



圖書館自助服務經營模式之創新： 讀者可及性、方便性的改進

An Innovation of Self-service Business Model: Improving the Accessibility and Convenience of Library Patrons

張定原^{*}
Ting-Yuan Chang

【摘要 Abstract】

受惠於資訊科技及精密機械設備的進步，圖書館產業經營模式尚有創新的空間與機會，其中自助式服務科技將是非常值得開發的創新經營模式。對於公共空間設計的要求，從使用者的角度出發，設計者應試圖創造空間的開放性，並結合或平衡其他活動佔用的可能，反應社會生活的多樣性，提供市民有益的娛樂及消遣活動，以創造都市環境正面的價值，使大眾享有免費、自由與溝通交流的使用空間。本研究開發之可組合式自助行動圖書館系統，具有讀者可直接借書、預約借/取書及還書自動上架之功能。本系統整合 RFID 無線辨識科技及精密機械手臂系統，可全自動借書、出書、還書、補書。本系統由一座控制主櫃加上若干座儲書櫃所組成，控制主櫃與儲書櫃採模組化設計，可自由搭配一座主櫃加一至三座儲書櫃，適合各種公共空間使用。本系統可安裝於圖書館本館以外的適當公共空間，擴大圖書館服務範圍與時間，增加公共空間可及性及應用自助式服務科技，並可與圖書館資訊系統整合連線。

Thanks to the improvement of information technology and precision machines, much space and more opportunities for innovation have been allowed in models for library management. In particular, self-service technology is an innovative operation strategy which is worth exploring. In regard to

* 國立勤益科技大學資訊管理系副教授兼系主任
Associate Professor and Chairman, Department of Information Management, National Chin-Yi University of Technology
ORCID 0000-0002-7166-5515
E-mail: c07408@ncut.edu.tw

public space, designers should try to keep the space open and to combine or make a balance between different functions of the space so as to reflect the diversity of the community, provide healthy entertainments for the public, create positive value in the city and offer the public a free venue where they can freely express their thoughts and opinions. The self-service library system developed by this research not only allows readers to borrow, reserve, pick up and return book directly, but can also retrieve books. The system, integrated with the Radio Frequency Identification technology and an automated system that uses a robotic arm, can handle tasks ranging from borrowing, adding, returning and replacing books. The system is composed of a main control shelf and several book shelves adopting a modular design. The main shelf can be freely combined with one to three book shelves in order to be suitable for different types of public space. The system can be installed in other appropriate public space other than the area of this library. This will not only expand the service area and operation hours of the library, increase public space accessibility and apply self-service technology, but also connect to the entire library information system.

關鍵詞 Keyword

自助行動圖書館 公共空間可及性 自助式服務科技 RFID

Self-service mobile library ; Public space accessibility ; Self-service technology ; RFID

壹、前言

一、公共圖書館服務的創新思維

設立公共圖書館是各國展現文化軟實力的表徵，也是現代政府的責任之一，公共圖書館存在於各種場域中，各有不同的發展階段。儘管所處的環境不同，提供的服務模式各異，但仍可以歸納出若干共通點。公共圖書館是由中央、地方政府或其他社區機關所建立、支持及資助的機構，提供就近使用知識、資訊及想像作品的資源及服務。不受種族、國籍、年齡、性別、宗教信仰、語言、身心障礙、經濟及就業狀況與教育程度的限制，提供讀者資訊資源及服務。

國際圖書館協會聯盟及聯合國教科文組織於《公共圖書館宣言》中指出，公共圖書館是地方的知識門戶，提供個人及社團終生學習、獨立判斷及文化發展的環境。該宣言並揭發了公共圖書館的任務為藉由提供各種形式的資源與服務來填補個人和團體在教育與資訊方面的不足，以滿足個人的娛樂和休閒等方面的需求。是向個人提供廣泛多樣的知識、思想和見解的途徑，為民主社會的發展和維持承擔重要的責任（International Federation of Library Associations and Institutions, 1995）。具體而言，公共圖書館應具以下六大責任：

1. 教育：支援各種層級的正規教育及自學。
2. 資訊：公共圖書館是地方的資訊中心，備有各種知識及資訊供讀者取用。
3. 個人發展：提供個人開創發展的機會。
4. 兒童與青少年：從小強化兒童的閱讀習慣。
5. 文化發展：公共圖書館應扮演重要的角色，成為社區文化及藝術發展的中心，協助形成及支持社區的文化認同。
6. 社會角色：公共圖書館在公共場所及公眾聚會的層面，扮演重要的角色，在缺少公眾聚會場所的社區來說，此角色尤其重要，公共圖書館有時也會被稱為「社區的客廳」。

隨著資訊化腳步的加速，許多產業都面臨來自於內、外部的強大競爭壓力，必須與時俱進，以滾動式調整策略定期思考自身面對競爭時的應對方案，力求透過典範移轉吸收其他產業的優良經營模式，不斷求新求變以保持於競爭前緣。上述迎向競爭的態度不只適用於營利事業，非營利事業同樣無法逃遁，公共圖書館雖屬非營利機構，但面臨十倍速進步時代所帶來的各種衝擊，仍須跳脫傳統服務型態的限制與窠臼，開發更多創新服務模式。

近年便利商店的普及速度令人驚豔，臺灣每一家便利商店服務的人口數約為 2,287 人（2016，23,550,000 總人口除以 10,296 家便利超商），已高居全球之冠。世界各國推動政府部門服務自動化、網路化與電子化，全面資訊共享化是大勢所趨，隨著資訊科技的發展

與全球資訊化及網路化社會來臨，除了 e 化目標的落實，也開始更進一步的探討行動化的可能性。期望藉由 M 化的推動，能將政府服務的觸角，更直接的深入民眾，並促使政府辦公效率的提升。因此，「行動化政府」(M-Government) 的概念應運而生。

讀者對於圖書館的服務需求，與消費者對便利商店的需要及民眾對行動化政府的呼聲有異曲同工之妙。相信在臺灣的民眾都有極度依賴便利商店服務的感受，同樣的道理，無牆圖書館、行動圖書館 (M-Library) 或自助式無人圖書館的概念早已逐漸萌發。

訂定政策達成公共圖書館的角色目標與功能時，重點必須放在所提供的服務內容。為了滿足社區的需求，公共圖書館必須隨時創新，某些服務例如紙本資料的大量館藏，必須藉由圖書館建築物來完成，其他的服務可以放在圖書館館舍之外則效果較佳。每個社會的環境均不相同，以服務的角度規劃圖書館發展，非僅以館舍建物為唯一考量，是訂定公共圖書館政策時重要的思考方向。運用資訊及通訊技術提供服務，可讓圖書館及資訊服務得以直接遞送到使用者的家中或辦公室，這是一個躍進式的服務創新模式與機會。

二、研究目的

綜觀上述圖書資訊界的發展趨勢及現有技術與產品，目前國內、外自助式圖書館多以 RFID 及機械手臂科技為基礎，搭配與既有圖書館 SIP2 管理系統連線介面，建置無人管理的讀者自助式圖書借、還系統 (呂春嬌、李宗擘，2011)。然因機械手臂科技的複雜度、低可靠度及夾爪損傷書籍等變數的制約，24 小時營運、低度管理人員介入及書籍自動上架等三項功能尚無法全面達成。另外，手持式智慧裝置普及的趨勢，在自助式圖書館領域尚未完全被開發應用。為改善上述國內、外傳統自助式圖書館的缺點並保留既有的優點，本研究將從概念發想、市場調查、使用者需求訪談、軟硬體設計、實體機器製造、軟硬體測試及商品化推廣，說明新一代自助式行動圖書館的研發與商品化過程。本研究開發一可組合式自助行動圖書館系統，可安裝於圖書館本館以外的適當公共空間，擴大圖書館服務範圍與時間，增加公共空間可及性及應用自助式服務科技，並可與圖書館資訊系統整合連線。

貳、文獻探討

一、無人自助式行動圖書館

無人自助圖書館，係指讀者可利用自動化機器自助借還書的自助式圖書館。臺灣首善之區臺北市 2016 全年每一位市民在市內各公共圖書館借閱 4.48 冊圖書，與前一年比較竟負成長百分之六，位處臺灣南部的高雄市 2016 全年每位市民自各市內公共圖書館借閱 4.25 冊的圖書 (國立公共資訊圖書館，2017)，臺灣南北兩大城市遠遠低於芬蘭國民 2007 年每

年 17 本的借閱量，實不利於國家競爭力的提升。據研究，讀者透過無人自助圖書館借閱的書籍冊數遠低於上述平均數字（呂春嬌，2012）。

（一）國內第一代自助式行動圖書館

公共圖書館大多設立於城市一隅，分館普及性不高，對民眾的親和性較低（呂春嬌，2012），為改善民眾不願進圖書館借閱書籍的困境，有識者提出行動圖書館的概念，從臺北都會區開始已逐步建立無人管理的行動圖書館。2005 年 7 月臺北市立圖書館首先在家樂福內湖分店成立無人管理之「Open Book 內湖智慧圖書館」，為臺灣最早推出遠離總館的「無人服務圖書館」(Staff-Less Library)。稍後陸續在臺北捷運西門站地下街、松山機場設置「智慧圖書館」；在青年公園內更配合節能減碳、再生能源的概念，設置「太陽圖書館暨節能展示館」；新北市也在板橋三鐵共構車站內設置「板橋車站低碳智慧圖書館」。

無人管理行動圖書館，現場佈置的閱讀氛圍特別比照一般圖書館，使用方式取法夜間的「無人銀行」，其概念為提供一封閉的空間，由讀者持借書證刷卡進入，於書架上選擇所需借閱的書籍後，透過 RFID 辨識系統更新圖書館之借閱系統並取書離開。雖然已有無人自助式圖書館的雛型，但也有淪為街友休息享受冷氣，浪費公共空間的負面批評，尤其街友充斥，一定程度阻止一般讀者使用行動圖書館的意願。

（二）國內第二代自助式行動圖書館

2009 年 6 月高雄市文化局及高雄市立圖書館（以下簡稱高雄市圖）推出第二代無人自助行動圖書館，首先安裝於高雄捷運中央公園站。運用記名式一卡通獨立卡號具辨識性的特點，只要進入高雄市圖的系統後，即可充當為借書證使用。高雄市圖無人圖書館設有四個書櫃，內裝超過 1,200 本書，淨占地不到 6 平方公尺（約 2 坪），服務時間更長達 12 小時。高雄捷運「一卡通」使用 RFID 技術，圖書館也建置符合 ISO 19653、頻率 13.56MHz 的全球圖書館 RFID 標準，由系統廠商進行整合，讓使用記名式一卡通的民眾，持同一張卡即可進行圖書的借閱。

相較於第一代的無人圖書館，高雄市圖的第二代自動販賣機式無人自助行動圖書館，書籍擺放在設有自動門的書櫃中，每本書均貼有 RFID Tag，並對應到相關的書籍資料。讀者身分經確認後，就可以依步驟點選欲借閱的書籍。不過在指定欲借的書後，須以「指定櫃位」的方式，按下想借書籍的書架編號，接著放置該書的書櫃門就會打開，讀者可以取出所要借閱的書，讀者將確認要借的書放在掃描臺上，確認書名無誤後，就可以完成整個借書流程（黃彥棻，2009）。每一本書置於書櫃的一個擋板中，擋板背後隱藏有 RFID Reader，RFID Reader 會定期重新掃描一次書櫃中書籍的數量和位置，以更新資料庫中的書籍庫存。

還書的部分則採用傳統的還書箱模式，讀者的還書由圖書館管理人員由還書箱取出後循標準上架流程處理。

高雄市圖的第二代自助式圖書館系統，因一個書櫃放置不只一本書，仍有讀者無意或刻意取錯書籍的可能，無法達到百分之百正確的管控，實乃美中不足之處。

(三) 國內第三代自助式行動圖書館

國立公共資訊圖書館（以下簡稱國資圖，NLPI）為教育部轄下之公共數位圖書館，除負責蒐集、整理、典藏各種圖書資訊、數位資源，推廣閱讀及提供資訊服務外，輔導全國各級公共圖書館亦為其任務之一。位於臺中市南區五權南路的總館建築外觀亮眼，內部裝潢新穎，已於 2012 年落成啟用。國資圖於其前身國立臺中圖書館時期，即著手規劃建置「微型自助圖書館」，也是該館繼數位體驗區後，又一創新服務（呂春嬌、李宗擘，2011）。

國資圖微型自助圖書館之建置主要在現有 RFID 技術的基礎上，提供再加值與創新的服務應用模式，其特殊的創新功能包括：(1)透過 RFID 技術，提供借書、還書等服務，達到快速借還書的目的，並整合原有圖書管理系統提供書目查詢功能，提升圖書館館藏資料服務之效益；(2)讀者僅需使用現有之借閱證即可使用自助借還系統，透過網路查詢館藏目錄，使圖書館書籍資訊更迅速流通，提升讀者借閱率及服務品質；(3)擴大圖書館服務範圍，民眾除可利用「微型自助圖書館」自助借還書，透過推播系統亦可了解圖書館相關推廣活動，微型自助圖書館實則為總分館之延伸，讓民眾與圖書館更為貼近；(4)提供人性化介面，深刻考量民眾使用的便利性及舒適性，使民眾更易享受數位圖書館提供之服務；(5)透過資訊科技之整合，設置於公共場所空間，增加圖書館借閱服務之便利性與行動力，提升既有圖書館的形象及服務品質。

該微型圖書館於 2010 年 2 月 2 日正式啟用，共於三處地點設置，於臺中火車站設置的微型圖書館，其開放時間為週一至週日 09:00-21:00；設於衛生福利部臺中醫院及中國醫藥大學附設醫院的微型圖書館則於週一至週五 09:00-21:00、週六 09:00-12:00 開放供讀者使用，皆非 24 小時運作。

國資圖設置的微型圖書館，採用 RFID 智慧型書架，每座微型圖書館設有四個雙門書櫃，每個書櫃計有八格，共計 32 格。每格再以隔板區分為四區，每區依書籍大小厚薄約可置放五至八本書，據推估，每一座微型圖書館滿載時約可放置 650-700 本書籍。各書櫃隔板中裝設有 RFID Reader，館藏之書籍亦貼有 RFID Tag，因此當讀者選定借閱的書籍，系統透過機械手臂取走任何圖書時，智慧型書架可以感應得知讀者取走之書籍資料，系統將自動扣除館藏量。

還書的操作流程則與高市圖相同，採用傳統的還書箱模式，讀者的還書由圖書館管理

人員由還書箱取出後循標準上架流程處裡。亦即下架（借書）已自動化，但上架（還書）仍處於人工作業階段，相較於高市圖第二代自助式圖書館系統，改善了下架的流程，但仍有上架需人工作業的缺憾。

（四）新北市立圖書館自助式預約書取書系統

於 2015 年 5 月 10 日落成之新北市立圖書館新總館，於該館一樓空間設計安裝了一套自助式預約書取書系統，該系統包括前端讀者取書裝置、後端預約書及特選書之館藏置放架整合式設計，其功能有二：(1)預約書自助取書及特選館藏自助借閱。其中特選館藏自助借書功能為特定時段開放，閉館後方提供此功能，讀者進行特選書自助借閱時，讀卡之後於畫面上看到特選書之館藏資料及書封，並可進行勾選欲借之館藏；(2)預約書自助取書功能，提供讀者 24 小時服務，讀者進行預約書取書時，讀卡之後顯示其預約可取館藏之全部資訊，並可供讀者選擇此次欲取的館藏，畫面顯示之館藏資訊包括書名、條碼號、取書期限及書封圖片等資訊。

上述機械手臂取書等待時間，平均一本書不超過 30 秒，借書畫面上提供等待時間相關資訊，以便讀者了解取得其所選取的預約書所需時間，館藏完成出庫即同時完成讀者借閱程序，不需另外進行掃描程序，讀者並可選擇是否列印借書收據。

（五）世界各國自助式圖書館發展現況

美國加州舊金山灣區的康特拉科斯塔郡立圖書館(Contra Costa County Library)於 2007 年籌募資金，於 2008 年推動 Library A Go Go 計畫，率先在大眾捷運系統設置無人自助式圖書館，造福許多因為通勤而缺乏時間使用傳統圖書館的讀者。該計畫是全球首例機械手臂式無人自助圖書館，康郡郡立圖書館的 Library A Go Go 計畫乃採用瑞典商 DISTEC AB 公司的 Go Library 系統，其外觀有如銀行的自助式提款機 (ATM)，提供一個觸控螢幕介面與出書口，郡立圖書館的讀者只需要利用圖書館發行的借閱證，就可以臨機進行借書或還書 (Kantor-Horning, 2009)，其借書為全自動模式，還書則為傳統還書箱模式，總體吞吐量較小。

2008 年 4 月，中國大陸深圳市「城市街區 24 小時自助圖書館系統」開始試營運，經過一年的時間至 2009 年 4 月，設置了 40 台的自助圖書館服務機對市民服務，並逐年增設中 (丁敏帥, 2010)。通過 RFID 技術，深圳市自助圖書館實現了用戶註冊、確認、書籍下架、還書及盤點等功能。市民可以通過自助圖書機自助辦證、自助借書、自助還書、查詢、預借圖書以及享受電子文獻傳輸等服務，使圖書館的服務延伸到城市的各個角落，圖書館成為「家門口的圖書館」、「城市 24 小時免費書架」，一定程度影響了深圳市民的閱讀行為，

改變了市民的閱讀習慣。依據統計僅 2009 年 5 月至 10 月，40 台自助圖書館服務機每月服務近 5 萬人次，借還書處理量近 12 萬冊次，推估一年可達 130 萬冊次，借書量占深圳圖書館在館借書量的 17.49% (丁敏帥，2010)。

2009 年底中國大陸文化部在深圳宣佈，計畫向全國條件適合的城市推廣上述服務，憑一張身分證、100 元押金即可借書、還書，目前北京、上海浦東、陝西西安、浙江杭州、廣東東莞等地也已引進該系統 (丁敏帥，2010)。

二、公共空間可及性

在交通運輸或建築領域，可及性 (Accessibility) 被定義為：個體透過接近的行動以達成某些經濟或社會性目的的難易程度 (Meyer & Miller, 2001)。公共空間在城市規劃和發展過程中，扮演核心的角色，它既是實質的建成空間又具有功能性面向，公共空間往往在都市規劃的過程中被忽視，甚或是在既存的都市空間中被犧牲，而漸漸失去公共空間原有的意義。此外，由於公共空間在城市規劃和發展過程中被忽視，這些地方的可及性和實用性也逐漸式微 (Pasaogullari & Doratli, 2004)。

可及性的意義包含「活動機會」、「空間阻隔」與「運輸設施服務績效」三種涵義。因此，評估可及性至少包含二項變數：克服空間阻隔所花費的成本及參與活動的難易程度 (陳佐瑄，2000)。人類知覺經驗的可及性認知，決定人們參與的機率和動機的強弱 (Gehl, 1986 / 陳秋伶，1996)。「可及性」理論源自「區位理論」，後又綜合了交通運輸、都市發展和土地使用等相關理論，其包含的意義為活動機會、距離因素與運輸設施服務績效 (林佳蓁，2012)。

根據學者 Kevin Lynch (1960) 對於開放空間設計的要求，從使用者的角度出發，設計者應試圖創造空間的開放性 (openness)，並結合或平衡其他活動佔用的可能，反應社會生活的複雜性，提供市民有益的娛樂及消遣活動，以創造都市環境正面的價值，使大眾享有免費 (free)、自由 (freedom) 與溝通交流 (communication) 的使用空間。至於空間使用權益宜分為五大層面探討：(1) 可及性 (access)；(2) 自由活動權益 (freedom of action)；(3) 要求權益 (claim)；(4) 改變屬性使用的權益 (change)；(5) 所有與支配權益 (ownership and disposition)。其中「可及性權益」分為下列三類型：實質上的可及 (physical access)、視覺上的可及 (visual access)、象徵性的可及 (symbolic access) (陳婉鈺，2007)。

三、自助式服務科技

自助式服務科技 (Self-Service Technologies, SSTs) 早期被視為在服務過程中提高效率的工具 (Lovell & Young, 1979; Bateson, 1985)。直到近年的研究 (Bitner, Ostrom, & Meuter,

2002; Meuter, Ostrom, Roundtree, & Bitner, 2000) 才把自助式服務科技明確的定義為使用者透過科技自行完成整個服務流程，而接受服務的過程中不需要服務人員的參與。ATM、線上金融服務、自助登機、自助停車繳費等都是自助式服務科技的一些例子。根據上述定義的演變，自助式服務科技與人員服務兩種傳遞服務的方式已正式區隔。使用者除了接受服務之外，本身也是提供服務的人，換句話說，自助式服務科技必須同時考慮使用者本身的能力，以及對於該服務流程的了解程度，操作的簡易性、直覺性及教育訓練成為關鍵的進入門檻。

探討影響使用自助式服務科技的成功因素，各學者提出的看法不盡相同，大致可分為使用者本身的因素和科技特性帶來的因素。使用者本身的因素方面，Parasuraman 與 Grewal (2000) 認為每位使用者對於新服務技術的接受程度並不相同，有些使用者是科技的高涉入者，卻也有些使用者對技術抱著恐懼、排斥的心理，Parasuraman (2000) 更提出以科技準備度來衡量人們接受新科技的傾向。Bitner、Ostrom 與 Meuter (2002) 研究自助式服務科技的採用模式，結論顯示使用者準備度（使用的能力、角色明確、動機）是影響使用者使用自助服務科技的主要因素；同時使用者準備度、認知能力、動機及對自身角色的認知是影響人們使用自助式服務科技的次要關鍵因素。Meuter、Bitner、Ostrom 與 Brown (2005) 在後續的研究中認為，人格特質包括個人特質及創新特質會透過使用者準備度直接影響人們使用自助式服務科技的意願。

學者 Considine 與 Cormican (2016) 在金融知識工作者於技術互動時採用自助式服務科技的研究中發現，功能性、安全性、設計性和定制性被當作是否採用自助式服務科技參考指南。學者 Iqbal、Hassan 及 Habibah (2018) 在探討巴基斯坦國內自助服務科技品質對客戶忠誠度和行為意圖的影響時提到，自助服務科技服務品質與客戶忠誠度及其行為意圖之間具有積極和顯著的關係。在研究印尼國內自助式服務科技對消費者滿意度的影響方面，Susianto 與 Fachira (2015) 認為，自助服務科技正向影響消費者的總體滿意度，然而個人服務對整體滿意度則沒有顯著的影響，針對總體滿意度自助服務科技貢獻了 21% 的變量。自助服務科技提高了服務便利性並為客戶提供高效的服務流程。

從行銷的角度來看，自助式服務科技可提高服務傳遞的速度，提升產能、降低成本並滿足客製化服務需求 (Seybold & Marshak, 1998; Berry, 1999; Sindell, 2000)，加強競爭力及市場佔有率 (Kauffman & Lally, 1994)，有助於強化消費滿意度及忠誠度 (Meuter & Bitner, 1998)。尤有進者，自助式服務的開展可以補強服務人員的不足，達到服務同質性 (heterogeneity) 及持久性 (perishability)，前者可確保服務標準化及品質的一致性，後者可延伸服務的提供時間。當然，服務提供過程減少人員互動同樣產生若干問題，例如服務失敗時無法即時有效回應。

從消費的角度而言，使用自助式服務科技最大的好處是時間及成本的節省，使消費者認知的客製化 (customization) 程度更高 (Meuter & Bitner, 1998)。此外，地點的方便性、可及性 (Kauffman & Lally, 1994)，及使用科技服務過程中所感受的樂趣 (Dabholkar, 1994, 1996) 也很重要，甚至有學者指出，自助式服務交易過程中消費者能產生自發性的愉悅感受 (spontaneous delight) (Bitner, Brown & Meuter, 2000)。

四、相關技術

(一) RFID 無線射頻辨識系統

無線射頻辨識 (RFID)，為自動辨識技術的一種，結合了無線電波與微晶電路的技術 (Shahid, 2005)，亦即在一個標籤或卡片上嵌入微晶片，透過無線射頻方式進行非接觸雙向數據通訊，對標籤加以識別並獲取相關資料，其為使用天線傳輸資料的一種電子鑑定技術 (Choi, Cheung, Yang, & Yang, 2013)。該技術最早期衍生自雷達之概念，可以追溯到第二次世界大戰期間，盟軍用來進行敵我辨識，使用方式為在飛機裝上識別標籤，雷達發射出辨識電波訊號時，飛機上的識別標籤便會回傳訊息，但在 1950 年代無線射頻識別技術由於成本高昂以及其系統元件龐大且佔空間，故使用此技術的多為軍隊、研究實驗室以及大型的商業集團。

美國零售業大廠 Wal-Mart 在 2003 年宣佈要求其前一百大供應商，必須在所有供應給 Wal-Mart 的貨箱和托盤棧板上安裝 RFID 標籤，以便追蹤貨品在供應鏈上的即時資訊，可以降低營運成本以及提高產品資訊的透明度，因此帶動了企業的應用潮流。二十一世紀的現今，RFID 具備的遠距及一對多的讀取、輕薄及小型化、訊號的穿透性及抗污性、可重複使用、高儲存量等特性，能更接近消費者，幾乎將成為日常生活中的一部份，讓這項技術的應用領域日漸受到矚目。

隨著應用擴增，RFID 市場成長迅速，全球近年來在無線辨識系統的應用上需求日漸增加，也使得無線射頻辨識系統的市場規模持續成長。研究機構 IDTechEx 於 2016 年統計，2015 年全球 RFID 市場總額達 101 億美元，高於 2014 年的 95 億美元及 2013 年的 88 億美元。其中包括 RFID 卡、讀寫器和軟體/服務、RFID 標籤及天線。IDTechEx 預測到 2020 年整個 RFID 全球產值將上升到 132 億美元 (IDTechEx, 2016)。

RFID 的組成大致由電子標籤 (Tag)、讀寫器 (Reader) / 天線 (Antenna)、及運用於管理兩者間傳送資料的應用系統 (application System) 等元件所組成 (余顯強, 2005)，它的基本應用是將商品植入電子標籤，利用讀寫器經由天線發射特定頻率的無線電波給標籤，讀取由標籤傳回的訊息內容，讀取器接到訊息後再將資料傳送給應用系統進行擷取識別的處理，作為查詢、追蹤、統計之用。

(二) 機械手臂

ISO/TC184/SC2/WG1 於 1984 年曾對機器手臂作了如下的定義：「機器手臂是可程式的機械，在自動控制下實行包括操作或移動動作之課題」。一般工業用機器手臂均具有操作機 (manipulator) 及記憶裝置，而記憶裝置可為可變順序控制裝置或是固定順序控制裝置。如此，機器手臂便可透過記憶裝置送出訊號，以使機器手臂之操作機執行各種移動、旋轉、或是伸縮等相關之動作。

通常機器手臂由以下各種不同層次之次系統所組合而成：(1)處理 (Process) 次系統：包括機器手臂所必須執行之工作、其所處之環境、以及與環境交互作用所需要之界面等；(2)機械 (Mechanical) 次系統：為達成機器手臂執行工作所需之齒輪組、滾珠螺桿、線性滑軌與致動器等；(3)電子 (Electrical) 次系統：包含驅動各種致動器與感應器所需之電子元件、電源供應器等；(4)控制 (Control) 次系統：執行各種工作所需之程序，透過相關軟、硬體下達予各種致動器、感應器命令，並以回饋訊號維持機器手臂系統之命令執行與穩定性；(5)感應器 (Sensor) 次系統：提供回饋訊號予控制次系統，以告知機器手臂組件之位置或其他物理量，執行機器手臂之正常工作及危害防範；(6)規劃 (Planning) 次系統：透過各式感應器之整合，以執行各種智慧型之規劃工作，包括抓取動作之規劃、末端效應器之軌跡規劃、避免碰撞等。新一代機械手臂的關鍵零組件為滾珠螺桿及線性滑軌，以下分別說明其定義、運作方式及應用範圍：

1. 滾珠螺桿

滾珠螺桿 (ball screw) 亦稱為球螺桿，導螺桿……等，其包含螺桿、螺帽、循環系統及鋼珠。滾珠螺桿是一種鋼珠介於螺桿與螺帽之間運動，將傳統螺桿之滑動接觸轉換成滾動接觸之傳動機械組件。主要應用在航空業、船舶機械、輸送搬運機器、工具機、半導體設備、LCD 製程設備與醫療儀器產業。

2. 線性滑軌

線性滑軌 (linear guide) 通常是由導軌 (rail)、滑座 (slide unit) 及滾動體 (rolling element) 三大部分構成，以進行直線運動導引為目的之低摩擦力滑動組件。主要應用在電子電腦機械、半導體設備、輸送搬運機器、工具機、自動化工程設備、醫療設備以及 LCD 製程設備等產業。

(三) 電控程式語言—LabVIEW

「LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench, 實驗室虛擬儀

器工程平台)是由美國國家儀器公司所開發的圖形化程式編譯平台,發明者為傑夫·考度斯基(Jeff Kodosky),程式最初於 1986 年在蘋果電腦上發表。LabVIEW 早期是為了儀器自動控制所設計,至今轉變成為一種逐漸成熟的高階程式語言。圖形化程式與傳統程式語言之不同點在於程式流程採用「資料流」之概念,打破傳統之思維模式,使得程式設計者在流程圖構思完畢的同時也完成了程式的撰寫。

LabVIEW 率先引入特殊的虛擬儀表概念,使用者可透過人機介面直接控制自行開發之儀器。此外 LabVIEW 提供的函式庫包含:訊號擷取、訊號分析、機器視覺、數值運算、邏輯運算、聲音震動分析、資料儲存...等。目前可支援 Windows、UNIX、Linux、Mac OS 等作業系統。由於 LabVIEW 特殊的圖形程式及簡單易懂的開發介面,縮短了開發原型的速度以及方便日後的軟體維護,因此逐漸受到系統開發及研究人員的喜愛。目前廣泛的被應用於工業自動化之領域上。LabVIEW 預設以多執行緒執行程式,對於程式設計者更是一大利器。此外 LabVIEW 通訊支援: GPIB、USB、IEEE1394、MODBUS、串列埠、並行埠、IrDA、TCP、UDP、Bluetooth、NET、ActiveX、SMTP...等介面。」(LabVIEW, 2018)

LabVIEW 為一套專為資料擷取、儀器控制與資料分析而設計的革命性圖控程式語言,它提供了一個嶄新的程式設計方法,只需將所謂的虛擬儀表(Virtual Instrument)物件以流程圖的方式加以連接組合,便可完成所需要的系統;更由於它的簡單、易學,大大地縮短了研發時間與經費及增加了生產力。

參、研究方法

一、SWOT 分析 (Strength – 優勢、Weakness – 劣勢、Opportunity – 機會及 Threat – 威脅)

競爭源自於競銷或爭取稀有資源,研究企業的競爭力得先檢討企業本身之優勢、劣勢與其所面臨的產業機會與競爭來源的威脅。擬定企業政策之前,需先分析產業環境的競爭力以分辨其所面臨的機會與威脅。圖書館產業在進行策略決策時亦可運用相同手法,以取得最適結果。

運用 Weirich (1982) 的 SWOT (Strength, Weakness, Opportunity, Threat, SWOT) 矩陣分析法,於策略選擇之前就本身環境與競爭對手比較,找出本身的優勢、弱勢,因應面臨的機會與威脅,藉由外部經營環境分析與企業內部經營能力分析探討產業競爭優勢之形成,藉以了解產業的優勢、劣勢、機會與威脅。本研究針公共圖書館採用自助式行動圖書系統進行 SWOT 分析,獲得如表 1 的結果。經 SWOT 分析後,本研究認為開發自助式行動圖書館系統並於國內試用,拓增讀者的公共空間可及性及方便性,以突破圖書館產業的

經營模式，為一具體可行的方案。

表 1

開發策略 SWOT 分析

環境情勢 Situation	優勢 Strength	劣勢 Weakness
	臺灣資訊產業精於資訊系統開發 臺灣具 RFID 技術基礎 臺灣具備完整之精密機械產業鏈 商品化能力強大	圖書館整體產業規模不大 讀書人口較少、圖書借閱率較低
機會 Opportunity 世界各國人力資源普遍匱乏，自動化需求增加 自助式服務當道 文化是國家的根本	可能策略： 開發自助式行動圖書館系統	可能策略： 開發自助式行動圖書館全球市場
威脅 Threat 電子書逐漸侵蝕傳統紙本書籍市場 網際網路的發展，促使閱讀習慣趨於簡單、短暫	可能策略： 不涉入實體書籍販賣領域	可能策略： 擴增公共圖書館空間的可及性

資料來源：研究者自行整理。

二、品質機能展開 (QFD)

品質機能展開 (Quality Function Deployment, QFD) 適用於了解客戶需求後，展開一系列工程改造與整合工作，以達到客戶所需產品功能的完整品質管理工作 (赤尾洋二，1991)。

品質機能展開之目的可分三個部分說明：

1. 確實掌握顧客的需求

品質機能展開是一種系統方法，啟始於顧客的需求與期望，依據顧客的需求來開發產品。此種方式可以避免傳統開發產品的方法中，僅以少數專家的個人專業知識經驗為準，即茫然地著手開發一件新產品或改良產品，費心的解決各項技術問題後，卻發現上市的產品無法滿足客戶期望的盲點。

2. 防止開發過程中資訊傳遞錯誤或遺漏

由於品質機能展開的方法一開始即掌握正確的市場及顧客資訊，同時在每一過程中也

藉由矩陣轉換的層層相扣，能將正確的產品需求資訊，逐步傳遞給機構及零組件。同時也能將其機能與各項品質需求等資料做有效的蒐集，這種能將顧客之需求完全正確地傳遞到開發製造中每一過程的方法，正是品質機能展開的重要本質之一。

3. 縮短產品開發週期

為了取得產品上市先機及降低產品研發成本，設法縮短產品開發週期往往是影響成敗關鍵的主要因素之一。品質機能展開的產品開發手法因結合市場行銷、產品開發設計、工程設計、製造生產及品質保證等各工程領域的人員同步進行開發產品，故各領域人員可以同步貢獻相互的經驗，同時也可以預先了解瓶頸所在，而得以事先加以防範。再者由於品質機能展開能有效的防止開發過程中資訊傳遞的錯誤或遺漏，所以工程設計變更的可能性也相對的減少。

此外，由於工程設計變更所引發的資源浪費、工作重複及工作混亂的現象亦將大幅的減少，工作時程的安排及掌握也能更有效益，這些都將明顯的減少產品開發執行的時間。因此產品開發週期中若引進品質機能展開的系統手法，雖然在產品企劃階段所需時間會稍微加長，但就整體開發週期而言，還是比傳統方法為短。

根據 Bossert (1991) 提出在實施品質機能展開時，必須依靠品質屋 (House Of Quality, HOQ) 此種工具的輔助 (圖 1)，其架構品質屋包括了顧客期望、工程技術、顧客需求、競爭產品評估、相關矩陣、重要性權重與工程技術等。

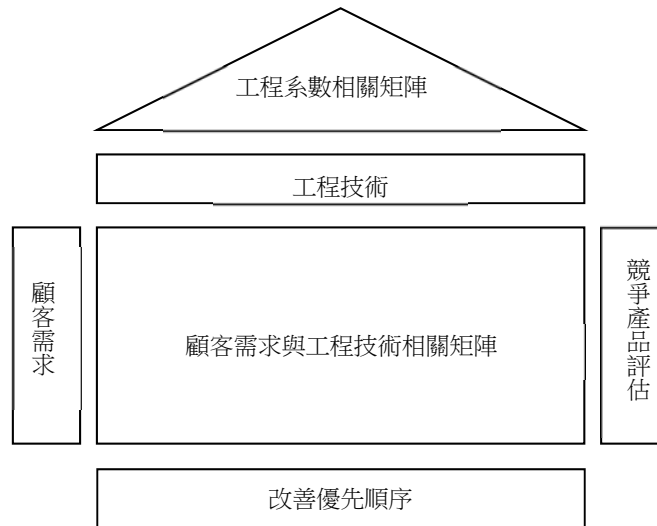


圖 1 品質屋架構

資料來源：翻譯自 *Quality function deployment: A practitioner's approach* (p. 7), by J. L. Bossert, 1991, New York: ASQC Quality Press.

本研究根據『顧客需求與工程技術矩陣表』，將各種管道提出的複雜需求描述，對應到創意思考與工程設計的品质特性，便於歸納出市場潛在的關鍵性問題及設計需求，因而能鎖定核心問題，利於訂定產品開發技術策略及後續實施有效率的創意思考與功能設計。

三、TRIZ 創新性問題解決理論

TRIZ 所代表的意思是「創新性問題解決理論」(Theory of Inventive Problem Solving)，為前蘇聯科學家 Altshuller 於 1946 年首先提出的創新方法，Altshuller 對超過數十萬個科技專利案件進行分析，發現在不同領域的創新發明中，皆有類似的基本問題與解決技巧。Altshuller (1946) 由這數十萬個專利中挑出四萬餘件具首創特性的發明專利，綜整成系統化創意設計模式，進而提出發明創新的流程及解決問題的方法途徑。TRIZ 主要理論係建立在前人的智慧上，即追隨前人思考的軌跡，萃取前人發明中的原理，並歸納成一般的通則，做為往後問題解決時的思考方向。TRIZ 是一種可提升創意思考、創新發明、研發能量，並能解決衝突問題的方法 (Altshuller, 2000)。

TRIZ 以其 39 個參數、40 個創新法則、76 種標準解答、物質-場分析 (Substance-Field Analysis) 等手法，將問題系統化，形成實用可行的創意原理，並以快速及效率化的運作流程，解決困難度高的工程或製造方面的問題 (Altshuller, 1997)。TRIZ 是解決問題的一種方法，針對問題癥結所在，加以分析並找出矛盾，再將矛盾分為物理矛盾與技術矛盾，

進而採取不同的解決方式。它不僅可以協助企業解決技術上的問題及相關的衝突，並針對產品的設計，提出解決的創新方法（劉志成，2003）。本研究依據上述三種管理上之學理進行產品開發，其具體流程如圖 2。

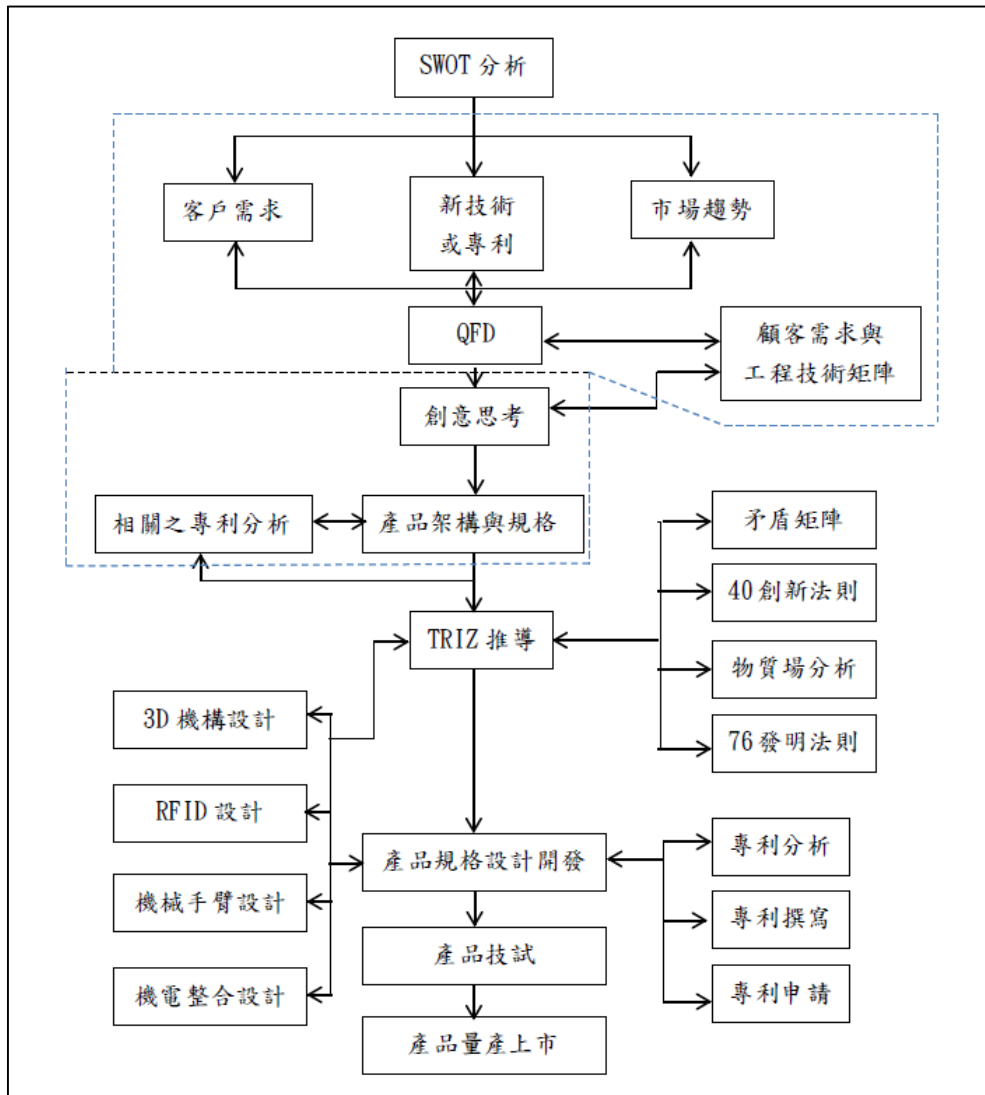


圖 2 自助式行動圖書館系統開發流程

資料來源：研究者自行整理

肆、系統實作

一、系統特性

本研究所開發的可組合式自助行動圖書館系統，是由一座控制主櫃加上若干座儲書櫃所組成（請參考圖 3）。



圖 3 自助式行動圖書館系統（左為控制主櫃，中、右為儲書櫃）

資料來源：研究者自行拍攝

控制主櫃與儲書櫃採模組式設計，可自由搭配一主櫃加 1 至 N 座儲書櫃。控制主櫃內設主控電腦及系統資料庫、ATM 式觸控式選／還書螢幕、取書出書口、還書進書口及收據列印機，其中主櫃正面為借書操作區，主櫃左側面為還書操作區（請參考圖 3）。

搭配的儲書櫃每櫃皆安裝四軸精密機械取書手臂，取書機構為避免傳統夾取式易破壞書籍的缺點，本自助式行動圖書館系統全新構思「交錯上下架撈取式設計」（如圖 4 所示，細節詳述於後）並已取得中華民國發明專利（專利號碼：發明第 I 532659 號，2016）。儲書櫃安裝數量依系統所在的位置空間而定，較大空間可選擇一座控制主櫃加上三座儲書櫃的大型組合（也可更多但可能加長讀者等待取書時間）；較小的空間可選擇一座控制主櫃加一座儲書櫃的小型組合。由於控制主櫃及儲書櫃採機架設計，兩邊櫃壁為可拆卸式，故組合方便設置彈性極大，適合各種公共空間使用。

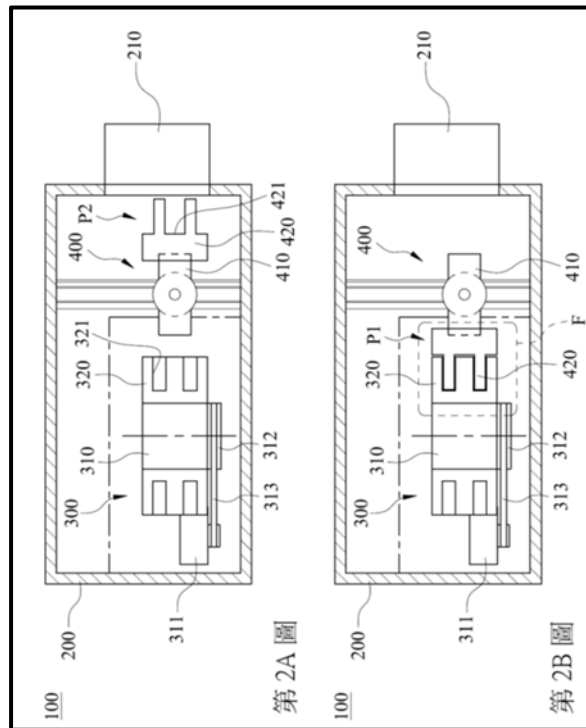


圖 4 自助式行動圖書館系統「交錯上下架撈取式設計」(上視設計圖)

資料來源：研究者自行整理

本研究所開發的全自動自助式圖書館系統，另有一突破傳統的革命性設計，遍查已有的文獻，既有的自助式圖書館系統書籍儲存方式均為立式儲存，立式儲存幾乎是所有書籍存放的標準模式，在傳統圖書館書架上，因書籍一本挨著一本密集存放，立式存放較不會造成書籍的變形軟化，但於自助式圖書館系統中，因機械手臂夾取書籍時須預留左右一定距離的空間，書籍立式存放將無可避免地造成書籍的變形軟化，時間一久將造成機械手臂取書精度的偏誤，這也是目前市面上既有自助式圖書館系統無法提供 24 小時服務的重要癥結所在，書籍因軟化變形不易為機械手臂所精確夾取，需服務人員 On-Call 即時排除故障或處理。國立臺中資訊圖書館於 2009 年建置微型自助圖書館三座，經費為新臺幣 1,500 萬元，其中建置費用約新臺幣 800 萬元，三年營運費用為新臺幣 700 萬元(呂春嬌, 2012)，所謂營運費用即為補書、換書及服務人員 On-Call 即時排除故障的經費。由此可見，傳統立式存書模式應用於自助式圖書館系統，有其先天上的限制。

本研究所開發的全自動自助式圖書館系統，採用臥式存書機構設計(如圖 5)，臥式存書因托盤與書籍接觸面積為立式存書模式的數倍大，故可大幅度降低書籍軟化變形的現象，再搭配上上述「交錯上下架撈取式設計」是目前市面上獨一無二的設計。本技術的臥式存書機構，並設計為厚薄可調式，以因應各種厚薄不一的書籍，極大化整體書籍儲存量。



圖 5 本研究所設計之臥式存書裝置

資料來源：研究者自行拍攝

為在一定的機體下爭取最大的容積，本研究另有一突破性的設計，以 360 度旋轉式儲存取代傳統式平面儲存（如圖 5 之兩座筒狀轉盤裝置），依照主流書籍最大長 300mm×寬 200mm 的規格，並受限於自助式圖書館系統縱深 1600mm 的限制（縮減深度），本研究採六列臥式儲書架設計，當需取書下架或還書上架時，系統只需驅動一列臥式儲書架轉至正面定位，供機械手臂以「交錯上下架撈取」方式作業即可，一座轉盤設計六列儲書槽，以每列儲存 44 本 2.5 公分以下厚度的書籍為例，在機體全寬 3 公尺前題下，整座設備可儲存 528 本書，儲存效率為現有平面式儲書自助式圖書館系統的 1.5 倍以上。與國內最新型的國資圖微型自助圖書館比較，國資圖微型自助圖書館全寬超過 5 公尺，滿載時約可放置 650-700 本書籍（呂春嬌、李宗曄，2011），但實際觀察國資圖微型自助圖書館的運作，因需於機台正面瀏覽書背以決定借閱的書籍位置，故實際可借閱書籍數量約在 360-576 本之間。本機淨寬 3 公尺，可存放 528 本書籍且均可借閱，儲存效率優劣立判。

本系統臥式書籍儲存槽設計三種尺寸，分別適合厚度 2 公分以下、2-3 公分（佔書籍的大宗）及 3 公分以上三類書籍存放，彈性而有效地增加儲存空間。

目前市面上既有的自助式圖書館系統，其讀者選／借書流程為：(1)透過玻璃櫥窗瀏覽書背；(2)紀錄欲借書籍所在的櫃區與格位；(3)於借書螢幕輸入欲借書籍的櫃號與格號；(4)

機械手臂取書、出書；(5)列印收據完成借書手續。本機設計因採螢幕瀏覽書籍簡介及觸控螢幕執行借閱程序，讀者不需透過玻璃櫥窗選書，故全機為封閉式設計，也提高防盜效果，本機選／借書流程為：(1)於借書螢幕或自備手持式智慧裝置上選書，模式如在網路書店瀏覽一般，可查閱書名、出版商、出版日期、作者、目錄簡介及相關書評；(2)放入虛擬借書車；(3)機械手臂取書、出書；(4)列印收據完成借書手續。

因本機設計為不需讀者透過玻璃櫥窗視覺選書，故可完全依賴資訊系統作業，亦即在本機預設的借書觸控螢幕選書，亦可透過讀者自備的手持式裝置（平板電腦、手機或筆記型電腦）連上網路經由圖書館入口網站，進入讀者所在位置之自助式行動圖書館系統，選擇所欲借閱的書籍，以借書卡感應啟動取書程序。其操作流程如圖 6。

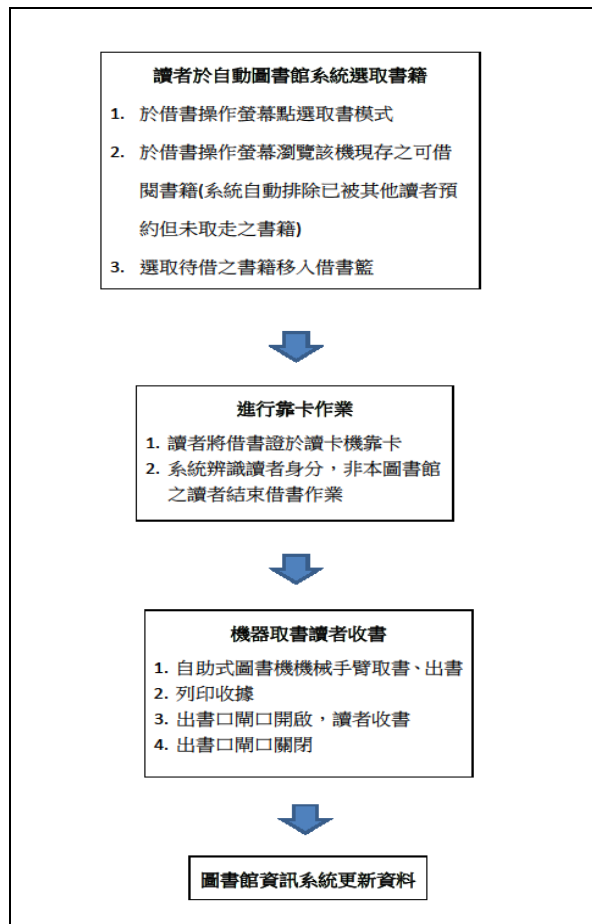


圖 6 讀者現場借書流程

資料來源：研究者自行整理

尤有進者，本系統可開放讀者於家中連上圖書館入口網站預約借書並指定取書地點，比照目前網路購物超商取件、付款的電子商務模式，有效擴大公共圖書館的服務範圍。其操作流程如圖 7。

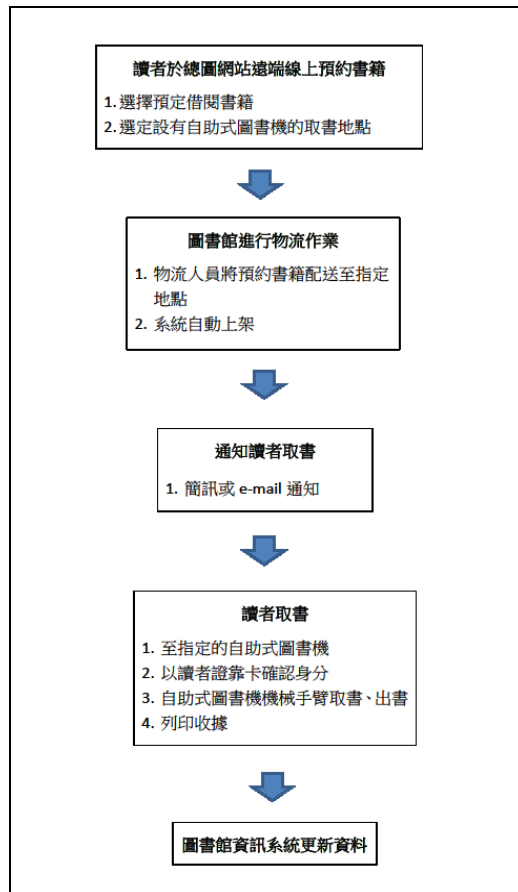


圖 7 讀者線上預約指定地點取書流程

資料來源：研究者自行整理。

由圖書館管理的角度來看，本研究所開發的自助式行動圖書館系統，圖書館補書服務人員無需採用傳統的分類上架模式，也不需進行順架，只要以亂數方式上架歸位，亂數上架後執行 RFID 盤點動作，系統即會將書籍位置自動於資料庫中更新，此一動作可於離峰時段進行，除降低圖書館補書服務人員的工時、簡化上架流程外，也能增加自助式圖書館系統的營業時間，邁向 24 小時服務的目標，有效提升讀者對圖書館公共空間的可及性。

從降低讀者預約借書的不便及提升圖書的週轉率而言，由於本研究開發的自助式行動

圖書館系統，經與圖書館資訊管理系統連線後，允許網路預約指定地點取書，除減少讀者必須於預約後親赴總、分圖取書的不便外，也可大幅提升圖書週轉率。

本研究所開發的自助式行動圖書館系統乃是以 RFID 科技作為書籍定位基礎，系統所儲存待借書籍的位置經 RFID 系統掃描後存於資料庫中，當讀者選定欲借閱的圖書後，系統會將該書籍的定位資訊傳遞給精密機械手臂，機械手臂將書籍取出並傳遞到控制主櫃的出書口，再由讀者取出閱讀。其中主要的關鍵技術有七：

1. RFID 書籍定位系統 (已取得中華民國發明專利，證書字號：發明第 I 388438 號)。
2. 書籍儲存位置管控資料庫 (已取得中華民國發明專利，證書字號：發明第 I 422345 號) 並與圖書館 SIP2 介面標準整合 (流程請參考圖 8)。
3. 交錯式承載書籍機構設計 (已取得中華民國發明專利，發明第 I 532659 號)。
4. 精密機械手臂交錯式書籍上下架設計，降低機械故障率 (已取得中華民國發明專利，發明第 I 532659 號)。
5. 圓形轉盤儲位取代傳統平面書架設計，有效增加儲存空間 (已取得中華民國發明專利，發明第 I 532659 號)。
6. 厚度可調臥式儲書架，降低書籍損壞率 (已取得中華民國發明專利，發明第 I 532659 號)。
7. 雲端借書機制。



圖 8 管控資料庫系統與 3M™ SIP2.0 系統運作流程

資料來源：研究者自行整理。

二、人機介面

讀者於自助式行動圖書館系統操作時因無圖書館員值守，故須具備完善的人機介面，又因考慮同時借還書將造成壅塞，故設計為正面借書、側面還書的雙人機介面，如圖 9 所示。

讀者借書又可分成「線上預約、現場取書」及「現場選書借書」兩類，還書作業則是本機的重點特色之一，有別於市面上同類產品的還書箱設計，本機於讀者還書後可自動上架，同一本書籍可由下一位讀者繼續借閱，不需圖書館館員批次整理上架處理，有效提高書籍周轉效率。

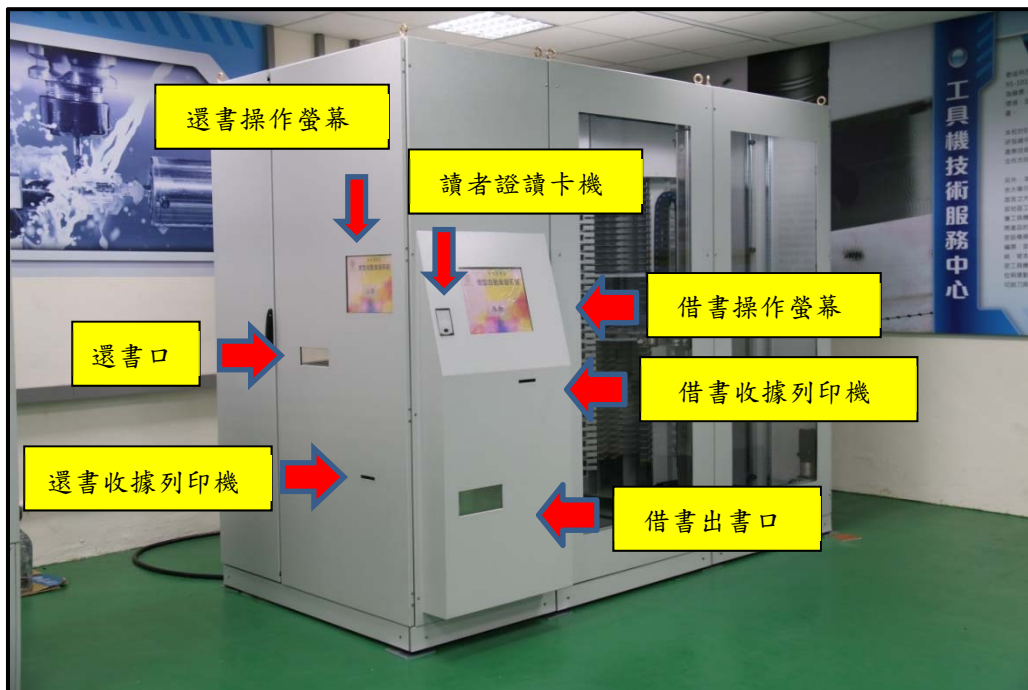


圖 9 本機人機介面

資料來源：研究者自行拍攝。

三、防呆與故障排除機制

因讀者於自助行動圖書館系統還書時並無圖書館員值守，系統必須判斷讀者所還書籍是否為該圖書館所借出之書籍，最佳方案為於還書第一時間予以判定，所還書籍若非該圖書館館藏者立即退出，以免衍生後續爭議。本機於還書口設計 RFID UHF、HF Reader 或 Bar Code Reader 即時判讀，可有效過濾爭議書籍。本機設計時考慮並非所有圖書館均建置 RFID 系統，且即便已建置 RFID 系統，也可能為 UHF 或 HF 頻段，故將判讀裝置設計為

選配項目，降低整體成本。

此外，自助式借還書流程繁複，若任一流程作動時因市電斷電將造成單一流程無法正常結束，進而造成讀者權益受損或衍生後續爭議，若必須由營運單位派出維修人員排除故障，如此將大大增加運維成本，不利於自助行動圖書館系統的推廣，故本機設有不斷電系統，該不斷電系統的電力容量經精密計算後，足敷完整結束讀者任一的使用流程，亦即讀者於操作自動圖書館系統功能時，若遇市電中斷，本機之不斷電系統將接續供電，直到該操作功能全部結束才發出停機通知，拒絕讀者下一功能的操作，避免讀者權益的受損。

四、功能驗證與討論

(一) 櫃體強度。

1. 因組合機櫃為模組式設計，組裝便捷且美觀，其框架也較便宜，可承受 1500 公斤之書籍總重量。
2. 美觀與強度兼顧下，底盤以燒焊方式強化其結構，但櫃體仍採用組合式以利安裝。
3. 顧及商品化後，使用地區可能於外縣市或外國，模組化設計有利於運送與售後服務。
4. 考量機械手臂取書的公差極小，加強櫃體強固性，避免運送時因搖晃而影響其精度。

(二) 櫃體體積。

1. 配合建築物電梯高度限制，櫃體高度為 2100 mm。
2. 因整體為組合式設計，寬度將不受建物電梯寬度限制。
3. 考慮海運運輸貨櫃的容積，不可拆解的單體必須小於一定之體積。

(三) 管理人員自動上架物件容量及還書數量 (自動批次上架) 一次可容納 70 本書籍，減少管理物流人員或還書讀者等待及閒置時間。

(四) 規格化天線尺寸 35cm (L) × 17cm (W)，以避免還 / 退書區之 HF Reader 天線受週圍之鐵件干擾。

(五) 定位之 NFC Tag 與機械手臂之 Reader 可不受干擾正確而迅速讀取物件：

1. 採用 HF 頻段之 RFID Reader。
2. Tag 尺寸為 15cm。
3. 儲存槽置放 Tag 處，預留空間並用膠套保護以隔離鐵具。

(六) 與外部系統界接介面：以 SIP2 界面程式與圖書管理系統溝通形成標準，有利於與各圖書館系統整合之相容性。

- (七) 每次作動每本書承載重量10公斤，遠高於市售一般書籍每本的重量。
- (八) 每存取一本書籍可控制於30秒內完成，降低讀者借書等待時間，提高讀者借書的意願。
- (九) 內部強化I/O偵測介面與影像攝影監測，有利於遠端維護及可嚇阻被惡意破壞的機會。
- (十) 具自我檢測功能以確保機件正常運作，降低人力維護負擔。

伍、結論

可組合式 24 小時行動圖書館系統，具有讀者可直接借書、預約取書及還書自動上架之功能。本研究整合 RFID、QR code 及 Bar Code 辨識科技及精密機械手臂系統，可全自動借書、出書、還書、補書。

本系統由一座控制主櫃加上若干座儲書櫃所組成。控制主櫃與儲書櫃採模組化設計，可自由搭配一主櫃加若干座儲書櫃，適合各種公共空間使用。控制主櫃內設主控電腦及系統資料庫、ATM 式觸控借／還書及結帳螢幕及取書出書口。搭配的儲書櫃安裝四軸精密機械取書手臂，儲書櫃安裝數量依本機所在的位置空間大小而定。

本系統可安裝於圖書館本館以外的適當位置，擴大圖書館服務範圍與時間，與圖書館資訊系統連線後，提供以下服務：

1. 本機借書：透過觸控螢幕查詢本機藏書，經借書證驗證程序後，系統自動取書、出書。
2. 本機雲端借書：受限於本機僅有一座借書螢幕，恐造成借書壅塞，為擴大服務讀者且順應無線手持式裝置（智慧型手機、平板電腦……）之普及，採用本機之圖書館可開發雲端借書 APP，提供讀者於本機前可操作自備的手持式裝置連入館藏資料庫，線上預約立即取書。
3. 預約館藏書籍，異地取書：透過上網設備至圖書館資訊系統預約借書，再至讀者指定離家最近的行動圖書館系統經借書證驗證程序後，系統自動取書、出書。
4. 本機還書：透過觸控螢幕選取還書功能，機械手臂自動取書上架，並列印收據憑證，可提供甲地借書乙地還書的服務，而上架後的書籍可立即再次借出，大大提高書籍週轉率。

本系統與現有市面上自動圖書館系統（以國資圖為例）之功能比較如表 2：

表 2

本機與現有市面上自動圖書館系統之功能比較

	本機	坊間自助圖書館系統 (以國資圖為例)
自動取書、下架	○	○
自動還書、上架	○	○
服務時間 (每日)	24 小時	12 小時
雲端預約借書	○	X
模組化設計	○	X
甲地借書乙地還書服務	○	X
相同藏書量之機體體積	4.5M ²	6.5M ²

資料來源：研究者自行整理。

一、技術性意涵

本研究植基於臺灣現有的產業基礎，運用已成熟的科技，有別於市面上已商品化的自助行動圖書館系統，在技術面上發展了以下創新：

1. 模組式設計。採機架式結構，可依所處空間彈性設置不同數量的儲書櫃，在讀者可接受的取書時間前提下，有效運用公共空間提高存書效率。
2. 臥式儲書機構。運用自然的抗地心引力原理，有效避免書籍變形軟化現象。
3. 彈性儲書空間設計。臥式儲書機構區分三種厚度尺寸，中尺寸（2-3 公分厚度）比例佔 80%，有效增加存書數量。
4. 交錯上下架撈取式設計。巧妙運用地心引力取書、置書，有效避免傳統夾爪式取、置書嚴重破壞書籍的現象。
5. 旋轉置書架設計。箱體內 360 度空間皆可運用，避免機體過於龐大。

二、管理性意涵

圖書館為一歷史悠久的產業，學者吳雪梅、朱和海（2010）認為，位於埃及亞歷山卓的亞歷山大圖書館，又稱古亞歷山大圖書館，曾是世界上最早的圖書館，由埃及托勒密王朝的國王托勒密一世在西元前三世紀所建造。圖書館產業歷經 2300 餘年的發展，除於主館之外建立分館及圖書車下鄉以服務讀者外，其區位普及性及公共空間可及性改善較少，借、還書模式也沒有太大的改變（吳可久，2009）。

受惠於現代資訊科技及精密機械產業的進步，圖書館產業經營模式確有創新的空間與機會，其中自助式服務科技將是非常值得開發的創新經營模式；自助服務科技是指消費者

自行透過與網路或機器的互動，取得所需的產品或服務，取代傳統以人員互動的交易或服務模式。林家吟（2014）引述學者 Alice Dragoon 說法，認為如果能有效地讓客戶進行自助式服務，將可以省下更多成本，增加營收，並提高顧客的忠誠度。而有效的自助式服務必須先有以下六項前提：讓顧客有利可圖、讓交易方式更直覺、有效的顧客教育訓練、選擇正確的設置地點、注意系統的整合及周延的事前測試。成功的自助式服務模式將可提高顧客對服務的可及性、節省成本、增加營收，並提高顧客的忠誠度。

本研究開發之自助式行動圖書館系統，在自助式服務管理意涵上具有以下幾點創新：

1. 搭配物流服務，可達成 24 小時服務的目標。讀者服務時間延長自然增加圖書館公共空間的可及性。
2. 提供圖書週轉率。除傳統的自動下架借書外，提供自動還書上架的服務，且可亂數儲存不必經順架程序，可有效提升圖書週轉率。
3. 線上預約借書，指定地點取書。讀者因不必舟車勞頓地親至本館或分館取書，大大提升讀者的借閱意願，可有效提升借閱率。
4. 雲端借書或預約。運用普遍的手持式智慧裝置，讀者不需排隊至系統的觸控式人機介面借書或預約，將可降低系統閒置時間，提高顧客滿意度。
5. 甲地借書乙地還書。讀者不必親至本館或分館取書或還書，大大提升讀者的借閱意願，有效提升借閱率。

隨著資訊科技的快速發展，企業已廣泛運用自助式服務科技。營利性組織因而提高營收與利潤自不待言，非營利組織也可藉此提升顧客的整體滿意度。本研究開發的自助式行動圖書館系統即為典型自助式服務的實踐，過去積極改善經營模式的公共圖書館，或已開始投入，但成效有待加強，在技術面、管理面均有創新的本研究，或許是圖書館經營模式再創新的另一個開端。

三、後續改善方向

1. 箱體結構外觀改善，配合安裝位置的不同將設計二種規格：具挑高建築且面積較大的公共空間，安裝高度為 2300mm 之機櫃箱體；一般建築物或學校安裝高度為 2100mm 之機櫃箱體。
2. 預留水平擴展輸送方式與垂直升降輸送方式。
3. 改善模組拆卸與組裝之便捷性及精度調校便利性。
4. 改善移運方便性。
5. 以固定式膠盒承載管理，以避免因書籍自然下垂而造成之機械手臂承取精度降低，預定作法如圖 10 所示（左圖為改善前、右圖為改善後）。



圖 10 固定式膠盒承載管理

資料來源：研究者自行整理。

(接受日期：2019 年 2 月 2 日)

參考文獻

- 丁敏帥 (2010 年 7 月 19 日)。RFID：讓文化服務“智能”起來。《中國文化報》，5 版。
- 呂春嬌 (2012)。微型自助圖書館，國家教育研究院圖書館學與資訊科學大辭典。檢自 <http://terms.naer.edu.tw/detail/1679115/>
- 呂春嬌、李宗擘 (2011)。國立臺中圖書館「微型自助圖書館」營運績效暨使用者滿意度調查初探。《國家圖書館館刊》，100(1)，43-63。
- 赤尾洋二 (1991)。新產品開發—品質機能展開之實際應用。臺北市：中國生產力中心。
- 余顯強 (2005)。無線射頻識別技術之應用與效益。《中華民國圖書館學會會報》，75，27-36。
- 吳可久 (2009 年 8 月)。圖書館建築與動線規劃。在李建賢主持，第三十一屆醫學圖書館工作人員研討會暨台灣實證醫學學會 2009 學術年會聯合學術研討會暨 2009 年海峽兩岸醫學圖書館工作人員研討會。臺北榮民總醫院圖書館主辦，臺北市，中華民國。
- 吳雪梅、朱和海 (2010)。亞歷山大圖書館及其對後世文化的影響，《阿拉伯世界研究》，2010(5)，68-73。
- 林佳蓁 (2012)。微型自助圖書館使用後評估之研究 (未出版之碩士論文)。逢甲大學建築所，台中市。
- 林家吟 (2014)。科技準備度與熟悉度影響自助性服務滿意度及持續使用意圖之研究 (未出版之碩士論文)。國立中正大學資訊管理研究所，嘉義縣。
- 國立公共資訊圖書館 (2017)。公共圖書館統計系統，檢自

- <http://publibstat.nipi.edu.tw/index.php?do=analyze&year=2016>
- 陳佐瑋 (2000)。空間互動模型中可及性變數之敏感性分析 (未出版之碩士論文)。國立成功大學都市計劃研究所, 臺南市。
- 陳婉鈺 (2007)。初探都市設計審議之獎勵與回饋—以信義計畫區高層辦公建築為例 (未出版之碩士論文)。國立臺灣科技大學設計學院建築研究所, 臺北市。
- 黃彥霖 (2009)。高雄捷運全球首創自動販賣機式自助無人圖書館, 檢自 <http://www.ithome.com.tw/node/58606>
- 劉志成 (2003)。TRIZ 方法改良與綠色創新設計方法之研究 (未出版之博士論文)。國立成功大學機械工程系, 臺南市。
- Altshuller, G. (2000). *The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity*. Worcester, MA: Technical Innovation Center.
- Altshuller, G. (1997). *40 principles: TRIZ keys to technical innovation*. Worcester, MA: Technical Innovation Center.
- Bateson, J. E. G. (1985). Self-service consumer: An exploratory study. *Journal of Retailing*, 61(3), 49-76.
- Berry, L. L. (1999). *Discovering the soul of service*. New York: Free Press.
- Bitner, M.J., Ostrom, A.L., & Meuter, M.L. (2002). Implementing successful self-service technologies. *Academy of Management Executive*, 16(4), 96-108. doi:10.5465/AME.2002.8951333
- Bitner, M. J., Brown, S. W., & Meuter, L. M. (2000). Technology infusion in service encounters. *Journal of Academy of Marketing Science*, 28(1), 138-149. doi:10.1177/0092070300281013
- Bossert, J. L. (1991). *Quality function deployment: A practitioner's approach*. New York: ASQC Quality Press.
- Choi, S. H., Cheung, H. H., Yang, B., & Yang, X. Y. (2013). Implementation issues in RFID-based anti-counterfeiting for apparel supply chain. *International Journal of Intelligent Computing Research (IJICR)*, 4(4), 365-375. doi:10.20533/ijicr.2042.4655.2013.0048
- Considine, E., & Cormican, K. (2016). Self-service technology adoption: An analysis of customer to technology interactions. *Procedia Computer Science*, 100, 103-109. doi:10.1016/j.procs.2016.09.129.
- Dabholkar, P.A. (1994). Incorporating choice into and attitudinal framework: Analyzing models of mental comparison processes. *Journal of Consumer Research*, 21(1), 100-118.
- Dabholkar, P.A. (1996). Consumer evaluations of new technology-based self-service options: An investigation of alternative models of service quality. *International Journal of Research in Marketing*, 13(1), 29-51. doi:10.1016/0167-8116(95)00027-5
- Gehl, J. (1996)。戶外空間的場所行為：公共空間使用之研究 (Life between buildings: Using public space) (陳秋伶譯)。臺北市：田園城市文化。(原著出版年：1986)
- IDTechEx (2016). *RFID Forecasts, Players and Opportunities 2016-2026*. Retrieved from <https://www.prnewswire.com/news-releases/rfid-forecasts-players-and-opportunities-2016-2026->

300220272.html

International Federation of Library Associations and Institutions (1995). UNESCO public library manifesto 1994. *IFLA Journal*, 21(1), 66-67.

Iqbal, M. S., Hassan, M. U., & Habibah, U. (2018). Impact of self-service technology (SST) service quality on customer loyalty and behavioral intention: The mediating role of customer satisfaction. *Cogent Business & Management*, 5(1). doi:10.1080/23311975.2018.1423770

Kantor-Horning, S. (2009). Self-service to the people: The California State Library golibrary project uses automated materials vending to aid underserved populations in new ways. *Library Journal*, 134(13), 16-19.

Kauffman, R. J., & Lally L. (1994). A value platform analysis perspective on customer access information technology. *Decision Science*, 25(5), 767-794. doi:10.1111/j.1540-5915.1994.tb01869.x

LabVIEW (2018). In Wikipedia, the free encyclopedia. Retrieved from <https://zh.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>

Lynch, K. (1960). *The image of the city*. London: Harvard-MIT Joint Center for Urban Studies Series.

Lovelock, C. H., & Young, R. F. (1979). Look to consumers to increase productivity. *Harvard Business Review*, 57(3), 168-178.

Meuter, M. L. & Bitner M. J. (1998). Self-service technologies: Extending service frameworks and identifying issues for research, marketing theory and applications. In Grewal, D., & Pechmann, C. (Eds.), *AMA Winter Educator's Conference Proceedings* (Vol. 9, p. 12-19). Chicago: American Marketing Association.

Meuter, M. L., Bitner, M. J., Ostrom, A. L., & Brown, S. W. (2005). Choosing among alternative service delivery modes: An investigation of customer trial of self-service technologies. *Journal of Marketing*, 69(2), 61-83. doi:10.1509/jmkg.69.2.61.60759

Meuter, M. L., Ostrom, A. L., Roundtree, R. I., & Bitner, M. J. (2000). Self-service technologies: Understanding customer satisfaction with technology-based service encounters. *Journal of Marketing*, 64(3), 50-64. doi:10.1509/jmkg.64.3.50.18024

Meyer, M., & Miller, E. (2001). *Urban transportation planning*. New York: McGraw-Hill.

Pasaogullari, N. & Doratli, N (2004). Measuring accessibility and utilization of public spaces in Famagusta. *Cities*, 21(3), 225-232. doi:10.1016/j.cities.2004.03.003

Parasuraman, A. (2000). Technology Readiness Index (TRI): A multiple-item scale to measure readiness to embrace new technologies. *Journal of Service Research*, 2(4), 307-320. doi:10.1177/109467050024001

Parasuraman, A., & Grewal, D. (2000). The impact of technology on the quality-value-loyalty Chain: A research agenda. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 28(1), 168-174. doi:10.1177/0092070300281015

Seybold, P. B., & Marshak, R. T. (1998). *Customers.com: How to create a profitable business strategy for*

the Internet and beyond. New York: Crown Business.

Sindell, K. (2000). *Loyalty marketing for the Internet age: How to identify, attract, serve, and retain customers in an e-commerce environment*. Chicago: Dearborn Financial Publishing.

Shahid, S. M. (2005). Use of RFID technology in libraries: A new approach to circulation, tracking, inventorying, and security of library materials. *Library Philosophy and Practice*, 8(1), 1-9.

Susianto, C. C., & Fachira, I. (2015). The influence of self service technology (SST) toward customer satisfaction. *Journal of Business and Management*, 4(6), 728-742.

Wehrich, H. (1982). The TOWS matrix: A tool for situational analysis. *Long Range Planning*, 15(2), 54-66.