

應用品質機能展開法探討後疫情時代港埠物流之回復力—結合港埠物流經營者及航運業者之觀點

Applying Quality Function Deployment to Analyze the Resilience of Port Logistics in the Post-Pandemic Era: Combining the Perspectives of Port Operators and Shipping Company

陳舒琦 (Shu-Qi Chien)¹、林素瑜 (Su-Yee Lim)^{2*}、黃聖騰 (Sheng-Teng Huang)³

摘要

近年來，港口物流產業面臨的不確定因素比以往更多，例如 COVID-19、蘇伊士運河阻塞等。這些不確定性因素極大地影響了全球航運供應鏈，如高運費、港口擁堵等相關問題。本研究旨在提高後 COVID-19 時代港口物流的韌性。透過多層次品質機能展開(QFD)方法探討後疫情時代港口物流的韌性提升策略，針對當前面臨的挑戰如高運費和港口擁堵等問題，提出「鼓勵港口自動化與數位化」、「實施 24 小時運營」及「增加乾港的建設」三項核心技術解決方案。本研究的創新之處在於建立了一套考量多方觀點的港口物流韌性決策支持工具，特別強調服務提供者的需求，為實務工作者提供了一個新的視角來應對港口物流的韌性問題。

關鍵字：港埠物流、回復力、多層次品質機能展開、後 COVID-19 時代

Abstract

In recent years, port logistics industry is facing more uncertain factors than before,

¹ 國立臺灣海洋大學航運科學系碩士；E-mail: sukichien98@gmail.com。

^{2*} 國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士生；E-mail: 11273045@mail.ntou.edu.tw。

³ 國立臺灣海洋大學航運科學系副教授；E-mail: danielhuang@ntou.edu.tw。

such as COVID-19, Suez Canal blockage, and so on. These uncertainties have greatly affected the global shipping supply chain such as high freight rates, port congestion, and other related issues. This research aims to improve the resilience of port logistics in the post COVID-19 era. Multilayer quality function deployment (QFD) was used in this study to investigate post COVID-19 resilience strategies by combining the views from multiple parties. The results propose three important resilience strategies (technical solutions), namely: “Encourage port automation and digitalization”, “Implementation of 24-hours operation” and “Increase the construction of dry ports”. Lastly, building a decision support tool for solving the port and logistics resilient issues. Practitioners could refer to this research to consider the resilient port logistics issue from multilayer QFD framework. The service provider’s voice is considered, and this is the key difference from previous studies.

Keywords: Port logistics, Resilience, Multilayer Quality Function Deployment, Past COVID-19 era

壹、緒論

1.1 研究背景與動機

港口作為全球海洋供應鏈不可或缺的核心環節，其運作的任何中斷都可能對世界經濟造成深遠的影響。港口與航運業之間存在著高度的依賴性和連接性，它們的可持續運營對於國家的持續發展與繁榮至關重要。作為全球貿易和供應鏈的重要組成部分，港口不僅推動了海上貿易的增長，也為其做出了重要貢獻。然而，港口面臨著包括自然災害、罷工、戰爭等多種不確定性因素的挑戰。2020 年初爆發的

冠狀病毒(COVID-19)導致了自 2009 年金融危機以來的第二次全球危機，對國際貿易和全球供應鏈造成了全方位的重大衝擊。聯合國貿易和發展會議(UNCTAD, 2021)的報告顯示，受 COVID-19 影響，2020 年國際海運貿易量下降了近 4%。COVID-19 的出現使得主要航線上的集裝箱供需出現了嚴重的失衡，全球各地的港口都受到了不同程度的影響。此外，各國的疫情防控政策也導致了勞動力短缺，進一步增加了全球航運市場的不確定性，如貨物供需失衡導致的嚴重貨物和集裝箱短缺、港口擁堵、高昂的運費、航班不可靠等問題。根據聯合國貿易和發展會議

(UNCTAD, 2022)的報告，2021 年運費達到了疫情前的四倍，創下歷史新高。例如，2019 年上海到南美的航線費用約為每 TEU 2,000 美元，但到了 2020 年 12 月升至 6,543 美元，2021 年 12 月更是達到了 10,196 美元。2022 年 1 月，洛杉磯和長灘港口經歷了史無前例的擁堵，外海等候泊位的船舶數量達到了 109 艘，嚴重的延誤導致供應鏈效率極低(Global Maritime Hub, 2022)。

COVID-19 引發的中斷不僅暴露了現有供應鏈的脆弱性，也突出了加強供應鏈韌性的迫切需求。這一全球性衛生危機凸顯了確保供應鏈連續性的重要性，呼籲建立更佳的韌性、響應迅速且靈活的供應鏈體系。作為全球供應鏈的關鍵環節，港口運營的任何中斷都將對全球貿易和經濟造成嚴重影響。因此，在面對危機導致的港口中斷時，快速恢復至中斷前的狀態，確保供應鏈的順暢運轉，成為了一項特別重要的任務。

1.2 研究問題

鑑於此，本研究旨在探討如何提升港埠物流業者在面對突發事件(如疫情)時的回復力。具體而言，我們將分析港埠物流業者在塞港事件中的脆弱點，並探討通過改善作業流程、增強危機管理能力、以及提升技術應用(例如自動化和數位化技術)

等方面的策略，以增強其抗壓能力和靈活應變能力。同時，為港埠物流業者提供針對性的策略和建議，以應對類似塞港這樣的突發事件。這些策略旨在最大限度地減少未來事件的影響，並確保港埠物流業者能夠有效、迅速地恢復正常運營，從而支持全球供應鏈的穩定和經濟發展。

1.3 研究目的

本研究旨在深入探討後疫情時代港埠物流業者的回復力，特別是在面對突發公共衛生事件和供應鏈中斷的情況下。主要研究目的包括：

1. 透過研究背景與動機，建立研究目的。
2. 藉由文獻回顧得出後疫情時代航運業者需求、港埠物流經營者需求、及港埠物流回復力技術需求。
3. 採用重要性滿意度分析法(IPA)得出航運業者及港埠物流經營者之標準化權重，透過衝突矩陣的建立，以平衡雙方之服務需求。
4. 透過衝突矩陣交叉分析後，將權重分別帶入航運業者及港埠物流經營者需求之對應品質屋(House of Quality)，透過專家審查後並取得各項服務需求和技術需求之關係矩陣。
5. 建立第三構面評估，計算出技術需求(改善策略)之重要性權重(Importance Weight)。

6. 得出提升港埠物流回復力之技術需求(改善策略)及優先執行順序。
7. 提出結論與建議,供港埠物流業者及後續相關研究作為參考及依據

透過這些目標,本研究期望為港埠物流業者提供實用的指南和建議,幫助他們更好地理解航運業者的需求和期望,並在後疫情時代提升其競爭力和回復力。

貳、文獻回顧

2.1 港埠物流

從產業發展視角出發,港口物流被視為一個全面的物流體系,並且在現代物流流程中扮演著關鍵角色。港口不僅是一個服務平台,其藉由裝卸作業、貨物集散、分配及其複雜的運輸特性,為周邊地區提供了一個集商業流動、貨幣流動、資訊流通及人力資源流動等服務的聚集點(Vieira et al., 2015)。Sarkar et al. (2022) 進一步指出,港口物流是涵蓋全球貿易、環境持續性、自動化、供應鏈管理、智慧科技、港口運營及航運公司等多方面複雜過程的一部分。具體而言,港口物流活動範圍廣泛,包括但不限於集裝箱場的定位、從船隻至集裝箱場的裝卸作業、貨物儲存與運

輸、以及海關清關等一系列流程(Nguyen et al., 2022a)。

2.2 COVID-19 對港埠物流的影響

COVID-19 大流行對全球港口物流造成了深遠的影響,呈現出若干顯著的特點。首先,全球供應鏈遭遇前所未有的中斷,造成航運延誤或取消,以及商品需求下滑。其次,為降低 COVID-19 的傳播風險,港口採取了一系列嚴格的健康和安全措施,包括進行體溫檢查、強制佩戴口罩和實行社交距離。此外,隨著各國實施封鎖和限制措施,貿易流動發生轉變,需求和供應模式隨之改變。在實體店鋪關閉和社交距離需求推動下,電子商務活動大幅增加,進而推高了對物流服務的需求。大流行期間的勞動力短缺,由於隔離措施、疾病和旅行限制,導致生產力降低和貨物處理等候時間加長。總之,COVID-19 大流行不僅改變了全球貿易模式,也促進了對健康與安全措施的加強,以及對電子商務和數位化的更廣泛關注(Nguyen et al., 2022b)。

2.3 回復力

“回復力”這一概念最早源於生態學領域,旨在描述生態系統面對外部干擾時,仍能保持其健康狀態的能力。因此,回復

力被視為一種系統概念，它在交通系統、經濟系統、社會及社區系統以及組織管理等多個領域得到了廣泛應用。在學術研究方面，Holling (1973)首先使用“回復力”一詞來描述生態系統的一項特質。他對此的定義強調了“吸收變化”和“持久性”兩個關鍵要素。回復力意指具備適應變化環境的準備和能力，以及快速吸收干擾並從中恢復的能力(Zhou et al., 2021)。回復力也被看作是系統在不利影響發生前，發展出預見、識別、預期和抵禦變化風險的能力(Starbuck and Farjoun, 2005)。

表1的研究對回復力進行了多方面的探討和分類。這些研究採用了包括熵權方法、QFD方法、次級研究以及半結構化在線訪談在內的多種方法。這些建議旨在通過數位技術、風險應對機制和應急計劃等途徑提升港口的回復力。先前的文獻已經呼籲針對港口在面對其他突發不確定性事件，特別是全球性疫情影響下的回復力進行深入檢視。隨著全球疫情成為新常態，探究如何在後疫情時代建立具有回復力的港口成為了一項重要課題(Notteboom and Haralambides, 2020)。

表 1 回復力相關文獻

作者	研究主題	研究方法	研究結果
Liu et al. (2023)	Port resilience in the post-COVID-19 era	Entropy Weight Method	向港口決策者提供切實可行的建議例如提高政府效率和採用技術創新(尤其是數字技術創新)為地方政府建設“智能港口”、地方政府應積極推進港口與腹地的融合等。
Shi et al. (2023)	Improving the resilience of maritime supply chains: The integration of ports and inland transporters in duopoly markets	Nash – Stackelberg Game	結果提出三個建議：港口可以與內陸物流供應商整合，以提高海運供應鏈的效率和彈性、政府需要積極培育多式聯運市場主體，使其具備整合多種物流資源的能力、建立一個風險應對機。

表 1 回復力相關文獻(續)

作者	研究主題	研究方法	研究結果
Chua et al. (2022)	Maritime resilience during the COVID-19 pandemic: impacts and solutions	Secondary Research and Semi-Structured Online Interviews	COVID-19 對全球經濟產生了負面影響，改變了全球貿易網絡。目前航運管理公司採取的策略包括船員變更管理、運力管理和延長船舶證書，而離岸產業則選擇與石油巨頭合作。
Kim et al. (2021)	The Framework for Measuring Port Resilience in Korean Port Case	Exploratory and Confirmatory Factor Analysis	結果驗證了該框架是一個基於九個因素的多層次結構，即穩健性、冗余性、可視性、靈活性、協作性、敏捷性、信息共享、反應性和恢復性。
Isti'Anah et. al (2021)	Supply Chain Resilience Analysis using the Quality Function Deployment (QFD) Approach in a Freight Forwarding Company	QFD	海運供應鏈的復原策略是：安排適當的資格認證，為員工提供培訓、擴大與供應商和航運公司的合作、制定適當的備份計劃、保持主要參與者之間的良好協調、並定期進行維護和更新 IT 系統。

資料來源：本研究自行整理。

2.4 COVID-19 對港埠物流的衝擊

航運和港埠運營的穩定性對國際貿易和全球供應鏈至關重要。然而，2019年 COVID-19 的爆發對海運產業和供應鏈帶來了巨大挑戰和衝擊。與其他不確定事件

相比，COVID-19對海運供應鏈各節點和利益相關者造成的負面影響更為長期。港埠中斷加劇了全球供應鏈的壓力，特別是在疫情初期，導致全球港埠吞吐量顯著下降。2020年2月，全球集裝箱港埠吞吐量指數下降至108點，環比下跌15.6%，同比下降4.4% (Drewry, 2020)。根據Drewry的分

析，儘管2月分因中國新年而導致港埠吞吐量通常較低，但2020年的下降主要是由於2019年底在中國首次發現的新冠病毒爆發。疫情和中國新年導致中國各地工廠停工，使得從亞洲到美國的貨物吞吐量下降，全球經濟受到需求和供應雙重打擊。2020年5月全球航班準時率為75%，到2021年5月降至僅39%，該月晚到船隻的全球平均延遲時間為6天，較2月分的7天高峰有所下降，但仍高於2020年大多數時間。到2021年12月，晚到船隻的平均延遲時間增至7.33天，連續五個月延遲超過七天(Sea-Intelligence, 2022)。

2021年，貿易需求反彈，消費模式也從服務轉向產品、藥品、個人防護設備和電子商務購物。世界貿易需求的增長本應是好事，然而規模之大以至於港埠和航運承運人無法應對，導致中斷和全球物流瓶頸(UNCTAD, 2021)。2021年，包括航運承運人、港埠和內陸物流提供者在內的整個海運供應鏈，都因集裝箱、設備和運力短缺而承受壓力。這種壓力導致嚴重的港埠擁堵、航運服務水平和可靠性低下，托運人需要在混亂的集裝箱航運市場中支付高昂的運費和附加費(Gruszczynski, 2020; Verschuur et al., 2021)。美國托運人甚至因極高的費率起訴航運公司，聯邦海事委員會(FMC)也嚴格監控航運公司的運費變化、航運延遲，確保公平競爭。2021年，集裝箱設備的短缺限制了航運運營，運費

上漲成為託運人和貿易商面臨的挑戰，因為小型託運人難以談判運費和預訂船上空間(Jin et al., 2021)。另一方面，如沃爾瑪或宜家等大型零售商甚至在當前航運市場中租賃自己的集裝箱或船隻(The Maritime Executive, 2021a, 2021b)。COVID-19的中斷暴露了現有供應鏈的脆弱性，需要變得更具回復力和響應性。

參、研究方法

3.1 多層次品質機能展開法

多層次品質機能展開法(Multilayer Quality Function Deployment, QFD)是傳統QFD結構的擴展呈現。在傳統QFD呈現中，顧客的聲音可能被轉化為改善顧客服務的關鍵解決方案。然而，多層次QFD可以同時結合多個顧客和服務提供者的聲音，然後將這些聲音轉化為防止港口物流中斷的回復力策略。這一想法最初由Duru et al. (2013)提出，他們結合了船東和租船人的多個觀點來評估租船市場的技術解決方案。Bulut et al. (2018)聚合了乘客和航空公司的意見，並將它們轉化為提升日本關西國際機場服務性能的技術策略。這一多層次概念可以處理多方參與者集會，因為機場同時向乘客和航空公司提供服務，通過融合他們的想法成為技術策略。

結果，建立了以航空公司為導向的品質屋和以乘客為導向的品質屋，以提升日本關西國際機場的服務質量。為了提升自由貿易區的服務性能，Huang et al. (2020)通過分析服務提供者和自由貿易區用戶的意見，應用多層次結構實證評估了臺灣自由貿易區的服務質量。通過收集服務提供者和用戶的意見，創造了自由貿易區的有用技術解決方案。通過使用多層次品質功能展開法調查過程，發現了基於服務提供者的品質屋和基於顧客的品質屋，以優先確定改善臺灣自由貿易區服務質量的適當技術策略。

3.2 交叉合成矩陣分析

多層次品質機能展開法透過建立品質屋來整合顧客和服務提供者的需求和觀點(Duru et al., 2013)。然而，由於雙方的需求可能存在差異，因此需要進行交叉合成分析以解決衝突。本研究採用了此方法，將航運業者和港埠物流經營者的需求和觀點整合在一起，並將雙方需求轉化為數值，以分析制定回復力策略的優先執行順序。以下是詳細的步驟和計算過程：

步驟(1): 令 R_i^s 和 R_j^c 分別為航運業者及港埠物流經營者之需求； i ($i=1,2,\dots,k$)和 j ($j=1,2,\dots,n$)分別代表航運業者及港埠物流經營者需求代碼，而 r_{kn} 代表第 i 項與第 j 項需求之相關程度衡量值，兩者之相關矩

陣為 A_{kn} ：

$$A_{kn} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{k1} & r_{k2} & \cdots & r_{kn} \end{bmatrix}$$

步驟(2): 令航運業者之第 i 項需求及港埠物流經營者之第 j 需求的相關原始權重分別為 w_i^s 和 w_j^c 。藉由交叉合成矩陣可知，航運業者之第 i 項需求與港埠物流經營者之第 j 項需求的相關權重可分別以(1)與(2)式表之：

$$\sum_{i=1}^k w_i^s r_{ij} \dots\dots\dots (1)$$

$$\sum_{j=1}^n w_j^c r_{ij} \dots\dots\dots (2)$$

步驟(3): 藉由交叉合成得到新的航運業者及港埠物流經營者需求，式(3)和(4)代表航運業者及港埠物流經營者交叉合成後的相對權重：

$$P(w_i^s) = \frac{\frac{\sum_{j=1}^n w_j^c r_{ij}}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n w_j^c r_{ij}} + w_i^s}{2} \dots\dots(3)$$

$$P(w_j^c) = \frac{\frac{\sum_{i=1}^k w_i^s r_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^k w_i^s r_{ij}} + w_j^c}{2} \dots\dots(4)$$

步驟(4): 最後，將式(3)和(4)所得的新相對權重應用於航運業者品質屋和港埠物流經營者品質屋，分別計算每個技術需求的相對權重。然後，將航運業者和港埠物流經營者對於各個技術需求所提出的

改善策略進行平均，得到平均相對權重。此結果將被用作最後的技術需求和改善方案的優先執行順序。

肆、研究結果

4.1 實證研究與討論

為了構建品質屋，從聚焦於港埠物流與回復力的學術論文中選擇了顧客需求、服務提供者需求和技術需求。這些屬性進一步經過港埠物流行業的商業從業者和

專家修訂，以確保它們與實際操作一致。顧客需求和服務提供者需求分別顯示在表2和表3中。採用重要性-表現分析(Importance-Performance Analysis, IPA)法(Martilla and James, 1977)計算顧客需求和服務提供者需求的標準偏差。研究的技術措施列於表4中。為了完成品質屋和專家諮詢，共有50位受訪者參與。受訪者包括產業、政府和學術界的專家，以反映服務提供者和顧客的聲音。通過電子郵件、個人訪問和公司訪問收集了訪談數據。通過諮詢過程，在多層次品質功能展開法框架下完成了品質屋的構建。

表2 品質特性排序評量表(航運業者)

題號	需求品質	滿意 態度	差異 指數	原始 優先權	原始 權重	標準化 權重
1	寬闊與充足的碼頭後線儲區	13.60	1	5	6	0.109
2	港區聯外通路流暢性	13.80	-7	2	9	0.164
3	船舶平均靠泊時間	13.21	4	8	3	0.055
4	港口物流數據資訊的整合與準確性	15.02	2	6	5	0.091
5	物流服務多樣化	13.32	6	9	2	0.036
6	通關作業便捷性	15.13	6	10	1	0.018
7	港口作業費率	12.16	4	7	4	0.073
8	港埠物流作業效率	13.68	-6	3	8	0.145
9	作業彈性及即時性	13.24	-2	4	7	0.127
10	危機處理能力	13.17	-7	1	10	0.182

資料來源：本研究自行整理。

表 3 品質特性排序評量表(港埠物流經營者)

題號	需求品質	滿意 態度	差異 指數	原始 優先權	原始 權重	標準化 權重
1	港口設施及地理位置	15.59	5	9	2	0.036
2	減稅優惠及體制政策	12.56	0	6	5	0.091
3	複合運輸連通性	14.29	6	10	1	0.018
4	專業物流倉儲功能與科技	14.75	5	8	3	0.055
5	資訊系統安全與資訊準確性	14.35	4	7	4	0.073
6	碼頭作業效率	13.98	-8	1	10	0.182
7	港區佈置及動綫流暢度	13.85	-5	2	9	0.164
8	靈活和有韌性的港埠物流系統	13.47	-4	3	8	0.145
9	作業管理品質及安全可靠性	14.67	-2	4	7	0.127
10	文件及貨物通關便利化	14.53	-1	5	6	0.109

資料來源：本研究自行整理。

表 4 港埠物流回復力之技術需求

技術需求	定義	資料來源
1. 具備應急計畫 (Contingency plan)	為了應付突發危機而預先擬定的應變計劃或方案。	Lam et al. (2016); Narasimha et al. (2021); Sudan et al. (2021)
2. 供應鏈夥伴加強協調及資訊共享 (Supply Chain Collaboration)	通過與供應鏈夥伴的定期溝通與協調，增加供應鏈的透明度，共同制訂綜合解決方案。	Sudan et al. (2021); UNCTAD (2021); Alamoush et al. (2022)
3. 實施 24 小時運作機制 (Longer Working Hours)	全天候 24 小時運作，以利國際物流作業之進行。	Herold et al. (2021); Narasimha et al. (2021)
4. 整體提高港口及其內陸聯通點的效率和能力 (Make ports and their hinterland connections more efficient)	提升各種運輸系統如公路、鐵路等，完善便捷的聯外運輸系統，有助於港口貨源能快速進出。	UNCTAD (2022)

資料來源：本研究自行整理。

表 4 港埠物流回復力之技術需求(續)

技術需求	定義	資料來源
5.加速港埠基礎建設升級(如電腦系統和裝卸機具) (Develop and upgrade port infrastructure)	為配合規模經濟的因素，港口必須適時加強港埠基礎建設，有效提升整體競爭力，並使港口永續發展。	Herold et al. (2021); Alamoush et al. (2022); UNCTAD (2022)
6.採取靈活機制且具有競爭力的費率措施 (Offers competitive price of service)	根據市場變化靈活調整港口費率，以穩定顧客群，降低承運人和貨主的作業成本，有效提高港口的競爭力。	Phan et al. (2021); Tai et al. (2021)
7.採用智慧物流 (Adopt smart logistics systems)	將 IT 技術應用於整個物流鏈，以實現自動化、可視化及智能化。	Alamoush et al. (2022); UNCTAD (2022)
8.推動港口自動化及數位化 (區塊鏈、AI 等等) (Digitalization and automation)	優化港口與物流營運系統，提升設備的操作靈活與效能，亦可降低作業成本及人為失誤。	Herold et al. (2021); Narasimha et al. (2021); UNCTAD (2021); Chua et al. (2022)
9.數字貿易便利化 (Digital trade facilitation)	加速貨物及文件通關流程，特別是在達到前的業務辦理、電子支付以及電子文檔方面，實現流程自動化與無紙化。	UNCTAD (2022)
10.增加建設無水港或內陸貨櫃集散站 (Hinterland dry ports)	無水港(dry port)具有海關，出入境檢疫，提領貨櫃等服務，可緩解港口的空間及作業時間。	Russell et al. (2020); Cullinane and Haralambides (2021)

資料來源：本研究自行整理。

通過表5中的交叉合成分析，本研究兼顧了顧客與服務提供者的期望，進行了需求相關性衝突的解決、現有重要性評估以及交叉合成過程後權重的重新分配。基於交叉合成後的權重，相對權重計算用於建立反映顧客及服務提供者觀點的品質屋。表6與表7從兩個不同角度呈現了港口物流品質屋的構造。在表4中，從顧客視角重視的關鍵技術需求涵蓋了「推動港口自

動化與數字化」、「促進關鍵參與者間的合作及信息共享」以及「實施全天候運營」。表5中進一步揭示了「推動港口自動化與數字化」、「增設乾港」及「實施全天候運營」作為重要的技術需求，顯示無論從顧客還是服務提供者的視角，關鍵技術解決策略具有相當的一致性。

表 5 解決衝突矩陣

標準化權重	標準化權重	0.036	0.091	0.018	0.055	0.073	0.182	0.164	0.145	0.127	0.109	乘積和	相對權重	交叉合成後之權重
		港口設施及地理位置	減稅優惠及體制政策	複合運輸連通性	專業物流倉儲功能與科技	資訊系統安全與資訊準確性	碼頭作業效率	港區佈置及動線流暢度	靈活和有韌性的港埠物流系統	作業管理品質及安全可靠性	文件及貨物通關便利化			
0.109	寬闊與充足的碼頭後線儲區	5.5	0.2	4.8	2.6	1.1	5.6	6.4	3.6	3.6	1.3	3.716	0.092	0.100
0.164	港區聯外通路流暢性	6.8	1.3	6.4	2.1	1.1	5.2	7.2	5.2	1.7	2.5	4.044	0.100	0.132
0.055	船舶平均靠泊時間	5.6	1.1	3.8	1.2	2.2	7.2	5.5	4.4	3.1	2.3	4.092	0.101	0.078
0.091	港口物流數據資訊的整合與準確性	1.2	0.9	3.0	5.2	6.4	4.7	1.3	4.4	3.6	5.2	3.663	0.091	0.091
0.036	物流服務多樣化	3.5	2.9	5.2	6.8	1.7	3.5	2.6	4.3	3.1	2.7	3.357	0.083	0.060
0.018	通關作業便捷性	2.6	4.0	2.3	1.8	4.0	5.1	2.2	4.4	3.1	7.2	3.996	0.099	0.058
0.073	港口作業費率	2.1	6.4	1.1	1.7	1.3	3.9	1.8	3.5	3.3	2.1	3.027	0.075	0.074
0.145	港埠物流作業效率	4.4	2.2	6.0	6.0	6.0	6.8	7.2	6.8	4.3	5.6	5.796	0.143	0.144
0.127	作業彈性及即時性	2.1	2.8	2.7	3.3	5.2	5.2	4.7	6.4	3.2	4.8	4.515	0.112	0.119
0.182	危機處理能力	1.8	2.5	3.6	4.4	5.2	5.0	2.7	6.4	5.6	2.2	4.211	0.104	0.143
	乘積和	3.690	2.151	4.232	3.658	3.709	5.346	4.696	5.341	3.627	3.354			
	相對權重	0.093	0.054	0.106	0.092	0.093	0.134	0.118	0.134	0.091	0.084			
	交叉合成後之權重	0.064	0.073	0.062	0.073	0.083	0.158	0.141	0.140	0.109	0.097			

表8結合了顧客與服務提供者對服務質量解決策略的觀點，通過平均相對權重計算和最終優先順序的確定，清晰定義了對提升港口物流效能具有實質意義的技術解決方案。依據表8的數值分析結果顯示，「鼓勵港口自動化與數字化」(0.130)被識別為最關鍵的技術需求。港口及物流業的自動化與數字化代表了當前的全球趨勢。海事服務自動化活動、供應鏈全程的數字文件訪問、以及人工智能(AI)、物聯網(IoT)、大數據、區塊鏈技術等智能系統在海運活動中的應用，均將對港口和物流

系統的優化以及整體生產力的提升發揮重要作用。自動化與數字化的主要益處在於能夠同時降低運營成本和人為錯誤率。

此外，「實施24小時運營」(0.119)成為第二項重要的技術需求。面對企業和顧客對於服務及設施更高的靈活性和可訪問性的需求，傳統的營運時段已不再適用。港口的全天候運作將有助於國際物流操作的順暢、資源的最優利用以及競爭力的增強。

「增加乾港的建設」(0.118)作為第三重要的技術需求被提出。乾港設施包括海

關、移民及檢疫服務、集裝箱處理等服務，這些都有助於緩解港口空間壓力並提升海港生產力。即使面對COVID-19的挑戰，

港口管理仍然成功處理了更多的貨物吞吐量，同時減少了港口擁堵的情況。

表 6 航運業者服務需求品質屋

列號	標準化權重		具備應急計劃	供應鏈夥伴加強協調及信息共享	實施24小時運作機制	整體提高港口及其內陸聯通點的效率和能力	加速港埠基礎建設升級（如電腦系統和裝卸機具）	採取靈活機制且具有競爭力的費率措施	採用智慧物流	推動港口自動化及數位化（區塊鏈、AI等等）	數字貿易便利化	增加建設無水港或內陸貨櫃集散站
1	0.100	寬闊與充足的碼頭後線儲區	3.1	4.2	5.4	4.3	4.5	2.4	4.8	4.4	2.4	6.0
2	0.132	港區聯外通路流暢性	4.3	4.4	5.9	6.4	4.7	1.9	3.6	4.4	1.1	5.6
3	0.078	船舶平均靠泊時間	2.7	5.5	5.8	4.3	5.2	0.7	1.7	5.6	3.0	3.8
4	0.091	港口物流數據資訊的整合與準確性	4.3	6.3	2.2	3.0	6.0	1.6	5.2	6.4	5.6	3.2
5	0.060	物流服務多樣化	3.5	3.5	4.4	4.7	4.3	2.6	7.2	6.8	2.3	5.5
6	0.058	通關作業便捷性	3.5	5.5	6.4	1.8	5.2	2.6	2.4	6.8	7.0	6.2
7	0.074	港口作業費率	2.7	2.0	2.1	3.0	3.7	5.8	3.4	4.4	3.5	2.6
8	0.144	港埠物流作業效率	5.5	6.8	6.9	6.4	6.7	3.4	6.4	7.0	5.5	6.6
9	0.119	作業彈性及即時性	6.4	6.6	6.6	3.5	4.7	4.2	4.8	6.4	5.2	5.5
10	0.143	危機處理能力	6.8	5.8	5.6	3.6	5.1	5.5	5.1	6.4	2.7	4.4
		乘積和	4.623	5.281	5.350	4.348	5.114	3.206	4.608	5.858	3.734	5.049
		相對權重	0.098	0.112	0.113	0.092	0.108	0.068	0.098	0.124	0.079	0.107
		改善策略排名	6	3	2	8	4	10	7	1	9	5

表 7 港埠物流經營業者服務需求

列號	標準化權重		具備應急計劃	供應鏈夥伴加強協調及信息共享	實施24小時運作機制	整體提高港口及其內陸聯通點的效率和能力	加速港埠基礎建設升級(如電腦系統和裝卸機具)	採取靈活機制且具有競爭力的費率措施	採用智慧物流	推動港口自動化及數位化(區塊鏈、AI等等)	數字貿易便利化	增加建設無水港或內陸貨櫃集散站
1	0.064	港口設施及地理位置	3.1	3.0	4.7	5.2	6.4	2.1	3.2	6.4	2.4	6.4
2	0.073	減稅優惠及體制政策	3.9	3.5	2.2	1.6	2.1	6.0	2.6	3.1	4.0	2.8
3	0.062	複合運輸連通性	4.0	5.1	5.6	6.4	4.7	2.4	3.4	5.6	2.0	5.5
4	0.073	專業物流倉儲功能與科技	5.1	4.2	5.5	2.5	4.3	2.0	6.8	6.8	3.3	5.9
5	0.083	資訊系統安全與資訊準確性	6.4	6.4	3.1	1.6	5.2	1.5	5.2	6.4	4.7	3.8
6	0.158	碼頭作業效率	5.6	5.9	6.2	6.8	6.0	3.5	4.8	6.4	6.4	6.3
7	0.141	港區佈置及動線流暢度	4.6	2.9	4.7	5.2	4.7	2.3	4.2	6.0	2.4	5.2
8	0.140	靈活和有韌性的港埠物流系統	6.4	6.5	6.4	4.0	5.2	6.4	5.9	6.0	5.1	5.1
9	0.109	作業管理品質及安全可靠性	4.3	5.3	4.3	4.0	6.4	1.6	5.6	6.0	4.2	4.3
10	0.097	文件及貨物通關便利化	3.1	5.7	6.2	2.4	3.9	1.6	3.0	6.4	6.9	5.6
		乘積和	4.833	4.983	5.076	4.198	5.014	3.095	4.611	5.983	4.391	5.156
		相對權重	0.102	0.105	0.107	0.089	0.106	0.065	0.097	0.126	0.093	0.109
		改善策略排名	6	5	3	9	4	10	7	1	8	2

表 8 第三構面之評估

		具備應急計劃	供應鏈夥伴加強協調及信息共享	實施24小時運作機制	整體提高港口及其內陸聯通點的效率和能力	加速港埠基礎建設升級(如電腦系統和裝卸機具)	採取靈活機制且具有競爭力的費率措施	採用智慧物流	推動港口自動化及數位化(區塊鏈、AI等等)	數字貿易便利化	增加建設無水港或內陸貨櫃集散站
航運業者	乘積和	4.623	5.281	5.350	4.348	5.114	3.206	4.608	5.858	3.734	5.049
	相對權重	0.098	0.112	0.113	0.092	0.108	0.068	0.098	0.124	0.079	0.107
港埠物流經營者	乘積和	4.833	4.983	5.076	4.198	5.014	3.095	4.611	5.983	4.391	5.156
	相對權重	0.102	0.105	0.107	0.089	0.106	0.065	0.097	0.126	0.093	0.109
合成	平均相對權重	0.100	0.109	0.110	0.090	0.107	0.067	0.098	0.125	0.086	0.108
	優先改善順序	6	3	2	8	5	10	7	1	9	4

伍、結論與建議

5.1 結論

本研究採用多層面視角，結合顧客和服務提供者的洞察，對後COVID-19時代港口物流的回復力策略進行了深入評估。此外，本研究亦就解決方案中的技術需求進行探討。通過與港口物流領域的專業人士進行專家諮詢，完成了品質屋的構建。研究結果顯示：

1. 對港口物流的顧客和服務提供者來說，「鼓勵港口自動化與數字化」被識別為核心技術問題。隨著中斷事件的加劇，技術的應用在運輸規劃和供應鏈管理的複雜性中起到了關鍵作用。因此，政府與港口物流業界應共同努力，消除物流與運輸領域的數字鴻溝，確保開發中國家也能享受到數字化帶來的好處。
2. 對學術界而言，本研究通過整合港口物流服務提供者與顧客的觀點，探索了技術解決方案。本文的創新之處在於納入了服務提供者的聲音，這與過往研究相比，構成了一個重要的區別。

5.2 建議

對學術界的建議：

1. 研究港口物流自動化和數位化轉型的最佳實踐，評估對供應鏈效率的影響。
2. 推動物流學、資訊技術、危機管理等跨學科研究，以創新管理策略。
3. 通過實證研究，分析不同地區港口資料，完善理論和模型。

對政府政策的建議：

1. 提供資金和政策支援，推動港口物流的數位化和技術創新。
2. 制定資料共用和協調的安全標準和規範。
3. 加大港口基礎設施建設投資，尤其是內陸連接和安全性。
4. 適應24小時運作需求，調整勞動法規和稅收政策。

研究限制：

1. 資料可能局限於特定地區或港口，不一定適用於所有情況。
2. 方法和模型可能需根據業務環境和市場條件調整。
3. 需求優先順序依賴專家意見，存在主觀性，需實踐驗證。
4. 隨著港口物流環境快速變化，研究結果需要定期更新。

參考文獻

- Alamouh, A.S., Ballini, F. and Ölçer, A.I., 2022. Ports, maritime transport, and industry: The immediate impact of COVID-19 and the way forward. *Maritime Technology and Research*, 4(1), 250092-250092.
- Bulut, E., Duru, O. and Huang, S.T., 2018. A multidimensional QFD design for the service quality assessment of Kansai International Airport, Japan. *Total Quality Management & Business Excellence*, 29(1-2), 202-224.
- Chua, J.Y., Foo, R., Tan, K.H. and Yuen, K.F., 2022. Maritime resilience during the COVID-19 pandemic: Impacts and solutions. *Continuity & Resilience Review*, 4(1), 124-143.
- Cullinane, K. and Haralambides, H., 2021. Global trends in maritime and port economics: The COVID-19 pandemic and beyond. *Maritime Economics & Logistics*, 23, 369-380.
- Drewry, 2020. Maritime Research: Port Throughput Indices. Available at: <https://www.drewry.co.uk/> (Accessed October, 2023).
- Duru, O., Huang, S.T., Bulut, E. and Yoshida, S., 2013. Multi-layer quality function deployment (QFD) approach for improving the compromised quality satisfaction under the agency problem: A 3D QFD design for the asset selection problem in the shipping industry. *Quality & Quantity*, 47, 2259-2280.
- Global Maritime Hub, 2022. Port congestion: fewer ships waiting, but huge delays remain. Available at: <https://globalmaritimehub.com/port-congestion-fewer-ships-waiting-but-huge-delays-remain.html> (Accessed October, 2023).
- Gruszczynski, L., 2020. The COVID-19 pandemic and international trade: Temporary turbulence or paradigm shift?. *European Journal of Risk Regulation*, 11(2), 337-342.
- Herold, D.M., Nowicka, K., Pluta-Zaremba, A. and Kummer, S., 2021. COVID-19 and the pursuit of supply chain resilience: Reactions and “lessons learned” from logistics service providers (LSPs). *Supply Chain Management: An International Journal*, 26(6), 702-714.
- Holling, C.S., 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of*

- Ecology, Evolution, and Systematics*, 4(1), 1-23.
- Huang, S.T., Chang, K.Y., Su, I., Chiou, A.S. and Chen, Y.C., 2020. Service quality assessment of free trade port zone using multilayer quality function deployment: An empirical study in Taiwan. *Journal of Marine Science and Technology*, 28(1), 1-9.
- Isti'Anah, P.R., Praharsi, Y., Maharani, A. and Wee, H.M., 2021. Supply chain resilience analysis using the quality function deployment (QFD) approach in a freight forwarding company. *Reliability: Theory & Applications*, 16(SI 2 (64)), 15-26.
- Jin, L., Chen, J., Chen, Z., Sun, X. and Yu, B., 2022. Impact of COVID-19 on China's international liner shipping network based on AIS data. *Transport Policy*, 121, 90-99.
- Kim, S., Choi, S. and Kim, C., 2021. The framework for measuring port resilience in Korean port case. *Sustainability*, 13(21), 11883.
- Lam, J.S.L. and Bai, X., 2016. A quality function deployment approach to improve maritime supply chain resilience. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 92, 16-27.
- Liu, J., Qi, Y. and Lyu, W., 2023. Port resilience in the post-COVID-19 era. *Ocean & Coastal Management*, 238, 106565.
- Martilla, J.A. and James, J.C., 1977. Importance-performance analysis. *Journal of Marketing*, 41(1), 77-79.
- Narasimha, P.T., Jena, P.R. and Majhi, R., 2021. Impact of COVID-19 on the Indian seaport transportation and maritime supply chain. *Transport Policy*, 110, 191-203.
- Nguyen, T.Q., Ngo, L.T.T., Huynh, N.T., Quoc, T.L. and Hoang, L.V., 2022a. Assessing port service quality: An application of the extension fuzzy AHP and importance-performance analysis. *PLOS One*, 17(2), e0264590.
- Nguyen, T.T., My Tran, D.T., Duc, T.T.H. and Thai, V.V., 2022b. Managing disruptions in the maritime industry - A systematic literature review. *Maritime Business Review*, 8(2), 170-190.
- Notteboom, T.E. and Haralambides, H.E., 2020. Port management and governance in a post-COVID-19 era: Quo vadis? *Maritime Economics & Logistics*, 22, 329-352.
- Phan, T.M., Thai, V.V. and Vu, T.P., 2021. Port service quality (PSQ) and customer

- satisfaction: An exploratory study of container ports in Vietnam. *Maritime Business Review*, 6(1), 72-94.
- Russell, D., Ruamsook, K. and Roso, V., 2020. Managing supply chain uncertainty by building flexibility in container port capacity: A logistics triad perspective and the COVID-19 case. *Maritime Economics & Logistics*, 24(1), 92-113.
- Sarkar, B.D., Shankar, R. and Kar, A.K., 2022. Severity analysis and risk profiling of port logistics barriers in the Industry 4.0 era. *Benchmarking: An International Journal*, 30(9), 3253-3280.
- Sea-Intelligence, 2022. Schedule reliability drops to record-low in December 2021. Available at: https://sea-intelligence.com/images/press_docs/GLP-Jan2022/20220126_-_Sea-Intelligence_GLP_Press_Release_-_January_2022.pdf (Accessed October, 2023)
- Shi, J., Chen, J., Xu, L., Di, Z. and Qu, Q., 2023. Improving the resilience of maritime supply chains: The integration of ports and inland transporters in duopoly markets. *Frontiers of Engineering Management*, 10(1), 51-66.
- Starbuck, W. and Farjoun, M., 2005. *Organization at the Limit: Lessons from the Columbia Disaster*, John Wiley & Sons: MA, USA.
- Sudan, T. and Taggar, R., 2021. Recovering supply chain disruptions in post COVID-19 pandemic through transport intelligence and logistics systems: India's experiences and policy options. *Frontiers in Future Transportation*, 2, 660116.
- Tai, Z., Guo, J., Guan, Y. and Shi, Q., 2021. Impact of COVID-19 on port production and operation based on system dynamics: A case study of Shanghai port in China. *Journal of Advanced Transportation*, 2021, 1-13.
- The Maritime Executive, 2021a. Walmart Merchants Charter Ships to Get Inventory to US Stores. Available at: <https://maritime-executive.com/article/walmart-merchants-charter-ships-to-get-inventory-to-us-stores> (Accessed October, 2023).
- The Maritime Executive, 2021b. Ikea is Buying Containers and Chartering Vessels. Available at: <https://maritime-executive.com/article/ikea-is-buying-containers-and-chartering-vessels> (Accessed October, 2023).

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2021. Review of Maritime Transport 2021, UNCTAD: Geneva, Switzerland.

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2022. Review of Maritime Transport 2022, UNCTAD: Geneva, Switzerland.

Verschuur, J., Koks, E.E. and Hall, J.W., 2021. Observed impacts of the COVID-19 pandemic on global trade. *Nature Human Behaviour*, 5(3), 305-307.

Vieira, G.B.B., Neto, F.J.K. and Ribeiro, J.L.D., 2015. The rationalization of port logistics activities: A study at port of Santos (Brazil). *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*, 2, 73-86.

Zhou, C., Xu, J., Miller-Hooks, E., Zhou, W., Chen, C.H., Lee, L.H., Chew, E.P. and Li, H., 2021. Analytics with digital-twinning: A decision support system for maintaining a resilient port. *Decision Support Systems*, 143, 113496.