

「2022 中華民國營建工程學會第二十屆營建產業永續發展研討會」

整合 UAV 與 AI 應用於工地人員自動身分辨識

*江泓陞 (HONG-SHENG,JIANG)

朝陽科技大學營建工程系

余文德(WEN-DER YU)

朝陽科技大學營建工程系

國科會計畫編號：MOST 109-2221-E-324 -008 -MY2

摘要

長期來營建工地因勞安人力不足，難以落實勞工之職安管理。尤其在 Covid-19 疫情發生後，對於勞工即時風險之掌握更加困難。為解決此一問題，本文提出整合人工智慧(AI)影像辨識、自動辨識(Auto-ID)及無人飛行載具(UAV)等三項技術，應用於施工人員身分之自動辨識。首先將 Data Matrix 貼於施工人員安全裝備，再利用 UAV 飛至 4.5~5 公尺高處進行影像拍攝，並即時傳輸至電腦進行影像辨識。經實際工地驗證，以連續辨識 12 張影像之方法進行統計，其召回率達 94.1%、精確率為 100%，證明其產業可行性。相較於傳統人工管理方法，本方法不但具有快速、節省人力等優點，亦可作為工地自動化之基礎。

關鍵詞:無人飛行載具、人工智慧、人員身分辨識、資料矩陣、工地管理

Integrating UAV and AI for Automatic Identification of Construction Workers

Abstract

Due to the lack of labor safety personnel on sites, it has been long difficult to implement occupational safety management regulations. Especially during Covid-19 pandemic, it is more difficult to identify the workers in risks. To solve this problem, this paper proposes a method that combines AI image recognition, Auto-ID and UAV for automatic identification of construction workers. At first, Data Matrix tags are attached on the PPE of construction workers, then the UAVs fly to a height of 4.5~5 meters for image shooting, and real-time transmission for image recognition. In the testing of recognition of 12 consecutive images in real-world construction sites, the Recall is 94.1%, and the Precision is 100%. It does not only show the feasibility in practical applications but also advantages of fast inspection and manpower saving over the traditional manual methods. It can also be used as a foundation for automation of construction site management.

Keywords : UAV, AI, Auto-ID, Data Matrix, Site Management.

一、前言

近年來，高齡人口急劇增加，高齡化或高齡社會已成為全球已開發國家之趨勢，且已成為美國和許多其他國家的社會問題 [1]。依據聯合國所屬之世界衛生組織 (World Health Organization, WHO)之資料[2]，全球60歲以上人口比例將從2015年的12%增至2050年的22%，幾乎翻倍；年齡在60歲以上的人口將於2020年超過5歲以下的兒童。高齡社會帶來的勞動力減少，加上營建工地現場就業環境較其他產業差，造成願意投入營建產業之人力不足，為有效解決營建管理人力不足之問題，營建管理自動化為有效方法之一。

二十一世紀初以來，新一代人工智慧(Artificial Intelligence, AI)技術快速發展，尤其是其中的深度學習神經網路(Deep Neural Network, DNN)等機器學習(Machine Learning, ML)技術的突飛猛進[3]，對於人類生活及現代工程之影響甚鉅。依據圖靈測試(the Turing Test)理論[4]，深度網路機器學習技術在語音與影像辨識能力上已經超越人類現有能能力，對於複雜之營建工地管理難以自動化的課題得到可能解決的契機。除AI之外，由於製造技術之改進，無人飛行載具 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 的性能越來越穩定且價格逐漸下降，在農業、林業、考古、建築和工程等領域應用日漸普及並受到重視[5]。因此將UAV與AI整合應用，將對營建管理自動化提供可行方向。

為因應營建產業管理人力不足之課題，優化營建產業工作環境及高科技應用導入，並著眼國內未來營建管理自動化之趨勢。本研究整合AI之影像辨識技術與UAV之即時影像傳輸方法，應用於施工人員之身分自動辨識上，作為營建產業現場管理自動化之基礎。

二、研究方法

本研究之研究目的為整合AI之影像辨識技術與UAV之即時影像傳輸方法，應用於施工人員之身分自動辨識，作為營建管理自動化之基礎，採取之研究方法如下：

- (1) 次級資料分析法—本研究採用次級資料分析法，蒐集國內外相關研究文獻的資料，包括人工智慧技術(AI)於營建產業應用、無人飛行載具(UAV)於營建產業應用，提供所需領域知識與工具。
- (2) 初級資料收集—利用UAV收集AI訓練所需之影像資料，並經行框圖建立訓練及測試資料集。
- (3) 辨識模組開發—以MATLAB軟體提供之影像辨識相關工具箱，開發圖標辨識模組，並整合二維碼辨識指令，建立辨識模組，做為案例驗證之用。
- (4) 案例驗證法—利用實際工地，根據模擬情境，以UAV實機拍攝影像並導入辨識模組進行辨識，計算其召回率(Recall)與精確率(Precision)，以評估研究成果。

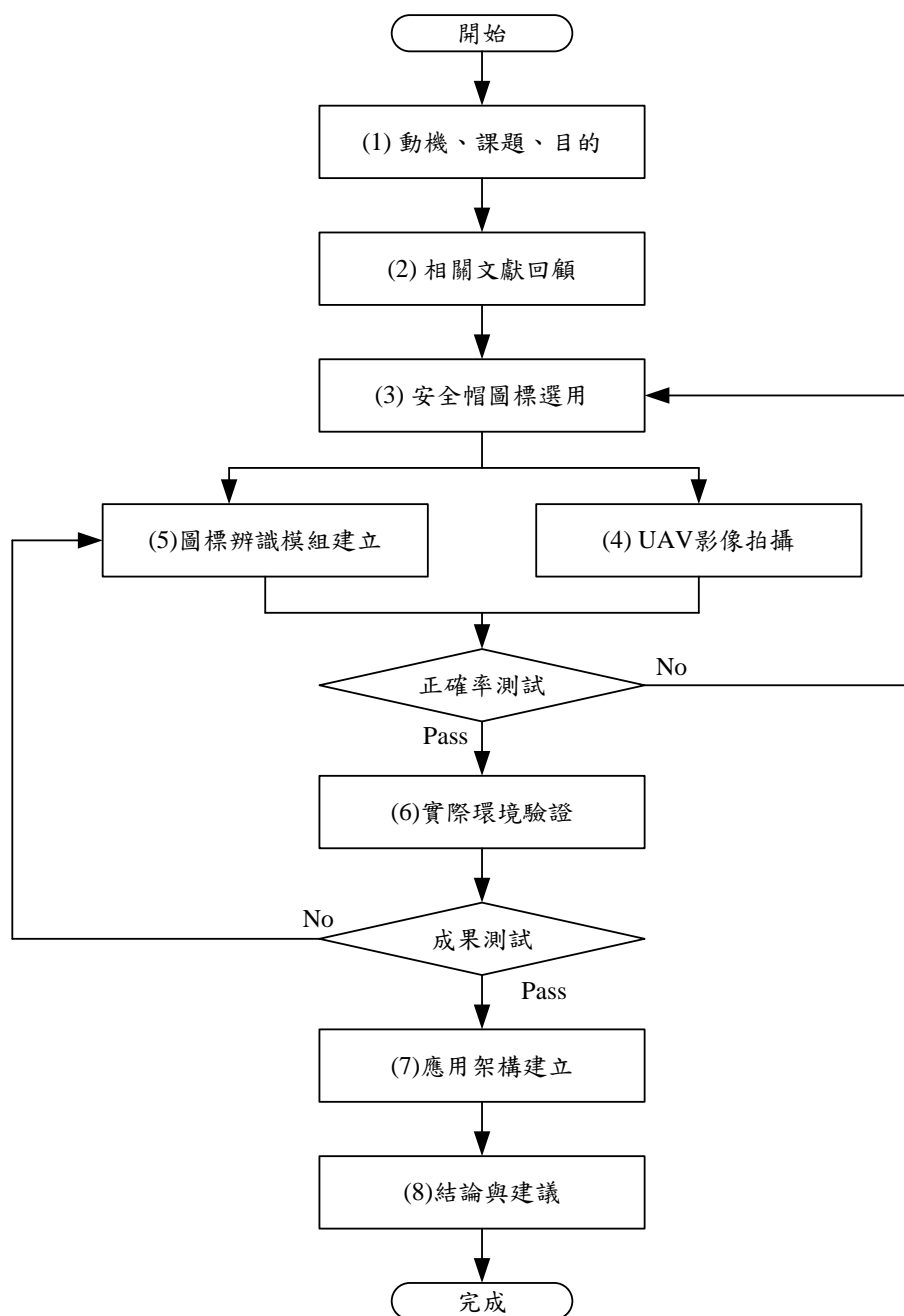


圖1. 研究流程圖

三、研究內容

本研究所提出之人工智慧(AI)影像辨識系統結合無人飛行載具(UAV)之影像拍攝來進行工地人員之身分辨識方法，稱為基於無人飛行載具工地現場人員身分辨識方法(AI and UAV based Real time Construction Worker Identify Method, UAV-ID)，模式建構與發展說明如下：

- (1) 影像辨識模組之選用－資料收集前，首先進行ID標記之選擇。本研究試行採用數字之方式，經Matlab程式內之工具箱OCR數字模組辨識實驗測試後，發現數字模組辨識率無法達到研究所需之要求。改採用工業上常用之二維條碼

- Data Matrix (資料矩陣) 並以內建辨識指令(ReadbarCode)進行測試。經過初步測試後此方式正確率達100%，屬可行方案，因此採用Data Matrix作為ID標記，經編碼程式輸出後貼附於工地安全帽及安全背心上，作為ID辨識基礎。
- (2) 資料集建立—為建立AI所需之訓練及測試影像資料集，本研究使用UAV進行Data Matrix影像拍攝，首先列印出不同ID之Data Matrix，並將其貼於安全帽與安全背心上，並將影像解析度設定為1080P，頻率為每秒60幀率，UAV飛行高度控制在距離人高差約4.5-5公尺處。UAV所收集之資料由影片檔案利用軟體程式將影片檔轉換為圖像檔後，在使用框圖之程式進行安全帽上Tag(Data Matrix)之影相框圖做為訓練及測試資料集，本次共收集500張影像，其中450張為訓練集，50張為測試集。
 - (3) 辨識模組建立—完成資料集建立後，接續進行Faster R-CNN訓練，達成自動尋找出圖像上Data Matrix之目標位置。50張測試集共184個(ID)目標物，測試成果為召回率97.8%，精確率100%。完成Tag區域辨識後，將區域內圖塊傳遞給二維碼辨識模組，進行ID辨識，藉以確認工地人員身分，由於二維碼辨識結果僅正確辨識ID或及無法辨識，不會產生辨識錯誤之問題。為提高辨識率，本研究以記憶方式進行辨識，例如以1秒為單位，影片集中只要有一張辨識成功，即為成功辨識。經實驗室驗證，每秒最少皆有一張辨識出人員身分。
 - (4) 工地模擬驗證—本研究洽請彰化縣某鋼結構建築工程實際工地進行測試，為有效驗證不同姿勢之辨識能力，本研究經現場工地主任及職安管理人員陪同下，由團隊成員模擬施工情境，並以UAV拍攝影片做為模組驗證資料集。拍攝之施工人員施工情境包括：(1) 施工人員走動、討論及抬頭觀看空拍機情境，此為滯空模式拍攝。(2) 施工人員站立之各角度畫面，此為飛行環繞模式。(3) 個別工種施工模擬，此為滯空模式拍攝。本次於現場共拍攝7段影片，以每秒6張方式轉換為影像，共計挑選出2000張影像作為資料集進行框圖，其中1950張作為訓練集，50張做為測試集，ID區域辨識測試結果召回率為97.3%，精確率為98.3%，如圖2(a)所示。人員ID辨識方面，本研究以秒為單位，亦即以連續統計6張影像之方法進行辨識，六張影像內所有辨識出之ID進行分析，有效且正確辨識出ID為辨識成功。，其中，搬運工共204張影像進行辨識，召回率為69.4%，精確率為100%。鷹架施工以226張影像進行辨識，召回率為80.1%，精確率為100%。現場環境清潔工以261張影像進行辨識，召回率為97.3%，精確率為100%。工人討論以98張影像進行辨識，召回率為100%，精確率為100%。經加權平均得知召回率為89.1%，精確率為100%；若改採取連續統計十二張影像之方法進行辨識，搬運工召回率為76.3%，精確率為100%。鷹架施工召回率為91.2%，精確率為100%。現場環境清潔工召回率為100%，精確率為100%。工人討論召回率為100%，精確率為100%經加權平均後召回率能提升至94.1%，精確率為100%。ID辨識結果如圖2(b)所示。
 - (5) 成果探討—經工地模擬驗證後得知，辨識不到Data Matrix之原因為受到太陽

光之影響導致Data Matrix反光，或Data Matrix角度過於傾斜導致程式無法讀取Data Matrix之內容或Data Matrix因工人搬運物品時遭物品擋住導致無法辨識，解決此項問題之方式為UAV飛行時利用多變之角度來解決此項問題。



圖 2. 工地模擬實證 ID 辨識範例

四、結論

本研究利用UAV取得影像結合AI影像辨識，採用Matlab之Faster R-CNN模組進行AI人工智慧辨識工地施工人員ID辨識。工地實測成果，在每秒6張連續統計下，達到89.1%之ID辨識成果，若以2秒進行12張連續統計達到94.1%之ID辨識成果。應用本研究之方法進行工地巡檢，可以更快速對整個工區巡檢，得知施工人員之身分，相較於人工巡檢之方式，具有巡檢快速、可有效獲知人員資料及節省管理人力之優勢。高科技加上高效率，應能有效改善人口老化帶來之人力缺乏問題。

雖然改以2秒進行12張連續統計達到94.1%之ID辨識成果，已具相當水準，然而尚有可改進之處，建議後續研究可朝下目標，包括：(1) UAV設備升級—達到更加之影像解析度更遠距離之攝影，以及達到即時傳輸辨識，來提升整體之辨識效果；(2) 電腦硬體設備之升級—受硬體限制，在辨識速率上，仍然無法突破每秒辨識之限制，採新製程之GPU或可達到更好的辨識效率。(3) 未建置實際應用系統—例如施工人員風險等級管理整合應用系統，可作為未來研究目標。

五、誌謝

本研究承蒙科技部專題計畫(計畫編號：MOST 109-2221-E-324-008-MY2) 經費補助，特此誌謝。

六、參考文獻

1. World Health Organization (WHO), “Ageing and health”, retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>, 5 February 2018.
2. Zhongna Zhou, Erik Edward Stone, Marjorie Skubic, James Keller and

Zhihai He “Nighttime In-Home Action Monitoring for Eldercare,” 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS, Boston, Massachusetts USA, August 30 - September 3, 2011.

3. Russell, S. and Norvig, P. Artificial Intelligence, A Modern Approach, ISBN:0132071487, Prentice Hall, NY, 2010.
4. Michie, D. “Turing's test and conscious thought.” Artificial Intelligence, 60(1), 1-22, 1993.
5. 林保宏及蕭輔國，「UAV 應用於土木高架橋梁工程專案管理之研究」，中國土木水利工程學刊，第三十二卷，第六期，第 471 至 482 頁，2020。