

基於 DEA 方法對東南亞港口物流相對效率的比較研究 Comparative Study on the Relative Efficiency of Southeast Asian Port Logistics Based on DEA Method

程國卿^{1*} 劉滄² 邱碧珍³
Guo-Qing Cheng Cang Liu Bi-Zhen Qiu

摘要

作為境內外貿易的重要中轉站，港口在國民經濟體系中具有重要的地位。隨著海洋的優勢被發現，各個國家陸續把海洋港口作為經濟貿易的重要視窗。港口作為全球綜合運輸網路的節點，其功能不斷拓寬，在發展現代物流中扮演著越來越重要的角色。為順應經濟全球化的需要，現代港口需要總體上建立起港口物流中心，不斷完善其物流職能，並通過物流的績效評價，完善和健全港口的現代物流服務模式。資料包絡分析 DEA 方法為物流與供應鏈領域中的績效評價、物流效率比較提供了一個有效的工具。本文以東南亞國家的 12 個典型港口為樣本物件，通過 DEA 方法計算出這些港口物流的相對效率和基本分類。在資料分析的基礎上，研究這 12 個港口在投入產出效率方面所存在的問題，找出不同港口效率不足的原因，並根據不同港口所存在的不同問題提出改進方向，以及增進物流效率的方法與建議。

關鍵字：港口物流、相對效率、DEA 方法、投影分析

Abstract

As an important transit station of domestic and foreign trade, ports play an important role in the national economic system. With the discovery of the advantages of the ocean, various countries have taken the marine port as an important window of economic and trade. In order to meet the needs of economic globalization, the modern port needs to establish the port logistics center as a whole, constantly improve its logistics functions, and improve the port's modern logistics service mode through the logistics performance evaluation. Data Envelopment Analysis (DEA) provides an effective tool for performance evaluation and efficiency comparison of logistics and supply chain. This paper takes 12 typical ports in Southeast Asian countries as samples to calculate the relative efficiency and basic classification of port logistics by DEA method. Problems existing in the input-output efficiency of the 12 ports are studied to find out the reasons of inefficiency of different ports for suggestions to improve the logistics efficiency according to the different problems existing in different ports.

Keywords: Port Logistics, Relative Efficiency, DEA Method, Projection Analysis

¹ 廈門大學嘉庚學院管理學院教授 cheng@xujc.com*通訊作者

² 廈門大學嘉庚學院管理學院講師

³ 廈門大學嘉庚學院管理學院副教授

* 本研究獲得 2018 年度福建省哲學社會科學研究規劃課題支持 (FJ2018B025 號)

1. 緒論

隨著經濟全球化趨勢的加強，國與國之間的經濟交往日益密切，現代化的港口便利了國家之間、區域之間貿易的開展，港口已經成為國家間貿易活動的對接平臺，大大提高了國家之間、區域之間的貿易往來，促進了商業繁榮。

現代港口物流的功能主要體現在以港口所在的城市為依託，建立強大的現代物流系統，進而發展倉儲、配送等產業，並帶動臨港產業的發展。對於國際貿易來說，港口可以提供航運的功能，港口又可以提供裝卸貨物、中轉貨物、倉儲貨物的許多功能，所以港口對於當今世界經濟發展具有重要的影響力。隨著港口市場的競爭越來越激烈，每個港口都想發揮其自身的優勢，從而獲得更多的經濟收益；而提高經濟效益的關鍵，就在於港口物流效率問題，要比其他港口有更好的技術經濟效益指標。只有把效率提高了，港口物流才能更好地進一步發展。

東南亞位於亞洲與大洋洲，太平洋與印度洋的十字路口，地理位置十分優越，東南亞成為亞洲物流經濟體系的中心地帶，是我國直通亞洲乃至是全球的物流通道。東南亞各個港口之間都有其先天的優勢，但是港口規模大小不一；東南亞各個港口都利用優越的地理位置與天然海港的優勢發展港口物流，增加進出口貿易數量和港口的集裝箱輸送量，但各個港口之間的商品出口數量和集裝箱輸送量也不盡相同；如何對港口物流效率進行客觀評價，需要採取科學的方法。資料包絡分析方法（DEA）因其對多因素影響的系統相對相率評價的有效性而廣受採用，本文借助 DEA 對不同港口之間進行分析，計算他們的相對效率，對效率空間優化的方向進行分析，並針對各個港口存在的問題提出建議和解決措施。

本文查找所要研究的東南亞 12 個典型港口 2010~2018 年度的歷史資料，其中包括集裝箱輸送量、貨物輸送量、泊口數量、橋吊數量、泊位深度和集裝箱堆場面積等；基於這 12 港口的發展現狀，嘗試將集裝箱輸送量與貨物輸送量作為輸出，泊口數量、橋吊數量、泊位深度和集裝箱堆場面積作為輸入，通過這些資料計算出這些港口的綜合效率、純技術效率、規模效率、規模報酬、鬆弛變數值和剩餘變數值，然後對綜合效率、純技術效率、規模效率、規模報酬、鬆弛變數值和剩餘變數值進行分析，從而得出哪些港口存在效率不足的問題，最後對效率低下的港口提出改進的建議與措施。

2. 資料包絡分析 DEA 的相關理論

資料包絡分析 DEA 是美國著名運籌學家 Charnes 等提出的一種效率評價方法。他把單輸入、單輸出的工程效率概念推廣到多輸入、多輸出同類決策單元的有效性評價中，為決策單元（DMU）之間的相對效率評價，提出了一個可行的方法和有效的工具。DEA 方法極大地豐富了微觀經濟學中的生產函數理論及其應用技術，同時避免主觀因素對評價的干擾，簡化了演算法，並減少誤差，有著不可低估的優越性。

CCR 模型是初始的 DEA 法，通過多個決策單元的效率狀況來從整體上判斷投、入產出指標的合理性和有效性。CCR 的公式如下：

$$\min \left[\theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{i=1}^s S_r^+ \right) \right]$$
$$s. t. \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + S_i^- = \theta X_{ik}, \quad i \in (1, 2, \dots, m)$$

$$\sum_{j=1}^n Y_{ij}\lambda_j - S_r^- = Y_{rk}, \quad r \in (1, 2, \dots, s)$$

$$\theta, \lambda_j, S_i^-, S_r^+ \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$$

其中， S_i^- 、 S_r^+ 分別為鬆弛變數； ε 為非阿基米德無窮量小，在計算時取正無窮小（如 $\varepsilon = 10^{-7}$ ）； X_{ij} 為第 j 決策單元的第 i 項投入， Y_{rj} 為第 j 單元的第 r 項產出。在 DEA 模型中，稱被評價單元為決策單元。

對具有 ε 的 CCR 對偶輸入模型，可以根據以下規則來判斷 DEA 的有效性：

1. 若 $\theta < 1$ ，則 DUM_{j_0} 為 DEA 無效。
2. 若 $\theta = 1$ ， $\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+ > 0$ ，則 DUM_{j_0} 僅為弱 DEA 有效。
3. 若 $\theta = 1$ ， $\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+ = 0$ ，則 DUM_{j_0} 為 DEA 有效。

CCR 模型不僅能用來評價研究物件的運營效益，還能判斷每個決策單元的規模效應，具有一定的實用性。但對於無效的決策單元，是很難分辨出是由純技術無效還是規模無效導致的。1984 年，Banker、Charnes 和 Cooper 進一步提出了 BCC 模型，通過對 λ 值進行上限約束，將技術效率分解為規模效率和純技術效率，因而增加了決策的準確性。BCC 模型側重分析研究物件的純技術效率和規模效率，總結決策單元的投入產出數量恰當與否；並在分析結果上進行調整，或縮減過多的投入，或增加不足的產出，從而改善經營效率，提高運營效益。

在 DEA 法中，涉及以下三個效率概念：

- (1) 純技術效率（PTE），即技術層面對生產效率的影響。只有當 PTE=1 時，決策單元的純技術才被視為有效狀態，除此之外都是無效的。
- (2) 規模效率（SE），即規模變化對運營效益的影響。只有當 SE=1 時，規模處於有效狀態，其餘情況下則為無效。
- (3) 綜合技術效率（TE），即對 DMU 的技術效率、資源配置能力整體狀況的綜合衡量，也可看作為 PTE 和 SE 的乘積。同樣，只有當 TE=1 時，決策單元技術才有效。

想要判斷決策單元是否是 DEA 有效的，本質上是在判斷它是否在生產可能集 T_{CCR} 的生產前沿面上；如果決策單元不是 DEA 有效，可以通過計算、求解和分析，對原來的投入和產出的資料進行調整，讓它成為 DEA 有效的決策單元。稱這個調整後的點為決策單元在生產與投入前沿面上的投影。本文利用 DEAP 軟體，對收集到的資料進行分析，從而得到這 12 個港口的綜合效率、純技術效率、規模效率和規模報酬，並對這些資料進行進一步的分析和研究。

3. 東南亞 12 個港口物流的現狀

3.1 港口介紹

3.1.1 新加坡港

新加坡是一個因港而興的國家，經過長期苦心的經營，已成為亞太地區最重要的

國際貿易、國際金融、國際航運中心。

新加坡港是世界上最繁忙的港口，自然條件優越，水域寬敞，很少風暴影響，治區面積達 538 萬平方米，水深適宜，吃水在 13m 左右的船舶可順利進港靠泊，港口設備先進完善。裝卸設備有各種岸吊、門吊、集裝箱吊、汽車吊、鏟車、叉車、卸貨機、吸揚機、牽引車、拖船及滾裝設施等。

3.1.2 丹戎帕拉帕斯港

丹戎帕拉帕斯港是世界航運的咽喉要道，是馬士基在東南亞集裝箱運輸和轉運的基地，不僅如此，丹戎帕拉帕斯港可以滿足世界上最大集裝箱船舶的靠岸作業。

丹戎帕拉帕斯港自然條件優越，其河谷水深達 15 公尺以上，其可供航運的河道長達 12.6 公里，寬有 250 公尺。現在的 TPP 港口規模已經不小，配備了 14 台超巴拿馬岸邊橋吊，可以滿足目前世界上最大的集裝箱船的靠泊作業。

3.1.3 林查班港

由於泰國經濟發展迅速，貨物輸送量和集裝箱輸送量都增加的較快，而曼谷港吞吐能力無法追趕上泰國的經濟發展，於是政府就大力投資林查班港；在政府政策的幫助下，林查班港就發展為了一個集自動化、現代化、一體化，操作管理水準和基礎設施規格標準均較高的一個港口。

林查班港擁有碼頭集裝箱堆場面積 55 公頃，碼頭集裝箱堆場總面積將超過 155 公頃。目前林查班港擁有巴拿馬型岸邊裝卸橋 13 座，超巴拿馬型岸邊裝卸橋 3 座。

3.1.4 曼谷港

曼谷港有東方威尼斯之稱號，這說明曼谷港在東南亞，甚至於世界都是一個重要的港口；但是由於曼谷港碼頭水較為淺，導致靠岸的船舶和集裝箱船不能太大。

港區主要碼頭泊位岸線長 1,900，最大水深為 8.2m。裝卸設有各種岸吊、門吊、可移式吊、集裝箱吊、叉車、牽引車、跨運車及拖船等，其中可移式吊最大起重能力達 50 噸。貨棚面積有 13 萬平方米，露天堆場面積達 31 萬平方米，集裝箱貨運站有 4 個，面積為 2.9 萬平方米。

3.1.5 胡志明港

由於越南是東南亞港口發展較為快速的國家之一，所以國家政府大力支持胡志明港的發展；也由於胡志明港自然條件較為優秀，更受到國家的青睞。通過國家政府的支持，胡志明港口發展得相當不錯。

胡志明港有商港區和油港區兩部分，商港區位於市區西永河右岸，主要有新順碼頭、第五倉庫碼頭、雙龍碼頭等 10 多個泊位，有岸壁碼頭線長 1,800 米，前沿水深 8.1-11.2 米，江中心設有浮筒泊位 12 個，國際間乾貨貿易往來均在此港口裝卸。

3.1.6 馬尼拉港

馬尼拉港是菲律賓最大的一個港口，但是馬尼拉港的地理位置並不好，這註定了馬尼拉港想要成為一個世界性的集裝箱港口是不太現實的。

本港有南港、北港及國際集裝箱 3 個港區，主要碼頭泊位有 26 個，岸線長達 2,931 米，最大水深 11.6 米。裝卸設備有各種岸吊、龍門吊、浮吊、集裝箱吊及滾裝設施等，其中岸吊最大起重能力達 80 噸。

3.1.7 海防港

港區主要碼頭泊位有 20 個，包括礦砂、煤炭、糧穀、集裝箱等碼頭，最大水深約 9m。裝卸設備有各種岸吊、浮吊及拖船等，其中浮吊最大起重能力達 200 噸。

海防港是越南港口中，僅次於胡志明港的第二大港口。海防港位於越南的北部，由於越南的港口發展在東南亞港口中相對比較快速，越南政府對海防港的發展給予大力的支持。海防港通過更新和改造後，能夠停泊載重一萬噸的貨船。

3.1.8 光丹港

光丹港是位於馬來西亞北部的一個深水港，是馬來西亞東海岸第一座可供船舶全年進出的港口；分內外兩港，水深 13-14 米，各有一條 1.6 公里長的防波堤。但光丹港是一個小型支線港口，無論是岸線長度、吃水深度和裝卸設備都顯得力不從心。由於這些原因使光丹港的集裝箱裝卸運輸效率相對較低，導致港口的效益不足。

隨著東南亞貿易的繁榮，在港口的集裝箱船也不斷的增加，因此光丹港急需要更新換代，努力更新碼頭的裝卸設備，從而提高港口的經濟效益。

3.1.9 西哈努克城港

西哈努克城港位於柬埔寨的西南部，是柬埔寨最大的港口，並且也是柬埔寨唯一的現代化商港。西哈努克城港主要由三個部分組成，該港口擁有九個泊位，泊位最大深度為 13 米，擁有一定數量的橋吊，但相對仍是不足。西哈努克城港也屬於小型支線港口，也需要更新換代，來提高自身的經濟效益。

3.1.10 丹戎不碌港

丹戎不碌港位於印尼中部爪哇島的西北部，是印尼最大的貨物港口，該港口擁有 40 個泊位數量，泊位長度達到 12,958 米；丹戎不碌港的地理位置比較優越，是亞洲通往大洋洲的橋樑。

雖然丹戎不碌港擁有一定的優勢，但由於丹戎不碌港還在擴建之中，會對進出的船舶造成一定程度上的影響，導致很多船舶只是將丹戎不碌港作為經過的港口，只進行補給物資，這對丹戎不碌港造成很大的經濟損失。要想丹戎不碌港更好的發展，就需要加快完成擴建，對港口的設備進行更新，這才能使丹戎不碌港有更好的發展。

3.1.11 檳城港

檳城港位於馬來西亞，是馬來西亞的第二大港口，檳城港由喬治港區和北海港區組成，該港的泊位數量為 8 個，泊位的最大深度為 12.8 米，擁有許多的裝卸設備。該港可同時停靠 15 艘萬噸級船舶進行過駁裝卸作業，集裝箱堆場可存放 1,080TEU。

檳城港屬於小型支線港口，隨著經濟的發展，跟不上集裝箱船的需求，所以港口需要進行更新換代。

3.1.12 巴生港

巴生港是馬來西亞的最大港口，地理位置優越，位於麻六甲海峽，是遠東至歐洲貿易航線的理想停靠港，因此在航運市場中具有明顯的競爭優勢。巴生港毗鄰設有自由貿易區，其腹地廣闊，產業發達，已發展成為區域性的配發中心。

巴生港的基礎設施也十分的先進，設有吊重 35 噸的集裝箱、起重機 4 台、吊重 30 噸的跨運車 19 台、低門架叉式鏟車 23 台、高門架叉式鏟車 30 台、拖運車 50 台和牽引車 33 台。不僅如此，港務局還十分的支持巴生港，為了滿足集裝箱運輸發展

的需要，巴生港再建兩個集裝箱碼頭，到時巴生港將會成為亞洲主要的轉口港之一。

3.2 港口的主要業務

港口的業務包括的方面較為廣泛，主要的業務是港口的裝卸業務和港口的水路運輸業務。

裝卸業務包括滾裝船業務、能源業務、散雜貨業務和集裝箱業務。對於東南亞這 12 個港口來說，雖然港口大小、泊口大小、碼頭長度、橋吊數量等方面都有一定程度上的不同，但都有從事裝卸業務。對於港口來說，裝卸業務能夠幫助港口瞭解市場的需求，積極開拓市場，合理利用資源，不斷提高效率 and 降低耗能，能夠得到更好的經濟收益。

港口是具有水路聯運設備以及條件，供船舶安全進出和停泊的運輸樞紐，而水路運輸對於港口也有十分重要的意義。在這東南亞 12 個港口之中，既有存在集疏運條件高、地理位置優越的港口，比如新加坡港、巴生港等，也有存在集疏運條件不高、地理位置不優越的港口，比如馬尼拉港、光丹港等港口。雖說條件不同，但這 12 個港口都有水路運輸業務，這說明了水路運輸業務是一個港口非常重要的業務。

4. 港口物流指標選取和資料來源

4.1 指標選取

本文將東南亞 12 個港口作為 12 個決策單元。許多資料包絡分析模型研究文獻指出，輸入輸出指標數之和的 2 倍，不應該超過所評估的決策單元總數，所以必須從眾多指標之中選取最能體現港口物流效率的指標。本文以泊口數量、泊口深度、橋吊數量和集裝箱堆場作為輸入，以貨物輸送量和集裝箱輸送量作為輸出。

分析港口效率時，對於產出而言，貨物的輸送量是港口效率評價中最重要產出指標之一，能夠體現一個港口的整體生產水準和能力；港口需要大量資本作為基礎，集裝箱輸送量可以反映一個港口的資本投入情況和港口規模。對於投入而言，碼頭的泊位深度和泊位數量，可以說明港口所能容納船舶的能力；橋吊數量直接決定了碼頭貨物的吞吐能力和效率。集裝箱堆場作用是當集裝箱船到港前，有計劃有次序地按積載要求，將出口集裝箱整齊地集中堆放；卸船時將進口集裝箱暫時堆放在碼頭前方，以加速船舶裝卸作業，提高裝卸的效率。東南亞 12 個港口的投入產出指標體系如表 1。

表 1. 東南亞 12 個港口物流效率投入-產出指標體系

指標類型	指標名稱	變數名	單位	指標說明
輸入 指標	泊口數量	X1	個	反映容納船舶的能力
	泊口深度	X2	米	反映容納船舶的能力
	橋吊數量	X3	個	決定貨物的吞吐能力和效率
	集裝箱堆場面積	X4	萬平方米	反映裝卸作業的效率
輸出 指標	貨物輸送量	Y1	億噸	體現港口的生產能力與水準
	集裝箱輸送量	Y2	萬/TEU	反映港口的資本投入情況和規模

資料來源：本文自行整理

4.2 資料來源

本文研究 2010 到 2018 年東南亞 12 個港口的物流效率，分別對這 12 個港口的基本投入產出資料進行篩選，然後將篩選出的投入產出資料進行 DEA 分析，得出這 12 個港口物流的相對效率，並對無效的單元進行分析與改進。

為了確保研究結果的客觀性和可靠性，本研究樣本物件為東南亞 12 個港口物流，每一個港口為一個樣本物件，從而得出每個港口物流的效率值。具體的資料主要來源於 CEIC 全球經濟資料庫以及一些網站（如表 2、表 3 和表 4）。

表 2. 東南亞 12 個港口 2010-2018 年的貨物輸送量 Y1（單位：億噸）

港口 年份	胡志明 港	馬尼拉 港	海防 港	關丹 港	新加坡 港	丹戎帕 拉帕斯 港	林查班 港	曼谷 港	西哈努 克城港	丹戎不 碌港	檳城 港	巴生 港
2010	0.2619	0.4953	0.1568	0.1208	5.1000	0.7540	0.5394	0.1753	0.0173	0.1869	0.2357	1.7096
2011	0.2773	0.5381	0.1789	0.1521	5.3120	0.7820	0.6214	0.1710	0.0205	0.2153	0.2548	1.9417
2012	0.2772	0.5546	0.1812	0.1606	5.376	0.8210	0.6547	0.1947	0.0190	0.2583	0.2766	1.9791
2013	0.2440	0.5641	0.1880	0.1933	5.5800	0.7920	0.6706	0.2145	0.0213	0.2285	0.2602	2.0028
2014	0.2791	0.5777	0.1975	0.2137	5.4500	0.8570	0.7221	0.2144	0.0230	0.2241	0.2428	2.1729
2015	0.3099	0.8813	0.2374	0.4003	5.4700	0.8780	0.7336	0.2136	0.0260	0.1972	0.2892	2.1984
2016	0.3618	0.5969	0.2632	0.1680	5.7000	0.9120	0.7835	0.2100	0.0277	0.2162	0.2939	2.3559
2017	0.3817	0.9617	0.2720	0.1746	6.3000	0.9310	0.8362	0.2050	0.0333	0.1978	0.2958	2.1164
2018	0.4680	1.0760	0.3287	0.1632	6.2620	1.3025	1.2150	0.1735	0.0431	0.3000	0.2892	2.2070

資料來源：CEIC 全球經濟資料庫

表 3. 東南亞 12 個港口 2010-2018 年的集裝箱輸送量 Y2（單位：萬/TEU）

港口 年份	胡志明 港	馬尼拉 港	海防港	關丹港	新加坡 港	丹戎帕 拉帕斯 港	林查班 港	曼谷港	西哈努 克城港	丹戎不 碌港	檳城港	巴生港
2010	410	449	73.8	142	2,843	653	579	149.8	18.1	471	110	887
2011	481	493	85	132	2,993	750	573	145.4	21.4	580	119	999
2012	506	521	80	136	3,165	770	583	127.4	21.1	638	116	960
2013	510	523	91.3	126	3,258	760	620	150.5	23.1	570	123	1031
2014	516	552	98.4	131	3,386	850	658	153.6	25.3	560	126	1095
2015	531	572	102	140	3,090	910	682	153.8	25.8	520	121	1189
2016	569	652	108	141	3,094	828	723	149.8	15.7	540	134	1317
2017	620	701	117	147	3,370	833	776	149.6	23.1	609	143	1420
2018	633	505	476	138	3,667	896	807	208	45.6	780	151	1232

資料來源：CEIC 全球經濟資料庫

表 4. 東南亞 12 個港口的投入資料 (單位：個、米、萬平方米)

港口投入	胡志明港	馬尼拉港	海防港	關丹港	新加坡港	丹戎帕拉帕斯港	林查班港	曼谷港	西哈努克城港	丹戎不碌港	檳城港	巴生港
泊口數量 (X1)	15	26	21	19	76	14	11	8	9	40	8	25
泊口深度 (X2)	11	11.6	10.5	11.2	16	19	16	8.2	10.5	14	12.8	13.4
橋吊數量 (X3)	40	48	65	30	212	27	16	60	18	28	28	95
堆場面積 (X4)	50	64	40.4	30	150	120	155	14.8	6.5	110	25	84

資料來源：www.ufsoo.com

5. DEA 基本效率分析

現在通過 DEAP2.1 軟體，完成對收集到的東南亞 12 個港口的資料進行測算，從而得到這 12 個港口 2010-2018 年的綜合效率、純技術效率、規模效率和規模報酬，測算結果如表 5、表 6、表 7 和表 8，並對這些測算結果進行進一步的分析和研究。

5.1 綜合效率分析

綜合效率主要是說明了投入要素的生產效率是否存在一定的問題，港口的結構能否符合總體要求並使之發揮最大的經濟效益。表 5 為東南亞 12 個港口 2010-2018 年的綜合效率。

表 5. 2010-2018 年東南亞 12 個港口物流的綜合效率

港口年份	胡志明港	馬尼拉港	海防港	光丹港	新加坡港	丹戎帕拉帕斯港	林查班港	曼谷港	西哈努克城港	丹戎不碌港	檳城港	巴生港
2010	0.695	0.599	0.114	0.300	1	1	1	0.531	0.146	0.76	0.436	1
2011	0.758	0.611	0.125	0.261	1	1	1	0.491	0.165	0.875	0.437	1
2012	0.760	0.618	0.125	0.259	1	1	1	0.407	0.153	0.933	0.467	1
2013	0.752	0.608	0.125	0.232	1	1	1	0.467	0.163	0.817	0.428	1
2014	0.718	0.605	0.135	0.231	1	1	1	0.458	0.17	0.743	0.391	1
2015	0.772	0.653	0.161	0.421	1	1	1	0.502	0.194	0.675	0.463	1
2016	0.839	0.759	0.171	0.257	1	1	1	0.491	0.112	0.718	0.446	1
2017	0.855	0.758	0.160	0.247	1	0.993	1	0.451	0.157	0.761	0.442	1
2018	0.819	0.684	0.482	0.248	1	1	1	0.575	0.287	0.929	0.416	1

資料來源：本文自行整理

從上述可以看出，綜合效率為 1 的四個港口（新加坡港、丹戎帕拉帕斯港、林查班港、巴生港），其物流投入-產出相對效率在 DEA 中是有效狀態，其餘港口物流效

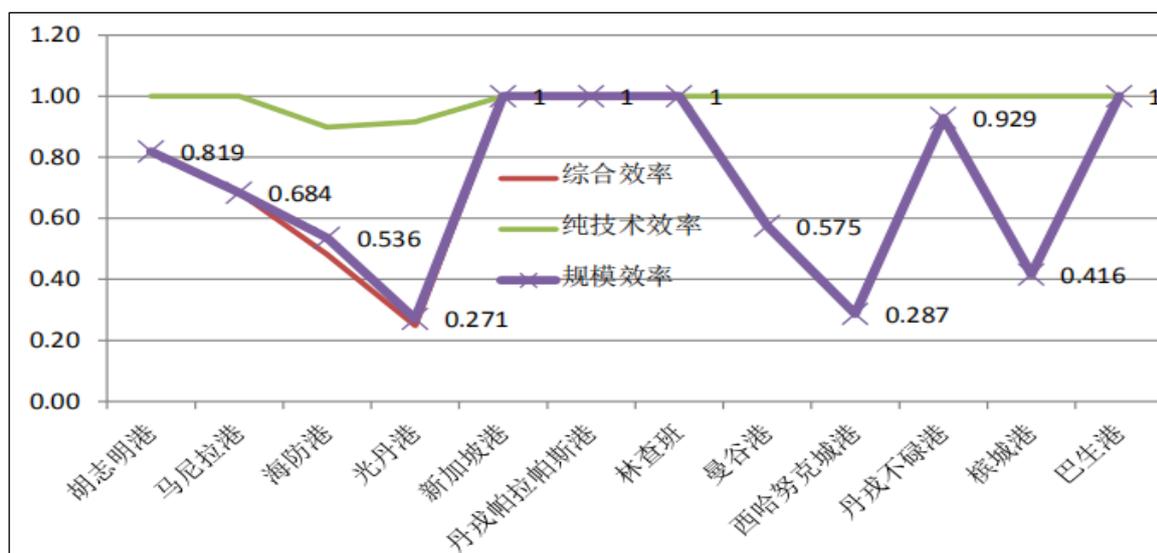
率則為非有效狀態；其中海防港、西哈努克城港和光丹港的綜合效率過低，為明顯無效狀態，說明這三個港口的投入要素的生產效率過低，需要宏觀的政策調整或者是資源配置進行變革，才能使其效率回到正軌。馬尼拉港、曼谷港、檳城港和丹戎不碌港的綜合效率存在一些效率問題，說明港口需要一定的調整措施，才能達到相對均衡的狀態。

表 5 顯示了 2010-2018 年東南亞 12 個港口物流的綜合效率的計算結果。從表 5 之中可以得出，在 2010 年中，只有林查班港、新加坡港、丹戎帕拉帕斯港和巴生港的綜合效率為 1，其他港口的綜合效率都不足 1；尤其是海防港和西哈努克城港的綜合效率都比較偏低。在 2011 中，東南亞這 12 個港口的綜合效率相對於 2010 來說都是處於增加的狀態，但是綜合效率到達 1 的還是只有林查班港、新加坡港、丹戎帕拉帕斯港和巴生港，其餘的港口的綜合效率相對於新加坡港、林查班港、丹戎帕拉帕斯港和巴生港來說還是較低的。

在 2012 年，大部分的港口的綜合效率是逐漸增加或者不變的，僅光丹港、曼谷港和西哈努克城港是處於降低狀態，說明這三個港口並沒有在綜合效率上保持良好的態勢。在 2013 年時，除了新加坡港、林查班、丹戎帕拉帕斯港和巴生港之外，大部分港口的綜合效率都出現降低情況，這說明除了這四個港口，其他港口的物流效率都出現一定程度上的下降。

在 2014 年到 2015 年除了丹戎不碌港的綜合效率下降，其他 11 個港口的綜合效率值都是處於增長狀態，說明這 11 個港口物流的效率是增長的。在 2016 到 2017 年除了丹戎不碌港、胡志明港和西哈努克城港的綜合效率是處於上升狀態外，其他 9 個港口的綜合效率維持平穩。2018 年丹戎不碌港的綜合效率值上升到 0.929，接近於 1。

圖 1 為 2017 年東南亞 12 個港口物流的綜合效率折線統計圖。可以看出，除了丹戎帕拉帕斯港在 2017 的綜合效率略微波動外，這 12 個港口之中只有林查班港、新加坡港、巴生港和丹戎帕拉帕斯港在 2010-2018 年的綜合效率一直都是為 1，在綜合效率上總體保持著良好的態勢，這也說明這三個港口物流的效率相對於其他港口更加的穩定。



資料來源：本文自行整理

圖 1. 2018 年東南亞港口的綜合效率、純技術效率和規模效率比較圖

5.2 純技術效率分析

純技術效率主要說明港口投入產出規模的問題，指規模能否符合要求，並使之發揮最大的經濟效益。表 6 為 2010-2018 東南亞 12 個港口的純技術效率。

表 6. 2010-2018 年東南亞 12 個港口物流的純技術效率

港口 年份	胡志明 港	馬尼拉 港	海防港	光丹港	新加坡 港	丹戎帕 拉帕斯 港	林查班	曼谷港	西哈努 克城港	丹戎不 碌港	檳城港	巴生港
2010	1	0.954	0.819	0.934	1	1	1	1	1	0.960	1	1
2011	1	0.953	0.825	0.929	1	1	1	1	1	1	1	1
2012	1	0.955	0.821	0.930	1	1	1	1	1	1	1	1
2013	1	0.954	0.818	0.929	1	1	1	1	1	0.976	1	1
2014	1	0.958	0.820	0.934	1	1	1	1	1	0.961	1	1
2015	1	1	0.830	0.995	1	1	1	1	1	0.936	1	1
2016	1	0.969	0.835	0.928	1	1	1	1	1	0.931	1	1
2017	1	1	0.836	0.925	1	1	1	1	1	0.940	1	1
2018	1	1	0.899	0.916	1	1	1	1	1	1	1	1

資料來源：本文自行整理

表 6 顯示的是 2010-2018 年東南亞 12 個港口的純技術效率計算結果。從表 6 可見，純技術效率始終保持為 1 的港口有胡志明港、新加坡港、丹戎帕拉帕斯港、林查班港、曼谷港、西哈努克城港、檳城港和巴生港這 8 個港口，說明這 8 個港口的純技術效率處於較好的狀態，也表明這 8 個港口物流投入-產出結構是協調發展的；而馬尼拉港、海防港、光丹港和丹戎不碌港的純技術效率，相對與其他八個港口來說是處於比較差的狀態。

海防港、光丹港在 2010-2018 年始終低於 1，馬尼拉、丹戎不碌港則時有波動，但 2018 年均提升達 1。在表 6 之中可以看出，雖然說馬尼拉港的純技術效率沒有在 2010-2018 年全部為 1，但是馬尼拉港在 2015 年、2017 年和 2018 年純技術效率達到了 1，並且馬尼拉港的純技術效率在大部分時間是相對增長的。海防港的純技術效率在 2010-2018 年中沒有一年達到 1，但是 2010-2011 和 2014-2018 年都處於增長，只有在 2012 到 2013 年期間是處於下降的。光丹港的純技術效率也是在 2010-2018 年之中沒有一年達到 1，並且在後面三年是處於下降狀態。丹戎不碌港的規模效率在 2011 年、2012 年和 2018 年達到了 1，然而在 2013 到 2017 年每年的純技術效率都是處於遞減的狀態，這表明港口物流投入-產出規模並未抵達最優狀態，港口物流規模程度的重新調整尚有空間。

在這四個港口之中，馬尼拉港和丹戎不碌港的純技術效率，相對於海防港和光丹港來說是處於較好的狀態，而海防港和光丹港的純技術效率是處於較差的狀況，這表明了海防港和光丹港的物流投入-產出規模是較差的，需要對其進行深度的調整。

結合圖 1 的 2018 年東南亞港口的純技術效率折線圖，可以看出除了海防港、光丹港和丹戎不碌港的純技術效率沒有達到 1，其他 9 個港口的純技術效率全部達到 1，這表明了海防港、光丹港和丹戎不碌港的物流投入-產出規模未臻理想，需要對規

模進行更加深度的調整。

5.3 規模效率分析

規模效率是指產業結構通過優化配置對產出單元所發生作用的大小，主要說明資源是否能夠高效的利用。表 7 為東南亞 12 個港口 2010-2017 的規模效率。

表 7. 2010-2018 年東南亞 12 個港口物流的規模效率

港口 年份	胡志明 港	馬尼拉 港	海防 港	關丹 港	新加坡 港	丹戎帕 拉帕斯 港	林查班 港	曼谷 港	西哈努 克城港	丹戎不 碌港	檳城港	巴生港
2010	0.695	0.628	0.140	0.321	1	1	1	0.531	0.146	0.791	0.436	1
2011	0.758	0.641	0.152	0.281	1	1	1	0.491	0.165	0.875	0.437	1
2012	0.760	0.647	0.153	0.279	1	1	1	0.407	0.153	0.933	0.467	1
2013	0.752	0.637	0.153	0.250	1	1	1	0.467	0.163	0.837	0.428	1
2014	0.718	0.632	0.164	0.247	1	1	1	0.458	0.170	0.773	0.391	1
2015	0.772	0.653	0.194	0.423	1	1	1	0.502	0.194	0.722	0.463	1
2016	0.839	0.784	0.205	0.277	1	1	1	0.491	0.112	0.772	0.446	1
2017	0.855	0.758	0.192	0.267	1	0.993	1	0.451	0.157	0.809	0.442	1
2018	0.819	0.684	0.536	0.271	1	1	1	0.575	0.287	0.929	0.416	1

資料來源：本文自行整理

表 7 顯示 2010-2018 年東南亞 12 港口規模效率的計算結果。在這 12 個港口之中，規模效率始終為 1 的有新加坡港、林查班港、巴生港和丹戎帕拉帕斯港，在 2010-2018 年技術效率不足 1 的港口有 8 個港口。

從表 7 還可以看出，在規模效率不足 1 的港口之中，海防港、光丹港、西哈努克城港的規模效率是偏低的，而在其他規模效率不足 1 的港口中，胡志明港、馬尼拉港、曼谷港、丹戎不碌港和檳城港的規模效率相對來說還是比較可觀的，海防港在 2018 年規模效率值達 0.536，有較大進步。

結合圖 1 的 2018 年東南亞港口的規模效率折線圖可知，在 2018 年規模效率達到 1 或接近 1 的有新加坡港、林查班港、巴生港、丹戎不碌港和丹戎帕拉帕斯港，這說明這 5 個港口的資源利用效率非常合理，其他規模效率不足 1 的港口需要提高資源的利用率。優化港口的資源，使資源能夠高效的利用，要堅持走集約化、多元化的發展道路，從而提高資源的利用率。

5.4 規模收益變動趨勢分析

規模收益能夠反應港口的物流產出以及物流投入的情況，能夠反應港口將生產要素等比例增加時，產出增加價值大於增加價值的情況。表 8 是 2010-2017 東南亞 12 個港口的規模收益。

這 12 個港口中，新加坡港、丹戎帕拉帕斯港、林查班和巴生港的規模收益始終不變。胡志明港在 2014、2016-2018 年規模收益呈現遞增狀態的，馬尼拉港在 2017-2018 年呈現遞增狀態，海防港在 2013-2014 和 2016-2018 年呈現遞增狀態，光丹港

在 2016-2018 年呈現遞增狀態，曼谷港在 2014、2017-2018 年遞增狀態，其他除了幾個成熟的港口，如新加坡港、林查班港、巴生港、巴生港和丹戎帕拉帕斯港，則在 2018 年均處於遞增狀態的。

表 8. 2010-2018 年東南亞 12 個港口物流的規模收益

港口 年份	胡志明 港	馬尼拉 港	海防港	關丹港	新加坡 港	丹戎帕 拉帕斯 港	林查班 港	曼谷港	西哈努 克城港	丹戎不 碌港	檳城港	巴生港
2010	-	-	irs	irs	-	-	-	-	drs	irs	-	-
2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	irs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	-	irs	irs	-	-	-	-	-	-	-	drs	-
2014	irs	-	irs	irs	-	-	-	irs	drs	-	drs	-
2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	irs	-	-
2016	irs	-	irs	-	-	-	-	-	drs	-	-	-
2017	-	-	-	-	-	-	-	irs	-	irs	drs	-
2018	irs	irs	irs	irs	-	-	-	irs	irs	irs	irs	-

注：irs 表示規模報酬遞增；drs 表示規模報酬遞減；-表示規模報酬不變

資料來源：本文自行整理

總之，東南亞 12 個港口物流投入-產出規模收益整體來說是表現為遞增的，其中新加坡港、丹戎帕拉帕斯港、林查班港和巴生港的規模收益是處於成熟穩定和不變的狀態的，這說明了這 4 個港口物流效率的重心，應該聚集在現有的資源如何利用與管理上；胡志明港、馬尼拉港、海防港、光丹港、曼谷港、丹戎不碌港是處於規模收益遞增狀態，表明其物流產出增加的速率明顯高於其投入值，故應適當增加物流投入的資源，並採用科學的方法加以利用；只有檳城港和西哈努克城港常處於規模效益遞減狀態，因此這兩個港口應該進行適當物流投入資源的調整，進一步完善資源配置，增強港口物流的管理水準。

5.5 港口分類

通過上述的資料，可以得出這 12 個港口的優劣勢所在，將通過港口效率的高低對這 12 個港口進行分類，以便航商對港口的選擇。在此選擇 2017 年東南亞 12 個的綜合效率對港口進行分類（見表 9），以為航商對港口的選擇提供參考。

表 9. 2017 年東南亞 12 港口綜合效率分類

效率值	港口
1	新加坡港、林查班港、巴生港
0.8-1	胡志明港、丹戎帕拉帕斯港
0.5-0.8	馬尼拉港、丹戎不碌港
0.3-0.5	曼谷港、檳城港
0-0.3	海防港、光丹港、西哈努克城港

資料來源：本文自行整理

6. 投入產出分析和投影分析

6.1 投入冗餘產出不足分析

投入冗餘產出不足分析主要能夠分析出這些存在問題的港口，可以通過一些方法來減少投入和增加產出。下面重點分析最新年度 2018 年東南亞 12 個港口存在投入產出存在冗餘的港口。如表 10，original value 是表示原始值，radial movement 是投入冗餘值，slack movement 是產出不足值，projected value 是達到 DEA 有效的目標值。如果投入和產出沒有冗餘和不足，所以其 DEA 有效目標值是原始值，而像海防港、光丹港和丹戎不碌港存在一定的產出不足和投入冗餘，所以其有效 DEA 目標值要加上投入冗餘值和產出不足值。

表 10. 2018 年東南亞存在投入冗餘和產出不足的港口

	Variable	Original value	Radial movement	Slack movement	Projected value
海防港	輸送量	0.3287	0	0.160	0.489
	集裝箱輸送量	476	0	0	476
	泊口數量	21	-2.121	-6.078	12.801
	泊口深度	10.5	-1.060	0	9.440
	橋吊數量	65	-6.564	0	58.436
	堆場面積	40.4	-4.080	-4.633	31.687
	光丹港	輸送量	0.1632	0	0
集裝箱輸送量		138	0	0	138
泊口數量		19	-1.593	-7.419	9.988
泊口深度		11.2	-0.939	0	10.261
橋吊數量		30	-2.516	0	27.484
堆場面積		30	-2.516	-16.460	11.024

資料來源：本文自行整理

在表 10 可以看出海防港在 2018 年比 2017 年的產出有了較大的提升，彌補了 2017 年集裝箱輸送量 61.332 萬 TEU 的缺口，僅貨物輸送量差 0.16 億噸。在投入之中也出現了冗餘的情況，在泊口數量投入冗餘了 8.199，這說明了泊口數量可以減少 8 個；在泊口深度冗余了 1.060 米，說明泊口深度可以減少 1 米；在橋吊數量上冗餘了 6.564 個，說明橋吊數量可以減少 6 個；在堆場面積上冗余了 8.713 萬平方米，說明堆場面積可以減少 8.7 萬平方米。

光丹港在投入方面，泊口數量應當減少 9.012 約等於 9 個，泊位深度應當減少 0.939 米，在橋吊數量上應減少 2.516 個，在堆場面積上應當減少 18.976 萬平方米。

從上述可以看出海防港和光丹港在產出出現不足，這說明這兩個港口已經擁有的基礎設施建設，可以負載更多的集裝箱和貨物吞吐。這兩個港口投入也存在不同程度冗餘的情況，無獨有偶這兩個港口的規模收益處於遞增的狀態，於是對加大投資以擴大規模而躍躍欲試，但是又由於港口本身技術無效率，管理和技術等方面不具有規模經濟，如此迴圈，就成為了投入冗餘而又產出不足的主要原因。

6.2 投影分析

決策單元在 DEA 相對有效的投影分析，是 DEA 方法中的重要內容，DEA 方法

通過投影來分析決策單元非有效的原因和程度，預測決策單元可能達到的有效程度，發現各個決策單元調整投入規模的正確方向和程度，為管理提供重要的決策資訊。投影分析如表 11 至表 15。

6.2.1 非 DEA 有效根據 DEA 有效投影 (SUMMARY OF PEERS)

PEERS 表示的是可以作為效率改進參照的港口序號，非 DEA 有效的港口可以根據相應的 DEA 有效港口進行投影，對投入產出進行調整，便可以實現 DEA 有效。由表 11 可知海防港可以參照新加坡港、曼谷港和胡志明港，對投入產出進行調整，從而實現 DEA 有效。光丹港可以參照新西哈努克城港、新加坡港、曼谷港和胡志明港，對投入產出進行調整，從而實現 DEA 有效。

表 11. 非 DEA 有效根據 DEA 有效的投影

DUM	FIRM	PEERS WEIGHTS
胡志明港	1	1
馬尼拉港	2	2
海防港	3	5、8、1
光丹港	4	9、1、8、5
新加坡港	5	5
丹戎帕拉帕斯港	6	6
林查班港	7	7
曼谷港	8	8
西哈努克城港	9	9
丹戎不碌港	10	10
檳城港	11	11
巴生港	12	12

資料來源：本文自行整理

6.2.2 非 DEA 有效根據 DEA 有效投影權重 (SUMMARY OF PEERS WEIGHTS)

PEERS WEIGHTS 表示作為效率改進參照港口所占的權數，在表 12 中可以看出海防港要想實 DEA 有效，參考港口的權數曼谷港占了 0.620，胡志明港占了 0.345，新加坡港占了 0.035。光丹港想要實現 DEA 有效，參考港口的權數西哈努克城港占 0.812，胡志明港占 0.029，新加坡港占 0.014，曼谷港占 0.145。通過參考這些港口的權數占比，能夠使海防港和光丹港更加成功的實現 DEA 有效。

6.2.3 非 DEA 有效根據 DEA 有效投影次數 (SUMMARY OF PEERS COUNT)

PEERS COUNT 表示有效樣本被參考的次數，在表 13 可知胡志明港被參考了 2 次，新加坡港被參考了 2 次，曼谷港參考了 2 次，西哈努克城港被參考了 1 次，其他港口沒有被參考。

表 12. 非 DEA 有效根據 DEA 有效的投影的權重

DUM	FIRM	PEERS WEIGHTS
胡志明港	1	1
馬尼拉港	2	2
海防港	3	0.035、0.345、0.620
光丹港	4	0.029、0.014、0.812、0.145
新加坡港	5	5
丹戎帕拉帕斯港	6	6
林查班港	7	7
曼谷港	8	8
西哈努克城港	9	9
丹戎不碌港	10	10
檳城港	11	11
巴生港	12	12

資料來源：本文自行整理

表 13. 非 DEA 有效根據 DEA 有效的投影的次數

DUM	FIRM	PEERS COUNT
胡志明港	1	2
馬尼拉港	2	0
海防港	3	0
光丹港	4	0
新加坡港	5	2
丹戎帕拉帕斯港	6	0
林查班港	7	0
曼谷港	8	2
西哈努克城港	9	1
丹戎不碌港	10	0
檳城港	11	0
巴生港	12	0

資料來源：本文自行整理

6.2.4 產出的目標值 (SUMMARY OF OUTPUT TARGETS)

SUMMARY OF OUTPUT TARGETS 是各輸出單元的目標值，如果是 DEA 有效單元則是原始值。在表 14 中可知除了海防港、光丹港是非 DEA 有效單元，其他都是 DEA 有效單元。

6.2.5 投入的目標值 (SUMMARY OF INPUT TARGETS)

SUMMARY OF INPUT TARGETS 是各投入單元的目標值，DEA 有效就是原始值，在表 15 可知海防港、光丹港和丹戎不碌港是非 DEA 有效。其他港口都是 DEA 有效。

表 14. 產出的目標值

DUM	FIRM OUTPUT	1	2
胡志明港	1	0.468	633.0
馬尼拉港	2	1.076	505.0
海防港	3	0.489	476.0
光丹港	4	0.163	138.0
新加坡港	5	6.262	3,667.0
丹戎帕拉帕斯港	6	1.302	896.0
林查班港	7	1.215	807.0
曼谷港	8	0.173	208.0
西哈努克城港	9	0.043	45.6
丹戎不碌港	10	0.300	780.0
檳城港	11	0.289	151.0
巴生港	12	2.207	1,232.0

資料來源：本文自行整理

表 15. 投入的目標值

DUM	FIRM INPUT	1	2	3	4
胡志明港	1	15.000	11.000	40.000	50.000
馬尼拉港	2	26.000	11.600	48.000	64.000
海防港	3	12.801	9.440	58.436	31.687
光丹港	4	9.988	10.261	27.484	11.024
新加坡港	5	76.000	16.000	212.000	150.000
丹戎帕拉帕斯港	6	14.000	19.000	27.000	120.000
林查班港	7	11.000	16.000	16.000	155.000
曼谷港	8	8.000	8.200	60.000	14.800
西哈努克城港	9	9.000	10.500	18.000	6.500
丹戎不碌港	10	40.000	14.000	28.000	110.000
檳城港	11	8.000	12.800	28.000	25.000
巴生港	12	25.000	13.400	95.000	84.000

資料來源：本文自行整理

7. 結論與建議

本文利用 DEA 分析法，分析東南亞港口物流的相對效率，主要分析港口存在綜合效率、純技術效率、規模效率和規模報酬不足問題。首先在 CEIC 全球資料庫之中，獲取分析物件的基本資料，在對這些資料進行整理的基礎上，借助 DEAP 軟體計算出東南亞這 12 個港口的綜合效率、純技術效率、規模效率和規模報酬，找出這 12 個港口之中存在的基本問題，並對綜合效率、純技術效率、規模效率和規模報酬不足問題，進一步進行投影分析，基於實際情況與理論相結合，提出相應的解決方案，指出完善的空間，依此形成對港口運作的初步建議。

(1) 對資源配置進行優化

對於這 12 個港口來說，綜合效率存在問題的港口有胡志明港、馬尼拉港、海防港、光丹港、曼谷港、西哈努克城港、丹戎不碌港和檳城港，所以需要對這些港口的資源配置進行優化，這樣才能使港口的效率不斷地提高。

港口資源優化有利於港口的發展，能夠提高港口的競爭力，從而提高港口的經濟收益，也能使港口爭取到更多的資源和發展空間。資源配置的優化還有利於港口的資源供給與需求的關係得到更好的協調；最重要的是港口資源配置的優化，能夠說明港口物流核心技術的提高，這不管是對於港口的經濟收益還是港口未來的發展，都是具有重大意義的。

(2) 調整港口物流的規模

在東南亞這 12 個港口之中，存在純技術效率不足的港口有海防港和光丹港，純技術效率不足說明了投入產出規模較差，要對這些港口的物流規模進行調整。港口規模的調整對港口物流經濟的發展具有重大的意義，能夠改善港口發展的協調性，能夠提高港口的效率。對於港口規模不足的港口來說，需要一定程度上擴大一些規模，但是港口規模不能超過市場的需求，否則就會存在“過熱”的問題。對於港口存在過多的規模，則需要對港口的規模進行一些縮小，這樣才能夠使港口的規模更加的適當與合理，提高物流效率。

(3) 提高資源的利用率

由於東南亞這 12 個港口之中，規模效率不足的港口有胡志明港、馬尼拉港、海防港、光丹港、曼谷港、西哈努克城港、丹戎不碌港和檳城港，要想改變這個問題，就需要提高港口資源的利用率，從而能讓港口有更好的效率。想要提高港口資源的利用率，可以通過兩個環節來提高資源利用率：第一是加強港口建設，第二是提高技術。

東南亞這 12 港口除了一些港口的基礎設施建設是相對完整，大多數港口的基礎設施尚不夠完善，想要提高港口的資源利用率，就要對基礎設施進行進一步的建設；這 12 個港口之中，技術水準不高的港口偏多，想要提高資源的利用率，就必須要提高港口的技術，這樣才能讓港口更好地發展。

總之，綜合效率存在不足的港口，需要對宏觀政策進行調整和資源配置進行優化，純技術效率不足的港口，需要對物流規模進行一定程度上的調整；規模效率不足的港口，需要提高資源的利用率；規模報酬不足的港口，需要增強港口的物流水平，對投入資源進行適當的調整。

參考文獻

1. 魏權齡 (2004)。資料包絡分析。北京：科學出版社。
2. 馬占新 (2010)。資料包絡分析模型與方法。北京：科學出版社。
3. 何逢標 (2010)。綜合評價方法 MATLAB 實現。北京：中國社會科學出版社。
4. 劉波 (2014)。基於資料包絡分析的保險應用研究。北京：科學出版社。
5. 龍勇、紀曉鋒 (2005)。高技術產業技術進步的 DEA 分析。統計與決策，6，72-74。
6. 趙冰梅、高磊、任冬 (2015)。基於投入主導 DEA 模型的我國沿海主要港口物流效率研究。對外經貿，10，66-69。
7. 徐超 (2006)。基於 DEA 法的我國協力廠商物流企業效率評價研究 (未出版之

- 碩士論文)。浙江省：浙江工業大學。
8. 吳文江 (1993)。有關決策單元變為 DEA 有效的方法。上海建材學院學報, 1, 62-68。
 9. 林仁炆 (2015)。中國港口上市公司績效 DEA 分析。重慶科技學院學報 (社會科學版), 8, 105-106+114
 10. 岳巧紅、封學軍 (2008)。基於 DEA 模型的港口企業規模效率評估。水運工程, 1, 46-49。
 11. 黃勇、彭文沖、裘偉超 (2010)。基於 DEA 的廣東省物流系統效率評價。物流工程與管理, 32(10), 23-25+41。
 12. 莊茜、李紹武 (2008)。改進 DEA 在港口效率評價中的應用。天津城市建設學院學報, 2, 102-105。
 13. 鄧娟 (2012)。中國港口效率的 DEA 測度與提升研究-基於動態比較優勢增進的視角 (未出版之博士論文)。浙江省：浙江大學
 14. Cullinane, K., Song, D. W., & Wang, T. F. (2004). An application of DEA windows analysis to container port production efficiency. *Review of Network Economics*, 3, 186-208.
 15. Nahangi, M., Chen, Y. T., & McCabe, B. (2019). Safety-based efficiency evaluation of construction sites using data envelopment analysis. *Safety Science*, 113, 382-388.
 16. Jiang, B., & Li, J. (2009). DEA-based performance measurement of sea-ports in Northeast Asia: Radial and non-radial approach. *The Asian Journal of Shipping and logistics*, 25(2), 219-236.

收稿日期：2020-12-23
責任編輯、校對：曾晶蕊、江雅軒