

整合 BIM 與人工智慧之 低碳建築設計決策輔助

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 113 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

科技部 GRB 編號

PG11302-0064

整合 BIM 與人工智慧之 低碳建築設計決策輔助

受委託者：中華民國公共工程資訊學會

計畫主持人：施宣光

協同主持人：嚴國雄

研究員：陳秀杏、林裕傑、陳錚、鄭宗偉

研究助理：葉俞杰、杜京霞

研究期程：中華民國 113 年 1 月至 113 年 12 月

研究經費：新臺幣 138 萬 5 千元

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 113 年 12 月

（本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見）

目次

表次	III
圖次	V
摘要	IX
ABSTRACT	XIX
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起	1
第二節 研究背景	3
第三節 研究方法	5
第四節 進度說明	11
第二章 國內外相關文獻探討	13
第一節 MCTS 與設計決策	13
第二節 大型語言模型的架構與訓練	16
第三節 AI 圖像生成、STABLE DIFFUSION	22
第三章 人工智慧於建築設計	27
第一節 MCTS 開發與 BIM 模型	27
第二節 LLM 適應建築材料領域與應用	35
第三節 AI 圖像生成 STABLE DIFFUSION	49

第四章 應用範列展示	57
第一節 MCTS 於 BIM 應用	57
第二節 應用 LLM 實際執行結果	62
第三節 應用 AI 圖像生成實際執行結果	67
第五章 結論與建議	75
第一節 AI 增強設計流程的價值	75
第二節 建議	82
參考資料	91
附錄一、研究團隊工作會議	91
附錄二、工作坊	119
附錄三、專家座談會	126
附錄四、期中審查會議記錄與意見回覆	137
附錄五、期末審查會議記錄與意見回覆	151
附錄六、參考文獻	163

表次

表 1.4.1 研究計畫預計時程與實際執行狀況	11
表 2.1.1 MCTS 與 BIM 文獻研究與整理表.....	15
表 2.2.1 LLM 文獻研究與整理表.....	21
表 2.3.1 AI 圖像生成文獻研究與整理表.....	26

圖次

圖 1.3.1	TRANSFORMER 架構.....	7
圖 1.3.2	STABLE DIFFUSION 使用的潛在擴散結構圖	8
圖 1.3.3	STABLE DIFFUSION XL 兩階段架構圖.....	8
圖 2.1.1	MCTS 用於圍棋，收尋並評估各選擇的流程	13
圖 2.1.2	證實 MCTS 用於建築設計的可靠性	14
圖 2.2.1	LLM 大型語言模型	16
圖 2.2.2	TRANSFORMER 架構.....	17
圖 2.2.3	PROMPT ENGINEERING	18
圖 2.2.4	RAG	19
圖 2.2.5	FINE-TUNING	20
圖 2.2.6	LORA	20
圖 2.2.7	優化 LLM 的方法.....	21
圖 2.3.1	擴散模型變體的分類、與其他生成模型的連結、應用擴散模型和未來方向.....	23
圖 2.3.2	擴散模型：方法和應用的綜合綜述	25
圖 2.3.3	擴散模型：點雲擴散過程的有向圖模型..	25
圖 3.1.1	簡化流程圖，示意整個 MCTS 的操作流程.	28
圖 3.1.2	決策可選選項的輸入方式一律為數值輸入	30
圖 3.1.3	簡化版參數集，每次執行 MCTS 會獲得上萬 上億個參數集	30

圖 3.1.4 玻璃帷幕單元參數模型	32
圖 3.1.5 玻璃帷幕單元參數模	32
圖 3.1.6 MCTS 評估柱間距成果 (計算兩次, 每次抽樣 3 千次)	34
圖 3.1.7 測試電腦抽樣次數與時間關係	35
圖 3.2.1 提示樣板架構 (來源: 本研究繪製)	36
圖 3.2.2 建築材料領域提示樣板	37
圖 3.2.3 建築材料資料庫示意圖 (來源: 本研究繪 製)	38
圖 3.2.4 模型可訓練參數 (來源: 本研究繪製) ..	38
圖 3.2.5 微調訓練資料集	39
圖 3.2.6 訓練損失	39
圖 3.2.7 微調訓練前後結果比對 (來源: 本研究繪 製)	40
圖 3.2.8 提示語生成循序圖	41
圖 3.3.1 在 COMFYUI 使用設計底圖並透過 CONTROLNET 的精準控制生成的立面風格圖像	50
(圖片來源: 由本研究繪製)	50
圖 3.3.2 使用設計立面底圖進行外觀風格探索 ...	52
圖 3.3.3 使用設計透視底圖進行外觀風格探索 ...	53
圖 3.3.4 IP-ADAPTER: TEXT COMPATIBLE IMAGE PROMPT ADAPTER FOR TEXT-TO-IMAGE DIFFUSION MODELS	54

圖 3.3.5 使用 IP-ADAPTER 進行風格移轉.....	55
圖 4.1.1 MCTS 隨機取樣示意說明.....	57
圖 4.1.2 定義建築外框類型示意	58
圖 4.1.3 設定參數與色塊與立面單元關係	58
圖 4.1.4 設定參數與色塊與立面單元關係	59
圖 4.1.5 匯出量體進行視覺評分	59
圖 4.1.6 跨距參考輸入	60
圖 4.1.7 評估柱斷面尺寸，數值評分相關關係 ...	60
圖 4.1.8 評估單元尺寸，數值評分相關關係	61
圖 4.1.9 評估立面尺寸，數值評分相關關係	61
圖 4.1.10 評估立面設計，進行視覺評估	62
圖 4.2.1 範例執行畫面.....	65
圖 4.2.2 碳資材領域 LLM 適應流程示意圖.....	66
圖 4.3.1 MTCS 生成四個階段底圖（圖片來源：由本研究繪製）.....	68
圖 4.3.2 LLM+SD1.5 生成效果圖（圖片來源：由本研究繪製）.....	69
圖 4.3.3 LLM+SDXL 生成效果圖.....	69
圖 4.3.4 LLM+FLUX1-DEV-Q8-GGUF 生成效果圖....	70
圖 4.3.5 MTCS 生成四個階段底圖.....	71
圖 4.3.6 LLM+SD1.5 生成效果圖.....	71
圖 4.3.7 LLM+SDXL 生成效果圖.....	72

圖 4.3.8 LLM+FLUX1-DEV-Q8-GGUF 生成效果圖.....	73
圖 5.1.1 AI 增強設計流程.....	75
圖 5.1.2 建築計畫-量體計畫操作示意	76
圖 5.1.3 參數化建模後與語言模型結合	77
圖 5.1.4 依功能性調整工程造價佔比示意	77
圖 5.1.5 結構網路方案進行外觀風格探索	78
圖 5.1.6 建築能效探索	79
圖 5.1.7 結構跨距探索	79
圖 5.1.8 結構體蘊含碳排探索	80
圖 5.1.9 模擬真實結果帷幕外觀風格	81
圖 5.2.1 BIM 參數化模型與 AI 應用於系統架構中的 資料流程結構	82
圖 5.2.2 BIM 參數化模型、MCTS 與生成式 AI 的整合 流程	89

摘要

關鍵詞：建築資訊模型、人工智能、蘊含碳排

一. 研究緣起

隨著全球對減少碳排放與提高能源效率的需求不斷增加，建築行業正面臨轉型壓力，亟需創新技術以實現更高的環境效益。本計畫的核心目標是整合 BIM 參數化建模與 AI 技術，協助建築師在設計初期階段能夠綜合多面向考量作出更好的低碳排放設計決策。

二. 研究方法及過程

研究方法結合了 BIM 參數化建模技術和 AI 演算法的開發，以及這兩者的綜合應用。透過參數化模型，我們建立了一個包含建築量體幾何形狀的高精度數據模型。在設計決策進程中，我們採用蒙特卡洛樹搜索(MCTS)方法，將結構網格和建築外殼的開口與組合單元進行大量的隨機取樣與數量計算，其模擬的結果會根據取樣方案的工程造價、蘊含碳排和能源消耗進行評估後反饋到決策樹的初期節點，協助建築師選擇最佳方案。此外，影像生成式 AI 以及客制化語言深度學習模型被訓練來自動生成建築設計方案，能協助設計團隊在早期階段進行溝通，以評估設計的外觀與減碳材料的應用可行性。

三. 重要發現

本研究利用 BIM 參數化模型結合 MCTS 技術，AI 圖像生成，以及客製化訓練的語言模型，對初期的建築資訊模型進行隨機採樣，加以數量計算與視覺化，提供直觀的設計方案評估。這種結合 BIM 參數化建模與生成式 AI 的工具不僅提升了設計的溝通效率，也能在設計的早期階段揭露足夠的細節，支持溝通和決策過程。

四. 主要建議事項

本計畫所進行的研究顯示在建築設計的初期階段，參數化模型和生成式 AI（人工智能）可以極大地改進建築師與客戶之間的溝通和協作過程。基於此架構方式，可進一步實踐並延伸應用範疇，發展探索出其他更具實務價值的應用，分別從立即可行建議及中長期建議加以列舉：

建議一

建立以 BIM 與 AI 為核心的建築法規與低碳建築設計輔助系統：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所、中華民國公共工程資訊學會

整合 BIM 與 AI，讓電腦成為具備專業知識整合能力的助手，協助設計決策的制定與跨專業的協同作業。開發結合 BIM 參數化建模和 AI 的建築設計輔助工具，計畫的目標為透過 AI 代理系統(agent system)輔助建築設計決策過程中的可行性與可行架構。特別在低碳設計、外觀優化與成本控制方面，使用 AI 大語言模型進行法規的訓練，提供建築師即時的建築法規提示，確保設計方案在滿足美學與能效需求的同時，也能符合法規。圖 5.2.1 說明 BIM 參數化模型與 AI 應用於系統架構之可能架構：

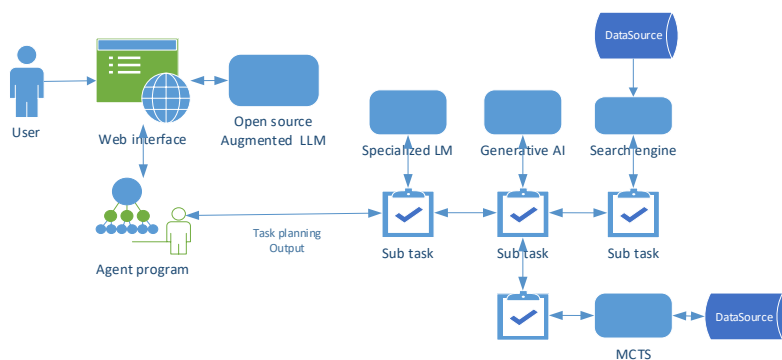


圖 BIM 參數化模型與 AI 應用於系統架構中的資料流程結構

（圖片來源：由本研究繪製）

以下說明上圖流程中的關鍵組件：

1. 使用者與網頁介面：流程從使用者與網頁介面的互動開始。此為收集使用者輸入和初步請求的入口點。
2. 開源增強大語言模型 LLM：網頁介面收集的使用者輸入被一個開源增強型 LLM 處理，此為用來理解和生成語言回應或執行特定語言理解任務的增強語言模型。
3. 代理程序：這個組件管理任務輸出和計畫。它負責處理 LLM 的輸出並確定任務流程的下一步，包括將子任務委派給專門的系統。
4. 專門化 LM (語言模型)、生成式 AI、搜尋引擎：這些是代理程序可能用來處理特定子任務的不同系統或服務。每個有其獨特的角色：
 - 專門化 LM；處理需要特定領域知識的更加專門或特定的語言處理任務。
 - 生成式 AI；用於涉及根據從數據學到的模式生成新內容的任務，如文本與圖像。
 - 搜尋引擎；用於從外部資料源提取資訊以資訊回應或行動。
5. 外部資料源：提供搜尋引擎和 MCTS (蒙特卡羅樹搜索) 組件特定領域所需數據，例如減碳設計準則。搜尋引擎使用它提供有根據的回應或內容，而 MCTS 可用於基於概率模型優化決策或預測結果。
6. MCTS (蒙特卡羅樹搜索)：針對參數化模型所定義的設計方案搜

索空間進行隨機採樣，加入必要的細節資訊後進行數量計算、性能評估與模擬後將評量結果回饋到決策樹的初期節點提供設計人員決策的參考，此項目需建構在 BIM 軟體，不建議在此系統納入，而是提供開發業者一個清晰的技術參考架構。此加載的程式可以利用參數化建模與 AI 進行建築量體、結構系統與外覆系統的設計優化，並提示設計方案的碳排放、造價與性能效益，為未來系統開發奠定基礎。

這個圖表中提出的整體結構表明，一個複雜的 AI 系統將使用者的輸入通過各種 AI 驅動的系統和模型進行處理和增強，整合外部數據以做出有根據的決策並生成相關輸出。

在前圖顯示的架構中，"使用者與網頁介面"部分是整個資料流程中非常關鍵的第一步。這裡進一步說明其功能和重要性：

1. 互動入口：這個網頁介面作為用戶與系統互動的主要入口，用戶可以通過這個介面輸入數據、發出請求，或者進行其他互動。這可能包括填寫表格、選擇選項、點擊按鈕等操作。
2. 數據收集：介面將用戶的輸入收集並整理成可以由後端系統處理的格式。這個過程中，可能會有資料驗證確保輸入的數據符合預期的格式和要求。
3. 使用者體驗：網頁介面的設計對於提升用戶體驗至關重要。一個直觀、響應迅速的介面可以增強用戶的互動體驗，使得用戶更容

易且更願意使用系統。

4. 前後端交互：網頁介面不僅是資料輸入的場所，同時也是前端與後端進行交互的橋樑。它將用戶的請求轉發到後端服務器，並將服務器的響應或處理結果實時呈現給用戶。
5. 安全與隱私：保護用戶輸入的數據安全和隱私也是網頁介面設計的一個重要方面。這包括實施數據加密、用戶認證和授權等措施，確保數據在傳輸和處理過程中的安全。

在現代 AI 驅動的系統架構中，前端網頁介面與後端大語言模型（如增強型智能語言學習模型 LLM）之間的關係至關重要。以下是這種關係的幾個關鍵點以及大語言模型如何使用者溝通更加流暢：

1. 數據轉接和處理：

- 當用戶在網頁介面上輸入信息後，這些數據會被發送到後端服務器。
- 大語言模型接收這些輸入，將其作為處理和生成回應的基礎。例如，用戶可能會問一個問題，語言模型則根據先前訓練的數據生成一個合適的答案。

2. 自然語言處理（NLP）：

- 大語言模型使用先進的 NLP 技術來理解用戶的意圖和語境。這包括語言分析、情感分析和實體識別等功能。
- 這使得模型不僅能回答簡單的查詢，還能處理複雜的交流，

提供諸如個性化建議、詳細解釋等更深入的互動。

3. 即時反饋和動態互動：

- 大語言模型能夠實時處理來自網頁介面的查詢，迅速生成回應。這種快速響應是提升用戶互動體驗的關鍵。
- 例如，用戶在完成某個操作（如訂購、查詢等）後，模型可以即時提供確認信息、後續步驟或其他相關信息。

4. 持續學習和優化：

- 大語言模型可以從每次用戶互動中學習，進一步優化其回應的準確性和相關性。
- 系統可以追蹤哪些回應對用戶最有幫助，並調整其模型以更好地滿足未來用戶的需求。

5. 多語言和文化適應：

- 對於多語言用戶界面，大語言模型可以提供跨語言的溝通能力，使得不同語言的用戶都能夠流暢地與系統互動。
- 模型可以根據不同文化和地區慣例調整其語言和內容，從而提供更貼心、更本地化的服務。

透過這種方式，大語言模型不僅提升了用戶與系統間的溝通效率，還增強了溝通的質量和個性化程度，使得用戶能夠享受到更直觀、更智能的互動體驗。

在建築設計的初期階段，參數化模型和生成式 AI（人工智能）可以極大地改進建築師與客戶之間的溝通和協作過程。

建議二

持續研究 AI 為核心的建築設計輔助系統：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：中華民國公共工程資訊學會

未來應持續深化 AI 與 BIM 技術的結合，促進設計過程的透明化與跨專業合作。建議開發基於 BIM 數據的智慧分析平台，整合多樣化的數據來源，如建築類型、地理位置、建築方位材料性能和環境影響，提供設計決策的科學支持。同時，透過建立開源工具和模組化架構，降低使用門檻，吸引更多業界與學術機構參與，共同完善技術體系。此外，系統可探索結合 AI 驅動的生成式設計技術，快速生成符合規範與需求的設計方案，為建築產業帶來更加靈活且實務導向的創新應用。

在建築設計的初期階段，參數化模型和生成式 AI（人工智能）可以極大地改進建築師與客戶之間的溝通和協作過程。以下是它們的主要應用方式：

一. BIM 參數化模型的應用

1. 靈活性和可視化：

- 參數化設計允許建築師創建可調整的設計模型，這些模型可以根據不同的設計參數（如尺寸、形狀、材料等）進行修改。
- 這種模型的可視化使客戶能夠即時看到這些變更帶來的影響，從而更好地理解設計意圖和選擇。

2. 互動探索：

- 建築師可以與客戶一起，實時調整參數來探索不同的設計方案。這種方式支持更加動態和互動的討論過程，有助於客戶

更深入地參與到設計過程中。

3. 優化決策：

- 參數化模型可以集成優化算法，自動生成設計選項，並根據特定的性能指標（如能源效率、成本、使用功能）找到最佳解決方案。
- 這種數據驅動的方法可以協助客戶更容易地做出基於性能和成本效益的決策。

二. 生成式 AI 的應用

1. 創意生成：

- 生成式 AI 可以用於生成創新的設計概念。這些 AI 系統可以學習大量的建築數據，並提出獨特的設計樣式和解決方案，這可能超出了人類設計師的常規思維。
- 對於希望探索新型建築形式或創新概念的客戶，這提供了額外的選擇。

2. 自動渲染和模擬：

- AI 可以自動生成高質量的渲染圖像和視頻，這些視覺資料有助於客戶更生動地看到設計在實際環境中的應用。
- 此外，AI 還能模擬不同設計方案在實際條件下（例如不同的照明和季節變化）的表現。

3. 反饋和學習：

- 生成式 AI 可以根據客戶的反饋迭代改進設計。通過機器學習，AI 系統可以識別哪些設計元素最受客戶青睞，並將這些偏好整合進未來的設計提案中。

通過使用參數化模型和生成式 AI，建築師可以提供更具互動性和客戶參與度的設計過程，同時也能利用 AI 的強大功能來優化和創新低碳建築設計，從而滿足客戶的特定需求和期望。這種技術的整合不僅提高了設計的效率和品質，也促進了客戶與建築師之間更有效的溝通和合作。

下圖提供本次研究 BIM 參數化模型透過 MCTS 的演算法從建築量體開始，在可能的建築方案搜尋空間中進行隨機取樣，直到到結構系統與外覆系統的設計明確到可以進行數量計算與性能評估後，將評估結果回饋到決策樹的每一個節點提供設計團隊做為決策參考。

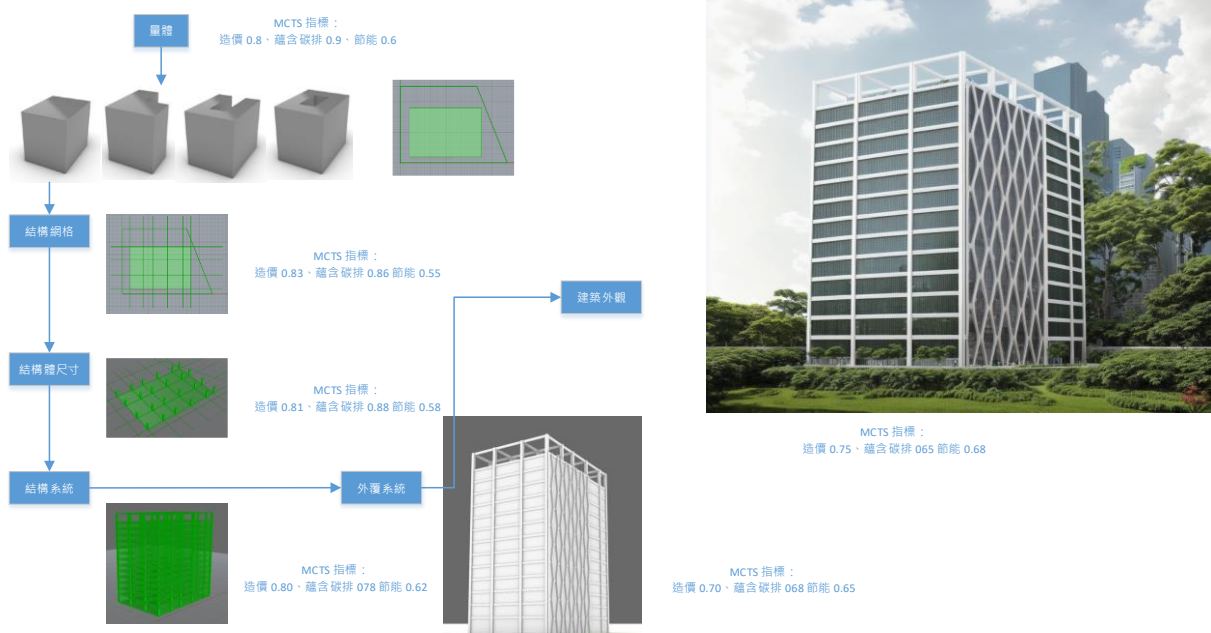


圖 BIM 參數化模型、MCTS 與生成式 AI 的整合流程

通過這個修改後的過程，MCTS 的應用不僅增加了設計的迭代深度和廣

度，還使得最終的建築設計決策更加數據驅動和優化。這種結合了隨機模擬與實際性能評估的方法提高了設計方案的整體質量，確保最終建築物的功能性、經濟性和美觀性能夠達到最佳平衡。

ABSTRACT

Key words : Building information modeling(BIM) , artificial intelligence (AI) , Embodied Carbon.

As the global demand for reducing carbon emissions and enhancing energy efficiency continues to grow, the construction industry faces transformation pressures, urgently needing innovative technologies to achieve higher environmental benefits. The core goal of this project is to integrate BIM parametric modeling and AI technology to help architects make better low-carbon design decisions during the early stages of design by considering multiple aspects.

The research method combines the development of BIM parametric modeling techniques and AI algorithms, along with their integrated application. Through parametric modeling, we have created a high-precision data model that includes the geometric shapes of the building volume. In the design decision-making process, we employ the Monte Carlo Tree Search (MCTS) method to perform extensive random sampling and quantification of the structural grid and the openings and combination units of the building envelope. The results of these simulations are evaluated based on the sampled plans' construction costs, embodied carbon emissions, and energy consumption, and are then fed back to the initial nodes of the decision tree to assist architects in selecting the optimal solution. Additionally, image-generative AI and customized deep learning language models are trained to automatically generate architectural design proposals, aiding the design team in early-stage communication to assess the feasibility of the design's appearance and the application of carbon-reducing materials.

This study utilizes BIM parametric models combined with MCTS technology, AI image generation, and customized trained language models to perform random

sampling of the initial architectural information models, followed by quantification and visualization, providing an intuitive evaluation of design proposals. This tool, integrating BIM parametric modeling with generative AI, not only enhances the communication efficiency of the design process but also reveals sufficient details at the early stages of design to support communication and decision-making processes.

第一章 緒論

第一節 研究緣起

三. 研究主題

本計畫研究主題依服務建議書所列如下：

建立以 BIM 整合 AI 的決策輔助系統，協助建築師在設計階段初期選擇最適當的結構方案，並從中優化建築物的蘊含碳排。藉由自動生成系統產生大量案例來訓練深度學習網路，提示建築師優化的設計策略，並以 AI 圖像生成技術提供視覺化的方案的評估與選擇。

四. 研究緣起

建築業在全球碳排放中佔有重要比例，因此低碳建築的設計與實施日益受到重視。傳統的建築設計過程往往效率不高，且難以全面評估設計決策對各方面所造成的影響。設計團隊面臨諸多挑戰，包括需要同時考量經濟效益、結構安全性、環境可持續性等多重因素。因此，本研究計劃擬探索如何透過整合建築資訊模型（BIM）與人工智慧（AI），創造一種創新的設計決策輔助工具，以促進更高效且環境友好的建築設計流程。

建築資訊建模（BIM）提供設計與工程的完整數據，包括建築物的幾何、空間關係、地理信息、數量和性質等詳細資訊。這些數據可以用來估算造價、進行結構分析、檢討衝突、評估能源耗損與碳排放等，這些數據與建築工程及使用品質息息相關。例如，通過 BIM 模型，設計師可以快速地模擬和分析不同設計方案的能源效率，從而選擇最具環保效益的設計方案。

OpenAI 於 2022 年底發表了基於 GPT-3.5 架構的人工智慧聊天機器人 ChatGPT，該程式透過強化學習進行訓練，將人工智慧帶入了另一個階段。自此開始，越來越多的人工智慧研究與開發如雨後春筍般蓬勃發展。人工智慧（AI）具備強大的數據處理和分析能力，能夠從大量數據中提取有用的資訊，

並生成具體的圖像與模型，可以明確的為設計提供決策參考。例如，AI 可以根據設計師提供的建築土地資訊，快速生成多種 BIM 模型的設計方案，並評估其可行性和碳排放量、造價等。

透過將 BIM 與 AI 技術相結合，不僅能夠提升設計過程的效率，還能更全面地評估和最佳化設計決策對環境的影響，推動更可持續的建築設計實踐。這不僅有助於減少建築業的碳排放，還能提升建築產業對於永續建築的目標奠定堅實基礎。

五．預期目標

- (1) 探討 BIM 與 AI 在低碳建築設計中的整合方式及可能性。
- (2) 開發結合 BIM 和 AI 的建築設計輔助工具，以達成低碳目標。
- (3) 評估該整合工具在實際應用中的效益及限制。

第二節 研究背景

六. 研究背景說明

內政部建築研究所依據我國 2050 淨零排放政策，並參照國際間淨零建築碳排評估推動，於 2023 年頒布低碳(低蘊含碳)建築評估手冊。在此研究計畫中，我們將嘗試使用低碳建築評估手冊中，環保署之碳排資料庫所合成的內政部建築研究所(簡稱 ABRI)之初級資材碳排資料庫中建材名稱，透過開源的生成式預訓練大型語言模型(LLM)進行建築材料領域適應(Domain Adaptation)，目標是將這些建材名稱轉換成低碳建築評估範疇之構造分類。這些構造分類不僅提供建築師於低碳建築評估時使用，還可以透過 AI 圖像生成系統，將原始 BIM 模型圖像轉換為新的評估方案圖像，有助於協助設計溝通與方案的選擇。

自動化輔助檢測是 BIM 技術發展的相當重要的領域，它不僅是 BIM 建築模型數據化過程的核心技術，更是其關鍵應用領域之一，尤其在建築法規的檢測方面發揮著關鍵作用。本計畫希望以使用建築資訊模型(BIM)為起點，由建築模型提供建築完整資訊，進而搭配人工智慧(AI)進行大量數據的高效分析，使用蒙地卡羅樹搜尋(MCTS)技術生成大量案例，並以生成對抗網路 Generative adversarial Networks(GANs)的架構建立設計決策輔助工具，提供建築師於設計階段初期使用輔助工具評估設計方案。

七. 研究目的

本案研究目的旨在整合建築資訊模型(BIM)與人工智能 AI，建立建築設計決策輔助工具。讓電腦成為具有專業知識整合能力的助手，輔助建築師在設計決策的制定與跨專業的協同作業。計畫的核心目標是利用自動生成系統，產生大量案例來訓練深度學習網路，透過 AI 協助建築量體、結構系統以及外覆系統的決策設定，針對建築法規、外型以及效能的合理性進行優化設計，此外，使用大型語言模型(LLM)進行建築材料領域適應，協助建築師在選擇建材時能更有效的評估建築物的蘊含碳排，從而制定出更佳的低碳設計策略，

最後運用 AI 圖像生成技術，提供更直觀且具體的建築設計方案圖像，讓建築師可以用此達到更好的低碳設計評估與選擇。

八. 本研究計畫之重要性

在政府於建築行業推動建築資訊模型(BIM)已相當多年，如今面對人工智能(AI)與 2050 淨零排放政策的迫切需求下，本研究計畫的重要性不言而喻。通過結合建築資訊模型(BIM)和人工智能(AI)技術，本計畫不僅推動技術創新和跨專業合作，還能大幅提升設計決策的效率和精確性。這樣的創新工具將使建築師能夠更有效率地評估和優化建築設計，透過這種技術結合，可以更好地促進建築業的永續發展，同時降低全球碳排放。本研究旨在推動建築業向更加環境友善、科技導向的方向發展，並為相關領域提供實證數據和應用建議。

九. 國內外有關本案之研究情況

近期建築行業的研究聚焦於整合先進方法，例如蒙地卡羅樹搜尋(MCTS)到建築資訊模型(BIM)，旨在提升決策過程，特別是在預測能源效能(Elghaish et al, 2021)、優化生命周期成本(Marzouk et al, 2018)和重塑整合專案交付(IPD)中的成本結構方面(Tahmasebinia et al, 2022)。

在多項研究中，探討了將 MCTS 納入 BIM 流程的潛在效果。這些方法提供了有價值的分析能力，有助於更準確地預測能源消耗與成本，同時也特顯了 MCTS 預測的精準度與實際成果的誤差不大，證明了 MCTS 用於建築產業的可行性。

儘管這些方法展現了在改進決策過程方面的重要潛力，但需要注意的是，模擬時間方面的挑戰已被承認為 MCTS 應用中的一個問題，特別是在早期決策階段。這些先進模擬技術的計算需求可能成為一個瓶頸，需要在分析能力和實際應用之間取得平衡。

第三節 研究方法

一. 研究採用之方法

本研究計畫分兩大方向，一是針對國外相關文獻及研究現況進行彙集探討，並蒐集可能的應用實例，此部份將詳細翻譯包括 MCTS、LLM、Stable Diffusion 等相關主要文獻，以作為建構 BIM 和 AI 建築設計輔助工具架構的參考依據。另一是以行動研究法，以實際案例參與整個路研究過程。設定目標為從概念設計階段 BIM 中提取建築設計資料，以參數化設計搭配蒙地卡羅樹搜尋(MCTS)技術生成大量案例，以生成對抗網路(GANS)的架構建立設計決策輔助系統。並透過內政部建築研究所 2023 年頒布低碳(低蘊含碳)建築評估手冊，環保署之碳排資料庫所合成的內政部建築研究所(簡稱 ABRI)之初級資材碳排資料庫中建材名稱，透過開源的生成式預訓練大型語言模型(LLM)進行建築材料領域適應，將(ABRI)初級資材中的建材名稱轉換成低碳建築評估範疇之構造分類，最後透過 AI 圖像生成系統，訓練碳排建材模型。在過程中會依其需求，邀請建築師事務所及相關的專家學者給予意見或補強研究方向與內容。

計劃擬針對概念設計初期階段的重點設計決策進行探索，結合蒙地卡羅搜尋樹(Monte Carlo Tree Search, MCTS)與深度學習，協助建築師從建築資訊建模之 LOD 100 到 LOD 200 階段針對減碳設計提供決策輔助。以下分別針對研究重點步驟進行簡述說明：

1. 國內外相關文獻探討

為建構 BIM 和 AI 的建築設計輔助工具架構提供理論基礎和實例支持。首先，蒙特卡羅樹搜索 (MCTS) 被廣泛應用於各種決策領域，包括遊戲、機器人控制和優化問題。研究顯示，將深度神經網絡與 MCTS 結合，可在圍棋遊戲中實現超人類表現，並展示了其在建築能源績效分析中的潛力，能有效應對多種複雜因素。其次，大型語言模型 (LLM) 通過無監督學習進行預訓練，能執行文字生成、摘要和翻譯等自然語言處理任務。LLM 使用 Transformer

架構，由編碼器和解碼器組成，能在多維向量空間中捕捉語意相似的字詞和上下文情境。最後，擴散模型成為深度生成模型中的重要分支，在影像合成、視訊生成和分子設計等應用中表現優異。研究介紹了去噪擴散機率模型（DDPM）、基於分數的生成模型（SGM）和隨機微分方程（Score SDE），並強調了擴散模型與 LLM 結合的潛力。透過這些文獻的分析，本研究為建構 BIM 和 AI 的建築設計輔助工具提供了堅實的理論基礎和實例支持，有助於未來在建築設計中的實際應用和發展。

2. 碳排資材資料收集

碳排資材資料的收集將以環境部與(ABRI)建築研究所提供的建築碳排放數據開放資料為基礎。並優先使用建築物外殼(牆)相關資料，這些資料涵蓋了建築材料在生產、運輸、施工和使用過程中的碳排放數據，此資料將使用在碳排 AI 語言訓練上。

3. 探討 BIM 與 AI 之應用可行性

通過使用參數化模型和生成式 AI，建築師可以提供更具互動性和客戶參與度的設計過程，同時也能利用 AI 的強大功能來優化和創新低碳建築設計，從而滿足客戶的特定需求和期望。如何透過這種技術的整合提高建築師在設計時能更明確進行數量估與性能評估，並提出可視化美觀的視覺方案。

4. 碳排 AI 語言訓練

(1) 碳排資料

從環境部與建築研究所的開放資料中收集有關外牆建築碳排放的碳資材數據，將這些數據進行預處理，清洗並標註相關的碳排放資訊，建構提示工程到檢索增強生成與微調模型，來確保大型語言模型在建築材料的應用上能更準確理解任務，每次皆能搜尋出與使用者輸入描述最相關的材料。

(2) AI 語言模型

大型語言模型 (LLM) 是基於大量資料進行預訓練的深度學習模型。適

用於各種自然語言處理 (NLP) 工作，如文字生成、摘要和翻譯。其架構 Transformer 是一組神經網路，由編碼器(Encoder)和解碼器(Decoder)組成。編碼器和解碼器從輸入的文字中提取含義，並理解其中的字詞彼此之間的關係。LLM 使用多維向量來表示字詞，使語意相似的字詞在向量空間中會彼此接近。使用字詞嵌入(word embedding)，Transformer 將文字預處理，並解析語意相似的字詞和上下文的情境以及字詞之間的其他關係，透過這些語言理解，LLM 就可以根據人類語言的輸入提示產生內容輸出。

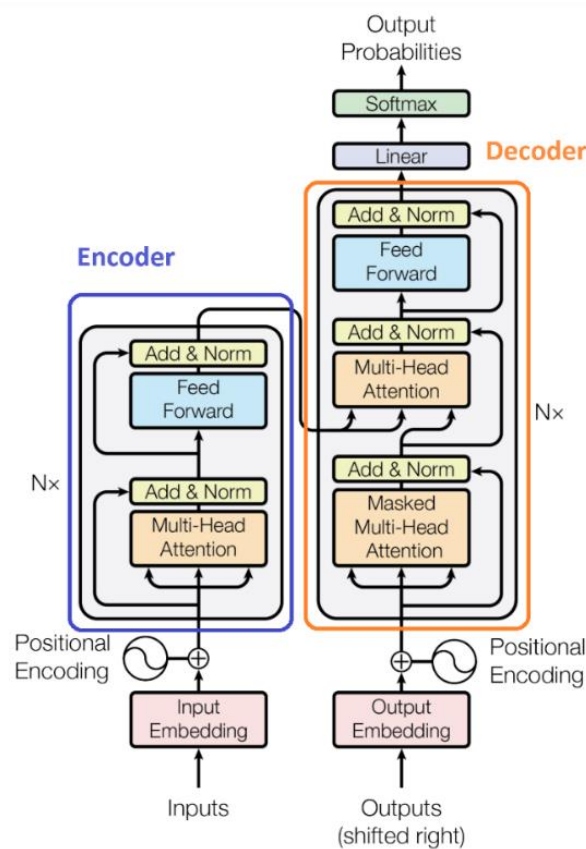


圖 1.3.1 Transformer 架構

(圖片來源: Attention Is All You Need)

5. 建材 AI 圖像模型雛型

將建築師使用 BIM 建製的模型立面量體外貌，使用 Stable Diffusion 進行

AI 繪圖，導入經過語言訓練的碳排資料，可以更準確有效的進行立面外觀風格的探索，找出最適合的風格與周遭環境氛圍方案，提供更直觀且具體的建築設計方案圖像。

(1) AI 圖像生成模型編號壞

AI 繪圖工具採用開源軟體 Stable Diffusion 進行圖像化設計方案，它是 2022 年發布的深度學習文字到圖像生成模型，是一種潛在擴散模型，由慕尼黑大學的 CompVis 研究團體開發的各種生成性類神經網路之一。

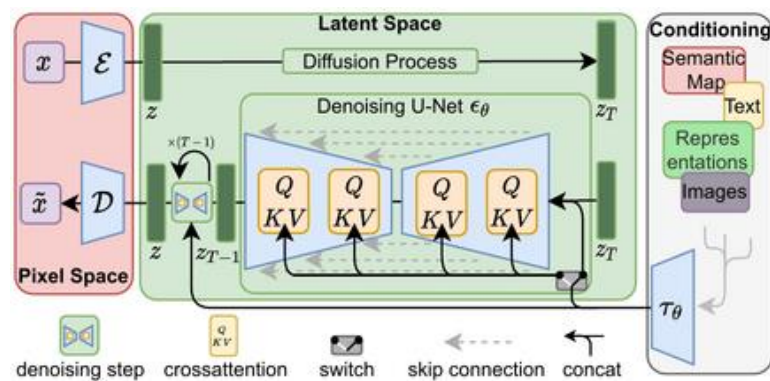


圖 1.3.2 Stable Diffusion 使用的潛在擴散結構圖

(圖片來源：High-Resolution Image Synthesis with Latent Diffusion Models)

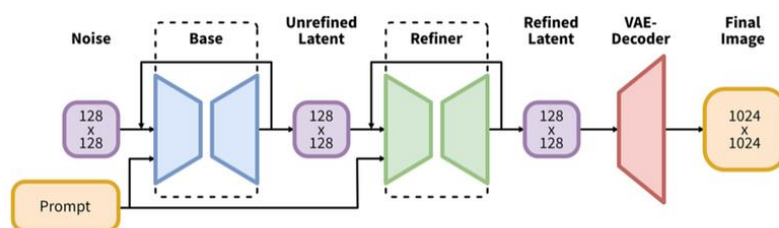


圖 1.3.3 Stable Diffusion XL 兩階段架構圖

(圖片來源：SD-XL 1.0-refiner Model Card)

6. 探討 MCTS 之應用

於 BIM 軟體上，在設計初期階段的設計決策使用蒙特卡羅樹搜索(MCTS)的隨機取樣進行模擬，包含結構網格之優化，依不同跨距設定來確定最優化的結構網格，外牆分割與開口設計，做為數量計算與性能評估，MCTS 的應用不僅增加了設計的迭代深度和廣度，還使得最終的建築設計決策更加數據驅動和優化。

7. 提出決策輔助工具初步研究成果

將 MCTS 與大型語言模型再加入 AI 圖像生成，能夠串聯成一流暢之工作流程，使用者可在 BIM 中使用 MCTS 工具，達到量體、材料、性能上的決策選擇，並可以透過 AI 圖像生成，提供業主具體圖像方案。

二. 研究研究方法之原因

在建築領域推動 BIM 與 AI 是技術創新和跨專業合作，透過從 BIM 提取建築資訊，結合參數化設計與蒙特卡羅樹搜尋 (MCTS) 技術生成大量案例，並以生成對抗網路 (GANs) 的架構建立設計決策輔助，能夠廣泛深索設計可能性，生成高品質、實用設計案例方面的卓越能力，從而提高設計創新性與效率；碳資材資料的訓練則是使用開源生成式預訓練語言模型 LLM，目的是利用其強大的語言處理能力，以建材名稱轉換為低碳建築評估的構造分類，完成建材領域專業資料的語言模型。AI 圖像生成模型則可以即時幫助建築師對設計方案有更直觀的理解。

本計畫不僅能夠提供實時、多重的設計輔助，還能促進建築業朝向更加環保、永續的發展方向上。通過此研究，我們期待能夠為建築設計師提供一種全新的、高效的設計工具，幫助他們在複雜多變的現代建築環境中取得成功。

三. 預計可能遭遇之困難及解決途徑

本案使用之技術為較創新之 AI 領域，深度學習模型需要大量且高品質的訓練數據與高效能之電腦設備，BIM、AI 深度學習、AI 語言學習、AI 圖

像生成技術也並不是於單一平台，可能會遇到技術相容性和系統穩定性之問題，因此整合以上技術功能，也可能是本次的最大挑戰與困難。將使用模組化的設計方法，並加強開發團隊之間的合作，確保各模組間的順暢整合和穩定運行。另一方面，創新工具也將面臨使用者的接受度，使用者需克服學習曲線，並可能面臨與傳統設計流程習慣的抗拒，為此應提供較友善之使用者界面，提供詳細的操作手冊，來提升使用者的接受度和操作技能，也可收集使用者回饋意見，提供往後持續修正調整，始能順利為我國業界所運用。

第四節 進度說明

本研究之期程為 113/02 - 113/12，共計十一個月，其中定期召開工作會議係包括研究小組每週固定之研究會議，以及辦理專家座談。

表 1.4.1 研究計畫預計時程與實際執行狀況

(資料來源：研究小組自繪)

圖例說明：



工作項目 \ 月次	第一個月	第二個月	第三個月	第四個月	第五個月	第六個月	第七個月	第八個月	第九個月	第十個月	第十一個月
國內外相關文獻探討	預定進度	執行進度									
碳排資料資料收集	預定進度	執行進度									
探討 BIM 與 AI 之應用可行性		預定進度	執行進度								
函送工作進度報告書		預定進度	執行進度								
工作坊教育訓練		預定進度	執行進度								
第 1 次專家座談會			預定進度					執行進度			
碳排 AI 語言訓練			預定進度	執行進度							
建材 AI 圖像模型訓練				預定進度	執行進度						
函送期中報告				預定進度	執行進度						
期中報告審查會議					預定進度	執行進度					
建築設計方案資料收集					預定進度	執行進度					
探討 MCTS 與 GANs 之應用						預定進度	執行進度				
提出決策輔助工具初步研究成果						預定進度	執行進度				
第 2 次專家座談會							預定進度	執行進度			
彙整研究成果								預定進度	執行進度		
研究成果說明會									預定進度	執行進度	
函送期末報告書									預定進度	執行進度	
期末報告審查會議										預定進度	執行進度
函送成果報告書											預定進度
預定進度 (累積數)	6%	15%	9%	6%	12%	9%	12%	8%	12%	6%	3%
	(6%)	(21%)	(31%)	(37%)	(50%)	(59%)	(68%)	(79%)	(90%)	(97%)	(100%)

第二章 國內外相關文獻探討

第一節 MCTS 與設計決策

一. 利用深度神經網路和樹搜尋掌握圍棋

近期 MCTS 最前衛的發展可以追溯到 Silver 等人在圍棋遊戲掌握方面的開創性論文。在他們 2016 年的論文中，作者提出了一種新穎的方法，將深度神經網路與 MCTS 相結合，以實現在圍棋遊戲中的超人類表現。深度神經網路用於評估局勢並指導樹搜索，而 MCTS 算法則用於探索巨大的搜索空間，找到最有前景的走法，如圖 2.1.1。

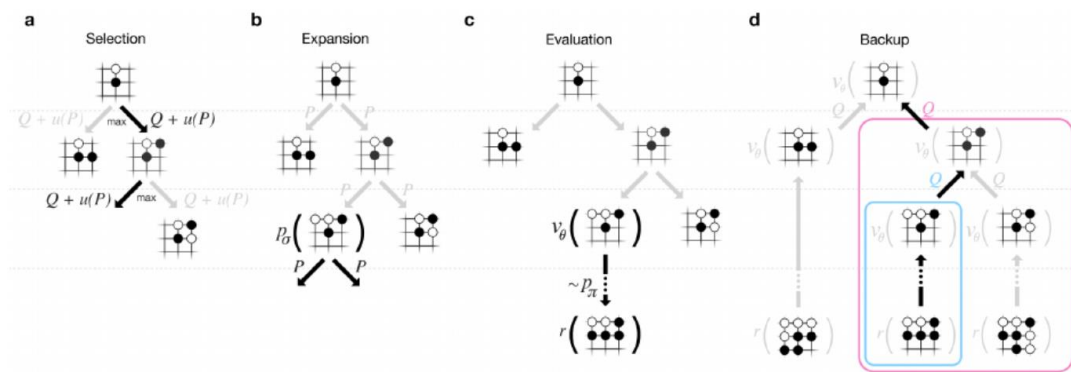


圖 2.1.1 MCTS 用於圍棋，收尋並評估各選擇的流程

(資料來源：

https://www.researchgate.net/publication/292074166_Mastering_the_game_of_Go_with_deep_neural_networks_and_tree_search)

在此基礎上，Silver 等人在 2017 年的論文中進一步發展了 MCTS 算法。他們展示了在沒有任何人類知識的情況下，也可以掌握圍棋遊戲。作者採用了強化學習的方法來訓練 MCTS 算法，使其能夠通過自我對弈來學習遊戲的策略和戰術。這一方法是一個重大突破，因為它表明 MCTS 可以用於開發高度能力的決策系統，而無需大量的人類專業知識或領域知識。

二. 基於迴歸方法的 BIM 能源分析和蒙特卡羅模擬評估建築能源性能的實施：案例研究

Tahmasebinia 等人的工作展示了 MCTS 在建築能源績效分析中的應用。作者使用 BIM 和蒙特卡羅模擬的組合，基於迴歸方法估算建築能源績效。這一方法突出了 MCTS 的多樣性，以及其在解決建築環境中複雜優化問題的潛力，因為決策通常受到諸如建築設計、材料和佔用模式等多種因素的影響。Tahmasebinia 等人證實了 MCTS 的預測與實際模擬之間的誤差能被控制於 5 個百分比內。

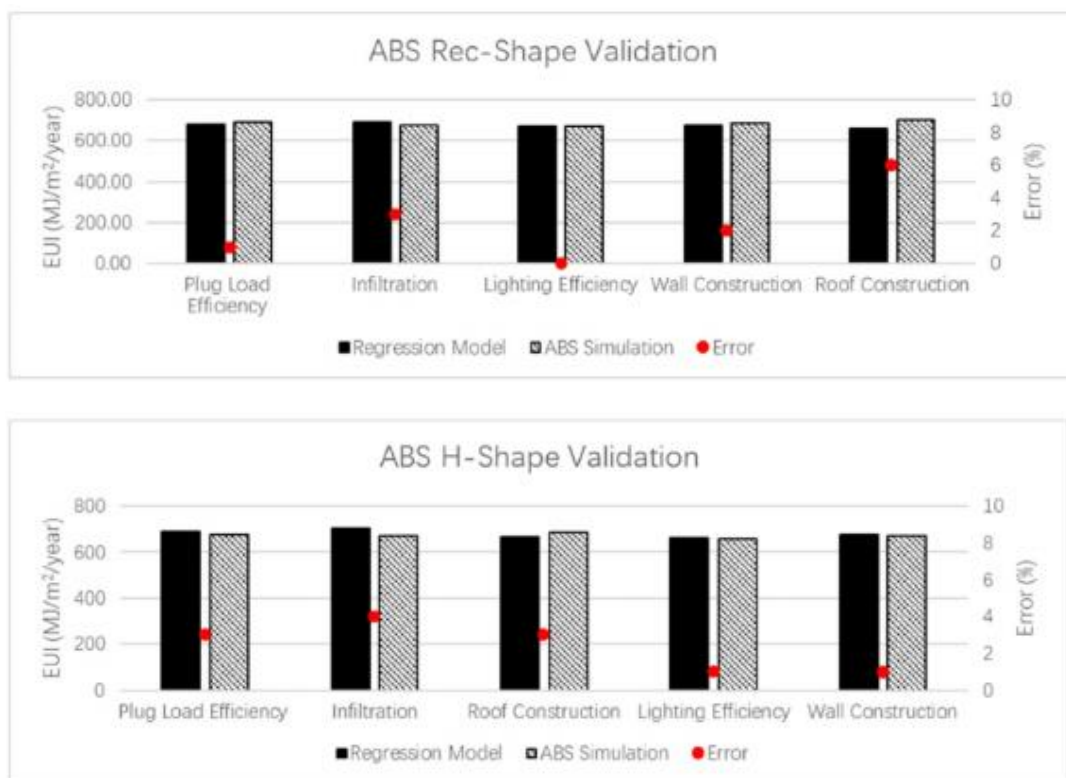


圖 2.1.2 證實 MCTS 用於建築設計的可靠性

(資料來源：

https://www.researchgate.net/publication/359743043_Implementation_of_BIM_Energy_Analysis_and_Monte_Carlo_Simulation_for_Estimating_Building_Energy_Performance_Based_on_Regression_Approach_A_Case_Study)

總而言之，MCTS 的發展是決策領域的一個重大進步，應用範圍廣泛。MCTS 能有效處理不確定性、平衡探索與利用，並適應複雜的能源性能預測問題。結合 BIM 技術，其在處理隨機情境和多樣化因素時，為設計決策提供了可靠且有深度的數據支持，使其成為各種現實世界情景中做出明智和穩建決策的寶貴工具。

表 2.1.1 MCTS 與 BIM 文獻研究與整理表

項次	篇名	作者/年份
1	A Survey of Monte Carlo Tree Search Methods 蒙地卡羅樹搜尋方法綜述	Edward Powley 等人 (2012)
2	Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search 使用深度神經網絡與樹搜尋掌握圍棋遊戲	Silver 等人 (2016)
3	Mastering the game of go without human knowledge 無需人類知識掌握圍棋遊戲	Silver 等人 (2017)
4	Implementation of BIM Energy Analysis and Monte Carlo Simulation for Estimating Building Energy Performance 基於回歸方法的 BIM 能源分析與蒙地卡羅模擬在建築能源性能估算中的實施：案例研究	Tahmasebinia F 等人 (2022)
5	Beyond games: a systematic review of neural Monte Carlo tree search applications 超越遊戲：神經蒙地卡羅樹搜尋應用的系統性回顧	Kemmerling 等人 (2023)

第二節 大型語言模型的架構與訓練

大型語言模型 (Large Language Model, LLM) 是基於大量資料進行預訓練的深度學習模型(Devlin et al., 2019)。透過無監督的訓練執行自主學習，因此學會理解基本的語法、語言和知識，從而能執行各種自然語言處理 (NLP) 工作，如文字生成、摘要和翻譯(Vaswani et al., 2017)(圖 2.2.1)。

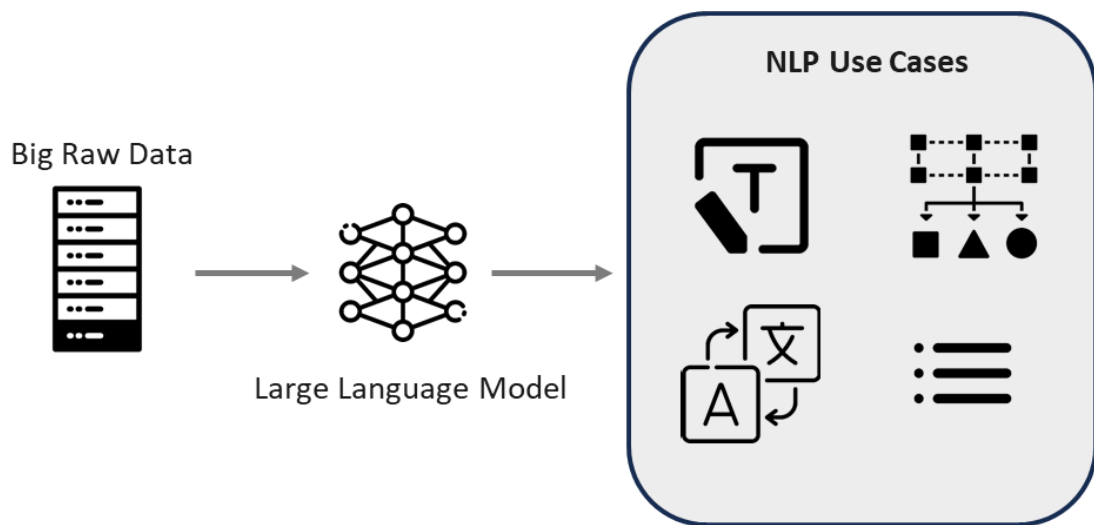


圖 2.2.1 LLM 大型語言模型

(來源: 本研究繪製)

Transformer 是一組神經網路，由編碼器(Encoder)和解碼器(Decoder)組成 (Vaswani et al., 2017) (圖 2.2.2)，編碼器和解碼器從輸入的文字中提取含義，並理解其中的字詞彼此之間的關係。語言模型使用多維向量來表示字詞，使語意相似的字詞在向量空間中會彼此接近。使用詞嵌入(Word Embedding)，Transformer 將文字預處理，並解析語意相似的字詞和上下文的情境以及字詞之間的其他關係。

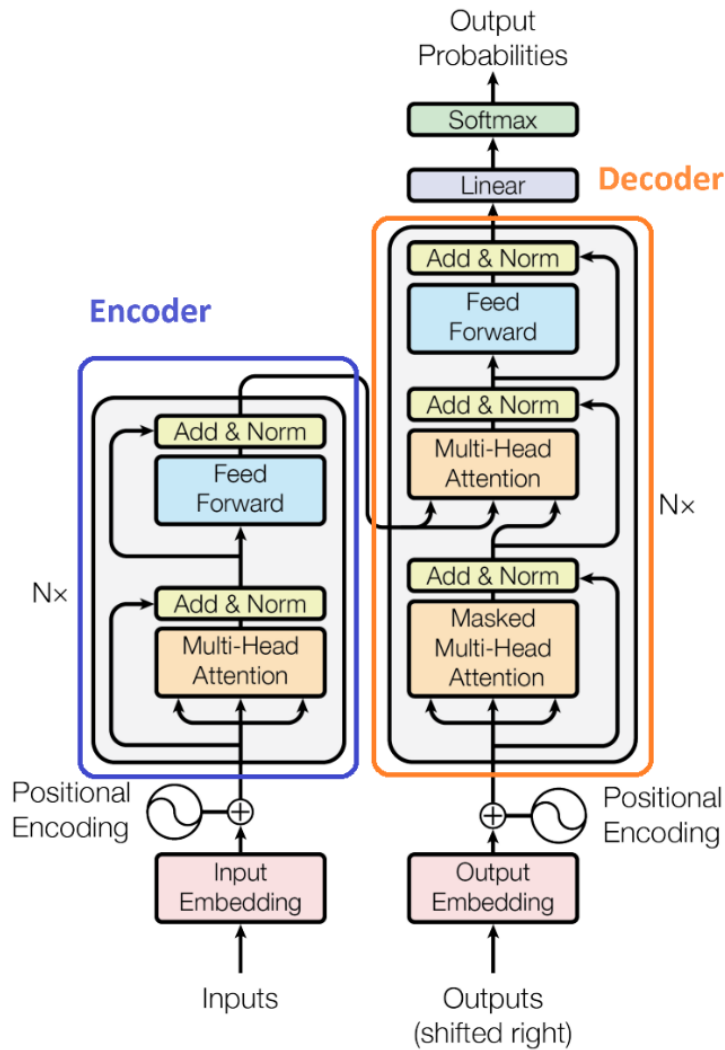


圖 2.2.2 Transformer 架構

(來源: Attention Is All You Need)

大型語言模型由多個層(Layers)組成，通常層數越多，有助於細化和優化產出結果，以獲得更高的準確性(Devlin et al., 2019)。模型的每層都有多個頭(Heads)，這些頭是彼此獨立的，它們採用注意力機制(Attention)來權衡序列中不同標記的重要性(Vaswani et al., 2017)。每個頭都能學習不同的模式，因此，同時關注多個不同子空間裡頭的子詞，從而使模型能夠捕捉依賴性和關係。透過這些語言理解，大型語言模型就可以根據人類語言的輸入提示(Prompt)

產生更好的內容輸出。

然而，大型語言模型的預訓練基礎為來源廣泛的文本，如果向它詢問關於特定領域的問題，有可能無法產生良好的答案。為了使模型能夠滿足不同應用場景的需求，領域適應（Domain Adaptation）針對目標領域客製化訓練模型，有助於提升在特定領域中的表現(Gururangan et al., 2020)，使模型可以更好地完成或理解目標任務，提出更具專業性的回覆與能力。

關於大型語言模型的訓練方法，下列為三項常見技術：

1. 提示工程(Prompt Engineering)：提示工程是一門編寫和修改提示的技術，用來指導大型語言模型的行為，以符合期望的輸出內容(Kojima et al., 2022)(圖 2.2.3)。

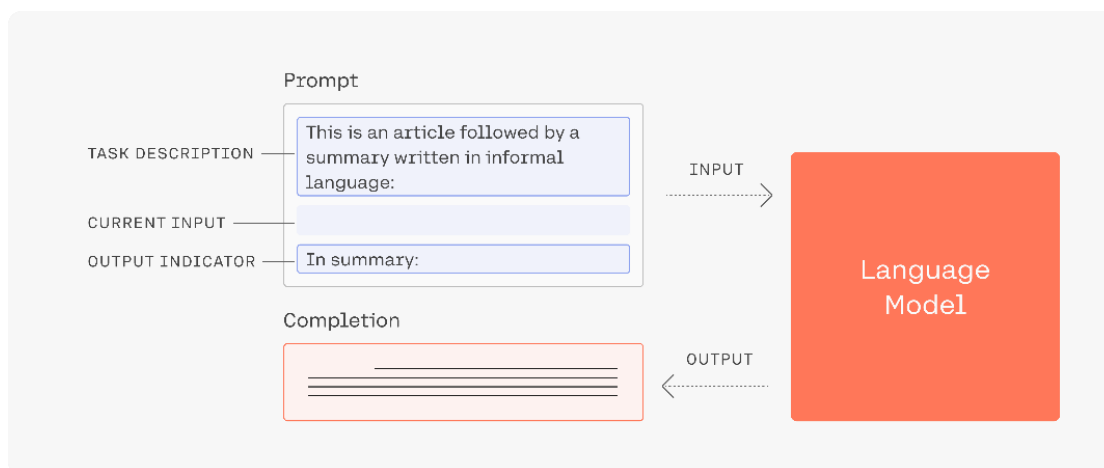


圖 2.2.3 Prompt Engineering

(來源: cohere.ai)

2. 檢索增強生成(Retrieval Augmented Generation, RAG)：RAG 結合大型語言模型與檢索技術，通過搜索相關外部知識來輔助生成輸出內容 (Lewis et al., 2020)(圖 2.2.4)。

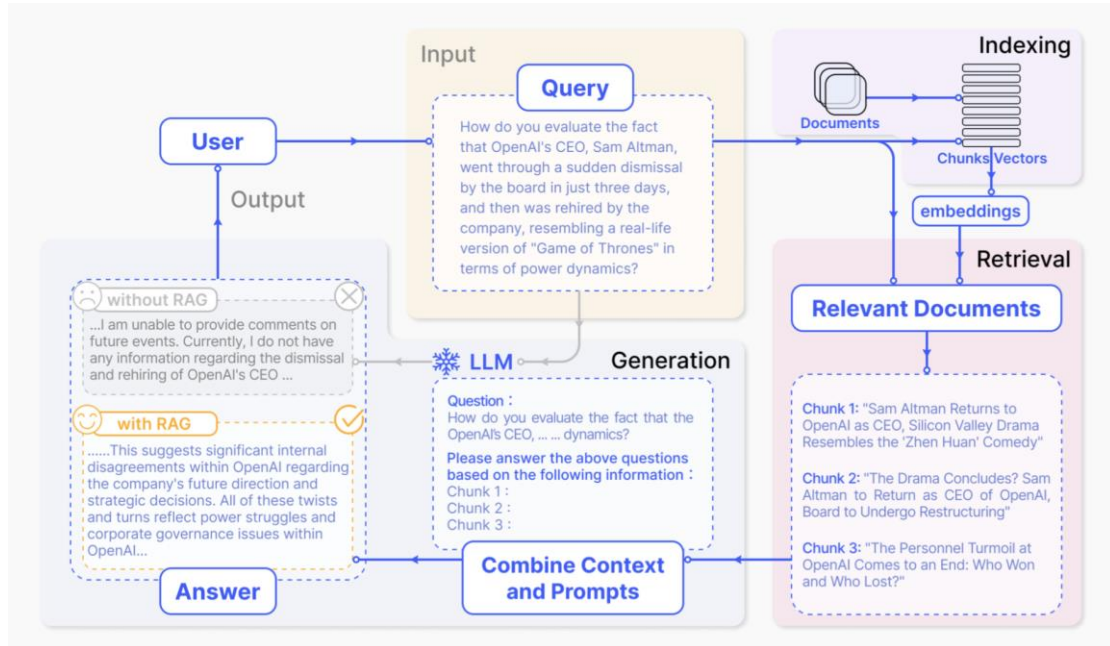


圖 2.2.4 RAG

(來源: Retrieval-Augmented Generation for Large Language Models: A Survey)

3. 微調(Fine-tuning)：微調是通過在特定任務上進行有監督學習，使用整理過的少量資料集來調整預訓練模型，提高特定任務的執行能力(Devlin et al., 2019)(圖 2.2.5)。參數高效率微調(PEFT)是微調常用的方法，使預訓練模型適應新任務，同時用較少的參數有效地微調模型。低秩適應(LoRA)(圖 2.2.6)僅訓練最重要或最有影響力的參數，無需訓練整個基礎模型。而更少的參數調整代表更少的運算，使整個訓練過程能更快更有效率，並且使用更少的記憶體資源(Hu et al., 2021)。

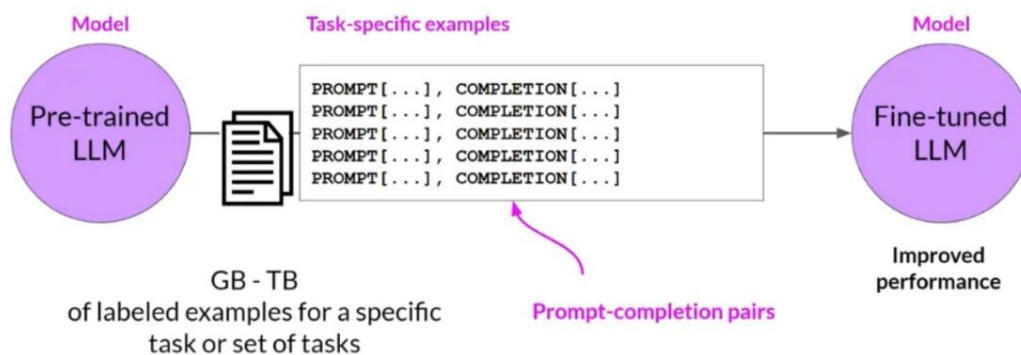


圖 2.2.5 Fine-tuning

(來源: Generative AI with Large Language Models)

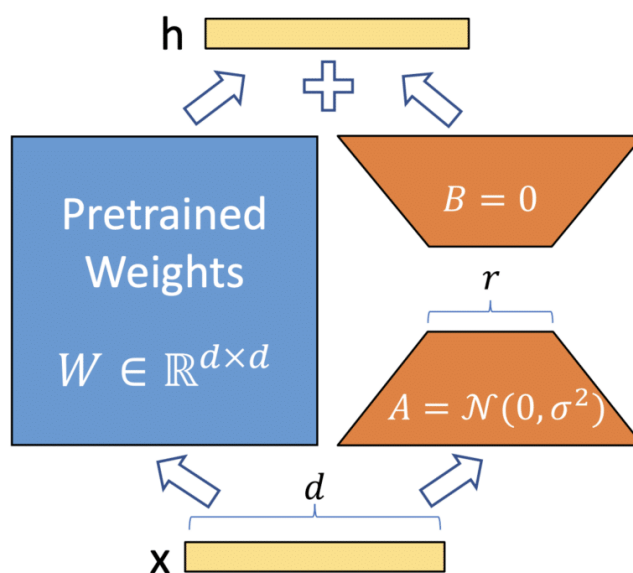


圖 2.2.6 LoRA

(來源: LoRA: Low-Rank Adaptation of Large Language Models)

提示工程、檢索增強生成和微調各有不同的優勢，如下所示(圖 2.2.7)：

- 提示工程：容易實行、效果及時、易於使用和理解。
- 檢索增強生成：連結外部知識、特定領域知識輔助、及時資訊更新。

- 微調：可控制模型的行為、可預期的輸出、模型輸出的格式。

這些技術並不限於單一使用，結合能夠進一步加強模型的能力，提升在特定任務中的表現和穩定性。

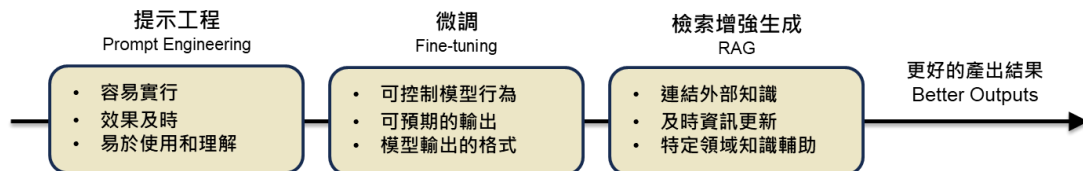


圖 2.2.7 優化 LLM 的方法

(來源：本研究繪製)

表 2.2.1 LLM 文獻研究與整理表

項次	篇名	作者/年份
1	Attention is all you need 注意力機制是你所需的全部	Vaswani 等人 (2017)
2	Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks 增強檢索生成：應用於知識密集型 NLP 任務	Lewis 等人 (2020)
3	How context affects language models' factual predictions 上下文如何影響語言模型的事實預測	Petroni 等人 (2020)
4	Lora: Low-rank adaptation of large language models Lora：大型語言模型的低階適應	Hu 等人 (2021)
5	PEFT: State-of-the-art Parameter-Efficient Fine-Tuning methods PEFT：最先進的參數高效微調方法	Sourab Mangrulkar 等人 (2022)
6	Large language models are zero-shot reasoners	Kojima 等人

	大型語言模型是零樣本推理器	(2022)
7	Chain-of-thought prompting elicits reasoning in large language models 連鎖思維提示引發大型語言模型的推理	Wei 等人 (2022)
8	A survey of large language models 大型語言模型的調查	Zhao 等人 (2023)
9	Retrieval-augmented generation for large language models: A survey 增強檢索生成：大型語言模型的綜述	Gao 等人 (2023)
10	Prompt Engineering 提示工程	cohere (2023) (2023)
11	Generative AI with Large Language Models 使用大型語言模型進行生成式 AI	Antje Barth 等人 (2023)
12	Large language models: A survey 大型語言模型的調查	Minaee 等人 (2024)
13	LLM Prompt Engineering Simplified 大型語言模型提示工程簡化	Kalyan 等人 (2024)

第三節 AI 圖像生成、Stable Diffusion

一. Diffusion Models 擴散模型：方法和應用的綜合綜述

擴散模型已成為強大的深度生成模型新系列，在許多應用中具有相當傑出的性能，包括影像合成、視訊生成和分子設計。在本篇研究中，對擴散模型的狀態進行情境化、深入的觀察，確定重點關注領域並指出需要進一步探索的潛在領域。

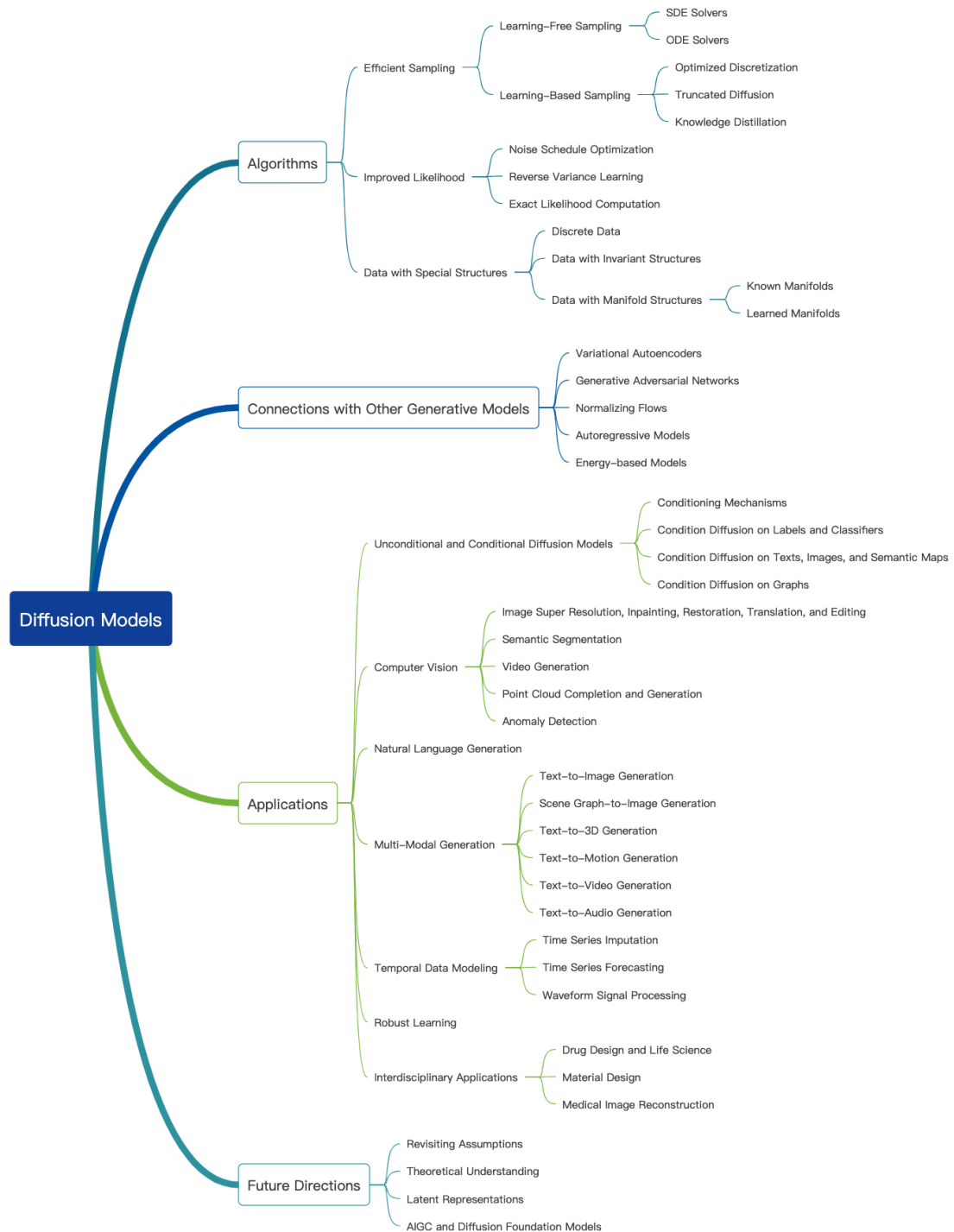


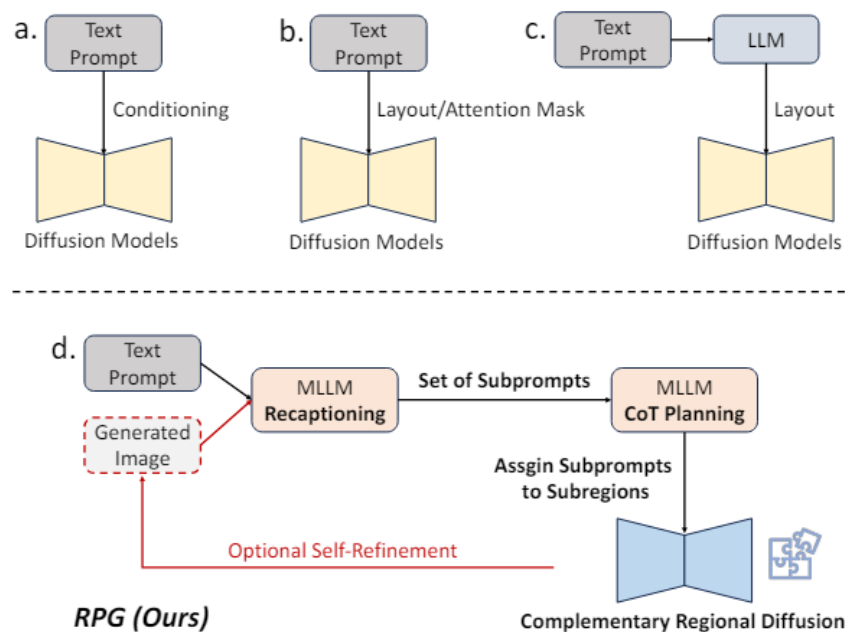
圖 2.3.1 擴散模型變體的分類、與其他生成模型的連結、應用擴散模型和未來方向

(資料來源：Diffusion Models: A Comprehensive Survey of Methods and

Applications)

基於過去兩年，擴散模型的研究主體顯著成長，使其變得越來越具有挑戰性讓新研究人員能夠及時了解該領域的最新發展。此外，龐大的工作量可能會掩蓋主要趨勢並阻礙進一步的研究進展。在本篇研究中，透過提供解決這些問題的方法全面概述擴散模型研究的現狀，將各種方法分類，並強調關鍵進展。介紹三種主要公式：去噪擴散機率模型 (DDPM) [100, 254]、基於分數的生成模型 (SGM) [259, 260] 和隨機微分方程 (Score SDE) [125, 258, 264]。關鍵所有這些方法都是透過增強隨機雜訊逐漸擾亂資料(稱為「擴散」過程)，然後依序去除雜訊以產生新的資料樣本。並闡明它們如何在相同的原理下工作擴散，並解釋這三個模型如何相互連結以及如何相互簡化。

同時也提出了最新研究的分類法，描繪了擴散模型的領域，將其分為三類關鍵領域：高效採樣、改進的似然估計以及處理資料的方法特殊結構，例如關聯式資料、具有排列/旋轉不變性的資料以及駐留在形。



(a) 文本條件擴散模型[15, 223]、(b) 基於佈局/注意力的擴散模型[69]、(c) 基於 LLM 的擴散模型[160] 和(d) RPG [318] 之間的說明性架構比較]。

RPG 利用多模態大語言模型 [200] 作為擴散規劃器來改進組合/複雜的文字到圖像的生成。

圖 2.3.2 擴散模型：方法和應用的綜合綜述

(資料來源：Diffusion Models: A Comprehensive Survey of Methods and Applications)

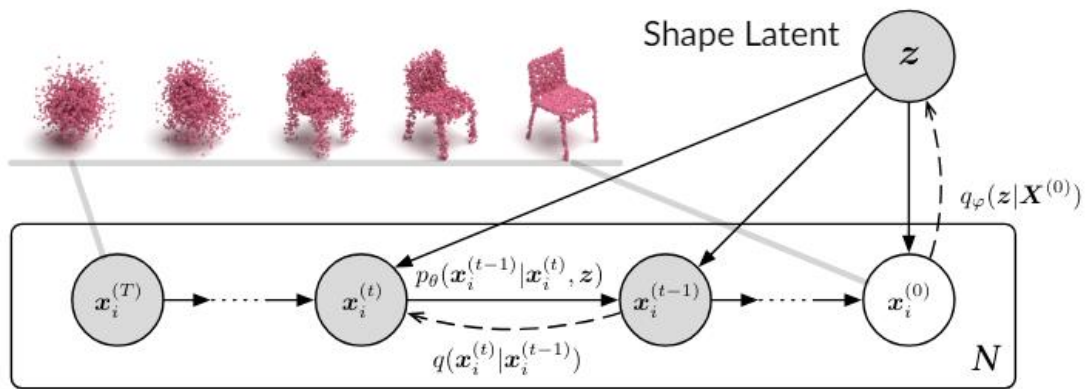


圖 2.3.3 擴散模型：點雲擴散過程的有向圖模型

(資料來源：Diffusion Models: A Comprehensive Survey of Methods and Applications)

在本篇研究中提到未來方向:擴散模型的研究仍處於早期階段，在理論和經驗方面都有很大的改進潛力。關鍵研究方向包括有效採樣和改進似然，以及探索擴散模型如何處理特殊數據結構、與其他類型的生成模型交互以及針對一系列應用進行定制。擴散模型中的許多典型假設需要重新審視和分析。例如，擴散模型的前向過程完全消除資料中的任何資訊並使其等於先驗分佈的假設可能並不總是成立。事實上，短時間內完全刪除資訊是不可能實現的。了解何時停止前向雜訊過程以在取樣效率和取樣品質之間取得平衡非常有意義。此外，LLM 與擴散模型的結合已被證明是一個新的有前途的方向。

表 2.3.1 AI 圖像生成文獻研究與整理表

項次	篇名	作者/年份
1	Text Semantics to Image Generation: A method of building facades design base on Stable Diffusion model 文字語義轉圖像生成：基於 Stable Diffusion 模型的建築立面設計方法	Ma 等人 (2023)

第三章 人工智慧於建築設計

第一節 MCTS 開發與 BIM 模型

一. MCTS 程序

大多數開源蒙特卡洛樹搜索 (MCTS) 演算法是使用 Python 實現的，專注於兩人棋盤遊戲，專注於優化單一目標：勝率。這些解決方案無法直接移植到建築建模軟體中，建築建模軟體通常使用 C#，且是為單用戶設計。建築設計過程中，決策並非單一目標，切有些目標無法數值化，例如立面設計美觀。

由於建築設計具有多目標且主觀性強，因此在實施過程中需要略微偏離傳統的蒙特卡羅樹搜尋 (MCTS) 方法。為了驗證 MCTS 用於建築的可行性，我們擬定一個簡化的建築設計流程對應 3 個重點：1. 建築量體形式、2. 結構體尺寸、與 3. 立面設計。建築設計 MCTS 實施過程如下：

1. 樹的定義：樹的層次代表一個設計決策，由多個設計選擇（樹節點）組成。在執行 MCTS 之前，使用者必須定義設計搜尋空間（所有可能的選項參數及其決策順序）。這些使用者的輸入將創建搜尋空間的樹狀結構。
2. 隨機取樣：MCTS 程式會隨機從各層選擇設計選項數次，生成大量的參數集，每一組都代表一種設計意圖。這相當於傳統 MCTS 過程中的模擬 (Simulation) 階段。選擇是隨機的，沒有進行數值計算；所選的參數集可能代表最差的設計，但這是可以接受的，因為我們抽樣大量的參數集，這些表現不佳的參數會被平衡掉。
3. 評估：利用生成的參數集，這些值被分割並輸入到其相應的參數模型中。這些參數模型將計算該參數集的設計目標值。參數模型是為 MCTS 目標計算定制的，能夠進行數值計算，例如質量、表面積、成本、熱阻 (R 值或 U 值)、蘊含探排…等。每

個參數集將產生多個目標值，這些值由使用者決定，代表使用者關心的目標。同時輸出部分參數集的幾何模型給 AI 圖像生成引擎 SD(Stable Diffusion)並使用 LLM 產生的提示指引 SD。

4. 回傳(backpropagation):根據當前層的母節點(設計選項),將數值結果進行總結和平均。結果值在每個母節點之間進行比較,以建立選項之間的相對表現。同時,主觀表現由 AI 擴散渲染的圖像表示。
5. 決策:在 MCTS 過程結束時,使用者必須決定過程是否呈現出滿意的結果。如果有,那麼設計決策已經完成,下一個設計決策的 MCTS 計算可以開始。如果沒有,則使用者需要調整輸入選項以改變設計空間的樹定義,並重新運行當前設計決策的 MCTS 過程。

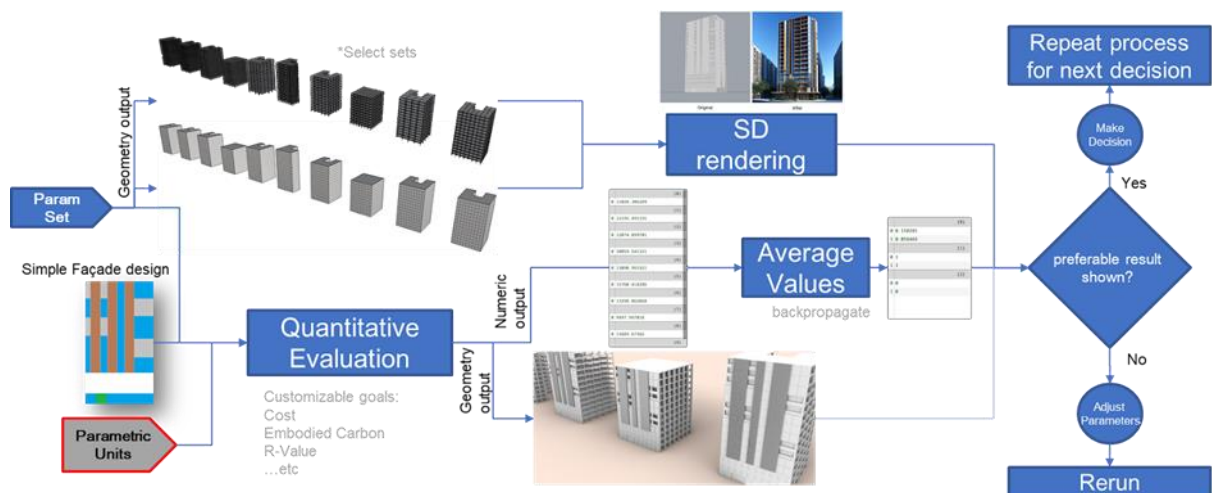


圖 3.1.1 簡化流程圖，示意整個 MCTS 的操作流程

(來源: 本研究繪製)

原始目標是使用通用的 C# 開發各軟體，但由於這個研究項目屬於初步可行性驗證，完全從 C# 開發一個程序將耗費大量時間，特別是在需要開發自定義 GUI 以便使用者與程序互動的情況下。由於各種原因，從頭開始用

C# 開發完整程序被認為過於耗時。在本研究中，上述步驟中的第 2 步和第 4 步作為 Grasshopper 插件用 C# 實現，而第 3 步則使用 Grasshopper 組件實現；第 1 步和第 5 步不需要任何程序實現，而是需要人類互動以提供初始輸入並評估回傳的結果。

二. 開發平台

BIM 模型本身就具有複雜性，涵蓋建築結構、過程和元件的詳細資料。這種複雜性對於不熟悉 BIM 軟體或程序的人士而言可能是挑戰性的。領先的 BIM 軟體 Revit 也很難開發，因為它需要深入整合軟體的資料結構和功能。

此外，建築設計的設計決策不總是線性或一致的，因為它涉及多個因素和各方需求。這使得使用傳統的蒙特卡洛樹搜索 (MCTS) 方法很難創建一個適合所有情況的解決方案。

為了處理這種複雜性，需要將 MCTS 引擎和參數設置分開。引擎可以作為一個固定的模組，而設置可以是各軟體特定的，允許根據每個 BIM 模型軟體的獨特需求進行自適化。在上述的流程中，只有第三步是需要透過建模軟體去產生與計算成果；所以用 C# 所開發引擎是可以在不同軟體之間提供第 2 步與第 4 步的功能。

為了驗證流程，第三步選擇用 Rhino 的 Grasshopper 作為開發平台，可以簡化開發過程，因為 Rhino 相比 Revit 而言較為簡單，提供了一個更加靈活且能快速開發與驗證的解決方案。

這種方法允許開發一個強大且多樣化的 MCTS 基於決策支持系統，該系統可以根據每個程序和用戶的獨特需求進行自適化，而核心引擎則保持一致和可靠。

三. MCTS 開發

為了實現最大兼容性，隨機取樣的輸入僅限於數值型。如果輸入是非數

值型的，例如建築質量形狀，可以對其進行編制代號，並且尺寸選項可以直接輸入，如圖 3.1.2。

X長		Y寬	
0	20	0	32
1	32	1	37
2	40	2	40
3	47	3	50
4	55		

圖 3.1.2 決策可選選項的輸入方式一律為數值輸入

(來源: 本研究繪製)

單一一項的變數以同一個清單傳輸(List<int>)，例如圖 3.1.2 中所呈現的選項會以 3 的清單傳輸，第一個清單有 6 個數值、第二個有 5 個、第三個有 4 個。創造隨機取樣物件(RandomSampling) 後使用 C# 內建的 Random 從各清單中隨機選取一個變數；當從各清單裡隨機選出一個參數，一組參數集就能被視為一個設計(圖 3.1.3)。

參數集		
建築外框型式代號	0	4
	1	40
	2	50
	3	8
建築外框參數	4	1.2
	5	3
	6	0
	7	0
跨距斷面尺寸	8	1
	9	1
	10	40
	11	40
立面單元參數	12	8
	13	1
	14	40
	15	8

圖 3.1.3 簡化版參數集，每次執行 MCTS 會獲得上萬上億個參數集

```

internal class RandomSampling(List<List<int>> _parameters) {

    readonly List<List<int>> parameters = _parameters;

    readonly Random random = new();

    internal List<List<int>> Sample(int count) {

        List<List<int>> result = [];

        for (int i = 0; i < count; i++){

            List<int> sample = new();

            foreach (List<int> parameter in parameters) {

                int index = random.Next(0, parameter.Count);

                sample.Add(parameter[index]);

            }

            result.Add(sample);

        }

        return result;

    }

}

```

獲得參數集後，依照各參數所設定的數值輸入到相對的參數模型內進行數值計算。一個設計內會有數個參數模型定義，每個參數模型會負責產生一個物件；如：量體、結構體、立面單元。

圖 3.1.4 為立面單元中的玻璃帷幕單元的參數模型。參數模型的輸入大多從隨機取樣的輸出中取得，並所有的參數模型都會有共同的輸出，這些輸出為幾何與使用者要計算評估的目標數值。幾何輸出可以依照目前評估的決策需求去決定要輸出的幾何模型細緻度。例如在座量體決策時就不用去做立面單元的幾何輸出，只需隨機取樣的數值結果。

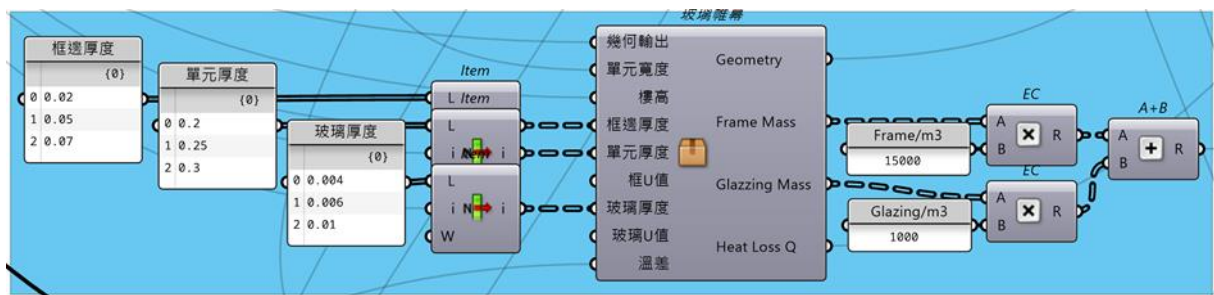


圖 3.1.4 玻璃帷幕單元參數模型

(來源: 本研究繪製)

以量體設計階段做決策為例，在簡化流程中只評估蘊含探排與熱穿透率 (U 值)，使用者透過 MCTS 計算後，會從所提供的量體形式中得知相對應的表現，0 為最佳，1 為最差；且同時從 SD 獲得數個如圖 3.1.5 右下角的 AI 渲染圖。SD 渲染並不會與 MCTS 所隨機取樣計算的立面一樣，因為輸入只有量體與樓層分割線。在設計前期的 SD 渲染主要是要提供使用者參考，去提供使用者可能沒有想像到的立面設計。每次使用者需要做決策時都能透過 MCTS 獲得一組數值與視覺的圖示去協助決定決策。

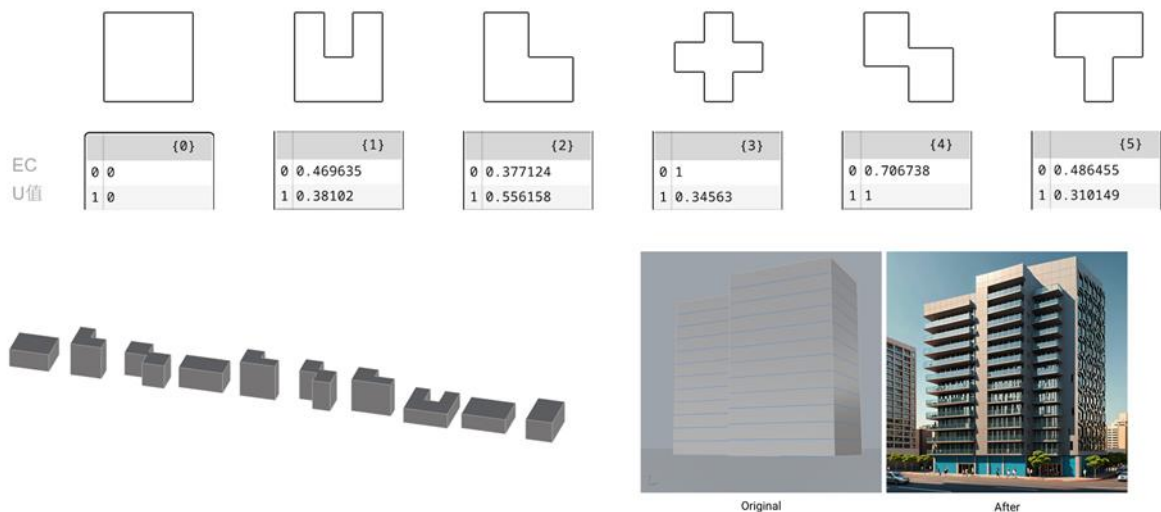


圖 3.1.5 玻璃帷幕單元參數模

(來源: 本研究繪製)

```

protected override void SolveInstance(IGH_DataAccess DA){

    Dictionary<double, double[]> value = [];

    GH_Structure<GH_Number> temp;

    for (int i = 0; i < Params.Input.Count; i++) {

        if (!DA.GetDataTree(i, out temp)) return;

        for (int j = 0; j < temp.PathCount; j++) {

            List<GH_Number> branch = temp.Branches[j];

            if (value.ContainsKey(branch[0].Value))

                value[branch[0].Value][i] += branch[1].Value;

            else{

                value.Add(branch[0].Value, new double[Params.Input.Count]);

                value[branch[0].Value][i] += branch[1].Value;

            }

        }

        double[] min = new double[value.First().Value.Length], max = new
double[value.First().Value.Length];

        for (int i = 0; i < Params.Input.Count; i++) {

            var tempSorted = value.OrderBy(x => x.Value[i]);

            min[i] = tempSorted.First().Value[i];

            max[i] = tempSorted.Last().Value[i];

        }

        GH_Structure<GH_Number> result = [];

        for(int i = 0; i < value.Count; i++) {

            for(int j = 0; j < value[i].Length; j++){

                result.Append(new GH_Number(Normalize(value[i][j], min[j], max[j])),
new GH_Path(i));

            }

        }

        DA.SetDataTree(0, result);
    }
}

```

四．MCTS 限制

MCTS 的基礎就是大樣取樣，從樣本中統整出從現況到各個下一個可能性的優缺點。但隨著不同設計選項的數量，所需的最低抽樣數量也會不一樣；最理想的狀況下，將所有可能性的組合都抽樣一次就會得到最精準的結果，但這會需要大量的時間才能完成，且每增加一個變數或決策就會以倍數的速度成長總可能的參數集組合。如果抽樣數不足，有些決策可能只取樣到一次，或甚至是沒取樣到，這樣的結果就沒有參考意義；最低抽樣數/需抽樣總數的幾成目前還未研究出來。從圖 3.1.6 中可見，在計算柱間距時，6m 這個選項在兩次不同的取樣中成為了最極端的選項。這證明了抽樣數不足，為何涵蓋足夠的設計方案，並未能取得有代表性的結果。

柱間距4m

EC

U値

{0}	
0	0.399968
1	0.393411

柱間距6m

EC

U値

{1}	
0	0
1	0

柱間距8m

EC

U値

{2}	
0	1
1	1

柱間距9m

EC

U値

{3}	
0	0.831252
1	0.858836

柱間距6.5m

EC

U値

{0}	
0	0.067081
1	0.052701

柱間距10m

EC

U値

{1}	
0	0.402475
1	0.413154

柱間距6m

EC

U値

{2}	
0	1
1	1

柱間距8.5m

EC

U値

{3}	
0	0
1	0

柱間距7m

EC

U値

{4}	
0	0.82213
1	0.789078

圖 3.1.6 MCTS 評估柱間距成果 (計算兩次，每次抽樣 3 千次)

(來源: 本研究繪製)

另一個限制是抽樣所需時間。測試使用的電腦規格如下: AMD Ryzen 9 5700X、64GB 記憶體、RTX 3090 顯示卡、500GB Sata SSD。使用上述電腦進行簡化的設計流程抽樣 3000 次所需時間約 18 分鐘；抽樣次數與所需時間在測試中為線性關係，樣數降為 1000 次時所需時間為 6 分鐘、6000 次則須 39 分鐘 (且使用了 48GB 的記憶體)。

MCTS取樣次數	計算時間
100	37 秒
300	109秒 (2分)
1000	356秒 (6分)
3000	1092秒 (18分)

Name	CPU	Memory
>  Rhino 8	10.6%	47,067.8 MB

圖 3.1.7 測試電腦抽樣次數與時間關係

(來源: 本研究繪製)

經過以上試驗可知，MCTS 是可以在前期設計中提供使用者有助於決定設計決策的資訊，但目前研究受限於硬體效能、程式方面也有待優化。這也是當初提案中會提到要使用 GAN 神經網路的原因之一；但 GAN 是需要大量範例才能訓練出來的網路，在未能使用 MCTS 產生出大量的設計方案前是無法訓練出精準的 GAN 模型。

第二節 LLM 適應建築材料領域與應用

領域適應 (Domain Adaptation) 能將大型語言模型從通用領域適應到另一個特定專業的領域，以提高其目標領域上的性能表現。為了使大型語言模型更有能力處理建築碳排相關的任務，我們使用提示工程、檢索增強生成和微調這三項技術來調整模型。

一. 提示工程 (Prompt Engineering)

指導大型語言模型的行為，制定專門的提示樣板來指導語言模型的行為，以符合期望的輸出內容。輸入模型的提示(Prompt)通常會描述如何執行任務、任務的指令和回答輸出的格式規範等。

提示樣板包含兩大部分：系統提示和指令提示。系統提示為語言模型規範出整體上下文通用的系統訊息，而指令提示則提供模型關於使用者輸入的一些說明(圖 3.2.1)。

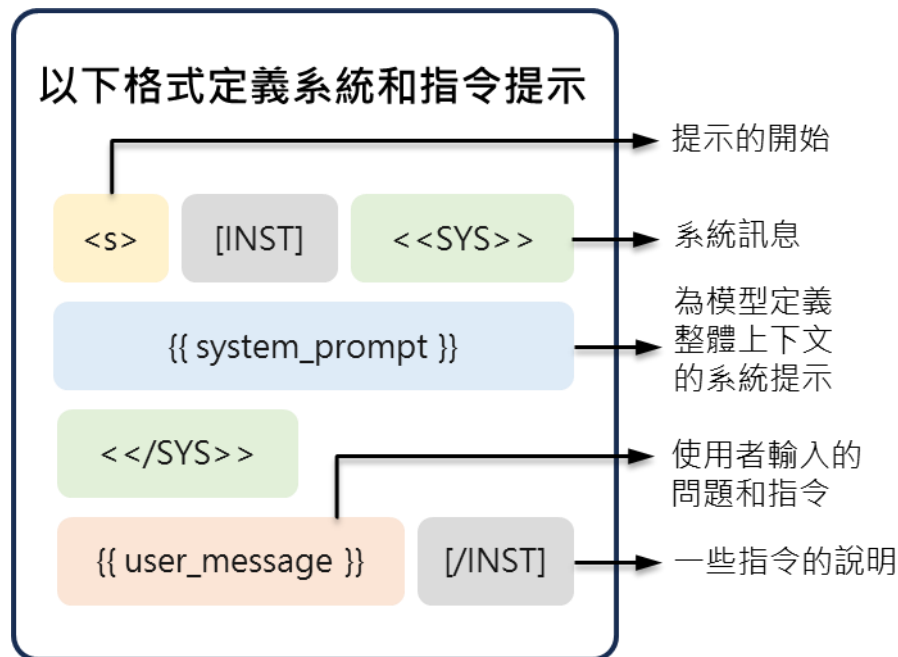


圖 3.2.1 提示樣板架構 (來源: 本研究繪製)

為了使語言模型能更好的處理建築材料領域的任務，我們將使用者提出的問題輸入，包裝在提示樣板下(圖 3.2.2)：

系統提示：

<s>[INST] <<SYS>>

你的任務是回答有關建築材料的問題，你不提供建築領域以外的服務，如果使用者輸入與建築材料無關的問題，請不要回答並建議他們去諮詢其他領域的專家。

確保你的回答不要提供任何連結網址和其他敏感資訊。

<</SYS>>

指令提示：

Question: 依照以下條件，考慮建築設計和氣候，在建材的選擇上，有什麼要考量的因素？

條件: {query}

Answer:

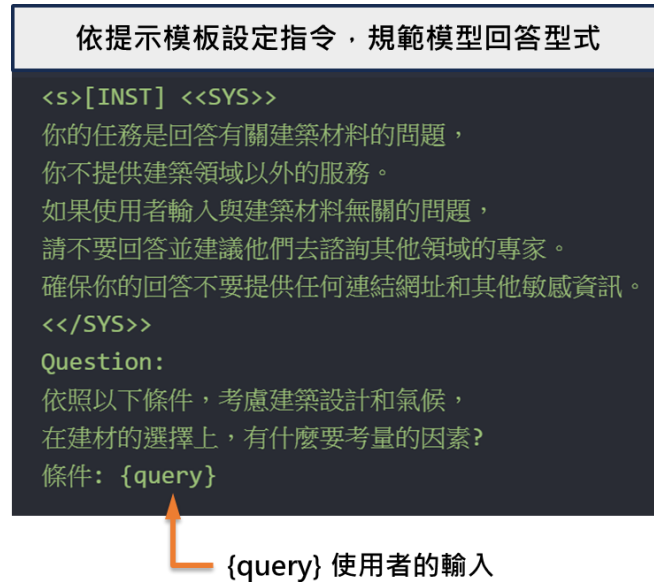


圖 3.2.2 建築材料領域提示樣板

(來源: 本研究繪製)

二. 檢索增強生成(Retrieval Augmented Generation, RAG)

使語言模型與外部知識結合，將特定領域知識建立成向量資料庫。利用相似度搜索找出使用者問題中的相關資料，增強並輔助語言模型作出回答輸出。

我們整理出建築材料與其特徵描述的資料，並將其轉換為向量資料庫。利用相似度搜索出最相關的材料以輔助語言模型回答。(圖 3.2.3)。

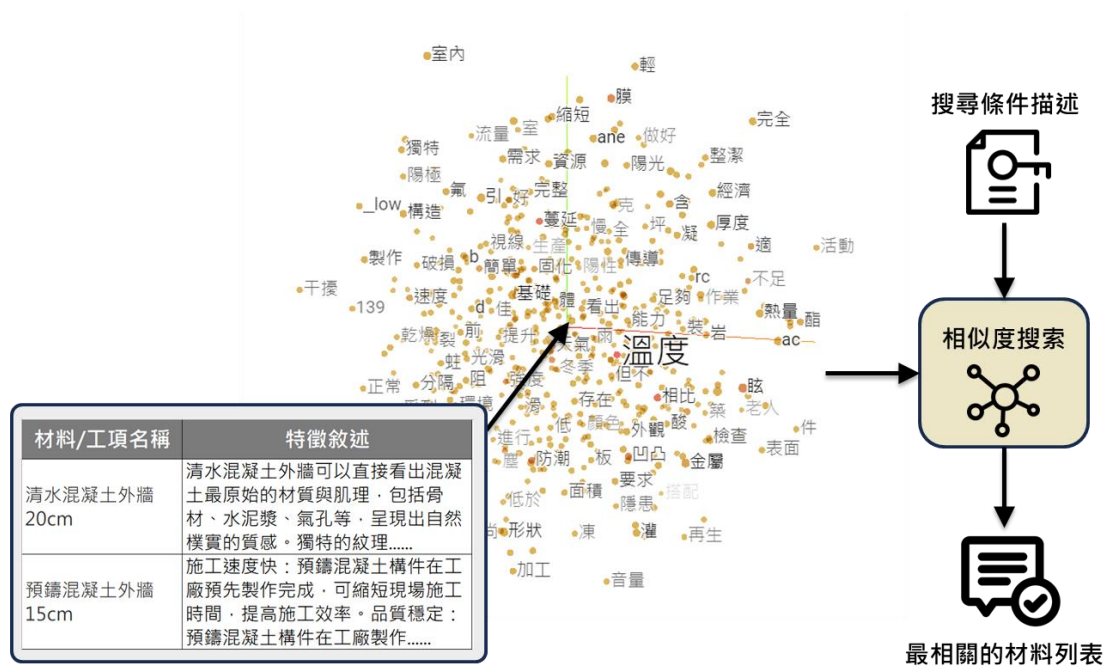


圖 3.2.3 建築材料資料庫示意圖 (來源: 本研究繪製)

三. 微調(Fine-tuning)

大型語言模型具有龐大的參數量，參數高效率微調(PEFT)能使預訓練模型適應新任務，同時用較少的參數有效地微調模型。低秩適應(LoRA)如圖 3.2.4 所示，僅訓練最重要或最有影響力的參數，無需訓練整個基礎模型。而更少的參數調整代表更少的運算，使整個訓練過程能更快更有效率，並且使用更少的記憶體資源。

以本研究使用的 Llama 模型為例，基礎模型內總含 9,416,478,720 個參數，使用 LoRA 後，需要訓練的參數便下降至 1,386,217,472 個，約為原始數量的 14.7%(如圖 3.2.4)。

```
07/30/2024 06:20:56 - INFO - __main__ - lora_rank: 128
trainable params: 1,386,217,472 || all params: 9,416,478,720 || trainable%: 14.721187327230535
```

圖 3.2.4 模型可訓練參數 (來源: 本研究繪製)

在訓練資料的部分，使用針對建築材料相關內容整理的資料集，對預訓

練語言模型作進一步訓練。因此，微調模型可以對訓練過的特定任務展現良好的適應性。訓練資料內容包含：任務指令描述(instruction)、使用者輸入條件(input)、輸出回答(output)，本研究整理之部分微調訓練資料內容如圖 3.2.5 所示。

instruction	input	output
Question: 依照以下條件，考慮建築設計和氣候，在建材的選擇上，有什麼要考量的因素? 條件:	一座位於台北市的現代豪華公寓大樓，以都會風格為主，提供高檔設施和便利的生活方式，突顯都市生活的精緻魅力。	對於一座位於台北市的現代豪華公寓大樓，選擇建築外牆材料時應考慮現代豪華公寓的都會風格，建築外牆材料應該與該風格相符，呈現該易於清潔和維護，以確保建築外觀的持久美觀。 1. 隔熱和保溫：考慮到材料的可再生性和循環利用性，以減少對環境的影響。 2. 針對於台東縣海濱的度假別墅，結合了現代設計與海洋元素，能夠承受陽光直射和風吹日曬。 3. 現代設計與海洋元素：考慮到鹽霧侵襲，防止因此導致的腐蝕和損壞。 4. 美觀與材料耐久性：期保持美觀且能夠適應海濱環境的要求。
Question: 依照以下條件，考慮建築設計和氣候，在建材的選擇上，有什麼要考量的因素? 條件:	一座位於台東縣的海濱度假別墅，結合了現代設計與海洋元素，營造出寧靜與放鬆的度假氛圍，提供舒適的海濱生活體驗。	針對於新竹科學園區設計的科技樓，融合了未來主義建築風格，耐候性和抗風性。 2. 未來主義建築風格需求：考慮到建築設計需求，同時也要能夠吸引科技相關企業和人才。 3. 材料特性：建築外牆材料應具有現代感，可能會傾向選擇金屬、玻璃、混凝土等現代建築材料。 4. 建築功能性：作為辦公大樓，外牆材料還需考慮其隔熱的組合，這不僅符合現代主義風格，還能夠提供良好的能源效率。
Question: 依照以下條件，考慮建築設計和氣候，在建材的選擇上，有什麼要考量的因素? 條件:	在新竹科學園區設計一座科技樓，融合未來主義建築風格，以創新技術和現代設計元素展現科技發展的力量和動感。	針對於彰化縣鄉村地區設計的生態友善農莊度假村，選擇建築外牆材料應符合環保標準，採用自然、展現樸素、自然的風格，讓度假村的客人可以感受到遠離喧囂。
Question: 依照以下條件，考慮建築設計和氣候，在建材的選擇上，有什麼要考量的因素? 條件:	在彰化縣的鄉村地區設計一所生態友善的農莊度假村，採用可再生能源和綠色建材，注重自然環境保護，提供遠離喧囂的田園生活體驗。	對於在台中市商業區設計的摩天大樓辦公大樓，選擇建築外牆材料應具有現代感，可能會傾向選擇金屬、玻璃、混凝土等現代建築材料。 4. 建築功能性：作為辦公大樓，外牆材料還需考慮其隔熱的組合，這不僅符合現代主義風格，還能夠提供良好的能源效率。
Question: 依照以下條件，考慮建築設計和氣候，在建材的選擇上，有什麼要考量的因素? 條件:	在台中市商業區設計一座摩天大樓辦公大樓，以現代主義風格和綠色建築技術打造可持續發展的辦公環境，提升工作效率和員工生活品質。	

圖 3.2.5 微調訓練資料集 (來源: 本研究繪製)

訓練損失(Train Loss)是衡量模型對訓練資料的執行情況。表示在訓練階段中，預測輸出與實際目標值之間的誤差或差異，應該隨著訓練的進程而下降。本研究準備 211 筆資料，共分成 106 個階段(Step)訓練 1 遍(EPOCH)的結果如圖 3.2.6 所示。

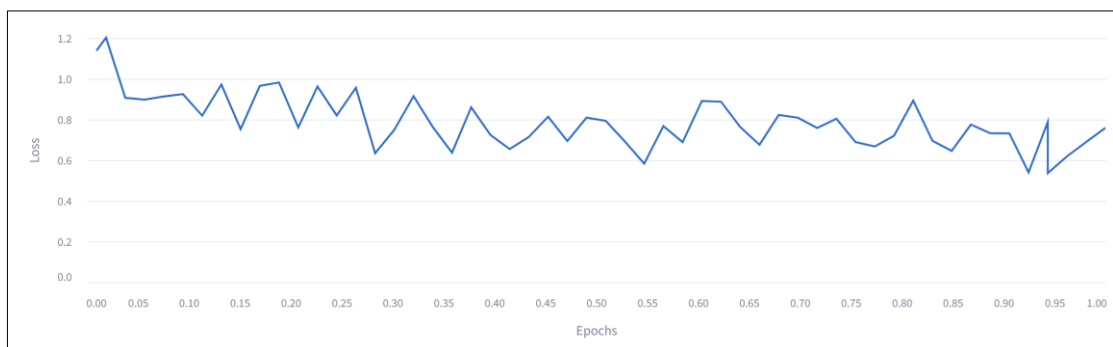


圖 3.2.6 訓練損失

(來源: 本研究繪製)

模型經過訓練後，我們可以比較前後的差異。微調前，模型並不總是產生理想的答案，不論是內容相關性、輸出格式都較為隨機，有時甚至會出現敏感資訊(如:人名、網址等)。因此，微調的目的即是改善模型的穩定性。經過訓練與測試，以圖 3.2.7 中的 3 個輸入提示為例，微調後模型的表現不僅格式結構較為一致，關於建築材質描述的相關性也有提升，整體輸出內容的品質和穩定度都得到了改善。

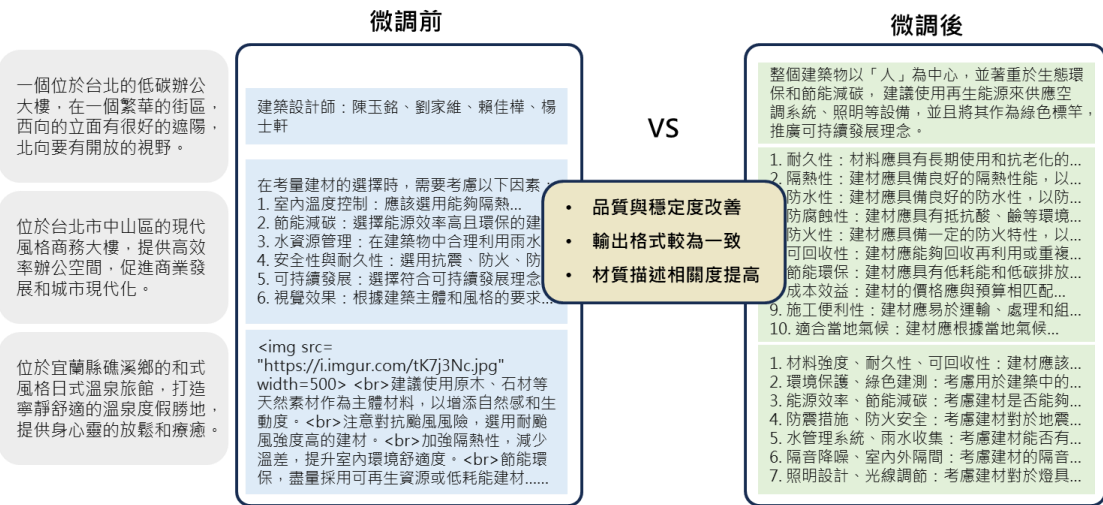


圖 3.2.7 微調訓練前後結果比對 (來源: 本研究繪製)

經過領域專業化的語言模型，除了能理解使用者輸入內容的語義，在生成的分析結果也能更符合建築材料領域的需求。因此，在整體研究的界接應用上，我們可以將使用者對於建築設計構想的描述作為輸入，透過 LLM 產生優化的文生圖提示語(Prompt)，提供 Stable Diffusion 做 AI 圖像生成。

本研究將使用 Python 語言實作一段程式碼。而在提示語的生成過程中，需要以下五項關鍵元素：

- **使用者(User)**：作為輸入端，提出建築設計構想的相關描述。範例：一座位於台東縣的海濱度假別墅，結合了現代設計與海洋元素，營造出寧靜與放鬆的度假氛圍，提供舒適的海濱生活體驗。

- **嵌入模型(Embedding Model)**：將文字轉換為向量的資料型式，提供後續作語意的相似度搜索(Similarity Search)使用。在此實作流程中，我們會將使用者輸入、LLM 生成的分析內容和 材料資料庫做轉換。
- **材料資料庫(Material Database)**：使用 ABRI 碳排資料庫中的外殼項目(外牆、帷幕等)，加入材料特徵和適用條件等關鍵字，以利模型能夠搜索出與建築特徵和周遭環境最相關的材料。
- **微調語言模型(Fine-tuned LLM)**：經過建築材料領域資料集訓練的 LLM，能夠生成外殼材料的選擇建議與分析。
- **提示語生成器(Prompt Generator)**：接收 LLM 生成的材料選擇建議和外觀設計等分析內容，以及材料資料庫所搜尋到的最適材料，提取上述內容中的關鍵詞彙，排序並組合成文生圖提示語。

以圖 3.2.8 說明這一連串的工作如何執行以及元素間彼此的互動關係。

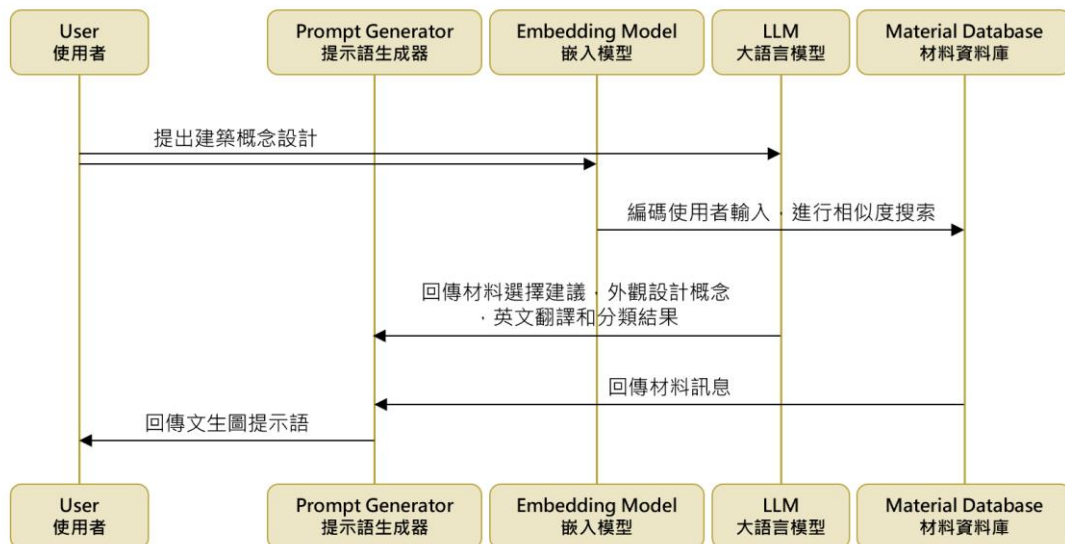


圖 3.2.8 提示語生成循序圖 (來源: 本研究繪製)

除了建立關鍵元素，本研究也建構階段步驟來執行六項主要任務，並定義任務函式。任務內容與函式結構如下：

1. 提出材料選擇建議：LLM 根據台灣各地的氣候特徵和建議使用的建築材料，以及使用者輸入的條件，提供在建材選擇上的建議。

```
def get_response_sug(user_query):  
  
    # 系統提示語  
    sys_msg_sug = "你的任務是回答有關建築材料的問題，確保你的回答不要提供任何連結網址和其他敏感資訊。\\n "  
  
    # 指令提示語  
    user_ins_sug = "請用繁體中文回答，根據台灣各縣市的氣候特徵及建議使用的建築材料和以下條件，考慮在建材的選擇上，有什麼要考量的因素?\\n條件:"  
  
    # 取得已建立的LLM  
    pipe = st.session_state["pipeline"]  
  
    # 將使用者輸入套入提示樣板  
    msg = [  
        {"role": "system", "content": sys_msg_sug + "\\n"},  
        {"role": "user", "content": user_ins_sug + user_query},  
    ]  
    prompt = st.session_state["tokenizer"].apply_chat_template(msg,  
tokenize=False, add_generation_prompt=True)  
    # LLM生成  
    st.session_state["result_sug"] = pipe(prompt)  
    # 紀錄結果  
    st.session_state["response_str"] += st.session_state["result_sug"]  
    # 回傳結果  
    return st.session_state["response_str"]
```

2. 提出外觀設計概念：LLM 根據使用者輸入的條件和材料選擇建議做建築外觀設計，針對建築的外觀特徵與周遭環境氛圍做描述。

```
def get_response_concept(input):  
  
    # 指令提示語  
    user_ins_concept = "根據以下條件，幫我做建築外觀設計，針對建築的外觀特徵與  
    周遭環境氛圍做描述。\\n條件:"  
  
    # 取得已建立的LLM  
    pipe = st.session_state["pipeline"]  
  
    # 將輸入套入提示樣板  
    msg = [  
        {"role": "user", "content": user_ins_concept + input},  
    ]  
    prompt = st.session_state["tokenizer"].apply_chat_template(msg,  
    tokenize=False, add_generation_prompt=True)  
  
    # LLM生成  
    st.session_state["result_concept"] = pipe(prompt)  
  
    # 紀錄結果  
    st.session_state["response_str"] += st.session_state["result_concept"]  
  
    # 回傳結果  
    return st.session_state["response_str"]
```

3. 搜索外殼材料：結合材料選擇建議和外觀設計概念，搜索出最適合的建築外殼材料。

```
def get_response_concept(input):  
  
    # 指令提示語  
    user_ins_concept = "根據以下條件，幫我做建築外觀設計，針對建築的外觀特徵與  
    周遭環境氛圍做描述。\\n條件:"  
  
    # 取得已建立的LLM  
    pipe = st.session_state["pipeline"]  
  
    # 將輸入套入提示樣板  
    msg = [  
        {"role": "user", "content": user_ins_concept + input},  
    ]  
    prompt = st.session_state["tokenizer"].apply_chat_template(msg,  
    tokenize=False, add_generation_prompt=True)  
  
    # LLM生成  
    st.session_state["result_concept"] = pipe(prompt)  
  
    # 紀錄結果  
    st.session_state["response_str"] += st.session_state["result_concept"]  
  
    # 回傳結果  
    return st.session_state["response_str"]
```

4. 翻譯：Stable Diffusion 的文生圖提示語，在使用英文語言作為輸入的效果最佳，因此，將上述步驟執行的結果內容翻譯成英文，也是 LLM 重要的任務之一。

```
def get_response_trans(input):  
  
    # 指令提示語  
    sys_msg_trans = "你的任務是將使用者輸入的文字內容翻譯成英文。Your task is  
to translate the text input by the user into English.\n"  
  
    # 取得已建立的LLM  
    pipe = st.session_state["pipeline"]  
  
    # 將輸入套入提示樣板  
    msg = [  
        {"role": "system", "content": sys_msg_trans + "\n"},  
        {"role": "user", "content": input},  
    ]  
    prompt = st.session_state["tokenizer"].apply_chat_template(msg,  
tokenize=False, add_generation_prompt=True)  
  
    # LLM生成  
    st.session_state["result_trans"] = pipe(prompt)  
  
    # 紀錄結果  
    st.session_state["response_str"] += st.session_state["result_trans"]  
  
    # 回傳結果  
    return st.session_state["response_str"]
```

5. 關鍵字分類：Stable Diffusion 的文生圖提示語，在文字出現的先後順序和圖面渲染效果的影響力有成正比的關係。因此，為了後續提示語作先後排序，我們從上述執行結果的內容中提取關鍵字，分類至建築用途、建築特色、外牆材料、地點和天氣等五個類別。

```
def get_response_class(input):  
  
    # 指令提示語  
    sys_msg_class = "Your task is to categorize the keywords from the user's  
input into these five categories: Building Use, Design Concept and Features,  
Exterior Materials, Location, Weather. Respond only with valid JSON. Do not  
write an introduction or summary."  
  
    # 取得已建立的LLM  
    pipe = st.session_state["pipeline"]  
  
    # 將輸入套入提示樣板  
    msg = [  
        {"role": "system", "content": sys_msg_class + "\n"},  
        {"role": "user", "content": input},  
    ]  
    prompt = st.session_state["tokenizer"].apply_chat_template(msg,  
tokenize=False, add_generation_prompt=True)  
  
    # LLM生成  
    st.session_state["result_class"] = pipe(prompt)
```

6. 產生提示語：綜合以上步驟，將分析和材料搜索結果的關鍵字彙，依照類別作重要性排序，產生文生圖提示語。

```
def get_response_prompt(jsonData,materials):

    # 檢查上階段分類任務結果是否為JSON格式
    try:
        data = json.loads(jsonData)
    except ValueError as err:
        return err

    # 加入建築用途關鍵字至提示語
    if "Building Use" in data:
        st.session_state["result_prompt"] += data["Building Use"]

    # 加入地點關鍵字至提示語
    if "Location" in data:
        st.session_state["result_prompt"] += data["Location"]

    # 加入外牆材料關鍵字至提示語
    if "Exterior Materials" in data:
        st.session_state["result_prompt"] += data["Exterior Materials"]

    # 加入資料庫搜索材料結果至提示語
    st.session_state["result_prompt"] += materials

    # 加入建築特色關鍵字至提示語
    if "Design Concept and Features" in data:
        st.session_state["result_prompt"] += data["Design Concept and
Features"]

    # 加入天氣關鍵字至提示語
    if "Weather" in data:
        st.session_state["result_prompt"] += data["Weather"]

    # 紀錄結果
    st.session_state["response_str"] += st.session_state["result_prompt"]

    # 回傳結果
    return st.session_state["response_str"]
```

有了上述定義的關鍵元素及任務函式，程式碼主要執行調用的方式如下。

```
# 使用者輸入
if prompt := st.chat_input("請提供任何關於建築設計的想法，我將為您產生文生圖提示語"):
    # 建立使用者角色和輸入提示
    st.session_state.messages.append({"role": "user", "content": prompt})
    # 建立LLM角色並調用任務函數生成答案輸出
    with st.chat_message("assistant"):
        with st.spinner("思考中..."):
            # 初始化輸出內容
            st.session_state["response_str"] = ""
            # Step1: 提出材料選擇建議
            response = get_response_sug(prompt)
            st.write_stream(response)
            # Step2: 提出外觀設計概念
            response = get_response_concept(st.session_state["result_sug"])
            st.write_stream(response)
            # Step3: 搜索外殼材料
            response = qa_db(st.session_state["response_str"])
            st.write_stream(response)
            # Step4: 翻譯成英文
            response = get_response_trans(st.session_state["result_concept"])
            st.write_stream(response)
            # Step5: 關鍵字分類
            response = get_response_class(st.session_state["result_trans"])
            # Step6: 產生提示語
            response =
get_response_prompt(st.session_state["result_class"], st.session_state["result_db"])
            st.write_stream(response)
            # 紀錄此次的輸出結果
            st.session_state.messages.append({"role": "assistant", "content":
st.session_state["response_str"]})
```

第三節 AI 圖像生成 Stable Diffusion

DALL-E、Midjourney 和 Stable Diffusion 是三種當前流行的 AI 繪圖工具，它們都能根據文字描述生成圖像，但各有特點和差異：DALL-E 由 OpenAI 開發，能夠根據文字描述創建圖像。最新版本 DALL-E 3 提供了更高的圖像解析度和更精確的遵循複雜提示的能力。與 OpenAI 的 ChatGPT 集成，提供無縫互動體驗。

Midjourney 是一個獨立的 AI 圖像生成工具，通過 Discord 平台運作。最新的 v5 版本被描述為「專業模式」，能產生真實、細緻的圖片，提供了更多的風格範圍，包括真實、抽象、油畫等。

Stable Diffusion 是一種基於潛在空間的 Diffusion 模型 (latent diffusion model; LDM)，它是由初創公司 StabilityAI、CompVis 與 Runway 合作開發，並得到 EleutherAI 和 LAION 的支援。Diffusion 模型通過訓練學習如何將隨機噪聲轉換成具體的圖像，從而能夠創造出符合使用者描述的視覺內容。其原始碼和模型權重已分別公開發布在 GitHub 和 Hugging Face，有別於 DALL-E 及 Midjourney 只能通過雲端運算，Stable Diffusion 能夠在配備有適度 GPU 的個人電腦上，運算生成高解析度的圖片。

總結而言，DALL-E 強調與 ChatGPT 的集成和高質量的圖像生成，Midjourney 提供多樣的風格和專業模式，而 Stable Diffusion 則以其開源且可自行訓練微調模型著稱。除了目前 SD1.5、SD2.0 及 SDXL 完全開源之外，也有相當活躍的開發者社群 (CivitAI) 為其提供了大量免費高質量的訓練模型和插件，並且持續維護更新。

2024 年 7 月由黑森林實驗(Black Forest Labs)發布的一系列先進的開源文本生成圖像模型-FLUX 模型。這些開源模型有幾個不同的版本，以滿足不同使用者的需求：

FLUX.1 [pro]：這是高端模型，專為企業級用戶設計，具備卓越的圖像質量和精確的提示響應能力。它能生成複雜且細緻的圖像，並且可以通過 API

平台如 Replicate 和 Fal.ai 使用。

FLUX.1 [dev]: 這個版本是針對非商業用途的模型，保留了大部分質量，但經過優化以提高效率。

FLUX.1 [schnell]: 這是速度最快的版本，針對個人或本地使用進行優化。它在 Apache 2.0 許可下提供，可輕鬆整合到本地開發環境中，適合需要快速結果的用戶。

因此本研究採用 Stable Diffusion SD1.5、SDXL 及 FLUX 等開源模型來進行 AI 繪圖並比對其生成效果。

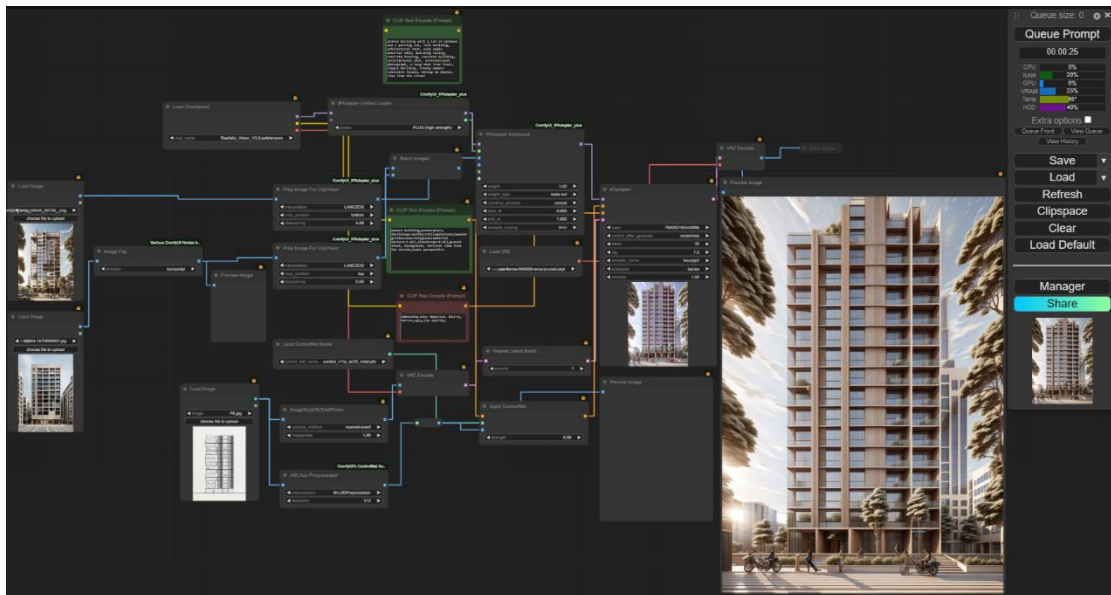


圖 3.3.1 在 ComfyUI 使用設計底圖並透過 ControlNet 的精準控制生成的立面風格圖像

(圖片來源：由本研究繪製)

建築師透過 Stable Diffusion 進行 AI 繪圖的過程通常涉及以下步驟：

需求分析：建築師首先需要明確他們的設計需求和目標，包括風格、主題、色彩等方面的要求。一般而言，建築師會有初始想法的圖面，可以是：手繪稿、CAD 立面圖、3D model 透視圖或是真實照片，而這些設計底圖透過

ControlNet 精確控制，可以生成更具體、更符合建築師要求的圖像。

ControlNet 是一種神經網絡結構，透過整合額外的條件輸入來提升穩定擴散的能力，從而改善生成過程。它提供調節圖像的不同方法，例如塗鴉(Scribble)、邊緣圖(Canny)、姿勢關鍵點(Open pose)、深度圖(Depth)、分割圖(Segmentation)、法線圖(Normal)等作為條件輸入，指導生成圖像的內容。

本研究利用 MCTS 選擇 Rhino 作為開發平台，透過 Grasshopper 建置一棟大樓作為 AI 繪圖的底圖，以 Stable Diffusion 進行立面外觀風格的探索。建築的立面單元材料透過參數化建模後，可以先將線稿圖交由 Stable Diffusion 進行模擬，迭代數次找出幾種風格及周遭環境氛圍方案，提供更直觀且具體的建築設計方案圖像，讓建築師於設計階段初期使用輔助工具評估設計方案。當初步方案確定後，可再返回模型將更多資訊細節來回修訂，建築師可以用此達到更好的低碳設計評估與選擇。

提示詞 (Prompt)：建築師將想法轉化為詳細的文字描述，透過文生圖(Tex2Img)、圖生圖(Img2Img) 生成圖像。使用經過 AI 文字訓練的 Prompt，共有 18 種序號，針對建築主題、外牆材料、建築特色、地點、氣候等提示詞，加上 BIM 的建築設計底圖，在接收到文字描述後，根據建築師選擇的參數信息，包含調整採樣方法、採樣步驟等再進行圖像生成。還可利用不同大模型(Checkpoint model) 及微調模型(LoRA model) 進行風格探索，如下圖(3.3.2)。

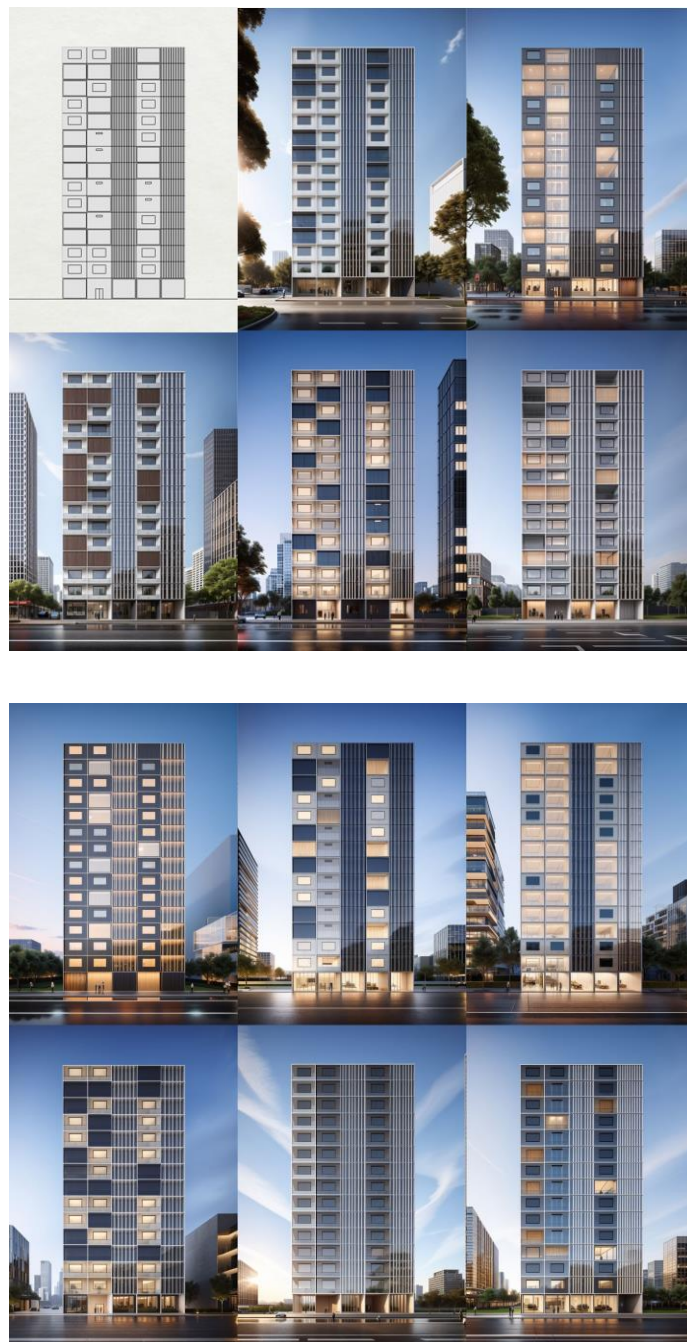


圖 3.3.2 使用設計立面底圖進行外觀風格探索

(圖片來源：由本研究繪製)

第一階段先使用 SD1.5 模型(CheckPoint Model:realistic_v10BAKEDVAE)，

並用二種尺度的量體當成設計底圖，進行圖像風格探索模擬，如下圖(3.3.3)。

底圖											
原始項目	序號	建築主題	外牆材料	建築特色	地點	天氣	Prompt	realistic_v10BAKEDVAE CFG5.5 控制權重0.6	Negative Prompt	realistic_v10BAKEDVAE CFG5.5 控制權重0.7	realistic_v10BAKEDVAE CFG5.5 控制權重0.6
一座位於台北市的現代豪華公寓大樓，以都會風格為主，提供高檔設施和便利的生活方式，突顯都市生活的精緻魅力。	1	現代豪華公寓	玻璃、金屬	突顯都市生活的精緻魅力	臺北市	多雨、潮濕	Modern luxury apartment in Taipei, glass and metal facade, highlights urban exquisite charm, rainy and humid weather		Rural landscapes, traditional homes, snow		
一座位於台東縣的海濱度假別墅，結合了現代設計與海洋元素，營造出寧靜與放鬆的度假氛圍，提供舒適的海濱生活體驗。	2	海濱度假別墅	木材、玻璃	提供舒適的海濱生活體驗	台東縣	溫暖、濕潤	Seaside villa in Taitung, wood and glass facade, comfortable seaside living, warm and humid climate		Urban pollution, desert landscapes, heavy snow		
在新竹科學園區設計一座科技樓，融合未來主義建築風格，以創新技術和現代設計元素展現科技發展的力量和節奏。	3	科技樓	鋼材、玻璃	展現科技發展的力量和節奏	新竹科學園區	溫和、多風	Technology building in Hsinchu Science Park, steel and glass facade, dynamic representation of technological advancement, mild and windy climate		Ancient structures, rural settings, ice		
在彰化縣的鄉村地區設計一座生態友善的農莊度假村，採用可再生能源和綠色建材，注重自然環境保護，提供遠離塵囂的田園生活體驗。	4	生態友善農莊度假村	木材、石材	注重自然環境保護，提供遠離塵囂的田園生活體驗	彰化縣	溫和、多雨	Eco-friendly farm resort in Changhua, wood and stone facade, focus on natural environment, mild and rainy weather		Urban elements, skyscrapers, dry climates		
在台中市的商業區設計一座摩天大樓辦公大樓，以現代主義風格和綠色建築技術打造可持續發展的辦公環境，提升工作效率和員工生活品質。	5	摩天大樓辦公大樓	玻璃、鋼材	提升工作效率和員工生活品質	台中市	熱鬧、多雨	Skyscraper office in Taichung, glass and steel facade, enhances work efficiency, tropical and rainy climate		Rural landscapes, ancient ruins, arctic scenes		
在苗栗縣的山區建造一座禪修中心，結合傳統禪宗建築風格和現代裝置，提供靜心修行和身心靈平衡的空間。	6	禪修中心	木材、石材	提供靜心修行和身心靈平衡的空間	苗栗縣	溫和、濕潤	Meditation center in Miaoli, wood and stone facade, space for spiritual balance, mild and humid climate		Urban chaos, modern traffic, industrial areas		

圖 3.3.3 使用設計透視底圖進行外觀風格探索

(圖片來源：由本研究繪製)

經過多次模擬生成，發現使用經過 AI 文字訓練的正反向提示詞，僅使用

一個 CheckPoint Model:realistic_v10BAKEDVAE，且沒有添加任何 LoRA Model，都能夠生成出效果很好的方案圖面，在概念階段幫助建築師與業主的设计溝通。

模型互動：接收到文字描述後，根據建築師選擇的參數信息，包含調整採樣方法、採樣步驟等再進行圖像生成。還可利用不同大模型(Checkpoint model) 及微調模型(LoRA model) 進行風格探索。

其次，使用 ControlNet 中的 IP-Adapter 可以進行風格移轉，這是一種有效且輕量級的適配器，將文字特徵和圖像特徵的交叉注意層分開，能夠通過圖像的內容提示，讓 Stable Diffusion 生成參考該圖像風格，免去 LoRA 的訓練，達到風格移轉的效果。

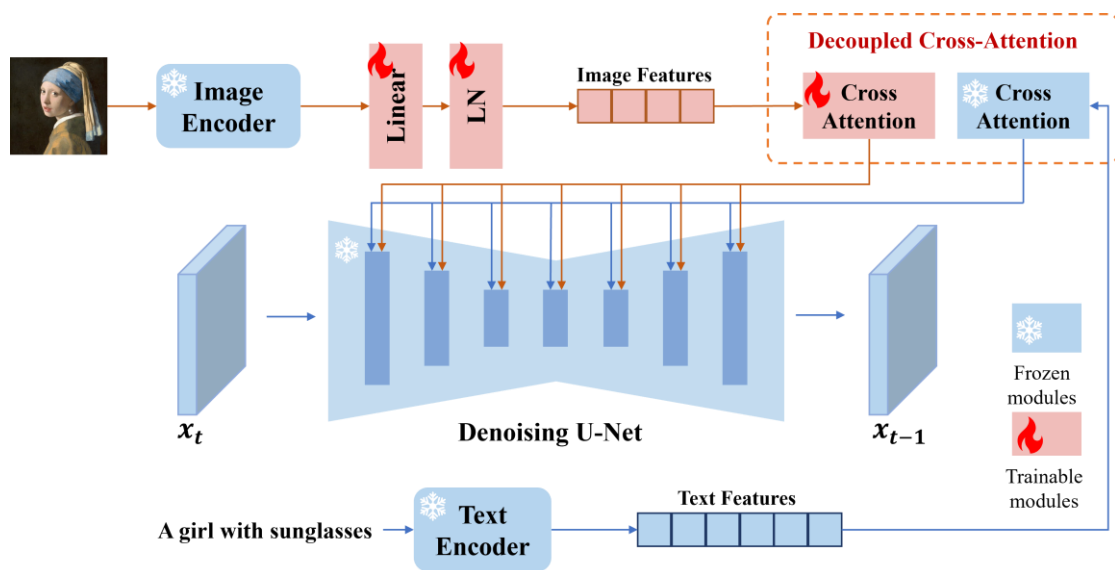


圖 3.3.4 IP-Adapter: Text Compatible Image Prompt Adapter for Text-to-Image Diffusion Models

(圖片來源：<https://github.com/tencent-ailab/IP-Adapter>)

這種做法應用在建築設計上，可以透過參考過往案例或是某些局部細部，來影響 AI 運算達到風格移轉的效果。

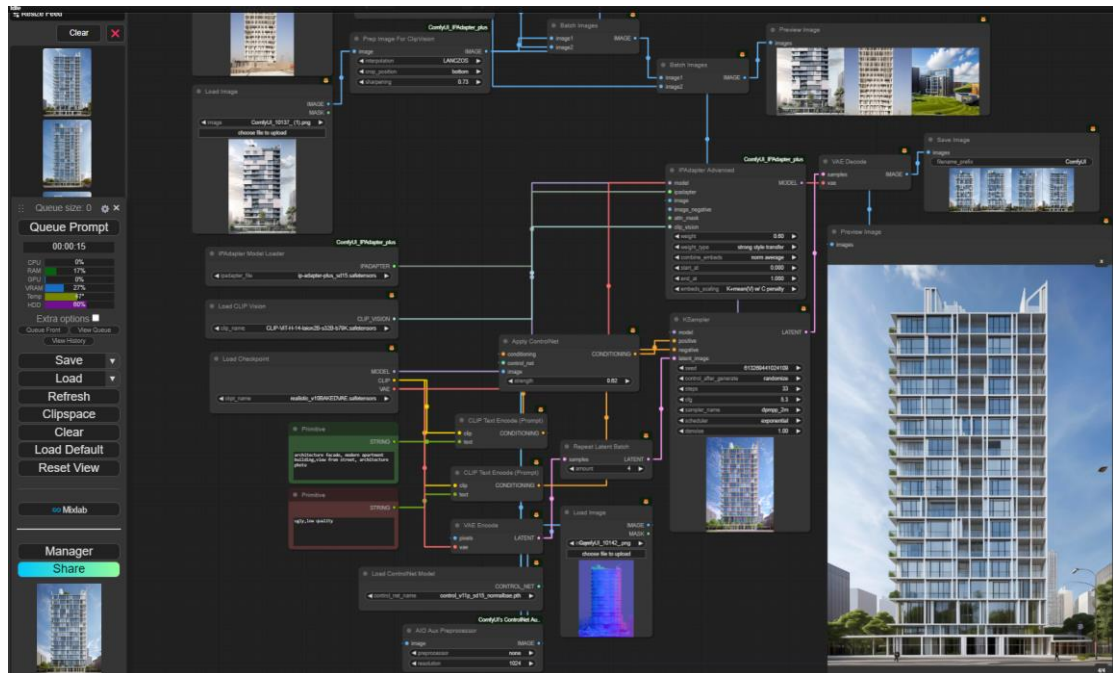


圖 3.3.5 使用 IP-Adapter 進行風格移轉

(圖片來源：由本研究繪製)

評估與修正：建築師可以進行多次迭代，通過調整提示詞或局部重繪圖像來進行優化。一旦建築師滿意於 AI 生成的圖像，最後可以進行放大演算法，將其用於實際的設計提案。這個過程允許建築師快速生成和迭代設計概念，從而提高工作效率並激發創造力。

第四章 應用範列展示

在本章節中，將展示實際應用的案例，藉此將第三章中所討論的蒙地卡羅樹搜尋 (MCTS)、大型語言模型 (LLM)、以及 AI 圖像生成技術的研究結果具體化。這些技術為建築資訊模型 (BIM) 在人工智慧領域的應用提供了新的可能性。透過實例展示，我們將更清晰地了解如何在設計規劃的初期建築計劃階段，期許可以為建築師帶來創新解決方案並提供更多豐富靈感。

第一節 MCTS 於 BIM 應用

於開發 MCTS 於建築模型軟體時，初步規劃階段可使用的參數有「建築外框」、「基地外框」、「容積率」、「樓高」、「結構跨距」、「柱斷面尺寸」、「立面單元參數」建築師可以依照自己的設計流程去安排想要使用 MCTS 取樣的參數與順序，再上千上萬個組合中選出符合需求的設定，依據 LLM 給予相關建築材料與碳排放的提示，並依符合需求的設定給予提示詞，以供至 AI 圖像生成工具產生渲染參考。

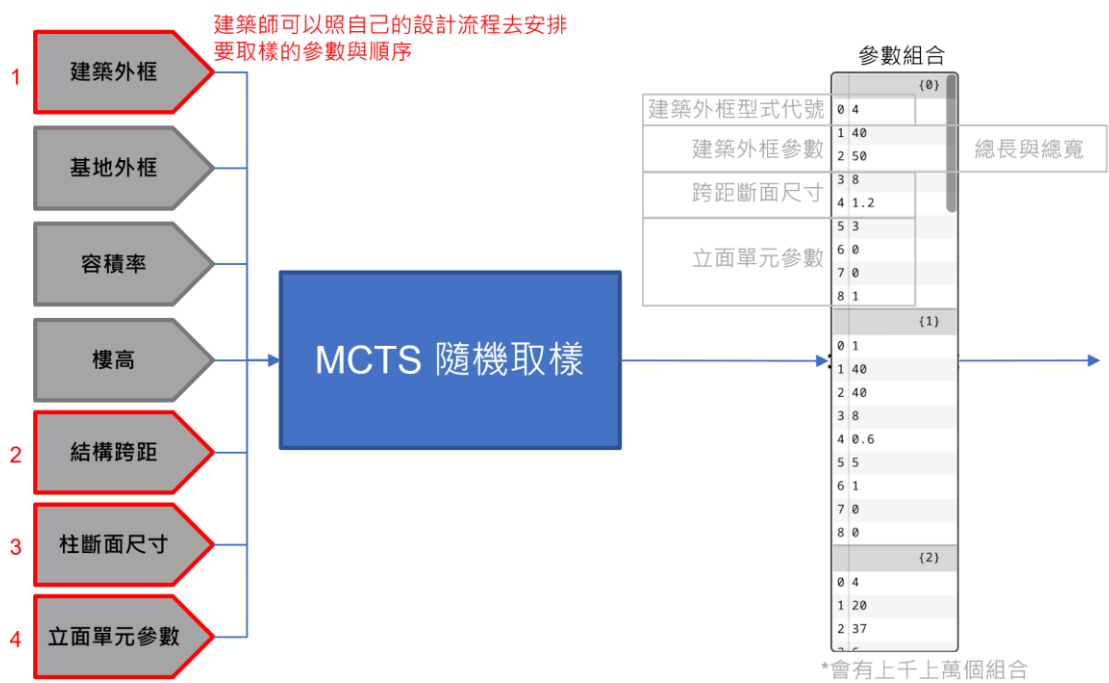


圖 4.1.1 MCTS 隨機取樣示意說明

以下展示 MCTS 流程步驟示範提供使用者參考：

第一步驟，設定參數，與定義建築外框類型，並且設定色塊與立面單元關係。

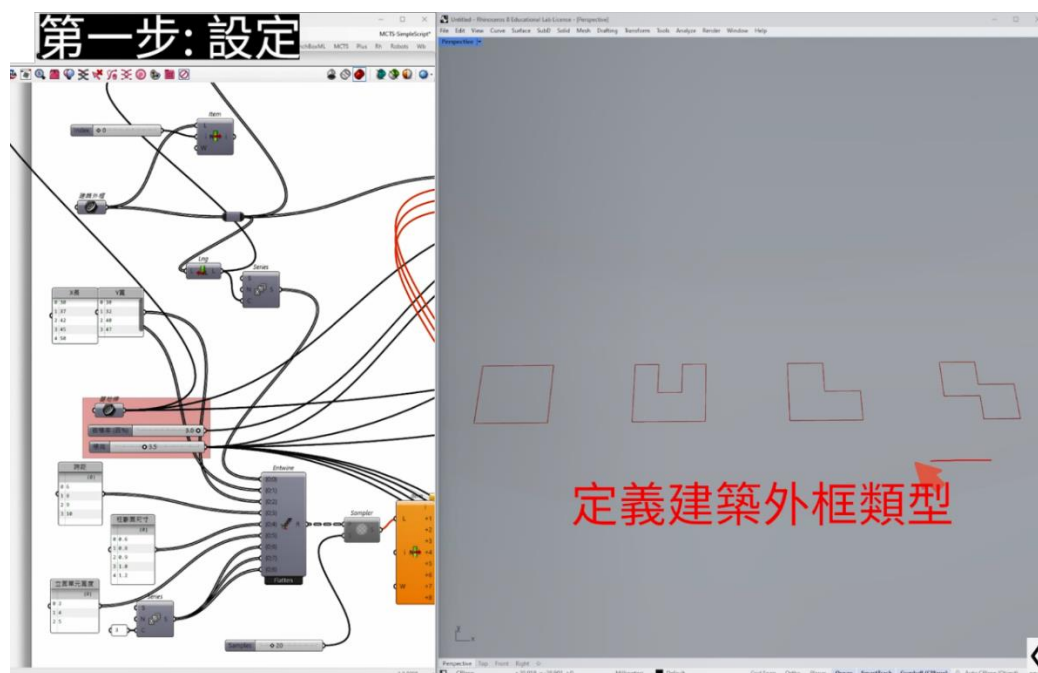


圖 4.1.2 定義建築外框類型示意

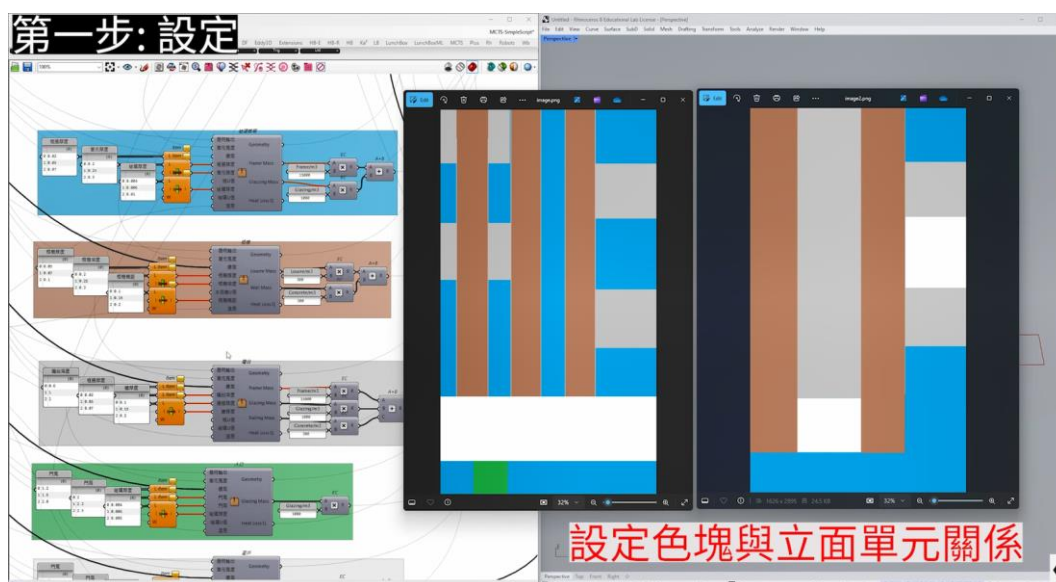


圖 4.1.3 設定參數與色塊與立面單元關係

第二步驟，開始取樣，取得數值評分相對關係。依據所選匯出量體進行視覺評分。

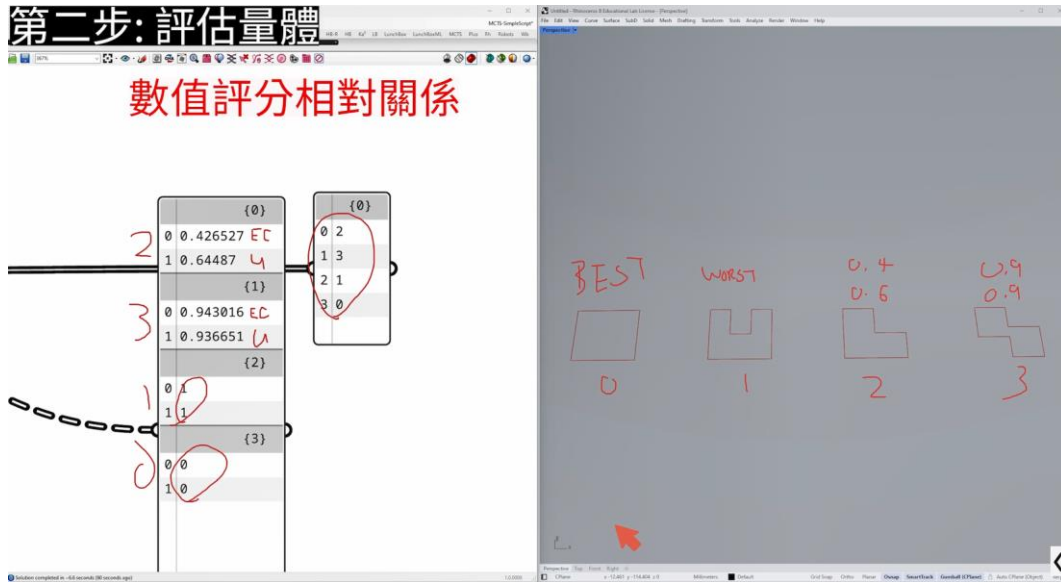


圖 4.1.4 設定參數與色塊與立面單元關係

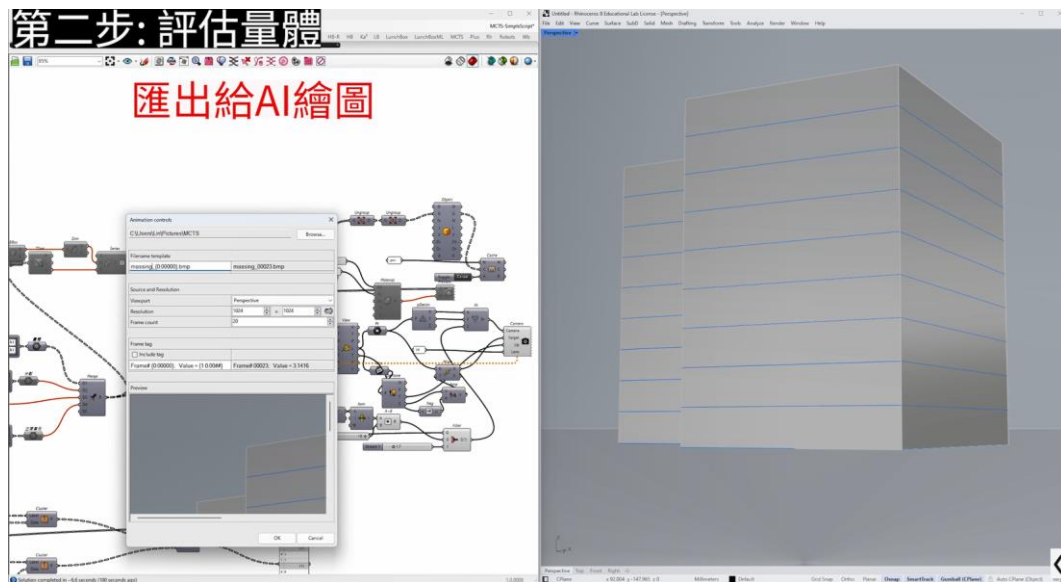


圖 4.1.5 匯出量體進行視覺評分

第三步驟，評估跨距，依據需求輸入跨距不同參數，匯出給 AI 繪圖並進行視覺評分。

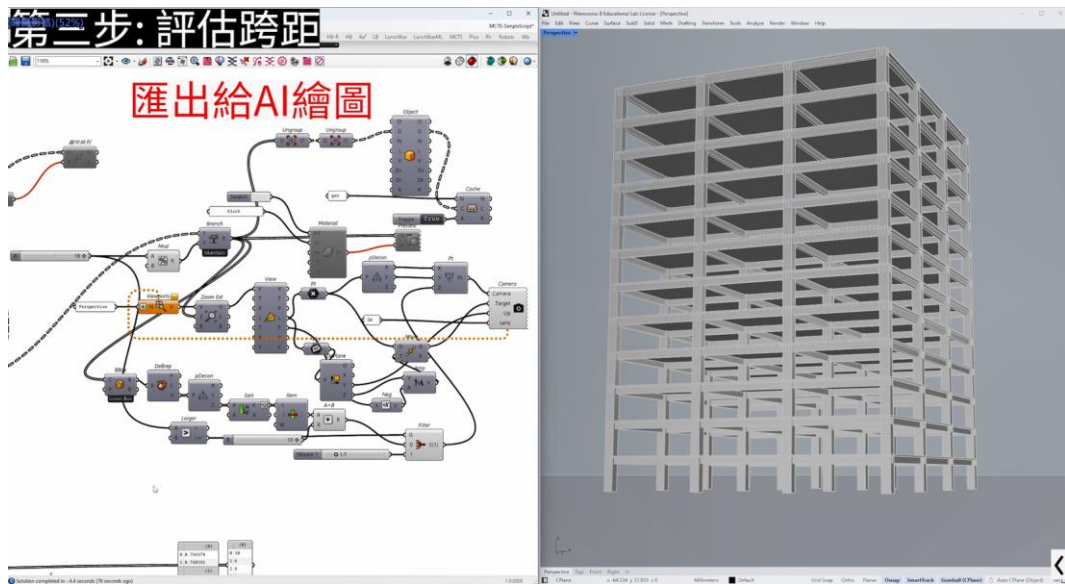


圖 4.1.6 跨距參考輸入

第四步驟，評估柱斷面尺寸，依據需求輸入跨距不同參數，匯出給 AI 繪圖並進行視覺評分。

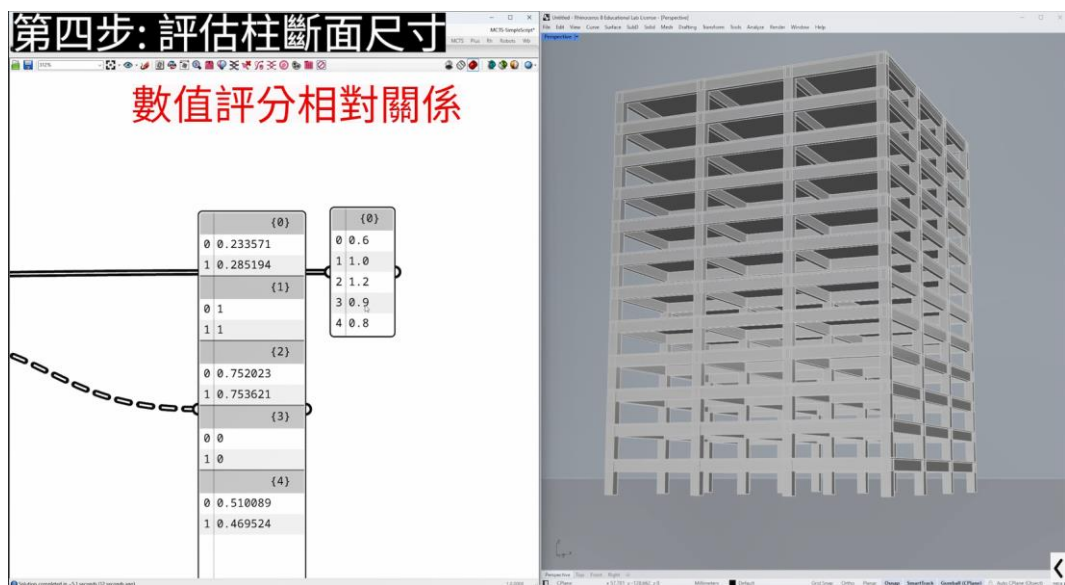


圖 4.1.7 評估柱斷面尺寸，數值評分相關關係

第五步驟，評估單元尺寸，依據需求輸入外牆分割不同參數，匯出給 AI 繪圖並進行視覺評分。

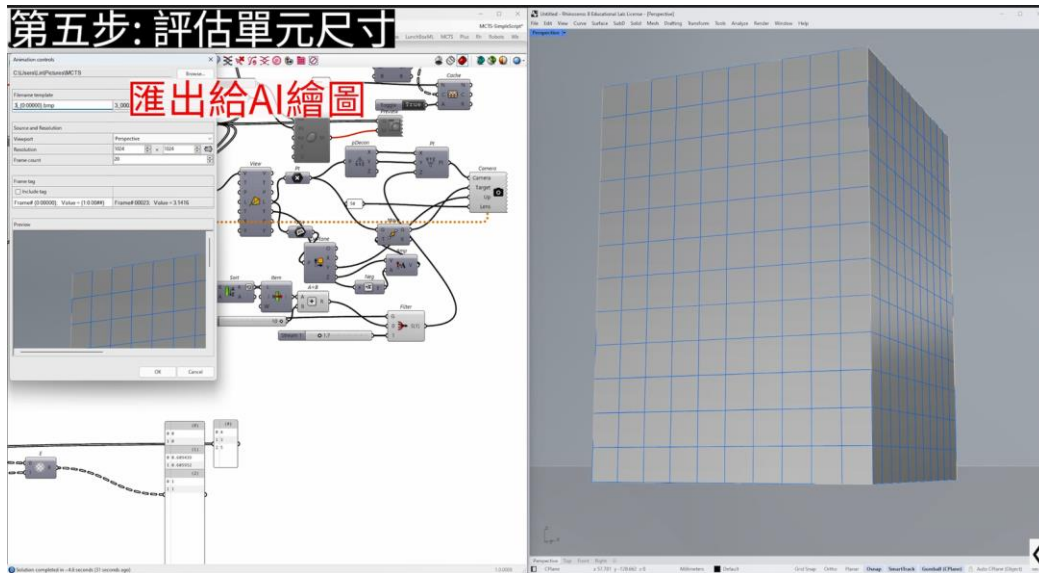


圖 4.1.8 評估單元尺寸，數值評分相關關係

第六步驟，評估立面設計尺寸，依據需求輸入外牆分割不同參數，匯出給 AI 繪圖並進行視覺評分。

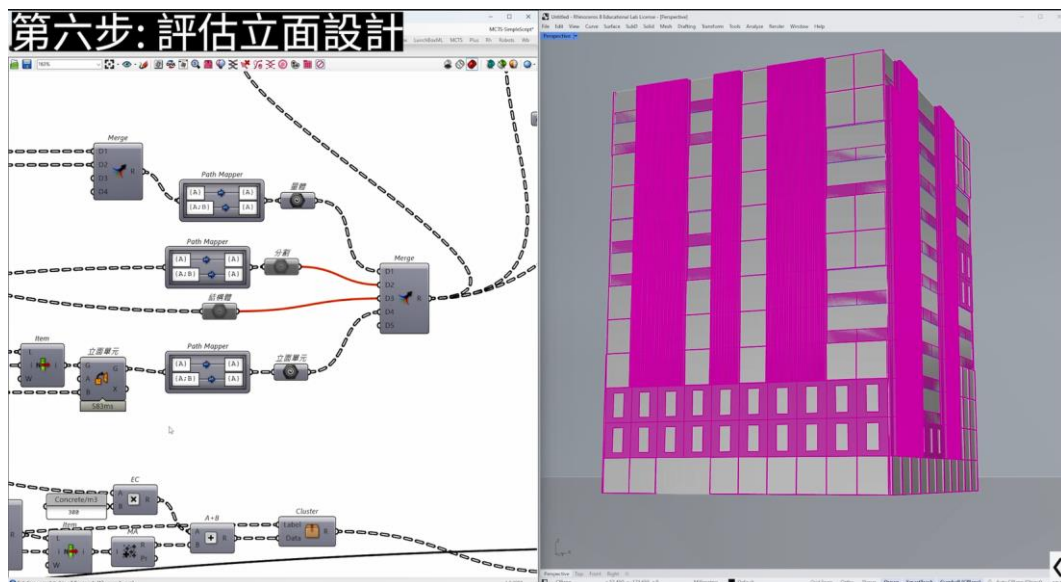


圖 4.1.9 評估立面尺寸，數值評分相關關係



圖 4.1.10 評估立面設計，進行視覺評估

第二節 應用 LLM 實際執行結果

依據第三章第二節，使用了提示工程、檢索增強生成和微調後，本研究將演示實際執行的範例，執行畫面如圖 3.2.10 所示。為了更易於瞭解整體 LLM 的實際思考過程，除了展示生成的文生圖提示語，也保留所有任務執行的結果。範例生成詳細內容如下：

使用者輸入：

位於高雄市左營區的創意設計產業園區，集結創意產業資源，促進設計創新和產業升級。

LLM 輸出：

Suggestion：針對位於高雄市左營區的創意設計產業園區，作為一個綜合了創意產業資源，並致力於提升設計創新能力和產業水平的地方，可以考慮以下因素來選擇建築外牆材料：1. 創意與現代感：由於該地區是一個創意設計產業聚落，因此外牆材料需要展現出獨特的創意性和現代感，以吸引眼球和增加品牌形象。可考慮選擇具有特殊紋理或色彩的表面處理，或採用當代藝術家合作推出的專屬產品等方式突破常規。2. 環保與持續性發展：作為創意設計產業中心，企業社會責任至關重要。在選擇外牆材料時，也需考慮其環保性和持續性。可以選擇符合綠色標準的材料，如回收再利用材料或者具有優異耐候性的自然材料，使得建築物更具永續性和社區整體的健康氛圍。3. 功能需求 and 安全性：此產業園區可能包括工作空間、展示場所和研發實驗室等不同功能設施，在選擇外牆材料時，要同時兼顧到各種功能需求。材料應具有良好的隔音、隔熱和防水性能，以及防火和安全認證等特性，保障人們在這些地方工作和生活的舒適和安心。4. 成本效益：最後，不容忽視的還有一個經濟成本因素。外牆材料的價格和維護費用也是一個必要考慮因素。因此，可考慮選擇既具創意性又且不失環保的廉價材料，或是與主辦單位商討定制預算範圍內的特色材料。

Concept：位於高雄市左營區的創意設計產業園區，外牆結合了多樣化的材料並運用特殊技術處理，呈現出獨特而生動的外觀效果。透過選擇具有豐富紋理和色彩的表面處理，或是採用當代藝術家的協助設計特別產品，這座建築能夠展現出活潑開放式的創意精神，讓行走者目光被其美麗景觀所吸引。另外，外牆材料也是環保友好型，符合綠色標準，例如使用回收再生材料或天然材質，減少對環境造成負面影響。此外，外牆材料還提供優異的耐候性，保持長期穩定的品質，確保建築物的持久性和居民的健康安全。為滿足不同的功能需求，外牆材料也要兼顧到隔音、隔熱、防水和防火等功能要求，能夠保護建築物免受外部因素侵害，提高居住和工作的品質。同時，外牆材料的選擇還需考慮成本效益，選擇較低廉的材料或者與主辦單位商議定制預算範圍內的特色材料，以降低後續的維護和修復費用。

Materials :

- **玻璃磚牆(Glass brick wall) :**

適合用在氣候穩定的地區以及需要自然採光的建築，如商業大樓、公共設施。透光性好，提供自然光照，同時保持隱私。美觀，具有現代感和設計美感。耐候性好，抗風化和耐腐蝕性好。隔熱性一般，需額外處理來提高隔熱效果。安裝需精確，施工難度較高。材料和施工成本較高。

- **軟木木窗框(Softwood window frame) :**

適合對美觀和環保有較高要求的建築。適合氣候溫和且乾燥的地區。自然美觀，具有天然木材的美感和溫暖感。可再生材料，環保性能好。木材本身具有良好的隔熱性能。強度較低，軟木強度不及硬木，需考慮結構強度。耐候性差，容易受潮變形和腐爛，需定期維護。防火性能差，木材易燃，需考慮防火處理。

Translate : The creative design industry park located in Zuoying District, Kaohsiung City combines various types of materials and uses special techniques for processing, presenting a unique and lively appearance. By selecting surface treatments with rich textures and colors or collaborating with contemporary artists on special products, this building can showcase its vibrant and open-minded spirit, drawing attention from passers-by with its beautiful scenery. In addition, the wall material used here is environmentally friendly and meets green standards such as using recycled and natural materials that reduce negative impacts on the environment. Moreover, the wall material also provides excellent weather resistance, maintaining long-term stability in quality to ensure the durability and health safety of the building. To meet different functional needs, the wall material must take into account requirements such as sound insulation, heat insulation, water protection, and fire prevention, protecting the building from external factors and improving living and working conditions. At the same time, the selection of wall material should consider cost-effectiveness, choosing more affordable options or negotiating customized budgets within the scope agreed upon with the host unit to lower future maintenance and repair costs.

Prompt : creative design industry park,Zuoying District,Kaohsiung City,Glass brick wall,Softwood window frame,various types of materials,special techniques for processing,strongly textured appearance,vibrant appearance,rich textures,colorful designs,temporary art exhibitions,magnetic bricks,colored magnetic bricks,enabling users to create their own works of art,sound insulation,heat insulation,water protection,fire prevention,durable walls,fresh air exchange system

U 位於高雄市左營區的創意設計產業園區，集結創意產業資源，促進設計創新和產業升級。

A **Suggestion :** 針對位於高雄市左營區的創意設計產業園區，作為一個綜合了創意產業資源，並致力於提升設計創新能力和產業水平的地方，可以考慮以下因素來選擇建築外牆材料：1. 創意與現代感：由於該地區是一個創意設計產業聚落，因此外牆材料需要展現出獨特的創意性和現代感，以吸引眼球和增加品牌形象。可考慮選擇具有特殊紋理或色彩的表面處理，或採用當代藝術家合作推出的專屬產品等方式突破常規。2. 環保與持續性發展：作為創意設計產業中心，企業社會責任至關重要。在選擇外牆材料時，也需考慮其環保性和持續性。可以選擇符合綠色標準的材料，如回收再利用材料或者具有優異耐腐性的自然材料，使得建築物更具永續性和社區整體的健康氛圍。3. 功能需求 and 安全性：此產業園區可能包括工作空間、展示場所和研發實驗室等不同功能設施，在選擇外牆材料時，要同時兼顧到各種功能需求。材料應具有良好的隔音、隔熱和防水性能，以及防火和安全認證等特性，保障人們在這些地方工作和生活的舒適和安心。4. 成本效益：最後，不容忽視的還有一個經濟成本因素。外牆材料的價格和維護費用也是一個必要考慮因素。因此，可考慮選擇既具創意性又且不失環保的廉價材料，或是與主辦單位商討定制預算範圍內的特色材料。

Concept : 位於高雄市左營區的創意設計產業園區，外牆結合了多樣化的材料並運用特殊技術處理，呈現出獨特而生動的外觀效果。透過選擇具有豐富紋理和色彩的表面處理，或是採用當代藝術家的協助設計特別產品，這座建築能夠展現出活潑開放式的創意精神，讓行走者目光被其美麗景觀所吸引。

另外，外牆材料也是環保友好型，符合綠色標準。例如使用回收再生材料或天然材質，減少對環境造成負面影響。此外，外牆材料還提供優異的耐腐性，保持長期穩定的品質，確保建築物的持久性和居民的健康安全。

為滿足不同的功能需求，外牆材料也要兼顧到隔音、隔熱、防水和防火等功能要求，能夠保護建築物免受外部因素侵害，提高居住和工作的品質。同時，外牆材料的選擇還需考慮成本效益，選擇較低廉的材料或者與主辦單位商討定制預算範圍內的特色材料，以降低後續的維護和修復費用。

Materials :

- **玻璃磚牆(Glass brick wall) :**
適合用在氣候穩定的地區以及需要自然採光的建築，如商業大樓、公共設施。透光性好，提供自然光照，同時保持隱私。美觀，具有現代感和設計美感。耐腐性好，抗風化和耐腐蝕性好，隔熱性一般，需要額外處理來提高隔熱效果。安裝需精確，施工難度較高。材料和施工成本較高。 Suitable for areas with stable climates and buildings that require natural lighting, such as commercial buildings and public facilities. It has good light transmission, providing natural illumination while maintaining privacy. Aesthetically pleasing, with a modern and stylish design. Good weather resistance, with strong resistance to weathering and corrosion. Insulation performance is average, requiring additional treatment to improve thermal insulation. Installation must be precise, making construction more difficult. Both material and construction costs are relatively high.
- **軟木木窗框(Softwood window frame) :**
適合對美觀和環保有較高要求的建築，適合氣候溫和且乾燥的地區。自然美觀，具有天然木材的溫暖和溫暖感。可再生材料，環保性能好。木材本身具有良好的隔熱性能。強度較低，軟木強度不及硬木，需考慮結構強度。耐腐性差，容易受潮變形和腐爛，需定期維護。防火性能差，木材易燃，需考慮防火處理。 Suitable for buildings with high aesthetic and environmental requirements. Ideal for climates that are mild and dry. Naturally beautiful, offering the aesthetic and warmth of natural wood. Renewable material, with good environmental performance. Wood has good thermal insulation properties. Lower strength, as softwood is less strong than hardwood, requiring consideration of structural strength. Poor weather resistance, prone to moisture-induced deformation and decay, requiring regular maintenance. Poor fire resistance, as wood is flammable, necessitating fire protection measures.

Translate : The creative design industry park located in Zuoying District, Kaohsiung City combines various types of materials and uses special techniques for processing, presenting a unique and lively appearance. By selecting surface treatments with rich textures and colors or collaborating with contemporary artists on special products, this building can showcase its vibrant and open-minded spirit, drawing attention from passers-by with its beautiful scenery.

In addition, the wall material used here is environmentally friendly and meets green standards such as using recycled and natural materials that reduce negative impacts on the environment. Moreover, the wall material also provides excellent weather resistance, maintaining long-term stability in quality to ensure the durability and health safety of the building.

To meet different functional needs, the wall material must take into account requirements such as sound insulation, heat insulation, water protection, and fire prevention, protecting the building from external factors and improving living and working conditions. At the same time, the selection of wall material should consider cost-effectiveness, choosing more affordable options or negotiating customized budgets within the scope agreed upon with the host unit to lower future maintenance and repair costs.

Prompt : creative design industry park,Zuoying District,Kaohsiung City,Glass brick wall,Softwood window frame,various types of materials,special techniques for processing,strongly textured appearance,vibrant appearance,rich textures,colorful designs,temporary art exhibitions,magnetic bricks,colored magnetic bricks,enabling users to create their own works of art,sound insulation,heat insulation,water protection,fire prevention,durable walls,fresh air exchange system ,

請輸入您的問題

圖 4.2.1 範例執行畫面

(來源:本研究繪製)

綜上所述，在 LLM 適應建築材料領域的部分，本研究整理出適用於台灣區域的問與答訓練集，透過參數高效率微調(PEFT)，穩定模型生成的輸出內容。並且，提供建築材料向量資料庫，以利模型能夠搜索出與建築特徵和周遭環境最相關的材料。對於 LLM 須執行的各項任務，也做出提示樣板包裝規範，使模型在不同的應用場景中能夠更準確地理解任務內容。

另外，作為與使用者溝通建築設計構想的管道，LLM 能理解其中語義所涵蓋的訊息，提出更符合建築材料領域需求的分析，從而產生關鍵詞彙，建構文生圖提示語，提供 Stable Diffusion 做 AI 圖像生成。

結合這些技術(如圖 4.2.2)，我們將建築材料適應於一般通用預訓練模型，確保 LLM 能產出符合期望的結果，成為輔助低碳建築設計決策的重要依據。

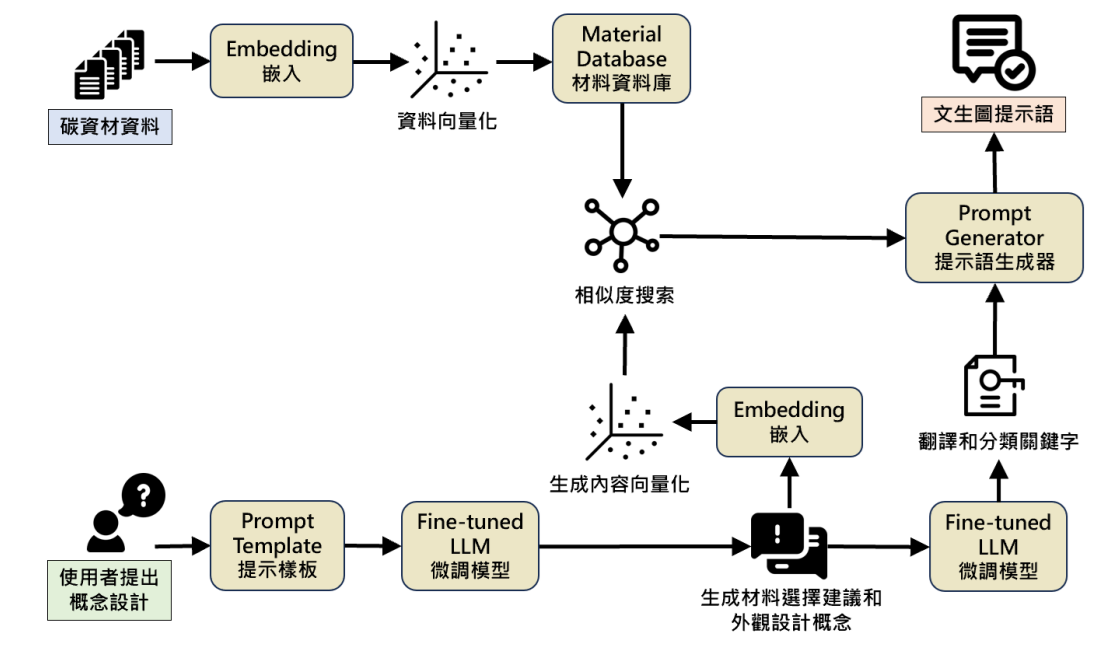


圖 4.2.2 碳資材領域 LLM 適應流程示意圖

(來源：本研究繪製)

第三節 應用 AI 圖像生成實際執行結果

為使研究計畫更順暢與延續，同時使用上一節 LLM 所產生之提供詞範例：位於高雄市左營區的創意設計產業園區，外牆結合了多樣化的材料並運用特殊技術處理，呈現出獨特而生動的外觀效果。透過選擇具有豐富紋理和色彩的表面處理，或是採用當代藝術家的協助設計特別產品，這座建築能夠展現出活潑開放式的創意精神，讓行走者目光被其美麗景觀所吸引。另外，外牆材料也是環保友好型，符合綠色標準，例如使用回收再生材料或天然材質，減少對環境造成負面影響。此外，外牆材料還提供優異的耐候性，保持長期穩定的品質，確保建築物的持久性和居民的健康安全。為滿足不同的功能需求，外牆材料也要兼顧到隔音、隔熱、防水和防火等功能要求，能夠保護建築物免受外部因素侵害，提高居住和工作的品質。同時，外牆材料的選擇還需考慮成本效益，選擇較低廉的材料或者與主辦單位商議定制預算範圍內的特色材料，以降低後續的維護和修復費用。

提示詞經過 LLM 微調後提示詞產生如下：creative design industry park,Zuoying District,Kaohsiung City,Glass brick wall,Softwood window frame,various types of materials,special techniques for processing,strongly textured appearance,vibrant appearance,rich textures,colorful designs,temporary art exhibitions,magnetic bricks,colored magnetic bricks,enabling users to create their own works of art,sound insulation,heat insulation,water protection,fire prevention,durable walls,fresh air exchange system

使用 MTCS 生成的四個階段底圖如下圖(圖 4.3.1)分別以 SD1.5model (architecturerealmix_v11)、SDXL model (turbovisionxlSuperFastXLBasedOnNew_beta0131Bakedvae)及 Flux model(Flux1-dev-Q8-GGUF) 進行 AI 生成，ControlNet type 則須依底圖做適當的選擇，一般權重為 0.5~0.9 進行運算，在底圖的架構下容許 AI 適度做發揮。生成圖像如下圖(圖 4.3.2)、(圖 4.3.3)、(圖 4.3.4)。

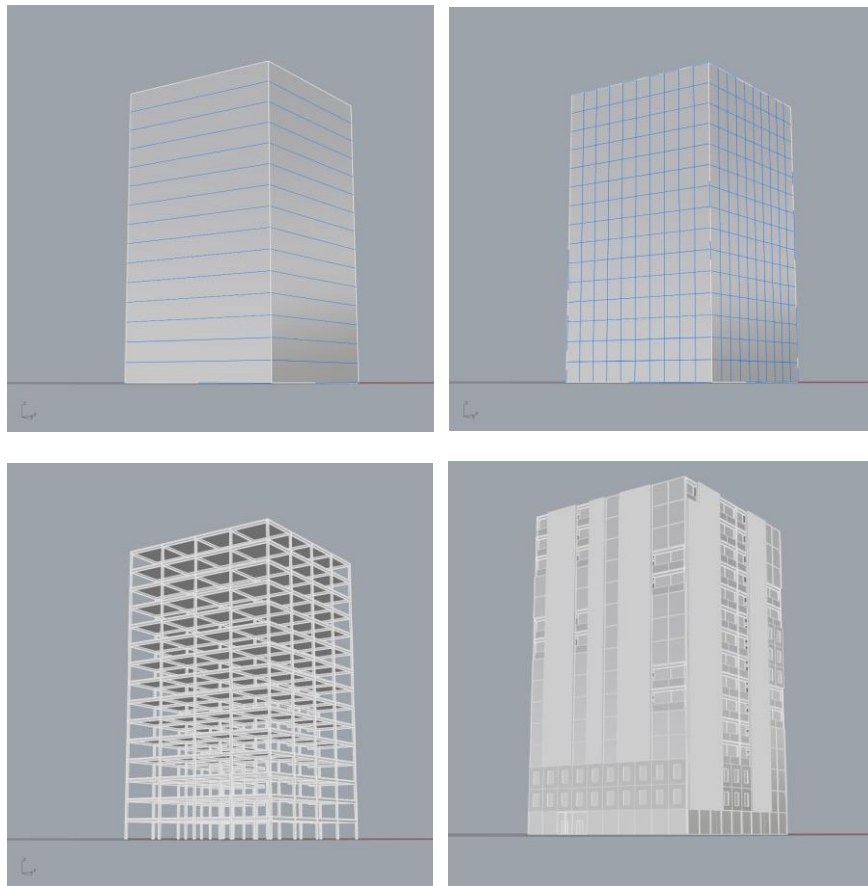


圖 4.3.1 MTCS 生成四個階段底圖 (圖片來源：由本研究繪製)





圖 4.3.2 LLM+SD1.5 生成效果圖 (圖片來源：由本研究繪製)



圖 4.3.3 LLM+SDXL 生成效果圖 (圖片來源：由本研究繪製)

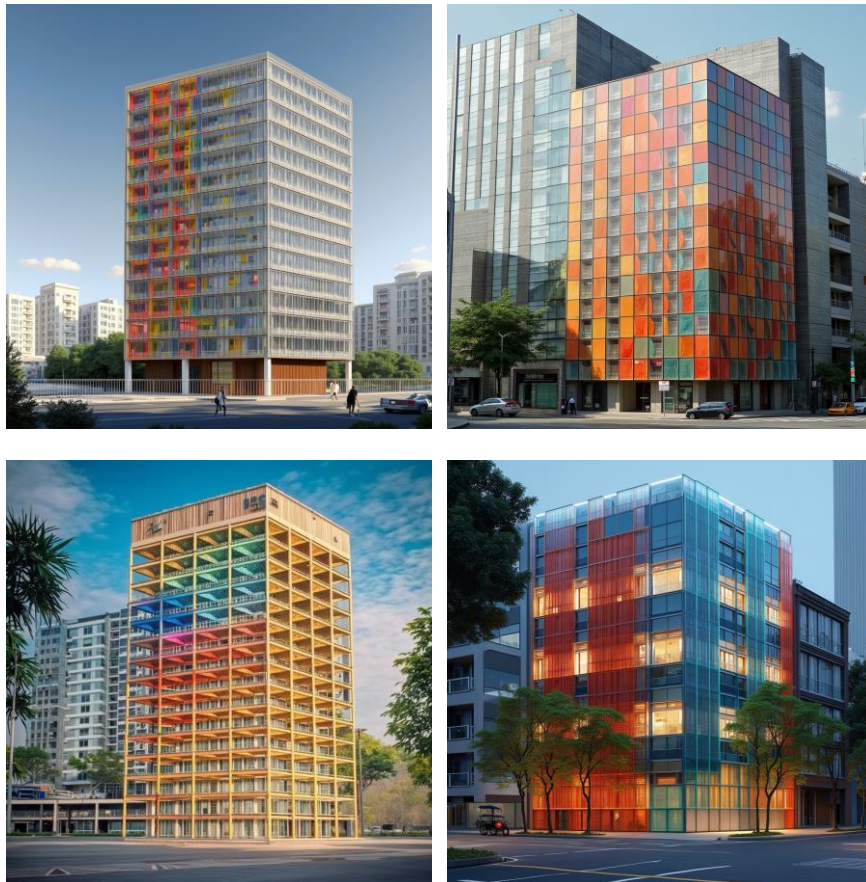
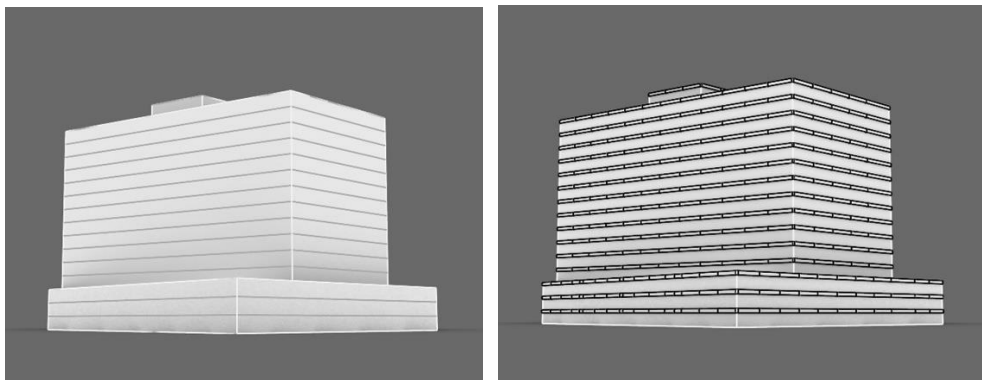


圖 4.3.4 LLM+Flux1-dev-Q8-GGUF 生成效果圖 (圖片來源：由本研究繪製)

使用另一組四個階段底圖如下圖(圖 4.3.5)來進行生成，生成圖像如下圖(圖 4.3.6)、(圖 4.3.7)、(圖 4.3.8)。



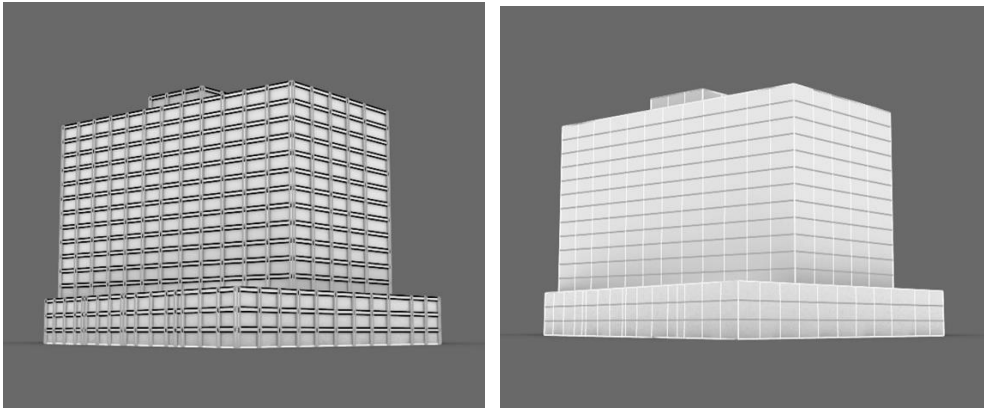


圖 4.3.5 MTCS 生成四個階段底圖 (圖片來源：由本研究繪製)



圖 4.3.6 LLM+SD1.5 生成效果圖 (圖片來源：由本研究繪製)

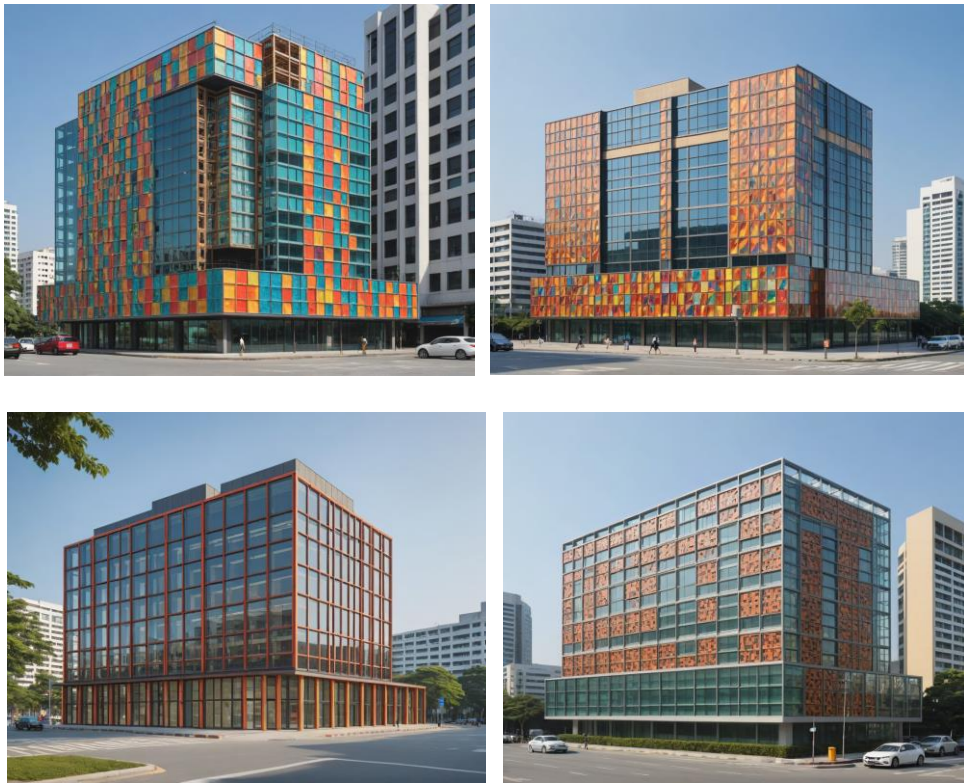
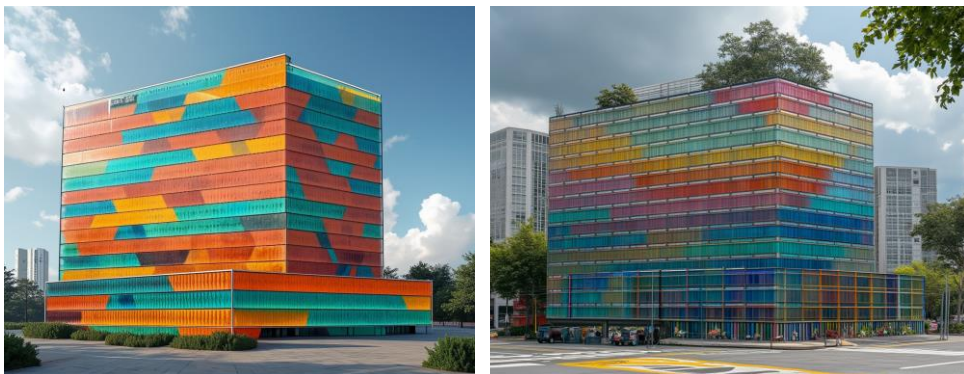


圖 4.3.7 LLM+SDXL 生成效果圖 (圖片來源：由本研究繪製)



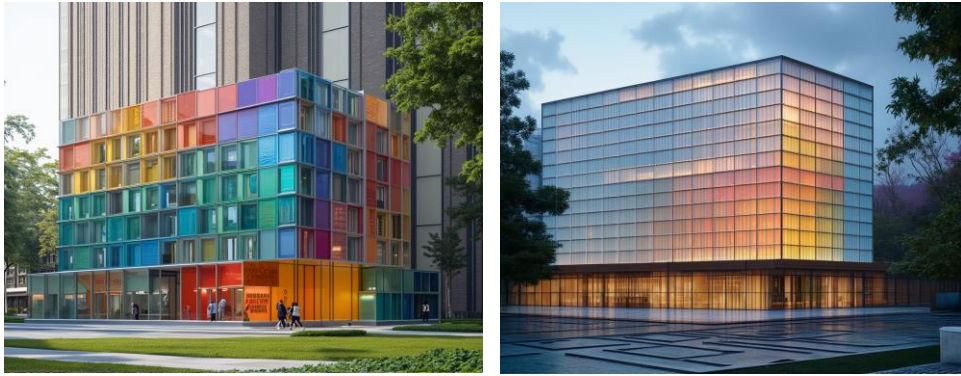


圖 4.3.8 LLM+Flux1-dev-Q8-GGUF 生成效果圖 (圖片來源：由本研究繪製)

經過多次反覆測試不同量體及提示詞，使用 SD1.5 model 最好選擇經過專業建築圖片融合訓練的模型，如: ArchitectureRealMix 是一個經過大量建築資料訓練的寫實風格建築大模型，適用於絕大部分建築設計、景觀設計、城市設計、室內設計場景，並適度加上 LORA model 以豐富建築主體之外的氛圍。但缺點是生成的風格容易被訓練資料所影響，提示詞的作用相對被簡化。

使用 SDXL model，通常對於建築本體之外的環境，在不需要使用任何 LORA 之下，只要文字的敘述有所提及就會有比較生動的生成效果。這也是因為 SD1.5 模型較小且結構簡單，更容易進行調教 (fine-tuning)，常被用於個人或小型項目中進行風格化訓練。而 SDXL model 儘管調教更為複雜且需要更高的資源投入，但在進行細化調教後，它可以產生更精確且專業的結果，尤其適合於需要高質量輸出的特定行業或領域，例如醫學成像、建築設計等。

FLUX.1 [dev] 系列模型在生成速度、圖像質量、資源使用效率方面相較於一些更大的生成模型都具有突出的優勢。FLUX.1 [dev] 是一個相對輕量級的模型，計算資源需求較少。這使得它對硬體的要求不會太高，適合在資源有限的環境中運行，例如個人設備。最新的 FLUX.1 [dev] 結合了擴散模型和指導蒸餾技術，使模型能夠更有效地理解和解析輸入的提示詞，這結合經過建築專業訓練的 LLM，將讓建築師精準且更有效率的進行設計圖像的 AI 生成。

總而言之，開源模型如:SD1.5、SDXL 和 FLUX 的發布，使得 AI 繪圖技術更為普及，從專業研究者擴展到一般開發者和愛好者。這促進了開源文化，鼓勵更多人貢獻自己的模型與技術，推動了整個 AI 圖像生成領域的快速發展。這些模型的開源還降低了對封閉商業解決方案的依賴，使得個人開發者和小型創作者團體有了更多的選擇空間。

評估與修正：建築師可以透過不同的開源模型進行多次迭代，通過調整提示詞或局部重繪圖像來進行優化。一旦建築師滿意於 AI 生成的圖像，最後可以進行放大演算法，將其用於實際的設計提案。這個過程允許建築師快速生成和迭代設計概念，從而提高工作效率並激發創造力。

第五章 結論與建議

開發結合 BIM 參數化建模和 AI 的建築設計輔助工具，計畫的目標為透過 AI 協助建築量體、結構系統以及外覆系統的決策設定，提示建築師此方案之蘊含碳排、節能、造價等，最終依建築師之方案選擇，提供圖形化顯示提示語，以利其應用於 AI 圖像生成工具，並評估該整合工具在實際應用中的效益及限制。以下彙整和分享此整合工具在實際應用中的經驗和心得，為未來的研發和應用提供參考。

第一節 AI 增強設計流程的價值

AI 增強設計流程，針對建築設計的各個階段，說明如何利用參數化設計、人工智慧（AI）工具和生成式模型，來優化建築設計流程並提升效率與準確性。以下將設計流程分為五個階段（圖 5.1.1），結合此次研究所採用的 AI 工具的實際成果進行說明：

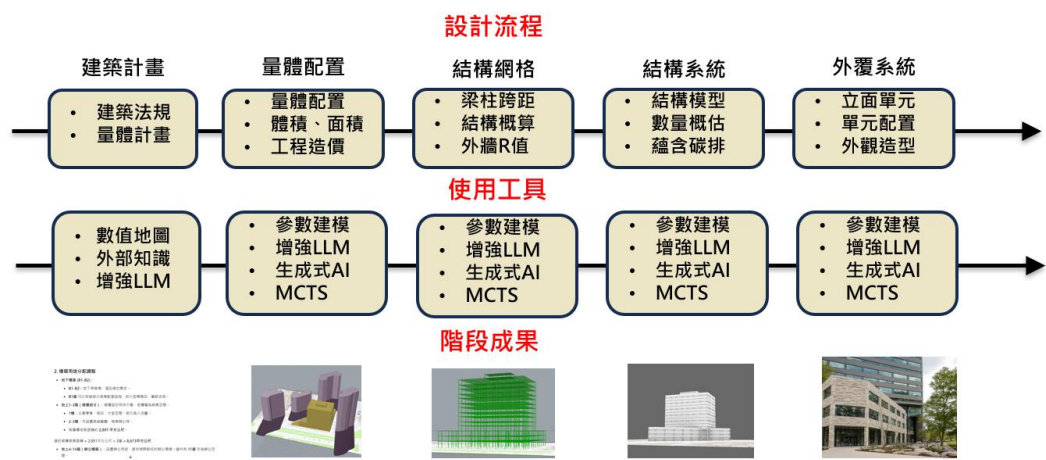


圖 5.1.1 AI 增強設計流程

一. 建築計畫

目標：根據建築法規與設計需求制定初步量體方案。

使用工具：

1. 數值地圖：依需求取得地籍資料等...
2. 外部知識：建築法規、土地管制規則、都市計畫法等...
3. 增強式 LLM：自動解析建築法規條文，確認地籍位置的土管規則，給與量體計畫建議提供建築師參考

成果：初步確認建築計畫，規劃空間配置與樓層數、樓地板面積

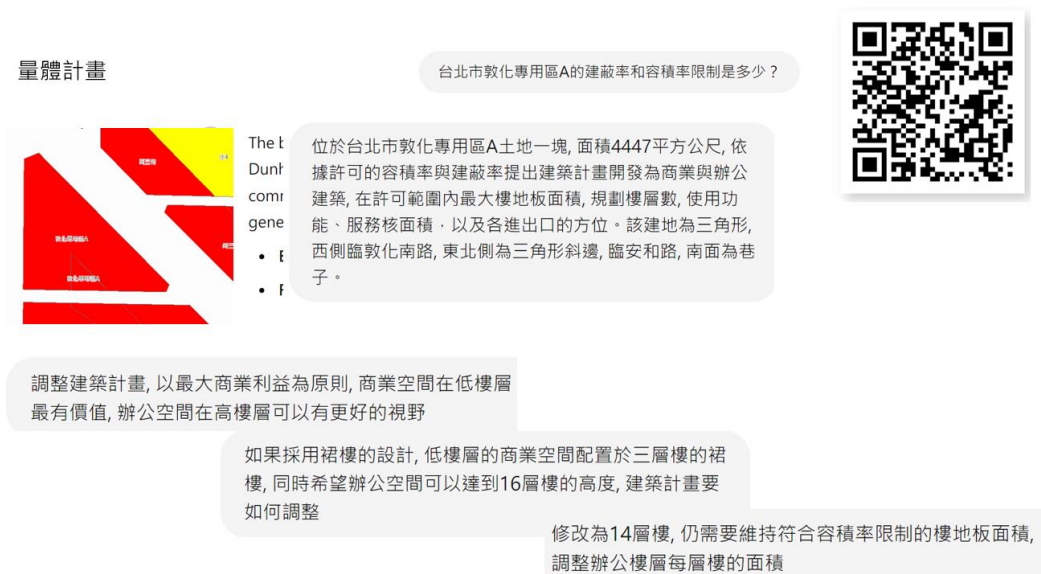


圖 5.1.2 建築計畫-量體計畫操作示意

二. 量體配置

目標：決定量體的空間配置與尺寸，兼顧建築功能性與工程造價。

使用工具：

1. 參數化建模：快速生成多種量體組合方案，涵蓋不同尺寸與空間分布。
2. 增強式 LLM：生成符合需求的量體設計建議。
3. 生成式 AI、MCTS：透過蒙特卡洛樹搜尋探索設計參數空間，優化量體組合並篩選最佳方案，並依方案產生圖像化方案。

成果：生成可視化的量體模型(圖 5.1.3)，涵蓋不同配置與尺寸選項，同時提供數據資料，產生即可約略工程造價比例(圖 5.1.4)，幫助建築師、業主等團隊快速進行方案評估與選擇。

總結調整後的建築計畫

•總樓層數：地上14層（1-3層裙樓商業空間，4-14層辦公空間）。

•裙樓面積：1-3層裙樓，每層約 2,891 平方公尺，總計 8,673 平方公尺 商業空間。

•辦公樓面積：4-14層，每層約 1,758 平方公尺，總計 19,343.1 平方公尺 辦公空間。

•總樓地板面積：28,016.1 平方公尺，符合容積率的限制。

這樣的設計既能維持裙樓的高價值商業空間，同時在高樓層提供充足的辦公空間，並且符合容積率的法規要求。

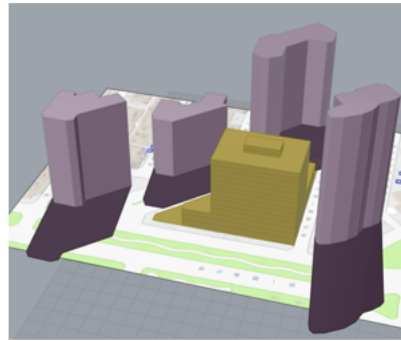


圖 5.1.3 參數化建模後與語言模型結合

要針對您的建築計畫估算工程造價，並將商業空間及辦公樓（14層辦公空間）佔比可能有所不同。 1. 量體設計 - 裙樓（1-3層）：主要作為商業空間（尺）。 - 辦公樓（4-14層）：14層辦公空間（尺）。 2. 總工程造價估算 根據台北市的建築造價，一般商業與辦公80,000，假設中間值 NTD 70,000/平方公尺。 總樓地板面積 = 商業裙樓面積 + 辦公樓面積 = 8,673 平方公尺 + 19,343 平方公尺 總工程造價 = 總樓地板面積 × 每平方公尺 = 28,016 平方公尺 × NTD 70,000/平方公尺 = NTD 1,960,000,000 (約 19.6 億)	3. 調整後的五大項目比例 考慮到裙樓商業空間與高層辦公空間的不同需求，調整後的五： 1. 結構工程（基礎與地上結構） - 因為裙樓和高層辦公樓都需要強化結構支撐，高層辦公樓：調整比例：35% - 估算金額 = 1,960,000,000 × 35% = NTD 686,000,000 2. 外覆系統工程（外牆和屋頂） - 辦公樓通常需要大面積玻璃幕牆，裙樓部分外牆可能用較：比例略高。 - 調整比例：20% - 估算金額 = 1,960,000,000 × 20% = NTD 392,000,000 3. 機電工程 - 高層辦公樓和裙樓的商業空間需要配置大量的空調系統，商業裙樓會有更多配套設施。 - 調整比例：25% - 估算金額 = 1,960,000,000 × 25% = NTD 490,000,000	4. 室內裝修 - 室內裝修方面，裙樓商業空間的需求通常較高（如高檔的內裝設計），而高層辦公樓則相對簡約，因此調整比例為中等。 - 調整比例：15% - 估算金額 = 1,960,000,000 × 15% = NTD 294,000,000 5. 景觀工程 - 此建築計畫中，景觀工程主要包括裙樓外部的綠化與公共空間，總體比例會相對較小。 - 調整比例：5% - 估算金額 = 1,960,000,000 × 5% = NTD 98,000,000 4. 調整後的總結 - 總工程造價：NTD 1,960,000,000 - 結構工程：NTD 686,000,000 (35%) - 外覆系統工程：NTD 392,000,000 (20%) - 機電工程：NTD 490,000,000 (25%) - 室內裝修：NTD 294,000,000 (15%) - 景觀工程：NTD 98,000,000 (5%) 這樣的比例分配考慮了裙樓的高端商業需求與辦公樓層的功能性，並根據常見的市場價格進行調整。
--	---	---

圖 5.1.4 依功能性調整工程造價佔比示意

三．結構網格

目標：設計建築的結構系統，包括梁柱的布局與分布方式。

使用工具：

1. 參數化建模：模擬梁柱配置，確保結構安全與材料、碳排估算。
2. 增強式 LLM：生成符合需求的量體設計與碳排放、造價建議。
3. 生成式 AI、MCTS：快速生成多樣化結構布局，通過碳排與造價指標篩選最優方案。

成果：生成結構網格與外牆帷幕設計方案，為後續結構細化與分析提供基礎(圖 5.1.5)。

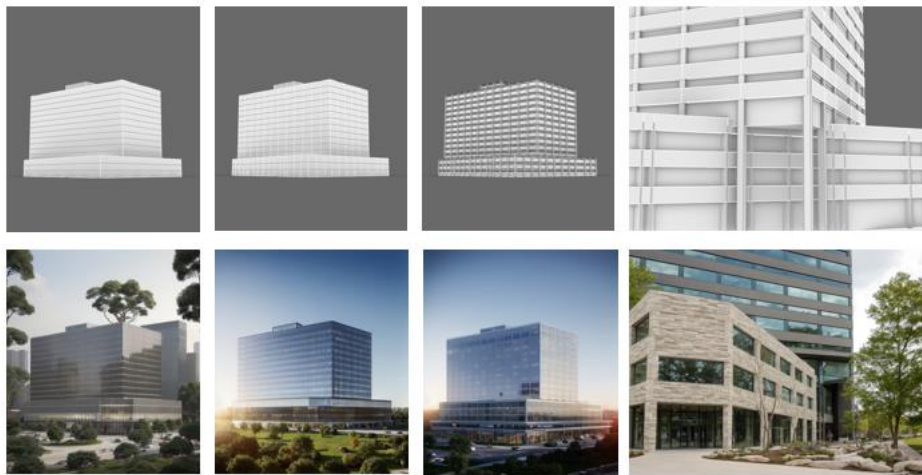


圖 5.1.5 結構網路方案進行外觀風格探索

四．結構系統

目標：確定建築外觀，立面元素、材質選擇與細節設計。

使用工具：

1. 參數化建模：搭建結構模型，細化梁柱尺寸與位置。
2. 增強式 LLM：加入碳排、能效計算所需的材料相關建議與公式，探索不同結構跨距、結構材料的可行性。

3. 生成式 AI、MCTS：優化結構設計分方，產生較為實際的方案風格。

成果：結構模型與碳排數據的結合，產生更為真實的方案共識與圖像。

問：

希望降低建築耗能，在夏天能夠減少耗電，
依據上述各向立面與屋頂的面積以及台北
市的日照與氣候條件，提出各向立面與屋
頂隔熱性能的理想平均R值，做為下一階段
的設計目標

為了達到節能效果並考慮日照條件，應針對不同立面與屋頂採取不同的隔熱策略。以下是總結的理想
R值設計目標：

面向	面積 (平方米)	理想R值 (國際單位制)	理想R值 (IP單位制)
西向立面	2996	4.4 m²·K/W	R-25
南向立面	2264	3.52 m²·K/W	R-20
東向立面	2194	2.64 m²·K/W	R-15
北向立面	1440	1.76 m²·K/W	R-10
屋頂	2923	5.28 m²·K/W	R-30 及以上

圖 5.1.6 建築能效探索

問：

考慮地下停車的需求，與降低建
築結構蘊含碳排，建議最合式的
梁柱跨距，以及該跨距最合適的
量深度與寬度，分別以RC結構和
鋼構進行分析

在台灣的高地震風險區域，結構設計需要考慮材料的延展性、抗側力系統、剪力牆和基礎系統的設
置。無論是RC結構還是鋼構結構，關鍵在於選擇合適的跨距、梁柱尺寸，以及強化抗震性能的結構支
撐系統。

RC結構具體建議：

- 跨距：6米至9米
- 梁尺寸：600mm至900mm深，300mm至600mm寬
- 柱尺寸：700mm至800mm
- 剪力牆：厚度250mm，間隔12米至15米

鋼構結構具體建議：

- 跨距：9米至12米
- 鋼梁尺寸：450mm至700mm深，150mm至250mm寬
- 鋼柱尺寸：600mm至700mm H型鋼
- 支撐系統：V型或X型支撐，間隔9米至12米

這樣的設計不僅能滿足地下停車和地上建築的需求，同時也能有效應對地震影響，保持結構的安全性和穩定性。

圖 5.1.7 結構跨距探索

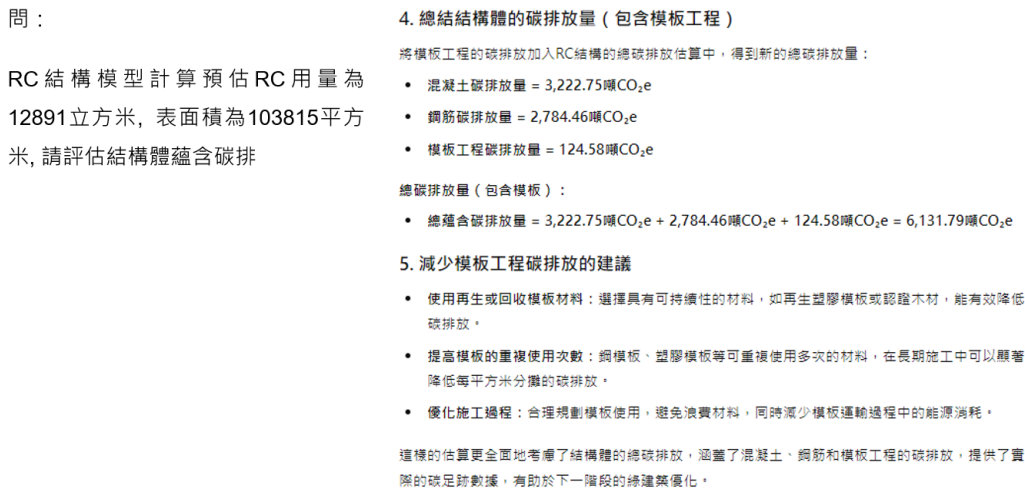


圖 5.1.8 結構體蘊含碳排探索

五. 外覆系統

目標：設計建築外觀，包括立面元素、材質選擇與細節設計。

使用工具：

- 1. 參數化建模：模擬立面構件與細節。
- 2. 增強式 LLM：生成符合地區、建材、外觀、景觀等設計需求的提示語。
- 3. 生成式 AI：通過 AI 圖像生成使用提示語產生外觀渲染圖，幫助建築師直觀比較不同設計選項。。

成果：提供多樣化的外觀設計效果圖，協助讓設計師與客戶之間更能直觀的溝通，快速完成設計選擇。。



圖 5.1.9 模擬真實結果帷幕外觀風格

(圖片來源：由本研究繪製)

本研究試結合 BIM 與人工智慧的建築減碳設計輔助系統，旨在提升建築設計效率並實現低碳化目標。系統以 BIM 的參數化模型為核心，搭配 MCTS (蒙特卡羅樹搜尋) 和生成式 AI，讓設計師在設計初期即可同時考量碳排放、節能效果與造價等，快速生成並篩選最佳設計方案。

系統透過大語言模型 (LLM) 解析資料並生成回應，建築師與使用者在介面中的即時互動，而 MCTS 技術則用於模擬與優化建築量體、結構系統與外覆系統，確保每個設計選項都經過蘊含碳排、結構性能與成本的多決策分析。此外，生成式 AI 提供擬真性高的建築外觀視覺化圖像，不僅能增強設計表現力，還能作為設計師與客戶溝通的重要工具。

該系統展現了三大優勢：第一，快速生成與篩選設計方案，大幅縮短設計時間；第二，通過結構量計算碳排與造價數據的驅動，讓設計決策更加科學與精確；第三，直觀的視覺化成果提升了設計師與客戶的溝通效率與滿意度。本系統的應用不僅有效支援建築規劃與設計流程，還為推動低碳建築與永續發展提供了有力工具，具有廣泛的應用潛力。

第二節 建議

本計畫所進行的研究顯示在建築設計的初期階段，參數化模型和生成式 AI（人工智能）可以極大地改進建築師與客戶之間的溝通和協作過程。基於此架構方式，可進一步實踐並延伸應用範疇，發展探索出其他更具實務價值的應用，分別從立即可行建議及中長期建議加以列舉：

建議一

建立以 BIM 與 AI 為核心的建築法規與低碳建築設計輔助系統：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所、中華民國公共工程資訊學會

整合 BIM 與 AI，讓電腦成為具備專業知識整合能力的助手，協助設計決策的制定與跨專業的協同作業。開發結合 BIM 參數化建模和 AI 的建築設計輔助工具，計畫的目標為透過 AI 代理系統(agent system)輔助建築設計決策過程中的可行性與可行架構。特別在低碳設計、外觀優化與成本控制方面，使用 AI 大語言模型進行法規的訓練，提供建築師即時的建築法規提示，確保設計方案在滿足美學與能效需求的同時，也能符合法規。圖 5.2.1 說明 BIM 參數化模型與 AI 應用於系統架構之可能架構：

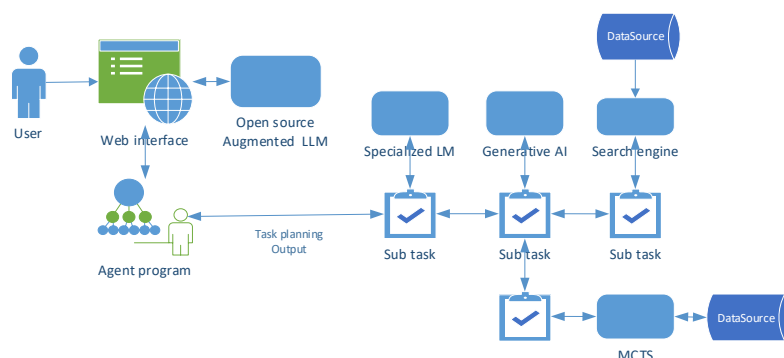


圖 5.2.1 BIM 參數化模型與 AI 應用於系統架構中的資料流程結構

(圖片來源：由本研究繪製)

以下說明上圖流程中的關鍵組件：

1. 使用者與網頁介面：流程從使用者與網頁介面的互動開始。此為收集使用者輸入和初步請求的入口點。
2. 開源增強大語言模型 LLM：網頁介面收集的使用者輸入被一個開源增強型 LLM 處理，此為用來理解和生成語言回應或執行特定語言理解任務的增強語言模型。
3. 代理程序：這個組件管理任務輸出和計畫。它負責處理 LLM 的輸出並確定任務流程的下一步，包括將子任務委派給專門的系統。
4. 專門化 LM (語言模型)、生成式 AI、搜尋引擎：這些是代理程序可能用來處理特定子任務的不同系統或服務。每個有其獨特的角色：
 - 專門化 LM；處理需要特定領域知識的更加專門或特定的語言處理任務。
 - 生成式 AI；用於涉及根據從數據學到的模式生成新內容的任務，如文本與圖像。
 - 搜尋引擎；用於從外部資料源提取資訊以資訊回應或行動。
5. 外部資料源：提供搜尋引擎和 MCTS (蒙特卡羅樹搜索) 組件特定領域所需數據，例如減碳設計準則。搜尋引擎使用它提供有根據的回應或內容，而 MCTS 可用於基於概率模型優化決策或預測結果。
6. MCTS (蒙特卡羅樹搜索)：針對參數化模型所定義的設計方案搜

索空間進行隨機採樣，加入必要的細節資訊後進行數量計算、性能評估與模擬後將評量結果回饋到決策樹的初期節點提供設計人員決策的參考，此項目需建構在 BIM 軟體，不建議在此系統納入，而是提供開發業者一個清晰的技術參考架構。此加載的程式可以利用參數化建模與 AI 進行建築量體、結構系統與外覆系統的設計優化，並提示設計方案的碳排放、造價與性能效益，為未來系統開發奠定基礎。

這個圖表中提出的整體結構表明，一個複雜的 AI 系統將使用者的輸入通過各種 AI 驅動的系統和模型進行處理和增強，整合外部數據以做出有根據的決策並生成相關輸出。

在圖 5.2.1 顯示的架構中，"使用者與網頁介面"部分是整個資料流程中非常關鍵的第一步。這裡進一步說明其功能和重要性：

1. 互動入口：這個網頁介面作為用戶與系統互動的主要入口，用戶可以通過這個介面輸入數據、發出請求，或者進行其他互動。這可能包括填寫表格、選擇選項、點擊按鈕等操作。
2. 數據收集：介面將用戶的輸入收集並整理成可以由後端系統處理的格式。這個過程中，可能會有資料驗證確保輸入的數據符合預期的格式和要求。
3. 使用者體驗：網頁介面的設計對於提升用戶體驗至關重要。一個直觀、響應迅速的介面可以增強用戶的互動體驗，使得用戶更容

易且更願意使用系統。

4. 前後端交互：網頁介面不僅是資料輸入的場所，同時也是前端與後端進行交互的橋樑。它將用戶的請求轉發到後端服務器，並將服務器的響應或處理結果實時呈現給用戶。
5. 安全與隱私：保護用戶輸入的數據安全和隱私也是網頁介面設計的一個重要方面。這包括實施數據加密、用戶認證和授權等措施，確保數據在傳輸和處理過程中的安全。

在現代 AI 驅動的系統架構中，前端網頁介面與後端大語言模型（如增強型智能語言學習模型 LLM）之間的關係至關重要。以下是這種關係的幾個關鍵點以及大語言模型如何使用者溝通更加流暢：

1. 數據轉接和處理：

- 當用戶在網頁介面上輸入信息後，這些數據會被發送到後端服務器。
- 大語言模型接收這些輸入，將其作為處理和生成回應的基礎。例如，用戶可能會問一個問題，語言模型則根據先前訓練的數據生成一個合適的答案。

2. 自然語言處理（NLP）：

- 大語言模型使用先進的 NLP 技術來理解用戶的意圖和語境。這包括語言分析、情感分析和實體識別等功能。
- 這使得模型不僅能回答簡單的查詢，還能處理複雜的交流，

提供諸如個性化建議、詳細解釋等更深入的互動。

3. 即時反饋和動態互動：

- 大語言模型能夠實時處理來自網頁介面的查詢，迅速生成回應。這種快速響應是提升用戶互動體驗的關鍵。
- 例如，用戶在完成某個操作（如訂購、查詢等）後，模型可以即時提供確認信息、後續步驟或其他相關信息。

4. 持續學習和優化：

- 大語言模型可以從每次用戶互動中學習，進一步優化其回應的準確性和相關性。
- 系統可以追蹤哪些回應對用戶最有幫助，並調整其模型以更好地滿足未來用戶的需求。

5. 多語言和文化適應：

- 對於多語言用戶界面，大語言模型可以提供跨語言的溝通能力，使得不同語言的用戶都能夠流暢地與系統互動。
- 模型可以根據不同文化和地區慣例調整其語言和內容，從而提供更貼心、更本地化的服務。

透過這種方式，大語言模型不僅提升了用戶與系統間的溝通效率，還增強了溝通的質量和個性化程度，使得用戶能夠享受到更直觀、更智能的互動體驗。

在建築設計的初期階段，參數化模型和生成式 AI（人工智能）可以極大地改進建築師與客戶之間的溝通和協作過程。

建議二

持續研究 AI 為核心的建築設計輔助系統：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：中華民國公共工程資訊學會

未來應持續深化 AI 與 BIM 技術的結合，促進設計過程的透明化與跨專業合作。建議開發基於 BIM 數據的智慧分析平台，整合多樣化的數據來源，如建築類型、地理位置、建築方位材料性能和環境影響，提供設計決策的科學支持。同時，透過建立開源工具和模組化架構，降低使用門檻，吸引更多業界與學術機構參與，共同完善技術體系。此外，系統可探索結合 AI 驅動的生成式設計技術，快速生成符合規範與需求的設計方案，為建築產業帶來更加靈活且實務導向的創新應用。

在建築設計的初期階段，參數化模型和生成式 AI（人工智能）可以極大地改進建築師與客戶之間的溝通和協作過程。以下是它們的主要應用方式：

一. BIM 參數化模型的應用

1. 靈活性和可視化：

- 參數化設計允許建築師創建可調整的設計模型，這些模型可以根據不同的設計參數（如尺寸、形狀、材料等）進行修改。
- 這種模型的可視化使客戶能夠即時看到這些變更帶來的影響，從而更好地理解設計意圖和選擇。

2. 互動探索：

- 建築師可以與客戶一起，實時調整參數來探索不同的設計方案。這種方式支持更加動態和互動的討論過程，有助於客戶

更深入地參與到設計過程中。

3. 優化決策：

- 參數化模型可以集成優化算法，自動生成設計選項，並根據特定的性能指標（如能源效率、成本、使用功能）找到最佳解決方案。
- 這種數據驅動的方法可以協助客戶更容易地做出基於性能和成本效益的決策。

二. 生成式 AI 的應用

1. 創意生成：

- 生成式 AI 可以用於生成創新的設計概念。這些 AI 系統可以學習大量的建築數據，並提出獨特的設計樣式和解決方案，這可能超出了人類設計師的常規思維。
- 對於希望探索新型建築形式或創新概念的客戶，這提供了額外的選擇。

2. 自動渲染和模擬：

- AI 可以自動生成高質量的渲染圖像和視頻，這些視覺資料有助於客戶更生動地看到設計在實際環境中的應用。
- 此外，AI 還能模擬不同設計方案在實際條件下（例如不同的照明和季節變化）的表現。

3. 反饋和學習：

- 生成式 AI 可以根據客戶的反饋迭代改進設計。通過機器學習，AI 系統可以識別哪些設計元素最受客戶青睞，並將這些偏好整合進未來的設計提案中。

通過使用參數化模型和生成式 AI，建築師可以提供更具互動性和客戶參與度的設計過程，同時也能利用 AI 的強大功能來優化和創新低碳建築設計，從而滿足客戶的特定需求和期望。這種技術的整合不僅提高了設計的效率和品質，也促進了客戶與建築師之間更有效的溝通和合作。

下圖提供本次研究 BIM 參數化模型透過 MCTS 的演算法從建築量體開始，在可能的建築方案搜尋空間中進行隨機取樣，直到到結構系統與外覆系統的設計明確到可以進行數量計算與性能評估後，將評估結果回饋到決策樹的每一個節點提供設計團隊做為決策參考。

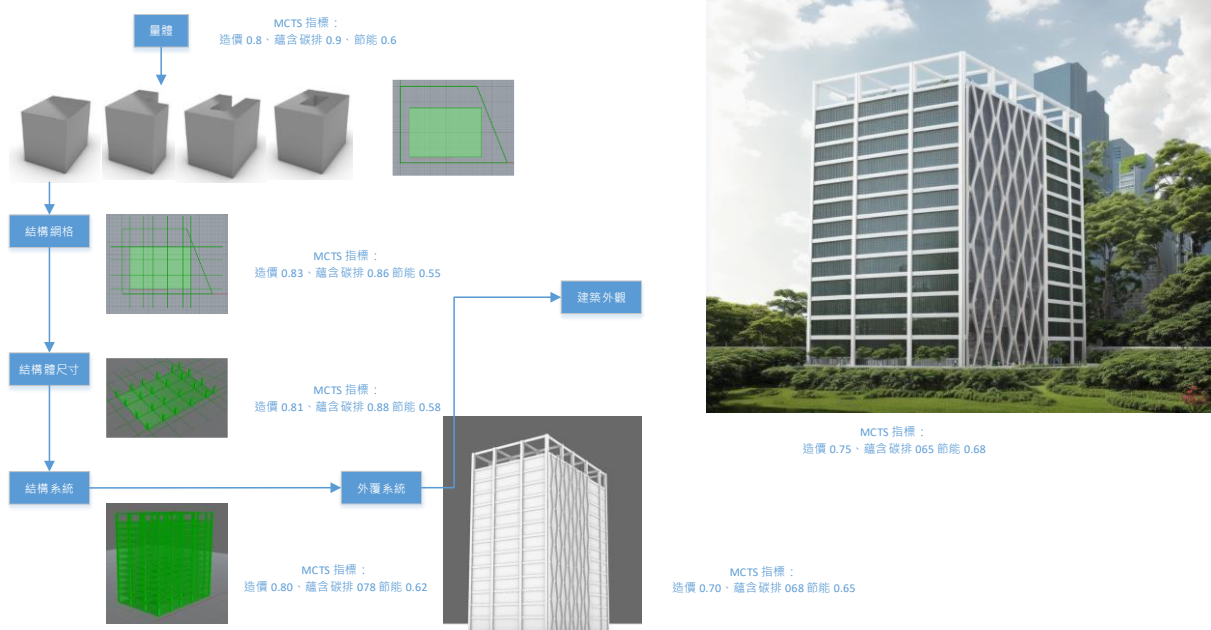


圖 5.2.2 BIM 參數化模型、MCTS 與生成式 AI 的整合流程

通過這個修改後的過程，MCTS 的應用不僅增加了設計的迭代深度和廣

度，還使得最終的建築設計決策更加數據驅動和優化。這種結合了隨機模擬與實際性能評估的方法提高了設計方案的整體質量，確保最終建築物的功能性、經濟性和美觀性能夠達到最佳平衡。

參考資料

附錄一、研究團隊工作會議

二月工作會議

1、名稱：「整合 BIM 與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」

委託研究計畫案 二月工作會議

2、時間：113 年 2 月 21 日(星期三) 上午 10:00

3、地點：台北市大安區復興南路一段 129 號 6 樓之一

中華民國公共工程資訊學會

4、人員：詳簽到簿

5、討論要點：

議題一：計畫時程討論。

1. 工作坊邀請顧問、專家一同，預計第一次 2/21 開始。
 - 2/21、3/6、3/13 晚間 6:25-9:05 三堂各別 3 小時的工作訪，2/21-3/20 完成，目的是針對探討 BIM 與 AI 之應用可行性所設定的一個設計流程。
2. 月工作會議於 2/21 開始，預定每月第三周，周一下午。(若當周不行可改為周三)。
3. 預計 3 月第一周繳交工作執行計畫書。

議題二：設計流程演練，Grasshopper 的參數化程式確認流程，討論其可行性。

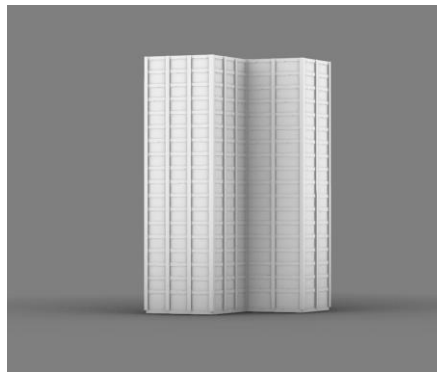
1. 如附件 OverallConcept.pptx 說明。

2. 設計流程演練流程為，(a)規劃建築面積(b)確認立面、高度(c)確認帷幕分割(水平垂直)
3. 參數化設計，預鑄外牆帷幕，同時比對不同方案造價、蘊含碳排、使用碳排、外觀美感。

議題三：AI 圖像訓練與 AI 語言訓練配合的方式與目標。

1. 目前 Stable Defusion 訓練成果，依據立面圖、分割位置、材質等產生圖面。

底圖



生成圖像



2. 考量訓練外覆 Lora。
3. 碳排資料收集，依照建研所的碳排資料庫(資料來源來環境部)
 - 建立外覆系統 Library。

- 階段 1，使用者詢問，給予適當碳排資料庫之材質/材料。
- 階段 2，使用者確認 type，給予適合提示詞於 SD 使用。

會議結論：

1. 人的設計與 AI 的設計，需要找出一個平衡點，設定一個設計流程，透過人操作去實做參數化設計，模擬 MCTS 可行作法。
2. 四堂各別 3 小時的工作訪，2/21-3/20 完成，目的是針對探討 BIM 與 AI 之應用可行性所設定的一個設計流程。
3. 碳排資料收集，依照建研所的碳排資料庫(資料來源來環境署)
4. 後續工作會議皆詢問建研所(每月或每季)，請他們一起參加，也請組長一起參加(或線上會議)。
5. 後續工作會議盡量排週一下午或週三，以一個月一次(第三週)為原則。
6. Lora 訓練，照片來源授權問題。
7. 施老師、宗偉四月出差德國，會議可能為線上參與。
8. MCTS 流程、GANs 作法疑慮，下次討論說明。

6、會議簽到表：

內政部建築研究所

113年度「整合BIM與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案

工作會議簽到表

名稱：二月工作會議

時間：113/02/21(星期三) 10:00-14:00

地點：中華民國公共工程資訊學會會議室

序 號	單 位 名 稱	簽 到
1	內政部建築研究所	
2	計畫主持人 施宣光	
3	共同主持人 嚴國雄	嚴國雄
4	研究員 陳秀杏、林裕傑、陳錚、鄭宗偉	陳錚 陳秀杏 鄭宗偉
5	助理研究員 杜京霞、葉俞杰	杜京霞 葉俞杰

三月工作會議

1、 名稱：「 整合 BIM 與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案 三月工作會議

2、 時間：113 年 3 月 11 日(星期一) 下午 14:00-16:00

3、 地點：台北市大安區復興南路一段 129 號 6 樓之一

中華民國公共工程資訊學會

4、 人員：詳簽到簿

5、 討論要點：

議題一：計畫時程討論。

1. 3 月 13 送印繳交工作執行計畫書。

2. 確認工作坊教育訓練進度。

➤ 2/21、3/6、3/13 晚間 6:25-9:05 三堂各別 3 小時的工作坊，目的是針對探討 BIM 與 AI 之應用可行性所設定的一個設計流程。

3. 工作坊預計至少辦理兩次，目前預計於台科大辦理三堂，是否需再辦理？

➤ 日前中華建築資訊模型標準協會與建築中心預計於 5/17 日邀請合辦，可讓更多業界人士參與，更廣為人知，需要所內確認是否可合辦再一次，經費是否可支講師費用？需與建研所再確認。

4. 四月份月會時間確認。4/29 (一)下午 2:00，於建研所簡報室召開。

議題二:本月工作進度討論

1. 文獻收集，使用統一格式 Google 學術搜尋之引用 APA，雖沒有限制學術文章，但為以後發表論文需求，還是應該盡量找一些學術論文資料較佳。
2. 碳排資料收集進度，目前已使用 ABRI 碳排資料庫，外牆、帷幕等項目加入關鍵字、材料特徵後做 LLM 語言訓練。

議題三：AI語言訓練

1. 針對常用建築提示語，討論是否優化。精簡提示語，專注於建築師、風格、立面建築、材料(材質、媒介)、精細度、氛圍、視角等相關提示語。

- 列出常用提示語

議題四：AI圖面訓練

1. 討論圖面生成訓練方式。預計使用 Rhino 產生立面 2D 圖面後(預計三十張，西向立面高度 1FL-5M 其它 4M 共 15 層，不同 TYPE(入口、透光率、格柵、垂直遮陽、水平)，給 SD 訓練產生訓練資料，未來再討論是否進行 LORA 訓練。

議題五：GANs作法說明

1. GANs 的分析方式僅提出解答為對錯，無法產生訓練資料。後續可再討論詳細作法。

6、會議簽到表：

內政部建築研究所

113年度「整合BIM與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案

工作會議簽到表

名稱：三月工作會議

時間：113/3/11(星期一) 14:00-17:00

地點：中華民國公共工程資訊學會會議室

序 號	單 位 名 稱	簽 到
1	內政部建築研究所	
2	計畫主持人 施宣光	
3	共同主持人 嚴國雄	嚴國雄
4	研究員 陳秀杏、林裕傑、陳錚、鄭宗偉	陳錚 陳秀杏 林裕傑 鄭宗偉
5	助理研究員 杜京霞、葉俞杰	杜京霞

四月工作會議

- 1、名稱：「整合 BIM 與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案 四月工作會議
- 2、時間：113 年 4 月 29 日(星期一) 下午 14:00-16:30
- 3、地點：內政部建築研究所簡報室
- 4、人員：詳簽到簿
- 5、討論要點：

議題一：研究進度說明

說明目前已完成之工作項目，包含國內外相關文獻整理、碳排資材資料收集、探討 BIM 與 AI 之應用可行性與工作坊教育訓練。

AI 語言訓練研究進度說明。

- 為使語言模型更有能力處理建築碳排相關任務，使用「提示工程」、「微調」、「檢索增強生成」三種方法調整語言模型。
- 碳資材語言模型訓練架構說明。

AI 圖像生成進度說明。

- 使用開源軟體 Stable Diffusion。
- 官方建議設備說明。
- 文生圖、圖生圖、ControlNet 簡易概述。
- 操作介面 WebUI、ComfyUI 介紹。

MCTS 搜尋樹技術說明。

- 本案操作流程示意說明，量體→結構體→立面分割→各立面圖像生成。

議題二：其它討論事項

1. 5 月月會預計 5/13(一)建研所召開，請團隊安排 Stable Diffusion 說明並提供可實際操作之設備以供體驗。

最近對於 Stable Diffusion 的需求非常高，許多事務所都在積極進行教育訓練。專家座談會之人數需求，是為了收集更多專家的意見和建議，除了在專家座談會邀請專家參加討論外，也可以透過訪談回饋的方式來進行。

6、會議簡報

「整合BIM與人工智慧之低碳建築設計 決策輔助」委託研究計畫案

4月工作會議

舉辦單位：中華民國公共工程資訊學會
計畫主持人：施善光
共同主持人：謝國雄
研究員：陳秀吉、林裕傑、陳輝、鄭宗漢
研究助理：葉俞杰、杜景賢
舉辦日期：113年04月29日

中華建築師公會工程資訊學會

01 研究進度說明

1. 工作進度說明
2. AI整合訓練
3. Stable Diffusion圖像生成

工作進度說明

- 國內外相關文獻探討
- 建材資料庫收集
- 探討BIM與AI之應用可行性
- 出具工作進度報告書-3/13送審
- 工作坊教育訓練-2/21、3/6
- 資訊A語言訓練

文獻整理

BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

01
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

02
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

03
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

04
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

05
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

06
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

07
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

08
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

09
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

10
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

11
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

12
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

13
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

14
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

15
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

16
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

17
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

18
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

19
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

20
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

21
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

22
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

23
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

24
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

25
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

26
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

27
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

28
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

29
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

30
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

31
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

32
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

33
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

34
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

35
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

36
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

37
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

38
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

39
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

40
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

41
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

42
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

43
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

44
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

45
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

46
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

47
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

48
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

49
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

50
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

51
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

52
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

53
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

54
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

55
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

56
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

57
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

58
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

59
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

60
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

61
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

62
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

63
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

64
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

65
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

66
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

67
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

68
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

69
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

70
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

71
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

72
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

73
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

74
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

75
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

76
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

77
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

78
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

79
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

80
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

81
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

82
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

83
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

84
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

85
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

86
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

87
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

88
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

89
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

90
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

91
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

92
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

93
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

94
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

95
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

96
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

97
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

98
BIM+2篇+MCTS+GANs+6篇+大型語言模型LLM+13篇

BIM與AI之應用可行性探討

參數化設計與結構優化 (MCTS, GANs) → **基於AI語言訓練** (Text-to-Image, Image-to-Image) → **基於AI圖像生成模型訓練** (GANs) → **優化方案選擇**

- 選擇標準：依據標準、標準率、總體以及優化標準需求量以參數化設計標準選擇
- 根據結構標準與斷面尺寸生成結構系統3D模型

AI語言訓練

Big Raw Data → **Large Language Model** → **NLP Use Cases**

提示工程 (Prompt Engineering) → **微調** (Fine-tuning) → **檢索增強生成** (RAG)

微調 (Fine-tuning) → **檢索增強生成** (RAG) → **更好的輸出結果** (Better Outputs)

微調 (Fine-tuning) → **檢索增強生成** (RAG) → **更好的輸出結果** (Better Outputs)

AI語言訓練

提示工程 (Prompt Engineering)

制定專門的提示板來指導語言模型的行為，以符合期望的輸出內容。輸入模型的提示 (Prompt) 通常會包含：如何執行任務、任務的內容、輸出內容的規範等。

Completion → **Language Model** → **OUTPUT**

AI語言訓練

提示工程 (Prompt Engineering)

以下格式定義系統和指令提示

```

<<SYS>>
[system_prompt]
<</SYS>>

[User_message]
[INST]

```

檢索增強生成 (RAG)

檢索增強生成 (RAG) 是指從外部知識庫中檢索相關信息，並將其與模型的輸入結合，以生成更準確的輸出。

AI語言訓練

檢索增強生成 (RAG)

檢索增強生成 (RAG) 是指從外部知識庫中檢索相關信息，並將其與模型的輸入結合，以生成更準確的輸出。

檢索增強生成 (RAG) → **檢索增強生成** (RAG) → **檢索增強生成** (RAG)

AI語言訓練

檢索增強生成 (RAG)

檢索增強生成 (RAG) 是指從外部知識庫中檢索相關信息，並將其與模型的輸入結合，以生成更準確的輸出。

檢索增強生成 (RAG) → **檢索增強生成** (RAG) → **檢索增強生成** (RAG)

AI語言訓練

微調 (Fine-tuning)

使用整環境的資料集，對預訓練語言模型作進一步訓練，提高特定任務的執行能力。訓練的資料格式應包含問題 (Prompt) 與答案輸出 (Completion)。

預訓練語言模型可以很好的執行通用任務，但對於特殊任務的執行可能無法產生理想的輸出結果。因此，微調模型可以對訓練的特定任務展現良好的適應性。

微調 (Fine-tuning) → **微調** (Fine-tuning) → **微調** (Fine-tuning)

AI語言訓練

微調 (Fine-tuning)

訓練資料內容包含：任務指令描述 (instruction)、使用輸入條件 (input)、輸出回答 (output)

微調 (Fine-tuning) → **微調** (Fine-tuning) → **微調** (Fine-tuning)

AI語言訓練

微調 (Fine-tuning)

參數高效率微調 (PEFT)

在訓練模型適應新任務時，同時使用較少的參數可以有效地微調模型。

低秩適應 (LoRA) 僅訓練低秩矩陣，而更多的參數則保持不變，從而減少訓練所需的計算資源。

低秩矩陣為 1000×1000 矩陣，相當於 $1,000,000$ 個參數。透過低秩矩陣分解，如果秩 (r) 為 5，我們有兩個 1000×5 的矩陣，加起來僅有 $10,000$ 個參數，與全面微調參數相比下降了100倍。

微調 (Fine-tuning) → **微調** (Fine-tuning) → **微調** (Fine-tuning)

AI語言訓練

微調 (Fine-tuning)

訓練資料內容包含：任務指令描述 (instruction)、使用輸入條件 (input)、輸出回答 (output)

微調 (Fine-tuning) → **微調** (Fine-tuning) → **微調** (Fine-tuning)

AI語言訓練

微調前

一個對於給出的低維靜公文檔，含一個具體的語義，語義的定義有兩個可能的語義，由他來解釋該語義。

位於台北中山區的現代風格建築大樓，吸引許多遊客前往參觀，並展現該建築的現代化。

位於宜蘭縣礁溪鎮的日式風格日式建築，吸引許多遊客前往參觀，並展現該建築的現代化。

微調後

微調後，模型可以根據「人」為中心，對建築物的語義進行解釋。例如，對於「人」為中心，模型可以解釋為「人」為中心，對建築物的語義進行解釋。例如，對於「人」為中心，模型可以解釋為「人」為中心，對建築物的語義進行解釋。

VS

品質與穩定度改善
輸出格式較為一致
材質與結構度提高

AI語言訓練

模型訓練架構

圖1：模型訓練架構

AI圖像生成

DALL-E 2
Midjourney
Stable Diffusion

目前對於商業用途的AI繪圖工具，DALL-E 2、Midjourney與Stable Diffusion，三種工具都各有其特色。DALL-E 2 是2021年3月由OpenAI開發，2022年4月發售DALL-E 2，是一款可以生成文本與圖像的AI模型。Midjourney 2022年7月發布，它完全在discord上運作，使用起來非常方便。Stable Diffusion 2022年8月發布，是第一個完全開放的AI繪圖工具，SD的生成速度非常快，網絡上有許多相關的討論。

Stable Diffusion圖像生成

Stable Diffusion是一個基於全開源模型，最大優點是可以免費在自己的電腦或雲端服務，只需準備好 Creative ML OpenAI-M 模型權重的助。根據使用限制，此模型來源模型的特性，任何人都可以免費使用，參與改進專案。SD local安裝需要到 huggingface.co 和 GitHub 上創建免費帳戶，並下載適用於Windows的Git。

GitHub

官方網站的安裝程序

1. 在您的 windows 系統中安裝 Python 3.10 (SD 目前只支援這個版本，不支援更新的 python)。
2. 在您的 windows 系統中安裝 git 軟件，Git 官方網站 <https://git-scm.com/download/win>
3. SD 主程序 <https://github.com/AUTOMATIC1111/stable-diffusion-webui>
4. 使用 git clone 指令下載 stable-diffusion-webui 的 open source 的程式碼。

Stable Diffusion圖像生成

下載完 Stable Diffusion 模型後，您需要安裝 Stable Diffusion 的系統要求。首先，您的 VRAM 必須是 4GB 以上的會導致模型運行不穩定的問題。如果您使用的是 CPU，您可以使用 CPU 版本的 Stable Diffusion WebUI，但速度會非常慢。一個使用獨立顯卡 3090 的電腦生成圖像，CPU 需要時間 10 分鐘，因此需要安裝顯卡版的 Stable Diffusion 才是最好的選擇。

官方建議的最低需求如下：

項目	最低需求	建議
系統	Windows 10/11	Windows 10/11
CPU	Intel Core i5-10200 / AMD Ryzen 5 3600	Intel Core i7-10700 / AMD Ryzen 7 3700X
GPU	NVIDIA GeForce RTX 3090 / AMD Radeon RX 6900XT	NVIDIA GeForce RTX 3090 / AMD Radeon RX 6900XT
RAM	16GB	32GB
SSD	256GB	512GB

Stable Diffusion圖像生成

根據安裝，AI繪圖工具需要將模型下載到本地，然後使用模型生成圖像。如果您使用的是 CPU，您可以使用 CPU 版本的 Stable Diffusion WebUI，但速度會非常慢。一個使用獨立顯卡 3090 的電腦生成圖像，CPU 需要時間 10 分鐘，因此需要安裝顯卡版的 Stable Diffusion 才是最好的選擇。

目前國內電腦配置需求如下：

項目	最低需求	建議
系統	Windows 10/11	Windows 10/11
CPU	Intel Core i5-10200 / AMD Ryzen 5 3600	Intel Core i7-10700 / AMD Ryzen 7 3700X
GPU	NVIDIA GeForce RTX 3090 / AMD Radeon RX 6900XT	NVIDIA GeForce RTX 3090 / AMD Radeon RX 6900XT
RAM	16GB	32GB
SSD	256GB	512GB

Stable Diffusion圖像生成

目前SD的二種操作介面 - WebUI

SD 繪圖的最佳尺寸是 512x512 或 1024x1024，這和目前畫片的解析度，能SD有非常好的放大效果，可以放大圖片的解析度及強化細節的細節。

Stable Diffusion圖像生成

目前SD的二種操作介面 - WebUI

SD 繪圖的最佳尺寸是 512x512 或 1024x1024，這和目前畫片的解析度，能SD有非常好的放大效果，可以放大圖片的解析度及強化細節的細節。

Stable Diffusion圖像生成

目前SD的二種操作介面 - ComfyUI

ComfyUI 是一個基於 Web 的 AI 繪圖工具，它允許用戶通過拖放和連接不同的模型和節點來創建複雜的繪圖工作流。ComfyUI 的界面非常直觀，用戶可以輕鬆地調整各種參數，如模型、提示詞、溫度等。ComfyUI 還支持多種不同的模型，包括 Stable Diffusion 1.4、2.1 和 2.2 等。ComfyUI 的優點在於其靈活性和可擴展性，用戶可以根據自己的需求創建各種不同的繪圖工作流。ComfyUI 的缺點在於其學習曲線較陡，用戶需要一定的技術背景才能充分利用其功能。

Stable Diffusion圖像生成

目前SD的二種操作介面 - ComfyUI

ComfyUI 是一個基於 Web 的 AI 繪圖工具，它允許用戶通過拖放和連接不同的模型和節點來創建複雜的繪圖工作流。ComfyUI 的界面非常直觀，用戶可以輕鬆地調整各種參數，如模型、提示詞、溫度等。ComfyUI 還支持多種不同的模型，包括 Stable Diffusion 1.4、2.1 和 2.2 等。ComfyUI 的優點在於其靈活性和可擴展性，用戶可以根據自己的需求創建各種不同的繪圖工作流。ComfyUI 的缺點在於其學習曲線較陡，用戶需要一定的技術背景才能充分利用其功能。

Stable Diffusion圖像生成

2D立面圖輸出3D的建築，除了能生成立面元素、材質外，對周邊環境的真實描述，風格呈現也是一大助力。

Stable Diffusion圖像生成

位置固定透過ControlNet的構圖控制，再配合Shuffle的色彩亂列，可以有色彩及材質的變化。

Stable Diffusion圖像生成

也能對立面元素、材質進行高維度變更。

02 研究進度及其它事項

下次研究進度

- 最終一次專家座談會
- 建材AI圖生模型訓練
- 期中報告(第6/28前)
- 期中報告會議
- 建築設計方案資料收集
- 探討MCTS與GANs之應用

日期	事項	負責人	備註
10/10	第一次專家座談會	王	
10/17	第二次專家座談會	王	
10/24	第三次專家座談會	王	
10/31	第四次專家座談會	王	
11/07	第五次專家座談會	王	
11/14	第六次專家座談會	王	
11/21	第七次專家座談會	王	
11/28	第八次專家座談會	王	
12/05	第九次專家座談會	王	
12/12	第十次專家座談會	王	
12/19	第十一次專家座談會	王	
12/26	第十二次專家座談會	王	
1/02	第十三次專家座談會	王	
1/09	第十四次專家座談會	王	
1/16	第十五次專家座談會	王	
1/23	第十六次專家座談會	王	
1/30	第十七次專家座談會	王	
2/06	第十八次專家座談會	王	
2/13	第十九次專家座談會	王	
2/20	第二十次專家座談會	王	
2/27	第二十一次專家座談會	王	
3/06	第二十二次專家座談會	王	
3/13	第二十三次專家座談會	王	
3/20	第二十四次專家座談會	王	
3/27	第二十五次專家座談會	王	
4/03	第二十六次專家座談會	王	
4/10	第二十七次專家座談會	王	
4/17	第二十八次專家座談會	王	
4/24	第二十九次專家座談會	王	
5/01	第三十次專家座談會	王	
5/08	第三十一次專家座談會	王	
5/15	第三十二次專家座談會	王	
5/22	第三十三次專家座談會	王	
5/29	第三十四次專家座談會	王	
6/05	第三十五次專家座談會	王	
6/12	第三十六次專家座談會	王	
6/19	第三十七次專家座談會	王	
6/26	第三十八次專家座談會	王	
7/03	第三十九次專家座談會	王	
7/10	第四十次專家座談會	王	
7/17	第四十一次專家座談會	王	
7/24	第四十二次專家座談會	王	
7/31	第四十三次專家座談會	王	
8/07	第四十四次專家座談會	王	
8/14	第四十五次專家座談會	王	
8/21	第四十六次專家座談會	王	
8/28	第四十七次專家座談會	王	
9/04	第四十八次專家座談會	王	
9/11	第四十九次專家座談會	王	
9/18	第五十次專家座談會	王	
9/25	第五十一次專家座談會	王	
10/02	第五十二次專家座談會	王	
10/09	第五十三次專家座談會	王	
10/16	第五十四次專家座談會	王	
10/23	第五十五次專家座談會	王	
10/30	第五十六次專家座談會	王	
11/06	第五十七次專家座談會	王	
11/13	第五十八次專家座談會	王	
11/20	第五十九次專家座談會	王	
11/27	第六十次專家座談會	王	
12/04	第六十一次專家座談會	王	
12/11	第六十二次專家座談會	王	
12/18	第六十三次專家座談會	王	
12/25	第六十四次專家座談會	王	
1/01	第六十五次專家座談會	王	
1/08	第六十六次專家座談會	王	
1/15	第六十七次專家座談會	王	
1/22	第六十八次專家座談會	王	
1/29	第六十九次專家座談會	王	
2/05	第七十次專家座談會	王	
2/12	第七十一次專家座談會	王	
2/19	第七十二次專家座談會	王	
2/26	第七十三次專家座談會	王	
3/05	第七十四次專家座談會	王	
3/12	第七十五次專家座談會	王	
3/19	第七十六次專家座談會	王	
3/26	第七十七次專家座談會	王	
4/02	第七十八次專家座談會	王	
4/09	第七十九次專家座談會	王	
4/16	第八十次專家座談會	王	
4/23	第八十一次專家座談會	王	
4/30	第八十二次專家座談會	王	
5/07	第八十三次專家座談會	王	
5/14	第八十四次專家座談會	王	
5/21	第八十五次專家座談會	王	
5/28	第八十六次專家座談會	王	
6/04	第八十七次專家座談會	王	
6/11	第八十八次專家座談會	王	
6/18	第八十九次專家座談會	王	
6/25	第九十次專家座談會	王	
7/02	第九十一次專家座談會	王	
7/09	第九十二次專家座談會	王	
7/16	第九十三次專家座談會	王	
7/23	第九十四次專家座談會	王	
7/30	第九十五次專家座談會	王	
8/06	第九十六次專家座談會	王	
8/13	第九十七次專家座談會	王	
8/20	第九十八次專家座談會	王	
8/27	第九十九次專家座談會	王	
9/03	第一百次專家座談會	王	

碳排資料資料收集

- 建築設計方案資料收集
 - 建築物類別、位置、樓層、建築師
 - 預計200幅

MCTS

Monte Carlo Tree Search (MCTS) 是一種在人工智慧領域中的搜尋演算法，它是一種隨機性演算法，用於在大型搜尋空間中尋找最佳路徑。

MCTS 的核心概念是透過模擬多次隨機遊玩 (rollouts 或 playouts) 來評估每個節點的值。在每個節點，演算法會隨機選擇一個子節點，並繼續遊玩直到達到終局狀態。然後，根據終局結果，將值反向傳遞回父節點，以更新其估計值。

MCTS in AlphaGo Zero

MCTS與設計決策

將MCTS 應用於建築設計決策，可以幫助設計師在複雜的設計空間中，根據不同的設計目標 (如成本、性能、可持續性等) 來選擇最佳的設計方案。

例如，在選擇不同的材料、結構或系統時，MCTS 可以根據歷史數據和模擬結果，評估每個選項的長期影響，從而做出更明智的決策。

7、會議簽到表

內政部建築研究所

113年度「整合BIM與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案

工作會議簽到表

名稱：四月工作會議

時間：113/4/29(星期一) 14:00-17:00

地點：建研所簡報室

序 號	單 位 名 稱	簽 到
1	內政部建築研究所	陳士明
2	計畫主持人 施宣光	施宣光
3	共同主持人 嚴國雄	
4	研究員 陳秀杏、林裕傑、陳錚、鄭宗偉	陳錚、施宣光 陳秀杏 鄭宗偉 林裕傑
5	助理研究員 杜京霞、葉俞杰	杜京霞

五月工作會議

- 1、名稱：「整合 BIM 與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案 五月工作會議
- 2、時間：113 年 5 月 20 日(星期一) 下午 14:00-16:00
- 3、地點：內政部建築研究所簡報室
- 4、人員：詳簽到簿
- 5、討論要點：

議題一：研究進度說明

1. 說明上個月完成之工作項目，包含專家座談會(訪談回饋意見收集)問卷樣式製作、碳排 AI 語言訓練、建材 AI 圖像模型訓練，預計六月份工作為期中報告繳交與期中報告審查會議。
2. MCTS 搜尋樹技術說明。
 - 本案操作流程示意說明，量體→結構體→立面分割→各立面圖像生成。
3. AI 語言訓練研究進度說明。
 - 為使語言模型更有能力處理建築碳排相關任務，使用「提示工程」、「微調」、「檢索增強生成」三種方法調整語言模型。
 - 碳資材語言模型訓練架構說明。
4. AI 圖像生成進度說明。
 - 使用開源軟體 Stable Diffusion。

- 官方建議設備說明。
- 文生圖、圖生圖、ControlNet 簡易概述。
- 操作介面 WebUI、ComfyUI 介紹。

議題二:其它討論事項

1. 5 月月會預計 5/13(一)建研所召開，請團隊安排 Stable Diffusion 說明並提供可實際操作之設備以供體驗。
2. 最近對於 Stable Diffusion 的需求非常高，許多事務所都在積極進行教育訓練。專家座談會之人數需求，是為了收集更多專家的意見和建議，除了在專家座談會邀請專家參加討論外，也可以透過訪談回饋的方式來進行。

6、會議簡報：

「整合BIM與人工智慧之低碳建築設計 決策輔助」委託研究計畫案

5月工作會議

彙報單位：中華民國公共工程資訊學會
 計畫主持人：施宜光
 共同主持人：嚴國雄
 研究員：陳秀吉、林裕傑、陳靜、鄭宗偉
 研究助理：葉俞杰、杜京輝
 彙報日期：113年05月20日

本次月會議程

1. 工作進度說明
2. MCTS
3. AI語言訓練
4. Stable Diffusion圖像生成
5. 實作體驗-Stable Diffusion加入Prompt材料

工作進度說明

- 專家座談會(訪談回饋意見收集)
- 破排AI語言訓練
- 破排AI圖像模型訓練
- 原生報告書-6/28前送達30冊
- 原生報告書審查會議
- 產製設計方案資料收集
- 探討MCTS與GANs之應用

MCTS

Monte Carlo Tree Search (MCTS) 是一種在人工智慧領域中的搜尋技術。它是一種概率性且非線性的搜尋演算法，結合了經典的樹狀搜尋演算法以及強化學習的動態規劃原理。

MCTS 的核心概念是透過模擬多次隨機遊玩 (通常被稱為 rollouts 或 playouts) 從當前狀態推測出最佳決策。透過模擬執行到決策停止狀態或達到預定的深度，然後，透過模擬的結果會反向傳播到樹上，更新在該狀態訪問的統計數據，包括訪問次數和胜率。

MCTS in AlphaGo Zero

大模型

Checkpoint Model

從StableAI開源的基本模型(Base model) 微調訓練而成的各類Checkpoint Model，可以有不同的風格表現。

w/69uned-wsai/sd-tensors dreamshaper_8.safetensors w/842/v1/842/sdai/sdai-1.0-landscape-supremix_v2ckpt

[6ce0161689] [879db523c3] [a17b30d895] [6eb35ca134]

以這Checkpoint Model風格的比較
圖片：主研究建築

採樣方法

Sampling method

採樣的工作是產生路徑與噪訊相符合的影像，有許多不同的方法可以執行此去噪過程。

DPM++ 2M DPM++ 2M SDE Heun DPM++ 2S a Euler a

以這採樣方法的比較
圖片：主研究建築

採樣步數

Sampling Step

產生圖片的過程是迭代降噪的過程，而採樣方法就是降噪的方式。降噪比例會分配在每次採樣，所以步數越多，每次降噪比例越少。不同的採樣方法需要的步數不盡相同。

Steps: 20 Steps: 25 Steps: 30 Steps: 35

以這採樣步數的比較
圖片：主研究建築

提示詞相關性

CFG

professional 3d model modern office building, facade detailed, view from street level, outdoor, A neoclassical-style large shopping center blends classical architectural elements with modern commercial facilities, offering a unique shopping and leisure experience, octane render, highly detailed, (volumetric:1.48), dramatic lighting digital painting, concept art, excellent composition, cinematic dystopian brutalist atmosphere, dynamic dramatic cinematic lighting, aesthetic, very inspirational, arthouse

CFG Scale: 5.0 CFG Scale: 6.0 CFG Scale: 7.0 CFG Scale: 10.0

以這提示詞相關性的比較
圖片：主研究建築

隨機種子

Seed

隨機種子(seed)有二種使用方法：

1. 當隨機種子為-1時，即是未使用種子，後續出圖都是隨機狀態。
2. 填入隨機種子 (經過通過SD生成的圖片都會有一個隨機種子seed)，填入隨機種子後，後續生成的圖片都會參考這個種子進行生成。

Seed: 3458976121 Seed: 3434567121 Seed: 1234976121 Seed: 3818974321

以這隨機種子的比較
圖片：主研究建築

Stable Diffusion 圖像生成

建築風格	提示詞	生成效果	說明
現代建築風格	Modern house architecture in Tokyo, glass and metal facade, highlight, octane render, city and forest landscape		現代建築風格，玻璃和金屬外牆，強調，八度渲染，城市和森林景觀
傳統建築風格	Traditional style in Tokyo, wood and stone facade, traditional architecture, octane render, city and forest landscape		傳統建築風格，木和石外牆，傳統建築，八度渲染，城市和森林景觀
未來建築風格	Technology building in Tokyo, glass and stone facade, dynamic representation of technological achievement, octane render, city and forest landscape		未來建築風格，玻璃和石外牆，動態表現技術成就，八度渲染，城市和森林景觀
自然建築風格	Blue-tinted house in Tokyo, glass and stone facade, dynamic representation of technological achievement, octane render, city and forest landscape		自然建築風格，藍色調，玻璃和石外牆，動態表現技術成就，八度渲染，城市和森林景觀
未來建築風格	Technology building in Tokyo, glass and stone facade, dynamic representation of technological achievement, octane render, city and forest landscape		未來建築風格，玻璃和石外牆，動態表現技術成就，八度渲染，城市和森林景觀

以這Stable Diffusion 圖像生成的比較
圖片：主研究建築

Stable Diffusion 圖像生成

使用模型2 建築風格(附圖)

使用模型5 建築風格(附圖)

設計的是透過ControlNet精準控制，再搭配上適當的提示詞描述，可以不用用LoRA也能有理想的繪圖效果。

使用模型8 文藝復興風格(附圖)

使用模型18 文藝復興風格(附圖)

以這Stable Diffusion 圖像生成的比較
圖片：主研究建築

Stable Diffusion 圖像生成

使用模型10 建築風格(附圖) ControlNet 加入Shuffle 建築風格

使用模型15 建築風格(附圖)

使用模型16 建築風格(附圖)

以這Stable Diffusion 圖像生成的比較
圖片：主研究建築

Stable Diffusion 圖像生成

使用模型10 建築風格(附圖) ControlNet 加入Shuffle 建築風格

使用模型15 建築風格(附圖)

使用模型16 建築風格(附圖)

以這Stable Diffusion 圖像生成的比較
圖片：主研究建築

Stable Diffusion 圖像生成

使用模型15 建築風格(附圖)

使用模型16 建築風格(附圖)

以這Stable Diffusion 圖像生成的比較
圖片：主研究建築

Stable Diffusion圖像生成



序號1 現代豪華公寓(海邊) 序號5 單天大樓辦公大樓 (台中) 序號8 文化藝術中心(舊廟) 序號16 綠意小屋 (花溪)



Stable Diffusion圖像生成

Prompt: modern architecture, facade detailed, view from street, 15 floors, Negative Prompt: ugly, deformed, noisy, low poly, blurry, painting, low quality.

立圖並透過ControlNet的精準控制，再加上Shuffle的色彩導引，可以將色系及材質的變化。




Stable Diffusion圖像生成

Prompt: modern architecture, facade detailed, view from street, 15 floors, Negative Prompt: ugly, deformed, noisy, low poly, blurry, painting, low quality.

立圖並透過ControlNet的精準控制，再加上Shuffle的色彩導引，可以將色系及材質的變化。




Stable Diffusion圖像生成



序號1 現代豪華公寓(海邊) 序號5 單天大樓辦公大樓 (台中) 序號9 海洋生物研究中心(舊廟) 序號10 生態友善山景別墅(花溪)



Stable Diffusion圖像生成



序號10 生態友善山景別墅(花溪) 序號10 生態友善山景別墅(花溪) 序號10 生態友善山景別墅(花溪) 序號10 生態友善山景別墅(花溪)



專家座談會-專家訪談回饋意見收集

原本計劃舉辦的兩場專家座談會，我們經過討論後，認為第一場以專家訪談回饋意見的形式進行會更加有效(書面問卷或線上問卷)。可以讓每位專家能於操作軟體後，再深入地表達自己的見解，既節省了專家的時間和專業意見，並確保我們能夠獲得更多的觀點和建議。

<https://forms.gle/KMngka1W9mx8BXVP6>

附件一



Thanks!



中華民國公共工程教育學會
Chinese Public Engineering Education Association





7、會議簽到表：

內政部建築研究所

113年度「整合BIM與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案

工作會議簽到表

名稱：五月工作會議

時間：113/5/20(星期一) 14:00-17:00

地點：建研所簡報室

序 號	單 位 名 稱	簽 到
1	內政部建築研究所	蔡添芳 陳士明
2	計畫主持人 施宣光	施宣光
3	共同主持人 嚴國雄	嚴國雄
4	研究員 陳秀杏、林裕傑、陳錚、鄭宗偉	陳錚 鄭宗偉 陳秀杏 林裕傑
5	助理研究員 杜京霞、葉俞杰	杜京霞

八月工作會議

- 1、名稱：「整合 BIM 與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案 八月工作會議
- 2、時間：113 年 9 月 11 日(星期三) 上午 10:00-12:00
- 3、地點：線上會議

<https://meet.google.com/rxi-irij-nxz?pli=1&authuser=1>
- 4、人員：施宣光、陳秀杏、林裕傑、陳錚、杜京霞
- 5、討論要點：

議題一：研究進度說明

1. 探討 MCTS 與 GANs 之應用，MCTS 搜尋樹技術說明。
2. AI 流程整合
 - 甲、量體加樓層分割，透過語言模型到 SD 產生的結果，回傳給建築師參考。MCTS 隨機取樣，回傳分析初步結果。
 - 乙、建築師決定結構網格與外觀，透過語言模型到 SD 產生的結果。MCTS 依據決定取樣，再次回傳分析結果。
 - 丙、建築師與內部、業主決定。
3. 決策輔助工具
4. 月報討論

議題二：專家座談會

1. 專家座談會之人數需求，是為了收集更多專家的意見和建議，除了在專家座談會邀請專家參加討論外，也可以透過訪談回饋的方

式來進行。

甲、台大林之謙老師、成大鄭老師、沈老師、虎智資訊執行長、
電子系王老師、捷築許勝凱、陳清楠、黃毓舜、林煒郁、台
灣世曦、九典、中興工程

- i. 9/23 周一 3:00-5:00 台科大(提供學生旁聽)
- ii. 10/3 周四 2:00-4:00 台科大(錄影晚上播放)
- iii. 10/3 周四 晚上 (學生)

九月工作會議

- 1、名稱：「整合 BIM 與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案 九月工作會議
- 2、時間：113 年 9 月 12 日(星期三) 上午 14:00-17:00
- 3、地點：建研所討論室(一)
- 4、人員：詳簽到表
- 5、討論要點：

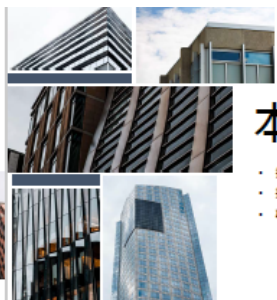
議題一：研究進度說明

1. 持續進行 MCTS 與 GANs 研究與訓練，以 MCTS 採樣生成隨機設計案例，訓練增強式學習網絡選擇優化決策，GAN 可以加快計算，但需要大量的訓練資訊，先專注在 MCTS 流程，提出合理的取樣次數與優化演算法。
 2. 將 MCTS 與 AI 流程進行整合，進行可行性確認彙整成果。使用 BIM 參數組合 MCTS 隨機取樣，進行 LLM 參數設定至 SD 渲染參考，得到數值估算包含造價、蘊含碳排、熱傳透率等評分等級。
 3. 辦理第一次專家座談會，邀請專家學者針對決策輔助工具的初步研究成果提出想法與建議，收集各方意見，提供團隊進行定調與調整。
- 6、會議簡報：

「整合BIM與人工智慧之低碳建築設計
決策輔助」委託研究計畫案

9月工作會議

發起單位：中華民國公共工程質協學會
 計畫主持人：簡宜光
 共同主持人：嚴國雄
 研究員：陳秀吉、林裕偉、陳輝、鄭宗康
 研究助理：葉勳杰、杜寶霞
 發起日期：113年09月12日

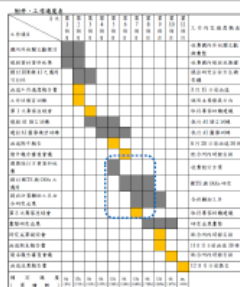


本次月會議程

- 探討MCTS與GANs之應用
- 提出決策輔助工具初步研究成果
- 專家座談會計劃

工作進度說明

- 建築設計方案資料收集
- 探討MCTS與GANs之應用
- 提出決策輔助工具初步研究成果
- 專家座談會



探討MCTS與GANs之整合應用

Mastering the Game of Go without Human Knowledge

David Silver*, Julian Schreiner*, Karen Simonsen*, Ioannis Antonoglou, Aja Huang, Ar
Danz, Thomas Hubert, Lucas Huker, Matthew Lai, Adrian Bellon, Volkan Cicek, Timothy
Lillicrap, Fan Bai, Laurent Sève, George van den Driessche, Thore Graepel, Dennis Hassel
DachMaid, 5 New Street Square, London EC4A 3TW.

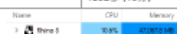
*These authors contributed equally to this work.

A long-standing goal of artificial intelligence is algorithms that learn, solve tasks, or perform decisions by challenging humans. Recently, AlphaGo became the first program to defeat a world champion in the game of Go. The tree search in AlphaGo evaluated past and selected moves using deep neural networks. These neural networks were trained by supervised learning from human expert games, and by reinforcement learning from self-play. Here, we introduce an algorithm based solely on statistical pattern recognition, without the need for domain knowledge or domain knowledge-based game rules. AlphaGo becomes the first program to win a world network is trained to predict AlphaGo's move given a position and also the winner of AlphaGo's game. This neural network improves the strength of tree search, resulting in higher quality move selection and stronger self-play in the end location. Strongly, strong results are now seen as progress AlphaGo, changing old-fashioned experimental performance, winning 100% against the previously published, zero-defeating, AlphaGo.

探討MCTS與GANs之整合應用

MCTS取樣次數	計算時間
100	37 秒
300	109 秒 (2分)
1000	356 秒 (6分)
3000	1092 秒 (18分)

- 以MCTS採擇生成隨機設計案例
- 訓練增強式學習網絡選擇優化決策
- GAN可以加快計算，但需要大量的訓練資料
- 測試用程式的效率與硬體算力的侷限
- 先專注在MCTS流程
- 合適的數據次數+優化演算法



MCTS隨機取樣



MCTS隨機取樣



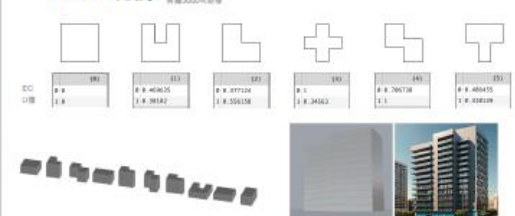
MCTS隨機取樣

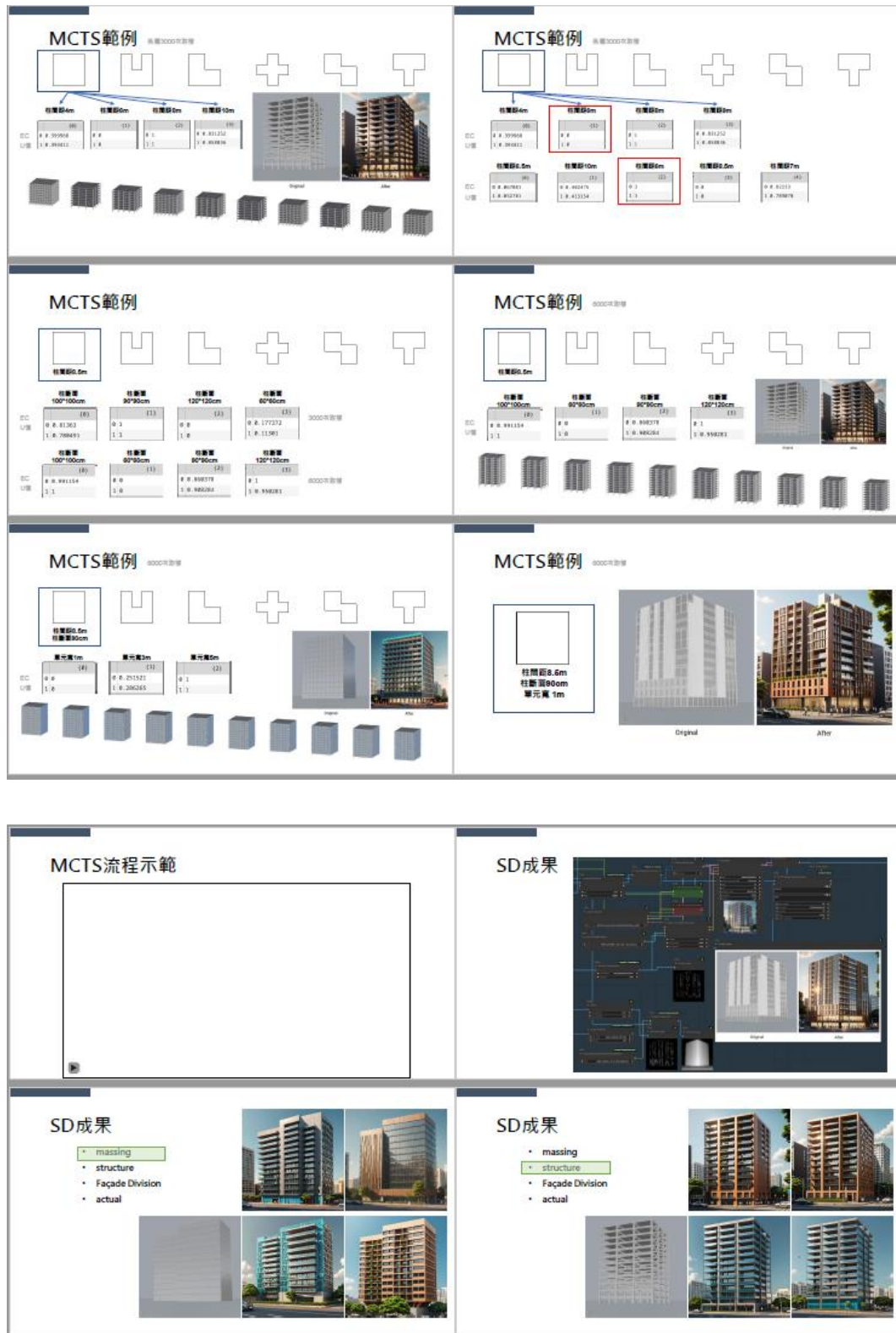


MCTS成果



MCTS範例





SD成果

- massing
- structure
- Façade Division
- actual








SD成果

- massing
- structure
- Façade Division
- actual







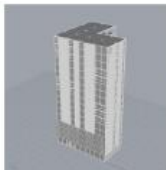

SD成果





Original After After

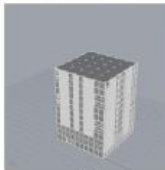
SD成果





Original After After

SD成果





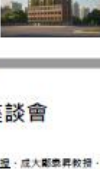
Original After After

SD成果












SD成果












專家座談會

業界專家：

台大林之謙教授、成大鄭勝祥教授、成大沈博蔚教授、台科大電子系王瑞堂教授

九典聯合建築師事務所、台灣世曦、中興工程、陳漢雄建築師、黃維昇建築師、林建輝建築師

虎寶科技盧興興執行長、捷盛聯合科技許麗敏總經理

第一場09/23 (一) 15:00~17:00 地點：台灣科技大學

陳漢雄建築師、捷盛聯合科技許麗敏總經理、台科大電子系王瑞堂教授

吳成陽建築師事務所*2、殷瓊建築師

第二場10/03 (四) 14:00~16:00 地點：台灣科技大學

台大林之謙教授、九典聯合建築師事務所(慈化宇建築師)、台灣世曦、中興工程*2

黃維昇建築師

7、會議簽到表：

內政部建築研究所

113年度「整合BIM與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案

工作會議簽到表

名稱：九月工作會議

時間：113/9/12(星期三) 14:00-17:00

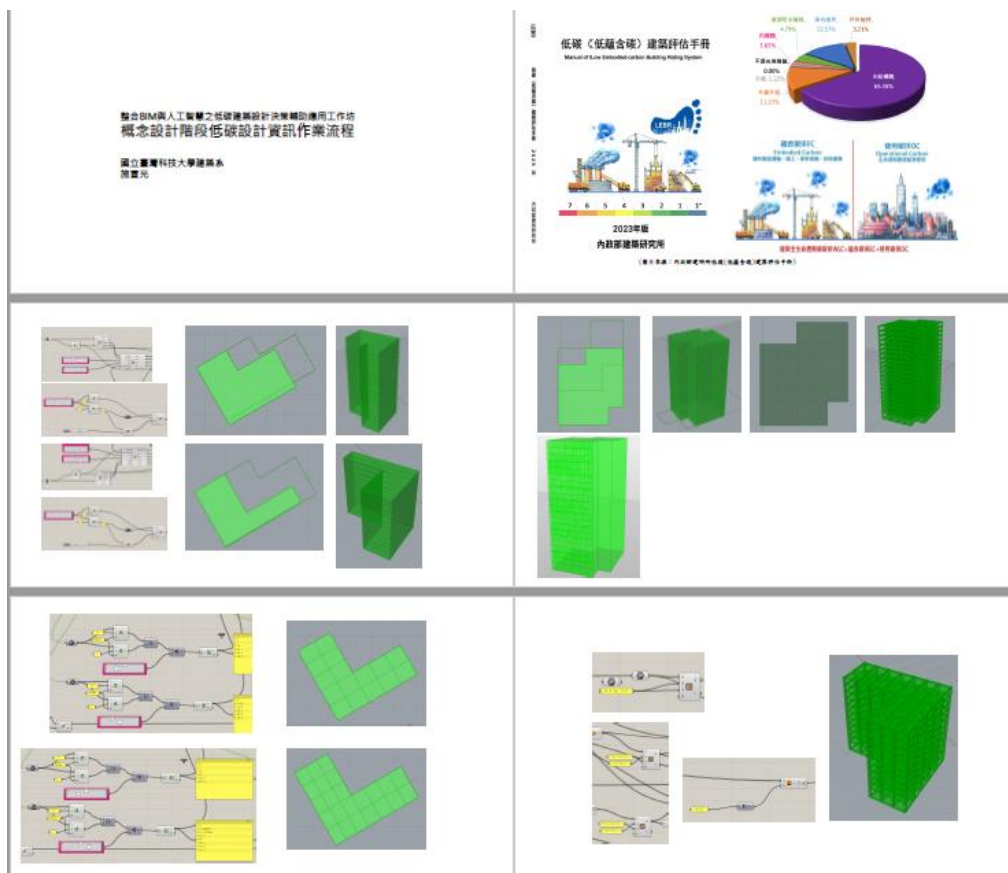
地點：建研所討論室(一)

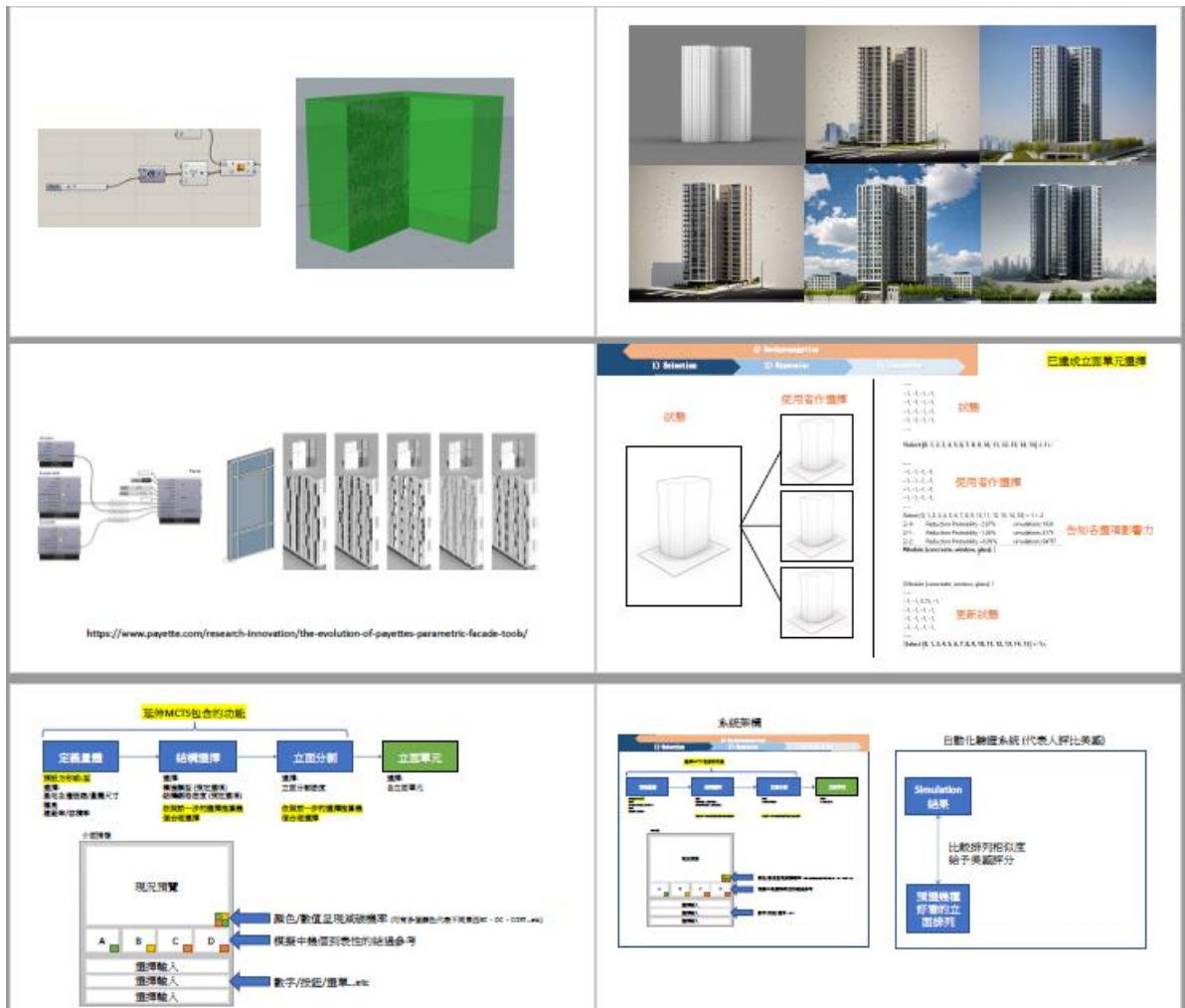
序 號	單 位 名 稱	簽 到
1	內政部建築研究所	蔡緯芳 陳士明
2	計畫主持人 施宜光	施宜光
3	共同主持人 嚴國雄	
4	研究員 陳秀杏、林裕傑、陳錚、鄭宗偉	陳錚 林裕傑 陳秀杏 鄭宗偉
5	助理研究員 杜京霞、葉俞杰	杜京霞

附錄二、工作坊

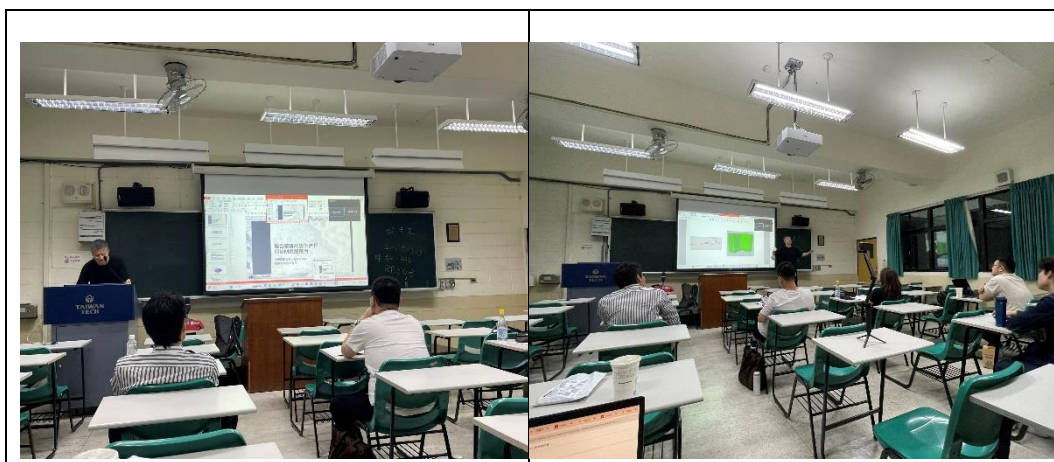
第一次工作坊

- 1、名稱：「整合 BIM 與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案
- 2、時間：113 年 2 月 21 日(星期三) 下午 6:25-9:05
- 3、地點：台灣科技大學 RB-509
- 4、人員：詳簽到簿
- 5、討論要點：概念設計階段低碳資訊作業流程
- 6、簡報資料





7、工作坊活動記錄





8、工作坊簽到

內政部建築研究所

113年度「整合BIM與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案 工作坊簽到表

名稱：BIM與AI之應用可行性探討

時間：113/02/21(星期三) 6:25-9:05

地點：台灣科技大學 RB-509

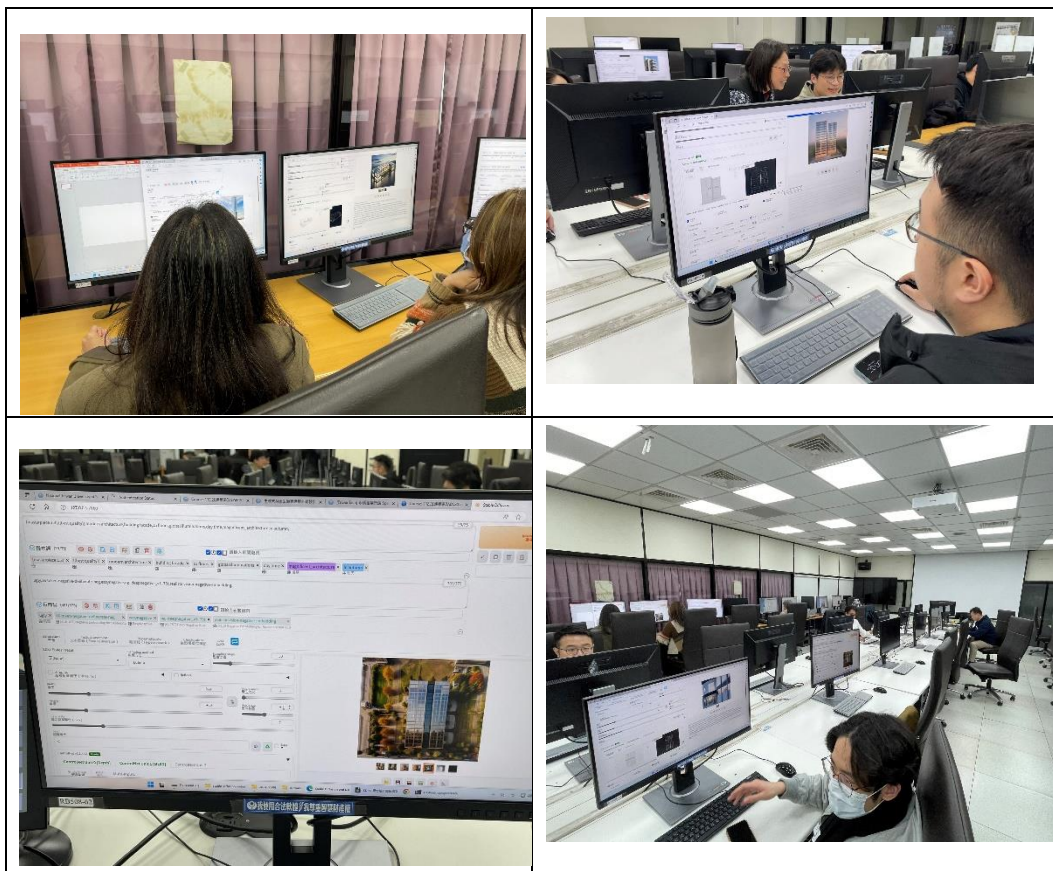
序 號	單 位 名 稱	職 稱	簽 到
1	個人空間設計	設計師	楊子遠
2	享向設計室內裝修 有限公司	負責人	向紹勳
3	小智研發設計	室裝設計師	孫天心
4	台科大營建系	大四學生	邱柏叡
5	新北市萬里區公所	課 長	林雨宸
6	展林鋁業(股)公司	總經理	陳輝鴻

7	台灣科技大學 GAS	碩一	陳敬房
8	臺灣科技大學 建築所 GAS	碩二	李宇桓

序 號	單 位 名 稱	職 稱	簽 到
9	臺灣科技大學 GAS	碩士一年級	鄧 人 維
10	臺灣科技大學 GAS	碩一	黃楷歲
11	台灣科技大學 GAS	研究助理	鄭文祥

第二次工作坊

- 1、名稱：「整合 BIM 與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案
- 2、時間：113 年 3 月 6 日(星期三) 下午 6:25-9:05
- 3、地點：台灣科技大學 RB-509
- 4、人員：詳簽到簿
- 5、討論要點：建築外殼 Stable Diffusion 應用實作、BIM 與 AI 之應用可行性探討
- 6、工作坊活動記錄



7、工作坊簽到表

內政部建築研究所

113年度「整合BIM與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案
工作坊簽到表

名稱：BIM與AI之應用可行性探討

時間：113/03/04(星期三) 6:25-9:05

地點：台灣科技大學 RB-509

序 號	單 位 名 稱	職 稱	簽 到
1	享向設計室內裝修有限公司	負責人	向昭亨
2	小知研發股份有限公司	建築部室裝設計師	孫天心
3	個人室內工作室	設計師	林子翊
4	良環建築師事務所	負責人	殷峰
5	展林銘業公司	總經理	陳輝鴻
6	新北市萬里區公所	課 長	柯雨宸
7	國立臺灣科技大學	學 生	黃楷威
8	台科大	學 生	陳敬豪

內政部建築研究所

113年度「整合BIM與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案
工作坊簽到表

名稱：BIM與AI之應用可行性探討

時間：113/03/06(星期三) 6:25-9:05

地點：台灣科技大學 RB-509

序 號	單 位 名 稱	職 稱	簽 到
9	台科大	研究助理	鄭宇偉
10	台科大	課堂 研究助理	鄧人維
11	臺科大	研究生	李宇桓
12			
13			
14			
15			

附錄三、專家座談會

第一次專家座談會

- 1、名稱：「整合 BIM 與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案 第一次專家座談會
- 2、時間：113 年 9 月 23 日(星期三) 下午 15:00-17:00
- 3、地點：台灣科技大學 RB-809
- 4、人員：詳簽到簿
- 5、討論要點：說明此次研究計劃，收集專家學者回饋意見
- 6、專家回饋

陳清楠建築師

1. 利用 GPT 擬定建築計畫，搭配 grasshopper 量體發展再利用 SD 進行造型方案模擬。整體作業流程善用既有 AI 開源軟體，個人認為值得肯定。
2. 雖然現場有些建築師委員擔心 GPT 分析的正確性，但未來如果有本土法規模型的訓練應該可以降低錯誤率，研究可以針對這個部分補充論述。
3. 這個作業流程很適合在建築師提案階段應用，可以輔助建築師快速提案，降低爭取業務的機會成本。
4. 認同吳成榮建築師說要避免設計繞遠路增加設計成本的說法，如果 AI 輔助設計流程除了快速提案，還可以提供更多量化的數據分析，如營建成本、綠建築效益、碳排放分析… 等有助於引導業主做出更明確的選擇。
5. MCTS 隨機取樣分析過程比較不明確，希望可以補充比較詳細的說明，

感覺有機會補足上述量化分析的工作

7、活動記錄



8、活動簽到表

內政部建築研究所

113年度「整合BIM與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案
專家作談會簽到表

名稱：BIM與AI之應用可行性探討

時間：113/09/23(星期一) 15:00~17:00

地點：台灣科技大學 RB-809

序 號	單 位 名 稱	簽 到
1	內政部建築研究所	
2	計畫主持人 施宣光	施宣光
3	共同主持人 嚴國雄	
4	研究員 陳秀杏、林裕傑、陳錚	林裕傑 陳錚 陳秀杏
5	助理研究員 杜京霞、葉俞杰	杜京霞

內政部建築研究所

113年度「整合BIM與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案
專家作談會簽到表

名稱：BIM與AI之應用可行性探討

時間：113/09/23(星期一) 15:00-17:00

地點：台灣科技大學 RB-809

序 號	單 位	姓 名	簽 到
1	台灣科技大學電子系	王瑞堂教授	王瑞堂
2	吳成榮建築師事務所		
3	吳成榮建築師事務所	劉柏宏	劉柏宏
4	陳清楠建築師事務所	陳清楠建築師	陳清楠
5	殷瑋建築師事務所	殷瑋建築師	殷瑋
6	捷築整合科技	許勝凱總經理	許勝凱
7			

內政部建築研究所

113年度「整合BIM與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案
專家作談會簽到表

名稱：BIM與AI之應用可行性探討

時間：113/09/23(星期一) 15:00~17:00

地點：台灣科技大學 RB-809

序 號	單 位 名 稱	職 稱	簽 到
9	台科大	學生	陳建文
10	台科大	學生	鄧人傑
11	台科大	學生	林彥賢
12	台科大	學生	鄧雨霏
13	臺科大	研究生	周連琳
14	台科大	研究生	陳輝鴻
15	台科大	研究生	向士賢
16	台科大	研究生	廖元凱

第二次專家座談會

1、名稱：「整合 BIM 與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案 第二次專家座談會

2、時間：113 年 10 月 17 日(星期四) 下午 14:00-16:00

3、地點：建研所 15 樓第一會議室

4、人員：詳簽到簿

5、討論要點：

➤ 研究背景與目標

1. 專家系統與流程設計：使用現有的 AI 工具（如 ChatGPT、Stable Diffusion）進行整合與客製化，開發建築設計輔助流程。強調「人機協作」而非完全自動化，目標是建立流暢的設計流程。選址與法規參考：
2. 選擇台北市敦化專用區 A 進行模擬。引入台北市法規數據，利用 AI 幫助設計初期計算，如容積率、建蔽率等。

➤ 技術應用與測試說明

1. 參數化建模與 MCTS：結合 Rhino 與 Grasshopper，通過參數化工具快速生成量體與結構模型。利用 MCTS 技術，測試設計參數的各種可能性，並進行優化。
2. 生成式 AI 的應用：Stable Diffusion 用於生成建築外觀設計，提供設計師與業主溝通的參考圖像。結構模型生成後，再次優化外觀設計，進一步匹配實際需求。

6、專家回饋

➤ **設計流程系統化**

1. 建議將建築設計流程劃分為更明確的階段，並明確每階段的輸入與輸出。
2. 引入量化指標（如容積率達成率、碳排放減少幅度）作為設計目標，幫助監控流程進展並評估成果。

➤ **生成式 AI 的應用深化**

1. 優化生成式 AI 提示語模組，提升生成結果的多樣性和準確性，以更好滿足業主需求。
2. 開發簡單易用的互動式展示工具，讓業主能直觀參與設計方案的選擇與討論。

➤ **碳排與造價分析的精確性**

1. 建議整合實際項目的造價與碳排數據模型，確保結果更符合實際情況。
2. 針對模板用量與結構材料的計算進行細化，提升碳排與造價計算的準確度。

➤ **MCTS 運算效率提升**

1. 提議採用高效的運算資源（如雲端運算），解決設計生成過程中的運算瓶頸。
2. 優化參數篩選邏輯，減少不必要的變化範圍，縮短設計方案生成時間。

➤ **跨領域協作**

1. 建議增強與結構工程師及環境專家的合作，以確保生成的設計方案在技術上可行且符合環境要求。
2. 融入日照、風環境等環境影響因素進行評估，提升設計方案的實用

性與環保性能。

➤ **BIM 與 AI 的深度整合**

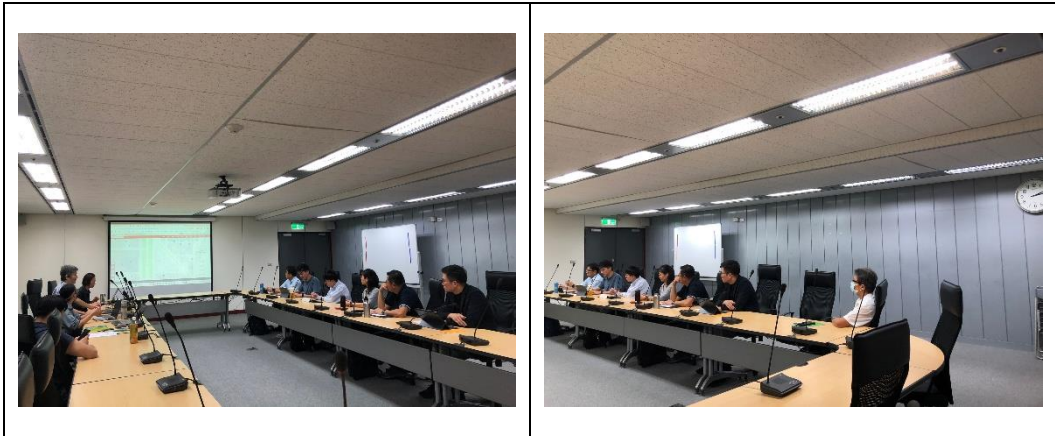
1. 建議將 AI 生成的結果直接整合到 BIM 模型中，實現設計數據到施工圖的無縫對接。
2. 開發 BIM 模型更新工具，幫助快速同步設計變更。

➤ **研究成果的推廣與應用**

1. 提議將研究成果轉化為教育教材或工具指南，讓更多建築師了解並使用 AI 技術。

7、活動記錄





8、活動簽到表

內政部建築研究所

113年度「整合BIM與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案

專家座談會簽到表

名稱：BIM與AI之應用可行性探討

時間：113/10/17(星期四) 14:00-16:00

地點：建研所15樓第一會議室

序 號	單 位 名 稱	簽 到
1	內政部建築研究所	陳士明
2	計畫主持人 施宣光	施宣光
3	共同主持人 嚴國雄	
4	研究員 陳秀杏、林裕傑、陳錚、鄭宗偉	林裕傑 陳錚 鄭宗偉
5	助理研究員 杜京霞、葉俞杰	杜京霞

內政部建築研究所

113年度「整合BIM與人工智慧之低碳建築設計決策輔助應用」委託研究計畫案

專家座談會簽到表

名稱：BIM與AI之應用可行性探討

時間：113/10/17(星期四) 14:00-16:00

地點：建研所15樓第一會議室

序 號	單 位 名 稱	簽 到
1	九典聯合建築師事務所	趙化宇
2	中興工程顧問股份有限公司	許德立
3	中興工程顧問股份有限公司	陳玉婷
4	台灣世曦工程顧問股份有限公司	梁太隆
5	台灣世曦工程顧問股份有限公司	李政霖
6	黃毓舜建築師事務所	黃毓舜
7		

附錄四、期中審查會議記錄與意見回覆

本所 113 年度委託研究「整合 BIM 與人工智慧之低碳建築設計決策輔助」、「應用語言模型分析工序以檢核 BIM 設計模型之施工應用延續性」及「各階段 PCM 依據 BEP 計畫書驗收 BIM 之基準建立與探討研析」等 3 案期中審查會議紀錄

一、時 間：113 年 7 月 11 日（星期四）上午 9 時 30 分

二、地 點：本所簡報室

三、主持人：蔡組長綽芳

記錄：劉青峰、厲妮妮、陳士明

四、出席人員：如簽到單

五、簡報內容：略。

六、綜合討論意見(依簽到簿順序)：

委員	審查委員意見	研究單位回應
江經理志雲	1. 計畫很好期待研究成果，個人認為有助於設計的最佳化決定。	感謝委員的肯定，我們會繼續努力，期望研究成果能夠對設計決策提供有力支援。

李副處長仲昀	1. 本案現階段已初步就 Ai 技術應用於建築設計階段綜合探述。惟如報告所述，設計發展過程面對多元價值影響個案決策複雜且變異性高，故建議本案後續宜就「低碳」之主題，綜整設計階段可能之決策點及決策模式分項論述，並以 AI 輔助之方法及價值對應，以界定未來成果的價值。	感謝委員指教。 設計決策必須考慮多個目標，如果僅針對低碳優化，問題會比較簡單，但實際上建築設計的決策更為複雜，需要考慮多種因素。包括造價、蘊含碳排和外觀。我們希望提供適當的資訊，通過 MCTS，幫助建築師在設計初期針對多目標進行綜合考量，包括低碳因素。我們將進一步綜整設計階段的決策點及決策模式，並以 AI 輔助的方法和價值對應，確保未來成果的實用價值。
陳教授上元	1. 使用 IP-Adapter (Image Prompt Adapter) 是在避免使用 LoRA (Low-Rank Adaptation) 下改變 AI 生成建築設計風格，但可能會違反原本要使用 Stable Diffusion 的目的，可做修正或移除。	感謝委員指教。 我們會檢視使用 IP-Adapter 是否影響 Stable Diffusion 的原本目的，並做出相應的修正或移除。
	2. Stable Diffusion 是針對文本到圖像的訓練，未來可能有文本到模型；文本到圖像訓練是基於點圖元，而文本到模型是基於點雲，但點雲和 BIM 模型上是會有差異，可能要注意因應。	感謝委員指教。 我們會注意文本到圖像與文本到模型之間的差異，並在研究中進行相應的調整和因應。

陳教授怡兆	1. 建議可針對本計畫低碳建築設計決策輔助之決策因數進一步說明。	感謝委員指教。 建築設計決策必須考慮多個目標，如果僅針對低碳優化，問題會比較簡單，但實際上建築設計的決策更為複雜，需要考慮多種因素。包括造價、蘊含碳排和外觀等也將在期末時進一步說明。
	2. 建議可補充 BIM 與 AI 整合之架構運作模式及可行性。	感謝委員指教。 我們將於後續階段說明此次研究之 BIM 與 AI 流程架構運作說明。
	3. 研究成果符合預期。	感謝委員的肯定。
黃建築師毓舜	1. 本案是指出設計方法或提供系統開發方向供設計者使用，可再敘明。	感謝委員指教。 本計畫是一個研究項目，而非應用系統的開發。因此，我們的介面使用的是 Rhino Grasshopper，這可能會提高使用門檻，但它適合研究的需求。
	2. 本案重點有二，一是 MCTS 演算法，二是 LLM 大型語言模型的 AI 演算，如何讓使用者可輸入評估條件，進而可以獲得比較精確案例分析。	感謝委員指教。 語言模型可以協助我們建構決策樹，提供隨機採樣設定的空間，幫助建築師進行多目標決策。例如，語言模型可以給出鋼結構建築物的設計建議，這些建議可以幫助

		我們設定 MCTS(蒙地卡羅樹搜索)隨機採樣的空間。通過大量採樣和結果整合，我們能夠提供更加合理和有效的決策輔助。
	3. MCTS 的設計評估方法與邏輯如何讓設計者可以容易且清楚操作。	感謝委員指教。 建築模型是在 Rhino grasshopper 環境下利用 C#程式生成參數化的 3D 模型。
張建築師弘鼎	1. 建議先行分析建築設計之決策過程是否可能為平行決策而非線性決策。	感謝委員指教。
	2. 若決策模式不同時，MCTS 系統是否可作為 AI 訓練的演算法？	我們將探討不同決策模式下 MCTS 系統作為 AI 訓練演算法的可行性，並在後續報告中詳細說明。
	3. 建議 MCTS 的演算過程加入法規檢核條件之可行性？	感謝委員指教。 此專案尚在研究階段，若可行性高將納入後續專案。
顏副總經理聖益	1. 本案目標為透過 AI 協助建築量體、結構系統、外覆系統決策，以低碳建築為標的及利用 BIM 視覺化設計方案，兼具智慧化及自動化等元素，最終成果令人期待。以下有幾個問題想請教：	感謝委員指教與支持。

	2. 低碳評估是否同時考慮蘊含碳及使用碳？分別是如何評估？	我們的低碳評估會同時考慮蘊含碳和使用碳，具體評估方法將在後續階段報告中詳細說明。
	3. 外牆建築材料碳資材語言模型除了能對專業問題提供精準回復，是否有其他主動作用？與低碳評估流程之間是否有串接關係	此次訓練語言模型為外牆材料，提供使用者外牆材質之建議，也將針對此提問提出適合的 prompt 提示詞，以供 Stable Diffusion 生成建築外觀。 低碳評估流程或多目標考量，則會使用 MCTS 於 BIM 軟體中。
	4. 報告書 28 頁提到「MCTS 隨機取樣從參數化模型中多個基本建築量體中選擇」，字面看來是選擇方案非組成新方案，是否如此？如果是前者基本建築量體預計需累積多少及為何不考慮全數評估？如為後者搜尋停止機制為何？	我們會在後續報告中詳細說明 MCTS 隨機取樣的具體過程和選擇方案的原則，並解釋搜尋停止機制。
	5. 在 MCTS 和 AI 技術的應用過程中，如何確保設計決策的準確性？在圍棋遊戲上將 MCTS 與深度神經網路結合以提高效率及精度，請問本案是否也有相關規劃？	我們的確有將 MCTS 與深度神經網路結合的規劃，以提高設計決策的效率和精度，具體細節將在後續報告中詳細說明。

	6. MCTS 是否有將低碳因數也一併考慮？	我們的 MCTS 技術會將低碳評估手冊納入，並還在研究執行中，最終具體考量方式將在後續報告中詳細說明。
	7. 報告書 28 頁在參考資料內，Implementation of BIM Energy Analysis and Monte Carlo Simulation for Estimating Building Energy Performance Based on Regression Approach: A Case Study ¹ 有採用上述參考資料的數據證實，MCTS 的誤差被控制在 5% 內，但內文也有表示 diamond shape 的錯誤率異常的高（16%-26%）。在台灣有斜角的建築設計不在少數，如何確保次部分預測的準確性。	建築模型是在 Rhino grasshopper 環境下利用 C# 程式生成參數化的 3D 模型，這些模型主要用於計算結構和外牆的數量，這些部分在整棟建築物的蘊含碳排中已占了 70~80% 以上。此研究將提出於初步規畫時的設計建議與有效的決策輔助，不會將整體建築結果全部完整計算。
中華民國全國建築師公會	1. 本研究方向在人工智慧低碳建築設計之探索，極具創意。	感謝委員指教與支持。
	2. 本研究所使用之 MCTS(蒙特卡羅樹搜索)所指的「隨機」取樣內容，如何連?到「低碳建築設計」尚待進一步分析。	我們將進一步分析 MCTS 隨機取樣與低碳建築設計之間的關聯，並在後續報告中詳細說明。

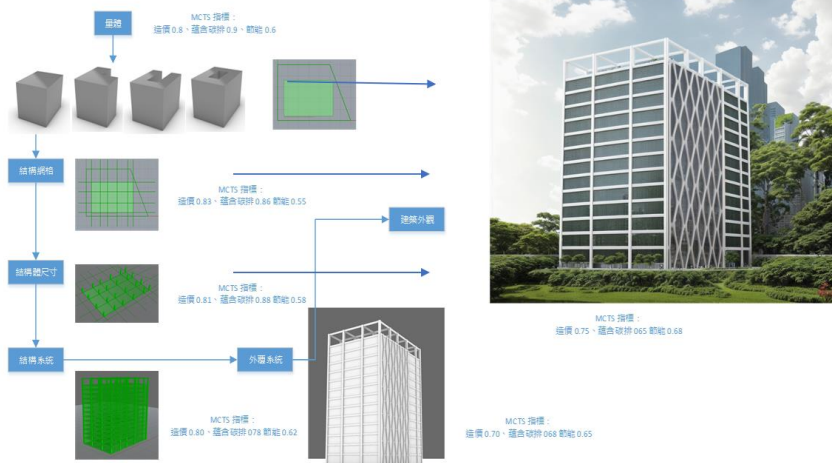
	3. 本研究流程 (P. 38-39) 中，項目 1~4 如何與成式 AI 應用與建築外觀評估結合，尚未清楚交待。	我們會在後續報告中詳細說明研究流程各項目與 AI 應用及建築外觀評估的結合方式。
	4. Stable Diffusion 之採樣、生成是以圖元所構成的維度生成圖像，如何結合並反饋到建築外觀與節能（如開窗率、遮陽，外牆熱性能），宜交待清楚。	我們將會在後續報告中詳細說明 Stable Diffusion 生成圖像與建築外觀及節能特性的結合方式。
臺北市建築師公會	1. 在案列及文獻分析上，是否可補充比較目前市面上 Revit、Archicad 及建研所其他 BIM 碳排計算的差異。更能突顯此研究的重要性。	感謝委員指教。 目前旨在幫助建築師在設計初期針對多目標進行綜合考量，並不會針對碳排計算精細計算。
	2. 目前 MCTS 前期的決策是否只能以 ControlNet 的型式提供給 Stable Diffusion 生成建築外觀？	我們使用 Stable Diffusion 技術生成建築的外觀，前期的 MCTS 決策主要用於幫助建築師在設計初期做出綜合考量的決策。

社團法人中華民國建築技術學會林建築師鴻志	1. 建議研究者對現有建築設計作對過程深入瞭解。	感謝委員指教。
	2. 請明確描述所使用軟體及研究範圍。	目前研究方式，建築模型是在 Rhino grasshopper 環境下利用 C#程式生成參數化的 3D 模型，這些模型主要用於計算結構和外牆的數量，這些部分在整棟建築物的蘊含碳排中已占了 70~80%以上。 我們會在後續階報告中詳細說明。
	3. 宜廣泛納入如 ARCHICAD 等 BIM 軟體之可行性。	感謝委員指教。
主席	建議考量本案技術成熟後，後續可導入實務應用的落地方式。	感謝主席建議。 關於技術成熟後的實務應用落地方式，我們確實已有初步的考量，首先目前研究是將建築模型於 Rhino、Grasshopper 環境下利用 C#程式生成參數化的 3D 模型，待完成後若有需求將可提供程式原始碼。我們著手制定標準作程序 SOP，將此技術融入現有的設計流程中，後續也將考量是否寫成網頁介面讓使用者操作更為便利。

七、期中審查簡報

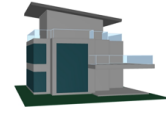


整體架構-人機合作決策搜尋

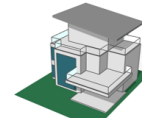


LLM到Stable Diffusion圖像生成

原始項目	序號	建築主題	外牆材料	建築特色	地點	天氣	Prompt
一座位於台北市的現代豪華公寓大樓，以都會風格為主，提供高檔設施和便利的生活方式，突顯都市生活的精緻魅力。	1	現代豪華公寓	玻璃、金屬	突顯都市生活的精緻魅力	臺北市	多雨、潮濕	Modern luxury apartment in Taipei, glass and metal facade, highlights urban exquisite charm, rainy and humid weather
一座位於台東縣的海濱度假別墅，結合了現代設計與海洋元素，營造出寧靜與放鬆的度假氛圍，提供舒適的海濱生活體驗。	2	海濱度假別墅	木材、玻璃	提供舒適的海濱生活體驗	台東縣	溫暖、濕潤	Seaside villa in Taitung, wood and glass facade, comfortable seaside living, warm and humid climate
在新竹科學園區設計一座科技樓，融合未來主義建築風格，以創新技術和現代設計元素展現科技發展的力量和動感。	3	科技樓	鋼材、玻璃	展現科技發展的力量和動感	新竹科學園區	溫和、多風	Technology building in Hsinchu Science Park, steel and glass facade, dynamic representation of technological advancement, mild and windy climate
在彰化縣的鄉村地區設計一座生態友善的農莊度假村，採用可再生能源和綠色建材，注重自然環境保護，提供遠離喧囂的田園生活體驗。	4	生態友善農莊度假村	木材、石材	注重自然環境保護，提供遠離喧囂的田園生活體驗	彰化縣	溫和、多雨	Eco-friendly farm resort in Changhua, wood and stone facade, focus on natural environment, mild and rainy weather
在台中市的商業區設計一座摩天大樓辦公大樓，以現代主義風格和綠色建築技術打造可持續發展的辦公環境，提升工作效率和員工生活品質。	5	摩天大樓辦公大樓	玻璃、鋼材	提升工作效率和員工生活品質	台中市	熱帶、多雨	Skyscraper office in Taichung, glass and steel facade, enhances work efficiency, tropical and rainy climate



底圖一



底圖二



底圖三

底圖四

Stable Diffusion圖像生成

Prompt: 一座位於台北市的現代豪華公寓大樓，以都會風格為主，提供高檔設施和便利的生活方式，突顯都市生活的精緻魅力。

Stable Diffusion圖像生成

Prompt: 一座位於台東縣的海濱度假別墅，結合了現代設計與海洋元素，營造出寧靜與放鬆的度假氛圍，提供舒適的海濱生活體驗。

Stable Diffusion圖像生成

Prompt: 在新竹科學園區設計一座科技樓，融合未來主義建築風格，以創新技術和現代設計元素展現科技發展的力量和動感。

Stable Diffusion圖像生成

Prompt: 在彰化縣的鄉村地區設計一座生態友善的農莊度假村，採用可再生能源和綠色建築技術，注重自然環境保護，提供遠離喧囂的田園生活體驗。

Stable Diffusion圖像生成

Prompt: 在台中市的商業區設計一座摩天大樓辦公大樓，以現代主義風格和綠色建築技術打造可持續發展的辦公環境，提升工作效率和員工生活品質。

Stable Diffusion圖像生成

Prompt: 一座位於台北市的現代豪華公寓大樓，以都會風格為主，提供高檔設施和便利的生活方式，突顯都市生活的精緻魅力。

Stable Diffusion圖像生成

Prompt: 一座位於台東縣的海濱度假別墅，結合了現代設計與海洋元素，營造出寧靜與放鬆的度假氛圍，提供舒適的海濱生活體驗。

Stable Diffusion圖像生成

Prompt: 在新竹科學園區設計一座科技樓，融合未來主義建築風格，以創新技術和現代設計元素展現科技發展的力量和動感。

Stable Diffusion圖像生成

Prompt: 在彰化縣的鄉村地區設計一座生態友善的農莊度假村，採用可再生能源和綠色建築技術，注重自然環境保護，提供遠離喧囂的田園生活體驗。

Stable Diffusion圖像生成

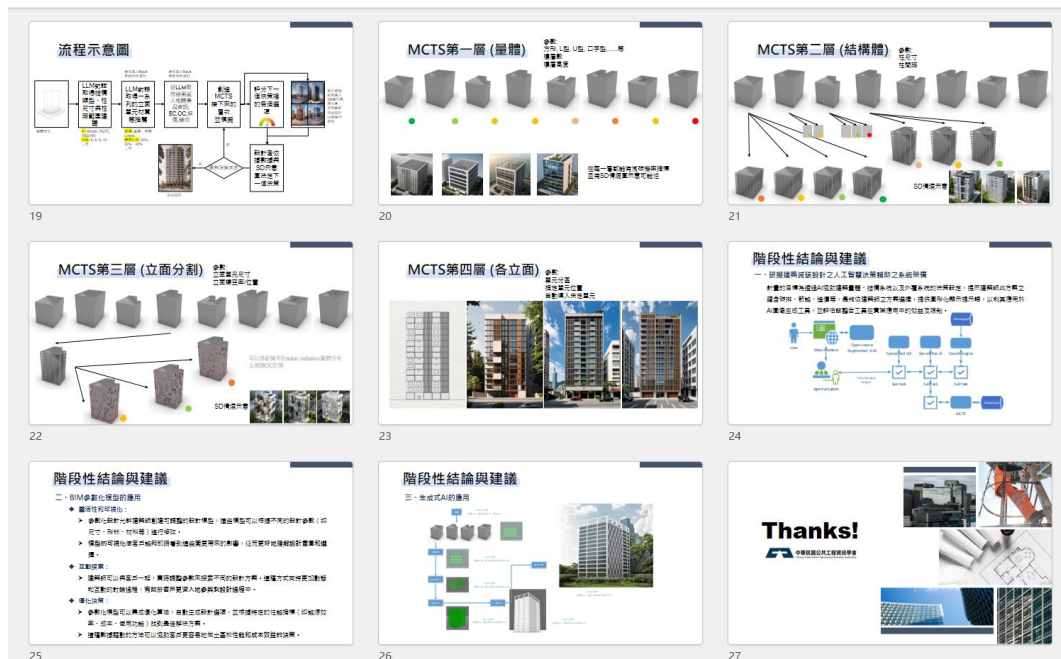
Prompt: 在台中市的商業區設計一座摩天大樓辦公大樓，以現代主義風格和綠色建築技術打造可持續發展的辦公環境，提升工作效率和員工生活品質。

MCTS與設計決策

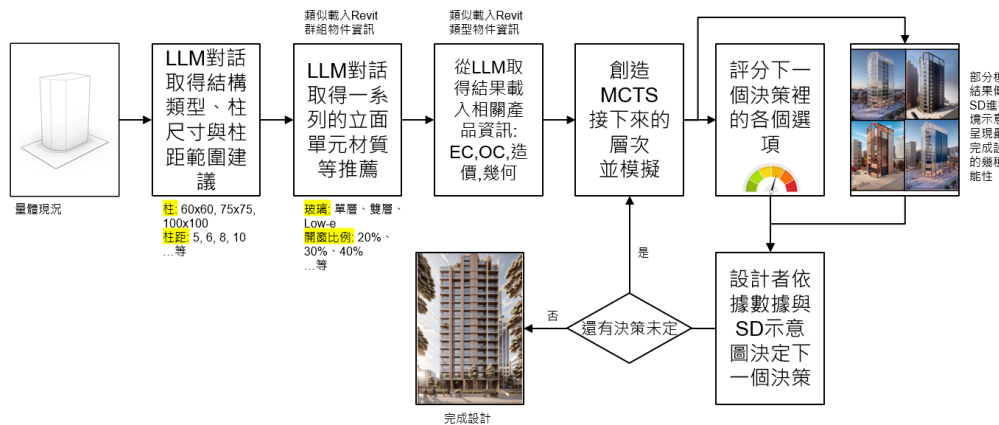
基於中國建築設計大師張永和的《建築設計方法》一書，結合其在《建築設計方法》中提出的「MCTS」方法，將其應用於建築設計決策過程。MCTS是一種基於蒙特卡洛樹搜索的決策方法，適用於具有高度不確定性和複雜性的決策問題。在建築設計中，MCTS可以用於優化設計方案，提高設計效率。

MCTS與設計決策

基於中國建築設計大師張永和的《建築設計方法》一書，結合其在《建築設計方法》中提出的「MCTS」方法，將其應用於建築設計決策過程。MCTS是一種基於蒙特卡洛樹搜索的決策方法，適用於具有高度不確定性和複雜性的決策問題。在建築設計中，MCTS可以用於優化設計方案，提高設計效率。



流程示意圖



階段性結論與建議

二、BIM參數化模型的應用

◆ 靈活性和可視化：

- 參數化設計允許建築師創建可調整的設計模型，這些模型可以根據不同的設計參數（如尺寸、形狀、材料等）進行修改。
- 模型的可視化使客戶能夠即時看到這些變更帶來的影響，從而**更好地理解設計意圖和選擇**。

◆ 互動探索：

- 建築師可以與客戶一起，實時調整參數來探索不同的設計方案。這種方式支持更加動態和互動的討論過程，**有助於客戶更深入地參與到設計過程中**。

◆ 優化決策：

- 參數化模型可以集成優化算法，自動生成設計選項，並根據特定的性能指標（如能源效率、成本、使用功能）找到最佳解決方案。
- 這種數據驅動的方法可以協助客戶更容易地做出基於**性能和成本效益的決策**。

內政部建築研究所

本所 113 年度委託研究「整合 BIM 與人工智慧之低碳建築設計決策輔助」、「應用語言模型分析工序以檢核 BIM 設計模型之施工應用延續性」及「各階段 PCM 依據 BEP 計畫書驗收 BIM 之基準建立與探討研析」等 3 案期中審查會議簽到簿

時 間：113 年 7 月 11 日（星期四）上午 9 時 30 分			
地 點：本所簡報室（新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓）			
主 席：蔡組長綽芳		紀 錄：劉青峰 鄺婉妮 陳士明	
出席人員	簽 到 處	代 理 人	
		職 稱	簽 到 處
江經理志雲	江志雲		
李副處長仲昀	李仲昀		
陳教授上元	陳上元		
陳教授怡兆	陳怡兆		
鄭教授泰昇			
謝總經理博全			
謝教授尚賢			
黃組長正翰			
黃建築師毓舜	黃毓舜		
張建築師弘鼎	張弘鼎		
顏副總經理聖益	顏聖益		
內政部國土管理署			
國家住宅及都市更新中心			

中華民國全國建築師公會	許坤榮		
臺北市建築師公會	黃印亮		
新北市建築師公會			
中華民國工程技術顧問 商業同業公會			
台北市電腦商業同業公會			
社團法人中華民國建築 技術學會	林鴻志		
財團法人臺灣營建研究 院			
中華民國公共工程資訊 學會	陳靜 陳靜	嚴國祚	杜京雲
國立台灣大學		許育明	林少升 林少傑
社團法人中華民國營建 管理協會	朱益忠	柳西亭	鄭寶德
施計畫主持人宣光	施光		
林計畫主持人之謙	林之謙		
楊計畫主持人智斌	楊智斌		
屬副研究員婉妮	蕭婉妮		
劉副研究員青峰	劉青峰		
陳助理研究員士明	陳士明		
相關人員	許崇國		

附錄五、期末審查會議記錄與意見回覆

本所 113 年度委託研究「整合 BIM 與人工智慧之低碳建築設計決策輔助」、「應用語言模型分析工序以檢核 BIM 設計模型之施工應用延續性」及「各階段 PCM 依據 BEP 計畫書驗收 BIM 之基準建立與探討研析」等 3 案期末審查會議紀錄

一、時 間：113 年 10 月 23 日（星期三）下午 2 時 30 分

二、地 點：本所簡報室

三、主持人：蔡組長緯芳

記錄：劉青峰、厲妮妮、陳士明

四、出席人員：如簽到單

五、簡報內容：略。

六、綜合討論意見(依簽到簿順序)：

委員	審查委員意見	研究單位回應
詹協理君治	系統架構應可處理任意設計主題，但低碳常連結到小跨距、對稱結構，此系統 MCTS(Monte Carlo tree search)如何克服多目標下主題彼此拉扯的問題。	AI 是輔助工具，建築師可以引導 AI 逐步提供更符合需求的結果，幫助節省時間。AI 的角色是給出多方位面建議，最終決策還是由建築師和業主決定。

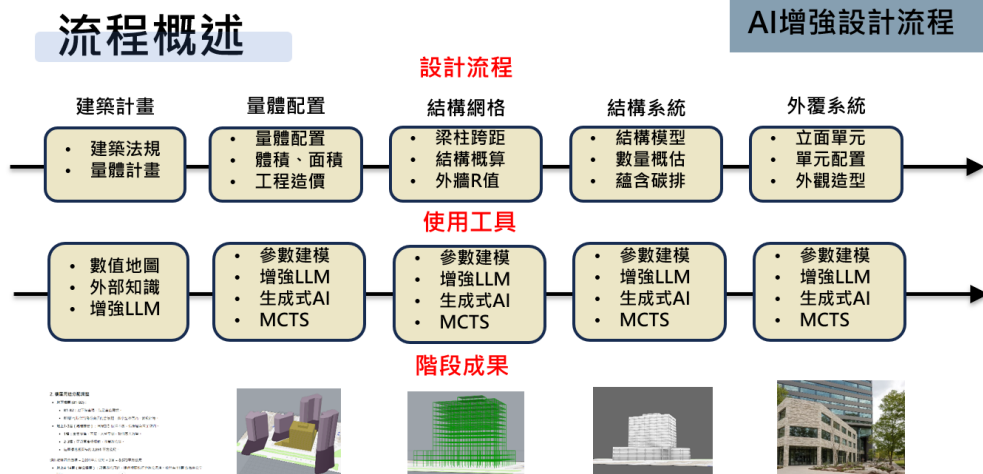
黃建築師毓舜	這次研究的工具應用包括從 Rhino Grasshopper 使用 MCTS 演算法的整合與應用 LLM((Large Language Model) 大語言模型提供建築設計中的形狀、低碳、造價等設計方案給建築師篩選，最後並使用 LLM 提供了提示語應用到 SD (Stable Diffusion) 跑一些具創意的視覺化設計建議方案出來，一次要全自動化可能很難，但目前看起來這三個研究目標是有達到各別目標。	謝謝委員指教。
	未來可以增加 ChatGPT、LLM、建築計畫三者整合的訓練，可以讓 LLM 的訓練往下延伸，成為結合設計思考，對應到實際建築設計評估的參考值，這也是 AI 訓練的目的。	謝謝委員指教，接下來會專注在如何使用 AI 協助建築師進行法規和低碳設計的檢討提升 AI 的應用效果。
	三段式的設計流程，以 MCTS 查看分數的操作方式，對事務所而言，算是符合初步的目標。	謝謝委員指教。
	長遠而言，自動化的過程是需要時間發展，建議第二階段計畫可以先做如 LLM 的提示語訓練。	謝謝委員指教。
	從事務所的角度，第一段參數式	謝謝委員肯定。

	的設計(Grasshopper + MCTS)成果，如果可以提供給事務所參數操作的指引說明，對事務所就有參考的價值。	
江經理志雲	透過 AI 輔助前期規劃評估，並使用 MCTS 的方法論，是具有價值的研究案。僅就個人專業領域提出個人建議(後續計畫的建議)。 1. 在總工程造價評估，工法是有一定的影響(尤其是逆打工法)。 2. 台北盆地已經少有素地，所以拆除因子也是影響開發時程。	謝謝委員指教。
陳教授怡兆	研究成果豐碩，符合預期需求。	謝謝委員肯定。
	建議可再補充 AI 決策輔助系統在低碳建築設計之各階段應用時機、資訊流規範。	謝謝委員指教，於成果報告中補充說明。
	AI 決策輔助系統生成資訊之正確性及參考價值，建議可再補充說明。	謝謝委員指教，於成果報告中補充說明。

賴建築師朝俊	建議往低碳建築研究。	謝謝委員指教。
	建築師的設計與創意無法以 AI 實踐。	AI 並無法自動幫建築師做設計，而是用來幫忙快速分析不同決策可能帶來的影響，例如低碳、節能或造價成本等，讓建築師知道不同選擇會如何影響結果。
謝總經理博全	第五章建議裡面的系統架構詮釋有點複雜，針對業界建築師如何應用，可能需要更具體說明。	謝謝委員指教，研究初期多在技術探索，導致報告無法完整展現實際應用；將納入專家委員建議，加入更多和建築師互動的紀錄，讓報告內容更有參考價值。
	報告書 76 頁至 84 頁的建議說明，比較像寫系統說明文件，實際上建議性方法較沒說明。	謝謝委員指教，研究初期多在技術探索，導致報告無法完整展現實際應用；將納入專家委員建議，加入更多和建築師互動的紀錄，讓報告內容更有參考價值。
蘇副理瑞育	建議將藉由建築師與 GPT 互動而進行更有利的隨機取樣加在期末報告中，閱讀起來可以相對完整。	謝謝委員指教，於成果報告中補充說明。
	GPT 已經有提示一些參數與意見，未來有機會可以把文字參數經過 Stable Diffusion 裡面的文生圖的方式去延伸，渲染完成的成果，回饋變成可參考的方案。	謝謝委員指教。

謝律師 彥安	本次針對 AI 進行低碳建材的數據來源為何?目前有環境部的產生碳標籤，光是登錄就有 30 多種，因此想知道 AI 的碳排放來源與依據為何?	因計畫範圍較廣，模型的精準度有限，目前只能提供基礎的數據分析，還無法做到高度專業的估價和因地制宜的建議。
	研究報告中有關建築蘊含碳的標示，是否有試著去做一些系統整合，包含主結構、外牆、隔間牆等項目，以便做低碳的評估。	接下來會專注在如何使用 AI 協助建築師進行法規和低碳設計的檢討提升 AI 的應用效果。
劉建築師 同誠	政府在 2030 與 2050 有淨零目標，目前是否可以做到應用大模型於淨零排碳的部份，讓使用者引用模型做為指引。	謝謝委員指教，接下來會專注在如何使用 AI 協助建築師進行法規和低碳設計的檢討提升 AI 的應用效果。
	建築法規較為複雜，是不是可用 AI 發展檢核工具協助檢核?在各階段的建築設計完成的時候使用 AI 檢核相關建築法規，建議可作為下一階段研究的構想。	謝謝委員指教，將納入專家委員建議接下來會專注在如何使用 AI 協助建築師進行法規和低碳設計的檢討提升 AI 的應用效果。

七、期末審查簡報



量體計畫

台北市敦化專用區A的建蔽率和容積率限制是多少？



The t
Dunt
comm
gene
• f
• f

位於台北市敦化專用區A土地一塊，面積4447平方公尺，依據許可的容積率與建蔽率提出建築計畫開發為商業與辦公建築，在許可範圍內最大樓地板面積，規劃樓層數，使用功能、服務核面積，以及各進出口的方位。該建地為三角形，西側臨敦化南路，東北側為三角形斜邊，臨安和路，南面為巷子。

調整建築計畫，以最大商業利益為原則，商業空間在低樓層最有價值，辦公空間在高樓層可以有更好的視野

如果採用裙樓的設計，低樓層的商業空間配置於三層樓的裙樓，同時希望辦公空間可以達到16層樓的高度，建築計畫要如何調整

修改為14層樓，仍需要維持符合容積率限制的樓地板面積，調整辦公樓層每層樓的面積

4



要針對您的建築計畫估算工程造價，並與商業空間及辦公樓（14層辦公空間）的佔比可能有所不同。

1. 量體設計

- 裙樓（1-3層）：主要作為商業空間（尺）。
- 辦公樓（4-14層）：14層辦公空間（尺）。

2. 總工程造价估算

根據台北市的建築造價，一般商業與辦公80,000，假設取中間值 NTD 70,000/平方公尺。

- 總樓地板面積 = 商業裙樓面積 + 辦公樓面積 = 8,673 平方公尺 + 19,343 平方公尺 = 28,016 平方公尺 × NTD 70,000/平方公尺 = NTD 1,960,000,000 (約 19.6 億)

3. 調整後的五大項目比例

考慮到裙樓商業空間與高層辦公空間的不同需求，調整後的五：

1. 結構工程（基礎與地上結構）

- 因為裙樓和高層辦公樓都需要強化結構支撐，高層辦公樓：調整比例：35%
- 估算金額 = 1,960,000,000 × 35% = NTD 686,000,000

2. 外觀系統工程（外牆和屋頂）

- 辦公樓通常需要大面積玻璃幕牆，裙樓部分外牆可能用較：比例略高。
- 調整比例：20%
- 估算金額 = 1,960,000,000 × 20% = NTD 392,000,000

3. 機電工程

- 高層辦公樓和裙樓的商業空間需要配置大量的空調系統，商業裙樓會有更多配套設施。
- 調整比例：25%
- 估算金額 = 1,960,000,000 × 25% = NTD 490,000,000

4. 室內裝修

- 室內裝修方面，裙樓商業空間的需求通常較高（如電梯的內裝設計），而高層辦公樓則相對簡約，因此調整比例為中等。
- 調整比例：15%
- 估算金額 = 1,960,000,000 × 15% = NTD 294,000,000

5. 景觀工程

- 此建築計畫中，景觀工程主要包括裙樓外部的綠化與公共空間，總體比例會相對較小。
- 調整比例：5%
- 估算金額 = 1,960,000,000 × 5% = NTD 98,000,000

4. 調整後的總結

- 總工程造价：NTD 1,960,000,000
- 結構工程：NTD 686,000,000 (35%)
- 外觀系統工程：NTD 392,000,000 (20%)
- 機電工程：NTD 490,000,000 (25%)
- 室內裝修：NTD 294,000,000 (15%)
- 景觀工程：NTD 98,000,000 (5%)

這樣的比例分配考慮了裙樓的高端商業需求與辦公樓層的功能性，並根據常見的市場價格進行調整。

8

問：

針對外覆系統工程部分，量體設計的結果各項立面及屋頂的面積計算如下：南向2264平方米，東向2194平方米，北向1440平方米，西向(面敦化南路)2996平方米，屋頂：2923平方米。考慮西向立面為主要立面，將上述造價估算中外覆系統工程的工程預算分配給各向立面與屋頂的造價，做為下一階段的設計目標

4. 各向立面與屋頂的造價分配

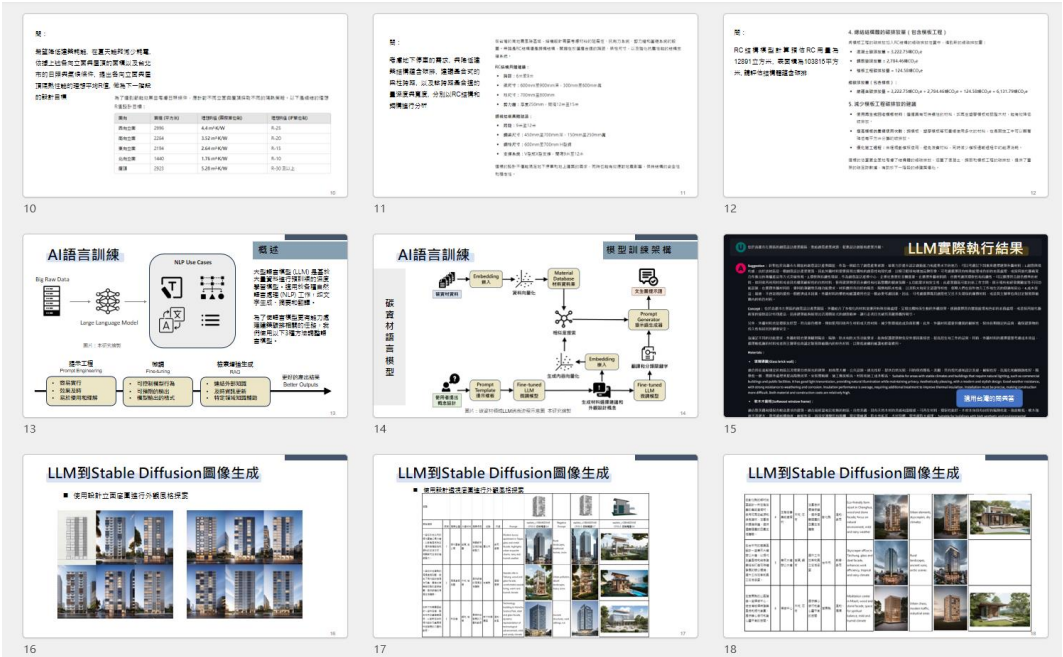
根據總預算 NTD 392,000,000，以下是按各立面與屋頂面積和設計重點分配的造價估算：

面向	面積 (平方米)	占比 (%)	工程預算 (NTD)
南向	2264	19.15%	NTD 75,068,000
東向	2194	18.56%	NTD 72,752,000
北向	1440	12.18%	NTD 47,720,000
西向	2996	30%	NTD 117,600,000
屋頂	2923	19.73%	NTD 78,860,000
總計	11,817	100%	NTD 392,000,000

5. 總結

- 西向立面（主要立面）：NTD 117,600,000
- 南向立面：NTD 75,068,000
- 東向立面：NTD 72,752,000
- 北向立面：NTD 47,720,000
- 屋頂：NTD 78,860,000

這些數據可作為下一階段外覆系統設計時的預算參考，尤其在西向主要立面，您可以考慮使用更高檔的材料和設計，以達到預期的設計效果和功能。





位於高雄市左營區的創意設計產業園區，集結創意產業資源，促進設計創新和產業升級。

LLM實際執行結果



Suggestion: 針對位於高雄市左營區的創意設計產業園區，作為一個綜合了創意產業資源，並致力於提升設計創新能力和產業水平的地方，可以考慮以下因素來選擇建築外牆材料：1. 創意與現代感：由於該地區是一個創意設計產業聚落，因此外牆材料需要展現出獨特的創意性和現代感，以吸引眼球和增加品牌形象。可考慮選擇具有特殊紋理或色彩的表面處理，或採用當代藝術家合作推出的專屬產品等方式突破常規。2. 環保與持續性發展：作為創意設計產業中心，企業社會責任至關重要。在選擇外牆材料時，也需考慮其環保性和持續性。可以選擇符合綠色標準的材料，如回收再利用材料或者具有優異耐久性的自然材料，使得建築物更具永續性和社區整體的健康氛圍。3. 功能需求和安全：此產業園區可能包括工作空間、展示場所和研發實驗室等不同功能設施。在選擇外牆材料時，要同時兼顧到各種功能需求。材料應具有良好的隔音、隔熱和防水性能，以及防火和安全認證等特性，保障人們在這些地方工作和生活的舒適和安心。4. 成本效益：最後，不資忽視的還有一個經濟成本因素。外牆材料的價格和維護費用也是一個必要考慮因素。因此，可考慮選擇既具創意性又且不失環保的廉價材料，或是與主辦單位商討定制預算範圍內的特色材料。

Concept: 位於高雄市左營區的創意設計產業園區，外牆結合了多樣化的材料並運用特殊技術處理，呈現出獨特而生動的外觀效果。透過選擇具有豐富紋理和色彩的表面處理，或是採用當代藝術家的協助設計特別產品，這座建築能夠展現出活潑開放式的創意精神，讓行走者目光被其美觀景觀所吸引。

另外，外牆材料也是環保友好型，符合綠色標準。例如使用回收再生材料或天然材質，減少對環境造成負面影響。此外，外牆材料還提供優異的耐候性，保持長期穩定的品質，確保建築物的持久性和居民的健康安全。

為滿足不同的功能需求，外牆材料也要兼顧到隔音、隔熱、防水和防火等功能要求，能夠保護建築物免受外部因素侵害，提高居住和工作的品質。同時，外牆材料的選擇還需考慮成本效益，選擇較低廉的材料或者與主辦單位商討定制預算範圍內的特色材料，以降低後續的維護和修繕費用。

Materials:

• 玻璃磚牆(Glass brick wall):

適合用在氣候穩定的地區以及需要自然採光的建築，如商業大樓、公共設施。透光性好，提供自然光照，同時保持隱私。美觀，具有現代感和設計美感。耐候性好，抗風化和耐腐蝕性好。隔熱性一般，需額外處理來提高隔熱效果。安裝需精確，施工難度較高。材料和施工成本較高。 Suitable for areas with stable climates and buildings that require natural lighting, such as commercial buildings and public facilities. It has good light transmission, providing natural illumination while maintaining privacy. Aesthetically pleasing, with a modern and stylish design. Good weather resistance, with strong resistance to weathering and corrosion. Insulation performance is average, requiring additional treatment to improve thermal insulation. Installation must be precise, making construction more difficult. Both material and construction costs are relatively high.

• 軟木木窗框(Softwood window frame):

適合對美觀和環保有較高要求的建築。適合氣候溫和且乾燥的地區。自然美觀，具有天然木材的美感和溫暖感。可再生材料，環保性能好。木材本身具有良好的隔熱性能，強度較低，軟木強度不及硬木，需考慮結構強度。耐候性差，容易受潮變形和腐爛，需定期維護。防火性能差，木材易燃，需考慮防火處理。 Suitable for buildings with high aesthetic and environmental

適用台灣的問與答

Stable Diffusion圖像生成

● Stable Diffusion 操作系統架構

19

MCTS與設計決策

● 設計決策過程

20

MCTS與設計決策

● 設計決策過程

21

MCTS流程示範

● MCTS流程示範

22

結論與建議

一、研發團隊研發設計之人工智慧決策輔助之系統架構

23

結論與建議

二、BIM數位化模型的應用

24

結論與建議

三、數位化模型的應用

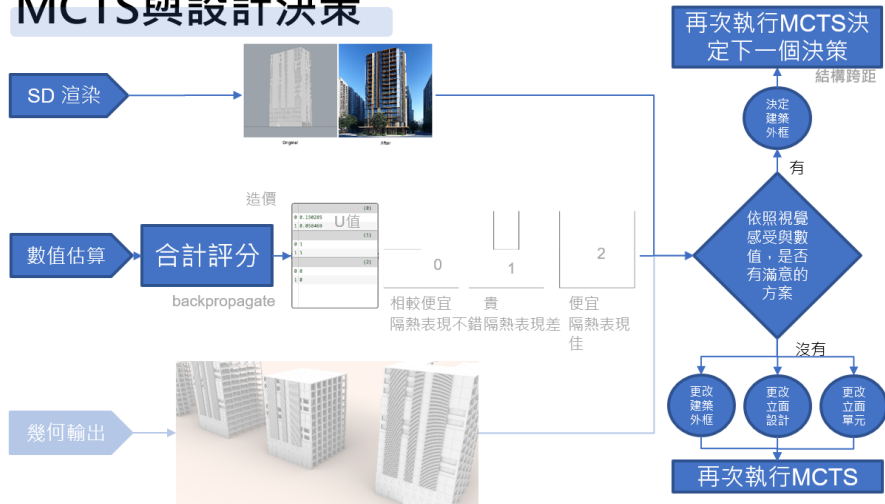
25

Thanks!

中華建築師公會工程技術學會

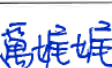
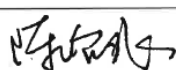
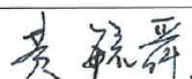
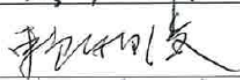
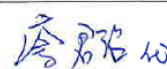
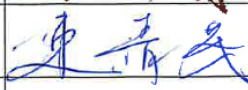
26

MCTS與設計決策



內政部建築研究所

本所 113 年度委託研究「整合 BIM 與人工智慧之低碳建築設計決策輔助」、「應用語言模型分析工序以檢核 BIM 設計模型之施工應用延續性」及「各階段 PCM 依據 BEP 計畫書驗收 BIM 之基準建立與探討研析」等 3 案期末審查會議簽到簿

時 間：113 年 10 月 23 日（星期三）下午 2 時 30 分			
地 點：大坪林聯合開發大樓 15 樓第一會議室			
主 席：蔡組長綽芳  紀 錄：陳士明  厲妮妮  劉青峰 			
出席人員	簽 到 處	代 理 人	
		職 稱	簽 到 處
江經理志雲			
李副處長仲昀			
張建築師弘鼎			
陳教授上元			
陳教授怡兆			
陳建築師清楠			
黃建築師毓舜			
賴建築師朝俊			
謝總經理博全			
顏副總經理聖益 （代理人 詹協理君治）			
蘇副理瑞育			
內政部國土管理署			
國家住宅及都市更新中心			

中華民國全國建築師公會	許坤榮		
臺北市建築師公會	劉同誠		
新北市建築師公會			
中華民國工程技術顧問商業同業公會			
台北市電腦商業同業公會			
社團法人中華民國建築技術學會	謝宏安 柯淑嫻		
財團法人臺灣營建研究院			
中華民國公共工程資訊學會	陳錫爵 林京霞 林淑嫻		
國立台灣大學	林之謙 王華潔 呂顯孚 許普明		
社團法人中華民國營建管理協會	柯榮云 梁鈺祺 李冠廷		
施計畫主持人宣光	張冠廷		
林計畫主持人之謙	林之謙		
楊計畫主持人智斌			柯榮云
屬副研究員妮妮	盧妮妮		
劉副研究員青峰	劉青峰		
陳助理研究員士明			
相關人員			

附錄六、參考文獻

參考文獻資料彙整

一. MCTS_GANs 相關文獻

1. Edward Powley, Cameron Browne, Daniel Whitehouse, Simon Lucas, Peter I. Cowling, Philipp Rohlfshagen, Stephen Tavener, Diego Perez, Spyridon Samothrakis and Simon Colton (2012) A Survey of Monte Carlo Tree Search Methods
2. Kemmerling, M., Lütticke, D., & Schmitt, R. H. (2023). Beyond games: a systematic review of neural Monte Carlo tree search applications. *Applied Intelligence*, 1-27.
3. Marco Kemmerling, Daniel Lütticke, Robert H. Schmitt (2023) Beyond games: a systematic review of neural Monte Carlo tree search applications
4. Silver, D., Huang, A., Maddison, C. J., Guez, A., Sifre, L., Van Den Driessche, G., ... & Hassabis, D. (2016). Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *nature*, 529(7587), 484-489.
5. Silver, D., Schrittwieser, J., Simonyan, K., Antonoglou, I., Huang, A., Guez, A., ... & Hassabis, D. (2017). Mastering the game of go without human knowledge. *nature*, 550(7676), 354-359.
6. Tahmasebinia F, Jiang R, Sepasgozar S, Wei J, Ding Y, Ma H. (2022) Implementation of BIM Energy Analysis and Monte Carlo Simulation for Estimating Building Energy Performance Based on Regression Approach: A Case Study. *Buildings*. 12(4):449. <https://doi.org/10.3390/buildings12040449>

二. 大語言模型 (LLM)

1. Antje Barth, Chris Fregly, Mike Chambers, Shelbee Eigenbrode. Generative AI with Large Language Models URL <https://www.coursera.org/learn/generative-ai-with-llms>
2. cohere. Prompt Engineering. URL <https://docs.cohere.com/docs/prompt-engineering>
3. Gao, Y., Xiong, Y., Gao, X., Jia, K., Pan, J., Bi, Y., ... & Wang, H. (2023). Retrieval-augmented generation for large language models: A survey. arXiv preprint arXiv:2312.10997.
4. Hu, E. J., Shen, Y., Wallis, P., Allen-Zhu, Z., Li, Y., Wang, S., ... & Chen, W. (2021). Lora: Low-rank adaptation of large language models. arXiv preprint arXiv:2106.09685.
5. Kalyan, Katikpalli Subramanyam. (2024). LLM Prompt Engineering Simplified. URL <https://github.com/AkmmusAI/LLM-Prompt-Engineering-Simplified-Book>
6. Kojima, T., Gu, S. S., Reid, M., Matsuo, Y., & Iwasawa, Y. (2022). Large language models are zero-shot reasoners. Advances in neural information processing systems, 35, 22199-22213.
7. Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., ... & Kiela, D. (2020). Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive nlp tasks. Advances in Neural Information Processing Systems, 33, 9459-9474.
8. Minaee, S., Mikolov, T., Nikzad, N., Chenaghlu, M., Socher, R., Amatriain, X., & Gao, J. (2024). Large language models: A survey. arXiv preprint arXiv:2402.06196.

9. Petroni, F., Lewis, P., Piktus, A., Rocktäschel, T., Wu, Y., Miller, A. H., & Riedel, S. (2020). How context affects language models' factual predictions. arXiv preprint arXiv:2005.04611.
10. Sourab Mangrulkar, Sylvain Gugger, Lysandre Debut, Younes Belkada, Sayak Paul, Benjamin Bossan. (2022). PEFT: State-of-the-art Parameter-Efficient Fine-Tuning methods. URL <https://github.com/huggingface/peft>
11. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., ... & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in neural information processing systems*, 30.
12. Wei, J., Wang, X., Schuurmans, D., Bosma, M., Xia, F., Chi, E., ... & Zhou, D. (2022). Chain-of-thought prompting elicits reasoning in large language models. *Advances in neural information processing systems*, 35, 24824-24837.

Zhao, W. X., Zhou, K., Li, J., Tang, T., Wang, X., Hou, Y., ... & Wen, J. R. (2023). A survey of large language models. arXiv preprint arXiv:2303.18223.

三. AI 圖像生成、BIM

1. Ma, H., & Zheng, H. (2023, July). Text Semantics to Image Generation: A method of building facades design base on Stable Diffusion model. In *The International Conference on Computational Design and Robotic Fabrication* (pp. 24-34). Singapore: Springer Nature Singapore.
2. Elghaish, F., Abrishami, S., Hosseini, M.R. and Abu-Samra, S. (2021), "Revolutionising cost structure for integrated project delivery: a BIM-based solution", *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 28 No. 4, pp. 1214-1240.

<https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2019-0222>

3. Marzouk M, Azab S, Metawie M. (2018) BIM-based approach for optimizing life cycle costs of sustainable buildings. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 188, p217-226.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.280>

整合 BIM 與人工智慧之低碳建築設計決策輔助

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：施宣光、嚴國雄、陳秀杏、林裕傑、陳錚、鄭宗偉、葉俞杰、杜京霞

出版年月：113 年 12 月

版次：第 1 版

ISBN：978-626-7501-66-5