

探討擴增實境融入圖書館導覽學習系統對大學生學習成效之影響

吳姿伶¹ 張懷綾² 金凱儀^{3,*}

摘要：圖書館在教育環境中扮演著重要的角色，提供豐富的圖書資源和學術活動以滿足使用者的自主學習需求。然而，傳統圖書館服務無法滿足現代學習者的需求，因此引入科技輔助成為必要之舉。行動科技技術在教育領域的廣泛應用已證明對提升學習成果的有效性，並有許多研究證實行動科技在非正式學習環境中，能夠產生提高學生興趣和學習成效的效果。此外，擴增實境（**augmented reality, AR**）技術的應用為教學帶來新的可能性，能夠結合真實環境和虛擬資訊，減少視覺干擾，提高注意力和專注度。因此，本研究旨在開發一套基於 **AR** 互動技術的行動式圖書館導覽學習系統，以提升大學生對圖書館資源的利用效率。本研究邀請 41 位修程式設計課程之大學生參與單組試驗研究。實驗開始前，大學生需先完成圖書館知識測驗，以利於後續測驗進行比較。完成導覽和學習活動後，大學生再次完成圖書館知識測驗、科技接受度和認知負荷問卷，用以評估學生在圖書館導覽學習活動的學習成效方面的變化，瞭解對科技接受度和認知負荷兩方面的反應。本研究結果顯示行動式圖書館導覽學習系統對於支持大學生瞭解圖書資源，具有極佳的學習成效，並對科技接受度的易用性和有用性產生正面影響。此外，亦證實應用 **AR** 技術進行圖書館導覽學習活動，並未增加學生的認知負荷。

關鍵字：行動科技、科技接受度、圖書館教育、認知負荷、擴增實境

Exploring the Impact of Augmented Reality Into Library Guided Learning Systems on the Learning Effectiveness of University Students in Library Navigation and Learning Activities

Wu, Tzu-Ling¹ Chang, Huai-Ling² Chin, Kai-Yi^{3,*}

Abstract: Libraries play a pivotal role in the educational landscape, providing extensive resources and academic activities to meet the self-directed learning needs of users. However, traditional library services are no longer sufficient to meet the needs of contemporary learners, who require integrated technological aids. The widespread

投稿日期：2023 年 7 月 29 日；通過日期：2023 年 10 月 14 日。

本論文感謝兩位匿名評審的修正意見，文中言論由作者自行負責。

¹ 東吳大學資料科學系大學部學生

² 國立陽明交通大學教育研究所博士研究生

³ 東吳大學資料科學系教授

* 通訊作者：金凱儀，E-mail：kychin.scholar@gmail.com

adoption of mobile technology in education has been demonstrated to be effective in enhancing learning outcomes, with numerous studies having showcased its positive influence on student engagement and learning effectiveness in informal learning contexts. Augmented reality (AR) technology has provided new instructional opportunities because it seamlessly merges real-world environments with virtual information. This minimizes visual distractions and enhances attention and focus. Hence, the present study aimed to develop an AR-based library navigation and learning (ARL-NLS) system to optimize the utilization of library resources among university students. In this research, 41 university students enrolled in a programming course participated in a one-time study. Prior to the experiment, each participant completed a library knowledge assessment, the results of which were subsequently used to evaluate learning outcomes. After participating in library navigation and learning activities, the participants completed a series of post assessments. These assessments included library knowledge assessments, technology acceptance questionnaires, and cognitive load questionnaires. These measures were used to identify differences in learning effectiveness related to both library navigation and learning activities. Furthermore, these assessments were used to determine the participants' perspectives regarding technology acceptance and cognitive load. The findings indicate that the developed system (ARL-NLS) yielded superior learning outcomes with respect to students' comprehension of library resources. It also positively influenced both the usability and usefulness dimensions of technology acceptance. Notably, the use of AR technology in library navigation and learning activities did not lead to an increase in cognitive load.

Keywords: mobile technology, technology acceptance, library education, cognitive load, augmented reality

壹、緒論

根據教育部統計資料顯示，我國大專院校學校數共計 149 所（國家發展委員會，2022），而在政府資料開放平臺數據則顯示目前大專院校圖書館約有 148 個（政府資料開放平臺，2022）。由此可見，圖書館在大專院校的分布非常廣泛。許多學校更考量到圖書館與師生之間的緊密關係，將圖書館設立在校園的中心位置，此作法不只應驗「圖書館是大學的心臟」（the heart of the university metaphor）這一名言的真實性，更是反映了圖書館在

教學機構中占有舉足輕重的地位（Euster, 1995）。過往圖書館主要功能為收藏及提供資源，同時也提供使用者教育和資源利用方面的服務，以幫助使用者更有效地瞭解和利用圖書館的資源。然而，一些研究指出，傳統圖書館導覽存在一些問題，包含館內人力不足、圖書館教育的財政資源缺乏、導覽時間隨圖書館人員的編制而有限制、害怕打擾他人等（Dalili Saleh et al., 2022）。由此衍生出一種心理現象——圖書館焦慮。這種焦慮源自對圖書館環境、資源和服務的不熟悉感，以及對圖書館工作人員或其他用戶的擔憂（Gardijan,

2021)。因此，隨著科技進步和個人裝置的普及，人們開始使用新興科技解決上述提出引發圖書館焦慮的可能性，例如提供線上書籍查詢系統、行動應用程式、個人化導覽體驗等。如此一來，傳統圖書館的利用教育早已無法滿足現今的需求。故有學者提出數位圖書館的概念，不僅重新定位圖書館的教育工作，更提供翻轉服務來達到貼合個人化需求之目的（呂姿玲，2018；林巧敏，2006；曾淑賢，2014）。

行動科技（mobile technology）早在日常生活中深入應用，不僅提升個人與家人和朋友的溝通，更延伸到網路購物和娛樂等領域的應用。在教育領域方面，行動設備的可用性已經被充分應用於學習環境，創建了跨越時空、資源豐富、互動方便的真實教學場景。許多學者已經開始運用行動設備來輔助教學活動，並取得比傳統學習更好的成果（Fojtik, 2014）。部分學者更是將行動裝置結合不同學習策略或新科技，進一步改變過往使用者的學習模式，增添趣味性及新奇感，最終達到延長及鞏固學習記憶之目的（王子華、楊凱悌，2015；吳婷婷等人，2017；宋誌凱等人，2022；林世倉等人，2020）。而圖書館館方也開始研究並提供行動科技，彌補圖書館服務中的不足。Paterson 與 Low（2011）透過問卷調查發現，約 60% 的學生認同行動裝置應用於圖書館既方便又實用，並建議功能應包含其平面圖和地圖、圖書館空間預訂和個人帳戶等功能。中國許多大學圖書館則開發新的移動圖書館服務模式，包括借用物品、圖書逾期提醒和研究空間預約等服務（Wei & Yang, 2017）。S.-C. Chen（2019）則提到使用行動裝置能更迅速地找到所需資訊。綜上

所述，行動科技可以通過克服時間和空間限制，使訪問圖書館資源變得更加智能及高效。

早期研究顯示，人類大約有 80% 的資訊是透過視覺管道接收，且人們對外界的認知主要依靠視覺觀察和學習。而心理學家指出，視線軌跡能夠直接反映個體注意力分布和認知策略的重要指標（Just & Carpenter, 1976; Poole & Ball, 2005）。故能將工作任務和說明資訊同時顯示在人們的視覺範圍中，就能有效減少人們的掃視抑制（saccadic suppression）次數和分心時間。擴增實境（augmented reality, AR）便是能實現將虛擬資訊與真實環境結合在同一畫面中的技術。Azuma（1997）提出 AR 具備三種特性，結合真實與虛擬、即時性的互動、須在三度空間內，且 AR 並非要取代真實，而是擴充真實。Kaufmann 與 Schmalstieg（2006）進一步證實使用 AR 能做到使用者減少視覺干擾，讓使用者更專注於工作任務中。因此，在教學實踐中，AR 的應用越來越常見，且對學習者而言具有很高的滿意度及提升學生的專注力及學習成效的效果。（黃秋霞、楊志強，2020；蔡浩軒、孟瑛如，2020）。圖書館領域仍然處於早期發展階段。儘管如此，AR 工具在圖書館中也是必不可少的，它增加數位典藏獲取的機會（Adeyemi et al., 2023）。

當一種新科技或資訊系統初次應用時，評估其是否成功，關鍵在於目標使用者對該技術的採用。根據 Davis（1989）的觀點，開發者通常關注人們對於使用特定技術工具的態度，這種態度受到兩個關鍵因素的影響，即感知有用性（perceived usefulness, PU）和感知易用性（perceived

ease of use, PEOU)。PU 指的是使用者認為某項技術工具對於提高工作速度、改善工作流程以及增加工作表現和未來的收益有幫助時，他們更有可能願意使用該工具。PEOU 則是使用者對於一個科技工具的使用難度的主觀感知。當使用者認為可以掌握並有效地運用工具，便會更願意主動學習和使用它。因此，PEOU 不僅影響使用者對於工具的信心，還影響他們對於學習新技術的態度。如今現實中已有許多圖書館提供行動應用程式給予使用者應用，並採用科技接受度探討行動科技應用於圖書館環境中的狀況。大多數的研究皆認同 PU 及 PEOU 是影響數位圖書館使用意願的重要決定因素 (Aharony & Prebor, 2015; Hong et al., 2002; Joo & Choi, 2015)。而影響 PU 及 PEOU 的關鍵在於介面特徵 (如導航清晰度、畫面設計)、組織環境和使用者經驗差異 (Hong et al., 2002)。如果在學習中提供的訊息較為複雜或系統設計不良，這將會降低使用者對於系統的 PU 和 PEOU 評價，並最終導致使用者產生認知負荷。當學習內容過於混亂或訊息過載，使用者難以應對、無法完成學習任務時，最終使他們減少或放棄使用系統。由此可知，當引入新系統到教學環境時，深入研究使用者對行動圖書館應用程式的採用意向是至關重要的。而本研究採用 AR 技術，目的在於使虛擬教學畫面更加直觀和易理解，企圖降低使用者的認知負荷。

綜合上述，本研究認為科技接受度可以對使用者對 AR 技術的態度產生影響，進而影響他們在使用該技術時可能面臨的認知負荷。同時，認知負荷也會影響使用者對技術的態度。因此，為釐清行動式圖書館導覽學習系統應用於實體圖書館

教育環境中，是否對學習者具有良好的科技接受度，以及提升其學習成效與降低認知負荷。本研究提出一套以 AR 技術為基礎的行動式導覽學習系統 (AR-based library navigation and learning system, ARLNLS)，運用於圖書館環境當中。本研究為初步瞭解 AR 行動技術的教學成效，將運用 ARLNLS 進行單組試驗研究 (one-shot study)，並藉由實施前後測、問卷之形式，探討透過 AR 技術的支援，實現創新性的圖書館導覽學習活動之可行性。本研究之研究問題如下：

- 一、學生透過 ARLNLS 進行導覽學習活動前後的學習成效變化為何？
- 二、學生在使用 ARLNLS 進行導覽學習活動後，其科技接受度 (有用性、易用性) 表現如何？
- 三、學生在使用 ARLNLS 進行導覽學習活動後，其認知負荷 (心智努力、心智負荷) 表現如何？
- 四、學生的科技接受度 (有用性、易用性) 與其認知負荷 (心智努力、心智負荷) 之間是否存在顯著負相關？

本研究的最終成果將作為未來在圖書館環境中應用 AR 技術的參考依據。透過分析結果，將調整 ARLNLS 系統的功能和設計，以更好地適應學生的實際需求，提高他們對系統的接受度和使用意願。本研究期望這些改進能夠有效提升圖書館環境的內部服務，並提供更豐富的學習體驗。

貳、文獻探討

一、行動科技作為輔助學習的工具

科技的發展逐漸改變人們的工作形式及生活狀態，而行動化更是提升了應

用的效率與即時性。行動學習（mobile learning）是繼數位學習（e-learning）後興起的學習模式之一，基於數位學習的概念，但解決了地域的限制（沈中偉、黃國禎，2012）。換言之，行動學習便是在數位學習的基礎上，將媒介轉換為行動裝置，讓使用者可以隨地進行學習。此外，許多學者由於觀點的不同對行動學習的定義也有些許不同，但大多數認為行動學習應具備以下特點，其一採用行動運算裝置作為教學載具，其二則是支援無所不在的學習環境，最後則是具有主動且情境化的元素（高台茜，2002；Hoppe et al., 2003; Klopfer et al., 2002; Lehner & Nosekable, 2002）。綜上所述，運用行動裝置進行學習最大的價值除了便利性（convenience）、立即性（immediacy）外，更具有權宜性（expediency）及個別化（individuality）。

目前有不少學者整合各式行動設備融入教育中，而智慧型手機屬於普及率最有優勢的行動科技載具（Quinn, 2008）。例如，黃昭銘等人（2016）透過行動載具 iPad 協助進行教學。他們將系統分為學生端與教師端，學生透過應用程式進行學習，教師則能透過應用程式即時回饋學生的學習狀況，並適時的調整教學步調。張婉珍（2015）則是透過多媒體注釋大學的英文單字，而採用的行動裝置包含智慧手機及平板電腦，並透過科技接受模型來檢測學生使用該應用程式進行複習及預習的狀況，除了將行動科技輔助於正式課程，也能應用在非正式課程，如導覽活動、旅遊等。侯淳馨等人（2018）便將手機結合 AR 技術及全球定位系統定位為大學生進行古蹟導覽活動，其系統不僅可以引導學

生走訪各古蹟，且學生的學習效果比紙本資料的導覽方式更優秀。總體而言，行動科技作為輔助學習的工具提供了更靈活、便捷、個性化和情境化的學習體驗，有助於提高學習效果和學習者的參與度。它在教育和培訓領域有廣泛的應用潛力。

雖然國內研究行動科技輔助學習的時間並不長，但已累積一定數量之研究。迄今為止，對於行動學習在教學上的實際成效仍缺乏一致的結論，且目前尚未達成共識（李漢岳等人，2017；Burstion, 2015）。雖然許多類似研究透過實驗分析來證實行動學習在學習成效、科技接受度、參與感等皆具有正向效益，例如 Kim 等人（2012）即分析行動學習結合部分教學法，是足以影響學生的學習成效。Sung 等人（2015, 2016）則是提到教學者應當注意行動裝置介入學習時機及時長，才能給予學習者最好的學習成效。但是也有學者質疑行動科技應用教學缺乏人情味，可能會造成學生的焦慮感和挫折感（陳昭珍等人，2021）。其次，有學者認為許多年紀較小的學生，雖然會因設備而提高學習興趣，但沒有適當的引導及幫助，其學習成效往往不如預期（曹忠成等人，2016）。再者，若長期使用行動裝置，亦可能造成學生近視或引起姿勢不良等後遺症，且手機螢幕較小，也可能對於有效的學習體驗構成限制（曹忠成等人，2016；Stockwell, 2007, 2010）。最後，目前市面上有許多行動科技應用於圖書館的案例，甚至也有將 AR 導入圖書館當中的例子（王雅芬，2023；國立臺灣大學圖書館，2023）。然而針對國內圖書館教育活動進行成效研究之相關成果仍不多。因此，這類的教學工具對於學生的學習體驗和成效之變化情形，仍是一個值得探索的議題。

綜合以上所述，本研究旨於開發一個 ARLNLS，並以提供使用者深入探索圖書館資源為目的，且在走訪圖書館的過程中，還能記錄每位使用者的使用情況和學習歷程，以進一步提升圖書館的使用價值和學習效率之目的。

二、圖書館的科技教育

數位化圖書館查詢系統是現代圖書館中常見的技術，它利用網頁技術來提供用戶方便快捷地搜索圖書館資源的功能（Kumaran & Subangi, 2017），例如 Tsai 等人（2012）透過數位圖書館查詢系統在常規課程中幫助教師進行教學，還能夠促進學生的學習歷程，並引出他們的正向學習態度。隨著智慧型手機的誕生和普及，教學方式也出現變革。手機作為一臺小型電腦，能夠完成許多簡單的事務，這也為實體圖書館帶來轉型的重要契機。透過電子設備，每個人都能夠方便地接觸線上教育資源，使得圖書館的線上資源取用和學習變得更加普遍，校內使用者和遠距學習者之間的界線也變得模糊（于第等人，2010）。除此之外，智慧手機作為一種個人使用之設備，能更加貼合個人化的運用。不同於館內現有的設備，使用者需要先學習如何操作這些設備，然後再進行學習活動。若將手機作為學習載具，使用者只需專注在學習內容上，無需額外學習操作手法，提高了使用的便捷性和效率。

為了提供更豐富的資源，圖書館在原有的網頁上新增了電子書、影片、影音和多媒體教材等數位內容，以供讀者使用。同時，一些學者提出了將低功耗藍牙裝置結合圖書館應用程式的概念，他們認為其應用方式可以通過藍牙裝置與行動裝置相

連，來提供個人化的導覽服務（Guamán & Cordero, 2020），而圖書館員還能瞭解館內人潮的分布情況（Dowdy, 2020; Liu & Hsu, 2018）。其中，D.-Y. Liu 與 Hsu（2018）利用低功耗藍牙設備讓手機即時收到推播內容，並進行館內互動的體驗，來增加學習的趣味性。因為行動科技的發達，讓手機應用於圖書館環境中的案例逐漸增加。透過這些創新的應用和技術，行動圖書館提供了更方便且多元化的資源和服務。它使讀者能夠隨時隨地存取圖書館的資源，並享受個人化的服務，而這也促使圖書館不斷進行轉型和創新，以滿足用戶的需求，並提供更好的學習體驗。

由上述各科技應用於圖書館可得知，電子設備使用得宜對使用者是有正面影響，因此本研究為大學圖書館建構一套 ARLNLS，利用 AR 技術幫助學生瞭解圖書館的基本構造，使用互動的技術讓學生產生黏著度及興趣，藉此提高學生使用圖書館資源之效率。

三、AR 應用於圖書館服務

圖書館服務的演進與改變是以使用者的需求為中心，並受到科技發展的影響。當科技環境不斷變化時，圖書館必須不斷調整和適應，以確保服務能夠保持其價值和效益。這種調整和變革的過程包括多個層面。首先，借助資訊通訊科技來建立新的服務通道（可以是實體的或虛擬的）、擴展服務據點或與不同行業合作、建立虛擬圖書館等創新方法（呂姿玲，2018）。這些變革是為了確保圖書館能夠繼續滿足不斷變化的使用者需求，並保持其在知識傳播和教育領域的關鍵地位。這些創新實踐可視為未來公共圖書館服務的核心趨勢。

圖書館服務領域正逐漸走向整合 AR 技術，以滿足使用者需求，這一趨勢已經受到學術界的廣泛關注（Baumgartner-Kiradi et al., 2018; Santo & Esposito-Betan, 2017; Stanica et al., 2019）。Baumgartner-Kiradi 等人（2018）提出 AR 技術可以在多媒體資訊檢索、準確導航以及提供相關輔助資訊方面提供實質幫助。在圖書館環境中，書籍通常根據主題和目錄號碼在特定地理位置上有序排列，因此上下文資訊對使用者非常重要。此外，書籍的不斷借閱、移動和放錯位置等情況常常發生，如果沒有適當協助，使用者在尋找書籍時可能會面臨困難（Huang et al., 2016）。為了應對這些挑戰，Brinkman 與 Brinkman（2013）提出一個名為 ShelvAR 的 AR 解決方案，旨在協助圖書館員快速而準確地排列圖書。ShelvAR 使用標記技術來識別書籍的背面，並自動指示書籍的正確或錯誤排列。這不僅節省了人眼識別所需的時間，還減少了人為錯誤的發生。C.-M. Chen 與 Tsai（2012）則將 AR 技術應用於圖書館學習，以 3D 角色互動的方式和基於故事情節的遊戲教導小孩如何在實體圖書館中搜索書籍並進行學習。研究結果顯示，AR 學習系統的效果與由實際圖書館工作人員進行的引導相似，因此能夠有效地減少圖書館管理的人力成本。而 Stanica 等人（2019）提出了使用三維重建技術，將使用者置身於混合現實環境中，參與圖書館內的各種活動。這項研究證實，通過 AR 融合書籍，能夠有效地提高使用者的閱讀興趣。

總之，AR 技術在圖書館服務中不僅提升了圖書館的效能，還提供了更吸引人的使用者體驗，符合現代圖書館服務的核

心趨勢。因此，本研究使用 AR 作為學習導覽活動的工具，利用 AR 技術幫助學生瞭解圖書館的基本構造，使用互動的技術讓學生產生黏著度及興趣，藉此提高學生對圖書館資源之效率。

四、認知負荷

John Sweller 於 1988 年首次提出了認知負荷理論（cognitive load theory, CLT），他強調認知負荷是指在處理訊息時感受到的負荷狀態，由於人類的工作記憶容量有限，當學習者面對過多的內容時，將對理解能力造成負面影響，進而導致學習困難甚至產生反效果（Sweller, 1988）。此外，Paas 等人（1994）基於 Sweller 所提的 CLT，進一步將認知負荷細分為兩種類型，首先是心智負荷，即由於作業需求而產生的負荷，涉及處理資訊的複雜性，其次是心智努力，指學生為應對作業需求所付出的心理資源。因此，CLT 的目標是最大程度地降低不必要的認知負荷，以提供更有效的學習經驗，而降低認知負荷的方法可以透過適當的教學設計、資訊呈現和任務分配來實現，以減輕學習者在學習過程中的負擔，提高學習效果和成果。總結而言，過多的認知負荷會對學習造成負面影響。學習設計者應該注意減輕學習活動中的認知負荷，以提供更有效的學習環境。

近年，有許多學者探討教學活動的設計如何降低對學生認知負荷，其中包括分步引導學習、使用多媒體教材、引導注意力集中、簡化資訊呈現、提供明確的指導這幾種方式。例如涂金堂（2012）使用六個階段的分步解題歷程模式教導學生數學解題步驟，企圖讓學生瞭解每個解題步驟的原因，進而提高解題成功的機會；許睿

恩與劉曼麗（2020）使用多媒體教材進行等值分數的教學，增加教學活動時投入的心智努力，幫助自動化建構解題概念；陳欣儀與顏晴榮（2014）則是在線對稱圖型的教學活動中，教材分為有無分割、互動與否的變化來探討學生的認知負荷，其中分割是指教材分割片段，減少學生單次接受訊息量，互動是指多媒體教材具備互動按鈕，可以自行調整學習速度並幫助注意力集中。由此可知，正確的教學活動可以有效降低認知負荷，但是也需要注意學習環境中的外在因素，例如：噪音、天氣，還有對於特定學生激勵、動機也是影響學習的關鍵因素。

為此，本研究使用 AR 多媒體教材融入圖書館，藉由多媒體教材、AR 互動技術，觀察學生與本系統的教材內容、吉祥物互動的導覽模式，能否有效降低認知負

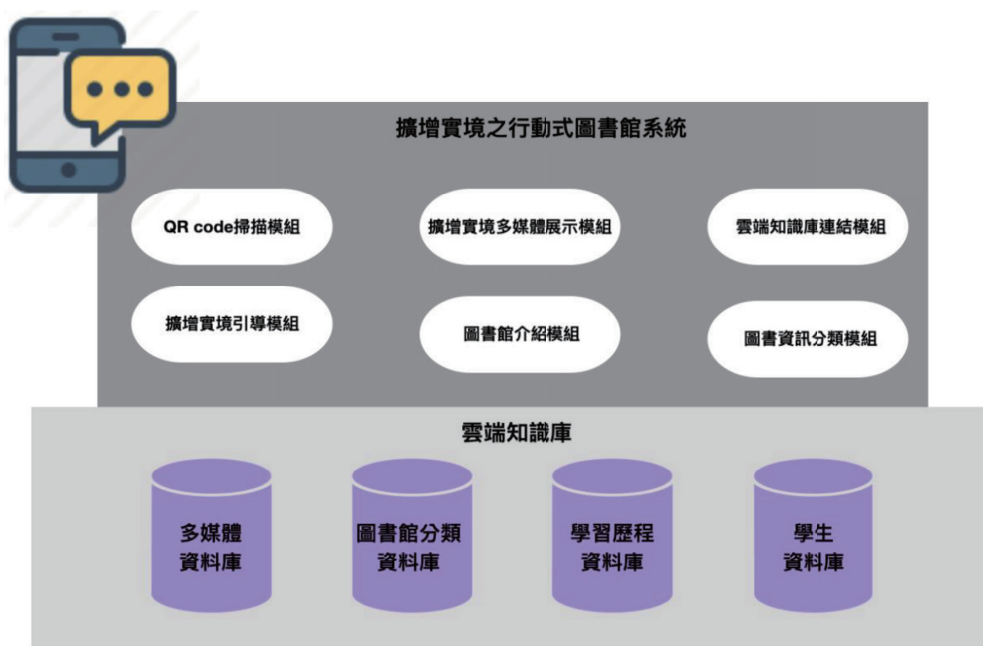
荷、增進科技接受度，從而提升學生的學習成效。

參、實驗方法與設計

一、ARLNL

本研究採用 Google Pixel 6a 作為實驗活動之智能裝置，並以 Android 平臺與 Python 為主要技術，開發行動式圖書館導覽系統的各項系統功能。此系統採用 MongoDB 作為遠端資料庫，以提供完整的資訊服務網絡。圖一顯示 ARLNL 架構，包含 AR 之行動式圖書館系統和雲端知識庫，ARLNL 具備「QR code 掃描模組」、「擴增實境多媒體展示模組」、「雲端知識庫連結模組」、「擴增實境引導模組」、「圖書館介紹模組」及「圖書資訊分類模組」。其中，雲端知識庫更分為「多

圖一
系統架構圖



資料來源：本研究自製。

媒體資料庫」、「圖書館分類資料庫」、「學習歷程資料庫」及「學生資料庫」。

二、學習歷程及步驟

（一）使用者引導

當使用者點擊進入應用程式後，首先進入首頁（如圖二所示），並進行註冊與登入個人資料，以利記錄個人之學習歷程，並保存於學生資料庫。接著，使用者可點擊上方的引導模式按鈕進入導覽介面，在圖書館貼放 QR code 處，掃描 QR code 導覽學習活動（如圖三所示）。此外，使用者掃描不同位置的 QR code 時，系統也能辨識使用者所處位置，提供使用者圖書館內各分類書籍的位置信息。當使用者選擇欲前往的圖書分類項目時，系統會提供對應的路線引導。

（二）AR 導覽

當系統確認使用者所在位置後，畫面會自動進入書籍類別之畫面（圖四），使用者可以選擇書籍所屬的類別，或輸入書名讓系統自行搜索類別。隨後，系統畫面會進入 AR 引導模式（圖五），畫面左上角顯示樓層平面圖並標記抵達櫃位之路

線，若欲前往書籍櫃位在其他樓層，畫面會出現引導文字，告知使用者需要前往之樓層。在使用者移動過程中，會有 3D 建模的物件於路途中指引，當使用者抵達所在的櫃位，點擊圖五畫面右側的「停止導覽」按鈕，便能退出引導畫面，使用者即可在小範圍裡找尋所需的書籍。在 ARLNLS 的擴增導覽的協助下，使用者可以更快速且順暢地完成找尋圖書館目錄及所需書籍。

上述功能是啟動了 ARLNLS 中的「擴增實境引導模組」和「圖書資訊分類模組」，而「雲端知識庫連結模組」則會自動記錄學生的學習歷程，並透過「雲端知識庫連結模組」將相關的歷程資料傳送至「學習歷程資料庫」，以供保存和檢視。

除了具備 AR 引導功能外，ARLNL 系統也有櫃位及書籍的相關介紹，當使用者位於櫃位前使用手機掃描 QR code 後，畫面將呈現圖書館分類說明的 AR 教材，讓使用者親臨現場瞭解圖書館分類的方法，能更清楚知道圖書類別及書標資訊所代表之意義。上述功能對應 ARLNLS 中的「擴增實境多媒體展示模組」，支援系統呈現出使用者想看的 AR 教材內容。

圖二
系統首頁畫面



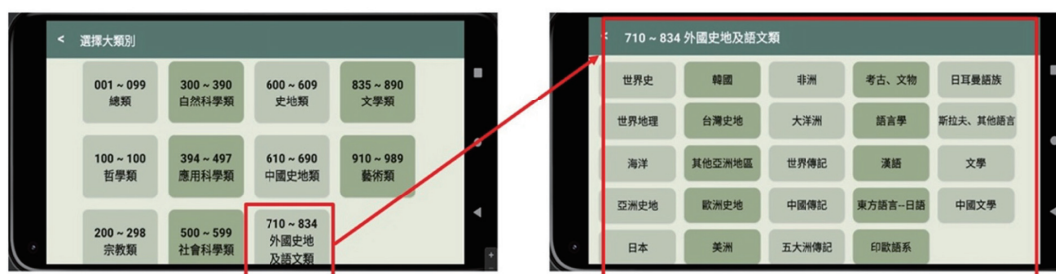
資料來源：本研究自製。

圖三
QR code 掃描畫面



資料來源：本研究自製。

圖四
書籍類別畫面



資料來源：本研究自製。

圖五
AR 引導畫面



資料來源：本研究自製。

此外，ARLNS 將圖書館館內的介紹資訊、服務訊息、可運用的資源等進行整理，使用者可從首頁點擊「教學手冊」按鈕進入學習畫面（圖六），其中的「常見問題」頁面會介紹圖書館的基礎使用資訊，讓初次進入或不熟悉圖書館的使用者，瞭解圖書館的相關規範、實體或線上服務內容、開放時間、借還書及可運用空間等資訊。

「教學手冊」畫面中的「教學影片」頁面，則是以影片的方式完整說明如何使用系統的引導功能（如圖七所示），而「應用指南」頁面主要提供使用者在使用此款應用程式可能會產生的疑問，例如註冊事宜、介紹提供的功能、吉祥物細部介紹等

等，這二個頁面的資訊都是協助使用者瞭解本系統的操作方式，並可以快速掌握如何使用本系統。上述功能對應 ARLNS 中的「圖書館介紹模組」，除了幫助使用者更熟悉圖書館所提供的服務之外，也讓他們可以透過 ARLNS 來完成圖書館的導覽學習活動。

三、測試對象與流程

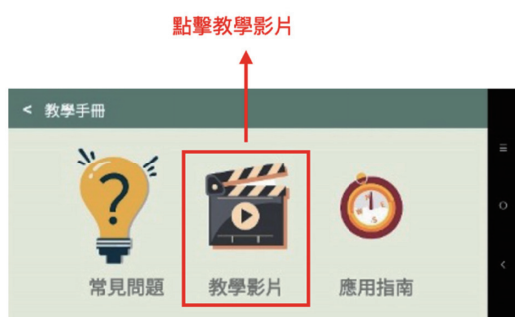
本研究招募國內北部某私立大學的大一學生作為參與者，共有 41 人，其中男生 21 人，女生 20 人，測試目的是讓剛入學的大學新生熟悉校內圖書館的環境，以便未來更好地利用圖書館資源。

如圖八所示，首先向所有受試者說明

本測試之目的與程序，申明可以自由選擇參加與否，受試者在活動進行中有權隨時退出，保障其意願，受試者瞭解實驗內容後，須簽署知情同意書。隨後進行約 20 分鐘的學習成效前測，接著受試者前往本

次測試的場所——圖書館，由施測人員協助及指導 ARLNLS 的使用方式，時間約 10 分鐘。隨後，所有受試者利用行動裝置進行 20 分鐘的導覽學習活動，並發放學習單讓受試者搭配導覽學習活動填寫。

圖六
教學手冊畫面



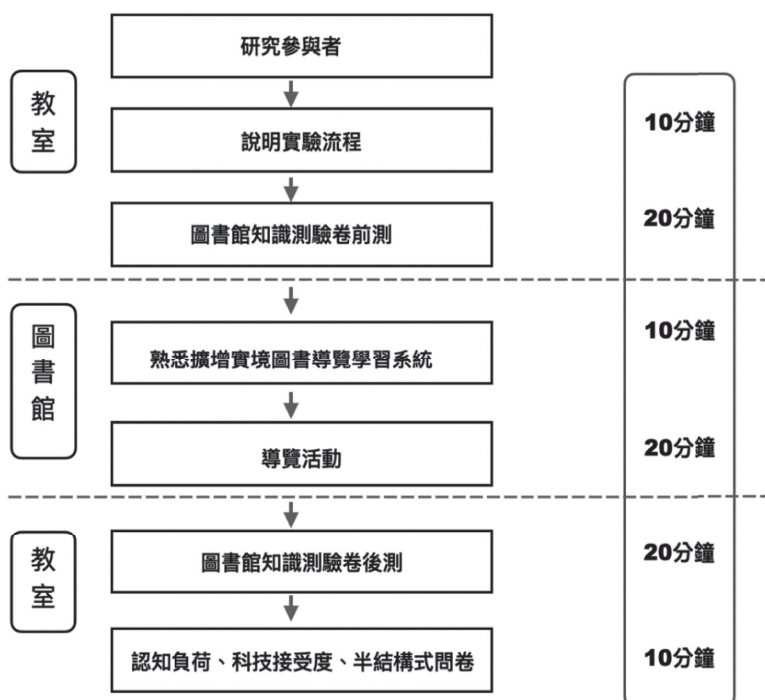
資料來源：本研究自製。

圖七
導覽功能教學影片畫面



資料來源：本研究自製。

圖八
測試流程圖



資料來源：本研究自製。

當完成導覽學習活動後，進行約 30 分鐘的學習成效後測、填寫認知負荷、科技接受度問卷。

四、測量工具

本研究使用三個量測工具進行實驗評估，首先是用於前後測的圖書館知識測驗卷，主要在量測受測者的學習成效之變化，這份測驗卷用於評估受試者在學習活動前後對圖書館知識的理解和掌握程度。科技接受度量表調查受測者對於 AR 行動式學習系統的接受程度，並評估其對於使用行動裝置進行導覽學習活動的態度和意見。認知負荷量表來瞭解受試者在使用行動式圖書館導覽系統時，所面臨的認知負荷程度，從而評估系統的使用體驗和效益。

(一) 圖書館知識測驗卷

本次實驗使用北部一所私立大學的大學圖書館知識進行設計，以測驗受試者在導覽活動後的學習成效變化。經過設計後的測驗卷交由兩位圖書館相關人員進行校閱，以確保前後測之測驗卷的有效度。此外，圖書館知識測驗卷前測及後測題型相似，但內容並不同。本份測驗卷的題目主要以選擇題（例如：請問圖書館內日本文學此類的索書號？A：861，B：761，C：962，D：874，共 20 題）的方式呈現，其難度區間為 0.32 至 0.80，鑑別度區間為 0.35 至 0.79，顯示這是一份難易適中的測驗卷。

(二) 科技接受度量表

本次實驗的科技接受度量表採用 Hwang 等人 (2013) 的量表進行改編，其具有兩個子構面，分別為有用性及易用性。有用性主要為使用者認知使用資訊科技可提高學習表現的程度（我覺得使用此

圖書館導覽學習系統對於我學習新知識很有幫助，共七題）；易用性主要為使用者認知使用資訊科技容易使用的程度（對我而言，學習圖書館導覽學習系統的操作並不困難，共七題）。使用 Likert 5 尺度，「1」表示完全不同意，「5」表示完全同意，總分越高者對於系統的接受度越高。整體問卷的內部一致性 Cronbach's α 係數為 .93，表示此份問卷具有高度的內部一致性。

(三) 認知負荷量表

認知負荷量表採用 Paas 等人 (1994) 的量表進行改編。當工作記憶的項目越多，負荷量越大。認知負荷更是分為心智努力 (mental load) 及心智負荷 (mental effort)。心智努力是所耗費的「努力」強度，越需要努力，負荷就越大（這個活動中的學習內容對我而言常常要花費很多心力才能完成。共四題）。而心智負荷則是指學習任務本身的要求（含複雜度、難度等），對個體之認知思考造成的負荷感（這個活動的教學方式很難理解或是難以跟上進度。共四題）；此問卷總共題項有八題。使用 Likert 5 尺度評定受試者的認知負荷，「1」表示完全不同意，「5」表示完全同意。此外，所有題項皆為反向題，因此分數越高，表示活動內容對受試者的負荷越高，而在問卷的分析結果中，整體問卷的內部一致性 Cronbach's α 係數為 .96，表示此份問卷具高度可靠性。

肆、實驗結果分析

本研究在北部一所私立大學的大學圖書館進行測試活動，使用 ARLNLS 為工具讓學生進行圖書館內的導覽學習活動。評估大學生在使用過 ARLNLS 前後，對

於圖書館知識的學習成效之變化，及對使用行動式導覽學習系統的科技接受程度，評估活動後的認知負荷。

一、學習成效之測驗結果

如表一所示，前測測驗平均分為 30.76 ($SD = 11.04$)，後測測驗平均分為 73.41 ($SD = 20.20$)，證明 ARLNLS 應用於圖書館環境中能提升學生找尋書籍之精準度及效率。進一步採用獨立樣本 t 檢定進行比較，前後測得分具有統計顯著性差異 ($t(41) = -10.58, p < .001$)，受試者經過學習活動後，對圖書館的學習成效有大幅度顯著的進步。換言之，將 ARLNLS 應用到圖書館環境中，能讓大學生清楚瞭解圖書館環境，並掌握和熟悉使用的規範。

二、科技接受度之因素分析

科技接受度量表分為「有用性」及「易用性」兩個因素，此問卷用於瞭解所有學生對於 ARLNLS 應用於圖書館導覽活動的滿意度及接受程度。

由表二得知，受測者對於 ARLNLS 之科技接受度的整體滿意為 4.16 ($SD = 0.67$)，其滿意度為中上程度，而 PU 為 4.15 ($SD = 0.69$) 及 PEOU 為 4.18 ($SD = 0.71$)。二個因素的平均值皆高於 4，受測者對 ARLNLS 的評價皆滿意。由此

可知，ARLNLS 對大學生來說，是一項簡單上手且容易使用的應用程式。

三、認知負荷之因素分析

採用 Paas 等人 (1994) 學者的理論作為認知負荷量表的基礎，包含「心智努力」以及「心智負荷」兩個面向。由於兩組題項皆為反向的題型，因此當填答者的分數越高，表示填答者的認知負荷越大。

由表三可知，受測者對於使用 ARLNLS 之認知負荷的「心智努力」平均值為 2.34 ($SD = 0.80$)，其心智努力為中下程度，而在「心智負荷」的平均值為 2.28 ($SD = 0.86$)，其心智負荷為中下程度。這說明 ARLNLS 對大學生來說，可以有效提升對圖書館的瞭解，且不會造成大學生的學習及應用負擔。

表二
科技接受度的因素分析結果

因素	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>
PU	4.15	0.69	.11
PEOU	4.18	0.71	.12
整體	4.16	0.67	.11

資料來源：本研究自製。

表三
認知負荷的因素分析結果

因素	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>SE</i>
心智努力	2.34	0.80	.13
心智負荷	2.28	0.86	.14

資料來源：本研究自製。

表一
學習成效測驗分析之結果

項目	前測 ($n = 41$)		後測 ($n = 41$)		<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>		
學習成效	30.76	11.04	73.41	20.20	-10.58	< .001

資料來源：本研究自製。

四、科技接受度與認知負荷之相關分析

根據表四可知，PU 與 PEOU 之間的關聯為 .85 ($p < .001$)；「心智努力」與「心智負荷」之間的關聯為 .82 ($p < .001$)，皆達到高度正相關。PU 與「心智努力」、「心智負荷」之間的關聯分別為 -.48 ($p < .01$) 及 -.56 ($p < .001$)；PEOU 與「心智努力」、「心智負荷」之間的關聯分別為 -.42 ($p < .01$) 及 -.57 ($p < .001$)，兩者皆屬中度負相關。由此可知，當一個人對於使用系統的科技接受度越高，其認知負荷會與之下降。

伍、結論與討論

本研究為初步證實 ARLNLS 在實體圖書館中的有用性，共招募 41 位大一學生進行單組實驗，在實驗過程中，蒐集並調查學生運用 ARLNLS 進行圖書館導覽活動前後的學習成效、科技接受度及認知負荷資訊，並進一步分析使用 ARLNLS 對學生的影響性。

根據學習成效的結果分析來看，使用 ARLNLS 進行圖書館導覽學習活動的大學生，發現後測成績遠高於前測成績，且具有高度顯著性，這也證實 ARLNLS 在幫

助學生瞭解圖書館環境與應用圖書館資源方面具有效果。但要注意的是，本研究僅進行單組實驗，若要進一步瞭解 ARLNLS 所帶來的效益，仍是要重新規劃完整的實驗。此外，在半結構式訪談問卷中，學生 E01 提到「使用 ARLNLS 方便查詢、界面簡單」、學生 E04 則表達「使用的系統方便找書」、學生 E08 表示「它的畫面很簡單清楚，我要用它找書更容易找到」、學生 E13 則提出「它讓我更清楚知道圖書館的分類方式」，大多數學生都給予正向的回應。因此，本研究的 ARLNLS 具有良好的引導功能，能協助學生瞭解圖書館內部結構，且快速找尋到所需的圖書資源。在過去相關的研究中，Lund 與 Agbaji (2018) 及 LeMire 等人 (2018) 將 AR 技術應用到圖書館中，並證實其應用方式可以獲得多數學生的正向回饋，這與我們的研究結果相似，因此，我們認為 AR 技術在圖書館教育的應用中具有潛力與可行性。

其次，根據科技接受度的結果分析來看，大學生對於 ARLNLS 的接受度極佳，不論是科技接受度的「有用性」和「易用性」因素皆持正面的看法。此外，在半結構式訪談問卷中，學生 E03 的反饋「系統對應用圖書館資源熟悉能有效利用」、學

表四
科技接受度及認知負荷之相關性分析

項目	1	2	3	4
科技接受度				
1. 有用性 PU	—			
2. 易用性 PEOU	.85***	—		
認知負荷				
3. 心智努力	-.48**	-.42**	—	
4. 心智負荷	-.56***	-.57***	.82***	—

資料來源：本研究自製。
 $p < .01^{**}$, $p < .001^{***}$

生 E09 跟學生 E11 則提出「系統的使用方法很簡單，也很快上手」、學生 E10 則提出「用了系統後，可以更順利找到我要的書」，大多數學生都反映出 ARLNLS 是具有簡易操作且方便的特性。Y. Liu 等人（2023）也提到基於 AR 技術的圖書館導覽，很適合初次或不熟悉的使用者進行學習工作，而透過本研究亦證實將 AR 技術導入圖書館環境中，是有益於幫助不熟悉圖書館的學生快速且有效率的完成任務。

從認知負荷的結果分析來看，ARLNLS 並不會造成學生的高度認知負荷，而在半結構式訪談問卷中，學生 E05 反饋「系統的介面很簡單，我可以不用費太多心力就完成任務」、學生 E07 提出「擴增實境引導減輕了我的負擔。過去要用圖書館中的資源需要很多的時間和精力，我用這個應用程式的精力比較少」，這與過去也有些學者提到將 AR 相關系統導入於其他教學領域，並不會因為應用 AR 技術就使學習者的認知負荷提高的結果是一致的（C.-H. Chen et al., 2022; Turan et al., 2018）。由上述可知，ARLNLS 應用於圖書館環境中，不會造成學生的學習負擔，並提高學生的使用效率，讓其可以更輕鬆的接收有關圖書館的資料。

最後，雖然本研究呈現正面的實驗成果，但仍有一些研究上的限制與困難，首先有學生在回饋中反映「圖書館有些地方的網路不好，有時候系統會斷訊」，而實驗場所確實有部分位置的網路訊號不佳，從而影響學生進行導覽活動的體驗。其次，目前多媒體教材數量不多，未來可以擴充並豐富教學教材。最後，目前系統初步研究僅採用單組實驗，缺乏對照組進行比較，對於系統的效度掌握有限，無法擴

大解釋目前的研究成果是否更優於圖書館教育的其他應用模式。因此，往後將會設計一套完整實驗，以利釐清系統中各功能的優劣點，以達到強化與深化討論實驗成果之目的。

謝誌

本研究感謝東吳大學資料科學系呂艾庭、黃郁庭二位同學協助系統開發上的支援，以及國科會計畫 MOST 111-2410-H-031-002-MY2 在經費上的支持。

參考文獻

- 于第、林玉美、何定禧（2010）。從科技大學教師看法探討數位教學與數位學習需求對圖書館服務之影響。*教育資料與圖書館學*，47（4），429-457。
- 王子華、楊凱悌（2015）。有效行動學習課程教學模式之設計與效益評估——以評量為中心的設計。*課程與教學*，18（1），1-30。https://doi.org/10.6384/CIQ.201501_18(1).0001
- 王雅芬（2023，3月30日）。臺灣實境科技創新發展協會參訪政大體驗 AR 智慧導覽。中時新聞網。https://www.chinatimes.com/campus/20230330005041-262301?chdtv
- 呂姿玲（2018）。讓閱讀無所不在——臺灣公共圖書館實體服務通路的翻轉。*國家圖書館館刊*，107（1），111-126。
- 沈中偉、黃國禎（2012）。*科技與學習：理論與實務*（第四版）。心理出版社。
- 吳婷婷、呂宜臻、張磊（2017）。行動科技導入於護理教育之現況探討。*護理雜誌*，64（6），19-25。https://doi.org/10.6224/JN.000079
- 李漢岳、楊介銘、宋曜廷（2017）。數位學習實驗研究品質評估與現況分析：以

- 行動學習為例。教育科學研究期刊, 62 (2), 31-60。https://doi.org/10.6209/JORIES.2017.62(2).02
- 宋誌凱、鄭霈絨、郭晉谷、陳立杰 (2022)。擴增實境教材與平面教材對於幼兒認知物體特徵的影響。數位學習科技期刊, 14 (3), 29-56。https://doi.org/10.53106/2071260x2022071403002
- 林世倉、張淳翔、王守仁、蘇家弘、陳一嘉、陳正文 (2020)。線上即時反饋系統應用於耳鼻喉科實習醫學生核心課程翻轉教室教學之成效：一前瞻性控制研究。臺灣耳鼻喉頭頸外科雜誌, 55 (3), 149-159。https://doi.org/10.6286/jtohn.202009_55(3).149
- 林巧敏 (2006)。數位時代圖書館功能及角色的變遷。圖資與檔案學刊, 59, 40-56。https://doi.org/10.6575/JoLIS.2006.59.04
- 涂金堂 (2012)。應用認知負荷理論的數學解題教學實驗。屏東教育大學學報——教育類, 38, 227-255。
- 政府資料開放平臺 (2022)。大專院校圖書館統計。https://data.gov.tw/dataset/6288
- 侯淳馨、金凱儀、王慶生 (2018)。應用擴增實境技術於古蹟導覽教學系統對學習注意力之影響。國立臺灣科技大學人文社會學報, 14 (4), 341-363。
- 高台茜 (2002)。未來教室學習——以無線網路應用為基礎的認知學徒制學習環境。臺大教與學電子報, 9。http://edtech.ntu.edu.tw/epaper/
- 曹忠成、翁瑞隆、楊安然、李啟榮、方建良、黃信恩、朱英男、許志彰、蔡玉羨 (2016)。行動學習運用於國小階段教學現場之探討。載於郭工賓 (主編), 105 年國民中小學校長儲訓班個案研究彙編 (頁 195-218)。國家教育研究院。
- 國立臺灣大學圖書館 (2023)。臺大圖書館擴增實境，一場探索圖書館之旅。https://www.lib.ntu.edu.tw/node/2899
- 國家發展委員會 (2022)。大專校院學校數。https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=CD0C0A5FC08858C9
- 陳欣儀、顏晴榮 (2014)。多媒體組合方式與先備知識對小五學生「線對稱圖形」認知負荷影響之探究。教育科技與學習, 2 (2), 165-188。
- 陳昭珍、徐芝君、洪嘉馥、胡衍南 (2021)。COVID-19 下臺師大的遠距教學經驗與省思。當代教育研究季刊, 29 (1), 1-23。https://doi.org/10.6151/CERQ.202103_29(1).0001
- 張婉珍 (2015)。科技接受模式與英語教學行動學習之接納程度。教育科學期刊, 14 (1), 57-81。
- 許睿恩、劉曼麗 (2020)。應用認知負荷理論於資訊融入教學之探析：以國小四年級等值分數為例。科學教育, 6, 72-98。
- 黃昭銘、張至文、鄭文玄、汪光懿 (2016)。行動科技融入自然科教學——以月相變化概念發展為例。教育科技與學習, 4 (1), 1-22。
- 黃秋霞、楊志強 (2020)。國小數學科互動式體積 AR 輔助學習軟體應用之探討。特殊教育發展期刊, 70, 17-34。https://doi.org/10.7034/dse.202012_(70).0002
- 曾淑賢 (2014)。轉型時代的圖書館——新觀念、新空間、新服務、新體驗。國家圖書館館刊, 103 (2), 1-48。
- 蔡浩軒、孟瑛如 (2020)。擴增實境 (AR) 之比與比值數學教材對國小六年級學習障礙學生學習及課堂注意力成效提升之探討。特殊教育學報, 51, 65-99。https://doi.org/10.3966/207455832020060051003
- Adeyemi, I. O., Sulaiman, K. A., Abdulsalam, Z. M., & Issa, A. O. (2023). Virtual and augmented reality as predictors of users' intention to use Lagos State Public Library,

- Lagos State, Nigeria. *The Electronic Library*, 41(5), 682-699. <https://doi.org/10.1108/EL-03-2023-0075>
- Aharony, N., & Prebor, G. (2015). Librarians' and information professionals' perspectives towards discovery tools: An exploratory study. *The Journal of Academic Librarianship*, 41(4), 429-440. <https://doi.org/10.1016/j.acalib.2015.05.003>
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Baumgartner-Kiradi, B., Haberler, M., & Zeiller, M. (2018). *Potential of augmented reality in the library*. FMT.
- Brinkman, B., & Brinkman, S. (2013, October 1-4). *AR in the library: A pilot study of multi-target acquisition usability* [Paper presentation]. 2013 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), Adelaide, Australia. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2013.6671785>
- Burston, J. (2015). Twenty years of MALL project implementation: A meta-analysis of learning outcomes. *ReCALL*, 27(1), 4-20. <https://doi.org/10.1017/S0958344014000159>
- Chen, C.-H., Chan, W.-P., Huang, K., & Liao, C.-W. (2022). Supporting informal science learning with metacognitive scaffolding and augmented reality: Effects on science knowledge, intrinsic motivation, and cognitive load. *Research in Science & Technological Education*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2032629>
- Chen, C.-M., & Tsai, Y.-N. (2012). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. *Computers & Education*, 59(2), 638-652. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.001>
- Chen, S.-C. (2019). Undergraduate students use of mobile apps to search library catalogs. *Library Hi Tech*, 37(4), 721-734. <https://doi.org/10.1108/LHT-12-2018-0198>
- Dalili Saleh, M., Salami, M., Soheili, F., & Ziaei, S. (2022). Augmented reality technology in the libraries of universities of medical sciences: Identifying the application, advantages and challenges and presenting a model. *Library Hi Tech*, 40(6), 1782-1795. <https://doi.org/10.1108/LHT-01-2021-0033>
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Dowdy, A. E. A. (2020). *Public librarians' adoption of technology in two Southeastern States* [Unpublished doctoral dissertation]. Walden University.
- Euster, J. R. (1995). The academic library: Its place and role in the institution. In G. B. McCabe & R. J. Person (Eds.), *Academic libraries: Their rationale and role in American higher education* (pp. 1-14). Greenwood Publishing Group.
- Fojtik, R. (2014). Mobile technologies education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 143, 342-346. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.417>
- Gardijan, N. (2021). Library anxiety: An overview of re-emerging phenomena. *Library Philosophy and Practice*, 5021.
- Guamán, B. P., & Cordero, J. (2020, June 24-27). *Indoor positioning system using Beacon technology* [Paper presentation]. 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Sevilla, Spain. <https://doi.org/10.23919/CISTI49556.2020.9141009>
- Hong, W., Thong, J. Y. L., Wong, W.-M., & Tam, K.-Y. (2002). Determinants of user acceptance of digital libraries: An empirical examination of individual differences and system characteristics. *Journal of Management Information Systems*, 18(3), 97-124. <https://doi.org/10.1080/07421222.2002.11045692>
- Hoppe, H. U., Joiner, R., Milrad, M., & Sharples, M. (2003). Guest editorial: Wireless and mobile technologies in education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19(3), 255-259.

- 4909.2003.00027.x
- Huang, T.-C., Shu, Y., Yeh, T.-C., & Zeng, P.-Y. (2016). Get lost in the library? An innovative application of augmented reality and indoor positioning technologies. *The Electronic Library*, 34(1), 99-115. <https://doi.org/10.1108/EL-08-2014-0148>
- Hwang, G.-J., Yang, L.-H., & Wang, S.-Y. (2013). A concept map-embedded educational computer game for improving students' learning performance in natural science courses. *Computers & Education*, 69, 121-130. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.008>
- Joo, S., & Choi, N. (2015). Factors affection undergraduates' selection of online library resources in academic tasks: Usefulness, ease-of-use, resource quality, and individual differences. *Library Hi Tech*, 33(2), 272-291. <https://doi.org/10.1108/LHT-01-2015-0008>
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1976). Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology*, 8(4), 441-480. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(76\)90015-3](https://doi.org/10.1016/0010-0285(76)90015-3)
- Kaufmann, H., & Schmalstieg, D. (2006, March 25-29). *Designing immersive Virtual Reality for geometry education* [Paper presentation]. IEEE Virtual Reality Conference, Alexandria, VA. <https://doi.org/10.1109/VR.2006.48>
- Kim, P., Buckner, E., Kim, H., Makany, T., Taleja, N., & Parikh, V. (2012). A comparative analysis of a game-based mobile learning model in low-socioeconomic communities of India. *International Journal of Educational Development*, 32(2), 329-340. <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2011.05.008>
- Klopfer, E., Squire, K., & Jenkins, H. (2002, August 30). *Environmental detectives: PDAs as a window into a virtual simulated world* [Paper presentation]. Proceedings IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education, Tokushima, Japan. <https://doi.org/10.1109/WMTE.2002.1039227>
- Kumaran, M., & Subangi, M. C. (2017). Design and development of library web site: A case study. *ScieXplore: International Journal of Research in Science*, 4(2), 50-57. <https://doi.org/10.15613/sijrs/2017/v4i2/184637>
- Lehner, F., & Nosekabel, H. (2002, August 30). *The role of mobile devices in E-Learning first experiences with a wireless E-Learning environment* [Paper presentation]. Proceedings IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education, Vaxjo, Sweden. <https://doi.org/10.1109/WMTE.2002.1039229>
- LeMire, S., Graves, S. J., Hawkins, M., & Kailani, S. (2018). Libr-AR-y Tours: Increasing engagement and scalability of library tours using augmented reality. *College & Undergraduate Libraries*, 25(3), 261-279. <https://doi.org/10.1080/10691316.2018.1480445>
- Liu, D.-Y., & Hsu, K.-S. (2018). A study on user behavior analysis of integrate beacon technology into library information services. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(5), 1987-1997. <https://doi.org/10.29333/ejmste/85865>
- Liu, Y., Sun, J. C.-Y., & Chen, S.-K. (2023). Comparing technology acceptance of AR-based and 3D map-based mobile library applications: A multigroup SEM analysis. *Interactive Learning Environments*, 31(7), 4156-4170. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1955271>
- Lund, B. D., & Agbaji, D. A. (2018). Augmented reality for browsing physical collections in academic libraries. *Public Services Quarterly*, 14(3), 275-282. <https://doi.org/10.1080/15228959.2018.1487812>
- Paas, F. G. W. C., van Merriënboer, J. J. G., & Adam, J. J. (1994). Measurement of cognitive load in instructional research. *Perceptual and Motor Skills*, 79(1), 419-430. <https://doi.org/10.2466/pms.1994.79.1.419>
- Paterson, L., & Low, B. (2011). Student attitudes towards mobile library services for smartphones. *Library Hi Tech*, 29(3), 412-423. <https://doi.org/10.1108/07378831111174387>
- Poole, A., & Ball, L. J. (2005). Eye tracking in human-computer interaction and usability

- research: Current status and future prospects. In C. Ghaoui (Ed.), *Encyclopedia of human-computer interaction* (pp. 211-219). Idea Group Reference.
- Quinn, C. (2008). *Quinnovation mLearning devices performances to go*. <https://quinnovation.com/MobileDevices.pdf>
- Santo, J. F., & Esposito-Betan, S. M. (2017, June 18-22). *Advantages and challenges of using augmented reality library orientations in an academic/research library setting* [Paper presentation]. 2017 The International Association of Scientific and Technological University Libraries Conferences, Bolzano, Italy. <https://docs.lib.purdue.edu/iatul/2017/challenges/7>
- Stanica, I. C., Moldoveanu, A., Dascalu, I., Moldoveanu, F., Radoi, M., & Nemoianu, I. V. (2019). Emergent technologies to enrich reading outcomes through augmented reality. *Revue Roumaine des Sciences Techniques, Série Électrotechnique et Énergétique*, 64(1), 95-100.
- Stockwell, G. (2007). Vocabulary on the move: Investigating an intelligent mobile phone-based vocabulary tutor. *Computer Assisted Language Learning*, 20(4), 365-383. <https://doi.org/10.1080/09588220701745817>
- Stockwell, G. (2010). Using mobile phones for vocabulary activities: Examining the effect of platform. *Language Learning & Technology*, 14(2), 95-110. <http://dx.doi.org/10125/44216>
- Sung, Y.-T., Chang, K.-E., & Liu, T.-C. (2016). The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis. *Computers & Education*, 94, 252-275. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.008>
- Sung, Y.-T., Chang, K.-E., & Yang, J.-M. (2015). How effective are mobile devices for language learning? A meta-analysis. *Educational Research Review*, 16, 68-84. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.09.001>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Tsai, P. S., Hwang, G. J., Tsai, C. C., Hung, C. M., & Huang, I. (2012). An electronic library-based learning environment for supporting web-based problem-solving activities. *Educational Technology and Society*, 15(4), 252-264.
- Turan, Z., Meral, E., & Sahin, I. F. (2018). The impact of mobile augmented reality in geography education: Achievements, cognitive loads and views of university students. *Journal of Geography in Higher Education*, 42(3), 427-441. <https://doi.org/10.1080/03098265.2018.1455174>
- Wei, Q., & Yang, Y. (2017). WeChat library: A new mode of mobile library service. *The Electronic Library*, 35(1), 198-208. <https://doi.org/10.1108/EL-12-2015-0248>

