

# 船舶大型化趨勢下碼頭船席配置比率之研究

## Research on the Deployment Rate of Berth Plan under the Trend of Mega-size Container Ships

吳清慈 (Ching-Tsyr Wu)<sup>1</sup>、張凱崑 (Kai-Wei Chang)<sup>2\*</sup>

### 摘要

**本**研究以直線型碼頭為主要研究對象，機具與儲區配置以基隆港東岸 E8-E11 碼頭為港模，建立五種方案，船期時間設定為一週，探討船舶大型化對港口的作業績效影響，因為大型船舶靠港受限於碼頭長度，且大型船集中式靠港造成靠港船舶數減少，增加單位時間之貨櫃裝卸數量，反而會降低碼頭作業效率及滯港時間變長，因此碼頭營運方可以透過適當配置大型船與小型船的比率，來改善碼頭作業績效。研究結果顯示，在配置大型船與總艘數配置比為 4:21 時會有最佳績效，也就是比率 19.05%，因此適當降低小船靠港，增加大型船舶靠港且大型船舶不連續靠港的情況下，有利於增加碼頭作業效率。

**關鍵字：**貨櫃碼頭、港埠模擬系統、船舶大型化

### Abstract

This study takes linear container quay as the main research topic, and uses the E8-E11 linear quays of the east coast container terminal of Keelung for simulation model. A model with five plans and a ship schedule of one week was proposed to explore the impact of mega-size ships on the operational performance of the port. Since mega-size ships' berth is limited by the berth length overall and centralized port call of mega-size ships, this would reduce the number of docking ships and increase the number of loading

<sup>1</sup> 國立臺灣海洋大學商船學系助理教授；聯絡地址：202 基隆市中正區北寧路2號；E-mail: [ctwu@ntou.edu.tw](mailto:ctwu@ntou.edu.tw)。

<sup>2\*</sup> 通訊作者，國立臺灣海洋大學商船學系碩士研究生；聯絡地址：202 基隆市中正區北寧路2號；E-mail: [qq13097@gmail.com](mailto:qq13097@gmail.com)。

and unloading containers. On the contrary, it will reduce the efficiency of terminal operations and increase the detention time of the ships. As a consequence, terminal operators can improve the performance of terminal operations by appropriately configuring the ratio of mega-size ships to small ships. The results indicate that the ratio of mega-size ships to total number of ships is 4:21 (ratio 19.05%), which is an extraordinary plan. Therefore, appropriately lower the number of small ships and increase the number of mega-size ships will help to promote the efficiency of terminal operations.

**Keywords:** Container terminal, Port simulation system, Trend of mega-size ships

## 壹、前言

船舶大型化的優勢在於降低單位載貨營運成本、降低單位 TEU 數造船成本、增加每趟貨物載重及營收、耗油減少、停靠站減少、航班減少、航線擴大且可停靠更大的港口，從而提高效率，航商也可以增加大型船數量以便搶下市占率。

船舶大型化下，大型船舶靠港作業受限於碼頭船席長度大小、機具設備及碼頭儲區大小限制，如果船席分配不宜，反而降低碼頭作業效率。因此，本研究目的在於解決船舶大型化趨勢下，透過船席配置安排來改善此問題。本研究的主要動機是探討在一週時間內，大型化船舶的配置比率，透過減少小型船舶艘數，增加大型船舶艘數，找出大型與小型船舶的最佳配置比率，達到提升整體貨櫃碼頭營運績效。此外，爭取大型化船舶靠港有數個優點，

以港埠經營者的概念，例如：商港靠泊費、裝卸櫃量、換船員與能源食物補給機率等等收取的費用較小型船舶為高，此外，未避免被國際邊緣化成為支線港，這些都是大型化船舶可以帶來更多的效益。

本研究使用 FlexSim CT 貨櫃碼頭模擬軟體，以真實基隆港東岸 E8-E11 碼頭為港模，蒐集實際一週的船舶數量與船舶長度、裝卸量與靠泊時間，建構模擬系統，研擬五種方案，以模擬求得的數據，取六種評估指標：平均佔有船席時間、橋式機等候百分率、橋式機每小時淨裝卸量、門式機平均等候時間、門式機作業忙碌百分率與門式機每小時淨裝卸量，評估貨櫃碼頭作業績效，最後以理想解類似度順序偏好法 (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution, TOPSIS) 綜合分析所擬方案之整體作業績效其策略之改善程度。

## 貳、文獻回顧

### 2.1 貨櫃碼頭模擬分析相關文獻

貨櫃碼頭模擬軟體可以設計數個方案，吳清慈(2014)運用FlexSim CT港埠模擬軟體設計六個方案進行分析比較，儲區以岸上運具(卡車)、儲區裝卸機種類及數量、儲區配置型式作為變量依據，整體以船席作業績效與橋式起重機作業績效為兩大指標，研究顯示儲區配置分散，岸上運具行駛路徑相對較短，行駛速度愈快，有助於降低機具等候時間，縮短靠港時間，顯示出岸上運具與儲區對於貨櫃碼頭績效有很大的關聯性；王騰毅(2015)透過FlexSim CT港埠模擬軟體設計八個方案，以直線型碼頭垂直於船席的儲區配置，探討船席裝卸績效，以岸上起重機與船期搭配調度為主要變數，岸上運具選用車，利用其機動性與速度，而儲區機具採用膠輪門式機，利用其低成本及機動性，儲區之間以跨載機作業模式，提升裝卸效率。

### 2.2 港口績效指標分析相關文獻

港口績效牽涉到全球海運的順暢與運輸成本，Clark (2004)發現港口效率是運輸成本的重要決定因素，將港口效率從第25個百分點提高到第75個百分點可將運輸成本降低12%，低效率的港口還會增加

裝卸成本。而Wilmsmeier (2006)提出港口效率、港口基礎設施、私營部門參與和港口間連通性等指標對國際海運成本有顯著影響，港口績效除了對海運成本有影響，對港口貨櫃吞吐量也有關係；Herrera Dappe (2017)基於港口投入要素，建立了一個衡量港口產出經濟效率之衡量標準，研究結果顯示可以將其平均海運成本降低多達 14%，並將其出口增加多達 2.2%。

研究港口績效指標的研究方法有數百種，Sánchez (2003) 運用 principal component analysis (PCA)分析法獲得港口效率，模型中的特定變量解釋了水路運輸成本變化的很大一部分，模型設計中預估的結果與實際結果皆在彈性誤差值內，其他可變的解釋變量是每月輪班的可行性、距離和每噸貨物的價值，這牽涉到政策層面，與國家競爭力以及當局者有關。黨惠柔(2021)從港務公司自營碼頭之觀點，探討影響貨櫃碼頭作業效率之因子，研究發現櫃場管理構面最為重要，此與航商碼頭業者觀點大為不同，業者認為機具設備構面最為重要。對於櫃場管理，詹宜錚(2018) 研究結果發現，由C航商所承租的第T5、T6號碼頭；D航商所屬的T7、T8號碼頭；F航商所屬的T10-T12碼頭連續三年皆達到規模效率，是因為碼頭資源分配得宜，Cullinane (2006)也認為港口或碼頭的規模與其作業效率有高度密切相關，研究方法運用對數線性柯布-道格拉斯生產函

數使用隨機前沿模型的橫截面版本估計歐洲集裝箱港口樣本的相對技術效率。

## 2.3 相關文獻總結

綜合以上文獻之回顧，能判斷港口碼頭績效的方法數不勝數，能改善碼頭營運效率有改善儲區配置、調整船席、調整碼頭機具配置等。隨著時間的成長，港口效率必須要隨著提升，隨著港口效率提升，所帶來的效益有降低運輸成本、降低裝卸成本、減少滯港時間。

## 參、模擬系統與評估指標

### 3.1 貨櫃碼頭模擬系統之功能

貨櫃碼頭模擬系統最大優勢在於模擬過去與未來，分別代表著檢討與進步，透過 FlexSim CT 模擬出如何確實改善效率，減少錯誤的決策，且優化決策。

FlexSim CT 模擬系統可以用來改善繁蕪龐雜的貨櫃碼頭作業流程，並達到以下功能：

1. 減少船泊靠港時間。
2. 減少船席等候時間。
3. 降低搬運機具的閒置率。
4. 減少管制站之交通瓶頸。
5. 優化儲區裝卸機具之配置。

6. 降低貨櫃碼頭裝卸機具閒置率。
7. 可以模擬不同長度、不同地形之貨櫃碼頭。
8. 系統性分配儲區作業量並有效率的調派設施資源。

#### 3.1.1 船席配置子系統

船席規劃(Berth Planning)：是一個關於岸端相關作業的系統，含到港船舶船席之配置系統(Berth Layout)、船舶貨櫃貨艙之配置系統(Hatch Profiles)、靠泊船舶船型之配置系統(Services)、到港船期安排之配置系統(Ship Schedule)等。

#### 3.1.2 堆積場配置子系統

堆積場規劃(Yard Planning)：是一個關於儲區與堆積場的相關系統，含櫃場貨櫃儲區之配置(Block)、櫃場貨櫃區位之配置(Area)、貨櫃裝卸策略之配置(Container Placement)、貨櫃儲區指派之配置(Block Assignments)、儲區裝卸機具之配置(Resource Assignments)、機具優先權限之配置(Resource Priorities)、櫃場裝卸作業之配置(Yard Operations)等。

#### 3.1.3 堆積場配置子系統

管制站規劃 (Gate Planning)：是一個可規劃與管控貨櫃拖車或卡車到達管制站，進入堆積場車道之管制與派送模式。

### 3.2 貨櫃碼頭作業績效指標

透過二大類之作業績效指標，如表 1 所示，作為評估本研究方案之作業績效指

標，並進行方案比較分析，以了解其績效程度，作為評估研擬方案之優劣。選用之作業績效指標，均在相同裝卸作業量之下進行作業績效評估，如下所述：

表 1 作業績效評估指標

|        | 評估指標   | 數學計算式  | 單位   |
|--------|--|--|------|
| 船席作業績效 | 平均佔有船席時間<br>(Average berth occupancy, ABO)                           | $ABO = \frac{\text{船舶佔有船席時間}}{\text{總船舶艘數}}$           | 分鐘   |
|        | 橋式起重機等候卡車百分率<br>(Gantry crane waiting for truck rate, GWTR)          | $GWTR = \frac{\text{等待卡車時間}}{\text{機具裝卸作業時間}}$         | %    |
|        | 橋式起重機淨裝卸量<br>(Net moves per hour of gantry crane, GNMPH)             | $GNMPH = \frac{\text{GC 實際裝卸移動之趟次}}{\text{機具裝卸作業時間}}$  | 次/小時 |
| 儲區作業績效 | 門式起重機作業忙碌百分率<br>(Percent of busy rate, RBR)                          | $RBR = \frac{\text{儲區作業機具時間}}{\text{可供作業時間}}$          | %    |
|        | 門式起重機平均等候時間<br>(Average wait time rate, RAWT)                        | $RAWT = \frac{\text{門式起重機作業時間}}{\text{總機具數}}$          | 分鐘   |
|        | 門式起重機淨裝卸量<br>(Net moves per hour of rubber tire gantry crane, RNMPH) | $RNMPH = \frac{\text{RTG 實際裝卸移動之趟次}}{\text{機具裝卸作業時間}}$ | 次/小時 |

- ABO：船舶實際進行裝卸站有船席之時間。即指船舶占用船席程度的一種指標，模擬結果數值愈小，船舶停靠船席的時間愈短，績效愈好。
- GWTR：GC 之實際作業時間與整體可供作業時間之比值。模擬結果數值愈小，GC 作業時間愈快，拖車等候的時間也會愈短，績效愈好。
- GNMPH：機具裝卸作業時間內，GC 每小時實際裝卸移動之趟次。
- RBR：儲區作業機具之實際作業時間與整體可供作業時間之比值。
- RAWT：船泊靠港裝卸時，儲區作業機具之平均等候貨櫃時間。
- RNMPH：機具裝卸作業時間內，每小時實際裝卸移動之趟次。

### 3.3 模擬次數統計驗證

為求得更精準的數據，每個方案均模擬 10 次，並將模擬 10 次與模擬 5 次之結

果進行比較，以了解是否有顯著差異存在，本研究採用 T 檢定驗證(兩個母體平均數差之檢定，假設變異數相等)，假設檢定模擬 10 次與模擬 5 次無顯著差異為  $H_0$ ，模擬 10 次與模擬 5 次有顯著差異為  $H_1$ ，結果分別如下表 2 及表 3 所示。

表 2 評估指標 ABO 及 GWTR 之 T 檢定

| ABO        | 模擬 10 次 | 模擬 5 次  | GWTR       | 模擬 10 次 | 模擬 5 次 |
|------------|---------|---------|------------|---------|--------|
| 平均數        | 262.277 | 261.661 | 平均數        | 6.414   | 6.36   |
| 變異數        | 7.045   | 9.208   | 變異數        | 0.041   | 0.058  |
| 觀察值個數      | 10.000  | 5.000   | 觀察值個數      | 10.000  | 5.000  |
| Pooled 變異數 | 7.711   |         | Pooled 變異數 | 0.046   |        |
| 假設的均數差     | 0.000   |         | 假設的均數差     | 0.000   |        |
| 自由度        | 13.000  |         | 自由度        | 13.000  |        |
| t 統計       | 0.405   |         | t 統計       | 0.387   |        |
| P(T<=t) 雙尾 | 0.346   |         | P(T<=t) 雙尾 | 0.353   |        |
| 臨界值：雙尾     | 1.771   |         | 臨界值：雙尾     | 1.771   |        |

表 3 評估指標 AWT 及 RBR 之 T 檢定

| RAWT       | 模擬 10 次 | 模擬 5 次 | RBR        | 模擬 10 次 | 模擬 5 次 |
|------------|---------|--------|------------|---------|--------|
| 平均數        | 6.742   | 6.798  | 平均數        | 21.288  | 21.296 |
| 變異數        | 0.164   | 0.312  | 變異數        | 0.024   | 0.035  |
| 觀察值個數      | 10.000  | 5.000  | 觀察值個數      | 10.000  | 5.000  |
| Pooled 變異數 | 0.210   |        | Pooled 變異數 | 0.027   |        |
| 假設的均數差     | 0.000   |        | 假設的均數差     | 0.000   |        |
| 自由度        | 13.000  |        | 自由度        | 13.000  |        |
| t 統計       | -0.221  |        | t 統計       | -0.090  |        |
| P(T<=t) 雙尾 | 0.414   |        | P(T<=t) 雙尾 | 0.465   |        |
| 臨界值：雙尾     | 1.771   |        | 臨界值：雙尾     | 1.771   |        |

可知 ABO、GWTR、RAWT、RBR 的四個指標分別大於  $\alpha$  值(0.05)且 T 統計分別為 0.405、0.387、-0.221、-0.09 均小於

臨界值(雙尾)1.771，顯示無法拒絕虛無假設成立，故  $H_0$  為真，代表模擬次數為 10 次與模擬次數為 5 次之所取得平均值其結果差異不大。

GC)配置 4 台卡車，方案總共配置 5 個儲區、每儲區配置 2 台門式起重機，如圖 2 所示。

## 肆、方案績效評估

### 4.1 貨櫃碼頭船席配置型式

本研究碼頭建設配置以基隆港東岸貨櫃儲運場(東 8-東 11)之直線型碼頭為模板(如圖 1 所示)。每方案總共配置 7 台橋式起重機、每橋式起重機(Gantry Crane,

### 4.2 櫃種代號

本研究時間設為一週停靠船舶之資料，每方案貨櫃型態分為四種櫃種，出口櫃、進口櫃、轉口櫃、空櫃，貨櫃尺寸均有 20 TEU 及 40 TEU，約 107 種代號貨櫃，列於底下表 4 為本研究中所使用之櫃種代號，以下方案配置皆使用此代號。



資料來源：Google map 及本研究自製。

圖 1 基隆港碼頭位置配置圖

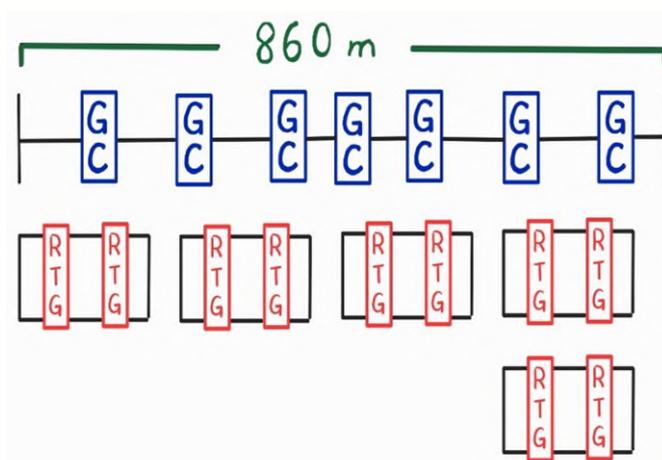


圖 2 貨櫃碼頭配置示意圖

表 4 櫃種代號

| 櫃種              | 代號  |
|-----------------|---|
| 出口櫃<br>(Export) | Export_01-1, Export_01-2, Export_02-1, Export_02-2, Export_03-1, Export_03-2, Export_04-1, Export_04-2, Export_05-1, Export_05-2, Export_06-1, Export_06-2, Export_07-1, Export_07-2, Export_07-3, Export_09-1, Export_09-2, Export_10-1, Export_10-2, Export_11-1, Export_11-2, Export_12-1, Export_12-2, Export_13-1, Export_13-2, Export_14-1, Export_14-2, Export_15-1, Export_15-2, Export_16-1, Export_16-2, Export_17-1, Export_17-2, Export_18-1, Export_18-2, Export_19-1, Export_19-2, Export_20-1, Export_20-2, Export_21-1, Export_21-2, Export_22-1, Export_22-2, Export_23-1, Export_23-2, Export_24-1, Export_24-2, Export_25-1, Export_25-2 |
| 進口櫃<br>(Import) | Import_01-1, Import_01-2, Import_02-1, Import_02-2, Import_03-1, Import_03-2, Import_05-1, Import_05-2, Import_06-1, Import_06-2, Import_07-1, Import_07-2, Import_08-1, Import_08-2, Import_09-1, Import_09-2, Import_10-1, Import_10-2, Import_11-1, Import_11-2, Import_12-1, Import_12-2, Import_13-1, Import_13-2, Import_14-1, Import_14-2, Import_15-1, Import_15-2, Import_16-1, Import_16-2, Import_17-1, Import_17-2, Import_18-1, Import_18-2, Import_18-3, Import_19-1, Import_19-2, Import_20-1, Import_20-2, Import_21-1, Import_21-2, Import_22-1, Import_22-2, Import_24-1, Import_24-2, Import_25-1, Import_25-2                           |
| 轉口櫃<br>(Trans)  | Trans1, Trans2, Trans3, Trans4  |
| 空櫃<br>(Empty)   | Empty1-1, Empty1-2, Empty2-1, Empty2-1a, Empty2-2, Empty2-2a, Empty3  |

### 4.3 貨櫃船席之方案設計

方案 1 為實際的原始船期，方案 2~方案 5 分別由前一個方案挑選 2 條最長船舶與最短船舶(要挑選未經合併之船舶)，合併成兩艘大船(船長均 250M~350M)，船寬設定參照劉宏道等人(2019)之文中內容「大型貨櫃船及超大型貨櫃船之船長與船寬比約降至 6.8~7.1」，本研究設計合併船舶船寬比率選為 7，進港順序皆改成挑選船舶之最晚的進港順序，且靠港位置不

改變，合併之船舶皆改配置 4 台 GC，其餘碼頭機具、貨櫃型態、總時間皆無改變。模擬在一萬小時內，5 種不同方案下，由 6 種評估指標，比較分析貨櫃碼頭整體裝卸作業績效。

#### ● 方案 1 (原始檔案，25 條小船) – Plan 1

方案 1 為原始船期方案皆不改變，方案 1 船席安排為圖 3，方案 1 船型設定之模式列於表 5，方案 1 模擬效率結果列於表 6。

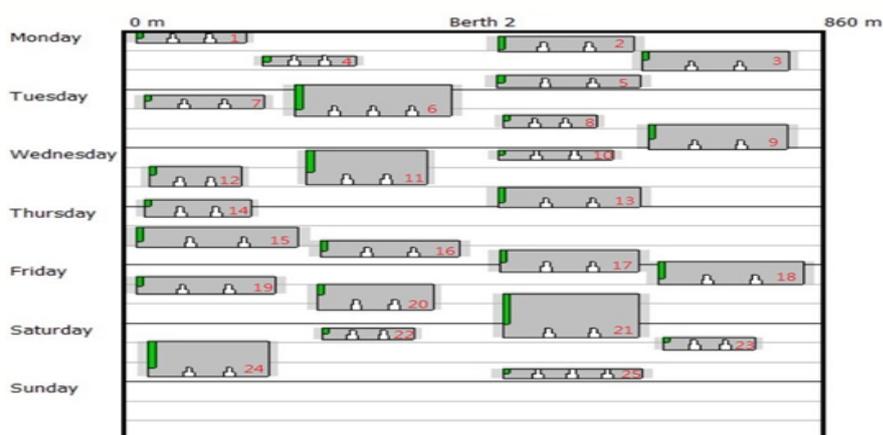


圖 3 方案 1 之船席安排

表 5 方案一船型設定之模式

| 船名        | 進港順序 | 船長  | 船寬 | 卸櫃數 | 裝櫃數 | GC 數量 |
|-----------|------|-----|----|-----|-----|-------|
| KITI      | 1    | 136 | 22 | 50  | 86  | 2     |
| KMTC      | 2    | 169 | 28 | 171 | 144 | 2     |
| MOONCHILD | 3    | 182 | 25 | 147 | 60  | 2     |
| MAGNA     | 4    | 115 | 19 | 144 | 0   | 2     |
| WILLIAM   | 5    | 177 | 28 | 99  | 88  | 2     |
| KANWAY    | 6    | 193 | 28 | 395 | 516 | 3     |
| NEW60     | 7    | 148 | 23 | 31  | 101 | 2     |

表 5 方案一船型設定之模式(續)

| 船名             | 進港順序 | 船長  | 船寬 | 卸櫃數 | 裝櫃數 | GC 數量 |
|----------------|------|-----|----|-----|-----|-------|
| MYRID1         | 8    | 115 | 19 | 36  | 105 | 2     |
| YM INTERACTION | 9    | 172 | 27 | 219 | 143 | 2     |
| ESTIMA         | 10   | 142 | 23 | 43  | 67  | 2     |
| GLORY OCEAN    | 11   | 148 | 23 | 255 | 290 | 2     |
| SWAN1          | 12   | 115 | 19 | 84  | 123 | 2     |
| HANSA          | 13   | 176 | 28 | 238 | 129 | 2     |
| GLORY SEASON   | 14   | 132 | 19 | 99  | 72  | 2     |
| ST EVER        | 15   | 200 | 32 | 228 | 122 | 2     |
| YM IMAGE       | 16   | 172 | 27 | 84  | 157 | 2     |
| CNC            | 17   | 172 | 28 | 88  | 223 | 2     |
| TENG           | 18   | 180 | 28 | 211 | 193 | 2     |
| TS TOKYO       | 19   | 172 | 28 | 78  | 155 | 2     |
| NEW12          | 20   | 143 | 23 | 51  | 207 | 2     |
| TS HK          | 21   | 168 | 26 | 264 | 486 | 2     |
| SWAN2          | 22   | 115 | 19 | 123 | 19  | 2     |
| MYRID2         | 23   | 115 | 19 | 122 | 0   | 2     |
| BLUE           | 24   | 150 | 23 | 314 | 332 | 2     |
| NORDMAAS       | 25   | 172 | 28 | 19  | 132 | 3     |

表 6 方案 1~方案 5 模擬效率結果

|               | ABO     | GWTR  | GNMPH  | RAWT  | RBR    | RNMPH  | 大船/總艘數 |
|---------------|---------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|
| <b>Plan 1</b> | 262.277 | 6.414 | 22.929 | 6.742 | 21.288 | 40.071 | 0.00%  |
| <b>Plan 2</b> | 258.867 | 5.184 | 24.113 | 5.228 | 20.519 | 40.030 | 8.70%  |
| <b>Plan 3</b> | 257.655 | 4.508 | 24.677 | 4.569 | 20.316 | 41.636 | 19.05% |
| <b>Plan 4</b> | 263.598 | 4.527 | 24.725 | 4.654 | 20.376 | 41.959 | 31.58% |
| <b>Plan 5</b> | 263.261 | 4.888 | 24.339 | 4.754 | 20.238 | 41.594 | 47.06% |

● 方案 2 (21 條小船, 2 條大船) – Plan 2

方案 2 為原始方案(方案 1), 挑選 6 號船與 12 號船合併, 進港順序變為 10 號, 8 號船與 15 號船合併, 進港順序變為 13

號, 方案 2 船席安排為圖 4, 方案 2 船型設定之模式列於表 7, 方案 2 模擬效率結果列於表 6。

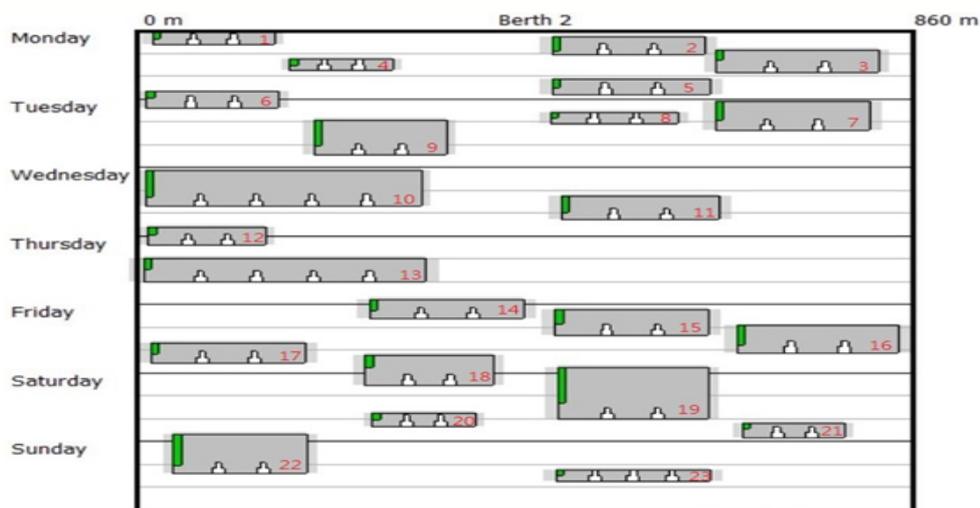


圖 4 方案 2 之船席安排

表 7 方案 2 船型設定之模式

| 船名                    | 進港順序      | 船長         | 船寬        | 卸櫃數        | 裝櫃數        | GC 數量    |
|-----------------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|----------|
| KITI                  | 1         | 136        | 22        | 50         | 86         | 2        |
| KMTC                  | 2         | 169        | 28        | 171        | 144        | 2        |
| MOONCHILD             | 3         | 182        | 25        | 147        | 60         | 2        |
| MAGNA                 | 4         | 115        | 19        | 144        | 0          | 2        |
| WILLIAM               | 5         | 177        | 28        | 99         | 88         | 2        |
| NEW60                 | 6         | 148        | 23        | 31         | 101        | 2        |
| YM INTERACTION        | 7         | 172        | 27        | 219        | 143        | 2        |
| ESTIMA                | 8         | 142        | 23        | 43         | 67         | 2        |
| GLORY OCEAN           | 9         | 148        | 23        | 255        | 290        | 2        |
| <b>SWAN1+KANWAY</b>   | <b>10</b> | <b>308</b> | <b>44</b> | <b>479</b> | <b>639</b> | <b>4</b> |
| HANSA                 | 11        | 176        | 28        | 238        | 129        | 2        |
| GLORY SEASON          | 12        | 132        | 19        | 99         | 72         | 2        |
| <b>ST EVER+MYRID1</b> | <b>13</b> | <b>315</b> | <b>45</b> | <b>264</b> | <b>227</b> | <b>4</b> |
| YM IMAGE              | 14        | 172        | 27        | 84         | 157        | 2        |
| CNC                   | 15        | 172        | 28        | 88         | 223        | 2        |
| TENG                  | 16        | 180        | 28        | 211        | 193        | 2        |
| TS TOKYO              | 17        | 172        | 28        | 78         | 155        | 2        |
| NEW12                 | 18        | 143        | 23        | 51         | 207        | 2        |
| TS HK                 | 19        | 168        | 26        | 264        | 486        | 2        |
| SWAN2                 | 20        | 115        | 19        | 123        | 19         | 2        |
| MYRID2                | 21        | 115        | 19        | 122        | 0          | 2        |
| BLUE                  | 22        | 150        | 23        | 314        | 332        | 2        |
| NORDMAAS              | 23        | 172        | 28        | 19         | 132        | 3        |

● 方案 3 (17 條小船, 4 條大船) – Plan 3

方案 3 為方案 2, 再挑選 3 號船與 22 號船合併, 進港順序變為 18 號, 18 號船

與 23 號船合併, 進港順序變為 19 號, 方案 3 船席安排為圖 5, 方案 3 船型設定之模式如表 8, 方案 3 模擬效率結果見表 6。

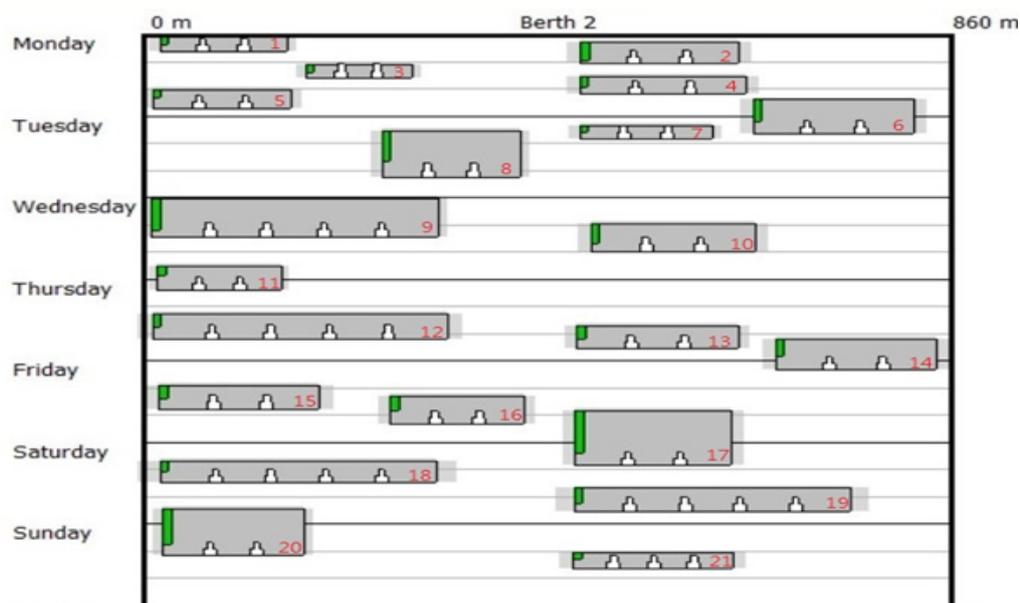


圖 5 方案 3 之船席安排

表 8 方案 3 船型設定之模式

| 船名             | 進港順序 | 船長  | 船寬 | 卸櫃數 | 裝櫃數 | GC 數量 |
|----------------|------|-----|----|-----|-----|-------|
| KITI           | 1    | 136 | 22 | 50  | 86  | 2     |
| KMTC           | 2    | 169 | 28 | 171 | 144 | 2     |
| MAGNA          | 3    | 115 | 19 | 144 | 0   | 2     |
| WILLIAM        | 4    | 177 | 28 | 99  | 88  | 2     |
| NEW60          | 5    | 148 | 23 | 31  | 101 | 2     |
| YM INTERACTION | 6    | 172 | 27 | 219 | 143 | 2     |
| ESTIMA         | 7    | 142 | 23 | 43  | 67  | 2     |
| GLORY OCEAN    | 8    | 148 | 23 | 255 | 290 | 2     |
| SWAN1+KANWAY   | 9    | 308 | 44 | 479 | 639 | 4     |
| HANSA          | 10   | 176 | 28 | 238 | 129 | 2     |
| GLORY SEASON   | 11   | 132 | 19 | 99  | 72  | 2     |
| ST EVER+MYRID1 | 12   | 315 | 45 | 264 | 227 | 4     |
| YM IMAGE       | 13   | 172 | 27 | 84  | 157 | 2     |
| CNC            | 14   | 172 | 28 | 88  | 223 | 2     |
| TS TOKYO       | 15   | 172 | 28 | 78  | 155 | 2     |

表 8 方案 3 船型設定之模式(續)

| 船名              | 進港順序 | 船長  | 船寬 | 卸櫃數 | 裝櫃數 | GC 數量 |
|-----------------|------|-----|----|-----|-----|-------|
| NEW12           | 16   | 143 | 23 | 51  | 207 | 2     |
| TS HK           | 17   | 168 | 26 | 264 | 486 | 2     |
| SWAN2+MOONCHILD | 18   | 297 | 42 | 270 | 19  | 4     |
| MYRID2+TENG     | 19   | 295 | 42 | 331 | 193 | 4     |
| BLUE            | 20   | 150 | 23 | 314 | 332 | 2     |
| NORDMAAS        | 21   | 172 | 28 | 19  | 132 | 3     |

● 方案 4 (13 條小船，6 條大船) – Plan 4

方案 4 為方案 3，再挑選 4 號船與 13 號船合併，進港順序變為 8 號，5 號船與

14 號船合併，進港順序變為 9 號，方案 4 船席安排為圖 6，方案 4 船型設定之模式列於表 9，方案 4 模擬效率結果列於表 6。

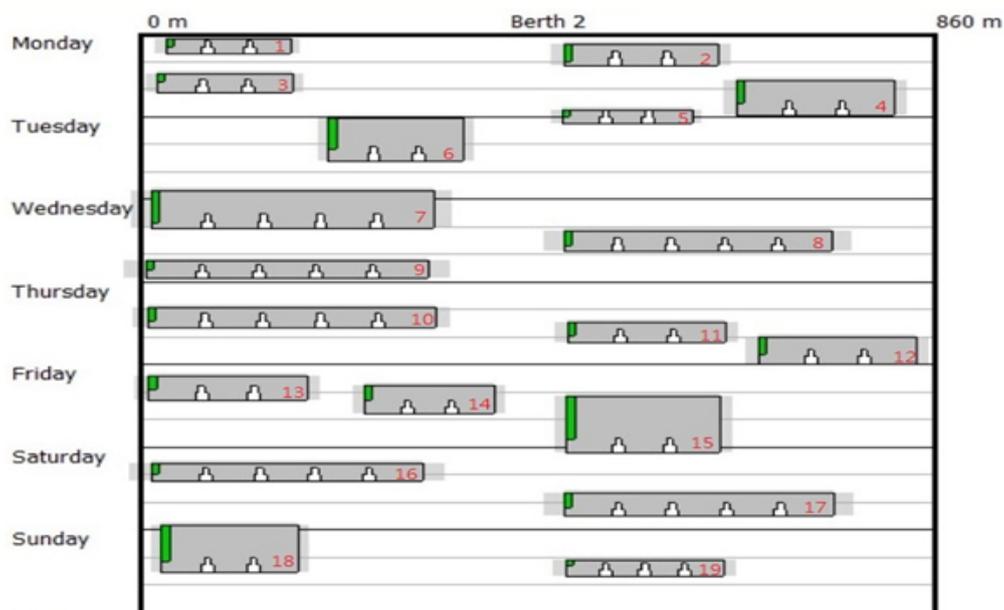


圖 6 方案 4 之船席安排

表 9 方案 4 船型設定之模式

| 船名             | 進港順序 | 船長  | 船寬 | 卸櫃數 | 裝櫃數 | GC 數量 |
|----------------|------|-----|----|-----|-----|-------|
| KITI           | 1    | 136 | 22 | 50  | 86  | 2     |
| KMTC           | 2    | 169 | 28 | 171 | 144 | 2     |
| NEW60          | 3    | 148 | 23 | 31  | 101 | 2     |
| YM INTERACTION | 4    | 172 | 27 | 219 | 143 | 2     |
| ESTIMA         | 5    | 142 | 23 | 43  | 67  | 2     |
| GLORY OCEAN    | 6    | 148 | 23 | 255 | 290 | 2     |

表 9 方案 4 船型設定之模式(續)

| 船名                   | 進港順序 | 船長  | 船寬 | 卸櫃數 | 裝櫃數 | GC 數量 |
|----------------------|------|-----|----|-----|-----|-------|
| SWAN1+KANWAY         | 7    | 308 | 44 | 479 | 639 | 4     |
| HANSA+MAGNA          | 8    | 291 | 42 | 382 | 129 | 4     |
| GLORY SEASON+WILLIAM | 9    | 309 | 44 | 198 | 160 | 4     |
| ST EVER+MYRID1       | 10   | 315 | 45 | 264 | 227 | 4     |
| YM IMAGE             | 11   | 172 | 27 | 84  | 157 | 2     |
| CNC                  | 12   | 172 | 28 | 88  | 223 | 2     |
| TS TOKYO             | 13   | 172 | 28 | 78  | 155 | 2     |
| NEW12                | 14   | 143 | 23 | 51  | 207 | 2     |
| TS HK                | 15   | 168 | 26 | 264 | 486 | 2     |
| SWAN2+MOONCHILD      | 16   | 297 | 42 | 270 | 19  | 4     |
| MYRID2+TENG          | 17   | 295 | 42 | 331 | 193 | 4     |
| BLUE                 | 18   | 150 | 23 | 314 | 332 | 2     |
| NORDMAAS             | 19   | 172 | 28 | 19  | 132 | 3     |

● 方案 5 (9 條小船, 8 條大船) - Plan 5

方案 5 為方案 4 繼續挑選 4 條小船並合併成兩條大船, 挑選 19 號船與 20 號船

合併, 進港順序變為 12 號, 10 號船與 25 號船合併, 進港順序變為 17 號, 方案 5 船席安排為圖 7, 方案 5 船型設定之模式列於表 10, 方案 5 模擬效率結果列於表 6。

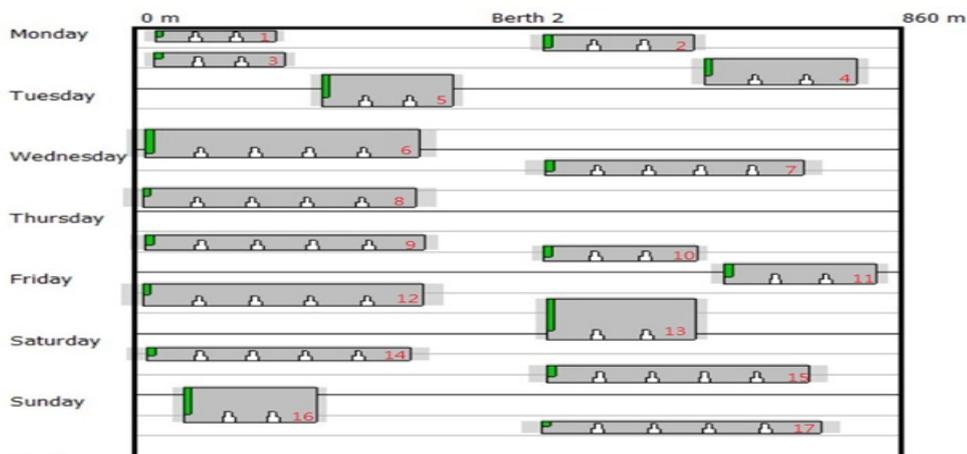


圖 7 方案 5 之船席安排

表 10 方案 5 船型設定之模式

| 船名                     | 進港順序      | 船長         | 船寬        | 卸櫃數        | 裝櫃數        | GC 數量    |
|------------------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|----------|
| KITI                   | 1         | 136        | 22        | 50         | 86         | 2        |
| KMTC                   | 2         | 169        | 28        | 171        | 144        | 2        |
| NEW60                  | 3         | 148        | 23        | 31         | 101        | 2        |
| YM INTERACTION         | 4         | 172        | 27        | 219        | 143        | 2        |
| GLORY OCEAN            | 5         | 148        | 23        | 255        | 290        | 2        |
| SWAN1+KANWAY           | 6         | 308        | 44        | 479        | 639        | 4        |
| HANSA+MAGNA            | 7         | 291        | 42        | 382        | 129        | 4        |
| GLORY SEASON+WILLIAM   | 8         | 309        | 44        | 198        | 160        | 4        |
| ST EVER+MYRID1         | 9         | 315        | 45        | 264        | 227        | 4        |
| YM IMAGE               | 10        | 172        | 27        | 84         | 157        | 2        |
| CNC                    | 11        | 172        | 28        | 88         | 223        | 2        |
| <b>NEW12+TS TOKYO</b>  | <b>12</b> | <b>315</b> | <b>45</b> | <b>131</b> | <b>362</b> | <b>4</b> |
| TS HK                  | 13        | 168        | 26        | 264        | 486        | 2        |
| SWAN2+MOONCHILD        | 14        | 297        | 42        | 270        | 19         | 4        |
| MYRID2+TENG            | 15        | 295        | 42        | 331        | 193        | 4        |
| BLUE                   | 16        | 150        | 23        | 314        | 332        | 2        |
| <b>NORDMAAS+ESTIMA</b> | <b>17</b> | <b>314</b> | <b>45</b> | <b>60</b>  | <b>199</b> | <b>4</b> |

#### 4.4 模擬結果分析與評估

六個評估指標繪製折線圖 8~13，並列於下方。

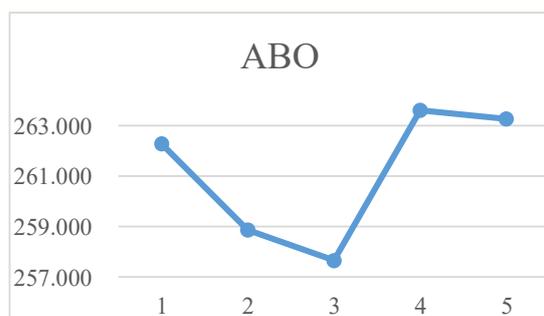


圖 8 ABO 折線圖

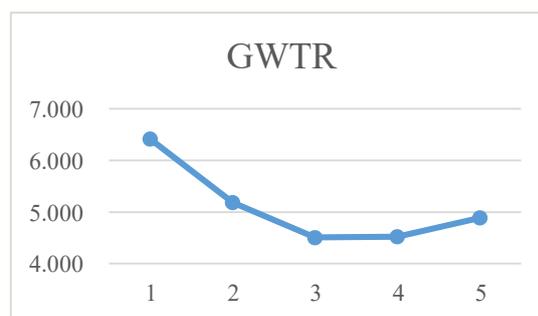


圖 9 GWTR 折線圖

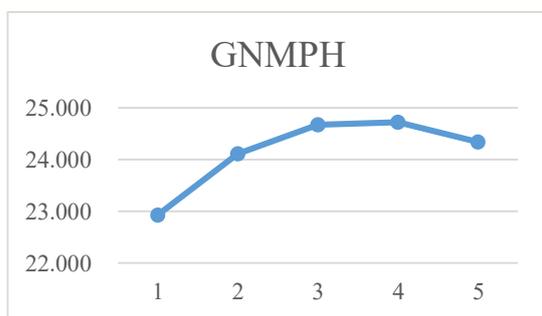


圖 10 GNMPH 折線圖

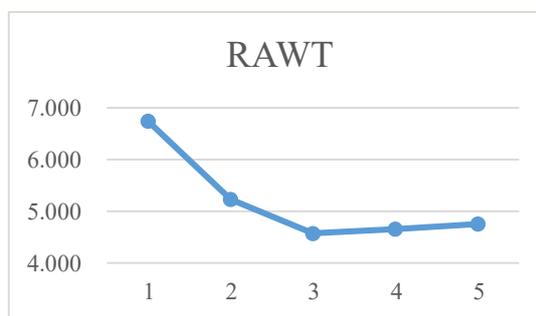


圖 11 RAWT 折線圖

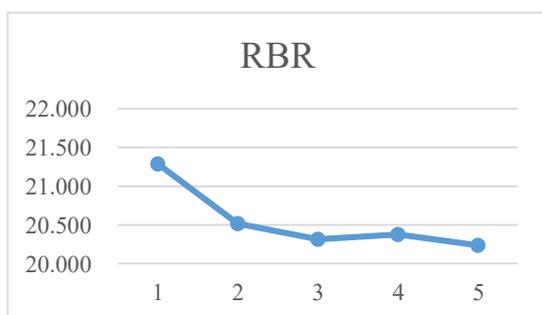


圖 12 RBR 折線圖

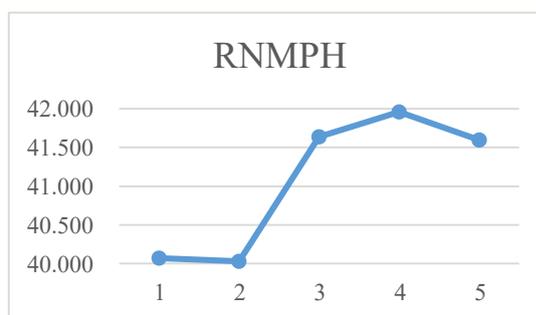


圖 13 RNMPH 折線圖

#### 4.4.1 簡單多屬性評點法(SMARTER)

本研究針對主要6項評估準則設計問卷進行重要性評比，業界專家背景總共21位，分別為現場遠端後線門式機操作員、船公司相關單位主管、港埠經營管理者等，問卷信度分析採用Cronbach's  $\alpha$ 係數得出0.877752039，大於0.7，顯示問卷具有高信度，如表11所示專家學者們認為ABO是最為首要考慮因子，其次為GWTR、RAWT、GNMPH、RBR，最後是RNMPH。

本研究利用簡單多屬性評點法(Simple Multi-Attribute Rating Technique

Exploiting Ranks, SMARTER)分析法來算各個準則的權重值，根據以上的準則排名，最重要的指標為 ABO，權重採用 $\lambda_1$ ，次重要的為 $\lambda_2$ ，依序排列到最後 $\lambda_6$ ，接著利用底下公式(1)~公式(6)：

$$\lambda_1 = \frac{1}{6} \times \left( \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{6} \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{6} \times \left( 0 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{6} \right) \dots\dots\dots (2)$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{6} \times \left( 0 + 0 + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{6} \right) \dots\dots\dots (3)$$

$$\lambda_4 = \frac{1}{6} \times \left( 0 + \dots + 0 + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} \right) \dots\dots (4)$$

$$\lambda_5 = \frac{1}{6} \times \left( 0 + \dots + 0 + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} \right) \dots\dots\dots (5) \quad \lambda_6 = \frac{1}{6} \times \left( 0 + \dots + 0 + \frac{1}{6} \right) \dots\dots\dots (6)$$

表 11 問卷結果

| 種類     | 準則               | 評分  | 排名 | 權重    |
|--------|------------------|-----|----|-------|
| 船席評估準則 | 平均佔有船席時間(ABO)    | 4.7 | 1  | 0.408 |
|        | 橋式機等候卡車百分率(GWTR) | 3.7 | 2  | 0.242 |
|        | 橋式機淨裝卸量(GNMPH)   | 3.0 | 4  | 0.103 |
| 儲區評估準則 | 門式機平均等候時間(RAWT)  | 3.1 | 3  | 0.158 |
|        | 門式機作業忙碌百分率(RBR)  | 2.8 | 5  | 0.061 |
|        | 門式機淨裝卸量(RNMPH)   | 2.3 | 6  | 0.028 |

#### 4.4.2 理想解類似度偏好順序評估法 (TOPSIS)

將五個方案利用理想解類似度偏好順序評估法(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)進

行方案排序，執行下列步驟並得到結果。

- 步驟一：將5個方案所有評估準則指標之模擬結果，如表12所示，加總後進行正規化。

表 12 方案評估指標模擬結果

|            | ABO     | GWTR    | GNMPH   | RAWT   | RBR     | RNMPH   |
|------------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| Plan 1     | 262.277 | 6.414   | 22.929  | 6.742  | 21.288  | 40.071  |
| Plan 2     | 258.867 | 5.184   | 24.113  | 5.228  | 20.519  | 40.030  |
| Plan 3     | 257.655 | 4.508   | 24.677  | 4.569  | 20.316  | 41.636  |
| Plan 4     | 263.598 | 4.527   | 24.725  | 4.654  | 20.376  | 41.959  |
| Plan 5     | 263.261 | 4.888   | 24.339  | 4.754  | 20.238  | 41.594  |
| 平方和<br>開根號 | 583.933 | 11.5208 | 54.0356 | 11.744 | 45.9531 | 91.8278 |

- 步驟二：將正規化後之結果進行矩陣，並將正規化後之矩陣乘上權重，就可

得正規化決策矩陣。如表13所示。

表 13 正規化矩陣

|        | ABO   | GWTR  | GNMPH | RAWT  | RBR   | RNMPH |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 偏好方向   | MIN   | MIN   | MAX   | MIN   | MIN   | MAX   |
| Plan 1 | 0.183 | 0.135 | 0.044 | 0.091 | 0.028 | 0.012 |
| Plan 2 | 0.181 | 0.109 | 0.046 | 0.070 | 0.027 | 0.012 |
| Plan 3 | 0.180 | 0.095 | 0.047 | 0.061 | 0.027 | 0.013 |
| Plan 4 | 0.184 | 0.095 | 0.047 | 0.063 | 0.027 | 0.013 |
| Plan 5 | 0.184 | 0.103 | 0.046 | 0.064 | 0.027 | 0.013 |

- 步驟三：本研究根據公式得到理想解  $(A^*) = (\min J_{i1}, \min J_{i2}, \max J_{i3}, \min J_{i4}, \min J_{i5}, \max J_{i6})$  及負理想解  $(A^-) = (\max J_{i1}, \max J_{i2}, \min J_{i3}, \max J_{i4}, \max J_{i5}, \min J_{i6})$ ，藉由求出正理想解與負理想解之距離，由依下列公式(7)及(8)可得之，並歸納5種方

案正負理想解之距離，並整理於表14。計算公式如下：

$$S_1^* = \sqrt{\sum_{j=1}^5 (v_{ij} - v_j^*)^2} \dots\dots\dots (7)$$

$$S_1^- = \sqrt{\sum_{j=1}^5 (v_{ij} - v_j^-)^2} \dots\dots\dots (8)$$

表 14 五種方案正負理想解分離度

|        | 理想解分離度   | 負理想解分離度  |
|--------|----------|----------|
| Plan 1 | 0.003592 | 0.049691 |
| Plan 2 | 0.033104 | 0.016914 |
| Plan 3 | 0.049757 | 0.003369 |
| Plan 4 | 0.048595 | 0.005548 |
| Plan 5 | 0.041783 | 0.009618 |

- 步驟四：求取理想解之相對接近度  $(RC_1^*)$  公式(9)進行排序，可得TOPSIS 分析法之結果，由於數值愈小表示方案愈佳，與負理想解之相對接近度愈

近，代表效率愈好，如表15所示。

$$RC_1^* = \frac{s_i^+}{(s_i^- + s_i^+)} \dots\dots\dots (9)$$

表 15 TOPSIS 分析法之結果

|        | 相對接近度   | 排名 |
|--------|---------|----|
| Plan 1 | 0.06741 | 5  |
| Plan 2 | 0.66184 | 4  |
| Plan 3 | 0.93658 | 1  |
| Plan 4 | 0.89753 | 2  |
| Plan 5 | 0.81289 | 3  |

## 伍、結論與建議

本研究方案 1 至方案 5 大船(定義為船長大於 250m 之巴拿馬型貨櫃船，參考 The Geography of Transport Systems)之比例依序為 0%、8.7%、19.05%、31.58%、47.06%，方案 3 為 5 方案中是最佳的，得出結論碼頭營運，在配置大型船與總艘數配置比為 4：21 時會有最佳績效，也就是比率 19.05%。

以往判斷效率主要參考平均滯港時間之指標(ABO)，由於每個方案總船舶艘數有變動皆不同，不可單純參考該指標，在五個方案中，總裝卸量、岸上機具、進港順序、模擬總時間及貨櫃型態皆一致，因此本研究透過問卷，調查 6 種評估指標的重要性排序，並以 SMARTER 法，計算各個準則的權重值，最終再以 TOPSIS 進行綜合方案排序，得到以下結論。

### 5.1 結論

1. 捨棄小型船靠港，改由大型船泊靠港，

有助於降低船舶平均滯港時間。

2. 從方案4、方案5得知，由於大型船連續進港，造成ABO指標大幅上升，碼頭營運者在配置船席安排時，應避免之。
3. 從GWTR、GNMPH及RAWT評估指標之變動趨勢較為平滑，可瞭解當等候卡車時間愈少，GC淨裝卸量愈大，兩者成反比關係，而儲區門式機等候時間也相對愈小，成正比關係，會增加碼頭作業績效。
4. 船舶大型化造成船席位置減少，導致同一時間靠港船舶數量減少，故儲區機具效率相對增加。
5. 由TOPSIS分析法可得知，方案3之大型船與總艘數之比例在19.05%時，從所有績效指標分析結果，為本研究貨櫃碼頭大型船之最佳比例配置。

### 5.2 建議

1. 大型船舶應如何平均分配靠港船席，但若設計方案之靠港船席變動太大，所求之績效數值可能較難評估其價值。

2. 本研究因數據樣本數取 25 艘，每個方案僅增加 2 艘大型船舶，研究變動結果不明顯，如有更多數據資源參考，可獲得更詳盡的比較分析。
3. 本研究主要探討船舶大型化對貨櫃碼頭的影響，碼頭長度與機具配置數量是會大大影響模擬結果，若能獲取類似洋山港此大型港口的實際數據，會提昇研究完整性。
4. 本研究缺陷在於 25 條船的公司非同一家，但現實上可行，如透過採取艙位租借、互換的方式，不僅讓航商減少船舶營運成本，又可以改善船舶大型化對碼頭的負面績效，可謂雙贏的局面。
5. 現行基隆港實際無法負荷太大型之船舶，盼望後續研究者可以嘗試以基隆港碼頭擴建，解決船舶大型化滯港時間過長並與本文互相做參考。

## 參考文獻

- 王騰毅，2015「貨櫃碼頭前後線作業模式與船期配合之研究」，*航運季刊*，第 24 卷，第 2 期，25-45。
- 吳清慈，2014，「貨櫃儲區配置與作業機具指派之研究」，*航運季刊*，第 23 卷，第 2 期，19-38。

詹宜錚，2018，以資源基礎理論探討高雄港貨櫃碼頭營運配置效率，國立高雄第一科技大學運籌管理系碩士學位論文，高雄市。

劉宏道、張徐錫、陳亞嵐，2019，物流運輸的重要角色-船舶大型化的發展與未來展望，*中華技術期刊*，第 121 期，72-84。

黨惠柔，2021，影響貨櫃碼頭作業效率之重要因素探討-以高雄港第四貨櫃中心為例，國立高雄科技大學航運管理系碩士學位論文，高雄市。

Clark, X., Dollar, D. and Micco, A., 2004. Port efficiency, maritime transport costs, and bilateral trade. *Journal of Development Economics*, 75(2), 417-450.

Cullinane, K. and Song, D. W., 2006. Estimating the relative efficiency of European container ports: A stochastic frontier analysis. *Research in Transportation Economics*, 16, 85-115.

Herrera Dappe, M., Jooste, C. and Suarez Aleman, A., 2017. How does port efficiency affect maritime transport costs and trade? Evidence from Indian and Western Pacific Ocean countries. *World Bank Policy Research Working Paper*, 8204. Available at:

[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3042911](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3042911) (Accessed March, 2022).

Sánchez, R. J., Hoffmann, J., Micco, A., Pizzolitto, G. V., Sgut, M. and Wilmsmeier, G., 2003. Port efficiency and international trade: Port efficiency as a determinant of maritime transport costs. *Maritime Economics & Logistics*, 5, 199-218.

The Geography of Transport Systems. Available at: <https://transportgeography.org> (Accessed at March, 2022).

Wilmsmeier, G., Hoffmann, J. and Sánchez, R. J., 2006. The impact of port characteristics on international maritime transport costs. *Research in Transportation Economics*, 16, 117-140.