



# xModel Designer：AI 驅動的 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，更可進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

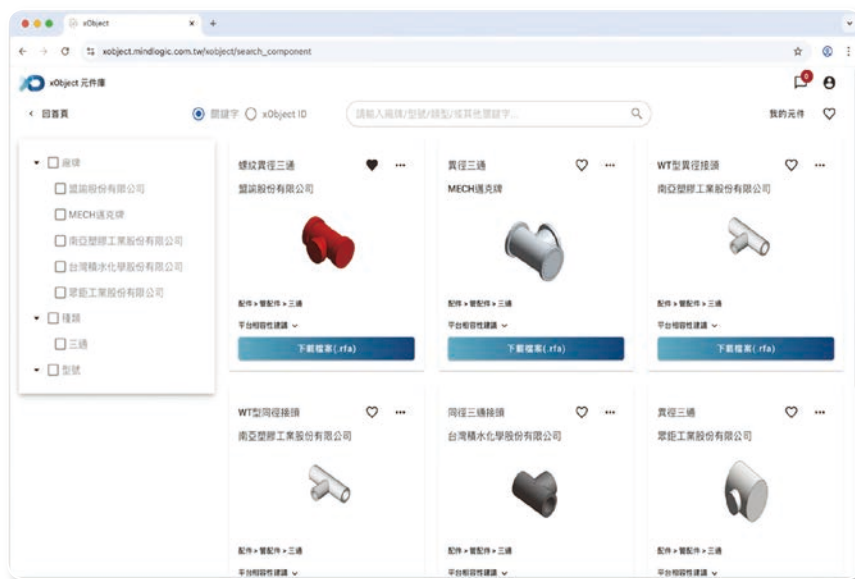


圖 2 xObject 元件庫使用者介面

### 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

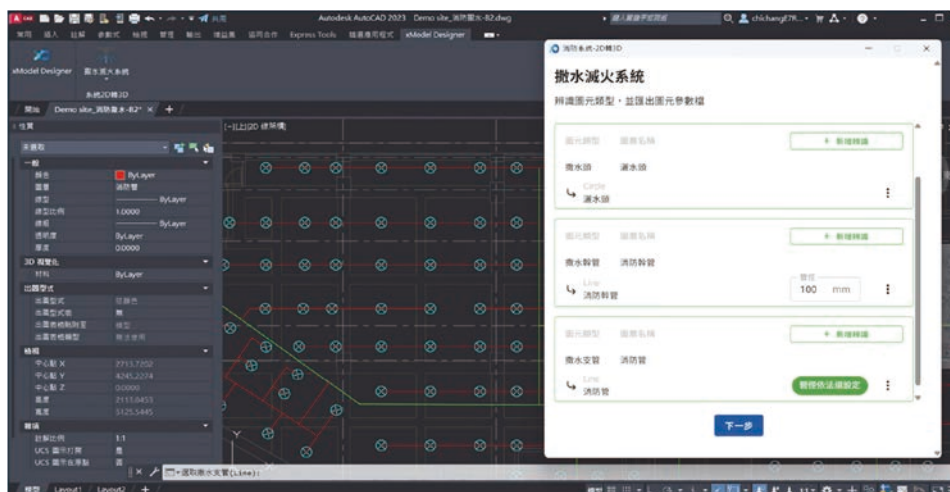


圖 3 在 AutoCAD 中匯出平面參數



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。

**編輯灑水系統設定**

匯入平面參數 > 一般設定 > 進階參數 > 預設元件

Grouping file: grouping.csv

Sprinkler file: sprinkler.csv

MainPipe file: mainPipe.csv

Fire Pipe file: firePipe.csv

(1) 匯入 CAD 平面參數檔

**編輯灑水系統設定**

匯入平面參數 > 一般設定 > 進階參數 > 預設元件

名稱: 撒水-2轉3D

系統類型: 灑水管

管線類型: 碳鋼管 Iron, Cast - EN 877

(2) 選擇 Revit 樣板中的系統及管線類型

**編輯灑水系統設定**

匯入平面參數 > 一般設定 > 進階參數 > 預設元件

適用法規資料 (xRule) 重新選擇

各類場所消防安全設備設置標準 > 第三編-消防安全設計 詳細

選用設計規範 (xRule)

選擇

☐ 選擇對應管管高程 ☒ 手動輸入高程

手動輸入高程: 2300 mm

灑水頭延伸方向: 向上

灑水頭自灑水管向上延伸距離: 10 cm

(3) 設定垂直管線相關及其他細部參數

**編輯灑水系統設定**

匯入平面參數 > 一般設定 > 進階參數 > 預設元件

管線類型: 碳鋼管

管線材質: Iron, Cast - EN 877

彎頭

ALL A\_272\_MECH邁克牌\_90度螺旋彎頭 選擇

三通

ALL A\_205\_盟論股份有限公司\_螺旋異徑三通 選擇

四通

ALL A\_289\_其他\_深溝式十字接頭 選擇

轉接頭/大小頭

ALL A\_278\_MECH邁克牌\_大小頭 選擇

(4) 確認或變更預設管配件

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

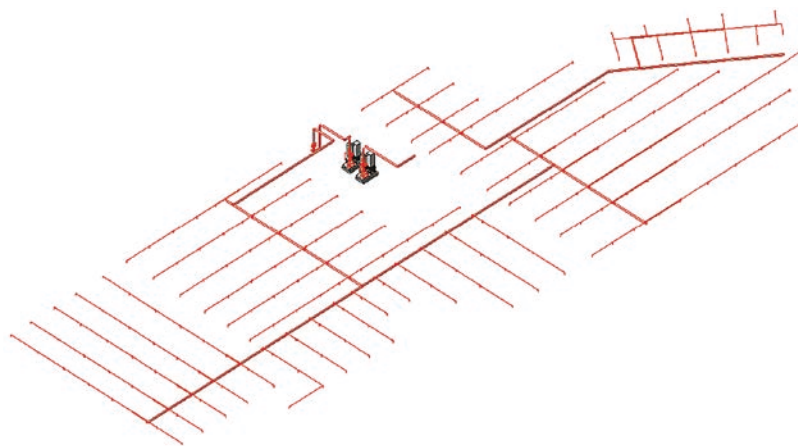
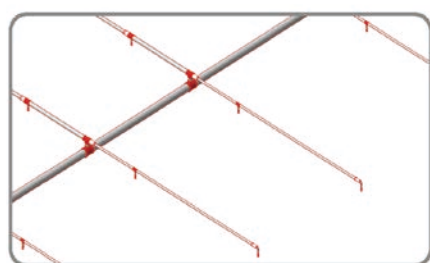
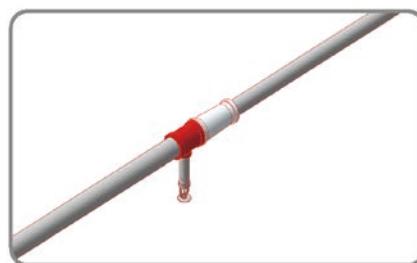


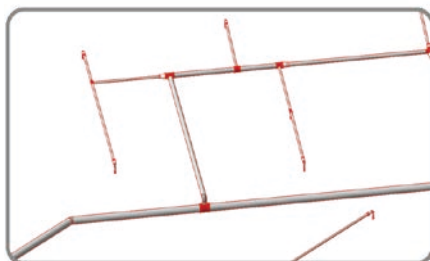
圖 5 xModel Designer 2D 轉 3D 示範案例撤水系統自動建模成果



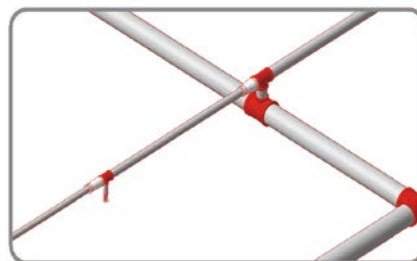
生成結果局部場景 A：  
撤水頭、支管與彎頭、四通等管配件



生成結果局部場景 B：  
支管、撤水頭與三通、轉接頭等管配件



生成結果局部場景 C：  
(斜)支管、撤水頭、與(斜)彎頭、三通等管配件



生成結果局部場景 D：  
撤水頭、支管與三通、四通等管配件

圖 6 xModel Designer 2D 轉 3D 示範案例撤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

此消防撤水系統 3D 設計示範案例共計約 580 顆撤水頭、72 個撤水群組，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，以及撤水頭排列樣式

(2) 設定高程相關參數，如撤水管及撤水頭高程

(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、附件及撤水頭元件

圖 7 在 Revit 中以 xModel Designer 進行消防撤水系統 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

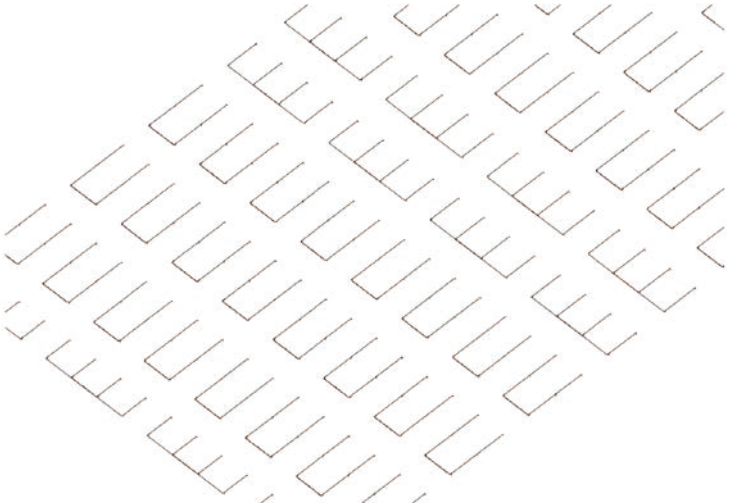


圖 9 以 xModel Designer 生成消防撤水系統 3D 設計方案成果

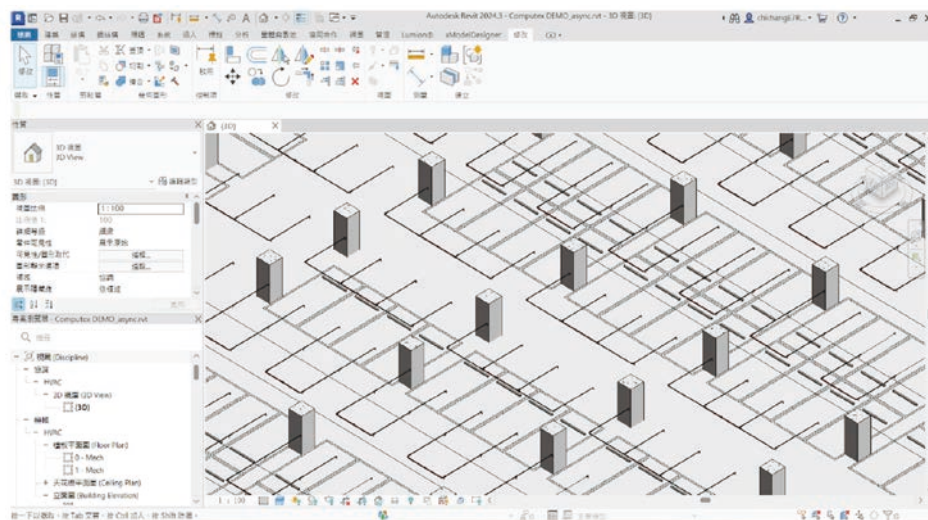


圖 10 以 xModel Designer 生成消防撤水系統 3D 設計方案成果（與建築模型套疊）

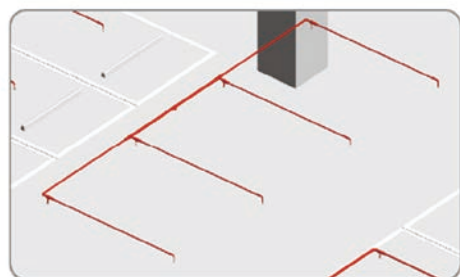
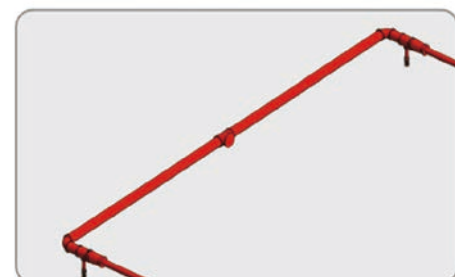
生成結果局部場景 A：  
撤水頭、支管、大小頭、三通等元件生成結果局部場景 B：  
支管、撤水頭與大小頭等元件生成結果局部場景 C：  
依照選定的撤水頭佈局方式與合規的撤水防護半徑計算所生成的撤水群組生成結果局部場景 D：  
預留三通接口，以利後續連接至撤水幹管

圖 11 以 xModel Designer 生成消防撤水系統 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

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Emaminejad, N., & Akhavan, R. (2022). Trustworthy AI and robotics: Implications for the AEC industry. *Automation in Construction*, 139, 104298.
6. 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.