

# 用統計法研究臺灣南部地區 降水量之長期預報

胡仲英

中央氣象局

(中華民國六十七年二月二日收到，同年三月十日修正)

## 摘 要

本文用統計加法模型研究臺灣南部地區降水量長期預報的可行性。影響降水量時間數列的因素可歸納成下列四種：(1)長期趨勢(Secular trend)，(2)季節變動(Seasonal variation)，(3)循環變動(Cyclical variation)，(4)不規則變動(Irregular variation)。本文首先用最小平方差法(Least square error method)找出代表該時間數列長期趨勢的線性函數，再由各月別降水量的中位數(Median)找出降水量的季節變動，然後用調和分析(Harmonic analysis)計算影響降水量的主要循環變動，最後用隨機線性自迴歸模式(Stochastic linear auto-regressive model)來處理不規則變動。

作者用此統計加法模型作臺灣南部地區1963年至1976年每年5月至10月降水量的分級預測(Rank forecast)，由校驗結果顯示此法是相當可行的。最後，作者並將此法與ARIMA時間數列預測法的校驗結果作比較，可看出此法有明顯地改進。

## 一、前 言

自然界的任何現象都不會是單獨存在的，而是彼此相關聯，彼此相牽制。氣象要素的變化也是一樣的，變化的發生必然是經過一段時間的醞釀。氣象觀測時間數列是過去天氣的實況演變紀錄，它本身就包括著天氣變化的各種因果規律，如果我們詳細加以分析整理，找出氣象要素過去變化的規律，就可以運用它來作天氣預報。

近年來，短期天氣(數小時至數日)預報由於數值模式迅速發展，吾人可借助高速電子計算機求解模擬大氣運動的方程組，但是超過數日，則不同幅度的天氣現象會互相的影響，致使預報方程組變成非常複雜，目前受到計算機容量與精確度及數值方法的穩定性等限制，使數值模式無法作長期(月、季或年)預報。惟長期天氣預報隨著國家經濟的成長而有迫切的需求，例如吾人如可預測下個月(下一季或明年)的降水量或溫度，則對適種作物的規

畫、灌溉、發電的分配或工程的進度均可作適當的調度，並可一定程度地減少澇、旱等自然災害的影響，作者有鑑於長期預報的重要性，乃積極研究用統計方法作長期預報的可行性。

## 二、研究方法

在一時期內對於一物理量作等時距連續觀測所得的數列稱為時間數列。時間數列分析方法一般可分成兩類：(1)頻率域分析(Analysis in frequency domain)，亦稱分譜分析(Spectral analysis)，係將時間數列之變化以不同頻率之分量表示，此法已為國內氣象學者(Ko, 1975)普遍應用，本文不擬討論。(2)時間域分析(Analysis in time domain)，係將影響觀測物理量的因素分成長期趨勢、季節變動、循環變動及不規則變動四類，用加法模型表示為：

$$Z_t = T_t + S_t + C_t + I_t, \quad t=1, 2, \dots, N \dots\dots\dots(1)$$

式中  $Z_t$  為觀測時間數列， $T_t$  為長期趨勢

$S_t$  為季節變動,  $C_t$  為循環變動,  $I_t$  為不規則變動,  $N$  為時間數列點數。本文研究對象為臺灣南部地區長期降水量, 資料取自臺灣累年氣象報告 (中央氣象局, 1974) 及觀測月總簿, 自 1950 年 1 月至 1976 年 12 月逐月降水量, 經由臺南 (站號 741), 高雄 (744) 及恒春 (759) 三測站觀測值求算術平均得來。本文取臺灣南部區域平均值來作時間數列分析, 其目的在於消除或減弱空間的不規則擾動, 而使資料具有較佳的代表性。由表一相關係數可知區域平均值對該三測站而言具有高度的代表性, 其相關係數大小依序為高雄、臺南、恒春。

表一 測站與區域平均值相關係數表  
Table 1. The correlations between stations and area-mean data

	臺南	高雄	恒春
測站位置	23°00'N 120°13'E	22°37'N 120°16'E	22°00'N 120°45'E
測站高度	12.7 公尺	29.1 公尺	22.3 公尺
與區域平均值相關係數	0.936	0.964	0.928

作者用數理統計法分別將(1)式中四類變化因素予以分析如下 (鄭, 1976) :

(一) 長期趨勢

長期趨勢乃用以表示一時間數列長時期上昇或下降的趨勢, 本文引用最小平方差法決定臺灣南部月降水量的長期趨勢線性函數, 即假設該函數為:

$$T_t = a + bt \quad t = 1, 2, \dots, N \dots\dots\dots(2)$$

$a, b$  分別為直線函數的截距及斜率, 令

$\sum_{t=1}^N (Z_t - T_t)^2$  為極小, 所求得的  $a, b$  值代入(2)式即為最適宜的長期趨勢, 令

$$U = \sum_{t=1}^N [Z_t - (a + bt)]^2 \dots\dots\dots(3)$$

$U$  為極小, 即滿足下式:

$$\frac{\partial U}{\partial a} = \sum Z_t - Na - b \sum t = 0 \dots\dots\dots(4)$$

$$\frac{\partial U}{\partial b} = \sum t Z_t - a \sum t - b \sum t^2 = 0 \dots\dots\dots(5)$$

聯立 (4)、(5) 兩式, 可計算得:

$$a = \frac{\sum t^2 \sum Z_t - \sum t \sum t Z_t}{N \sum t^2 - (\sum t)^2}, \quad b = \frac{N \sum t Z_t - \sum t \sum Z_t}{N \sum t^2 - (\sum t)^2} \dots\dots\dots(6)$$

吾人將臺灣南部地區月降水量時間數列代入(6)式, 計算得長期趨勢線性函數為:

$$a = 150.8 \quad b = -0.023 \dots\dots\dots(7)$$

由此直線函數斜率顯示臺灣南部地區降水量長期趨勢不甚明顯。

(二) 季節變動

任何氣象要素均有一個以上的自然周期, 其中最明顯的當屬周期為 12 個月的季節變動, 季節變動有下列二性質:

1.  $S_{t+12} = S_t$
2.  $\sum_{i=1}^{12} S_i = 0 \dots\dots\dots(8)$

計算季節變動的方法很多, 作者鑑於月降水量時間數列受極端值影響甚大, 故採用月別中位數法計算季節變動, 其計算步驟如下:

(a) 首先將臺灣南部地區 30 年同月各年的降水量依大小順序排列 (Sorting)。

(b) 計算同月各年降水量的中位數及其平均值:

$$M_1, M_2, \dots, M_{12}, \quad \bar{M} = \sum_{i=1}^{12} M_i / 12 \dots\dots\dots(9)$$

(c) 將各月中位數減去平均值, 即得季節變動:

$$S_i = M_i - \bar{M} \quad i = 1, 2, \dots, 12 \dots\dots\dots(10)$$

臺灣南部地區月降水量的季節變動計算結果見圖一。該圖顯示月降水量季節變動甚大且極大值均集中於夏季。

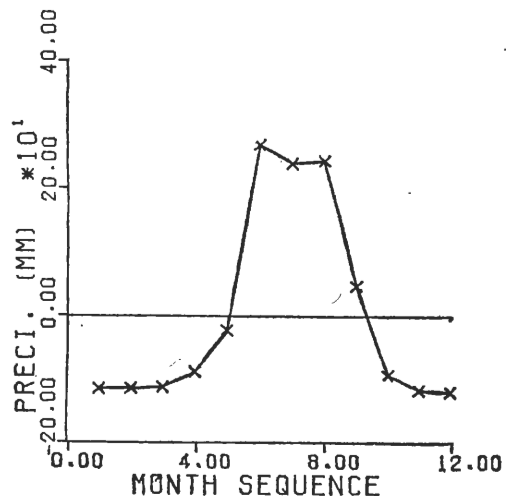


Fig. 1. The seasonal variation of monthly precipitation on southern Taiwan

圖一 臺灣南部地區月降水量季節變動

三) 循環變動

自原始觀測數列減去長期趨勢及季節變動，則僅含有循環變動及不規則變動：

Z<sub>t</sub> - T<sub>t</sub> - S<sub>t</sub> = C<sub>t</sub> + I<sub>t</sub> ..... (11)

吾人用調和分析 (Panofsky and Brier, 1965) 計算循環變動，即用 Fourier 級數展開時間數列 C<sub>t</sub>：

C<sub>t</sub> = C̄ + Σ<sub>i=1</sub><sup>N/p</sup> [A<sub>i</sub> sin (2π/p it + α<sub>i</sub>) + B<sub>i</sub> cos (2π/p it + α<sub>i</sub>)] ..... (12)

(12) 式中 p 為基本周期 (Fundamental period), α<sub>i</sub> 為相位角 (Phase angle), A<sub>i</sub>, B<sub>i</sub> 可由下式求得：

A<sub>i</sub> = 2/N Σ<sub>t=1</sub><sup>N</sup> C<sub>t</sub> cos (2π/p it + α<sub>i</sub>)
B<sub>i</sub> = 2/N Σ<sub>t=1</sub><sup>N</sup> C<sub>t</sub> sin (2π/p it + α<sub>i</sub>)

α<sub>i</sub> = tan<sup>-1</sup> (B<sub>i</sub>/A<sub>i</sub>) ..... (13)

C̄ = 1/N Σ<sub>t=1</sub><sup>N</sup> C<sub>t</sub>

R<sub>i</sub> = √(A<sub>i</sub><sup>2</sup> + B<sub>i</sub><sup>2</sup>)

R<sub>i</sub> 為第 i 波的振幅 (Amplitude) 作者採用 Schuster 檢定法來分別檢定各調和波是否為顯著，取顯著水準 (Significant level) 為 0.3，當

R<sub>i</sub><sup>2</sup> ≥ 4σ<sup>2</sup>\*/N 時第 i 個調和波為顯著，反之

R<sub>i</sub><sup>2</sup> < 4σ<sup>2</sup>/N 則第 i 個調和波 為不顯著。將經過

(11) 式計算後的時間數列作上述調和分析，得到主要顯著波動見表二，由此表可看出除第 1 波 (周期為 288 個月) 外，以 2 至 7 個月周期的波動為主，吾人依據周期重現理論，將所有顯著波動重新組合，即可計算出時間數列的循環變動。

表二 調 和 分 析 計 算 的 顯 著 波 動

Table 2. The significant waves computed by harmonic analysis

Table with 15 columns (波序 1, 38, 48, 50, 67, 68, 74, 92, 104, 115, 116, 125, 128, 139) and 3 rows (周 期 (月), 振 幅 (公釐), 相 位 角 (度)).

四) 不規則變動

從觀測時間數列減去長期趨勢、季節變動及循環變動的影響後，得不規則變動數列：

I<sub>t</sub> = Z<sub>t</sub> - T<sub>t</sub> - S<sub>t</sub> - C<sub>t</sub> ..... (14)

此不規則變動數列處理困難，本文用一隨機線性自迴歸模式 (Vujica, 1972) 來處理，即假設 t 月的不規則變動值可由過去有限 p 個月的不規則變動作線性權重得到，用公式表示為：

Î<sub>t</sub> = k<sub>1</sub>Î<sub>t-1</sub> + k<sub>2</sub>Î<sub>t-2</sub> + ... + k<sub>p</sub>Î<sub>t-p</sub> ..... (15)

此處 Î<sub>t</sub> = I<sub>t</sub> - μ, μ 為不規則變動數列的平均值，吾人為使此線性模式具有最佳的代表性而又不致過於繁雜，故先計算 I<sub>t</sub> 數列遲滯 (Lag) 24 個月的自相關函數 (Auto-Correlation Function 縮寫 ACF)，其公式為：

ρ̂<sub>k</sub> = R<sub>k</sub>/R<sub>0</sub> k=0,1,2.....24 ..... (16)

ρ̂<sub>k</sub> 為遲滯 k 個月的 ACF, R<sub>k</sub> 為遲滯 k 個月的自協變量數 (Autocovariance)，其定義為：

R<sub>k</sub> = 1/N Σ<sub>t=1</sub><sup>N-24</sup> (I<sub>t</sub> - μ)(I<sub>t+k</sub> - μ) ..... (17)

ACF 的標準差 (Standard Error, 縮寫 SE) 可由下式近似計算得到：

SE(ρ̂<sub>k</sub>) = √(VAR(ρ̂<sub>k</sub>)) ..... (18)

VAR(ρ̂<sub>k</sub>) = 1/N { 1 + 2Σ<sub>v=1</sub><sup>k</sup> ρ̂<sub>v</sub><sup>2</sup> }

利用 (16) 式與 (18) 式計算臺灣南部地區降水量時間數列不規則變動的 ACF 及 SE，結果見表三。

註 σ<sup>2</sup> 為變異數 (Variance)，其計算公式為 σ<sup>2</sup> = Σ(C<sub>t</sub> - C̄)<sup>2</sup> / N

表三 臺灣南部地區降水量不規則變動的 ACF 及 SE  
Table 3. The ACF and SE of irregular variation series of precipitation on Southern Taiwan.

1-12	0.10	0.14	0.04	0.07	-0.09	-0.04	-0.07	-0.06	-0.03	0.00	0.07	0.11
SE	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
13-24	-0.10	0.06	0.04	-0.02	-0.04	-0.04	-0.04	-0.03	-0.03	0.08	-0.05	-0.03
SE	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08

檢視表三，遲滯 1.2.5.12.13 個月的 ACF 大於一個標準差，即上述 5 個遲滯月份對於 t 月不規則變動有較顯著的影響，故取不規則變動的隨機線性模式如下：

$$\bar{I}_t = k_1 \bar{I}_{t-1} + k_2 \bar{I}_{t-2} + k_5 \bar{I}_{t-5} + k_{12} \bar{I}_{t-12} + k_{13} \bar{I}_{t-13} \dots \dots \dots (19)$$

吾人採用 Marquart (Marquart, 1963) 數值解法，先假設一初始值，經過疊代 (Iterations) 計算得到上式諸參數值如下：

$$k_1 = 0.108 \quad k_5 = -0.100 \quad k_{13} = -0.143 \\ k_2 = 0.166 \quad k_{12} = 0.104 \quad \mu = -4.132 \\ \dots \dots \dots (20)$$

至此吾人可分別預測時間數列中的長期趨勢 (第(2)式)、季節變動 (第(10)式)、循環變動 (第(12)式) 及不規則變動 (第(19)式)，作者取加法模型綜合四項預測可得臺灣南部地區降水量的長期預測模式。

### 三、結果校驗

吾人應用加法模型作臺灣南部地區降水量的長期預測校驗前，先將 1947 年至 1976 年依各月降水量的次數分配 (Frequency distribution) 將降水量分成五個等級\*：各年同月份降水量依大小順序排列 (Sorting)，1 級為降水量極低於平常值 (Much below normal) 佔 n/8 次，2 級為低於平常值 (Below normal) 佔 n/4 次，3 級為平常值 (Normal) 佔 n/4 次，4 級為高於平常值 (Above normal) 佔 n/4 次，5 級為極高於平常值 (Much above normal) 佔 n/8 次，茲將各月份分級結果列於表四。

\* 註：假設月降水量的次數分配為一常態分配 (Normal distribution), n=30年

表四 臺灣南部地區月降水量的分級 (單位：公釐)  
Table 4. The classification of the monthly precipitation on southern Taiwan (unit: mm)

級數 月別	1	2	3	4	5	平均值	標準差
1	≤ 3	4~ 8	9~ 17	18~ 38	39 ≤	18	16
2	≤ 4	5~ 10	11~ 17	18~ 40	41 ≤	18	16
3	≤ 4	5~ 10	11~ 20	21~ 70	71 ≤	27	28
4	≤ 5	6~ 20	21~ 60	61~125	126 ≤	61	55
5	≤ 16	17~ 70	71~200	201~310	321 ≤	159	127
6	≤ 200	201~345	346~450	451~680	681 ≤	398	168
7	≤ 120	121~300	301~430	431~650	651 ≤	389	206
8	≤ 170	171~315	316~470	471~715	716 ≤	416	217
9	≤ 75	76~137	138~220	221~430	431 ≤	231	181
10	≤ 7	8~ 28	29~ 70	71~205	206 ≤	82	87
11	≤ 3	4~ 7	8~ 18	19~130	131 ≤	41	56
12	≤ i	2~ 7	8~ 19	20~ 40	41 ≤	18	21

由表四可看出各月份降水量級距 (Interval) 差別甚大, 且降水量受極端值影響非常大, 例如 3. 9. 10. 11 等月份的平均降水量並非第 3 級, 再者, 各月份降水量標準差均相當大, 尤其降水量較少的 11 月至次年 4 月, 其標準差均接近或大於平均值, 此皆顯示降水變量 (Variation) 相當大, 平均值所具有的代表性較弱。由表四各月份平均降水量分配顯示臺灣南部地區每年降水量約有 90 % 係發生在 5 月至 10 月, 所以本文應用上節加法模型預測自 1963 年至 1976 年每年 5 月至 10 月的各月降水級數並與實際降水級數作比較 (見表五)。校驗結果顯示預測月降水級數與實際完全符合有 40.5 % (34/84), 兩者相差一級有 47.6 % (40/84), 相差二級有 8.3 % (7/84), 差三級有 3.6 % (3/84), 沒有預報誤差四級, 如允許誤差一級, 則有 88.1 % (74/84) 是適確的。

表五 加法模型校驗臺灣南部地區 1963-1976 年 5-10 月降水量

Table 5. The verifications from May to October during 1963-1976 by additive model

次 誤 差 級 數	月 別						合 計	所 佔 百 分 比
	5	6	7	8	9	10		
0	7	6	5	5	5	6	34	40.5
1	6	8	7	9	6	4	40	47.6
2	1	0	2	0	3	1	7	8.3
3	0	0	0	0	0	3	3	3.6
4	0	0	0	0	0	0	0	0

如以月份來分則以 5. 6. 8 等月預測較佳, 7. 9 月次之, 10 月較差。再者統計不同實際級數的預測分配情形 (見表六), 顯示此加法模型對 3 級與 2 級的的降水預測最佳, 完全符合分別為 58.3 % (14/24) 及 43.5 % (10/23), 如允許誤差一級, 則分別高達 91.7 % (22/24) 與 91.3 % (21/23), 實際 4 級降水預測完全符合有 30.4 % (7/23), 如允許誤差一級則有 91.3 % (21/23) 是適確的。極小降水在校驗的 14 年中共發生 4 次, 預測完全正確有一次, 預測低於平常值有 2 次。極大降水發生 10 次, 預測亦為極大降水有 2 次, 預測高於平常值為 5 次。

表六 加法模型的分級校驗  
Table 6. The verifications of classified data by additive model

觀 測 級 數	預 測 級 數					總 數
	1	2	3	4	5	
1	1	2	1	0	0	4
2	2	10	9	2	0	23
3	0	2	14	6	2	24
4	2	0	12	7	2	23
5	0	1	2	5	2	10
總 數	5	15	38	20	6	84

吾人同時探討此加法預測模型中各組成分量 (Components) 的貢獻, T 代表長期趨勢項, S 代表季節變動項, C 代表循環變動項, I 代表不規則變動項, 表七為各組成分量預測完全正確次數, 表八為誤差 1 級以內 (包含誤差 1 級與完全正確) 次數。由 (2) 式斜率甚小得知臺灣南部地區月降水量長期趨勢不甚明顯, 無法用長期趨勢項作單獨預測。

表七 加法模型各分量預測完全正確次數

Table 7. The number of zero-rank errors verified by the components of additive model

次 分 月 數 別	量		
	T+S	T+S+C	T+S+C+I
5	4	7	7
6	6	5	6
7	5	3	5
8	4	5	5
9	2	4	5
10	3	5	6
合 計	24	29	34
所 佔 百 分 比	28.6	34.5	40.5

由表七可看出如僅考慮長期趨勢項與季節變動項則預測完全正確僅有 28.6 % (24/84), 加入循環變動項則增至 34.5 % (29/84), 唯 6. 7 月份預測完全正確次數反見減少, 顯示加入循環變化並非絕對性地 (Positively) 增進準確率, 再加入不規則變動項, 使預測完全正確率增至 40.5 % (34/84),

且各月份均有絕對性的改進。由表八可看出僅考慮長期趨勢項與季節變動項時，如允許誤差 1 級，則有 76.2 % (64/84) 是適確的，加入循環變動項準確率增進為 78.6 % (66/84)，再加入不規則變動項，則允許誤差 1 級的準確率增進至 88.1 % (74/84)，且除 7 月份未增進外，其餘各月份均係絕對性地增進。

表八 加法模型各分量預測誤差 1 級 (含 0 級) 次數  
Table 8. The number of one-rank errors (zero-rank errors included) verified by the components of additive model

次 數 月 別	分 量	T+S	T+S+C	T+S+C+I
5		11	12	13
6		11	12	14
7		11	12	12
8		12	12	14
9		10	9	11
10		9	9	10
合 計		64	66	74
所佔百分比		76.2	78.6	88.1

四、與 ARIMA 模式預測校驗比較

Box 與 Jenkins (1970) 依各種觀測物理量時間數列的特性建立不同的隨機時間數列模式，並用該模式作預測，隨機模式包括自迴歸 (Auto-regression, 簡寫 AR)，積分 (Integral, 簡寫

I)，與移動平均 (Moving average, 簡寫 MA) 三部分或稱為 ARIMA 模式，目前此法已經廣泛地應用到工程、經濟、及自然科學方面的分析、控制與預測。作者(胡, 1977)曾應用 ARIMA 法來分析與預測臺北月平均溫度與月降水量，結果尚稱滿意。本文同時將前節校驗結果與 ARIMA 模式預測臺灣南部地區降水量結果作一比較，ARIMA 的理論及模式建立過程請參閱 Box 與 Jenkins 原著，本文予以略過。資料取自 1959 年 1 月至 1976 年 12 月的臺南、高雄、恒春三站逐月降水量的算術平均數代表南部地區降水量時間數列 (Z<sub>t</sub>)，經過模式鑑定 (Identification)、估計 (Estimation)、診斷 (Diagnostic checking) 及考慮模式的精簡原則 (Principle of parsimony) 後，吾人得到臺灣南部降水量 ARIMA 的預測模式：

$$(1 - \phi_2 B^2 - \phi_{13} B^{13})(1 - B^{12})Z_t = \theta_0 + (1 - \theta_{12} B^{12})a_t \dots \dots \dots (21)$$

$$\phi_2 = 0.183 \quad \theta_0 = 6.812$$

$$\phi_{13} = -0.201 \quad \theta_{12} = 0.755$$

表九及表十分別為殘差 (Residuals) 的 ACF 及 PACF (偏自相關函數)，顯示無一值顯著，總體檢定 Q 值為 19.1 小於  $\chi^2$  (20) 理論值 \*。展開 (21) 式，預測模式可寫成：

$$Z_t = \phi_2 Z_{t-2} + Z_{t-12} + \phi_{13} Z_{t-13} - \phi_2 Z_{t-14} - \phi_{13} Z_{t-25} + \theta_0 + a_t - \theta_{12} a_{t-12} \dots \dots \dots (22)$$

\* 註：查  $\chi^2$  分配數據表  $\alpha=0.1$  與  $\alpha=0.05$ ， $\chi^2$  (20) 分別為 28.4 與 31.4。

表九 臺灣南部地區降水量時間數列殘差的 ACF 及 SE  
Table 9. The ACF and SE of the residuals of monthly precipitation series on southern Taiwan

1-12	0.07	0.02	-0.04	-0.00	-0.07	-0.01	-0.02	-0.08	-0.08	-0.03	0.08	0.05
SE	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
13-24	0.02	0.03	0.08	-0.02	0.01	-0.04	-0.07	-0.08	-0.04	0.08	-0.01	0.01
SE	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09

表十 臺灣南部地區降水量時間數列殘差的 PACF 及 SE  
Table 10. The PACF and SE of the residuals of monthly precipitation series on southern Taiwan

1-12	0.07	0.02	-0.04	0.0	-0.07	-0.0	-0.02	-0.08	-0.07	-0.03	0.08	0.03
SE	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
13-24	0.00	0.02	0.01	-0.03	0.00	-0.04	-0.06	-0.04	-0.03	0.08	-0.01	0.02
SE	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08

由 (22) 式可看出臺灣南部地區某月份降水量受到前 2. 12. 13. 14. 25 等月份影響，同時受到前 12 個月與當月擾動的影響。吾人假設當月的擾動為期望值 0，則利用 (22) 式，預測 1963 年至 1976 年每年 5 月至 10 月降水量，仍採用上節分級校驗，結果見表十一，預測降水量級數與實際完全符合者有 32.1% (27/84)，誤差一級有 42.9% (36/84)，誤差二級有 20.2% (17/84)，誤差三級有 4.8% (4/84)，如允許誤差一級，則有 75.0% (63/84) 是適確的，由表五與表十一比較，加法模型預測結果除 9. 10 月份兩者近似外，其餘諸月份均較 ARIMA 模式為佳。

表十一 ARIMA 模式校驗臺灣南部地區 1963-1976 年 5-10 月降水量

Table 11. The verifications from May to October during 1963 to 1976 by ARIMA model

次 誤 差 級 數	月 別						合 計	所 佔 百 分 比
	5	6	7	8	9	10		
0	4	3	4	4	5	7	27	32.1
1	7	8	5	8	5	3	36	42.9
2	3	3	4	2	3	2	17	20.2
3	0	0	1	0	1	2	4	4.8
4	0	0	0	0	0	0	0	0

### 五、結 論

因為降水量的變量 (Variation) 甚大，且連續性 (Continuity) 甚低，所以預報相當困難，而降水量的長期預報困難尤甚。本文用數理統計法，將影響時間數列的四項因素分別予以分析，並綜合

各項因素的理論函數試作臺灣南部地區降水量的長期預報。在長期趨勢方面，經分析顯示該項影響非常小。季節變動為主要因素，為避免極端值對月降水量的影響，本文採用月別中位數法來計算季節變動，結果顯示臺灣南部地區降水量季節變動甚大，且極大值均集中於夏季。循環變動係以調和分析予以計算，由結果得知除第 1 波外，仍以周期為 2 至 7 個月的波動為主。最後以線性隨機自迴歸模式來處理不規則變動，顯示 t 月份不規則變動受到前 1. 2. 5. 12. 13 個月不規則變動影響。

綜合長期趨勢、季節變動、循環變動及不規則變動的個別預測，作者用加法模型對 1963 年至 1976 年每年 5 月至 10 月臺灣南部地區月降水量作分級預測。由校驗結果顯示預測完全符合者有 40.5%，誤差為一級有 47.6%，誤差二級有 8.3%，誤差三級有 3.6%。如允許誤差一級，則有 88.1% 是適確的。再者此法對 3 級及 2 級的降水預測最佳而對一級與五級極端降水也有相當的預報價值。就加法模型各組成分量而言，季節變動項為最主要因素，不規則變動項與循環變動項也有相當貢獻，長期趨勢項則影響較小。最後，將此法預測結果與 ARIMA 模式作一比較，顯示除 9. 10 月份兩者相似外，其餘諸月份均較 ARIMA 模式為佳。

### 誌 謝

作者首先感謝中央氣象局吳副局長宗堯及郭組長文鑾的鼓勵與支持，尤其感謝國家科學委員會數學研究中心王博士敏男在百忙中給予本文若干指正。在本文執筆期間，作者曾赴中央研究院數學研究所承華博士洋及劉博士兆寧指點，受益頗多。此外，中央氣象局李文璋先生與陳熙揚先生協助編寫程式及整理資料，電子計算機中心全力支援，作者均極感激。

## 參 考 資 料

- 胡仲英, 1977: 應用 ARIMA 模式對臺北市月平均溫度與總降水量的分析與預測, 氣象學報第 23 卷, 第 3 期。
- 鄭堯梓, 1976: 數理統計學, Vol. 3 pp. 596.
- 臺灣累年氣象報告彙編, 1974: 中央氣象局印行。
- Box G.E.P. and G.M. Jenkins 1970: *Time series analysis forecasting and control*. Holden-Day, San Francisco, pp. 534.
- Marquart, D. W., 1963: An Algorithm for least square estimation of non-linear parameter. *Jour. Soc. Ind. Appl. Math.*, 11, 431.
- Panofsky H.A. and G. W. Brier, 1965: *Some Applications of Statistics to Meteorology*. The Penn. State Univ. pp. 224.
- Shun-Der Ko 1975: Surface wind field and precipitation activity over Taiwan in Meiyu season. *1974-annual report of the Institute of Physics, Academia Sinica*.
- Vujica Yevjevich, 1972: *Stochastic Processes in Hydrology*. Water Resources Publications Fort collins, Colorado, U.S.A. pp. 276.

## A Study of Long-Term Precipitation Forecast for the Southern Taiwan by Using a Statistical Method

Chung-Ying Hu

*Central Weather Bureau, Taipei, ROC.*

### ABSTRACT

This paper presents a statistical additive model to study the feasibility of long-term precipitation forecast for the southern Taiwan area. First, the secular trend of the time series was fitted linearly by employing the least square method, then the seasonal and cyclical variations were obtained by monthly median and harmonic analysis respectively. Finally the stochastic linearly auto-regressive model was applied to derive the irregular variation of the said time series.

Using this additive model we have forecasted the ranks of monthly precipitation for the southern Taiwan area from May to October during the period 1963 to 1976. The result of verifications shows that this model is quite feasible. In comparison with time series ARIMA model (Box and Jenkins, 1970) it is found that this model performs much better.