

**บทบาทหน้าที่ที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้าง ในการประยุกต์ใช้
แบบจำลองสารสนเทศอาคาร โครงการก่อสร้างภาครัฐ**
**Roles and Duties of Construction Management Consultant (CMC)
in Implementing Building Information Modeling (BIM) in Government
Sector Construction Projects**

รับบทความ	28/07/2566
แก้ไขบทความ	27/10/2566
ยอมรับบทความ	27/10/2566

กฤตชัย ชวนบุญ

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Krittachai Chounboon

Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University

c.krittachai@gmail.com

บทคัดย่อ

นับตั้งแต่ พ.ศ. 2561 เป็นต้นมา หน่วยงานภาครัฐเริ่มเห็นความสำคัญของการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Model / BIM) ในขั้นตอนการก่อสร้างอาคาร เพื่อช่วยลดปัญหาข้อผิดพลาดหน้างาน ส่งผลต่อการปรับเปลี่ยนรูปแบบการทำงานของผู้ที่เกี่ยวข้องหลัก ได้แก่ เจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบ ผู้รับจ้างก่อสร้าง และที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้าง (Construction Management Consultant / CMC) ขณะที่ปัจจุบันการศึกษายังเป็นระบบเรื่องขอบเขตงานด้าน BIM ของ CMC ยังมีค่อนข้างจำกัด และยังขาดข้อมูลสนับสนุนจากฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับ BIM ที่ทำงานร่วมกันในโครงการ จึงนำมาสู่วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ BIM ในช่วงก่อสร้าง โดยวิธีการสัมภาษณ์ฝ่ายที่เกี่ยวข้องในการทำงานด้วย BIM ทั้ง 7 กรณีศึกษา จำนวน 18 คน เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบหน้าที่ของ CMC ในกระบวนการทำงานด้วย BIM

จากการศึกษาพบรูปแบบของกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง BIM 4 รูปแบบ โดยรูปแบบที่พบส่วนมาก คือการจัดทำแบบจำลองสารสนเทศอาคารขึ้นใหม่ในช่วงก่อสร้างโดยผู้รับจ้าง ซึ่งขัดแย้งกับหลักทฤษฎีกระบวนการพัฒนา BIM ส่งผลให้ระยะเวลาสร้างข้อมูลแบบจำลองไม่สอดคล้องกับการเตรียมงานก่อสร้าง อย่างไรก็ตาม การศึกษาพบว่าการใช้ BIM เพื่อบริหารงานก่อสร้างมีคุณประโยชน์สำคัญ 3 ลำดับแรก คือ 1) การประสานงานผ่านแบบจำลองในช่วงก่อสร้าง และการจัดทำแบบก่อสร้างจริง (As-built BIM) 2) การจัดทำรายละเอียดสำหรับก่อสร้าง (Shop BIM) และ 3) การวางแผนและติดตามความคืบหน้างานก่อสร้าง ขณะที่ปัญหาสำคัญในการทำงาน คือความพร้อมของ CMC ในการปรับตัวเพื่อทำงานด้วย BIM เช่น ขาดบุคลากรที่มีความชำนาญ BIM ต้องจัดเตรียมค่าลิขสิทธิ์ ค่าซอฟต์แวร์ เพิ่มเติม รวมไปถึงระยะเวลาทำงานไม่เพียงพอ เพราะการสร้างข้อมูลขึ้นใหม่ และการระบุหน้าที่รับผิดชอบต่อ BIM ที่ไม่ชัดเจนเนื่องจากเจ้าของโครงการมีความเข้าใจเรื่อง BIM ไม่เพียงพอ

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นความสำคัญของบทบาทที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้างต่อ BIM ในช่วงก่อสร้างซึ่งมีเป้าหมายเพื่อการจำลองการก่อสร้างอาคารเสมือนจริง จึงควรมีส่วนร่วมเพื่อควบคุมคุณภาพของแบบจำลอง BIM ในกระบวนการทำงาน โดยต้องคำนึงถึงปัญหาด้านบุคลากรและกระบวนการเป็นลำดับแรก

คำสำคัญ: แบบจำลองสารสนเทศอาคาร ที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้าง การใช้ประโยชน์ BIM โครงการก่อสร้างภาครัฐ การบริหารโครงการก่อสร้าง

Abstract

Since A.D. 2018, the public sector has been interested in implementing Building Information Model (BIM) in the construction process to reduce errors in fieldwork, affecting all related stakeholders, which are the owner, the designer, the contractor, and the construction management consultant (CMC), that must adjust their workflows due to the conversion. Meanwhile, the recent studies of the consultant's scope of work involving BIM are still limited and lack of information from related parties. This led to the purpose of this study to find out the effects of using BIM on the CMC role, by interviewing 18 stakeholders from seven case studies.

Based on the research, government construction projects have four categories of BIM development process. Mostly, BIM has been created by the contractor to recreate new construction information during the construction process which opposes the theoretical framework of BIM process, leading to the discrepancy between the expected pre-construction timeline and the actual. From the 11 benefits of applying BIM in construction management, according to a review, the three most common uses are 1) 3D coordination during the construction process and As-built BIM, 2) Shop drawing and model, and 3) Planning and monitoring construction progress respectively. However, the major pain points are the lack of preparedness for CMC's in BIM adoption, the unproficiency of personnel, the extra cost of software and license products, insufficient time caused by recreating the information, and the unclear scope of work.

The research shows the significant role of CMC in BIM adoption in the construction process, for building simulating construction process. Therefore, the CMC should be in every part of BIM adoption, which should consider the personnel and process problems in the first place.

Keywords: *Building Information Model (BIM), Construction Management Consultant (CMC), BIM uses, government construction, construction management*

บทนำ

ตั้งแต่ พ.ศ. 2561 เป็นต้นมาภาครัฐเริ่มเห็นความสำคัญของการนำแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Model / BIM) มาเป็นเครื่องมือในการบริหารการก่อสร้างโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ของภาครัฐ โดยมีการระบุในเอกสารข้อกำหนดโครงการ (Terms of Reference / TOR) เพื่อลดปัญหาข้อผิดพลาดจากการก่อสร้างหน่วยงาน (พิชานันท์ สวัสดิ์เอื้อ, 2561) ประเภทอาคารที่พบแนวโน้มการใช้ BIM คือ อาคารขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อน หรือมีการซ้ำขององค์ประกอบเป็นจำนวนมาก เช่น โรงพยาบาล สำนักงาน อาคารเรียน อาคารพักอาศัยรวม เป็นต้น (สุดากาญจน์ ธนาวุฒิ, 2562)

กระบวนการทำงาน BIM ในช่วงก่อสร้างมีเป้าหมายเพื่อจำลองกระบวนการก่อสร้างอาคารเสมือนจริง เช่น วิธีการก่อสร้าง ระยะเวลาทำงาน การติดตั้ง การขนส่งวัสดุ (Xu et al, 2014) และการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการบริหารอาคารต่อไป (European Federation of Engineering Consultancy Associations [EFCA], 2019) แบบจำลอง BIM ในช่วงก่อสร้างจะสร้างประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ทางเลือกเพื่อการตัดสินใจที่แม่นยำ การวางแผนและติดตามความก้าวหน้าของงานก่อสร้างนำไปสู่การกำกับควบคุม บริหารงานก่อสร้างที่แม่นยำยิ่งขึ้น (ทรงพล ยมนาถ, 2560) ขณะที่การศึกษายังเป็นระบบเกี่ยวกับ BIM ในขอบเขตงานของที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้าง ซึ่งเป็นตัวแทนฝ่ายเจ้าของในการประสานงานร่วมกับผู้ออกแบบและผู้รับจ้างก่อสร้าง เพื่อควบคุมปัจจัยด้านระยะเวลา งบประมาณ และคุณภาพของโครงการก่อสร้างยังมีค่อนข้างจำกัด (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2560) รวมถึงการขาดข้อมูลสนับสนุนเชิงลึกจากฝ่ายที่เกี่ยวข้องต่อ BIM ในโครงการ สิ่งนี้ย่อมส่งผลต่อการควบคุมคุณภาพของแบบจำลอง BIM นำไปสู่ปัญหาข้อมูลจาก BIM ไม่ตรงกับงานจริงและนำไปใช้บริหารอาคารต่อไม่ได้ ทำให้การใช้เครื่องมือ BIM ในโครงการไม่สัมฤทธิ์ผล

จากเหตุผลดังกล่าวจึงนำมาสู่ความสำคัญของการวิจัยเพื่อหารูปแบบของการประยุกต์ใช้ BIM ในช่วงการก่อสร้างขอบเขตงานที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้างต่อ BIM และข้อจำกัด เพื่อเป็นองค์ความรู้นำไปสู่การพัฒนาแนวทางการกำหนดบทบาทหน้าที่ผู้บริหารงานก่อสร้างด้านแบบจำลองสารสนเทศอาคารในโครงการก่อสร้างหน่วยงานภาครัฐต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาแบบการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารในช่วงดำเนินการก่อสร้างของโครงการภาครัฐ
2. ศึกษาขอบเขตหน้าที่ที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้าง (CMC) ในโครงการก่อสร้างอาคารภาครัฐที่มีการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร
3. ศึกษาและวิเคราะห์ข้อจำกัดของการนำแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาใช้บริหารงานก่อสร้าง

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาเฉพาะโครงการก่อสร้างภาครัฐที่ผู้วิจัยสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้
 - โครงการก่อสร้างอาคารที่มีลักษณะซับซ้อน และซับซ้อนมาก (ตามกฎหมายกระทรวงกำหนดอัตราค่าจ้างผู้ให้บริการจ้างงานออกแบบหรือควบคุมงานก่อสร้าง พ.ศ. 2562)
 - อาคารขนาดใหญ่ ที่มีงบประมาณก่อสร้างตั้งแต่ 250 - 5,000 ล้านบาท
 - มีรูปแบบจัดจ้างประเภทออกแบบ ประมวลราคา ก่อสร้าง (Design-Bid-Build: D-B-B)
2. ศึกษาอาคารที่นำระบบแบบจำลองสารสนเทศ (BIM) มาใช้ในช่วงก่อสร้าง และเริ่มการก่อสร้างภายหลัง พ.ศ. 2561
3. ศึกษาในขั้นตอนระหว่างประมวลราคาจนถึงส่งมอบงาน ซึ่งเป็นขอบเขตงานของที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้างเท่านั้น

การทบทวนวรรณกรรม

ประเภทการใช้บริการวิชาชีพบริหารงานก่อสร้าง (Construction Management / CM)

มาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) แบ่งประเภทการให้บริการหลักเป็น 3 ประเภท คือ การตรวจงานก่อสร้าง การควบคุมงานก่อสร้าง และการจัดการงานก่อสร้าง สมาคมวิศวกรที่ปรึกษาแห่งประเทศไทย (วปท.) แบ่งรูปแบบการทำงานออกเป็น 2 ประเภทคือ ที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้าง และ ที่ปรึกษาควบคุมงานก่อสร้าง ระเบียบกระทรวงการคลัง ว่าด้วยการจัดซื้อจัดจ้างและบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560 หมวด 4 ได้ระบุการจ้างเป็น การจ้างผู้ควบคุมงาน

จากการศึกษาขอบเขตหน้าที่ตามมาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพ และระเบียบของภาครัฐ พบว่าอยู่ช่วงระหว่างการออกแบบจนสิ้นสุดช่วงหลังการส่งมอบงาน สามารถสรุปเปรียบเทียบช่วงการปฏิบัติงานตามตาราง 1 ดังนั้นสามารถสรุปขอบเขตหน้าที่ที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้างในงานวิจัยนี้ โดยยึดตามหลักมาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพ วสท. ซึ่งมีขอบเขตตั้งแต่ระหว่างการออกแบบจนถึงช่วงภายหลังการรับมอบงาน

ตาราง 1 สรุปการทบทวนวรรณกรรมขอบเขตหน้าที่ผู้บริหารการก่อสร้าง

แหล่งอ้างอิง	ประเภทการให้บริการวิชาชีพ	ขั้นตอนโครงการ				
		ระหว่างการออกแบบ	ระหว่างประกวดราคา	ระหว่างการจัดจ้าง	การรับมอบงาน	หลังการรับมอบงาน
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2560	การจัดการงานก่อสร้าง (Construction Management)					
	การควบคุมงานก่อสร้าง (Construction Supervision)					
	การตรวจงานก่อสร้าง (Construction Inspection)					
สมาคมวิศวกรที่ปรึกษาแห่งประเทศไทย, 2561	ที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้าง (Construction Management Consultant)					
	ที่ปรึกษาควบคุมงานก่อสร้าง (Construction Supervision Consultant)					
ระเบียบกระทรวงการคลัง พ.ศ. 2560	ผู้ควบคุมงาน					

แนวคิดแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Model / BIM)

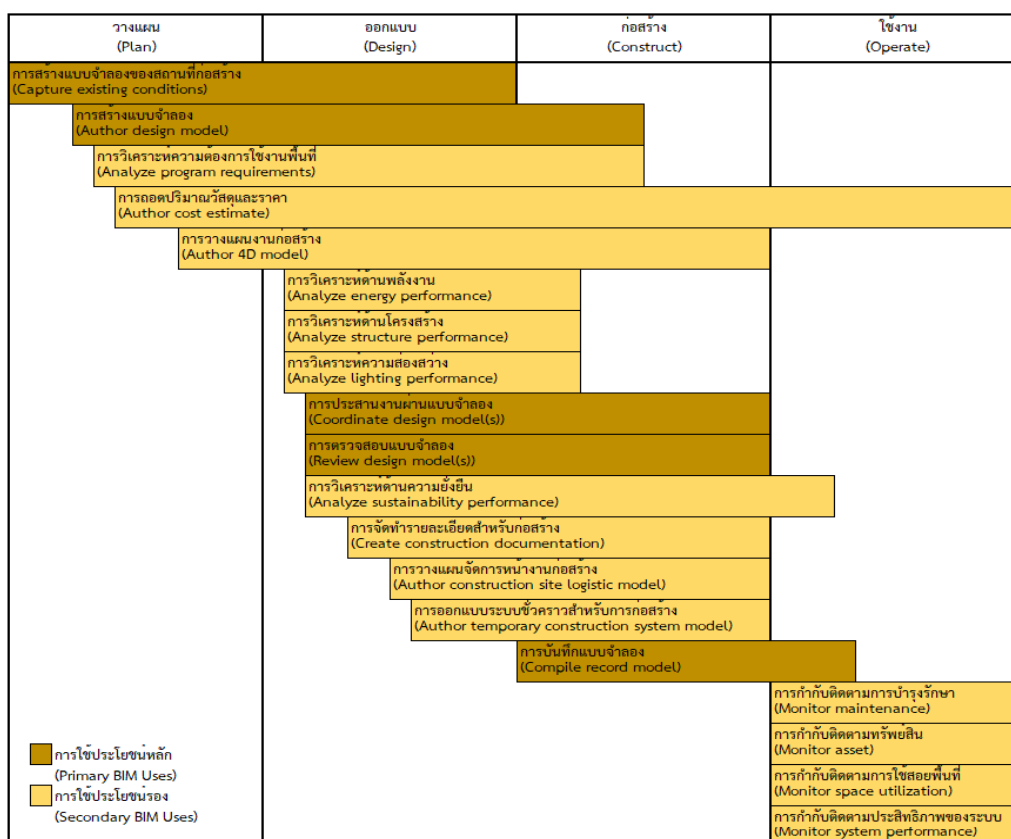
แบบจำลองสารสนเทศอาคาร เป็นแนวคิดที่พัฒนาขึ้นเพื่อช่วยลดข้อผิดพลาดของการทำแบบก่อสร้างด้วยการทำงานเขียนแบบในลักษณะ 3 มิติ นอกจากนี้แบบจำลองและข้อมูลยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์สำหรับการบริหารโครงการตลอดวัฏจักรชีวิตอาคาร (Eastman et al., 2011) ปัจจุบัน BIM ถูกนำมาใช้ในกระบวนการออกแบบและก่อสร้างมากขึ้น เนื่องจากเป็นการสร้างแบบจำลองอาคาร (building model) ที่ประกอบด้วยข้อมูลกราฟิก (graphic) ทั้ง 2 และ 3 มิติ พร้อมกับสารสนเทศ (information) ที่ประกอบด้วยข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิก (non-graphic) เป็นการสร้างองค์ประกอบต่าง ๆ ในอาคารเลียนแบบของจริงพร้อมสารสนเทศ เพื่อจำลองกระบวนการก่อสร้างอาคารจริง (สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558)

การทำงานด้วย BIM เหมาะกับรูปแบบการจัดจ้างประเภท Design-Build (D-B) เพราะผู้ออกแบบและผู้ก่อสร้างเป็นองค์กรเดียวกันจึงง่ายต่อการส่งผ่านข้อมูล ในขณะที่การจัดจ้างแบบ Design-Bid-Build (D-B-B) จะแบ่งกระบวนการ BIM ออกเป็นแบบจำลอง 2 ส่วน ผู้ออกแบบสร้าง Design model และเอกสารในการประมูลราคา เมื่อผ่านขั้นตอนการประมูล

ผู้รับจ้างก่อสร้างจึงสร้าง Construction model สำหรับการก่อสร้าง รูปแบบ D-B-B มีรอยต่อในการส่งต่อข้อมูลในขั้นตอน ประมวลราคา ซึ่งอาจเกิดปัญหาในการทำงานร่วมกันตามมา (นพจิรา ฤกษ์ขจรนามกุล และคณะ, 2563)

กระบวนการพัฒนา BIM สามารถจำแนกตามช่วงเวลาในโครงการก่อสร้างออกเป็น 4 ช่วง คือ ช่วงวางแผน (plan) ช่วงออกแบบ (design) ช่วงก่อสร้าง (construct) ช่วงบริหารอาคาร (operation) ซึ่งเป็นการสร้างข้อมูลเพิ่มเพื่อใช้ประโยชน์ ในแต่ละช่วงที่มีความต้องการข้อมูลแตกต่างกัน ภายใต้การทำงานบนแบบจำลองเดียวกัน (Computer Integrated Construction Research Program [CIC], 2013)

CIC (2021) จัดทำ BIM Project Execution Planning Guide, Version 3.0 หรือแผนการดำเนินงานโครงการที่ใช้ BIM ซึ่งทำการสรุป BIM Use ออกมา 25 ข้อ แบ่งการใช้งานตามช่วงเวลาในโครงการก่อสร้างทั้ง 4 ช่วงดังภาพ 1



ภาพ 1 การใช้ประโยชน์แบบจำลองสารสนเทศอาคารตลอดวงจรชีวิตของอาคาร

ที่มา: ดัดแปลงจาก BIM project execution planning guide –

Version 3.0 โดย Computer Integrated Construction Research Program [CIC], 2021.

(<https://www.cic.psu.edu/>).

แบบจำลองสารสนเทศอาคารกับการบริหารงานก่อสร้าง (BIM in Construction Management)

สมาคมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (2564) ระบุช่วงของการดำเนินงานโครงการ 3 ช่วง คือช่วงพัฒนาแบบ (design phase) ช่วงก่อสร้าง (construction phase) และช่วงบริหารอาคาร (facility management) จากการศึกษาเรื่อง การจัดการข้อมูลด้วย BIM ตลอดวงจรการทำงานของ Xu et al. (2014) พบว่าในช่วงออกแบบ (D-BIM) ถูกใช้งานเพื่อ วิเคราะห์ประสิทธิภาพของอาคาร และเพื่อตรวจสอบความผิดพลาดขัดแย้งของแบบก่อสร้าง BIM ขณะที่ช่วงก่อสร้าง (C-BIM) ใช้เพื่อจำลองความคืบหน้าของโครงการ และเพื่อตรวจสอบความปลอดภัยในการก่อสร้าง สอดคล้องกับ European Federation of Engineering Consultancy Associations หรือ EFCA (2019) ระบุความสำคัญของข้อมูลจาก BIM ในแต่ละ

ขั้นตอนของโครงการก่อสร้าง ช่วงออกแบบ ด้านการตรวจสอบจุดขัดแย้งของแบบ การสร้างภาพความเข้าใจตรงกันของทุกฝ่าย ช่วงการประกวดราคา ด้านการตรวจสอบรายการปริมาณวัสดุ งบประมาณการก่อสร้าง ตลอดจนการวางแผนงานก่อสร้าง ช่วงการก่อสร้าง ด้านการจำลองแผนงาน การติดตามกำกับความก้าวหน้าของงานก่อสร้าง และการเก็บข้อมูลการก่อสร้างจริง

เป้าหมายในการใช้งาน BIM เพื่อบริหารงานก่อสร้าง Hardin and McCool (2015) วิเคราะห์เป็น 2 ช่วง การใช้งานช่วงก่อนการก่อสร้างเพื่อการประสานข้อมูลร่วมกัน ตรวจสอบการก่อสร้างและการวางแผนขั้นตอนการทำงาน การจัดส่งวัสดุ ส่วนช่วงระหว่างก่อสร้าง เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการก่อสร้างทางกายภาพ ตรวจสอบโอกาสเกิดปัญหาหน้างาน เพิ่มความปลอดภัยในสถานที่ก่อสร้าง การติดตั้งวัสดุชิ้นส่วนสำเร็จรูป การปรับปรุงแผนงานก่อสร้าง และการเก็บข้อมูลภาคสนาม

Hergunsel (2011) ระบุประโยชน์จาก BIM ต่อการทำงานของผู้บริหารการก่อสร้าง 6 ประการ คือ การตรวจสอบภาพจำลองเสมือน ประสานการทำงานร่วมกัน การวางแผนติดตั้งวัสดุสำเร็จรูป การตรวจสอบปริมาณวัสดุและคาดการณ์งบประมาณก่อสร้าง จัดทำแผนงานและติดตามความคืบหน้างานก่อสร้าง และตรวจสอบการจัดเก็บข้อมูลการก่อสร้างสำหรับการบริหารอาคาร สอดคล้องกับการศึกษาเปรียบเทียบการนำเครื่องมือ BIM มาใช้กับบทบาทรับผิดชอบของที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้างของ Yalcinkaya and Arditi (2013) พบว่า BIM ช่วยในการตรวจสอบงบประมาณ การตรวจสอบจุดขัดแย้งและแก้ไขปัญหาระหว่างประสานงาน การวางแผนจัดการหน้างานก่อสร้าง การบริหารทรัพยากรที่ใช้ในงานก่อสร้าง การจัดการความปลอดภัยในงานก่อสร้าง กำหนดวิธีการและลำดับการก่อสร้างที่เหมาะสม ตลอดจนการติดตามและปรับแก้ไขแผนงาน

Eynon (2016) ได้ระบุความเกี่ยวข้องของวิชาชีพบริหารการก่อสร้างต่อการทำงาน BIM เรื่องการตรวจสอบลำดับขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง การจัดทำแผนงาน จำลองการก่อสร้างและติดตามความก้าวหน้าของแผนงาน การประสานงานในแหล่งข้อมูลเดียวกัน และการเก็บข้อมูลเสมือนจริงภาคสนาม ด้านการศึกษาผลกระทบจากการทำงานด้วย BIM ต่อวิชาชีพที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้างในประเทศตุรกีของ Budak and Karataş (2022) พบว่าส่งผลต่อการทำงานด้านการตรวจสอบปริมาณวัสดุ เพื่อคาดการณ์งบประมาณก่อสร้าง ใช้วางแผนและติดตามแผนงาน ประสานการทำงานร่วมกัน ช่วยวิเคราะห์หาข้อขัดแย้ง ตรวจสอบภาพจำลองเสมือน ตรวจสอบขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง และการจัดเก็บข้อมูลเสมือนจริง จากการทบทวนวรรณกรรมสามารถสรุปประโยชน์จาก BIM กับการบริหารงานก่อสร้างในตาราง 2

ตาราง 2 สรุปการทบทวนวรรณกรรม ประโยชน์การใช้ BIM กับการบริหารงานก่อสร้างในแต่ละขั้นตอนการทำงาน

แหล่งอ้างอิง (ปี)	การประสานงานผ่านแบบจำลองในช่วงออกแบบ	การตรวจสอบรายการข้อขัดแย้งของแบบ	การถอดปริมาณวัสดุและราคา	การประสานงานผ่านแบบจำลองในช่วงก่อสร้าง	การจัดทำรายละเอียดสำหรับก่อสร้าง (Shop BIM)	การตรวจสอบปริมาณวัสดุและราคาในช่วงการก่อสร้าง	การวางแผนจัดการหน้างานก่อสร้าง	การออกแบบระบบชั่วคราวสำหรับการก่อสร้าง	การวางแผนการติดตั้งวัสดุสำเร็จรูป	การวางแผนและติดตามความคืบหน้างานก่อสร้าง	การจัดทำแบบจำลองการก่อสร้างจริง (As-built BIM)
	ระหว่างออกแบบ		ประกวดราคา	ระหว่างก่อสร้าง							การรับมอบงาน
Hergunsel (2011)	●		●	●		●	●		●	●	
Yalcinkaya and Arditi (2013)		●	●	●	●	●	●		●	●	
Xu et al. (2014)		●					●	●		●	
Hardin and McCool (2015)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Eynon (2016)	●	●		●	●		●		●	●	●
EFCA (2019)	●	●	●	●	●	●	●			●	●
TBIM (2021)	●	●	●	●	●	●				●	●
Budak and Karataş (2022)	●	●	●	●	●	●				●	●

จากการศึกษาทฤษฎีสามารถระบุประโยชน์การใช้งาน BIM เพื่อการบริหารงานก่อสร้างได้ 11 รายการ ประกอบด้วย 1) การประสานงานผ่านแบบจำลองในช่วงออกแบบ (3D coordination) 2) การตรวจสอบรายการข้อขัดแย้งของแบบ (review model) 3) การถอดปริมาณวัสดุและราคา (authoring cost estimation) 4) การประสานงานผ่านแบบจำลองในช่วงก่อสร้าง : (3D coordination) 5) การจัดทำรายละเอียดสำหรับก่อสร้าง (Shop BIM) 6) การตรวจสอบปริมาณวัสดุและราคาในช่วงการก่อสร้าง (cost estimation feedback) 7) การวางแผนจัดการหน้างานก่อสร้าง (authoring construction site logistics model) 8) การออกแบบระบบชั่วคราวสำหรับการก่อสร้าง (authoring temporary construction system) 9) การวางแผนการติดตั้งวัสดุสำเร็จรูป (prefabrication) 10) การวางแผนและติดตามความคืบหน้างานก่อสร้าง (planning & monitor construction progress) 11) การจัดทำแบบจำลองการก่อสร้างจริง (As-built BIM)

วิธีดำเนินการวิจัย

ทบทวนทฤษฎี และกำหนดกรอบการศึกษา

- ศึกษาแนวทาง มาตรฐาน ข้อกำหนดกฎหมาย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับขอบเขตการให้บริการวิชาชีพบริหารและควบคุมงานก่อสร้าง
- ศึกษาคู่มือ มาตรฐานการทำงานด้วย BIM และงานวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ BIM เพื่อการบริหารงานก่อสร้าง

การกำหนดกรณีศึกษา

เลือกโครงการก่อสร้างอาคารของหน่วยงานรัฐซึ่งมีการใช้เครื่องมือ BIM ในขั้นตอนการก่อสร้างและใช้รูปแบบจัดจ้างประเภทออกแบบ ประมวลราคา ก่อสร้าง (Design-Bid-Build: D-B-B) โดยทำคัดเลือกตามเกณฑ์ที่ระบุในขอบเขตการศึกษารวมทั้งสิ้น 7 โครงการ ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงข้อมูลเบื้องต้นโครงการกรณีศึกษา

โครงการ	ปีที่เริ่มก่อสร้าง	ประเภทอาคาร	ความซับซ้อน	พื้นที่ก่อสร้าง (ตร.ม.)	มูลค่าโครงการ (ล้านบาท)	เริ่มนำเครื่องมือ BIM มาใช้
A	2561	อาคารเรียนและห้องปฏิบัติการ	ซับซ้อนมาก	36,630	943.3	ระหว่างก่อสร้าง
B	2561	สำนักงานและศูนย์การค้า	ซับซ้อน	80,000	1654.9	ระหว่างก่อสร้าง
C	2562	โรงพยาบาล	ซับซ้อนมาก	63,300	2,055.0	ระหว่างก่อสร้าง
D	2563	โรงพยาบาล	ซับซ้อนมาก	38,410	2,415.0	ระหว่างก่อสร้าง
E	2563	อาคารพักอาศัยและศูนย์การค้า	ซับซ้อน	154,000	2,957.0	ระหว่างออกแบบ
F	2564	สำนักงาน	ซับซ้อน	10,040	280.0	ระหว่างออกแบบ
G	2564	อาคารเรียน	ซับซ้อน	16,500	479.5	ระหว่างก่อสร้าง

รวบรวมข้อมูล

- ศึกษาเอกสารขอบเขตงานจ้างควบคุมงานโครงการกรณีศึกษา เรื่องการกำหนดขอบเขตหน้าที่ต่อ BIM
- การสัมภาษณ์ฝ่ายที่เกี่ยวข้องหลักในโครงการกรณีศึกษา ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องในการทำงานด้วย BIM และประสบการณ์ด้าน BIM ไม่น้อยกว่า 2 ปี เพื่อเก็บข้อมูลรูปแบบการประยุกต์ใช้ BIM กับโครงการ ความเกี่ยวข้องต่อ BIM ปัญหาและอุปสรรค สามารถจำแนกผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหลักได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม คือ
 - เจ้าของโครงการ (owner) จำนวน 4 ท่าน
 - ที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้าง (CMC) จำนวน 7 ท่าน
 - ผู้ออกแบบ (designer) จำนวน 2 ท่าน
 - ผู้รับจ้างก่อสร้าง (contractor) จำนวน 5 ท่าน

วิเคราะห์ผลข้อมูล

ทำการวิเคราะห์และสรุปผลข้อมูล โดยการสรุปเปรียบเทียบรูปแบบที่ค้นพบ และการสรุปข้อมูลเชิงบรรยาย

ผลการวิจัย

การศึกษารูปแบบของกระบวนการพัฒนาแบบจำลองในโครงการกรณีศึกษา สามารถสรุปได้ทั้งหมด 4 รูปแบบดังนี้

รูปแบบที่ 1 : เริ่มสร้างแบบจำลอง BIM ในช่วงก่อสร้าง จัดทำโดยผู้รับจ้างใช้ข้อมูลอ้างอิงจากแบบ 2 มิติ ที่เจ้าของมอบให้ ซึ่งมีการระบุในเอกสารจัดจ้างให้ใช้เพื่อจัดทำรายละเอียดสำหรับก่อสร้าง (Shop BIM) แบบจำลองการก่อสร้างจริง (As-Built BIM) และการกำหนดบุคลากรที่มีประสบการณ์ทำงานด้าน BIM ปัญหาที่ค้นพบ คือใช้เวลาสร้างข้อมูลใหม่นาน เนื่องจากต้องตรวจสอบและแก้ไขข้อขัดแย้งจากแบบที่ได้รับ

รูปแบบที่ 2 : เริ่มสร้างแบบจำลอง BIM ในช่วงก่อสร้าง จัดทำโดยผู้รับจ้างใช้ข้อมูลอ้างอิงจากแบบ 2 มิติ ที่เจ้าของมอบให้ แม้ไม่มีการระบุให้ใช้เครื่องมือ BIM ในเอกสารจัดจ้าง เนื่องจากผู้รับจ้างมองเห็นประโยชน์จาก BIM เพื่อลดปัญหาข้อขัดแย้งหน้างาน ควบคุมแผนงาน และคาดการณ์ต้นทุนในการก่อสร้าง ปัญหาที่ค้นพบ คือใช้เวลาสร้างข้อมูลใหม่นาน เนื่องจากต้องใช้เวลาคheckและแก้ไขข้อขัดแย้งจากแบบที่ได้รับ

รูปแบบที่ 3 : เริ่มสร้างแบบจำลอง BIM ในช่วงออกแบบ แต่เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับไม่ครบถ้วนผู้รับจ้างจึงใช้อ้างอิงเพื่อสร้างแบบจำลอง BIM ใหม่ในช่วงก่อสร้าง มีการระบุในเอกสารจัดจ้างให้ใช้เพื่อจัดทำรายละเอียดสำหรับก่อสร้าง (Shop BIM) แบบจำลองการก่อสร้างจริง (As-Built BIM) และการกำหนดบุคลากรที่มีประสบการณ์ทำงานด้าน BIM ปัญหาที่พบคือความไม่เชื่อถือในข้อมูลจากผู้ออกแบบ เนื่องจากมีมาตรการการทำงานที่แตกต่างกันระหว่างองค์กรจึงยากในการนำมาพัฒนาต่อ รวมถึงความครบถ้วนของข้อมูลไม่เพียงพอ

รูปแบบที่ 4 : เริ่มสร้างแบบจำลอง BIM ในช่วงออกแบบ จากนั้นผู้รับจ้างนำแบบจำลอง BIM ไปพัฒนาต่อในช่วงก่อสร้าง มีการระบุในเอกสารจัดจ้างให้ใช้เพื่อจัดทำรายละเอียดสำหรับก่อสร้าง (Shop BIM) แบบจำลองการก่อสร้างจริง (As-Built BIM) และการกำหนดบุคลากรที่มีประสบการณ์ทำงานด้าน BIM ปัญหาที่พบคือ ความไม่สมบูรณ์ของหมวดงานระบบ

ตาราง 4 แสดงรูปแบบกระบวนการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศกับโครงการกรณีศึกษา

รูปแบบ	ช่วงที่นำมาใช้		ข้อกำหนดในเอกสารจัดจ้าง		ปัญหาที่พบ	พบที่โครงการ
	ออกแบบ	ก่อสร้าง	มีการระบุ	ไม่ระบุ		
1		●	●		- ใช้เวลาสร้างโมเดลใหม่นาน - แบบขัดแย้งกันเอง	A/B/D
2		●		●	- ใช้เวลาสร้างโมเดลใหม่นาน - แบบขัดแย้งกันเอง	C/G
3	○→ ●	●	●		- ไม่เชื่อถือข้อมูลจากผู้ออกแบบ - มาตรฐานข้อกำหนดการทำงานแตกต่างกัน	F
4	● —→ ●	●	●		- ข้อมูลจากหมวดงานระบบไม่เพียงพอ	E

ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์จากแบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อการบริหารงานก่อสร้าง สามารถเรียง 3 ลำดับที่มีการใช้งานมากที่สุดคือ 1) การประสานงานผ่านแบบจำลองในช่วงก่อสร้าง และการจัดทำแบบจำลองการก่อสร้างจริง ซึ่งพบในทุกโครงการ 2) การจัดทำรายละเอียดสำหรับก่อสร้าง พบใน 6 โครงการ 3) การวางแผนและติดตามความคืบหน้างานก่อสร้าง พบใน 4 โครงการ ส่วนหัวข้อที่ไม่พบการนำมาใช้กับทุกโครงการ คือ การวางแผนการติดตั้งวัสดุสำเร็จรูป และการประสานงานผ่านแบบจำลองในช่วงออกแบบ มีรายละเอียดความสัมพันธ์ของผู้ที่เกี่ยวข้องดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงความสัมพันธ์ของบทบาทหน้าที่ผู้ที่เกี่ยวข้อง ในแต่ละขั้นตอนการทำงานที่มีการนำแบบจำลองสารสนเทศมาใช้

โครงการ กรณีศึกษา		การประสานงานผ่าน แบบจำลองในช่วงออกแบบ	การตรวจสอบรายการ ข้อขัดแย้งของแบบ	การถอดปริมาณวัสดุและราคา	การประสานงานผ่าน แบบจำลองในช่วงก่อสร้าง	การจัดทำรายละเอียด สำหรับก่อสร้าง (Shop BIM)	การตรวจสอบปริมาณวัสดุ และราคาในช่วงการก่อสร้าง	การวางแผนจัดการ หน้างานก่อสร้าง	การออกแบบระบบชั่วคราว สำหรับการก่อสร้าง	การวางแผนการติดตั้ง วัสดุสำเร็จรูป	การวางแผนและติดตาม ความคืบหน้างานก่อสร้าง	การจัดทำแบบจำลองการ ก่อสร้างจริง (As-built BIM)
		ระหว่างออกแบบ		ประกวด ราคา	ระหว่างก่อสร้าง							การรับมอบ งาน
A	Owner				J	J						A
	CMC				J/A	R/A						R
	Designer				J							
	Contractor				M	M						M
B	Owner				J							A
	CMC				J/A							R
	Designer				J							
	Contractor				M							M
C	Owner				J	J	-				-	A
	CMC				J	R/A	-	-	-		R/A	J/R
	Designer				J							
	Contractor				M	M	M	M	M		M	M
D	Owner				J	J	A				J	A
	CMC				R/A	J/R/A	R				R/A	J/R
	Designer				J							
	Contractor				M	M	M				M	M
E	Owner		A	A	J	J					J	A
	CMC		R	M	J/R/A	J/R/A		J/R/A	R/A		M	J/R
	Designer		M		J							
	Contractor			-	M	M		M	M		J	M
F	Owner			-	J	J	A				J	A
	CMC			M	J/R/A	J/R/A	M	J/R/A			M	J/R
	Designer				J							
	Contractor			M	M	M	M	M			J	M
G	Owner				J	J						A
	CMC				J/R/A	J/R/A						R
	Designer				J							
	Contractor				M	M						M

M : Main authoring (ผู้สร้างข้อมูล/แบบจำลอง)

R : Review (ผู้ตรวจสอบ)

A : Approve (ผู้อนุมัติ)

J : Join (ผู้ให้คำแนะนำ/ คำปรึกษา)

ผลการศึกษาหน้าที่ของทีปบริหารงานก่อสร้างในการทำงานร่วมกันด้วยแบบจำลอง BIM สามารถสรุปตามหัวข้อการใช้ประโยชน์ BIM ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- **การตรวจสอบรายการข้อขัดแย้งของแบบ:** พบในโครงการ E (ใช้ BIM ตั้งแต่ช่วงการออกแบบ) มีลำดับการทำงานคือ CMC ตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของแบบ รูป รายการ ที่สร้างโดยฝ่ายผู้ออกแบบก่อนการประกวดราคา
- **การถอดปริมาณวัสดุและราคา:** พบในโครงการ E และ F มีลำดับการทำงานคือ CMC นำแบบจำลองในช่วงออกแบบมาใส่ข้อมูลเพิ่มเพื่อใช้ในการถอดปริมาณวัสดุ ตรวจสอบราคาก่อสร้างในขั้นตอนประกวดราคา
- **การประสานการทำงานร่วมกันในช่วงก่อสร้าง:** พบในทุกโครงการ มีลำดับการทำงานคือ ฝ่ายผู้รับจ้างเป็นคนจัดทำข้อมูลเพื่อนำเสนอต่อทุกฝ่ายร่วมกัน โดยมี CMC เป็นผู้ตรวจสอบ และให้การอนุมัติ จากการรวบรวมข้อมูลพบว่า โครงการ A/B/C เกิดปัญหาความชำนาญด้าน BIM ของฝ่าย CMC ส่งผลให้การพัฒนาและตรวจสอบแบบจำลองก่อนเริ่มการก่อสร้างจริง ตกเป็นภาระงานของผู้รับจ้างเพียงฝ่ายเดียว
- **การจัดทำรายละเอียดสำหรับก่อสร้าง:** พบในโครงการ A,C,D,E,F และ G มีลำดับการทำงานคือ ฝ่ายผู้รับจ้างเป็นคนจัดทำข้อมูล เพื่อให้ CMC เป็นผู้ตรวจสอบและอนุมัติ จากการรวบรวมข้อมูลพบว่า โครงการ A,C เกิดปัญหาการทำงานรูปแบบเดิมของฝ่าย CMC ส่งผลต่อการควบคุมคุณภาพของแบบจำลอง
- **การตรวจสอบปริมาณวัสดุและราคาในช่วงการก่อสร้าง:** พบในโครงการ C,D และ F สามารถจำแนกลำดับการทำงานออกเป็น 2 รูปแบบ คือ CMC เป็นคนนำข้อมูลไปใช้เพื่อถอดปริมาณวัสดุเมื่อมีการปรับแก้ไขแบบควบคู่กับฝ่ายผู้รับจ้าง เพื่อตรวจสอบปริมาณวัสดุที่ฝ่ายผู้รับจ้างเสนอ และผู้รับจ้างจัดทำเพียงฝ่ายเดียว โดยมี CMC ทำการตรวจสอบ แล้วส่งต่อให้เจ้าของทำการอนุมัติ
- **การวางแผนจัดการหน้างานก่อสร้าง:** พบในโครงการ C,E และ F มีลำดับการทำงานคือ ผู้รับจ้างเป็นฝ่ายสร้างข้อมูลการจัดการหน้างานก่อสร้างตามงวดงาน โดยมี CMC เป็นผู้ให้คำปรึกษา ทำการตรวจสอบ ให้การอนุมัติ
- **การออกแบบระบบชั่วคราวสำหรับการก่อสร้าง:** พบในโครงการ C และ E มีลำดับการทำงานคือ ผู้รับจ้างเป็นฝ่ายสร้างข้อมูลการจัดการหน้างานก่อสร้างตามงวดงาน โดยมี CMC ทำการตรวจสอบ ให้การอนุมัติ
- **การวางแผนและติดตามความคืบหน้างานก่อสร้าง:** พบในโครงการ C,D,E และ F สามารถจำแนกลำดับการทำงานออกเป็น 2 รูปแบบ คือ CMC เป็นคนสร้างข้อมูลด้านแผนงานเพื่อกำกับการทำงานของผู้รับจ้าง และผู้รับจ้างเป็นฝ่ายสร้างข้อมูล เพื่อให้ CMC ตรวจสอบ ให้การอนุมัติ
- **การจัดทำแบบจำลองการก่อสร้างจริง:** พบในทุกโครงการ มีลำดับการทำงานคือ ฝ่ายผู้รับจ้างเป็นคนจัดทำข้อมูลเพื่อนำเสนอต่อเจ้าของโครงการ โดยมี CMC เป็นผู้ตรวจสอบ ก่อนการอนุมัติ

ผลการศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการบริหารงานก่อสร้างด้วย BIM สามารถจำแนกเป็น 4 ด้านดังนี้

- **ด้านบุคลากร 4 ข้อ** คือ การขาดบุคลากรที่มีความชำนาญ BIM (พบที่โครงการ A, B, C, D และ G) CMC หน้างานไม่มีความรู้ในการตรวจ BIM (พบที่โครงการ D, E และ F) การต่อต้านวิธีทำงานด้วย BIM (พบที่โครงการ A และ B) และการจ้าง Outsource เพื่อทำงานตามสัญญา (พบที่โครงการ A)
- **ด้านกระบวนการ 3 ข้อ** คือ ระยะเวลาไม่เพียงพอต่อการทำงาน (A, B, D และ G) ขาดการกำหนดวิธีตรวจรับแบบจำลอง BIM (พบที่โครงการ A, B และ C) และไม่มีการควบคุมคุณภาพแบบจำลอง BIM ในช่วงออกแบบ (พบที่โครงการ F)

- **ด้านข้อมูล 3 ข้อ** คือ ข้อมูลจากแบบจำลอง BIM ไม่ตรงกับหน่วยงานจริง (พบที่โครงการ A, B และ G) ข้อมูลแบบจำลอง BIM จากผู้ออกแบบไม่ครบถ้วน (พบที่โครงการ E และ F) และไม่มีการระบุระดับรายละเอียดของข้อมูล (Level of Development: LOD) ที่ชัดเจน (พบที่โครงการ A และ B)
- **ด้านกลยุทธ์ 2 ข้อ** คือ ขอบเขตหน้าที่ต่อ BIM ในสัญญาไม่ชัดเจน (พบที่โครงการ B, E และ G) และเจ้าของมีความเข้าใจเรื่อง BIM ไม่เพียงพอ (พบที่โครงการ B)
- **ด้านทรัพยากร 1 ข้อ** คือ ต้องจัดเตรียมค่า software เพิ่มเติม (พบที่โครงการ A, B, C และ G)

สรุปผลการศึกษา

การประยุกต์ใช้ BIM เพื่อการบริหารงานก่อสร้างกับโครงการก่อสร้างอาคารภาครัฐ ช่วงปี พ.ศ. 2561- 2565 พบกระบวนการพัฒนา BIM ทั้งหมด 4 รูปแบบ โดยส่วนมากเป็นการสร้างแบบจำลองขึ้นใหม่ในช่วงก่อสร้างโดยอ้างอิงจากเอกสาร 2 มิติ หรือแบบจำลอง BIM ของผู้ออกแบบ สาเหตุเกิดจากรายละเอียดของข้อมูลในขั้นตอนประกวดราคา (นพจิรา ฤกษ์ขจรนามกุล และคณะ, 2563) ซึ่งรูปแบบนี้ขัดแย้งกับหลักทฤษฎีกระบวนการพัฒนาแบบจำลองที่เป็นการสร้างข้อมูลเพิ่มเติมจากช่วงออกแบบ (Eastman et al., 2011) หน้าที่ของที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้างในการทำงานด้วย BIM ที่พบทุกโครงการ คือการประสานงานผ่านแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ทางเลือกกับลดความผิดพลาดในงานก่อสร้าง ตรวจสอบการจัดทำรายละเอียดสำหรับก่อสร้างและแบบจำลองการก่อสร้างจริง นอกจากนี้ยังพบแนวโน้มการกำหนดหรือตรวจสอบแผนงานก่อสร้างรวมถึงการกำกับความคืบหน้างานก่อสร้างจาก BIM ด้วยข้อมูลด้านเวลา (4D) สำหรับโครงการที่มีการใช้ BIM ตั้งแต่ช่วงออกแบบพบการใช้ BIM ตรวจสอบปริมาณวัสดุในขั้นตอนประกวดราคาเพื่อคาดการณ์ค่าใช้จ่ายในโครงการ อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษพบว่าหลายโครงการที่ที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้างยังไม่มีส่วนร่วมต่อกระบวนการทำงาน BIM เนื่องจากขาดบุคลากรที่มีความชำนาญด้าน BIM ส่งผลต่อการควบคุมคุณภาพแบบจำลอง BIM ปัญหาสำคัญที่พบในทุกโครงการคือ ด้านบุคลากรและด้านกระบวนการ

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่าสำหรับโครงการภาครัฐที่มีการจัดจ้างแบบออกแบบ-ประมูล-ก่อสร้าง (D:B:B) การส่งผ่านข้อมูลจากผู้ออกแบบไปยังผู้รับจ้างก่อสร้างมีส่วนสำคัญต่อการใช้เครื่องมือ BIM อย่างมีประสิทธิภาพ ฉะนั้นหากมีการจัดจ้างที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้างตั้งแต่ช่วงออกแบบ เพื่อกำกับคุณภาพของข้อมูลจากผู้ออกแบบ จะช่วยลดปัญหาการย่อข้อมูลในขั้นตอนประกวดราคาได้ หน้าที่ของที่ปรึกษาบริหารงานก่อสร้างต่อ BIM ควรจะรวมถึงการสร้างแผนปฏิบัติการ BIM สำหรับขั้นตอนก่อสร้าง ที่ระบุความต้องการข้อมูล หน้าที่รับผิดชอบของแต่ละฝ่ายที่ชัดเจน กำหนดการส่งมอบแบบจำลอง BIM ในแต่ละช่วงเวลาของโครงการเพื่อติดตามความก้าวหน้าของงานก่อสร้าง อย่างไรก็ตามขอบเขตศึกษาของวิจัยนี้ คือการใช้ BIM เพื่อบริหารการก่อสร้าง ซึ่งอยู่ในช่วงเริ่มการประกวดราคาและเสร็จสิ้นเมื่อส่งมอบงานก่อสร้างเท่านั้น ซึ่งไม่ครอบคลุมตลอดวงจรชีวิตของสิ่งปลูกสร้าง เพื่อเป็นแนวทางให้ฝ่ายบริหารทรัพยากรอาคารสามารถนำข้อมูล BIM ไปพัฒนาเพื่อใช้งานต่องานวิจัยในอนาคตจึงควรมีการศึกษาด้านความต้องการข้อมูลของฝ่ายบริหารอาคาร

บรรณานุกรม

- คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา. (2559). *ขอบเขตและหน้าที่การให้บริการวิชาชีพการบริหารงานก่อสร้าง* (พิมพ์ครั้งที่ 4). วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- ทรงพล ยมนาค. (2560, 28 มกราคม). *CM-BIM*. Facebook. <https://www.facebook.com/profile/100070878350658/search/?q=CM-BIM>
- ธนัชชา สุขชี. (2554). *การศึกษาเลือกใช้แบบจำลองข้อมูลอาคารสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทย* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- นพจิรา ฤกษ์ขจรนามกุล, วีระศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์, และวิสุทธิ์ ช่อวีเชียร. (2563). *การวิเคราะห์เอกสารสัญญาจ้างก่อสร้างสำหรับโครงการก่อสร้างซึ่งใช้การจำลองสารสนเทศอาคาร*. ใน พัชรพงษ์ อาสนจินดา (บ.ก.), วิศวกรรมโยธา กับโครงการเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25 (น. 422-431). Thaince. <https://conference.thaince.org/index.php/ncce25/article/view/694>
- พิชชานันท์ สวัสดิ์เอื้อ. (2561). *การศึกษาการเปลี่ยนแปลงขอบเขตหน้าที่ผู้ควบคุมงานตามสัญญาจ้างของโครงการอาคารหน่วยงานของรัฐ* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ระเบียบกระทรวงการคลัง ว่าด้วยการจัดซื้อจัดจ้างและบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560. (2560, 23 สิงหาคม). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 134 ตอน พิเศษ 210 ง หน้า 57-58.
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2560). *แนวทางการทำงานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM Guide)*. สมาคม.
- สมาคมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร. (2564). *แนวทางการจัดทำวัตถุและวัสดุก่อสร้างสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Thailand BIM object construction material guideline)*. สมาคม.
- สมาคมวิศวกรที่ปรึกษาแห่งประเทศไทย. (2561, 23 สิงหาคม). *มาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพการควบคุมงานก่อสร้าง* [เอกสารนำเสนอ]. โครงการสนับสนุนการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพใหม่และการปรับปรุงมาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพ, สภาวิศวกร กรุงเทพฯ.
- สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2558). *แนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารสำหรับประเทศไทย (Thailand BIM guideline)*. สมาคม.
- สุดากาญจน์ ธนาวุฒิ. (2562). *สถานการณ์ของการจัดทำแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริงในประเทศไทย ช่วงปีพ.ศ. 2553- 2562* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Budak, A. & Karataş, I. (2022). *Impact of the BIM system in construction management services in developing countries; Case of Turkey*. Department of Civil Engineering, Osmaniye Korkut Ata University.
- Computer Integrated Construction Research Program [CIC]. (2013). *The uses of BIM classifying and selecting BIM uses*. Pennsylvania State University. <https://www.cic.psu.edu/>
- Computer Integrated Construction Research Program [CIC]. (2021). *BIM project execution planning guide – Version 3.0*. Pennsylvania State University. <https://www.cic.psu.edu/>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sack, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information, modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

- European Federation of Engineering Consultancy Associations [EFCA]. (2019). *BIM and ISO 19650 from a project management perspective*. <https://www.efca.be/>
- Eynon, J. (2016). *Construction manager's BIM handbook*. John Wiley & Sons.
- Hardin, B. & Mccool, D. (2015). *BIM and construction management proven tools, methods, and workflows* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Hergunsel, M. F. (2011). *Benefits of building information modeling for construction managers and BIM based scheduling* [Unpublished graduate thesis]. Worcester Polytechnic Institute.
- Xu, X., Ma, L., & Ding, L. (2014). *A framework for BIM-enabled life-cycle information management of construction project*. Hubei Key Laboratory of Control Structure, Huazhong University of Science & Technology.
- Yalcinkaya, M. & Arditi, D. (2013). *Building Information Modeling (BIM) and the construction management body of knowledge*. Department of Structural Engineering and Building Technology, Aalto University.