

運用灰預測 GM(1, 1) 探討新南向政策國家來臺 旅客人數、停留天數、觀光外匯收入及飽和點

林志鈞* 游茹貽**

摘要

本研究使用 GM(1, 1) 及改良式隔年、隔兩年、隔三年及隔四年的 GM(1, 1)，預測新南向政策之國家來臺觀光旅客人數、停留天數、觀光外匯收入及未來發展，並以費爾哈斯特模型預測新南向政策三大區域來臺旅客人數及其整體觀光外匯收入的飽和點。5 種預測方法中，以改良式隔年(奇數年)GM(1, 1) 預測結果最佳，平均絕對誤差為 3.68%。而以費爾哈斯特模型預測新南向政策來臺旅客人數及外匯收入的飽和點，預測結果皆已達過飽和狀態。

研究獲得的重要成果如下：灰預測 GM (1, 1) 可精準預測旅客人數、停留天數及觀光外匯收入。以改良式隔年(奇數年)GM(1, 1)，預測新南向政策國家來臺旅客人數，未來皆有增長之趨勢，又以大洋洲區之紐西蘭及澳洲兩國增幅為最高。在新南向政策國家來臺旅客停留天數方面，以停留 8~15 日之長天期旅行團年增比率為最高。而以費爾哈斯特模型預測 2019 及 2020 年新南向政策國家來臺旅客人數飽和點，皆呈現飽和狀態；且預測新南向 18 國 2019 年來臺旅客之觀光外匯收入，呈現過飽和狀態，且會稍減少。盤點政府新南向政策之工作計畫，在來臺旅客人數方面，仍有改善之空間。

最後，冀望透過研究結果，能提供旅遊業者、政府單位作為改善之依據，並為未來擬定觀光政策及相關策略之參考。

關鍵詞：灰預測、新南向政策、停留天數、觀光外匯收入、飽和點

* 大葉大學休閒事業管理學系助理教授
** 大葉大學休閒事業管理學系研究生



A Study of Using Grey Prediction GM(1, 1) in Forecasting Tourists, Length of Stay, Tourism Receipts and Maximum Capacity: A Case of New Southbound Policy's Countries

Chih-Jiun Lin * Ju-Yi Yu **

Abstract

This research predicts the New Southbound Policy's countries of tourists, length of stay, and tourism receipts by using GM(1, 1) and other four kinds modified GM(1, 1), which are modified 1-years-period GM(1, 1) model, modified 2-years-period GM(1, 1) model, modified 3-years-period GM(1, 1) and modified 4-years-period GM(1, 1) model. Meanwhile, forecasting the maximum capacity of three major regions tourists and tourism receipts by using Verhulst method. Among these five methods, the result of modified 1-years-period GM(1, 1) by starting in odd years is the best, and the mean error is 3.68%. The Verhulst method indicates that the maximum capacity of tourists and tourism receipts have reached the peak.

The major finding of this study are summarized as follows: First, GM(1, 1) prediction is precise in forecasting tourists, length of stay, and tourism receipts. Second, forecasting through the modified 1-years-period GM(1, 1) by starting in odd years. All countries of tourists most have a growing trend. Above of them, New Zealand and Australia have the highest growth rate. Third, regarding the length of stay. Tour group of staying 8-15 days has the highest increase in the future. Fourth, the Verhulst method indicates that the maximum capacity of tourists has reached saturation from 2019 to 2020. Finally, the Verhulst model displays the maximum capacity of tourism receipts will be a supersaturated state and negative growth in 2019. Therefore, there is room for improvement in the government's New Southbound Policy.

Hoping the results of this study will provide the tourism industry and relevant government department as references for planning the tourism policy and related strategy.

Keywords : grey prediction, the New Southbound Policy, length of stay, tourism receipts, maximum capacity

* Assistant Professor, Department of Leisure and Recreation Management, Dayeh University

** Graduate student, Department of Leisure and Recreation Management, Dayeh University



壹、緒論

在過去的 10 年，全球新增的就業機會裡，有 1/5 來自觀光旅遊業，且目前世界上每 10 份工作中就有 1 份是與旅行和旅遊業相關的職位 (The World Travel & Tourism Council, 2018)。在《2018 旅行和旅遊全球經濟影響報告》中顯示，2017 年觀光旅遊業占全球 GDP 的 10.4%，2017 年觀光旅遊業對全球經濟的直接貢獻為 2,571 億美元 (占全球 GDP 的 3.2%)，預計在未來的十年中，觀光旅遊業對 GDP 的直接貢獻將保持年均 3.8% 的增長幅度。陸客來臺人數自 2015 年創下 418 萬人次高峰後逐年下降，食宿購物商機損失 1,802 億元 (王思慧，2018)。為了因應陸客縮減，2016 年 8 月 16 日蔡英文總統，正式將「新南向政策」定位為我國整體對外經貿戰略的重要一環 (行政院，2017)。

觀光客人數的多寡可作為國內物價指數與景氣成長變化的指標 (聶建中，2002)。根據交通部觀光局針對來臺旅客人數及停留天數統計報告中，新南向 18 國來臺觀光人數已達 228 萬人，比 2016 年大幅成長 27.65%。全世界各國推展觀光產業發展的主要目標是吸引大量的國外觀光客來訪以增加國家觀光外匯收入 (魏文欽，2012)。觀光外匯收入為分析觀光市場的重要指標，而在臺灣觀光市場中，新南向 18 國為臺灣近幾年較為活躍之市場，且在外匯收入方面，新南向 18 國的外匯收入為 842 億元，是僅次於中國大陸的 1,103 億。隨著蔡英文總統所提出的新南向政策，新南向 18 國已成為影響臺灣觀光市場主要來源之一。而新南向政策 18 國旅客觀光人數及旅客停留天數，觀光外匯收入之變化，如何影響臺灣觀光之產值，乃是本研究聚焦探究之所在。

灰預測 (Grey System Theory) 理論主要是對不明確的系統模型及不完整的資訊，進行關聯分析與模型建構，並藉著預測及決策來探討系統之狀況 (溫坤禮、趙忠賢、張宏志、陳曉瑩、溫惠筑，2013)，只要運用至少 4 筆之原始數據，就可以透過生成變換來建立灰色模型，藉由預測及決策之方法，探考並了解系統 (鄧聚龍、吳漢雄、溫坤禮，1996)。灰色系統創立至今，常運用在很多不同的層面，其研究領域包含了工業工程、航運管理等。然而，利用灰色系統理論從事與休閒觀光產業相關之研究，至今仍為少數，基於上述，本研究欲探討新南向政策 18 國旅客觀光人數及旅客停留天數，觀光外匯收入增長趨勢狀況，並運用灰預測 GM(1, 1) 及改良式的 GM(1, 1) 為研究工具來預測新南向政策 18 國來臺旅客觀光人數、停留天數及觀光外匯收入的未來發展，更進一步探討旅客觀光人數及觀光



外匯收入的飽和點，研究目的如下：

- (一)、瞭解新南向政策國家來臺旅客人數、停留天數、觀光外匯收入現狀及未來趨勢。
- (二)、利用灰預測 GM(1, 1)，預測新南向政策國家來臺旅客人數、停留天數、觀光外匯收入之變化。
- (三)、採用改良式隔年(奇數年)及改良式隔年(偶數年) GM(1, 1) 和改良式隔 2 年 GM(1, 1)、改良式隔 3 年 GM(1, 1)、改良式隔 4 年 GM(1, 1) 的方式，預測新南向政策國家來臺旅客人數、停留天數、觀光外匯收入的變化，以尋求最精確之預測結果。
- (四)、使用灰色費爾哈斯特模型，預測新南向 18 國來臺旅客人數及觀光外匯收入之飽和點。
- (五)、應用灰預測 GM(1, 1)，盤點政府在新南向政策之觀光措施，來臺旅客人數是否能達到預期目標。

貳、文獻回顧

本研究應用灰預測 GM(1, 1) 探討新南向政策國家來臺旅客人數、停留天數、觀光外匯收入及飽和點，此章節針對相關文獻理論進行探討。

一、臺灣南向政策之歷史背景

1980 到 1998 全球貿易總額受到全球化的影響，每年平均增加 6.73%，由於貿易成長速度超過經濟成長速度，幾乎所有的國家對外貿易依存度，皆有明顯上升的趨勢，使得全球的貿易依存度從 1980 年的 28%，上升至 1998 年的 48%。隨著貿易依存度上升趨勢的影響，各國逐漸形成自由貿易的經濟組織，例如北美自由貿易區、歐盟等，其經濟組織的主要目的為打破貿易障礙、降低關稅並促進貿易自由化(羅智，2004)。

而自二戰以來，東亞和東南亞地區一直是世界經濟發展較為活躍地區。在 90 年代後，東亞及東南亞地區的經濟增長速率幾乎為全球增長速率的兩倍，其中對外貿易占全球貿易比重，也從 1970 年的 15% 上升至 1998 年的 32%，儘管東南亞地區因 1998 年所發生的金融危機，經濟大受影響，但東亞及東南亞崛起的趨勢，已是一個無法逆轉的事實(安筱鵬，2000)。而臺灣於 90 年代後，因新



運用灰預測 GM(1, 1) 探討新南向政策國家來臺旅客人數、停留天數、觀光外匯收入及飽和點

臺幣升值、地價上漲、環保意識抬頭等影響，導致整體投資環境發生改變，造成產業競爭壓力的提高，使得臺商紛紛向外尋找新市場，而此時因改革開放成為東亞地區最具發展潛力的中國大陸，深受到臺商的青睞，並且在開放中國大陸探親以後，臺商從 1988 年至 1992 年在大陸投資的金額，已累積到 80 億美元；到了 1993 年在中國大陸投資的金額累積更上升至將近 128 億美元 (黃東煬，2008)。

由上述可知，隨著臺商至中國大陸的投資金額不斷提升，政府為了降低臺灣對中國大陸市場在經濟上過度集中的現象，以及拓展國際經貿關係與空間發展，藉此推動以東協國家為對象的南向政策，以減緩臺商對於中國大陸市場過度依賴的危機。

二、臺灣南向政策分期及後續發展

臺灣南向政策大致可分為三個時期，第一期南向政策計畫，於 1993 年提出，其目的是為了因應國內外產業環境的逐漸轉型，以及降低 1990 年代以來，臺商大舉投資中國大陸所造成經貿依賴；第二期的南向政策，始於 1997 年並結束於 1998 年。政府推出「加強推動對東南亞經貿合作行動方案」以及「加強對東南亞及紐澳地區經貿工作綱領」，並將先前實施國家擴大至紐西蘭、柬埔寨、緬甸、寮國、澳洲。其第二期的南向政策目的，依然期望降緩臺商至中國大陸投資的金額及其投資速度之外，並加強了與東南亞國家關係之發展；第三期南向政策時間為 2002 至 2007 年，政府於 2002 年重申「南向政策」，指出中國大陸只是全球市場的其中之一，臺商不能過度依賴大陸市場 (黃兆仁、朱浩，2012)。

新南向政策為蔡英文總統於在 2016 年中華民國總統選舉時所提出的政見。蔡總統認為，過去臺灣所執行之南向政策大多是著重在經貿關係的推動與產業投資布局等方面，缺少了對東南亞經濟、社會等面向之關照。因此提出了以人為本的臺灣對外經濟新戰略，在此專題報告中，蔡總統表示中國大陸市場對臺灣依然很重要，不會因新南向之提出而放棄，而新南向政策是要在既有的中國大陸市場外，進一步拓展東南亞市場，將東南亞市場視為臺灣市場的延伸，其重點不單只有產業發展，更關注在技術、產業、人才與經貿合作等方面的推動 (楊昊，2017)。新南向政策的目標國家為東協十國 (新加坡、馬來西亞、泰國、印尼、菲律賓、越南、柬埔寨、緬甸、寮國、汶萊)、南亞六國 (印度、巴基斯坦、孟加拉、斯里蘭卡、尼泊爾、不丹) 及紐澳兩國 (紐西蘭、澳洲)，共計 18 國。

關於新南向政策觀光人數的部分，交通部 (2017) 在關於因應陸客縮減及新南



向政策推動，我國觀光發展轉型之檢討報告中，提出臺灣觀光應開拓多元市場持續開發郵輪、穆斯林等高潛力之客源；推動觀光新南向政策，透過增加駐點、減少簽證障礙、改善接待環境等策略，輔導業者南向拓展客源以有效提升觀光競爭力。新南向政策使我國與東南亞各國往來互動趨於頻繁。以 2017 年來說，新南向國家來臺人數排名前兩名的分別是馬來西亞與新加坡，分別是 53 萬人次與 43 萬人次，比起前年分別成長 6 萬人次與 2 萬人次。其中，成長最多的是越南觀光客，其次為菲律賓，計有 29 萬人次，成長 69% (曾美絹，2018)。

綜上所述，從最早的南向政策，針對降低對大陸市場的倚賴風險，到 2016 年新南向政策的轉變，可以看出臺灣對於東南亞市場的重視從應急政策逐漸轉成積極地的長遠經營。政府期望透過觀光手段，不單在貿易及經濟上帶來成長，亦可開拓國際舞台以及產業人才交流發展、醫療衛生產業發展、創新產業合作、農業發展等間接效益。

三、灰色系統理論

(一) 灰色系統理論的定義

灰色系統 (Grey System) 理論是鄧聚龍在 1982 年所提出，主要是對不明確的系統模型及不完整的資訊，進行關聯分析與模型建構，並藉著預測及決策來探討系統之狀況 (溫昆禮、趙忠賢、張宏志、陳曉瑩、溫惠筑，2013)。

吳漢雄 (1996) 提出灰預測具有以下優點：1. 灰預測只需根據實際狀況，選擇適當數量之數據即可，不須大量的歷史數據，甚至只需要四個數據即可建立模型，進行預測；2. 一般情況下，灰預測不須太多關聯因素，因此可以簡化資料蒐集之工作；3. 灰預測的精準度比起其他少數數據的模型預測值來的精準；4. 灰預測除了可以運用於短期預測，也可用於中長期預測。

綜合上述，本研究所指的灰色系統理論是將不完整且不確定的灰色系統信息，透過資料的累加生成找出規律，在有限少量的數據下，準確地達到預測的目的和效果，以做為決策之參考。

(二) 灰色系統理論相關應用文獻探討

灰色系統理論在數十年間，已成功地運用於環境工程、農業、交通、氣象、工程等十幾個領域之中 (溫坤禮、黃宜豐、陳繁雄、李元



秉、連志峰、賴家瑞，2002)。如休閒產業中遊客數之預測 (Lin, Jhuo & Yeh, 2014)，交通運輸中遊覽車乘載人次研究 (黃營芳、黃俊源，2014)，商業領域中廚具銷售量預測 (陳玟琪，2016)，生活應用中流行色彩之預測 (李筑軒，2017)，其中 2014 年 Lin, Jhuo & Yeh 應用灰預測 GM(1, 1) 預測國家公園遊客數，準確度幾乎接近實際預測值，得到高精確度的預測力，因此本研究亦使用 GM(1, 1) 模型，針對新南向政策國家來臺旅客人數、停留天數及觀光外匯收入進行預測，以尋求精確的預測結果。

(三) 灰預測 GM(1, 1) 之改良

灰預測 GM(1, 1) 模型是灰色系統理論中，具有運算基礎簡單且數據少等兩項特性，而灰預測 GM(1, 1) 是利用灰色系統理論中的累加生成數據資料構成。

由於臺灣在 2008 年發生金融危機，導致 2009 年來臺旅客人數降低，影響了整個觀光市場，因此本研究針對 2010~2017 年新南向政策國家來臺旅客人數、停留天數、觀光外匯收入及飽和點，採用 GM(1, 1)、改良式隔年 (奇數年)GM(1, 1)、改良式隔年 (偶數年)GM(1, 1)、改良式隔兩年 GM(1, 1)、改良式隔三年 GM(1, 1) 及改良式隔四年 GM(1, 1) 方式進行預測，以尋求更精確之預測結果，以做為決策之使用，其改良方式如下列五項：

1. 改良式隔年 (奇數年)GM(1, 1)：取奇數年開頭進行預測，例如：2011 年、2013 年依此類推。
2. 改良式隔年 (偶數年)GM(1, 1)：取偶數年開頭進行預測，例如：2010 年、2012 年依此類推。
3. 改良式隔兩年 GM(1, 1)：以間隔兩年之方式進行預測，例如：2009 年、2012 年依此類推。
4. 改良式隔三年 GM(1, 1)：以間隔三年之方式進行預測，例如：2006 年、2010 年依此類推。
5. 改良式隔四年 GM(1, 1)：以間隔四年之方式進行預測，例如：2003 年、2008 年依此類推。

(四) 灰色費爾哈斯特模型之定義

灰色費爾哈斯特模型是在 1837 年由德國 Verhulst 所提出，其特性是模型的預測趨勢會趨向某一個固定數值而達到飽和 (陳俊合，



2012)，此模型可以用來描述一類具有增長極限的社會經濟現象，常用於生物生長預測、產品經濟壽命預測及人口預測等。

灰色費爾哈斯特模型的建立，是將其非線性預測模型的特性與灰預測線性預測模型做結合，以提高灰色預測模型的精準度與應用範圍 (蔣柏廷，2005)。灰色費爾哈斯特模型乃是針對 GM(1, 1) 模型的特性中加入一個限制發展的項目，以滿足實際飽和之狀況 (溫坤禮等，2013)。灰色費爾哈斯特模型，在預測資料少且成單一峰值或近似單一峰值，比起 GM(1, 1) 模型精準度更高，其預測結果也相對精確。因此本研究乃採用灰色費爾哈斯特模型，為新南向政策國家來臺旅客人數及觀光外匯收入，進行預測實際飽和的情況。

(五) 灰色費爾哈斯特模型相關文獻探討

灰色系統理論創立至今，已運用在很多不同的領域。其中灰色費爾哈斯特模型，其預測趨勢會趨向某一個固定數值而達到飽和狀態，此模型可以用來描述一類具有增長極限的社會經濟現象。茲將灰色費爾哈斯特模型相關研究，彙整如表 1：

表 1 灰色費爾哈斯特模型相關研究

作者	研究題目	研究範圍
陳俊合 (2012)	應用灰色費爾哈斯特 (Verhulst) 模型探討宜蘭縣人口成長極限	以灰色費爾哈斯特模型，推估宜蘭縣 2013 年人口成長之極限
熊季芳 (2019)	應用灰預測 GM(1,1) 預測臺灣國際觀光旅館員工人數、平均產值、薪資及從業人員飽和點	臺灣國際觀光旅館北、中、南、東部之區域代表及國家風景區

參、研究方法

一、建立灰預測 GM(1, 1) 預測模型

灰預測 GM(1, 1) 模型最少只要有 4 個數據，即可進行模型之建構，其建構過程有六個步驟，分別為：第一步驟為設立原始數據；第二步驟為累加原始序列；第三步驟為均值生成，建立一階微分方程式求參數；第四步驟為建構矩陣模式；第五步驟為計算預測值；第六步驟為誤差驗證 (廖敏治，2013)。研究流程如圖 1 所示：



運用灰預測 GM(1, 1) 探討新南向政策國家來臺旅客人數、停留天數、觀光外匯收入及飽和點

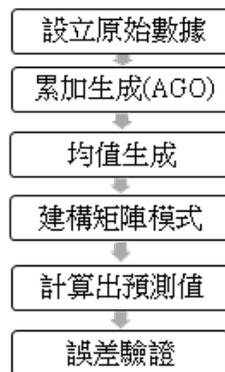


圖 1 灰預測流程圖

研究方法根據謝盈如、林志鈞 (2016) 及林志鈞、熊季芳 (2019) 兩者之相關研究，而基本數學模型則引用 Deng(1982) 之灰預測 GM(1, 1) 模式，分成六個步驟如下：

步驟一：設立原始數據

首先將獲得的資料建立為原始序列：

$$x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n)) \quad (1)$$

步驟二：累加生成 (Accumulated Generating Operation, AGO)

利用一次累加生成 (AGO) 將建立之原始序列累加起來，計算方式如下：

$$x^{(1)} = \text{AGO}(x^{(0)}) = (\sum_{k=1}^1 x^{(0)}(k), \sum_{k=1}^2 x^{(0)}(k), \dots, \sum_{k=1}^n x^{(0)}(k)) \quad (2)$$

步驟三：均值生成

建立一階微分方程式，求得未知參數：

$$\text{微分方程式：} \frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = b \quad (3)$$

1. $\frac{dx^{(1)}}{dt}$ 轉化成前後項的差

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} \rightarrow x^{(1)}(k+1) - x^{(1)}(k) \quad (4)$$

2. 經由逆累加運算(IAGO)得知，

$$x^{(1)}(k+1) - x^{(1)}(k) = x^{(0)}(k+1)$$

以上由背景值 $x^{(1)}(t)$ ，可定義背景值為：

$$x^{(1)}(k) = 0.5x^{(1)}(k) + 0.5x^{(1)}(k-1) = z^{(1)}(k) \quad (5)$$

綜合上述可得到 GM(1, 1) 模型的灰差分方程式為：

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b \quad (6)$$



步驟四：建構矩陣模式

a、b 的參數可從步驟三中，使用最小平方法，求出其

$$\begin{aligned}
 &x^{(0)}(2) + az^{(1)}(2) + b \\
 &x^{(0)}(3) + az^{(1)}(3) + b \\
 &\dots\dots\dots \\
 &x^{(0)}(n) = az^{(1)}(n) + b
 \end{aligned} \tag{7}$$

轉換方程式(6)至矩陣中:

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ x^{(0)}(4) \\ \dots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ -z^{(1)}(4) & 1 \\ \dots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}, \hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

而 a 和 b 的數值可由 $\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y$ 求出

步驟五：計算出預測值

利用灰微分方程式，求得累加之預測方程式

$$\hat{x}^{(1)}(k+1) = (x^{(0)}(1))e^{-ak} + \frac{b}{a}(1-e^{-ak}) \tag{8}$$

將上述方程式所得到的預測數據，做反累加生成 (IAGO) 後，得到真正預測值：

$$\hat{x}^{(0)}(k+1) = (1 - e^a) \left(x^{(0)}(1) \right) - \frac{b}{a} e^{-ak} \tag{9}$$

步驟六：誤差驗證

檢視原始數據與預測數據殘差值，其誤差公式如下：

$$e(k) = \left| \frac{x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)}{x^{(0)}(k)} \right| \times 100\%, k = 2, 3, 4, \dots, N \tag{10}$$

其中， $x^{(0)}(k)$ ：實際值； $\hat{x}^{(0)}(k)$ ：預測值

Lewis(1982) 認為，若預測數據誤差差距在 10% 內或準確度大於 90%，即為優良預測。若誤差差距在 20% 內或準確度大於 80%，則表示預測合格。



二、建立灰色費爾哈斯特模型

灰色費爾哈斯特模型為針對 GM(1, 1) 模型特性，在其模型中加入一個限制發展的項，以滿足實際飽和情況 (溫坤禮等，2013)。其預測模型之數學模式方程式如方程式 (1) 所示：

$$\frac{dx^{(1)}}{dx} + ax^{(1)} = b(x^{(1)})^2 \quad (1)$$

以灰色理論差分方程式的方式表示，則成為

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b(z^{(1)}(k))^2, \text{ 再移項簡化為} \quad (2)$$

$$x^{(0)}(k) = -az^{(1)}(k) + b(z^{(1)}(k))^2$$

灰色費爾哈斯特模型建構過程：

1. 將所有的數據代入方程式 (2) 中，可以得到

$$x^0(2) = -az^{(1)}(2) + b(z^{(1)}(2))^2$$

$$x^0(3) = -az^{(1)}(3) + b(z^{(1)}(3))^2$$

$$x^0(4) = -az^{(1)}(4) + b(z^{(1)}(4))^2$$

.....

$$x^0(n) = -az^{(1)}(n) + b(z^{(1)}(n))^2 \quad (3)$$

2. 簡化方程式 (3)，並使用以下矩陣

$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y, \text{ 其中 } Y = B\hat{a}$$

$$Y = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ x^{(0)}(4) \\ \dots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & (z^{(1)}(2))^2 \\ -z^{(1)}(3) & (z^{(1)}(3))^2 \\ -z^{(1)}(4) & (z^{(1)}(4))^2 \\ \dots \\ -z^{(1)}(n) & (z^{(1)}(n))^2 \end{bmatrix}$$

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

3. 利用參數法，求出 a 和 b 的數值：



$$a = \frac{DH-GE}{FG-D^2}, b = \frac{EF-DE}{FG-D^2}, \text{ 其中:} \quad (4)$$

$$D = \sum_{k=2}^n (z^{(1)}(k))^3,$$

$$E = \sum_{k=2}^n z^{(1)}(k) \times x^{(0)}(k), F = \sum_{k=2}^n (z^{(1)}(k))^2,$$

$$G = \sum_{k=2}^n (z^{(1)}(k))^4, H = \sum_{k=2}^n (z^{(1)}(k))^2 \times x^{(0)}(k)$$

4. 將所求的 a, b 之值代入費爾哈斯特擬微分方程式的解答, 預測的數值為:

$$\hat{x}^{(1)}(k) = \frac{\frac{a}{b}}{1 + \left(\frac{a}{b} \times \frac{1}{x^{(0)}(1)} - 1\right) e^{a(k-1)}}, k \geq 2 \quad (5)$$

5. 由 IAGO 的定義 $\hat{x}^{(0)}(k) = \hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k-1)$ 求出:

$$\hat{x}^{(0)}(k) = \frac{(1-e^{-a}) \times \frac{a}{b} \times [1 + (\frac{a}{b} \times \frac{1}{x^{(0)}(1)} - 1)] e^{a(k-1)}}{[1 + (\frac{a}{b} \times \frac{1}{x^{(0)}(1)} - 1) e^{a(k-1)}][1 + (\frac{a}{b} \times \frac{1}{x^{(0)}(1)} - 1) e^{a(k-2)}}] \quad (6)$$

而由方程式(6)中可得知, 如果 $a < 0$, 則 $\lim_{k \rightarrow \infty} \hat{x}^{(1)}(k) \rightarrow \frac{a}{b}$

亦即方程式(6)的飽和點為 $\frac{a}{b}$, 此一數值為限制發展項所導致的極限值, 亦即是預測值 $\hat{x}^{(0)}(k)$ 的飽和點。

肆、預測結果

本章應用灰預測系統理論 MATLAB-GUI 程式之灰預測 GM(1, 1) 及灰色費爾哈斯特模型為研究工具, 使用交通部觀光局 2003 年至 2018 年觀光統計資料庫作為模型的原始數據, 針對新南向政策國家來臺旅客的人數、停留天數、觀光外匯收入飽和點進行預測, 並針對模型之預測結果加以討論說明。



一、五種灰預測方式預測誤差結果

本研究以灰預測 GM(1, 1)、改良式隔年 (奇數)GM(1, 1)、改良式隔年 (偶數)GM(1, 1)、改良式隔兩年 GM(1, 1)、改良式隔三年 GM(1, 1) 及改良式隔四年 GM(1, 1) 等六種方式進行新南向政策國家來臺旅客人數、停留天數及觀光外匯收入的預測。預測結果灰預測 GM(1, 1) 平均絕對誤差為 5.44%，改良式隔年 (奇數年)GM(1, 1) 平均絕對誤差為 3.68%，改良式隔年 (偶數年) GM(1, 1) 平均絕對誤差為 4.83%，改良式隔兩年 GM(1, 1) 平均絕對誤差為 7.06%，改良式隔三年 GM(1, 1) 平均絕對誤差為 7.03%，改良式隔四年 GM(1, 1) 平均絕對誤差為 10.97%，而五種預測總體平均絕對誤差為 6.50%。依據 Lewis(1982) 衡量預測模式準確度之研究，若預測數據誤差差距在 10% 內或準確度大於 90%，即為優良預測。若誤差差距在 20% 內或準確度大於 80%，則表示預測合格。又 Deng(2000) 於預測數據準確度亦認為大於 90% 或誤差在 10% 內，表示預測效果優良，準確度大於 80% 或誤差在 20% 內，則表示合格。Tan(2000) 更以平均絕對誤差百分比 (mean absolute percentage error, MAPE) 來衡量，當 MAPE 越小或在 10% 內，則代表模式越精準且為優良之預測。而本研究六種預測方法皆低於 7.06% 以下，皆為高精度，其中又以改良式隔年 (奇數年) GM(1, 1) 預測效果最佳，茲將五種預測結果，統整如表 2。

綜合以上分析之結果，顯見改良式隔年 (奇數)GM(1, 1) 預測能力為五種灰預測方式中平均絕對誤差最低，亦即精確度最高的研究工具，因此本研究再依據改良式隔年 (奇數)GM(1, 1) 的預測方法，繼續探究 2019~2022 年連續四年新南向政策國家來臺旅客人數、停留天數及 2018~2021 年連續四年新南向 18 國來臺旅客觀光外匯收入的發展趨勢。



表 2 五種灰預測方式預測來臺旅客人數、來臺旅客停留天數及整體觀光外匯收入誤差比較表

方法 區域	預測 項目	GM	改良式	改良式	改良式	改良式	改良式
		(1, 1)	隔年(奇數) GM(1, 1)	隔年(偶數) GM(1, 1)	隔兩年 GM(1, 1)	隔三年 GM(1, 1)	隔四年 GM(1, 1)
東協十國	旅客 人數	8.90%	11.29%	7.83%	10.50%	7%	11.75%
南亞六國		8.72%	4.86%	5.90%	4.86%	17.84%	34.46%
紐澳兩國		6.08%	5.99%	6.54%	32.39%	2.07%	2.34%
平均絕對誤差		7.9%	7.38%	6.76%	15.92%	8.97%	16.18%
東協十國	停留 天數 5-7 日團	2.90%	5.10%	1.96%	3.76%	1.37%	10.66%
南亞六國		6.59%	.54%	4.87%	4.68%	9.83%	9.76%
紐澳兩國		3.69%	.37%	4.55%	.88%	8.04%	6.62%
平均絕對誤差		4.39%	2%	3.79%	3.11%	6.41%	9.01%
東協十國	停留 天數 8-15 日團	3.25%	.44%	3.34%	1.57%	7.97%	11.76%
南亞六國		5.13%	.54%	3.79%	2.90%	7.41%	9.21%
紐澳兩國		2.42%	.69%	2.75%	1.29%	5.01%	3.99%
平均絕對誤差		3.6%	.56%	3.29%	1.92%	6.80%	8.32%
新南向 18 國	整體 觀光 外匯 收入	6.69%	6.93%	6.81%	7.77%	3.79%	9.14%
平均絕對誤差		6.69%	6.93%	6.81%	7.77%	3.79%	9.14%
總平均絕對誤差 排名		5.44% 3	3.68% 1	4.83% 2	7.06% 5	7.03% 4	10.97% 6

二、以改良式隔年 (奇數)GM(1, 1) 預測 2019~2022 連續四年發展趨勢

以改良式隔年 (奇數)GM(1, 1) 方式預測 2019~2022 年連續四年新南向政策國家來臺旅客人數及停留天數，預測之結果呈現如表 3：



運用灰預測 GM(1, 1) 探討新南向政策國家來臺旅客人數、停留天數、觀光外匯收入及飽和點

表 3 改良式隔年 (奇數)GM(1, 1) 預測 2019~2022 年新南向政策國家來臺旅客人數及停留天數預測結果彙整表

區域	預測年度	預測年度				四年預測 增幅
		2019	2020	2021	2022	
旅客人數	東協十國	1,742,070	1,743,406	2,505,681	2,351,662	8.75%
	南亞六國	8,022	7,295	14,031	10,893	8.95%
	紐澳兩國	58,225	63,896	68,275	79,856	9.29%
停留天數 5~7 日團	東協十國	619,872	626,217	726,468	717,066	3.92%
	南亞六國	7,992	9,457	9,715	11,506	11%
	紐澳兩國	26,193	27,675	31,514	31,963	5.51%
停留天數 8~15 日團	東協十國	298,003	352,195	364,508	443,063	12.17%
	南亞六國	5,559	5,775	6,966	6,958	6.29%
	紐澳兩國	21,561	23,981	24,859	27,939	7.40%

註：四年預測增幅計算公式為： $(Y_{2022}-Y_{2019})/Y_{2019}$

三、以改良式隔年 (奇數)GM(1, 1) 預測 2018~2021 連續四年發展趨勢

以改良式隔年 (奇數)GM(1, 1) 方式預測 2018~2021 年連續四年新南向 18 國來臺旅客整體觀光外匯收入，預測之結果呈現如表 4：



表 4 改良式隔年 (奇數)GM(1, 1) 預測 2018~2021 年新南向 18 國來臺旅客整體觀光外匯收入

區域	預測年度	2018	2019	2020	2021	四年預測增幅
		整體觀光 外匯收入	148,500	130,010	157,300	129,980

註：四年預測增幅計算公式為： $(Y_{2021}-Y_{2018})/Y_{2018}$

四、灰色費爾哈斯特飽和量之預測結果

根據新南向政策國家來臺觀光旅客之人數 2009~2018 相關數據，進一步預測未來 2019、2020 年新南向政策三大區域來臺觀光旅客人數之飽和點，預測結果如表 5：

表 5 新南向政策國家 2019~2020 三大區域來臺旅客人數飽和點預測結果分析表

年度	區域	東協十國	南亞六國	紐澳兩國
	2018 實際值		1,381,803	4,925
2019 飽和值		1,290,668	4,899	51,363
飽和差額		+91,135	+26	+6,974
飽和比率		6.60%	.53%	11.95%
2020 飽和值		1,381,804	4,922	58,336
飽和差額		-1	+3	+1
飽和比率		0%	.06%	0%

註 1：飽和差額=2018 實際人數-飽和值(+為過飽和狀態)

註 2：飽和比率=飽和差額/2018 實際人數

伍、結論與建議

綜合上列之研究結果，獲得下列結論與建議，分別說明如下。



一、預測結果分析

- (一) 五種灰預測 GM(1, 1) 方法中，以改良式隔年 (奇數)GM(1, 1) 預測能力最精準

改良式隔年 (奇數)GM(1, 1) 為五種灰預測方式中平均絕對誤差最低，亦即精確度最高的研究工具，但與林志鈞、熊季芳 (2019) 應用灰預測 GM(1, 1) 預測臺灣國際觀光旅館員工人數、平均產值、薪資及從業人員飽和點之研究相左。其原因乃是因，2008 年受全球的金融風暴之影響，致使全球經濟緊縮，導致觀光旅客人數直線下滑，直到 2010 年全球經濟景氣逐漸上升，全球觀光旅客人數才逐漸上升，而林志鈞、熊季芳 (2019) 之研究並未受到 2008 年金融風暴之影響。因此本研究所採用之預測的數據，是由 2010 年開始預測，在改良式隔年 (奇數) 年之預測方法則是採用 2011 年新南向政策國家來臺旅客人數的數據作為預測依據。

- (二) 以改良式隔年 (奇數)GM(1, 1)，預測新南向政策國家來臺旅客人數，未來皆有增長之趨勢，其中以紐澳兩國年增比率為最高

依據改良式隔年 (奇數) 年之預測方法，繼續探究 2019~2022 連續四年新南向政策國家來臺旅客人數。東協十國平均年預測增幅為 8.75%；南亞六國平均年預測增幅為 8.95%；紐澳兩國平均年預測增幅為 9.29%。整體而言，未來皆呈現增長之趨勢，其增幅最多為紐澳兩國。

表示政府及業者，在規劃及設計遊程活動上，可強化紐澳兩國為主要對象，了解紐澳兩國旅客來臺旅遊之喜好，並依照南北半球氣候之差異，提供客製化路線，藉由開發紐澳旅客市場，提升新南向政策國家來臺旅客人數。

- (三) 以 GM(1, 1)，預測新南向政策國家來臺旅客停留天數，以停留 8~15 日之長天期團年增比率為最高

預測 2019~2022 結果，新南向政策國家未來四年來臺旅客停留天數，在 5~7 日團中平均年增幅在 3.92%~11% 之間，而 8~15 日團平均年增幅為 6.29%~12.17%，可以得知未來以停留 8~15 日團年增比率為最高。因此，建議在遊程時間安排上，以中長程旅遊天數為方向進行規劃，以便提升整體觀光產值。



- (四) 以灰色費爾哈斯特模型預測 2019 及 2020 年新南向政策國家來臺旅客人數飽和點，皆呈現飽和狀態

依據灰色費爾哈斯特模型預測飽和值，顯示來臺旅客人數之飽和值在 2019 至 2020 年，各區皆呈現過飽和狀態。未來除非有更多的觀光利多政策，促使積極轉型或不同觀光產業之異業結盟，否則難以大幅提升新南向政策國家來臺旅客觀光之人數。

- (五) 預測新南向 18 國來臺旅客整體觀光外匯收入，未來觀光外匯值呈現過飽和狀態，且會稍減少

依據灰色費爾哈斯特模型計算結果，可得知新南向 18 國在 2019 年來臺旅客觀光外匯收入之飽和點，由 2017 年至 2019 年變化值約為減少 6(萬) 美元。目前新南向 18 國整體消費力較中國大陸低，且未來甚至有減少之趨勢。政府如欲改善新南向 18 國旅客消費狀況，可考慮從行程規劃進行調整，以新南向 18 國旅客觀光需求為導向規劃行程，例如以穆斯林和越南等高端旅客進行規劃，增加高消費力族群來臺意願，以提高觀光外匯收入。

- (六) 盤點政府新南向政策工作計畫，在來臺旅客人數上，仍有改善之空間

依據「新南向政策工作計畫」中，政府在推出觀光措施中，分別對 2017~2019 年來臺觀光人數設定了期望目標，期望 2017 年達 180 萬人次、2018 年達 200 萬人次、2019 年達 220 萬人次。然而 2017 年實際來臺觀光人數為 1,346,930 人次，與政府期望人數落差 33.64%；2018 年實際來臺觀光人數為 1,445,065 人次，落差 38.40%；2019 年以 GM(1, 1) 預測來臺觀光人數為 1,808,317 人次，與政府期望人數落差 21.66%。由上述可得知，政府對來臺旅客人數之期望值，仍與實際約有 20~40% 之落差，因此新南向政策工作計畫，在來臺旅客人數上，仍有改善之空間。

根據上述研究結果，新南向政策國家在來臺旅客人數、停留天數 8~15 日團之年增比率，皆是呈現增長狀態，然而觀光外匯收入卻未與來臺旅客人數呈正比上升。因此，政府及業者應針對現有新南向政策工作計畫上，注意預測與實際數據之落差，並且在相關遊程及觀光政策上，著重以新南向政策國家之旅客為導向，並且客製化其行程方案，以有效提升來臺觀光人數及觀光外匯收入。



二、研究建議

本研究應用灰預測 GM(1, 1) 及灰色費爾哈斯特模型，針對新南向政策國家來臺旅客人數、停留天數及觀光外匯收入之飽和點進行預測。綜合上述研究結論，茲提出以下具體建議，以提供業者、政府相關單位規劃觀光行程與擬定策略。

(一) 對旅遊業者建議

觀光行程是影響觀光客在選擇旅遊地時，重要決策因素之一，因此旅遊業者應利用研究結果，客製符合新南向政策國家觀光需求之旅遊行程，吸引更多新南向政策國家來臺旅遊，使觀光產值最大化，茲列出兩點建議如下：

1. 推出中長程旅遊天數之行程

根據 GM(1, 1) 預測新南向政策來臺旅客停留天數研究結果得知，新南向政策國家來臺旅客停留 5~7 日團的年增幅最高為 11%，而停留 8~15 日團年增比率卻有 12.17%，由此可知新南向政策國家來臺旅客停留天數有延長之趨勢。因此建議業者在遊程時間安排上，以中長程旅遊天數為方向進行規劃，當停留天數增加，拉長旅客留台時間，就可增加到中南部遊玩之機會，間接達到觀光人數及外匯更多效益。

2. 針對旅客背景，規劃深度旅遊及體驗之旅

根據費爾哈斯特模型之預測，新南向政策國家來臺旅客人數，有持續增長之趨勢，但相反的，觀光外匯收入不但沒有增加反而減少。因此，建議旅遊業者可以依照不同背景的旅客設計不同的觀光行程。以目前旅遊業者所推出的觀光行程，可發現行程較為單一，路線較為常規，也缺少亮點。

建議旅遊業者，積極發展多元產品，如行銷休閒農場觀光、高爾夫套裝。結合當地具有之特色，發展更多不同之體驗性遊程，不只讓旅客有多種的觀光路線可以選擇，也可推出深度旅遊行程，以提高旅客二度重遊之意願。

(二) 對政府相關單位建議

觀光產業已是政府推動新南向政策之重要手段，政府應思考如何使用數據與相關研究結果，改善現有觀光政策，擬定較接近實際觀光現狀之措施及工作計畫，以更有效率推行新南向政策之觀光產業發展，茲列出三點建議如下：



1. 使用應用灰預測 GM(1, 1) 設定政策目標值

來臺觀光人數並未達到政府所預設之目標，在「新南向政策工作計畫」中，政府推出相關觀光措施促進來臺觀光人數，期望於 2017 年達 180 萬人次、2018 年達 200 萬人次、2019 年達 220 萬人次。然而實際來臺觀光人數在 2017 年為 1,346,930 人次，與政府期望人數落差 33.64%；2018 年實際來臺觀光人數為 1,445,065 人次，落差 38.40%。

而以 GM(1,1) 預測來臺人數與實際人數之誤差，在 2017 年為 10.59%、2018 年為 2.94%，此兩年所預測出來的誤差值皆小於政府計畫中所提之值。因此，建議政府在設定相關觀光計畫目標值時，可使用應用灰預測 GM(1,1) 進行預測，提出較為準確之目標數值，以利政策推動上所提出的具體措施，較為接近實際之狀況，減少誤差。

2. 免簽證停留天數可考慮延長至 15 天

政府在推行新南向的觀光政策，因結合學界研究之結果，提出更好的政策。例如在「東南亞國家優質團體旅客來臺觀光簽證作業規範」中，關於簽證停留天數，以最長 14 天為限。而依觀光局研究統計，東南亞旅客來臺停留天數以 8-15 日團為大宗，因此對於東南亞國家優質團體旅客來臺觀光簽證作業規範上簽證停留天數可考慮延長至 15 日。

3. 強化對各國觀光數據之蒐集

目前觀光局在觀光外匯資料研究上，是以新南向 18 國為單位進行分析，缺少各國單獨的外匯資料。因此，在提供觀光外匯資料上，應增加新南向 18 國各國的觀光外匯，以利後續相關研究分析。

而其他觀光研究資料上，可新增以東協十國、南亞六國、紐澳兩國此三大區為分類標準，方便製定不同政策方案。

(三) 對未來研究者建議

建議後續研究者，未來預測新南向政策國家來臺旅客人數、停留天數、觀光外匯收入及飽和點等相關議題時，除了可以利用灰預測 GM(1, 1) 及費爾哈斯特模型等方法預測外，尚可運用灰關聯或類神經網路等數據計算方式，來彌補灰預測 GM(1, 1) 不足之處。



運用灰預測 GM(1, 1) 探討新南向政策國家來臺旅客人數、停留天數、觀光外匯收入及飽和點

參考文獻

一、網路資料

中時電子報 (2018 年 06 月 21 日)。重拾陸客自由行意願，旅遊業者邀大陸網紅來台宣傳。2018 年 10 月 17 日取自 <https://www.chinatimes.com/realtimenews/20180621004600-260415>
旅遊業者邀大陸網紅來台宣傳 (2018 年 6 月 21 日)。重拾陸客自由行意願。2019 年 01 月 20 日
取自 <https://www.chinatimes.com/realtimenews/>

二、中文部分

行政院主計處 (2017)。社會指標統計年報。臺北：行政院主計處。
交通部觀光局 (2008)。中華民國 96 年來臺旅客觀光統計資料。臺北：交通部觀光局。
交通部觀光局 (2010)。中華民國 98 年來臺旅客觀光統計資料。臺北：交通部觀光局。
交通部觀光局 (2012)。中華民國 100 年來臺旅客觀光統計資料。臺北：交通部觀光局。
交通部觀光局 (2013)。中華民國 101 年來臺旅客觀光統計資料。臺北：交通部觀光局。
交通部觀光局 (2014)。中華民國 102 年來臺旅客觀光統計資料。臺北：交通部觀光局。
交通部觀光局 (2015)。中華民國 103 年來臺旅客觀光統計資料。臺北：交通部觀光局。
交通部觀光局 (2016)。中華民國 104 年來臺旅客觀光統計資料。臺北：交通部觀光局。
交通部觀光局 (2017)。中華民國 105 年來臺旅客觀光統計資料。臺北：交通部觀光局。
交通部觀光局 (2017)。因應陸客縮減及新南向政策推動，我國觀光發展轉型之檢討，未來該如何有效提升觀光競爭力報告。臺北：交通部觀光局。
交通部觀光局 (2018)。中華民國 106 年來臺旅客觀光統計資料。臺北：交通部觀光局。
李筑軒 (2017)。應用灰色理論於流行色彩趨勢預測之研究。成功大學工業設計學系博士論文，未出版，臺南。
安筱鵬、韓增林、楊蔭凱 (2000)。國際級裝箱樞紐港的形成演化機理與發展模式研究。地理研究，19(4)，47-50。
吳漢雄 (1996)。灰色入門分析。臺北：高立。
陳俊合 (2012)。應用灰費爾哈斯特 (Grey Verhulst) 模型探討宜蘭縣人口成長極限。蘭陽學報，11，24-38。
陳玟琪 (2016)。應用灰色理論於廚具設備銷售量之預測：以個案公司為案例。義守大學工業工程與管理學系碩士論文，未出版，高雄。
黃東煬 (2008)。我國南向政策成效的回顧與展望。展望與探索，6(12)，46-50。
黃營芳、黃俊源 (2014)。應用灰色理論預測臺灣遊覽車乘載人次研究。Journal of Tourism and Leisure Management, 2, 150-164。
黃兆仁、朱浩 (2012)。臺灣與東協主要國家之經貿互動關係。臺灣國際研究季刊，8(3)，185-204。



- 廖敏治 (2013)。灰色理論的 GM (1, 1) 模型在時間數列結構轉折之研究。《全球商業經營管理學報》，5，9-17。
- 溫坤禮、黃宜豐、陳繁雄、李元秉、連志峰、賴家瑞 (2002)。《灰預測原理與應用》。臺北：全華。
- 溫坤禮、趙忠賢、張宏志、陳曉瑩、溫惠筑 (2013)。《灰色理論》。臺北：五南。
- 熊季芳 (2018)。《應用灰預測 GM (1,1) 預測臺灣國際觀光旅館員工人數、平均產值、薪資及從業人員飽和點》。大葉大學休閒事業管理學系碩士論文，未出版，彰化。
- 鄧聚龍、吳漢雄、溫坤禮 (1996)。《灰色入門分析》。臺北：高立。
- 魏文欽 (2012)。影響來臺觀光旅客人數因素內衍性之探討。《休閒觀光與運動健康學報》，2(2)，146-171。
- 聶建中、周明智 (2002)。影響來台旅遊人數及外匯收入總體變數決定因素之研究。《管理學報》，19 (6)，1149-1168。
- 羅智 (2004)。臺灣對外貿易的回顧和戰後貿易政策之探討。《Journal of China Institute of Technology》，31, 12。

三、英文部分

- Deng, J. L. (1982). Control problems of grey system. *System and Control Letters*, 1, 288-294.
- Deng, J. L. (2000). *The theory and application of grey system*. Taipei: Chuan Wa Co. Ltd.
- Lewis, C. D. (1982). Industrial and Business Forecasting Method. *Butterworth Scientific*, 38-41.
- Lin, C. J., Jhuo, B. Y., & Yeh, T. M. (2014). Applying GM (1,1) to predict the tourists quantity-A case of National Park in Taiwan. *Journal of Grey System*, 17(3), 139-144.
- Tan, G. J. (2000). The structure method and application of background value in grey system GM(1,1). *Systems Engineering-Theory and Practice*, 4, 98-103.
- Tang, C. F. (2011). Is the tourism-led growth hypothesis valid for Malaysia? A view from disaggregated tourism markets. *International Journal of Tourism Research*, 13(1), 97-101.

