

## 應用移動平均方法建構臺鐵縱貫線貨運量預測模式

李穎<sup>1\*</sup> 林沐恩<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>國立高雄科技大學供應鏈管理系 副教授

<sup>2</sup>國立高雄科技大學供應鏈管理系 碩士

### 摘要

隨著台灣西部地區公路建設範圍擴大與服務品質提升，臺鐵貨運運輸功能已逐漸被公路取代，使得臺鐵縱貫線貨運營運面臨挑戰。對未來貨運需求量的準確預測，可讓管理者在環境變化下，事先掌握趨勢且有效安排資源。本研究選用實務管理者可簡單便利使用的移動平均法建構貨運量預測模式。收集民國 102 至 109 年間臺鐵縱貫線每月貨運噸數及延噸公里資料。比較 4 種不同輸入資料期數方式的模式預測績效。模式預測績效優良，平均絕對誤差率介在 13% 至 18% 之間。再以民國 110 年的月資料進行模式驗證，平均絕對誤差率介在 10% 至 19% 之間，驗證模式預測績效優良。顯示本研究所提之程序與模式，確實可為臺鐵提供準確可靠的貨運量預測結果。未來，營運管理者可參考使用，有助於營運資源有效安排與決策規劃。

**關鍵詞：**預測、移動平均法、貨運量、臺鐵

DIO：10.6425/JNHUST.202403\_38(1).0004

\*聯繫作者：國立高雄科技大學供應鏈管理系，811 高雄市楠梓區海專路 142 號。

Tel: 07-3617141# 23468

Fax: 07-3646645

E-mail: yinglee1017@gmail.com



# **Freight Forecasting Model Development with Moving Average Method for the Main Line of Taiwan Railway**

**Ying Lee<sup>1\*</sup> Mu-En Lin<sup>2</sup>**

<sup>1\*</sup> Associate Professor, Department of Supply Chain Management, National Kaohsiung University of Science and Technology

<sup>2</sup> Master, Department of Supply Chain Management, National Kaohsiung University of Science and Technology

## **Abstract**

In western Taiwan, the highway network has been expanded and service qualities of highway have been improved continuously. The demands of freight transportation are gradually shifted to highway from railway transportation. This condition is a challenge for Taiwan Railway Administration (TRA) to operate the freight transportation in Main line. With this variation, accurate predictions of freight demands can help managers to realize the demand trends and to efficiently arrange the resources in advance. For easy and convenient application in practical, this study collects the monthly freight data from 2013 to 2020 and applies moving average method to conduct the freight demands forecast models for TRA Main line. To compare the demands forecasting performance, four models are developed from different periods of input data. Based on the forecast results of Mean absolute percentage error (MAPE) values from 13% to 18%, the model forecast performances are good. Furthermore, the monthly data from 2021 are used to validate the forecasting model and the validation results of MAPE values are from 10% to 19%. Based on the good forecasting and validation performance, the proposed procedure and models can provide accurate and reliable freight demand predictions and help TRA managers to arrange the resources more efficient.

**Keywords: Forecast 、 Moving Average 、 Freight 、 Taiwan Railway**



DIO : 10.6425/JNHUST.202403\_38(1).0004

---

\*Corresponding Author : Department of Supply Chain Management, National Kaohsiung University of Science and Technology, 142, Haizhuan Rd., Kaohsiung City 811, Taiwan.

Tel: 07-3617141# 23468

Fax: 07-3646645

E-mail: yinglee1017@gmail.com



## 壹、緒論

鐵路運輸在社會利益的層面上有著較低的環境污染、能源消耗以及低土地使用等特性。臺灣鐵路管理局(臺鐵)在整個台灣一直是很重要的輸運角色。尤其是在公路易壅塞延滯與航空運輸量有限的狀況下，鐵路運輸為多數民眾與大宗貨運業者會選擇使用的交通工具。但隨著公路系統持續建設下，全臺路網日漸綿密，使得公路與鐵路間互相配合的關係逐漸轉變成為相互替代與競爭的關係(史嘉莉，2005)。近十年的臺鐵貨運運量便受到公路顯著影響而逐年下降，總貨運量從2012年的10873千噸下降至2021年的6609千噸，累積降幅近40%。

為了面對環境與產業發展變動時，能及早了解需求變化，本研究以協助臺鐵營運管理者的角度，建構簡便使用又具準確度的貨運運量預測方法。收集臺鐵縱貫線每月貨運噸數與貨運延噸公里資料，分析月資料的趨勢變化以思考模式開發方向。為了讓營運管理者可不需具備高深的演算法知識或特殊計算軟體就能方便使用，因此在眾多的預測演算法中選擇以簡便使用的移動平均法為基礎，配合改善績效而逐步微調延伸發展出四種可進行每月貨運量預測的模式。研究成果將能讓臺鐵在安排貨運的人力排班、列車班次調度或設備維修等營運決策規劃前有可靠與準確的需求預測結果可先行參考。

## 貳、文獻探討

關於臺鐵貨運的文獻甚少，其中又多著重在營運策略的主題討論，較少關注貨運運量短期需求預測的成果。楊正德(1991)探討臺鐵貨運運量、成本、費率與運價之間的關係。研究結果發現臺鐵貨運的規模經濟與運能不足，且相對於成本的支出，費率不盡合理。史嘉莉(2005)從財務角度以成本效益分析評估臺鐵將東部砂石運輸至西部的可行性方案，建議臺鐵選擇服務40公里以上的運程較有收益競爭力。張祖龍(2009)檢視臺鐵既有資源與歸納貨運業者需求，提出臺鐵發展整合型物流的規劃建議，樂觀預估能為臺鐵增加14.8%的載貨率且減少約84500輛次的中長程卡車運輸。

回顧國內外關於鐵路運輸運量預測的文獻，多聚焦在旅客運輸。資料選用與模式建構普遍是收集歷史運量資料以時間序列的方式建構預測模式。有許多國內研究成果選用自迴歸移動平均整合模式(Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA)建構台鐵旅客運量預測模式。其中，賴泰元(2000)的研究成果顯示，旅運需求在每季、每週與每日各時段之需求波動皆呈現固定型態。另外，長途旅客班次選擇因素受開車時間、到達時間、行車時間以及停站型態影響。陳欣欣(2001)則是在研究中討論了中程旅運與長程旅運在季月週的週期變化。研究結果顯示，



長程旅運有明顯的季循環與週循環趨勢，中程旅運則僅有週循環趨勢。每月旅運總量預測及每週旅運總量預測之誤差較大。比較南下北上之預測模式，南下模式受到部分車種的班次減少的影響，預測績效比北上模式差。游智元(2006)對臺鐵四列次自強號列車進行每日旅運量預測，分別使用自迴歸平均整合模式(ARIMA)以及指數平滑模式，建構出合適之短期預測模式；更利用不同模式間比較，逐步求出班次資料與模式之間關係，得出選取最適預測模式之經驗法則。結果顯示，結合自我迴歸移動平均整合模式與指數平滑法中 Holt-Winters 模式於短期預測有最佳的績效表現。除了採用自迴歸平均整合模式(ARIMA)的上述文獻有不錯的預測成果外，蔡宗憲與李治綱(2012)的研究則發現混合了指數平滑法的 Holt-Winters 模式與季節自迴歸平均整合模式(Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average, SARIMA)的預測程序與模式具有最佳的預測績效，MAPE 值可低於 23%。研究中亦發現以逐月更新資料的模式預測績效最佳。

其他關於鐵路旅運量預測的文獻有如 Guo 與 Fu(2017)收集 1990 至 2013 年間每年的國內生產額、工業生產額、礦業生產額、原油輸出額、糧食輸出額、車輛數、營運里程數等資料，應用神經網路演算法預測 1999 至 2013 年各年的中國鐵路貨物運量。研究結果顯示，使用基因法改進的神經網路演算法的預測績效很好，預測運量與實際運量的誤差約在 5% 以內。Feng 等人(2021)收集 2013 年 5 月至 2017 年 5 月各月的中國鐵路旅客量，分別應用多個神經網路演算法以時間序列的方式建構運量預測模型。該研究預測 2017 年 6 月至 8 月的每月旅客運量，並比較各個神經網路演算法的預測績效。最低的平均絕對誤差率為 1.98%。Nar 與 Arslankaya(2022)收集 2019 與 2020 年土耳其伊斯坦堡市區鐵路 M1 線 Yenikapı 站至 Kirazlı 站之間的運量資料。該研究第一階段以歷史的每週運量分別使用迴歸、移動平均法推估全線的週總運量，以移動平均法的績效較佳 MAPE 低於 0.2%。第二階段以各站每週歷史運量預測沿線各站的運量，分別以人工神經網路與機器學習等方法作為演算工具建構預測模式。結果是機器學習的決策樹方法的預測績效最佳，MAPE 為 0.03%。

歸納鐵路運量相關文獻，普遍採用歷史運量資料以時間序列角度建構預測模式，能得到良好的預測績效。為提升預測績效，有些文獻著重在模式演算法的比較或改進，有些文獻著重在討論資料的季節趨勢影響差異。本研究以臺鐵貨運量為研究標的，由於影響貨運的橫斷面關係資料與貨運資料中的貨物品項、運送距離、各站運量等較不易取得連續完整的資料，而較為連續的資料是以路線別記錄的每月運量資料。因此，本研究將如同多數文獻的方向，採用歷史運量資料以時間序列角度建構預測模式，同時討論分析資料趨勢對預測模式的影響，以提升預測績效。



## 參、資料收集與分析

本研究資料來源為台鐵統計資料月報，共收集民國 102 年 1 月至 109 年 12 月之臺鐵縱貫線每月貨運噸數與每月貨運延噸公里。資料趨勢與相關係數分析如下。

### 一、每月貨運資料趨勢分析

民國 102 年 1 月至 109 年 12 月之臺鐵縱貫線每月貨運噸數資料分布如圖 1 所示。結果顯示臺鐵縱貫線從 102 年至 109 年間的每月貨運噸數變化趨勢大致相似，每年二月的貨運量幾乎是該年的最低。若比較整年運量，臺鐵縱貫線在此 8 年間的各年總貨運噸數為逐年下降。

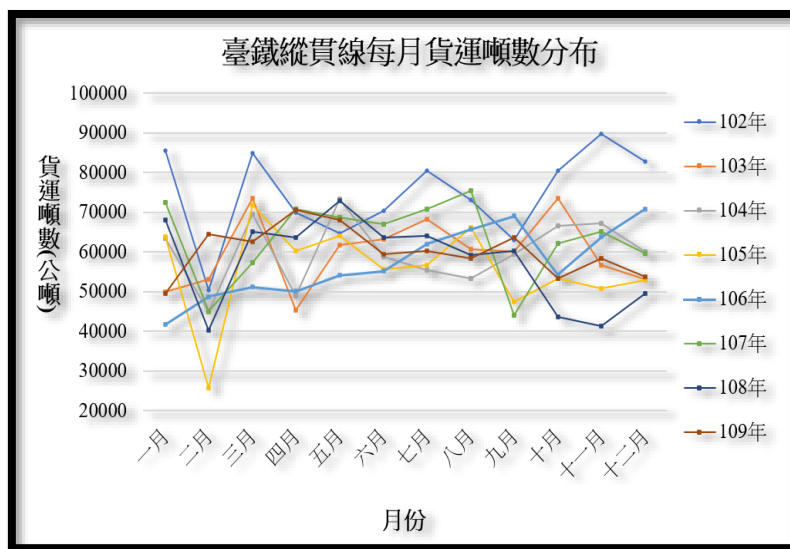


圖 1 臺鐵縱貫線每月貨運噸數分布

民國 102 年 1 月至 109 年 12 月之臺鐵縱貫線每月貨運延噸公里資料分布如圖 2 所示。結果顯示臺鐵縱貫線 102 年至 109 年的每月貨運延噸公里變化趨勢大致相似，每年二月的貨運延噸公里幾乎是該年的最低，每年九月的貨運延噸公里也普遍是該年的另一相對低點。若比較整年運量，臺鐵縱貫線在這 8 年間的各年總貨運延噸公里為逐年下降。



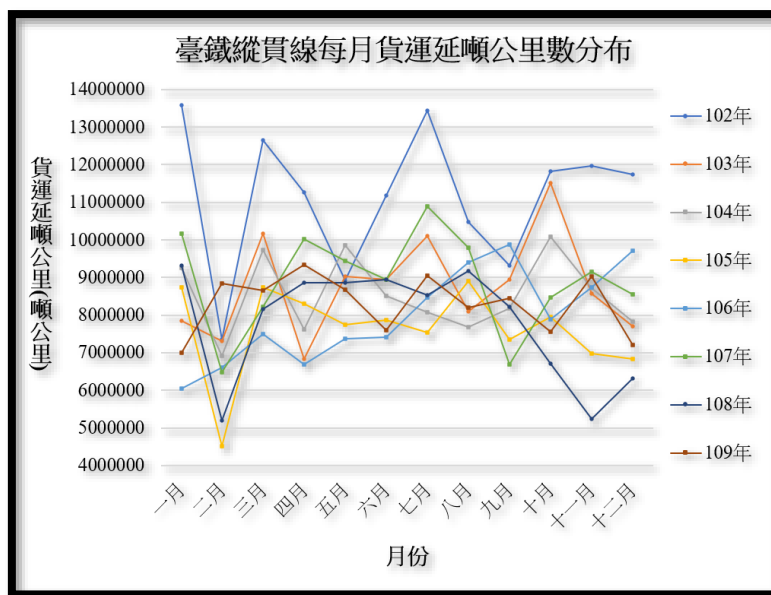


圖 2 臺鐵縱貫線每月貨運延噸公里分布

比較貨運延噸公里的每年各月趨勢變化與貨運噸數的每年各月趨勢變化，兩者趨勢差異不大。比較民國 102 年至 109 年的全年總貨運噸數與全年總貨運延噸公里，兩者皆呈現逐年下降趨勢。自歷年臺鐵統計年報歸納出貨運量逐年下滑的原因。包含有台灣西部高速公路網日漸成形，貨運使用公路運輸更加便利。多港政策，讓大宗貨物使用公路運輸即可方便往來鄰近的港口。旅客運輸需求增加而增開客運班次、夜間路線保養或沿線居民抗議而減少夜間貨運班次，降低了貨運使用路線與提供服務的機會。

## 二、每月貨運資料相關分析

每月貨運資料相關分析指的是計算各月與前第 1 個月至前第 13 個月之貨運量相關係數。所使用的皮爾森相關係數公式如公式 1。相關係數結果與大小排序整理如表 1 所示。各月貨運噸數與前第 2 個月的資料之相關係數值 0.234 最高；其次為與前第 7 個月，相關係數值為 0.200；第三為與前第 12 個月，相關係數值皆為 0.193。從相關係數前三高的月份，可以了解各月貨運噸數約具有半年度的週期變化。各月貨運延噸公里則與前第 3 個月的資料之相關係數值 0.350 最高；其次為與前第 1 個月資料的相關係數值為 0.309；第三為與前第 2 個月資料的相關係數值為 0.306。從相關係數前三高的月份，可以了解各月貨運延噸公里約具有季度的週期變化。

$$r(x \cdot y) = \frac{COV(x,y)}{S_x S_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$



表 1 臺鐵縱貫線各月與前月貨運量資料之相關係數

	貨運噸數		貨運延噸公里	
	相關係數	排序	相關係數	排序
各月與前第 1 個月(m-1)	0.143	5	0.309	2
各月與前第 2 個月(m-2)	0.234	1	0.306	3
各月與前第 3 個月(m-3)	0.121	8	0.350	1
各月與前第 4 個月(m-4)	0.187	4	0.287	4
各月與前第 5 個月(m-5)	0.101	9	0.236	7
各月與前第 6 個月(m-6)	-0.084	12	0.151	11
各月與前第 7 個月(m-7)	0.200	2	0.261	5
各月與前第 8 個月(m-8)	0.080	10	0.180	10
各月與前第 9 個月(m-9)	0.015	11	0.140	12
各月與前第 10 個月(m-10)	0.135	6	0.208	9
各月與前第 11 個月(m-11)	0.131	7	0.216	8
各月與前第 12 個月(m-12)	0.193	3	0.251	6
各月與前第 13 個月(m-13)	-0.116	13	-0.068	13

## 肆、研究方法與模式建構

### 一、移動平均法

為了讓營運管理者可不需具備高深的演算法知識或特殊計算軟體就能方便使用本研究成果。因此，在眾多的時間序列方法中選擇可簡便使用的移動平均法(Moving Average, MA)為基礎，配合改善績效而逐步微調延伸發展出四種可進行每月貨運量預測的模式。希望研究成果將能讓臺鐵在安排貨運的人力排班、機車班次調度或設備維修等營運決策規劃前有簡單方便使用、可靠與準確的需求預測結果可先行參考。

「移動平均法」是指特定時間週期內之實際數值來預測未來一到多期的需求量，是一種基本且有效的趨勢判別標準。透過將過往某時段內的數值相加，計算其平均後串聯起來，做一基本且有效的趨勢判別指標。國內外各領域已有諸多應用移動平均法的研究成果，摘述如下。

Pun 等人[2017]以 2000 至 2008 年間的美國 65 歲至 120 歲參與醫療保險人口為研究對象。分析他們暴露於懸浮微粒(PM2.5)狀況與因呼吸道疾病、癌症、心血管疾病死亡率之間的關係。分別比較每 12、24、36、48 與 60 個月的 PM2.5 移動平均值與死亡風險的關聯值。研究結果顯示，越長期暴露於 PM2.5 中，導致呼





吸道、肺癌、心血管相關死亡率的風險增加。

Olaniyi 等人[2018]收集奈及利亞 2010 至 2017 年間之國內航空旅客數，使用兩年期移動平均法與以平滑數為 0.9 之指數平滑方法分別進行預測模式建構。以平均平方誤差值比較兩模式在 2018 年奈及利亞國內航空旅客數的預測結果。顯示兩年期移動平均方法的預測結果比簡單指數平滑法更接近實際旅客數。

Pal 與 Upadhyay[2017]分別利用簡單移動平均法及指數平滑法預測印度特里普拉(Tripura)每年進口的漁貨量。研究中以平均絕對誤差率、平均絕對誤差值、平均平方差做為評估指標，比較預測與實際魚貨量的差異。研究成果發現當模式只輸入前 2 期歷史資料進行預測的績效會優於輸入前 4 期或前 6 期歷史資料進行預測的績效。

## 二、預測模式建構

以移動平均法作為模式建構主軸，從不同輸入資料期數的方法延伸四種模式進行臺鐵縱貫線貨運噸數與貨運延噸公里之預測，以下為移動平均法四種模式資料處理與資料分析之說明：

### (一)模式一：天真法

模式一以天真法建立預測模式。當要預測第  $m$  月的運量時，此法是以第  $m$  月的前第  $k$  月的貨運噸數或貨運延噸公里數作為其預測值。模式一公式如下式 2 所示：

$$F_m = A_{m-k} \quad (2)$$

其中， $m$ ：第  $m$  月。 $k$ ：第  $m$  月的前  $k$  個月。 $F_m$ ：第  $m$  月的預測貨運量。 $A$ ：第  $m-k$  月的實際貨運量。

### (二)模式二：連續期移動平均法

模式二以連續期移動平均方法建立預測模式。當要預測第  $m$  月的運量時，此法是將第  $m-1$  月至第  $m-k$  月的貨運噸數或貨運延噸公里數加總後平均。模式二公式如下式 3 所示：

$$F_m = \frac{\sum_{i=1}^k A_{m-i}}{k} \quad (3)$$

其中， $m$ ：第  $m$  月。 $i$ ：第  $m$  月的前第  $i$  月。 $k$ ：第  $m$  月的前  $k$  個月。 $F_m$ ：第  $m$  月的預測貨運量。 $A$ ：第  $m-i$  月的實際貨運量。

### (三)模式三：挑選期移動平均法

模式三的概念是先將各月與前第  $i$  月的貨運量相關係數高低排序，來挑選相關係數高的月資料放入移動平均計算式中。模式三算式如公式 4 所示：



$$F_m = \frac{\sum_{j=1}^h A_j}{h} \quad (4)$$

其中， $m$ ：第  $m$  月。 $j$ ：在第  $m$  月前，相關係數第  $j$  高的月。 $h$ ：使用第  $m$  月前共  $h$  個貨運量相關係數高的月資料。 $F_m$ ：第  $m$  月的預測貨運量。 $A$ ：第  $m$  月前，相關係數第  $j$  高的月實際貨運量。

#### (四)模式四：挑選期移動權重平均法

模式四是以模式三為基礎，利用所挑選相關係數高的月資料在計算移動平均時，會以該月資料的相關係數值佔所有挑選月資料的相關係數值合之比例做為計算平均時的權重。模式四計算方法如公式 5 所示：

$$F_m = \sum_{j=1}^h \left( A_j \times \frac{r_j}{\sum_{j=1}^h r_j} \right) \quad (5)$$

其中， $m$ ：第  $m$  月。 $j$ ：在第  $m$  月前，相關係數第  $j$  高的月。 $h$ ：使用第  $m$  月前共  $h$  個貨運量相關係數高的月資料。 $r$ ：第  $m$  月與前月的相關係數。 $F_m$ ：第  $m$  月的預測貨運量。 $A$ ：第  $m$  月前，相關係數第  $j$  高的月實際貨運量。

### 三、模式評估

本研究採用之方法為平均絕對誤差率(Mean Absolute Percentage Error, MAPE)指標來檢驗預測模型的可信度，公式與定義如式 6 所示。Lewis(1982)將 MAPE 分為四個等級來表示模式預測績效。當 MAPE 值小於 10%時，為高準確(Excellent)預測績效；當 MAPE 值介於 10%與 20%之間時，為優良(Good)的預測績效；當 MAPE 值介於 20%與 50%之間時，為合理(Resonable)的預測績效；當 MAPE 值大於 50%時，為不合理(Incorrect)預測績效。

$$MAPE = \frac{\sum \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t}}{n} \times 100 \quad (6)$$

其中， $Y_t$ ：第  $m$  月的實際貨運量。 $\hat{Y}_t$ ：第  $m$  月的預測貨運量。 $n$ ：總計算月數。

### 伍、實證分析結果

本節先以民國 102 年 1 月至 109 年 12 月間臺鐵縱貫線貨運噸數與貨運延噸公里之月資料，使用四個模式分別進行預測，並比較使用不同資料月數的預測績效。確立了最佳使用資料月數後，再以民國 110 年 1 月至 110 年 12 月間臺鐵縱



貫線貨運噸數與貨運延噸公里之月資料，驗證四個模式的預測效果。

### 一、預測模式建構與績效比較

使用民國 102 年 1 月至 109 年 12 月間臺鐵縱貫線貨運噸數之月資料，四模式預測臺鐵縱貫線每月貨運噸數的績效比較如表 2 所示。

模式一的結果顯示，使用前第 1 個月資料作為預測值的績效最佳，MAPE 值為 18.48%，屬於優良的預測表現；而採用前第 13 個月資料作為預測值的績效最差，但 MAPE 值仍有 23.59%，屬於合理的預測表現。比較使用各前月資料作為預測之績效結果，可以發現當縱貫線貨運噸數使用前單一月資料作為預測值時，採用的前月資料距離當月越久遠，所得的預測績效越不好。

模式二的結果顯示，當各月使用所有前第 1 至 13 個月的月資料進行移動平均計算，可以得到最佳的預測績效，MAPE 值為 14.79%，屬於優良的預測表現；而在模式一績效最好的使用前第 1 個月資料進行預測，反而在模式二的結果比較下成為績效最差的。這樣的結果亦有跡象顯示，為了有效預測各月的臺鐵貨運噸數應綜合考慮數個前月資料變化的影響。

模式三參考了表 1 提供的各月與前月貨運噸數的相關係數值，挑選要放入模式中的月資料。由表 2 結果顯示，選取各月的前第 2、7、12、4、1、10、11 個月資料，綜合計算出的平均值具有較佳的預測績效，MAPE 值為 14.13%，屬於優良的預測表現。而使用相關係數前第 2 個月資料提供的預測績效最差，但 MAPE 值仍有 18.99%，屬於優良的預測表現。模式三的最佳績效優於模式二的最佳績效，顯示預測臺鐵縱貫線每月貨運量時，除了綜合考慮數個前月資料的影響外，可先利用相關係數值的大小來挑選前月資料，更能確實提升預測的效果。

模式四與模式三使用相同方式進行月資料挑選，但在計算平均值時，以相關係數所佔之比例作為計算平均的權重。由表 2 結果顯示，選取各月的前第 2、7、12、4、1、10 個月資料，綜合計算出的平均值具有較佳的預測績效，MAPE 值為 14.63%，屬於優良的預測表現。績效最差的結果與模式三結果相同。



表 2 臺鐵縱貫線貨運噸數預測績效比較

模式一		模式二		模式三		模式四	
前月資料	MAPE (%)	前月資料	MAPE (%)	前月資料	MAPE (%)	前月資料	MAPE (%)
1	<b>18.48</b>	1	18.48	2	18.99	2	18.99
2	18.61	1~2	15.94	2,7	16.88	2,7	16.71
3	19.86	1~3	15.71	2,7,12	15.34	2,7,12	15.32
4	19.72	1~4	15.25	2,7,12,4	15.23	2,7,12,4	15.21
5	20.70	1~5	15.01	2,7,12,4,1	14.71	2,7,12,4,1	14.77
6	23.22	1~6	15.58	2,7,12,4,1,10	14.20	<b>2,7,12,4,1,10</b>	<b>14.63</b>
7	20.28	1~7	15.26	<b>2,7,12,4,1,10,11</b>	<b>14.13</b>	2,7,12,4,1,10,11	15.14
8	21.89	1~8	15.40	2,7,12,4,1,10,11,3	14.28	2,7,12,4,1,10,11,3	15.58
9	22.32	1~9	15.60	2,7,12,4,1,10,11,3,5	14.41	2,7,12,4,1,10,11,3,5	15.80
10	20.40	1~10	15.47	2,7,12,4,1,10,11,3,5,8	14.41	2,7,12,4,1,10,11,3,5,8	16.11
11	20.72	1~11	15.21	2,7,12,4,1,10,11,3,5,8,9	14.66	2,7,12,4,1,10,11,3,5,8,9	16.16
12	19.49	1~12	14.97	2,7,12,4,1,10,11,3,5,8,9,6	14.97	2,7,12,4,1,10,11,3,5,8,9,6	15.74
13	23.59	1~13	<b>14.79</b>	1~13	14.79	1~13	14.67

註：前月資料中的數字表示所使用的是前第幾個月的資料進行計算

使用民國 102 年 1 月至 109 年 12 月間臺鐵縱貫線貨運延噸公里之月資料，四模式預測臺鐵縱貫線每月貨運延噸公里的績效比較如表 3 所示。

模式一的結果顯示，使用前第 2 個月資料作為預測值的績效最佳，MAPE 值為 17.36%，屬於優良的預測表現；而採用前第 13 個月資料作為預測值的績效最差，但 MAPE 值仍有 22.83%，屬於合理的預測表現。比較使用各前月資料作為預測之績效結果，可以發現當縱貫線貨運延噸公里使用前單一月資料作為預測值時，採用的前月資料距離當月越久遠，所得的預測績效越不好。此現象與使用模式一預測貨運噸數時一致。

模式二的結果顯示，當各月使用所有前第 1 至 7 個月的月資料進行移動平均計算，可得到最佳的預測績效，MAPE 值為 13.66%，屬於優良的預測表現；績



效最差的則是只使用前第 1 個月資料作為預測。模式二的績效比較結果可看出臺鐵縱貫線的每月貨運延噸公里的變化約與近半年的月資料有顯著的影響關係。

模式三參考了表 2 提供的各月與前月貨運延噸公里的相關係數值，挑選要放入模式中的月資料。由表 3 結果顯示，選取各月的前第 3、1、2、4、7、12、5、11、10 個月資料，綜合計算出的平均值具有較佳的預測績效，MAPE 值為 13.21%，屬於優良的預測表現。而使用相關係數前第 2 個月資料提供的預測績效最差，但 MAPE 值仍有 18.49%，屬於優良的預測表現。模式三的最佳績效優於模式二的最佳績效，顯示預測臺鐵縱貫線每月貨運量時，除了應綜合考慮數個前月資料的影響外，可先利用相關係數值的大小來挑選前月資料，更能確實提升預測的效果。從模式三所挑選的資料月份可以發現，臺鐵縱貫線貨運延噸公里的變化與近一季、去年同季的月資料有較密切影響關係。

模式四與模式三使用相同方式進行月資料挑選，但在計算平均值時，以相關係數所佔之比例作為計算平均的權重。由表 3 結果顯示，選取各月的前第 1 至 13 個月資料，以相關係數佔比為權重而綜合計算出的平均值具有較佳的預測績效，MAPE 值為 13.11%，屬於優良的預測表現。績效最差的結果與模式三結果相同。比較模式四與模式三的結果，使用移動平均法預測臺鐵縱貫線貨運延噸公里時，考量相關係數的比例做為計算平均時的權重，是有機會提升預測績效。



表 3 臺鐵縱貫線貨運延噸公里預測績效比較

模式一		模式二		模式三		模式四	
前月資料	MAPE (%)	前月資料	MAPE (%)	前月資料	MAPE (%)	前月資料	MAPE (%)
1	17.87	1	17.87	3	18.49	3	18.49
<b>2</b>	<b>17.36</b>	1~2	15.29	3,1	15.31	3,1	15.36
3	18.30	1~3	14.29	3,1,2	14.66	3,1,2	14.73
4	18.01	1~4	14.13	3,1,2,4	14.31	3,1,2,4	14.35
5	19.23	1~5	13.76	3,1,2,4,7	13.50	3,1,2,4,7	13.49
6	20.56	1~6	14.05	3,1,2,4,7,12	13.31	3,1,2,4,7,12	13.34
7	19.05	<b>1~7</b>	<b>13.66</b>	3,1,2,4,7,12,5	13.31	3,1,2,4,7,12,5	13.27
8	19.99	1~8	13.85	3,1,2,4,7,12,5,11	13.39	3,1,2,4,7,12,5,11	13.33
9	20.31	1~9	13.87	<b>3,1,2,4,7,12,5,11,10</b>	<b>13.21</b>	3,1,2,4,7,12,5,11,10	13.18
10	19.68	1~10	13.83	3,1,2,4,7,12,5,11,10,8	13.31	3,1,2,4,7,12,5,11,10,8	13.22
11	19.95	1~11	13.91	3,1,2,4,7,12,5,11,10,8,6	13.63	3,1,2,4,7,12,5,11,10,8,6	13.42
12	18.43	1~12	13.83	3,1,2,4,7,12,5,11,10,8,6,9	13.83	3,1,2,4,7,12,5,11,10,8,6,9	13.52
13	22.83	1~13	13.72	1~13	13.72	<b>1~13</b>	<b>13.11</b>

註：前月資料中的數字表示所使用的是前第幾個月的資料進行計算

## 二、預測模式驗證與績效比較

使用民國 110 年 1 月至 110 年 12 月間臺鐵縱貫線貨運噸數之月資料，驗證四模式預測臺鐵縱貫線每月貨運噸數的績效比較如表 4 所示。

比較表 2 與 4 的結果，模式一使用前第 1 個月資料作為預測值的績效從 MAPE 值 18.48% 下降到 15.18%。模式二使用前第 1 至第 13 個月資料計算平均後作為預測值，績效從 MAPE 值 14.79% 下降到 11.00%。模式三使用前第 2、7、12、4、1、10、11 個月資料，綜合計算出的平均值作為預測值，績效從 MAPE 值 14.13% 下降到 10.58%。模式四使用前第 2、7、12、4、1、10、11 個月資料，以相關係數所佔之比例作為計算平均的權重，綜合計算出的平均值作為預測值，績效從 MAPE 值 14.63% 下降到 10.75%。





比較模式建構與驗證的結果，四模式使用模式建構時最佳的月資料組合進行模式驗證時，雖然不一定是在模式驗證中績效最佳的月資料組合，但仍能提供優良的預測結果。

表 4 驗證臺鐵縱貫線貨運噸數預測績效比較

模式一		模式二		模式三		模式四	
前月資料	MAPE (%)	前月資料	MAPE (%)	前月資料	MAPE (%)	前月資料	MAPE (%)
1	<b>15.18</b>	1	15.18	2	14.61	2	14.61
2	14.61	1~2	13.67	2,7	10.67	2,7	10.82
3	17.23	1~3	13.65	2,7,12	10.12	2,7,12	10.23
4	15.15	1~4	12.79	2,7,12,4	9.96	2,7,12,4	<b>10.07</b>
5	19.53	1~5	13.15	2,7,12,4,1	10.81	2,7,12,4,1	10.70
6	13.86	1~6	12.13	2,7,12,4,1,10	10.66	<b>2,7,12,4,1,10</b>	<b>10.75</b>
7	13.28	1~7	11.71	<b>2,7,12,4,1,10,11</b>	<b>10.58</b>	2,7,12,4,1,10,11	10.90
8	12.43	1~8	11.50	2,7,12,4,1,10,11,3	11.05	2,7,12,4,1,10,11,3	11.44
9	17.68	1~9	12.19	2,7,12,4,1,10,11,3,5	11.47	2,7,12,4,1,10,11,3,5	11.89
10	14.85	1~10	11.87	2,7,12,4,1,10,11,3,5,8	11.36	2,7,12,4,1,10,11,3,5,8	11.93
11	12.55	1~11	11.70	2,7,12,4,1,10,11,3,5,8,9	11.93	2,7,12,4,1,10,11,3,5,8,9	12.02
12	12.57	1~12	11.39	2,7,12,4,1,10,11,3,5,8,9,6	11.39	2,7,12,4,1,10,11,3,5,8,9,6	12.19
13	10.24	<b>1~13</b>	<b>11.00</b>	1~13	11.00	1~13	12.49

註：前月資料中的數字表示所使用的是前第幾個月的資料進行計算

使用民國 110 年 1 月至 110 年 12 月間臺鐵縱貫線貨運延噸公里之月資料，驗證四模式預測臺鐵縱貫線每月貨運延噸公里的績效比較如表 5 所示。

比較表 3 與 5 的結果，模式一使用前第 2 個月資料作為預測值的績效從 MAPE 值 17.36% 下降到 17.27%。模式二使用前第 1 至第 7 個月資料計算平均後作為預測值，績效從 MAPE 值 13.66% 上升到 14.35%。模式三使用前第 3、1、2、4、7、12、5、11、10 個月資料，綜合計算出的平均值作為預測值，績效從 MAPE 值 13.21% 上升到 13.97%。模式四使用前第 3、1、2、4、7、12、5、11、



10 個月資料，以相關係數所佔之比例作為計算平均的權重，綜合計算出的平均值作為預測值，績效從 MAPE 值 13.11% 上升到 13.33%。

根據模式驗證與比較的結果，四模式使用原本最佳的月資料組合所計算的驗證績效，雖然不是在驗證中最佳的月資料組合，甚至在模式二、模式三、模式四的驗證績效較建構績效差，但驗證時的預測績效結果仍是優良。表示未來在實務應用時，使用新資料透過本研究提出的模式，有信心可得到優良的預測值。

表 5 驗證臺鐵縱貫線貨運延噸公里預測績效比較

模式一		模式二		模式三		模式四	
前月資料	MAPE (%)	前月資料	MAPE (%)	前月資料	MAPE (%)	前月資料	MAPE (%)
1	20.51	1	20.51	3	20.03	3	20.03
2	<b>17.27</b>	1~2	16.10	3,1	18.34	3,1	18.21
3	20.03	1~3	16.48	3,1,2	16.48	3,1,2	16.52
4	15.41	1~4	15.61	3,1,2,4	15.61	3,1,2,4	15.71
5	22.43	1~5	15.60	3,1,2,4,7	15.00	3,1,2,4,7	15.08
6	15.57	1~6	13.94	3,1,2,4,7,12	14.17	3,1,2,4,7,12	14.37
7	19.73	<b>1~7</b>	<b>14.35</b>	3,1,2,4,7,12,5	14.75	3,1,2,4,7,12,5	14.71
8	12.39	1~8	13.31	3,1,2,4,7,12,5,11	14.60	3,1,2,4,7,12,5,11	14.60
9	16.52	1~9	13.51	<b>3,1,2,4,7,12,5,11,10</b>	<b>13.97</b>	3,1,2,4,7,12,5,11,10	14.12
10	15.69	1~10	13.12	3,1,2,4,7,12,5,11,10,8	13.55	3,1,2,4,7,12,5,11,10,8	13.86
11	14.33	1~11	13.10	3,1,2,4,7,12,5,11,10,8,6	12.62	3,1,2,4,7,12,5,11,10,8,6	13.28
12	11.58	1~12	12.78	3,1,2,4,7,12,5,11,10,8,6,9	12.78	3,1,2,4,7,12,5,11,10,8,6,9	13.34
13	13.96	1~13	12.85	1~13	12.85	<b>1~13</b>	<b>13.33</b>

註：前月資料中的數字表示所使用的是前第幾個月的資料進行計算

## 陸、結論與建議

本研究分析臺灣鐵路公司近十年間的貨運量變化，發現貨運噸數與延噸公里



皆呈現逐年下降趨勢，且各月的運量變化亦有差異。對管理者而言，實有必要對於未來的運量變化有所掌握，始能及早因應與安排資源。故本研究從實務管理者容易使用與更新的角度，以移動平均法建構預測模式，並在移動平均法的概念下設計可提升預測績效的改進法。採用縱貫線的貨運噸數與延噸公里驗證本研究提出的模式與分析績效。研究整體的結論與建議分述如下：

## 一、結論

- (一) 資料分析時，發現自民國 102 年後的臺鐵縱貫線之貨運噸數與延噸公里月資料，各月之間的關聯性不易看出有明顯的雙月循環、季循環、半年循環、年循環等趨勢，對於使用時間序列的方式建構預測模式是項挑戰。
- (二) 從實務管理者容易使用與更新的角度，本研究以移動平均法建構四種預測模式，透過縱貫線貨運噸數與延噸公里的實證，預測績效 MAPE 值落在 10%至 19%之間，屬於優良的預測。顯示使用簡單方便的移動平均法並加以改進，即可讓實務管理者獲得優良的貨運運量預測成果，做為資源安排或決策參考。
- (三) 在模式一以天真預測法及模式二以簡單移動平均法建構預測模式時，發現台鐵縱貫線貨運量的單月、雙月、季、半年、年的周期循環趨勢不單一顯著。故本研究為改進預測績效，進而利用相關係數作為資料挑選與計算的權重參考，改進後的模式三或模式四確實可提升預測績效，MAPE 值皆有下降 4%至 5%。顯示台鐵貨運運量趨勢受到前期資料的影響較不具固定周期性與連貫性，本研究提出的改進法能提供更好的預測效果。
- (四) 本研究採用移動平均法所建構之臺鐵貨運量預測模式能準確預測每月縱貫線之貨運量。故臺鐵管理單位能透過每月預測貨運量，彈性調整縱貫線貨運營運規劃，例如：車輛調派、班車列次、車輛維修保養與人力勤務休假安排。

## 二、建議

- (一) 本研究僅討論臺鐵縱貫線之貨運量的預測模型建構，未來研究可針對其他路線、不同貨種、或是鐵路與公路間複合或替代效果，進行預測模式建構與討論。
- (二) 本研究以移動平均法所建構之臺鐵貨運量預測模式，可提供優良的預測績效。具有相似季節重複特性的捷運或高鐵等其他軌道運輸管理單位，可參考本研究之程序來收集定期運量資料，以相同的做法即有機會得到



方便管理者使用且預測績效優良的運量預測模式。

- (三) 本研究考量資料切齊之問題，因此採用臺鐵統計之月資料進行資料分析與預測，而為了獲得不同研究績效，建議後續研究者可嘗試以星期、季數以及年等不同頻率下資料是否能有更佳呈現並進行探討。
- (四) 建議後續研究者可以嘗試灰預測、指數平滑法、迴歸分析以及類神經網路等不同預測方法進行臺鐵貨運量預測模式之建構，並比較各模式之預測績效。



## 參考文獻

1. 史嘉莉 (2005)。台鐵貨運成本效益分析之研究－以東砂北運為例 (未出版的碩士論文)。國立交通大學管理學院碩士在職專班經營管理組。
2. 張祖龍 (2009)。台鐵發展整合型物流服務之可行性研究 (未出版的碩士論文)。東吳大學企業管理學系碩士班。
3. 陳欣欣 (2001)。台鐵旅運需求與預測之研究 (未出版的碩士論文)。國立成功大學交通管理科學系碩士班。
4. 游智元 (2006)。時間序列方法於台鐵短期旅運需求預測之研究 (未出版的碩士論文)。國立成功大學交通管理科學系碩士班。
5. 楊正德 (1991)。台鐵貨運運價相關問題之探討 (未出版的碩士論文)。國立交通大學管理科學研究所。
6. 臺鐵統計年報 (2013~2020)。交通部台灣鐵路管理局。
7. 蔡宗憲、李志綱 (2012)。一個混合時間序列法與指數平滑法的預測流程：列車旅運需求預測之應用。《運輸學刊》，24(1)，95-111。
8. 賴泰元 (2000)。利用時間數列模式探討台鐵旅運需求 (已出版的碩士論文)。國立成功大學交通管理科學系碩士班。
9. Feng, F. L., Zhang, J. Q., Liu, C. G. Li, W. & Jiang, Q. W. (2021). Short-term railway passenger demand forecast using improved Wasserstein generative adversarial nets and web search terms. *IET Intelligent Transport Systems*, 15(3), 432-445.
10. Guo, Z. D. & Fu, J. Y. (2017). Prediction Method of Railway Freight Volume Based on Genetic Algorithm Improved General Regression Neural Network. *Journal of Intelligent Systems*, 28(5), 835-848.
11. Lewis, C.D. (1982). *International and Business Forecasting Methods*. Butterworths Publishing, London.
12. Nar, M. & Arslankaya, S. (2022). Passenger demand forecasting for railway systems. *Open Chemistry*, 20(1), 105-119.
13. Adeniran, A.O. & Stephens, M. S. (2018). The Dynamics for Evaluating Forecasting Methods for International Air Passenger Demand in Nigeria. *Journal of Tourism & Hospitality*, 7(4).
14. Pal, P. & Upadhyay, A D. (2017). A Study on Dynamicity of Data on the Import of Fish to Tripura. *Economic Affairs*; 62(2), 297-301.
15. Pun, V. C., Kazemiparkouhi, F., Manjourides, J. & Suh, H. H. (2017). Long-Term PM2.5 Exposures and Respiratory, Cancer and Cardiovascular Mortality in



American Older Adults. *American journal of epidemiology*, 186(8), 961–969.

