

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

應用 RFID 與 GIS 技術再造學校設備管理流程之研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 97-2218-E-032-007-
執行期間：97 年 05 月 01 日至 97 年 12 月 31 日
執行單位：淡江大學土木工程學系

計畫主持人：蔡明修

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：林信憲
碩士班研究生-兼任助理人員：高御倫

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 98 年 03 月 23 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 ☒ 成果報告
☐ 期中進度報告

應用 RFID 與 GIS 技術再造學校設備管理流程之研究

計畫類別：☒ 個別型計畫 ☐ 整合型計畫

計畫編號：NSC 97-2218-E-032-007-

執行期間：2008 年 05 月 01 日至 2008 年 12 月 31 日

計畫主持人：蔡明修

共同主持人：

計畫參與人員：林信憲、鄭世斐

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：☒ 精簡報告 ☐ 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

☐ 赴國外出差或研習心得報告一份

☐ 赴大陸地區出差或研習心得報告一份

☒ 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

☐ 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

☐ 涉及專利或其他智慧財產權，☐ 一年☐ 二年後可公開查詢

執行單位：淡江大學土木工程學系

中 華 民 國 98 年 03 月 20 日

可供推廣之研發成果資料表

☐ 可申請專利

☒ 可技術移轉

日期：98 年 03 月 20 日

國科會補助計畫	計畫名稱：應用 RFID 與 GIS 技術再造學校設備管理流程之研究 計畫主持人：蔡明修 計畫編號： NSC 97-2218-E-032-007 學門領域：
技術/創作名稱	流程再造導向系統開發技術
發明人/創作人	蔡明修
技術說明	中文： 本技術運用流程再造之手法，協助組織針對其經營流程進行合理化分析，評估可協助流程運作之資訊科技項目。並根據選擇導入之資訊科技，設計該流程之新作業方法並開發已流程為支援對象之資訊系統，使資訊科技得以融入流程運作之中。
	英文： This methodology could assist companies to reengineer their processes or activities based on the IT applications. Meanwhile, a process support information system could be analyzed and developed based on this approach.
可利用之產業 及 可開發之產品	可利用產業：物業管理公司、學校總務單位 可開發之產品：流程診斷及系統開發服務
技術特點	1. 強調流程合理化 2. 新作業方式之可能性 3. 著重流程與資訊系統之搭配
推廣及運用的價值	對於尚未導入或準備導入資訊管理系統之中小型企业應具參考價值。

※ 1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。

※ 2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。

※ 3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。

應用 RFID 與 GIS 技術再造學校設備管理流程之研究

RFID/GIS-driven Process Re-engineering for College Facility Management Process

計畫編號：NSC 97-2218-E-032-007

執行期限：97 年 5 月 1 日至 97 年 12 月 31 日

主持人：蔡明修 私立淡江大學土木工程學系 助理教授

一、摘要

本研究導入流程再造之觀念，以地理資訊系統(GIS)與無線射頻辨識技術(Radio Frequency Identification, RFID)等資訊科技為驅動力(driving force)再造學校設備管理流程，以改善學校設備管理之效率。

本計畫首先針對校園設備管理流程利用資訊科技檢核表(IT check list)之方法，分析流程中可應用GIS 與RFID 協助之作業項目，並探討RFID 與GIS 對流程作業所能提供之功能，據以設計新作業執行方法，進而設計一應用RFID 與GIS 技術之設備管理流程達成流程與資訊科技相輔相成之再造目的。此外，為實現結合RFID 與GIS 技術之設備管理流程，本研究以實際學校消防安全設備管理為例，建立「學校設備自動辨識管理系統」，以作為學校未來實施電子化設備管理之參考。

關鍵詞：企業流程再造(BPR)、系統分析與設計(SASD)、無線射頻辨識技術(RFID)、地理資訊系統(GIS)、設備管理

Abstract

To enhance the efficiency of the facility management processes of campus, this study applies the business process reengineering philosophy for campus facility management by adopting the Radio-Frequency Identification (RFID) and GIS technologies. New activities will be addressed for the facility management process since the RFID and GIS technologies provide new operation methods. Therefore, once the RFID and GIS technologies are adopted as the tools for facility management, the related processes will be driven to be reengineered. Moreover, for facilitating the RFID/GIS-supported facility management process, this study integrates the RFID and GIS technologies to develop the Campus Facility Management Information System (CFMIS) based on the

reengineered process. Accordingly, the match of the facility management process and the developed information system will be ensured.

Keywords: business process re-engineering (BPR), System analysis and system design (SASD), Radio Frequency Identification (RFID), geographic information system (GIS), facility management

二、緣由與目的

2.1 研究動機

近年來隨者台灣經濟與建設之發展，國內新建建築工程數量已日趨飽和。反之，舊有建物之營運維護市場將逐步成為國內建築市場之經營重點。因此，如何確實管理既有建物之安全並有效經營建物之營運，以發揮建物最大之效用，將成為未來營建管理之主要課題。行政院於民國九十三年三月核定通過「服務業發展綱領及行動方案」，其中將「物業管理」服務業納入重點推動項目，以因應未來國內建物管理之需求。因此，設備管理(Facility Management, FM)之重要性便日形重要。

在眾多建築類型中，校園建築由於所包含之設備項目與功能繁雜，再加上隨著校園建築物高層化與規模化之發展，建築物設備與機能日趨複雜，使得校園建築之設備管理工作更加雜亂。此外，建築工程於規劃、設計、發包、施工等階段，所投入之資本、人力與時間之規模甚為龐大，而在完工之後，仍需要長時間的營運維護，一般而言，此階段約佔建築物總生命週期成本的二分之一，約為營造及規劃設計費之三至四倍[1]。因此，如何建立良善之校園建築物及設備維護管理系統，協助管理者方便、有效地操作維護建築物相關設備，以使建築物在整個生命週期發揮最大的功能，並達到事半功倍之管理效率與

成本控制，便成為建築物使用者與管理者重視與關切的議題。

在歐美國家，建物維護管理系統已經是商品化之應用軟體（Application Software），許多電腦軟體開發公司皆有此類產品；而近年來，國內對於建築物維護管理系統之研究與建立已具初步成果，其中又以公有建築物如校園建築物之維護管理為代表，已發展至「以生命週期為導向」之建築物管理系統[1]。此外，由於校園設備管理人力有限，再將上所需管理之設備項目十分雜沓且分散幅員甚廣，造成設備採購、建帳與檢查之困難。因此，若能結合資訊科技，使管理人員得以方便、正確地管理各設備之資訊，將有助於提昇校園設備管理之效率。有鑑於此，本研究擬在校園設備管理之架構下，以校園設備管理為例，分析資訊科技導入之應用，建立校園設備管理資訊系統，以達成設備管理之目標。

上述結合資訊科技導入之校園設備管理系統雖為學校行政人員提供一方便之工具進行設備管理與維護作業；然根據Hammer(1990)所提出之流程再造理論(Business Process Reengineering, BPR)，新資訊科技(Information technology, IT)之應用將觸發(Trigger)舊有設備管理流程之再造(re-engineering)，且再造後之設備流程必須與新科技相互配合，方能發揮新科技之力量[2]，使流程之績效獲得顯著之提昇。有鑑於此，本研究在結合新科技與開發校園設備管理系統之同時，將引進流程再造手法，同時考量傳統Bar Code、RFID、GIS技術以及傳統DBMS對校園現存設備管理作業方式之影響，進而選擇RFID+GIS為最適導入之資訊科技，據以此資訊科技再造校園設備管理流程，使流程與系統發揮相輔相成之效果，並增加本研究成果之可行性。

綜言之，本計畫不僅整合RFID、GIS及物業管理之概念，透過GIS系統介面之開發，建立一「校園設備無線辨識管理系統」，達成RFID自動化收集設備資訊與學校既有之設備管理流程之結合，並以圖形化之方式提供設備之相關管理資訊；更將應用流程再造之理論與手法，分析校園設

備無線辨識管理系統對現有管理作業之影響，並據以再造現有之設備管理流程，以達提昇學校設備管理效率之目的。

2.2 研究目的

- 1.現況分析：了解校園設備管理需求與既有之管理機制。
- 2.「流程合理化分析方法」之建立：為了使資訊科技導入之流程為合理流程。在資訊科技導入前，須進行初步流程再造，以確保資訊科技導入為合理化流程。
- 3.「資訊科技導入流程分析方法」之研擬：此方法一系列的從了解流程需求到如何根據流程需求選定資訊科技並將其導入、以及分析資訊科技導入校園設備管理現況作業之影響，藉以探討可能之新作業方式，據以作為系統需求分析之依據。
- 4.「流程需求導向系統分析方法」之建立：由於此校園設備管理系統係以流程為基礎進行開發。針對作業需求來分析系統功能需求，據以作為系統分析之目的。
- 5.建立「校園設備無線辨識管理系統」：根據流程作業之需求所訂定之系統功能，進行系統設計，實際開發校園設備無線辨識管理系統。

三、研究成果及自評

為了達到本研究之目的，本研究結合流程再造及系統分析方法，研擬一「流程再造資訊系統分析開發架構」(詳圖 1)作為本計畫執行之依據。主要包括：(1)校園設備流程模型建構、(2)流程合理化分析、(3)資訊科技導入分析、(4)校園設備管理資訊系統之分析、(5)校園設備管理資訊系統之設計、(6)校園設備管理資訊系統之建置等六項主要步驟，各步驟之主要內容說明如下：

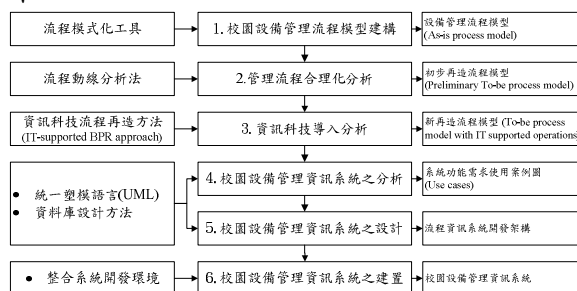


圖 1 流程再造資訊系統分析開發架構圖

3.1 校園設備管理流程模型建構

為應用資訊科技再造校園設備管理流程，首先必須針對目前流程進行資料收集，並建立現況流程模型(as-is process model)，以作為後續再造分析之依據。為此，本階段可分為(A) 流程相關資料蒐集、及(B)現況模型建構等二個主要作業分述如下：

Step A：流程相關資料蒐集

此步驟之目的在於蒐集校園各部門間相同流程之作業項目及其重要屬性資料，以作為建構校園設備管理現況流程模型之依據。本研究以淡江大學為研究案例，蒐集該校園之設備管理ISO 文件與表報，並配合深度訪談、現場觀測及問卷調查之方式，建立校園設備管理流程之作業資料表，其格式如表1 所示。

表 1 校園設備檢查流程作業資料表

作業名稱	單位	負責人	說明	表單或文件	
				依據或輸入	輸出
填製檢查申請表	申請單位	申請人	依據檢查申請狀態，填製檢查申請表。		
遞交檢查申請表	申請單位	申請人	將檢查申請表遞交至總務處營繕組		檢查申請表
覆核申請	總務處營繕組	辦事員	針對檢查申請所提送之日期作進一步查核。	檢查申請表	檢查申請表
指派檢查人員	總務處營繕組	辦事員	依據檢查申請表上設備，指派該設備類別之檢查人員。	檢查申請表	檢查申請表
審核申請	總務處營繕組	組長	審核檢查申請表，並簽核以示批准。	檢查申請表	檢查申請表
備份申請	總務處營繕組	編纂	複印檢查申請表。正本預留，影本將交由該檢查人員。	檢查申請表	檢查申請表影本
通知檢查人員	總務處營繕組	辦事員	依據檢查人員名單，通知該檢查人員進行檢查。		檢查通知單
申請調閱	總務處營繕組	檢查人員	依據檢查通知之設備編號至總務處保管組申請設備資料調閱。	檢查通知單	檢查通知單
覆核調閱資料	總務處保管組	編纂	針對檢查通知與檢查申請表影本作進一步查核。	檢查通知單	檢查通知單
審核調閱資料	總務處保管組	組長	審核檢查通知，並簽核以示批准。	檢查通知單	檢查通知單
調閱資料	總務處保管組	專員	依據檢查通知之設備編號調閱該設備相關資料。	檢查通知單	設備資料、設備位置圖
通知領取	總務處保管組	編纂	通知檢查人員領取設備相關資料。	設備資料、設備位置圖	設備資料、設備位置圖
核對設備	總務處營繕組	檢查人員	根據設備資料，核對設備是否符合。	設備資料、設備位置圖	
填製設備檢查表	總務處營繕組	檢查人員	依據設備狀態，填製設備之檢查項目表。	設備檢查表	設備檢查表
遞交設備檢查表	總務處營繕組	檢查人員	將設備檢查表遞交至總務處營繕組	設備檢查表	設備檢查表
覆核設備檢查表	總務處營繕組	編纂	針對設備檢查表所提送之項目作進一步確認是否遺漏。	設備檢查表	設備檢查表
備份檢查結果	總務處營繕組	編纂	將檢查流程完成之設備檢查表存檔	設備檢查表	設備檢查表影本

Step B：現況模型建構

根據所蒐集之作業資料，本步驟針對範圍內之流程項目，利用 ARIS (Architecture of Integrated Information System) 中事件導向程序鏈結圖 (eEPC diagram) 建立現況模型 (As-Is process model)，達成流程重現 (process representation)之目的[2-3]，以作為後續合理化分析之參考。圖2為研究案例中設備檢查流程之eEPC 圖，此流程圖不僅可表示作業間之執行關係，亦可提供作業執行組織之資訊，因此可作為後續流程合理化分析之重要依據。

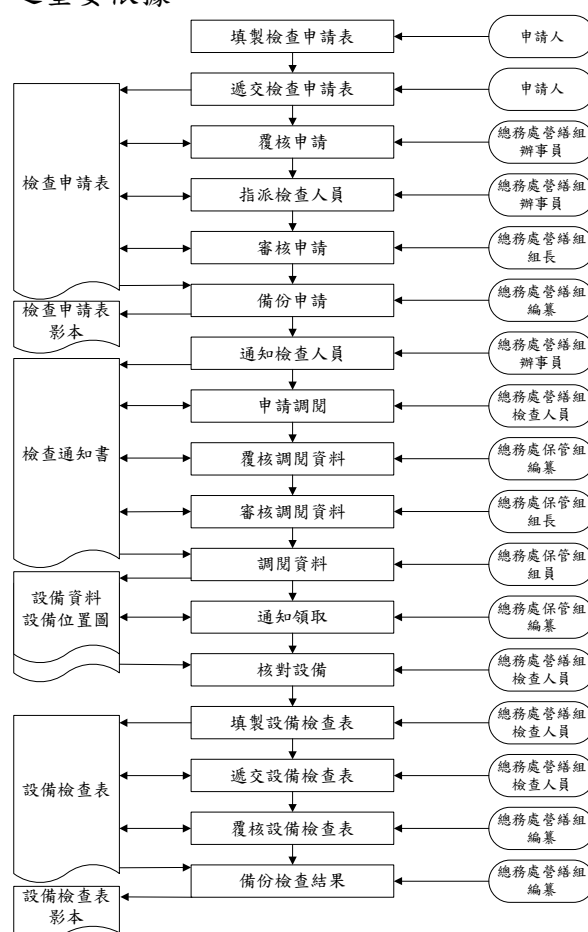


圖 2 校園設備檢查流程 eEPC 圖 (As-is model)

3.2 流程合理化分析

為了達到資訊科技導入校園設備管理流程為合理化流程之目的，本步驟利用流程動線分析[4]為流程合理化之方法，將流程動線分為五種流程動線類型(圖3)；並根據文獻[5]對此五大流程動線類型之改善建議(表2)，進行流程合理化分析。以校園設

單位別 作業名稱	單位一	單位二	單位三	單位四	單位五	單位六	單位七	單位八		
作業 A	CASE 1	CASE 3	CASE 2	CASE 5	CASE 4					
作業 B										
作業 C										
作業 D										
作業 E										
作業 F										
作業 G										

圖3 流程動線線型類型圖

Case Number	類型	說明	改善方向
Case 1	單部門流程動線線型	屬於理想且單純的流程	無須改善
Case 2	跨部門流程動線漸進折線線型	屬於漸進折線型，動線型態尚屬單純，然而動線尚屬單純	應朝盡量減少參與的部門來做改善
Case 3	跨部門流程動線橫向迂迴折線線型	屬於來回折線型，流程在許多部門移動	應朝盡量減少部門會簽、覆核、審核等作業來改善
Case 4	跨部門流程動線縱向迂迴折線線型	屬回縱向來回折線型，流程在部門產生縱向移動	應朝盡量減少流程縱向之活動來做改善
Case 5	跨部門流程動線縱橫向迂迴折線線型	線型較複雜，屬於縱橫向來回折線型，流程在許多部門產生縱橫向移動	應朝盡量減少流程縱橫向之活動來做改善

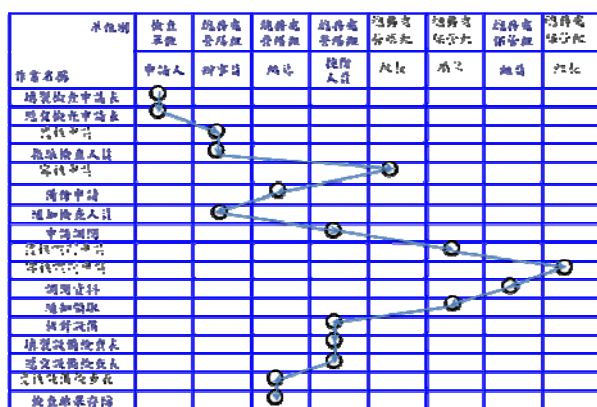


圖4 流程動線圖(以檢查流程為例)



圖5合理化流程動線(以檢查流程為例)

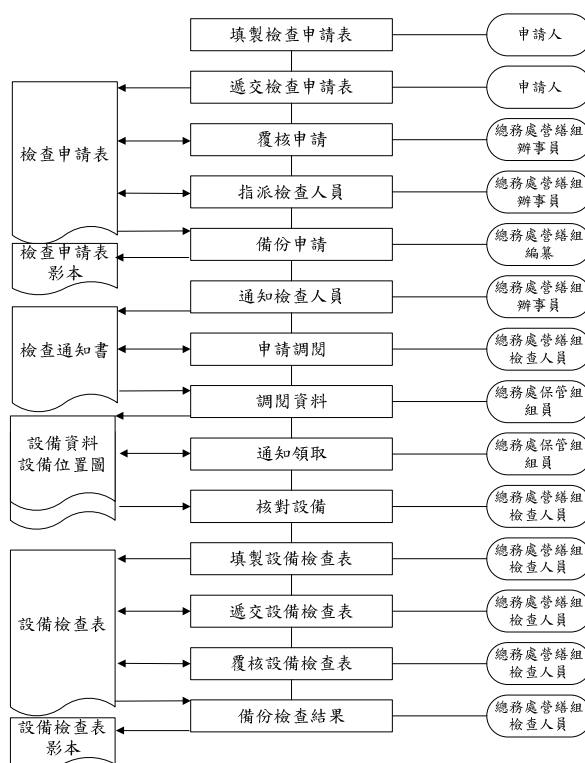


圖6 合理化設備檢查流程eEPC圖

3.3 資訊科技導入分析

由於本研究主要目的之一在於分析資訊科技對校園設備管理流程之影響，並據以開發一結合資訊科技之校園設備管理系統。因此，本步驟目的即在於建立一資訊科技流程再造方法(IT-supported BPR approach)，協助管理者根據流程需求選定導入流程之資訊科技方案，並據以分析導入資訊科技對校園設備管理現況作業之影響，探討可能之新作業方式，作為後續流程輔助資訊系統開發之依據。

本研究所建立之資訊科技流程再造方法如圖7所示，可分為(A) 流程資訊化需求確認、(B) 資訊科技導入之確認、(C) 資訊

科技實作方案之確認、(D) AHP方法評估、及(E) 資訊科技導入流程之分析等六個主要作業。

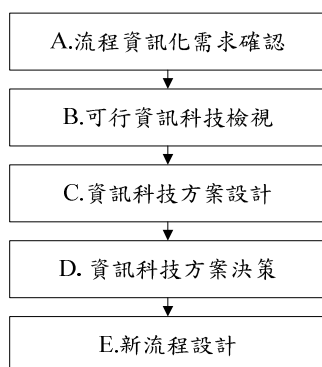


圖7 資訊科技導入分析步驟

Step A：流程資訊化需求確認

此步驟之目的在於將作業流程分類，以分析流程對資訊化之需求，作為選擇導入資訊科技之參考。

本研究將校園設備管理流程中之資料處理類型分為：(1)傳遞、(2)搜尋、(3)計算、(4)資料轉換、(5)複查及(6)儲存等六種類型[4]，並以此分類建構「流程資料需求表」，其格式如表 3 所示。歸納表 3 內容，進而可將校園設備管理流程資料處理類型之資訊化需求類型整理為表 4 所示。

表 3 設備檢查流程資料需求表

相關流程作業	資料處理類型	資料類型
填製檢查申請表	資料轉換	文字
遞交檢查申請表	傳遞	文字
覆核申請	複查	文字
指派檢查人員	搜尋	文字
備份申請	儲存	文字
通知檢查人員	傳遞	文字
申請調閱	傳遞	文字
調閱資料	搜尋	空間向量
		文字
通知領取	傳遞	文字
核對設備	搜尋	編碼
		文字
填製設備檢查表	資料轉換	文字
遞交設備檢查表	傳遞	文字
覆核設備檢查表	複查	文字
備份檢查結果	儲存	文字

表 4 設備檢查流程資訊化需求分類表

資料處理類型	資料類型
傳遞	文字
搜尋	編碼
	空間向量
	文字
資料轉換	編碼
	文字
複查	文字
儲存	文字

Step B：可行資訊科技檢視

根據表 4 之資訊化需求，從市場技術及文獻[6-8]中蒐集可行資訊科技之種類，作為擬定資訊科技導入方案之依據。

以校園設施管理流程為例，在針對各流程負責人進行專家訪談後，初步選擇傳統 Bar Code、無線射頻辨識技術(RFID)、地理資訊系統(GIS)、傳統資料庫管理系統(DBMS)為可行之導入資訊科技，並建構「資訊科技功能表」(表 5) 所示。分析其功能，進而建構「資訊科技功能表」如表 7 所示，以作為資訊科技導入方案分析之參考。

表5 資訊科技功能表

	傳統 Bar Code	無線射頻辨識技術(RFID)	地理資訊系統(GIS)
1	標籤可儲存資料	標籤可儲存資料	空間向量展示
2	標籤可重複讀取	標籤可重複讀取	空間向量分析
3		非接觸式辨識(中、長距離)	傳統資料庫管理系統

Step C：資訊科技方案設計

此步驟之目的在於將可行之導入資訊科技針對流程資訊化需求訂定實作方案，以作為後續最適方案評估之參考。因此，根據表4 之資訊化需求與表5 之資訊科技功能對應，建構「資料處理—資訊科技功能表」，其格式如表6 所示。針對資訊科技功能是否能涵蓋所需要之資料處理類型，來訂定資訊科技導入實作方案。案例中，依對應之關係確認資訊科技導入方案為：A. Bar Code + GIS、B. Bar Code +

DBMS、C. RFID + GIS以及D. RFID + DBMS等為本研究之資訊科技導入之實作方案。

表 6 資料處理—資訊科技功能表

	Bar Code	RFID				GIS			DBMS
		標籤可儲存資料	標籤可重複讀取	非接觸式辨識	標籤可儲存資料	標籤可重複讀取	空間向量展示	空間向量分析	
1 傳遞									●
2 查詢	A 編碼	●	●	●	●	●			
	B 空間向量						●	●	●
	C 文字								●
3 資料轉換	A 編碼		●		●				
	B 文字								●
4 複查									●
5 儲存									●

Step D：資訊科技方案決策分析

選擇最適方案除了依據資訊科技功能所能改善之校園設備管理中資料處理類型之外，尚需考慮各方案於導入時之可行性。因此，本研究應用層分析法(AHP)，從組織導入資訊科技時所面臨之 (1) 功能符合度，及(2) 導入可行性等兩層面進行探討。所建構之「層級架構圖」如圖 8 所示。

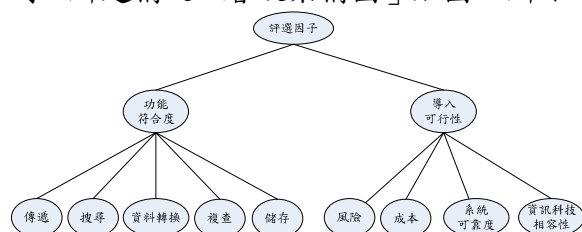


圖 8 決策因子層級架構圖

確認評估因子後，並設計問卷對設備流程負責人為研究對象進行問卷調查。並將問卷結果利用 AHP(Analytic Hierarchy Process)之方式針對各評估項目定義出各項目之相對權重[9-10] (表 7)。再利用 NGM 法(Normalization of the Geometric Mean of the Rows)對矩陣常態化，並計算各實作方案之加權分數，以得分之高低，選出最適方案進行導入分析。因此，根據上述方法，評分實作方案方案，可分析出方案 C(RFID+GIS)為本研究資訊科技導入校園設備管理流程之實作方案。

表 7 評估因子權重關係

	功能符合度(75%)					導入可行性(25%)			
	傳遞	查詢	資料轉換	複查	儲存	風險	成本	系統可靠性	資訊科技相容性
權重 %	4.5	34.9	22.9	8.9	3.8	9.5	3.6	9.8	2.1
重要性排序	6	1	2	5	7	4	8	3	9

Step E：新流程設計

根據最適方案之資訊科技功能，針對資料處理類型，分析RFID以及GIS科技導入校園設備流程之新作業方式，並建構「資訊科技導入流程分析表」，其格式如表8 所示。藉由表8 來判斷校園設備管理流程中，哪些是可以由系統取代執行或是協助作業關係人之運作，建構「作業需求之功能分析表」(表9)。最後，根據表9之內容利用eEPC圖建立再造後之流程模型(To-be process)，如圖9所示。此新作業方式及流程模型作為後續校園設備系統功能需求之設計。

表8 資訊科技導入流程分析表

作業名稱	處理類型	資訊科技		依據資訊科技功能提供新作業方式
		RFID	GIS	
填製檢查申請表	3B		●	※應用資料庫管理系統協助檢查申請資料／表格建立
遞交檢查申請表	1		●	※應用資料庫管理系統協助檢查申請登錄之功能
覆核申請	4		●	※應用資料庫管理系統協助檢查申請資料／表格覆查之功能
指派檢查人員	2C		●	※應用資料庫技術提供人員資料之功能
備份申請	5		●	※應用資料庫技術建立資料庫同步備份記錄之功能
通知檢查人員	1		●	※應用資料庫管理系統協助通知流程人員之負責工作事項
申請調閱	1		●	※應用資料庫管理系統建立申請調閱之功能
調閱資料	2BC		●	※應用資料庫技術提供設備資料之功能 ※應用GIS提供設備空間向量資訊之功能
通知領取	1		●	※應用資料庫管理系統協助提供流程人員設備相關資料
核對設備	2AC	●	●	※應用RFID技術讀取標籤進行資料庫之設備資料核對之功能
填製設備檢查表	3B		●	※應用資料庫管理系統協助檢查資料／表格建立
遞交設備檢查表	1		●	※應用資料庫管理系統協助檢查結果登錄之功能
覆核設備檢查表	4		●	※應用資料庫管理系統協助檢查結果資料／表格覆查之功能
備份檢查結果	5		●	※應用資料庫技術建立資料庫同步備份記錄之功能

表9 作業需求之功能分析表

作業名稱	單位	負責人	系統支援類型	依據資訊科技功能提供新作業方式
填製檢查申請表	申請單位	申請人	協助	※應用資料庫管理系統協助檢查申請資料／表格建立
遞交檢查申請表	申請單位	申請人	協助	※應用資料庫管理系統協助檢查申請登錄之功能
覆核申請	系統		取代	※應用資料庫管理系統協助檢查申請資料／表格覆查之功能
指派檢查人員	系統		取代	※應用資料庫技術提供人員資料之功能
備份申請	系統		取代	※應用資料庫技術建立資料庫同步備份記錄之功能
通知檢查人員	系統		取代	※應用資料庫管理系統協助通知流程人員之負責工作事項
申請調閱	總務處營繕組	檢查人員	協助	※應用資料庫管理系統建立申請調閱之功能
調閱資料	系統		取代	※應用資料庫技術提供設備資料之功能 ※應用GIS提供設備空間向量資訊之功能
通知領取	系統		取代	※應用資料庫管理系統協助提供流程人員設備相關資料
核對設備	總務處營繕組	檢查人員	協助	※應用RFID技術讀取標籤進行資料庫之設備資料核對之功能
填製設備檢查表	總務處營繕組	檢查人員	協助	※應用資料庫管理系統協助檢查資料／表格建立
遞交設備檢查表	總務處營繕組	檢查人員	協助	※應用資料庫管理系統協助檢查結果登錄之功能
覆核設備檢查表	系統		取代	※應用資料庫管理系統協助檢查結果資料／表格覆查之功能
備份檢查結果	系統		取代	※應用資料庫技術建立資料庫同步備份記錄之功能

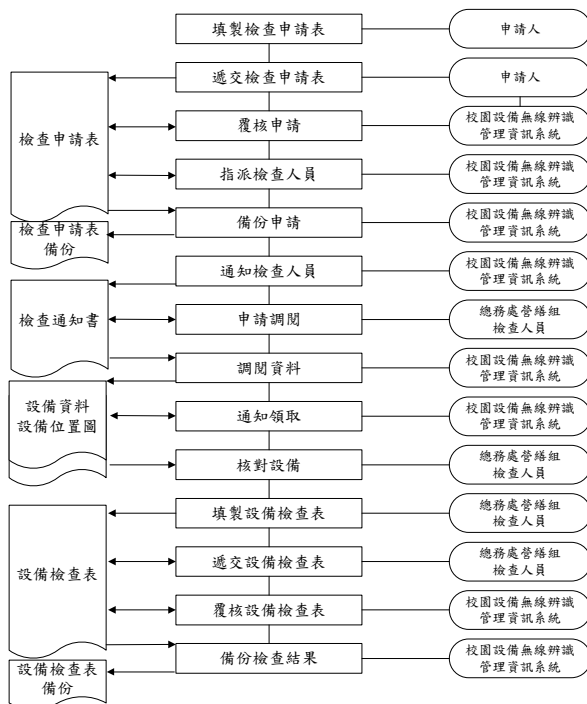


圖9 再造設備檢查流程eEPC圖 (To-Be Model)

3.4 校園設備無線辨識管理資訊系統需求分析

因此為了要達到作業—系統功能需求分析與設計之目的，本研究利用UML物件導向系統分析之方法[11-13]，藉由使用案例(Use Case)與外部使用者(Actor)間互動的行為關係來表達系統功能需求，並針對設備管理架構中之採購、建帳、檢查、修繕等流程建立系統之功能模組。此階段分析架構可分為三部分，如圖10所示。

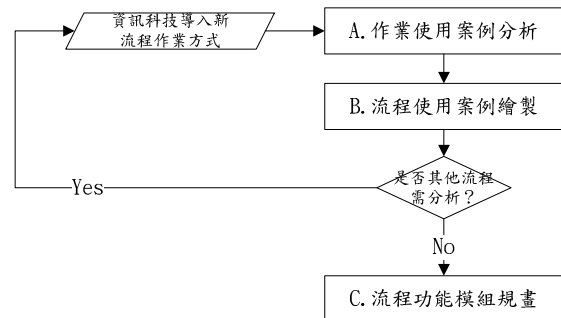


圖10 資訊系統需求分析架構

Step A. 作業使用案例分析

首先根據表11中資訊科技導入校園設備流程之新作業流程，將負責單位分類成「外部使用者動作」跟「系統回應」。並根據流程在資訊系統之執执行程序，建構「流程使用案例敘述表」，其格式如表10所示。

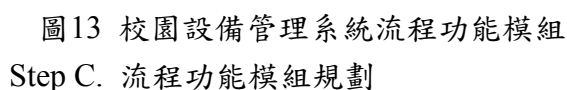
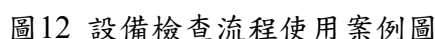
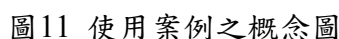
表10 設備檢查流程使用案例敘述表

	外部使用者動作	系統回應
作業情節	1. 申請人填寫檢查申請表	2. 系統對申請進行覆核確認
		3. 系統儲存檢查申請資訊
		4. 系統通知檢查人員
	5. 檢查人員提交查詢檢查申請表給系統	6. 系統提供檢查人員設備資料與設備位置圖資訊
	7. 檢查人員讀取設備RFID 編碼給系統	8. 系統對 RFID 編碼進行設備資料核對
		9. 系統提供設備檢查表給檢查人員
	10. 檢查人員填寫設備檢查表	11. 系統對檢查表進行覆核確認
		12. 系統儲存設備檢查結果資訊

Step B. 流程使用案例繪製

為了達到將系統提供給使用者功能定義出來之目的。因此，根據表12中使用者

檢查、修繕流程之系統功能分析完畢後，根據流程將系統功能分類成「流程功能模組」(圖13)，以完成系統分析之目的。



3.5 校園設備無線辨識管理資訊系統設計

3.5.1 資料庫設計

```

graph TD
    A[設備項目類別] --> B{分類}
    B -- N --> C[廠商]
    B -- I --> D[設備項目]
    C --> E{訂購}
    E -- I --> F[採購單]
    E -- N --> D
    D --> G{包含}
    G -- I --> H[檢查項目]
    G -- N --> I[採購明細]
    H --> J{產生}
    J -- N --> K[檢查紀錄]
    I --> L{驗證}
    L -- I --> M[員工]
    L -- N --> N[驗收紀錄]
    N --> O{產生}
    O -- I --> P[驗收單]
    O -- N --> M
    P --> Q{建帳}
    Q -- I --> R[建帳記錄]
    R --> S{產生}
    S -- I --> T[設備]
    S -- N --> M
    T --> U{請修}
    U -- I --> V[請修記錄]
    U -- N --> W{產生}
    W --> X[請修單]
    X --> Y{對應}
    Y -- I --> Z[場所代碼]
    Y -- N --> AA{對應}
    AA -- I --> AB[地理資訊]
    AA -- N --> Y
    Z --> Y
    AB --> Y
    Y --> AC{對應}
    AC --> AD[技術類別]
    AD --> AE{對應}
    AE -- I --> AF[技術類別]
    AE -- N --> T
    AC --> AG{對應}
    AG --> AH[技術類別]
    AG -- N --> T
    AC --> AI{對應}
    AI --> AJ[技術類別]
    AI -- N --> T
    AC --> AK{對應}
    AK --> AL[技術類別]
    AK -- N --> T
    AC --> AM{對應}
    AM --> AN[技術類別]
    AM -- N --> T
    AC --> AO{對應}
    AO --> AP[技術類別]
    AO -- N --> T
    AC --> AQ{對應}
    AQ --> AR[技術類別]
    AQ -- N --> T
    AC --> AS{對應}
    AS --> AT[技術類別]
    AS -- N --> T
    AC --> AU{對應}
    AU --> AV[技術類別]
    AU -- N --> T
    AC --> AW{對應}
    AW --> AX[技術類別]
    AW -- N --> T
    AC --> AY{對應}
    AY --> AZ[技術類別]
    AY -- N --> T
    AC --> BA{對應}
    BA --> BB[技術類別]
    BA -- N --> T
    AC --> BC{對應}
    BC --> BD[技術類別]
    BC -- N --> T
    AC --> BE{對應}
    BE --> BF[技術類別]
    BE -- N --> T
    AC --> BG{對應}
    BG --> BH[技術類別]
    BG -- N --> T
    AC --> BI{對應}
    BI --> BJ[技術類別]
    BI -- N --> T
    AC --> BK{對應}
    BK --> BL[技術類別]
    BK -- N --> T
    AC --> BM{對應}
    BM --> BN[技術類別]
    BM -- N --> T
    AC --> BO{對應}
    BO --> BP[技術類別]
    BO -- N --> T
    AC --> BQ{對應}
    BQ --> BR[技術類別]
    BQ -- N --> T
    AC --> BS{對應}
    BS --> BT[技術類別]
    BS -- N --> T
    AC --> BU{對應}
    BU --> BV[技術類別]
    BU -- N --> T
    AC --> BW{對應}
    BW --> BX[技術類別]
    BW -- N --> T
    AC --> BY{對應}
    BY --> BZ[技術類別]
    BY -- N --> T
    AC --> CA{對應}
    CA --> CB[技術類別]
    CA -- N --> T
    AC --> CC{對應}
    CC --> CD[技術類別]
    CC -- N --> T
    AC --> CE{對應}
    CE --> CF[技術類別]
    CE -- N --> T
    AC --> CG{對應}
    CG --> CH[技術類別]
    CG -- N --> T
    AC --> CI{對應}
    CI --> CJ[技術類別]
    CI -- N --> T
    AC --> CK{對應}
    CK --> CL[技術類別]
    CK -- N --> T
    AC --> CM{對應}
    CM --> CN[技術類別]
    CM -- N --> T
    AC --> CO{對應}
    CO --> CP[技術類別]
    CO -- N --> T
    AC --> CQ{對應}
    CQ --> CR[技術類別]
    CQ -- N --> T
    AC --> CS{對應}
    CS --> CT[技術類別]
    CS -- N --> T
    AC --> CU{對應}
    CU --> CV[技術類別]
    CU -- N --> T
    AC --> CW{對應}
    CW --> CX[技術類別]
    CW -- N --> T
    AC --> CY{對應}
    CY --> CZ[技術類別]
    CY -- N --> T
    AC --> DA{對應}
    DA --> DB[技術類別]
    DA -- N --> T
    AC --> DC{對應}
    DC --> DD[技術類別]
    DC -- N --> T
    AC --> DE{對應}
    DE --> DF[技術類別]
    DE -- N --> T
    AC --> DG{對應}
    DG --> DH[技術類別]
    DG -- N --> T
    AC --> DI{對應}
    DI --> DJ[技術類別]
    DI -- N --> T
    AC --> DK{對應}
    DK --> DL[技術類別]
    DK -- N --> T
    AC --> DM{對應}
    DM --> DN[技術類別]
    DM -- N --> T
    AC --> DO{對應}
    DO --> DP[技術類別]
    DO -- N --> T
    AC --> DQ{對應}
    DQ --> DR[技術類別]
    DQ -- N --> T
    AC --> DS{對應}
    DS --> DT[技術類別]
    DS -- N --> T
    AC --> DU{對應}
    DU --> DV[技術類別]
    DU -- N --> T
    AC --> DW{對應}
    DW --> DX[技術類別]
    DW -- N --> T
    AC --> DY{對應}
    DY --> DZ[技術類別]
    DY -- N --> T
    AC --> EA{對應}
    EA --> EB[技術類別]
    EA -- N --> T
    AC --> EC{對應}
    EC --> ED[技術類別]
    EC -- N --> T
    AC --> EE{對應}
    EE --> EF[技術類別]
    EE -- N --> T
    AC --> EG{對應}
    EG --> EH[技術類別]
    EG -- N --> T
    AC --> EI{對應}
    EI --> EJ[技術類別]
    EI -- N --> T
    AC --> EK{對應}
    EK --> EL[技術類別]
    EK -- N --> T
    AC --> EM{對應}
    EM --> EN[技術類別]
    EM -- N --> T
    AC --> EO{對應}
    EO --> EP[技術類別]
    EO -- N --> T
    AC --> EQ{對應}
    EQ --> ER[技術類別]
    EQ -- N --> T
    AC --> ES{對應}
    ES --> ET[技術類別]
    ES -- N --> T
    AC --> EU{對應}
    EU --> EV[技術類別]
    EU -- N --> T
    AC --> EW{對應}
    EW --> EX[技術類別]
    EW -- N --> T
    AC --> EY{對應}
    EY --> EZ[技術類別]
    EY -- N --> T
    AC --> FA{對應}
    FA --> FB[技術類別]
    FA -- N --> T
    AC --> FC{對應}
    FC --> FD[技術類別]
    FC -- N --> T
    AC --> FE{對應}
    FE --> FE[技術類別]
    FE -- N --> T
    AC --> FG{對應}
    FG --> FH[技術類別]
    FG -- N --> T
    AC --> FI{對應}
    FI --> FI[技術類別]
    FI -- N --> T
    AC --> FK{對應}
    FK --> FL[技術類別]
    FK -- N --> T
    AC --> FM{對應}
    FM --> FN[技術類別]
    FM -- N --> T
    AC --> FO{對應}
    FO --> FO[技術類別]
    FO -- N --> T
    AC --> FQ{對應}
    FQ --> FR[技術類別]
    FQ -- N --> T
    AC --> FS{對應}
    FS --> FT[技術類別]
    FS -- N --> T
    AC --> FU{對應}
    FU --> FV[技術類別]
    FU -- N --> T
    AC --> FW{對應}
    FW --> FX[技術類別]
    FW -- N --> T
    AC --> FY{對應}
    FY --> FZ[技術類別]
    FY -- N --> T
    AC --> GA{對應}
    GA --> GB[技術類別]
    GA -- N --> T
    AC --> GC{對應}
    GC --> GC[技術類別]
    GC -- N --> T
    AC --> GE{對應}
    GE --> GE[技術類別]
    GE -- N --> T
    AC --> GG{對應}
    GG --> GH[技術類別]
    GG -- N --> T
    AC --> GI{對應}
    GI --> GI[技術類別]
    GI -- N --> T
    AC --> GK{對應}
    GK --> GL[技術類別]
    GK -- N --> T
    AC --> GM{對應}
    GM --> GM[技術類別]
    GM -- N --> T
    AC --> GO{對應}
    GO --> GO[技術類別]
    GO -- N --> T
    AC --> GQ{對應}
    GQ --> GR[技術類別]
    GQ -- N --> T
    AC --> GS{對應}
    GS --> GS[技術類別]
    GS -- N --> T
    AC --> GU{對應}
    GU --> GV[技術類別]
    GU -- N --> T
    AC --> GW{對應}
    GW --> GX[技術類別]
    GW -- N --> T
    AC --> GY{對應}
    GY --> GZ[技術類別]
    GY -- N --> T
    AC --> HA{對應}
    HA --> HB[技術類別]
    HA -- N --> T
    AC --> HC{對應}
    HC --> HC[技術類別]
    HC -- N --> T
    AC --> HE{對應}
    HE --> HE[技術類別]
    HE -- N --> T
    AC --> HG{對應}
    HG --> HH[技術類別]
    HG -- N --> T
    AC --> HI{對應}
    HI --> HI[技術類別]
    HI -- N --> T
    AC --> HK{對應}
    HK --> HL[技術類別]
    HK -- N --> T
    AC --> HM{對應}
    HM --> HM[技術類別]
    HM -- N --> T
    AC --> HO{對應}
    HO --> HO[技術類別]
    HO -- N --> T
    AC --> HQ{對應}
    HQ --> HR[技術類別]
    HQ -- N --> T
    AC --> HS{對應}
    HS --> HS[技術類別]
    HS -- N --> T
    AC --> HU{對應}
    HU --> HV[技術類別]
    HU -- N --> T
    AC --> HW{對應}
    HW --> HX[技術類別]
    HW -- N --> T
    AC --> HY{對應}
    HY --> HZ[技術類別]
    HY -- N --> T
    AC --> IA{對應}
    IA --> IB[技術類別]
    IA -- N --> T
    AC --> IC{對應}
    IC --> IC[技術類別]
    IC -- N --> T
    AC --> IE{對應}
    IE --> IE[技術類別]
    IE -- N --> T
    AC --> IG{對應}
    IG --> IG[技術類別]
    IG -- N --> T
    AC --> II{對應}
    II --> II[技術類別]
    II -- N --> T
    AC --> IK{對應}
    IK --> IL[技術類別]
    IK -- N --> T
    AC --> IM{對應}
    IM --> IM[技術類別]
    IM -- N --> T
    AC --> IO{對應}
    IO --> IO[技術類別]
    IO -- N --
```

圖14 設備資料庫之ER圖

3.5.2 系統架構設計

結合上述所建構之資料庫關聯圖，本步驟依據圖15之架構概念進行系統之整合，以完成「校園設施無線辨識管理資訊系統」之建立。

「校園設施無線辨識管理資訊系統」分為用戶端子系統及伺服器管理系統兩部份。其中，用戶端管理系統主要提供檢查

人員利用Tablet PC 透過無線網路進行設備檢查之作業；伺服器端管理模組則提供系統基本資料之建立與管理功能。

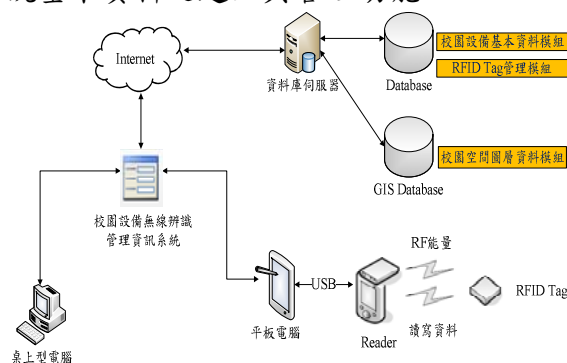


圖15 系統架構概念圖

因此，本研究採取在視窗(Windows)之作業環境下進行整合，將Super GIS、RFID Middleware 利用 .Net Framework (Microsoft®)之Visual Basic語言將各作業軟體整合在同一工作環境下，而發展出親善性之使用者界面，如圖16 所示。

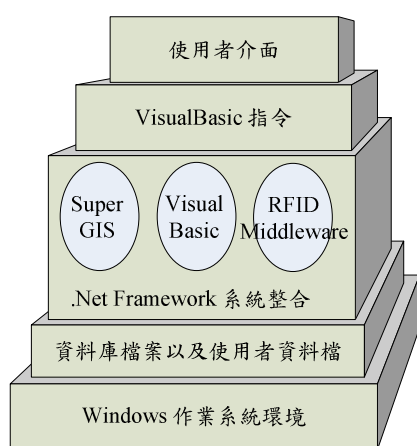


圖16 系統整合示意圖

3.5.3 系統開發環境

根據圖15-16之架構，本研究之系統開發工具與作業環境如下：

- Tablet PC
- UHF Tag 和 Reader
- Wireless Environment
- Windows server 2003/XP SP2
- Visual Studio 2005
- SQL server 2003
- SpuerGIS, AutoCAD
- .Net Framework 2.0

3.6 校園設備無線辨識管理資訊系統建置

根據上階段所規劃之校園設備管理系統流程功能模組以及系統架構及開發環境，進行系統開發建置。

在此以一消防設備從設備安裝前之採購、建帳流程至設備安裝後之檢查為案例，進行系統畫面展現。圖 17-18 為硬體設備以及實地進行設備檢查之照片。



圖 17 硬體設備

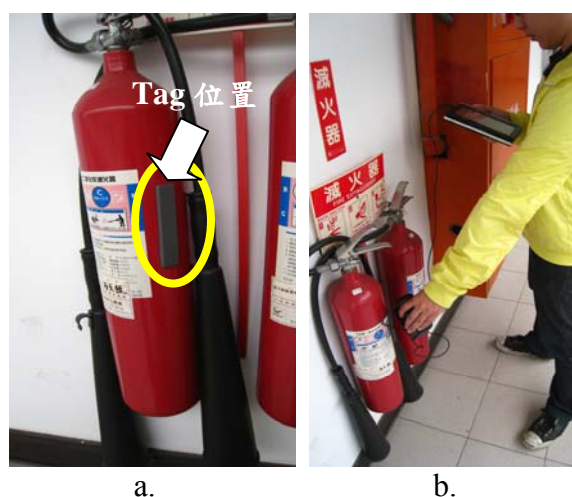


圖 18. (a) 附有 RFID Tag 之消防設備，
(b) 實地設備檢查之圖例

進入系統首畫面時，系統便會要求登入。輸入帳號密碼登入成功之後便會進入系統主畫面，主畫面右邊則會顯示待辦工作進度，如圖 19 所示。

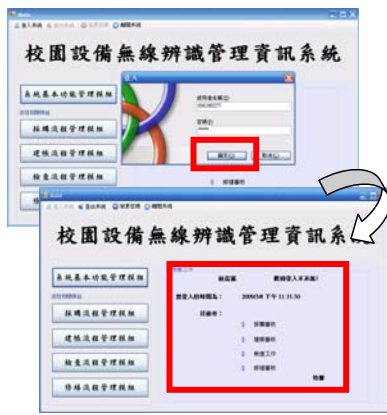


圖 19 主系統之畫面

● 檢查流程：

由於在校園設備管理流程中，新增設備有著既定流程，必須依序採購以及建帳流程。因此，首先點選「採購流程管理模組」——「請購單管理」來新增採購申請，如圖 20 所示。



圖 20 新增採購申請之主畫面

點選進入請購單頁面，可選取採購設備之供應廠商，以及送貨地點及教室號碼。請購單基本資料填寫完成後，點選下一步便進入請購設備主檔頁面。依據下圖 21 所示，請購頁面可根據廠商，顯示可採購之設備，將欲採購之設備加入清單中，以完成設備請購申請。當採購申請完成後，該流程負責人也可選擇請購單簽核來進行審核動作。

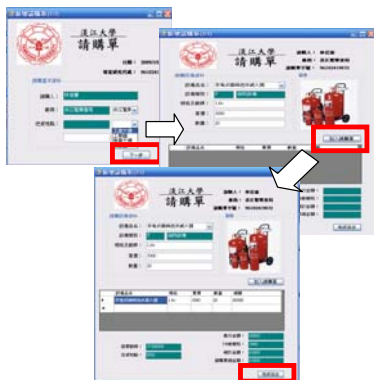


圖 21 採購申請流程之畫面

● 建帳流程

請購申請以及審核通過之後，並會對該廠商進行採購動作。設備抵達請購單位後，該請購負責人需提出保管申請，以新增設備資料於設備資料庫中，作為後續校園設備管理之基礎。如下圖 22 所示，選定「建帳流程管理模組」——「建帳保管單管理」，進入保管單基本資料頁面選定保管單位後，點選進入保管單主頁面。



圖 22 建帳保管單之主畫面

進入保管單主畫面後，除了可將設備保管所需之存放資料填寫之外，也可新增 GIS 空間圖層顯示之圖徵。根據圖 23 所示進入 GIS 設備管理頁面後，先選取欲新增設備之目標位置圖層，再選擇設備類型圖徵，放大圖層畫面以新增該設備空間位置，如圖 24 所示。

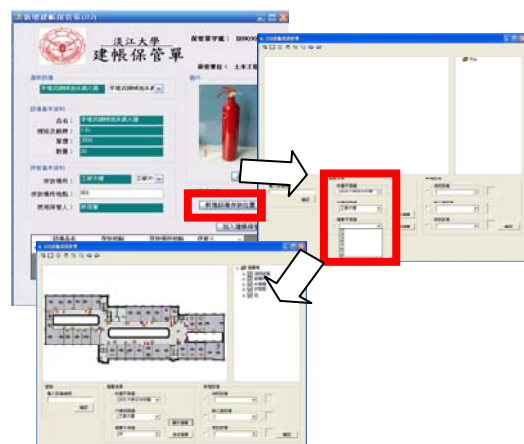


圖 23 GIS 設備管理之畫面

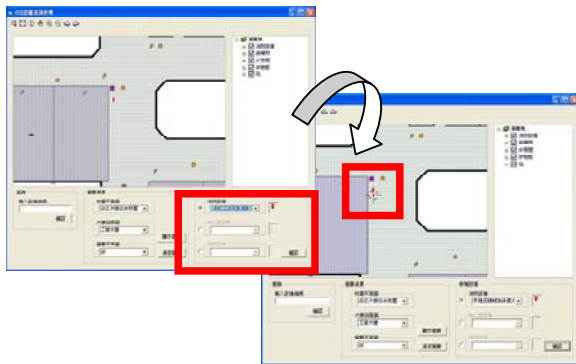


圖 24 新增設備圖徵之畫面

建帳保管單申請完成之後，該流程負責人可根據此保管單進行新增設備資料動作，並可在此寫入 RFID 標籤資料。根據圖 25 所示，進入設備資料管理頁面選取設備，系統會根據此設備之基本資料而給予一組設備編碼，在此也可將此設備編碼寫入 RFID 設備中。

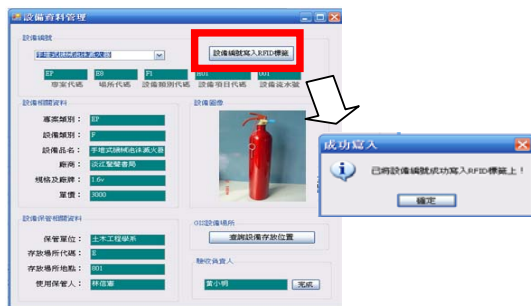


圖 25 設備新增與 RFID 標籤寫入之畫面

● 檢查流程

在設備管理流程中，設備檢查為設備維護上最重要之任務。因此，如圖 26 所示，以設備編碼搜尋，新增該設備之檢查申請。因此，檢查人員根據檢查申請，除了可以查詢該設備之相關基本資料之外，也可查詢該設備之 GIS 空間位置圖，如圖 27 所示。此外，檢查人員也可利用此頁面來進行設備核對，並對該設備進行檢查，如圖 28、29 所示。

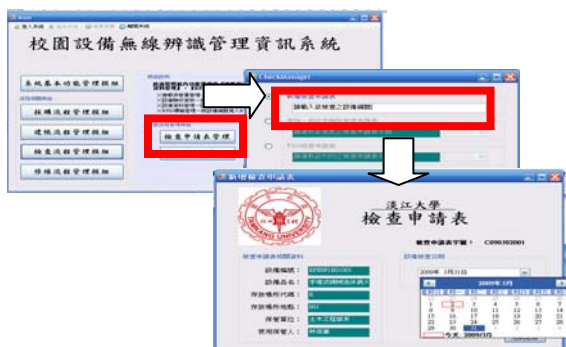


圖 26 設備檢查申請之畫面

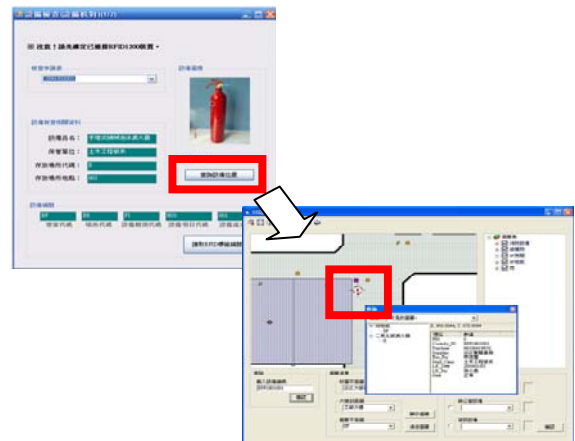


圖 27 GIS 空間位置查詢之畫面

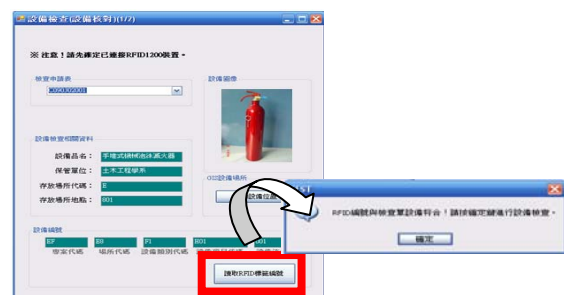


圖 28 設備核對之畫面

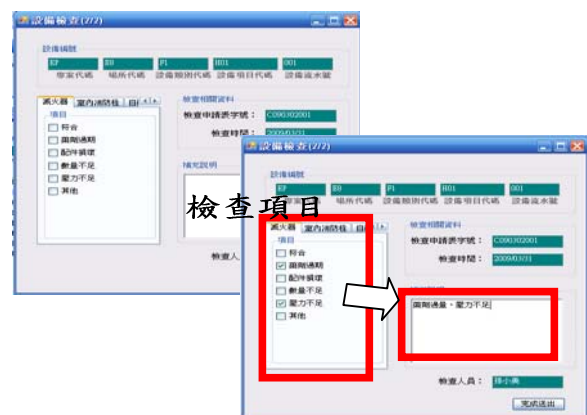


圖 29 設備檢查之畫面

3.7 計畫成果自評

本年研究成果及進度期程皆符合計畫之預期。其中所建立之分析手法及「校園設備無線辨識管理資訊系統」雖屬雛型系統(prototype)，然經由案例研究之過程，發現確有助於組織針對其作業流程開發一流程支援系統。故本研究之成果將可作為營建業或物業管理機構開發流程系統(workflow system)或審視其流程是否合理之參考。此外，本研究成果亦投稿 2009 國際機器人自動化研討會(2009 ISARC)，目

前摘要已被接受。

四、結論

本研究以無線射頻辨識技術(RFID)、地理資訊系統(GIS)為主要觸發(trigger)流程再造之資訊科技，針對校園設備管理流程進行再造，並進而建構一校園設備管理之流程資訊系統。為此，本研究首先建立「程再造資訊系統分析開發架構」，作為建構流程管理資訊系統之分析方法；進而以一學校為案例，透過程模型之建立、流程合理化分析、資訊科技導入分析、及系統分析設計與建制等步驟，建立一套以流程運作管理為導向之校園設備管理資訊離型系統。本研究可作為企業欲開發流程導向資訊系統之參考，使企業可依據各自流程之需求，經由流程合理化分析、資訊科技導入方案選擇、新作業方式分析及作業—系統功能需求轉換等步驟，發展流程導向之系統架構。

五、參考文獻

1. 李得璋，「公共工程統包制度之推動」，營建工程統包制度研討會，pp.II-1-30，民國 89 年。
2. Scheer, A.-W. (1998), *ARIS-Business Process Frameworks*, 2nd Edition, Berlin: Springer.
3. 蘇雄義、張家鳳，「ARIS 程序管理技術於企業策略程序管理之應用研究」，東吳經濟商學學報，第 49 期，頁 111-140，民國 94 年。
4. 劉應祥，「發展一企業流程分析與改造之方法—以 ARIS 為模式化工具」，國立台灣科技大學工程技術研究所論文，民國 88 年。
5. 陳政賢，「營建業企業資源規劃導入分析模式之建構」，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 91 年。
6. 條碼策進會編輯小組，「隨著科技的脈動逐步轉化 Barcode 進入 RFID 領域」，2004 年 3 月，第 17-21 頁。
7. 楊志祥，「無線射頻辨識系統(RFID)與條碼(bar code)技術效率之比較評估-以量販店結帳作業為例」，崑山科技大學企業管理研究所碩士論文，民國 93 年。
8. 李若愚，「地理資訊系統概論」，全華科技圖書，2006 年 2 月。
9. 鄧振源，曾國雄 (1989a)，階層分析法(AHP)的內涵特性與應用(上)，中國統計學報，27(6)，5-22。
10. 鄧振源，曾國雄(1989b)，階層分析法(AHP)的內涵特性與應用(下)，中國統計學報，27(7)，1-20。
11. 吳仁和、林信惠，系統分析與設計理論與實務應用，勝智文化事業有限公司，民國 89 年。
12. 孫惠民，UML 設計實作寶典，學貫行銷股份有限公司，臺北市，民國 91 年。
13. 黃大峰，「運用 UML 建構企業模型之探討」，私立輔仁大學管理學研究所碩士論文，民國 90 年。

國科會案號	NSC-97-2218-E-231-001-		
報告人姓名	中文：蔡明修 英文：Ming-Hsiu Tsai	服務單位	淡江大學 土木工程學系
會議時間及地點	Date: 2008 年 6 月 27 日至 2008 年 6 月 29 日 Location: Vilnius, Lithuania		
會議名稱	中文：第二十五屆營建自動化國際研討會 英文：The 25 th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC-2008)		
發表論文題目	(中文) 標竿學習導向營建業管理流程再造模式之研究 (英文) Benchmarking for Construction Management Process Reengineering		

一、參與會議經過

此次參加的國際會議名稱為 The 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC-2008)，會議於 2008 年 6 月 27 日至 2008 年 6 月 29 日，在立陶宛的維爾紐斯舉行。本人發表之文章被安排在 session C1(07/27)進行口頭簡報，Chairman 為 Dr.Jochen Teizer 與 Dr.Friedel Peldschus。簡報後與主持人及台下聽眾進行約 5 分鐘之討論。

本次會議議程之議題包括：1.Robototechnology and Robotics Application, 2.Automation Data Acquisition and Monitoring, 3.Automation, 及 4.Method Application, 5.Management and Social Issues 等，其範圍涵蓋了工程自動化發展的重點方向，經由觀摩各國最新的工程電子計算機應用及理論之研究，可有效掌握未來國際工程界目前應用電腦及自動化之趨勢與成功的關鍵因素。

二、與會心得

本人口頭報告被大會排定於第一天 Session C1: Method Application。經由口頭報告，不僅將本人近來之研究成果和意念完整的表達，也讓別人有很好的機會來檢視我們的研究方法與理論。報告完畢之後，經由與主持人及與會人士熱烈的交換意見，除了更肯定營建業流程再造研究之價值外，也產出了許多未來發展方向的具體建議。其中，主人人 Dr. Jochen Teizer 對於標竿學習在營建產業之應用雖抱有存疑，但仍認為本研究所提供之架構應可供營建產業提昇管理績效時之參考。另外，會後亦有機會與印度 IITM 的 Prof. Koshy 及新加坡南洋科技大學的 Prof. Chen Po-Han 進行深度交流，主要探討未來因應地球暖化之營建工程議題及未來可能研究方向，此可謂此行之最大收穫。

此外，由 Automation in Construction 期刊主編 Prof. Skibniewski 演講之” Optimal Buildings through Automation Technology: Toward Systems Unification for Secure, Intelligent, Green, and Immune Buildings” ，及 Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering journal 主編 Prof. Adeli 介紹之” Smart Structures and Building Automation in the 21st Century” 兩文對於未來建築在綠色節能與智慧化生活空間上多有詳細之介紹，本人收穫良多。

三、攜回資料名稱及內容

會議論文摘要集一本。

BENCHMARKING FOR CONSTRUCTION MANAGEMENT PROCESS REENGINEERING

Min-Yuan Cheng

Professor, Dept. of Construction
Engineering, National Taiwan
University of Science and
Technology.
Address: #43, Sec. 4, Keelung
Rd., Taipei, Taiwan, R.O.C. 106,
myc@mial.ntust.edu.tw

Ming-Hsiu Tsai

Assistant Professor, Dept. of
Civil Engineering, TamKang
University
151 Ying-chuan Road, Tamsui,
Taipei, Taiwan, R.O.C. 25137
mht@mail.tku.edu.tw

Wiraputra Sutan

Graduate Student, Dept. of
Construction Engineering,
National Taiwan University
of Science and Technology.
Address: #43, Sec. 4, Keelung
Rd., Taipei, Taiwan, R.O.C. 106
M9405807@mail.ntust.edu.tw

ABSTRACT

Benchmarking philosophy was applied to construction management process reengineering so that process managers can reengineer processes by learning the best-practice company's process. For this purpose, this paper addressed the process adaptability evaluation method to assist managers determining the best-to-learn process from the best-practice companies. By using the proposed method, the Adaptability Index (*AI*) can be calculated to represent the acceptance degree of each best-practice process. Not only the process similarity but also the process communication ease was considered as the primary factors to evaluate the *AI* value. The higher the *AI* is, the more suitable the process is. Accordingly, the project team can determine the best-to-learn process in accordance with the evaluated *AI* value.

KEYWORDS

construction management process, reengineering, benchmarking, process similarity, trend model.

1. INSTRUCTIONS

The phrase "business process reengineering" (BPR) first appeared in 1990 which attempts to achieve dramatic improvements in critical measures of performance by using the power of current information technology (IT) to rethink and redesign the business process fundamentally and radically[1]. Referring to the original BPR philosophy, the construction management process reengineering (CMPR) model was addressed by Cheng and Tsai [2] to reengineer the critical processes of construction

companies. However, not only redesigning a process in a manner that relies upon a trial and error approach may be time consuming due to lack of data and experience, but also the effectiveness of the newly redesigned process' cannot be insured because validation work can begin only after implementation, process reengineering is treated as a high risk solution to business performance enhancement. Accordingly, if a construction company can redesign its processes based on the best-practice companies' process, the risk and duration of process reengineering project may be decreased.

Following this idea, a method applying the benchmarking philosophy to construction management process reengineering was proposed in this paper. Process managers can redesign processes by learning the best-practice process best suited to benchmarking companies[3][4].

Therefore, this study focuses on determining the most suitable best-practice processes for a benchmarking construction company. The most suitable processes that would be learned by the benchmarking company are defined as those with characteristics similar to the reengineered process, which should be implemented most smoothly in the benchmarking company. That is, the process similarity and the degree of communication ease are two factors of best-practice processes needing to be evaluated. The higher process similarity is, the more similar functions and information items the compared processes have, and the lower degree of communication ease the best-practice process has, the more smoothly it would be implemented in the benchmarking company. Accordingly, a conceptual idea of process adaptability evaluation method integrating the semantic similarity and the trend model methodologies to determine the process similarity and communication ease of best-practice processes respectively was proposed in this paper.

The process adaptability evaluation method was developed including process similarities analysis, and process communication index analysis. On the one hand process similarities analysis is an approach applying the concepts of semantic similarities analysis to find the semantic-related objects between best-practice processes and benchmarking process, on the other hand process communication index analysis developed based on the trend model concept was applied to evaluate the degree of

communication ease for best-practice processes once such are implemented in the benchmarking company.

Summarily, to assist a process reengineering project team to redesign a process based on the most suitable best-practice process, this research proposed a process reengineering method combining with the benchmarking philosophy. The concept of the process adaptability evaluation method was addressed as followings.

2. CONCEPTUAL ARCHITECTURE OF PROCESS ADAPTABILITY EVALUATION METHOD

The process adaptability evaluation method encompasses four analysis phases; namely, (1) business process modeling, (2) process similarities analysis, (3) process communication index analysis, and (4) process adaptability calculation as shown in Figure 1. In the business process modeling phase, a process model providing formal representation of characteristics of process from the best-practice company and benchmarking company is necessarily constructed to be the model analyzed. Subsequently, the process semantic similarities can be calculated during the process similarity analysis. Then, the degree of communication eases of best-practice process to be performed in benchmarking company is evaluated by process communication analysis. Finally, an adaptability index that represents the acceptance degrees of each best-practice process for benchmarking company can be summarized in the last phase.

Phase I. Business Process Modeling: a process model providing formal representation of characteristics of processes is necessarily constructed from the beginning of process reengineering. Two process models need to be created, namely, (1) graphic process model, and

(2) textual process model, for the next analysis steps. The graphic process model is represented with eEPC diagram of ARIS modeling language [5]. The textual process model is mapped from graphic model into four subsets, namely, $f1:\{\text{process name}\}$, $f2:\{\text{process input data}\}$, $f3:\{\text{process output data}\}$ and $f4:\{\text{activity set}\}$ [6]. Meanwhile, each activity set is also composed of its name, input and output subsets. Based on the characteristics within the created models, the process similarities and degree of communication ease can then be evaluated.

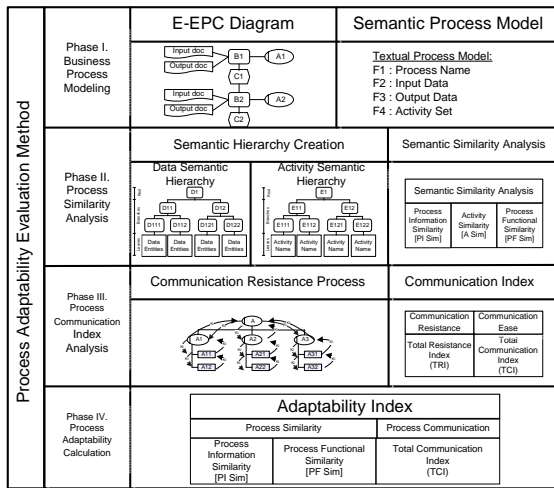


Figure 1. Architecture of Process Adaptability Evaluation

Phase II. Process Similarity Analysis [6]: Process similarity is one of the important factors to be considered in this paper. Process similarity represents the corresponding relationship of data and activities between benchmarking company and best-practice company. The higher similarities of the processes have, the more similar the characteristics are. For the purpose, this study applies semantic similarity analysis to evaluate process information similarity ($PISim$) and process function similarity ($PFSim$) between benchmarking company process and best-practice company process. Therefore, a

semantic hierarchy corresponding to the process models is created to depict the concept relationships of data and of activities entities, so that the semantic distance between two entities can be identified, and their semantic affinity can then be calculated. Consequently, two parameters, namely, name affinity and name set affinity, are applied to evaluate process similarity.

Phase III. Process Communication Index Analysis: Process communication index analysis emphasizes on organization view of a process and the main purpose is to evaluate the degree of communication ease of best-practice processes into benchmarking company organization structure so that the success of BPR implementation might be increased. By applying a trend model methodology, the degree of communication ease is evaluated. In this phase, a questionnaire survey was objectively conducted using the AHP method to obtain the resistance coefficient (K_i) of a process based on benchmarking organization structure [7]. The resistance coefficient (K_i) is used to evaluate the ease of communication for solving disputes, conflicts, or coordination problems between related parties in different layers. Based on the resistance coefficient (K_i), a Total Resistance Index (TRI) and Total Communication Index (TCI) are analyzed.

Phase IV. Process Adaptability Calculation: Process adaptability calculation summarized by process similarity analysis and process communication index analysis. The purpose of process adaptability calculation is to create an adaptability index that represents the acceptance degrees of best-practice processes for benchmarking company.

Following the concept of process adaptability evaluation method, the most suitable best-practice process can be determined in accordance with not only the similar features

but also the degree of communication ease of the evaluated processes, i.e. the process similarity and the process communication index are two most primary characteristics of best-practice processes necessary to be evaluated.

3. PROCESS SIMILARITY INDEX

The purpose of process similarity index is to illustrate the commonalities between the benchmarking process and best-practice processes. In this paper, the degrees of process information similarity (*PISim*) and process functional similarity (*PFSim*) were proposed to respectively present the similar information characteristics and functions between processes. For this purpose, this study followed the semantic similarity analysis methodology addressed by Cheng and Tsai [6] to evaluate *PISim* and *PFSim* between benchmarking company and best-practice company processes.

3.1. Process Information Similarity

The process information similarity denoted by *PISim*(P_i, P_j) is the measure of similarity of input and output information sets corresponding to two analyzed processes P_i and P_j . Equation (1) shows the conceptual function of process information similarity.

$$PISim(P_i, P_j) = \sum_{f \in \zeta} A(P_i.f, P_j.f) \quad (1)$$

where $A()$ is the affinity function of two entities; the P_i and P_j are respectively the semantic process model of process i and of process j ; $\zeta = \{f_{in}, f_{out} \mid f_{in} = \text{INPUT}(P_k) \text{ of } P_k, f_{out} = \text{OUTPUT}(P_k) \text{ of } P_k\}$, and $0 \leq PISim(P_i, P_j) \leq 2$.

To calculate the *PISim* of P_i and P_j processes, the created process models in the phase *I* need the capability presenting the input and output information sets of the modelled processes.

3.2. Process Functional Similarity

The process functional similarity denoted by *PFSim*(P_i, P_j) is the measure of similarity of functional activities respectively within two analyzed processes P_i and P_j . For calculating the *PFSim*(P_i, P_j) value, a microcosmic view form activities of processes is necessary to conduct advanced similarity analysis. Equation (2) expresses the activity similarity function denoted by *ASim*(A_{ih}, A_{jk}).

$$ASim(A_{ih}, A_{jk}) = NA(A_{ih}, A_{jk}) + A(AIN_{ih}, AIN_{jk}) + A(AOUT_{ih}, AOUT_{jk}) \quad (2)$$

where $NA()$ is the name affinity function of tow names; the A_{ih} is the name of h^{th} activity of the process i ; A_{jk} is the name of k^{th} activity of the process j ; *ASim*(A_{ih}, A_{jk}) is activity similarity of A_{ih} and A_{jk} ; AIN_{ih} is the input set of A_{ih} ; $AOUT_{jk}$ is the output set of A_{jk} , and $0 \leq ASim(A_{ih}, A_{jk}) \leq 3$.

In Equation (2), not only information similarity, expressed by $A(AIN_{ih}, AIN_{jk})$ and $A(AOUT_{ih}, AOUT_{jk})$, but functional similarity, expressed by $NA(A_{ih}, A_{jk})$, is of concern. High activity similarity expresses the idea that two activities are similar in terms of work tasks. Thus, by summarizing activities similarities as shown in Equation (3), the Process Functional Similarity of P_i and P_j , denoted by *PFSim*(P_i, P_j), can be calculated. Similar to *PISim*(P_i, P_j), a higher *PFSim* value indicates a greater degree of similarity between the activities of two discrete processes.

$$PFSim(P_i, P_j) = \frac{\sum_{h=1}^m \text{Max}_{k=1 \rightarrow n} (ASim(A_{ih}, A_{jk})) + \sum_{k=1}^n \text{Max}_{h=1 \rightarrow m} (ASim(A_{ih}, A_{jk}))}{m+n} \quad (3)$$

where $\forall A_{ih} \in P_i; \forall A_{jk} \in P_j$

4. PROCESS COMMUNICATION INDEX

The primary purpose of process communication index analysis is to evaluate the degree of communication ease from best-practice processes that occur within the benchmarking organization structure. The total communication index (*TCI*) is proposed in this paper to express the degree of communication ease exhibited by best-practice processes. The higher the communication index of best-practice process, the smoother the best-practice process can be adopted by the benchmarking company. To evaluate the communication index, the concept of trend model methodology was applied in this paper.

The trend model methodology [7] proposed a proper method to evaluate the communication resistance of a process within organization. High process resistance implies low degree of communication ease of a process. Accordingly, the *TCI* of a process can be determined in accordance with the process resistance value evaluated by the trend model method. Following this idea, a *TCI* evaluation procedure including five steps; namely, (1) plotting process network, (2) establishment of activity relationship matrix (*ARM*), (3) developing organizational structure's communication resistance matrix (*CRM*), (4) calculating total resistance index (*TRI*) of the best-practice process, and (5) Calculation of total communication index (*TCI*) is proposed in this paper.

With the application of the trend model, the process network that represents best-practice processes with the benchmarking department units is created firstly. Subsequently, the activity relationship matrix (*ARM*) is developed to show the sequential activity relationship between benchmarking department units in best-practice processes. According to the result

of the *ARM*, a communication resistance matrix (*CRM*) is generated to calculate the resistance values between benchmarking department units. Moreover, the total resistance index (*TRI*) of best-practice processes when it is performed in benchmarking company is calculated. Finally, by converting the result of total resistance index (*TRI*), the total communication index (*TCI*) can be calculated to show the total communication ease of benchmarking organizational structure referring to best-practice processes. Based on the *TCI* resulted values from the aforementioned procedures, the best-practice process which can be executed most smoothly when it is adapted in benchmarking company can be determined.

4.1. Plotting Process Network

The first step toward developing process communication analysis is to create a process network that describes the activity elements of a process in a logical hierarchy. Moreover, to evaluate the resistance values of best-practice processes operated in the benchmarking company, the department unit in the original best-practice process model must be replaced by the benchmarking department unit; i.e. the analyser needs to assign department units according to the organization structure of the benchmarking company to the activities within the best-practice process model. Accordingly, based on the modified best-practice process model, the *TRI* value of the best-practice process can then be evaluated.

4.2. TRI Evaluation for Best-Practice Process

Based on the Trend Model methodology, the department communication frequency and the resistance coefficients between departments within an organization structure are necessary for best-practice process *TRI* evaluation. The product of the department communication frequency and the resistance coefficient

presents the total resistant value of a best-practice process. According to this concept, the activity relationship matrix (*ARM*), and the organizational structure's communication resistance matrix (*CRM*) are proposed for *TRI* calculation in this paper.

Activity Relationship Matrix (*ARM*): the establishment of the *ARM* is to show the communication frequency between the departments as all activities of a process were performed. Figure 2 shows an example of *ARM* derived from the procurement process of a case study. The values in cells present the communication times from the department unit related to preceding activities to those related to succeeding activities within the evaluated process.

		Succeeding Activity Unit		
		Construction Management Division	Procurement Division	Administration Division
Preceding Activity Unit	Construction Management Division	0	3	0
	Procurement Division	2	3	1
	Administration Division	0	0	0

Communication frequency from procurement division to construction management division

Figure 2. Example of Activity Relationship Matrix

Communication Resistance Matrix (*CRM*): the *CRM*, represents as K_i , comprises communication resistance values between two departments of different layers within an organizational structure. Resistance coefficient K_i is the basic variable used to represent the degree of communication ease in a project. Figure 3 shows communication resistance of the benchmarking organization structure related to the procurement process. The values of K_i , was surveyed via a questionnaire for division managers of the benchmarking company. In Figure 3, the process communication is assumed to be transferred through the layer structures. Therefore, messages passed from the

head of the Engineering Department to the head of the Administration Department should be routed through the president. Based on this assumption, resistance can be expected to accumulate. Figure 4 shows an example of *CRM* derived from the benchmarking company of a case study.

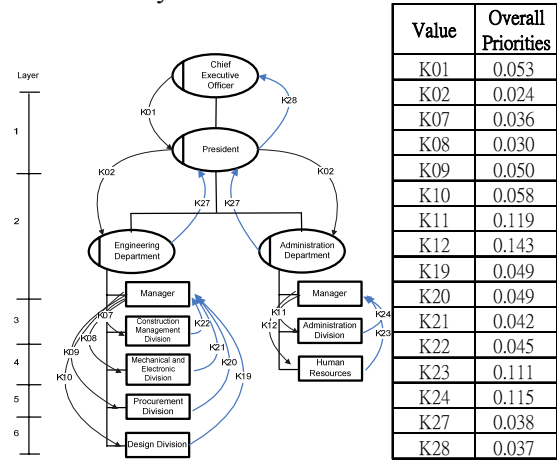


Figure 3. Communication Resistance of Procurement Process in Benchmarking Organization Structure

		Succeeding Activity Unit		
		Construction Management Division	Procurement Division	Administration Division
Preceding Activity Unit	Construction Management Division	0	K20+K07	K24+K27+K02+K07
	Procurement Division	K22+K09	0	K24+K27+K02+K09
	Administration Division	K22+K27+K02+K11	K20+K27+K02+K11	0

Figure 4. Example of *CRM* Derived from Figure 3

Once the *ARM* and *CRM* related to the same process were established, the *TRI* can be calculated by Equation (4). Figure 5 shows the *TRI*

$$\text{Total Resistance Index (TRI)} = \sum T_{mn} \quad (4)$$

where $T_{mn} = \text{ARM} (.) \text{CRM}$

(.) :product symbol; and m,n : members of project organizational structure.

4.3. *TCI* Calculation

After Total Resistance Index (*TRI*) for each best-practice process to be performed in benchmarking company has been calculated, total communication index (*TCI*) can be converted accordingly from the *TRI* to present the total degree of communication ease. Based on the *TRI*'s concept, *TCI* can be presented mathematically as shown in Equation (5).

$$TCI = 1 - TRI^* \quad (5)$$

where: $0 \leq TCI \leq 1$; TRI^* represents normalized *TRI*.

The higher the communication index of best-practice process, the smoother the best-practice process can be adapted in the benchmarking company, so that the feasibility for implementing the best-practice processes might be enhanced.

5. PROCESS ADAPTABILITY CALCULATION

According to the evaluated process similarities and *TCI* of best-practice processes, the adaptability index (*AI*) for each best-practice process can be calculated to represent the acceptance degree of each best-practice process for benchmarking company. The higher the *AI* is, the more suitable the process to be adapted in benchmarking company. Figure 5 shows the hierarchy of *AI*.

The *AI* value of a best-practice process is the sum of process similarity and *TCI*. The relative weights ($W1 \sim W4$) can be determined by managers or questionnaire such as Analytic Hierarchy Process (AHP).

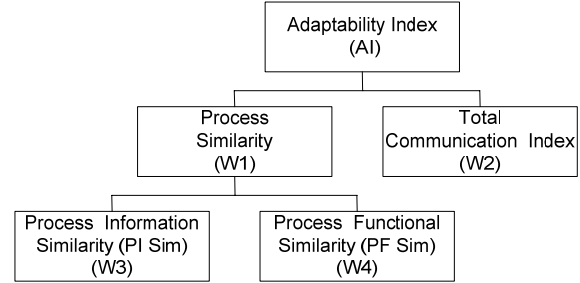


Figure 5. Hierarchy of Adaptability Index

Following to the relative weights that have been quantified and range value are set to be zero to one, the adaptability index of each best-practice company can finally be calculated. The one with the highest value is determined to be the most suitable best-practice process to be adapted in benchmarking company.

6. DISCUSSION

To apply the Benchmarking to construction management process reengineering, this paper proposed an idea to determine the best-learned process from the best-practice companies. This study assumed that the most suitable process has most similar characteristics with benchmarking process resulting in its smooth performing in benchmarking company. Accordingly, process similarity and total communication index, were considered as two primary factors for evaluating the matching degree of the benchmarking company and best-practice companies. Additionally, this study assumed the best-practice process models had been surveyed from the best-practice companies preliminarily. However, this might be a difficult task because the best-practice companies treat their processes as confidential information. Therefore, the strategy to be permitted to retrieve the process information from best-practice companies is naturally a critical issue of benchmarking.

6.1. References

- [1] Hammer M., Champy J. (1993) Reengineering the corporation-A manifesto for business revolution, Harper Collins, New York.
- [2] Cheng, M.Y., Tsai, M.H. (2003). Reengineering of Construction Management Process, J. Constr. Eng. Manage. 129(1), pp.105-114.
- [3] Lee S.H., Thomas S.R., and Tucker R.L. (2005) Web-Based Benchmarking System for the Construction Industry, Journal of Construction Engineering and Management. 131(7), pp.790-798.
- [4] O'Connor J.T. and Miller S.J. (1994) Constructability Programs: Method for Assessment and Benchmarking, Journal of Performance of Constructed Facilities. 8(1), pp.46-64.
- [5] Scheer, A. W. (2000). ARIS-Business Process Modeling, Springer. Berlin.
- [6] Cheng M.Y., Tsai M.H., (2008) Cross-Organizational Process Integration in Design-Build Team, Automation in Construction, 17(2), pp151-162.
- [7] Cheng M.Y., Su C.W. and You H.Y. (2003) Optimal Project Organizational Structure for Construction Management. Journal of Construction Engineering and Management 129(1), pp.70-79.