

談營建產業工業化

何岫璵 大葉大學兼任教授暨防災研究中心總顧問

陳宜清 大葉大學環境工程研究所副教授兼系主任

楊卿源 大葉大學環境工程研究所博士生

推動營建產業 組織再造升級

營建產業(Construction Industry)為台灣非常重要的內需產業，根據行政院主計總處 2016 年統計，營建產業產值約佔新台幣 5 兆元，約佔 GDP 的 26%，顯見營建產業對國家整體經濟有很大的影響。然而，近年隨著政府房屋政策、勞工法令、稅務改革等制度的實施，營建產業面臨不同面向的生存壓力。產業內的企業主感受到經營毛利逐年下滑的壓力，然而勞工卻有工時長而所得停滯之苦。究其根源，乃因勞動生產力低落、產業競爭力下滑所致。為推動營建產業再造升級，本文就近年國內外營建產業相關課題，提出具體觀點與做法，以利營建產業在邁向工業化的轉型過程中，達成組織再造和產業升級之目標。

建置 BIMS 系統 有效整合資訊

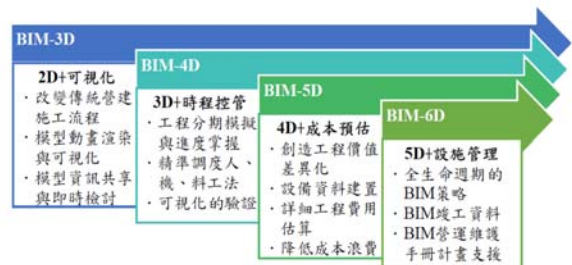
1970 年代，Chuck Eastman 針對「Building Product Models」進行諸多研究，有了建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM)的初步概念。2002 年，美國 Autodesk 公司以建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM)一詞作為公司旗下產品的設計理念，其資訊模型具有以下特點：

1. 以協同作業模式在數位資料庫上進行創建和製作。
2. 透過資料庫模式進行同步化的變更管理。
3. 透過擷取和儲存資訊供其他軟體延續應用。

在建築物的生命週期當中，關係人包括最終使用者、起造人、顧問單位、設計單位、施工單位、供應商、維護保養單位等不同角色。前述關係人欲獲取的建築「資訊」不盡相同，就建築工程的專業分項可略分為建築、土木、結構、電力、給水、排水、汙(廢)水、通風、空調、消防、電信、監控、裝修、景觀、環控等，上述眾多分項就資訊角度來說具備高度的「複雜性」；此外，從建築生命週期的時間軸來看，自規劃初期起依序為設計、發包、施工、安裝、測試、驗收、使用、修繕、變更、修繕等階段，而各階段中各角色將視情況而有不同的資訊需求，我們將其稱為資訊需求的「變化性」。綜上所述，建築物生命週期中，建築資訊的儲存、溝通、使用應盡可能滿足「複雜性 x 變化性」多維度的管理需求。換句話說，建築資訊模型存在的具體價值並非「模型」，而是可便於溝通及管理的「資訊」。(圖一、圖二)



圖一 建築資訊模型滿足多維度的管理需求



圖二 不同維度的 BIM 功能圖[1]

換言之，無論是建築設計資訊管理(Design Information Management)、採發資訊管理(supplier Information Management)、施工資訊管理(Construction Information Management)還是管理資訊管理(Building Information Management)，重點皆在於資訊呈現和使用的便利性，而 3D 模型僅是實現資訊可視化其中一種方式。對於終端使用者或業主等關係人而言，希望藉由模型可以 3D、4D、5D、6D 甚至更

多維度的方式呈現出資訊，提升建築生命週期各階段的管理價值，但只有 3D 資訊模型是不夠的，還必須建立相關標準、改造組織流程、供應鏈整合並搭配其他資訊工具，這是全面邁向工業化的演化過程。(圖二)

對決策者而言，除了透過模型獲取適切資訊外，更希望能快速、及時取得所需資訊作為決策之參考，若僅以 Building Information Modeling 的概念顯然是不夠的，而是必須建立一套建築物的資訊管理系統(Building Information Management System, BIMS)，讓決策者及不同角色人員可及時、便利獲得清楚、易懂的資訊，提高資訊的質與量，將資訊更有效整合及利用，便於進行溝通、討論和決策。(圖三)



圖三 供決策使用的建築資訊管理系統

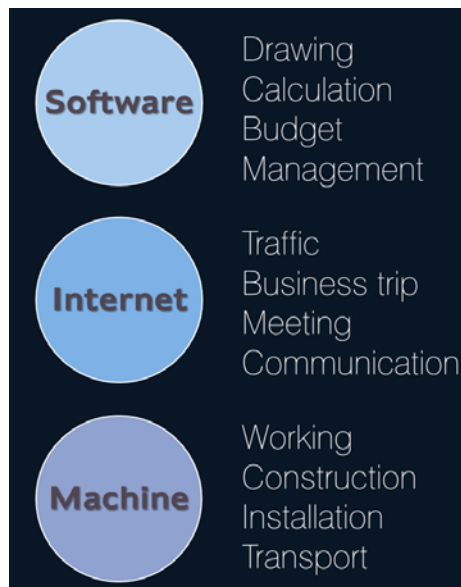
運用科學化工具 大幅提升效能

程式軟體、網際網路、自動化機械工具將營建產業推向工業化生產的關鍵工具。茲介紹其對於產業升級之效益並列示如下：

一、 程式軟體

程式軟體可提高效率、減少錯誤、促進勞動力升級，具備邏輯性的法規或經驗法則、結構或流體方程式、跨單位資料拋轉、和資料庫的連結運算，皆可藉由

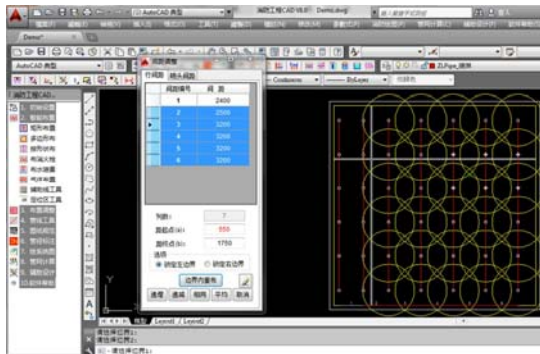
程式邏輯開發出應用於工程製圖、計算分析、統計估算、營建管理等領域之作業工具。意謂營建產業在人力資源的規劃及應用將產生重大變革，初出社會新鮮人透過資訊程式也可完成繁瑣複雜的生產作業，也能大幅提升具工藝素養及創造力的高階人才需求。



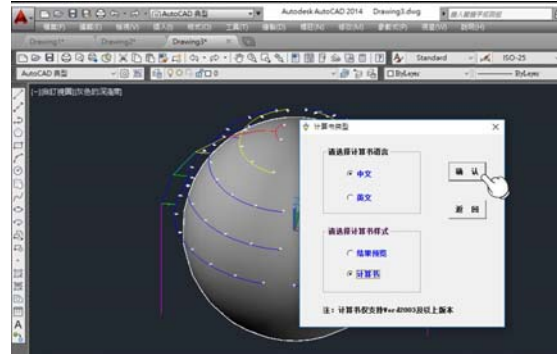
圖四 科學工具的選擇應用

目前已有開發多種程式軟體應用在工程製圖、計算分析、統計估算、營建管理等方面，如圖五至圖八所示。工程製圖方面，將法規與工程經驗透過 AutoCAD 二次開發界面，輸入參數後可快速完成製圖，不僅節省繪圖中重複性作業時間，也提升其正確性；在工程的計算分析方面，程式可進行結構、火災、氣流、流體、溫度、濕度、照度、音場等計算或數值模擬，使工程設計和資源分配更正確且更有效率；統計估算是工程發包、競標或執行階段的重要工作，運用 Visual Basic for Applications(VBA)的 Visual Basic 巨集語言，能快速連結圖說數量與資料庫，藉由自動化產生精確的工程數量表和預算；最後，有鑑於營建產業的多樣性及變化性，不同公司、人員、專案、時間工務管理上的需求也有所差異，透過管理二次開發平台，可自行設計符合自身需求的管理工具，進而促進整體產業的競爭力。

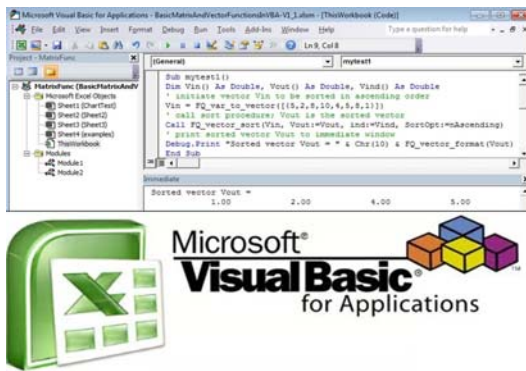
《每月專題/營建產業工業化 轉型新藍圖》



圖五 程式軟體應用在工程製圖[2]



圖六 程式軟體應用在計算分析[2]



圖七 程式軟體應用在統計估算[3]



圖八 程式軟體應用在營建管理[4]

二、 網際網路

隨著第四代行動通訊技術(簡稱為 4G)以及智慧型手機的發展,不只對社會型態產生破壞性的創新發展,智慧型手機、平板、電腦已和建築生命週期的各階段管理緊密結合。透過 Wi-Fi 和行動寬頻,上網載具可進行通訊對話(如: Line、WeChat、Skype)、視訊會議(如: Google Hangouts、TeamViewer、ZOOM)、雲端存取(如: Dropbox、Google Drive、SkyDrive)、資料分析(如: Google、Amazon、Microsoft)、電子商務(Pchome、Allmarket)等服務,對於營建管理特殊的跨地點、跨作業人員的管理需求,提供絕佳的解決方案,不僅能有效、及時的進行人員、

資料管理，也可將資料紀錄保存，分析後更能作為後續營運管理之參考。隨著 5G 行動通訊技術的來臨，傳輸速度可望達到 4G 網絡的 40 倍，資通訊對於營建產業的影響將更為巨大。

三、 自動化機械工具

透過程式軟體和網際網路的應用，也促進模組化預製組裝(Modular and Prefabricated Buildings)的建築技術發展，自 2000 年起，模組化預製組裝的技術逐步應用於建築結構、內外牆、地板、機械配管、電氣管線、匯流排等工程項目。不同工程項目的衝突管理可從 BIM 模型資訊進行溝通和協調，讓預製組裝從單一工種的應用邁向空間(機房、管道間、游泳池)或議題(生產線、智慧建築、綠能方案)的服務。如此一來，帶來的效益不僅能確保效率和品質，使用者可更具體地享受到應用價值和價格優惠。近年來，人工智慧(Artificial Intelligence, AI)技術迅速發展，其具有推理、知識、規劃、學習、交流、感知、移動和操作物體等核心能力，恰巧適用於營建產業的經濟規模和作業型態。首先連結資料庫及分析的 BIM 資訊模型，提供生產、施工機器(具)大量的運算資源，再藉由程式演算法(Algorithm)將工程具體步驟轉換為程式邏輯。未來，隨著人工智慧的普及化，將會產生愈來愈多的自動化機器(具)協助生產製造和施工安裝等作業。

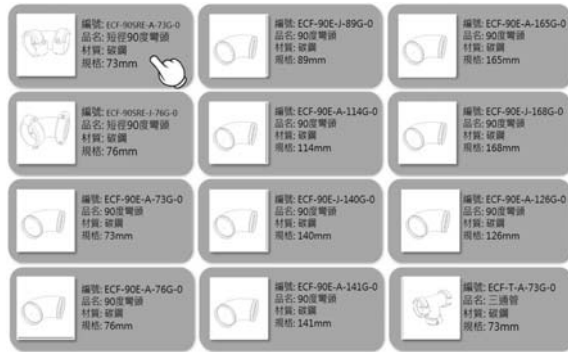
再造標準流程 創造雙贏局面

無論是 BIM 建築資訊模型還是自動化軟體和硬體的應用，都是影響營建產業的新技術和新工具。就企業觀點來看，任何新技術或新工具的導入，無論是經營策略(Strategic)、組織(Organization)、戰術(Tactical)和技能(Skill)都必須進行調整甚至組織再造(Strategic Reconstruction)，否則不僅難以發揮成效，還可能產生更多工作而產生改變的抗性。以採購一事來說，BIM 建築資訊模型固然可賦予元件的廠牌、型號、規格、供應商等屬性，然而若要從模型資訊轉換為採購資訊甚至決策，還必須考慮到技術、成本、服務、合約乃至內部流程等層面的課題。而建築規劃設計是工程專案的前期作業，因此建立製圖的標準，是決定組織能否走向資訊化、自動化流程的關鍵因素之一。以台灣目前最普遍的二維繪圖工具之一 AutoCAD 為例，只要在專案期初統一設計繪圖的圖塊(Block)及圖層(Layer)的屬性，使用「資料萃取」功能，即可快速統計全數或局部圖面區域的設備、材料、管線材等數量。(圖九)除此之外，建立元件編碼(Encoding)是設計和採購資料庫中相當重要的工作，依據自行分類的品項、規格、型式、尺寸、耐壓、廠牌、認

證，給予獨一無二的編碼，編碼可對應繪圖元件以及價格等資料庫。(圖十)如此一來，前述 AutoCAD 資料萃取所產出的 Excel 檔案或其他資料格式，再藉由 VBA(Visual Basic for Applications)程式即可自動產生工程標單或預算。

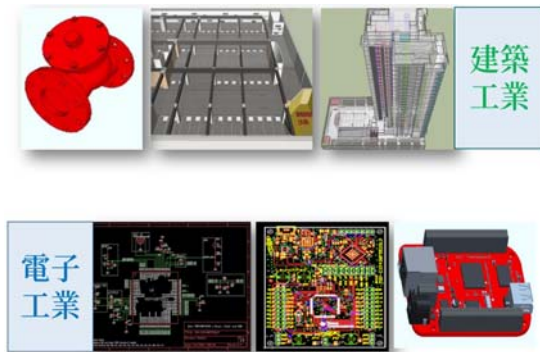


圖九 AutoCAD 的資料萃取功能



圖十 機械管件之元件編碼

供應鏈管理(Supply Chain Management ,SCM)包括計劃、採購、製造、配送、退貨五個部分，隨著工業化程度的提高，供應鏈管理將成為營建產業重要的議題。除了統包(Turnkey)模式以外，在台灣營建產業的生態中，施工商、製造商或供應(貨)商很少參與工程設計的實質討論，而是在工程案件設計完成後，再由營造廠或工程公司進行案件爭取而產生案件承包商(Contractor)。雖然設計/施工的二階段發包有其優點，但也存在一些限制和缺點。由於施工商、製造商或供應(貨)商具備施工或產品專業上之優勢，施工商在設計階段的參與可提高設計圖說的正確性和可行性，且可促進製造商或供應(貨)商在新技術、產品上的研發，創造買賣雙贏的局面。此外，透過設計階段的參與，可提高-製造商或供應(貨)商將其產品製作並提供 2D 圖塊或 3D 模型元件的意願，對於 BIM 建築資訊模型的專案管理和未來的使用者都有幫助。當營建產業的資訊化程度提高之後，經由編碼資訊可提升購買需求及商品的相符程度，如此一來，營建工程利用電子化手段簡化商業買賣活動，只須通過網際網路完成商品和服務的採購，不僅大幅降低人力及時間成本，也獲得高性價比的商品，預測未來電子商務(Electronic Commerce)將成為營建產業的供貨趨勢之一。



圖十一 建築業和電子業之供應鏈



圖十二 工程雲端供料平台

導入工業 4.0 的精神 興建智慧流程

2011 年，德國總理梅克爾將工業 4.0(Industry 4.0)又稱生產力 4.0 納入「高技術戰略 2020」的計畫當中，推動製造業的電腦化、數位化和智慧型化。如果將工業 4.0 的精神導入營建產業，便是統合現有工程技術、流程及需求，建立具有適應性、資源效率的智慧興建流程。藉由工程各階段的大數據分析，直接產生最符合品質、時間、成本、安全的解決方案。隨著不同時間點的進度預測、成本預測、天氣預測和需求變動，及時精準生產或調度現有資源、減少多餘成本與浪費等。無論是 BIMS 建築資訊管理系統、資訊工具的廣泛應用、知識型供應鏈整合、建築電子商務模式等，已是先進國家營建產業的現在進行式，而人工智慧和工業 4.0 更是無法改變的未來趨勢。儘管轉型是為了促進產業競爭力的提升，但是同時也將面臨勞工因既有工作被取代而失業，新的生產模式需要的勞工一時之間又青黃不接，產出的質與量皆難以立竿見影。因此，營建產業欲邁向工業化發展，必須以國家競爭力的高度觀點，從技術發展、人才教育、勞工政策、稅務獎勵、採購法令整體考量。以勞動力升級促進企業獲利率，建立合理的勞資互惠制度，達到多贏的目標。

參考資料

1. Eastman, C. (2016). When Will the Revolution End ? Is the same rolling revolution going to happen in AEC ? Paper presented at the Symposium of Taiwan BIM Future, National Taiwan University.
2. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors (2 ed.). New Jersey: Wiley.
3. Rowland, S. (2016). BIM to IoT: The Persistence Problem. In C. Vaz de Carvalho, P. Escudeiro, & A. Coelho (Eds.), Serious Games, Interaction, and Simulation: 5th International Conference, SGAMES 2015, Novedrate, Italy, September 16-18, 2015, Revised Selected Papers (pp. 127-137). Cham: Springer International Publishing.
4. Babcock, C. (2010). Management Strategies for the Cloud Revolution: How cloud computing is transforming business and why you can't afford to be left behind: McGraw Hill Professional.
5. Aziz, B. (2016). A formal model and analysis of an IoT protocol. Ad Hoc Networks, 36, 49-57.
6. Baldascino, M., & Mosca, M. (2016). The Capability Approach and the Tools of Economic Policies for Smart City. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 223, 884-889.
7. Borgia, E. (2014). The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues. Computer Communications, 54, 1-31.
8. Botta, A., de Donato, W., Persico, V., & Pescapé, A. (2016). Integration of cloud computing and internet of things: a survey. Future Generation Computer Systems, 56, 684-700.
9. Caron, X., Bosua, R., Maynard, S. B., & Ahmad, A. (2016). The Internet of Things (IoT) and its impact on individual privacy: An Australian perspective. Computer Law & Security Review, 32(1), 4-15.
10. Hardin, B., & McCool, D. (2015). BIM and construction management: proven tools, methods, and workflows: John Wiley & Sons.
11. IFMA. (2013). BIM for Facility Managers (P. Teicholz Ed.): John Wiley & Sons.
12. Jung, Y., & Joo, M. (2011). Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. Automation in construction, 20(2), 126-133.

13. 蘇瑛敏、張詠翔「新世代臺灣物業管理發展趨勢：BIM整合設施管理之研究」，物業管理學報，第6卷第1期，2015年3月，pp.1-12。
14. 天津市兆龍軟件開發有限公司(2016)，網址：<http://megdragon.diytrade.com>。
15. 頂暉專案管理顧問有限公司(2017)，網址：<http://www.ding-yao.com.tw/hui/>。
16. 觸角智能科技股份有限公司(2017)，網址：<http://web.ici-biot.com/ici/>。