

數位分身在海運領域之應用

Application of Digital Twin in Maritime Transport

運輸工程組 賴威伸

研究期間:民國 110 年 2 月至 12 月

摘要

全球重要港口與航運產業正逐步朝向智慧化應用發展，港口營運從傳統的作業方式演化到自動化、智慧化，航運相關產業也朝標準化、數位化的方向進行整合。我國海運發展需要注入新的科技動能，智慧化是近年發展的重點，在多項發展的科技中，數位分身是一項受矚目的新興技術，它已應用到各產業領域，在海運方面也有相關的研發和應用。為瞭解數位分身在海運領域的應用和發展，本研究透過資料的蒐集進行研析，提出數位分身在海運領域發展的優勢及我國公私部門可應用的面向，提供政府及產業參考。

關鍵詞：數位分身、海運、物聯網

數位分身在海運領域之應用

Application of Digital Twin in Maritime Transport

壹、緒論

資訊和通訊技術 (Information and Communications Technology, ICT) 是用於管理和處理資訊所採用的各種技術總稱，主要是應用計算機科學和通訊技術來設計、開發、安裝和部署資訊系統及應用軟體。資通訊的應用範圍非常廣泛，特別是過去幾年無線通訊與物聯網技術的快速發展，帶動業界導入物聯應用以提升經營品質與效率，而隨著 5G 與多元智慧科技，包括：人工智慧、物聯網、無人載具等及大數據時代來臨，跨領域的技術整合更加速 B2B 應用的發展，成為垂直領域數位轉型的動力引擎。

全球重要港口與航運產業正逐步朝向應用智慧化發展，港口營運從傳統的作業方式演化到自動化、智慧化，航運的經營模式，也結合區塊鏈、人工智慧、5G，在可見的未來也會有無人船進行運送的工作，這已經不是未來的願景，而是正在進行的改變。掌握科技才有競逐的實力，我國海運發展需要注入新的科技動能，而智慧化、數位化更是近年發展的重點。

電影「阿凡達」中科學家們培養了納美人與人類混血的「阿凡達」，他們可以通過心靈連接而受基因匹配的人類控制，「阿凡達」就像是人類的另一分身。世界知名國際研究暨顧問機構 Gartner^[1] 在「2018 十大策略性科技趨勢」曾提出的科技趨勢有：以人工智慧為基礎、智慧 app 與分析技術、智慧物件、數位分身、從雲端到邊緣計算、對話式平台、沉浸式體驗、區塊鏈、事件驅動、持續性的適應風險與信任，其中數位分身即包含在內。而在 Gartner^[2] 提出的 2019 企業組織必須瞭解的十大策略性科技趨勢則是有：自動化物件、增強分析(Augmented analytics)、由人工智慧驅動開發、數位分身、更強大的邊緣計算、沉浸式體驗、區塊鏈、智慧空間、數位倫理和隱私、量子運算 (Quantum computing)，其中再一次的提到數位分身，足見其在未來科技發展的重要性。

事實上在未來數年間，數位分身的技術將會擴展到各種造價高、安全需求高的產品上，例如：工廠內的重要機台、關鍵機具，都可以搭配一套獨立的動態軟體，用來主動設計生產流程，預測設備故障、提升營運效率、輔助產品開發，利用虛擬空間來發想永續創新，透過虛擬世界改善真實世界。目前數位分身多為工業 4.0 技術應用，是虛實融合系統 (Cyber Physical

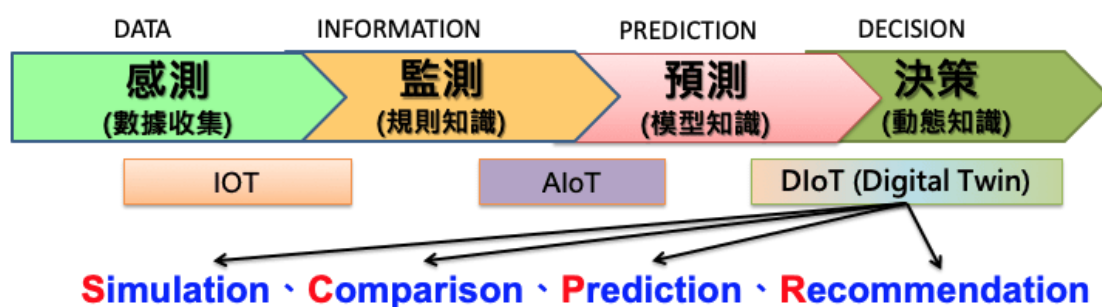
System, CPS) 的一環，透過物聯網技術蒐集即時的數據資料，將物理空間內的所有實體狀態，透過虛擬空間，如：數位場域、數位控制台，能得到即時 (Real time) 的對應，並透過於虛擬空間中的操作，反饋到實體空間中，進而讓系統運作效率達到即時的最佳化，輔助決策提升效率。

數位分身已應用到各產業領域，在海運方面也有相關的研發和應用，為瞭解數位分身在海運領域的應用和發展，本研究透過蒐集相關資料，包括釐清數位分身的內涵、蒐整數位分身在各領域及海運方面的應用，透過資料的研析來瞭解數位分身在我國海運方面應用發展的可行性，並提出相關的建議供業界和政府部門參考。

貳、數位分身之內涵與應用

「數位分身」(Digital twin) 或稱數位雙胞胎、數位孿生，是指某種實體物品或系統的動態軟體模型，藉由感測器蒐集的資料來偵測狀態、回應變化、改善操作及增加價值。數位分身技術是目前與工業 4.0、物聯網、人工智能、智能製造、大數據和虛實整合系統等相關領域中最新穎的技術之一。它的虛擬服務，能優化控制完整的資訊流程與製造流程，以達最優化的生產力。虛擬連接是經由不同的傳感器和其他設備從各機台間蒐集數據與資訊，並將其與數位分身系統整合而成，從而預測並防止不易察覺的製程與品質不良問題，以及可能發生的任何異常^[3]。

我們可以將數位分身看成是實體物件在數位世界的動態呈現，如同在實體世界般的彼此互動、組合，藉以理解物件狀態、建構動態模型來回應世界真實變化，改進操作，並增加價值。這是一個結合人工智慧與人類智慧的技術。數位分身的技術發展是構建在物聯網、大數據、人工智慧等先進技術，可以在各個領域提供模擬、比對、預測、建議，並且隨著即時的回饋持續優化，其內涵及相關技術如圖 1 所示^[4]。



資料來源：資策會服創所^[4]

圖 1 數位分身的內涵與技術

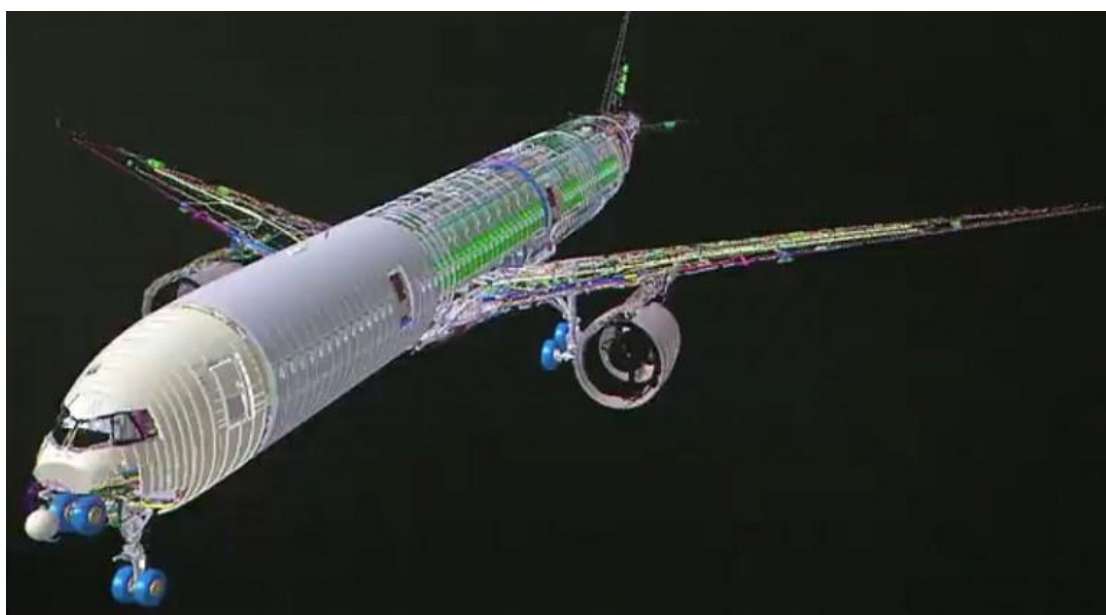
數位分身提供了模擬實物資產行為的可能性，在運營期間監控不斷改進它們。規劃和開發的資料和模型構成了操作資料可以正確解讀的背景，把它們從現有的豐富資訊中匯集在一起是使用數位分身應用的必要前提。近年來數位分身已在各個領域有相關的應用，製造業在使用數位分身來增強工業流程，並提供更好的方法來降低成本，監控資產，簡化維護，減少停機時間並增強連接產品的製造能力。例如:德國包裝系統製造商 Optima 使用西門子的數位分身技術對運輸系統進行了數字化映射和檢查，有助於對產品訂製將如何影響生產流程進行建模，並有助於更改流程的工作方式以適應該訂製。利用這項技術可以使下一代機器的開發成本降低 50% 以上。

在汽車製造領域，數位分身模型可以使產品原型的物理和虛擬版本，車廠間和實際道路上的車輛之間的現有差距得以融合。企業可透過識別公司運營中的偏差和異常情況，將其用於預測性維護。數位分身還可以幫助開發人員準確地瞭解客戶如何交互和體驗公司為他們提供的產品和服務，以及解決任何瓶頸問題。在醫療保健領域，數位分身用於建立計算機或密碼的模型，這些模型可以創建個人和團體數據，從而有助於疾病、新藥和新設備的研究。它也被證明對於監視和預測患者的健康非常有用。甚至醫生也使用它來觀察操作策略、能力、人員配備和護理提供模式的潛在變化。

在建築行業中，數位分身可以解釋建築中涉及的行為和過程，直至單個材料和組件。這使建築公司可以根據 4D BIM 模型中列出的時間表持續跟蹤進度。此外，它還提供了自動資源分配監視和廢棄物跟蹤功能，允許對資源管理採用預測性和精益方法，並可以對任何差異進行定性檢測。在智慧都市應用方面，新加坡近年來以智慧國為國家發展目標，該政策目標下的計畫「虛擬新加坡」(Virtual Singapore)做為新加坡的 3D 數位分身，也

是全球第一個數位分身城市，建立在地形、即時和動態的數據上，是一套動態的 3D 城市模型和數據合作平台，包括新加坡的 3D 地圖^[5]。

航空領域方面，未來當航空公司收到一架新飛機時，將同時收到一套數位飛機模型，這套數位模型從機身材料、機電系統設計、內部陳設、尾號到飛行里程等，都和實體相同且能夠同步更新。這個概念最早由美國國防部提出，由於飛機要求安全性高、造價高、交期長，所有零件設計、製造環節高度複雜，皆須通過國際適航標準的檢驗。而在 2017 年 6 月的巴黎航空展上，波音公司公開表示，歷經 787 多次延遲交付的慘痛教訓後，未來在打造新的中型客機時，將會採用數位分身技術，並且根據客戶反饋的大量資訊，進一步分析新飛機的設計、生產和試驗等環節，目標是要打造出一架兼具單走道飛機的經濟性，以及雙走道飛機舒適性的新機型。其規劃利用感測器和飛機真實狀態同步完全擬真，在每次飛行後將採集到的各種數據，透過物聯網傳送到飛機的「數位分身」中，即時分析評估是否需要維修或調整，也可以進一步優化飛機性能、改善設計並減少故障率^[6]。



資料來源： Altoros^[7]

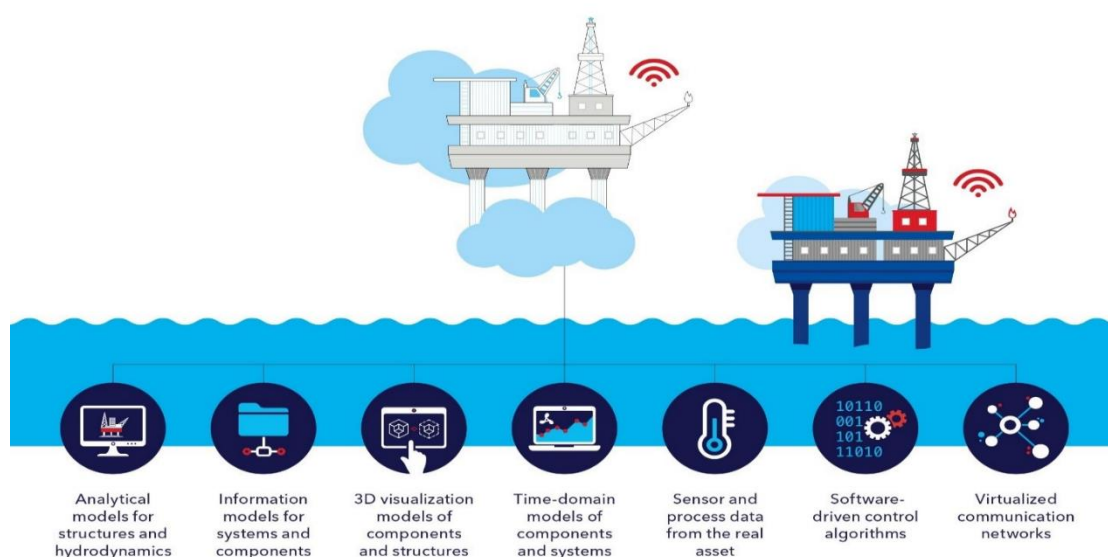
圖 2 空中巴士 A350 XWB 數位分身模型

隨著該領域不斷發展的發展與物聯網，雲計算和人工智能的出現，數位分身的範圍將在未來持續擴大。

參、數位分身在海運領域之應用

數位分身一開始是為了對與工業生產直接相關的對象進行建模，用於監控、診斷和預測，以優化資產性能和利用率。在該領域，感官數據可以與歷史數據、人類專業知識和模擬學習相結合，以改善預測結果。因此，複雜的預測和智能維護系統平台可以使用數位分身來查找問題的根本原因並提高生產力。

數位分身目前應用在海運領域上包括了實際船舶或港口的虛擬化，用於模擬和探索船舶及港口運作之各種行為。數位分身基本上將實體世界和數位世界聯繫起來。一開始，智能組件使用感測器(Sensor)來蒐集即時狀態、工作條件及位置的數據。這些組件連接到雲基礎(Cloud-based)的系統，該系統接收和分析感測器監控的所有數據。而後該技術提供學習經驗，同時在虛擬環境中進行，然後應用於實體世界。數位分身是資產的虛擬呈現，從早期設計、構建和營運都可使用，也就是整個生命週期中的概念。DNV GL^[8]將數位分身的應用應具有的原素描繪如圖 3，包括了：結構和流體動力學分析模型、系統和零組件的資訊模型、零組件和結構的 3D 視覺模型、零組件和系統的時域(Time domain)模型、真實資產的傳送數據、軟體驅動的控制演算法、虛擬化通訊網絡。



© DNV GL | www.dnvgl.com

資料來源：DNV GL^[8]

圖 3 數位分身在海運應用應有的元素

目前積極研發中的自駕船(Autonomous ship)的數位分身及其嵌入交通和環境模擬的感測器套件也被提議做為克服自動化應用的重大開發、測試和驗證挑戰的一種手段，特別是當相關基於人工智慧的演算法需要大量的訓練數據和驗證數據集時。而所謂的智能船舶(Smart ship)必須是安裝了大量感測器以蒐集有關船舶狀態、各種指標及所有可能信息的船舶。與數位分身相反，從船舶蒐集的所有信息都是匯總在一處，如：岸上的辦公室或船長的駕駛台上，並根據當前讀數做出決定，無需額外模擬情況。但要讓這個概念發揮作用，需要一個物聯網平台來簡化這個過程。數據存儲在集中式雲數據庫中，為船東和或管理人員提供儀表板，以便在做出決定之前使用和分析數據。船舶及其數位分身示意如圖 4 所示。



資料來源: Class NK ^[9]

圖 4 船舶及其數位分身示意圖

除了航運及船舶，數位分身在港埠周邊設施方面也有深入的應用，以下以鹿特丹港和安特衛普港為例，說明如下。

3.1 鹿特丹港 ^[10]

荷蘭鹿特丹港一直是歐洲貨物海運的中心，也是亞洲貨物到達歐洲最重要的轉運港。鹿特丹港佔地超過 41 平方英里，它擁有近 400,000 名員

工，每年為近 30,000 艘遠洋船舶提供服務。這是一個歷史悠久的港口，始建於公元 1360 年，為荷蘭、英國和德國之間的海上交通服務。儘管其歷史悠久，但在 2017 年，世界經濟論壇仍將其評為擁有世界上最好的基礎設施。憑藉創新的領導力和追求卓越的願望，鹿特丹港幾個世紀以來不斷進化，以適應從中世紀的小型帆船到今天的大型貨櫃船的所有事務。目前，港務局整合全球 1,000 多個港口的海上交通，吞吐量超過 4.69 億噸。

為了實現使鹿特丹港成為世界上最好的港口的目標，港口當局採取了富有遠見的協作方式，多個政府機構參與製定了一項進展計畫。港口願景確定了需要採取行動的地方，以確保公司能夠在全球樞紐和歐洲工業集群內以最佳方式運營。過去大多仰賴傳統的無線電和雷達來引導船隻入港，但已經趕不上日益增長的需求，因此，鹿特丹港需要數位轉型。該港的目標是在 2025 年實現「港內航運連網」(Connected shipping)，並在 2030 年成為一個數位港口和最智慧的港口。其目標是讓進入港口船隻可以自動航行在港內水道，不需像過去那樣需要拖船和引水人的指揮才能入港，停泊船隻可以彼此能連網溝通，來避免碰撞。

數位化戰略是一個為期多年的項目，它使用了一些世界上的最新技術和服務，包括 IBM、思科、Axians 和其他公司。為了實現目標，鹿特丹必須先完成多項數位轉型計畫，其中一項建立數位分身為連網航運做準備。港方借助 IBM 的物聯網技術來建立鹿特丹港的數位分身，希望能準確地涵蓋鹿特丹港的所有資料來源，包括：港口船隻動態、基礎設施、天氣、地理和水深資料等。數位分身的資料也可用來模擬各種可能的情境，讓相關人員瞭解如何更有效率地安排船務。因為鹿特丹港每年有十幾萬艘船隻進出，數位分身能讓港務人員同時檢視各方資訊來考慮船隻的停泊，每天可以減少 8 萬美元維運費用，亦可以減少船舶等待時間。



資料來源：ESRI^[10]

圖 4 鹿特丹港數位分身應用示意圖

鹿特丹港建構數位分身主要投入和產出包括：

- 1.以明確、安全和可及的方式將多種多樣的動態數據存儲在雲平台中。透過物聯網，管理當局可以在雲中收集即時數據對其進行處理，並讓所有相關利害關係人方都可以取得這些數據。
- 2.使用由 IBM 和其他合作夥伴設計的 IoT 感測器、人工智慧和智能天氣數據來衡量泊位的可用性和其他重要統計數據。
- 3.新的數字儀表板使操作 100%準確可見，能夠同時查看各方的操作，並提高通過港口的運輸貨物的數量和效率。
- 4.該港口甚至擁有數位海豚(Digital dolphins)、智慧碼頭和配備感測器的浮標，支援船對船的貨物轉運並產生有關其狀態和環境的時間數據。

在實施此解決方案的情況下，預期收益包括：

- 1.透過使用新的數字儀表板，航運公司和港口最多可以節省 1 小時的靠泊時間，這可以為航商節省大量成本，並使港口每天可以停靠更多的船舶。
- 2.使用人工智慧分析收集到的所有數據，通過識別最有利的條件，可以更準確地預測停泊和離開的最佳時間，減少了等待時間和成本。
- 3.數位海豚提供靠泊碼頭的狀況和利用率以及周圍水域和天氣狀況，使港口運營商能夠確定船舶停靠的最佳時間，以及何地可以靠泊。

4.除了控制自駕船舶外，物聯網數據還可用於其他應用，例如預測性維護。

3.2 安特衛普港^[11]

安特衛普港位於比利時，是歐洲中心的一個海港，位於斯海爾德河潮汐河口的上端，超過 100,000 總噸的船舶可通航至內陸 80 公里的河口。與大多數北海港口相比，安特衛普港的內陸位置在歐洲提供了更中心的位置。安特衛普的碼頭通過鐵路、公路、河流和運河水道與腹地相連。

安特衛普港是比利時最大的經濟動能來源，除了每年運送 2 億 3,500 萬噸的貨物、提供 143,000 個工作機會、支撐 900 家公司，此外還貢獻了 4.8% 的 GDP、每年創造約 203 億歐元的附加價值。然而，對於安特衛普港來說，追求的目標不僅止於經濟成長，如何更進一步提升服務品質、追求創新發展、並確保永續經營，都是其肩負的願景與使命。

管理當局認為區塊鏈、擴增實境、人工智能和機器學習等新興科技已經融入社會的經緯之中，很難想像沒有它們的世界。事實上，這些未來的技術也可能在港口展示它們的價值。這就是為什麼該港正在接受測試並儘可能地投入使用。例如正在進行完成港口的數位工作，同時也在研究如何使用區塊鏈技術更好地保護貨櫃和其他貨物，而數位分身只是其中一項應用技術。

安特衛普港正在致力於港口區的數位化，安特衛普港口資訊與控制助手(Antwerp Port Information & Control Assistant, APICA)構成應用程式的大腦，而帶有即時信息的 3D 介面則是其面孔。該戰略項目是安特衛普港數位化和創新政策的一部分。安特衛普港以數位分身在虛擬環境呈現整體港口區域，即真實港口的虛擬版本。港口的全部數據儲存在數位分身，並可即時呈現如水位、閘門、風力渦輪等資訊，扮演協助決策的功能機制，以找出最有效率的解決方案。

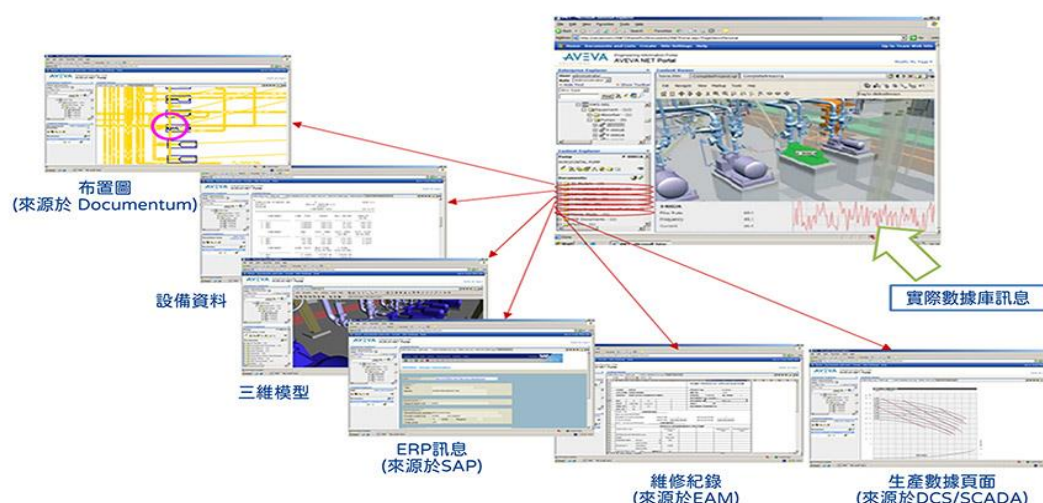
APICA 相當於大腦中樞，將原本四散於個別系統中之資訊加以蒐集整合，能夠將數位分身的 3D 圖資，與其他不同系統的即時資訊結合，包括：航運動態、天氣狀況、橋梁與河閘運作狀態、CCTV 影像、空氣品質監測、水文、與地理區域有關之統計、港區人員活動等，再將原本數據型態、2D 平面形式之結果，以更貼近實際情況之 3D 模式呈現。目前 APICA 這個大腦主要是以即時資訊為主，未來規劃透過大量輸入歷史資料，經過分析學習後，提供模擬與預測功能，甚至進一步主動提供決策。簡單地說，

APICA 不會做出自動決策，相反的，它是一種決策支持機制，使管理當局能夠更有效地管理港口，預期未來能替安特衛普港的管理營運帶來更實質更明顯的幫助。

APICA 的原型已經啟動並運行，但尚未被積極使用。目前 APICA 用來做為測試平台和靈感來源。隨著時間的推移，安特衛普港將逐漸確定它可以為哪些港口活動提供附加價值^[11]。

肆、數位分身的構建工具介紹

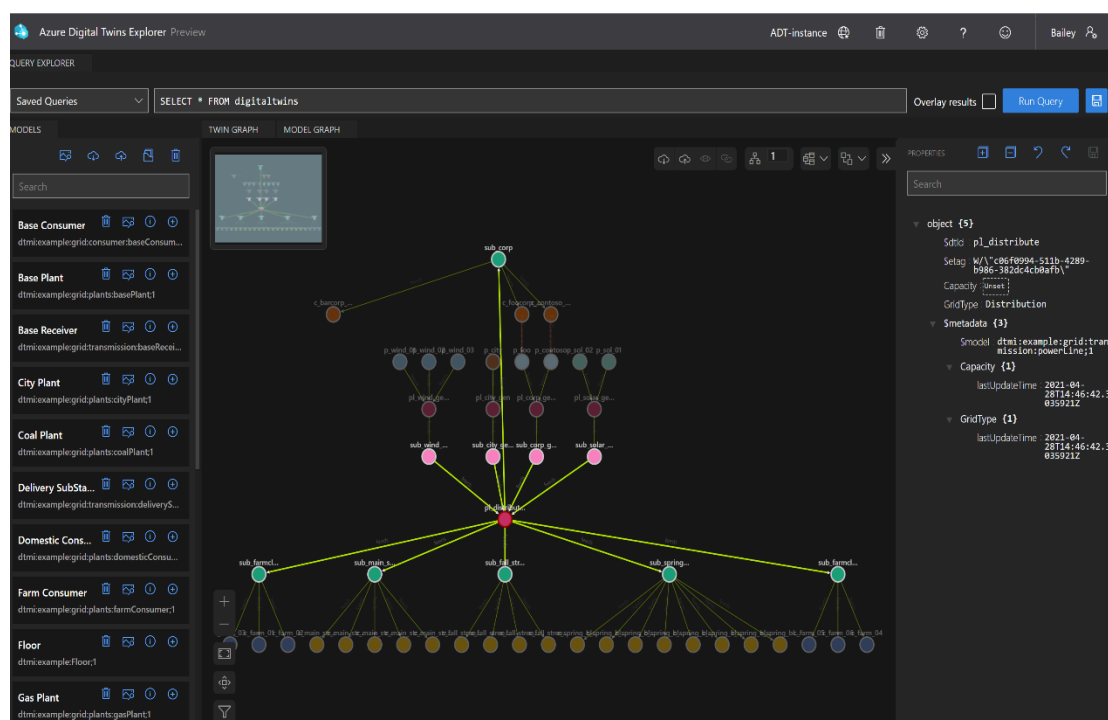
市面上已有構建數位分身使用的軟體，例如：AVEVA NET。這套軟體在海事、海上設施的建模設計中也相當知名。AVEVA NET 是一個強大的資訊管理平台，可以對所有類型的資料和文檔進行安全地控制、關聯、評估分析以及交付等資訊管理。AVEVA NET 可以處理所有電子資料，AVEVA NET 支援超過 200 種檔案格式：3D 模型、2D 圖面、PDF 檔案、MS Office 文件、雷射掃描圖、圖片檔、影片檔等。例如在 AVEVA NET 中建立一個泵浦的模型，它會呈現關於泵浦的所有相關圖面、文件、歷史數據、即時數據、維保履歷、是否有警報、泵浦在工廠的位置等。端看使用者建立哪些資料在裡頭 AVEVA NET 都會關聯起來，等於就是將一個完整的實體廠房複製到電腦中管理，所以才會稱為「數位分身」。圖 6 是 AVEVA NET 功能的展示。



資料來源：科勝科技公司^[12]

圖 6 數位分身應用工具 AVEVA NET 展示

除了 AVEVA NET 之外，微軟公司也提供了 Azure Digital Twins 這項平臺即服務 (Platform as a Service, PaaS) 的供應專案，根據整個環境的數位模型建立對應項圖形。這些環境包括建築、工廠、農場、能源網路、鐵路、運輸系統等，甚至是整個城市。這些數位模型可用來進行深入解析以推動更優秀的產品、優化作業、降低成本。在 Azure Digital Twins 上可以建立自訂的連線解決方案，包括：建立任何環境的模型，並以可擴充且安全的方式將數位分身融入生活；連線資產，例如：IoT 裝置和現有的商用系統；使用健全的事件系統來建立動態商務邏輯和資料處理；與 Azure 資料、分析和 AI 服務整合，追蹤過去，然後預測未來。Azure Digital Twins Explorer 的螢幕擷取畫面顯示如圖 7，其中顯示代表數位 Twins 的節點圖表。



資料來源：微軟公司^[13]

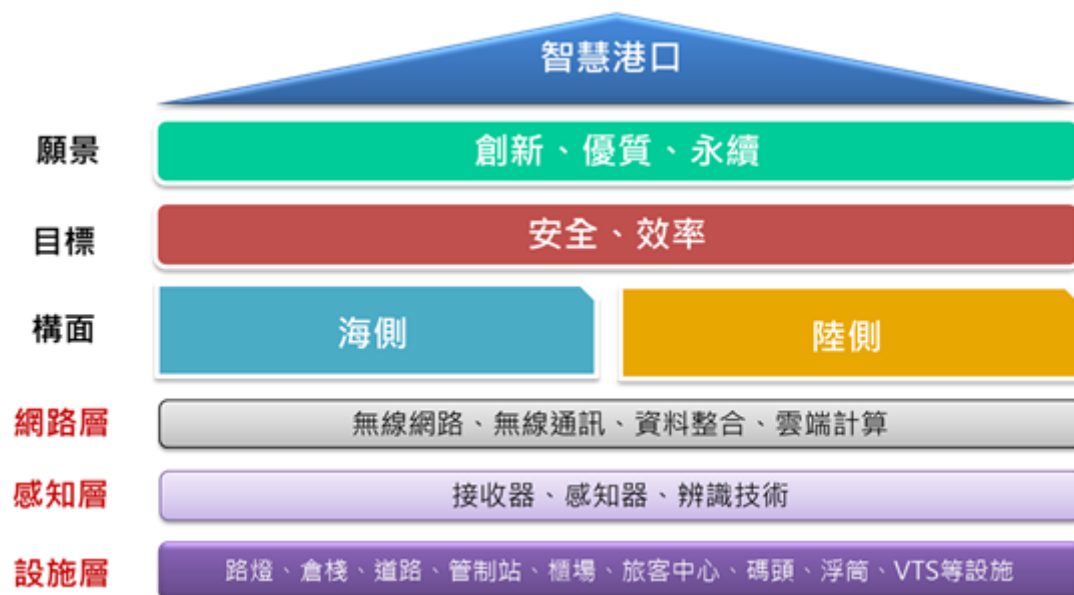
圖 7 Azure Digital Twins Explorer 螢幕擷取畫面

伍、我國海運應用研析

5.1 我國智慧港口發展

我國在資通訊方面一直佔有優勢，不管在製造、醫療、農業、運輸等

領域之應用方面，都有相當多的應用。在港埠方面，臺灣港務公司在 2018 年提出 Trans-SMART 計畫，為建構臺灣港口整體發展藍圖，期許以智慧科技打造創新、優質、永續的現代化港口為願景，希望以智慧科技打造創新、永續的現代化港口。有關臺灣港群智慧港口發展架構如圖 8 所示。



資料來源：臺灣港務公司^[14]

圖 8 臺灣港群智慧港口發展架構

智慧港口轉型行動方案有 7 個重要的智慧港口轉型行動方案，包括：船舶操航智能輔助系統、物聯網海氣象即時系統、智能港灣調度整合系統、海事機器人、港區智慧交通系統、智慧監控管理系統、自動化貨櫃碼頭在內，將大量運用感測器、無人船、機器人、大數據分析等先進技術，未來亦可做到像國外的智慧港口一樣，即時掌握港口風力、波浪、海流、潮位等資訊，以智能分析針對異常狀況提供警示，並可提供自動化船席指泊、拖船調派等支援服務，提升碼頭使用及港口作業效率，行動方案內容如表 1 所示。

表 1 智慧港口轉型行動方案

場域	行動方案	目的	內容	應用領域
海	船舶操	提升船舶進	1.將船舶進出港口等資料，	感測技術、大數據

側	航智能輔助系統	出與靠泊安全，降低港灣事故發生	建立長期資料庫，並透過大數據分析，訂定安全範圍 2.即時監控船舶入出港與靠泊碼頭動態，並於發生異常時提出預警	分析、無人船
	物聯網海氣象即時系統	提供即時資訊，強化劇烈氣象之預警及應變	1.即時掌握港口風力、波浪、海流、潮位等資訊，並以智能分析針對異常狀況提供警示 2.因應未來服務無人船入出港所需之資訊	感測技術、大數據分析、無人船
	智能港灣調度整合系統	串聯船舶進出、靠泊所有作業，提升港灣作業效率	1.串聯及整合航港有關單位之港灣作業 2.提供自動化船席指泊、拖船調派等智能港灣支援服務，提升碼頭使用及港口作業效率	大數據分析
	海事機器人	解決傳統水下作業所需人力與限制，提高安全與效率	1.導入機器(人)設備應用於碼頭設施之探測、檢查、維修、建置等作業 2.提高水下工作之安全性與查驗效率	遠端遙控、機器人
陸側	港區智慧交通系統	對異常狀況示警，提升管理效率、強化港區安全	1.透過智能分析自動判斷港埠現場狀態，並針對異常情形即時提供警示及追蹤 2.主動掌握港口各項資訊，以提升港埠管理效率、強化港口整體安全	感測/辨識技術、大數據分析

智慧監控管理系統	優化港區內、外交通，減少停等廢氣排放	透過監視設備與自動化門哨系統等設備，串聯櫃場派車資訊及車輛 GPS 定位，並以 APP 軟體提供港區壅塞情形，預估各管制站、櫃場停等時間，讓港區業者可彈性調整交領貨時程，同時達到減少車輛停等廢氣排放，降低港區空氣汙染	感測/辨識技術
自動化貨櫃碼頭	以自動化櫃場作業，提供全天候、無人化裝卸服務	碼頭營運商進駐時依需求導入自動導引車(AGV)、遠端遙控裝卸機具等自動化設備，以提升整體貨櫃作業安全與效能	感測技術、無人車

資料來源：臺灣港務公司^[14]

上述行動方案其實有大部分的內容可以使用數位分身來建構執行，港務公司可以探詢航商和利害關係人意願來建立整體性的數位平台，做為推動智慧化的基礎。數位分身提供一個我國海運部門可以改進的機會，也是未來能夠預測潛在的危險並創造最佳設計，提高安全性和操作性的工具，可以幫助航運業更好地利用數位化並邁向新時代，以下提出可以應用在我國海運領域的利益。

1.船隊優化

一家航運公司通常同時為多個客戶提供服務，而客戶卻可能選擇不同的船公司。因此航運公司需要保持並獲得通過優化其船隊的船舶及其載貨能力來提高競爭力，而數位分身可以基於歷史資料、持續和預測所得到的商業交易模式進行敏感性分析。透過測試形成戰略決策的基礎、貿易模式和分析船隊的各種場景。用於船隊優化的數位分身模型可以增強在不同的背景因素下運營決策，例如：在非典型情況的天氣條件下以及各種狀況下的方案選擇。數位分身的分析結果可以提供航商決策的參考，做出最適化的決定。

2.港口和碼頭優化

港口效率是基於平衡供需和靈活的運輸系統整合，不間斷的進出貨物流和旅客，透過不同的交通工具到離港口。對於港口營運的戰略規劃，管理機關及其合作夥伴需要獲得資料，藉以分析正在進行中和未來可能發生的貿易機會。這樣的模型包含戰略決策所需要的參數，例如：基礎設施投資、港口設計和終端容量。通常這種模型應該解決的問題是需要有多少泊位以滿足準時目標，或需要多少空間允許不同的客戶在運輸服務之間移動時存儲他們的貨物，或者其他的運輸方式。由即時數據和歷史數據庫的多個數據流提供的數位分身也是一種用於協調和同步港口運營的規劃工具。

高雄港未來也可以朝鹿特丹港的目標建構「港內航運連網」進行港口岸邊數位化工作，不論是陸地或海下都安裝 IoT 感測器，範圍包括港口的碼頭駁岸、繫泊柱和道路等。這些感測器蒐集各式各樣的資料流（Data Streams），包括：潮汐與潮流的水氣濕度和天氣氣象資料、溫度、風速與風向、水位高度，以及泊位的可用性和能見度等，幫助船公司決定入港的最佳時間，也讓港口經營業者判定船舶是否能順利入港。數位分身的資料也可用來模擬各種可能的情境，讓相關人員瞭解如何更有效率地安排船務。數位分身能讓港務人員同時檢視各方資訊來考慮船隻的停泊，進而減少維運費用及船舶靠泊時間。

3.市場掌握

狀態意識(Situation Awareness, SA)或稱態勢感知是一種新興專業技術，係指對應在時間和空間的環境性元素及事件的知覺，並包括對它們意思的理解，及對一些變數（例如：時間或預定事件）改變後的狀態預測。其專門研究環境中要素的理解對決策的影響，應用在複雜和動態的領域，包括：航空、航空交通管制、航海導航等。狀態意識包含了意識到附近發生什麼事情，以至到明白資訊、事件及自身的行動怎樣影響目的及目標，包括了即時性和即將發生的影響，而狀態意識在資訊差劣中所做的決定可能導致嚴重後果。數位分身正可以提供相關的狀態意識整合。

海運實務上，貨主、託運人、運送人和最終客戶一直在尋求市場的可見性和可預測性，尤其是貨物從原產地到目的地的運輸狀態。對於這些群體，數位分身是可行的技術來考慮併行連接相關資訊，以便徹底分析某一階段延遲的影響，做出調整，並更新狀態意識。此外，利用連接的數位分身調查跨頻繁交互的港口網絡協調發展基礎設施投資，以便利害關係人也獲得長期的狀態意識。這使他們能夠共同合作做出決定，以達到海運生態

系統的某些共同目標，如：最大限度地減少港口排放。理解一個複雜的交互世界越來越超出人類的認知能力，這樣的高保真模型，可以使他們能夠感知現在和未來的狀態，進而掌握市場和現實營運動態。

4.造船及驗船事業

如前所述，航空產業已經在虛擬空間建立真實飛機的模型，利用感測器與飛機真實狀態同步，完全擬真，在每次飛行後，將採集到的各種數據，透過物聯網傳送到飛機的「數位分身」中，即時分析評估是否需要維修或調整，進一步優化飛機性能，改進設計，減少故障率。同樣的數位分身在造船方面也顯示出在降低風險和縮短造船時間方面的價值。在應用方面，數位分身 3D 視圖可以藉由顏色來表示船舶內熱量的潛在影響來提供重要參考，瞭解在何處添加絕緣材料，亦可瞭解船上的熱化程度如何影響船員的健康和安全。數位分身在船舶建造的設計階段提供實質幫助。就像增強實境和虛擬實境等其他功能一樣，我國的造船產業原有一定的實力，若引進數位分身的技術，不但可以降低生產成本，亦可以提供客戶更好的服務。

驗船中心可以利用數位化和現代化的檢驗技術來進一步提升其服務，運用數位分身技術來幫助客戶確定最佳的時間和地點預定和進行檢測。這也意謂驗船師未來可以在距離船舶數千里之外的辦公室工作，同時提供相同的服務。展望未來，未來驗船中心必須掌握 2 個趨勢，第一個是基於模型的設計（Model-Based Design, MBD），利用數位化模型來描述船舶及其系統，並建立一個協作平台，將數位分身應用於驗船的核心業務。第二個是掌握狀況，基於從船舶及其系統持續採集的數據來調整在籍船舶的檢驗週期，這意味需要建立並運行一個模型和模擬平台以應對第一個趨勢，同時建立一個數據管理架構以應對第二個趨勢。

陸、結論與建議

6.1 結論

全球重要港口與航運產業正逐步朝向應用智慧化發展，港口營運從傳統的作業方式演化到自動化、智慧化，航運的經營模式也結合新興科技，掌握科技才有競逐的實力，我國海運發展需要注入新的科技動能，進行智慧化、數位化。數位分身是真實世界裡某個實體物體或系統的數位象徵，藉由感測器蒐集的資料連結真實世界裡的對應物，讓管理者更容易瞭解真實世界中的物件的狀態和變化。數位分身不再只是一個偉大的概念，它已

經是真實並且為製造組織提供了降低顯著成本的能力。與許多其他技術不同，它在整個程序的生命週期中提供價值，越早部署，提供的價值就越大。數位分身已廣泛應用到各行業，在海運方面也獲得豐碩的成果，以港埠營運為例，若在碼頭設施、港口水域大幅度部署感測器、感測浮標、IoT 智慧貨櫃、數位海豚等設施，就可持續偵測潮差、濕度、海流和運輸狀況等即時數據，透過 IoT 技術蒐集，提供給數位分身，模擬港口可能發生的各種情境，提升港區運行安全，讓港口人員能更有效率安排船務。而航運業也可利用數位分身來預測市場趨勢，掌握供需狀況，進行船隊優化和最適化派遣，藉以節省成本，提升競爭力。

數位分身模型的建置已有現成的軟體可運用，在技術上不是問題。企業可以選擇適合本身發展的需要，就建置時程和項目進行規劃，因為數位分身具有彈性，提供不同的規模給企業選擇(包括建置和維運成本)。我國航港產業的公私部門應該對數位分身的科技應用進行瞭解，盤點可以執行的項目，包括：船隊優化、港口和碼頭優化、市場掌握及造船及驗船事業等 4 個面向，納入航港智慧化的架構中，以追趕上國外其他港埠和企業的步伐。

6.2 建議

為迎接數位分身時代，聯合國貿易便利化和電子企業中心(UN/CEFACT)、非營利組織 GS1、世界海關組織(WCO) 和數位化貨櫃航運聯盟(DCSA) 等標準化機構開發了各種支持數位分身概念的構建模組，例如：UN/CEFACT 的智慧貨櫃數據模型和 DCSA 的 IoT 連接基礎設施。未來當然還需要額外的標準來構建和部署完整的數位分身。標準需要為現今的交易和未來的數位分身提供服務。海事部門數位分身將做為戰略和運營決策的重要基礎，以實現海事生態可永續發展持續的海上運輸。我國公私部門應積極瞭解並適時參與相關標準化作業程序，俾與國際接軌。

數位分身模型是由許多組件組成，以港口營運為例，實體上包括了貨櫃、起重機、船舶和繫船柱等。對每個組件有深入瞭解的團隊，例如：起重機製造商、港口基礎設施設計師和船舶設計師，需要開發或建議開發其組件的標準模型。如果航運業要通過基於分析的運營和戰略決策來實現更高水準的資本生產力，那麼就要面對所有組件的標準化並建立數位模型。所有組件的物理實例都需要嵌入感測器，並生成標準化數據流以校準相關的數字模型。如果海運業合作標準化數字數據流和數字組件模型，則當前

的運營和未來的需求都可以藉由數位分身來預測。

因應數位轉型時代的來臨，被認為對於新興科技接受程度比較保守的海運產業應做好變革的準備，數位分身可以提供航運相關產業做為決策的評估工具，也可以做為港埠管理機關提升經營效率和安全性的平台。目前我國機場、港口智慧科技應用情形尚屬起步階段，未來可藉由擴大智慧科技應用，以及整合航空公司、航商、海關、貿易及周邊產業等上中下游關聯產業，加速驅動產業創新發展。

政府方面，為擴大智慧科技應用，針對尚未臻完善或屬構想階段之海運領域應用，公部門可提供新創/科技產業與服務試驗場域，發展概念性驗證案（PoC）；至於現階段已屬成熟之智慧科技，可透過獎勵等方式促使業者於相關場域導入智慧科技應用，俾以提升旅客體驗與海港營運管理效能。未來海運產業於擴大智慧應用及服務後，將形成由產官學研等領域建立之海運產業生態圈，並透過公私合作資源共享模式以提供優質服務，達成驅動產業創新發展之目標。為導向推動智慧海港產業化，尚須調和法規及培育人才進行海運智慧化核心技術研發，俾以達成海運智慧化提升產業發展之目標。

參考文獻

- 1.數位時代 Business Next (2018)，擷取日期：2020 年 9 月 2 日，網站：<https://www.bnext.com.tw/article/46573/gartner-identifies-the-top-10-strategic-technology-trends-for-2018>。
- 2.科技新報 TechNews (2019)，擷取日期：2020 年 9 月 2 日，網站：<http://technews.tw/2018/11/22/gartner-2019-top-10-technology-technology>。
- 3.潘皓緒 (2019)，數位分身對生產規劃應用之文獻探討與分析，國立虎尾科技大學碩士論文。
- 4.財團法人資訊工業策進會數位服務創新研究所，擷取日期：2021 年 4 月 27 日，網站：<https://dsi.iii.org.tw>。
- 5.FINDIT (2021)，擷取日期：2021 月 3 月 26 日，網站：<https://findit.org.tw/researchPageV2.aspx?pageId=1521>。
- 6.數位時代 (2021)，擷取日期：2021 月 3 月 26 日，網站：<https://www.bnext.com.tw/article/46381/simulation-digital-twin>。
7. ALTOROS, Digital Twins for Aerospace: Better Fleet Reliability and Performance, Retrieved May 22, 2021, website:
<https://www.altoros.com/blog/digital-twins-for-aerospace-better-fleet-reliability-and-performance>.
8. DNV GL, Digital Twins at Work in Maritime and Energy (2017), Retrieved May 12, 2021, website:
https://www.dnv.com/Images/DNV%20GL%20Feature%20%2303%20ORIG2b_tcm8-85106.pdf.
9. Class NK (modified), Retrieved June 1, 2021，website:
https://www.researchgate.net/figure/The-ship-and-her-digital-twin-Source-ClassNK-modified-2019-a-digital-twin-is-a_fig1_342939578.
10. Chris Capelli, ESRI, Inside Story: Europe's Largest Port Prepares for Autonomous Ships ESRI, Retrieved August 7, 2018, website:
<https://www.esri.com/about/newsroom/publications/wherenext/rotterdam-autonomous-ships-and-digital-twin>.
11. PortNews, Retrieved May 31, 2021, website:

<https://en.portnews.ru/news/310665>.

12. 科勝科技股份有限公司，擷取日期：2021 年 3 月 30 日，網站：

<http://www.utitech.com.tw/AboutUs.html>。

13. 微軟公司，擷取日期：2021 年 4 月 20 日，網站：

<https://docs.microsoft.com/zh-tw/azure/digital-twins/overview>。

14. 臺灣港群電子報，擷取日期：2020 年 7 月 20 日，網站：

https://www.epaper.twport.com.tw/?act=epaper&cmd=detail&ad_id=20180618001&ad_gd_id=20170927001。