

Analysis of the Influence of Nanling Topography on Precipitation in South Hunan

Jingyu Xu, Mingcai Lan, Changqing Zhou

Hunan Meteorological Observatory, Changsha Hunan
Email: tonny_xjy@163.com

Received: Jul. 29th, 2018; accepted: Aug. 21st, 2018; published: Aug. 28th, 2018

Abstract

In this paper, the average monthly precipitation data of 25 national meteorological stations in southern Hunan from 2010 to 2016 and the digital elevation model (DEM) data with a resolution of 25 m were adopted, and the multi-regression method was applied to non-linear modeling of geographical factors (surface undulation and topographic elevation) and precipitation data, and the fitting relationship was obtained to discuss the impact of Nanling topography on precipitation in southern Hunan under the Nanling mountain topography. The research shows that the monthly mean precipitation in Nanling area is concentrated in 120 - 140 mm, with a significant right skew distribution. At the same time, precipitation in this region, on the one hand, takes a turning point around 20 m as the variation of undulation, and generally presents a concave trend that first decreases and then increases. The topographic undulation increases by 50 m and the precipitation change increases by 10 mm. On the other hand, with the increase of topographic height around 200 m as the turning point, there is an overall "convex" shape trend of strengthening first and then weakening later. With the elevation higher than 200 m, the influence of topography on precipitation is hindered to some extent.

Keywords

Nanling Topography, Precipitation, Multivariate Regression, ArcGIS

南岭地形对湘南降水的影响分析

徐靖宇, 兰明才, 周长青

湖南省气象台, 湖南 长沙
Email: tonny_xjy@163.com

收稿日期: 2018年7月29日; 录用日期: 2018年8月21日; 发布日期: 2018年8月28日

摘要

本文采用湘南地区25个国家气象站2010~2016年近7年的平均月降水资料,以及25 m分辨率的数字高程模型(DEM)资料,运用多元回归方法对地理因子(地表起伏度和地形高程)和降水数据进行非线性建模,得出其拟合关系,讨论南岭山脉地形下,南岭地形对湘南降水的影响。研究表明:南岭地区的月平均降水集中在120~140 mm,分布呈现明显的右偏态分布。同时,这一区域的降水一方面随着起伏度的变化以20 m附近为转折点,整体上呈现一个先减弱后增加的“凹”形趋势,地形起伏度增加50 m,降水量变化增加10 mm。另一方面,随着地形高度的增加以200 m附近为转折点,整体上呈现一个先增强后减弱的“凸”形趋势,海拔高度超过200 m,地形对降水的影响起到一定的阻碍作用。

关键词

南岭地区, 降水, 多元回归, ArcGIS

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

强降水是湖南省的主要灾害性天气之一,并且降水分布具有明显的地域性特色。在进行中短期预报时,预报员通常使用模式预报的大气环流背景场及降水产品,往往忽略了当地的地域性地形因素,以至于经常无法对高山地区或平原地区的降水差异预报准确。降水要素除了受大气环流气象因子影响以外,高程、坡度、坡向等地形因子通过影响太阳辐射的分布、区域热力状况,也会影响降水的分布和强度[1] [2] [3] [4]。一些理论主要集中在地形降水的机理研究,孙继松[5]认为过山气流受地形影响,在迎风坡上表现为水平辐合,对降水的产生具有明显增幅作用,Colle等[6]认为如果低层气流稳定,会产生地形最气流的阻挡,使得迎风坡的降水产生增幅现象,对于不稳定气流,上升气流能够直接接触对流系统或者稳定的带状降水。研究南岭地形影响下降水的特征,不仅对湘南强降水天气的预测和预警方法的改进具有重要气象理论价值,而且有利于增强地形降水的预测和预警能力,增强气象保障和社会服务能力。

本文运用多元回归方法对地理因子(地表起伏度和地形高程)和降水数据进行非线性建模,得出其拟合关系,讨论南岭山脉地形下,湘南降水与地形之间的关系,有利于增强预报员对南岭地区降水的订正水平,为气象服务工作提供科学有效的支撑。

2. 资料来源和方法

降水数据选取湖南省内25个国家气象站近7年(2010~2016)汛期4~9月的降水,地理分布范围是111°E~114°E,25°N~26.8°N(图1)。选取的站点并非全部地处南岭山脉区域,还包括了一部分位于南岭北侧较低地势区域站点,以便进行地形因子的变化与降水关系的对比分析。地形因子选取包括地形高程、地形起伏度、坡度、坡向等数据,数据通过ArcGIS对1:50,000湖南省数字高程模型(DEM)资料进行提取[6]。

传统的估算方法主要利用数据内插建立降水等值线的空间部分,由于这种方法对观测数据的资料要求较高,且当观测资料较为稀疏的情况下难以保证数据的准确性,而利用回归分析方法建立气象要素与

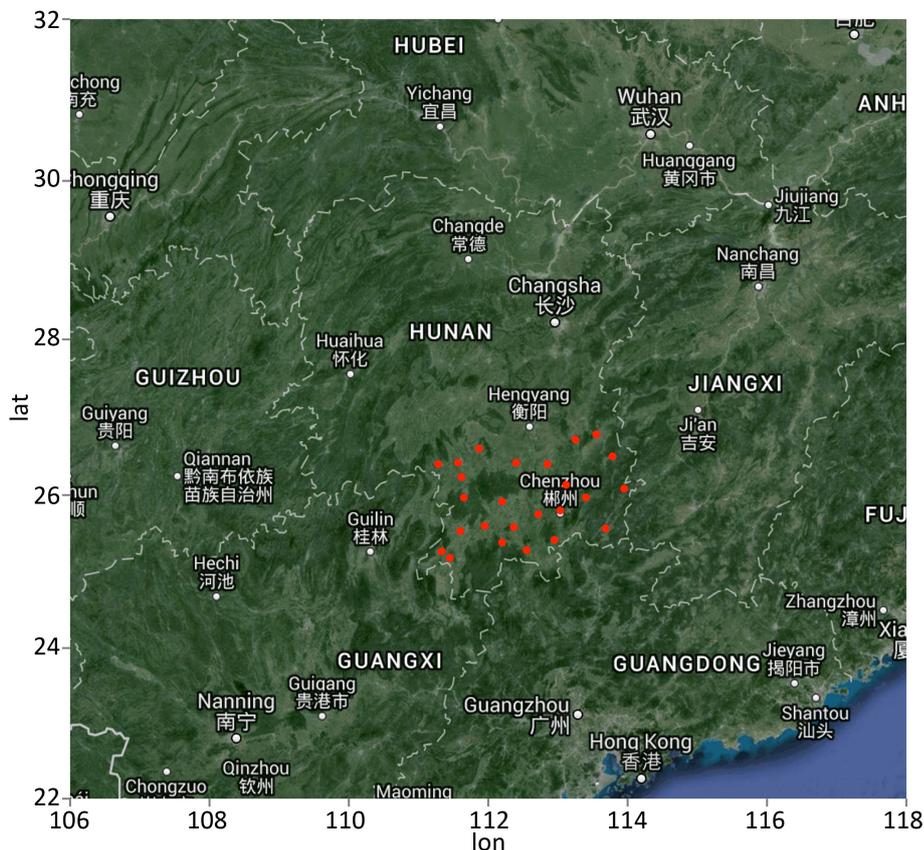


Figure 1. Distribution of meteorological stations in Nanling area (red dot)

图 1. 南岭地区气象站点分布(红点)

地形要素之间的统计关系,在定量反映地形要素与降水的分布上有一定优势[7] [8] [9] [10]。本文基于多元非线性逐步回归分析法,建立多个地形因子和降水之间的非线性数学模型数量关系式,得出要素间的数量依存关系,从而进一步揭示出各因子间内在的规律。

3. 南岭地区降水特征

利用南岭地区国家气象站 2010~2016 年汛期 4~9 月的月平均降水分布(图 2)可见,南岭地区的月平均降水集中在 120~140 mm,呈现明显的右偏态分布。根据月降水与地形的箱线图(图 3)分析,降水随海拔高度呈现波浪式渐增,且 180~200 mm 降水主要集中在海拔 250~500 m 高度之间,可见,降水并非单纯因海拔高度增加而增加,而随着地形高度的增加呈现非线性趋势[11],因此在下面的分析中使用非线性拟合方法讨论地形与降水关系。

利用数字高程模型(DEM)数据筛选出对降水有直接影响的地形因子,进行相关性分析,其中海拔高度、地形起伏度与国家站降水相关性最好(表略)。通过对降水数据与地表起伏度和地形高程进行非线性逐步回归分析,以分析南岭地区地形参数对降水变化的影响程度(表 1),其中 x_1 表示地形高度, x_2 表示地形起伏度, y 表示站点月平均降水,引入的变量有 6 个,分别是 x_1 , x_2 , x_1^2 , x_2^2 , x_1^3 , x_2^3 。经过逐步回归之后,剔除了 x_2 变量,只保留了剩余 5 个变量,拟合方程如下:

$$y = 0.01 + 0.7x_1 - 0.2x_1^2 - 0.002x_2^2 + 0.006x_1^3 - 1e^{-6}x_2^3$$

其中,所有参数均通过了显著性检验,并且方程整体也通过了 F 检验,拟合方程的回归效果较好。

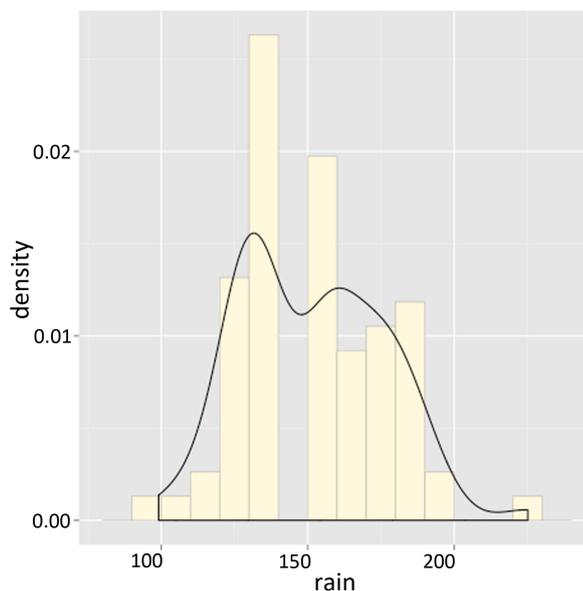


Figure 2. Distribution of monthly average precipitation in Nanling
图 2. 南岭地区月平均降水量分布图

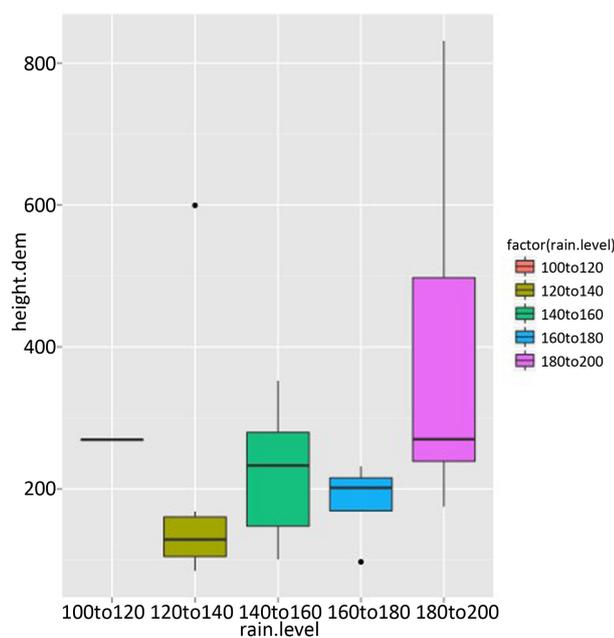


Figure 3. Monthly average precipitation and terrain height distribution in Nanling area

图 3. 南岭地区月平均降水量与地形高度分布图

Table 1. The relationship between topographic factors and precipitation

表 1. 地形因子与降水量拟合关系

参数	地形高度 x_1	地表起伏平方 x_2^2	地形高度平方 x_1^2	地表起伏立方 x_2^3	地形高度立方 x_1^3
回归系数	0.7	-0.2	-0.002	0.006	$1e^{-6}$
T 检验值	2.7	-3	-2.5	3.3	2.4
通过检验	是	是	是	是	是

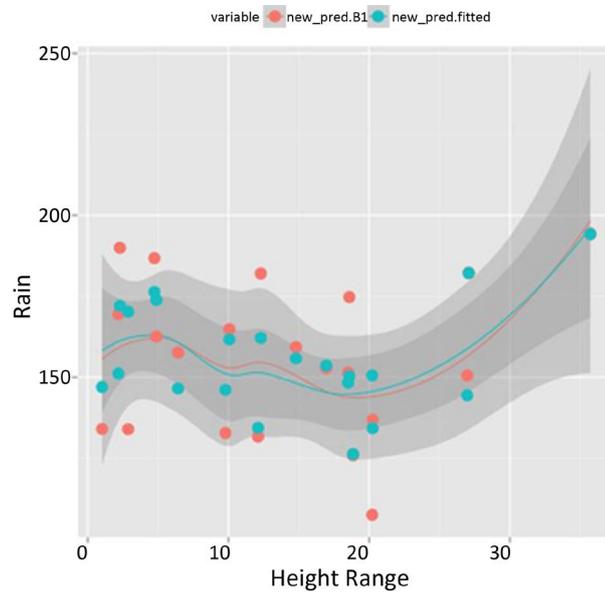


Figure 4. Surface undulation and precipitation in the Nanling area (red) and fitting equation (blue), the shadow is 95% confidence interval

图 4. 地表起伏度与南岭地区降水量实况(红色)及拟合方程(蓝色), 阴影为 95%置信区间

4. 地表起伏对降水的影响

对降水及方程的拟合值经过平滑处理之后, 降水随地表起伏度的变化如图 4, 实况降水与拟合结果分布区间较为吻合, 且拟合曲线根据地形高度呈现, 先减小后增加的趋势。当地表起伏在 0~10 m 和 20~30 m 之间时, 拟合值略低于实况, 而在 10~20 m 之间时, 拟合值略高于实况。总体来看, 拟合方程与实况的差异并不大, 准确率较好。同时, 南岭地区的降水随着起伏度的变化以 20 m 附近为转折点, 整体上呈现一个先减弱后增加的趋势, 地形起伏度每增加 50 m, 降水量将增加 10 mm。这是由于当地势较为平坦时, 起伏度越小越有利于水汽的输送, 水汽来源受到的阻挡越小; 而当地势变化较大时, 起伏度越大越有利于水汽的辐合、增强了动力抬升, 有利于降水的形成。

5. 地形高度对降水的影响

对比地形高度和降水的拟合及实况分布结果(图 5), 南岭地区的降水随着地形高度的增加以 200 m 附近为转折点, 整体上呈现一个先增强后减弱的趋势。这一趋势正好与地表起伏度相反。当地形高度在 200 m 以下时, 随着地形高度的增加, 通过迎风坡的抬升作用有利于降水的增加。而当海拔高度高于 200 m 时, 地形作用阻碍了水汽通道的畅通, 对降水起到一定的削减作用。位于近地面的超低空急流收到地影响向后是的水汽在山前辐合, 形成降水, 而南岭地形复杂, 海拔不断上升加之地形起伏多变, 使得降水更容易在 200 m 高度附近形成降水。

6. 小结

本文利用南岭地区国家站降水资料, 分析了湘南地区汛期降水的影响, 利用 GIS 提取了与降水相关的地形因子, 并建立了多元非线性逐步回归模型, 分别讨论了地形起伏度以及海拔高度对降水的影响, 可以发现:

- 1) 南岭地区的月平均降水集中在 120~140 mm, 分布呈现明显的右偏态分布。随着地形高度和地形

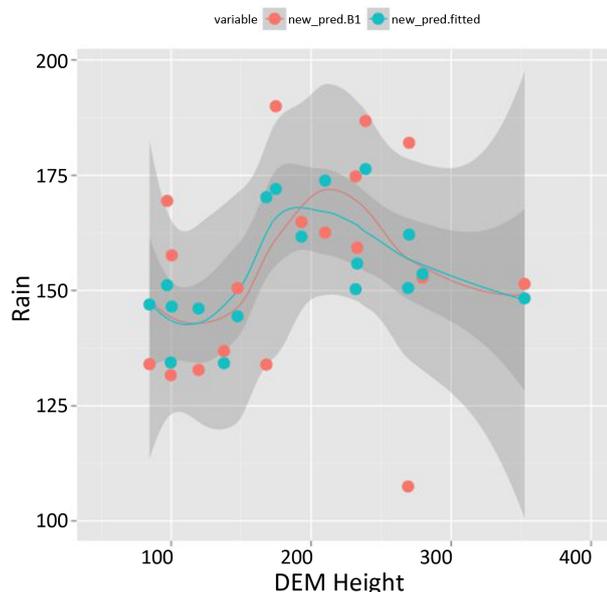


Figure 5. Terrain height and precipitation in the Nanling area (red) and fitting equation (blue), the shadow is 95% confidence interval

图 5. 地形高度与南岭地区降水量实况(红色)及拟合方程(蓝色), 阴影为 95%置信区间

起伏的增加, 降水并不是一个线性趋势, 呈现一种非线性的趋势。

2) 通过对降水数据与地表起伏度和地形高程进行非线性回归分析。总体来看, 海拔高度、地形起伏度与降水量有良好的相关性, 拟合方程与实况的差异并不大, 拟合准确率较好。南岭地区的降水一方面随着起伏度的变化以 20 m 附近为转折点, 整体上呈现一个先减弱后增加的“凹”形趋势。另一方面, 随着地形高度的增加以 200 m 附近为转折点, 整体上呈现一个先增强后减弱的“凸”形趋势。

3) 由于本文分析中使用的是南岭地区内的国家站站点, 下一步还需在现有的基础上逐步加入自动站观测数据进行分析, 加强对南岭地区降水的理解。

参考文献

- [1] 陈潜, 赵鸣. 地形对降水影响的数值试验[J]. 气象科学, 2006, 26(5): 484-493.
- [2] 郭欣, 郭学良, 付丹红, 等. 钟形地形动力抬升和重力波传播与地形云和降水形成关系研究[J]. 大气科学, 2013, 37(4): 786-800.
- [3] 付超, 谌芸, 单九生. 地形因子对降水的影响研究综述[J]. 气象与减灾研究, 2017, 40(4): 318-324.
- [4] 丁仁海, 丁鑫. 九华山与周边区域的降水分布差异分析[J]. 气象, 2014, 40(4): 458-465.
- [5] 孙继松. 气流的垂直分布对地形雨落区的影响[J]. 高原气象, 2005, 24(1): 62-69.
- [6] Colle, B.A., Smith, R.B. and Wesley, D.A. (2013) Theory, Observations, and Predictions of Orographic Precipitation. Springer Atmospheric Sciences. Mountain Weather Research and Forecasting. Springer, Dordrecht, 291-344.
- [7] 王婷. GIS 支持下的地形对地区降水影响因子分析——以甘肃省天水市为例[J]. 甘肃科技, 2012, 28(22): 58-61.
- [8] 舒守娟, 王元, 熊安元. 中国区域地理、地形因子对降水分布影响的估算和分析[J]. 地球物理学报, 2007, 50(6): 1703-1712.
- [9] 陆忠艳, 马力, 缪启龙, 等. 起伏地形下重庆降水精细的空间分布[J]. 南京气象学院学报, 2006, 29(3): 408-412.
- [10] 冯强, 叶汝杰, 王昂生, 等. 中尺度地形对暴雨降水影响的数值模拟研究[J]. 中国农业气象, 2004, 25(4): 1-4.
- [11] 穆振侠, 姜卉芳, 党建新, 等. 不同地形对山区降水垂直分布规律的影响[J]. 新疆农业大学学报, 2010, 33(1): 66-71.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2168-5762，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：gser@hanspub.org