

บทบาทของ AI ในการออกแบบและการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรม

The Role of AI in Architectural Design and Construction

อลงกรณ์ ถนิมกาญจน์¹
Alongkorn Tanimkam¹

¹ สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 30000
¹ Division of Architecture Faculty of Architecture and Creative Art, Rajamangala University of Technology Isan, 30000

*Corresponding Author: alkorn2000@hotmail.com

Received 22 สิงหาคม 2568; Revised 22 พฤศจิกายน 2568; Accepted 19 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ

บทบาทของปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการออกแบบและการก่อสร้างสถาปัตยกรรมสมัยใหม่เป็นประเด็นที่มีความท้าทายและน่าสนใจอย่างยิ่งในปัจจุบัน ด้วยศักยภาพในการเรียนรู้และประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) อย่างเป็นระบบ AI ได้เข้ามามีส่วนสำคัญในการสร้างแบบจำลองสามมิติที่แม่นยำและการจำลองเสมือนจริง เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ของการออกแบบก่อนการก่อสร้างจริง ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงและความผิดพลาดในการทำงาน อีกทั้ง AI ยังช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกจากแหล่งต่างๆ เพื่อปรับปรุงกระบวนการออกแบบให้มีความเหมาะสมและยั่งยืนมากขึ้น การประยุกต์ใช้ AI ในงานสถาปัตยกรรมไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบและก่อสร้างเท่านั้น แต่ยังส่งเสริมการสร้างสรรค์รูปแบบการออกแบบที่ไม่เคยมีมาก่อน โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เพื่อสำรวจทางเลือกใหม่ๆ นอกจากนี้ AI ยังมีบทบาทสำคัญในการออกแบบโครงสร้างที่สามารถตอบสนองต่อภัยพิบัติ และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงซ้อนเพื่อค้นหาความสัมพันธ์และแบบแผนที่ไม่สามารถตรวจพบได้ง่ายด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม บทความนี้มุ่งเน้นการทบทวนและวิเคราะห์บทบาทของ AI ในมิติสำคัญต่างๆ ของงานสถาปัตยกรรม และเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานและแรงบันดาลใจในการศึกษาต่อยอดในอนาคต

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์ (AI); การออกแบบสถาปัตยกรรม; การก่อสร้างสถาปัตยกรรม; การจำลองเสมือนจริง; ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data)

Abstract

The role of Artificial Intelligence (AI) in modern architectural design and construction is a challenging and highly interesting contemporary issue. With its systematic capability to learn and process large-scale data (Big Data), AI has become instrumental in creating accurate 3D models and virtual simulations to test design possibilities prior to physical construction, thereby reducing risks and errors in practice. Furthermore, AI assists in analyzing in-depth data from various sources to optimize the design process for greater suitability and sustainability. The application of AI in architecture not only enhances design and construction efficiency but also fosters the creation of unique design forms, utilizing Machine Learning techniques to explore new alternatives. AI also plays a crucial role in designing structures resilient to disasters and in analyzing complex data to uncover relationships and patterns that are not readily apparent through conventional analytical

methods. This article aims to review and analyze the role of AI across critical dimensions of architectural practice, and propose guidelines for its application to serve as foundational knowledge and inspiration for future research.

Keywords: Artificial Intelligence (AI); Architectural Design; Architectural Construction; Virtual Simulation; Big Data

1. บทนำ

บทบาทของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence, AI) ในการออกแบบและสร้างสถาปัตยกรรมเป็นเรื่องที่ท้าทายและน่าสนใจในปัจจุบัน ด้วยความสามารถในการเรียนรู้และประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) อย่างเป็นระบบ ในยุคดิจิทัลที่เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงหลายภาคส่วน รวมถึงวงการสถาปัตยกรรม การนำ AI มาใช้ในการออกแบบและสร้างสถาปัตยกรรมได้เปิดมิติใหม่ให้กับนักออกแบบและสถาปนิก โดยเสริมสร้างกระบวนการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น นำเสนอแนวทางการออกแบบที่เป็นนวัตกรรม และสร้างสรรค์สิ่งปลูกสร้างที่ตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในแบบที่ไม่เคยมีมาก่อน

บทบาทของ AI ในวงการสถาปัตยกรรมมีหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแนวโน้มและความต้องการของผู้ใช้ การสร้างโมเดลสามมิติที่มีความแม่นยำสูง การออกแบบระบบความยั่งยืนและประหยัดพลังงาน ตลอดจนการสร้างสรรค์สิ่งปลูกสร้างที่มีความสวยงามและเข้ากับสภาพแวดล้อมโดยรอบ การใช้ AI ยังช่วยในการประเมินและปรับปรุงการออกแบบโดยใช้ข้อมูลจริงทำให้นักออกแบบสามารถสร้างผลงานที่มีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้และมีประสิทธิภาพสูงสุด

บทความนี้จะนำเสนอภาพรวมของการนำ AI มาใช้ในวงการสถาปัตยกรรม รวมถึงวิธีการและตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จในการประยุกต์ใช้ AI ในการออกแบบและสร้างสรรค์สถาปัตยกรรม เพื่อให้ผู้อ่านได้เห็นถึงศักยภาพและความสำคัญของ AI ในการขับเคลื่อนอนาคตของสถาปัตยกรรม

2. แนวทางการศึกษา

2.1 แนวคิด และการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

บทบาทของอัลกอริทึมในงานสถาปัตยกรรมนั้น มีวิธีการคำนวณ และสามารถนำมาใช้ในการออกแบบและก่อสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่างๆ นักวิชาการอธิบายว่าการนำอัลกอริทึมมาใช้ในสถาปัตยกรรมช่วยให้เกิดการออกแบบที่ซับซ้อนและสร้างสรรค์มากขึ้น เนื่องจากอัลกอริทึมสามารถประมวลผลข้อมูลจำนวนมากและสร้างรูปแบบที่หลากหลายได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ อัลกอริทึมยังช่วยให้สถาปนิกสามารถจำลองและปรับปรุงการออกแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลและการจำลองสถานการณ์เสมือนจริง (simulation) เพื่อประเมินผลลัพธ์และความเป็นไปได้ของการออกแบบต่างๆ นักวิชาการยังกล่าวถึงการใช้ออฟต์แวร์และเครื่องมือการออกแบบทางคอมพิวเตอร์ที่มีพื้นฐานจากอัลกอริทึม เช่น CAD (Computer-Aided Design) และ BIM (Building Information Modeling) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการออกแบบและจัดการข้อมูลเกี่ยวกับโครงการสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์เหล่านี้ช่วยให้สถาปนิกสามารถสร้างแบบจำลองสามมิติที่มีรายละเอียดสูง และประสานงานระหว่างทีมงานต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ Peters ยังชี้ให้เห็นถึงบทบาทของอัลกอริทึมในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการพัฒนาสิ่งปลูกสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยการใช้การคำนวณเพื่อวิเคราะห์และออกแบบระบบการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพ การจัดการความร้อน และการระบายอากาศ ซึ่งช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและประหยัดพลังงาน [1], [2]

มีการสำรวจประเด็นต่างๆ ที่เทคโนโลยีดิจิทัลส่งผลกระทบต่อสถาปัตยกรรมในหลายด้านด้วยการวิเคราะห์ว่าการเกิดขึ้นของเทคโนโลยีดิจิทัลได้เปลี่ยนแปลงวิธีการออกแบบและก่อสร้างอาคารอย่างไร โดยเน้นการใช้งานคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการสร้างแบบจำลองสามมิติ ซึ่งไม่

เพียงแต่ช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่าย แต่ยังช่วยให้เกิดการสร้างสรรค์รูปทรงและโครงสร้างที่ซับซ้อนมากขึ้น อีกทั้งยังกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการก่อสร้างที่เกิดจากการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล เช่น การใช้เครื่องจักรที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ในการตัดและประกอบวัสดุ ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำและลดข้อผิดพลาด ผลกระทบของสถาปัตยกรรมดิจิทัลต่อความหมายและประสบการณ์ของพื้นที่ที่สร้างขึ้น สถาปัตยกรรมดิจิทัลไม่ได้เป็นเพียงแค่การสร้างอาคารที่สวยงามและมีประสิทธิภาพเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อวิธีที่เราปฏิสัมพันธ์กับอาคารและพื้นที่เหล่านั้น นอกจากนี้ยังมีการบูรณาการของสถาปัตยกรรมดิจิทัลกับสภาพแวดล้อมและสังคม ซึ่งรวมถึงการออกแบบที่เน้นความยั่งยืนและการสร้างอาคารที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ในเชิงอัจฉริยะ [3], [4]

สำรวจแนวคิดเรื่องการคำนวณด้วยวัสดุ ซึ่งเน้นการผสมผสานสมบัติของวัสดุ อิทธิพลของสิ่งแวดล้อม และกระบวนการออกแบบด้วยการคำนวณในด้านสถาปัตยกรรม วิธีการนี้ท้าทายวิธีการแบบดั้งเดิมโดยการพิจารณาวัสดุเป็นผู้ใช้ร่วมกระบวนการออกแบบอย่างแข็งขัน ส่งผลให้เกิดรูปแบบสถาปัตยกรรมที่เป็นนวัตกรรมและปรับตัวได้ การออกแบบโดยการคำนวณไม่ได้หมายถึงการใช้วัสดุเป็นเพียงส่วนประกอบในการสร้าง แต่ยังรวมถึงการใช้ศักยภาพของวัสดุในการตอบสนองต่อสภาวะต่างๆ การใช้เครื่องมือคำนวณทำให้สามารถจำลองและเพิ่มประสิทธิภาพของวัสดุในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันได้อย่างแม่นยำ การคำนวณด้วยวัสดุช่วยให้สถาปนิกสามารถสร้างโครงสร้างนอกแบบที่มีประสิทธิภาพทั้งในด้านการใช้ทรัพยากรและพลังงาน ซึ่งเป็นก้าวสำคัญในการออกแบบที่ยั่งยืนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น [5], [6] การผสมผสานระหว่างวิศวกรรมโครงสร้างและวิทยาศาสตร์ข้อมูล โดยมีการนำปัญญาประดิษฐ์ (AI) มาใช้ในหลายบทบาท ดังนี้:

การตรวจสอบและประเมินสภาพโครงสร้าง (Structural Health Monitoring): AI ถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบและประเมินสภาพของโครงสร้าง เช่น การใช้เซ็นเซอร์และอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลจากเซ็นเซอร์และคาดการณ์ปัญหาที่อาจเกิดขึ้น

การออกแบบและปรับปรุงโครงสร้าง (Design and Optimization): AI ช่วยในกระบวนการออกแบบและ

ปรับปรุงโครงสร้างโดยใช้ข้อมูลทางประวัติศาสตร์และแบบจำลองเชิงคำนวณเพื่อหาวิธีที่ดีที่สุดในการสร้างและบำรุงรักษาโครงสร้าง มีการกล่าวถึงการวางผังเมืองหรือการออกแบบที่ใช้ข้อมูลสารสนเทศเมือง อาจใช้เพื่อแสดงให้เห็นว่า AI สามารถช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการวางแผนและออกแบบที่เหมาะสมกับผังเมือง [7]

การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis): AI ถูกใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์และแหล่งข้อมูลอื่นๆ เพื่อหาความสัมพันธ์และแบบแผนที่อาจไม่ได้ชัดเจนจากการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม

การตอบสนองต่อภัยพิบัติ (Disaster Response): AI ช่วยในการประเมินความเสี่ยงและการตอบสนองต่อภัยพิบัติโดยการจำลองสถานการณ์และการคาดการณ์ผลกระทบจากภัยพิบัติต่างๆ [8]

การนำปัญญาประดิษฐ์ (AI) มาใช้ในการออกแบบและพัฒนาโครงสร้างสถาปัตยกรรมที่มีความยืดหยุ่นและสามารถทนต่อวิกฤตสภาพภูมิอากาศที่เกิดซ้ำได้ โดยเนื้อหาหลักที่กล่าวถึง ได้แก่ การตัดสินใจที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูล ซึ่ง AI ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกจากแหล่งข้อมูลหลากหลาย เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจที่แม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การวิเคราะห์ข้อมูลช่วยในการคาดการณ์และเตรียมความพร้อมต่อสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นจากวิกฤตสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้ AI ยังช่วยให้นักออกแบบสามารถสร้างโมเดลที่สามารถปรับเปลี่ยนตามเงื่อนไขสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การใช้ AI ในการสร้างแบบจำลองและการทดสอบสถานการณ์ต่างๆ ช่วยในการพัฒนาโครงสร้างที่สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม อีกทั้ง AI มีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงการใช้พลังงานในอาคาร โดยการวิเคราะห์รูปแบบการใช้พลังงานและการคาดการณ์ความต้องการพลังงานในอนาคต ซึ่งจะช่วยในการวางแผนและการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ AI ยังช่วยให้นักออกแบบสามารถพัฒนาสถาปัตยกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยการคำนวณผลกระทบของวัสดุและกระบวนการก่อสร้างต่างๆ ต่อสภาพแวดล้อม และเสนอทางเลือกที่ยั่งยืน [9], [10]

ในส่วนของบทบาท AI กับสถาปัตยกรรมนั้น AI ถูกนำมาใช้เพื่อสนับสนุนและปรับปรุงกระบวนการออกแบบในหลายๆ ด้าน เช่น การสร้างแบบจำลองเชิงทำนาย การ

วิเคราะห์ข้อมูล การสร้างสรรค์แนวคิดใหม่ และการเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบ นอกจากนี้ AI ยังช่วยให้มนุษย์สามารถสร้างสรรค์และปรับปรุงการออกแบบได้รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยการใช้เครื่องมือ AI เพื่อสร้างแนวคิดและการออกแบบที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการ อีกทั้ง AI ยังถูกใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลการออกแบบ โดยการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลและแบบจำลองเชิงทำนาย เพื่อช่วยในการตัดสินใจ ไม่เพียงแต่เปลี่ยนแปลงกระบวนการออกแบบเท่านั้น แต่ยังมีผลกระทบต่อวิธีการทำงานของสถาปนิกและนักออกแบบด้วย เช่น การทำให้กระบวนการออกแบบมีความแม่นยำและรวดเร็วยิ่งขึ้น และการเปิดโอกาสให้เกิดการออกแบบที่สร้างสรรค์และมีนวัตกรรมมากขึ้น [11] , [12]

2.2 บทบาทของ AI ในการออกแบบแนวคิด (AI in Conceptual Design)

AI กำลังเปลี่ยนวิธีการสร้างสรรค์แนวคิดทางสถาปัตยกรรมจากเดิมที่ต้องอาศัยสัญชาตญาณและความเชี่ยวชาญส่วนตัวของสถาปนิกเป็นหลัก ไปสู่กระบวนการที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลและการคำนวณ

- **Generative Design (การออกแบบเชิงสร้างสรรค์อัตโนมัติ):** Generative Design เป็นการใช้ AI เพื่อสำรวจชุดรูปแบบการออกแบบที่เป็นไปได้จำนวนมาก (Design Space Exploration) โดยอิงจากชุดพารามิเตอร์และเป้าหมายที่กำหนดไว้ เช่น พื้นที่ใช้สอย การรับแสงธรรมชาติ และข้อจำกัดด้านโครงสร้าง AI จะสร้างตัวเลือกหลายพันแบบได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเหนือกว่าความสามารถของมนุษย์ในการสร้างตัวเลือกในระยะเวลาเดียวกัน ช่วยให้สถาปนิกสามารถเลือกรูปแบบที่ดีที่สุดหรือนำไปพัฒนาต่อยอดได้

- **Image-to-Image Synthesis:** เครื่องมือ AI สร้างภาพ (Generative AI) เช่น Midjourney หรือ Stable Diffusion ได้เข้ามาช่วยในขั้นตอนการสร้างภาพร่างแนวคิดเบื้องต้น โดยการใช้ข้อความ (Prompt) หรือภาพร่างง่ายๆ (Sketch) เป็นข้อมูลป้อนเข้า ทำให้สามารถแปลงแนวคิดที่ยังไม่ชัดเจนให้กลายเป็นภาพที่สมจริงและมีรายละเอียดสูง

ได้อย่างรวดเร็ว ช่วยลดเวลาในการสร้างภาพนำเสนอและช่วยในการสื่อสารแนวคิดกับลูกค้า

- **Style Transfer และ Optimization:** AI สามารถเรียนรู้รูปแบบสถาปัตยกรรมจากสถาปนิกหรือยุคสมัยต่างๆ และนำรูปแบบเหล่านั้นมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบใหม่ (Style Transfer) นอกจากนี้ยังสามารถปรับองค์ประกอบการออกแบบ (Optimization) ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างละเอียด

2.3 บทบาทของ AI ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพและการจำลอง (AI in Performance Analysis and Simulation)

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของอาคารเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลานานและซับซ้อน AI ได้เข้ามาช่วยเร่งกระบวนการนี้ให้แม่นยำและรวดเร็วยิ่งขึ้น

- **Simulation และ Digital Twin:** AI ใช้ข้อมูลขนาดใหญ่และ Machine Learning ในการสร้างแบบจำลองเสมือนจริง (Digital Twin) ของอาคาร เพื่อจำลองพฤติกรรมต่างๆ เช่น การไหลของอากาศ การใช้พลังงาน ความร้อน และความทนทานต่อภัยพิบัติ การจำลองเหล่านี้มีความแม่นยำสูงกว่าวิธีการคำนวณแบบดั้งเดิม และสามารถทำได้ในขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้น ช่วยให้สามารถแก้ไขปัญหาด้านประสิทธิภาพได้ก่อนการก่อสร้างจริง

- **Optimization for Sustainability (การเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อความยั่งยืน):** AI สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพอากาศ วัสดุ และการใช้พลังงานในอดีต เพื่อแนะนำการเลือกใช้วัสดุ การวางแนวอาคาร และการออกแบบระบบอาคารที่ช่วยลดการใช้พลังงานและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นับเป็นเครื่องมือสำคัญในการขับเคลื่อนสถาปัตยกรรมไปสู่เป้าหมาย Net-Zero Emission

- **Structural and Risk Analysis:** AI ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างที่ซับซ้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการออกแบบโครงสร้างที่สามารถตอบสนองต่อแรงสั่นสะเทือนหรือภัยพิบัติ การวิเคราะห์ความเสี่ยงในโครงการก่อสร้าง เช่น การคำนวณความเป็นไปได้ที่จะเกิด

ความล่าช้าหรือการใช้งบประมาณเกิน

2.4 บทบาทของ AI ในการก่อสร้างและการบริหารจัดการโครงการ (AI in Construction and Project Management)

ในขั้นตอนการก่อสร้าง AI มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และลดต้นทุน

- **Automated Construction (การก่อสร้างอัตโนมัติ):** AI ถูกนำไปใช้ควบคุมหุ่นยนต์และเครื่องจักรในการทำงานก่อสร้าง เช่น การพิมพ์ 3 มิติ (3D Printing) สำหรับชิ้นส่วนอาคาร หรือการติดตั้งโครงสร้างอย่างแม่นยำโดยใช้ระบบนำทางด้วย AI ช่วยเพิ่มความเร็วและลดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยของแรงงาน

- **Predictive Maintenance (การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์):** AI ใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ (IoT) ที่ติดตั้งในอาคารเพื่อทำนายความเสียหายหรือความล้มเหลวของระบบต่างๆ ก่อนที่จะเกิดขึ้นจริง ทำให้สามารถวางแผนการซ่อมบำรุงได้อย่างแม่นยำและทันเวลาที่ ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมใหญ่ในระยะยาว

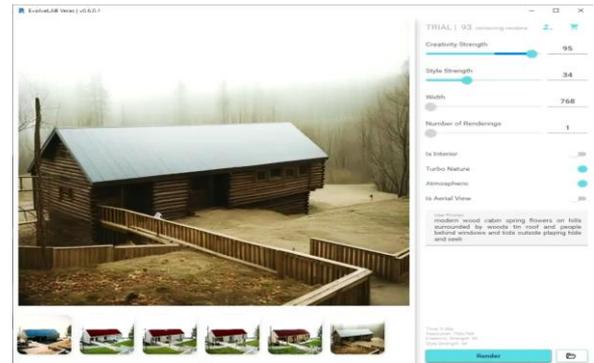
- **Construction Progress Monitoring:** AI สามารถวิเคราะห์ภาพถ่ายจากโดรนหรือกล้องวงจรปิดในพื้นที่ก่อสร้างเพื่อเปรียบเทียบความคืบหน้าจริงกับแบบจำลอง BIM (Building Information Modeling) ช่วยให้ผู้บริหารโครงการสามารถระบุความล่าช้าหรือความคลาดเคลื่อนได้อย่างรวดเร็วและเป็นรูปธรรม

2.5 ตัวอย่างโปรแกรมที่ใช้ AI ในการทำงานด้านสถาปัตยกรรม

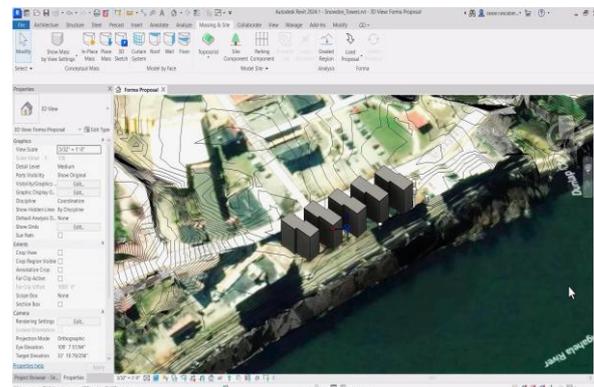
1. 'Veras from EvolveLab' คือ โปรแกรม AI เรนเดอร์ภาพเสมือนจริงให้กับสถาปัตยกรรม โดย AI-powered visualization หรือ การให้ AI สร้างสรรค์ภาพและปรับตั้งค่าให้เราเอง เป็นโปรแกรมเสริมให้กับ Autodesk Revit เวอร์ชัน 2019 – 2023 ซึ่งทาง EvolveLab ได้ปล่อยตัวทดลองให้ใช้ฟรี 15 วัน จำกัดการเรนเดอร์ได้เพียง 30 ภาพ ให้รายละเอียดภาพ 768 x 768 Px แต่หากจ่ายแบบรายเดือน หรือรายปี ก็สามารถเรนเดอร์ภาพได้ไม่

จำกัด และเรนเดอร์ได้พร้อมกันถึง 4 ภาพ แล้วยังสามารถปรับแต่งรายละเอียดภาพได้สูงถึง 1334 x 768 Px อีกด้วย

ทั้งนี้เรายังสามารถเลือกบรรยากาศเพิ่มเติมได้แก่ การเรนเดอร์ภาพภายในอาคาร ,การเพิ่มมิติของหญ้า และต้นไม้ การสร้างบรรยากาศทิวเขา บ้านเรือน หรือหมอก และการเรนเดอร์มุมสูง (Aerial View) เพื่อเสริมความสมจริงมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างการทำงานของโปรแกรม 'Veras from EvolveLab' [13]



รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างการทำงานของโปรแกรม Autodesk Forma กับ Revit [14]

2. Autodesk Forma เป็นระบบ Cloud service ที่ดึงข้อมูลผังเมืองจริง มาใช้ในการสร้าง Conceptual Mass ของอาคาร เพื่อวิเคราะห์ความร้อนจากแดด แสงธรรมชาติ ทิศลม ฝน การทำ semi outdoor การใช้พลังงานเบื้องต้น หรือเสียงรบกวนโดยรอบที่อาจเกิดขึ้น การใช้ Autodesk Forma ร่วมกับ Autodesk Revit สามารถช่วยให้การออกแบบและพัฒนาโมเดล 3D ของสิ่งก่อสร้างเป็นไปได้ อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะในการสร้างและปรับแต่งรายละเอียดของส่วนที่เป็นพื้นฐานหรือการตกแต่งที่สามารถพิมพ์ด้วยเทคโนโลยี 3D printing ได้โดยตรง บาง

กรณี Autodesk Forma อาจช่วยในการออกแบบแบบจำลองเบื้องต้นที่สามารถนำไปใช้กับ Revit ได้ หรือใช้เป็นเครื่องมือเสริมในการพัฒนาดีไซน์เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องระหว่างความต้องการของผู้ใช้กับการออกแบบที่สามารถผลิตได้จริง

3. D5 AI สามารถอัปโหลดภาพหรือ Mass คร่าวๆ ที่เราออกแบบอยู่ และใช้ D5 AI ให้ Generate ภาพ Perspective รวมถึง Lay-out พื้นที่ ขอบเขต เคาะโครง เพื่อเป็น inspiration ในการออกแบบ D5 AI มักจะเริ่มใช้เมื่อเราได้ผังอาคาร หรือรูปแบบอาคารแล้ว

โปรแกรม D5 AI หรือ D5 คือแพลตฟอร์มที่ใช้ AI ในการพัฒนาและจัดการกับโครงการสถาปัตยกรรมและก่อสร้าง (AEC - Architecture, Engineering, and Construction) โดยเฉพาะ มุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยี AI เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการออกแบบและก่อสร้าง ซึ่งมีคุณสมบัติหลากหลายที่มีผลต่อการทำงานในวงการดังนี้:

1) การออกแบบแบบทางกายภาพ: D5 AI สามารถใช้ AI เพื่อสร้างแบบจำลองและแผนที่ในขั้นตอนการออกแบบ ทำให้สามารถทดลองและปรับแก้ไขโครงสร้างได้ก่อนที่จะมีการก่อสร้างจริง

2) การจัดการโครงการ: ระบบ D5 AI ช่วยในการวางแผนและจัดการโครงการ รวมถึงการจัดสรรทรัพยากร และการตรวจสอบความคงทนของโครงการ

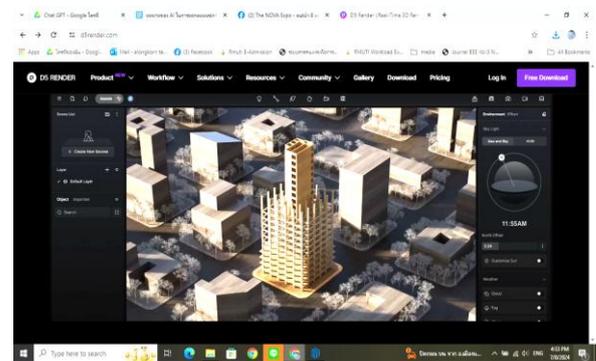
3) การจำลองและการทดสอบ: ช่วยในการสร้างจำลองและการทดสอบสภาพแวดล้อม เช่น ความปลอดภัย และความยั่งยืน

4) การวิเคราะห์ข้อมูล: ใช้ AI ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกเพื่อความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับการใช้พื้นที่ และการใช้งานในโครงการต่างๆ

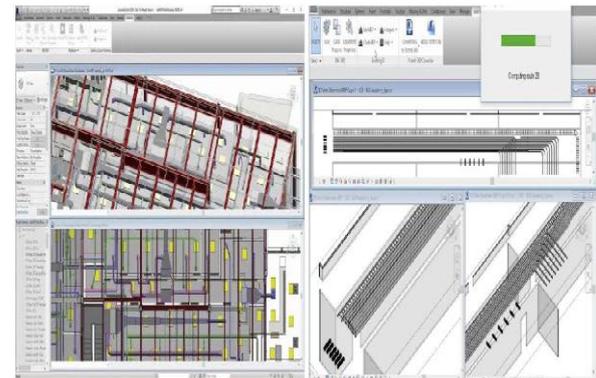
5) การคาดการณ์และการแก้ไขปัญหา: ระบบ D5 AI ช่วยในการคาดการณ์ปัญหาที่เป็นไปได้และช่วยในการวางแผนสำรองที่เหมาะสม

4. GenMEP เป็นซอฟต์แวร์เสริมในโปรแกรม Autodesk Revit โดยจะเน้นการออกแบบงานเครื่องกล งานไฟฟ้า และงานประปาสุขาภิบาล (MEP) ซึ่งสอดคล้องมาตรฐานของระบบ BIM ยกตัวอย่างเช่น เมื่อโมเดล 3 มิติของอาคารได้ถูกสร้างขึ้นในโปรแกรม Autodesk Revit ซอฟต์แวร์เสริม GenMEP จะสามารถออกแบบแนวระบบ

ไฟฟ้าโมเดลอาคารได้โดยอัตโนมัติแม้ว่าจะเป็นอาคารที่มีรูปทรงยากซับซ้อน อีกทั้งยังมั่นใจได้ว่าท่อหรือสายไฟของงานไฟฟ้าทั้งหมดนั้นจะไม่เดินซ้อนกันหรือชนกันแน่นอนการออกแบบได้โดยอัตโนมัตินี้ถือว่ามีประโยชน์ของการออกแบบเชิงสรรสร้าง (Generative Design) ที่ซอฟต์แวร์ได้ใช้ระบบการเรียนรู้เพื่อคิดค้นแนวทางการทำงานที่เป็นไปได้ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่ทำให้รวดเร็ว



รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างการทำงานของโปรแกรม D5 AI [15]

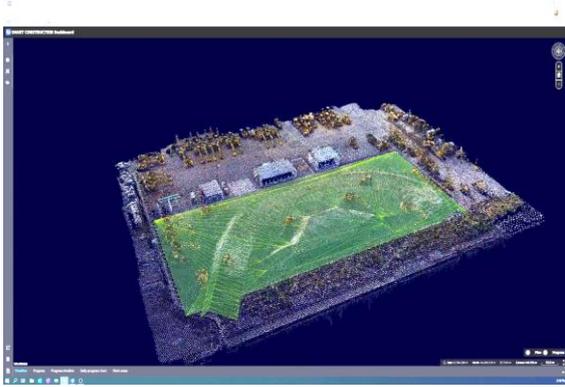


รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการทำงานของโปรแกรม GenMEP Synergyssoft, [16]

5. SMART CONSTRUCTION โดย บริษัท Komatsu (โคมัตสึ) เป็นการแสดงภาพความก้าวหน้าของงานในมุมมอง 360 องศา ด้วยการบันทึกภาพด้วยโดรน ประกอบกับโมเดลแบบ 3 มิติ รวมถึงบันทึกการเคลื่อนไหวของมนุษย์ เครื่องจักร และวัตถุอื่นๆในพื้นที่ก่อสร้างแบบเรียลไทม์เพื่อลดความผิดพลาดในการทำงานหน้าไซต์งานอย่างมีประสิทธิภาพ

โปรแกรม SMART Construction เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการโครงการก่อสร้างอย่างประณีต โดยเน้นไปที่การบริหารจัดการงานก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้เทคโนโลยีที่สามารถติดตามและจัดการข้อมูลการ

ก่อสร้างในแต่ละขั้นตอนของโครงการ SMART Construction ช่วยในการปรับปรุงการสื่อสารระหว่างทีมงานและการจัดการข้อมูลให้มีความน่าเชื่อถือและทันสมัย นอกจากนี้ยังช่วยลดความสูญเสียและเพิ่มความปลอดภัยในโครงการก่อสร้างด้วยการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของงานอย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างการทำงานของโปรแกรม Smart Construction [17]

2.6 สรุปแนวทางของการประยุกต์ใช้ AI ในการออกแบบและการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมในปัจจุบัน

1. การประยุกต์ใช้ AI ในการออกแบบสถาปัตยกรรม

1) การสร้างแบบจำลองและการจำลองเสมือนจริง AI ช่วยสถาปนิกในการสร้างแบบจำลองสามมิติที่มีความแม่นยำสูงและการจำลองเสมือนจริงเพื่อทดสอบความเป็นไปได้ของการออกแบบก่อนที่จะลงมือสร้างจริง การใช้งานเช่นนี้ช่วยลดความผิดพลาดในการออกแบบและการก่อสร้าง และในส่วนของสร้างแบบจำลองเสมือนจริง หรือการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจเรื่องของอสังหาริมทรัพย์บนโลกเสมือน (meta verse) หรือการลงทุนในนั้น อาจใช้เพื่อสนับสนุนบทบาทในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจลงทุนในสภาพแวดล้อมเสมือน [18]

2) การวิเคราะห์และการปรับปรุงการออกแบบด้วยการใช้ AI สถาปนิกสามารถวิเคราะห์ข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เช่น การวิเคราะห์สภาพอากาศ ทิศทางลม และการเคลื่อนไหวของผู้คนในพื้นที่ เพื่อปรับปรุงการออกแบบให้เหมาะสมและยั่งยืนมากขึ้น

3) การออกแบบที่สร้างสรรค์และไม่ซ้ำกัน AI

สามารถช่วยสร้างสรรค์รูปแบบการออกแบบที่ไม่เหมือนใคร โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) เพื่อสำรวจความเป็นไปได้ใหม่ๆ ในการออกแบบที่มนุษย์อาจไม่เคยนึกถึง

2. การประยุกต์ใช้ AI ในการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรม

1) การจัดการและการวางแผนโครงการ AI สามารถช่วยในการจัดการและการวางแผนโครงการก่อสร้าง โดยการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เช่น ตารางเวลา งบประมาณ และทรัพยากร เพื่อให้การก่อสร้างเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและตรงตามกำหนดเวลา [19]

2) การตรวจสอบและการควบคุมคุณภาพ AI ยังสามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของการก่อสร้าง ด้วยการใช้อินโดรนและการวิเคราะห์ภาพเพื่อประเมินความคืบหน้าและตรวจสอบความผิดพลาดในกระบวนการก่อสร้าง [20], [21]

3) การเพิ่มประสิทธิภาพในการก่อสร้าง AI สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการก่อสร้างด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลและการทำนายความต้องการของวัสดุและแรงงาน เพื่อป้องกันการหยุดชะงักในกระบวนการก่อสร้างและลดต้นทุนการผลิต

4) ในส่วนของการวิเคราะห์และการปรับปรุงการออกแบบให้ยั่งยืนมากขึ้น หรือการออกแบบระบบความยั่งยืนและประหยัดพลังงาน การออกแบบอาคารที่ยั่งยืน โดยเฉพาะในบริบทของประเทศไทย [22]

5) ใช้เพื่อสนับสนุนแนวคิดของการประยุกต์ใช้ AI ในการปรับปรุงอาคารเพื่อประหยัดพลังงานและการออกแบบเปลือกอาคารที่ปรับเปลี่ยนได้ [23]

ตารางที่ 1 สรุปการประยุกต์ใช้ AI: ข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัด

บทบาทสำคัญของ AI ในสถาปัตยกรรม	ข้อดี (Advantages)	ข้อเสีย/ข้อจำกัด (Disadvantages/Limitations)
Generative Design (การออกแบบแนวคิด)	-สำรวจทางเลือกการออกแบบที่หลากหลายและรวดเร็ว - สร้างสรรค์รูปแบบที่ไม่ซ้ำใคร - ปรับให้เหมาะสมตามพารามิเตอร์ที่กำหนด	- ขาดความเข้าใจในบริบททางวัฒนธรรมและสุนทรียศาสตร์ของมนุษย์ - ต้องกำหนดพารามิเตอร์ที่แม่นยำสูง - ผลลัพธ์อาจดูซ้ำซากหากใช้ข้อมูลฝึกฝน (Training Data) เดิมๆ
Performance Analysis (วิเคราะห์ประสิทธิภาพ)	- เพิ่มความแม่นยำในการจำลองการใช้พลังงานและโครงสร้าง - ลดความเสี่ยงในการออกแบบ - สนับสนุนการออกแบบเพื่อความยั่งยืน	- ต้องใช้ข้อมูล Input ที่มีคุณภาพสูงและครบถ้วน - มีค่าใช้จ่ายสูงในการติดตั้งระบบเซ็นเซอร์ (IoT) สำหรับ Digital Twin - ความซับซ้อนในการตีความผลการวิเคราะห์ของ AI
Construction and Management (การก่อสร้าง)	- เพิ่มความเร็วและประสิทธิภาพในการก่อสร้าง (เช่น 3D Printing)	- ข้อจำกัดทางกฎหมายและมาตรฐานสำหรับ

บทบาทสำคัญของ AI ในสถาปัตยกรรม	ข้อดี (Advantages)	ข้อเสีย/ข้อจำกัด (Disadvantages/Limitations)
	- ลดความผิดพลาดและอุบัติเหตุ - การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ที่ประหยัดต้นทุน	- การก่อสร้างอัตโนมัติ - ความต้องการแรงงานที่มีทักษะใหม่ในการควบคุมเทคโนโลยี AI - ความเสี่ยงด้านความปลอดภัยของข้อมูลโครงการ

3. บทสรุป

การศึกษานี้มุ่งเน้นการสำรวจบทบาทของปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการออกแบบและการสร้างสถาปัตยกรรมสมัยใหม่ โดย AI ได้รับการยอมรับว่าเป็นเทคโนโลยีที่มีความสามารถในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและก่อสร้างสถาปัตยกรรมอย่างมีนัยสำคัญ AI สามารถประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่และซับซ้อนอย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถสร้างสรรค์แบบแปลนและโครงสร้างที่มีความหลากหลายและซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ AI ยังสามารถจำลองสถานการณ์และปรับปรุงการออกแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลและการจำลองเสมือนจริง (simulation) ทำให้สามารถประเมินผลลัพธ์และความเป็นไปได้ของการออกแบบต่างๆ ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว ยิ่งไปกว่านั้น AI ยังมีบทบาทสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์และแหล่งข้อมูลอื่นๆ เพื่อหาความสัมพันธ์และแบบแผนที่ยังไม่ชัดเจนจากการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม นอกจากนี้ยังช่วยในการประเมินความเสี่ยงและการตอบสนองต่อภัยพิบัติโดยการจำลองสถานการณ์และคาดการณ์ผลกระทบจากภัยพิบัติต่างๆ [24]

ข้อจำกัดและความท้าทายในอนาคต (Challenges and Future Directions):

1. ความท้าทายด้านจริยธรรมและลิขสิทธิ์: AI

สร้างสรรคงานจากข้อมูลที่มีอยู่ (Training Data) ซึ่งก่อให้เกิดคำถามด้านลิขสิทธิ์ของผลงานที่ AI สร้างขึ้น และความท้าทายทางจริยธรรมในการแทนที่บทบาทของมนุษย์

2. การขาดแคลนบุคลากรที่มีทักษะ: บุคลากรในอุตสาหกรรมจำเป็นต้องพัฒนาทักษะใหม่ (Upskilling) เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกับเครื่องมือ AI ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะความสามารถในการตั้งโจทย์ (Prompt Engineering) และการตีความผลลัพธ์ของ AI

3. การเข้าถึงข้อมูลและการบูรณาการ: การใช้ AI ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต้องอาศัยการเข้าถึงข้อมูลคุณภาพสูง และระบบที่เปิดให้มีการบูรณาการ (Integration) ระหว่างซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ต่างๆ อย่างไร้รอยต่อ

ข้อเสนอแนะ:

1. การลงทุนในระบบนิเวศดิจิทัล: ไม่เพียงแต่ลงทุนในเครื่องมือ AI เท่านั้น แต่ยังรวมถึงระบบเก็บและประมวลผลข้อมูล (data infrastructure) และเครือข่ายการสื่อสารที่ปลอดภัย เพื่อให้การประยุกต์ใช้ AI มีความต่อเนื่องและยืดหยุ่น [25]

2. การจัดทำหลักสูตรเฉพาะด้าน AI & Architecture: เปิดหลักสูตรหรือเวิร์กช็อประยะสั้นที่เน้นการใช้งานซอฟต์แวร์ AI เช่น Revit+Veras, D5 Render, Autodesk Forma, หรือ Generative Design เพื่อเสริมทักษะการใช้ AI เชิงปฏิบัติให้กับสถาปนิก [26]

3. พัฒนาเครื่องมือ AI ให้ “เข้าใจบริบทท้องถิ่น”: ควรสนับสนุนเครื่องมือ AI ที่วิเคราะห์บริบทของพื้นที่ เช่น ภูมิอากาศ วัฒนธรรม หรือพฤติกรรมผู้ใช้งาน เพื่อสร้างสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมกับภูมิภาคนั้นๆ [9], [11]

4. ส่งเสริมการวิจัยข้ามศาสตร์ (Interdisciplinary Research): เปิดพื้นที่ให้นักออกแบบ วิศวกร และนักวิทยาศาสตร์ข้อมูล ร่วมกันวิจัยและพัฒนาโมเดล AI ที่เหมาะกับงานสถาปัตยกรรมโดยเฉพาะ เช่น การออกแบบ resilient architecture ที่ตอบสนองต่อ climate crisis [8], [5], [27]

5. สร้างคลังความรู้และตัวอย่างการใช้จริง (Case Repository): จัดทำคลังกรณีศึกษาการใช้ AI ในโครงการสถาปัตยกรรมจริง พร้อมข้อมูลผลลัพธ์ เปรียบเทียบก่อน-

หลัง เพื่อเป็นแนวทางและแรงบันดาลใจให้แก่ผู้ออกแบบรุ่นใหม่ [1], [3]

6. ขยายความร่วมมือระดับสากล: สร้างเครือข่ายกับต่างประเทศเพื่อแลกเปลี่ยนเทคโนโลยีและองค์ความรู้ด้าน AI ในงานสถาปัตยกรรม เช่น ผ่านโครงการของ UN Habitat, หรือความร่วมมือกับมหาวิทยาลัยด้านสถาปัตยกรรมระดับโลก World Economic Forum (2020) Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology

ข้อเสนอแนะเชิงกลยุทธ์:

ผู้เขียนขอเสนอแนวทางเชิงกลยุทธ์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาวงการสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมต่อไปในอนาคตได้จริง โดยมุ่งเน้นที่การพัฒนาความเข้าใจในการใช้ AI ในฐานะผู้ช่วย (Co-pilot) ไม่ใช่ผู้ควบคุม:

1. การปรับปรุงหลักสูตรการศึกษา: สถาบันการศึกษาควรเร่งปรับหลักสูตร โดยเน้นการสอนทักษะด้าน Generative Design, Data Analysis, และ BIM ควบคู่กับการประยุกต์ใช้ AI เพื่อเตรียมพร้อมสถาปนิกและวิศวกรรุ่นใหม่

2. การกำหนดมาตรฐานการทำงานร่วมกับ AI: องค์กรวิชาชีพควรมีบทบาทในการกำหนดจรรยาบรรณและแนวทางการทำงาน เพื่อให้การใช้ AI เป็นไปอย่างโปร่งใส มีจริยธรรม และเป็นธรรมต่อทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

3. การส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา: ควรมีการสนับสนุนการวิจัยในหัวข้อที่เกี่ยวกับ AI ที่สามารถทำความเข้าใจบริบททางวัฒนธรรมและภูมิปัญญาดั้งเดิม (Contextual and Cultural AI) ในการออกแบบ เพื่อให้ผลลัพธ์ของ AI มีความลุ่มลึกและสอดคล้องกับอัตลักษณ์ของพื้นที่มากขึ้น

ในที่สุด บทบาทของ AI ในการออกแบบและการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมไม่เพียงแต่เพิ่มประสิทธิภาพในเชิงเทคนิคเท่านั้น แต่ยังเป็นแรงผลักดันสำคัญที่กำหนดทิศทางของการสร้างสรรค์สภาพแวดล้อมที่ยั่งยืน มีประสิทธิภาพ และตอบโจทย์ความต้องการของมนุษย์ได้อย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้นในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] B. Peters, "Computation works: The building of algorithmic thought," *Architectural Design*, vol 83, no. 2, pp. 15–21, April 2013.
- [2] S. A. , Khan, " The Impact of Artificial Intelligence on Contemporary Architectural Practice: A Review." *International Journal of Architectural Computing*, vol 21, no. 1, pp. 23-38, 2024.
- [3] A. Picon, *Digital Culture in Architecture: An Introduction for the Design Professions*, United States: Harvard University Press & Birkhäuser Architecture, 2010.
- [4] W. Chen, and L. Wang, " AI in Smart Building Design: Optimization of Energy Efficiency and User Comfort." *Automation in Construction*, 150, 104860, 2023.
- [5] A. Menges, " Material computation: Higher integration in morphogenetic design. " *Architectural Design*, vol. 82, no. 2, pp. 14–21. 2012.
- [6] M. Shi, J. Seo, S. H. Cha, B. Xiao, and H.-L. Chi, " Generative AI-powered architectural exterior conceptual design based on the design intent," *Journal of Computational Design and Engineering*, vol. 11, no. 5, pp. 125–142, August 2024.
- [7] ณัฐพงศ์ เพื่อนสงคราม, และ ธราวุฒิ บุญเหลือ. "การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลสารสนเทศเมืองเพื่อบังคับใช้ตามผังเมืองรวมท่าโขลง คลองหลวง รังสิต จังหวัดปทุมธานี." *วารสารสถาปัตยกรรม การออกแบบและการก่อสร้าง*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, หน้า12-24, มกราคม – เมษายน 2568.
- [8] E. Chatzi, & M. Beer, *Smart Structures: Blurring the Lines between Structural Engineering and Data Sciences*, Springer, 2021.
- [9] C. M. Herr, & T. Fischer, "Designing resilience in a recurrent climate crisis: Decision making for secure and sustainable future architecture," In *Proceedings of the 25th International Conference of the Association for Computer- Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA)*, Aug. 5-8 2020.
- [10] D. J. Kim, " AI-based Generative Design for Architectural Sustainability," *Journal of Sustainable Architecture*, vol 15, no. 2, pp. 45-58, 2023.
- [11] J. S. Gero & U. Kannengiesser, *An Anthology of Theories and Models of Design: Philosophy, Approaches and Empirical Explorations*, Springer, (2019).
- [12] Y Ji, " A Review of Artificial Intelligence in Enhancing Architectural Design Efficiency," *Applied Sciences*, vol 15, no. 3, pp. 1476, 2025.
- [13] Evolab, "Veras from Evolvelab," [ออนไลน์]. <https://designsometing.com/2023/03/09/veras/>. (เข้าถึงเมื่อ: 8 กรกฎาคม 2567).
- [14] Autodesk, "Autodesk Forma," [ออนไลน์]. <https://www.autodesk.com/asean/products/forma/>. (เข้าถึงเมื่อ: 8 กรกฎาคม 2567).
- [15] D5 Render, "D5 Render | Real- Time 3D Rendering Software," [ออนไลน์]. <https://www.d5render.com/>. (เข้าถึงเมื่อ: 8 กรกฎาคม 2567).
- [16] Synergysoft, "การนำระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI) มาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมงานก่อสร้างในอนาคต," [ออนไลน์]. <https://synergysoft.co.th/article/special/24-aec/362-ai> (เข้าถึงเมื่อ: 8 กรกฎาคม 2567).
- [17] Smart Construction, "Smart Construction 3D Machine Guidance," [ออนไลน์]. <https://smartconstruction.io/solutions/3d-machine-guidance>. (เข้าถึงเมื่อ: 8 กรกฎาคม 2567).
- [18] คมกฤษ ปลิตโรด และ สิงห์ อินทรชูโต, "ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจลงทุนถือครองอสังหาริมทรัพย์บนโลกเสมือน," *วารสารสถาปัตยกรรม การออกแบบ*

- และการก่อสร้าง, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, หน้า, 53-61.
มกราคม – เมษายน 2568.
- [19] ณ. ใจดี. “บทบาทของ AI ในการปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างและลดความผิดพลาด,” *วารสารเทคโนโลยีการก่อสร้าง*, ปีที่ 9, ฉบับที่ 1, หน้า 34-48, 2566.
- [20] K. S. Lim, & C.H. Lee. “AI-driven Predictive Maintenance in Architectural Structures,” *Smart Materials and Structures*, vol 32, no. 4, 045001, 2023.
- [21] T. Zhang, “Deep Learning for Automated Defect Detection in Construction Sites,” *Journal of Civil Engineering and Management*, vol 29, no 3, pp. 189-204, 2023.
- [22] ป. สุขสำราญ. “การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการออกแบบอาคารที่ยั่งยืน: กรณีศึกษาในประเทศไทย,” *วารสารสถาปัตยกรรมและผังเมือง*, ปีที่ 18, ฉบับที่ 1, หน้า 67-80, 2566.
- [23] Li, Y., Chen, H., Yu, P., & Yang, L. “A Review of Artificial Intelligence Applications in Architectural Design: Energy- Saving Renovations and Adaptive Building Envelopes,” *Energies*, vol 18, no. 4, pp. 918, 2025.
- [24] A. Al-Habaibeh, & A. Al-Habaibeh, “Artificial Intelligence Impacts on Architecture and Smart Built Environments: A Comprehensive Review,” *Journal of Advanced Engineering and Applied Sciences*, vol 12, no. 1, pp. 1-15, 2023.
- [25] E. Brynjolfsson, & A. McAfee, “*Machine, Platform, Crowd: Harnessing Our Digital Future*,” W. W. Norton & Company, 2017.
- [26] A. M. Salama, & A.M. Remali, “*Architectural Education: Design, Research, and Knowledge*,” Springer, 2018.
- [27] วิชูพร นวราชพงษ์, “แนวทางการพัฒนากลยุทธ์การเตรียมความพร้อมต่อ AI ที่มีบทบาทต่อการออกแบบ
- งานสถาปัตยกรรม,” สารนิพนธ์ (กจ.ม.), วิทยาลัยการจัดการ, มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม, 2567.