

แพลตฟอร์มดิจิทัลซึ่งใช้การจำลองสารสนเทศอาคารสำหรับวางแผนและดำเนินการ

โครงการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่ให้ได้รับการรับรองมาตรฐาน LEED

เพ็ญกัญญา ไพบูลเกียรติกุล^{1,*} วีระศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์¹ และ สริน พินิจ²

¹ ศูนย์การจัดการทรัพย์สินเชิงดิจิทัลเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (CDAM) ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

² ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

*Corresponding author; E-mail address: Phenkanya.p@gmail.com

บทคัดย่อ

อาคารที่มีอยู่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะช่วงดำเนินการและบำรุงรักษาอาคาร (operation and maintenance, O&M) ซึ่งมีการปล่อยคาร์บอนและใช้ทรัพยากรอย่างต่อเนื่อง การปรับปรุงให้เป็นอาคารเขียว (green retrofitting) เป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้ใช้งานอาคาร งานวิจัยนี้พัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลซึ่งใช้การจำลองสารสนเทศอาคาร (building information modeling, BIM) เพื่อรวบรวมและแสดงข้อมูลที่จำเป็นสำหรับวางแผนและดำเนินการโครงการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่ให้เป็นอาคารเขียวตามมาตรฐาน LEED V4.0 O+M แพลตฟอร์มดิจิทัลนี้ประกอบด้วย 4 โมดูลหลัก ได้แก่ 1) โมดูลจัดเตรียมข้อมูลจากแบบจำลอง BIM และแหล่งข้อมูลอื่น ๆ 2) โมดูลวิเคราะห์เครดิต LEED เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ 3) โมดูลวางแผนและควบคุมโครงการโดยติดตามเอกสารและผู้เกี่ยวข้อง และ 4) โมดูลรายงานและแสดงผลเพื่อสนับสนุนการดำเนินโครงการ แพลตฟอร์มนี้จะสามารถช่วยที่ปรึกษาอาคารเขียว ผู้จัดการโครงการ และเจ้าของโครงการในกระบวนการวางแผนและดำเนินงาน โดยผู้ร่วมโครงการทุกคนจะทำงานบนฐานข้อมูลเดียวกัน ทุกฝ่ายจะเข้าใจบทบาทและกิจกรรมที่ต้องดำเนินการในแต่ละช่วงของโครงการอย่างชัดเจน นอกจากนี้แพลตฟอร์มยังช่วยจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ และเพิ่มโอกาสในการบรรลุเป้าหมายความยั่งยืนตามมาตรฐาน LEED V4.0 O+M

คำสำคัญ: การจำลองสารสนเทศอาคาร, ระบบประเมิน LEED V4.0 O+M, การปรับปรุงให้เป็นอาคารเขียว, การวางแผนและดำเนินการโครงการปรับปรุงอาคาร, แพลตฟอร์มดิจิทัล

Abstract

Existing buildings have a significant impact on the environment, especially during the operation and maintenance (O&M) phase, which continuously releases carbon and consumes resources. Green retrofitting is an important approach to increase energy efficiency, reduce environmental impacts, and improve the quality of life of building occupants. This paper develops a digital platform that uses building information

modeling (BIM) to collect and present necessary data for planning and executing a green building retrofit project in accordance with LEED V4.0 O+M standards. This digital platform consists of four main modules. The first module prepares and compiles data from BIM models and other data sources. The second module analyzes LEED credits to support decision-making. The third module plans and controls the project by tracking documents and stakeholders. The last module is the reporting and visualization module to support green retrofitting project execution. This platform is developed to support green building consultants, project managers, and project owners in the planning and execution process, allowing all project participants to share the common database. All parties clearly understand their roles and activities at each project stage. In addition, the platform helps manage data systematically and efficiently, which increases the opportunity to achieve sustainability goals per LEED V4.0 O+M standards.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), LEED V4.0 O+M, Green retrofitting, Retrofitting project planning and executing, Digital platform

1. บทนำ

อาคารที่มีอยู่ (existing buildings) มีสัดส่วนการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูง โดยเฉพาะในช่วงการดำเนินงานและบำรุงรักษา (operation and maintenance, O&M) ซึ่งมีการปล่อยคาร์บอนมากที่สุด โดยคิดเป็น 63.22% ของวัฏจักรชีวิตอาคาร [1] การปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารเขียว (green retrofitting) จึงเป็นกลยุทธ์สำคัญในการบรรลุเป้าหมายด้านความยั่งยืนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน น้ำ และทรัพยากรต่าง ๆ นอกจากนั้นอาคารเขียวยังช่วยเพิ่มคุณภาพของสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และส่งเสริมการใช้วัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ [2]

ในปัจจุบันระบบประเมินอาคารเขียวได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อประเมินประสิทธิภาพและความยั่งยืนของอาคารในด้านต่าง ๆ หนึ่งในระบบการ

ประเมินที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางคือ ระบบประเมิน LEED O+M (Leadership in Energy and Environmental Design: Operations and Maintenance) ซึ่งถูกนำมาใช้ประเมินอาคารช่วง O&M [3] ระบบประเมินนี้มุ่งเน้นประเมินสมรรถนะของอาคารในระหว่างการใช้งานจริง อย่างไรก็ตามการนำระบบประเมิน LEED ไปใช้ในทางปฏิบัติมักประสบปัญหาในเชิงข้อมูล เนื่องจากต้องอาศัยเอกสารจำนวนมาก การประสานงานหลายฝ่าย และการวางแผนกิจกรรมเฉพาะที่มีความซับซ้อน

การจำลองสารสนเทศอาคาร (building information modeling, BIM) ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในโครงการก่อสร้างด้วยวัตถุประสงค์หลากหลาย [4] BIM กลายเป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดการข้อมูลตลอดวงจรชีวิตของอาคาร ทั้งในด้านการออกแบบ การก่อสร้าง รวมถึงการบริหารจัดการอาคารในระยะใช้งานจริง BIM ช่วยบูรณาการข้อมูลในรูปแบบที่มีโครงสร้าง สนับสนุนการตัดสินใจ และประสานงานระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในโครงการอย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้พัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลสำหรับสนับสนุนการวางแผนและดำเนินการโครงการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่ให้เป็นอาคารเขียวตามมาตรฐาน LEED O+M แพลตฟอร์มนี้ใช้แบบจำลอง BIM เพื่อรวบรวมและจัดการข้อมูลอาคาร แพลตฟอร์มสามารถช่วยวางแผนและดำเนินการโครงการอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงลดความเสี่ยงในการดำเนินโครงการที่เกิดจากการขาดข้อมูลที่จำเป็นต่อการตัดสินใจ

2. แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)

ระบบประเมิน LEED ถูกพัฒนาโดยองค์กร U.S. Green Building Council (USGBC) ประเทศสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998 LEED ได้พัฒนาและอัปเดตเวอร์ชันใหม่ตลอด ตั้งแต่ LEED V1.0, V2.0, V2.1, V2.2, V3.0, V4.0 และปัจจุบัน V4.1 เมื่อปี ค.ศ. 2019 ระบบประเมิน LEED ประกอบด้วยกรอบการรับรองโครงการหลายประเภทได้แก่ [5]

- 1) LEED for Building Design and Construction (BD+C) สำหรับการออกแบบและก่อสร้างอาคารใหม่ หรืออาคารที่มีการปรับปรุงใหญ่
- 2) LEED for Interior Design and Construction (ID+C) สำหรับการออกแบบและก่อสร้างภายในของอาคารเชิงพาณิชย์
- 3) LEED for Building Operations and Maintenance (O+M) สำหรับการปรับปรุงและการบำรุงรักษาอาคารที่มีอยู่
- 4) LEED for Neighborhood Development (ND) สำหรับการพัฒนา และการปรับปรุงชุมชนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- 5) LEED for Homes สำหรับการออกแบบและก่อสร้างบ้านพักอาศัย
- 6) LEED for Cities and Communities สำหรับการพัฒนาเมืองและชุมชนที่ยั่งยืน

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการประเมินมาตรฐาน LEED V4.0 O+M ประเภทอาคารที่มีอยู่ (existing building) เนื่องจากมีเกณฑ์ที่เข้มงวดกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการจัดหาวัสดุ จึงก่อให้เกิดความท้าทายสำหรับหลายโครงการ ระบบประเมิน LEED V4.0 O+M พิจารณา 8 หมวด [5] คือ

- 1) Location and Transportation (LT) ได้แก่ ทำเลที่ตั้งของอาคาร ความสะดวกในการเข้าถึง และการเชื่อมต่อกับเครือข่ายขนส่ง มุ่งเน้นการใช้วิธีการเดินทางที่ยั่งยืน เช่น การใช้ขนส่งสาธารณะหรือยานพาหนะทางเลือก เพื่อลดการพึ่งพาพาหนะส่วนบุคคล
- 2) Sustainable Sites (SS) มุ่งเน้นการจัดการพื้นที่โดยรอบอาคาร และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรอบ เช่น การจัดการพื้นที่ การปกป้องที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ การจัดการน้ำฝน การลดผลกระทบจากเกาะความร้อน และการลดมลภาวะแสง
- 3) Water Efficiency (WE) เน้นการลดการใช้น้ำทั้งภายในและภายนอกอาคาร เช่น การใช้สุขภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพสูง การจัดการน้ำในระบบระบายความร้อน และการตรวจวัดการใช้น้ำเพื่อจัดการการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ
- 4) Energy and Atmosphere (EA) มุ่งเน้นการลดการใช้พลังงานและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การตรวจวัดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การตรวจวัดพลังงาน การตรวจสอบระบบอาคาร การใช้พลังงานหมุนเวียน และการจัดการสารทำความเย็น
- 5) Materials and Resources (MR) พิจารณาการจัดซื้อวัสดุ และการจัดการขยะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การจัดซื้อวัสดุที่ยั่งยืน การใช้เคลือบ และการลดขยะจากการดำเนินงานของอาคาร
- 6) Indoor Environmental Quality (EQ) มุ่งเน้นการสร้างสภาพแวดล้อมภายในที่ส่งเสริมสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีของผู้ใช้งานอาคาร เช่น คุณภาพอากาศภายในอาคาร ความสบายทางความร้อน คุณภาพของแสง และการทำความสะอาดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
- 7) Innovation (IN) มอบคะแนนพิเศษสำหรับการนำแนวปฏิบัติที่สร้างสรรค์ซึ่งช่วยเพิ่มความยั่งยืนของอาคารในรูปแบบที่ไม่ครอบคลุมในหมวดหมู่อื่น ๆ
- 8) Regional Priority (RP) มอบคะแนนพิเศษสำหรับการแก้ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญในภูมิภาคต่าง ๆ ซึ่งจะพิจารณาตามสถานที่ตั้งของโครงการ

ระบบประเมิน LEED O+M แตกต่างจากระบบประเมิน LEED ประเภทอื่น ๆ ในด้านระยะเวลาของใบรับรอง LEED หลังจากได้รับใบรับรองประเภท BD+C และ ID+C แล้วใบรับรองจะมีผลตลอดไป อย่างไรก็ตามใบรับรองประเภท LEED O+M ไม่มีผลตลอดไป จำเป็นต้องต่ออายุใบรับรองใหม่เมื่อหมดอายุ (recertified) สำหรับ LEED V4.0 แต่ละอาคารจะต้องยื่นขอใบรับรองทุก ๆ 3 หรือ 5 ปี เพื่อให้ใบรับรอง LEED O+M ต่อไป โดยไม่มีค่าลงทะเบียนสำหรับการขอรับรองซ้ำ

2.2 การปรับปรุงให้เป็นอาคารเขียว

2.2.1 แนวทางการปรับปรุงให้เป็นอาคารเขียว

การปรับปรุงให้เป็นอาคารเขียว (green retrofitting) หมายถึงการปรับปรุงระบบหรือโครงสร้างบางส่วนของอาคารที่มีอยู่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ลดการปล่อยมลพิษ และส่งเสริมสภาพแวดล้อมที่ดีให้กับผู้ใช้งาน อาคารที่ได้รับการปรับปรุงจะสามารถช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานในระยะยาว และยังช่วยสร้างมูลค่าเพิ่ม

ให้กับทรัพย์สิน การปรับปรุงอาคารเขียวมุ่งเน้นไปที่ประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคม [6]

แนวทางในการปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารเขียวเน้นครอบคลุมหลายปัจจัย เช่น การปรับปรุงระบบพลังงาน การใช้วัสดุก่อสร้างที่ยั่งยืน และการปรับปรุงระบบการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ การปรับปรุงข้างต้นเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการสร้างอาคารที่สามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น BIM ยังช่วยให้การจัดการและวางแผนการปรับปรุงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดต้นทุนมากขึ้น [7]

2.2.2 ผู้ร่วมโครงการปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารเขียว

ในโครงการ LEED O+M การมีส่วนร่วมของผู้ร่วมโครงการ (participants) แต่ละฝ่ายเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินงานให้เป็นไปตามมาตรฐานความยั่งยืนที่กำหนด ผู้เข้าร่วมเหล่านี้ทำหน้าที่ในหลากหลายบทบาท ตั้งแต่การวางแผน การจัดการระบบ การตรวจสอบ จนถึงการบำรุงรักษา แต่ละฝ่ายมีบทบาทและความรับผิดชอบที่เฉพาะเจาะจงเพื่อให้โครงการบรรลุเป้าหมายการรับรอง LEED O+M หนังสือคู่มือ LEED Reference Guide for Building Operations and Maintenance version 4 [5] ระบุผู้ร่วมโครงการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่ให้เป็นอาคารเขียวตามมาตรฐาน LEED V4.0 O+M ได้แก่ เจ้าของอาคาร (owner), ผู้จัดการโครงการ (project manager), ที่ปรึกษา LEED (green consultant), ผู้จัดการอาคาร (facility manager), ผู้ออกแบบ (designer), ผู้รับจ้าง (contractor), ผู้ควบคุมการทดสอบระบบ (commissioning authority) และผู้ใช้งานหรือผู้เช่าอาคาร (occupants/tenants)

ผู้เกี่ยวข้องในโครงการอาคารเขียวมีจำนวนมากและมีบทบาทแตกต่างกัน ทำให้การจัดการโครงการมีความซับซ้อนและท้าทายซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อการทำงานของโครงการได้ ดังนั้นการจัดการความซับซ้อนของผู้เกี่ยวข้องจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างความร่วมมือระหว่างผู้เกี่ยวข้องและทำให้โครงการสามารถดำเนินไปได้อย่างราบรื่น [8]

2.3 แนวทางการจัดการข้อมูลโดยแบบจำลอง BIM

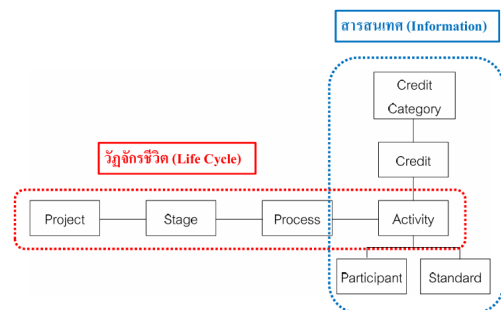
แบบจำลอง BIM ประกอบด้วยข้อมูลจำนวนมาก ซึ่งสามารถใช้สนับสนุนการออกแบบและการจัดการอาคาร ข้อมูลเหล่านี้มาจากค่าเริ่มต้นที่ถูกกำหนดในวัตถุ เช่น ความยาว พื้นที่ แต่ข้อมูลอื่น ๆ จำเป็นต้องกำหนดเพิ่มเติมเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการเฉพาะของโครงการ เช่น การประเมินพลังงาน การจัดการวัสดุที่ยั่งยืน ข้อมูลเหล่านี้ใน BIM ซอฟต์แวร์เรียกว่า ประเภทของพารามิเตอร์ (type of parameter) โดยเป็นการระบุประเภทของข้อมูลที่จะใช้ เช่น ข้อความ (text), จำนวนเต็ม (integer), ตัวเลข (number), ความยาว (length), พื้นที่ (area), ปริมาตร (volume), มุม (angle), ความลาดเอียง (slope), สกุลเงิน (currency), ใช่/ไม่ใช่ (yes/no), วัสดุ (material), ลิงก์ (URL) [9] การสร้างแบบจำลอง BIM ประกอบด้วย 7 ด้าน ได้แก่ ทั่วไป (common), โครงสร้าง (structural), ระบบทำความร้อน ระบบอากาศและปรับอากาศ (HVAC), ระบบไฟฟ้า (electrical), ระบบท่อ (piping), พลังงาน (energy), และ โครงสร้างพื้นฐาน (infrastructure) ในแต่ละแนวทางการใช้งานเหล่านี้จะมีประเภท

ของพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับลักษณะการออกแบบและความต้องการของแต่ละระบบ เช่น ระบบโครงสร้างอาจใช้พารามิเตอร์ด้านวัสดุและความแข็งแรง ในขณะที่ระบบ HVAC อาจใช้พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมอุณหภูมิและการไหลของอากาศ [10]

2.4 การจัดการสารสนเทศสำหรับโครงการอาคารเขียว

ธนาคาร ธนศนาธร (2554) [11] ได้พัฒนาระบบจัดการสารสนเทศในการพัฒนาโครงการอาคารเขียว (Green Building Information Management System, GBIMS) โดยอาศัยระบบประเมินอาคารเขียว LEED V3.0 BD+C ประเภทการก่อสร้างอาคารใหม่ (new construction) ระบบนี้ช่วยให้ผู้พัฒนาโครงการและผู้เกี่ยวข้องสามารถจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับการพัฒนาอาคารเขียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบที่พัฒนาขึ้นครอบคลุมการจัดการข้อมูลตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ การก่อสร้าง จนถึงการบริหารจัดการอาคาร

หลักการสำคัญของการจัดการสารสนเทศสำหรับอาคารเขียวซึ่งธนาคาร ธนศนาธร (2554) ได้นำมาใช้ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักได้แก่ วัฏจักรชีวิต (life cycle) และสารสนเทศ (information) วัฏจักรชีวิตของโครงการอาคารเขียวประกอบด้วยโครงการ (project) ขั้นตอน (stage) กระบวนการ (process) และกิจกรรม (activity) การเชื่อมโยงกับสารสนเทศจะใช้กิจกรรมในการเชื่อมโยงซึ่งจะมีการระบุเครดิต (credit) ของกิจกรรม เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานเข้าใจการดำเนินการในกิจกรรมนั้นมากขึ้น รวมถึงเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของผู้เกี่ยวข้องหรือมาตรฐานอ้างอิง (reference standard) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังคลาสของข้อมูลในระบบจัดการสารสนเทศ
ในโครงการก่อสร้างอาคารเขียว [11]

3. ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลซึ่งใช้ข้อมูลจากแบบจำลอง BIM สำหรับสนับสนุนการวางแผนและดำเนินโครงการปรับปรุงอาคารให้ได้รับการรับรองมาตรฐาน LEED V4.0 O+M ระเบียบวิธีวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

3.1 ทบทวนแนวคิดและทฤษฎีจากงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนนี้จะรวบรวม วิเคราะห์ และประมวลความรู้และทฤษฎีที่จำเป็นโดยศึกษาจากวิทยานิพนธ์ บทความวิชาการ หนังสือ และเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ

3.2 พัฒนาการความคิดของแพลตฟอร์มดิจิทัลที่ใช้ BIM สำหรับวางแผนและควบคุมโครงการปรับปรุงให้เป็นอาคารเขียวตามมาตรฐาน LEED

หน้าที่หลักของแพลตฟอร์มดิจิทัลที่พัฒนาคือการรวบรวมและจัดการข้อมูลอาคารโดยอาศัยแบบจำลอง BIM ซึ่งสามารถระบุและแจกแจงกิจกรรมที่ต้องดำเนินการในแต่ละช่วงของโครงการได้อย่างชัดเจน แพลตฟอร์มสามารถสนับสนุนการวางแผนและควบคุมโครงการให้บรรลุเป้าหมายตามมาตรฐาน LEED V4.0 O+M ระบบนี้มี 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) การวิเคราะห์แนวทางปฏิบัติตามมาตรฐาน LEED V4.0 O+M 2) การรวบรวมและจัดการข้อมูลที่เป็นไปในโครงการ และ 3) การวางแผนและดำเนินการโครงการตามมาตรฐาน LEED V4.0 O+M

3.3 วิเคราะห์กระบวนการและแผนปฏิบัติงานของระบบประเมิน LEED V4.0 O+M

ขั้นตอนนี้อาศัยคู่มืออ้างอิง LEED Reference Guide for Building Operations and Maintenance version 4 [5] และผลจากการสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีประสบการณ์ในโครงการ LEED V4.0 O+M ขั้นตอนนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ศึกษากระบวนการดำเนินการ LEED V4.0 O+M ในโครงการ และวิเคราะห์ข้อปฏิบัติและแนวทางของแต่ละหมวด (category) และเครดิต (credit) เพื่อแจกแจงทางเลือก (option) ทั้งหมดที่เป็นไปได้ ซึ่งมีทั้งหมด 8 หมวด 49 เครดิตที่จะต้องพิจารณา จากนั้นจึงระบุกิจกรรม (activity) เอกสารที่เกี่ยวข้อง (document) ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (stakeholders) และระยะดำเนินการ (stage) ในแต่ละช่วงของโครงการปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารเขียว เพื่อระบุได้ว่าในแต่ละเครดิตจะต้องดำเนินการกิจกรรมอะไร ใครเป็นผู้เกี่ยวข้อง และดำเนินการในระยะใดของโครงการ

3.4 การประยุกต์ใช้การจำลองอาคารสารสนเทศในโครงการ

ขั้นตอนนี้กำหนดแนวทางการนำแบบจำลอง BIM มาใช้ในโครงการปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารเขียวตามระบบประเมิน LEED V4.0 O+M โดยพิจารณาการใช้ประโยชน์ BIM (BIM uses) ในแต่ละเครดิต จากนั้นจึงสรุปแผนดำเนินงาน BIM ในโครงการ

3.5 รวบรวมและสรุปข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการวางแผนและดำเนินการโครงการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่ให้ได้รับการรับรองมาตรฐาน LEED

ขั้นตอนนี้สรุปข้อมูลที่ได้จากหัวข้อที่ 3.4 และ 3.5 เพื่อจำแนกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนและดำเนินการโครงการปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารเขียวตามมาตรฐาน LEED V4.0 O+M ข้อมูลหลักในโครงการแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ข้อมูลที่จัดเก็บในแบบจำลอง BIM และข้อมูลที่ไม่ได้จัดเก็บในแบบจำลอง BIM

3.6 ออกแบบสถาปัตยกรรมระบบของแพลตฟอร์มดิจิทัล

ในขั้นตอนนี้เราพัฒนาสถาปัตยกรรมระบบ (system architecture) ของแพลตฟอร์มดิจิทัลที่ใช้ BIM สำหรับวางแผนและควบคุมโครงการปรับปรุงอาคารเขียวตามมาตรฐาน LEED V4.0 O+M ระบบประกอบด้วย

4 โมดูล ได้แก่ 1) โมดูลการจัดเตรียมข้อมูล 2) โมดูลวิเคราะห์และเลือกเครดิต LEED 3) โมดูลวางแผนและควบคุมโครงการ และ 4) โมดูลรายงานและแสดงผล

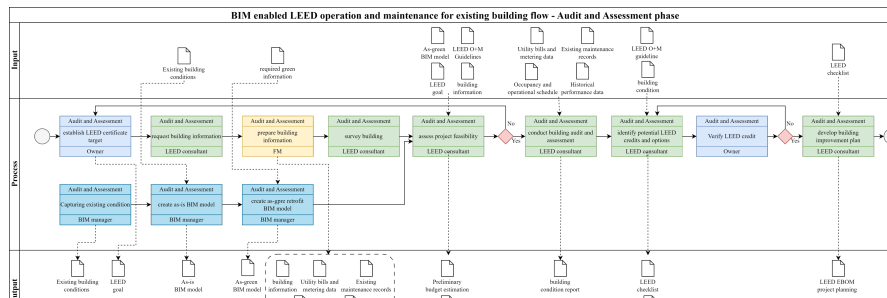
4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 กระบวนการดำเนินงานของโครงการปรับปรุงอาคารให้ได้มาตรฐาน LEED V4.0 O+M

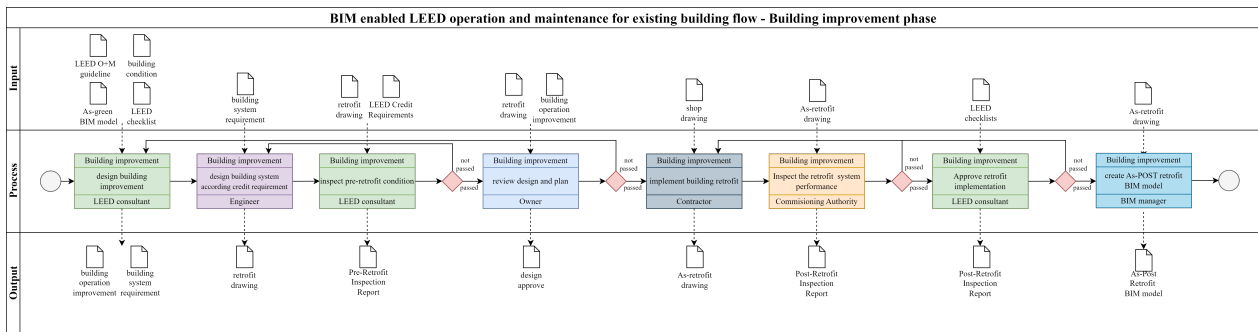
มาตรฐาน LEED v4.0 O+M เป็นระบบประเมินที่ต้องการยกระดับประสิทธิภาพของอาคารที่มีอยู่แล้ว โดยมุ่งเน้นการดำเนินงานในช่วงการใช้งานและบำรุงรักษาอาคาร มาตรฐานนี้จึงแตกต่างจากแนวทางการดำเนินโครงการทั่วไปที่ครอบคลุมระยะออกแบบ ก่อสร้าง และหลังก่อสร้าง เนื่องจากลักษณะเฉพาะของโครงการ LEED O+M ไม่ตรงกับระยะโครงการทั่วไป จึงมีความจำเป็นต้องวิเคราะห์และกำหนดระยะโครงการที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการปรับปรุงอาคารตามแนวทาง LEED O+M โดยอ้างอิงจาก มาตรฐาน OmniClass Table 31 – Project Phase [12] ซึ่งเป็นมาตรฐานการแบ่งระยะของโครงการก่อสร้างและผลการสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ตรงด้านการดำเนินโครงการ LEED V4.0 O+M ในประเทศไทย

จากการวิเคราะห์ช่วงต้นและการสังเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์พบว่า การดำเนินโครงการ LEED O+M สามารถแบ่งออกเป็น 4 ระยะสำคัญ ได้แก่

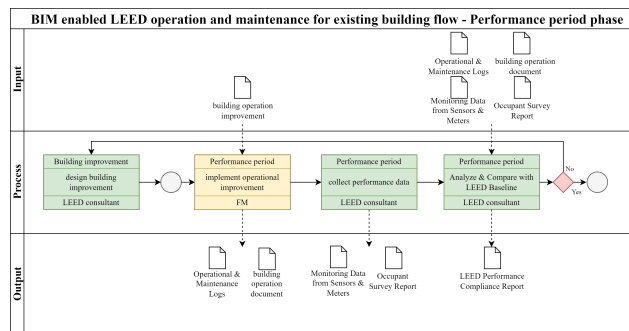
- 1) ระยะตรวจสอบและประเมิน (audit and assessment phase) เป็นช่วงที่มีการกำหนดเป้าหมายของระดับใบรับรอง สืบหาข้อมูลอาคารเดิม วิเคราะห์โอกาสในการได้รับเครดิต และจัดทำแผนปรับปรุงเบื้องต้น
- 2) ระยะปรับปรุงอาคาร (building improvement phase) ดำเนินการออกแบบและปรับปรุงอาคารให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของ LEED โดยเน้นการปรับปรุงด้านประสิทธิภาพระบบต่าง ๆ ของอาคาร
- 3) ระยะเก็บข้อมูลการใช้งาน (performance period phase) เก็บข้อมูลจริงของการใช้งานอาคารหลังปรับปรุงเพื่อตรวจสอบว่าสามารถผ่านเกณฑ์ตามที่ LEED กำหนดหรือไม่
- 4) ระยะจัดทำเอกสาร (documentation phase) จัดเตรียมและรวบรวมเอกสารที่จำเป็นเพื่อแสดงหลักฐานในการขอใบรับรอง จากนั้นส่งเอกสารให้ USGBC เพื่อขอรับรอง หากมีข้อผิดพลาดจะได้รับข้อเสนอแนะจากผู้ตรวจสอบและส่งเอกสารใหม่



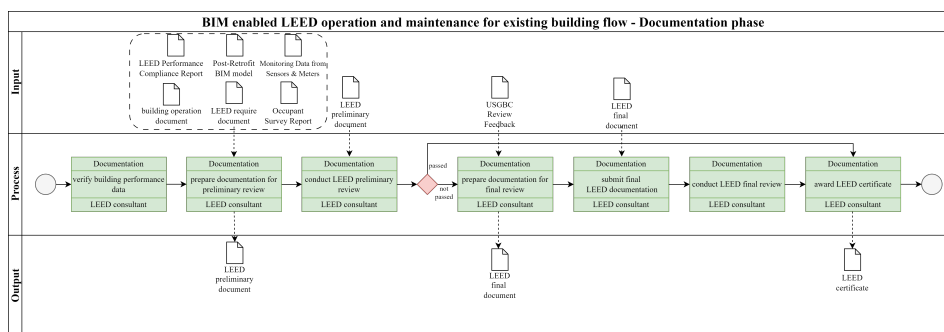
รูปที่ 2 แผนภาพแสดงการดำเนินงานในโครงการปรับปรุงอาคารให้ได้มาตรฐาน LEED V4.0 O+M โดยอาศัย BIM ในระยะ Audit and Assessment



รูปที่ 3 แผนภาพแสดงการดำเนินงานในโครงการปรับปรุงอาคารให้ได้มาตรฐาน LEED V4.0 O+M โดยอาศัย BIM ในระยะ Building improvement



รูปที่ 4 แผนภาพแสดงการดำเนินงานในโครงการปรับปรุงอาคารให้ได้มาตรฐาน LEED V4.0 O+M โดยอาศัย BIM ในระยะ Performance period



รูปที่ 5 แผนภาพแสดงการดำเนินงานในโครงการปรับปรุงอาคารให้ได้มาตรฐาน LEED V4.0 O+M โดยอาศัย BIM ในระยะ Documentation

รูปที่ 2-5 แสดงกระแสข้อมูลของกระบวนการปรับปรุงอาคารให้ได้มาตรฐาน LEED V4.0 O+M โดยอาศัย BIM แผนภาพกระบวนการถูกออกแบบโดยอ้างอิงตามแนวทางการสร้างแบบจำลองกระบวนการทางธุรกิจ (Business Process Modeling Notation: BPMN) ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ระยะการประเมินและวางแผน (Audit and Assessment), ระยะการปรับปรุงอาคาร (Building Improvement), ระยะการเก็บข้อมูลประสิทธิภาพ (Performance Period) และระยะการจัดทำเอกสาร (Documentation) แผนภาพนี้ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ ข้อมูลนำเข้า (Information Input), กระบวนการ (Process) และ

ข้อมูลส่งออก (Information Output) ภายในกระแสของข้อมูลประกอบด้วยกล่องแสดงข้อมูลซึ่งประกอบด้วยข้อมูลช่วงของโครงการ (phase) กระบวนการ (process) และผู้รับผิดชอบ (responsible party) ที่มีหน้าที่และความรับผิดชอบต่างกัน ได้แก่ เจ้าของอาคาร (Owner) ที่ปรึกษา LEED (LEED Consultant) ผู้จัดการ BIM (BIM Manager) วิศวกร (Engineer) ผู้รับเหมา (Contractor) และผู้ตรวจสอบระบบอาคาร (Commissioning Authority, CxA)

4.2 การจัดการเวลาในโครงการปรับปรุงอาคาร

การดำเนินโครงการ LEED O+M มีข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาหลายประการซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการวางแผน การจัดเก็บข้อมูล และการยื่นขอรับรอง LEED ข้อกำหนดด้านเวลาที่สำคัญ ได้แก่

baseline period

ข้อมูล baseline ซึ่งแสดงประสิทธิภาพของอาคารก่อนการปรับปรุง และถูกนำมาใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลในช่วง performance period เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงด้านพลังงาน น้ำ หรือคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในบางกรณีจำเป็นต้องมีข้อมูลเปรียบเทียบเพื่อรับรองว่าผลลัพธ์หลังปรับปรุงมีแนวโน้มดีขึ้นตามเกณฑ์ LEED ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลสำหรับหมวด energy and atmosphere สามารถเลือกใช้ข้อมูลจาก national energy use data โดยอาคารต้องมีประสิทธิภาพมากกว่าอาคารที่คล้ายกันร้อยละ 25 โดยต้องสามารถเก็บข้อมูลอาคารเองเป็นระยะเวลา 3 ปีติดต่อกันภายในระยะเวลา 5 ปี ก่อน performance period สำหรับหมวด water efficiency ข้อมูล indoor water จะต้องถูกเก็บ 1 ปี ก่อน performance period ส่วนข้อมูล outdoor water use ให้คำนวณจากค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 3 ปีติดต่อกัน ภายในระยะเวลา 5 ปี

performance period

ข้อมูลในช่วง performance period โดยจะต้องมีความต่อเนื่อง ระยะเวลานี้เป็นช่วงที่อาคารต้องแสดงให้เห็นถึงการดำเนินงานจริงที่สอดคล้องกับข้อกำหนดของเครดิต LEED เช่น อัตราการใช้พลังงานจริง การลดปริมาณน้ำ หรือการปฏิบัติตามแผนนโยบายสิ่งแวดล้อม ระบบจะต้องบันทึกข้อมูลอย่างต่อเนื่องและน่าเชื่อถือ ระยะเวลาการเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) ข้อมูลที่จะต้องจัดเก็บอย่างน้อย 3 เดือน ได้แก่ หมวด location and transportation, sustainable sites, materials and resources, indoor environmental quality และ 2) ข้อมูลที่จะต้องจัดเก็บอย่างน้อย 12 เดือน คือ energy and atmosphere และ water efficiency ทั้งนี้เวลาสิ้นสุดของการเก็บข้อมูลแต่ละหมวดห้ามมีช่องว่างเกิน 1 สัปดาห์

submission period

หลังจากสิ้นสุด performance period จะต้องยื่นเอกสารเพื่อขอรับรองภายในระยะเวลาไม่เกิน 60 วัน หากพ้นระยะเวลาดังกล่าวต้องเริ่มนับ performance period ใหม่

recertification period

สำหรับอาคารที่ได้รับการรับรองแล้ว จะต้องดำเนินการ recertify ทุก 5 ปี โดยใช้ performance period ใหม่และเอกสารประกอบชุดใหม่ ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อรักษาคุณภาพของอาคาร และแสดงถึงความยั่งยืนต่อเนื่องในระยะยาว

4.3 การจัดการข้อมูลในโครงการปรับปรุงอาคาร

การดำเนินโครงการปรับปรุงอาคารเพื่อการรับรอง LEED v4.0 O+M จำเป็นต้องมีการจัดเก็บและบริหารข้อมูลจากหลากหลายแหล่ง เพื่อสนับสนุนการประเมิน การตัดสินใจ และการจัดทำเอกสารสำหรับการรับรอง แผนภาพแสดงโครงสร้างฐานข้อมูลของโครงการนี้จำแนกข้อมูล

ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ ข้อมูลที่อยู่ในแบบจำลอง BIM และ ข้อมูลที่ไม่อยู่ในแบบจำลอง BIM

4.3.1 ข้อมูลที่จัดเก็บในแบบจำลอง BIM

การนำแบบจำลอง BIM มาใช้จำเป็นต้องคำนึงถึงความมุ่งหมาย (purpose) แบบจำลองจะต้องประกอบด้วยข้อมูลที่เพียงพอและตรงความมุ่งหมายในการใช้งานนั้น ๆ แบบจำลอง BIM ซึ่งนำมาใช้ในโครงการปรับปรุงอาคารให้ได้มาตรฐาน LEED V4.0 O+M แบ่งออกเป็น 4 ประเภทตามจุดมุ่งหมายของแต่ละระยะของโครงการ ดังแสดงในตารางที่ 1 จะเห็นว่า แบบจำลองเริ่มต้นจากแบบจำลอง as-built BIM ซึ่งเป็นแบบจำลองที่สร้างจากแบบก่อสร้างจริง เมื่อระยะเวลาผ่านไปอาคารถูกใช้งานทำให้สภาพอาคารเปลี่ยนไปจึงต้องมีการอัปเดตแบบจำลอง BIM ทำให้เกิดแบบจำลอง as-is BIM ในการวิเคราะห์ศักยภาพอาคารเพื่อเลือกเครดิต LEED จำเป็นต้องมีข้อมูลที่ครบถ้วนเพิ่มเติมจากข้อมูลพื้นฐาน เพื่อให้การวิเคราะห์มีประสิทธิภาพจึงเกิดแบบจำลอง pre-retrofit BIM สุดท้ายเมื่ออาคารถูกปรับปรุงเพื่อให้ได้ใบรับรองจะต้องมีการอัปเดตแบบจำลอง BIM เพื่อให้เป็นสภาพจริงเพื่อใช้ในการติดตามประสิทธิภาพอาคารต่อไป

ตารางที่ 1 ความแตกต่างระหว่างแบบจำลอง BIM ในโครงการ

ประเภทแบบจำลอง BIM	คำนิยาม	วัตถุประสงค์หลัก	กระบวนการที่เกี่ยวข้อง
as-built BIM	แบบจำลอง BIM ที่จัดทำจากแบบก่อสร้างจริงหลังเสร็จสิ้นงานก่อสร้าง	ใช้เป็นข้อมูลเริ่มต้นในการจัดทำ as-is BIM	ใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของแบบก่อสร้างและแสดงสภาพกายภาพของอาคารตามแบบก่อสร้างจริง
as-is BIM	แบบจำลอง BIM ที่สะท้อนสภาพอาคารในปัจจุบัน ณ เวลาที่เริ่มดำเนินโครงการ LEED	ใช้ประเมินความพร้อมของอาคาร เดิมว่าตรงตามเกณฑ์เบื้องต้นของ LEED EBOM หรือไม่	เก็บข้อมูลตรวจสอบ และวิเคราะห์สภาพปัจจุบันของระบบต่าง ๆ ภายในอาคาร
pre-retrofit BIM	แบบจำลอง BIM ที่อัปเดตเพิ่มเติมข้อมูล เพื่อใช้วางแผนการปรับปรุง และเลือกเครดิต LEED ที่เหมาะสม	ใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบแนวทางการปรับปรุงและกำหนดกลยุทธ์เพื่อให้ได้คะแนนจากเครดิตต่าง ๆ ของ LEED	วิเคราะห์ศักยภาพของอาคารและเลือก LEED credits ที่สอดคล้องกับสภาพอาคารและงบประมาณ

post-retrofit BIM	แบบจำลอง BIM หลังการปรับปรุงอาคารเสร็จสมบูรณ์	ใช้เพื่อตรวจสอบผลการดำเนินงานของอาคารหลัง	บันทึกผลลัพธ์หลังการปรับปรุง และใช้สำหรับตรวจวัดประสิทธิภาพจริง
-------------------	---	---	---

		ปรับปรุงและ ประกอบการยื่น ขอรับรอง LEED	ในการใช้งาน อาคาร
--	--	---	----------------------

เนื่องจากความมุ่งหมายของ pre-retrofit BIM คือเพื่อช่วยวิเคราะห์สภาพอาคารเดิมก่อนการปรับปรุง และใช้วางแผนเลือกเครดิต LEED ที่เหมาะสม แบบจำลองนี้จะต้องมีข้อมูลเฉพาะซึ่งสนับสนุนการประเมินเครดิตในแต่ละหมวดต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2 การจำแนกข้อมูล BIM ตามประเภทพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์แต่ละหมวด

ตารางที่ 2 การจำแนกประเภทข้อมูลใน pre-retrofit BIM เพื่อสนับสนุนการวางแผนเครดิต LEED O+M V4.0

ประเภทพารามิเตอร์	ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	หมวดที่เกี่ยวข้อง
Text	ชื่อห้อง	general
	ประเภทพื้นที่พื้นที่ปลูก	SS, WE
	ประเภทสุขภัณฑ์	WE
	ประเภทมิเตอร์	WE
	ประเภทระบบรดน้ำ	WE
	ประเภท cooling tower	WE
	ข้อมูล Thermal Envelope	EA
	รายละเอียดระบบ HVAC	EA
	ประเภทอุปกรณ์แสงสว่าง	EA, SS, IEQ
	ประเภทสารทำความเย็น	EA
Integer	เลขชั้น	general
	จำนวนโคมไฟ	MR
	จำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้า	MR
Number	เปอร์เซ็นต์ VOC	MR
	ความลาดเอียงของหลังคา	SS
	จำนวน water fixture	WE
	อัตราการไหลน้ำ	WE
	ค่า R-value	EA
	ค่าพลังงาน SEER/COP, GWP	EA
	ค่าความหนาแน่นของกำลังไฟฟ้า	EA
Length	ขนาด cooling tower	WE
	ขนาดท่อ	EA
	ขนาดของแผงโซลาร์	EA
	ขนาดหน้าต่าง	IEQ
Distance	ระยะทางจากทางเข้าไปยังระบบขนส่งสาธารณะ	LT
Area	พื้นที่โครงการ	general
	พื้นที่ landscape	WE
	พื้นที่ hardscape	SS
	พื้นที่ที่จอดรถจักรยาน	LT
	พื้นที่ปลูกพืช	SS

	พื้นที่สนามหญ้า	SS
	พื้นที่ซึมซับน้ำ	SS
	พื้นที่จอดรถ	LT
	พื้นที่หลังคา	SS
	พื้นที่สูบน้ำหรือในอาคาร	IEQ
	พื้นที่ติดตั้ง Solar	EA
	พื้นที่ส่องสว่าง	IEQ
Volume	ปริมาตรถังเก็บน้ำ	WE
	ปริมาตรพื้นที่ AHU	IEQ
Cost	ราคาวัสดุ	MR
Material	ประเภทผิววัสดุ	MR, SS
	วัสดุหลังคา	SS
	ประเภทวัสดุโคมไฟ	SS
	รายละเอียดวัสดุ recycle	MR
	ประเภทวัสดุตกแต่งภายใน	IEQ

4.3.2 ข้อมูลซึ่งไม่ได้จัดเก็บในแบบจำลอง BIM

แม้ว่าแบบจำลอง BIM จะสามารถจัดเก็บข้อมูลได้หลายประเภท แต่มีข้อมูลหลายประเภทที่ไม่สามารถหรือไม่เหมาะสมที่จะจัดเก็บใน BIM แต่จำเป็นต้องดำเนินการตามโครงการ LEED เช่นกัน ข้อมูลเหล่านี้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

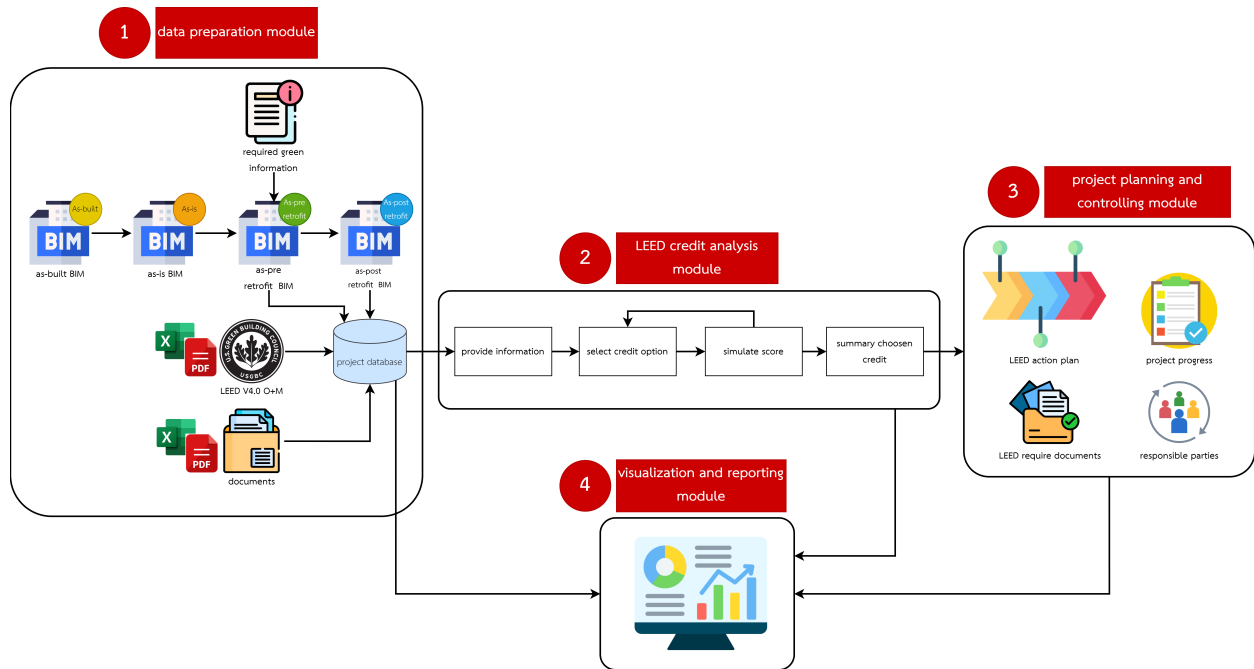
- 1) ข้อมูล LEED ได้แก่ เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประเมินหรือการยื่นขอรับรอง ได้แก่ แบบฟอร์มการยื่นขอเครดิต LEED รายงานผลการประเมินบทสรุปคะแนน (LEED score)
- 2) เอกสารประกอบ (document) เป็นข้อมูลด้านการปฏิบัติงานและการจัดการอาคารที่สำคัญ เช่น แผนและประวัติซ่อมบำรุง เอกสารนโยบายอาคาร บันทึกการฝึกอบรมพนักงาน บันทึกข้อมูลการใช้พลังงานและน้ำในอาคาร เป็นต้น

4.4 สถาปัตยกรรมระบบของแพลตฟอร์มดิจิทัล

รูปที่ 6 แสดงสถาปัตยกรรมระบบของแพลตฟอร์ม ซึ่งใช้เป็นแนวทางสำหรับพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลที่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลในแบบจำลอง BIM กับกระบวนการประเมิน LEED อย่างเป็นระบบ แพลตฟอร์มนี้ประกอบด้วย 4 โมดูลหลัก ได้แก่

โมดูลจัดเตรียมข้อมูล (data preparation module) รวบรวมข้อมูลจาก 3 แหล่งหลัก ได้แก่ 1) ข้อมูลจากแบบจำลอง BIM โดยมีการสร้างแบบจำลองตั้งแต่ระดับ as-built, as-is, pre-retrofit และ post-retrofit เพื่อสะท้อนลำดับการพัฒนาแบบจำลอง BIM แต่ละแบบจำลองประกอบด้วยข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของมัน 2) ข้อมูลจากระบบประเมิน LEED V4.0 O+M ซึ่งประกอบด้วยหมวดหมู่และเครดิตที่ใช้ประเมิน และ 3) เอกสารประกอบซึ่งเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานและการบำรุงรักษาอาคาร เช่น แผนและประวัติซ่อมบำรุง เอกสารนโยบายอาคาร และบันทึก

รูปที่ 6 สถาปัตยกรรมระบบของแพลตฟอร์มดิจิทัล



การใช้พลังงาน ข้อมูลทั้งหมดถูกจัดเก็บในฐานข้อมูลกลางของโครงการ (project database) เพื่อใช้ประมวลผลต่อไป

มอดูลวิเคราะห์และเลือกเครดิต LEED (LEED credit analysis module) นำข้อมูลจากมอดูลที่ 1 มาใช้วิเคราะห์สภาพปัจจุบันของอาคาร ผู้ใช้งานสามารถเลือกเครดิตที่ต้องการดำเนินการในระบบ LEED V4.0 O+M จากนั้นระบบจะจำลองคะแนนที่อาจได้รับในแต่ละเครดิต และสรุปรายการเครดิตที่เลือกไว้ พร้อมแนะแนวทางการดำเนินงานที่เหมาะสมกับบริบทของอาคาร

มอดูลวางแผนและควบคุมโครงการ (project planning and controlling module) วางแผนการดำเนินงานในระดับกิจกรรม โดยแสดงรายการงานที่ต้องดำเนินการ เอกสารที่ต้องจัดเตรียม และผู้รับผิดชอบแต่ละรายการ กิจกรรมต่าง ๆ ถูกเชื่อมโยงกับเครดิตจากมอดูลที่ 2 และสามารถติดตามสถานะการดำเนินโครงการได้ เช่น กำลังดำเนินการ เสร็จสิ้น หรือรออนุมัติ เพื่อให้เกิดความโปร่งใสและสามารถติดต่อและควบคุมการดำเนินการได้ทุกขั้นตอน

มอดูลรายงานและแสดงผล (visualization and reporting module) แสดงผลจากมอดูลอื่น ๆ ผ่านแดชบอร์ดที่พัฒนาโดยใช้ Microsoft Power BI และใช้ Microsoft Power Apps สำหรับการส่งและบันทึกข้อมูลในโครงการแบบเวลาจริง การออกรายงานและแสดงผลทำให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามความก้าวหน้าโครงการ วิเคราะห์จุดเสี่ยง และเตรียมความพร้อมในการจัดส่งเอกสารสำหรับการยื่นขอรับรอง LEED ได้อย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ

4.5 ตัวอย่างการใช้งานแพลตฟอร์ม

การแสดงตัวอย่างการใช้งานแพลตฟอร์มจะนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารจามจุรี 5 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นอาคารสำนักงานที่มีพื้นที่ใช้สอยรวม 11,675.71 ตารางเมตร โดยเลือกดำเนินการในหมวด Water Efficiency (WE) และ Energy and Atmosphere (EA) เนื่องจากเป็น

หมวดที่นิยมเลือกดำเนินการและมีคะแนนสะสมสูงสุดตามระบบ LEED V4.0 O+M

การดำเนินการเริ่มต้นจากมอดูลที่ 1 คือการจัดเตรียมข้อมูล โดยมีการอัปเดตแบบจำลอง BIM ของอาคารให้เป็นข้อมูลล่าสุด และบันทึกข้อมูลคุณลักษณะอาคาร เช่น อัตราการไหลของสุขภัณฑ์ (สำหรับเครดิต Indoor Water Use Reduction) และประสิทธิภาพทำความเย็น (สำหรับเครดิต Fundamental Refrigerant Management) ข้อมูลที่ไม่สามารถบันทึกในแบบจำลอง BIM เช่น บันทึกการใช้น้ำย้อนหลัง 12 เดือน และบันทึกค่าสาธารณูปโภค ได้ถูกนำเข้าฐานข้อมูลกลางของโครงการเพื่อจัดเก็บและใช้ในการประมวลผลต่อไป ข้อมูลทั้งหมดที่จัดเตรียมจะแสดงผลผ่านแดชบอร์ดของแพลตฟอร์ม เพื่อให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นได้อย่างครบถ้วน

เมื่อเสร็จสิ้นการจัดเตรียมข้อมูล จะเข้าสู่มอดูลที่ 2 คือการวิเคราะห์และเลือกเครดิต LEED แพลตฟอร์มจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่น่าเข้าเพื่อประเมินคะแนนที่สามารถสะสมได้ในแต่ละตัวเลือกเครดิต ผู้ใช้งานสามารถเปรียบเทียบตัวเลือกต่าง ๆ เช่น การเลือกเป้าหมายการลดการใช้น้ำ หรือการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงาน แล้วเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดกับอาคารตัวอย่าง

จากนั้นจะเข้าสู่มอดูลที่ 3 คือการวางแผนและควบคุมโครงการ โดยแพลตฟอร์มจะแสดงรายการกิจกรรมที่ต้องดำเนินการ เอกสารที่ต้องจัดเตรียม และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในแต่ละเครดิต เช่น การติดตั้งอุปกรณ์สุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ การติดตั้งมิเตอร์บันทึกการไฟฟ้าพลังงาน ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่มีส่วนรับผิดชอบ เช่น ผู้ดูแลอาคาร วิศวกร หรือผู้รับเหมา จะส่งข้อมูลผ่านแพลตฟอร์มไปยังที่ปรึกษา LEED เพื่อทำหน้าที่รวบรวมและตรวจสอบเอกสาร

ตลอดระยะเวลาดำเนินงาน ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถติดตามสถานะของกิจกรรมและเอกสารผ่านมอดูลที่ 4 ซึ่งนำเสนอข้อมูลผ่านแดชบอร์ดแบบเวลาจริง แพลตฟอร์มช่วยให้ผู้บริหารโครงการสามารถตรวจสอบความ

คืบหน้าของแต่ละเครดิต วิเคราะห์จุดเสี่ยง และเตรียมความพร้อมในการจัดส่งเอกสารสำหรับการยื่นขอรับรอง LEED ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การดำเนินงานทั้งหมดภายใต้แพลตฟอร์มเดียวนี้ ช่วยเพิ่มความโปร่งใสในการบริหารโครงการ ลดความซ้ำซ้อนในการประสานงาน และสนับสนุนการบรรลุเป้าหมายความยั่งยืนตามมาตรฐาน LEED ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.6 อภิปรายผล

จากการสัมภาษณ์ที่ปรึกษาอาคารเขียว พบว่าการบริหารข้อมูลในโครงการอาคารเขียว LEED O+M ปัจจุบันยังคงอาศัยการบริหารโครงการในรูปแบบไฟล์ Excel ที่อยู่กับที่ปรึกษาอาคารเขียวฝ่ายเดียว ส่งผลให้เจ้าของโครงการและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่น ๆ ไม่สามารถรับรู้สถานะโครงการได้แบบเวลาจริง ขาดระบบศูนย์กลางในการเก็บข้อมูลร่วมกัน และเกิดปัญหาความซ้ำซ้อนในการทำงานและความล่าช้าในการประสานงาน แพลตฟอร์มดิจิทัลที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอแพลตฟอร์มกลางของโครงการที่เชื่อมโยงกลุ่มผู้ใช้งานหลายฝ่าย และมีบทบาทหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการจัดการข้อมูลและการประมวลผล โดยผู้เกี่ยวข้องสามารถเข้าถึงข้อมูลร่วมกันแบบเวลาจริงผ่าน dashboard ทำให้การดำเนินงานบนแพลตฟอร์มนี้จะช่วยลดความซับซ้อนของการประสานงาน เพิ่มความโปร่งใสของการดำเนินงาน และสนับสนุนการบรรลุเป้าหมายความยั่งยืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ แพลตฟอร์มยังรองรับการเชื่อมโยงข้อมูลจาก BIM โดยนำข้อมูลคุณลักษณะอาคาร พลังงาน และทรัพยากรจาก BIM เข้ามาเชื่อมโยงกับกิจกรรมในแต่ละเครดิต LEED เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกเครดิตและวางแผนการปรับปรุงอาคาร อีกทั้ง เมื่อแบบจำลอง BIM ได้ถูกอัปเดตเป็น as-post retrofit BIM สามารถใช้ประโยชน์จากแบบจำลอง BIM นี้ในการติดตามการดำเนินงานอาคารต่อไป เพื่อการขอใบรับรองซ้ำจากอาคารเดิม

ในขณะที่ระบบ Facility Management (FM) ทั่วไปมุ่งเน้นการจัดการสินทรัพย์และการซ่อมบำรุง แพลตฟอร์มนี้ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อสนับสนุนกระบวนการขอรับรองมาตรฐาน LEED O+M โดยมีการปรับโครงสร้างการทำงานให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของแต่ละเครดิต LEED ทั้งในด้านการวางแผน ติดตาม และการจัดการเอกสารอย่างเป็นระบบ และมีแนวทางการบูรณาการ BIM กับโครงการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่ให้เป็นอาคารเขียวอย่างเหมาะสม

นอกจากนี้ แม้แพลตฟอร์มต้นแบบจะมุ่งเน้นรองรับขั้นตอนการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่ แต่แนวคิดโครงสร้างฐานข้อมูลและระบบการจัดการกิจกรรมยังสามารถขยายสู่การบริหารงานในระบการดำเนินงานและบำรุงรักษา, การเตรียมข้อมูลสำหรับ recertification และการติดตามสมรรถนะอาคารแบบเวลาจริงผ่าน IoT เพื่อรองรับวงจรชีวิตอาคารอย่างครบวงจรในอนาคต

5. บทสรุป

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลซึ่งใช้การจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อสนับสนุนกระบวนการวางแผนและดำเนินโครงการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่ให้ได้รับการรับรองมาตรฐาน LEED V4.0 O+M

แพลตฟอร์มประกอบด้วย 4 โมดูลหลักครอบคลุมการจัดเตรียมข้อมูล การวิเคราะห์เครดิต การวางแผนและควบคุมกิจกรรม ตลอดจนการรายงานและแสดงผล แพลตฟอร์มสามารถเชื่อมโยงข้อมูลจากแบบจำลอง BIM ข้อมูล LEED และเอกสารการดำเนินงานเข้าด้วยกัน แพลตฟอร์มสามารถรองรับกระบวนการดำเนินงานในแต่ละระยะของโครงการ LEED ได้อย่างครอบคลุมและจัดเก็บข้อมูลของระบบ LEED O+M ได้อย่างครบถ้วน

ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องในโครงการสามารถทำงานบนฐานข้อมูลเดียวกัน เข้าใจบทบาทของตนเอง และติดตามสถานะของกิจกรรมได้อย่างเป็นระบบ ระบบจึงสามารถช่วยลดความซับซ้อนของการประสานงาน เพิ่มความโปร่งใสในการบริหาร และสนับสนุนการบรรลุเป้าหมายความยั่งยืนอย่างมีประสิทธิภาพ

6. ข้อเสนอแนะ

แพลตฟอร์มที่พัฒนาขึ้นสามารถจัดการข้อมูลเชิงสถิต (static data) จากแบบจำลอง BIM และเอกสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังมีข้อจำกัดในการรองรับข้อมูลเชิงพลวัต (dynamic data) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการตรวจวัดผลการดำเนินงานของอาคารแบบเวลาจริง ดังนั้นการพัฒนาต่อยอดในอนาคตควรพิจารณาการเชื่อมต่อกับระบบ Internet of Things (IoT) เช่น เซนเซอร์วัดพลังงาน น้ำ อุณหภูมิ หรือคุณภาพอากาศ เพื่อนำข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงมาประมวลผลร่วมกับแบบจำลอง BIM และเพิ่มความแม่นยำในการวางแผน ติดตาม และประเมินผลตามเกณฑ์ LEED O+M ได้อย่างครบถ้วน

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนวิจัยจากภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภายใต้ศูนย์การจัดการทรัพย์สินเชิงดิจิทัลเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Center of Digital Asset Management for Sustainable Development, CDAM)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kumanayake, R. and H. Luo, Life cycle carbon emission assessment of a multi-purpose university building: A case study of Sri Lanka. *Frontiers of Engineering Management*, 2018. 5(1): p. 1-13.
- [2] Hussain, S. and H. Sheikh, Sustainability Assessment by Green Building Rating Systems: A Comparative Analysis of LEED, BREEAM and CASBEE on a Case Study. *International Journal For Multidisciplinary Research*, 2023. 5: p. 29.
- [3] Jalaei, F., F. Jalaei, and S. Mohammadi, An integrated BIM-LEED application to automate sustainable design assessment framework at the conceptual stage of building projects. *Sustainable Cities and Society*, 2020. 53: p. 101979.
- [4] Menon, S., *Building a Sustainable Future: The Role of Data in Green Construction*. 2023: Autodesk, INC.

-
- [5] USGBC, LEED Reference Guide for Building Operations and Maintenance, LEED v4 Edition. 2013, U.S. Green Building Council: Washington, DC.
- [6] Jagarajan, R., et al., *Green retrofitting – A review of current status, implementations and challenges*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017. **67**: p. 1360-1368
- [7] Ma, Z., et al., *Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art*. Energy and Buildings, 2012. **55**: p. 889-902.
- [8] Mok, K.Y., G.Q. Shen, and R. Yang, *Stakeholder complexity in large scale green building projects*. Engineering, Construction and Architectural Management, 2018. **25**(11): p. 1454-1474.
- [9] Romano, S. and N. Riediger, BIM as a tool for Green Building Certifications: an evaluation of the energy category of LEED, BREEAM and DGNB. Journal of Physics: Conference Series, 2019. **1425**(1): p. 012162.
- [10] Lim, Y.-W., et al., *Greening existing buildings through Building Information Modelling: A review of the recent development*. Building and Environment, 2021. **200**: p. 107924.
- [11] ธนากร ธเนศนาร, การออกแบบระบบจัดการสารสนเทศสำหรับการพัฒนาโครงการอาคารเขียว. 2554, Chulalongkorn University: Thailand.
- [12] Construction Specifications Institute (CSI). (2006). *OmniClass Construction Classification System (OCCS)*. Table 31 – Phases.