中國工程師學會會刊

中華民國112年12月 Vol.96 No.4

http://www.cie.org.tw ISSN:1015-0773

工程

- 中國工程師學會暨各專門工程學會112年聯合年會圓滿順利成功
- 蔡總統英文接見並嘉勉112年得獎人
- 第29屆近代工程技術討論會「智慧臺灣 創新科技」
- 人工智慧在工業生產的應用發展介紹
- 5G 企業專網於智慧工廠垂直應用之發展與趨勢
- 近代人工智慧技術於鋼鐵製程之應用
- 利用無人機影像實現交通車流之智慧偵測

產業界的AI應用

柏林
NORSOK M-501塗裝系統
通過
DNV驗證

柏林於 2023 年成功通過 DNV 驗證，並以五項塗裝系統符合 NORSOK M-501 標準，彰顯我們在塗料技術上的持續進步與承諾。

從DNV
看見柏林優勢

柏林通過DNV驗證
打造離岸風機塗裝國產化

柏林符合 NORSOK M-501 規範的塗裝品質可以確保塗層的耐腐蝕性、附著力和整體性能，減少潛在的裂紋、剝落和腐蝕問題。這有助於提高風機的運行效率，減少維修停機時間，增加發電能力。

DNV驗證的重要性

DNV 的驗證代表著柏林產品符合國際認可的品質和可靠性標準，並經過嚴格的測試和評估。這項驗證不僅證明了我們對於品質和性能的承諾，還能讓客戶放心選擇我們的產品，並確保在各種應用場景中獲得卓越的效果。

柏林NORSOK M-501系統
各系統應用及內容

- 系統1: **符合M-501 System 1**
  ●保你耐120HB-V ●保你耐168-V（兩道）
  ●保你耐380-V
- 系統2:**符合M-501 System 1**
  ●保你耐520-V ●保你耐168-V（兩道）
  ●保你耐380-V
- 系統3: **符合M501 system 7B**
  ●柏特耐R底漆-V ●柏特耐面漆S-100-V
  ●保你耐380-V
- 系統4:**符合M501 system 7A**
  ●保你耐448GF-V（三道） ●保你耐380-V
- 系統5:**符合M501 system 7B**
  ●保你耐448GF-V（兩道）

柏林塗料

台灣總公司 BERLINPAINT.COM
小港區大業南路43號 TEL: (07)871-1101
No. 43, Ta-Yeh S. Rd., Kaohsiung , Taiwan

Vol. 96 No. 4
中華民國 112 年 12 月

產業界中的AI應用

近期，生成式AI ChatGPT的崛起掀起人工智慧風潮，討論快速應用AI技術的同時，也引發對隱私和工作權剝奪的關切。在AI定義變得關鍵的當下，回顧赫伯特·西蒙在1956年提出的「複雜性的資訊處理」，爲AI定義提供更精確的方向。本專欄「產業界的AI應用」由學界和產業先進分享研究和發展成果，分爲學界介紹AI在工業生產的應用，以及產業界探討AI在鋼鐵製程、公司運營管理和交通車流等應用。這彰顯AI在產業中的成熟應用，不僅提高了效率和生產力，還降低了成本和風險。臺灣憑藉半導體製程和完整的IT硬體產業，有望成爲亞洲的運算中心，爲下一個產業崛起做好準備。

活動報導

02 中國工程師學會暨各專門工程學會112年聯合年會圓滿順利成功
04 蔡總統英文接見並嘉勉112年得獎人
06 第29屆近代工程技術討論會「智慧臺灣 創新科技」
08 WFEO 2023大會
15 2023淨零轉型大勢下的綠能工程技術研討會
17 本學會與中華民國都市規劃學會簽訂合作協議
19 本學會與菲律賓技術委員會（PTC）簽署合作備忘錄（MOU）
21 本學會拜訪亞洲開發銀行ADB疫情後重啟交流與合作
23 臺港馬三地大地工程研討會Tripartite Seminar 2023暨參訪活動
25 第34屆中日工程技術研討會「邁向淨零・共創永續」
28 本學會與台灣女科技人學會簽訂合作協議

產業界的AI應用

客座主編：陳哲生 / 柏林股份有限公司總經理

32 人工智慧在工業生產的應用發展介紹 / 陳哲生、陳璽煌
46 5G企業專網於智慧工廠垂直應用之發展與趨勢 / 陳益源、許毓仁
64 近代人工智慧技術於鋼鐵製程之應用 / 許朝詠、陸振原、吳崇勇
80 利用無人機影像實現交通車流之智慧偵測 / 李冠毅、楊軒、周孜恆、吳錫賢
102 Operation Management As Algorithm the Berlin case（演算法 ⊆ 柏林營運管理）/ 黃瀞瑩

理 事 長：楊正宏
常務理事：李順欽　胡湘麟　陳伸賢　楊宗興
　　鄭光遠　賴建信
理　　事：王宇睿　王錫福　伍勝園　江秀丹
　　余信遠　宋裕祺　李政安　李偉賢
　　周永暉　林聰利　莫仁維　許泰文
　　許鉦漳　陳守道　陳哲生　陳國隆
　　黃維君　楊正君　楊慶煜　廖學瑞

常務監事：施義芳
監　　事：高宗正　陳玫英　歐善惠　蘇玫心
秘 書 長：劉國慶
副秘書長：李瑋聆

發 行 所：中國工程師學會出版委員會
主任委員：黃炳勳
委　　員：方振仁　王子安　王宇睿　余信遠
　　林建華　洪文玲　徐　強　張人懿
　　莫仁維　陳守道　陳哲生　劉國慶
　　賴建信

總 編 輯：張鈺輝
客座主編：陳哲生
編　　輯：李宥萱　李綺馨　林秀琴　袁雅玲
　　梁愛倫　許舜雅　蔣雪芬

聯絡地址：114710 臺北市內湖區陽光街323號
電　　話：(02)8797-3567轉8200、8225、8234
傳　　眞：(02)8797-4585
會　　址：100026 臺北市仁愛路二段1號3樓
電　　話：(02)2392-5128
傳　　眞：(02)2397-3003
網　　址：http://www.cie.org.tw
郵政劃撥：00059892
戶　　名：社團法人中國工程師學會
編　　印：英杰企業有限公司
地　　址：106411 臺北市大安區復興南路二段
　　293-3號10樓之1
電　　話：(02)2732-1234

行政院新聞處出版事業登記證局版臺誌0765號
中華郵政臺北誌字第721號執照登記爲雜誌交寄
入會申請手續請上本會網站查詢

中國工程師學會暨各專門工程學會 112年聯合年會圓滿順利成功

「企業 ESG 工程 ing」

中國工程師學會暨各專門工程學會112年聯合年會於9月15日假台北茹曦酒店舉行，活動當天計有來自全國各地的會員、得獎者及貴賓約400多人與會。

本屆年會邀請台灣世曦工程顧問股份有限公司廖學瑞總經理擔任籌備會主任委員，由台灣世曦工程顧問股份有限公司負責籌辦，活動擇定以「企業ESG 工程ing」為主題，展現工程界對推動環境永續的堅持，及協助推動「臺灣2050淨零排放」的決心。

年會活動在台南應用科技大學弦樂四重奏及女高音帶來「弦縈樂繞 惜土永創」的表演中揭開序幕，為年會增添了藝文氣息，交通部王國材部長蒞會出席發表致詞，為工程界加油打氣。

楊理事長於開幕時感謝會員朋友的參與及產官學各界對學會的支持及鼓勵，並簡要說明過去一年的重大會務活動辦理情形，包括：推動專業工程師國際資格認證與合作、出版工程會刊、學刊、電子報及製作線上有聲節目CIE Podcast。在國際合作及國際組

▲ 楊正宏理事長於大會開幕致詞

▲ 交通部王國材部長頒贈施義芳董事長工程獎章獎牌

▲ 楊正宏理事長（中右）與交通部王國材部長（中左）偕 112 年會士合影

織參與，除固定與亞洲開發銀行（ADB）舉辦「知識分享研討會」，並持續參與世界工程組織聯盟（WFEO）、國際工程聯盟（IEA）、亞洲及太平洋工程組織聯盟（FEIAP）等國際工程組織活動，同時，為擴大我國在國際間的能見度及影響力，本會已成功爭取FEIAP 2024年大會在臺灣舉辦。

本屆年會表揚之各類工程獎項，包括工程界最高榮譽「工程獎章」，由台灣世曦工程顧問股份有限公司施義芳董事長榮獲。會士獲選共4位，除施義芳董事長為本學會榮譽會員為當然會士，其他3位分別為臺北科技大學宋裕祺特聘教授、臺灣海洋產業聯合會邱永芳理事長及微笑頻率研究室薛文珍主持人，均親自出席年會，由王國材部長頒發會士證書。

其他獎項還包括「傑出工程教授獎」、「傑出工程師獎」、「優秀青年工程師獎」、「詹天佑論文獎」、「石延平教授工程論文獎」、「工程論文獎」、「優秀工程學生獎學金」、「沈怡獎學金」、「工程優良獎」、「產學合作績優單位」及長青會員表揚等，頒獎典禮歡欣隆重。

本年度的年會活動特別感謝各界的大力支持，使活動得以順利舉行。藉由舉辦年會活動，本學會成功持續整合工程界的力量，配合國家建設的施政方針，加速推動臺灣工程科技智慧化與創新化的發展。同時凝聚工程界共識，鼓勵工程師運用專業的工程技術，追求環境的永續發展，共同提升臺灣面對挑戰的韌性。

蔡總統英文接見並嘉勉112年得獎人

112年9月15日上午蔡總統英文於總統府大禮堂接見中國工程師學會112年各獎項得獎人，蔡總統致詞時首先恭喜在座的得獎人，並表示每位得獎人長期以來都在專業領域努力不懈，也期盼大家持續發揮專業，大力推動國家的進步發展，一起促進臺灣成為更繁榮、永續的國家。並感謝楊正宏理事長，率領中工會推動工程在學術領域的發展，並積極拓展和國際相關團體的連結，提升臺灣工程在國際上的能見度和影響力。

蔡總統同時肯定本學會4位新任會士：台灣世曦工程顧問股份有限公司施義芳董事長、臺北科技大學宋裕祺特聘教授、臺灣海洋產業聯合會邱永芳理事長及微笑頻率研究室薛文珍主持人，在各自專業領域都有非常亮眼的成就。蔡總統也感謝在場的傑出工程教授、傑出工程師、優秀青年工程師、詹天佑論文獎的得獎人，以及各個產學合作績優單位，在工程領域的努力與付出。

▲ 總統與得獎人合影

▲ 楊正宏理事長致贈紀念品

▲ 施義芳董事長代表致詞

蔡總統表示112年中工會的聯合年會，探討企業界和工程界如何促進淨零轉型。這幾年，面對極端氣候、2050淨零轉型等重大挑戰，國家整體的公共建設預算已大幅增加，來強化全國的基礎建設，也期盼得獎人運用專業的工程技術，追求環境的永續發展，共同提升臺灣面對挑戰的韌性。

楊理事長引言時代表本學會向總統表達最大的敬意與謝意，並表示本學會將持續整合工程界的力量，配合國家建設的施政方針，加速推動臺灣工程科技智慧化與創新化的發展。

會談結束後，由工程獎章得獎人施義芳董事長代表接受總統贈禮，楊理事長致贈紀念品予總統，接著至一樓大廳合影。晉見結束後，得獎人在志工導覽下參觀總統府文物館分享歷史古蹟的總統府建築奧妙和歷史回顧。

第29屆近代工程技術討論會「智慧臺灣　創新科技」

由中國工程師學會主辦、台灣世曦工程顧問股份有限公司及交通部高速公路局共同承辦的「第29屆近代工程技術討論會」，於112年10月22-25日假台北張榮發基金會舉行。本次討論會以「智慧臺灣 創新科技（Smart Taiwan, Innovative Technology）」為大會主題，規劃包括「智慧城市」、「智慧交通」、「智慧製造」及「循環經濟」等4項議題，邀請我國旅美加地區的17位專家及國內產官學研各界代表進行交流。

▲ 楊正宏理事長於大會開幕致詞

▲（右起）陳國隆主委、楊正宏理事長、龔明鑫主委、施義芳主委、潘偉平總召合影

大會於10月23日上午開幕，邀請國家發展委員會龔明鑫主任委員就「我國產業政策與未來發展趨勢」及財團法人台灣永續能源研究基金會簡又新無任所大使就「淨零時代工程界的挑戰與機會」為題發表專題演講，開幕典禮後就4個分組議題進行23日下午及24日上午的研討會。

本屆活動擴大邀請23個單位共同協辦，4個分組分別就智慧城市之5G/6G發展、智慧建築、智慧防災與監測、工程數位轉型，智慧交通之5G、AI數位轉型、車聯網、自駕車、智慧軌道管理，智慧製造之基於模型的企業計畫、先進機器人及製造時代數字化，循環經濟之技術暨材料創新、水資源及碳資源之整合與循環等，共38個議題進行研討，

▲ 楊正宏理事長及簡又新大使與美方講師及出席貴賓合影

▲ 歡迎晚宴貴賓合影

希望以前瞻取向探討國家經濟建設發展的藍圖，共有約600位專業人士參與討論。會後主辦單位將編印總結報告，將本次會議討論提出之建言，提供政府擬訂相關政策之參考。

近代工程技術討論會係由孫運璿前資政及李國鼎前資政於民國55年創設，每兩年舉辦一次，迄今已29屆，主要目的為針對我國各階段經濟建設發展所需之技術，邀請旅美專家學者回國，將國外先進之技術以研討會方式，向政府、產業界及研究機構介紹。近年來各屆研討會增加探討政府在促進特定產業發展上所應採取之政策，而且重視政策與執行之相互結合。

WFEO 2023大會

世界工程組織聯盟（World Federation of Engineering Organizations，WFEO）2023年大會於10月9-15日假捷克布拉格召開，來自95會員組織及各領域工程師參與，為工程界的聯合國大會。本次大會選出新任預選會長為新加坡Seng Chuan TAN（陳成川）（2025-2027），來自葡萄牙的會長José Vieira（2021-2023）卸任，由奈及利亞Mustafa Shehu上任（2023-2025）。

捷克科技聯合會（CSVTS）同時舉辦「第7屆世界工程師大會（World Engineers Convention，WEC）」，主題為「Engineering for Life」，大會主要是工程界對永續發展目標（SDGs）省思與發展，水資源、減碳、能源的未來、地理資訊及大數據等新科技的運用、工程教育革新、工程師的吸引與留駐等，是現下的共同焦點。

本學會由女性工程師委員會薛文珍主委代表於「Women in Science & Engineering科學與工程中的女性」分組演講「Integrating 50+ Associations to Support Women in Engineering in Taiwan整合50餘組織共同支持臺灣女工程師」，分享臺灣女性工程師如何由標竿學習產生影響力、由草根聯盟形成決策、由多贏策略解決複雜問題。

▲ WFEO 2023 會員大會情形

一、WFEO

世界工程組織聯盟為UNESCO外圍組織，關心工程與科技如何應用於人類之永續發展，是國際工程界交流與發言的平台，聯合國的17項永續發展目標（Sustainable Development Goals，SDG）是目前焦點。WFEO於1968年成立時我國即由中工會代表成為創始會員，至今仍維持正式會籍，以奧會模式「Chinese Taipei」行使權利義務。目前有95國家或地區會員、12國際會員，在聯合國教科文組織UNESCO代表全球上億位工程師。

本次本學會代表為女性工程師委員會薛文珍主任委員、對外關係委員會施義芳主任委員、李瑋聆執行秘書，及台灣世曦工程顧問股份有限公司海外部鐵摩爾副理隨行。

WFEO桌牌直接使用中工會英文名稱，亦為我國參與之代表組織名稱。然現場報到時個人名牌使用Taiwan，China，經立即反映，改為Taiwan（過去也曾使用奧會模式Chinese Taipei，為大家所接受）。會員代表之正名問題於WFEO秘書長來臺訪問時溝通過，WFEO態度一向友善，未來大會之前仍應提醒每次不同的WEC/WFEO主辦國，誠意溝通，勿讓政治問題影響會員間難得建立的友誼與互信。

本次大會選出新任預選會長為新加坡Seng Chuan TAN（陳成川）（2025-2027）），來自葡萄牙的會長José Vieira（2021-2023）卸任，由奈及利亞Mustafa Shehu上任，執行副會長則由義大利難得的女性代表Ania Lopez當選，會中通過2025年WFEO大會將在上海舉辦。

▲ WFEO 2023 出席人員合影

▲ 施義芳主委及薛文珍主委出席 WFEO 2023

▲ 施義芳主委代表投票選舉 WFEO 預選會長等職務

▲ 施義芳主委（右）與新加坡籍預選會長 Seng Chuan Tan（左）合影

執委會國家會員代表補選由中國、印度、肯亞、阿聯酋、烏拉圭當選，其中有二位女性代表，中國籍的何靜（He Jing）及阿拉伯聯合大公國籍的Nahla Al Quasimi。

各委員會則由志願提供人力物力與資源的國家認養、擔任主委，其中有二位女性主委：能源委員會由法國Marie-Line Vaiani繼續擔任，創新科技工程應用委員會今年由馬來西亞工程學會會長Norlida Buniyamin接任，工程與環境委員會則由中國凌文（Wen Ling）新任。

2021-2023會長José Vieira說明二年的成果，除了推動各項SDG行動方案，更四處拜訪會員國、活躍於國際組織間，並發揚

▲ 施義芳主委（右）與奈及利亞籍會長 Mustafa Shehu（左）合影

World Engineering Day進行行銷活動，投入預算請專業網路行銷機構幫助世人了解並重

▲ 薛文珍主委（左三）與 WFEO 亞洲代表們在 Gala Dinner 合影

視工程師工作的重要性。

建議：

1. 本學會每二年固定出席 WFEO 大會行使投票權，除女性工程師委員會固定由薛主委參與，其餘委員會無固定代表出席。建議檢視參與 WFEO 之目的，並就中長期目標進行策略規劃，以有效結合學會現有會務，並創造更大國際參與效益。

2. 每年 3 月 4 日為世界工程日，WFEO 積極行銷推動各國對活動的重視，並投入預算請專業網路行銷機構幫助各國瞭解工程師工作的重要性，本學會可規劃配合活動共襄盛舉，以促進國人對工程行業的瞭解與尊重。

二、女性工程師委員會（WiE, Women in Engineering Committee）

WFEO自2008年成立WiE委員會，致力吸引更多女性進入工程與科技相關行業，並能有良好的專業發展。

WiE委員會出席之國家代表包括澳洲、玻利維亞、加拿大、中國、義大利、迦納、馬來西亞、緬甸、奈及利亞、波蘭、南非、臺灣、英國、辛巴威及阿拉伯聯合大公國，本學會近10年皆由女委會薛文珍主委代表參與。

WiE主委是奈及利亞籍的Yetunde Holloway，已完成4年任期，但暫無國家志願認養，因需投入至少10萬歐元加上人力、物力。最後由迦納籍的Enyonam Kpekpena暫

▲ 薛文珍主委代表參與論壇與圓桌

▲ 薛文珍主委於 WEC 發表演講

代，但表示將尋求資源成為正式主席。迦納這次出席10多位代表，意願明顯。非洲最具影響力的奈及利亞接任WFEO主席、迦納承接WiE，非洲國家表現積極，人能幹友善，非洲大陸的新發展不可限量。

本次會前要求各單位代表提供工程學生、專業工程師，以及在工程職場中之女性比例，我國分享調查分析的經驗，認為重點不是統計數字本身，而是如何經由這個過程，在國內確立願意長期支持這個調查統計的組織（例如中工會、行政院性平會、各級政府部門、政府出資之國營事業、財團及社團法人與專案計畫等），進而提案、尋求資源、找到方法做調查。方法包括如何說服組織內關鍵人士、建立組織共識、對產政學研溝通取得支持及參與意願、問卷設計、回收、統計分析、發表產生影響力等。透過這個過程建立對「Gender Equality」及「Diversity, Equity & Inclusion」重要性的普遍認知及推動的共識，統計數字的產出是自然的結果而非目的。

三、WEC 2023

由捷克科技聯合會（CSVTS）主辦「第7屆世界工程師大會（World Engineers Convention，WEC）」，主題「Engineering for Life」。大會主要是工程界對永續發展目標（SDGs）的省思與發展，水資源、減碳、能源的未來、地理資訊及大數據等新科技的運用、工程教育革新、工程師的吸引與留駐等，是現下的共同焦點。

薛文珍主委代表出席會議、參與論壇與圓桌，同時於WEC「Women in Science & Engineering科學與工程中的女性」分組演講「Integrating 50+ Associations to Support Women in Engineering in Taiwan整合50餘組織共同支持臺灣女工程師」，與歐亞美非澳全球工程師分享本學會在臺灣與各科技領域建立聯盟、形成夥伴關係、集眾人之力透過年度大會支持女性工程師發展的故事。女科技人大會完全由各領域志願者組織，透過合

▲ 各國女性委員會代表合影

作與互助，從2021年起，由標竿學習產生影響力、由草根聯盟形成決策、由多贏策略解決複雜問題。

會後英國、義大利、比利時、匈牙利、愛沙尼亞、加拿大、馬來西亞、緬甸、奈及利亞、迦納等當面給予回饋，對我們推動工程界性別議題採取的樂觀、正面與多贏態度感到深受啟發、見賢思齊，共鳴形成聯盟（alliance）的重要性。

本次藉機整理多年來推動女性工程師合作與互助的努力，把經驗傳遞給有緣人，在國際與國內女科技人與女工程師社群分享，一棒接一棒。

WEC 各議題歸納幾點值得注意：

1. 水資源議題是大會焦點之一，全球 36 億人沒有潔淨水，26 億人沒有肥皂洗手，這些與生活息息相關的議題，給了永續發展極大挑戰，尤其因女性普遍在家庭中的角色，其生存發展高度依賴潔淨水，在這樣的環境下，全家的衛生與健康都難以維繫，遑論追求性別平權、自我實現的發展，所以普遍認為水資源的問題與性別平權強相關。

2. 工程教育是大會的重中之重，也是 WFEO 投入的重點，多國以創新的經驗提出分享，認為跨領域學習與協作、對人文的重視、加強對情緒及人際的感知與處理能力、創造力的培育等，都是必須立即採取行動的重點。工程師不應止步於把自己的工作做好，必須被看見、積極參與公共事務、負起專業對社會的責任。工程 + 商業 + 政治應是工程教育平衡設計的方向。一般來說學校與教師的改變緩慢，如何提供學生更靈活學習的管道亦是討論重點。

3. 地理資訊系統（GIS）在 SDG 的應用已經有不錯的發展，GIS 整合大數據將形成無

遠弗屆的監看與即時行動方案，非常有利於推動永續發展。

4. 歐洲已經有 17 個國家參與歐盟專利系統，申請此專利即可適用於此 17 國，節省申請者的費用與時間。然而要能將歐洲工業大國也納入還需要時間。

5. 中國以壓力機械產業的發展為例說明對減低碳足跡的努力，表示對 SDGs 高度重視，並積極建立專業的形象。

6. Czech Institute of Informatics, Robotics and Cybernetics（CIIRC CTU）在歐洲的電腦視覺與機器人研究皆名列前茅，此次特別就機器與人工意識（Machine/Artificial Consciousness）提出見解，過去有些業內「專家」如 Ray Kurzweil 預言 2045 年人類將被機器統治，如今也推翻自己的說法，認為或許可以達到機器意識（Machine Consciousness），但超越人類的人工意識（Artificial Consciousness）幾乎不可能出現。

▲ 施義芳主委（左）與捷克科技聯合會會長 Daniel Hanus 合影

7. 這次捷克爭取主辦，上次在布拉格主辦是 34 年前，當時還沒有 WEC，只有 WFEO 大會。捷克認證工程師有 3 萬 2,000 人，並以 1707 年全球第一個工程學校在布拉格創立為榮。

▲ WEC 創新科技組出席人員合影

2023淨零轉型大勢下的綠能工程技術研討會

配合政府政策，中國工程學會及中興工程顧問集團於 112 年 10 月 4 日共同舉辦「2023 淨零轉型大勢下的綠能工程技術研討會」，邀請產官學研專家一起研討電力與能源轉型工程技術發展，從前瞻性規劃、綠色能源發展、淨零排放新技術、環境永續等面向，引領電力與能源產業淨零轉型，共有產官學研專家約 340 人參加。

臺灣地區碳排放量約有90%來自於能源使用，電力與能源系統如何有效地達成2050淨零目標，為推動淨零轉型之重要關鍵。中興工程顧問社曾參寶董事長表示，中興工程集團各公司積極推動電力與能源轉型，以企業ESG永續新思維，「Zero-E mission」為企業首要責任，故減少碳排放已成為基礎建設，尤其是工程企業經營之主流價值。

▲ 出席貴賓合影

經濟部能源署李君禮副署長指出，我國的能源轉型目前正透過「增氣、減煤、展綠、非核」4項策略，促進電力系統低碳化、提升系統韌性，在達成淨零目標的同時兼顧穩定供電。2022年臺灣地區再生能源發電量創歷史新高，達238億度，佔我國發電結構8.28%。能源署正透過法規制度檢討修正、獎勵誘因機制建立、國際合作與交流，建構友善發展條件等方式提供誘因，大家應把握淨零排放契機，極大化發展具本土優勢之再生能源及前瞻能源技術，帶動我國低碳產業綠色成長商機。

楊正宏理事長於致詞時感謝中興工程集團邀請本學會共同來舉辦這場非常有意義的綠能工程技術研討會，並表示在人類文明發展過程中，電力與能源扮演著非常關鍵的角色，不僅牽涉到國計民生，更攸關國家安全與經濟發展。由於傳統的化石燃料會引發溫室氣體效應，造成空氣污染，影響地球的環境、生態和人體健康，進而導致各地氣候異常、劇烈災害不斷。為了永續發展，我們除了需要節約能源、提升能源使用效率，更需要推動電力與能源轉型，其中再生能源可持續不斷地由自然過程中得到，是相對環保的電力來源，也是各國都極度重視並致力發展的綠能工程技術與建設。

本學會今年9月出版的工程會刊，特別以「電力與能源工程」為主題邀稿，刊登文章涵蓋：離岸風電機組平台之開發與下部結構設計、地熱發電與電力系統整合規劃、水面型太陽發電廠工程、儲能系統工程規劃等，介紹國內在這方面相關技術與前景。感謝9月會刊的5篇文章作者擔任今天研討會的主講人，提升國人對於電力及能源工程之了解與重視。也期待工程界能持續攜手合作，共同應對未來的挑戰，達成我國2050淨零轉型目標。

本學會與中華民國都市規劃學會簽訂合作協議

為擴大與各專門領域的工程學術團體建立合作關係，本學會於112年8月16日假本學會會議室與中華民國都市規劃學會簽訂合作協議。

簽約儀式由本學會會員委員會王宇睿主任委員主持，楊正宏理事長與中華民國都市規劃學會白仁德理事長分別代表簽署合作協議。楊理事長於致詞時表示都市計劃學會已成立 55 年，在歷屆理事長的用心經營下，為我國都市計劃及相關學術領域中，最具有影響力的學術研究團體。都市計劃不僅是為了改善居民的生活環境，並促進都市的均衡發展，所涵蓋的層面相當的廣泛，因此很高興未來可以與都市規劃學會有更多的交流機會。

白理事長致詞時表示曾多次參與中工會活動，很高興可以加入中工會的工程大聯盟行列，相信兩會合作將可進一步開拓都市規劃，創造更多跨領域合作的機會。

▲ 王宇睿主委於簽約典禮致詞

▲ 楊正宏理事長（右）與白仁德理事長（左）簽署合作協議書

▲ 出席貴賓合影

本學會包括會員委員會王宇睿主任委員、鄭光遠常務理事、劉國慶秘書長、李瑋聆副秘書長，都市規劃學會古宜靈理事、徐國城理事、黃宏順理事及蘇莉雯秘書，均在場觀禮見證。本學會目前已與31個專門工程學會訂有合作協議。

本學會與菲律賓技術委員會（PTC）簽署合作備忘錄（MOU）

本學會代表團一行6人在中華台北亞太工程師監督委員會王子安主委的率領之下，於10月2日前往馬尼拉，與菲律賓技術委員會（Philippine Technological Council）簽署合作備忘錄，旨在擴大兩會的聯繫交流，使雙方會員受益，並共同推動專業工程人員的流動等。

MOU分別由PTC會長Engr. Federico A. Monsada，本學會由楊理事長授權王子安主委代表簽署。PTC是菲律賓13個專業工程組織的傘狀組織，在簽約儀式上，與PTC相關的13個工程組織均派員出席，會中並播放菲律賓國歌及中華民國國歌，簽約典禮非常隆重，我方團員備受禮遇，顯示兩會友好深厚的情誼。

王子安主委亦藉機熱情邀約Monsada會長及現場PTC與會貴賓出席明年5月在臺北舉辦的FEIAP第32次會員大會及第7屆國際研討會；雙方並就擴大兩會合作關係的各項機會交換意見。

▲ 王子安主委（中右）代表 CIE 與 PTC 會長 Er. Monsada（中左）簽署 MOU

▲ MOU 簽約儀式禮成

▲ CIE 代表團與 PTC 成員合影

本學會拜訪亞洲開發銀行ADB 疫情後重啟交流與合作

本學會中華台北亞太工程師監督委員會王子安主委率CIE代表團一行9人於10月3-5日拜訪亞洲開發銀行（Asian Development Bank，簡稱ADB）。本學會與ADB在2019年簽訂合作備忘錄，雙方同意擴大技術交流的內容和形式，除每年固定於總部或其設於受貸國的分支機構辦理知識分享研討會以外，並透過資訊交換、聯合舉辦活動或會議、聯合出版刊物、聯合辦理調查分析工作、諮詢、訓練、及借調專家至ADB工作等方式落實交流合作，增加我國技術輸出的機會。

▲ 拜會 ADB 氣候變遷與永續發展局局長 Mr. Bruno Carrasco

今年本學會與ADB知識分享會規劃能源、水資源、都市、交通四組計7個講題，

▲ 10 月 3 日王子安主委率代表團拜會 ADB MD Mr. Woochong Um

▲ 10 月 4 日拜會 ADB 東南亞局局長 Ms. M. Teresa Kho 及顧問 Mr. Kelly Bird

已分別於8-9月以視訊研討會方式辦理完畢。為深化合作關係，本學會藉由10月份亞銀辦理商機博覽會期間，率團訪問總行主要官員。

這次訪問是疫情後本學會與ADB首度恢復實體交流，意義重大。CIE代表團成員拜會了包括氣候變遷及永續發展（CCSD）、主管能源、交通、水利及都市發展之產業局（SG）、東亞局（EARD）、東南亞局（SERD）等各部門行員，就明年的ADB知識分享議題交換意見，希望將臺灣的工程技術和成功經驗介紹給亞銀及受貸國，建立更緊密的合作關係。

本次訪問應ADB之建議，也特別邀請中興工程顧問社防災科技研究中心曹鼎志副主任就我國推動土石流等災害風險管理之成果，向ADB有關部門簡報，並討論合作機會。訪問行程在財政部派駐亞銀的侯旭娟董事顧問協助協調下，順利圓滿，與多位ADB高階主管會晤，希望進一步拓展更多領域的往來交流，加強實質的關係，以協助我國工程業者開拓更多商機。

▲ 與 ADB 水資源與都市發展專家 Sing Cho 及 Ms. Laxmi Sharma 進行討論

臺港馬三地大地工程研討會 Tripartite Seminar 2023暨參訪活動

在行政院公共工程委員會的指導之下，由本學會中華台北亞太工程師監督委員會主辦、中華民國大地工程技師公會與中華民國大地工程學會協辦的「臺港馬三地大地工程研討會（Tripartite Seminar 2023）」於11月1日在公務人力發展中心福華文教會館103室舉行，會議中共計發表12篇論文，活動圓滿順利。

▲ 楊正宏理事長於 Tripartite Seminar 開幕致詞

這項研討會自2009年起由本學會與香港工程師學會（HKIE）、馬來西亞工程師學會

▲ HKIE 與 IEM 演講人與 CIE 貴賓合影

▲ 秦中天博士代表 CIE 閉幕致詞

▲ 10 月 31 日王子安主委帶外賓參訪捷運萬大線地下工程

（IEM）於三地輪流召開，旨在增進工程實務經驗之國際交流，是大地領域學術研究與實務工作者的重要交流平台。為擴大交流效益，未來亦不排除邀請其他東南亞國家工程組織，或跨工程領域進行規劃。

本學會楊正宏理事長在開幕儀式中致詞，歡迎香港和馬來西亞兩個工程學會的大地部門率團出席本次會議，也特別感謝長期推動辦理Tripartite會議的秦中天博士。本屆會議以Crossover Technologies in Geotechnical Engineering為主題，會中邀請臺大土木工程系主任葛宇甯教授蒞臨專題演講，講題為Emerging and Interdisciplinary Areas in Geotechnical Engineering。本次會議計發表論文12篇，分別來自國內5篇，以及香港4篇、馬來西亞3篇，藉由各地案例探討，提出見解與心得，與現場出席者分享及交流，當天有50餘位專家學者出席參與討論。

研討會後舉辦Tripartite晚宴，由中華台北亞太工程師監督委員會王子安主委與中華民國大地技師公會施志鴻理事長主持，晚宴特別邀請亞新集團莫若楫博士出席並致詞，莫博士是本項國際研討會的創辦者，莫博士在致詞中回顧三個學會在大地領域的合作成果，並期許未來有更多實質的交流。

除了學術會議，在臺北市政府捷運工程局第二區工程處的協助之下，特別安排兩地外賓於10月31日參訪捷運系統萬大-中和-樹林線第一期工程之CQ840區段標，聽取簡報後前往工區現場參觀，就潛盾隧道的工法和我國捷運工程特色交換意見。此外，適逢亞洲遙測研討會ACRS在臺北舉辦，11月2日由監督委員會吳錫賢副執行長率兩地外賓參觀ACRS展覽活動，為本年度Tripartite活動劃下完美句點。

第34屆中日工程技術研討會「邁向淨零・共創永續」

「第34屆中日工程技術研討會」於11月19-24日舉辦，會議主題為「邁向淨零・共創永續」，臺日兩國以淨零碳排、永續經營、工程減碳等三大面向共同交流，超過千名產、官、學、研的工程技術界專業人士參與。

「中日工程技術研討會」，過去40年來協助我國推動工程技術升級及推廣，睽違4年，走過疫情的考驗，今年首度交由台灣中油公司承辦， 此次研討會的內容包含能源資源與環境、產業、科技、交通與防災等議題，更加入氫能、半導體、電動車充電設備、5G、AI等新技術及新概念，首次邀請到半導體重要供應商崇越科技、鋼鐵業龍頭中鋼公司、天然氣供應商台灣中油的加入，共成立17個專業分組，49項議題以及50多位日方政府機關、學界及工程技術界之菁英碩彥與會，與我國各領域專業人士交流和技術合作。

開幕典禮由總統書面祝賀開場，並邀請到行政院副院長鄭文燦致詞，歡迎日本專家團到訪，臺灣日本關係協會會長蘇嘉全與日

▲ 楊正宏理事長於開幕典禮致歡迎詞

▲ 李順欽主任委員於開幕典禮致詞

▲ 臺灣日本關係協會蘇嘉全會長蒞會致詞

▲ 行政院鄭文燦副院長蒞會致詞

▲ 經濟部王美花部長進行專題演講

本台灣交流協會副代表服部崇均到場表達臺日友好，為兩國工程技術界的合作提供寶貴的交流經驗。

日方訪團團長由日本能源學會前會長齋藤公兒擔任，副團長分別是東北大學教授長坂徹也、前國土交通省水管理・國土保全局局長塚原浩一擔任。大會同時邀請到經濟部長王美花、能源署副署長吳志偉主講「能源轉型、永續未來」，日方由日本工學會會長岸本喜久雄會長主講「期待實現永續社會的創新-日本的現狀與未來的展望」，希望透過個別專業分組之技術研討與專家學者經驗分享，連結國際領先淨零減碳等工程關鍵技術與人才，發展臺灣優勢淨零科技，進而促進臺日友好，共同邁向淨零永續新世紀。

11月20日下午行政院長陳建仁接見日方專家學者，並表示感謝日方代表來臺分享寶貴經驗及技術，這些交流將成為臺日友好的磐石，有助於臺日兩國各項科技及產業發展，及促進雙方更多合作結盟機會。訪賓由中國工程師學會楊正宏理事長及中日工程技術委員會李順欽主委（台灣中油公司董事長）陪同。

臺灣與日本無論在經濟或地緣位置密不可分，尤其在產業發展方面更是長期的合作夥伴，中工會為促進臺日雙方交流合作，自民國69年起創辦「中日工程技術研討會」，除了協助我國推動工程技術升級及推廣，也是我國與日本建立技術人才合作機制及交流之重要平台。

▲ 楊正宏理事長（左一）與出席貴賓合影

▲ 楊正宏理事長致贈陳建仁院長紀念品

▲ 行政院陳建仁院長接見第 34 屆中日工程技術研討會日方專家學者

本學會與台灣女科技人學會簽訂合作協議

112年11月23日本學會與台灣女科技人學會假本學會會議室簽訂合作協議，由楊正宏理事長與台灣女科技人學會林滿玉理事長分別代表簽署。

楊理事長表示，台灣女科技人學會成立僅12年，是個很年輕的組織，但在成立之初就非常積極推展會務的發展。101年1月時，馬來西亞工程師學會（IEM）女性工程師小組委員會來拜會本學會，邀請參加在馬來西亞舉辦的女科技人國際研討會（Women in Science, Engineering and Technology International Conference，WiSET），本學會特別邀請台灣女科技人學會共同會晤，並均派員出席WiSET擔任演講人，成功推介我國數十年民主發展中女性科技人才的貢獻，以及職場破除玻璃天花版效應的社會成就。

本學會在101年選出百年來第一位女性理事薛文珍主委，在薛主委的努力下，於108年推動成立女性工程師委員會，為女性工程科技人員提供了許多非常有價值的資訊與服務。

▲ 楊正宏理事長於簽約儀式致詞

▲ 楊正宏理事長（右）與林滿玉理事長（左）互換約本

台灣女科技人學會在吳嘉麗及宋順蓮兩位前理事長，以及現任林滿玉理事長的領導之下，也已發展為國內推動女性參與科技領域中最重要學會組織，不論會員人數及會務活動，均有相當之成長。

▲ 簽署儀式後合影

▲ 出席貴賓合影

在過去幾年，兩會合作辦理了許多場盛大的活動都非常的成功，未來，透過兩會的合作，相信可以促進更多女性進入工程與科技相關領域，以其專業發揮影響力，進一步帶動多元政策方向，讓社會有更多剛柔並濟的力量，為下一代打造性別平等、友善、更好的環境。

本學會包括鄭光遠常務理事、許鉦漳理事、劉國慶秘書長、台灣女科技人學會薛文珍副理事長、宋順蓮常務監事及陳姵君秘書，均在場觀禮見證。本學會目前已與32個專門工程學會訂有合作協議。

產業界的 AI 應用 - 專輯序言

柏林股份有限公司品保部代副理 / 黃漢堯
柏林股份有限公司總經理 / 陳哲生

近期，生成式AI ChatGPT的崛起引發了人工智慧領域的熱潮。除了探討如何快速將AI技術應用於各個領域，也出現了AI是否侵犯個人隱私和剝奪個人工作權的擔憂。因此，在這個時期，AI的定義變得極為重要。然而，早在1956年，現代科學領域的先驅赫伯特·A·西蒙（Herbert A. Simon）提出，我們今天所稱的人工智慧更適合被稱為「Complex Information Processing複雜性的資訊處理」。這為AI的定義提供了更精確的方向。從最早期的Assembly/Machine語言，到後來的C語言，以及目前有些專業人士將自我學習的機器學習稱為AI 3.0，其實AI講破的就是演算法的突破。未來的核心技術將是創新的演算法，演算法的突破將成為未來產業革命的基礎，每一次的突破和應用都可能創造新的產業、新興企業和科技新貴。

本次專欄的主題是「產業界的AI應用 The Application of AI in Industry」，分別由學界和產業界中AI領域的先進來分享研究和發展成果。學界部分由樹德科技大學資工系教授撰寫，業界部分則由產業龍頭中國鋼鐵、中華電信學院、台灣世曦與柏林股份有限公司的技術開發單位來撰寫。首先，我謹代表讀者們由衷地感謝諸位的辛勞付出和熱忱分享，你們的成果讓我們看到，人工智慧正在深刻影響和改變著各行各業。你們以開明、務實的態度看待人工智慧，既洞察其效益，也正視其風險；你們以前瞻、開創的心態應用新科技，使企業運作更具效率、更貼近人性。在此基礎上，臺灣的產業將能在 AI 潮流中找到先機，實現跨越式的發展。專欄共分為五篇文章，內容涵蓋了人工智慧在工業生產中的應用介紹、5G企業網路在智慧工廠的應用發展與趨勢，以及人工智慧在鋼鐵製程、公司運營管理和交通車流的應用等。

首先，我們瞭解到產業界的AI應用與智慧工廠的建置密不可分。樹德科大資工系陳璽煌教授在「人工智慧在工業生產的應用發展介紹」中描述了人工智慧在工業5.0中的

關鍵角色，包括自動化生產、預測性維護、智慧供應鏈管理和品質控制。同時特別介紹了AI在塗料產業的應用，包括著名公司如Sherwin Williams、立邦塗料 Nippon Paint和巴斯夫 BASF的創新解決方案。

另一方面，智慧工廠的建置離不開5G網路，中華電信學院的「5G企業專網於智慧工廠垂直應用之發展與趨勢」介紹了5G企業網路如何與智慧工廠的應用相結合，以及依不同工廠現狀來使用多接入邊緣計算（Multi-access Edge Computing，MEC）和網路切片（Network Slicing）等技術並提供四種不同企業專網來滿足各自需求。最後介紹了現階段常見的AI在智慧工廠中的應用，如廠區工安管理、廠區產線監控、數位分身、廠區與車輛巡檢等。

中鋼公司的「近代人工智慧技術於鋼鐵製程之應用」深入探討了人工智慧技術在鋼鐵製程中的具體應用以及面臨的挑戰和解決方案。台灣世曦工程顧問公司的「利用無人機影像實現交通車流之智慧偵測」則描述了如何使用無人機對交通車流進行高空動態影像拍攝，並運用特殊的演算法及深度學習技術，為車輛對位、監測和追蹤提供創新解決方案。柏林公司的「Operation Management As Algorithm the Berlin case」講述了企業的運營管理本質上也是演算法，每個問題的解決和決策都代表一種演算法。文中還探討了未來公司的綠色轉型和智慧工廠的執行方案。

通過這些專欄文章，我們可以看到目前AI在產業界的應用已經日趨成熟。產業界可以利用AI技術執行重複性和繁瑣的任務，從而提高效率和生產力。通過AI系統的預測，還可以幫助企業降低成本和風險。此外，臺灣已有先進半導體製程和完整的IT硬體產業，可加速培養AI領域的人才，將臺灣打造成亞洲的運算中心，為下一個產業的崛起做好準備。

最後，Yuval Noah Harari在《Homo Deus/神人》一書中以先進的演算法為結論。新的演算法已逐漸替代人在診斷、判定和決策上的作用，但我們仍需保有人性、理性、道德的判斷。每個人的思維也可以看作是一種演算法。未來，不同領域的演算法必將碰撞出新的火花，推動文明邁向新的境界。期待我們不懼怕，積極擁抱並塑造這個新世界。

人工智慧在工業生產的應用發展介紹

柏林股份有限公司總經理 / 陳哲生
樹德科技大學資訊學院院長 / 陳璽煌

關鍵字：人工智慧、工業生產、工業 5.0、智慧製造

摘要

隨著科技的不斷進步，人工智慧（Artificial Intelligence，AI）已成為當今工業生產中的關鍵技術。人工智慧的應用不僅提高了生產效率，還可以降低成本以及提供更為安全的生產環境，為工業界帶來了全新的革命性變革。本文將說明人工智慧的發展歷史，之後介紹在工業生產中的各種應用，並分析工業生產導入人工智慧需要注意的資訊安全問題，期許能對國內工業界有所助益。

一、前言

工業發展是一個國家經濟實力的展現，除了生產製造各類物品器具外，並能夠提供民眾的就業需求並促進社會繁榮。因此從18世紀開始至今，人類在200多年的時間裡經歷了五次工業革命，圖1為從工業1.0到5.0的工業革命發展歷程，其主要技術演進由蒸汽、電力、機器人、數據驅動，目前為知識驅動。

第一次工業革命（工業1.0）發生於18世紀中期到19世紀中期約100年間，始於使用水和蒸氣動力將製程機械化，生產力得到了巨大提升。第二次工業革命（工業2.0）在19世紀末和20世紀初發生，電力被導入工廠，透過勞動分工和流水線實現組裝線和大量生產，生產力和生產效率都得到大幅提升，勞動者的技能趨於專業化。

第三次工業革命（工業3.0）起源於1970年代，包含機器人與網路等數位技術開始被導入製程，將許多以前由人類執行的任務

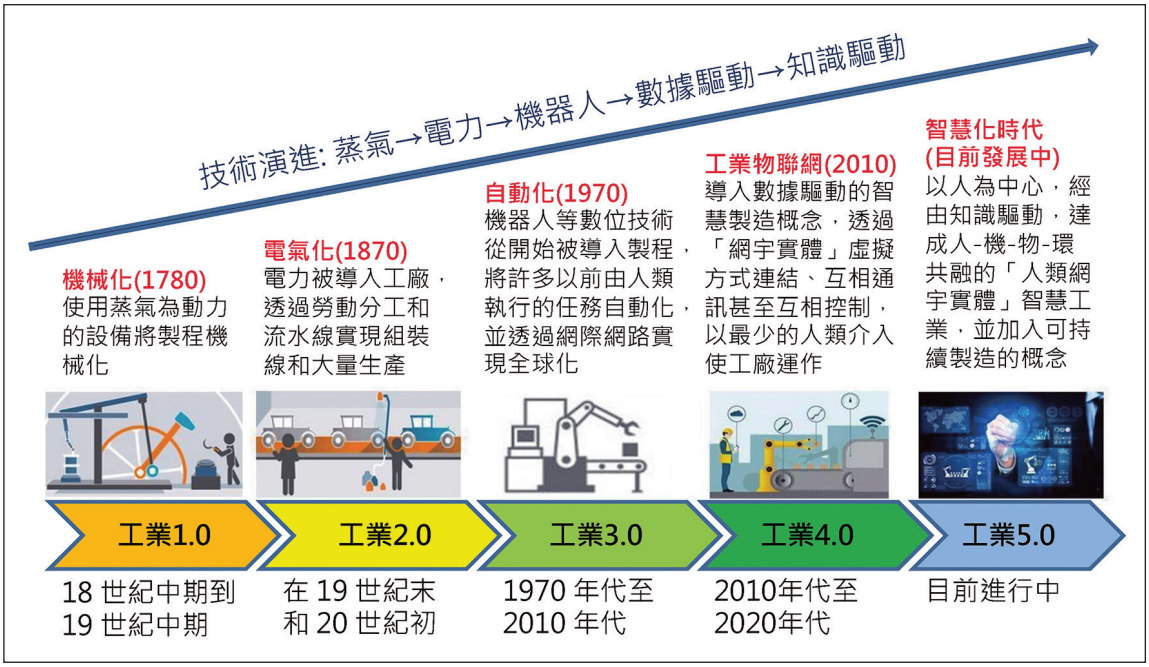


圖 1　工業 1.0 到 5.0 的工業革命發展歷程

自動化，並透過網際網路實現全球化，需要大量體力的工業勞動和具有固定規則的工作被機器和軟體所替代，此期間工廠的生產效率、管理能力與產品品質均獲得大幅提升，工業資料存儲形式開始由紙本檔轉為電子檔，並由電腦系統進行管理。

第四次工業革命（工業4.0）由德國在2011年提出[1]，導入數據驅動的智慧製造概念，透過「網宇實體」（Cyber-Physical Systems，CPS）虛擬方式連結、互相通訊甚至互相控制，以最少的人類介入使工廠運作。工業4.0是以數位世界與物理世界的深度融合為主要特徵。工業4.0一經提出，不僅為歐洲工業的創新、技術發展和數位化轉型提供了正確的指導原則。

但是，注重系統自治的工業4.0也帶來了一系列問題，如人的智慧應該處於什麼樣的角色，人被機器替代後的就業問題該如何解決。實際上，從工業生產過程的安全性、保密性、專業性、領域性、巨大不確定性、社會性和綠色清潔等方面考慮，人的智慧依然扮演了極其重要的角色。同時，工業在促進經濟繁榮的同時也要考量勞工權益的問題，否則可能會產生許多的社會問題；也不應該對環境造成極大的污染和破壞，這樣會影響勞工的健康和人類的生存環境。

此外，隨著2020年全球疫情的爆發給世界各國經濟發展和產業鏈、供應鏈帶來的巨大衝擊，國家乃至全球工業體系應對未知風險的能力也成為一個不可忽視的議題，這也在一定程度上推動了世界主要經濟發達體對未來工業發展的一個再思考，即第五次工業革命（工業5.0），工業5.0擴增工業4.0的概念，以人為中心，經由知識驅動，達成人-機-物-環共融的「人類網宇實體」（Human-Cyber-Physical Systems，HCPS）智慧工業，並加入可持續製造的概念。在工業5.0中，人將與協作機器人（「Cobot」）合作，教導它們完成工作並在它們犯錯時加以糾正。機器將執行簡單、重複性和危險的任務，人則運用複雜、靈活的大腦做出高階決定：例如設計產品和流程時，可能使用「數位雙生」（Digital Twin）做為生產產品的工廠或產品使用環境的虛擬複本。

在工業5.0的環境中，感測器會蒐集資料，具備人工智慧（Artificial intelligence，AI）的電腦則加以處理和分析，最後系統會根據程式演算法和自身的資料庫做出決定，而資料庫中包含過去行為和結果的「記憶」，圖2為工業5.0的智慧製造架構圖[2]。因此，人工智慧技術在工業5.0扮演了一個關鍵角色，以下章節將針對人工智慧的發展歷史、技術以及其在工業生產的應用進行介紹。

二、人工智慧發展歷史簡介

人工智慧（Artificial intelligence，AI）起源於西元1958年，由美國電腦科學家Frank Rosenblatt學者，設計出感知器

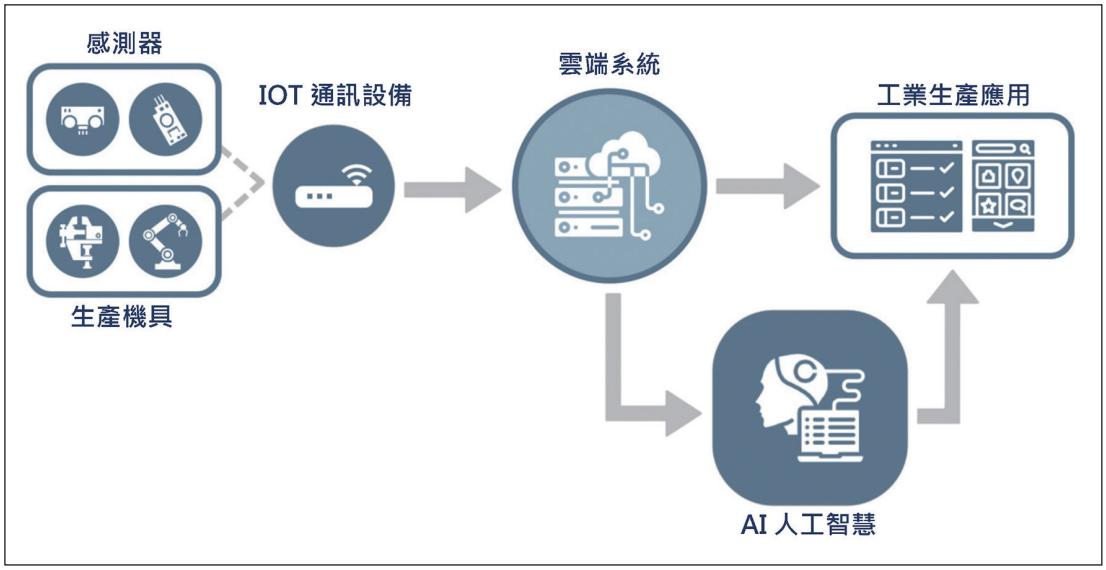


圖 2　工業 5.0 的智慧製造架構圖 [2]

（Perceptron）演算法，其原理參考生物神經元的運作方式，進而建構出感知器演算法，該演算法為一種監督式學習演算法，主要用於二元分類（Binary Classification）之應用，同時該演算法被公認為最早的人工智慧演算法，因此Frank Rosenblatt學者也被稱為深度學習之父，並開啟人工智慧的發展與進程[3]。

雖然早在1950年代已經開始有AI的發展，但當時電腦硬體技術並不足以支撐AI的運算需求，且該年代電腦處理速度非常緩慢，同時受限記憶體和儲存裝置的影響，進而缺乏適合進行大規模並行計算的架構，使得AI技術發展緩慢。近年來，隨著科技日新月異，電腦科學中的軟體和硬體技術都獲得大幅度的進步與成長，因此電腦運算處理能力也呈現指數成長，同時電腦周邊之記憶體和硬碟容量等元件發展相當迅速，促使現今不論是電腦軟體或是硬體，都有能力支援處理大量AI的資料集等數據。

讓AI引起世人關注的新聞事件為1997年5月11日，IBM深藍（Deep Blue）成為戰勝西洋棋世界冠軍卡斯帕羅夫（Garry Kimovich Kasparov）的第一個電腦系統，不過此事件之後並未引起工業界特別注意，一直到2016年3月，由英國倫敦Google DeepMind開發的人工智慧圍棋軟體AlphaGo擊敗世界冠軍韓國職業棋士李世乭，成為第一個不讓子而擊敗職業圍棋棋士的電腦圍棋程式。2017年5月，AlphaGo在中國烏鎮圍棋峰會的三局比賽中擊敗當時世界排名第一的中國棋手柯潔。此時人們已經開始理解，AI的能力可能超越人類，相關的工業研究應用逐步熱絡起來。

在此不得不提輝達（Nvidia）公司在近年AI發展中扮演著主力推手角色，該公司研發出圖形處理器（Graphic Processing Unit，GPU）硬體和統一計算架構（Compute Unified Device Architecture，CUDA）軟體架構，改善了傳統電腦使用中央處理器（Central Processing Unit，CPU）處理大量且複雜的資料集時，執行速度相較緩慢之缺點，而GPU擁有眾多的並行處理單元，能夠同時處理多個運算事件，因此，處理複雜的AI演算法和深度學習模型時，GPU和CUDA架構進行平行運算下，可以在某些情況提升數十倍甚至數百倍的執行速度。

目前AI已經在多個產業領域中出現重大突破性的進展，如影像辨識、語音辨識和自然語言處理（Natural Language Processing，NLP）等應用，尤其是OpenAI公司於2022年11月30日所推出的ChatGPT模型，讓自然語言處理技術再度讓世人看見，同時各產業所需之ChatGPT應用有相當高的期待，希望藉由AI技術的發展，能落實到產業內部，有效解決各項疑難雜症，讓AI不再是紙上談兵的技術。

以下章節將分別說明AI相關的技術和簡介與生成式AI（ChatGPT），以及產業對於AI的應用和發展態勢。

三、AI 相關的技術和簡介

目前學界與業界所使用AI實際上包含了機器學習（Machine Learning, ML）和深度學習（Deep Learning, DL）兩項核心技術，機器學習是AI的一個子集合，是實現AI的其中一種方法，而深度學習則是機器學習的一個子集合，所以是機器學習的其中一種方法，圖3為人工智慧集合示意圖。大多數的AI應用和服務都以機器學習或深度學習之技術作為基礎進行研發，以下將分別說明機器學習與深度學習之技術。

（一）機器學習（Machine Learning，ML）：

機機器學習是人工智慧領域中的一個核心技術，藉由開發演算法和統計學之概念的科學領域，透過演算法和模型訓練，可以讓模型執行資料分析和預測結果[4]。機器學習之模型，主要能夠自主地辨識出資料集中的模式、趨勢和結構等特徵，並利用資料集和訓練集來訓練模型，同時透過學習完成之模型進行預測、分類或做出決策。

機器學習主要透過資料集中，大量的資料樣本，從中學習出資料的趨勢和特徵，並利用各項統計模型和數學函數建構出AI預測模型，且機器學習之模型，隨著資料量的多寡，其模型的預測能力和準確性也會相對性的提

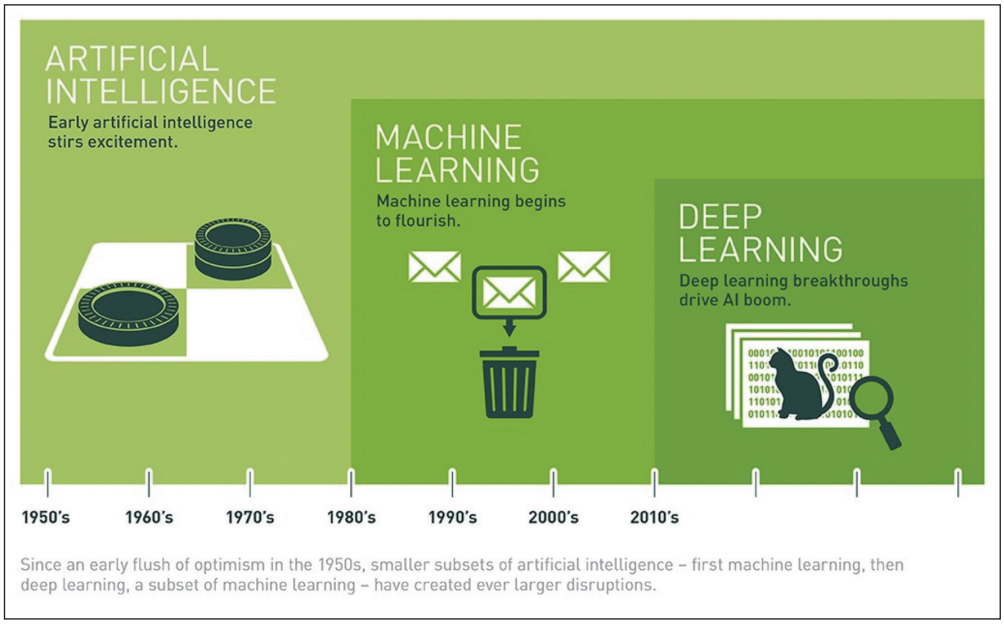


圖 3　人工智慧集合示意圖（Source: Nvidia）

升，則機器學習方法可以分為三種類別：

1. 監督式學習（Supervised Learning），利用帶有標記的訓練資料，進行模型訓練，同時學習資料集特徵和標記之間的關聯性，從而能夠對新的資料進行分類或預測。

2. 非監督式學習（Unsupervised Learning），使用無標記的資料集，藉由演算法得出資料集的特徵，且經由該特徵產生出AI模型，並進行預測資料分類或分群；最後，強化學習（Reinforcement Learning），是藉由預測錯誤的結果進行模型之訓練，利用和資料集的交叉學習，以便得知如何選擇預測結果，才會帶來最佳的策略，使得以獲得最大的效益。

近年來，機器學習技術相當成熟，因此產業應用範圍相當廣泛，如醫學影像辨識和語音辨識等應用，倘諾資料集中無雜訊，且資料前處理非常完整下，透過機器學習技術，均有很高的機率能夠自動辨識出物體、人臉、語音指令等事件。在自然語言處理領域，機器學習能夠進行語言翻譯、文件分類、情感分析等服務，其中，自然語言處理在語言翻譯之應用特別出色。在推薦系統中，機器學習可以根據使用者的偏好和行為模式提供客製化的推薦，如醫學領域經常使用機器學習於疾病診斷等應用，提供更準確的分析和預測，降低醫師誤判疾病之情形。金融領域也廣泛應用機器學習，用於風險評估、股票市場預測等。

（二）深度學習（Deep Learning，DL）：

深度學習一種基於類神經網路的機器學習方法，藉由模仿人類大腦的神經網路結構和工作模式，進行資料處理和學習，深度學習的核心思想是通過多層（Layer）的神經網路架構，從資料中自動學習並提取出特徵，藉以實現各種複雜的預測和資料分析，則深度學習的關鍵為類神經網路（Artificial Neural Network，ANN），ANN是由多個神經元所組成，這些神經元相互交叉連接，進而形成神經網路，並通過權重和偏移值等參數調整，提升預測結果的準確性，則深度學習中的神經網路往往包含輸入層、隱藏層和輸出層，其中，隱藏層之設定通常不單只有一層，且輸入層、輸出層和每個隱藏層都由多個神經元組成，形成一個深層的架構，因此稱為深度學習。圖4為深度學習網路架構示意圖。

深度學習的優勢在於能夠處理大量的資料和高維度的內容，並從中學習到更抽象和高層次的特徵，如醫學影像分析，藉由深度學習可以幫助醫師在醫學影像中檢測和診斷出疾病，如腫瘤檢測、病理分析等應用，且深度學習在醫學影像分析中能夠準確的分析出重要資訊，因此對於醫學診斷具有重大的幫助。

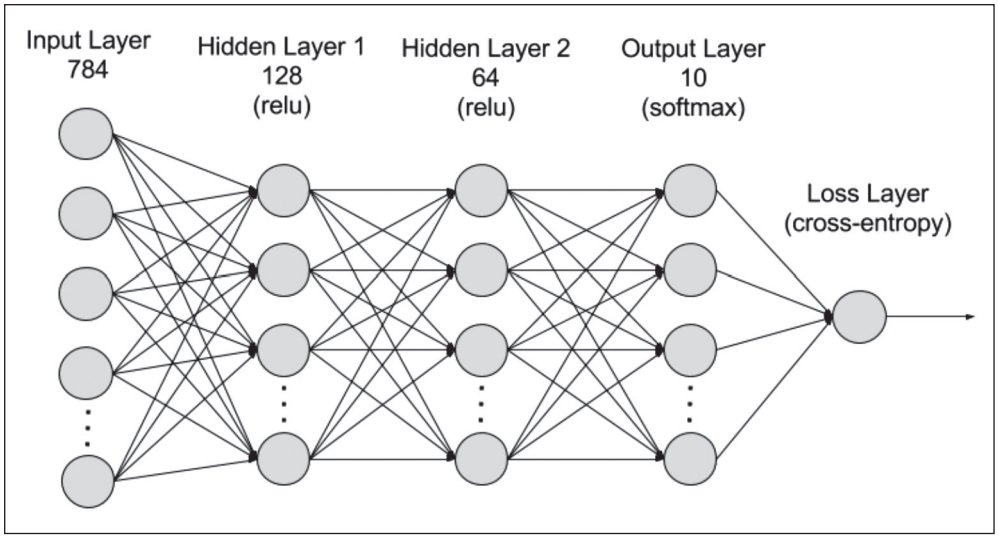


圖 4　深度學習網路架構示意圖（Source: AWS）

同時，深度學習在開發過程中，經常使用反向傳播（Back-propagation）演算法進行訓練，該演算法通過對網路的權重和偏移值進行調整，以最小化模型之預測結果與實際結果的之間差距，則反向傳播利用梯度下降（Gradient Descent）的方法，計算出神經網路的預測結果和實際結果之最後一層梯度，並將梯度從輸出層向前傳遞至每一層，根據連接權重和激勵函數的導數，計算出前一層的梯度，藉由反向傳播之遞迴，計算出整個神經網路中，每個神經元的梯度，進而獲得整體網路的梯度資訊，並更新每個神經元之權重，同時優化模型預測性能。

隨著電腦硬體運算能力大幅提升與大數據的普及，深度學習在各個領域得到了廣泛應用，如卷積神經網路（Convolutional Neural Network，CNN），應用於影像辨識。則遞迴神經網路（Recurrent Neural Network，RNN）在語音辨識和自然語言處理中也取得重要的進展。此外，深度學習還被應用於自動駕駛、醫學影像分析、金融預測等領域。

四、生成式 AI 與 ChatGPT

生成式AI是一種基於深度學習的人工智慧技術，可以生成自然和流暢且有邏輯意義的文件或文章等文字，則該AI模型的目標是模擬人類語言生成能力，並進行對話和文字交流。生成式AI通常藉由兩個階段方式進行訓練，分別為預訓練和微調階段，在預訓練階段，使用大量的文章資料集進行模型的自我訓練，學習文章的結構和上下文關係，接下來，透過微調階段，使用特定領域的資料集進行監

督式學習，藉以生成符合特定條件的回應要求。生成式AI利用語言模型和注意力機制，評估文字上下文排列的機率，並挑選機率最高之文字進行接龍，進而生成回應訊息。

近期相當熱門的生成式AI之應用為ChatGPT，其全名為Chat Generative Pre-trained Transformer，中文譯為「聊天生成預訓練轉換器」。ChatGPT使用深度神經網路進行實作，其訓練過程可以分為兩個主要階段，分別為前述說明的預訓練和微調階段，預訓練階段，通過大量的文章資料集，進行監督式的學習方式，學習語言的敘述特徵和模式，並藉由預訓練模型，大量的預測文章架構，如填充文章空白，亦或是下一個句子等內容，進行自我訓練，以便學習文章的上下文結構。則預訓練完成後，模型進入微調階段，該階段使用特定領域或其它相關的資料集進行監督式學習，使模型適應於特定語言之對話和文章內容，這意味著模型會參考人類的對話產生出資料，並在訓練過程中不斷調整權重和參數，以便更符合特定需求之回應。

生成式AI的關鍵技術為語言模型，則語言模型是一種統計模型，可以評估給定文章前後關係之排列順序的機率，並在對話中，模型將根據文字上下文，進行預測下一個單字或句子的機率分佈，並選擇最高機率的單字或句子進行回應。此外，生成式AI還利用注意力機制（Attention Mechanism）來關注輸入文章中重要的部分，以利提高生成回應之準確性和一致性。

生成式AI在各個領域和應用中具有廣泛的應用價值，可用於智慧交談系統、虛擬助手、客服機器人、自動回答等服務應用，同時為用戶提供客製化，且自然流暢的即時回應。然而，由於生成式AI是一個相當自由的生成AI模型，因此也需要考慮其潛在的風險和倫理問題，如產生不當內容和誤導性回答都必須進行監管和修正。

五、產業對於 AI 的應用和發展態勢

根據前述AI相關技術的說明與簡介，可以發現AI在近年來發展相當迅速，且快趨近於成熟的階段，特別是工業5.0將焦點放在智慧工廠內的「人機協作」目標，透過AI協助工人的模式，製造商可在生產過程中保留人的想法並同時享有先進技術的優勢。

根據DATA BRIDGE研究報告指出，製造業的AI應用將在2022到2029年間以17.20%的速度增長，預計會在2029年達到53億美元的市場規模[5]。同時生成式AI也會對產業帶來龐大的商業價值，如2023年ChatGPT帶動起AI聊天機器人風潮，根據MM Research Institute機構調查，美國企業約有51%的員工使用生成式AI解決工作上之問題[6]，且許多產業期望導入ChatGPT技術到自家產品中，提升商品的價值和競爭力[7]，根據PitchBook預估，現今企業級的生成式AI應用市場規

模，將從430億美元，擴大至2026年的980億美元，甚至在2032年將會增加至1.3兆美元，同時經濟學人也指出在最佳的情況下，生成式AI可讓全球企業軟體年度營收增加約4,300億美元[8]。目前AI技術在工業生產的應用包含以下四個面向：

1. 自動化製造

傳統的製造過程通常需要大量的人力參與，現在AI技術已經使得許多製造過程可以實現自動化。機器人、感應器和視覺系統的結合使得生產線的各個步驟都可以自動執行。這不僅提高了生產，也降低了製造成本，同時提高了生產的精確度和一致性。

2. 預測性維護

利用AI技術，工廠可以實現預測性維護，這代表設備和機器可以在故障之前進行自我檢測，從而預測可能的故障並進行修復。這不僅減少了大約時間，還節省了維修成本，使生產更加穩定可靠。

3. 智慧供應鏈管理

人工智慧也被廣泛評估供應鏈管理。利用AI的預測分析功能，企業可以更好地預測市場需求，優化庫存管理，並確保生產和產品的高效率。這樣，可以讓企業更快適應市場變化，提高客戶滿意度。

4. 品質控制和品質檢測

人工智能技術，特別是機器學習和電腦視覺，已經在製造業的品質控制和品質檢測方面取得了重大突破。這些技術使得工廠能夠自動檢測產品的缺陷，並能夠及時調整生產流程，確保產品品質一致性。

例如2023年德國賓士（Mercedes-Benz）車廠宣布與微軟（Microsoft）合作，將ChatGPT導入MBUX多媒體系統，實現人車交談的應用，利用近期相當熱門的ChatGPT之生成式AI，整合到旗下車款的MBUX車載系統中，這項合作是全球首度將ChatGPT導入車輛市場中，並透過Azure OpenAI服務與MBUX系統相互整合，使原本只能處理預先設定MBUX語音內容之外，同時透過ChatGPT回答其它五花八門問題，從而大幅提升語音互動性。

憑藉ChatGPT的強大語言模型，能夠提升現有MBUX系統的理解能力，並擴展應用至其它主題，使車主在駕駛時，能夠輕鬆獲得來自ChatGPT的相關建議（駕車知識、故障維修等解答），達成更便利的使用情境，同時駕駛人無須將雙手離開方向盤，即可透過語音進行對話，即可提升駕駛的便利性和安全性，從而提升人車語音互動體驗。

雖然大幅提升MBUX車載機互動，但在互動的過程中有許多使用者，相當關心使用生成式AI之ChatGPT是否有隱私問題，其OpenAI在官方文件已表明ChatGPT不會收集使用者相關資訊，但賓士原廠更進一步採取

結合微軟的資安隱私保系統，透過匿名方式將資料送至雲端進行分析，以解決使用者對於隱私之疑問[9, 10]。圖5為賓士MBUX車載系統示意圖。

另一個應用ChatGPT的產業為金融科技業，在客戶端，可以將ChatGPT應用於AI智慧聊天機器人，利用生成式AI能夠回答客戶的問題並提供即時支援，進而有更好的客戶服務體驗，同時，更可以運用於金融趨勢的產出相關報表和風險評估，藉由ChatGPT分析大量的金融研報等數據，使得產出金融市場整體趨勢與發展報告，有助於提供客戶在投資時的操作決策，則風險評估可以提供金融市場中潛在的金融風暴等危險因子，降低客戶投資時的損失[11]。

在銀行端，可以透過ChatGPT自動化產生金融相關財務報表、市場評論等新聞稿，一來可以提供客戶相對豐富的金融資訊內容，同時減少大量人力在於撰寫金融報告的時間和成本。此外，銀行業者也可以透過傳統的AI機器學習模型，提供客製化的金融服務，藉由分析客戶的投資數據，進而提供客製化的投資建議、財務規劃和風險管理策略等服務。

圖 5　賓士 MBUX 車載系統示意圖（圖片來源：8891 汽車）

最後，AI在金融科技領域中的應用還包括防範詐騙和洗錢等非法行為，則金融機構面臨著不斷演進的詐騙和資訊安全風險，對於客戶的來說資金安全至關重要，因此透過AI可以分析出異常交易和可疑活動，從而提升詐騙檢測的準確性和效率，且還可以應用AI於身份驗證和生物辨識技術，提供更安全的金融交易和數據保護。

雖然運用AI的工業5.0智慧製造技術具有即時反映問題、減少環境影響、優化供應鏈營運等優點，但也因為導入AI的工業5.0免不了會應用雲端計算技術，也增加了工業5.0的資安疑慮。根據趨勢科技的工業網路安全報告指出[14]，61%的製造業曾經歷過資安事件，其中75%的資安事件造成生產系統中斷，進而導致43%的製造工廠發生四天以上的停擺。由此可知，隨著製造業邁向智慧工廠的趨勢上升，製造商以數據、訊息和技術來協助生產的現象明顯提高，也代表製造業將面臨更嚴峻的資料安全風險，需要有對應的預防措施。

六、AI 在塗料產業的應用介紹

人工智慧在油漆和塗料行業發揮著不同的作用。從開發耐腐蝕和耐磨塗料到提高塗料的附著力和增強塗料的自潤滑性，人工智慧可以幫助對材料特性進行必要的研究並創造新的化學成分。人工智慧和機器學習演算法正用於對不同類型塗料的特性進行資料建模。

油漆和塗料的特性、基於市場需求的價格波動、環境影響、替代材料等因素也可以使用人工智慧和機器學習技術來確定。事實上，電腦視覺和人工智慧可以用來開發智慧塗層。透過了解材料中微觀結構的功能，製造商不僅可以製造出更耐用、品質更好的塗料，還可以優化生產以降低投入成本。

加州州立理工大學（California Polytechnic State University）西部塗料技術中心和化學與生物化學系助理教授Erik Sapper表示，人工智慧可以透過多種方式應用於任何塗料的合成或配方研發。例如機器學習模型可用於在實驗室物理製造任何材料之前預測樹脂或配方性能。此外，聚類和分類演算法可以尋找現有資料中的趨勢或模式，識別可在以後的實驗中利用的新啟發法或經驗法則[13]。

Erik Sapper教授表示，現代人工智慧技術可從數據中學習並尋找模式，就像人類一樣。「他們可以從大量提供的數據和逐滴模式插入的數據中學習，就像研究人員在實驗室運行新批次時所做的那樣，觀察和分析數據，並調整他們解決問題的方法。人工智慧學習模型還可以利用現有的化學或物理模型。「當你建立人工智慧工作流程時，不需要將幾個世紀的科學學習和發現扔到窗外。」Erik Sapper教授表示“相反，新的人工智慧工作流程可以圍繞組織內已有的機構和特定領域的知識構建。”同時，在實驗室進行試錯實驗之前，使用人工智慧和機器學習進行電腦模擬合成和配方來預測樹脂和配方特性，也增強了永續性。

人工智慧和機器學習在油漆和塗料行業中的作用不僅限於研發。它還可以用於配色和創造新的色調，幫助客戶根據自己的需求選擇合適的顏色，為目標受眾制定正確的行銷策略，簡化供應鏈，增強客戶體驗。韓國塗料公司KCC公司開發了一種名為K-Smart的基於人工智慧的配色和設計系統，只需五分鐘即可完成任意組合設計的調色板。該公司使用了五十年的數據來開發這個人工智慧模型。以下為國際知名塗料生產大廠使用AI的案例介紹。

（一）宣威威廉斯（Sherwin Williams）公司：

全球第一大塗料公司美國宣威威廉斯（Sherwin Williams）在2022年宣布提供一款利用人工智慧創建個人化調色板軟體，並命名為「Speaking in Color」。該軟體可以讓

使用者透過自然語言方式來描述用戶對於顏色的需求，進而找他們心目中完美的顏色產品。圖6為「Speaking in Color」的軟體操作畫面[12]。

如果建築師想要建造一座與紐約市夏季日落顏色相匹配的建築，他們必須仔細研究為工業設計的數百張色卡，才能獲得接近的顏色，要透過人力找到完全匹配的內容是一項艱鉅的任務。但宣威威廉斯公司推出「Speaking in Color」人工智慧語音控制工具可以改變這一現狀。「Speaking in Color」屬於React Web的應用程式，由Wunderman Thompson機構開發，使用自然語言透過第三方和專有代碼找到使用者喜歡的顏色。該工具的自訂演算法可讓使用者調整顏色，將「使其調暗」、「增加溫暖」或「更像1980年代」等語句轉換為數學調整。

宣威威廉斯的行銷經理Christian Zimprich表示，「Speaking in Color」是該品牌過去幫助建築師玩轉和開發新顏色工作的重大演變。該產品贏得了2022坎城國際創意節首屆創意B2B大獎。

（二）立邦塗料控股公司（Nippon Paint）：

日本立邦塗料控股公司於2017年推出了一項名為「Paint New Happiness」的活動，利用人工智慧與消費者建立聯繫。該活動的目標是克服塗料作為問題解決產品的傳統聯想，並將其定位為高度個人化的產品。人工智慧推薦引擎分析來自連接的社交帳戶的多個數據點，以開發基於行為的個人資料。

然後，該配置檔案被用於從Nippon Paint的顏色庫中創建生活調色板和虛擬情緒室。這產生了個性化的調色板，反映了人們的生活時刻和重大事件，如婚禮、出生、退休、畢業、里程碑生日或週年紀念日。立邦塗料

圖 6　Speaking in Color 操作畫面 [12]

集團行銷總經理Alex Yoong表示「數據和技術使我們能夠更深入地了解消費者。人工智慧工具分析使用者偏好、人生階段和關係，即時推薦最接近他們生活的調色板。」。

（三）巴斯夫塗料公司（BASF）：

德國巴斯夫塗料公司開發了一種汽車修補漆解決方案的軟體，該軟體使用人工智慧技術應用到油漆配色過程中，可提高配色過程的效率和準確性。該軟體使用機器學習演算法從先前開發的顏色配方中實現其顏色匹配能力。隨著時間的推移，巴斯夫生產出新的配色，智慧系統會從中學習；然後自動並以指數方式將學習結果應用到新顏色的匹配中，從而提高顏色匹配的速度和精確度。

巴斯夫塗料公司的人工智慧開發團隊利用來包含來自日本、澳洲、中國、巴西、法國、德國、印度、西班牙、義大利和美國全部十個巴斯夫汽車修補漆實驗室的色彩數據配色資訊來訓練人工智慧軟體。目前，巴斯夫的人工智慧配色系統僅在巴斯夫內部使用。未來，巴斯夫計劃向全球汽車修補漆客戶提供該系統。

七、結論

根據前述分析，產業界可利用AI技術來執行重複性和繁瑣的任務，從而提高效率和生產力，同時透過AI系統的預測，可以有效幫助企業降低成本與風險控管，且利用自動化流程減少人力資源需求和作業上出錯的風險。此外，AI也可以提供準確的數據分析，幫助企業更好地管理風險，做出明智的決策。則在客戶端可以增強客戶體驗，利用AI開發出智慧助手、虛擬客服系統等工具，以提供更好的客戶體驗，進而提升客戶滿意度和忠誠度。

人工智慧在塗料行業中的作用不僅限於研發。它還可以用於配色和創造新的色調，幫助客戶根據自己的需求選擇合適的顏色，為目標受眾制定正確的行銷策略，簡化供應鏈，增強客戶體驗。此外，油漆和塗料行業配方優化的重要性在於其能夠提高最終產品的品質和有效性，同時降低生產成本。

在使用傳統方法時，公司必須經歷大量的試驗和錯誤。因此，配方往往不理想、耗時且昂貴。近年來，借助人工智慧，塗料產品優化變得更有效率和準確。人工智慧演算法可以分析大量有關原材料、配方和產品特性的數據，以識別最有效的組合併即時優化配方。以下是人工智慧幫助塗料公司配方優化的四種方式：

1. 預測建模：透過使用人工智慧演算法的預測模型，油漆和塗料製造商能夠模擬不同原料和配方如何相互作用；然後預測最終產品的性能和特性。這有助於優化配方並消除大量測試的需求。

2. 數據分析：塗料公司能夠透過使用人工智慧演算法對原材料、配方和產品屬性來分析大量數據，以識別模式和相關性。因此，識別能夠提高性能和降低成本的新原材料變得更加容易。

3. 流程優化：人工智慧演算法還可以優化生產流程，減少浪費和能源消耗。並且能有效地應對不斷變化的市場需求和客戶需求。

4. 品質管制：人工智慧演算法使塗料行業能夠快速找出缺陷和品質問題，並確保在其投放市場之前進行修正。

人工智慧、機器學習和大數據分析將繼續在油漆和塗料行業中發揮至關重要的作用。隨著工業5.0的普及，工業生產廠商必須進行數位轉型並投資人工智慧工具、物聯網設備等，才能在市場競爭中生存。

參考文獻

1. Plattform Industrie 4.0 - Startseite（plattform-i40.de）
2. 洪哲倫、張志宏、林宛儒，工業 4.0 與智慧製造的關鍵技術：工業物聯網與人工智慧，科儀新知 221 期 108.12，pp.19-25
3. 李開復、王詠剛，人工智慧來了，遠見天下文化出版股份有限公司，2017 年
4. 什麼是機器學習？ https://aws.amazon.com/tw/what-is/machine-learning/
3. Global Artificial Intelligence (AI) in Manufacturing Market - Industry Trends and Forecast to 2029, DataBridge. ICT, Jan 2022.
4. “調查：日企 ChatGPT 使用率僅 7%，遠低於美企”，https://technews.tw/2023/06/14/chatgpt-japan-enterprises/
5. “全球瘋 AI 帶旺科技股”，https://money.udn.com/money/story/5618/7062889
6. “研究：2026 年企業生成式 AI 規模上看 980 億美元”，https://www.moneydj.com/kmdj/news/newsviewer.aspx?a=0c785de1-6b51-4be3-8523-ae68c1361b4f
7. https://tw.news.yahoo.com/ 賓士與微軟合作將 -Chatgpt- 導入 -mbux- 多媒體系統實現人車對談的未來移動模式 -075122257.html
8. “賓士把 ChatGPT 搬上車了！即刻起開放美國車主體驗”，https://today.line.me/tw/v2/article/wJza0vY
9. “ChatGPT 應用在金融科技領域可以帶來什麼改變”，https://www.webcomm.com.tw/blog/chatgpt-fintech/
10. 「Speaking in Color」https://www.wundermanthompson.com/work/speaking-in-color
11. Facilitating Coatings Product Development with Artificial Intelligence, https://www.paint.org/coatingstech-magazine/articles/facilitating-coatings-product-development-with-artificial-intelligence/
12. The State of Industrial Cybersecurity, A Trend Micro White Paper | March 2021

5G 企業專網於智慧工廠垂直應用之發展與趨勢

中華電信學院高雄所博士 / 陳益源
中華電信學院高雄所博士 / 許毓仁

關鍵字：5G 企業專網、智慧工廠、邊緣運算、網路切片、人工智慧

摘要

隨著台灣5G開台後，5G企業專網與智慧工廠的垂直應用正持續迅速發展中，深刻影響國內相關產業。5G技術具備三大特性，包含超高速的下載和上傳速度、極低的通訊延遲、可同時連接大量設備，特別適合應用於任何工廠場域，專網結合邊緣運算、網路切片、人工智慧和大數據分析，可建立具有高速數據傳輸和即時回傳資料功能的智慧工廠，讓工業4.0成為可能，從而提升製造效能並優化整體產能，5G企業專網將在製造業中驅動著數位轉型的浪潮，藉此提升整體製造效率和產業升級。本文將介紹5G企業專網應用於智慧工廠中多種架構與相關垂直應用服務，以及未來的發展與趨勢。

一、前言

隨著5G行動通訊技術的不斷演進，5G網路所具備的高速大頻寬、極低延遲以及廣泛大連接的特性，將改變人們未來生活、工作、娛樂和產業等各領域。創新型態的5G應用服務，如5G企業專網所提供的智慧工廠、智慧醫療以及智慧交通等也正逐步驗證測試這些應用服務的可行性，並不斷優化其與5G網路的整合，以實現未來落地朝商業化的發展。同時，5G對於滿足新興技術如人工智慧（Artificial Intelligence，AI）、物聯網（Internet of Things，IoT）和工廠自動化（Factory Automation，FA）等所需的高流量需求，以及支援多種應用程式如智慧聯網的交通控制、無人機應用、高解析度影片串

流和遠端協作等，都具有無限的潛力，因此5G的引進將有助於改變職場，並推動產業發展，重新定義人們的生活與工作方式。

二、5G 企業專網之智慧工廠應用

5G企業專網是指在特定場域實現網路信號覆蓋，對該工廠內的特定用戶提供通信服務的專用網路，與5G的公眾網路（或稱公網）相比，專用網路（專網）的區別主要在於專網在為智慧工廠內的特定設備和系統提供服務，以提升生產效率和管理效能。5G企業專網在智慧工廠中應用廣泛，可採用獨立運作的網路型態，與那些涵蓋大範圍的商用網路截然不同，這種專網具有整合平台，能夠支援人工智慧（AI）和物聯網（IoT）等技術應用，例如在智慧工廠的場域中，如生產線、設備監控系統以及原料倉儲，都可以透過5G企業專網的本地專用網路，實現智慧化和即時監控，以提升生產效能、品質管理和工廠管理的各種應用。中華電信提供的5G企業專網服務，有助於智慧工廠實現生產線的靈活調整和即時資料傳輸，進一步優化產能和作業效率[1-2]。在智慧工廠中，結合5G mmWave毫米波技術、人工智慧和大數據分析，更可以建立具備智慧化整合能力的製造環境，從而實現更高效的生產和製造流程，如圖1 [3]。

在智慧工廠中5G專用網路於工廠中，其優勢包括能夠完全掌控公司營運模式，減少對電信網路供應商的依賴，能快速有效地回應業務需求，擁有足夠的網路覆蓋範圍和容量，這種專用網路具備強大的訊務切換能力，能夠提供5G的高速率、低延遲等應用服務，也支援在有限時間內可靠地傳輸大量資訊的能力。在不同工廠場域中，可以根據需求整合部署配置網路，維持服務的連續性，例如與智慧安防服務需求相結合，專用網路可以從專網切換到公網，實現緊急救助目的[4]。此外專用網路在專用頻譜上運作，擁有獨立的數據處理和儲存能力，以實現更好的控制和服務品質，並能針對特定需求提供客製化的性能和資源使用。對於企業來說，專用網路可以建置滿足任務需求並具備安全策略的網路，通過網路隔離資料來保護設備和用戶身份，確保關鍵資產的安全，這樣的網路環境提供了全面的端到端安全性，確保基礎架構和人員免受各種威脅，這些特性讓智慧工廠能夠更有效地實現生產管理和資訊保護的目標，如圖2。

利用5G企業專網帶來許多優勢，如在智慧工廠的應用中，5G企業專網能夠區隔

圖 1　5G 企業專網在智慧工廠的應用

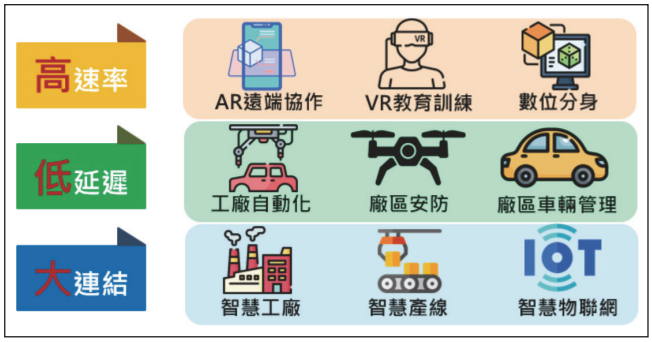


圖 2　5G 企業專網智慧工廠應用

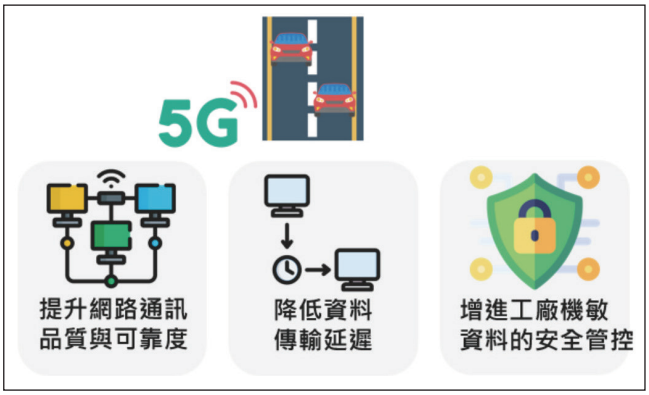


圖 3　5G 企業專網應用在智慧工廠的優點

網路，提升工廠內的網路品質，使得敏感資料僅在內部傳輸，這有助於提升網路的安全性。因為工廠內部資料能夠在近端位置處理，所以可以縮短資料傳輸的時間，滿足低延遲的需求。透過5G企業專網，電信業者能夠為智慧工廠提供高度安全性和品質的專網服務，同時也能夠根據不同工廠的需求，運用多接取邊緣運算（Multi-access Edge Computing，MEC）和網路切片（Network Slicing）等技術，打造出適合的工廠內的網路服務，對於有預算和網路服務內容需求的智慧工廠而言，可以與電信業者進行協商與測試，以選擇最適合的解決方案，充分運用5G技術的優勢，提供客製化且創新的服務給客戶，如圖3。

在建置5G企業專網方面，有兩種主要方式，其中一種是企業向國家申請5G專用頻段，來自行建立本地的5G專網；另一種途徑則是由行動營運商根據其公網基礎，協助企業建構專屬的5G專網，這種專網在架設時，可以運用網路切片和邊緣運算等技術，從而

將5G專網劃分成多個虛擬網路，為企業用戶提供差異化的服務。其中最大的優勢之一便是網路切片技術，是允許5G網路供應商和企業管理者將網路切片作為多個虛擬網路來使用。5G網路切片指的是在同一個實體網路架構下，建立了端到端，可根據需求客製化，且互相隔離的邏輯網路，來支援不同業務和用戶群體的獨立運作，提供差異化的網路服務。對於智慧工廠等應用場景而言，5G網路切片的應用將使工廠能夠針對特定應用場景，提供更準確的服務品質，包括了語音通訊、高解析度視訊傳輸以及來自工業物聯網感測器的數據，尤其對於需要提供高度可靠服務的工廠產線而言，可以考慮將特定的用戶或設備優先納入5G網路切片的應用，如圖4 [5]。

有關多接取邊緣運算MEC技術，是在行動網路的邊緣節點提供運算和資通訊服務的技術，各家網路營運商可根據自身網路環境規劃相關服務。這種技術的核心概念，是在行動基地台附近的機房建立輕量級運算資源，並將涵蓋於該基地台的網路流量導入系統進行處理，當設備連接上無線接取網路（RAN），數據封包首先流至RAN中的MEC系統進行信號分析，若該用戶處於本地MEC範圍內，系統將攔截該用戶的數據封包，轉發至MEC系統中的應用服務進行處理。若不屬於該MEC管轄的用戶數據，則轉送至後端骨幹網路和電信核心網路（Core Network）進行處理，如圖5 [6]。

在工廠內，工業物聯網裝置在運作時會產生大量的感測資料，這些資料經常在經過運算和分析後，變成重要的指令判斷參數。舉例來說，在生產線上，可以收集機器溫度、振動和轉速等生產過程資料，透過分析運算和比對特定規則條件，得到的結果會被回饋給生產設備，以執行相應的應對動作，例如在機器溫度過高時進行降溫，異常振動

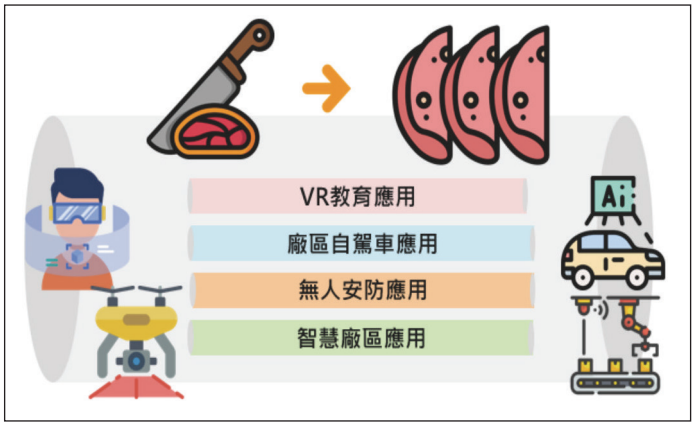


圖 4　5G 網路切片在智慧工廠的應用

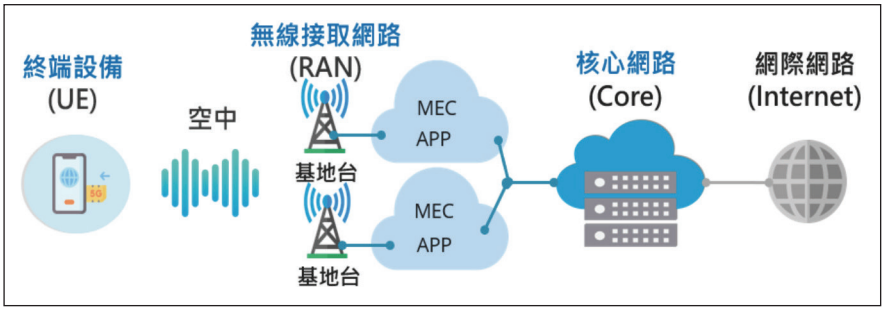


圖 5　MEC 與 Core 網路連接架構

時停機等。然而，若使用雲端物聯網架構，生產端資料需要透過核心網路傳輸到遠端進行運算，再回傳指令至生產端，這可能會產生傳輸延遲。物聯網的邊緣運算則將雲端集中式架構放在邊緣節點機房，能就近進行感測資料運算，減少傳輸延遲，確保資料安全性和在地儲存等優點。由於節點機房空間有限，MEC機房中的應用服務系統採用輕量化架構，企業專網整合方式多樣，可選擇不同廠商的設備，也可運用虛擬化、雲端化、微服務等技術。市場趨勢則朝向開放式架構發展，使企業能更靈活建構5G企業專網，以符合多樣需求，研究機構ABI Research報告指出，2030年企業垂直應用領域使用5G專網市場規模將達1,090億美元（逾新台幣3兆元），2022年起是關鍵時刻，包含透過各種PoC模式讓5G專網落地在各行各業，並證明5G專網效果[7]。

三、5G 企業專網架構

中華電信的5G企業專網產品服務，可根據應用場域和客戶需求的不同，提供四種不同類型的選擇，分別是專屬一型至專屬四型的企業專網，這些專網採用多種核心網路技術，包括4G、5G NSA（Non-Standalone）和5G SA（Standalone）。除了中華電信，其他公有雲業者如微軟的Azure Private Edge Zone、Amazon AWS的Private 5G，以及一些核心網路軟體廠商如Druid和Mavenir，也推出了5G SA企業專網方案，以參與5G專網相關業務的競爭。中華電信對於企業專網的產品設計考慮了不同的應用場域需求，並提供多種選擇，以協助企業實現數位轉型與產業創新，特別是在智慧工廠、醫療、文化創意和城市治理等。

（一）中華電信專屬一型共用型 5G 企業專網 [8]

在5G架構下，企業可以透過Edge Cloud方式來實現智慧工廠的企業專網部署，此方式涉及建置User Plane Function （UPF）負責封包的路由以及轉發，讓行動終端設備能

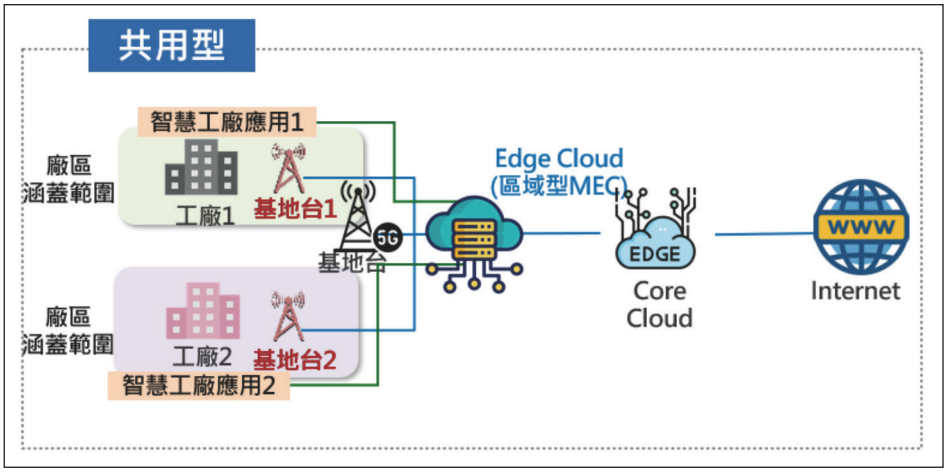


圖 6　中華電信專屬一型共用型 5G 企業專網應用於智慧工廠架構

夠通到外部網路的元件於Edge Cloud，並與Core Cloud的Session Management Function（SMF） 負責連線管理，包含建立、釋放與修改連線的網路元件進行連接，以提供本地卸載服務。圖6顯示專屬一型企業專網的架構，多家工廠可以共用同一個Edge Cloud，應用服務可放置於Edge Cloud。本地服務的封包將被傳送至本地端，而不屬於本地服務的封包則會經由Core Cloud傳送到Internet。這種架構需要由電信業者來建置UPF，相關網路元件需要進行局部設定，而維運和資訊安全則由電信業者負責。此類型適合部署在電信業者自建的邊緣雲機房，這樣工廠可以將應用服務放置於Edge Cloud，無需負擔核心網路設備和網路維護的成本，並且維運技術門檻較低，適用於特定案例的中小型工廠，其應用領域包括生產線產品資料的收集和分析、製程優化、倉儲管理、無人搬運車，以及提升營運效率的遠距辦公和遠距操作等。

（二）中華電信專屬二型專用型 5G 企業專網 [8]

利用MEC於行動網路邊緣雲，直接從基地台取得數據資料，以減少核心網路的負擔，在本地端進行高解析度的影像處理和數據發送，就不需等待遠端伺服器回應，這種方式可降低延遲，能夠更靈活、快速與安全地提供新的應用與服務，從而讓使用者獲得更佳的體驗。這種方式的優點在於方便部署，可以在用戶專屬機房、基地台端或不同地區的集中式機房進行部署，同時提供了數據封包導引流量功能，如圖7。目前這種方式已經被應用於4G和5G NSA等企業專網環境，同時也適用於5G SA專屬二型企業專網

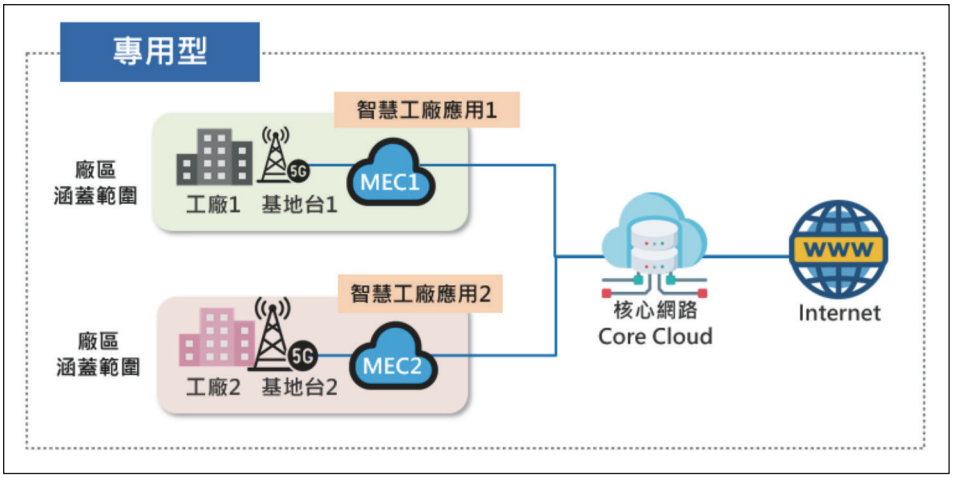


圖 7　中華電信專屬二型專用型 5G 企業專網應用於智慧工廠架構

架構。在企業的廠區內，可以建置專用基地台和專屬MEC，使得範圍內的用戶可以連接到工廠的應用服務，由MEC提供本地卸載功能。建置MEC可以快速實現工廠專網部署，並且不需要基地台與核心網路配合進行額外的局部設定。另外資料安全方面，通過專用基地台使得資料由基地台後端透過MEC進入工廠內網，用以區分工廠內外區域，這種方案適用於較小範圍的應用場域，如工廠內網、智慧工廠、智慧安防、多視角即時監控和AR/VR教育訓練等。

（三）中華電信專屬三型獨立型 5G 企業專網 [8]

此型式的企業專網架構，如圖8所示，在企業總部架設了私有的小型獨立核心網路和專用基地台，視工廠場域的範圍，可以設置多個專用基地台。行動網路營運商提供獨立的SIM卡給用戶，僅能使用特定的SIM卡註冊到私有的獨立核心網路，整個網路由總部端的獨立核心網路統一管控，因此企業對網路的掌握度最高，確保企業內部服務伺服器的資料傳輸在內部網路中進行，有助於保障機敏資料的安全。如果大型工廠在不同地區且有分部，可以在每個分部設置MEC設備，透過專線連接到位於企業總部的小型獨立核心網路，由一個獨立核心網路設備和多個分部的MEC設備組成企業專網。對於企業專屬的小型核心網路和專用基地台，企業需要負擔網路維護和設備成本，維運技術要求較高，因此適合公家單位或那些重視機敏資料保護和資訊安全的製造業、醫療業等。例如，在工廠的產線專網中，可能專注於延遲性能和裝置連接數量，而在即時智慧監控的專網中，則更關注大量資料傳輸，特別注

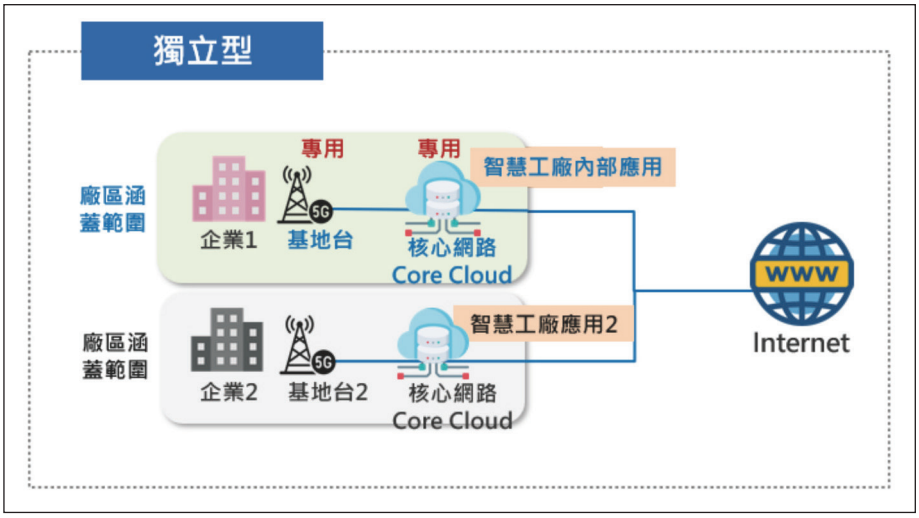


圖 8　中華電信專屬三型獨立型 5G 企業專網應用於智慧工廠架構

重上載資料的能力。此外，通過專用網路，企業還可以自行設定網路的運作時間和涵蓋範圍，於現場進行安裝和維護，可加速問題處理和排除，專屬核網為企業提供更完整的網路控制權和安全性。企業可以自行決定哪些使用者可以連線，資料也可以直接儲存在企業的設備內，無需流向企業外部，以降低不必要的風險。這種應用服務類型主要適用於半導體、高科技製造業等領域，用於生產線上的產品資料蒐集分析、製程優化、廠區安全、工廠自動化、移動式機器人、無人搬運車，以及提升營運效率的遠距辦公、遠距操作等。同樣，這種架構也可以在公共安全職安領域應用，例如工廠的安全監控、人員異常移動、車廂人潮疏導、即時影像告警服務等。

（四）中華電信專屬四型網路切片型 5G 企業專網 [8]

此類型專網主要使用網路切片技術來提供企業專網服務，如圖9所示。網路切片技術可根據業務需求，例如資料安全性和低延遲，搭配邊緣運算技術，實現網路服務部署，以滿足企業的需求。透過網路切片技術，每個企業都可以被切割成專屬的網路切片，使企業網路應用服務能在各個獨立的網路切片中運行並提供服務。為了提升企業應用服務的品質，可以在靠近企業位置部署MEC，並將企業應用建置於MEC的後端，這樣可以縮短應用的封包傳輸時間。這種MEC需要支援5G網路切片，並提供QoS管控功能，以確保服務封包能夠根據需要進行優先

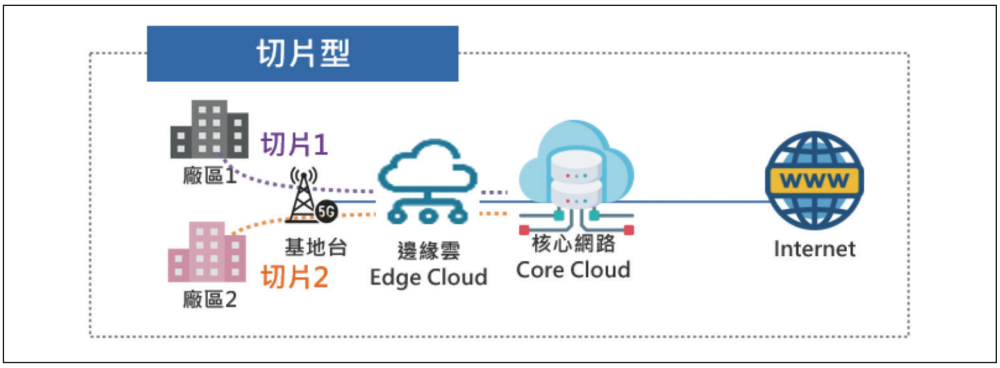


圖 9　中華電信專屬四型網路切片型 5G 企業專網應用於智慧工廠架構

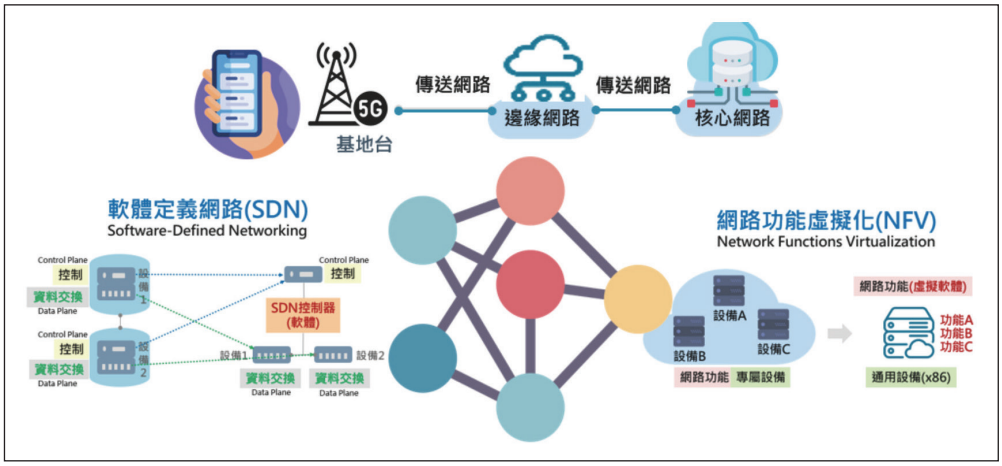


圖 10　SDN 與 NFV 應用於端對端網路切片技術架構

程度安排，並提供相應的服務能力。此應用服務是建立在5G網路切片技術之上，採用端對端的網路切片技術，範圍涵蓋終端、基地台、傳送網路、邊緣網路和核心網路。考慮到資料在網路中要經過多個設備，可以通過軟體定義網路（Software Defined Networking, SDN）技術來控制網路設備，將控制平面（Control Plane）和數據平面（Data Plane）分離，由軟體集中控制，實現網路路由和頻寬自動調整。此外網路功能虛擬化（Network Function Virtualization, NFV）可將實體設備的功能軟體化，安裝於通用設備（x86），以構建虛擬開放式網路架構，降低成本和能源消耗，如圖10 [9]。這種軟體化技術為企業客戶提供獨立的虛擬邏輯網路，區隔不同的企業客戶，並且網路切片技術可以讓不同的虛

擬邏輯網路對應到不同的應用。這種方法的優勢在於不同的網路片之間相互獨立，網路上的服務不會相互干擾，能夠根據用戶需求和用途進行客製化的部署。通過使用電信業者提供的網路切片，企業無需自行建立核心網路和基地台，用戶只需使用單一SIM卡即可使用網路切片和公網。

四、智慧工廠的邊緣運算架構

電信業者所提供的邊緣運算服務，致力於其部署在靠近工廠的小型數據中心，從而實現更高的效能。透過人工智慧（AI）技術的邊緣運算，能夠賦予終端設備更智慧的運行能力。在數據處理涵蓋5G、雲端、網路和終端設備的過程中，借助邊緣運算技術和5G低延遲的特性，實現了設備與邊緣之間更有效的短距離連接。工廠在生成大量數據資料和即時應用時，可通過雲端邊緣分配運算資源，實現在最佳效能位置靈活處理應用數據。此外多重存取邊緣運算（MEC）技術在智慧工廠中有著重要的應用，其目標在於增進電信服務與工廠營運技術（OT）系統之間的協同效能。透過與行動核心網路的整合，創造了超低延遲和超高速的運行環境，從而提升用戶體驗，如圖11。相比其他虛擬雲端和行動邊緣技術，MEC具有更高的靈活性和可塑性，可在無線網路節點、匯流聚合節點和核心網路端進行部署。通過開放無線接取網路（RAN）邊緣，行動電信運營商能夠迅速部署先進的無線應用程序和服務，包括產線影像分析、工業物聯網、資訊疊加於擴增實境等，並透過MEC技術實現流量卸載，降低整體網路系統的成本。在工業物聯網、AR/VR、機器人技術、機器/深度學習和電信網路功能等新興應用的驅動下，邊緣運算需更靠近使用者，以應對智慧工廠對頻寬、延遲、數據等關鍵挑戰[10]。

五、智慧工廠的 AI 應用

電腦視覺（Computer Vision）技術結合深度學習的辨識能力，在語音和影像識別方面已取得巨大的突破，這項技術在智慧工廠

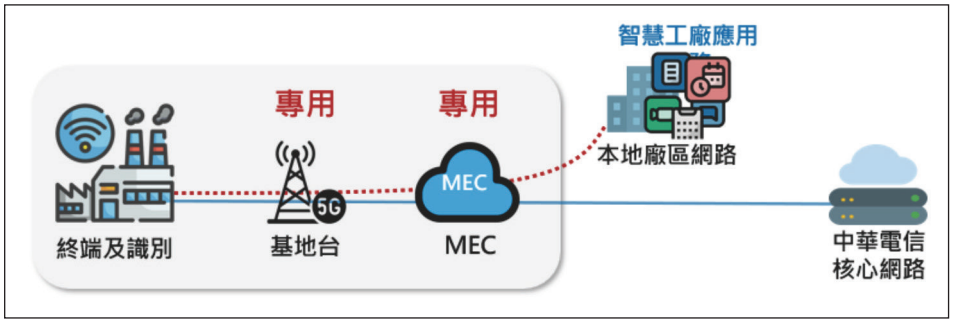


圖 11　5G MEC 在智慧工廠的架構

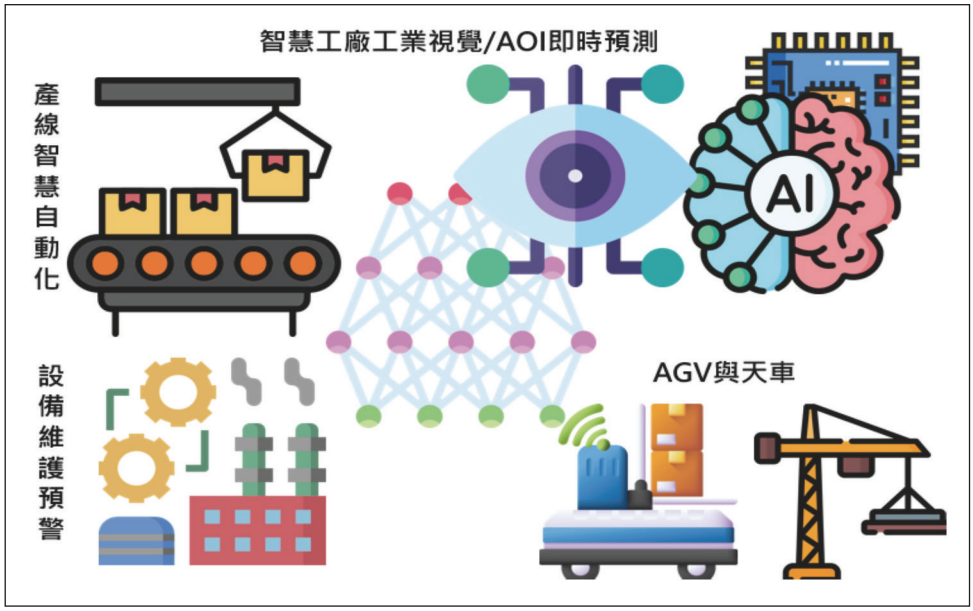


圖 12　智慧工廠 AI 的應用

相關應用領域日益增多，這種趨勢表明，電腦視覺技術具備獨立完成工廠場域監控和管理的能力。透過5G技術提高影像資料傳輸的頻寬速度和降低延遲，使現場設備能夠提供更高品質的影像，從而提升分析和判斷的準確性。同時，能夠即時接收告警資訊，並通過深度影像辨識技術利用5G網路傳送即時影像到運算層進行安全分析。當告警事件發生時，能夠迅速通報給管理人員，同時管理人員可以透過管理界面即時觀看工廠內任一攝影機的高畫質影像，以及隨時聯絡和阻止危險因素的發生，如圖12所示。

目前資訊科技（IT）的發展趨勢下，中華電信希望成為各行業數位轉型的推手，倚賴在數據平台、數據分析和資通訊技術方面的優越性，不斷強化並提供多項關鍵的高階創新應用服務，協助企業引進資料儲存、分析平台，以及數據分析服務，以數據為基礎提升企業或工廠營運效益，推動不同產業的數位轉型。為此中華電信推出了Deep Flow智慧分析平台[11]，提供AI模型開發的統一管理機制（Machine Learning Operations，MLOps），包含AI模型開發、訓練、管理部署和監控等功能。該平台還提供參數優化和自動化建模功能，有效縮短50%以上的作業時間。通過這個一站式的MLOps平台，企業可以進行廠區的資料分析、定制建模和應用部署等操作，滿足智慧工廠AI應用服務開發、資料收集和處理、模型開發和訓練等需

求。此外Deep Flow智慧分析平台具有強大的自動機器學習（Auto ML）功能，可自動化機器學習開發流程，協助企業解決AI資源管理和部署困難的問題，實現智慧工廠輕鬆應對AI相關挑戰，加速數位轉型。

MLOps平台之特色：包含提供傳統機器學習演算法（例如邏輯迴歸、決策樹、聚類分析等）以及多種類型的深度學習演算法，包括卷積神經網路（Convolutional Neural Networks，CNN）、遞迴神經網路（Recurrent Neural Networks，RNN）和長短期記憶模型（Long Short-Term Memory，LSTM），平台亦提供友好的開發和測試環境，使用虛擬化技術可快速搭建機器學習環境，涵蓋監督式、非監督式和深度學習等多種類型。提供模型版本管理功能，允許驗證過程的追蹤與回溯，透過管理模型版本的變化，實現模型比對和評估。支援模型健康度監控，當模型部署至正式環境後，可監測模型精確度和資料偏移狀況，當模型精確度下降超過標準或資料偏移值過大，系統會自動觸發提醒，並啟動模型重訓練流程。

Deep Flow智慧分析平台強大的自動機器學習（Auto ML）功能，如圖13所示，該功能能夠在機器學習開發過程中，自動化繁雜且重複的任務，進而生成專屬於相關企業領域的模型。這項功能有助於企業或工廠解決AI資源管理困難以及部署難度的問題，使企業能夠輕鬆地處理AI相關事務。因此，自動機器學習不僅能夠滿足企業或工廠用戶的需求，還能夠大幅簡化AI的運用流程，強大的Auto ML功能如下：

1. 自動資料擷取：解決系統工程問題，如資料介接、安全儲存、格式轉換等。

2. 自動資料處理：解決資料科學問題，如資料探索、資料清洗、特徵提取等。

3. 自動模型訓練：解決模型生成問題，如模型選擇、訓練優化、評估及版控等。

4. 自動部署管理：解決系統上線問題，如雲端/工廠端的程式派送、既有系統整合、版本更新等。

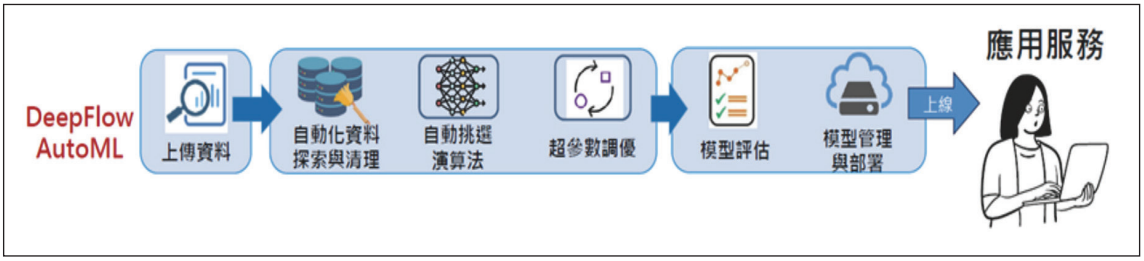


圖 13　自動機器學習功能示意圖

六、智慧工廠 5G 垂直應用

（一）廠區工安管理應用

透過在工廠場域架設攝影機，拍攝現場畫面並進行影像串流。隨後，使用5G網路將即時影像傳送至各辨識模組進行影像辨識，這些辨識模組包括物件與人的辨識。其中，工作場域防護設備辨識模組能夠識別整張影像中存在的設備，人形偵測模組則會偵測出人形圖片並進行切割，然後輸入偵測模組進行分析。當施工人員在工作場域中出現不安全的工作行為、未穿戴符合場域的安全裝備或誤入禁制區時，系統會即時觸發事件告警，這些事件告警將透過5G網路傳送至職安管理平台，讓工廠人員可以透過現場攝影機即時查看廠區的情況。另外，深度學習影像辨識技術的審查系統可以取代傳統的檢查員，快速且準確地完成對安全裝備和防護設備的檢測，審核結果和圖片將傳送至職安人員管理平台，使他們能夠了解各施工人員的審核情況。這種影像監控系統應用於大型工廠場域，不僅能提升工作效率，還能有效降低意外事故和職災的風險[12]，如圖14。

（二）廠區產線監控應用

製造業早期成為邊緣運算的應用領域，透過這產線監控技術，能夠有效監督生產過程，同時預測產品的品質和生產速度等。舉例來說，透過開放平台，製造業可以集中管理各種設備的數據，通過整合這些數據，每個製造商都可以運用數據進行自家產品的開發和製造。此外，物聯網邊緣運算平台使得

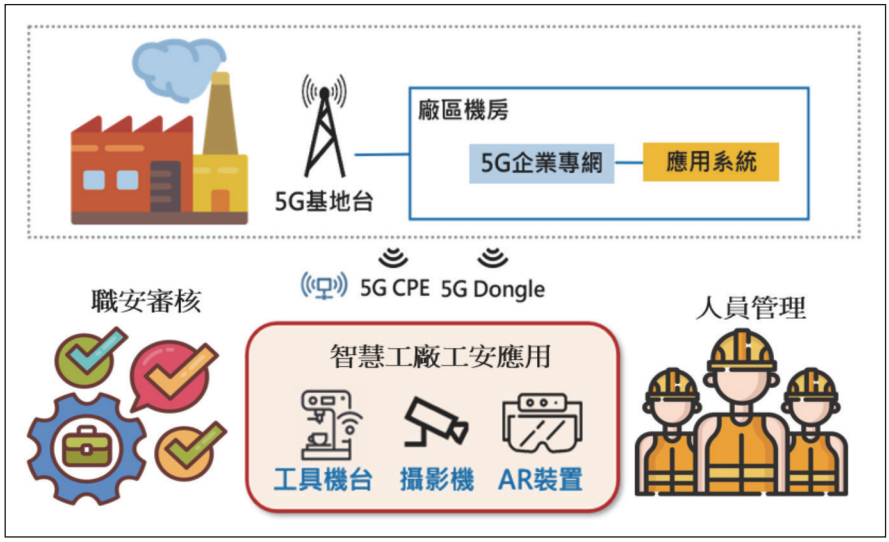


圖 14　智慧工廠應用之工安管理

工業機器人可以使用IoT設備的邊緣網路進行數據的收集和傳輸，迅速發現違規和低效的原因，並提醒機器故障和網路安全威脅等異常數據。透過感測器，製造工廠實現了關鍵系統的預測性維護，能夠預測錯誤的發生時機，於檢測出故障時發出警報，減少意外停機的時間。而邊緣運算技術使得工業設備無需人工介入即可做出決策，從操作維護到資產優化等各種工業物聯網應用方案，都得到了顯著提升的效率，同時也降低了錯誤的風險，有助於業者節約時間和成本[13]，如圖15。

（三）數位分身

數位分身在實體和數位世界之間建立連接，透過無縫的數據傳輸，使物品甚至生物能同時存在於現實和虛擬世界中。數位分身即是實體產品或系統的虛擬映像，透過感測器收集實體產品的資料，供虛擬分身進行分析處理，讓數位分身能即時監控實體產品狀態，快速反應各種變化，根據數據進行分析和預測，提升產業效率，整合工業物聯網、機器/深度學習、雲端運算、大數據分析和5G等技術以產生綜效，如圖16所示。隨著資料收集和運算技術進步，數位分身產生大量樣本資訊，可用於其他應用和服務的深入分析和解決，強化數位分身的效益與價值。而擴增實境AR則為數位分身和使用者搭建橋樑，以直觀方式呈現資訊，降低成本、提升效率。數位分身可在產品設計、生產監控、品質檢測等階段廣泛應用，甚至透過室內定位技術和智慧眼鏡進一步強化使用者體驗，如圖17。在智慧製造領域，數位分身可以透過標準介面和異質系統介接，來擴展到不同的產業，佔有5G驅動的智慧製造趨勢中的重要地位。

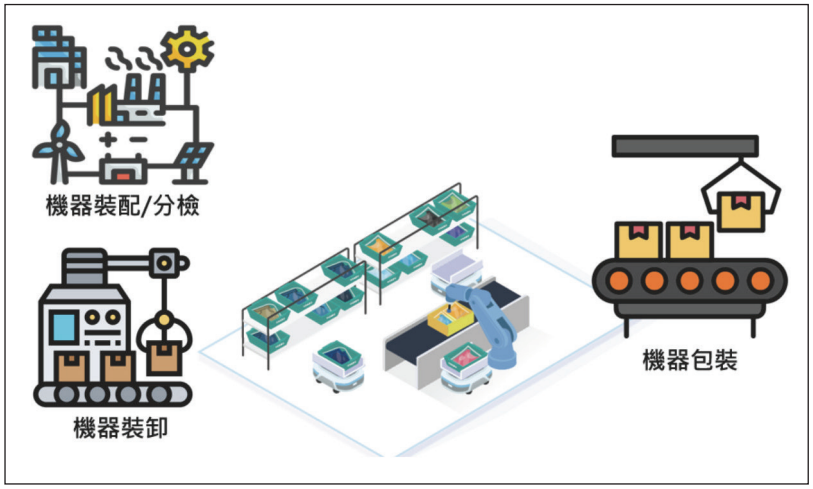


圖 15　智慧工廠應用 - 產線監控與預測分析

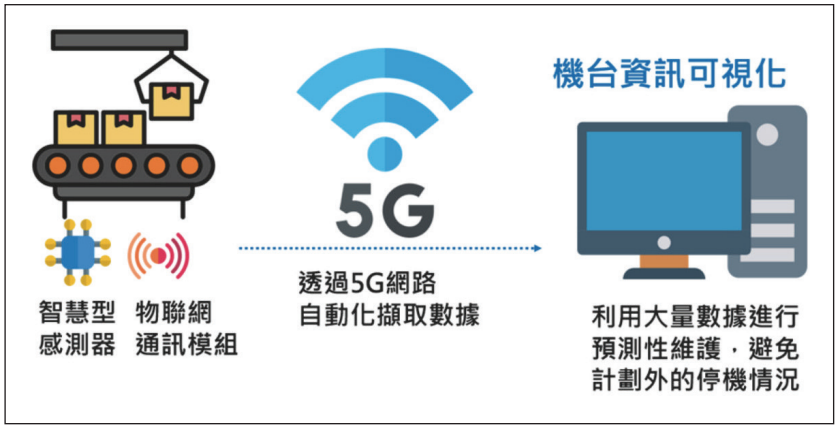


圖 16　智慧工廠應用 - 數位分身

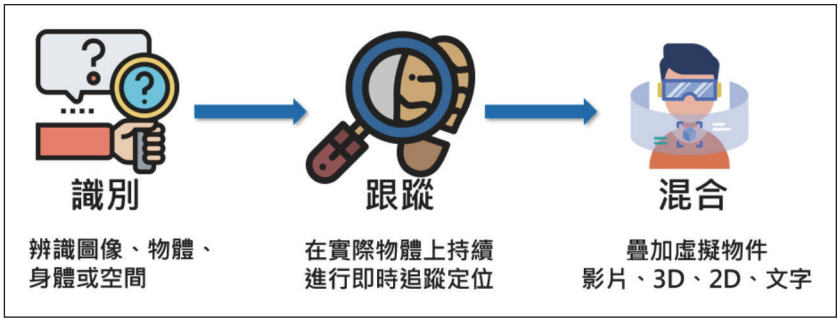


圖 17　智慧工廠應用 -AR 眼鏡之資訊疊加

（四）廠區與車輛巡檢

透過5G網路，以大頻寬和低延遲的特性，傳送從廠區交通號誌桿或交通幹道取得的監控影像至雲端平台，如圖18所示。在雲端平台上，利用多樣化的辨識模組和強大的運算能力，對即時影像進行AI辨識、細部解析和分類，得出智慧辨識結果。這些結果能透過5G網路迅速傳回監控人員，使其能即時處理相關資訊，這系統能夠有效地監控廠區交通狀況、車流密度，甚至提醒司機注意車速等。同時，此技術也在智慧交通和公共安全方面有著廣泛的應用，將交通管理和資訊傳輸更加智慧化和高效率。

透過車輛攝影機結合車牌辨識AI模型，利用AI影像辨識技術進行監控，當廠區車輛違反交通法規時，系統會拍照存證並開單告發。這套系統將車牌辨識AI模型植入邊緣影像辨識設備，使其能在手機大小的設備上運行，透過在汽機車或其他可移動載具上加裝內嵌攝影機，能夠在複雜的廠區巡檢中即時

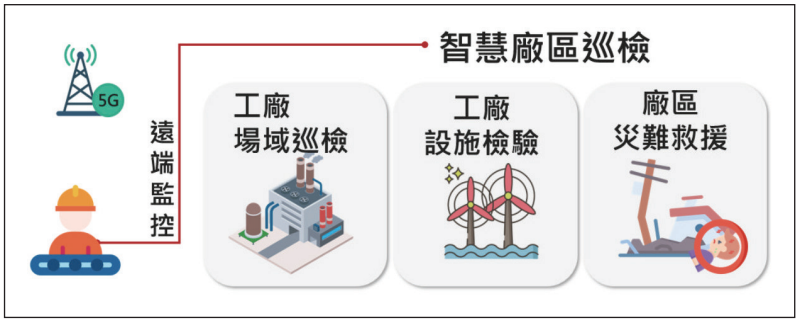


圖 18　智慧工廠應用 - 廠區監控

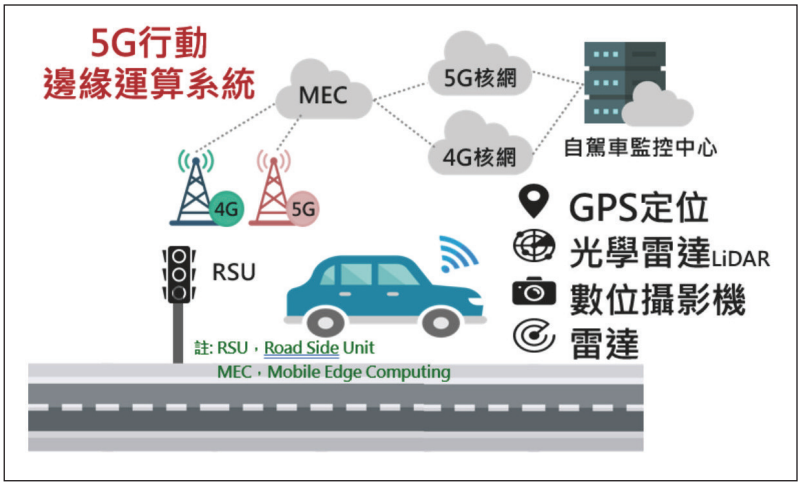


圖 19　智慧工廠應用 - 廠區車輛安全巡檢

快速地取得詳細即時影像，並配合固定交通號誌桿或交通幹道取得的監控影像，此系統具有更高的覆蓋率和便利性。利用5G網路的大頻寬和低延遲特性，將影像傳送至雲端平台進行即時影像AI辨識，利用雲端平台的多樣化辨識模組和強大運算能力，將即時影像進行細部解析和資料分類，從而獲得智慧辨識結果，這些結果將傳送回汽機車或可移動載具，以實現在工廠中的快速巡檢目的，如圖19 [14]。

（五）無人機巡檢

無人機結合5G網路的高速傳輸，可連結後端雲端運算系統，達到飛行巡檢過程即時進行AI即時分析影像，對偵測到的異常事件發出告警，通知相關人員快速反應處理，尤其是對無人機自動飛行反應能力的提升，或是對廠區與交通安防巡檢，或災害現場的狀況掌握與指揮調度的幫助效果最為明顯，讓無人機的應用範圍更廣泛，如圖20。無人機

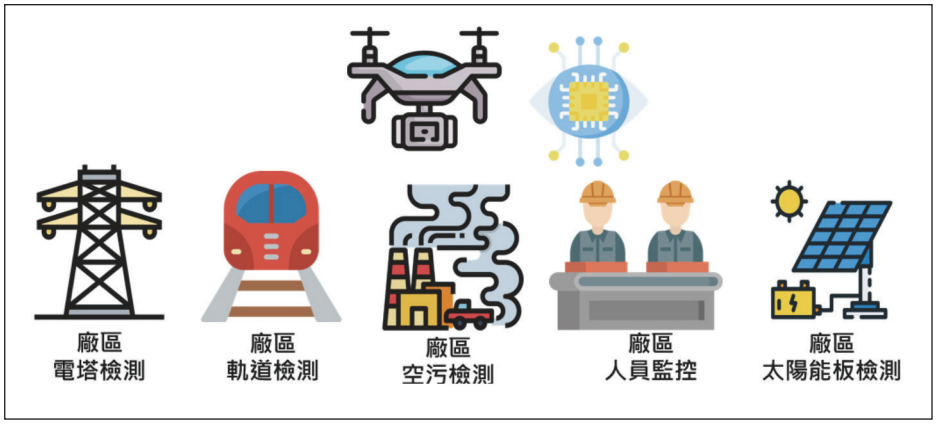


圖 20　智慧工廠應用 - 無人機巡檢

在智慧工廠中的應用日益重要，可以用於監測和檢查製造過程，從而提高生產效率和品質控制。無人機也可以執行定期巡檢，監控生產設備的運作狀況，檢測可能的異常並進行預防性維護，有助於減少停機時間和維護成本。

此外無人機還可以用於庫存管理，追蹤和監視庫存物品的位置和數量，透過無人機的自動化和遠程監控功能，智慧工廠能夠實時收集數據，提供更準確的生產分析和預測，這種數據驅動的方法有助於做出更明智的生產決策，優化生產流程，提高生產效率和質量。因此智慧工廠中皆需建立與累積對應其需求的AI辨識與偵測模型，以及豐富建立AI模型所需訓練數據集之影像分類與標註資料，更進一步可運用諸如自動化機器學習Auto ML的技術加速AI模型的產出，適合應用在大型工廠的巡檢中[15]。

七、結論

5G企業專網在智慧工廠的垂直應用呈現重要的趨勢，透過5G技術，企業得以建立高速、低延遲的專屬網路，實現智慧工廠的數位轉型與智慧化進程。垂直應用涵蓋智慧製造、智慧物流、智慧能源及智慧工業等範疇。在智慧工廠中，5G企業專網有助於支援工業物聯網的即時數據傳輸，促進設備之間的通信，提升生產效率和品質。此外，5G企業專網可支援機器人自動化操作、虛擬實境（VR）和擴增實境（AR）應用，進一步優化生產流程和培訓過程。

隨著5G技術的普及，工廠可更靈活地部署物聯網設備，實現即時監控與預測性維護，此種數據驅動已成為智慧工廠發展的重要驅動力，包括提升生產效能、降低成本，並促進智慧製造的持續演進，同時透過邊緣

運算技術有效監控生產過程，預測生產品質與速度，以及透過感測器監控關鍵系統，提供AI預測性維護，減少停機時間。而專網的邊緣運算技術，使工業設備無需人力介入即可做出決策，並提供各種工業物聯網應用解決方案，能顯著提高效率，同時有助於節省時間和成本，因此在AI人工智慧的持續發展下，再加上工業物聯網和專網邊緣運算技術的部署，將協助維持工廠產能和安全，來創造出更理想的智慧工廠垂直創新應用。

參考文獻

1. 網頁資料：5G 專網方案技術 - 行動寬頻 - 中華電信研究院，https://www.chttl.com.tw/rd_mob-private.html
2. 網頁資料：中華電信 5G 企業專網 : 專網獨立運作，提升企業管理效能與競爭力 !https://www.cht.com.tw/home/enterprise/mobile/5genterprise/712
3. 網頁資料：中華電信結盟聯發科技打造 5G 毫米波測試環境搶攻全球 5G 市場，https://www.cht.com.tw/zh-tw/home/cht/messages/2022/0407-1400
4. 網頁資料：資深產業分析，“邁向智慧製造 -5G 技術下的智慧工廠”，https://w3.sipa.gov.tw/SPANEWS/newsletter/download.jsp?FileName=1612169515411.pdf
5. 網頁資料：Gb 級 5G 來了，企業架構無線內網有新方法 https://www.ithome.com.tw/news/138728
6. 網頁資料：邊緣計算 - 六大科技小旅程，https://sixtech.shu-xiang.org/html/resource/edge_computing_resource.html
7. 網頁資料：工業技術與資訊月刊：產研聯手搶攻北美 5G 專網市場，https://news.cnyes.com/news/id/5126159
8. 網頁資料：中華電信 5G 企業專網，https://www.cht.com.tw/home/campaign/5genterprise/CHT-5G-Private-Network.html
9. 網頁資料：SDN/NFV（軟體定義網路 / 網路功能虛擬化）之發展現況與應用實例，https://tprc.tanet.edu.tw/tpnet2019/training/10809.pdf
10. 網頁資料：中華電信結盟台達電子打造 5G 企業專網智能工廠；迅速調整產線配置提升產線效率，https://www.cht.com.tw/zh-tw/home/cht/messages/2022/0719-1410
11. 網頁資料：中華電信 Deep Flow AI 智慧分析平台，https://www.ecosyp.org.tw/Frontend/CloudService/ServicePage?ServiceID=S000000322
12. 電信研究期刊，第 51 卷第 3 期，民國 110 年 9 月，5G 於智慧工地與運輸安防之應用。
13. 電信研究期刊，第 52 卷第 1 期，民國 111 年 3 月，5G 開放專網機車智慧地面巡檢應用方案。
14. 電信研究期刊，第 51 卷第 3 期，民國 110 年 9 月，5G 智慧地面巡檢系統。
15. 電信研究期刊，第 51 卷第 3 期，民國 110 年 9 月，無人機空中智慧巡檢應用。

近代人工智慧技術於鋼鐵製程之應用

中鋼公司研發處智慧技術組(T74)研究員 / 許朝詠
中鋼公司研發處智慧技術組(T74)正研究員 / 陸振原
中鋼公司研發處智慧技術組(T74)組長 / 吳崇勇

關鍵字：鋼鐵工業、鋼鐵製程、人工智慧、深度學習、電腦視覺

摘要

本文深入探討近代人工智慧技術在鋼鐵製程中的具體應用，以及在導入人工智慧初期所面臨的各種挑戰，以及解決方案。鋼鐵製程是一個複雜的工業領域，而人工智慧技術，特別是深度學習和電腦視覺技術，為其帶來了創新和轉變的機會。然而，在傳統製造業實施數位轉型並不容易，全球僅有少數企業已經進入全面的轉型階段，而大多數企業仍在試點階段，面臨著技術適應性、員工培訓、數據整合等挑戰。中鋼公司積極投入智慧化製程研發與應用，通過不斷提出智慧化方案、嚴格審核篩選、研發實施可行性高的方案，展現了在數位轉型的堅持與努力。本文介紹中鋼公司在面對鋼鐵製程中的挑戰時所採取的技術對策，包括前處理策略、選擇適當的深度學習技術、空間金字塔池化技術的應用以及集成式物件比對技術的後處理。這些技術對策有助於提高鋼鐵製程的效率、品質和安全性。最後，以實際案例說明在導入創新技術的過程中，所面臨的挑戰、選擇及解決方案。

一、前言

在科技急遽發展的當下，人工智慧（Artificial Intelligence, AI）已逐漸推廣至各個工業領域，特別是在鋼鐵製程中，其應用的重要性日益顯著。近代人工智慧技術，尤其是深度學習和電腦視覺技術，不僅拓展了無限的可能性，也為工業領域帶來了創新與轉變的契機。通過深度學習技術的應用，企業得以實現更精準的生產控制、優化製造流

程並提升產品品質。

然而，數位轉型的道路並非一帆風順。根據2019年由麥肯錫和世界經濟論壇發表的報告「全球『燈塔工廠』網絡：來自第四次工業革命前沿的最新洞見」[1]中提到，全球只有3%的企業真正進入了全面的轉型階段，而26%的企業開始進入工廠轉型階段。更為挑戰的是，高達71%的企業仍處於進行局部試點的階段。在這些進行試點的企業中，約29%的企業其試點期已超過兩年，56%的企業進行了一至兩年的試點，而15%的企業剛剛開始進行試點。這些數據揭示了企業在數位轉型過程中面臨的種種挑戰和困難，例如技術適應性、員工培訓、資料整合等。

中鋼公司自2017年開始積極投入智慧化製程的研發與應用。每年由現場出題，提出上百個智慧化方案，經過嚴格的審核與篩選，最終留下約20個可行性較高的方案進行研發與實施。這樣的做法不僅體現了中鋼在數位轉型道路上的堅持與努力，也反映了其在面對困難與挑戰時，透過不斷的嘗試與調整，尋找最適合自身發展的智慧製造方向。

本文將深入探討近代人工智慧技術在鋼鐵製程中的具體應用與實踐，並說明再導入初期所遭遇的各種挑戰並提出相應的解決方法，最後以具代表性的實際案例說明不同問題的解決方式，期望能為相關領域的研究與實踐提供有益的參考與啟示。

二、鋼鐵製程所遭遇的挑戰

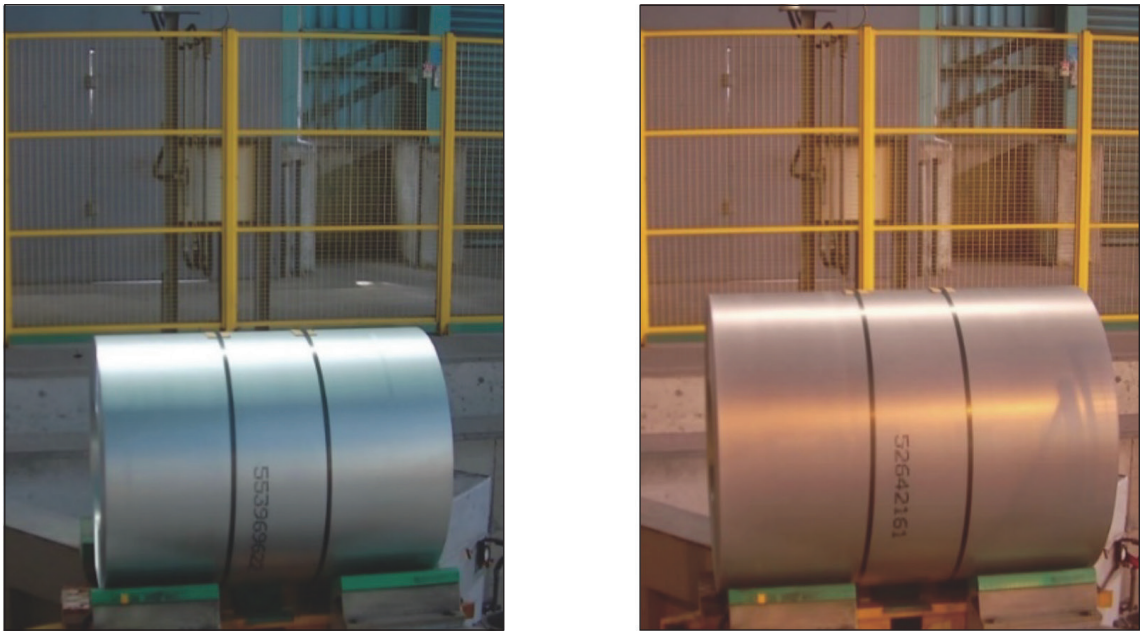
在中鋼的產線智慧化經驗中，看似光明的技術創新之路並非一帆風順，同樣面臨了「試點困境」，深度學習技術在眾多領域展現出卓越的性能，尤其在影像辨識與分析方面，但當這些技術被應用到實際的鋼鐵製程時，多個預料之外的挑戰逐漸浮現。

（一）取像品質的巨大變異

由於鋼鐵製程的連續性，產線必須24小時不間斷運作。這種作業模式造成光線強度、色彩飽和度及色彩白平衡等因素在一整天內的變化極為劇烈。不同時間點所拍攝的影像在品質上的差異，直接影響到影像辨識的準確性和可靠性。如圖1所示為日夜拍攝同一產線所產生的影像差異，夜間的光線條件與白天存在極大的區別，這對模型的辨識能力，也對數據預處理和模型優化提出了新的挑戰。

（二）計算能力的限制

在一些特定的應用環境中，例如高溫、粉塵或高濕的條件下，放置傳統電腦主機或其他計算設備變得極為困難，僅能以邊緣裝置執行，在這些情況下，模型必須能夠運行在邊緣運算裝置上。這些裝置通常具有較低的計算能力和儲存容量。因此，模型的複雜度和運算需求必須在確保辨識準確性的同時，做到盡可能的優化和簡化。



(a) (b)

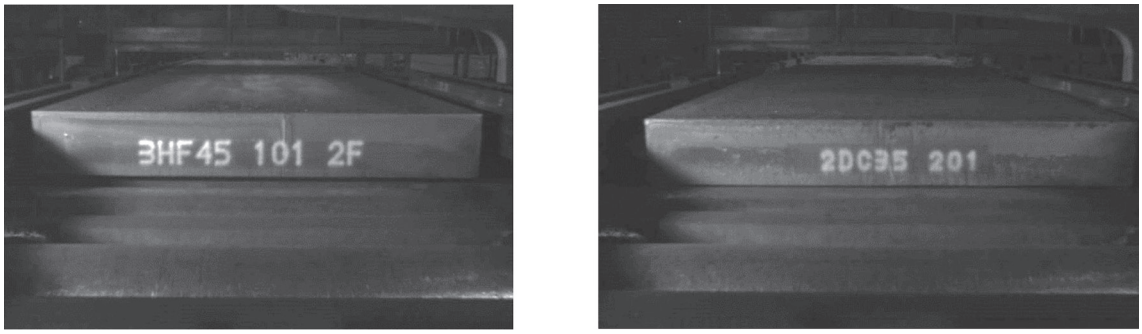
圖 1　日夜拍攝同一產線所產生的影像差異：（a）日間自然光線拍攝鋼捲影像；（b）夜間工廠燈光拍攝鋼捲影像

（三）物體尺寸的不一致性

由於環境條件的影響，相同物件在不同的拍攝情況下會展現出不同的視覺效果。其中，由於拍攝角度和距離的變化，物體的尺寸在影像中的呈現會有顯著的差異，此外，不同生產設備間的變異也可能造成較大的視覺差異。如圖2所示為不同產線噴號機所產生的鋼胚序號差異，可以明顯看出在字體、尺寸及清晰度上都有極大的差異。這些變化對於影像辨識模型來說是一個挑戰，因為它必須能夠識別出在各種不同條件下的物體，並做出正確的判斷。

（四）模型調整的彈性不足

深度學習模型在訓練完成後，其結構和參數基本上是固定的。這意味著，當模型在某些情況下的表現不佳時，我們無法通過簡單調整參數或門檻值來改善其表現。通常需要重新收集數據來重新訓練模型，這不僅耗時耗能，也對快速應對產線上的變化提出了極大的挑戰。圖3所示為不同扁鋼胚上的序號，在同一模型所辨識的結果，可以看出在許多視覺效果相同的字元上有著極大差異的辨識結果。如第二塊胚的第一個「2」可以被辨識，而第三塊坯的第一個「2」則辨識不出



(a) (b)

圖 2　不同產線噴賀設備所產生的影像差異：(a) 產線 A 噴號字體較大且清晰；(b) 產線 B 噴號字體較小

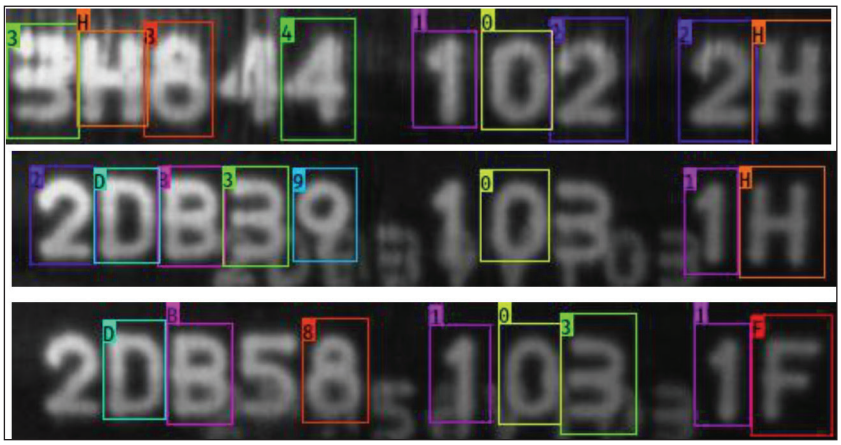


圖 3　相同模型對不同鋼胚上的字元偵測差異

來；相同的問題也發生在第一塊胚及第二塊坯的字元「1」上面。

透過深入探討這些挑戰，我們可以更精確地理解深度學習技術應用上的實際困境，並尋找更為精準和有效的解決方案，以提出適合工業應用之物件偵測技術，能輕易且廣泛地應用到各製程。

三、面對挑戰所提出的技術對策

面對上述的挑戰，中鋼並未止步不前，而是積極尋找技術對策，以期在深度學習技術的導入過程中，能夠更精準、更高效地解決問題。以下，我們將探討針對先前提到的四大挑戰所提出的技術解決方案。

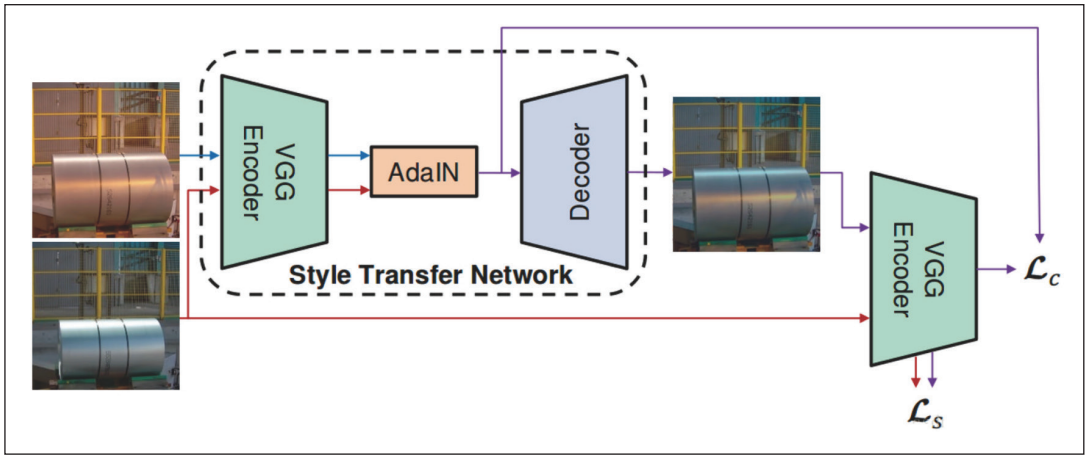


圖 4　風格遷移技術流程圖

（一）前處理的策略

考慮到取像品質差異大的問題，中鋼選擇利用風格遷移（Style Transfer）[2]技術進行取像正規化。風格遷移技術其主要概念是透過深度學習在抽取特徵的過程找到代表亮度、色調及對比度等影像參數的視覺化特徵，將此特徵作為標準，植入所有的訓練及待測影像中，達到視覺環境標準化的目的。如圖4所示為風格遷移技術的流程方塊圖，首先我們將圖1中日間拍攝的影像作為標準影像，自影像中抽出影像特徵，接著再將夜間拍攝到的燈光影像作為載體，將特徵植入影像當中，則得到一張光線條件與日間拍攝相近的影像。透過風格遷移技術將影像的亮度、色調、對比度調整至一個統一的標準，不僅能夠降低訓練資料的變異性，也能夠在一定程度上減少所需的訓練資料量，提高模型的學習效率與預測準確度。

（二）可輕量化的深度學習技術

針對計算能力受限的挑戰，中鋼選擇採用中央研究院所提出的跨階段局部網路架構（Cross Stage Partial Network，CSPNet）[3]。CSPNet在保證輕量化的同時，仍能保留相對較高的偵測正確率，適合在計算資源有限的邊緣運算環境中運行。如圖5所示，CSPNet

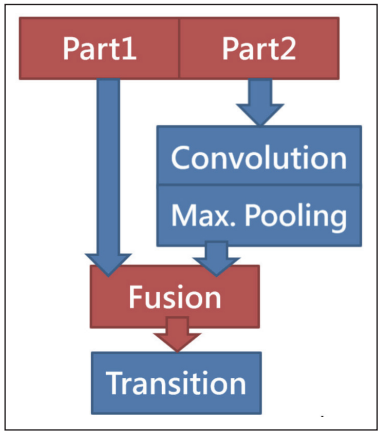


圖 5　跨階段局部網路架構圖

提出保留 DenseNet [4]重複使用特徵的優點，同時利用截斷梯度流防止過多的重複梯度訊息以降低計算複雜度。

（三）空間金字塔池化技術的應用

為了解決被偵測物體尺寸不一的問題，中鋼採用了空間金字塔池化（Spatial Pyramid Pooling，SPP）技術[5]。如圖6所示為空間金字塔池化技術架構方塊圖，該技術透過不同層的特徵向量組合成特徵向量，能夠讓不同尺寸的輸入影像得到可比對的單一尺寸特徵，從而解決了因物體尺寸變化帶來的比對問題，提高模型在不同尺寸物體上的辨識能力。

（四）集成式物件比對技術的後處理

在模型後處理階段，中鋼提出了一種集成式物件比對技術。該技術能夠整合來自不同模型的辨識結果，通過集成學習的方式有效提升模型的正確率，並在一定程度上彌補單一模型因調整彈性不足所帶來的問題。資料擴增技術[6]常用於深度學習模型訓練，由於深度學習模型訓練需要大量影像資料，在資料不足的情況下常需透過影像處理技術將資料增加。使用資料擴增的原因有兩個：增加手上僅有資料的效率以及增加模型的普適性(Generalization)。舉例來說，如果有一張影像裡面有一隻臉朝左的小貓，如果把影像左右顛倒，訓練資料就會有一張臉朝右的小

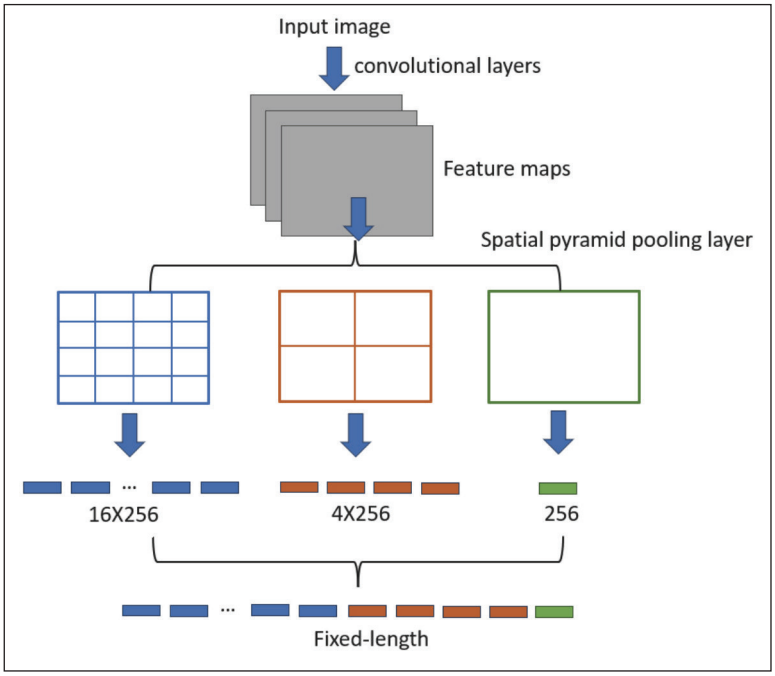


圖 6　空間金字塔池化技術架構圖

貓。所以透過資料擴增，我們可以把一張影像擴展成很多不同的影像，並且使用這些擴展出來的影像來訓練模型，可以讓模型的辨識能力更好。

在所提出的集成式比對技術中，資料擴增的應用目的是讓原來的模型可以更有效地從原來不可辨識的影像中辨識出目的物，因此，如圖7所示，我們選用的資料擴增技術是生成對抗網路(Generative Adversarial Network，GAN)，以序號辨識為例，我們把模型不能識別的序號作為輸入，而輸出則是可識別的相同字元，以此訓練出一個用於資料擴增的生成對抗網路。

當影像擴增後，我們將所擴增的n張影像全數通過原來的辨識模型，得到n個辨識結果。最後將n個結果以集成式比對單元整合成一個結果，即是影像識別系統的輸出。

因此，原來的影像I會被GAN擴增為影像集S = {I1，I1，…，In}，影像集中的每一張影像都會透過識別模型中產生一個識別結果hi，最後集成式比對技術整合出一個比對結果H。若原來模型的比對正確率為p，則集成式比對所產生的比對結果正確率為：

$$f(p) = \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} C_i^n p^{n-i}(1-p)^i \qquad (1)$$

若 p > 0.5，則 f(p) > p。

透過這些技術對策的實施，中鋼在深度學習技術的導入過程中，不僅成功克服了一系列的技術挑戰，逐漸解決深度學習技術在工業領域應用的落地問題，也為相似領域的企業提供實踐經驗與參考。為了更進一步說明相關經驗，在接下來的章節中，我們將以實際案例說明這些技術應用的情況。

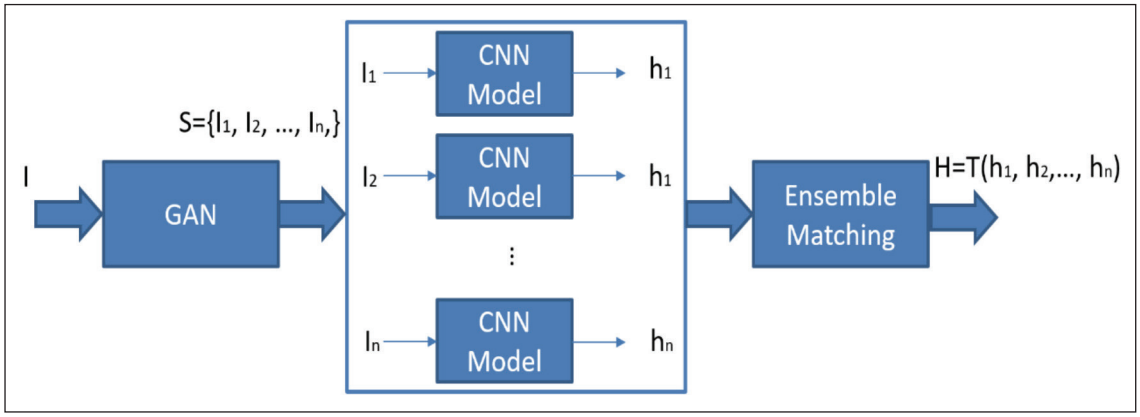


圖 7　集成式比對技術架構圖

四、鋼品序號辨識

由於鋼鐵產品體積龐大、製程繁雜且產線長，鋼品在產線上難以追蹤，造成製程資料無法詳細記錄，因此，鋼品身分識別一直是國內外鋼廠積極想解決的問題。穩定追蹤各鋼品身分有助於產線建立完整生產履歷並記錄鋼品各製程參數，以方便改善製程與品管。中鋼已將鋼捲序號辨識技術建置於第三冷軋包裝線，現場架設四台攝影機，各攝影機配置位置如圖8，分別為 Cam_1、Cam_2、Cam_3及Cam_4。Cam_1及Cam_3目前只用來協助現場收集鋼捲表面影像資料，並未在本專案執行階段中做其他用途。Cam_2（北面）及Cam4（南面）則為序號辨識專用的攝影機，其中，本系統的影像擷取系統則透過Cam_4來判斷鋼捲的停斷點，讓 Cam_1至Cam_4依據停頓點同時來拍攝並保存影像。表1所示為攝影機Cam_2及Cam_4所拍攝的鋼捲影像，這些鋼捲影像的字元排序方向，主要分為三大類：縱向、橫向及雙橫向。

本案例的字元系統內含有2組辨識模型，第1組模型用來搜尋字元區域，第2組則是用來識別字元。執行辨識流程如圖9所示，首先，當鋼捲進入攝影機拍攝範圍時，系統將

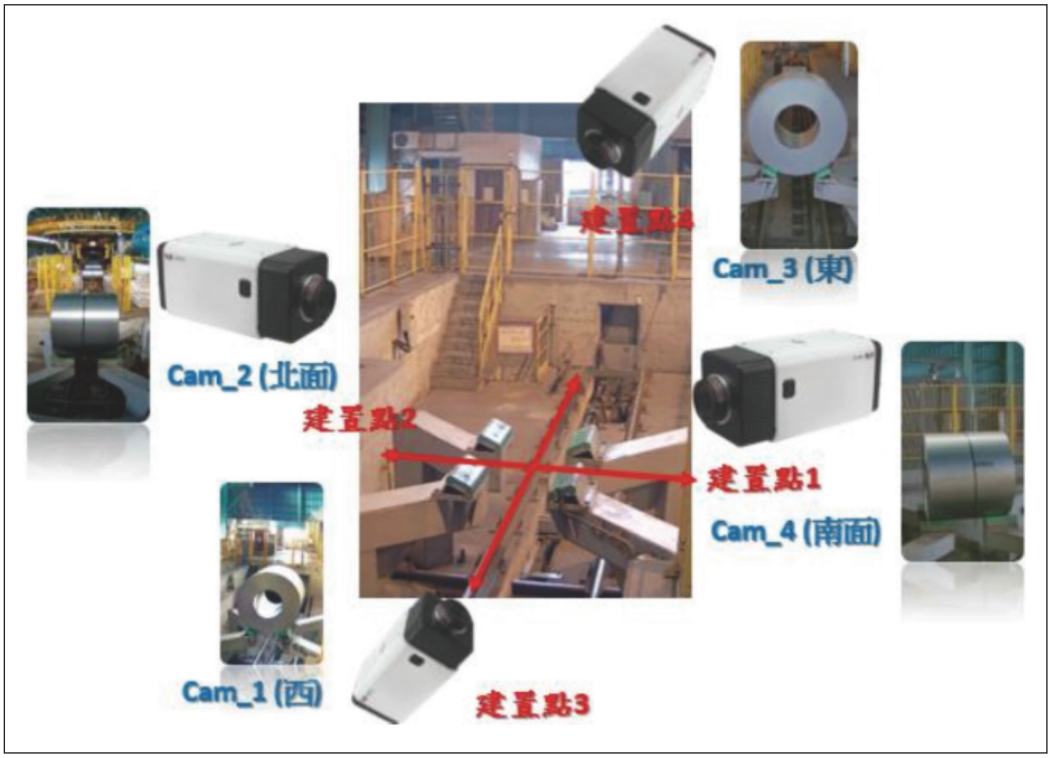
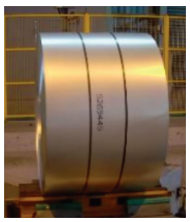
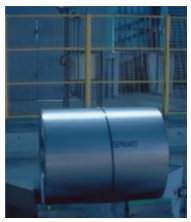


圖 8　產線鋼品識別硬體架構圖

表 1　攝影機 Cam_2 及 Cam_4 所拍攝的鋼捲影像

產線一					
攝影機編號	Cam_2	Cam_4	Cam_2	Cam_4	Cam_4
字元方向	縱向	縱向	橫向	橫向	雙橫向
樣本量	3866	2546	2013	22844	614
影像					

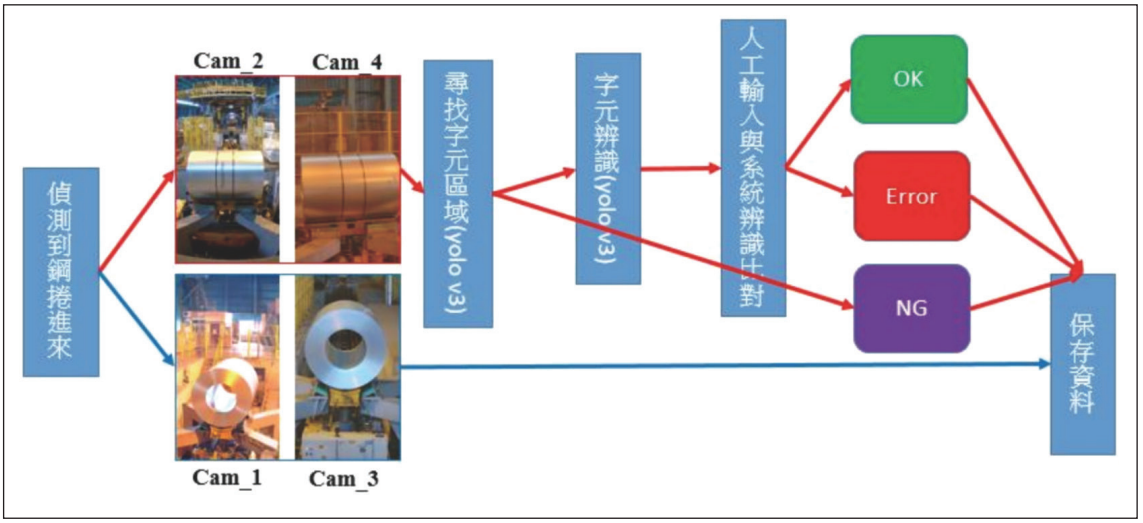


圖 9　產線鋼品識別系統流程圖

會擷取4台攝影機的影像畫面，其中Cam_2及Cam_4的影像將透過第1組模型去搜尋字元區域的位置，並判斷字元區域的長寬比，來確認字元為橫向排序或縱向排序，再進一步統一轉換為橫向方位，接著再透過第2組模組將字元依序切割並做識別，最後將系統識別結果與Level 2人工輸入的序號做比對，其結果將保存於資料庫。

如圖10所示為現場辨識系統的實際影像，針對上述Level 2人工輸入的序號與鋼捲序號識別系統的比對結果，將由下方幾種狀態表示：

圖 10　產線鋼品識別系統實際畫面

1. 正確(OK)：表示完全正確
2. 錯誤(Error)：表示系統判斷錯誤，或者是Level 2提供的序號是錯誤的
3. 序號異常 (NG)：表示鋼捲序號因受到環境等外在因素影響，導致系統無法識別的情形。

透過過去所訓練的模型並輔以近期的資料，我們將模型微調後進行測試，測試樣本採用2019/04/28~05/14期間的影像，分別為產線一Cam_2 和 Cam_4，除此之外，已先將測試樣本大部分反光等等NG影像做排除，其測試結果如下表2所示。由結果可發現其正確率可達到99.6%，辨識效果良好。

鋼品序號辨識在電腦視覺應用中屬於相對簡單的案例，其原因除了深度學習技術的蓬勃發展外，足量的資料是主要的因素，由於鋼品序號的影像資料每天都可以收集到相當數量，因此在模型的訓練上相對容易許多。相對於此類問題，異常偵測在深度學習中就容易遭遇困難，因為異常的資料相對很少，不容易透過足量資料來訓練一個良好且有效的模型。因此，我們在下一章透過高爐封口異常偵測說明當訓練資料稀缺的情況下，該如何透過深度學習技術來實現電腦視覺應用。

五、高爐風徑區異常偵測

高爐為鋼鐵製程中不可或缺的重要元素，但該設備在製程監控上仍較為被動，需透過人工監視來確保其安全及運作正常。高爐風徑區焦炭與粉煤之燃燒反應，可供應煉

表 2　產線一實際測試的辨識結果

攝影機編號	Cam_2		Cam_4	
字元方位	橫向	縱向	橫向	縱向
測試張數	487	801	2045	357
完全正確	487 $(\frac{487}{487}=100\%)$	796 $(\frac{796}{801}=99.38\%)$	2045 $(\frac{2045}{2045}=100\%)$	348 $(\frac{348}{357}=97.48\%)$
漏字	0	0	0	0
錯誤	0	0	0	0
上下顛倒	0	5	0	9
整體正確率	99.6%			

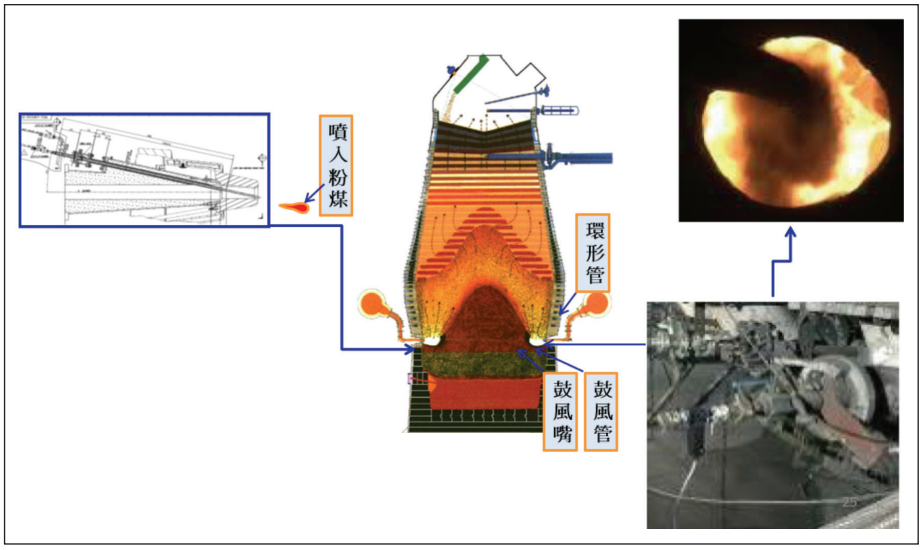


圖 11　高爐風徑區粉煤噴吹監視系統

鐵所需的熱與還原氣體，由於該區亦為高爐爐氣之分配器，故其穩定性直接影響高爐之作業效率。根據經驗，風徑區可能遭遇的問題包含噴槍堵塞、大塊落料與浮渣倒灌等，若能針對這些異狀進行即時監測並採取適當的解決措施，將有助提升高爐操作之穩定與人員作業的安全。目前高爐對於風徑區之監視仍以人工監看為主，如圖11所示，中鋼已於鼓風管之窺視孔（Peep Sight）安裝監控攝影機，並將監控畫面延伸至控制室供控制人員觀察。然由於上述監視系統目前尚無法提供自動監測警示功能，因此控制室人員須隨時觀察，否則將無法在異況發生的第一時間進行處理。

(a) (b)

圖 12　所拍攝（a）風口影像與其（b）切割結果比對

為能即時、長時間且自動地對每一風口進行的監測，技術開發過程具有許多挑戰：首先在取像硬體與機構須足夠穩定，能夠對抗現場高溫、高粉塵與振動，如此才能夠搜集到清晰的影像。此外，由於系統是採機器視覺原理進行檢測，但是因為風口數量相當多，因此單位時間內所需處理的影像資料量也變的相當大，如何在有限的時間內完成異況的判斷也變的相當具有困難性。最後，由於各種異常狀況影像可遇而不可求，因此在異況影像收集遇上瓶頸，最終因資料不足而無法訓練出準確的判斷模型。因此，中鋼針對上述發生的問題，導入先進技術以將之逐一克服。

在完成保護機構設計及製作後，攝影機即可順利地安裝並取得風口影像。如圖12(a)所示為中鋼二號高爐所安裝攝影機取得的影像，在風口影像中有三項重要的物件：風口窺視孔孔徑、注嘴長度及噴注面積。由於影像中三個物件互有連接，與傳統物件偵測問題不同，在此我們所關心的問題是如何準確將三個物件偵測並切割開來。2015年所提出的全卷積網路（Fully Convolutional Network, FCN）[7]完美地解決了這個問題，將識別平均準確度只有40%的成績提升到了62.2%（在Pascal VOC資料集上的結果，FCN論文數據），畫素級別識別精確度則是90.2%。這已是一個相當完美的結果，幾乎超越了人類對影像進行分割的能力。下圖12(b)所示為風口物件切割的結果，可明顯看出風口、注嘴及噴注面積切割效果相當優異。

由影像切割的結果我們可以以其長度、面積及半徑等計算出的6項參數包含：1. 風口中心座標；2. 風口半徑(R)；3. 風口平均亮度(I)；4. 注嘴長度(L)；5. 噴注面積(A)；6. 邊緣參數(E)。透過上述參數及相關門檻值，我們可對噴注中的風口影像進行自動監控，所監控的事件分為狀態自我檢測及異況偵測。狀態

自我檢測即針對風口會發生的正常狀況進行檢測，包含起注、停噴、影像失焦、風口堵塞及影像歪斜等，當狀態變化至可能影響系統偵測異況時，則通知維護人員進行日常維護；而異況偵測則是自動偵測非常態性變化，如浮渣、大塊落料及注嘴吃短等，一旦發生必須即刻通知現場人員進行處置。下表3所列為各偵測事件與其利用影像參數進行判斷之判斷邏輯。如此，即可在異常影像資料不足的情況下，訓練出異常偵測的電腦視覺模型。

六、無人天車

鋼品在中鋼產線上運送非常仰賴天車作業，而天車運行需要大量作業人力（一部天車需要4名天車手輪班作業），機具作業自動化是鋼鐵工業數位轉型的重要基礎建設，若能將天車吊運作業自動化，不僅可大幅降低作業人力需求，對發展智慧運儲系統也有相當程度的幫助，近年來國內外大型鋼廠皆對天車自動化投入相當多的資源。相較於人工操作天車吊運作業，自動化天車雖因安全考量而限制其運行速度，但由於能不間斷持續工作，兩者在吊運量上無明顯差別；受惠於自動化的穩定運行，自動化天車馬達壽命得以延長、鋼捲吊運損傷即客訴降低、及人力精簡後工安意外及人事成本得以降低，考量無人化天車的各種優勢，中鋼於2014年初決議發展無人化天車，於106年6月完成無人天車運行所需技術開發，107年開始上線運行，至今已擴展至3座倉庫，完成數十萬顆鋼捲吊運。

表 3　各偵測事件與其判斷邏輯

事件	判斷邏輯
起注	$A \geq T_A$
停噴	$A < T_A$
失焦	$E < T_E$
風口堵塞	$(I < T_I)$ & $(A \geq T_A)$
影像歪斜	$\sqrt{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2} > T$
浮渣	$(A \geq T_A)$ & $(R < T_R)$
大塊落料	$(A \geq T_A)$ & $(R < T_R)$
注嘴吃短	$L < T_L$

無人天車的基本技術需求，主要是將人眼所視的環境資訊，透過電腦視覺技術轉換為對應的控制指令與操作邏輯，再交由天車自動執行。簡言之，就是將天車操作人員看見的鋼捲位置、放置位置及操作方法，都轉換為天車指揮系統可以判讀的資訊，再透過運動控制達到自動化，因此電腦視覺扮演其中最關鍵的技術因素。

（一）高解析度影像三維座標重建技術開發

由於二維影像上所提供的座標僅為平面座標（二維座標），由於缺乏高度座標（z軸座標），除無法有效指示天車指揮系統，也無法與天車的三維座標進行轉換。為使電腦視覺座標系統與真實世界連結，我們首先提出高解析度影像三維座標轉換技術，我們在二維攝影機外，增加一部三維掃描器（3D scanner），利用高解析度影像與三維掃描器資訊提出高解析度影像三維座標重建技術，

如圖13所示為三維空間與高解析度影像對應關係圖，相機的成像原理，主要是三維空間投影到二維空間的表現，假設拍攝的物件與環境都不變的情況下，所有的數學運算，將只是單純的相機座標轉換運算。圖中平面為高解析度影像所拍攝的影像平面，平面為真實空間的地平面，O為攝影機在掃描器三維空間的座標，平面上的一點代表掃描器空間中由O點通過該點所延伸出的直線（如圖中紅色虛線）。因此，二維影像與三維空間的關係可以表示為：

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = R * \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{00} & r_{01} & r_{02} \\ r_{10} & r_{11} & r_{12} \\ r_{20} & r_{21} & r_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (2)$$

因此，由反矩陣即可計算出高解析度影像的三維座標：

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \mathrm{R}^{-1} * \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{00} & r_{01} & r_{02} \\ r_{10} & r_{11} & r_{12} \\ r_{20} & r_{21} & r_{22} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

然而，只有符合 Homography [8, 9]上列方程式關係才存在（只有共面才可能符合條件，亦即z為常數），因此，上述單應轉換則退化成：

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{00} & 0 & r_{02} \\ 0 & r_{11} & r_{12} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

針對單應矩陣的四個參數，我們在平面上設置四個點（$p1$, $p2$, $p3$, $p4$），作為對應到攝影機成像平面中的四個對應點（$p1'$, $p2'$, $p3'$, $p4'$），利用四組點對應關係我們可以求出由p平面映射到p'平面的轉換矩陣及其反轉換矩陣，再由其空間直線特性可知，p'平面

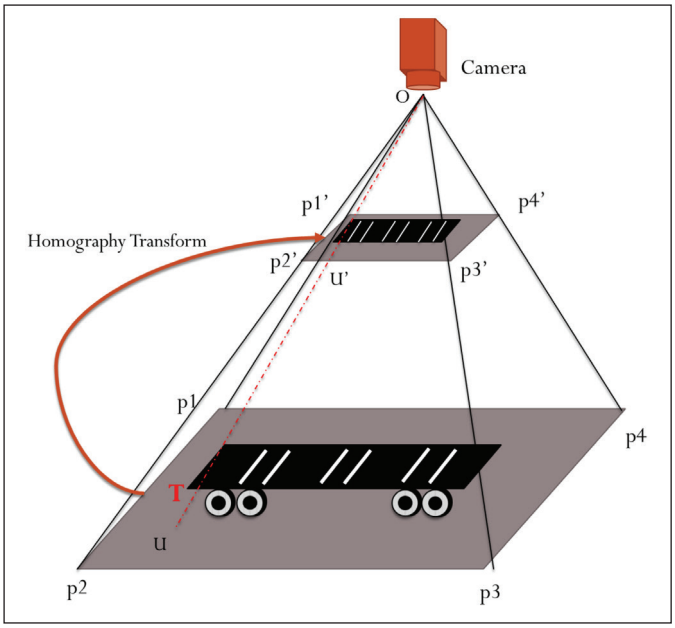


圖 13　高解析度影像與實際空間關係示意圖

上的任意點U'（x', y'），可經由反轉換矩陣求得p平面上的對應點U（x, y, 0），而U與0之間的線段即是投影到U'上的線段，故在線段$\overline{OU}$上最靠近0的點T即是U'的真實座標，如此，我們就可以得到U'的3D重建座標T。

（二）板車儲位偵測技術開發

為使駕駛能快速指示天車指揮系統裝車位置，我們以對比度極高的白色反光板作為定位標誌，當板台上儲位由駕駛員以指示標誌標示出來後，我們的系統必須自動偵測板台上擺放指示標誌的數量及個別位置，如圖14所示為平板車指示標誌自動偵測之系統方塊圖，在司機完成擺放指示標誌後，高解析度攝影機拍下停等區畫面，首先我們對拍攝的畫面進行前處理，其目的是利用背景去除技術偵測板台實際位置，用以縮小搜尋指示標誌的範圍；接著我們對板台影像進行二值化[10]，由於指示標誌為白色高亮度的物體，因此在RGB三個通道的亮度值都會非常高，因此我們將RGB的亮度門檻值都調高。為了避免二值化影像上的雜訊干擾判斷，我們對二值化後的影像進行去雜訊及水平濾波，最終指示標誌位置被完全偵測出來。

雖然無人天車因使用成效良好而開始被廣泛應用，然而，上述電腦視覺並沒有使用最新的深度學習技術，而是依靠傳統影像處理技術來實現；由於天車在裝卸鋼捲時，需要非常精準的定位，誤差超過5公分就可能吊不起鋼捲，但深度學習在位置偵測的精準度上並無優勢，加上判斷速度較慢，傳統影像處理有些技術，應用上會比深度學習來的更好。並非最新的技術即是最適切的技術，需考量其應用目的及環境與資料特性，選擇合

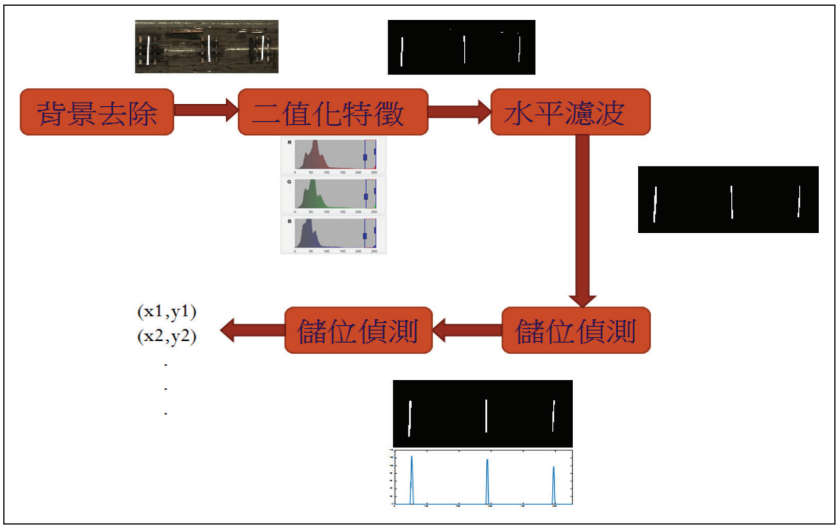


圖 14　平板車指示標誌自動偵測之系統方塊圖

適的技術來解決問題，方能完美解決技術落地問題。

七、結論

透過中鋼公司的三個案例經驗，我們歸納出以下結論，代表了在鋼鐵製程中應用人工智慧技術時所需考慮的不同情境和實踐經驗。

（一）資料充足模型訓練易成功：

中鋼公司的經驗說明，當擁有充足的資料時，模型訓練更容易成功，這反映出資料量和質量對於深度學習模型的重要性。充足的資料可以提供更多的訓練樣本，幫助模型更好地理解和預測製程中的變化。

（二）資料不足時透過正常資料訓練出異常偵測模型：

異常偵測問題是最常見的資料缺乏問題，因為異常情況出現的比例遠低於正常情況，因此，透過大量正常資料訓練出參數擷取模型，將影像中所關注的事件數據化，在透過這些數據來描述異常情況，即可從正常資料中訓練出異常事件的偵測模型。

（三）選擇適切的技術勝過最新的技術：

無人天車案例提供了實用的技術選擇經驗，選用技術時重要的是要綜合考慮各種因素，包括成本、可行性、環境條件等。這種經驗強調了理性和實際性在技術選擇中的價值，而不是盲目地追求最新技術。

透過這三個案例分享說明了在鋼鐵製程中應用人工智慧技術時，應該考慮的因素和方法。鋼鐵業的成功經驗也可以應用於其他行業，強調了實踐經驗的價值，以實現最佳效益。

參考文獻

1. 李肯錫與世界經濟論壇“全球“灯塔工厂”网络:来自第四次工业革命前沿的最新洞见”, 2019.
2. L. A. Gatys, A. S. Ecker and M. Bethge, “Image style transfer using convolutional neural networks”, Proc. IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR), pp. 2414-2423, Jun. 2016.
3. C. Y. Wang , H. Y. M. Liao, Y. H. Wu, P. Y. Chen, J. W. Hsieh, and I. H. Yeh, “CSPNet: A New Backbone that can Enhance Learning Capability of CNN,” 2019.
4. G. Huang, Z. Liu , K. Q. Weinberger, et al. “Densely connected convolutional networks,” arXiv preprint arXiv:1608.06993, 2016.
5. K. M. He, X. Y. Zhang, S. Q. Ren, J. Sun, “Spatial pyramid pooling in deep convolutional networks for visual recognition.” In Computer Vision – ECCV2014, 346-361, 2014.
6. C. Shorten, and T. M. Khoshgoftaar, “A survey on image data augmentation for deep learning,” J. Big Data, 6:60, 2019.
7. J. Long, E. Shelhamer, and T. Darrell, “Fully convolutional networks for semantic segmentation,” In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition, pp.3431-3440, 2015.
8. R. Hartley and A. Zisserman, “Multiple View Geomerty in Computer Vision,” Cambridge University Press, second edition, 2003.
9. Z. Zhang, “A flexible new technique for camera calibration,” IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp.1330-1334, 2000.

利用無人機影像實現交通車流之智慧偵測

台灣世曦工程顧問股份有限公司地理空間資訊部工程師 / 李冠毅
台灣世曦工程顧問股份有限公司地理空間資訊部工程師 / 楊軒
台灣世曦工程顧問股份有限公司地理空間資訊部工程師 / 周孜恆
台灣世曦工程顧問股份有限公司地理空間資訊部技術經理 / 吳錫賢

關鍵字：無人機、深度學習、車輛偵測、車輛追蹤

摘要

隨著無人機載具軟硬體技術不斷進步，利用高解析度相機搭載於無人載具上能夠拍攝寬闊道路區域之影像。此類使用無人機視訊（Video）影像為基礎之方法，用於地面交通工具辨識和流量計算，相對於路側單元（Roadside Unit）方式，更具出色之機動性和拍攝範圍，因而具備顯著優勢。為加強空間資訊技術於交通管理領域之應用，台灣世曦採獨立研發方法利用無人機針對交通車流進行高空動態影像拍攝，並運用深度學習（Deep Learning）技術，成功開發車輛偵測及車輛追蹤技術，為輔助偵測道路上車速及流量準確檢測提供創新解決方案。

本研究聚焦於無人機視訊影像（UAV-based Video）之交通工具物件辨識，包含車輛偵測及車輛追蹤技術開發，以提供更精確的交通參數。研究過程中，車輛偵測技術用來自動識別車輛，並將其分類為不同類型，而車輛追蹤技術則追蹤同一輛車在連續影像中的位置，以供後續車速計算使用。透過前述技術應用，能夠萃取出移動中車輛之準確空間資訊，將有助於精確分析交通路況資訊以利交通管理應用。

一、前言

人工智慧應用於近幾年呈顯著成長，從影像辨識領域到大型語言模型的成功商業

化，隨機器學習（Machine Learning）模型參數不斷呈指數型成長，機器學習商業化應用的高門檻顯已形成。以搭載高畫素相機之無人機進行道路影像擷取，對比傳統路側單元，無人機以高機動性及廣闊拍攝範圍更勝一籌。因此，作為新型解決方案，利用無人機辨識交通工具相當具有潛力。台灣世曦自主研發此項技術並透過深度學習影像辨識演算法開發出車輛偵測及車輛追蹤技術。深度學習為機器學習的一項分支，主要使用人工神經網路的分層演算法結構，能夠發揮最近似於人類思考邏輯的人工智慧功能。透過車輛偵測技術，能夠自動識別交通工具並進行分類，搭配車輛追蹤技術，能夠在連續影像中追蹤同一輛車的位置，並利用道路長度及通過時間反算車速。

透過此簡便方法得到精確之交通參數來投入交通管理領域中，未來透過車輛之空間資訊有助於精確分析交通路況，期望能帶給城市交通管理更便捷及精確之解決方案。本研究目標為反演車輛相關交通參數，目標以無人機進行視訊影像蒐集，透過深度學習發展自動化無人機視訊影像之車輛判識及追蹤，以強化空間定位。研究主要包含三個核心研究項目（圖1）：對位（Georeferencing）、偵測（Detection）、追蹤（Tracking），對應的研發項目包含視訊影像穩定化處理及地理坐標對位、車輛偵測及種類識別、車輛追蹤及反演車輛軌跡與車速。全程工作目標為核心技術開發、測製流程建立、區域執行實際實驗。

二、研究方法

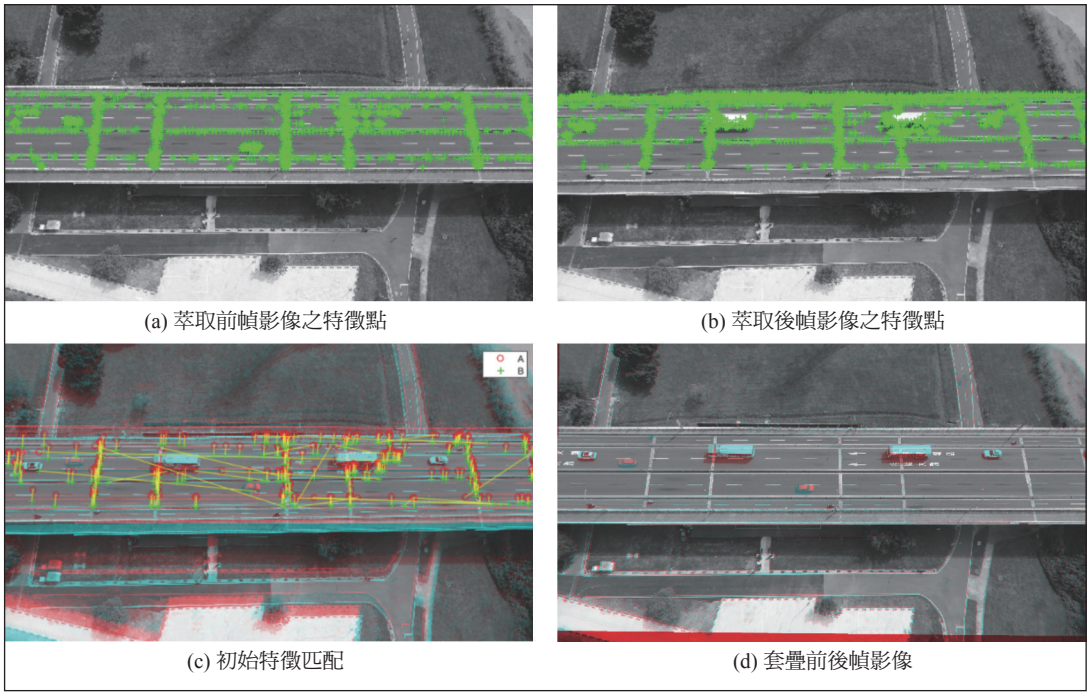
伴隨無人機方便地獲取視訊影像，衍生大量的影像需進行車輛辨識（Recognition），若以人工判識將大幅增加測製成本，因此以深度學習進行自動辨識是本研究之關鍵發展技術，其中包含影像穩定化處理、車輛追蹤及其軌跡與車速計算。相關工作條列及說明如下：

（一）地理空間對位

1. 視訊影像穩定化處理

以旋翼型無人機固定視角及高度，對國道路段側向拍攝影片，同時記錄靜態與動態交通工具之資訊。由於無人機懸停（Hovering）空中進行拍攝時，氣流擾動容易影響機身穩定使影像產生模糊，因此，空拍影片於進行車輛辨識及追蹤前需透過穩定

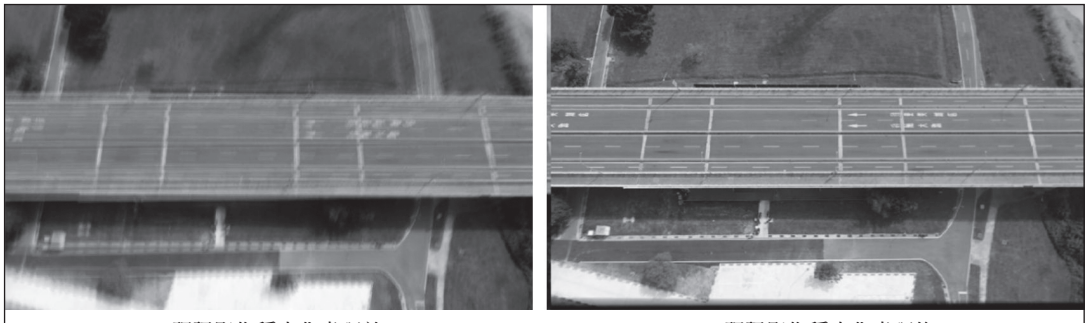
圖 1　核心研究項目



(a) 萃取前幀影像之特徵點　(b) 萃取後幀影像之特徵點

(c) 初始特徵匹配　(d) 套疊前後幀影像

圖 2　視訊影像穩定化處理程序



(a) 視訊影像穩定化處理前　(b) 視訊影像穩定化處理後

圖 3　視訊影像所有像幅之疊加及平均

化處理來消除模糊現象。首先劃定國道部分路段作為目標區並將影片轉為多幀單一影像，接著提取時間序列中前兩幀影像，利用加速穩健特徵演算法（Speeded Up Robust Features, SURF）（Bay et al., 2006）在特徵空間尺度中萃取影像對之特徵點，完成初始匹配並濾除雜訊後，計算像對視差，輔進行前後幀影像之套合作業（圖2）。圖3為視訊影

像所有像幅之疊加及平均，以視訊影像穩定化處理之前後差異作為比較，經過穩定化處理，可明顯提升各幀影像的一致性。

2. 視訊影像地理空間化處理

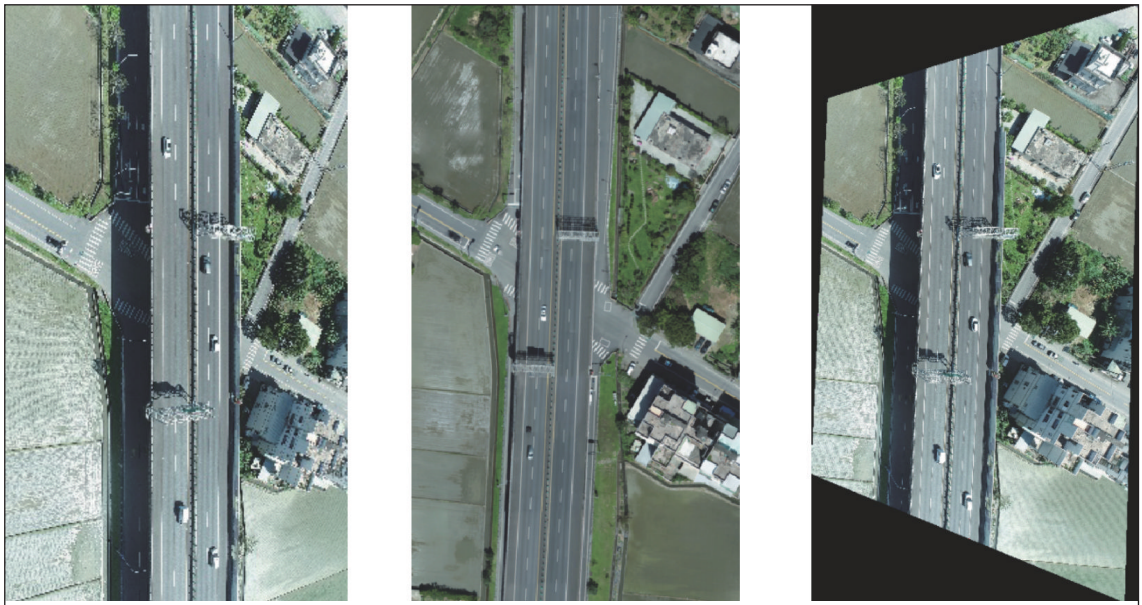
經過視訊影片穩定化處理後，接下來為空間化處理，目標使每幀影像坐標（S, L）均具有地理坐標（E, N）。本研究以參考正射影像為底圖並作為基準，人工量測首幀影像及正射影像之路面控制點，再以最小二乘平差法計算之轉換係數（a11~c12）（式1），同一視訊影片之各幀影像均使用同一轉換參數，地理坐標對位成果詳圖4。

$$E = \frac{a_{11}S + a_{12}L + a_{13}}{c_{11}S + c_{12}L + 1}$$

$$N = \frac{b_{11}S + b_{12}L + b_{13}}{c_{11}S + c_{12}L + 1} \quad （式1）$$

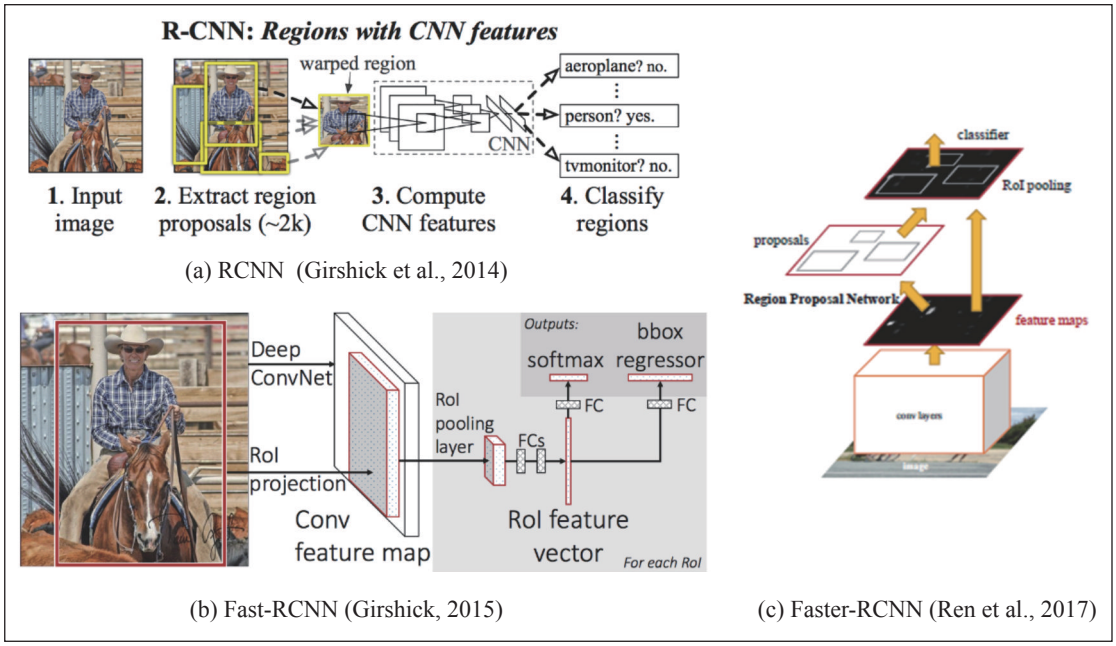
（二）交通工具物件識別

本案交通工具物件識別部分著眼於大型與小型車輛，演算法部分採用Faster-RCNN（Ren et al, 2015）。該法由RCNN（Region CNN）（Girshick et al., 2014）及Fast-RCNN（Girshick, 2015）演進而來。其中RCNN部分使用Selective Search演算法，從輸入影像中萃取大量的候選區塊（Region Proposal），



(a) 原始影像　(b) 參考正射影像　(c) 地理坐標對位後影像

圖 4　地理坐標對位成果示意圖



(a) RCNN (Girshick et al., 2014)

(b) Fast-RCNN (Girshick, 2015)

(c) Faster-RCNN (Ren et al., 2017)

圖 5　RCNN, Fast-RCNN 及 Faster-RCNN 架構圖

接續透過CNN（Convolutional Neural Network）以卷積特性對其萃取特徵，再利用SVM（Support Vector Machine）分類器進行分類，對分類作目標物的多重外框進行線性回歸，最終獲得目標物的外框（Boundary Box）（圖5（a））。Fast-RCNN僅進行一次完整影像的CNN特徵提取，並使用RoI pooling（Region of Interest Pooling）將選取的region proposal映射到CNN的特徵圖上。之後，這些特徵經過各自的全連接層（Fully Connected Layer）進行分類和邊界框線性回歸，最終生成目標物體的外框（圖5（b））。Faster-RCNN則更進一步改進了RCNN的Selective Search演算法，用於提取區域建議區塊。與RCNN的Selective Search演算法相比，Faster-RCNN使用了Region Proposals Network（RPN）以及Anchor box，以進一步增強RCNN的效能（圖5（c））。

（三）車輛追蹤

本研究使用物件追蹤方法為DeepSORT（Wojke et al., 2017）（圖6），其採用Faster-RCNN進行車輛偵側獲取其邊界框，再對框內目標進行表面特徵與運動特徵提取，透過級聯匹配（Matching Cascade）的方式，將最新且頻繁出現的目標優先進行匹配，增加其可靠性，若結果吻合，則更新卡爾曼

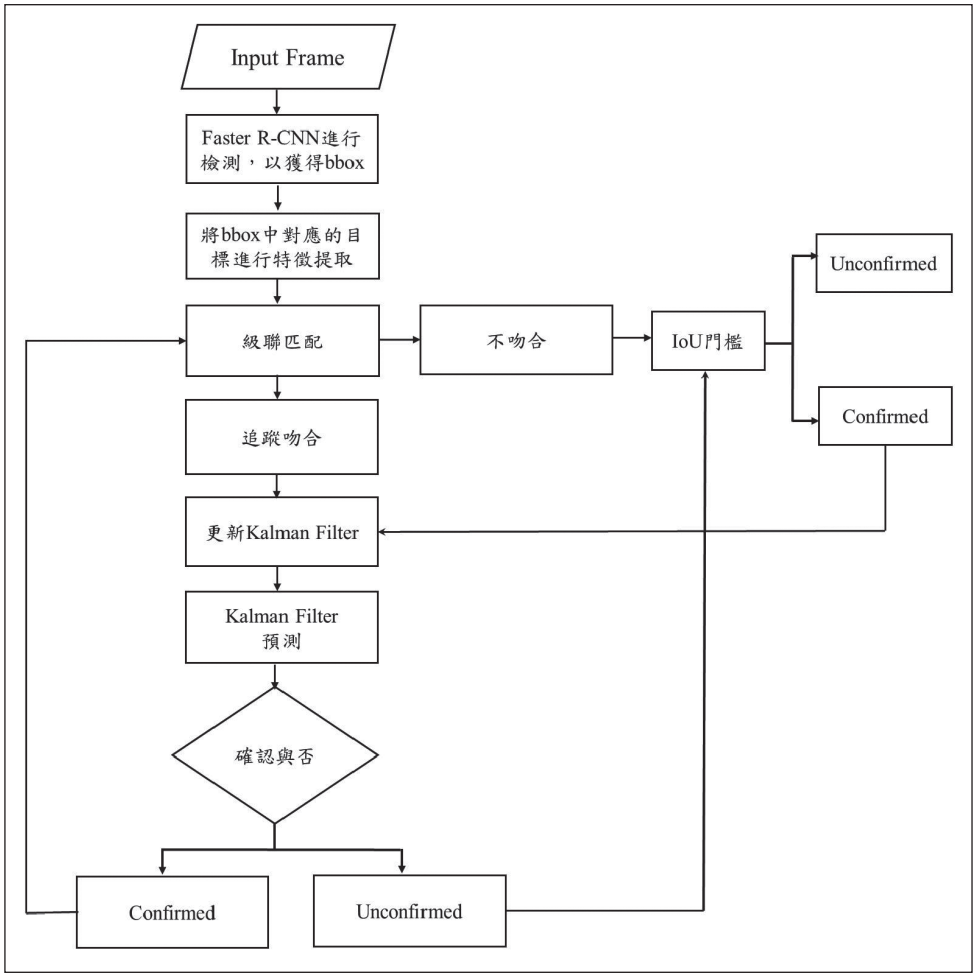


圖 6　Deep SORT 流程圖

濾波（Kalman Filter），並透過卡爾曼濾波器預測其位置，若正確則持續進行匹配，若不正確則透過匈牙利演算法（Hungarian algorithm）將卡爾曼濾波器預測到的框與當前偵測到的框進行Intersection over Union（IoU）匹配，獲得數據的相關性，因有設定其最小的IoU交集與相似度門檻進行篩選，若目標物短時間被遮蔽，依然可以在重新出現時，可持續被追蹤，追蹤成功後再更新卡爾曼濾波器，再次匹配不成功則可能被視為新追蹤物或是刪除。

（四）車輛軌跡及車速

為使車輛追蹤成果得以應用於交通分析，故將車輛追蹤成果搭配影像空間化，將影像坐

標（S, L）轉化為作絕對坐標（E, N）（參考式（1）），再行軌跡追蹤及車速反演。

$$\Delta D = \sqrt{(E_i - E_0)^2 + (N_i - N_0)^2} \quad \text{式（2）}$$

$$V = \frac{\Delta D}{\Delta t} = \frac{\Delta D}{\Delta frame * frameRate} \quad \text{式（3）}$$

將車輛的坐標轉換至物空間坐標後，利用標定車輛坐標之時間序列，由起訖坐標計算距離（式（2）），再除上時間間隔即可轉換得速度（式（3）），成果展示尚可透過繪製Space-Time圖予以表示，Space-Time圖中的橫軸代表時間，縱軸代表空間，即距離，斜率則代表車輛的速度，若速度越快，則線段會越趨近於垂直；若車速越慢，線段越趨近於水平，當線段水平時，則有可能是車輛已停止，如等紅綠燈或有路況問題而停留於原地。

三、研究成果

各項研發成果分別為資料收集（UAV Video）、影像穩定化暨空間化處理（Video Stabilize & Geo-Projection）、交通工具物件識別（Detection）、車輛追蹤（Tracking）、交通參數計算與分析（Traffic Parameter Extraction）等步驟，最終得到交通數據參數（Traffic Parameters）。整體資料處理流程如圖7所示。

（一）資料蒐集

1. 物件偵測訓練資料集

為建立深度學習之偵測車輛（Vehicle）所需樣本，本研究採用VAID（Vehicle Aerial Imaging from Drone）（Lin et al., 2020；Li &

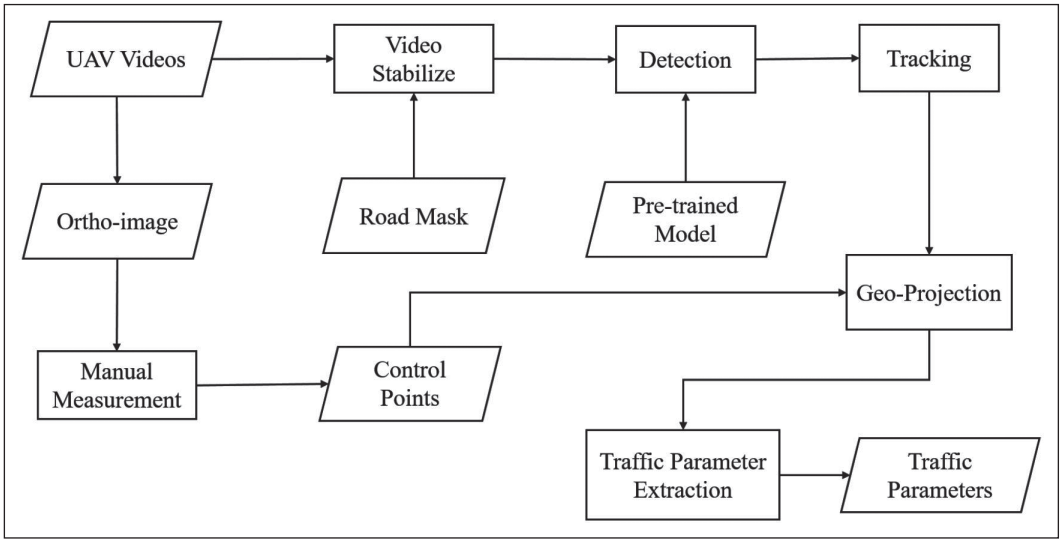


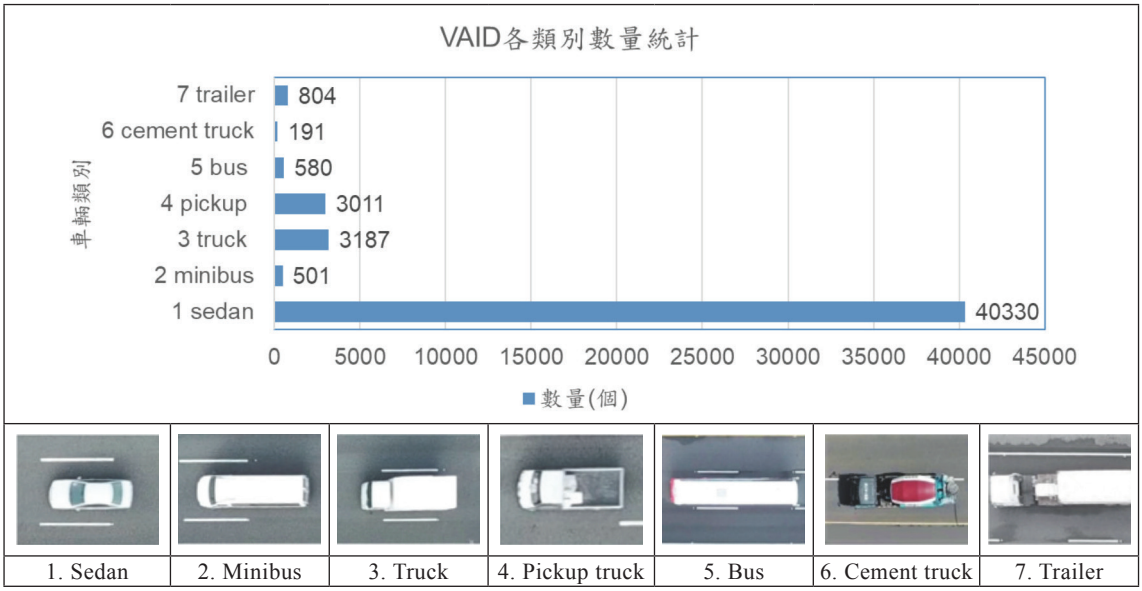
圖 7　研究流程

Lin, 2020）資料集作為深度學習模型訓練資料集之基底。VAID使用臺灣本地拍攝之無人機影像，相關研究亦多應用於車輛偵測，建置資料方式為使用無人機（DJI Mavic Pro）於市區、郊區及大學校園內拍攝不同交通狀態的影片，影片幀率設為23.98 fps，經處理後將影片轉換為1137 × 640 pixels的影像（空間解析度約12.5 cm），以JPEG格式儲存，總計約14,809張影像。蒐集資料時無人機於道路上方固定視角懸停對路面拍攝，依拍攝時的光照條件將資料分為晴天、傍晚和陰天等三種影像。另外，為了使車輛在所有影像中的尺寸一致，將飛行高度保持離地約90至95公尺。資料屬性標註由專業人士將車輛分為7類，如表1所示，由左至右分別為轎車、小型巴士、卡車、輕便客貨兩用車（Pickup truck）、公車、混凝土攪拌車（Cement truck）及拖車（Trailer）等，其中數量最多者為轎車（Sedan）40330輛；最少者是混凝土攪拌車（Cement truck）191輛。以上所述之VAID資料集拍攝方式與本研究實驗配置相近，且資料集車種樣式與本研究路段內車種略同，因此VAID資料集非常適合作為訓練資料集之基底。

2. 高速公路視訊影片

高速公路影片同樣以DJI Phantom 4 RTK無人機進行資料收集，影片像幅大小為3840 × 2160 pixels，取樣頻率為每秒30幀（30 fps），資料獲取日期為2022/03/09，實驗區為位於宜六線與縣191交會處路口上方之國道五號，全區道路長度為230公尺，單一影片道路長度

表 1　VAID 資料集車輛類別（ Lin et al., 2020）



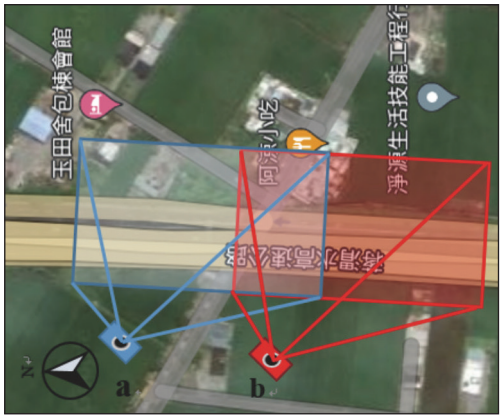


圖 8　a、b 攝影站位置

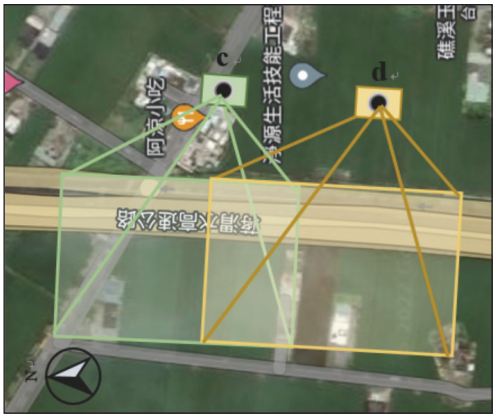


圖 9　c、d 攝影站位置

約為130 m，如圖8及9所示。所收集的資料包含共12個MOV錄像檔（取樣時長均約2分鐘），分別由兩個相鄰的拍攝位置以不同方向進行定點蒐集，離地航高包含100、80及60 m等拍攝高度，分別編號為A01、A02、A03、B01、B02、B03、C01、C02、C03、D01、D02及D03（數字01、02、03分表代表航高100、80及60 m）。

3. 擴增物件偵測訓練資料集

由於本研究使用的無人機視訊影像可能與訓練資料集有不同的特性，故人工數化擴充訓練資料集為必要措施。本次作業選用LabelImg作為影像標註工具，LabelImg是一款用於影像標註之開源軟體，不需下載與安裝程式即可執行，標註之矩形能夠以多種方式紀錄物件屬性，包含文字、影像、複選框及下拉選單等。完成標註的檔案得以XML格式儲存與輸出。本研究針對2022/03/09高速公路視訊影片進行人工數化成為CECI0309資料集，補標註油罐車Oiltruck並將其加入Trailer類別，補足VAID不足之處，其中Oiltruck車體為圓柱狀如鋼瓶，共新增43個Oiltruck，表2為各類別示意圖，表3為擴增訓練資料之數量。

（二）影像穩定化暨空間化處理

無人機懸停拍攝視訊影片時，受側風等因素影響，造成視訊影片內容晃動，本研究透過視訊影像穩定化處理鎖定道路區域進行對位，以減少因無人機載台的飄移及晃動，使不同時間各像幅之間具有一致的相對關係。圖10係以A拍攝點之3個視訊影片展示穩定化處理成果，每一視訊影片左圖是穩定化處理前影片之平均值，而右圖則是穩定化處理後影片之平均值，此資料處理程序可提供更為清晰且相對關係一致的影片平均值，故

表 2　車輛偵測類別列表

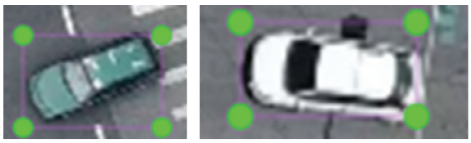
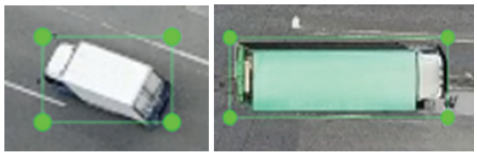
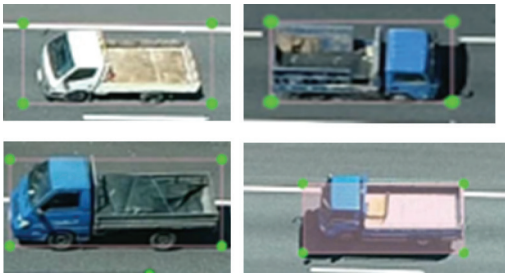
	
Sedan	Minibus
	
Truck	Pickup truck
Bus	Cement truck
Truck and trailer	Oiltruck

表 3　CECI 擴增訓練資料集統計表

Category	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
VAID	40330	501	3187	3011	580	191	804	0	48604
Augment	9381	92	596	719	119	19	368	43	11337
Total	49711	593	3783	3730	699	210	1172	43	59941

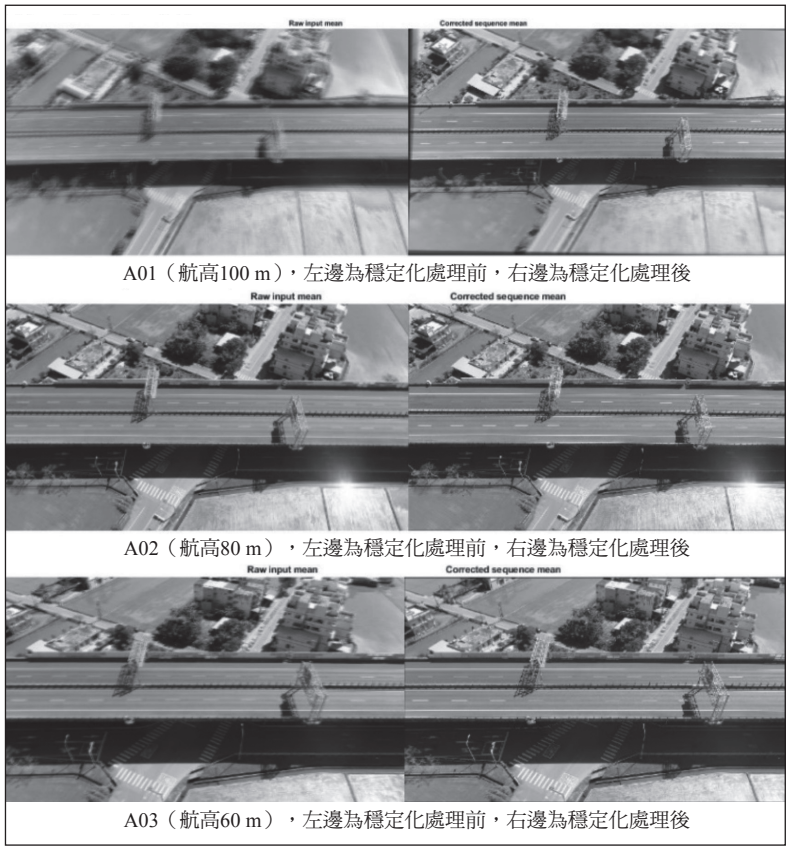


圖 10　視訊影像穩定化處理成果

可證實本研究發展的視訊影像穩定化處理可落實於實際視訊影像。

影像穩定化處理後，同一視訊影像各個像幅已具有一致的坐標，因此可將視訊影像的第1幀影像為基準，進行空間化處理。從第1幀影像與參考正射影像量測控制點執行坐標轉換，將視訊影像空間坐標（S, L）投影至

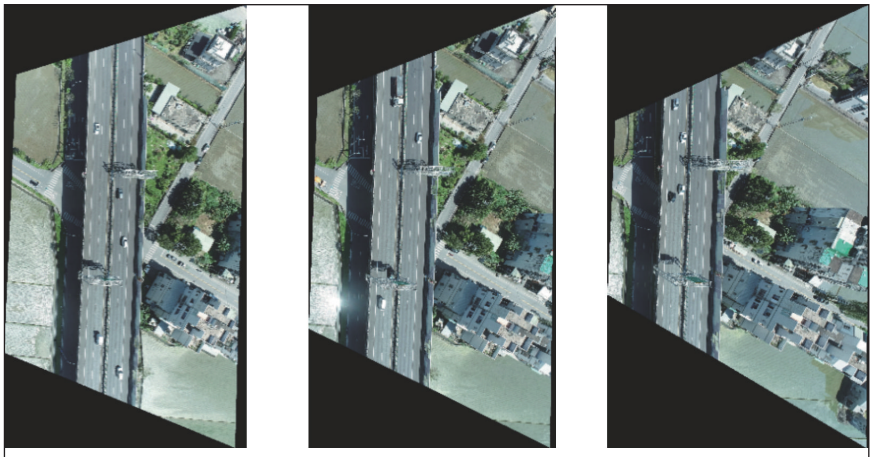


圖 11　視訊影像穩定化處理成果

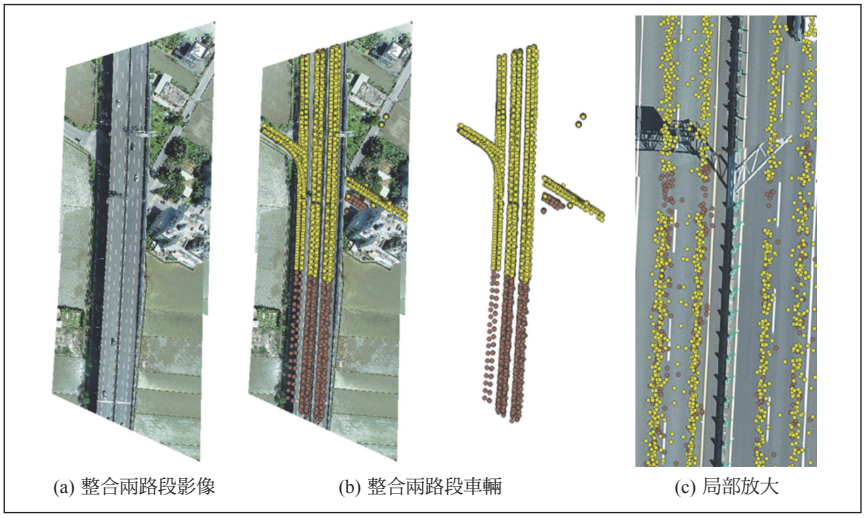


圖 12　空間化物件偵測成果優勢

物空間坐標（E, N）位置，下圖亦以A拍攝點之三部影像之首幀為代表，展示視訊影像之地理定位之成果（如圖11所示）。

原影像物件偵測成果將由像空間轉為物空間，4拍攝點資料最終不僅整合兩路段的影像，亦整合兩路段的車輛，如圖12，黃色為A01資料集所獲取的車輛資料，咖啡色為B01所獲取的車輛資料，並且可以透過縮小放大仔細進行檢視。

（三）交通工具物件識別

為增加訓練樣本，以提升模型預測精度，本項工作將VAID資料集及人工數化CECI0309資料集整合，以利提升Faster-RCNN之訓練成效，其中隨機抓取80%的資料作為訓練（Train）資料集，其餘20%則為測試（Test）資料集，其主要應用於獨立檢驗，分別命名為Mixed_train資料集（6059張影像）及Mixed_test資料集（1514張影像），如表4。同研究方法所述共分為七個類別：Sedan、Minibus、Truck、Pickup track、Bus、Cement truck、Trailer（包含Oiltruck），而Mixed_train資料集再細分為Train及Validation。

1. 建立深度學習模型：Mixed_train資料集

本研究考量開源訓練資料集樣本數之不足，故整合VAID及CECI0309人工編修訓練資料集，以提升車輛偵測能力，另箱型車類的Minibus合併進入Sedan，僅保留軸距較長的Minibus並再進一步除去分類錯誤。驗證分析部分則透過AP（Average Precision）（式4）來評估模型。

$$\mathrm{AP}=\frac{1}{11}\sum_{recall(i\in\{0,0.1,0.2,\ldots,1\})}Max(precision(i))\quad（式4）$$

經由迭代計算可得獲取模型之total loss及validation loss，觀察loss function收斂的情況均為遞減且穩定，續採用AP進行成果驗證之統計（表5）。觀察模型擬合成果之AP，本研

表 4　統計模型訓練資料各類別數量

Distribution of instances among all 7 categories (Train)							
Category	Sedan	Minibus	Truck	Pickup truck	Bus	Cement truck	Trailer
Instances	31553	364	2406	2430	431	128	722
Total	38034						
Distribution of instances among all 7 categories (Validation)							
Category	Sedan	Minibus	Truck	Pickup truck	Bus	Cement truck	Trailer
Instances	8172	109	616	636	119	40	162
Total	9856						

表 5　模型收斂後各類別之最終 AP

Per-category bbox AP							
Category	Sedan	Minibus	Truck	Pickup truck	Bus	Cement truck	Trailer
AP	72.133	72.257	65.675	59.643	77.340	63.589	74.547

表 6　模型收斂後各類別之最終 AP

Evaluation result for bbox					
AP	AP50	AP75	APs	APm	APl
69.312	93.785	87.480	47.667	71.393	58.804

究採用整合VAID與LabelImg人工標記所建立的模型，可在AP50（IoU 0.5）時達93.785%（表6）。

1. 獨立驗證分析：Mixed_test資料集

獨立驗證分析採用Mixed_test資料集，以矩形外框為單元的Object Detection深度學習精度分析使用三種各類別評估指標，Precision（式5）、Recall（式6）、F1-Score（式7）。

Precision（準確率）= TP/（TP+FP）　（式 5）

Recall（召回率）= TP/（TP+FN）　（式 6）

$$\mathrm{F1-Score} = 2 * \frac{Precision * Recall}{Precision + Recall}$$　（式 7）

其中，TP（True Positive）為真實情況「有」，模型判識作「有」的正確個數；FN（False Negative）是真實情況「有」，模型卻判識「沒有」的錯誤個數；FP（False Positive）是真實情況「沒有」，模型而判識「有」的錯誤個數。透過模型進行Mixed_test的預測結果如下方計算式，可得漏授為261個（Omission）、誤授為262個（Commission）。其Recall、Precision、F1-Score分別計算如表7，F1-Score值域範圍為0到1，而0.97的成果可知模型預測精度相當高。（Recall代表模型能夠正確地預測出多少事實為真的樣本，Precision代表模型預測為陽性的樣本中有多少樣本是事實為真，而F1-Score則代表模型的總體表現）：

物件偵測上述訓練模型進行測試，此模型可同時應用於本研究高速公路視訊影像及原始VAID資料集，模型預測成果展示如圖13。

表 7　獨立驗證資料集之誤差矩陣

		真實		參數計算
		事實為真（Positive）	事實為假（Negative）	
預測	預測為陽性（Positive）	TP = 9564	FP = 262	Precision = 0.97 Recall = 0.97 F1 - Score = 0.97
	預測為陰性（Negative）	FN = 261		

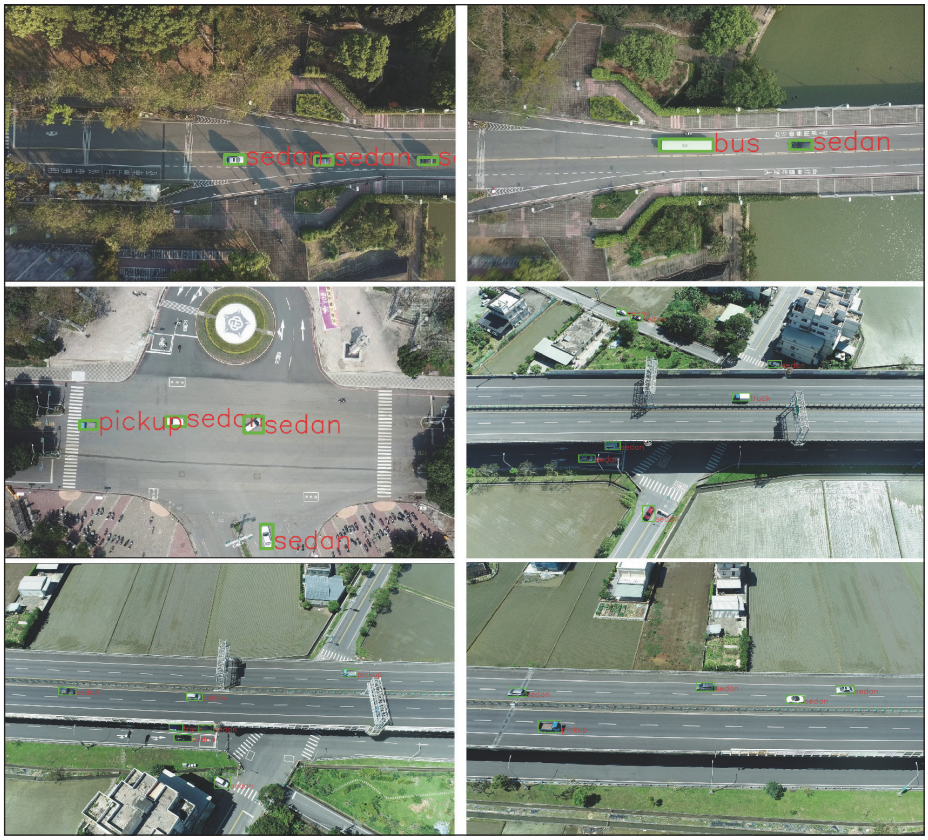


圖 13　模型預測成果展示

（四）車輛追蹤

為使每幀影像中的車輛具連貫性，進而獲取車輛運行軌跡，且可同時對多部車輛進行追蹤。本研究透過Faster-RCNN執行影像物件偵測，框選每張影像上的目標物件，接著DeepSORT在連續影像中比對框選區域特徵，將相同目標物給與單一編號，如圖14之案例。追蹤不同影像間的同一物件給予相同編號Sedan-8。

（五）地理空間定位

為了反推的軌跡及車速，將追蹤的成果進行坐標轉換，由影像坐標（S, L）空間轉換至物空間坐標（E, N）。首先須人工量測控制點，各影片控制點量測數量如表8，統計13個視訊影像地理空間化在E及N方向的RMSE（Root-Mean-Square Error）均小於0.1 m，可滿足車輛定位之需求。

圖 14　前後幀影像進行比對

表 8　空間化精度分析表

Video ID	Number of Control Point	RMSE (m)	
		△ E	△ N
A01_60_100	10	0.049	0.042
A02_60_80	9	0.028	0.040
A03_60_60	9	0.045	0.049
B01_30_100	8	0.058	0.048
B02_60_80	9	0.051	0.030
B03_60_60	8	0.048	0.017
C01_60_100	10	0.055	0.047
C02_60_80	10	0.056	0.033
C03_60_60	8	0.049	0.022
D01_60_100	10	0.058	0.022
D02_60_80	8	0.054	0.025
D03_60_60	8	0.066	0.025
D04_60_50	8	0.068	0.024

將轉換後的車輛軌跡匯入QGIS，並套疊在正射影像中，軌跡如圖15。其中，因為ID457的車輛位於平面道路，車速低於每小時60公里，因此軌跡為藍色，其速度與位置皆符合常理。計算圖中三輛車的平均速度，ID457的橋下車輛平均速度約為每小時32.17

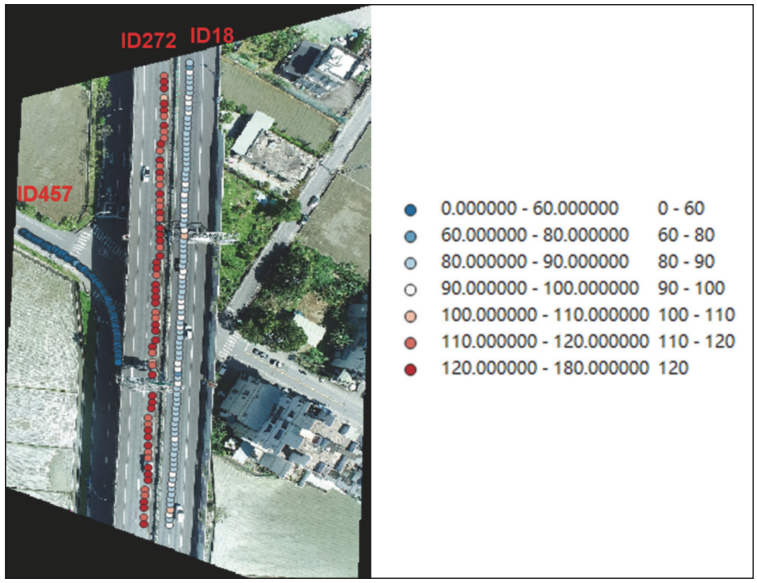


圖 15　車輛軌跡圖

公里，ID18的車輛為平均速度每小時88.42公里，ID272的車輛為平均速度每小時121.43公里，如圖16。

（六）交通參數計算與分析

本實驗著眼於高速公路範圍內車輛（未含平面道路車輛），為便於解析交通概況，須將無人機所拍攝的結果進行交通參數的運算，導出成果包含Space-time圖表、各類車輛的總數、各類別車輛的平均速度、最快速度、最慢速度及速度標準差，以利輔助後續交通規劃、車流疏散等交管措施。

1. Space-Time Diagram

Space-Time Diagram的每一條線代表每一部被追蹤成功的車輛，其線段的斜率即代表車速，線段間的斜率若一致，係代表車速相近，然而線段的斜率若相差越大，則代表車輛間的行駛速度有所差異，而同一路段各車輛速度不一致之情況，將容易導致車禍，抑或是發生塞車等情形，對於用路人而言須多加注意路況。本小節以相同航高（60 m）之4個拍攝點的Space-Time Diagram進行成果展示（圖17），可觀察得：此筆直且平穩的高速公路且於該錄影時間區段內，無發生車輛間速度差異甚大之問題。

2. 各類別車輛數量統計

統計各類車輛數量將能分析該路段的常見車種，以利未來交通規劃、路面結構設計等相關議題。針對本研究12部影片進行各類

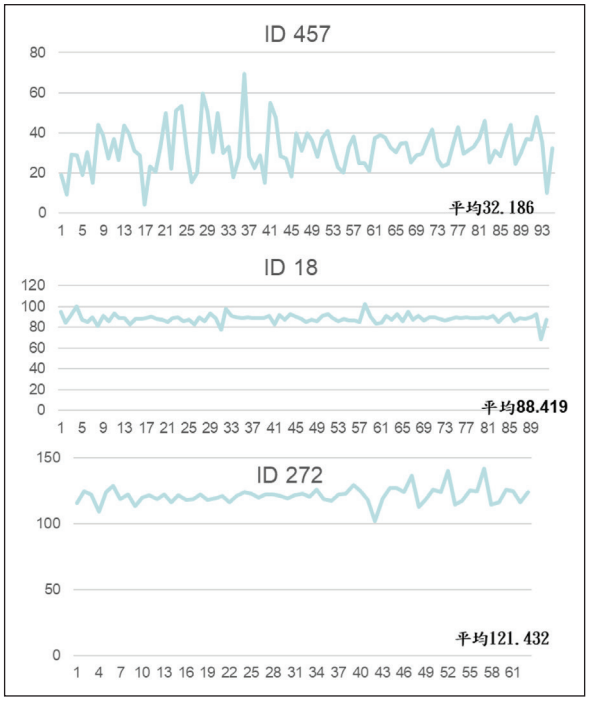


圖 16　三輛車之時間速度圖，其中 ID457 為平面道路車輛，ID18 及 ID272 為高速公路車輛

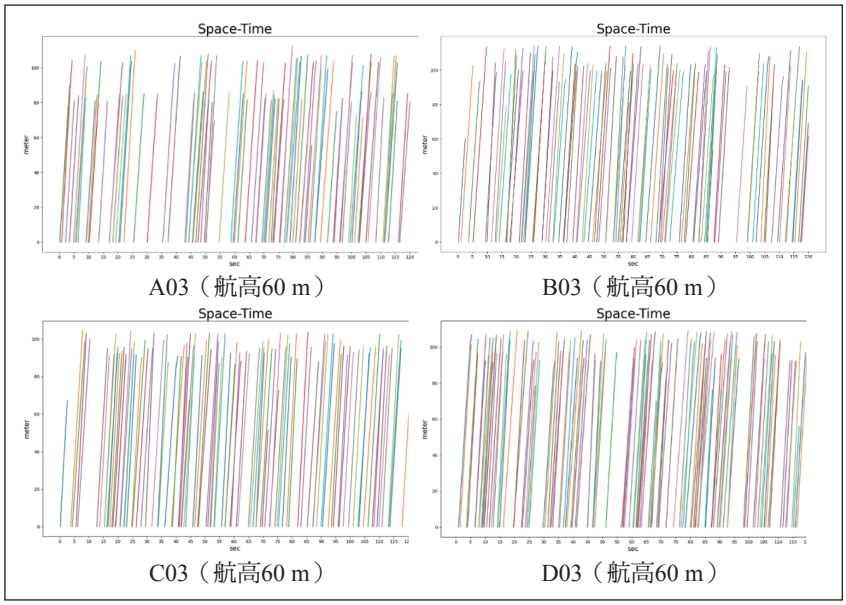


圖 17　Space-Time Diagram

別車輛統計，以Sedan數量為最多（平均92輛），其次為Truck（平均66輛），Minibus數量僅有一台，而Cement truck則完全未偵測到。另直接觀察影片內容，A01及D03影片中的車輛最多，A03、B01與C01車輛相對較少，而偵測成果亦吻合現況（圖18）。

3. 各類別平均速度統計

觀察各車種統計速度（圖19），Sedan在12個影片當中是平均車速最快，平均速度為每小時93.37公里；其次為Truck，其平均速度為每小時91.26公里；最慢的車種為Bus，其平均速度為每小時84.90公里，由於Cement

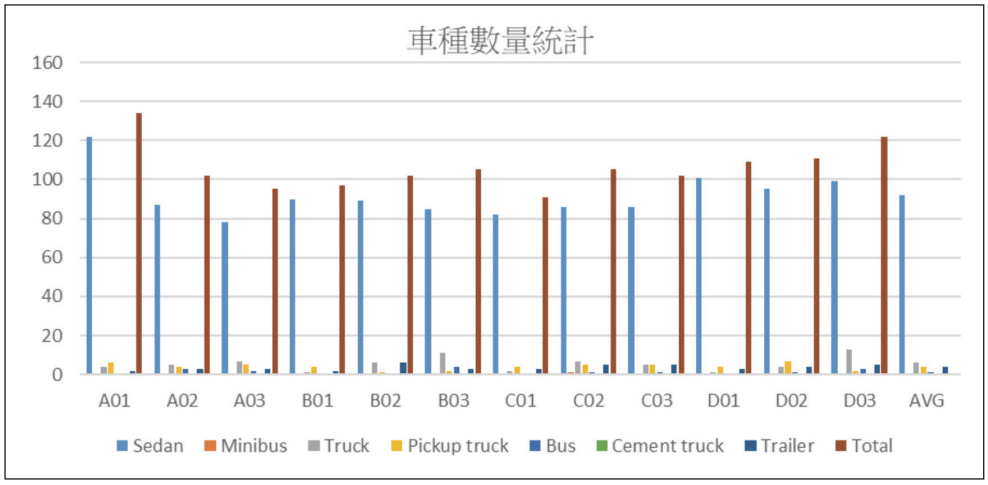


圖 18　各類別車輛統計（單位：輛）

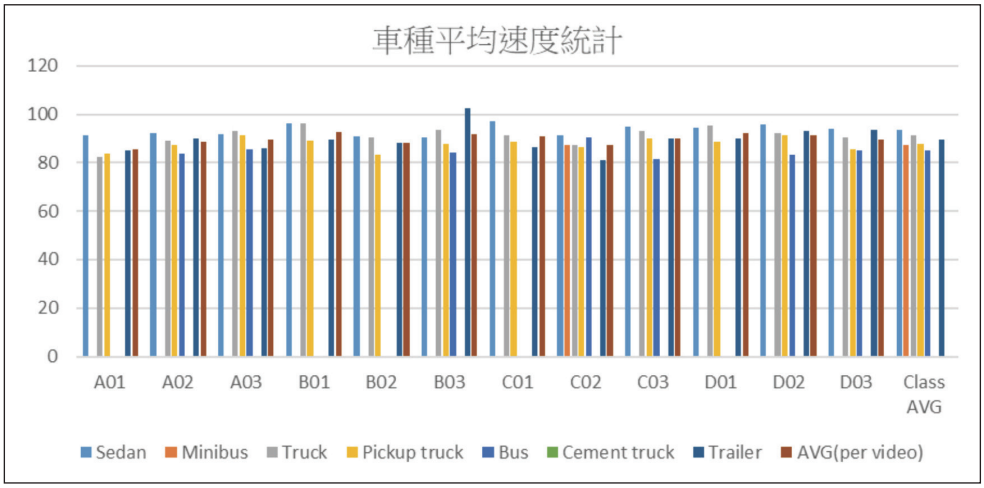


圖 19　各類別平均速度統計（單位 :km/hr）

truck數量過少，因此忽略不計。至於各影片的平均速度的部分，則為B01速度最快（每小時92.72公里），藉此可以推測車流量較少，與前一小節「3-6-2各類別車輛數量統計」結論一致。綜合以上來看，每類別的平均車速皆落在約每小時90公里亦於國道速限規範值內。

3. 各類別最高速度統計

統整各車種於12錄像中所計算得之最高速度（如圖20），相同地不論於何種錄像，在各類別車輛當中，最快者亦為Sedan，另以各類別平均來看，同為Sedan最快（最高速度之平均為每小時126.71公里），第二快者為Truck（最高速度之平均為每小時102.43公里）。以各影片之各車種最高車速而言，B02影片當中的最高速度之平均為最快，達每小時109.26公里，而C01影片的最高速度之平均為每小時99.97公里，為所有實驗影片中最慢者。

4. 各類別速度標準差統計

統整各車種於12影片中所計算得之速度標準差（圖21），觀察各車種平均標準差，Sedan標準差為最大（平均每小時9.96公里）；其次為Truck（平均每小時7.97公里）；而標準差最小者為Bus（平均每小時1.46公里），主因為巴士作為大型載運交通工具，因此重視安全性其行車速度變化較小，且多固定行駛於外側車道，無頻繁加減速之行為，據此該統計成果合乎基本邏輯，另小巴士Minibus與Cement truck數量過少，因此不納入分析。

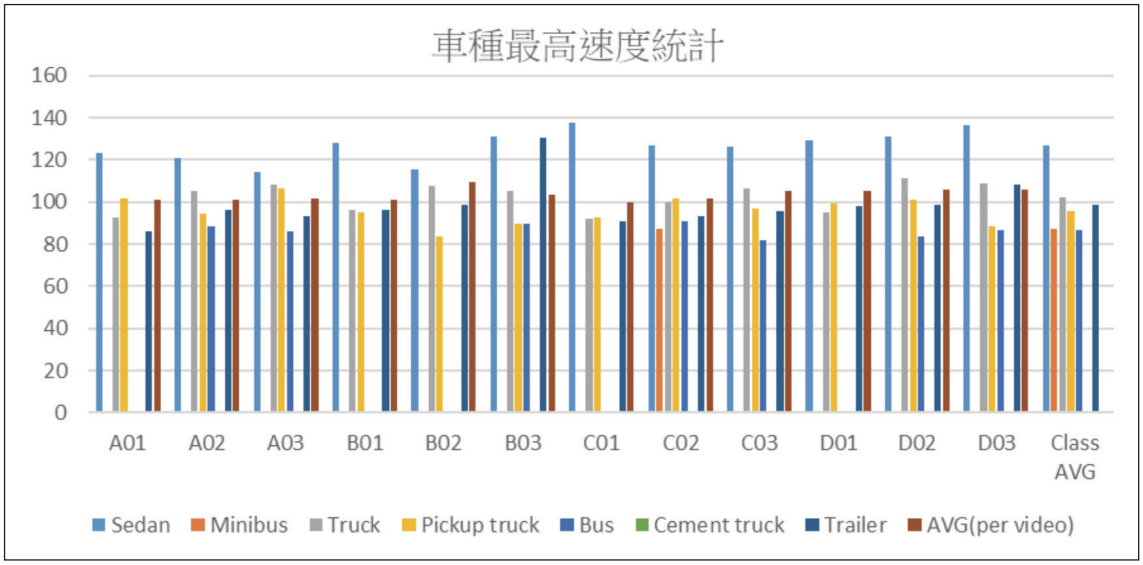


圖 20　最高速度統計（單位：km/hr）

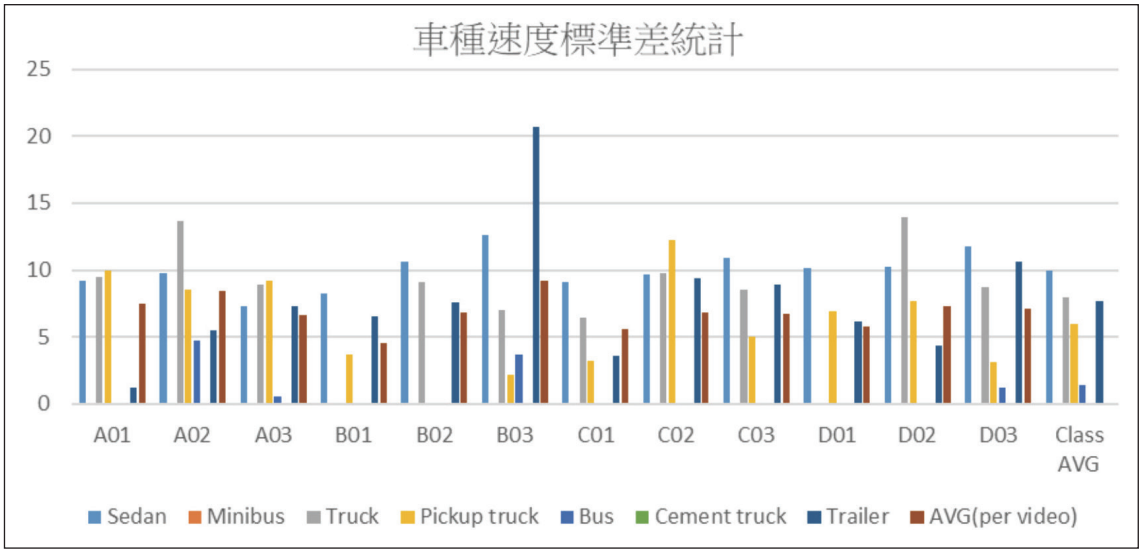


圖 21　各類別速度標準差統計（單位：km/hr）

四、結論與未來建議

本研究使用無人機視訊影像成功偵測及追蹤車輛，也展示影像穩定化的效果理想具實用性，其中小轎車的偵測能力為最佳，而皮卡車及大卡車的偵測能力較差，未來建議仍需要增加這類交通工具的訓練樣本。本研究主要成果包含開發視訊影像穩定化前處理程序，再經由投影轉換將影像坐標轉換到絕對坐標；增加訓練資料集，建立台灣世曦獨有之車輛資料集；透過Faster-RCNN建立深度學習模型，經過精度分析，獨立檢核區之Precision、Recall及F1-Score均達到0.97，驗證車輛偵測模型具有高辨識能力；開發車輛追蹤程序，可追蹤同一台車在連續影像中的位置；利用控制點進行影像坐標（S, L）轉換至物空間坐標（E, N）的參數計算，以取得影像中的比例尺資訊；將各類別、各區域車輛進行交通參數計算與分析，如平均車速、各類別車輛統計、Space-Time Diagram等。

本研究旨在透過便利且機動性高之無人機獲取交通車流資訊，但相對地也受到無人機本身之限制，例如：無法於雨天或風力過強之天候下飛行、無人機續航力有限故無法長時間監控車流狀況、無人機需具備安全起降地點等。總而言之，科技發展快速，機器學習演算法也不斷地疊代更新，本研究為無人機影像實現交通車流之智慧偵測方法奠定基礎。未來將持續改進作業流程，以提升車輛偵測模型精度及應用價值。

五、誌謝

本研究承蒙國立陽明交通大學土木工程學系張智安教授研究團隊技術咨詢，謹此致謝。

參考文獻

1. Bay, H., Tuytelaars, T., & Van Gool, L. (2006). Surf: Speeded up robust features. In European conference on computer vision, pp. 404-417. Springer, Berlin, Heidelberg.
2. Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T., & Malik, J. (2014). Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition , pp. 580-587.
3. Girshick, R. (2015). Fast r-cnn. In Proceedings of the IEEE international conference on computer vision（pp. 1440-1448）.
4. Li, C. Y., & Lin, H. Y. (2020). Vehicle Detection and Classification in Aerial Images using Convolutional Neural Networks. In VISIGRAPP (5: VISAPP), pp. 775-782.
5. Lin, H. Y., Tu, K. C., & Li, C. Y. (2020). VAID: An Aerial Image Dataset for Vehicle Detection and Classification. IEEE Access, 8, 212209-212219..
6. Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2015). Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks. In Advances in neural information processing systems, pp. 91-99.

Operation Management As Algorithm the Berlin case（演算法 ⊆ 柏林營運管理）

柏林股份有限公司資訊部門副理 / 黃瀞瑩

關鍵字：人工智慧、演算法

摘要

人工智慧（Artificial Intelligence，簡稱AI）是近年來科技領域備受矚目的一個概念。它代表了人類在模擬智慧方面取得的重大突破，並在各個領域中引發了極大的變革，人工智慧是一項強大的技術，專門用於處理複雜性資訊。它主要依靠演算法，廣泛應用於解決各種問題的邏輯思維，進而協助提升人類作業。不論是透過文字或流程訂定的規則標準，亦或是透過電腦數位化以程式編輯來處理相關作業，甚至涉及到人類無法透過程式運算的複雜機器學習領域，都屬於人工智慧的範疇。

前言

在人工智慧的層次中，演算法扮演著關鍵的角色。若將其視為一種位階，演算法是最基礎的階段，單純處理單一問題的輸入及輸出。然而，若考慮到更高的服務位階，則可以看作是各式各樣問題演算法的集合。舉例來說，我們熟悉的Google服務就是一個Service，可以同時處理GMail、Google Calendar、Google Sites、Workspace等等問題和需求。換言之，企業的營運管理本質上也是演算法，因為涵蓋了企業在追求永續經營所有的心路歷程。不管是在日常工作、稽核除錯、決策流程中費盡心思的種種改善，其

最高層次即是將各種演算法結合成整體，使企業本身成為一個服務。同樣的邏輯適用於整個產業鏈，無論是市場、政府還是整個國家，它們也都是提供服務的實體。這些提供服務的實體，在改善過程中，面對各式問題的剖析整合能力，深遠影響其訂定的標準和解方，伴隨決定的演算法，其設計的良窳，終將決定這些服務方在AI智慧上體現的精進程度。而要判斷服務的優劣，則取決於「人工」智慧如何設計這些演算法。當這些演算法被設計得越為精準和智能，所提供的服務品質也就相對提升。因此，企業、市場、政府及整個國家的發展，都深受人工智慧演算法的影響，這也是為何人工智慧的發展和演算法的創新至關重要的原因之一。

一、柏林營運管理上的執行手法

在時間軸的現在回頭去看柏林這些年的營運管理，的確生成了大大小小、有形無形的演算法，但是在實際運用中，完全替代人工作業仍有困難。這是因為每個問題都遵循帕雷托法則（Pareto principle，或稱80/20法則），柏林會透過分割與擊破的方式來評估，其中80%通常可以輕易透過工具及標準化來有效處理問題的繁雜度和瑣碎性，形成所謂的結構性決策，因其有固定的規定可以遵循，設計以明確的語言和模型加以描述並讓其自動化，也因為沒有例外發生的機率，所以機器永遠能夠準確的將問題系統性的處理完畢。但剩下的20%通常是特殊且較為複雜的狀況，為了處理這20%的特殊問題，我們可能會再進行分割擊破，再次從中找出可以解決的部分，這樣特殊無法解決的問題終將逐漸減少。然而，值得強調的是，人工智慧並非萬能的解決方案，並不是所有的問題都可以被智能處理。在實際應用上，柏林確實遇到了一些無法用智能方式解決的複雜性問題，截至目前還是只能依賴人類真正的“人工”智慧來執行非結構性等判斷決策的工作。

二、柏林過往生產端的應用

（一）自動化開單

在AI尚未盛行前，柏林其實就已經在製造現場做了很多自動化的設計。幾年前我們設定了常備暢銷品項及其對應的生產批量計算模式，當庫存量小於安全庫存量，內部自行設計的程式就會自動開立出生產製令單，通知製造現場進行生產排程，生管人員因此減少約50%的開單作業，今年我們更將針對量小樣多的客製品項，著手依單生產的製令自動開立作業，預計將再減少20%的開單作業。

（二）工時系統的設計

我們從最早的紙本登錄，到後來設計線上的工時系統，最大的改變是，內外勤單位可以直接透過這套系統，清楚知道目前線上

的每一批，是等待或者製造狀態，甚至是已經執行多久時間，不用再透過電話及廣播關心詢問客戶的產品目前的生產狀況。而且系統的設計優化成透過簡單的點擊就能將當下的時間戳記記錄到系統中，讓現場同仁能夠更專注於工作執行上。我們在工時系統中紀錄了每批生產桶槽的資訊，透過生產大型看板的設計，結合燈具感應的顯示方式，讓生管人員不用親自走到現場，就能夠清楚知道全廠桶槽的使用運轉狀況，也能精確的下達指令到現場的每一站每一批。生管的工作也從過往的日常作業，轉變為特殊狀況應變及利用資訊判斷決策的主持官。透過工時系統多年來的數據累積，我們也針對不同站別、機器設備、人員等資料進行分析調整，大大的改善生產效率及提升工時目標。

（三）兩段式生產

柏林的兩段式生產，初始階段單純是為了能夠縮短工時、便捷出貨。打破標準配方的架構，我們開始累積調色人員的經驗和數據，以上一批的執行結果計算產生這批的投料數據，雖然還是以紙本配方單傳達及人工手動下料執行，但已經是一大突破；進入到第二階段後，我們結合資料庫端的製令資料，直接顯示到調色站的看板機台上，並透過PLC和機器設備的連結溝通，開始執行95%自動下料，省卻了大量人工處理的時間，僅由調色人員進行最後5%的誤差值和精準度調整；未來第三階段，我們打算利用過往積累的經驗數據，在AI智能化的加持下，透過電腦配色的導入，實際的計算出各色種的使用量並完全自動下料。

三、柏林未來生產端的構思

（一）因應環保法規及綠色經濟的轉型

人工智慧的演算法不斷進化，目前在產業應用上帶來了巨大的潛力和機遇。為了因應氣候變遷的環保議題、推動綠色經濟的發展，近年來世界各國對企業的減碳節能政策正如火如荼的展開。柏林的未來想做什麼嘗試呢？政府將在2024年開徵碳稅，企業爭相透過碳盤查通盤的了解直接間接碳排狀況，藉此訂定策略性的減碳政策及方向，在製造業的生產過程通常涉及多個製程和機器設備，並耗用大量的能源資源，除了努力管理和控制能源消耗，還要思量要如何有效且系統性地計算出成千上萬原料進廠，到產品生產製造到出廠的碳足跡，對企業來說是一大考驗。柏林多年前自行開發製程上的工時系統，除了記錄人員的稼動狀態、工廠即時的生產狀況，也預留了機器設備的相關資訊，透過系統性的紀錄，就能精確地知道其稼動狀況，輔以配置相關的智能電錶並彙整到配電盤/箱，給予有效的控制及設定就能將蒐集到的用電量，透過結合工時系統和碳足跡的概念，我們可以系統化地將產品、批號、機器設備、電量的使用串聯，並利用人工智慧技術計算出每個機器設備對能源消耗的貢

獻。這種系統化的方法使企業能夠更全面地了解和管理能源消耗情況，進而針對性地進行能源節約和碳足跡降低的措施。經由AI的應用進行相關複雜資訊的計算、並分攤到每一批量上，直接將計算而得的碳足跡資料列印在產品包裝的標籤上。這對企業來說不僅提供了碳足跡的透明度和可視性，也能成功成為有力的行銷利器。消費者端越來越關注環境議題，對於碳足跡的關注也日益增加。當消費者看到產品標籤上清晰列印的碳足跡資料時，他們可以更容易地瞭解該產品的環境影響，並做出更環保的選擇。這不僅有助於提升企業的環境形象，還能夠滿足消費者對環境負責任企業的需求，進而促進銷售和品牌忠誠度的提升。

這項應用過程中，人工智慧的演算法起到了關鍵的作用，因為蒐集和整理大量的工時數據和用電量數據是一個艱鉅的任務，需要利用機器學習技術來處理和分析。透過對數據的學習和建模，可以找到機器設備和用電量之間的關聯規律，進而預測和計算出各機組設備的用電貢獻，更建構出更加智能化和高度環保的管理方式。其次，進化算法在碳稅政策計劃的制定上也具有重要作用。政府碳稅政策的目的是通過對企業的碳排放進行課稅，鼓勵企業降低碳排放並實施環保措施。進化算法能夠模擬自然界的演化過程，進行優化和搜索，找到最佳的機器設備運轉模式及衍生相對應的碳稅政策方案。這樣的應用擁有搜索最佳解的能力，並且能夠有效確認問題。

（二）朝向生產智能化邁進

充分了解用電量和相對應的碳排後，配合減碳政策的下一步，柏林內部的重點工作將針對減少用電量著手改善，首要工作為機器設備的效率智能化，透過變頻器就能有效地得知機器設備的電流電壓等資訊，為了不再只是讓機器設備盲目的運轉，透過安培定理再加上大量實測的資訊進行判斷測試，將機器的運轉開關調整到最智能、最有效率的一個狀態。再來就是要把現場的配電箱、變頻器、電表及機器設備統一規格，結合PLC程式化管控變頻器，由變頻器來自動控制機器設備的開關。最後則是把重點放在製程智能化上，柏林長年來一步一腳印深耕的兩段式生產，透過單一色漆的分散，不僅提升分散效率，更降低分散時間和電量的使用，會逐漸將生產線由共研磨轉往兩段式進行，未來將成功的減少桶槽和攪拌機的使用；另一方面，因為塗料生產過程有大量樹脂和粉料的混合，需要均勻攪拌有利品質的管控，將針對粉料的混合進行設備的補強提升來達到迅速混料的作業，減少攪拌機的運作時間。

結論

AI始終帶動柏林營運的應用，能否成功需要人工智慧演算的技術不斷演進和創新，

以及內部在碳足跡管理、智能化生產及行銷利器的積極探索和實踐。期待在人工智慧的助力下，柏林的未來能夠「追」逐AI趨勢，並盡快「趕」上浪頭，用對的方法快快「跑」起來，期望帶動「跳」躍式成長，然後「碰」撞出其他可能的機會，形成正向的循環，朝著更環保、永續發展的方向邁進。

打造城市天際線的 最佳選擇

大跨距廠房結構的完美搭配

中龍熱軋型鋼及窄幅鋼板

- ✓ SM570 超強結構鋼
- ✓ 六國產品認證
- ✓ 強韌耐震鋼材
- ✓ 技術整合服務

陶朱隱園

遠雄 THE ONE

中鋼總部大樓

台積電廠房

中龍鋼鐵 DRAGON STEEL

CSC GROUP 中鋼集團

電話：(04) 2630 6088 #3219 (業務服務)、#8810(技術服務)

瞭解更多

電子型錄

CTCI 中鼎集團

CTCI 中鼎集團 (TWSE: 9933、TPEx: 5209、TPEx: 6803) 為國際級統包工程公司，承攬多元化重大工程。創立於 1979 年，總部位於台灣台北市，致力提供全球最值得信賴的統包工程服務。在全球逾 10 個國家設立約 50 個據點，集團員工總數約 8,000 人，並入選道瓊永續指數 (The Dow Jones Sustainability Indices, DJSI)。

CTCI
Discover Reliable

業務領域

- 煉油
- 石化
- 環境
- 一般工業
- 電力
- 交通
- 高科技設施
- 液化天然氣

服務內容

- 專案管理
- 可行性研究及前端工程設計
- 工程設計
- 工程採購
- 設備製造
- 工程建造與維修
- 工廠試車
- 智能解決方案
- 自動化控制
- 無塵室與機電系統
- 智能頂進工法
- 地盤冷凍工法
- 操作及維護

產品項目

- 設備製造
- 智慧化能源管理系統
- 化學添加劑

CTCI
中鼎集團
111046 台北市士林區中山北路六段89號
Tel: (886)2-2833-9999
Fax: (886)2-2833-8833
www.ctci.com

CTCI EF
財團法人中鼎教育基金會
112037 台北市北投區福善路16號2樓
Tel: (886)2-2769-8599
Fax: (886)2-2769-9299
www.ctcief.org