

臺灣省汽車客運量之時間序列預測模式

連聖皓* 朱宜寧** 謝邦昌***

*輔仁大學統計學系

**台北市政府主計處

***輔仁大學統計學系

(收稿日期：83 年 9 月 27 日；第一次修正：84 年 4 月 19 日；
接受刊登日期：85 年 2 月 10 日)

摘要

本研究採用時間序列的分析理論，研究臺灣省汽車客運、公民營公車客運、省營汽車客運為研究對象。搜集民國七十年一月至八十二年十二月各月延人公里的月資料為觀察值，作一預測模式然後將預測值與實際值作比較。並進一步預測八十三及八十四年各月數據，藉此瞭解臺灣省汽車客運業的營運狀況及其潛在的問題，以提供客運業者參考。

分析結果顯示民營汽車客運的延人公里在水平區間發展，但長途客運里程增加、客運人數減少。公民營公車客運的延人公里、行駛里程、客運人數均減少，此乃受自用小客車、機車數量增加所致。而省營汽車客運的延人公里、行駛里程、客運人數也有減少的趨勢，但此只受自用小客車增加的影響並未受機車數量的影響，尤其是八十三年及八十四年的預測者已不及七十年之二分之一，此點值得業者深思。

關鍵詞彙：汽車客運量，時間序列，預測模式

壹 研究動機

汽車客運業在大眾運輸工具中，向來是扮演重要的角色，其運輸量之多寡能反應出該項運輸工具被使用的情形及業者營運之績效，同時可作為日後交通計畫決策者及業者營運方向之參考。

貳 研究範圍及目的

一 範圍

(1)臺灣省汽車客運業，係在本省境內經向公路主管機關申請核准經營公路汽車客運業務之民營汽車客運業及公民營公車客運業。

①民營汽車客運業：在核定路線內，以公共汽車運輸旅客為營業者。

②公民營公車客運業：在核定區域內，以公共汽車運輸旅客為營業者。

③省營汽車客運業：臺灣汽車客運公司。

(2)由於客運人數的多寡並未能充分且客觀表現客運業之營運量，故本文採延人公里為研究對象。

①延人公里：客運人數與其行駛里程相乘積之總和。（單位：人公里）

②行駛里程：客運在特定的期間內，實際行駛的營業客車之數量與實際行駛日數乘積之總和。（單位：公里）

③客運人數：係指客車載運旅客之人數、若在核定路線或區域內，以公共汽車運輸旅客者，則為各站起運人數，不論其旅程之遠近，按票計算之。（單位：人）

二 目的

臺灣省汽車客運業的發展趨勢是否有其獨特的特性及其未來的發展是否有特殊的方向，是一個值得探討的問題，本文蒐集了民國七十年一月至八十二年十二月各月延人公里的月資料，共 156 個觀測值，做一預測模式，且預測的同時將預測值與實際值做一比較，並據此預測八十三年及八十四年各月數據，藉此瞭解臺汽車客運業的營運狀況。

參 研究架構及步驟

本文採時間數列方法研究延人公里之發展趨勢。步驟一：蒐集臺灣省汽車客運業之延人公里各年月資料。步驟二：圖示延人公里歷年歷月資料，從中初步找出所顯示的訊息。步驟三：以時間數列分析法分析延人公里，找到合適的模式擬合。步驟四：將八十二年的預測值與實際值作一比較，並計算平均誤差率及平均絕對值誤差率，察看誤差率是否過大。步驟五：根據模式預測八十三、八十四年各月延人公里值。步驟六：根據前述之探討及預測值所產生的訊息，對臺灣省汽車客運業作整體的結論與建議。

肆 資料來源

資料均由公路局公務統計報表取得。

伍 文獻探討

時間數列分析法是根據歷史資料預測未來發展的趨勢，與迴歸分析相同的是均為線性模式，不同的是在殘差項部分，時間數列分析法的殘差項與時間 t 有關，為一白噪音數列，因資料的變化情況與時間有密切的關係，故採時間數列分析法預測為一較好的分析方法。

時間數列分析法在商情預測、經濟動向供需預測、船務方面預測、自來水需求量之預測等方面皆有相當程度的應用，但在公民營客運方面的研究，較少人對此問題加以研究探討，故本文採用時間數列方法來研究公民營客運的未來發展。

陸 統計分析方法：時間數列分析法

時間數列係指以時間順序型態出現之一連串觀測值之集合。更深入地解釋，對某動態系統 (Dynamic System) 隨時間連續觀察所產生有順序的觀測值之集合，而延人公里之資料即是以時間數列之型態出現，因此採用時間數列分析法來建立延人公里模式，此模式是採用自我迴歸移動平均整合模式 (Autoregressive Integrated Moving Average Models 簡稱 ARIMA)，根據 1970 年由 Box and Jenkins 所提出的方法，來說明延人公里所代表的意義與特性及各個觀測值間的相依性，以便建立一種合適的預測模式。

由圖一可知，在時間數列分析中，首先需將數列繪圖觀察，由資料與時間的圖形先看看數列波動的情況，隨時間的變動是否有趨勢，若波動太大，需作資料轉換 (如 $\sqrt{Y_t}$ 、 $1/Y_t$ 、 $\text{Log}Y_t$ 、、、、等)，再檢驗是否為平穩型數列，假如自我相關函數 (ACF) 與偏自我相關函數 (PACF) 之圖形下降得很慢時，即為不平穩型時間數列，需作差分，差分分為二種：一為規則性差分、二為季節性差分；若資料已成平穩型時，再依其 ACF、PACF 圖來初步認定幾個模式，估計這幾個模式的參數及殘差，再作參數估計檢定是否顯著及殘差項是否為白噪音 (white noise) 數列，選擇其中較好的模式來作預測，若無適合模式再回到初步認定模式開始，直到找到適合的模式來作預測 (分析方法之套裝軟體使用 SAS/ETS)。

許多時間數列均可用一般線性隨機模式來代表它的動態現象，此模式以 ARIMA (p, d, q) (P, D, Q)_s 來表示之，定義如下：

$$\phi_p(B)\phi(B^s)(1-B)^d(1-B)^D Z_t = \delta + \theta_q(B)\theta_q(B^s)a_t$$

其中

Z_t : 時間為 t 期之轉換後觀察值

δ : 常數項

a_t : 時間為 t 期之干擾項 (殘差)

B : 後移運算子, 即 $BY_t = Y_{t-1}$

$$\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p :$$

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ 為非季節性自我迴歸參數

$$\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q :$$

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p$ 為非季節性移動平均參數

$$\phi_p(B^s) = 1 - \phi_{1,s} B^s - \phi_{2,s} B^{2s} - \dots - \phi_{p,s} B^{Ps} :$$

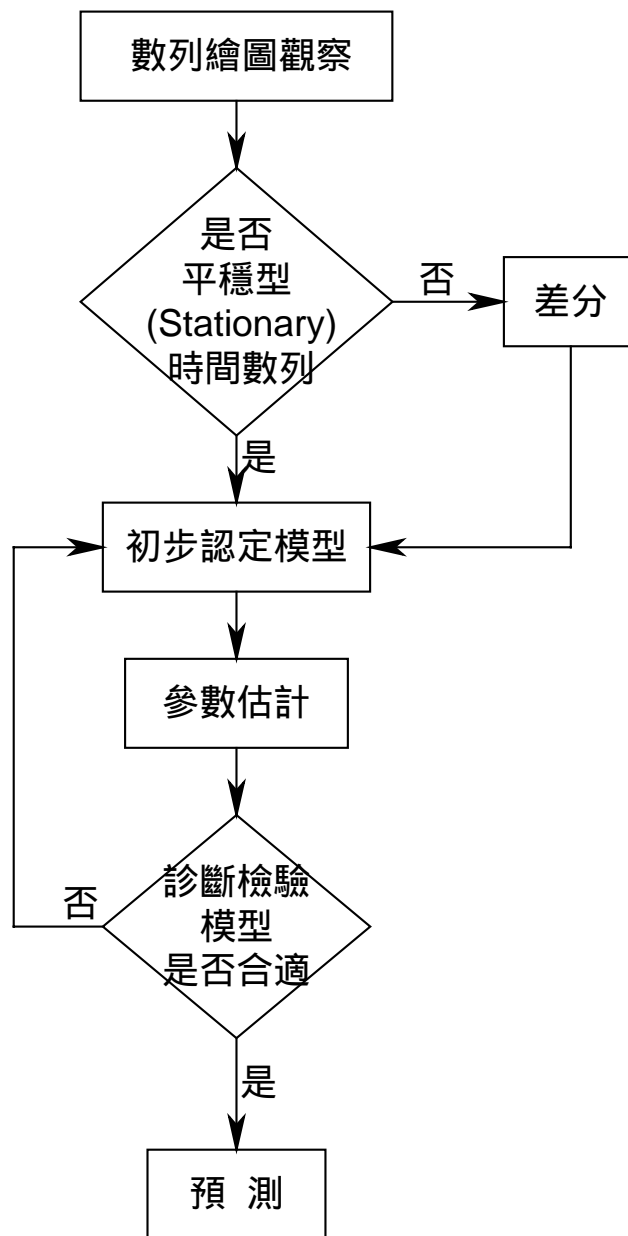
$\phi_{1,s}, \phi_{2,s}, \dots, \phi_{p,s}$ 為季節性自我迴歸參數

$$\theta_p(B^s) = 1 - \theta_{1,s} B^s - \theta_{2,s} B^{2s} - \dots - \theta_{Q,s} B^{Qs} :$$

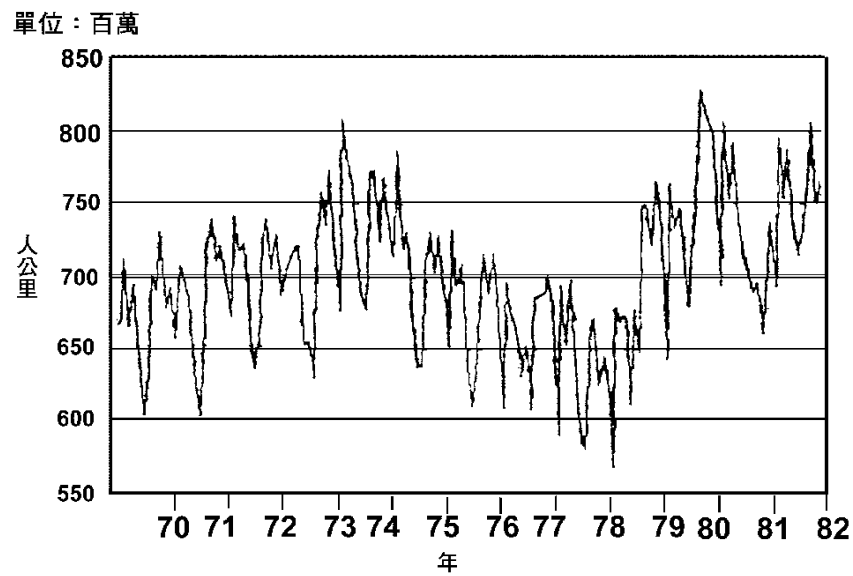
$\theta_{1,s}, \theta_{2,s}, \dots, \theta_{Q,s}$ 為季節性移動平均參數

p, q, P, Q : 非負整數, 為模式之階數

d, D : 分別為規則性及季節性差分的階數



圖一 時間序列模式建立流程圖



圖二 民營汽車客運延人公里趨勢圖

柒 時間數列分析與模式建立

一 民營客運

- (1)資料期間為民國七十年至八十二年之月資料，共 156 個觀測值，由圖二可知原始資料振幅很大，為一非平穩型時間數列（圖二）。
- (2)圖三數列之標準差並非平穩型，故對數列進行對數轉換（因其可降低 Residual Sum of Square），即原數列 Y_t 轉換後 $Z_t = \text{Log}(Y_t)$ 。

圖三 數列之標準差圖

- (3) 模式選取與參數估計：利用時間序列分析法中之 ACF 圖（自我相關函數圖）、PACF 圖（偏自我相關函數圖）判斷合適的模式，並將季節性之週期因素列入考慮，根據殘差值（預測能力之優劣）、AIC 值及 SBC 值來選取最適之模式，爾後以最大概似估計法計算參數之估計值（如表一），吾人所估計之模式為 $ARIMA(1,1,1) * (1,1,0)_{12}$ ，即
- $$(1 - \phi_1 B)(1 - \phi_{1,12} B^{12})(1 - B)(1 - B^{12})Z_t = (1 - \theta_1 B)a_t$$
- ，並查看其 T 值均為顯著且表示兩參數均在模式內，檢視殘項為一白噪音數列（White Noise），另從相關係數可得知兩參數之間無明顯相關性，故此為一合適的模式。

表一 $ARIMA(1,1,1)*(1,1,0)_{12}$ 模式參數估計

參數	最 大 概 似 估 計			時 差
	估 計 數	標 準 差	t 值	
MA1, 1 (θ_1)	0.35985	0.08710	4.13	13
AR1, 1 (ϕ_1)	-0.37299	0.07815	-4.77	1
AR2, 1 ($\phi_{1,12}$)	-0.58932	0.06835	-8.62	12

Variance Estimate (MSE) = 0.00134792

Std Error Estimate = 0.03671398

AIC = -520.25834

SBC = -520.3698

Number of Residuals = 143

估計模式為：

$$(1 + 0.37299B)(1 + 0.58932B^{12})(1 - B)(1 - B^{12})Z_t = (1 - 0.35985B)a_t$$

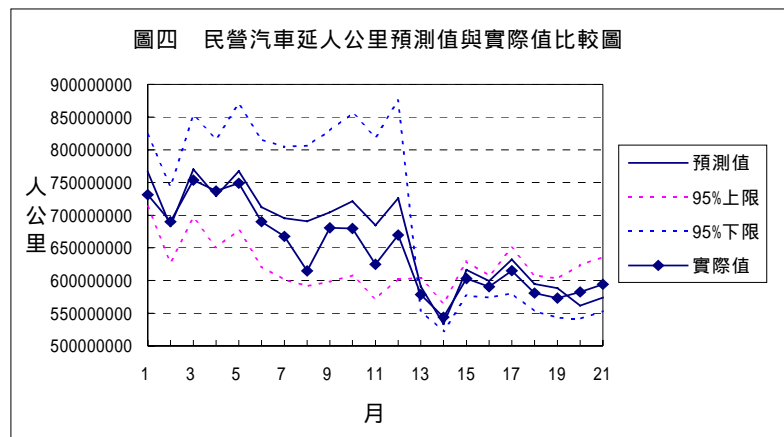
 B ：後移算因子 a_t ：干擾項

(4) 建立之時間數列模式，吾人以八十二年十二月為預測起點，預測八十三及八十四年各月預測值（表二），再把預測值與實際值相比較，看模式是否合適，由誤差值可看出預測值與實際值大致相符，誤差不會太大，但在八十三年八月時誤差高達-12.31%，應特別注意，可能因調價因素所帶來之影響效果所致。

表二 83、84 年民營客運各月延人公里預測值

月份	預測值	95%上限值	95%下限值	實際值	殘差值	誤差值
83 年						
1	766388669	713148335	823521323	731374268	-35014401	-4.79%
2	683474565	627842565	744110423	690020531	6545966	0.95%
3	770153189	695958089	852172901	753460611	-16692578	-2.22%
4	729448991	651117060	817122843	737006805	7557814	1.03%
5	767462365	677147717	869909725	748921940	-18540425	-2.48%
6	712293070	621906302	815816492	690146681	-22146389	-3.21%
7	695610097	601417544	804474639	667757552	-27872545	-0.42%
8	690757929	591812252	806327060	615023176	-75734553	-12.31%
9	704500782	598358123	829472073	680749293	-23751489	-3.49%
10	721324743	607644157	856273164	679643172	7457326	-1.10%
11	684774401	572372179	819250127	624950567	9323495	-1.49%
12	726101231	602380582	875232392	669545678	20602233	-3.08%
84 年						
1	591124602	603535674	553891385	578713530	-12411072	2.14%
2	533526609	565340866	522921857	544131362	10604753	-1.95%
3	616316599	629451179	576912858	603182019	-13134580	2.18%
4	599308971	607787259	573874106	590830683	-8478288	1.43%
5	632398653	649623801	580723210	615176506	-17225147	2.80%
6	594605800	608308618	553497345	580902982	-13702818	2.36%
7	588309131	603265868	543438921	573352395	-14956736	2.61%
8	561867727	623781107	541229934	582505521	20637794	-3.54%
9	573865300	635607845	553284452	594446149	20580849	-3.46%

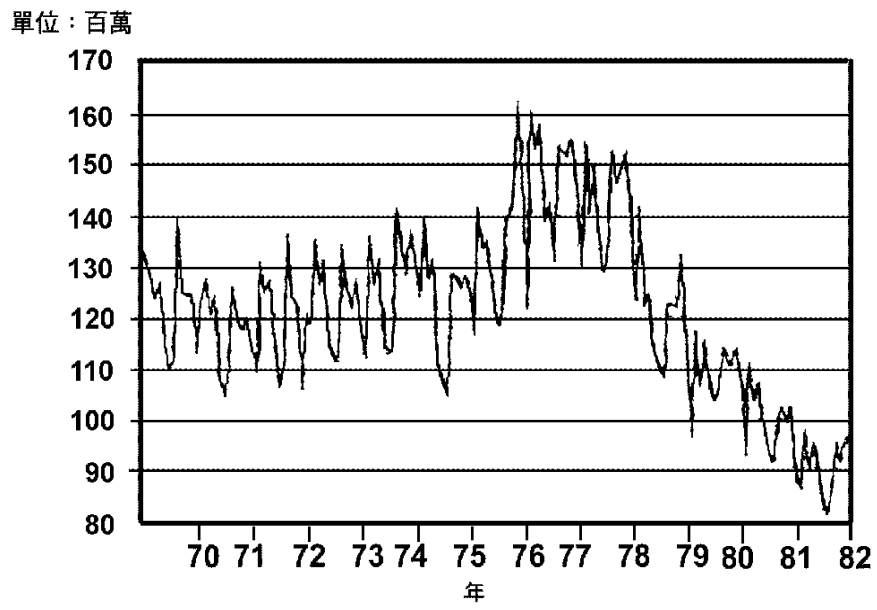
由圖四民營汽車延人公里預測值與實際值比較圖中，可知民營汽車已成穩定發展，且預測值與實際值的誤差為吾人所接受且 95%預測區間均包含實際值。



圖四 民營汽車延人公里預測值與實際值比較圖

二 公民營公車

- (1) 為民國七十年至八十二年之月資料，共 156 個觀測值（圖五），吾人可發現公民營公車延人公里有日趨下降的趨勢。
- (2) 由圖六數列標準差圖得知標準差並非平穩型態，故對數列進行轉換，即對數列 Y_t 進行轉換 $Z_t = \text{Log}(Y_t)$ 。



圖五 公民營汽車客運延人公里趨勢圖

圖六 數列之標準差圖

(3)式選取與參數估計：利用與前述民營客運相同的方法，估計結果如表三。

表三 $ARIMA(0,1,1)*(0,1,1)_{12}$ 模式參數估計

最大概似估計				
參數	估計值	標準差	T 值	時差
$MA1, 1 (\theta_1)$	0.44158	0.07460	5.92	1
$MA2, 1 (\theta_{1,12})$	0.53827	0.07928	6.79	12

Variance Estimate (MSE) = 0.00214587

Std Error Estimate = 0.04632353

AIC = -466.49744

SBC = -460.57175

Number of Residuals = 143

模式估計為

$$(1 - B)(1 - B^{12})Z_t = (1 - 0.44158B)(1 - 0.50827B^{12})a_t$$

B : 後移算因子

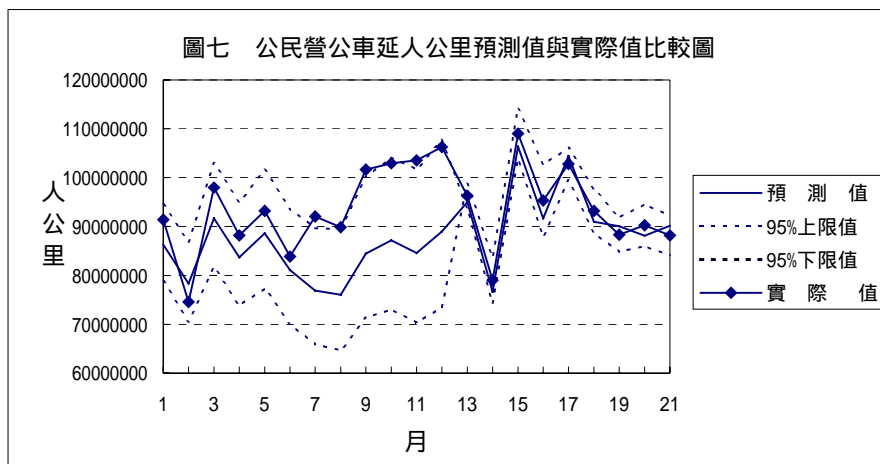
a_t : 干擾項

(4)建立之時間數列模式，本研究以八十二年十二月為起點，預測八十三及八十四年各月預測值（表四），再把預測值與實際值相比較，看模式是否合適，由誤差值可看出預測值與實際值大致相符，誤差不會太大。

表四 83 年及 84 年公民營公車各月延人公里預測值

月別	預測值	95%上限值	95%下限值	實際值	殘差值	誤差率
83 年						
1	86313796	78821787	94517920	91407334	5093538	5.57%
2	78326771	70590067	86911420	74584287	-3742484	-5.02%
3	91687810	81670221	102934148	97986282	6298472	6.43%
4	83762837	73824410	95038200	88201770	4438933	5.03%
5	88622825	77346045	101543720	93194531	4571526	4.91%
6	81059985	70104672	93736668	83880708	2618378	-3.12%
7	76891047	65929728	89683736	92049460	1935262	-2.10%
8	76034672	64663018	89406147	89884364	-2597765	2.89%
9	84469409	71285251	100101978	101667995	-3127697	3.08%
10	87216143	73060615	104124723	102973316	3397686	-3.30%
11	84587749	70357504	101706320	103553848	2685598	-2.59%
12	88960232	73485598	107693523	106291498	-2142508	2.02%
84 年						
1	95016362	98812720	93750909	96281815	1265453	-1.31%
2	76655718	83735392	74295827	79015610	2359892	-2.99%
3	106384771	114228866	103770073	108999470	2614699	-2.40%
4	91640588	102686960	87958464	95322713	3682125	-3.86%
5	104439922	106090592	99487911	102789252	-1650670	1.61%
6	90985860	97696693	88748916	93222805	2236945	-2.40%
7	90074370	91810970	84864571	88337771	-1736599	1.97%
8	88121990	94540630	85982443	90261537	2139547	-2.37%
9	90193545	92205708	84127057	88181383	-2012162	2.28%

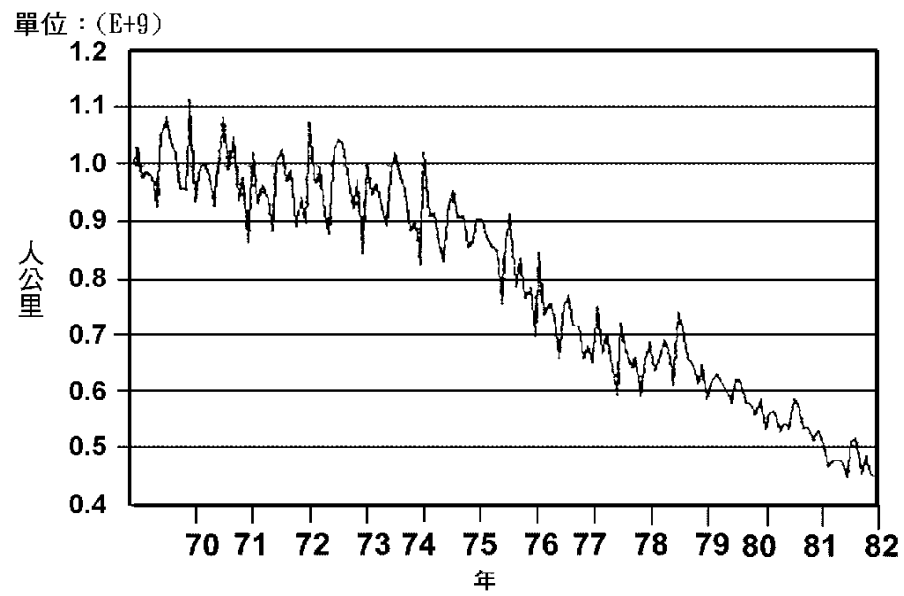
由圖七民營汽車延人公里預測值與實際值比較圖中，可知民營汽車已成穩定發展，且預測值與實際值的誤差為吾人所接受且 95%預測區間均包含實際值。



圖七 公民營公車延人公里預測值與實際值比較圖

三 省營汽車客運（臺灣汽車客運公司）

(1)為民國七十年至八十二年之月資料，共 156 個觀測值（圖八），吾人可發現省營汽車客運延人公里數有逐年下降之趨勢。



圖八 民營汽車客運延人公里趨勢圖

(2)圖九數列之標準差圖得知標準差並非平穩型態，故對數列進行轉換，即對數列 Y_t 進行轉換 $Z_t = \text{Log}(Y_t)$ 。

圖九 數列之標準差圖

(3) 模式選取與參數估計：利用與前述民營客運相同的方法，估計結果如（表五）

表五 $ARIMA(0,1,1)*(0,1,1)_{12}$ 模式參數估計

最 大 概 似 估 計				
參 數	估 計 值	標 準 差	T 值	時 差
MA1, 1 (θ_1)	0.71950	0.05806	12.39	1
MA2, 1 ($\theta_{1,12}$)	0.72968	0.08405	8.68	12

Variance Estimate (MSE) = 0.00214292

Std Error Estimate = 0.04629171

AIC = -461.1398

SBC = -455.21412

Number of Residuals = 143

模式估計為

$$(1 - B)(1 - B^{12})Z_t = (1 - 0.7195B)(1 - 0.7296B^{12})a_t$$

B ：後移算因子

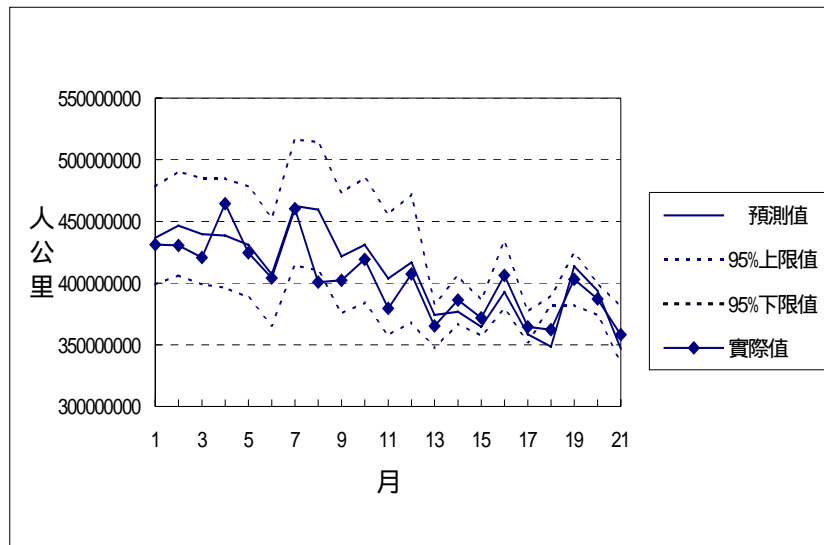
a_t ：干擾項

(4) 根據所建立之時間數列模式，本研究以八十二年十二月為起點，預測八十三及八十四年各月預測值（表六），再把預測值與實際值相比較，看模式是否合適，由誤差值可看出預測值與實際值大致相符，誤差不會太大。

表六 83 年及 84 年省營汽車客運各月延人公里預測值

月別	預測值	95%上限值	95%下限值	實際值	殘差值	誤差值
83 年						
1	436762455	478228878	398891497	431310550	-5451895	1.26%
2	446566999	490678655	406380309	430629342	-15937657	3.70%
3	439786526	484874184	398891497	420761416	-19025110	4.52%
4	438425299	484922673	396346743	464366398	25941099	5.59%
5	431035064	478276703	388459704	424640102	-6394962	1.51%
6	407193883	453225340	365837572	404175452	12794150	-3.17%
7	462658612	516507310	414423933	460481041	-15739261	3.42%
8	459569160	514548307	410464499	400849483	-11502238	2.87%
9	421740182	473517771	375586740	402431163	12983784	-3.23%
10	431078170	485359300	382867678	419369181	-8111654	1.93%
11	403908934	455998464	357769685	379531924	9742415	-1.08%
12	416792894	471816171	368223261	407444806	11900513	-2.92%
84 年						
1	374300064	383231934	347504455	365368195	-8931869	2.44%
2	376725228	405952472	366982813	386467643	9742415	-2.52%
3	364709582	386387388	357483647	371935518	7225936	-1.94%
4	392679448	433939688	378926035	406462862	13753414	-3.38%
5	358565727	377003363	352419848	364711606	6145879	-1.69%
6	348428539	390100201	382060318	362319760	13890221	-3.83%
7	413629464	424152179	382061318	403106749	-10522715	2.61%
8	393730067	400322281	373953426	387137854	-6592213	1.70%
9	346967124	380790280	335652739	358221510	11284386	-3.15%

吾人可發現省營汽車客運延人公里數有逐年下降之趨勢，且預測值與實際值的誤差為吾人所接受且 95%預測區間均包含實際值（圖十）。



圖十 省營汽車客運延人公里預測值與實際值比較圖

捌 結語

(1) 民營客運及公民營公車業之延人公里、客運人數、行駛里程均有明顯之季節性，每年二月、七月、八月因學生放寒暑假之故，所以數據均減少。

(2) 民營客運預測分析

① 民營客運之延人公里未來仍是在一水平區間發展，從模式選取的結果中（表一），吾人選擇是在時差 13，歸因於將 $ARIMA(1,1,0) * (1,1,0)_{12}$ 定為暫定模式時，其殘差項在時差 13 有顯著值，因此吾人將干擾項 a_t 假設為一階移動平均模式即 $MA(1)$ ，所以模式變更 $ARIMA(1,1,1) * (1,1,0)_{12}$ 。

② 近年來，各縣市的民營客運公司多有營運不善的情形發生，但臺灣公路近幾年修繕完善，多數客運公司之均增加營運路線及營業里程，在這樣的條件下，延人公里數卻只在水平區間發展，吾人

可推測客運人數勢必減少，雖然票價一直不斷上漲，但那只是隨物價波動調漲，業者之營業收入增加只是自然現象，其營運利潤卻有減無增，對業者而言，此為一大危機。

(3) 公民營公車預測分析

公民營公車大多數是市區公車，延人公里數從民國七十六年開始逐年減少，而八十三年各月預測值亦是在持續減少當中，歸究其因乃是近年自用小客車、機車數量增加，導致民眾多以自有的交通工具步，而對於大眾運輸工具需求減少，這也是都市交通紊亂的主因。

(4) 省營汽車客運預測分析

省營汽車客運之延人公里數亦有逐漸減少的趨勢，由於其主要營運路線為高速公路，吾人可從高速公路車流量日趨增加及統聯客運加入營運行列且多數路線與省營汽車客運重複而得知原因。另人憂心的是，從八十三年延人公里預測值可看出，八十三年預測值已不及七十年實際值的二分之一，而此種情形已使得身為汽車客運業之首的省營汽車客運（臺灣汽客運公司）有營運狀況不盡理想的情況發生，進而引起社會大眾的關注，亦是輿論的焦點，如何建全省營汽車客運（臺灣汽車客運公司）運作，是目前的重要課題及當務之急努力的方向。

(5) 由前述四項可得知，影響臺灣省汽車客運業最重要的因素是自用小客車數量之增加，在現有的地域環境之下，自用小客車數量的增加對民眾而言並不是一種福音，必須刺激大眾對於大眾運輸工具的需求，才能解決當前日益嚴重的交通問題，然而此項目標必須運輸業者與主管機關相互配合，業者加強對於自己的營運管理，諸如：班次調配、司機服務態度、大眾需求之運輸路線、車子汰舊換新等問題，主管機關加強對自用小客車數量之管制及宣導多搭乘大眾運輸工具，同時政府亦應儘速研訂大眾運輸優惠及補貼政策，才能達成改善交通的目標。

- (6)運輸業管理，關係到民眾交通權益，一個健全之營業車輛管理，可以減少民眾對於自用車量的需求，增加對大眾運輸工具之使用，對改善交通瓶頸有一定之成效，因此如何有效管理運輸業暨如何鼓勵民眾使用大眾交通工具乃是當前重要的課題，執政當局和交通主管單位皆責無旁貸，當費心思，大眾則把持著高度的盼望與期待。
- (7)時間數列預測方法並不適用於過長的預測期間，資料逐漸累積，日後也許資料的型態與發展方向未必會完全如今日的模型所描述，因此，資料每累積到一個階段，就必須針對該數列重覆模型鑑定、參數估計檢定、預測等工作，並對特殊現象再深入分析，以期資料所隱含的訊息能完整的被顯現出來，充份發揮其價值。

參考文獻

- 王靖強（1994），高雄港各類型進港船舶艘數之分析與預測，八十三年台灣省應用統計研討會，台灣省政府主計處。
- 行政院主計處（1979），時間序列模型之應用---全國總供需估測專題研究報告第十種，行政院主計處。
- 林茂文（1992），時間數列分析與預測，華泰書局。
- 陳榮宏（1994），台南地區未來自來水需求量之預測，八十三年台灣省應用統計研討會，台灣省政府主計處。
- Box, G.E.P. and Jenkins, G.M. (1976). Time Series Analysis Forecasting: An applied Approach. Duxbury Press, North Scituate, Massachusetts.
- SAS Institute Inc., (1991) SAS/ETS Software: applications Guide 1, V6, First Edition: Time Series Modeling and Forecasting, Financial Reporting, and Loan Analysis, Cary, NC

Time Series Forecasting Models for Taiwan Bus Transportation Capacity

SAN-HAO LIEN*, I-NING CHU** AND BEN-CHANG SHIA***

**Department of Statistics, Fu Jen Catholic University*

***Directorate-General of Budget Accounting and Statistics, Taipei City Government*

****Department of Statistics, Fu Jen Catholic University*

ABSTRACT

This research applies Time Series Analysis to analyze the operation of private, private/public and provincial owned bus company in Taiwan. Monthly data of passenger-kilometer, from January 1981 to December 1993, are collected to forecast the trends of 1994 and 1995 and to compare those forecasted values with the actual values.

The results shows that the passenger-kilometer of private owned bus operator has developed steadily in a horizontal perspective; however, the mileage increased as the numbers of passenger decreased. The decrease of passenger-kilometer, mileage, and passenger numbers of both public and private operators can be attributed to the increase of private cars and motorcycles. However, the decreasing number for provincial operators is only affected by the increase of private cars. Meanwhile, we should notice that the forecasted values of 1994 and 1995 have dropped to one half of the 1981s. Thus, bus operators should pay considerable attention to it.

Keywords: Passenger-kilometer, Time series, Forecasting model