

智慧門禁系統

Smart Access Control System with Facial Recognition

指導教授 林奕安 老師

胡訓銘、方偉翰、陳耀銘

國立聯合大學 資訊工程學系

苗栗市南勢里聯大2號

u1024031@o365.nuu.edu.tw

摘要

本專題旨在開發一套智慧門禁系統，結合 YOLOv8 與 ArcFace 技術進行人臉偵測與身份辨識，實現高效且準確的門禁管理。系統主要功能包括臉部資料的註冊與審核、門禁操作記錄查詢、即時門鎖控制等，並透過網站與 Line Bot 提供使用者與管理員不同的操作介面。

關鍵詞：YOLOv8, ArcFace, 臉部辨識

一、背景及目的

1.1 研究背景

隨著科技進步，智慧化門禁系統逐漸普及，傳統基於卡片或密碼的身份驗證方式因易被冒用或遺忘而逐漸被影像辨識取代。YOLOv8 作為快速且精準的目標檢測算法，能即時識別多個目標，廣泛應用於物體檢測領域；ArcFace 則透過角度距離損失函數優化臉部辨識，提升特徵區分度與辨識準確率，成為智慧門禁系統的理想技術方案。

1.2 研究目的

本專題旨在探討如何利用 YOLOv8 的快速人臉檢測能力結合 ArcFace 的高精度臉部特徵匹配技術，建置智慧門禁系統，以提高門禁系統的安全性和效率。並且加入網站以及 LineBot 加強系統的監測及管理。

二、相關研究

本專題參考兩篇臉部辨識結合門禁的相關研究：

1.改善舊型公寓大廈門禁系統之研究

使用迷你單板電腦樹莓派(Raspberry Pi)來完成創建簡易門禁測試平台。利用內建 Python 開發環境，撰寫軟體進而有效控制硬體介面(GPIO)，利用硬體照相與軟體 OpenCV 辨識功能，再搭配輔助感測元件完成平台開發與測試。

2.運用人工智慧技術強化大型宿舍門禁安全管

使用 ArcFace 技術結合以現有的 RFID 技術為主的管理系統的方式，透過門禁資料的拋轉，利用 ArcFace 的技術與刷卡資料比對，透過計算圖片的準確率，來辨識是否為同一人，期望能解決借卡進出的問題，加強因 RFID 門禁技術屬於認卡不認人的缺陷，達到強化宿舍安全管理的目的。

這些設計方案展示了如何根據具體場景需求選擇適當的技術和硬件，實現高效、安全的門禁系統。各個場合應用之比較表請參考表 1。

表1 相關研究與本專題之比較表

	舊型公寓	宿舍	本專題
開發板	樹莓派 (Raspberry Pi)	PC Intel Core i7-12700H NVIDIA Geforce RTX 3070	PC, Arduino
場域	舊型公寓	移工宿舍	實驗室
主要辨識技術	OpenCV, Google MediaPipe	ArcFace, CosFace, Face-recognition, RFID	Yolov8, ArcFace
主要功能	人臉辨識、 手勢辨識與 郵件訊息傳送	人臉辨識、 RFID	人臉辨識
輔助功能	環境感測器、 門禁磁簧開關、 傾斜感測器	增設鏡頭數量 或購買廣角鏡頭	LINE Bot 即時通知

三、研究過程

3.1 使用技術

YOLOv8

YOLO (You Only Look Once) 是一種先進的實時物體檢測模型，具有高效、快速和準確的特點。相比前代版本，YOLOv8進一步優化了模型架構和檢測性

能：

1. 高效模型設計：提升特徵提取能力，適應多種物體大小和場景。
2. 強化訓練策略：結合混合精度訓練和數據增強技術，提高模型的準確性和穩定性。
3. 先進的後處理技術：改進非極大值抑制 (NMS)，有效減少重疊檢測和誤判。

YOLOv8能快速檢測並定位目標物，適合需要即時性與高準確度的應用，並且能適應於各種場合，非常適合應用於本專題中的人臉辨識系統。

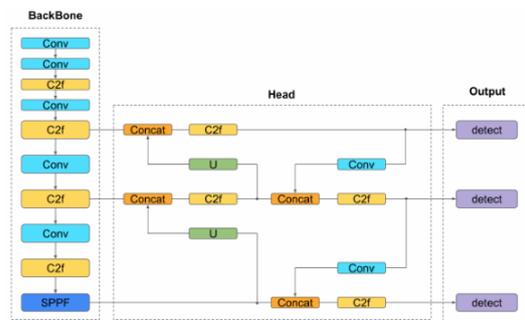


圖 1 YOLOv8架構圖

ArcFace

ArcFace 是一種先進的人臉識別技術，基於角度餘弦相似度，結合了一種角度邊界懲罰機制，有效地增強了模型對不同人臉特徵的區分能力。使用軟性最大值 (Softmax) 將調整後的特徵映射為概率分佈，並採用交叉熵損失函數進行優化。

主要特點包括：

1. 高準確度：通過角度約束，確保模型生成的特徵向量更具辨識能力，適應多樣化的識別場景。

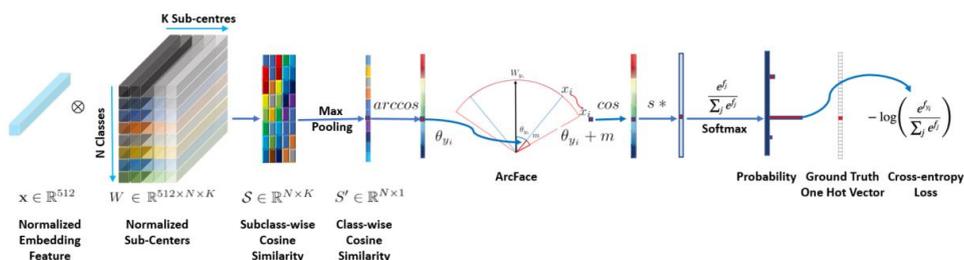


圖 2 ArcFace 訓練過程

2.高穩定性：對光線、表情、角度等變化具有高度穩定性。

3.應用靈活性：支持多種臉部數據集和場景，能滿足不同識別需求。

ArcFace 的設計提高了人臉識別的精準度，並具備較強的泛化能力，能在多種場景下穩定運行，適合應用於本專題中進行高精度的臉部辨識。

3.2 研究方法

本專題的研究方法分為資料準備、模型訓練與測試，及平台部署三部分，通過整合 YOLOv8 和 ArcFace 技術，構建高效且精準的智慧門禁系統。系統流程圖請參考圖3。

1. 資料準備

為了保證人臉辨識的準確性與穩定性，每位人員需提供五張不同角度的照片。接著進行資料預處理，使用 ArcFace 計算每張照片的人臉特徵向量並且儲存至數據庫中，以便後續實時辨識時減少運行時的計算負擔，提升系統的即時性。

2. 模型訓練與測試

本系統選用了 YOLOv8 作為人臉偵測模型，並結合 ArcFace 技術進行臉部特徵值的計算實現人員身份驗證。

YOLOv8

使用 roboflow 網站所提供的功能，為資料集圖片上標籤，進行圖像處理，生成訓練用資料集。使用預訓練之 yolov8n-face 模型進行訓練，加強模型辨識之準確度。



圖 4 Roboflow 生成的訓練資料

ArcFace

使用 SCRFD 擷取臉部區域，將臉部區域對齊，再透過 ArcFace 計算人臉特徵向量，最後使用 cosine similarity 計算兩個人臉之間之相似程度。使用 CISIA+LFW 資料集測試不同模型準確度及調整臨界值。

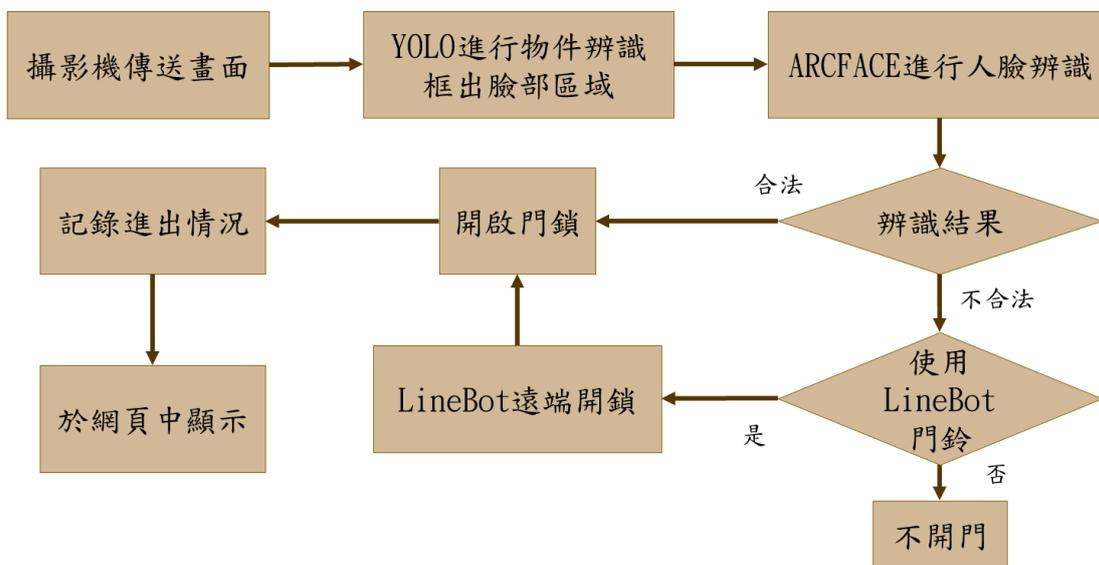


圖 3 門禁系統流程圖

測試階段

以 YOLO 進行臉部偵測，設定信心水準臨界值0.83，避免捕捉到背景路人，也能節省系統資源。若信心水準超過0.83，則將臉部區域擷取出來，以避免畫面中有兩個以上的人臉，影響辨識結果。擷取出的臉部會透過 ArcFace 計算臉部特徵值，再與數據庫中儲存的臉部特徵做比對，若相似度大於臨界值，則視為同一人。臨界值會受到地點、光線、角度等因素影響，經過反覆測試後定為0.42。

3. 平台部署

將預處理完畢的臉部特徵數據及訓練完成的 YOLOv8 與 ArcFace 模型整合部署於電腦系統，用於實時的人臉辨識。系統連接 Arduino，用於控制門鎖的相關操作。

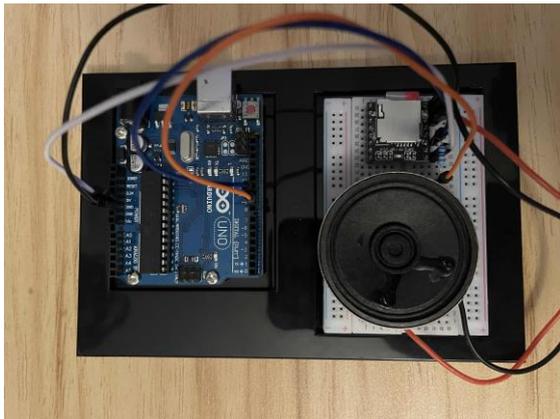


圖 5 Arduino 連接 mp3 模組作為開鎖示意

4. 實際測試

YOLO 臉部辨識介面

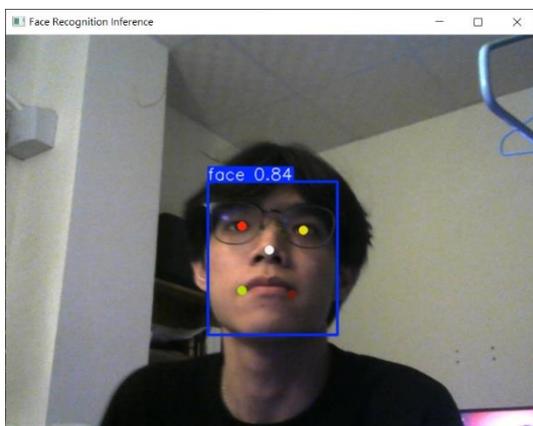


圖 6 辨識介面

網頁功能呈現



圖 7 註冊登入頁面



圖 8 上傳頁面

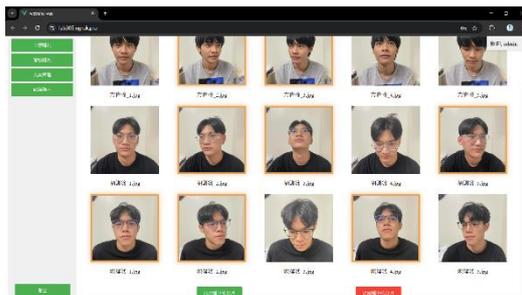


圖 9 審核頁面



圖 10 管理頁面



圖 11 紀錄頁面



圖 12 linebot 介面

實際布置呈現



圖 16 實際展示

四、問題與解決方法

4.1 YOLO 的準確性

起初，本專題只計畫透過 YOLO 進行辨識，然而我們很快發現準確性不如預期。雖然 YOLO 在物體偵測方面性能卓越，但在處理人臉辨識的高精度需求上存在一定的局限性。因此我們將 YOLO 只用於臉部的偵測及擷取，辨識則導入 ArcFace 進行臉部特徵計算，提升系統準確性。不過因為 ArcFace 計算所需的硬體資源較多，因此我們使用資料預處理的方法，預先計算好成員臉部特徵並儲存至數據庫，減輕實時辨識時的硬體負擔，提升運行速度。

4.2 ngrok 的限制

開發初期，我們透過 ngrok 將建立在本地的網站前後端、圖片伺服器、LineBot 公開至互聯網，以便進行測試及調整。但是免費版的 ngrok 一次僅能公開一個端口，且無法固定域名。因此我們升級至付費版的 ngrok，以獲得改善。然而在付費版本中，雖然可以同時公開多個端口，但由於這些端口共享同一個固定域名，不同服務僅能透過路徑或端口區分，導致當多個服務同時運行時，請求可能無法正確分發到預期的服務端口，以致無法獲得正確回應。因此我們引入 nginx 作為反向代理，以解決多端口管理的問題，將所有請求根據路徑或域名分發到對應的端口。

五、未來展望

為了進一步提升智慧門禁系統的效能與應用範圍，我們計畫從技術、硬體和場景應用等多方面進行改進與優化。首先，在臉部辨識技術方面，現行系統採用 2D 技術，但在某些角度或光線條件下可能受到限制，因此未來將引入 3D 臉部偵測技術，藉由更精準地捕捉臉部結構資訊，增強系統在複雜環境中的穩定性與辨識能力。同時優化資料預處理流程，希望能透過網站直接完成預處理，進一步提升操作效率與便利性。

此外，針對 Line Bot 的應用限制，我們發現其在訊息互動上受到字數與功能的約束，因此未來將考慮將系統移植至其他更適合的即時通訊平台，或者開發專屬應用程式 (App)，以實現更多元化的功能，並改善使用者體驗。硬體設備方面，系統將升級攝影機與伺服器等核心設施，以應對更高的辨識需求。同時，我們也計畫導入邊緣運算技術，透過如 NVIDIA Jetson 或 Raspberry Pi 等設備，使辨識工作能直接於邊緣設備上執行，降低伺服器負載並提升系統的即時性與效能。

最後，我們希望進一步推動系統功能整合與場景應用，優化現有功能的彈性與穩定性，以適用辦公室、校園及住宅社區等不同場景需求，並提供客製化的管理後台與使用者界面，滿足多元化的應用需求。期望透過這些改進，不只能為系統帶來技術上的進步，也為未來的智慧化管理應用提供了更多可能性，應用於更加多元的場合。

六、參考文獻

- [1] 改善舊型公寓大廈門禁系統之研究
<https://hdl.handle.net/11296/9f3sw5>
- [2] 運用人工智慧技術強化大型宿舍門禁安全管
<https://hdl.handle.net/11296/438g9u>
- [3] yolov8 face
<https://github.com/derronqi/yolov8-face>
- [4] Real-Time Flying Object Detection with YOLOv8
<https://arxiv.org/abs/2305.09972>
- [5] A Review on YOLOv8 and Its Advancements
https://www.researchgate.net/publication/377216968_A_Review_on_YOLOv8_and_Its_Advancements
- [6] Insightface
<https://github.com/deepinsight/insightface>
- [7] ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition
<https://arxiv.org/abs/1801.07698>