

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

機器學習之主題式機器人教學模組建置與評估(2/3)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：MOST 109-2511-H-018 -018 -MY3
執行期間：110 年 8 月 1 日至 111 年 7 月 31 日

計畫主持人：姚凱超
協同主持人：黃維澤
計畫參與人員：賴建源 吳晟均 陳登裕 陳乙蓉

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢
 涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立彰化師範大學 工業教育與技術學系

中華民國 111 年 5 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果(精簡)報告

機器學習之主題式機器人教學模組建置與評估(2/3)

計畫編號：MOST 109-2511-H-018 -018 -MY3

執行期限：109年8月1日至112年7月31日

主持人：姚凱超 國立彰化師範大學工業教育與技術學系

協同主持人：黃維澤 國立彰化師範大學工業教育與技術學系

計畫參與人員：賴建源 吳晟均 陳登裕

壹：研究摘要

(一)中文摘要

本年度之報告為機器學習之主題式機器人教學模組建置與評估三年期計畫案之第二年度期中報告。此計畫將針對AI智慧型機器人技術中，還尚未融入機器人技術教育中之機器學習部分，規劃主題式機器學習導向之機器人教學模組，並將以主題嵌入式之教學方式併入課程，期待在教授學生機器人設計與實務課程時，可融入機器學習之概念，進而讓學習者得以進一步學習更進階之AI機器人。於本計畫之第一年度中，已完課程教學所需之技術能力指標與教學內涵規劃，還有感測控制和移動控制之機器學習技術建置。第二年將延續第一年之成果和技術發展模式，進行影像辨識機器學習導向之機器人主題式教學模組之開發與測試，並設計及規劃其實施主題式教學所需之教具與教材。再者，亦將擬定第三年計畫中所需之實驗教學所使用之教學評估量表，以進行教學評估，量表之擬定包含技能與情意兩大面向。此研究規劃之授課對象將針對於技專院校之大學部高年級電機或機電領域之同學。

關鍵字：人工智慧、機器學習、機器人、教學、評估

(二) Abstract

This year's report is the second mid-year report of the three-year project, construction and evaluation of thematic robot teaching module for machine learning. The plan will focus on AI-based robotics technology, where there is no machine part in intelligent robotics education, and plan a topic-based machine learning approach to learn-guided robotics teaching, and use thematic embedded teaching strategy to be incorporated into the class. I look forward to teaching students the robot design and practice, the conceptual design of machine learning can be contained inside. In the first year of this project, the technical ability indicators and teaching design of the course have been completed, as well as the machine construction of sensing, control and mobile control. In the second year, the results and technology development model of the first year will be referred, and the development and testing of robotic thematic teaching modules oriented by image machine learning will be carried out, and teaching aids and teaching materials for the implementation of thematic teaching will be designed and planned. In addition, the teaching evaluation scale used in the experimental teaching in the third year project will be drawn up for teaching evaluation. The scale includes skills and affection dimensions. The teaching objects of this research project will be aimed at students in the field of electrical machinery or electromechanics in the upper grades of technical colleges.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, robotics, teaching, evaluation

貳：報告內容

一、前言

今年將配合應用科學教育學門之研究重點，機器人教育之教學教具設備系統(實體或電

腦模擬)設計與教學評估之研究(重點代號:408.2),以及產業導向技術教學教具設備系統(實體或電腦模擬)設計與教學評估之研究(重點代號:401.3)。提出-機器學習導向之機器人主題式教學模組建構與評估。本計畫主要動機包括兩大面向,一為產業面,一為教育面。在產業面上:(1)包括AI技術不斷提升,人力專業素質亦須提升(2)智慧型機器人市場需求與產值愈來愈大(3)人才需求。教育面上:(1)能有符合台灣技術教育之AI機器人教材與設備(2)延續至產業之技能與設備學習需求(3)符合與接軌於台灣技職教育現況(含全國工科技藝競賽與世界技能競賽)(4)現有技職教師之訓練需求(技職專業教師之公民營訓練)。針對上述之動機,提出-機器學習導向之機器人主題式教學模組建構與評估。期望可以在符合研究動機各面向需求之教材教具建置和教學安排規劃上,能加以考量。本計畫將針對AI智慧型機器人技術中,還尚未能見於機器人技術教育中推廣之機器學習部分,規劃主題式機器學習導向之機器人教學模組,並將以主題嵌入式之教學方式,融入課程,期待學生在學習主題式機器人設計與實務時,亦可融入機器學習之概念,進而讓學習者得以進一步學習更進階之AI機器人。計畫中,內容包括機器學習導向之主題式教學模組教材及教具開發與教學實驗等,並提出其學習成效評估。此計畫將預定為期三年完成。此研究規劃之授課對象將針對於技專院校之大學部高年級電機或機電相關領域之同學。

二、第二年之研究目的為:(110.8.01~111.7.31)

1. 研究LabView與Myrio控制器於影像辨識機器學習技術之整合與應用於建立智慧型機器人。
2. 利用主題式學習之模式,規劃影像辨識機器學習導向之機器人主題式教學模組。
3. 影像辨識機器學習導向之機器人主題式教學模組之開發與測試。
4. 設計及規劃實施主題式教學所需之教具與教材。
5. 編寫含行動控制系統、感測器資料監和影像辨識之機器學習導向之機器人主題式教學教材。
6. 擬定教學評估量表。

三、文獻探討

1. 以Myrio導入「機器人設計與實務」課程之建置與教學評估(MOST 105-2511-S-018-003 & MOST 106-2511-S-018-015)。
2. 智慧服務型機器人之現況。
3. 人工智慧與機器學習科技。
4. 機器學習與人工神經網絡。
5. 虛擬儀控與Labview軟體。
6. 控制器使用。
7. 主題式教學與主題嵌入式教學。
8. 教材發展。
9. 教學評量相關理論與文獻。

四、研究方法與實施

本專題研究預計分為三年進行,此第二年:(110.8.01~111.7.31)之研究方法和進行步驟說明如下:

(一)、研究方法

延續第一年之教具系統建置,本年度研究方向將以第一年之教具發展經驗,針對影像辨識系統之機器學習功能,建置於機器人系統上,並配合第一年度和第二年度所完成之機器學習之機器人教具系統,進行材編寫,並模組化教具。

本研究依據研究目的,以下列方法進行:

(一) 文獻分析法 - 以敘述性方法進行文獻探討和理論分析:

1. 業界中機器學習技術理論與實務於影像辨識使用狀況。
2. 以產業技術實務需求實務基礎，教育為目標之主題式機器學習導向之機器人影像辨識主題式教學模組單元架構。
3. 探討機器學習導向之機器人主題式教學模組於影像辨識系統之單元的概念及內涵範圍。
4. 影像辨識機器學習導向之機器人主題式教學模組之課程單元目標及設計。
5. 影像辨識機器學習導向之機器人主題式教學模組的教材內涵及教材範圍。
6. 影像辨識機器學習導向之機器人主題式教學模組之教材編製原則。

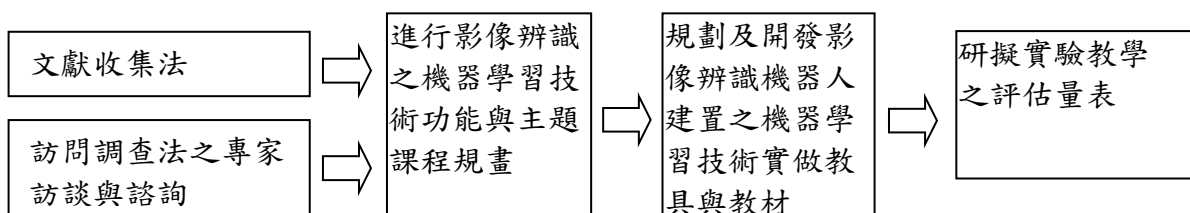
(二) 半結構式專家諮詢與訪談

以半結構式之方式由面對面訪談，電話聯繫和e-mail等方式，與大專院校相關專業科目教師或校外產業界專家們針對所需技術、主題式課程安排結構和教材內涵、實驗設備器材等進行專業諮詢。

(三) 影像辨識機器學習導向之機器人主題式教學模組

利用Labview軟體實踐機器學習之運算法，再配合伺服主機和Myrio控制器，進行主題式影像辨識機器學習導向之機器人主題式教學模組建置，使其所建置之教具與教材技術，得以用主題式機器人技術單元或主題式機器學習技術單元，於相關技術課程實施。(二)、進行步驟

圖一為本年專題研究之步驟流程圖。



圖一：本年度專題研究之步驟流程圖

五、結論與討論

本年度主要將延續前一年度之成果和技術發展模式，進行影像辨識機器學習導向之機器人主題式教學模組之開發與測試，並設計及規劃其實施主題式教學所需之教具與教材，並擬定實驗教學之評估問卷。

(一) 影像辨識機器學習技術建置-灰度值金字塔演算法

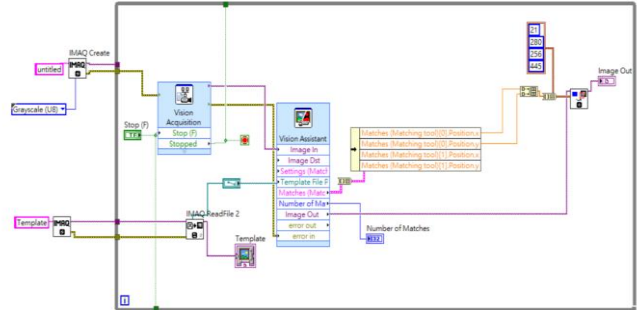
此影像辨識機器學習技術建置，將利用灰度值金字塔演算法，應用在蟲體辨識上，將可在智慧農業應用中，進行監控田間蟲害，以達加速產業升級，此蟲體辨識對象為粉蝨蟲，在實際應用上，為了減少粉蝨蟲造成的損失，通常有兩種措施：(1) 監測作物以便盡快發現病蟲害；(2) 監測病蟲動態，計算昆蟲（若蟲和成蟲）數量，因此，這個研究所建置之技術，就是為了能結合機器人，並達到實踐監測粉蝨蟲所造成之危害和損失。

於技術建立上，限使用圖片影像進行辨識技術模擬，影像擷取之設備使用 200 倍高解析度鏡頭，所擷取之影像資料，透過 USB 介面進入電腦程式盡興影像分析與計數，因每個像素也是由 R (紅)、G (綠) 及 B (藍) 三種顏色混合而成，紅、綠及藍各佔 8 bits 空間，所以一

個像素佔了 24 bits, 也就是有 $2^{24}=16,777,216$ 種顏色變化。一張 800 X 600、全彩影像的資料量, 所擷取之單一圖片共有 800 X 600 個像素, 因此所用掉的資料量為 1.4MB, 此訊息可供電腦設備需求參考。圖二為所建立之粉蟲特徵辨識與計數監控之人機介面。圖三為所建立之粉蟲特徵辨識與計數監控之程式方塊圖第一層。

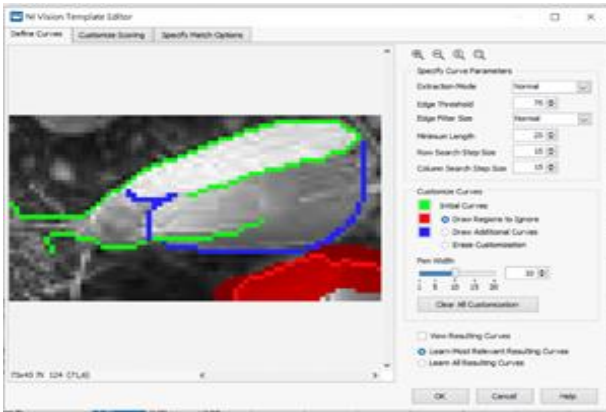


圖二: 粉蟲特徵辨識與計數監控之人機介面

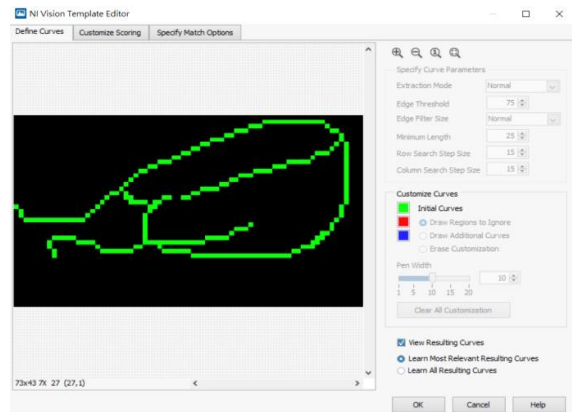


圖三: 程式方塊圖第一層

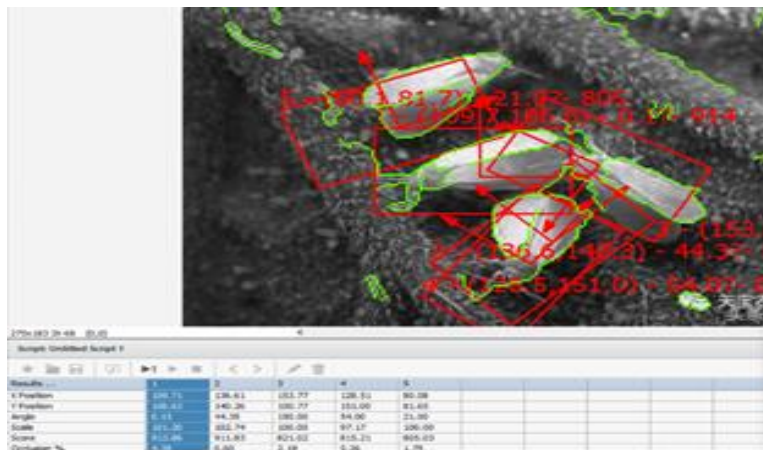
在技術建置上, 最初收集了 56 張圖像並展示了特徵提取。每次將新圖像輸入識別模型進行粉蟲匹配時, 模型都會提取另一個特徵。圖像識別處理得越多, 模型就越準確。圖四為粉蟲識別的特徵提取參數設置和調整過程, 圖五為特徵提取後的表徵結果, 圖六為特徵匹配過程和協調定位。



圖四: 特徵提取參數設置與調整過程



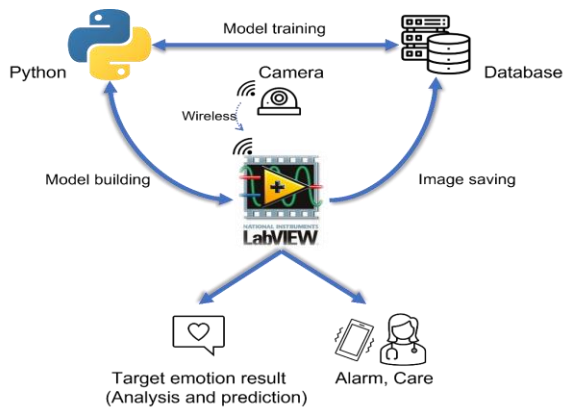
圖五: 特徵提取後的表徵結果圖。



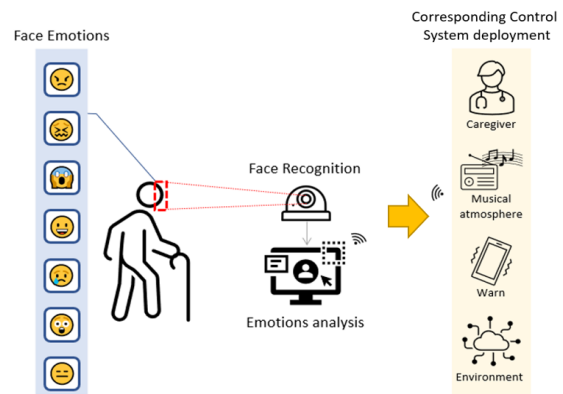
圖六: 特徵匹配過程和坐標定位

(二) 影像辨識機器學習技術建置-CNN 類神經網路演算法

此影像辨識機器學習技術建置，為利用卷積神經網路(CNN)將收集到的臉部各種表情以深度學習得過程，進行人類不同情緒臉部表情之判斷。圖七為將此影像辨識機器學習技術應用在智能長照系統之應用上，此Labview 建構之影像辨識技術亦可建置在原設計之機器人上。其結構上由LabVIEW 作為圖形用戶界面 (GUI) 的核心主程式設計軟體，負責提供人機介面呈現、數據接收、影像採集和系統控制。Python 用於構建嵌入在 LabVIEW 中之情緒分析深度學習 AI 模型。LabVIEW 亦利用 NI DAQ 實現軟硬體介面控制連結之能力。此外，所收集之影像，也將持續地被儲存到用以訓練與驗證模型的資料庫。圖八為系統擷取各種臉部表情後，由智慧長照系統進行分析和計算各種情緒量化結果，並對應到控制系統之部屬示意圖，如通知照護者、環境調整控制或傳送警示信號等。

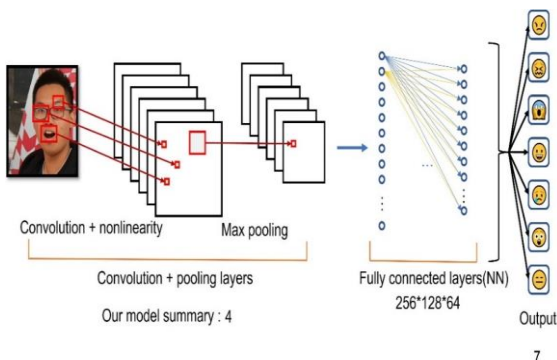


圖七：智慧長照系統架構



圖八：臉部影像辨識到控制部屬示意圖

圖九為 CNN AI 模型建置之架構設計圖，圖十所設計之系統實務外觀圖。此 AI 模型之訓練，一開始使用了 CAM 捕捉到的臉部影像，如圖十一。圖十二為處理後之影像標籤示意圖，這些影像標籤資料，將提供給 AI 模型進行學習和訓練，運算上，將對於圖像進行非線性的卷積(Convolution)和池化(Pooling)運算，在反覆經過四層階層之運算後，將提取像素的細部特徵，最後當成全連接層之輸入，並通過激活函數與全連接層進行分類。



圖九：CNN 建置之架構設計描述圖



圖十：所設計之系統實務外觀圖



圖十一：輸入之預訓練影像

| Emotion | Pixels | Usage |
|---------|---|----------|
| 0 | 255 255 255 255 255 252 255 208 165 182 181 171 161 158 160 15... | Training |
| 6 | 98 121 108 36 53 53 56 79 112 148 110 90 39 45 20 11 15 24 22 22... | Training |
| 6 | 21 24 31 41 44 45 46 48 55 70 78 69 131 183 197 206 209 207 207... | Training |
| 5 | 208 203 194 199 212 214 215 217 218 217 211 206 201 197 200 208... | Training |
| 6 | 232 230 236 188 133 136 135 136 136 139 142 147 153 154 159 164... | Training |
| 5 | 204 213 221 218 208 202 214 200 209 221 222 224 229 231 230 230... | Training |
| 3 | 142 158 186 209 190 169 192 171 153 163 144 42 35 48 64 77 87 10... | Training |
| 0 | 219 221 224 225 226 226 227 228 227 225 225 224 222 222 222 224... | Training |
| 5 | 255 255 255 254 255 236 167 149 150 137 148 135 122 132 128 118... | Training |
| 6 | 248 248 248 248 248 248 248 248 244 238 228 162 153 153 139... | Training |
| 0 | 62 58 55 48 48 48 48 58 66 68 76 88 97 118 125 119 110 104 109 1... | Training |
| 2 | 132 139 144 145 145 144 147 141 124 105 116 102 92 119 129 97 90... | Training |
| 6 | 95 86 70 67 69 68 35 46 77 75 75 73 74 78 76 72 76 117 126 133 109... | Training |
| 6 | 87 70 59 62 84 88 89 55 36 41 89 116 54 51 64 74 60 55 57 100 103... | Training |
| 6 | 59 59 55 39 38 43 51 56 47 54 58 62 64 75 82 83 90 95 102 106 109... | Training |
| 2 | 94 84 83 80 82 79 77 77 75 77 114 162 173 154 148 150 159 168 165... | Training |
| 4 | 9 14 10 7 8 19 45 59 81 89 99 119 121 121 128 126 118 112 107 107... | Training |

圖十二：處理後之影像標籤示意圖

圖十三顯示了該 AI 模型反覆進行卷積和池化動作的運算部分。由於卷積運算後的特徵往往過於精確，而池化操作提供了另一種形式的平移不變性，它會不斷地減小資料的空間大小。圖十三中亦呈現本研究所設計之四層卷積跟池化過程，param#列中顯示累積運算後所得到的特徵數，將進入平坦層(Flatten Layer)中 如圖十四所示，透過此平坦層，會將卷積層與池化層輸出的特徵展開、轉換維度，進而連接全連接層(Fully Connected Layer)，並進行分類預測的動作。

```
Model: "sequential"
```

| Layer (type) | Output Shape | Param # |
|--------------------------------|---------------------|---------|
| conv2d (Conv2D) | (None, 48, 48, 32) | 320 |
| conv2d_1 (Conv2D) | (None, 48, 48, 32) | 9248 |
| max_pooling2d (MaxPooling2D) | (None, 24, 24, 32) | 0 |
| conv2d_2 (Conv2D) | (None, 24, 24, 64) | 18496 |
| conv2d_3 (Conv2D) | (None, 24, 24, 64) | 36928 |
| max_pooling2d_1 (MaxPooling2D) | (None, 12, 12, 64) | 0 |
| dropout (Dropout) | (None, 12, 12, 64) | 0 |
| conv2d_4 (Conv2D) | (None, 12, 12, 128) | 73856 |
| conv2d_5 (Conv2D) | (None, 12, 12, 128) | 147584 |
| max_pooling2d_2 (MaxPooling2D) | (None, 6, 6, 128) | 0 |
| dropout_1 (Dropout) | (None, 6, 6, 128) | 0 |
| conv2d_6 (Conv2D) | (None, 6, 6, 256) | 295168 |
| conv2d_7 (Conv2D) | (None, 6, 6, 256) | 590080 |
| max_pooling2d_3 (MaxPooling2D) | (None, 3, 3, 256) | 0 |
| dropout_2 (Dropout) | (None, 3, 3, 256) | 0 |

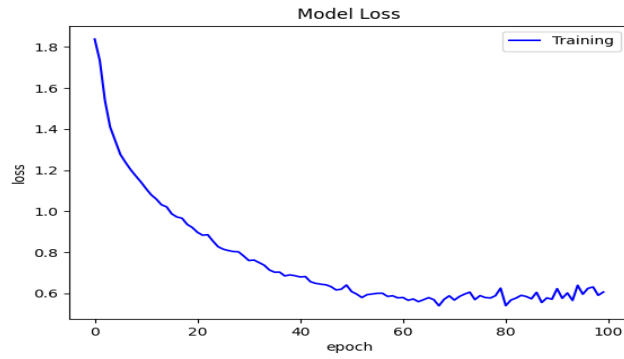
圖十三：卷積和池化層階段圖

| | | |
|---------------------|--------------|--------|
| flatten (Flatten) | (None, 2304) | 0 |
| dense (Dense) | (None, 256) | 590080 |
| dropout_3 (Dropout) | (None, 256) | 0 |
| dense_1 (Dense) | (None, 128) | 32896 |
| dropout_4 (Dropout) | (None, 128) | 0 |
| dense_2 (Dense) | (None, 64) | 8256 |
| dropout_5 (Dropout) | (None, 64) | 0 |
| dense_3 (Dense) | (None, 7) | 455 |

Total params: 1,803,367
Trainable params: 1,803,367
Non-trainable params: 0

圖十四：平坦層與全連接層運行階段圖

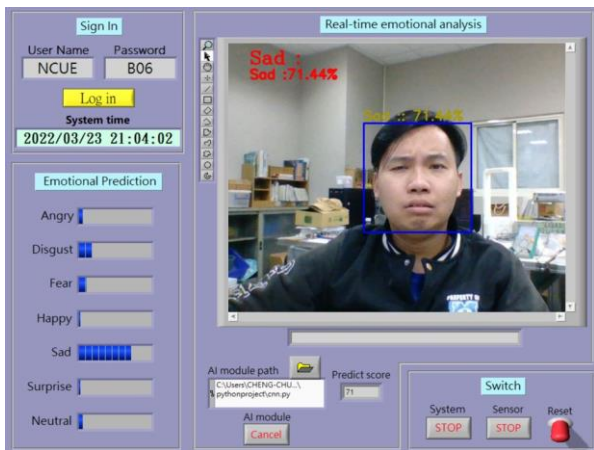
本研究所訓練出的模型，在不斷修正後，其的模型損失如圖十五所示，可見該模型損失曲線呈現下降趨勢，顯示模型準確率不斷提升。除此之外，模型準確率亦可經方程式(1)計算後，最高達到 87% 準確率。



圖十五: 模型訓練損失-曲線

$$Accuracy = \frac{TN+TP}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

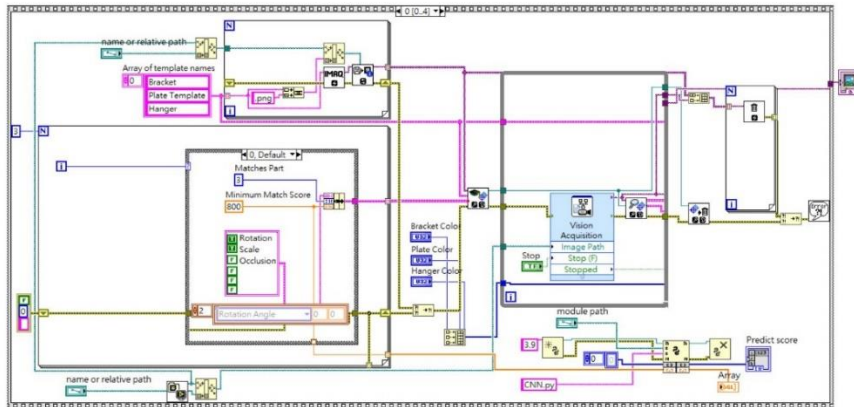
在 CNN 深度學習 AI 模型訓練好後，經與 LabVIEW 整合後，即可由其人機介面上 顯示偵測到的臉部表情及其所判斷之情緒。圖十六和十七為系統即時檢測人臉情緒之實作圖。圖十六顯示傷心表情之預測圖，圖十七顯示開心表情之預測圖，圖十八顯示用於影像處理和情緒分析的部分程式圖。



圖十六: 傷心表情之預測圖



圖十七: 開心表情之預測圖



圖十八: 監控與即時情緒辨識分析部分程式圖

此影像辨識機器學習技術建置，利用人臉情緒辨識結合長照物聯系統，透過 CNN AI Model 分析所偵測之當前目標的情緒，並判斷並給相對應知控制反應，來達成智慧化之長照運作系統，此系統可分擔醫護人員及看護的工作責任和壓力，也能即時掌握受照顧者的心理感受，提升整體照護之品質。

(三) 擬定教學評估量表。

學習效益評估量表包括主題式技能評估量表與主題式學習效益情意量表。主題式技能評估量表之部分將使用 MOST 106-2511-S-018-015 所開發之「機器人設計與實務」課程技術能力評分表，並融入技術能力指標考量，其原本之肯德爾和諧係數檢定 Kendall w 和諧係數值=0.885，卡方值=99.232，顯著性之 p 值(=.000)小於.05。主題式學習效益情意量表的部分，一樣使用前期計畫中所開發之問卷加以修改，其原本之信度考驗 Cronbach α = .928。

五、主要完成之工作:

1. 建置及開發影像辨識系統機器學習導向之機器人主題式教學模組。
2. 對本年度影像辨識系統所做的實驗之知識、步驟、方法和技術加以彙整成教材資料。
3. 統整機器學習導向之移動控制系統、感測器資料監控系統和影像辨識系統資料，進行教材編寫。
4. 擬定機器學習導向之機器人主題式教學之技能與情意量表給第三年之實驗教學使用。

六、部分參考文獻

- Giuseppe (2018)。初探機器學習演算法。碁峰資訊。
- 劉新宇 (2018)。AI 及機器學習的經脈：演算法新解。佳魁數位。
- 柯博文(2019)。Python+TensorFlow 人工智慧、機器學習、大數據|超炫專案與完全實戰。碁峰資訊。
- Ethem Alpaydin、劉一慧、蕭俊傑。機器學習：探索人工智慧關鍵 (2018)。財團法人台灣金融研訓院。
- 文淵閣工作室 (2019)。Python 機器學習與深度學習特訓班：看得懂也會做的 AI 人工智慧實戰。碁峰資訊。
- Adam Kelleher、Andrew Kelleher、楊尊一 (2019)。機器學習實務：資料科學工作流程與應用程式開發及最佳化。碁峰資訊。
- Balas K. Natarajan (1991), *Machine Learning: A Theoretical Approach*. Morgan Kaufmann.
- Sergios Theodoridis (2015), *Machine Learning: A Bayesian and Optimization Perspective*. Academic Press.
- Marco Gori (2018), *Machine Learning: A Constraint-Based Approach*, Morgan Kaufmann.
- LeCun, Yann; Bengio, Yoshua; Hinton, Geoffrey. Deep learning. *Nature*. (2015), 521 (7553): 436-444.
- Tanner, D. & Tanner, L, *Curriculum development: theory into practice*. Englewood Cliffs, New Jersey: Merrill, an imprint of Prentice Hall (1995).
- M. Chen and Y. Hao, "Label-less Learning for Emotion Cognition," in *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, vol. 31, no. 7, pp. 2430-2440, July 2020.
- A. Barucci, C. Cucci, M. Franci, M. Loschiavo and F. Argenti, "A Deep Learning Approach to Ancient Egyptian Hieroglyphs Classification," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 123438-123447, 2021.
- T. Dissanayake, T. Fernando, S. Denman, S. Sridharan, H. Ghaemmaghami and C. Fookes, "A Robust Interpretable Deep Learning Classifier for Heart Anomaly Detection Without Segmentation," in *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 25, no. 6, pp.2162-2171, June 2021.

七、本計畫產出相關研究成果:(SSCI/SCI 共 11 篇; EI 一篇)其中 9 篇第一作者或通訊作者 (A) 期刊論文

1. **Kai-chao Yao**, Hsiu-wen Hsueh, Ming-hsiang Huang and Tsung-che Wu, “The Role of GARCH Effect on the Prediction of Air Pollution”, sustainability, JCR - Q2 (Environmental Sciences) / CiteScore - Q1 (Geography, Planning and Development) , (SCIE and SSCI 3.251 ,2022)

2. **Kai-Chao Yao** , Jian-Yuan Lai , Wei-Tzer Huang and Jui-Che Tu, “Utilize Fuzzy Delphi and Analytic Network Process to Construct Consumer Product Design Evaluation Indicators”, Mathematics, 10, 397. 2022. (SCI IF 2.258 - Q1).
<https://doi.org/10.3390/math10030397> (SCI IF 2.258 Q1)

3. Jian-Da Wu *, Wen-Jun Luo, **Kai-Chao Yao**, “Acoustic Signal Classification using Symmetrized Dot Pattern and Convolutional Neural Network”, Machines, (SCI IF 2.428 Q2 -Engineering, Mechanical), 25 January 2022

4. Yih-Der Lee, Wei-Chen Lin , Jheng-Lun Jiang , Jia-Hao Cai , Wei-Tzer Huang*, and **Kai-Chao Yao*** (Corresponding author), “Optimal Individual Phase Voltage Regulation Strategies in Active Distribution Networks with High PV Penetration Using 3 Sparrow Search Algorithm”, Energy, (SCI IF 3.004 Q1, Control and Optimization), Volume 14 Issue 24 10.3390/en14248370, December 2021

5. Wei-Chen Lin , Wei-Tzer Huang *, **Kai-Chao Yao***(Corresponding author) , Hong-Ting Chen , Chun-Chiang Ma, “Fault Location and Restoration of Microgrids via Particle Swarm Optimization”, Applied Science, (SCI IF 3.0 Q2-Engineering) ,2021, 11(15), 7036; <https://doi.org/10.3390/app1157036> – 30 July 2021

6. Jian-da Wu, Yu-han Wong, Wen-jun Luo and **Kai-chao Yao**, “Acoustic Emission Signal Classification Using Feature Analysis and Deep Learning Neural Network”, Fluctuation and Noise Letters, Vol. 20, No. 3 (2021). Ranking: 79/106-Q3 (Mathematics, Interdisciplinary applications) (SCI IF 0.988)

7. **Kai-Chao Yao**, Wei-Tzer Huang, Cheng-Chun Wu, Teng-Yu Chen , “Establishing AI Model on Data Sensing and Predicting for Smart Home Environment Control based on Labview”, Mathematical Problems in Engineering, Volume 2021, Article ID 7572818, 18 pages, 22 Jul 2021 Ranking: 84/108-Q4 (Mathematics, Interdisciplinary applications) (SCI IF 1.305)

8. **Kai-Chao Yao**, Shih-Feng Fu, Cheng-Chun Wu, “Machine Learning–Based Whitefly Feature Identification and Counting”, Journal of Imaging Science and Technology, Vol. 66, Issue 1, February 2022. (SCI IF 0.379)本人為第一作者。

9. **Kai-Chao Yao**, Wei-Tzer Huang, and Li-Chiou Hsu (2020, Dec). Evaluation of the Established IoT Smart Home Robot Teaching Module based on Embedded Thematic-approach Strategy. Mathematical Problems in Engineering, Ranking:2019:128/909 - Q1 Dec. 2020 (SCI IF 1.009). 本人為第一作者。

10. **Kai-chao Yao**, Wei-tzer Huang, Li-chiou Hsu, Jian-yuan Lai and Chin-kun Yang, “IoT Application on Establishing Smart Home “ICIC Express Letters, Part B: Applications (ICIC-ELB), Volume 11, Number 12, pp.1133-pp.1142, December 2020. (EI)DOI: 10.24507/icicelb.11.12.1133

11. **Kai-chao Yao**; Wei-tzer Huang; Jian-yuan Lai and Chin-kun Yang (2020, Dec). Virtual Portable Electro-Cardiogram Instrument Establishment. Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology , Ranking:2019:98/281 – Q2 (SCI IF 2,65) . , Volume 127 • Supplement 3, pp.20, 2020 . 本人為第一作者、通訊作者。

12. Chen Ching-Huei; Yang, Chin-Kun; Huang, Kun; **Yao, Kai-chao** (2020, Jul). Augmented Reality and Competition in Robotics Education: Effects on 21st century Competencies, Group Collaboration, and Learning Motivation. Journal of Computer Assisted Learning (Impact factor:2.126 SSCI),

(B) 國際研討會 2 篇與國內研討 10 篇 (未列):

1. Kai-chao Yao*, Wei-tzer Huang, Ting-yu Zhang , “Implementation of Memorable Moving Track in a Wheel Cruise Robot”, 2020 International Conference on Mechatronic, Automobile,

- and Environment Engineering”, Nov 6-8, 2020, Xiamen, Taiwan (大會最佳論文獎)
2. Wei-Tzer Huang, Wei-Chen Lin, Hsin-Ching Chih, Kai-Chao Yao, Zong-Tai Li, Chun-Chiang Ma, “Comparisons of Energy Loss Reduction by Phase Balancing in Unbalance Distribution Networks via Metaheuristic Algorithms”, The International Conference on Pervasive Artificial Intelligence (ICPAI) Dec. 3-5, 2020, Taipei, Taiwan (大會最佳論文獎)
 3. Kai-chao Yao*, Wei-tzer Huang, Teng-Yu Chen, Cheng-Chun Wu, “Utilizing Machine Learning Technique Achieving Auto Patrol Robot”, 2021 International Conference on Mechatronic, Automobile, and Environment Engineering, July 24-25, 2021, Hualien, Taiwan
 4. Wei-tzer Huang, Kai-chao Yao, Cheng-Yan Lo, Wei-Chen Lin, ” Application of Voltage-Drop and Line-Loss Simplified Feeder Models for Load Transfer in Distribution Networks”, 2021 International Conference on Mechatronic, Automobile, and Environment Engineering, Oct. 22-24, 2021, Hualien, Taiwan.
 5. Wei-Chen Lin, Wei-tzer Huang, Kai-chao Yao,” Optimal Settings of Volt Var Control of PV Smart Inverter in Active Distribution Networks Using Gravitational Search Algorithm”, 2021 IEEE International Future Energy Electronics Conference (IFEEEC), Nov, 16-19, 2021.