

體感式遊戲行動學習系統 對海岸生態學習影響之研究

區國良

國立清華大學學習科學與科技研究所

曾郁庭*

國立臺灣師範大學特殊教育中心

徐俊煜

國立清華大學學習科學與科技研究所

本研究旨在探討體感式遊戲行動學習系統對學習成就和生態旅遊態度的影響，設計了 6 套具教學意義的體感式遊戲 (sensing game)，結合智慧型手機以簡單手勢動作取代傳統按鍵操控的互動模式進行學習。本研究採準實驗研究設計，隨機選取新竹市某公立大學大學部 30 名學生為樣本，按前測成績將 30 名實驗者作異質分組，以 6 人為 1 組共 5 組，於新竹市 17 公里海岸線地區進行海洋生態學習。研究結果顯示，學生對於海岸生態相關知識原有許多不解和迷思，經由學習系統進行教學後，成績有顯著的進步，有助學生學習海岸生態知識。從生態旅遊問卷分析可以得知，藉由學習系統亦能夠引起學生觀察和探索海岸生態的興趣。

關鍵詞：體感式遊戲；行動學習；合作學習；海岸生態

前言

科技影響了學習的型態，近年來由於行動載具的普及化和行動網路的高度發展，行動學習 (mobile learning) 逐漸成為科技融入教學新的發展模式，人們可以在任何時間、任何地點，以任何設備進行學習，達到無所不在學習 (ubiquitous learning) 的目的 (曾憲雄等，2005)，學習不再局限於傳統的教室。然而大部分教材傳達知識和

* 通訊作者：曾郁庭 (69071001@ntnu.edu.tw)

表現內容的方式，因課程嚴肅而缺乏悅趣，假如行動學習的環境中缺少了樂趣的元素，將影響學習效果。為使教材更具趣味，本研究擬於行動學習中加入遊戲的元素，使學習者在遊戲學習的過程中達到學習的目的。

數位遊戲一直都是全球遊戲產業發展的重點，隨着遊戲產業快速發展和革新，體感互動的遊戲逐漸嶄露頭角，成為新世代年輕人或是一般大眾喜愛且認同的形式。體感式遊戲帶給遊戲使用者更真實的體驗，並且強化了遊戲的真實度，其發展出的互動趣味顛覆了傳統的操作，取而代之的是遊戲跟使用者更為貼近、更具吸引力的娛樂效果。Bruner（1966）曾經指出動作表徵（enactive representation）是學習認知過程的首要階段，從「做中學」（learning by doing）結合動作與學習認知來獲取知識，能使學習者更容易理解且不易遺忘，進而提升學習成效。「做中學」並不意味用手工工業或手工來代替教科書的學習，而是盡可能令學生有機會從事手工工作，對於保持學習的注意力和興趣有很大幫助（呂金燮、吳毓瑩，2018）。因此，行動學習搭配擬真性高的體感式遊戲，能夠促使學習者結合真實環境與體感，在「做中學」的過程中達到學習的效果。

由於目前世界教育發展的潮流是培養學生團隊合作的素養，Johnson et al.（2000）指出合作學習的效果優於個別學習或競爭學習；學習者透過互相合作和討論，集思廣益，激發學習興趣，進而提升學習效果。因此，本研究擬融入合作的概念，透過同儕分組方式，藉由成員間相互合作以達成特定的學習目標（Ellis & Bond, 2016）。本研究把「行動學習」無所不在的學習優勢，體感式遊戲連結動作和學習認知的優勢，與「合作學習」的同儕討論互相結合，在台灣新竹市 17 公里海岸線地區進行海洋生態學習，藉此令學習成效獲得大幅提升。具體而言，本研究擬探討的問題包括：

1. 「體感式遊戲海岸生態學習系統」對新竹市 17 公里海岸線海岸生態學習成就的影響為何？
2. 「體感式遊戲海岸生態學習系統」對新竹市 17 公里海岸線的生態旅遊態度影響為何？

文獻探討

本研究主要探討「體感式遊戲海岸生態學習系統」對學習者海岸生態學習成就和生態旅遊態度的影響。以下針對體感式遊戲、行動學習、合作學習等相關研究進行探討，以作本研究的理論基礎。

體感式遊戲

體感互動遊戲可以提供良好的虛擬情境學習、手勢識別和肢體動作（劉家呈，2020）。體感遊戲又稱體感互動、互動裝置等，Lindley et al.（2008）指出，體感遊戲對於遊戲者的創造力、社會互動性、感覺統合力、肢體動作和認知發展等均具有正面效益。體感遊戲摒除傳統使用鍵盤按鈕操作遊戲的方式，藉由身體的動作把使用者的動作反映在遊戲螢幕上，藉由融入遊戲方式去體會遊戲本身，使用者有親歷其境的相同感覺。體感的應用極為廣泛，除可用於電腦遊戲的操作和互動（如飛行遊戲、體育競賽遊戲等）外，在學習上則有肢體動作學習、遊戲式學習等方面的應用。

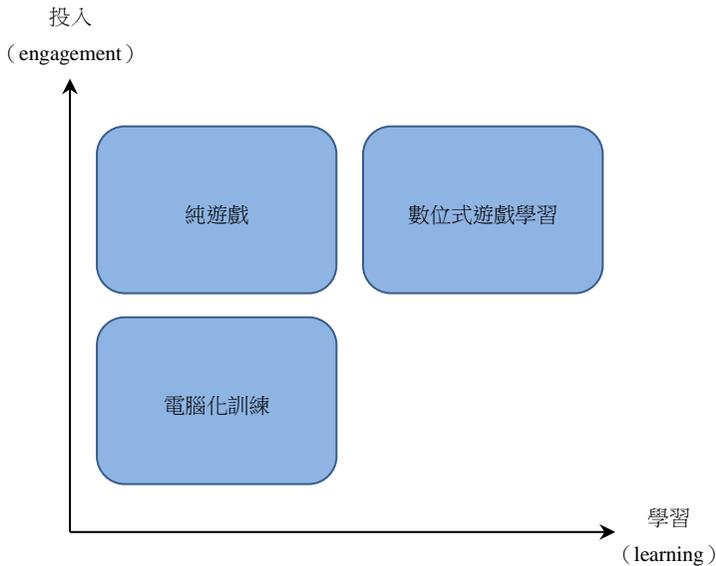
在學習應用上，藉由簡單有趣肢體互動的體感活動和遊戲，各類教材均可促進學習者的動機和學習成效；它是透過身體多項感官來強化記憶和注意力以達到學習效果的另一途徑。遊戲是人類心智、肢體上的一種活動過程，亦是人類自我肯定的一種表現方法，可以說是成長過程中不可或缺的一部分。長久以來，學者一直都認為遊戲是最能支持學習的一種活動方式（Boocock & Schild, 1968; Prensky, 2001a; Rieber, 1996）。Bruner（1972）認為遊戲的方法和過程遠比遊戲的結果重要，在遊戲中不用擔心目標達成與否。遊戲性（gameplay）將一個或多個問題連結成一系列挑戰，高遊戲性的遊戲可給予玩家較高的參與遊戲動機，並給予玩家較高的破關欲望。因此在遊戲式學習中，遊戲性與教育目的必須並重，以實現遊戲學習的理念（Kiili, 2005）。

Garris et al.（2002）認為遊戲式學習模式必須整合教學內容和遊戲特性，設計出具有教育意義的遊戲，使得學習者沉浸於遊戲，在遊戲過程中不斷引發判斷、執行和系統回饋的循環，並藉由對遊戲的投入進而達成特定的學習目標。Prensky（2001b）利用投入（engagement）和學習（learning）兩個向度（圖一）來解釋數位遊戲式學習是可行的：以電腦化訓練（即傳統的數位學習）在投入和學習兩個向度來說，都屬於較低的學習模式，而數位遊戲式學習則是高投入和高學習的學習模式。因此，利用數位式遊戲學習的高投入和高學習特點，可以提升學習者的學習動機和學習效果。本研究透過上述遊戲所必須具備的條件與要素，思考如何透過遊戲提升學習者的學習興趣並進行知識的轉化，以強化學習成效為主、提升學習興趣為輔，於智慧型手機設計製作體感式遊戲海岸生態學習系統，藉此希能進一步提升學習成效。

行動學習

行動學習（mobile learning）就是把學習者置身於真實世界中，利用行動載具如行動電話、平板電腦進行學習，學習期間都沒有時間和地點的限制，隨時可獲得知識

圖一：投入（engagement）與學習（learning）關係圖



資料來源：Prensky (2001b)。

（王嘉傑，2014）。許多研究都發現行動學習或利用行動載具設計和進行教學活動，能提升學生的創造力（Cavus & Uzunboylu, 2009; Chang et al., 2013; Hwang et al., 2012）；學生藉由隨時隨地接收資訊和討論，可以激發更高層次的思考能力，例如問題解決能力、批判思考能力和創造性思維（陳思貽，2014）。

「科技促進學習」的重點是以學生為中心的動態課堂教學方法（Rahmawati et al., 2019）。學習者擁有行動裝置，在實際學習需求發生時，可以隨時取得資訊和工具，而行動元件上的各種工具和應用程式，可有效支持使用者產生內容和記錄學習過程。聯合國教科文組織於 2013 年發表的 *Policy Guidelines for Mobile Learning* 中，彙編了多國專家學者們對於行動學習政策的意見（United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2013），可見如何將行動科技有效應用於課程教學中，已是世界各國教育發展的趨勢。王怡茹（2015）指出以行動學習融入統整課程，能提升學習參與度，活化課程內涵。除了老師要能運用數位化工具進行教學變革以外，更要開啟學生以數位化工具自主學習的紀元；教師成為學習的設計者、布題者和引導者，學生成為學習主體的時代，隨着網路普及和知識全球化的浪潮正在開展（方志華等，2015）。

受到 COVID-19 疫情影響，行動學習已成為全球許多學校、大學院校和其他各類教育機構的一個重要教學模式（Akour et al., 2021）。行動學習對學習成效的作用已有許多相關研究，與一般的學習模式比較，行動學習有更多自由，可以在任何時間、

任何地點進行各色各樣的學習，學習不必局限在教室內或電腦前進行，因此教學者、學習者、學習教材、教學輔助工具等都可隨着環境變動。

本研究擬開發具教學意涵的體感式遊戲行動學習系統，將新竹市 17 公里海岸線有關的生態、科普知識等建構後，載於智慧型手機中。利用行動學習可在任何時間、任何地點進行任何學習的優點，使學習者立即接收到相關資訊，建構出隨處可學習的學習環境（Sharples, 2000）。透過學習系統所提供的景點介紹和生態知識，在當地實際進行生態旅遊，不僅令學習者對於當地生態有進一步認識，更能從各個景點中衍生出相關的學習知識，有效地結合科技與學習。將學習融入生活，學習不受時間和地點限制，且可以隨着情境而改變（Korucu & Alkan, 2011）。

合作學習

合作學習（cooperative learning）以學習者為中心，令不同性別和能力、來自不同背景的學生透過彼此互助、互賴，一起努力達成共同的學習目標（廖玉鈴、林素微，2020）。在合作學習中，教師依學生的能力、性別、種族背景等，將學生異質分組，分配於 4 至 6 人的異質小組中；同組學生互相討論學習、共同溝通分享、接受肯定和獎賞，如此可提升個人的學習效果並達成團體目標（黃政傑、林佩璇，2008）。合作學習廣泛應用於各年級和各種科目，研究發現大多的合作學習都對學生的學習成就、學習保留、學習動機和學習態度有積極的效果，甚至對班級氣氛、人際關係、種族關係、社會技巧、學生自尊、控制信念等方面均有相當助益（簡妙娟，2003）。Parker（1985）則認為合作學習是透過學生間的積極互賴、分工合作，共同為團體成果和個人成績而努力，目的在於提供一個共同合作的學習環境，進而達到認知、情感和技能等目標。Johnson & Johnson（1999）曾指出，合作學習包含兩個要素：

1. 學習分組必須透過社會性互動與交談，促使分組成員主動學習；
2. 教師在教學前必須經過設計及安排，以提供必要的專業知識和誘導。亦即在合作學習的過程中，分組成員個別負責不同知識的學習，再經由交談、討論等過程，傳遞彼此對於知識的理解，共同達到知識上的成長。

因此，在合作學習過程中，一個學習分組包含以下特質（黃政傑、林佩璇，2008；Johnson & Johnson, 1987）：

1. **異質分組**（heterogeneous group）—— 將不同性質的學生分配到同一分組，使異質組成的成員彼此相互學習，認識多樣觀點；
2. **積極互賴**（positive interdependence）—— 學生意識到自己與分組是浮沉與共，個人的努力有助於整個分組的成功，使得每個成員更加積極和努力，以達成分組的共同目標；

3. **面對面的助長式互動** (face-to-face promotion) —— 分組成員必須彼此面對面地互動與協助，如此有助於組員間的相互了解，對學習亦有正面影響；
4. **評鑑個人學習績效** (individual accountability) —— 每個組員對於分組成績都有責任，分組的成功取決於每個組員的成功，而非以某個組員的成功來代表分組；
5. **人際技巧／社會技巧** (social skill) —— 組員間彼此信任、溝通、相互接納與扶持，除了學習知識外，組員都要運用到人際、社交等技巧；
6. **團體歷程** (group progressing) —— 在團隊合作的歷程中，每個成員皆須貢獻自己的努力，一起達成分組的目標。

因此，合作學習可透過異質分組，強調組員間的互動和積極互賴，組員個人的成績與分組的整體成績並重，是以「整體」為重的互動模式。教學時，教師須先提供合作的學習環境，學生則積極互賴與溝通（盧瑞珍，2013）。

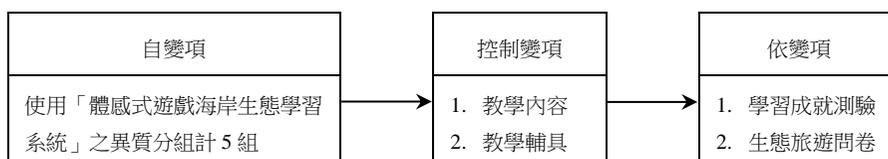
綜合上述合作學習的特點，本研究參照合作學習所須具備的條件與要素，結合遊戲設計出適合進行合作學習的體感式遊戲行動學習系統，利用 4G 行動網路技術，使分組成員在合作過程中進行溝通、討論和資源的交流與共享。學習者在遊戲過程中扮演好各自的角色，透過各個角色間的合作共同達成分組目標，以達致知識上的共同成長。

研究方法

研究架構

本研究採單組前、後測設計，實驗對象為隨機選取新竹市某公立大學大學部具智慧型手機操作能力的學生 30 名，將此 30 名實驗者依照前測評量成績進行學習能力分類，排名前 33% 的為高能力，排名在中間 33% 的為中能力，排名在後 33% 的為低能力，再將這 3 類學生平均分配到 5 個實驗組，每個實驗分組 6 名組員各包含高能力 2 名、中能力 2 名、低能力 2 名，完成異質分組。每組在學習活動前，討論每位組員所要扮演的角色、分組遊戲路線和合作方式，不同的角色負責學習的不同景點主題。學習者須登入系統選定主題和角色，系統會自動觸發該景點區域，適時給予適當的生態學習內容；學習完成後進行體感式遊戲，組員在遊戲過程中互相討論、合作共同達成目標。研究架構見圖二。

圖二：研究架構



研究變項

根據上述研究架構的設計和研究目的，本研究的自變項、控制變項和依變項包括：

1. **自變項**——本研究的自變項為使用「體感式遊戲海岸生態學習系統」的 5 組異質分組，每組內含高、中、低能力組員各 2 人共 6 人。
2. **控制變項**——本研究的控制變項為「教學內容」和「教學輔具」。教學內容以研究者自編的「新竹市 17 公里海岸線生態旅遊」為教材範圍；教學輔具則是具網路連線功能的智慧型手機，每位學習者皆使用它進行教學實驗。
3. **依變項**——本研究的依變項為「學習成就測驗」和「生態旅遊問卷」。採用研究者自編的新竹市 17 公里海岸線的海岸生態學習成就測驗試題和生態旅遊問卷，以評量學習者的學習成就和生態旅遊態度。

實驗設計

本研究教學內容依景點主題分為「垃圾分類、紅樹林生態、潮汐現象、潮間帶生態、台灣漁業、風力發電」等 6 個主題，經蒐集資料和參考相關知識後，編製學習教材，並諮詢相關專家建議後，擬訂實驗分析項目，據以驗證使用「體感式遊戲海岸生態學習系統」是否有助於提升學習成效。

學習成就測驗

編製學習成就測驗是依據 Meissner & Bogner (2012) 所修訂 Bloom 的教育目標中知識 (knowledge)、理解 (comprehension)、應用 (application)、分析 (analysis)、評鑑 (evaluation)、創造 (creation) 等六個層面，設計「學習成就測驗雙向細目表」(表一)，共計 40 題試題，每題 2.5 分，合計 100 分。由於戶外行動學習適合採用電腦化施測，而分析、評鑑和創造三個層面屬開放式問答，不適合採用選擇題的方式呈現，故本研究的試題編製偏重於採用知識、理解和應用三個層面，施測前邀請 2 位具海岸生態專長的大學教師針對試題評閱並修正後實施。

表一：學習成就測驗雙向細目表

教學內容	試題類型	認知歷程			合計
		知識	理解	應用	
1. 垃圾分類	選擇題 (4 選 1)	4	2	1	7
2. 紅樹林生態	選擇題 (4 選 1)	5	2	0	7
3. 潮汐現象	選擇題 (4 選 1)	2	3	2	7
4. 潮間帶生態	選擇題 (4 選 1)	7	0	0	7
5. 台灣漁業	選擇題 (4 選 1)	6	0	0	6
6. 風力發電	選擇題 (4 選 1)	4	2	0	6
合計		28	9	3	40

生態旅遊問卷

生態旅遊問卷的編製，目的在評量接受「體感式遊戲海岸生態學習系統」輔助學習對生態旅遊態度的影響。評量採下列方式進行：每位學習者均經由學習系統在新竹市 17 公里海岸線完成生態旅遊，在實驗後填寫問卷，共回收有效問卷 30 份。生態旅遊問卷題目共 30 題，包含環境態度方面 10 題、生態保育方面 10 題和環境衝擊程度 10 題等，以李克特 (Likert Scale) 五等量表形式進行測量，分別由非常不同意、不同意、普通、同意、非常同意給予 1 分到 5 分。

實驗工具

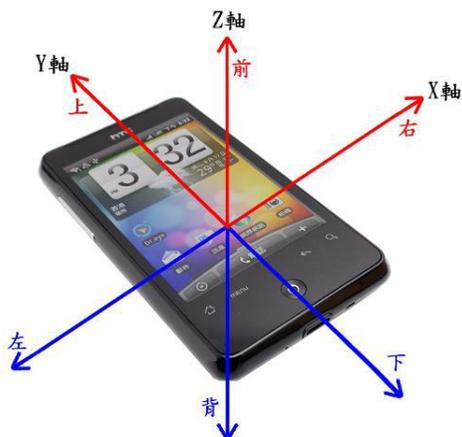
本研究以 Android 平台的智慧型手機為行動學習輔具，並開發「體感式遊戲海岸生態學習系統」供實驗研究使用。系統以港南運河為原點，沿着自行車步道向南北兩邊擴散，並以此路線規畫出 6 個具特色的學習景點，分別為海天一線看海區、紅樹林公園、看海公園、風情海岸、南寮休閒碼頭和海山漁港觀海平台等 (圖三)，向學習者異質分組進行海岸生態教學。

本研究所開發的「體感式遊戲海岸生態學習系統」，利用體感方式操作 (圖四)，手勢動作偵測可捨去手按螢幕的麻煩，操作方式更直覺、更簡單，並且可在遊戲時得到更真實的體驗；遊戲中所使用到的體感動作 (表二)，依照各景點學習內容的不同，設計出 6 套內含教學意義的體感式遊戲 (表三)，利用智慧型手機內建的重力感測器，感測學習者的手勢動作進行遊戲操作，有別於傳統的人機互動方式，操作變得更簡單、更直覺亦更有趣。於單元教學活動後立即進行海岸生態學習成就測驗評量和生態旅遊問卷調查，後續做資料分析。

圖三：學習景點位置圖



圖四：智慧型手機加速度方向示意圖



表二：智慧型手機的手勢動作表

握持方式	手勢動作
直立式握持	向上移動 (Y 軸向上)
	左右傾斜 (X 軸左右)
	逆時針旋轉 (X 軸左右、Y 軸上下)
平躺式握持	向上移動 (Z 軸向前)
	前後傾斜 (Y 軸上下)
	左右傾斜 (X 軸左右)

表三：學習景點和遊戲對照表

學習景點	遊戲名稱	手勢動作
海天一線看海區	隨手做環保	直立式握持向上移動（Y 軸向上）
紅樹林公園	落筆生根	直立式握持左右傾斜（X 軸左右）
看海公園	搶救海灘	平躺式握持前後左右傾斜（X 軸左右）
風情海岸	歸心似蟹	平躺式握持前後傾斜（Y 軸上下）
南寮休閒碼頭	一支釣	平躺式握持向上移動（Z 軸向前）
海山漁港觀海平台	風力發電	直立式握持逆時針旋轉（X 軸左右、Y 軸上下）

本研究根據 6 項海岸生態學習內容，結合手勢動作設計下列 6 套體感式遊戲，輔助學習者進行海岸生態學習。遊戲介面設計說明如下：

1. 隨手做環保

此遊戲的學習活動區域為海天一線看海區，景點區域緊鄰垃圾焚化爐。本景點設定的教學目標是了解垃圾焚化處理過程和如何做好垃圾分類，破除一般人對「可燃性垃圾和不可燃性垃圾」的迷思。

遊戲時，畫面下方會隨機出現垃圾，學習者必須依照教材所學的知識，判斷此垃圾是可燃性垃圾或不可燃性垃圾；學習者以直立式握持手機，向上移動產生加速度模擬拋垃圾動作，接着左右傾斜手機控制垃圾的方向，投進正確的垃圾桶即可獲取分數，錯誤則扣分（圖五）。

圖五：隨手做環保單元遊戲畫面和操作圖



2. 落筆生根

此遊戲的學習活動區域為紅樹林公園，景點區域位於新竹市客雅溪和海山罟一帶，景點所在之處為一大片紅樹林，是少數非河口型的水筆仔純林。本景點設定的教學目標是了解水筆仔生態，包含其外觀、生長環境、開花季節和為海岸環境帶來的影響，透過本景點教學令學習者對水筆仔有進一步的認識。

遊戲時，畫面上方水筆仔會自動落下，學習者必須依照教材所學的知識，找出適合水筆仔生長的濕地，並使水筆仔以垂直方式掉落至土壤中；學習者以直立式握持手機，左右傾斜手機控制水筆仔掉落的方向，當水筆仔垂直且掉落至正確土壤中即可獲取分數，錯誤則扣分（圖六）。

圖六：落筆生根單元遊戲畫面和操作圖



3. 搶救海灘

此遊戲的學習活動區域為看海公園，景點區域原為垃圾掩埋場，經復育綠化後，站在這裏可以眺望一整片海景，適合觀看潮汐和夕陽。本景點設定的教學目標是了解潮汐的變化和原理，透過本景點學習令學習者學會如何利用月亮的圓缺判斷大潮或小潮。

遊戲時，畫面左上方會顯示使用者與月亮位置的關係圖，在關係圖上可以看到月亮的圓缺，學習者必須依照教材所學的知識，判斷此時的潮汐是大潮、小潮或退潮，並進行搶救海灘遊戲，把海邊的寶特瓶撿起。學習者以平躺式握持手機，前後左右傾斜手機控制小人物去撿寶特瓶即可獲取分數，撿取愈遠的寶特瓶所獲分數愈高；當漲潮時，學習者必須退回該潮汐線之後，否則會被海浪捲走並且扣分（圖七）。

圖七：搶救海灘單元遊戲畫面和操作圖



4. 歸心似蟹

此遊戲的學習活動區域為風情海岸，景點區域緊鄰香山濕地，屬北台灣最大的潮間帶濕地，生物多樣性豐富，退潮時沙灘上可見到大量螃蟹、海蟑螂、彈塗魚和貝類等生物。本景點設定的教學目標為認識和尚蟹，包含其生長環境、外型特徵、行進方式、天敵和賴以維生的食物，透過本景點學習令學習者對和尚蟹有進一步了解。

遊戲時，畫面下方會有一隻和尚蟹，學習者必須設法使和尚蟹回到畫面上方的洞穴，並在過程中閃避天敵或者覓食。學習者以平躺式握持手機，前後傾斜手機控制和尚蟹，若回到洞穴或吃到食物都可得分，若碰到天敵則會扣分並回到原點（圖八）。

圖八：歸心似蟹單元遊戲畫面和操作圖



5. 一支釣

此遊戲的學習活動區域為南寮休閒碼頭，景點區域為台灣早期頗具規模的漁港，當時的漁港遼闊、漁產豐富，為西北部漁業及南北船往返航路的中心點。本景點設定的教學目標是了解台灣漁業，包括台灣漁業歷史、周圍洋流、常見魚種和瀕臨絕種魚類，透過本景點學習令學習者對台灣漁業有進一步了解，並喚醒學習者的保育意識。

遊戲時，魚鉤會自動下沉，很多魚類悠游於海面下，學習者必須判斷哪些魚類是保育魚類、哪些是食用魚類，並控制魚鉤將魚釣起。學習者以平躺式握持手機，向上移動產生加速度模擬釣魚動作，鉤子會迅速向上移動，此時左右傾斜控制魚鉤的方向，釣到食用魚類即可獲取分數，釣到保育魚類則扣分（圖九）。

圖九：一支釣單元遊戲畫面和操作圖



6. 風力發電

此遊戲的學習活動區域為海山漁港觀海平台，景點區域位於海山漁港最前端的橋堤入口處，台灣電力公司在此建立了數座風力發電機，成為海山漁港一大特色。本景點設定的教學目標是了解風力發電，包括風力發電的原理、風車的形式種類和風力發電的優缺點，透過本景點學習令學習者對風力發電有進一步的了解。

遊戲時，畫面會出現一座風車，畫面右下角會有一條能源值，學習者透過轉動風車補充足夠能源以進行賽車遊戲。學習者以直立式握持手機，逆時針畫圈產生加速度模擬風車轉動的動作，畫面中的風車會跟着手勢轉動並補充能源值，當能源值補滿時，即可進行賽車遊戲，此時左右傾斜手機控制賽車的方向，賽車過程中透過與分數

值碰撞加減分數；能源值會隨賽車時間降低，當能源不足時，就必須再轉動風車以補充能源（圖十）。

圖十：風力發電單元遊戲畫面和操作圖



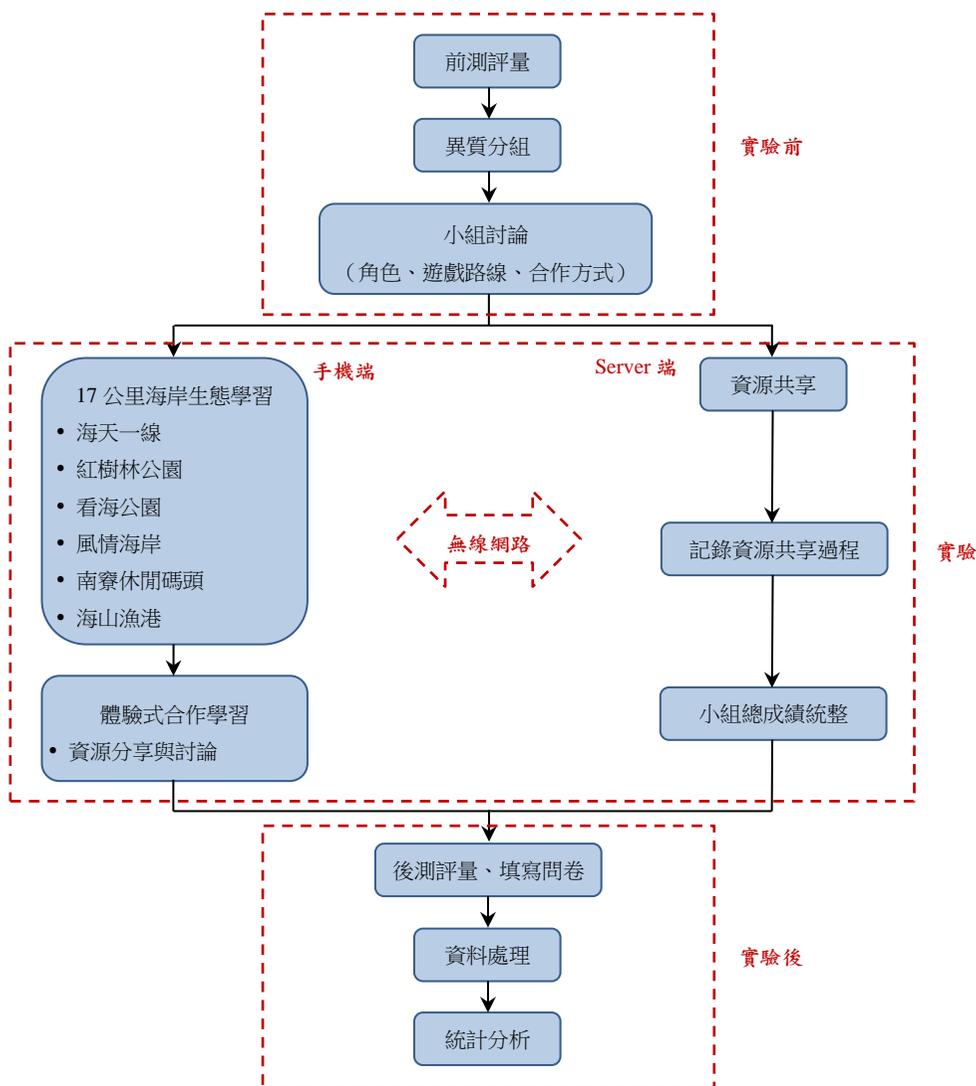
7. 手機應用程式 WhatsApp

本實驗研究分組成員間的溝通藉由免費軟體 WhatsApp 來對話，此軟體具備「多人聊天室」的功能，可以達成分組溝通和討論的需求。實驗前，每支實驗手機都預先完成 WhatsApp 帳號的申請，分組進行實驗時，僅需以分組名稱開啟一個「多人聊天室」透過文字進行分組對話，即可達成分組的溝通和討論，而實驗中對話的過程都可記錄下來。

實驗流程及資料蒐集

本研究採前測後異質分組後測的實驗設計模式（表四）。實驗流程如圖十一，於實驗前將受測者 30 人進行學習成就前測評量（ O_1 、 O_3 、 O_5 、 O_7 、 O_9 ），得到前測分數後再異質分成 5 組，每組 6 人（ X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 ），其中內含高、中、低能力組員各 2 人（表五）。實驗開始，學習者使用「體感式遊戲海岸生態學習系統」進行海岸生態學習；於單元教學結束後，6 組學習者即接受學習成就測驗後測和生態旅遊問卷調查（ O_2 、 O_4 、 O_6 、 O_8 、 O_{10} ），研究者依所獲資料分析遊戲學習系統是否能有效提升學習者的學習成就，以及對生態旅遊態度的影響。

圖十一：實驗流程



表四：本研究異質分組的實驗設計模式

組別	前測	實驗處理	後測
A	O ₁	X ₁	O ₂
B	O ₃	X ₂	O ₄
C	O ₅	X ₃	O ₆
D	O ₇	X ₄	O ₈
E	O ₉	X ₅	O ₁₀

註： O₁、O₃、O₅、O₇、O₉ 為海岸生態學習成就測驗前測；
 X₁、X₂、X₃、X₄、X₅ 為依學習成就測驗前測成績的異質分組；
 O₂、O₄、O₆、O₈、O₁₀ 為海岸生態學習成就測驗後測、生態旅遊問卷調查。

表五：異質分組人數分布

組別	高能力組	中能力組	低能力組	有效樣本數
A	2	2	2	6
B	2	2	2	6
C	2	2	2	6
D	2	2	2	6
E	2	2	2	6
受測者總計	10	10	10	30

結果與討論

本研究隨機選取新竹市某公立大學大學部具智慧型手機操作能力的學生 30 名為實驗對象，採用異質分組，依照學習成就測驗前測成績分為 5 個實驗分組，根據前述研究方法與流程，使用本研究開發的「體感式遊戲海岸生態學習系統」，從新竹市港南運河出發，進行海岸生態學習，實驗結果如下。

不同組別學習成就測驗結果分析

為檢驗各分組在先備知識上是否有差異，本研究先針對 5 個分組樣本進行同質性檢定。若分析結果未達顯著即表示此 5 個分組具同質性，則可直接進行海岸生態學習成就測驗（後測）分析。該 5 個分組的學習成就測驗前測成績描述統計如表六所示。

表六：學習成就測驗各分組前、後測統計摘要

組別		樣本數	平均數	標準差	標準誤
A	前測	6	47.92	19.77	8.07
	後測		79.58	5.57	2.27
B	前測	6	50.42	15.84	6.47
	後測		77.50	5.70	2.33
C	前測	6	48.75	10.69	4.37
	後測		77.50	9.22	3.76
D	前測	6	49.17	11.25	4.59
	後測		76.25	7.37	3.01
E	前測	6	49.17	11.25	4.59
	後測		70.42	5.79	2.36
全體	前測	30	49.08	13.22	2.41
	後測		76.25	7.12	1.30

由表六可知，5 個分組在學習成就測驗前測的平均數分別為 47.92、50.42、48.75、49.17、49.17，其中 B 組的平均成績略高於其他 4 組。5 個分組的標準差分別為 19.77、15.84、10.69、11.25、11.25，表示 C 組的組內個體間離散程度較其他 4 組為低。由描述統計來看，雖然 B 組的學習成就測驗前測成績略優於其他 4 組，但是否達到顯著差異 ($p < .05$)，則有待 ANOVA 分析檢定，其檢定結果見表七。

表七：學習成就測驗前、後測 ANOVA 檢定摘要

		SS	df	MS	F	p
前測	組間	19.58	4	4.90	0.024	1
	組內	5048.96	25	201.96	—	—
	全體	5068.54	29	—	—	—
後測	組間	289.58	4	72.40	1.530	.22
	組內	1182.29	25	47.30	—	—
	全體	1471.88	2	—	—	—

由表七可知，ANOVA 檢定值 ($F = 0.024$, $p > .05$) 未達顯著，表示 5 個分組在學習成就測驗前測成績未達顯著差異。由此得知，5 個分組的學習成就測驗前測成績均具同質性，無其他因素干擾，可直接進行後測成績的研究分析。為進一步探討各分組學習成就測驗前、後測成績的差異，本研究利用成對樣本 t 檢定同時對每一分組的學習成就測驗前、後測成績做比較分析，據以判斷各分組間教學前、後的學習成就差異，檢定結果見表六。由表六可知，5 個分組在學習成就測驗後測的平均數分別為 79.58、77.50、77.50、76.25、70.42，其中 A 組的平均成績略高於其他 4 組，但是否達顯著差異，則進一步以 ANOVA 分析檢定；由檢定結果 (表七) 可知，ANOVA 檢定值 ($F = 1.530$, $p > .05$) 未達顯著，表示 5 個分組在學習成就測驗後測成績未達顯著差異。另由表六可知，學習成就測驗後測的全體平均數 76.25 顯著優於前測的全體平均數 49.08，又經由學習成就測驗前、後測成對樣本 t 檢定的分析結果 (表八)，其平均數考驗 t 值為 -10.77 ，顯著性 p 為 $.00 < .05$ ，達顯著水準，表示學習成就測驗前、後測成績具顯著差異。

表八：學習成就測驗成對樣本 t 檢定分析摘要

	平均數	標準差	t	df	p
前測 - 後測	-27.17	13.81	-10.77	29	.00

表九為各分組學習成就前、後測成對樣本 t 檢定分析的結果，其中各分組的顯著性 $p < .05$ ，達顯著水準，表示每個分組學習成就測驗前、後測成績均達顯著差異，顯示使用「體感式遊戲海岸生態學習系統」有助提升學習成就。

表九：各分組學習成就測驗成對樣本 *t* 檢定分析摘要

組別		平均數	標準差	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
A	前測－後測	-31.67	18.42	-4.21	5	.00
B	前測－後測	-27.08	14.92	-3.28	5	.02
C	前測－後測	-28.75	7.03	-10.02	5	.00
D	前測－後測	-27.08	11.77	-5.64	5	.00
E	前測－後測	-21.25	16.33	-4.25	5	.00

不同組別生態旅遊態度問卷分析

本研究依據實驗後所蒐集的生態旅遊問卷，分析實驗者對於環境態度、生態保育和環境衝擊程度等三項的認同程度，並進一步分析每項中前三項排名和後三項排名的項目，藉以觀察實驗後的生態旅遊態度。

環境態度

在環境態度方面，主要探討實驗者在使用本系統後，對於自然環境的態度。其中實驗者最同意的前三項分別為「我認為所有生物的生命都很珍貴而必須保護」（平均數 4.67）、「我認為地球的價值並不是取決於人類，而是地球本身」（平均數 4.50）和「我會把空的瓶子丟入資源回收桶，或收集起來送到回收站」（平均數 4.47）；較不同意的後三項分別為「我常會和朋友聊到與環境有關的問題」（平均數 3.23）、「我已經準備好支付環境保護的稅金（如提高燃料或汽車稅）」（平均數 3.50）和「如果店內提供塑膠袋我通常會拒絕」（平均數 3.53），如表十所示。

經由問卷分析結果可以發現，大部分學習者在環境態度方面均認同地球和所有的生物都是珍貴的，人類無權任意破壞，並且願意為環境保育盡一份心力。由此可知，大部分學習者皆具有足夠的環保意識，但在日常生活中對環境相關話題卻較少提及，實際付諸在環保行動方面亦較為缺乏。

生態保育

生態保育方面主要探討實驗者在使用本系統後，對於生態保育方面的態度。其中實驗者最同意的前三項分別為「海岸生態學習系統的內容，是具有吸引力與教學意義的」（平均數 4.60）、「海岸生態學習系統的內容，能激發我對 17 公里地區進行生態的觀察與探索」（平均數 4.53）和「海岸生態學習系統的內容，對於保育價值觀是有影響的」（平均數 4.47）；較不同意的後三項分別為「海岸生態學習系統的內容，可以調整旅客之旅遊行為」（平均數 3.87）、「海岸生態學習系統的內容，提供了

表十：環境態度量表分析

題號	題目	非常 不同意	不同意	沒意見	同意	非常 同意	平均數
1	我認為所有生物的生命都很珍貴而必須保護。	0.0%	6.7%	0.0%	13.3%	80.0%	4.67
2	我認為地球的價值並不是取決於人類，而是地球本身。	0.0%	0.0%	10.0%	30.0%	60.0%	4.50
3	我已經準備好支付環境保護的稅金（如提高燃料或汽車稅）。	13.3%	13.3%	20.0%	46.6%	6.8%	3.50
4	我認為除非需要開車（無其他運輸方式可利用）我才會選擇開車。	0.0%	0.0%	10.0%	50.0%	40.0%	4.30
5	我會把空的瓶子丟入資源回收桶，或收集起來送到回收站。	0.0%	0.0%	16.7%	20.0%	63.3%	4.47
6	我會把用過沒有電的電池拿去便利商店回收。	0.0%	0.0%	33.3%	16.7%	50.0%	4.17
7	購物時，我喜歡使用紙袋勝過使用塑膠袋。	0.0%	0.0%	23.3%	30.0%	46.7%	4.23
8	如果店內提供塑膠袋我通常會拒絕。	0.0%	6.7%	46.7%	33.3%	13.3%	3.53
9	我常會和朋友聊到與環境有關的問題。	0.0%	16.7%	43.3%	40.0%	0.0%	3.23
10	當目的地在鄰近地區時，我會盡可能多使用公共運輸或騎腳踏車。	3.3%	13.3%	26.7%	33.3%	23.3%	3.60

旅客對生態造成負面衝擊之資訊」（平均數 3.90）和「海岸生態學習系統的內容，能激發我對自然環境的回饋（參與保育活動、捐款給保育團體等）」（平均數 3.90），如表十一所示。

經由問卷分析結果可以發現，大部分學習者認為此「海岸生態學習系統」內容具吸引力和學習意義，能夠激發他們對當地生態的觀察並加強生態保育的觀念。然而，在提供負面衝擊資訊的部分相對較為不足，且大部分學習者認為教學內容對於旅客實際行為的影響較弱，較不易激發旅客為環境保育付諸行動。因此，本系統教學內容在生態保育上具影響力，惟影響程度有限。

在教學上，本研究藉由針對不同的景點，分別設計出不同的生態學習主題，並在教材和遊戲中加入與該景點生態相關的知識，使學習者透過本實驗實地參與生態旅遊；經實驗結果得知，一般學習者對於海岸生態相關知識仍然存在着相當程度的

表十一：生態保育量表分析

題號	題目	非常不同意	不同意	沒意見	同意	非常同意	平均數
1	海岸生態學習系統的內容，是具有吸引力與教學意義的。	0.0%	0.0%	0.0%	40.0%	60.0%	4.60
2	海岸生態學習系統的內容，對於保育價值觀是有影響的。	0.0%	0.0%	13.3%	36.7%	50.0%	4.47
3	海岸生態學習系統的內容，含有降低環境衝擊之議題。	0.0%	0.0%	16.7%	33.3%	50.0%	4.33
4	海岸生態學習系統的內容，可以調整旅客之旅遊行為。	0.0%	0.0%	40.0%	33.3%	26.7%	3.87
5	海岸生態學習系統的內容，提供了旅客對生態造成負面衝擊之資訊。	0.0%	6.8%	0.0%	13.3%	80.0%	3.90
6	海岸生態學習系統的內容，含有很多我以前所沒有注意到的生態知識。	0.0%	0.0%	10.0%	53.3%	36.7%	4.27
7	海岸生態學習系統的內容，能激發我對17公里地區生態的注意與關心。	0.0%	0.0%	6.7%	53.3%	40.0%	4.33
8	海岸生態學習系統的內容，能激發我對17公里地區進行生態的觀察與探索。	0.0%	0.0%	6.8%	33.3%	60.0%	4.53
9	海岸生態學習系統的內容，能激發我對自然環境的回饋（參與保育活動、捐款給保育團體等）。	0.0%	0.0%	36.8%	36.8%	26.7%	3.90
10	海岸生態學習系統的內容，能激發我去更多其他自然地區從事生態旅遊。	0.0%	0.0%	13.3%	50.0%	36.8%	4.23

不解與迷思，然而經由本研究進行教學實驗後，有一定程度的進步，顯示本研究所建構的「體感式遊戲海岸生態學習系統」有助學習者了解海岸生態知識。

透過本研究可以看出經由數位化後的遊戲式學習，其設計與應用的過程需要更多考量，從遊戲融入學習的設計理念，數位遊戲學習最重要的就是要令學習者感到愉悅和快樂，從中自然地學習知識。而測量學習者在遊戲中愉悅程度的方式大多屬於經驗法則，這些經驗法則大部分是依據遊戲介面、機制、玩法和敘述性等多項元素所產生（Paas & Van Merriënboer, 1994）。遊戲本身具有適應的目的，不單是為消除原始的本能，而是幫助個體加強日後所需的本能，是一種成人活動的練習（簡楚瑛，1993）。

環境衝擊程度

在環境衝擊程度部分，主要探討實驗者在使用本系統後，對環境的觀察和對環境所造成衝擊的影響。其中實驗者最同意的前三項分別為「騎完 17 公里海岸線，我發現許多被人丟棄的垃圾及廢棄物」（平均數 3.67）、「騎完 17 公里海岸線，我發現腳踏車步道兩旁草皮有遭到踐踏的情形」（平均數 3.17）和「騎完 17 公里海岸線，我發現土壤有被侵蝕而流失的問題」（平均數 3.00）；較不同意的後四項分別為「騎完 17 公里海岸線，我發現這裏的景觀不美」（平均數 2.03）、「騎完 17 公里海岸線，我發現樹木、岩石上被刻字」（平均數 2.73）、「騎完 17 公里海岸線，我發現植物因為人為破壞而斷裂的問題」（平均數 2.83）和「騎完 17 公里海岸線，我發現有噪音的污染」（平均數 2.83），如表十二所示。

經由問卷分析結果可以發現，騎完 17 公里自行車步道後，大部分學習者認為遊客丟棄垃圾，且周邊草皮、土壤受遊客破壞較嚴重，而當地環境、生態受人為的影響較不嚴重，另外未發現較重大的破壞行為。整體來說新竹市 17 公里海岸線所受到的人為衝擊程度是低的。

表十二：環境衝擊程度量表分析

題號	題目	非常不同意	不同意	沒意見	同意	非常同意	平均數
1	騎完 17 公里海岸線，我發現植物因為人為破壞而斷裂的問題。	6.7%	16.7%	63.3%	13.3%	0.0%	2.83
2	騎完 17 公里海岸線，我發現腳踏車步道兩旁草皮有遭到踐踏的情形。	6.7%	10.0%	43.3%	40.0%	0.0%	3.17
3	騎完 17 公里海岸線，我發現建築物或腳踏車步道設計與環境不協調。	6.7%	20.0%	53.3%	13.3%	6.7%	2.93
4	騎完 17 公里海岸線，我發現樹木、岩石上被刻字。	23.3%	13.3%	36.8%	20.0%	6.8%	2.73
5	騎完 17 公里海岸線，我發現許多被人丟棄的垃圾及廢棄物。	0.0%	16.7%	16.7%	50.0%	16.7%	3.67
6	騎完 17 公里海岸線，我發現其他遊客有破壞設施與環境的行為。	13.3%	10.0%	46.7%	30.0%	0.0%	2.93
7	騎完 17 公里海岸線，我發現有噪音的污染。	13.4%	23.3%	43.3%	6.7%	13.4%	2.83
8	騎完 17 公里海岸線，我發現見到的動植物很少。	13.4%	13.4%	50.0%	20.0%	3.2%	2.87
9	騎完 17 公里海岸線，我發現土壤有被侵蝕而流失的問題。	6.7%	13.4%	53.3%	26.7%	0.0%	3.00
10	騎完 17 公里海岸線，我發現這裏的景觀不美。	50.0%	13.4%	23.3%	10.0%	3.3%	2.03

結論與建議

結論

本研究透過實驗來探討運用體感式遊戲行動學習系統對學習者的學習成就與生態旅遊態度是否有影響。根據學習成就測驗結果，檢驗使用體感式遊戲進行海岸生態學習活動對學習者的學習成就和生態旅遊態度的影響，並進行統計檢定，結論如下：

1. **使用體感式遊戲海岸生態學習系統對學習成就的影響。**本研究採成對樣本 t 檢定分析發現，經異質分組後，不論哪一實驗組別，在進行學習活動後，其學習成就皆有顯著提升。海岸生態學習內容的設計，結合遊戲的趣味和教育性，使學習者在遊戲過程中進行分組合作，達到寓教於樂的目的，透過遊戲的方式學習到重要的知識與技能（Miller et al., 2011）。而本研究在系統中加入手勢動作的體感式遊戲，可以幫助學習者以寓教於樂的方式，在遊戲過程中學習知識。
2. **使用體感式遊戲海岸生態學習系統對生態旅遊態度的影響。**針對實驗教學所進行的生態旅遊態度問卷各量表調查後，發現各組學習者在實驗教學後，其環境態度與生態保育量表各試題的平均數均達 3 分以上，推論學習者經由本研究的學習設計後，在環境態度與生態保育意識都有高度認同，能激發學習者進一步對當地生態進行觀察和探索的興趣。可見學習者利用本系統進行海岸生態旅遊，使其沉浸在自然環境中潛移默化，引發學習者對當地自然生態進行觀察和探索。除了學習到相關知識外，學習者能加深對於當地的生態認識，進而喚起學習者保護並重視當地生態環境。惟學習者在環境衝擊程度量表各試題的平均數僅三題達 3 分或以上，推論學習者認為當地受到的環境衝擊程度較低，顯示藉由系統學習不易觀察出海岸生態周遭環境所受到的人為衝擊情況。

建議

經由本研究的研究設計和結果，提出以下研究限制和未來研究建議：

1. 本研究限於時間、人力與物力，尚無法包含海岸生態學習的各項範疇，只選擇了新竹市 17 公里海岸線中當地的海岸生態為主題，以實驗教學的教材範圍為主，未來可在教學平台上增加其他海岸生態相關的主題內容，廣泛教學內容。
2. 教學現場可搭配議題引導的學習模式，促進學習者與同儕合作，更能增加教師觀察學習者的時間，針對不同學習情形進行後續輔導，探討學習者的探究能力和學習成效。

3. 本研究雖然整合行動學習、合作學習和體感式遊戲，但教學設計上還無法就各教學策略的成效進行評量，未來可納入不同教學策略的成效評量，探討實施多元教學策略與創新教學輔具的效益。
4. 本研究採異質分組方式，各分組樣本數量小，未來可採無母數統計，針對小樣本進行分析。又所設計的遊戲需結合戶外空間情境，且須使用手機和通訊軟體進行學習，未來宜設計毋須使用手機和通訊軟體的對照組，以利比較其學習成效差異。
5. 本研究主要藉由知識和地點的連結，進行知識學習，透過實地情境來強化學習效果，學習態度部分由於需要長時間觀察方可獲得較精確的研究結果，未來可安排長時間的觀察，探究學習態度的表現。
6. 本研究在合作學習上，學習資源共享和分組溝通過程仍須透過系統外的應用程式達成，未來可將此部分一併整合於系統內，利於同儕學習。
7. 目前本研究系統教材是記錄於手機內部，未來可提供線上教材編輯系統，令教師能直接透過網頁編修教材內容，學生亦能透過網路隨時取得最新的教學資訊。
8. 在遊戲設計上，可融入擴增實境（augmented reality）技術，透過擴增實境增加使用者對環境空間的認知，藉由體感手勢搭配擴增實境功能獲得更真實的體驗。

參考文獻

- 方志華、葉興華、劉宇陽、黃欣柔（2015）。〈中小學電子教科書產業趨勢與需求之研究〉。《課程與教學季刊》，第 18 卷 3 期，頁 157-182。
- 王怡茹（2015）。《行動學習活用於國小高年級統整課程之行動研究》（未出版碩士論文）。國立臺北教育大學，台北。
- 王嘉傑（2014）。《行動學習統整課程對國小學生音樂素養、創造思考和用餐情緒之影響》（未出版碩士論文）。國立成功大學，台南。
- 呂金燮、吳毓瑩（譯），約翰·杜威（著）（2018）。《明日學校：杜威論學校教育》。商周。
- 陳思貽（2014）。《雲端行動學習與創意環境對創意表現的影響》（未出版碩士論文）。國立臺灣師範大學，台北。
- 曾憲雄、蔡秀滿、蘇東興、曾秋蓉、王慶堯（2005）。《資料探勘 Data mining》。旗標資訊。
- 黃政傑、林佩璇（2008）。《合作學習》。五南。
- 廖玉鈴、林素微（2020）。〈利用合作學習教學策略提升偏鄉小校國小二年級學童數學學習之探討〉。《臺灣數學教師》，第 41 卷第 2 期，頁 22-43。[https://doi.org/10.6610/TJMT.202010_41\(2\).0002](https://doi.org/10.6610/TJMT.202010_41(2).0002)
- 劉家呈（2020）。《探討體感互動遊戲對幼兒數學學習、動作技能及執行功能影響之研究》（未出版碩士論文）。國立臺灣師範大學，台北。

- 盧瑞珍 (2013)。《合作學習對學生學習成效影響之後設分析——以 2005 至 2012 年之學位論文與期刊為範圍》(未出版碩士論文)。國立臺灣師範大學, 台北。
- 簡妙娟 (2003)。〈合作學習理論與教學應用〉。載張新仁(編), 《學習與教學新趨勢》(頁 403–463)。心理出版社。
- 簡楚瑛 (1993)。〈「遊戲」之定義、理論與發展的文獻探討〉。《新竹師院學報》, 第 6 期, 頁 105–133。
- Akour, I., Alshurideh, M., Al Kurdi, B., Al Ali, A., & Salloum, S. (2021). Using machine learning algorithms to predict people's intention to use mobile learning platforms during the COVID-19 pandemic: Machine learning approach. *JMIR Medical Education*, 7(1), Article e24032. <https://doi.org/10.2196/24032>
- Boocock, S. S., & Schild, E. O. (Eds.). (1968). *Simulation games in learning*. Sage.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. W. W. Norton.
- Bruner, J. S. (1972). Nature and uses of immaturity. *American Psychologist*, 27(8), 687–708. <https://doi.org/10.1037/h0033144>
- Cavus, N., & Uzunboylu, H. (2009). Improving critical thinking skills in mobile learning. *Procedia — Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 434–438. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.078>
- Chang, W. C., Pan, E. C., & Huang, Y. J. (2013). Constructing a mobile learning system to support creative thinking program. *Journal of Information Technology and Applications*, 7(2), 45–51. [https://doi.org/10.6302/JITA.201306_7\(2\).0003](https://doi.org/10.6302/JITA.201306_7(2).0003)
- Ellis, A. K., & Bond, J. B. (2016). *Research on educational innovations* (5th ed.). Routledge.
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation and Gaming*, 33(4), 441–467. <https://doi.org/10.1177/1046878102238607>
- Hwang, G. J., Wu, C. H., Huang, I. W., & Kuo, F. R. (2012). A mind map-oriented mobile learning approach to promoting creative thinking ability of students in a business course. *2012 IEEE Seventh International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education*, 242–248. <https://doi.org/10.1109/WMUTE.2012.60>
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1987). *Learning together and alone: Cooperative, competitive, and individualistic learning* (2nd ed.). Prentice-Hall.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1999). *Learning together and alone: Cooperative, competitive, and individualistic learning* (5th ed.). Allyn & Bacon.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Stanne, M. B. (2000). *Cooperative learning methods: A meta-analysis*. University of Minnesota.
- Kiili, K. (2005). Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model. *The Internet and Higher Education*, 8(1), 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2004.12.001>
- Korucu, A. T., & Alkan, A. (2011). Differences between m-learning (mobile learning) and e-learning, basic terminology and usage of m-learning in education. *Procedia — Social and Behavioral Sciences*, 15, 1925–1930. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.029>

- Lindley, S. E., Le Couteur, J., & Berthouze, N. L. (2008). Stirring up experience through movement in game play: Effects on engagement and social behavior. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 511–514). <https://doi.org/10.1145/1357054.1357136>
- Meissner, B., & Bogner, F. X. (2012). Science teaching based on cognitive load theory: Engaged students, but cognitive deficiencies. *Studies in Educational Evaluation*, 38(3–4), 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2012.10.002>
- Miller, L. M., Chang, C. I., Wang, S., Beier, M. E., & Klisch, Y. (2011). Learning and motivational impacts of a multimedia science game. *Computers and Education*, 57(1), 1425–1433. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.01.016>
- Paas, F. G. W. C., & Van Merriënboer, J. J. G. (1994). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review*, 6(4), 351–371. <https://doi.org/10.1007/BF02213420>
- Parker, R. E. (1985). Small-group cooperative learning — Improving academic, social gains in the classroom. *Nassp Bulletin*, 69(479), 48–57. <https://doi.org/10.1177/019263658506947908>
- Prensky, M. (2001a). *Digital game-based learning*. McGraw-Hill.
- Prensky, M. (2001b). Digital natives, digital immigrants part 2: Do they really think differently? *On the Horizon*, 9(6), 1–6. <https://doi.org/10.1108/10748120110424843>
- Rahmawati, Y., Ridwan, A., Hadinugrahaningsih, T., & Soeprijanto. (2019). Developing critical and creative thinking skills through STEAM integration in chemistry learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1156, 1–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1156/1/012033>
- Rieber, L. P. (1996). Seriously considering play: Designing interactive learning environments based on the blending of microworlds, simulations, and games. *Educational Technology Research and Development*, 44(2), 43–58. <https://doi.org/10.1007/BF02300540>
- Sharples, M. (2000). The design of personal mobile technologies for lifelong learning. *Computer and Education*, 34(3–4), 177–193. [https://doi.org/10.1016/S0360-1315\(99\)00044-5](https://doi.org/10.1016/S0360-1315(99)00044-5)
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2013). *UNESCO policy guidelines for mobile learning*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000219641>

A Study of Using Sensing Game Mobile Learning System for Improving Coastal Ecological Learning

Kuo-Liang OU, Yu-Ting ZENG, & Jyun-Yu SYU

Abstract

With the rapid development of information technologies, which are widely used in science and education, mobile-based learning becomes the major trend of teaching and learning strategies for improving the quality of education. This study employed smart phones of Android platform, built-in 4G wireless networks, global satellite positioning system, and G-Sensor technology for constructing the motion sensing online game-based learning environment. Six sensing games with the impact meaning of environmental protection were proposed for students' context-aware exploring and learning. A total of 30 students participated this experiment. They were arranged into 5 heterogeneous groups and explored the "Hsinchu coast of seventeen kilometers" with mobile devices. Each motion-sensing game was triggered by student's gestures. Each game required students to cooperate with group members for learning the major knowledge and relation between these environmental protection issues. Results indicated that performance and motivation of learning were both improved. Furthermore, learners were immersed in the motion-sensing games and learnt the knowledge and impact between each environmental protection issue.

Keywords: sensing game; mobile learning; cooperative learning; coastal ecosystems

OU, Kuo-Liang (區國良) is Associate Professor in the Institute of Learning Sciences and Technologies, National Tsing Hua University.

ZENG, Yu-Ting (曾郁庭) is Assistant Research Fellow in the Special Education Center, National Taiwan Normal University.

SYU, Jyun-Yu (徐俊煜) is a Master's graduate in the Institute of Learning Sciences and Technologies, National Tsing Hua University.