจัดแยกข้อมูลเหล่านี้เป็นคอลเล็กชันพิเศษ Ubik et al. (2022) ได้ใช้เทคโนโลยีวัตถุสามมิติ เพื่อบูรณะรูปปั้นพระแม่มารีย์ในศาลากลางเก่า กรุงปราก โดยเริ่มจากการจัดเก็บข้อมูลของรูปปั้นที่เสียหายก่อนการบูรณะในรูปแบบวัตถุสามมิติ จากนั้นได้ทำการจำลองส่วนที่ขาดหายไปโดยอ้างอิงจากประติมากรรมที่มีลักษณะคล้ายกันในยุคเดียวกัน เช่น รูปปั้นพระแม่มารีย์จาก Nordheim และ Saint Giles ที่โบสถ์ St. Stephen's Cathedral กรุงเวียนนา เป็นต้น ซึ่งกระบวนการนี้ทำให้รูปปั้นได้รับการบูรณะกลับคืนสู่สภาพเดิมอย่างสมบูรณ์ ในทำนองเดียวกัน Stoean et al. (2024) ได้นำการจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติมาประยุกต์ใช้ในการบูรณะวัสดุหายาก โดยเติมเต็มส่วนที่ขาดหายไปของวัตถุที่เสียหายให้กลับมาสมบูรณ์ จากนั้นนำวัตถุที่ได้รับการบูรณะไปจัดแสดงร่วมกับวัตถุจริง ทั้งนี้ ยังสามารถนำเสนอรูปลักษณ์ของวัตถุที่เสียหายอย่างรุนแรงซึ่งไม่สามารถบูรณะได้ โดยการจัดแสดงในรูปแบบวัตถุสามมิติที่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นประโยชน์ทั้งในด้านการอนุรักษ์ประวัติศาสตร์และการศึกษาของผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งประสบการณ์ของผู้ชมที่ได้เห็นวัตถุในรูปแบบที่สมบูรณ์ และถูกนำมาประยุกต์ใช้จัดเก็บแบบจำลองเครื่องมือทางประวัติศาสตร์ เช่น งานวิจัยของ Atik et al. (2023) โดยเครื่องมือทางประวัติศาสตร์ ได้แก่

เดอะโอดอลไลท์ (Theodolite), กราฟโอมิเตอร์ (Graphometer) และเซ็กซ์แทนท์ (Sextant) จากศตวรรษที่ 18 ซึ่งจัดแสดงอยู่ที่พิพิธภัณฑ์ประวัติศาสตร์ เครื่องมือวัดมาตราส่วนของภาควิชาวิศวกรรมธรณีวิทยา มหาวิทยาลัยเทคนิคอิสตันบูล เนื่องด้วยเป็นเครื่องมือที่มีรายละเอียดของมาตราส่วนภายในรายละเอียดของวัตถุ จึงสร้างแบบจำลองโดยใช้วิธีการถ่ายภาพร่วมกับวิธีการบันทึกข้อมูลวัตถุโดยใช้แสงเลเซอร์ เพื่อสร้างวัตถุสามมิติให้ได้ความละเอียดของวัตถุมากที่สุด งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนากระบวนการจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ พร้อมทั้งการสร้างตัวต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติและการแสดงผลตัวอย่างของวัตถุสามมิติ โดยระบบสามารถสร้างชุดคำสั่งที่สามารถนำไปแทรกบนหน้าเว็บไซต์ภายนอกเพื่อแสดงผลวัตถุสามมิติได้โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ส่วนเสริมใด ๆ สำหรับการแสดงผล ระบบนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าถึงข้อมูลของวัตถุในรูปแบบสามมิติ และส่งเสริมความสะดวกในการใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ Blundell et al. (2020) ได้เสนอแนวทางการจัดการ Metadata สำหรับข้อมูลสามมิติ โดยอ้างอิงจากวงจร Digital Asset Lifecycle โดยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่

1.1 การสร้าง (Create) กล่าวถึง วิธีการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ และ Metadata ที่ควรบันทึกในระหว่างกระบวนการสร้างแบบจำลองวัตถุสามมิติ เช่น วิธีการสร้าง เครื่องมือที่ใช้ และวันที่สร้าง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ช่วยในการทำซ้ำและตรวจสอบความถูกต้องของโมเดล ตัวอย่างมาตรฐานที่ใช้งาน ยกตัวอย่างเช่น มาตรฐาน Dublin Core (Dublin Core Metadata Initiative, 2025) มาตรฐาน Darwin Core (Biodiversity Information Standards (TDWG), 2023) มาตรฐาน VRA Core (Library of Congress, 2022b) หรือมาตรฐาน MODS (Library of Congress, 2022a)

1.2 การจัดการ (Manage) Metadata สำหรับการจัดระเบียบ การตรวจสอบ และการให้การเข้าถึงข้อมูล 3 มิติ โดยให้คำแนะนำในการจัดกลุ่มไฟล์ตามวัตถุหรือโครงการ ช่วยให้การเข้าถึงและนำกลับมาใช้ใหม่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 การเผยแพร่และจัดจำหน่าย (Distribution and Publication) กล่าวถึงความจำเป็นของแพลตฟอร์มการเผยแพร่ที่หลากหลาย เพื่อรองรับความต้องการ Metadata ที่แตกต่างกันในแต่ละสาขาวิชา

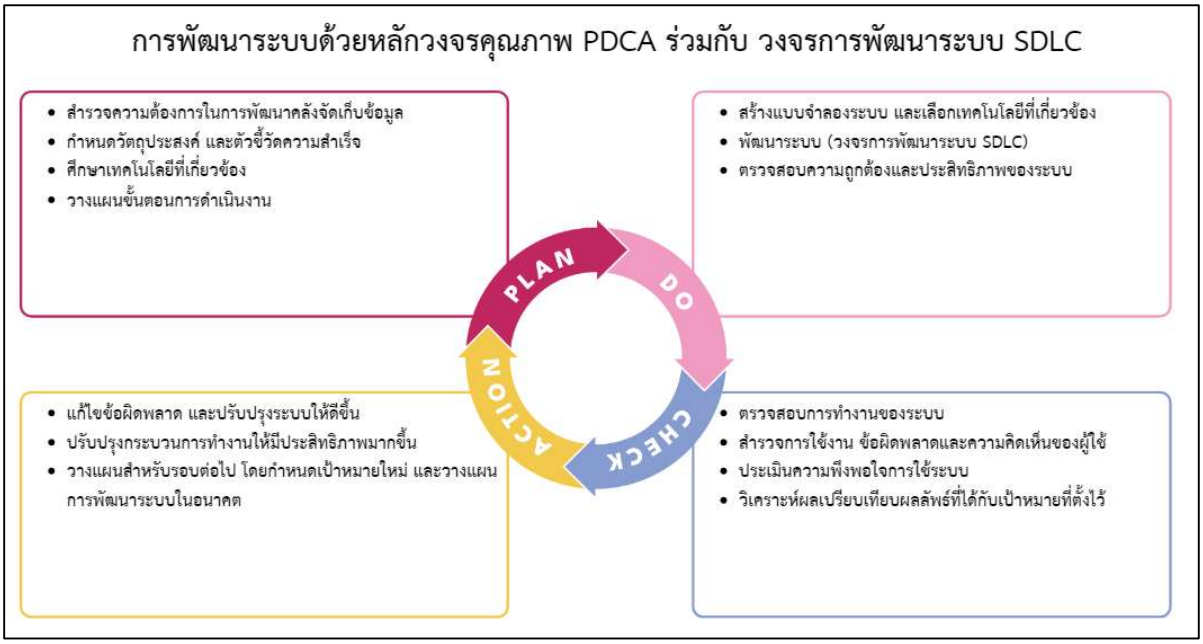
1.4 การเข้าถึงและการนำกลับมาใช้ใหม่ (Access and Reuse) แนะนำ Metadata ที่คาดว่าจะมีประโยชน์ในการค้นพบ (Discovery) และการเข้าถึงข้อมูล 3 มิติ สำหรับการวิจัยหรือการนำกลับมาใช้ใหม่

1.5 การเก็บรักษา (Archive) การใช้มาตรฐาน PREMIS (Preservation Metadata: Implementation Strategies) ในการเก็บรักษาข้อมูลสามมิติช่วยให้มั่นใจว่าข้อมูลจะไม่สูญหายแม้ว่าเทคโนโลยีจะเปลี่ยนแปลง

การนำแนวทางเหล่านี้ไปปรับใช้ในการพัฒนาฐานข้อมูลวัตถุสามมิติ สามารถช่วยยกระดับการจัดการและแสดงผลข้อมูลในคลังสารสนเทศให้มีประสิทธิภาพและมาตรฐานสูงขึ้น

2. การพัฒนาระบบด้วยหลักวงจรคุณภาพ PDCA ร่วมกับ วงจรการพัฒนาระบบ SDLC

ในการพัฒนาฐานข้อมูลวัตถุ 3 มิติ ได้นำหลักวงจรคุณภาพมาควบคุมกระบวนการพัฒนาร่วมกับวงจรการพัฒนาระบบเพื่อให้การพัฒนาเป็นไปได้อย่างต่อเนื่อง ตามภาพที่ 1 โดยมีรายละเอียด ดังนี้



ภาพที่ 1 การพัฒนาระบบด้วยหลักวงจรคุณภาพ PDCA ร่วมกับวงจรการพัฒนาระบบ SDLC

2.1 วางแผน (Plan) ได้มีการสำรวจความต้องการ เพื่อรวบรวมรายละเอียดในการสร้าง การประยุกต์ใช้งานและพัฒนาระบบ จึงต้องสำรวจความต้องการจากผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง ผู้ดูแลข้อมูล จากนั้นนำมากำหนดวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบ เพื่อให้ครอบคลุมความต้องการของผู้ปฏิบัติงานและการใช้งาน แล้วจึงศึกษาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง แล้วจึงวางแผนการดำเนินงาน

2.2 ลงมือทำ (Do) หลังจากดำเนินการในขั้นตอนการวางแผนเรียบร้อยแล้วจึงดำเนินการพัฒนาระบบด้วยวงจรการพัฒนาระบบ SDLC แล้วตรวจสอบความเรียบร้อยของระบบก่อนส่งมอบให้ผู้ปฏิบัติงานตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง

2.3 ตรวจสอบ (Check) โดยให้ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องดำเนินการทดสอบการใช้งาน แล้วรวบรวมข้อมูลด้านการใช้งาน รวมถึงประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ และดำเนินการวิเคราะห์ผลการประเมิน เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลไปปรับปรุงระบบต่อไป

2.4 ปรับปรุง (Action) เมื่อได้ผลวิเคราะห์จากการตรวจสอบข้อมูลแล้ว ดำเนินการปรับปรุงระบบและกระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น แล้วดำเนินการวางแผนสำหรับปรับปรุงระบบในรอบต่อไป เพื่อให้ระบบมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

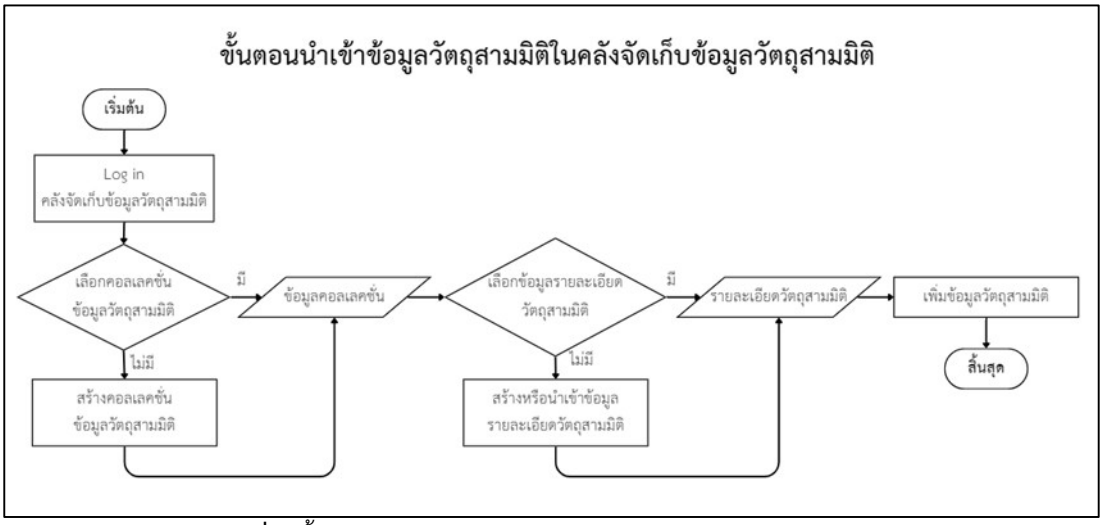
3. พัฒนาระบบด้วยวงจรการพัฒนาระบบ SDLC

การดำเนินการวิจัยนี้ใช้วงจรการพัฒนาระบบ SDLC มาเป็นกรอบพัฒนาตัวต้นแบบคลังจัดเก็บและแสดงผลข้อมูลวัตถุสามมิติ มี 7 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 วิเคราะห์ความต้องการของระบบ (Requirements Analysis) ในกระบวนการวิเคราะห์ความต้องการของระบบ ได้ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการในการพัฒนาต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ โดยเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าถึงข้อมูลโบราณวัตถุในรูปแบบสามมิติ คุณสมบัติสำคัญที่ระบบต้องมีคือ ความสามารถในการแสดงผลวัตถุสามมิติที่ผู้ใช้งานสามารถหมุนดูได้โดยรอบ และขยายภาพ เพื่อดูรายละเอียดที่สำคัญของวัตถุได้ ระบบยังต้องรองรับการจัดเก็บและการแสดงผลโบราณวัตถุในลักษณะที่สมจริงและครบถ้วน ในส่วนของฟังก์ชันการทำงานที่จำเป็นต้องพัฒนาได้แก่ การหมุนวัตถุเพื่อดูจากมุมต่าง ๆ การซูมเพื่อขยายภาพ และการเพิ่มข้อมูลประกอบที่ช่วยอธิบายรายละเอียดของวัตถุให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ทั้งยังต้องสามารถสร้างชุดคำสั่งสำหรับใช้แทรกบนหน้าเว็บไซต์ เพื่อแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์อื่นได้

3.2 วิเคราะห์ระบบ (System Analysis) ในกระบวนการวิเคราะห์ระบบ ได้ทำการศึกษาถึงเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างวัตถุสามมิติ รวมถึงเครื่องมือที่ช่วยในการสร้างวัตถุสามมิติและการใช้ซอฟต์แวร์ออกแบบวัตถุสามมิติ อีกทั้งยังได้สำรวจข้อจำกัดในการจัดเก็บข้อมูลของวัตถุสามมิติ จากการรวบรวมข้อมูลความต้องการสำหรับการพัฒนาต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ พบว่า เครื่องมือในการสร้างวัตถุสามมิตินั้นสามารถสร้างและออกแบบวัตถุได้ง่ายหลังจากการสแกน แต่ยังมีข้อจำกัดบางประการ เช่น ความไม่สามารถสแกนวัตถุที่มีพื้นผิวโปร่งแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากความต้องการของตัวต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ พบว่า ระบบต้องรองรับการจัดเก็บและการแสดงผลข้อมูลวัตถุสามมิติ พร้อมทั้งสามารถสร้างชุดคำสั่งสามารถนำไปแทรกบนเว็บไซต์ภายนอก เพื่อแสดงผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะเดียวกันตัววัตถุสามมิติที่แสดงผลจะต้องสามารถหมุนดูได้จากทุกมุม และสามารถขยายเพื่อดูรายละเอียดต่าง ๆ ของวัตถุได้อย่างชัดเจน

3.3 ออกแบบระบบ (System Design) ได้สร้างขั้นตอนกระบวนการทำงานของระบบที่ต้องการด้วย Flow Chart เพื่อทราบถึงขั้นตอนนำเข้าข้อมูลในการพัฒนาระบบดังภาพ



ภาพที่ 2 ขั้นตอนนำเข้าข้อมูลวัตถุสามมิติในคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ

กระบวนการนำเข้าข้อมูลวัตถุสามมิติในคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ ประกอบด้วยขั้นตอนที่เป็นระเบียบและชัดเจนตามที่แสดงในภาพที่ 2 เริ่มต้นจากการเข้าสู่ระบบคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ จากนั้นผู้ปฏิบัติงานจะต้องเลือกคอลเล็กชันที่เหมาะสมสำหรับการจัดเก็บข้อมูลวัตถุ หากคอลเล็กชันที่ต้องการยังไม่มีในระบบ ผู้ปฏิบัติงานสามารถสร้างคอลเล็กชันใหม่ได้ เมื่อทำการเลือกคอลเล็กชันสำเร็จแล้ว ขั้นตอนถัดไปคือ การคัดเลือกข้อมูลวัตถุสามมิติที่จะนำเข้าและจัดเก็บในคอลเล็กชันดังกล่าว หากข้อมูลวัตถุสามมิติยังไม่มีในระบบผู้ปฏิบัติงานสามารถนำเข้าข้อมูลได้สองวิธี ได้แก่ นำเข้าข้อมูลจากไฟล์ข้อมูลที่มีรายละเอียดครบถ้วน โดยผ่านเมนูนำเข้าข้อมูล ในเมนูจัดการข้อมูลวัตถุสามมิติ หรือเพิ่มข้อมูลแบบทีละรายการผ่านเมนูเพิ่มข้อมูลวัตถุสามมิติ ซึ่งเหมาะสำหรับกรณีที่มีปริมาณข้อมูลไม่มาก หลังจากเพิ่มรายละเอียดข้อมูลวัตถุสามมิติเรียบร้อยแล้ว ผู้ปฏิบัติงานจะต้องตรวจสอบความครบถ้วนและความถูกต้องของข้อมูล เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลที่จัดเก็บมีความถูกต้องและสมบูรณ์ จากนั้นจึงบันทึกข้อมูลเพื่อให้เสร็จสิ้นกระบวนการ

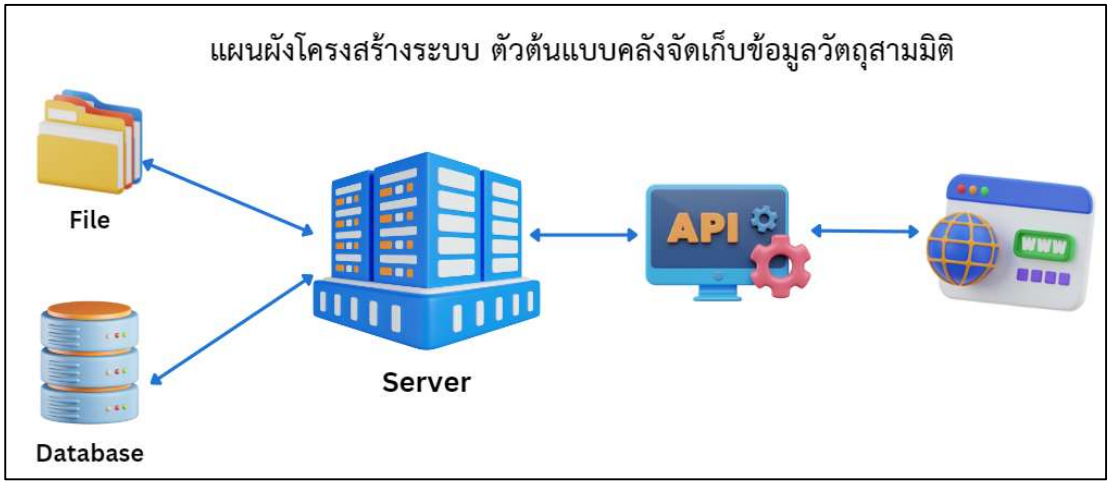
การเลือกใช้มาตรฐานเมทาดาตา (Metadata) สำหรับการบันทึกข้อมูลวัตถุสามมิติในคลังข้อมูล ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลและวัตถุประสงค์ในการจัดเก็บ ผู้วิจัยได้พิจารณามาตรฐาน Dublin Core (DC), MODS (Metadata Object Description Schema) และ VRA Core จากเอกสาร Metadata Basics - University of Texas Libraries หัวข้อเรื่อง Cross-Disciplinary Standards (https://guides.lib.utexas.edu/metadata-basics/general-standards) เป็นมาตรฐานที่นิยมใช้ในงานด้านข้อมูลวัฒนธรรมและพิพิธภัณฑ์ โดยสามารถเปรียบเทียบองค์ประกอบของ Metadata แต่ละมาตรฐาน

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบองค์ประกอบหลักของ Dublin Core, MODS และ VRA Core

องค์ประกอบ	Dublin CORE	MODS	VRA Core
วัตถุประสงค์หลัก	อธิบายทรัพยากรโดยรวม ใช้งานง่าย	ใช้สำหรับเอกสารดิจิทัล (เช่น หนังสือ ภาพถ่าย) รองรับการอธิบายเชิงลึก	ใช้สำหรับข้อมูลศิลปะและวัตถุทางวัฒนธรรม
การสนับสนุนข้อมูล 3D	รองรับได้แต่ไม่มีโครงสร้างเฉพาะ	รองรับโครงสร้างเอกสารที่ซับซ้อน	รองรับข้อมูลเกี่ยวกับศิลปะ วัตถุ และโมเดล 3D
Title (ชื่อเรื่อง)	มี	มี	มี
Creator (ผู้สร้าง)	มี	มี	มี (แยกเป็นผู้สร้างผลงาน และผู้สร้างภาพดิจิทัล)
Date (วันที่สร้าง/เผยแพร่)	มี	มี (แยกย่อย เช่น Date Issued, Date Created)	มี (แยกวันที่สร้างงานต้นฉบับ และวันที่สร้างไฟล์ดิจิทัล)
Format (รูปแบบไฟล์)	มี	มี	มี (ระบุรูปแบบทางกายภาพ เช่น วัสดุ)
Identifier (รหัสอ้างอิง)	มี	มี	มี
Subject (หัวเรื่อง/คำสำคัญ)	มี	มี	มี
Type (ประเภททรัพยากร)	มี	มี	มี (รองรับประเภทศิลปะและสื่อ)
Rights (สิทธิ์การใช้งาน)	มี	มี (แยกสิทธิ์ดิจิทัลและต้นฉบับ)	มี (สำหรับทั้งต้นฉบับและไฟล์ดิจิทัล)
Relation (ความสัมพันธ์กับทรัพยากรอื่น)	มี	มี (รองรับโครงสร้างความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน)	มี (รองรับความสัมพันธ์ระหว่างผลงานและเอกสารอ้างอิง)
Physical Description (รายละเอียดกายภาพ)	ไม่มี	มี (สามารถระบุขนาดและคุณลักษณะเฉพาะ)	มี (รองรับข้อมูลเชิงกายภาพของวัตถุ เช่น วัสดุ ขนาด เทคนิค)
Location (ตำแหน่งที่เก็บ)	ไม่มี	มี	มี (ระบุตำแหน่งของวัตถุทางกายภาพและไฟล์ดิจิทัล)
Technique (เทคนิคการสร้าง)	ไม่มี	ไม่มี	มี (จำเพาะสำหรับงานศิลปะและโบราณวัตถุ)

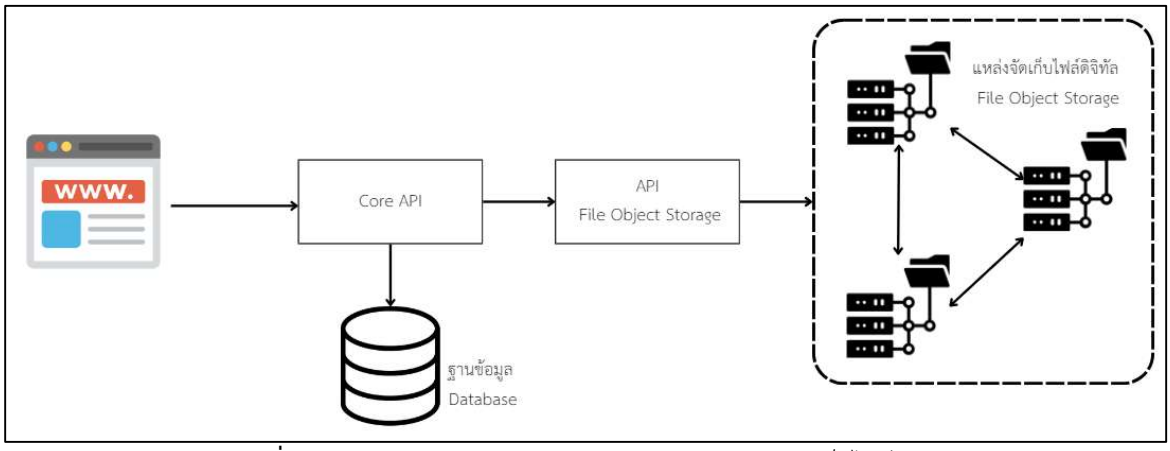
พบว่ามาตรฐาน Dublin Core เหมาะสำหรับการบันทึกข้อมูลพื้นฐานของวัตถุสามมิติที่มีโครงสร้างข้อมูลซับซ้อน เช่น คลังข้อมูลแบบง่าย หรือระบบที่ต้องการความยืดหยุ่นในการใช้งานร่วมกับมาตรฐานอื่น ส่วนมาตรฐาน MODS เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีรายละเอียดเชิงบรรณานุกรมสูง เช่น วัตถุที่เกี่ยวข้องกับหนังสือ ภาพถ่าย หรือเอกสารที่มีโครงสร้างการอ้างอิงซับซ้อน และมาตรฐาน VRA Core เหมาะสำหรับการจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติทางศิลปะ วัฒนธรรม และโบราณคดี เนื่องจากรองรับการบันทึก วัสดุ ขนาด เทคนิคการสร้าง และความสัมพันธ์เชิงโครงสร้าง ดังนั้น มาตรฐาน VRA Core จึงเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดสำหรับการจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติในตัวต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ

3.4 พัฒนาระบบ (Development) ในขั้นตอนนี้ได้ออกแบบระบบให้ทำงานบนเว็บไซต์ดังภาพ



ภาพที่ 3 แผนผังโครงสร้างระบบ ตัวต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ

จากภาพที่ 3 การจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติในระบบจะถูกดำเนินการผ่านเครื่องแม่ข่าย (Server) โดยข้อมูลรายละเอียดของวัตถุสามมิติจะถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูล (Database) ซึ่งในกรณีนี้ได้เลือกใช้ MySQL เป็นเครื่องมือในการสร้างและจัดการฐานข้อมูล ข้อมูลวัตถุสามมิติที่ถูกสแกนและสร้างขึ้นจะถูกจัดเก็บในรูปแบบไฟล์บนเครื่องแม่ข่าย โดยจัดเก็บไฟล์ดิจิทัลในรูปแบบของ File Object Storage สามารถตรวจสอบต้นฉบับและความถูกต้องของไฟล์ข้อมูล รองรับการสำรองข้อมูลป้องกันการสูญหาย สามารถเรียกไฟล์ต้นฉบับกลับคืนมาได้หากมีการแก้ไขข้อมูลไฟล์ดิจิทัล ข้อมูลเหล่านี้จะถูกจัดการผ่านชุดคำสั่งสำหรับการเพิ่ม ลบ หรือแก้ไขข้อมูล รวมถึงการแสดงผลข้อมูล โดยการเชื่อมต่อกับโปรแกรมประยุกต์ (Application Programming Interface: API) ที่ทำงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ในการพัฒนาระบบนี้ได้เลือกใช้ภาษา PHP สำหรับการสร้างโปรแกรมประยุกต์ที่เชื่อมโยงฐานข้อมูลและชุดคำสั่งต่าง ๆ ในขณะที่ส่วนการแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์จะพัฒนาโดยใช้ React.JS ทำงานร่วมกันบนเครื่องแม่ข่าย เพื่อให้สามารถแสดงผลข้อมูลวัตถุสามมิติอย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองการใช้งานได้อย่างเหมาะสมและได้ออกแบบระบบการทำงาน API ในการบริหารแหล่งจัดเก็บข้อมูลไฟล์ดิจิทัล



ภาพที่ 4 แผนผังแสดงการทำงานของระบบ API และแหล่งจัดเก็บไฟล์ดิจิทัล

จากภาพที่ 4 แสดงแผนผังการทำงานของระบบ API สองส่วน คือ ส่วนเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลสำหรับจัดเก็บข้อมูลของเว็บไซต์ ซึ่งการจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดของวัตถุดิจิทัล จะถูกจัดเก็บโดยใช้มาตรฐานการจัดเก็บข้อมูลแบบ Dublin Core และส่วนการจัดเก็บข้อมูลไฟล์ดิจิทัลทำงานผ่าน API File Object Storage จะมีการจัดเก็บข้อมูลแบบทำสำเนาแบบอัตโนมัติเมื่อมีการจัดเก็บไฟล์ข้อมูลเข้าไปในระบบ ทำให้มีความคงทนป้องกันการสูญหายของข้อมูลและมีการควบคุมการจัดเก็บไฟล์ที่ต้องการเข้าถึง มีการจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดของไฟล์และวันที่จัดเก็บพร้อมทั้งคีย์ สำหรับตรวจสอบความ

ถูกต้องของข้อมูลไฟล์ดิจิทัล สอดคล้องกับมาตรฐานการจัดเก็บข้อมูลดิจิทัล ISO/IEC 27001:2013 ที่มุ่งเน้นการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล และสามารถตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล (Checksum) ได้อีกด้วย

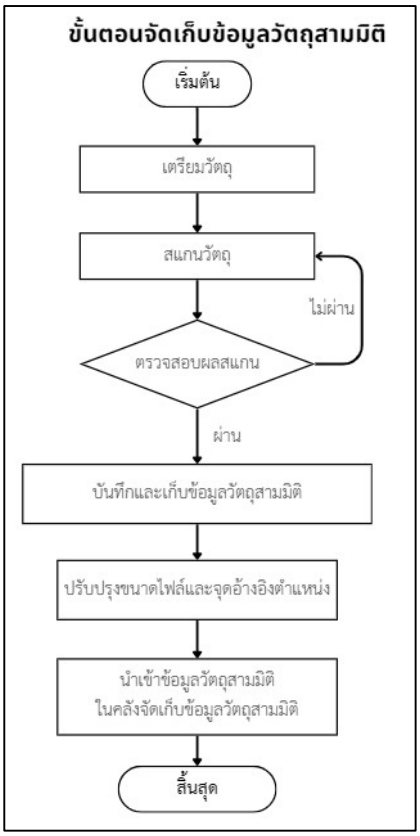
3.5 ทดสอบระบบ (System Testing) ในขั้นตอนนี้ได้เชิญผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง เข้าร่วมทดสอบกระบวนการสร้างวัตถุสามมิติและการนำเข้าข้อมูลเข้าสู่ระบบต้นแบบ เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติและการใช้งานระบบ

3.6 ติดตั้งระบบ (System Implement) เป็นการนำซอฟต์แวร์ไปใช้งานจริง ดำเนินการติดตั้งและทดสอบครั้งสุดท้าย ขั้นตอนนี้ซอฟต์แวร์จะถูกนำมาใช้งานโดยผู้ปฏิบัติงาน ทั้งนี้ซอฟต์แวร์จะถูกนำมาใช้งานให้กับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในกระบวนการทำงานอีกด้วย

3.7 การบำรุงรักษาระบบ (System Maintenance) ทำการตรวจสอบระบบเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีข้อผิดพลาดหรือปัญหาทางเทคนิคหลังจากมีการเพิ่มโบราณวัตถุใหม่ ๆ ลงในระบบ ให้การสนับสนุนทางเทคนิคแก่ผู้ใช้ และแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้งาน และทำการประเมินผลการเข้าใช้งานระบบหลังมีการใช้งานระบบ

4. กระบวนการสร้างวัตถุสามมิติ

กระบวนการสร้างวัตถุสามมิติเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของการจัดเก็บข้อมูลเชิงลึก ซึ่งจำเป็นต้องบันทึกรายละเอียดของวัตถุอย่างชัดเจนและครบถ้วนที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ผลลัพธ์ของกระบวนการนี้จะกลายเป็นข้อมูลต้นฉบับที่ใช้ในการดำเนินงานขั้นตอนต่อไป หากการจัดเก็บข้อมูลขาดความละเอียดหรือไม่สมบูรณ์ และหากวัตถุเกิดความเสียหายขึ้นในภายหลัง จะไม่สามารถย้อนกลับมาเก็บข้อมูลในสภาพที่สมบูรณ์ดังเดิมได้ ส่งผลกระทบต่อคุณภาพการจัดเก็บข้อมูลและอาจจะส่งผลต่อความถูกต้องของการบูรณะหรือการศึกษาในอนาคต กระบวนการสร้างวัตถุสามมิติมีขั้นตอน ดังนี้



ภาพที่ 5 ขั้นตอนจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ

จากภาพที่ 5 กระบวนการเริ่มต้นด้วยการจัดเตรียมวัตถุสำหรับการสแกน โดยต้องวางตำแหน่งวัตถุให้เหมาะสมเพื่อความแม่นยำในการเก็บข้อมูล จากนั้นดำเนินการสแกนโดยรอบของวัตถุอย่างครบถ้วน และตรวจสอบผลลัพธ์ของการสแกน หากพบว่าผลลัพธ์ไม่สมบูรณ์ ควรยกเลิกและดำเนินการสแกนใหม่จนกว่าจะได้ข้อมูลที่ครบถ้วนและถูกต้อง เมื่อการสแกนเสร็จสมบูรณ์ จะทำการบันทึกข้อมูลวัตถุสามมิติที่ได้รับ ต่อจากนั้นต้องปรับขนาดไฟล์ข้อมูลให้เหมาะสมเพื่อการจัดเก็บและการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพ และกำหนดจุดอ้างอิงตำแหน่งของวัตถุให้ถูกต้อง โดยพิจารณาทิศทางการแสดงผล เช่น การกำหนดด้านหน้าของวัตถุ ฯลฯ เมื่อดำเนินการทั้งหมดเสร็จสิ้น ไฟล์ข้อมูลจะถูกนำเข้าสู่คลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการสร้างวัตถุสามมิติ

5. สำรวจประเมินผล กระบวนการจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติและตัวต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ

หลังจากเสร็จสิ้นการพัฒนาต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ ได้เชิญผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องเข้าร่วมทดสอบกระบวนการสร้างวัตถุสามมิติและการนำเข้าข้อมูลเข้าสู่ระบบต้นแบบดังกล่าว กระบวนการทดสอบนี้ประกอบด้วยการสำรวจประเมินผลการใช้งานทั้งอุปกรณ์และตัวต้นแบบคลังข้อมูลสามมิติ ผ่านการใช้แบบสอบถามที่ออกแบบมา เพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับประสิทธิภาพและความสะดวกในการใช้งาน ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจะนำไปวิเคราะห์และปรับปรุงระบบเพิ่มเติม เพื่อพัฒนาระบบให้สามารถสนับสนุนการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสะดวกยิ่งขึ้น

ผลการดำเนินการและอภิปรายผล (Result and Discussion)

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอกระบวนการสร้างวัตถุสามมิติด้วยเครื่องสแกนสามมิติ สามารถสร้างคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติด้วยเครื่องสแกนสามมิติได้ มีข้อมูลรายละเอียดของวัตถุสมบูรณ์และตัวต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี พร้อมทั้งทำการประเมินวิธีการสร้างวัตถุสามมิติและตัวต้นแบบของคลังจัดเก็บข้อมูล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. กระบวนการสร้างวัตถุสามมิติด้วยเครื่องสแกนสามมิติ

ขั้นตอนนี้ได้ทำการทดลองสร้างวัตถุสามมิติตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นวัตถุสามมิติที่มีความคมชัดของชิ้นวัตถุ สามารถทำการบันทึกข้อมูลออกมาเป็นไฟล์พร้อมใช้งานในการแสดงผลได้เป็นอย่างดี

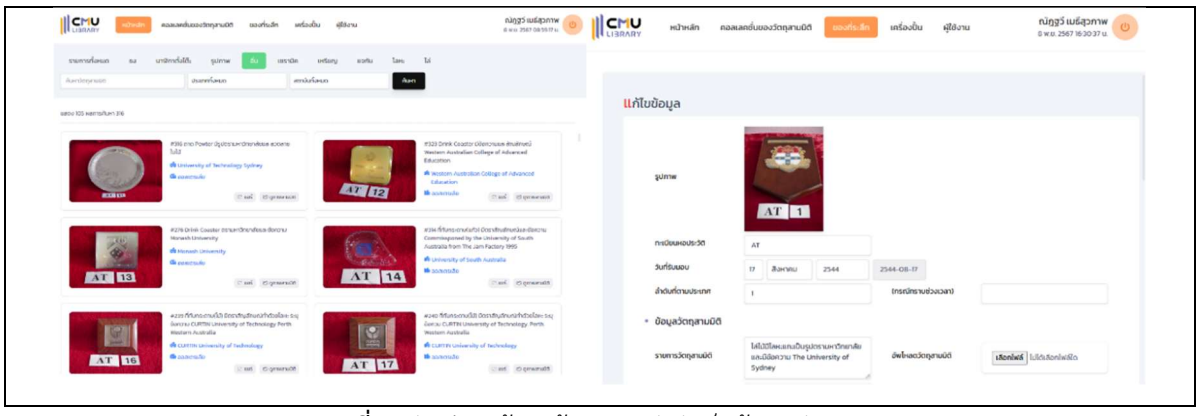
ภาพที่ 6 แสดงกระบวนการสร้างวัตถุสามมิติด้วยเครื่องสแกนสามมิติและไฟล์ที่ได้จากการสแกน

จากภาพที่ 6 กระบวนการสร้างวัตถุสามมิติโดยใช้เครื่องสแกนสามมิติ เป็นขั้นตอนสำคัญในการบันทึกข้อมูลวัตถุจริงในรูปแบบดิจิทัล กระบวนการนี้เริ่มจากการเตรียมวัตถุ โดยจัดวางวัตถุบนแท่นหมุนหรือพื้นผิวที่มั่นคง เพื่อให้การสแกนเป็นไปอย่างราบรื่นและสามารถเก็บภาพและรายละเอียดได้ครบถ้วนทั่วทั้งวัตถุ จากนั้นผู้ปฏิบัติงานจึงเริ่มกระบวนการสแกนโดยใช้เครื่องสแกนสามมิติ ทำการเก็บข้อมูลรายละเอียดรูปร่าง พื้นผิว และลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ของวัตถุในเชิงลึก ในระหว่างการสแกนภาพจำลองดิจิทัลสามมิติของวัตถุจะแสดงบนหน้าจอของซอฟต์แวร์ควบคุม ทำให้สามารถตรวจสอบความสมบูรณ์ของการสแกนและปรับแต่งการตั้งค่า เพื่อให้ได้ภาพที่มีความละเอียดสูงสุด หลังจากกระบวนการสแกนเสร็จสมบูรณ์ ข้อมูลที่ได้จะถูกบันทึกในรูปแบบไฟล์ต่าง ๆ เช่น .OBJ .ASC .JPG และ .MTL เป็นต้น ซึ่งไฟล์เหล่านี้จะเก็บข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับ

โครงสร้าง รูปร่าง และพื้นผิวของวัตถุไว้อย่างครบถ้วน แบบจำลองวัตถุสามมิติที่ได้จากกระบวนการนี้สามารถหมุนดูและตรวจสอบรายละเอียดรอบทิศทางได้อย่างสมจริง

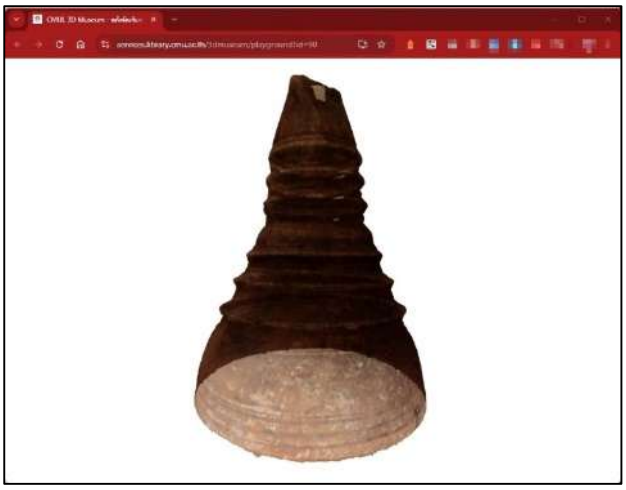
2. ตัวต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ

หลังจากที่พัฒนาตัวต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติเสร็จเรียบร้อยแล้ว ได้เชิญผู้ปฏิบัติงานมาทดสอบระบบ โดยทดสอบ ดังต่อไปนี้ 1) การเพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลคอลเล็กชัน 2) การเพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลรายละเอียดของวัตถุสามมิติ 3) เพิ่มข้อมูลวัตถุสามมิติเพื่อแสดงผล และ 4) การค้นหาข้อมูลวัตถุสามมิติผ่านหน้าเว็บไซต์ ซึ่งผลการทดสอบระบบผู้ปฏิบัติงานสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูล และแสดงผลภายในระบบได้ และสามารถสร้างชุดคำสั่งแบบอัตโนมัติสำหรับใช้แสดงผลบนหน้าเว็บไซต์อื่นได้ ตัวอย่างหน้าจอการทำงาน ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ตัวอย่างหน้าจอต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ

ส่วนของการแสดงผลนั้นสามารถแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์ได้เป็นอย่างดีสามารถหมุนวัตถุสามมิติดูได้ในลักษณะ 360 องศา ดังที่แสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลวัตถุสามมิติบนหน้าเว็บไซต์

3. สำรวจความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานในการทดลองใช้ตัวต้นแบบระบบจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ จำนวน 4 คน โดยการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ใช้เกณฑ์ในการวิเคราะห์ และแปลผลข้อมูล ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.50-5.00	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์ มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย 3.50-4.49	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์ มาก
คะแนนเฉลี่ย 2.50-3.49	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์ ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 1.50-2.49	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์ น้อย
คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.49	กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์ น้อยที่สุด

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของการประเมินประสิทธิภาพของระบบจัดเก็บข้อมูลและแสดงผลข้อมูลวัตถุสามมิติ โดยแบ่งเป็นสามด้านหลัก ได้แก่ ประสิทธิภาพของระบบจัดเก็บข้อมูล ประสิทธิภาพของระบบแสดงผลข้อมูล และการเข้าถึงและใช้งาน

รายการ	$\bar{x}$ ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านประสิทธิภาพของระบบจัดเก็บข้อมูล		
1.1 ความเร็วในการบันทึกและจัดเก็บข้อมูล	3.33	ปานกลาง
1.2 ความจุและการจัดการข้อมูล	4.67	มากที่สุด
1.3 ความปลอดภัยของข้อมูล	5.00	มากที่สุด
รวม	**4.33**	**มาก**
2. ด้านประสิทธิภาพของระบบแสดงผลข้อมูล		
2.1 ความเร็วในการแสดงผลวัตถุสามมิติ	4.00	มาก
2.2 ความเสถียรของการแสดงผล	3.67	มาก
2.3 คุณภาพของการแสดงผล	3.33	ปานกลาง
รวม	**3.67**	**มาก**
3. ด้านการเข้าถึงและใช้งาน		
3.1 ความสะดวกในการเข้าถึง	4.33	มาก
3.2 การรองรับผู้ใช้งานพร้อมกัน	3.33	ปานกลาง
รวม	**3.83**	**มาก**
รวม	**3.96**	**มาก**

จากตารางที่ 2 และเกณฑ์การวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น พบว่า มีผลวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 3 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. ด้านประสิทธิภาพของระบบจัดเก็บข้อมูล

ข้อ 1.1 ความเร็วในการบันทึกและจัดเก็บข้อมูล พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 3.33)

ข้อ 1.2 ความจุและการจัดการข้อมูล พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.67)

ข้อ 1.3 ความปลอดภัยของข้อมูล พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 5.00)

สรุปได้ว่า จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพของระบบจัดเก็บข้อมูล ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.33)

2. ด้านประสิทธิภาพของระบบแสดงผลข้อมูล

ข้อ 2.1 ความเร็วในการแสดงผลวัตถุสามมิติ พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.00)

ข้อ 2.2 ความเสถียรของการแสดงผล พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.67)

ข้อ 2.3 คุณภาพของการแสดงผล พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 3.33)

สรุปได้ว่า จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพของระบบแสดงผลข้อมูล ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ =3.67)

3. ด้านการเข้าถึงและใช้งาน

ข้อ 3.1 ความสะดวกในการเข้าถึง พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.33)

ข้อ 3.2 การรองรับผู้ใช้งานพร้อมกัน พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 3.33)

สรุปได้ว่า จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจด้านการเข้าถึงและใช้งาน ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.83)

สรุปได้ว่า จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพของระบบจัดเก็บข้อมูล ด้านประสิทธิภาพของระบบแสดงผลข้อมูล และด้านการเข้าถึงและใช้งาน ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.96)

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมจัดเก็บฐานข้อมูลและแสดงผลวัตถุสามมิติ

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
1. ระดับความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมจัดเก็บฐานข้อมูลและแสดงผลวัตถุสามมิติ ด้านเนื้อหา		
1.1 ข้อมูลครบถ้วน ทำให้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน	4.75	มากที่สุด
1.2 สามารถเข้าถึงเมนูและการใช้งานง่าย	4.25	มาก
1.3 มีความถูกต้อง ชัดเจน และน่าเชื่อถือ	4.50	มากที่สุด
1.4 ระดับความพึงพอใจด้านเนื้อหาในภาพรวม	4.50	มากที่สุด
รวม	**4.50**	**มากที่สุด**
2. ระดับความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมจัดเก็บฐานข้อมูลและแสดงผลวัตถุสามมิติ ด้านการออกแบบ		
2.1 ความสะดวกในการเข้าใช้งาน	4.25	มาก
2.2 รูปแบบการใช้งานเข้าใจง่าย ไม่ซ้ำซ้อน	4.25	มาก
2.3 ความรวดเร็วในการแสดงผล	4.00	มาก
2.4 ระดับความพึงพอใจด้านการออกแบบระบบในภาพรวม	4.25	มาก
รวม	**4.19**	**มาก**
3. ระดับความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมจัดเก็บฐานข้อมูลและแสดงผลวัตถุสามมิติ ด้านการนำไปใช้งาน		
3.1 ช่วยลดขั้นตอนการทำงาน	4.00	มาก
3.2 ลดค่าใช้จ่ายหรือทรัพยากร เช่น กระดาษ และเวลา	4.00	มาก
3.3 รายงานผลและการแสดงข้อมูล สะดวก และรวดเร็ว	4.25	มาก
3.4 เป็นประโยชน์ต่อการใช้งานในอนาคต	4.50	มากที่สุด
3.5 ระดับความพึงพอใจในภาพรวมด้านการนำไปใช้งาน	4.50	มากที่สุด
3.6 ความรู้ความเข้าใจในการใช้งานระบบ	4.25	มาก
รวม	**4.25**	**มาก**
รวม	**4.27**	**มาก**

จากตารางที่ 3 และเกณฑ์การวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น พบว่า มีผลวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 3 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. ระดับความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมจัดเก็บฐานข้อมูลและแสดงผลวัตถุสามมิติ ด้านเนื้อหา

ข้อ 1.1 ข้อมูลครบถ้วน ทำให้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.75)

ข้อ 1.2 สามารถเข้าถึงเมนูและการใช้งานง่าย พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.25)

ข้อ 1.3 มีความถูกต้อง ชัดเจน และน่าเชื่อถือ พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.50)

ข้อ 1.4 ระดับความพึงพอใจด้านเนื้อหาในภาพรวม พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.50)

สรุปได้ว่า จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมจัดเก็บฐานข้อมูลและแสดงผลวัตถุสามมิติ ด้านเนื้อหา ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.50)

2. ระดับความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมจัดเก็บฐานข้อมูลและแสดงผลวัตถุสามมิติ ด้านการออกแบบ

ข้อ 2.1 ความสะดวกในการเข้าใช้งาน พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.25)

ข้อ 2.2 รูปแบบการใช้งานเข้าใจง่าย ไม่ซ้ำซ้อน พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.25)

ข้อ 2.3 ความรวดเร็วในการแสดงผล พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.00)

ข้อ 2.4 ระดับความพึงพอใจด้านการออกแบบระบบในภาพรวม พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.25)

สรุปได้ว่า จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมจัดเก็บฐานข้อมูลและแสดงผลวัตถุสามมิติ ด้านการออกแบบ ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.19)

3. ระดับความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมจัดเก็บฐานข้อมูลและแสดงผลวัตถุสามมิติ ด้านการนำไปใช้งาน

ข้อ 3.1 ช่วยลดขั้นตอนการทำงาน พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.00)

ข้อ 3.2 ลดค่าใช้จ่ายหรือทรัพยากร เช่น กระดาษ และเวลา พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.00)

ข้อ 3.3 รายงานผลและการแสดงข้อมูล สะดวก และรวดเร็ว พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.25)

ข้อ 3.4 เป็นประโยชน์ต่อการใช้งานในอนาคต พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.50)

ข้อ 3.5 ระดับความพึงพอใจในภาพรวมด้านการนำไปใช้งาน พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.50)

ข้อ 3.6 ความรู้ความเข้าใจในการใช้งานระบบ พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.25)

สรุปได้ว่า จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมจัดเก็บฐานข้อมูลและแสดงผลวัตถุสามมิติ ด้านการนำไปใช้งาน ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.25)

ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าได้รับความพึงพอใจสูงในทุกด้าน โดยเฉพาะในแง่ของการใช้งานและเนื้อหาที่มีความครบถ้วนและน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมจัดเก็บฐานข้อมูลและแสดงผลวัตถุสามมิติสำหรับผู้ใช้งานในส่วนแสดงผลข้อมูลวัตถุสามมิติ (3D Object Embed Script)

รายการ	ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
1. ระดับความพึงพอใจต่อความเร็วในการแสดงผลวัตถุสามมิติ	4.00	มาก
2. คุณภาพการแสดงผลวัตถุสามมิติ (ความคมชัดและความสมจริงของวัตถุสามมิติเมื่อแสดงผลบนเว็บไซต์ปลายทาง)	4.00	มาก
รวม	**4.00**	**มาก**

จากตารางที่ 4 และเกณฑ์การวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้นมีผลวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. ระดับความพึงพอใจต่อความเร็วในการแสดงผลวัตถุสามมิติ พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.00)

2. คุณภาพการแสดงผลวัตถุสามมิติ (ความคมชัดและความสมจริงของวัตถุสามมิติเมื่อแสดงผลบนเว็บไซต์ปลายทาง) พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.00)

ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่า จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจในการใช้งานโปรแกรมจัดเก็บฐานข้อมูลและแสดงผลวัตถุสามมิติสำหรับผู้ใช้งานในส่วนแสดงผลข้อมูลวัตถุสามมิติ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.00)

การนำระบบคลังข้อมูลวัตถุสามมิติมาใช้ในการจัดเก็บและเผยแพร่ข้อมูลส่งผลให้ผู้ใช้ได้รับประสบการณ์ที่ดีขึ้นในหลายด้าน เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบเดิมที่ใช้ การแสดงวัตถุจริงหรือภาพถ่าย 2 มิติ ระบบใหม่นี้สามารถเพิ่มมิติในการเรียนรู้และการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 การประเมินผลกระทบจากการใช้งานโดยผู้ใช้บริการก่อนและหลังการพัฒนาฐานข้อมูลวัตถุ 3 มิติ เพื่อยกระดับการแสดงผลข้อมูลคลังสารสนเทศสำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การใช้งาน	ก่อนการพัฒนา	หลังการพัฒนา
การเข้าถึงข้อมูลที่สะดวกและครอบคลุมมากขึ้น	ผู้ใช้ต้องเดินทางไปยังพิพิธภัณฑ์หรือสถานที่จัดแสดง	ผู้ใช้สามารถสำรวจวัตถุผ่านเว็บไซต์หรือแพลตฟอร์มออนไลน์ได้ทันที
การเข้าถึงข้อมูลของวัตถุสามมิติ	ข้อมูลจำกัดอยู่ที่คำอธิบายสั้น ๆ และภาพถ่าย 2 มิติที่ไม่สามารถให้รายละเอียดของโครงสร้างและพื้นผิวของวัตถุได้ครบถ้วน	ผู้ใช้สามารถหมุนและซูมเข้า-ออก เพื่อดูรายละเอียดของวัตถุได้รอบทิศทาง ทำให้เข้าใจลักษณะทางกายภาพของวัตถุได้ดียิ่งขึ้น
การลดข้อจำกัดทางกายภาพจากการสัมผัสวัตถุจริง	การสัมผัสวัตถุจริงอาจทำให้วัตถุเสียหาย	ผู้ใช้สามารถสำรวจวัตถุได้โดยไม่ต้องสัมผัส ช่วยอนุรักษ์วัตถุให้คงอยู่ยาวนานขึ้น
การนำเสนอแบบการปฏิสัมพันธ์กับข้อมูล (Interactivity)	ผู้ใช้สามารถดูภาพและอ่านข้อมูลเท่านั้น โดยไม่มีโอกาสโต้ตอบหรือสำรวจวัตถุในรูปแบบที่สมจริง	ระบบรองรับการโต้ตอบ เช่น การหมุนวัตถุสามมิติ การแสดงข้อมูลเสริมเกี่ยวกับวัตถุแต่ละส่วน ช่วยให้ผู้ใช้มีส่วนร่วมกับเนื้อหามากขึ้น
ประสิทธิภาพในการค้นหาและจัดเก็บข้อมูล	การค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุอาจทำได้ยาก เนื่องจากไม่มีมาตรฐาน Metadata ที่เป็นระบบ	การนำมาตรฐาน Dublin Core มาใช้ช่วยให้การจัดเก็บและค้นหาข้อมูลมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผู้ใช้สามารถค้นหาโดยใช้คำสำคัญ หมวดหมู่ หรือรายละเอียดเฉพาะของวัตถุ
การสนับสนุนการวิจัยและการศึกษาในด้านการวิจัยข้อมูลวัตถุสามมิติ	นักวิจัยอาจไม่สามารถศึกษารายละเอียดของวัตถุได้ครบถ้วน	นักวิจัยสามารถวิเคราะห์วัตถุจากข้อมูลสามมิติที่แม่นยำ
การสนับสนุนการวิจัยและการศึกษาในด้านการแบ่งปันข้อมูลระหว่างสถาบัน	การแลกเปลี่ยนข้อมูลทำได้ยาก	ข้อมูลสามมิติสามารถแชร์และใช้งานร่วมกันได้ผ่านคลังข้อมูลกลาง

บทสรุป (Conclusion)

จากการศึกษาและสร้างตัวต้นแบบในการเสนอแนวทางการพัฒนาฐานข้อมูลวัตถุ 3 มิติ เพื่อยกระดับการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบวัตถุสามมิติ มีการทำงานที่สำคัญอยู่สองส่วน คือ ส่วนของการสร้างวัตถุสามมิติ และตัวต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติ ได้นำมาทดสอบใช้งานกับผู้ปฏิบัติงานนั้นสามารถนำเข้าข้อมูลรายละเอียดของวัตถุตามมาตรฐาน VRA Core ได้ผู้ปฏิบัติงานสามารถจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดของวัตถุจริงในรูปแบบวัตถุสามมิติ โดยวัตถุสามมิติมีรายละเอียดของวัตถุเหมือนกับวัตถุจริง และสามารถนำไฟล์ข้อมูลวัตถุสามมิติที่ได้ไปใช้ในอีกหลากหลายโปรแกรม และพบปัญหาเกี่ยวกับการสแกนวัตถุที่มีพื้นผิวโปร่งแสง เนื่องจากการหักเหของแสงอินฟราเรดทำให้เกิดการสะท้อนและทะลุผิววัตถุ ส่งผลให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนในบางกรณี ส่วนตัวต้นแบบคลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติสามารถใช้งานได้ดี สามารถจัดเก็บข้อมูลรายละเอียดของวัตถุสามมิติและจัดเป็นหมวดหมู่ง่ายต่อการค้นหาและเผยแพร่ สามารถใช้เป็นแหล่งจัดเก็บข้อมูลวัตถุ

สามมิติ เพื่อใช้ในการเผยแพร่ในเว็บไซต์อื่นได้ โดยการนำชุดคำสั่งที่สร้างจากระบบโดยอัตโนมัติไปแทรกบนหน้าเว็บไซต์อื่นเพื่อแสดงผล ทำให้สะดวกต่อการเข้าถึง ลดความจำเป็นในการสัมผัสวัตถุจริง และความเสี่ยงต่อการชำรุดของวัตถุจริง ทำให้ได้ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ปฏิบัติงานต่อการใช้งานระบบในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.25) สามารถนำข้อมูลวัตถุสามมิติไปใช้ในการต่อยอดในการแสดงผลข้อมูลวัตถุสามมิติในการแสดงผลบนหน้าจอสัมผัสให้ผู้ใช้บริการได้ดูรายละเอียดของข้อมูลวัตถุสามมิติได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุจริง การจัดเก็บข้อมูลไฟล์ดิจิทัลมีการทำสำเนาแบบอัตโนมัติเพื่อป้องกันการเสียหาย สูญหายของไฟล์ดิจิทัล สามารถตรวจสอบความถูกต้องของไฟล์ดิจิทัลได้จากการใช้คีย์สำหรับตรวจสอบข้อมูลได้ และได้รับผลการประเมินจากผู้ใช้งานผ่านหน้าเว็บไซต์ ($\bar{X}$ = 4.00) อยู่ในระดับมากเช่นกัน

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การพัฒนาเป็นไปอย่างต่อเนื่องจำเป็นต้องนำผลการประเมินการใช้งานในทุกด้านมาปรับปรุงระบบ รวมทั้งการจัดเก็บข้อมูลวัตถุที่มีเนื้อวัตถุแบบโปร่งแสงที่ทำให้ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลได้อย่างถูกต้อง เพื่อให้ระบบมีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพสูงสุด ปรับปรุงระบบให้รองรับการจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติตามแนวทางของ Hardesty et al. (2020) ปรับปรุงเพิ่มเติมส่วนส่งออกข้อมูลรายละเอียดวัตถุแบบ MARC21 และ RDF เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานการจัดเก็บและเผยแพร่ข้อมูลต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ (Recommendations)

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.1 คลังจัดเก็บข้อมูลวัตถุสามมิติสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการอนุรักษ์วัสดุหายาก ลดการสัมผัสโดยตรงและช่วยป้องกันความเสียหายของวัตถุ

1.2 สามารถใช้เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับการศึกษา รวมถึงการวิจัยทางด้านประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม โดยเปิดให้สถาบันการศึกษา นักวิจัย หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปใช้

1.3 สามารถนำวัตถุสามมิติไปประยุกต์ใช้ในการสร้างสื่อดิจิทัล เช่น การพัฒนาแอปพลิเคชันเสมือนจริง (VR) และเทคโนโลยีเสริมความเป็นจริง (AR) เพื่อใช้ในการประชาสัมพันธ์และส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม

1.4 ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับพิพิธภัณฑ์ดิจิทัล หรือแพลตฟอร์มออนไลน์ที่ให้ผู้ใช้สามารถสำรวจและโต้ตอบกับวัสดุหายากได้โดยไม่ต้องเข้าชมสถานที่จริง

1.5 พัฒนาต่อยอดเป็นระบบคลังข้อมูลกลางสำหรับการแลกเปลี่ยนและเผยแพร่วัตถุสามมิติระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น พิพิธภัณฑ์ หอจดหมายเหตุ และห้องสมุด

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การปรับปรุงวิธีการสแกนวัตถุโปร่งแสง ควรศึกษาวิธีการสแกนวัตถุที่มีพื้นผิวโปร่งแสงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อแก้ปัญหาการหักเหของแสงอินฟราเรดที่ทำให้ข้อมูลไม่ครบถ้วน เช่น การใช้เทคโนโลยีแสงโครงสร้าง (Structured Light Scanning) หรือการประมวลผลภาพหลายมุมมอง (Multi-View Stereo)

2.2 การพัฒนามาตรฐานการจัดเก็บข้อมูล ควรขยายขอบเขตการวิจัยให้ครอบคลุมในหลากหลายมาตรฐาน สามารถแปลงรายละเอียดมาตรฐานเป็นมาตรฐานอื่น ๆ เช่น Dublin Core, MARC21 และ RDF ให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล และสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างคลังข้อมูลอื่น ๆ ได้

2.3 การเพิ่มประสิทธิภาพการแสดงผล ควรศึกษาวิธีการลดขนาดไฟล์วัตถุสามมิติโดยไม่สูญเสียรายละเอียด เพื่อให้การแสดงผลบนเว็บไซต์หรือแพลตฟอร์มอื่น ๆ เป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

2.4 การขยายขอบเขตการใช้งาน ควรวิจัยการนำข้อมูลวัตถุสามมิติไปใช้ในเทคโนโลยีอื่น ๆ เช่น Virtual Reality (VR) หรือ Augmented Reality (AR) เพื่อสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่สมจริงและน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

2.5 การประเมินและปรับปรุงระบบอย่างต่อเนื่อง ควรนำผลการประเมินจากผู้ใช้งานมาปรับปรุงระบบอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ระบบมีความสมบูรณ์และตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

การพัฒนาต่อยอดในประเด็นเหล่านี้จะช่วยให้ระบบคลังข้อมูลวัตถุสามมิติมีความสมบูรณ์และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ทั้งในด้านการศึกษา การอนุรักษ์ และการเผยแพร่มรดกทางวัฒนธรรมต่อไปในอนาคต

รายการอ้างอิง (References)

Atik, M. E., Duran, Z., Yanalak, M., Seker, D. Z., & Ak, A. (2023). 3D modeling of historical measurement instruments using photogrammetric and laser scanning techniques. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, *30*. https://doi.org/10.1016/j.daach.2023.e00286

Biodiversity Information Standards (TDWG). (2023). *Darwin Core Quick Reference Guide*. https://dwc.tdwg.org/terms/

Blundell, J., Clark, J. L., Devet, K. E., & Hardesty, J. L. (2020). *Metadata requirements for 3D data*. https://dx.doi.org/10.34944/dspace/6733

Dublin Core Metadata Initiative. (2025). *DCMI metadata terms*. https://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/dcmi-terms/

Hardesty, J., Johnson, J., Wittenberg, J., Hall, N., Cook, M., Lischer-Katz, Z., Xie, Z., & McDonald, R. (2020). 3D Data repository features, best practices, and implications for preservation models: Findings from a national forum. *College & Research Libraries*, *81*(5), 789. https://doi.org/10.5860/crl.81.5.789

Library of Congress. (2022a). *MODS user guidelines* (ver. 3). https://www.loc.gov/standards/mods/userguide/

Library of Congress. (2022b). *VRA Core schemas and documentation*. https://www.loc.gov/standards/vracore/schemas.html

Magabaleh, A. A., Ghraibeh, L. L., Audeh, A. Y., Albahri, A. S., Deveci, M., & Antucheviciene, J. (2024). Systematic review of software engineering uses of multi-criteria decision-making methods: Trends, bibliographic analysis, challenges, recommendations, and future directions. *Applied Soft Computing, 163,* 111859. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2024.111859

Merella, M., Farina, S., Scaglia, P., Caneve, G., Bernardini, G., Pieri, A., Collareta, A., & Bianucci, G. (2023). Structured-Light 3D scanning as a tool for creating a digital collection of modern and fossil Cetacean skeletons (Natural History Museum, University of Pisa). *Heritage*, *6*(10), 6762–6776. https://doi.org/10.3390/heritage6100353

Stoean, R., Bacanin, N., Stoean, C., & Ionescu, L. (2024). Bridging the past and present: AI-driven 3D restoration of degraded artefacts for museum digital display. *Journal of Cultural Heritage*, *69*, 18–26. https://doi.org/10.1016/j.culher.2024.07.008

Ubik, S., Kubišta, J., & Dvořák, T. (2022). Interactive 3D models: Documenting and presenting restoration and use of heritage objects. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, *27*. https://doi.org/10.1016/j.daach.2022.e00246