

SAC-01-031

**การวิเคราะห์องค์ประกอบร่วมของแบบจำลองสารสนเทศอาคารและเทคโนโลยีสแกนสามมิติ
สำหรับการปรับปรุงโรงงานอุตสาหกรรม: แนวทางประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรม**
**An Analysis of Components of Building Information Modeling (BIM) and 3D Scanning
Technology for Factory Renovation: Practical Applications in the Industrial Sector**

ปริญ แสงมณี^{1*}, เสรีย์ ตู๊ประกาย², ชัยวัฒน์ ภูวกรกุลชัย³ และ พงศกร พรหมสวัสดิ์⁴
Prin Sangmanee^{1*}, Seree Tuprakay², Chaiwat Pooworakulchai³ and Pongsakorn Pronsawat⁴
สาขาวิชาการตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง^{1, 2, 3, 4}
e-mail: 6519770003@ru.mail.ru.ac.th

บทคัดย่อ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เทคโนโลยี Building Information Modeling (BIM) และการสแกนสามมิติ (3D scanning) ได้รับความสนใจอย่างมากในแวดวงก่อสร้าง เนื่องจากเทคโนโลยีดังกล่าวสามารถช่วยเพิ่มความแม่นยำในการออกแบบ ลดต้นทุน และยกระดับคุณภาพของงานก่อสร้าง อย่างไรก็ตามงานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นไปที่การใช้งาน BIM สำหรับโครงการก่อสร้างใหม่ ขณะที่การประยุกต์ใช้ BIM ในงานปรับปรุงอาคาร (retrofit) โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ยังคงขาดการศึกษาเชิงเปรียบเทียบที่เป็นระบบ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการก่อสร้างในแนวทางดั้งเดิมกับการใช้ BIM ในมิติของระยะเวลา ต้นทุน และคุณภาพการก่อสร้าง (2) ศึกษาการเลือกใช้ Node ที่เหมาะสมในกระบวนการปรับปรุงอาคาร ด้วย BIM และ 3D Scanning และ (3) เปรียบเทียบบริบทการใช้งาน BIM ระหว่างประเทศไทยและต่างประเทศ โดยใช้การสังเคราะห์วรรณกรรมจากบทความจำนวน 62 ฉบับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า BIM มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพในทุกมิติ โดยเฉพาะใน Node ที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจ การออกแบบระบบวิศวกรรม การวางแผนควบคุม และการสร้างแบบจำลอง As-built ขณะเดียวกันยังพบความแตกต่างด้านแนวทางการประยุกต์ใช้ BIM ระหว่างประเทศที่พัฒนาแล้วกับบริบทของประเทศไทย ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นในการพัฒนาแนวทางปฏิบัติที่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมจริงของอุตสาหกรรมไทย

คำสำคัญ: บีไอเอ็ม การปรับปรุงอาคาร การสแกนสามมิติ แนวทางดั้งเดิม เวลา-ต้นทุน-คุณภาพ

Abstract

In recent years, Building Information Modeling (BIM) and 3D Scanning technologies have gained increasing attention for their potential to improve accuracy, reduce costs, and enhance construction quality. However, most existing studies focus on BIM in new construction projects, while its application in building retrofit—especially in the electronics manufacturing sector—remains underexplored. This study aims to (1) compare the performance between traditional construction methods and BIM in terms of time, cost, and quality; (2) examine the appropriate Nodes of BIM and 3D Scanning implementation in retrofit processes; and (3) compare the contextual differences in BIM adoption between Thailand and other countries. The study synthesizes findings from 62 academic articles. Results indicate that BIM offers superior performance in multiple dimensions, particularly in Nodes related to initial surveying, system design, and as-built modeling. Furthermore, the study reveals clear contextual differences between BIM practices in developed countries and in Thailand, highlighting the need for a localized code of practice tailored to Thailand's industrial conditions.

Keywords: BIM, Building Retrofit, 3D Scanning, Traditional Methods, Time–Cost–Quality

บทนำ

การพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัลในภาคอุตสาหกรรมก่อสร้างได้สร้างการเปลี่ยนแปลงอย่างมากมาต่อแนวทางการออกแบบวางแผน และบริหารจัดการโครงการ หนึ่งในเทคโนโลยีที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลคือ Building Information Modeling (BIM) ซึ่งได้รับการประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในหลายประเทศ โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมและโครงการขนาดใหญ่ BIM มีบทบาทสำคัญในด้านการลดข้อผิดพลาดในการออกแบบ เพิ่มความแม่นยำในการวางแผน และช่วยประเมินผลกระทบล่วงหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Eastman et al., 2018; Borrmann et al., 2018)

นอกจากการใช้งานในโครงการก่อสร้างใหม่แล้ว แนวโน้มสำคัญที่ปรากฏอย่างเด่นชัดในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาคือ การนำ BIM ไปใช้ในงานปรับปรุงอาคารเดิม (Renovation/Retrofit) ซึ่งมีความซับซ้อนและข้อจำกัดมากกว่าการสร้างใหม่ งานวิจัยจำนวนมากจึงเริ่มให้ความสนใจกับการพัฒนาแนวทางการประยุกต์ใช้ BIM ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ไม่สามารถควบคุมได้อย่างสมบูรณ์ เช่น โรงงานเก่า อาคารอุตสาหกรรม หรือระบบ MEP ที่ซ่อนอยู่ภายในอาคาร (Volk et al., 2014; Khoshbakht et al., 2023)

สำหรับประเทศไทย แม้ BIM จะได้รับการกล่าวถึงอย่างต่อเนื่องในเชิงนโยบายและการพัฒนาองค์ความรู้ แต่การใช้งานจริงยังอยู่ในขั้นตอนการปรับเปลี่ยนและพัฒนา โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมโรงงานที่ยังคงพึ่งพาวิธีการดั้งเดิมในการออกแบบและปรับปรุงโครงสร้างโรงงาน งานปรับปรุงระบบวิศวกรรม เช่น ระบบไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ หรือห้องคลีนรูมของโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ ที่ยังคงขาดแนวทางที่เป็นระบบและไม่สามารถบูรณาการข้อมูลเพื่อจัดการโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทั้งนี้ การนำ BIM ไปใช้ในงานปรับปรุงโรงงานเก่าจำเป็นต้องมีการพิจารณาในหลากหลายมิติ ทั้งด้านเทคนิค ระยะเวลา ต้นทุน คุณภาพ และขั้นตอนที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยที่ยังเป็นช่วงเริ่มสร้างแนวทางปฏิบัติ (Code of Practice) และองค์ความรู้ที่รองรับงานลักษณะนี้อย่างเป็นรูปธรรม อีกทั้งยังไม่มีการศึกษาที่เปรียบเทียบ BIM กับวิธีการดั้งเดิมในบริบทของงานปรับปรุงอย่างชัดเจน

แม้จะมีงานวิจัยจำนวนมากที่กล่าวถึง BIM ในบริบทของการก่อสร้างแต่กลับพบว่างานที่เปรียบเทียบระหว่างแนวทางการใช้ BIM กับวิธีการดั้งเดิม ในมิติเชิงประสิทธิภาพโครงการก่อสร้าง (Time, Cost, Quality) โดยเฉพาะในงานปรับปรุงอาคารอุตสาหกรรมยังมีจำนวนจำกัด อีกทั้งงานวิจัยส่วนใหญ่ที่กล่าวถึงขั้นตอนหรือ Node ของการใช้ BIM มักจะมุ่งเน้นไปที่การก่อสร้างใหม่ ทำให้ยังไม่มีภาระหรืออย่างเป็นระบบว่าส่วนใดของ BIM ที่เหมาะสมที่สุดกับงานรีโนเวทอาคาร

นอกจากนี้ การศึกษาเปรียบเทียบแนวทางการใช้ BIM ในประเทศต่าง ๆ กับบริบทของประเทศไทย ยังถือเป็นช่องว่างสำคัญที่ควรได้รับการเติมเต็ม เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาแนวทางปฏิบัติและกำหนดนโยบายสนับสนุนที่เหมาะสมในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาเปรียบเทียบแนวทางการใช้ BIM กับวิธีดั้งเดิมในงานปรับปรุงอาคารอุตสาหกรรม โดยวิเคราะห์ในมิติของระยะเวลา (Time) ต้นทุน (Cost) และคุณภาพ (Quality)
2. วิเคราะห์ Node หรือขั้นตอนการใช้ BIM ที่มีความเหมาะสมกับบริบทของการปรับปรุงอาคารโรงงานอุตสาหกรรม โดยสังเคราะห์จากวรรณกรรม 24 ฉบับ
3. เปรียบเทียบแนวทางการประยุกต์ใช้ BIM ระหว่างประเทศไทยกับต่างประเทศเพื่อระบุข้อจำกัด โอกาส และแนวทางในการปรับใช้ที่เหมาะสมกับบริบทของไทย

กรอบแนวคิดการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาและวิเคราะห์การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี BIM และ 3D Scanning ในการปรับปรุงโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้โครงสร้างแนวคิดที่ประกอบด้วย 3 แกนหลักดังนี้

1. การเปรียบเทียบการปรับปรุงแบบดั้งเดิมกับการใช้ BIM และ 3D Scanning เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดำเนินโครงการใน 3 มิติหลัก ได้แก่ (1) ระยะเวลา (Time) (2) ต้นทุน (Cost) และ (3) คุณภาพ (Quality) เพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์เชิงประสิทธิภาพของโครงการ
2. วิเคราะห์ขั้นตอนการใช้งาน BIM และ 3D Scanning ในบริบทการปรับปรุงโรงงาน (Node) โดยศึกษาการใช้งานจริงของเทคโนโลยี BIM และการสแกนสามมิติในแต่ละขั้นตอนของโครงการปรับปรุงโรงงาน เช่น Node 1: การสำรวจ Node 3: การออกแบบระบบวิศวกรรม Node 4: การวางแผนและควบคุม และ Node 7: การสร้างแบบจำลอง As-built เป็นต้น เพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพงานออกแบบและงานก่อสร้างจริง
3. วิเคราะห์ข้อแตกต่างของแนวทางการใช้งาน BIM และ 3D Scanning ระหว่างประเทศไทยกับต่างประเทศ โดยศึกษาในประเด็นที่เกี่ยวกับระดับการยอมรับของภาคอุตสาหกรรม แนวทางการปฏิบัติ (Code of Practice) หรือการสนับสนุนจากนโยบายภาครัฐหรือกฎหมาย เพื่อให้สามารถสังเคราะห์ข้อเสนอเชิงระบบสำหรับบริบทไทย โดยมีกรอบเปรียบเทียบจากประเทศที่มีการใช้ BIM ในอุตสาหกรรมคล้ายคลึงกัน เช่น สิงคโปร์ ญี่ปุ่น หรือประเทศในยุโรป

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงเอกสาร (Documentary Research) โดยผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากเอกสารวิชาการทั้งในประเทศและต่างประเทศที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ทั้งสามข้อ โดยเกี่ยวข้องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในมิติด้านเวลา ต้นทุน และคุณภาพของการปรับปรุงโรงงาน การใช้เทคโนโลยี BIM และ 3D Scanning ในงานปรับปรุงโรงงาน และแนวทางกฎหมาย ระเบียบ และแนวปฏิบัติ (CoP) ที่ใช้ในการส่งเสริมการใช้ BIM ระหว่างประเทศต่าง ๆ

เอกสารที่ใช้ประกอบด้วย วารสารวิชาการ รายงานภาครัฐ มาตรฐานสากล และแนวทางจากองค์กรวิชาชีพ เช่น ISO 19650, PAS 1192, BSI และแนวทางของ BCA สิงคโปร์

การวิเคราะห์ข้อมูลจากระเบียบวิธีวิจัยเชิงเอกสารจะเป็นการสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบเพื่อสอดคล้องกับวัตถุประสงค์วิจัย ดังนี้ (1) เปรียบเทียบกระบวนการดั้งเดิมกับการใช้ BIM และ 3D Scanning ตาม 3 มิติหลัก ได้แก่ เวลา ต้นทุน และคุณภาพ (2) วิเคราะห์ความเชื่อมโยงของข้อมูลจากเอกสารแสดงขั้นตอนการใช้งาน BIM และ 3D Scanning ในการปรับปรุงโรงงาน (Node) และ (3) วิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้แนวทางของต่างประเทศในประเทศไทย โดยพิจารณาปัจจัยเชิงระบบ นโยบาย และโครงสร้างอุตสาหกรรม

ผลการวิจัย

1. ผลการสังเคราะห์วรรณกรรมเชิงเปรียบเทียบระหว่างวิธีการดั้งเดิมกับ BIM ในมิติของ เวลา ต้นทุน และคุณภาพ

การประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการออกแบบและก่อสร้างด้วยเทคโนโลยี Building Information Modeling (BIM) เทียบกับวิธีการดั้งเดิม (Traditional Methods) เป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่องในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา โดยเฉพาะในมิติของเวลา (Time) ต้นทุน (Cost) และคุณภาพ (Quality) ซึ่งเป็นสามเสาหลักของการบริหารโครงการก่อสร้าง (Project Management Triangle)

จากการสังเคราะห์วรรณกรรมจำนวน 13 ฉบับ พบว่า BIM ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเชิงบวกต่อมิติทั้งสาม โดยมีรายละเอียดดังนี้

มิติด้านเวลา (Time)

การใช้เทคโนโลยี BIM โดยเฉพาะในงานรีโนเวทโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องอาศัยข้อมูลแม่นยำของโครงสร้างเดิม มีระยะเวลารวมที่สั้นกว่า โดยเฉพาะในขั้นตอนการเก็บข้อมูล การออกแบบ และการสื่อสารระหว่างทีมงานนั้น มีประสิทธิภาพด้านเวลาสูงกว่าแนวทางดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 1

การศึกษาของ Tang et al. (2010) และ Volk et al. (2014) พบว่า การใช้ 3D Laser Scanning ร่วมกับ BIM สามารถลดระยะเวลาในการสำรวจพื้นที่และสร้างแบบจำลองเบื้องต้นได้กว่าครึ่ง ในขณะที่งานที่ใช้วิธีดั้งเดิมต้องใช้แรงงานคนและเวลาในการถอดแบบจากสถานที่จริงมากกว่า 2–3 เท่า

นอกจากนี้ งานวิจัยของ Azhar (2011), Bryde et al. (2013) และ Khoshbakht et al. (2023) ยังยืนยันว่าการนำข้อมูลเข้าสู่ระบบ BIM ตั้งแต่ต้นทำให้การสื่อสารแบบ Real-Time ผ่าน Common Data Environment (CDE) มีความต่อเนื่องและช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นหน้างานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลให้ระยะเวลาการก่อสร้างรวมลดลงอย่างเห็นได้ชัด

ผลรวมของการวิเคราะห์ดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ BCA (2020) ที่ระบุว่า โครงการที่ใช้ BIM มีแนวโน้มใช้ระยะเวลาดำเนินงานน้อยลง 10–30% เมื่อเทียบกับโครงการที่ใช้วิธีเดิม

ตารางที่ 1

การเปรียบเทียบด้านเวลาระหว่างวิธีดั้งเดิมกับการใช้ BIM

ประเด็นเปรียบเทียบ	วิธีดั้งเดิม	การใช้ BIM	แหล่งอ้างอิง
เวลาการเก็บข้อมูลพื้นที่จริง	ใช้การวัดด้วยมือหรือถ่ายรูป	ใช้การสแกน 3 มิติ ร่วมกับ BIM สำเร็จในไม่กี่วัน	Tang et al. (2010), Volk et al. (2014)
ระยะเวลาในการเขียนแบบเบื้องต้น	แยกแบบโดยใช้ CAD หรือ การร่างมือ	การทำงานร่วมกันใน BIM ตั้งแต่เริ่มต้น	Eastman et al. (2018), Azhar (2011)
ความรวดเร็วในการสื่อสารกับผู้เกี่ยวข้อง	ใช้อีเมล โทรศัพท์ หรือ ประชุมหลายรอบ	เชื่อมต่อผ่าน Common Data Environment (CDE) แบบ Real-time	Bryde et al. (2013), Succar (2009)
การแก้ไขเมื่อพบปัญหาหน้างาน	ใช้เวลานานในการสื่อสารและปรับแบบ	ตรวจจับและแก้ไขในโมเดลได้ทันที	Khoshbakht et al. (2023), Eastman et al. (2018)
ระยะเวลารวมของโครงการ	มีความล่าช้าสูงในขั้นออกแบบและก่อสร้าง	ลดเวลาลง 10–30% ในหลายโครงการ	BCA (2020), Zhao (2017), Azhar (2011)

มิติด้านต้นทุน (Cost)

ในมิตินี้ มีบทความมากถึง 13 ฉบับที่แสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ว่าการใช้ BIM สามารถลดค่าใช้จ่ายจากความผิดพลาดด้านแบบก่อสร้าง (Design Drawing Errors) การแก้ไขงานระหว่างก่อสร้าง (Rework) และการประมาณราคา (Cost Estimation) ที่แม่นยำยิ่งขึ้น เช่น Borrmann et al. (2018) แสดงตัวอย่างการลดงบประมาณ 7–15% ในโครงการที่ใช้ BIM ร่วมกับการบริหารต้นทุนแบบ 5D และโดยในภาพรวม วรรณกรรมส่วนใหญ่ให้ข้อสรุปตรงกันว่า BIM มีต้นทุนเริ่มต้นสูงกว่า แต่สามารถลดต้นทุนรวมของโครงการและเพิ่มความคุ้มค่าได้อย่างมีนัยสำคัญในระยะยาว

Tang et al. (2010) และ Volk et al. (2014) พบว่า การใช้ 3D Scan ร่วมกับ BIM สามารถลดความคลาดเคลื่อนในการประมาณราคา และป้องกันการสูญเสียที่เกิดจากแบบผิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ Azhar (2011) และ Eastman et al. (2018) ยืนยันว่า การทำแบบจำลองที่สมบูรณ์ก่อนการก่อสร้าง ช่วยลดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงหรือ Rework ในหน้างานได้มากกว่า 20%

HM Government (2015) และ BCA (2020) ระบุว่า BIM ช่วยลดต้นทุนรวมของโครงการได้ถึง 15–25% โดยเฉพาะในโครงการปรับปรุงที่มักเผชิญกับโครงสร้างเดิมไม่ตรงกับแผน หรือไม่มีแบบเดิมให้ศึกษาอย่างแม่นยำ

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบด้าน “ต้นทุน” ได้อย่างน่าสนใจว่า แนวทางดั้งเดิมอาจมีต้นทุนต่ำกว่า โดยเฉพาะในขั้นตอนการออกแบบหรือการสำรวจเบื้องต้น อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์จากวรรณกรรมพบว่า แนวทางนี้มีแนวโน้มก่อให้เกิดต้นทุนแฝงจำนวนมากจากการต้องแก้ไขแบบหลายครั้ง หรือการก่อสร้างที่คลาดเคลื่อนจากแผนที่ตั้งใจไว้

ตารางที่ 2

การเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างวิธีดั้งเดิมกับการใช้ BIM

ประเด็นเปรียบเทียบ	วิธีดั้งเดิม	การใช้ BIM	แหล่งอ้างอิง
ต้นทุนการสำรวจและ การออกแบบเบื้องต้น	อาจประหยัดในช่วงต้น แต่มี ความคลาดเคลื่อนสูง	ลงทุนมากขึ้นช่วงต้น แต่ลด ค่าแก้ไขแบบและต้นทุนหน้า งาน	Tang et al. (2010), Volk et al. (2014)
ความสูญเสียจากการสื่อสาร ที่ผิดพลาด	เกิดบ่อย ทำให้เกิดงาน ซ้ำซ้อน และต้นทุนแฝง	ลดปัญหาความผิดพลาด เนื่องจากมีระบบตรวจสอบ ในโมเดล	Eastman et al. (2018), Succar (2009)
ต้นทุนรวมของโครงการ (รวม ค่าก่อสร้าง)	มีโอกาสบานปลายจาก การเปลี่ยนแปลงหรือ ข้อผิดพลาด	ควบคุมต้นทุนได้ดีขึ้นจากการ วางแผนแม่นยำและ Clash Detection	Bryde et al. (2013), BCA (2020), Zhao (2017)
ค่าใช้จ่ายจากความล่าช้า	ต้นทุนแฝงสูงเนื่องจากการไม่ สามารถคาดการณ์ได้ชัดเจน	ลดความล่าช้า และลด ค่าใช้จ่ายจากการหยุดงาน หรือปรับแผน	Azhar (2011), HM Government (2015), Khoshbakht et al. (2018, 2023)
ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ (ROI)	ROI ต่ำกว่าในระยะยาว เนื่องจากซ่อมซ้ำบ่อย	ROI สูงจากการลดต้นทุน รวมทั้งวงจรโครงการ	Bryde et al. (2013), Ghaffarianhoseini et al. (2017)

มิติด้านคุณภาพ (Quality)

คุณภาพของโครงการเป็นอีกมิติหนึ่งที่ BIM แสดงความได้เปรียบเหนือวิธีดั้งเดิมอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในด้านความแม่นยำของแบบ และความสามารถในการควบคุมคุณภาพตลอดวงจรชีวิตอาคาร วรรณกรรมจำนวนมาก เช่น Eastman et al. (2018) และ Volk et al. (2014) ยืนยันว่าการออกแบบด้วย BIM ช่วยให้เกิดแบบที่ถูกต้องและสามารถนำไปใช้งานได้จริงมากกว่า ลดความเสี่ยงจากแบบขัดแย้งหรือผิดพลาด

Borrmann et al. (2018) และ Tang et al. (2010) รายงานว่า ฟังก์ชัน Clash Detection ที่อยู่ใน BIM ช่วยให้สามารถตรวจจับข้อขัดแย้งของระบบได้ก่อนก่อสร้างจริง ทำให้สามารถปรับแบบได้ตั้งแต่ระยะวางแผน ซึ่งเป็นสิ่งที่วิธีดั้งเดิมทำได้ยากหากไม่มีการสื่อสารข้ามทีมอย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ Khoshbakht et al. (2023) และ HM Government (2015) เน้นว่า BIM ทำให้เจ้าของโครงการสามารถมีส่วนร่วมในการตรวจสอบคุณภาพและติดตามข้อมูลอาคารได้แบบ Real-Time ซึ่งช่วยลดความคลาดเคลื่อนและเพิ่มความมั่นใจในการดำเนินโครงการโดยรวม

สุดท้ายในขั้นตอน As-Built และ Facility Management แนวทางดั้งเดิมมักไม่มีข้อมูลที่ Update ตามจริงหรือไม่สามารถใช้ในการดูแลรักษาได้อย่างต่อเนื่อง ต่างจาก BIM ที่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลตลอดอายุการใช้งานของอาคาร ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในโครงการปรับปรุงโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องมีการตรวจสอบสม่ำเสมอ

ตารางที่ 3 ชี้ให้เห็นว่าการใช้ BIM สร้างแบบก่อสร้างที่มีความแม่นยำสูงนั้น จะช่วยลดความผิดพลาดจากหน้างาน และสามารถตรวจคุณภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 3

การเปรียบเทียบด้านคุณภาพระหว่างวิธีดั้งเดิมกับการใช้ BIM

ประเด็นเปรียบเทียบ	วิธีดั้งเดิม	การใช้ BIM	แหล่งอ้างอิง
ความแม่นยำของแบบ	แบบมักไม่ครบถ้วน หรือ ขัดแย้งกัน	แบบมีความแม่นยำสูง ด้วย การประสานงานจากโมเดล กลาง	Eastman et al. (2018), Volk et al. (2014)
ความสามารถในการ ตรวจสอบแบบล่วงหน้า	ยากต่อการตรวจสอบและหา Clash ล่วงหน้า	ใช้ Clash Detection ตรวจสอบความขัดแย้งก่อน ก่อสร้างจริง	Borrmann et al. (2018), Tang et al. (2010)
คุณภาพงานก่อสร้าง	มีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดสูงใน หน้างาน	ลดความผิดพลาดหน้างาน จากการใช้แบบจำลองที่ แม่นยำ	Bryde et al. (2013), Azhar (2011)
การควบคุมคุณภาพโดย เจ้าของโครงการ	เจ้าของโครงการตรวจสอบ ยาก เนื่องจากข้อมูลกระจัด กระจาย	เจ้าของสามารถตรวจสอบ คุณภาพได้จากข้อมูลแบบ รวมใน BIM	Khoshbakht et al. (2018, 2023), HM Government (2015)
การจัดทำ As-Built หรือ Facility Management	มักไม่มีข้อมูลที่ Update จริง	สร้างแบบจำลอง As-Built ที่ ใช้สำหรับดูแลรักษาและ ปรับปรุงต่อได้	Ghaffarianhoseini et al. (2017), Zhao (2017)

บทสังเคราะห์และข้อสรุปในมิติของ เวลา ต้นทุน และคุณภาพ

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า BIM มีแนวโน้มที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของโครงการก่อสร้างอย่างรอบด้าน โดยเฉพาะในการลดเวลา ลดต้นทุน และยกระดับคุณภาพของโครงการ อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณา เช่น ต้นทุนเริ่มต้นของการจัดทำโมเดล BIM และทักษะที่จำเป็นของบุคลากร

การวิเคราะห์นี้ยืนยันว่า การประยุกต์ใช้ BIM ในโครงการปรับปรุงอาคาร (Retrofit Projects) โดยเฉพาะโรงงาน อีเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย ยังคงเป็นแนวทางที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและความคุ้มค่าได้อย่างมีนัยสำคัญ และเหมาะสมที่จะนำไปเปรียบเทียบในแง่ของมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ (Economic Performance) ต่อไป

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบทั้งสามมิติในภาพรวม สะท้อนว่า BIM เป็นเครื่องมือที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบและการดำเนินโครงการในทุกด้าน ซึ่งมีนัยสำคัญอย่างยิ่งต่อโครงการปรับปรุงโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในบริบทของประเทศไทยที่จำเป็นต้องแข่งขันในด้านเวลา คุณภาพ และต้นทุน

ตารางที่ 4

สรุปเปรียบเทียบภาพรวมระหว่างวิธีดั้งเดิมกับการใช้ BIM

มิติการเปรียบเทียบ	วิธีดั้งเดิม	การใช้ BIM
เวลา (Time)	มีความล่าช้า แก้ไขช้าหลายรอบ	ลดเวลาโดยรวม ด้วยโมเดลรวม และการตรวจ Clash ล่วงหน้า
ต้นทุน (Cost)	มีโอกาสนานปลาย ขาดการประเมินแบบบูรณาการ	ลดต้นทุนทางตรง-ทางอ้อม ประเมินได้ตลอดโครงการ
คุณภาพ (Quality)	แบบขาดความแม่นยำ ข้อมูลไม่ครบ หน่วยงานผิดพลาดง่าย	แบบแม่นยำ ตรวจสอบง่าย สื่อสารชัดเจน

ที่มา (Eastman et al., 2018; Volk et al., 2014; Tang et al., 2010; Zhao, 2017; Bryde et al., 2013; Azhar, 2011; BCA, 2020; Khoshbakht et al., 2018; Khoshbakht et al., 2023; Succar, 2009; Borrmann et al., 2018; HM Governmen, 2015; และ Ghaffarianhoseini et al., 2017)

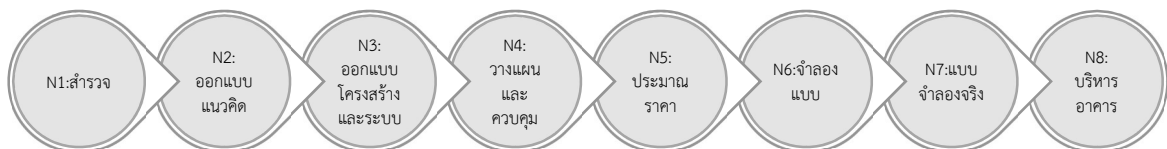
ทั้งนี้เพื่อเสริมความเข้าใจเชิงระบบเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลกระทบของ BIM ในด้านเวลา ต้นทุน และคุณภาพในบริบทของการปรับปรุงโรงงาน ภาคผนวก A1 ได้สังเคราะห์งานวิจัยเด่นที่เน้นการใช้ BIM ในการวางแผนตารางเวลา การควบคุมต้นทุน และการยกระดับคุณภาพของโครงการ ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของเทคโนโลยี BIM ในงานปรับปรุงโรงงานอุตสาหกรรม

การสังเคราะห์นี้ไม่เพียงตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 อย่างครอบคลุม แต่ยังวางพื้นฐานเชิงวิชาการสำหรับการพัฒนาแนวปฏิบัติ (Code of Practice) ในการใช้ BIM เพื่อการปรับปรุงอาคารโรงงานในอนาคต

2. ผลการสังเคราะห์วรรณกรรมเชิงเปรียบเทียบด้าน Node

เพื่อวิเคราะห์และยืนยันความเหมาะสมในการเลือกใช้ Node 1, 3, 4 และ 7 โดยในงานวิจัยฉบับนี้ ได้มีการศึกษาวรรณกรรมเชิงลึกจำนวน 24 ฉบับ โดยพิจารณาถึงการใช้งานจริงของแต่ละ Node ตาม BIM Framework (ภาพที่ 1) ตามคำนิยามที่กำหนดไว้ในงานวิจัย ได้แก่

- Node 1: Initial Survey (การสำรวจเริ่มต้น)
- Node 2: Conceptual Design (การออกแบบแนวคิด)
- Node 3: Structural and MEP Design (การออกแบบโครงสร้างและระบบ)
- Node 4: Construction Planning and Control (การวางแผนและควบคุมงานก่อสร้าง)
- Node 5: Cost Estimation and Budgeting (การประมาณราคา)
- Node 6: Simulation (การจำลองแบบ)
- Node 7: As-Built Model (แบบจำลองตามสภาพจริง)
- Node 8: Facility Management (การบริหารจัดการอาคาร)



ภาพที่ 1 BIM Framework

ที่มา ผู้วิจัยพัฒนารอบแนวคิดจากการสังเคราะห์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาพบว่า Node ที่ถูกกล่าวถึงบ่อยที่สุดในงานปรับปรุงอาคาร ได้แก่ Node 1, 4, และ 7 ขณะที่ Node 3 แม้จะไม่ปรากฏบ่อยนัก แต่ถือเป็น Node สำคัญในงานประเภท Retrofit เนื่องจากต้องออกแบบระบบภายใต้ข้อจำกัดของโครงสร้างเดิม (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5

การปรากฏของ Node ทั้ง 8 ในวรรณกรรม 24 ฉบับ

Node	รายละเอียด	จำนวนบทความที่กล่าวถึง (จาก 24)	อธิบายเพิ่มเติม
1	Initial Survey	19	พบได้บ่อยในงานรีโนเวท เช่น การใช้ 3D Scanning, Laser Scan
2	Conceptual Design	10	มักกล่าวในงานใหม่มากกว่างานปรับปรุง
3	Structural and MEP Design	16	ปรากฏเฉพาะบางงาน Retrofit ที่ซับซ้อน
4	Construction Planning and Control	15	ใช้ร่วมกับ BIM เพื่อจัดการแผนงานในสภาพแวดล้อมเดิม
5	Cost Estimation and Budgeting	9	พบในงานที่ใช้ BIM 5D หรือมีการควบคุมงบประมาณชัดเจน
6	Simulation	6	พบในงานวิจัยจำกัด มักใช้ในโรงงานเฉพาะทาง
7	As-Built Model	18	เป็นจุดเด่นของ BIM ในการรีโนเวท
8	Facility Management	4	พบในงานที่เน้นการบำรุงรักษาระยะยาว

ที่มา (Eastman et al., 2018); Volk et al., 2014; Tang et al., 2010; Zhao, 2017; Bryde et al., 2013; Azhar, 2011; BCA, 2020; Khoshbakht et al., 2018; Khoshbakht et al., 2023); Succar, 2009; Borrmann et al., 2018; Ghaffarianhoseini et al., 2017; HM Government, 2015; BSI, 2013; Cerovšek, 2011; Kiviniemi et al., 2011; Wong et al., 2011; Jung & Joo, 2011; Lee & Yu, 2017; Pishdad-Bozorgi et al., 2018; Love et al., 2014; Abanda et al., 2016; Boje et al., 2020 และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 2563)

จากการสังเคราะห์วรรณกรรมจำนวน 24 ฉบับ พบว่า มีบาง Node ที่มีแนวโน้มสนับสนุนงานวิจัย บาง Node ไม่สนับสนุนตามรายละเอียดดังนี้:

วิเคราะห์ Node ที่สนับสนุนงานวิจัย

Node 1: Initial Survey

บทความเกือบทั้งหมดชี้ว่า BIM มีบทบาทอย่างมากในการสำรวจข้อมูลอาคารเดิม เช่น Tang et al. (2010) และ Volk et al. (2014) กล่าวถึงการใช้ 3D Laser Scanning และ Point Cloud ร่วมกับ BIM เพื่อสร้างฐานข้อมูลที่แม่นยำ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ที่ให้ความสำคัญกับการสำรวจอาคารเดิมก่อนการวางแผน

Node 3: Structural and MEP Design

ในหลายบทความกล่าวถึงความสำคัญของ Node นี้ต่อการปรับปรุงโรงงาน ที่ต้องออกแบบปรับปรุงระบบ MEP ให้ทันสมัย เช่น งานของ Khoshbakht et al. (2023) และ Borrmann et al. (2018) แสดงให้เห็นว่าการออกแบบระบบใหม่ในโครงสร้างเดิมเป็นความท้าทายที่ BIM ช่วยได้อย่างมาก

Node 4: Construction Planning and Control

ถูกกล่าวถึงในหลายบทความ เช่น Bryde et al. (2013), Ghaffarianhoseini et al. (2017) โดยใช้ให้เห็นว่า BIM ช่วยในการวางแผนและควบคุมขั้นตอนการปรับปรุงอย่างมีประสิทธิภาพ

Node 7: As-Built Model

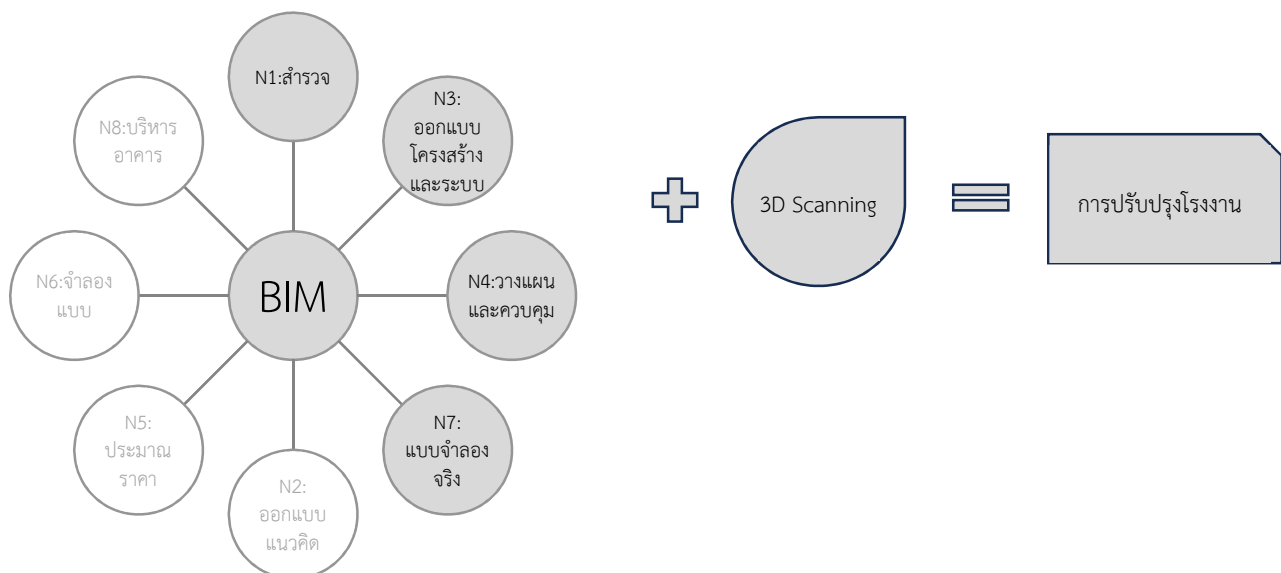
เป็น Node ที่ถูกกล่าวถึงมากที่สุดในงานรีโนเวท โดย Volk et al. (2014) และ Eastman et al. (2018) ระบุว่า BIM ช่วยสร้างแบบจำลองหลังการก่อสร้างที่แม่นยำ และนำไปใช้ต่อในขั้นตอน Facility Management

วิเคราะห์ Node ที่ไม่ได้รับความนิยมในงานรีโนเวท

Node 2 5 6 และ 8 มักปรากฏในงานประเภทสร้างใหม่หรือโครงการเชิงพาณิชย์ขนาดใหญ่มากกว่างานปรับปรุงโรงงาน ทั้งนี้เพราะโครงสร้างพื้นฐานของอาคารเดิมมักกำหนดขอบเขตการออกแบบใหม่ และงานปรับปรุงมักมีงบประมาณและเวลาจำกัด

บทสรุปและข้อเสนอแนะด้าน Node

จากการสังเคราะห์วรรณกรรมข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า Node 1 3 4 และ 7 เป็น Node ที่มีความสำคัญและเหมาะสมต่อการศึกษาในบริบทของการปรับปรุงอาคารโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะในประเทศไทย ซึ่งยังขาดมาตรฐานแนวปฏิบัติสำหรับการบูรณาการ BIM กับเทคโนโลยี 3D Scanning อย่างเป็นระบบ (ภาพที่ 2: การบูรณาการ BIM + 3D Scanning)



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของ BIM และ 3D Scanning สำหรับงานปรับปรุงโรงงานอุตสาหกรรม

ที่มา ผู้วิจัยพัฒนาความสัมพันธ์ของ BIM และ 3D Scanning สำหรับงานปรับปรุงโรงงานจากการสังเคราะห์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ทั้งนี้โครงสร้างการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ได้รับอิทธิพลจากวรรณกรรมสำคัญหลายฉบับซึ่งกล่าวถึงกรอบแนวคิดในการแบ่งช่วงขั้นตอนของ BIM ตั้งแต่การเก็บข้อมูล การออกแบบระบบ ไปจนถึงการบริหารจัดการอาคาร โดยรายละเอียดของการจำแนก Node ต่าง ๆ ที่ใช้ในงานนี้สามารถตรวจสอบได้ในภาคผนวก A2 และ A3 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการนำแนวคิด Framework มาประยุกต์กับบริบทของโรงงานอุตสาหกรรม

งานวิจัยนี้จึงมีฐานรองรับที่มั่นคงในเชิงทฤษฎี และสามารถนำไปสู่การสร้างแนวทางปฏิบัติ (Code of Practice) ได้อย่างมีหลักฐานสนับสนุน

3. การเปรียบเทียบแนวทางการใช้ BIM ระหว่างประเทศไทยกับต่างประเทศ

การศึกษาแนวทางการใช้ Building Information Modeling (BIM) ในต่างประเทศสะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มเชิงนโยบายและมาตรการที่ชัดเจนซึ่งเอื้อต่อการยกระดับอุตสาหกรรมก่อสร้างทั้งในงานก่อสร้างใหม่และงานปรับปรุง (Renovation/Retrofit) โดยเฉพาะในประเทศที่มีนโยบายภาครัฐชัดเจนจะเห็นการนำ BIM ไปประยุกต์ใช้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้เกิดมาตรฐานกลางที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง ทั้งนี้ งานศึกษานี้ได้สังเคราะห์จากประเทศหลักจำนวน 8 ประเทศ ได้แก่ สหราชอาณาจักร (UK) ฟินแลนด์ สิงคโปร์ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา เกาหลีใต้ เยอรมนี และประเทศไทย เพื่อเปรียบเทียบบริบทการใช้งาน BIM ในแง่มุมที่เกี่ยวข้องกับงานปรับปรุงอาคาร (Retrofit) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตารางที่ 6

การเปรียบเทียบแนวทางการใช้ BIM ในงานรีโนเวทของประเทศต่าง ๆ

ประเทศ	นโยบาย รัฐบาล	มาตรฐานที่ใช้	การใช้งานใน งานรีโนเวท	ประเภท งานหลัก	ความ ครอบคลุม	แหล่งอ้างอิง
UK	บังคับ (2016)	PAS 1192, ISO 19650	มีแนวทางใน BS8536	RR	สูง	HM Government (2015); BSI (2013)
ฟินแลนด์	สนับสนุน โดยรัฐ	COBIM	มี COBIM Section 3-4	RR	สูง	Kiviniemi et al. (2011)
สิงคโปร์	กึ่งบังคับ	BCA e- submission	ใช้ในระบบขอ อนุญาตก่อสร้าง	NC → M/NS	ปานกลาง	BCA (2020)
ญี่ปุ่น	ส่งเสริม	MLIT, IFC	เน้นโครงสร้าง พื้นฐาน	NC	ปานกลาง	Shinomiya & Nomura (2019)
สหรัฐฯ	ไม่บังคับ	NBIMS-US, LOD	ใช้ในหน่วยงาน ของรัฐ เช่น GSA	RR	ปานกลาง	NIBS (2015); Azhar (2011)
เกาหลีใต้	ส่งเสริม โดยรัฐ	Smart BIM Guide (2010)	มีเอกสาร สำหรับงาน ปรับปรุง	RR	ปานกลาง	Lee & Yu (2017); Smart BIM Guide (2017)
เยอรมนี	สนับสนุน ภาครัฐ	VDI 2552	ใช้ในโครงการ สาธารณะ หลากหลาย	NC → RR	ปานกลาง	Borrmann et al. (2018)
ไทย	ยังไม่ บังคับ	ไม่มีมาตรฐาน กลาง	ขาดแนวทาง เฉพาะ	RR	ต่ำ	วสท. (2563)

จากตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่า ประเทศในยุโรปตะวันตก เช่น สหราชอาณาจักร ฟินแลนด์ และเยอรมนี มีมาตรฐานกลางที่ชัดเจนและมีการใช้งาน BIM อย่างแพร่หลายในงานรีโนเวท ทั้งในรูปแบบเอกสารคู่มือ มาตรฐานภาคบังคับ และการพัฒนาระบบบริหารจัดการข้อมูลโครงการ ในทางกลับกัน ประเทศแถบเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น และเกาหลีใต้ แม้จะมีความก้าวหน้าในด้านเทคโนโลยี แต่การนำ BIM มาใช้ในงานรีโนเวทยังไม่แพร่หลายหรืออยู่ในระยะเริ่มต้น

จากการศึกษาวรรณกรรมและบทวิเคราะห์ พบว่าความสำเร็จของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี BIM และการสแกนสามมิติ ในงานปรับปรุงโรงงานอุตสาหกรรม ไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางเทคโนโลยีหรือองค์กรเท่านั้น หากแต่ยังขึ้นกับการสนับสนุนจากหน่วยงานวิชาชีพหลักของประเทศด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) และ สมาคมสถาปนิกสยาม ใน

พระบรมราชูปถัมภ์ (ASA) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการผลักดันมาตรฐานวิชาชีพ การออกแนวทางการใช้งาน BIM อย่างเหมาะสม รวมถึงการส่งเสริมองค์ความรู้ให้กับวิศวกรและสถาปนิกในประเทศ ดังนั้น แนวทางการพัฒนา Code of Practice ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ควรถูกบูรณาการเข้ากับบทบาทขององค์กรเหล่านี้ เพื่อสร้างกลไกเชิงสถาบันที่จะรองรับการขยายผล และสร้างความน่าเชื่อถือในภาคปฏิบัติอย่างแท้จริงในระดับประเทศ

ในการจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย จำเป็นต้องพิจารณาถึงความพร้อมด้านมาตรฐานและแนวปฏิบัติระดับประเทศ ภาคผนวก A4 ได้รวบรวมกรณีศึกษาจากต่างประเทศซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสำเร็จของการใช้ BIM ในงานปรับปรุงโรงงานต้องอาศัยทั้งแนวทางด้านเทคนิคและข้อกำหนดเชิงกฎหมายที่สอดคล้องกันอย่างเป็นระบบ ซึ่งสามารถเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาแนวทางในประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับประเทศไทย การใช้งาน BIM ในบริบทงานปรับปรุงอาคารยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น โดยขาดแนวทางปฏิบัติและมาตรฐานกลางอย่างชัดเจน ทำให้การดำเนินโครงการส่วนใหญ่อาศัยการตีความและประสบการณ์ของแต่ละหน่วยงาน และยังไม่สามารถยกระดับไปสู่การบังคับใช้อย่างแพร่หลายเช่นในประเทศพัฒนาแล้ว

สรุปผลการวิจัย

จากการทบทวนและสังเคราะห์วรรณกรรมเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี BIM และการสแกนสามมิติในงานปรับปรุงอาคารโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในบริบทของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ งานศึกษานี้ได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ประเด็นหลักตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

การเปรียบเทียบมิติของเวลา ต้นทุน และคุณภาพ (Time–Cost–Quality) ระหว่างวิธีดั้งเดิมและวิธีการที่ใช้ BIM พบว่า BIM มีแนวโน้มช่วยลดเวลาการออกแบบและก่อสร้าง เพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนและลดเปลี่ยนแปลงด้านต้นทุน รวมถึงเพิ่มคุณภาพของงานก่อสร้างได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยอ้างอิงจากรวรรณกรรมที่ครอบคลุมทั้งเชิงปริมาณและกรณีศึกษา (เช่น Bryde et al., 2013; Azhar, 2011; Khoshbakht et al., 2023)

การสังเคราะห์ Node ทั้ง 8 ด้านของ BIM สำหรับงานปรับปรุง (Renovation) พบว่า ในวรรณกรรมจำนวนมาก เน้น Node 1 (การสำรวจ) Node 4 (การวางแผนและควบคุม) และ Node 7 (As-Built / Reality Capture) เป็นหลัก ซึ่งสะท้อนความสำคัญของการใช้ข้อมูลสแกนสามมิติเพื่อความถูกต้องในสภาพแวดล้อมเดิม อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้เสนอให้เพิ่ม Node 3 (Structural/MEP Design) เนื่องจากมีความสำคัญในงานโรงงานอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องปรับระบบเดิมให้เข้ากับสายการผลิตใหม่ ซึ่งแม้ยังมีน้อยในวรรณกรรม แต่พบหลักฐานสนับสนุนบางส่วนที่สามารถอนุมานได้ว่าสอดคล้อง

การเปรียบเทียบบริบทระหว่างประเทศไทยและต่างประเทศ ชี้ให้เห็นว่าประเทศพัฒนาแล้ว (เช่น สิงคโปร์ อังกฤษ สหรัฐอเมริกา) มีแนวทางการบังคับใช้ BIM ที่ชัดเจน โดยผสานแนวปฏิบัติเข้ากับกฎหมายการก่อสร้าง ในขณะที่ประเทศไทยยังคงขาดแนวทางที่เป็นระบบ แม้มีการส่งเสริม BIM ในบางหน่วยงานภาครัฐ แต่งานรีโนเวทโรงงานยังอยู่ในระดับสมัครใจ ไม่มีกฎเกณฑ์ชัดเจน ทำให้เกิดช่องว่างด้านมาตรฐาน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อขยายฐานข้อมูลใน Node ที่ยังไม่ถูกกล่าวถึงอย่างเพียงพอ เช่น Node 5 (Cost Management) Node 6 (Simulation) และ Node 8 (Facility Management) เพื่อประเมินความเหมาะสมในการนำมาใช้ในงานรีโนเวทอุตสาหกรรม

ควรมีการศึกษาความเป็นไปได้ในการบูรณาการ BIM กับระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (เช่น AHP หรือการวิเคราะห์หลายเกณฑ์) เพื่อพัฒนาแนวปฏิบัติ (Code of Practice) ที่มีความยืดหยุ่นและปรับใช้ได้จริงในบริบทไทย

2. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและแนวปฏิบัติ

เสนอให้ภาครัฐ เช่น กรมโรงงานอุตสาหกรรมหรือสมาคมวิศวกรรมแห่งประเทศไทย พิจารณาร่างแนวปฏิบัติกลาง (Guidelines) สำหรับการใช้ BIM ในงานปรับปรุงโรงงาน โดยเฉพาะในระบบ MEP ซึ่งมักมีข้อจำกัดด้านพื้นที่และการหยุดสายการผลิต

สนับสนุนการสร้างมาตรฐานข้อมูลกลาง (Common Data Environment – CDE) เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลจากการสแกน การออกแบบ การก่อสร้าง และการจัดการทรัพย์สินให้เป็นระบบเดียวกัน

เอกสารอ้างอิง

- Abanda, F. H., & Byers, L. (2016). An investigation of the impact of building information modelling on project coordination. *Procedia Engineering*, 164, 490–497.
- Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., & O'Reilly, K. (2011). Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. *Automation in Construction*, 20(2), 189–195.
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252.
- Bilal, M., Oyedele, L. O., Qadir, J., Munir, K., Ajayi, A. O., Akinade, O. O., ... & Pasha, M. (2016). Big data in the construction industry: A review of present status, opportunities, and future trends. *Advanced Engineering Informatics*, 30(3), 500–521.
- Boje, C., Guerriero, A., Kubicki, S., & Rezgui, Y. (2020). Towards a semantic Construction Digital Twin: Directions for future research. *Automation in Construction*, 114, 103179.
- Borrmann, A., König, M., Koch, C., & Beetz, J. (Eds.). (2018). *Building information modeling: technology foundations and industry practice*. Springer.
- Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7), 971–980.
- BSI Group. (2013). *PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*. British Standards Institution.
- Building and Construction Authority. (2020). *BIM Guide for Asset Delivery and Management*. Singapore: BCA.
- Cerovšek, T. (2011). A review and outlook for a "Building Information Model" (BIM): A multi-standpoint framework for technological development. *Advanced Engineering Informatics*, 25(2), 224–244.
- Chahrour, R., Farhat, A., & Mezher, T. (2021). Integration of BIM and LCA for decision-making in building renovation projects. *Journal of Building Engineering*, 43, 102583.
- Chou, J.-S., & Yang, J.-G. (2015). Project management knowledge and effects on construction project outcomes: An empirical study. *Project Management Journal*, 46(3), 47–67.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers* (3rd ed.). Wiley.
- Fai, S., Rafeiro, J., & Graham, K. (2011). Building Information Modeling and Heritage Documentation. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(5/W16), 1–6.
- Ghaffarianhoseini, A., Tookey, J., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Azhar, S., Efimova, O., & Raahemifar, K. (2017). Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1046–1053.

- Goedert, J. D., & Meadati, P. (2008). Integrating construction process documentation into building information modeling. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(7), 509–516.
- HM Government. (2015). *Digital Built Britain Level 2 BIM*. UK: HM Government Construction Strategy.
- ISO. (2018). *ISO 19650-1:2018: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM)*. International Organization for Standardization.
- Jung, Y., & Joo, M. (2011). Building Information Modelling (BIM) framework for practical implementation. *Automation in Construction*, 20(2), 126–133.
- Khoshbakht, M., Rostami, R., Ferreira, F., & Valinejad Shoubi, M. (2018). Retrofitting existing buildings to improve energy performance: A case study on the application of BIM and energy simulation. *Energy and Buildings*, 172, 395–408.
- Khoshbakht, M., Rostami, R., & Ferreira, F. (2023). Comparative BIM-based renovation strategies in industrial facilities. *Journal of Building Engineering*, 65, 105743.
- Kiviniemi, A., Tarandi, V., Karlshøj, J., Bell, H., & Karud, O. J. (2011). *Review of the Development and Implementation of IFC Compatible BIM*. Erabuild.
- Lee, S., & Yu, J. (2017). Comparative study on BIM acceptance between Korea and China. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21(5), 1977–1987.
- Love, P. E. D., Matthews, J., Simpson, I., Hill, A., & Olatunji, O. (2014). A benefits realization management building information modeling framework for asset owners. *Automation in Construction*, 37, 1–10.
- Lu, W., Webster, C., Chen, K., & Zhang, X. (2017). Computational urban modeling and building information modeling: A review of the state-of-the-art and future perspectives. *Automation in Construction*, 80, 1–14.
- National Institute of Building Sciences. (2015). *National BIM Guide for Owners*. Washington, DC: NIBS.
- Pishdad-Bozorgi, P., Gao, X., Eastman, C. M., & Self, A. T. (2018). Planning and developing facility management-enabled building information models. *Automation in Construction*, 87, 22–38.
- Sacks, R., Eastman, C. M., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers* (3rd ed.). Wiley.
- Shinomiya, Y., & Nomura, Y. (2019). BIM utilization in design and construction phases in Japan: Focusing on renovation projects. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 18(6), 538–545.
- Smart BIM Guide. (2017). *Smart BIM Guide for Building Lifecycle*. Smart BIM Institute.
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375.
- Tang, P., Huber, D., Akinci, B., Lipman, R., & Lytle, A. (2010). Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques. *Automation in Construction*, 19(7), 829–843.
- Volk, R., Stengel, J., & Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. *Automation in Construction*, 38, 109–127.
- Wong, K. A., & Fan, Q. (2013). Building information modelling (BIM) for sustainable building design. *Facilities*, 31(3/4), 138–157.

Zhao, X. (2017). A scientometric review of global BIM research: Analysis and visualization. *Automation in Construction*, 80, 37–47.

Zhao, X. (2019). BIM implementation in construction project management: Benefits, risks and challenges. *International Journal of Construction Management*, 19(3), 210–222.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.). (2563). แนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี BIM สำหรับงานวิศวกรรมในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.

สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2564). รายงานการส่งเสริมและพัฒนาแนวปฏิบัติการใช้ BIM สำหรับงานออกแบบอาคาร. สมาคมสถาปนิกสยามฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). (2564). แนวทางการใช้ BIM สำหรับภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย. กระทรวงอุตสาหกรรม.