สถานการณ์การนำ BIM มาประยุกต์ใช้ในช่วงก่อนงานก่อสร้างอาคารชุดพักอาศัยในประเทศไทย

BIM Adoption in Pre-construction of Residential Condominium in Thailand

รับบทความ	09/10/2565
แก้ไขบทความ	14/11/2565
ยอมรับบทความ	21/11/2565

ธีระพงษ์ อินทรพาณิชย์
ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Teerapong Intarapanich
Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University
6372012025@student.chula.ac.th

บทคัดย่อ

สถานการณ์การนำ BIM มาใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างของประเทศไทยเริ่มมีการใช้อย่างแพร่หลาย ซึ่งการนำ BIM มาใช้มีทั้งข้อดีและข้อจำกัดที่เกิดขึ้นในช่วงกระบวนการก่อสร้าง ช่วงพัฒนาโครงการโดยทั่วไปสามารถจำแนกออกเป็น 3 ช่วงหลัก ๆ ได้แก่ ช่วงออกแบบ (design phase) ช่วงก่อสร้าง (construction phase) และช่วงการบริหารทรัพยากรอาคาร (facility management) ซึ่งแต่ละช่วงก็มีความต้องการในด้านข้อมูลที่แตกต่างกัน จะเห็นได้ว่าในช่วงการพัฒนาโครงการถึงแม้จะเป็นช่วงที่มีการดำเนินงานหลัก ๆแต่ช่วงของการส่งผ่านข้อมูลระหว่าง Design phase ไปยัง Construction phase ยังไม่มีความชัดเจน รอยต่อตรงนี้เรียกว่าช่วง Pre-construction การทำงานในช่วงก่อนการก่อสร้างเป็นหนึ่งในขั้นตอนสำคัญ เนื่องจากขั้นตอนนี้สามารถควบคุมความสำเร็จของโครงการได้

องค์กรที่นำ BIM มาใช้มีทั้งองค์กรรัฐ รัฐวิสาหกิจ และเอกชน ลำดับของกลุ่มที่อยู่ในช่วงดำเนินการใช้ ได้แก่ (1) กลุ่มผู้รับจ้างก่อสร้าง (2) กลุ่มผู้ออกแบบ และ (3) กลุ่มผู้ว่าจ้าง 3 ประเภทอาคารที่มีการนำ BIM มาใช้มากที่สุดได้แก่ คอนโดมิเนียม บ้านเดี่ยว และโรงพยาบาลตามลำดับ สำหรับวงการอสังหาริมทรัพย์ไทยนั้นมีกลุ่มของผู้พัฒนาโครงการคอนโดมิเนียมชั้นนำหลายค่าย ที่นำเทคโนโลยี BIM มาใช้ในการออกแบบอาคาร โดยในแต่ละกลุ่มผู้ใช้งานมีความต้องการในการนำข้อมูลไปใช้ที่แตกต่างกันออกไป ในช่วง Design phase สามารถนำ BIM มาประยุกต์ใช้ในการ design ได้ทั้งในเชิง Concept design, Program requirements หรือ การคิดประมาณราคาเบื้องต้นจากข้อมูลของ BIM เพื่อใช้ในการตรวจสอบและประกอบการตัดสินใจในการทำงานของเจ้าของโครงการ เครื่องมือ BIM สามารถเข้ามาช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและยังลดความผิดพลาดให้น้อยลงได้อีกไม่ว่าจะเป็นการช่วยประสานงานให้มั่นใจในแง่ของการก่อสร้าง สร้างพื้นที่ความร่วมมือของผู้ร่วมโครงการ มีความแม่นยำในการทำแบบและลดการทำงานซ้ำซ้อน การจำลอง model รวมกับระยะเวลาขั้นตอนในการก่อสร้าง (4D) เพิ่มความปลอดภัยก่อนการเริ่มทำงาน

คำสำคัญ: *แบบจำลองอาคารสารสนเทศ ช่วงก่อนการก่อสร้าง อาคารชุดพักอาศัย การส่งผ่านข้อมูลภายในโครงการ วัฏจักรชีวิตอาคาร*

Abstract

The situation of BIM adoption in the construction industry in Thailand has begun to be widely used. The adoption of BIM has advantages and limitations that arise during the construction process and during the project development phase in general. It is divided into 3 main phases, namely the Design Phase, the Construction Phase, and the Facility Management Phase. Each of these has different data requirements. It can be said that during the project development phase. However, even though it is the main operational phase, the period of the transmission of information between the Design Phase and the Construction Phase is unclear. This boundary here is called Pre-Construction Phase. Working in the pre-construction phase is one of the critical steps that can control the project's success.

Organizations that have adopted BIM include government organizations, state enterprises, and the private sector. The order of the groups that are in the process is (1) the construction contractor group, (2) the designer group, and (3) the owner group. Three buildings with the most use of BIM are condominiums, detached houses, and hospital respectively. As for the Thai real estate industry, many leading condominium developers have applied BIM technology to their building designs.

Each group of users has different needs for data usage. During the design phase, BIM can be applied to design in terms of Concept design, Program Requirements, or a preliminary cost estimation from BIM data for use in reviewing and making decisions in the project owner's work. BIM tools can help to make the job more efficient and reduce errors, whether it helps to ensure coordination in terms of construction, create a space for the cooperation of project participants, have modeling accuracy and reduced duplication of work, model simulation combined with construction process time (4D), increased safety before commissioning.

Keywords: *Building Information Modeling (BIM), Pre-Construction, Condominium, Project delivery system, Building lifecycle*

ที่มาและความสำคัญ

สถานการณ์ BIM ในประเทศไทย เริ่มมีการเคลื่อนไหวเมื่อปี พ.ศ. 2558 เริ่มมีการรับรู้ข้อมูลจากผู้ผลิต software และการให้ความรู้จากสมาคมสถาปนิกสยามในปี พ.ศ. 2559 ภาคอสังหาริมทรัพย์ได้นำเสนอ BIM Standard เพื่อใช้ในการออกแบบไปจนถึงการก่อสร้างในโครงการของตนเอง ปี พ.ศ. 2560 สภาวิศวกรร่วมกับสภาสถาปนิกและวิศวกรรมสถานได้นำเสนอ BIM guideline V1 เพื่อเป็นแนวทางในการทำงานและในปีนี้อุตสาหกรรมการก่อสร้างเริ่มนำ BIM มาใช้ประกอบการออกแบบและก่อสร้างในโครงการสาธารณูปโภคของรัฐหลายโครงการ ปี พ.ศ. 2561 เกิดกลุ่ม BIM Club เป็นกลุ่มเพื่อให้ความรู้กับสมาชิกอย่างกว้างขวาง ปี พ.ศ. 2562 ภาคอสังหาริมทรัพย์มีแผนการใช้ BIM ในองค์กร 100% และได้มีการจัดตั้งสมาคมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร TBIM เพื่อเป็นพื้นที่ในการแบ่งปันการใช้งานและการออกแบบมาตรฐานการทำงาน ซึ่งในปีนี้ได้มีการนำเสนอ BIM Guideline V2 จากสภาวิศวกรร่วมกับสภาสถาปนิกและวิศวกรรมสถาน ส่วนภาคการศึกษาเริ่มมีการเรียนการสอน BIM รวมถึงการสอนการทำงานวิจัยและการบริการวิชาการด้าน BIM ในระดับมหาวิทยาลัยก็มีมากขึ้น ในปี ค.ศ. 2020 สภาวิศวกรมีแนวทางการพัฒนาความรู้เรื่อง BIM และทำข้อตกลงให้วิศวกรรมสถานทำมาตรฐานการใช้ BIM สำหรับวิชาชีพ พร้อมทั้งผลักดันโดยนำเสนอภาครัฐให้สนใจ BIM มากกว่าที่เป็นอยู่ ในส่วนของผู้ผลิตอุตสาหกรรมก่อสร้างรายใหญ่ก็ได้จัดตั้ง BIM Object Thailand เพื่อรองรับตลาดภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ทรงพล ยมนาค, 2563) สำหรับโครงการ BIM การทำงานรูปแบบ Design-Build (DB) เหมาะสมมากกว่าเนื่องจากผู้ออกแบบและผู้ก่อสร้างเป็นองค์กรเดียวกันง่ายต่อการแบ่งปันข้อมูลและลดความเสียหาย (นพจิรา ฤกษ์ขจรนามกุล และคณะ, 2563)

แต่ในประเทศไทยโครงการอาคารชุดพักอาศัยส่วนใหญ่ใช้รูปแบบ Design-Bid-Build (DBB) ในการก่อสร้างโดยหลักการคือการทำงานต่างองค์กรการส่งผ่านข้อมูล การสื่อสาร และการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมีรูปแบบในการทำงานแตกต่างกันออกไป จึงส่งผลให้เป็นอุปสรรคในการแบ่งปันข้อมูลให้องค์กรอื่น ๆ ที่มีส่วนร่วมกับโครงการ (รัศรินทร์ โคตรปาลี, 2559) จากผลสำรวจของ National Building Specification (NBS) อุปสรรคในการใช้งาน BIM ก็มีปัญหาในการส่งต่อข้อมูลเช่นเดียวกัน (The NBS, 2020)

ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการก่อสร้าง (project life cycle) ในช่วง Pre-Construction DBB, DB (การส่งถ่ายข้อมูล Project delivery system) ซึ่งเป็นการทำงานกับองค์กรภายนอก ยังเกิดปัญหาและความผิดพลาด ผู้วิจัยจึงสนใจเข้าไปศึกษาว่าแต่ละกระบวนการมีข้อดีข้อจำกัดอย่างไรและคาดว่า BIM จะสามารถช่วยการส่งถ่ายข้อมูลให้เกิดความผิดพลาดน้อยลง

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษารูปแบบและกระบวนการนำ BIM มาใช้งานในช่วงก่อนการก่อสร้าง (Pre-Construction)
2. เพื่อศึกษาสถาณการณ์ การนำ BIM มาใช้งานในช่วงก่อนการก่อสร้างของอาคารชุดพักอาศัยในประเทศไทย
3. เพื่อศึกษา วิเคราะห์ปัจจัยและผลกระทบของการนำ BIM มาใช้งานในช่วงก่อนการก่อสร้างของอาคารชุดพักอาศัยในประเทศไทย

ขอบเขตของการศึกษา

1. โครงการอาคารชุดพักอาศัยที่ใช้ระบบ BIM ในการทำงาน เนื่องจากเป็นประเภทอาคารที่มีการนำ BIM มาใช้มากที่สุดและผู้พัฒนาโครงการอาคารชุดพักอาศัยชั้นนำหลายๆค่ายก็ได้เลือกเครื่องมือ BIM มาใช้ในการออกแบบอาคาร (Bimspaces, 2564)
2. อาคารชุดพักอาศัยที่อยู่ในช่วงปี พ.ศ. 2559-2564

ช่วงปีดังกล่าวเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงเรื่อง BIM ในประเทศไทยอย่างชัดเจน มีทั้งสมาคมสถาปนิกสยาม สภาวิศวกร ผู้พัฒนาโครงการ สถาบันการศึกษา ได้มีการจัดทำมาตรฐานและแนวทางการทำงานเบื้องต้นด้วยเครื่องมือ BIM ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทุกภาคส่วนได้ให้ความสนใจและต้องการที่จะนำเครื่องมือ BIM ไปใช้ต่อไป (ทรงพล ยมนาค, 2563)

3. ศึกษาขั้นตอนโครงการในช่วงก่อนการก่อสร้าง

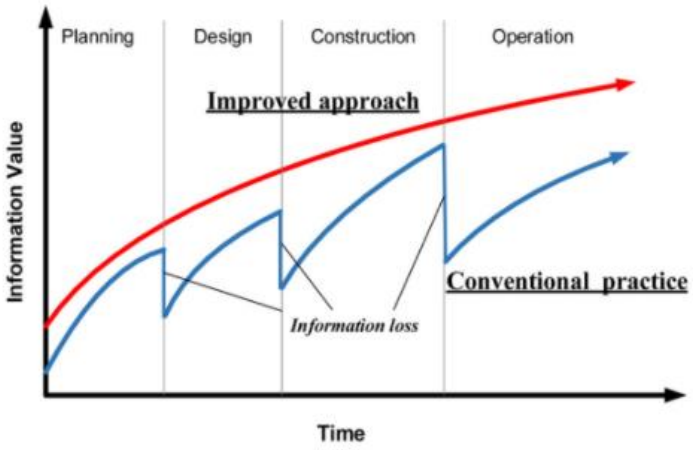
ช่วงพัฒนาโครงการจาก Design Phase ไปยังช่วง Construction Phase ยังไม่มีความชัดเจนและยังเป็นช่วงของการส่งผ่านข้อมูลที่มีโอกาสเกิดความผิดพลาดของข้อมูลได้ (The NBS, 2020) แต่ในขณะเดียวกันช่วงรอยต่อตรงนี้ (Pre-Construction) หากสามารถจัดการได้ดีก็สามารถควบคุมความสำเร็จของโครงการได้ (Bakar & Embi, 2016)

การทบทวนวรรณกรรม

1. แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM)

แนวคิดของ BIM ได้ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Charles M. Eastman ตีพิมพ์ในวารสารเอไอเอ (AIA Journal) เมื่อปี ค.ศ. 1975 (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558) BIM ถูกนำมาใช้กับงานออกแบบสถาปัตยกรรมมากขึ้น เนื่องจากความสามารถในการผนวกการทำงานออกแบบสถาปัตยกรรม ทั้ง 2 มิติและ 3 มิติ เข้าด้วยกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ แบบจำลองที่สร้างขึ้นยังเป็นฐานข้อมูลสำหรับการจัดการสารสนเทศตลอดวัฏจักรชีวิตอาคาร (building lifecycle) ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ตลอดวัฏจักรชีวิตอาคาร เช่น การประมาณต้นทุนก่อสร้าง การชนกันของส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในอาคาร (clash detection) และการวางแผนงานการใช้จ่าย (ธนัชชา สุขขี, 2554)

จากผลงานวิจัยต่างประเทศ ในหัวข้อ “Achieving leanness with BIM-based integrated data management in a built environment project” (Xiaozhi et al., 2018) ได้มีการพูดถึงหลักการของการนำ BIM มาใช้ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยมีวัตถุประสงค์คือ สำรวจและอธิบายว่าการจัดการข้อมูลแบบบูรณาการบน BIM (IDM-Integrated Data Management) ช่วยให้บรรลุผลสำเร็จของ " Lean" ในโครงการที่สร้างขึ้นได้อย่างไร ซึ่งปัญหาที่พบคือ ความไม่สมดุลของข้อมูล ส่งผลให้เกิดอุปสรรคในการสื่อสารและการประสานงานกันระหว่างผู้ร่วมโครงการ ดังนั้นการจัดการและการส่งต่อข้อมูลอย่างเป็นระบบ จึงมีความสำคัญอย่างมาก ดังภาพ 1



ภาพ 1 Information value: Conventional practice and improved approach

ที่มา: จาก Achieving leanness with BIM-based integrated data management in a built environment project โดย Xiaozhi et al., 2018. (https://www.emerald.com/insight/publication/issn/1471-4175).

รูปแบบการทำงานด้วยระบบ BIM นั้นส่วนใหญ่จะอยู่ภายใต้วิธีการ Design-Bid-Build (DBB) จากการทบทวนวรรณกรรม “Bim for Production: Benefits and Challenges for Its Application in a Design-Bid-Build Project” (Mota et al., 2019) โดยมีวัตถุประสงค์คือ ศึกษาความจำเป็นในการใช้งาน BIM และการส่งผ่านข้อมูลของการออกแบบและก่อสร้าง กรณีศึกษา โครงการประเภท Design-Bid-Build การทำงานรูปแบบนี้ ถ้าเทียบกับแผนที่วางไว้ จะมีช่วงคาบเกี่ยวกันของข้อมูล ที่ไม่สามารถจบได้ด้วยผู้รับผิดชอบช่วงงานนั้น ๆ แต่จำเป็นจะต้องส่งต่อและประสานไปจนจบกระบวนการดัง ภาพ 2



ภาพ 2 Plan & Actual of Design-Bid-Build

ที่มา: จาก Bim for production: Benefits and challenges for its application in a design-bid-build project โดย Mota et al., 2019. Paper presented at 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Dublin, Ireland.

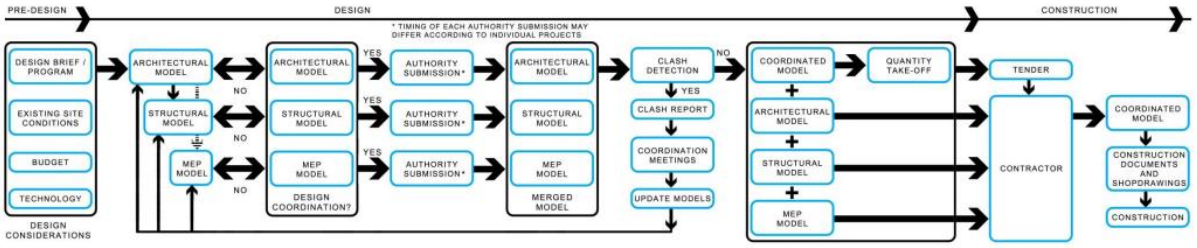
2. การนำ BIM มาประยุกต์ใช้

การนำ BIM มาใช้ในสำนักงานสถาปนิกไทย เริ่มมีบทบาทอย่างจริงจังเมื่อปี พ.ศ. 2553 จากงานวิจัย “แนวทางการบริหารจัดการการออกแบบในช่วงเปลี่ยนผ่านเพื่อนำแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) มาใช้ในกระบวนการการทำงานร่วมกัน (collaboration) ในการพัฒนาแบบสถาปัตยกรรมสำหรับสำนักงานสถาปนิกในประเทศไทย” (จิราภรณ์ ธรรมรักษา, 2558) มีกระบวนการวิจัยคือ เก็บรวบรวมข้อมูลสำนักงานสถาปนิกที่เริ่มมีการนำ BIM มาปรับใช้ภายในองค์กร ซึ่งแต่ละองค์กร ก็มีกระบวนการในการนำมาใช้แตกต่างกันไป แต่การนำ BIM มาประยุกต์ใช้ในสำนักงานสถาปนิกนั้น ก็ยังมีเกิดอุปสรรค 3 ประการ คือ (1) ด้านบุคลากร BIM ช่วยลดจำนวนบุคลากรในการทำงานลงได้ แต่ยังมีการต่อต้านกระบวนการทำงานรูปแบบใหม่และขาดแคลนบุคลากรที่มีความสามารถด้านนี้ (2) ด้านกระบวนการ BIM ช่วยลดระยะเวลาในการทำงานได้ แต่ปัจจุบันซอฟท์แวร์ BIM ใช้เวลาในการ set up ค่อนข้างนาน และ(3) ด้านเทคโนโลยี ซอฟท์แวร์มีราคาสูงแต่ถ้าบริษัทมีนโยบาย BIM ชัดเจนก็จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในระยะยาวได้ อีกประเด็นที่ควรให้ความสำคัญคือ การสร้างความรู้ (curve knowledge) เนื่องจากใช้เวลานาน

ปัจจุบันมีการนำ BIM มาใช้กับอุตสาหกรรมการก่อสร้างมากยิ่งขึ้น จากงานวิจัย “อุปสรรคและการส่งเสริมของการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร สำหรับผู้รับเหมาก่อสร้างขนาดกลางในจังหวัดกรุงเทพมหานคร” (กมลทิพย์ จงจิตร และอภิชาต ประสิทธิ์สม, 2561) มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจแนวโน้ม ณ ปัจจุบันและในอนาคตอันใกล้ของการประยุกต์ใช้ BIM ร่วมกับการทำงานเดิมขององค์กร เพื่อระบุและจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยสนับสนุนและอุปสรรคของการประยุกต์ใช้ BIM ในองค์กร เพื่อเสนอแนวทางส่งเสริมการประยุกต์ใช้ BIM สำหรับองค์กรผู้รับเหมาก่อสร้างขนาดกลางในจังหวัดกรุงเทพมหานครจากผลสำรวจพบว่า ผลการวิเคราะห์ความสำคัญของอุปสรรคในการประยุกต์ใช้ BIM ในองค์กร 3 ประเด็น คือ อุปสรรคเรื่ององค์ความรู้ ความรู้ความเข้าใจเรื่องหลักการทำงานของ BIM และการใช้ software และปัญหาเรื่องของเทคโนโลยีด้านฮาร์ดแวร์

การจัดจ้างสำหรับโครงการก่อสร้างในประเทศไทยซึ่งใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารจะนิยมใช้รูปแบบอยู่ 2 ประเภทหลัก ๆ คือ Design-Bid-Build และ Design-Build จากงานวิจัย “การวิเคราะห์เอกสารสัญญาจ้างก่อสร้างสำหรับโครงการก่อสร้างซึ่งใช้ การจำลองสารสนเทศอาคาร” (นพจิรา ฤกษ์ขจรนามกุล และคณะ, 2563) ได้ระบุไว้ว่า สำหรับ

โครงการ BIM การจัดจ้างประเภท Design-Build เหมาะสมมากกว่าเนื่องจากผู้ออกแบบและผู้ก่อสร้างเป็นองค์กรเดียวกันง่ายต่อการแบ่งปันข้อมูลและลดความเสียหาย ภาพแสดง process การทำงานสัญญาจ้างประเภท Design-Bid-Build ดังภาพ 3



ภาพ 3 วิธีการจัดจ้างแบบ Design-Bid-Build

ที่มา: จาก Singapore BIM guide version 1.0 โดย BCA, 2012.

(https://www.corenet.gov.sg/media/586135/Singapore_BIM_Guide_Version_1.pdf).

3. ปัญหาของอาคารชุดพักอาศัย

3.1 อาคารชุดพักอาศัยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมาก แน่นอนว่าการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการทำงานย่อมลดปัญหาที่เกิดขึ้นได้ แต่ก่อนที่จะมีการแก้ไขปัญหา ย่อมเกิดปัญหานั้น ๆ มาก่อน งานวิจัยที่จะได้นำมาเสนอต่อไปนี้ได้อธิบายถึงสาเหตุและผลลัพธ์ของการก่อสร้าง อาคารชุดพักอาศัย จากงานวิจัย “การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการก่อสร้างอาคารประเภทอาคารชุดพักอาศัย”(จิตติสา เจริญพานิช, 2555) มีวัตถุประสงค์คือ สำรวจปัจจัยเสี่ยงที่เป็นไปได้ในระหว่างการดำเนินโครงการก่อสร้างอาคารชุดพักอาศัย และจากงานวิจัยพบว่ามีหลายสาเหตุที่ส่งผลต่อความเสี่ยงในการก่อสร้าง ซึ่งหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับผู้วิจัยคือ การออกแบบที่ขาดข้อมูลที่เพียงพอหรือไม่ชัดเจน และความขัดแย้งของแบบและรายละเอียดประกอบแบบ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปัญหาของการส่งต่อข้อมูลกับผู้ร่วมงานในโครงการ

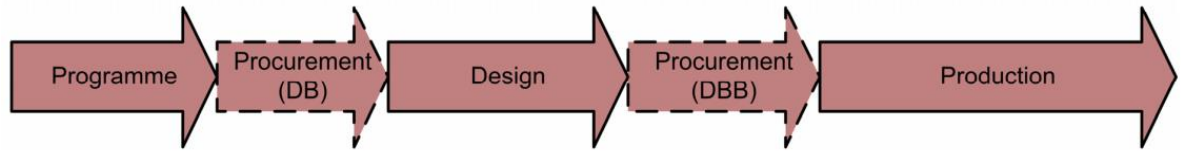
3.2 “การวิเคราะห์ความเสี่ยงโครงการก่อสร้างอาคารชุด ในรูปแบบสัญญา ออกแบบ-ประมูล-ก่อสร้าง” (สุกุลพัฒน์ คุ้มไพศาล และสุรกานต์ รัตนวิฑูรย์, 2558) มีวัตถุประสงค์คือ นำเสนอสาเหตุที่มาความเสี่ยงต่าง ๆ และเป็นแนวทางให้เจ้าของโครงการได้เตรียมควบคุมความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นภายใต้สัญญา ระบบออกแบบ-ประมูล-ก่อสร้าง และเนื่องจากการทำงานประเภท ออกแบบ-ประมูล-ก่อสร้าง นั้นเป็นการทำงานต่างองค์กร จึงทำให้เกิดปัจจัยเสี่ยงดังนี้ ปัจจัยความเสี่ยงที่ส่งผลกระทบต่องบประมาณ ระยะเวลา และคุณภาพ คือ 1. การเปลี่ยนแปลงแบบบ่อยตามความต้องการของ owner 2. ความล่าช้าของข้อมูล 3. การเพิ่มเติมงานที่ไม่เกี่ยวข้อง

4. ขั้นตอนการทำงานในช่วงก่อนการก่อสร้าง

A Case for Incorporating Preconstruction Cost Estimating in Construction Engineering and Management Programs (2016) ได้ระบุขั้นตอน Preconstruction Services ไว้ 4 ช่วงดังนี้ 1. Planning 2. Programing and preliminary design 3. Final design 4. Advertise and award

Osipova (2008) ได้แบ่งขั้นตอนการก่อสร้างโครงการ โดยแบ่งหน้าที่ผู้รับผิดชอบเป็น 4 ช่วงสำคัญดังนี้ 1. Program phase เป็นช่วงที่ผู้ประกอบการเสนอแนวความคิดและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ต่าง ๆ ของโครงการ 2. Design คือขั้นตอน

การออกแบบอาคาร งานสถาปัตยกรรมและงานระบบประกอบอาคาร งานสุขาภิบาล 3. Procurement ช่วงจัดซื้อจัดจ้าง ผู้ประกอบการจะทำการจัดจ้างผู้รับเหมาก่อสร้าง โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงย่อย ๆ ดังนี้



ภาพ 4 Construction Project Phase

ที่มา: จาก Risk management in construction projects a comparative study of the different procurement options in Sweden โดย Osipova, 2008. Luleå University of Technology Department of Civil, Mining and Environmental Engineering Division of Architecture and Infrastructure Construction Management Research Group.

4.1 ช่วง Program เป็นสัญญาว่าจ้าง ออกแบบ-ก่อสร้าง

4.2 ช่วง Design เป็นสัญญาว่าจ้าง ออกแบบ-ประมูล-ก่อสร้าง

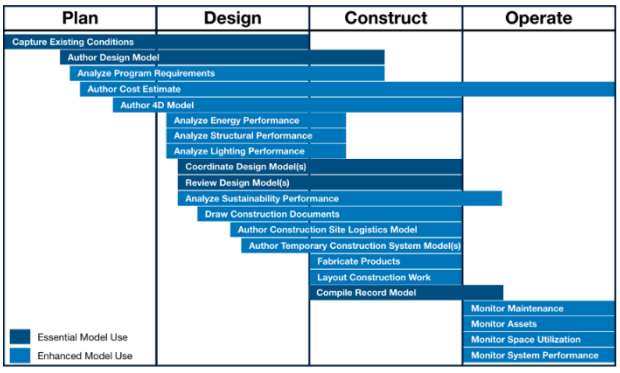
งานศึกษาของ Al-Bader (2005) ระบุว่าการควบคุมขั้นตอนในช่วงก่อนการก่อสร้าง สามารถช่วยแก้ไขปัญหาเรื่องระยะเวลาและต้นทุนที่เกินกำหนดได้ก่อนที่งานก่อสร้างจะเกิดขึ้นได้ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. Planning the pre-design phase 1.1) Budget estimating 1.2) Preliminary scheduling 1.3) Control program updating

2. Design phase 2.1) The preliminary design 2.2) The detailed design and engineering

3. Tendering phase 4. Award

BIM project execution planning guide, version 3.0 (2021) BIM execution plan คือ แผนการดำเนินการของโครงการที่มีการนำ BIM มาใช้งานโดยได้ระบุถึง work flow และความรับผิดชอบของผู้ที่เกี่ยวข้องในโครงการตอนวงจรโครงการตั้งแต่เริ่มต้นจนแล้วเสร็จโดยได้แบ่งรูปแบบการใช้งานตามระยะโครงการดังนี้ 1. Plan 2. Design 3. Construct 4. Operate ในแต่ละ phase แยกการใช้งานดัง ภาพ 5



ภาพ 5 Common Model Uses by Project Phase

ที่มา: จาก BIM project execution planning guide, version 3.0 โดย Messner et al., 2021. Computer Integrated Construction Program, Penn State University Park.

Thailand BIM Object Construction Material Guideline (สมาคมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร TBIM, 2564) แนวทางการจัดทำวัตถุและวัสดุก่อสร้างสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคารสภาวิศวกรร่วมกับสภาสถาปนิกและวิศวกรรมสถานได้จัดทำ BIM Guideline เพื่อเป็นแนวทางการทำงานอย่างกว้างโดยได้ระบุถึงช่วงการดำเนินงานของโครงการดังนี้

- Design phase (ช่วงพัฒนาแบบ) ประกอบไปด้วย 1.PD (Preliminary design) 2.SD (Schematic design) 3.DD (Design develop)
- Construction (ช่วงก่อสร้าง) ประกอบไปด้วย 1. SHOP (Shop drawing and model) 2. BUILD (การก่อสร้าง) 3. As-Built (แบบก่อสร้างจริง)
- Facility management (ช่วงบริหารอาคาร) ประกอบไปด้วย 1. O&M (Operation-preventive and maintenance)

2558 สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้จัดทำคู่มือ “แนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารสำหรับประเทศไทย Thailand BIM Guideline” เพื่อเป็นคู่มือสำหรับศึกษาพัฒนาปรับรูปแบบวิธีการทำงาน BIM ให้เป็นมาตรฐานที่ดีโดยได้ระบุขั้นตอนการเตรียมข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลอง BIM และรูปแบบที่จะใช้ในการส่งต่อหรือแลกเปลี่ยนข้อมูล project deliverable ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วงหลัก ๆ คือ 1. Conceptual & Schematic design 2. Design development 3. Construction documents

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ขั้นตอนการทำงานในช่วงก่อนการก่อสร้าง ได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงความสัมพันธ์ขั้นตอนการทำงานในช่วงก่อนการก่อสร้าง

	Planing					**Design Phase**									**Award**		
	Planning					Programing and Prelim design					Final design				Advertise and Award		
1	Project Start up	Scoping & budget	Concept design		Concept estimate	Feasibility study	Funding approval	NEPA evaluation	Environmental clearance	Preliminary design and approval	Detailed design and approval	Engineer's estimate	Final plan package	Request for proposals	Advertise for bids	Evaluate bids	Award contract
2	Program phase			Procurement (DB)		Design phase									Procurement (DBB)		
	Concept & Feasibility analysis			จัดซื้อจัดจ้าง Design-Built (ออกแบบ-ก่อสร้าง)		AR / ST / MEP / (Architect & Engineer Design)									จัดซื้อจัดจ้าง Design-Bid-Built (ออกแบบ-ประมูล-ก่อสร้าง)		
3	Planning (the pre-design) phase					Design phase									Tendering phase	Award	
	Budget estimating		Preliminary scheduling		Control program updating	The preliminary design					The detailed design and engineering						
4	Capture Existing Conditions	Author Design Model	Analyze program requirements	Author cost estimate	Author 4D Model	Analyze Energy/Structure/ lighting Performance	Coordinate Design model	Review Design model	Analyze Sustainability Performance		Draw Construction documents		Author Construction site Logistics	Author Construction site Logistics			
5						PD-Preliminary Design (การออกแบบร่าง)					SD-Schematic Design (การออกแบบเบื้องต้น)		DD-Design development-Detail design (การพัฒนาแบบ)				
						Feasibility	Layout	Typical	System		Design Coordination	Material Cost feed back	VE and clarify major issues				
6						Conceptual & Schematic Design					Design Development						
						Site Boundary /Topography	Environmental Survey	ภาพถ่ายทางอากาศ	ข้อมูลด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้อง	Building Mass Model	Site Location	3D Model	Site Model	3D Bim Model มุมมอง 2 มิติ / 3 มิติ, แผ่นแบบ (Sheet)	งบประมาณในการก่อสร้าง	ระยะเวลาที่ใช้ในการออกแบบและก่อสร้าง	ราคา/ตารางเมตร	Rendering

การอ้างอิงจากในตาราง ดังนี้

1. A Case for Incorporating Preconstruction Cost Estimating in Construction Engineering and Management Programs
2. Risk Management in Construction Projects a Comparative Study of the Different Procurement Options in Sweden
3. A Project Control Process in Pre-construction Phases: Focus on Effective Methodology
4. BIM Project Execution Planning Guide, Version 3.0
5. Thailand BIM Object Construction Material Guideline (2021) (สมาคมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร TBIM, 2564)
6. สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ (2558)

จากการศึกษาประเด็นการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น สามารถนำมาสรุปเป็นขั้นตอนการทำงานในช่วงก่อนการก่อสร้างดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงความสัมพันธ์ขั้นตอนการทำงานในช่วงก่อนการก่อสร้างที่ซ้อนทับกัน

PRE-CON PROCESS								
Planning			Design Phase					Award
Concept Design	Program Requirements	Cost Estimate	Preliminary Design	Detail Design & Engineering (AR/ST/MEP)	Coordinate Design model	Shop Drawing	Material Cost feed back	Award

วิธีวิจัย

ศึกษาข้อมูลและทบทวนทฤษฎี

ศึกษาข้อมูลต่าง ๆ จากมาตรฐานการใช้งาน BIM ทั้งในและต่างประเทศ รวมถึงช่วงการดำเนินงานก่อนการก่อสร้างของโครงการ

กำหนดกรอบการศึกษา

ศึกษาขั้นตอนของโครงการในช่วงก่อนการก่อสร้าง สร้างความสัมพันธ์ของมาตรฐานต่างประเทศและสถานการณ์การใช้ BIM ในปัจจุบันของไทย เพื่อศึกษาถึงข้อดี-ข้อจำกัด และการนำปรับมาใช้ให้เหมาะสมกับประเทศไทย

ตาราง 3 แสดงโครงการกรณีศึกษาและข้อมูลเบื้องต้น

ข้อมูล	โครงการ A	โครงการ B	โครงการ C	โครงการ D
ปีที่เริ่มก่อสร้าง-แล้วเสร็จ	2017-2020	2018-2023	2019-2022	2020-2022
สถานที่ตั้ง	พระราม 9	บางนา-ตราด	พญาไท	เอกมัย
พื้นที่ก่อสร้าง	4 ไร่	23 ไร่	2 ไร่	2 ไร่
จำนวนยูนิต	599	290	1435	537
จำนวนอาคาร	2	5	1	1
จำนวนชั้น	50,48	22,18,13,5,5	41	39
ราคาต่อ ตรม.	250,000	N/A (ราคาเหมาจ่าย)	175,000	180,000
Segment	Luxury Class	N/A Class	High Class	High Class

รวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องกับสถานการณ์การนำ BIM มาประยุกต์ใช้ในช่วงก่อนงานก่อสร้างอาคารชุดพักอาศัยโดยเลือกผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการทั้งในด้านกำหนดนโยบาย แผนการทำงาน การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ การนำเครื่องมือ BIM ไปใช้ในการออกแบบ การถอดปริมาณ การทำ Shop drawing จนไปถึงการนำข้อมูลไปใช้ในช่วงการจัดหาจัดจ้างผู้มารับผิดชอบโครงการ เป็นต้น ซึ่งจากกระบวนการทำงานดังกล่าวสามารถจำแนกผู้สัมภาษณ์ได้ 5 กลุ่ม คือ (1.) เจ้าของโครงการ (2.) ที่ปรึกษาโครงการ (3.) ผู้ออกแบบ (4.) ผู้รับเหมาก่อสร้าง (5.) ที่ปรึกษาด้าน BIM

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ มาวิเคราะห์และทำการสรุปผล โดยการสรุปเปรียบเทียบและการสรุปข้อมูลเชิงบรรยาย

ผลการวิจัย

จากการศึกษาในประเด็นที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับสถานการณ์การนำ BIM มาประยุกต์ใช้ในช่วงก่อนก่อสร้างอาคารชุดพักอาศัยในประเทศไทย กรณีศึกษาอาคารชุดพักอาศัย 4 โครงการ พบว่า Owner, Designer, Contractor, BIM Consult มีส่วนร่วมในการทำงานช่วง Pre-Con ใกล้เคียงกัน แต่ต่างจาก CM ซึ่งพบว่าไม่ได้มีส่วนเกี่ยวข้องในช่วง Pre-Con มากนักในแง่การใช้เครื่องมือ BIM โดยหัวข้อที่มี Stakeholder เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องมากที่สุดคือ 1. Coordinate design model Phase design) 2. Cost estimate (Phase planning) 3. Shop drawing (Phase design) ตามลำดับ และหัวข้อที่ takeholder เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องน้อยที่สุดคือ 1. Concept design (Phase planning)

ตาราง 4 แสดงความสัมพันธ์ของ Stakeholder และ ขั้นตอนการทำงานในช่วงก่อนการก่อสร้าง

Stakeholder		โครงการ A					โครงการ B					โครงการ C					โครงการ D				
		Owner	CM	DS.	Cons	BIM CS.	Owner	CM	DS.	Cons	BIM CS.	Owner	CM	DS	Cons	BIM CS.	Owner	CM	DS.	Cons	BIM CS.
PLANING	Concept design	✓		-			✓		✓			-	-	✓			-		✓	-	
	Program requirements	✓		-			✓		✓			-	-	✓		✓	-		✓	-	✓
	Cost estimate	✓	✓	-	✓		✓	✓		✓	✓	-	-		✓		-		✓	-	
DESIGN	Preliminary design	✓	✓	-			✓	✓	✓	✓		-	-	✓			-		✓	-	
	Detail design & engineering (AR/ST/MEP)		✓	-	✓			✓	✓	✓		-	-	✓			-		✓	-	
	Coordinate design model	✓		-	✓	✓	✓	✓		✓	✓	-	-		✓	✓	-	✓	✓	-	✓
	Shop drawing		✓	-	✓		✓	✓	✓	✓		-	-	✓	✓		-	✓	✓	-	
	Material cost feed back			-	✓					✓		-	-		✓	✓	-		✓	-	✓
AWARD	Award	✓	✓	-			✓	✓		✓		-	-		✓		-			-	

- Concept design (Planning phase) มีผู้เกี่ยวข้อง 5 ส่วน ช่วงการออกแบบเบื้องต้นจะมีเพียง owner และ designer ทำงานร่วมกันเนื่องจากเป็นการทำงานในแง่ Marketing เป็นหลักทีมอื่น ๆ จึงยังไม่จำเป็นมากนัก
- Program requirements (Planning phase) มีผู้เกี่ยวข้อง 7 ส่วน การกำหนดกิจกรรมของพื้นที่หรือการคำนวณพื้นที่ (feasibility) จะเห็นได้ว่ามี BIM consult เข้ามามีส่วนร่วมเนื่องจากเทคโนโลยี BIM นั้นสามารถช่วยในการคำนวณและบันทึกข้อมูลได้เป็นอย่างดีถึงแม้ช่วงนี้จะเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลมากก็ตาม
- Cost estimate (Planning phase) มีผู้เกี่ยวข้อง 9 ส่วน การถอดปริมาณเพื่อนำไปประมาณราคานั้น มีส่วนสำคัญเป็นอย่างมากในช่วงก่อนการสร้างเนื่องจาก งบประมาณในโครงการถ้าสามารถควบคุมได้ก็จะส่งผลให้โครงการนั้นมีกำไรเพิ่มมากขึ้น โดย BIM ได้เข้ามามีบทบาทเนื่องจากการทำงานด้าน model และ information ไปพร้อม ๆ กัน จะช่วยให้ลดข้อผิดพลาดได้ดียิ่งขึ้น แต่กลับกันบางโครงการ CM ไม่ได้มีความชำนาญด้านนี้กลับกลายเป็นว่า ข้อมูลที่ทำมานั้นไม่ได้นำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นการทำงานซ้ำซ้อน
- Preliminary design (Design phase) มีผู้เกี่ยวข้อง 7 ส่วน เป็นช่วงที่การออกแบบเริ่มชัดเจนและมีการลง detail ซึ่งช่วงนี้มีเพียง 1 โครงการเท่านั้นที่ผู้รับเหมาเข้ามามีส่วนร่วม ซึ่งเป็นช่วงที่ผู้มีความสามารถด้านการก่อสร้างงานนั้น ๆ เข้ามาเพื่อให้คำปรึกษาและป้องกันความเสียหายก่อนที่จะเกิดการก่อสร้าง
- Detail design & engineering (AR/ST/MEP) (Design phase) มีผู้เกี่ยวข้อง 6 ส่วน เป็นช่วงที่ผู้ออกแบบลง detail ในการทำงาน เพื่อส่งต่อไปยังขั้นตอน combine coordinate ต่อไปซึ่งขั้นตอนนี้ควรจะระบุให้ชัดเจนถึงรายละเอียดในการทำ model และ information เพื่อให้เพียงพอต่อการนำไปใช้งาน

- Coordinate design model (Design phase) มีผู้เกี่ยวข้อง 10 ส่วน การ combine coordinate ถือว่าสำคัญที่สุดในช่วง Pre-Con ดูจากผู้ที่เข้ามามีส่วนร่วมมากที่สุด ซึ่งขั้นตอนนี้จะแสดงให้เห็นถึงปัญหาก่อนที่งานก่อสร้างจะเกิดขึ้นจริงแต่ถึงแม้จะมีผู้เกี่ยวข้องมากก็ตาม ข้อมูลที่นำมา combine นั้นก็ต้องมีคุณภาพมากพอที่จะนำไปใช้งานได้ ไม่เช่นนั้นจะกลายเป็นการสร้างปัญหามากยิ่งขึ้นจากการสัมภาษณ์พบว่า designer มีเวลาทำงานจำกัดส่งผลให้คุณภาพ model ที่ส่งต่อไปนั้นยังไม่ครบถ้วนพอยังขาดรายละเอียดบางส่วน ซึ่ง designer มองว่างานส่วนนี้เป็น scope ของผู้รับเหมาก่อสร้าง
- Shop drawing (Design phase) มีผู้เกี่ยวข้อง 8 ส่วน การทำแบบจำเป็นต้องอาศัยผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่ายเข้ามามีส่วนร่วมเพื่อเป็นการยืนยันก่อนเริ่มทำงานและป้องกันข้อผิดพลาด หรือหากมีการเปลี่ยนแปลงควรจะมีการบันทึกข้อมูลไว้
- Material cost feed back (Design phase) มีผู้เกี่ยวข้อง 6 ส่วน การถอดปริมาณในช่วง design เป็นหน้าที่หลักของทั้ง CM, designer, contractor แต่กลับพบว่าผู้ที่ทำหน้าที่นี้เป็นหลักคือผู้รับเหมา ซึ่งสาเหตุมาจาก scope งานและเวลาที่มีอยู่จำกัดจึงทำให้ designer ไม่ได้มามีส่วนร่วมมากนัก และ CM ก็ยังขาดแคลนบุคลากรทางด้านนี้จึงทำให้การตรวจสอบยังไม่เต็มประสิทธิภาพ
- AWARD (Award) มีผู้เกี่ยวข้อง 5 ส่วน การ Award เพื่อหาผู้มาร่วมงานในโครงการเป็นหน้าที่หลักของ owner และ CM ซึ่งข้อมูลที่จะนำไปใช้ต่อนั้นส่งมาจาก designer หมายความว่าการที่จะตรวจสอบเรื่องการ bidding ให้มีประสิทธิภาพต้องอาศัยข้อมูลที่ครบถ้วนและผู้ตรวจสอบซึ่งก็คือ CM ที่มีศักยภาพพอที่จะนำข้อมูลไปใช้ต่อ

บทสรุป

สถานการณ์การนำ BIM มาใช้ในช่วง Pre-Construction เป็นช่วงที่ควรให้ความสำคัญเนื่องจาก สามารถป้องกันและแก้ไขปัญหาก่อนที่งานก่อสร้างจะเกิดขึ้นได้ การส่งถ่ายข้อมูล Project delivery system ซึ่งเป็นการทำงานกับองค์กรภายนอก ยังเกิดปัญหาและความผิดพลาด เช่น เหตุผลที่ CM มีบทบาทในช่วง Pre-Con น้อยนั้น เนื่องจากขาดความชำนาญด้านบุคลากร จึงส่งผลให้การส่งผ่านข้อมูลของ CM นั้นพบข้อติดขัดอยู่บ้าง ซึ่งจากการศึกษาแสดงให้เห็นถึงการนำเครื่องมือ BIM มาช่วยการส่งถ่ายข้อมูลให้เกิดความผิดพลาดน้อยลงได้ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น การทำงานร่วมกันในระบบ BIM จำเป็นต้องมีมาตรฐานที่ชัดเจน เนื่องจากทุก information ที่ถูกสร้างขึ้นต้องถูกส่งต่อและนำข้อมูลนั้นไปพัฒนาต่อจนจบกระบวนการ

ข้อเสนอแนะ

สถานการณ์ตั้งแต่เริ่มจนจบกระบวนการก่อสร้างยังเหลือขั้นตอนอีกหลายส่วน เช่น ช่วง construction, operate หรือในช่วงของการ design ที่เป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการทำงานหลาย ๆ ฝ่าย วิธีการทำงาน รูปแบบมาตรฐานที่ทุกฝ่ายสามารถใช้ข้อมูลที่ได้รับมาอย่างเต็มประสิทธิภาพเพื่อที่จะต้องส่งต่อไปยังกระบวนการอื่น ๆ ต่อไป เป็นต้น ซึ่งการนำเครื่องมือ BIM มาประยุกต์ใช้นั้น ล้วนเกี่ยวข้องทุกกระบวนการของการก่อสร้างจึงเป็นหัวข้อที่น่าสนใจที่จะศึกษาต่อเพื่อให้การนำ BIM มาใช้ครบทั้ง Project life cycle

บรรณานุกรม

กมลทิพย์ จงจิตร และอภิชาต ประสิทธิ์สม. (2561). อุปสรรคและการส่งเสริมของการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารสำหรับผู้รับเหมาก่อสร้างขนาดกลางในจังหวัดกรุงเทพมหานคร. *Kasem Bundit Engineering Journal, 8*(3), 72-88.

จิตติสา เจริญพานิช. (2555). *การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการก่อสร้างอาคารประเภทอาคารชุดพักอาศัย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

จิราภรณ์ ธรรมรักษา. (2558). *แนวทางการบริหารจัดการการออกแบบในช่วงเปลี่ยนผ่านเพื่อนำแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) มาใช้ในกระบวนการการทำงานร่วมกัน (COLLABORATION) ในการพัฒนาแบบสถาปัตยกรรมสำหรับสำนักงานสถาปนิกในประเทศไทย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ทรงพล ยมนาค. (2563, 22 เมษายน). *เราใช้ BIM เป็นเครื่องมือในการทำงาน ไม่ใช่ทำงานของเราให้เป็น BIM*. http://www.constructionthailand.net/bim/thai-bim-lab/

ธนัชชา สุขขี. (2554). *การศึกษาเลือกใช้แบบจำลองข้อมูลอาคารสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

นพจิรา ฤกษ์ขจรนามกุล, วีระศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์, และวิสุทธิ์ ช่อวิเชียร. (2563). *วิเคราะห์เอกสารสัญญาจ้างก่อสร้างสำหรับโครงการก่อสร้างที่ใช้ BIM.* สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Bimspaces. (2564, 20 เมษายน). *BIM คืออะไร? สำคัญอย่างไรต่อวงการอสังหาริมทรัพย์*. https://bimspaces.com/blog/what-is-bim-how-important-is-the-real-estate-industry/

รัศรินทร์ โคตรปาลี. (2559). *แนวทางพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริง* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมาคมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร TBIM. (2564). *แนวทางการจัดทำวัตถุและวัสดุก่อสร้างสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร*. สมาคม.

สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2558). *แนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร สำหรับประเทศไทย*. สมาคม.

สุกุลพัฒน์ คุ้มไพศาล และสุรกานต์ รัตนวิฑูรย์. (2558, กรกฎาคม-ธันวาคม). การวิเคราะห์ความเสี่ยงโครงการก่อสร้างอาคารชุด ในรูปแบบสัญญาออกแบบ-ประมูล-ก่อสร้าง. *วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 14*(2), 143-158.

สุดากาญจน์ ธนาวุฒิ. (2562). สถานการณ์ของแบบจำลองสารสนเทศอาคารก่อสร้างจริงในประเทศไทย. *สาระศาสตร์,* (4), 576-590.

Abu Bakar Abd Hamid & Mohamed Rashid Embi. (2016, January). Review on application of building information modelling in interior design industry. *Matec Web of Conferences,* 66, 1-5.

Al-Bader, Haya. (2005). *A project control process in pre-construction phases focus on effective methodology*. Department of Civil Engineering and Kuwait University Construction Program, Kuwait University.

BCA. (2012, May 15). *Singapore BIM guide version 1.0*. https://www.corenet.gov.sg/media/586135/Singapore_BIM_Guide_Version_1.pdf

Construction Industry Council BIM. (2020, December 15). *CIC BIM standards general*. https://www.bim.cic.hk/en/resources/publications_detail/85

Eldeep, Ahmed. M., Farag, Moataz A. M., & El-Hafez, L. M. Abd. (2021). Using BIM as a lean management tool in construction processes – A case study. *Ain Shams Engineering Journal, 13*(2), 1-7.

Hitech. (2022, February 22). *Benefits of BIM for contractors during the pre-construction stage*. https://www.hitechcaddservices.com

Messer, John, Anumba, Chimay, Dubler, Craig, Goodman, Sean, Kasprzak, Colleen, Kreider, Ralph, Leicht, Robert, Saluja, Chitwan, Zikic, Nevana, & Bhawanil, Andsagata. (2021). *BIM project execution planning guide, version 3.0.* Computer Integrated Construction Program, Penn State University Park.

Mota, Paula, Machado, Fernanda, Biotto, Clarissa, Mota, Ricardo Rola, & Mota, Bruno. (2019). *BIM for production: Benefits and challenges for its application in a design-bid-build project*. Paper presented at 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Dublin, Ireland.

The NBS. (2020, November 14). *10th annual BIM report 2020*. https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-202

Osipova, Ekaterina. *(2008). Risk management in construction projects a comparative study of the different procurement options in Sweden.* Luleå University of Technology Department of Civil, Mining and Environmental Engineering Division of Architecture and Infrastructure Construction Management Research Group.

Puerto, Carla Lopez Del, Agosto, Luis G. Costa, & Gransberg, Douglas D. (2016, June*). A case for incorporating preconstruction cost estimating in construction engineering and management programs.* Paper presented at Asee's 123rd Annual Conference & Exposition, New Orleans, LA, USA.

Sniak, Agnieszka Le,́Górka, Monika, & Skrzypczak, Izabela. (2021, March 17). *Barriers to BIM implementation in architecture, construction, and engineering projects-The Polish study*. https://www.mdpi.com/1996-1073/14/8/2090

Toledo, Mauricio, Olivares, Katherine, & González, Vicente. (2016). Exploration of a lean-BIM planning framework: *A last planner system and BIM-based case study*. Paper presented at 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, MA, USA.

Xiaozhi, Ma, Chan, Albert P. C., Wu, Hengqin, Xiong, Feng, & Dong, Na. (2018, August 24). *Achieving leanness with BIM-based integrated data management in a built environment project*. https://www.emerald.com/insight/publication/issn/1471-4175

Xun, Xu, Ling, Ma & Lieyun, Ding. (2014). *A framework for BIM-enabled life-cycle information management of construction project, Hubei key laboratory of control structure*. Huazhong University of Science & Technology.