

新北市政府 114 年度自行研究報告

新 北 市 社 宅 運 用 BIM 智 慧 平 台 管 理 之 研 析

研究機關：新北市政府城鄉發展局

研究人員：黃楷程

研究期程：114 年 1 月至 12 月

新北市政府114年度自行研究成果摘要表

計 畫 名 稱	新 北 市 社 宅 運 用 BIM 智 慧 平 台 管 理 之 研 析
期 程	114 年 1 月 至 12 月
經 費	無
緣 起 與 目 的	<p>一、 新北市近年積極推動社會住宅政策，截至 2023 年已管理 19 處社宅、2,560 戶，社宅涵蓋多項通用設計、無障礙空間及社福整合設施，並提供多元友善措施，以完善弱勢族群與青年家庭之居住支持。然而，隨著場域持續擴大，社宅維運資訊呈現分散且多元的特性，包括設備履歷、巡檢紀錄、住戶反饋、能源使用、公益空間管理等資訊均散落於不同系統、文件與表單中，缺乏統一管理架構，造成資料斷裂、效率不足與跨場域整合困難。</p> <p>二、 國際研究已指出 BIM(Building Information Modeling)可有效支援既有建物之建模、設備管理、POE(Post-Occupancy Evaluation)整合、能源監控與數位孿生等維運功能，已廣泛應用於社會住宅與公共建築之後續管理。然而，新北市目前僅導入部分數位管理工具，尚未建置跨系統、跨社區且具資料交換能力之 BIM 智慧平台。</p> <p>三、 本研究旨在整合國內外最新文獻與新北市社宅營運現況，釐清社宅維運資訊需求，分析可適用之 BIM 技術，並提出新北市社宅 BIM 智慧平台之架構與功能設計，以建</p>

	<p>立跨場域、標準化、可視化之維運管理模式，強化社宅之永續治理能力。</p>
<p>方 法 與 過 程</p>	<p>一、社宅維運管理資訊需求之分析：(1)蒐集新北市 2022-2024 永續報告書、社宅管理制度、巡檢流程、設備維修紀錄等資料；(2)參考國內外社會住宅文獻(巴西、智利、葡萄牙等)，分析社宅營運涉及之核心資訊；(3)歸納新北市社宅營運所需之核心維運資訊類別，並整理可能之管理痛點與資訊斷裂來源。</p> <p>二、國際 BIM 維運技術與案例比較：(1)蒐集並整理國際研究，包括 Scan-to-BIM、LOD 建模、BIM-GIS、BIM-IoT、Digital Twin、LLM-assisted maintenance 等技術；(2)比較 POE 整合、機電系統維護、能源模擬、外牆管理等 BIM 應用模式；(3)盤點適用於新北市社宅之 BIM 技術及導入可行性。</p> <p>三、社宅維運資料架構與資料交換流程規劃：(1)參考 COBie、IFC、OpenBIM 與國際維運資訊需求(O&M Information Requirement)規範建立資料層級；(2)建議資料交換標準：IFC、COBie、IDS 與 API 資料串接方式；(3)分析目前社宅資料格式，提出資料標準化與清單化建議。</p> <p>四、建立新北市社宅 BIM 智慧平台架構：(1)規劃平台核心功能模組；(2)建立資料層、整合層(IFC/COBie/API)、應用層等三層架構；(3)模擬跨場域、多社區之管理情境。</p>

<p>研究發現及建議</p>	<p>一、研究發現</p> <p>(一)維運資訊散置且缺乏一致性</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.維運資料分散於不同系統，格式不一致。 2.巡檢與設備資訊未與 BIM(Building Information Modeling，建築資訊模型) 連結。 3.需建立標準化資料架構。 <p>(二)國際研究驗證 BIM 效益明確</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.BIM 能整合 POE (Post-Occupancy Evaluation，使用後評估)、能源、設備及建物病害資訊。 2.智利、巴西案例證實 BIM 可提升診斷與改善決策能力。 <p>(三)資料交換標準為平台運作基礎，需採用：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.IFC (Industry Foundation Classes) 2.COBie (Construction- Operations Building Information Exchange) 3.IDS(Information Delivery Specification) 4.確保資料一致、可交換、可追溯。 <p>(四)智慧化技術可強化維管</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.GIS(Geographic Information System，地理資訊系統)：跨社宅空間管理。 2.IoT(Internet of Things，物聯網)：提供即時狀態資料。 3.Digital Twin(數位孿生)：預測性維護。 4.LLM(Large Language Models，大型語言模型)：協助分析維修紀錄。 <p>二、建議</p> <p>(一)建立社宅維運資料標準</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.依區域-建物-樓層-空間)建構統一架構。
----------------	--

	<p>2.明訂 IFC/COBie/IDS 之資料內容。</p> <p>(二)分階段完成社宅 BIM 維運模型</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.有圖資者採 2D→BIM；無圖資者用丈量或掃描建模。 2.逐步形成跨案 BIM 模型資料庫。 <p>(三)建置跨系統 BIM 智慧平台：巡檢管理、設備管理、能源監測、POE 整合、GIS 介面、API 串接。</p> <p>(四)循序導入智慧化維運技術</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.短期：巡檢/維修數位化。 2.中期：IoT 能耗與設備監測。 3.長期：導入 Digital Twin 與 LLM。 <p>(五)建置社宅維運知識庫：彙整 POE、能耗、維修資料，回饋設計與管理。</p>
備	註

目錄

壹、前言.....	1
貳、模型建立.....	6
一、一般建模.....	6
二、整合式管理.....	8
三、數位孿生.....	10
參、BIM 應用於社會住宅之維護與管理.....	13
一、智利.....	14
二、巴西.....	19
肆、BIM 智慧平台.....	26
一、BIM 結合 GIS.....	28
二、BIM、物聯網與其他技術.....	30
三、數位雙生結合大型語意模型之建築物維護管理.....	32
四、BIM 與 FM 系統資料交換作法.....	34
五、BIM 應用於設施維護與管理.....	37
伍、結論與建議.....	38
一、結論.....	38
二、建議.....	39
陸、參考文獻.....	41

圖目錄

圖 1 智利案例平面圖	16
圖 2 智利案例住宅平面圖	17
圖 3 智利案例之建築損害	18
圖 4 BIM 應用於社會住宅之優勢及挑戰.....	19
圖 5 巴西案例社宅平面圖	20
圖 6 巴西案例標準戶之室內空間及 BIM 模型.....	21
圖 7 巴西案例_調整後之室內空間配置	24
圖 8 巴西案例_調整後之建模	25
圖 9 ARCGIS 連接 REVIT(檢討室內空間與元件).....	30
圖 10 ARCGIS 連接 REVIT(室外管線與元件).....	30
圖 11 DT-GPT 輸入與輸出資訊.....	34

表目錄

表 1 BIM 建模方法	7
表 2 數位孿生模型	9
表 3 數位孿生模型	12
表 4 智利社會住宅監測資料	15
表 5 建築物維護管理需求	32
表 6 需求資訊與 IFC 關聯性	36

壹、前言

新北市近年大幅推動社會住宅政策，截至 2023 年已由新北市住宅及都市更新中心管理 19 處社宅、共 2,560 戶，並於新店、板橋、三峽、永和、新莊及土城等區形成多點式社宅網絡(新北市住宅與都市更新中心，2024)。其住宅規劃全面導入通用設計，並預留 5%無障礙房型，透過寬敞動線、無障礙材質與清楚標示等配置，有效因應高齡化與行動不便者之居住需求(新北市住宅與都市更新中心，2025)。同時，社宅亦提供家具租賃方案、育兒家庭加籤、長者安心居住等友善措施，展現對弱勢族群、青年家庭與長者的居住支持。此外，新北市已導入多項智慧化管理工具，包括社宅全面設置之緊急求救鈴、電子保全設備與 ISO9001 品質管理制度，並建置托育中心、托老中心、庇護工場、銀髮咖啡館等公益空間，使社宅兼具居住、照護與社福整合之角色(新北市住宅與都市更新中心，2023)。

惟隨著管理規模逐年擴大，設備資訊、巡檢維護、修繕紀錄與公益空間使用等資料呈現高度複雜化，若仍依賴傳統作業模式，可能增加資訊斷裂、維護效率不一與跨場域管理不易等問題；因此，如何進一步運用 BIM 智慧平台建構統一、數位化、可視化之設施管理架構，提升社宅維運效率與公共服務品質，已成為新北市社宅營運的重要課題。

近年來，國際上對於社會住宅與既有建築的管理模式，已逐步從傳統紙本與斷裂式維護，轉向以 BIM(Building Information Modeling)為核心之數位化與智慧化管理(Otieno et al. 2025)。相關研究指出，BIM 已可協助既有建築進行高精度建模，並透過掃描點雲、影像測繪與參數化構件建立完整建物資訊，以支援後續營運與維護管理(Castellano-Román 2022)。亦有文獻顯示，BIM 結合物理模型與資料驅動技術可形成數位孿生(Digital Twin)，用以強化建築行為模擬、設備運轉預測與長期維修規劃之效能(Hunde et al.

2025)。在建築管理面向上，BIM 亦能協助進行使用者需求分析、空間最佳化與能源績效評估，使建築全生命週期決策更具效率(Otieno et al. 2025)。

針對社會住宅領域，各國研究亦逐漸重視 BIM 在入住後管理的應用。例如，巴西提出將 BIM 用於社會住宅入住後的維護流程，以建立標準化程序與資訊需求(Silva et al. 2022)；智利則將 BIM 與入住後評估(Post Occupancy Evaluation, POE)結合，用以強化居住品質回饋、設備狀況追蹤與社宅性能改善(Gonzalez-Caceres et al. 2019)；葡萄牙亦利用 POE 指標系統化分析住戶舒適度、健康性與建物性能表現(Neto et al. 2025)。其他研究也著重於 BIM 用於建築外牆、機電系統等維護計畫之整合分析，顯示 BIM 已成為住宅維護管理之國際趨勢與必然方向(Ismail 2024a)；同時，智慧化維運技術亦迅速發展，包括 BIM 與 GIS 之資產資料整合(Ismaeil 2024)、BIM 與 IoT 感測器串聯之狀態監測(Sadeghi et al. 2025)、BIM 與 FM 系統之資料交換標準(Otranto et al. 2025)，以及應用大型語意模型(Large Language Models)之數位孿生維護模式(Bao and Bu 2025)，均使建築由靜態資訊走向持續更新的動態管理。

相較之下，新北市雖已在社宅導入電子保全、線上報修與部分智慧化管理工具，但整體維運資訊尚未建立統一、標準化、可交換且具可視化能力之 BIM 智慧平台；現行資料仍散落在物業系統、工程維護紀錄、巡檢表單與各式設備管理檔案中，缺乏可整合全棟建物資訊的資料框架與跨系統應用能力，因此，有必要參考國際社會住宅與建築維運研究成果，重新檢視新北市社宅維護需求、資訊架構與資料流程，並提出符合我國情境之 BIM 智慧平台整合架構，以提升維運決策效率、增進公共住宅服務品質，並作為後續擴大社宅規模之技術基礎。

一、研究目的

(一)分析新北市社宅之維運管理資訊需求

透過永續報告書、社宅管理規範與國際研究，歸納社宅維運涉及之資訊範疇，包括設備管理、巡檢流程、住戶反饋、無障礙設施、公益空間、能源與環境資訊等，以提出可納入 BIM 平台之核心資訊清單。

(二)分析國際 BIM 技術在社宅維運之適用性

比較西班牙、巴西、智利、葡萄牙等國際案例之建模方法、POE 整合、BIM-GIS 與 BIM-IoT 技術、資料交換標準、Digital Twin 與 LLM-assisted maintenance 等技術，並提出新北市社宅之適用性。

(三)評估適用於新北市社宅的 BIM 智慧平台架構與功能建議

依據 OpenBIM 原則與相關國際標準，建立包括建物、樓層、空間、設備與構件等不同層級之資料架構，並提出可行的資料交換流程(如 IFC、COBie、IDS)，協助未來各社宅在建模與維運資料一致化。

依據文獻所示之最佳實務，提出涵蓋巡檢管理、設備維修、能源監測、POE 整合、GIS 地理資訊呈現、IoT 即時監測與數位孿生模擬等功能之平台架構，並建立支援跨場域、多社區、全生命週期管理之設計原則。

二、研究方法

(一)歸納新北市社宅營運及維護管理資訊需求

本研究回顧其他國家社會住宅營運及維護管理研究(如巴西、智利、葡萄牙)、既有建物維護管理、POE 及新北市社宅永續報告書(2022-2024)等文獻，利用「文獻內容分析法」歸納營運及維護管理需求資訊及障礙：

1.核心資訊分類

(1)建物層級資訊：建物識別、樓層配置、功能分區。

(2)設備與機電系統資訊：設備屬性、運轉記錄、維修紀錄。

- (3) 公共設施與無障礙資訊：動線、坡道、手扶梯、無障礙空間。
- (4) 住戶回饋 POE 資訊：舒適度、噪音、照明、室內環境(依智利、葡萄牙研究)。
- (5) 公益空間與社福使用資訊：使用率、設備狀態。

2. 資訊交換障礙

- (1) 資料格式不一。
- (2) 巡檢資料未與建物資訊連結。
- (3) 設備履歷未與 BIM 模型或維運資料同步。
- (4) 多部門各自紀錄，缺乏共用資料庫。

(二)分析新北市可考慮採用之 BIM 技術

本研究透過文獻比較法，分析不同國家社會住宅或公共建築在 BIM 維運之應用，並建議新北市可考慮採用之技術：

1. 既有建物建模方式

- (1) Scan-to-BIM (高精度點雲掃描→參數化模型)
- (2) 低至中度 LOD (Level of Development) 建模

2. 建議參考 POE 整合 BIM 模式

- (1) 住戶舒適度評估指標
- (2) POE 問題直接標註於 BIM 模型
- (3) 以 BIM 作為 POE 結果整合平台

3. 建議採用之智慧化技術 (1) BIM-

GIS 整合：用於跨社區管理

- (2) BIM-IoT：作為設備運作監測(國際已有大量範例)

(3)Digital Twin 數位孿生：用於避難模擬、設備預測性維護

(4)大型語意模型：用於自動解析維修紀錄與產生維修建議

三、建議新北市社宅維運資訊結構

本研究將以 COBie、IFC、OpenBIM、O&M Information Requirement 等文獻為基礎，提出適合社宅維運之資料架構。

1.建議資料架構

(1)建物層級資料(Site-Building-Floor-Space)

(2)設備層級資料(設備 ID、維修記錄、保固資料)

(3)構件層級資料(牆、門窗、設備元件)

(4)巡檢與維修資料(可參照 COBie 的 Issue、Job、Schedule)

(5)POE 資料(可連結 Space 與 System)

2.建議資料交換方式 (1)IFC：

作為 BIM 模型交換基礎

(2)COBie：作為維運資料交換格式

(3)IDS (Information Delivery Specification)：限制 BIM 資料一致性

(4)API 架構：支援 BIM-FM 系統互通

貳、模型建立

建築資訊模型(BIM)是一種數位化技術，可協助建築與基礎設施工程在設計、施工與管理等流程中提升效率。BIM 主要優點(Yang and Zou 2016)：

- 強化協作能力：BIM 技術透過資料共享功能與即時資訊更新機制，使所有專案參與者之間的溝通更順暢。BIM 不僅能提升專案協作品質，同時減少錯誤發生，並促成更聚焦且高效的團隊運作。
- 可視化呈現：建築資訊模型能以精準且逼真的方式呈現專案，使不同參與者能更清楚理解自身工作內容與專案全貌。
- 降低錯誤與返工：採用 BIM 的專案能在初期即偵測並解決設計問題，降低後期修正或返工的需求，進而提升施工階段的效率與品質。
- 提升永續性與效率：BIM 可支援設計及建築性能模擬，並協助最佳化施工流程，使設計與施工更有效率，同時降低成本與工期，並提升能源效率、減少廢棄物與碳排放。
- 強化決策品質：由於 BIM 能在專案各階段提供準確且高度整合之資訊，專案團隊得以做出更佳的決策，提升整體管理效能。

一、一般建模

建模為使用 BIM 之第一步。建模作法可分為使用既有 2D 圖資(CAD/紙本)、現地尺寸丈量、手持式點雲掃描(Handheld Scanner，例如，ZEB-REVO)及定點式點雲掃描(Static Scanner，例如，LEICA BLK360)等四種，其適用情況、優點、使用限制及作業時間，如表 1 (Castellano-Román 2022)。

由表 1 可知，並不存在單一最佳建模方法；相反地，應依據建物管理目的、精度需求、資料既有程度，以及個案特性進行選擇。

表 1 BIM 建模方法

項次	建模方法	適用情況	優點	限制	作業時間
1	既有 2D 圖資 (CAD/紙本)	<ul style="list-style-type: none"> ● 有圖資 ● 精度要求不高之維運作業，例如，空間管理、日常維運及資產管理 	<ul style="list-style-type: none"> ● 成本最低 ● 快速 ● 作業簡易(不需重新丈量) ● 不需設備 ● 可支援大規模住宅管理 	<ul style="list-style-type: none"> ● 僅平面資訊，精度有限 ● 與建物現況可能存在差異 ● 不適用需高精度的修繕工程 	<ul style="list-style-type: none"> ● Castellano-Román (2022)未提供具體分鐘數，但明確指出為最快速、最省時之建模方式
2	現地尺寸丈量	<ul style="list-style-type: none"> ● 無圖資 ● 精度要求不高之維運作業，例如，空間管理、日常維運及資產管理 	<ul style="list-style-type: none"> ● 成本低 ● 快速 ● 作業簡易 ● 不需要專業設備 ● 可支援大規模住宅管理 	<ul style="list-style-type: none"> ● 精準度有限 ● 無法快速取得立面與細部資訊 	<ul style="list-style-type: none"> ● 依面積大小不同，整棟人工丈量時間需時約 1~3 小時。
3	手持式點雲掃描	<ul style="list-style-type: none"> ● 無/有圖 ● 一定精度之維運作業，例如，局部修繕、節能改善及大量社宅巡檢 	<ul style="list-style-type: none"> ● 成本高 ● 最快速 ● 現場作業快速(無需架設) ● 精度約 1-3cm，足以建置維運用 BIM 模型 ● 後處理簡單、資料量小 	<ul style="list-style-type: none"> ● 精度不及定點式掃描 ● 受行走路線、光線影響品質 	<ul style="list-style-type: none"> ● 掃描：約 30 分鐘(室內+室外) ● 後處理：約 20~30 分鐘 ● 合計：50~60 分鐘
4	定點式點雲掃描	<ul style="list-style-type: none"> ● 無/有圖資建築物 ● 高精度之維運作業，例如，變形分析、立面細節檢討、結構補強、整體修繕。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 成本最高 ● 較慢 ● 最高精度約 4mm ● 可取得立面、構件、裂縫、偏移等高解析度資料 ● 適合重大修繕評估與驗證 	<ul style="list-style-type: none"> ● 作業時間最長 ● 資料量巨大(單案約 18GB) ● 設備昂貴、處理複雜 	<ul style="list-style-type: none"> ● 掃描：63 分鐘(3 分/點×21 點) ● 下載：60 分鐘 ● 整合：180 分鐘 ● 匯出：210 分鐘 ● 總計：約 555 分鐘(9.25 小時)

首先，若建物已具備完整 CAD 或紙本圖資，且後續僅需支援一般維運(如空間管理、資產盤點或巡檢流程)，則使用既有圖資建模即可滿足需求，其具備成本最低、速度最快與作業最簡易的優勢。然而，若圖資缺乏或資訊不完整，現地丈量便成為建立基礎模型的可行選項；此方式成本低且操作簡易，但精度較不足，不適用於需細部檢討的情境。

在追求更高精度的情況下，點雲掃描即成為必要技術。手持式點雲掃描適合大量社宅巡檢、節能改善與局部修繕等應用，其具有快速、資料量小且精度可支援維運需求的優勢。但若案場需進行結構補強評估、立面細部分析或整體修繕，則必須採用定點式點雲掃描，以取得最高精度的資料；然而此方式成本最高、作業時間最長，且後處理複雜。

綜合而言，BIM 模型建置的策略應從實際管理需求出發，而非單純依賴技術本身；日常維運作業多以空間資訊管理與資產盤點為主，通常以既有圖資或現地丈量即可滿足需求；若為一般修繕、節能改善或大量社宅巡檢，則以手持式掃描最具效率；至於結構補強、立面細部檢討或整體修繕等高精度需求，則必須採用定點式掃描以取得足夠的精準度。因此，社宅 BIM 建模的規劃應根據管理目的、案場規模、精度要求與成本條件進行最適化選擇，以兼顧建模效率並提升後續平台應用效益。

二、整合式管理

近年來，建築工程因結構形式多元、機電系統複雜及永續性能需求提升，而使規劃、設計、施工與營運階段面臨高度整合管理的挑戰。傳統以 2D 圖說為基礎之協作方式，常因資訊斷裂、專業介面不一致及缺乏全域視覺化工具，導致設計衝突、施工重工、營運效率低落等問題。BIM 因能整合多專業資訊、提升協作透明度並支援建築生命週期管理，已成為推動建築數位化與精準管理的重要工具。

Otieno et al. (2025)以複合式商業大樓為研究案例，清楚展示 BIM 整合式管理在各階段的效益。前開研究應用 BIM 於(1)協同設計與衝突檢測(Clash Detection & Design Coordination)、(2)施工管理(Scheduling, Costing & Rework Reduction)、(3)建築外牆、排水與漏水風險模擬(Water Leakage & Envelope Simulation)、(4)營運維修管理(Facility Management & Predictive Maintenance)及(5)能源模擬與永續策略(Energy Modeling & Sustainability)等面向，其作法(如表 2)值得住都局參考。

表 2 數位孿生模型

BIM 應用	使用方式	實際效益(文獻量化結果)
設計協同與衝突檢測	<ul style="list-style-type: none"> ● 設計階段執行3D 衝突檢測，包含排水坡度錯誤、排水管與柱碰撞、MEP 管線干涉等。 ● 重新調整排水坡度、配管路徑與設備接口。 ● 整合建築、結構、機電多專業設計資訊。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 設計衝突排除(含結構衝突)：96% ● MEP 衝突排除：95% ● 高風險漏水點(施工前重新規劃)：92% ● 顯著降低設計錯誤，提升圖說品質與協作效率
施工管理(4D/5D)	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用 BIM 進行排程 4D 模擬，預測施工延誤 ● 使用 5D BIM 執行即時成本與預算分析 ● 透過 clash detection，於施工前排除錯誤，減少返工 	<ul style="list-style-type: none"> ● 重工減少 25%(節省新台幣 58~70 萬元) ● 施工預算超支減少 18~22% ● 工期縮短 12%(排程優化)
防水與排水風險模擬	<ul style="list-style-type: none"> ● BIM 模擬排水坡度、積水路徑與防水薄弱處 ● 透過 BIM 進行材料選擇模擬(如聚氨基酯 vs.瀝青防水) ● 利用 BIM moisture mapping 找出高風險漏水區域 	<ul style="list-style-type: none"> ● 防水改善使漏水率降低 80% ● 防水材料效能提升 30%(聚氨基酯比瀝青) ● 透過排水坡度調整避免積水(坡度提升至 1.5%)
營運維修管理(FM + IoT + AI)	<ul style="list-style-type: none"> ● BIM 作為 FM 資訊中心(設備、空間、資產) ● BIM + IoT 支援即時能耗、占用度、設備效率監控 ● AI + BIM 設備預測性維護、瑕疵診斷 	<ul style="list-style-type: none"> ● AI 強化 BIM 模型，使 HVAC 長期能耗降低 20% ● 建築營運效率提升(動態調整控制參數) ● 提升設備管理精準度、降低維修成本
能源模擬與永續建築	<ul style="list-style-type: none"> ● BIM + 建築整合型太陽光電(Building-Integrated Photovoltaics, BIPV)整合，模擬發電能力 ● BIM 執行消耗推估、LEED 評估 ● BIM 模擬 HVAC 及照明能耗場景 	<ul style="list-style-type: none"> ● BIPV 可提供 40%建築年度用電量 ● HVAC、照明等能源消耗降低 15~30% ● 支援永續認證(LEED、GRIHA)

由表 2 可知，在設計階段透過 BIM 進行三維協同及衝突檢測，可有效發現並排除 95% 的機電衝突與錯誤的排水配置，並提前調整 92% 的高風險漏水節點，使設計品質大幅提升。於施工階段，BIM 透過排程模擬(4D)、成本管理(5D)與錯誤預先排除，使重工減少 25%，工期縮短 12%，並使預算超支降低 18–22%。此外，BIM 整合 IoT 與 AI 於營運維護管理中，可支援設備效率監控、預測性維護與能源最佳化，使 HVAC 能源消耗減少約 20%，並透過 BIPV 模擬達成 40% 年度用電自給率，展現其在永續管理上的高度價值。

綜合而言，BIM 已不僅是設計工具，而是涵蓋規劃、設計、施工、驗收與營運的「整合式管理平台」。其透過資訊模型、模擬分析、協作機制與即時資料連結，使建築生命週期中的各項決策得以更加科學化、透明化與系統化，並為提升工程品質、降低風險與強化永續績效建立了關鍵基礎。

三、數位孿生

具有 BIM 模型後，可進一步發展數位孿生模型。BIM 與數位孿生模型具有「基礎—進階」關係，BIM 提供建築的幾何資訊、構件屬性與空間關係等靜態資料，是數位孿生虛擬模型的核心基礎(Pan et al. 2024)。數位孿生則在 BIM 資訊之上，進一步整合建築感測器所產生的動態資料，並透過物理模型、資料驅動模型與混合模型，建立可即時更新、能反映建築行為的動態虛擬體。因此，BIM 屬於靜態的建築資訊模型，而數位孿生則為「BIM+動態資料+即時模擬」的高階擴充，是 BIM 在營運管理階段的深化應用(Hunde et al. 2025)，亦為推動智慧建築與社宅管理數位化之重要關鍵。

Hunde et al.(2025)根據即時/歷史資料(Data)與物理(Physics)(方程式)之整合程度，區分數位孿生模型之種類，其中，即時/歷史資料(Data)代表由建築物實際運作量測到之各種數據，例如，室內溫度、濕度、能源使用量或設備運轉狀態等，可視為「建築物現象紀錄」；物理(Physics)則用於描述建築物現況之背後原

理與規律，例如，熱傳導、能量平衡、空調系統運作邏輯等，用於解釋「造成建築物現象之原因」，亦即，即時/歷史資料呈現現象，物理(方程式)則用於解釋現象發生之原因，而數位孿生模型通常需要同時運用兩者，以更準確模擬並預測建築的實際狀態。五種數位孿生模型，如表 3。

由表 3 可知，五種類型的數位孿生模型可視為資料與物理不同程度的整合光譜，從完全倚賴資料的「純資料導向」模型，到以物理方程式為主的「純物理導向」模型，再到三種不同深度的「資料+物理」混合式模型。由於各模型在資料需求、物理參與程度與整合方式上有所不同，因此其適用情境、預測精度、模型可解釋性、即時性與建置成本皆會隨之差異。

首先，純資料導向模型(DDM)依賴大量感測器與歷史資料，可快速預測溫度、能耗或設備異常，適合資訊量充足、需要即時預測的環境；但其缺乏可解釋性，對資料變動敏感。純物理導向模型(PBM)則基於建築物理與能量方程式建立，具有高可解釋性及跨情境的泛化能力，但建模與運算成本較高，且不易即時更新。

混合式模型為研究最為推薦之作法，其中，「單向整合」以資料模型作為物理模型的替代或補強，可降低 PBM 運算負擔；「雙向耦合」則讓資料與物理模型可互相校正，形成具動態更新能力之孿生系統，可支援能源最佳化與預測性維護；「模型融合」則為最高階之整合方式，透過 PINN 等方法將資料與物理完全融合，具有高精度與穩定性，但技術門檻最高，目前仍在研究發展階段。

整體而言，社會住宅維管多以能源管理、設備維護及 IEQ 監控為主，屬於資料量足且需求快速之運用情境，因此，可優先採用純資料導向模型(DDM)或混合式單向整合模型(3.1)；而若需智慧節能或 HVAC 最佳化，則建議採用混合式雙向耦合(3.2)；至於高精度的結構或大型設備健康監測，可在特定案場採用模型融合(3.3)。不同模型對應不同維管目的，應採「需求導向」方式進行選擇，而非一律使用最高階模型，以兼顧成本效益與實務操作性。

表 3 數位孿生模型

項次	方法類型	適用情形	優點	限制
1	純資料導向模型 (Data-Driven Models, DDM)	<ul style="list-style-type: none"> ● 具備大量歷史與即時感測資料 ● 須快速預測(溫度、能耗、故障診斷、設備維護) ● 行為模式複雜、難以以物理方程式描述 	<ul style="list-style-type: none"> ● 學習高度非線性行為 ● 運算速度快，可即時應用 ● 適用高維度資料(影像、點雲、時序資料) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 需大量資料，資料不足時精度差 ● 可解釋性低(黑箱模型) ● 對外部情境變化敏感，泛化能力弱
2	純物理導向模型 (Physics-Based Models, PBM)	<ul style="list-style-type: none"> ● 需高可解釋性(能源模型、熱舒適、建物物理) ● 資料量不足時 ● 需依物理方程式嚴謹描述行為 	<ul style="list-style-type: none"> ● 高度可解釋(白箱模型) ● 泛化能力強(依物理定律) ● 不需大量資料即可建模 	<ul style="list-style-type: none"> ● 建模需工程/物理專業 ● 運算成本高，難以即時性 ● 未知或複雜物理行為難以完整描述
3.1	混合式：單向整合 (Hybrid Sequential Integration)	<ul style="list-style-type: none"> ● 需要降低 PBM 運算成本 ● 需要進一步強化 PBM 結果之分析 	<ul style="list-style-type: none"> ● 降低 PBM 計算負擔(DDM 作為替代模型) ● PBM 提供先驗知識，可提高 DDM 泛化能力 	<ul style="list-style-type: none"> ● 資料僅單向流動，非真正動態孿生 ● 仍會受資料偏差影響
3.2	混合式：雙向耦合 (Hybrid Coupled Integration)	<ul style="list-style-type: none"> ● 需要可隨時間更新之動態孿生 ● 需要即時校正能源模型/控制 HVAC 	<ul style="list-style-type: none"> ● PBM 與 DDM 互相校正，能適應高度動態行為 ● 可支援即時能源優化與預測性維護 	<ul style="list-style-type: none"> ● 架構複雜、成本高 ● 運算量大(雙向迭代)
3.3	混合式：模型融合 (Hybrid Fusion Integration)	<ul style="list-style-type: none"> ● 需要高精度、高可解釋性及高泛化能力(預測準確) ● 適用長期監測(能源孿生、HVAC 模型) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 最佳整體性能(精度+穩定度+解釋性) ● 可利用物理導引神經網路(Physics-Informed Neural Network, PINN)降低資料需求 	<ul style="list-style-type: none"> ● 技術複雜，仍於發展中 ● 訓練不穩定、開發成本高

參、 BIM 應用於社會住宅之維護與管理

大型社會住宅之生命週期管理需要大量人力與技術資源，如何最佳化這些資源則是各方共同追求之目標。部份學者建議導入 BIM，以發揮其將建築資訊整合至三維圖形模型之能力(Castellano-Román et al. 2022)。

目前 BIM 已逐漸導入社會住宅之規劃、修繕與管理領域，惟不同國家之導入重點與作法不同，例如，在英國，BIM 的應用則聚焦於既有社會住宅的整修工程。相關研究利用 4D BIM(含時間維度)模擬施工順序，以提升整修工程之排程與協作效率。此類研究專注於施工介入期間的管理，但較少探討完工後的長期維運模式(Chaves et al. 2015)；在法國的 Triolo 案例中，研究者提出以單一社會住宅建立 BIM 模型作為管理核心，主要用於三維視覺化與資訊整合，以協助日常管理。然而，該研究並未整合外部管理系統(如 CMMS)，也未處理大量住宅群的管理問題(Alileche and Shahrour 2018)；在巴西，研究者則從業主需求角度出發，檢討社會住宅專案中 BIM 資訊模型應包含的內容，主張 BIM 模型的參數與資訊結構應能反映管理單位的實際需求，而非僅由設計端決定。此一觀點強調 BIM 必須符合社宅管理政策、維修作業及決策流程的需求，才能發揮管理效益(Baldauf et al. 2018)；在智利的社會住宅新建案中，BIM 被用於住戶入住時的建物狀況紀錄。研究者透過 BIM 模型標註建物缺失與損壞，作為交屋與後續追蹤的依據。此應用強調記錄「建物狀況本身」(Gonzalez-Caceres et al. 2019)；紐西蘭 Wellington 市政府也曾將 BIM 應用於公有社宅的維護管理。研究顯示，BIM 可作為蒐集及整合建築資訊的平台，用於預測維護成本並支援中長期修繕規劃，以延長建物使用壽命，惟其與其他管理工具的串接方式仍在持續發展中(Wellington City Council 2022)。

以下本研究詳細分析智利(根據 Gonzalez-Caceres et al. 2019 之研究)及巴西(根據 Silva et al. 2022 之研究)社會住宅之 BIM 應用方式，提供城鄉局參考。

一、智利

智利近二十年來致力於降低住宅赤字，政府透過補貼方式大量興建社會住宅，使新建房屋中約半數屬於社宅體系。然而，此種政策雖有效解決住屋數量問題，卻因過度強調「量」而不重視「質」，使得建築品質、耐久性與室內環境表現備受質疑。研究指出，智利社會住宅普遍採用標準化、低成本與快速施工的模式，加上現行熱工法規未能充分反映當地高濕度、低溫的氣候特性，使得許多住宅在使用階段出現嚴重的潮濕、黴菌、結露與熱橋問題。此外，低收入家庭普遍成員眾多，而社宅單位坪數有限，使人口密度超出原始設計，增加室內污染物與濕度累積的可能性。這些問題再加上施工監督不足、混凝土孔隙高、接縫灌漿不良，以及氣密性差異巨大等因素，使得社會住宅在入住後暴露出大量潛在缺陷，形成重大維修負擔。

在此背景下，引入建築資訊模型(BIM)成為智利社宅體系的重要契機。一方面，由於政府已規劃自 2020 年起將 BIM 納入公共工程之標準程序，未來社會住宅勢必也會依循此方向，以提升公共投資的效率與品質。另一方面，BIM 的高度整合特性可補足現行社宅建設中資訊分散、跨單位溝通不足、資料無法追溯等問題。透過 BIM，可將設計、施工與運維階段的資訊統一管理，並與 POE(Post-Occupancy Evaluation)整合，讓大量量測所得的真實數據(如氣密性、熱傳係數、室內濕度、CO₂ 濃度、熱像檢測、滲水測試及材料蒸氣阻力等)得以系統化儲存於 IFC 模型中，蒐集數據如表 4。此舉不僅能提升未來設計品質，也能讓政府依據實證數據修訂相關建築法規，例如強化氣密標準或提高外牆抗雨滲要求，大幅提升社宅之耐久性與居住品質。

表 4 智利社會住宅監測資料

量測項目	參數	單位	構件/區域
室內環境 (Indoor environment)	室內空氣溫度 (Indoor air temperature)	°C	空間 (Space)
	內表面溫度 (Interior surface temperature)	°C	空間 (Space)
	相對濕度 (Relative humidity)	%	空間 (Space)
氣候參數 (Weather parameters)	CO ₂ 濃度 (CO ₂ concentration)	ppm	氣候 (Weather station)
	室外空氣溫度 (Air temperature)	°C	氣候 (Weather station)
	相對濕度 (Relative humidity)	%	氣候 (Weather station)
	風速 (Wind speed)	m/s	氣候 (Climate)
	風向 (Wind direction)	Degrees	氣候 (Climate)
	全球太陽輻射量 (Global solar radiation)	kW/m ²	氣候 (Climate)
熱傳係數 (Thermal transmittance)	外牆現場熱通量測試 (In situ heat flux in façade)	W/(m ² ·K)	外牆 (Wall)
熱橋 (Thermal bridges)	表面溫度 (Superficial temperature)	°C	外牆 (Wall)
凝結風險 (Condensing risks)	蒸氣壓 (Vapour pressure)	Pa	外牆 (Wall)
氣密性 (Airtightness)	50 Pa 空氣滲透率 (Air permeability at 50 Pa)	ACH	室內空間 (Space)
	100 Pa 空氣流量 (Air flow at 100 Pa)	m ³ /(h·m ²)	窗戶 (Window)
抗雨滲性能 (Water penetration)	外牆抗雨滲測試 (Water penetration of façade)	Pa	外牆 (Wall)
熱導率 (Thermal conductivity)	熱流量 (Heat flow)	W/(m·K)	材料 (Material)
水蒸氣滲透性 (Water vapour permeability)	材料水蒸氣穿透率 (Water vapour transmission of materials)	kg/(s·m·Pa)	材料 (Material)

Gonzalez-Caceres et al. (2019)選擇位於智利康塞普西翁(Concepción)市郊之社會住宅建築群執行測試。該住宅群於 2013 年完工，共由 25 棟四層樓的建築物組

成，總計 400 戶公寓，建築群組成如圖 1。住宅基地位於兩個海灣之間的開放區域，距海拔約 140 公尺，氣候特徵為 高濕度、溫度偏低、冬季多雨且風勢明顯。

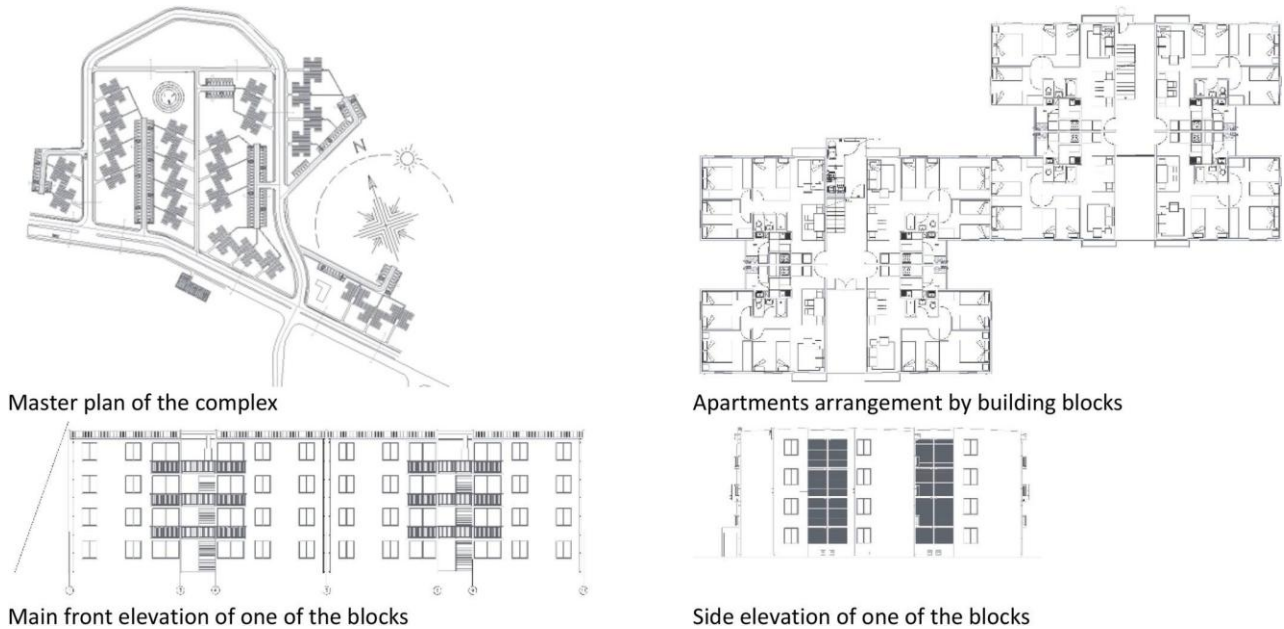


圖 1 智利案例平面圖

每戶公寓面積約 57m²，包含三間臥室、浴室、開放式客餐廳與廚房、以及半開放式洗衣空間，如圖 2。由於住戶反映大量室內環境與建築病害問題，包括：牆面與天花板潮濕、黴菌滋生、濃重潮味、牆面結露、家具後方發霉等症狀。調查顯示，受損戶分布於不同樓層、不同方位、不同棟別，並無一致的區位關聯性。由於問題嚴重且原因不明，研究團隊遂選擇此案進行完整的使用後評估 (POE) 與 BIM 資料整合研究。研究針對最具代表性的六戶公寓進行深入診斷，其中包含症狀嚴重戶與完全未受損之對照戶，透過現勘、模擬、環境監測、材料與構件實測(如氣密性、熱傳係數、防雨滲、水蒸氣滲透性、熱像檢測等)全面分析建築性能。此案例因此成為探討智利社會住宅施工品質、室內環境問題、設計弱點與政策改善的重要實證案例。

在此案例中，BIM 用於 POE 全階段資料管理之核心平台。研究團隊將三階段 POE(初步評估、深入調查與診斷階段)所得資訊全面導入 BIM，包括使用者問

卷、屋況巡檢紀錄、建築損害位置、能耗模擬結果、通風與風向分析、室內環境監測曲線，以及各項實測試驗結果。這些資訊透過 IFC 格式儲存，並依構件層級(氣候、空間、牆體、材料等)建立對應之 Property Sets，使後續設計者、維運單位與政策制定者能直接引用。透過 BIM 模型，所有與建物病害相關的資訊皆能留存為建築生命週期的一部分，避免未來同型住宅重蹈覆轍，促進系統性的品質改善。



圖 2 智利案例住宅平面圖



圖 3 智利案例之建築損害

為了確定社宅潮濕問題的真正原因，研究採取三階段 POE 的架構。初步評估階段以現地巡查與住戶問卷為主，快速判斷異常位置與可能因素；然而結果顯示，住戶行為雖具一定影響，但並不足以解釋所有受損情況，因此需要進一步分析。於深入調查階段，研究團隊進行了日照、陰影、風向、能耗與通風模擬，並開始室內環境監測，逐步排除僅由使用行為造成的可能性。最終於診斷階段，透過大量精密量測(如 blower-door 氣密性測試、熱流計測得的外牆 U 值、外牆防雨滲測試、熱像儀判讀熱橋、材料熱導率與蒸氣阻力試驗)確認潮濕來源多重且互相交織，並非單一因素所致。

研究結果顯示，最主要的成因包含：外牆抗雨滲性能不足(受測牆面有半數未達標準)、施工品質差異大(氣密性介於 5.6 至 18.86ACH50 之間)、熱橋明顯(溫差達 4°C 且低於露點)、隔熱厚度不足與缺乏蒸氣阻隔層，以及當地高濕度氣候與通風不足共同作用。此外，實測 U 值比設計值高出 20–30%，顯示牆體受含水率影響，隔熱性能大幅下降。這些以 BIM 系統化整合的量化證據，使得問題診斷得以科學化與精準化，也為未來社宅設計、施工管控與政策制定提供堅實的實證基礎。此項研究提出 BIM 應用於社會住宅之優勢及挑戰，如圖 4。

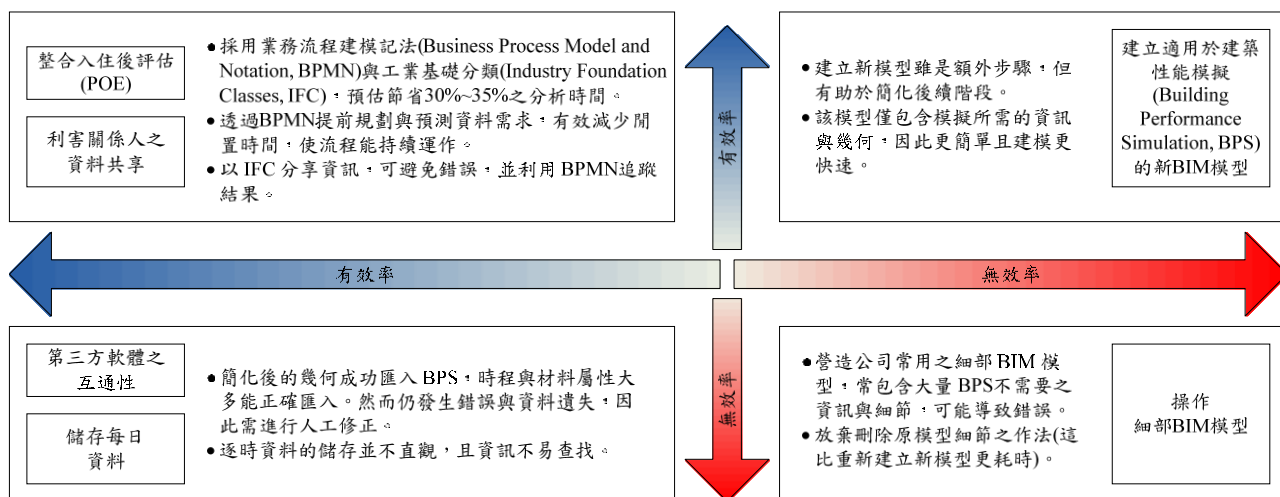


圖 4 BIM 應用於社會住宅之優勢及挑戰

這篇研究呈現「BIM + POE」可為智利社會住宅帶來全面性的效益。除了能清楚揭露造成室內環境劣化的真因外，亦有助於建立可複製的診斷流程模型，使日後相關機構能持續累積資料、提升品質並降低維修成本。透過標準化的資料交換模式，所有測試結果得以永久留存在 BIM 模型中，不僅強化跨單位合作，也提升公共建築投資效益。在智利即將全面導入 BIM 的政策趨勢下，研究所建立的流程與資料模型，可成為未來社會住宅設計與管理的重要參考。

二、巴西

巴西自 2009 年推行大規模社會住宅計畫以來，至 2019 年已建置約 460 萬戶社會住宅，形成全球規模最大的住宅補貼政策之一。然而，相關研究指出，這些住宅多採用標準化的單一設計模式，未充分因應巴西境內多樣化的氣候區，致使熱舒適與能源效率普遍偏低。標準住宅往往缺乏足夠的自然通風與日照規劃，使住戶必須依賴機械通風與電力設備以維持基本舒適度。此外，由於設計未完全符合住戶的生活型態，許多家庭在入住後進行不同程度的「非正式改造」，進一步造成裂縫、滲水與結構細部損壞等問題。研究案例甚至指出，多達七成住戶回報不同程度的建築病害，反映出巴西社會住宅在設計、施工與後續維護方面，仍有必須改善之處(Silva et al. 2022)。

Silva et al. (2022) 採用的案例來自巴西全國性社會住宅計畫(Social Interest Housing, SIH)中的典型標準戶型。由於巴西在 2009 至 2019 年間透過「Minha Casa, Minha Vida」計畫(我的家，我的生活)大量建造社會住宅，累計超過 460 萬戶。研究者首先選取一個代表性的社會住宅單元，並依據政府提供的標準設計圖，重新建立完整的 BIM(Revit)模型，案例平面圖，如圖 5，建模結果如圖 6。此篇文獻指出，這個標準戶型在巴西全國不同氣候帶大量複製使用(尤其是溫暖與炎熱地區)，但其原始設計並未依據各地氣候條件進行調整，具有高度「一體適用」(one-size-fits-all)的特性。透過 BIM 建模後，研究者開始針對此戶型進行通風性能與開口設置比例的檢核，並比對巴西國家熱工標準 NBR 15.220 的規範要求。結果顯示，這個標準化住宅的窗戶開口比例與自然通風條件，並不符合現行法規，顯示設計本身存在缺陷，不足以因應熱帶與亞熱帶地區住戶的基本舒適需求。

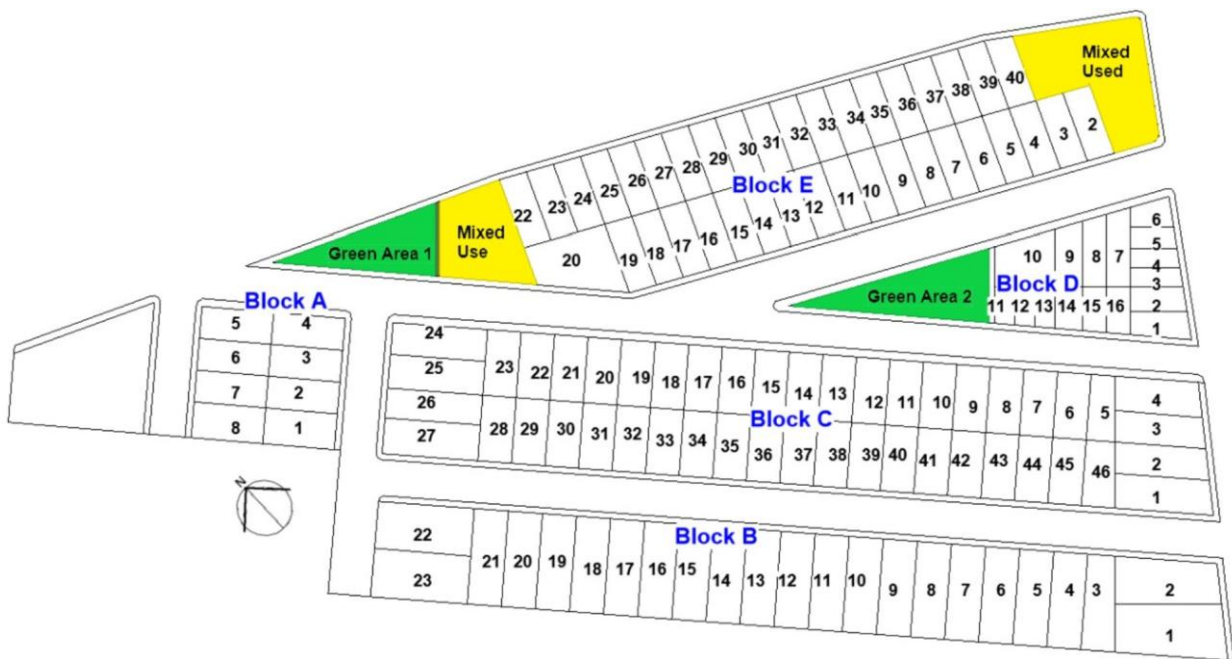


圖 5 巴西案例社宅平面圖

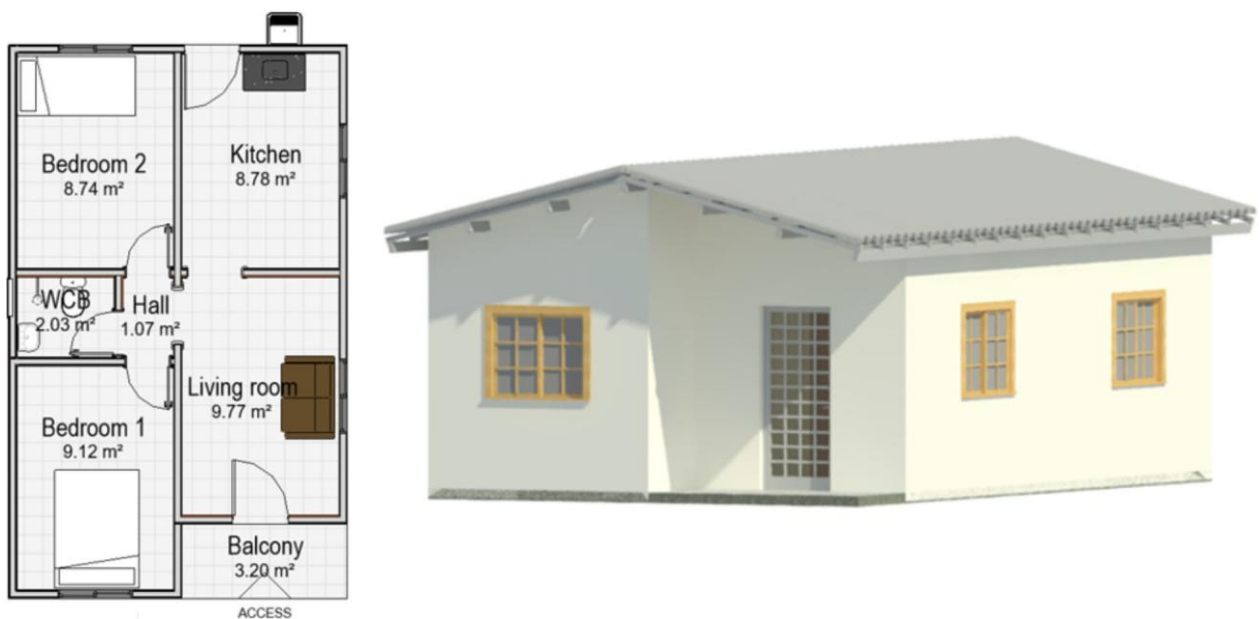


圖 6 巴西案例標準戶之室內空間及 BIM 模型

(一)住戶特性

1. 以家庭人口結構角度，約 8.8% 住戶為獨居，35.3% 與一位家人同住，20.6% 與兩位其他成員同住，23.5% 與三位家人同住，另有 11.8% 的住戶家庭人口達四人以上，顯示多數戶別屬於 2-4 人之小型家庭，但仍存在一定比例之大家庭需在有限的室內空間中生活。
2. 在居住型態方面，僅約 10.3% 的住戶為承租人，多數住戶 (89.7%) 係透過巴西官方住房金融機構 CAIXA 辦理分期貸款購屋，顯示本個案社會住宅具有相當高的「準自有」居住比例，居民與住宅之關係偏向長期使用與自主管理，而非短期租賃；在所得分布上，約 1.7% 的住戶家庭每月收入低於或等於一個法定基本工資 (R\$1100，約 197 美元)，另有 41.4% 家庭收入介於一到三倍基本工資之間，39.7% 介於三到五倍，13.8% 介於五到七倍，僅 3.4% 高於七倍基本工資。整體而言，本社區主要服務對象仍為中低收入戶，經濟承受能力有限。
3. 能源使用方面，僅有 6.25% 的住戶月用電量低於 50 kWh，另有 6.25% 介於 50-75 kWh，21.88% 介於 100-150 kWh，15.63% 介於 150-175 kWh，15.63% 介於 175-200 kWh，且高達 21.88% 的家庭每月用電量超過 200 kWh，接近低收入戶電價補助方案所設定之 220 kWh/月上限。考量其所得水準，能源支出對家

庭財務壓力影響顯著。研究指出，較高用電量與住戶大量使用電熱淋浴設備 (electric showers) 密切相關，因當地平均氣溫約 21°C，冬季洗澡需藉由電熱設備加熱自來水，導致用電負荷偏高。

根據上述討論可知，有限家戶收入與較高的能源支出之間存在明顯矛盾，因此，若能透過設計優化提升建築之自然通風與熱環境表現，將有助於減少對電熱設備與空調的依賴，進而改善弱勢家庭之能源負擔。

(二)使用後評估(Post-Occupancy Analysis)

在使用後評估部分，研究團隊藉由現地踏勘與問卷調查，發現此社會住宅社區的實際使用情形與原始設計之間已產生高度偏離。實地訪查顯示，多數住戶已對住宅空間進行不同程度的增改作業，例如加建隔間牆、調整室內動線、變更開口位置等，導致社區整體立面及平面構圖與原設計標準型房型出現明顯「去構型」(architectural deconfiguration)。

這些增改行為一方面反映住戶對既有平面配置的不滿與不適應，另一方面也潛藏結構與耐久性能風險。研究指出，若住戶在缺乏技術指導與管理機制下自行施工，除了產生建築廢棄物與資源浪費外，亦可能破壞圍護結構、防水層或保溫系統，進而影響住宅安全與長期性能。

在滿意度分析方面，住戶對部分空間尺度特別不滿，其中以浴室與廚房面積最為突出：約 41% 的受訪者對浴室大小不滿意，約 45% 則對廚房空間感到不滿。研究進一步依家庭人口規模加以分類，顯示當家庭人口愈多時，對這兩個機能空間之面積與機能表現愈不滿意，凸顯原始標準屋型在空間設計上，對多人口家庭之使用需求考量不足。

綜合上述結果，作者認為「住戶需求未被充分納入設計階段」是造成高比例後續增改與不滿意的重要原因。為避免未來再度出現大量事後介入工程，設計階段應透過系統化的使用後評估與住戶意見蒐集機制，提前掌握空間機能與熱

舒適需求，並據以優化社會住宅標準屋型。

(三)BIM 於建築維護與整建管理之應用

作者從文獻回顧出發，系統整理 BIM 於既有建築維護與整建管理中的功能與效益，作為後續提出指引與個案分析的理論基礎。研究首先指出，BIM 已逐漸從傳統設計階段的3D建模工具，發展為可串聯建築生命週期各階段(規劃、設計、施工、營運與維護)的資訊整合平台。對於社會住宅這類大規模、長期持有的公共住宅資產而言，BIM 若能從設計即導入，便能為後續維護與翻修提供完整的生命週期資料。

文獻分析將 BIM 在維護與整建管理之功能歸納為幾個面向。第一是「生命週期資料提供」(provision of life cycle data)：藉由 BIM 模型彙整建材規格、構造作法與設備資料，有助於制定維護策略、安排修繕時程，並進行翻修方案的成本與效益分析。第二是「運轉與性能模擬」(operation simulation)：BIM 結合建築能源模擬(BEM)、熱舒適分析等工具，可評估建築及材料之熱與能耗表現，進而比較不同翻修與節能方案的效果。第三是「決策支援」(decision making)：透過 BIM 模型搭配成本、性能與壽命資料，可對各種維修、更新及整建替代方案進行經濟可行性分析與多準則評估。

此外，文獻亦指出 BIM 在「資產管理」(asset management)與「需求管理」(requirement management)上扮演關鍵角色。前者包含建物老化管理、材料與系統性能分析等，可支援社會住宅資產的中長期維護策略規劃；後者則著眼於蒐集與管理住戶需求與使用經驗，以改進未來住宅設計與維護策略。最後，BIM 還可用於「設計優化」(design optimization)，透過長期累積的性能與使用資料，回饋至新案標準屋型之設計，導入更符合在地氣候與住戶行為的空間配置與構造作法。不過，作者強調，現階段要在維護管理中充分發揮 BIM 的潛力，仍面臨系統串接與資料互通性(interoperability)、利害關係人 BIM 成熟度不足等挑戰。因此，文獻普遍建議，需透過明確的「BIM 導入指引」來規範模型內容、資料

收集與交換標準，才能真正支援維護與整建管理。這也為後文提出之 BIM 導入指引奠定理論根據。

(四)BIM 於建築維護與整建管理之應用

研究團隊先依據住戶滿意度調查結果，針對原標準屋型提出三種新布局方案(layout models)，主要目標在於改善浴室與廚房的空間配置，並提升自然通風與熱舒適表現，如圖 7 及圖 8。此四種方案(原始+三個替代布局)皆以 BIM 建模，並依據巴西熱環境標準 NBR 15.220 與社會住宅永續認證「CAIXA Selo Casa Azul」的相關規定，檢核各方案的熱性能與通風表現。

接著，研究以「BIM 輸入資料需求」的角度，檢討個案在支持維護與整建管理時的資料完整性。表 7 列出有效運用 BIM 進行維護管理所需之關鍵資料，包括：房屋型態與建造年份、樓地板面積與層高、牆體與屋頂等建材資訊、各構件之熱傳係數(U 值)、加建與現場增改情形、住戶使用行為與能源效率等級資料、住戶翻修改善優先順序與決策因素等。實際檢視發現，雖然基本幾何資訊與部分法規資料可取得，但多數與細部構造、材料屬性、使用行為與翻修偏好相關之資料皆欠缺，使得 BIM 模型難以支援深入的性能模擬與維護決策。

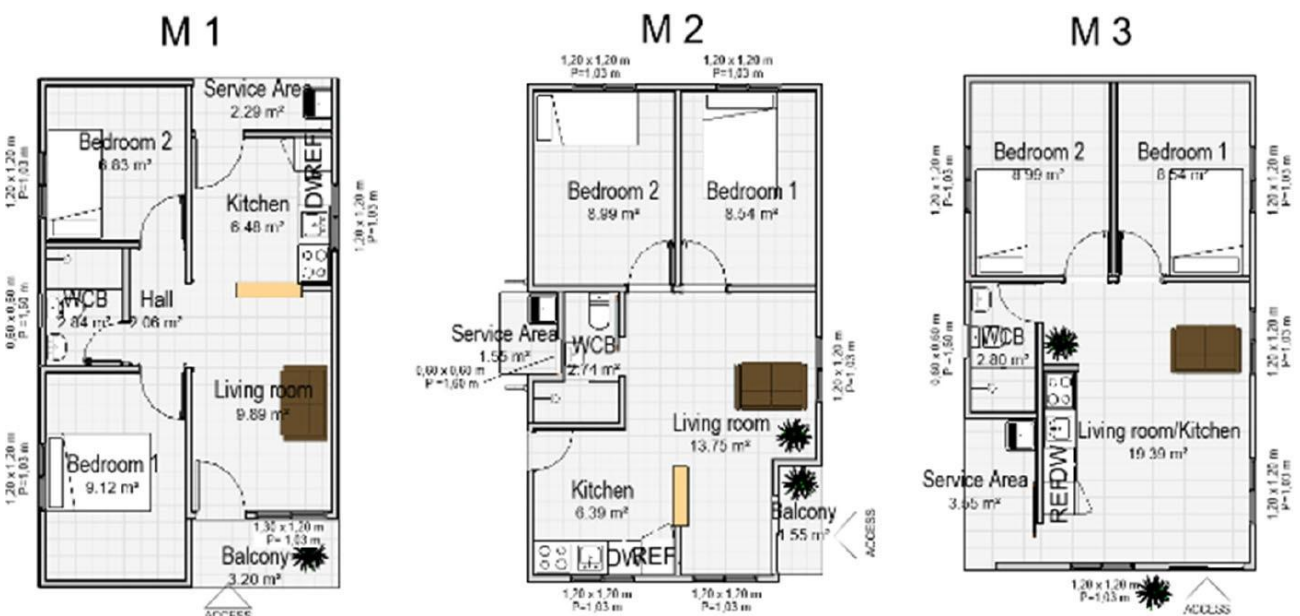


圖 7 巴西案例_調整後之室內空間配置



圖 8 巴西案例_調整後之建模

由於缺乏完整之材料熱工性質與構造細節，研究最終無法建立可進行能耗與熱性能模擬之完整能源模型(energy model)，顯示若要在社會住宅導入 BIM 以支援能源效率與維護管理，資料收集與標準化是必須優先補強的前提。

(五)未來社會住宅專案之 BIM 導入指引

作者進一步從研究個案與文獻整理出一套「未來社會住宅專案 BIM 導入指引」，並將其分為五大類：(1)BIM 推動；(2)能源效率；(3)維護管理；(4)使用者需求管理；(5)持續精進。

1. BIM 推動(BIM encouragement)：建議未來社會住宅專案自設計階段即採用 BIM，且模型不僅要包含建築平面與立面資訊，還應完整納入結構、電氣及給排水等機電系統，並記錄材料、施工系統與預算資料。同時，需預先考量住戶可能進行之加建及格局變更，於模型中保留相關彈性與資訊，以利後續維護與翻修。
2. 能源效率(Energy efficiency)：設計階段應以 BIM 結合建築能源模擬工具，檢討開窗比例(WWR)、通風路徑與材料選用，並依據 NBR 15.220 及相關熱性能標準進行熱舒適模擬，同時導入 Selo Procel Edificações 能源效率標示制度，建立 BIM 模型與 BEM 參數的整合機制。
3. 維護管理(Maintenance management)：建議提供以 BIM 模型為基礎的電子化住戶使用手冊，明確標示各構件維護方式與注意事項；並在部分住戶或公共區

域布建佔用與環境感測器，長期蒐集實際使用與熱舒適資料，作為材料性能監測與病害(pathologies)追蹤之依據，逐步建立維護管理資料庫。

4. 使用者需求管理(User requirement management)：透過系統化機制記錄住戶對住宅所進行的各項介入與改裝，並將其整理為經驗資料庫，回饋給公共住宅計畫與設計團隊，讓新案能反映既有住戶的實際需求與行為模式。
5. 持續精進(Continuous improvement)：強調應將住戶經驗與性能監測資料，作為未來設計優化的主要依據，藉此降低住戶事後介入與增改的需求，逐步建立以「使用後績效」為核心的持續改進循環。

巴西案例之研究結果顯示，BIM 不僅限於建模或繪圖工具，而是作為社會住宅後占管理的核心資料平台。研究團隊首先建立標準戶型的 BIM 模型，並以此進行能源模擬與自然通風分析，發現現行標準住宅的開口比例與格局未符合法規要求，易造成通風不足與室內熱累積問題。研究者進一步利用 BIM 建構不同的替代戶型，模擬其能源性能與通風效果，作為設計改善的依據。同時，文獻亦建議將 BIM 作為環境認證機構(如 Casa Azul)的審查基礎，使認證作業更具透明度與客觀性。更重要的是，BIM 模型可整合材料資料、保固資訊、維修紀錄與住戶需求，使後占管理能進行計畫化維護，而非在收到損害回報後才消極修繕，形成從「反應式」走向「預防式」管理模式。

肆、 BIM 智慧平台

本研究所介紹的「BIM 智慧平台」旨在說明其在國際研究中的各項技術功能。然而必須強調，這些功能目前仍未在社會住宅領域中大規模實施，相關研究多著重於一般建築、校園設施、基礎建設或商辦資產管理。本章純粹依據文獻內容，整理出未來社會住宅若導入 BIM 智慧平台時，可能考慮之應用方向。

首先，在 BIM 結合 GIS 方面，國際研究指出，GIS 可提供區域尺度的空間資訊，而 BIM 則提供建築構件層級的資料；兩者整合後能支援設施管理契約、資產盤點與位置導向的維護作業(如管線、設備、空間管理等)，形成跨尺度的資料

治理架構(Ismaeil 2024)。研究顯示 GIS/BIM 整合能強化資產管理合約資訊流、地理資訊查詢、施工紀錄比對與維修範圍定位等能力，提供管理者具備「物件+位置」的雙重視角，提升 FM 作業效率。

其次，BIM 結合物聯網(IoT)與其他智慧技術，則能使建築物由靜態資料模型轉化為動態監測平台。IoT 感測器能持續回傳空氣品質、設備狀態、能源消耗、震動或結構性能等資訊，而 BIM 可視化呈現這些感測數據，協助管理者掌握建築的即時運作情況。學者指出，IoT 在建築領域已被廣泛用於安全監測、施工管理、能源管理與設備追蹤，並且常與 AI、雲端平台、邊緣運算與區塊鏈等技術共同運作(Sadeghi et al. 2025)。雖然這些成果尚未在社會住宅中發揮，但展現出未來 BIM 智慧平台可在社宅導入 IoT 後擁有更高層次的資料整合與預測能力。

第三，數位雙生(Digital Twin)結合大型語意模型(Large Language Models, LLMs)的建築維護管理，是近年最具突破性的方向。文獻指出，數位雙生可即時反映建築實體的運作狀態，而 LLM 則可協助管理者以自然語言查詢維護需求、判讀設備紀錄或生成維運規範。例如中國浙江大學提出「DT-GPT」，可在設計階段自動判讀 O&M 需求、生成非幾何資料清單並協助擬定維護指引，其語意比對與資料擷取準確率皆超過 85–95%(Bao and Bu 2025)。這類 AI 輔助維運方式尚未於社會住宅領域落實，但已能證明未來社宅若建置數位雙生平台，即可提升性能監測、自動化報修、智慧回應住戶需求等能力。

第四，BIM 與 FM 系統資料交換作法則是讓前述技術能運作的基礎。研究指出，目前 BIM 導入維運工作最大的障礙來自資料互通性(interoperability)不足，導致營運階段常面臨模型資訊缺漏、格式不一致與資料無法匯入 FM 系統等問題。近年 openBIM 概念受到重視，透過 IFC、COBie 以及 REST API，可使不同軟體間的資料交換更穩定，並確保模型在施工到營運階段持續更新。例如 Otranto et al.(2025)提出以 IFC 為核心的開放式整合架構，搭配雲端平台與 API 介面，使 BIM 模型得以與 FM 系統雙向更新，避免資料遺失並改善維運資訊的一致性。此

模式未曾於社會住宅實施，但為未來社宅 BIM 導入 FM 的基本基礎。

最後，BIM 應用於設施維護與管理的研究已展現其在多面向的效益，包括資產盤點、設備定位、維護排程、能源監測、故障預測與性能分析等。Ehab et al. (2024)提出 BIM 維護管理系統(BIM Maintenance System)，透過 IoT 提供的即時設備資料，可支援預防性維護、能源優化與更精準的維修決策，並提升住戶舒適度與建物性能。該研究更建立 BIM-IoT 整合之維護流程，可視為未來社會住宅建置智慧管理平台的重要參考架構。

整體而言，上述文獻所展現之 BIM 智慧平台功能，均尚停留在一般建築、校園或大型設施管理領域，並未真正進入社會住宅的操作範疇。然而這些研究已清楚指出，若未來社會住宅能從規劃與設計階段即建立 BIM 模型，並逐步導入 GIS、IoT、數位雙生技術與標準化資料交換機制，將能有效改善社宅的資產管理、維護效率、住戶安全與能源管理，並促成高度自動化、透明化與智慧化的公共住宅管理模式。

一、BIM 結合 GIS

根據 Ismaeil (2024)之研究成果，GIS 與 BIM 的整合主要目的在於建立一套跨尺度、跨系統的統一資訊平台，使建築資產管理能同時掌握地理空間脈絡與建築構件層級的技術資料。GIS 擅長描述位置、地形、城市環境與基礎設施，而 BIM 則提供建築構件、材料、設備與空間的細部屬性。文獻指出，兩者整合的最大目的在於改善維護管理契約的資訊透明度與準確性，使管理者能以「位置＋構件」的方式更精確地掌握維修範圍、資產狀況與設施分布，同時支援政府或大型機構在資產治理與營運管理上的決策需求。

在整合作法上，研究呈現的是「以 GIS 為核心平台」的整合架構。也就是說，BIM 模型並非單獨運作，而是被轉換成 GIS 可讀取的結構化資料，並匯入資產資訊模型(Asset Information Model, AIM)中，由 GIS 負責統整與管理。這個作法

使 BIM 架構中的構件資料、設備編碼、材料資訊與空間屬性能與 GIS 的地理座標進行綁定，形成具有地理關聯性的數位資產資料。透過此方式，管理者可以在 GIS 平台中檢視每一項 BIM 構件的具體位置，如圖 9，並將維護區域、巡檢範圍、地下管線與公共設施等資訊整合到同一地理資訊架構中，如圖 10，建立可持續更新的統一資料庫。

透過這種整合方式，GIS+BIM 平台呈現出多項重要功能。首先，平台可進行空間導向的資產管理，使管理者能快速根據地圖定位建築構件、設備或維護範圍，再從 BIM 中取得技術細節。其次，系統能支援維護調度與外包契約管理，例如確認維護範圍是否確實覆蓋、設備是否按圖施工、維修紀錄是否對應正確的位置等。此外，GIS 的空間查詢與分層顯示功能，使管理者能將交通、地形、公共設施、災害資訊等外部資料與 BIM 技術資料結合，形成更具完整性的跨領域決策工具。同時，平台也強化資料治理，避免 BIM 資料與 FM 系統資訊分散在各部門或多個平台中，形成「資訊孤島」問題。

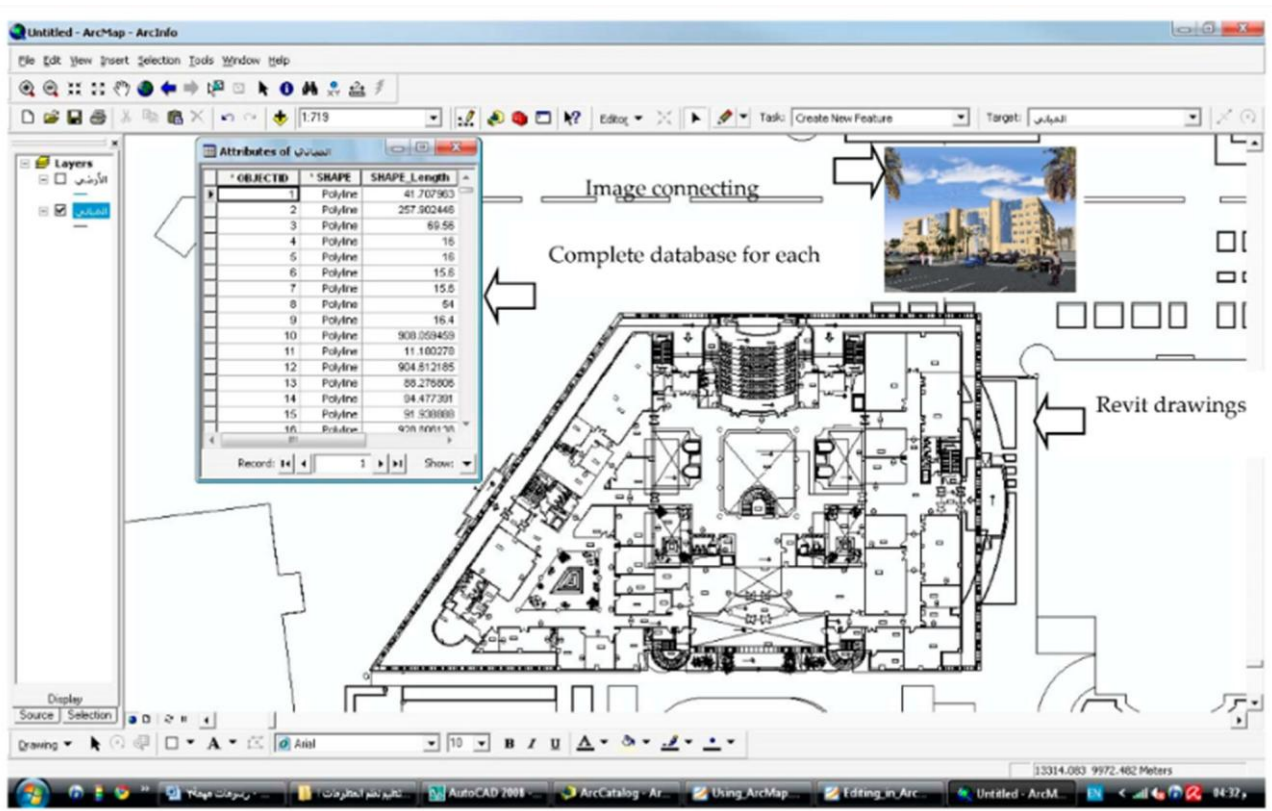


圖 9 ArcGIS 連接 Revit(檢討室內空間與元件)

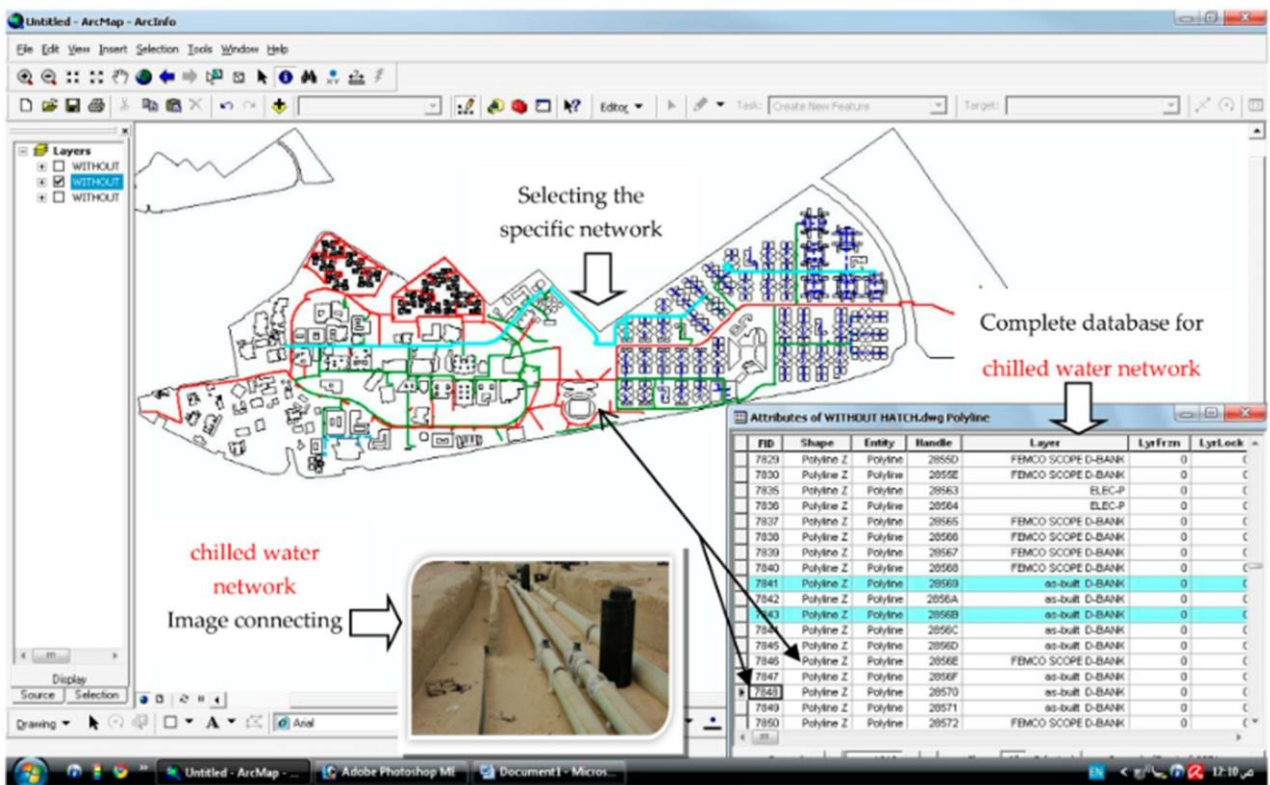


圖 10 ArcGIS 連接 Revit(室外管線與元件)

在效益方面，文獻強調 GIS+BIM 整合能顯著提升建築資產管理的效率與準確性。整合後的資料具有一致的格式與清楚的地理關聯，使維修人員能迅速根據地圖找到設備位置，降低現場查找時間與管理成本。對於外包維護契約而言，GIS+BIM 能清楚界定維修範圍、設備位置與責任區域，強化契約監督能力，避免施工品質與維護成效難以驗證的情況。此外，整合平台所累積的資料可作為長期資產規劃的基礎，例如評估設施老化程度、進行風險分析或制定資產更新策略。長期而言，GIS+BIM 整合能建立建築物全生命週期的資訊流，讓未來的翻修、擴建或設施汰換決策更具資料支撐，提升公共建設或大型資產治理品質。

二、BIM、物聯網與其他技術

根據 Sadeghi et al. (2025)之研究成果，物聯網(IoT)結合 BIM 與多項新興數位技術的核心目的，在於以即時、可視化且智慧化的方式加強建築與營建管理，

包括工地安全、設備與材料追蹤、工人行為偵測、環境監控、建築後期之能源管理與維護營運等領域。文獻指出，IoT 的快速發展使其成為提升施工效率與安全性的關鍵科技，其與 BIM、人工智慧(AI)、區塊鏈、雲端與邊緣運算及數位分身(Digital Twin)等系統的整合，能共同構成新一代數位工地與智慧建築管理生態系統

在作法上，IoT 以大量感測器、可穿戴裝置、定位器與環境感測模組收集即時資料，並透過雲端、邊緣運算或智慧型閘道器進行資料傳輸與分析。這些資料可進一步匯入 BIM 模型，形成具時序資訊的動態數位模型，用以反映現地施工狀況、工人分布、設備運作情況、結構行為或室內環境條件。當 IoT 與 AI、機器學習整合後，系統更能進行異常偵測、危險預測與能源需求預估；若再透過區塊鏈技術，資料可在供應鏈及維運過程中得到安全可靠可追溯的存取；而若結合 Digital Twin，則可建立可同步更新的虛實整合模型，以支援即時模擬與決策

在功能面，IoT-BIM-AI 的整合已廣泛用於施工現場安全管理，包括工人定位、危害預警、設備行為監控及智慧防護裝置判讀；在場域管理方面，則可進行材料追蹤、預鑄元件運輸與吊掛監控、施工進度辨識、環境危害感測(如氣體、溫度、濕度)；在營運維護階段，亦可用於能源管理、室內舒適分析、空氣品質監控、建築設備異常追蹤，以及建物生命週期資料的自動化收集。透過雲端與邊緣運算，資料處理速度得以提升，使系統具備即時回饋能力，而區塊鏈則提供可靠的資料交換與存證機制，特別適合採購、資產管理與供應鏈資料的透明化

整體而言，BIM、IoT 與其他數位技術的整合，帶來多重效益。首先，安全效益最為顯著：透過 IoT 與 AI 的結合，工地能以即時警示、行為偵測與風險預測大幅降低事故發生率。其次，管理效益提升，包括施工進度準確度提升、資源調度最佳化、預鑄與組裝流程透明化、材料管理效率改善。再來，營運效益也因 Digital Twin 與 IoT 的應用而提高，使建物能以資料驅動方式支持預測性維

護、能源管理與全生命週期決策。最後，這些科技的跨域整合也促進永續發展，例如空氣品質監測、能源耗用優化與碳排放預估等功能，使建築從施工到使用 階段的環境績效更透明、更易於管理。

三、數位雙生結合大型語意模型之建築物維護管理

根據 Bao and Bu (2025)之研究成果，在建築物營運維護(Operation & Maintenance, O&M)階段，管理的核心需求是持續掌握設備狀況、空間使用、運轉歷史及各項關鍵性能資料。然而，傳統 O&M 方式高度依賴人工經驗與零散文件，容易造成資料遺失、流程低效及管理決策延遲。文獻指出，數位雙生(Digital Twin, DT)技術能整合建築生命週期的各類資料，提供即時監測、預測性維護與行為模擬等能力；而大型語意模型(Large Language Models, LLM)則能處理自然語言需求、進行語意判讀並協助管理者制定技術需求。因此，這篇研究建立一套「DT + LLM 的 O&M 管理框架」，以協助缺乏專業知識的業主也能定義維運資訊需求、建立管理規範並落實數位雙生的應用。建築物維護管理，如表 5。

表 5 建築物維護管理需求

管理類型	功能	描述
設施管理	即時監控	即時監控設備或系統的狀態，並在發生故障或異常時發出警報。
	遙控	透過平台或行動應用程式遠端控制設備或系統狀態。
	日常維護	如果發生故障，可以及時向維修人員發出維修工單。
	預測性維護	利用模擬和機器學習預測潛在故障。
空間管理	空間規劃	規劃房間大小和室內空間佈置。根據使用者需求分配房間。
	空間佔用	分析空間佔用率和空置率。
安全管理	行為監測	對未經授權的闖入、竊盜和跌倒等行為發出警報。
	數位巡邏	制定巡邏路線和時間表。發布異常情況警報。
	智慧停車	將識別、定位、追蹤、監控和管理功能整合到智慧停車系統中。
應急管理	火災監測	監控感測器狀態。偵測到火災時發出警報和通知。
管理類型	功能	描述

	疏散計劃	根據走廊、樓梯和緊急出口的監測，在模型中規劃疏散路線。
資產管理	資產資料庫	記錄資產的購買、出置、庫存和折舊，以更有效地管理資產。
	資產追蹤	透過將 RFID 標籤整合到模型中，可以快速定位和追蹤資產。
能源管理	消耗監測	監測能耗數據並按區域制定能耗計劃。
	模擬和預測	整合模型和能源消耗數據，以刺激和預測能源消耗。
	營運優化	根據能耗預測優化設備運作策略，以最大限度地減少能源消耗和成本。
環境管理	環境監測	監測環境，並在指標超出預設限值時發出警報。
	營運優化	根據環境監測結果優化照明和暖通空調系統的運作策略。
人事管理	人員資料庫	建立人事資料庫，記錄每日考勤資訊。
	訪客預約	支援線上提交訪客預約申請，並保存歷史資料記錄。

在作法上，這篇研究首先透過多個已採用數位雙生的實際專案進行資料盤點、維運人員訪談與現場作業追蹤，歸納 O&M 階段所需的模型、功能與非幾何資料(如設備屬性、維修紀錄、即時感測數據)等需求，並建置完整的 O&M 資訊需求系統，如圖 11。接著，利用 Kano-QFD 方法分析不同需求的重要性，建立優先排序邏輯。最核心的作法是提出「DT-GPT 虛擬助理」，將 O&M 需求系統與 GPT-4 模型結合，並開發功能模組、構件模組與資料模組，使使用者可以用自然語言輸入，即可自動生成維運功能清單、設備清單與所需資料清單。例如，DT-GPT 能從設計圖中自動辨識設備(如泵浦、空調箱、燈具)，並產生相對應的非幾何資料需求。

在功能面，DT + LLM 的結合讓維運管理呈現高度智慧化。數位雙生提供設備與空間的即時運作狀態、行為模擬能力與預測性維護分析；LLM 則提供自動化 O&M 需求生成、設備語意辨識、資料欄位推導與使用者意圖判讀等功能。透過 DT-GPT，管理者可以快速建立包括設備監控、能耗管理、安全管理、空間使用、緊急應變與環境監控等功能的 O&M 指南。同時，構件模組能自動從設計圖

萃取設備，資料模組能生成所需的設備屬性、維運歷史與 IoT 感測需求，形成完整的「數位雙生維運資料鏈」。

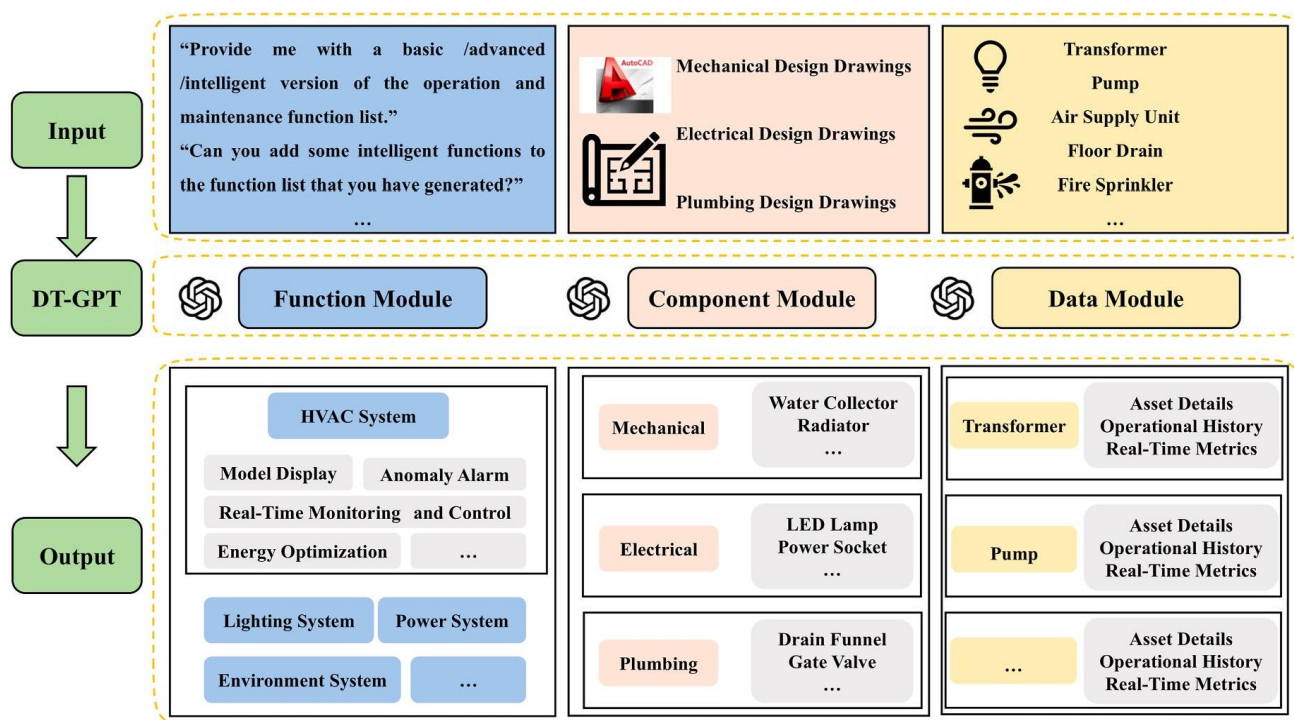


圖 11 DT-GPT 輸入與輸出資訊

在效益方面，文獻指出 DT-GPT 實證結果相當有效，其生成的功能清單語意相似度達 87.28%、設計圖元件萃取準確度達 92.76%、非幾何資料生成與真實專案文件的語意一致度高達 96.34%。這證明 LLM 能大幅降低業主在制定 DT 維運需求時的技術門檻，提升管理自動化程度。整體而言，此方法能減少資料遺漏、強化跨部門協同、提升預測性維護能力與資產管理決策品質。對於尚未具備 DT 經驗的業主而言，此框架更能作為導入 DT 的「知識橋接工具」，協助快速建立可落地的維運指南，並提升建物營運的透明度、效率與可靠性。

四、BIM 與 FM 系統資料交換作法

在建築物由施工階段移轉至營運維護階段的過程中，資訊往往因格式不相容、資料未更新或缺乏標準化而產生大量遺失，使 FM 團隊無法有效利用 BIM 所提供的資訊。文獻指出，營運維護階段對建築生命週期成本的影響最大，但傳統

BIM 模型常因資料不完整、不連續或與 FM 系統不相容，而難以在後期發揮效益。鑑於此，Otranto et al. (2025)提出 BIM 與 FM 系統的資料交換作法，其目的在於透過 openBIM 標準(特別是 IFC 格式)建立跨平台、一致且可雙向更新的資料流，使資產資訊在整個生命週期保持可靠、完整並可被各種 FM 系統存取。

在作法上，研究採用 Design Science Research 方法，開發了一套由四大元件組成的整合工具(Artifact)，形成以 IFC 為核心的資料交換架構。第一個元件是「資產共同資訊需求彙編」，透過分析國際標準、最佳實務與 21 份 FM-BIM 文獻，整理出營運階段最常需要的資料項目，如位置、序號、規格、保固、製造商資料等，使業主或 FM 單位能明確界定維運所需的資料內容。第二個元件是一套網頁平台，用於接收、儲存與管理 IFC 模型中的資產資訊；第三個元件則是 REST API，負責讓不同系統(如 BIM 軟體、FM 平台或報表工具)能以 JSON 格式與資料庫交換資訊。第四個元件是為 Bonsai/Blender 開發的 IFC 插件，可將 BIM 模型內的資訊雙向同步至網頁平台，並能將平台更新回寫至 IFC 模型。研究亦以圖示展示 BIM 模型、API、平台與 IFC 之間的資料互通方式。

透過此套資料交換作法，BIM 與 FM 系統得以展現多項功能。首先，藉由網頁平台提供的介面，各單位可以更容易檢查、補充與更新資產資訊，而不需要進入複雜的 BIM 軟體環境；相關範例包含使用者可於平台中依名稱、序號、GUID 或廠商搜尋設備，再以表單方式更新資料。此外，REST API 使資料得以由 BIM 流向 FM，也能由 FM 平台回寫 BIM 模型，真正達成「非單向」的持續性資料交換，避免過去 BIM 交付後便不再更新的問題。藉由 Bonsai 插件，管理者可直接在 BIM 模型中呼叫 API，將平台上的資料即時導入 IFC 檔，並將現場更動回傳至平台，如表 6。這使得 BIM 模型不再只是交付時的靜態資料，而是隨著設施生命週期持續更新的「活模型」。

表 6 需求資訊與 IFC 關聯性

類別	規格內容	IFC 物件類型	類別/屬性名稱	規劃之屬性集	屬性名稱/類型
識別資料	名稱	屬性	—	不適用	名稱
	說明	屬性	—	不適用	說明
	識別碼	屬性	—	不適用	全域識別碼
	標籤	屬性	—	不適用	標籤
類別資訊	製造商名稱	屬性集	製造商類型資訊 Pset	是	製造商
	製造商(角色類別)	類別	行為者、組織	不適用	製造商
供應商資料	名稱、組織代碼、地址、城市、省份、郵遞區號、電話、電子郵件	類別	行為者、組織	不適用	供應商
產品資料	型號	屬性集	製造商類型資訊 Pset	是	型號標示
	條碼	屬性集	製造商實體資訊 Pset	是	條碼
	序號	屬性集	製造商實體資訊 Pset	是	序號
保固資料	保固開始日期	屬性集	保固資訊 Pset	是	保固開始日
	保固結束日期	屬性集	保固資訊 Pset	是	保固結束日
採購資訊	取得日期	屬性集	製造商實體資訊 Pset	是	取得日期
	發票號碼	屬性集	新增屬性集 (P_New)	否	發票號碼
分類資訊	分類代碼	類別	分類資料	不適用	參考代碼
安裝資訊	安裝日期	屬性集	安裝資訊 Pset	是	安裝日期

在效益方面，此資料交換架構有效解決了長期困擾 FM 的資訊斷層與不一致問題。研究結果顯示，藉由使用開放格式 IFC，資訊能在各種 BIM 與 FM 工具間保持可讀性，不受限於專屬軟體。雙向資料流動也確保 BIM 模型能持續反映真實建物狀態，減少營運階段再度調查、再建資料庫的成本與時間。將資料集中於網頁平台則提高資訊透明度，使更多利害關係人能共同檢核、維護資料品質。此外，由於 REST API 以 JSON 作為資料交換格式，FM 系統可輕易與 Excel、Power BI、IoT 平台或其他資訊系統整合，使建築管理呈現更大的數位延展性。整體而言，此作法讓 BIM 與 FM 之間的資訊交換從「檔案交付」進化為「持續同步」，促進營運管理效率、資料治理品質與資產生命週期管理的成熟度。

五、BIM 應用於設施維護與管理

根據 Ehab et al. (2024)之研究成果，BIM 在設施維護與管理中的主要目的，是透過建築資訊模型建立完整且即時更新的資產資料庫，使設施管理者能在建築生命週期內有效追蹤設備狀況、制定維護策略並提升營運效率。文獻指出，BIM 提供建築所有元件的細部資訊、維修紀錄、操作手冊與保固內容，使管理者能進行精準的資產管理、排程維護與生命週期分析。此外，研究也強調 BIM 與物聯網(IoT)的整合，可即時回饋設備性能、環境條件與能源使用資訊，協助管理者採取預測性維護、條件導向維護及能源優化等策略。

在操作作法上，文獻指出 BIM 與 IoT 的整合需依賴感測器、閘道器、無線網路、資料雲端儲存與分析平台等技術架構。IoT 感測器會蒐集如震動、溫度、濕度、能源使用等即時資訊，經由閘道器與無線通訊傳送至雲端，並再與 BIM 模型進行資料連結，使 3D 模型能呈現即時狀態。管理者可透過 BIM 平台查看設備健康度、異常警示與維護需求，而系統也可依據歷史資料與感測器回饋進行預測性分析。研究中更提出一套自動化維護流程，分為三階段：蒐集 IoT 資料、匯入並整合於 BIM 3D 模型、依據優先度與預算進行維護項目最佳化。

在功能方面，文獻指出 BIM 的資訊整合能力，使其能支援多項設施管理核心工作，包括設備資產管理、維護排程、能源管理、空間管理、安全管理，以及建築物改善與更新規劃。IoT 資料整合後，功能更加擴展至即時監測、遠端診斷、異常警示、能源使用分析與預測性維護，使 FM 系統能以實際狀態進行決策，而非依傳統人工巡檢或固定排程作業。

在效益方面，文獻指出 BIM 與 IoT 整合可帶來多重正面效果。首先，它提升建築資產的可靠度，減少突發性設備故障與停機時間，並使維護作業更有效率。其次，IoT 使能源消耗可被即時偵測並優化，達到節能減碳、降低耗能費用與達成永續營運的目的。第三，BIM 平台集中管理所有維護作業、工單流程與

歷史紀錄，使跨單位溝通協作更順暢並降低管理成本。最後，整合 IoT 的 BIM 系統為未來數位孿生(Digital Twin)奠定基礎，可模擬建築操作狀態、預測設備表現並提供更智慧化的建築營運管理方式。

伍、 結論與建議

一、 結論

本研究以新北市社會住宅之維運現況為基礎，參考國內外社宅管理與建築維運之相關文獻，並分析新北市既有資料架構與管理流程，針對維運資訊需求、國際 BIM 技術適用性及智慧平台架構提出系統性研析。研究結論如下：

(一)新北市社宅維運管理資訊需求之分析

1. 新北市現行社宅維運資訊涉及建物層級、設備層級、公共設施及無障礙空間、住戶回饋(POE)與公益設施使用狀況等多項內容，資料具有多來源、跨單位及異質性高之特性。
2. 維運資料目前多散置於各式系統、表單或文件中，存在資料格式不一致、巡檢資訊未與建物空間連結、設備履歷無法與模型同步，以及缺乏集中式資料庫等問題。
3. 綜上所述，新北市社宅需建立標準化、可交換且可整合之資訊架構，BIM 具備跨階段資料整合、可視化呈現與屬性管理能力，可作為統整維運資訊之核心工具。

(二)國際 BIM 技術於社宅維運之適用性分析

1. 國際案例顯示，BIM 已可支援社宅之建模、POE 整合、能源監測、設備管理、外牆分析、GIS 結合及 Digital Twin 之動態管理等多元應用。
2. 在建模方式方面，依照精度與需求可採既有圖資建模、現地丈量、手持式點雲掃描或定點式點雲掃描等方式，具彈性與可用性。

- 3.國際研究普遍將 POE 資訊(如室內環境、熱橋、氣密、滲漏等)導入 IFC 模型，形成可追溯之建築生命週期資料；此作法對改善我國社宅使用後之品質控管具高度參考價值。
- 4.BIM-GIS、BIM-IoT、數位孿生(Digital Twin)及大型語意模型(LLM)已成為建築維運新興趨勢，具備支援跨社區管理、能源性能模擬、即時設備監測及智慧化維修決策之能力，未來可逐步導入新北市社宅維運體系。

(三)新北市社宅 BIM 智慧平台之架構與功能評估

- 1.依據 OpenBIM、IFC、COBie、IDS 及國際 O&M Information Requirement 等規範，本研究提出以「建物層級—設備層級—構件層級—巡檢層級—POE 層級」為主體之資料架構，作為後續智慧平台之資料基礎。
- 2.在資料整合方面，建議採三層式架構，包括：
 - (1)資料層：建物、設備、構件、巡檢與 POE 等屬性資料；
 - (2)整合層：運用 IFC、COBie、API 進行資料交換與同步；
 - (3)應用層：建置空間管理、設備維修、巡檢流程、能源監測、住戶回饋整合及跨社區管理等功能模組。
- 3.若能依上述架構推動資料一致化、流程標準化及跨系統整合，即可提升社宅營運決策效率、減少資訊斷裂，並建立可支援後續擴充智慧化平台。

二、建議

為強化新北市社宅之數位治理能力，並逐步建構跨社區、跨系統且可視化之 BIM 智慧平台，建議可分短、中、長期推動，說明如下：

(一)短期

- 1.制定新北市社宅 BIM 建模標準(含 LOD 要求、命名規則、屬性欄位)，並要求新案於設計與施工階段即同步建置 BIM 模型。

- 2.盤點現行各單位使用之資料格式，建立 IFC/COBie 基礎欄位與匯入規範，作為跨系統資料交換依循。
- 3.針對主要社宅，優先以既有圖資或手持式點雲掃描方式建立基本 BIM 模型，以利後續整合應用。
- 4.建置 POE 問題回饋之標註機制，將住戶反映與現勘資料納入 BIM 屬性集，逐步累積社宅維運資料。

(二)中期

- 1.建置「新北市社宅 BIM 智慧平台」，其功能包含空間管理、設備維修、巡檢管理、能源儀表板及住戶回饋管理等核心模組。
- 2.完成與現行物業管理系統、線上報修系統、能源監測平台之 API 串接，使既有資料可同步連結至 BIM 模型中。
- 3.導入 BIM-GIS 技術，將各社宅基地、公共設施、外部環境與空間配置結合地理資訊系統，以支援跨場域管理。
- 4.建立社宅「數位建物護照」(Digital Building Passport)，累積建物維修紀錄、材料性能及歷史資料，作為長期維運與翻修依據。

(三)長期(5 年以上)：推動智慧化維運與數位孿生應用

- 1.導入 IoT 感測設備，蒐集能源、室內環境、設備狀態等即時資料，使智慧平台具備監測與預警能力。
- 2.發展能源數位孿生模型，用以模擬 HVAC 操作、能源最佳化策略及設備預測性維護，提高營運效率。
- 3.採用大型語意模型(如 DT-GPT)協助解析維修資料、自動分類報修內容並生成維運建議，提升管理智能化程度。
- 4.建立跨社宅資料分析平台，透過維修紀錄、設備故障率、住戶使用行為與能源資料進行大數據分析，作為政策制定、規模化改建與設備汰換依據。

陸、 參考文獻

新北市住宅與都市更新中心，2023，2022 年永續報告書。

新北市住宅與都市更新中心，2024，2023 年永續報告書。

新北市住宅與都市更新中心，2025，2024 年永續報告書。

Alileche, L., & Shahrour, I. (2018). Use of BIM for social housing management. In Proceedings of the 17th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, Tampere, Finland, 5–7 June 2018.

Baldauf, J. P., Formoso, C. T., Tzortzopoulos, P., & Miron, L. I. G. (2018). Using building information modelling to manage client requirements in social housing projects. *Sustainability*, 12, 2804.

Bao, S., & Bu, H. (2025). Defining and generating operation and maintenance management requirements in digital twin applications using the DT-GPT framework. *Journal of Building Engineering*, 104, 112356. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.112356>

Caetano, I., & Leitao, A. (2019). Integration of an algorithmic BIM approach in a traditional architecture studio. *Journal of Computational Design and Engineering*, 6(3), 327–336.

Castellano-Román, M., Garcia-Martinez, A., & Pérez López, M. L. (2022). Social housing life cycle management: Workflow for the enhancement of digital management based on Building Information Modelling (BIM). *Sustainability*, 14(12), 7488. <https://doi.org/10.3390/su14127488>

Chaves, F., Tzortzopoulos, P., Formoso, C., & Shin-Iti, J. (2015). Using 4D BIM in the retrofit process of social housing. ZEMCH Conference, Lecce, Italy, 21–25 September 2015. <http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/25563/>

Chen, C., & Tang, L. (2019). BIM-based integrated management workflow design for

schedule and cost planning of building fabric maintenance. *Automation in Construction*, 107, 1–12.

Deng, M., Gan, V. J. L., Tan, Y., Joneja, A., & Cheng, J. C. P. (2019). Automatic generation of fabrication drawings for façade mullions and transoms through BIM models. *Advanced Engineering Informatics*, 42, 1–14.

Ehab, A., Mahdi, M. A., & El-Helloty, A. (2024). BIM maintenance system with IoT integration: Enhancing building performance and facility management. *Civil Engineering Journal*, 10(6), 1953–1973. <https://doi.org/10.28991/CEJ-2024-010-06-015>

Fernandez-Rodriguez, S., Cortes-Perez, J. P., Muriel, P. P., Tormo-Molina, R., & Maya-Manzano, J. M. (2018). Environmental impact assessment of Pinaceae airborne pollen and green infrastructure using BIM. *Automation in Construction*, 96, 494–507.

Godinho, M., Machete, R., Ponte, M., Falcao, A. P., Goncalves, A. B., & Bento, R. (2019). BIM as a resource in heritage management: An application for the National Palace of Sintra, Portugal. *Journal of Cultural Heritage*, 43, 1–10.

Gonzalez-Caceres, A., Bobadilla, A., & Karlshøj, J. (2019). Implementing post-occupancy evaluation in social housing complemented with BIM: A case study in Chile. *Building and Environment*, 158, 260–280. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.05.019>

Hunde, J. M., Ochoa, T. S., Senevirathne, D., Eneyew, D. D., Bitsuamlak, G. T., Capretz, M. A. M., & Grolinger, K. (2025). Data-driven and physics-based modeling approaches and their integration in building digital twins: A systematic review. *Journal of Building Engineering*, 114, 114214. <https://doi.org/10.1016/j.job.2025.114214>

Ismaeil, E. M. H. (2024). Asset information model management-based GIS/BIM integration in facility management contract. *Sustainability*, 16(6), 2495.

<https://doi.org/10.3390/su16062495>

- Ismail, Z. A. (2024). BIM for maintenance planning of façades in precast concrete buildings. *Facilities*, 42(7–8), 660–676.
- Li, X., Shen, G. Q., Wu, P., Fan, H., Wu, H., & Teng, Y. (2018). RBL-PHP: Simulation of lean construction and information technologies for prefabrication housing production. *Journal of Management in Engineering*, 34(2), 1–18.
- Natephra, W., Yabuki, N., & Fukuda, T. (2018). Optimizing evaluation of building envelope design for thermal performance using a BIM-based overall thermal transfer value calculation. *Building and Environment*, 136, 128–145.
- Neto, M. R., Silva, C. S., & Pinto, A. (2025). Evaluating comfort and well-being: A post-occupancy approach for improvements—Insights from 10 residential case studies. *Building and Environment*, 283, 113334. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113334>
- O’Donnell, J., Truong-Hong, L., Boyle, N., Corry, E., Cao, J., & Laefer, D. F. (2019). LiDAR point-cloud mapping of building façades for building energy performance simulation. *Automation in Construction*, 107, 1–16.
- Otranto, R. B., Junior, G. M., & Pellanda, P. C. (2025). BIM–FM integration through openBIM: Solutions for interoperability towards efficient operations. *Journal of Information Technology in Construction*, 30, 298–318. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2025.012>
- Otieno, E., Chipangio, S., & Modi, R., et al. (2025). Optimization of an integrated hybrid commercial building with building information modelling. *Innovative Infrastructure Solutions*, 10, 159. <https://doi.org/10.1007/s41062-025-01986-z>
- Pan, X., Lin, Q., Ye, S., Li, L., Guo, L., & Harmon, B. (2024). Deep learning-based approaches from semantic point clouds to semantic BIM models for heritage digital twin. *Heritage Science*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40494-024-01179-4>

- Sadeghi, J., Ahmadi, A., & Phipps, R. (2025). Internet of Things in construction: Trends and adoption insights from a scientometric perspective. *International Journal of Construction Management*. <https://doi.org/10.1080/15623599.2025.2508905>
- Silva, M. C. D. C., Silva, A. D. O., Kohlman Rabbani, E. R., Alencar, L. H., Passos Neto, G. D. M., Couto, J. P., & Valdes-Vasquez, R. (2022). Guidelines for the implementation of BIM for post-occupancy management of social housing in Brazil. *Energies*, 15(18), 6802. <https://doi.org/10.3390/en15186802>
- Wang, Y., Ma, Y., Zhu, A., Zhao, H., & Liao, L. (2018). Accurate façade feature extraction method for buildings from three-dimensional point cloud data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 139, 146–153.
- Wellington City Council. (n.d.). Bracken Road Flats: Applying BIM retrospectively as a data collection tool for maintaining social housing. <https://www.building.govt.nz/assets/Uploads/projects-and-consents/building-information-modelling/nz-bim-case-study-1-bracken-road.pdf>
- Yang, R. J., & Zou, P. X. (2016). Building integrated photovoltaics (BIPV): Costs, benefits, risks, barriers and improvement strategy. *International Journal of Construction Management*, 16(1), 39–53. <https://doi.org/10.1080/15623599.2015.1117709>