

政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

降雨模擬機制之發展與應用研究

Investigation on development and application of stochastic modeling rainfall in Taiwan

計畫編號：NSC90-2211-E-009-062

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：楊錦釗 國立交通大學土木工程學系

湯有光 香港科技大學土木工程學系

計畫參與人員：吳祥禎 國立交通大學土木工程學系

一、中文摘要

大多數水利工程之規劃設計，如水工結構物之設計、防洪預報系統之建置、防洪工程之規劃、邊坡穩定之設計等，降雨特性（包括發生次數、延時、雨量、間隔時間與時間分佈型態）通常須為已知條件，其對水文設計規範之建立與水工結構物之安全性具有相當大的影響，故有必要針對降雨特性加以探討；一般而言，雨量站若有較長記錄年限，則可推得代表此雨量站的降雨統計特性。在台灣雨量站數目雖甚多，但其中部份因缺乏管理、人為疏失或儀器故障，造成紀錄年限中斷或過短而使所記錄的雨量可靠性欠佳。或者只有長時間尺度（例如日雨量）雨量記錄，實際可使用之雨量資料有限。因此，如何藉由過去降雨紀錄之統計特性，建立降雨模擬模式及不同時間尺度降雨間之關係，有效地提高雨量資料之可用性，實為一重要的課題。

本研究之主要目的係擬藉由分析降雨特性，進而建立降雨模擬程式，製造出接近真實合理的降雨連續事件，並發展不同時間尺度雨量間關係模式，藉以解決水資源系統分析及工程設計時，雨量資料不足或無合適時間尺度雨量之問題，以提高水文分析結果之可靠性及工程之安全性。

關鍵詞：降雨特性、降雨發生次數、延時、雨量、降雨時間分佈型態(雨型)

Abstract

Storm characteristics include the number of occurrence of storm events, storm duration, rainfall depth, inter-arrival time and storm pattern, are often required in many engineering studies, such as flood forecasting, prevention and mitigation, seepage and infiltration for slope stability, etc.

Therefore, it is essential to analyze the storm characteristics about their stochastic features whose reliability depends on the many rain-gauge station in Taiwan, the records in many of them are short due to

the lack of maintenance and mechanical failures.

The purpose of this proposed investigation is to analyze the statistical properties of storm characteristics, and establish a stochastic model for generating realizable storm events. Furthermore, derivation of the relationship between rainfalls of different time-scales can enhance and expand the utility existing rainfall record. The product from the proposed study can improve the reliability of existing record in hydrological design and safety evaluation of hydraulic structure.

Keywords: Storm characteristics、Number of storm events、Storm duration、Rainfall depth、Inter-arrival time、Storm pattern

二、緣由與目的

降雨特性包括降雨發生次數(Number of storm events)、延時(Storm duration)、雨量(Rainfall depth)、降雨間隔時間(Inter-event time)與降雨時間分佈型態即雨型(storm pattern)。大多數工程設計例如水工結構物之設計、洪水預報、防洪工程、邊坡穩定等，降雨特性通常須為已知輸入條件，且依設計目的，往往需不同時間尺度(time scales)之降雨。例如都市排水計畫或區域排水工程，要求設計降雨為短延時，而河川及集水區之治理計畫則需長延時之降雨；另在洪水預報、防洪工程或水庫安全評估中，往往需知雨量-延時關係，以推得尖峰流量及到達時間，進而決定防洪堤防或護岸高度，或決定水庫之位置、容量、溢洪道或出口結構工之大小。由以上可知，降雨特性對水工結構物設計或水資源規劃具有相當大的影響，因此有必要進一步加以探討。

一般而言，雨量站若有較長記錄年限，則其具有代表性的降雨統計特性。在台灣，大多數雨量站主要由中央氣象局、經濟部水利處，台灣電力公司及各地水利會所建立管理，依其研究需要而蒐集不同時間尺度之雨量。雖雨量站數目甚多，但其中部份因缺乏管理、人為疏失或儀器故障，造成紀錄年限中斷或過短而使所記錄的雨量可靠性欠佳。或者

只有長時間尺度(例如日雨量)雨量記錄,實際可使用之雨量資料有限。因此,如何藉由過去之降雨特性,建立降雨模擬模式與不同時間尺度降雨間之關係,有效地提高雨量資料之可用性為一重要的課題。

本計畫主要研究目的係藉由分析降雨天然機制,即降雨特性,降雨發生次數、延時、雨量、降雨間隔時間與雨型,分析其統計特性,進而建立降雨模擬程式,製造出接近真實合理的降雨連續事件,解決水資源系統分析及工程設計時,雨量資料不足,以提高水文分析結果之可靠性及工程之安全性。

三、結果與討論

(一) 理論基礎

1. 降雨事件之定義

舉凡水工結構物設計與水資源規劃中,皆需一完整的暴雨事件作為設計或規劃時之基本資料。過去研究多以連續降雨之開始與結束作為降雨事件之開始與結束,但此對於長時間的降雨如颱風,可能因其間之間歇降雨而被分成數個降雨事件,造成不合理之現象。當應用 Poisson 分佈模擬降雨次數時,降雨間隔時間形成指數分佈,其平均數與標準偏差相等即變異係數為 1。因此本研究擬以此統計特性作為分割降雨事件之標準,運用最佳化方法,求得最小降雨事件之間隔時間。

2. 降雨特性之探討

完整的降雨事件包括降雨發生次數、延時、降雨量、間隔時間及雨型,如圖(1)所示。

雖然降雨特性之研究應分析降雨物理結構及其性質,但由於降雨現象變化萬千,影響的氣象因素甚多如溫度、濕度等,彼此間常常相互影響,實在難以從物理觀念著手,Committee on Precipitation, AGU Hydrology Section(1984)也指出:「降雨之分析在氣象學上將之視為氣象現象,包括降雨型態及其與具時空變貫性的大氣物理過程的相互作用。然而這些過程常未能完全瞭解,因為描述這些過程所需的觀測資料常不充足,或者這些大氣過程本身常有內在的波動性,故此需以統計來處理。一般而言,在未瞭解的較小尺度上統計的波動,與已知的較大尺度上的動力特性具有物理上的對應性,由於這些過程在不同尺度上及不同尺度間之控制及反饋機制及配置降雨。」也就是對降雨的研究,不能不考慮時空間尺度,因此,本研究將就降雨受時間與空間之影響來分析降雨特性。

3. 雨型分析

一般的統計模擬技術均無考慮特定約制條件,如常用的蒙地卡羅(Monte Carlo)模擬法,即是在模擬出具有已知統計分佈性質的隨機變數值。Aitchison(1986)曾針對具有約制條件的模擬技術詳細的討論,建議用 Log-ratio 的處理方法。

4. 降雨特性合適分佈之選取

以往機率分佈函數之選取,大都利用卡方檢定或

K-S 檢定,但由於上述方法,不僅敏感度較低易使各分佈函數皆可通過檢定,且檢定結果易受樣本數之影響。因此,本研究擬利用 2.2 節所介紹之適合度檢準則,判斷各分佈函數適用於降雨特性(延時、降雨量及降雨間隔時間)之順序即各分佈適用順序(最合適分佈,順序為 1),並以各判斷準所得適用順序總合最小者為最佳分佈函數。

(二) 隨機降雨模擬之建置

本研究擬以 Eagleson 所發展之降雨模擬機制為基礎,考慮降雨特性間之相關性,並結合多變量分佈之蒙地卡羅方法,建置一完整的隨機降雨模擬機制。

隨機降雨模擬機制之發展可分為以下階段:

Step1: 應用指數分佈法,推求在乾、濕季時,最小降雨間隔時間。

Step2: 以上一階段所得之最小降雨間隔時間為分割降雨之標準,選取降雨事件及其特性。

Step3: 計算降雨特性之統計量,包括平均值(mean)、變異量(variance)、偏態係數(skewness)、峰度係數(kurtosis)與相關係數(correlation)與雨型之 Johnson 分佈類型及其參數值。

Step4: 應用 Poisson 分佈函數模擬降雨次數

Step5: 應用多變量之蒙地卡羅法模擬降雨延時、降雨量及降雨間隔時間。

Step6: 應用多變量之蒙地卡羅法與 Johnson 分佈模擬雨型。

Step7: 結合 Step6 與 Step7 可得模擬之降雨序列。

Step8: 應用頻率分析分別求取及比較由觀測與模擬雨量所得之不同重現期距降雨量,以驗證模式之可靠性。

模式之發展流程可參考圖3。

(二) 成果討論

本研究應用頻率分析,分別求得由觀測降雨事件與藉由本研究發展樹制所得之模擬降雨事件,在不同重現期距(Return Period)下,各延時之年最大降雨量,藉以驗證模式之可靠性。

由於驗證模式時,需有較長雨量紀錄年限,因此選取淡水河流域之火燒寮站,其具有 40 年(1955-1994)之時雨量資料。在驗證過程中,選取其中 20 年降雨資料,應用隨機降雨模擬機制,模擬 200 組之 20 年降雨降雨事件,並分別推求由 40 年觀測雨量與模擬雨量之頻率曲線,結果如圖4至圖7所示。由圖中可知,觀測雨量所得之觀測頻率曲線於不同延時,皆介於200組模擬雨量所得之模擬頻率曲線之90%信賴區間,且平均模擬頻率曲線與觀測頻率曲線相當接近,顯示本研究發展之降雨模式,所得之模擬降雨事件具有相當之可靠度。

四、成果自評

本計畫之報告內容均能符合預期完成之工作，在計畫方向與進度之掌握堪稱成效良好。

五、參考文獻

- [1] Bonta, J. V. and Rao, A. R. (1988) "Factors affecting the identification of independent storm events", J. of Hydrol., 98, pp275-293.
- [2] Committee on precipitation, AGU hydrology section(1984), "A new interdisciplinary focus on precipitation research", Eos, V.65, no23, 377-380
- [3] C.A. Glasbey, G. Cooper, and M. B. McGechan (1995)"Disaggregation of daily rainfall by conditional simulation from a point-process model", J. of Hydrol., 165, pp1-9.
- [4] D. Cameron, K. Bevan, J. Tawn (2000)"An evaluation of three stochastic rainfall models", J. of Hydrol., 228, pp130-149.
- [5] Eagleson, P. S. (1978) "The distribution of annual precipitation derived from Observed storm sequences", Water Resource Research, Vol 14, No 5, pp.713-721.
- [6] Kavvas, M. L. and Delleur, J. W. (1981) "A stochastic cluster model of daily rainfall sequence", Water Resource Research, Vol. 17, No.4, pp1151-1160.
- [7] Martin Lambert and George Kuczera, "A statistical model of rainfall and temporal patterns", In: Stochastic Hydraulics'96, edited by Tickle, Gouter, Xu, Wasimi and Bouchart, p317-324. Proceedings of the 7th International Symposium on Stochastic Hydraulics, 1996, Balkema, Rotterdam
- [8] Raudkivi, A. J. and Lawgun, N. (1970) "Synthesis of urban rainfall", Water Resources Research, Vol. 6, No.2, pp455-464.
- [9] Restrepo-Posada, P. J. and Eagleson, P. S. (1982) "Identification of independent rainstorm", J. Hydrol., Vol 55, pp303-319.
- [10] Nguyen, V.T.V. and Chaleeeraktragoon, C. (1990) "Estimation of hourly rainfall distribution based on available daily rainfall data." Water Resources Bulletin, 67-76
- [11] Nguyen, V.T.V. and Mayabi, A. (1990) "Probabilistic analysis of summer daily rainfall for the Montreal Region." Canadian Water Resources Journal, 15(3): 65-80
- [12] Nguyen, V.T.V. and Pandey, G. (1994) "Estimation of short-duration rainfall distribution using data measured at longer time scales." WaterSci. Technology, 29(1-2): 39-45. implications." J. of Hydrology, 137: 261-277.
- [13] Pilgrim, D.H. and Cordery, I. (1975) "Rainfall temporal patterns for design floods." J. of Hydraulic Engineering, 101(HY1): 81-95..
- [14] Roldan, J. and Woolhiser, D.A. (1982) "Stochastic daily precipitation models 1. A comparison of occurrence processes." Water Resources Research, 18(5): 1455-1460
- [15] Schertzer, D. and Lovejoy, S. (1987) "Physical modeling and analysis of rain and clouds by anisotropic scaling multiplicative processes." J. of Geophys. Review, 92: 9693-9714.
- [16] Stedinger, J.R., Vogel, R.M., and Foufoula-Georgiou, E. (1993) "Chapter 18: Frequency analysis of extreme events." In: Handbook of Hydrology, edited by D.R. Maidment, McGraw-Hill Book Company.
- [17] Woolhiser, D.A. and Roldan, J. (1982) "Stochastic daily precipitation models 2. A comparison of distributions of amounts." Water Resources Research, 18(5): 1461-1468.
- [18] Yen, B.C. and Chow, V.T. (1980) "Design hyetograph for small drainage structures." J. of Hydraulic Engineering, 106(HY6): 1055-1076. Young, K. (1994) "A multivariate chain model for simulating climatic parameters from daily data." J. of Applied Meteorology, 33: 661-671.
- [19] Yen, B. C., Robert Riggins, and Ellerbroek, J. W., (1993) "Probability characteristics of elapsed time between rainfall", ASCE Irrigation and Drainage Division Conference.
- [20] Zhao, B., Tung Y.K., Yeh, K.C., and Yang, J.C. (1995) "Statistical validation methods: application to unit hydrographs." J. of Hydraulic Engineering, 121(8): 618-625.
- [21] 余濬，降雨設計雨型之研究，國立台灣大學土木工程學研所碩士論文，77年6月
- [22] 洪華生、鄧漢忠，工程或然率，中央土木工程學會，民國80年3月。
- [23] 林國峰、張守陽，台灣地區雨型之研究(一)，行政院國科會專題研究成果報告，81年12月
- [24] 吳明進、陳幼麟，台灣的氣候分區，大氣科學，第21期，第1號，55-66。
- [25] 張守陽、林國峰，台灣地區降雨歷時分布之特性(二)台灣地區，行政院國科會專題研究成果報告，83年2月
- [26] 吳祥禎，台灣地區暴雨強度-延時-頻率分析之研究，國立交通大學土木工程學系碩士論文，85年6月
- [27] 黃家聰，合成台灣河川之河性資料分析 HEC-6之不確定性，國立交通大學土木工程學系碩士論文，86年6月
- [28] 許恩著，設計暴雨雨型序率模式之研究，國立台灣大學農業工程學研所碩士論文，87年6月

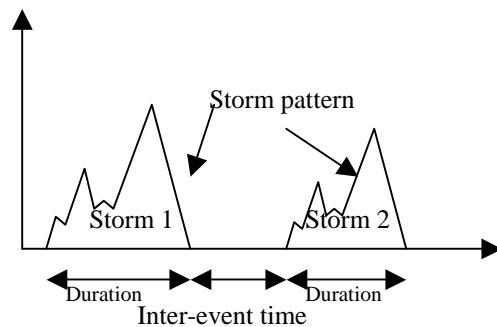


圖 1 降雨事件之定義

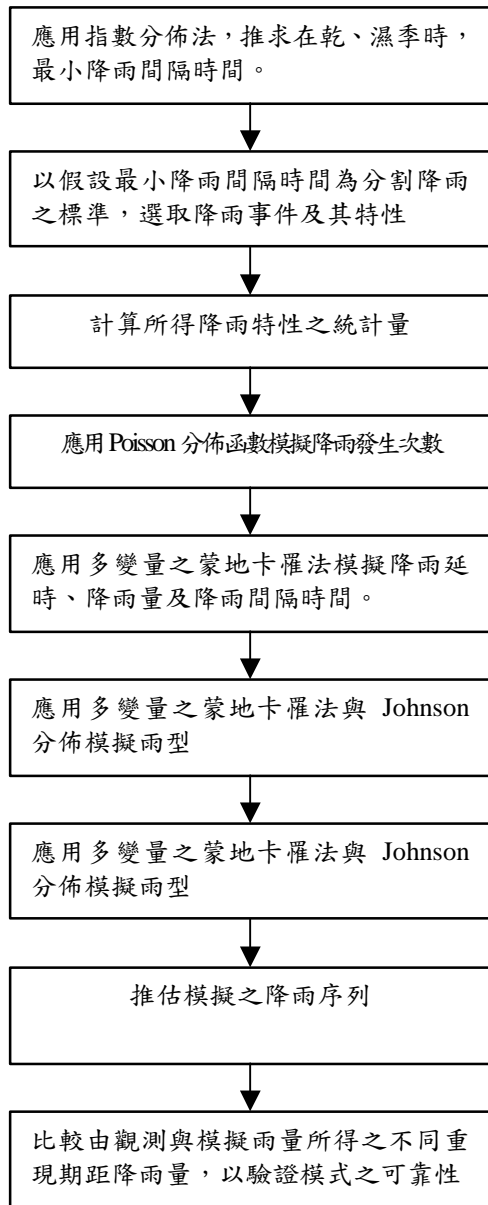


圖 3 降雨模擬機制之架構

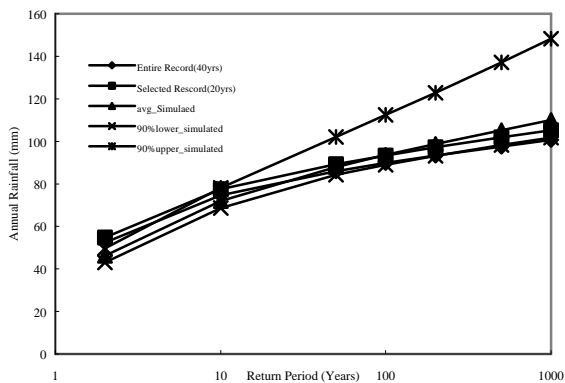


圖 4 觀測頻率曲線與模擬頻率曲線之比較(延時 1 小時)

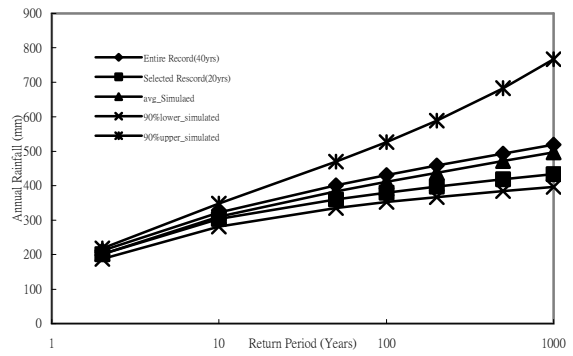


圖 5 觀測頻率曲線與模擬頻率曲線之比較(延時 12 小時)

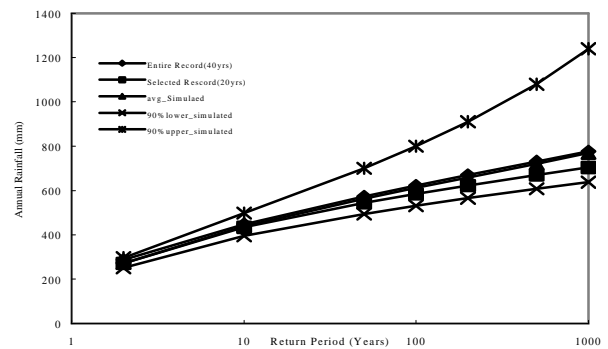


圖 6 觀測頻率曲線與模擬頻率曲線之比較(延時 24 小時)

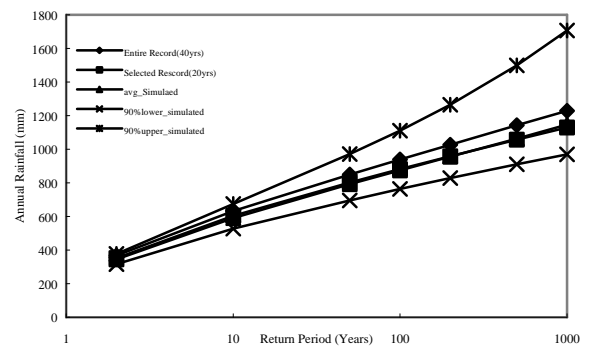


圖 7 觀測頻率曲線與模擬頻率曲線之比較(延時 48 小時)