โอกาสและข้อจำกัดในการนำเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล มาใช้ในอสังหาริมทรัพย์ประเภทอาคารสำนักงานในประเทศไทยจากทัศนะของผู้เชี่ยวชาญ

Opportunities and Limitations of Implementing Digital Twin Technology in Office Buildings in Thailand from the Expert Perspectives

รับบทความ	01/05/2566
แก้ไขบทความ	12/06/2566
ยอมรับบทความ	12/07/2566

ธนสินี สุทธิ[1], พัศพันธน์ ชาญวสุนันท์[1], ศตคุณ โฆษะวินทะ[2]
[1]ภาควิชาเคหการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2]คณะสถาปัตยกรรม ศิลปะ และการออกแบบ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Tanasinee Sutti[1], Phatsaphan Charnwasununth[1], Satakhun Kosavinta[2]
[1]Department of Housing, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University
[2]School of Architecture, Art and Design, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
6470041925@student.chula.ac.th, Phatsaphan.C@chula.ac.th, satakhun.ko@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล คือการรวมกันอย่างสมบูรณ์ซึ่งวัตถุเสมือนจริงและวัตถุทางกายภาพส่งข้อมูลเชื่อมต่อกันในแบบสองทิศทาง ซึ่งหมายความว่าข้อมูลเชื่อมโยงโดยอัตโนมัติ ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา เทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลได้รับความสนใจจากอุตสาหกรรมต่าง ๆ รวมถึงอสังหาริมทรัพย์ประเภทอาคารสำนักงาน ที่มีการผสมผสานพื้นที่ และมีระบบประกอบอาคารที่ซับซ้อน การศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อสำรวจสถานการณ์ แนวโน้ม ของการใช้เทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล และโอกาสและข้อจำกัดของการนำเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลมาใช้ในอาคารสำนักงานในประเทศไทย ผ่านการทบทวนวรรณกรรมและสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

ผลการศึกษาพบว่าในปัจจุบันเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลยังอยู่ในช่วงของการศึกษาเบื้องต้นและยังไม่มีกรอบแนวคิดที่ชัดเจน แต่มีการสร้างความตระหนักรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีดังกล่าว โดยโอกาสที่ส่งผลต่อการใช้งานมากที่สุด คือการใช้งานแบบจำลองอาคารในการออกแบบ การวางแผนการใช้งานพื้นที่ภายในโครงการก่อสร้าง โอกาสด้านธุรกิจ และโอกาสด้านการตลาด ในส่วนการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในอาคารมีข้อจำกัดที่ส่งผลต่อการใช้งานมากที่สุด คือการเปลี่ยนกระบวนงาน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการจากการใช้เซ็นเซอร์และทรัพยากรที่เพิ่มมากขึ้น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง การขาดข้อตกลงตามสัญญา ข้อสงสัยเกี่ยวกับผลตอบแทนการลงทุน การขาดการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง และการขาดความต้องการจากเจ้าของโครงการ และรัฐบาล

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการนำเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลมาใช้ในอสังหาริมทรัพย์ประเภทอาคารสำนักงานในประเทศไทยยังต้องการความพยายามจากผู้เกี่ยวข้องเพื่อก้าวผ่านข้อจำกัดและสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ โดยผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะเกี่ยวกับความร่วมมือระหว่าง รัฐบาล ผู้ประกอบการวงการอุตสาหกรรม และสถาบันการศึกษาที่ต้องร่วมมือกันในการพัฒนานโยบาย กฎระเบียบ เพื่อสามารถสนับสนุนการเติบโตของเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลในภาคอสังหาริมทรัพย์ได้

***คำสำคัญ**: เทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล โอกาสและข้อจำกัด อาคารสำนักงาน*

Abstract

Digital Twin technology refers to the complete integration of virtual and physical objects that communicate with each other bidirectionally, meaning that the data is automatically linked. In recent years, the Digital Twin technology has gained attention from various industries, including office real estate which incorporates complex space and building service systems. This study aims to explore the current situation and trends in the use of Digital Twin technology, as well as the opportunities and limitations of implementing it in office buildings in Thailand. The research was conducted through a literature review and expert interviews.

The study found that Digital Twin technology is currently in the early stages of research and there is an unclear framework for its implementation. However, there is an increasing awareness of this technology. The most significant opportunities are the use of building simulation for design, and planning of interior spaces within construction projects, business opportunities, and marketing opportunities. When it comes to implementing this technology in buildings, there are limitations that have the most significant impact on its use. These limitations include changing workflows, increased operational costs from sensor usage and additional resource requirements, high operational expenses, lack of technology implemented in the contract, doubts regarding return on investment, lack of support from top-level management, and a lack of demand from customers and government agencies.

This research demonstrates that utilizing Digital Twin technologies in commercial office real estate in Thailand still requires effort from stakeholders to overcome limitations and create an environment suitable for their implementation. Experts suggest the collaboration between government, industrial operators, and educational institutions to develop policies, regulations, and training programs that can support the growth of Digital Twin technology in the real estate sector.

***Keywords**: digital twin, opportunities and limitations, office building*

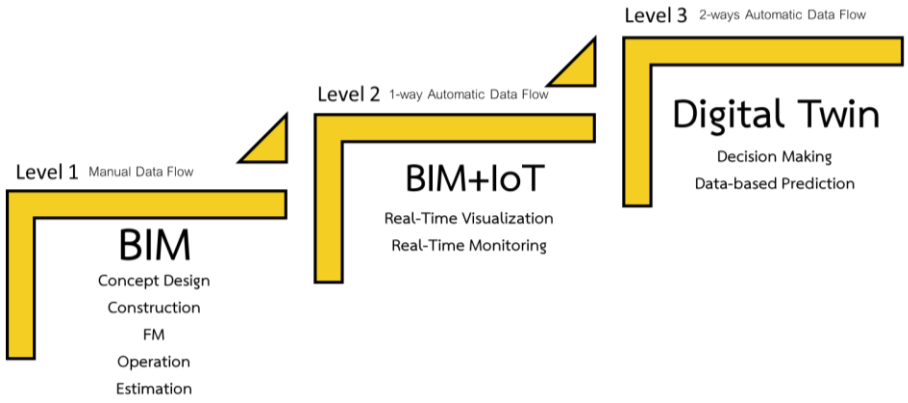
บทนำ

ปัจจุบันอาคารสำนักงานให้เช่าในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล คิดเป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 80 ของพื้นที่ก่อสร้างสำนักงานทั่วประเทศ การลงทุนพัฒนาอาคารสำนักงานส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะอาคารสูง หรืออาคารขนาดใหญ่ (วิจัยกรุงศรี, 2564) โดย ณ สิ้นไตรมาสที่ 2 ปี พ.ศ. 2565 มีพื้นที่อาคารสำนักงานรวมในกรุงเทพมหานคร อยู่ที่ประมาณ 9.357 ล้านตารางเมตร (ซีบีอาร์อี, 2565) และอาคารสำนักงานมักจะอยู่ในรูปแบบของอาคารที่มีการผสมผสานพื้นที่ในส่วนของสำนักงานสำหรับองค์กร และพื้นที่เช่าที่เป็นส่วนร้านค้า ทำให้มีระบบอาคารที่ซับซ้อน และต้องให้ความใส่ใจต่อการบำรุงรักษา ส่งผลให้ผู้ประกอบการมีการปรับตัวอย่างต่อเนื่อง ทั้งความทันสมัยของเทคโนโลยีในอาคาร ด้านรูปแบบการบริหารจัดการ และมาตรการรักษาความปลอดภัย (วิจัยกรุงศรี, 2564)

จากความซับซ้อนของอาคารสำนักงานที่มากขึ้น ทำให้มีการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการออกแบบอาคารและการจัดการมานานหลายทศวรรษ แต่เนื่องจากขั้นตอนการเขียนแบบที่ต้องใช้ระยะเวลาค่อนข้างนาน ทำให้อาจเกิดข้อผิดพลาดเกิดขึ้นได้บ่อยครั้ง การแก้ไขปรับปรุงแบบก็ทำได้ไม่สะดวก จึงได้มีการพัฒนาแนวคิดการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสนับสนุนการออกแบบ (Computer Aid Design, CAD) เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการเขียนแบบ (ธณัชชา สุขขี, 2554) ต่อมาได้มีการพัฒนาไปสู่การใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) ซึ่งเป็นแนวคิดที่ถูกพัฒนาเพื่อใช้ในกระบวนการออกแบบก่อสร้างจนถึงช่วงบริหารทรัพยากรหลังการก่อสร้าง โดยใช้การจำลองแบบจำลองอาคารผสานร่วมกับข้อมูลสารสนเทศ (สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558) โดยทั่วไปแบบจำลองสารสนเทศอาคารสามารถให้ข้อมูลแบบจำลองอาคารที่สร้างขึ้นแต่ไม่สามารถปรับปรุงข้อมูลของแบบจำลองอาคารให้ทันสมัยตามเวลาจริงได้ (Tang et al., 2019) ต่อมาได้มีการพัฒนาของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) ทำให้ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ระบบอาคารเปลี่ยนจากระบบการรับคำสั่งจากส่วนกลางมาสู่การทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบของชุดข้อมูลดิจิทัลผ่านอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต ที่สามารถช่วยในการตรวจสอบกระบวนการก่อสร้างและการสร้างในสิ่งแวดล้อมแบบสร้างตามเวลาจริงเพื่อแสดงถึงสถานะของสภาพแวดล้อม (Dave et al., 2018; Lee et al., 2016; Natephra & Motamedib, 2019) โดยการบูรณาการของแบบจำลองสารสนเทศอาคารและเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ได้นำไปสู่การเกิดขึ้นของเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล (Digital Twin)

การพัฒนาของการนำแบบจำลองสารสนเทศอาคารมาสู่เทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลนั้น ตัวแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่นำมาใช้งาน ควรเป็นแบบจำลองที่มีความแม่นยำของตำแหน่งที่ตั้งของวัตถุต่าง ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์สภาพของวัตถุ และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในอาคารเพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ และการดูแลรักษาอาคาร การเก็บข้อมูลมาเพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูลภายในอาคาร โดยในอนาคตอันใกล้การใช้เทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลจะเป็นสิ่งที่เข้ามามีส่วนช่วยในการบริหารทรัพยากรอาคารและการบริหารจัดการอาคารซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการอยู่อาศัยในอาคาร การนำเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลมาใช้ในโครงการอสังหาริมทรัพย์นั้นสามารถช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลภายในอาคารเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน การจัดการพื้นที่ภายในอาคารและการบริหารทรัพยากรอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Menassa, 2021) จากการศึกษาในปัจจุบันพบว่า อาคารสำนักงานในประเทศไทยมีการใช้งานเทคโนโลยีในขั้นที่ 1 คือการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่ไม่ได้เชื่อมต่อโดยอัตโนมัติกับอาคารจริง และเทคโนโลยีในขั้นที่ 2 คือการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารผสมผสานกับการติดตั้งเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งที่มีการส่งข้อมูลอัตโนมัติแบบทิศทางเดียวจากอาคารจริงไปยังแบบจำลองสารสนเทศอาคาร แต่ยังไม่พบอาคารสำนักงานในประเทศ

ไทยที่มีการใช้งานเทคโนโลยีในขั้นที่ 3 คือการใช้งานเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล ที่มีการเชื่อมต่อกันในแบบสองทิศทางระหว่างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร และอาคารจริง ดังภาพ 1



ภาพ 1 Evolution of BIM to Digital Twins

ที่มา: ผู้วิจัยดัดแปลงจาก From BIM to digital twins: A systematic review of the evolution of intelligent building representations in the AEC-FM industry โดย Menassa, C. C., 2021. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 26(5), p.58-83.

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล แม้พบว่ามีงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล แต่งานวิจัยที่มีการศึกษาเกี่ยวกับโอกาสและข้อจำกัดในการนำเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล มาใช้กับอสังหาริมทรัพย์ประเภทอาคารสำนักงานนั้นยังมีน้อยมากจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องนำเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล มาใช้ในการทำงานเพื่อเป็นประโยชน์ในการถอดบทเรียนและนำมาเป็นแนวทางในการพัฒนาในประเทศไทยในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสถานการณ์ในการนำเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล มาใช้ในธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ประเภทอาคารสำนักงาน
2. เพื่อศึกษาโอกาสและข้อจำกัดในการนำเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล มาใช้ในธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ประเภทอาคารสำนักงานในประเทศไทย
3. เพื่อวิเคราะห์และเสนอแนะแนวทางในการนำเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล มาใช้ในธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ประเภทอาคารสำนักงานในประเทศไทย

ทบทวนวรรณกรรม

อาคารสำนักงาน

อาคารสำนักงาน หมายถึง อาคารสถานที่ที่ประกอบด้วยพื้นที่อาคาร สิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ และมีระบบประกอบอาคารที่มีเทคโนโลยีที่ซับซ้อน มุ่งเน้นการให้บริการต่อผู้เช่า ผู้ใช้อาคาร ผู้ที่มาติดต่อ และเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานในอาคารสำนักงาน (ธงชัย ทองมา, 2553) การออกแบบอาคารต้องคำนึงถึงข้อกำหนดแบบบูรณาการที่ผู้ใช้อาคารต้องการ ซึ่งรวมถึงภาพลักษณ์ ระดับการเข้าถึงสาธารณะ ชั่วโมงการทำงาน ความต้องการในการเติบโตขององค์กร ความ

ปลอดภัย อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเทคโนโลยี ข้อกำหนดด้านเสียง ข้อกำหนดในการบรรทุกและจัดเก็บบนพื้นแบบพิเศษ และบริการสาธารณูปโภคพิเศษ

เทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล (Digital Twin)

- แนวคิดของเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล ได้ถูกกล่าวขึ้นเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1991 จากหนังสือ Mirror World ของ David Gelernter แรกเริ่มนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต แต่ยังไม่ได้มีชื่อเรียกอย่างชัดเจน โดยแนวคิดพื้นฐานของ เทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล (Digital Twin) ได้เริ่มขึ้นในปี ค.ศ. 2002 มาจากการสร้างข้อมูลดิจิทัลที่เกี่ยวกับระบบทางกายภาพที่สร้างขึ้นจากเอกลักษณ์ของวัตถุนั้น ๆ โดยที่ข้อมูลดิจิทัลจะเป็นคู่กับข้อมูลที่ถูกฝังอยู่ในระบบของวัตถุทางกายภาพ และเชื่อมโยงกันตลอดวงจรชีวิตของระบบ ต่อมาในปี ค.ศ. 2010 John Vickers ได้บัญญัติคำว่า Digital Twin ไว้ในรายงานแผนการทำงานขององค์การอวกาศแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Aeronautics and Space Administration, NASA) และในปี ค.ศ. 2012 ทางองค์การอวกาศแห่งชาติของสหรัฐอเมริกาได้ตีพิมพ์บทความเรื่อง “The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles” เพื่อกำหนดความหมายของคำว่า Digital Twin โดยระบุไว้ว่าแนวคิด เทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล ประกอบด้วยสามส่วน คือ วัตถุทางกายภาพ วัตถุเสมือน และการเชื่อมต่อกันของวัตถุทางกายภาพและวัตถุเสมือน (Glaessgen & Stargel, 2012)
- ระดับการบูรณาการของเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล (Integration Levels of Digital Twin) สามารถแบ่งได้สามระดับคือ

  Digital Model คือแบบจำลองสารสนเทศอาคารเป็นแนวคิดพื้นฐาน ที่จำลองสารสนเทศอาคารเป็นวัตถุเสมือน และอาคารเป็นวัตถุทางกายภาพโดยในแนวคิดพื้นฐานนี้จะไม่รวมระบบอัตโนมัติใด ๆ และการไหลของข้อมูลจากวัตถุทางกายภาพสู่วัตถุเสมือน เชื่อมต่อโดยอัตโนมัติ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงใด ๆ จะต้องดำเนินการเปลี่ยนแปลงด้วยตนเอง

  Digital Shadow คือแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่เป็นวัตถุเสมือน มีการได้รับข้อมูลอัตโนมัติแบบทิศทางเดียวไปยังอาคารที่เป็นวัตถุทางกายภาพ โดยเป็นระบบที่มีการเชื่อมต่อด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) มีการฝังตัวของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์ เซ็นเซอร์ และการเชื่อมต่อกับเครือข่าย ซึ่งวัตถุเหล่านี้สามารถเก็บบันทึก และแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ อีกทั้งสามารถรับรู้สภาพแวดล้อมและถูกควบคุมได้จากระยะไกล ผ่านโครงสร้างพื้นฐาน โดยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง สามารถประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ที่ถูกออกแบบมาให้เชื่อมโยงกันได้บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อที่จะสามารถสื่อสารกันได้ โดยใช้วัดข้อมูลจากวัตถุกายภาพและการถ่ายโอน ส่งสัญญาณไปยังวัตถุเสมือน

  Digital Twin คือ การรวมกันอย่างสมบูรณ์ซึ่งแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่เป็นวัตถุเสมือน และอาคารที่เป็นวัตถุทางกายภาพ สามารถส่งข้อมูลเชื่อมต่อกันในแบบสองทิศทาง ซึ่งหมายความว่าข้อมูลเชื่อมโยงโดยอัตโนมัติ ในกรณีนี้ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลสารสนเทศภายในอาคาร ข้อมูลที่ได้จะส่งต่อมาจากวัตถุเสมือนจะเป็นประโยชน์ในการเปลี่ยนวัตถุทางกายภาพหรือเพื่อสั่งให้ตัวกระตุ้นดำเนินการ
- โอกาสและข้อจำกัดในการใช้งานเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลโดยแยกประเด็นได้ตามตาราง 1 และตาราง 2 ดังนี้

ตาราง 1 โอกาสและประโยชน์ในการใช้งานเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล

โอกาส	ประโยชน์
1. การใช้งานแบบจำลองอาคารในการออกแบบ	1.1 การส่งเสริมการทำงานร่วมกัน การประสานงาน และการสื่อสารระหว่างบุคคล 1.2 การผลิตแบบก่อสร้างที่รวดเร็วและแม่นยำ 1.3 ประมาณการต้นทุนที่ถูกต้องและการทำ BOQ
2. การออกแบบเพื่อรับรองความต้องการของโครงการในด้านต่าง ๆ	2.1 การวิเคราะห์องค์อาคารเพื่อรองรับแนวคิดธุรกิจที่ยั่งยืน 2.2 การสร้างตัวเลือกการออกแบบที่หลากหลาย (ความคิดสร้างสรรค์และโซลูชันที่เป็นนวัตกรรม) 2.3 การวางแผนในการอพยพเมื่อเกิดเหตุ 2.4 การวางแผนการจัดการสิ่งอำนวยความสะดวก 2.5 การวางแผนบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ที่สมจริง 2.6 การส่งเสริมการผลิตสำเร็จรูป
3. การวิเคราะห์การจำลองโครงการในบริบทสภาพแวดล้อม	3.1 การวิเคราะห์องค์อาคารเพื่อรองรับแนวคิดธุรกิจที่ยั่งยืน 3.2 การส่งเสริมการผลิตสำเร็จรูป
4. การตรวจจับการปะทะของแบบก่อสร้าง	4.1 คำสั่งเปลี่ยนแปลงงานมีจำนวนลดลง 4.2 การผลิตแบบก่อสร้างที่รวดเร็วและแม่นยำ
5. การวางแผนการใช้งานพื้นที่ภายในโครงการก่อสร้าง	5.1 การเพิ่มคุณภาพของงานในด้านต่าง ๆ 5.2 การพัฒนาประสิทธิภาพของงานก่อสร้างและการจัดการโครงการ 5.3 การตรวจสอบและควบคุมความคืบหน้า 5.4 การติดตามตำแหน่งของวัสดุและแรงงานโดยเซ็นเซอร์ 5.5 การควบคุมเครื่องมือภายในบริเวณโครงการ 5.6 การประเมินความสมบูรณ์ของโครงการ
6. การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างแบบจำลอง (รับส่งข้อมูลแบบสองทาง)	6.1 การสร้างและแบ่งปันข้อมูลที่เกี่ยวกับวงจรชีวิตอาคาร 6.2 การอัพเดตข้อมูลวัตถุหรือสภาพแวดล้อมผ่านเซ็นเซอร์ไปยังแบบจำลองอาคารแบบทันต่อความต้องการ 6.3 การตอบสนองต่อความล้มเหลวของอุปกรณ์ได้ทันที
7. การบูรณาการข้อมูล	7.1 การสร้างและแบ่งปันความสามารถของข้อมูลตลอดวงจรชีวิตอาคาร 7.2 คำสั่งเปลี่ยนแปลงงานมีจำนวนลดลง 7.3 ลดปัญหา ข้อพิพาท การเรียกร้อง และกฎหมาย เพื่อการตัดสินใจอย่างรวดเร็ว และตอบสนองความพึงพอใจของเจ้าของโครงการ 7.4 การลดต้นทุนของโครงการตลอดอายุโครงการ 7.5 การลดข้อผิดพลาดและการละเว้นของเอกสารในการปรับปรุงการแบบจำลอง 7.6 การบูรณาการกับความรู้หรือแนวคิดอื่นๆ (GIS, โครงสร้างแบบลีน, อาคารสีเขียว)
8. การจัดการสิ่งอำนวยความสะดวก	8.1 การอำนวยความสะดวกในการอพยพตามแผน 8.2 การตอบสนองต่อความล้มเหลวของอุปกรณ์ได้ทันที 8.3 การกำหนดตารางเวลาเครื่องปรับอากาศและระบบ HVAC หลีกเลี่ยงความจำเป็นในการเปิดหน้าต่างเพื่อการระบายอากาศตามธรรมชาติและการสูญเสียพลังงานความร้อน 8.4 การส่งเสริมให้ผู้ใช้งานแสดงความคิดเห็นเพื่อปรับปรุงระบบ
9. การบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ที่สมจริง	9.1 การลดต้นทุนของโครงการตลอดอายุโครงการ 9.2 การจัดซื้อที่มีประสิทธิภาพ 9.3 การตรวจสอบสภาพอาคาร เพื่อประเมินความเร่งด่วนในการบำรุงรักษา 9.4 การคาดการณ์อัตราการเข้าใช้ ที่ทำให้สามารถประหยัดพลังงาน
10. การวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรภายในโครงการ	10.1 การลดต้นทุนของโครงการตลอดอายุโครงการ 10.2 การตรวจสอบระดับอุณหภูมิ ความชื้น และค่าต่าง ๆ 10.3 การรวบรวมข้อมูลจากการใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานของตัวอาคาร
11. โอกาสที่เกิดขึ้นในด้านธุรกิจ	11.1 เพิ่มความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
12. โอกาสที่เกิดขึ้นในด้านการตลาด	12.1 การใช้ข้อมูลเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและวางแผนทางการตลาด

ที่มา: Barriers to benefit from integration of building, information with live data from IOT devices during the facility management phase [Conference presentation] โดย Pourzolfaghar et al., 23-24 November 2017. CITA BIM Gathering, Dublin, Ireland; Immersive applications of industrial digital twins โดย Eyre, J., & Freeman, C., 2018, p.11-20. (file:///C:/Users/User/Downloads/EuroVR2018_Paper5.pdf); Digital twin: Vision, benefits, boundaries, and creation for buildings โดย Khajavi et al., 2019. IEEE Access, 7, p.147406-147419; Digital twins in manufacturing: An assessment of drivers, enablers, and barriers to implementation โดย Neto et al., 2020. Procedia Cirp, 93, p.210-215.

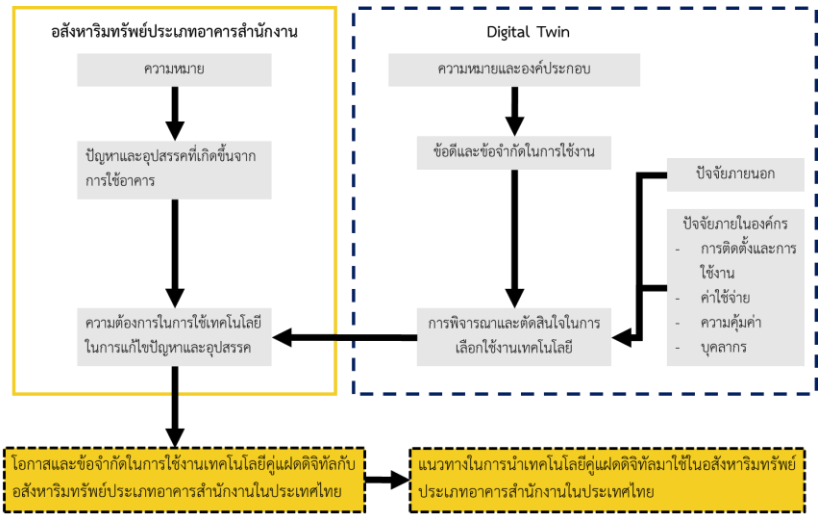
ตาราง 2 ข้อจำกัดในการใช้งานเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล

ข้อจำกัด	
1. การขาดความเข้าใจในเทคโนโลยีและประโยชน์	16. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง
2. การขาดกรอบงาน มาตรฐาน และข้อบังคับสำหรับการใช้งานเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล	17. การขาดข้อตกลงตามสัญญา
3. กระบวนการสร้างแบบจำลองที่ซับซ้อนและใช้เวลานาน	18. ข้อสงสัยเกี่ยวกับผลตอบแทนจากการลงทุน
4. การเชื่อมต่อของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตอย่างต่อเนื่อง	19. ผลประโยชน์ต่อองค์กรไม่ชัดเจน
5. คุณภาพของงานไม่ตรงตามที่คาดหวัง	20. การขาดผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคเทคโนโลยี
6. ความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง	21. การขาดมาตรฐานและแนวทางที่ชัดเจน
7. การขาดการศึกษาเทคโนโลยี ขาดการฝึกอบรมที่เพียงพอ	22. โครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีไม่เพียงพอ
8. การขาดความรู้เทคโนโลยีในการใช้เทคโนโลยีปัจจุบัน	23. เทคโนโลยีปัจจุบันเพียงพอกับความต้องการในการใช้งาน
9. การเปลี่ยนกระบวนงาน	24. การพัฒนาการปรับปรุงข้อมูล
10. ระยะเวลาในการติดตั้งระบบและใช้งาน	25. การขาดการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง
11. การขาดการทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพระหว่างผู้เข้าร่วมโครงการ	26. การไม่เต็มใจที่จะเปลี่ยนแปลง
12. ความเสี่ยงและความท้าทายจากการใช้แบบจำลองเดียว (BIM)	27. ปัญหาทางการเงิน
13. ปัญหาทางกฎหมาย (ความเป็นเจ้าของข้อมูล - การจัดซื้อ)	28. การขาดประสบการณ์จากการใช้เทคโนโลยี
14. เวลาและค่าใช้จ่ายในการอบรม	29. การขาดการประชาสัมพันธ์และการรับรู้
15. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินจากการใช้เซ็นเซอร์และทรัพยากรการคำนวณที่เพิ่มขึ้น	30. การขาดความต้องการของเจ้าของโครงการ และรัฐบาล

ที่มา: Barriers to benefit from integration of building, information with live data from IOT devices during the facility management phase [Conference presentation] โดย Pourzolfaghar et al., 23-24 November 2017. CITA BIM Gathering, Dublin, Ireland; Immersive applications of industrial digital twins โดย Eyre, J., & Freeman, C., 2018, p.11-20. (file:///C:/Users/User/Downloads/EuroVR2018_Paper5.pdf); Digital twin: Vision, benefits, boundaries, and creation for buildings โดย Khajavi et al., 2019. IEEE Access, 7, p.147406-147419; Digital twins in manufacturing: An assessment of drivers, enablers, and barriers to implementation โดย Neto et al., 2020. Procedia Cirp, 93, p.210-215.

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาโอกาสและข้อจำกัดในการนำเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลมาใช้ในอาคารสำนักงานในประเทศไทยเพื่อวิเคราะห์ถึงภาพรวมของสถานการณ์ของเทคโนโลยีและแนวโน้มในการใช้งานในอนาคต โดยมีกรอบแนวคิดในการวิจัยดังภาพ 2 และวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้



ภาพ 2 กรอบแนวคิดการวิจัย

ทบทวนวรรณกรรม

ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล และทฤษฎีการตัดสินใจในการใช้งานเทคโนโลยีเพื่อนำมาสร้างเครื่องมือในการทำแบบสอบถามถึงเรื่องโอกาสและข้อจำกัดในการใช้งานเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล

กำหนดกลุ่มตัวอย่าง

เกณฑ์การคัดเลือกผู้ให้ข้อมูล คือผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล มีเกณฑ์การคัดเลือกดังนี้

- เป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ทำงานเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป
- เป็นสมาชิกสมาคมที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร หรืออยู่ในหน่วยงานรัฐบาลที่เกี่ยวกับการวางแผนและการสนับสนุนเทคโนโลยีในข้างต้น โดยสามารถคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญได้ดังนี้

  ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 มีประสบการณ์การทำงานเกี่ยวกับเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 20 ปี และเป็นกรรมการจากสมาคมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร

  ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 มีประสบการณ์การทำงานด้านเทคโนโลยีอาคารและผังเมือง 17 ปี ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้เชี่ยวชาญอาวุโส ฝ่ายส่งเสริมเมืองอัจฉริยะ สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล

  ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 มีประสบการณ์การทำงานเกี่ยวกับเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 17 ปี เป็นผู้ร่วมก่อตั้งสมาคมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ประเทศไทย

ทดสอบความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม

สร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือแบบสอบถาม (questionnaire) โดยมีการทำตรวจสอบ เพื่อหาความเที่ยงตรง (validity) โดยการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง (Index of item Objective Congruence, IOC) ของแบบสอบถาม และข้อเสนอของผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การทำงานเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป จำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบสอบถามให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สัมภาษณ์

การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญโดยใช้แบบสอบถามอย่างมีโครงสร้าง และเป็นคำถามปลายเปิดให้สามารถแสดงความคิดเห็นได้ โดยแบ่งส่วนการสัมภาษณ์ออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) สถานการณ์และแนวโน้มของเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารผสานกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) และเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล และ 2) โอกาสและข้อจำกัดที่ส่งผลต่อการนำเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล มาใช้งาน

รายงานผล อภิปรายผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

- ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีนำมาวิเคราะห์ถึงสถานการณ์และแนวโน้มของการใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารผสานกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) และ เทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล
- ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีนำมาวิเคราะห์ถึงโอกาสและข้อจำกัดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจใช้งาน
- ผลการวิเคราะห์ข้อมูล และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

สรุปผลการวิจัย

สถานการณ์การใช้งานเทคโนโลยีในปัจจุบันและแนวโน้มการใช้งานเทคโนโลยีในอนาคต

จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน โดยแยกประเด็นการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์การใช้เทคโนโลยีปัจจุบันได้ดังตาราง 3

ตาราง 3 สถานการณ์ในปัจจุบันของการใช้งานเทคโนโลยี

วิวัฒนาการของเทคโนโลยี	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3
1.เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร	มีการใช้งานในระดับหนึ่งแต่ยังไม่สมบูรณ์สำหรับตลอดวงจรชีวิตอาคาร แต่ติดปัญหาในเรื่องของความไม่เข้าใจในเทคโนโลยีและกรอบแนวคิดในการใช้งาน	มีการเติบโตอย่างก้าวกระโดดเนื่องจากมีความต้องการที่สูงขึ้นและมีการสร้างความตระหนักรู้ในเทคโนโลยี แต่ยังมีค่าใช้จ่ายที่สูงสำหรับโครงการขนาดเล็ก	มักจะมีการใช้งานในอาคารที่มีพื้นที่ก่อสร้างขนาดใหญ่ตั้งแต่ 10,000 ตารางเมตรขึ้นไป แต่แบบจำลองส่วนใหญ่ยังไม่สมบูรณ์ ทำให้ยังไม่สามารถใช้งานในช่วงหลังการก่อสร้างได้
2.เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารผสานกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things)	มีการใช้งานในส่วนของวิศวกรรมโรงงาน และในโครงการก่อสร้างบ้างแล้ว เพื่อติดตามและควบคุมความคืบหน้า แต่จุดประสงค์การใช้งานภายในอาคารยังไม่ชัดเจน	การใช้งานในภาคเอกชนค่อนข้างแพร่หลาย และรัฐบาลพยายามให้ความช่วยเหลือในการสร้างความตระหนักรู้เกี่ยวกับการใช้ และส่งเสริมให้ได้รับสิทธิประโยชน์ทางภาษี	เทคโนโลยีที่ใช้งานอยู่ยังทำงานในลักษณะแยกกัน และขาดการประสานงาน ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ทราบตำแหน่ง หน้าที่ และประโยชน์ของเซ็นเซอร์เพื่อใช้เชื่อมต่อกับแบบจำลองที่ประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจัดการบริหารทรัพย์สินอาคาร
3. เทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล	อยู่ในขั้นเริ่มต้นโดยตามกระแสของต่างประเทศ ยังไม่ได้มีการใช้งานภายในอาคารจริง แต่ได้มีการเชิญผู้เชี่ยวชาญจากหลายประเทศมาให้ความรู้และความเข้าใจ	เริ่มมีการพัฒนาการใช้งานเทคโนโลยีในระดับเมืองแล้ว แต่อยู่ในขั้นเริ่มต้น และยังไม่พบการใช้งานในระดับอาคาร	ยังไม่มีการใช้งานแบบประสานงานเต็มรูปแบบ

จากการสรุปสถานการณ์โดยภาพรวมพบว่า 1) เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารแม้จะมีการใช้งานอยู่ในระดับหนึ่งในอาคารที่มีขนาด 10,000 ตารางเมตรขึ้นไป แต่ตัวแบบจำลองยังไม่สมบูรณ์พอที่จะใช้งานได้ในช่วงหลังการก่อสร้าง หรือในช่วงการดูแลรักษาทรัพยากรอาคาร เนื่องจากยังขาดกรอบแนวคิด และมาตรฐานเกี่ยวกับการใช้งานที่ตรงกัน อีกทั้งยังติดปัญหาเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่สูง ผลตอบแทนไม่ชัดเจน และความคุ้มค่าของการลงทุนต่อมา 2) เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารผสานกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) เริ่มมีการพัฒนาเกี่ยวกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมากขึ้นในหลาย ๆ อุตสาหกรรม แต่เซ็นเซอร์ที่ถูกผลิตโดยหลายบริษัทนั้นยังให้ข้อมูลที่ต่างกันทำให้ต้องมีตัวกลางในการรับข้อมูล และประเด็นเรื่องความเป็นเจ้าของข้อมูล ส่วนในอาคารที่มีการออกแบบจำลองสารสนเทศอาคารผสานกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งนั้น การทำงานยังแยกกัน และขาดการประสานงานทำให้ต้องมีผู้เชี่ยวชาญในด้านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเข้ามาช่วยในเรื่องนี้ ทางฝั่งรัฐบาลได้มีการให้ความช่วยเหลือผู้ประกอบการขนาดเล็กให้ได้เข้าถึงการใช้งานเทคโนโลยีมากขึ้น และ 3) เทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล อยู่ในขั้นเริ่มต้นของ

เทคโนโลยี โดยเริ่มนำมาพัฒนาในการใช้งานระดับเมือง แต่ยังไม่พบการใช้งานในระดับอาคารสำนักงาน ในปัจจุบันได้รับความสนับสนุนจากสมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์ และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย โดยมีการสร้างความตระหนักรู้ให้กับบุคลากรที่เกี่ยวข้องผ่านการเชิญผู้เชี่ยวชาญจากหลากหลายประเทศมาให้ความรู้

จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน โดยแยกประเด็นการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับแนวโน้มการใช้เทคโนโลยีปัจจุบันได้ดังตาราง 4

ตาราง 4 แนวโน้มของการใช้งานเทคโนโลยีในอนาคต

วิวัฒนาการของเทคโนโลยี	**ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1**	**ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2**	**ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3**
1.เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร	มีการพัฒนาเกี่ยวกับกรอบแนวคิดเพื่อให้เห็นตรงกันทั้งในระดับของวิชาชีพ และผลักดันให้เข้ากับการศึกษาในภาคอุดมศึกษาเพื่อให้สามารถรองรับอาชีพได้ในอนาคต	มีโอกาสที่จะเติบโตแบบก้าวกระโดดเพราะมีความต้องการสูงขึ้นจากการตระหนักเรื่องของผลลัพธ์ที่ได้มาในการลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการใช้งานที่ชัดเจน	จะมีการพัฒนาการใช้แบบจำลองสารสนเทศในการบริหารจัดการทรัพย์สินของอาคารมากขึ้น
2.เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารผสานกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things)	จะมีการใช้งานมากขึ้นในอนาคตอย่างเห็นได้ชัดเพราะมีความพร้อมด้านอุปกรณ์แล้ว เหลือความเข้าใจในผลที่ได้รับ	เกิดใช้งานร่วมกันได้แบบ Agnostic ที่สามารถทำงานร่วมกันในหลายแพลตฟอร์มเพื่อแสดงผลให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด	สามารถรวบรวมข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่างๆ มาอยู่ในฐานข้อมูลเดียวกัน แต่ยังมีประเด็นเรื่องการจัดทำระบบและข้อสงสัยที่เกี่ยวกับผลประโยชน์ของการใช้งาน
3. เทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล	มีการทำงานร่วมกันของหลายฝ่ายแต่หน้าที่จัดการ และประมวลผลข้อมูลจะมีส่วนสำคัญมากในการใช้งานจริง	สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ด้านพลังงาน การออกแบบเส้นทางหนีภัย และบริหารจัดการพื้นที่ รวมทั้งเป็นตัวขับเคลื่อนในการเก็บภาษีที่ดิน	ยังคงต้องสร้างความเข้าใจกับผู้ประกอบการ เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและความตระหนักรู้เรื่องเทคโนโลยี

จากการสรุปแนวโน้มโดยภาพรวมพบว่า 1) เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร มีความต้องการในการใช้งานสูงขึ้นจากการตระหนักถึงผลตอบแทนและผลประโยชน์ที่ได้รับ จะมีการพัฒนากรอบแนวคิด และมาตรฐานให้มีความเข้าใจตรงกันในการใช้งานให้สามารถใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารตั้งแต่ช่วงการออกแบบ การก่อสร้าง ไปจนตลอดอายุของอาคาร รวมถึงการพัฒนาบุลคากรให้มีความรู้และความเข้าใจในเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 2) เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารผสานกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) ทำให้เกิดการทำงานร่วมกันระหว่างเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทำงานร่วมกันบนระบบปฏิบัติการที่หลากหลาย โดยสามารถเก็บข้อมูลได้โดยตรงจากตัวอุปกรณ์ ส่งผลให้เห็นคุณค่า และผลตอบแทนจากการลงทุนที่ชัดเจนมากขึ้นก่อให้เกิดการเติบโตของเทคโนโลยี 3) เทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล จะส่งผลให้เกิดความตระหนักรู้ในเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลมากขึ้นทั้งในแง่ของการนำมาวิเคราะห์เกี่ยวกับพลังงาน การวางแผนเส้นทางอพยพ และการจัดสรรพื้นที่ อีกทั้งเกิดการทำงานร่วมกันของหลายวิชาชีพเพื่อช่วยให้การประมวลผลของข้อมูลสามารถนำมาใช้วิเคราะห์ได้จริง

โอกาสและข้อจำกัดในการใช้งานเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล

จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ และแยกประเด็นการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับโอกาสและข้อจำกัดในการใช้เทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล โดยในแต่ละประเด็นจะเป็นการให้คะแนนความสำคัญของประเด็นในแต่ละข้อและสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำมาอธิบาย โดยผลจากการศึกษาพบว่าผู้เชี่ยวชาญได้มีความคิดเห็นเกี่ยวกับโอกาสที่ส่งผลต่อการใช้งานเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล 3 อันดับแรก และ 3 อันดับสุดท้ายได้ดังนี้

โอกาสที่ส่งผลต่อการตัดสินใจในการใช้งาน 3 อันดับแรกดังนี้

- การใช้งานแบบจำลองในการออกแบบสามารถส่งเสริมการทำงานร่วมกันระหว่างบุคคล การผลิตแบบก่อสร้างที่มีความแม่นยำมากขึ้น การประมาณการต้นทุน และการจัดทำ BOQ
- การวางแผนใช้งานพื้นที่ภายในโครงการก่อสร้าง ในช่วงของการก่อสร้างบริษัทก่อสร้างจะมีการเก็บข้อมูลจากบริเวณโครงการเพื่อนำมาติดตามและบริหารจัดการพื้นที่ รวมถึงการบริหารแผนการทำงาน การพัฒนาประสิทธิภาพ การเพิ่มคุณภาพของงาน การใช้เซ็นเซอร์ในการติดตามวัสดุ การควบคุมเครื่องมือภายในบริเวณโครงการก่อสร้าง และการประเมินความสมบูรณ์ของโครงการในภาพรวม
- โอกาสทางด้านธุรกิจ ช่วยส่งเสริมและเพิ่มความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของธุรกิจให้เป็นธุรกิจที่มีความทันสมัยต่อเทคโนโลยี
- โอกาสที่เกิดขึ้นในด้านการตลาด ช่วยในการรวบรวมข้อมูล คาดการณ์สถานการณ์ที่เกิดขึ้นในอาคาร และช่วยให้วางแผนทางด้านการตลาดในการจัดการพื้นที่

โอกาสที่ส่งผลต่อการตัดสินใจในการใช้งาน 3 อันดับสุดท้ายดังนี้

- การบำรุงรักษาเชิงคาดการณ์ที่สมจริง การวางแผนการจัดซื้อและการซ่อมแซมอุปกรณ์ที่มีภายในอาคารที่ยังต้องอาศัยเซ็นเซอร์ในการทำงานพื้นฐาน
- การบูรณาการข้อมูล การจัดการข้อมูลยังไม่มีความชัดเจน ต้องพัฒนาเข้าไปอยู่ในอุตสาหกรรมให้มากขึ้น
- การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างแบบจำลองอาคารและตัวอาคารโดยรับส่งข้อมูลแบบสองทาง
- การออกแบบเพื่อรองรับความต้องการของโครงการในด้านต่าง ๆ การดูบริบทโดยรอบของโครงการเพื่อทำการวิเคราะห์ก่อนการออกแบบ และก่อสร้าง แต่ในปัจจุบันมีการใช้งานเกี่ยวกับซอฟแวร์ประเภทนี้อยู่แล้ว การจัดการในส่วนของการวางแผนการอพยพหากเกิดภัยพิบัติ และการวางระบบของสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้งานอาคารรู้สึกสะดวกสบายเมื่อเข้าใช้ที่ต้องประสานงานกับหลาย ๆ ฝ่าย

โดยผลจากการศึกษาพบว่า ผู้เชี่ยวชาญได้มีความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อจำกัดจากการใช้เทคโนโลยีดังกล่าว โดยผลจากการศึกษาพบว่า ผู้เชี่ยวชาญได้มีความคิดเห็นเกี่ยวกับโอกาสที่ส่งผลต่อการใช้งานเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล 3 อันดับแรก และ 3 อันดับสุดท้ายดังนี้

ข้อจำกัดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจในการใช้งาน 3 อันดับแรกดังนี้

- การเปลี่ยนกระบวนงานจากเดิมที่เป็นการเขียนแบบสองมิติมาเป็นแบบจำลองอาคารที่มีความซับซ้อนในด้านขั้นตอนมากขึ้น
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการจากการใช้เซ็นเซอร์ และทรัพยากรที่เพิ่มมากขึ้น
- ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง โดยแบ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการซื้ออุปกรณ์ และการพัฒนาบุคคล
- การขาดข้อตกลงตามสัญญา

- ข้อสงสัยเกี่ยวกับผลตอบแทนการลงทุน ที่ยังไม่สามารถวัดเป็นมูลค่าได้อย่างชัดเจน
- การขาดการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง
- การขาดความต้องการจากเจ้าของโครงการ และรัฐบาล

ข้อจำกัดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจในการใช้ 3 อันดับสุดท้ายดังนี้

- การเชื่อมต่อของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตอย่างต่อเนื่อง ที่ในปัจจุบันยังคงมีอุปสรรคในด้านความเสถียรของการเชื่อมต่ออยู่
- การใช้ทรัพยากรเป็นจำนวนมากเพื่อใช้ในการประมวลผล เนื่องจากในปัจจุบันใช้ข้อมูลอยู่ในระบบคลาวด์คอมพิวติ้ง (Cloud Computing) เพราะฉะนั้นสามารถใช้คอมพิวเตอร์ปกติ เพื่อแสดงข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีศักยภาพของเครื่องสูง
- ปัญหาทางด้านกฎหมายในเรื่องของความเป็นเจ้าของข้อมูลระหว่างผู้พัฒนาซอฟแวร์กับเจ้าของอาคาร หากมีการเขียนข้อกำหนดงานที่ชัดเจนในเรื่องบุคคลที่เป็นเจ้าของข้อมูลและจุดประสงค์การใช้ข้อมูลในส่วนนี้จะไม่เกิดข้อจำกัดมากนัก

อภิปรายผลการวิจัย

- สถานการณ์และแนวโน้มในการใช้งานเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลในอาคารสำนักงาน

  ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความสำคัญในการกำหนดกรอบแนวคิดในการใช้งานเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญของเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลเป็นอย่างมาก แม้ว่าในปัจจุบันกรอบแนวคิดของเทคโนโลยีพื้นฐานอย่างเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศจะยังไม่ชัดเจน แต่แนวโน้มและความตระหนักในการใช้งานมีมากขึ้น

- โอกาสและข้อจำกัดในการใช้งานเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลในอาคารสำนักงาน

  จากการศึกษาโอกาสและข้อจำกัดที่ส่งผลกับการใช้งานเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลพบว่า การใช้งานในเทคโนโลยีนี้สามารถช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในหลาย ๆ ด้าน ทั้งในแง่การประหยัดพลังงาน การวางแผนการใช้งาน และก่อให้เกิดโอกาสอื่น ๆ ในธุรกิจ แต่ยังคงมีข้อจำกัดสำคัญทั้งในเรื่องของบุคลากร ผลประโยชน์ และความเข้าใจในเรื่องเทคโนโลยี

จากการศึกษาและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญพบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้งานเทคโนโลยี**รัฐบาลจะเป็นส่วนสำคัญ**ในการผลักดันจากใช้งาน ยกตัวอย่างเช่น ประเทศสิงคโปร์ที่มีเป้าหมายในการสร้าง Smart Nation และเป็นประเทศที่มีการผลักดันการใช้งานเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัล อีกทั้งรัฐบาลมีการวางรากฐานการใช้งานเทคโนโลยีพื้นฐานอย่างเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารโดยมีเป้าหมายว่า ร้อยละ 80 ของอุตสาหกรรมการก่อสร้างจะต้องใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารภายในปี ค.ศ. 2015 และมีการจัดตั้งกองทุนแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ที่มีเป้าหมายเพื่อช่วยให้บริษัทออกแบบพัฒนาความสามารถ และศักยภาพในการทำงาน โดยมีการสนับสนุนค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นจากการฝึกอบรม ที่ปรึกษา ซอฟต์แวร์หรือฮาร์ดแวร์ อีกทั้งการเพิ่มใบประกอบทางวิชาชีพเฉพาะด้านที่มีความเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี

ทั้งนี้ ผลการศึกษาดังกล่าวอาจนำไปพัฒนาเป็นแนวทางในการเตรียมความพร้อมในการใช้งานเทคโนโลยีคู่แฝดดิจิทัลในอาคารสำนักงานให้เหมาะสมกับตัวอาคารได้

ข้อเสนอแนะ

- ทางรัฐบาลควรให้การสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีพื้นฐานโดยการออกข้อกำหนดหรือกฎหมายในการยื่นขออนุญาตก่อสร้างอาคาร และให้การสนับสนุนในการผลักดันเรื่องการใช้งานเทคโนโลยี
- ภาคเอกชนสามารถสร้างความตระหนักรู้และให้การสนับสนุนเกี่ยวกับการใช้งาน
- การพัฒนาด้านบุคคลส่งเสริมวิชาชีพให้มีการรองรับ ในการเพิ่มเติมหลักสูตรหรือมีการจัดการฝึกอบรมเพื่อสร้างความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีนั้น ๆ

บรรณานุกรม

ซีบีอาร์อี. (2565). *แนวโน้มตลาดอสังหาริมทรัพย์ไทยปี 2565*. www.cbre.co.th/insights/reports/thailand-real-estate-market-outlook-2022-thai-version

ธงชัย ทองมา. (2553). *การบริหารทรัพยากรกายภาพอาคารสำนักงานให้เช่าระดับ เอ : กรณีศึกษาอาคารสำนักงานให้เช่าจำนวน 15 อาคาร ในบริเวณศูนย์กลางเขตธุรกิจกรุงเทพมหานคร* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธณัชชา สุขขี. (2554). *การศึกษาการเลือกใช้แบบจำลองข้อมูลอาคารสำหรับอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทย* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิจัยกรุงศรี. (2564). *แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2564-2566 : สำนักงานให้เช่าในกรุงเทพฯ และปริมณฑล.* www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/real-estate/commercial-buildings-in-bmr/io/io-office-building-in-bmr-21

สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2558). *แนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารสำหรับประเทศไทย (Thailand BIM guideline).* https://asa.or.th/handbook/handbook20150427/

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2558). *ระบบฐานข้อมูล Database systems*. ซีเอ็ดยูเคชั่น.

Botín-Sanabria, D. M., Mihaita, A.-S., Peimbert-García, R. E., Ramírez-Moreno, M. A., Ramírez-Mendoza, R. A., & Lozoya-Santos, J. D. J. (2022). Digital twin technology challenges and applications: A comprehensive review. *Remote Sensing*, *14*(6), 1335.

Dave, B., Buda, A., Nurminen, A., & Främling, K. (2018). A framework for integrating BIM and IoT through open, standards. *Automation in Construction*, *95*, 35-45.

Eyre, J., & Freeman, C. (2018). *Immersive applications of industrial digital twins.* file:///C:/Users/User/Downloads/EuroVR2018_Paper5.pdf

Glaessgen, E., & Stargel, D. (2012, April 23-26). *The digital twin paradigm for future NASA and US Air Force vehicles* [Conference presentation]. The 53rd Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference: Special Session on the Digital Twin, Honolulu, Hawaii.

Khajavi, S. H., Motlagh, N. H., Jaribion, A., Werner, L. C., & Holmström, J. (2019). Digital twin: Vision, benefits, boundaries, and creation for buildings. *IEEE Access, 7*, 147406-147419.

Lee, D., Cha, G., & Park, S. (2016). A study on data visualization of embedded sensors for building energy monitoring using BIM. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, *17*(6), 807-814.

Menassa, C. C. (2021). From BIM to digital twins: A systematic review of the evolution of intelligent building representations in the AEC-FM industry. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, *26*(5), 58-83.

Natephra, W., & Motamedi, A. (2019). *Live data visualization of IoT sensors using augmented reality (AR) and BIM* [Conference presentation]. The 36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2019), Banff, Canada.

Neto, A. A., Deschamps, F., da Silva, E. R., & de Lima, E. P. (2020). Digital twins in manufacturing: An assessment of drivers, enablers, and barriers to implementation. *Procedia Cirp, 93*, 210-215.

Pourzolfaghar, Z., McDonnell, P., & Helfert, M. (2017, November 23-24). *Barriers to benefit from integration of building, information with live data from IOT devices during the facility management phase* [Conference presentation]. CITA BIM Gathering, Dublin, Ireland.

Tang, S., Shelden, D. R., Eastman, C. M., Pishdad-Bozorgi, P., & Gao, X. (2019). A review of Building Information Modeling (BIM) and the Internet of Things (IoT) devices integration: Present status and future trends. *Automation in Construction*, *101*, 127-139.