

科大團隊研發 「數碼分身」大升級



無人機新突破④

無人機應用正迅速拓展，如何確保無人機在城市環境下安全、高效地飛行？香港科技大學土木與環境工程學系教授及副系主任、低空經濟研究中心成員鄭展鵬及其團隊研發的「數碼分身（複製實體世界的虛擬模型）」，旨在為無人機管理、空域管制、環境監測等方面提供解決方案，亦能為無人機精準導航。

該項技術不僅能構建高精度三維城市模型，更能模擬無人機飛行時可能會遇到的不穩定環境因素。

團隊未來希望朝預測飛行風險目標邁進，為香港乃至大灣區的低空經濟發展鋪設一幅安全的「數碼藍圖」。

大公報記者 江凌風、湯嘉平



掃碼睇片

鄭展鵬介紹，從最初的數據搜集到最後精細建模，整個過程中無論是硬件、軟件、算法全部由團隊自主研發。製作「數碼分身」的第一步是通過無人機進行數據採集。數據採集還需要規劃無人機合理的飛行次數，優化飛行路徑，避免部分區域重複飛行、遺漏拍攝的情況。無人機採集目標區域的點雲和圖像數據後，需要處理大量雜亂的干擾數據。「比如image（圖像）變成點雲數據後，不夠準確，呈現出的點雲可能較為雜亂，而且可能多達幾GB。」

數碼分身適用於基建巡檢

團隊的目標是將這些龐雜的原始點雲「輕量化」，提煉出所需要的、清晰規整的模型。「輕量化」的關鍵，依靠的是團隊自主研發的人工智能（AI）算法。鄭展鵬解釋，其核心是透過機器學習進行數據分析與核心資訊提取。「訓練過程就像教小朋友一樣，需要提供大量示例。比如給AI輸入1000張不同形狀、不同狀態的裂縫圖像，AI會自動提取裂縫的特徵，形成feature extraction（特徵提取），之後AI就能在新的圖像中自動識別出符合這些模式的裂縫。提取到裂縫後，再通過演算法計算其各項參數，如寬度、長度、深度等。」

該技術在基建、地盤工程、環境監測等領域亦展現出巨大潛力。鄭展鵬舉例，一般橋樑的使用壽命超過100年，橋樑的裂縫在初期通常不會造成太大影響，但凡達到某個臨界點，情況就會迅速惡化。「所以就像人體需要及時體檢一樣，如果等到基建已經損壞再進行修補，成本會高得多。」相比傳統人工檢測，無人機巡檢成本低且效率高，據鄭展鵬估計，無人機可以將基建巡檢效率提升兩至三成。類似水管、升降機槽等狹窄空間的檢測，「數碼分身」亦為理想的作業檢測、規劃工具。此外，團隊曾整合BIM建築資訊模型、點雲與實景圖像搭建平台，為建造業中「as-build」（竣工模型）與「as-designed」（設計模型）的交付比對提供重要保障。鄭展鵬希望未來數碼分身可以從工具層面躍升為決策與管理的核心系統，甚至在文化教育領域打造沉浸式虛擬展廳，為此提供技術支持。

預判颱風下適合飛行時間

「數碼分身」最大創新點在於其環境模擬能力。鄭展鵬表示，目前市面上現有平台（定位系統）僅能實現監測、分析等基礎功能，而升級的數碼分身則在此基礎上增加了3D可視化與場景模擬的核心優勢，針對不同場景、天氣條件，或者模擬無人機實際飛行時的情況。「我們可以模擬風速、風向、不同載重條件下無人機的飛行狀態，測試無人機的穩定性，借助模擬器，為無人機飛行提供重要參考。規劃、判斷是否需要暫停飛行，而不是簡單地一遇風就停飛。」

談及「數碼分身」未來的發展規劃，鄭展鵬希望該技術不僅能實現監測功能，更能具備預測能力。「當空中有多架無人機同時運行時，系統可以預測微氣候下的氣流變化，判斷在颱風等極端天氣下何時適合飛行、何時必須停止，爭取更多有效作業時間窗口，同時也能判斷不同體型無人機的適配性。」其次，鄭展鵬表示還會完善應急場景的應對。「像我們用Google Map進入信號弱的隧道需要提前規劃應對方案。當無人機受風力影響偏離航線，系統能預判其對周邊環境的影響；甚至在無人機失去信號時，也能預測其位置並進行補救。」

鄭展鵬笑言，他在2017年已開始「自己砌無人機」，到2019年啟動「數碼分身」研發，隨着近幾年無人機技術日益成熟，這項集3D建模、AI演算法、環境模擬於一體的新技術，將構建出一幅動態、可預測的「數碼藍圖」。



▲團隊正探索將「數碼分身」應用於校園無人機管理。
大公報記者何嘉駿攝



▲為配合「數碼分身」拓展不同類型應用場景，鄭展鵬團隊同步研發室內無人機系統，已成功應用於管道檢測等狹窄空間。

安全導航無人機
AI虛擬飛行場景

▼普通技術建模，無法還原建築玻璃窗外牆的實際情況。



傳統技術



全新技術

▼應用「數碼分身」技術的建模，其精緻度如同照片一般，不會穿模之餘，連玻璃倒影亦清晰可見。

▲鄭展鵬表示，「數碼分身」技術旨在為無人機管理、空域管制、環境監測等方面提供解決方案。
大公報記者何嘉駿攝

鄭展鵬指出，香港發展低空經濟確實面臨通信穩定性、飛行安全及隱私保護等挑戰。但挑戰與機遇並存，香港高人口密度亦提供重要經濟誘因。

人口密集有利發展

「低空經濟的核心不僅在於『低空』，更在於『經濟』。如果人口密度不高的話，是否存在足夠的經濟誘因？」鄭展鵬以美團在深圳的無人機配送為例，若非在深圳這樣人口密集的城市運營，可能一天僅有少量訂單，商業上難以持續。鄭展鵬強調，「不怕一萬就怕萬一，無人機的起降地點必須謹慎選擇，以避開人群，減少潛在意外對居民產生的影響。尤其應該避免在遊樂場附近設置起降點，避免傷及兒童。」

鄭展鵬分享，「我曾與美團溝通，其實科大的地理位置非常適合（無人機飛行點入駐），校園空曠且靠海，甚至可以服務將軍澳區域。不過對方表示受民航處規定限制，暫時無法推進，因為這類飛行需要申請相關牌照，受審批限制。」

無人機起降點選址嚴格 須遠離人群

左側控制台

低空全域概覽
空域管理
飛行路徑
基礎設施
運作管理

香港科技大學無人機數碼分身實景演示

右側控制台

任務總覽
與飛行總覽
總覽
運作航線
無人機架次（20架/次、與運作航線數（7條）
任務架次
趨勢



無人機型號／活動空域／運作單位 飛行任務清單 總飛行運作時數（346小時）

▲科大無人機「數碼分身」不僅能構建高精度三維城市模型，更能模擬無人機飛行時可能會遇到的不穩定環境因素。

賦能未來城市空中交通管理

潛力巨大

鄭展鵬及其團隊成功為科大校園構建「數碼分身」，並正將其從靜態的「數據型分身」升級為具備模擬功能的「預測性分身」，以開拓低空經濟應用。該校園「數碼分身」項目於2019年啟動，疫情期間持續推進，已完成兩輪數據採集並優化了匹配系統。團隊正探索將其應用於校園無人機管理，計劃

基於此高精度3D模型，建立無人機登記系統，以即時掌握飛行軌跡，實現空域規範化管理。鄭展鵬表示，未來該系統不僅能監管，更能模擬無人機飛行狀態，為校園安全提供保障，展現了「數碼分身」在未來城市空中交通管理的潛力。

室內狹窄空間巡查 無GPS也能定位

拓闊應用

為配合「數碼分身」拓展不同類型應用場景，鄭展鵬團隊亦同步研發室內無人機系統——狹窄空間巡查無人機，解決室內環境無GPS信號的定位難題。

該無人機系統技術旨在採用IMU（慣性測量單元）感測技術結合專屬演算法，實現室內精準定位。

可自主校準 不偏離路線

鄭展鵬以機械狗在室內走一個圈為例，機械狗如果每次轉彎都會偏離0.1度，多次累積後將會嚴重偏離路線。鄭展鵬解釋道：「我們通過捕捉無人機的飛行速度、IMU及增量運動數據，實現自我校準功能。」在穩定性方面，團隊自主開發了自動穩定系統

（auto-stabilization），能感知無人機晃動並通過對抗演算法自動調整平衡。

針對不同場景，團隊亦為功能不一的無人機採用不同感測技術。目前，鄭展鵬團隊研發的無人機系統已成功應用於管道檢測、隧道巡查等場景，為建築物檢測、環境監測提供精準數據，為未來低空經濟發展奠定技術基礎。