

國家科學及技術委員會補助專題研究計畫報告

應用延伸實境發展智慧虛實創客空間強化大專院校STEAM素養-
應用混合實境技術實踐STEAM導向之適性化虛實創客空間(第3年
)

報告類別：精簡報告
計畫類別：整合型計畫
計畫編號：NSTC 109-2511-H-025-005-MY3
執行期間：111年08月01日至112年10月31日
執行單位：國立臺中科技大學資訊管理系(含碩士班)

計畫主持人：黃天麒
共同主持人：黃展鵬、林文彥、陳政煥

計畫參與人員：
學士級-專任助理：張錦程
學士級-專任助理：邱佳雯
碩士班研究生-兼任助理：蔡莉婷
碩士班研究生-兼任助理：羅少廷
碩士班研究生-兼任助理：許家綸
碩士班研究生-兼任助理：何艾倫
碩士班研究生-兼任助理：陳冠宇
碩士班研究生-兼任助理：曾欣屏
大專生-兼任助理：張婕
大專生-兼任助理：何艾倫
大專生-兼任助理：曾欣屏
大專生-兼任助理：陳冠宇

報告附件：出席國際學術會議心得報告

本研究具有政策應用參考價值：否 是，建議提供機關
(勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關)
本研究具影響公共利益之重大發現：否 是

中 華 民 國 113 年 01 月 29 日

中文摘要：主持人近年執行多項以「創客」或「實境技術」為主軸的研究計畫，發現過去鮮少著眼於解決創客空間之問題。本研究從三大面向切入探討：(1)創客空間數量與人力斷層；(2)創客空間缺乏教育功能；(3)創客學習需求與歷程缺乏個別化。為解決此問題，本研究利用混合實境技術，將既有創客空間轉化為提供「意義化、適性化」學習的「創客教育空間」。

研究分三年進行。第一年盤點MR融入創客教育的要素，透過後設分析瞭解MR輔助學習的模式，並訪談創客專家與新手，根據訪談結果提出以STEAM為基礎的適性化MR創客學習系統架構。第二年開發混合實境虛擬物件、互動模式與學習功能，並發展創客空間學習素材。第三年利用準實驗法檢驗開發的混合實境「創客空間輔助學習系統」之成效。結果顯示，使用該系統能顯著提高創客作品品質、創客表現及安全自我效能。

在第一年研究成果中，計畫主持人回顧2009-2022年將混合實境技術應用於教育的文獻，分析混合實境教育技術現況，探討影響學習成效的因素。研究檢索4個資料庫，設定文獻納入標準後分析123篇文獻。結果顯示混合實境教育整體效果量為0.60，達中等水準，優於傳統教學。文獻分析發現混合實境教育受「課程學習長度」、「設備使用頻率」、「教師協助」等因素調節，呈現學習成效差異。本研究解析混合實境技術應用於教育的發展趨勢與影響因素，提供實證建議。在實驗研究的成果中，本研究實證混合實境技術應用於創客空間教育之可行性與成效。不僅減輕教師負擔，也能增強學生創新思維與實踐能力。未來可擴大實驗對象與時間，探討混合實境對不同難度創客教育之影響，提供創新且安全的STEAM教學模式。

中文關鍵詞：創客
混合實境
創客空間
後設分析

英文摘要：The principal investigator has conducted several recent projects centered on "makerspace" or "immersive technology," and discovered that few previous projects have focused on addressing problems with makerspaces. This research approaches three major aspects: (1) the gap between the number and manpower of makerspaces; (2) the lack of educational functions in makerspaces; (3) the lack of individualization in makers' learning needs and processes. To solve this problem, this research utilizes mixed reality technology to transform existing makerspaces into "makerspace educational spaces" that provide "meaningful, adaptive" learning.

The research is conducted over three years. In the first year, elements of integrating MR into makerspace education are inventoried. Metadata analysis is used to understand the patterns of MR-assisted learning, and interviews with expert makers and novices are conducted. Based on the interview results, a STEAM-based adaptive MR makerspace

learning system architecture is proposed. In the second year, mixed reality virtual objects, interaction modes, and learning functions are developed, and makerspace learning materials are expanded. In the third year, a quasi-experimental method is used to validate the effectiveness of the developed "makerspace assisted learning system" with mixed reality. Results show that using this system can significantly improve the quality of makers' works, performance, and safety self-efficacy.

In the first year research results, the principal investigator reviewed literature from 2009–2022 on applying mixed reality technology to education, analyzed the current status of mixed reality education technology, and explored factors affecting learning outcomes. Research retrieved 123 articles from 4 databases after setting literature inclusion criteria. Results showed a moderate overall effect size of 0.60 for mixed reality education, outperforming traditional teaching. Literature analysis found that mixed reality education is moderated by "course learning duration", "device use frequency", "teacher assistance" and other factors, demonstrating differences in learning outcomes. This study analyzes the development trends and influencing factors of applying mixed reality technology to education, and provides evidence-based recommendations. In the experimental research results, this study demonstrates the feasibility and effectiveness of applying mixed reality technology to makerspace education. Not only does it reduce teacher burden, but enhances innovative thinking and practical abilities of students. Future work can expand experiment subjects and time to investigate the impact of mixed reality on different difficulty levels in makerspace education, providing an innovative and safe STEAM teaching model.

英文關鍵詞：makerspace, STEAM, meta-analysis, mixed-reality, maker

應用延伸實境發展智慧虛實創客空間強化大專院校 STEAM 素養—應用混合實境技術實踐 STEAM 導向之適性化虛實創客空間

主持人：國立臺中科技大學 資訊管理系 黃天麒

共同主持人：國立勤益科技大學 資訊管理系 黃展鵬

國立臺中科技大學 資訊管理系 林文彥

亞洲大學 行動商務與多媒體應用學系 陳政煥

計畫編號：MOST 109-2511-H-025 -005 -MY3

壹、緒論

一、研究背景與目的

計畫主持人近五年執行之計畫皆以「創客」或「實境技術」為主軸，因此發現過去鮮少計畫著眼解決創客空間的問題。本計畫從三大問題點切入，(1)創客空間數量與人力之斷層；(2)創客空間獨缺教育；(3)創客需求獨特但學習歷程欠缺個性。

如何將既有創客空間在科技之輔助下轉化為「意義化、適性化」學習之「創客教育空間」，是過去研究與計畫較少探討的議題。而本計畫採取混合實境的虛實整合之特性，以期完成這項轉化的任務。

貳、研究方法

一、文獻蒐集

混合實境能提供高度的沉浸感以及即時的互動體驗，能刺激學生的多重感官記憶，如何使用混合實境進行有效教學，提高學生的學習成效，是近年來許多教師與專家學者的重點研究項目。綜觀近年來各項研究，多數顯示混合實境能幫助提升學習動機，進而提升學習成效，卻也有部分研究者的研究顯示使用實境教學和傳統教學兩者之間的成效差異不大，並未達到顯著(楊佑盛, 2018)，亦有研究者認為學生的自我導向將會對其在混合實境中的學習成效產生影響，基於以上各種論點，本計畫第一年之研究目的釐清混合實境融入創客教育之環境所需要的條件與要素，為第二年的教學系統建構提供清晰的樣貌。本研究全面搜尋文獻，發現 2009 年前的設備與今不同，部分混合實境文獻實為擴增實境研究。因此本研究所設定文獻收集之時間範圍係自 2009 年 1 月至 2022 年 1 月之相關文獻。依據文獻的標題進行初步篩選，經過關鍵字搜尋後，依據相關性進行關聯性排序所得到的結果所篩出的篇數為，Science Direct 共搜尋到 27407 篇，篩出 1116 篇；LearnTechLib 共 1777 篇，篩出 956 篇；Web of Science 有 853 篇，篩出 660 篇；EBSCO 資料庫 1764 篇，篩出 665 篇，故總共篩出 3397 篇文獻，再將四個資料庫中搜尋到的文獻匯入 EndNote 中，保留 MR 相關文獻，排除未提及 MR、僅提及 VR、AR 相關的文獻，故篩出 668 篇。接下來，針對「教育」、「學習」等名詞為關鍵字進行限縮，得到 241 篇，再以編碼方式將 241 篇文獻依序整理，排除與混合實境在教育研究不相關之文獻、未有全文之文獻、以及僅著重於 VR 或 AR 之文獻，篩出 124 篇，其中可進行後設分析之研究為 29 篇，而在進行後設分析數據編碼作業時，排除一篇含有極端值效果量的文獻以避免出版偏誤，最後納入後設分析的文章數，共為 27 篇。上述流程全部檢視完後，便會開始將所有納入的研究進行後續的數據統整、分析研究，圖 1 為本研究文獻篩選過程之流程圖。

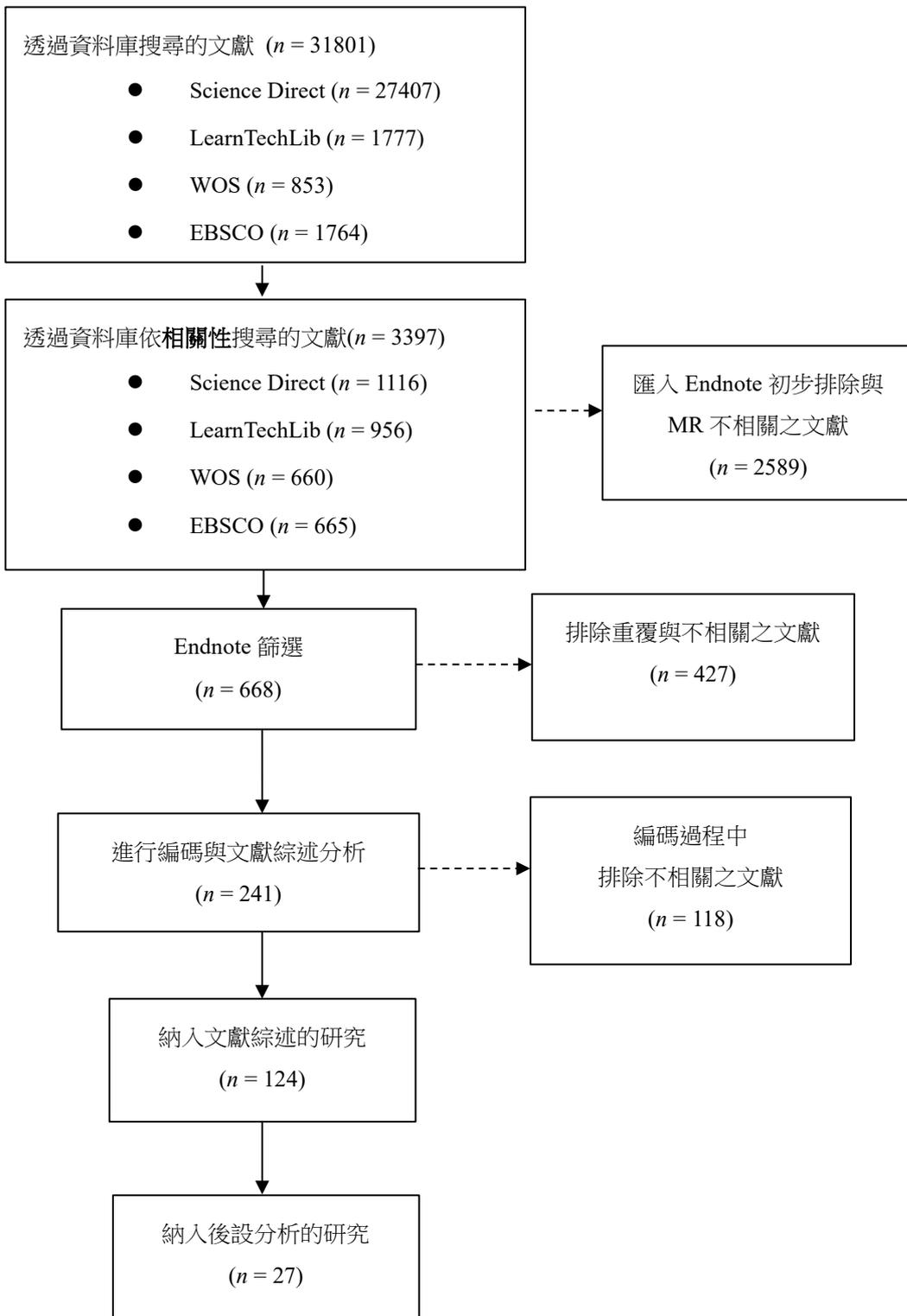


圖 1 研究步驟流程圖

經過上述之相關文獻歸納與整理後，本研究欲探討之變項為以下 10 項，包括「研究發表年份」、「學科領域」、「教育階段」、「實驗對象之地理位置」、「課程學習長度」、「實驗組混合實境設備使用頻率」、「課程學習面向」、「學生有無分組」、「過程中有無教師協助」以及「實驗設計的有無」等十個變項。

二、統計分析

本研究利用文獻綜述來統整、分析文獻數據，並整理出有完整實驗數據之文獻，利用較嚴謹的後設分析研究進行分析，使用量化的統計方法將所有單一的研究數據結果統整，並計

算出整體效果量。

1. 計算效果量

後設分析使用的評比標準所計算出來的結果稱為效果量(Effect Size, *ES*)，效果量是衡量實驗數據中自變項、依變項之間關連強度的指標。效應值相對於統計學中的顯著性，有利於了解研究結果的強度，數值越大則效應越強，表示實驗處理的功效越大，差異越明顯；數值越小則效應越弱，表示實驗處理的功效越小，差異越不明顯。That is, $d = 0.2$ (small effect); $d = 0.5$ (medium effect); $d = 0.8$ (large effect); $d = 1.20$ (very large effect).

部分實驗結果之數據僅呈現 t 值、 F 值等，沒有平均數、標準差等數值，所以必須先將這些數據全部先登錄在同一個表格內，再使用公式來轉換成效果量，而如果研究中有提供前後測之樣本數、平均數與標準差，則採用 Hedges & Olkin (1985)提出的 g 效果量與 Borenstein 等人提出的 g 效果量(Borenstein, Hedges, Higgins, & Rothstein, 2009)，如以下公式來計算效果量 d 值，並且還會以 95%信賴區間來比照 ES 的顯著性， \bar{x}_1 為實驗組的平均數， \bar{x}_2 為控制組的平均數， n_1 與 n_2 為實驗組與控制組的樣本數， S_1^2 和 S_2^2 為標準差。此外，為避免參與者數量的膨脹，當單個研究包含對照組與多個試驗組的比較時，報告分析中對照組參與者的數量將進行適當分割(Bar-Haim, Lamy, Pergamin, Bakermans-Kranenburg, 和 Van Ijzendoorn, 2007)。各項精確的運算會以整合分析軟體 Comprehensive Meta-Analysis(CMA)以及 MetaWin 統計軟體來進行分析。

$$d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)}}}$$

2. 調節變項分析

後設分析方面，主要會利用兩種效果模式來計算出平均效果量，除了以 I^2 值的大小來決定使用哪一種分析模式之外，同質性檢定則以 Q 檢定來進行，如果 Q 檢定的結果未達顯著，表示研究之間的同質性極高，就可以直接將各個研究計算出來的效果量進行合併，並進行效果量的顯著性測量，以及計算整體效果量的 95%信賴區間；若 Q 達顯著，表示各個研究之間效果量的變異並非來自於各文獻的效果量差異或者抽樣誤差，表示研究之中存在著某項調節變項會影響到整體的學習成效，並會進行事後比較 (post-hoc comparisons)。

3. 檢驗出版偏差

本研究利用 Rothstein 等人在 2005 年提出的 Egger 的回歸測試 Egger's regression test 及 Duval 和 Tweedie 在 2000 年提出的修補法(trim-and-fill method)，來檢測後設分析中的出版偏差，若前方法中回歸檢定的值未達顯著標準($p > .05$)，即表示研究中的出版偏差不大(Duval & Tweedie, 2000; Rothstein, Sutton, & Borenstein, 2005)。

4. 編碼者信度檢驗

根據本研究的標準，符合條件的 124 份文件將由編碼者進行詳細的閱讀和分析。除了按編碼變量在表格中記錄外，每項研究至少需由兩名編碼者進行編碼，並在編碼後檢查編碼結果的一致性。一名編碼者將先對所有研究文件進行初步分析，然後第二名編碼者將隨機選取

50%的研究進行複查。

三、MR 資訊系統研發

本計畫第二階段，將以第一年的後設分析結果作為重要參考依據，開發以 STEAM 為基礎之適性化創客空間混合實境(MR)學習系統。此階段主要任務如下：

- (一) 開發混合實境虛擬物件與資訊
- (二) 開發混合實境互動模式
- (三) 開發混合實境學習系統功能
- (四) 發展創客空間學習素材

其中(一)至(三)系統開發流程如下：

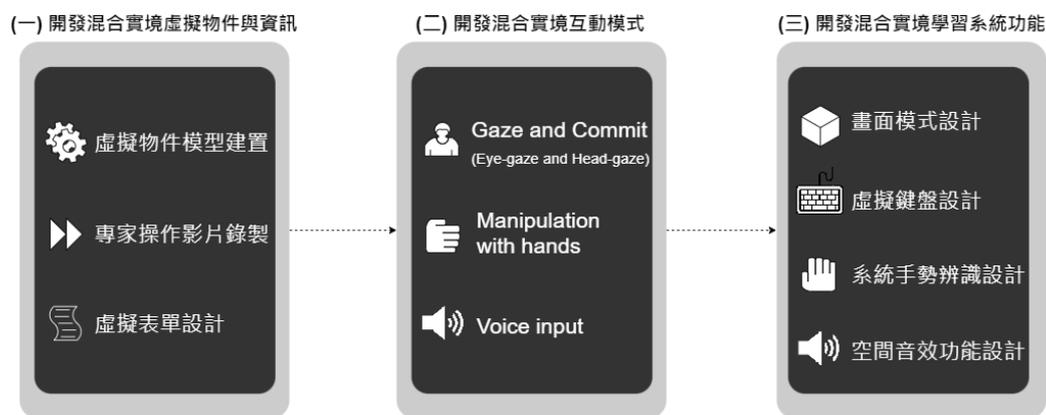


圖 2 第二年系統開發流程

在系統功能部分，本計畫以創客學習歷程規劃出 MR 系統之三大功能，以建構出創客空間的適性化學習，包括**探索學習**、**操作指引**、**活動紀錄**。

表 1 為第二年創客 MR 學習輔助系統之功能架構。使用者於初次使用 MR 系統時，可先至本計畫所開發的學習網站上註冊身份，註冊完成後即可於 MR 系統上進行登入，將 MR 系統與網站帳戶做連結，以便日後【**活動紀錄**】功能對使用狀況的紀錄。

表 1 系統功能架構

行為	時機	適性化子功能	子功能內容
探索學習	初步學習使用	區域選擇： MR螢幕呈現創客空間地圖。使用者可自由選擇哪一區開始。	於MR螢幕上提供各類別創客空間的選擇項目。可點擊連結至空間介紹的頁面瀏覽資訊。
		機具選擇： 創客直接選擇感興趣的機具。	選擇創客空間後，MR螢幕中將提供使用者各種該空間的操作機具做選擇。使用者可透過選擇，進入操作指引的功能選擇頁面。

操作指引	入門創客欲在引導下完成作品	<p>步驟教學：根據選擇的機具提供基本的操作步驟。</p> <p>示範影片：根據選擇的機具提供完整的專家示範影片。</p>	<p>根據所選機具，MR螢幕左方呈現步驟的文字敘述；右方則呈現選擇步驟對應教學短片，引導使用者操作機具。可使用遠程指標或手勢點選進入下一步驟。</p> <p>根據所選機具，MR螢幕中央將呈現專家示範的完整影片。影片播放過程中，使用者可自由暫停、重播影片，以便於創客完成作品。</p>
活動紀錄	入門創客使用機具過程	<p>使用紀錄：提供使用歷程，以利創客自我檢視。</p>	創客能利用電腦於網站上觀看機具的使用紀錄圖表與學習歷程，便於創客及教師分析使用者需要加強的缺點。

以下為各系統功能實景圖：



圖 3 探索學習之區域選擇

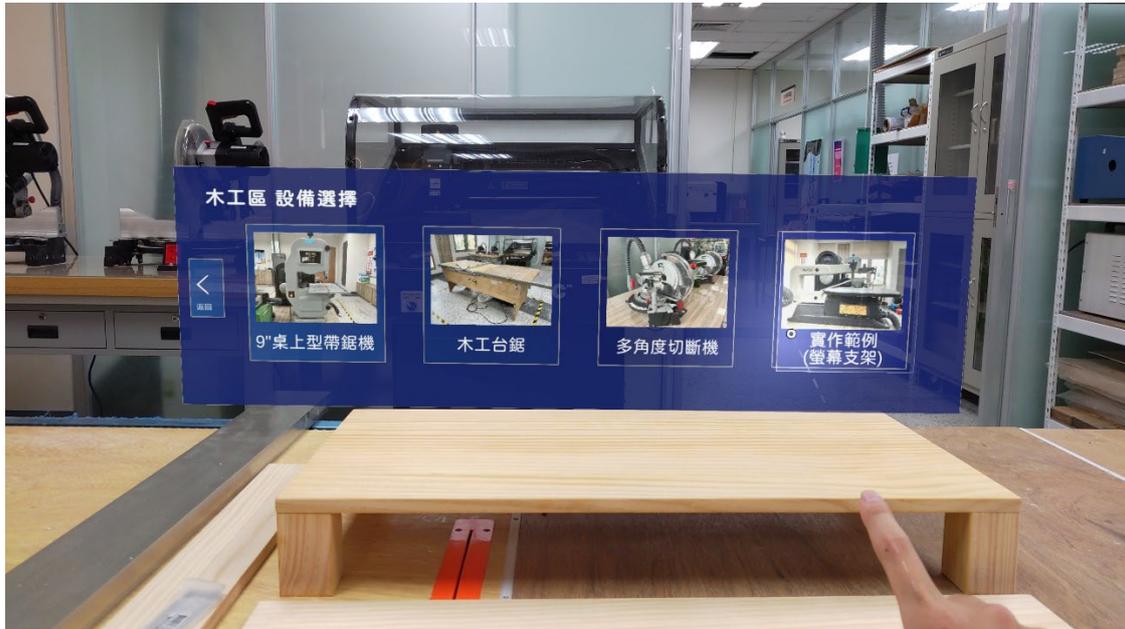


圖 4 探索學習之機具選擇



圖 5 操作指引之步驟教學



圖 6 操作指引之影片示範

四、實驗設計

1. 研究對象

本研究之實驗對象將招募中部某國立科技大學之學生，表 2 為研究對象之背景調查與實驗配置。參與者皆為大學部一至四年級的在學學生。實驗組及控制組之男女比例大致相同，都為資訊相關科系之學生。實驗採隨機分派進行分組，分成實驗組及控制組。其中 20 位學生為實驗組，使用本研究開發之 MR 系統以輔助學習；20 位學生為控制組，維持原創客空間的傳統教學方式，透過紙本教材輔助學生操作及學習。

表 2 研究對象背景與配置

特徵	分類	控制組人數	實驗組人數	實驗處理
性別	男性	13	12	
	女性	7	8	
科系	資訊相關科系	20	20	
組別配置	控制組	20		紙本教材輔助學習
	實驗組		20	MR 系統輔助學習

整體實驗流程及時間配置如圖 7。實驗課程以木工為主軸。實驗開始前將對兩組進行 10 分鐘的創客空間相關基礎知識教學及安全事項說明；完成後進行創客安全自我效能、創客自我效能及創客空間焦慮之前測；完成後，由創客教師進行 15 分鐘的教材內容說明（實驗組含系統操作教學）及 20 分鐘的實作步驟及機具操作示範教學；而在實踐環節中，安排學生在 60 分鐘內，利用各組之輔助教材及空間資源完成創客作品；最後進行創客安全自我效能、創客自我效能及創客空間焦慮之後測和作品評量；實驗課程共計 140 分鐘。實驗組將於課後進行約 20 分鐘之質性訪談。另外，因木工創客空間的機具極具危險性，多為切割、變形材料電動

式機具，因此兩組之學生於實驗課程期間，全程皆由具專業經驗之創客教師進行操作教學、示範與監督，避免不可逆之安全意外發生。

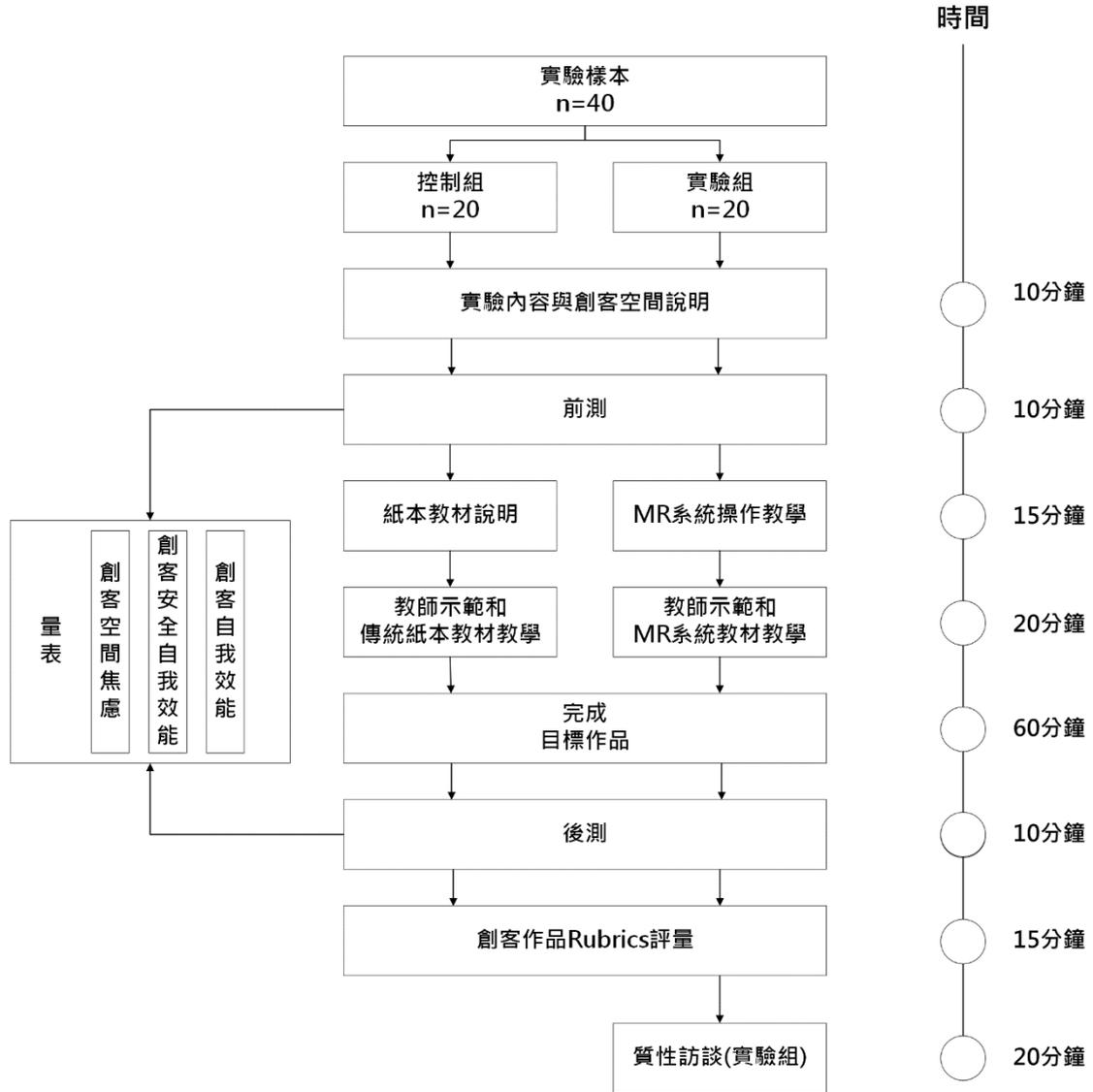


圖 7 實驗流程圖

實作全程由教師進行監督，避免操作失誤導致意外發生。課程中主要的創作階段及對應之工具為：

1. 切割素材：鉛筆、直尺、多角度切割機。
2. 研磨表面：號數 240 粗砂紙(#240)、號數 400 粗砂紙(#400)。
3. 打磨倒角：號數 240 粗砂紙(#240)、號數 400 粗砂紙(#400)。
4. 黏合素材：毛刷、白膠、瞬間膠。



圖 8 觀摩教師示範



圖 9 操作機具切割素材

五、研究工具

1. 量化研究工具

本研究對應欲探究之研究問題，使用以下衡量工具，包含：創客自我效能量表、創客安全自我效能量表、創客空間焦慮量表、創客作品 Rubrics 評量規準。本次研究所使用之量表的 Cronbach's Alpha 係數值如下表 3 所示。表中 Cronbach's Alpha 係數值皆大於 0.7，各量表具有良好的信度。

表 3 各量表總體之信度分析結果

量表	題項數量	Cronbach's Alpha 值
創客安全自我效能	12	.886
創客自我效能	9	.840
創客空間焦慮	10	.891

- (1) 創客自我效能量表：參考 Huang(2019)等人發展的創客自我效能量表進行修改。屬五點李克特(Likert)量表。由於本研究將以木工課程實施實驗，所用加工機具與材料都以木頭相關為主，因此將根據本研究進行實驗的環境內容改編題項。包含 3 題反向題，共計 14 題。
- (2) 創客安全自我效能量表：參考 Love(2017)的創客安全自我效能量表，屬五點李克特量表。由於此量表題項為針對創客專業的授課教師所設計，本研究為衡量之研究對象為在學學生，因此將參考原本題項進行改編，包含 5 題反向題，共計 12 題。
- (3) 創客空間焦慮量表：Spielberger(1966)指出特質性焦慮是個體感受某情境對自身的威脅，而影響所產生的焦慮傾向。由於本研究所實驗的創客空間環境包含各式危險加工機具，特質性焦慮較符合欲衡量之焦慮類型。本研究參考創客與焦慮相關之文獻(Dougherty, 2013; Martin, 2015; Sheridan et al., 2014; Spielberger et al., 1971)，自編一份符合本研究主軸之創客空間焦慮量表，共計 12 題。
- (4) 創客作品 Rubrics 評量規準：Andrade(2005)指出 Rubrics 可做為教師衡量學生學習表現的標準。本研究將依據木工課程的創作目標及實作步驟(木頭螢幕架)進行 Rubrics 評量規準的設計，以四大部分進行作品評估，包含切割木材、研磨表面、打磨倒角、黏合素材，並根據作品的各對應面向之完成程度進行量化評分，每部分為 0 至 9 分。
- (5) 創客表現 Rubrics 評量規準：本研究將依據木工課程的創作及學習過程進行 Rubrics 評量規準的設計，以四大部分進行表現評估，包含安全措施、實作效率、積極學習、規劃與實踐，並根據各對應面向之達成程度進行量化評分，每部分為 0 至 3 分。

2. 焦點團體訪談

本研究於實驗組授課完成後，隨機抽取 10 名受試者進行學生訪談，以獲得實驗組受試者對 MR 融入於創客空間之想法。訪談時間為 20 分鐘的半結構式訪談。訪談要點包含：MR 融入於創客空間之整體看法、本研究開發之 MR 系統優劣、MR 系統對學習上之影響、MR 系統對創作問題之幫助。

本研究之質性資料分析則採用原案分析法(Protocol analysis)，參照 Fonteyn 等(1993)所述之分析流程：

- (1) 記錄：學生訪談期間進行全程錄音。
- (2) 轉換：將錄音結果轉換成訪談逐字稿。
- (3) 觀察：找出與研究相關的部份。
- (4) 建立概念與編碼：進行概念定義並給予不同編碼。
- (5) 建立類屬：將編碼進行歸類並賦予歸類概念名稱。

參、結果與討論

一、後設分析數據資料統整

1. 混合實境在教育中的整體成效

為了避免研究結果會有出版偏誤，本研究會先以整體效果量之標準差的正負 2 倍來做為極端效果量的判斷依據，藉以判斷各個研究中的效果量是否為極端值，將效果量超過此範圍太多的研究予以刪除，來避免超過太多的離群值容易對研究分析的結果造成出版偏差。本研究經過篩選後，納入分析的篇數為 28 篇，文獻中的平均效果量為 0.72，標準差為 1.17，其正負 2 倍的範圍間距為-1.63~3.07，因此本研究將刪除效果量超過此範圍太多的研究。而其中有一篇研究 $g=3.51$ (Zhang et al., 2018)，效果量的值超過間距過多，為了避免對結果造成出版偏誤，所以本研究將此篇排除，不納入後續的分析研究。因此剩餘的研究篇數為 27 篇，其中包含 56 個 g ，及 1997 位學生，文獻的總體加權效果量為 0.60，95%信賴區間為 0.29~0.92（不包含 0）。根據 Cohen 對於後設分析效果量範圍的界定，當效果量為 0.2 左右，其效果量屬於微量(small effect)；當效果量為 0.5 左右時，其效果量屬於中度(medium effect)；當效果量大於 0.8 以上時，其效果量屬於強烈(large effect)。從文獻的總體 ES 值可以看出，本研究對於混合實境在教育中的總體學習成效屬於中度影響(medium effect)，表示混合實境在教育中之學習成效整體效果量為正值。

表 4 為混合實境在教育中的整體學習成效整合圖表，27 篇之 g 介於-0.89~3.13，固定效果模式的 g_+ 為 0.58， Z 值為 13.9，95%信賴區間為 0.5~0.67（不包含 0）；隨機效果模式的 g_+ 為 0.6， Z 值為 3.9，95%信賴區間為 0.29~0.92（不包含 0）。從效果量 g 值可以得知，當 g 為正值時即表示研究中的實驗組優於控制組，再從信賴區間值不包含 0 中也可以得知，將混合實境技術融入到教學中，相對於一般傳統教學在學習成果的表現上是有中等的正面成效，也就是混合實境在教育中的學習成效顯著優於傳統教學法。

表 4 混合實境在教育中的整體學習成效

分析模式	N	g_+	Z	95%CI	Q_T	df	I^2
固定效果	27	0.58	13.90***	[.50~.67]	316.97***	26	91.80
隨機效果	27	0.60	3.90***	[.29~.92]			

*** $p < .001$

2. 同質性檢定與異質性檢定

儘管研究中預設個別研究之間的抽樣誤差是同質的，但以經驗法則來看，大部分的分析結果皆表示，個別研究的誤差之間是異質性，所以才需要做異質性 Q 檢定來驗證其說法。當量化不一致性值(I^2)越小表示其中存在一致性，就適合使用固定效果模式來計算效果量，數值越大，異質性的可能性就增加，當 $I^2 > 75\%$ ，表示存在高度異質性，此時就需要採用隨機效果模型來對組間及組內進行抽樣誤差，反之，若 $I^2 < 25\%$ 屬於同質性，則須採取固定效果模式來進行統計分析，藉此用以評估平均效果量。本研究以隨機效果模型來分析學習成效之同質性檢定及異質性檢定。經過 Cochrane 的 Q 檢定過後，如上表 4 所示，學習成效的 Q 檢定達顯著差異($Q_T=316.97, p < .001$)，加上 $I^2=91.8\%$ 表示研究間的變異量較大，存在高度異質性，研究之間所顯示的差異不是來自於同一個母體的抽樣誤差，因此需要針對研究中所設定的調節變項來進行分析，做進一步的檢驗。

3. 調節變項分析

本研究在後設分析中所設立的調節變項共有 9 項，透過對調節變項的分析，可以將以下變項中的結果進行討論，在 9 個調節變項中有 3 個變項的 Q_B 達顯著差異，顯示出變項的組間存在差異性，分別為課程長度($Q_B=12.49, p < .05$)、混合實境設備使用頻率($Q_B = 6.43, p < .05$)及過程中有無教師的協助($Q_B=5.46, p < .05$)，表示這 3 個變項對於混合實境在教育中的學習成效中存在調節作用，需要進一步的分析。其它變項雖未有顯著差異，但各組之間的差異仍有討論的必要性，但由於精簡報告篇幅有限，調節變項各類別之 g_+ 及相關詳細資料分析將於完整成果報告再行呈現。

4. 出版偏差之檢驗

本研究利用 Egger 的迴歸檢定及修補法 Trim and fill 來檢驗研究的出版偏差。從檢驗結果分別可以看出，如表 5 為 Egger 的迴歸檢定，截距為 0.25，標準誤差為 1.59， $t = 0.16(p = .88)$ 未達顯著標準，當截距越接近 0，則表示出版偏差越小，當 $p\text{-value} > .05$ 表示研究接受虛無假設，即代表研究結果無出版偏差；再來表 6 為使用修補法來進行修剪和填補的結果，而本檢測不論是使用哪一種效果模式來進行分析，結果一樣都會同時呈現出兩種效果模式（固定效果模式及隨機效果模式）所跑出來之數據，從表中可以看出右側有 7 項研究缺失，因此將固定效果模式的整體效果量從 0.58 調整為 0.77($p < .05$)，隨機效果模式的整體效果量從 0.60 調整為 0.92($p < .05$)，可以從數值皆為正數中看出研究不具出版偏差。

表 5 Egger 的迴歸檢定結果

Egger's regression intercept	
Intercept	0.25
Standard error	1.592
95% lower limit(2-tailed)	-3.03
95% upper limit(2-tailed)	3.529
t-value	0.156
df	25
p-value(1-tailed)	0.534
p-value(2-tailed)	0.877

表 6 Trim and fill 修補法結果

Duval and Tweedie's Trim and fill								
	Fixed-Effect				Random Effects			Q Value
	Studies Trimmed	Point Estimate	Lower limit	Upper limit	Point Estimate	Lower limit	Upper limit	
Observed values		0.58	0.50	0.66	0.60	0.30	0.91	316.97
Adjusted values	7	0.77	0.69	0.84	0.92	0.61	1.23	488.53

5. 編碼者信度檢驗

本後設分析之編碼登錄工作是由兩位研究者擔任，其中一位研究者以所有研究的文獻進

行分析處理，第二位研究者隨機抽取 50% 的研究來覆核，二位研究者最終的編碼結果一致性達 90%，且兩位編碼者亦針對編碼相異處進行討論，最終達成共識。經過 SPSS 統計軟體所計算出的數據，如下表 7 所示，編碼數據資料會先經過交叉比對來驗證數據的有效性，從表中可以看出數據是有效的；再來計算 Cohen's Kappa 值，Kappa 值通常介於 -1~1 之間，係數低於 0.4 代表一致性程度極差，0.4~0.6 代表一致性程度一般，0.6~0.8 代表一致性程度好，>0.8 代表一致性程度極佳，從表 8 中可以看出數據的契合度達 0.797 表示編碼資料的一致性程度良好。

表 7 交叉資料表編碼者資料數據處理

	有效值		觀察遺漏值		總計	
	N	百分比	N	百分比	N	百分比
Reviewer_1	620	100.0%	0	0.0%	620	100.0%
Reviewer_2						

表 8 Kappa 編碼者信度測量結果

	值	標準誤差	顯著性
契合度測量	.797	.026	.000
有效的觀察個數	620		

二、量化資料結果

1. 創客安全自我效能分析

研究結果(如下表 9)顯示了創客安全自我效能的單因子共變數分析 (ANCOVA) 結果。在控制了創客安全自我效能前測分數的影響後，實驗組的創客安全自我效能後測分數顯著高於控制組 ($p = .003$)。Levene 檢定確認了資料的變異數同質性 ($p = .147$)，符合 ANCOVA 分析的前提假設。單因子共變數分析顯示了組間存在顯著差異 ($F(1,37) = 9.776, p = .003$)，並且事後比較進一步確認了實驗組與控制組之間的平均差異是顯著的 (平均差異 (I-J) = $-.406, p = .003$)。組別平均估計值部分提供了每個組別的調整後的平均值和標準誤，以展示在控制共變數後的組間差異。

表 9 創客安全自我效能分析

項目	描述
依變數	創客安全自我效能後測分數
共變數	創客安全自我效能前測分數
同質性檢定	Levene 檢定: $F(1,38) = 2.195, p = .147$
單因子共變數分析	$F(1,37) = 9.776, p = .003$
組別平均估計值	控制組: $M = 3.841, SE = .091$ 實驗組: $M = 4.247, SE = .091$
事後比較	平均差異 (I-J) = $-.406, SE = .130, p = .003$

2. 創客自我效能分析

表 10 顯示創客自我效能的單因子共變數分析 (ANCOVA) 結果。在控制創客自我效能前測分數的影響後，實驗組的創客自我效能後測分數與控制組相比較高，但差異未達到顯著水準 ($p = .143$)。Levene 檢定確認了資料的變異數同質性 ($p = .075$)，符合 ANCOVA 分析的前提假設。單因子共變數分析顯示了組間存在的差異未達到顯著水準 ($F(1,37) = 2.241, p = .143$)。組別平均估計值部分提供了每個組別的調整後的平均值和標準誤，以展示在控制共變數後的組間差異。事後比較進一步確認了實驗組與控制組之間的平均差異未達到顯著水準 (平均差異 (I-J) = $-.190, p = .143$)。

表 10 創客自我效能的單因子共變數分析結果

項目	描述
依變數	創客自我效能後測分數
共變數	創客自我效能前測分數
同質性檢定	Levene 檢定: $F(1,38) = 3.357, p = .075$
單因子共變數分析	$F(1,37) = 2.241, p = .143$
組別平均估計值	控制組: $M = 3.897, SE = .089$
	實驗組: $M = 4.087, SE = .089$
事後比較	平均差異 (I-J) = $-.190, SE = .127, p = .143$

3. 創客空間焦慮檢測

表 11 顯示了創客空間焦慮的單因子共變數分析 (ANCOVA) 結果。在控制了創客空間焦慮前測分數的影響後，實驗組的創客空間焦慮後測分數較控制組低，但差異未達到顯著水準 ($p = .727$)。Levene 檢定確認了資料的變異數同質性 ($p = .405$)，符合 ANCOVA 分析的前提假設。單因子共變數分析顯示了組間存在的差異未達到顯著水準 ($F(1,37) = .124, p = .727$)。組別平均估計值部分提供了每個組別的調整後的平均值和標準誤，以展示在控制共變數後的組間差異。事後比較進一步確認了實驗組與控制組之間的平均差異未達到顯著水準 (平均差異 (I-J) = $.062, p = .727$)。

表 11 創客空間焦慮的單因子共變數分析結果

項目	描述
依變數	創客空間焦慮後測分數
共變數	創客空間焦慮前測分數
同質性檢定	Levene 檢定: $F(1,38) = .710, p = .405$
單因子共變數分析	$F(1,37) = .124, p = .727$
組別平均估計值	控制組: $M = 2.156, SE = .119$
	實驗組: $M = 2.094, SE = .119$
事後比較	平均差異 (I-J) = $.062, SE = .175, p = .727$

4. 創客作品 Rubrics 評量

由表 12 為學生作品 Rubrics 評量獨立樣本 t 檢定分析結果可見，兩組間切割木材的平均

分數差異未達顯著，顯著性為.174 大於 0.05，未達顯著水準；研磨表面的平均分數差異達顯著，顯著性為.021 小於 0.05，達顯著水準；打磨倒角的平均分數差異達顯著，顯著性為.001 小於 0.05，達顯著水準；黏合素材的平均分數差異達顯著，顯著性為.004 小於 0.05，達顯著水準；最後，兩組間的總分差異達顯著，顯著性小於.001，達顯著水準。

表 12 兩組創客作品 Rubrics 評量獨立樣本 t 檢定分析結果

作業項目	變異數相等性	t 檢定值	t 檢定自由度	t 檢定顯著性	平均值差異	標準誤差差
切割木材	相等	-1.385	38	0.174	-0.650	0.469
研磨表面	不相等	-2.413	32.388	0.022	-1.050	0.435
打磨倒角	相等	-3.553	38	0.001	-2.000	0.563
黏合素材	不相等	-3.154	24.057	0.004	-1.550	0.491
總分	不相等	-3.853	31.387	0.001	-5.250	1.362

5. 創客表現 Rubrics 評量

由表 13 為學生表現 Rubrics 評量獨立樣本 t 檢定分析結果可見，兩組間安全措施的平均分數差異達顯著，顯著性為.029 小於 0.05，達顯著水準；實作效率的平均分數差異達顯著，顯著性為.015 小於 0.05，達顯著水準；積極學習的平均分數差異達顯著，顯著性為.001 小於 0.05，達顯著水準；規畫與實踐的平均分數差異未達顯著，顯著性為.102 大於 0.05，未達顯著水準；最後，兩組間的總分差異達顯著，顯著性小於.001，達顯著水準。

表 13 兩組創客表現 Rubrics 評量獨立樣本 t 檢定分析結果

作業項目	變異數相等性	t 檢定值	t 檢定自由度	t 檢定顯著性	平均值差異	標準誤差差
安全措施	相等	-2.268	38	0.029	-0.550	0.243
實作效率	不相等	-2.666	19	0.015	-0.350	0.131
積極學習	不相等	-3.549	34.038	0.001	-0.650	0.183
規畫與實踐	不相等	-1.674	37.190	0.102	-0.300	0.179
總分	相等	-4.368	38	0.000	-1.850	0.423

三、焦點團體訪談之分析結果

由實驗組抽取 10 位學生進行訪談，本研究將訪談結果所提及之與本研究相關重點內容進行編碼命名及歸類。各分類之編碼個數佔比如圖 10、圖 11、圖 12 所示。

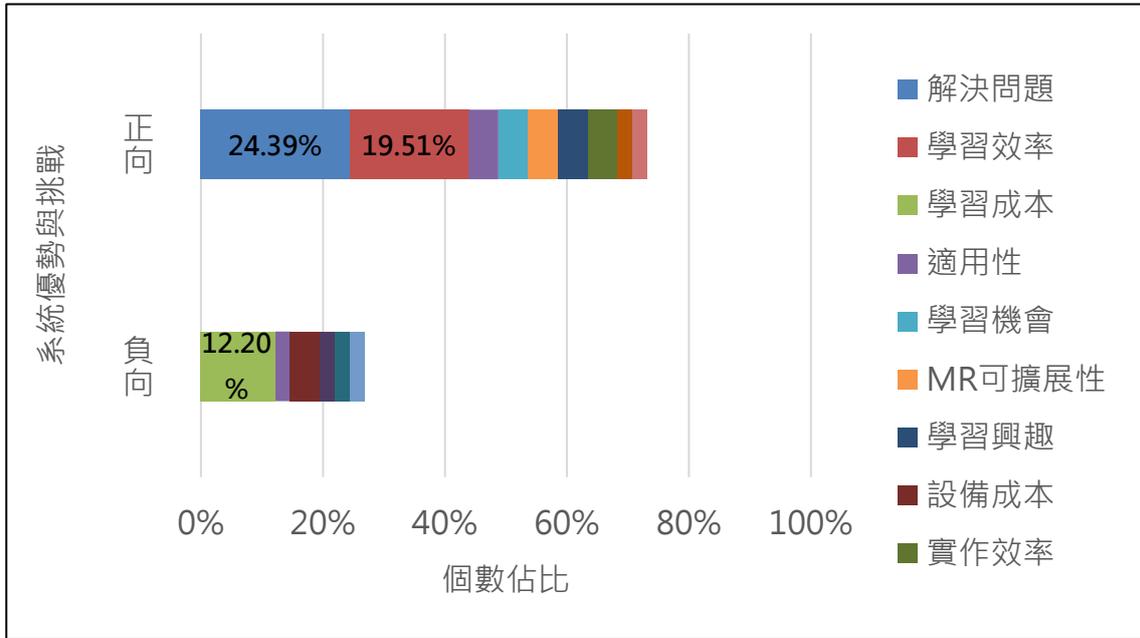


圖 10 系統優勢與挑戰之編碼個數佔比

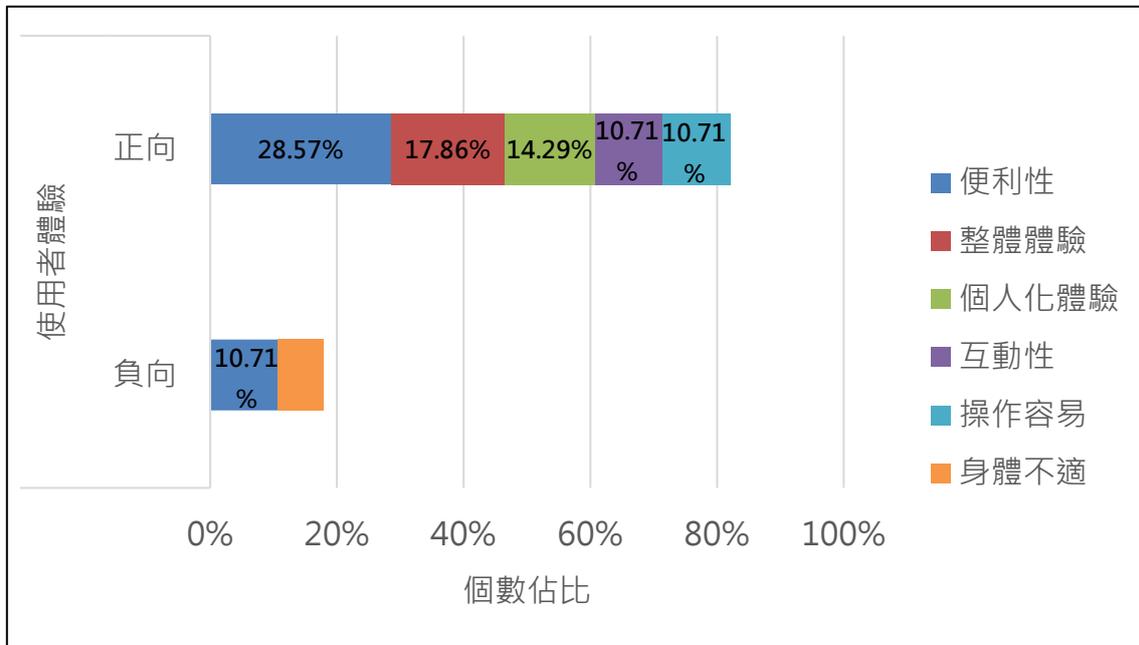


圖 11 使用者體驗之編碼個數佔比

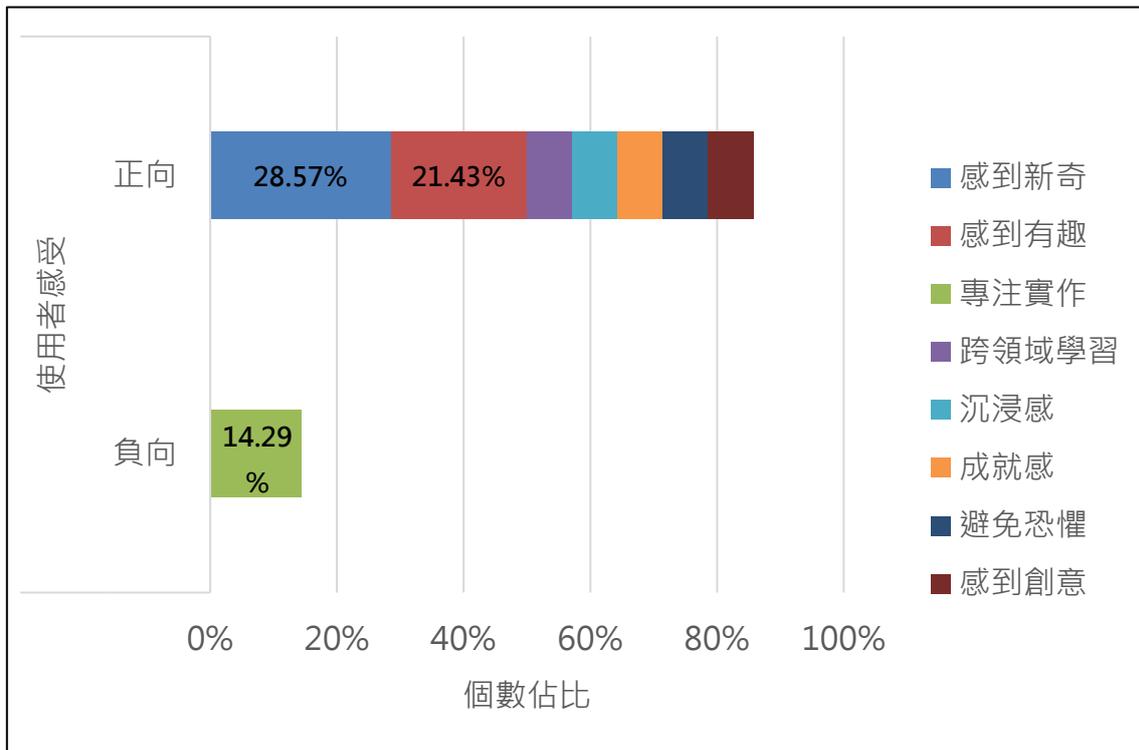


圖 12 使用者感受之編碼個數佔比

肆、結論與建議

1. 混合實境於教育上的應用研究分析

在教育中使用混合實境技術對學習成效的影響，結果多為正向(Duan et al., 2020; Lindgren, Tscholl, Wang, & Johnson, 2016; Schoeb et al., 2020; Seaborn, Pennefather, & Fels, 2020; Spencer, Drescher, Sears, Scruggs, & Schreffler, 2019; Tumkor, 2018)，表示在課程中使用混合實境設備的實驗組會優於使用傳統教學的控制組。但是其中還是存在著一些挑戰(Galati et al., 2020; Rositi et al., 2021; Zhang et al., 2019)，以下將統整文獻綜述及後設分析各個變項的結果來進行討論。

(1) 混合實境在教育中的整體學習成效

本研究採用隨機效果模式的整體效果量為 0.6，表示相對於一般傳統教學，在學習成果的表現上是有中等的正面成效，也就是混合實境在教育中的學習成效顯著優於傳統教學法。27 篇之 g 介於 -0.89~3.13，95%信賴區間為 0.29~0.92（不包含 0），有 82%的效果量值為正數；18%的效果量值為負數，更可以確定透過混合實境在教育中的教學方法可以幫助學習者在學習的過程中有正向的學習成效。本研究之發現與 Howard 與 Davis(2022)、Nishchyk 等人(2021)，將混合實境技術融入到醫學教育中的後設分析結果較為相同；除了效果量都有到達中等效果量的標準之外，從結果也可以看出透過混合實境設備來輔助在醫學中的教學方法，對學生的學習成效會顯著優於傳統教學方法 (Howard & Davis, 2022; Nishchyk et al., 2021)。相對於傳統教學，將混合實境的教學方法帶入到課程中，能夠讓學生在模擬的環境中來進行學習，藉此引發學生的學習興趣，增強學生在過程中的學習動機，更能讓學生易於將抽象的理論概念具象化，最終也能夠提升學生的學習成效。

(2) 調節變項對整體學習成效之分析

根據後設分析結果，混合實境技術在教育上的應用對學習成效有正面影響，但存在一定的不確定性。主要研究發現歸納如下：

- 研究年份:2018 年開始的研究學習成效較佳,但仍有不確定性。
- 學科領域:在醫療領域應用效果較佳。
- 教育階段:在高等教育的應用效果較佳。
- 地區分布:歐美地區研究較多,歐洲地區效果較佳。
- 課程長度:一學期的長期課程應用效果較佳。
- 使用頻率:搭配課程的彈性使用頻率效果較佳。
- 學習面向:混合學習面向效果較佳。
- 分組與教師輔助:有分組和教師協助效果較佳。

綜合以上,混合實境技術在教學上的效果值得進一步探討,需要更多高質量的實證研究以確定其效果和適用範圍。

(3) 混合實境在教育中之綜合趨勢討論

混合實境 (Mixed Reality, MR) 設備在教育領域的應用被證明能夠增強學生的學習體驗和吸引力,並有助於改善學生的注意力集中問題。據 Aruanno & Garzotto (2019), Beyoglu et al. (2020), Hammady, Ma, & Strathearn (2020), Johnson, Damian, & Tzanetakis (2020),和 S. Kim et al. (2020)的研究指出,利用混合實境設備,學生在理解抽象概念上得到了顯著的提升。

特別是在涉及理論或抽象概念的社會科學或管理類課程中,混合實境設備的空間可視化能力,讓學生能夠跳脫僅依賴書本、網路資訊或影片的傳統學習模式。通過混合實境技術,學生不僅能夠在視覺化的環境中與物件進行互動,而且能夠透過視覺模擬效果理解抽象概念,進而提升學生的學習興趣和思維推理能力,並增強學生的認知和知識保留率 (Ho et al., 2021; Johnson-Glenberg et al., 2016; Jowsey & Aguayo, 2017; Vince Garland et al., 2016)。

在醫學研究領域,混合實境模擬對於解剖學和手術策略的教學非常有效。通過混合實境設備,學生能在較短的時間內理解解剖學中的複雜內容,減少錯誤率,並在保護患者安全的同時,增強對解剖學的認知和學習 (Coelho et al., 2018; Coelho et al., 2020; Coelho et al., 2019; Colomer et al., 2016; Dunnington, 2015; House et al., 2020; Ruthberg et al., 2020; Tang et al., 2020; Zhang et al., 2019)。此外,在傳染性疾病流行的時期,利用混合實境設備進行遠程醫療,不僅提高了診斷的準確性,還保護了醫生和患者之間的安全距離,降低了感染風險 (Barrett et al., 2018; Hauze et al., 2019; Hooten et al., 2014; Maniam et al., 2020; Martin et al., 2020; Proniewska et al., 2021)。

在教育培訓和自然科學研究領域,混合實境系統對教師培訓有很大幫助,並能顯著提升學習成效 (Danish et al., 2020; Johnson-Glenberg et al., 2014; Wu et al., 2020)。通過資訊技術將虛擬和現實融合,創造了有效的模擬學習環境,為傳統課程增加了價值。學習者能在模擬環境中進行培訓和實作,無需擔心實驗過程的安全風險,並能在無損傷的混合實境環境中反覆進行模擬學習。這不僅大幅降低了實驗的安全風險,而且提高了學習者在課程中的沉浸感,助於提升學生的實作經驗和問題解決能力,並增強了教師技能的獲取 (Barrett et al., 2018; Birt et al., 2017; Ceballos et al., 2020; Dawson & Lignugaris/Kraft, 2017; Geraets et al., 2021; Ke et al., 2016; Lyons & Mallavarapu, 2021; Nawahdah & Inoue, 2013; Pan et al., 2022; Sepasgozar, 2020; Walker et al., 2016)。

(4) 教育中融入混合實境技術之挑戰

研究中發現混合實境技術目前有幾項使用限制,像是長久配戴模擬裝置時,可能會產生眼睛酸澀的問題,不正確的配戴姿勢容易增加頭部和頸部肌肉骨骼系統的壓力,從而增加受傷的可能性,都顯示出了設備配戴舒適度的重要性,儘管使用混合實境設備可以提高學習者的表現,但身體上所承受的壓力感受更會影響到後續的學習過程與學習成效(Galati et al.,

2020; Rositi et al., 2021; Zhang et al., 2019)。再來，混合實境是一種需要透過網際網路連動的一項設備，像是醫護人員在與患者進行遠程醫療的過程中，連接到電腦若產生延遲，就可能導致治療師在診斷的過程中給予用戶錯誤的指示，可以看出學習過程中網路連接的穩定性也會直接影響到學生的學習體驗(Aruanno & Garzotto, 2019; Mateu et al., 2015)。再來是混合實境設備成本相對較高，如微軟 HoloLens 設備的相對新穎性，在應用上還缺乏大量的實證研究來驗證設備的有效性，加上設備無法應用在每一類別的使用者，如老年人或患有視力障礙的學習者身上，這些特殊的使用者，會需要更高的顯示器來輔助他們學習，因此也增加了課程的複雜度。若融入混合實境技術與傳統教學之間沒有存在顯著差異，表明兩種教學方法之間存在等效性，甚至是使用傳統教學的方式會優於使用混合實境設備來學習，那更會對整體學習成效產生負面影響(Chuah, Lok, & Black, 2013; Czerkawski & Berti, 2020; Galati et al., 2020; Langbeheim & Levy, 2018; Loup-Escande et al., 2017; Rositi et al., 2021)。相同領域所進行的研究，結果可能會產生兩種不一致的結果，如大部分科技應用在學習解剖學上的研究皆為正向影響，但也會有研究結果不如使用實體模型的傳統教學法，這也許會與授課教師熟悉混合實境設備的程度，及教師如何進行教學設計的安排之間存在著極大的關係。以上這些問題都攸關著混合實境技術能否在教學中被廣泛使用的關鍵因素。

2. 混合實境對創客教育的影響

本計畫分析了應用混合實境對創客安全自我效能、創客自我效能、創客空間焦慮及創作表現的影響。主要計畫結果歸納如下：

1. 應用混合實境可以顯著提高創客的安全自我效能，並提升安全表現，有助於降低創客空間意外發生的機率。
2. 混合實境對創客自我效能的影響未達統計顯著，但實驗組自我效能略高於控制組。任務難度的設置以及混合實境系統的教學設計質量可能影響結果。
3. 混合實境對創客空間焦慮的影響未達統計顯著。任務難度的設置以及混合實境系統的互動性和沉浸感可能影響結果。
4. 應用混合實境可以顯著提高創客的創作表現，包括創作效果和創作過程。使用者對混合實境的創客教學反饋較為正面。
5. 未來研究可通過提高任務難度、改進混合實境系統的教學設計，進一步探討其對創客自我效能、焦慮的影響，以及是否能減少負面情緒並提高正面感受。

參考文獻

- Andrade, H. G. (2005). Teaching with rubrics: The good, the bad, and the ugly. *College Teaching*, 53(1), 27–30. <https://doi.org/10.3200/CTCH.53.1.27-31>
- Aruanno, B., & Garzotto, F. (2019). MemHolo: mixed reality experiences for subjects with Alzheimer's disease. *Multimedia Tools and Applications*, 78(10), 13517-13537.
- Bar-Haim, Y., Lamy, D., Pergamin, L., Bakermans-Kranenburg, M. J., & Van Ijzendoorn, M. H. (2007). Threat-related attentional bias in anxious and nonanxious individuals: a meta-analytic study. *Psychological bulletin*, 133(1), 1.
- Barrett, R., Gandhi, H. A., Naganathan, A., Daniels, D., Zhang, Y., Onwunaka, C., ... & White, A. D.

(2018). Social and tactile mixed reality increases student engagement in undergraduate lab activities. *Journal of Chemical Education*, 95(10), 1755-1762.

<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00212>

Beyoglu, D., Hursen, C., & Nasiboglu, A. (2020). Use of mixed reality applications in teaching of science. *Education and Information Technologies*, 25(5), 4271-4286.

Birt, J., Moore, E., & Cowling, M. (2017). Improving paramedic distance education through mobile mixed reality simulation. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(6).

Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2009). Subgroup analyses. *Introduction to Meta-analysis*, 149-86.

Ceballos, M., Buckridge, H., & Taylor, R. T. (2020). Educational Leadership Students and Mixed Reality Experiences: Building Student Confidence to Communicate with Parents and Teachers. *International Journal of Educational Leadership Preparation*, 15(1), 58-71.

Chuah, J. H., Lok, B., & Black, E. (2013). Applying mixed reality to simulate vulnerable populations for practicing clinical communication skills. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 19(4), 539-546.

Coelho, G., Figueiredo, E. G., Rabelo, N. N., de Souza, M. R., Fagundes, C. F., Teixeira, M. J., & Zanon, N. (2020). Development and Evaluation of Pediatric Mixed-Reality Model for Neuroendoscopic Surgical Training. *World Neurosurgery*, 139, e189-e202.

Coelho, G., Figueiredo, E. G., Rabelo, N. N., Teixeira, M. J., & Zanon, N. (2019). Development and evaluation of a new pediatric mixed-reality model for neurosurgical training. *Journal of Neurosurgery: Pediatrics*, 24(4), 423-432.

Colomer, C., Llorens, R., Noé, E., & Alcañiz, M. (2016). Effect of a mixed reality-based intervention on arm, hand, and finger function on chronic stroke. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 13(1), 1-11.

Czerkawski, B., & Berti, M. (2020). *Transforming Learning Environments with Mixed Reality Technologies*. Paper presented at the Society for Information Technology & Teacher Education International Conference.

Danish, J. A., Enyedy, N., Saleh, A., & Humburg, M. (2020). Learning in embodied activity framework: A sociocultural framework for embodied cognition. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 15(1), 49-87.

Dawson, M. R., & Lignugaris/Kraft, B. (2017). Meaningful practice: Generalizing foundation

teaching skills from TLE TeachLive™ to the classroom. *Teacher Education and Special Education*, 40(1), 26-50.

- Dougherty, D. (2013). The maker mindset. *Design, make, play: Growing the next generation of STEM innovators*, 7-11.
- Duan, X., Kang, S.-J., Choi, J. I., & Kim, S. K. (2020). Mixed reality system for virtual chemistry lab. *KSII Transactions on Internet and Information Systems (TIIS)*, 14(4), 1673-1688.
- Dunnington, R. M. (2015). The centrality of presence in scenario-based high fidelity human patient simulation: a model. *Nursing science quarterly*, 28(1), 64-73.
- Duval, S., & Tweedie, R. (2000). Trim and fill: a simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis. *Biometrics*, 56(2), 455-463.
- Fonteyn, M. E., Kuipers, B., & Grobe, S. J. (1993). A description of think aloud method and protocol analysis. *Qualitative health research*, 3(4), 430-441. <https://doi.org/10.1177/104973239300300403>
- Galati, R., Simone, M., Barile, G., De Luca, R., Cartanese, C., & Grassi, G. (2020). Experimental setup employed in the operating room based on virtual and mixed reality: analysis of pros and cons in open abdomen surgery. *Journal of Healthcare Engineering*, 2020.
- Geraets, A. A., Nottolini, I. L., Doty, C. M., Wan, T., Chini, J. J., & Saitta, E. K. (2021). Preparing GTAs for Active Learning in the General Chemistry Lab: Development of an Evidence-Based Rehearsal Module for a Mixed-Reality Teaching Simulator. *Journal of Science Education and Technology*, 30(6), 829-840.
- Hammady, R., Ma, M., & Strathearn, C. (2020). Ambient information visualisation and visitors' technology acceptance of mixed reality in museums. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 13(2), 1-22.
- Hauze, S. W., Hoyt, H. H., Frazee, J. P., Greiner, P. A., & Marshall, J. M. (2019). Enhancing nursing education through affordable and realistic holographic mixed reality: the virtual standardized patient for clinical simulation. *Biomedical visualisation*, 1-13.
- Hedges, L. V., & Olkin, I. (1985). *Statistical methods for meta-analysis*. Academic press.
- Ho, S., Liu, P., Palombo, D. J., Handy, T. C., & Krebs, C. (2021). The role of spatial ability in mixed reality learning with the HoloLens. *Anatomical sciences education*.
- Hooten, K. G., Lister, J. R., Lombard, G., Lizdas, D. E., Lampotang, S., Rajon, D. A., . . . Murad, G. J. (2014). Mixed reality ventriculostomy simulation: experience in neurosurgical residency. *Operative Neurosurgery*, 10(4), 565-576.

- House, P. M., Pelzl, S., Furrer, S., Lanz, M., Simova, O., Voges, B., . . . Brückner, K. E. (2020). Use of the mixed reality tool “VSI patient education” for more comprehensible and imaginable patient educations before epilepsy surgery and stereotactic implantation of DBS or stereo-EEG electrodes. *Epilepsy research*, 159, 106247.
- Howard, M. C., & Davis, M. M. (2022). A meta-analysis and systematic literature review of mixed reality rehabilitation programs: Investigating design characteristics of augmented reality and augmented virtuality. *Computers in Human Behavior*, 107197.
- Huang, T.-C., Lin, W., & Yueh, H.-P. (2019). How to Cultivate an Environmentally Responsible Maker? A CPS Approach to a Comprehensive Maker Education Model. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-09959-2>
- Johnson, D., Damian, D., & Tzanetakis, G. (2020). Evaluating the effectiveness of mixed reality music instrument learning with the theremin. *Virtual Reality*, 24(2), 303-317.
- Johnson-Glenberg, M. C., Birchfield, D. A., Tolentino, L., & Koziupa, T. (2014). Collaborative embodied learning in mixed reality motion-capture environments: Two science studies. *Journal of Educational Psychology*, 106(1), 86.
- Johnson-Glenberg, M. C., Megowan-Romanowicz, C., Birchfield, D. A., & Savio-Ramos, C. (2016). Effects of embodied learning and digital platform on the retention of physics content: Centripetal force. *Frontiers in psychology*, 7, 1819.
- Jowsey, S., & Aguayo, C. (2017). O-Tu-Kapua ('What Clouds See'): A Mixed Reality Experience Bridging Art, Science and Technology in Meaningful Ways. *Teachers and Curriculum*, 17(2), 95-102.
- Ke, F., Lee, S., & Xu, X. (2016). Teaching training in a mixed-reality integrated learning environment. *Computers in Human Behavior*, 62, 212-220.
- Kim, S., Ryu, J., Choi, Y., Kang, Y., Li, H., & Kim, K. (2020). Eye-contact game using mixed reality for the treatment of children with attention deficit hyperactivity disorder. *IEEE Access*, 8, 45996-46006.
- Langbeheim, E., & Levy, S. T. (2018). Feeling the forces within materials: bringing inter-molecular bonding to the fore using embodied modelling. *International Journal of Science Education*, 40(13), 1567-1586.
- Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S., & Johnson, E. (2016). Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation. *Computers & Education*, 95, 174-187.
- Loup-Escande, E., Frenoy, R., Poplimont, G., Thouvenin, I., Gapenne, O., & Megalakaki, O. (2017).

Contributions of mixed reality in a calligraphy learning task: Effects of supplementary visual feedback and expertise on cognitive load, user experience and gestural performance. *Computers in Human Behavior*, 75, 42-49.

Love, T. S. (2017). Perceptions of Teaching Safer Engineering Practices: Comparing the Influence of Professional Development Delivered by Technology and Engineering, and Science Educators. *Science Educator*, 26(1), 21-31.

Lyons, L., & Mallavarapu, A. (2021). Collective Usability. *Educational Technology & Society*, 24(2), 120-135.

Maniam, P., Schnell, P., Dan, L., Portelli, R., Erolin, C., Mountain, R., & Wilkinson, T. (2020). Exploration of temporal bone anatomy using mixed reality (HoloLens): development of a mixed reality anatomy teaching resource prototype. *Journal of Visual Communication in Medicine*, 43(1), 17-26.

Martin, G., Koizia, L., Kooner, A., Cafferkey, J., Ross, C., Purkayastha, S., . . . Kinross, J. (2020). Use of the HoloLens2 mixed reality headset for protecting health care workers during the COVID-19 pandemic: prospective, observational evaluation. *Journal of medical Internet research*, 22(8), e21486.

Martin, L. (2015). The promise of the maker movement for education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 5(1), 4. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1099>

Mateu, J., Lasala, M. J., & Alamán, X. (2015). Developing mixed reality educational applications: The virtual touch toolkit. *Sensors*, 15(9), 21760-21784.

Nawahdah, M., & Inoue, T. (2013). Setting the best view of a virtual teacher in a mixed reality physical-task learning support system. *Journal of Systems and Software*, 86(7), 1738-1750.

Nishchyk, A., Chen, W., Pripp, A. H., & Bergland, A. (2021). The effect of mixed reality technologies for falls prevention among older adults: systematic review and meta-analysis. *JMIR aging*, 4(2), e27972.

Pan, Z., Luo, T., Zhang, M., Cai, N., Li, Y., Miao, J., . . . Lu, J. (2022). MagicChem: a MR system based on needs theory for chemical experiments. *Virtual Reality*, 26(1), 279-294.

Proniewska, K., Pręgoska, A., Dołęga-Dołęgowski, D., & Dudek, D. (2021). Immersive technologies as a solution for general data protection regulation in Europe and impact on the COVID-19 pandemic. *Cardiology journal*, 28(1), 23-33.

Rositi, H., Appadoo, O. K., Mestre, D., Valarier, S., Ombret, M.-C., Gadea-Deschamps, É., . . . Lohou, C. (2021). Presentation of a mixed reality software with a HoloLens headset for a nutrition

workshop. *Multimedia Tools and Applications*, 80(2), 1945-1967.

- Rothstein, H. R., Sutton, A. J., & Borenstein, M. (2005). *Publication bias in meta-analysis. Publication bias in meta-analysis: Prevention, assessment and adjustments*, 1-7.
- Ruthberg, J. S., Tingle, G., Tan, L., Ulrey, L., Simonson-Shick, S., Enterline, R., . . . Henninger, E. (2020). Mixed reality as a time-efficient alternative to cadaveric dissection. *Medical Teacher*, 42(8), 896-901.
- Schoeb, D., Schwarz, J., Hein, S., Schlager, D., Pohlmann, P. F., Frankenschmidt, A., . . . Miernik, A. (2020). Mixed reality for teaching catheter placement to medical students: a randomized single-blinded, prospective trial. *BMC medical education*, 20(1), 1-8.
- Seaborn, K., Pennefather, P., & Fels, D. I. (2020). Eudaimonia and hedonia in the design and evaluation of a cooperative game for psychosocial well-being. *Human-Computer Interaction*, 35(4), 289-337.
- Sepasgozar, S. M. (2020). Digital twin and web-based virtual gaming technologies for online education: A case of construction management and engineering. *Applied Sciences*, 10(13), 4678.
- Sheridan, K., Halverson, E. R., Litts, B., Brahms, L., Jacobs-Priebe, L., & Owens, T. (2014). Learning in the Making: A Comparative Case Study of Three Makerspaces. *Harvard Educational Review*, 84(4), 505-531. <https://doi.org/10.17763/haer.84.4.brr34733723j648>
- Spencer, S., Drescher, T., Sears, J., Scruggs, A. F., & Schreffler, J. (2019). Comparing the efficacy of virtual simulation to traditional classroom role-play. *Journal of Educational Computing Research*, 57(7), 1772-1785.
- Spielberger, C. D. (1966). Theory and research on anxiety. *Anxiety and behavior*, 1(3), 413-428. New York: Academic Press.
- Spielberger, C. D., Gonzalez-Reigosa, F., Martinez-Urrutia, A., Natalicio, L. F., & Natalicio, D. S. (1971). The state-trait anxiety inventory. *Revista Interamericana de Psicologia/Interamerican journal of psychology*, 5(3 & 4). <https://doi.org/10.30849/rip/ijp.v5i3 & 4.620>
- Tang, Y.-M., Au, K. M., Lau, H. C., Ho, G. T., & Wu, C.-H. (2020). Evaluating the effectiveness of learning design with mixed reality (MR) in higher education. *Virtual Reality*, 24(4), 797-807.
- Tumkor, S. (2018). Personalization of engineering education with the mixed reality mobile applications. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(5), 1734-1741.
- Vince Garland, K. M., Holden, K., & Garland, D. P. (2016). Individualized clinical coaching in the TLE TeachLivE lab: Enhancing fidelity of implementation of system of least prompts among novice teachers of students with autism. *Teacher Education and Special Education*, 39(1), 47-

59.

Walker, Z., Vasquez, E., & Wienke, W. (2016). The impact of simulated interviews for individuals with intellectual disability. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(1), 76-88.

Wu, W., Sandoval, A., Gunji, V., Ayer, S. K., London, J., Perry, L., . . . Smith, K. (2020). Comparing Traditional and Mixed Reality-Facilitated Apprenticeship Learning in a Wood-Frame Construction Lab. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(12), 04020139.

Zhang, Z.-y., Duan, W.-c., Chen, R.-k., Zhang, F.-j., Yu, B., Zhan, Y.-b., . . . Ji, Y.-c. (2019). Preliminary application of mixed reality in neurosurgery: development and evaluation of a new intraoperative procedure. *Journal of Clinical Neuroscience*, 67, 234-238.

楊佑盛 (2018)。用混合實境於數學步道學習動機與成效之研究。中原大學資訊管理研究所學位論文，1-65。

國家科學及技術委員會補助國內研究生出席國際學術會議報告

112 年 09 月 04 日

研究生姓名	曾欣屏、陳冠宇、何艾倫	就讀校院 (科系所)	<input type="checkbox"/> 博士班研究生 國立臺中科技大學 資訊管理系 <input checked="" type="checkbox"/> 碩士班研究生		
時間	112 年 8 月 28 日至 112 年 8 月 30 日	本會核定 補助文號	MOST 109- 2511-H-025 - 005 -MY3	會議參與方式	<input checked="" type="checkbox"/> 實體會議 <input type="checkbox"/> 虛擬會議
地點	葡萄牙 Porto Palácio Hotel				
會議 名稱	中文：ICITL 2023 創新科技與學習國際研討會 英文：ICITL 2023 International Conference of Innovative Technologies and Learning				
發表 論文 題目	1. Discovering New Elements of Experiential Learning Theory from Design Education: A Designer's Perspective 2. Redefining Customer Service Education in Taiwan's Convenience Store Sector: Implementing an AI-Driven Experiential Training Approach 3. Transforming critical thinking pedagogy: An exploration of ChatGPT-assisted learning and teaching systems.				

一、參加會議經過

2023 年在葡萄牙 Porto 舉行的國際創新技術與學習會議 (International Conference of Innovative Technologies and Learning, ICITL) 為教育技術領域的研究和討論提供了一個寶貴的平台。此次會議共發表三篇研究: "Discovering new elements of experiential learning theory from design education: A designer's perspective.", "Transforming critical thinking pedagogy: An exploration of ChatGPT-assisted learning and teaching systems.",



圖 1. 報告過程



"Redefining customer service education in Taiwan's convenience store sector: Implementing an AI-driven experiential training approach."。這些研究的發表在會議上引起了廣泛的討論，不僅吸引了許多學者提出深入的問題，也促成了關於這些創新教育科技議題的國際交流。這樣的學術交流對於推動全球教育科技領域的發展具有重大意義，並且為參與者提供了一個深入了解當前學術研究趨勢和挑戰的機會。此外，ICITL 2023 的舉辦對於碩士生來說尤其有價值。會議不僅提供了一個讓他們展示研究成果的平台，還為他們開拓了國際視野，增進了文化交流的機會。這對於年輕學者和研究生來說，是一次難得的學習和成長經驗，能夠激勵他們在學術道路上更進一步。

二、與會心得

參加 ICITL 2023 的經驗對學生而言，無疑是一次極為珍貴的學術交流與自我成長的機會。儘管學生的報告時間並不長，但從會議開始到結束，學生都展現出十分認真學習的態度。能夠站在國際舞

台上,與各國教育科技頂尖人才交流,必將讓學生獲益良多。他們的研究成果獲得了與會專家的正面評價,同時也從中獲得了寶貴的改進建議。我特別注意到學生與一位挪威人工智能與教育專家的交流尤其融洽,雙方就AI在教學應用的更多可能性進行了深入探討,這無疑為學生日後的研究開拓了更廣闊的視野。因此,我極力建議學校鼓勵更多學生赴國際會議發表學術成果,這不僅將提升學校的國際知名度,也將大大促進學生成長。我衷心期待校內更多年輕學者能在國際舞台上大放異彩,為推動科技與教育的發展做出應有的貢獻。



圖 2、與挪威學者合影

三、建議

- **增設碩士生專屬交流時間**

建議在會議中增設專門為碩士生設計的交流時間或環節。雖然會議中的學術交流非常豐富,但我發現碩士生與資深學者進行深入交流有時會感到有些門檻。如果有一個專門為碩士生設計的交流環節,這將有助於他們更自信地提出問題、分享想法,並與其他碩士生建立聯繫。

這樣的安排不僅能夠促進碩士生之間的學術交流,也有助於他們與更廣泛的學術社群建立聯繫,從而提升他們的研究和職業發展。此外,這也能夠鼓勵更多的年輕學者積極參與國際學術會議,為學術界注入新鮮的血液和創新的思想。

四、攜回資料名稱及內容

- 研討會 Program book: 本次國際研討會的會議議程以及每篇研究學術論文摘要。
- Springer 學術期刊: 包含了多篇在此次國際研討會同意發表的研究學術論文。

109年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：黃天麒		計畫編號：109-2511-H-025-005-MY3		
計畫名稱：應用混合實境技術實踐STEAM導向之適性化虛實創客空間				
成果項目		量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)
國內	學術性論文	期刊論文	0	篇
		研討會論文	0	
		專書	0	本
		專書論文	0	章
		技術報告	0	篇
		其他	0	篇
國外	學術性論文	期刊論文	4	篇
		研討會論文	5	
		<p>Hsieh, P. L., Yang, S. Y., Lin, W. Y., & Huang, T. C. (2022). Facilitated virtual learning for advanced geriatric education among nursing students during the COVID pandemic in Taiwan. Library Hi Tech, (ahead-of-print). 【SSCI】</p> <p>Huang T. C. and Chen Y. J. (2022) Do Personality Traits Matter? Exploring Anti-drug Behavioral Patterns in a Computer-Assisted Situated Learning Environment. Front. Psychol. 13:812793. doi: 10.3389/fpsyg.2022.812793 【SSCI】</p> <p>Huang, H. M., Huang, T. C., & Cheng, C. Y. (2021). Reality matters? exploring a tangible user interface for augmented-reality-based fire education. Universal Access in the Information Society, 1-13. 【SSCI】</p> <p>Shu, Y., & Huang, T. C. (2021). Identifying the Potential Roles of Virtual Reality and STEM in Maker Education, The Journal of Educational Research, 114, 108-118. 【SSCI】</p> <p>Tseng, H. P., Huang, T. C., & Hou, H. Y. (2023, August). Discovering new elements of experiential learning theory from design education: A designer's perspective. In ICITL 2023: International Conference of Innovative Technologies and</p>		

				<p>Learning 2023. Porto, Portugal. He, A. L., Huang, T. C., & Shu, V. Y. (2023, August). Transforming critical thinking pedagogy: An exploration of ChatGPT-assisted learning and teaching systems. In ICITL 2023: International Conference of Innovative Technologies and Learning 2023. Porto, Portugal.</p> <p>Chen, K. Y., Chiang, M. Y., & Huang, T. C. (2023, August). Redefining customer service education in Taiwan's convenience store sector: Implementing an AI-driven experiential training approach. In ICITL 2023: International Conference of Innovative Technologies and Learning 2023 (pp. 57-66), Porto, Portugal. Cham: Springer Nature Switzerland.</p> <p>Lin, W. Y., Huang, T. C., Chang, H. C., Soh, J. X., Peng, H. L., & Chien, P. L. (2022, August). Study on the Learning Effect of "In-Depth Guidance Strategy" Combined with "Online Digital Teaching Materials" in Multimedia Integrated System Course. In Innovative Technologies and Learning: 5th International Conference, ICITL 2022, Virtual Event, August 29 - 31, 2022, Proceedings (pp. 398-404). Cham: Springer International Publishing.</p> <p>Tseng, C. Y., Shu, Y., Huang, T. C., Hsu, W. C., & Chien, P. L. (2021, November). Integration of Mixed Reality in Teaching and Learning Effectiveness: A Systematic Literature Review of the Analyses. In International Conference on Innovative Technologies and Learning (pp. 85-94). Springer, Cham.</p>	
		專書	0	本	
		專書論文	0	章	
		技術報告	0	篇	
		其他	0	篇	
參	本國籍	大專生	1	人次	張婕

與計畫人力					
		碩士生	6		蔡莉婷、羅少廷、許家綸、何艾倫、陳冠宇、曾欣屏
		博士生	0		
		博士級研究人員	0		
		專任人員	2		邱佳雯、張錦程
	非本國籍	大專生	0		
		碩士生	0		
		博士生	0		
		博士級研究人員	0		
		專任人員	0		
<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>			<p>藉由本計畫所執行的混合實境技術，計畫主持人帶領開發學生參與多項資訊競賽，榮獲佳績： 1. 2022年全國技專校院學生實務專題製作競賽暨成果展 MR. ABC-EMI教師培訓系統 佳作 2. 2021年全國技專校院專題製作競賽 療若指掌 第一名 3. 2023馬來西亞ITEX國際發明展 MR. AcuVision 金牌</p>		