

以列車運行為核心
研析構建鐵路數位分身軟體平台之初探

**A Preliminary Study on the Configuration of
Railway Digital Twin Software Platform
Focusing on Train Operation**

運輸工程組 鄔德傳

研究期間：民國 110 年 2 月至 110 年 12 月

摘 要

臺鐵為全國規模最大、車種最複雜且歷史最悠久的軌道系統，近期重要政策包含前瞻軌道建設之推動高鐵臺鐵連結成網、臺鐵升級及改善東部服務、鐵路立體化或通勤提速等推動主軸，另交通部已確立西部高鐵、東部快鐵的發展原則，並納入 2020 年版運輸政策白皮書，爰此，鐵路系統將成為臺灣地區重要的公共運輸運具，然近期面臨著須配合各工程施工，帶來營運挑戰。環顧全球先進國家正導入新興科技技術，以提升鐵路營運效能。爰此，為提升鐵路建設計畫經費審議與相關政策模擬分析，進行本先期研究，初探導入新興科技技術，研發可從規劃面與實際營運面進行鐵路全系統供需診斷與模擬分析政策工具之可行性，並研提本所鐵路數位分身軟體平台後續研究方向。

關鍵詞：

前瞻軌道建設、運輸政策白皮書、數位分身

以列車運行為核心 研析構建鐵路數位分身軟體平台之初探

A Preliminary Study on the Configuration of Railway Digital Twin Software Platform Focusing on Train Operation

一、前言

臺鐵為全國規模最大、車種最複雜且歷史最悠久的軌道系統，平均每日約有 63 萬旅客搭乘。目前政府正積極推動前瞻基礎建設，其中前瞻軌道部分包含推動高鐵臺鐵連結成網、臺鐵升級及改善東部服務、鐵路立體化或通勤提速等主軸。此外，交通部將規劃辦理全島高快速鐵路網，並已納入 2020 年版運輸政策白皮書，確立朝向西部高鐵、東部快鐵之原則來發展，預期鐵路系統將成為臺灣地區重要的公共運輸之一。然隨著建設計畫推動下，包含：推動高鐵臺鐵連結成網(4 項建設計畫)、臺鐵升級及改善東部服務(6 項)、鐵路立體化或通勤提速(7 項)等前瞻軌道基礎建設，鐵路行車安全改善計畫(104~111 年，刻正提報延至 113 年)、橋梁安全提昇計畫新興計畫(包含 176 座橋涵補強工程、9 座橋梁改建)，預期工程將遍及全鐵路系統，臺鐵將在需維持營運狀況下，同時配合施工調整列車運轉，因此也帶來營運的挑戰。

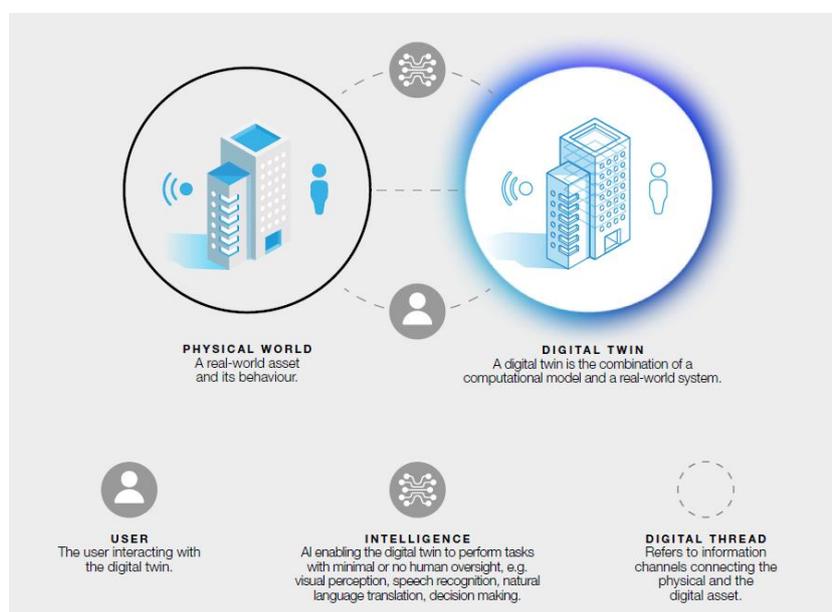
環顧全球先進國家多陸續導入新興科技技術，以提升鐵路營運效能。如歐盟為加速創新技術的開發與部署，及實現歐洲綠色新政(European Green Deal)目標，刻正推動鐵路改造計畫，包含鐵路數位分身、模擬與虛擬(Railways Digital Twin, Simulation & Virtualisation)等計畫，以提高鐵路運輸競爭力，並維持歐洲在鐵路技術方面的領先地位。

鑑於數位分身技術近年來已在不同領域中開發，透過將資產的可視化與運行資料之蒐整，以及仿真模型與情境分析，可進行解決方案模擬分析與預測，除可應用於規劃設計階段的方案選擇與驗證外，亦可應用營運與維護等階段提升營運效能與節省成本。爰此，本研究期藉由蒐整國外鐵路數位分身技術之發展與應用實例，以及臺鐵既有與規劃辦理與列車運行相關的資訊系統，並以本所鐵路供需診斷模式軟體之核心演算技術，探討發展我國鐵路數位分身軟體平台之架構與內涵，據以研提後續推動建構鐵路數位分身軟體平台之建議研究方向與流程，並研提系列研究之研究主題與重點。

二、文獻回顧

2.1 數位分身發展

數位分身(digital twin)亦稱數位雙胞胎或數位模擬分身，其理念最早可追溯到 1990 年代，近十年來則隨著資訊技術及網路通訊快速發展，使數位分身技術得以實用化。圖 2.1 係實體物件與數位分身關聯示意圖，由圖知，數位分身主要係透過運用與結合 IoT、AI、AR/VR 等多種智慧科技，進行數據蒐集與模擬分析，使分析者可在虛擬物件(數位分身)中重現實體物件狀態，並可進行情境模擬與預測分析，提供視覺化與數據化之歷史重現、未來可能趨勢及改善建議。

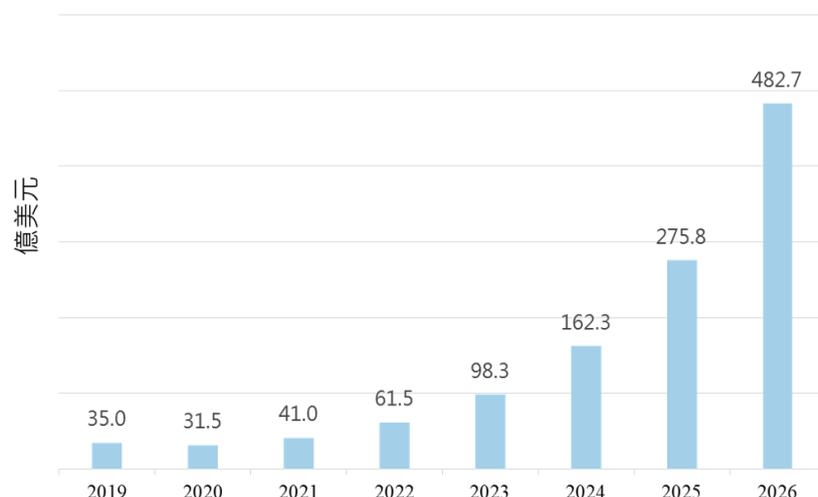


資料來源：Arup[1]

圖 2.1 實體物件與虛擬物件(數位分身)關聯示意圖

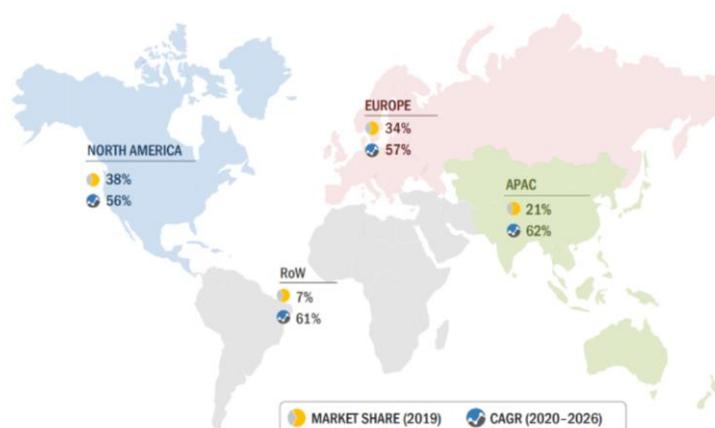
在應用領域上，製造業係最早引進數位分身技術者，其應用最為廣泛，已為產業帶來相當影響。而在其他領域，例如：能源、汽車、醫療、休閒娛樂、零售商務、都市交通管理以及營建工程之管控等近年亦開始引進。圖 2.2 為 2019~2026 年數位分身市場規模與未來預測，由 MarketsandMarkets 產業分析顯示，2019 年數位分身市場規模約 35 億美元，2020 年受疫情影響雖略縮為 31.5 億美元，預估 2021 年將恢復成長，2026 年將達 482.7 億美元。圖 2.3 為全球數位分身市佔率與成長預估，依

據 MarketsandMarkets 分析，北美為最大數位分身市場，2020~2026 年複合年均增長率(Compound annual growth rate, CAGR)為 56%，亞太地區因經濟發展快速及後疫情企業對數位化需求之提升，2020~2026 年複合年均增長率(Compound annual growth rate, CAGR)為 62%。



資料來源：陳侑成[2]

圖 2.2 2019~2026 年數位分身市場規模與未來預測

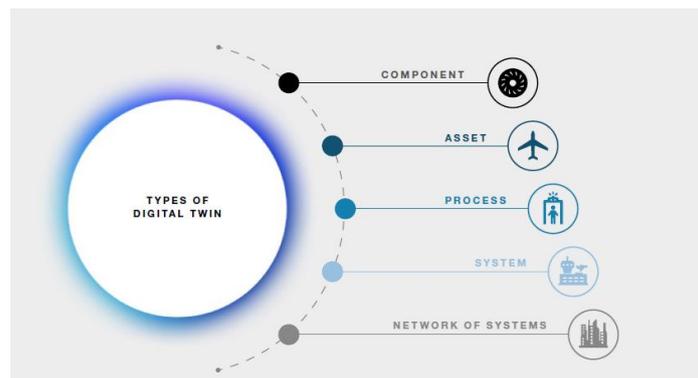


資料來源：陳侑成[2]

圖 2.3 全球數位分身市佔率與成長預估

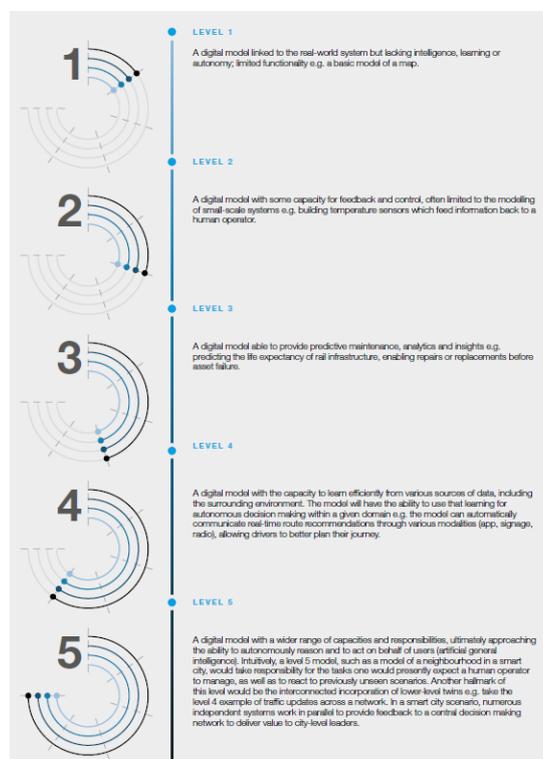
圖 2.4、圖 2.5 為數位分身應用類型與發展等級。由圖知，不同規模實體物件或製程均可建構數位模型，其應用尺度由小至大，分別如零件、資產、流程、全系統等。另數位分身發展等級可分為：等級 1 基礎 3D 數位模型，僅為連結真實系統的數位模型，例如基本的地圖模型，其精度可依

應用需求與條件而定；等級 2 擁有基本回饋與控制能力的數位模型，例如建築數位模型連結溫度測值；等級 3 則可提供預測維護、分析與洞見，例如預測鐵路設施的壽年，於設施損壞前先進行修復或置換；等級 4 掌握不同來源的數據，透過學習機制，提供決策建議；等級 5 具有更多能力，包含應用人工智慧進行數據分析與預測，另等級較高的數位模型亦可涵蓋等級較低的數位模型，並予以整合。爰此，在鐵路於規劃、設計、新建或改建及營運階段，均可應用數位分身，優化設計或降低風險。



資料來源：Arup[1]

圖 2.4 數位分身應用類型



資料來源：Arup[1]

圖 2.5 數位分身發展等級

2.2 鐵路數位分身應用案例

表 2-1 為國內外近期有關應用數位分身於鐵路領域之相關案例。由文獻資料顯示，數位分身技術可應用鐵路系統全生命週期各階段，於規劃、設計及建造新鐵路，或進行重大改善升級計畫時，透過數位分身可依據營運者的需求，進行設計之優化，並透過仿真模擬，預先掌握並降低可能產生施工延遲或不合格的構造物。另透過數位分身亦可改善作業流程與協助利害關係者溝通，有助於維持進度和預算。

在運營過程中，數位分身具有很高價值，透過物聯網(IoT)連接設備的輸入資訊，營運者可即時掌握現況，據以獲得洞察力，及協助決策者確定優先等級，並可協助進行維護改善與設備升級。

表 2-1 鐵路數位分身應用案例

作者	篇名	主要內容/應用範疇	備註
歐洲鐵路研究諮詢委員會 (2020)	新戰略研究與創新議程	歐洲推動鐵路改造計畫，包含鐵路數位分身、模擬與可視化(Railways Digital Twin, Simulation & Virtualisation)等計畫。 推動項目：可視化(含建模)、模擬、預測。	引導研發，補助相關鐵路數位分身計畫
Giovanni Gagliardi (2019)	Digital twin technology to improve punctuality of Greater Anglia trains	英國大安格利亞鐵路 2017~2019 年採用日本東芝公司數位分身技術，以改善列車準點率。 應用領域：列車時刻規劃規則與時刻表製定、應變計畫、降低延遲風險、新型列車車輛模擬、基礎設施建模。	營運監理、營運改善
Sakdirat Kaewunruen and Ningfang Xu (2018)	Digital Twin for Sustainability Evaluation of Railway Station Buildings	使用 Revit，以倫敦國王十字車站建築工程為標的，進行車站大樓 3D 建模，並轉換為 6D 建築資訊模型，包含時間與成本計畫，其中包括碳排放量計算以及使用 Revit 進行的裝修假設。 研究結果顯示透過數位分身技術，讓建築參與者可用在車站規劃、設計及運營經濟與環境分析。	實驗計畫

Mike Hayes (2019)	Denmark's railway to get digital twin	Fugro 工程公司獲得了為期四年的契約，將建構丹麥鐵路網絡的數位分身。	營運管理 (執行中)
西門子 (2020)	2030 年數位分身展望	正在為挪威建立鐵路數位分身。目前數位分身主要係應用在鐵路基礎設施的規劃設計與建設。預期 2030 年，將擴展為利用 AI 預測鐵路路線與車站運行性能，維持與改善營運規劃。	營運
ARUP (2019)	Digital twin towards a meaningful framework	MassMotion 模擬車站周邊的人流，並可模擬不同的系統規劃對人流的改變，例如面臨淹水時或營運中斷時所採替代運輸方案在人流分布上的反應。	營運、系統 規劃
GW Prime (2020)	Digital twin for delivering high-speed rail project in Italy	義大利 Italferr 工程公司應運數位分身技術在那不勒斯到巴里港亞得里亞海興建高速鐵路。 使用包含 1,500 參數的數位 BIM，開發數位分身模型，有助於進行計畫管理與生命週期評估。 透過導入數位分身，設計與維護可節省 35% 成本。 可進行衝突檢查、施工監控，節省成本與時間。	規劃、施工
Mahendrini Fernando Ariyachandri (2020)	Digital twinning of railway overhead line equipment from airborne lidar data	為了協助解決鐵路系統路線建模問題，劍橋大學針對鐵路架空線 (overhead line equipment, OLE) 提出以車載 LiDAR 方式，由點雲集自動格網生成技術，可較傳統人工輸入建模節省 10 倍時間。 研究針對 18 km 鐵路路線進行實測，OLE 電纜達到 93.2%F1 評分，對其他 OLE 元素的檢測率達到 98.1%F1 評分。	建模
洪瑞斌 (2019~2020)	應用數位分身模型探討熱溫升對軸承預壓	針對列車軸承建立數位分身模型，探討主軸熱溫升變形及衍生相關力學效	設施監測

	之影響以及主軸動態特性之監控	應之研究。	
運研所 (2021)	運輸系統因應氣候變遷調適之研究	印度那格浦爾(Nagpur)的 Maharashtra 捷運車站於規劃階段即運用數位分身，優化規劃與施工階段之作業與管理。 建議鐵公路引入數位分身應用於調適，包含規劃設計、施工及營運維護階段。	設計、施工
廖家宜 (2021)	鐵路、捷運工程導入數位分身 世曦推動「三化」轉型	導入 BIM，進行設計 3D 化、設計自動化及營運管理資訊化。 台 76 線八卦山隧道工程導入數位分身技術，讓工程師可以先在虛擬環境中設計、模擬、除錯等，最後再進入實體施工階段來付諸實踐。	設計、施工

資料來源：本研究整理

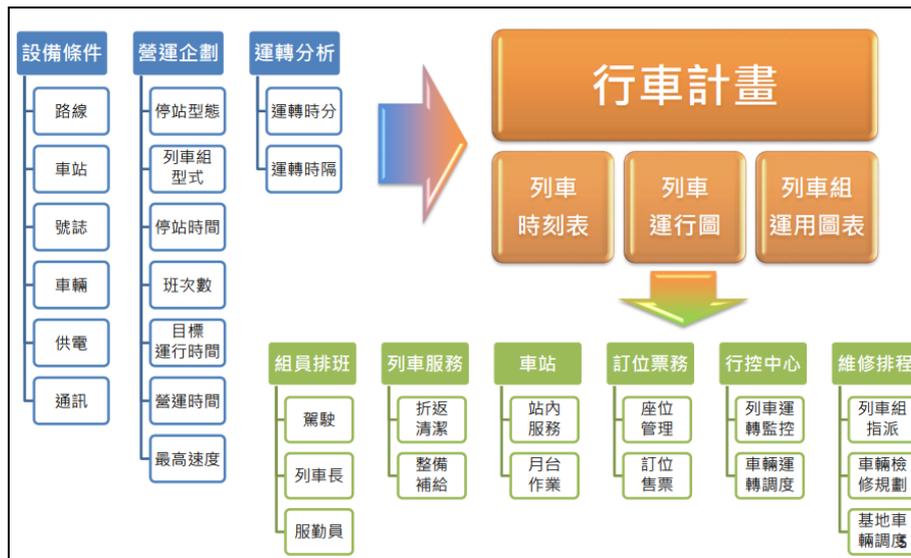
2.3 小結

由前述文獻回顧知，國際上先進國家多已應用或陸續導入數位分身技術於鐵路領域，藉由整合數位建模與數據資料蒐整，及人工智慧(AI)與機器學習(ML)等分析技術，將數據轉為可視性與具運用價值之訊息，可提供管理者洞察力與身臨其境的數位化營運情形，協助預見與避免未來可能發生的問題，提高營運與維護效率。然國內數位分身應用於鐵路領域相對國際發展趨勢，仍有相當發展空間，實需前瞻領航計畫，引領政府與學研單位投入研發。

三、鐵路列車運轉相關資訊與本所相關核心技術探析

3.1 鐵路列車運轉相關資訊

鐵路系統主要可分為運務、工務、機務、電務，此運工機電四大部門彼此業務與職掌各異，然鐵路列車得以正常運轉係運工機電四大部門分工合作與密切配合的結果。圖 3.1 為鐵路運輸之流程，列車運行需整合設備條件、營運企劃規劃、列車運轉能力與運轉作業規範、人員編組、站內與列車服務、監控、維管等，相關資訊亦多分屬運工機電四大部門。



資料來源：楊正君

圖 3.1 鐵路運輸之流程

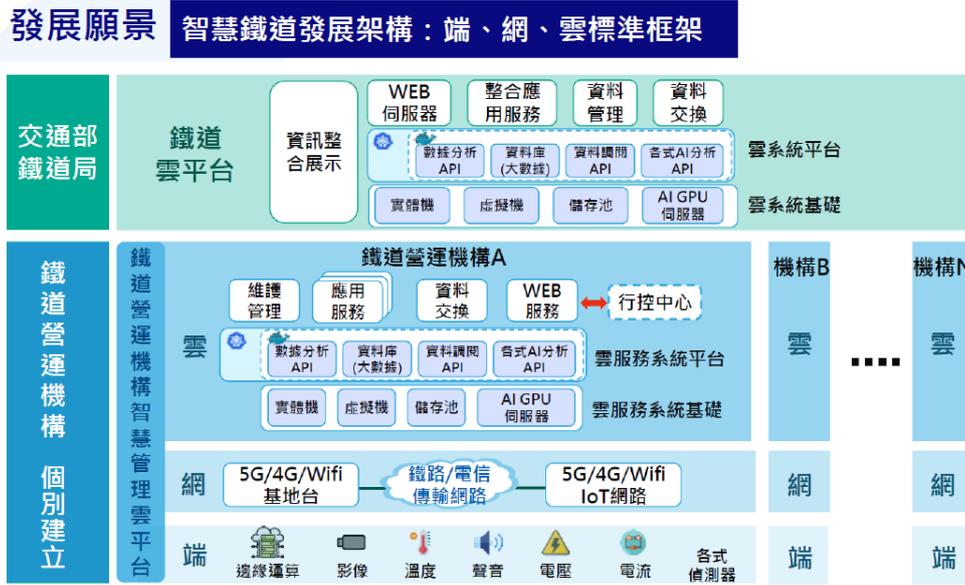
目前交通部門正推動許多鐵路前瞻與新興計畫，其中與本研究相關的計畫有 5G 智慧鐵道運輸及監理雲平台與智慧鐵道資訊整合平台，分述如下：

1. 5G 智慧鐵道運輸及監理環境雲平台

交通部鐵道局推動「建立 5G 智慧鐵道運輸及監理環境計畫」，以促進智慧鐵道之發展，有助智慧鐵道產業國產化之發展，並帶動國內相關鐵道產業之升級，其架構如圖 3.2。鐵道局在法規部分，訂定智慧平台端、網、雲的規範(包含：資料傳輸介面、通訊協定)，例如：擬訂智慧鐵道技術標準、智慧鐵道系統規劃手冊等文件，透過系統化及標準化，引導各鐵道機構發展可擴充、開放式的智慧平台系統，同時營造有利國內資通訊產業參與的環境。在雲平台部分，推動鐵道系統重要設備聯網化(IoT)，蒐集軌道、電車線、列車等數據資料(Digitalized Data)，運用人工智慧(AI)達成(1)安全面，由以往人力巡查與通報應變，提升為即時告警與連線應變；(2)維修面，由以往壞了再修，提升為預測性維修；(3)營運面，由以往預測性營運資訊與人為決策，提升為即時精準營運資訊與 AI 決策輔助。

另為達成雲平台之建置，已進行試驗場域之實作，透過鐵道系統試驗場域建置感知層、網設備、雲平台(IaaS、PaaS、SaaS)實體系統，驗證開放式平台系統的運作效能與擴充性，及雲平台對於鐵道系統安全、維修及營

運的各項效益。

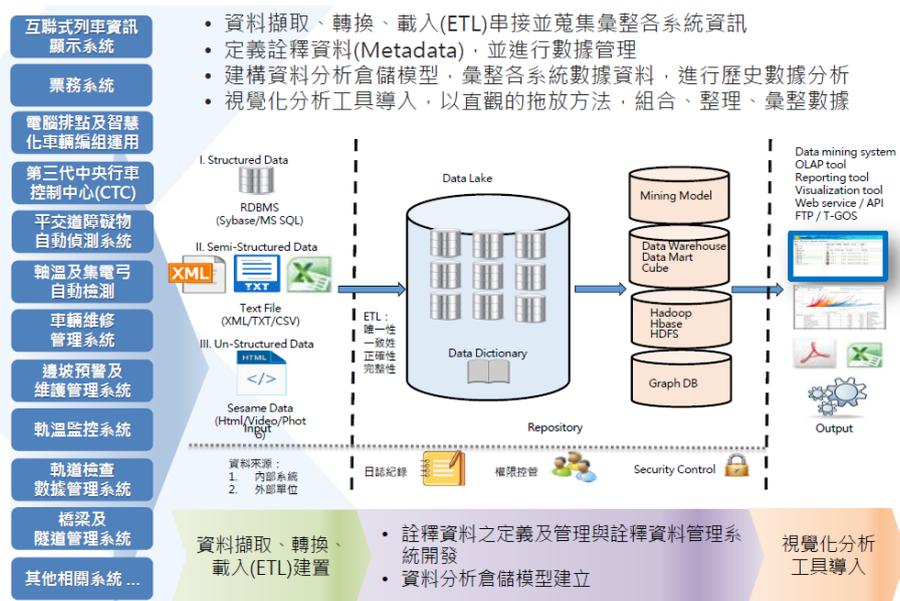


資料來源：楊正君

圖 3.2 智慧鐵道雲平台發展架構圖

2. 智慧鐵道資訊整合平台

臺鐵局為因應數位轉型浪潮及安全管理升級需求，依循交通科技產業政策，及臺鐵總體檢之「安全管理體系升級」後續改善事項，規劃將運、工、機、電各子系統之資訊互通傳遞，由資訊中心統一彙集處理，以達到智慧化管理，爰成立臺鐵智慧鐵道發展諮詢委員會，推動「臺鐵智慧鐵道資訊整合平台新興計畫」，其平台架構如圖 3.3，目標將建構 IoT 平台，整合臺鐵現有票務系統、中央行車控制中心 CTC、平交道障礙物自動偵測系統、車輛維修管理系統、邊坡預警與維護管理系統、軌溫溫控系統等，串聯數據分析，導入 AI 深度學習，改善系統結構，及強化行車安全，提升旅運服務，有效管控維護成本，達到智慧鐵道安全營運。



資料來源：楊正君

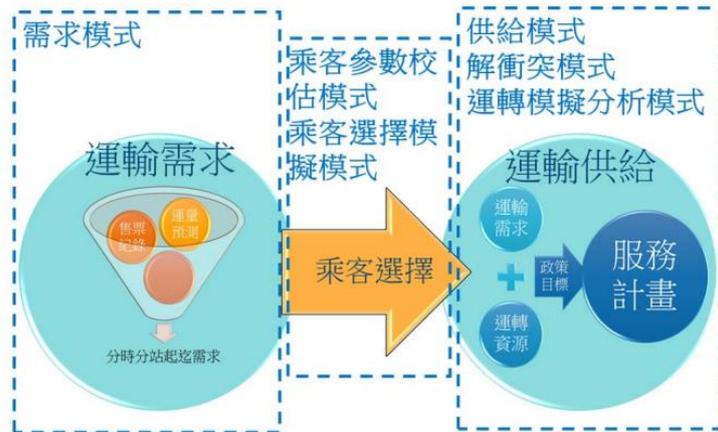
圖 3.3 智慧鐵道資訊整合平台

3.2 本所前期研究核心技術

本所分別於 108、109 年辦理「大數據分析技術進行鐵路供需診斷與策略分析」，及 110 年辦理「鐵路系統供需診斷模式軟體之維護與擴充及策略分析(1/2)」，針對臺鐵開發一套整合需求與供給的分析系統，以得到貼近旅客需求、無衝突的列車班表。為此本計畫開發 6 項模式：(1)需求模式，用以整合歷史售票紀錄或運輸規劃預估，推估鐵路乘客各起迄間的分時需求量。(2)供給模式，用以在路線容量、可用車輛編組以及可用乘務人力限制下，求解最佳化的服務計畫。(3)乘客選擇行為模擬模式，應用校估過的參數，以模擬技術將乘客之選擇車次行為分派到各車次上。(4)乘客選擇參數校估模式，用以校估乘客偏好之權重係數值。(5)解衝突模式，用以排除服務計畫中之列車衝突而得到無衝突列車班表。(6)系統運轉模擬模式，用以呈現鐵路系統實際依班表上線運轉時遭遇外來擾動之可能狀況，如圖 3.4。

鐵路供需診斷模式軟體可協助臺鐵局進行營運面的數量化全系統之供需分析，及規劃面的新建計畫情境案例分析，如桃園地下化建設計畫等，以掌握建設計畫前後之運轉品質影響分析，及對該路線容量之影響。本所在 111 年正辦理「鐵路系統供需診斷模式軟體之維護與擴充及策略分析(2/2)-完成軟體維護與擴充及策略分析」，維護鐵路供需診斷模式軟體與

擴充其功能，及針對建設計畫進行情境分析。



資料來源：李宇欣等

圖 3.4 鐵路供需模式系統圖

依據國外鐵路數位分身之文獻資料，鐵路供需診斷模式軟體所研發之 6 項模式，可做為後續研發鐵路數位分身之列車運轉模擬與分析核心技術之一，然經由訪談與模式內容解析，未來需要進一步開發相關模式與功能，包括：(1)股道模式，包含：車站、隧道、橋梁、平交道等影響列車運行之設施，目前鐵路供需診斷模式軟體主要僅有車站與站間股道部分資料；(2)運轉紀錄處理模式，除進行列車運轉相關紀錄之資料串接、處理外，尚需進行列車運轉參數分析之功能；(3)模擬模式，包含進行列車運轉模擬與歷史重現；(4)差異分析模式，可進行列車規劃班表與列車實際運行之差異分析；(5)視覺化功能開發，將分析資料運用開源程式(open source software)予以視覺化。

四、專家訪談與需求討論會議

本計畫係發展本所鐵路數位分身軟體平台之先期研究，為瞭解交通部及相關部屬機關(構)對於數位分身新興技術以及本所後續推動鐵路數位分身之需求，並瞭解軌道領域專家對推動鐵路數位分身之看法，以及蒐整對本研究成果之建議，爰辦理專家訪談與需求討論會議。其中，考量部分交通部部內單位專家雖熟稔鐵路領域，然對數位分身技術掌握程度有異，為求充分討論，本研究於專家訪談前，預先提供數位分身技術簡介與本研究階段成果之簡報，另邀集交通部路政司、臺鐵局及鐵道局召開需求討論會

議，說明未來數位分身計畫之規劃，討論未來業務需求，俾納入未來研究範疇，並確定後續計畫提報之性質與經費來源。彙整專家訪談與需求討論會議主要回饋意見如表 4-1 所示，其中交通部部內單位與相關部屬機關(構)主要意見為：(1)原則支持本所後續辦理鐵路數位分身軟體平台之系列科技研究。(2)交通部與鐵道局在鐵路監理面，可應用數位分身技術。(3)臺鐵局後續可洽談與其智慧鐵道資訊整合平台之資料交流。(4)後續研究成果除運研所政策使用外，納入鐵道局與臺鐵局為應用單位，並舉辦教育訓練。鐵道領域專家部分主要意見為：(1)鐵路數位分身技術為新興技術，目前計畫架構與研究方向具可執行性。(2)後續研究可進一步強化既有規畫面之應用，並思考鐵路監理面之應用。(3)鐵道局有監理職掌，後續資料應與該局合作避免重複資料蒐集。(4)鐵路數位分身軟體平台後續推廣方式，及其維管與移轉規劃。(5)建議後續可將號誌、電力納入分析。

表 4-1 專家訪談與需求討論會議之回饋意見面向

回饋意見 對象	意見面向				主要意見內容
	必要性	需求性	研究方向	其他建議	
路政司 1	V	V	V	V	1.肯定計畫之必要性與需求性 2.資料源避免重複，與臺鐵局與鐵道局資源整合 3.應用範疇納入監理面之應用
路政司 2	V				肯定計畫之必要性
技監室	V	V	V	V	1.肯定導入數位分身新興技術 2.未來研究成果應可掌握臺鐵營運課題
臺鐵局	V			V	1.肯定計畫之必要性 2.後續可商談資料界接
鐵道局	V	V		V	1.肯定本計畫之必要性與需求性，建議仍循科技計畫程序爭取經費 2.數位分身技術可協助監理業務，研究應用範疇與對象除營運單位外，納入鐵道局
中華顧問工程司	V	V	V	V	1.肯定本計畫之必要性與需求性 2.數位分身平台應預留擴充彈性，可

					供臺鐵局與鐵道局各自依業務需求進行擴充
鼎漢顧問	V			V	鐵路數位分身軟體平台初步藍圖與推動架構，具有可執行性
逢甲大學	V	V	V	V	<ol style="list-style-type: none"> 1.肯定運研所以交通部智庫角色，率先導入數位分身技術應用於鐵路領域 2.調整計畫定位，研究成果以可協助政策規劃與監理單位監理為主 3.後續研究應進行課題分析，可朝向藉由數據資料，整握臺鐵關鍵資源整合與未來精進策略 4.應思考未來如何移轉路政司、鐵道局與台鐵局應用，其後續維管方式

資料來源：本研究整理

五、鐵路數位分身軟體平台架構及未來研究規劃

綜合文獻回顧及專家訪談與需求討論會議，本研究初擬鐵路數位分身軟體平台藍圖與架構，分別如圖 5.1、圖 5.2 所示。

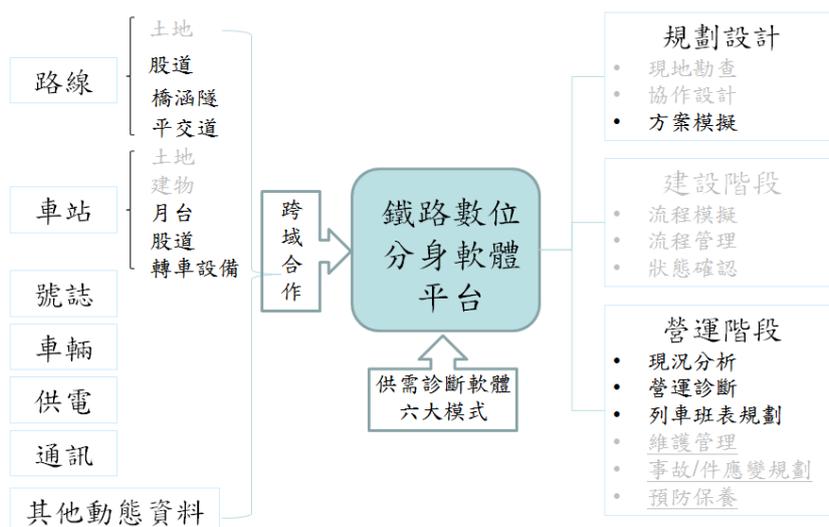


圖 5.1 鐵路數位分身軟體平台藍圖

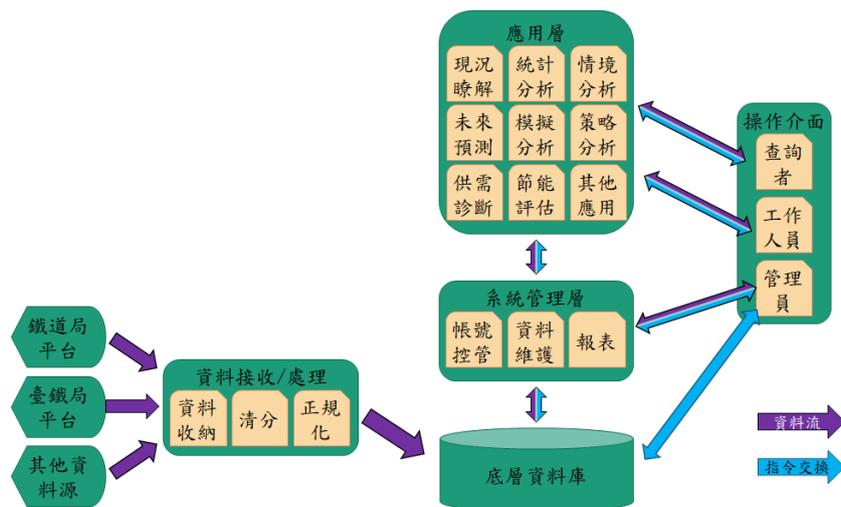


圖 5.2 鐵路數位分身軟體平台架構

本研究已經由本所與相關部內單位及部屬機關(構)召開需求研商會議，確認具需求性。配合科技計畫提報作業，本所「綠色運輸系統策略研究計畫」(108~111年)將於111年屆期，刻正提報「運輸深度減碳與調適研究計畫」(112~115年)新興計畫，於該計畫之「提升運輸業經營模式節能研究與應用」細部計畫，將串接與應用臺鐵路局與鐵道局鐵路數據資料，規劃與研發我國首例鐵路系統數位分身軟體平台雛型，進行列車模擬與供需診斷及協助進行鐵路建設計畫方案情境分析，掌握環島快速鐵路網所需投入資源與關鍵路段，引領鐵路發展並達成節能減碳政策目標。表 5-1 為提報 112 年度「運輸深度減碳與調適研究計畫」綱要計畫之內容，包含 112~115 年度各年之預計辦理之計畫名稱、可申請經費額度、關鍵成果、年度目標及全程目標。

表 5-1 未來研究規劃

年度 項目	112 年度	113 年度	114 年度	115 年度
計畫 名稱	數位分身技術進行鐵路系統供需診斷與策略分析(1/2)-鐵路數位分身軟體平台雛型之規劃	數位分身技術進行鐵路系統供需診斷與策略分析(2/2)-鐵路數位分身軟體平台之建置	鐵路數位分身軟體平台之維護與擴充及策略分析(1/2)-辦理軟體平台維護及功能擴充	鐵路數位分身軟體平台之維護與擴充及策略分析(2/2)-完成軟體平台維護與擴充及策略分析
申請 經費	200 萬元	200 萬元*	200 萬元*	200 萬元*

<p>關鍵 成果</p>	<p>蒐整國際先進國家鐵路數位分身標竿案例，勾勒我國未來鐵路數位分身之遠景及藍圖，提供鐵路監理與營運機構未來發展數位分身之指引。 研析鐵路數位分身雛型之架構，據以構建 level1~2 鐵路數位分身軟體平台雛型架構，做為研發軟體平台之基礎。</p>	<p>掌握與蒐整臺鐵局及鐵道局相關資訊平台，進行資料源剖析，據以做為鐵路數位分身軟體平台雛型之資料源。完成鐵路數位分身軟體平台雛型，並以東部鐵路為示範案例，做為驗證與後續發展軟體平台之基礎。</p>	<p>以前期鐵路數位分身軟體平台雛型為基礎，獲得資料傳輸與分析功能之突破，據以完成鐵路數位分身軟體平台之設計，據以進行列車運行模擬與供需診斷。 進行鐵路安全改善計畫及前瞻建設計畫之情境案例模擬分析，掌握建設計畫對列車運行之影響，研提政策建議。</p>	<p>持續維護鐵路數位分身軟體平台，並精進相關功能模組之演算邏輯，改善人機介面，俾利將研究成果推廣至臺鐵局與鐵道局。 進行全島鐵路系統規劃面與實際營運投入運轉資源與運能產出之模擬分析，研提政策建議。</p>
<p>年度 目標</p>	<p>研提鐵路數位分身軟體平台雛型之架構及勾發展藍圖</p>	<p>完成鐵路數位分身軟體平台雛型及掌握資料源</p>	<p>完成鐵路數位分身軟體平台</p>	<p>完成全島鐵路系統模擬與供需診斷及情境分析</p>
<p>全程 目標</p>	<p>導入新興科技技術，研發可模擬鐵路系統之數位分身軟體平台雛型，可進行規劃面與實際營運面之整體列車模擬與供需診斷，及協助進行鐵路建設計畫方案情境分析，掌握環島快速鐵路網所需投入資源與關鍵路段，引領鐵路發展並有助達成節能減碳政策目標。</p>			

註：配合科技計畫提報原則，綱要計畫各年度申請經費總額度原則以前一年度行政院核定數為限。

112~115 年鐵路數位分身軟體平台各年主要工作內容擇要如下：

1. 112 年：

- (1) 蒐整國際先進國家運用數位分身進行鐵路營運管理效能提升相關之應用範疇。
- (2) 針對我國臺鐵系統，勾勒未來數位分身之願景及達成之藍圖。
- (3) 掌握臺鐵列車營運相關資訊系統(包含班表、列車實際運行)，蒐

集範例資料，進行資料清洗、擷取、轉換、載入，建置示範資料倉儲欄位。

- (4) 研析鐵路數位分身之雛型架構，其中核心功能須整合本所供需診斷模式軟體之核心技術，完成 level1~2 鐵路數位分身軟體平台雛型。

2. 113 年：

- (1) 蒐整合本所前期鐵路供需診斷模式軟體之科技計畫，建立之歷史售票及班表資料倉儲，整合鐵路數位分身軟體雛型之資料倉儲。
- (2) 掌握臺鐵局及鐵道局現有及刻正發展鐵路資訊系統與平台，蒐集範例資料，建立自動化或半自動化之進行資料清洗、擷取、轉換、載入機制。
- (3) 研析建立鐵路數位分身軟體平台，需要臺鐵及鐵道局後續配合之事項。
- (4) 規劃鐵路數位分身雛型功能提升至 level3，可進行事後與計畫班表之供需診斷分析，並以東部鐵路為示範案例。

3. 114 年：

- (1) 以本所 113 年研發鐵路數位分身軟體平台雛型為基礎，獲得資料傳輸與分析功能之突破，據以完成鐵路數位分身軟體平台之設計。
- (2) 持續掌握臺鐵列車營運相關運、工、機、電務相關新興建設計畫。及以自動化或半自動化方式進行現有鐵路資訊系統之資料蒐集，並進行資料清洗、擷取、轉換、載入資料倉儲。
- (3) 進行鐵路全線進行模擬分析。

4. 115 年：

- (1) 持續維護本所研發之鐵路數位分身軟體平台。
- (2) 精進相關功能模組之演算邏輯，及改善人機介面。
- (3) 進行全島鐵路系統投入運轉資源與運能產出之情境分析。

六、結論與建議

6.1 結論

1. 由文獻回顧知，國際間已有許多國家陸續導入與研發數位分身技術應用於軌道領域，在規劃、建設、營運等均可發揮其效益。
2. 本研究藉由文獻回顧、召開需求討論會議及專家訪談，完成鐵路數位分身軟體平台初步藍圖與後續研究方向與內容，並已完成提報 112 年度科技計畫總體說明書，及據以研提 112 年度綱要計畫及研究主題與重點，爭取 112~115 年鐵路數位分身系列研究科技預算經費。
3. 本研究規劃之鐵路數位分身軟體平台系列研究，經部內單位與相關部屬機關(構)、鐵路領域專家確認具有後續推動之必要性與可行性，後續研發成果可做為本所鐵路政策分析之工具，並可提供路政司與鐵道局監理應用，及臺鐵局營運規劃輔助工具。

6.2 建議

1. 歐洲刻正推動鐵路改造計畫，建議應持續蒐整相關鐵路數位分身、模擬與虛擬等計畫最新發展，俾利做為我國鐵路後續發展之參考。
2. 政府積極推動鐵路建設與基礎設施安全提升計畫，然在既有設施上進行改造工程(如：將陸續進行 176 座橋梁補強、6 座橋梁改建、立體化建設等)，除增加施工困難度與期程，更影響列車營運，亟需有診斷分析工具能在規劃面與實際營運面進行診斷與模擬分析，做出最佳決策。
3. 我國僅有少數機械、土木領域學者針對鐵路特定單元進行數位分身研究，後續藉由本所啟動鐵路數位分身軟體平台系列科技研究，期能前瞻引領產學研投入相關研發，俾共同提升鐵路系統效能。

參考文獻

- 1.Arup, “Digital twin towards a meaningful framework”, 2019.
- 2.歐洲鐵路研究諮詢委員會，新戰略研究與創新議程，2020年。
- 3.陳侑成，製造業導入數位分身技術的發展趨勢與應用，交通部運輸研究所運輸研究專輯，2021年。
- 4.Giovanni Gagliardi, Digital twin technology to improve punctuality of Greater Anglia trains, 2019.
- 5.Sakdirat Kaewunruen and Ningfang Xu, Digital twin for sustainability evaluation of railway station buildings, 2018.
- 6.Mike Hayes, Denmark’s railway to get digital twin, 2019.
- 7.西門子，2030年數位分身展望，2020年。
- 8.GW Prime, Digital twin for delivering high-speed rail project in Italy, 2020.
- 9.Mahendrini Fernando Ariyachandr, Digital twinning of railway overhead line equipment from airborne lidar data, 2020.
- 10.洪瑞斌，應用數位分身模型探討熱溫升對軸承預壓之影響以及主軸動態特性之監控，2019年。
- 11.交通部運輸研究所，運輸系統因應氣候變遷調適之研究，2021年。
- 12.廖家宜，鐵路、捷運工程導入數位分身 世曦推動「三化」轉型，2021年。
- 13.楊正君，前瞻鐵道與數位建設，5G新時代智慧軌道商業趨勢與應用論壇，2021年。
- 14.財團法人工業技術研究院，智慧鐵道發展架構及策略研訂，交通部鐵道局，2020年。