

行動學習與虛擬導覽教學模式對國中生認知負荷與學習成效影響之研究

范雅晴、王子華*、何家賢

本研究旨在運用一個以 QR code 為基礎的行動學習系統，建構一個讓國中生能在校園中進行「校園可食植物」課程學習的環境，國中生可透過平板電腦掃描 QR Codes 進行個別化與情境化的行動學習，並進行認知負荷感受調查與學習效益評估。本研究採用準實驗設計法，研究對象分為三組，分別為實驗組 A（行動學習組 23 人）、實驗組 B（虛擬導覽組 24 人）、對照組（校園導覽組 23 人）。本研究蒐集與分析量化資料，包含在教學活動前施測校園植物科學知識測驗前測，實施兩週共四節課的教學活動後，施測認知負荷感受調查（含「心智負荷」和「心智努力」）後測與校園植物科學知識測驗後測。研究結果發現，在「認知負荷總量」與「心智努力」感受上，行動學習組均顯著高於校園導覽組與虛擬導覽組，而校園導覽組與虛擬導覽組之間則無顯著差異，在「心智負荷」感受上，三組間皆無顯著差異。在「學習效益」上，以行動學習組學習效益最佳，其餘依序為校園導覽組與虛擬導覽組。另外，學習者在不同「教學模式設計」與不同程度的「認知負荷」對學習成就表現無顯著交互作用，但「教學模式設計」的主要效果項具顯著差異。本研究也提出行動學習、認知負荷與學習效益的相關建議。

關鍵詞：QR code、行動學習、植物學習、虛擬導覽、認知負荷

范雅晴：國立臺中教育大學教育學系助理教授

*王子華：國立清華大學教育與學習科技學系教授
（通訊作者：tzuhuawang@gmail.com）

何家賢：新竹市立三民國中教師

The Effect of Mobile Learning and Virtual Tour Instructional Models on Cognitive Load and Learning Effectiveness of Junior High School Students

Ya-Ching Fan, Tzu-Hua Wang*, & Jia-Xian Ho

This study investigated the effectiveness of a QR code-based mobile learning system in engaging students in a personalized, situated mobile learning environment for a lesson on campus edible plants. The participants were three classes of seventh grade students from a middle school in Taiwan. This study employed a quasi-experimental design. One class received materials by scanning a QR code with the help of a tablet (Experimental group A; n = 23), one class underwent a virtual tour (Experimental group B; n = 24), and one class underwent an in-person campus tour (Control group; n = 23). The students' posttest responses to a cognitive load perspective survey (on mental load and mental effort) and pretest and posttest scores on a plant knowledge test were analyzed. The results confirm the effectiveness of mobile learning. The mobile learning group significantly outperformed the other groups in terms of total cognitive load and mental effort; no significant difference was observed between the in-person campus tour and virtual tour groups. Furthermore, no significant difference in mental load was observed among the three groups. The largest improvement in PKT scores was observed in the mobile learning group, followed by those in the in-person campus tour and virtual tour groups. However, the design of different instructional models and the cognitive load level of learners had no significant interaction effect on learning effectiveness. A significant difference was observed in the main effect of different instructional models. This study provides suggestions for research on mobile learning, cognitive load, and learning effectiveness.

Keywords: *cognitive load, mobile learning, plant learning, quick response code, virtual tour*

Ya-Ching Fan: Assistant Professor, Department of Education, National Taichung University of Education

* Tzu-Hua Wang: Professor, Department of Education and Learning Technology, National Tsing Hua University (corresponding author: tzuhuaawang@gmail.com)

Jia-Xian Ho: Teacher, Hsinchu Municipal San Min Junior High School

行動學習與虛擬導覽教學模式對國中生認知負荷與學習成效影響之研究

范雅晴、王子華、何家賢

壹、緒論

近年來，隨著網路和行動科技的蓬勃發展，使得數位科技商品日漸普及，促使教育現場廣泛運用科技於翻轉和創新型態等教與學，學習者能透過行動載具，如筆記型電腦、平板型電腦、智慧型手機等搭配無線網路設施，幫助學習者在真實的情境中連結數位學習教材，進行不受傳統教室空間影響的行動學習（mobile learning）。教育部自民國 111 年起連續四年投入預算，以達成班班有網路、生生用平板的目標，將使得國中與國小學生有更多元的學習方式，足以見得，「行動學習」已成為數位學習的主要趨勢。然而，對於數位學習結合行動裝置的學習方式，相較於傳統教學法是否具有較佳的學習成效，相關的國內外文獻結果是不一致的，但多數行動學習研究的學習成效優於傳統教學。廖遠光等人（2020）針對近 15 年台灣行動學習研究後設分析發現，行動學習對於學習者的學業成就產生正向且顯著之影響。有研究開發虛擬蝴蝶生態系統，採用行動學習的實驗組其學習成效與傳統學習的對照組在科學知識表現上無顯著差異（Tarng et al., 2015）。此外，有研究指出，學生在行動學習活動中，需要耗費大腦的認知容量同時在觀察、與系統互動和閱讀行動裝置所提供的教材等三個面向，而此種互動複雜度會影響學生認知負荷發展，進而影響學習成效。閱讀數位媒材過程中，學生的認知負荷程度與學習表現具有相關性（Lin & Lin, 2016；Liu et al., 2012）。然而，行動學習對於認知負荷的影響，國內外研究結果仍無定論（Wang et al., 2018）。

從中小學自然科學領域課程與教學相關研究可以發現，國小教師進行植物單元教學時，通常多採用「校園導覽」、戶外教學和攜帶植物實體或標本至課堂展示等教學策略，讓學生能近距離觀察營養器官（根、莖、葉）與生殖器官（花、果實、種

子)等構造，台灣生物雖然豐富且多樣，但仍有許多植物礙於時間和空間的限制，只能依賴課本圖片或植物圖鑑等方式來認識(張苑珍，2015)。從東方醫學角度來看，植物具有可食性與毒性，國人偶有誤食姑婆芋出現中毒症狀送醫治療之新聞，足以見得，植物不僅能治療人類疾病也會影響人體健康與性命。然而，中小學自然科學課程僅著重於植物構造和功能面向的認識，較少探討植物可食用性以及潛在毒性，缺乏與學生日常生活情境脈絡的連結。配合十二年國民基本教育課程綱要 108 學年新課綱所揭橥素養導向教學設計強調情境脈絡化的學習歷程與情境學習理論來看，當教學者在設計與安排學習情境時，應將學校的活動連結學習者的社會背景和文化情境，並透過親身體驗學到有意義的知識，其未來才能靈活運用知識，解決未來面臨的問題(教育部，2014)。若將知識獨立於學習與社會情境脈絡之外，而忽略與外界現實社會互動性是不合理的(Brown et al., 1989)。在國中綜合活動領域中童軍課程強調應教導學生戶外環境與安全、災害風險的管理，讓學生有機會能學習教室外的可食與有毒植物且能將所學應用於日常生活當中，為實踐 108 新課綱中「戶外教育」和「安全教育」議題融入課程之可行途徑。

由於民國 110 年世界各國均受到嚴重特殊傳染性肺炎(Coronavirus Disease-2019)疫情影響，教育部實施停課不停學的防疫機制，致使數位學習迅速成為各國停課不停學的主要解方(Mulenga & Marbán, 2020)。「虛擬導覽」(Virtual tour)已應用於各教育階段中，特別是在 COVID-19 疫情期間，多數教與學活動皆在線上環境中進行，教師可透過虛擬導覽提供學生排除時間與地域上的限制來觀看真實物體或場景，創造有如身歷其境般真實感的學習機會(Maltais & Gosselin, 2022; Ng, 2022)。

近幾年，雖然行動學習相關的研究不少，但在行動學習環境中尚須考量是否造成學生認知負荷超載的問題進而影響學習成效，若沒有設計良好的數位學習環境反而會讓行動學習成效大打折扣(Chu, 2014; Gao et al., 2016)。又因過去兩年疫情影響，原本師生能面對面校園植物導覽的教學活動無法實施，亟需轉型開發新型態的虛擬導覽教學模式以符應停課不停學的教育政策。因此，本研究發展校園可食植物主題的行動學習與虛擬導覽兩種數位教學模式，行動學習是指學生能到校使用行動載具在校園中掃描植物 QR code 進行學習，虛擬導覽則是教師透過預先錄製校園植物全景影片，只需連結網路即能於課中播放觀看，適用於全面線上課程脈絡。

綜上所述，本研究旨在探討新建構的行動學習系統與虛擬導覽這兩種數位教學

模式，與傳統現場導覽教學模式應用於國中校園可食植物單元時，對於國中生的認知負荷感受與學習效益表現之影響，以及在這三種不同教學設計下所產生的不同認知負荷程度是否會影響到學習者的學習效益表現。研究結果可得知校園可食植物單元可行的教學模式，以做為未來課程設計的參考，本研究探討的待答問題如下：

- 一、在校園可食植物課程中，國中生在不同教學模式中，其認知負荷的差異情形為何？
- 二、在校園可食植物課程中，國中生在不同教學模式中，其學習成效的差異情形為何？
- 三、在校園可食植物課程中，國中生在不同教學模式下的認知負荷感受，對於其學習效益影響情形為何？

貳、文獻探討

一、校園可食植物課程的行動學習與虛擬導覽

過去，學童普遍經由教師解說和教科書來認識校園植物，但此種學習方式讓教師無法兼顧每位學生的學習狀況，亦侷限學生在校園環境中身歷其境的學習機會（黃國豪等人，2010）。張苑珍（2015）研究發現，大多數國小學童在準備植物單元的測驗時，會以背誦記憶植物名稱、構造功能與繁殖方法來學習，而有些低學習成就的學童會直接放棄學習。近年來，由於行動載具與資訊通訊設備蓬勃發展，行動學習具備行動性、無所不在的特性，讓學習過程更具即時性、連續性與情境化學習等優勢，因此，有許多研究者陸續開發行動學習系統與教學活動設計，包含校園植物、生態池、博物館導覽、戶外導覽等（金凱儀等人，2017；徐典裕等人，2015；Gao et al., 2016；Pimmer et al., 2016；Zacharia et al., 2016）。在植物主題相關的數位學習教材與研究成果中，國小學生在真實環境中運用行動載具學習植物概念，能使其有更佳的學習成效（Zacharia et al., 2016）。博物館能整合實體與數位學習資源，發展出結合虛（virtual）與實（physical）的行動學習模式，為學習者提供更豐富的學習體驗。研究對象包含 20 間國小的 308 名學童以探索植物為主題，透過博物館人員導覽解說與搭配行動學習系統操作，研究結果發現虛實整合行動學習模式能提升國

小學童的學習成效與學習態度（徐典裕等人，2015）。建置無所不在學習系統（U-Learning）的研究發現，國小學童在不需要教師導覽解說情況下，透過學習系統能近距離觀察植物特性的學習成效顯著優於網路學習方式（黃國豪等人，2010）。

QR code（Quick Response Code）是二維條碼的一種形式，具備容易掃描、大容量、高速讀取與節省空間的特性，可以將圖文、動畫、多媒體資訊和網址編碼在 QR code 中，讀取資料後可以快速連結到相關網站資料協助學生進行自主學習，因此，行動裝置（例如手機、平板電腦等）融入 QR code 能讓學習者統整相關資訊或回答特定問題，調整自我的學習步伐與提供個人化的學習環境，因而適用於教育現場的行動學習環境中，同時具有良好的學習效益（Gao et al., 2016；Huang et al., 2012；Ozcelik & Acarturk, 2011）。Gao 等人（2016）探討國小高年級學童採用手動搜尋和 QR Code 來認識植物，研究結果指出採用 QR code 掃描方式在需要做大量植物辨識與葉片型態的學習成效優於手動搜尋方法。Huang 等人（2012）提供大學和研究生透過手機掃描紙本 QR code 補充教材進行小組合作學習，研究結果發現，有使用手機的學習成效優於沒有使用手機的學習者。若能在學習過程中適時提供鷹架支持對認知發展具有正向影響，Hannafin 等人（1999）指出學習鷹架可區分為四種型態，包含概念性、後設認知、程序性與策略性鷹架，程序性鷹架是引導學生如何使用資源、教材和工具來幫助學習者建構新知識與成功的完成學習任務以提升學生學習成效。由此可知，QR code 具備程序性鷹架特性，能引導學生有效學習。

近年來，隨著行動技術的蓬勃發展與使用的可近性，2016 年被稱為虛擬實境年（Virtual reality, VR）（Martín-Gutiérrez et al., 2017），VR 技術應用在教育場域研究，讓學生體驗虛擬的實地考察，例如歷史博物館等，進而提升學生學習成效（Chen & Hsu, 2020；Vesisenaho et al., 2019）。虛擬導覽或稱桌面虛擬漫遊（desktop virtual walkthroughs）屬於虛擬實境中一種較為簡單、低擬真度（low-fidelity）、低成本的應用方式，可讓使用者在網路瀏覽器上體驗現有的真實世界。虛擬導覽的建置只需將一系列預先準備好在真實場景中所拍攝的高解析度全景圖片或影片（Omnidirectional panoramic videos）串接在一起，就可以開發出低成本的虛擬世界，能讓使用者透過電腦、平板、手機或 VR 眼鏡觀看虛擬空間（360°全景影像又稱 3D 實景），藉由不間斷的圓圈平移、傾斜視角、放大和縮小物體細節與移動所在位置來探索真實世界場景的不同面貌（Hookham et al., 2014）。許多研究者均指出，虛擬導覽對於大學醫學與工程教育等專業學科學習是有助益的（Maltais & Gosselin, 2022；Ng, 2022；Ng

et al., 2023 ; Spielmann & Mantonakis, 2018)。

Maltais 與 Gosselin (2022) 在疫情期間建構機械工程系的虛擬導覽課程來替代原先需要現場參觀校園內建築物的供暖、通風和空調機械裝置空間，研究結果發現，學生對虛擬導覽持有正向回饋，對於學習滿意度與投入亦有正向影響。虛擬導覽相較現場導覽學習，更能允許學生按照自己的學習節奏以及提供更多的學習體驗（例如閱讀技術圖），但研究也發現學生容易在虛擬空間中迷路。Ng (2022) 研究結果發現虛擬導覽能提升大學生在航空知識與學習動機的成效。在藥學教育中以虛擬藥局提供學生情境學習環境的機會，不僅可以提高學生的自信心也能提升對藥局環境的理解 (Hookham et al., 2014 ; Marriott et al., 2012)。建構虛擬導覽的語言學習環境能提升學生發展語言和數位素養的學習動機，同時能作為跨學科情境感知語言的教學工具 (Ng et al., 2023)。

綜上所述，應用虛擬導覽技術的研究結果發現，能有效提升大學生的學科知識與學習動機，然而，針對中小學教學現場的研究結果仍相當缺乏，因此，本研究針對國中校園可食植物單元發展兩個數位教學模式，首先，運用一個以 QR code 為基礎的行動學習系統，建構一個讓國中生能在校園中進行「校園可食植物」課程學習的環境。第二個是可應用於疫情期間停課不停學的虛擬導覽模式，探究此兩種數位教學模式和傳統校園現場導覽教學模式對於學習者學習效益的影響。

二、認知負荷理論與數位學習認知負荷相關研究

近年來，認知負荷理論 (Cognitive load theory, CLT) 已應用於許多傳統教學和科技輔助學習活動的教育相關研究中 (Wang et al., 2018)，認知負荷理論從人類認知結構與運作歷程角度來看大腦訊息處理的機制，教師若能依據人類認知特徵設計教學活動，學習者會有更佳的學習成效 (Paas & Sweller, 2012 ; Sweller, 2020)。認知心理學家 Sweller (2004) 指出人類訊息處理認知系統中具有兩大記憶區，包含儲存和處理訊息容量十分有限 (Capacity limitation) 的短期記憶或稱工作記憶區 (Working Memory, WM) 與無限容量的長期記憶區 (Long-term Memory, LM)。認知負荷應控制在不超過短期記憶區容量時，才能進行有效的學習。

對於認知負荷的定義與來源，有多位學者提出看法，Paas (1992) 提及認知負荷包含心智負荷 (mental load) 和心智努力 (mental effort) 兩種成份。心智負荷被視為以任務為中心的面向 (task-centered dimension)，是由教學參數、任務或環境要求

所造成的（例如：任務結構、教材編排順序等）；而心智努力被視為以人為中心的面向（*human-centered dimension*），是指個體為了完成特定工作任務時，參與投入的程度與所需付出的心力（Paas et al., 1994）。換言之，當個體對學習內容或任務感知越困難時，心智越需要投入較多的心力在處理學習內容，因而造成較大量的認知負荷。黃柏勳（2003）指出認知負荷是個體於工作或學習情境中，為處理訊息而承受的心智負荷及心智努力的總量。當此認知負荷總量超過個體可承受範圍時，可能導致其認知系統無法有效運作，進而引發心理或生理層面的負面感知，例如焦慮、壓力及苦惱等，而對工作或學習表現產生不利的影響。

Sweller 等人（2019）指出，認知負荷是特定任務對於個體認知系統所引發之負荷量，而認知負荷來源有三，第一種是內在認知負荷（*Intrinsic cognitive load*），是指教材內容的難易度和先備知識相互作用所產生的認知負荷，若教材內容複雜難以理解或是缺乏與先備知識的連結，學習者的工作記憶區在同一時間內需要處理許多學習任務，此時會導致內在認知負荷超載。第二種是外在認知負荷（*Extraneous cognitive load*），也稱為無效的認知負荷（*Ineffective cognitive load*），是指與學習無關的、設計不良的教學策略、不恰當的教材內容呈現或程序所產生的認知負荷，由於工作記憶容量有限，同時必須處理過多與所學主題無關的訊息時，會導致學生將有限的認知容量分散到多個學習資源上，這將會增加學習者的認知負荷，也進而影響學習成效。第三種是增生認知負荷（*Germane cognitive load*）：也稱為有效的認知負荷（*Effective cognitive load*），屬於外在認知負荷的一種。是指教師能設計合適的教材內容以及在學習過程中提供適當的鷹架以引導學習者建構知識基模，幫助學生使用有限的工作記憶來處理訊息。認知負荷評量方式為上述三種認知負荷相加，且總和不得超過工作記憶區容量，才能獲得最佳的學習效益。

在行動學習環境中，學習者能隨時隨地透過網路資源在室內或戶外進行學習，設計良好的行動學習環境能有效提升學生學習成效（Wu et al., 2012）。然而，行動學習對認知負荷的發展，國內外研究結果仍無定論。有研究指出，行動學習組學生的認知負荷高於對照組（Sung et al., 2014）；行動學習組學生的認知負荷低於對照組（Lin & Lin, 2016；Shadiev et al., 2015）；兩組間認知負荷無顯著差異（Chang et al., 2017）。Wang 等人（2018）採用準實驗研究法且建構行動學習應用程式探討 137 位七年級學生在植物分類與辨識單元知識獲得成效和認知負荷感知情形，包含行動學習提供專家系統組（校園中）、行動學習系統僅提供植物網頁組（校園中）、在傳統

課室中提供植物資料組（教室裡），研究結果發現，行動學習提供專家系統組學習成效最佳，依序為行動學習系統僅提供植物網頁組、傳統課室中提供植物資料組。三組間心智負荷無顯著差異，但心智努力有顯著差異，心智努力程度以行動學習提供專家系統組學習成效最高，依序為行動學習系統僅提供植物網頁組、傳統課室中植物資訊組，而行動學習專家系統組顯著高於傳統課室組。學生在行動學習中互動複雜性會影響學生學習表現，互動複雜性越高者其心智努力越高且植物知識學習成效越佳。多數研究者均指出，數位學習環境若缺乏適當的引導設計，可能導致學習者承受過量的認知負荷進而影響學習成效（Chu, 2014； Gao et al., 2016； Liu et al., 2012）。

Liu 等人（2012）採用行動式數位學習系統以探究小學五年級學生對認識植物葉子型態的學習成效，準實驗研究設計包含載具嵌入圖文組、載具嵌入文本加上與真實環境互動組、載具嵌入圖文加上與真實環境互動組，研究結果發現，載具嵌入圖文加上與真實環境互動組學習模式會降低學生的理解能力進而影響學習成效，推論影響學習成效的原因為，學生需要耗費大腦的認知容量同時在觀察、與系統互動和閱讀行動裝置所提供的教材等三個面向，因而造成學生認知負荷超載，進而降低學習成效，另外兩組設計能降低認知負荷中注意力分散和冗餘原則對學習的影響，讓學生因而能專心於學習內容而有較佳的學習成效。Chu（2014）透過國小五年級社會課程中討論原住民文化，三節課的教學內容，實驗組使用 PDA 作為行動導覽學習系統，控制組為傳統教學，研究結果發現傳統教學的學習效益顯著優於行動學習，推論實驗組在有限時間內觀看學習內容，造成學生在心智負荷（內在認知負荷）表現上顯著高於傳統教學，而產生學習成效低落的現象。近年來 VR 技術應用在教育場域的研究大多聚焦於沉浸式虛擬實境對於學習成效、情意面向與認知負荷的探究（Huang et al., 2023； Rupp et al., 2019），Huang 等人（2023）研究指出，沉浸式虛擬實境導覽與自然步道導覽一樣令人愉快且不會造成不必要的認知負荷。然而非沉浸式的虛擬導覽研究則較聚焦在學習成效與情意面向的探討（Maltais & Gosselin, 2022； Ng, 2022； Ng et al., 2023； Spielmann & Mantonakis, 2018），相對較缺乏非沉浸式虛擬導覽設計對認知負荷影響之研究。

綜合上述，認知負荷理論已應用在許多教育研究中，教學環境或教材設計需要考量如何能不超過學習者認知負荷總量前提之下，減少內在認知負荷、避免外在認知負荷以及適量的增生認知負荷（Chang et al., 2011）。由於資訊科技的成熟發展，運

用行動學習與新興科技輔助學習的角色越顯其重要性，藉由科技輔助在教育領域的研究結果可以發現，學習成效具有正向效益，但也有可能伴隨負面影響，同時，認知負荷影響學習成效的結果也不太一致。因此，本研究認為需要進一步探究行動學習和非沉浸式虛擬導覽兩種數位教學模式與傳統現場導覽的教學模式，對於國中生的認知負荷感受與學習效益表現之影響，以及在三種不同教學模式中，不同程度的認知負荷是否會影響到學習者的學習成效。

參、研究方法

一、研究對象

本研究的對象為非隨機便利取樣，參與者為作者任教國中七年級的三個班級學生共 70 位，分別為三組：「行動學習組」有 23 位參與者，「虛擬導覽組」有 24 位參與者，「校園導覽組」有 23 位參與者。分組設計情形請參閱「三、研究設計與流程」。

二、研究工具

（一）教材

從九年一貫與十二年國民基本教育國中綜合活動領域課程綱要中均可發現，童軍課程重視戶外觀察的基本能力培養與運用。引導學生觀察校園植物的外表構造與器官功能，並進一步分辨可食部位；讓學生透過實地的觀察，知道植物的特徵與生長環境，更了解生態保護的重要性。本研究的教材內容研發是參考國中各版本綜合活動領域第一冊第五單元「校園大觀園」的活動「認識校園植物」、結合童軍技能「植物辨識」概念與結合能力指標和學習重點為發展之基礎，由一位童軍背景國中教師、一位生物與教學科技專長背景大學教授的專家建議，選擇對學生較重要的學習概念所發展而成，其內容包含「可食植物」和「有毒植物」兩大主題，其中，可食植物包含「車前草」、「大花咸豐草」、「紫花酢醬草」等內容；而有毒植物主題包含「變葉木」與「馬櫻丹」等內容。本研究將上述教材內容轉譯成為三種不同教學

模式之教材，首先，建立校園可食與有毒植物教材內容的投影片（如圖 1），行動學習組是將投影片教材內容放置在行動學習系統中，編輯圖文畫面（如圖 2）與 QR code 教材畫面（如圖 3）。本研究發展的三種教學模式教材內容由前述兩位專家確認其概念內容均具有一致性（如表 1），三組學習者皆獲得相同的校園可食與有毒植物教材內容。

表 1
三種教學模式教材內容對照

教學內容	內容簡介	教學模式		
		行動學習組	虛擬導覽組	校園導覽組
校園常見植物名稱	介紹校園內常見的 10 種植物：車前草、大花咸豐草、蛇莓、酢醬草、紫花酢醬草等。	將投影片中介紹的校園 10 種常見植物的圖文分別建置於行動學習系統中，並轉換成 QR code	將投影片中介紹的校園 10 種常見植物分佈順序錄製成 360 度全景影片，於教室內撥放影片並搭配口頭導覽解說	依投影片中介紹的校園 10 種常見植物分佈順序帶領學生實地觀察以認識校園植物名稱、用途、
校園常見植物用途	引導學生觀察校園植物的外表構造與器官功能，並進一步分辨可食部位。		校園植物名稱、用途、辨識可食與有毒植物的構造、部位與特徵。	辨識可食與有毒植物的構造、部位與特徵。
辨識校園內的可食植物	學生透過實地觀察，知道可食植物構造、部位、特徵與生長環境。			
辨識校園內的有毒植物	學生透過實地的觀察，辨識有毒植物構造、部位、特徵與生長環境。			

圖 1

校園可食與有毒植物投影片

校園大觀園

花序介紹

s1-車前草

野甜菜、五筋草、地衣

1. 食用：可當教荒野菜食用。幼嫩的车前草是經常食用的野菜，青草茶的最佳原料之一。

2. 藥用。車前草富含膠質，治療便秘。

特色 草本植物，五條明顯的弧形葉脈

果實 長橢圓形（蒴果）。內藏種子4-6顆。

花蕊 小花白色，花冠4裂，雄蕊4枚，花不明顯，雌雄同株，花粉量大。全年皆可開花。

葉片 卵形或橢圓形，具波狀緣。葉柄長約4公分，葉脈清楚，以互生或對生方式生長。

結構 以互生或對生方式生長。

分布 車前草，我的名字你就可以知道我常常喜歡成群長在於車道、馬路以及步道旁的開闊處，而有這麼一個響亮的名字，也因此也有人稱我為「當道」。

地區

車前草
食用部：嫩葉、種子。
食用法：嫩葉燙過炒食；種子煮粥或製醬。

車前草
食用部：嫩葉、種子。
食用法：嫩葉燙過炒食；種子煮粥或製醬。

s2-大花咸豐草

生長 大白花鬼針

功用 咸豐草是青草茶重要的原料之一
可以當藥材，功能是清涼退火

特色 在平地、低海拔草地、路旁都可以看到。

果實 瘦果，披針形，數量多。

花蕊 星繖房狀花序，中央為黃色管狀花，卵狀披針形。

葉片 對生，葉柄長，小葉卵形或卵狀披針形。

結構 對生，葉柄長，小葉卵形或卵狀披針形。

分布 大花咸豐草屬於菊科多年生草本植物，當初蜂農用上它四季開花，花粉產量大，所以將它由琉球引入台灣。結果由於它強悍的繁衍力和設計精巧的種子傳播方式，成為平地、路邊野生植物的優勢族群。

地區

咸豐草
食用部：嫩葉。
食用法：嫩葉燙過炒食、老葉煮茶。

咸豐草
食用部：嫩葉。
食用法：嫩葉燙過炒食、老葉煮茶。

圖 2
行動學習組教材編輯畫面

編輯課程

加入課程

	送出																																										
課程名稱	scout-校園大觀園																																										
WMM 教材預導	<input type="text"/> 送出																																										
課程介紹	<p>原原始碼</p> <p>依據九年一貫綜合活動學習領域之分段能力指標【2-4-2規劃適合自己的休閒活動並學習野外生活的能力】設計並進行課程規劃，並適時練習「自然與生活科技」相關概念，並融入「資訊教育」、「環境教育」以及等重大議題。</p> <p>以童軍活動的【野外求生】作為設計主體架構，而課程也依據野外求生所需要的認知、技能設計成有趣、活潑、靈活的課程，讓學生從中操作學習、活動進行中體驗感受，進而建立個人系統化的知識與概念。</p> <p>除了基礎認知的課程外，增加了大量的活動與操作，希望不再硬塞教師教的知識，不再【坐】中學，而是真的透過【做】中學，來對知識產生會思觀察與概念認同。並附上野外求生教學設計架構圖。</p>																																										
課程單元列表	<table border="1"> <tr> <td>編輯</td> <td>刪除</td> <td>預覽</td> <td>問卷</td> <td>討論區</td> <td>查詢瀏覽紀錄</td> <td>車前草</td> </tr> <tr> <td>編輯</td> <td>刪除</td> <td>預覽</td> <td>問卷</td> <td>討論區</td> <td>查詢瀏覽紀錄</td> <td>大花咸豐草</td> </tr> <tr> <td>編輯</td> <td>刪除</td> <td>預覽</td> <td>問卷</td> <td>討論區</td> <td>查詢瀏覽紀錄</td> <td>s3-蛇莓</td> </tr> <tr> <td>編輯</td> <td>刪除</td> <td>預覽</td> <td>問卷</td> <td>討論區</td> <td>查詢瀏覽紀錄</td> <td>s4-酢醬草</td> </tr> <tr> <td>編輯</td> <td>刪除</td> <td>預覽</td> <td>問卷</td> <td>討論區</td> <td>查詢瀏覽紀錄</td> <td>s5紫花酢醬草</td> </tr> <tr> <td>編輯</td> <td>刪除</td> <td>預覽</td> <td>問卷</td> <td>討論區</td> <td>查詢瀏覽紀錄</td> <td>s6-南美洲刺楸樹</td> </tr> </table>	編輯	刪除	預覽	問卷	討論區	查詢瀏覽紀錄	車前草	編輯	刪除	預覽	問卷	討論區	查詢瀏覽紀錄	大花咸豐草	編輯	刪除	預覽	問卷	討論區	查詢瀏覽紀錄	s3-蛇莓	編輯	刪除	預覽	問卷	討論區	查詢瀏覽紀錄	s4-酢醬草	編輯	刪除	預覽	問卷	討論區	查詢瀏覽紀錄	s5紫花酢醬草	編輯	刪除	預覽	問卷	討論區	查詢瀏覽紀錄	s6-南美洲刺楸樹
編輯	刪除	預覽	問卷	討論區	查詢瀏覽紀錄	車前草																																					
編輯	刪除	預覽	問卷	討論區	查詢瀏覽紀錄	大花咸豐草																																					
編輯	刪除	預覽	問卷	討論區	查詢瀏覽紀錄	s3-蛇莓																																					
編輯	刪除	預覽	問卷	討論區	查詢瀏覽紀錄	s4-酢醬草																																					
編輯	刪除	預覽	問卷	討論區	查詢瀏覽紀錄	s5紫花酢醬草																																					
編輯	刪除	預覽	問卷	討論區	查詢瀏覽紀錄	s6-南美洲刺楸樹																																					
新增課程內容單元	<p>選擇檔案 未選擇任何檔案 上傳多媒體(音檔 mp3；影片檔 mp4,檔案大小<3MB以下)</p> <p>新增課程單元</p>																																										
課程單元內容																																											

圖 3
行動學習組教材 QR code

課程頁 scout-校園大觀園

課程單頁名稱	QRCode	打包下載	資料刪除	編輯	預覽
車前草		<ul style="list-style-type: none"> 打包下載 	刪除此單頁所有學生作答資料 請選擇個別學生資料刪除 ▼	編輯	預覽
大花咸豐草		<ul style="list-style-type: none"> 打包下載 	刪除此單頁所有學生作答資料 請選擇個別學生資料刪除 ▼	編輯	預覽
s3-紫萼		<ul style="list-style-type: none"> 打包下載 	刪除此單頁所有學生作答資料 請選擇個別學生資料刪除 ▼	編輯	預覽
s4-酢醬草		<ul style="list-style-type: none"> 打包下載 	刪除此單頁所有學生作答資料 請選擇個別學生資料刪除 ▼	編輯	預覽
s5紫花酢醬草		<ul style="list-style-type: none"> 打包下載 	刪除此單頁所有學生作答資料 請選擇個別學生資料刪除 ▼	編輯	預覽

(二) 行動學習系統

本研究發展一個以 QR code 為基礎的行動學習系統，來建構行動學習組的校園可食與有毒植物課程，該系統可使用行動裝置之 Chrome 瀏覽器，並藉由 QR code 技術連結教材網頁，學生透過生用平板至校園中掃描校園植物 QR code (如圖 4)，學生掃描 QR code 之後進入行動學習系統的個人化學習介面 (如圖 5) 所示。

圖 4
學生平板掃描校園植物 QR Code



圖 5
行動學習系統學生個人化介面



圖 6
校園虛擬導覽畫面

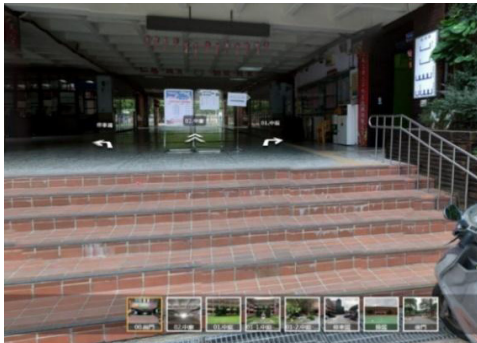
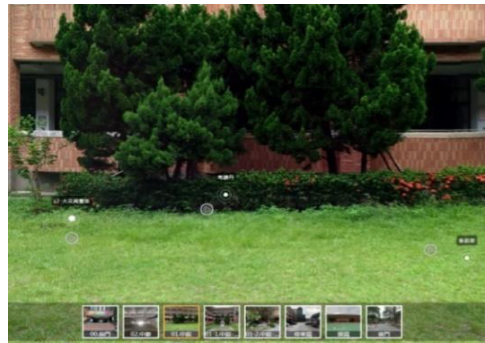


圖 7
校園植物互動連結



(三) 虛擬導覽

虛擬導覽組則是由教師預先拍攝校園植物水平 360°和垂直 180°的實景照片與影片，透過 3D 軟體工具以編輯成全景圖像，製成虛擬導覽實景空間之後在傳統課室環境中向學生展示校園植物，校園植物實景畫面如圖 6 和圖 7 所示。

(四) 認知負荷調查表與成就測驗

本研究發展兩項研究工具，認知負荷調查表 (Survey of Cognitive Load, SCL) 和植物知識測驗 (Plant Knowledge Test, PKT)。SCL 主要用以調查學習者在學習歷

程中所感受到的認知負荷情形，本研究則依據 Paas (1992) 對認知負荷的定義，以及 Paas 等人 (1994) 對認知負荷的評量方式來衡量學習者的認知負荷情形，此調查表為九點量表，依受試者自身的感受程度主觀圈選分數，得分越高代表認知負荷越高。另外，再由各一位生物教授與童軍背景專長教師加以修正以建立專家效度。該調查表共有兩題，心智負荷（第一題：要弄懂校園可食植物教學內容的難易度為何？）與心智努力（第二題：在這課程中研讀課程內容時，我花費了多少心力？）各一題。試卷經過同年級非實驗班級進行預試，內部一致性信度 Cronbach α 值為 0.72。

PKT 主要用以評估國中一年級學習者對校園常見植物的名稱、用途、校園內的可食植物與有毒植物的知識，最初先將教材所涵蓋的所有概念做編號並建立雙向細目表，而依據這些概念進行初版試卷的命題，PKT 初版試卷共有 15 題，建立之 PKT 試題雙向細目表如下表 2 所示。本研究試題內容邀請兩位專家審查試題以建立專家效度，包含一位童軍背景國中教師與一位生物學與教學科技專長大學教授，經專家建議修正題目敘述後，試題雙向細目表顯示試題分布均勻，符合層次分明，兼顧認知目標，接著經過同年級非實驗班及進行試題預試以建立試題之信度，試卷信度 KR20 值為 0.78。Wortzel (1979) 表示內部一致性係數大於 0.70 表示信度相當高，最後共保留 15 題作為正式試卷。

表 2
PKT 試題的雙向細目表

教學內容	知識	理解	應用	小計
校園常見植物的名稱	3	2		5
校園常見植物的用途		1	4	5
辨識校園內的可食植物			3	3
辨識校園內的有毒植物		1	1	2
小計	3	4	8	15

PKT 試題均為四選一的單選題型式，每題為 6 分，滿分 90 分。試卷難度為 0.48，平均鑑別度為 0.28，表示試卷具有信度與適中的難度和鑑別度。提供兩個例題內容如下：

1. 請問以下何者是車前草的功用之一？
 - (1) 綠美化優良的造園植物。
 - (2) 果實雖然小，但和草莓一樣是可以生吃的。
 - (3) 可當救荒野菜食用，幼草是經常食用的野菜，也是青草茶的最佳原料之一。
 - (4) 毒性較大，不宜食用。
2. 請問蛇莓一般可食部位，酸酸甜甜的是何處？
 - (1) 花
 - (2) 葉
 - (3) 果實
 - (4) 莖。

三、研究設計與流程

本研究設計採準實驗研究法的不等組前後測設計，將參與的學習者分為三組，準實驗設計說明如表 3 所示。本研究以國中綜合活動課程之校園可食植物單元為教學實踐課程設計，教學流程如下表 4 所示，其中實驗組 A 為「行動學習組」，上課模式為學習者到校園中生生使用平板的行動學習方式來認識校園可食與有毒植物，該組採用「行動學習系統」，教師在系統中編輯植物圖片和文字，將課程內容轉換為可使用平板電腦掃描 QR Code 的課程進行行動學習，對於行動學習組的每位學生而言，每一種校園常見的植物學習內容均可親自到校園中透過平板電腦掃描 QR Code 的方式來認識植物，讓學生在學習過程中，能隨時獲得必要的協助以輔助學習。實驗組 B 為「虛擬導覽組」，上課模式為學習者在教室內觀看教師預先錄製的校園內 360°植物分布全景影片來認識校園可食與有毒植物，由教師於課室撥放影片進行口頭導覽解說。對照組為「校園導覽組」採用傳統該單元上課模式，則是由同一位授課教師帶領全班學生至校園內現場解說導覽教學。三組學習者皆獲得相同的教材內容與學習時間。

表 3

準實驗設計操作模式說明表

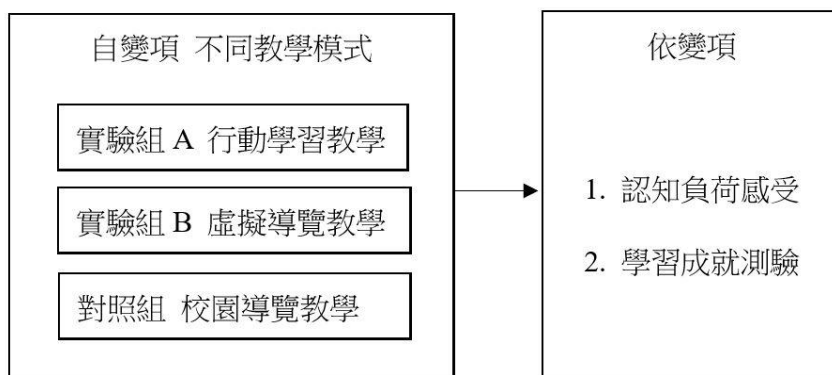
組別	教學模式分組	前測	實驗介入	後測
實驗組 A	行動學習組	O ₁	X ₁	O ₂ 、O ₃
實驗組 B	虛擬導覽組	O ₁	X ₂	O ₂ 、O ₃
對照組	校園導覽組	O ₁		O ₂ 、O ₃

註：O₁ 為實驗教學前植物知識測驗；X₁ 為行動學習教學模式介入；X₂ 為虛擬導覽教學模式介入；O₂ 為教學實驗後植物知識測驗；O₃ 為教學實驗後認知負荷感受評估問卷。

本研究架構圖如圖 8 所示，學習者於授課前接受學習成就測驗前測，且在課程結束後實施認知負荷問卷後測與學習成就後測，透過三組之間認知負荷問卷後測與前後測學習成效成績差異，評估行動學習教學模式、虛擬導覽教學模式和傳統校園導覽教學模式對於學習者認知負荷與學習成效的影響。

圖 8

研究架構圖



「認識校園可食植物」三組教學活動分別說明如下：第一節課 45 分鐘課程，三組學習者皆於教室中進行「校園可食植物」實驗研究內容、目的與課程目標說明以及對三組學習者實施 PKT 前測。「行動學習組」則加以介紹行動學習系統的使用方式。教師課前將各花草之 QR Code 設置到校園相對位置。第二節課，「行動學習組」

每位學生皆有一台平板電腦，將平板開啟至學習系統首頁，請學生輸入學號以登錄課程，並讓學生於一節課的時間中，直接到校園中利用平板電腦掃描 QR Code 的方式，觀察所有校園常見的可食與有毒植物。「虛擬導覽組」教師依據校園可食植物的分布路線，預先錄製校園植物環境 360°環景攝影，在傳統課室中口頭導覽帶領學生認識每一種可食植物的構造與特徵。「校園導覽組」第二節課由教師直接將學生帶到校園中，依據校園可食植物的分布路線，口頭導覽簡介每一種可食植物的構造與特徵，提供學生近身觀察植物的機會。各組第三節課在教室分享與討論認識植物情形，第四節課則分別實施 SCL 和 PKT 後測，以了解認知負荷的感受和校園植物知識改變情形。

表 4
教學流程

	行動學習組	虛擬導覽組	校園導覽組	時間
學習環境	校園內+平板	教室內	校園內	
教學模式	行動學習系統+ 掃描校園內 QR Code	預先錄製校園內植物 分布 360°全景影片	現場解說導覽	
第一節課	對三組學生說明「校園可食植物」實驗研究內容、目的與課程目標及實施 PKT 前測			45 分鐘
第二節課	生生用平板到 校園內掃描 QR Code	教師播放 360°全景 攝影影片+口頭導覽	教師直接帶學生到校 園中，依植物分布路 線口頭導覽	45 分鐘
第三節課	三組學生均在教室內討論與分享認識校園可食植物			45 分鐘
第四節課	三組學生實施 PKT 後測和 SCL 感受問卷			45 分鐘

四、資料蒐集與分析

本研究均蒐集量化資料，包含 SCL 後測與 PKT 前測與後測之調查結果。待答問題一探討在校園可食植物課程中，國中生在三種不同教學模式中認知負荷的差異情形，分析 SCL 後測量化資料，採用單因子獨立樣本變異數分析來比較三組學習者間認知負荷差異情形。待答問題二探討國中生在不同教學模式中學習成效的差異情形，分析 PKT 前測與後測量化資料，採用描述性統計與單因子獨立樣本共變數分析

(one-way ANCOVA) 來比較三組學習者在校園可食植物知識改變情形，以及採用 η^2 估算各組間的效果量 (effect size)。依據 Cohen (1988) 的定義，當 η^2 介於 .01 和 .05 之間屬於小效果量，.06 和 .13 之間屬於中效果量，而等於或大於 .14 屬於大效果量。待答問題三探討國中生在不同教學模式下的認知負荷感受，對於其學習效益影響情形，將 SCL 後測分成高、中與低三種認知負荷程度，分析 PKT 前測與後測量化資料，採用二因子共變數統計方法來比較在三種不同教學模式中，屬於高、中與低三種認知負荷程度的學習者對於 PKT 學習成就之影響情形。

另外，本研究亦依據余民寧 (2011) 的定義，分數最高的 27% 至 33% 可定義為高分群，分數最低的 27% 至 33% 可定義為低分群。本研究的三組不同教學模式分組均以 27% 作為區分高認知負荷分群與低認知負荷分群之依據，將學習者的認知負荷總量由高到低排序，前 27% 視為高認知負荷分群，後 27% 為低認知負荷分群，其餘為中認知負荷分群。

肆、研究結果與討論

一、認知負荷的發展情形

以下針對三組不同教學模式分組與認知負荷感受後測進行描述性統計與單因子獨立樣本變異數分析，用以探討學習者在不同教學模式分組中認知負荷差異情形。三組學生 SCL 後測成績之描述性統計如表 5 所示，行動學習組的「認知負荷總量」和「心智負荷」與「心智努力」均為最高，虛擬導覽組次之，校園導覽組最低。

表 5
三組學習者 SCL 之描述性統計

教學模式分組	心智負荷		心智努力		認知負荷總量	
	平均數	標準差	平均數	標準差	平均數	標準差
行動學習組 (n = 23)	5.04	1.85	6.91	1.65	11.96	2.16
虛擬導覽組 (n = 24)	4.75	1.29	5.88	1.15	10.63	1.93
校園導覽組 (n = 23)	4.61	1.83	5.17	1.88	9.78	2.26

表 6
三組學習者在 SCL 之單因子獨立樣本變異數分析

變異來源	SS	df	MS	F 值	p	Post hoc
心智負荷組間	2.27	2	1.13	0.41	.67	
小計	189.20	69				
心智努力組間	35.23	2	17.62	7.04**	.00	行動學習>虛擬導覽
小計	202.99	69				行動學習>校園導覽
認知負荷總量組間	55.29	2	27.65	6.16**	.00	行動學習>虛擬導覽
總計	355.79	69				行動學習>校園導覽

** $p < .01$

另外，為避免違反檢定分析之基本假設，先進行變異數同質性檢定，分析結果 Levene 統計檢定量未達顯著性 ($F = 0.09, p = .91$)，表示研究資料符合變異數同質性之基本假設，適合進行後續分析。表 6 為三組學生的認知負荷單因子獨立樣本變異數分析，不同教學模式分組對於學習者的「認知負荷總量」具有顯著差異 ($F = 6.16, p < .01, \eta^2 = .16$)，屬於大效果量。其中「心智努力」組間具有顯著差異 ($F = 7.04, p < .01, \eta^2 = .17$)，屬於大效果量，而「心智負荷」組間則無顯著差異 ($F = 0.41, p > .05$)。經 LSD 事後分析可知，學生在「認知負荷總量」和「心智努力」的表現上，行動學習組顯著高於校園導覽 ($p < .01$) 與虛擬導覽組 ($p < .05$)，校園導覽組與虛擬導覽組間無顯著差異 ($p > .05$)。

此研究結果與 Wang 等人 (2018) 與蘇國章 (2011) 研究結果相似，讓學習者可以到校園環境中，透過行動載具給予學習者專家系統引導與互動、學習範例與相關內容，會提升行動學習過程中的互動複雜度，互動複雜性越高者其心智努力越高且植物知識學習成效越佳。本研究的行動學習組和 Liu 等人 (2012) 研究中載具嵌入圖文加上與真實環境互動組會產生較高的認知負荷之研究結果一致，其指出因學生需耗費大腦的認知容量在觀察、與系統互動和閱讀行動裝置所提供的教材，這樣的設計會造成學生有較高的認知負荷。從 Mayer (2017) 提出的注意力分散原則來看，行動學習需要在實體現場和載具畫面頻繁地進行切換，可能造成學習中斷的問題以致增加認知負荷。本研究的行動學習組有較高的心智努力與認知負荷總量，推論可能因為此種教學模式設計可以提供學生更多實地參與學習的機會，需要投入較多

的心力才能完成學習任務，使得學生有較高的心智努力。

然而，本研究與 Chu (2014) 研究結果有不一致的結論，Chu (2014) 研究結果為 PDA 行動導覽學習系統讓學生心智負荷（內在認知負荷）表現上顯著高於傳統教學，兩組間的心智努力（外在認知負荷）則無顯著差異。本研究推論和 Chu (2014) 研究結果不一致原因在於資訊設備有所差異，其研究操作環境是採用 PDA，本研究採用 10.1 吋 Android 平板電腦，學生操作螢幕畫面的大小可能有所差異，且網路系統運作速度與流暢度可能也有差異，而造成不同的研究結果。

二、校園植物知識學習效益分析

三組學生 PKT 前測與後測成績之描述性統計分析結果如表 7 所示，行動學習組學習效益最佳，校園導覽組次之，虛擬導覽組較差。因本研究三組研究對象人數較少，為避免統計偏差，則先採用小樣本常態分佈之預檢定，前測成績經 SPSS Kolmogorov-Smirnov 檢定後發現， $p = .06, p > .05$ ，表示前測成績具有常態分佈，接著進行單因子獨立樣本共變數分析，目的在檢視不同教學模式組別的 PKT 表現是否有所不同。為避免違反統計假設，先進行迴歸係數同質性檢定 ($F = 0.66, p = .52$)，統計結果發現，符合共變數分析的前提假設，故進行後續的單因子獨立樣本共變數分析。

表 7

三組學習者 PKT 前測與後測成績之描述性統計分析

分組	人數	前測		後測	
		平均數	標準差	平均數	標準差
行動學習組	23	41.74	13.23	58.52	14.51
虛擬導覽組	24	37.75	12.06	45.33	18.77
校園導覽組	23	35.22	11.91	45.13	12.52

以「PKT 前測」為共變數，「不同教學模式分組」為自變項，「學習成就後測」為依變項。在排除前測 PKT 分數的影響後，研究結果發現，三組 PKT 得分的平均數之間具有顯著差異 ($F = 4.12, p < .05, \eta^2 = .11$)，且屬於中效果量，如表 8 所示。經成對比較後發現，行動學習組的學習效益顯著優於校園導覽組 ($p < .05$) 和虛擬導覽組

($p < .05$)，三組學習者 PKT 調整後之後測平均成績如表 9。從圖 9 可以發現，三種不同教學模式設計其後測成績均呈現正斜率，表示學習者均具有正向的學習成效。

表 8

三組學習者 PKT 後測成績之共變數分析與摘要表

變異來源	SS	df	MS	F 值	p	成對比較
前測	3260.73	1	3260.73	16.66**	.00	後測>前測
分組	1612.08	2	806.04	4.12*	.02	行動學習>虛擬導覽 行動學習>校園導覽
前測*分組	261.43	2	130.71	0.66	.52	
誤差	12920.95	66	195.77			
總計	191120.00	70				

* $p < .05$ ；** $p < .01$

表 9

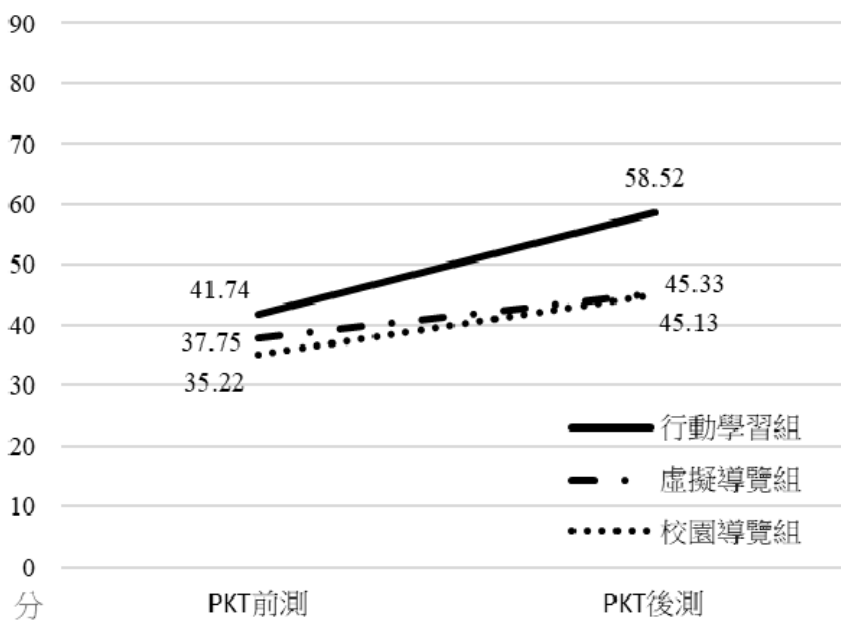
三組學習者 PKT 調整後的後測平均成績

分組	人數	調整後平均數	標準誤
行動學習組	23	56.55	2.96
虛擬導覽組	24	45.60	2.86
校園導覽組	23	46.82	2.95

此研究結果與部分研究結果有相似的結論 (Wang et al., 2018; Zacharia et al., 2016)，Wang 等人 (2018) 研究結果指出，學生與行動載具互動越複雜者，其植物分類知識學習成效越佳。黃國豪等人 (2010) 採用 PDA 建置國小無所不在數位學習系統，提供學童近距離觀察植物生態與特性的機會，研究結果顯示，U 化無所不在的學習效益顯著優於 E 化學習。本研究的行動學習組是以 QR code 為基礎的行動學習模式有最佳的學習效益，推論可能的原因有兩個，第一個是該系統具備「個別化」的設計，教師設計合適的教材內容，每位學生能透過個人的平板電腦掃描校園植物 QR code 設計獲得適當的程序性鷹架引導與支持，且同時提供學習者隨時隨地進行資料檢索與交叉驗證資料的機會，進而幫助學習者建構新知識基模與自我調整

學習，而獲得最佳的學習成效（Gao et al., 2016）。第二個原因則是該系統依據 McLellan（1993）的建議設計「情境化」環境，由於行動學習組與校園導覽組均提供學習者至校園現場進行學習，而獲得較佳的學習成效，相對的，虛擬導覽組是由教師操作畫面導覽解說，非依據學生個人學習速度撥放，可能無法有效發揮虛擬導覽的優勢，同時也缺乏讓學生親自到校園內體驗情境學習的機會而有較差的學習成效表現。

圖 9
三組 PKT 學習成就



三、不同教學模式的設計下，學習者認知負荷對於學習效益之影響

由前兩項研究結果可以得知，三種不同教學模式設計對於學習者的「認知負荷總量」與「心智努力」具有顯著差異，同時，三種教學模式設計對學習者 PKT 得分亦具有顯著差異。本研究為進一步探究三種不同教學模式設計對學習者 PKT 得分的

效果是否受到不同認知負荷程度的影響，因此，採用二因子共變數分析以了解不同教學模式設計與不同認知負荷程度學習者對於 PKT 後測的影響情形。表 10 為三種不同教學模式設計下，感受到高、中與低三種不同程度認知負荷的學習者 PKT 前測、後測與進步幅度表現情形之描述性統計分析結果。

表 10

不同教學模式與不同認知負荷程度學習者對 PKT 成績之描述性分析

教學模式	認知負荷	人數	前測		後測		進步幅度	
			平均	標準差	平均	標準差	平均	標準差
行動學習組 ($n = 23$)	高認知負荷	9	42.00	13.42	53.56	15.55	11.56	13.92
	中認知負荷	8	39.00	13.98	63.00	11.56	24.00	16.67
	低認知負荷	6	45.00	13.55	60.00	16.54	15.00	08.27
虛擬導覽組 ($n = 24$)	高認知負荷	8	36.75	11.76	34.75	16.94	-2.00	15.64
	中認知負荷	10	34.80	11.59	48.60	16.36	13.80	16.01
	低認知負荷	6	44.00	12.96	54.00	21.13	10.00	14.53
校園導覽組 ($n = 23$)	高認知負荷	6	35.00	08.83	43.00	14.90	08.00	11.80
	中認知負荷	8	36.75	11.31	45.75	12.80	09.00	14.34
	低認知負荷	9	34.00	15.00	46.00	12.00	12.00	15.59

為避免違反統計假設，先進行組內迴歸係數同質性檢驗 ($F = 0.71, p = .68$)，統計結果發現未達顯著水準，表示組內的迴歸係數具有同質性。接著進行二因子共變數分析，為排除 PKT 前測對 PKT 後測的影響，以 PKT 前測為共變數，「教學模式分組」與「認知負荷程度分群」為自變項，PKT 後測為依變項，分析前進行變異數同質性檢定，分析結果發現 Levene 統計檢定量未達顯著性 ($F = 0.26, p = .98$)，表示研究資料符合變異數同質性之基本假設，適合進行後續分析，分析結果如表 11 所示。研究結果發現，不同教學模式與學習者的認知負荷程度對於 PKT 後測無顯著的交互作用 $F(4, 60) = 0.67, p = .62$ ，從主要效果分析可以發現，「不同教學模式設計分組」具有顯著差異 ($F = 4.41, p = .02, \eta^2 = .13$)，屬於中效果量，行動學習組的學習效益顯著優於校園導覽組 ($p < .05$) 和虛擬導覽組 ($p < .01$)。

表 11

不同教學模式設計與學習者認知負荷對其 PKT 成績影響之二因子共變數分析

變異來源	SS	df	MS	F 值	p	Post hoc
前測	3152.29	1	3152.29	16.97**	0.00	後測>前測
教學模式分組	1638.34	2	819.17	4.41*	0.02	行動學習>虛擬導覽 行動學習>校園導覽
認知負荷分群	1146.50	2	573.25	3.09*	0.05	
教學模式*認知負荷	496.257	4	124.06	0.67	0.62	
誤差	11431.33	60	185.72			
校正後總數	18908.80	69				

*p < .05 ; **p < .01

由二因子共變數分析可以發現，不同教學模式與學習者的認知負荷程度對學習成效的影響無顯著交互作用，不同的教學模式設計是影響學習成效的主因，而非認知負荷。此研究結果可以由 Sweller 等人（2019）的論點獲得解釋，其認為學習者在學習過程中產生的認知負荷來源有很多，有些認知負荷對於學習者的學習有幫助，例如：能提供適當的學習鷹架的外在增生有效的認知負荷，有些則不利於學習者的學習，例如：因設計不良的教學呈現所產生的外在無效認知負荷，換言之，不同教學模式對於學習者認知負荷的影響不同，而且，認知負荷的增加對於學習者學習成效不一定有負面或正面影響，則端看增加的是否屬於增生認知負荷。此外，在行動學習環境中所產生的不同認知負荷程度對於學習成效影響之相關研究有不一致的發現，有的研究結果認為互動頻繁會產生高認知負荷而有較佳的學習成效（Wang et al., 2018），也有可能造成認知負荷超載而有較差的學習成效（Liu et al., 2012）。本研究透過生生用平板掃描校園植物 QR code 的行動學習組雖會顯著增加學生的心智努力與認知負荷總量，同時也能獲致最佳的學習成效，因而推論本研究行動學習組所產生的認知負荷是屬於有利於學習的增生認知負荷，而且認知負荷總量可能尚未超過學生的工作記憶容量而能提升學習成效。

伍、結論與建議

本研究目的旨在建構國中綜合活動領域校園可食植物課程的三種不同教學模式且評估學習效益，第一種是運用一個以 QR code 為基礎的行動學習系統，國中生可透過生生用平板掃描 QR Code 進行兼具個別化與情境化的行動學習，第二種是教師預先錄製校園植物 360 度全景影片，製成虛擬導覽影片，搭配課室內撥放導覽，第三種為傳統教學方式，由教師帶領班級學生至校園現場導覽校園植物。本研究結論與建議分述如下：

一、不同教學模式的設計對於國中學生校園可食植物課程之認知負荷感受

國中學生在「認知負荷」的感受上，三種教學模式設計對於學生的「認知負荷總量」和「心智努力」表現之間具有顯著差異，行動學習組學生認知負荷總量和心智努力顯著高於校園導覽組和虛擬導覽組，心智負荷表現組間無顯著差異。其中，校園導覽組在認知負荷總量和心智負荷與心智努力感受均為三組中最低。換言之，三種教學模式對學生教材內容理解的難易度和其先備知識所引起的「心智負荷」是相當的。

二、不同教學模式的設計對於國中學生校園可食植物課程之學習效益

國中學生在「校園植物知識學習成就」的發展，其中行動學習組學習效益最佳，校園導覽組次之，虛擬導覽較差。行動學習組學習效益顯著優於校園導覽組和虛擬導覽組。本研究建構的兩種數位教學模式均有助於提升學生學習效益。透過校園現場導覽教學模式雖然一樣有助於提升學生學習效益，但效果量不如行動學習組教學模式來的高，此研究結果顯示在資訊科技化的時代，運用生生用平板於校園可食植物課程與教學是一個良好的教學模式。本研究結果發現，虛擬導覽教學模式亦具有正向學習成效，在疫情影響教與學的情況下，亦不失為一種有效的教學模式。

三、不同教學模式的設計下，學習者認知負荷對於學習效益之影響

不同教學模式設計與不同程度認知負荷對學習者學習效益之影響無顯著交互作用，但不同教學模式設計的主要效果項具有顯著差異，行動學習組的學習效益顯著優於校園導覽組和虛擬導覽組。換言之，若數位教學模式設計良好，學生能獲得較佳的學習成效，相反的，若數位教學模式設計不當，會使得學生獲得較差的學習成效。本研究採用 QR code 的行動學習模式設計良好，學習者具有個別化與情境化的學習機會，因而能獲得最佳的學習成效。

四、研究建議

依據本研究結果建議在校園可食植物課程需融入戶外教育和安全教育相關教育議題教學時，若採用 QR code 行動學習系統，學習者能有較佳的學習成效。然而本研究結果不建議在無疫情影響時採用虛擬導覽教學設計，由於教師若未具備良好的新興科技教學知能，未能過濾與排除和學習內容無關的訊息，容易造成學習者認知負荷增加，反而降低學習成效。此外，未來在設計行動學習環境時，有需要更進一步確認學習者所產生的認知負荷來源為何，哪些行動裝置的多媒體操作介面設計會產生外在認知負荷中有利於學習的增生有效認知負荷，或是不利於學習的無效認知負荷。同時，與日常生活習習相關的主題單元應多帶領學生至戶外，提供體驗情境學習的機會，且適時融入生用平板的行動學習，學生能實踐有意義的學習與確保有較佳的學習效益。另外，本研究採用的虛擬導覽為低技術、低門檻，低互動性之研究工具，隨著資訊科技的蓬勃發展，未來研究有必要朝向應用人工智慧和元宇宙技術，例如：延展實境（X-Reality，XR），包含擴增實境（Augmented Reality）、虛擬實境（VR）與混合實境（Mixed Reality），以發展高互動性學習內容設計與虛實融合課程，讓學生在無親臨現場時卻能藉由元宇宙平臺與技術提供模擬真實世界的學習互動機會且擁有身歷其境的感覺。而人工智慧的發展對於教育也帶來許多新契機，可以提升學習成效（賈志琳、李政軒，2020；黃聖哲、袁宇熙，2024），未來應嘗試將人工智慧與數位學習機制結合，並發展師資培育與在職進修過程，提升師資生與教學現場教師擁有使用人工智慧與多元數位教學工具之知能，並且針對其他學科發展適切的研究工具，以支持未來行動學習相關研究之實踐。

然而，本研究仍有限制，因參與本研究的學生人數較少，三種不同的教學模式

設計均僅有一個班級的學生參與研究，未來宜徵求更多學習者參與研究，同時針對行動學習與認知負荷面向，採取量化和質化研究並重的方式，藉由多元方法蒐集更為深入的佐證資料，以更精確了解學生在不同行動學習模式的學習效益與認知負荷感受情形。

誌 謝

感謝期刊主編、匿名審查委員與期刊編輯委員對於本文在學術上的寶貴建議，讓本文得以更臻完善。另，本論文部分材料參考何家賢的碩士論文「探討情境式行動學習策略之教學效益研究-以國中七年級童軍課程之校園可食植物為例」。感謝國科會專題研究計畫 NSTC 105-2511-S-007-014-MY3、NSTC 106-2511-S-007-003-MY3、NSTC 111-2410-H-142 -035 經費補助，讓本文順利完成。

參考文獻

- 余民寧（2011）。**教育測驗與評量：成就測驗與教學評量**。心理出版社。
- [Yu, M. -N. (2011). *Educational testing and assessment: Achievement test and teaching evaluation*. Psychological Publishing Company.]
- 金凱儀、李可風、王慶生（2017）。行動科技應用於博物館導覽對學習注意力與成效之影響。**數位學習科技期刊**，**9**，29-52。
- [Chin, K. -Y., Lee, K. -F., & Wang, C. -S. (2017). The effects of mobile technology application for museum tour guiding on students' attention and learning achievement. *International Journal on Digital Learning Technology*, *9*, 29-52.]
- 徐典裕、王蕙涵、郭凡瑞（2015）。博物館虛實整合科普教育應用與推廣服務模式——以融入小學課程主題之虛實整合行動學習為例。**博物館學季刊**，**29**，99-115。
- [Hsu, T. -Y., Wang, Y. -H., & Kuo, F. -R. (2015). Virtual and physical blended learning applications and service model for popular science education in museums: Curriculum-based virtual and physical mobile learning as an example. *Museology Quarterly*, *29*, 99-115.]

教育部 (2014)。十二年國民基本教育課程綱要總綱。作者。

<https://www.naer.edu.tw/upload/1/16/doc/288/%E5%8D%81%E4%BA%8C%E5%B9%B4%E5%9C%8B%E6%95%99%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E7%B6%B1%E8%A6%81%E7%B8%BD%E7%B6%B1.pdf>

[Ministry of Education (2014). *Curriculum guidelines of 12-year basic education*. Author.

<https://www.naer.edu.tw/upload/1/16/doc/288/%E5%8D%81%E4%BA%8C%E5%B9%B4%E5%9C%8B%E6%95%99%E8%AA%B2%E7%A8%8B%E7%B6%B1%E8%A6%81%E7%B8%BD%E7%B6%B1.pdf>]

張苑珍 (2015)。運用 Facebook 遊戲輔助國民小學植物學習成效及可玩性之探究。數位學習科技期刊，7，29-58。

[Chang, W. -J. (2015). An exploring of the learning outcomes and playability in application Facebook game to support elementary plant learning. *International Journal on Digital Learning Technology*, 7, 29-58.]

黃柏勳 (2003)。認知上的瓶頸－認知負荷理論。教育資料與研究雙月刊，55，71-78。

[Huang, B. -S. (2003). Cognitive bottleneck: Cognitive load theory. *Educational Resources and Research Bimonthly*, 55, 71-78.]

黃國豪、李玲梅、王皓瑀、洪珮菁、吳佳茹、賴煖菱 (2010)。無所不在學習之系統建置與成效分析－以小學生認識校園植物為例。數位學習科技期刊，2，19-41。

[Hwang, G. -H., Lee, L. -M., Wang, H. -Y., Hong, P. -J., Wu, J. -R., & Lai, X. -L. (2010). Development and effectiveness analysis of ubiquitous learning systems: A case study for elementary school children to recognize campus plants. *International Journal on Digital Learning Technology*, 2, 19-41.]

黃聖哲、袁宇熙 (2024)。以 ARCS 動機模式進行國中資訊科技課程之雙語教學學習成效研究。教育實踐與研究，37，79-118。

[Huang, S. -Z., & Yuan, Y. -H. (2024). A study on the learning outcomes of bilingual instruction in junior high school information technology curriculum using the ARCS motivational model. *Journal of Educational Practice and Research*, 37, 79-118.]

賈志琳、李政軒 (2020)。人工智慧的實踐：對話式日語學習智慧家教系統進行日語補救教學之研究。教育實踐與研究，33，1-41。

- [Chia, C. -L., & Li, C. -H. (2020). Artificial intelligence in practice: Conversation-based intelligent tutoring system conducts research on Japanese remedial teaching. *Journal of Educational Practice and Research*, 33, 1-41.]
- 廖遠光、陳政煥、楊永慈 (2020)。行動學習對臺灣學生學業成就影響之後設分析。 *當代教育研究季刊*, 28, 67-102。
- [Liao, Y. -K., Chen, C. -H., & Yang, Y. -C. (2020). A meta-analysis of the effects of mobile learning on students' academic achievement in Taiwan. *Contemporary Educational Research Quarterly*, 28, 67-102.]
- 蘇國章 (2011)。應用認知負荷理論於資訊融入教學多媒體設計之分析－以自然與生活科技領域“電子教科書”為例。 *生活科技教育月刊*, 44, 44-61。
- [Su, G. -J. (2011). Analysis of applying cognitive load theory to the multimedia design in information technology integrated into instruction: A case study of “Digital Textbooks” in the field of science and technology. *Living Technology Education*, 44, 44-61.]
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, 32-41.
- Chang, C., Shih, J. L., & Chang, C. K. (2017). A mobile instructional pervasive game method for language learning. *Universal Access in The Information Society*, 16, 653-665.
- Chang, T. W., Hsu, J. M., & Yu, P. T. (2011). A comparison of single- and dual-Screen environment in programming language: Cognitive loads and learning effects. *Educational Technology & Society*, 14, 188-200.
- Chen, Y. L., & Hsu, C. C. (2020). Self-regulated mobile game-based English learning in a virtual reality environment. *Computers & Education*, 154, 103910.
- Chu, H. C. (2014). Potential negative effects of mobile learning on students' learning achievement and cognitive load a format assessment perspective. *Educational Technology & Society*, 17, 332-344.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Gao, Y., Liu, T. C., & Paas, F. (2016). Effects of mode of target task selection on learning about plants in a mobile learning environment: Effortful manual selection versus effortless QR-Code selection. *Journal of Educational Psychology*, 108, 694-704.

- Hannafin, M., Land, S., & Oliver, K. (1999). Open learning environments: Foundations, methods, and models. In C. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (Vol. 2, pp. 115-140). Erlbaum.
- Hookham, G., Nesbitt, K., Cooper, J., & Rasiah, R. (2014). Developing a virtual tour of a community pharmacy for use in education. *IT in Industry, 2*, 33-37.
- Huang, G. J., Wu, P. H., & Chen, C. C. (2012). An online game approach for improving students' learning performance in web-based problem-solving activity. *Computers & Education, 59*, 1246-1256.
- Huang, X., Huss, J., North, L., Williams, K., & Boyd-Devine, A. (2023). Cognitive and motivational benefits of a theory-based immersive virtual reality design in science learning. *Computers and Education Open, 4*, 100124.
- Lin, Y. T., & Lin, Y. C. (2016). Effects of mental process integrated nursing training using mobile device on students' cognitive load, learning attitudes, acceptance, and achievements. *Computers in Human Behavior, 55*, 1213-1221.
- Liu, T. C., Lin, Y. C., Tsai, M. J., & Paas, F. (2012). Split-attention and redundancy effects on mobile learning in physical environments. *Computers & Education, 56*, 172-181.
- Maltais, L. G., & Gosselin, L. (2022). Visiting central heating plant and mechanical rooms in buildings: A case study of virtual tours to foster students' learning in a distance course. *International Journal of Mechanical Engineering Education, 50*, 1007-1024.
- Marriott, J., Styles, K., & McDowell, J. (2012). The Pharmville community: A curriculum resource platform integrating context and theory. *American Journal of Pharmaceutical Education, 76*, 178.
- Martín-Gutiérrez, J., Mora, C. E., & Añorbe-Díaz, B. (2017). Virtual technologies trend in education. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education, 13*, 469-486.
- Mayer, R. E. (2017). Using multimedia for e-Learning. *Journal of Computer Assisted Learning, 33*, 403-423.
- McLellan, H. (1993). Evaluation in a situated learning environment. *Educational Technology, 33*, 39-45.
- Mulenga, E. M., & Marbán, J. M. (2020). Prospective teachers' online learning Mathematics activities in the age of COVID-19: A cluster analysis approach. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 16*, 1-9.

- Ng, D. T. (2022). Online aviation learning experience during the COVID-19 pandemic in Hong Kong and Mainland China. *British Journal Educational Technology*, 53, 443-474.
- Ng, D. T. K., Ng, R. C. W., & Chu, S. K. W. (2023). Engaging students in virtual tours to learn language and digital literacy. *Journal of Computers in Education*. <https://doi.org/10.1007/s40692-023-00262-2>
- Ozcelik, E., & Acarturk, C. (2011). Reducing the spatial distance between printed and online information sources by means of mobile technology enhances learning: Using 2D barcodes. *Computers & Education*, 57, 2077-2085.
- Paas, F. G. W. C. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429-434.
- 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, 419-430.
- Paas, F., & Sweller, J. (2012). An evolutionary upgrade of cognitive load theory: Using the human motor system and collaboration to support the learning of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review*, 24, 27-45.
- Pimmer, C., Mateescu, M., & Gröbhiel, U. (2016). Mobile and ubiquitous learning in higher education settings. A systematic review of empirical studies. *Computers in Human Behavior*, 63, 490-501.
- Rupp, M. A., Odette, K. L., Kozachuk, J., Michaelis, J. R., Smither, J. A., & McConnell, D. S. (2019). Investigating learning outcomes and subjective experiences in 360-degree videos. *Computers & Education*, 128, 256-268.
- Shadiev, R., Hwang, W. Y., Huang, Y. M., & Liu, T. Y. (2015). The impact of supported and annotated mobile learning on achievement and cognitive load. *Educational Technology & Society*, 18, 53-69.
- Spielmann, N., & Mantonakis, A. (2018). In virtuo: How user-driven interactivity in virtual tours leads to attitude change. *Journal of Business Research*, 88, 255-264.
- Sung, H. Y., Hwang, G. J., Liu, S. Y., & Chiu, I. H. (2014). A prompt-based annotation approach to conducting mobile learning activities for architecture design courses. *Computers & Education*, 76, 80-90.

- Sweller, J. (2004). Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture. *Instructional Science*, 32, 9-31.
- Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and educational technology. *Educational Technology Research and Development*, 68, 1-16.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31, 261-292.
- Tarng, W., Ou, K. L., Yu, C. S., Liou, F. L., & Liou, H. H. (2015). Development of a virtual butterfly ecological system based on augmented reality and mobile learning technologies. *Virtual Reality*, 19, 253-266.
- Vesisenaho, M., Juntunen, M., Häkkinen, P., Pöysä-Tarhonen, J., Fagerlund, J., Miakush, I., & Parviainen, T. (2019). Virtual reality in education: Focus on the role of emotions and physiological reactivity. *Journal of Virtual Worlds Research*, 12, 1-15.
- Wang, C., Fang, T., & Miao, R. (2018). Learning performance and cognitive load in mobile learning: Impact of interaction complexity. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34, 917-927.
- Wortzel, R. (1979). *Multivariate analysis*. Prentice Hall.
- Wu, W. H., Wu, Y. C., Chen, C. Y., Kao, H. Y., Lin, C. H., & Huang, S. H. (2012). Review of trends from mobile learning studies: A meta-analysis. *Computers & Education*, 59, 817-827.
- Zacharia, Z. C., Lazaridou, C., & Avraamidou, L. (2016). The use of mobile devices as means of data collection in supporting elementary school students' conceptual understanding about plants. *International Journal of Science Education*, 38, 596-620.

投稿收件日：2024 年 01 月 15 日
第 1 次修改日期：2024 年 03 月 27 日
第 2 次修改日期：2024 年 12 月 03 日
接受日：2024 年 12 月 03 日