

臺灣 Green BIM 綠建築資訊建模應用架構研究內政部建築研究所（104 年度）

臺灣 Green BIM 綠建築資訊建模應用架構 研究

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 104 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)

臺灣 Green BIM 綠建築資訊建模應用架構 研究

研究主持人：陳建忠

協同主持人：陳上元

研究員：蘇瑛敏、李軒豪、劉青峰

研究助理：沈揚庭、陳正晏

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 104 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
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究範圍與內容	3
第三節 研究方法與流程	6
第四節 預期困難	7
第五節 研究流程	9
第六節 用語定義	10
第七節 小結	12
第二章 文獻回顧與案例分析.....	13
第一節 建築資訊建模、建築效能分析與建築生命週期管理的評估 項目	14
第二節 永續設計與 BIM 架構下的建築效能分析	20
第三節 決策循環模型	29
第四節 文獻回顧	35
第五節 案例分析	41

第六節 小結	43
第三章 理論與方法	45
第一節 BIM 模型基礎的決策循環模型	47
第二節 環境模擬分析應用	51
第三節 建築效能分析程序	53
第四節 小結	63
第四章 實作驗證	65
第一節 Green BIM 架構下的環境模擬分析介面	66
第二節 案例操作	72
第三節 小結	85
第五章 結論與建議	87
第一節 結論	87
第二節 建議	91
參考文獻	99
附錄 1 2015 Green BIM 綠色營建應用研討會	103
附錄 2 2015 TAIPEI TECH 健康永續建築研討會 BIM 技術應用 ..	109
附錄 3 SyncBIM - 同步化建築資訊建模管理平台應用於適性智慧建 築動態環境管理之研究	115
附錄 4 會議記錄與意見整理	117

表次

表 1-1 BIM 與 Green BIM 定義及型態之比較.....	4
表 2-1 電腦輔助設計模式的發展比較.....	16
表 2-2 各類建築外殼耗能指標.....	22
表 2-3 效能分析軟體.....	34
表 2-4 科技部學術補助獎勵查詢, 2015/06.....	36
表 2-5 內政部建築研究所資料檢索系統, 2015/06.....	39
表 2-6 Green BIM 綠色性能評估之應用案例分析.....	42
表 3-1 能源分析模型的設計架構.....	50
表 3-2 各類建築單位面積用電密度(EUI)統計表.....	56
表 3-3 Autodesk 預設空調系統(HVAC Systems).....	60
表 4-1 Vasari 操作介面及功能說明(邱秀婷整理).....	70
表 5-1 綠色建築評估體系節能指標分析.....	93

圖次

圖 1-1 從 CAD 到 BIM.....	2
圖 1-2 建築資訊傳遞的逆流與斷層	2
圖 1-3 Green BIM 研究範疇	3
圖 1-4 研究步驟	9
圖 2-1 Green BIM 模型整合面向	17
圖 2-2 以 Autodesk 公司為主的產品為例，建築生命週期與其對應的 應用軟體.....	18
圖 2-3 傳統建築設計與 BIM 的生命週期成本曲線(Macleamy) ...	18
圖 2-4 在建築生命週期各階段的評估與分析項目(邱秀婷整理)..	19
圖 2-5 永續建築設計措施案例	21
圖 2-6 西雅圖的辦公建築案例模擬不同方位產生的耗能差異....	23
圖 2-7 開窗對建築能耗與室內環境之影響.....	24
圖 2-8 外遮陽形式.....	25
圖 2-9 各國建築物屋頂及外牆隔熱規範.....	26
圖 2-10 建築碳排放分配情形.....	27
圖 2-11 建築碳足跡等級認證(預計 2017 年推行).....	28
圖 2-12 Green BIM 決策循環模型.....	29
圖 2-13 黑箱(Black Box)設計程序.....	30
圖 2-14 圖像模型 iconic model (Asimow,1962)	31

圖 2-15 從 BIM 到 BPA 應用	32
圖 2-16 BIM-Based 綠建築評估系統架構	40
圖 3-1 Green BIM 模型架構組成	45
圖 3-2 Green BIM 決策循環模型	46
圖 3-3 設計決策系統架構	47
圖 3-4 模型層級與生命週期階段之對應	48
圖 3-5 Vasari 永續建築環境應用面向	52
圖 3-6 BIM 架構下綠色建築模擬流程	53
圖 3-7 程序階段	54
圖 3-8 加利福尼亞州和內華達州的氣象數據分佈位置	58
圖 3-9 Autodesk 氣象資料庫分析圖示	58
圖 4-1 模型(Model)視窗	66
圖 4-2 分析(Analyze)視窗	66
圖 4-3 管理(Manage)視窗	67
圖 4-4 加載(Add-Ins)視窗	67
圖 4-5 編輯(Modify)視窗	68
圖 4-6 模型建置流程	69
圖 4-7 實作案例基地模型	73
圖 4-8 基地位置設定與氣象站資訊	73
圖 4-9 檔案格式匯入	74

圖 4-10 模型建構與單位設定.....	74
圖 4-11 建築效能分析與構造材質設定.....	74
圖 4-12 樓層及散熱區劃分.....	75
圖 4-13 旅館建築營運時段密度分佈.....	76
圖 4-14 樓層及散熱區劃分.....	77
圖 4-15 碳排放分析.....	77
圖 4-16 模型建構與單位設定.....	77
圖 4-17 樓層及散熱區劃分.....	78
圖 4-18 各月份耗電分佈.....	79
圖 4-19 各月份尖峰耗電量分佈.....	79
圖 4-20 各月份氣溫及太陽輻射分佈.....	80
圖 4-21 基地風頻分佈圖.....	81
圖 4-22 建物風場動態模擬.....	81
圖 4-23 建物外牆太陽輻射分佈.....	81
圖 4-24 建築構造方案修正(開窗率. 台度. 材料).....	82
圖 4-25 建築構造方案修正(增加遮簷).....	83
圖 4-26 玻璃材質變更設定.....	83
圖 4-27 原設計方案與方案(A)之能耗比較.....	84
圖 4-28 原設計方案與方案(A)+(B)之能耗比較.....	84
圖 4-29 增加遮簷方案後的熱輻射變化.....	85

圖 5-1 Green Building Studio 與 DOE2 引擎、BIM、BPA 軟體架構圖	
.....	90
圖 5-2 VASARI 於 2015/0531 不再提供服務.....	95
圖 5-3 BIM 的成熟度進度表.....	95
圖 5-4 多元權衡決策	96

摘要

關鍵詞：建築資訊建模、建築效能分析、永續建築、綠建築評估指標、建築耗電強度

一、研究緣起

在氣候環境劇變與全球能源危機情勢下，如何有效應用 BIM 與其相關的技術進行建築生命週期的資訊管理、與建築效能評估，以達到提升營建效率、提供降低建築能耗的解決方案，成為當代營建相關產業指標性的議題。

二、研究方法及過程

本研究提議導入臺灣 Green BIM，作為建築環境模擬及綠建築設計之評估操作機制，以達到環境永續發展之目的。以”建築物能耗評估分析”與”設計優化”為例，本研究深入探討 Green BIM 的實作流程。

Green BIM 的研究範疇包括：(1) 建築資訊建模 BIM、(2) 建築效能分析 BPA、(3) 永續建築設計。

臺灣 Green BIM 強調從設計之初便以 BIM 建築資訊建模作為基礎工具，因應臺灣在地化的氣候條件，進行 BPA 建築效能分析，透過”設計”、”評估”的決策循環，產生符合環境效益的最適化的設計方案，最終達到追求環境永續發展的目的。

根據文獻回顧與案例分析，本研究選擇適當的 BIM 與 BPA 工具，針對專案進行實作，並記錄設計與評估程序，印證理論與方法的可行性。

研究團隊並且舉辦 Green BIM 綠色營建應用研討會，分別就 Green BIM 施工營造、綠建築設計、審照自動化、產業聚落等向度，進行可行性應用的探討，並於期中報告後舉行專家座談，以作為研究報告修正與未來應用的重要依據。

三、重要發現

Green BIM 在永續建築設計上的應用成為當代重要的研究議題。Green BIM 的應用可達成效益如下：

- (1) 利用 BIM 操作過程的效率與精準特性，達到節省成本(縮短時程、減少錯誤)

的目的。

- (2) 設定節能減碳之設計目標，如初始階段的物理環境評估與省能對策、有利於綠色的構造材質設計，以及綠建築指標計算模組、後續營運階段的智慧能源監控等。
- (3) 透過 BIM 技術模型化評估、資料庫運算分析與四維時間管理之能力，與綠建築評估指標的運用結合，以達綠建築生命週期生態效益的”Green”目的。

四、主要建議事項

根據研究發現，提出下列具體建議：

- (1) 採行 Taiwan GREEN BIM 基礎的”節能評估指標”
- (2) 在”日常節能指標”的認證上，Green BIM 與 EEWH 並行
- (3) 結合綠色建築指標評估、邁向 BIM 基礎的整合性設計決策流程
- (4) 建立助益於”多元決策”的綠色建築指標體系
- (5) 政策鼓勵、其它的更高標準的”能源目標”

ABSTRACT

Keywords: Building information modeling (BIM), Building Performance Analysis (BPA), Sustainable Architecture, Green Building Indicators, Energy Use Intensity

1. Origin

Facing the climate change upheaval and the global energy crisis situations, How to effectively apply BIM technology and its related technologies to process building lifecycle information management and building performance analysis, in order to enhance construction efficiency and reduce building energy consumption, become index of topics in contemporary construction and its related industries.

2. Method and Procedure

This study suggests applying “Taiwan Green BIM”, as a building environmental simulation and an assessment mechanism of Green building design, in order to achieve the purpose of building energy efficiency and reduce carbon emissions.

The research scopes of “Taiwan Green BIM” include : (1) Building information modeling (BIM), (2) Building Performance Analysis (BPA), and (3) Sustainable building design.

From the beginning of the design, Taiwan Green BIM emphasizes to apply BIM based BPA, to execute the decision making circle, including design, analysis, and assessment, in order to produce optimal design solutions to satisfy with environmental efficiency and to achieve the purpose of environmental sustainable development.

According to the literature review and case study, this research selects appropriate BIM and BPA tools, and implements projects to record design and assessment procedure, in order to confirm feasibilities of Green BIM theory and method.

Research team conducts the applications of Green BIM seminar discussing feasibilities of Green BIM. The issues of the seminar include Green BIM construction, the applications in Green building design, and automation in reviewing building permits, Industry settlement and Society. And the research team plans to hold the expert symposium in order to accept experts' opinions as important foundations of reports amended and the studies of future Applications.

3. Key Findings

Green BIM applications in sustainable building design become important contemporary research agenda. Green BIM applications can achieve the following benefits :

- (1) Using the efficiency and precision characteristics of process of BIM operation, in order to achieve cost savings (shorter duration, fewer errors)
- (2) Setting the design goals for carbon reduction, such as the physical environment assessment and the initial phase of energy-countermeasure, which are conducive to the development of green construction and materials, green building indicators and their computing module, subsequent operational phase, smart energy monitoring.
- (3) Using BIM-based BPA, database analysis and computing capability of four-dimensional time management, to integrate Green building indicators, in order to achieve objective of the green building eco-efficiency during whole building live cycle.

4. Recommendations

Base on this research, The specific recommendations include :

- (1) Adopting Taiwan GREEN BIM-based energy saving performance assessment indicators

- (2) On the certification of “energy saving performance assessment indicators”, Green BIM performed simultaneously with EEWH
- (3) Combining with Green Building Indicator Assessment, towards integrated BIM-based design decision-making process
- (4) Establishing multiple dimensions’ decision making Green Building Indicator Assessment system
- (5) Applying Policy to encourage higher standards of other "energy performance targets"

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

本研究提議導入 Green BIM，作為基地環境模擬及綠建築設計之評估操作機制，以達到建築節能與降低碳排放之目的。臺灣 Green BIM 的研究範疇包括：(1) 建築資訊建模, (Building Information Modeling, BIM)、(2) 建築效能分析 (Building Performance Analysis, BPA)、(3) 永續建築設計。在氣候環境劇變與全球能源危機情勢下，如何有效應用 BIM 與其相關的技術進行建築生命週期的資訊管理、與數位評估，以達到提升營建效率、提供降低建築能耗的解決方案，成為當代營建相關產業指標性的議題。

BIM 有兩個意涵，一是資訊建模, Modeling、二是資訊管理, Management。有別於過去 2D 為核心的電腦輔助設計 (CAAD)，其差異性包括 (1) 從 2D 線性思考到 3D 視覺化模擬 4D 時間管理、(2) 從圖紙作業到數位資訊管理、(3) 從靜態單一操作到動態連結 (圖 1-1)。BIM 應用的優勢在於可提供建築生命週期各階段之 BLM (Building Lifecycle Management) 管理，涵括規劃設計、建照審查、營建施工、營運管理等階段，提供最佳化的應用載體和資訊管理模式，並達到對於傳統建築設計方法之革新。

另一方面，隨著建築效能分析的軟體開發，例如 ecotect、CFD、Vasari 等，使得 BIM 得以延伸到設計初始的評估階段。因此，藉著更精準的氣候環境資訊與基地條件、建築構造形式分析，BIM 助益於提出建築設計更佳的節能減碳方案。

簡言之，應用的 BIM 的 3D 資訊模型，垂直與水平整合建築生命週期的生產鏈結、彌補從設計、製造、營運過程中資訊傳遞的落差 (圖 1-2)，串聯各階段資訊孤島並協助決策判斷；而交互操作與流動訊息傳遞的特性，亦使 BIM 達到降低成本、提高品質與縮短作業期程。Green BIM，則強調從設計之初便以 BIM 建築資訊建模作為基礎工具，因應在地化的氣候條件，進行建築效能分析 (Building Performance Analysis, BPA)，透過“設計”、“評估”的決策循環，產生符合環境效益的最適化的設計方案 (陳，2014(1))。推動 Green BIM 的應用，將是營建產業在設計方法與決策系統的變革，是氣候劇變與能源危機的當下，迫在眉睫的使命。

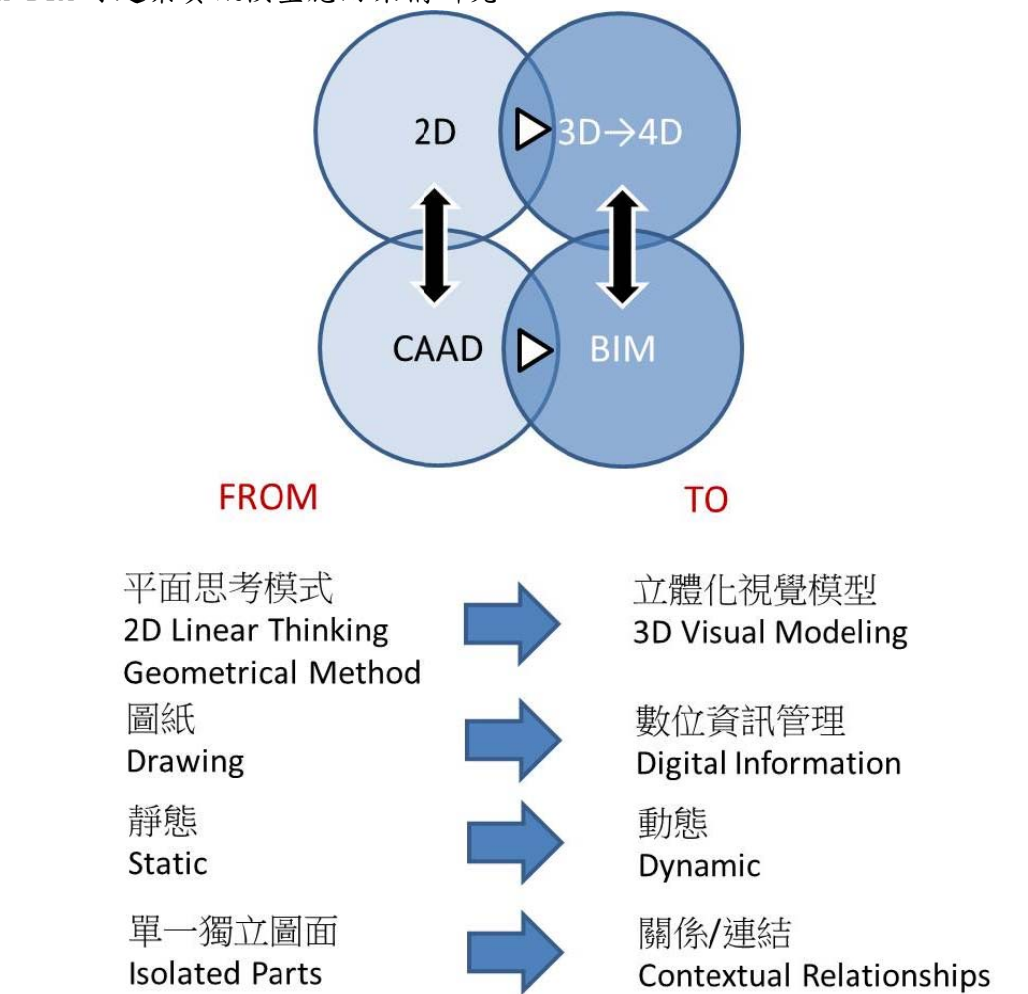


圖 1-1 從 CAD 到 BIM

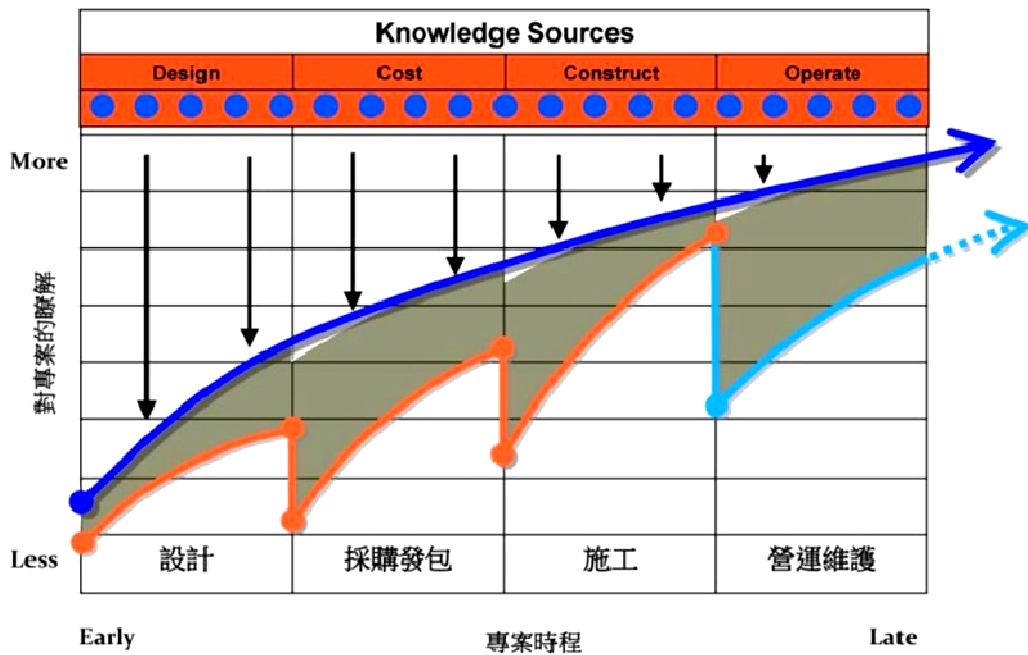


圖 1-2 建築資訊傳遞的逆流與斷層

(來源:Autodesk, Inc)

第二節 研究範圍與內容

BIM 建築資訊建模(Building Information Modeling)主要是形容以三維圖形為主、物件導向、建築學有關的電腦輔助設計。依據 Eastman 的定義，BIM 建築資訊建模為以數位呈現建構建築設計、施工構造和設施管理的新過程方法，達到數位格式促進交流和交互操作的特性。

Green BIM，綠色的建築資訊建模則強調從設計之初便以建築資訊建模(Building Information Modeling, BIM)作為基礎工具，因應在地化的氣候條件，進行建築效能分析(Building Performance Analysis, BPA)，透過“設計”、“評估”的決策循環，產生符合環境效益的最適化的設計方案，最終達到追求環境永續發展的目的。(陳，2014(1))

因此，Green BIM 的研究主要範疇包括：建築資訊建模、建築效能分析、永續設計。(圖 1-3)，表 1-1 說明 BIM 與 Green BIM 之間應用的衍生性與差異性：



圖 1-3 Green BIM 研究範疇

表 1-1 BIM 與 Green BIM 定義及型態之比較

項目	BIM	GREEN BIM
起源	1973 年全球石油危機影響，美國產業界開始思考提升能源效益之方法，1975 年“BIM 之父” Charles Eastman 教授在其研究議題“建築描述系統，Building Description System”中提出“以電腦計算為基礎的建築資訊系統”(a computer-based description of-a building)，實現建築設計的可視化模擬與量化分析，以提升設計與施工效率。2002 年 Autodesk 公司開始使用 BIM 作為其建築、工程和結構應用軟體的設計闡述。(CODEBIM, 2014/12)	2008 年 Eddy Krygiel 與 Bradley Nies 的著作“綠色的 BIM：以建築資訊建模達到成功的永續建築設計”，為首次提出“Green BIM”觀念，文中探討 BIM 對於設計方法的變革以及對於建築產業各使用參與者的影響，並透過與永續解決方案以達到 Green BIM 的發展目標。(Krygiel, Bradley, 2008)
定義	Eastman 認為 BIM 為“以數位呈現建構建築設計、施工構造和設施管理的新過程方法，具備以數位格式促進交流和交互操作的特性”(Eastman, 2008)。McGraw Hill 則在 2009 年的 BIM 市場調查報告中，對 BIM 作了簡潔的定義為“利用數位化模型對建築專案進行設計、施工和營運管理的過程”。(McGraw-Hill Construction, 2010)	Green BIM，即以建築資訊建模(Building Information Modeling, BIM)作為工具，因應在地化的氣候條件，強調從設計之初便透過“設計”、“評估”的決策循環，進行建築效能分析(Building Performance Analysis, BPA)，來產生符合環境效益的最佳設計方案，最終達到追求環境永續發展的目的。(陳, 2014)
特性	美國國家 BIM 標準(United States National Building Information Modeling Standard)對 BIM 的含義作出四個層面的解釋： 1. 以數位化方法表達一個設施的物理和功能特性。 2. 一個共享的知識資源。 3. 分享跟這個設施相關的資訊，在設施的整個生命週期中為所有對策提供可靠依據的過程。 4. 在建設案件的不同階段中，各參與者經由在資訊模型中嵌入、提取、更新和修改資訊，以支援與反應各自職責的協同作業。(柏, 2011)	Eddy Krygiel 與 Bradley Nies 認為在 Green BIM 操作時，應具備： 1. 理解氣候環境之影響。 2. 使用基準評估與目標設定。 3. 利用 BIM 架構進行效能分析。 4. 透過方案校正達到效能最佳化。 (Krygiel, Bradley, 2008)
方法	為利用資料庫與模型的動態連結的系統，以進行從設計方案評估、衝突檢查、施工管理各層面之運用模式。	著重 BIM 技術在生態節能面向之操作，涵蓋氣候影響、可視化模擬、與建築調適能力以達到永續設計的目標。
趨勢研究	(1) 雲端整合趨勢： 如歐特克公司(Autodesk, Inc.)發展之 BIM 360 Glue，整合 BIM 介面及檔案格式，使所有專案成員皆能藉由桌機、行動裝置和網路存取專案資訊，進行模型協調和衝突檢測，加速設計到建造流程的橫向互動。 (2) 在地化應用： 材質屬性尺度之雲端資料庫發展，各國建築技術規範參數之結合，以發展符合各地特性之模型運用。(BIM 360 GLUE, 2014/12)	(1) 氣候數據預測與建築效能分析 雲端的虛擬氣象站技術發展，並可望進一步藉由預測年之氣候參數輸入，研擬未來環境變遷下的建築調適發展。(Malkin, 2008) (2) 建築生命週期的能源管理 建築營運階段的使用行為、設備運作應視為一個動態延續的過程，未來可藉由與智慧建築、智慧電網的結合，進行營運階段之建築能耗分析與回饋修正之建議，以使 Green BIM 應用貫徹建築全生命週期。

根據上表的比較分析，Green BIM 是以 BIM 基礎的資訊模型進行建築效能分析，持續的校正設計直到滿足其設定的綠建築評估指標，以滿足環境永續發展與最佳化能源使用的效益為設計目標。

第三節 研究方法與流程

根據研究範圍與內容的界定，本研究計劃之主要步驟為緒論、文獻回顧與案例分析、理論與方法、實作驗證、結論與建議等五個部分，說明如下(圖 1-4)：

1. 緒論：釐清研究動機與目的，確定研究範圍與內容，發展研究方法與流程，建立研究課題，整理用語定義。
2. 文獻回顧：本研究涉及建築資訊建模(BIM)、建築效能分析(BPA)、永續設計等面向，並探討軟體發展特性與國內外以 BIM 方法達成綠能(Green)目標的案例分析，藉以了解 Green BIM 操作環境與發展效應。
3. 理論與方法：根據研究動機與文獻分析，本研究提出以 Green BIM 的“設計”、“評估”決策循環方法，進行建築效能分析(Building Performance Analysis, BPA)，來產生符合環境效益的最佳設計方案，並以 Autodesk Vasari 為例，分析其應用架構。
4. 實作驗證：藉由模型建構、參數實驗與效能分析、回饋修正過程，探討 Green BIM 架構的應用面向，並檢討其影響因子與評估限制，以佐證建築節能應用之可行性。
5. 結論：針對實作結果探討本研究評估應用的可行性，就理論與實際成果的差異性進行檢討，並提出 Green BIM 在建築生命週期的應用趨勢建議。

第四節 預期困難

有別於國內外相關研究，本研究的重要貢獻在於：基於設計決策的觀點，整合 BIM 與 BPA 的實務操作，提出 Green BIM-based 決策循環模型，助益於篩選出符合節能與減碳設計的最適化方案。根據 Green BIM 的研究範圍，與主要步驟，預期解決的困難點如下：

1. 建立決策循環程序

傳統設計流程在草案設計後，即將資源集中在細部設計與施工圖的產出，往往造成在施工階段因評估不慎或圖說盲點而屢致變更設計，這時營建成本損耗將隨著時程演進而急遽增加。因此在 BIM 設計導向之過程，如何藉由合理的評估流程來避免程序不經濟，並使得方案目標效益可以達到更精準的檢核計算，在程序方法上應建置其可能的基礎評估架構。

2. 探索交換格式

如果透過一致的交換格式(exchange format)，使得模型與資訊能夠在 BIM (設計) 與 BPA (分析) 間有效的傳遞，則可以節省大量的重覆建模、重覆設置參數的時間。BIM 包含了幾何、物理和拓撲資訊，BPA 包括了：建築日照、遮陽優化、熱幅射、空調耗能、音效設計、通風環境、視覺影響、生命週期的能耗與碳排等建築效能可視化與數值化的分析。據統計，目前世界上主要的效能分析軟體約有 350 多種，但是因為缺乏統一的傳輸標準，幾乎使用每一種軟體，都需重新建模，耗費了大量工作時間(Autodesk Inc., 柏慕中國, 2012)。這個困擾也存在於 BIM 軟體與 BPA 軟體間的傳輸與交換。

3. 突破在地化氣象資料的限制

2005 年 Dr. Andrew 及 Square ONE 開發團隊推出 ecotect 軟體，使直覺化而易操作的建築物理環境分析得到運用；2008 年 Autodesk 公司併購 ecotect，並開始與 Revit 的 BIM 架構有更好的研發整合。但此階段仍受限於氣象參數與建築耗能因素未能充

分展現，例如在台灣 ecotect 的 WEA 氣象數據僅預設台北、台中等 7 個主要城市，為建立合乎其他基地環境的氣象數據則需自行蒐集轉換 TMY2(典型氣象年)的數據集，以及對於建築材料構造、使用類別特性未能結合研究資料或法規並進一步反應於效能分析結果，而使得軟體應用侷限於設計初始階段的能源表現，其準確性與供方案檢討校正的精準性仍受存疑。

第五節 研究流程

根據研究範圍、理論方法與主要步驟、預期困難，本”研究流程”歸納如下圖：

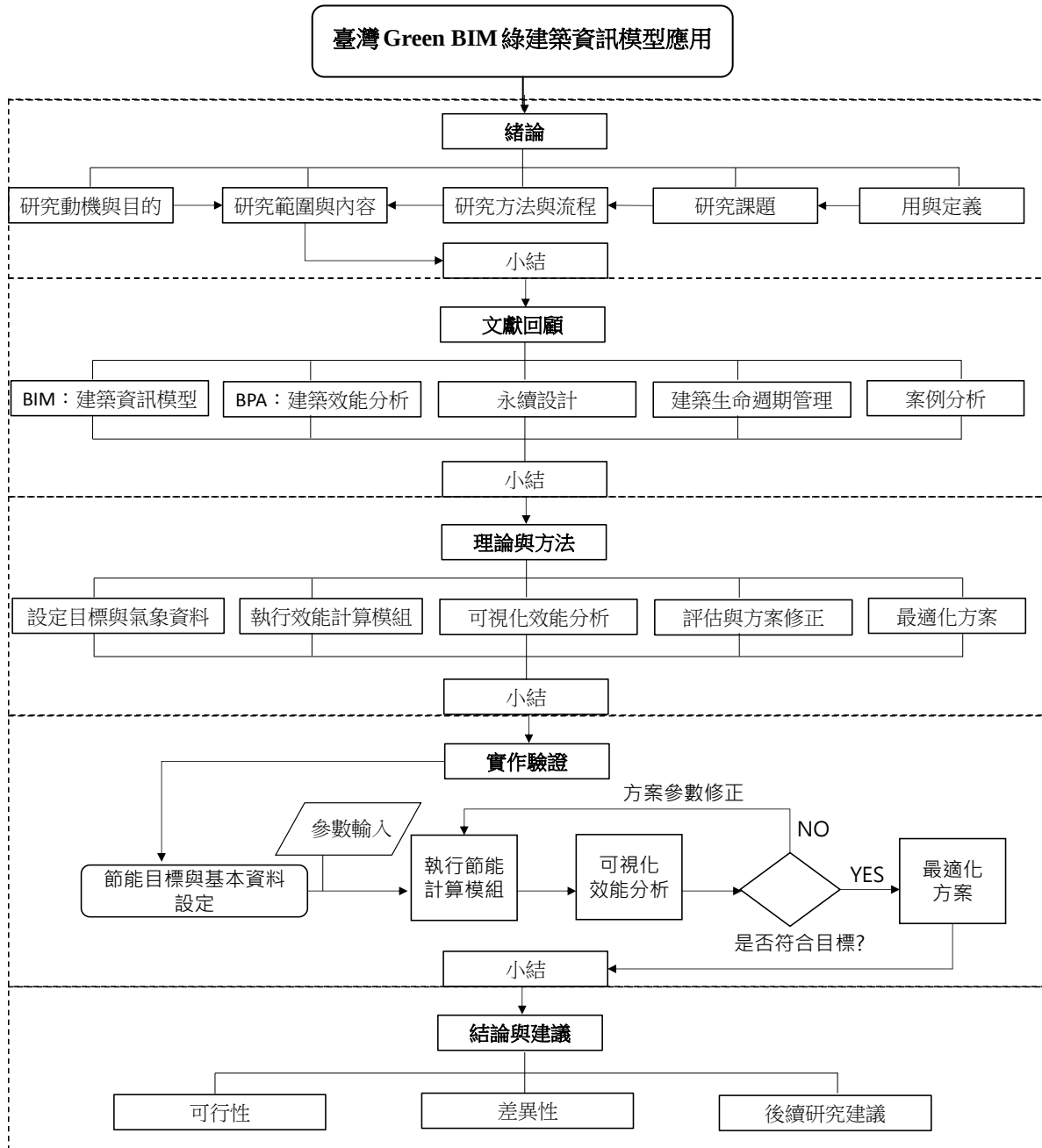


圖 1-4 研究步驟

第六節 用語定義

本研究 Green BIM，綠色的建築資訊建模定義為：強調從設計之初便以建築資訊建模 (Building Information Modeling, BIM) 作為基礎工具，因應在地化的氣候條件，進行建築效能分析 (Building Performance Analysis, BPA)，透過“設計”、“評估”的決策循環，產生符合環境效益的最適化的設計方案，最終達到追求環境永續發展的目的。針對本研究內容，整理相關的用語定義，說明如下：

■ 建築資訊建模 (Building Information Modeling, BIM)

建築資訊建模是建築資訊”建模”與資訊”管理”的整合性工具，應用在建築生命週期的不同階段，用數位的方式與統一的資訊格式呈現建構過程，促進交流和交互應用的操作性。它可以增進建築設計的方案規劃與工程管理、改善過去以 2D 圖紙作為溝通思考的方式、運用 3D 模型與 4D 動畫進行專案設計、加強建築團隊間的溝通協調、提高工作效率、減少建築生命週期中的風險、錯誤和成本。

■ 建築效能分析 (Building Performance Analysis, BPA)

運用建築資訊建模進行包括日照、輻射熱能、氣流、生命週期的能源計算，作為最適化方案評估的依據，其分析架構包括目標設定 (Goal)、度量原則 (Metrics)、分析工具 (Tools)、方案評估 (Analysis) 等過程。

■ 決策循環 (Decision making circle)

決策主體在決策情境中進行決策行為的過程，依次包含以下步驟：(1) 問題產生；(2) 蒐集資訊；(3) 選擇方案；(4) 執行決策；(5) 決策評估，可構成決策行為的流程圖，進行決策乃是由步驟(1)向步驟(5)推展，而經由決策評估的程序決定是否再進行修正迴圈，在回饋環路 (Feedback Loop) 裡，決策行為周而復始循環直到”最適化”方案出現。

■ 永續設計 (Sustainable design)

永續設計的範疇包括建材、建築物、都市區域的尺度大小，永續發展是一種符合經濟、社會及生態學三個面向永續經營的完整概念，並且是一種改變資源利用態度、投資方向、科技發展及制度變遷的過程。

■ 建築生命週期管理(Building Lifecycle Management, BLM)

生命週期管理(Life Cycle Management, LCM)為供給(S)、投入(I)、製程(P)、產出(O)、顧客(C)的流程管理(SIPOC)，運用 SIPOC 過程可以迅速釐清所處位置與影響，並可以界定、紀錄與分析並了解問題，最後擬定解決方案與追蹤事項。運用在建築生命週期則為建築物從規劃設計、營建生產、到顧客使用(營運)等階段的應用管理面向。

第七節 小結

本研究建議導入 Green BIM，即以建築資訊建模(Building Information Modeling, BIM)作為工具，因應在地化的氣候條件，強調從設計之初便透過“設計”、“評估”的決策循環，進行建築效能分析(Building Performance Analysis, BPA)，來產生符合環境效益的最佳設計方案，最終達到追求環境永續發展的目的。臺灣 Green BIM 的研究主要範疇包括：建築資訊建模、建築效能分析、永續設計。在研究的主要步驟上，預期解決的困難包括(1)建立決策循環的程序、(2)探索交換格式、(3)突破在地化氣象資料的限制，並進一步探討 Green BIM 在建築生命週期的應用範疇及後續可期的發展面向。

第二章 文獻回顧與案例分析

本研究主要探討 Green BIM 在建築節能的應用與評估的程序與模式，涉及的主要範疇包括：(1)建築資訊建模(Building Information Modeling, BIM)、(2)建築效能分析(Building Performance Analysis, BPA)、(3)決策循環(Decision making circle)、(3)永續設計(Sustainable design)與節能指標、(4)建築生命週期管理(Building Lifecycle Management, BLM)。本章節藉由文獻回顧與案例分析探討節能評估機制建構所涉略之工具方法、邏輯步驟、節能策略與建築生命週期的應用範疇，並就各領域對研究目的之交互關係進行彙整論述，最終以相關案例分析與歸納目前台灣及國際間 Green BIM 導向的設計發展策略與節能實踐的特性。

第一節 建築資訊建模、建築效能分析與建築生命週期管理的評

估項目

壹、建築資訊建模與建築效能分析軟體的發展

建築的電腦輔助設計的發展是從 2D 的電腦輔助繪圖邁向 3D 的建築資訊建模，以減少資訊傳遞的落差，促進建築相關產業的協同合作。1990-2000 年網路逐漸興起，研究者開始思考運用電腦輔助合作式設計，串連不同領域合作者，利用資料庫進行設計資訊管理。2000 年後進入建築資訊建模的時代，將建築物生命週期中所有的物件資訊數位化，增進建築設計的方案規劃與工程管理。2008 年 Eastman 提出建築資訊建模更明確簡潔的解釋，他認為 BIM 是以數位呈現建構建築設計、施工構造和設施管理的新過程方法，達到以數位格式促進交流和交互操作的特性。

依據美國國家 BIM 標準 (United States National Building Information Modeling Standard)對 BIM 的定義做以下四個層面的解釋：

1. 以數位化方法表達一個設施的物理和功能特性。
2. 一個共享的知識資源。
3. 分享跟這個設施相關的資訊，在設施的整個生命週期中為所有的對策提供可靠依據的過程。
4. 在建設案件的不同階段中，各參與者經由在資訊模型中嵌入、提取、更新和修改資訊，以支援與反應各自職責的協同作業。

換言之，BIM 是建築資訊建模與資訊管理的整合應用工具，用來增進建築設計的方案規劃與工程管理，改善過去以 2D 圖紙作為溝通思考的方式，運用 3D 模型與 4D 動畫進行專案設計，加強建築團隊之間的溝通協調，提高工作效率，同時減少風險、錯誤和成本；藉由建築資訊建模(BIM)工具的輔助可以加強建設方案的規劃和管理(Kymmell, 2008)。隨著電腦運算技術日新月益的發展，電腦輔助設計的趨勢也在改變，從個人電腦 時代的 2D 平面圖走

向 3D 模型思考的階段，仍以人為設計主體(電腦為模型呈現的工具)，演變至今的雲端運算時代，重視協同合作與運算資訊作為設計方案之判斷，並省思永續性的建築生命週期管理。

(表 2-1)(張，2011)

表 2-1 電腦輔助設計模式的發展比較

時代	大型主機時代	工作站時代	個人電腦時代	網路時代	雲端運算時代
年份	1960-1970	1970-1980	1980-1990	1990-2000	2000-2010
照片					
說明	撰寫應用程式解決重複且繁雜的動作	使用電腦為工具，進行建築設計的過程，開發電腦輔助設計(繪圖與製造)系	個人電腦時代，藉由電腦的運算功能，建築外型開始解放	網路的出現，開啟建築合作式設計與虛擬設計的研究，並利用許多資訊媒材提供輔助	建築設計協同作業，針對合作成員的問題，提供協助與資訊，輔佐設計團隊進行設計方案
目的	設計自動化，取代傳統紙筆繪圖與實體模型思考設計。	以電腦工具代替傳統尺規繪圖統。	簡單的直接操作，應用在可見的圖像，免去複雜的語法。	解決遠距離團隊合作的問題，促進設計決策。	建築設計協同作業，用於建築團隊整合、資訊管理。
作業系統	每一台機器搭配自家的作業系統	MS-DOS	Windows 3.0、MAC	Windows XP、MAC	Windows 7
軟體	使用者自行撰寫	使用者自行撰寫	Autocad	3DMAX、FormZ、Sketchup	Revit、ArchiCAD Rhino Grasshopper
介面	文字介面	文字介面	圖形化操作介面	圖形化操作介面	物件導向操作介面
用途	將電腦作為紀錄與計算的工具	將電腦視為繪圖工具與製造產品的機器	以立體空間為設計出發點，跳脫以往平面思考堆疊空間	合作式介面、資料庫探礦	強化永續的設計分析、衝突偵測、施工規畫以及材料製造
趨勢發展	設計自動化	電腦輔助設計系統的開發	專家系統、資料庫、人工智慧、圖形化操作介面	案例式資料庫、合作式設計、虛擬實境	建築資訊建模(BIM)、擴增實境

資料來源：張，2011

Green BIM 以 3D 的 BIM 為基礎工具，利用資訊結合與圖像動態系統，進行建築效能分析與方案校正的計算分析，以達到最佳化的節能目標。圖 2-1 呈現在 Green BIM 架構下的重要要素組成，這些要素相互牽動影響並整合進 BIM 模型，促使瞭解諸如結構、機械、能耗、日照或其他因子如何影響設計策略(Krygiel , Nies, 2008)；諸如日照分析可以提示建築物座向和構造形式，開窗條件可能影響機械設備效能或替代能源的評估；因應設計目標或評估需求，使用者可自行建構模型應用策略。

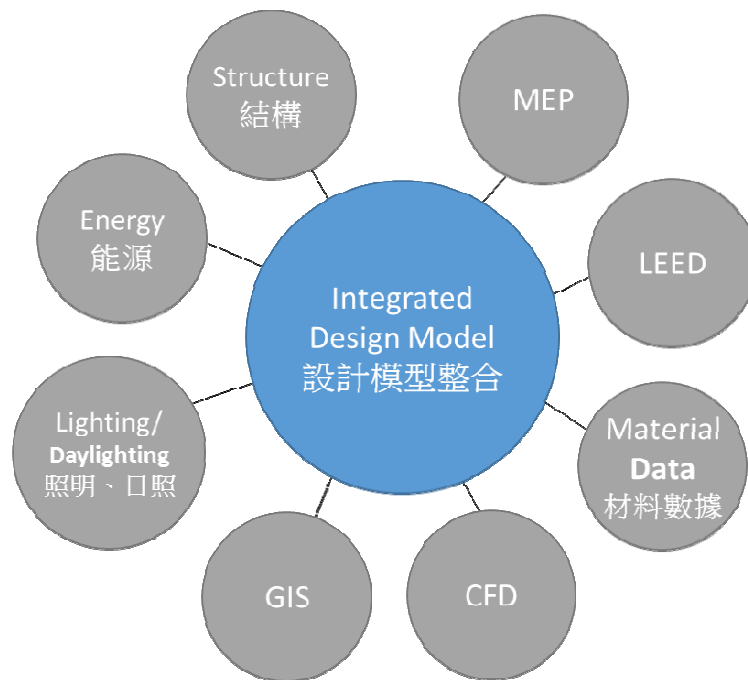


圖 2-1 Green BIM 模型整合面向

來源：重製自 Krygiel , Nies, 2008

貳、建築生命週期評估項目

建築物的生命週期評估 (Building Life Cycle Assessment)，是由建材生產、營建、運輸到建築物拆解、廢棄物處理等過程。本研究所提議的 Green BIM 的應用範圍，從前期設計(PD)、初部設計(SD)到細部設計(DD)階段，藉由設計階段的效能提升方案，改善建築營運期間的能源損耗與設備負擔；涉及的評估與分析項目包括：太陽位置、日光分析、遮陽設計、採光權、熱幅射、空調耗能、音效設計、風環境等。圖 2-2 以 Autodesk 公司為例，彙整從 PD 到 CD、到營建與營運管理的各階段建築生命週期與其對應的應用軟體，另外由圖 2-3 Macleamy Curve 則可觀察，BIM 架構下的建築成本曲線，將投入成本重心往生命週期前端移

置(即 PD、SD、DD 階段)，藉由較具效益之評估方案，降低後續施工、營運階段的變更設計或成本損耗(包括施工成本與營運耗能成本)，也呼應了建築設計初期決策評估過程的效益與影響潛力。圖 2-4 整理出在建築生命週期各階段的評估與分析項目。

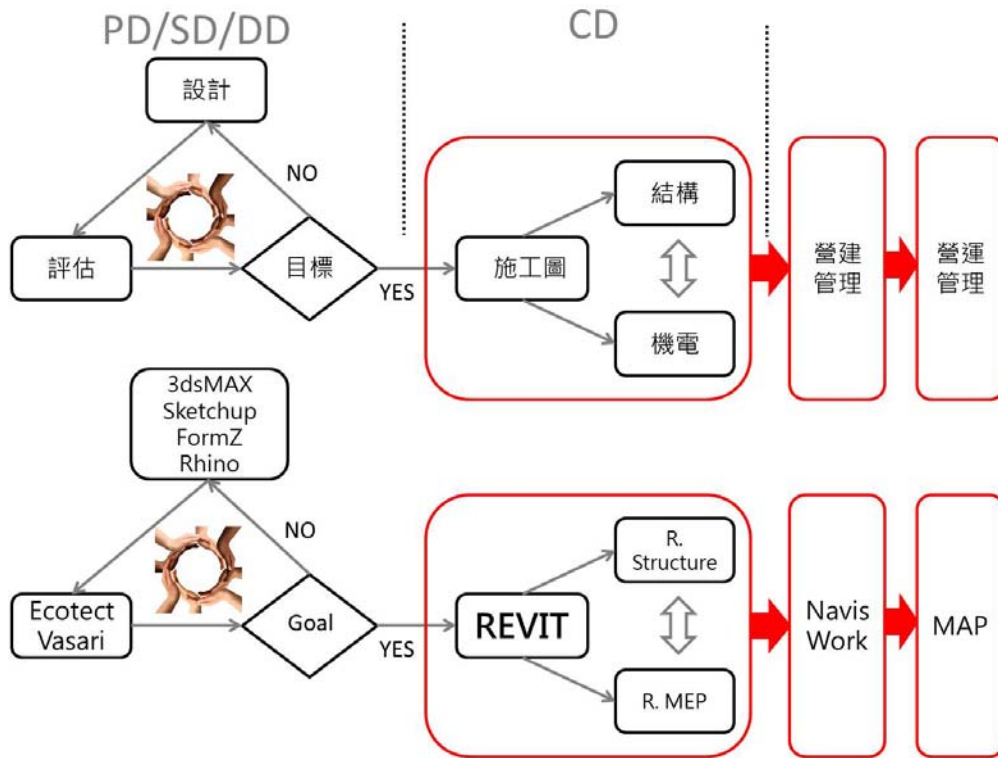


圖 2-2 以 Autodesk 公司為主的產品為例，建築生命週期與其對應的應用軟體

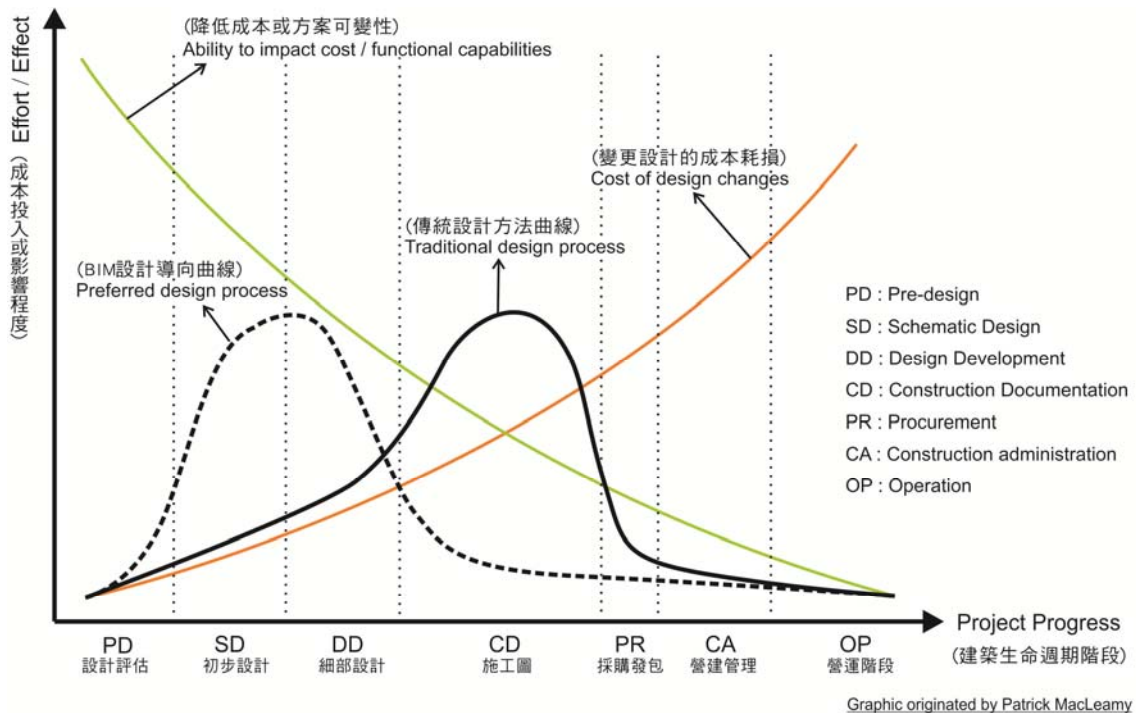


圖 2-3 傳統建築設計與 BIM 的生命週期成本曲線(Macleamy)

來源：編輯自 Macleamy, 2004

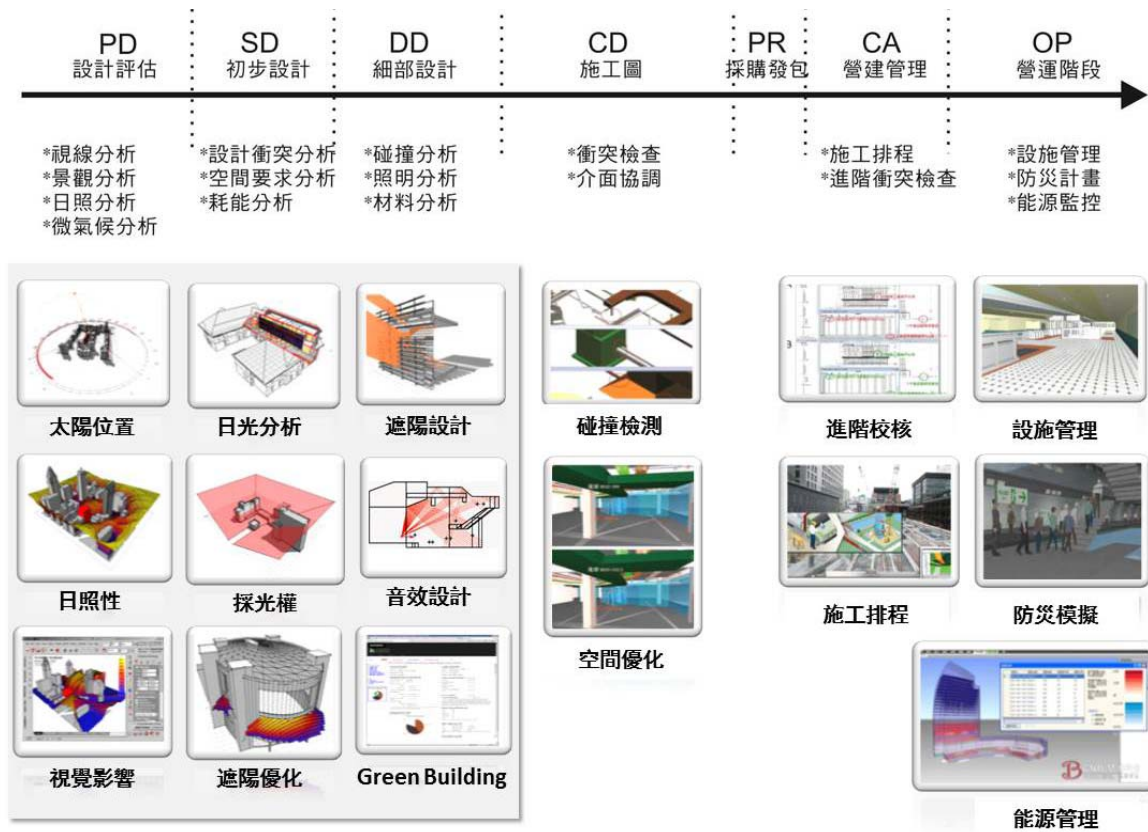


圖 2-4 在建築生命週期各階段的評估與分析項目(邱秀婷整理)

第二節 永續設計與 BIM 架構下的建築效能分析

壹、永續設計

2000 年永續建築國際會議(sustainable building)定義「永續設計」:「永續設計的範疇包括建材、建築物、都市區域的尺度大小,永續發展是一種符合經濟、社會及生態學三個面向永續經營的完整概念。」。1987 年 WCED 大會(Brundtland Commission, 1987)指出永續發展不是一個固定的和諧狀況,而是一種改變資源利用態度、投資方向、科技發展及制度變遷的過程。美國建築學會(The AIA Committee)認為永續設計(Sustainable design)的基本措施如下:

- (1) 設計革新(Design & Innovation):追求最佳化設計的內在形式,專案應傳達永續設計的方法和意圖,並具創新的機會優勢。
- (2) 地域化或社區化設計(Regional/Community Design):著重於獨特的地方文化和區域自然特性
- (3) 土地使用與基地生態(Land Use & Site Ecology):在人類生存發展的同時,兼顧維護、提升自然環境,包括生態系統、水域和野生動物棲息地。
- (4) 氣候因子(Bioclimatic Design):節省資源,並透過適應基地環境與區域氣候條件的方式達到最大舒適度的設計。
- (5) 光環境與空氣品質(Light & Air):創造舒適的室內環境,滿足採光、景觀視野和空氣流通。
- (6) 水循環(Water Cycle):達到節水要求,保護並改善用水品質。
- (7) 熱環境和節能設計(Energy Flows & Energy Future):達到節約能源和資源的目的,藉由改善建築效能減少碳足跡,並預先因應未來的能源條件和環境需求。

- (8) 材料及構造利用(Materials & Construction): 透過材料的選擇, 減少產品生命週期對環境的影響, 提升設備效能並達到健康舒適的居住環境。
- (9) 永續及合宜性(Long Life, Loose Fit): 追求生態、經濟、與社會價值的永續提升。
- (10) 知識共享和回饋循環(Collective Wisdom and Feedback Loops): 透過持續的紀錄回饋和知識教育, 是實踐永續設計的最佳策略。

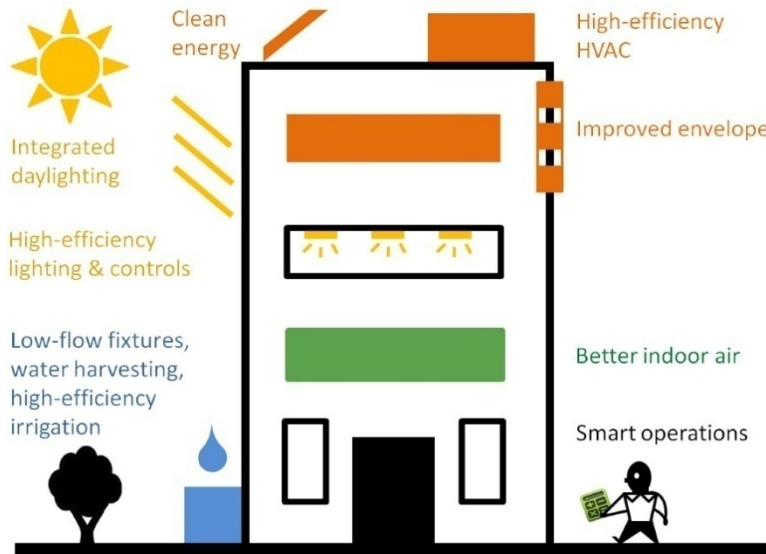


圖 2-5 永續建築設計措施案例

來源: Design-Build Conference & EXPO, 2013

本研究以永續節能為前提, 探討 BIM 架構在建築效能評估的應用, 因此就建築永續之議題進行概念綜理。歸納永續的範疇包括設計面(建築環境與造型設計、構造材料的應對)、程序面(設計方法與知識系統)、社會面(土地使用或經濟環境)等層面, 後續藉由操作過程探討“Green”永續策略的 BIM 應用面向與限制, 以及未來待突破的議題。

貳、節能指標

在亞洲地區，根據研究建築生命週期約 30~50 年，從建材生產運輸、建造施工、營運使用、整修、拆除各階段，能源損耗龐大，其中以長期使用的空調及照明佔日常耗能最大比例。綠建築評估系統 9 大指標中的「日常節能指標」，即是以建築外殼、空調、照明設計的能源效率為評估對象；參考內政部營建署出版的「建築節能法規解說」(2003)，常以代表外殼遮陽性能的「等價開窗率 Req」及代表外殼隔熱性能的「平均熱傳透率 Uai」作為建築節能設計的指標。建築外殼的遮陽性能在於控制經由太陽輻射傳入的日射熱得(solar heat gain)，阻擋日射量進入建築物的手法，包括「減少開窗率」、「採用外遮陽」、「使用低日射透過率的玻璃」(黃瑞隆，2013)。

表 2-2 各類建築外殼耗能指標

建築類別	耗能評估指標	台灣綠建築規章	單位																				
辦公、百貨商場、旅館、醫院類	建築外殼耗能量 ENVLOAD	建築外殼耗能指標與基準： <table border="1"> <tr> <th>評估類別</th><th>北部</th><th>中部</th><th>南部</th></tr> <tr> <td>辦公廳類</td><td>80</td><td>90</td><td>115</td></tr> <tr> <td>百貨商場類</td><td>240</td><td>270</td><td>315</td></tr> <tr> <td>旅館類</td><td>100</td><td>120</td><td>135</td></tr> <tr> <td>醫院類</td><td>140</td><td>155</td><td>190</td></tr> </table>	評估類別	北部	中部	南部	辦公廳類	80	90	115	百貨商場類	240	270	315	旅館類	100	120	135	醫院類	140	155	190	kWh/m ² -year
評估類別	北部	中部	南部																				
辦公廳類	80	90	115																				
百貨商場類	240	270	315																				
旅館類	100	120	135																				
醫院類	140	155	190																				
學校、大型空間類	窗面平均日射取得率 AWSG	窗面平均日射取得量應分別低於表之基準值： <table border="1"> <tr> <th>窗面平均取得額日射量</th><th>北部</th><th>中部</th><th>南部</th></tr> <tr> <td>10~20%</td><td>235</td><td>310</td><td>360</td></tr> <tr> <td>20~30%</td><td>200</td><td>255</td><td>295</td></tr> <tr> <td>30~45%</td><td>10</td><td>200</td><td>220</td></tr> <tr> <td>45~60%</td><td>125</td><td>155</td><td>175</td></tr> </table>	窗面平均取得額日射量	北部	中部	南部	10~20%	235	310	360	20~30%	200	255	295	30~45%	10	200	220	45~60%	125	155	175	kWh/m ² -year
窗面平均取得額日射量	北部	中部	南部																				
10~20%	235	310	360																				
20~30%	200	255	295																				
30~45%	10	200	220																				
45~60%	125	155	175																				
住宿類	等價開窗率 Req	住宿類建築物外殼等價開窗率之基準值： <table border="1"> <tr> <th>評估類別</th><th>北部</th><th>中部</th><th>南部</th></tr> <tr> <td>住宿類</td><td>13%</td><td>15%</td><td>18%</td></tr> </table>	評估類別	北部	中部	南部	住宿類	13%	15%	18%	%												
評估類別	北部	中部	南部																				
住宿類	13%	15%	18%																				
其他類	屋頂熱傳透率 Uar	受建築節約能源管制建築物之屋頂平均熱傳透率應低於 0.8 W/m ² -K	W/m ² -K																				

空調耗能部分，依據研究其熱負荷來源包括：「室內發散熱負荷」、「新鮮外氣熱負荷」，及「建築外殼熱負荷」，後者是由建築牆體、屋頂、透光開口部位流入室內的熱量，必須同

時考量保溫及遮陽性能。另外，建築方位也是建築外殼節能設計的重點之一，例如大窗面避東西向，建築物的長邊採南北向為佳，已成經驗常談。以下針對永續節能指標進行彙整分析：

1. 建築配置

台灣氣候高溫濕熱，在建築設計上如能依據氣候條件合宜配置其形式，可以達到很高的節能效益。例如台灣南部地區，面西的住宅比面北的住宅其單位樓地板面積的年平均耗電量要高出 33%，因此建物方位配置實質上影響到建築的耗能特性，通常任何建築群的不同配置方案，可影響到建築物總耗能量的一成以上(何志宏，2013)。

- (1) 方位：以台灣地區而言，由日射量多寡排列的優先順序，房屋的朝向以南北向最有利，而以東西向得熱量最多；因此在建築配置上，應儘量避免將建築量體的長軸置於日射量較大的方位，且應減少此方位的開窗與開口面積，以力求降低日射熱流。圖 2-6 某辦公建築案例模擬不同方位產生的耗能差異影響。

Orientation	Rotations from true South	Orientation	
		Energy Use KBtu/sf-year	Annual Operating Cost Savings (over base case)
	90° W	61.9	Base Case
	45° W	62.1	0%
	15° W	60.9	0.9%
	0°	61.2	0.7%
	15° E	60.7	1.3%
	30° E	61.5	0.7%
	45° E	61.7	0.5%

圖 2-6 西雅圖的辦公建築案例模擬不同方位產生的耗能差異

來源：BNIM Architects

- (2) 形式：就建築型態與外界氣候的關係而言，表面積愈大的建築物對其空調耗能愈不利，但對其自然採光及通風卻較為有利。大規模全面空調的大型建築物，如醫院、辦公大樓、旅館、及大型展示中心，為降低空調負荷，可採用較集中的正方形，減少表面積及日射得熱。另考慮晝光分布以及通風因素，一般較適宜之長寬

比以 1:2 或 1:3 之南北向建築為佳。小規模的一般住宅則以細長，表面積多的建築物型態為佳，使得各規劃空間兼具通風、採光之效果。

2. 開窗率

開窗率係指某方向為面臨外氣之建築物外殼開口部面積與建築物外殼總面積的比例，在炎熱潮濕的台灣，過大的開窗面積是造成空調耗能的主因，而大面積開窗主要目的是以採光且具有較佳的景觀視覺為考量，開窗越大日照機會越高，日照進入室內後溫度自然上昇，為講求舒適勢必啟動空調系統降溫，所以建築採光與開口節能之間必須尋求平衡點以求得節能效果（張昇，2010）。評估指標之「等價開窗率(Req)」，係指建築物各方位外殼透光部份之開窗面積，經標準化之日射與遮陽、通風修正計算後的開窗面積。

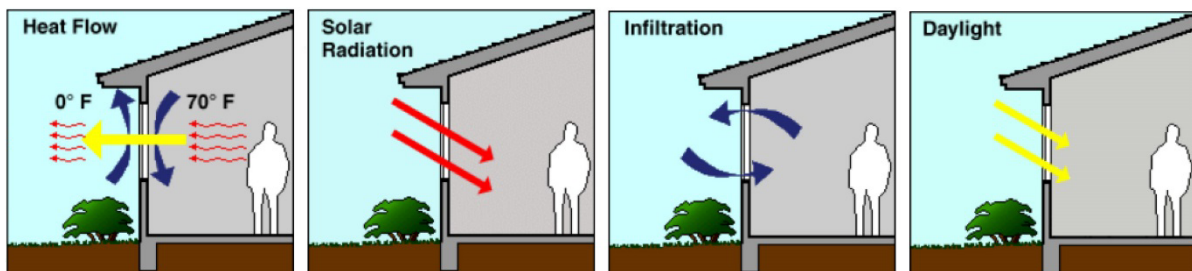


圖 2-7 開窗對建築能耗與室內環境之影響

來源：黃瑞隆，2013

3. 外遮陽

外遮陽是亞熱帶地區最有效且營造舒適建築環境的重要策略，在熱帶地區更為顯著，例如由新加坡向北至香港、台北、東京等地，其節能效果依序為 15.8%、15.0%、12.9%、5.6%，外遮陽除可滿足節能的要求外，且具有防範眩光的效果(何志宏，2013)。

- (1) 水平遮陽：水平遮陽構造可遮擋高傾斜角的日照熱輻射線，台灣因位於北半球，因此建築物的南向立面適合使用水平遮陽。
- (2) 垂直遮陽：垂直遮陽構造可遮擋斜射方位角的日照熱輻射線，台灣建築物北向立面射入室內的輻射線角度較低，可應用垂直式遮陽方式提升遮陽效果；垂直遮陽可能對自然通風產生引導或屏障等迥然不同的作用，故需謹慎評估設計。

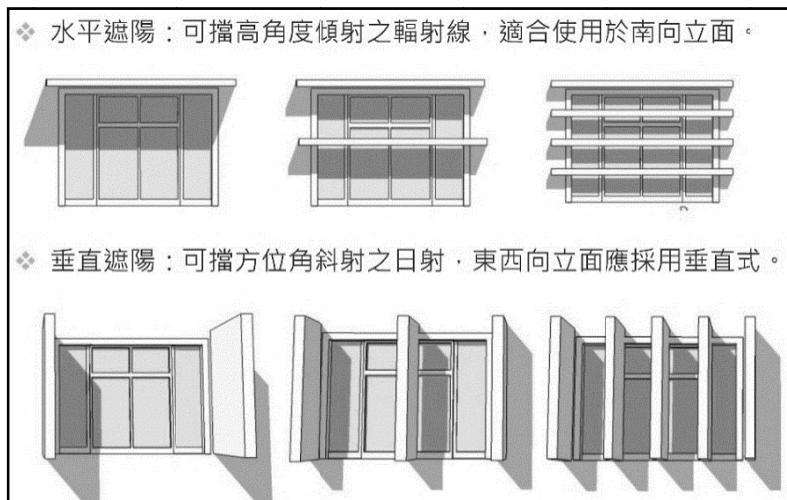


圖 2-8 外遮陽形式

來源：黃瑞隆，2013

4. 隔熱材料

直接影響建築室內空調負荷的構造項目為外牆及屋頂材料，為達節能目標應以減少外界熱量侵入為必要條件；在使用隔熱處理時，必須視建築物使用型態而定，過度隔熱對於室內發熱量高的情形反而會因散熱不佳而增加空調負擔。

- (1) 外牆構造：以使用明度較高的表面材料增加反射率較佳，通常以淺色材料為佳，白色牆體具有 90% 的反射率，而一般紅磚混凝土建材則在 10% ~50% 之間。建築外殼傳透熱流的關鍵在於材料的熱傳透率，熱傳透率一般以 U 值 ($W/m^2 \cdot K$) 來表示，其值越小隔熱能力越好。以 12cm 厚的 RC 外牆為例，其 U 值高達 3.78，而有良好隔熱層的鋁金屬帷幕牆可在 0.71 以下。
- (2) 屋頂構造：熱濕地區因緯度較低、屋頂接受極大日射熱，可藉由在屋頂外側增設隔熱層改善屋頂隔熱能力，屋頂內側空氣層則可提升散熱對流功能；另如屋頂採水平天窗會使建築外殼耗能量 (ENVLOAD, 單位： $KW \cdot hr / (m^2 \cdot year)$) 劇增，應予避免；綠建築專章規定之屋頂平均熱傳透率應低於 $0.8 W/m^2-K$ 。

各國相當氣候水準 比較區	屋頂平均傳透 率上限值 Uwmax (W/m ² ·k)	外牆平均傳透 率上限值 Uwmax (W/m ² ·k)	玻璃部位平均傳透率上限值 Uwmax (W/m ² ·k)		
			立面開窗率> 40%	40%≥立面開 窗率≥25%	立面開窗率< 25%
台灣	1.0	3.5	無規定(但一般單層玻璃是6.5)		
美國Zone 1~2	一般隔熱材 0.27~0.36	實牆0.85~3.3	不准立面開窗 率>40%	非金屬4.26~6.8	
	金屬0.37	金屬牆0.64		金屬3.97~6.8	
中國華南	0.9~1.0	0.7~2.0	2.0	3.0~6.0	6.5

圖 2-9 各國建築物屋頂及外牆隔熱規範

來源：姚志廷，2011

5. 碳排放

碳排放是目前計算產業生產鏈過程對地球環境與溫室氣體影響的全球趨勢，2003 年由國際法人機構發起的碳揭露計畫(Carbon Disclosure Project，簡稱 CDP)，以企業社會責任角度將碳排資訊整合，提供投資人瞭解企業的碳風險管理狀態，且規模逐年擴大。目前先進國家對於碳排放(carbon emission)、碳價(carbon price)的評估交易機制快速發展，並期望藉此控制全球暖化的速度；台灣亦逐步加入推廣行列，例如碳足跡標章(碳標籤，carbonlabel)的建立、機關綠色採購、低碳建築認證制度之研究擬定、開發計畫評估階段導入節能減碳設計等政策，使碳排放評估成為近年環境顯學。

在建築環境應用方面，建築生命週期的碳排放評估(LCCO₂)，藉由計算(1)建材生產運輸、(2)營建施工、(3)日常使用、(4)更新修繕、(5)拆除廢棄處理、(6)建材回收利用等六個生命周期階段的二氧化碳排放，整體反映營建生產、能源使用的綜合環境影響指標，並直接說明對於氣候暖化的量化影響。從圖 2-10 針對台灣地區建築碳排之研究分析(張從怡，2014)，在建築生命週期中，建築新建階段碳排放佔 22.8%(包含建材生產及施工過程碳排)、修繕更新及拆除廢棄處理佔 20.8%、營運使用過程更高達 56.4%，其中又以照明、空調、電器為主要耗能來源。

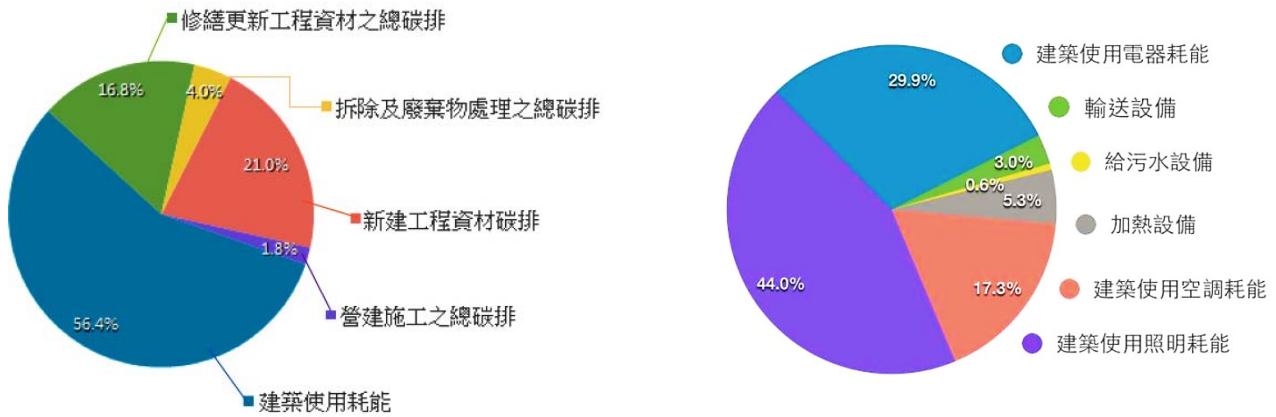


圖 2-10 建築碳排放分配情形

來源：張從怡，2014

在碳排放計算來源方面，包括直接排放源之能源、製程、運輸、逸散，以及間接排放源的電力間接及其他間接，概述如下：

- (1) 能源：電力、熱、蒸氣或其他化石燃料衍生能源產生的溫室氣體排放。
- (2) 製程：生物、物理或化學產生溫室氣體排放之製程。
- (3) 運輸：擁有控制權下的原料、產品、廢棄物與員工交通等運輸。
- (4) 逸散：生產處理過程的溫室氣體排放，如空調設備溢出的 HFC。
- (5) 電力間接：因外購電力、蒸氣、熱，來自於別人所擁有的資產、設備所產生的溫室氣體排放。
- (6) 其他間接：其他來自於他人之資產、設備或商業活動所產生的排放。

建築物的碳排計算主要涉及建築材料生產與使用耗能二個層面：

- (1) 建築材料：為材料生產製造、運輸、組裝加工過程產生的 CO₂ 排放，有關台灣建材的 CO₂ 排放量統計，金屬類建材大多為高加工度、高耗能、高 CO₂ 排放的建材，尤其進口粗鋁錠之 CO₂ 排放量為鋼筋的 8.6 倍，為一般水泥的 18.8 倍，石材類因加

工程程序單純故碳排放量較低。

- (2) 日常耗能：統計在台灣一棟 4F 的 RC 住宅之建築軀體與建築設備之 CO₂ 排放量可發現，住宅在營建過程之建材生產、運輸、營建之 CO₂ 排放量，僅占生命週期 CO₂ 總排放量的 22.52%，而日常耗電量 40 年累算之 LCCO₂ 則占 62.94%(林憲德, 2010)。如在溫帶或寒帶的住宅，因為採暖能源急遽變大之故，其日常耗能之 LCCO₂ 可能高達 70~90%，可見日常節約能源在住宅 CO₂ 減量對策中占有絕對主導的地位。

建築碳足跡指標 $CFI = TCF(\text{總碳足跡}) \div \text{總樓地板面積} \div LC(\text{生命週期標準, yrs})$ ，其單位為 $\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{m}^2 \cdot \text{yr})$ ，目前內政部與相關研究單位正積極評估其減碳百分比(DCF)與分級制度之訂定標準。



圖 2-11 建築碳足跡等級認證(預計 2017 年推行)

來源：低碳建築聯盟，2014

第三節 決策循環模型

Green BIM，綠色的建築資訊建模強調從設計之初便以建築資訊建模作為基礎工具，因應在地化的氣候條件，進行建築效能分析(Building Performance Analysis, BPA)，透過“設計”、“評估”的決策循環，產生符合環境效益的最適化的設計方案，最終達到追求環境永續發展的目標。本研究提出 Green BIM 決策循環模型，整合 BIM、BPA 以達到永續設計的目標。(圖 2-12)

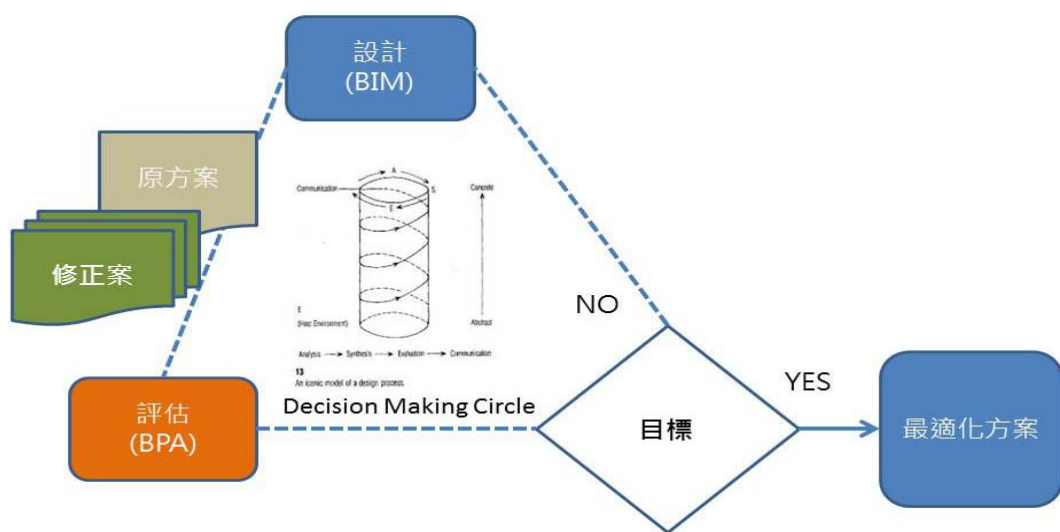


圖 2-12 Green BIM 決策循環模型

藉由支配性的行為(包括：分析、綜合、評估、溝通等，概要為”評估”)，設計過程被標示為一系列解決問題(problem solving)的步驟(Rowe, 1992)。例如：Asimow 的決策循環模型(decision making circle)(Asimow 1962)、以及其它衍生的設計過程模型(Archer, 1965)、(Steinitz, 1995)、(Gero, 1998)。在設計過程的初期所作的決策，對於建築的生命週期效能有很重大的影響。建立在以建築資訊建模 BIM 為基礎的設計方法上，在設計的初期階段，不同設計方案的效能就可以被評估與比較、協助決策，將有效的改善建設的項目(Scade, 2011)。

在傳統建築設計過程，前期設計階段(或概念設計，PD)常被認為是一種黑箱程序(Black Box)(Jones, 1969)，設計者透過個人直覺(intuition)、知識經驗(knowledge experience)

與自我判斷 (judgment) 進行設計過程與概念的發想，輸入(Input)到產出(Output)的過程與邏輯曖昧不明(圖 2-13)。在 1950 年代末期至 1960 年代初期，各個領域的研究者試圖去理解設計者的思考模式並透過邏輯結構 (logic structure) 來解釋設計的黑盒子。

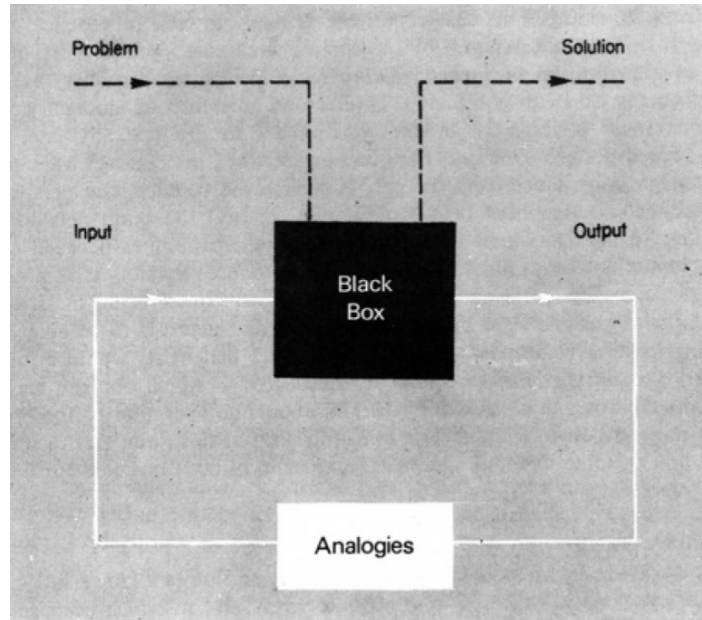


圖 2-13 黑箱(Black Box)設計程序

(來源：Jones, 1992)

Jones 認為設計過程可透過三個主要階段進行觀察：

- (1) 差異性分析 (Divergence)：為設計議題的範圍擴展階段，以使有充分有效的空間尋求解決方案，設計者可能故意增加不確定因素，以避免先入為主的解答 (preconceived solutions)。
- (2) 轉化階段 (Transformation)：本階段依據差分析結果所聚焦範圍發展出實踐模式，並將複雜問題轉化為簡潔且具創造性的設計解決方案。
- (3) 整合階段 (Convergence)：本階段中問題已經被定義且影響變因確立，透過由上向下與由外向內(或反之)的整合程序，設計者的目標為盡可能減少不確定性，方案模型應達到具體且細緻化目標。

1962 年，Asimow 認同 Jones 的三個設計階段外並進一步提出設計過程的循環結構模型，包括行為連續階段(sequential phasing of activities)的垂直結構，以及各階段處於決策循環(decision-making circle)的水平結構；Asimow 將水平連續表達成一個從分析開始經

過綜合(synthesis)、評估(analysis)到溝通(communication)的循環，階段與階段間的關係隨著設計狀況的訊息而呈現流動(flow)，且有很多回饋迴圈(feedback loop)，並認為這個循環是可以重複(repetitious)直到決策形成（圖 2-14）。Asimow 將“設計決策”視為一個從分析開始經過綜合、評估到溝通的循環，根據 Merrian Webster (<http://www.merriam-webster.com/dictionary>)定義，“評估(Assessment, Evaluation)”是對於某事物作出判斷的行動 (act)，以及提出對某事物的理念 (idea) 或者看法 (opinion)。

Asimow 的決策循環設計過程主要區分為三個層次：

- (1) 分析階段 (Analysis)：著重於了解設計問題與界定設計目標。
- (2) 綜合階段 (Synthesis)：致力於替選方案的產生。
- (3) 評估階段 (Evaluation)：依據設計目標，衡量各替選方案的可能性並做決定。

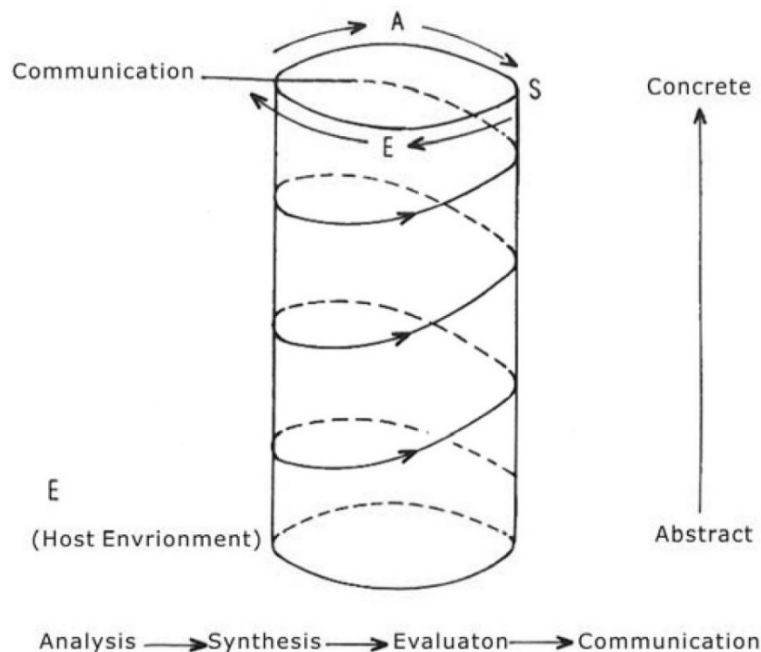


圖 2-14 圖像模型 iconic model (Asimow, 1962)

“建築設計”是一項必需根據“環境”與“使用者”以及其它與房屋設計相關的情境資訊，作出決策的行動。“建築設計的過程”則是設計、評估的決策循環。而決策的“最適化”方案，乃是在特定的約束條件下，找出最趨近或者最符合系統所預期的效能指標的方案

(Chen, 2012)。透過設計、評估的決策循環以邁向”效能導向的建築設計(Performanced-Based Building Design)”並非嶄新的概念，1982 年即由 Gibson 提出：依據建築需要的效能而設計，而非討論如何製造建築。Neil Leach 也表示，當前建築評論的重點不再只是工程上的分析與物理上的技術進步，更重要的是定義新的效能設計準則(Design Certia)、創造新的價值觀(Leach, 2009)。而效能導向的設計方法裡，所有的決定、選擇和權衡都來自於建築使用上的效能需求，並藉由分析及模擬方法來驗證確認設計是否真正滿足需求。因此必須定義“需求”及“合適的對應設計”，它包含了許多議題(Topic)及設計標準(Criteria)，如(1)建築物理、(2)建築環境、(3)建築功能、(4)建築預算、(5)心理層面、(6)社會層面。

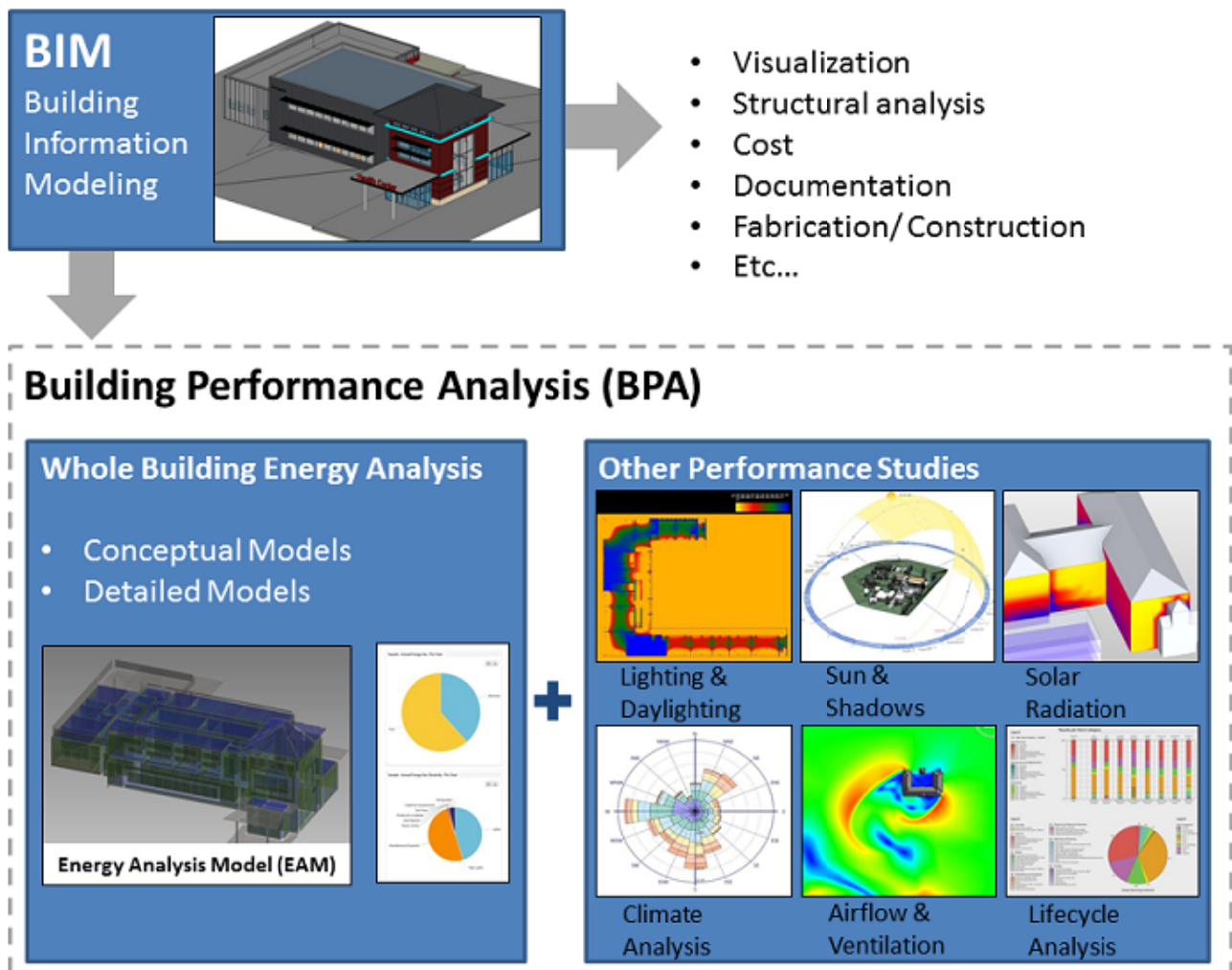


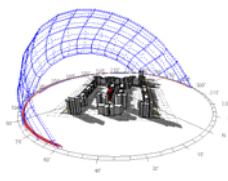
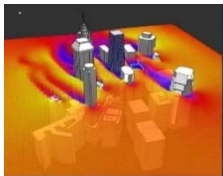
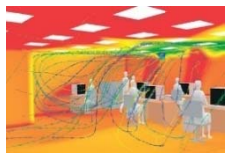
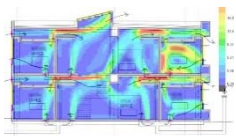
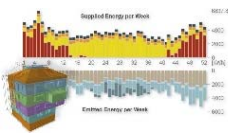
圖 2-15 從 BIM 到 BPA 應用

來源：編輯自 Autodesk Sustainability Workshop , BPA

建築效能分析(Building Performance Analysis, BPA)可視為建築方案設計的“決策循環”過程不可獲缺的環節。探討 BIM 架構中的建築效能分析(BPA)層面包括：預測整體建築的能耗分析、以及建築物理環境的可視化模擬與生命週期分析。然而，其他如生態面向之生物多樣性及綠化量、營運管理面向之廢棄物、水資源利用等效能評估工具，以及社會價值層面的“效能”，則尚待研究界定與開發整合。圖 2-15 詳列 BIM 與 BPA 兩者在細目上的差異與階段運用關係。

基於上述，BIM 體系的軟體公司亦已將建築效能分析工具納入其開發與整合範圍，以期在 3D 作業環境下，更能夠協助設計者與從業人員精準的掌握建築的效能以邁向永續的未來。例如 Autodesk 公司的 Ecotect Analysis 與更簡易使用的 Vasari、Bentley 公司的 Hevacomp 系列和 Tas Ambiens、以及 Graphisoft 公司的綠色能源分析套件。(表 2-3)針對軟體程式、支援的檔案格式、可視化項目、效能分析項目進行分析整理：

表 2-3 效能分析軟體

軟體程式	照片圖式	支援檔案格式	可視化項目	建築效能分析
Ecotect Analysis		DXF/3DS/ RVT-gbXML/ SKP-OBJ	太陽輻射、陰影、日照、散熱效率、建物能源分析	匯入 Green Building Studio 可進行碳排放量報告、用水量及成本估算
Autodesk Vasari		DWG/DXF/ DGN/SAT/SKP	氣候分析、太陽輻射、熱環境、能耗分析、氣流分析	能耗分析(組成/逐月分析)、碳排放、成本分析
Bently Hevacomp		DXF/DGN/ DWG/ IFC/ SKP/3DS/CIS2/gbXML	能源分析、外部遮陽三維圖形、室內移動的陽光照射區	供暖和冷卻負荷計算、管道及風道截面尺寸計算、碳排放計算
TasAmbiens		CAD/ gbXML/ INP/IDF	日照、氣流分析、熱區模擬	碳排放、能耗分析、成本分析、室內舒適度
Graphisoft EcoDesigner		gbXML/PHPP/ iSBEM/ VIP-Energy	氣候分析、能源分析、熱橋現象分析	建築能耗分析、節能優化設定、再生能源方案

第四節 文獻回顧

承上述章節，BIM 與 BPA 在永續設計上的整合性應用，不論在理論與軟硬體工具上皆已逐漸齊備。根據(鄭，2014)，BIM 的權威 Chuck Eastman 教授，1999 年出版 Building Product Models (Eastman, 1999) 定義了建築產品模型的概念、技術與標準，是建築資訊建模的前身。2008 出版 BIM Handbook 建築資訊建模手冊，定義 BIM 與相關技術，並給予各類參與者（業主、專案經理、設計師、工程師、承包商等）BIM 技術應用與案例解說。歸納 BIM 的研究議題與代表學者包括：BIM 參數化建模(Lee, 2006)、BIM 資料交換標準格式(Eastman, 2009)、BIM 空間資料庫應用(Lee, 2012)、BIM 設計與分析流程架構(Sanguinetti, 2012)、資訊交付手冊(Berard, 2012)、BIM 供應鏈平台(Aram, 2013)、BIM 設施管理(Teicholz, 2013)。

然而，相較於先進國家，國內的相關研究卻顯示起步較晚，根據指標性研究機構，科技部學術補助獎勵查詢（表 2-4）、以及內政部建築研究所資料檢索系統(表 2-5)，國內對於 BIM 的研究計畫首見於 2010 年(周，2010)。然而，隨著 2013 年，BIM Handbook 建築資訊建模手冊(中譯版)(賴，2013)的出版，以及軟硬體設備與技術相對成熟普及，發展 BIM 漸為台灣的建築、土木工程、營建管理、資訊管理等領域重視，而其中關注 Green BIM 應用的計有整合綠建築評估指標的(蘇，2012~2015)、(陳，2014)；強調節能設計、資訊交付手冊的(陳，2013)；BIM 導入綠建築實務研究的(鄭，2014)。

表 2-4 科技部學術補助獎勵查詢，2015/06

計畫名稱	主持人， 年份， 領域	摘要	關鍵字
以建築資訊建模技術輔助防救災決策與應變過程	周建成， 2010， 土木工程	建築物應依不同類型災害、不同等級災害強度，而有對應的受損結果，故需參考既有建築物防救災研究成果，了解災害與建築物的關係，並透過專門軟體分析預測災害結果。本研究使用 Model Driven Architecture (MDA)完成 BIM 模型轉換工作。	建築資訊建模，電腦輔助設計 CAD，建築物防救災
整合建築資訊建模與 Stroboscope 營建電腦模擬以利評估工程進度之研究	王維志， 2011， 營建管理	暫不公開	營建管理
建築資訊建模於捷運結構設施維護管理之研究與應用	嚴崇一， 2011， 土木工程	本研究以生命週期維護管理之觀念為理論基礎，研擬捷運設施維護管理步驟，然後探討捷運 BIM 模型之建構方式與流程，最後規劃並發展出實務上可應用之維護管理系統雛形。	建築資訊建模、捷運、生命週期維護管理、設施維護管理
應用雲端運算技術於建築資訊建模展示與操控之研究	吳翌禎， 2011， 土木工程	本研究主要利用雲端運算服務模式一軟體即服務(Software as a Service, SaaS)的概念來建構 BIM 視覺化及操作平台，此平台不受時間及空間距離限制，可提供即時線上工程資訊及 3D 立體模型的視覺化展示及操作，以利工程各單位彼此間協調及溝通，以達協同管理及提昇工程效能之目標。	建築資訊建模、雲端運算、多點觸控、資訊視覺化、資訊操作
BIM-based 工地施工問題與經驗回饋管理模式與系統建置之研究	林祐正， 2011， 土木工程	本研究提出 BIM-based 營建工地問題與經驗回饋實務之知識管理系統。即於工程施工階段應用網路技術經由工程師回饋現場施工問題及經驗匯入 BIM 建築資訊建模及知識管理系統，以利提昇營建工地施工知識管理之效率。	BIM-based 知識管理，3D 知識地圖，營建管理
從 BIM 整合觀點探討亞熱帶綠建築與生態社區設計與人文美學之研究	蘇瑛敏， 2012~2015， 建築	透過 BIM 系統平台整合建築相關領域資訊，運用數位分析工具來建立整合人文社會美學觀點及國內外綠建築評估指標之綠建築及生態社區規劃設計規範，將目前綠建築九大評估指標與臺灣在地實質環境的互動結合。	建築資訊建模，綠建築，生態社區，人文美學
室內設計建築資訊建模建置之前導性研究	藍儒鴻， 2012， 建築	本計畫探討室內設計產業在建築資訊建模標準化的研究與應用，目的在提供跨領域需求的一致性資訊服務，對於國內室內設計相關產業專案資訊格式紛亂難以有效分享的設計資訊溝通問題，提供有效的解決方案。	建築資訊建模、室內設計、裝修元件
語意網路與建築資訊建模應用於智慧生活空間衝突分析與研究	程鼎元， 2012， 資訊管理	本研究將利用語意網建構分析空間資訊的物件位置與綱要資料。運用 IFC 交換格式分析建立點、現、面三者的關聯性，並透過語意網與網路服務取得之空間綱要資料進行推論，建構對應之讀取和寫入，以建立全面的建築資訊建模。對於更新之目標空間資訊，提出運用異質	資訊通訊科技，建築資訊建模，語意感測網，雲端運算，行動網路應用程式介面

第二章 文獻回顧與案例分析

		系統讀取分析，並據此提供不同 3D 建模軟體所對應的 API。	
建築物建築資訊模組之建立	楊錫麒， 2012， 營建管理	本計畫導入建築資訊建模於建設專案中，主要用來幫助建築師及結構、水電、空調等設計師在圖面整合上能省去繁雜的套圖工作，減少了人為核對圖面之疏忽。	建築資訊建模，營建工程，生命週期，變更設計
捷運車站實驗空間建置管理與具經驗參數建築資訊建模之發展與應用研究	謝尚賢， 2013， 土木工程	暫不公開	建築資訊建模，經驗參數
一個基於服務導向動態資料驅動為基礎的建築資訊建模應用系統之研究	程鼎元， 2013， 資訊管理系	未達繳交期限	建築資訊建模，動態資料驅動
整合知識本體、建築資訊建模與營建模擬之工法選擇模式	王維志， 2013， 土木工程	未達繳交期限	建築資訊建模，知識本體
捷運車站重要設施易損與關連性分析：使用擴展後建築資訊建模技術	周建成， 2013， 土木工程	暫不公開	建築資訊建模，關連性分析
應用開放式建築延長既有集合住宅壽命之案例模擬與評估	杜功仁， 2014， 建築	本研究之目標在於應用 BIM 建築資訊建模建立「開放式集合住宅整建延壽系統」，提供既國內有老舊集合住宅進行整建延壽工程時可參酌採用，以期能延長其建築壽命（構造體與設備）、提高住宅內部空間之使用彈性、提升建築物整體之永續性。	建築資訊建模，既有住宅，永續住宅整建，開放式建築，建築效能評估
建築資訊建模與設施管理資訊系統之技術整合與應用	杜功仁， 2014~2016， 建築	未達繳交期限	建築資訊建模，設施管理
以建築資訊建模與時空資料分析技術建置近零耗能大樓能源管理服務平台研究(1/3)	周建成， 2014， 土木工程	暫不公開	建築資訊建模，能源管理
應用 BIM 技術於綠建築規範自動化認證之先導技術開發	陳柏翰， 2014， 土木工程	未達繳交期限	建築資訊建模，綠建築規範自動化認證
以具經驗參數之動態 BIM 模型於場站室內之救災決策	陳柏華， 2014， 土木工程	未達繳交期限	建築資訊建模，經驗參數，救災決策
具經驗參數動態 BIM 之雲端化儲存與共享平台暨其巨量資料分析應用	陳鴻銘， 2014， 營建工程	未達繳交期限	建築資訊建模，經驗參數，雲端平台

臺灣 Green BIM 綠建築資訊模型應用架構研究

建構以 BIM 資訊模型為基礎之設施維護管理應用模式之研究	陳怡兆， 2014， 資訊傳播	未達繳交期限	建築資訊建模， 設施管理
BIM 輔助參數化聯動的互動建築設計環境平台研究	鄭泰昇， 2014~2016， 建築	未達繳交期限	建築資訊建模， 參數化聯動，互動建築
生活實驗空間管理與人流監測及具經驗參數之動態 BIM 模型發展與應用研究	謝尚賢， 2014， 土木工程	未達繳交期限	建築資訊建模， 經驗參數，動態 BIM 模型
建置捷運車站 2D/3D BIM-assisted 視覺化維護管理模式及平台之研究	林祐正， 2014~2017， 土木工程	未達繳交期限	建築資訊建模， 知識管理
Mobile-based BIM 模型檢核與管理模式及系統建置之研究	林祐正， 2014， 土木工程	未達繳交期限	建築資訊建模， 知識管理
應用經驗參數 BIM 模型於捷運場站空間規劃與服務品質評估	吳翌禎， 2014~2017， 土木工程	未達繳交期限	建築資訊建模， 經驗參數
以 BIM 為基礎之建築專案施工性檢查模式研究	余文德， 2014， 營建管理	未達繳交期限	建築資訊建模， 施工檢查

表 2-5 內政部建築研究所資料檢索系統, 2015/06

計畫名稱	主持人， 年份， 領域	摘要	關鍵字
建築資訊建模應用於建築物 防火管理決策輔助之研究-以 大型醫院為例	陳建忠， 2012， 建築	本文提出了醫院智慧型防火輔助決策系統設計架構，針對人、環境與有害物質進行有效的資源管理，藉由此完整的規劃與流程，整合緊急應變管理計劃，回饋予醫院管理者。緊急應變啟動時，本系統可快速提供有用資訊，幫助醫院管理者藉由系統判斷應變之處置。	建築資訊建模、 醫院建築、防火 管理
建築資訊建模應用於建築管 理初探—施工管理階段	劉青峰， 2012a， 建築	本研究的目的是在於探討建造執照核發後，緊接著在建築物施工管理機制中如何實施應用 BIM 技術，銜接前面的成果，以縮短使用執照核發時間、提高竣工資料精確度以提昇公務部門服務品質，並且提供高可信度建築模型或資料庫供後續使用管理繼續使用等目標的可行方向及策略進行初步的研究。	建築資訊建模、 建築管理、施工 管理、建管資訊 系統
BIM 導入建築管理行政調查分 析	劉青峰， 2013b， 建築	以 BIM 為基礎之自動化建築法規檢測技術探討為主，試圖理出和建築管理作業有關之國內外研究之技術特色與趨勢，做為我國建築管理作業改善作業效能之參考，以及為未來建築產業邁入 BIM 技術世代的無縫接軌奠定基礎。	Automatic rule-based checking of building designs
BIM 技術開發與推廣應用規劃 概況	劉青峰， 2013c， 建築	透過 BIM 技術，從建築規劃設計階段起，就儘可能擬真地以數位化環境建置資訊模型，並將模型應用在包括施作過程模擬、工料描述統計、法規自動驗證、節能永續設計分析、竣工後建物設備履歷資訊交付、建物維管資訊同步管理、都市發展與建物資訊叢集之地理資訊管理等範圍。	3D 物件導向模 型、建築資訊建 模、建築資訊管 理
BIM 應用於建築節能評估策略 與實務	陳建忠、 施宣光， 2013， 建築	本研究探討 BIM 應用於建築節能評估之策略與實務，擬制定考量台灣現況的節能資訊交付手冊 (IDM) 與節能模型觀點定義 (MVD) 標準協定，探討工業基礎類別 (IFC) 格式在不同軟體間進行資訊的交換與傳遞、與參數化量體設計工具。	節能設計、資訊 交付手冊 IDM、 模型觀點定義 MVD、參數化、
BIM 導入台灣綠建築設計案例 實作研究	鄭泰昇， 2014， 建築	本研究從五個層級示範 BIM 導入台灣綠建築設計，包括：BIM 綠建築設計專案需求、BIM 綠建築建模需求、BIM 綠建築設計作業流程、BIM 綠建築實際案例實作、BIM 綠建築設計檢核。	建築資訊建模、 綠建築、建築設 計

現階段 BIM 架構中的建築效能分析 (Building Performance Analysis, BPA) 包括：預測整體建築的能耗分析、以及建築物理環境的可視化模擬與生命週期分析。然而，其他如生態面向之生物多樣性及綠化量、營運管理面向之廢棄物、水資源利用等效能評估工具，則尚待開發整合。另一方面，針對永續設計範疇上，建築效能分析普遍面臨的侷限性，將透過更成

熟的 BIM 整合套件之發展，例如：Autodesk Vasari/Green Building Studio、MicroStation Visual Basic for Applications (MVBA) 連結相關 API 開發模組(郭韋良, 2012)。

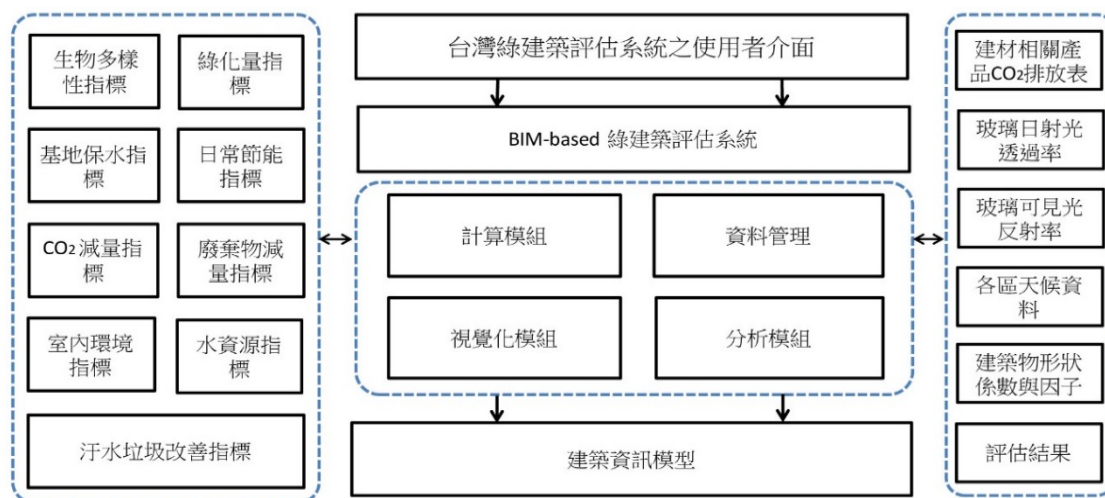


圖 2-16 BIM-Based 綠建築評估系統架構

來源：郭，2012

另一方面，BPA 軟體需要具備代表性的氣象數據，以便作為環境模擬與能源計算的基礎數據。過去 BPA 軟體，因為受限於區域性氣象資料的不足，其應用受到阻礙。然而，由於雲端運算基礎的虛擬氣象站技術突破，Green BIM 得以不受限於區域的應用，因此”突破在地化氣象資料的限制”亦成為本研究所要深入探討的重要子題。

第五節 案例分析

在案例分析的部份，就國內外以 BIM 技術達成節能目標之指標案例，分析彙整其節能策略、軟體應用，以釐清發展趨勢。表 2-6 列舉的方案，應用建築資訊建模 BIM 為基礎工具，進行建築效能分析(Building Performance Analysis, BPA)，透過“設計”、“評估”的決策循環，產生符合環境效益的最適化的設計方案，最終達到追求環境永續發展的目的。表列方案的概要、採用的建築效能分析軟體與達到的效益目標。

目前台灣 BIM 應用案例多在大型工程如捷運系統、藝文場館等公共設施或大型商辦大樓等，台北市、台中市等地方政府亦陸續制定相關 BIM 審查辦法及檔案格式規定，其應用發展漸趨成熟。主要投入 BIM 的因素包括——

- (1) 複雜的建築設計型態，已非傳統二維施工圖所能展現(如高雄衛武營音樂中心的自由曲面造型)。
- (2) 龐大的設施規模如捷運系統的土建及機電系統，需要 BIM 的資訊平台進行整合，並有利於設計單位(包含不同路段分包商)進行整合，以及後續完工移交後業主的營運管理。
- (3) “Green” 目的的達成，包括二個層面：(1)利用 BIM 操作過程的效率與精準特性，達到節省成本(縮短時程、減少錯誤)的目的。(2)設定節能減碳之設計目標，如初始階段的物理環境評估與省能對策、有利於綠能發展的構造材質設計與方案評估，以及綠建築指標計算模組、後續營運階段的智慧能源監控等。

表 2-6、列舉案例應用建築資訊建模 BIM 為基礎工具，進行建築效能分析(Building Performance Analysis, BPA)，以達到永續設計的目標。

表 2-6Green BIM 綠色性能評估之應用案例分析

案例	圖示	概要	建築效能分析軟體	效益目標
中興社研究大樓新建工程 (中興工程, 2013)		設計初始即設定綠建築標章達成目標層級，並以都會區氣候特性，利用環境能源分析軟體，打造自然通風採光之建築環境，達到降低能源負荷目標。	Ecotect Analysis、Green Building Studio 建築性能評估、E-QUEST 建築能源模擬軟體	LEED 黃金級認證， 24% 節能， 75% 省水
天津院文體中心 (天津市建築設計院, 2012)		在北方大陸氣候條件下，以被動式建築設計理念結合氣候模擬成果，阻隔寒冷外氣並運用自然採光等設計手法，達到節能減碳目標。	Autodesk Simulation CFD、Autodesk Ecotect、IES、STAR CCM+	建築耗能每年 50~70kWh/m ² 、碳排放 每年 42.7~60 kgco2/m ²
月亮石住宅 Moonstone Project (Croft, 2011)		順應地形條件的設計，減少外在天候對於建築的能源耗損，並透過精密的能源計算設計達到自給自足的設計目標。	GRAPHISOFT ArchiCAD	英國最環保的零碳住宅先驅，比德國的被動建築標準更節能達 65%，再生能源效益每年達 £3,500。
紐約 Rhinebeck Omega Institute (BNIM Architects, 2009)		生態建築挑戰(Living Building Challenge)，包含 20 項指標，且必須在用水和能耗上實現自給自足，計畫整合廢水、土建、景觀、機電及結構專家，以 BIM 精準計算設計，打造高效能建築環境。	(BIM Model)	同時達到生態建築 (Living Building) 與 Leed 白金級認證， 100% 能源自足、零廢水
捷運萬大線 LG05 站 (鄧, 2012)		車站規劃採光通風井，引進自然光線及外氣，並藉由 BIM 輔助建築設計與模擬評估修正方案，達到公共建設節能目標。	Revit、Ecotect、CFD	透過風場模擬改善月台通風，提升環境舒適度並降低空調負荷。

第六節 小結

本章探討 Green BIM 發展趨勢與評估機制、案例操作與應用分析，以及在建築生命週期過程中，以 BIM、BPA 協助建築設計達到“綠(Green)、永續設計”的目的，即透過設計、評估的決策循環以邁向“效能導向的建築設計(Performanced-Based Building Design)”。

而歸納 BIM 在永續建築設計面向的“綠色貢獻”，主要原因包括：

- (1) 設計方案校正過程同步進行數量變更計算，準確達到設計目標，提升效率與減少不必要的營建浪費。
- (2) BIM 建置及使用的彈性，提升不同時空與不同操作者整合利用的可能性，改善程序不經濟。
- (3) 氣候參數結合物理環境評估模型，達到基地最佳設計方案與被動式建築自我調適的功能。
- (4) 能源評估與可視化模擬的成熟發展，有效進行節能計算與營運階段的碳排放評估，並藉由回饋修正達到節能方案的最佳化設計。
- (5) 設計決策的回饋循環與模型基礎架構，使方案設計過程合理化、效能化，提升生命周期的能源效益。

第三章 理論與方法

依據第一章研究範疇與第二章文獻回顧與案例分析，探討在永續節能的目標下，以 BIM 資訊模型為基礎、利用建築效能分析工具，建立 Green BIM 決策循環的模型。

Green BIM 綠色的建築資訊建模，定義為因應在地化的氣候條件，進行建築效能分析 (Building Performance Analysis, BPA)，透過“設計”、“評估”的決策循環，以產生符合環境效益的最適化設計方案。主要內容包括：建築資訊建模、建築效能分析、永續設計。其次要的內容包括 BIM 模型基礎的決策循環模型、可視化效能分析、節能目標的設定。

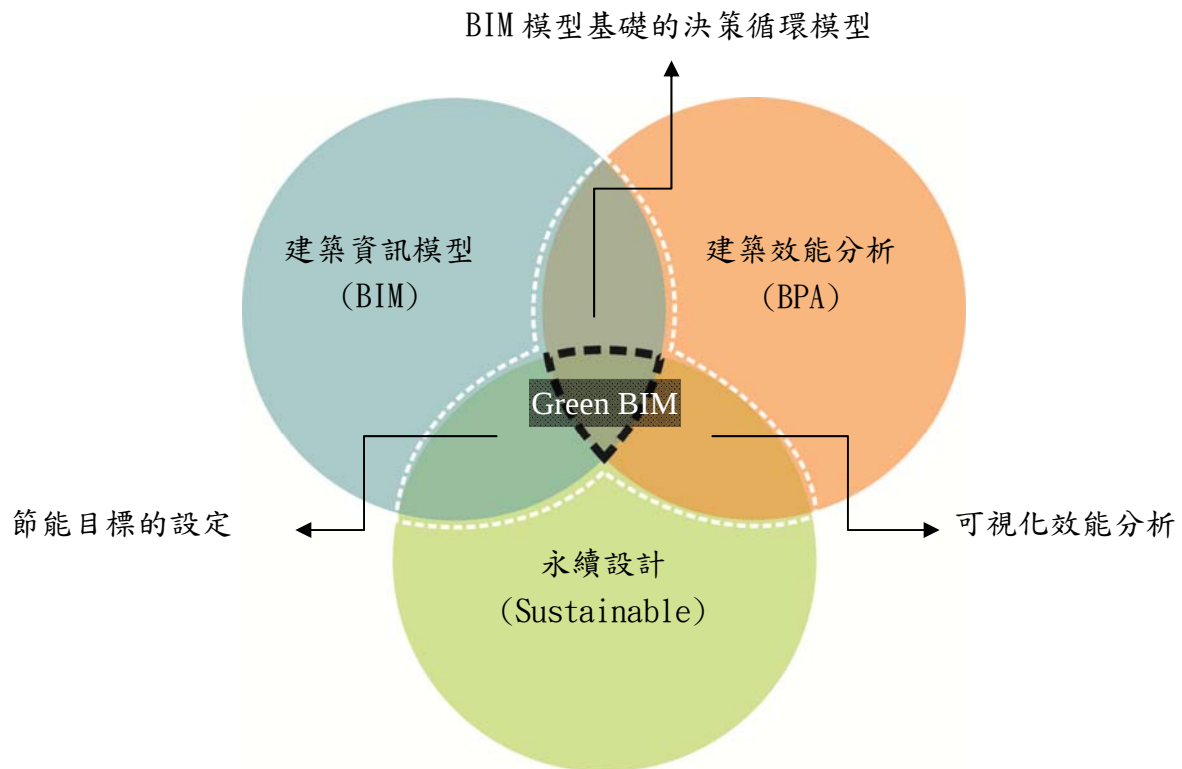


圖 3-1 Green BIM 模型架構組成

邁向整合性的生態設計決策(Integrated Eco-Design Decision-Making, IEDM)方法包括三個步驟，生命週期評估、生態設計過程模型、改善生態設計質量效能的發展過程。整合性的生態設計決策 IEDM 方法係利用一套生態過程的參數以及它們的關聯性，以允許具備互補知識的使用者，能夠提供及時的與控制的態度以理解和接收所提供的訊息(Romliab, 2015)。本研究採用 Autodesk 公司的 VASARI 建築效能分析軟體，在建築生命週期的適用範圍，包括

從概念設計(PD)、初步設計(SD)到細部設計(DD)階段。本章歸納 Green-BIM 的決策循環模型為(圖 3-2)，它由下列要素組成：

- (1) 界定建築生命週期的討論範圍
- (2) 設定節能目標
- (3) 輸入外部氣象資料
- (4) 內部設定
- (5) 執行節能計算模組
- (6) 可視化效能分析
- (7) 評估與修正
- (8) 選擇最適化方案

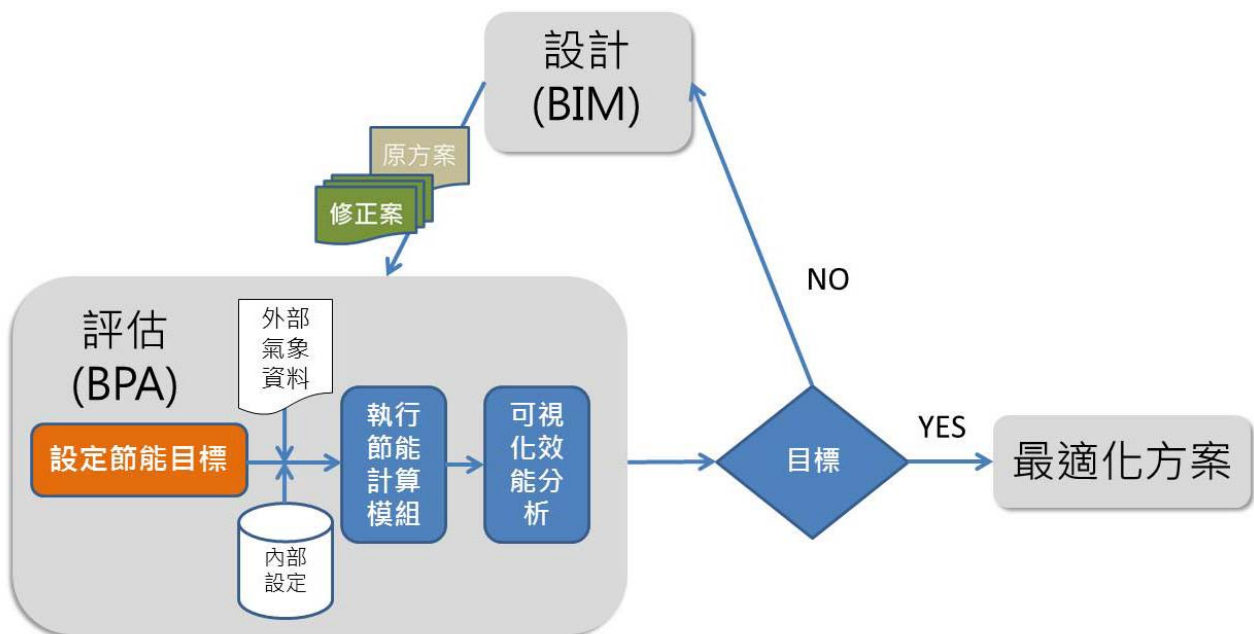


圖 3-2 Green BIM 決策循環模型

其推論過程詳下列章節：

第一節 BIM 模型基礎的決策循環模型

壹、模型基礎的設計決策系統

圖 3-3、3-4 為 Schade(2011)認為在設計初期(early design)的決策對於建築生命週期的效能表現有巨大的影響，而倘若設計方案的效能可以被評估與比較，以模型基礎的設計程序(model-based design process)將有效促進決策過程，並提出決策系統架構的重要概念包括：

- (1) 設計內容須涵蓋支持決策系統的基礎資訊與可信的度量方法，例如專案資料庫、模型架構與效能評估指標。
- (2) 對於資訊的運用，例如可視化效能指標的引導、模擬與分析，在特定階段將決定資訊內容的需求。
- (3) 模型層級(maturity level)將決定採用的設計資訊內容，而變更管理程序採用核定的資訊內容。

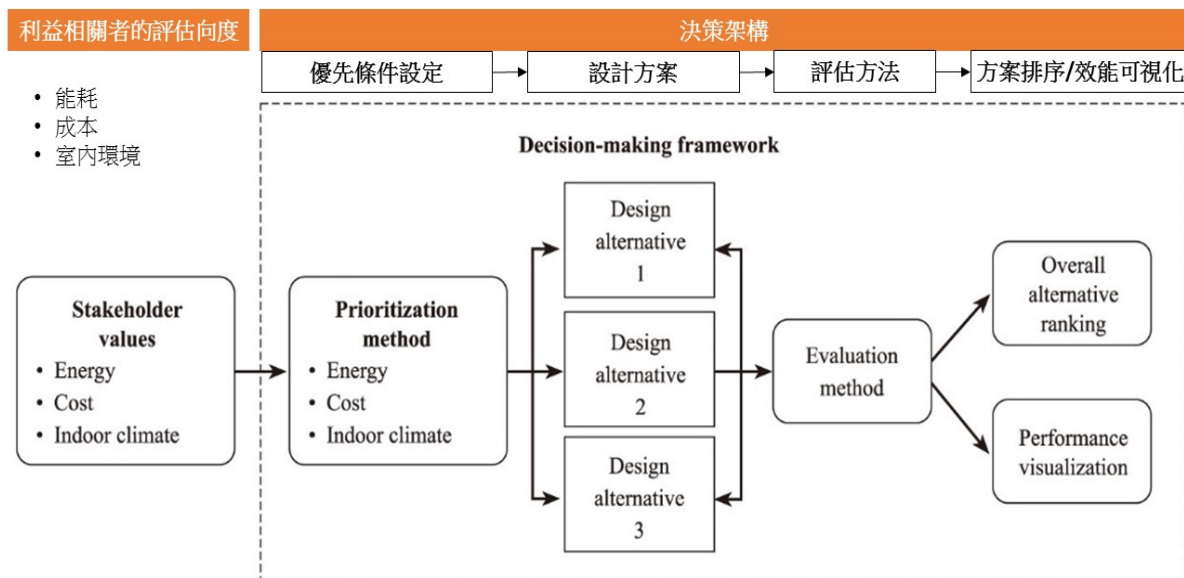


圖 3-3 設計決策系統架構

來源：Schreyer(2009), Schade(2011)

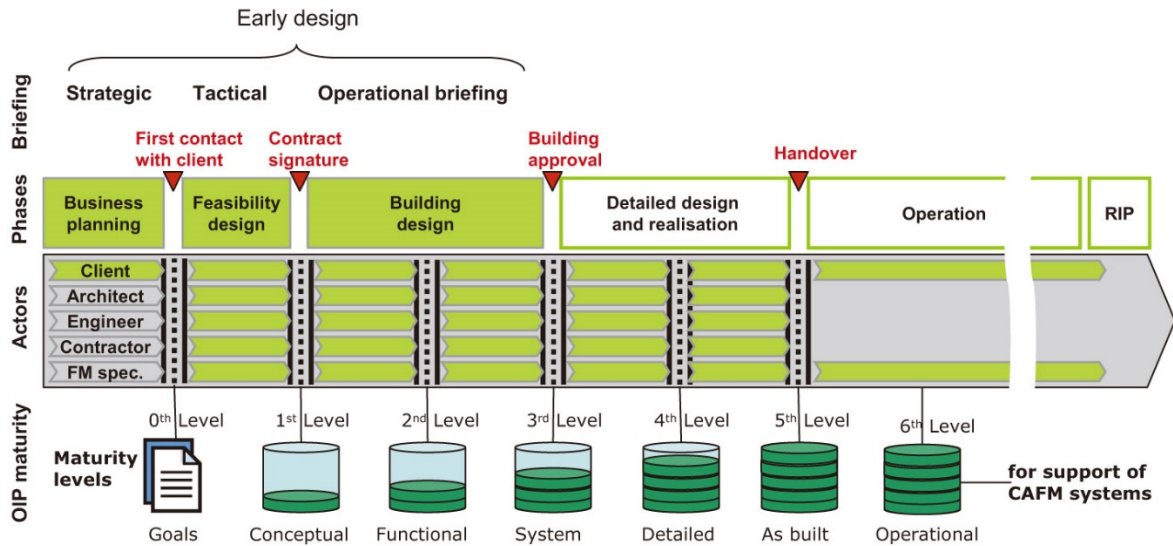


圖 3-4 模型層級與生命周期階段之對應

來源：Olofsson, 2010

貳、建築能源分析

BIM 架構下的建築能源分析(Building Energy Analysis, BEA)涵蓋能源消耗與使用形態的預測分析過程，概念設計(conceptual design)階段的能源模擬可以回饋設計團隊各種建築配置方案對於耗能的影響與能源表現。圖 3-2 為 BIM 架構下的能源分析流程，從設計端及需求(客戶)端、技術顧問端檢視能源評估決策機制，以及輸入(input)、產出(output)的資料內涵。從能源分析流程中可以得知各階段的資料交換需求、方案提交之能源驗證與回饋修訂的邏輯關係、設計端/顧客端/技術端的查核重點與分工組織。

建築能源模擬需要有關氣候條件的調查數據或假設條件，其輸入數據包括(2007-2011 GSA and Open Geospatial Consortium)：

- (1) 建築量體模型包括空間佈局和配置
- (2) 建築座向
- (3) 建築構造材料的熱性能(thermal properties)，包括牆面、樓板、屋頂/天花板、門窗、和遮陽設計
- (4) 建築形態、功能

- (5) 建築內部負荷與使用/運轉時間如照明、使用活動及設備
- (6) 供暖、通風和空調（HVAC）系統類型和運轉特性
- (7) 空間的空調需求
- (8) 公設比率(utility rates)
- (9) 氣象資料

產出的能源分析結果則包括：

- (1) 建築及空間的能源表現與法規或設定目標的檢核評估結果
- (2) 建築空間的耗能量與能源成本的總體估算
- (3) 時段能耗分析與成本估算
- (4) 建築生命週期的能源使用與成本估算

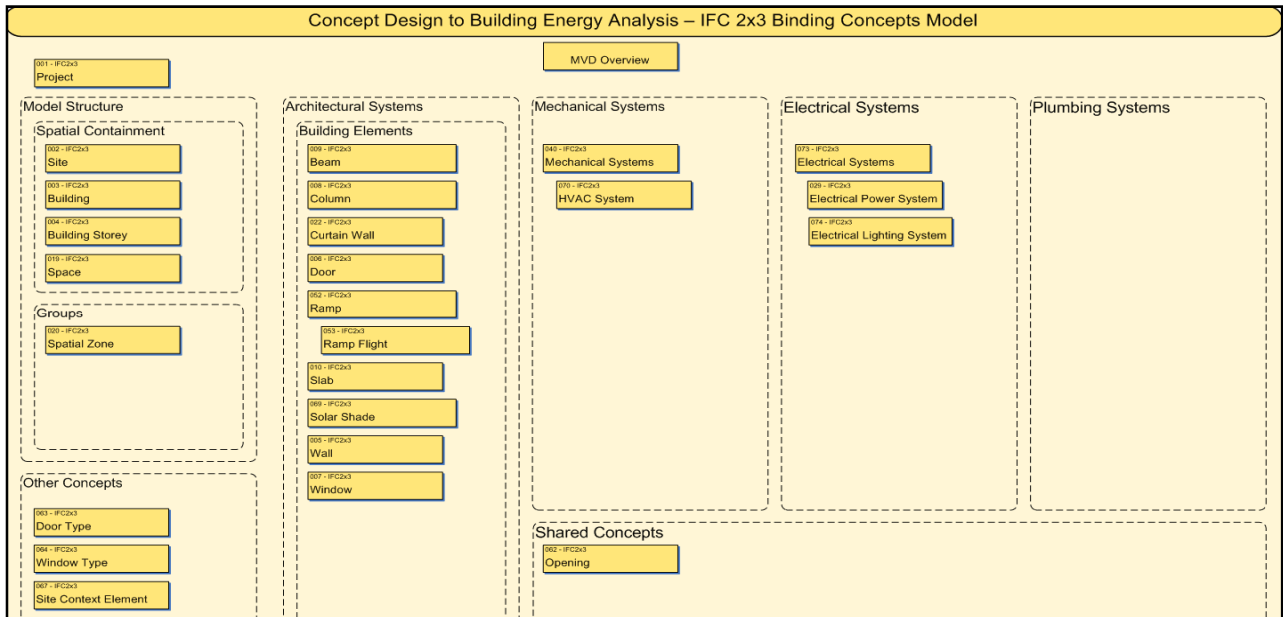
在能源評估的流程架構中，概念設計階段的能源分析需包括尖峰使用時段的加熱及冷卻需求，並涵蓋不同型態的分析範圍，包括：

- (1) 設定空間的舒適標準例如：室內氣溫最低和最高的溫度需求範圍(包含冬季和夏季)、最少的新鮮外氣需求
- (2) 藉由準確的分析工具計算熱得及熱流失(heat loss/gain)
- (3) 能效(energy performance)等級制度及能源規範的要求
- (4) 在滿足建築節能需求下，計算並進行能耗分析
- (5) 在建築生命週期成本、環境影響議題、及環境舒適方面，對於設備或系統類型與表現特性進行能效優化(optimization)

表 3-1 呈現建築能源分析各層面的內涵，涵蓋模型結構(又包括空間組成/分區及其他門

窗型式/基地背景等)、建築系統(包含各建築元件)、機械設備系統(如空調系統)、電力系統(如供電/照明)、管道系統等。

表 3-1 能源分析模型的設計架構



來源：IFC Model View Definitio Diagram (GSA-003)

第二節 環境模擬分析應用

Autodesk 公司於 2011 年整合 BIM Revit 與 Ecotect analysis 架構，推出 VASARI 綠能分析軟體。本研究採用 Autodesk 公司的 VASARI 應用軟體，作為環境模擬分析之應用操作架構，主要因素包括：

- (1) 國內 BIM 軟體市場以 Autodesk 公司整合性較佳且使用普及率高
- (2) 物理環境模擬功能成熟，包含光熱氣可視化運算之圖象呈現效果成熟，且直覺化操作有助於方案比較分析之呈現
- (3) 成熟的雲端資訊整合架構如：綠色建築研究室 Green Building Studio (雲端運算的建築效能分析 Building Performance Analysis-Raised to the Power of the Cloud)，在 VASARI 的模型運算結果會同時上傳雲端作紀錄分析，並統一以 Autodesk Account 帳號登入管理
- (4) 氣候數據資料庫建置 Autodesk 氣象伺服器(Climate Server)，結合世界各地氣象站資料並以網格計算作參數彌補，使氣候數據來源更具準確性
- (5) 學習互動平台如 Autodesk 永續工作站(Sustainability Workshop)，提供各領域使用者討論交流平台，針對建築環境理論與技術分析有更進一步的知識系統支持

Vasari 具容易操作、成熟的建模功能、氣象數據與多元化的能源分析、碳排放計算等特色，在設計方案分析完成後可直接匯入 Revit 進行 BIM 資訊模型的細部建構。其在建築生命週期的適用範圍，包括從概念設計(PD)、初部設計(SD)到細部設計(DD)階段。從圖 3-5 Autodesk Vasari 有關建築能源環境分析之操作層面，包括模型建構、動態模擬(DOE-2 Simularion)、可視化呈現、分析比較、方案決策等過程。其中建築耗能動態模擬 DOE-2，相較 Ecotect 是基於准入係數法(Admittance Method)來進行建築熱環境模擬，大幅提升其模擬效能。

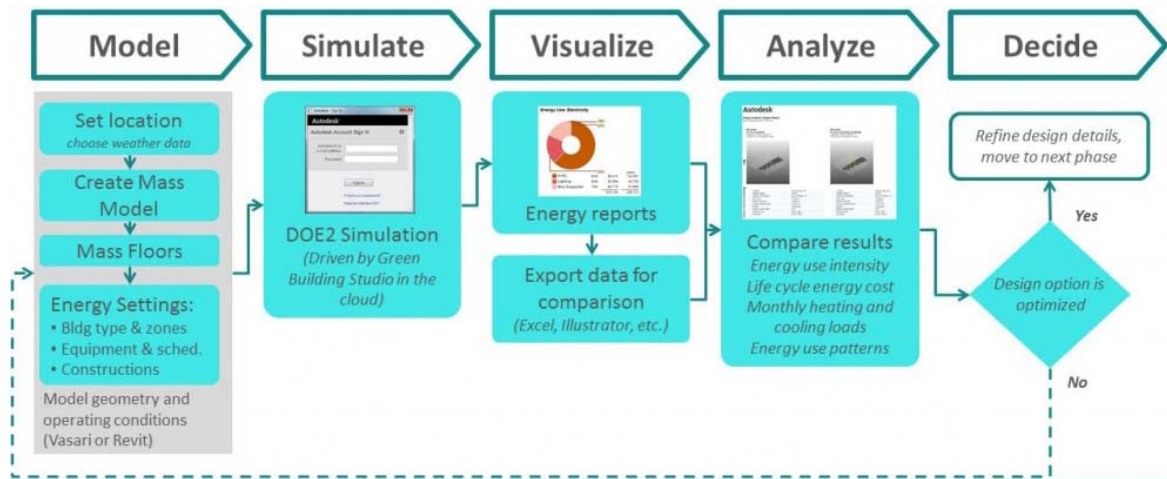


圖 3-5 Vasari 永續建築環境應用面向

來源：Autodesk Sustainability Workshop

第三節 建築效能分析程序

以永續節能為目標的建築效能分析程序，包括結合環境參數、可供設計決策的能源計算數據與可視化分析圖像，並透過 BIM 軟體的資料庫動態運算功能、決策循環的回饋機制，進行設計校正以得到可適化方案之目的。圖 3-6 為台灣檢驗綠建築與建築資訊模擬中心所建議的 BIM 架構下綠色建築模擬流程，可以觀察 Green BIM 軟體的分析層面與設計關聯。

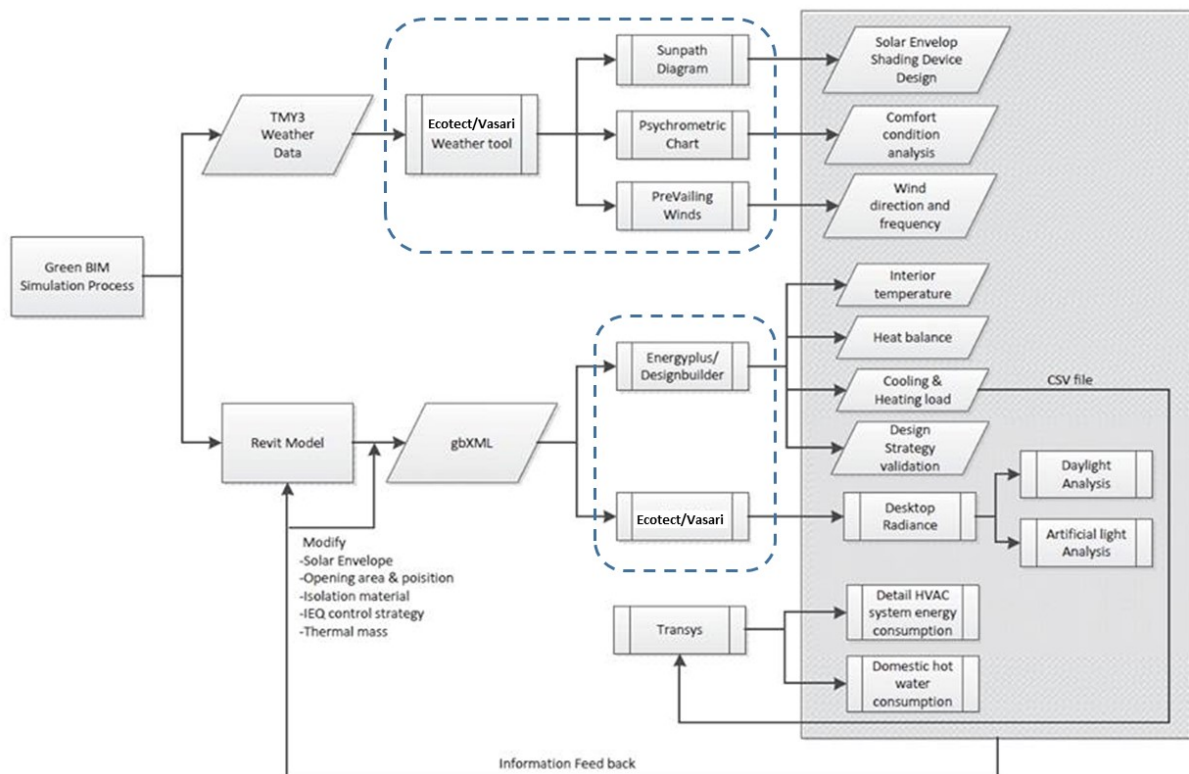


圖 3-6 BIM 架構下綠色建築模擬流程

來源：編輯自台灣檢驗綠建築與建築資訊模擬中心

依據前述章節的模型基礎決策理論與環境模擬分析架構，建立效能分析(performance analysis)操作程序(圖 3-7)。其涵蓋階段議題包括：

- (1) 目標(Goal)設定：作為方案評估是否達到預期效益的基準
- (2) 評估指標(Metrics)：如 Leed 的達成、個別耗能指數表現等
- (3) 工具(Tools)建立：如模型建置、參數匯入與設定、可視化模擬生成等

- (4) 評估分析(Analysis)：藉由工具操作呈現之結果與設定目標作比對分析，並檢討能耗影響因素，研擬可能之修正修訂設計策略，最後針對效能表現進行判讀及差異分析

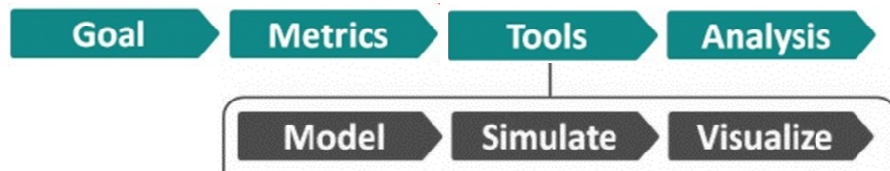


圖 3-7 程序階段

來源：Autodesk Sustainability Workshop

透過設計決策模型結合建築效能分析步驟，本研究建構 Green Bim 的決策循環流程(圖 3-2)；後續歸納效能分析的應用操作步驟及資訊設定內容，並就執行過程中各主要階段的理論方法或評估標準分述探討：

壹、界定建築生命週期的討論範圍

Green BIM 綠色的建築資訊建模，定義為因應在地化的氣候條件，進行建築效能分析 (Building Performance Analysis, BPA)，透過“設計”、“評估”的決策循環，以產生符合環境效益的最適化設計方案。本研究在建築生命週期的適用範圍，包括從概念設計(PD)、初部設計(SD)到細部設計(DD)階段。

貳、設定節能目標

在設計、評估的決策循環進行前，必需先設定決策終止的目標條件。在建築效能表現上，考量軟體結合應用層面與量化評估實施基準，其目標設定建議為(1)能源數值表現；(2)室內舒適度；(3)其他環境效益等層面。

(1) 能源數值表現

國內綠建築標章之建築節能指標依不同建築類型採用的計算指標包括：建築外殼耗能量 ENVLOAD(辦公、百貨、旅館、醫院類建築)，外殼等價開窗率 Req (住宿類建築)，窗面平均日射取得量 AWSG(學校、大型空間)。本研究考量各類建築通用性、

與 Autodesk Vasari 效能計算模組的參數整合性等因素，以簡化概念之用電密度 EUI(Energy use intensity, 建築物單位面積的年耗電量)，作為本研究建築耗能整體性綜合指標的方案評估基準。IEA (1997)定義能源指標是根據因素分解法針對細項部門別做分類，其分別建立其活動、密集度及結構指標，經由能源—排放指標模型解構出碳排放量，其對於非製造業部門如住宅部門、服務業部門皆納入樓地板面積做為能源使用產出項(陳家榮, 2010)。EUI 值可以簡單反映能源使用的比例，並廣泛地被用於分析建築物的能源耗用。例如美國的橡樹嶺國家實驗室(1997)為建立商業性建築物的能源耗用調查資料庫(CBECS)，即以 100kWh/sqft 表達 EUI，並將建築物依功能性分為 24 項用途類別，觀察各類建築物的能源使用狀況。歐盟的 ODYSSEE 資料庫(1992)中，以三類指標(Bossloef and Moisan, 1999)(1)經濟比、(2)技術經濟比、(3)能源節約指標，觀察各產業能源效率表現，其對住宅與服務業部門的能源效率調查，皆包含單位面積的 EUI 能源消費參數，顯示國際對於 EUI 於各類建築綜合節能評估的普遍應用。下表 3-2 為台灣各類建築單位面積用電密度 (EUI)統計表，EUI 的單位為 kWh/m²*yr，可以作為國內建築能源效率的評估比較基準。(經濟部能源局, 2013)

(2) 室內舒適度

有關室內舒適度評估指標廣泛，如 PMV(預測平均表決)是由丹麥學者 P.O. Fanger 教授於 1972 年所發表人體熱平衡模型，該模型用來表示人體對於環境中冷、熱的感受，並以預測不滿意百分率(Predicted Percentage of Dissatisfied, PPD)，表示在該 PMV 舒適指標中，有多少百分比的人感到不舒適。影響 PMV 指標的因素，包含室內環境因素(乾球溫度、相對濕度、黑球溫度-平均輻射溫度、風速等)以及人體因素(衣著量、活動量等)。有效溫度 Effective Temperature (亦稱實效溫度、實感溫度)由 Houghton 及 Yaglou 提出，則以乾球溫度與濕球溫度及氣體流速之綜合效果來表示人體之熱舒適感受。以相對濕度 100%且無風之情況下，所感受到之溫度視為有效溫度，此標準是由多數實驗者實驗所得之人體實際感受。另外綠建築

標章的建築物室內自然通風採光(自然通風潛力 VP 及自然採光性能 NL)，也可以做為環境舒適度或節能潛力的表現指標。

(3) 其他環境效益

環境效益的目標達成如碳排放評估、再生能源之應用潛力等，除節能思維外並考量環境永續議題。

表 3-2 各類建築單位面積用電密度(EUI)統計表

建築物用途分類		統計 樣本	單位面積年耗電量密度 ¹				單位面積年耗電量密度 ²			
			平均值	最小值	最大值	標準差	平均值	最小值	最大值	標準差
主類別	次類別	(家)	(kWh/ m ² ·yr)	(kWh/ m ² ·yr)	(kWh/ m ² ·yr)		(kWh/ m ² ·yr)	(kWh/ m ² ·yr)	(kWh/ m ² ·yr)	
政府機關類	中央(一般行政)	29	114.1	36.6	189.8	46.5	134.5	38.6	360.2	68.5
	地方(一般行政)	23	87.1	37.7	134.4	25.4	108.8	41.2	169.5	36.5
學校類	一般大學	62	84.4	45.7	123.4	20.0	89.1	45.7	130.8	21.9
	科技大學	58	69.0	33.0	99.4	18.8	72.8	33.0	111.6	19.6
	高級中學	42	65.4	30.4	107.0	21.0	68.5	30.4	116.9	21.9
	工商職業學校	17	59.3	30.4	98.4	23.7	62.0	31.4	106.6	26.6
辦公大樓類		132	149.8	79.2	225.0	34.1	180.9	88.7	325.4	47.3
旅館類	國際觀光旅館	51	207.6	117.6	299.2	53.8	239.0	135.8	539.0	67.6
	一般觀光旅館	14	198.8	106.8	264.0	49.7	232.7	132.7	325.3	56.4
	一般旅館	9	195.6	172.9	223.6	17.6	213.4	186.4	247.5	22.3
百貨商場類	購物中心	17	223.8	141.3	301.0	50.7	339.4	166.7	675.3	128.2
	百貨公司	58	331.1	209.1	483.9	77.9	412.8	249.1	807.3	108.6
	量販店(一般)	74	218.2	138.4	301.8	43.8	369.2	156.9	806.8	120.4
	量販店(無冷凍冷藏)	9	214.0	137.4	375.1	85.4	294.8	183.0	381.4	70.3
	複合式商場	21	209.6	106.4	356.2	74.9	256.0	131.5	358.8	70.9
醫院類	醫學中心	24	241.9	151.7	336.5	48.7	271.8	179.3	382.2	51.5
	區域醫院	64	211.2	136.1	286.5	40.2	232.8	139.2	333.4	46.0
	地區醫院	25	148.2	86.8	217.7	38.4	157.9	92.1	236.3	42.3
電信機房		28	815.5	474.7	1204.0	199.6	862.0	531.5	1357.2	226.5

註：

1.耗能指標計算納入室內停車場面積。

2.耗能指標計算不納入室內停車場面積。

來源：建築節能應用技術手冊，經濟部能源局，2013

參、輸入外部氣象資料

BPA 軟體需要具備代表性的氣象數據，以便作為環境模擬與能源計算的基礎數據。過去 BPA 軟體，因為受限於區域性氣象資料的不足，其應用受到阻礙。然而，由於雲端運算基礎的虛擬氣象站技術突破，Green BIM 得以不受限於區域的應用。Autodesk 公司的氣象數據資料庫，其資料來源的格式為國際通用的 TMY 典型氣象年度(Typical Meteorological Year)，即各氣象站以近 30 年的月平均值為依據，並從近 10 年數據中選取一年各月接近 30 年的平均值作為典型氣象年。以各氣象站之 TMY 數據為基礎，Autodesk 再進行虛擬氣象站的模擬運算，以補足各實際測站間的數據落差，並使建置的氣象網格距離達到 14 公里以內，提升模擬準確性(Malkin, 2008)。如圖 3-8、顯示加利福尼亞州和內華達州的氣象數據分佈位置與密度。黃色點代表氣候服務器的位置（接近 2000 個），而紅點代表 TMY 位置。氣象站的選擇，首要因素是距離。越接近項目位置的氣象站，則越具有代表性的數據。另一個需要考慮的因素是項目的標高。該項目標高和氣象站海拔應該是相似的。

在進行建築效能分析前，外部資料的匯入主要為描述基地物理環境特性，其中最關鍵的部分為輸入符合基地氣候特性的氣象資料(Climate Data)，氣象資料內容包括乾球溫度、濕球溫度、相對溼度、風速、風向、太陽輻射、日照量等，並作為環境模擬與能源計算的基礎數據。

歐特克氣候伺服器（或稱為“綠色建築工作室氣象站”）是聚合從多個來源提供的氣候和天氣數據，歐特克氣候伺服器包括基於數值氣象模擬、計約 160 萬的虛擬氣象站(Virtual weather stations)。它建立的目的是為了更準確的模擬那些缺乏實質氣象站區域的氣象。這個數據來自於特定年（2004 年和 2006 年）的模擬，不同於 TMY2 數據，致力於選擇比較有特色的氣候數據；其結果不會反映任何極端或異常年份的氣候數據，要知道數據來自哪一年，需檢視虛擬氣象站的名字：例如，“GBS_04”表示來自 2004 年。即便如此，虛擬氣象站的數據可能比最接近的物理氣象站更適合建築基地，特別是在顯著地形和標高變化和當該建築物或 TMY 站位於鄰近的水域。圖 3-9 為 Autodesk 氣象資料庫分析圖示。



圖 3-8 加利福尼亞州和內華達州的氣象數據分佈位置

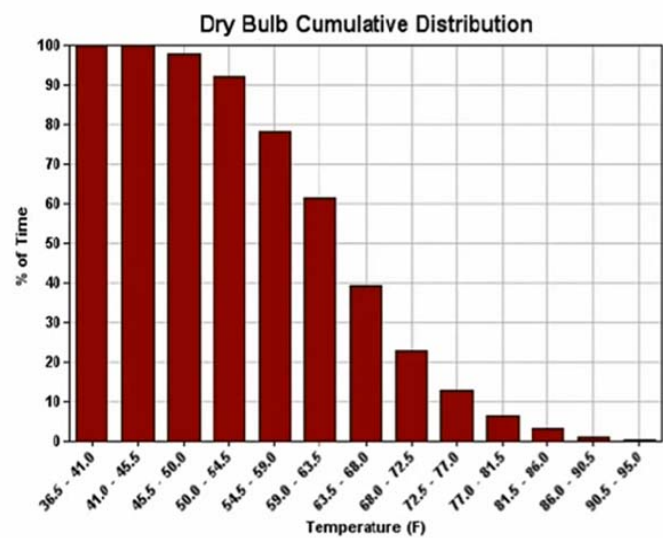
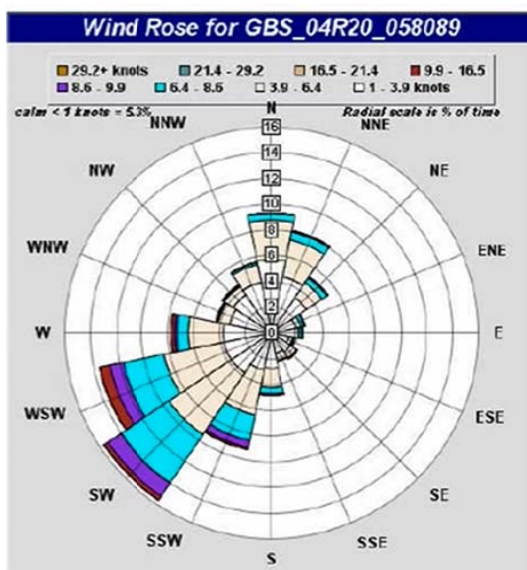


圖 3-9 Autodesk 氣象資料庫分析圖示

(<http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/sources-climate-data>)

肆、內部設定

內部設定為有關方案模型可能影響能源表現的各類參數如結構材料、使用類型、開窗條件、空調系統等。其中能源設定基準以美國冷凍空調協會(ASHRAE)標準為參據原則，如未涵蓋則以其他研究標準為基準，各能源數值假設來源如下：

- 建築類型營運時段 Schedules: California Non-residential New Construction Baseline Study 1999
- 建築外殼感熱特性、照明用電密度、空調效率(Envelope thermal characteristics, LPD, HVAC efficiency): ASHRAE 90.1 2007 , ASHRAE 90.2 2007
- 設備耗能密度(Equipment power density & DHW loads): California 2005 Title 24 Energy Code
- 活動使用者密度、通風率(Occupancy density, ventilation): ASHRAE 62.1-2007
- 各建築型態的預設空調系統(HVAC system type default for building type/size & other miscellaneous building characteristics): 2003 Commercial Buildings Energy Consumption Survey

執行能源分析步驟：

- (1) 模型量體建置
- (2) 樓層設定
- (3) 散熱區劃分(thermal zoning): 可選擇自動分區或自訂分區
- (4) 能源分析模型(Create the energy model) :
 - a. 基本能源設定包括建築類型、樓板基準、座標位置、分區設定。
 - b. 建築效能設定如構造形式、開窗比率、窗台高度等。

c. 空調系統(表 3-3)、外氣資訊(換氣需求)

表 3-3 Autodesk 預設空調系統(HVAC Systems)

HVAC 系統 (冷卻+加熱)	冷房性能 COP / EER	水位/水壓 water gauge static	熱水效能 Energy Factor 公升/度/月	鍋爐熱效能 combustion efficiency , EFF
2-Pipe Fan Coil System	COP 5.96	0.25 inch / 62.3 pa	0.575	84.5%
4-Pipe Fan Coil System	COP 5.96	0.25 inch / 62.3 pa	0.575	84.5%
11 EER Packaged VAV	EER 11	3.5 inch / 871.8 pa	0.575	84.5%
12 SEER/0.9 AFUE Split/Packaged Gas	SEER 12 /5-11 T	2.0 inch / 498 pa	0.575	—
12 SEER/7.7 HSPF Split Packaged Heat Pump	SEER12 /7.7 HSPF	2.0 inch / 498 pa	0.575	—
12 SEER/8.3 HSPF Packaged Terminal Heat Pump (PTHP)	SEER12 /8.3 HSPF	0.25 inch / 62.3 pa	0.575	—
Central VAV, Electric Resistance Heat	COP 5.96	3.5 inch / 871.8 pa	0.575	—
Central VAV, HW Heat	COP 5.96	3.5 inch / 871.8 pa	0.575	84.5%
Residential 14 SEER/0.9 AFUE Split	SEER 14 /<5.5T	2.0 inch / 498 pa	0.575	—
Residential 14 SEER/8.3 HSPF Split/Packaged Heat Pump	SEER 14 /8.3 HSPF	2.0 inch / 498 pa	0.575	—
Residential 17 SEER/9.6 HSPF Split HP	SEER 9.6 <5.5T	2.0 inch / 498 pa	0.85	—
Underflow Air Distribution	—	3.5 inch / 871.8 pa	—	84.5%

來源：Autodesk Project Vasari Technology Preview 1.1

伍、執行節能計算模組

根據上述外部氣象資料與內部建模的參數設定，執行節能計算模組，並輸出計算結果。

陸、可視化(Visualize)效能分析

可視化的圖像資料包括了能源使用的效能分析、以及建築物理環境的效能分析，助益於幫助設計決策者判斷匯入方案所達成之效能呈現，並藉此將物理環境數值結果反應在動態或立體的直覺化表現媒介。可視化分析項目包括：

- 建築效能綜合因素
- 用電密度(EUI)：可作為建築能源表現的綜合指標
- 建築生命週期(30 年)耗能及成本計算
- 能源回收/節能潛力
- 平均碳排放
- 每月空調負荷
- 尖峰用電需求
- 其他氣象分析

柒、評估與修正

根據方案分析結果，檢討效能表現的控制變因影響與目標達成度，並針對控制變因調整修正的方案。設計者應依據基地的氣候環境、建築使用特性、構造型態，評估可能的修正因子或“熱點”判斷，並藉由方案的修正模擬，回饋循環至趨近所設定目標。

捌、選擇最適化方案

根據數個接近目標設定的發展方案，選擇一個滿足多方決策者的最適化方案。效能分析的結果可能由多個變數交互影響而成，研究者可藉由單一變數的實驗操作得出個別因子的效能影響程度，藉以作為校正方案納入與否的參據。而最適化方案的衡量因素可能包括下列層面：

- 能源效益表現：如 EUI、碳排放數據

- 建築成本分析：如增加或變更設計構造衍生的造價成本
- 針對基地環境的特殊目標設定：如以全年電費帳單最節省的目標，可能著重在降低夏季或尖峰用電(高計價費率時段)的改善措施。

最適化方案的評估在真實建築案例中可能為許多複雜因素的綜合考量結果，並包括設計端、業者端、法令或指標達成目的等各層面影響，很難僅是單一目標達成與否的評定。而效能分析層面之多元與科學數據呈現，將有助於綜合因素的拆解分析與判斷決策。

第四節 小結

在節能減碳的目標下，根據上述“Green BIM”的決策分析程序與要點歸納為：

- (1) 界定建築生命週期的討論範圍：本研究進行的建築效能分析應用在設計階段(包括 PD、SD、DD 階段)，使在先期規劃設計時即能依據效能分析結果決定較佳方案，減少施工營運階段的變更設計與設備負擔。
- (2) 設定節能目標：在初始評估階段即設定節能目標，如達到之綠建築標章等級、省電或減碳比例，藉由方案校正過程達到目標數據。
- (3) 輸入外部氣象資料：過去符合 BPA 的氣象資料取得不易，使得 BPA 只能限制在少數區域應用。然而，由於雲端技術發展了虛擬氣象站的運算技術，使得任何項目都可以選擇與基地條件最適切的氣象站，獲取擬真的氣象資料。因此，Green-BIM 將更普及化的落實。
- (4) 內部設定：如 Autodesk 公司的 Green Building Studio，可匯入模型進行用電、碳排放量的計算，使建築生命週期的能源效益得到更具體、更可信賴的推衍數據。
- (5) 執行節能計算模組：根據外部氣象資料與內部建模的設定，執行節能計算模組，輸出分析結果
- (6) 可視化效能分析：直覺操作的建築效能分析的可視化的模擬，有助於設計方案評估決策過程，包含熱輻射、日照光環境、風場模擬等。
- (7) 評估與修正：根據建築效能分析結果進行方案修正，直到最適化方案出現，該方案分析的結果應接近或等於設定的目標值。
- (8) 選擇最適化方案：決策的“最適化”方案，乃是在特定的約束條件下（即所設定的目標），找出最趨近或者最符合系統所預期的效能指標的方案。

第四章 實作驗證

根據第三章的理論架構，本章進行 Autodesk Vasari 的操作應用，先就軟體介面系統與執行軟件項目之內容功能進行探討，再就實際案例操作驗證；在建築效能分析部分，透過“可視化效能分析”與“節能計算模組”的設計評估決策循環，產生符合目標效益的可適化方案。進一步藉由實作驗證與回饋修正過程，釐清環境模擬工具在效能分析上的應用可行性與操作限制。

第一節 Green BIM 架構下的環境模擬分析介面

Autodesk Vasari Beta3 版本作為應用操作之示範軟體，其介面區分為模型視窗、分析視窗、管理視窗、加載視窗、編輯視窗等五大工作介面，圖示功能概述如下：

1. 模型(Model)視窗

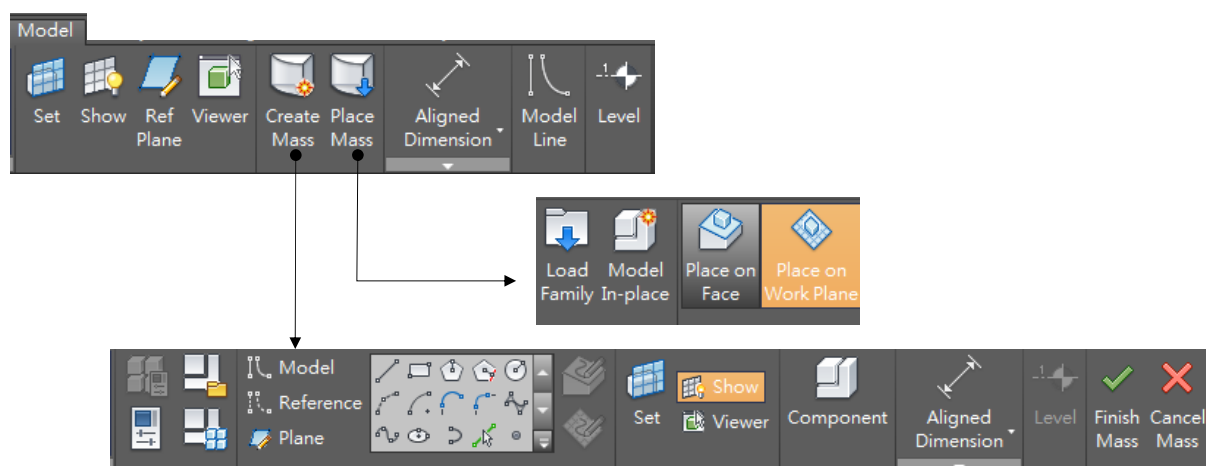


圖 4-1 模型(Model)視窗

- (1) 基本設定：風格、屬性、工作面版
- (2) 繪圖工具：圖形工具、元件載入
- (3) 顯示功能：剖面視角、單位度量

2. 分析(Analyze)視窗

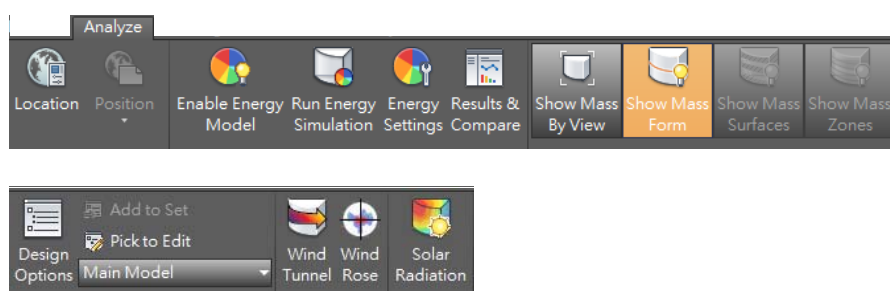


圖 4-2 分析(Analyze)視窗

- (1) 基本設定：基地位置、氣象資料、分析模型顯示
- (2) 能源分析設定：包括熱區劃分、開窗率、建物營運型態(Building Operation)

Schedule)、空調系統(HVAC System)、外氣循環(Outdoor Air Information)等，外氣循環預設(value defaults)為 15 cfm/person。

- (3) 替代設計方案(design options)：可選擇匯入其他設計方案進行能源分析及比較。
- (4) 物理環境模擬：依據基地設定之經緯度與氣象資料，產出風場模擬、風頻圖、太陽輻射之可視化分析圖示。
- (5) 執行能源模擬：依據能源設定，模擬建物用電、用水、碳排放情形，並交叉分析構造或營運設備的耗能影響，以及營運時段統計圖表分析等。

3. 管理(Manage)視窗：

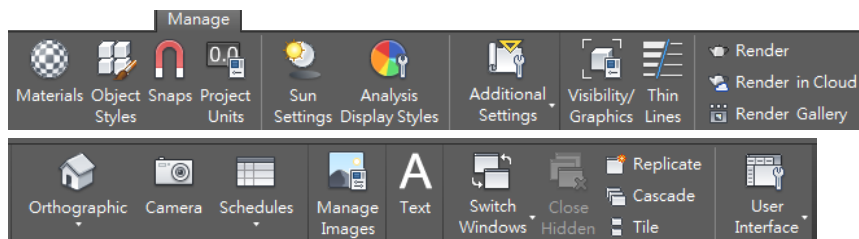


圖 4-3 管理(Manage)視窗

- (1) 基本設定：包括材質、物件線型顏色、繪圖設定、單位、使用者介面、視窗管理
- (2) 進階設定：包括日照設定、模擬成像設定、其他專案設定、渲染/雲端後製
- (3) 排程管理：針對量體建置作排程管理，以統計表格式定義各階設定與數據呈現。

4. 加載(Add-Ins)視窗：

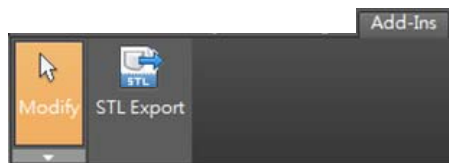


圖 4-4 加載(Add-Ins)視窗

3D 模型匯出(STL Export)：STL(stereolithography)3D 檔案轉存。

5. 編輯(Modify)視窗：



圖 4-5 編輯(Modify)視窗

圖型編輯：交集/聯集、縮放、複製、移動、offset、陣列、開口等。

經由綜觀 Autodesk Vasari 工作介面後，後續就建築效能分析執行步驟進行流程說明(圖 4-6)

與分項細部探討(表 4-1)。

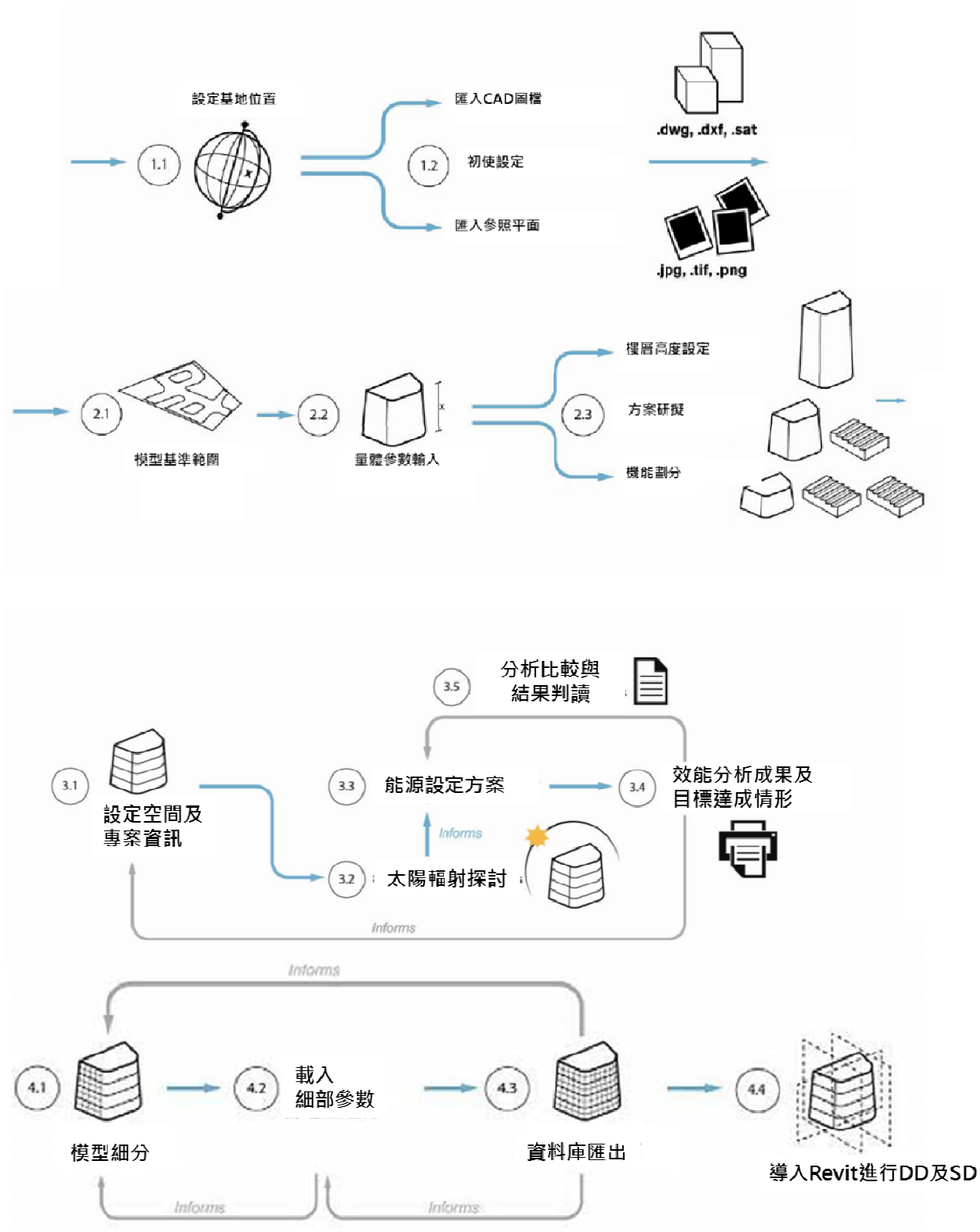
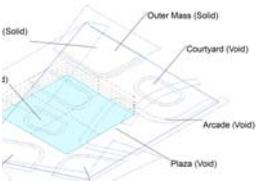
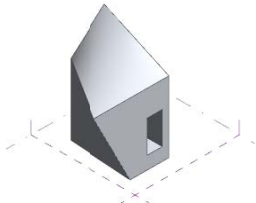
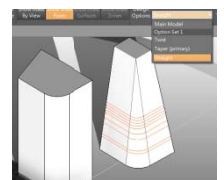
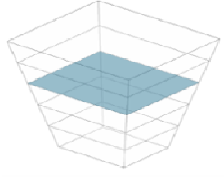
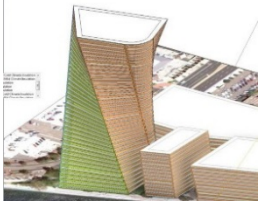


圖 4-6 模型建置流程

來源：編輯自 Autodesk Sustainability Workshop

表 4-1 Vasari 操作介面及功能說明(邱秀婷整理)

項次	操作項目	圖示	執行細項	備註
1.1	Analyze >Location 		- 專案位置 - 經緯度 - 氣象站 - 空照底圖匯入	藉由基地位置設定，確認所在地氣象參數
1.2	Import >Import CAD 		支援載入 CAD 檔案格式包括 *.dwg、*.dxf、*.dgn、*.sat、*.skp	將初步設計之 2D 或 3D 成果匯入進行模型再製分析
	>Import Image 		匯入點陣圖 (raster image)	可額外匯入參考基準平面
2.1	Model 		Create Mass-重新繪製模型	模型生成方式，可藉由參數修正編輯模型量體
2.2			Place Mass-重既有模型庫 (project)匯入模型	
2.3	Analyze 		Design Options-在視窗內編輯呈現設計候選方案	設計方案、量體尺度的決定
3.1	Modify Mass Manage 		- Mass Floors-量體樓層 - Property-屬性	模型空間及屬性的劃分定義
3.2	Manage >Sun Settings 		- Daily Path-逐日太陽路徑 - Analemma-日行跡(太陽軌跡) - Study area-特定日期某時段間的太陽路徑範圍	日照設定影響基地所在經緯度的光熱、輻射環境呈現，逐日或逐時的數值變化也是能源分析的統

項次	操作項目	圖示	執行細項	備註
			• Total sun area-某段期間內的太陽路徑加總曲面 • Ground compass-方位指針	計來源。
3.3	Analyze >Energy Settings 		• 熱區劃分 • 開窗率 • 建物營運型態 • 空調系統 • 外氣循環	能源設定參數直接影響效能分析結果，因此每一設定值應力求符合專案特性以免造成落差。
3.4	Analyze >Run Energy Simulation 		• 效能分析報告 • 能耗組成分析 • 分月耗電分佈 • 碳排放組成 • 生命週期(30年)總量分析	藉由執行效能分析結果，檢討其目標達成情形，可就耗能異常項目提出改善對策，並修正比較方案。
4	得出最適化方案→模型細部設定及匯出→Revit 細部設計(DD、CD)階段			

第二節 案例操作

根據第三章理論方法建構之效能分析程序(圖 3-2)，本節模擬操作 Autodesk VASARI 軟體進行實驗分析。

1. 界定建築生命週期的討論範圍：

本專案”嘉義港區旅館新建工程”，進行的建築效能分析、節能設計應用在設計階段(包括 PD、SD、DD 階段)，使在先期規劃設計時即能依據效能分析結果決定較佳方案，減少施工營運階段的變更設計與設備負擔。

2. 設定節能目標：

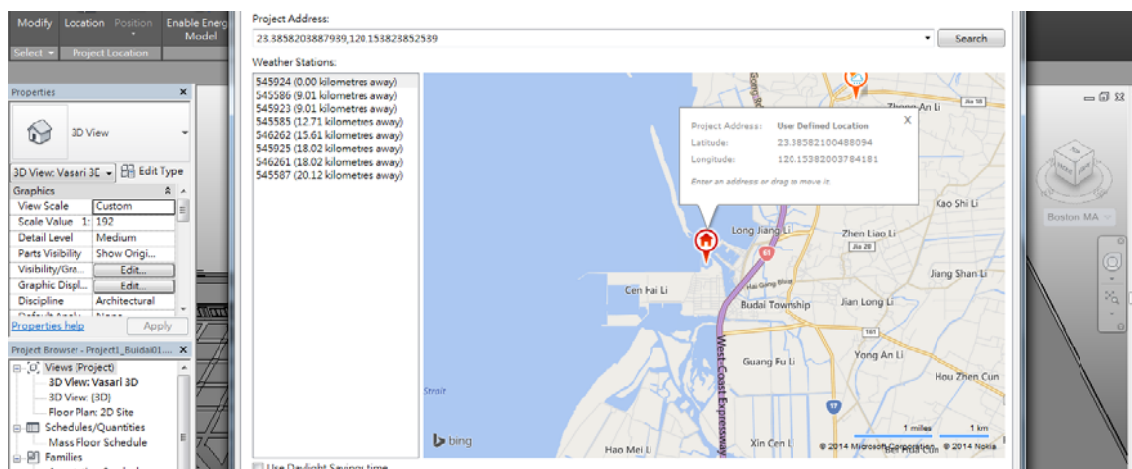
本研究案例的目標設定為以建築生命週期 30 年的總耗能表現，擬提升原設計方案 7%以上的節能效益，以用電密度 EUI(Energy use intensity, 建築物單位面積的年耗電量)作為建築耗能整體性綜合指標並作為方案評估基準。

3. 輸入外部氣象資料：

以嘉義某港區為例(圖 4-7)，設定專案、輸入基地位置與氣象站(Location Weather and Site)。該基地周邊地形空曠單純較無障礙物或其他影響微氣候之因素，有利於做為實驗對照。進行設定其位置資訊，可選擇鄰近氣象測站資料或預設的模擬氣象數據(圖 4-8)。值得注意的是，Vasari 藉由虛擬氣象站的運算技術，獲取嘉義地區擬真的氣象資料，並轉化成建築效能軟體可以運算與並應用的資料格式，是過去做不到的技術。



圖 4-7 實作案例基地模型



Weather Station: GBS_06M12_07_192065
 Distance to your project 2.8 mi (4.6 km)
 Latitude = 23.4167 , Longitude = 120.1833

Cooling Degree Day		Heating Degree Day	
Threshold	Value	Threshold	Value
65 °F	4791	65 °F	49
70 °F	3166	60 °F	7
75 °F	1810	55 °F	0
80 °F	724	50 °F	0

● IP ● SI

Annual Design Conditions				
Threshold	Cooling		Heating	
	Dry Bulb(°F)	MCWB(°F)	Dry Bulb(°F)	MCWB(°F)
0.1 %	93.9	79.4	54.9	53.4
0.2 %	93.2	79.2	55.9	53.9
0.4 %	92.5	79.3	56.7	55.0
0.5 %	92.3	79.7	57.2	55.8
1 %	91.4	79.7	58.3	57.1
2 %	90.3	80.2	60.3	58.9
2.5 %	90.0	79.9	60.8	59.2
5 %	88.7	79.4	63.0	61.0

圖 4-8 基地位置設定與氣象站資訊

4. 內部設定

首先是模型的建構(Create Mass/Place Mass)：可由檔案匯入選取 CAD、SKP 等檔案格式，或運用軟體繪圖工具建立模型。(圖 4-9~4-10)

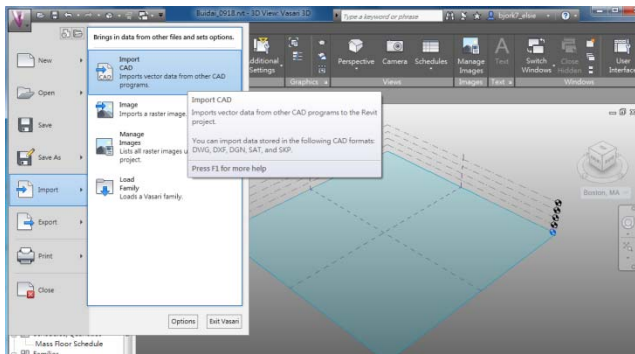


圖 4-9 檔案格式匯入

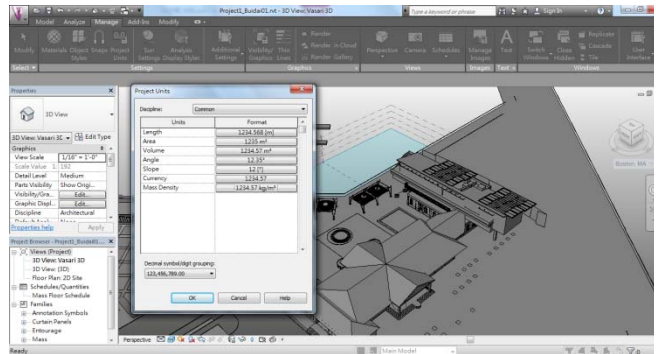


圖 4-10 模型建構與單位設定

接著進行能源模擬分析(Energy Setting/Run Energy Simulation)前的設定：使用預設的分區設定、按常規的開窗率設定為 30%，建築類型為旅館建築、構造材質採用預設值。(圖 4-11~4-12)

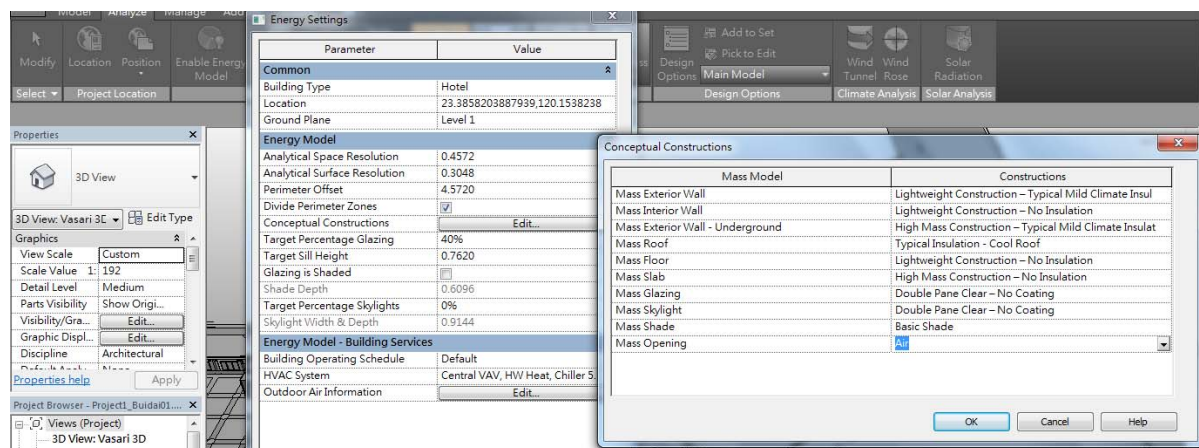


圖 4-11 建築效能分析與構造材質設定

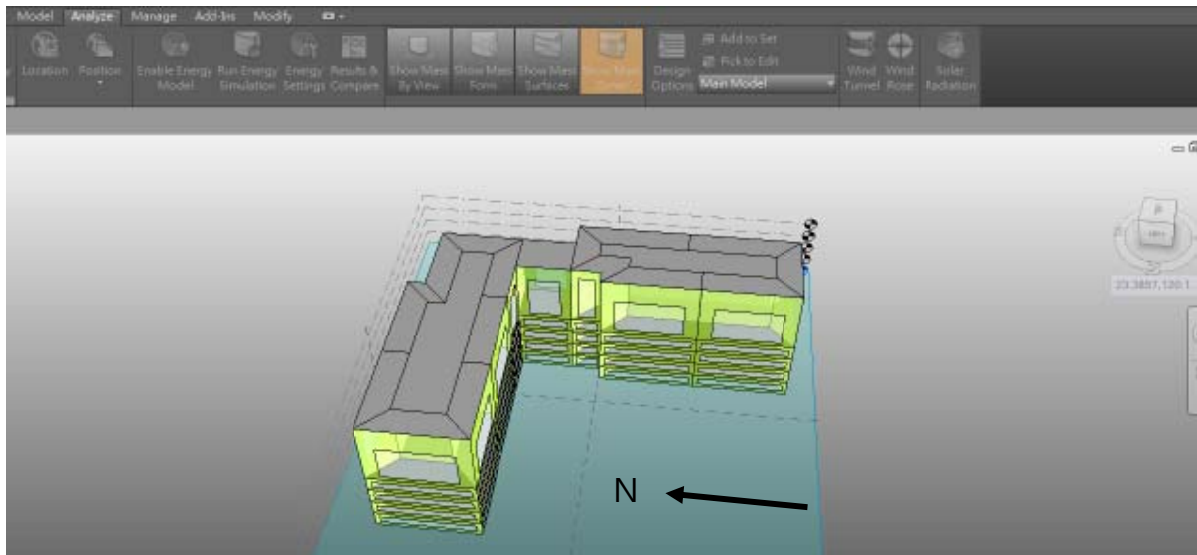


圖 4-12 樓層及散熱區劃分

5. 執行節能計算模組：

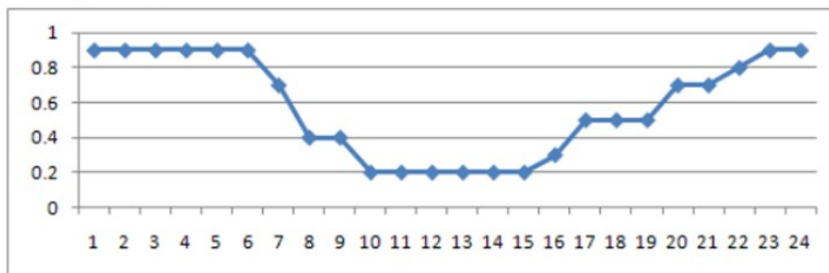
內部設定完畢、則執行節能計算模組

6. 可視化效能分析：

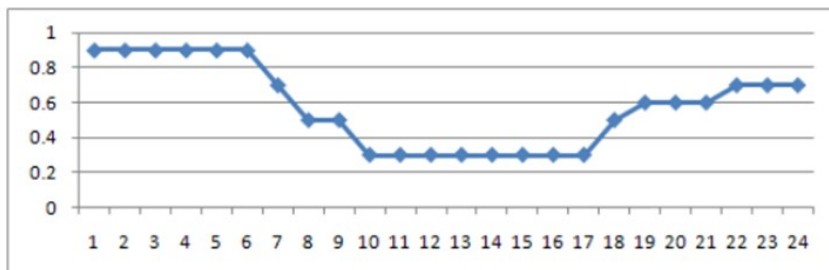
本研究的效能分析包括了能源使用的效能分析、以及建築物理環境的效能分析，前者呈現了預估的能源使用狀態，後者的分析結果可以作為後續方案修正的參考依據。分析項目包括用電密度(EUI)、建築生命週期(30 年)耗能及成本計算、能源回收/節能潛力、平均碳排放、每月空調負荷、尖峰用電需求、其他氣象分析等，可就目標設定內容檢討分析效能計算成果，並就關鍵因子回饋修訂。

各類型建築能耗特性不同，其中重要的概念為營運時段密度分佈(Occupancy Schedules)，而 EUI 的評估也應以同營運型態建築作比對方具意義。Autodesk Vasari 的建築營運時段劃分是以 California Non-residential New Construction Baseline Study (1999)為分類標準，其中本案例之旅館建築營運分布情況如圖 4-13 所示，縱座標之數值 chedule value 若為 1 表示該時段有 100 人活動期間，數值 0.1 則為 $100 \times 0.1 = 10$ 人使用活動。因此以旅館建築營運為例，綜合其平日與假日特性其營運尖峰為上午 1:00~8:00、下午 19:00~24:00。

Occupancy-Hotel/Motel



Hotel/motel schedule on weekdays



Hotel/motel schedule on Saturday

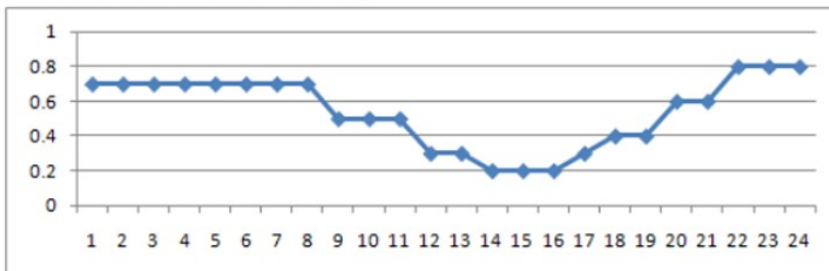


圖 4-13 旅館建築營運時段密度分佈

來源：Autodesk Knowledge Network - Occupancy Schedules

因此完成基本參數設定後，依據計算模擬結果，建築容納人數 183 人，用電密度 221kWh／ $m^2 \cdot yr$ 高於一般旅館平均用電 195.6kWh／ $m^2 \cdot yr$ 約 13%（圖 4-14）。依據用電量換算建築營運每年碳排放 101 噸（圖 4-15），耗能設備以空調 73%最高、其次為照明 18%（圖 4-16）。

Building Performance Factors

Location:	23.3856983184814,120.15421295166
Weather Station:	545924
Outdoor Temperature:	Max: 35°C/Min: 12°C
Floor Area:	7,335 m ²
Exterior Wall Area:	5,899 m ²
Average Lighting Power:	10.87 W / m ²
People:	183 people
Exterior Window Ratio:	0.30
Electrical Cost:	\$0.06 / kWh
Fuel Cost:	\$1.20 / Therm

Energy Use Intensity

Electricity EUI:	221 kWh / sm / yr
Fuel EUI:	279 MJ / sm / yr
Total EUI:	1,076 MJ / sm / yr

Life Cycle Energy Use/Cost

Life Cycle Electricity Use:	48,741,120 kWh
Life Cycle Fuel Use:	61,303,112 MJ
Life Cycle Energy Cost:	\$1,621,709

*30-year life and 6.1% discount rate for costs

Renewable Energy Potential

Roof Mounted PV System (Low efficiency):	235,371 kWh / yr
Roof Mounted PV System (Medium efficiency):	470,743 kWh / yr
Roof Mounted PV System (High efficiency):	706,114 kWh / yr
Single 15' Wind Turbine Potential:	2,786 kWh / yr

*PV efficiencies are assumed to be 5%, 10% and 15% for low, medium and high efficiency systems

圖 4-14 樓層及散熱區劃分

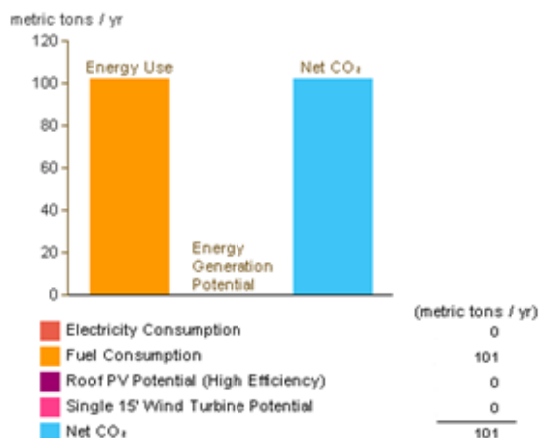
Annual Carbon Emissions

圖 4-15 碳排放分析

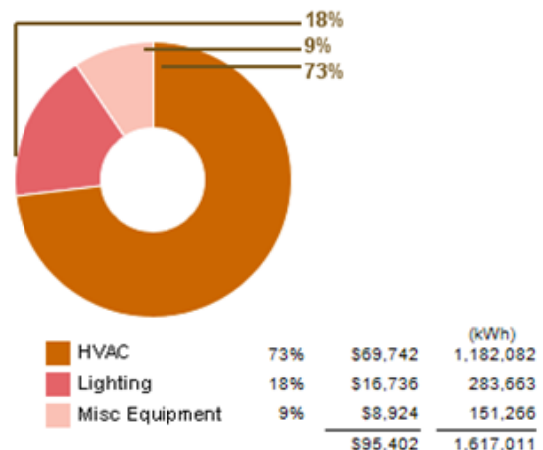
Energy Use: Electricity

圖 4-16 模型建構與單位設定

每月能源負荷檢討：由能源負荷組成分析，窗戶及外牆導熱為空調負擔最大來源，其次

為照明設備及開窗導致的太陽輻射，後述二者又為互相影響因子，可透過實驗修正過程探討較佳設計方案以到達節能效益（圖 4-17）。又由每月用電量分佈來看，以夏季 7、8 月用電較高（圖 4-18~19），與氣溫及太陽輻射分佈的趨勢吻合（圖 4-20），故推論若以電費費率評估全年耗電成本，應著重於夏季用電的改善以減少營運負擔。

Monthly Cooling Load

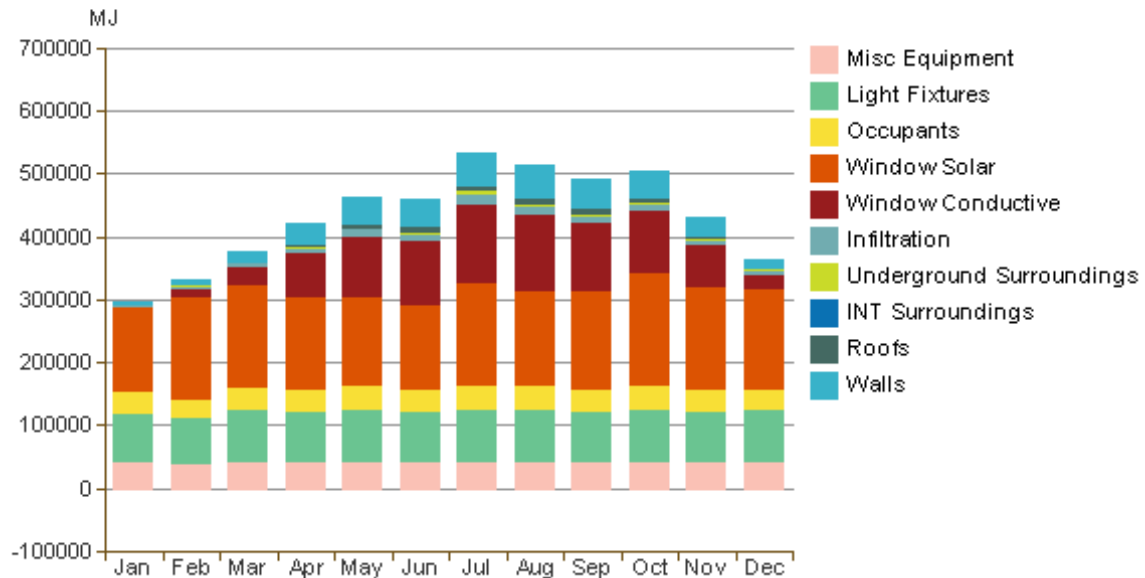


圖 4-17 樓層及散熱區劃分

Monthly Electricity Consumption

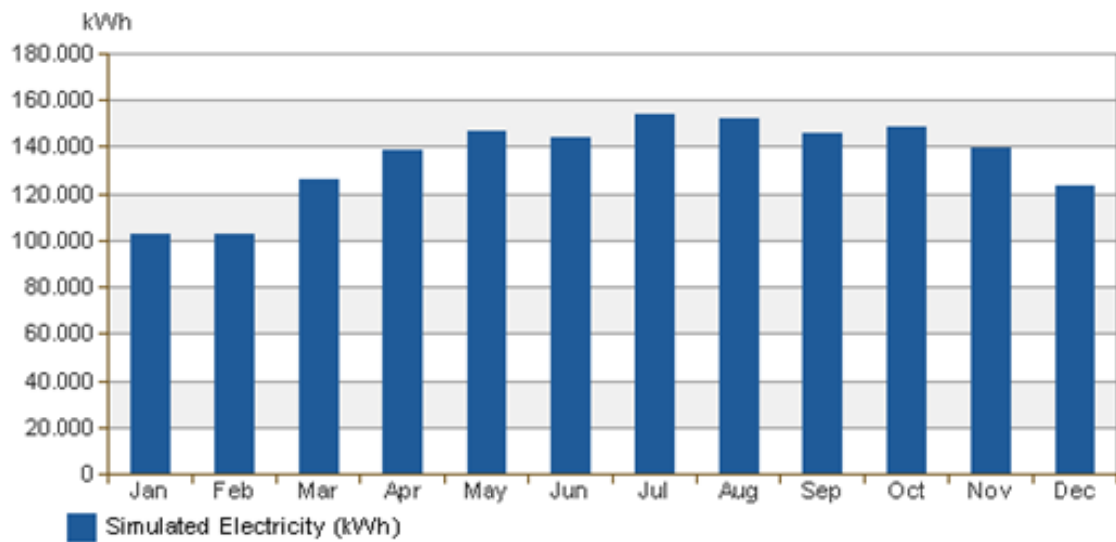


圖 4-18 各月份耗電分佈

Monthly Peak Demand

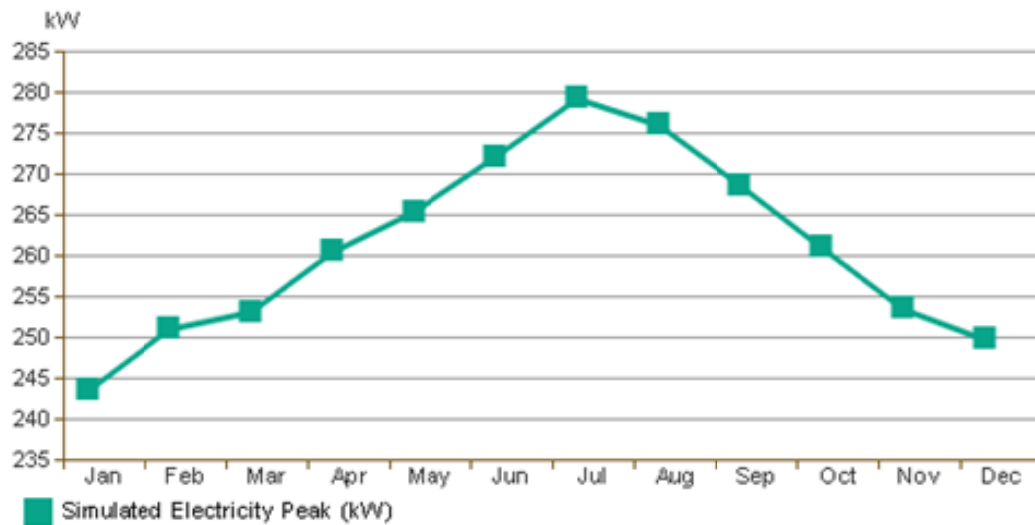


圖 4-19 各月份尖峰耗電量分佈

Diurnal Weather Averages

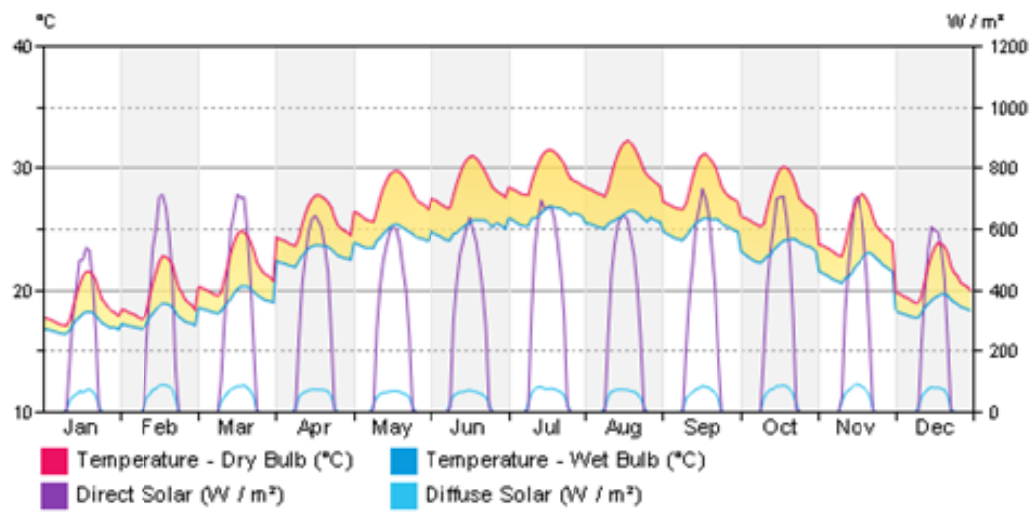


圖 4-20 各月份氣溫及太陽輻射分佈

基地物理環境分析：包括風頻圖(Wind Rose) (圖 4-21)、風場模擬(Wind Tunnel) (圖 4-22)、太陽輻射(Solar Radiatin) (圖 4-23)等可視化效能分析圖，根據其分析結果，顯示基地常年風向以北風、北北東為主，L 形建築面南的熱輻射較劇。

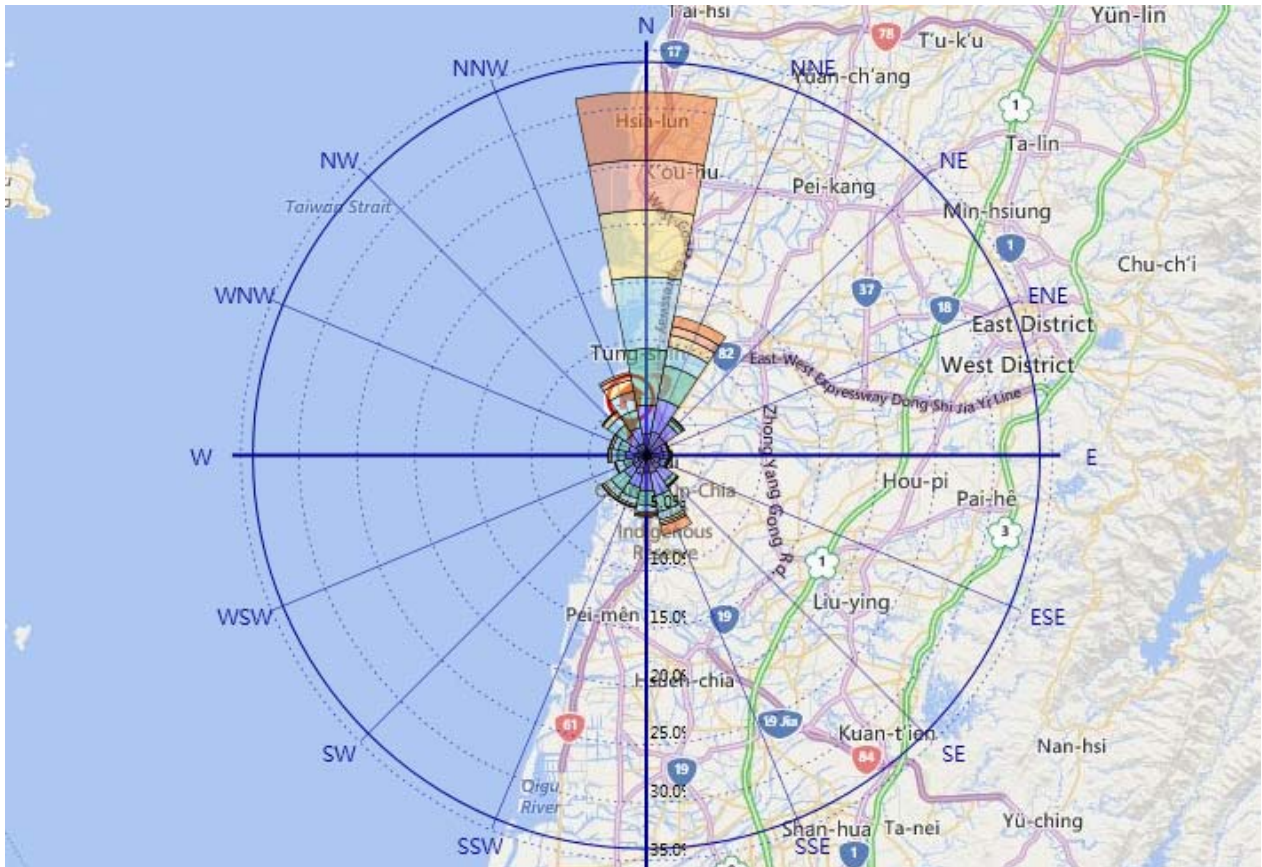


圖 4-21 基地風頻分佈圖

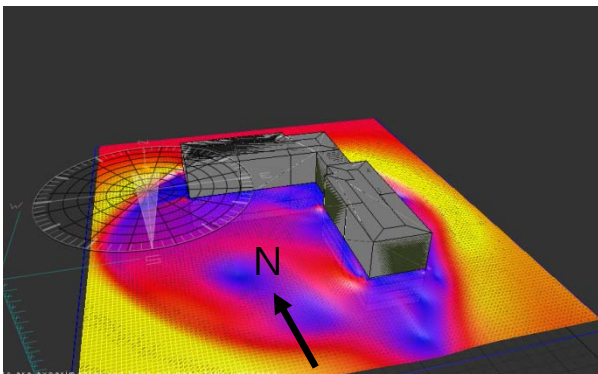


圖 4-22 建物風場動態模擬

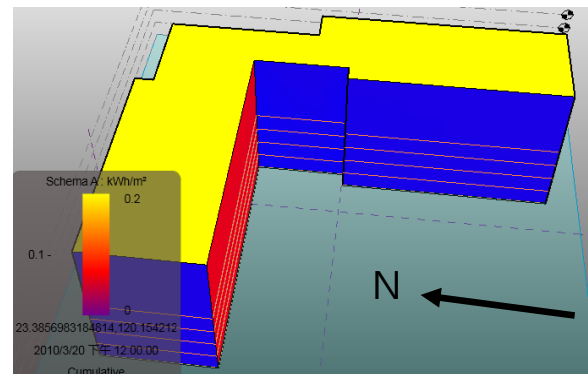


圖 4-23 建物外牆太陽輻射分佈

7. 評估與修正：

根據上述可視化效能分析研判，因為基地處於熱帶海洋氣候環境，臨港區熱輻射強烈又缺乏植栽遮蔭環境，並且從熱環境分析中得知基地建築南向及西向受熱最劇，為減少熱負荷之校正方案如下(圖 4-24、4-25)：

方案(A)—建築形式之調整：

- 開窗率：從 30%減少到 25%
- 窗戶台度：從 0.76 提高為 0.85
- 遮簷：南向及西向增加 3M 之遮簷
- 外牆材質：從 Lightweight Construction-Typical Mild Climate Insulation(R-Value 隔熱係數 10)變更為 High Mass Construction-High Insulation(R-Value 隔熱係數 17)

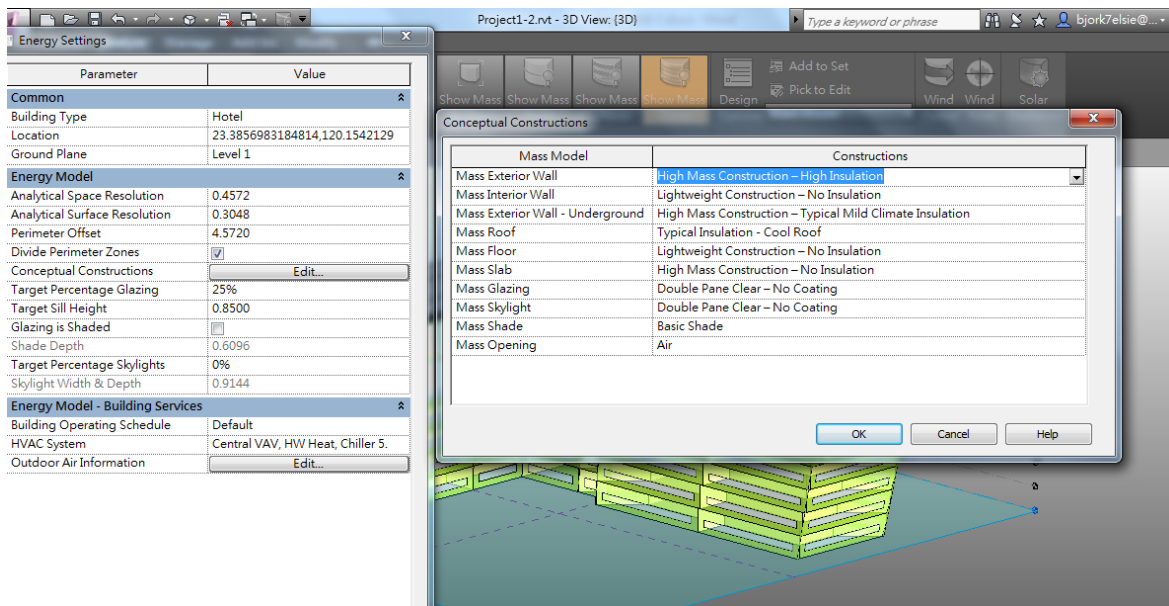


圖 4-24 建築構造方案修正(開窗率. 台度. 材料)

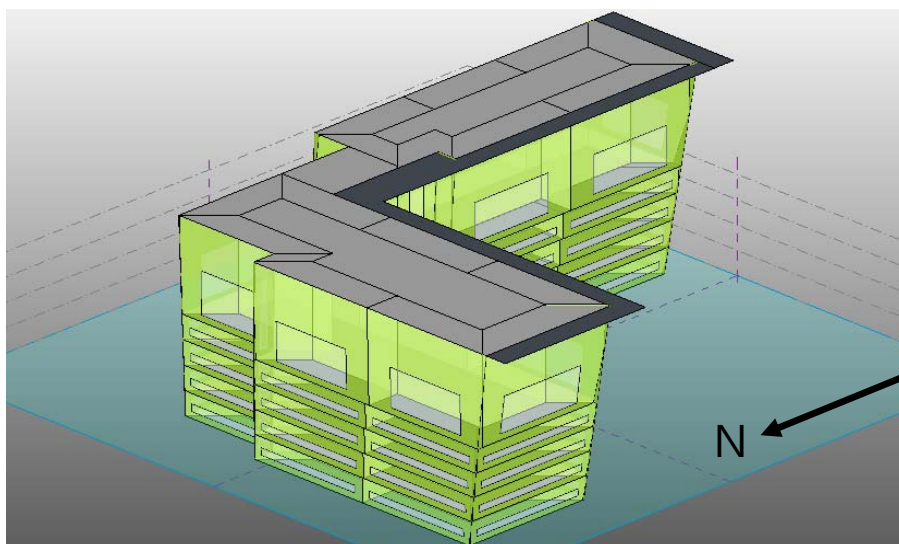


圖 4-25 建築構造方案修正(增加遮簷)

方案(A)+(B)—玻璃材質變更為 LoE-E 玻璃：

- 開窗材質(Mass Glazing)：從 Double Pane Clear - No Coating 變更為 Double Pane Clear - LowE Hot Climate, Low SHGC (圖 4-26)。

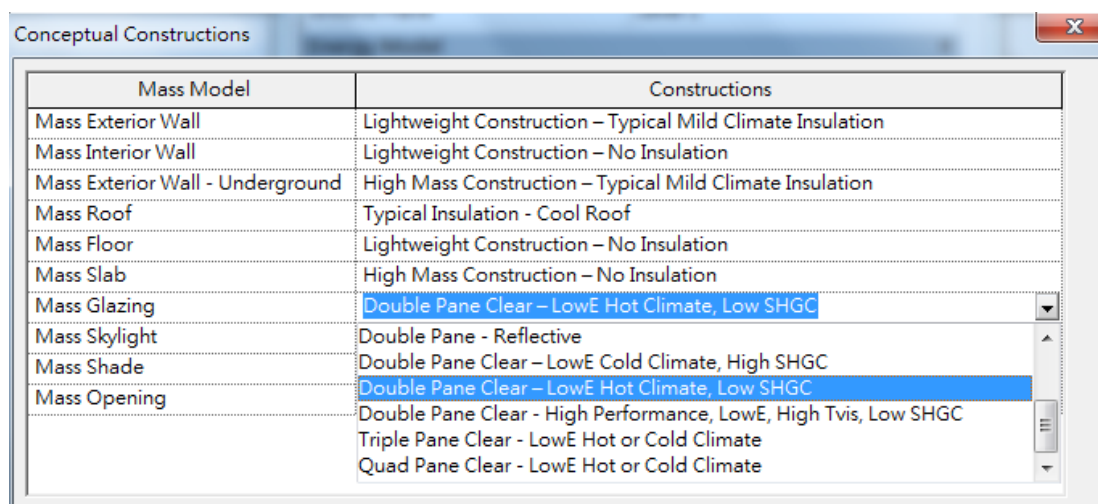


圖 4-26 玻璃材質變更設定

8. 選擇最適化方案

根據上述方案(A)建議，調整方案的建築生命週期能源成本負擔減少 6.6%，耗電密度 EUI 從 221 kwh/m²-y 變更為 203 kwh/m²-y、約減少 8.1%≥7% (圖 4-27)，減少比例大於設定

的節能目標，故本修正方案可以被選擇為最適化方案。另外若將玻璃材質全數變更為 Low-E 玻璃，EUI 值更可降低至 177 kwh/m²-y（圖 4-28），總節能效益達 19.9%。

Energy Use Intensity		Energy Use Intensity	
Electricity EUI:	221 kWh / sm / yr	Electricity EUI:	203 kWh / sm / yr
Fuel EUI:	279 MJ / sm / yr	Fuel EUI:	227 MJ / sm / yr
Total EUI:	1,076 MJ / sm / yr	Total EUI:	957 MJ / sm / yr
Life Cycle Energy Use/Cost		Life Cycle Energy Use/Cost	
Life Cycle Electricity Use:	48,741,120 kWh	Life Cycle Electricity Use:	46,501,080 kWh
Life Cycle Fuel Use:	61,303,112 MJ	Life Cycle Fuel Use:	52,215,932 MJ
Life Cycle Energy Cost:	\$1,621,709	Life Cycle Energy Cost:	\$1,514,846
*30-year life and 6.1% discount rate for costs		*30-year life and 6.1% discount rate for costs	

圖 4-27 原設計方案與方案(A)之能耗比較

Energy Use Intensity		Energy Use Intensity	
Electricity EUI:	221 kWh / sm / yr	Electricity EUI:	177 kWh / sm / yr
Fuel EUI:	279 MJ / sm / yr	Fuel EUI:	167 MJ / sm / yr
Total EUI:	1,076 MJ / sm / yr	Total EUI:	804 MJ / sm / yr
Life Cycle Energy Use/Cost		Life Cycle Energy Use/Cost	
Life Cycle Electricity Use:	48,741,120 kWh	Life Cycle Electricity Use:	40,652,040 kWh
Life Cycle Fuel Use:	61,303,112 MJ	Life Cycle Fuel Use:	38,267,311 MJ
Life Cycle Energy Cost:	\$1,621,709	Life Cycle Energy Cost:	\$1,286,243
*30-year life and 6.1% discount rate for costs		*30-year life and 6.1% discount rate for costs	

圖 4-28 原設計方案與方案(A)+(B)之能耗比較

第三節 小結

以”嘉義港區旅館新建工程”專案為例，本章以Autodesk公司的VASARI建築效能分析軟體，驗證Green BIM建築效能設計決策流程，包括：(1) 界定建築生命週期的討論範圍、(2) 設定節能目標、(3) 輸入外部資料(氣象資料)、(4) 內部設定、(5) 執行節能計算模組、(6) 可視化效能分析、(7) 評估與方案修正、(8) 選擇最適化方案，等步驟，即透過BIM模型基礎的“設計”、“評估”的決策循環，以產生符合環境效益的最適化的設計方案。

依據建築效能分析流程的模擬實驗操作，本章歸納模型基礎決策系統與可視化動態分析在建築節能設計決策（或節能目標達成）之應用特性：

- (1) 參數化模型：藉由控制變因如外牆開窗率、天窗比例、熱區劃分、牆面/屋頂隔熱/樓板/玻璃材質的修正，可以得到個別變因對於目標設定的數值影響，進而得出具節能效益的“熱點”。例如操作過程中發現外牆材質的隔熱系數變化對於EUI影響甚微，外遮簷則有較大節能提升影響，反應熱帶氣候被動式建築的設計效益。
- (2) 組成分析：藉由各月份、時段的能耗（包括冷卻與加熱設備）風頻、太陽輻射、乾濕球溫度、濕度的分佈數據，結合建築類型的營運特性，可以提出設備對策與室內舒適度的提升方案，如空調與全熱交換之設計、自然通風採光運用策略等。

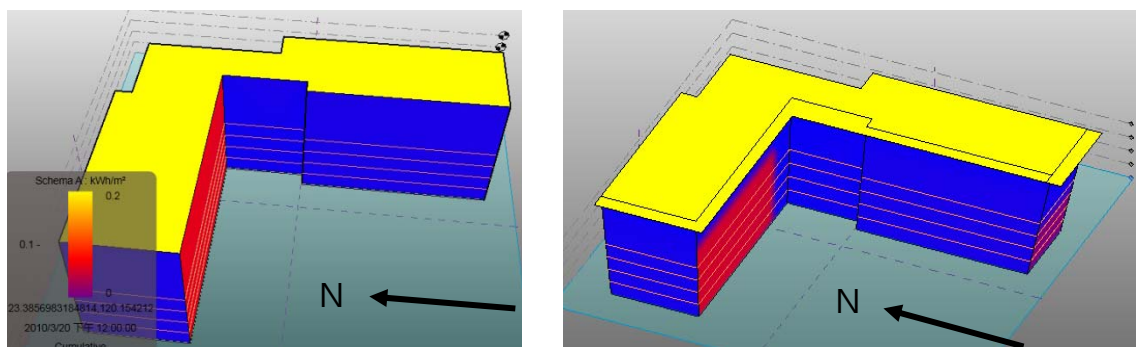


圖 4-29 增加遮簷方案後的熱輻射變化

- (3) 成本分析與生命週期檢討：藉由電價換算、生命週期環境效益如碳排放計算，可以具體評估如採用替代能源如太陽能，或增加某建築構造成本如遮簷設計、Low-E 玻

璃之 C/P 值 (Cost/Performance ratio) 或回收年期等，以協助業主或決策者進行設計方案的判斷。例如本研究操作改採 Low-E 玻璃後提升 12.8% 的節能效益，可換算為產品使用年限之造價成本與節省電價做比較，以判斷其效益表現。

第五章 結論與建議

第一節 結論

台灣 Green BIM，台灣的綠色的建築資訊建模強調從設計之初(PD、SD、DD 階段)，便以建築資訊建模(Building Information Modeling, BIM)作為基礎工具，因應台灣在地化的氣候條件，進行建築效能分析(Building Performance Analysis, BPA)，透過“設計”、“評估”的決策循環，產生符合環境效益的最適化的設計方案，最終達到追求環境永續發展的目的。本研究藉由文獻回顧與案例分析，歸納出 Green BIM 決策循環模型(圖 2-12)作為建築生命週期的設計、評估階段的”整合性設計程序”，“Green BIM 決策循環模型”亦適用於採光權、遮陽與陰影分析、太陽熱幅射、空氣與對流、音效設計、視覺影響、建築物生命週期耗能量與碳排放量等等的設計與評估分析，本文以”嘉義港區旅館新建工程”專案為例，舉證其在生命週期耗能量的應用，以驗證其理論架構的可行性。除此之外，值得注意的是，本研究使用的 Vasari 軟體，藉由虛擬氣象站的運算技術，獲取嘉義地區擬真的氣象資料，並轉化成建築效能軟體可以運算與並應用的資料格式，是過去做不到的革命性技術，終於落實了 Green BIM 的本土化與區域性應用。因此，Green BIM 在永續建築設計上的應用成為當代重要的研究議題。Green BIM 的應用，可達成效益如下：

- (1) 利用 BIM 操作過程的效率與精準特性，達到節省成本(縮短時程、減少錯誤)的目的。
- (2) 設定節能減碳之設計目標，如初始階段的物理環境評估與省能對策、有利於綠能發展的構造材質設計與方案評估，以及綠建築指標計算模組、後續營運階段的智慧能源監控等。
- (3) 透過 BIM 技術模型化評估、資料庫運算分析與四維時間管理之能力，與”綠建築評估指標”的運用結合，以達綠建築生命週期生態效益的”Green”目的。本研究以用電密度 EUI(Energy use intensity, 建築物單位面積的年耗電量)，作為本研

究建築耗能整體性綜合指標的方案評估基準。證明能夠整合與更簡化國內綠建築標章 EEWB 之建築節能指標依不同建築類型採用的計算指標，包括：建築外殼耗能量 ENVLOAD(辦公、百貨、旅館、醫院類建築)，外殼等價開窗率 Req (住宿類建築)，窗面平均日射取得量 AWSG(學校、大型空間)。

經由本研究之實作驗證，探討理論與軟體應用操作之差異性探討如下：

(1) “目標”採用的單位：

本研究建議以 EUI 作為軟體輸出的”綜合性能指標”的單位，並根據”設計方案 EUI 值”與”基準方案 EUI 值”的差異與基準方案 EUI 值的“比值”，得到”優化性能百分比”為評級或目標設定的條件。採用 EUI 為單位，是一個容易與台灣”能源局”依建築類別所作的統計表產生”有感的評比”的方式。目標的基準單位製訂，主要是看設計方案，所欲達成的理想，並且能夠使參與者產生有感共鳴，並方便用來輔助”設計決策”，並沒有不可變動性、不可取代性。例如：有專家亦提出以拆解建築空間組成的動態 EUI 為指標單位，然而，要考慮採取其方法是不是一個已經獲得國際驗證的有效方式、或者是已獲得區域性的普遍共識，而且經過採用之後，容不容易被有關單位普查?普查與統計結果能否足以驗證推廣認證的成效。

(2) 氣候數據的真實性：

虛擬氣象站的真實性與準確性經常落入爭議，在實際應用上，我們必需認知，虛擬氣象站建立的目的是為了更準確的模擬那些”缺乏實質氣象站”區域的氣象。一般的基地，很難建立實質氣象站並且持續觀察 30 年，得到 TMY 數據。採用虛擬氣象站，已是最接近真實的方法。因此，如果專案基地處在具備實質氣象站附近，則真實度與實測相同。虛擬氣象站是以真實氣象站之 TMY 數據為基礎，Autodesk 再進行虛擬氣象站的模擬運算，以補足各實際測站間的數據落差，並使建置的氣象網格距離達到 14 公里以內，提升模擬準確性(Malkin, 2008)。國際通用的 TMY 典型氣象年度(Typical Meteorological Year)，即各氣象站以近 30 年的月平均值為依據，

並從近 10 年數據中選取一年各月接近 30 年的平均值作為典型氣象年。VASARI 結合各地氣象站資料的雲端伺服器並持續進行系統維護建構，已較 Ecotect 受制於有限的城市氣候數值提升甚多，但針對個別基地微氣候影響因子如旁有大水塘、森林、或工業廠區等，若能進行個案校正或納入影響模擬，將使評估結果更具決策價值，並有利於設計者衡量生態補償措施之效益。

(3) VASARI、Green Building Studio 能耗分析服務與 DOE2 模擬引擎

本研究的 VASARI 所採用的”能耗分析”是”Green Building Studio, (詳:http://help.autodesk.com/view/BUILDING_PERFORMANCE_ANALYSIS/ENU/?guid=GUID-43DAB177-3A4F-496C-BECB-2591FD04FC10)”它是雲端服務的應用軟體、採用 DOE2 引擎模擬，支援 Energy Star 與 LEED 認證，並符合 ASHRAE 的規範(包括：ASHRAE 90.1, ASHRAE 90.2, ASHRAE 62.1 and CBECS data)(圖 5-1)

(4) 能耗模擬引擎的有效性

Green Building Studio 採用 DOE2 模擬引擎，在 2008 年完全通過 ANSI/ASHRAE Standard 140 的測試與認證，ANSI/ASHRAE Standard 140 是美國健康與空調工程協會(American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers)的建築能源分析運算程式標準測試與評估方法(Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs)，其有效性與公信力無庸置疑。

(詳:<http://knowledge.autodesk.com/support/green-building-studio/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/ENU/BPA-GBSWebService/files/GUID-3997B044-DA32-4A5C-8357-C8BCA6760A38-htm.html>)

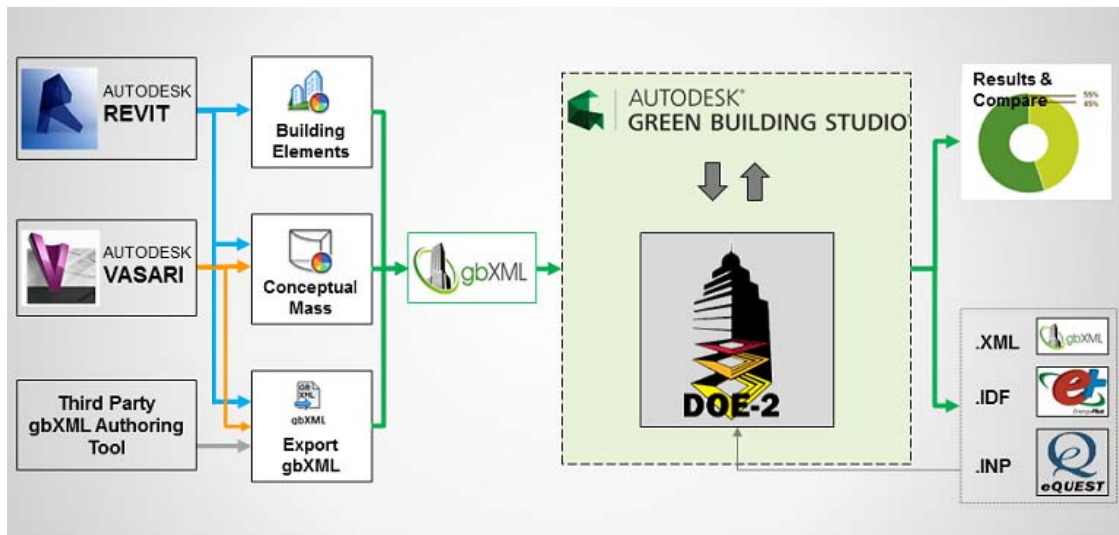


圖 5-1Green Building Studio 與 DOE2 引擎、BIM、BPA 軟體架構圖

第二節 建議

根據研究發現，提出下列具體建議：

建議一

立即可行—建立 Taiwan GREEN BIM 基礎的”節能指標評估”模式：

主辦機關：內政部建築研究所、經濟部能源局

協辦機關：中華民國全國建築師公會、財團法人台灣建築中心

本研究以”節能”指標為例，已經研討出一套整合 BIM、BPA 的整合性設計程序，可以以建築技術規則為基準方案，並以 EUI 為指標輸出綜合性指標的單位，使得分析結果可以與”經濟部”能源局的 EUI 統計作為人民有感的評比，並建議以優化性能百分比評級，作為目標設定的原則，鼓勵設計方案必需優化於以建築技術規則為基準的方案。建議也可依此程序一一檢討其它”向度”綠能指標的適用性。如表 5-1 列出美國 LEED、台灣 EEWB、與大陸綠色建築評價標準的節能指標分析：

- (1) 美國 LEED 以 ASHRAE 90.1 建築節能標準為基準，其基準方案輸入 ASHRAE 90.1 規定的變因參數，應用 Energy Plus 軟體模擬運算輸出 ECB(能源成本預算)，採取優化性能百分比作為評級的門檻。然而，缺點是 Energy Plus 是 CAAD 時代的產物。尚未與 BIM 軟體作整合，變因參數需要在該軟體另行輸入。
- (2) 台灣 EEWB 是以符合建築技術規則的方案為基準方案、輸入建築外殼、空調與照明等參數，依公式計算出 EI 為日常節能指標基準值，而設計方案只要小於基準值則視為較優化的方案，便可得到該項目的合格證明。然而，EEWB 只是計算分數，無法量化能量負荷。以建築外殼、空調與照明等參數所獲得的 EI 值與能源的單位缺乏關聯性，三個參數的單位也不統一，是個”無感”的認證指標單位。依公式計算出的 EI 值，也過於”減化”未能充份反應出影響建築能耗的變因。影響建築能耗的變因有三大項目：壹、是建築的幾何資訊、貳、是參與建築生命週期(運輸、興建、使用、

廢棄、回收等)的屬性參數、參、是區域性的氣象資訊，要處理這麼龐雜且關聯性的數據與資料，必需應用軟體、雲端模擬運算，龐大的數據與複雜度，已經不是減化的公式可以表達。

- (3) 大陸的綠色建築評價標準，是一條一條散落在不同法規的法條彙編而成，其審查方式是靠專家逐條文圖比對，符合法條則給予該子項目分數，其方法容易成為審查專家主觀的判斷。
- (4) 本研究 Taiwan Green BIM 模式則可視為美國 LEED 的優化方式。當下的 VASARI 已經融入 BIM 軟體體系、所採用的 DOE2 模擬引擎與 Energy Plus 一樣，都已通過 ANSI/ASHRAE Standard 140 的測試與認證，本研究提議與 LEED 的差異點，在於輸出結果所採行的單位、LEED 輸出 ECB(能源成本預算)。在美國，多元的能源來源容易取得並且有獎勵性的計價方式，該輸出單位可以鼓勵多多應用潔淨能源、或規劃節稅省錢的能源應用時段。然而台灣一直脫離不開台電的中央供電的模式，以單位面積的年平均用電“度數”的 EUI 為輸出單位是一個使人民有感的單位。當然，如果台電意識到鼓勵多元能源使用對增進國家競爭力的重要性，制定獎勵性的計價方式，台灣也應採用 ECB(能源成本預算)。另一方面，以 BIM 軟體運算也較以“公式簡算”的 EEWB 更減少人為失誤。雖然“軟體”不是完美且萬能，但“軟體”，容易累積專家的經驗，也容易在國際間可以承認的程式語言和通訊平台上，群策群力的促使“軟體”進化以符合認證要求。

表 5-1 綠色建築評估體系節能指標分析

評估體係	美國 LEED	台灣 EEWH	大陸 綠色建築評價標準	TAIWAN GREEN-BIM
指標基準 baseline	Energy Standard for Buildings ASHRAE 90.1	建築技術規則	公共建筑节能设计标准 建築照明設計標準 建築外窗氣密性能分級及檢測方法	建築技術規則
輸入因子	幾何 (Spaces, Surfaces and Zones) 建築外殼 暖通空調 生活熱水 動力 照明 Weather data	EV/Evc 建築外殼負荷比 AC/Acc 空調效率比 Lr 照明節能比	圍護結構 空調採暖 照明 通風換氣 生活熱水	BIM 1. 幾何資訊 2. 建築生命週期的實質屬性資訊 Weather data
運算工具 運算公式 運算方法	Energy Plus 	$EI = \{ (EV / Evc) \times (AC / Acc) \times \gamma + Lr \} \times (1.0 - \alpha - \beta)$ $EIc = 0.64 \times \gamma + 0.9$	專家審查比對	GB based BPA
輸出結果	能源成本預算 Energy Cost Budget (ECB)	EI 日常節能指標 EIc 日常節能指標基準	控制項 一般項 優選項	用電密度 Energy Usage Intensity (EUI)
認證評分	優化性能百分比 (energy efficiency) $\frac{ECB_b - ECB_d}{ECB_b} \times 100 \%$	若 $EI < EIc$ 則合格	依設計符合條件	優化性能百分比 (energy efficiency) $\frac{EUI_b - EUI_d}{EUI_b} \times 100 \%$

建議二

立即可行—在”日常節能指標”的認證上，Green BIM 與 EEWB 並行

主辦機關：內政部建築研究所、內政部營建署

協辦機關：中華民國全國建築師公會、財團法人台灣建築中心、臺灣綠建築發展協會

毫無疑問的，臺灣綠建築評估系統 EEWB 為建築永續環保設計的評定作出了不可抹滅的巨大貢獻，其簡化計算的方式，也為沒有 BIM 的 2D 施工圖時代，提出一套簡易審核的條件，使綠建築評估簡便易行。然而，如上所述，以能耗計算為例，EEWB 只是計算分數，無法量化能量負荷。要處理影響建築能耗三大項目變因：壹、是建築的幾何資訊、貳、是參與建築生命週期的屬性參數、參、是區域性的氣象資訊，其龐大的數據與複雜度，勢必應用軟體、雲端模擬運算，已經不是減化的公式可以表達。如今，雲端服務、個人高效能運算軟硬體技術的成熟與普及，使得 GREEN BIM 應用已經可行，且成為建築、營建與營運產業提升競爭力的必要門檻。另一方面，越先進的國家越仰賴”軟體模擬”取代”公式簡算”或”專家審查比對”的方式，以簡少人為評定的主觀差異，BIM 技術的發

展使得”軟體模擬”日益精準，台灣目前正在過去 CAAD 與 BIM 技術的交接時代，在過渡期，EEWH 的方法不能馬上被取代，故本研究建議在”節能”這個向度上”軟體模擬”與”公式簡算”兩法並行，直到 BIM 技術與在台灣執行的成熟期到來，才考慮全然採行”軟體模擬”的評等評級方式。

建議三

中長期建議—結合綠色建築指標評估、邁向 BIM 基礎的整合性設計決策流程：

主辦機關：內政部建築研究所、內政部營建署

協辦機關：中華民國全國建築師公會、財團法人台灣建築中心、臺灣綠建築發展協會

目前 VASARI 的能源評估計算工具已經整合進雲端運算與服務的 BIM-Revit 軟體中，不再獨立成一個軟體(圖 5-1)。因此可以預期，從設計一開始用 BIM 建模，輸入參數、從雲端取得氣象數據，並據此進行評估的模式將更整合與簡便，而根據 BIM 的成熟進度，應用 GREEN-BIM 基礎的軟體輸出各式能夠對應評估指標(比如:LEED)所需的”表單”將是理所當然的功能與服務(圖 5-2)。此外，根據該進度，除了能源、其它包括風環境分析、日照與照明分析、太陽輻射熱分析等等也都在可預期將來能夠與 BIM 軟體充份整合。因此，建議(1)的可行性，可當作理論基礎，真正能夠施行，按預定的技術發展，其成熟期約在 2020~2030 年，故可作為中期計畫。而且，應用 BIM 取代 CAD 作為標準的建築交付文件，也待一段時間的宣導、磨合，以形成共識。

Effective May 31st, Autodesk Vasari will shut down; however, The conceptual modeling and analysis features you love can be found in [Autodesk® FormIt®](#), [Autodesk® Revit®](#), and [Dynamo](#) for Revit software.

Vasari feature	Other Autodesk Offerings
Shape modeling and analysis	FormIt
Parametric and computational design	Dynamo for Revit and Dynamo Studio
Energy modeling	Revit
Wind analysis	Flow Design plug-in for Revit
Climate analysis	Revit
Daylighting and Electric lighting analysis	Lighting Analysis for Revit
Whole building energy analysis	Revit
Solar Analysis	Revit plugin on Labs
Solar Studies	FormIt , Revit

圖 5-2VASARI 於 2015/0531 不再提供服務

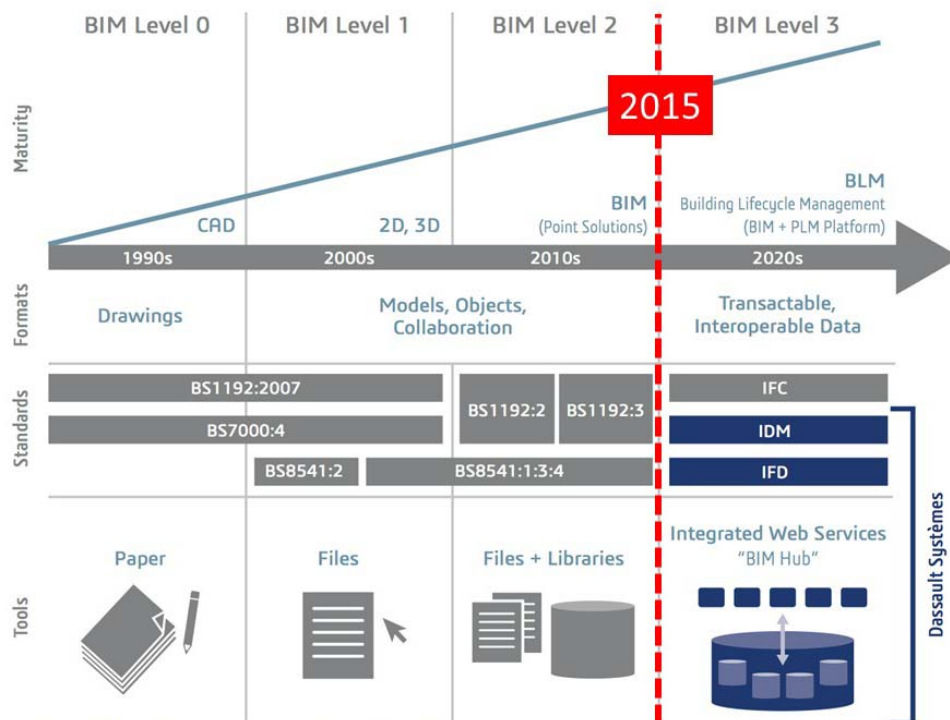


圖 5-3BIM 的成熟度進度表

建議四

中長期建議—建立助益於”多元決策”的綠色建築指標體系

主辦機關：內政部營建署、內政部建築研究所

協辦機關：中華民國全國建築師公會、財團法人台灣建築中心、臺灣綠建築發展協會

綠色建築指標的取得，更重要的意義在於通過評估、評等與評級後能夠回饋、調適直到找到最適化的方案，該方案是在一定的條件限制下最符合在永續發展原則下的效能要求。然而建築設計是多元的，幾乎沒有一個設計是可以在所有的向度都獲得滿分，因此，一個綠色建築指標評估的機制，能不能有效的促使建築的參與者在多元條件的考慮下，作出權衡與決策，就是未來 GREEN BIM 基礎的綠色建築指標評估機制設計的重點。如圖舉例，兩個不同方案，可能在不同的評估向度(光、音、熱、氣、水)，下有不同程度的效能評級表現，評級總分的高低或許可以作為一種選擇的參考，然而，設計專案如果面臨某些特殊的極端氣候條件或其它必要的要求，專案在某些向度的特殊表現，或許才是應該被選擇的重點。



圖 5-4 多元權衡決策

建議五

中長期建議—政策鼓勵、其它的高效”能源目標”

主辦機關：經濟部能源局

協辦機關：行政院環保署

”能源目標”標準並非”不可取代性”。本研究考量台灣本島很難改變以”台電”為中央供電與計費模式，故提出以 EUI 作為目標輸出的單位，推動使人民有感的綠能指標，而事實上，視設計專案的理想與目的，還有其它可能的”能源目標”標準，採用的可行性視政府預期引領產業方向、技術可行的成熟度而定：

(1) Net Zero Energy 淨零能耗標準

設計方案的每年再生能源設備所產生的電力密度，應符合建築物的年耗能密度 EUI

(2) Passivhaus 被動屋標準

以 EUI 為單位，被動房屋的空調設備耗能上限。

(3) Peak Heating or Cooling 尖峰空調能耗

機械系統的耗能值不得超過負載峰值(Peak load)。

(4) Carbon Footprint Goals 碳足跡

雖然透過電力的碳排係數可以從電力負載換算成”建築物使用階段”的碳排放量，但是建築生命週期的總碳排放量，包括了建材的生產、運輸、興建、使用與廢棄，體系與複雜度龐大，尚需研究。

參考文獻

1. 中興工程顧問股份有限公司，2013，Total BIM 應用於節能設計之專案管理，專案經理雜誌 11 期。
2. 內政部建築研究所資料檢索系統，
2014/12, <http://www.abri.gov.tw/utcPageBox/CHIMAIN.aspx?ddsPageID=CHIMSA&>
3. 天津市建築設計院，2012，天津院文體中心。
http://images.autodesk.com/apac_grtrchina_main/files/tianjin_jishu.pdf
4. 低碳建築聯盟，2014 (http://www.lcba.org.tw/about_us.php)
5. 何志宏，2013，節能低碳設計策略。
6. 周建成，2010，以建築資訊建模技術輔助防救災決策與應變過程，科技部計畫
7. 林憲德，2010，建築能源與碳足跡，綠色魔法學校
(http://www.msgt.org.tw/research2.php?Type=14&menu=research2_class&pic_dir_list=1#)
8. 林憲德，2014，建築碳足跡(上)-評估理論篇，詹氏，pp 21-24
9. 姚志廷，2011，隔熱材料對建築外殼隔熱性能及節能效益之影響，建築研究簡訊第 75 期。
10. 柏基，2011，建築師如何迎接 BIM 時代的來臨，<http://www.bim.org.tw/ThesisFile/20110714002/%E5%BB%BA%E7%AF%89%E5%B8%AB%E5%A6%82%E4%BD%95%E8%BF%8E%E6%8E%A5BIM%E6%99%82%E4%BB%A3%E7%9A%84%E4%BE%86%E8%87%A8.pdf>
11. 科技部學術補助獎勵查詢，2014/12，
<http://statistics.most.gov.tw/was2/award/AsAwardMultiQuery.aspx>
12. 張昇、吳翌禎、許家瑛、潘煌錕，2010，建築節能分析與視覺化模擬之研究。
13. 張益豐，2011，雲端運算環境下智慧居家元件電腦輔助設計介面。
14. 張從怡，2014，碳足跡評估與認證之趨勢，LCBA-AP 推廣課程。
15. 郭韋良、吳翌禎，2012，BIM-Based 台灣綠建築評估系統規劃與建置，pp. 1, 5。
16. 陳上元、邱秀婷，2014，綠色的建築資訊建模 Green BIM，智慧化居住空間產業聯盟，技術專題，智慧化居住空間專屬網站。
<http://www.ils.org.tw/DownloadWithCredentials.ashx?guid=1B6AD8B1CE859DB22B83EBF2816ECD2690A8C4F96DBAC0A17FCC2A8EFDCEB030F4B39BB323A355012>
17. 陳建忠、施宣光，2013，BIM 應用於建築節能評估策略與實務，內政部建築研究所計畫
18. 陳柏翰，2014，應用 BIM 技術於綠建築規範自動化認證之先導技術開發，科技部計畫
19. 黃瑞隆，2013，建築節能與設計改造應用，財團法人台灣綠色生產力基金會。
20. 經濟部能源局，2013，建築節能應用技術手冊，pp. 5-6。
<http://www.ecct.org.tw/print/files/1021231%E5%BB%BA%E7%AF%89%E7%AF%80%E8%83%BD%E6%8A%80%E8%A1%93%E6%89%8B%E5%86%8A.pdf>
21. 鄧挺發、陳志文、林坤霖、尹倩妮，2012，BIM 於節能減碳設計上之應用—以捷運萬大線 LG05 站為例，捷運技術半年刊第 47 期，pp. 4-6。
22. 鄭泰昇，2014，BIM 導入台灣綠建築設計案例實作研究，內政部建築研究所。
23. 賴朝俊、蔡志敏(譯)，Eastman, C, etc., (原著)，2013，BIM 建築資訊建模手冊(第二版)，松岡。
24. 蘇瑛敏、陳上元，2012~2015，從 BIM 整合觀點探討亞熱帶綠建築與生態社區設計與人文美學之研究，科技部計畫

25. Aram S, Eastman C, Sacks R, 2013, "Requirements for BIM platforms in the concrete reinforcement supply chain" *Automation in Construction* 35 1-17
26. Archer, L. B., 1965, *Systematic Method for designers*, Council of Industrial Design.
27. ASHRAE Handbook, 2013, http://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpASHRAEB2/viewerType:toc/root_slug:2013-aashra-handbook
28. Asimow, 1962, M., *Introduction to design*, ch.3, Prentice-Hall.
29. Autodesk sustainability workshop, 2014/12, *Building Performance Analysis (BPA)*, <http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/buildings/building-performance-analysis-bpa>
30. Berard, Ole, Jan Karlshoej (2012) *Information delivery manuals to integrate building product information into design*, ITcon Vol. 17, pg. 63-74, <http://www.itcon.org/2012/4>
31. BIM 360 GLUE, Features & benefits : BIM coordination, collaboration, and layout, <http://www.autodesk.com/products/bim-360-glue/features>
32. BNIM Architects, 2009, Rhinebeck Omega Institute, <http://living-future.org/case-study/omegacenter>
33. Brundtland Commission, 1987, *World Commission on Environment and Development (WCED)*.
34. Chen S.-Y., Huang J.-T., 2012/0521, *A Smart Green Building: An Environmental Health Control Design*. *Energies*; 5(5):1648-1663.(SCI.)
35. CODEBIM, 2014/12, *History of Building Information Modelling*, <http://codebim.com/resources/history-of-building-information-modelling/>
36. Croft, J., 2011, *Moonstone Project*. <http://www.archdaily.com/128070/uk%E2%80%99s-moonstone-project-achieves-zero-carbon-rating-with-archicad/>
37. Eastman, C. M., 1999, *Building Product Models*, CRC
38. Eastman, C. M., 2008, *BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*.
39. Gero, J. S., 1998, *Towards a model of designing which includes its situatedness*, in H. Grabowski, S. Rude and G. Grein (eds), *Universal Design Theory*, Shaker Verlag, Aachen, pp. 47-56.
40. Gibson, E.J., 1982, *Working with the Performance Approach in Building – CIB Report 64*, CIB: Netherlands.
41. Jeonga, Y.-S., C.M. Eastman, R. Sacks, I. Kaner, Benchmark tests for BIM data exchanges of precast concrete, *Automation in Construction*, Volume 18, Issue 4, July 2009, Pages 469–484
42. Jones, J. C., 1992, *Design Methods*, 2nd edition.
43. Jones, J. C., 1969, *The State of the Art in Design Methods*, *Design Methods in Architecture*, G. Broadbent and A. Ward. ed., London: Lund Humphries.
44. Krygiel, E., Nies, B., 2008, *Green BIM-Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*, pp.178-195, 215-218.
45. Leach, N., 2009, *Digital Cities*, ISBN: 978-0-470-77300-0.
46. Lee, Jin-Kook, Jaemin Lee, Yeon-suk Jeong, Hugo Sheward, Paola Sanguinetti, Sherif Abdelmohsen, Charles M. Eastman, 2012, *Development of space database for automated building design review systems*, *Automation in Construction*, Volume 24, July 2012, Pages 203–212
47. Lee, Ghang, Rafael Sacks, Charles M. Eastman, 2006, *Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system*, *Automation in Construction*, Volume 15, Issue 6, November 2006, Pages 758–776
48. Macleamy, P., 2004, *the Project Lifecycle in Building Design and Construction and Operation*, WP-1202.
49. Malkin, Stuart, 2008, *Weather Data for Building Energy Analysis*, Autodesk,

Inc.,http://sustainabilityworkshop.autodesk.com/sites/default/files/core-page-files/weather_data_greenbuildingstudio_adsk_white_paper.pdf

50. McGraw-Hill Construction ,Smart Market Report-Green BIM : How Building Information Modeling is Contributing to Green Design and Construction , pp.4-6 , 2010.
51. Olofsson, T., Schade, J., Heikkilä, K., Benning, P., Schunke, M., Schreyer, M.,Dehlin, S., Sormunen, P., Hirvonen, T., Meiling, J., Tulke, J. & Holopainen, R. 2010, The InPro Lifecycle design Framework for Buildings.
52. Romliab, A., P. Prickett, R. Setchia, S. Soea, 2015, Integrated eco-design decision-making for sustainable product development, International Journal of Production Research Volume 53, Issue 2
53. Rowe, P.G., 1992, Design Thinking, 4 th printing, The MIT Press, pp 46-50
54. Sanguinetti, Paola , Sherif Abdelmohsen, JaeMin Lee, JinKook Lee, Hugo Sheward, Chuck Eastman, General system architecture for BIM: An integrated approach for design and analysis, Advanced Engineering Informatics, Volume 26, Issue 2, April 2012, Pages 317–333
55. Scade, Jutta, 2011, Decision-making in a model-based design process, Construction Management & Economics. Apr2011, Vol. 29 Issue 4, p371-382. 12p. 1
56. Schade, Jutta, A Design Process Perspective on the Energy Performance of Buildings. Luleå University of Technology, SE - 971 87 LULEÅ, 2013.
57. Schade, Jutta, Decision-making in a model-based design process, Construction Management & Economics. Apr2011, Vol. 29 Issue 4, p371-382. 12p. 1
58. Schreyer, M., Benning, P., Brandt, T., Jäger, J., Ryd, N. and Tulke, J. , 2009, An evaluation framework for early design based on key performance indicator. InPro D10, Task 1.3 Key Performance Indicator.
59. See R., 2008 , Building Energy Analysis(BEA) Process Model(05-1).
60. Steinitz, Carl, 1995, "Design is a verb; Design is a noun", p. 199
61. Teicholz, Paul (Editor), 2013, BIM for Facility Managers, IFMA

附錄 1

2015 Green BIM 綠色營建應用研討會



2015 Green BIM 綠色營建應用研討會

活動日期 2015/05/02 09:00-16:30
活動地點 逢甲大學 學思樓2樓 第九國際會議廳
台中市西屯區文華路100號
報名時間 即日起至2015/04/22 (三) 18:00前或額滿截止
資訊網站 <http://goo.gl/GP93wB>
報名連結 <http://goo.gl/FmqxXp>
洽詢電話 (04) 2451-7250#3349 陳正晏先生

5/2 (六)

總主持人 陳昶憲/逢甲大學建設學院院長開場
09:20 **校長致詞**
李秉乾/逢甲大學校長

上半場主持人 林保宏/逢甲大學營建資訊模擬研究中心主任
Sec. 1 **Green BIM施工營造**
09:30 黃隆茂/瑞助營造股份有限公司協理

Sec. 2 **Green BIM綠建築設計**
11:00 蘇瑛敏/國立台北科技大學副教授

下半場主持人 陳上元/逢甲大學營建資訊模擬研究中心副主任
Sec. 3 **BIM輔助建照審查應用與發展**
13:40 嚴國雄/中華民國公共工程資訊學會秘書長

Sec. 4 **BIM x 物聯網 x 工業4.0的未來應用**
15:10 **BIM x 微電網 x 能水資源中心**
許銘文¹、陳俊傑²、戴開志³ /
台灣建築中心執行長¹、IBM公司協理²、Schneider Electric
公司經理³

本研討會已申請建築師、技師換證積分、公務員終身學習時數認可

指導單位 內政部建築研究所	主辦單位 逢甲大學營建資訊模擬研究中心 FCU BIM Research Center	協辦單位 科技部工程技術研究發展司 國立臺北科技大學 財團法人台灣建築中心 碁峰資訊與台灣歐特克
------------------	---	--

BIM 在營建工程技術之應用

黃隆茂

關鍵字：BIM, LOD, CAE, CAD, GIS

摘要

在台灣執行BIM 專案計畫時，由於BIM 工程師只能看到眼前合約或是業主的要求，看不到BIM 在宏觀的生命週期中能發揮的效益，因此讓相關人員知道BIM的效益是有必要的。

本研究提出導入BIM模型，從專案初期就使用BIM模型進行設計，而非採用傳統2D圖面的方式。建築物整個生命週期中，通常依其發展階段歸納為5個階段：規劃提案階段(LOD100)、初步設計階段(LOD200)、細部設計階段(LOD300)、施工階段(LOD400)及營運階段(LOD500)，利用觀察可視化、碰撞偵測和建築設計檢討、竣工模型、建築施工檢討、施工順序及數量計算等方面的效益的方法。本研究在各階段導入BIM，觀察在各方面的效益。

根據導入 BIM 的成果發現其帶來的好處是：直覺式及視覺化的決策、非專業人員與專業人員間的良好溝通媒介、提高設計和施工可靠度、節省設計和施工階段的製圖成本、確保工期的精準度及提供營建產業的改革機會。但是目前遇到的困難是各家營造廠將設備重複建模，建模方式不一而且視為自己的資產，不願提供給其他業者使用。未來政府可以透過公會來建立模型統一標準和提供共通的免費模型，供大眾使用，這樣不但統一模型標準，也能避免資源重複浪費。

心得:建築設計涉及其他專業，如季風對居住環境風場的影響、太陽輻射分析、日照分析等，倘如能在設計時用電腦模擬環境狀態，再據以適時調整設計方案，便能確保設計的可靠度，避免日後因設計不當，必須再做二次工程來修正設計。

GREEN BIM 綠建築設計

蘇瑛敏楊安石

關鍵字：BIM，綠建築，CFD，生態都市

摘要

國內外現行電腦輔助建築環境分析方法，多藉由軟體程式模擬與視覺化呈現結果，以探究建築於基地環境之建築性能模擬設計，但限於單體建築物模擬研究，缺乏對都市環境分析，因此如何以更為直覺、可視化、效率化的工具來達到對於都市環境人文美學評估的討論有其必要性。

本研究建議進行 GREEN BIM 綠建築設計，其包含 BIM 平台系統、人文美學評估標準以及環境分析等部分。本研究透過 Revit、CFD、GIS 等軟體分析技術，發展都市規劃設計數值模擬應用及人文美學設計準則，建立亞熱帶綠建築及生態社區環境設計與人文美學指標等方法，進行案例分析比較，數值模擬軟體的分析以及美質評估法的問卷調查。

研究發現利用 GREEN BIM 可以進行微氣候模擬分析-大氣汙染擴散研究，而綠建築或生態都市設計指標予以量化及視覺化做成問卷可以看出人們對綠建築的想法。

心得:BIM 的應用與綠建築相互契合，皆是延長建築物生命週期，以達與環境永續之宗旨透過 Revit、CFD、GIS 等軟體分析技術將許多概念性的綠建築或生態都市設計指標予以量化及視覺化，強化目前臺灣綠建築設計與在地實質環境的互動結合。

BIM 輔助建照審查應用與發展

嚴國雄

關鍵字：地理資訊系統、建築資訊建模、土地使用分區、行政法規、技術法規

摘要

因為都市開發審議及建照審查必定與土地及都市計畫有關，相對建築物設計的量體會因法規的限制而有所影響，所以建築師需要檢查設計是否與法規有衝突。

本研究使用 GIS 與 BIM 輔助審查為利用 GIS 跟 BIM 裡的數位資訊利用電腦程式來輔助檢討都市開發及建築物是否符合法規，省去人工作業的麻煩，透過 GIS 提供周邊空間位置資料以及 BIM 提供建物模型資料的方法。透過整合地理資訊提供土地使用分區管制等相關使用資訊、建立審查使用之圖層命名規則、製圖規範及審照相關輔助元件屬性編碼系統及檔案命名編碼規則等各種樣板規範、透過審查平台之檔案模組提供線上繳件與版本歷程管控及記錄等步驟進行分析研究。

研究結果證明其確實可以輔助審查之進行，提供建築師更好的設計品質及資訊提供，因此發展潛力仍值得深入研究。另一方面，BIM 模型的物件非常龐大，若能充分利用，將可以結合物件的巨量資料(Big Data)與 GIS 應用，進行資料探勘分析與空間分析。雖然仍然無法滿足所有的建築基地狀況及法規的審查，但是經由研究的過程與經驗，希望可以讓更多研究單位發揮豐富的想像力，進行更多 GIS 及 BIM 整合性應用。

心得: 本文探討如何利用地理資訊系統 GIS 與建築資訊建模 BIM 輔助都市開發審議及建照審查作業，提供探討 GreenBIM 整合 GIS、在地化氣象資料、綠建築指標模組，完成審查作業流程的可行性基礎。

Green BIM 產業聚落

許銘文、林杰宏、陳俊傑、戴開志

關鍵字：智慧城市，設施管理、能源管理、產業聚落

摘要

世界各國最近幾年都在推行 BIM，但是在這趨勢下有些廠商會被淘汰。因此本文探討 BIM 相關產業的發展，了解哪些廠商會活下來。

本研究用 Green BIM 產業聚落的角度觀察廠商存活的條件。在一個產業聚落裡會有各式的業者，其提供服務的對象也不同，會產生差異化。BIM 產業會有專案全生命週期整合效益最佳化、專業化差異化技術需求增加、BIM 技術為核心跨域整合興起等議題。利用探討業者們對 BIM 議題準備程度的方法，對他們進行問卷調查並分析。

研究發現相關產業會有成功轉型及有效整合上下游價值鏈之大型旗艦廠、專門及差異化服務業者以及跨域整合之衍生服務的業者，而有 1/3 轉型不及的廠商會被淘汰。未來可以朝 3D/AR/VR、BIM/FM、BIM Model 建材型錄、Green BIM、BIM app、BIM 3D 列印、創新服務及電子商務等面向發展，找出新的契機。

心得: BIM 會淘汰停滯不前的業者，對 BIM 有所準備的業者才能夠存活。

附錄 2

2015 TAIPEI TECH 健康永續建築研討會 BIM 技術應用



2015 TAIPEI TECH 健康永續建築研討會 BIM 技術應用

活動日期 | 2015/03/14 (六) 08:30-17:40
 活動地點 | 國立臺北科技大學 設計館853 演講廳
 (臺北市忠孝東路三段一號・捷運忠孝新生站4號出口)
 洽詢電話 | (02)2771-2171#2983

3/14 (六)

會議議程 主辦單位保有變更會議相關事項之權利

Sec.1 09.00 **設計階段導入BIM技術**
 賴朝俊/賴朝俊建築師事務所 主持人

Sec.2 10.40 **BIM運用與軟體技術分享**
 林淑滿/崇偉開發建設股份有限公司資訊模型部 經理

Sec.3 13.20 **BIM與智慧綠建築結合應用**
 陳上元/逢甲大學建築系 副教授

Sec.4 14.40 **BIM在施工管理階段應用**
 李孟崇/衛武資訊股份有限公司 總經理

Sec.5 16.10 **BIM與維護管理應用**
 康思敏/亞新工程顧問股份有限公司 經理

報名方式

報名時間 / 即日起至2015/03/06(五)18:00前或額滿截止。
 報名方法 / 詳情請至北科大建築系網站查詢 <http://www.arch.ntut.edu.tw>
 免費線上報名連結 <http://goo.gl/KUqPSU>

本次研討會已向營建署申請建築師執照換證積分及公務員終身學習時數認可。

指導單位 | 科技部工程技術研究發展司 主辦單位 | TAIPEI TECH 國立臺北科技大學 都市環境再生研究室 協辦單位 | 國立臺北科技大學 財團法人國立臺北科技大學建築文教基金會 內政部建築研究所 逢甲大學建築系

設計階段導入 BIM 技術

賴朝俊

關鍵字：建築資訊建模、BIM 建築設計、BIM 協同作業、BIM 法規檢討

摘要

200 年來建築都是用傳統建築圖說(類比 BIM)建造，但是其有個薄弱環節：存在於建築師腦中的鏈結。因此數位化時代要利用明確數位化的連結取代類比過程中建築師腦中的缺失鏈結。

本研究建議在設計階段導入 BIM 技術，其為設計初期就使用 BIM 軟體進行 3d 建模，而不是繪製 2D 圖面，建出來的模型能銜接到施工階段使用。根據美國跟新加坡的 BIM 在建築專案各方面的應用情形之比重的排名，本研究分析以下幾個面向在台灣應用在以下地方的利弊：3D 協調、設計檢討、設計繪圖、現況建模、空間規畫、階段規畫、能源分析、成本估算、法規驗證等地方，觀察其帶來的效益。

本研究發現 BIM 模型能夠提供建築、機電與結構所需各種資訊，而 BIM 模型以 IFC 格式交換，讓建築師更有效率地與專業技師溝通在設計過程中進行的調整。BIM Server 的團隊工作坊是讓所有成員能掌控任何及時調整，並且能將檔案隨身攜帶。但是利用 BIM 模型進行法規驗證目前還無法達成，美國等國家目前也正在發展中。

心得:建築資訊建模導入設計越來越多建築師在使用，而未來發展可以參考國外發展方向。

BIM 運用與軟體技術分享

林淑滿

關鍵字：建築生命週期、BIM 發展等級、建築效能分析

摘要

用 BIM 繪置建築在建築各階段會用到不同的工具軟體，包括：基本量體模型工具、幾何參數設計工具、BIM 建模工具、建築分析工具、結構分析工具、機電分析工具、整合與表現法工具、展示表現工具等，種類繁多，如何協同作業是問題。

本研究操作 BIM 工具軟體來觀察軟體銜接的問題，其為能夠讀取 BIM 建模軟體轉出之檔案格式的軟體。按照功能性可以分為基本量體模型工具、幾何參數設計工具、BIM 建模工具、綠建築分析工具、結構分析工具、機電分析工具、整合與表現法工具、展示表現工具等。經由 BIM 建模軟體轉檔匯入 BIM 工具軟體的方法，本研究操作 ECOTECT、CFD、NAVISWORK、REVIT、COINS Section Box、WindowsLayout、STL Exporter 等軟體，以提出它們的優缺點。

研究發現選用對的 BIM 工具軟體可以達成協同作業的要求讓作業更加順利，但是目前 BIM 工具軟體有軟體種類多不得其門而入、經銷商接工程案非專業執行，不能保證 BIM 模型準確性，還有人才缺乏以及政府支持等問題。未來可以朝企業導入 BIM 耗費的預算、時間以及人力進行研究。

心得：BIM 除了建模軟體還有其他協同工作軟體，也是未來台灣軟體界能發展的方向。BIM 軟體本身面臨的問題需要各界來共同解決。

BIM 與智慧綠建築結合運用

陳上元

關鍵字：建築資訊建模、永續建築、建築效能分析、綠建築評估指標

摘要

建築業有設計時的決策錯誤需要變更設計造成不必要的成本損失的問題，因此需要有方法降低決策錯誤的成本。

本研究建議利用 Green BIM 設計來達成目標，其有永續設計、BIM 跟 BPA(建築效能設計)的範疇。Green BIM，強調從設計之初便以 BIM 作為基礎工具，因應在地化的氣候條件，進行 BPA 建築效能分析，透過設計、評估的決策循環，產生符合環境效益的最適化的設計方案，最終達到環境永續發展的目標。根據設定目標、獲取氣象資料、執行效能計算模組、可視化效能分析、評估與方案修正、選擇最適化方案的步驟進行案例分析。

研究發現 Green BIM 能幫助建築師在設計初期減少不必要的成本，但是有環境資訊可信度的問題。而未來建築從業人員結構的變更是需要面對的問題。

心得:Green BIM 提出新的建築效能評估程序讓 BIM 模型，能夠在設計階段不斷修正減少施工階段不必要的成本。

BIM 在施工階段管理應用

李孟崇

關鍵字：建築資訊建模、BIM 模型控制管理、數位建築

摘要

因為數位建築發展，目前有很多建築外型不再是傳統的直線。衛武營藝術文化中心是一個有流線外型，沒有平面的建築，使用傳統圖面建造的難度很高，如何順利的建造是個問題。

為了順利建造本建物，本建案導入 BIM 軟體來幫助工程進行。衛武營藝術文化中心有 8 個重要議題：複雜的零件結構、非線性自由曲面、3D 自由曲面金屬屋頂和帷幕牆系統、3D 自由曲面金屬屋頂中的特殊造型、造船技術的鋼皮、錯綜複雜的內外幾何關係、幅員廣大及內外團隊溝通、聲學控制、複雜曲面室內裝修設計。團隊提出了數據模型交換、介面整合與工序檢討、特殊工項工程計畫運用、參數化設計、假設工程與安全防護來解決問題，並且將 BIM 模型用在建築各個階段。

實際使用發現 BIM 符合工程的需求，讓工程順利完工。未來能夠發展用將 BIM 模型用平板裝置讀取，便於維護管理。

心得：傳統圖面不易處理複雜工程與自由曲面，利用 BIM 可以讓工程有效率地進行。

BIM 與維護管理應用

康思敏

關鍵字：設施維護、COBie、資料格式交換

摘要

目前 FM(設施維護)作業紙本資料的存放與讀取不便，以及各單位資訊串連不完善，造成資訊遺失損失額外成本，因此需要有效管理資訊。

本研究嘗試利用 BIM 協助 FM 來管理資訊，其可以提供各類高精密數據供分析，也可以提供統一的資料庫。設施維護的資訊需求包括不同階段需要收集的資訊不同，相同資訊階段在不同階段使用程度比重不同以及尋找最佳比例組合等範疇，本研究透過 COBie(施工營運建築信息交換)的格式將 BIM 模型的資訊轉給 FM 使用的方法，透過 COBie 與 BIM 結合確保資訊足夠供維護使用、審查目前流程與內容是否合宜與改進、快速累積資料庫可應用與分析、電子化與傳承、自主開發適用於本土的 COBie 等步驟來實做驗證。

研究發現 BIM 與 FM 可以帶來資訊記錄跨全生命週期連續完整、資訊與模型合為一體及視覺化、整提維護效益提升等效益。

心得:設施維護運用 BIM 模型正處於發展階段，如何能有效轉移現有管理系統是重點。

附錄 3

SyncBIM – 同步化建築資訊建模管理平台應用於適性智慧建築動態環境管理之研究

沈揚庭

關鍵字：SyncBIM、涵構察覺、物聯網、智慧皮層

摘要

建築物的生命週期分成設計、施工、使用三個階段。相對於設計與施工階段，使用階段在整體週期所佔的比率則達到 90%以上，因此強化使用效能與運用將成為重要課題。更進一步的，在全球氣候變化的衝擊之下，建築在營運使用階段要如何能夠以環境友善的角度出發，發展出能夠自我調適的新時代建築，最終由下而上建構出韌性城市，將會是本研究所要探討的重要主軸。

本研究提出「SyncBIM – 同步化建築資訊建模管理平台」的概念(以下簡稱SynBIM平台)，倡議從發展韌性城市的宏觀視野下，BIM應該介入到使用營運階段，扮演人與環境之間中介平台的角色，以環境友善的原則形成互動調控的機制，創造出具備自我調節功能的智慧綠建築。本研究提出 SynBIM 平台的三要素：互動的涵構察覺、同步的物聯網、智慧的 BIM 平台。目標是透過 BIM Revit 以三維儲存資訊的方式形成資訊整合平台，藉由 Dynamo 的參數控制進行環境變數的即時分析與反饋，最後結合 Arduino 做環境涵構察覺與互動控制，形成具有自我調適機能的活性建築皮層。

心得:SyncBIM 讓 BIM 模型有新的應用方式，讓建築透過即時分析與反饋自我調整。

附錄 4

會議記錄與意見整理

第一次 Green BIM 工作會議會議記錄

開會事由：報告近期研究進度以及研討會準備進度

開會時間：中華民國 104 年 3 月 27 日(星期五)，下午 2 時

開會地點：新北市新店區北新路三段200號13樓，內政部建築研究所簡報室

會議記錄：

1. 研討會預計 200 人出席
2. 請所長主持研討會
3. 說明研討會與研究之關係
4. 研討會是否使用經費、與主題之關聯性
5. 建研所是否須派人簡短演講
6. 自動審照與 BIM 之關係
7. 什麼是 GREEN BIM、其動態與範圍、哪些人在講
8. 什麼是 BPA、用 BIM 是否能改善
9. 可在蘇老師場次講一下計畫
10. GREEN BIM 除了 BPA 還有什麼
11. 現行法規與 GREEN BIM 之比對、該如何檢核

期中報告審查會議會議記錄

發文日期：中華民國 104 年 7 月 2 日(星期四)

開會事由：召開本所104年度協同研究「臺灣COBie-TW標準與使用指南規畫與雛形建置」及「臺灣Green BIM綠建築資訊建模架構研究等2案期中審查會議」

開會時間：中華民國 104 年 7 月 9 日(星期五)，上午 10 時

開會地點：新北市新店區北新路三段200號13樓，內政部建築研究所簡報室

會議記錄：

單位	財團法人臺灣營建研究院
委員	黃建翔
問題	1. 如何配合 GIS 屬性來完成 LEED 之要求(EX: 車站距離、地籍人口資訊) 2. 氣候問題(表時間之數據)是否能定義?(EX: 降雨頻率以多少年之標準?)

單位	中華民國全國建築師公會
委員	許坤榮
問題	1. Green BIM 為國發會委託全國建築師公會「智慧綠建築跨領域整合產業發展」研究案之核心結論，建議參探其面對之議題，並延續之 2. Green BIM 設及設計、施工、完工後之使用階段之 dominioning，目前國內法規尚未支持。建議建立完備化相關建築節能法規。(參國發會報告有關能源基線標準之討論) 3. 不管 ecotect、vasari 在設計上之應用尚僅用於初步設計，目前美國 LEED 認證尚未認可其 output。結合 DOE energy plus 之細設 dominioning 之商業軟體如 design builder，IES VE (Apache 計算引擎)皆宜整合於研究 Green BIM 中。(其 output 為 LEED 接受) 4. 目前國外關於 Green BIM 之研究與 integrate energy design，integrate design 相結合，建議參考歐美相關研究報告。 5. 有關業界之作法如 HOK，integrating environmental analysis into a bim workflow，the AIA energy modeling practice guide，...ASHRAE 等相關 reports 建議納入研究參考。

單位	台灣物業管理產業協會
委員	王文楷建築師
問題	1. 本日會議時間因另有會務行程，特予請假 2. 本項研究具領導時代意義，業經本會協理之本會中予以揭露，請儀提供相關資料，以利協助執行。 3. 本研究報告內容相當充實，尤其對各項名詞定義、說明、來龍去脈均有詳細說明，足供業界了解。 4. 報告書內建議能有歷次會議審查意見綜理表，供了解歷程。 5. 建議是否考量「BIM」在業界中之普及性與可及性，尤其建立在 revit 下，

	是否翻轉對 cad 推動多年之習慣，須考量「經營管理者」與「執行者」之相對關係，尤其在 BIM 尚待推動下，再導入 Green BIM，是否造成業界有重大變化，複雜化建築師才適用之錯解？
--	---

單位	中華民國冷凍空調技師公會全國聯合會
委員	周瑞法
問題	1. 以用電密度 EUI 為綜合性指標應修正採用動態 EUI 值，可參考 EEW2015 年版本，原經濟部公布之資料與事實實務差異太大。 2. 虛擬氣象站應由氣象局提供各氣象站之資料再模擬，該模擬之理論基礎不明？但問題很多，建議自我量測？採用虛擬氣象站可行性、可靠性不大。

單位	電機技師公會
委員	吳永村
問題	無意見

單位	
委員	林煒郁建築師
問題	1. 國際軟體 BPA<->台灣規範綠建築，有可能同步檢討嗎 2. BIM->BPA->綠建築->自動檢核 3. 過去綠建築專章檢討往往設計完成或都審完成核准後在建照送審才進行，若能在設計時能同步檢討能就能更節省時間。常常發生綠建築過不了之情況發生。

單位	亞新工程顧問股份有限公司
委員	康思敏經理
問題	1. 請補充說明本研究預期完成的具體成果 2. BIM-BPA 的關鍵仍在於技術，包括 CFD 分析技術，相關軟體與 BIM 之整合、人才培育等。本研究能否訂出具體做法與方向，譬如說人才理論及技術背景需求，軟體工具適用性需求，分析模型(韓分析網格)精度要求等。 3. 若本研究案要提出一個 Green BIM 架構，是否能夠研究如何將 BIM-BPA 和國內法規的聯繫，做深入探討，甚至提出對未來相關法規修訂方向的建議。 4. 業界有心要執行 BIM-BPA，但苦於無適當標準，以及業主方編列合理費用，因此也希望本研究能訂定一個發展方向，向政府或業主單位做建議。

單位	中華科技大學建築系
委員	陳星皓助理教授
問題	1. 本研究之預期成果對於我國建築產業之設計決策模式、效能評估、節能評估有其重要性。 2. 環境模擬軟體之功能如何結合實體建築物理環境監測系統，以增加 Green

臺灣 Green BIM 綠建築資訊模型應用架構研究

	BIM 系統中有關建築性能評估之信度及效度。 3. 環境監測音環境模擬如何於設計初期導入時。 4. 研究產出如何連結綠建築及智慧建築等標章制度之審查機制，請思考補充。
--	--

單位	台灣世曦工程顧問有限公司
委員	蘇瑞育副理
問題	1. 本案採用電密度 EUI 為綜合指為切入點，BEM 那本案題目目標、方法更能呼應。 2. 虛擬氣象站正確性來源修正，與氣象局採集資比對。 3. vasari 被拆散 autodesk 很多套產品，vasari 模型精度、分析精度僅到概念到初設階段，企業設計單內廓應用流程。 4. 綠能分析流程從(1)模型來源(2)分析可信度(3)結果如何判定 5. 目前這套流程評定目前無法源依據與綠建築評估無法連結，或是後續調整鼓勵應用。

單位	國立台灣大學土木工程學系
委員	謝尚賢教授
問題	1. 計畫中舉辦相關研討會值得鼓勵，但不宜將研討會全部資料置於附錄(太過龐大)，而應在報告中提出摘要與縱整性成果說明，尤其是與本研究相關之部分。 2. 報告之參考文獻應置於附錄前。 3. Green BIM 不應只注重"設計之初"，"設計中"亦十分重要，尤其是在 BPA 方面。甚至，"FM 階段"也不應完全排除。當然，初期研究可以先專注在初步設計階段。 4. 對於現行綠建築規範，應提出在應用 BIM 後可加以檢討改進之處。 5. 建議訪談實務上常進行綠建築設計之建築師，才能讓預期成果有效落實。

單位	新北市政府工務局
委員	彭瑞章
問題	1. 研究範疇定義建議可翻修，如應用實例操作介軟體虛擬氣象數據，及用電費瓦與 Green BIM 在綠都市發展架構較相關 2. 本案文獻收集國內資料很完整，建議可歸納出支持本案的結論 3. 案例代表性，建議可舉已取得綠建築標章之建築做軟體應用後比較。

單位	台北市都市發展局
委員	鄭孟昌、王淳堯
問題	1. 本案放了相當比例研討會資料，是否均與 Green BIM 主題有關?是否有助於 Green BIM 決策循環模型架構之建置與完備?

	2. BPA 評估基準為何?是否包括綠建築指標?提出最適化方案後 BIM 模型如何調整?EUI 為指標能否呈現地區特性?最適方案指標對於區域樣本數是否有對應?(各地區採取的樣本)
--	---

單位	內政部營建署
委員	王鵬智工程司
問題	1. Green BIM 採用節能目標 EUI(用電密度)如何與現行法規綠建築專章整合，是否可建議節能綜合性能導向的法規，以利相關技術之應用

單位	衛武資訊
委員	李孟崇總經理
問題	1. 建議由 Green BIM 應用架構，回饋建議 PD、SD 階段 BIM 模型建置內容，做為 Green BIM 應用推廣基本推動。 2. Green BIM 的技術產出成果，如何能為台灣綠建築標章所使用或參証。

單位	委員簽名空白
委員	委員簽名空白
問題	1. 研討會的成果，除置於附錄，如是可供本研究分析重要是像，宜有所整理 2. 架構的詳細論述與解析是很重的一件事，避免址是就 EUI 等單一事項的示例而已。並請掌握國際動向及國內需求。

期中報告審查會議委員意見與回應

委員	代表性問題	回應
許坤榮 王文楷	採用 Revit-Vasari 作為 Green BIM 操作軟體的緣由。	涉及”能源計算”軟體不少，但能夠整合建築設計過程的相關參數者，且分析成果能使設計者易於接受的卻還有待開發。本研究旨在建立一個使設計者容易理解，而且觀念延續自台灣綠建築”日常節能”指標的參數設定方式，以作為在初步設計階段，挑選出最適化方案的依據。 BIM化的推動有賴產官學持續努力以減輕建築師們的負擔，Green BIM的建立旨在BIM基礎上，提供一個簡易的BPA操作程序，使得建築設計更省能環保，將方法弄得更簡易更明白一直是產官學持續努力的目標。
黃建翔	如何配合 GIS 屬性來完成 LEED 之要求	這技術有賴 BIM 應用到 GIS 的建制，再將 BIM-based GIS 回饋給建築設計與評估使用。目前是 CAAD-based GIS 無法直接應用
黃建翔 周瑞法 蘇瑞育	虛擬氣象站的可靠度問題	如果基地處在具備實質氣象站附近，則真實度與實測相同，虛擬氣象站建立的目的是為了更準確的模擬那些”缺乏實質氣象站”區域的氣象。它是以真實氣象站之 TMY 數據為基礎，Autodesk 再進行虛擬氣象站的模擬運算，以補足各實際測站間的數據落差，並使建置的氣象網格距離達到 14 公里以內，提升模擬準確性(Malkin, 2008)。國際通用的 TMY 典型氣象年度(Typical Meteorological Year)，即各氣象站以近 30 年的月平均值為依據，並從近 10 年數據中選取一年各月接近 30 年的平均值作為典型氣象年。
許坤榮 周瑞法 蘇瑞育 彭瑞章 王鵬智	節能綜合性指標訂定問題	經濟部 EUI 計算是根據整棟建築所代表的類別所作統計，而 EEWH2015 年版本的動態 EUI 是拆解建築空間組成的 EUI 指標，前者簡化、後者較準確、比較符合台灣建築混用情形，但計算更為複雜，即便是成大所提供的軟體，也只能做空間組成數不超過 3 的計算，而且日後在資料回饋給相關公部門作為統計時也有難分類判定的困難。兩者各有優缺點，可以互為參考使用。或者針對專案的複雜度與設定的目標，從寬或從嚴處理。本案採用經濟部 EUI 計算，是從方法較為簡便、且 EUI 單位 KWh/m ² ·yr，即一年每單位米平方面積所用去的”度數”，是很貼近台灣以度計費的

		計算單位。其它能源目標還包括： (1) Percentage Energy Saving 根據能耗的預算，所制定的節能百分比 (2) EUI 各類建築單位面積用電密度 (3) Passivhaus 被動屋標準，以 EUI 為單位 (4) Net Zero Energy 內部零耗能標準 (5) Peak Heating or Cooling 尖峰空調能耗 (6) Carbon Footprint Goals 碳足跡 至於採用何種尚待專家學者根據實際需要以評議制定。
康思敏 蘇瑞育	如何將 BIM-BPA 和國內法規的聯繫，做深入探討，甚至提出對未來相關法規修訂方向、與訂定適當標準的建議。	目前本計畫旨在揭露一個環保愛地球的 Green BIM-based 設計方法，尚無預期直接涉入政治、法規與訂定法定標準，以避免把問題與方法複雜化。Green BIM-based 決策循環法歡迎具備綠色倫理的設計者主動採用，通常，所謂符合法規只是滿足最低要求，若是發自內心愛地球，不需要期待政策規定才來應用，設計者可以有更高的標準與情操，支持作對的事。
王鵬智 李孟崇 謝尚賢	Green BIM 的技術產出成果，如何能為台灣綠建築標章所使用或參考與證明。	法規的推動方面，實非學者專長，本報告僅在揭露一個環保愛地球的整合 BIM 與 BPA 技術的設計程序與方法，至於未來要對應何目標或何相關法規，仍需其它產官學專家學者推動努力。 基本上，現行綠建築規範，觀念、與原則都是重要的參考依據、唯演算法與計算方式，因為技術的演進與大環境的要求而日新月異，比如過去要求 CAAD 化，現在 BIM 化，原則都是資訊化，但技術與演算能力已經由 2D 轉變到 3D~6D 的時代。我們要明白，現行綠建築規範是從 2D 時代開始訂定，如果預備用 2D 的簡易算法要套用在能夠更精密計算與模擬的 3D 模型，就顯得不合時宜。此外，本文僅就”日常節能”探討，其它綠建築指標的探討詳附錄一、2Green-BIM 綠建築設計
謝尚賢 鄭孟昌 王淳堯	報告撰寫與附錄摘要與置放問題、	待建研所更改要求的標準格式與順序，將於期末報告改進，並加以提前摘要附錄重要性與關聯性。
謝尚賢 鄭孟昌 王淳堯 彭瑞章	建議訪談實務上常進行綠建築設計之建築師。	期中報告後舉辦座談會是預定的進度，將訪談實務上常進行綠建築設計之建築師。

第一次專家座談會會議記錄

發文日期：中華民國 104 年 8 月 6 日(星期四)

開會事由：臺灣Green BIM綠建築資訊建模應用架構研究

開會時間：中華民國 104 年 8 月 31 日(星期一)，下午 2 時

開會地點：新北市新店區北新路三段200號13樓，內政部建築研究所簡報室

專家意見：

陳建忠組長

1. 計算結果與指標不相同怎麼辦
2. 虛擬氣象站結果是否準確，內插法能用在 SD，其他階段呢
3. Green BIM 圖的適用範圍是否能夠往前挪到 SD 與 DD 階段
4. 如何告訴人這是有效的工具
5. 題目提到的應用架構是什麼，Green BIM 的其他研究題目是否能夠整合
6. EUI 的目標是什麼，給哪些人使用
7. LEED 是用在完成階段?EUI 如何說服業主用了以後能比較快通過 EEWB
8. 不是每個人都有建築專業背景，是否能夠說明範圍其他的部分

王文安教授

1. EEWB 不等於綠建築設計，而且取代的可能性不大，可考慮將 EUI 納入 EEWB 規範成為其中一項參考因子
2. EEWB 不知道建築材料不能計算，只有既有建築物才能做到。如果用性能評估只能是選項之一。如果在設計階段就使用建築師會多出很多工作量。
3. 用 BIM 來做建築管制是趨勢。
4. 如果 BIM 要詳細建模須在當地設有氣象站。嘉義的案例與 EEWB 關係不大。

郭英釗建築師

1. Green BIM 用在目前 EEWB 不可能，除非自己寫軟體。
2. Green BIM 的價值在哪裡?
3. 現在政府會要求提供 BIM 模型，但是政府拿到後也不知道要怎麼用，大家花很多時間做但是效果有限。Green BIM 能對這方面有什麼貢獻?
4. 大公司有自己的軟體計算優化指標，所以建築研究所應該提供方案給小公司參考，讓他們有一套計算的方法。
5. 基地在規劃階段怎麼用 Green BIM 選擇方案?一個計畫的 planning 階段最為重要，這階段的能源計算會用到後面，總共計算 3 次，Green BIM 要如何告訴人 SD 跟 DD 階段要怎麼設計?

蘇瑞育副理

1. 希望本研究能讓 EEWB 有所改變
2. 公部門如何定出節能績效標準?

3. 因為 vasari 結束開發了，因此以後需要直接使用 revit
4. 希望研究題目能夠聚焦在耗能評估

陳清楠建築師

1. LEED 不是公部門的標準
2. LEED 不用考慮外殼，EEWH 要考慮外殼
3. EUI 在建築技術規則沒有基準，不知道各種數據的意義
4. 能源成本分析建議保留，讓比較能說服業主做節能
5. BPA 應該注重在設計前端，在 SD 與 DD 階段給建築師使用
6. 後端設計 CD 所需要的資訊很多，注重在設備節能
7. EEWH 只是計算分數，無法量化負荷
8. 用國外的分析技術容易被拒絕

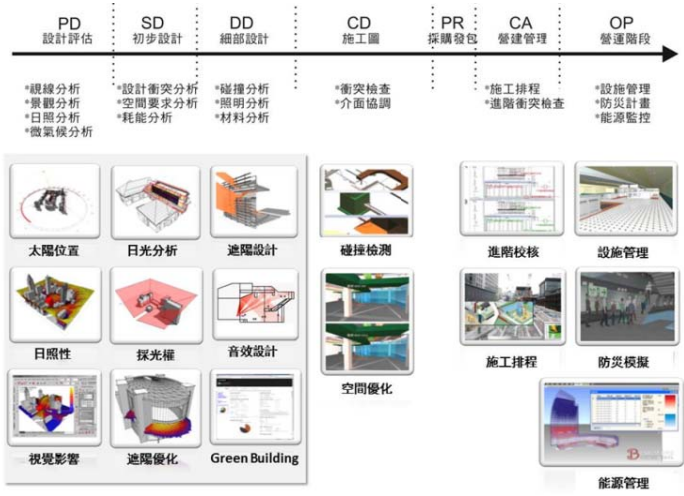
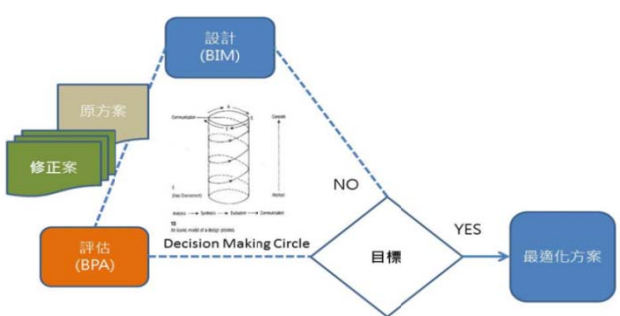
汪孟欣主任

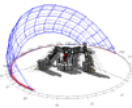
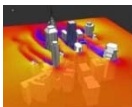
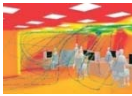
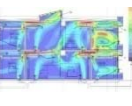
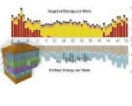
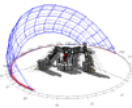
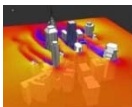
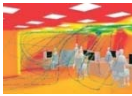
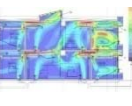
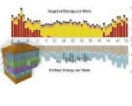
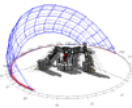
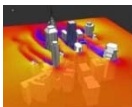
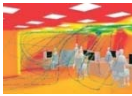
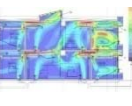
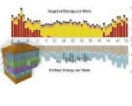
1. 國外正在引入 ECD(Energy Conscious Design)
2. SD 階段可以提出手繪圖給工程師分析，DD 階段需要的資訊更多
3. 能源分析軟體除了 energy+ 以外還有很多，如 DOE-2
4. 中國大陸也鼓勵使用軟體做分析如 DEST
5. 評估公司也要利用 BIM 軟體的協同工作功能跟上建築師的進度

李軒豪

1. 本案是以耗能評估指標作為案例，那其他指標，如：日照陰影、聲音是否也適用於這套架構？
2. 本案實例是以建置 Revit 模型，並使用 Vasari 進行效能評估，那麼其他建模軟體是否也可以使用於該效能評估軟體上？

第一次專家座談會意見與回應

與談人	代表性問題	回應
陳建忠 郭英釗	Green BIM 於建築生命週期的適用階段與本研究架構	Green BIM 廣義的定義包括 BIM 應用在建築全生命週期中，所有能夠節省本、增加效率、節能減碳等，促進永續環保的方法與作為。然而，基於建築設計初期對永續發展影響最為重大，故本研究 GREEN BIM，主要探討從 PD、SD、DD 的設計與評估整合性設計決策過程。 本期中報告第二章、第一節、介紹全生命週期 Green BIM 廣義的應用。如下圖所示：  圖 2-4 在建築生命週期各階段的評估與分析項目 本研究也為了收斂研究範圍，定義 Green BIM，綠色的建築資訊建模強調從設計之初便以建築資訊建模 BIM 作為基礎工具，因應在地化的氣候條件，進行建築效能分析 (Building Performance Analysis, BPA)，透過“設計”、“評估”的決策循環，產生符合環境效益的最適化的設計方案，最終達到追求環境永續發展的目的。在第二章第三節提出 GREEN BIM 決策循環模型作為本研究的核心架構：  圖 2-12 Green BIM 決策循環模型

		這兩種廣義與狹義的看法，也在參考文獻中與兩次專家討論中獲得證實。																														
李軒豪 汪孟欣	軟體選用原因	本研究重點在於說明”軟體模擬”與”公式簡算”的差異，軟體的選用是經過評估分析後，選擇最適於本研究應用的。在能耗計算軟體方面，只要通過 ANSI/ASHRAE Standard 140 的測試與認證的都是可能的選項。 基於革命性的”虛擬氣象站”技術與雲端運算的”能耗模擬引擎”乃近代最”先進”科技，解決了過去符合軟體運算格式的氣象資料不易取得的問題。本研究建議採用 VASARI 軟體作為 GREEN BIM 在節能評估與設計的驗證工具，在第二章第三節，本研究已經分析過現有軟體的優劣，如果日後因科技發展有更優異、更適用的軟體，或者因應專案的限制條件，也可以取代本研究所建議的軟體系統。 表 2-3 綠能分析軟體 <table><tr><th>軟體程式</th><th>照片圖式</th><th>支援檔案格式</th><th>可視化項目</th><th>建築效能分析</th></tr><tr><td>Ecotect Analysis</td><td></td><td>DXF/3DS/ RVT-gbXML/ SKP-OBJ</td><td>太陽輻射、陰影、日照、散熱效率、建物能源分析</td><td>匯入 Green Building Studio 可進行碳排放量報告、用水量及成本估算</td></tr><tr><td>Autodesk Vasari</td><td></td><td>DWG/DXF/ DGN/SAT/SKP P</td><td>氣候分析、太陽輻射、熱環境、能耗分析、氣流分析</td><td>能耗分析(組成/逐月分析)、碳排放、成本分析</td></tr><tr><td>BentleyHevacomp</td><td></td><td>DXF/DGN/ DWG/ IFC/ SKP/3DS/CIS2/gbXML</td><td>能源分析、外部遮陽三維圖形、室內移動的陽光照射區</td><td>供暖和冷卻負荷計算、管道及風道截面尺寸計算、碳排放計算</td></tr><tr><td>TasAmbiens</td><td></td><td>CAD/gbXML/ INP/IDF</td><td>日照、氣流分析、熱區模擬</td><td>碳排放、能耗分析、成本分析、室內舒適度</td></tr><tr><td>GraphisoftEcoDesigner</td><td></td><td>gbXML/PHPP /iSBEM/ VIP-Energy</td><td>氣候分析、能源分析、熱橋現象分析</td><td>建築能耗分析、節能優化設定、再生能源方案</td></tr></table>	軟體程式	照片圖式	支援檔案格式	可視化項目	建築效能分析	Ecotect Analysis		DXF/3DS/ RVT-gbXML/ SKP-OBJ	太陽輻射、陰影、日照、散熱效率、建物能源分析	匯入 Green Building Studio 可進行碳排放量報告、用水量及成本估算	Autodesk Vasari		DWG/DXF/ DGN/SAT/SKP P	氣候分析、太陽輻射、熱環境、能耗分析、氣流分析	能耗分析(組成/逐月分析)、碳排放、成本分析	BentleyHevacomp		DXF/DGN/ DWG/ IFC/ SKP/3DS/CIS2/gbXML	能源分析、外部遮陽三維圖形、室內移動的陽光照射區	供暖和冷卻負荷計算、管道及風道截面尺寸計算、碳排放計算	TasAmbiens		CAD/gbXML/ INP/IDF	日照、氣流分析、熱區模擬	碳排放、能耗分析、成本分析、室內舒適度	GraphisoftEcoDesigner		gbXML/PHPP /iSBEM/ VIP-Energy	氣候分析、能源分析、熱橋現象分析	建築能耗分析、節能優化設定、再生能源方案
軟體程式	照片圖式	支援檔案格式	可視化項目	建築效能分析																												
Ecotect Analysis		DXF/3DS/ RVT-gbXML/ SKP-OBJ	太陽輻射、陰影、日照、散熱效率、建物能源分析	匯入 Green Building Studio 可進行碳排放量報告、用水量及成本估算																												
Autodesk Vasari		DWG/DXF/ DGN/SAT/SKP P	氣候分析、太陽輻射、熱環境、能耗分析、氣流分析	能耗分析(組成/逐月分析)、碳排放、成本分析																												
BentleyHevacomp		DXF/DGN/ DWG/ IFC/ SKP/3DS/CIS2/gbXML	能源分析、外部遮陽三維圖形、室內移動的陽光照射區	供暖和冷卻負荷計算、管道及風道截面尺寸計算、碳排放計算																												
TasAmbiens		CAD/gbXML/ INP/IDF	日照、氣流分析、熱區模擬	碳排放、能耗分析、成本分析、室內舒適度																												
GraphisoftEcoDesigner		gbXML/PHPP /iSBEM/ VIP-Energy	氣候分析、能源分析、熱橋現象分析	建築能耗分析、節能優化設定、再生能源方案																												

郭英釗 汪孟欣	軟體的可信度與 效度	結論補充說明，本研究的 VASARI 所採用的”能耗分析”是” Green Building Studio, 它是雲端服務的應用軟體、採用 DOE-2 引擎模擬，支援 Energy Star 與 LEED 認證，並符合 ASHRAE 的規範(包括：ASHRAE 90.1, ASHRAE 90.2, ASHRAE 62.1 and CBECS data)，DOE-2 模擬引擎，在 2008 年完全通過 ANSI/ASHRAE Standard 140 的測試與認證，ANSI/ASHRAE Standard 140 是美國健康與空調工程協會的建築能源分析運算程式標準測試與評估方法。是相當具備科學基礎的模擬與驗證方式。
郭英釗 蘇瑞育 陳清楠 王文安	EEWH 與 GREEN BIM 的執行	本研究於結論時建議，在 BIM 技術應用在台灣尚未成熟與普及的時候，過渡時期在”日常節能指標”的認證上，建議 Green BIM 與 EEWB 雙軌並行。毫無疑問的，臺灣綠建築評估系統 EEWB 為建築永續環保設計的評定作出了不可抹滅的巨大貢獻，其簡化計算的方式，也為沒有 BIM 的 2D 施工圖時代，提出一套簡易審核的條件，使得綠建築評估簡便易行。然而，以能耗計算為例，EEWB 只是計算分數，無法量化能量負荷。要處理影響建築能耗三大項目變因：壹、是建築的幾何資訊、貳、是參與建築生命週期、參、是區域性的氣象資訊，其龐大的數據與複雜度，勢必應用軟體、雲端模擬運算，已經不是減化的公式可以表達。如今，雲端服務、個人高效能運算軟硬體技術的成熟與普及，使得 GREEN BIM 應用已經可行，且成為建築、營建與營運產業提升競爭力的必要門檻。另一方面，越先進的國家越仰賴”軟體模擬”取代”公式簡算”或”專家審查比對”的方式，以減少人為評定的主觀差異，BIM 技術的發展使得”軟體模擬”日益精準。台灣目前正在過去 CAAD 與 BIM 技術的交接時代，在過渡期，EEWB 的方法不能馬上被取代，故本研究建議在”節能”這個向度上”軟體模擬”與”公式簡算”兩法並行，直到 BIM 技術與在台灣執行的成熟期到來，才考慮全然採行”軟體模擬”的評等評級方式。

期末報告審查會議會議記錄

開會事由：召開本所104年度協同研究「臺灣COBie-TW標準與使用指南規畫與雛形建置」及「臺灣Green BIM綠建築資訊建模架構研究等2案期末審查會議」

開會時間：中華民國 104 年 11 月 12 日(星期四)，下午 2 時

開會地點：新北市新店區北新路三段200號13樓，內政部建築研究所簡報室

會議記錄：

單位	
委員	陳星皓教授
問題	1. 本研究之初步成果對智慧綠建築政策之推動有創新之貢獻，值得鼓勵與肯定。 2. 研究成果之後續應用推廣建議思考如何簡化，普及化操作介面，讓使用者容易上手。 3. 案例試操作以旅館類之新建工程為模擬標的，後續應用之建築類型分類原則為何？各類型之預設模式差異性？可否延伸應用至既有建築改造之永續設計與效能分析？ 4. 設定節能目標中室內舒適度的設定模式為何？本架構如何兼顧節能永續與舒適健康之重要性請再補充考量。 5. 參考資料引用請力求清晰以理解，例如 p. 56 EUI1 與 EUI2 原始手冊中之註 1、2 缺漏。

單位	衛武資訊
委員	李孟崇總經理
問題	1. 認同以 EUI 為評估基礎。 2. 但因為基準設計不易評定，建議不以優化性能百分比為評估指標，用各類建築的 EUI 平均比例為標準評估指標。 3. 新建成本、綠色建材循環，建議未來併入 Green BIM 議題。 4. 建議 p. 66-68 Vasari 指令介紹部分，著墨太多，建議刪除。

單位	台賓科技
委員	吳崇弘副總經理
問題	1. 文中僅針對設計階段探討 Green BIM，是否在施工、竣工階段有相關之工作或應用？ 2. P. 45 整合性的生態設計決策之英文有誤。 3. P. 97 建議五是有關碳排之議題，應將環保署納入協辦機關。 4. 結論中(圖 1-4) 探討可行性與差異性，但在文中卻成為效益與應用操作之爭議與回應(p. 87、88)。 5. P. 54 起之內容應增加索引至圖 3-2，讓讀者容易了解。

單位	亞新工程顧問股份有限公司
委員	康思敏經理
問題	1. 在用語定義內容建議增加”綠建築資訊模型”(Green BIM)之定義說明。 2. 建議可依研究成果繪製 Green BIM 應用架構發展圖，內容可包括技術面、流程面、政策法規面，以作為後續發展之藍圖。 3. 建議後續可針對建築物使用階段節能性能評估做延伸研究，將更為完整。

單位	
委員	林煒郁建築師
問題	1. 本研究主要在設計初就開始利用已建置 BIM model 配合各 BPA 軟體進行分析模擬，找出最佳之配置可行方案。過去本所也曾有案例採類似之作法，在實務上是可行無問題且是有幫助的，惟仍須依台灣 EEWB 規範再計算一次。 2. 若未來有後續之研究，建議可考量現有常用之 BPA 效能分析軟體與台灣 EEWB 規範同步檢討或連結之可能。

單位	台灣世曦工程顧問有限公司
委員	蘇瑞育副理
問題	1. 明確指出”日常節能指標”做評估的盲點，可有利於指導 Green BIM 評估重要性並與國際潮流穩合。 2. GBS 就目前測試，能細化輸入的資料較少，相對誤差與精度也偏離現實較多，建議用有認證的(Ashrae 90.1)energy plus。GBS 建議僅用於初期方案評估。若作為評估指標，建議採用更嚴謹方式進行。 3. “行政院新莊聯合辦公大樓”黃金級認證，事後仍需加裝空調設備，顯見傳統綠建築評估是有改善空間，Green BIM 應是很好的輔助評估系統。

單位	SGS
委員	汪孟欣主任
問題	1. 美國國防部與 Autodesk 聯合測試了 REM(Rapid Energy Modeling) 應用無人機空拍建模，或點雲資料建模方式，建立大範圍既有建物的能源模型，並找出最有利於當初建物能效改善的方法。採用方向與流程與本案類似，可供參考。 2. GBS 直接輸出的資料、數據，現今仍不成為多數綠建築認證系統、建物節能法規審查的認可軟件/平台。多數是將 GBS 中的模型數據產出，讀入專業節能評估軟件中修正幾何量體及專門參數後，產出報告再送件。建議

	應說明本研究成果究竟適合設計或送審階段使用。 3. 使用 EUI 值難以看出調整運轉策略所得到的節能效果如儲能式空調、調整製程。 4. 實作驗證部分，模擬假設及參數應結構化列示出並說明與本專案之關係。
--	---

單位	新北市政府工務局
委員	黃毓舜股長
問題	1. 本研究對於建築節能的 BIM 應用分析探討值得肯定。 2. Green BIM 與 Building Energy 分析是否為等號，目前對於 Green BIM 多集中在能源，但綠建築應用在國內有九大指標，因此建議是否可以探討其他 1、2 項指標 BIM 應用的可能性。 3. 對其他地方政府而言，Green BIM 是否可以作為案件徵選評估覺得很重要，但轉成果是馬上可能？如何評估是否可以補充說明(最佳方案?)p61. 多元權衡指標。

單位	財團法人臺灣營建研究院
委員	黃建翔
問題	1. 本研究是否考量現今智慧型建築之結合，如空間之濕度、溫度定恆態之恆態建築，其恆態建築之動態窗戶依太陽日照改變百葉角度(影響”開窗率”及”外遮陽”系數)或室內其冷熱交換器設備、新風系統等影響？ 2. 建議兩種以上綠建築分析軟體於案例中，以便了解分析後之差異。 3. 不同建築類型及增建部分之後續建議，可考慮此部分之延伸。

單位	電機技師公會
委員	吳永村
問題	報告中用到縮寫字，第一次出現時建議列出其全名，以利讀者了解。 p. 81 圖 4-23、p. 83 圖 4-25、p. 85 圖 4-29 建議標示出北方，因這些圖所要說明的都和方位有關。

單位	內政部建築研究所
委員	陳建忠組長
問題	1. EUI 的應用並非本所主要項目，能源局較有期待報告之完稿，請洽次向如何落實。 2. EUI 在本所綠建築體系之輔助，結合評估部分，請洽本所環控組確認。 3. 請具體呈現預期成果各項執行成果與內容及檢討。

期末報告審查會議委員意見與回應

委員	代表性問題	回應
陳建忠 黃毓順	具體說明預期成果	(1) 建構建築資訊模型 (building information modeling) 參與綠建築設計之方法流程，達到永續建築環境 (Green) 的目的。 詳 p17, p19 說明 Green BIM 建築生命週期的應用巨觀與微觀範圍 詳 p87 本研究對焦範圍，台灣 Green BIM，台灣的綠色的建築資訊模型強調從設計之初 (PD、SD、DD 階段)，便以建築資訊模型 (Building Information Modeling, BIM) 作為基礎工具，因應台灣在地化的氣候條件，進行建築效能分析 (Building Performance Analysis, BPA)，透過“設計”、“評估”的決策循環，產生符合環境效益的最適化的設計方案，最終達到追求環境永續發展的目的。 P20~28 說明永續設計與節能減碳 (2) 建立建築效能分析 (Building Performance Analysis, BPA) 在 BIM 體系的應用條件、流程與適用範圍。 詳 p87 本研究對焦範圍，台灣 Green BIM，台灣的綠色的建築資訊模型強調從設計之初 (PD、SD、DD 階段)，便以建築資訊模型 (Building Information Modeling, BIM) 作為基礎工具 (3) 提出實作案例說明，包括不同專業軟體間的協作流程。綠建築綠色設計過程中運用 BIM 輔助角色，或方案評估階段的預設計功能，達成節能減碳生態目標。 詳 P41~42 案例分析與說明

		(4) 在設計初始階段即可進行光、音、熱、氣的物理環境模擬，達到基地設計的最佳化，就 BIM 模型轉綠建築 Performance-based 的可行工具，提出綠建築評估指標的修正建議。 詳 87~97 以”日常節能”指標為例，本研究已深入的詳述轉綠建築指標的可行性，以及就”目標”設定的爭議提出各種解決方式。至於廣範的可行性與政策執行面、架構性的探討可以參閱”BIM 導入台灣綠建築設計案例實作研究，鄭泰昇(2014)，內政部建築研究所資料檢索系統”或者”從 BIM 整合觀點探討亞熱帶綠建築與生態社區設計與人文美學之研究，蘇瑛敏(2012~2015)，科技部學術補助獎勵查詢。本研究不重覆冗述。 (5) 就國內綠建築相關規定與 Green BIM 在計算公式與概念上的異同，參考國外經驗提出未來國內應用 BIM 結合綠建築評估可行性以及未來可以改進的課題規劃。 詳 P91~94 已列表詳述不同指標的計算審查方式的異同，並說明，本研究採用軟體運算所採用的 DOE2 模擬引擎與 Energy Plus 一樣，都已通過 ANSI/ASHRAE Standard 140 的測試與認證。本研究的重心不應放在公式的介紹與比較。本研究也說明在現行體制下 Green BIM 與 EEWB 並行，以後則示 BIM 應用推廣的程度，在軟體可以運算效能的評估項目上，以 Green BIM 逐步取代 EEWB，事緩則圓。
李明濤 黃毓舜 康思敏 林緯育 陳星皓 吳崇弘 李孟崇	其它綠色評估指標與 Green BIM 的關聯性、與取代性研究；以及其技術面與政策面發展框架與藍圖	詳 P35~P40 在文獻回顧中，本研究已說明，就其它綠色評估指標與 Green BIM 的關聯性與取代的可行性研究，可以參閱”BIM 導入台灣綠建築設計案例實作研究，鄭泰昇(2014)，內政部建築研究所資料檢索系統”；就技術面與政策面發展框架與藍圖”從 BIM 整合觀點探討亞熱帶綠建築與生態社區設計與人文美學之研究，蘇瑛敏(2012~2015)，科技部學術補助獎勵查詢。

		本研究有感於大框架式的敘述，成果過於發散，故截長補短的就能源向度作收斂考證，不再重覆冗述。本研究的適用範圍，也僅就能夠提出”建築效能分析”的指標部份詳述，至於不能做”建築效能分析”的綠色評估指標，例如”生物多樣性”則不在此 Green BIM 的論述範圍。期中的答辯也指出，EEWH 有時代性的巨大貢獻，不可抹滅。只是隨著科技的演進，Green BIM 有了 BIM、有了 BPA，有了雲端與大數據，軟體運算較公式手算更為精準與便利，更是工業 4.0 時代，提升台灣營建相關產業水平的利器。本研究團隊僅本分的提出科學性的論證，至於方法取代與採用與否還望各路賢達，充份溝通討論。
蘇瑞育 汪孟欣 李孟崇	能源分析軟體的有效性	詳 p88~90 建築領域有機會應用涉及能耗分析的並不多見，不同使用者的經驗，經常眾說紛紜、莫衷一是。 本研究採用 VASARI 的理由，在於它是少數與 BIM 軟體作整合的能耗分析軟體，較 CAAD 時代發展的 Energy plus 更為先進，其採用的 DOE2 模擬引擎，在 2008 年完全通過 ANSI/ASHRAE Standard 140 的測試與認證，ANSI/ASHRAE Standard 140 是美國健康與空調工程協會(American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers)的建築能源分析運算程式標準測試與評估方法(Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs)，其有效性與公信力無庸置疑。亦支援 Energy Star 與 LEED 認證。
吳永村 康思敏	定義與中英文對照說明	本研究未嘗有失論文該有的基本素養，也完全依所裡規定的樣板作業。日後建議報告的繳交可增列”中英文對照表”，而原 12 號字體，若不易閱讀也建議可改為較大的 14 號字體已解決審查專家們逐漸高齡化的問題。 詳 P10 用語定義 Green BIM 定義 綠色的建築資訊模型則強調從設計之初便以建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM)作為基礎工具，因應在地化的氣候條件，進行建築效能分析(Building Performance Analysis, BPA)，透過“設計”、“評估”的決策循環，產生符合環境效益的最適化的設計方案，最終達到追求環境永續發展的目的。針對本研究內容，整理相關的用語定義。 建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM)

		建築效能分析(Building Performance Analysis, BPA) 決策循環(Decision making circle) 永續設計(Sustainable design) 建築生命週期管理(Building Lifecycle Management, BLM)
陳建忠	就 EUI 的訂定，與能源局、建研所環控組的分工整合	有待指導機關，充份協調。本研究已就其重要性與應用提出科學性的論述。

臺灣 Green BIM 綠建築資訊模型應用架構研究

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：陳建忠、陳上元、蘇瑛敏、李軒豪、劉青峰、
沈揚庭、陳正晏

出版年月：104 年 12 月

版次：第 1 版

ISBN：978-986-04-7427-5