

111 年教學實踐研究計畫成果報告

應用電腦輔助設計與擴增實境技術精進可靠度工程設計與分析之教學實踐研究

鍾官榮

摘要

本教學實踐研究計畫動機始於可靠度工程分析課程教學現場之實務操作部份發現與工業界的做法有某些程度的落差，現存之系統可靠度分析發法無法呈現系統實際的組裝情形以利設計改善，大大限制了修課學生對系統可靠度與維護度設計後之組/拆裝驗證能力，進而影響其系統維修技術。因此，本教學實踐研究計畫主題是以創新一可靠度工程實務之課程方案為主，整合電腦輔助設計(CAD)、工業物聯網(IoT)與擴增實境(AR)技術進行一沉浸式動態學習模式；其研究目的為提升此課程之教學品質與創新教學方法增加學生在機電系統可靠度/維護度工程學習成效，減少學用落差與提高本系學生就業競爭力。本計畫之學習成效採問卷調查前後測問卷方式，希望透過該份問卷以數據分析課程規畫及教學方式，了解參與本課程的學生，是否在教學方式的改變後，能有效提升學生學習成效，提供任課教師後續教學之參考。分析結果顯示課程的內容與教材看法與滿意程度表現上，顯示學生整體滿意度是偏高的，表示學生滿意整體課程的內容與教材。從問卷前後測表現結果顯示，學生參與課程中，「學習興趣」的「2.對課程了解的程度」，在前後測表現上均有顯著差異，代表「學習興趣」題組後測優於前測表現，表示學生參與課程前後對於上述「學習興趣」題目的學習經驗感受有所提升。

一、前言

國立彰化師範大學機電系(所)自民國 95 年開始即由本人(計畫主持人)陸續開設可靠度工程(Reliability Engineering)相關課程至今已經 15 年，此課之教學目標為讓修課學生了解可靠度工程設計與分析原理與實務，在研究所(碩博班合開)層級為規劃一年的課程，上學期以講授可

靠度工程相關原理為主，包括統計概要、元件可靠度分析原理以及系統可靠度分析原理。下學期則為根據上學期所學之原理展開實務操作，培養修課學生在產品設計階段即可應用可靠度相關原理融入產品設計，稱為可靠度設計(Design for Reliability, DfR)，這是企業/國家邁向研發高附加價值、高可靠性且運轉在嚴苛環境的產品，例如高階機械手臂、工具機、汽車(電動車)、火箭、飛(戰)機、潛艇、衛星甚或整個工廠管路等複雜系統不可或缺的一項先進技能培育核心課程。另一方面，這些先進複雜系統在佈署至市場後之保養維修亦是屬於可靠度工程之維護度(Maintainability) 教授範圍內，在設計階段亦要考慮產品維護的難易，例如組裝性與拆裝性，以減少維護成本，稱為(Design for Maintainability)。

近年來本人於課程教學現場之實務操作部份發現一些問題：由於複雜系統難以在短時間內在教學現場製作，目前以專題式出題輔以商用可靠度分析專業軟體(PTC Windchill WQS)做計算解題，在可靠度設計方面相關計算模組有可靠度方塊圖(Reliability Block Diagram, RBD)、事件樹(Event Tree)、故障樹(Fault Tree Analysis, FTA)、失效模式與效應分析(Failure Mode Effect Analysis, FMEA) 與電子系統可靠度預測(Prediction)等；維護度相關模組則有維護度(Maintainability)與馬可夫鏈(Markov)等。在可靠度工程領域中，任一複雜系統傳統上是以「方塊」來表示零件，再以所使用之可靠度設計的方式(例如串聯、並聯或串並聯等)組合成系統，如圖 1 所示，之後計算系統之可靠度、平均失效時間(Mean Time to Failure, MTTF; Mean Time between Failure, MTBF)、維護度與其他可靠度相關資訊。以方塊圖表示零件可靠度資訊有其缺點：因其缺乏零組件幾何形狀設計，無法呈現系統實際的組裝情形以利設計改善，大大限制了修課學生對系統可靠度與維護度設計後之系統/設備組/拆裝驗證能力！

在企業研發新產品或改良舊產品時是由研發設計部門人員使用電腦輔助設計(Computer Aid Design, CAD)軟體，畫出一實際零組件幾何形狀與組裝之 2D/3D 圖面後以 Check List 方式進行設計檢核(Design Review)與實物 Mockup，可靠度相關人員再執行可靠度測試驗證予以改進，但此法費時費力且有時成效不彰，如果能在產品(系統)設計繪圖階段，研發人員導入可靠度與維護度設計方法，可增快產品研發速度且可降低高昂測試成本。因此，本課程將使用零件圖面取代可靠度方塊圖進行系統維護度設計之拆/組裝實境模擬，改善本課程在此方面的問題，提高修課學生在機電元件與系統可靠度與維護度設計與拆/組裝驗證核心能力。

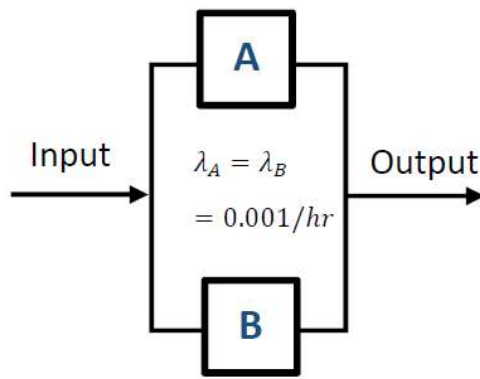


圖 1 一工具機傳動系統可靠度方塊圖

本計劃為解決教學現場因傳統可靠度與維護度設計方法缺乏零組件幾何形狀設計，無法呈現系統實際的組裝情形以利設計改善，大大限制了修課學生對系統可靠度與維護度設計後之組/拆裝驗證能力。因此創新一「**整合電腦輔助設計(CAD)工業物聯網(IoT)與擴增實境(AR)技術**」，針對組件或系統之可靠度與維護度設計進行電腦模擬實境與沉浸式動態驗證，融入設計、物聯網與元宇宙元素於教學現場，應為世界上在此類課程教學現場之首見。

二、研究動機與目的

本教學實踐研究計畫動機始於本人於可靠度工程分析課程教學現場之實務操作部份發現與工業界的做法有某些程度的落差，其詳細敘述如下：

1. 由於複雜系統難以在短時間內在教學現場製作，目前以專題式出題輔以商用可靠度分析專業軟體做計算解題，在可靠度設計方面相關計算模組有可靠度方塊圖、事件樹、故障樹、失效模式與效應分析與電子系統可靠度預測(Prediction)等；維護度相關模組則有維護度與馬可夫鏈等。在可靠度工程領域中，任一複雜系統傳統上是以「方塊」來表示零件，方塊中存有可靠度資訊(規格)，例如失效率與可靠度值等，再以所使用之可靠度設計的方式(例如串聯、並聯、串並聯、備份或負載分享等方式)組合成系統之後計算系統之可靠度、平均失效時間、維護度與其他可靠度相關資訊。以方塊圖表示零件可靠度資訊有其缺點：因其缺乏零組件幾何形狀設計，無法呈現系統實際的組裝情

形以利設計改善，大大限制了修課學生對系統可靠度與維護度設計後之組/拆裝驗證能力！

2. 在企業研發新產品或改良舊產品時是由研發設計部門人員使用電腦輔助設計 CAD 軟體，畫出一實際零組件幾何形狀與組裝之2D/3D 圖面後以 Check List 方式進行設計檢核與實物 Mockup，可靠度相關人員再執行可靠度測試驗證予以改進，但此法費時費力且有時成效不彰。之後客戶使用後產生設計方面客訴，其更改成本會是設計研發階段更改成本之100倍。

綜觀以上兩點所產生的學用落差，解決方式是如果能在產品(系統)設計繪圖階段，研發人員導入可靠度與維護度設計方法在電腦上模擬驗證，可減少之後設計檢核、測試驗證與客訴產生之更改設計的次數，增快產品研發速度且可降低高昂測試成本。因此，本教學實踐研究計畫將在可靠度工程(二)教學現場使用 CAD 所繪之零組件圖面取代可靠度方塊圖進行系統可靠度與維護度設計之電腦實境模擬，改善本課程在此方面的問題。相信經由此教學改善與現場實踐的執行，可提高修課學生在機電元件與系統可靠度與維護度設計與拆/組裝驗證核心能力，減少學用落差與提高本系學生就業競爭力。

本教學實踐研究計畫主題是以創新一可靠度工程實務之課程方案為主，整合電腦輔助設計(CAD)工業物聯網(IoT)與擴增實境(AR)技術進行一沉浸式動態學習模式；其研究目的為提升此課程之教學品質與增加學生在可靠度/維護度設計學習成效，減少學用落差與提高本系學生就業競爭力。本計劃為創新一整合電腦輔助設計(CAD)工業物聯網(IoT)與擴增實境(AR)技術進行一沉浸式動態學習模式，以本人有限的知識所知，目前鮮少文獻探討 CAD/IoT/AR 在可靠度與維護度教學的影響，比較多的文獻式集中在使用資通訊 (ICT)技術輔助教學，包括擴增實境(AR)工具在教育上的影響，例如使用各種在線平台進行 e-Learning 不僅擴展了教育覆蓋面，也提供多樣化的學習形式。這種方式已被證明會影響學習過程的經驗，創造出一種新的教育名詞稱為無所不在學習(Ubiquitous Learning, U-Learning)，使用工具包括擴增實境、虛擬實境(Virtual Reality, VR)、移動學習(Mobil Learning, M-Learning)、遊戲化學習(Gamification)等。具體來說，AR 允許組合和疊加一真實且具有資訊的物件以及一虛擬物件，這些增強的資訊不會僅限於視覺，也適用於所有感官，例如

聽覺、嗅覺和觸覺[1]。這特性使得 AR 能用多種方式吸引學生學習，使其有利於在教育過程促使學生快速且專注一課題[2-3]。例如，Hrishikesh 跟 Nair [4]在他們的研究中表示使用 AR 能讓殘疾兒童更快且更準確地理解所教育內容之觀念。此外，Mohd Yusof 等人[5]也在他們的研究中表示 AR 能為有特殊需求的學生提供令人興奮和有趣的教具，因為它能迅速引起了他們的注意。同樣地，Fombona[6]與 Akçayir[7]在他們的研究中證明 AR 的教育體驗能增加學生的學習信心、承諾與興趣；AR 也提供自我學習的機會，增強協作學習，提高滿意度並增加學生的學習動機[8-14]。綜觀以上文獻所研究的結果，大都同意使用 AR 能提升學生學習的成效，給了本計劃一充份信心導入 AR 在可靠度工程課程教學現場。此外，在本人指導有關 AR 之研究中，李奕儒[15]使用 CAD/IoT/AR 整合技術創建一機械手臂拆組裝動態模擬擴增實境人機介面，實現了機械手臂可遠端維護之智能化維修管理，使得機電系統維護策略與技術發展往前邁進了一大步。

三、教學設計與規範

本計劃之教學目標為培育修課學生在可靠度與維護度設計方面能以上學期所教授之可靠度工程原理在這學期之可靠度工程(二)能學習

1. 電腦輔助設計簡易版工具機系統
2. 建立系統串並聯之可靠度設計模組，評估不同組合優缺點
3. 整合 CAD/IoT/AR 技術創建此系統 AR 虛擬物件
4. 建立 AR 工具機拆組裝過程與遠端維護功能與實地成果展示

圖 2 顯示一融入可靠度與維護度優化設計之 CAD/IoT/AR 動態展演流程，在設計端，導入可靠度與維護度之設計法，例如零組件串並聯設計，接著在 CAD 環境創建一任務階層後執行 3D 模型設計，包括系統的拆組裝動畫圖，完成 3D 模型後創建一 AR 介面；在網路端，把事先存取好的資訊導入設計端，執行可靠度計算；在用戶端執行可靠度與維護度設計評估，如有任何需改善之處即回去設計端進行修改，直到最佳化設計出現為止。

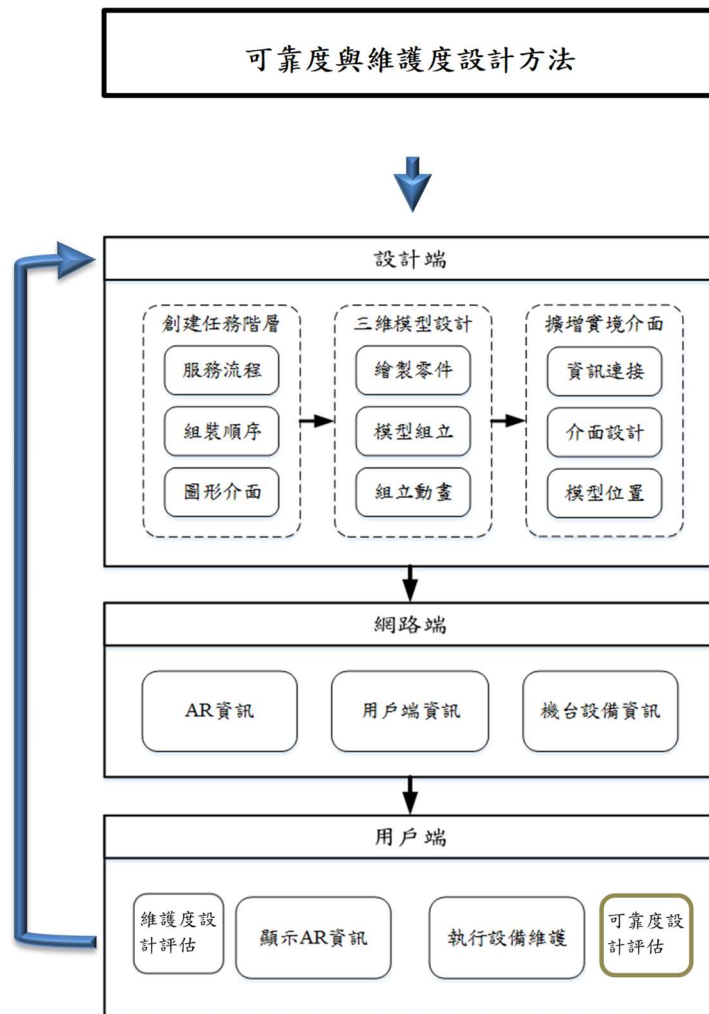


圖 2 融入可靠度與維護度優化設計之 CAD/IoT/AR 動態展演流程

為了達成以上所述之教學目標，課程之教學方法採用上課講授與電腦上機實作，前者主要教授 CAD/IoT/AR 基本觀念與電腦軟體操作方式，後者主要是在電腦軟體上進行課程所要求之實作。課程進度安排主要分為系統可靠度與維護度原理、相關軟體介紹與操作 Demo 系統遠端維護 Project(成果展示)等三部份。因本課程有電腦軟體操作與上機實作部份，因此上課場域會在可上網之電腦教室進行。本計畫的學習成效評量工具包含兩個部分：一為本計畫設計的問卷，二為校方的教學評量。此外，電腦軟體的部份課程會提供相關網址讓學生可上網做線上學習。

四、研究設計與執行方法

1. 研究架構

本計劃之研究架構是以教學現場問題為出發點，提出一創新課程教學方案並以問卷調查方式評估教學現場問題是否改善？

2. 研究問題/意識

本計劃之研究問題是評估是否以一創新的 CAD/IoT/AR 整合技術與可靠度與維護度設計原理結合可提高學生的學習成效？

3. 研究範圍

本計劃研究範圍為本人所開設之研究所碩博班之可靠度工程(二)課程，此課程主要是應用上學期所教授之可靠度工程原理在此課程進行電腦軟體實務操作，上課場域以可上網之電腦教室為主，修課學生通常為 15-30 人(每人一台電腦操作)，主要以碩士班、博士班與大學部 4 年級學生為主。教材除了繼續沿用上學期之課程教科書外，還會有電腦軟體(CAD/IoT/AR)的操作手冊與範例，機械手臂的設計圖面等。除此之外，課程可能會用到其他教學資源有軟體官網文件及線上資訊、各種開放式教學平台等。課程之評量方式以專題評量為主，利用本計畫設計的評量表對學生的 Demo 作品與口頭報告進行評鑑。

4. 研究對象與場域

本計劃之研究對象為機電工程研究所碩士班、博士班與大學部 4 年級學生(主要是五年一貫生)，課程實施場域在電腦教室。

5. 研究方法與工具

本計劃之研究架構是以教學現場問題為出發點，提出一創新課程教學方案並以問卷調查方式評估教學現場問題是否改善，其研究問題是評估是否以一創新的 CAD/IoT/AR 整合技術與可靠度與維護度設計原理結合可提高學生的學習成效？因研究對象以大學 4 年級(五年一貫生)與碩/博士生為主，他(她)們大都已經具備相關的機電基礎與核心能力，對於課堂學習態度與積極度也較成熟，因此計畫會以問卷調查方式進行資料蒐集與檢視教學研究之成效，再輔以校方之學習評量歷程資料比較，應可得到一客觀準確的研究問題回應。

6. 資料處理與分析

以問卷調查所得到的回應做質化與量化處理並與期中期末報告評鑑做比對，決定是否進一步對學生訪談，探索是否有其他的教學現場問題並提出可能的解決方案。

7. 實施程序

- a. 準備階段：教材撰寫、電腦軟體整備、機械手臂實作專題整備與課程助教教育訓練等。
- b. 實施階段：課程教授、期中/期末評量、問卷調查與資料整理與分析等。
- c. 完成階段：研究成果報告與成果展示等

五、教學暨研究成果

1. CAD/IoT/AR 遠端維護 Demo

圖3顯示一簡易型工具機系統，其包括一警示燈用來提醒機台目前狀況，紅色表示機台停止或錯誤，黃色表示有剎車動作，綠色表示正常運作；系統上方有運轉區包含一馬達與主軸，三個煞車來模擬遠端監控維護機台情形；控制區左邊包括三個剎車按鈕，用來模擬機台進行剎車控制；一個主軸轉速旋鈕，用來控制主軸轉速；中間有一 PLC 控制器，上有一網路連接器可有線連網；右邊下方有一啟動按鈕為系統電源開關，未開啟則無法啟動機台，右邊上方有一緊急停機開關。



圖3 簡易工具機系統

此簡易型工具機系統在設計時需包含可靠度設計(CAD/RBD)，整合擴增實境 AR 創造出一數位雙生的系統，透過 IoT 平台整合可在遠端進行狀態監測與維護動作，圖4顯示一擴增實境 AR 介面，介面上方包括一系統參數監控部份，有主軸轉速

溫度馬達電流與電壓等參數，左下方透過三個煞車控制畫面按鈕，可分別控制實體上三個煞車，並顯示在右下方的燈號上。圖5顯示一修課同學正在進行遠端維護工作 Demo，白板上的畫面即是在遠端的工具機，透過掃描現場的 QR code，即可顯示在自備手機上的 AR 介面，上面顯示的虛擬工具機即是與要維修的實體工具機是同一台，即使透過維修人員無法到現場維修，也可透過此 CAD/IoT/AR 整合後的系統做遠端機台操控，包括狀態監控與維修。

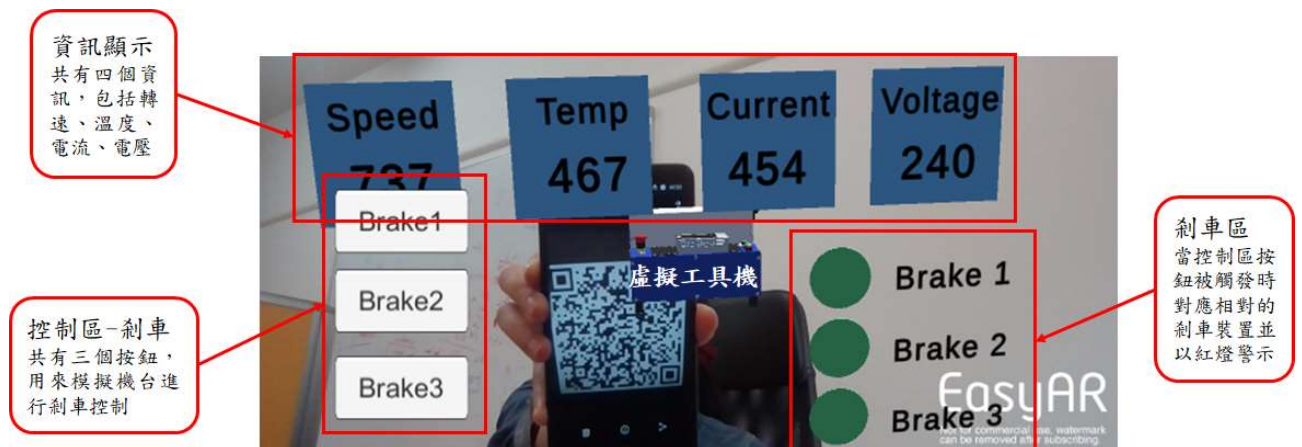


圖4 擴增實境 AR 介面

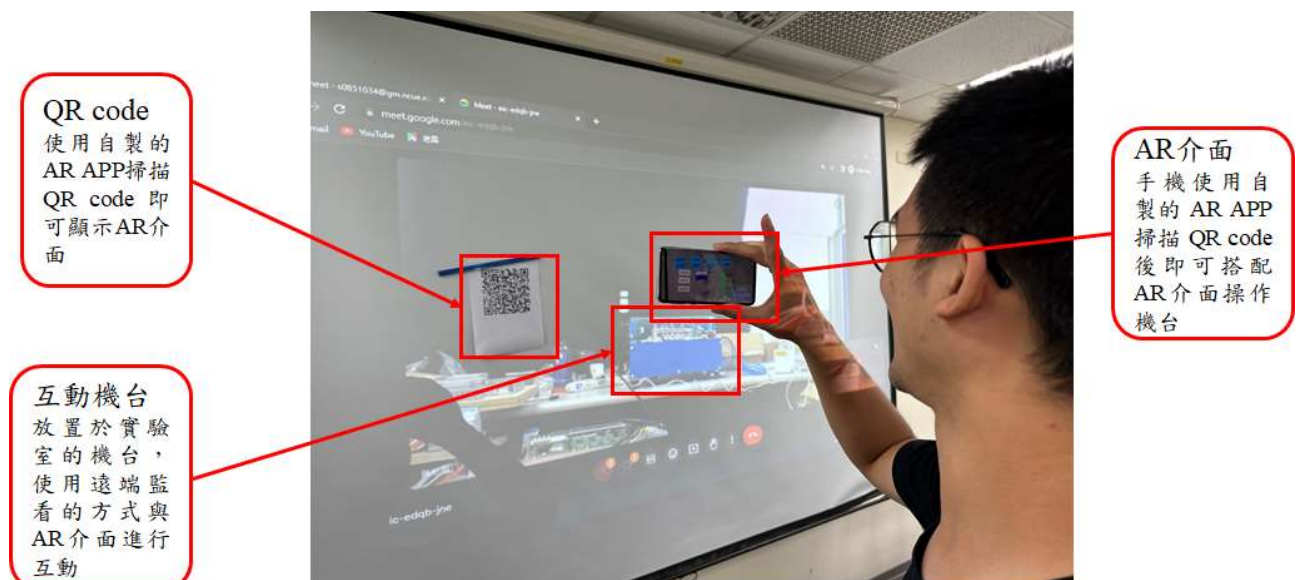


圖5 一修課同學正在進行遠端維護工作

2. 問卷調查前後測~修課同學學習回饋結果

本次教學實踐研究計畫之學習成效採問卷調查前後測問卷方式，希望透過該份問卷以數據分析課程規畫及教學方式，了解參與本課程的學生，是否在教學方式的改變後，能有效提升學生學習成效，提供任課教師後續教學之參考。其中針對課程內容與教材的看法與滿意程度，使用李克特氏五點量表，了解學生對於課程內容與教材的看法與滿意程度。另外，使用Wilcoxon(單尾)成對樣本中位數差異檢定分析，探討學生在課堂上的學習經驗表現前後差異。

A. 學生對於課程內容與教材的看法與滿意程度

資料來源為 111 學年度第二學期「可靠度工程(二)」課程後測五點量表，其結果如表 1 所示，值得注意的是，學生滿意度最高的是該堂課程的教材內容能因應時代需求而調整與更新，這與計畫採一跨域整合創新教法方式互相輝映，這結果也反應在圖 6 之本課程調跨域統合、統整的特性指標上。綜合以上，學生對「可靠度工程(二)」課程的內容與教材看法與滿意程度表現上，顯示各題平均分數從 4.14 至 3.57，相當於非常同意與同意之間。

表 1、學生對課程內容與教材的看法與滿意程度表現

題目	平均數	標準差	排序
該堂課程的教材內容能因應時代需求而調整與更新。	4.14	0.36	1
該堂課程內容與或活動能切合該堂課的教育目標。	4.07	0.47	2
該堂課程內容能引起我的學習動機。	4.00	0.55	3
該堂課程主題在學期安排有前後連貫的體系。	4.00	0.55	4
該堂課程內容能符合我的學習需求。	3.93	0.73	5
該堂課程內容能符合我的能力與程度。	3.64	0.74	6
該堂課程的教材內容難易與份量適中包含教科書、講義、參考書等。	3.57	0.51	7



圖 6、學生認為課程強調的學習面向

- *強調記憶，例如熟記教科書內容或實驗程序。
- *強調分析，例如解構複雜問題或深入分析一個概念。
- *強調綜合、統整，例如結合不同概念和理論來形成新的解釋。
- *強調評價、判斷，例如評價一個報導中資料分析的合理性或研究方法的適當性。
- *強調應用，例如應用理論或概念來解決實際問題或新的問題。

B. 探討學生在課堂上的學習經驗表現前後差異

資料來源為 111 學年度第二學期「可靠度工程(二)」課程前後測，分析方式為 Wilcoxon 成對樣本中位數差異檢定分析(單尾，後-前 > 0)，分析結果如表 2 所示，表 3 顯示各題組前後測成對母體中位數差異檢定，由表中可知，Wilcoxon(單尾)成對樣本中位數差異檢定中，分別檢視前後測「學習動機」、「學習表現」、「學習興趣」表現，其中「學習興趣」僅學習興趣 2 題組 $P < 0.05$ ，達顯著差異。而「學習動機」及「學習表現」每個題組皆沒有顯著差異($P > 0.05$)。

表 2、前後測共同題目對應表

題組	排序	題目-前測	題目-後測
學習動機	1	2.我修讀本課程的原因之一是因為它很有挑戰性。	26.我修讀本課程的原因之一是因為它很有挑戰性。
學習動機	2	3.雖然有時學習本課程會有挫折，但我會繼續堅持下去。	27.雖然有時學習本課程會有挫折，但我會繼續堅持下去。
學習動機	3	4.不管別人如何競爭，我認為這堂課有學到知識才是最重要的。	28.不管別人如何競爭，我認為這堂課有學到知識才是最重要的。
學習動機	4	5.這堂課即使遇到我不喜歡的課程內容，上課時仍會專心聽講。	29.這堂課即使遇到我不喜歡的課程內容，上課時仍會專心聽講。

題組	排序	題目-前測	題目-後測
學習動機	5	6.我比較喜歡能引起我好奇心的授課內容，即使這些內容難以學習。	30.我比較喜歡能引起我好奇心的授課內容，即使這些內容難以學習。
學習動機	6	7.在課程的學習中，取得好成績對我來說是最有成就感的。	31.在課程的學習中，取得好成績對我來說是最有成就感的。
學習動機	7	8.在本課程中，我覺得分數不代表什麼，真正學到什麼才是最重要的。	32.在本課程中，我覺得分數不代表什麼，真正學到什麼才是最重要的。
學習表現	1	9.我有信心自己這堂課都不會無故缺席也會準時上課。	33.我自認我在這堂課都沒有無故缺席也會準時上課。
學習表現	2	10.我有信心能如期完成老師規定的作業。	34.我自認我在這堂課都有如期完成老師規定的作業。
學習表現	3	11.我有信心自己會積極在課堂上發言或參與討論活動。	35.我自認我在這堂課都有積極發言或參與討論活動。
學習表現	4	12.我有信心可以學會本課程所教的基本觀念。	36.我自認我在這堂課都有學會本課程所教的基本觀念。
學習表現	5	13.我有信心能了解老師在本課程裡所教的最複雜的內容。	37.我自認我在這堂課都有了解老師在本課程裡所教的最複雜的內容。
學習表現	6	14.我有信心在本課程的作業與考試表現優異。	38.我自認我在這堂課的作業與考試都有表現優異。
學習表現	7	15.我有信心我能精通本課程所教的技能或技巧。	39.我自認我在這堂課都有精通本課程所教的技能或技巧。
學習表現	8	16.我有信心這堂課中我會得到優異成績。	40.我自認我在這堂課中我會得到優異成績。
學習表現	9	17.考慮這堂課的困難程度、老師、和我個人的技巧，我想我會表現良好。	41.考慮這堂課的困難程度、老師、和我個人的技巧，我自認我在這堂課表現良好。
學習興趣	1	18.請問您認為自己目前對於本課程感興趣的程度。	44.快上完這堂課程，我對於本課程感興趣的程度。
學習興趣	2	19.請問您認為自己目前對本課程了解的程度。	45.快上完這堂課程，我對於本課程了解的程度。
學習興趣	3	20.請問您認為自己目前對本課程學習動機的程度。	46.快上完這堂課程，我對於本課程學習動機的程度。

表 3、各題組前後測成對母體中位數差異檢定

題組	前/後測	樣本數	中位數	變異數	Z 統計量	顯著性
學習動機 1	前測	13	4	0.3590	3.5000	0.9599
	後測	13	3	0.2692		
學習動機 2	前測	13	4	0.3333	5.0000	0.5793

題組	前/後測	樣本數	中位數	變異數	Z 統計量	顯著性
	後測	13	4	0.1667		
學習動機 3	前測	13	4	0.2692	0.0000	0.9927
	後測	13	4	0.0769		
學習動機 4	前測	13	4	0.5000	6.0000	0.7245
	後測	13	4	0.0769		
學習動機 5	前測	13	4	0.4744	10.5000	0.5464
	後測	13	4	0.3077		
學習動機 6	前測	13	4	0.6923	5.0000	0.9028
	後測	13	4	0.4359		
學習動機 7	前測	13	4	0.2692	0.0000	0.9882
	後測	13	4	0.5000		
學習表現 1	前測	13	4	0.2436	20.0000	0.4105
	後測	13	4	0.6410		
學習表現 2	前測	13	4	0.2436	14.0000	0.2420
	後測	13	4	0.1923		
學習表現 3	前測	13	4	0.2308	5.0000	0.5793
	後測	13	4	0.3974		
學習表現 4	前測	13	4	0.3333	7.0000	0.8246
	後測	13	4	0.1410		
學習表現 5	前測	13	4	0.3974	6.0000	0.8667
	後測	13	4	0.4359		
學習表現 6	前測	13	4	0.3974	5.0000	0.8019
	後測	13	3	0.4359		
學習表現 7	前測	13	4	0.3590	7.0000	0.9123
	後測	13	3	0.6026		
學習表現 8	前測	13	4	0.2692	9.0000	0.3828
	後測	13	4	0.4231		
學習表現 9	前測	13	4	0.3077	10.5000	0.7651
	後測	13	4	0.2308		
學習興趣 1	前測	13	7	2.1410	18.5000	0.2472
	後測	13	8	1.7692		
學習興趣 2	前測	13	7	1.8974	52.5000	0.0388*
	後測	13	8	1.9231		
學習興趣 3	前測	13	8	2.3974	44.5000	0.5440
	後測	13	7	1.5256		

顯著性代碼： '***': < 0.001, '**': < 0.01, '*': < 0.05, '#': < 0.1

C. 總結

「可靠度工程(二)」課程的內容與教材看法與滿意程度表現上，顯示學生整體滿意度是偏高的，表示學生滿意整體課程的內容與教材。從問卷前後測表現結果顯示，學生參與「可靠度工程(二)」課程中，「學習興趣」的「2.對課程了解的程度」，在前後測表現上均有顯著差異，代表「學習興趣」題組後測優於前測表現，表示學生參與課程前後對於上述「學習興趣」題目的學習經驗感受有所提升。

六、結論

雖然此課程的開設在機電工程~系統可靠度與維護度上面創造了一個新的跨域整合教學實踐的成果，達到修課同學高度滿意的回饋，但在實踐的課程中仍可觀察到同學對新的事物與跨域學習仍存有些許的恐懼感，深怕在實作中失敗而不敢大步邁進，這也許反應在學習動機與學習表現在前後測結果中顯示無明顯差異有關。

如何培養新世代年輕人對不同領域的學習有自信，願意嘗試失敗而不氣餒，從中學習對跨域產生的問題快速理解並積極培養解決問題能力，是現今身處在科技與知識變換快速的時代中的教師與同學們的重要功課！

參考文獻

- [1] R. Azuma, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, and B. Macintyre, “Recent Advances in AR.,” IEEE Comput. Graph. Appl., Vol. 21, pp.34–47, 2001.
- [2] K. Sheehy, R. Ferguson, and G. Clough, “Augmenting Learners: Educating the Transhuman,” in Augmented Education, eds K. Sheehy, R. Ferguson and G. Clough, New York, NY: Palgrave Macmillan, pp.137–158, 2014.
- [3] A. Meyer, D. Rose, and D. Gordon, “Universal Design for Learning: Theory and Practice,” 1st, Edition, Cast Incorporated, 2014.
- [4] N. Hrishikesh, and J. Nair, “Interactive Learning System for the Hearing Impaired and the Vocally Challenged,” Proceedings of 2016 International Conference on Advances in

- Computing, Communications and Informatics, ICACCI 2016, 2016.
- [5] A. Mohd Yusof, E. Sarojini Daniel, W. Low, and K., Ab Aziz, “Teachers Perception of Mobile Edutainment for Special Needs Learners: the Malaysian Case,” *Int. J. Incl. Educ.* Vol. 18, pp.1237–1246, 2014.
- [6] J. Fombona, M. Pascual-Sevillano, and M. González-Videgaray, “M Learning and AR: a Review of the Scientific Literature on the WoS Repository,” *Comunicar*, Vol. 25, pp.63–71, 2017.
- [7] M. Akçayir, and G. Akçayir, “Advantages and Challenges Associated with AR for Education: a Systematic Rview of the Literature,” *Educ. Res. Rev.*, Vol. 20, pp.1–11, 2017.
- [8] D. Phon, M. Ali, and N. Halim, “Collaborative AR in Education: a Review”, *Proceedings of IEEE 2014 International Conference on Teaching and Learning in Computing and Engineering*, pp.78–83, 2014.
- [9] T. Liu, and Y. Chu, “Using Ubiquitous Games in an English Listening and Speaking Course: Impact on Learning Outcomes and Motivation,” *Comput. Educ.*, Vol. 55, pp.630–643, 2010.
- [10] Á. Serio, M. Ibáñez, and C. Kloos, “Impact of an AR System on Students’ Motivation for a Visual Art Course,” *Comput. Educ.*, Vol.68, pp.585–596, 2013.
- [11] J. Bacca, S. Baldiris, and R. Fabregat, “Insights into the Factors Influencing Student Motivation in AR Learning Experiences in Vocational Education and Training,” *Front. Psychol.*, Vol. 9, pp.1486-1499, 2018.
- [12] J. Baldiris, R. Fabregat, S. Graf, and Kinshuk, “AR Trends in Education: a Systematic Review of Research and Applications,” *Educ. Technol. Soc.*, Vol. 17, pp.133–149, 2014.
- [13] J. Bacca, S. Baldiris, R. Fabregat, Kinshuk, and S. Graf, “Mobile AR in Vocational Education and Training,” *Proc. Comput. Sci.*, Vol.75, pp.49–58, 2015.
- [14]S. Tzima, G. Styliaras, and A. Bassounas, “Augmented Reality Applications in Education: Teachers Point of View,” *Educ. Sci.*, Vol. 9, pp. 99-117, 2019.
- [15]李奕儒, “擴增實境人機介面之智能化維修管理平台開發,” 國立彰化師範大學機電工程研究所碩士論文, 彰化, 中華民國 106 年。