

科技部工程司學門主題式計畫 「具虛實整合之數位製造技術」計畫徵求公告

一、計畫背景

隨著 5G 與 AIoT 技術的演進，下一個製造技術將隨著數位化以及智能化的發展有重大的變革。根據美國國家科技基金會(NSF)在未來製造(future manufacturing)的規劃來看，次世代製造技術必須在先進網路基礎設施下，透過佈建與整合感測與控制技術，透過虛實整合、人工智慧和機器學習建立新的演算法，以達到開發新材料、元件、設備以及製程技術等目標。次世代製造所涉及的技術相當廣泛，無論在工業工程排程、製造生產以及化工製程方面都需要透過虛實整合、人工智慧、高速網路等技術以進行排程或是製程參數優化等目標。因此本專案將以三大研究主題為主，進行計畫徵求。

本專案的主題一為虛實整合系統開發，在製造業的應用上，全產品生命週期包含設計、生產、製造、監控與維修保養等。如果在實際生產製造產品之前，可透過虛實整合系統，事先規劃製造資源，當確認顧客端的需求及製造商在設計方面的限制，利用虛實整合這項技術可有效模擬，並發現虛擬模型中的設計缺陷從而改進。而當設備發生故障時，設備維護與保養可基於 AR 與 VR 在虛擬世界中執行，同時確認目前進行維修保養是否最佳。虛實整合的相關技術包含製造或生產技術與資料、物聯網、雲端運算、人工智慧與大數據分析、數位實境技術，國內產業與學術界個別都累積了相當的研發能量，但是在整合性的技術與實際應用較少。

本專案的主題二為機器學習技術開發，無論在工業工程、設計製造以及化工製程上，人工智慧對於推動不同產業邁向工業 4.0 無疑都是相當重要的一環。以化工產業為例，目前國內化工龍頭台塑集團總裁表示「沒有 AI、就沒有工業 4.0」，並喊出 2019 年為「AI 元年」，2020 年要更進一步將 AI 落地。實際行動除了贊助台灣人工智慧學校成立，也在仁武廠打造 AI 研發中心。目前規劃導入 120 項 AI 應用，涵蓋產銷優化、智慧保養、降低成本、品質確保，與巡檢數位化。長春集團也提出 IoT+AI，為石化業的工業 4.0 之路。從應用 AI 執行瑕疵檢測開始，並開始大數據應用專案，未來將提供現場人員數據視覺化的整合平台，並透過 AI 建模提供現場操作指引和引入安全機制，達成效益最佳化。由於化工產業，製程區段操作時程長與其他製造業不同，因此需開發基於化工產業特性的機器學習與製程建模技術。在巨量資訊下，初始雖需透過人工方式針對製程建模，但完

成後能藉由機器學習自主訓練人工智慧，後續模型將隨著不斷輸入的資料進行學習，會越發貼近工廠實際運作狀況，同時降低後續人員維護成本。

另外由於製造系統的多樣性，使得針對客製化製程所開發之機器學習成本過高，建模之後的後續維護以及模型的穩定性都是重要的議題。對於如何能夠即時進行數據前處理、解譯數據的特徵並利用新的數據以及混合現有的模型進行動態修模，例如增量訓練(Incremental Classifier)、遷移學習(Transfer Learning)以及線上超參數估測與優化等，都是機器學習必須發展的目標。。

本提案的主題三為建構 5G 網路於數位製造之研究，在 5G 的應用方面，隨著政府專網專用的頻段開放，以及業者的投入開發，目前整體架構已經有了更為完整的雛型。無論是在 Mobile Wi-Fi (mifi)的開發、小型基地台架設以及通訊協定等部分，都有不少廠商投入，例如仁寶、鴻海等大公司，而中華電信正積極與各大學合作建置 5G 平台。5G 行動通訊應用於製造業的技術包含：(1)高可靠度和低延遲通訊(Ultra-reliable and Low Latency Communications，URLLC)；(2)增強之行動寬頻(Enhanced Mobile Broadband，eMBB)；(3)大量機器間通訊(Massive Machine Type Communications，mMTC)。這些技術使得 5G 具有低時間延遲、高網路強健性、架構彈性以及高頻寬傳輸能力等四大特點，此四大特點可能成為數位製造的催化劑，因此推動 5G 於數位製造符合目前智慧製造的主流，但是首先須建置合適的 5G 場域以及應用平台。

二、計畫目標與範圍

本專案為跨學門整合的計畫，目標為導入虛實整合技術於數位製造之研究，計畫的目標著重於工業工程、機械製造與化工製程等產業應用，而非以開發通訊技術或是晶片技術為主軸。本專案計畫研究議題如下：

1. 虛實整合系統開發

A. 數位分身於虛擬模型之建構與更新

應用 AI、機器學習與大數據建構虛擬模型，作為實體模型診斷、預測、以及最佳化技術。例如建構設備預診斷模型，當發現設備或零件異常時，能及時發現可能造成不良的因子，並預測剩餘可使用時間，同時配合上下游庫存，建議最佳訂購點與生產排程。此外，根據實體與虛擬環境產生的數據，發展即時更新虛擬模型的技術，以提高模型準確性與可用性。可能發展的應用模組為：虛擬量測(Virtual Metrology)、預測保養

(Predictive Maintenance, PdM)、預後與健康管理(Prognostic & Health Management, PHM)、餘命預測(Remaining Useful Life, RUL)等項目。

B. AR/VR 與人機介面技術

數位分身需要有效的視覺化技術，AR/VR 可提供實體與虛擬模型間容易了解與使用的工具，因此，需要發展可讓實體與虛擬間能相互溝通的 AR/VR 技術與應用、或者人機介面設計(Human Machine Interface (HCI) Design)。可能發展的應用模組為：製程資料即時管理模組視覺化(Data Visualization)、即時性探索資料分析(Real-Time Exploratory Data Analysis)、即時性決策分析(Real-Time Decision-Making)。

C. 實體與虛擬系統之整合與溝通

針對數位分身需要軟硬體間需要互相協作以處理不同的複雜問題，包含實體與實體(physical-physical)、虛擬與虛擬(virtual-virtual)、實體與虛擬(physical-virtual)。目的在發展實際可行之基於數位分身的虛實整合系統。可能發展的應用模組為：即時排程(Real-Time Scheduling)、情境維修(Case-Based Maintenance, CBM)、預後與健康管理(PHM)、良率預測(Yield Prediction)。

D. 製程異常提前預警與診斷技術

虛實整合系統需同時處理來自實體環境的數據、虛擬模型所產生的數據、不同特性模型的數據等，需要使用不同數據之處理技術與整合。可能發展的應用模組乃為機器/深度學習為基礎的方法論，同時必須考量 Explainable AI & Interpretable AI 的實際需求，其模組包含錯誤偵測(Fault Detection)、錯誤分類(Fault Classification)、製程診斷(Process Diagnosis)、關鍵參數辨識(Key Parameter Identification)、關鍵步驟辨識(Key Processing Step Identification)、製程監控與可視化(Process Monitoring & Data Visualization)。

E. 虛實整合系統平台開發

建構新興感測器技術，以供設計、製造、生產、測試、檢驗、診斷與產品使用之整合平台，提供使用者導入時所需系統。鎖定有利於國家長期發展的產業與應用場域，例如半導體產業、TFT-LCD 產業、化工產業、ICT 產業、精密加工業、被動元件等實際應用場域。

2. 機器學習技術開發

A. 機器學習與製程建模技術

探討確保模型架構準確以降低後續人員維護成本；並透過機器學習針對不易模擬的製程區端來模擬製程技術，擴大模型預測分析之應用範圍

B. 應用即時機器學習於數位製造之研究

探討可以應用於即時機器學習的法則，例如增量訓練(Incremental Classifier)、遷移學習(Transfer Learning)、線上學習以及超參數估測或是優化等議題，以及在數位製造之應用

C. 高階控制與製程導航技術

透過虛擬製程，提供高階控制與製程導航操作之建議，以改善現有問題(減少成本、能源消耗、汙染、工安事故，資源循環利用)。

3. 應用 5G 於數位製造之研究

A. 結合 5G 於感測器、控制器及邊緣計算模組技術

無論在虛實整合或機器學習上，數據收集都是相當重要的一環，透過 5G 與邊緣計算(Mobile Edge Computing, MEC)的結合，能同步收集感測器以及控制器資訊，簡少龐大資料傳遞於雲端與終端之間，乃是本子項的發展重點。

B. 結合 5G 之智慧檢測與量測技術

AOI (Automatic Optical Inspection) 線上檢測或是工件量測的需求越來越多，要達到深度學習之 online learning，加上即時 8K 立體視覺等技術所傳輸的資料量非常巨大，沒有 5G 頻寬的傳輸速率來即時傳輸大量資料及數據就無法達到目的。因此結合 5G、深度學習以及影像技術乃是本子項的重點。

C. 結合 5G 於人機協同之前瞻技術開發

人機協同場域能因 5G 的建置提供更完善的環境，搭配即時高效能的環境監控和分析（也可上雲端），能更精準監控分析人機互動狀態，讓機器人進行高效能協同或應變（如避障或緊急停止），以提升產能或避免意外。

三、計畫書撰寫說明

- 1.本項學門主題式計畫申請時請以三年期計畫進行規劃，並以單一整合型計畫之方式提案。整合型計畫之總計畫與子計畫的整體應用情境需加強說明，以強化整合之必要性。每一年度預計達成之技術指標及目標需說明進步性

或應用連貫性，並針對**研發之主題提出相關之應用場域規劃**。

- 2.計畫書內容應說明國內外研究與技術發展現況、每年度預計達成之技術指標，並應以補強關鍵技術缺口、具有具體可行的產業應用情境、明確之產業需求為目的。
- 3.申請時須一併檢附合作企業簽署之合作意願書，承諾要投入的經費、設備、研發人力、測試及應用驗證場域等等。
- 4.本項單一整合型計畫之申請經費以每年 600 萬元為上限。
- 5.為鼓勵跨領域合作，單一整合型計畫之團隊成員須包含至少 2(含)個以上學門之學者。

四、計畫內容審查與考核

(一)計畫審查重點

■ 整合型計畫審查要點：

1. 計畫主持人的研究績效產出、經驗、領導與協調能力；總計畫主持人須擔任子計畫主持人。
2. 計畫團隊之整體應用情境與整合性。
3. 針對數位製造的重要性與實務性、適切性、需求性提出說明
4. 年度技術指標及目標之進步性或應用連貫性。
5. 場域應用驗證規劃及產業應用具體性與可行性。
6. 經費申請及人力編列之合理性。
7. 預期完成之工作項目與預期成果之妥適性，尤其是解決實務問題的達成度。

(二)本項學門主題式計畫申請案經審查未獲通過者，不得轉入學門大批專題研究計畫中審查。審查未獲通過之申請案，恕不接受申覆。

(二)考評機制

- 期中年度考評：獲補助多年期計畫之計畫主持人應於每年計畫執行期滿前二個月至本部網站線上繳交執行(期中)報告；本部將對每一計畫之年度研究成果報告進行考評及現場訪視，並視需要召開審查會議。
- 全程計畫考評：計畫主持人於全程計畫執行期限截止後三個月內至科技部網站線上繳交研究成果報告；由學門邀請學者專家進行書面審查、現場訪視或召開成果評鑑會議。

- 計畫執行期間，學門得視需要，請計畫團隊繳交書面資料或召開審查會議進行考評，請主持人提供相關研究成果或配合參與專案推動所需之相關活動。