

自主船舶管理之未來發展及因應對策

The Future Development and Responding Measures for Managing Autonomous Ship

黃子加 (Tzu-Chia Huang)^①、張志清 (Chih-Ching Chang)^{②*}

摘要

隨著資訊科技的演進，全球已走入資訊化、數位化、智慧化的時代，為因應環境的變遷，自主船舶將為未來航運產業的趨勢，故為航商重視之重要議題。若自主船舶管理能有效地結合智慧化、數位化的創新科技，以有效能及有效率地掌控整體船岸運作，將可提高作業效率，降低成本，達到綠能、減碳的永續發展目的，並符合國際公約之要求。面對這些創新科技，自主船舶仍面臨許多挑戰。本研究將透過資料分析及研究訪談，探討創新科技，如大數據、區塊鏈、物聯網、人工智慧、自動控制科技如何妥善應用於自主船舶管理。本研究亦以科技創新應用於自主船舶為例，探討船舶科技、船員人力創新、船舶操作流程創新，其應用於自主船舶管理上可能面臨之挑戰及未來發展，期能提供業界之參考。

關鍵字：船舶管理、自主船舶、大數據、區塊鏈

Abstract

With the evolution of information technology, the world has entered into an era of informationization, digitization, and intelligence. For responding the changes in such environment, autonomous ship has become the trend of the

① 國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士。

②* 通訊作者，國立臺灣海洋大學副校長、航運管理學系教授；聯絡地址：202 基隆市中正區北寧路 2 號；E-mail: cchang@mail.ntou.edu.tw。

shipping industry. Shipping companies have emphasized such an important issue. If shipping companies can integrate intelligent and digital innovative technologies, they can control overall ship/onshore operations effectively and efficiently. It can improve ship operation efficiency and reduce costs, and then achieve the goal of sustainable development of green energy and carbon reduction. At the same time, it can meet the requirements of relevant international conventions. However, while encountering these innovative technologies, shipping companies still face certain challenges in the future. This research explores innovative technologies such as big data, blockchain, Internet of Things, artificial intelligence through literature review and research interviews. Based on the above, this research explores autonomous ship technology in order to review autonomous ship management and its technological innovation by three dimensions: ship technology, crew manpower innovation, and ship management process innovation. Results aim to explore how to properly apply automatic control technology to autonomous ship management, as well as to overcome the difficulties and challenges when applying innovative technology to autonomous ship, in order to provide the industry's reference.

Keywords: Ship management, Autonomous ships, Big data, Blockchain

壹、緒論

近年來雲端科技、大數據、區塊鏈、物聯網、人工智慧、自動控制等創新科技、資訊及通訊科技 (Information and Communication Technology, 簡稱 ICT), 帶動工業 4.0 的轉變, 使全球變得更加資訊化、數位化、智慧化。智慧運輸也成為發展的趨勢之一, 我國 2020 年的交通運輸白皮書強調須因應科技與綠能的議題。此等科技運用在自主船舶 (Autonomous Ship), 可使海運智慧化、數位化, 以提升

作業效率、船舶操作精準度, 並降低對環境損害。自主船舶使用創新科技可以使船舶管理更加安全、效率。

自主船舶是一種自動化, 可減少或不需要船上人員介入操控, 可由岸基人員遠端控制, 或自動依據任務需求行駛, 進行航行控制的水面船舶。故可透過人工智慧、大數據提供準確且優化的判斷、更有效率的航海方法。其航海系統若與經濟航速、船期表搭配良好, 可在排程內完成航程、準時到港, 或縮短海上航行時間。自主船舶之效益包括: 減少人員操作失誤造

成的事故、無人駕駛貨船能增加抵抗海盜能力、減少船舶整體運作成本等。

自主船運作的關鍵科技包括：遠距通訊(例如透過衛星通訊)、多重環境感知(光學及紅外線影像、雷達等)、自主路徑規劃、自動避碰、避開障礙、自主式駕駛台及自動機艙等科技。為提高能源使用效率、降低溫室氣體排放量，以及提高動力系統數位控制能力，自主船舶亦可採用純電力或燃油 - 電力複合動力推進系統。

船舶是船公司的重大資產，船舶管理涉及公司之營收、成本、安全及風險、人力及組織管理等事項。Knight (1967) 將創新區分為產品或服務創新、生產程序創新、組織結構創新、人員創新，其中：

1. **產品或服務創新**：在自主船舶管理上指自主船舶之服務品質創新，以及如何運用創新科技以改善船舶設計、成本結構、組織及人力管理、作業程序等事項，包括：新的航海科技及船舶設計、新的作業流程、新的操作方式、新的人力資源及組織管理，故可提高船公司作業效率，降低成本，擴大獲利。
2. **生產程序創新**：指船舶管理流程之創新，其涉及之範圍包括：船員及船舶安全管理、船舶保全等相關檢查、船舶的日常操作。在管理流程上則包含日常作業授權及控管、安全及品質管理、船舶各項成本控制；亦得以科技方法及創新管理策略，改善船舶作業程序。自主船舶管理採創新策略之目的在省去許多繁

複的手續，減少時間成本、空間浪費、降低人事成本，並提高作業效率、準確度及利潤。

3. **組織結構創新**：指自主船舶之行政及後勤支援組織之任務分派、權責溝通系統和獎賞制度的改變。創新科技與技術的應用，需要船公司內部組織的配合，包括：如法規修改、資訊安全、人才培育、技術操作、經營策略的調整、公司政策支持創新。
4. **人員創新**：指自主船舶船員及遠端操控人員的訓練、執業，其行為及信念之改變。

在海洋產業當中有許多數據是能夠透過大數據來進行分析，如海上氣象、船舶交通流、港埠物流、航安管理等。若將這些創新科技運用在船舶管理上，可為公司與整體環境帶來極大利益(謝明志等人，2020)。本文經由文獻探索及焦點訪談，探討航運企業對自主船之船舶管理所面臨之挑戰與因應策略，包括：船舶創新科技應用於自主船舶、自主船舶之成本因素、自主船舶法制規範、自主船舶船操作、自主船舶人力創新策略，以及自主船舶之安全與風險管理。

貳、自主船舶之特性

(一) 自主船舶之定義

相關團體與各船級社對自主船舶定義如下：

1. 國際海事組織 (IMO) 將自主船舶界定為海面自主船舶 (Maritime Autonomous Surface Ships, MASS)，並定義為在不同程度上可以獨立運行的船舶。IMO 依採納自動化程度 (依船員介入程度)，將自主船劃分四個等級。在此四級演化過程，將涉及自主船舶技術開發應用、船員及岸基人員職責變更、船舶管理程序創新三項，如表 1 所示。

- (1) 第一級為船舶自動化；
- (2) 第二級為遠端控制船舶，但仍有船員在船執行維修及應變功能；
- (3) 第三級為由遠端岸基人員控制，船上沒有海員；
- (4) 第四級為完全自主的船舶，船舶的操作系統能夠自行決策和確定動作。此階段之船舶完全自主，且有排除障礙能力，如同一個高智商的機器人。船舶本身須監控有許多功能，如：處理異物侵入、輪機、海氣象、水文、貨物、巡邏、專家監

測系統 (偵測在大海中有沒有受到危險，穩定度會不會影響，定時巡邏貨物情況，瞭解船舶是否有異狀等)。若船上硬體設施是毀損，須透過專家系統，讓船舶自己修復。若在海面船舶無法自己修復，可以求救岸上工程師，可以切換回來，由遠端操控船舶，或安排人員上船修復 (劉詩宗，訪談資料，2021)。

2. 法國驗船協會 (BV) 定義：自主船舶具有和智能船舶相同的能力，並且包括在有人或無人的情況下能夠制定決策，並執行行動自主系統。
3. 美國險船協會 (ABS) 定義：為配備感測器、自動導航、輔助系統的船舶，並能夠具備依照預定計畫執行，偵測環境，根據環境調整原先的計畫執行，且無需人為干預決策。
4. 挪威自主船舶論壇 (Norwegian Forum for Autonomous Ships, NFAS)：自主船舶是具有一定自動化和自治等級的船舶；自主船舶可以實現減少船員配備、無人駕駛或是無人監督。

表 1 國際海事組織 (IMO) 定義之海面自主船舶

級別	操作模式	船員
第一級	具有自動化流程和決策支持的船舶，有些操作可能是自動化的。	船上有海員可以控制並操作船上系統和功能。
第二級	遠端控制，該船是從另一個位置進行控制和操作的。	遠端操作和控制船上系統和功能，但船上的海員隨時準備採取控制措施。
第三級	遠端控制，船上沒有海員，該船是從另一個位置進行控制和操作的。	船上沒有海員。
第四級	為完全自主船舶，船舶的操作系統能夠自行決策和確定動作。	無海員。

5. 丹麥海事局 (Danish Maritime Authority, DMA) 定義：為藉由自動過程能夠提供決策支持，或可能由部分或全部人員接管控制和管理的船舶。
 6. Kobyliński (2018) 稱 智能 船 舶 (Smart Ship) 指運用資訊科技、通訊科技，結合大數據、區塊鏈、物聯網、雲端科技、人工智慧之船舶。此等概念的智能船舶，未必為無人之自主船舶，但仍有上述自動化、減少船員人力及提升船舶營運效能之作用，其特性為：
 - (1) 智能船舶通常配有大量可監控船舶的功能的感測器，同時可以預測與觀察船舶運行環境及氣象條件。通常一艘智能船舶大約安裝 15,000 至 20,000 個不同的感測器，包含：導航、船舶安全、自動機具化、對貨物及環境觀察之感測器。
 - (2) 智能船舶亦能符合國際公約及相關法規要求，並能運用循環經濟概念，優化燃料消耗、能源效率和排放控制管理。
 - (3) 參與對象包括海運領域的成員，ICT 人員。須整合這幾個領域，例如：運用 ICT 和物聯網 (IoT) 科技，進行整體海事和監控系統的提升，進而在優化能源效率，減少排放和降低油耗。
- (二) 創新科技應用於自主船舶**
- 自主船舶可透過大數據、物聯網的創

新科技建構船舶智慧化管理設施，包括：船舶自動識別系統 (Automatic Identification System, AIS)、整合駕駛台系統、整合式船舶數位監控系統、船舶物聯網 (Internet of Ships, IoS)、油料管理與偵測等。

1. 船舶自動辨識系統

AIS 可用以識別船隻、追蹤船舶、簡化資訊交換、避免船舶碰撞，並與鄰近船舶、AIS 岸臺、以及衛星等設備交換電子資料。國際海事組織定義之第一、二級海面自主船舶仍有配備船員，故可將 AIS 資料顯示在自主船舶之海事雷達上，縮短避免船舶碰撞事故之應變操作時間，並可結合船舶交通服務系統 (Vessel Traffic Service, VTS)，對近岸及進港船舶實施監控措施，亦可廣播海象資料、危險警示供船舶接收，增進航行安全。其所發出的訊息包含水上行動業務辨識號碼、船名、位置、航向、船速。可透過 AIS 的追蹤系統將船舶的路線、航線即時傳送給船東、船舶管理人員，使其掌握船舶動向。

人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 科技亦可用於自主船舶，以評估船舶性能，結合船舶載重噸來衡量平均每條船的載重利用率，並透過路線優化的方式降低航行某地區的成本。可利用船舶動態資料與 AIS 全碼資料庫為樣本，建置船舶航行安全大數據資料庫。並依所建置的資料庫研析船舶航行安全所需要的樣本資料，達到智慧化航行安全監測與預測的目標，例

如：以遠端船舶與航海管理平台合作，建立自主船舶管理平台。

透過 AIS 數據輸入船舶安全評估系統、及時資訊整合系統，將異常情況顯示在整合系統中，可用以監測、通報航行異常之船舶。船舶異常可能為機具故障或天候條件導致失去自主控制能力，偏離航道則是船舶未航行在慣用航道內航行。

2. 整合駕駛台系統

整合駕駛台系統 (Integrated Bridge System, IBS) 為船舶導航與控制的整合系統，係通過系統設備及子系統間的相互聯通，集中顯示和使用來自感應器和數據訊息的介面。其目的在提高船舶航行的自動化程度和經濟性，提高船員操作和管理效率，確保船舶和船上全體人員安全。透過 IBS 可快速且精確的對雷達偵察資料給予分析、測量、顯示航行計畫，並能夠縮短判斷船舶航行狀況之時間，以提前因應，避免事故發生。

3. 整合式船舶數位監控系統

整合式數位監控系統係整合船舶各項主、輔機設備及管理軟體，提供全方位的監控作業環境，可將動態圖表、數值、警報、指示等運作狀態即時顯示在人機介面上。其監控項目包含：主機系統、電力、發電機系統、油水櫃系統、輔機泵浦風機運轉狀態、艙門開關、燃油駁油系統、損管消防系統 (Damage Control Fire Fighting System) 等。

4. 船舶物聯網 (IoS)

IoS 係基於物聯網新興科技趨勢，應用於海運，亦即將船舶、船員、貨物、船上等傳送對象互相聯絡起來，並將助航設施、水文環境、航道設施、岸上基礎設施等航運要素，納入各種感測器與異質網絡，使之能夠收集與交換技術 (Liu et al., 2016)。IoS 之架構分為五層：

- (1) 感知層：從船舶上或是岸上收集各種來源的數據，如：AIS、GPS、VTS、RFID、感測器、圖像檢測等，而船艙、船位、船身、速度、水位這些數據都是從感知層得知。
- (2) 異質網路層：提供各種設備之間的通訊工具，且具有不同的網絡科技，如：衛星、Wi-Fi，主要是確保安全可靠數據傳輸，能夠使數據成功和順利的連接。IoS 系統連接船舶與海岸的網絡，擁有一系列數位化的實體設施，可用於岸上、船岸掌控及管控，但仍有岸上與船上介面使用、溝通的問題，故須研究及思考如何進行操作 (馬豐源，訪談資料，2021)。
- (3) 資料運算層：負責存儲和管理收集的數據，並向服務和應用程序層提供資訊。為能處理大量的數據，資料運算層的資料需能夠支持當前主流數據格式。透過 IoS 中的數據分析可避免未注意航行狀況、反應延遲的人為因素、人力監視之視線差

等可能造成船舶、貨物與船員的損害，並降低因環境不熟悉所造成的風險，亦可降低因人為疏忽所造成的傳達錯誤。

- (4) 服務應用層：主要應用於作業程序之設定及開發，以滿足使用者要求的服務，例如，增強船舶安全性、即時貨物監控，故障檢測、預防碰撞、自動靠泊等。透過 AIS、GPS 技術與軌跡規劃方法，得以就不同的船型與歷史路線妥善規劃路線與優化航行路線，能及時得知船舶航行路線上的海況與天象，如：暴風雨，可減少危險性，同時降低抵達港口與離開港口的延誤。
- (5) 展示層：作為服務窗口直接與使用者即時溝通，結合 GPS、GIS、RFID、人工智慧等新興科技，使設備、人員、事務得以運用接收到的資訊進行傳送、通信與處理，並可以與任何船舶相關的設施做連結，如：起重機、貨櫃、駕駛及導航系統、主機與輔機、浮標。並聯結主要船員所攜帶的行動裝置或手機，透過設備的互相連結，以更方便地收集到各式設備的數據，並進一步的處理。

IoS 之使用效益如下：

- (1) 可應用在岸上端，做貨物及時追蹤、貨物環境監測、環境監測；在海上端，做船舶航行路徑最佳化與規

劃、避免碰撞、提升安全性能、能源效率化、自動故障檢測、機具預先維護)；在港口端，執行自動化靠泊、協調整合決策系統 (Aslam et al., 2020)。

- (2) 可即時追蹤。對船舶設施方面，IoS 可提供通訊、數據管理、路線優化、電子導航、交通環境監測。使用 IoS 得以讓船公司、船舶管理公司的資源做有效的使用。可透過做大數據的分析，讓公司經營層面得據以決策 (劉詩宗，訪談資料，2021)。
- (3) 可提前預測不同船舶所面臨的各方面狀態，包括船舶航行路線的變動、海況、交通環境、速度、位置的判斷，進而以協調合作的方式避開船期的衝突，減少攬貨競爭及利於碼頭、作業機具人力之安排，提升經營效率。
- (4) 可提高運送效能。能夠發展出更多智能系統，例如：貨物追蹤、路線規劃與優化、自動故障檢測與維護、環境監測、自動靠泊、節能操作。
- (5) 具有環境監測、油料感測功能，可監控船隻和船上設備。面對全球暖化與環保議題，IMO 已執行低硫、減碳排放量機制，以降低海運業對於環境所帶來的損害。船東得以歷史執行數據和當前數據進行分析，

以優化船舶的營運效率，使燃料消耗最小化。亦可進行數據分析出最小污染排放量、最少碳排放量。

- (6) 可提高船舶安全性。IoS 有自動故障檢測，找到解決機具故障的問題，提供機具預先維護功能，故可有效提升船舶安全性。透過 IoS 得知彼此船舶的位置，還能夠偵測船上貨物與船舶外部環境，進行即時維護與調整，提高整體安全性。

5. 油料管理與偵測

自主船舶可運用大數據分析每次航行所產生的數據，供岸基人員監控，並透過專業知識分析數據結果，進一步提出油耗改善計畫、降低碳排放量。例如：依不同船型的吃水、舵角、對水船速、風速、馬力與船速的使用狀況，得出影響能源效率表現的因子，進而建立船體健康評估模型。並可預測馬力消耗，以能源效率分析程式來確認各船的能源效率與保養週期效果。可透過資料探勘方式，客觀得出影響船舶能源效率表現的重要因素，以擬定有效的改善能源效率策略。研究發現，在固定吃水的情況下，調整船舶航行姿態（俯仰差），可以減少摩擦阻力，提升省油效果達 2% 至 4%（邵揮洲等人，2018）。

參、自主船舶之成本因素

採用自主船舶須綜合考量購置維護

之增加及操作成本之減省。若在科技成熟後，自主船之建造及維護成本可能會降低。

1. 操作減省成本

因船員成本高，且未來亦面臨適任船員短缺問題，自主船舶使用許多智能儀器設備取代人力，使船員配置人數及雇用成本下降。因船員的配額減少，船員艙房、通風、加熱、排污系統及補給需求減少，可節省相關成本開支。也因為船舶設計更為輕巧，減少上層建築與船艙空間，使空氣阻力減少而減少燃料消耗，擁有更大的貨物運載量，可增加利潤（馬豐源，訪談資料，2021）。

自主船舶透過系統設定船速，採取較佳速率，讓船舶就風速、海況將設定不同航速，避免突然加速與減速導致的耗油。透過自主船舶可提升船舶靠港準點，有助於船席及碼頭、機具預先安排，故亦可降低船公司港埠費用（陳正偉等人，2019）。在技術上，自主船舶能夠在全球範圍內實現動態及即時管理、即時溝通協調，使船舶運輸與物流、供應鏈的銜接更將順暢，船隊利用率更加充分，大幅度降低供應鏈成本（馬豐源，訪談資料，2021）。

船舶自主系統以 AI 來做運算及分析作航路規劃，除應考量航行安全，亦應重視航行之經濟因素，包含海況及天候、靠港選擇（對貨源收入及港埠成本之影響），路線選擇（對航行時間及燃油成本之影響）（張建仁，訪談資料，2021）。在航程的控

制、航行距離的規劃上，應考量如何追蹤船舶路線、船舶港到港時間、是否有偏航的情形產生、貨物超出預計抵達時間該如何處理(馬豐源，訪談資料，2021)。

2. 船舶購置及維護成本之增加

船舶為航商重要資產，涉及重大成本支出，故須考量自主船舶之購置及維修成本。自主船舶上的感測器及自動控制設施可能會使造價增加，導致造船成本增加。但若各方面的技術逐漸成熟，智能感測器的取得相對容易，價格會越來越低。亦應考量維持自主船舶使用軟體部分和硬體部分的可靠性，包括各項高科技航儀及遠程衛星通訊的可靠性，以及各軟硬體的介面可能需要額外的使用費及維修費用(馬豐源，訪談資料，2021)。若發生故障，可能增加維修及救援費用，例如派遣直升機和救援人員前來協助維修。

自主船舶的連動需要衛星，其衛星通訊成本可能昂貴，導致使用 IoT、IoS 的成本上升。未來應思考能否運用新科技取代昂貴的衛星系統，降低 IoS 成本。在服務品質方面則是若採用區塊鏈、大數據、IoT，則需增加系統購置費用、額外維修費用，故須評估發生這些成本的效益。自主船舶都會搭配環保的燃油，故亦涉將來的燃料費較高(林上閔，訪談資料，2021)。若搭配綠能及電動，成本將墊高，整體船舶建造成本較高。

肆、自主船舶之法制規範

自主船舶在船舶操作模式、船上設備、船員配置皆將有所改變。若要配合自主船舶，IMO 公約、ILO 公約對船舶航行、船舶檢查、船員資格、人力配置、搜索及救助等事項均須配合修正，將耗時甚久。須配合修正之法規，包括：

1. 海上人命安全國際公約 (International Convention for the Safety of Life at Sea, SOLAS)：自主船舶可減少船員人數，故對配備使航行安全足夠數量和勝任的船員的規範有待調整；部分船員住艙可以改為貨艙，此等改變須由新的法規規範；自主船舶可能無須手動操作無線電，故須修改傳統船舶之無線電相關作業。ISPS Code 所規範之保全事項，也須因應自主船舶而進行修改。ISM Code 規定之安全管理系統皆基於船長、船員操作，對自主船舶並不適用，亦應修正調整。在建造自主船須考慮由遠端操作船舶的設計、登輪維修保養船舶、主機、船員操作自動化航輪設施的設計，亦可考量乾舷，使海盜不能上去(劉詩宗，訪談資料，2021)。
2. 航海人員訓練、發證與當值標準國際公約 (The International Convention on Standards of Training, Certification and

Watchkeeping for Seafarers; STCW)：涉及船員操作船舶標準所應修正部分，包括：STCW 公約對航海人員訓練、發證與當值標準的修正；對於未來自主船舶操作及當值，對船舶人員操船與維修的法定配額及職責的修正；使用遠端方式操作船舶的規範；自動化船舶及自主船舶遠端操船之人員的勝任能力及權責等事項。船員之勝任能力為港口國管制之檢查重點之一，對自主船舶之港口國管制檢查標準亦須重新規範。靠岸後面臨港口國管制官員上船檢查船況、ISPS Code 遵行情形，船公司可能需要港口的分公司或代理行派員代表溝通。

3. 海上避碰國際規則公約 (The Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea; COLREGS)：自主船舶可能無當值人員，現行法規無法規範自主船舶在避免碰撞所採取的任何行動，包括：如當時環境許可，應是積極的，及早地進行和充分注意，運用良好的船藝 (但在自主船舶操作上如何界定良好船藝)。船舶發生碰撞，須判斷是否歸因於船舶機具問題，或岸上操船人員遠端操作有誤，故應該要有新的規範來界定。
4. IMO 其他公約、ILO 公約亦須配合修正，包括：防止船舶污染國際公約 (International Convention for the Prevention of Pollution From Ships)、載重線國際公約 (International Convention

on Load Lines)、海上搜尋救助國際公約 (International Convention on Maritime Search and Rescue)、商船最低標準公約 (Merchant Shipping Minimum Standards Convention) 等 (馬豐源，訪談資料，2021)。每一港口的智慧化系統與船公司購置的自主船舶介面都不盡相同，目前 IMO 尚未制定統一標準，全球各港也無統一規範，而自主船舶之自動導航如何靠泊碼頭，引水人如何去引領船舶，亦須新規範 (劉詩宗，訪談資料，2021)。

伍、自主船舶之調派與操作

創新科技應用於改善自主船舶調派與操作程序，可提升服務品質，可使用之方法，包括：

(一) 自主船舶之調派方式

相較於傳統船舶，自主船舶的調度彈性比較小 (劉詩宗，訪談資料，2021)。若將來部分採用自主船舶其與傳統船舶則在船隊調配，可能採下列方式：

1. 遠洋航線與近洋航線

考量遠洋航線有通訊及長距離執行緊急應變可能性，而須考量能否精確控制船舶，並克服網路及航行安全問題，遠洋線船舶遠端操控及故障救援較不易。因此遠洋航線可能仍採傳統船舶，近洋的部分可

使用自主船舶。但在另一方面，仍視不同航線之風險及成本評估而定。近洋航線船舶靠港頻次高，在靠港時改人工操作，且進出港較頻繁，靠港之風險及成本可能會較高(張建仁，訪談資料，2021)。

因為每一港口的特性不同，潮差、水深、港口大小、碼頭長度都不一樣，較難設定一個大家可以通用的標準。每一船公司有自己的經營目標，船公司發展自主船舶要對公司產生最大利益，對 A 公司是最大利益，對 B 公司則可能不是。假設遇到颱風天，A 公司的決策為開慢一點穿過颱風，有些公司認為要避開。亦因燃料不同，判斷結果也不同，而有不同的指令或操控設計決策(劉詩宗，訪談資料，2021)。

2. 國內航線與國際航線

自主船航行涉及技術、管理、法律、政策等諸多影響因素，較適合在相對簡單的場域循序漸進推動，例如在國內航線特定航段的內河、沿海運輸。為配合自主船舶航行在國際航線，各項 IMO 公約、ILO 勞動相關公約等都要更改，牽涉層面很多，需要較長時間解決問題。對國內航線之離島航運，或緊急醫療後送，可以遠端遙控。短程在封閉區域(例如港區內的交通船、工作船)，亦適合自主船舶，對開放水域或是長程運送，可能較適合傳統船舶，因為水域比較複雜。以臺灣為例，自主船舶可能用在小琉球到屏東，基隆到高

雄，基隆到馬祖航線，但對臺灣到日本航線則較難(馬豐源，訪談資料，2021)。

3. 散裝船與貨櫃船

在貨種上自主船舶較適合起訖點單一、線路固定的散裝貨運輸。散裝船之作業過程比較單純，貨櫃船比較複雜，歐洲目前的案例也是先考慮散裝船採自主船舶。但有些散裝船在各航次間有洗艙需求，是否得以機械代替人工，仍存疑。而散裝船運價通常較低，船舶資本成本占其總成本比例高，船公司是否會投資較高價之自主船舶運送散裝貨物，仍有成本及競爭力之考量。

(二) 作業程序及服務品質改善

自主船舶管理可透過創新科技之運用，導入企業內外部資源(包括船舶設計及造船業、船舶管理公司、船員訓練機構、船員招募調派機制等)，改善船舶作業及營運安全，提升船舶作業效率與服務品質。

在船舶科技及設計上，須瞭解航運企業需要哪些新興科技，該如何使用才能達到最大利益，並考量科技應用及使用自主船舶的成本效益。自主船舶要大規模替代現有運行良好的傳統船舶，仍很困難，但得以輔助駕駛設備作為傳統船舶的過渡升級。一方面，技術將推動管理精細化，另一方面，降低船員工作量，填補船員的短缺(馬豐源，訪談資料，2021)。

作業程序及服務品質上，須瞭解作

業、決策、內控、溝通協調及品質管理等程序的效能及效率。在人力組織方面，則需思量該如何調整人力資源調配，並由人員應用創新科技才能達成組織目標。

(三) 自主船與岸基系統及港埠互動方式

自主船舶應用創新科技時，應考量其與岸基系統及港埠互動。

1. 船、岸智能化須整合發展

自主船舶發展與岸基系統智能化須相輔相成，應確保船舶與岸上操作人員間之雙向、精確、及時的溝通，以最大程度降低風險。在自主船舶發生問題時，若船上有人，則可藉由輸入密碼把指揮權拿回來。若船上無船員，自主船舶在設計上應使遠端操控人員可以拿回指揮權，使船公司仍須能掌控船舶，例如不能偏航、盡貨物照料義務等(劉詩宗，訪談資料，2021)。

遠洋航線的自主船舶維修、船舶監控系統很重要。若偵測系統感應到異常，應可緊急處理。若發現主機、發電機、幫浦有問題，應通報船公司，就近靠港，或停來在附近的港口進行維修，以備品進行替換(張建仁，訪談資料，2021)。若有船員在船上，可使用模組化的概念抽換故障部分之零組件。被駭客進入時，自動化沒有辦法處理，就抽換掉中毒部分，或抽換硬體設備，但前提是在船上有備品。如果整套電腦系統有 50 個模組，就要有 50 個備品(劉詩宗，訪談資料，2021)。

因應海上階段之船況、海象及事故(例如船上偷竊)、海浪級數、火災調查與保存等行為，部分可交予人工智慧處理。但牽涉及貨物照料，特定物流要求(例如超大件、危險品、散雜貨之積載)，其進出港介面仍需要岸上進行控管。此部分亦涉及運送人的運送義務及責任，各個貨物要求之注意及每個港口的智慧化程度不一，可能仍有賴人力介入(劉詩宗，訪談資料，2021)。

2. 自主船舶要解決進出港與港埠互動關係

IMO 分四個階段定義自主船。若是第一階段，因有船員在船上，可以察覺進出港各項情況。第二階段，進出港的時候可能還會改成手動，因仍有船員在船上。第三階段，沒有配備船員，可能需要港口的配合。自主船舶在靠碼頭需要靠感測器感應環境資訊，否則會產生碰撞。在進出港時，船公司可能要有一組人上船，由遙控改成手動，操控進出港作業。第四階段就是完全智慧化的船舶，若是進港的時候，繼續無人化，應解決領港要怎麼配合，包括自主船電腦系統是否有辦法與領港、拖船溝通。

目前通過運河是否可以用自主航行仍有很大的問題，可能仍需人和駕駛台系統配合(馬豐源，訪談資料，2021)。船公司可藉由物聯網中整合系統可以取得海運供應鏈(港口當局、船舶代理、拖船業者)上所提供的訊息，在做決策時得到更多的

資訊，讓整個供應鏈能夠做出更加明智且有效率的決策，並建立與其他船隻的合作決策關係(林上閔，訪談資料，2021)。

臺灣港務公司提出臺灣港群 Transform SMART 計畫 (Transform Sustainable, Modern and Advanced ports with Revolutionary Technology)，以智慧科技提升臺灣港埠作業安全與效率。船公司依商港法，進港前 24 小時預報進港，透過資料匯入系統分析出進出港的申請，傳送給 VTS 塔台。塔台就會通知船舶建議航向、航速、航行的方法、進入的港口。對於未按照建議操作，或偏離超過設定值，會告示可能會產生之危險。其他的功能包括裝卸貨物、商港內水氣象狀態，提供風向、潮差、高低潮，讓船舶進港以後靠碼頭，上下貨物更加便利(劉詩宗，訪談資料，2021)。

(四) 自主船舶調派與操作應克服之困難

創新科技應用於自主船，如大數據、區塊鏈、IoT 都仰賴數據之收集、分析。故須解決數據的準確度、數據取得困難、數據格式不相容、硬體設備問題。

1. 數據的準確性及取得困難。IoS 中的大數據來自駕駛台數據網路及整合系統、監控系統、自動辨識系統、船舶交通管理系統、船舶呼叫系統、環境監測系統。但若由使用者提供數據，可能會因使用者個人考量，或是為保護公司機密，而無法如實提供。此等數據大都個

別公司所有，不與公眾分享，導致取得相對困難。若無法獲得正確或充分的資料，將導致結果錯誤分析，使決策判斷錯誤。大數據分析的數據須進行比對、分類，才能瞭解當下的船況和機器狀態，分類後才能做分析。若數據不夠大，則出來的東西是很狹隘的。無足夠數據運算及分析支持，操控就會產生很多問題。數據量亦涉及網路頻寬是否足夠。自主航行，牽涉到自主決策，水動力學，不論是航行航運，網路通訊，因此要有足夠的寬頻才能夠因應傳感器，若頻寬不夠則無法航行(馬豐源，訪談資料，2021)。若數據部分還是需要由人工進行輸入，有可能發生輸入資料錯誤。若數據不完整或是不連續，會影響數據分析正確性及決策品質。

- 2. 數據的相容性問題。**若數據來自不同的機具設施，格式可能不同，且彙整分析系統沒有相容的程式作轉換，可能發生數據分析錯誤或是數據無效。區塊鏈常因各公司的格式不同，而須加入區塊鏈聯盟。若聯盟內仍須統整，則會造成船公司整體流程需要改變。區塊鏈結合各船公司及航運周邊相關企業一起組成聯盟，加上政府其他相關單位，並且進行標準化，但可能只在風險較小的部分開放。若技術上沒有困難，但是否擴大適用範圍，仍有待觀察。
- 3. 硬體設備問題。**IoS 需要硬體及智慧化軟體搭配，運用區塊鏈將船舶管理中的

數據結合，把資訊集中在一起。機器的部分則須與數據、航行、船況分析連結在一起(馬豐源，訪談資料，2021)。但可能因硬體設備品質控管不當，使數據輸出有誤。此外，碼頭、船公司或航運主管機關之控制中心不論在碼頭機具設施或使用資訊系統皆須能解讀或配合自主船舶、自動化船舶之數據，才能發揮預期效能。而自主船舶在維修上受到限制，尤其在遠洋船上。若在海上機具、系統突然故障沒有海員則無法及時修理，其數據之發出、接受及處理將生問題(劉詩宗，訪談資料，2021)。

陸、船員人力創新策略

隨著船岸工作者收入差距的縮小，船員短缺現象會越來越普遍，無人船能夠有效替代大部分海上勞動力(馬豐源、林上閔，訪談資料，2021)。但若有海員在船上，應比較容易處理緊急事件。沒有船員在船上，而由遠端來遙控，可能會產生連接系統的障礙(張建仁，訪談資料，2021)。自主船舶之採用必須有船員人力創新配套策略，包括：

(一) 人力資源與組織調整

自主船舶設計及不同的發展階段，會影響其船員之資格及招募人數。自主船舶在緊急的時候還是需要有人操船，不論在

遠端操作或在船上之船員仍須由 STCW 之國際公約規範(馬豐源，訪談資料，2021)。在船員資格及招募人數上，自主船舶之遠端操控須招募兼具資訊技能的人員及有航海經驗的人員。IMO 不同船型(貨櫃船、油輪、LNG 船等)的專業要求都不同(劉詩宗，訪談資料，2021)。可在操船模擬機上增加自主船訓練，使船員在自主船舶的派任上面會比較有彈性(張建仁，訪談資料，2021)。

在船舶安全管理上，根據歐盟海事安全署統計有 54% 的海上事故乃是因為人為因素所造成，系統故障占 28%，人為因素包含生理問題、藥物、酒精、溝通問題等(BIMCO/ICS, 2015)。自主船舶可減少人為因素造成之安全管理問題，但亦涉及船舶軟硬體設施、船舶操作、遠端操控之船員管理、作業程序及稽核制度等。

在船員調派上，如果是百分之百的自主船舶，不是每個港口都可由智慧化電子裝置與自主船舶直接溝通。船到港口時，可能需要一組船員上去接船，把船開到碼頭，並在出港時就把船開至港外。船公司可能會安排在比較常靠的港口，僱用一群人在做這件事。對不是常靠的港口，可能透過代理行找合適船員來服務(劉詩宗，訪談資料，2021)。

(二) 船員與岸基人員之教育訓練

自主船舶更需要專業技能、專業人員，應使用具有經驗之船員，透過訓練，

可養成自主船舶操作專業知識。對於岸基人員亦同，可由船員轉職(馬豐源，訪談資料，2021)。自主船舶之船員及岸基人員之教育訓練，應考量下列因素：

1. 加強船員之工程技術、邏輯培訓。工程技術培訓包含輪機、造船、電子航海。邏輯及判斷一定要很清楚，否則程式寫出來會有問題、軟體及硬體介面的整合都會有問題，故須加強邏輯和批判思維訓練(馬豐源，訪談資料，2021)。自主船舶相關科技是相對較為尖端，船員之資訊技術相關知識的廣度和難度將會提高，但未來會變的比較普及。很多船員都要做多元專長訓練，例如：需要數據分析、自動控制能力。亦須執行保養，若沒有保養好，船況就有問題(劉詩宗，訪談資料，2021)。因應船舶管理創新，作業流程會與傳統作業方式之不同，例如智能合約、區塊鏈，都需要一些資訊操作技能與數據分析能力，自主船舶所需要運用的資訊技術與相關知識的廣度和難度將會提高，須懂得分析才能知道問題所在，可針對原先不會使用自主系統的船員進行培訓。
2. 自主船舶將朝全自動化發展，但仍需岸基人員進行遠端操作，因此：
 - (1) 岸基操控人員，也應有船員背景，例如資深船長，培養其資訊能力，並搭配輪機人員，可遠端排除障礙。由有經驗的人員對船舶的航行

提供技術資源及決策，也比較好溝通，下達指令，接收指令的速度也比較快。未來亦可能會用機械人員去學輪機專業(林上閔，訪談資料，2021)。但在長遠上，自主船舶不須船員操作，未來將無資深船長或輪機長。此等遠端操作人員是否可經由進行全新的船員培訓課程得到相關技能，仍有疑問。

- (2) 岸基人員僅能看到電腦螢幕顯示資料。但若在電腦上面沒有顯示那個地方變淺，進去就會造成所謂的淺水效應，船進去就出不來。如果由岸基人員管轄船隊，岸上要怎麼跟船上人員去協調，故需溝通能力。緊急狀態要尊重船上的人，一定是依據當下他們在船上看到的狀態去做調整(馬豐源，訪談資料，2021)。船岸互動及溝通方式也會因系統創新、機具操作的創新、流程的創新，需要更多會操作資訊系統以及維護系統的員工。在主管與內部員工支持上，自主船舶管理須改變作業流程、作業規範，員工須學習新技能並調適新的作業程序。每一改變對某些員工總有得失及適應問題，故須要高階主管支持，在短中長期目標上建立創新政策及策略，以執行創新管理。
- (3) 以無人化的主機操車時，不是在岸上就可控制船上的速度，船上的速

度乃是根據主機的馬力，而主機的馬力是根據主機的內部動力，能夠輸出的多少馬力，輸出多少轉數，產生多少船速。將來若改成電動化船舶，用電力推進，可由控制電流達到控制船速，但仍需很高的科技，故須思考每一艘船舶的特性。即使船型相同，但操作特性未必一樣，因為涉及裝載貨量，其慣性量會不同。在岸上操控，可能因為沒有及時更新資訊，導致船舶速度比預定還要快速，產生應如何去避碰，要多少前置距離之問題。船舶也要能夠彼此識別的方向，防止避碰，故需專項培訓(馬豐源，訪談資料，2021)。

- (4) 岸基人員仍掌控、操作自主船舶，故亦須符合 STCW 公約規範。岸基人員除具備船舶基本能力，仍須經過海上或陸上一定時間由實證訓練經歷，才能取得資格(張建仁，訪談資料，2021)。在船舶管理各方面都應遵循公約與法規規範，包括輪機、造船、航海、航管，公約、國內法規(馬豐源，訪談資料，2021)。相關公約與法規均須修訂，以規範到自主船舶的操作，降低船舶的危險性。
- (5) 岸基遠端操作人員應增加領導力培訓。對遠端操作人員教育訓練中，領導力培訓要強化，才可管得動多

艘船舶。對不同航線、海況及船型，要有下達適切指令的能力。指令要明確，才能執行。領導能力包含溝通能力(語言、訊息)(馬豐源，訪談資料，2021)。

柒、自主船舶之安全與風險管理

安全是船舶管理重點之一，藉由大數據、區塊鏈、IoT 等新科技，以降低因為人為疏失，例如注意力不集中、疲勞、資訊攝取錯誤等疏失所造成之不安全，並提升安全性與效率。但創新科技運用網路科技，仍有隱私、網路安全、軟硬體設施失效等問題。

1. 防止駭客入侵

在收集大數據的過程需要收集消費者、使用者資料，但自己的資料也可能暴露在網路上。若資料無完善的保護，或對於數據的保護管控有疏失，將有被盜取，導致資訊流失之風險。駭客可能運用網路科技取得船舶控制權，使船舶改變航行方向。可參考其他運具上面是否有駭客入侵的個案，來進行防範(林上閔，訪談資料，2021)。

大數據及 IoT 之數據亦可能因此被掠奪，導致顧客與使用者的資料外洩。若此資料具有商業價值，可能會損害顧客利益，進而損害公司整體利益。故應透過雲

端系統，偵測駭客入侵，及時控制安全系統，偵測駭客位置，找到犯罪者（陳正偉等人，2019）。IoT 建構場域範圍也較大，資訊也較透明公開。某些未授權或驗證的數據會產生安全疑慮，若無完善方式執行網路安全，在船舶、港口、倉庫、供應商彼此間無法建立起一個安全的網路（Zhang, 2018）。

2. 軟硬體設備之維護

自主船舶相較於傳統船舶，會由更多硬體設施進行操船。此等硬體設施可能會遭受到腐蝕、蟲蛀、火災等風險，導致船舶迷航。雖然自主船舶有 AIS、VTS、虛擬實境、自動避險等功能，但面對天然重大災害如海嘯、颱風不可預期的天災，資訊及通訊系統功能易受天候影響或干擾，甚至故障。若船上無船員則無法即時修復。其他硬體方面，因 IoS 仍須依賴通訊衛星來傳遞指令，衛星容易有寬頻限制問題。在氣候條件不佳的情況下，訊號微弱，可能使船舶迷失航行方向。

3. 發展與自有自主船舶應搭配衛星系統

駭客侵入，可能導致自主船舶故障。要跟衛星做結合，使船舶不致在大海裡漂流，或是跑錯目的地（劉詩宗，訪談資料，2021）。目前全球有四大衛星系統，美國 GPS 系統、大陸北斗七星系統、歐洲伽利略定位系統、俄羅斯格洛納斯系統。可以透過衛星掌握船舶行蹤。若被衛星控制，船舶就會被操控進而迷航。因為衛星

是可隨時關掉，因此應該發展出屬於自己的衛星系統，以防迷航、被監視與操控。將來可能以比較便宜之低軌道衛星，發展出自己的衛星系統（馬豐源，訪談資料，2021）。

4. 船舶碰撞風險

船舶發生碰撞之原因，可能為機具本身的故障，或岸上遠端操作不當、或天候因素導致誤判或通訊失效等。船舶常因人員的操作疏失導致海難的發生，自主船舶的發展可減少船員因素所導致之疏忽。但影響海上航行安全因素甚多，在多變的海象下，需要格外考量船舶的環境偵測、避碰規劃等問題。若發生自主船舶與傳統船舶碰撞，甚至對方是漁船的情況下，雙方應如何通訊避碰。若對方不理會或未能遵守海員常規航行，還是會導致碰撞。自主船之預設程式或遠端控制人員能否完全掌控情況及作出正確指令，其責任歸屬與鑑定可能與傳統船不同。

5. 海盜及保全風險

海盜攻擊船舶主要的目的是要搶奪船員及船上財產。自主船舶船上配置的船員人數較少，出入口的通道設計會較一般船舶狹窄，可使海盜較不容易進入且較難以攻擊，攻擊的誘因也較少。而若海盜真的進入也可以透過安全管理系統將全部電源關閉，讓海盜無法把船舶開走。在大洋航行的過程中是否海盜或偷渡客入侵，需要檢查，但較無法預防。

捌、結論與建議

1. 結論

自主船舶之未來發展其船舶管理將有如下特性：

- (1) 採納自動化、數位化，自主船舶可節省船員有關成本，也因為船舶設計更為輕巧而減少燃料消耗及船舶操作成本。儘管自主船舶發展初期的建造成本較高。但在未來科技成熟後，將會使成本降低，能夠達到經濟優勢。
- (2) 自主船舶用人工智慧取代傳統勞力，能有效替代大部分的海上勞動力，可舒緩船員人力供給不足之困難，也能降低因船員因素造成海難事件的機率。尤其近期新冠狀肺炎盛行，為因應防疫政策，船員在港區活動必須受限，較嚴格的規範可能導致船員無法下船、碼頭工人減少，導致塞港。若是使用自主船舶搭配智慧港口，則可以較少的船員與港口人員進行船舶的裝卸作業，可在符合法令規範的情況下，提升作業效率。
- (3) 自主船舶將來的建造不需要船艙空間、住艙以及通風、加熱、排污系統，可以擁有更大的貨物運載量及更低的風阻。自主船舶科技能夠促進全球範圍內的動態及時管理。在

搭配智慧化港口，降低衛星通訊成本後，可提升船隊利用率，降低船舶運輸與物流、供應鏈成本。

- (4) 自動化及自主船舶之船員須符合國際公約，得先以現有經驗船員進行培訓。亦有認為將來自主船舶不會船上一位船員都沒有，此等船員仍需由 STCW 國際公約規範，才能夠確保船員符合適任標準。自動化及自主船舶之構造與操作方雖與傳統船舶不同，但仍屬於船舶之操控。遠端操作人員應瞭解此等船舶在某些水域會遇到何種狀況、會發生何種問題、應如何因應操控自主船舶。除原先具備的海運知識，亦應該增加資訊專業知識、工程科技、邏輯培訓、領導力之培訓以利自主船舶之操作。
- (5) 在 IoT 方面，可透過大數據分析船舶運行各方面的數據，並將船舶資料、海況、航行狀況串聯在一起。亦可運用區塊鏈不可竄改之特性，取得安全的網路作業環境，並在岸上在遠端對船舶的航行提供技術資源及決策。
- (6) 自主船舶的發展將改變過往船舶建造規範和成本，已有部分國家設定為政策推動發展，如北歐。IMO 及 ILO 未來亦須修訂相關國際公約，以因應自主船舶的操作，例如：安全規範、碰撞規範、載重線與穩

度、商船與漁船船員訓練、搜尋與救援、噸位丈量、安全貨櫃、特殊貿易客船等。這些規則的修訂需要較長時間。

- (7) 自主船舶需與貨物裝卸作業、港灣作業相配合。但因各港口特性不一，潮差、水深、港口大小、碼頭長度狀況不同，貨物特性亦不同，各船公司操作船舶所考量之因素不同，而需彈性調整之智慧化系統。
- (8) 面對自主船舶的管理問題，須運用風險管理方法，對船舶設計、操作樣態都做風險辨識、風險管理。
- (9) 未來自主船舶將以應用於近洋居多，商用自主船舶之航行涉及技術、管理、法律等諸多影響因素，適合在相對簡單的場域循序漸進推動。在航行水域上較適合特定航段的內河、沿海運輸，在貨物種類上更適合起訖點單一、線路固定的大宗散裝貨運輸。

2. 建議

本研究對自主船舶管理未來發展及因應對策之建議如下：

- (1) 對自主船舶之研發應朝制定統一標準，使各船公司之自主船舶具備統一規格，並使港口找出使自主船舶順利進出港之因應方法。標準化之效益甚多，包括產生經濟規模、提升船舶操作安全、在 IoT、IoS 上各方得以協作無縫接軌、易以標準課

程培訓船員、工程人員及船舶操作人員。

- (2) 自主船舶航行在較複雜的水域，則可能會發生與傳統船舶碰撞之事件。又因船舶的性能不同，其考量的問題較為複雜，故可先避開有爭議的水域進行試航，降低碰撞風險。
- (3) 海事相關教育機構應在船員訓練課程中納入資訊培訓課程、工程課程、邏輯與領導力培訓課程，以增加船員競爭力，並與未來發展趨勢接軌。現階段應優先招募有經驗之船員進行自主船舶操作與測試，培訓自主船舶相關知識，作為未來自主船舶操船之種子教師。自主船舶科技相對成熟後，可以招募有資訊背景之人員作為岸基之遠端操控人員。
- (4) 現階段得以自動化輔助駕駛設備作為傳統船舶的過渡至自主船舶之輔助過程。自主船舶亦應發展健全之輔助駕駛系統，在必要時能夠取回船舶操作權。岸基人員與船上人員訓練中應強調彼此相互合作。因岸基人員僅能從銀幕看船舶狀態，對於現場船舶航行情況還是會有盲區。在海上端有緊急事件時，岸基人員應聽取海上人員建議。
- (5) 船公司應多加運用現代科技，進行組織及作業程序創新，藉此提升利潤與效率，降低成本。岸基人員

需要協調船上操作人員，並與之合作，建立完善的船岸協同合作，應建立船岸協同合作機制、輔助駕駛系統，使自主船舶發展與岸基智能化相輔相成。船舶與岸上操作人員之間須雙向、精確、及時的溝通。

(6) 在風險管理上，應依自主船舶需求，發展專屬的衛星系統，以克服自主船舶所面臨之安全問題，包括：

- a. 海盜、竊盜、駭客入侵。若駭客入侵則將導致莫大的損失與危險，目前自主船舶尚無確切可以完全防護駭客入侵之辦法。自主船舶的航行多仰賴衛星系統，可以透過衛星掌握船舶行蹤。但若衛星被控制，船舶將可以被操控偏航。因此有必要發展出屬於自己的衛星系統，藉由衛星將駭客病毒與資料刪除或以重新下新指令，以防迷航、被監視與操控。將來可發展低軌道衛星，成本較低，干擾也會比較少。
- b. 自主船舶因船上人員減少，故可減少人員生活、操作、住艙的空間，進而發展出可以使海盜、竊盜較難攀登之船舶型態，以防止海盜登船。

參考文獻

林上閔，訪談資料，2021。

邵揮洲、鄧維光、慈復明、侯廷偉，2018，智慧海運與船舶能源管理之數據分析——智慧海運與船舶能源管理之數據分析(III)，科技部成果報告，臺北市。

馬豐源，訪談資料，2021。

張建仁，訪談資料，2021。

陳正偉、朱學亭、何承遠，2019，AI 智能、自主與無人駕駛的船舶，第十二屆資訊教育與科技應用研討會發展之論文，中臺科技大學。

黃至德、楊家宏、王天佑，2019，自駕船研析之回顧與展望，中國工程師學會會刊，92(4)，102-113。

劉詩宗，訪談資料，2021。

謝明志、蘇青和、黃茂信、翁健二、潘郁仁，2020，船舶航行安全大數據資料庫應用與分析，交通部運輸研究所報告，臺北市。

Aslam, S., Michaelides, M. P., & Herodotou, H., 2020. Internet of ships: A survey on architectures, emerging applications, and challenges. IEEE Internet of Things journal, 7(10), 9714-9727.

BIMCO/ICS. 2015. Manpower Report The global supply and demand for seafarers in

2015 Retrieved from <https://www.icshipping.org/publication/manpower-report-2015-executive-summary/>

Danish Maritime Authority, D. M., 2017. Analysis of regulatory barriers to the use of autonomous ships. Danish Maritime Authority. https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2018/01/DMA-Analysis-of-the-regulatory-barriers-to-the-use-of-autonomous-ships-2017_12-1.pdf

Knight, K.E., 1967. A descriptive model of intra-firm innovation process. *Journal of Management*, 40, 478-496.

Kobyliński, L., 2018. Smart ships—autonomous or remote controlled?. *Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin*, 53(125), 28-34.

Liu, R. Perez, J. A. Munoz, and F. Regueira, 2016. Internet of Ships: The future ahead. *World Journal of Engineering and Technology*, 4(3), 220-227.

