人工智慧人才培育與土木工程教育實作設計

王心怡

正修科技大學土木與空間資訊系 助理教授

5564@gcloud.csu.edu.tw

中文摘要

人工智慧是一門研究如何使機器像人類一樣思考、學習和執行任務的領域，在資訊技術不斷創新下，使其應用在各領域具有廣泛的潛力。身為土木工程教育推動者，在環境永續、教育永續、產業永續的議題下，針對氣候變遷、都市化、少子化的影響，教育和技術鴻溝已對經濟和社會發展帶來威脅。故由產業和學校共同合作，將產業科技帶入校園，在理論學習中增加互動式實作設計。

本計畫製成兩項技術產品，第一項是在氣候變遷對糧食、水資源、環境的影響議題下，製作資源永續的魚菜共生系統設計。系統包含用水量、水質及環境溫度的檢測、植物收成、自動化給水及餵食系統設計、及溫度自動化監控系統。此建置系統放置於建築物頂樓，減少氣候對建築物影響，可對都市微氣候環境提供降溫。另一項是利用人工智慧、擴增實境的軟體應用，建置擴增實境互動式沙箱設計。完成的產品可藉由塑造地形，感應器從地形高程判識並顯示不同顏色等高線，再利用軟體互動降雨功能，了解集水區排水、低窪區淹水、水庫潰壩、堤防潰堤、橋梁倒塌等可視化互動影像。此地形及天然災害實景配置可應用在測量學、地球物理科學、水文學、水土保持工程學等課程，具有教育推廣的市場性。且產品的鋁擠形框架設計並搭配輪軸，對展示和移動相當方便。產品製作成本僅市場價格二分之一，符合經濟價值具有產品市場競爭性。

透過結合人工智慧、擴增實境技術和資源永續發展的概念，本計畫完成兩項實作設計。經過三年實作應用，有效提升培育土木工程人才的專業知識和實踐能力，且對土木工程教育有顯著影響。

關鍵詞：魚菜共生系統、擴增實境沙箱、等高線展示、可視化互動影像

Cultivation of Artificial Intelligence Talents and the Practical Design for Civil Engineering Education

Hsin-Yi Wang

Assistant Professor, Department of Civil Engineering and Geomatics, Cheng Shiu University

5564@gcloud.csu.edu.tw

Abstract

Artificial intelligence is a field that studies how to make machines think, learn and perform tasks like humans. With the continuous innovation of information technology, its application has broad potential in various fields. As a promoter of civil engineering education, under the issues of environmental sustainability, education sustainability, and industrial sustainability, in response to climate change, urbanization, and declining birthrate, the education and technology gap has posed a threat to economic and social development. Therefore, industry and university work together to bring industrial technology to campus and add interactive practical design to theoretical learning.

This project is to produce two technical products. One is a resource-sustainable aquaponics system design based on the impact of climate change on food, water resources, and the environment. The system includes detecting water consumption, water quality and ambient temperature, plant harvest, automatic water supply and feeding system design, and automatic temperature monitoring system. This product is placed on the top floor of the building to reduce the impact of climate on the building, and it also can improve urban micro-climate because of the cooling temperature. The other uses artificial intelligence and augmented reality software applications to build an interactive sandbox design. This product can shape the terrain, and the sensor can identify and display contours from the terrain elevation in different colors. Then, use the interactive rainfall function to understand drainage systems in catchment areas, flooding in low-lying areas, reservoir dam breaches, embankment breaches, and bridge

collapse through the visualization of interactive images. This terrain and disaster environment can be used in several courses, such as surveying, geophysical science, hydrology, soil and water conservation engineering, and has marketability for educational promotion. This product's aluminum extruded frame design and wheel axles are very convenient for display and movement. For this product, the cost of the production is only half of the marketing, which aligns with the economic value and marketing competitiveness.

By combining artificial intelligence, augmented reality technology and the concept of sustainable resource development, this project completed two implementation designs. After three years of implementation, it has effectively improved the professional knowledge and practical ability to cultivate talents and significantly impacted civil engineering education.

Keywords: aquaponics system, augmented reality sandbox, contours display, visualization of interactive images

目錄

中文摘要 I
Abstract II
目錄 IV
圖目錄 VI
第一章 研發理念 1
1.1 研發背景與目的 1
1.2.研發重要性 2
第二章 學理基礎 4
2.1 人工智慧(Artificial Intelligence, AI)應用平台 4
2.2 模式介紹 6
2.2.1 攝影鏡頭多項模式 6
2.2.2 互動人臉辨識模式 7
2.2.3 人體動作估計模式 8
2.2.4 人臉辨識流程 8
2.3 擴增實境(Augmented Reality, AR) 12
第三章 主題內容 14
3.1 資源永續魚菜共生系統裝置 14
3.1.1 用水量、水質及與環境溫度檢測 14
3.1.2 自動化給水及餵食系統 16
3.1.3 裝置成果說明 17
3.2 擴增實境沙箱裝置 24
3.2.1 地形高程展示 25
3.2.2 低窪區淹水模擬 26
3.2.3 堤防潰堤模擬 27
3.2.4 跨河橋梁模擬 28

3.2.5 互動式實作設計 28
第四章 方法技巧 30
4.1 魚菜系統設計 30
4.1.1 設計方法 30
4.1.2 施作過程 31
4.1.3 設備更新重新設計 34
4.2 擴增實境沙箱設計 36
4.2.1 設計方法 36
4.2.2 施作過程 38
4.2.3 系統校正 41
第五章 成果貢獻 44
5.1 魚菜系統實作設計 44
5.2 擴增實境沙箱實作設計 45
誌謝.....46
參考文獻.....47

圖目錄

圖 2-1 英特爾視覺推理神經網路展示圖.....5
圖 2-2 微軟 AZURE AI 服務框架示意圖 5
圖 2-3 AI 創新潮流推動圖 6
圖 2-4 車牌檢測攝影模式.....7
圖 2-5 人臉辨識模式.....7
圖 2-6 人體動作估計模式.....8
圖 2-7 人臉位置標誌.....9
圖 2-8 臉部 API 定義 9
圖 2-9 臉部影像偵測.....10
圖 2-10 臉部影像分類.....10
圖 2-11 臉部影像分群.....11
圖 2-12 臉部影像確認.....11
圖 2-13 臉部影像表情辨識.....12
圖 3-1 魚菜共生系統裝置圖.....15
圖 3-2 硝酸鹽最大與最小值比對圖.....16
圖 3-3 魚池設計與裝置位置圖.....16
圖 3-4 魚池自動餵食器設計圖.....17
圖 3-5 空心菜培育過程圖.....18
圖 3-6 茼蒿菜培育過程圖.....18
圖 3-7 小白菜培育過程圖.....19
圖 3-8 絲瓜藤架照片 19
圖 3-9 絲瓜培育過程圖.....20
圖 3-10 小番茄培育過程圖.....20
圖 3-11 韭菜培育過程圖.....21
圖 3-12 百香果培育過程圖.....21

圖 3-13 百香果藤架系統更新.....22
圖 3-14 系統裝置的環境生態圖.....23
圖 3-15 擴增實境沙箱裝置.....24
圖 3-16 擴增實境沙箱互動照片.....25
圖 3-17 高山地形等高線展示圖.....26
圖 3-18 海島地形等高線展示圖.....26
圖 3-19 低窪區淹水模擬圖.....27
圖 3-20 低窪區淹水實景.....27
圖 3-21 堤防潰堤模擬圖.....27
圖 3-22 堤防水位高漲實景.....28
圖 3-23 跨河橋樑實景與沙箱橋梁配置設計.....28
圖 3-24 互動式實作設計.....29
圖 4-1 水循環及氨氮循環圖.....30
圖 4-2 初步系統設計水循環系統示意圖.....31
圖 4-3 資源永續魚菜系統完成實景.....31
圖 4-4 魚菜系統建置施工過程照片.....32
圖 4-5 魚菜系統第一代照片.....33
圖 4-6 浮筏耕植物配置照片.....33
圖 4-7 介質耕區設計與照片.....34
圖 4-8 雙向循環魚菜共生系統設計手稿圖片.....34
圖 4-9 雙向循環魚菜共生系統示意圖.....35
圖 4-10 裝置規劃圖.....36
圖 4-11 裝置投影範圍設計圖.....37

圖 4-12 木箱設計圖.....37
圖 4-13 擴增實境沙箱系統照片.....38
圖 4-14 XBOX KINECT 傳感器.....38
圖 4-15 投影機.....39
圖 4-16 螢幕與主機.....39
圖 4-17 沙箱設計照片.....40
圖 4-18 沙箱卸沙口設計.....40
圖 4-19 鋁擠形框架實景.....40
圖 4-20 擴增實境沙箱系統置物櫃與輪軸設計.....41
圖 4-21 沙箱軟體校正.....42
圖 4-22 沙箱校正過程.....43

第一章 研發理念

科技創新的成果是國家競爭力和經濟發展的重要因素，產業需研究成果與培育人才，解決技術難題，提升競爭力。在生產經營、人才培育、科學研發等方面形成優勢互補、資源共享、共同發展的協作關係，所以，產學研相結合是土木工程創新人才培育的重要途徑。本計畫藉由此合作機會建置土木工程教育的實作設計，研發背景與目的，以及研發的重要性描述如後。

1.1 研發背景與目的

在環境永續、教育永續、產業永續的議題下，針對氣候變遷、都市化、少子化的影響，教育和技術鴻溝已對經濟和社會發展帶來威脅。故藉由產業和學校共同合作，將產業科技帶入校園，填補現有知識的空缺，在理論學習中增加互動式實作設計，有效提升培育土木工程人才的專業知識和實踐能力，達到學習成效。

本計畫製成兩項技術產品，第一項是在氣候變遷對糧食、水資源、環境的影響議題下，製作資源永續的魚菜共生系統設計。系統包含用水量、水質及環境溫度的檢測、植物收成、自動化給水及餵食系統設計、及溫度自動化監控系統。此建置系統放置於建築物頂樓，減少氣候對建築物影響，可對都市微氣候環境提供降溫。另一項是利用人工智慧、擴增實境的軟體應用，建置擴增實境互動式沙箱設計。完成的產品可藉由塑造地形，感應器從地形高程判識並顯示不同顏色等高線，再利用軟體互動降雨功能，了解集水區排水、低窪區淹水、水庫潰壩、堤防潰堤、橋梁倒塌等可視化互動影像。此地形及天然災害實景配置可應用在測量學、地球物理科學、水文學、水土保持工程學等課程，具有教育推廣的市場性，符合經濟價值且具有產品市場競爭性。

1.2.研發重要性

人工智慧是一門研究如何使機器能夠像人類一樣思考、學習和執行任務的領域，它經歷了多次發展浪潮，包括專家系統、機器學習、深度學習等。深度學習的興起，是基於神經網絡的方法，為自然語言處理領域帶來重大的突破。從神經網絡架構，處理序列數據，這種架構在機器翻譯等任務上表現優異。後來 GPT（Generative Pre-trained Transformer）出現，首個 GPT 模型於 2018 年由 OpenAI 推出，它引起了極大的關注，因為它在生成和對話方面表現出色，且在資訊技術不斷創新，使其應用在各領域具有廣泛的潛力。所以，這是當前工程教育中所面臨的挑戰也是機會，期望藉由人工智慧開發擴充實境沙箱裝置與資源永續魚菜共生系統裝置，填補現有教學方法的缺陷與限制。

身為土木工程教育推動者，注意到氣候變遷對全球環境、社會和經濟產生廣泛且深遠的影響，如極端天氣事件、海平面上升、生態系統崩潰等，都是其影響的一部分。COVID-19 疫情自 2019 年底爆發以來，新冠病毒疫情也對全球健康、經濟和社會造成了巨大影響，醫療資源的問題、工作環境的問題、教學方式的問題等，工作方式現地和居家辦公的轉換，教學方式實體和線上課程的轉換等。也注意到因快速的都市化，對基礎設施、資源分配和環境永續性構成了挑戰，許多地方面臨空氣和水質污染、淹水災害、坡地災害、缺水問題、天然資源缺乏等。近幾年又受到少子化影響，教育和技術鴻溝，在不同地區間的教育和技術差距，導致學生發展機會不均等，影響生活和就業前景，對家庭、學校、產業和國家，在經濟和社會發展帶來威脅。

藉由實作設計的教育方式提升學生技能，將產業科技帶入校園，在土木工程專業科目的理論學習中，增加互動式實作設計，融入新興科技提升學習成效。從實作設計中，將需求製成產品，一系列的實驗

設計，以及市場開發與模型設計的更新過程，將實作技術導入課程，培育產業人才。

第二章 學理基礎

人工智慧(Artificial Intelligence, AI)人才炙手可熱，為培育校園人工智慧人才，Ming et al. (2020)應用人工智慧應在土木工程教育上，Tzuping Chiang(2021)也以台灣為例探討人工智慧學習對土木工程教育的影響，並開拓土木營建工程之應用。Egils and Emils(2021)提到在永續發展上，數位科技的發展影響不容忽視，Sergio et al.(2018)發現擴增實境在教學經驗上扮演重要腳色。所以，本計畫與聯強國際股份有限公司合作，特邀請英特爾公司、微軟公司和聯強公司的專業技術人員，介紹 Intel Open VINO 和 Microsoft Azure 的應用，培育校園人工智慧人才，推展土木營造工程上的應用佈局。針對 AI 人才培育與產業發展現況進行探討與交流，介紹內容包括英特爾視覺推理神經網路應用與展示、微軟 Azure 物聯網以及加速雲端到邊緣運算等議題。

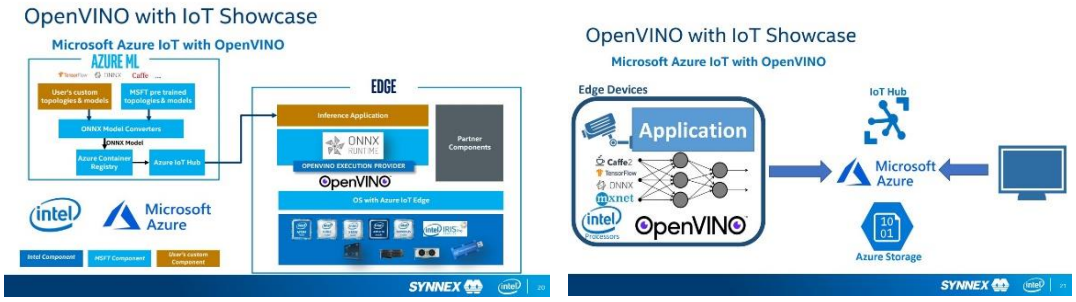
內容主題如英特爾視覺推理神經網路介紹、Intel OpenVINO 視覺神經網路應用範例展示、Azure 物聯網概觀、運用 Azure AI , ONNX runtime 和 Intel OpenVINO 以加速雲端到邊緣運算的範例等，以此基礎架構可發展與應用的模式範例，發展研發主題。重點摘錄聯強國際股份有限公司提供之人工智慧校園人才培育簡報內容，並將各應用方式說明如後。

2.1 人工智慧(Artificial Intelligence, AI)應用平台

在 AI 的應用上，楊明德等(2018)展示一些簡單模型，將人工智慧模型之建置與應用從演算法到應用情境，提出簡要說明；在水土保持工程的應用也開始有 AI 技術的結合(王琨淇等，2018；李岳樺和潘乃欣，2020)；在營建工程管理上不論是施工架監測或施工設計也有相關應用案例(吳俊德等，2021；王榮進等，2020；Chen et al. 2022)。其實虛擬實境與擴增實境的技術是從遊戲中開始(Thomas et al. 2018)，有

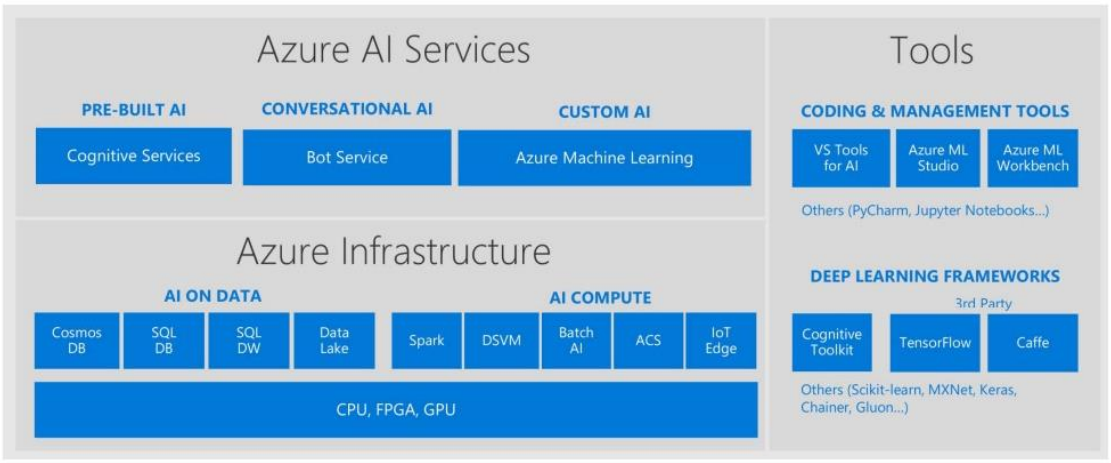
了可視化影像，各領域開始結合 AI 後慢慢延伸與發展。在擴增實境中已應用在軍事教育訓練，如林俊安(2019)和李蒼昱和李建鵬(2020)利用擴增實境的技術對單兵訓練與兵棋推演增加許多例證，甚至在資源永續物聯網的技術上也需要 AI 的鏈結(João et al. 2023)。

本計畫從英特爾(Intel)視覺推理神經網路(Intel OpenVINO)展示圖 2-1 中，了解 Azure 物聯網的概念，OpenVINO 是 Intel 開發的電腦視覺與深度學習應用的開發套件，具有模型優化器和推理引擎，可支援 Windows、Linux （Ubuntu、CentOS）等作業系統。也將微軟 AI 平台(如圖 2-2)能提供服務與所需的設備，以及深度學習的框架及相關工具展示說明。



(資料來源：聯強公司提供)

圖 2- 1 英特爾視覺推理神經網路展示圖



(資料來源：聯強公司提供)

圖 2- 2 微軟 Azure AI 服務框架示意圖

2.2 模式介紹

AI 創新潮流推動如圖 2-3，將全球可用的無限計算資源放置雲端(Cloud)，由雲集中管理物聯網(IoT)資訊，將雲端物聯網設備資訊卸載，從雲端(Cloud)和邊緣(Edge)將 AI 智能再突破。所以，Edge AI 越來越熱門，它將人工智慧佈署在邊緣設備中，相較於 Cloud AI，它可提升執行效率以及避免隱私洩露的問題，因此 AIoT 也從 Cloud AI 延伸到了 Edge AI。將人工智慧模式如攝影鏡頭多項模式、互動人臉辨識模式、人體動作估計模式介紹如後說明，並描述人臉辨識流程。

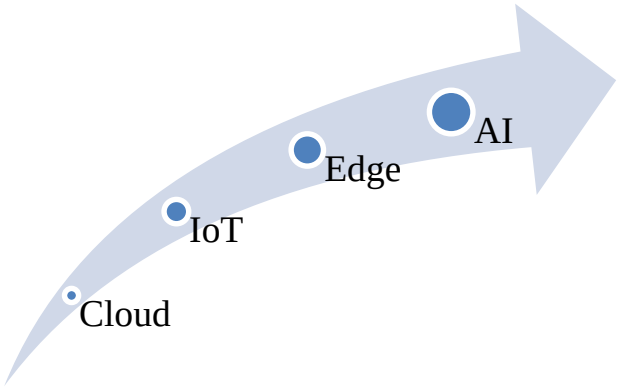


圖 2- 3 AI 創新潮流推動圖

2.2.1 攝影鏡頭多項模式

攝影鏡頭多項模式範例展示如圖 2-4，展示車輛和車牌檢測網絡，在車輛檢測結果資訊上，應用車輛屬性和車牌識別，此為攝影鏡頭多項模式介紹。

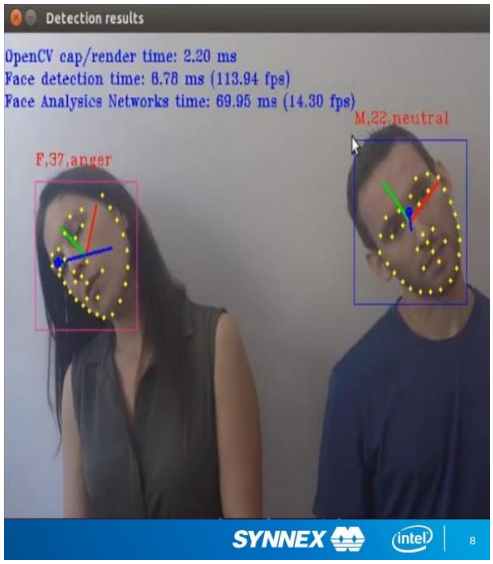


(資料來源：聯強公司提供)

圖 2- 4 車牌檢測攝影模式

2.2.2 互動人臉辨識模式

互動人臉辨識模式範例展示如圖 2-5，Erroll et al. (2022) 利用 3D 臉部結構給出稠密的標誌位置，聯強公司展示了使用神經網絡序列，應用於人臉識別檢測任務。同時判斷年齡、性別、頭部姿勢估計、情感識別和臉部標誌檢測。

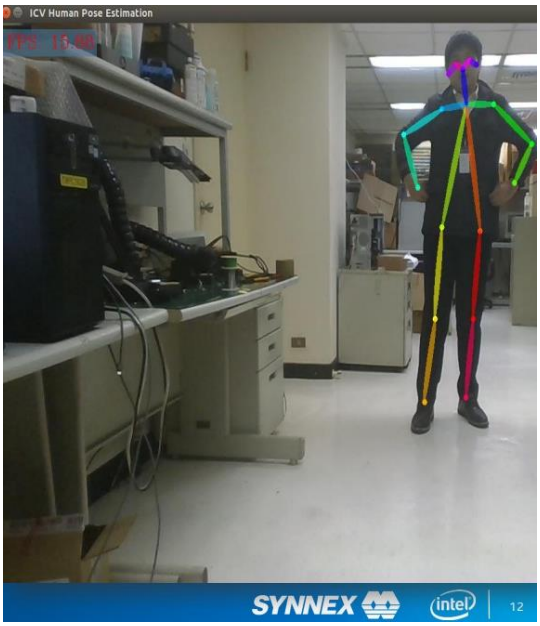


(資料來源：聯強公司提供)

圖 2- 5 人臉辨識模式

2.2.3 人體動作估計模式

人體動作估計模式如圖 2-6，Bei et al.(2017)對電腦影像姿態動作認定提出代表關鍵點，該模式展示了許多人 2D 姿態估計算法的工作。此任務是為輸入視頻中的每個人預測姿勢身體骨架，該骨架由關鍵點及其之間的連接組成。該姿勢最多可包含 18 個關鍵點。該算法的一些潛在案例是動作識別和行為理解。

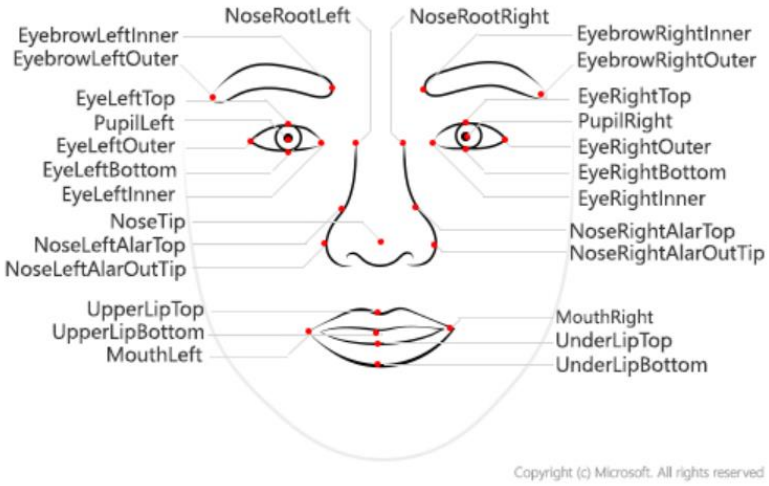


(資料來源：聯強公司提供)

圖 2- 6 人體動作估計模式

2.2.4 人臉辨識流程

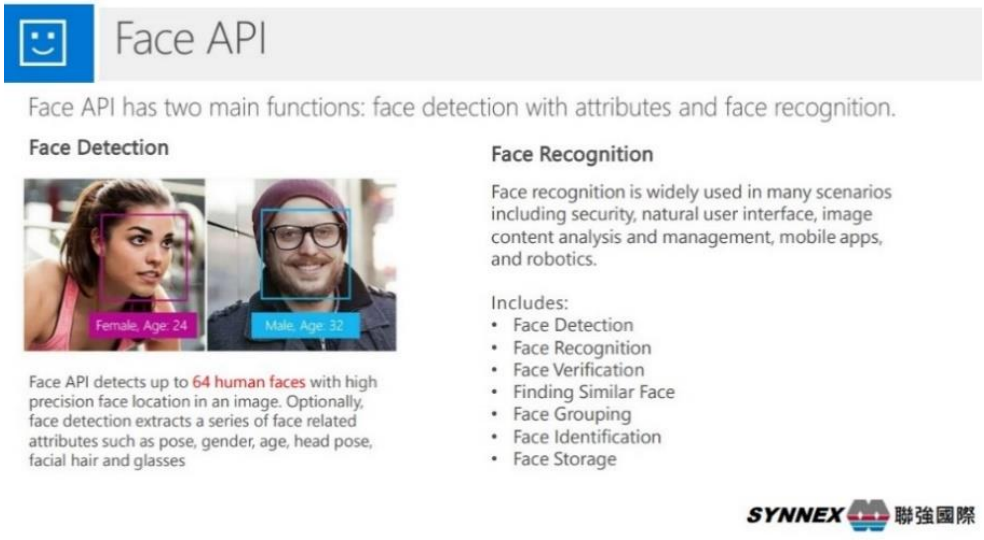
人臉位置標誌如圖2-7，可由影像辨識各標誌位置改變情況，辨識是否為同一人，或是從標誌判讀表情的情緒。



(資料來源:https://learn.microsoft.com/en-us/azure/ai-services/computer-vision/concept-face-detection)

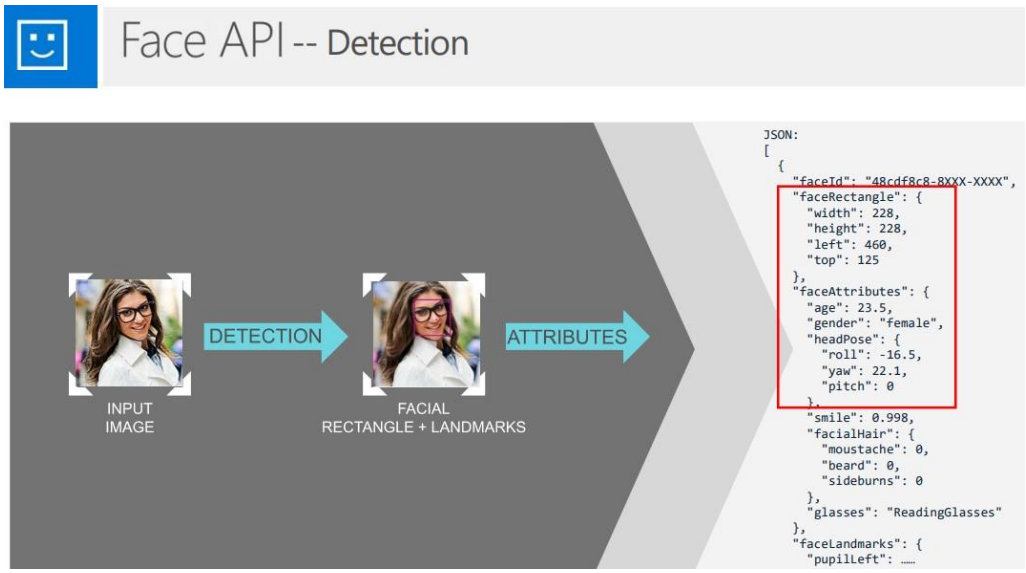
圖 2- 7 人臉位置標誌

首先先訂出臉部API(圖2-8)，Spehr(2015)利用視覺辨識和學習階層分析，再做影像偵測(圖2-9)，由偵測後的影像分類(圖2-10)，影像分類方式是利用Bloom (1956)提出的3D影像分類方式，再由各分類中找出群組(圖2-11)，群組確認後再確認正確影像資訊內容(圖2-12)，同時也可用這方式偵測表情(圖2-13)，了解此表情下表達的情緒對應資訊。



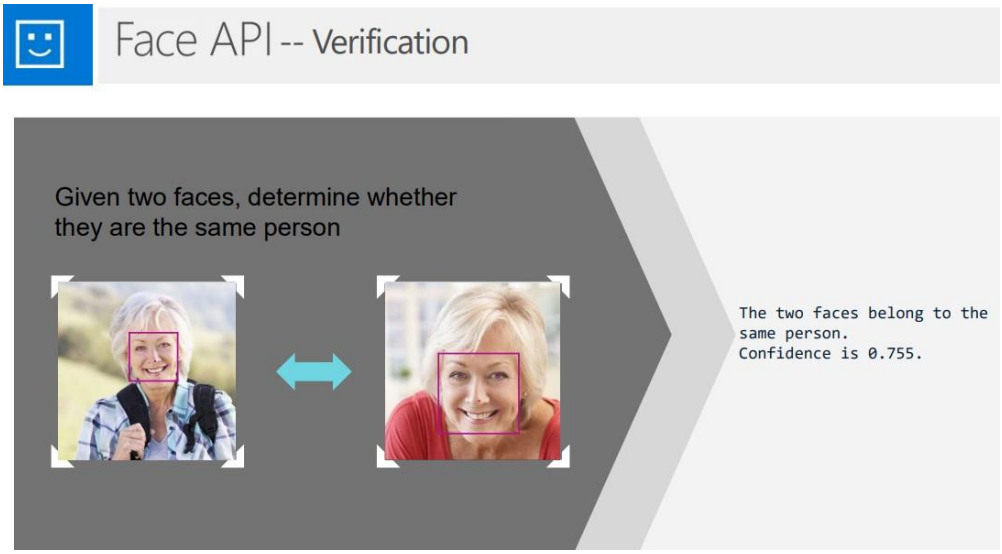
(資料來源：聯強公司提供)

圖 2- 8 臉部 API 定義



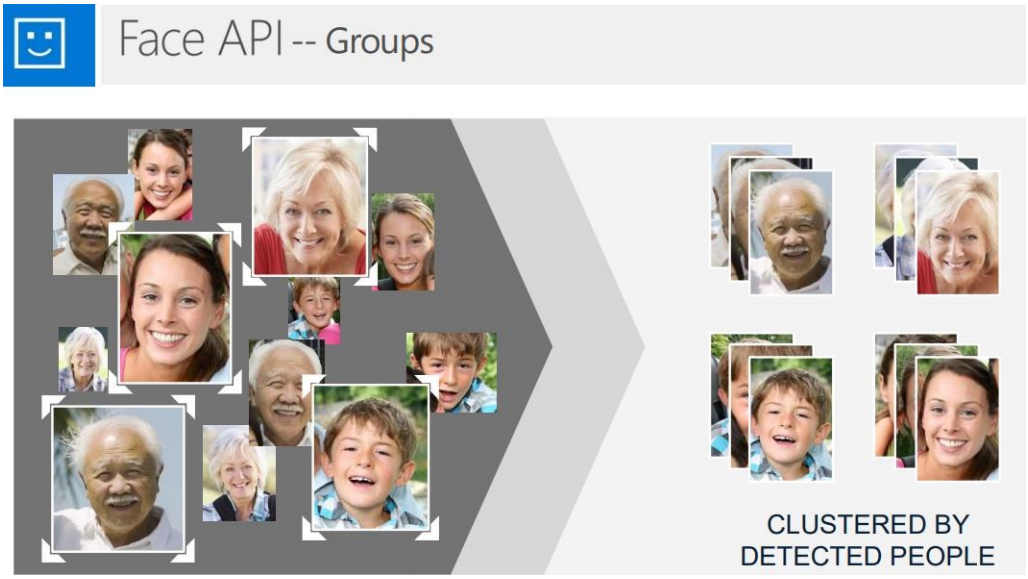
(資料來源：聯強公司提供)

圖 2- 9 臉部影像偵測



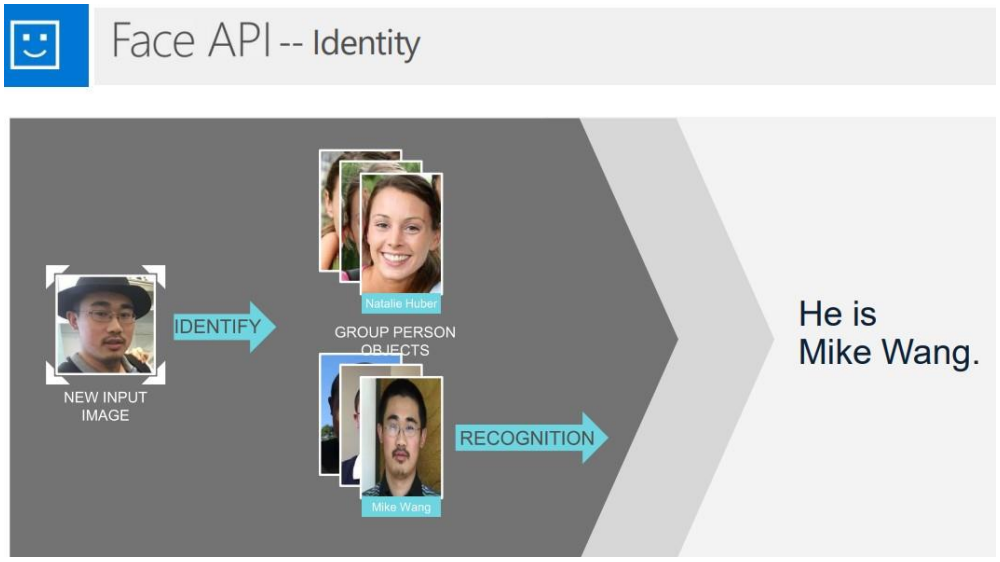
(資料來源：聯強公司提供)

圖 2- 10 臉部影像分類



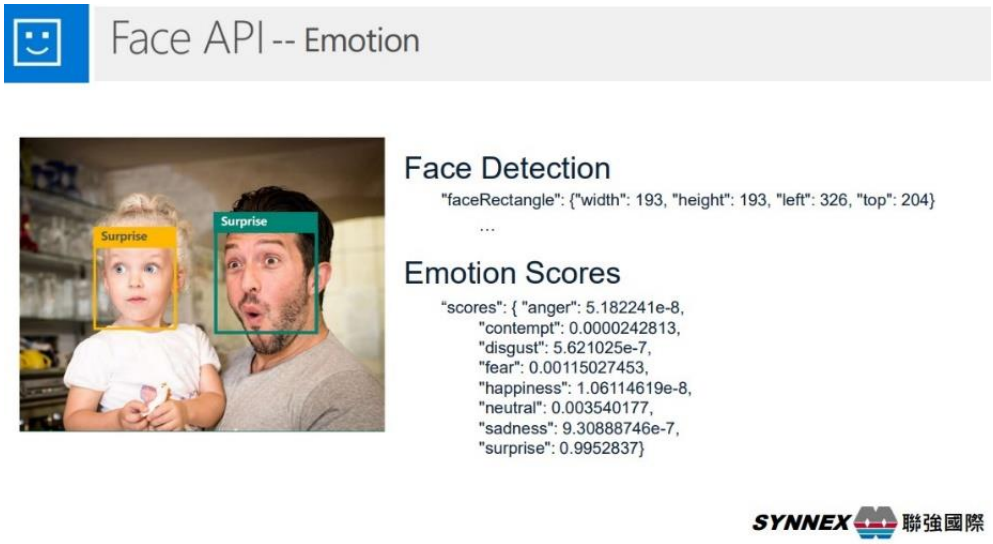
(資料來源：聯強公司提供)

圖 2- 11 臉部影像分群



(資料來源：聯強公司提供)

圖 2- 12 臉部影像確認



(資料來源：聯強公司提供)

圖 2- 13 臉部影像表情辨識

2.3 擴增實境(Augmented Reality, AR)

擴增實境是增進AI可視化技術，Ali and Osvaldo (2017)利用邊緣計算增強有效能源分配，也將可視化應用在手機端介面(Dimitris et al. 2017；Luyang et al. 2019；Paul et al. 1994)，呈現現實與虛擬連續體的目標物偵測。所以，開始將虛擬實像與擴增實像延伸至沙盒發展(Reed et al. 2014；Reed et al. 2016；Afrooz et al. 2018；Rebekka et al. 2023)。

加州大學戴維斯分校的 W.M. 凱克地球科學主動可視化中心 (KeckCAVES) 與加州大學戴維斯分校塔霍環境研究中心、勞倫斯科學館以及 ECHO 湖水族館和科學中心，利用互動式的視覺化與現實環境的多模式感知結合，一起開發 3D 可視化應用程式來教授地球科學概念。

結合了真實的沙箱以及使用 Microsoft Kinect 3D 相機創建虛擬地形和水，Xbox Kinect 傳感器會檢測沙箱中形成的任何形狀，並使用開放軟體進行處理，然後投影為顏色編碼的等高線圖，透過可視化

軟體及數據投影展現強大的模擬功能，且液體會以逼真的運動流過表面。此AR沙箱讓使用者以塑造真實的沙子來創建地形模型，通過高程彩色圖、地形輪廓線和模擬水流的擴增模型。從地形圖、等高線、流域、流域、堤壩等可視化景象，用於教授地理、地質和水文概念。也可應用於雕刻山脈、峽谷和河流，然後將其註滿水，甚至塑造正在噴發的火山。

AR Sandbox 開放軟體可供下載，如Oliver Kreylos' Research and Development Homepage - Augmented Reality Sandbox (ucdavis.edu)網址說明，使用者製作沙箱載具，透過開放軟體便可製作客製化的擴增實境沙箱。

第三章 主題內容

本計畫實作設計製成兩項技術產品，第一項是在氣候變遷對糧食、水資源、環境的影響議題下，製作資源永續的魚菜共生系統設計。系統包含用水量、水質及環境溫度的檢測、植物收成、自動化給水及餵食系統設計、及溫度自動化監控系統。此建置系統放置於建築物頂樓，減少氣候對建築物影響，可對都市微氣候環境提供降溫。另一項是利用人工智慧、擴增實境的軟體應用，建置擴增實境互動式沙箱設計。完成的產品可藉由塑造地形，感應器從地形高程判識並顯示不同顏色等高線，再利用軟體互動降雨功能，了解集水區排水、低窪區淹水、水庫潰壩、堤防潰堤、橋梁倒塌等可視化互動影像。此地形及天然災害實景配置可應用在測量學、地球物理科學、水文學、水土保持工程學等課程，具有教育推廣的市場性。兩項系統裝置分述如下。

3.1 資源永續魚菜共生系統裝置

資源永續魚菜共生系統裝置有效的將水資源重複利用，並維護生態環境。頂樓也會因綠屋頂隔熱效果，減少冷氣空調耗能，且在生態綠化下創造頂樓的微棲地，可保護建築物頂樓不受陽光直接曝曬、和減少頂樓反覆熱漲冷縮量。亦可應用在各公共建設或私人建案的風水造型與園藝美觀設計，讓大樓變大樹，重回自然懷抱。

3.1.1 用水量、水質及與環境溫度檢測

(1)用水量檢測



圖 3- 1 魚菜共生系統裝置圖

與一般傳統的魚塭不同，魚菜共生系統能夠藉由硝化菌將魚所排出的氨氮轉化為硝酸鹽，再由植物吸收淨化循環至魚池，過程所需的用水量，為測得一天所需的用水量。如圖 3-1 中藍色水桶，每日正午 12 時將水桶裡的水補至標示位置，再分析每日用水量的變化趨勢。

(2)水質檢測

以試劑進行水質檢測，進行第一批硝酸鹽濃度測試時，因為受降雨影響，硝酸鹽約 6~7 天有下降的趨勢，與預期結果相符。第二批硝酸鹽因補入的濃度值只達到 80ppm，所以 2~3 天硝酸鹽就降至 0，第三批及第四批的試驗，雖然將硝酸鹽濃度提升至最高(如圖 3-2)，但因受梅雨及颱風影響，水中的硝酸鹽濃度比預期遞減速度更快。水質檢測可知魚菜共生系統能夠將水質轉化成植物生長所需的養分。

(3)環境溫度檢測

溫度數據由每日魚菜系統下方溫度計讀取溫度變化，可知在系統下方(如圖 3-1 白色下方)的溫度與系統外比較，有非常明顯差異。

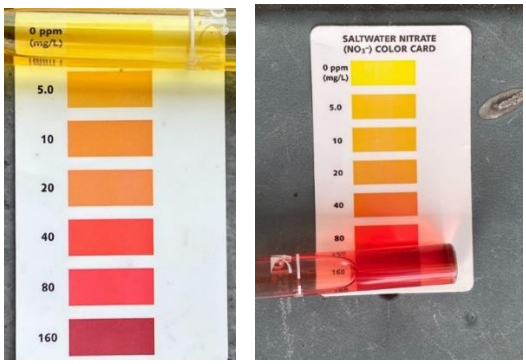


圖 3- 2 硝酸鹽最大與最小值比對圖

3.1.2 自動化給水及餵食系統

目前魚菜系統的水資源由系統本身循環過濾重複使用，由魚池的水位監測器可知低於水位下，系統會自動補水，如圖 3-3。



圖 3- 3 魚池設計與裝置位置圖

魚池自動餵食系統如圖3-4設計圖示，餵食系統大部分以回收再利用材料製作，如：糖桶、罐子、細管、瓶蓋。將罐子剪成需要的形狀，將瓶蓋融化與細管相接，插入能使飼料往下掉，組合在一起但必須完全密封，才不會導致飼料變質，再與時鐘結合，拿掉不必要的分、秒針並製作圓盤，再控制圓盤的容量，可以讓飼料裝入並轉動時堵住飼料，將所有材料組合，自動餵食就能正常使用。

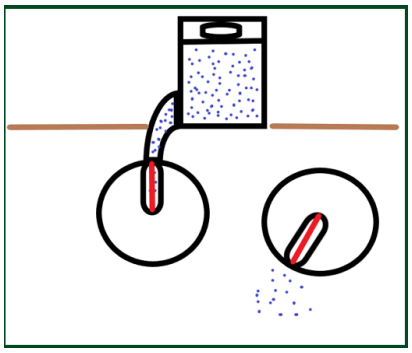


圖 3- 4 魚池自動餵食器設計圖

3.1.3 裝置成果說明

資源永續魚菜共生系統 109 年底建置完成後，比較土耕(放置土壤)、浮筏耕(放置部分土壤)，與介質耕(無放置土壤)，開始針對每期耕種不同植物，並記錄生長過程。不同植物，需要的水量、種植時間與收成的成果一一紀錄如下。

(1)空心菜

空心菜培育過程如圖3-5，空心菜的成長期約六到八周，但若放置時間過久未採收，會影響口感。且採收空心菜時可以用剪的，因下方根系長，上方用剪的採收後還會再生，可以重複採收三次以上。因空心菜的根系非常長，會盤滿整個浮筏耕系統，在置換實驗項目時需特別留心。



圖 3- 5 空心菜培育過程圖

(2)茼蒿菜

茼蒿菜培育過程如圖3-6，茼蒿菜的生長期約八周，適合在冬季生長，口感佳，蔬菜幼嫩，搭配火鍋特別美味。



圖 3- 6 茼蒿菜培育過程圖

(3)小白菜

小白菜培育過程如圖3-7，目前小白菜最容易栽種及更換，收成時間短，所以收成次數多，附近鳥類、昆蟲等非常喜愛，也帶動環境生態。



圖 3- 7 小白菜培育過程圖

(4)絲瓜

絲瓜須爬藤，藤架製作如圖3-8，絲瓜培育過程如圖3-8，這是唯一系統中的土耕植物，但是小小一盆土，卻能爬滿三個棚架，如圖3-8，收成的速度也非常快，每周都有三~四個絲瓜可以分享，且在瓜棚下溫度明顯比周圍低。



圖 3- 8 絲瓜藤架照片



圖 3- 9 絲瓜培育過程圖

(5)小番茄

在魚菜共生系統中，我們可以依季節不同改耕種適合的植物，夏天適合絲瓜，冬天我們更換小番茄，如圖3-10，繼續爬藤生長。



圖 3- 10 小番茄培育過程圖

(6)韭菜

在魚菜系統中，水資源的循環利用也供養韭菜，如圖3-11，系統中生長的韭菜特別細嫩，特別香甜，每周都能採收。



圖 3- 11 韭菜培育過程圖

(7)百香果

百香果培育過程如圖3-12，由於之前種植絲瓜實驗的經驗，爬藤植物的藤架需更牢固，故加密格網，讓藤架更牢固，更新後藤架系統，如圖3-13，百香果收成成果豐碩。

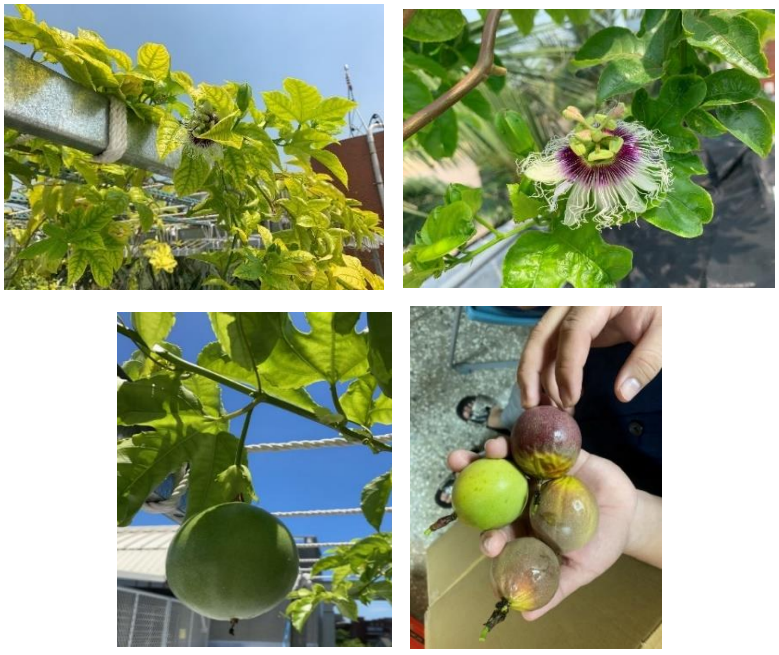


圖 3- 12 百香果培育過程圖



圖 3- 13 百香果藤架系統更新

(8)環境生態

在建築物頂樓放置資源永續魚菜共生系統裝置，發現到系統環境周圍有鳥類、昆蟲聚集如圖3-14，顯示對環境帶來正面影響。



圖 3- 14 系統裝置的環境生態圖

3.2 擴增實境沙箱裝置

啟發式教學方式才能與時俱進跟上科技潮流，提升學生興趣與學習動機。故為拉近學習距離，讓學習目標更容易達成，製作一套互動式擴增實境沙箱裝置，能讓學生即時了解課程內容，結合測量工程、水利工程、水資源工程和水土保持工程內容，再由電腦軟體應用，擴增實境，讓學生能由互動式學習方式吸收更多專業技能。

Augmented Reality Sandbox這套系統由UC Davis W.M.Keck Center for Active Visualization in the Earth Sciences (http://www.idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox)發展建置並免費提供試用軟體，包括Linux系統、Kinect 3D Video 和擴充實境沙盒的軟體下載，再藉由校正模組校正參數。本計畫製作擴增實境沙箱裝置(如圖3-15)應用在水文學、流體力學、水土保持工程、水資源工程學等相關水利課程中。



圖 3- 15 擴增實境沙箱裝置

擴增實境沙箱裝置在 109 年建置完成後(圖 3-16)，已將此設計作為教具應用在水文學、水土保持工程、水利工程、流體力學等課程，讓學生藉由互動式教具了解集水區、等高線、排水系統與山坡地水土規劃。

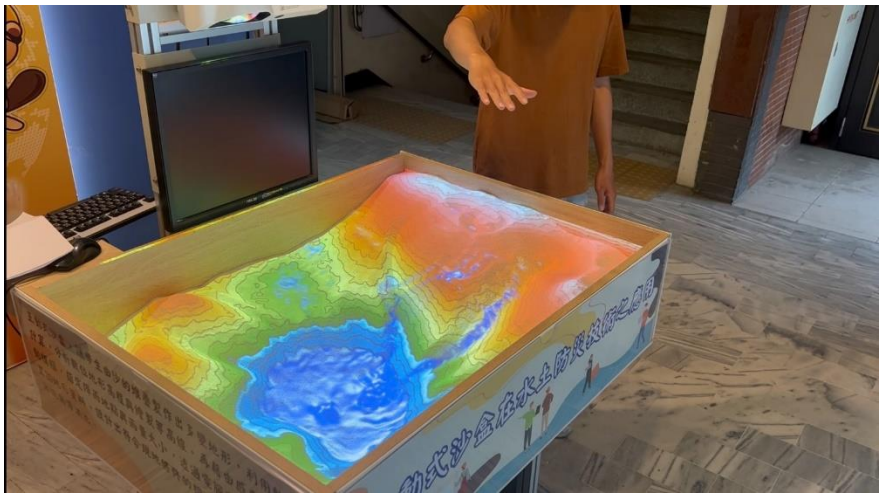


圖 3- 16 擴增實境沙箱互動照片

3.2.1 地形高程展示

運用沙箱內的白沙進行塑形，堆疊不同地形，經過Xbox Kinect 傳感器與電腦的高程計算，可由投影機將等高線展示出，如圖3-17。可看到圖3-18海島地形等高線中，紅色為高點，綠色相對較低，藍色為河川或湖水，從不同高程，再給定圖例色階高程，便可將色彩豐富的地形等高線呈現出。

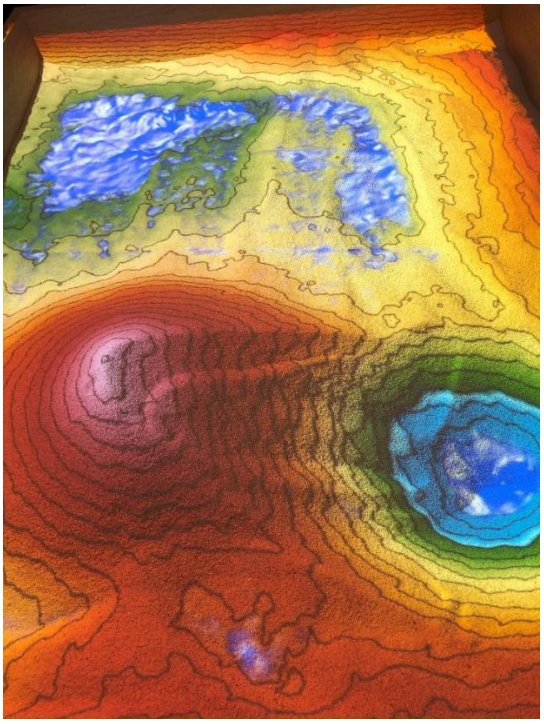


圖 3- 17 高山地形等高線展示圖

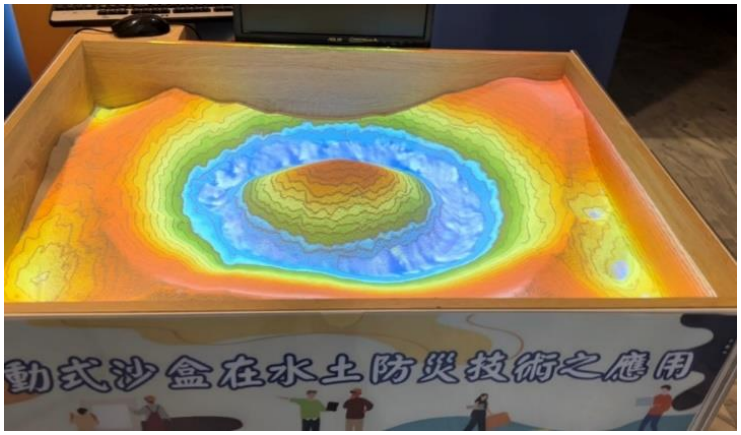


圖 3- 18 海島地形等高線展示圖

3.2.2 低窪區淹水模擬

地表逕流是指降雨或融雪後的水經地表高低起伏所產生的水流。而在沙箱的模擬傳感器上，我們可以透過白沙的堆疊以及山上的各種地形模擬，再經由手勢動作與Xbox Kinect 傳感器的配合，進而展現出降雨逕流的河川及底表的水流向模擬。如圖3-19是模擬低窪地區淹水情況，搭配圖3-20實際淹水情況照片比對。

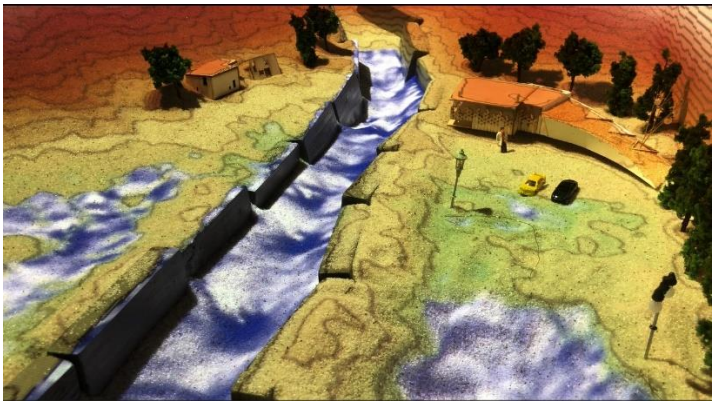


圖 3- 19 低窪區淹水模擬圖



圖 3- 20 低窪區淹水實景

3.2.3 堤防潰堤模擬

將擴增實境互動式沙箱內布置堤防地形，藉由堤防潰堤情境模擬(圖 3-21)與實際堤防水位(圖 3-22)比較，讓學生能透過可視化資訊傳達，增強學習成效。

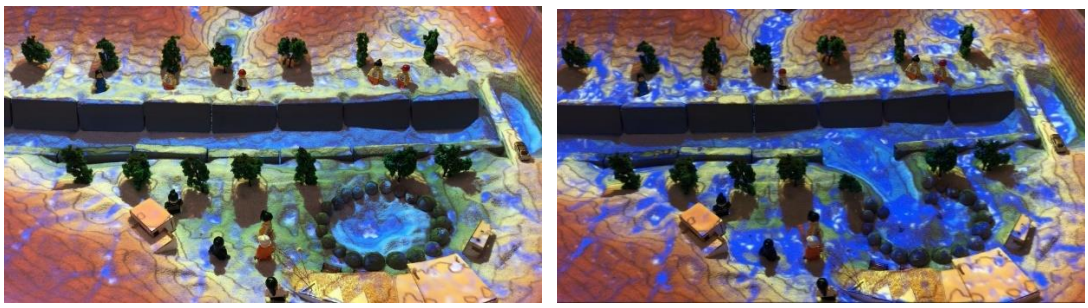


圖 3- 21 堤防潰堤模擬圖



圖 3- 22 堤防水位高漲實景

3.2.4 跨河橋梁模擬

沙箱內地形堆疊方式可以不同情境配置，如想瞭解跨河橋梁遇到大雨後，水流動方向，先將橋樑位置實景布置於沙箱內地形，如圖 3-23，藉由互動模式了解水流情況。

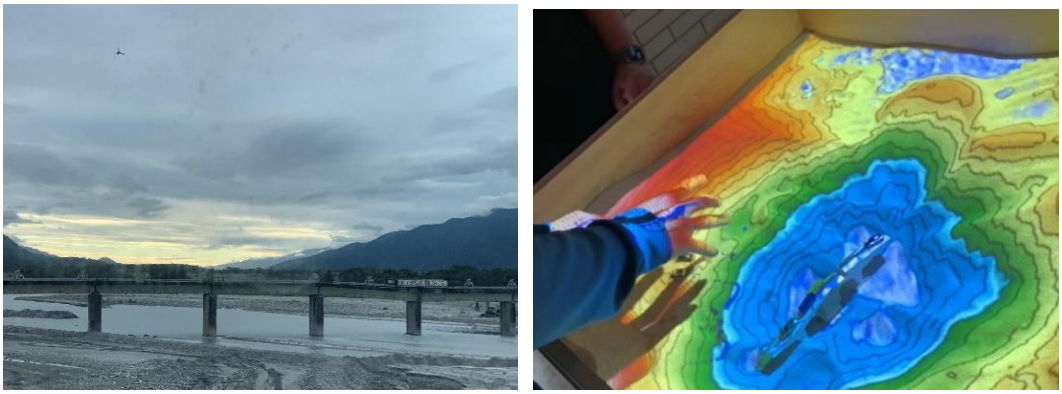


圖 3- 23 跨河橋樑實景與沙箱橋梁配置設計

3.2.5 互動式實作設計

藉由學生自己配置地形，並布置建築物環境(圖 3-24)，不論河岸旁、高山上，都可藉由地形堆疊再搭配建築配件擺放至沙箱內，藉由互動式擴增實境沙箱，讓學生了解在坡地地形設計與建物配置的降雨逕流可視化成效。

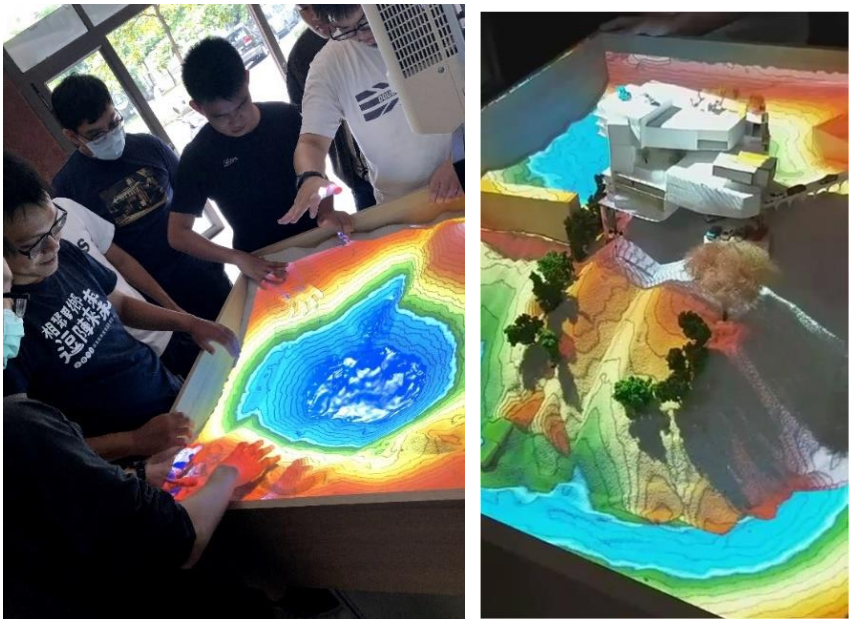


圖 3- 24 互動式實作設計

第四章 方法技巧

4.1 魚菜系統設計

為緩和都市熱島效應，不讓水泥叢林快速取代所有的林野綠地，讓水資源重複再利用，達到環保節水以及儲水散熱的目的，故特別規劃魚菜共生系統(Aquaponics system)的實作設計。讓建築物頂樓變成生態綠化基地，打造土木館屋頂農園。利用單元區塊方式排列讓學生一步一步學習系統發展，同時也能觀察水體生態與環境生態的變化。此系統可用於教學和培育學生對於可持續農業和水資源管理的認識，讓學生體驗到生態共生的原則，同時培養植物種植技能。

4.1.1 設計方法

其模式為簡易式水循環，透過硝化桶，配合抽水泵產生簡易的水循環，其中硝化菌有效減少其氨氮之濃度，達成水質淨化效果，及減少其系統對地下水之用量，有效改善水資源之浪費。其裝置當中之水循環及氨氮循環如圖 4-1，透過三者之特性滿足其營養供給需求。

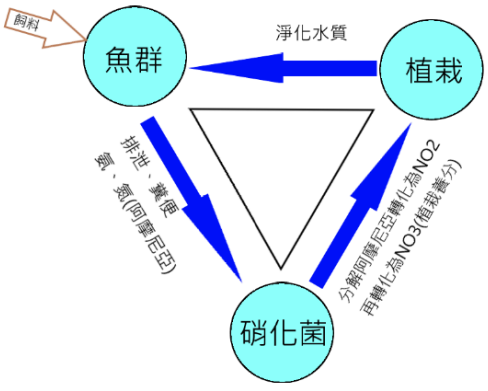


圖 4- 1 水循環及氨氮循環圖

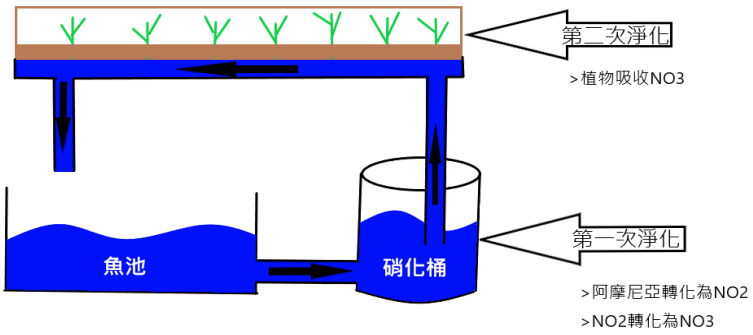


圖 4- 2 初步系統設計水循環系統示意圖

魚菜共生循環系統設計(圖4-2)，透過植栽讓硝化桶過濾後的硝酸鹽(NO_3)能有效運用，一方面作為植物之養分，一方面將水質淨化，讓魚生活於乾淨的水質中，資源永續魚菜系統完成圖如4-3。



圖 4- 3 資源永續魚菜系統完成實景

4.1.2 施作過程

魚菜系統建置，其施工過程如圖4-4，施工位置挑在建築物頂樓，此棟建築物為土木系館五樓頂。由位置選址、尺寸設計、系統規劃等，均由教師和學生一起完成，並邀約業界講師李志明先生指導，施工過程如圖4-4，但在設計規劃過程第一代系統如圖4-5，後因實驗項目考量，後又再增添角鋼繼續延伸系統。



圖 4-4 魚菜系統建置施工過程照片



圖 4- 5 魚菜系統第一代照片

在系統中，有浮筏耕區(如圖 4-6)與介質耕區(圖 4-7)，期望藉由不同載體能了解植物生長過程其用水量、水質的影響。

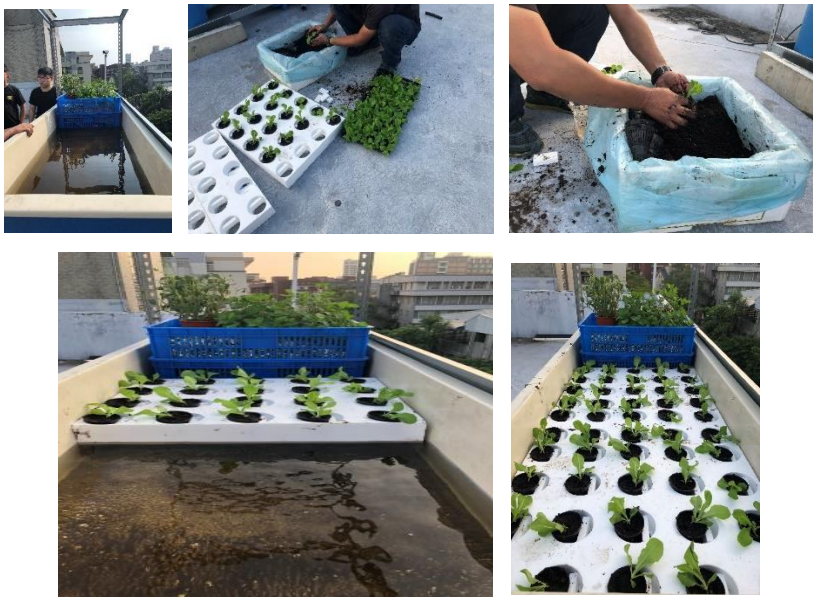


圖 4- 6 浮筏耕植物配置照片



圖 4- 7 介質耕區設計與照片

利用浮筏耕系統，調配營養土，將須栽種的植物填土完後放置至魚菜共生系統上。

4.1.3 設備更新重新設計

剛開始第一代魚菜共生系統為單向循環，只利用了一個硝化桶將魚所產生的氨氮，轉化為可供植物使用的硝酸鹽，但是，單向循環的缺點為硝酸鹽經過三個種植區域，導致植物生長的營養不均勻，並且魚群排放的氨氮過高，導致僅單一硝化桶會無法負荷，會造成水質汙染，池內魚群死亡的風險也會增加。故後續設計雙向循環如圖4-8，系統改裝後如圖4-9所示，雙向循環系統擁有兩個硝化桶連接著兩側的植物，既能夠將更多的氨氮轉化成為硝酸鹽供植物使用、亦能平均分配給兩側的植物。

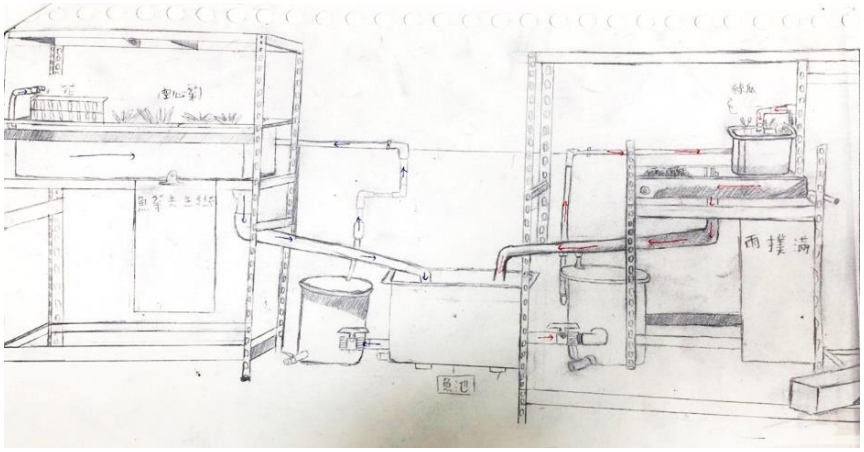


圖 4- 8 雙向循環魚菜共生系統設計手稿圖片

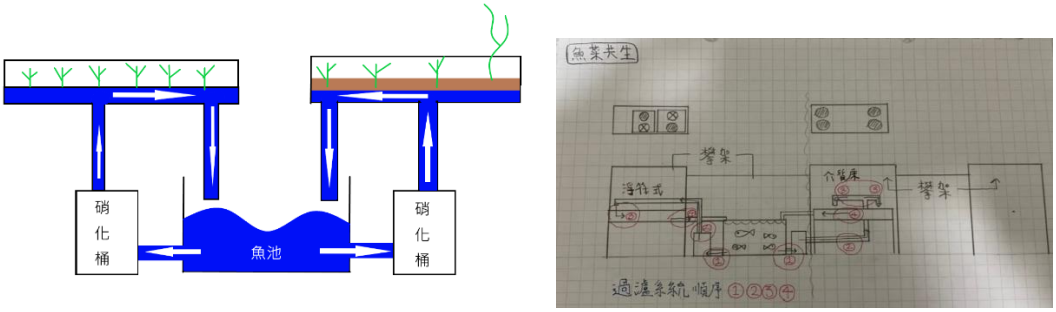


圖 4-9 雙向循環魚菜共生系統示意圖

製作材料包含水池箱、水桶、浮耕床、沉水馬達、過濾網、角鋼、尼龍繩、浮筏耕浮板。製作網架網可供植物生長攀爬，以角鋼與尼龍繩製作並將其固定。資源永續魚菜共生系統裝置分別為介質耕與浮筏耕，學生定期觀察及修剪枝葉、人工授粉，魚群數量紀錄、花果數量紀錄、生長狀況記錄、天氣、水質、用水量等。在此實作設計中，完成的裝置成品是由角鋼搭接，可因應不同試驗項目增加或修正，容易更換且延伸大。

4.2 擴增實境沙箱設計

擴增實境是增進 AI 可視化技術，利用互動的視覺化與現實環境的多模式感知結合。擴增實境沙箱(Augmented Reality Sandbox)這套系統由 UC Davis W.M.Keck Center for Active Visualization in the Earth Sciences (http://www.idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox) 發展建置並免費提供試用軟體，包括 Linux 系統、Kinect 3D Video 和擴充實境沙盒的軟體下載，再藉由校正模組校正參數。此系統讓學生透過在沙箱上塑造堆疊地形，即可模擬水流和地形變化，幫助學生更容易理解水文學和地形測量的概念。

4.2.1 設計方法

裝置的外部設計目前考量方便移動，所以，高度以電梯能載運的空間為優先規劃條件，規劃形式如圖 4-10 所示，但考量投影有效範圍(如 4-11)，在設計框架彈性可調整尺寸是重要關鍵，故以鋁擠型和鐵片設計。裝置系統上的木箱設計如圖 4-12，為配合短焦投影機，故利用 4:3 設計木箱尺寸，並規劃一個鍵盤和滑鼠的作業區。

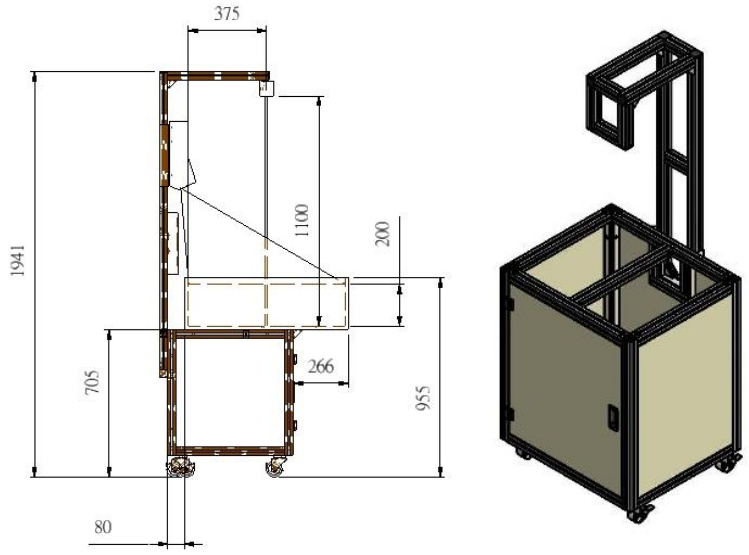


圖 4- 10 裝置規劃圖

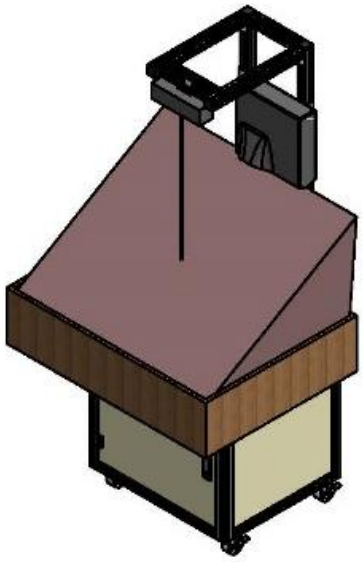


圖 4- 11 裝置投影範圍設計圖

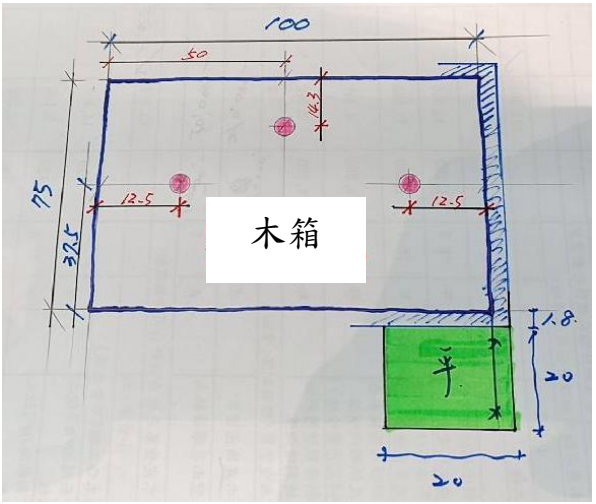


圖 4- 12 木箱設計圖

擴增實境沙箱裝置系統照片如 4-13，由上到下包括 Xbox Kinect 傳感器、短焦投影機、螢幕、木箱、鋁擠形框架及置物箱。

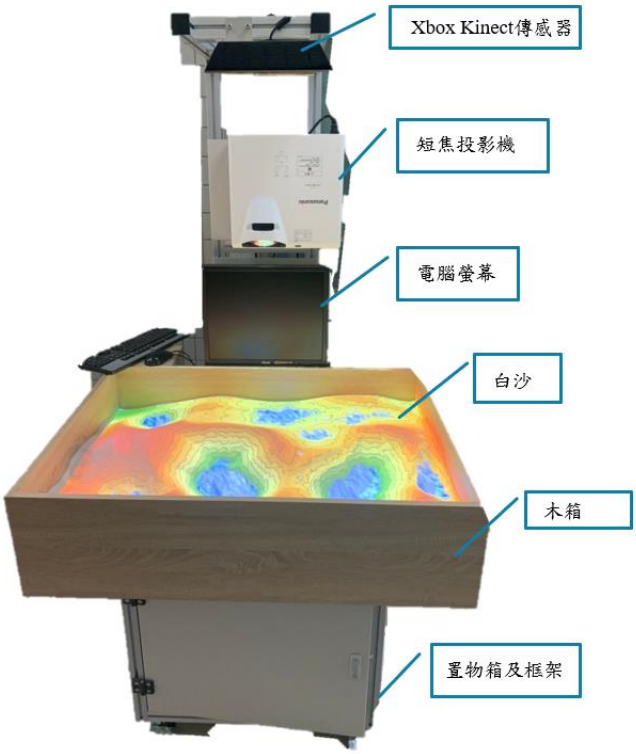


圖 4- 13 擴增實境沙箱系統照片

4.2.2 施作過程

Xbox Kinect 傳感器(如圖4-14)是投影時用來感測堆沙高度，透過電腦運算，轉化為地形高程，也可透過色階設定展示高程圖。也可利用此傳感器偵測到手部動作，手指張開反應為降雨，故降雨模擬便可透可視化裝置呈現。



圖 4- 14 Xbox Kinect 傳感器

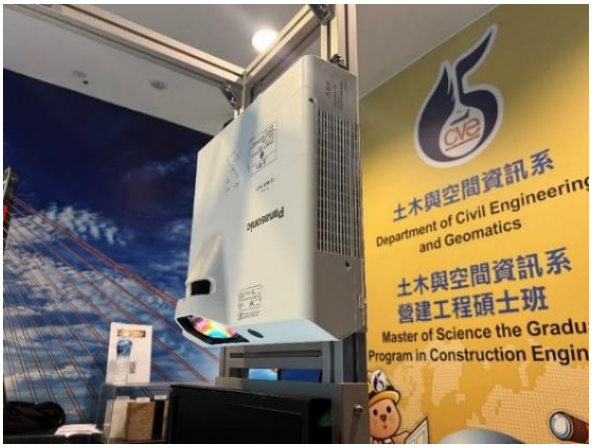


圖 4- 15 投影機

短焦投影機如圖 4-15，利用此投影機，將電腦計算後的高程投影在沙箱上。此裝置系統的大腦就是電腦主機(圖 4-16)，由 Xbox Kinect 傳感器接收地形資料並將資料位置輸入系統轉為高程，再由短焦投影機投影輸出地形資料，藉由不同顏色展示地形高程圖。

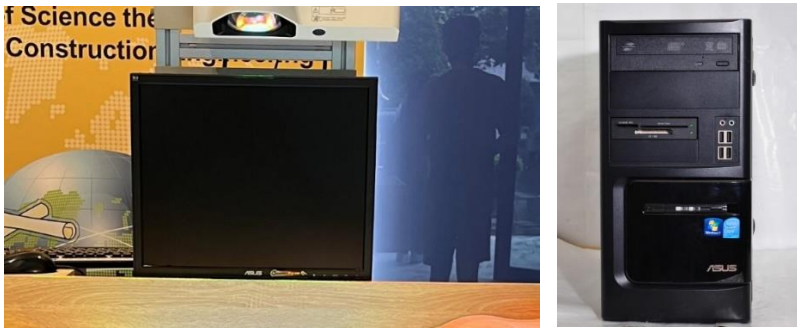


圖 4- 16 螢幕與主機

在木箱設計尺寸是4:3(圖4-17)，是由木板裁切製作，並挖洞(圖4-18)，方便置換及整理白沙。本裝置使用長78.5公分、寬103.7公分、高27公分的可拆式沙箱作為模型的投影範圍以及地形建置區域。



圖 4- 17 沙箱設計照片



圖 4- 18 沙箱卸沙口設計

在框架是使用寬34公分、高147.6公分可拆式L型鋁擠形設計(圖4-19)，方便架置Xbox Kinect 傳感器、投影機以及螢幕。



圖 4- 19 鋁擠形框架實景

使用長70公分、寬70公分、高60公分的組合式鐵箱，並配置4個滑輪(圖4-20)，可以自由移動，可以與鋁框架、沙箱拆解，也可放置電腦主機、電線，方便收納。



圖 4- 20 擴增實境沙箱系統置物櫃與輪軸設計

在擴增實境沙箱設置系統中，為增加移動方便性與機動性，設計輪軸，可在展示時移動相當方便。在沙箱底部設計開孔，亦可更便利的整理及更換沙。整個裝置系統以鋁擠形配置，方便拆裝。

4.2.3 系統校正

擴增實境沙箱(Augmented Reality Sandbox)這套系統由 UC Davis W.M.Keck Center for Active Visualization in the Earth Sciences 發展建置並免費提供試用軟體。其軟體安裝如網址說明，安裝步驟如下：

(web.cs.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/SoftwareInstallation.html)

軟體安裝

步驟 1：安裝 Linux

步驟 2：安裝 Nvidia 驅動程序

步驟 3：安裝 Vrui VR 開發工具包

步驟 3a：調整屏幕尺寸

步驟 4：安裝 Kinect 3D 影片套裝軟體

步驟 5 步：安裝擴增實境沙箱

系統校正

步驟 6 ：連接並配置 3D 相機

步驟 6a（可選）：計算每像素深度校正

步驟 7 ：對齊 3D 相機

步驟 8：測量沙箱的基面尺寸

步驟 9：測量沙箱各角落位置

步驟 10：對齊投影機

步驟 11：投影機與傳感器校正

操作細節可參閱 Oliver Kreylos' Research and Development Homepage - Augmented Reality Sandbox (ucdavis.edu)網頁說明

裝置校正配置如圖 4-21，軟體校正過程如圖 4-22 所示，完成後便可開始執行。



圖 4- 21 沙箱軟體校正



圖 4- 22 沙箱校正過程

第五章 成果貢獻

本計畫在實作設計中完成兩項技術產品，第一項是在氣候變遷對糧食、水資源、環境的影響議題下，製作資源永續的魚菜共生系統設計。另一項是利用人工智慧、擴增實境的軟體應用，建置擴增實境互動式沙箱設計。在聯合國可持續發展目標（SDGs），實作設計提供優質的學習體驗，促成終身學習機會，在永續資源管理魚菜共生系統中減少對環境影響，有效利用資源，對生態、氣候、環境都有正向影響，達到在 SDG 4 優質教育、SDG 12 負責任的消費與生產、SDG 13 氣候行動與 SDG 15 陸地生態保育。故兩項實作設計，具實用價值、適合教學實務，也具永續發展潛力。且在設計及實作時，跨學科學習，提高學生學習動機，也提升學習效率。兩項實作設計的成果貢獻分述如下。

5.1 魚菜系統實作設計

魚菜系統實作設計，對生態共生理解，讓學生透過魚菜共生系統，深入理解水資源工程與永續環境的關聯性，以及如何在循環水資源的框架下實現水的有效利用。透過實際體驗永續環境管理的概念，從而實現可持續的水資源管理，並從實做中擴展學習範圍。製作完成資源永續的魚菜系統設計後，成果如下：

1.對都市微氣候環境提供降溫。

2.循環用水對水資源有效利用，水質檢測後適合魚類及蔬果生長。

3.自動化給水及餵食系統可減少人工。

4.此裝置系統應用在「專案管理與實習」、「水資源工程」、「環境工程」、「水文學」等課程，學習成效與學生反饋良好。

5.2 擴增實境沙箱實作設計

擴增實境沙箱實作設計，是透過實際操作並在互動性高的可視化成效中，讓學生能隨心所欲地創造地形，並透過感測器與投影機在沙堆表面即時投影出對應的等高線，亦同時能模擬降雨逕流的過程，讓學生藉由互動式裝置，體驗等高線的原理及水文系統特性，也了解集水區、排水系統、山坡地水土規劃等。在虛擬環境中實際操作和模擬不同水利工程實景，從而提升學生對於實際工程挑戰的理解。製作完成擴增實境互動式沙箱後，成果如下：

1.藉由互動式沙箱地形堆疊，感應器可判識高程並顯示不同顏色的，產生等高線。

2.利用軟體互動降雨功能，了解集水區排水、低窪區淹水模擬、堤防潰堤、橋梁倒塌等工程樣態的可視化互動影像。

3.此裝置系統應用在「水文學」、「水土保持工程」、「水利工程」、「流體力學」等課程，學生的學習成效與反饋同樣良好。

4.產品以鋁擠型框架設計並搭配輪軸，方便移動及展示，且製作成本僅市場價格一半，符合經濟價值具有產品市場競爭力。

透過結合人工智慧、擴增實境技術和資源永續發展的概念，完成兩項實作設計，期望持續培養土木工程人才的專業知識，從做中學，由問題導向學習法，增強跨域學習動力。

誌謝

感謝聯強國際股份有限公司提供資訊軟體應用方式及人才培訓說明、Oliver Kreylos 教授的 AR 沙箱軟體及硬體配置開放資源、業界講師李志明先生魚菜系統指導、國立高雄科技大學土木工程系吳翌禎教授、許博淵助理教授沙箱製作指導、正修科技大學土木與空間資訊系 109 年、110 年和 111 年專題學生協助製作，使本計畫推動順利，執行成果達預期目標。

參考文獻

Ali Al-Shuwaili and Osvaldo Simeone, 2017, Energy-efficient resource allocation for mobile edge computing-based augmented reality applications, IEEE WIRELESS COMMUICATIONS LETTERS, Digital Object Identifier: 10.1109/LWC.2017.2696539

A. Afrooz , H. Ballal ,and C. Pettit, 2018, Implementing augmented reality sandbox in geodesign: A futrue for geodesign, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume IV-4

Bloom, B. S. (Ed.), 1956, Taxonomy of educational objectives: The classification of eductional goals, Handbook I: Cognitive domain. New Year: Longman, Green 1956.

Bei Li1, Gongfa Li, Ying Sun, Guozhang Jiang, Jianyi Kong, Zhaojie Ju, and Du Jiang, 2017, A review of gesture recognition based on computer vision, AG 2017, ICIRA 2017, Part I, LNAI 10462, pp. 528–538

Dimitris Chatzopoulos, Carlos Bermejo, Zhanpeng Huang, and Pan Hui, 2017, Mobile augmented reality survey: From where we rre to where we go, IEEE, Access,Volume5

Egils Ginters and Emils Dimitrovs, 2021, Latent impacts on digital technologies sustainability assessment and development, Springer Nature Switzerland AG 2021, WorldCIST 2021, AISC 1365, pp. 3–13

Erroll Wood, Tadas Baltruˇsaitis, Charlie Hewitt, Matthew Johnson, Jingjing Shen, Nikola Milosavljevi´c, Daniel Wilde1, Stephan Garbin, Toby Sharp, Ivan Stojiljkovi´c, Tom Cashman1, and Julien Valentin, 2022, 3D face reconstruction with dense landmarks, Springer Nature

Switzerland AG 2022, ECCV 2022, LNCS 13673, pp. 160–177

J Chen, W Lu, F A Ghansah, and Z Peng, 2022, Defect digital twinning: A technical framework to integrate robotics, AI and BIM for facility management and renovation, World Building Congress 2022, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1101 (2022) 022041.

J. Spehr, 2015, On Hierarchical Models for Visual Recognition & Learning of Objects, Scenes, & Activities, Studies in systems, decision and control 11, chapter 6 pp.121-133

João Galvão , Pedro Santos, Luís Aires , Vânia Ribeiro, and Filipe Neves, 2023, Energy efficiency and sustainability in an aquaponic greenhouse supported by IoT, Springer Nature Switzerland AG 2023, ICoWEFS 2022, Proceedings of the 2nd International Conference on Water Energy Food and Sustainability (ICoWEFS 2022), pp. 48–57, 2023.

Luyang Liu, Hongyu Li and Marco Gruteser, 2019, Edge assisted real-time object detection for mobile augmented reality, MobiCom '19, October 21–25, 2019, Los Cabos, Mexico.

Ming Xie, Fanbing Meng, Jingya Zou, Wei Feng and Shaohua Ma, 2020, Application of artificial intelligence in civil engineering education, Journal of Physics: Conference Series, 1575 012225

Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi, and Fumio Kishino, 1994, Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum, SPIE Vol. 2351, Telemanipulator and Telepresence Technologies, pp. 282-292

Rebekka Bärthele, Stefan Sauer, and Jan Wilkening, 2023, Exploring the potential of an augmented reality sandbox for geovisualization,

Proceedings of the International Cartographic Association, 5, 1, 2023. 31st International Cartographic Conference (ICC 2023), Cape Town, South Africa.

Reed, S., Kreylos, O., Hsi, S., Kellogg, L., Schladow, G., Yikilmaz, M.B., Segale, H., Silverman, J., Yalowitz, S., and Sato, E., 2014, Shaping watersheds exhibit: An interactive augmented reality sandbox for advancing earth science education, American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting 2014, Abstract no. ED34A-01, 2014

Reed, S., Hsi, S., Kreylos, O., Yikilmaz, M.B., Kellogg, L.H., Schladow, S.G., Segale, H., and Chan, L., 2016, Augmented reality turns a sandbox into a geoscience lesson, EOS 97, 2016

Sergio Álvarez Sánchez, Laura Delgado Martín, Miguel Ángel Gimeno-González, Teresa Martín-Garcia, Fernando Almaraz-Menéndez, and Camilo Ruiz, 2018, Augmented reality sandbox: a platform for educative experiences, Conference Paper November 2016.

Thomas Fröhlich, Dmitry Alexandrovsky, Timo Stabbert, Tanja Döring, and Rainer Malaka, 2018, VRBox: A virtual reality augmented sandbox for immersive playfulness, Creativity and Exploration, CHI PLAY 2018, October 28–31, 2018, Melbourne, VIC, Australia.

Tzuping Chiang, 2021, Estimating the artificial intelligence learning efficiency for civil engineer education: A case study in Taiwan, sustainability 2021, 13, 11910.

王琨淇、王世旭、孔承儒、翁紹偉、王維志，2018，結合 BIM 與視覺化技術之水土保持工程營造安全管理系統架構，營建管理季刊，第 109 期，第 14-25 頁

王榮進、馮重偉、陳怡兆、黃昱翔、謝宗興、劉青峰、張展豪、林煒

埕，2020，擴增實境(AR)結合虛擬施工及設計(VDC)於營建施工應用研究，內政部建築研究所協同研究成果報告

李岳樺、潘乃欣，2020，應用 BIM 結合 AR 技術提升水土保持設施管理效率之研究，物業管理學報，春季號第十一卷第一期，第 48-60 頁

李蒼昱、李建鵬，2020，擴增技術運用於軍事訓練之研究，陸軍通資半年刊第 134 期

吳俊德、黃德孝、莊坤諺，2021，智能監控及工地智慧管理系統應用於營建工程施工架之間測，土木水利第四十八卷第五期，第 65-75 頁

林俊安，2019，美國陸軍「戰神」擴增實境沙盤（ARES）發展及對我教育訓練運用之探討，陸軍學術雙月刊 ； 55 卷 567 期，第 91-106 頁

楊明德、蔡慧萍、許鈺群、曾信鴻，2018，人工智慧模型之建置與應用，土木水利 第四十五卷 第五期，第 59-66 頁