

機器人與智慧 3D 視覺：以工廠快速換線與隨機堆疊取料為例

Robots and Intelligent 3D Vision : An Example in Rapid Line Change and Random Bin Picking

蔡承翰^{1*}、洪國峰²

¹ 工研院機械所 智慧機器人技術組 機器人製造單元部 副研究員

² 工研院機械所 智慧機器人技術組 機器人製造單元部 經理

摘要：根據 IFR 統計全球機器人每一萬名員工使用機器人的密度已大幅成長 [1]，又以汽車、電子、金屬生產加工為大宗，在工廠大幅採用機器人生產的過程中，配合產線訂單進行快速換線調整以及二十四小時不間斷進行機器人上下料以維持產線連續運轉為一大訴求。本文闡述透過人工智慧演算法進行 2D 圖像像素等級的對位匹配分割，僅需一個工作天就可對工件進行事先的學習與訓練。結合 3D 視覺，最終可預估 6 自由度機械手臂取得工件的姿態，並針對工件隨機堆疊於料籃中進行智慧自動化機器人取料，以期望提供相關業者發展參考之。

Abstract : According to the International Federation of Robotics (IFR), the average robot usage density has grown to one robot per 10,000 employees in manufacturing [1]. Robot usage is especially high in automotive, electronics, and metal industries. Rapid line change and 24-hour continuous operation have been major goals in robotic automation. However, current loading and unloading robots still rely heavily on structured environment and human tuning, thus resulting in long line change time. To remedy the issue, we propose an artificial intelligence-based algorithm to perform object pose estimation and robot picking or randomly stacked parts using 6 DOF robots. This algorithm first performs a learning-based object segmentation and then performs a 3D object pose estimation and grasping point determination.

關鍵詞：人工智慧、隨機堆疊取料、3D 視覺

Keywords : Artificial intelligence(AI), Random bin picking(RBP), 3D vision

前言

機器人搭配機器視覺的整合應用已經非常普及，諸如瑕疵檢測、物件定位、量測、夾取等多個領域當中，傳統上的演算法往往需要針對個別工件特徵，各別設計對應的演算法，且往往需要多個演算法疊合才能準確的篩選出所需要的特徵進行後續的工作如檢測或定位等。3D 的視覺應用一樣廣泛於物件的量測、物件姿態估測等，其中物件的姿態估測傳統上仰賴高精度的相機進行深度點雲的分割處理，並最後倚靠 CAD model 進行

最終姿態的擬合，以機器人 3D 隨機堆疊取料 -3D Random Bin Picking (RBP) 為例，傳統的流程圖大致如圖 1 所示。

現今工廠應用多為少量多樣化，從上述觀察可得知傳統方法不敷使用，而開發一套泛用型演算法有其難度，許多學術單位、公司行號等，發表許多套用人工智慧演算法進行訓練與學習，讓其視覺辨識可以有更多的彈性，以達到辨識演算法只需替換不同的訓練資料後，就可以針對新的工件進行辨識定位等，以達到泛用型演算法的概

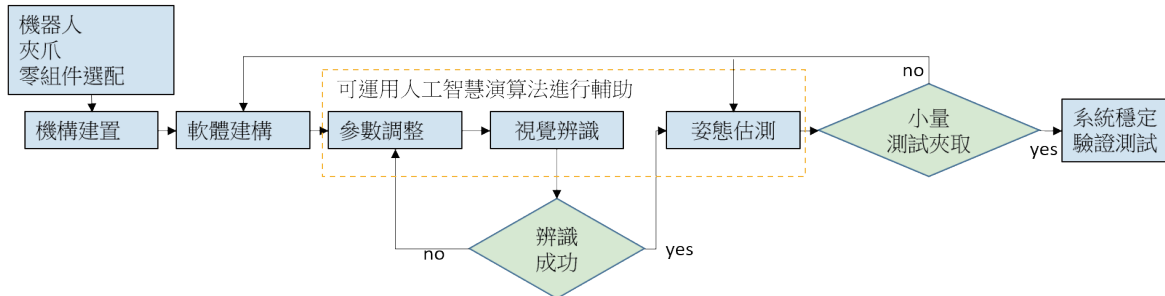


圖 1 傳統 RBP 流程圖

念。舉例而言 [2] [3] 利用深度學習演算法進行人臉辨識同樣類似方法可以應用於車牌、車輛、行人等辨識，[4] 利用深度學習演算法進行醫療相關之研究，相關方法可延伸拓展至其於醫療影像中的應用，[5][6] 則是將深度學習演算法進而深入至 3D 應用當中直接針對點雲進行相關學習，相關應用可以更廣泛應用於未來的物件姿態估測或是最佳夾取點學習應用當中，[7] 本文前期的研究發表，此方法已經整合 2D 與 3D 應用並結合深度學習演算法進行物件分割粗姿態辨識，不過此法仍有 CAD model 支援下進行最終姿態估算，本文希望透過設計亂度機構、多視角拍攝定位、選配更佳夾爪整合，以達到 CAD model free 的隨機堆疊智慧夾取系統，透過人工智慧演算法的輔助下，傳統視覺演算法有了重大的突破，滿足彈性生產與泛用型演算法的需求下，傳統機器人取料可轉型為更具智慧的智慧型 3D 視覺辨識導引機器人進行取放。

本文提出了以人工智慧演算法為基底，進行圖像的粗姿態辨識，並透過 pixel-to-pixel 對位達到影像像素級別的分割，透過此法可以達到諸多工件在一料籃當中隨機堆疊狀態下，分割出單一物件並得到該工件之粗姿態，再整合 3D 視覺求得物體深度點雲資訊，進行最終姿態的描述，以達到更精確的姿態估測，最終將物體姿態轉換至機器人座標下，進行機器人夾取控制。

本文利用此套方法已經成功套用在多種不同形式的工件在隨機堆疊狀態下的辨識上如：板手、圓柱體、五子棋、方體、金屬套筒、半透明塑膠管、

L 型彎管、橡膠物體等，上述之工件照片蒐集皆小於 50 張影像的訓練學習下，在一天內即可完成學習並進行實際辨識，將粗分割姿態整合 3D 視覺後求得物件實際姿態後，進行機器人控制夾取以完成此文之目標，透過智慧 3D 視覺與機器人整合進行快速換線之隨機堆疊取料應用。

本文架構分為三大部分，於下述第二章節將介紹相關實作、流程架構以及相關基礎知識等，希望讀者對這方面有興趣或需求者可以更加瞭解本文的應用，並在第三章節介紹國內外機器人隨機堆疊取放的應用案例作為分享，最後一章節則做為整文的結論，探討相關結果以及影響並提及未來改良方向與應用，作為產業智慧升級之參考。

智慧 3D 視覺與機器人

人工智慧演算法蓬勃發展，[8] 提出之演算法更將原先物件偵測的偵測框進而提升至像素級別的對位，在更加準確的物件辨識上提升到物件的分割。透過 2D 加 3D 視覺的整合應用同時利用 2D 影像的豐富資訊，以及 3D 影像的深度資訊與法向量資訊等，最終進行機器人夾取控制，本章節將針對相關知識進行簡介：

1. 視覺座標與機器人座標轉換

圖 2 表示視覺座標系的相關轉換，從影像坐標系轉換至相機座標系，在進行前置作業之相機校正時需要取相關相機參數以及畸變等參數，圖 3 顯示相機座標系轉換至機器人座標系的架構（手眼校正），透過相機校正時每張影像的外部參數 A 以及當下拍照姿勢下 i 機器人的轉換矩陣 B

更完整的內容

詳見 | 機械工業雜誌 | · 436 期 · 108 年 7 月號

機械工業雜誌·每期 **220** 元·一年 **12** 期 **2200** 元

線上訂購網址：<https://www.automan.tw/magazine/orderMag.aspx>

付款方式

1. 郵局劃撥—戶名：財團法人工業技術研究院機械所 帳號：07188562
請於劃撥單的通訊欄寫明：購買期數、金額等
2. 匯款資料—兆豐國際商業銀行新竹分行(代號 017)
帳號：203-07-02288-0 戶名：財團法人工業技術研究院
3. 信用卡—請填寫信用卡 [訂購單](#)

麻煩您將 繳款收執 或 信用卡刷卡單 傳真至 (03)582-2011，我們會盡快處理您的訂單並開通權限，再次感謝您的支持與愛護。

訂書專線：03-591-9339

傳 真：03-582-2011

機械工業雜誌·官方網站：www.automan.tw 機械工業雜誌·信箱：jmi@itri.org.tw

機械工業雜誌 優惠訂購單

訂閱一年 **12** 期

\$ 2200 / 續訂戶 \$ 2000

好禮二選一

- A** 史欽泰墨寶帆布袋
- B** 工研院機械所無人車USB (8G)

訂閱紙本+電子雜誌

\$ 3000 原價 \$ 4400

一年12期

贈送

- A** 史欽泰墨寶帆布袋

訂閱二年 **24** 期

\$ 4000 / 續訂戶 \$ 3600

好禮四選二

- A** 史欽泰墨寶帆布袋
- B** 工研院機械所無人車USB (8G)
- C** 工具機叢書任一本
- D** 智慧機械人叢書任一本

限量專屬精品送給您



A



B



C



D