



# xModel Designer：AI 駕動的三維建模及設計解決方案

劉其昌\*／萃思科技股份有限公司 營運長

BIM (Building Information Modeling) 逐漸成為業界標準，其價值不僅在於三維建模，更在於能夠將設計、施工與維運所需的各類資訊整合在同一平台。然而，即便如此，設計與建模的過程依然高度依賴人工操作。以大型廠房、廠辦、商辦等場域為例，消防、空調、配電及弱電等系統必須在有限的建築空間內協調配置。設計人員往往需要投入大量時間於模型建立、碰撞檢測與規範校核工作。這些任務雖然重要，但耗費大量人力，並且容易因疏漏導致錯誤。隨著建築物的規模與複雜性增加，傳統的 BIM 工作流程逐漸暴露出效率與成本上的瓶頸。

BIM 的核心價值在於整合設計、施工與維運資訊於單一數位模型中，然而，即使 BIM 已普及於大型工程專案，三維建模與設計過程仍高度依賴人工操作，而在人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 與自動化演算法快速發展的背景下，建築產業應當開始思考，能否將繁瑣的建模任務交由電腦自動完成，讓設計師將精力專注於更高層次的設計決策<sup>[1,2]</sup>。本文主要以萃思科技所研發的「AI3D」技術為切入點，探討人工智慧如何推動三維建模與設計自動化，並以 xModel Designer 自動生成消防滅火系統 3D 方案為例，說明此技術如何在消防系統設計中展現價值，並對未來發展方向提出觀察。

## 探索 AI3D 技術

BIM 的主要貢獻在於讓不同專業領域能透過共享三維模型進行協作，但在實務上，BIM 模型往往是由 2D 平面設計圖轉換而來，此一轉換過程需要大量人力操作，包含物件放置、尺寸調整、規範檢核與碰撞修正。雖然 BIM 軟體 (如 Autodesk Revit) 提供了部分自動化功能，但仍不足以滿足工程專案的時效需求。

然而，AI 毫無疑問地能夠有系統性地解決上述相關痛點，更能夠在系統工程設計優化、設計或施工衝突與風險預測，以及自動生成 3D 設計方案 (模型) 中展現極高的效益和潛力<sup>[3]</sup>；其中更擴大了機器學習在 BIM 的應用空間，包括構件分類、自動屬性生成與施工進度預測等<sup>[4]</sup>。此外，更可近一步地將深度學習與 BIM 結合，推動和發展出生成式設計與能耗預測等至關重要的技術與

實務應用<sup>[5]</sup>。這些需求與近年來的研究趨勢，都在在揭示了 AI3D 的發展可望成為 BIM 智慧化的重要方向。

AI3D 可以理解為「人工智慧輔助的三維自動化建模與設計」，其目標在於讓 AI 模型能根據輸入資料與規範，主動生成符合要求的三維模型。這不僅是工具操作的自動化，更是一種智慧化的推理與決策過程，其核心技術如下說明：

### 規則導向設計 (Rule-based Design)

將建築與工程規範 (如消防噴頭的覆蓋半徑、管徑計算公式、設備間距要求) 轉化為電腦可執行的演算法。這使得電腦在生成設計時，能自動遵循法規及標準，減少人工檢核需求。

### 參數化建模

利用參數來驅動模型的幾何生成。例如，當建築面積或樓層高度變更時，系統能自動調整噴頭數量、管線長度與迴路配置，而不需重新繪製。

\* 通訊作者，chichang@mindlogic.com.tw

## 圖形辨識與電腦視覺

當輸入資料仍是 CAD 形式的 2D 平面圖時，電腦必須能辨識管線路徑及尺寸、設備位置、座標資訊，才能將其轉化為 3D 資訊。

## 機器學習與最佳化

藉由蒐集大量過往案例，電腦能學習最常見的配置模式，並透過演算法優化佈局，以達到降低管線長度或降低壓損的效果。

## xModel Designer

萃思科技主要專注於 AI 與 3D 自動化設計及建模解決方案的研發。xModel Designer 為第一個結合 AI3D 及 BIM 技術的 3D 機電設計解決方案，目前以台灣市場最常使用的 BIM 建模軟體 Autodesk Revit 為主要的三維模型作業環境，確保設計人員不需切換工具，減少學習與轉換成本。使用者在安裝 xModel Designer 之後，便能夠在 Autodesk 的 AutoCAD 及 Revit 開始使用相關的功能。

## 特色模組

### xRule 知識經驗資料庫

xRule 是一個知識與經驗的資料庫，如圖 1 所示，透過使用者介面可以將工程規範、設計準則與專案經驗轉化為可執行的規則。其內容可包含：消防噴頭佈局的法規條件、管徑計算公式、不同國家的建築安全標準，以及實務專案中常見的最佳實踐。xRule 能在自動化建模與設計過程中提供即時檢核，確保生成的模型不僅符合幾何需求，也滿足法規與工程邏輯。

## xObject 元件庫

xObject 是一個高度參數化的元件庫，如圖 2 所示，其包含各類消防與機電設備（如噴頭、閥件、設備、管件、風管與電纜架等）元件。這些元件均以 BIM 物件形式存在，並具備參數化設定能力，能根據 xRule 中的規範自動調整大小、形狀或屬性，並確保能夠充分被演算法控制、使用。透過 xObject，系統能快速拼裝出完整的系統模型，並確保不同元件間的一致性與相容性，並有利於產製出完整且精確的 BOM 表，協助估料與計價等作業。

## 多目標最佳化演算法

在實際設計中，往往需要同時考量多個目標，例如：縮短管線長度、降低材料成本、提升覆蓋效率、避免碰撞衝突。xModel Designer 引入多目標最佳化演算法（Multi-objective Optimization Algorithm），能在不同設計目標間進行平衡與取捨。透過迭代運算，系統可生成多組可行解，並提供使用者比較與選擇，提升設計決策品質與搜尋速度<sup>[6]</sup>，進而提升極度專業、繁瑣的設計工作的效能與經濟性。

## 特色功能

### 2D 轉 3D 自動化建模

傳統設計流程多以 CAD 2D 圖紙為主，轉換為三維模型需要大量人工操作。xModel Designer 的 2D 轉 3D 自動化建模功能，透過圖形辨識與規則導向演算法，能將平面設計快速轉換為可用的 BIM 模型。系統能辨識平面中常見的消防、管路與設備符號，並根據設定規範生成對應的三維物件。此功能顯著降低人工重建模型的工時，並提升資料準確度。



圖 1 xRule 知識經驗資料庫使用者介面

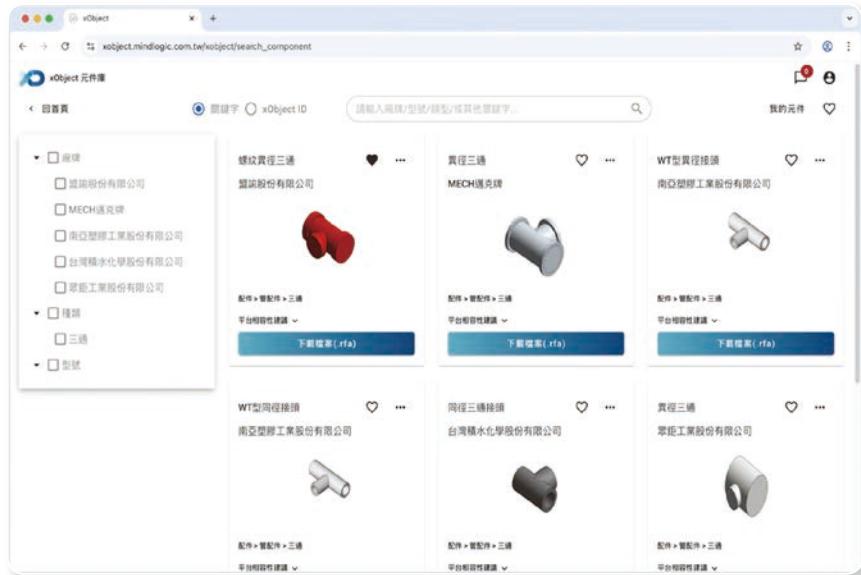


圖 2 xObject 元件庫使用者介面

### 3D 自動化設計及建模

除了從 2D 圖面轉換外，xModel Designer 也能在 3D 環境中直接進行自動化設計。使用者可引用相關法規或設計規範（如噴頭覆蓋半徑、管徑範圍、佈局間距），使系統自動完成管線路徑生成、噴頭配置以及覆蓋率檢核。這不僅是「建模」的自動化，更包含「設計決策」的自動化，讓使用者能在短時間內完成符合規範的三維系統設計。

### 消防系統應用案例：2D 轉 3D 自動化建模

消防系統設計對精度與規範的依賴特別高，透過 xModel Designer 的先期使用者，包含 BIM 建模服務、工程顧問公司及系統工程公司等專業使用者，將 xModel Designer 的消防系統解決方案的導入至不同的

實務場域中，包含地下停車場、廠辦及商場等空間，場域大小自數千至數萬米平方不等，皆能夠透過萃取 2D 平面圖元參數快速生成其撒水滅火系統 3D 模型。

以下為利用 xModel Designer 消防解決方案中 2D 轉 3D 功能，自動生成撒水滅火系統 3D 模型的示範說明：

#### 步驟 1：在 AutoCAD 中匯出平面參數

在符合「可受辨識的繪圖原則」下，利用 xModel Designer 的 CAD 辨識功能，辨識並產製 CAD 平面參數檔，其中包含撒水幹管、支管及撒水頭，如圖 3 所示。

#### 步驟 2：在 Revit 中以 xModel Designer 進行 3D 模型生成設定

將自 AutoCAD 所匯出的平面參數檔，匯入至 Revit，並簡單設定系統類型、管線類型、垂直管參

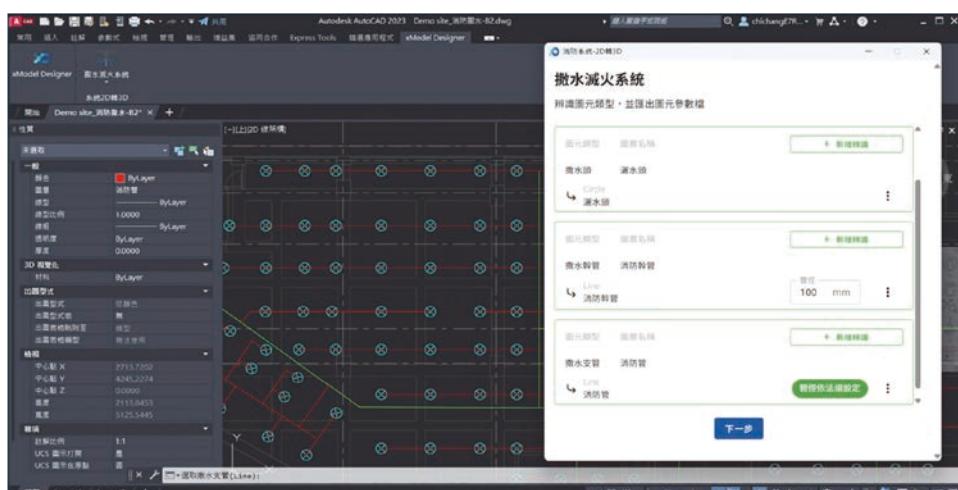


圖 3 在 AutoCAD 中匯出平面參數

數、預設元件等自動建模所需要的必要參數，即能快速自動完成 3D 建模作業，如圖 4 所示。

### 步驟 3：自動生成並獲取 3D 模型

此示範案例共計 214 顆撒水頭、34 個撒水群組，在 10 分鐘以內完成所有操作、設定和模型生成，成果如圖 5 所示及圖 6 展示局部場景。此外，所有管線及重要設備的佈局完全還原 CAD 圖的設計，讓設計者與建模者能夠更專注於原設計的檢討，而非建模作業上的錯誤。

## 消防系統應用案例：3D 自動化設計及建模

此外，對於需要快速獲取消防系統設計方案，用以作為初始設計或是設計檢討的使用者來說，也可以

透過 3D 設計（包含建模）功能，基於引入的相關法規或規範，在確保合規性及施工性的前提下，快速完成消防系統的 3D 設計。

以下為利用 xModel Designer 消防解決方案中 3D 設計功能，自動生成撒水滅火系統 3D 模型的示範說明：

### 步驟 1：在 Revit 中以 xModel Designer 進行 3D 模型生成設定

其中，本示範案例在設定參數的過程中，所引用之「適用的法規資料」內容為中華民國內政部「各類場所消防安全設備設置標準」(113 年 4 月 24 日修正版本) 當中與設計參數相關的法規，如圖 7 與圖 8 所示。

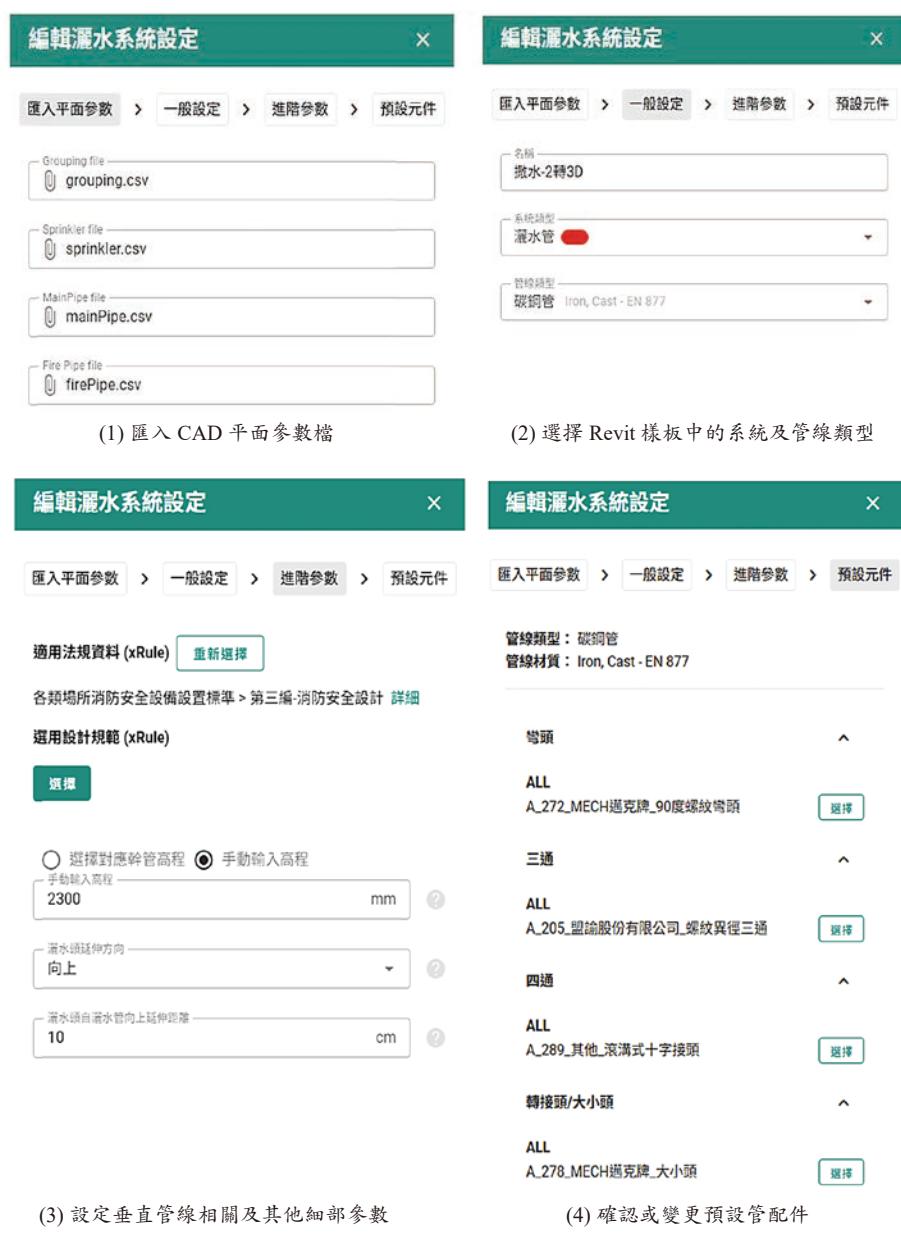


圖 4 在 Revit 中以 xModel Designer 進行 3D 模型生成設定

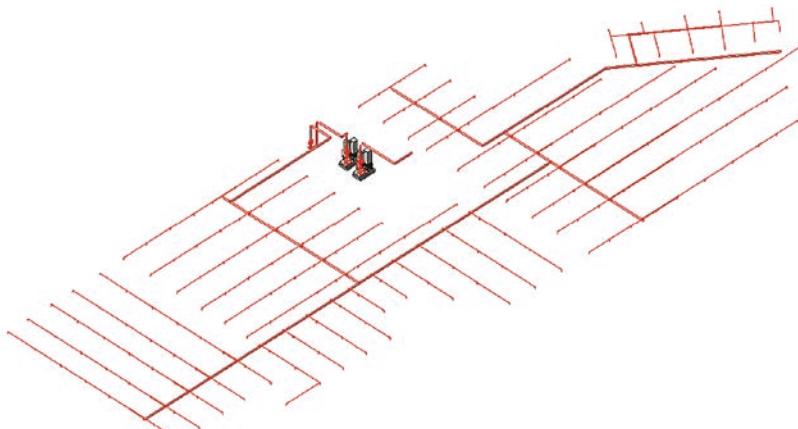


圖 5 xModel Designer 2D 轉 3D 示範案例撒水系統自動建模成果

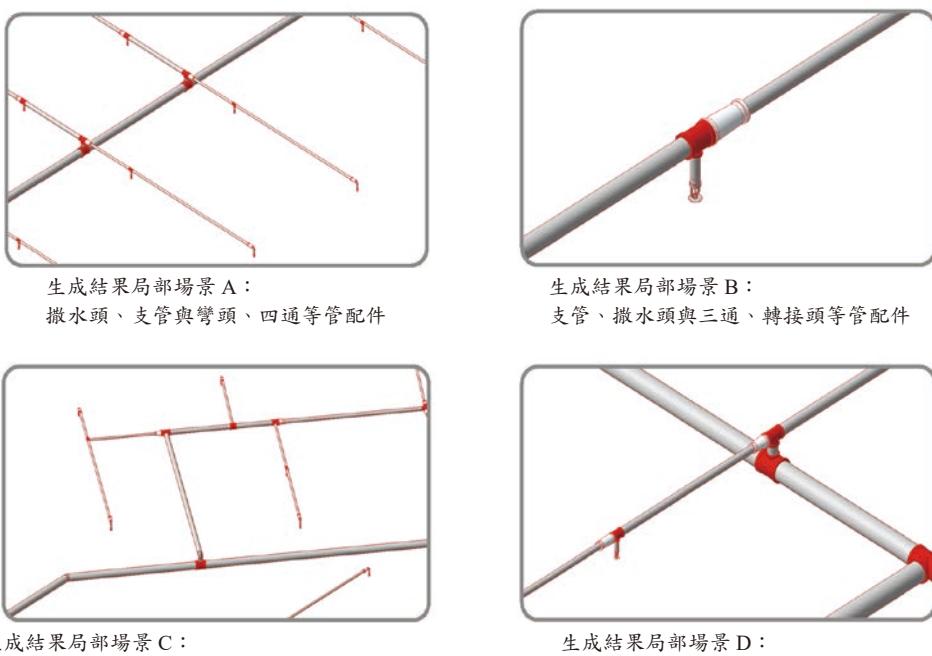


圖 6 xModel Designer 2D 轉 3D 示範案例撒水系統自動建模成果（局部場景）

## 步驟 2：自動生成並獲取 3D 模型

此消防撒水系統 3D 設計示範案例共計約 580 顆撒水頭、72 個撒水群組，一樣可以在 10 分鐘以內完成所有操作、設定和 3D 設計模型的生成，成果如圖 9 所示。使用者亦可將建築模型與消防系統生成模型整合檢討，結果及局部細節如圖 10 及圖 11 所示。以 3D 模型取代 2D 圖說，精細地呈現消防系統的設計方案，有助於高效的系統整合、設計檢討、衝突排解與精確的用料統計。

## 結論

AI3D 將改變設計師與建模工程師的角色定位。設計師將從「繪圖者」與「建模者」轉為「決策者」，主

要負責制定規範與判斷系統整合。顧問公司與承包商的商業模式亦可能因自動化而轉型，將更多的人力價值集中於系統設計與自動化作業模式的規劃與創新。

除了較為標準化的消防系統之外，xModel Designer 仍在 AI3D 的核心技術架構上持續發展，未來將可支援風管（Duct）、電纜架（Cable tray）與相關設備元件的自動生成，並進一步導入至不同系統的實務場域進行驗證，而後推出空調系統或其他專業的製程系統適用之「2D 轉 3D」與「3D 設計」解決方案，使其更具備跨領域擴展潛力。

xModel Designer 作為 AI3D 的實踐案例，展現了人工智慧如何有效解決機電管線系統設計中的效率與品質問



(1) 選擇 Revit 樣板中的系統與管線類型，以及撒水頭排列樣式



(2) 設定高程相關參數，如撒水管及撒水頭高程



(3) 選擇生成區域（須是先備妥建築模型）



(4) 確認所使用的預設管配件、附件及撒水頭元件

圖 7 在 Revit 中以 xModel Designer 進行消防撒水系統 3D 設計的參數設定



圖 8 xModel Designer 3D 設計過程中所引入的消防法規內容

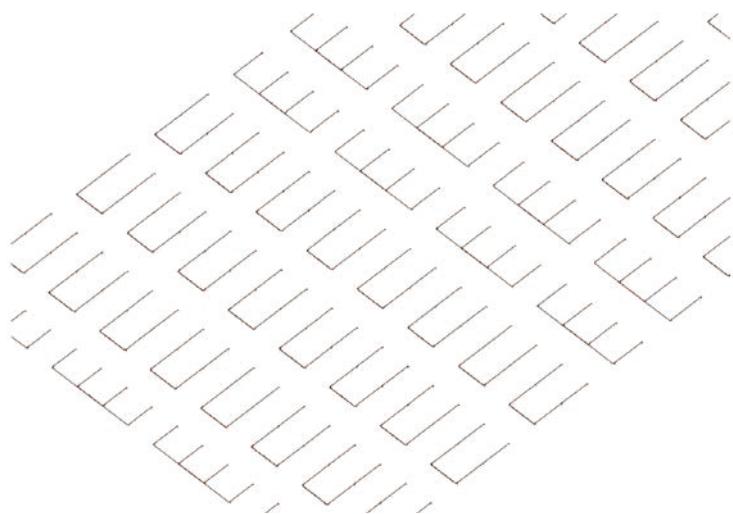


圖 9 以 xModel Designer 生成消防撒水系統 3D 設計方案成果

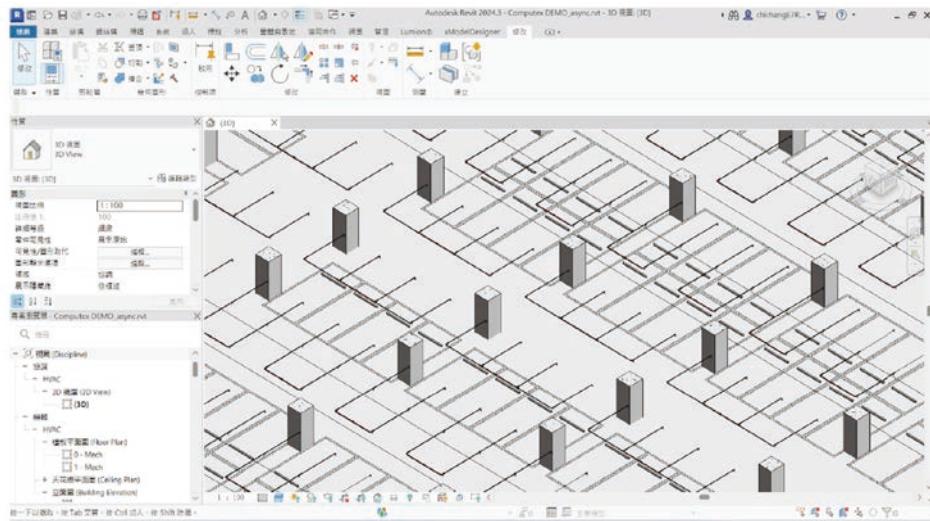


圖 10 以 xModel Designer 生成消防撒水系統 3D 設計方案成果（與建築模型套疊）



圖 11 以 xModel Designer 生成消防撒水系統 3D 設計方案成果（局部場景）

題。在消防系統的應用案例中，其建模工時縮減與建模錯誤率降低的成果，證明了其自動化的潛力。我們期待隨著技術進一步成熟，AI3D 有望成為 BIM 生態的重要組成，進而推動整個建築產業邁向更為務實的自動化及智慧化。

## 參考文獻

- Li, H., Zhang, Y., Cao, Y., Zhao, J., and Zhao, Z. (2025). Applications of artificial intelligence in the AEC industry: a review and future outlook. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 24(3), 1672-1688.
- Zabin, A., González, V.A., Zou, Y., and Amor, R. (2022). Applications of machine learning to BIM: A systematic literature review. *Advanced*

*Engineering Informatics*, 51, 101474.

- Yang, L. (2025). A Comprehensive Review of BIM and Deep Learning Integration in Innovative Practices for Architectural Digital Transformation. *Journal of Industrial Engineering and Applied Science*, 3(3), 23-31.
- He, Z., Wang, Y.H., and Zhang, J. (2025). Generative AIBIM: An automatic and intelligent structural design pipeline integrating BIM and generative AI. *Information Fusion*, 114, 102654.
- Emaminejad, N., & Akhavian, R. (2022). Trustworthy AI and robotics: Implications for the AEC industry. *Automation in Construction*, 139, 104298.
- Zhang, F., Chan, A. P., Darko, A., Chen, Z., and Li, D. (2022). Integrated applications of building information modeling and artificial intelligence techniques in the AEC/FM industry. *Automation in Construction*, 139, 104289.