

Analyzing Spatial and Temporal Distribution of Precipitation at Wet or Dry Season in Yarlung Zangbo River Basin Using Empirical Orthogonal Function

Xiongfei Wang¹, Sisi Chen¹, Jiaqi Zhang²

¹College of Tourism and Geography Science, Yunnan Normal University, Kunming

²College of Tourism and Environmental Sciences, Shanxi Normal University, Xi'an

Email: 919753286@qq.com

Received: Nov. 18th, 2014; revised: Dec. 1st, 2014; accepted: Dec. 10th, 2014

Copyright © 2014 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

Abstract

According to the monthly precipitation data of 15 meteorological stations in the Yarlung Zangbo river basin during the period from 2000 to 2010, and using the method of empirical orthogonal function (EOF), we respectively calculated the spatial and temporal distribution characteristics of precipitation in wet and dry season and the time-coefficient series. The results showed that the EOF method was capable of revealing the spatial and temporal distributions of precipitation field for the Yarlung Zangbo river basin, with the first four EOFs reflecting the four vector distribution fields; furthermore, we can know that the cumulative contribution rate of precipitation is 99.84% at dry season and 89.81% at wet season. The main space distribution characteristic of dry or wet season precipitation is different distribution from west to east in Yarlung Zangbo river valley. It shows that the precipitation in western district is more than that in eastern district, such as Milin wide valley in the eastern end of Himalayas, which is one of most abundant precipitation areas, because it is influenced by the monsoon climate and the warm moist air flow from the eastern Indian Ocean. However, due to the high altitude, the water vapor is hard to reach the west area. So the precipitation of west area is relatively less compared to the east.

Keywords

Yarlung Zangbo River Basin, Empirical Orthogonal Function, Precipitation in Wet and Dry Seasons, Spatial and Temporal Variation

基于EOF的雅鲁藏布江流域干湿季降水变化的时空分异研究

王熊飞¹, 陈思思¹, 张嘉琪²

¹云南师范大学旅游与地理科学学院, 昆明

²陕西师范大学旅游与环境学院, 西安

Email: 919753286@qq.com

收稿日期: 2014年11月18日; 修回日期: 2014年12月1日; 录用日期: 2014年12月10日

摘要

根据2000年~2010年雅鲁藏布江流域的15个气象站点的月值降水数据, 采用经验正交函数分解法(EOF), 分别计算出雅鲁藏布江流域干湿季降水的时空分布特征和时间系数序列。结果表明: 应用EOF方法可以很好地揭示降水场的时空分布特征, 且对雅鲁藏布江流域而言前4种模态揭示了四种分布场, 干季降水的累计贡献率达99.84%, 湿季降水的累计贡献率达89.81%。雅鲁藏布江流域干湿季降水的主要空间分布特征是“东-西差异分布”, 即表现出西部偏少东部偏多的特点, 尤其是在喜马拉雅山脉最东端的米林宽谷地带降水最为丰富, 分析其原因是季风气候和印度洋的暖湿气流对东部影响较大, 西部由于海拔高, 水汽很难到达, 因此西部降水较东部少。

关键词

雅鲁藏布江流域, 经验正交函数, 干湿季降水, 空间分异

1. 引言

降水的变化是影响我国工农业生产的一个重要因素之一[1], 认识降水量的时空分异及其特征具有重要的意义。经验正交函数分解, 又称 EOF (empirical orthogonal function)方法, 是一种常用的气象学统计分析方法, 目前这种方法在全国及各省范围内的气象分析中被广泛应用。高智等[2]采用自然正交函数 EOF 及扩展的自然正交函数 EEOF 方法揭示了陕西汛期降水与前期大气环流遥相关型的联系; 包云等[3]用 EOF 方法分析了内蒙古降水空间变化的区域特征及降水空间结构的周期特征, 魏义长等[4]用该方法研究了河南省降水的空间分布特征及时间变化。雅鲁藏布江是世界上海拔最高的河流, 流域内是独特的高寒气候, 属于气候变化的敏感地带, 其特殊的地理位置决定了其独特的降水资源及多样的降水分布模式。因此研究雅鲁藏布江流域时空格局对青藏高原地区乃至全国都有十分重要的意义。本文基于 EOF 对雅鲁藏布江干湿季的降水变化的时空分异进行研究, 以期揭示雅鲁藏布江流域降水变化的时空分布格局。

2. 数据与方法

2.1. 研究区概况

雅鲁藏布江流域(28°00'~31°16'N, 82°00'~97°07'E), 流域面积 24.048 万 km²(如图 1 所示)。流域海拔高度绝大部分在 3000 m 以上, 流域从雅鲁藏布江下游河谷到源头杰马央宗冰川, 由上游的高原寒温带半

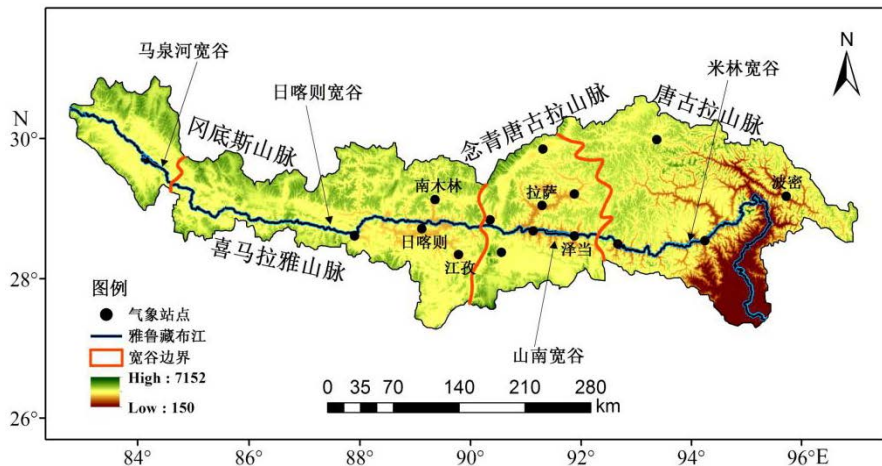


Figure 1. The study area

图 1. 研究区概况

干旱气候 - 中游的高原温带半干旱气候 - 下游山地亚热带、热带气候 4 个气候带组成。流域内东西狭长，南北窄短，其南面为喜马拉雅山脉，北面为冈底斯山和念青唐古拉山脉，南北间为藏南谷地。流域内多年平均降水量 300~500 mm，空间分布极不均匀，湿润地区的年降水量最大可达 4000 mm 以上，而干旱地区最小仅 10 余 mm。流域气温空间分布同样不均匀，并随地势变化而有规律地改变。夏半年和冬半年的气候差异较大：夏半年日照充足、降水集中、多夜雨和冰雹；冬半年寒冷干燥、降水稀少、多大风。

2.2. 数据来源及研究方法

本文所用数据包括雅鲁藏布江流域 15 个气象站点(贡嘎、当雄、拉孜、南木林、日喀则、尼木、拉萨、泽当、江孜、浪卡子、嘉黎、波密、加查、米林)2000 至 2010 年的干湿季月值降水资料，湿季采用的时间序列为每年的 5~10 月，干季为每年 11 月到翌年 4 月。

经验正交函数法(EOF)最早是 1902 年由统计学家 Pearson 提出的，它把原变量分解为正交函数的线性组合，构成为数很少的不相关典型模态，代替原始变量，每个典型模态都含有尽量多的原始场的信息。1976 年 Prohaka 提出将 EOF 分析技术直接用于两气象场的交叉相关系数场的分解计算方案，旨在最大限度地分离出两场的高相关区，以此了解成对变量场之间相关系数场的空间结构及各自对相关场的贡献[5][6]。EOF 分解的特征向量能反映降水的空间分布结构，并且特征向量的数值大小能反映降水量变化的程度。特征向量所对应的时间系数代表了这一区域由特征向量所表征的分布型式的时间变化特征。系数数值绝对值越大，表明这一时刻这类分布型式越典型。因此，EOF 成为研究气候科学的重要手段。

3. 结果与分析

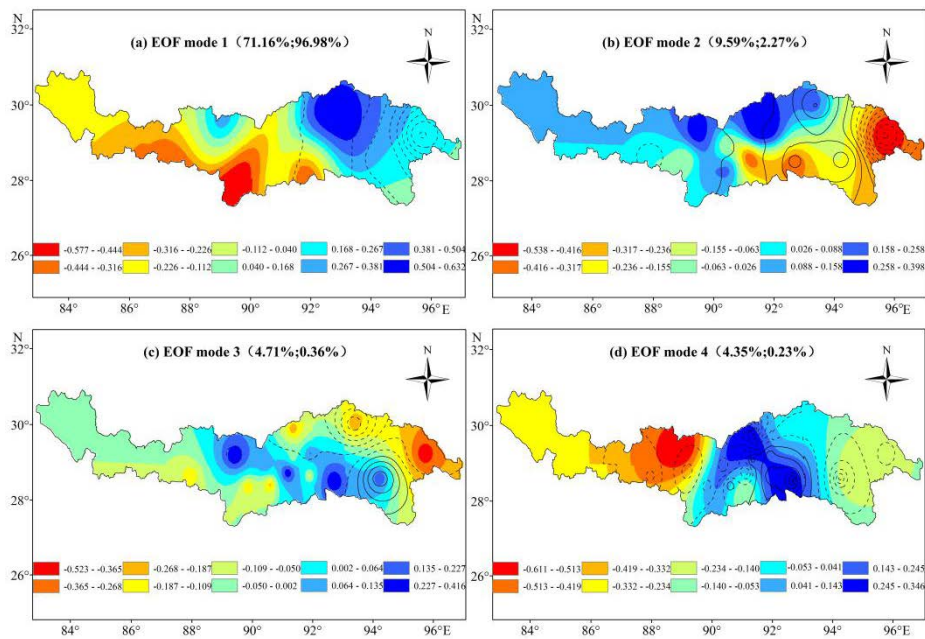
3.1. 雅鲁藏布江流域干湿季降水的空间分布特征

根据 EOF 分解的特征向量虽然不能代表降水量的大小，但用 EOF 分解的方法得到特征向量反应降水变化的空间分布特征，并且特征向量的数值大小能反映降水变化的程度。根据贡献率的大小，取干湿季前四个特征向量能够较好地表征雅鲁藏布江流域降水的空间分布，表 1 为前四个特征向量的方差贡献率及累计方差贡献率。

雅鲁藏布江流域干湿季降水 4 个主要 EOF 模态的空间分布型如图 2 所示。图 2(a)是第 1 模态空间分布图，湿季的贡献率为 87.7%，干季的贡献率达 96.98%，远高于其他场的贡献率，尤其是干季降水，表明第一模态是降水变化的主要空间分布形式，表征东西差异的分布情况。雅鲁藏布江流域内第一模态的

Table 1. The variance contribution rate and cumulative variance contribution rate of first four eigenvectors
表 1. 前四个特征向量的方差贡献率及累积方差贡献率

序号	干湿季	1	2	3	4
方差贡献率%	湿季	71.16	9.59	4.71	4.35
	干季	96.98	2.27	0.36	0.23
累计方差贡献率%	湿季	71.16	80.75	85.46	89.81
	干季	96.98	99.25	99.61	99.84



(注：括号内为干湿季降水的方差贡献率，色图为降水场，等值线的虚线为负值，实线为正值)

Figure 2. Spatial distribution of the leading EOF modes of precipitation in wet and dry seasons
图 2. 干湿季降水主要 EOF 模态空间分布

分布从东到西由正变负，其降水呈现西部偏少东部偏多的特点，喜马拉雅山脉的最东边米林宽谷地带降水最为丰富。很显然这与大尺度的气候系统有关，从大尺度来看，这种降水变化的空间分布可能受到海拔的影响，东部宽谷地带受印度洋孟加拉湾的暖湿气流的影响较大，西部由于海拔高，水汽难以到达，降水较少。

EOF 第二模态如图 2(b)所示，湿季的贡献率为 9.59%，虽与上一模态相比较弱，但也是一种比较典型的降水变化的主要空间分布形式。在这一模态中正值中心主要分布在雅鲁藏布江中下游的米林宽谷和山南宽谷，从正值中心分别向两边扩展，数值逐渐变小，负值中心位于最东端的波密地区，其值自西向流域下游的米林宽谷和山南宽谷表现为逐渐递增，从米林宽谷往东数值表现为逐渐递减。相比湿季的贡献率，干季降水的第二模态贡献率较低，为 2.27%，较第一种分布模式出现的机会小很多，表现为米林宽谷和山南宽谷附近为正值中心，向东西侧递减。

EOF 的第三模态图如图 2(c)所示，湿季的贡献率为 4.71%，在流域东部的米林宽谷表现出南北差异的分布模式，其南部为正值中心，北部为负值中心，中心的吻合度较好。这种分布虽较前两种分模式出现的机会小，但隔几年也会出现一次，表现为要么米林宽谷北部降水增多，南部降水减少，或者相反。干季在这一模态的贡献率仅为 0.36%，该种模式出现的几率极小，故本文不做讨论。

EOF 的第四模态图如图 2(d)所示, 湿季的贡献率为 4.35%, 其正值中心出现在米林宽谷和山南宽谷南部, 负值中心出现在其东边。这一模态中干季的贡献率仅 0.23%, 亦不做讨论。

总体上, 湿季降水的 4 种模态分布值表现为东大西小, 且高值中心多出现在流域东边的米林宽谷附近, 干季降水的四种模态中第一种模态极为典型, 其表现也为降水东多西少, 这说明东部虽然多雨但年际变化大, 西部虽然少雨但变化较小。

3.2. 雅鲁藏布江流域干湿季降水的时间分布特征

EOF 模态所对应的时间系数代表了这一区域由 EOF 模态所表征的分布形式的时间变化特征。系数数值的绝对值越大, 表明这一时刻这类分布形式越典型[7]。时间系数的正负决定了场型的分布方向, 负号表示与场型相反。本文采用的湿季和干季时间系数分别为每年 5~10 月和每年 11 月到翌年 4 月的平均值,

观察雅鲁藏布江流域湿季降水第一模态的时间系数曲线图 3(a), 时间系数均为正数, 说明干湿季降水 EOF 第一模态的分布形式均为东部多西部少, 无反向空间分布模式, 2001、2003 和 2005 代表雅鲁藏布江流域湿季降水偏多的年份, 其中 2003 年这类分布模式最为典型。与湿季降水一样, 干季降水第一模态的时间系数曲线图 4(a)中的时间系数也为正数, 2004 年的分布模式最为典型。且干季降水的时间系数有上升的趋势, 说明这一分布模式越来越显著。

湿季降水第二模态时间系数(图 3b)正负交错, 具有明显的年际震荡和年际变化特征, 其中 2008 年出现了正值最典型分布, 2001 年和 2005 年次之, 2007 和 2010 年出现了负值典型。从第三模态时间系数(图 3(c))来看, 正负交替但波动并不太显著, 2000 年出现正值最典型, 2010 年出现负值最典型。第四模态时间系数(图 3(d))中除了 2002 年出现一次正值最典型分布以外, 其他年份时间震荡不明显, 相对其他模态来说其典型性较小, 2000 年的反向空间分布最为典型。

干季降水第二模态时间系数(图 4(b))以正值为主, 呈现明显的下降趋势, 说明这一分布模式的典型性较弱, 2002 年出现正值最典型, 2010 年出现典型的反向空间分布。第三模态时间系数(图 4(c))和第四模态时间系数(图 4(d))负值占主导, 绝对值较小, 空间分布典型性弱。

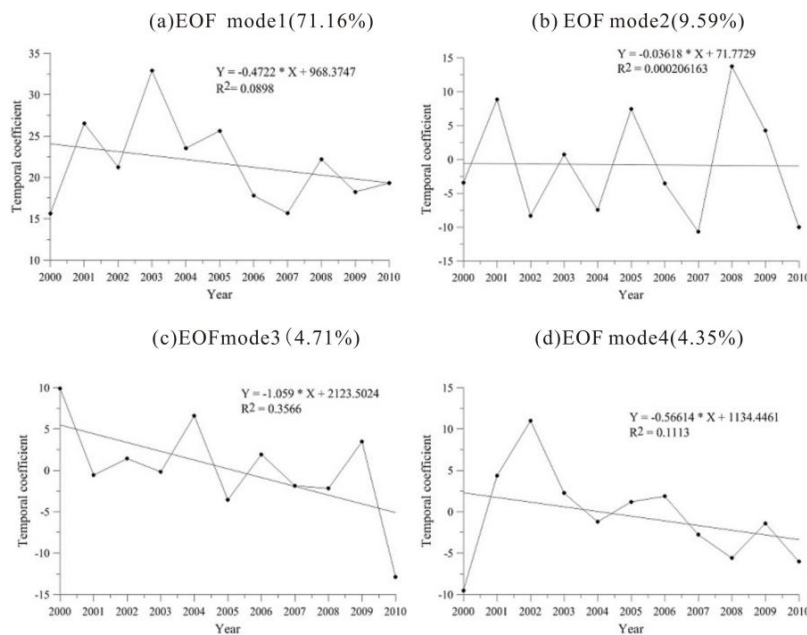


Figure 3. Temporal coefficient of the leading EOF modes of precipitation in wet
图 3. 湿季降水主要 EOF 模态时间系数

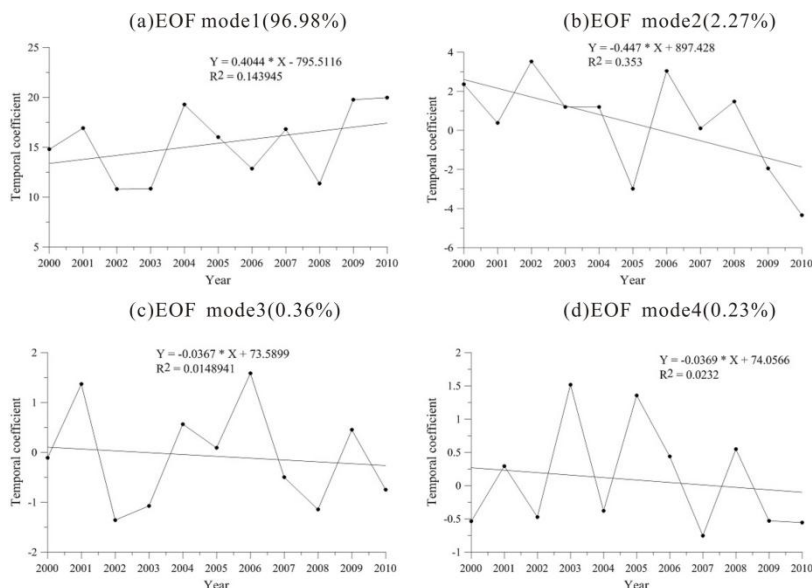


Figure 4. Time coefficient of the first leading EOF modes of precipitation in dry season

图 4. 干季降水 EOF 第一模态时间系数

4. 结论

1) 应用 EOF 方法可以较好地揭示降水场的时空分布特征，对雅鲁藏布江流域而言前 4 个模态特征揭示了 4 种干湿季降水的分布场，干季降水的累计贡献率达 99.84%，湿季降水的累计贡献率达 89.81%。

2) 雅鲁藏布江流域干湿季降水的主要空间分布特征是“东 - 西差异分布”，即表现出西部偏少东部偏多的特点，尤其是在喜马拉雅山脉最东端的米林宽谷地带降水最为丰富，干季更为典型，且从趋势来看，该种分布形态的显著性逐渐增强。从长时间尺度来看，这一分布模式的原因是季风气候和印度洋的暖湿气流对东部影响较大，西部由于海拔高，水汽很难到达，因此西部降水较东部少。

参考文献 (References)

- [1] 宋理明, 娄海萍 (2006) 环青海湖地区天然草地土壤水分动态研究. *中国农业气象*, **2**, 151-155.
- [2] 高智, 谢双亭 (1992) 陕西汛期降水与前期大气环流遥相关型的联系. *南京气象学院学报*, **4**, 574-583.
- [3] 包云, 李晓兵, 黄玲梅, 等 (2011) 1961-2007 年内蒙古降水时空分布. *干旱区地理*, **1**, 52-61.
- [4] 魏义长, 王纪军, 张芳, 等 (2010) 经验正交函数与地统计相结合分析降水时空变异. *灌溉排水学报*, **4**, 105-109.
- [5] 魏凤英 (1999) 现代气候统计诊断与预测技术. 气象出版社, 北京.
- [6] 黄嘉佑 (2000) 气象统计分析与预报方法. 气象出版社, 北京.
- [7] 邱海军, 曹明明, 刘闻, 等 (2011) 基于 EOF 的陕西省降水变化时空分异研究. *水土保持通报*, **3**, 57-60.