110-072-2316
MOTC-IOT-109-EAA005

數位科技與海事生態系統
發展趨勢之研究

交通部運輸研究所

中華民國 110 年 7 月

110-072-2316
MOTC-IOT-109-EAA005

數位科技與海事生態系統發展趨勢之研究

著者：林邏耀

交通部運輸研究所

中華民國 110 年 7 月

數位科技與海事生態系統發展趨勢之研究

著　　者：林邏耀
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：105004 臺北市松山區敦化北路 240 號
網　　址：www.iot.gov.tw (中文版＞數位典藏＞本所出版品)
電　　話：(02)2349-6789
出版年月：中華民國 110 年 7 月
印 刷 者：全凱數位資訊有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 10 冊
定　　價：非賣品

著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）
本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：數位科技與海事生態系統發展趨勢之研究</td></tr>
<tr><td>國際標準書號(或叢刊號)</td><td>政府出版品統一編號</td><td>運輸研究所出版品編號
110-072-2316</td><td>計畫編號
109-EAA005</td></tr>
<tr><td colspan="3">主辦單位：運輸工程組
主管：許書耕
計畫主持人：許書耕
研究人員：林邏耀
聯絡電話：(02)2349-6830
傳真號碼：(02)2349-0427</td><td>研究期間
自 109 年 2 月
至 109 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：數位化、數位科技、海事產業、生態系統</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：
傳統航運業之運輸作業一直高度依賴數個較小型之生態系統，如國際貿易、港口與陸地物流運輸，其成員包括港埠、海關等管理機關，以及航商、船舶、船東、貨主與物流運輸業者等。因此海事生態系統中所有不同參與者之間有著千絲萬縷的聯繫，成員之互聯與合作對運輸系統之運作至關重要。然因數位科技日漸累積之發展，航運業以往的作業方式與生態系統，其運作方式與結構亦正醞釀著變化。
本研究將透過國外發展案例與數位科技發展趨勢，以描繪出我國當前海事生態系統之組成與運作方式，並且探討數位科技之發展對於整個海事生態系統及其相關服務供應鏈(包含產官學研界，如智慧港口、造船業、航商、物流運輸、海關、保險、教育等)之影響與未來趨勢，期提出促進我國創新之海事生態系統發展與相容的協作模式，並提供各利害關係方(Stakeholder)掌握國際發展趨勢，以及後續在航港領域中面臨新興科技衝擊之應對方向與永續發展之參考。</td></tr>
</table>

出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
110 年 7 月	68	非賣品	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。

備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS

INSTITUTE OF TRANSPORTATION

MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Research on Development Trends in Digital Technology and Maritime Ecosystems			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER 110-072-2316	PROJECT NUMBER 109-EAA005
DIVISION: Transportation Engineering DIVISION DIRECTOR: S.-K. HSU PRINCIPAL INVESTIGATOR: S.-K. HSU PROJECT STAFF: L.-Y. LIN PHONE: (02)2349-6830 FAX: (02)2349-0427			PROJECT PERIOD FROM February 2020 TO December 2020
KEY WORDS: Digitization, Digital Technology, Maritime Industry, Ecosystem			

ABSTRACT:

The transportation operations of the traditional shipping industry have always been highly dependent on several smaller ecosystems, such as international trade, ports and land logistics. Its members include ports, customs and other administrative agencies, as well as shipping companies, ships, shipowners, shippers, and the transportation and logistics industry. Therefore, all the different participants in the maritime ecosystem are inextricably linked, and the interconnection and cooperation of members are is essential to the operation of the transportation system. However, due to the accumulative development of digital technology, there are also changes brewing in the operating methods and structure of the shipping industry's past operations and ecosystems.

This research used foreign development cases and digital technology development trends to describe the composition and operation of Taiwan's current maritime ecosystem, and to explore the impact of the development of digital technology on the entire maritime ecosystem and its related service supply chain (including industry, government and academia, such as smart ports, shipbuilding, shipping, logistics, customs, insurance, education, etc.). This research is expected to promote the development of Taiwan's innovative maritime ecosystem and a compatible collaboration model, and to provide various stakeholders with an understanding of international development trends, as well as reference for the direction of subsequent responses and the sustainable development of the emerging technology in the port field.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE
July 2021	68	Not for sale

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

目錄

一、緒論 1

1.1 計畫緣起與目的 1

1.2 研究範圍與對象 2

1.3 研究方法與架構 2

二、文獻回顧 5

2.1 國際海事生態系統發展 5

2.2 海事生態系統定義 15

三、我國海事生態系統樣態 19

3.1 我國海事相關行業 19

3.2 我國海事生態系統樣態 20

四、海事數位科技之發展案例 31

4.1 數位分身(Digital Twin) 31

4.2 智慧船舶與衛星通訊 34

4.3 區塊鏈發展與應用 38

4.4 供應鏈數位化 39

五、數位科技發展趨勢對海事生態系統之影響 43

5.1 物流運輸行業之變革 43

5.2 新興科技對海事生態系統的影響 49

六、結論與建議 55

6.1 結論.....55
6.2 建議.....56
七、參考文獻.....59

圖目錄

圖 2.1-1 新加坡海事生態系統組成圖 6
圖 2.1-2 新加坡海上運輸業轉型地圖 8
圖 2.1-3 新加坡創新海事生態系統組成圖 8
圖 2.1-4 瓦錫蘭智慧海事生態系統組成圖 11
圖 2.1-5 IBM Tradelens 生態系統組成圖 14
圖 2.1-6 鹿特丹創新海事生態系統組成圖 15
圖 3.2-1 芬蘭智慧電網產業生態系統網絡關係圖 22
圖 3.2-2 105 年產業關聯表-購買者價格交易表範例 26
圖 3.2-3 產業關聯表-海事生態系統初步篩選示例 27
圖 3.2-4 產業關聯表-需求部門之關聯網絡圖 28
圖 3.2-5 產業關聯表-供給部門之關聯網絡圖 29
圖 3.2-6 我國當前海事生態系統關聯網絡圖 30
圖 4.1-1 數位分身之組成元素與架構 32
圖 4.1-2 商用車輛之數位分身模型組成 32
圖 4.1-3 數位分身技術於飛航機隊之應用 33
圖 4.1-4 數位分身技術於飛航機隊之應用 33
圖 4.2-1 船舶數位化之歷程 35
圖 4.2-2 智慧船舶與衛星通訊之關係 37
圖 4.3-1 各國發展海事區塊鏈之沿革 38
圖 4.4-1 供應鏈之未來前景 39
圖 5.1-1 物流服務外包形式 44
圖 5.1-2 物流服務商之演進 45
圖 5.2-1 我國導入數位科技之海事生態系統網絡圖 51

表目錄

表 2.1 新加坡海事生態系統組成與項目.....7

表 3.1-1 我國海事相關部門與行業表.....20

表 5.2-1 我國海事相關部門與行業表.....49

一、緒論

1.1 計畫緣起與目的

生態系統是一個動態系統，透過系統中參與者之特性與作用保持系統運作之穩定與循環。由於生態系統中所有不同參與者之間有著千絲萬縷的聯繫，因此成員之互動與合作系統之運作至關重要。例如，貨物可以通過航商的一艘貨櫃船由亞洲運往歐洲，再由一艘小型船透過區域航線之近海運輸轉運到次要港口，再將貨物透過駁船或內陸運輸送往內陸之目的地。

傳統航運業之運輸作業一直高度依賴數個較小型之生態系統，如國際航運、港口與陸地物流運輸，其成員包括港埠、海關等管理機關，以及航商、船舶、船東、貨主與物流運輸業者等。然而受到數位科技之發展影響，航運業以往的作業方式正醞釀著變化。事實上，也只有透過運用更多的科技創新才能實現對提高效率、安全性和環境保護的要求，而諸如大數據分析、自動化運輸作業、機器人與人工智慧等技術，將改變生態系統中各組成環節之商業模式、運輸與運營規劃。

數位科技之導入將產生新商業模式，如遠端遙控、混合動力系統、無人船、數位分身(Digital Twin)、燃油效率、資訊整合平台與自動化作業等智慧海事生態系統轉型，以創新提升經營績效，並創造更高的附加價值，但相對也將衝擊航運業供應鏈中的所有利害關係人。而數位化平台之整合應用與區塊鏈平台之發展，將提供客戶更便捷之物流資訊服務，可直接串聯貨主、運送方、客戶等供應鏈節點，運送流程與資訊傳遞不再需要藉由第三方轉介，致中間商如承攬業恐將消失。

本計畫將釐清當前海事生態系統之樣態，並且探討數位科技之發展對於整個海事生態系統及其相關服務供應鏈如：智慧港口、造船業、航商、物流運輸、海關、保險、教育等未來之影響與趨勢。

1.2 研究範圍與對象

目前國內並未有海運生態系統之概念，惟綜觀整個航運流程，即涵蓋了物流供應鏈中的各利害關係方(海事群聚，maritime cluster)，從貨主、電商平台、航商、承攬業乃至港口彼此相依互利，實為一個生態系統。

但航運係一極度依賴國際貿易且相當敏感的產業，且需面對策略聯盟、船舶大型化、貿易保護主義、地緣政治、新能源等挑戰。在資通訊科技(ICT)與物聯網等技術蓬勃發展下，數位科技之應用更已漸漸深入航運產業中，多樣化的科技將驅動產業創新，進而使產業鏈產生結構性的變化，乃至於生態系統產生新的循環。基於此，本研究範圍包含於整個航運流程涉及之各利害關係方，以港口為中心，含括進出口商、航商、承攬業、倉儲、報關行、保險與物流業者等產界，以及周邊相關之造船業、資訊系統整合、專業與技術服務等學研界。

本研究將蒐整國外發展案例與數位科技發展趨勢，以描繪出我國當前海事生態系統之組成與運作方式，並進一步探討未來數位科技對海事生態系統之影響，據以提出能促進我國海事生態系統創新發展的協作模式，供各利害關係方(Stakeholder)掌握國際發展趨勢，以及後續在航港領域中面臨新興科技衝擊之應對方向與永續發展之參考。相關數據資料與成果可提供交通部、航港局、港務公司、航港相關產業、協會等，做為未來推動航港發展之參據，以及本所海運相關研究後續探討與運用。

1.3 研究方法與架構

本研究報告之主要研究方法包括文獻蒐集與探討、資料蒐集與分析、網絡關聯模型建立等，以進行綜合分析數位科技對未來海事生態系統之影響。詳述如下：

1. 文獻蒐集與探討

   廣泛蒐集國際上海事生態系統發展案例，與國內外海事生態系統之發展歷程(組成之參與者、發展現況與運作)，包括國內外期刊、相關研究、統計資料、航港部門、官方新聞露出資訊與相關產業報告等資料。

2. 資料蒐集與分析

透過資料蒐集以彙整未來撼動海事之新興科技，以及航港相關產業應用數位科技之發展趨勢(如：物聯網、無人機、區塊鏈、大數據分析、人工智慧、數位分身、無人船與智慧機械)，以推測未來海事之業態與工作需求。

3. 網絡關聯模型建立

透過行政院主計總處之中華民國行業標準分類與產業關聯表，建立網絡關聯模型，描繪出當前海事生態系統之關聯圖，並做為推測未來創新海事生態系統關聯圖之基礎。

4. 綜合分析

透過前述文獻與案例，釐清我國當前海事生態系統之組成與運作方式，並就未來海事之業態與工作需求納入網絡關聯模型，以探討數位科技對海事生態系統之影響。

二、文獻回顧

2.1 國際海事生態系統發展

(一)新加坡海事生態系統

新加坡位居東西方貿易的戰略位置，能使企業進入鄰近之新興且快速發展的亞洲地區市場。新加坡是世界上最重要的海運和空運運輸樞紐之一，與全球市場的廣泛聯繫，鞏固其做為連接亞洲與世界的樞紐地位。

新加坡港位於貿易路網之中心，與 120 多個國家/地區的 600 個港口相連，亦是全球 140 多個頂級航運集團在此設立營運據點，提供各式各樣的海事產品和服務，為航商與海事服務提供商生態系統提供了無縫的全球貿易連接機會，更依其戰略位置、完善的港口設施與造船廠等，發展成為首屈一指的國際海事中心，並提供船舶經紀、航運、商業與物流等服務，也正迅速成為亞洲海事法律和仲裁中心，更是離岸與海洋工程行業的全球主要參與者之一。此外，新加坡也是國際海事組織和協會（例如：波羅的海交易所，亞洲船東論壇，國際燃油工業協會，國際獨立油輪船東協會以及波羅的海和國際海事理事會）總部和代表處的首選場所。

新加坡海事與港口管理局（MPA）與港口運營商、船運公司緊密合作，將新加坡港發展為全球樞紐，為全球海事行業提供一站式服務。MPA 擁有 5,000 多個海事組織和企業，占新加坡國內生產總值的 7%，僱用約 170,000 名員工。其政府政策已確立將該國發展成為海事業務的戰略中心與領先的國際海事中心，並在工程、金融乃至物流與技術等領域中，為新創或各領域的專業人員提供優渥之工作機會。

新加坡海事局的業務包括港口、航運、海事服務以及離岸與海洋工程等各領域，而海事產業則可透過教育工作者、行政管理人員、政府機構與產業公協會得到相對應的支援，已構成一個龐大的海洋生態系

統樞紐[1]。如表 2.1 與圖 2.1-1 所示，而各層面都有相關的服務，例如航運領域船東與船舶經營人、船舶代理、船舶經紀、租賃服務與船舶管理等服務，而海事服務則涵蓋貨運代理、船級社、測量服務、海事法律、海上保險與教育培訓等相關產業與服務。其良好的商業環境、高效的法律體系、高技能的人才、蓬勃發展的航運及其物流業，以及穩定之政經濟環境是國際上相關產業與機構選擇新加坡作為運營中樞的公司的主因。

資料來源：MPA[1]

圖 2.1-1 新加坡海事生態系統組成圖

表 2.1 新加坡海事生態系統組成與項目

新加坡海事生態系				
航運	**港口**	**海事服務**		**海洋工程**
		物流與技術服務	**商業服務**	
船東和經營人	港口營運	貨運代理	海事法律服務	離岸工程
船舶代理	船用燃料	技術服務-船級社	海上保險	造船
船舶經紀	-	海洋測量服務	船舶融資	設計
租賃服務	-	-	海事教育培訓	維修
船舶管理服務	-	-	娛樂	-

(二)新加坡創新海事生態系統

創新與研發是新加坡海事企業最為重視，並係長期以來能持續發展的核心驅動力。作為領先的國際海事中心和全球樞紐港，新加坡已構建成為一個充滿活力、多樣性的海事創新生態系統，如圖 2.1-2 所示。為了開發創新能力之下一哩路，新加坡交通運輸部與於 108 年 1 月 12 日發布了「海上運輸業轉型圖」，如圖 2.1-3 所示。該藍圖為海運企業提供了發展路徑藍圖，並藉以強化發展海運創新生態系統，進一步發展更有活力、更多協作與新創的領域[2]。其藍圖關鍵策略包括：

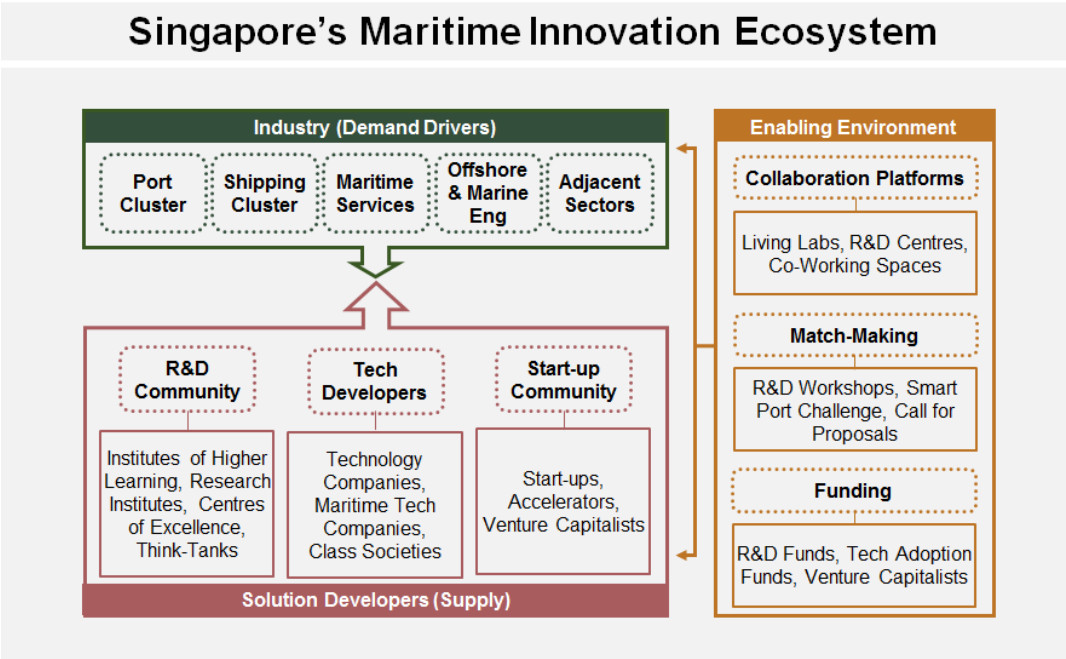
1. 為創新創造有利環境
2. 不斷發展的航海技術企業開發創新解決方案
3. 深化海事研發能力。

MPA 亦與新加坡航運協會（SSA）以及新加坡海事基金會（SMF）共同建立了創新循環圈(Circle of InnOvators)，透過打造創新海事生態系統以及創新變革的環境，來強化海事企業數位化與人力資源，從而實現數位轉型與發展。

資料來源：MPA[2]

圖 2.1-2 新加坡海上運輸業轉型地圖

其中數位創新網絡(Circle of Digital InnOvators, CDO)於 2019 年 4 月啟動，透過制訂 Roadmap、創新戰略，以及與學界、初創企業、海事技術公司、R&D 社群等合作進行人才培育，並推動數位化與創新項目發展，以促進基礎創新並有效地促進各個海上運輸子行業的轉型。截至 2020 年止，該數位創新循環網絡已有 60 多家數位創新產業。



資料來源：MPA[2]

圖 2.1-3 新加坡創新海事生態系統組成圖

另外，其創新與研發的活動舉措亦包括示範計畫與競賽。新加坡海事及港務局(MPA)與新加坡國立大學(NUS)共同發起「港口創新生態系統重構計畫」(Port Innovation EcosystemReimagined at BLOCK71 ,PIER71)，由 NUS 所屬機構 NUS Enterprise 負責執行。PIERS71 旨在發展新加坡的海事創新生態系統，其中有一項子計畫稱為「智慧港口挑戰」(Smart Port Challenge, SPC)，是為科技新創企業提供的年度競賽，希望參賽企業可協助解決新加坡港和國際海事產業所面臨的挑戰，並促進新加坡科技社群的發展。主要關注在於港口營運、航運與船舶管理、海運物流和海事服務等領域。

(三) Wärtsilä 智慧海事生態系統

Wärtsilä(瓦錫蘭)是一家來自芬蘭的動力系統公司，主要著重於提供海洋和能源市場的智慧技術和完整生命週期解決方案。其主要有船舶業務和能源業務兩大業務。2019 年 1 月，再增加海洋(Marine)和能源(Energy)業務。

海事行業一般面臨效率低下的課題，最顯著的三個痛點為產能過剩、船舶燃料效率低落，以及進出港口及其他交通繁忙區域時的時間成本。瓦錫蘭規劃運用新的科技發展，為客戶提供最佳化、高價值之服務，並藉高度連通與數位化流程進行協作，引領行業向智慧海事生態系統的轉型。

2017 年，希臘瓦錫蘭推出了「智慧海事生態系統」的願景，如圖 2.1-4，試圖以一種整體性的、系統方法的思維，妥善運用智慧科技以發展有效合作的夥伴關係與全面的全球監管架構。該公司著眼於以四大主要力量重塑海事部門：

1. 資源共享，以提高船舶乘載率，降低單位成本；
2. 大數據分析，尋求於相關運營最佳化；
3. 智慧船舶，以實現作業流程最佳化與績效管理的船舶經營；
4. 自動化碼頭，以實現更好的碼頭操作。

透過上述具創新驅動力，已實施之案例包括：

1. 混合動力系統

由於電池技術的改進，成本、重量與體積都大幅降低，因此混合動力系統之開發因應而生。如客運渡輪 MF Folgefonn 改裝為柴油/電力混合動力船，以減少汙染排放量並提高運營效率。2017 年 9 月，另成功測試運行自動無線感應充電系統，為世界上第一艘提供電池高功率無線充電能力的商業渡輪。另一艘客運渡輪 PSV Viking Princess 則改裝為結合儲能電池組及三台以 LNG 燃料供應的發動機。這項創新的儲能解決方案可提供平衡的能量來滿足需求高峰，從而使發動機負載更加穩定，每年節省的燃油量約可達 15%至 20%。混合動力系統也可用於任何常規的商船，瓦錫蘭公司的研究聲明，通過混合動力系統可減少 10%的運營支出和 12%的排放。

2. 遠端操作

瓦錫蘭已成功進行船舶操作的遠端控制與測試，這項遠端操作結合動態定位（DP）與手動操縱，成為遠端駕駛船舶的控制系統。

3. 創新商業模式

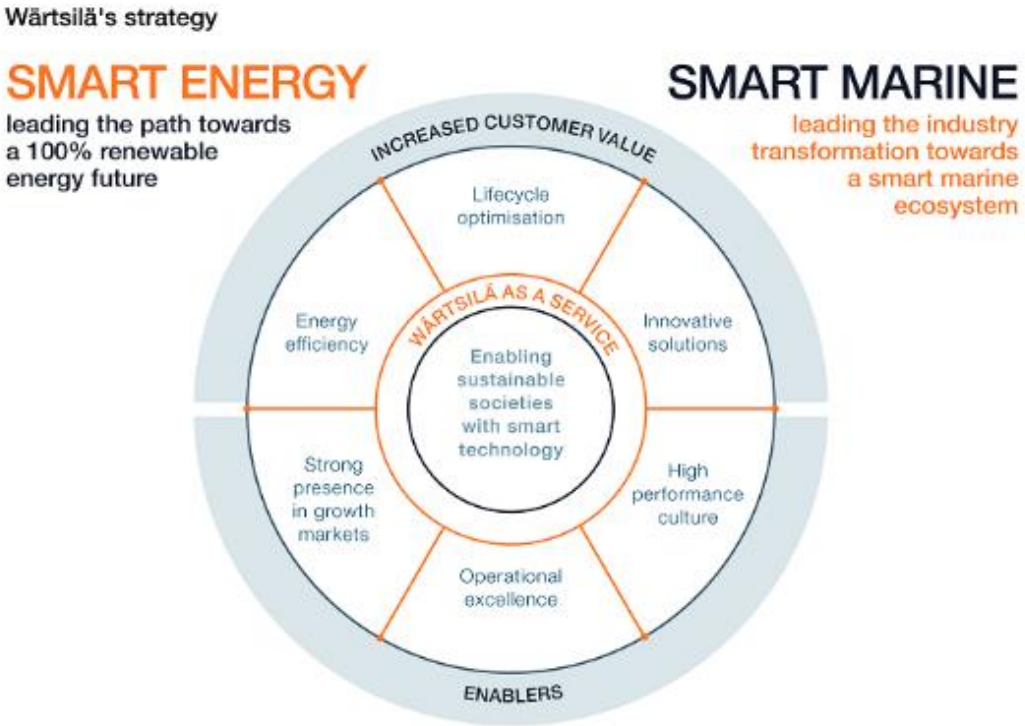
希臘瓦錫蘭 2017 年 1 月與 Carnival(嘉年華遊輪集團)簽署了一項為期 12 年的合作協議，以確保遊輪的安全性和可靠性。其新的績效導向與合作模式，創造了財務激勵與風險管理之共享機制。該合作項目共涵蓋了約 79 艘船，透過船舶操控狀態之監視可確保安全可靠的航行安全，而後端針對維護需求和性能改進之監控，則可提升營運管理作業之效率。藉此，Carnival 可專注在公司之核心業務上，為客戶提供出色的假日體驗與服務。這項協議堪屬首見，但將為整個航運業劃下新的標準與合作方式。

4. 智能協作

瓦錫蘭參與雅典 Arista Shipping 領導的 Project Forward 計畫，該項計畫係以 LNG 作為船舶航行之燃料，並透過先進的船體設計與高效率之推進引擎，進一步實現 IMO 2030 年減少碳排放 40%之目標，符合瓦錫蘭提出地「智能海事-高效率、安全性與永續」願景。

5. 智慧港口

船舶交通控制系統(Vessel Traffic Service, VTS)被引入海運行業已久，而現在智慧型之 VTS 則是運用感測器、環境監控、數據分析與演算法等科技，藉以優化港口運營並大幅減少船舶的等待時間。瓦錫蘭 Transas 船舶交通管理系統即著重在高效之港口管理，以及港口至沿海地區的船舶交通，包括航行計畫最佳化、交通監控、環境保護，以及港口內與沿岸之航行安全，以符合 IMO 和 IALA 海上交通安全法規。



資料來源：Wärtsilä[3]

圖 2.1-4 瓦錫蘭智慧海事生態系統組成圖

(四) IBM TradeLens Eco-System

全球化經濟已帶來世界上快捷的交易網絡，然航運貨櫃運輸目前多以紙本文件進行物流契約及交易訊息之傳遞，並且驗證及審查程序依賴大量人工作業。有鑑於此，全球最大航運公司馬士基(Maersk)與 IBM 於 2018 年 1 月共同合作推出全球航運區塊鏈解決方案 TradeLens 區塊鏈平台。該平台不僅供應鏈上所有企業都可參與，透過彼此增加合作間之信任，亦無需第三方監督即可進行貿易合作。在整個國際貿易供應鏈上的所有利害關係人，如：貨主、航商、報關行、海關、港口管理單位、陸地運輸物流業者乃至收貨人，都可以利用這個平台，完成產官組織之業務流程及訊息交流，將過往冗長的貿易流程簡化。譬如，透過區塊鏈平台，貨主與收貨人可隨時追蹤貨物的情況，海關可提前獲取更完整的貨物到關資訊，提前為清關程序做準備；港口管理單位能運用這些資料，進行最佳化進出港調度及泊位安排。該平台在 2018 年 8 月啟用後，目前全球約有超過 90 家企業、機構參與測試。除 IBM 與馬士基共同構建 TradeLens 平台投入市場營運之外，許多國家及其港口管理單位也積極區塊鏈之實作。2018 年 10 月，荷蘭鹿特丹港也宣布與荷蘭銀行 (ABN AMRO) 合作，推動區塊鏈測試計畫。同年 6 月，阿聯酋阿布達比港口的附屬公司 Maqta Gateway LLC 與比利時之安特衛普港推出了一項區塊鏈試辦項目 Silsal ，透過區塊鏈技術處理阿布達比港口到安特衛普港的國際文件，包括自動傳輸、識別與確認貨物等單據。

透過全球供應鏈數位化的平台 TradeLens 可以完成以下目標[4]：

1. 連接生態系統

   將供應鏈中的所有各方（包括託運人、貨運代理、聯運經營人、港口與碼頭、海洋承運人、海關及其他政府機構等）聚集到基於區塊鏈這樣具有安全許可和認證之系統架構平台上。

2. 推動真正的訊息共享

在所有交易的各方間提供無縫、安全、即時，且可供操作的共享訊息，包括運送里程、貨物明細、貿易文件、嵌入貿易文件中的結構化數據、海關文件以及感測器讀取之數據等。

3. 促進合作與信任

通過區塊鏈技術可確保交易安全，實現全球跨境交易流程的數位化和自動化，包括進出口與清關。

4. 刺激創新

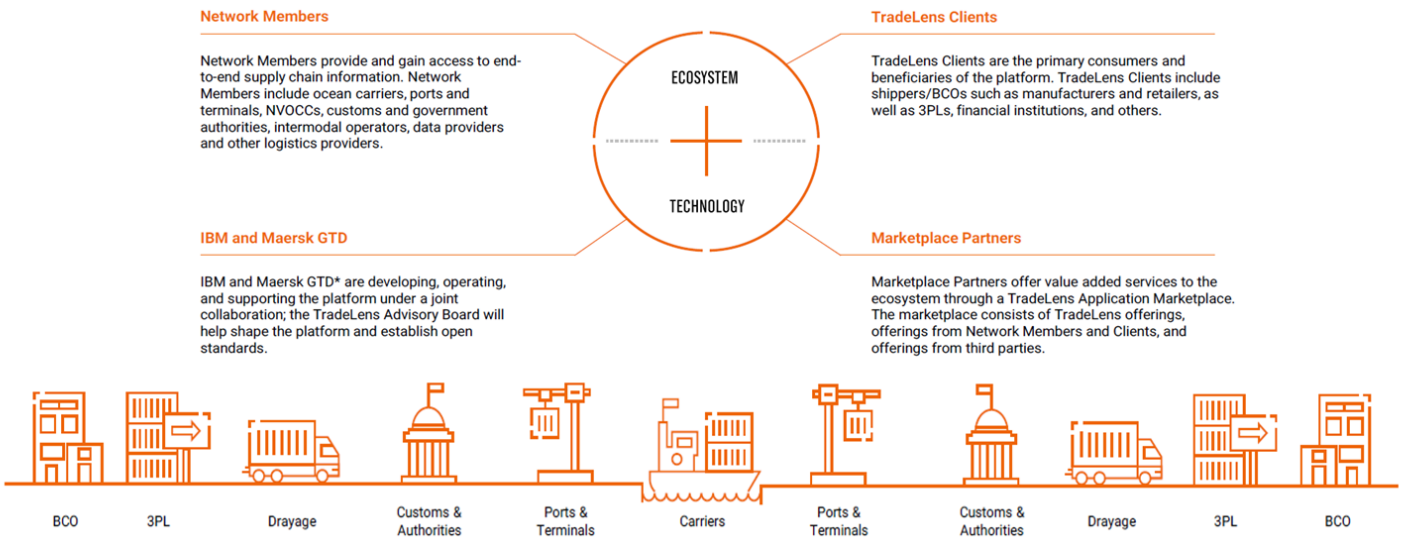
透過開放式的 API 介面、標準化的使用方式以及在市場中互動式應用程式，奠定了持續改善與創新的基礎，各參與方可以使用 TradeLens 平台的應用程式，來為其自身、合作夥伴與客戶創造彼此更多的應用價值。

生態系統(Eco-sysem)的觀念近年來在各產業及領域被大幅呼籲，如：生物循環、潔淨技術、數位化、金融科技(Fintech)、旅遊消費與傳統農工業等，主要是透過未來洞見與科技之數位化與創新以達成循環經濟。TradeLens 也將生態系統(Eco-sysem)的觀念，納為目前平台的重要元素，並且由網絡成員、開發維護者、客戶及合作夥伴共同形成循環之內生態系：

1. 網絡成員：包含航商、港口與碼頭、無船承運人（NVOCC）、海關、政府管理單位及物流服務商等。
2. 開發維護者：即共同開發之 IBM 與馬士基公司，目前正設立委員會協助平台建立開放標準等協議。
3. 客戶：消費者、貨主/BCO 如製造商、零售商，以及第三方物流等企業。
4. 合作夥伴：TradeLens 市場是由第三方開發，其銷售和授權應用程序之方式，由 TradeLens 提供技術基礎，使各方可以運用系統架構開發應用服務之程式，並透過合作關係與平台創造附加

價值，如：網絡成員、客戶、第三方及其提供的產品，是提供服務產品以支援生態系統重點一環。

因此，由 TradeLens 平台所構成之生態系如圖 2.1-5 所示，其成員包含：貨物受益人(Beneficial Cargo Owners)、貨運承攬業(3PLs / Freighter Forwarders)、內陸運送者(Inland Transportation)、主管機關(Customs/Government Authorities)、港口(Ports & Terminals)、航商(Ocean Carriers)、財務機構(Financial Services)、軟體工程師(Software Developers)等。鑑於航商目前在收發貨主雙方之間扮演著握有貿易訊息與文件之關鍵，因此未來在區塊鏈的平台上將處於一個的管理位置，而這將徹底改變各海事貿易的訊息共享模式。



資料來源：TradeLens[4]

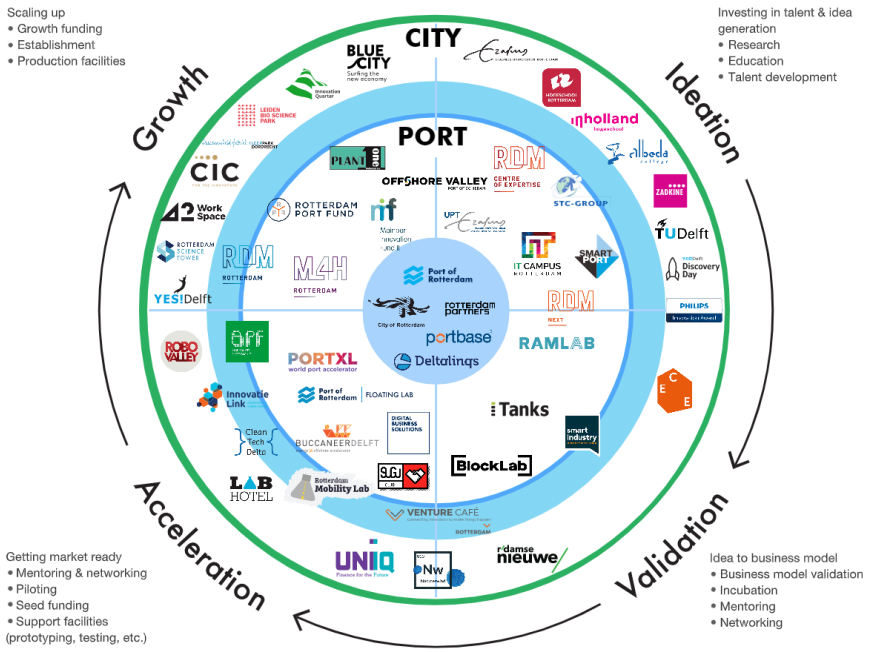
圖 2.1-5　IBM Tradelens 生態系統組成圖

(五)鹿特丹港創新生態系統

歐洲的最大港-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。鹿特丹港每年處理超過 4.61 億噸的貨物，並且為超過 14 萬艘次的船舶提供服務，然而如此龐大的運量，已不能依賴傳統的作業模式，亟需一個創新的解決方案。基於此，鹿特丹港著手進行智慧與能源轉型，透過數位化與各項創新措施，期使鹿特丹港

的營運作業更加高效、可靠與安全，進而更具競爭力。

除了邁向智慧港口之發展與轉型外，個性鮮明、充滿活力與實驗精神的鹿特丹市，也不斷嘗試重塑自身以因應國際趨勢之變化，例如以創新精神推動了特丹海事領域打造其創新生態系統，藉由大專院校、研發中心、顧問諮詢、政府單位、港口管理單位、各類新創實驗室、示範場域以及各類創投與投資基金，為鹿特丹海事領域中具有洞見與創新能力的新創公司，提供自創新構想(研發創新)、驗證(發想至商業模式)、加速驅動力(落地至市場)與成長(規模化)等各階段的協作(如圖 2.1-6)，讓創新的概念與做法得以實作，並成為屬於鹿特丹獨有之海事創新生態系統，確保鹿特丹持續做為創新應用的領航者[5]。



資料來源：Port of Rotterdam[5]

圖 2.1-6 鹿特丹創新海事生態系統組成圖

2.2 海事生態系統定義

生態系統最早係由生物學領域所提出，1930 年代初英國生物學家 Arthur Roy Clapham 提出生態系統一詞。隨後其合作學者 Arthur Tansley 在 1935 年進一步定義生態系統意涵：「在一個特定環境內之生物因子與非生物因子(如水、土壤、空氣等)之交互作用，進行物質與能量的連接、交換與

循環流動，互相依存而構成的一個整體系統。」

除了生物領域，生態系統(Eco-system)的觀念近年來在各產業及領域被大幅呼籲，如：衛生醫療、金融科技、旅遊消費與傳統農工業等，主要是透過未來洞見與科技之數位化與創新以達成循環經濟[6]。

傳統行業(如製造業/服務業)多存在著上、中、下游擴張經營與線性競爭關係，隨著雲端運算、大數據、IoT、AI、AR/VR 等新興科技之發展，不僅逐漸導入各行業中開啟了創新的營運管理思維，也為產業帶來革命性之結構變化，衍生出許多嶄新的商業模式，包括跨業融合的生態系統。

美國學者 James F. Moore(1996 年)在 The death of competition: leadership and strategy in the age of business ecosystems 一書中[7]，以生物學的生態系統為基礎，結合商業動態與環境進而提出這個新的商業戰略思維。近年來企業執行長普遍體認到，應跳脫過往與彼此依存之相關行業及利害關係人之競爭關係，從而與合作夥伴進性戰略性之整合，創造共榮共享的生態體系，以產生創造共同最大效益之綜效。

由此知，商業生態系統係指一群相互連結，共同創造價值與分享價值的企業，在生產、客戶服務與創新上輔助合作的「跨產業」之供應鏈群。舉例以音樂領域來說，Apple 的 iTunes 及 iCloud 共同創造了一個產業共同成長的平台，其所服務的對象與供應鏈成員包括作者、藝人、唱片業、應用軟體提供者、媒體、周邊產品出版商，以及上下游供應鏈廠商。

事實上生態系統是一個動態系統，能量不斷流經生態系統，透過系統中參與者之特性與作用保持系統運作之穩定與循環。生態系統可以很大，也可以很小。如人類生態系統的研究考慮了地理、生態、技術、經濟學、政治與歷史。城市生態系統研究的重點是城市和郊區，產業部分則有半導體生態系統、金融生態系統等。

生態系統中所有不同參與者之間有著千絲萬縷的聯繫，成員之互聯與合作對系統之整體運作至關重要。以海事生態系統為例，貨物運送期間會

透過貨主出貨、銀行押匯、保險、承攬業洽訂艙位、倉儲櫃場併櫃業務、報關、公證，最後透過航商的一艘貨櫃船由亞洲運往歐洲，再由一艘小型船透過區域航線之近海運輸轉運到次要港口，再將貨物透過駁船或內陸運輸送往內陸之目的地。

傳統航運業之運輸作業鏈及鏈上各產業實為小型之生態系統，如涉及國際貿易節點之港口、關務、電商、航運業、消費者、陸地物流運輸業、貨物代理等，其成員包括港埠、海關等管理機關，以及航商、船舶、船東、貨主與運輸業者等。海事生態系統多以港口為樞紐，究其因不僅港口被視為國際經貿往來之重要門戶，也扮演帶動國內經濟發展以及驅動海運生態系統運作之角色。因數位科技之發展，航港領域以往的傳統人工作業方式，其結構與運作方式正醞釀著變化。只有透過運用更多的科技創新才能實現對提高效率，安全性和環境保護的要求。例如大數據分析、自動化運輸作業、機器人與人工智慧等技術，將改變生態系統中各組成環節之商業模式、運輸與運營規劃。

三、我國海事生態系統樣態

前節已透過蒐集國際上海事生態系統發展相關案例與相關文獻去釐清海事生態系統之定義。由於欲探討數位科技之發展對於整個海事生態系統及其服務供應鏈之影響與未來趨勢，必須先找到當前海事生態系統之全貌，因此本節將透過我國官方統計資料，包括主計總處之行業及職業判定歸類參考表，彙整我國當前海事領域相關行職業別，以歸納出海事生態系統之樣態與組成，另結合產業關聯表與金資流數據，運用網絡理論與 R 軟體建立網絡模型，分析相關行業間之關聯，並繪製出視覺化海事產業生態系統之網絡關係圖。

3.1 我國海事相關行業

聯合國為使各種生產活動有一致性的分類標準，俾利相關統計資料之蒐集與分析，於 1948 年訂定「國際行業標準分類」(International Standard Industrial Classification of All Economic Activities, ISIC)，將各種經濟活動做有系統的分類，各國多陸續參照訂定。我國亦於 56 年依據 ISIC (1958 年版)，並參酌國情及主要國家行業標準分類，公布試行我國之行業標準分類。行政院主計總處發布之行業標準分類(第 10 次修訂版)[8]主要係供統計分類之用，除使國內各機關發布之行業別統計能在一致之比較基礎下相互連結應用外，並利於國際間統計資料之比較分析。

從行業標準分類中來看，海事相關行業較為分散，大致上多集中在「H 運輸及倉儲業」，其中包含「50 水上運輸業」、「52 運輸輔助業」及「53 倉儲業」等業別。而其餘造船及相關設施製造業則歸類於「C 製造業」，工程服務及相關技術顧問業別以及相關公協與同業公會等工商業團體則歸類於「M 專業、科學及技術服務業」及「S 其他服務業」。

另透過主計總處 108 年 12 月發布之產業關聯表-部門分類表[9]進一步與行業標準分類表比對勾稽，海事行業相關部門亦以「水上運輸」、「運輸輔助」與「倉儲」部門為主，各部門底下有各自展開的子部門及其主要商

品與服務(如表 3.1-1)。

表 3.1-1 我國海事相關部門與行業表

部門編號	部門名稱	各部門主要商品及服務	各部門生產活動之說明	行業編號
124	**水上運輸**		以水上運輸工具從事旅客或貨物運輸服務之營業活動	
12410	國際水上貨運	國輪進出口貨運、國輪外國間貨運、外籍貨輪分公司業務	國際間海洋貨物之運輸活動	5010
12420	國內水上貨運	國內各種水上貨運	本國沿海、島嶼間、內河及湖泊等貨物之運輸活動	5010 5020
12430	水上客運	國內各種水上客運、國輪國際間客運、外籍客輪分公司業務	本國沿海、島嶼間、內河及湖泊等客運以及國際間海洋客運之活動	5010 5020
12610	**運輸輔助**		從事報關、運輸承攬、運輸輔助等有關運輸服務之營業活動	
12610	報關	報關服務	從事報關服務之營業活動	5210
12620	船務代理	船務代理、代辦商港手續、代辦航政手續、代辦船舶檢修手續等	從事船務代理之營業活動	5220
12630	貨運承攬	貨運承攬	從事貨運承攬服務之營業活動	5231~ 5233
12650	陸運輔助	陸上道路、橋樑、隧道等之管理及汽車拖吊服務、高速公路電子收費服務	從事陸運輔助業務之活動	5249
12660	水運輔助	港務管理(裝卸、海關押費、浮筒租用、引水、驗疫、船抄、帶纜解纜)、海難救助	水上運輸輔助業務(漁船作業運輸除外)	5251 5259
12690	其他運輸輔助	貨物運輸打包服務、貨櫃集散站經營、與運輸有關之貨物檢驗、代計噸位等公證服務	從事 12610～12670 部門以外其他運輸服務之營業活動	5290
127	**倉儲**		從事租賃倉儲設備及冷凍冷藏倉儲之營業活動	
12710	普通倉儲	倉庫、堆棧經營	從事租賃倉庫、堆棧之營業活動	5301
12720	冷凍冷藏倉儲	冷凍冷藏倉庫經營	從事租賃冷凍冷藏倉庫之營業活動	5302

資料來源：主計總處[8]

3.2 我國海事生態系統樣態

數位化的發展是跨及各行業的，尤其在新興公司間交易關係與價值網絡中最容易觀察到這種成長趨勢。許多公司的策略決定者逐漸採用了參考自然界更為通用的術語-「生態系統」。今天生態系統一詞已成為全球性的共通語言與共識，而導入生態統戰略概念的公司，則在營運管理與價值網絡中開闢了一條新路，除了使其他競爭者所採用的業務模型看起來相對過時，也為自己創造了成功的戰略，逐漸改變了公司營運、合作與發展的多樣性，強化自身連結於新興生態系統中所發揮的相互作用。本節主要探討芬蘭經濟研究所(Elinkeinoelämän tutkimuslaitos Etla)[10]發展智慧電網產業生態系統之案例，了解其內涵與模型建構過程，並參考其研究方法，嘗試透過主計總處所公布之產業關聯表數據，進一步建立我國海事生態系統之

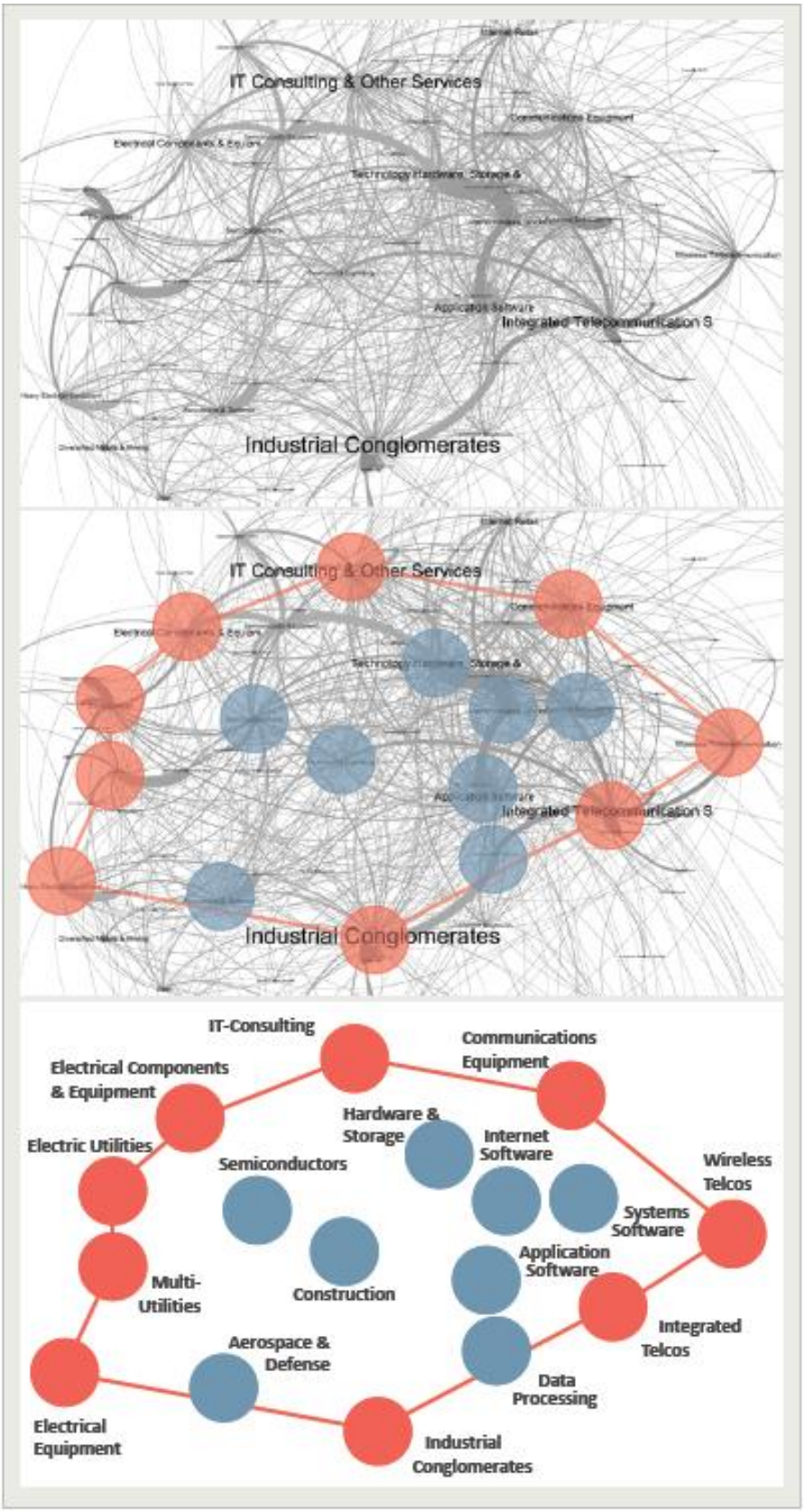
網絡關係模型，並描繪生態系統關聯圖，以歸納釐清當前海事生態系統之樣態，做為後續各節結合相關案例探討未來科技導入生態系統前後之差距與衝擊之基礎。

(一)芬蘭智慧電網產業生態系統

芬蘭在能源領域的發展案例來說，芬蘭在推動傳統產業與公司轉型過程中也等同為自身開闢了新徑，使其他同業競爭者的業務模型顯得老舊過時，並為自己創造了成功的秘訣，這些公司逐漸改變了行為者的多樣性及其在新興生態系統中的相互作用。芬蘭在發展新興綠能產業上，是相當積極且具有成效的國家，並於 2010 年於首都赫爾辛基規劃了一個大規模，以社區為基礎的智慧電網專案。產業結構呈現的是公司之間財務和交易互動之連結與網絡，包括供應商與客戶、合資企業、聯盟和研發合作的關係。因此，2013 年芬蘭政府推動潔淨科技產業推動計畫，該項計畫之目標為建立一套綠色能源產業的價值捕獲模式，以及投資可行性分析模型，並提供大型機構投資者或政府相關經濟單位參採。

由於在當今的全球化經濟中，價值鏈通常係跨業且相互連接，以形成跨領域與行業之價值鏈網絡，從學術結合實務的角度來看，這些關係網絡即為生態系統。因此，若想找到生態系統存在的證據，就需要依靠相關的資料與數據，進一步揭示與呈現網絡中各行業之間的交易與財務網絡關係。芬蘭智慧電網產業計畫透過彭博供應鏈資料庫進行產業資料蒐集與彙整，將數據資料視覺化，並運用網絡理論繪製出產業生態系統圖，如圖 3.2-1 所示。

由圖知，部分做為催化劑之輔助或合作行業似與電信相關行業的聯繫更緊密，而不是能源公用事業或組件製造商。究其因乃是互聯網時代催化了電信提供商與軟體開發商以及數據分析服務的融合，以創建仍在迅速發展的互聯網生態系統。這些相對緊密的聯繫將使電信提供商處於更有利的位置，以在智慧電網領域中進行價值捕獲，而這些產業也已形成了生態系統結構的重要組成元素。



資料來源：Elinkeinoelämän tutkimuslaitos (Etla)

圖 3.2-1 芬蘭智慧電網產業生態系統網絡關係圖

(二)網絡分析法

網絡分析法源自於網絡理論，其意涵主要係透過設定之相關變數與對應之節點，來呈現離散分析標的間的對稱或非對稱關係。其主要功能是將重要因素放在參與者之間的關係上，而不是將參與者視為孤立的實體。在許多領域中，已廣被學者用來處理各種參與者之間複雜性相互關係。而網絡分析法也可進一步透過敘事網絡分析、連結分析、社會網絡分析等分析法，進一步於學科領域與實務界使用[11]，因此網絡分析成為數據與人文科學的核心工具。

其應用領域包括社會網絡、人脈網絡、社群網絡、顧客偏好與市場行銷，醫療解析病因與行為等。本研究亦參考芬蘭智慧電網之案例，透過官方資料與數據，嘗試釐清我國當前海事生態系統所涵蓋之產業，並透過網絡地圖之描繪，以視覺化呈現海事集群間的相互關聯程度。

R 語言具有自由、免費、開放原始碼的特性，是一種非常適合資料分析的統計軟體工具，各界也廣泛使用於數學應用、資訊工程、生物統計與醫學統計等相關研究。本研究使用 R 語言，針對官方公布之金流數據資料。建立網絡關聯模型，以觀察我國當前海事生態系統之組成與樣態，並以此做為對照基礎，以利後續比對國外相關數位轉型後之生態系統差異。

(三)我國海事生態系統各產業間之關聯

產業關聯表係將國民經濟活動的主體，按其所從事之活動性質或功能，加以分類成許多具有相同經濟特性的經濟主體或經濟活動所組成的「部門」(Sector)。其統計數據可呈現產業結構及產業部門間之相互依存關係，可據以分析整體國民經濟之結構，對於經濟計畫設計、政策效果評估、經濟預測及經濟分析，均極具效用。本研究將參考前節芬蘭智慧電網產業生態系統建構模型釐清關聯之做法，運用我國產業關聯表之數據，做為建立我國海事生態系統關聯網絡模型與分析之投入資料。為完善模型之建構與資料使用之適用性，以下進一步說明

產業關聯表之特性與內涵：

產業關聯表(Input-Output Tables, IOTs)係以矩陣表示各產業間投入與產出的相互依存關係。主要包括各種交易表、投入係數表及關聯程度表。分述如下：

1. 交易表：橫列數值表示各種產品之分配去路，縱行數值表示各部門或最終需要部門對各種產品之需要，為產業關聯統計之基礎帳表，按產品來源不同可區分為整體產品(含國產品及進口品)交易表、國產品交易表及進口品交易表三種，另依計價基礎不同，又可再區分以下二種：

   (1) 購買者價格交易表：以購買者支付價格為計價基礎，該價格包含生產者出廠價格、運費、商業加價(即商業毛利)及加值型營業稅。

   (2) 生產者價格交易表：以生產者之出廠價格為計價基礎，不含國內運費、商業加價及加值型營業稅。

   目前我國整體產品交易表分別按生產者及購買者價格編製，至於國產品及進口品交易表則逕以生產者價格編製。

2. 投入係數表：用以表達交易表中各部門之各項投入值分別除以該部門總產值後之關係，用以測度各產業間之直接關聯效果。

3. 關聯程度表：表示某產業每增（減）一單位，所引起國內各業直接關聯效果再加上各業受感應所產生各次間接關聯效果之總和。

綜合上述，產業關聯表即係表現各產業間投入與產出之實質關係，編製過程首先進行部門分類修訂，主要係配合「行業標準分類(第 10 次修訂)」，及參考經濟部「工業產品分類(第 16 次修訂)」，並依據產值大小變動等原則，調整部門分類。

產業關聯表使用與判讀方法分為供給與需求部分，如圖 3.2-2 所示官方編製手冊範例，圖中供給部門內前五列為中間投入部門，涵蓋農

業產品、工業產品、批發及零售、運輸及倉儲、其他服務等 5 個部門。每一直欄之數字表示該部門之各項投入，例如農業產品之投入合計為 631 單位，亦即其產值為 631 單位。而為生產此等農業產品，需要投入本部門(種籽等)108 單位、工業產品(肥料、農藥、飼料等)186 單位、批發及零售 1 單位、運輸及倉儲 2 單位以及投入其他服務 9 單位(每單位為新台幣十億元)，因此農業產品部門之中間投入合計為 305 單位。以國內生產價值 631 單位扣除中間投入 305 單位，所得餘數 327 單位即為原始投入(附加價值)，其內容包含勞動報酬 154 單位、營業盈餘 172 單位、固定資本消耗 21 單位、生產及進口稅淨額-20 單位(負值意即補貼大於稅負)。

而每一橫列則代表各個產品之分配狀況或供給來源，且每一產品之總需要與總供給應為相等。舉例來說，工業產品分配於中間需要 15,453 單位中，分別由農業產品部門使用 186 單位、工業產品部門 13,040 單位、批發及零售 260 單位、運輸及倉儲 271 單位、其他服務 1,696 單位；分配於最終需要 16,930 單位，分別為民間消費 3,440 單位、政府消費 137 單位、固定資本形成 2,741 單位、存貨變動-3 單位與商品及服務輸出 10,651 單位。

由以上說明知，產業關聯表著重於呈現各產業部門間之交易狀況，這些交易不僅呈現產業關聯統計所扮演的關鍵性角色，也可用以分析各產業部門間之相互依存關係，更能反映全國經濟發展之情形，對於本研究分析生態系統之關聯有極大幫助。

生產需要
多少投入

分配狀況
給誰使用

單位：新台幣十億元

需要部門 / 供給部門	1.農業產品	2.工業產品	3.批發及零售	4.運輸及倉儲	5.其他服務	1-5中間需要	6.民間消費	7.政府消費	8.固定資本形成	9.存貨變動	10.商品及服務輸出	6-10最終需要	1-10總需要＝總供給11-16	11.國內生產總額	12.商品及服務輸入	13.進口稅淨額	14.商業加價	15.國內運費	16.加值型營業稅
1.農業產品	108	316	0	0	74	498	611	0	4	-7	64	672	1 169	631	150	7	359	18	4
2.工業產品	186	13 040	260	271	1 696	15 453	3 440	137	2 741	-3	10 615	16 930	32 384	19 768	8 168	195	3 837	198	218
3.批發及零售	1	34	122	8	51	215	0	0	0	0	13	13	228	4 426	94	0	-4 292	0	0
4.運輸及倉儲	2	84	73	235	75	468	389	12	0	0	406	807	1 276	1 194	287	0	0	-217	11
5.其他服務	9	763	779	178	1 871	3 600	4 642	2 333	1 063	0	709	8 747	12 347	11 263	916	-2	96	1	75
1-5中間投入	305	14 237	1 234	692	3 767	20 235	9 082	2 482	3 808	-10	11 808	27 170	47 405	37 282	9 615	200	0	0	308
6.勞動報酬	154	2 287	1 809	266	4 243	8 759													
7.營業盈餘	172	1 703	1 095	120	2 046	5 136													
8.固定資本消耗	21	1 291	220	110	1 059	2 701													
9.生產及進口稅淨額	20	250	67	7	148	451													
6-9原始投入	327	5 531	3 192	503	7 495	17 047													
1-9投入合計	631	19 768	4 426	1 194	11 263	37 282													

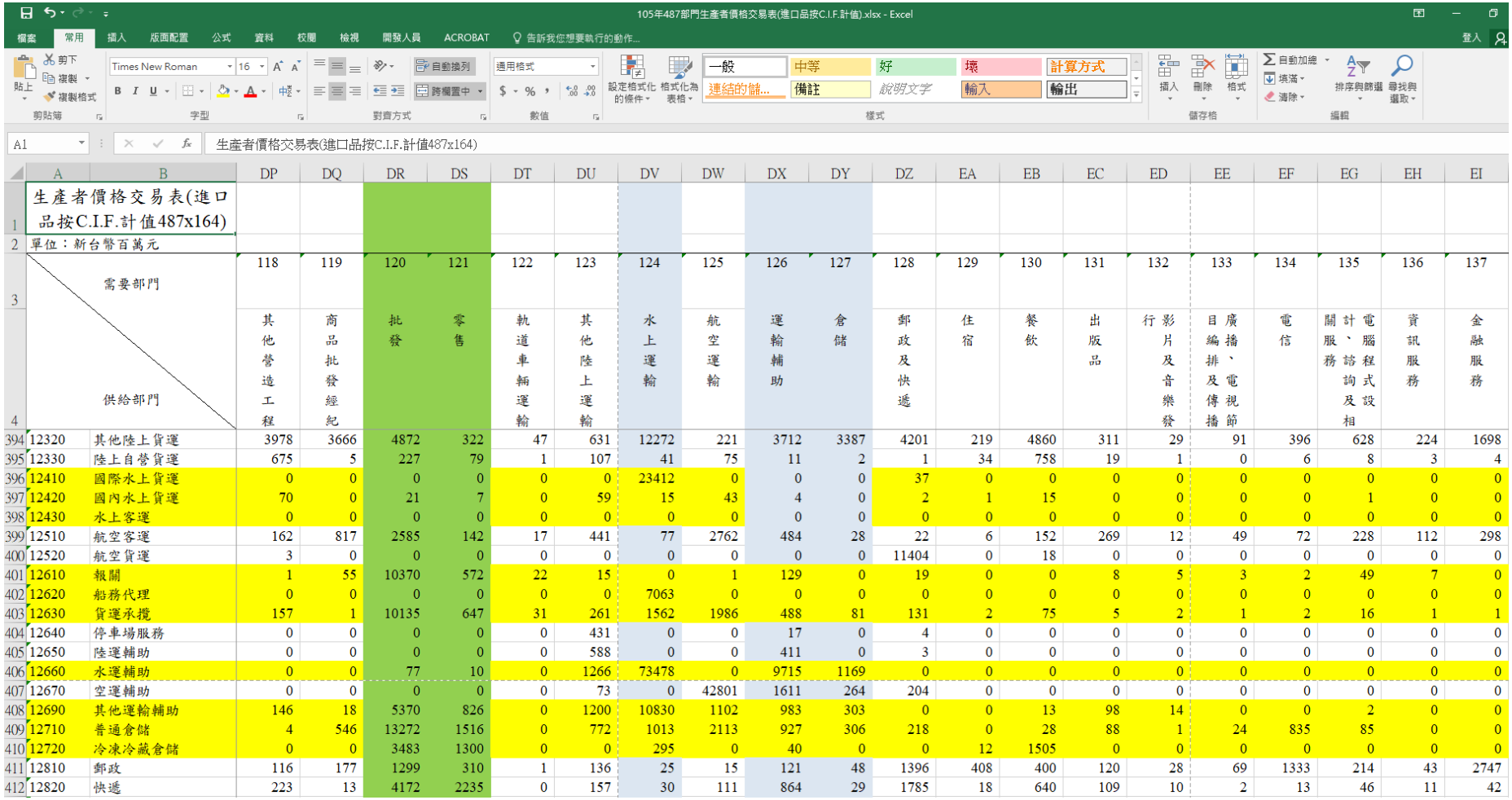
與國民所得統計之關聯性：
1.支出面 GDP＝最終需要(27,170)－商品及服務輸入(9,615)
2.生產面 GDP＝投入合計(37,282)－中間投入(20,235)＋進口稅淨額(200)＋加值型營業稅(308)
3.所得面 GDP＝原始投入(17,047)＋進口稅淨額(200)＋加值型營業稅(308)

資料來源：主計總處

圖 3.2-2　105 年產業關聯表-購買者價格交易表範例

本研究係採用 105 年版產業關聯統計最細之基本分類(487x164 部門別資料)，並以最完整之購買者價格交易表(進口品按 C.I.F 計算)數據做為網絡關聯模型之投入。承 3.1 節，透過部門分類表得知，海事行業相關部門以「水上運輸」、「運輸輔助」與「倉儲」部門為主，各部門底下有各自展開的子部門及其主要商品與服務，就產業關聯統計數據來看，亦確符合前節結論。

本研究所欲探討的是涵蓋整個相關服務供應鏈之生態系統網絡，並初步評估數位科技之發展對整個生態系統所帶來的影響以及所挹注之驅動力。亦即依海事生態系統概念，透過相關金流數據進行佐證分析的結果，其衍生的關聯部門理應涵蓋更多輔助行業，共有：水運輔助、國際水上貨運、普通倉儲、不動產租售服務、船務代理、其他陸上貨運、燃料油、柴油、貨運承攬、汽車維修、運輸工具配送、運輸工具設備租賃、其他運輸輔助與批發等部門與行業，如圖 3.2-3 所示，本節進一步透過關聯網絡分析方法，並以視覺化方式繪圖呈現各部門之關聯，如圖 3.2-4 所示。其中連接線越粗則代表二部門行業之間之金流越高，關聯強度越高。



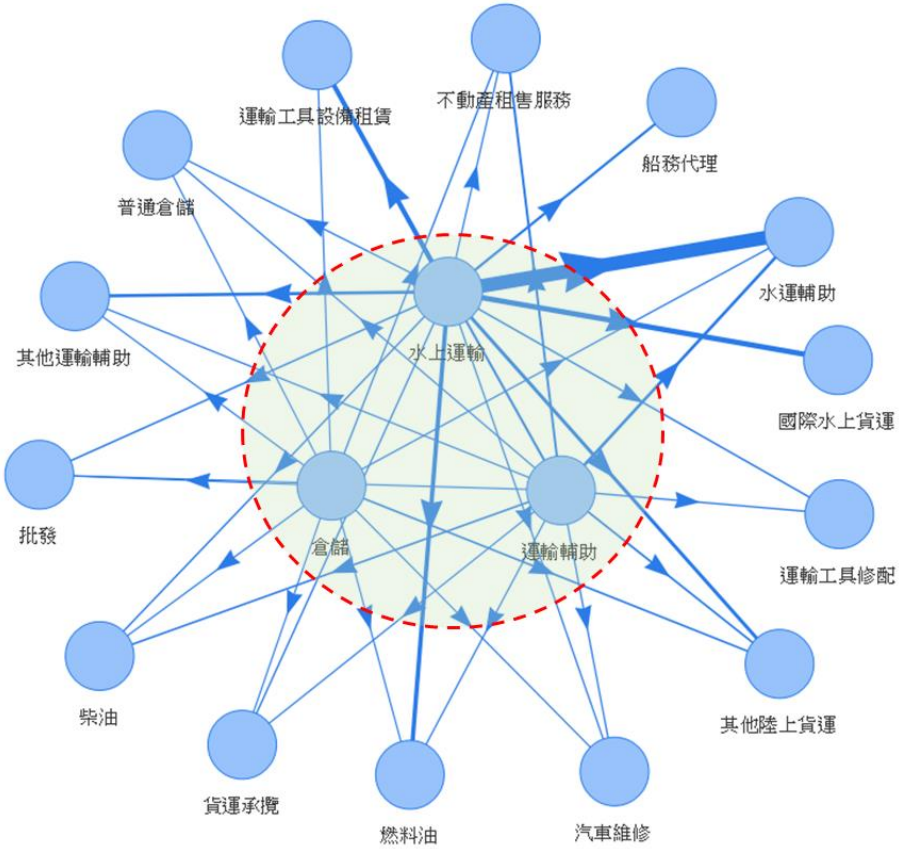
生產者價格交易表(進口品按C.I.F.計值487x164)

單位：新台幣百萬元

		需要部門	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137
		供給部門	其他營造工程	商品批發經紀	批發	零售	軌道車輛運輸	其他陸上運輸	水上運輸	航空運輸	運輸輔助	倉儲	郵政及快遞	住宿	餐飲	出版品	影片及音樂發行	廣播、電視節目編排及傳播	電信	電腦程式設計、諮詢及相關服務	資訊服務	金融服務
394	12320	其他陸上貨運	3978	3666	4872	322	47	631	12272	221	3712	3387	4201	219	4860	311	29	91	396	628	224	1698
395	12330	陸上自營貨運	675	5	227	79	1	107	41	75	11	2	1	34	758	19	1	0	6	8	3	4
396	12410	國際水上貨運	0	0	0	0	0	0	23412	0	0	0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0
397	12420	國內水上貨運	70	0	21	7	0	59	15	43	4	0	2	1	15	0	0	0	0	1	0	0
398	12430	水上客運	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
399	12510	航空客運	162	817	2585	142	17	441	77	2762	484	28	22	6	152	269	12	49	72	228	112	298
400	12520	航空貨運	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11404	0	18	0	0	0	0	0	0	0
401	12610	報關	1	55	10370	572	22	15	0	1	129	0	19	0	0	8	5	3	2	49	7	0
402	12620	船務代理	0	0	0	0	0	0	7063	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
403	12630	貨運承攬	157	1	10135	647	31	261	1562	1986	488	81	131	2	75	5	2	1	2	16	1	1
404	12640	停車場服務	0	0	0	0	0	431	0	0	17	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
405	12650	陸運輔助	0	0	0	0	0	588	0	0	411	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
406	12660	水運輔助	0	0	77	10	0	1266	73478	0	9715	1169	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
407	12670	空運輔助	0	0	0	0	0	73	0	42801	1611	264	204	0	0	0	0	0	0	0	0	0
408	12690	其他運輸輔助	146	18	5370	826	0	1200	10830	1102	983	303	0	0	13	98	14	0	0	2	0	0
409	12710	普通倉儲	4	546	13272	1516	0	772	1013	2113	927	306	218	0	28	88	1	24	835	85	0	0
410	12720	冷凍冷藏倉儲	0	0	3483	1300	0	0	295	0	40	0	0	12	1505	0	0	0	0	0	0	0
411	12810	郵政	116	177	1299	310	1	136	25	15	121	48	1396	408	400	120	28	69	1333	214	43	2747
412	12820	快遞	223	13	4172	2235	0	157	30	111	864	29	1785	18	640	109	10	2	13	46	11	42

資料來源：主計總處[9]

圖 3.2-3 產業關聯表-海事生態系統初步篩選示例

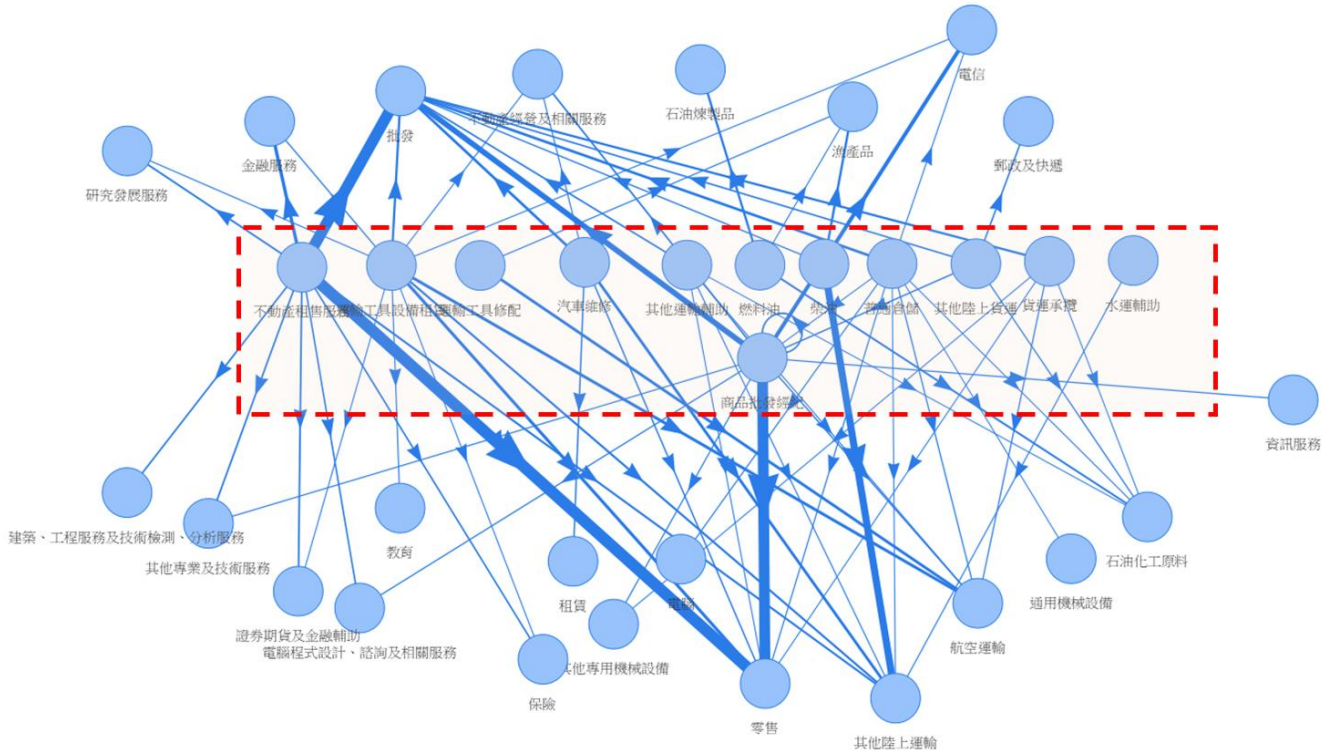


資料來源：本研究繪製

圖 3.2-4 產業關聯表-需求部門之關聯網絡圖

新興產業在部門生態系統各特定「子部門與相關產業」中扮演何種角色與定位亦是重要關鍵，其系統結構亦具有高度的向外關聯性，例如這些部門跨及金融服務、電信、保險、油料、資訊服務與教育等行業，涵蓋整體海事產業運輸從規劃到運輸載具等基礎設施行業，以及提供運輸服務及其相關資訊等周邊產業群聚。

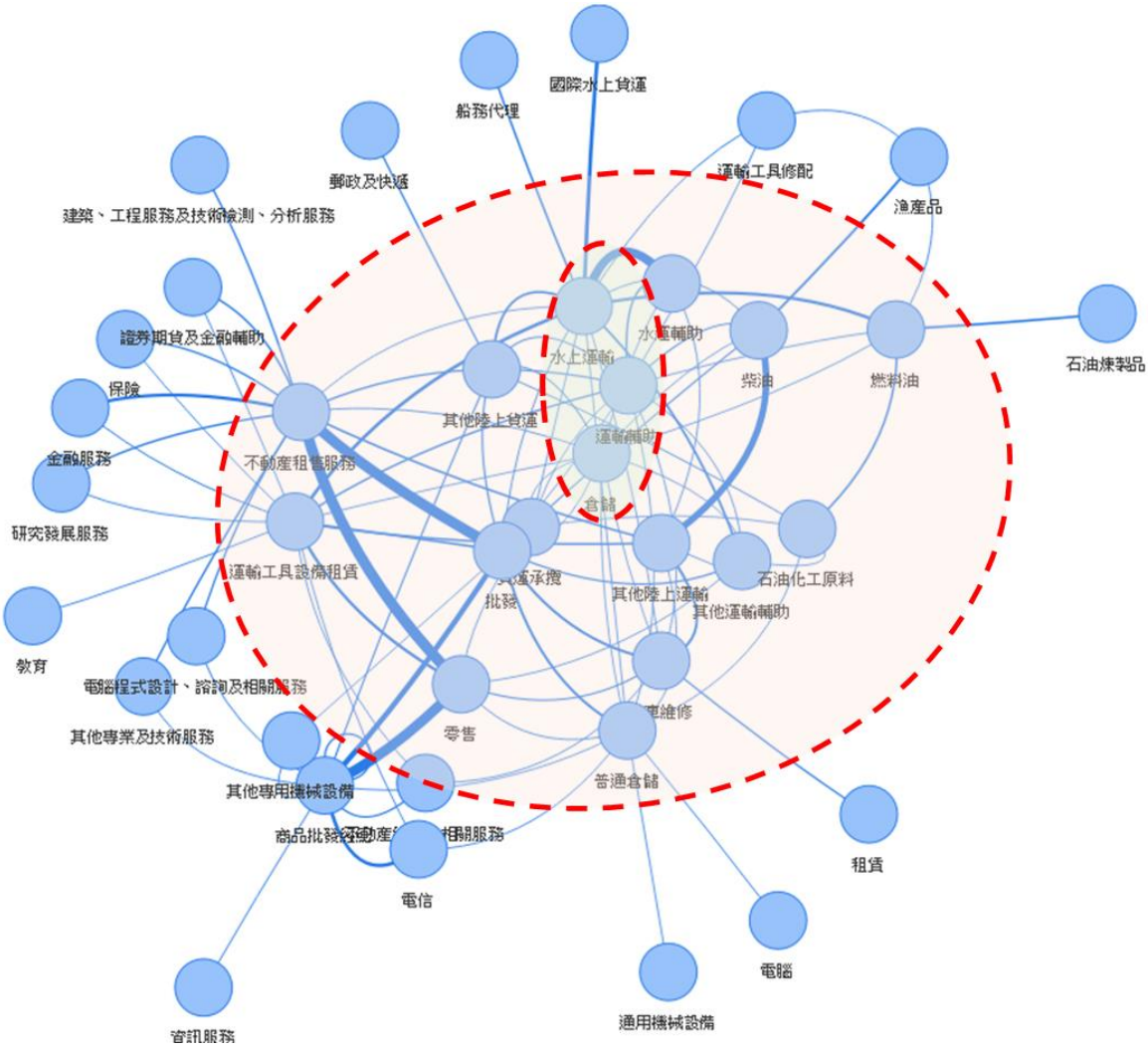
產業關聯表可同時呈現產業投入與產出的資訊，表示部門之各項投入，以及各個產品之分配狀況或供給來源。因此透過圖 3.2-4 所得之關聯供給部門，可進一步分析這些行業在市場上牽涉哪些衍生部門，如圖 3.2-5 所示，由圖知其涉及之產業涵蓋金融服務、保險、研究發展、工程服務及技術檢測、資訊服務等。



資料來源：本研究繪製

圖 3.2-5 產業關聯表-供給部門之關聯網絡圖

綜合言，海事群聚依部門與產業屬性可大致區分為海事主要部門產業和觸媒產業。主產業如水上運輸、運輸輔助與倉儲等，另涵括如：船務代理、貨運承攬業等供應鏈上下游關係的部門與產業；而觸媒產業為橫跨在這些主要部門間的關聯部門，亦在海事產業集群中具有彼此互利與輔助發展的網絡位置。結合前述供給面與需求面之資料，則可描繪出涵蓋投入與產出等各層面之我國目前海事生態系統網絡全貌，如圖 3.2-6。



資料來源：本研究繪製

圖 3.2-6 我國當前海事生態系統關聯網絡圖

由圖 3.2-6 知，目前臺灣海事生態系統尚未出現數位化發展以及新興科技相關行業，但國際上許多標竿港口與海運貿易盛行國家，皆雨後春筍般出現結合海事專業與科技應用之產業，以提供涵蓋軟硬體與創新服務之方式，協助相關產業度過轉型變革。這些對於生態系統來說皆扮演舉足輕重之角色，非常適合透過生態系統的概念來完整勾勒出整個海事群聚之全貌。

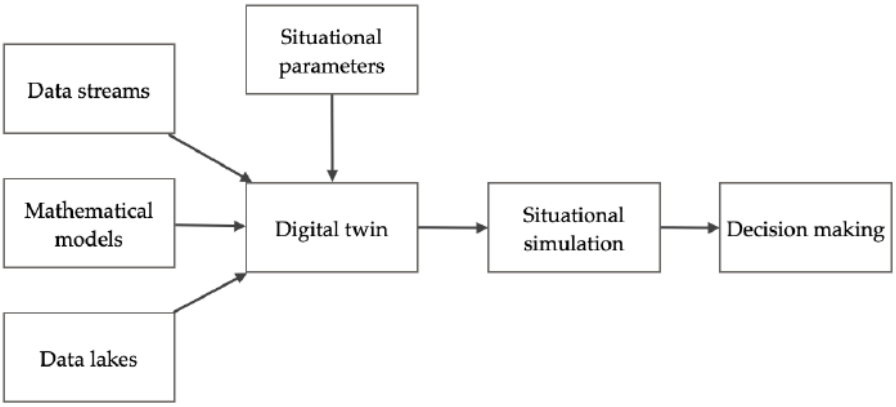
四、海事數位科技之發展案例

海運運輸是全球運送原物料、貨物、燃料、食物與水等商品最重要的方式，因此包括結合陸路運輸方式成為複合運輸等長途聯運供應鏈之基礎設施與其他運輸方式的連通性與需求將會持續成長，並做出相應的調整。海運業持續面臨疫情、貿易壁壘、環保、提升安全與效益等挑戰，但新興科技的發展也帶來許多新的機會。技術可以幫助解決運輸中的各項傳統低效的問題，並提高運營效率，尤其是隨著數位化技術的導入和網絡物理系統的變革技術。因應疫情導致的邊境封閉，各產業創新的速度不減反增，尤其隨工業 4.0 的數位工業技術的出現，許多技術如雲端計算、區塊鏈、物聯網（IoT）搭配感測器、數據蒐集與分析、機器人技術、機器學習與人工智慧等。本章將就目前國際上應用新興科技知項目與趨勢進行探討。

4.1 數位分身(Digital Twin)

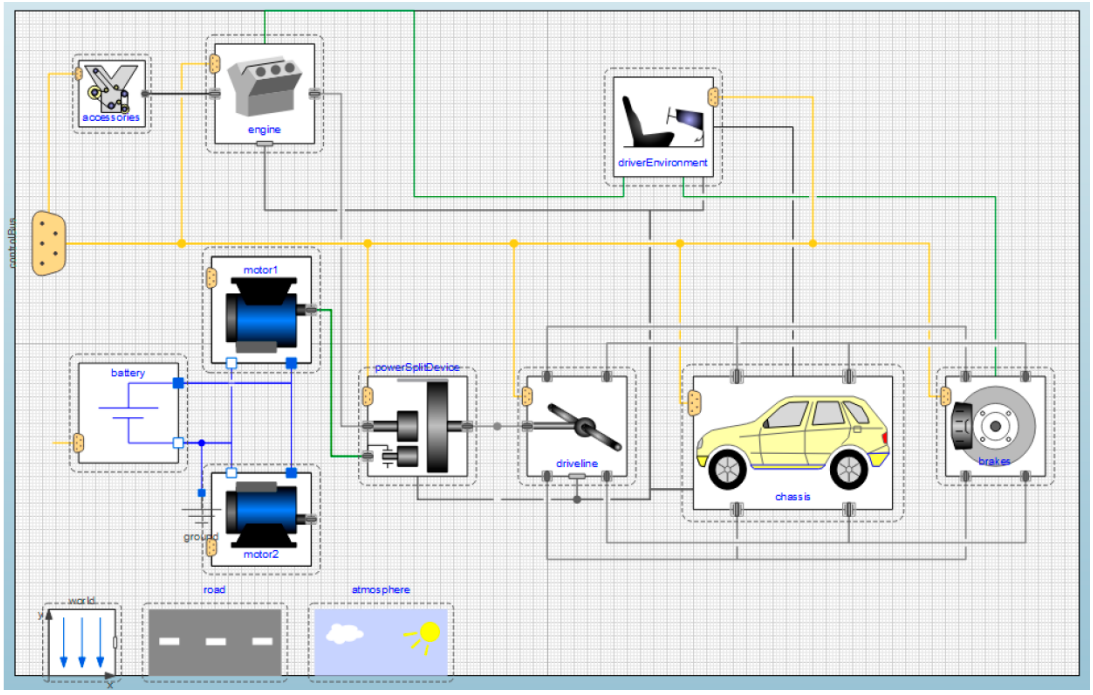
數位分身是指一種利用感測器蒐集數據進而推估瞭解標的或系統的真實處境，也就是重現事件現況，讓管理者精準快速地反應各種變動情況，從而診斷狀態和識別故障跡象，據以改善系統操作或增加其附加價值。其原理主要利用在標的實體物件的感測器(IoT 應用)，進行此物件數位空間的「建模」，進而推估瞭解標的或系統的真實處境，也就是重現與模擬事件現況。而透過數位化的模型，除可用以追溯過去與現在的環境與所發生的事件，還可以進一步模擬不同的情境，以預測未來事件的影響，及方案實施的可行性[12]，如圖 4.1-1。

數位分身這項技術已應用在多個領域。在交通領域中，實作案例亦遍及陸海空域及運具。圖 4.1-2 是一個具驅動混合動力車輛的整合模型[13]，其組成元素涵蓋動力傳動系統、電壓源(電池)、電阻器與組件、駕駛座、引擎等，而外部環境如道路、重力、空氣溫度、風速、氣壓等皆是模型中所感測與分析的要件。



資料來源：The Maritime Executive[12]

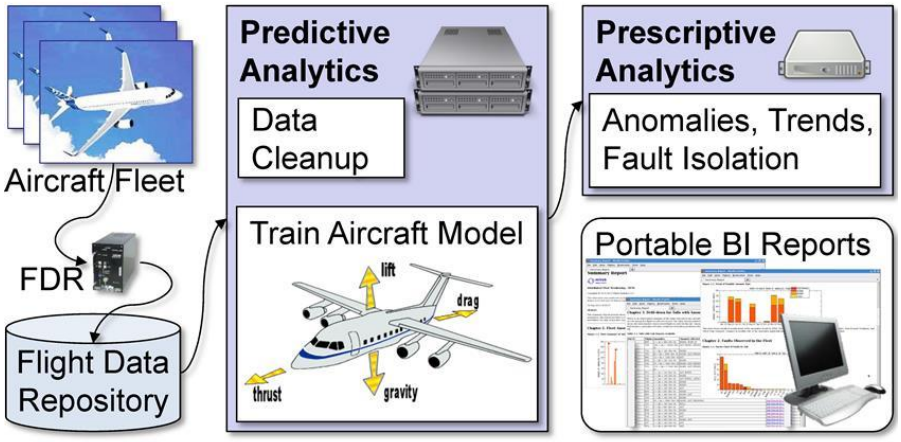
圖 4.1-1 數位分身之組成元素與架構



資料來源：MDPI Journals – Systems[13]

圖 4.1-2 商用車輛之數位分身模型組成

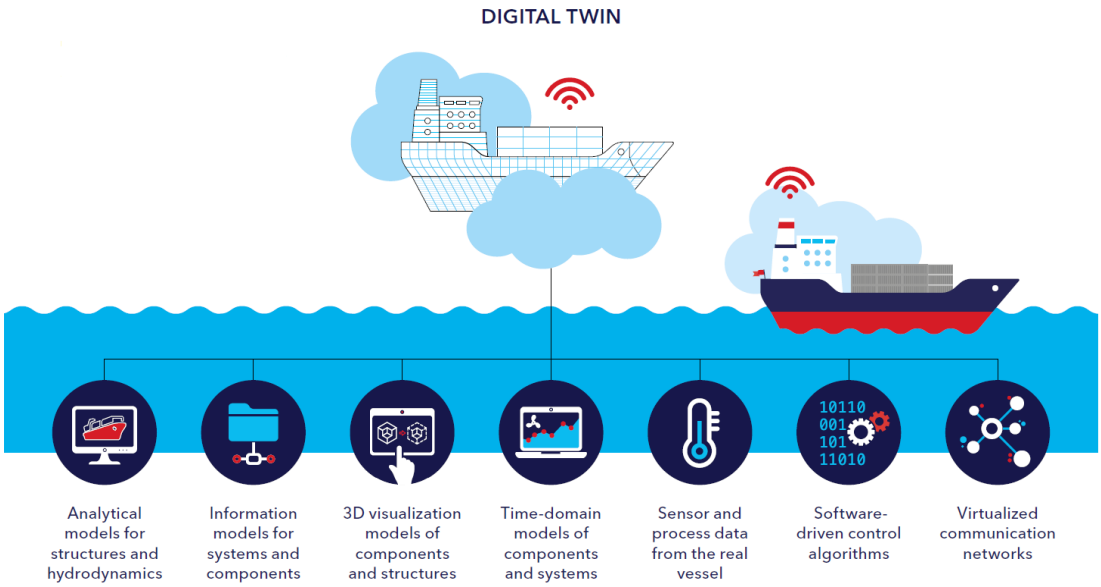
高成本的航空業已導入使用機器學習技術[14]，並且將機隊中的每項實質資產設備都做為投入分析的元素，並透過這些數據與性能表現來訓練模型，如圖 4.1-3 所示。透過高性能數位分身可從已部署機隊中蒐集實際營運之數據，從而為所有機隊進行建立模型，而這些數據、相關分析與進一步模擬之結果可提供操作上、安全性上以及效能上的調整，並進行實質且必要之維護管理。



資料來源：MDPI Journals – Systems[14]

圖 4.1-3 數位分身技術於飛航機隊之應用

目前在海事領域方面應用案例包括港口偵測以及數位船的應用，透過組成元素(如：起重機、貨櫃、船舶設備、繫纜樁、泊船訊息等)，根據實際起重機的位置確定起重機的卸載速度，預測船舶泊位占有率，如圖 4.1-4 所示。而數位船的部分目前已可做到檢診引擎狀態與故障標誌診斷[15]，並將船體之各項數據和影像畫面傳輸到岸上的控制中心，通過應用人工智慧與數位分身等技術應用，強化船舶管理、海上遠端監控與狀態可視化。



資料來源：Altoros[15]

圖 4.1-4 數位分身技術於飛航機隊之應用

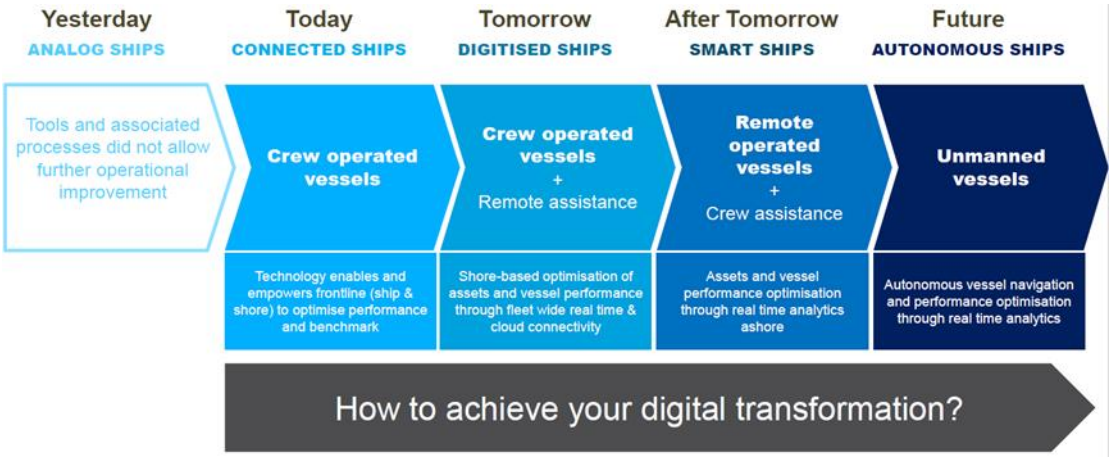
4.2 智慧船舶與衛星通訊

智慧船之發展與數據之蒐集、處理、傳輸及運用有相當大之關係。目前的技術已進展至可以利用不同的數據源，包括船上感測器、船舶航行數據記錄器（VDR）及自動化整合系統，透過衛星將在海上及船上所蒐集之數據，進行預處理並傳輸到岸上的控制中心進行創造價值之運用。由此知現階段而言，智慧船舶與數位船輔助系統之發展，實與衛星通訊有密不可分之關係。

(一)智慧船舶

由於感測器搭配通訊之技術進展，以及基於雲計算為基礎而衍生的演算法，在人工智慧技術問世後，大量無人駕駛的構想因應而生，包括無人機、無人車、無人巡航飛機以及無人船，而無人駕駛船可說是在海運行業中應用 ICT 與人工智慧最為前瞻之例子。國際上也有許多企業跟進研發自主航行船舶及無人船，運用人工智慧與物聯網技術等導入智慧航行與導航之研究。圖 4.2-1 為船舶數位化之歷程，由圖知，過去侷限於技術與繁瑣的流程難以簡化，對於無人船的部分僅能停留在模擬的階段；之後則是透過感測器與監控系統，搭配電子及通訊設備，讓岸上與船員合作發揮更佳的決策；現在發展數位船舶的趨勢，則是更進一步透過即時數據與雲端連接，搭配資料庫與管理系統，完成遠端協助操作，其更高程度自動化的操作將有助於減少人為錯誤，而遠程操作則可以減少海上服務人員的數量[6]。未來還能更進一步遠端遙控船舶，分析並優化船舶的效能，這一切都是為了達到真正的智慧船的願景，也就是無人船舶/自駕船。

對於海上航行而言，遠程操作將需要設備與系統的自動化，以及先進的導航系統與控制軟體，才能在不斷變化天候及海流下維持船舶航向、避免碰撞並在指定的安全航道內行進。而透過衛星系統提供的穩定而安全的通訊，就可以針對海上的船舶控制與岸上的決策管理系統進行細部調整。



資料來源：Marlink Japan[6]

圖 4.2-1 船舶數位化之歷程

可進行數位化的部分幾乎無所不在，以船體來說，包括貨櫃監控、商業通訊、航行資訊(如船舶操作電子海圖顯示與資訊系統)、機組溝通與遠程醫療，以及含括動力、操縱、裝卸與安全等設備之船體監控等，都是可以進行數位化改造的部分，也是目前船舶數位化管理所發展的方向。

智慧船舶的研發仍處萌芽期，目前多著重於「安全」與「環保」及其所帶來的效益，而未來勢必將對國際商港港埠作業產生衝擊，並徹底結構性改變目前船、港口、人員以及貨物之互動。我國應持續保持關注自駕船發展趨勢，預先因應規劃涉及船舶進出港與港埠作業之管理與獎罰規範。

(二)衛星通訊

早期電子通訊設備尚未發達前，船靠港時或船舶間之溝通方式，都是透過信號旗作傳遞信號，直到 1895 年無線電報發明後，靠著摩斯信號碼的傳送，才延長了船與船、船與岸上的通訊距離。1906 年 Stone Radio＆Telegraph Company 安裝了第一台收音機，1990 年代則是透過全球海上遇險及安全系統(Global Maritime Distress Safety System, GMDSS)的 HF、MF 和 VHF 來通訊，直到現在，衛星通訊/海上通訊才

藉由進行重大之改革。1960 年發射的 Echo 1 是世界上第一顆衛星，雖然年代久遠，但卻是當前海事衛星通訊之初始驅動力。

2016 年時已有大量衛星產業投入營運，提供海上運輸必要的通信基礎，如通訊、安全、天候以及位置等資訊以提高航行效率，對於海上運輸發展極為重要。小型衛星地面站(Very Small Aperture Terminal, VSAT)主要係利用 Ku 與 Ka 波段，多用於區域性服務或小覆蓋範圍的服務，通常對天候較為敏感(易受雨水侵蝕)，也需要較大的場站。而 L-band 由於設備更小，其不畏天候因素使可靠度相對而言較高，適合需要天候及位置之海事服務，因此船隊的運行包括 GMDSS、VMS、AIS 以及未來數位船舶的發展，多改採 L-BAND 的衛星通訊。

現在船上有許多設備都與岸上的控制中心相互連接，包括通訊設備、導航設備、機房引擎以及貨櫃監控系統等，而這些數據背後都有數台電腦與伺服器持續進行監控、分析與船舶智慧管理等工作，透過預先檢測故障、預防保養和維修，在安全的前提下穩定的運作，並且可累積經驗，期望在未來能發揮更多創新海事科技的效益。

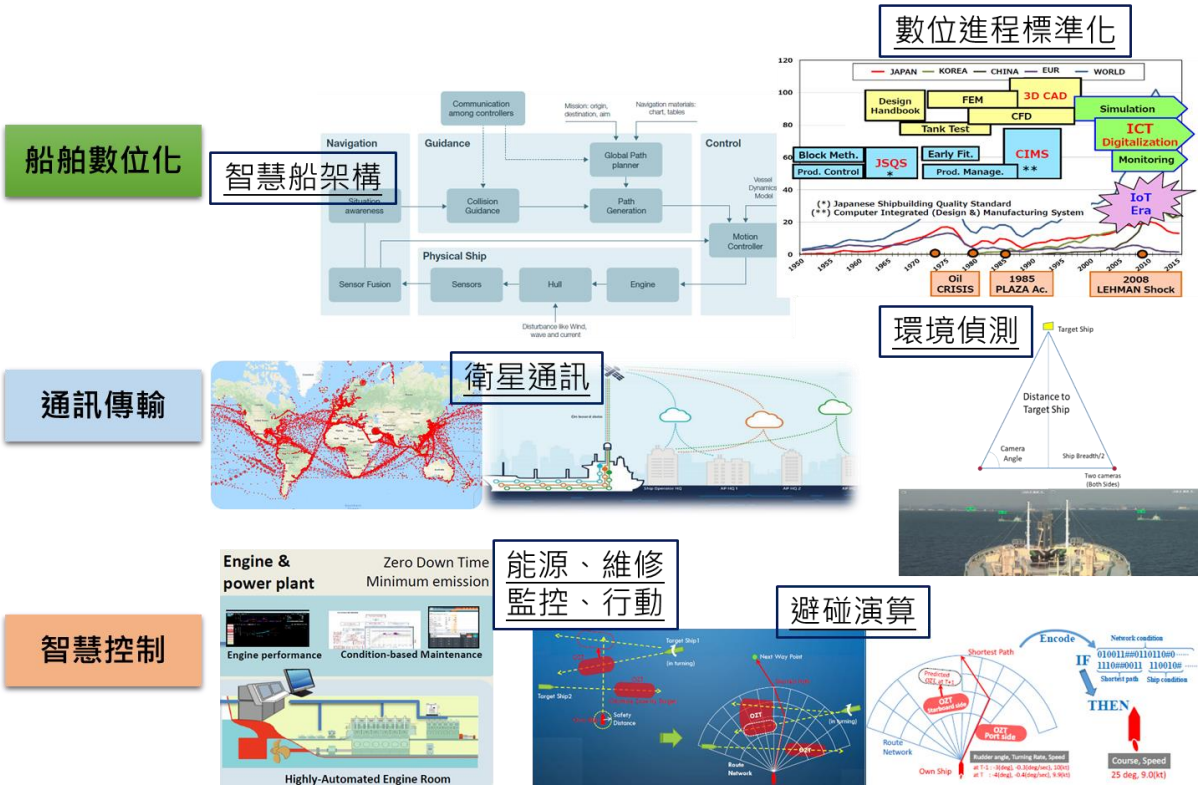
(三)智慧船舶與衛星通訊之結合與前景

由於自駕船舶之發展趨勢，目前有越來越多的航商投入建造數位船舶，每艘船舶傳輸的資訊也大量之成長，根據調查，在 2018 年每艘數位船舶每年所下載之數據約為 176 GB，至 2019 年已成長至每年平均 270GB。而數位船之船體上安裝許多感測器以蒐集大量數據，皆是做為提供數位船舶創新服務之基礎。而數據在海上之傳送，則是藉由衛星通訊，甚至可將數據先進行預處理後再傳輸到岸上使用。海事專用之衛星連網方式，係透過物聯網平台去進行整合，不僅具經濟規模、成本效益之外，也提供了船對岸在數據連接的自動化模式。這類數位化與自動化技術的應用，大幅減少了人工作業，以及繁瑣且冗雜的工作量。除此之外，船體上接收來自周遭環境的數據與影響，甚至可結合數位分身或情境模擬等技術，進行船舶之智慧控制，如船舶的能源

使用最佳化、船體維修之預警、監控周遭海上環境，以及自駕船舶之避碰演算法等。

各系統的建立雖為其各自帶來了優勢，但談論到前節述及未來將著重於整合與合作之策略時，相互可以溝通的共同基礎與交換規格標準才是最重要的一環。基於此，要深入探討數位化時，標準化絕對是不可或缺的關鍵。日本的造船業也引進了相同的概念，希望其打造出來的數位船舶，包含其中的電子儀器、設備及感測器等，都能夠完成便利與一致性的資料交換與傳輸模式。如「日本鋼船工作法精度標準(JSQS)」制訂了造船的標準與規範、造船電腦整合製造系統（Computer Integrated Manufacturing Systems，CIMS），來實現數位化造船。

簡言之，智慧船舶之發展與衛星通訊技術緊密相關，並且涉及到船舶數位化、數據之通訊傳輸，以及後端應用之船舶智慧控制系統。架構圖整理如圖 4.2-2。



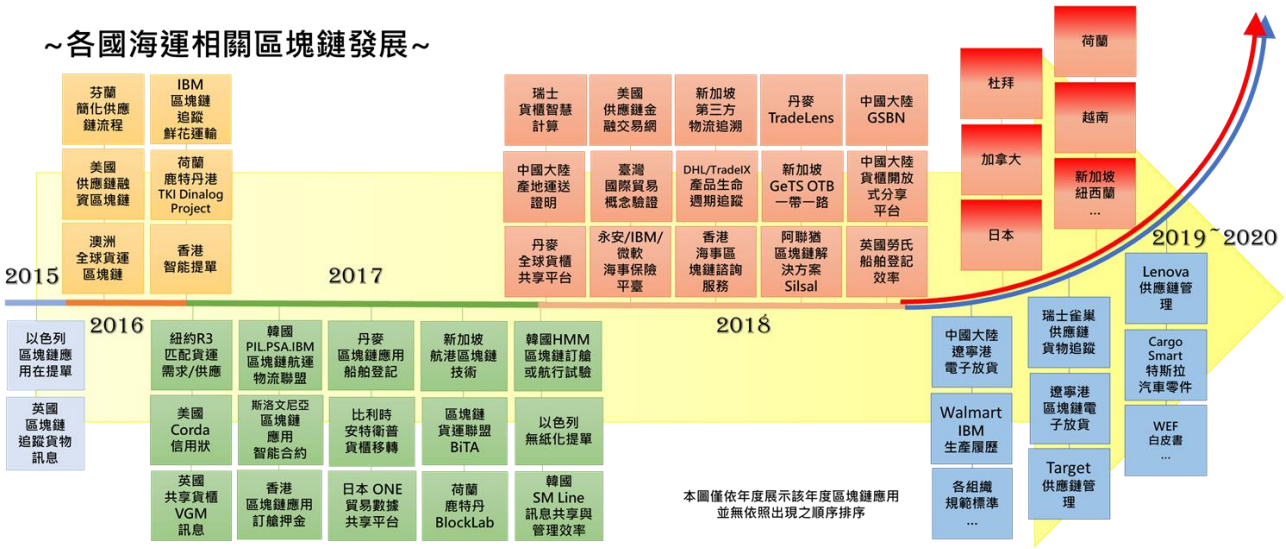
資料來源：本研究彙整繪製

圖 4.2-2 智慧船舶與衛星通訊之關係

4.3 區塊鏈發展與應用

區塊鏈之概念最早係源於 2008 年由中本聰（Satoshi Nakamoto）所提出，並透過該項技術創造了比特幣（BTC）及其協議與軟體。其核心概念係一種分散式帳簿，透過共享帳本、加密技術、共識演算法以及智能合約等關鍵技術，達成資料去中心化管理、無法竄改、透明稽核、快速交易與即時追蹤交易流程等優點。

世界經濟論壇 (World Economic Forum, WEF)指出，數位化之區塊鏈是一種顛覆性的科技，如同過往在工業革命蒸汽機、電力與網際網路相同，將會影響社會經濟結構的變化，其中更涉及社會秩序與法規監管的制定。隨著數位化與區塊鏈技術的快速進步以及日漸普及，各國政府對數位化與區塊鏈的商業應用價值更為重視，積極地制定與強化法規來監管，並推動創新科技發展與監管雙向的互動。下圖 4.3-1 為各國發展海事區塊鏈之沿革，由圖可以看出近年來各國推動區塊鏈技術應用於海運相關領域的發展光譜與趨勢。這些案例多已應用於港口、海關等管理作業，以及海運貨櫃運輸及相關物流作業等，如：提單簽收發、智慧提單、貨物追蹤、VGM 訊息、產地運送證明、海事保險平台、貨櫃智慧計費等。



資料來源：本研究繪製

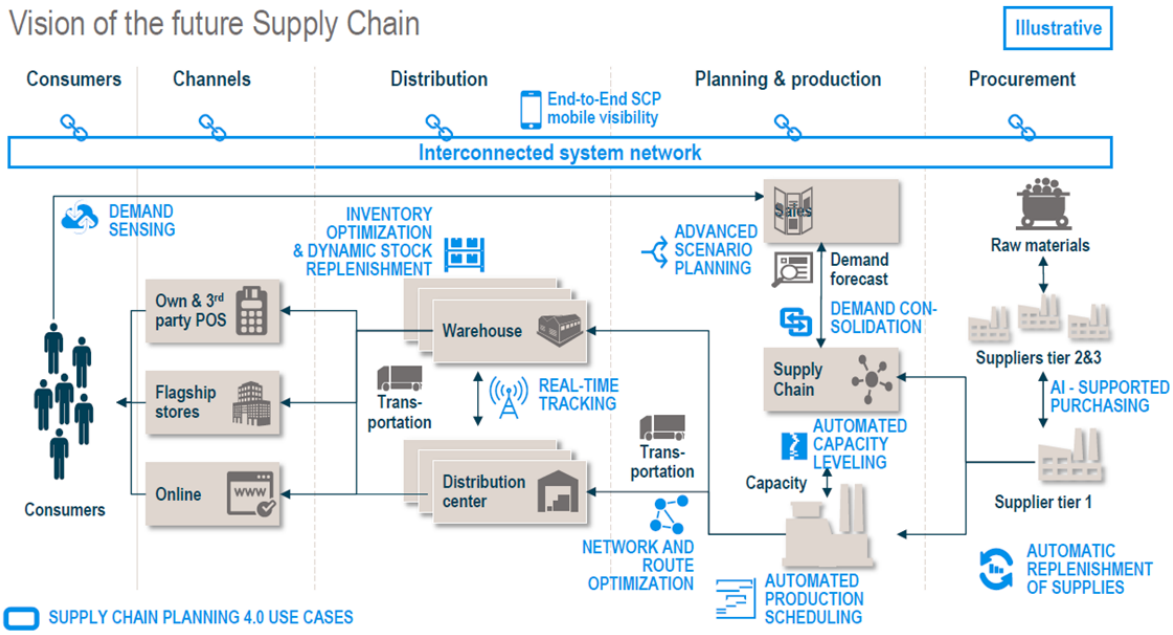
圖 4.3-1 各國發展海事區塊鏈之沿革

4.4 供應鏈數位化

(一)供應鏈轉型之整體前景

多數產業隨著工業 4.0 的快速發展，都正在經歷或目睹著龐大數位轉型之浪潮。許多公司正在評估這些創新技術所提供的效益，並且思考重新設計供應鏈的運作方式與結構。

數位化可將訊息與產品(例如照片和記錄)轉換為數據，再利用這些資源進行流程或系統之升級，並且大幅簡化作業流程，不再像以往需要紙本與實體面對面的操作方式，尤其在 COVID-19 影響的這段期間內，更有大量產業正思考將業務工作進行一定程度的數位化。



資料來源：Market experts, Roland Berger[16]

圖 4.4-1 供應鏈之未來前景

目前已出現幾種技術已成熟到可以落地應用於市場中，這些技術正在改變傳統的工作方式，並從根本上轉變為數位化之供應鏈業務模型。為順應這些趨勢並應對不斷變化的需求，供應鏈需要變得更快、更細緻與更精確[16]。同時，客戶的期望也在成長，同時訂單的規格細緻程度也大大提高，包括進一步個人化與客製化的趨勢非常明確。而

買賣雙方供應鏈流程的數位化、運送最佳化和相互連結的概念，都將是推動供應鏈數位轉型的未來發展趨勢，如圖 4.4-1 所示。

(二)供應鏈各產業之發展趨勢

COVID-19 迫使國際託運人去估算逐漸增加線上購買的商品數量(包括 B2B，B2C)，並重塑第三方物流提供商（3PL）為客戶提供服務的方式。貨運代理為了維持供應鏈上之競爭力，唯一的出路就是「必須提供優質之整合性物流服務，以協助託運人將銷售交易遷移到線上」。這為第三方物流(3PL)附加了庫存管理、可見性和實現解決方案的責任，特別是對於那些想要建立內部管理的線上銷售管道來代替使用如亞馬遜或阿里巴巴等線上綜合銷售市場(或聚合商)的託運人。

電子商務之快速發展無疑為物流供應商在整個供應鏈環境中提供一個更加廣泛且全新的機會，但這也代表這些供應商必須採用新技術，方能使他們的客戶能夠應對線上商品銷售不斷成長的挑戰，並同時保持既有競爭力。這導致介於 BCO 間之中介商遲早必須有所選擇：使用第三方技術或開發內部平台。選擇前者的人會有更多選擇管道，譬如將現金投資於解決方案提供商，或者使用多個軟體供應商的混合夥伴關係；而後者需面對研究資源的大量投入以及開發過程中實務面運作上的過渡期，但優點則是能獲得屬於自己的技術，使提出的解決方案不受競爭對手掌控。

由於第三方物流（3PL）和貨運代理在全球貨物運輸上扮演著重要的及戶服務關鍵，透過利用全球標準和精細的數據來改善與客戶間的溝通合作，將供應鏈管理中重要的商業訊息、文件和營運管理等要素整合在一起，這對供應鏈上所有參與者產生非常大的幫助。負責處理客戶貨物的聯運經營者也能在供應鏈的上下方向獲得更多的知名度，以便他們能夠迅速採取行動並降低每次運輸的成本。2020 年電子商務銷售額的增長加速了這一趨勢[17]，但早在疫情爆發前，貨運代理和 3PL 就已經為這個趨勢做轉型之準備，並且幫助依些品牌/託運人透過自己

的網站銷售產品。一家全球性提供電子銷售管道與解決方案之公司-3PL Geodis 表示：「無論行業或品牌都必須在線上銷售，而不是通過市場和聚合商(Aggregator)來銷售。市場的確可以為消費者創造良好的購買體驗，但是線上之網路消費購物者歸市場所有，品牌無法對最終消費者沒有可見性，亦無法對消費者創造品牌概念或忠誠度」。

但這樣直接或間接擁有供應鏈上其他節點能力之想法已逐漸擴散，尤其在電子商務崛起後，這些產業也將面臨前述來自電子商務公司的直接競爭。除了前述貨運代理逐漸著手擁有自行運送的運力外，例如專注於跨境電子商務貿易 SEKO，與電子商務技術提供商 EasyShip 和 ShipStation 建立了合作夥伴關係，以實現國際貨物運輸的訂價和管理之服務。又如亞致力物流 (Agility)在 2019 年收購了西班牙的數位貨運代理 iContainers、海運區塊鏈平台 Tradelens 將貨運承攬定義為 3PL 等[1]。

多年來，聯邦快遞已投入飛航機隊營運並運送包裹，在空中巴士交付首架 A380-800 貨機後，聯邦快遞已可為客戶提供更全面服務，對於公司而言，也可以較低的直接營運成本，提供更具優勢的網絡運力。沃爾瑪一向希望能自行控制自家的運輸服務，遂先後與阿里巴巴、馬士基、達飛與 Zim 簽約。亞馬遜進入航運業務，簽署飛機租賃，並開始與 FedEx 和 UPS 競爭。未來的趨勢將是全球託運人自然逐漸開始在國際貿易中租賃自己的資產，也將挑戰傳統的海事商業模式。

透過上述可總結，這些案例無一不明示著在這個貿易市場中不可被忽視的事實－「各產業都想進行橫向或縱向之整合」，更進一步是透過整個垂直整合獲得所有權與控制權，並提供更加多元且客製化之便捷服務。例如航運業的貨櫃與貨物交付領域，已漸漸朝向貨物電子訂

[1] In our example, the ocean carrier adds the freight forwarder to the ocean carrier's consignment with the roles of ORIGIN_3PL and DESTINATION_3PL. This now gives the freight forwarder visibility to the subcontracted (child) consignment CBN3TestCarrier. The consignment will be visible from the main view for the freight forwarder.

艙與數位港口運營方式，而電子商務巨頭也希望擁有船舶，成為港口或港口作業流程中不可或缺的一部分，以控制著完整的物流鏈。數位化技術的演進讓銷售管道以多元化的方式進行，其中多數已漸漸遷移到線上，並且正在重塑第三方物流提供服務的方式。

五、數位科技發展趨勢對海事生態系統之影響

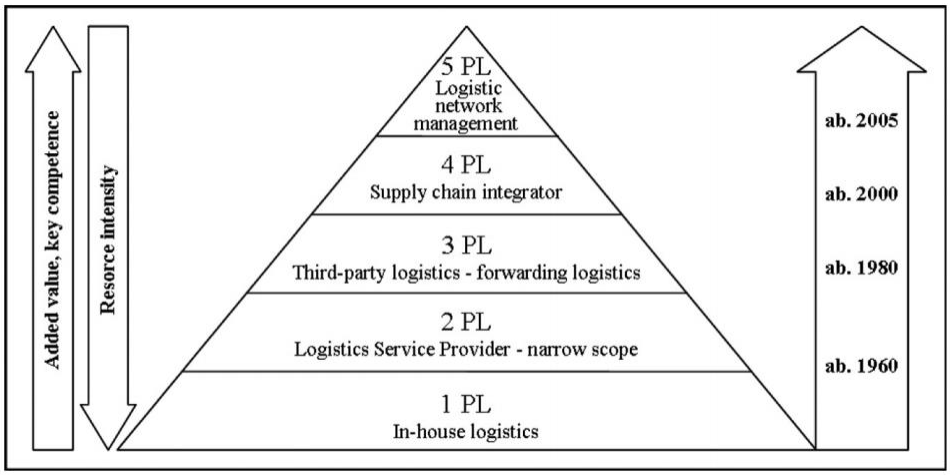
世界各地的零售商如阿里巴巴、亞馬遜與沃爾瑪等，都已經開始動搖航運界，尤其是貨物運送業。這些主要的電子商務之參與者開始扮演著貨物運送者之角色，並且盡其可能地透過數位科技與研發，嘗試更有效地控制物流甚至直接控制運輸環節，近年來還專注於最後一哩的物流作業與交付。到目前為止，多數電子商務公司仍依靠聯邦快遞（FedEx）和優比速（UPS）等專業貨物運送公司進行託運，但隨著亞馬遜開始簽屬飛機租賃進入航運業務、沃爾瑪開始期待控制自己的運輸業務，以及阿里巴巴與馬士基、達飛與以星航運簽約等事件，很顯然地，供應鏈上如物流、電子商務公司與託運人之間的界線開始模糊，而一些專注於新興科技應用的新創公司也普遍落地且蓬勃發展。

5.1 物流運輸行業之變革

(一)物流業的演進

為了回應客戶的需求，越來越多的物流服務提供商正在轉型為具 IT 處理能力之的加值服務。這些加值服務主要是以運輸服務與品質為主，而不是以擁有實體資產如：增加車輛、貨物底盤等為導向。即便物流服務提供商可能擁有一些實質上的硬體，但至少是偏向屬於 IT 方面的軟硬體。因此若與傳統的物流服務提供商相比，這些新型的物流商會傾向於與客戶建立更長期的關係。

這類提供創新服務的物流公司與會著重提供物流服務過程中的管理和控制，部分物流供應商除了具有 IT 服務能力外，還能提供戰略性物流服務規劃，例如採購物流服務和 4PL 服務。提供這種戰略服務的物流商現在正從傳統中的物流服務提供商脫穎而出，並且是 3、4 與 5PL 等 3 種模式中最具差異化的部分，如圖 5.1-1 所示。



資料來源：Logistics Systems and Management[18]

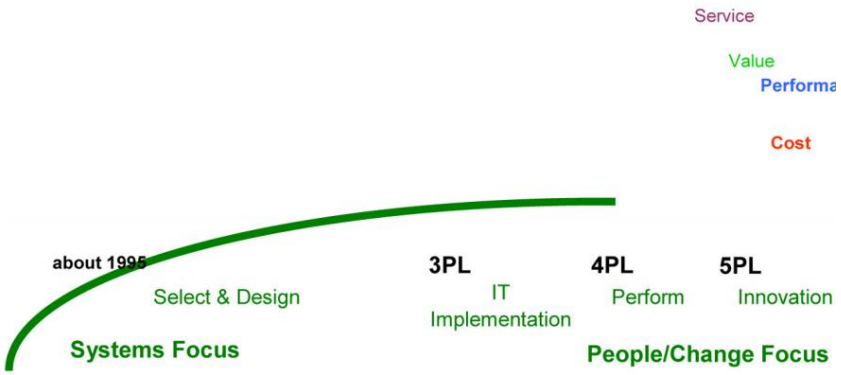
圖 5.1-1 物流服務外包形式

前章提及貨運承攬/代理與第三方物流的關係，以及這些行業逐漸改變提供服務之方式。事實上，國外許多物流業者早已進入第三方物流的階段，甚至轉化第四方物流(4PL)與第五方物流(5PL)，如圖 5.1-2 所示。1996 年，Accenture™創造並註冊了 4PL 一詞作為商標[18]，而 5PL 則是近年將 SCM 外包給 4PL 服務提供商的趨勢，並被視為可能會繼續推動 21 世紀更加有效的商業模式。5PL 的概念是在 Morgan Stanley 的一份報告中所提出，該報告的重點是為整個供應鏈提供電子物流解決方案，但目前 5PL 的含義在全球上尚未達成共識。經文獻及相關資料大致可歸納如下：

1. 4PL 提供商可能被定義為「一個供應鏈整合商，透過整合與管理自身與互補服務商之資源、資本與技術，以提供全面的供應鏈解決方案」。基本特徵是在選擇運輸合作夥伴時保持「中立」。
2. 5PL 提供商則專注於為整個供應鏈中提供創新的數位物流解決方案，從而在戰略層面上進行管理。5PL 之外包服務已被概念化為全方位之需求供應物流模型（fully activated demand-supply logistics model, 5PL FADS Model），為物流外包服務額外提供了複雜與高度協調的解決方案。

5PL 中的各個參與者能接收即時訊息，以便能更有效地管理供應

鏈網絡中的各種環節，而最主要的目的則是在運輸、轉發與倉儲等物流服務中實現最佳化之解決方案。供應鏈網絡上之參與者可從大量訊息之即時可見性和規模經濟中獲得更高的效率，從而獲得更大的收益，並降低使用 3PL 服務無法實現的成本。



資料來源：Logistics Systems and Management[18]

圖 5.1-2 物流服務商之演進

(二)影響物流業的新技術

據一家識別市場機會並制訂有效策略來協助企業最佳化其市場地位的全球領先技術研究和諮詢公司 Technavio 報告[19]指出，運輸和物流行業市場中的新興技術市場預計將在 2020 年至 2024 年期間逐步成長。

隨著電子商務的出現和消費者在數位科技應用的素養提高，近年來，全球物流業發生了巨大變化。可支配收入增加，雙收入家庭和持續的都市化等因素，大幅拉抬了既有發達經濟體系以及新興經濟體的消費者需求。這樣的物流需求趨勢，導致零售渠道的快速發展，需要有效的庫存管理和倉儲解決方案來幫助客戶做出明智的購買決策。多家公司已開始與物流服務提供商合作，以滿足消費者的個別需求。因此，在這個劇烈變化與激烈競爭下之物流行業，參與者必然會適應與趨向新興技術之應用，而對於物流公司而言，當務之急是要採用更智慧的技術進行轉型。經參閱多方文獻與相關報章，以下茲就物流業應用之新技術進行彙整摘述：

1. 區塊鏈技術

區塊鏈技術的出現使物流公司能夠進行智能契約之簽署。這項技術能使物流行業的不同關係人（例如：製造商、供應商、客戶、會計師、倉管等）可以透過一個透明而有效的系統來記錄交易，資產追蹤與管理相關的所有文管。區塊鏈技術是全球運輸和物流行業市場中日益受到關注的重要趨勢之一，因為此項技術可以提高供應鏈的效率和透明度，並提高從倉儲到交付的作業效率。

2. 物流業數位化

數位化幾乎影響全球所有行業，物流行業也不例外。越來越多的數位環境與工具，帶動消費者提高數位認知素養，進而使用不同的線上平台與系統擬訂購買決策，物流行業的數位化已成為極受關注的關鍵趨勢。可以預見的是，在物流行業中使用數位化技術將大大減少採購和供應鏈成本，同時大幅提高總收入。物流行業的數位整合則是另一個重要的物流趨勢，這將進一步使物流服務提供商可以為客戶提供資訊透明度，同時提供整合解決方案以提高安全性和效率。

3. 第三方物流到第五方物流

3PL 和 5PL 的快速發展與數量成長將能帶動與加速全球物流市場發展。2017 年間，3PL 在全球物流市場中佔有極大的市占率。3PL 負責滿足絕大多數的點對點運輸和物流需求，包括貨物運送、庫存紀錄和運送保險，並提供防止財產損失的保護措施。在全球供應鏈市場的複雜性不斷提高狀況下，推動了 5PL 的發展，提供商多將電子商務鏈接在一起，以實現最低成本目標。

4. 無人載具與智慧眼鏡

無人載具和智慧眼鏡的技術不斷成長，已逐步影響了物流最後一哩市場的成長。無人駕駛汽車與自動駕駛貨車目前已能夠在城市和偏郊地區保持較高的可靠性。此外，以 AR 及 AI 技術做為基礎的智慧眼鏡也能提高最後一哩之物流效效率、靈活性與交付速度。

5. 數據分析與大數據物流

透過大數據與數據分析可以使在物流業務中涉及的多個利害關係人做出明智的購買決策。如預測需求尖峰時期、潛在的未來供應短缺以及其他洞察力等，來協助企業制訂戰略決策以改善其市場地位，並提供相較與其他同行更顯著的競爭優勢。絕大多數的託運人與 3PL 公司認為，以數據分析做為驅動力的決策對供應鏈運作至關重要，因為大數據可提供有效的供給來提高整體品質和績效。

6. 物流自動化與物聯網

物流 4.0 的誕生是改變全球供應鏈市場的主要物流趨勢之一，隨著物聯網技術的採用，物流自動化亦是眾所矚目的運作模式。其優點是改善運輸延遲、操作員失誤、貨物監控與盜竊等缺點。未來供應鏈管理將透過物聯網技術與邊緣運算來產生即時訊息與作業的自動化，進一步推動互聯物流。

7. 聊天機器人和協作機器人（Cobots）

在全球物流市場中，已陸續使用語音控制之聊天機器人，並與用戶在供應鏈中的多個節點（包括：購物、訂購、提貨與客服等）進行互動。電子商務巨頭亞馬遜正嘗試在物流業帶來革命性變化，該公司目前正致力於開發與擴充物流機器人的各項能力，包括在倉庫中使機器人能進行包裝、儲存和撿選商品等功能。此外，物流市場上的許多企業，已陸續利用或開發協作機器人進行訂單履行、倉儲與交付等日常業務與操作。因此，機器人即服務(RaaS)模式的崛起將使零售商、第三方物流公司與電子商務平台等，透過機器人來完成大量、繁瑣之日常人力需求工作。

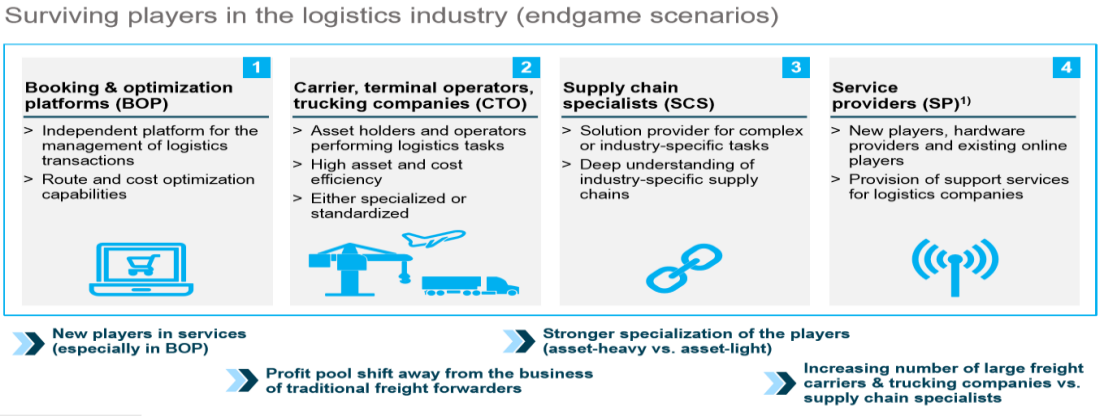
(三)海事產業數位化的變革

透過前述案例與技術分析等相關趨勢與文獻資料，當前海事產業正在面臨一個數位轉型的浪潮，而海運供應鏈上的每一位節點為維持國際競爭力以及所扮演的角色，勢必面對當前的局勢以及新興科技普

及化之挑戰。因此，持續理解與篩選新技術，並研究如何將其化為驅動力，以應用於發展創新商業運營模型、最佳化既有業務流程與提供更優質服務，是立足現在與放眼未來的策略。尤其在這樣一個現實數位達爾文主義的世界中，要在市場中占有一席之地，就必須不斷地將創新服務推向市場。

在第 4 節最後總結出，貿易市場中不可被忽視的事實—「海事供應鏈上各節點都想進行橫向或縱向之整合」，並希望透過整合獲得透明資訊且有利於公司發展之整體規劃權利，以此提供更加多元且客製化之便捷服務。因此電商平台開始規劃自有運輸載具、研發與合作開發數位工具，而中介商與航商也開始使用第三方技術或自行開發數位平台等，以控制著完整的物流鏈。數位化技術的演進讓銷售管道以多元化的方式進行，並且正在重塑供應鏈上各節點提供服務的方式。

各行業中之供應鏈專家著手與服務商密切合作，深入瞭解行業特定的供應鏈服務並進一步提供解決方案。隨著創新與更精簡的模式形成，消除了傳統上中間行業的許多低效率問題，亦使中間人的角色變得多餘，如圖 5.1-3 所示。



資料來源： Market experts, Roland Berger[16]

圖 5.1-3 物流數位轉型成熟後之倖存者

5.2 新興科技對海事生態系統的影響

(一)未來海事行業與工作需求趨勢

海事產業正處於一場巨大轉型浪潮中，如同工業 4.0 所帶來的革命時期，正由於物聯網技術的廣泛應用，催化人工智慧、雲端計算、自動駕駛、量子計算、自動化作業、生物技術，3D 列印等技術發展，帶動了產業落實於數位化的系統、框架(framework)與管理戰略[20]。

前節已就供應鏈、海事產業與運輸業等數位化之案例進行探討，亦述及其應用的技術與行業的發展趨勢，爰本節就當前足以撼動海事之新興技術、未來海事行業，以及未來海事職業需求等層面[19~21]進行歸納，如表 5.2-1 所示。

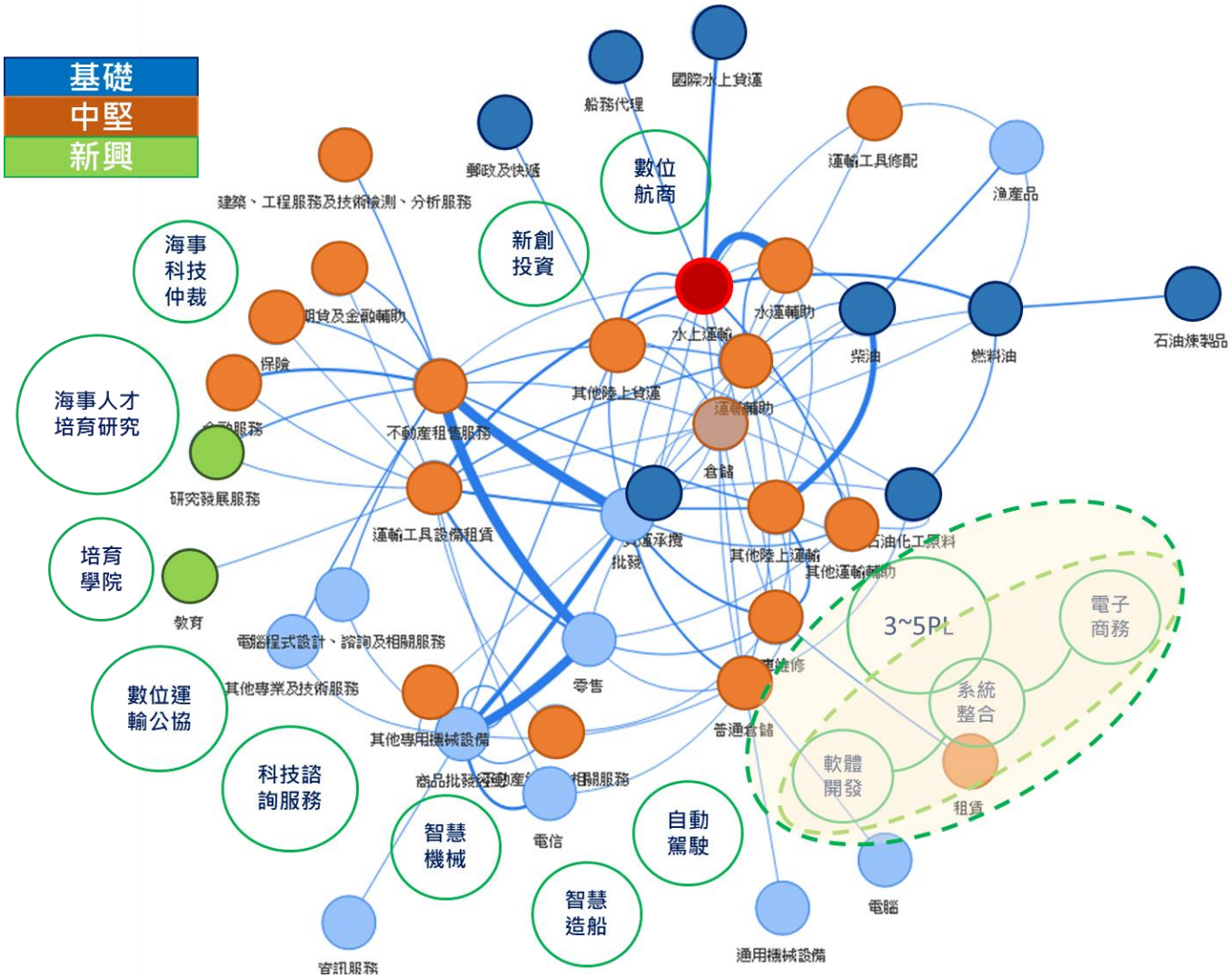
表 5.2-1 我國海事相關行業與職業需求表

撼動海事之技術	未來海事行業	未來海事職業需求
1. 人工智慧	一、行業數位化	1. 數據分析師
2. 區塊鏈	✓數位物流(3~5PL)、電商	2. AI &演算法工程師
3. 機器人	✓數位航商、棧埠、倉儲	3. 科技造船工程師
4. VR	✓港口管理、整合平台	4. 系統自動化專家
5. 自駕船舶	✓科技仲裁、金融科技	5. 網絡安全專家
6. AR	二、智慧造船業	6. 環境與能源效率專家
7. 深度學習	✓自動船、生態船、遠端遙控	7. 數據資料專家
8. 無人機	三、智慧化系統開發	8. 系統開發工程師
9. 工業物聯網	✓數據管理與應用	9. 3D 列印技術人員
10. Cyborg crew	✓區塊鏈、通報系統	10. 諮詢服務
	✓自動監測系統、數位分身	
	四、智慧化輔助業	
	✓教育培訓、顧問諮詢	
	✓智慧機械、機器人	

(二)未來海事生態系統樣態

3.2 節之圖 3.2-6，主要係就我國主計總處產業部門供需數據所繪製之當前海事生態系統，但透過國際海事領域之發展趨勢可發現，許多新創行業如表 5.2-1 所歸納的行業別與職業需求，也因應科技之落地與應用而出現雨後春筍之趨勢。而國際上標竿港口如：安特衛普、鹿特丹與新加坡港等，除運用新科技並規劃邁向智慧港口發展外，更是透過採取產官學研共同努力與共榮發展的態度朝向創新海事生態系統發展，以求透過未來洞見與科技之數位化與創新，達成海事群聚產業發展上之正向循環。

基於以上說明，本研究嘗試透過創新與具未來洞見的角度，納入未來應用數位化與新興科技的新創產業，以描繪未來之海事生態系統組成，如數位航商、海事科技仲裁、結合新興科技之海事人才培育教育、科技諮詢服務、自動駕駛、智慧造船，以及國外趨之若鶩透過電子商務、軟體開發與系統整合而轉型之 5PL 等(如圖 5.2-1)。這些新興產業將能提供涵蓋軟硬體、創新與客製化之服務，協助產業發展與渡過數位轉型之變革。無論是基礎、中堅或新興行業，對於海事生態系統與供應鏈運作來說，皆是扮演起承轉合之要角，亦融合成為未來之海事創新生態系統。



資料來源： 本研究繪製

圖 5.2-1 我國導入數位科技之海事生態系統網絡圖

(三)小結

直至目前，電商多仍透過 FedEx、UPS 或海運業者運送，但由於全球性的零售商如阿里巴巴、亞馬遜與沃爾瑪都開始試圖參與物流領域與整合服務，甚至直接控制運輸，如最後一哩之交付，因此航商、貨物供應商、設備供應商、服務提供商、代理商等相關供應鏈中之利害關係人都將面臨數位化潮流所帶來的挑戰。

隨著更加便捷的創新營運模型形成，除了能帶來減少傳統多數行業低效率之效益，但也顯得中間人的角色變得多餘。而多數中介商也必須面臨選擇使用第三方技術或自行開發關鍵技術，如 Uber Freight 不再只是媒合貨車司機與乘車共享之角色，而是轉型發展數位貨運代理與提供運輸管理系統(Transportation Management System, TMS)之整合工具，扮演提供軟體即服務(Software as a Service, SaaS)的角色。由此知，供應鏈管理之進步源自於電子商務與數位工具之應用，尤其是在運輸和分銷領域。在電子商務參與數位化變革後，技術發展將影響運營與作業模式，中間人將被創新的海事生態系與數位化帶來的高效率取代，如 3~5PL 服務的主導或外包。

據 IBM 商業價值研究院 (IBV) 的調查報告「COVID-19 與企業的未來」[22]指出，2019 年爆發的疫情讓超過 6 成之企業思考著手並加速數位轉型，越來越多企業領導人轉向透過新興科技，進行企業營運變革。除此之外，企業還必須改變組織文化、戰略與思維方式，以立身於高壓的同業競爭潮流中。但在實務方面並非如此容易，以處理即時數據為例，不能僅只是蒐集數據存放，必須針對數據進行分析與解釋，並從中萃取出相關資訊並進行判斷與運用，才能進一步提供運營的安全性與最佳效率。行業需要技能上訓練有素的人員，不僅需精通技術，並需具備一系列具脈絡性的軟性技能與實力，如分析能力與革新思維，以便從數據中獲取價值。

船舶交通控制和電子導航對於確保航運市場與海運領域的高效和

安全運營至關重要。因此無論是偵測環境並蒐集數據之數位船，甚至具有自動駕駛系統之智慧船，各國造船行業皆逐漸投入研發，以強化系統技術以及數位化的使用，透過訊息之捕獲與運用，提供更好的監控與船舶操作決策，以提升船隊之績效與營運管理。

在數位科技持續發展下，參考國外發展趨勢與案例，未來海事生態系統將會出現更多新興科技如大數據分析、AI、AR、VR、區塊鏈與無人機等技術應用之相關行業。其影響的行業包括航商、造船業、保險與銀行業、運輸業、承攬業，進而產生轉型之數位航商、智慧造船、技術服務商、3~5PL，以及海事科技人才培育學院、科技諮詢顧問服務、數位運輸公協會、科技實驗室、海事科技仲裁與協助新創融資等產官學研。

六、結論與建議

近年來生態系統(Ecosystem)之概念被導入各領域，產業的生態系統有別於以往傳統扶植產業鏈轉型升級之發展概念，尤其在數位科技發展迅速的時代中，許多領域行業(Domain Industry)更是孕育出多種結合新興科技的相關產業，提供設置軟硬體、創新方案、顧問諮詢等全方位服務。這些新創產業與海事傳統本業皆是扮演起承轉合之要角，亦融合成為未來之海事創新生態系統。國際上許多標竿港口更是朝向創新海事生態系統發展，以求透過未來洞見與科技之數位化與創新，達成海事群聚產業發展上之正向循環。

本研究透過主計總處官方資料之產業關聯表數據，進一步建立我國海事生態系統之網絡關係模型，以歸納釐清當前海事生態系統之樣態，並以視覺化圖方式呈現我國當前海事生態系統之組成與結構。另亦參考國外發展案例與數位科技發展趨勢，探討未來數位科技對海事生態系統之影響，進一步描繪出我國導入數位科技後之海事生態系統未來藍圖，並歸納提出以下結論與建議。

6.1 結論

1. 近年來生態系統(Eco-system)之概念被導入各領域，並著重於透過創新科技與管理方法，締造整個供應鏈可達成自我調適、共生共享，彼此互利且共同成長的循環性整合協作。
2. 由於港口是扮演國際運輸與貿易之樞紐角色，國際上陸續有標竿港口在軟硬體發展與建設上導入生態系統概念，以帶動整體海事集群與相關產業共榮發展，促進整體競爭力與產業之正向循環。
3. 數位化發展將影響航港領域之環境。在當今的生態系統中，會越趨感受到這種變化以及帶來的衝擊。如保險市場、租賃市場、貨物預訂、港口運營、船舶設計、物流、導航、通訊、造船廠與管理船舶。

4. 人工智慧、虛擬實境、物聯網與機器學習等技術都必須由人研發，實用性仍取決於設計、生產，以及操作人員。因此海事生態系中對於高知識、技能的人力需求將提高，才能在智慧轉型之潮流中，在各海事產業應用相關技術。

5. 供應鏈上各節點之利害關係人，都陸續朝向將其業務透過數位化、建置平台系統與相關軟體服務進行水平或垂直性整合。目前整個供應鏈市場仍有數位化轉型之進步空間，但未來競爭激烈。

6. 隨著數位化帶來創新與更精簡的模式形成，消除了傳統上中間行業的許多低效率問題，亦使中間人的角色變得多餘。而資訊逐漸透通後，部分僅依恃資訊不對稱狀況來獲利之產業(如承攬業)，將逐漸喪失優勢而被淘汰，其商業模式必須進行改革。

7. 中美貿易戰、COVID-19 疫情加速了數位化的腳步，多數企業已重新檢視現行數位轉型方向，以及對抗各種風險的能力，持續強化競爭力。

8. 依照國外發展案例與脈絡，數位化科技將注入海事生態系相關行業，預期未來將逐漸出現應用新興科技並提供相關服務的行業，如數位航商、智慧造船、技術服務商、3~5PL，以及海事科技人才培育學院、科技諮詢顧問服務、數位運輸公協會、海事科技仲裁與協助新創融資等產官學研。

9. 培育人才，是數位轉型的第一哩路也是最後一哩路。尤其在國際經貿變動與疫情之影響下，可藉由國際上正在加速數位轉型的趨勢，厚植國內數位科技人才，做為深耕國內海事生態系的基礎。

6.2 建議

1. 建議航港相關單位與產業之軟硬體發展應導入海事生態系統的概念，以創造共榮之正向循環，並就數位與智慧轉型趨勢，思考並改變其發展策略與營運模式，以及相關組織文化與思維方式，以維持在國際相關領域之競爭力。

2. 國內許多產業停滯於傳統的作業方式，建議在數位化之衝擊下應思考加速進行數位轉型，並進行數位工具之開發，以成為供應鏈節點上不可或缺之一員，並且透過提供個別或差異化或客製化之戰略性服務，以維持一席之地。

3. 建議海事教育與培訓機構應重新思考並規劃海事科技相關課綱，做為提供海洋產業當前與未來前瞻性需求之課程規劃，另外國家也亟需擴展並投入創新領域之相關研究，以培養且前瞻與領導地位之相關行業與人才，並弭平產官學研間之數位落差。

七、參考文獻

1. Maritime Singapore, http://www.maritimesingapore.sg/maritime-industry-overview/.
2. Maritime and Port Authority of Singapore, Maritime Innovation Ecosystem, https://www.mpa.gov.sg/web/portal/home/maritime-companies/research-development/maritime-innovation-ecosystem.
3. Wartsila, https://www.wartsila.com/about.
4. TradeLens Ecosystem, https://www.tradelens.com/ecosystem.
5. Rotterdam Innovation Ecosystem, https://www.portofrotterdam.com/en/doing-business/port-of-the-future/innovation/innovation-ecosystem.
6. 林邏耀，出席智慧海事網絡東京研討會暨數位航運科技領袖論壇出國報告，交通部運輸研究所，108 年。
7. James F.Moore, The death of competition : leadership and strategy in the age of business ecosystems, WileyHarperBusiness, 1996.
8. 行政院主計總處，行業標準分類（第 10 次修訂），105 年。
9. 行政院主計總處，產業關聯表-部門分類表民國 105 年，108 年。
10. Elinkeinoelämän tutkimuslaitos (Etla), Financial Technology for Industrial Renewal, 2016.
11. Eduardo Fonseca-Pedrero, Network analysis: A new way of understanding psychopathology, Elsevier, 2017.
12. Mikael Lind, Hanane Becha, Richard T. Watson, Norbert Kouwenhoven, Phanthian Zuesongdham and Ulrich Baldauf, Digital Twins for the Maritime Sector, The Maritime Executive, 2020.
13. Azad M. Madni, IntelligentLeveraging Digital Twin Technology in Model-Based Systems Engineering, MDPI Journals - Systems, 2019.
14. Altoros，Digital Twins for Aerospace: Better Fleet Reliability and Performance, https://www.altoros.com/blog/digital-twins-for-aerospace-better-fleet-reliability-and-performance/.
15. Oyvind Smogeli, Digital Twins at Work in Maritime and Energy, DNV GL, 2016.
16. Zurich, Mai, Supply Chain Digitization, Roland Berger, 2016.
17. The Journal of Commerce.

18. Peter Hosie, Balan Sundarakani, Albert Wee Kwan Tan, Aleksandra Koźlak, Determinants of Fifth Party Logistics (5PL): service providers for Supply Chain, Int. J. Logistics Systems and Management, Vol. 13, No. 3, 2012.

19. Top 10 Logistics Trends Transforming the Global Logistics Market in 2019, technavio.

20. Andi Reni , Sarifudlin Hidayat , Gita Widi Bhawika , Maritime Technology and the Industrial Revolution, Journal of Environmental Treatment Techniques, 2019.

21. Maritime Technology and Innovation, https://www.dnv.com/.

22. IBM 商業價值研究院 (IBV)，COVID-19 與企業的未來，IBM，2020 年。