

降雨特性的模糊理论分析^{*}

李锦育¹, 余新晓²

(1. 屏東科技大学 水土保持系, 台湾 屏东 91201; 2 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

摘 要: 台湾雨量站的密度高居全世界前 3 名, 然而雨量站往往由于设站时间不一致, 或因天灾人祸而导致数据遗失; 因此各水文观测站之降雨数据具模糊特性。降雨事件的特性, 大致可区分为 3 个重要因子: 降雨量、降雨时间及形状因子。常用之统计值为总降雨量、平均降雨量、最大降雨量、最小降雨量、中值降雨量、降雨延时、尖峰达到时间、偏态指标及峰态指标等 9 个物理量。研究以统计量及模糊理论为基础, 分析屏东县气象局 1992–2007 年 31 个雨量站之总降雨量大于 100 mm, 降雨延时 3 h 以上之降雨事件(1 177 场)。研究结果显示: 屏东县大于 100 mm 之降雨, 具长延时、高狭峰之特性; 就气象站而言, 气象站 COR38 之暴雨事件, 最接近整体降雨特性。

关键词: 模糊理论; 降雨量; 雨量站

中图分类号: P426.6

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)02-0020-04

Analysis on Characteristics of Rainfall by Fuzzy Theory

LEE Chin-yu¹, YU Xin-xiao²

(1. National Pingtung University of Science and Technology, Department of Soil and Water Conservation, Pingtung, Taiwan 91201, China; 2. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: The density of rainfall observation stations in Taiwan are more than the other countries on the world. But the rainfall data had missed due to the different years of commencement, natural disaster and/or human activities. So, rainfall data in all observation stations have fuzzy characteristics. The characteristic of rainfall event has three factors, including rainfall, rainfall duration and rainfall pattern. The statistical values about total rainfall, average rainfall, maximum rainfall, minimum rainfall, median rainfall, rainfall duration, time to peak, index of Skewness and Kurtosis were used to analyze. Therefore, this study had discussed the variance using statistical and Fuzzy theory through 31 stations about the rainfall events of over 100 mm rainfall and 3 rainfall duration (1 177 events) from 1992 to 2004 at Pingtung area. The study showed that the rainfall events had the characteristics of long duration and high kurtosis. The rainfall observation station COR38 is near the thorough rainfall characteristics in Pingtung.

Key words: fuzzy theory; rainfall; rainfall station

一般水资源规划、防灾、治山防洪设计规划过程, 水文纪录中降雨量与形态受到学者及工程人员的重视。从文献中得知, 讨论主题皆以降雨时间为自变量, 平均降雨量为因变量, 以统计的方法探讨降雨特性, 极值探讨甚少; 然而一场降雨事件的属性, 用平均值无法确切描述, 况且平均值受到极端值的影响极大。因此, 针对此问题选定屏东县气象局 1992–2004 年 31 个雨量站之总降雨量大于 100 mm, 降雨延时 3 h 以上之降雨事件(1 177 场), 并求

出 31 个测站之统计物理量及隶属度函数, 利用模糊理论评判分析方法, 推估雨量观测站之差异性。

1 屏东县地理位置与环境

屏东县系由高屏溪、荖浓溪、隘寮溪、东港溪、林边溪等网状河流冲积而成, 北起里港、高树, 南至佳冬、枋寮, 面积约 1 160 km²。东边山势陡峭, 属大武山山脉及中央山脉南段, 为全县屏障, 县境内的三门、雾台、玛家、泰武、来义、春日等山地乡山区, 平均

* 收稿日期: 2009-10-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(40871136)

作者简介: 李锦育(1959–), 男, 台湾宜兰人, 教授, 博士生导师, 研究方向为流域管理与生态工程。E-mail: cylee@mail.nput.edu.tw

通信作者: 余新晓(1961–), 男, 甘肃平凉人, 博士生导师, 教授, 主要研究方向: 生态水文、水土保持。E-mail: yuxinxiao111@126.com

海拔均超过 1 000 m, 高屏溪、东港溪、林边溪均发源于此。位于东港西南方约 8 n mile 的小琉球, 是屏东县唯一的离岛, 岛屿形状像一只飘浮在台湾海峡上的鞋子, 面积 6. 8 km², 全为珊瑚礁构成的低矮冈陵, 岛上的最高峰是龟子路山, 海拔 87 m。属热带季风气候区, 年平均降雨量约 2 000 mm, 因东侧受南北大武山群脉受风面阻挡, 截留大量海洋湿气, 雨量多集中于夏季的西南气流及 5– 9 月。

2 研究基础

近年来国内学者广泛运用模糊理论及类神经网络分析方法, 推估集水区水文因子趋势或模式。张简凤莲^[4]以模糊理论建立浊水溪流域区降雨– 径流域预报模式。陈明棠等^[5]其选择有效集水区面积、断层长度与总集水区面积比、岩性、崩塌面积比、溪床平均坡度及形状因子等地文因子加上降雨特性, 以模糊理论及类神经网络加以分析土石流危险度。林国峰等^[2]以无母数统计及克利金(Kriging)内插法, 选择台北市山坡地 16 个雨量站降雨数据做雨量站网设计之研究; 研究结果在 95% 的显著水准之下, 增设 7 个雨量站所推求之区域平均雨量可达 98% 之准确度。李锦育等^[1]运用灰关联分析台湾地区影响降雨相关因子; 陈宪宗和游保杉^[6]应用灰色系统(Grey System)概念建构雨量预报模式。林敬章^[3]则以模糊理论探讨基隆地区降雨形态分类, 及诊断各降雨形态是否有异常之现象。

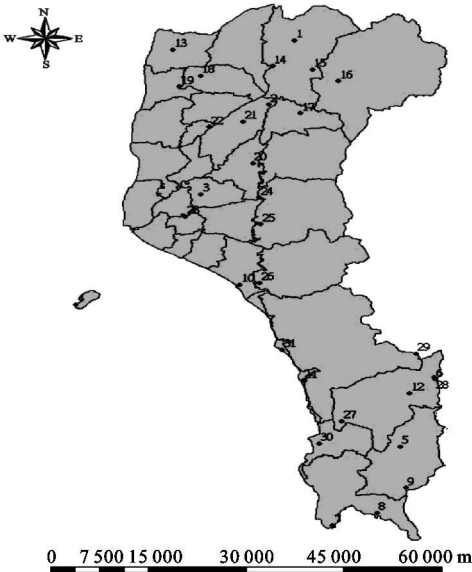


图 1 屏东县雨量观测站相关位置

3 理论与研究方法

3.1 模糊理论概述

加州柏克莱大学 Zadeh(1965) 发表“模糊集合

理论(Fuzzy Set)”的论文, 模糊理论就此产生。自然界很多现象伴随着各种不确定性, 降雨量亦如此, Zadeh 教授提出了模糊的观点^[8], 从 0~ 1 之间的各种数值来解决具有不确定性的模糊现象, 传统的逻辑思考是非 0 则 1, 非 1 则 0, 但模糊集合是在 0 与 1 之间区分了更多, 将不明确的现象定义得更详细。

模糊集合处理不确定的问题时, 都会以隶属函数(Membership Function)表达模糊程度; 但实际上进行应用模糊集合处理时, 都是透过模糊数处理, 进而简化数学之运算与表达方式。观念基本是在论域上有一个模糊子集 A , $A \subset F(u)$, 给定一个 $u(x)$, $u(x)$ 具有有限集合 $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ 使得 $0 \leq u(x) \leq 1$; 则 $u(x)$ 称为模糊子集 A 的隶属函数。若 $u(x)$ 越接近 1, 则隶属于 A 的程度越高, 模糊集(fuzzy set) A 通常表示为: $A = [u(x_1), u(x_2), \dots, u(x_n)]$ 。

隶属函数乃表示全体集合中元素相对应于模糊子集之隶属关系^[7], 一般的隶属函数可以用数值或函数的形式定义, 用数值的方式定义称为离散型(discretization)隶属函数, 用函数来定义的称为连续型(continuous)隶属函数。隶属函数的订定可根据选择适合分析数据的隶属函数, 典型的连续型隶属函数有三角形、梯形、吊钟形与指数型, 本文选择使用离散型隶属函数。

3.2 研究方法

3.2.1 定义

(1) 降雨事件。一场降雨定义因不同探讨目的而异, 本文定义之降雨事件为前后之小时降雨量为 0, 总降雨量大于 100 mm; 台风降雨事件以台风发布时间至解除时间为一降雨事件。

(2) 隶属函数

$$A = [u(x_1), u(x_2), \dots, u(x_9)]$$

$$u(x_i) = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

式中: $u(x_1)$ ——降雨延时; $u(x_2)$ ——尖峰达到时间; $u(x_3)$ ——最大降雨量; $u(x_4)$ ——最小降雨量; $u(x_5)$ ——中值降雨量; $u(x_6)$ ——总降雨量; $u(x_7)$ ——平均降雨量; $u(x_8)$ ——偏度; $u(x_9)$ ——峰度。

3.2.2 分析步骤 经由屏东县气象站(雨量观测站名称、位置及记录年, 如图 1 所示之历史小时降雨量, 找出各站累积雨量大于 100 mm 之降雨事件, 分别计算出各事件之叙述统计量; 包括总降雨量、平均降雨量、最大降雨量、最小降雨量、中值降雨量、降雨

延时、尖峰达到时间、偏度及峰度等 9 个物理量。进而求出全部之隶属度函数 A ，及各测站之隶属度函数 B ；再利用模糊数学之综合评判方法，单一测站

之雨量事件次数为加权，建立评估元素 V_i ，即可推算出屏东县内各个测站之综合评判 V 值；经由 V 值之比较得知差异性。

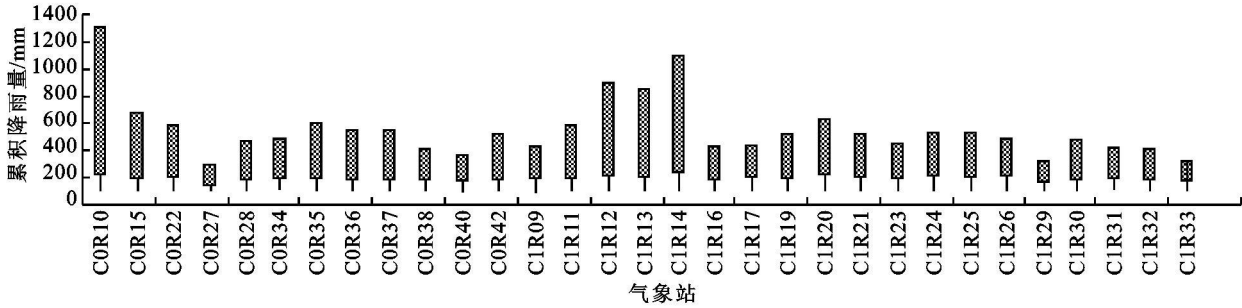


图 2 累积降雨量区间

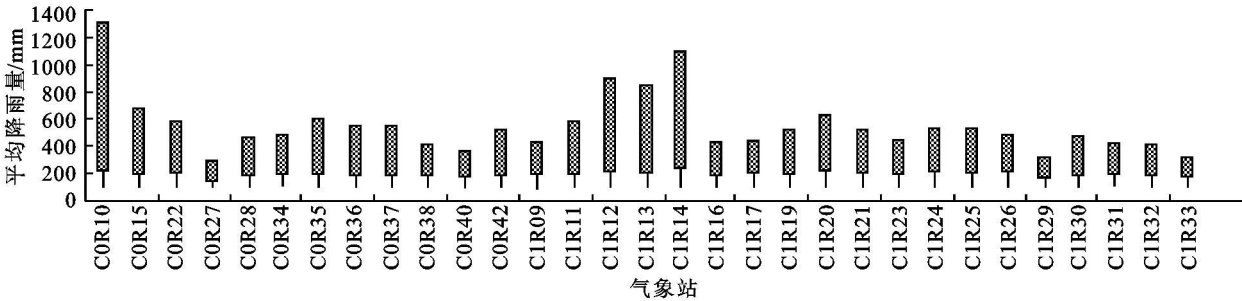


图 3 平均降雨量区间

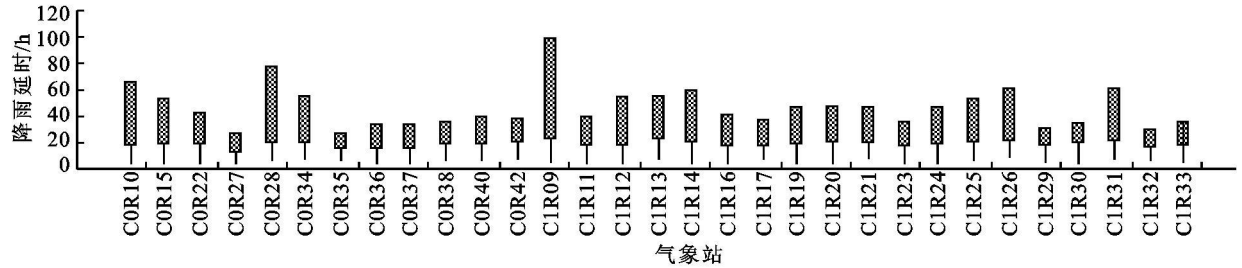


图 4 降雨延时区间

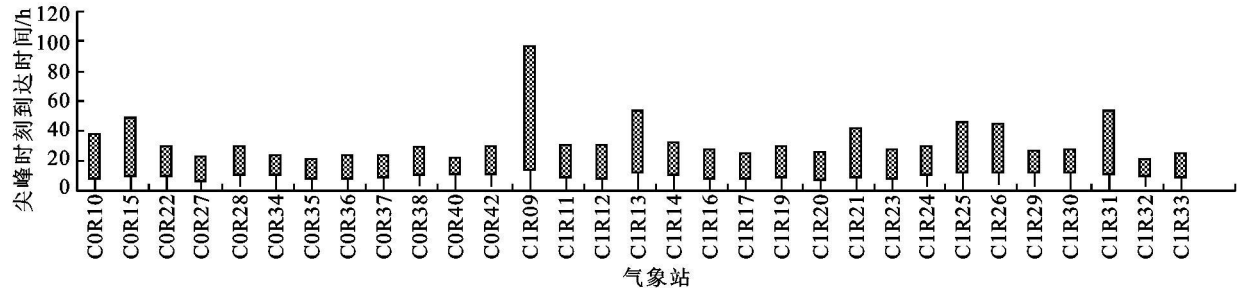


图 5 尖峰到达时间区间

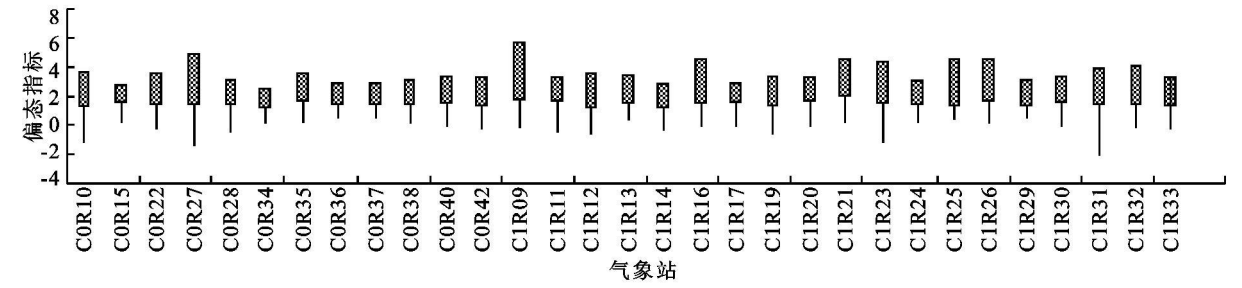


图 6 偏态指标区间

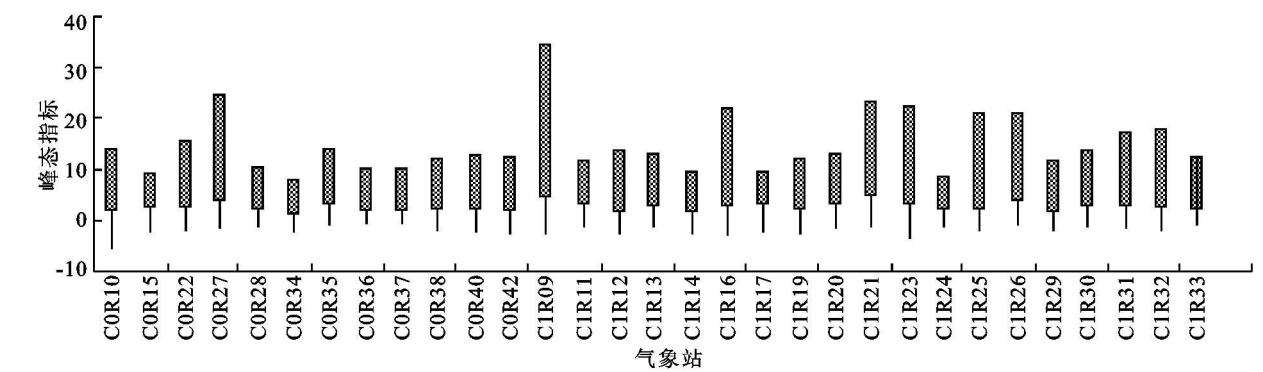


图 7 峰态指标区间图

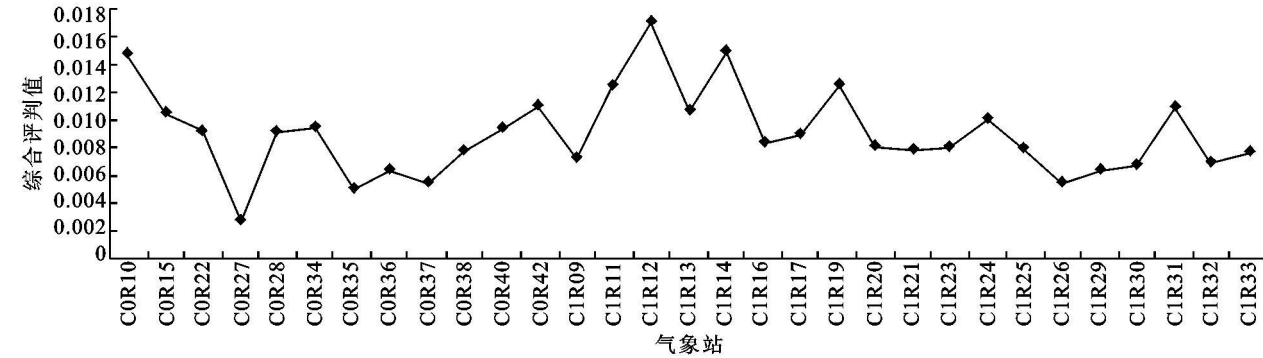


图 8 雨量站之综合评判值

4 结果与讨论

就单一因子之叙述统计量,得知累积降雨量之区间值以雨量站 C0R10 最大(如图 2 所示),平均降雨量之区间值以雨量站 C1R30 最大(如图 3 所示);降雨延时、尖峰达到时间、偏态指标及峰态指标,皆以雨量站 C1R09 最大(如图 4- 7 所示)。因此,就时间及形态因子而言,雨量站 C1R09 具有较大区间值,具有延时长、尖峰到达时间晚的特性。就降雨形态而言皆属正偏态、高狭峰之特性(如图 7- 8 所示)。因气象站建立之时间不一致,造成统计推论偏颇特性;因此利用模糊数学方法,31 个测站与总量之隶属度函数,以测站内观测事件数为加权推估各个测站之评判值。就降雨属性因子整体评估,得知气象站 C0R38,不因加权数影响,有最高评判值;代表性最高。气象站 C0R15,最不贴近屏东县降雨特性(如图 8 所示)。

参考文献:

[1] 李锦育,王怡欣,江莹纹,等.运用灰关联分析台湾地区

影响降雨相关因子[C]//台湾农业工程学会 2007 年年会暨研讨会论文集. 2007: 1370- 1381.

[2] 林国峰,陈儒贤,陈明杰.雨量站网设计之研究[J].中华水土保持学报,2001,32(2): 87-95.

[3] 林敬章.模糊理论运用于降雨分类之研究[D].台湾基隆:海洋大学河海工程研究所,1993: 13-18.

[4] 张简凤莲.结合模糊理论于浊水流域径流预报模式之研究[D].台湾台南:成功大学水利及海洋工程所,2002: 44-51.

[5] 陈明棠.台湾北部地区土石流潜势溪流危险度与预警分析之研究:类神经网络与模糊理论之应用[D].台湾台北:台湾大学土木工程研究所,2002: 12-15.

[6] 陈宪宗,游保杉.灰色系统理论在降雨预测之应用[C]//第二届灰色系统理论与应用研讨会论文集. 1997: 176-183.

[7] 刘应明,任平.模糊数学[M].台北:凡异出版社,1994: 31-61.

[8] 关颂廉.应用模糊数学[M].台北:科技图书有限公司,2001: 1-161.