

逢甲大學學生報告 ePaper

台灣國道一號服務區營收預測

Taiwan's National Freeway No. 1 Service Area

Revenue Forecast

作者：陳芎安、江祐霖、陳美玟、賴玟妤

系級：統計三甲

學號：D1043593、D1017022、D1089062、D1089092

開課老師：陳婉淑 老師

課程名稱：預測分析

開課系所：統計學系

開課學年：112 學年度 第二學期

摘要

本研究旨在預測台灣國道一號沿線服務區的月營收情況，涵蓋中壢、湖口、泰安、西螺、新營、仁德及六站平均，研究資料起訖時間為 2014 年 1 月至 2024 年 4 月，研究數據的樣本內期間為 2014 年 1 月至 2023 年 4 月，樣本外預測期間則為 2023 年 5 月至 2024 年 4 月，關注各服務區在這段時間內的月營業額變化。特別是 COVID-19 疫情期間的波動。由於時間數列數據中呈現異常點，本研究使用介入分析捕捉這些結構性改變，所採用三種模式配適和預測，分別是 ARIMA 與介入分析、時間數列迴歸法與指數平滑法。分析過程中，針對每個服務區使用四種評估準則和三種預測模式，挑選出各站的最佳模式，並評估預測表現。其中評估準則包括均方誤差(Mean-square error, MSE)、平均絕對誤差(Mean absolute error, MAE)、平均百分比誤差(Mean Percentage Error, MPE)和平均絕對百分比誤差(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)。數據顯示，COVID-19 疫情開始後，有出現顯著結構性改變，這些波動主要受防疫措施影響，包括邊境管制、限制大型聚會和三級警戒等。隨著疫情逐步緩解和疫苗接種推進，服務區營收逐漸回升，特別是在 2023 年農曆新年期間達到高峰。比較結果顯示國道一號各站的最佳預測法，中壢站、泰安站、西螺站、仁德站為指數平滑法，湖口站、新營站為 ARIMA 介入分析。分析結果表明，在面對複雜且多變的環境時，平均營收的方法在預測精度上更具優勢。這一發現對於理解疫情和假日效應對交通和旅遊業的影響，以及制定有效的管理和經營策略具有重要意義。

關鍵字：指數平滑法、結構性改變、介入分析、樣本外預測、時間數列迴歸分析、ARIMA 分析、假日效應

Abstract

This study aims to forecast the monthly revenue of service areas along Taiwan's National Freeway No. 1, covering the Zhongli, Hukou, Tai'an, Xiluo, Xinying, and Rende stations, as well as their average performance. The research data span from January 2014 to April 2024, with the in-sample period from January 2014 to April 2023 and the out-of-sample forecasting period from May 2023 to April 2024. The focus is on the monthly revenue fluctuations in these service areas during this time, with particular attention to the impact of the COVID-19 pandemic. Due to the presence of anomalies in the time series data, this study employs intervention analysis to capture these structural changes. Three modeling and forecasting approaches are used: ARIMA with intervention analysis, time series regression, and Holt-Winters exponential smoothing method. We evaluate each service area using four criteria and three forecasting models/methods, selecting the best model based on forecasting performance. The evaluation criteria include Mean-Square Error (MSE), Mean Absolute Error (MAE), Mean Percentage Error (MPE), and Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Significant structural changes occurred after the COVID-19 pandemic, driven by public health measures like border controls and Level 3 alerts. As the pandemic subsided and vaccinations progressed, peaking during Lunar New Year 2023. The comparison results show that exponential smoothing is the best forecasting method for Zhongli, Tai'an, Xiluo, and Rende stations, while ARIMA with intervention analysis performs best for Hukou and Xinying stations. Our results suggest that averaging monthly revenue across service areas enhances forecasting accuracy. These findings are important for understanding the impact of the pandemic and holiday effects on transportation and tourism, helping to inform more effective management and operational strategies.

Keyword: ARIMA, structural changes, Exponential Smoothing method, Intervention Analysis, Out-of-Sample Forecasting, Time Series Regression Analysis, Holiday effects

目錄

摘要.....	1
Abstract.....	2
第一章 緒論.....	4
第一節 前言.....	4
第二節 資料描述.....	6
第二章 研究方法.....	9
第一節 ARIMA 模式.....	13
第二節 時間數列迴歸法.....	19
第三節 指數平滑法.....	25
第四節 模式比較.....	25
第五節 預測結果.....	28
第三章 結論.....	31
參考文獻.....	32

第一章 緒論

第一節 前言

台灣國道一號，俗稱中山高速公路，起於基隆終於高雄，途中包含 71 個一般交流道、16 個系統交流道與其 6 個服務區，更是貫穿台灣的主要城市如台北、新竹、台中、台南和高雄等都會區(參見圖 1 國道一號路線圖)，對於促進區域間的經濟交流和人員往來具有至關重要的作用。自 1960 年代建製以來，國道 1 號一直是台灣經濟發展的重要基礎設施，提供了高效的物流運輸和便捷的長途通勤選擇。隨著時間的推移，這條高速公路也見證了台灣從農業社會向工業化和現代化社會的轉型。縮短城與城間的交通時間，影響台灣的經濟發展、運輸及通勤，因此台灣國道 1 號也被譽為臺灣南北交通的重要動脈。國道 1 號各路線設施(交流道、服務區)里程一覽表可以參見交通部臺灣區國道高速公路局(簡稱高公局)。

台灣高鐵是台灣現代交通基礎設施中的一項重要成就。自 2007 年通車以來，它以其高速、安全、舒適的服務，大大縮短了台灣南北之間的旅行時間，成為台灣人長途旅行的首選交通方式之一。高鐵的建置分散國道一號的車流量，間接減少旅客到國道一號沿線服務區消費的營收，而應資料收集起始於 2014 年在研究中並未出現特別影響因此我們將聚焦於國道上，本研究旨在預測台灣國道一號沿線服務區的月營收情況，涵蓋中壢、湖口、泰安、西螺、新營、仁德及六站平均，研究資料起訖時間為 2014 年 1 月至 2024 年 4 月，研究數據的樣本內期間為 2014 年 1 月至 2023 年 4 月，樣本外預測期間則為 2023 年 5 月至 2024 年 4 月。

本研究的主要是通過比較個別服務區分別使用三種預測模式預測，用四種評估準則挑選出各站的最佳模式，並評估預測表現，找出更為有效的預測策略。具體包括分析新冠疫情對各服務區營收的影響，透過分析自 2014 年以來各服務區的歷史營收數據，特別是疫情期間的結構性改變，了解其特定趨勢和影響因素。構建並比較預測模式優劣，針對每個服務區分別構建預測模式，與基於所有服務區平均數據的統一預測模式進行比較，評估其精準度和適用性。提供策略建議，根據預測結果和精準度比較，提供具體的管理和經營策略建議，幫助服務區經營者提升預測準確性和經營效益。

隨著 2020 年新冠肺炎(COVID-19)疫情的爆發和蔓延(2020-2022)，臺灣的交通運輸和旅遊業受到了顯著的影響。新冠疫情帶來的出行限制和防疫措施，使得國內長途旅行和日常通勤的模式發生了巨大變化。希望透過本研究為服務區經營者和交通管理部門提供科學的數據支持，幫助他們在後疫情時代更加有效地應對營運挑戰，優化資源配置，提升服務品質，最終實現提高經營效益的目標。國道一號沿線服務區營運狀況因受到 COVID-19 疫情和其他事件造成影響，在 2021 年 6 月台灣公布三級警戒，對各服務區的營業額造成負面的影響，而位於南北往

來交界的泰安最為嚴重，2019 年泰安經營權轉換和仁德的大規模整修，對營收有負面的影響，而在疫情解封後，中壢、湖口、西螺、新營及仁德服務區在 2023 年 1 月的營業額回升。COVID-19 疫情期間，人們的出行需求波動較大，對各服務區的營收狀況產生了深遠的影響。了解這些變化並進行精準預測，對於交通管理和服務區經營者制定應對策略至關重要。

疫情的反覆和防疫措施調整，國道一號服務區的營收狀況變得更加複雜和多變。在這樣的背景下，探討在不同的服務區在疫情期間及正常時期的營收表現，分析各服務區面對疫情反覆爆發和防疫措施調整，對於營收變化的影響，變化的原因可能為地理位置、旅客數量、消費行為和防疫政策不同而有所差異。如何有效預測各服務區的營收，從而幫助管理者做出更準確的決策成為一個重要課題。

在本次研究中，我們採用三種模式進行預測，分別是 ARIMA 與介入分析、時間數列迴歸法與指數平滑法。我們可以實施介入分析當時間數列受到各種外部事件的影響時，事件可以是重大企業、自然災害、政治或經濟政策措施或變革、技術變化、停工、促銷、廣告等(Box and Tiao 1975)。指數平滑法可以使用在時間數列中表示資料的趨勢及季節，加法 Holt-Winters 方法適用於具有恆定季節性變化的時間數列，而乘法 Holt-Winters 方法則適用於具有遞增季節性變化的時間數列。與此同時，乘法 Holt-Winters 方法不需要對時間數列進行轉換便可直接應用。這些方法各有優勢，但究竟哪一種方法在當前複雜多變的環境下能提供更高的預測精準度，仍需要通過實證分析來驗證。為此，本研究旨在比較這些預測方法的精準度，並提出最優的預測策略。

樣本內估計和樣本外預測是時間數列分析和預測方法評估中常見的兩個步驟，具有不同的目的和重要性。樣本內估計使用已知數據集來估計模式參數的過程。樣本外預測利用保留的資料(模式在未參與估計過程的資料)集上進行預測，以評估模式的預測能力。樣本內估計提供了模式的基本配適合適性，而樣本外預測則是檢驗模式是否能夠成功應對未來挑戰的關鍵。本研究保留最後 12 筆數據(2023 年 5 月-2024 年 4 月)，評估模式的預測效果，將採用四種評估準則，為均方誤差(MSE)、平方絕對誤差(MAE)、平均百分比誤差(MPE)和平均絕對百分比誤差(MAPE)。均方誤差(MSE)是指預測值與實際值之間差異的平方和的平均值，適合衡量模式對大誤差的響應能力，MSE 越小越佳，平均絕對誤差(MAE)則是預測值與實際值之間的絕對誤差的平均值，反映了預測值與實際值之間的平均偏差，可以預測值與實際值之間的平均誤差，而 MAE 越小越好，平均百分比誤差(MPE)為預測誤差相對於實際值的比例的平均值，表示對於預測值的高估或低估的程度，MPE 越接近零越好，若得到正值表示預測值偏低，負值則表示預測值偏高，平均絕對百分比誤差(MAPE)代表預測誤差的絕對值相對於實際值的比例的平均值，提供預測誤差的相對衡量標準，MAPE 越接近零越好。

後續內容安排如下，第一章第二節說明資料來源和敘述。第二章第一節分析各服務站 ARIMA 模式的配適模式，第二章第二節分析各服務站時間數列迴歸法的配適模式，第二章第三節分析各服務站指數平滑法的配適模式，第二章第四節依據四項準則比較出各站的最佳模式，第二章第五節分析各服務站最佳模式之預測圖。第三章敘述本研究之結論。

第二節 資料描述

此筆資料主要紀錄臺灣國道服務區每年度每月的營業額，本次採用國道一號沿途的國道服務區營業額月資料作為分析，其沿途的站別由北到南有中壢、湖口、泰安、西螺、新營與仁德，資料期間為 2014 年 1 月至 2023 年 4 月，預測期間為 2023 年 5 月至 2024 年 4 月。資料來源為政府資料開放平臺 (<https://data.gov.tw/dataset/45759>)。

首先從圖 2 時間數列圖中，可依發現在 2020 年初後有明顯的數據波動，我們推測各歧異點可能發生的事件為 2020 年 2 月 COVID-19 疫情開始，臺灣在 2020 年 2 月初開始實施一系列防疫措施，包括邊境管制、限制大型聚會等，這對交通和旅遊產生了重大影響，導致服務區營收下降。2020 年 5 月疫情持續影響，防疫措施的延續對社會活動持續造成影響，可能導致了營收的進一步波動。2021 年 1 月春節假期準備期間，這段時間通常會有春節前的購物和旅行高峰，但疫情的影響可能導致了不穩定的營收。而在 2021 年 5 月開始臺灣本土疫情爆發，臺灣經歷了嚴重的本土疫情，政府加強了防疫措施，包括三級警戒，對人們的出行和消費活動造成重大影響，這顯著地影響了服務區的營收(如圖 3)。2021 年 7 月疫情緩解，隨著疫情的逐步緩解和疫苗接種的推進，社會活動逐漸恢復，服務區的營收開始回升。2022 年 3 月疫情反彈，實施部分的限制措施，再度影響人們的出行與消費活動，服務區的營收再度受到打擊。從 2023 年 1 月開始，隨著疫情的影響減弱，在農曆新年期間，交通流量與旅遊人數暴增來到近年最高點。從表 1 中可發現數值非常大，所以我們將數值先除以 100000，以便後續分析。

台灣國道一號服務區營收預測

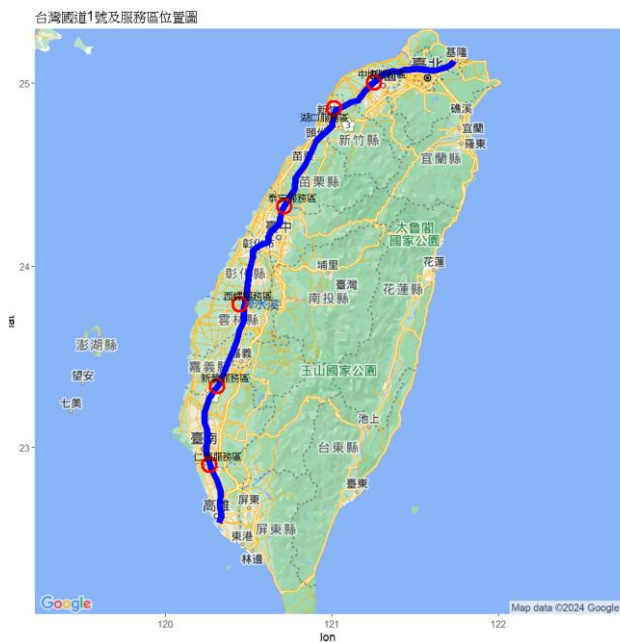


圖 1 國道一號路線圖

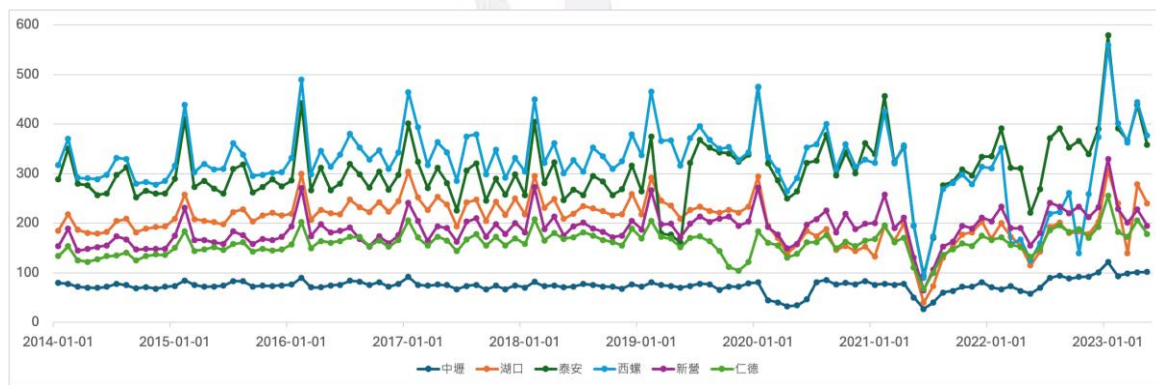


圖 2 台灣國道一號服務區的月營收：中壢、湖口、泰安、西螺、新營、和仁德時間數列圖

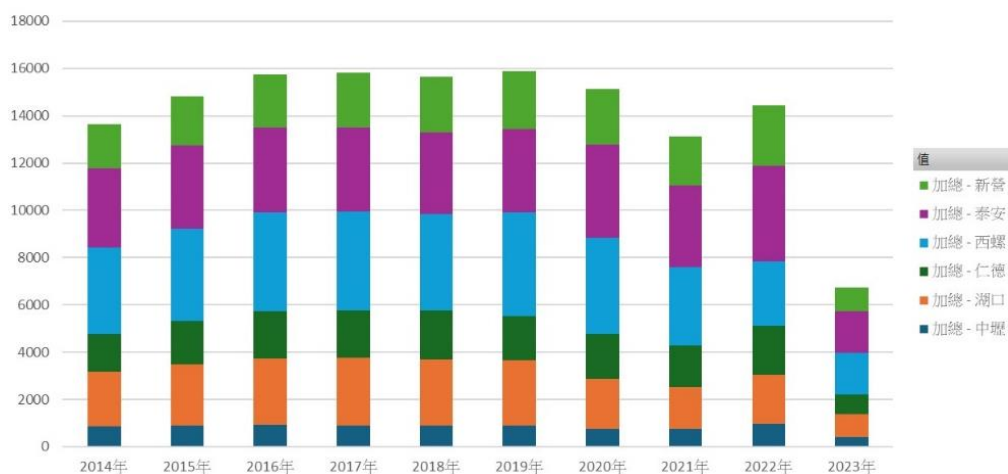


圖 3 台灣國道一號中壢、湖口、泰安、西螺、新營、和仁德服務區的年營收

台灣國道一號服務區營收預測

變數	標籤	N	平均值	標準差	最小值	最大值
Y1	中壢	112	74.0817	13.1495	26.9551	121.4231
Y2	湖口	112	205.9834	44.2255	39.7081	306.7473
Y3	泰安	112	305.3629	65.5081	94.7027	578.6764
Y4	西螺	112	323.8836	71.8207	89.7453	558.9207
Y5	新營	112	189.8973	35.2055	64.4886	329.9109
Y6	仁德	112	159.4953	24.8358	67.3447	255.3234
Mu_y	平均	112	209.784	36.4072	63.8241	358.5003

表 1 台灣國道一號服務區的月營收：中壢、湖口、泰安、西螺、新營、仁德、和六區平均的敘述統計



第二章 研究方法

本研究提供流程圖中(圖 4)，說明擬定主題並確定研究主軸及探討方向，再蒐集相關資訊和數據，根據蒐集的數據進行初步分析，以更了解資料特性。接著，透過三種常見的時間數列分析法進行建模、分析及預測，並根據樣本內及樣本外的評估，選擇最適合的預測模式。最後，根據上述研究結果，得出結論，並提出見解與建議。

本研究採用了四種時間數列分析方法來進行數據分析，分別是自迴歸整合移動平均模式(ARIMA 模式)、介入分析法、時間數列迴歸法以及指數平滑法。這些方法各有其特點，適用於不同類型的時間數列數據，並在捕捉數據的趨勢、週期性和隨機波動方面發揮重要作用。在評估模式方面，樣本內估計和樣本外預測是時間數列分析和預測方法評估中常見的兩個步驟，具有不同的目的和重要性。樣本內估計使用已知數據集來估計模式參數的過程。樣本外預測利用保留的資料(模式在未參與估計過程的資料)集上進行預測，以評估模式的預測能力，並透過MSE(Mean Squared Error)、MAE (Mean Absolute Error)、MPE (Mean Percentage Error) 和 MAPE (Mean Absolute Percentage Error) 四種指標，判斷的準則為越接近0越佳。在過去研究中，MAPE(平均絕對百分比誤差)通常被用作評估預測準確度的指標。根據 Lewis (1982) 的建議，MAPE 的值可以分為以下幾個範圍來評估預測的準確度(表 2):MAPE 在 0% 到 10% 為非常準確的預測、10%到 20% 為準確的預測、20%到 50% 為合理的預測而大於 50% 為不準確的預測。

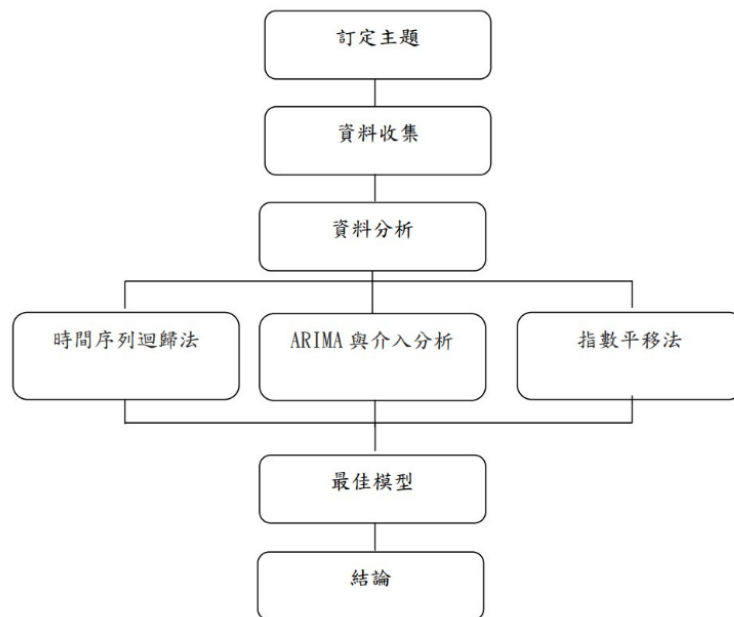


圖 4 本研究的研究流程

在均方誤差 (MSE)、平方絕對誤差 (MAE)、平均百分比誤差 (MPE) 和平均絕對百分比誤差 (MAPE) 的計算公式中， y_t 為實際值， \hat{y}_t 為預測值，而 n 為樣本數。

$$\text{均方誤差(MSE): } MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2$$

$$\text{平均絕對誤差(MAE): } MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|$$

$$\text{平均百分比誤差(MPE): } MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left(\frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right) \times 100\%$$

$$\text{平均絕對百分比誤差(MAPE): } MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \times 100\%$$

MAPE(%)	預測準度
0% - 10%	非常準確預測
10% - 20%	準確預測
20% - 50%	合理預測
> 50%	不準確預測

表 2 Chen, Cheng, and Sriboonchitta (2018)提到 Lewis(1982)解釋 MAPE 的方式

在時間數列分析中，Box-Jenkins 方法(ARIMA 模式)是一個功能強大的分析工具。這一方法通常涉及四個主要步驟：初步識別、參數估計、診斷檢查和預測 (Box, Jenkins, and Reinsel 2008)。初步識別階段主要通過觀察自相關(ACF)和偏自相關函數(PACF) 來選擇適當的模式；參數估計階段則利用最大似然估計估計模式參數；診斷檢查階段包括檢查殘差數列是否已經達到白噪音及模式的適配性；最後，在預測階段，根據已經建立的模式來進行未來數據點的預測。

初步識別(Tentative Identification) 使用歷史數據來初步識別適合的 Box-Jenkins 模式。通常包括繪製數據的自相關函數(ACF: autocorrelation function)和偏自相關函數(PACF: partial autocorrelation function)圖，以確定 ARIMA 模式的參數 (p)、(d) 和 (q)。ACF 用於測量數據點之間的自相關程度，而 PACF 用於測量數據點之間的直接相關性。通過分析這些圖表，我們可以識別出適合的模式類型和參數。

參數估計(Estimation)使用樣本內數據來估計初步識別模式的參數。這一步的目的是確定模式中的具體數值，以便模式能夠最佳地擬合數據。參數估計需要使用專門的統計方法來計算模式中的自回歸(AR)和移動平均(MA)項的系數。

診斷檢查(Diagnostic Checking) 使用各種診斷工具來檢查初步識別模式的適用性。這包括檢查模式的殘差是否為白噪聲(white noise) 即沒有顯著的自相關。通過對殘差進行檢查，我們可以確保模式適當地捕捉了數據中的模式和結構，而未留下顯著的未解釋部分。如果殘差顯示出顯著的自相關，我們將會重新識別和估計模式。

預測(Forecasting)當我們確定最終模式，將使用該模式來預測未來的時間數列值。根據模式提供的結構，對未來的數據進行預測。預測的結果可以用來制定決策或進行進一步的分析。模式的預測能力取決於模式的準確性和數據的質量，因此在模式確定之前進行充分的識別、估計和診斷檢查是非常重要的。

介入(Intervention)這種分析方法可以幫助我們識別在特定時間點發生的事件對系統的影響。我們引入介入分析在 ARIMA 模式當時間數列受到各種外部事件的影響時，事件可以是重大企業、自然災害、政治或經濟政策措施或變革、疫情變化等。而在本研究中，針對 COVID-19 事件的發生對時間數列有重大影響，特別是 2021 年 5 月因為 COVID-19 引發的封鎖措施，導致服務區的營收出現了顯著變動。為了評估這一影響，我們使用了一個介入變量 $[c_1 P_{1t}]$ 來表示 2021 年 5 月的重大影響。在介入裡立即發生且緩慢回復的永久影響將被表示為 $\left[\frac{c_t}{1-\delta_B} P_{1t}\right]$ 其定義如下：

$$S_{1t} = 1, \quad \text{if } t = \text{MAY2021}$$
$$0, \quad \text{if } t \neq \text{MAY2021},$$

此處 P_t 是一個脈衝函數(plus function)，表示在 2021 年 5 月對時間數列的影響。

時間數列迴歸法(Time Series Regression)季節性可以由 dummy variables 來表示，將 dummy variables 的 β_1 至 β_{11} 設為 1 月至 11 月，以 12 月為 β_0 基準，利用以下模型能夠解釋各月份變化性，這個方法可以精確捕捉季節性變化，提升預測結果。在時間數列分析中引入外部變量來解釋和預測目標變量的變化。這種方法的核心是通過迴歸模式來解釋變數與時間之間的關係，並使用過去的數據來預測未來的趨勢。時間數列迴歸法的優勢在於能夠同時考慮自相關性和外生變數的影響，這使得該方法在經濟、財務、氣象等多領域的預測中廣泛應用 (Bowerman, O'Connell and Koehler 2005)。

時間數列迴歸法(Time Series Regression)模式的一般形式為

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_{1t} + \beta_2 X_{2t} + \cdots + \beta_n X_{nt} + \epsilon_t。$$

其中 (Y_t) 是目標變量， (X_{it}) 是外部變量， (β_i) 是迴歸係數， (ϵ_t) 是誤差項。

$$X_{1t} = \begin{cases} 1, & \text{如果 } t \text{ 是月份 } 1 \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

...

$$X_{nt} = \begin{cases} 1, & \text{如果 } t \text{ 是月份 } n \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

指數平滑法(Exponential Smoothing) 是一種用於時間數列分析的技術，旨在通過對歷史數據進行加權平均來預測未來數據點。指數平滑方法修改的模式主要包括兩種：加法 Holt-Winters 指數平滑方法(Additive Holt-Winters Exponential Smoothing)，適用於季節性波動恆定的情況。隨著時間的推移，季節性變化的幅度不會改變。此方法會根據趨勢和季節性成分進行更新，但季節性幅度保持穩定。乘法 Holt-Winters 指數平滑方法(Multiplicative Holt-Winters Exponential Smoothing))，適用於季節性波動隨時間擴大的情況。季節性變化與趨勢成分成比例放大或縮小，隨著時間的推移，季節性波動也會逐步擴大或減少。Holt-Winters 季節性方法包括預測方程和三個平滑方程式，一個用於水平 L_t ，一個用於趨勢 b_t ，還有一個用於季節性成分 S_t ，具有相應的平滑引數 α ， β^* 和 γ 。我們使用 m 表示季節性的時期，即一年中的季節數量(Hyndman and Athanasopoulos 2021)。

加法指數平滑法

$$\text{Level: } L_t = \alpha(y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$\text{Trend: } b_t = \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1}$$

$$\text{Seasonal: } S_t = \delta(y_t - L_t) + (1 - \delta)S_{t-s}$$

$$\text{Forecast: } F_{t+m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m}$$

L_t : 在 t 點的水準、 b_t : 在 t 點的成長率、 S_t : 在 t 點的季節因子

乘法指數平滑法

$$\text{Level: } L_t = \alpha \left(\frac{y_t}{S_{t-s}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$\text{Trend: } b_t = \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1}$$

$$\text{Seasonal: } S_t = \delta \left(\frac{y_t}{L_t} \right) + (1 - \delta)S_{t-s}$$

$$\text{Forecast: } F_{t+m} = (L_t + b_t m) S_{t-s+m}$$

L_t : 在 t 點的水準、 b_t : 在 t 點的成長率、 s_t : 在 t 點的季節因子

第一節 ARIMA 模式

y1 中壢

中壢服務區配適 ARIMA 模式後殘差的 ACF、PACF 與 White Noise Test 皆有通過檢定。從下列配適模式中可以看出，解釋變數 lunaryear 的估計值為正，表示農曆過年對中壢服務區的營業額為正影響，而因 COVID-19 疫情而介入的點，則是對營業額有不同程度的正、負面影響，介入點 P_{1t} 至 P_{5t} 在 2020 年 2、3、4、5、6 月，在 2020 年 2 至 6 月期間，疫情初期的個案多集中在北部，而中壢地區鄰近機場且北部有多個服務區，因此加入介入點， P_{6t} 和 P_{7t} 在 2021 年 5、6 月，台灣進入三級警戒， P_{8t} 在 2023 年 6 月疫情逐漸解封，其中負面影響最嚴重的是 2021 年 6 月因臺灣進入三級警戒而介入的點，此外，2023 年 1 月因疫情逐漸解封，對中壢服務區的營業額也是正面影響。

圖 5 為殘差的 ACF 和 PACF 皆有通過以及參數估計皆有達到顯著，顯示所配適的模式是合適的，為了節省空間，我們僅提供該模式第一站「y1 中壢」，以供讀者更直觀地了解模式的適用性與效果。

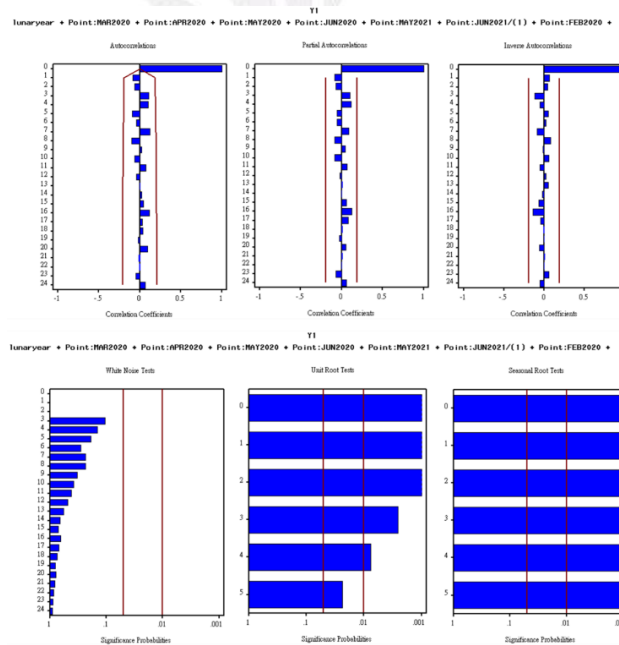


圖 5 中壢 ARIMA Prediction Error Autocorrelation 和 White Noise Test

配適模式

$$y_t - \mu = c_1 P_{1t} + c_2 P_{2t} + c_3 P_{3t} + c_4 P_{4t} + c_5 P_{5t} + c_6 P_{6t} + \frac{c_7}{1 - \delta_7 B} P_{7t} + c_8 P_{8t} + 10.1898 y_t(lunar) s + \frac{a_t}{1 - \phi_1 B - \Phi_{12} B^{12}}$$

其估計值和標準誤差在括號

$$P_{1t} = I(t = FEB2020), c_1 = -21.8185, (4.5256)$$

$$P_{2t} = I(t = MAR2020), c_2 = -33.0568, (4.8797)$$

$$P_{3t} = I(t = APR2020), c_3 = -42.3572, (5.1584)$$

$$P_{4t} = I(t = MAY2020), c_4 = -37.1419, (5.0604)$$

$$P_{5t} = I(t = JUN2020), c_5 = -30.1499, (4.0218)$$

$$P_{6t} = I(t = MAY2021), c_6 = -22.1881, (4.3313)$$

$$P_{7t} = I(t = JUN2021), c_7 = -52.1, (5.4469), \delta_7 = 0.8247, (0.0462)$$

$$P_{8t} = I(t = JAN2023), c_8 = 12.6385, (4.0615)$$

$$\hat{\mu} = 80.1086, (5.8634), \hat{\phi}_1 = 0.8191, (0.0676),$$

$$\widehat{\Phi}_{12} = 0.6392, (0.0863), \widehat{\sigma}^2 = 23.1679, a_t \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y2 湖口

湖口服務區配適模式後的 ACF、PACF 與 White Noise Test 皆有通過檢定要求。從下列配適模式中可以得知，解釋變數 lunaryear 的估計值為正，意即農曆過年對湖口服務區的營業額為正影響，而因 COVID-19 疫情而介入的點，則是對營業額有程度不一的影響， P_{1t} 和 P_{2t} 為 2021 年 5、6 月，因臺灣進入三級警戒受到影響，故加入介入點，其中最嚴重的是 2021 年 6 月因臺灣進入三級警戒而介入的點，造成非常高的負面影響。

配適模式

$$y_t - \mu = c_1 P_{1t} + \frac{c_2}{1 - \delta_2 B} P_{2t} + 61.3482 y_t(lunar) + \frac{a_t}{1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2}$$

其估計值和標準誤差在括號

$$P_{1t} = I(t = MAY2021), c_1 = -75.0076, (24.6279)$$

$$P_{2t} = I(t = JUN2021), c_2 = -160.5769, (25.7677) \delta_2 = 0.665, (0.1103)$$

$$\hat{\mu} = 205.3118, (9.24), \widehat{\phi}_1 = 0.4251, (0.1054), \widehat{\phi}_2 = 0.3288, (0.1089) \widehat{\sigma}^2 = 598.5304, a_t \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y3 泰安

泰安服務區配適模式後的 ACF、PACF 與 White Noise Test 皆有通過檢定，且參數估計值皆有達到顯著，解釋變數 lunaryear 的估計值為正，其代表農曆過年對泰安服務區的營業額為正影響，而 2019 年因經營權轉換介入的點也對營業額造成負面影響，此外，因 COVID-19 疫情介入的點，則是對營業額有負面影響，其中最嚴重的是 2021 年 6 月因臺灣進入三級警戒，且泰安服務區位於南北往來的交界點，因此影響尤為劇烈。泰安介入的點為 P_{1t} 至 P_{3t} 在 2019 年 3 到 5 月經歷營權轉換，而在 2021 年 5、6 月，台灣進入三級警戒。

配適模式

$$y_t - \mu = c_1 P_{1t} + c_2 P_{2t} + c_3 P_{3t} + c_4 P_{4t} + \frac{c_5}{1 - \delta_5 B} P_{5t} + 123.4739 y_t(\text{lunar}) + \frac{a_t}{1 - \phi_1 B - \Phi_{12} B^{12}}$$

其估計值和標準誤差在括號

$$P_{1t} = I(t = \text{MAR}2019), c_1 = -84.1173, (29.2263)$$

$$P_{2t} = I(t = \text{APR}2019), c_2 = -106.0156, (32.4905)$$

$$P_{3t} = I(t = \text{MAY}2019), c_3 = -112.173, (28.8971)$$

$$P_{4t} = I(t = \text{MAY}2021), c_4 = -101.2544, (29.6928)$$

$$P_{5t} = I(t = \text{JUN}2021), c_5 = -226.5329, (34.4455) \delta_5 = 0.714, (0.0771)$$

$$\hat{\mu} = 308.4078, (13.7808), \widehat{\phi}_1 = 0.583, (0.0878) \widehat{\Phi}_{12} = 0.4996, (0.1060),$$

$$\widehat{\sigma}^2 = 1097, a_t \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y4 西螺

西螺服務區配適模式後的 ACF、PACF 與 White Noise Test 皆有通過檢定，參數估計表中可以看出，參數皆有達到顯著，其中解釋變數 lunaryear 的估計值為正，表示農曆過年對西螺服務區的營業額為正面影響，而因 COVID-19 疫情而介入的點，除了 2023 年 1 月因疫情逐漸解封產生的正面影響，其餘皆為負面影響，其中最嚴重的是 2021 年 6 月，因臺灣進入三級警戒。 P_{1t} 和 P_{2t} 在 2021 年 5、

6月，台灣進入三級警戒， P_{3t} 是因2022年3月台灣疫情大爆發， P_{4t} 在2023年1月疫情逐漸解封。

配適模式

$$y_t - \mu = c_1 P_{1t} + \frac{c_2}{1 - \delta_2 B} P_{2t} + \frac{c_3}{1 - \delta_3 B} P_{3t} + \frac{c_4}{1 - \delta_4 B} P_{4t} + 112.1732 y_t(lunar) + (1 - \Theta_{12} B^{12}) a_t$$

其估計值

$$P_{1t} = I(t = MAY2021), c_1 = -106.4592, (33.1000)$$

$$P_{2t} = I(t = JUN2021), c_2 = -230.4698, (30.0615), \delta_2 = 0.639, (0.0676),$$

$$P_{3t} = I(t = MAR2022), c_3 = -197.8298, (25.1937), \delta_3 = 0.8823, (0.0315),$$

$$P_{4t} = I(t = JAN2023), c_4 = 163.512, (34.5033), \delta_4 = 0.8847, (0.1059),$$

$$\hat{\mu} = 327.0963, (4.7558), \widehat{\Theta}_{12} = -0.3098, (0.1177), \widehat{\sigma}^2 = 1169, a_t \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y5 新營

新營服務區配適模式後的 ACF、PACF 與 White Noise Test 皆有通過檢定，參數估計表顯示，參數皆有達到顯著，其中解釋變數 lunar year 的估計值為正，代表的意義為農曆過年對新營服務區的營業額為正面影響，而因 COVID-19 疫情而介入的點，除了2023年1月因疫情逐漸解封，報復性旅遊產生的正面影響，其餘皆為負面影響，其中最嚴重的是2021年6月因台灣進入三級警戒。新營的 P_{1t} 和 P_{2t} 在2021年5、6月，台灣進入三級警戒， P_{3t} 是在2023年1月為疫情結束後的第一個新年。

配適模式

$$y_t = c_1 P_{1t} + \frac{c_2}{1 - \delta_2 B} P_{2t} + c_3 P_{3t} + 61.217 y_t(lunar) + \frac{a_t}{(1 - \phi_1 B - \Phi_{12} B^{12})}$$

其估計值和標準誤差在括號

$$P_{1t} = I(t = MAY2021), c_1 = -48.4084, (14.3894),$$

$$P_{2t} = I(t = JUN2021), c_2 = -155.2777, (15.2388), \delta_2 = 0.7435, (0.0612),$$

$$P_{3t} = I(t = JAN2023), c_3 = 47.5607, (14.5872),$$

$$\widehat{\phi}_1 = -0.4608, (0.0887), \widehat{\Phi}_{12} = 0.4912, (0.0979), \widehat{\sigma}^2 = 284.6822,$$

$$a_t \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y6 仁德

仁德服務區配適模式後的 ACF、PACF 與 White Noise Test 皆有通過檢定，參數估計表可以看出，參數皆有達到顯著，其中解釋變數 lunaryear 的估計值為正，代表的意義為農曆過年對仁德服務區的營業額為正面影響，而 2019 年 10 月因大規模整修而介入的點也對營業額造成負面影響，此外，因 COVID-19 疫情介入的點，除了 2023 年 1 月因疫情逐漸解封，報復性旅遊產生的正面影響，其餘皆為負面影響，其中最嚴重的是 2021 年 6 月因臺灣進入三級警戒。 P_{1t} 是因仁德服務區 2019 年 10 月進行大規模改裝， P_{2t} 和 P_{3t} 在 2021 年 5、6 月，台灣進入三級警戒， P_{4t} 在 2023 年 1 月疫情逐漸解封。

配適模式

$$y_t - \mu = \frac{c_1}{1 - \delta_1 B} P_{1t} + c_2 P_{2t} + \frac{c_3}{1 - \delta_3 B} P_{3t} + c_4 P_{4t} + 33.9657 y_t(\text{lunar}) + \frac{a_t}{(1 - \phi_1 B - \Phi_{12} B^{12})}$$

其估計值和標準誤差在括號

$$P_{1t} = I(t = OCT2019), c_1 = -41.7688, (10.7024), \delta_1 = 0.8403, (0.1100),$$

$$P_{2t} = I(t = MAY2021) c_2 = -48.1299, (10.8354),$$

$$P_{3t} = I(t = JUN2021), c_3 = -101.7654, (13.3354), \delta_3 = 0.7082, (0.0748),$$

$$P_{4t} = I(t = JAN2023), c_4 = 30.59128, (10.5807),$$

$$\hat{\mu} = 161.6441, (6.6418), \widehat{\phi}_1 = 0.6963, (0.0749) \widehat{\Phi}_{12} = 0.474, (0.1014) \widehat{\sigma}^2 =$$

$$145.0476, a_t \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y7 平均

平均服務區營業額配適模式後的 ACF、PACF 與 White Noise Test 皆有通過檢定，參數估計表顯示，圖中的參數皆有達到顯著，其中解釋變數 lunaryear 的估計值為正，表示的意義為農曆過年對平均服務區的營業額為正面影響，而因 COVID-19 疫情而介入的點，除了 2023 年 1 月因疫情逐漸解封，報復性旅遊產

生的正面影響，其餘皆為負面影響，其中最嚴重的是 2021 年 6 月因臺灣進入三級警戒。 P_{1t} 和 P_{2t} 在 2021 年 5、6 月，台灣進入三級警戒， P_{3t} 是因 2022 年 3 月台灣疫情大爆發， P_{4t} 在 2023 年 1 月疫情逐漸解封。

配適模式

$$y_t - \mu = c_1 P_{1t} + \frac{c_2}{1 - \delta_2 B} P_{2t} + \frac{c_3}{1 - \delta_3 B} P_{3t} + \frac{c_4}{1 - \delta_4 B} P_{4t} + 59.9369 y_t(lunar) + \frac{a_t}{(1 - \phi_1 B - \phi_6 B^6)}$$

其估計值

$$P_{1t} = I(t = MAY2021), c_1 = -75.7907, (18.3440),$$

$$P_{2t} = I(t = JUN2021), c_2 = -152.1428, (18.6653), \delta_2 = 0.5429, (0.0854),$$

$$P_{3t} = I(t = MAR2022), c_3 = -39.5917, (17.3619), \delta_3 = 0.7549, (0.1785),$$

$$P_{4t} = I(t = JAN2023), c_4 = 58.9559, (19.5692), \delta_4 = 0.9543, (0.1681),$$

$$\hat{\mu} = 207.3478, (3.5494), \hat{\phi}_1 = 0.2607, (0.1065), \hat{\phi}_6 = 0.261, (0.1100), \hat{\sigma}^2 = 355.2689, a_t \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

第二節 時間數列迴歸法

y1 中壢

由圖 6 所示，中壢服務區配適模式後的 ACF、PACF 與 White Noise Test 皆有通過，圖 7 的參數估計表中可以看出，圖中的參數皆有達到顯著，解釋變數 $lunaryear$ 的估計值為正，表示農曆新年對中壢服務區的營業額為正影響，而因 COVID-19 疫情而介入的點，僅剩下 2021 年 6 月因臺灣進入三級警戒而介入的點。Seasonal Dummy 7 和 8 為正，推測是暑假期間，旅遊、交通業較為興盛所導致的，而春節所在的月份，Seasonal Dummy 為負，可能是由於每一月份的天數不同，所以有此變化。

(下圖為殘差的 ACF 和 PACF 皆有通過以及參數估計皆有達到顯著，顯示所配適的模式是合適的，為了節省空間，我們僅提供該模式第一站「y1 中壢」，以供讀者更直觀地了解模式的適用性與效果。)

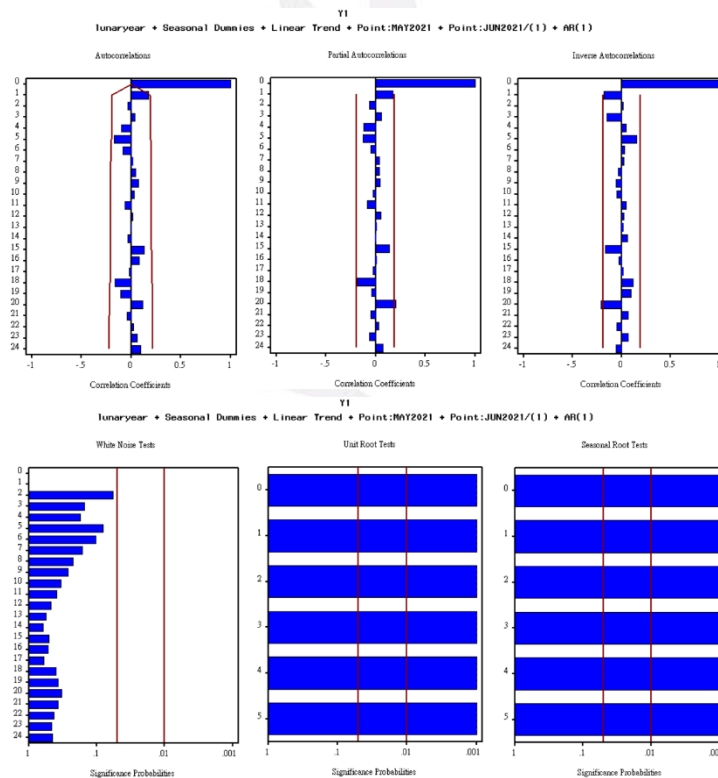


圖 6 中壢站時間數列迴歸法 Prediction Error Autocorrelation 和 White Noise Test

配適模式

$$y_t = 72.6599 + 0.1725t - 4.2096M_1 - 13.6972M_2 - 8.2941M_3 - 10.1864M_4 - 11.9525M_5 - 9.3146M_6 + 1.0376M_7 + 2.2841M_8 - 5.4712M_9 - 2.0777M_{10} - 5.9441M_{11} + 14.8847y_t(lunar) + c_1P_{1t} + \frac{c_2}{1 - \delta_2 B} P_{2t} + \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = 0.8702\varepsilon_{t-1} + a_t$$

其估計值和標準誤差在括號

$$P_{1t} = I(t = MAY2021), c_1 = -26.09461, (6.0319),$$

$$P_2 = I(t = JUN2021), c_2 = -52.25489, (8.0369), \delta_2 = 0.80181, (0.0835),$$

$$\hat{\sigma}^2 = 32.3867, a_t \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y2 湖口

湖口服務區配適模式後的 ACF、PACF 與 White Noise Test 皆有通過檢定，參數估計表中可以看出，參數有達到顯著，解釋變數 lunaryear 的估計值為正，表示農曆過年對湖口服務區的營業額為正影響，而因 COVID-19 疫情而介入的點，則對營業額有負面的影響，為臺灣在 2021 年 6 月進入三級警戒而介入的點。所有 Seasonal Dummy 中，僅有 7 為正，表示此站受旅遊旺季的影響較低，而春節所在的月份，Seasonal Dummy 為負，可能是由於每一月份的天數不同，所以有此變化。

配適模式

$$y_t = 221.0452 - 0.1033t - 9.8108M_1 - 19.5517M_2 - 19.973 - 3.4829M_4 - 34.3496 - 19.5106M_6 - 3.7047M_7 + 0.9845M_8 - 19.4324M_9 - 8.8604M_{10} - 15.5857M_{11} + 69.94634yt(Lunar) + \frac{c_1}{1 - \delta_1 B} P_{1t} + \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = 0.3235\varepsilon_{t-1} + 0.4892\varepsilon_{t-2} + a_t$$

其估計值和標準誤差在括號

$$P_{1t} = I(t = JUN2021), c_2 = -134.37742, (22.6678), \delta_1 = 0.62285, (0.1319),$$

$$\hat{\sigma}^2 = 548.94, a_t \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y3 泰安

泰安服務區配適模式後的 ACF、PACF 與 White Noise Test 皆有通過，參數估計表中可以看出，參數有達到顯著，解釋變數 lunaryear 的估計值為正，表示農曆過年對泰安服務區的營業額為正影響，而因 COVID-19 疫情而介入的點，除了 2023 年 1 月因疫情逐漸解封，報復性旅遊產生的正面影響，其餘皆為負面影響，其中最嚴重的是 2021 年 6 月因臺灣進入三級警戒。所有 Seasonal Dummy 中，僅有 7 為正，表示此站受旅遊旺季的影響較低，而春節所在的月份，Seasonal Dummy 為負，可能是由於每一月份的天數不同，所以有此變化。

配適模式

$$y_t = 270.5521 - 0.849t - 10.0037M_1 - 6.7286M_2 - 24.1614M_3 - 1.0585M_4 \\ - 44.3586M_5 - 34.3573M_6 + 3.4537M_7 + 21.388M_8 - 22.5783M_9 \\ - 8.8007M_{10} - 27.5945M_{11} + 109.084343yt(\text{Lunar}) + c_1P_{1t} \\ + c_2P_{2t} + c_3P_{3t} + c_4P_{4t} + \frac{c_5}{1 - \delta_5 B} P_{5t} + c_6P_{6t} + \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = 0.4361\varepsilon_{t-1} + a_t$$

其估計值和標準誤差在括號

$$P_{1t} = I(t = \text{MAR}2019), c_1 = -101.26231, (29.0456),$$

$$P_{2t} = I(t = \text{APR}2019), c_2 = -143.40318, (30.9216),$$

$$P_{3t} = I(t = \text{MAY}2019), c_3 = -129.73568, (28.7689),$$

$$P_{4t} = I(t = \text{MAY}2021), c_4 = -111.76792, (29.035),$$

$$P_{5t} = I(t = \text{JAN}2021), c_5 = -220.40793, (31.2231), \delta_5 = 0.69609, (0.0726),$$

$$P_{6t} = I(t = \text{JAN}2023), c_6 = 93.8817, (29.1247), \widehat{\sigma^2} = 729.0822, a_t \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y4 西螺

西螺服務區配適模式後的 ACF、PACF 與 White Noise Test 皆有通過，參數估計表中可以看出，參數有達到顯著，解釋變數 lunaryear 的估計值為正，表示農曆過年對西螺服務區的營業額為正影響，而因 COVID-19 疫情介入的點，則是對營業額有不同程度的正、負面影響，其中最嚴重的是 2021 年 6 月因臺灣進入三級警戒，僅有 2023 年 1 月報復性旅遊產生的正面影響。Seasonal Dummy 2、4、7 和 8 為正，推測是春節、暑假期間，旅遊、交通業較為興盛所導致的。

配適模式

$$y_t - \mu = 0.5065t - 3.494M_1 + 12.652M_2 - 9.0028M_3 + 9.6251M_4 - 29.9063M_5 \\ - 15.3873M_6 + 15.2013M_7 + 19.758M_8 - 16.7353M_9 \\ - 22.2216M_{10} - 31.7531M_{11} + 90.7342y_t(Lunar) + c_1P_1 \\ + \frac{c_2}{1 - \delta_2 B} P_{2t} + \frac{c_3}{1 - \delta_3 B} P_{3t} + c_4P_{4t} + \varepsilon_t$$

其估計值和標準誤差在括號

$$P_{1t} = I(t = MAY2021), c_1 = -133.0493, (38.1214),$$

$$P_{2t} = I(t = JAN2021), c_2 = -244.7367, (32.3606) \quad \delta_2 = 0.7389, (0.0529),$$

$$P_{3t} = I(t = MAR2022), c_3 = -239.2167, (27.7912), \quad \delta_3 = 0.8595, (0.0283),$$

$$P_{4t} = I(t = JAN2023), c_4 = 155.5903, (42.3932),$$

$$\hat{\mu} = 314.2844, (13.972), \quad \widehat{\sigma^2} = 1244, \quad a_t \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y5 新營

新營服務區配適模式後的 ACF、PACF 與 White Noise Test 皆有通過，參數估計表中顯示，參數有達到顯著，解釋變數 lunaryear 的估計值為正，表示農曆過年對新營服務區的營業額為正影響，而因 COVID-19 疫情而介入的點，2023 年 1 月因疫情逐漸解封，報復性旅遊產生的正面影響，而最嚴重的負面影響則是 2021 年 6 月因臺灣進入三級警戒。Seasonal Dummy 1、2、7、8 和 10 為正，推測是春節、暑假期間，旅遊、交通業較為興盛所導致的。

配適模式

$$y_t = 162.1364 - 0.5541t + 0.3607M_1 + 2.0558M_2 - 13.9386M_3 - 4.3672M_4 \\ - 20.0009M_5 - 10.2622M_6 + 9.6543M_7 + 6.2003M_8 \\ - 11.9424M_9 + 0.6225M_{10} - 13.4398M_{11} + 57.2223yt(Lunar) \\ + c_1P_{1t} + \frac{c_2}{1 - \delta_2 B} P_{2t} + c_3P_{3t} + \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = 0.3875\varepsilon_{t-1} + a_t$$

其估計值和標準誤差在括號

$$P_1 = I(t = MAY2021), c_1 = -62.937, (15.3624),$$

$$P_2 = I(t = JAN2021), c_2 = -139.6409, (16.1759), \delta_2 = 0.7094, (0.056)$$

$$P_3 = I(t = JAN2023), c_3 = 45.0032, (15.7768), \widehat{\sigma^2} = 208.6682, a_t \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y6 仁德

仁德服務區配適模式後的 ACF、PACF 與 White Noise Test 皆有通過檢定，參數估計表中可以看出，參數有達到顯著，解釋變數 lunaryear 的估計值為正，顯示農曆過年對仁德服務區的營業額為正影響，而因 COVID-19 疫情而介入的點，則對營業額有負面的影響，為臺灣在 2021 年 6 月進入三級警戒而介入的點。Seasonal Dummy 1、7 和 8 為正，推測是春節、暑假期間，旅遊、交通業較為興盛所導致的。

配適模式

$$y_t = 140.3688 + 0.3711t + 2.8515M_1 - 4.0269M_2 - 5.2538M_3 - 0.0671M_4 \\ - 6.8280M_5 - 2.4455M_6 + 7.6032M_7 + 11.4647M_8 - 5.9509M_9 \\ - 3.3401M_{10} - 13.4771M_{11} + 38.3584y_t(Lunar) + c_1P_{1t} \\ + \frac{c_2}{1 - \delta_2 B} P_{2t} + \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = 0.7016\varepsilon_{t-1} + a_t$$

其估計值和標準誤差在括號

$$P_{1t} = I(t = MAY2021), c_1 = -54.1104, (12.9209),$$

$$P_{2t} = I(t = JUN2021), c_2 = -102.8042, (15.8796), \delta_2 = 0.6964, (0.939),$$

$$\widehat{\sigma^2} = 147.3769, a_t \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

y7 平均

平均服務區營業額配適模式後的 ACF、PACF 與 White Noise Test 皆有通過檢定，參數估計表顯示，參數皆有達到顯著，其中解釋變數 lunaryear 的估計值為正，表示的意義為農曆過年對平均服務區的營業額為正面影響，而因 COVID-19 疫情而介入的點，除了 2023 年 1 月因疫情逐漸解封，報復性旅遊產生的正面影響，其餘皆為負面影響，其中最嚴重的是 2021 年 6 月因臺灣進入三級警戒。Seasonal Dummy 7 和 8 為正，推測是暑假期間，旅遊、交通業較為興盛所導致，而春節所在的月份，Seasonal Dummy 為負，可能是由於每一月份的天數不同，所以有此變化。

配適模式

$$y_t = 204.6716 + 0.026276 - 2.061M_1 - 10.2932M_2 - 21.6481M_3 \\ - 9.8841M_4 - 28.4488M_5 - 17.1043M_6 + 3.7914M_7 + 8.5362M_8 \\ - 15.0416M_9 - 8.3794M_{10} - 18.469M_{11} + 67.3871y_t(Lunar) \\ + c_1P_{1t} + \frac{c_2}{1 - \delta_2B}P_{2t} + \frac{c_3}{1 - \delta_3B}P_{3t} + \frac{c_4}{1 - \delta_4B}P_{4t} + \varepsilon_t$$

$$\varepsilon_t = 0.4361\varepsilon_{t-1} + a_t$$

其估計值和標準誤差在括號

$$P_{1t} = I(t = MAY2021), c_1 = -71.4044, (17.4604),$$

$$P_{2t} = I(t = JUN2021), c_2 = -152.6276, (17.8839), \delta_2 = 0.6602, (0.0638),$$

$$P_{3t} = I(t = JAN2022), c_3 = -36.8234, (14.4314), \delta_3 = 0.9192, (0.0787),$$

$$P_{4t} = I(t = JAN2023), c_4 = 53.4852, (18.923), \delta_4 = 0.9916, (0.1607)$$

$$\widehat{\sigma^2} = 261.1569, a_t \stackrel{i.i.d}{\sim} N(0, \sigma^2)$$

第三節 指數平滑法

從表 3 中可以得知，台灣國道一號各站在指數平滑法下最佳的方法分別為何，y1(中壢)、y3(泰安)、y6(仁德)和 y7(平均)使用加法指數平滑法預測最佳，而 y2(湖口)、y4(西螺)和 y5(新營)則是使用乘法指數平滑法預測最佳。

站別	最佳方法	指數平滑法	$\hat{\alpha}$	$\hat{\gamma}$	$\hat{\delta}$
y1 中壢	加法	加法 Holt-Winters 方法	0.9366	0.0010	0.0010
y2 湖口	乘法	乘法 Holt-Winters 方法	0.2857	0.0029	0.1393
y3 泰安	加法	加法 Holt-Winters 方法	0.1741	0.0010	0.1477
y4 西螺	乘法	乘法 Holt-Winters 方法	0.3860	0.0010	0.1783
y5 新營	乘法	乘法 Holt-Winters 方法	0.2115	0.0010	0.1746
y6 仁德	加法	加法 Holt-Winters 方法	0.3574	0.0010	0.2074
y7 平均	加法	加法 Holt-Winters 方法	0.2939	0.0017	0.1560

表 3 指數平滑法分析結果

第四節 預測比較

在表 4 中，各站點的 MAPE 值差異顯著，y3(泰安)和 y6(仁德)站點的 MAPE 值相對較低，顯示出該站在預測結果中具有較高的預測準確性，也說明該模式能成功捕捉數據這兩站的變化趨勢，而其他區 y2(湖口)的 MAPE 值相對較高，表明預測誤差較大，模式在此站的預測結果相較於其他站較差了點。加法指數平滑法在某些區(如 y1(中壢), y3(泰安), y6(仁德)) 的預測中表現最佳，而 y4(西螺) 則是使用乘法指數平滑法預測最佳，特別是在數據呈現較為規律的模式時。MAPE 值的範圍顯示，儘管某些模式在特區點上更為適合，但沒有一個模式在所有站點上都普遍優於其他模式，這強調了根據每個服務數據的特性來選擇適當模式的重要性。因此，在實際應用中，必須根據數據的特徵來靈活選擇和調整模式，以達到最佳的預測效果。

總結來看，MAPE 值範圍從 3.64% 到 22.76% 不等，這表明不同服務區和應用的模式方法預測準確性有所差異，指數平滑法通常在本研究數據上表現出更高的穩定性和可靠性。根據 Lewis (1982) 的標準(表 2)，數據中大多數的預測都可以歸類為高度準確或良好的範疇。這表明這些時間數列分析模式普遍具有不錯的效能，雖然某些服務區(如湖口服務區)仍有改進空間，可以從「良好」提升到「高度準確」的預測水準。MSE 值的分析表明，指數平滑法在多數服務區的預測精度較高，而 ARIMA 和時間數列迴歸法在不同服務區的表現參差不齊。

在表 5 整合各服務區的最佳預測方法，顯示不同分析方法在各服務區預測的差異，指數平滑法在中壢、泰安、西螺及仁德預測值最為穩定，而湖口和新營則根據特性做調整，提升預測的準確性。

站別	評估準則	ARIMA	時間數列迴歸法	加法 指數平滑法	乘法 指數平滑法
y1 中壢	MSE	289.86	347.18	132.73	
	MAE	16.38	16.87	10.34	
	MPE(%)	14.17	14.49	8.92	
	MAPE(%)	14.17	14.49	8.92	
y2 湖口	MSE	3478.55	4074.23		3525.8
	MAE	55.69	62.89		57.54
	MPE(%)	19.49	22.76		20.69
	MAPE(%)	19.87	22.76		20.69
y3 泰安	MSE	4498.47	3243.41	1280.12	
	MAE	62.9	49.61	27.66	
	MPE(%)	14.57	11.27	3.94	
	MAPE(%)	14.57	11.29	6.19	
y4 西螺	MSE	5132.59	6880.91		2633.87
	MAE	66.66	80.48		41.28
	MPE(%)	14.73	18.01		6.83
	MAPE(%)	14.73	18.01		8.97
y5 新營	MSE	2021.32	2534.42		2149.74
	MAE	36.04	42.34		37.96
	MPE(%)	11.09	12.74		12.57
	MAPE(%)	12.32	14.76		13.14
y6 仁德	MSE	474.79	251.36	115.07	
	MAE	17.93	12.35	7.65	
	MPE(%)	8.35	4.07	2.25	
	MAPE(%)	8.65	5.97	3.64	
y7 平均	MSE	2031.9	540.35	1480.56	
	MAE	37.66	16.16	34.36	
	MPE(%)	11.02	3.66	11.65	
	MAPE(%)	12.52	5.22	11.65	

表 4 ARIMA 與介入分析、時間數列迴歸法與指數平滑法樣本外預測表現

站別	方法
中壢	加法指數平滑法
湖口	ARIMA 介入分析
泰安	加法指數平滑法
西螺	乘法指數平滑法
新營	ARIMA 介入分析
仁德	加法指數平滑法
平均	時間數列迴歸法

表 5 所有服務區依據最佳準則的最佳模式



第五節 預測結果

針對每個服務區分別進行預測後，取得各站的最佳模式，最終顯示不同服務區最佳的 MAPE。在圖 7 至圖 12 中，分別展示了該站在各最佳模型下的樣本預測圖。圖中使用四條線來表示不同的數值：綠色線代表實際值，橘色線代表預測值，而 95%預測區間的上下界則以咖啡色線條表示。

從圖 7 中觀察到中壢站的預測值與實際值很接近，但是都是輕微低估(由實際值的線都是在預測之下)，並且實際值落在 95%的預測區間內，表示在加法指數平滑法模式在預測表現佳。從在圖 8 中，可以看到湖口站的實際值很接近 95%的預測區間上界，表示在預測 ARIMA 模式中低估這一年的營收。根據圖 9 的觀察泰安站的多數預測值與實際值很接近，2024 年 2、3 和 4 月有低估的情形。而在圖 10 的觀察，西螺站在乘法指數平滑法模式的預測值與實際值接近，且大部分實際值落在 95%的預測區間內更有八個點與實際值重疊，但在 2024 年的 2、3、4 月也有些許低估，顯示出模型的預測效果尚屬良好。從圖 11 中，可以得知新營站的估計下實際值大多數時間都在預測區間內，但從 2023 年 8 月開始有實際值接近甚至超出預測區間上界的情況，表示在 ARIMA 模型的預測下可能存在明顯低估的情況。最後在圖 12 中，仁德站在加法指數平滑法的預測值與實際值大致吻合，且大部分實際值落在 95%的預測區間內，顯示出該模型的預測效果較為出色。

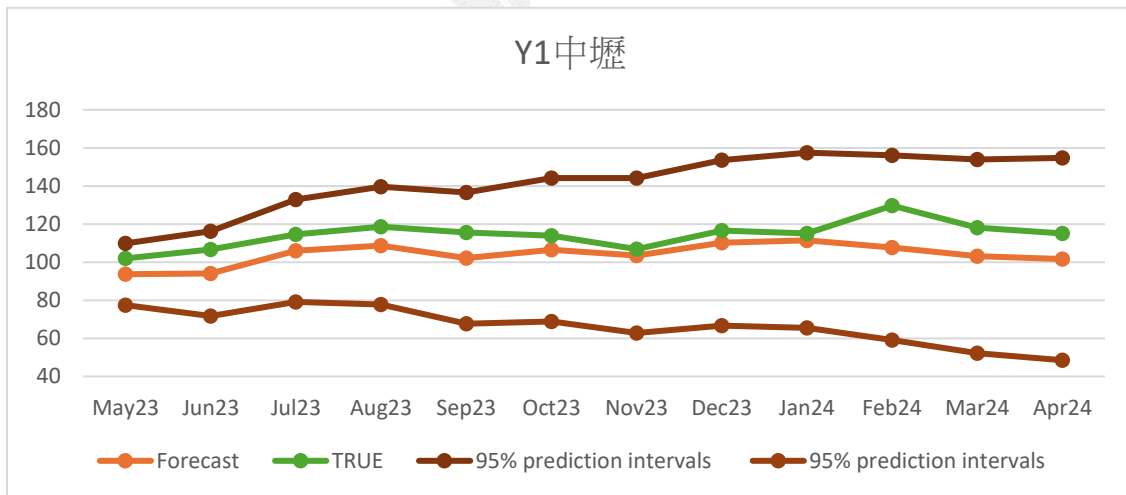


圖 7 中壢站在加法指數平滑法模式之下預測圖

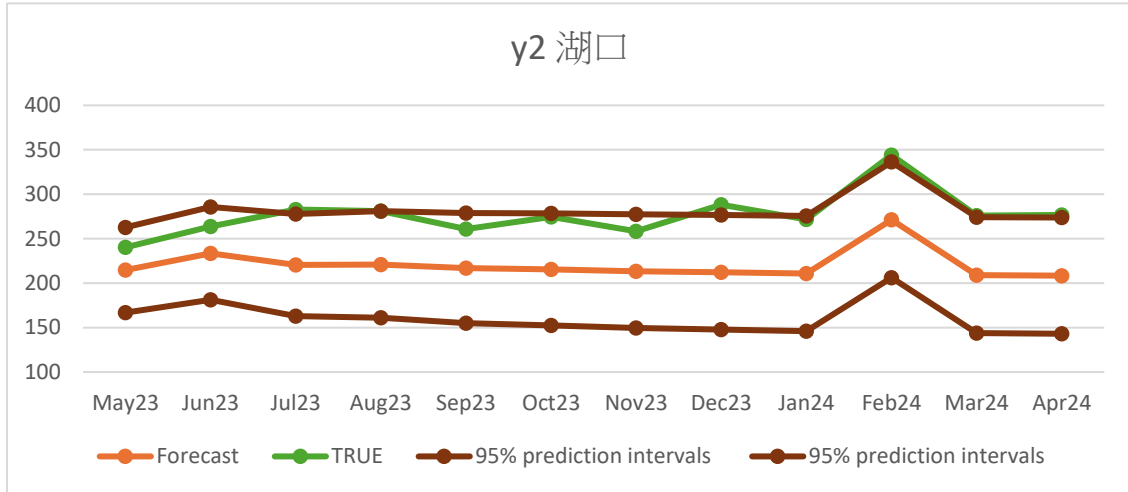


圖 8 湖口站在 ARIMA 模式之下預測圖

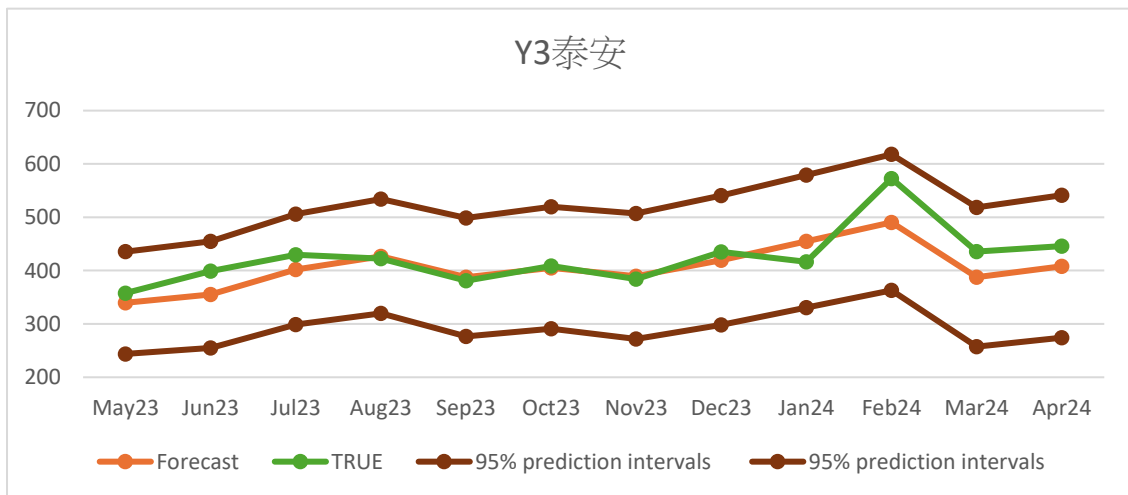


圖 9 泰安站在加法指數平滑法模式之下預測圖

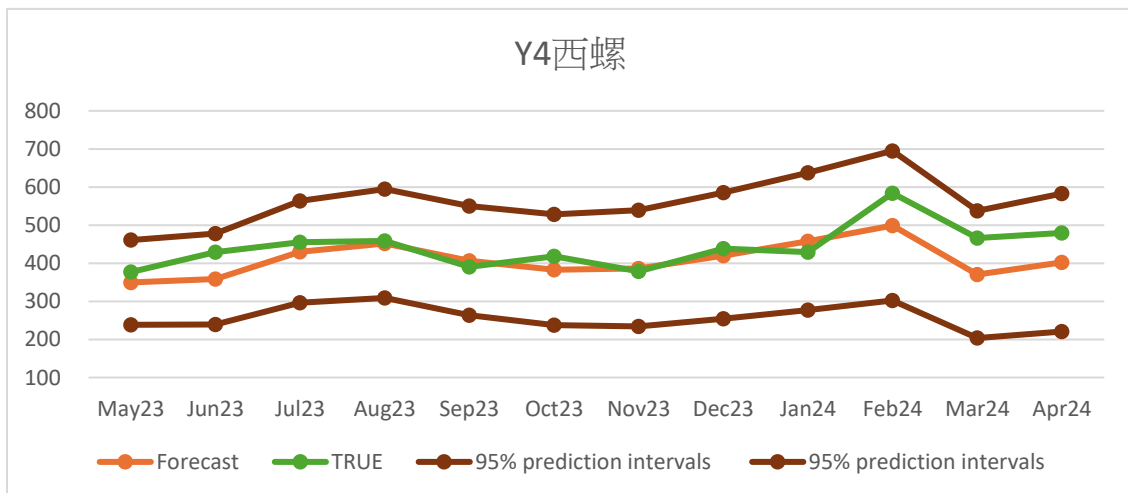


圖 10 西螺站在乘法指數平滑法模式之下預測圖

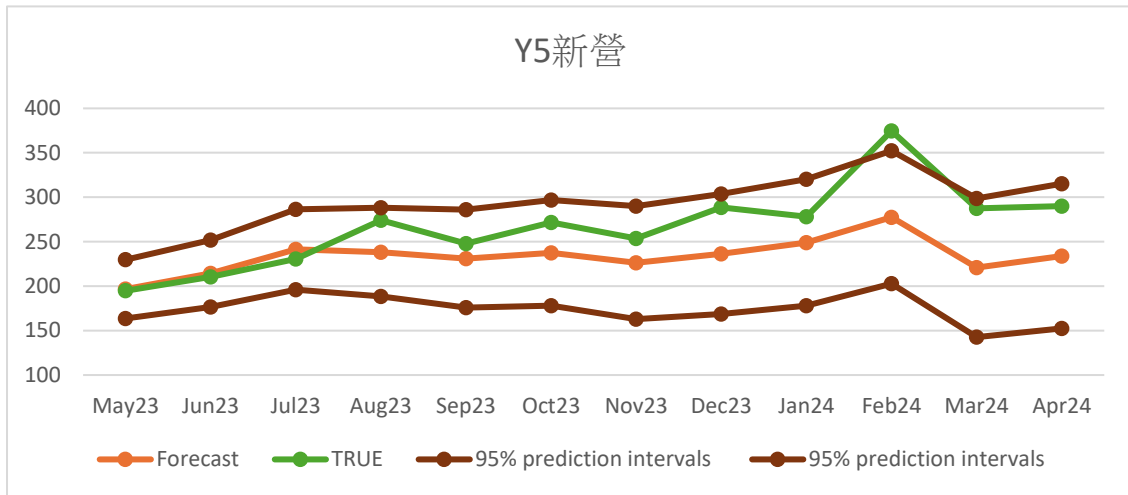


圖 11 新營站在 ARIMA 模式之下預測圖

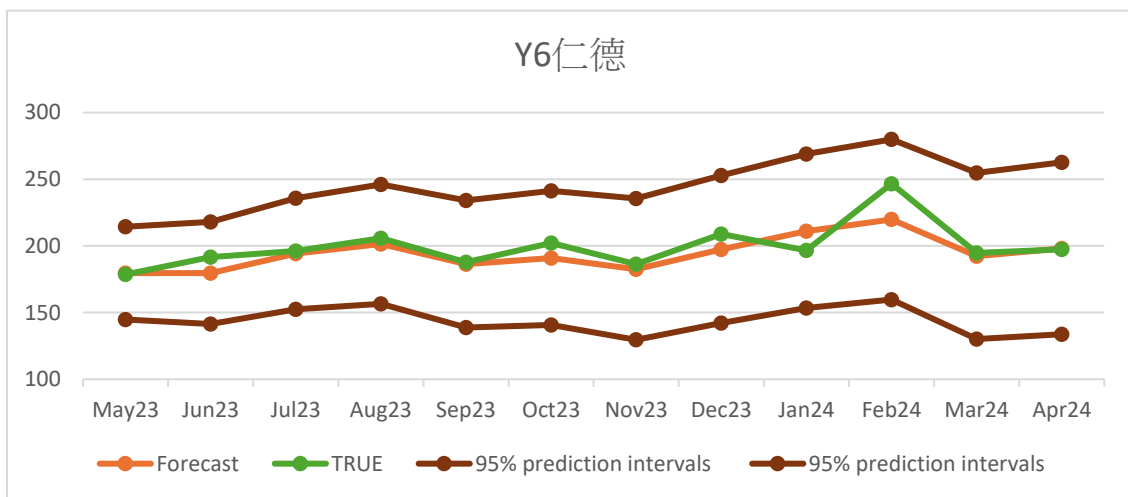


圖 12 仁德站在加法指數平滑法模式之下預測圖

總結來說，各服務區的預測結果顯示出預測模式具有不錯的預測能力。從中壢服務區到仁德服務區，大部分的預測值與實際值接近，並且多數點落在 95% 的預測區間內。這意味著預測模式不僅能夠反映出實際數據的趨勢，還能在一定程度上準確預測未來值。此外在多個服務區，預測值與實際值的重疊點數量進一步支持了模式的準確性，特別是在西螺和仁德服務區，重疊點分別達到了八個和七個，顯示出這些模式在這些區域的預測效果尤為可靠。總的來說，圖 7-12 所使用的預測模式具有較高的預測準確性和有效性。

第三章 結論

本研究通過對臺灣國道服務區營業額的歷年數據進行分析，發現每年 1 至 2 月期間，都會高於其他的月份，這現象與農曆新年期間旅遊人數的增加有著密切相關，因此，在數據中添加了一個解釋變數，將農曆新年的月份設為 1，其他月份設為 0，以更準確地反映農曆新年對營業額的影響。此外，我們觀察到 2021 年 5 至 6 月期間服務區營業額出現了明顯的下降，由於本土疫情嚴峻，全國自 5 月 19 日起開始實施三級警戒，警戒措施經歷了四次延長，最終延長至 7 月 26 日，期間全國人民的外出行動受到了嚴格限制，導致交通流量大幅減少，服務區營業額顯著下降，隨著三級警戒的解除，在 2023 年 1 月為人們疫情結束後的第一個農曆新年，開始進行報復性旅遊，短時間內提高了營業額。

為了更準確地預測服務區的營業額，本研究採用了三種模式進行預測，為 ARIMA 與介入分析、時間數列迴歸法以及指數平滑法，針對每個服務區分別進行預測後，取得各站的最佳模式，最終顯示不同服務區最佳的 MAPE。比較結果顯示國道一號各站的最佳預測法，中壢站、泰安站、西螺站、仁德站為指數平滑法，湖口站、新營站為 ARIMA 介入分析。分析結果表明，在面對複雜且多變的環境時，加總平均數據的方法在預測精度上更具優勢。本研究後續研究可以改進之處是，可以考慮使用滾動視窗法來進行一個月的預測，而非進行 12 期的預測，這樣能更有效地根據最新的數據進行模型更新，從而提升預測準確性。

從研究中發現，可以提供經營者作為改善經營服務區的幾項建議，在每年 1 至 2 月農曆新年期間可以預先規劃服務區的營運，應提前做好人力和貨物的準備，確保在旅遊高峰期能夠滿足顧客需求，提升服務品質，而對於突發事件，需要有靈活的應對策略，例如疫情發生時，能增加線上服務、宅配或推出促銷活動以減少損失，在疫情結束後，可以通過推廣、聯名活動吸引更多顧客，迅速恢復並提升營業額，而經營者持續監控服務區的營業額數據，可以及時分析和反應市場變化，並根據最新數據和預測結果不斷調整經營策略，確保服務區的發展和競爭力。

參考文獻

Bowerman, B. L., O'Connell, R. T., & Koehler, A. B. (2005) *Forecasting, time series and regression: An applied approach*. Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole.

Box, G. E. P., & Jenkins, J. M. (1976) *Time series analysis: Forecasting and control*. San Francisco, CA: Holden-Day.

Box, G. E. P., Jenkins, G. M., & Reinsel, G. C. (2008) *Time series analysis: Forecasting and control*. San Francisco: Holden Day.

Box, G. E. P., & Tiao, G. C. (1975) Intervention analysis with applications to economic and environmental problems. *Journal of the American Statistical Association*, 70, 70–74.

Chen, C.W.S., Cheng, M.C., and Sriboonchitta, S. (2018) Predictive analytics of Taiwan inbound tourism from ASEAN 5, *International Journal of Tourism Sciences*, 18, 124–138.

Hyndman, R. J. and Athanasopoulos, G. (2021) *Forecasting: Principles and Practice*, <https://otexts.com/fpp3/>

Lewis, C. D. (1982) *Industrial and business forecasting methods*. London: Butterworths.

資料來源為政府資料開放平臺 (<https://data.gov.tw/dataset/45759>)

政府資料開放平臺是中華民國政府根據《政府資訊公開法》所建立的跨部門計畫，提供開放資料供任何人，包括企業等在其使用規範內自由運用。本資料集記錄臺灣國道一號沿途服務區每年度每月的營業額，服務區包括中壢、湖口、泰安、西螺、新營與仁德。資料期間為 2014 年 1 月至 2023 年 4 月，預測期間為 2023 年 5 月至 2024 年 4 月。