

國立交通大學
運輸與物流管理學系

碩士論文

郵輪停靠港口選擇路線規劃模式之研究

A Study of Selecting a Cruise Port of Call in the Cruise
Itinerary Planning

研究生：張雅茹

指導教授：黃明居

中華民國一〇八年六月

郵輪停靠港口選擇路線規劃模式之研究
A Study of Selecting a Cruise Port of Call in the Cruise Itinerary
Planning

研究生：張雅茹

Student: Ya-Ju Chang

指導教授：黃明居

Advisor: Ming-Jiu Hwang



中華民國一〇八年六月

郵輪停靠港口選擇路線規劃模式之研究

學生：張雅茹

指導教授：黃明居

國立交通大學運輸與物流管理學系

摘要

亞洲地區郵輪旅遊近年的快速成長，未來許多郵輪公司將進入亞洲市場，勢必需要發展新的航線以拓展亞洲地區之市佔率。在這樣快速成長的競爭市場之下，為了拓展市場並且永續經營，停靠港口的特性多樣化和吸引力是郵輪航線能夠成功運作並且獲利的兩個關鍵要素。郵輪公司在航線規劃上面臨如何選擇與規劃最佳的停靠港口，同時考慮港口對於旅客的吸引力又能使航線利潤最大。

本研究考慮郵輪停靠港口時間窗的特性、航行成本與港口吸引力等因素，建置符合亞洲地區之郵輪停靠港口選擇路線規劃模型。並且以台灣地區郵輪母港基隆港與高雄港航行於東北亞與東南亞地區作為實證研究，與現行航線比較，提供郵輪公司或旅行社未來航線規劃之參考依據。針對吸引力影響係數敏感度分析結果顯示，當影響係數上升，郵輪航線會選擇高吸引力之港口停靠。單艘船的航線規劃在天數限制拉長後，航線的規劃會跟隨影響係數上升而往高吸引力之港口停靠，多艘船之航線規劃因為受到航線之間的影響，航線之變化不會如單艘船之航線強烈。

關鍵字：郵輪、航線規劃、港口吸引力

A Study of Selecting a Cruise Port of Call in the Cruise Itinerary Planning

Student : Ya-Ju Chang

Advisor : Ming-Jiu Hwang

Department of Transportation and Logistics Management
National Chiao Tung University

Abstract

The tourist cruise industry has been rapidly developed in Asia in recent years, as there are few cruise companies entering this market, they will have to plan new itineraries for increasing the market share. Under this competitive market condition, in order to expand and sustainably operate the market, the variety and the attractive of the ports of call will be the two success factors for the itinerary planning.

The ports of call combinations in the itineraries have to not only be attractive to the tourist but also maximize the profit for the cruise company. To address this issue, we propose a mathematic model to maximize profit in a point of view from cruise company or travel agency, take port attractiveness into consideration and find out the balance between the cost and revenue.

Comparing with real-time itineraries, our numerical experiments of east Asia were slightly different and provide new itineraries for the companies to take into consideration for their operations. Adjust the benefits impact factor to present sensitivity tests, and the result shows that the higher the factor is the itinerary will be scheduled to a more attractive route.

Keywords: Cruise port of call, Cruise itinerary, Attractive factor

致謝

這兩年的研究生生活和大學生活相較起來確實苦悶許多，但這兩年下來，不論是學術或是思考邏輯都成熟了許多。雖然一開始因為覺得生活苦悶而對於讀研究所感到懷疑，但在近幾個月找工作的時候發現確實在這兩年的訓練之下，讓我有機會去挑戰想要的工作。

首先，我想感謝我的指導教授黃明居老師，從大學的專題到研究所的論文，老師都是用循循善誘的方式教導，不會覺得每週的咪聽讓人壓力大到喘不過氣，但是該有的進度還是會執行，同學們都說我選了一個讓人羨慕的老師！

感謝我的家人，週末回家的時候，除了不時關心我的論文進度之外，在我做決定時除了尊重我的看法之外，也會提出他們的想法一起討論，從不會逼迫我要遵循他們的安排。

感謝同一個 Lab 的同學們品嘉、婷婷、玟綺、誌程，在論文卡關時互相討論，總是能得到不一樣的想法，雖然我們因為 Lab 鼠患的關係而分離了，或許這會是我們畢業之後碰面會討論的話題吧！感謝隔壁蕭 Lab 的各位太太們芸安、喻婷、郁蘋、蒼予，讓我不時的串門子聊天而且在我們 Lab 有鼠患的時候收留了我，讓我度過了一個沒有老鼠肆虐而且每天話都講不完的一學期！感謝我從大學到研究所的室友冠儀，這麼多年來對於我的包容，雖然最後一個學期你出國實習了，讓我獨享單人房，但是總是失去了才會發現室友的美好呢！願大家都有一個美好的未來！

張雅茹 謹致

於交大運輸與物流管理學系研究所

2019 年七月

目錄

中文摘要	III
英文摘要	IV
致謝	V
目錄	VI
圖目錄	VII
表目錄	VIII
第一章 緒論	1
1.1 研究背景及動機	1
1.2 研究目的	3
1.3 研究方法	3
1.4 研究範圍與限制	3
1.5 研究流程	5
第二章 文獻回顧	6
2.1 貨輪航線規劃	6
2.2 郵輪航線規劃	7
2.3 郵輪港口吸引力	10
2.4 輪船油耗	11
2.5 小結	12
第三章 郵輪航線規劃模式	14
3.1 郵輪公司選擇停靠港口的特性	14
3.2 郵輪航線規劃模式	15
3.3 求解方法	18
第四章 實證研究-以基隆港為母港為例	20
4.1 背景說明	20
4.2 成本費用	21
4.3 收入項目	23
4.4 實證結果	25
4.5 吸引力指標敏感度分析	26
4.6 小結	32
第五章 結論與建議	38
5.1 結論	38
5.2 建議	39
參考文獻	40
中文部分	40
英文部分	40
附錄	42

圖目錄

圖 1-1 亞洲地區郵輪旅次分佈圖	1
圖 1-2 本研究流程圖	5
圖 3-1 三艘船程式執行結果圖	19
圖 4-1 候選港口分佈圖	20
圖 4-2 一～三艘船之路線圖	26
圖 4-3 一日平均利潤（一艘船）	27
圖 4-4 利潤變化率（一艘船）	28
圖 4-5 一日平均利潤（二艘船）	29
圖 4-6 利潤變化率（二艘船）	29
圖 4-7 一日平均利潤（三艘船）	30
圖 4-8 利潤變化率（三艘船）	31
圖 4-9 三～五天航線圖	33
圖 4-10 東南亞航線圖	37



表目錄

表 2-1 文獻整理.....	13
表 3-1 停靠港口選擇特性.....	14
表 4-1 現行郵輪公司規劃之航線.....	21
表 4-2 郵輪靠泊費用.....	21
表 4-3 港口之間距離.....	22
表 4-4 港口間航行時間.....	22
表 4-5 油耗成本.....	23
表 4-6 港口吸引力.....	24
表 4-7 各房型、天數售價（千元台幣）.....	24
表 4-8 各天數之平均售價售價.....	24
表 4-9 一～三艘船之路線規劃結果.....	25
表 4-10 吸引力影響係數與航線變化表（一艘船）.....	28
表 4-11 吸引力影響係數與航線變化表（二艘船）.....	30
表 4-12 吸引力影響係數與航線變化表（三艘船）.....	32
表 4-13 吸引力影響係數與航線變化表（三艘船）.....	33
表 4-14 東南亞郵輪港列表與其吸引力.....	35
表 4-15 東南亞港口時間距離矩陣.....	36
表 4-16 東南亞航線規劃.....	37

第一章 緒論

1.1 研究背景及動機

亞洲地區郵輪發展呈現持續成長的現象，根據國際郵輪協會所發布之數據 (Cruise Lines International Association, CLIA)，亞洲郵輪旅次量於 2017 年創下新紀錄高達四百萬餘次，佔全球總旅次的百分之二十，和 2016 年相比成長了百分之二十。亞洲郵輪旅客中以中國旅客為大宗佔其百分之六十的旅次量，其次為台灣（約 37 萬次）、新加坡（約 26 萬次）、日本（約 26 萬次）、香港（約 23 萬次）、馬來西亞（約 18 萬次）和印度（約 17 萬次）。而停靠次數最多的港口有上海（416 次）、新加坡（374 次）、台北（322 次）和香港（249 次）(CLIA, 2018)。由下圖 1-1 看出亞洲地區郵輪旅次分佈在近年旅次量皆是上升的趨勢，其中台灣郵輪旅次量僅次於中國。

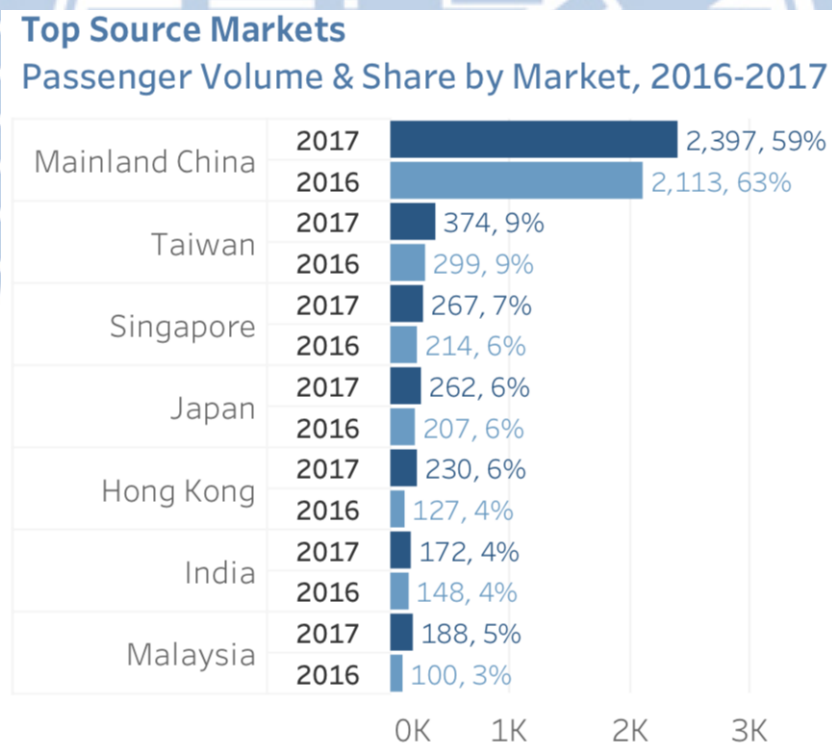


圖 1-1 亞洲地區郵輪旅次分佈圖

資料來源：CLIA Asia Cruise Trends(2018)

影響郵輪公司長期營收的策略規劃有郵輪艦隊管理、郵輪船隻分配和郵輪航線設計(Wang, Wang, Zhen, & Qu, 2016)。郵輪船隊管理，因應船舶大型化的趨勢，並且現在郵輪市場的蓬勃發展，郵輪公司汰換舊的船隻並更換成新型的大型船隻，滿足旅客的需求。郵輪船隻分配，每個區域皆會有旅遊淡旺季，郵輪旅遊也不例外，因此郵輪公司必須根據旅客需求分佈來安排船隻，例如：夏季時由加勒比海航行到地中海，冬季時由地中海航行到加勒比海。郵輪航線設計，除了根據港口城市對於旅客的吸引力外，還需要考慮到港口作業時間窗以及航行速度對於郵輪油耗，始能設計出最佳航線(Wang, Wang, Zhen, & Qu, 2017)。

郵輪巡航路線（簡稱郵輪航線）由郵輪公司規劃出旅客在母港上船出發，途中停靠數個港口，旅客能夠下船遊玩後再上船繼續旅程，最後回到母港後結束旅程，而這樣的郵輪航線有兩種形式，其一為起迄點為同一母港路線形成一個迴圈的方式，其二為起迄點之母港為不相同之母港，而大部分郵輪路線皆以前者進行設計與規劃。郵輪航線與停靠港的選擇，考慮航程的天數以及停靠港順序安排，根據統計顯示亞洲地區旅客偏好四到六晚的旅程 (CLIA, 2018)，停靠港的選擇會根據航程的長短、停靠港的運作時間以及港口城市對於旅客的吸引力進行安排。

亞洲地區郵輪旅遊近年的快速成長，未來許多郵輪公司將進入亞洲市場，勢必需要發展新的航線以拓展亞洲地區之市佔率。目前以基隆港為母港的郵輪航線，停靠港皆是以東北亞的日本、韓國以及沿途的小島，而這些國家皆是國人經常旅行之景點，隨著搭乘郵輪的旅客增加，在這樣快速成長的競爭市場之下，為了拓展市場並且永續經營，郵輪公司在航線規劃上面臨如何選擇與規劃最佳的停靠港口，同時滿足旅客對於郵輪旅遊的新鮮度又能使航線利潤最大。

本研究目標在於研究東北亞與東南亞地區郵輪航線與停靠港選擇規劃，亞洲地區目前的郵輪艙房銷售模式多由旅行社代郵輪公司銷售，郵輪公司在規劃好航線之後，將航線提供給旅行社參考並詢問他們的意見。另外，在特殊的旅遊季節旅行社會向郵輪公司包船規劃特殊航程，如雄獅旅遊在 2019 年中已經推出 2020 年賞櫻季專屬的航程。本研究將以郵輪公司自營和旅行社包船的角度出發來選擇停靠港，考慮郵輪港口吸引力，選擇出能夠為郵輪公司或是旅行社帶來最大利潤的港口，並且建置數學模型規劃出郵輪航線規劃，最佳化利潤的同時又滿足旅客需求之航線。

1.2 研究目的

本研究在母港已知，停靠港未知的情況下，規劃郵輪停靠港口選擇路線。港口選擇上考慮港口對於旅客的吸引力，然而在航線規劃上，港口吸引力大未必能為公司帶來最大利潤，因此本研究目的在規劃出郵輪公司能夠在港口吸引力以及成本之間取得平衡並獲得利潤最大之郵輪航線。依據郵輪公司的行程規劃期間以及每個航段航程停靠港的搭配，並且配合停靠港的運作時間，考慮到以上因素後安排出符合條件之最佳郵輪航線。近年來旅行社向郵輪公司包船規劃獨家航線的銷售模式，亦可利用本研究之規劃模型透過停靠港的選擇來進行規劃。

1. 探討亞洲各港口之吸引力指標，量化及計算其吸引力。
2. 建置郵輪停靠港口選擇路線規劃之模型。
3. 多艘船在不同天數之下航線規劃。
4. 討論吸引力對於航線規劃的影響。

1.3 研究方法

本研究目的在於規劃郵輪航線，而在規劃層面上考慮到航線規劃上的限制，以數學規劃的模式並且以最大化郵輪公司利潤為目標。考慮停靠港量化後之吸引力預估旅客選擇該航線的銷售率以計算營業收入，考慮隨航線而變化的油耗成本和靠泊成本。建置符合亞洲地區之郵輪停靠港口選擇路線規劃模型，設定每個港口在規劃期間中的停靠次數，並考慮到港口的作業時間以及航行時間，在航線之間存在多樣性又不失吸引力的情況下規劃出最佳路徑。使用 MATLAB 撰寫程式求解，討論多艘船以及不同天數限制下，航線的變化，進而分析港口吸引力對於航線的影響。

1.4 研究範圍與限制

本研究範圍為東北亞與東南亞地區郵輪航線，台灣目前國際郵輪發展航線主要以基隆港出發東北亞地區和高雄港出發東南亞地區。

1. 單一母港的限制：目前台灣地區的國際郵輪主要以每段航線起點、迄點皆是同一個港口做規劃。
2. 郵輪時間窗限制：晚上離開港口、早上抵達並且在港口停留八到十小時供旅客下船觀光。
3. 同一天同一個港口不能停靠兩次：因應法規上的規定，在航線規劃時需要避免船隻在同一天停靠同一個港口。



1.5 研究流程

本研究首先會先確立研究問題與方向，將郵輪航線、停靠港選擇指標和輪船油耗相關文獻進行探討與分析，針對東亞地區郵輪港的特性進行分群及資料搜集，將以上資料輸入至建置出的郵輪航線模型後，規劃出最佳停靠港選擇路線，將本研究計算出新路線的利潤與目前航行中的路線利潤進行比較，並針對結果提出結論與建議。

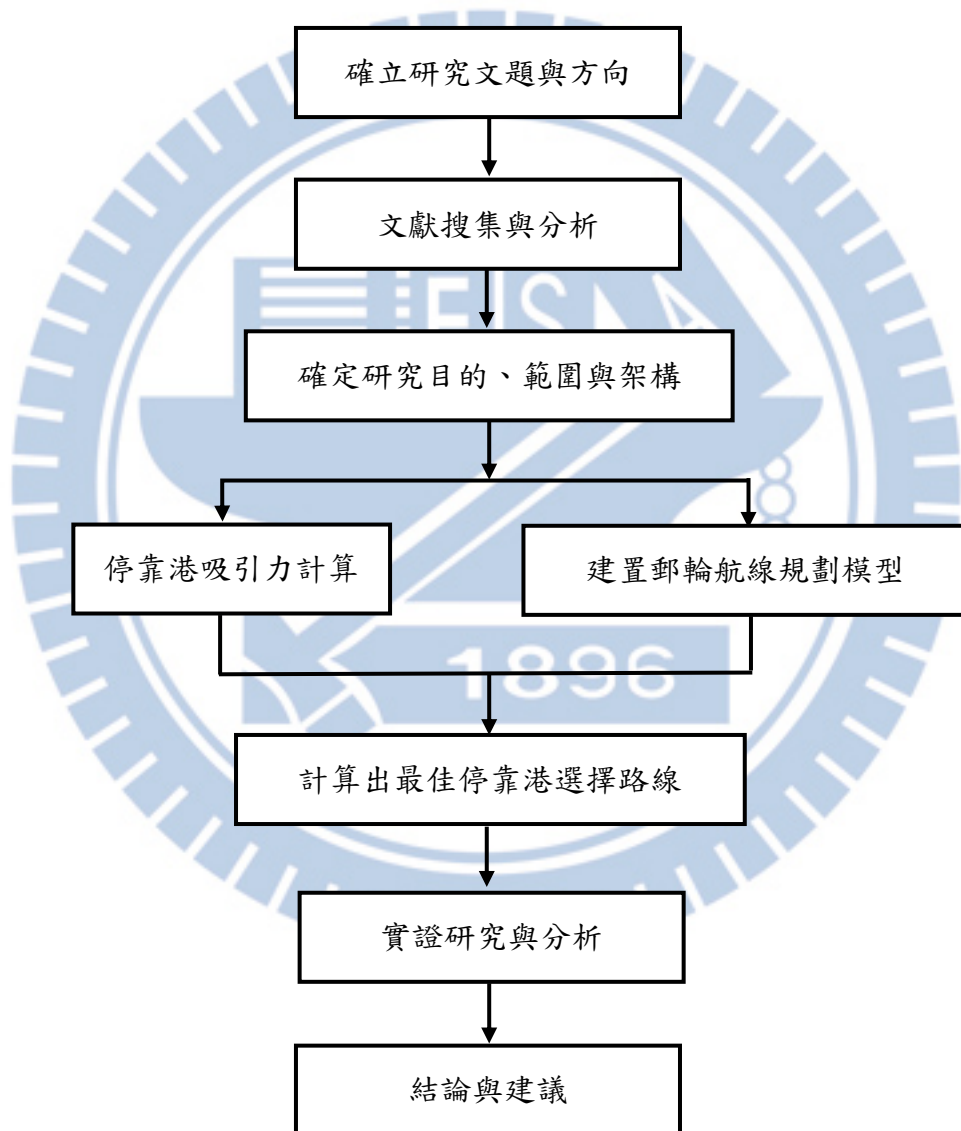


圖 1-2 本研究流程圖

第二章 文獻回顧

本章節將整理與郵輪航線相關國內外文獻並做回顧，主要分為四個方向。首先，探討過去貨輪的定期航線在考慮營收、利潤下如何安排路線；接著，根據郵輪與貨輪航線在規劃限制上的差異，討論郵輪公司在航線上必須額外考慮的規劃環境與限制；第三個為探討郵輪公司會根據郵輪港口所擁有的旅遊特性而形成的吸引力作為選擇港口時的依據；最後，為了探討對於郵輪是否能夠在最小化油耗成本的情況下在港口時間窗內抵達目的地，因此在最後一小節收錄文獻中針對油耗成本以及船速之關係式，以供後續研究參考。

2.1 貨輪航線規劃

Meng、Wang、Andersson 與 Thun(2013)指出貨輪路線安排會根據需求量來安排，需求量穩定的航線則會發展出定期航班(Liner Shipping)，海運公司透過定期航運路線規劃、停靠港口頻率以及航班航次頻率來吸引顧客。定期航班的路線規劃與郵輪的巡航路線皆是一段期間內的路線規劃，除了考慮需求量之外，針對最大化利潤亦是在規劃中重要的議題。

Agarwal 與 Ergun(2008)在收入和需求量皆已知的情況下來安排兩個港口之間每天的貨櫃配送規劃，使海運公司得到利潤最大化，然而為了在規劃環境下並未考慮到成本的層面，每天的配送環境會造成較高的成本負擔。Qi 與 Song(2012)運輸成本方面，因港口時間窗不盡相同、不確定性的情況下，航行時間以及船速在規劃時將油耗成本加入考量，以達到降低成本以及碳排放量。

Wang、Meng 與 Du(2015)定期航線因應季節性的變化，貨櫃船承裝的貨物和貨櫃種類也隨之改變，對於特定的季節給定對應的每週貨物需求量、分配船上貨櫃以及航線的安排，以達到最大化海運公司季節性運輸總利潤。

Giovannini 與 Psaraftis(2018)為了規劃一段期間的航線，擴展為服務多個港口，並是不過往的每個港口一週停靠一次，而是每一個港口都有彈性的停靠頻率，透過調整各航段航速來剪降低碳排放量和油耗成本，最大化航線每天平均利潤。Cariou、Cheaitou、Larbi 與 Hamdan(2018)利用混合式整數規劃(Mixed Integer

Linear Programming, MILP)設計貨櫃和運送路線，選擇欲停靠的港口、停靠順序和港口之間的貨物流向，以最大化利潤為目標，使用基因演算法(Genetic Algorithm, GA)計算出每一個航段合適的航行速率，達到降低碳排放量。

2.2 郵輪航線規劃

過去對於貨輪的航線已經有很多相關研究，而郵輪與貨輪的巡航路線規劃有相似與相異之處，兩者的燃料消耗模式相近並且皆需停靠港口裝卸貨物。但是，Song 與 Dong (2011)提到貨輪主要目的是運送貨物，因此抵達港口主要目的在於裝卸貨物，因此貨輪停留在港口的時間越短越好；郵輪主要目的則是讓旅客下船遊玩，並且停留半天以上的時間。

Leong 與 Ladany (2001)提到停靠港對旅客吸引力與停留時間，吸引力大的港口會停留較長的時間，但是過長的時間將會下降旅客對於該地的吸引力下降，因此郵輪巡航路線規劃必須透過尋找具吸引力之停靠港，最大化整體郵輪巡航路線對於旅客的吸引力，避免產生過多不必要的旅程。

Wang 等 (2017)假設母港跟停靠港已知的情況下，並且考慮港口運作時間和郵輪早上抵達、傍晚離開的特性，加上郵輪的油耗對於成本影響也相當敏感，因此最短路徑之下成本也能夠降到最低。將所有停靠港進行排列組合，並計算出每一種排列組合的成本之後，考慮每小時停靠港能夠帶來的效益以及郵輪早上抵達、傍晚離開的特性，利用動態規劃改變抵達和離開港口的時間，得到能夠帶來最大營收的抵達和離開時間。

Chen 與 Nijkamp(2018)針對日本郵輪港口，模擬了港口停留時間的決定因素，而模型顯示了郵輪在港口停留時間會受郵輪的總噸位、旅客數量、兩港口之間的航行距離以及符合國際郵輪的性質港口的吸引力影響。

蔡明璟(2018)以基隆港為母港，規劃出適用於東北亞地區單艘船、單一航次之郵輪航線模型，透過調整航行天數以及船速，安排出不同路線，目標在於最大化郵輪公司營收，考慮航行油耗成本以及靠泊成本、停靠港口吸引力對於艙房銷售率之收入，探討停靠港以及航行成本對於郵輪公司在規劃航線之影響。

Mancini 與 Stecca (2018)根據地中海地區郵輪每天必須停靠一港口特性設計出郵輪航線規劃模型，利用海運定期航線的概念修改 VRPTW 和套用漢明距離 (Hamming Distance)限制航線之間的重複性，在參數部分加入港口停靠次數的限制，熱門港口可設定為每一條路線必須停靠，達到路線的多樣性同時又不失路線對於旅客的吸引力。以下為該篇作者所設計的數學規劃模型：

集合與參數：

N : 所有港口集合， $N = I \cup D$ ， I 為停靠港集合， D 為起迄點集合， $D = D^a \cup D^d$

S : 船速之集合

K : 船舶數

R : 航線規劃期間

δ : 航線之間最多可重複的港口數

γ : 一條航線最少停靠次數

Q_{min_i} : 港口 i 最少被停靠次； $i \in I$

Q_{max_i} : 港口 i 最多被停靠次數； $i \in I$

ms_i : 港口最少服務時間； $i \in I$

c_{ijks} : 由港口 i 移動到港口 j 的航行成本； $(i,j) \in N, k \in K, s \in S$

t_{ijks} : 由港口 i 移動到港口 j 所花費的時間； $(i,j) \in N, k \in K, s \in S$

st_{ik} : k 船在港口 i 所需的服務時間； $i \in I, k \in K$

$dpre_i, dpost_i$: 抵達和離開港 i 所需的服務時間； $i \in I$

$BigM_1$ 、 $BigM_2$ 、 ε : 極大與極小值

CSV_i : 進入與離開港口 i 所需的服務費

CF_{ik} : k 船在港口 i 停靠之固定成本

CS_{ik} : k 船在 i 港口內的服務時間； $i \in I, k \in K$

變數：

$x_{ijks} \in \{0,1\}$: k 船是否從 i 港移動到 j 港； $(i,j) \in N, k \in K, s \in S$

$y_{ikr} \in \{0,1\}$: k 船是否在第 r 天停留在 i 港； $i \in N, r \in R$

$w_{ik} \in \mathbb{R}^+$: k 船在港口 i 開始服務的時間； $i \in N, k \in K$

$z_{ik} \in \mathbb{R}^+$: k 船在港口 i 的服務時間 ; $i \in N, k \in K$

$u_{ik} \in \{0,1\}$: 港口 i 是否被 k 船拜訪 ; $i \in N, k \in K$

$h_{ikk'} \in \{0,1\}$: 港口 i 是否被 k 船和 k' 拜訪 ; $i \in N, k \in K, k' \in K$

目標式 :

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{(i,j) \in N} \sum_{k \in K} \sum_{s \in S} c_{ijk} x_{ijk} + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{r \in R} (CSV_{ik} + CF_{ik}) y_{ikr} \\ & + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} CS_{ik} z_{ik} \end{aligned} \quad (1)$$

subject to:

$$\sum_{(i,j) \in N} \sum_{s \in S} x_{ijks} = \sum_{r \in R} y_{ikr} \quad i \in I \setminus D_k^a, k \in K \quad (2)$$

$$\sum_{(i,j) \in N} \sum_{s \in S} x_{ijks} = \sum_{(i,j) \in N} \sum_{s \in S} x_{jsks} \quad i \in I \setminus \{D_k^a, D_k^d\}, k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{(i,j) \in N} \sum_{s \in S} x_{ijks} = 1 \quad i \in D_k^d, k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{(i,j) \in N} \sum_{s \in S} x_{ijks} = 1 \quad j \in D_k^a, k \in K \quad (5)$$

$$\sum_{i \in I} u_{ik} \geq \gamma \quad k \in K \quad (6)$$

$$\sum_{s \in S} x_{ijks} \leq 1 \quad (i,j) \in N, k \in K \quad (7)$$

$$\sum_{k \in K} y_{ikr} \leq 1 \quad i \in I \setminus \{D_k^a, D_k^d\}, r \in R \quad (8)$$

$$ms_i y_{ikr} \leq z_{ik} \quad i \in I, k \in K, r \in R \quad (9)$$

$$x_{ijks} = 0 \quad (k,s) \in INVC \quad (10)$$

$$x_{ijks} = 0 \quad (k,i) \in INCP \quad (11)$$

$$w_{ik} \leq 24(r+1) - 10 + (1 - y_{ikr}) BigM_1 \quad i \in I \setminus \{D_k^a, D_k^d\}, r \in R, k \in K \quad (12)$$

$$w_{ik} \geq 24r + 12 + (1 - y_{ikr}) BigM_1 \quad i = D_k^a, r \in R, k \in K \quad (13)$$

$$w_{ik} \geq 24r + 16 - st_{ik} - z_{ik} - (1 - y_{ikr}) BigM_1 \quad i \in I \setminus \{D_k^a, D_k^d\}, r \in R \quad (14)$$

$$w_{ik} + z_{ik} + dpre_i + dpost_j + \sum_{s \in S} x_{ijks} t_{ij} - w_{jk} \leq \left(1 - \sum_{s \in S} x_{ijks}\right) BigM_2 \quad (i,j) \in N, k \in K \quad (15)$$

$$z_{ik} + \left(1 - \sum_{s \in S} x_{ijks}\right) BigM_2 + \left(1 - \sum_{s \in S} x_{ijks} t_{ij}\right) + st_{ik} \geq w_{jk} - w_{ik} \quad (i, j) \in N, k \in K \quad (16)$$

$$Q_{min_i} \leq \sum_{k \in K} u_{ik} \leq Q_{max_i} \quad i \in I \quad (17)$$

$$\sum_{i \in N} h_{ik'k''} \leq \delta \quad i \in I, k' \in K, k'' \in K \quad (18)$$

$$h_{ik'k''} \leq \frac{1}{2}(u_{ik'} + u_{ik''}) \quad i \in I, k' \in K, k'' \in K \quad (19)$$

$$h_{ik'k''} \geq u_{ik'} + u_{ik''} - 1 \quad i \in I, k' \in K, k'' \in K \quad (20)$$

$$\left(\sum_{r \in R} y_{ikr}\right) \varepsilon \leq u_{ik} \leq \sum_{r \in R} y_{ikr} \quad i \in N \setminus N_0, k \in K \quad (21)$$

$$\sum_{j \in N} \sum_{s \in S} x_{ijks} \leq \sum_{r \in R} y_{ikr} \quad i \in N, k \in K \quad (22)$$

目標在最小化旅行成本和靠泊成本，式(2)~(5)、(15)、(16)為 VRPTW 之限制式，式(6)限制每艘船靠泊港口之次數，式(7)限制每條截線必須以相同航速航行，式(8)避免郵輪在同一天停靠相同的港口，式(9)限制每艘郵輪在各港口的最少服務時間，式(10)、(11)分別表示 k 船無法在 s 速度下抵達 i 港、k 船無法停靠 i 港，式(12)、(14)表示郵輪停靠港口的時間窗上下界，式(13)則為停靠母港的時間窗限制，式(17)為限制每一個港口停靠次數的上下界，式(18)~(20)為漢明距離的限制，式(21)為變數 u_{ik} 與 y_{ikr} 之間關係式；式(22)為變數 x_{ijks} 與 y_{ikr} 之間關係式

2.3 郵輪港口吸引力

地中海地區郵輪產業蓬勃發展，Lekakou、Pallis 與 Vaggelas(2009)和 Mancini 與 Stecca(2018)透過與專家、學者探討以郵輪公司選擇郵輪母港的觀點進行港口吸引力分析，考慮港口補給、郵輪和旅客服務，以及當地的政策與規範，因為政治不穩定對於旅客會造成威脅，而港口周邊的聯外交通也是重要的吸引因素，將郵輪母港吸引力要素共分為 12 個類別，總共有 81 項要素。

港口選擇為十分重要且複雜的問題，Demirel 與 Yücenur(2011)針對了土耳其的四個港口提出了選擇條件，並利用 VIKOR 和 ANP 方法處理 郵輪港口選擇的問題，其主要將選擇條件分為四大構面及 13 項準則。

Wang、Jung、Yeo 與 Chou(2014)對於未來郵輪市場發展，停靠港必需提升港口的服務來吸引郵輪公司和旅客，其中以景點吸引力和方便性為最影響郵輪公司在選擇停靠港的兩個因素，文中提出四大面向 14 項影響選擇的因素。

郵輪公司以獲得最大利潤，找尋新興郵輪停靠港，為了擴張服務範圍，以吸引更多旅客，Tsamboulas、Moraiti 與 Koulopoulou(2018)在已經存在的航線中，利用郵輪吸引力指標計算範圍內港口能吸引的潛在郵輪停靠港數量，預測未來停靠港的停靠次數，提供郵輪公司在擴張航線選擇停靠港時的參考依據。

Pesce 等 (2018)在已經發展成熟的港口城市為郵輪公司發展郵輪產業的樞紐，而為了產業的經濟永續發展，透過多表準決策分析(Multi-Criteria Decision Analysis, MCDA)來衡量停靠港的社會環境與經濟發展，透過與專家和郵輪公司訪問後評估所選的指標有效性以及權重，以做為選擇可持續發展的郵輪航線要素分析。

Chang、Liu、Park 與 Roh(2016)針對亞洲地區郵輪旅客對於行程中的停靠港滿意度進行調查，透過制定衡量標準評估旅客對於停靠港的期望以及將旅程前與旅程後的調查，分析出旅客對於停靠港注重的三個因素為當地文化體驗、探索以及景點吸引力。

2.4 輪船油耗

Psaraftis 與 Kontovas(2014)對於旅行成本控制輪船速度對於降低油耗成本為一項關鍵因素，在時間窗允許的情況之下放慢船速能夠達到顯著的減少油耗，相較於以最大速率航行之下的油耗成本。Wang 與 Xu(2015)透過最佳化航行速率降低碳排放量和油耗成本對於郵輪公司需要繳納的相關稅收和利潤之影響亦有相關研究。

如上述相關文獻所言，輪船油耗與航行速度關係亦是郵輪公司需要考量之成本要素，計算出最佳航行速率，根據輪船航行速度和輪船大小會影響油耗，產生下述輪船油耗方程式(Du, Chen, Quan, Long, & Fung, 2011; S. Wang et al., 2017)：

$$F(d, \tau) = \begin{cases} \tilde{F}(d, \tau) & , if d/\tau \geq v^* \\ k + k' \times (v^*)^s \times \left(\frac{d}{v^*}\right), & otherwise \end{cases}.$$

k 和 k' 為迴歸係數， v 是航行速度， s 代表輪船的大小，例如：中型船， $s = 4.5$ 。若以知航行距離 d ， τ 為航行時間，最後考慮到輪船為了節省油耗，假設都以穩定速率或是最佳航行速率航行。

另 Fagerholt、Laporte 與 Norstad (2017)提出在船速 14~20 節時，透過實際資料分析後歸納出輪船油耗關係式 $g_s(s) = 0.0036s^2 - 0.1015s^2 + 0.8848$ ， s 代表船速。

2.5 小結

貨運定期航線與郵輪巡航路線，相似之處在於透過路線的安排來吸引顧客選擇運送貨物或是搭乘，雖然皆是運具，相異之處在於運送的項目不同，而影響後續路線安排需要考慮的因素。從文獻中可得知從過去單一航線發展到期間性航線，不論是貨輪還是郵輪，油耗皆是近期在探討的議題。貨輪是透過需求量來選擇停靠的港口以最大化利潤，但是以郵輪這樣的套裝行程，必須考慮到旅客的旅遊景點偏好來選擇停靠港，而過去的文獻中針對郵輪停靠港的選擇皆是敘述性的概念，或是停靠的港口皆是已知後再進行路線的規劃，並無量化的數值納入路線規劃之中。

上述文獻中對於港口選擇的要素，郵輪母港對於郵輪公司是一個重要的角色，因此會考慮到許多營運方面的因素；郵輪停靠港考慮的因素相對單純，針對郵輪旅客對於觀光旅遊的吸引力來做為考量。文獻中以問卷的方式整理出停靠港口選擇要素，本研究將會將其量化並納入郵輪航線規劃中。

過去研究針對貨輪定期航線營收的計算皆是以需求量進行預故，然而郵輪旅客的需求量會根據停靠港對於旅客的吸引力而產生銷售率的變化，下表為根據本

章節所討論之文獻所整理之表格，對於貨櫃船與郵輪之文獻針對營收、油耗成本、港口時間窗、航線規劃與停靠港評選進行整理與本研究進行比較。

表 2-1 文獻整理

作者	單一 母港	營收	油 耗 成 本	港 口 時 間 窗	多 船 多 航 線	路 線 規 劃	停 靠 港 評 選
貨櫃船							
Agarwal 與 Ergun(2008)		✓			✓	✓	
Qi 與 Song(2012)			✓	✓			
Yadong 等(2015)		✓	✓		✓	✓	
Giovannini 與 Psaraftis(2018)		✓	✓		✓		
Cariou 等(2018)		✓	✓		✓	✓	✓
郵輪							
Wang 等 (2017)		✓	✓	✓	✓		
蔡明璟(2018)	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Mancini 與 Stecca (2018)			✓	✓	✓	✓	
本研究	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

資料來源：本研究整理

以過去的文獻來看，在航線規劃的目標主要是以最低成本，考慮如何降低油耗以最小化成本，對於航線規劃與利潤之間的相互影響，鮮少有相關文獻。因此，本研究會將港口吸引力對於收益的影響納入模型之中，考慮到套裝行程中停靠港口的搭配對於成本和收入的影響，討論航線的整體吸引力對於旅客購買該行程之意願，以達到更符合現行郵輪公司所規劃航線的概念。模型亦可配合旅遊景點淡旺季來進行規劃，使航線之間有所差異，提高旅客再次搭乘意願。

第三章 郵輪航線規劃模式

3.1 郵輪公司選擇停靠港口的特性

郵輪公司在選擇港口時，考慮港口對於旅客的吸引力來作為選擇的其中一項重要的依據，但在過去的學術研究鮮少人將吸引力放入路線規劃之中(Asic & Lukovic, 2016)。研究顯示停靠港口的特性多樣化和吸引力是郵輪航線能夠成功運作並且獲利的兩個關鍵要素。多樣化被視為流行地點和鮮為人知的地方、提供許多活動的港口和放鬆和景點參觀的港口，以及傳統和創新目的地之間的平衡(Barron & Greenwood, 2006)。過去文獻中，郵輪公司在選擇母港時，會考慮到該港適不適合作為補給等多項母港的特性，但是在選擇停靠港時，郵輪公司只需要考慮到旅客對於停靠港注重的三個因素為當地文化體驗、探索以及景點吸引力(Chang et al., 2016)。因此，本研究考慮港口城市的特色，其吸引遊客的景點類別進行港口的特性分類加上港口與景點之間的聯外交通，計算港口吸引力，郵輪公司可以透過特性及吸引力來選擇停靠港。以下停靠港口選擇特性之表格為本研究根據 Wang 等 (2014)和 Chang 等(2016)旅客對於港城觀光會考慮的因素作為停靠港口的特性統整出適合本研究做為量化港口吸引力的項目：

表 3-1 停靠港口選擇特性

旅遊景點	歷史遺跡
	文化觀光
	自然景觀
	休閒娛樂
	宗教觀光
聯外交通	港口對景點的聯外交通

資料來源：本研究整理

本研究為了量化港口吸引力，會考慮上述郵輪公司選擇停靠港的特性，透過統計旅遊網站 trip advisor 上，所提中之熱門景點，並且僅計算評論超過 100 則並且評價在 4 顆星以上值得旅客觀光之景點；聯外交通時間為計算從港口以最快的方式抵達城市景點分佈主要地區所耗費之時間。最後，以吸引力 1~10 作為指標數值，並假設旅遊景點與聯外交通對於旅客的吸引力影響相等，吸引力相加後，等比例分配後得到每個港口的整體吸引力。假設十個停靠港集合為 $N =$

$\{N_1, N_2, \dots, N_{10}\}$ ，而在這十個景點數量最多之港口的景點吸引力(T_i)設為 10，最低為 1；反之聯外交通時間(C_i)最長的設為 1，最短的設為 10，並且等比例分配其餘的港口相對吸引力後，將景點與聯外交通的分數相加後除以 20，將數值轉換為介於 0~1 之間的數值。

$$A_i = \frac{(\text{景點吸引力值}(T_i) + \text{聯外交通吸引力值}(C_i))}{20}$$

3.2 郵輪航線規劃模式

亞洲地區郵輪港口分佈不如地中海地區密集，因此在航行至下一個港口時，可能會花費上一天的時間在海上航行，因此本研究將文獻中地中海地區郵輪航線規劃模型(Mancini & Stecca, 2018) 為基礎，考慮到亞洲地區郵輪航線特性為單一母港、郵輪停靠港口時間窗的限制並且容許郵輪在海上航行超過一天，設計出適用於亞洲地區之郵輪巡航路線模型，並且將目標式設為最大化利潤，考慮變動的旅行成本以及受到航線吸引力影響的票面收入，為郵輪公司規劃出最適航線。

在計算利潤時，考慮到會根據航線變化而改變的變動成本和營收，成本項目主要考慮油耗成本以及靠泊成本，船員的薪資成本不會因為航線而改變，所以不在考慮內；營收項目主要考慮受到停靠港吸引力所影響的票面收入，並且假設旅客在船上的消費並不會受到航線的改變而有變化，因此船上收入不納入考量。

票面收入的計算方式為，假設票價不隨出發時間將近而有變化，為固定票價，統計各房型價格和間數計算出每個航線之平均票價，歸納出艙房價格之需求函數，以利於模式計算時可以根據天數的變化而改變票價。

整體而言，本研究之郵輪航線規劃模式主要提供：

1. 單一母港航線限制
2. 適用於亞洲地區港口時間窗之航線規劃
3. 港口吸引力對於航線規劃的影響
4. 考慮航線營收和成本，目標為最大化郵輪公司利潤

根據上述對於亞洲地區郵輪航線規劃模式，本研究規劃出以下數學模型：

參數定義：

N : 所有港口集合， $N = \{N_0, N_1, N_2, \dots, N_n\}$ ，0、 n 代表母港。

K ：船舶的集合， $K = \{1, 2, 3, \dots, k\}$ 。

R ：航線規劃期間。

Mn ：航線之間最多可重複的港口數。

nn ：任一航線最少停靠次數。

Q_{min_i} ：港口 i 最少被停靠次； $i \in N$ 。

Q_{max_i} ：港口 i 最多被停靠次數； $i \in N$ 。

ms_i ：港口最少服務時間。

c_{ij} ：由港口 i 移動到港口 j 的航行成本； $(i, j) \in N$ 。

t_{ij} ：由港口 i 移動到港口 j 所花費的時間； $(i, j) \in N$ 。

M 、 ε ：極大與極小值。

CF_{ik} ：郵輪 k 在港口 i 停靠之固定成本， $k \in K$ 。

A_i ：各港口吸引力值。

V ：總載客量。

a 、 b ：艙房價格需求函數之係數和常數。

As ：平均銷售率。

λ ：吸引力影響係數，表示航線規劃中停靠港的選擇為銷售率所帶來的效益值。

變數定義：

$x_{ijk} \in \{0, 1\}$ ： k 船是否從 i 港移動到 j 港； $(i, j) \in N, k \in K$ 。

$y_{ikr} \in \{0, 1\}$ ： k 船是否在第 r 天停留在 i 港； $i \in N, k \in K, r \in R$ 。

$w_{ik} \in \mathbb{R}^+$ ： k 船在港口 i 開始服務的時間； $i \in N, k \in K$ ， $w_{0k} \geq 0$ 。

$z_{ik} \in \mathbb{R}^+$ ： k 船在港口 i 的服務時間； $i \in N, k \in K$ 。

$u_{ik} \in \{0, 1\}$ ：港口 i 是否被 k 船拜訪； $i \in N, k \in K$ 。

$h_{ikk'} \in \{0, 1\}$ ：港口 i 是否被 k 船和 k' 拜訪； $i \in N, k \in K, k' \in K$ 。

P ：預估搭乘人數。

$$P = (As + \lambda \times \sum_{i \in N} \sum_{k \in K} \sum_{r \in R} (A_i \times y_{ikr})) V \times k$$

數學列式：

$$\begin{aligned} \text{Max } & (b + a \sum_{k \in K} (\frac{w_{N_n k} - w_{N_1 k}}{24})) \times P \\ & - (\sum_{(i,j) \in N} \sum_{k \in K} c_{ij} x_{ijk} + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{r \in R} CF_{ik} y_{ikr}) \end{aligned} \quad (1)$$

subject to:

$$\sum_{(j,i) \in N} x_{jik} = \sum_{r \in R} y_{ikr} \quad i \in N \setminus N_0, k \in K \quad (2)$$

$$\sum_{(i,j) \in N} x_{ijk} = \sum_{(j,i) \in N} x_{jik} \quad i \in N \setminus N_0, N_n, k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ijk} = 1 \quad i = N_0, k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{i \in N} x_{ijk} = 1 \quad j = N_n, k \in K \quad (5)$$

$$\sum_{i \in N \setminus N_0} u_{ik} \geq nn \quad k \in K \quad (6)$$

$$\sum_{k \in K} y_{ikr} \leq 1 \quad i \in N \setminus \{N_0, N_n\}, r \in R \quad (7)$$

$$\sum_{i \in N} y_{ikr} \leq 1 \quad k \in K, r \in R \quad (8)$$

$$ms_i y_{ikr} \leq z_{ik} \leq 36 y_{ikr} \quad i \in N, k \in K, r \in R \quad (9)$$

$$w_{ik} \leq 24r + 12 + (1 - y_{ikr})M \quad i \in N \setminus N_0, r \in R, k \in K \quad (10)$$

$$w_{ik} \geq 24r + 6 - (1 - y_{ikr})M \quad i \in N \setminus N_0, r \in R, k \in K \quad (11)$$

$$w_{ik} + z_{ik} + t_{ij} x_{ijk} - (1 - x_{ijk})M \leq w_{jk} \quad (i, j) \in N, k \in K \quad (12)$$

$$Q_{\min_i} \leq \sum_{k \in K} u_{ik} \leq Q_{\max_i} \quad i \in N \quad (13)$$

$$\sum_{i \in N} h_{ik'k''} \leq Mn \quad i \in N \setminus N_0, k' \in K, k'' \in K \quad (14)$$

$$h_{ik'k''} \leq \frac{1}{2}(u_{ik'} + u_{ik''}) \quad i \in N \setminus N_0, k' \in K, k'' \in K \quad (15)$$

$$h_{ik'k''} \geq u_{ik'} + u_{ik''} - 1 \quad i \in N \setminus N_0, k' \in K, k'' \in K \quad (16)$$

$$\left(\sum_{r \in R} y_{ikr} \right) \varepsilon \leq u_{ik} \leq \sum_{r \in R} y_{ikr} \quad i \in N \setminus N_0, k \in K \quad (17)$$

$$\sum_{j \in N} x_{ijk} \leq \sum_{r \in R} y_{ikr} \quad i \in N, k \in K \quad (18)$$

式(1)為目標函數，表示最大化利潤，包含郵輪的旅行成本以及郵輪靠港的服務費以及考慮到銷售率之票價收入項目；式(2)為郵輪停靠港口的限制是，表示假如郵輪停靠港口 j ，必須被 k 船服務；式(3)為流量守恆限制；式(4)與式(5)代表路線的起訖點必須為母港；式(6)限制每艘郵輪最低停靠港口數；式(7)為避免港口在同一天被不同艘郵輪重複停靠；式(8)限制每艘郵輪每天只能停靠一個港；式(9)限制每艘郵輪在各港口的最少服務時間；式(10)~(12)為時間窗限制，式(10)與式(11)分別是郵輪抵達港口的時間窗下界與上界限制；式(12)為確保時間窗的連續性；式(13)為限制每一個港口能夠被停靠的次數；式(14)~(16)使用漢明距離(Hamming Distance)來限制路線之間的相似性，式(14)為利用 $h_{ik'k''}$ 為港口 i 是否有被 k' 與 k'' 船停靠之零一變數來限制港口重複的次數；式(15)與式(16)為限制 $h_{ik'k''}$ 的上下界；式(17)為變數 u_{ik} 與 y_{ikr} 之間關係式；式(18)為變數 x_{ijk} 與 y_{ikr} 之間關係式。

3.3 求解方法

本研究的航線規劃模型使用港口之間的航行時間、航行成本、靠泊成本計算成本以及利用停靠港的吸引力預估人數來計算收入。根據 3.2 節所建立出的數學模型，使用 MATLAB 整數規劃最佳化套件(Intlinprog)，進行規劃求解，由於 MATLAB 最佳化套件無法求解非線性目標式，並且規劃出來的天數差異對於路線的影響不大，因此在程式中會將天數的條件設為定值，以整數規劃的方式進行求解。如下圖所示，MATLAB 先計算出線性規劃的最佳解後，會再以 branch and bound 的方式找出整數最佳解，當與線性規劃的最佳解的誤差值等於零時，可得到最佳解，並且從變數結果中得到，停靠的港口以及停靠時間。

下圖 3-3 為執行結果畫面圖，可以看到 MATLAB 求解整數規劃之過程，先用線性規劃求出最佳解後，再利用演算法求出整數最佳解，在得到誤差值等於零時，即得到最終解。

```
Command Window
LP:          Optimal objective value is 7464.058760.
Cut Generation:  Applied 9 clique cuts.
               Lower bound is 7464.058760.
Heuristics:    Found 1 solution using total rounding.
               Upper bound is 7464.058760.
               Relative gap is 0.00%.

Optimal solution found.

Intlinprog stopped at the root node because the
objective value is within a gap tolerance of the optimal value,
options.AbsoluteGapTolerance = 0 (the default value). The
intcon variables are integer within tolerance,
options.IntegerTolerance = 1e-05 (the default value).
```

圖 3-1 三艘船程式執行結果圖

資料來源：本研究整理

第四章 實證研究-以基隆港為母港為例

4.1 背景說明

根據公主郵輪(Princess Cruises)和麗星郵輪(Star Cruises)在台灣以基隆港為母港所規劃路線之所有停靠港，作為本研究之停靠港選擇之依據，由於政策方面無法兩岸直航，因此郵輪公司在安排以台灣為母港出發的路線皆沒有中國地區的港口。規劃港口由南到北包含基隆港、宮古島、石垣、沖繩、鹿兒島、長崎、濟州島、福岡、麗水、釜山、大阪、名古屋及東京共 13 個港，港口分佈如下圖 4-1 所示。



圖 4-1 候選港口分佈圖

資料來源：本研究整理

目前郵輪公司以基隆港為母港之郵輪航線規劃，以公主遊輪盛世公主號為例之航線，整理以下表格，三～五天的航程，最短為期三天，停靠鄰近基隆的周圍港口；五天，停靠距離較遠的日本本島港口，停靠港口數不超過三個，航線整理如下表：

表 4-1 現行郵輪公司規劃之航線

航行天數	航線
三天	基隆→石垣島→基隆
四天	基隆→沖繩→基隆
五天	基隆→沖繩→石垣島→基隆
	基隆→福崗→釜山→基隆

資料來源：整理自公主郵輪官網 <https://www.princesscruises.com.tw/taiwandeparture/>。

4.2 成本費用

本研究主要以考慮郵輪公司航行所需之變動成本，因此成本考量項目有港口停靠所需之靠泊費用以及航行成本中的油耗成本，不考慮船員薪資費用以及船上伙食等固定成本。以下表格成本費用計算皆是以台幣表示。根據各國港口規定之郵輪靠泊費用，且不考慮平日與假日靠泊費用之差異。以西元 2019 年 3 月 24 日牌告匯率計算各港口靠泊費用。日幣匯率 0.2837、韓元匯率 0.2926。整理如下表。

表 4-2 郵輪靠泊費用

港口	基隆	濟州島	釜山	長崎	福岡	鹿兒島
靠泊費 (千元台幣)	152.4	559.22	559.22	165.974	373.024	107.883
港口	宮古	石垣	大阪	名古屋	東京	麗水
靠泊費 (千元台幣)	79.035	79.035	124.351	124.351	73.762	559.22

資料來源：本研究整理。

本研究整理 Maritime Traffic 所提供港口之間的航行距離，並以船速 18 節計算各港口之間的航行時間。如下表 4-2 和 4-3 所示。

表 4-3 港口之間距離

(海哩)	基隆	濟州島	釜山	長崎	福岡	鹿兒島	沖繩	宮古	石垣	大阪	名古屋	東京	麗水
基隆	-	594	719	621	705	617	331	194	145	916	1012	1126	1019
濟州島	594	-	158	228	199	281	523	571	601	474	718	898	100
釜山	719	158	-	158	113	304	536	659	712	368	571	654	80
長崎	621	228	158	-	136	166	382	552	601	398	572	688	162
福岡	705	199	113	136	-	345	509	639	680	300	465	584	165
鹿兒島	617	281	304	166	345	-	367	510	571	377	467	582	287
沖繩	331	523	536	382	509	367	-	174	234	656	747	862	761
宮古	194	571	659	552	639	510	174	-	88	815	906	1021	935
石垣	145	601	712	601	680	571	234	88	-	872	972	1087	971
大阪	916	474	368	398	300	377	656	815	872	-	227	346	501
名古屋	1012	718	571	572	465	467	747	906	972	227	-	200	589
東京	1126	898	688	688	584	582	862	1021	1087	346	200	-	725
麗水	1019	100	80	162	165	287	761	935	971	501	589	725	-

資料來源：本研究整理自 Marine Traffic: <https://www.marinetraffic.com/>

表 4-4 港口間航行時間

(小時)	基隆	濟州島	釜山	長崎	福岡	鹿兒島	沖繩	宮古	石垣	大阪	名古屋	東京	麗水
基隆	-	33	40	35	39	34	18	11	8	51	56	63	57
濟州島	33	-	9	13	11	16	29	32	33	26	40	50	6
釜山	40	9	-	9	6	17	30	37	40	20	32	36	4
長崎	35	13	9	-	8	9	21	31	33	22	32	38	9
福岡	39	11	6	8	-	19	28	36	38	17	26	32	9
鹿兒島	34	16	17	9	19	-	20	28	32	21	26	32	16
沖繩	18	29	30	21	28	20	-	10	13	36	42	48	42
宮古	11	32	37	31	36	28	10	-	5	45	50	57	52
石垣	8	33	40	33	38	32	13	5	-	48	54	60	54
大阪	51	26	20	22	17	21	36	45	48	-	13	19	28
名古屋	56	40	32	32	26	26	42	50	54	13	-	11	33
東京	63	50	38	38	32	32	48	57	60	19	11	-	40
麗水	57	6	4	9	9	16	42	52	54	28	33	40	-

資料來源：本研究整理

根據第二章文獻中 Fagerholt 等(2010)之油耗成本計算方程式： $g_s(s) = 0.0036s^2 - 0.1015s + 0.8848$ ， s 代表船速。本研究將船速設定為 18 節、1 公秉船舶燃油為台幣 26,000、 $g_s(18) = 0.2242$ ，進行計算所整理之油耗成本矩陣。

表 4-5 油耗成本

(千元 台幣)	基隆	濟州 島	釜山	長崎	福岡	鹿兒 島	沖繩	宮古	石垣	大阪	名古屋	東京	麗水
基隆	-	3,463	4,191	3,620	4,110	3,597	1,929	1,131	845	5,340	5,899	6,564	5,940
濟州島	3,463	-	921	1,329	1,160	1,638	3,049	3,328	3,503	2,763	4,185	5,235	583
釜山	4,191	921	-	921	659	1,772	3,124	3,841	4,150	2,145	3,328	3,812	466
長崎	3,620	1,329	921	-	793	968	2,227	3,218	3,503	2,320	3,334	4,010	944
福岡	4,110	1,160	659	793	-	2,011	2,967	3,725	3,964	1,749	2,711	3,404	962
鹿兒島	3,597	1,638	1,772	968	2,011	-	2,139	2,973	3,328	2,198	2,722	3,393	1,673
沖繩	1,929	3,049	3,124	2,227	2,967	2,139	-	1,014	1,364	3,824	4,354	5,025	4,436
宮古	1,131	3,328	3,841	3,218	3,725	2,973	1,014	-	513	4,751	5,281	5,952	5,450
石垣	845	3,503	4,150	3,503	3,964	3,328	1,364	513	-	5,083	5,666	6,336	5,660
大阪	5,340	2,763	2,145	2,320	1,749	2,198	3,824	4,751	5,083	-	1,323	2,017	2,920
名古屋	5,899	4,185	3,328	3,334	2,711	2,722	4,354	5,281	5,666	1,323	-	1,166	3,433
東京	6,564	5,235	4,010	4,010	3,404	3,393	5,025	5,952	6,336	2,017	1,166	-	4,226
麗水	5,940	583	466	944	962	1,673	4,436	5,450	5,660	2,920	3,433	4,226	-

資料來源：本研究整理

4.3 收入項目

本研究收入項目因為船上旅客娛樂消費、購物消費等不會隨著航線變化而有變動，因此營收項目以票價收入為主要項目，透過 3.1 節提到之郵輪公司選擇停靠港口之特性來計算吸引力，並且根據路線的吸引力來影響郵輪艙房之銷售率。主要影響吸引力之兩大項目為停靠港之旅遊景點個數和聯外交通時間。根據 3.1 節提出的計算方式，計算出的景點和交通吸引力，將兩個吸引力 1:1 相加後，再一次等比例分佈在 0~1 之間，得到該港口的整體吸引力，最後的吸引力數值代表該港口對於銷售率之影響。

表 4-6 港口吸引力

	旅遊景點個數	聯外交通時間 (分鐘)	景點吸引力	交通吸引力	整體吸引力
濟州島	49	70	1.43	1	0.12
釜山	34	40	0.99	4.5	0.27
長崎	34	10	0.99	9	0.50
福岡	38	10	1.11	9	0.51
鹿兒島	24	70	0.70	1	0.09
沖繩	28	18	0.82	7.8	0.43
宮古	26	20	0.76	7.5	0.41
石垣	1	36	0.03	5.1	0.26
大阪	72	18	2.10	7.8	0.50
名古屋	28	23	0.82	7.05	0.39
東京	309	20	9.03	7.5	0.83
麗水	5	60	0.15	1.5	0.08

資料來源：本研究整理

根據統計 2018 年台灣地區郵輪房價，計算平均房價並且以迴歸分析計算出
 房價與航行天數之間的需求函數關係式，常數 $a = 9164$ 、迴歸係數 $b = 5800$ 。

表 4-7 各房型、天數售價（千元台幣）

艙房種類	艙房數 (間)	人數限制 (人)	8 日	7 日	6 日	5 日	4 日
內部艙房	293	2	48.9	42.9	36.9	28.9	26.9
陽台客房	705	2	51.9	45.9	39.9	31.9	29.9
豪華陽台	239	4	54.9	48.9	42.9	34.9	32.9
高級豪華 陽台	2	4	57.9	51.9	45.9	34.9	35.9
迷你套房	358	4	60.9	54.9	48.9	40.9	38.9
高級迷你 套房	40	3	66.9	60.9	54.9	46.9	44.9
高級套房	8	3	72.9	66.9	60.9	54.9	46.9
頂樓套房	24	3	84.9	78.9	72.9	64.9	62.9

資料來源：整理自蔡明璟（2018）

表 4-8 各天數之平均售價

	8 日	7 日	6 日	5 日	4 日
價格 (千元台幣)	55.964	49.964	43.964	35.964	33.964

資料來源：整理自蔡明璟（2018）

4.4 實證結果

將上述收入項目以及成本項目資料使用第三章所建立的的郵輪航線規劃模式中，其中目標式中的人數預估計算方式如下，假設平均銷售率(As)為 0.6、吸引力影響係數(λ)為 0.001，表示郵輪公司不論航線如何安排皆會賣出六成的船票，而假設會有 0.1%的銷售會受到航線規劃的影響：

$$Max (b + a \sum_{k \in K} (\frac{W_{N_k} - W_{N_1k}}{24})) \times P - (\sum_{(i,j) \in N} \sum_{k \in K} c_{ij} x_{ijk} + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{r \in R} CF_{ik} y_{ikr})$$

a ：票價需求函數之常數，設為 9164。

b ：票價需求函數之係數，設為 5800。

P ：預估搭乘人數。

人數預估的計算式為： $P = (As + \lambda \times \sum_{i \in N} \sum_{k \in K} \sum_{r \in R} (A_i \times y_{ikr}))V \times K$

As ：平均銷售率，設為 0.6。

λ ：吸引力影響係數，設為 0.001。

A_i ：各港口吸引力值。

V ：總載客量，設為定值 = 3560。

下表為分別討論在不限制停靠天數的情況下 1 艘~3 艘船並且分別設定航線之間重複性和航線必須停靠之港口數，所得之結果。

表 4-9 一~三艘船之路線規劃結果

船數	重複性	停靠港口數	路線	天數	航線 吸引力總和	一日平均利潤 (台幣)
1	0	1	基隆→石垣→基隆	3	0.26	18,281,018
2	0	1	基隆→宮古島→基隆	3	0.41	18,146,331
			基隆→石垣→基隆	3	0.26	18,331,818
	1	2	基隆→宮古島→石垣→基隆	5	0.67	16,639,874
			基隆→沖繩→宮古島→基隆	5	0.84	16,248,513
3	0	1	基隆→宮古島→基隆	3	0.41	18,146,331
			基隆→石垣→基隆	3	0.26	18,331,818
			基隆→沖繩→基隆	3	0.43	17,614,496
	1	2	基隆→石垣→沖繩→基隆	5	0.69	16,227,974
			基隆→沖繩→宮古島→基隆	5	0.84	16,248,513
			基隆→宮古島→石垣→基隆	5	0.67	16,639,874

資料來源：本研究整理



圖 4-2 一~三艘船之路線圖

資料來源：本研究整理

上圖 4-2 為根據表 4-8 所繪製出一~三艘船所有的路線圖，並且由表 4-8 之結果可以看出，利潤受到油耗成本的影響很大，即使港口吸引力很大但是港口距離母港太遠，導致油耗成本高，以最大化航線利潤為目標之下，路線規劃結果皆會在母港周圍鄰近之港口航行。後續敏感度分析會修改模型參數設定，使路線避免皆在周圍港口航行，以航行到較遠的港口來進行利潤分析與比較。

4.5 吸引力指標敏感度分析

藉由調整人數預估 P 中，吸引力影響係數 λ ，原本設定 $\lambda = 0.001$ ，以下敏感度分析將調整係數由 $0.001 \sim 0.2$ ，當吸引力影響係數為 0.001 時，代表停靠港口的吸引力對於收入的影響極小，航線的規劃會以最低成本為目標規劃，因此本章節敏感度分析透過調高吸引力影響係數的方式，進而探討吸引力對於航線規劃的變化。並且加入天數限制，進而探討航線停靠港選擇的效益和天數限制對於航線以及利潤的影響。因為航行天數拉長，理當會造成整體利潤增加，因此本研究將以一日平均利潤來進行討論。

首先，以一艘船航行天數限制由三天到五天，係數調整為0.001~0.2，敏感度分析結果。由圖 4-3 可看出在吸引力影響係數較小時，如 A 點所示當係數為 0.2，在天數限制四天和五天的曲線中皆有大幅度下降的情況發生，因為為了整體利潤的關係，在吸引力影響係數影響變大時，航線規劃會趨於停靠多個港或是停靠距離較遠但是吸引力高的港口，而這樣的情況之下，航線的航行天數增加，平均一日利潤下降，但是以整體利潤來看會是上升的情況。在吸引力影響係數小時，三天的航程規劃利潤最高，而當影響係數達 0.11 時，天數五天的航程規劃利潤會大於三天的規劃；影響係數達 0.175 時，天數四天的航程利潤會大於三天的規劃。

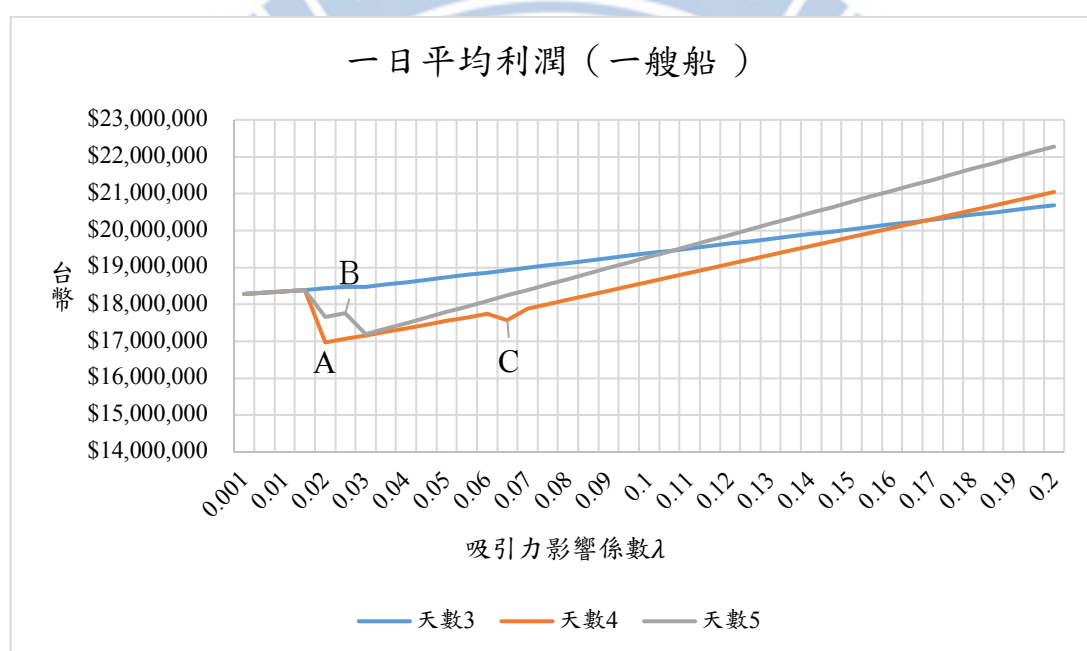


圖 4-3 一日平均利潤（一艘船）

資料來源：本研究整理

下圖 4-4 為一艘船之利潤變化率圖，在成長率起伏變化大的地方，皆是在航線受到影響係數影響而改變，如圖 4-3 與圖 4-4 的 A、B、C 對應的三點所示。而在影響係數為 0.1 之後皆是趨於穩定，代表在規劃一艘船的航線時，對於選擇安排四天以上行程時，若是選到吸引力較小的港口會對於航線利潤會有很大的變化。

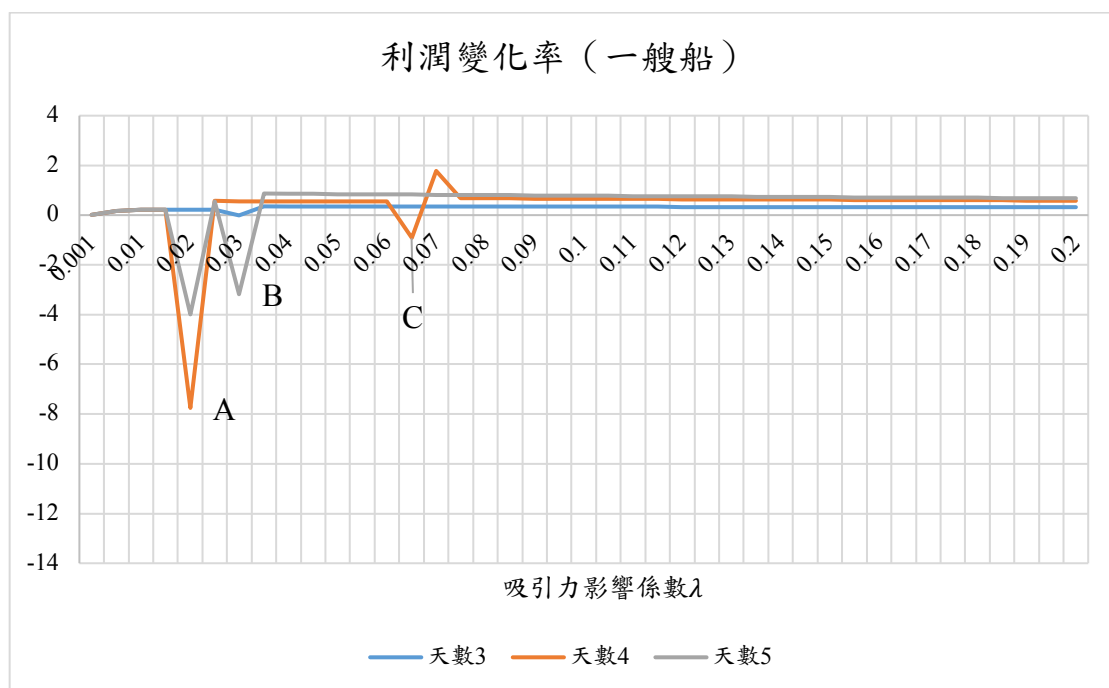


圖 4-4 利潤變化率（一艘船）

資料來源：本研究整理

下表 4-10 為根據吸引力影響係數與航線的改變所整理的比較表格。

表 4-10 吸引力影響係數與航線變化表（一艘船）

天數	航線	吸引力影響係數(λ)	吸引力值
3	基隆→石垣島→基隆	0.001~0.025	0.26
	基隆→宮古島→基隆	0.03~0.2	0.41
4	基隆→石垣島→基隆	0.001~0.015	0.26
	基隆→宮古島→石垣島→基隆	0.02~0.06	0.67
	基隆→宮古島→基隆	0.065	0.41
	基隆→沖繩→宮古島→基隆	0.07~0.2	0.84
5	基隆→石垣島→基隆	0.001~0.015	0.26
	基隆→宮古島→石垣島→基隆	0.02~0.025	0.67
	基隆→石垣島→宮古島→沖繩→基隆	0.03~0.2	1.10

資料來源：本研究整理

當二艘船進行規劃時，由下圖 4-5 可以看到在吸引力低時，不論天數限制皆是以最少港口停靠為航線結果，而當影響係數為 0.06 時，如圖 4-5 A、B 點所示，航線開始因為係數的上升而改變航線使利潤產生變化，而整體來說以四天的規劃天數可以得到較高的平均利潤。當吸引力係數達 0.15 後，天數五天的航線規劃所帶來的利潤會大於三天的規劃。

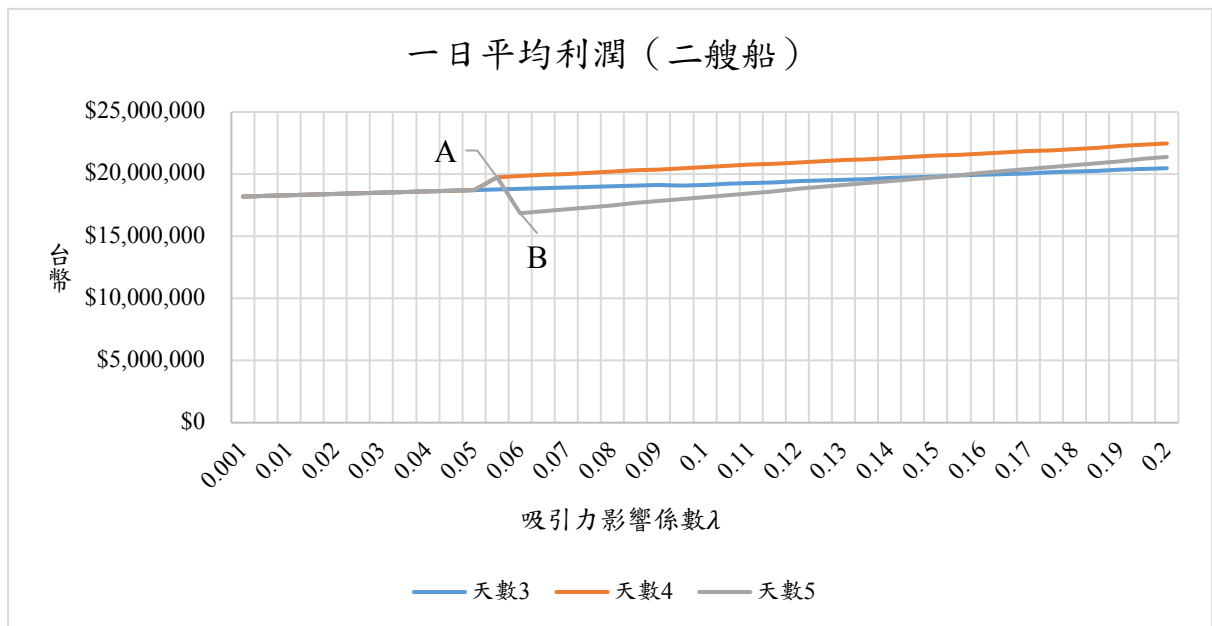


圖 4-5 一日平均利潤（二艘船）

資料來源：本研究整理

將下圖利潤變化率與上圖平均利潤比照來看，可以看到在四天和五天的影響係數為 0.6 時起伏最為明顯，如圖 4-5 與圖 4-6 的 A、B 對應的兩點所示，因為天數拉長的關係，為了停靠較遠的港口造成利潤降低；三天的皆趨於平緩，即使航線發生變化利潤差異並不大，因為天數短的關係，可以停靠的港口選擇並不多，並且港口吸引力差異不大，因此利潤影響不大。

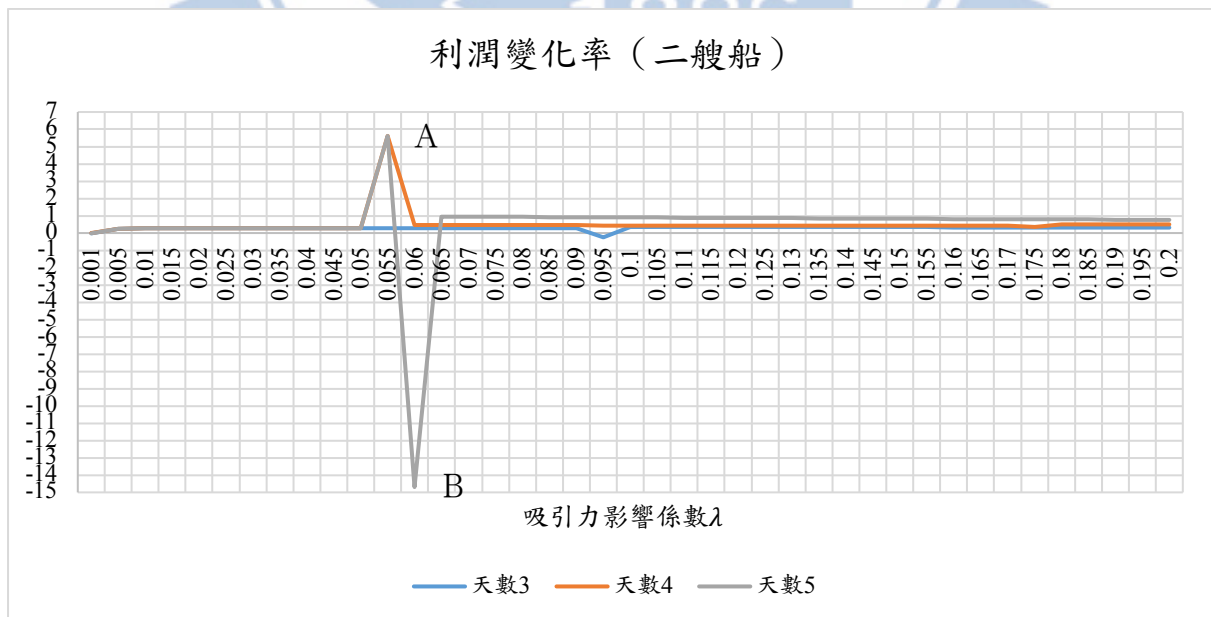


圖 4-6 利潤變化率（二艘船）

資料來源：本研究整理

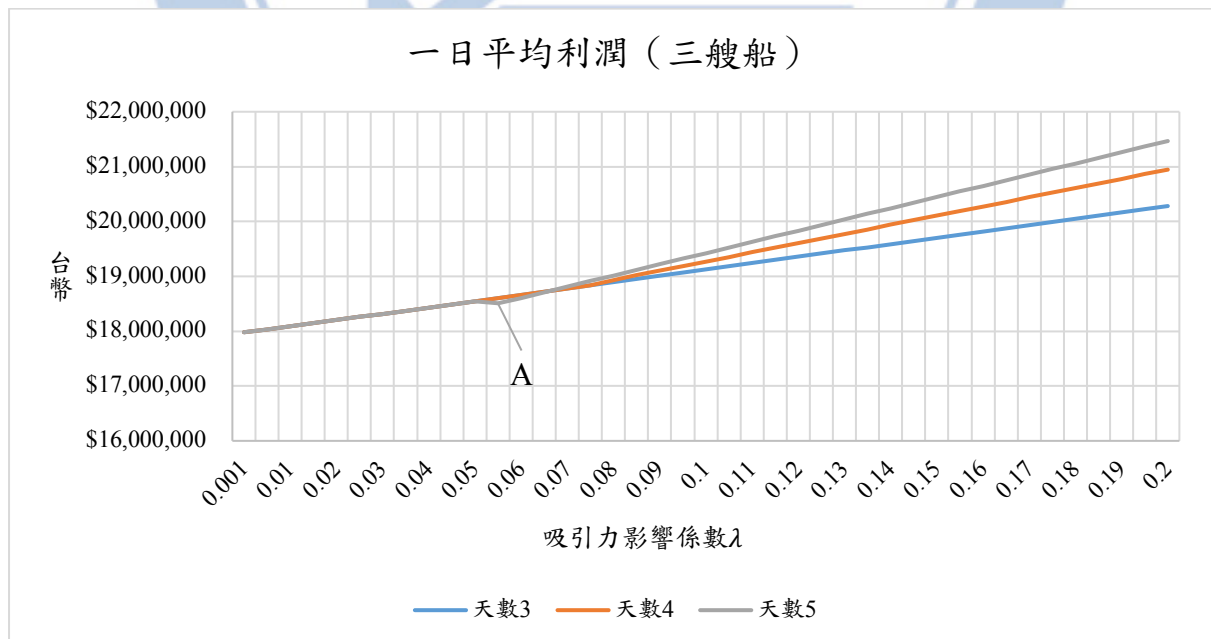
下表 4-11 為根據吸引力影響係數與航線的改變所整理的比較表格。

表 4-11 吸引力影響係數與航線變化表（二艘船）

天數	吸引力影響係數 (λ)	吸引力值	航線
3	0.001~0.09	0.26	基隆→石垣島→基隆
	0.095~0.2	0.43	基隆→沖繩→基隆
	0.001~0.2	0.41	基隆→宮古島→基隆
4	0.001~0.17	0.26	基隆→石垣島→基隆
	0.175~0.2	0.50	基隆→長崎→基隆
	0.001~0.05	0.41	基隆→宮古島→基隆
	0.055~0.2	0.84	基隆→宮古島→沖繩→基隆
5	0.001~0.05	0.50	基隆→宮古島→基隆
	0.055	0.84	基隆→沖繩→宮古島→基隆
	0.06~0.2	1.01	基隆→長崎→福岡→基隆
	0.001~0.055	0.26	基隆→石垣島→基隆
	0.06~0.2	1.10	基隆→石垣島→宮古島→沖繩→基隆

資料來源：本研究整理

下圖為三艘船在天數限制下所得一日平均利潤圖，在影響係數低時，航線的規劃上並沒有差異，但是當影響係數漸漸上升後，五天航線規劃可以得到比較高的利潤。



資料來源：本研究整理

下圖 4-8 為以三艘船進行吸引力敏感度分析所得利潤變化率圖，在航線變化時，利潤起伏相較於一、二艘船小，只有在五天航程中航線受到吸引力影響係數而改變而產生較大的起伏，如圖 4-7 與圖 4-8 對應的 A 點所示，五的天航程規劃中當影響係數上升至 0.55 時有相對較大的變化，因為航線受到影響係數的影響，而停靠較遠但是吸引力較高的港口。整體而言，三艘船的規劃趨於穩定，不容易受到吸引力而改變航線。

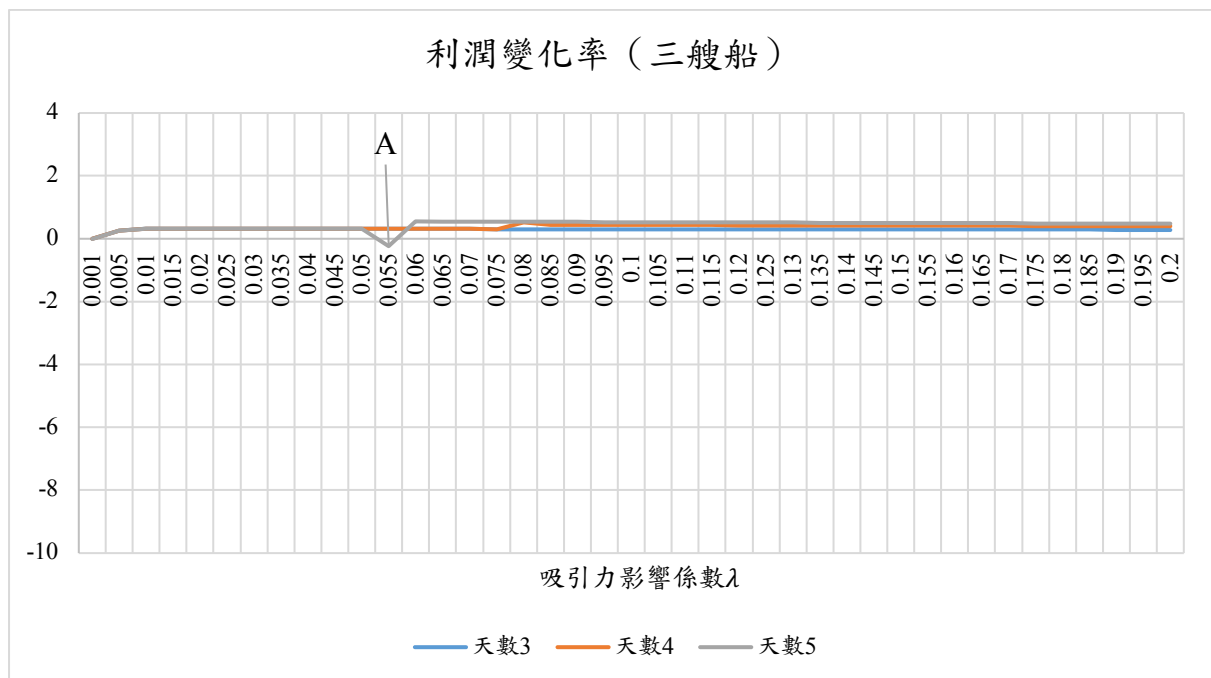


圖 4-8 利潤變化率（三艘船）

資料來源：本研究整理

在三艘船的敏感度分析結果航線如表 4-12 所示，不論天數和吸引力影響係數的變化皆維持有一艘船是以基隆→石垣島→基隆的航線進行航行，因為在航線之間的停靠港不重複的條件下又必須最大化利潤，石垣島不論是靠泊費用或是油耗皆是最低，對於只停靠一個港口的航線來看不論影響係數變化，停靠石垣島可以得到的利潤較高。

表 4-12 吸引力影響係數與航線變化表（三艘船）

天數	吸引力影響係數(λ)	吸引力值	航線
3	0.001~0.2	0.43	基隆→沖繩→基隆
	0.001~0.2	0.26	基隆→石垣島→基隆
	0.001~0.2	0.41	基隆→宮古島→基隆
4	0.001~0.075	0.43	基隆→沖繩→基隆
	0.08~0.2	0.84	基隆→沖繩→宮古島→基隆
	0.001~0.075	0.41	基隆→宮古島→基隆
	0.08~0.2	0.50	基隆→長崎→基隆
5	0.001~0.2	0.26	基隆→石垣島→基隆
	0.001~0.05	0.43	基隆→沖繩→基隆
	0.055~0.2	0.84	基隆→沖繩→宮古島→基隆
	0.001~0.05	0.41	基隆→宮古島→基隆
	0.055~0.2	1.01	基隆→長崎→福岡→基隆
	0.001~0.2	0.26	基隆→石垣島→基隆

資料來源：本研究整理

4.6 小結

透過以基隆港為母港的實證研究中，在影響係數不大時，可以看到郵輪航線在航行短程航線中得到較高的利潤，而這也符合目前台灣郵輪市場情形，主要以航行鄰近小島港口為大宗，然而這些小島的吸引力卻沒有其他港口大。因此，經過敏感度分析，調整影響係數，研究吸引力對於航線的變化與影響，並且同時航行一～三艘船所得的結果來看航線的變化。

在吸引力影響係數小的時候，航線規劃結果維持在航行最小成本，而隨著影響係數逐漸增加，航線規劃也會隨之改變，航線逐漸朝吸引力高、距離遠的港口改變，航行天數也逐漸拉長，航行天數拉長總利潤也相對提高，符合本研究之目標式。由結果換算成平均一日利潤時，可以得到若是郵輪公司要安排長程航線時，港口吸引力會是一項重要的考量因素，在短程航線中受到吸引力的影響並不大。

本研究嘗試調整三艘船的規劃模式，平均銷售率由 0.6 調整到 0.8，吸引力影響係數利用相對應發生變化的點進行規劃，發現平均銷售率的改變對於航線的變化並沒有影響。

在吸引力影響係數最高的情況下，可以歸納出不同航行天數最適合之航線，整理如下表：

表 4-13 吸引力影響係數與航線變化表（三艘船）

天數	航線	吸引力值	一日平均利潤 (台幣)
3	基隆→宮古島→基隆	0.41	20763344
4	基隆→宮古島→沖繩→基隆	0.84	21125233.2
5	基隆→長崎→福岡→基隆	1.01	20883905
	基隆→石垣島→宮古島→沖繩→基隆	1.10	21423220.7

資料來源：本研究整理

下圖 4-9 為將上述表格規劃出 3 天～5 天的航線所繪製出的航線圖，括弧內為該港口之吸引力。



圖 4-9 三～五天航線圖

資料來源：本研究整理

三天和四天的航線規劃以停靠鄰近的港口，宮古島與沖繩，五天之後的航線規劃則轉往遠程的長崎和福岡，或是停靠多個鄰近港口。由遠程航線可以看出航

線規劃受到吸引力的影響，選擇停靠長崎與福岡而不是其他距離較近吸引力低的港口，如鹿兒島或是濟州島，藉由停靠吸引力較高的港口得到較高的利潤。

根據台灣地區郵輪發展，目前基隆港的郵輪發展已經趨於成熟穩定的階段，每年郵輪的停靠次數高達四百次，每天都有郵輪停靠，其中又以基隆港為母港停靠為大宗。而高雄港為了發展郵輪產業，建設郵輪旅客轉運大樓，以未來高雄港的硬體建設會比起基隆港更適合發展郵輪產業，然而目前每年停靠高雄港的郵輪卻與基隆港差距甚遠。為了因應高雄港的郵輪產業發展，本研究規劃出以東南亞地區的郵輪航線以供未來郵輪航線規劃參考。下表 4-14 為本研究所整理東南亞地區郵輪港列表與其吸引力，表 4-15 為東南亞港口距離矩陣。



表 4-14 東南亞郵輪港列表與其吸引力

港口	國家	景點數量	交通時間 (分鐘)	整體吸引力
施亞努	柬埔寨	6	20	0.41
仰光	緬甸	21	21	0.45
新加坡港	新加坡	134	10	0.82
峇里島	印尼	163	58	0.65
龍目島	印尼	21	60	0.25
泗水	印尼	15	50	0.28
三寶瓏	印尼	10	24	0.40
錫江	印尼	1	34	0.33
雅加達	印尼	45	37	0.43
吉隆坡	馬來西亞	79	17	0.63
蘭卡蕨	馬來西亞	10	17	0.44
馬六甲	馬來西亞	29	12	0.52
檳城	馬來西亞	18	21	0.44
山打根	馬來西亞	8	14	0.45
長灘島	菲律賓	13	17	0.45
布桑加島	菲律賓	15	52	0.27
馬尼拉	菲律賓	21	38	0.36
普林薩賽港	菲律賓	16	64	0.21
普吉府	泰國	59	66	0.32
峴港	越南	15	31	0.38
下龍灣	越南	10	10	0.48
胡志明市	越南	44	96	0.12
芽莊市	越南	18	14	0.48

資料來源：本研究整理

表 4-15 東南亞港口時間距離矩陣

(海哩)	高雄 港	施亞 努	仰光	新加 坡	峇里 島	龍目 島	泗水	三寶 瓏	錫江	雅加 達	吉隆 坡	蘭卡 蕨	馬六 甲	檳城	山打 根	長灘 島	布桑 加島	馬尼 拉	普林 薩賽	普吉 府	峴港	下龍 灣	胡志 明市	芽莊 市
高雄港	-	162	136	81	137	97	99	104	86	107	91	103	87	101	52	35	34	28	41	108	40	30	56	44
施亞努	162	-	86	30	68	72	68	58	75	57	41	52	37	50	113	64	61	138	53	57	38	59	17	26
仰光	136	86	-	56	104	100	95	91	111	84	47	37	48	37	106	119	115	123	105	29	109	122	87	93
新加坡	81	30	56	-	47	48	39	35	53	28	10	22	6	20	50	64	61	67	52	27	53	67	32	38
峇里島	137	68	104	47	-	5	-	-	16	27	58	69	54	67	47	65	64	113	56	74	85	155	135	68
龍目島	97	72	100	48	5	-	12	20	14	30	57	67	78	65	48	65	64	72	57	74	85	99	67	71
泗水	99	68	95	39	-	12	-	8	20	20	49	61	45	59	54	66	65	78	58	66	77	122	66	62
三寶瓏	104	58	91	35	-	20	8		29	12	45	56	41	55	57	70	69	80	64	62	73	125	111	58
錫江	86	75	111	53	16	14	20	29	-	39	65	77	61	75	38	53	52	62	45	82	93	106	89	75
雅加達	107	57	84	28	27	30	20	12	39	-	38	50	34	48	63	73	70	93	62	55	79	96	59	55
吉隆坡	91	41	47	10	58	57	49	45	65	38	-	12	4	10	61	74	71	78	62	17	63	77	42	48
蘭卡蕨	103	52	37	22	69	67	61	56	77	50	12	-	15	2	73	84	81	90	73	5	76	89	55	59
馬六甲	87	37	48	6	54	78	45	41	61	34	4	15	-	14	56	69	66	73	58	22	59	73	39	44
檳城	101	50	37	20	67	65	59	55	75	48	10	2	14	-	70	81	78	87	69	9	73	86	52	55
山打根	52	113	106	50	47	48	54	57	38	63	61	73	56	70	-	21	19	27	11	76	121	56	116	38
長灘島	35	64	119	64	65	65	66	70	53	73	74	84	69	81	21	-	5	11	12	90	42	52	45	37
布桑加島	34	61	115	61	64	64	65	69	52	70	71	81	66	78	19	5	-	7	9	87	38	49	41	34
馬尼拉	28	138	123	67	113	72	78	80	62	93	78	90	73	87	27	11	7	-	9	94	56	37	45	35
普林薩賽	41	53	105	52	56	57	58	64	45	62	62	73	58	69	11	12	9	9	-	79	47	58	40	42
普吉府	108	57	29	27	74	74	66	62	82	55	17	5	22	9	76	90	87	94	79	-	80	93	60	66
峴港	40	38	109	53	85	85	77	73	93	79	63	76	59	73	121	42	38	56	47	80	-	15	26	13
下龍灣	30	59	122	67	155	99	122	125	106	96	77	89	73	86	56	52	49	37	58	93	15	-	36	27
胡志明市	56	17	87	32	135	67	66	111	89	59	42	55	39	52	116	45	41	45	40	60	26	36	-	10
芽莊市	44	26	93	38	68	71	62	58	75	55	48	59	44	55	38	37	34	35	42	66	13	27	10	-

資料來源：本研究整理。

透過本研究郵輪航線規劃模式，可以規劃出以高雄港為母港之東南亞郵輪航線，以 4.4 節實證研究的假設進行三艘船的航線規劃，下表為航線規劃結果，提供未來郵輪公司欲發展東南亞航線作為參考。

表 4-16 東南亞航線規劃

天數	航線
4	高雄→下龍灣→高雄
6	高雄→馬尼拉→下龍灣→高雄
7	高雄→下龍灣→芽莊市→高雄

資料來源：本研究整理

下圖為根據表 4-16 所繪製的東南亞航線規劃圖。

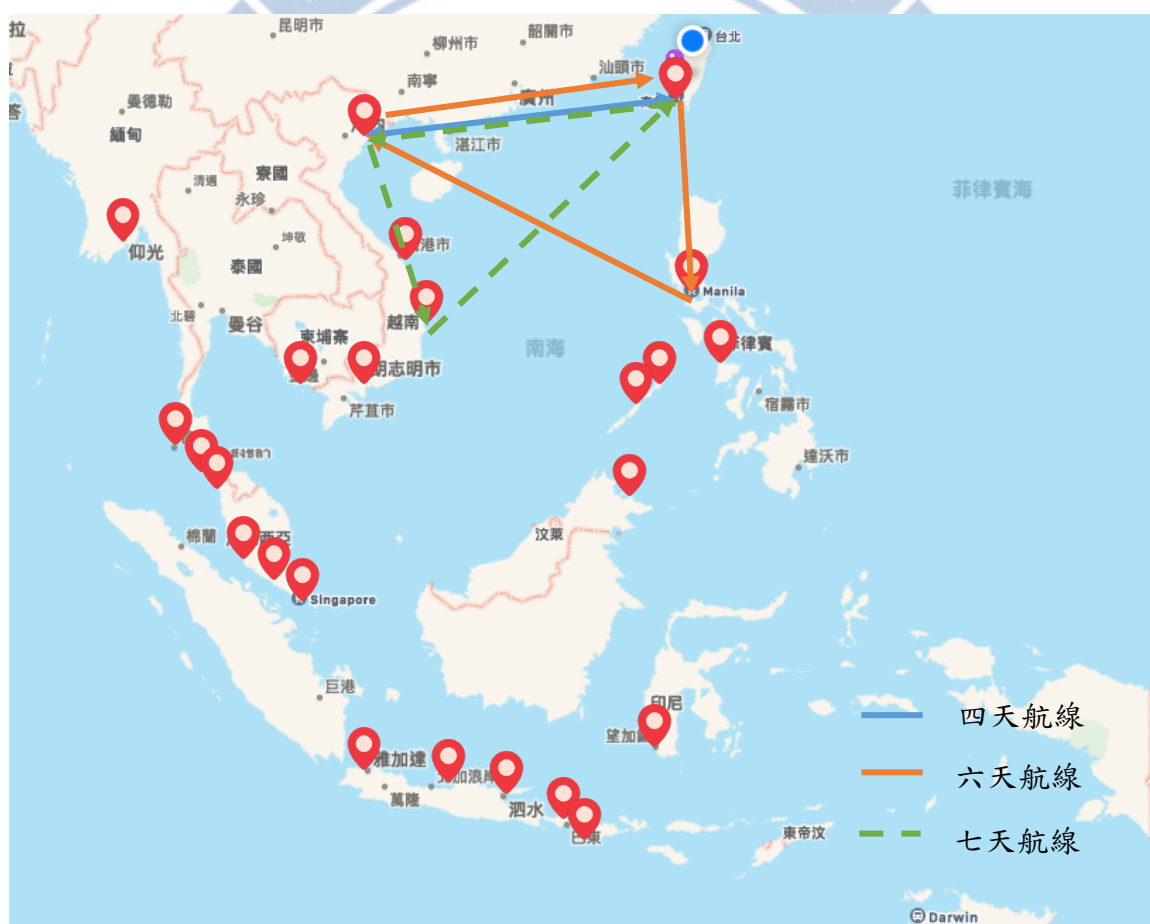


圖 4-10 東南亞航線圖

資料來源：本研究整理

第五章 結論與建議

5.1 結論

本研究針對郵輪航行成本及收入對於航線規劃之影響進行分析，成本項目主要考慮油耗成本，在過去文獻中對於郵輪巡航航線規劃，大多是討論油耗對於航線航行成本的影響，不論是在環保議題的考量或是成本上的考量，油耗成本在郵輪航行成本上皆是重要的考量；收入項目主要是考慮票價收入的部分，船上旅客的消費收入難以預估，因此本研究以航線的吸引力來預估人數並計算收入。

透過以基隆港為母港的實證研究，收集目前郵輪公司在東北亞地區有停靠的港口資料，而本研究所計算的吸引力在於討論旅客選擇該旅程的意願，對於銷售率的影響，因此港口吸引力的指標以旅客在港城觀光的景點熱門程度以及交通的方便程度來計算。在規劃模型中調整吸引力影響係數，以討論吸引力對於航線規劃的影響，從吸引力敏感度分析中可以得到，在影響係數小的時候，航線規劃會以最小成本的方式呈現，而隨著影響係數上升，逐漸往吸引力大的港口規劃，可以看出港口吸引力對於航線規劃上的敏感度。

本研究所規劃出的郵輪停靠港口選擇路線模型，不同於過去文獻中，大多為討論郵輪發展成熟的地中海地區，在港口密集的地中海地區會以每天停靠一港口作為規劃的基礎，然而以亞洲地區的環境來看，港口分散，時常會有一到兩天在海上航行的路線，透過本研究規劃模型，改變港口停靠次數，來達到規劃隨著季節而改變的航線。

不同於以往文獻中對於郵輪航線規劃，本研究不只考慮航行成本亦將營業收入納入考量，並且規劃出多艘船航線，避免同時停靠同一個港口、符合郵輪停靠時間窗等考量，讓航線規劃上更豐富。鄰近的港口航線可以提供近期內穩定的收入，但以長期發展考慮到當亞洲地區郵輪產業發展成熟時，除了投資新的船隊亦可以透過多樣化的航線吸引二次搭乘的旅客，同時又在成本與收入之間取得平衡，以得到最大利潤。如近年來旅行社向郵輪公司包船推出獨家航線，亦可以透過本研究規劃模型，修改停靠港次數之參數設定，來設計出獨特的航線規劃。

5.2 建議

本研究為多艘船航線規劃，沒有考慮到多趟次的航線規劃，建議未來可以朝多艘船多趟次的方向改善，規劃出在一段期間內郵輪的航線，提升本研究規劃模型之實務性。在多趟次的規劃中，亦可保留航線多樣性的概念，針對每個季節的旅遊景點不同而有變化，可以更貼近旅客的需求，更符合實際郵輪航線規劃。而在港口吸引力計算的部分，未來若是有更精準的計算方式，可以重新計算吸引力後再套入模型中，或許可得到不一樣的航線規劃。在不同天數的艙房價格收入計算上，若是能夠使用實際郵輪公司的銷售率來計算，得到更精準的數值後，亦可得到模型規劃的航線與現行航線之利潤有更準確的差異。



參考文獻

中文部分

蔡明璟(2018)。東北亞地區郵輪巡航路線規劃之研究。國立交通大學運輸與物流研究所碩士論文。

英文部分

- Asia Cruise Trends 2018 Report. (2018)Cruise Lines International Association. Available from: <https://www.cruising.org/docs/default-source/market-research/asia-cruise-trends-2018.pdf> [15 September 2018].
- Agarwal, R., & Ergun, Ö. (2008). Ship scheduling and network design for cargo routing in liner shipping. *Transportation Science*, 42(2), 175-196.
- Asic, A., & Lukovic, T. (2016). Port Dues as an Element of Cruise Port Competitiveness. In *Cruise Business Development* (pp. 71-79): Springer.
- Barron, P., & Greenwood, A. B. (2006). Issues determining the development of cruise itineraries: A focus on the luxury market. *Tourism in Marine Environments*, 3(2), 89-99.
- Cariou, P., Cheaitou, A., Larbi, R., & Hamdan, S. (2018). Liner shipping network design with emission control areas: A genetic algorithm-based approach. *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 63, 604-621. doi:10.1016/j.trd.2018.06.020
- Chang, Y. T., Liu, S. M., Park, H., & Roh, Y. (2016). Cruise traveler satisfaction at a port of call. *Maritime Policy & Management*, 43(4), 483-494. doi:10.1080/03088839.2015.1107920
- Chen, J. M., & Nijkamp, P. (2018). Itinerary planning: Modelling cruise lines' lengths of stay in ports. *International Journal of Hospitality Management*, 73, 55-63. doi:10.1016/j.ijhm.2018.02.005
- Demirel, N. Ç., & Yücenur, G. N. (2011). The cruise port place selection problem with extended VIKOR and ANP methodologies under Fuzzy environment. Paper presented at the Proceedings of the World Congress on Engineering.
- Du, Y., Chen, Q., Quan, X., Long, L., & Fung, R. Y. K. (2011). Berth allocation considering fuel consumption and vessel emissions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(6), 1021-1037. doi:10.1016/j.tre.2011.05.011
- El-Sherbeny, N. A. (2010). Vehicle routing with time windows: An overview of exact, heuristic and metaheuristic methods. *Journal of King Saud University - Science*, 22(3), 123-131. doi:10.1016/j.jksus.2010.03.002
- Fagerholt, K., Laporte, G., & Norstad, I. (2017). Reducing fuel emissions by optimizing speed on shipping routes. *Journal of the Operational Research Society*, 61(3), 523-529. doi:10.1057/jors.2009.77

- Giovannini, M., & Psaraftis, H. N. (2018). The profit maximizing liner shipping problem with flexible frequencies: logistical and environmental considerations. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 1-31.
- Lekakou, M. B., Pallis, A. A., & Vaggelas, G. K. (2009). Which homeport in Europe: The cruise industry's selection criteria. *Tourismos: An international multidisciplinary journal of tourism*, 4(4), 215-240.
- Leong, T.-Y., & Ladany, S. (2001). Optimal cruise itinerary design development. *International Journal of Services Technology and Management*, 2(1-2), 130-141.
- Mancini, S., & Stecca, G. (2018). A large neighborhood search based matheuristic for the tourist cruises itinerary planning. *Computers & Industrial Engineering*, 122, 140-148. doi:10.1016/j.cie.2018.05.045
- Pesce, M., Terzi, S., Al-Jawasreh, R. I. M., Bommarito, C., Calgaro, L., Fogarin, S., . . . Linkov, I. (2018). Selecting sustainable alternatives for cruise ships in Venice using multi-criteria decision analysis. *Science of the Total Environment*, 642, 668-678. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.05.372
- Psaraftis, H. N., & Kontovas, C. A. (2014). Ship speed optimization: Concepts, models and combined speed-routing scenarios. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 44, 52-69.
- Qi, X., & Song, D.-P. (2012). Minimizing fuel emissions by optimizing vessel schedules in liner shipping with uncertain port times. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(4), 863-880.
- Song, D.-P., & Dong, J.-X. (2011). Effectiveness of an empty container repositioning policy with flexible destination ports. *Transport Policy*, 18(1), 92-101.
- Tsamboulas, D., Moraiti, P., & Kouloupoulou, G. (2018). How to Forecast Cruise Ship Arrivals for a New Port-of-Call Destination. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2330(1), 24-30. doi:10.3141/2330-04
- Wang, C., & Xu, C. (2015). Sailing speed optimization in voyage chartering ship considering different carbon emissions taxation. *Computers Industrial Engineering*, 89, 108-115.
- Wang, K., Wang, S., Zhen, L., & Qu, X. (2016). Cruise shipping review: operations planning and research opportunities. *Maritime Business Review*, 1(2), 133-148. doi:10.1108/mabr-04-2016-0007
- Wang, S., Wang, K., Zhen, L., & Qu, X. (2017). Cruise itinerary schedule design. *Iise Transactions*, 49(6), 622-641. doi:10.1080/24725854.2017.1299954
- Wang, Y., Jung, K.-A., Yeo, G.-T., & Chou, C.-C. (2014). Selecting a cruise port of call location using the fuzzy-AHP method: A case study in East Asia. *Tourism Management*, 42, 262-270. doi:10.1016/j.tourman.2013.11.005
- Wang, Y., Meng, Q., & Du, Y. (2015). Liner container seasonal shipping revenue management. *Transportation Research Part B: Methodological*, 82, 141-161.

附錄

```
prob = optimproblem;
%tourist cruises itinerary
N=14;
K=3;
r=30;
d=3;
M1=100000;
M2=100000;
V=3560;
As=0.6;
Ss=0.01;
F = 9.164;
%port attractive matrix
a=[...];
xn=1;
nn=1;
Qn=0;
Qm=1;
%service time
ms=[...];
%fuel cost matrix
c=[...];
%time distance matrix
t=[...];
%port fee
CF=[...];
%variables
xijk = optimvar('xij',N,N,K,'Type','integer','LowerBound',0,'UpperBound',1);
yikr = optimvar('yikr',N,K,r,'Type','integer','LowerBound',0,'UpperBound',1);
uik = optimvar('uik',N,K,'Type','integer','LowerBound',0,'UpperBound',1);
hikk = optimvar('hikk',N,K,K,'Type','integer','LowerBound',0,'UpperBound',1);
wik = optimvar('wik',N,K,'LowerBound',0);
zik = optimvar('zik',N,K);
%Objective
sum1 = 0;
sum2 = 0;
sum3 = 0;
cij=[];
x = [];
CFi = [];
```

```

yikr0 = [];
zik0 = [];
Aik = [];
w0k=[];
wnk = [];
for i = 1:N
    for j = 1:N
        for k = 1:K
            cij = [ cij ; c(i,j)];
            x= [ x ; xijk(i,j,k)];
        end
    end
end
sum1 = sum(cij.*x);
for i = 1:N
    for k = 1:K
        for r = 1:r
            CFi = [ CFi ; CF(i)];
            yikr0 = [ yikr0 ; yikr(i,k,r)];
            Aik = [ Aik ; a(i)];
        end
    end
end
sum2 = sum(CFi.*yikr0);
sum3 = sum(Aik.*yikr0);
P = (As*K+Ss*sum3)*V;
rev = (F+5.8*d)*P;
fun = sum1+sum2-rev;
prob.Objective = fun;
%constraint1
sumxijk1 = [];
for k = 1:K
    for j = 2:N
        sumxijk1 = [sumxijk1;sum(xijk(:,j,k))];
    end
end
sumyikr1 = [];
for k = 1:K
    for j = 2:N
        sumyikr1 = [sumyikr1;sum(yikr(j,k,:))];
    end
end
prob.Constraints.cons1 = sumxijk1 == sumyikr1;

```

```

%constraint2
sumxjik1 = [];
sumxijk6 = [];
for k = 1:K
    for i = 2:N-1
        sumxjik1 = [sumxjik1;sum(xijk(:,i,k))];
        sumxijk6 = [sumxijk6;sum(xijk(i,:,k))];
    end
end
prob.Constraints.cons2 = sumxijk6 == sumxjik1;
%constraint3
sumxijk2 = [];
for k = 1:K
    sumxijk2 = [sumxijk2;sum(xijk(1,:,k))];
end
prob.Constraints.cons3 = sumxijk2 == 1;
%constraint4
sumxijk3 = [];
for k = 1:K
    sumxijk3 = [sumxijk3;sum(xijk(:, N ,k))];
end
prob.Constraints.cons4 = sumxijk3 == 1;
%constraint5
sumuik = [];
for k = 1:K
    sumuik = [sumuik;sum(uik(2:N-1,k))];
end
prob.Constraints.cons5 = sumuik >= nn;
%constraint6
sumyikr2 = [];
for i = 2:N-1
    for r = 1:r
        sumyikr2 = [sumyikr2;sum(yikr(i,:,r))];
    end
end
prob.Constraints.cons6 = sumyikr2 <= 1;
%constraint7
sumyikr4=[];
for k = 1:K
    for r=1:r
        sumyikr4 = [sumyikr4;sum(yikr(:,k,r))];
    end
end

```

```

prob.Constraints.con7 = sumyikr4 <= 1;
%constraint8+9+10
msyikr = [];
zik1 = [];
z1k = [];
ms1=[];
yikr1=[];
for i = 1:N
    for k = 1:K
        for r = 1:r
            ms1 = [ ms1 ; ms(i) ];
            yikr1 = [ yikr1 ; yikr(i,k,r) ];
            zik1 = [zik1;zik(i,k)];
        end
    end
end
prob.Constraints.cons8 = ms1.*yikr1 <=zik1;
%constraint11
wik1=[];
yikr2=[];
zik2=[];
R1 = [];
for i = 2:N
    for k = 1:K
        for r = 1:r
            yikr2 = [yikr2;yikr(i,k,r)];
            wik1 = [wik1;wik(i,k)];
            zik2 = [zik2;zik(i,k)];
            R1 = [ R1 ;24*(r+1)];
        end
    end
end
prob.Constraints.cons11 = wik1<=R1-12+(1-yikr2)*M1;
%constraints12
prob.Constraints.cons12 = wik1>=R1-18-(1-yikr2)*M1;
%constraints13+14
wik3 = [];
zik3 = [];
wjk1 = [];
xijk4 = [];
t1=[];
for k= 1:K
    for i = 1:N

```

```

for j = 1:N
    if i~=j
        wik3 = [wik3 ; wik(i,k)];
        zik3 = [zik3 ; zik(i,k)];
        wjk1 = [wjk1 ; wik(j,k)];
        xijk4 = [xijk4; xijk(i,j,k)];
        t1 = [t1 ; t(i,j)];
    end
end
end
end
prob.Constraints.cons13 = wik3+zik3+t1.*xijk4-wjk1<=(1-xijk4)*M2;
%constraints15+16
sumuik1 = [];
for i=2:N-1
    sumuik1 = [ sumuik1 ; sum(uik(i,:))];
end
prob.Constraints.cons15 = Qn <= sumuik1';
prob.Constraints.cons16 = Qm >= sumuik1';
%constraints17
sumhikk1 = [];
for j = 1:K
    for k = 1:K
        if j ~=k && j<k
            sumhikk1 = [ sumhikk1 ; sum(hikk(2:N-1,j,k))];
        end
    end
end
prob.Constraints.cons17 = sumhikk1 <= xn;
%constraints18+19
hikk1 = [];
uik2 = [];
uik3 = [];
for j = 1:K
    for k = 1:K
        if j ~=k && j<k
            hikk1 = [ hikk1 ; hikk(2:N-1,j,k)];
            uik2 = [ uik2 ; uik(2:N-1,j)];
            uik3 = [ uik3 ; uik(2:N-1,k)];
        end
    end
end
prob.Constraints.cons18 = hikk1 <= 0.5*(uik2+uik3);

```

```

prob.Constraints.cons19 = hikk1 >= uik2+uik3-1;
%constraints20+21+22
sumyikr3 = [];
uik4 = [];
sumxijk5 = [];
for i = 1:N
    for k = 1:K
        sumyikr3 = [ sumyikr3; sum(yikr(i,k,:))];
        uik4 = [ uik4 ; uik(i,k)];
        sumxijk5 = [ sumxijk5 ; sum(xijk(:,i,k))];
    end
end
prob.Constraints.cons21 = uik4 == sumyikr3;
prob.Constraints.cons22 = sumxijk5 <= sumyikr3;
%constraints23+24
wnk1 = [];
yikr4 = [];
w0k1 = [];
R2=[];
for k = 1:K
    for r = 1:r
        wnk1 = [ wnk1 ; wik(N,k) ];
        yikr4 = [ yikr4 ; yikr(N,k,r)];
        w0k1 = [ w0k1 ; wik(1,k) ];
        R2 = [ R2 ; 24*r];
    end
end
prob.Constraints.cons24 = (wnk1-w0k1) >= 0;
prob.Constraints.cons25 = wnk1 <= R2+12+(1-yikr4)*M1;
xii=[];
for i = 1:N
    for j = 1:N
        if i ==j
            xii=[xii;xijk(i,j,:)];
        end
    end
end
prob.Constraints.cons26 = xii==0;
opts = optimoptions('intlinprog','MaxTime',30000);
[sol,fval] = solve(prob,'options',opts);

```