

### 【附件三】成果報告

#### 教育部教學實踐研究計畫成果報告

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PEE1136314

學門專案分類/Division：工程學門

計畫年度：113 年度一年期 112 年度多年期

執行期間/Funding Period：2024.08.01 – 2025.07.31

計畫名稱：整合數位實境強化故事板，提升工程專題實  
作課程學習成效

計畫主持人(Principal Investigator)：陳國棟

協同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：國立中央大學資訊工程  
學系

成果報告公開日期：立即公開 延後公開

繳交報告日期(Report Submission Date)：2025 年 09 月 18 日

## 計畫名稱：整合數位實境強化故事板，提升工程專題實 作課程學習成效

### 一、本文 (Content)

#### 1. 研究動機與目的 (Research Motive and Purpose)

本研究計畫的動機源於當前工程專題課程在教學實踐中所面臨的挑戰。隨著物聯網技術的快速發展與普及，學生除了需要掌握程式設計與硬體操作外，更需具備將所學知識應用於真實生活與產業情境的能力。然而，在現有課程中，學生往往僅聚焦於技術層面的操作，著重學習組裝與程式撰寫，難以將簡單的概念延伸成完整的系統，也缺乏在有限時間、預算與資源下，考量實際使用情境的能力。特別是在故事板設計與專題發想階段，學生常無法展現真實應用場景，導致其學習動機不足，專題學習的意義也因此受限。這顯示當前教學模式仍未能有效培養學生的設計思維、問題解決能力，以及對專題作品的責任感與擁有感。

因此，亟需一套能夠結合真實應用情境與設計思維的創新教學模式。基於此，本研究旨在建構並驗證一個結合數位實境故事板與戲劇式專題學習的新型課程模式。計畫將開發一套基於數位雙生技術、Unity 與 3D 建模的數位實境系統，以故事板方式進行原型產品展示，協助學生將抽象構想轉化為具體可視化的數位真實應用情境，並透過「專家斗篷」的戲劇式學習方法，要求學生組成專業團隊，分別扮演不同角色(如 CEO、技術長、營運長等)，在模擬真實專案的情境中解決 IoT 與社交機器人相關的設計問題。課程設計分為四個階段，包括 IoT 與 AI 硬體知識建構、期中專題構想發表、系統應用與數位故事板展示，以及期末成果發表，並配合多元的學習成效評估方法。透過這樣的設計，以提升學生的學習成效，增強其責任感與對專題作品的擁有感，並有效激發其設計思維與解決真實問題的能力，最終培養能夠因應未來工程挑戰的高素養人才。

#### 2. 研究問題 (Research Question)

本計畫的研究問題 (Research Questions) 詳述如下：

問題 1：設計學習環境與教學法【數位實境】 + 【數位雙生】

- 可以在教室中設計與製作專題成品時，可以測試驗證是否符合實際應

用情景與情境，故需要學生可以帶著成品可以進入情境裡，驗證與展示在應用情境的功能與效益。

- 可以根據故事版來建立數位真實情境，讓學生可以進入驗證與展示作業與專題成品。學生可以將實體成品的功能與數位情境裡數位雙生同步。

問題 2：驗證改進成效

- 利用數位實境以戲劇式方式展現成品與情境，提升學生的學習成效，是否可以提升學生對自己設計產品的擁有感，是否可以提升學生的責任感，是否可提升學生對產品應用場景的更完整考量。

### 3. 文獻探討 (Literature Review)

#### 3.1 專題式學習與設計思維

專題式學習 (Project-Based Learning, PBL) 強調以學生為中心，透過具挑戰性的專題任務引導學習者進行自主探索、合作解決問題並產出具體成果 (Blumenfeld et al., 1991; Thomas, 2000)。研究指出，PBL 有助於培養學生的批判性思維、創意思維與問題解決能力，並提升其學習動機與學習成效 (Hou et al., 2023)。然而，在實務操作中，學生常受限於時間、資源與真實情境的不足，導致專題作品與實際應用脫節，缺乏驗證與反思的機制 (Gomez-del Rio & Rodriguez, 2022)。

另一方面，設計思維 (Design Thinking, DT) 則是一種以人為本的創新方法，透過同理心、問題定義、構思、原型與測試的循環歷程，幫助學生將創意轉化為具體解決方案 (Brown, 2008)。因此，如果將 PBL 與設計思維整合，不僅能加強學生在專題任務中對使用者需求的理解，也能提升責任感與社會實踐意識 (Jia et al., 2023; Lebid & Shevchenko, 2020)。因此，如何在工程專題課程中有效結合 PBL 與設計思維，成為本研究的重要基礎。

#### 3.2 真實學習與虛實整合環境

真實學習 (Authentic Learning) 強調在接近真實的情境中進行知識建構與應用 (Herrington & Oliver, 2000)。在工程與設計教育中，真實情境的缺乏往往削弱了學生的學習動機與設計品質 (Snyder & Lopez, 2001)。近年來，虛擬實境 (VR)、擴增實境 (AR) 及元宇宙 (Metaverse) 等技術被廣泛應用於教育，以提供沉浸式、多用戶參與與即時互動的環境，強化學生對專題作品的臨場感與參與度 (Mystakidis, 2022; Shu & Gu, 2023)。

此外，數位雙生 (Digital Twin) 技術能實現虛實同步，讓學生在虛擬環

境中模擬並驗證設計方案，降低實作成本與錯誤風險（Maksimović & Davidović, 2022; Tao et al., 2018）。因此，在物聯網與工程專題中，數位雙生可幫助學生即時測試設計，進行迭代修正，並強化其應用情境的真實性與可行性。

### 3.3 故事板在教學中的應用與限制

故事板（Storyboard）作為視覺化工具，能協助學生釐清使用情境、組織想法並促進團隊溝通（Truong et al., 2006）。而在教育應用中，故事板也有助於提升學生的主動性、設計思維與批判性思維（Wahid & Aziz, 2022），也能幫助教師以簡潔方式傳遞複雜概念（Wessel-Powell et al., 2018）。然而，傳統故事板多停留於靜態紙本階段，缺乏與真實環境的互動驗證，導致學生的設計常流於抽象，難以完整展現產品與情境的連結。這正是本研究欲解決的核心挑戰之一。

### 3.4 戲劇式學習與專家斗篷

戲劇式學習（Drama-based Learning）透過角色扮演與情境模擬，讓學生在安全環境中實踐現實世界的挑戰，進而提升其學習成效與反思能力（Kettula & Berghäll, 2013; Uysal & Yavuz, 2018）。特別是「專家斗篷」(Mantle of the Expert, MoE) 模式，強調學生以專業團隊角色參與專題，培養責任感、榮譽感與合作意識（Heathcote & Bolton, 1994）。在工程專題課程中，此模式有助於增強學生對專題成果的擁有感，並促使其更加投入真實應用情境的探究與設計。

### 3.5 小結

綜上所述，現行專題式學習在工程教育的實踐中，仍存在設計與真實情境脫節、缺乏驗證機制以及學習動機不足等問題。雖然故事板能協助學生整理思路，但其靜態表現形式難以支持學生進入沉浸式情境；而真實學習、數位雙生與元宇宙等新興技術，則提供了補足故事板不足的可能性。另一方面，戲劇式學習能進一步提升學生的角色代入感與責任感，促進其心理擁有感與設計思維。因此，本研究將結合數位實境故事板、數位雙生技術與戲劇式學習，設計一套新的教學模式，以回應研究差距，並驗證其在提升學習成效、責任感、擁有感與設計思維上的影響。

## 4. 教學設計與規劃 (Teaching Planning)

### 4.1 教學目標

本研究的教學設計以「物聯網與社交機器人程式專題」課程為核心，旨在透過數位實境故事板、數位雙生技術以及戲劇式學習的結合，解決傳統專題式學習 (PBL) 在工程教育中面臨的挑戰。具體目標包括：

- 強化真實應用情境：藉由數位雙生與數位實境故事板的導入，讓學生在教室能夠模擬與驗證專題成果在真實場域中的可行性。
- 提升責任感與擁有感：透過「專家斗篷」戲劇式學習，要求學生扮演專業團隊角色，增強其對專題任務的榮譽感與責任感。
- 培養設計思維與問題解決能力：引導學生在專題歷程中進行反覆設計、驗證與修正，提升設計思維與跨域整合能力。
- 增進學習參與度：透過沉浸式的數位實境故事板與角色代入設計，改善傳統 PBL 中參與感不足的問題。

### 4.2 教學流程設計

課程設計為每週一元件與應用 + 程式 + 課堂作業 + 課後作業，學生組成 4-5 人的專業小組，主要任務是為某公司的 AIoT 產品解決問題，利用 AIoT 技術增強產品功能。而課程共分為四個階段，結合 PBL 的專題歷程、設計思維的發想與測試流程，以及數位實境與戲劇式學習的支援機制。

#### 階段一：基礎知識建構 (第 1 - 6 週)

- 學生學習 IoT 與 AI 技術基礎 (Micro Controller Unit (MCU, 例如 ESP32)、感測器、Azure AI、Zenbo 機器人等)，並透過課堂實作了解技術應用場景。
- 教師提供數位實境案例，協助學生思考「如何將技術轉化為真實使用情境」，避免學生只停留在硬體操作層次。

#### 階段二：專題發想與期中報告 (第 7 - 10 週)

- 學生分組並扮演專業角色 (如 CEO、技術長、營運長等)，組成模擬公司團隊。
- 以故事板為工具，提出初步專題構想，內容涵蓋產品組成元件、使用情境、欲解決的問題與挑戰。
- 期中報告中要求學生不僅呈現設計概念，也需反思情境合理性，避免傳統 PBL 中構想脫離真實應用的缺陷。

#### 階段三：數位實境驗證與迭代修正（第 11 - 15 週）

- 學生將設計轉化為數位實境故事板，利用數位雙生技術模擬實際應用情境，並與 IoT 硬體訊號同步。
- 學生能在虛擬環境中即時測試與修正專題成果，提升作品的情境邏輯性與使用者導向。
- 在此過程中，教師與助教提供鷹架支持，幫助學生將設計落實於真實脈絡，回應研究差距中「缺乏驗證機制」的問題。

#### 階段四：期末成果展演（第 16 - 18 週）

- 各小組以戲劇式專題展演的方式，透過數位實境故事板展示專題成果，模擬其在真實情境下的應用。
- 學生須以專業團隊角色對專題進行詮釋，培養責任感與心理擁有感。
- 評量包含專題成果的創新性、應用情境完整性、學習歷程反思與團隊合作表現。

### 4.3 教學活動與支持機制

- 角色扮演（專家斗篷）：在專題小組中，學生需扮演不同管理與技術角色，從多角度思考專題挑戰。
- 數位實境故事板平台：數位實境故事版平台之系統環境如表 1 所述，學生透過虛擬角色、場景模擬與互動物件編排，驗證並展示專題成果。
- 數位雙生模擬：結合 IoT 裝置訊號與虛擬模擬(如圖 1、圖 2 所示)，實現專題構想的即時測試與迭代修正。
- 教師鷹架支持：在各階段提供即時反饋與指導，協助學生將抽象想法落實為具體應用。

技術名稱	應用功能	支持數位故事板系統的角色
生成式 AI (Luma AI Genie)	文字生成 3D 物件，降低建模門檻，加速專題開發，並能生成故事板圖像與學習素材	提供快速生成設計素材，幫助學生在數位故事板系統中建構故事板場景，提升創意效率與真實感
虛擬角色建立 (Ready Player Me)	學生拍照建立與自身相似的虛擬角色，支援 Humanoid Rig 骨架設計，匯入 Unity 並結合動作捕捉	讓學生在數位故事板系統中以數位分身進行互動與展示，增強沉浸感與心理擁有感
Unity 遊戲引擎	系統開發平台，整合 3D 場景建構、故事板編輯、物件動畫、互動模擬與展演模式	作為數位故事板系統核心平台，整合所有模組（AI 物件、虛擬角色、感測資料），支撐編輯模式與展演模式
ZED 2i 深度攝影機 + ZED SDK	捕捉學生肢體動作（38 骨架點），並即時映射到虛擬角色，支援 RGB 與深度資訊	支援數位故事板系統的人物虛實同步模組，使學生在展示時的動作能即時投射到數位故事板角色
ESP32 IoT 開發板	連接感測器與控制元件，透過 Wi-Fi 傳輸至 Unity 內建之 TCP Server，觸發虛擬場景動畫與互動（訊號虛實同步）	數位故事板系統的訊號虛實同步模組，讓實體 IoT 裝置與虛擬故事板互動，提升系統驗證真實性
數位雙生 (Digital Twin)	即時模擬與驗證，虛實同步，補足實體展示限制，提升互動與真實感	數位故事板系統能同步實體與虛擬設計成果，幫助學生反覆修正並驗證其專題設計
數位故事板 (Digital Storyboard)	提供編輯與展演模式，學生能配置環境物件、標註感測器並模擬互動，驗證情境邏輯性	數位故事板系統的核心操作介面，支援學生從情境編排到互動展示，貫穿專題式學習流程

表 1 數位實境故事版平台之系統環境

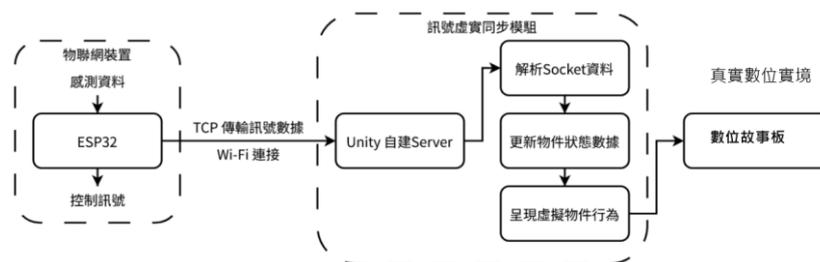


圖 1 訊號虛實同步模組架構圖【功能】

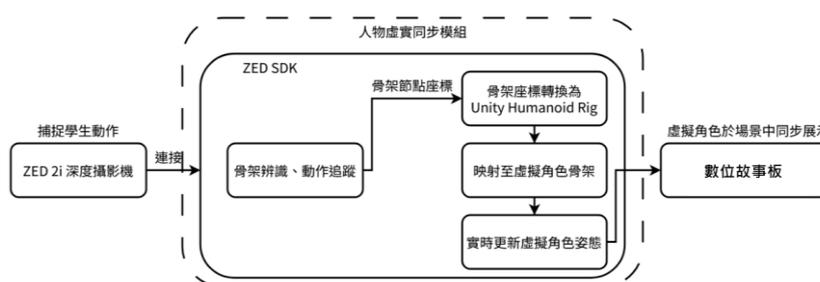


圖 2 人物虛實同步模組架構圖

#### 4.4 教學評量

為確保教學設計能回應研究目的，本研究將透過多元評量方式，檢視學生在不同層面的學習成效：

- 心理擁有感：透過問卷與訪談，檢測學生在專題過程中的責任感、擁

有感與學習投入度。

- 專題成果品質：由專家與教師依據產品創新性、情境完整性、邏輯性與使用者導向進行評分。
- 設計思維與問題解決能力：透過專題歷程檢視學生是否展現設計思維與跨域整合能力。
- 反思與合作表現：透過期末展演與小組歷程紀錄，評估學生的合作互動與反思深度。

總結來說，本研究的「教學設計與規劃」以 PBL + 設計思維為核心，並結合數位實境故事板、數位雙生模擬與戲劇式學習，不僅回應了研究差距（真實應用不足、參與不足、驗證機制不足），也符合研究目的（提升學習動機、責任感、擁有感與設計思維），提供一個具一致性與可操作性的創新教學模式。

## 5. 研究設計與執行方法 (Research Methodology)

### 5.1 研究架構

本研究採用準實驗設計(quasi-experimental study)進行實證研究，進行為期 18 週的教學實驗。研究架構圍繞核心研究問題，以課程實施為場域，檢驗其在學習成效、責任感、擁有感及設計思維上的效益。

### 5.2 研究對象與場域

研究對象為某大學資訊工程與相關科系修習「物聯網與社交機器人專題」課程的二班學生，將二班分別設定為實驗組與對照組，每班的學生，分成若干小組，每組 4-6 人。實驗組的參與者，使用本研究所建構的數位故事板學習系統平台完成課堂作業(如圖 3)與一次期末專題。他們經歷了構思、故事板建構(如圖 4)、場景模擬、裝置整合與成果展示(如圖 5)等歷程；而對照組的參與者，則採用傳統專題式學習流程進行同樣主題的學習任務，例如利用海報進行專題設計討論(如圖 6)和使用簡報進行期末專題報告(如圖 7)。課程全長一學期(18 週)，涵蓋基礎知識學習、專題發想、數位實境驗證與期末展演四個階段。實驗流程從課程的第二週介入，至第十八週課程結束，共歷時十七週。



圖 3 實驗組學生使用數位故事板協助完成課堂作業



圖 4 實驗組學生生成之專題情境紙本故事板（以智慧家居系統為例）

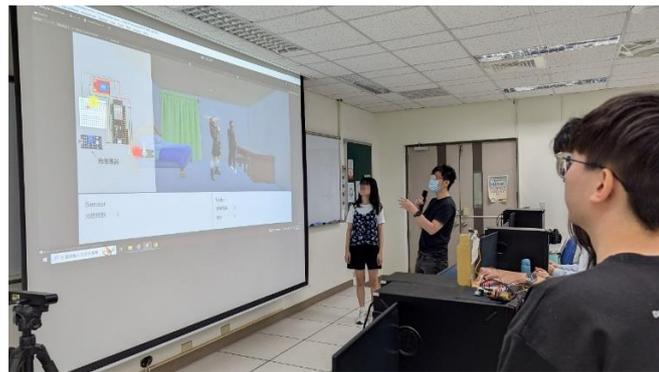


圖 5 實驗組學生展示智慧窗簾情境，右側操作真實世界的 IoT 感測器，模擬夜晚的情境以觸發室內燈光開啟並關閉窗簾，此過程同時對應左側的虛擬場景，透過感測器與數位故事板結合。



圖 6 對照組學生使用海報進行專題設計討論



圖 7 對照組學生使用簡報進行期末專題報告

### 5.3 研究方法與資料蒐集

為確保研究設計與研究目的的一致性，本研究採混合方法研究(Mixed Methods Research, MMR)，結合量化與質性資料，以多元取徑驗證教學成效。

#### (a) 量化資料蒐集

##### 前/後測問卷評估 (Likert 五點量表)

- (前&後測) 設計思維：改編自 Dosi et al. (2018) 所設計問卷。(註：Reliability：前測 Cronbach's Alpha=0.994; 後測 Cronbach's Alpha=0.997)
- (後測) 心理擁有感：根據 Buchem (2012) 建構的量表進行設計。(註：Reliability：後測 Cronbach's Alpha=0.966)

##### 教師專題評分

- 由上課教師，針對六個構面進行量化評分，包含：問題解決能力(20分)、使用者導向(20分)、技術整合能力(15分)、創新能力(20分)、團隊合作能力(15分)、整體完成度(10分)。

#### (b) 質性資料蒐集

課堂觀察紀錄：蒐集學生在分組、討論與展演過程中的參與表現。

訪談：於課程結束後，針對學生進行一對一或焦點小組訪談，了解其對數位實境故事板與戲劇式學習的體驗與反思。

學習歷程檔案：包含學生的故事板設計稿、數位實境模擬紀錄、修正歷程與期末展演報告。

### 5.4 資料分析方法

#### (a) 量化分析

- 採用共變數分析(ANCOVA)和 Independent Sample t-test，比較學生在前後測的差異，以驗證課程是否有效提升學習動機、責任感、擁有感與設計思維。

#### (b) 質性分析

- 使用內容分析法 (Content Analysis)，從訪談、觀察紀錄與學習檔案中，歸納學生對教學設計的反應、學習歷程中的挑戰與收穫。

## 5.6 實驗流程

實驗流程如圖 8 所示，從課程的第二週開始，共 17 週，於第 2 週及第 6 週完成兩次課堂設計課程。學生於第 8 週開始進行期末專題設計。

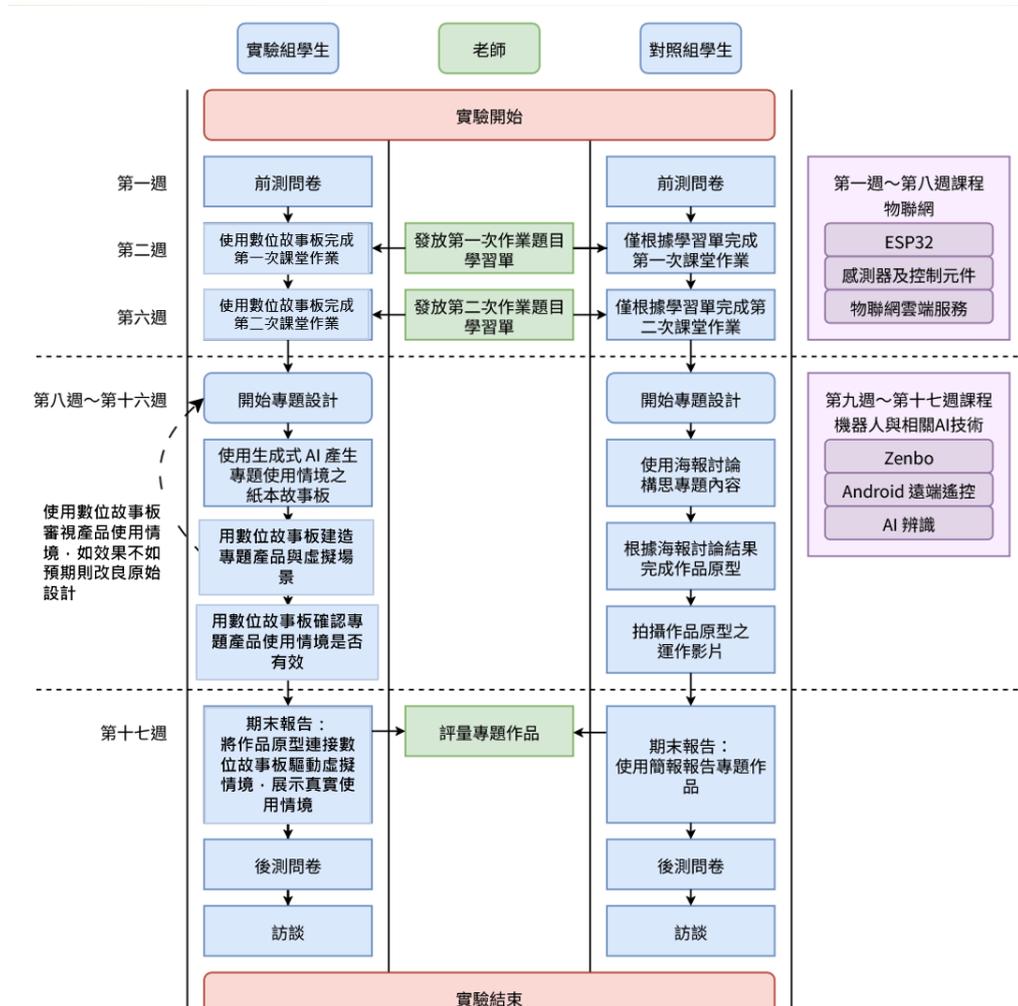


圖 8 實驗流程

## 6. 教學暨研究成果 (Teaching and Research Outcomes)

### 6.1 教學過程與成果

#### 教學過程

本研究的教學歷程依據研究目的，設計為四個循序漸進的階段，回應研究差距中「真實應用情境不足」、「驗證機制缺乏」與「參與不足」等問題。

- 基礎知識建構階段

學生先行學習 IoT 與 AI 技術的核心知識，並透過小型實作練習連結基礎硬體與應用情境。此階段確保學生具備必要技術基礎，避免專題僅停留在操作層次，為後續設計奠定根基。

- 專題發想與期中報告階段

學生分組並以「專家斗篷」方式扮演專業角色（如 CEO、技術長、營運長等），以故事板呈現專題構想。此階段讓學生學會將技術轉化為真實情境中的應用方案，並透過期中報告接受同儕與教師回饋，逐步修正專題方向。

- 數位實境驗證與迭代修正階段

學生利用數位雙生技術與數位實境故事板，模擬專題成果的使用場景，並結合 IoT 裝置訊號進行虛實同步測試。這一過程讓學生得以在低成本、低風險的環境中反覆驗證與修正設計，有效彌補傳統專題學習中缺乏真實驗證的缺陷。

- 期末成果展演階段

學生以戲劇式展演方式，透過數位實境故事板展示專題成果，模擬其在真實場域下的應用。此階段要求學生以專業團隊角色詮釋成果，不僅提升其責任感與心理擁有感，也使專題更具臨場感與說服力。

## 教學成果

整體教學成果與研究問題及研究目的高度呼應：

- (a) 學習成效顯著提升

學生在專題成果中能展現更完整的應用情境，專家與教師評分顯示作品的整體表現以及在問題解決、使用者導向、技術整合、整體完成度的面向，均明顯提升(如表 2 所示)。這顯示數位實境故事板與數位雙生能有效解決專題脫離真實應用的問題。

Item	Group	N	Mean	S.D.	<i>t</i>
專題總分	實驗組	13	88.46	5.364	2.161*
	對照組	13	83.77	5.703	
問題解決	實驗組	13	18.08	1.038	2.084*
	對照組	13	17.15	1.214	
使用者導向	實驗組	13	16.15	1.144	2.229*
	對照組	13	15.15	1.144	
技術整合	實驗組	13	13.92	0.954	2.261*
	對照組	13	13.08	0.954	
創新能力	實驗組	13	17.85	1.519	1.589
	對照組	13	16.92	1.441	
團隊合作	實驗組	13	13.54	0.967	0.39
	對照組	13	13.38	1.044	
整體完成度	實驗組	13	8.92	0.954	2.261*
	對照組	13	8.08	0.954	

\*  $p < .05$

表 2 專題成果評量之 Independent sample t-test 結果

(b) 責任感與心理擁有感增強

如表 3 所示，學生在角色扮演與團隊合作中，展現對專題成果更強的責任感、心理擁有感、當責感與歸屬感，並將專題視為「屬於自己的產品」。訪談結果也顯示，多數學生認為「專家斗篷」增進了其團隊責任意識。

Item	Group	N	Mean	S.D.	<i>t</i>
心理擁有感	實驗組	13	3.9	0.933	2.137*
	對照組	13	3.17	0.806	
責任感	實驗組	13	3.92	0.954	2.116*
	對照組	13	3.15	0.889	
自我認同感	實驗組	13	3.85	0.899	1.565
	對照組	13	3.31	0.855	
當責感	實驗組	13	3.92	0.954	2.116*
	對照組	13	3.15	0.899	
歸屬感	實驗組	13	3.92	0.954	2.226*
	對照組	13	3.15	0.954	

\*  $p < .05$

表 3 心理擁有感之 Independent sample t-test 結果

(c) 設計思維與問題解決能力提升

如表 4 所示，學生在專題歷程中，能夠運用數位實境反覆測試，並進行設計迭代，展現更多元的設計構想。前後測結果顯示學生在設計思維測驗上的表現顯著進步，這意謂著數位故事板能有效促進學生從使用者角度理解需求與經驗的能力。

Item	Group	Mean	S.D.	Adjusted Mean	S.E.	F
設計思維	實驗組	3.897	0.927	3.859	0.127	15.956***
	對照組	3.103	0.927	3.141	0.127	
同理心	實驗組	3.846	0.899	3.809	0.136	13.07**
	對照組	3.077	0.954	3.114	0.136	
問題重構	實驗組	3.923	0.954	3.904	0.137	15.807***
	對照組	3.115	0.916	3.134	0.137	
創造自信	實驗組	3.923	0.954	3.867	0.130	14.274***
	對照組	3.115	0.916	3.172	0.130	

\*  $p < .001$

表 4 設計思維之 ANCOVA 結果

總結來說，本研究的教學過程透過 PBL + 數位實境故事板 + 數位雙生驗證 + 專家斗篷戲劇式學習，不僅有效回應了研究差距，也驗證了研究問題，並在學習成效、責任感、擁有感與設計思維等面向達成研究目的。

## 6.2 教師教學反思

本研究的教學歷程提供了豐富的實踐經驗，讓教師能夠對專題式學習在工程教育中的挑戰與突破有更深入的理解。整體反思如下：

### (a) 回應研究差距的省思

過去工程專題課程中，學生作品常停留於技術操作層次，缺乏真實應用情境的連結。透過引入數位實境故事板與數位雙生驗證，學生得以在模擬環境中檢驗專題成果的可行性，顯著改善了「設計脫離實際」的問題。然而，教師亦觀察到，部分學生在早期仍傾向追求技術實作，而忽略使用者情境的思考，顯示在課程初期需加強「以人為本的設計思維」引導。

### (b) 對研究問題的反思

真實情境的融入：數位實境故事板確實幫助學生更具體地呈現應用場景，但教師意識到需提供更多「案例鷹架」，協助學生將抽象構想落實為真實脈絡。

責任感與榮譽感的培養：專家斗篷的角色扮演顯著提升學生的專案投入度，但同時帶來角色分工不均的隱憂，教師必須在小組運作中提供更多協調支持。

學習成效與心理擁有感：學生在展演中展現高度的責任感與自我認同，但教師發現若缺乏適度評量回饋，學生可能將專注力侷限於「展演表現」

而非「設計本質」。

設計思維與使用者需求考量：數位雙生的模擬讓學生能進行設計迭代，但部分學生依然傾向於「快速完成任務」而非深度探索，提醒教師在教學設計中需平衡「成果導向」與「創新探索」。

### (c) 與研究目的的連結

透過這次教學實踐，教師確認數位實境與戲劇式學習確實能夠提升學生的學習成效、責任感、心理擁有感與設計思維，符合研究目標。然而，教師也意識到要讓學生真正養成長期的設計思維習慣，必須在未來課程中更強化：

- 跨領域連結：將工程專題與社會議題、使用者體驗結合，避免學生專題設計淪為單純技術展示。
- 歷程導向評量：透過多階段反饋機制，讓學生將注意力放在「設計歷程與改進」而非僅是「最終成果」。
- 團隊協作培力：針對角色扮演可能引發的角色失衡問題，設計更多協作工具與教師介入策略。

總結來說，教師的教學反思顯示，本研究的教學設計雖已有效解決研究差距並呼應研究問題，但仍需在「案例鷹架」、「歷程導向評量」與「團隊協作支持」三方面持續優化，以深化學生的責任感、擁有感與設計思維，並提升課程對工程教育的長期影響力。

## 6.3 學生學習回饋

### (a) 對教學設計的回饋

多數學生回饋指出，數位實境故事板與數位雙生技術的導入，讓專題設計不再只是紙上構想，而能夠即時模擬真實應用情境。他們認為這種方式提升了專題的「真實感」與「可行性」，也讓他們更有動力投入專題開發。這回應了研究差距中「缺乏真實應用與驗證機制」的問題，並呼應強化真實應用情境的研究問題。例如，圖像生成 AI (如 DALL·E 模型) 幫助學生將抽象構想具象化，提升創意激發並促進團隊溝通與共識，讓他們能更直觀地確認設計方向。此外，3D 物件生成式 AI (如 Luma AI Genie) 與數位故事板的場景模擬能快速建立真實應用情境，有效提升情境帶入感與設計實用性評估效率，有助於學生在設計初期即發現潛在問題。學生普遍肯定這些工具能加速構想發展、提升設計表達與討論效率，對強化虛實整合式設計學習有正面幫助。但另一方面，也有學生指出，生成圖像在細節與實用性呈現上有限，可能導致與實際設計不一致的誤解。頻繁修改可能使設計過於繁複，甚至偏離簡潔實用的目標。

#### (b) 對角色扮演與責任感的回饋

學生普遍反映，「專家斗篷」角色扮演讓他們更容易投入小組合作，因為必須以 CEO、技術長或營運長的身份思考與發言。他們表示，這樣的安排強化了對專題任務的責任感與團隊歸屬感，也促進了更積極的討論與決策。這與研究問題的提升責任感與心理擁有感一致。

#### (c) 對設計思維與學習歷程的回饋

在專題歷程中，學生認為能夠反覆利用數位雙生系統進行測試與修正，不僅降低了錯誤成本，也讓他們能嘗試更多創意方案。有學生表示，以往專題「一旦進入硬體實作就難以修改」，但這次能在虛擬環境中先行驗證，大大提升了設計的彈性與創新度。這呼應了培養設計思維與問題解決能力的研究問題。

#### (d) 對學習參與度的回饋

訪談與課後回饋中，多數學生提到數位實境與戲劇式展演的方式「讓學習更有趣」，比傳統專題「更容易投入」。特別是在期末展演時，學生認為透過劇情化的展示，不僅提升了表達與說服能力，也讓他們更有成就感。

#### 總結

整體而言，學生的學習回饋顯示：

- 數位實境故事板與數位雙生有效改善了專題設計與真實情境脫節的問題。
- 專家斗篷角色扮演提升了責任感、心理擁有感與團隊協作。
- 數位驗證歷程促進了設計思維與設計迭代。
- 戲劇式展演增強了學習參與度。

這些成果不僅回應了研究差距，也與研究問題與研究目的保持高度一致，顯示本研究提出的教學模式具有可行性與成效。

## 7. 建議與省思 (Recommendations and Reflections)

### (1) 建議 (Recommendations)

#### (a) 課程設計層面

- 加強情境鷹架：雖然數位實境故事板有效改善了專題設計與

真實應用的脫節，但部分學生在專題初期仍傾向技術導向，建議未來課程可引入更多「真實案例」與「使用者導向的設計思維」鷹架，協助學生從一開始就將技術與應用情境緊密結合。

- 歷程導向評量：為避免學生僅在期末展演時展現成果而忽略過程，建議未來引入更多階段性評量（如設計日誌、版本迭代檔案），確保學生在專題歷程中持續反思與修正。
- 平衡視覺化與真實性：在教學設計中加入引導（可行性標示）、錯誤示範，或早期導入實作限制知識，避免學生過度依賴視覺效果而忽略技術可行性。
- 再思考創新能力促進：簡化數位故事板的修改流程，提供更彈性的設計迭代工具，以激發學生在不增加實作負擔下的創新潛力。學生能設計出更美（更逼真）的場景
- 強化團隊協作機制：專家斗篷角色扮演雖提升了責任感，但部分小組仍出現角色分工不均的問題。建議未來設計更明確的協作工具與教師介入機制，以促進團隊運作平衡。

#### (b) 研究實施層面

- 推廣應用於其他領域：數位故事版的虛實模擬與互動敘事模式，具備推廣至商業創新、顧客體驗流程設計等跨領域的潛力。
- 多元數據整合：除問卷與作品評分外，未來可引入學習分析（Learning Analytics）技術，蒐集學生在數位實境平台的互動行為數據，以更全面地檢視其學習歷程。
- 長期追蹤研究：建議未來延伸研究，追蹤學生在畢業專題或實務工作中的表現，以檢視本教學模式對長期學習遷移與專業能力養成的影響。

### (2) 省思 (Reflections)

#### (a) 教師角色的轉變

在本研究中，教師不再僅是知識傳授者，而是引導者、協調者與鷹架提供者。這一轉變有助於提升學生的自主學習與責任感，但同時對教師提出了更高的挑戰，需要在技術熟悉度、課程管理與即時回饋之間取得平衡。

#### (b) 技術與教育的融合

數位實境故事板與數位雙生技術的引入，讓學生能更有效地模擬與驗證專題成果，但同時也提醒我們，技術只是教學的工具，若缺乏適當的引導與設計，學生可能仍會將重心放在技術操作，而忽

略使用者需求與設計本質。

### (c) 專題式學習的本質反思

本研究顯示，當專題式學習結合真實情境模擬與戲劇式展演，能有效提升學生的學習成效、責任感、擁有感與設計思維能力。然而，這也揭示了 PBL 的一個核心課題：如何在「成果導向」與「學習歷程」之間取得平衡。未來課程設計應更重視「持續的反思與修正」過程，而非僅著重於最終產品。

總結來說，本研究的建議與省思強調：在工程專題課程中，結合數位實境、數位雙生與戲劇式學習的模式具有高度潛力，但需持續優化課程設計、擴展研究規模，並平衡技術應用與教育本質，才能在長期上深化學生的責任感、心理擁有感與設計思維。

## 二、参考文献 (References)

- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist, 26*(3–4), 369–398.
- Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review, 86*(6), 84–92.
- Buchem, I. (2012). Psychological ownership and personal learning environments: Do sense of ownership and control really matter? In *PLE Conference Proceedings* (Vol. 1, No. 1).
- Dosi, C., Rosati, F., & Vignoli, M. (2018). Measuring design thinking mindset. In *DS 92: Proceedings of the DESIGN 2018 15th International Design Conference* (pp. 1991-2002).
- Gómez-del Río, T., & Rodriguez, J. (2022). Design and assessment of a project-based learning in a laboratory for integrating knowledge and improving engineering design skills. *Education for Chemical Engineers, 40*, 17–28.
- Heathcote, D., & Bolton, G. (1994). *Drama for Learning: Dorothy Heathcote's Mantle of the Expert Approach to Education. Dimensions of Drama Series*. Heinemann, 361 Hanover St., Portsmouth, NH 03801-3912.
- Herrington, J., & Oliver, R. (2000). An instructional design framework for authentic learning environments. *Educational Technology Research and Development, 48*(3), 23–48.
- Hou, H., Lai, J. H., & Wu, H. (2023). Project-based learning and pedagogies for virtual reality-aided green building education: case study on a university course. *International Journal of Sustainability in Higher Education, 24*(6), 1308-1327.
- Jia, L., Jalaludin, N. A., & Rasul, M. S. (2023). Design thinking and project-based learning (DT-PBL): A review of the literature. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, 22*(8), 376-390.
- Kettula, K., & Berghäll, S. (2013). Drama-based role-play: a tool to supplement work-based learning in higher education. *Journal of Workplace Learning, 25*(8), 556-575.
- Lebid, A. E., & Shevchenko, N. A. (2020). Cultivation of the Skills of Design Thinking via the Project-Based Method as a Component of the Dual Model of Learning. *European Journal of Contemporary Education, 9*(3), 572-583. <https://doi.org/10.13187/ejced.2020.3.572>
- Maksimović, M., & Davidović, N. (2022, September). The role of Digital Twin technology in transforming engineering education. In *9th International scientific conference Technics and Informatics in Education* (pp. 264-270).

- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2(1), 486–497.
- Wessel-Powell, C., Lu, Y. H., & Wohlwend, K. (2018). Walking dead literacies: Zombies, boys, and (re) animated storytelling. *The Reading Teacher*, 72(3), 313-324.
- Shu, X., & Gu, X. (2023). An empirical study of a smart education model enabled by the edu-metaverse to enhance better learning outcomes for students. *Systems*, 11(2), 75.
- Snyder, C. R., & Lopez, S. J. (Eds.). (2001). *Handbook of positive psychology*. Oxford University Press.
- Tao, F., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A. Y. (2018). Digital twin in industry: State-of-the-art. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(4), 2405–2415.
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. Autodesk Foundation.
- Truong, K. N., Hayes, G. R., & Abowd, G. D. (2006, June). Storyboarding: an empirical determination of best practices and effective guidelines. In *Proceedings of the 6th conference on Designing Interactive systems* (pp. 12-21).
- Uysal, N. D., & Yavuz, F. (2018). Language learning through drama. *International Journal of Learning and Teaching*, 10(4), 376-380.
- Wahid, R., & Aziz, A. (2022). Storyboarding: A model technique for the language learning process. *LLT Journal: A Journal on Language and Language Teaching*, 25(2), 497-504.

### 三、附件 (Appendix)

#### 附件一

#### 實驗前問卷

#### 物聯網與社交機器人專題設計 實驗前問卷

系級：

學號：

姓名：

本問卷旨在瞭解您在本次物聯網專題課程中的學習經驗與感受，問卷不涉及個人隱私且不會影響課程成績，僅供學術研究使用，請您依據真實想法填寫。

	非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意
1. 我喜歡能真正挑戰自己、學到新知識的內容。	<input type="radio"/>				
2. 最有成就感的是能深入理解課程內容。	<input type="radio"/>				
3. 我有信心能在作業與評量中表現良好。	<input type="radio"/>				
4. 我相信我可以學會這門課所教的技能。	<input type="radio"/>				
5. 學好這門課的內容很重要。	<input type="radio"/>				
6. 我覺得這門課的內容對我來說是有用的。	<input type="radio"/>				
7. 我試著從使用者的角度來思考我們的專題設計。	<input type="radio"/>				
8. 我關心使用這個產品的人會有怎樣的感受或經驗。	<input type="radio"/>				
9. 我曾試著用不同角度重新定義問題。	<input type="radio"/>				
10. 我願意重新思考原本的專題方向，以找到更好的解決方案。	<input type="radio"/>				
11. 我相信自己有能力設計出具創意又實用的解決方案。	<input type="radio"/>				
12. 我對自己的創意能力有信心，即使一開始沒有明確想法。	<input type="radio"/>				

## 附件二

### 實驗後問卷

#### 物聯網與社交機器人專題設計 實驗後問卷

系級：

學號：

姓名：

本問卷旨在瞭解您在本次物聯網專題課程中的學習經驗與感受，問卷不涉及個人隱私且不會影響課程成績，僅供學術研究使用，請您依據真實想法填寫。

	非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意
1. 我喜歡能真正挑戰自己、學到新知識的內容。	<input type="radio"/>				
2. 最有成就感的是能深入理解課程內容。	<input type="radio"/>				
3. 我有信心能在作業與評量中表現良好。	<input type="radio"/>				
4. 我相信我可以學會這門課所教的技能。	<input type="radio"/>				
5. 學好這門課的內容很重要。	<input type="radio"/>				
6. 我覺得這門課的內容對我來說是有用的。	<input type="radio"/>				
7. 我試著從使用者的角度來思考我們的專題設計。	<input type="radio"/>				
8. 我關心使用這個產品的人會有怎樣的感受或經驗。	<input type="radio"/>				
9. 我曾試著用不同角度重新定義問題。	<input type="radio"/>				
10. 我願意重新思考原本的專題方向，以找到更好的解決方案。	<input type="radio"/>				
11. 我相信自己有能力設計出具創意又實用的解決方案。	<input type="radio"/>				
12. 我對自己的創意能力有信心，即使一開始沒有明確想法。	<input type="radio"/>				
13. 我很樂意為我們的專題作品承擔責任。	<input type="radio"/>				
14. 我可以認同這個專題作品是我們的創作。	<input type="radio"/>				
15. 我為我們這次的專題作品感到自豪。	<input type="radio"/>				
16. 我覺得這個作品是我的，它屬於我們小組。	<input type="radio"/>				