

基于 EOF 的陕西省降水变化时空分异研究

邱海军, 曹明明, 刘闻

(西北大学 城市与资源学院, 陕西 西安 710127)

摘要: 应用经验正交函数法(empirical orthogonal function, EOF)对陕西省 23 a 来 96 个气象站点的数据进行 EOF 分解, 分别计算出年降水场的特征向量分布和时间系数序列。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, 且对陕西省而言前 3 个特征向量揭示了 3 种典型的分布场, 其累计贡献率达 81.10%。陕西省降水的空间分布有 3 种典型的模式, 即全局型、南北型和东西型。总体上 3 种场的特征向量分布值表现为南大北小, 且高值中心都出现在陕西省的最南端, 这说明南部虽然多雨, 但年际变化量较大, 北方少雨, 但年际变化量较小。对特征向量所对应的时间系数分析发现, 陕西省的降水场主要表现为 6 种类型。从 23 a 来的统计结果可以看出它与贡献率所反映的降水场的典型程度基本一致。

关键词: 陕西省; 经验正交函数法; 降水; 时空分异

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)03-0057-03

中图分类号: P426.61+4

Analyzing Spatial and Temporal Distributions of Precipitation in Shaanxi Province Using Empirical Orthogonal Function

QIU Hai-jun, CAO Ming-ming, LIU Wen

(College of Urban and Environment Sciences, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710127, China)

Abstract: Using the method of empirical orthogonal function(EOF) and the data of 23 years at 96 meteorological stations in Shaanxi Province, we calculated the feature vector distribution of precipitation fields 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 Shaanxi Province, with the first three EOFs reflecting the three typical vector distribution fields and explaining 81.10% of total variation. The spatial distribution of precipitation in Shaanxi Province had three typical modes: the whole region, north-south, and east-west patterns. In general, the values of the three feature vector distribution fields increased from north to south, with the largest value centered on the southern tip of the province, indicating a wetter south with a larger inter-annual precipitation variation and a drier north with a smaller inter-annual precipitation variation. Analysis of the eigenvectors of the corresponding time factor coefficients showed that the precipitation fields in Shaanxi Province mainly exhibited six types. Compared to the statistical results of 23 years, these results were consistent with the typical precipitation fields.

Keywords: Shaanxi Province; empirical orthogonal function; precipitation; spatial and temporal variation

降水的变化是影响我国工农业生产的一个重要因素^[1], 认识降水量的时空分异及其特征具有重要的意义。因此, 有大量的学者用不同的方法就部分省区以及全国甚至全球进行了卓有成效的研究。1997 年王宝灵等^[2]就中国西北地区月降水量的年际变化进行研究。1999 年张庆云^[3]就 1880 年以来华北降水变化进行了研究。2000 年匡正等^[4]用小波分析方法对华北地区的降水时间序列进行了分析。2003 年伍红雨等^[5]就贵州的降水异常气候特征进行了分析, 薛燕等^[6]对半个世纪以来新疆降水和气温的变化趋势进行了分

析。南庆红等^[7]应用 EOF 方法分析了新疆降水变化特征, 2004 年许月卿等^[8]对河北的降水变化规律进行了研究, 黄玉霞等^[9]就西北地区近 40 a 降水异常的时空特征进行了分析。2006 年秦爱民等^[10]对近 41 a 中国不同季节降水气候分区及趋势进行了研究, 黄嘉宏等^[11]对近 45 a 广西降水和气温的气候特征进行了分析。对陕西省而言, 1992 年高智等^[12]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; 2009 年方建刚等^[13]应用偏度系数、峰度系数检

收稿日期: 2010-09-12

修回日期: 2010-10-14

资助项目: 陕西省“13115”科技创新工程重大科技专项项目“基于 3S 技术的陕西省宁强县强震次生灾害监测评价研究”(2008ZDKG-75); 西北大学研究生创新基金(08YZZ27)

作者简介: 邱海军(1983—), 男(汉族), 陕西省神木县人, 博士研究生, 主要从事 RS 与土地利用以及灾害研究。E-mail: rghitxpl@163.com。

验对陕西降水的正态分布特征做了分析; 2010 年, 孙娴等^[14]采用 Mann—Kendall 和 REOF 等方法揭示了陕西省的秋季降水变化时空分布和环流特征; 屈振江等^[15]根据气温二倍标准差和降水量业务化距平百分率标准对陕西省近 45 a 各季气温和降水异常时空特征进行了分析。综上所述, 关于陕西省降水的研究大多集中在某个季节或某个时期, 有些尽管揭示了一些正态分布特征和降水异常时空特征等, 但还是对陕西省的降水缺少时间和空间结构特征上的宏观把握。

陕西省作为连接我国中西部的一个重要省份, 它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。因此研究陕西省降水时空格局对该省乃至全国都有十分重要的意义。基于 EOF 对陕西省的降水变化的时空分异进行研究, 以期揭示陕西省降水变化的时空分布格局。

1 研究区概况

陕西省位于我国中部, 地处内陆, 跨黄河、长江两大水系。地处东经 $105^{\circ}29' - 111^{\circ}15'$, 北纬 $3^{\circ}42' - 39^{\circ}35'$ 之间。北界内蒙古自治区, 东邻山西省、河南省, 南与湖北省、四川省接壤, 西与甘肃省、宁夏回族自治区毗连, 是连接我国东部与西北、西南地区的交通中转枢纽, 又具有巩固国防和开发西部经济的重要战略地位。地貌南北狭长, 东西宽短。由北向南依次是陕北高原、关中平原和陕南山地。地势的总特点是南北高, 中部低。同时, 地势由西向东倾斜的特点也很明显。陕西省的气候为温带季风气候, 从北到南地跨 3 个热量带和 3 个干湿区。陕西温度的分布, 基本上是由南向北逐渐降低, 各地的年平均气温在 $7 \sim 16^{\circ}\text{C}$ 。陕西省年降水量在 $330 \sim 1\,250\text{ mm}$ 之间, 多年平均值为 653 mm 。各地年降水相对变率 $8\% \sim 25\%$, 降水量不够稳定。

2 数据源及研究方法

经验正交函数法 (empirical orthogonal function, EOF) 最早是 1902 年由统计学家 Pearson 提出来的, 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。它没有固定的函数, 能在有限区域对不规则分布的站点进行分解, 收敛速度快, 且分离出的空间结构具有一定的物理意义。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, 以 EOF 为手段的研究成果十分丰硕, 揭示出许多有价值的气候变化事实^[16]。

本研究选用陕西省 96 个气象台站 1983—2005 年降水资料, 并对每站每月、年降水量资料进行距平计算预处理, 对处理后的资料按年值组成 23×96 资料阵, 再分别对它们进行 EOF 分解。本文根据实际计算的结果取资料阵的前 3 个特征向量, 其方法为把降水场资料矩阵 X_{mn} 分解为: $X_{mn} = V_{mn}Z_{mn}$ 式中: V_{mn} ——空间函数; Z_{mn} ——时间系数矩阵; m ——站点数; n ——年数。

3 结果与分析

3.1 陕西省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, 但是它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。根据贡献率的大小, 取前 3 个特征向量 (见表 1), 其累计贡献率达 81.10% 。其它 20 个特征向量的贡献率总和为 18.90% 。

表 1 陕西省降水空间分布的特征向量贡献率

序号	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	32 934 827	65.96	65.96
2	4 852 124	9.72	75.68
3	2 705 952	5.42	81.10

图 1a 是第 1 特征向量空间分布图, 它的贡献率达 65.96% , 远高于其它场的贡献率, 是降水变化的主要空间分布形式。从图 1 中可以看出, 第 1 特征向量除了毛乌素沙地很小部分地区值的符号不同外, 其它大部分地区的符号呈现整体一致性, 反映了陕西省降水的第一典型场, 即全省范围呈现要么全年全省都多雨, 要么全年全省都少雨的降水格局。且其高值中心在陕西省最南端的中间部位, 反映出该区域降水变化量大。整个陕南的降水变化程度远高于陕北, 陕北的年降水量小, 但是其波动程度要比陕南和关中要小, 而关中则起到了过渡的作用。

图 1b 是第 2 特征向量空间分布图, 它的贡献率达 9.72% , 也是一种比较典型的降水变化的主要空间分布形式。这种分布类型以渭河平原为界, 以北为负值区, 以南为正值区, 呈现南北型的降水分布模式。其值从北向南依次增大, 反映了降水量的变化也是由北向南递增。负值中心出现在最北端, 正值中心出现在最南端。这种分布模式表现为降水量分布场的南北相反性, 要么南方降水量增多, 北方降水量减少, 要么北方降水量增多, 南方降水量减少。

图 1c 是第 3 特征向量空间分布图, 它的贡献率达 5.42%, 除第一、二分布形式外, 也是一种偶尔会出现在降水分布模式。它表现为以东经 108.5° 为界东西分布的降水场形式, 负值中心出现在陕西省的中东部地区, 正值中心出现在陕西省的西南方。这种分布虽然较前 2 种分布模式出现的机会较小, 但是隔几年

也会出现 1 次, 表现为要么东部降水增多, 西部降水减少, 或者相反, 东部降水减少, 西部降水增多。

总体上 3 种场的特征向量分布值表现为南大北小, 且高值中心都出现在陕西省的最南端, 这说明南部虽然多雨, 但年际变化量较大, 北方少雨, 但年际变化量较小(见表 1)。

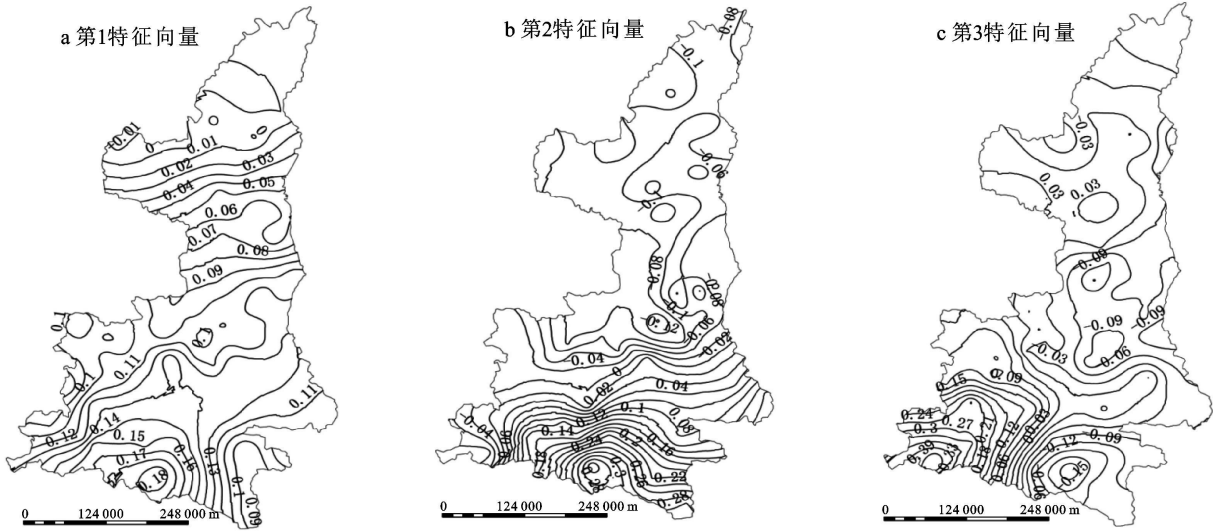


图 1 陕西省降水空间分布的特征向量

3.2 陕西省降水的时间分布特征

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^[16]。且符号决定了场型的分布方向, 负号表示与场型相反。根据特征向量所对应的时间系数的符号以及系数数值绝对值的大小, 结合特征向量的贡献率, 可以得出陕西省的降水场主要表现为 6 种类型, 即: 第 1 特征向量决定的全年全省多雨或全年全省少雨 2 种类型, 第 2 特征向量决定的北方增多南方减少或者北方减少南方增多 2 种类型, 以及第 3 特征向量决定的东部增多西部减少或者东部减少西部增多 2 种类型。

对 23 a 来的 6 种降水空间分布类型做统计, 取 23 个特征向量每年中绝对值最大时间系数作为当年的降水空间分布形式。得出全年全省多雨的为 5 a, 全年全省少雨的为 8 a。北方增多南方减少的降水分布模式出现 1 a, 北方减少南方增多的降水分布模式出现 2 a。东部增多西部减少的降水分布模式出现 1 a, 东部减少西部增多的降水分布模式出现 2 a。可以看出, 23 a 来的降水分布模式, 以第一向量的空间分布方式为主, 有 13 a 之多, 占总年数的 56.52%, 且全年全省少雨的总年数多于全年全省多雨年数, 这说明了陕西总体上近 23 a 的降水有减少的趋势。南北型的降水模式和东西型的降水模式各出现 3 a, 各占总年数的 13.04%。其余的分布类型出现 4 a, 且类型零散, 场

型不典型, 占总年数的 17.39%。这与贡献率所反映的降水场的典型程度基本一致。

4 结论

(1) 应用 EOF 方法可以很好揭示降水场的时空分布特征, 且对陕西省而言前 3 个特征向量揭示了 3 种典型的分布场, 其累计贡献率达 81.10%。

(2) 陕西省降水的空间分布有 3 种典型的模式, 即全局型、南北型和东西型, 其中以全局型最为典型, 贡献率达 65.96%, 表现为全省全年要么整体多雨, 要么整体少雨。南北型贡献率为 9.72%, 表现为北方减少南方增多或者北方增多南方减少的降水分布模式。东西型贡献率为 5.42%, 表现为东部增多西部减少或者东部减少西部增多的降水分布模式。

(3) 总体上 3 种场的特征向量分布值表现南大北小, 且高值中心都出现在陕西省的最南端, 这说明南部虽然多雨, 但年际变化量较大, 北方少雨, 但年际变化量较小。

(4) 陕西省的降水场主要表现为 6 种类型, 它与贡献率所反映的降水场的典型程度基本一致。第一典型场出现 13 a 之多, 占总年数的 56.52%。南北型的降水模式和东西型的降水模式各出现 3 a, 各占总年数的 13.04%。其余的分布类型出现 4 a, 且类型零散, 场型不典型, 点总年数的 17.39%。

(下转第 93 页)

壤含水率和可溶性盐含量升高, 有机质含量降低; 平行于海岸线的横断面, 受西部河流的影响, 从西向东土壤含水率和可溶性盐含量降低, 有机质含量增加。

(3) 植被群落的分布受土壤盐度和水分的影响较大, 随着土壤含盐量及水分的增加, 群落的组成种类减少, 耐盐翅碱蓬增多, 成为单优势种。

(4) 柽柳—蒿群落土壤营养物质含量要高于柽柳—狗尾草群落, 碱蓬群落最低, 反映了群落对土壤营养物质归还作用的差异。

[参 考 文 献]

[1] 宋理明, 姜海萍. 环青海湖地区天然草地土壤水分动态研究[J]. 中国农业气象, 2006, 27(2): 151-155.

[2] Tilman D, Wedin D, Knops J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems [J]. Nature, 1996, 379(22): 718-720.

[3] Tilman D. The resource-ratio of plant succession [J]. American Naturalist, 1985, 125(6): 827-852.

[4] 刘康, 王效科, 扬帆, 等. 红花尔基地区沙地樟子松群落及其与环境关系研究[J]. 生态学杂志, 2005, 24(8): 858-862.

[5] 李军玲, 张金屯. 太行山中段植物群落物种多样性与环境的关系[J]. 应用与环境生物学报, 2006, 12(6): 766-771.

[6] 尚占环, 姚爱兴. 山地荒漠草原植物群落多样性与环境因子动态关系研究[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(2): 163-168.

[7] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1977: 132-136.

[8] 杨洪, 易朝路, 谢平, 等. 武汉东湖沉积物碳氮磷垂向分布研究[J]. 地球化学, 2004, 33(5): 507-514.

[9] 钱亦兵, 蒋进, 吴兆宁, 等. 艾比湖地区土壤异质性及其对植物群落生态分布的影响[J]. 干旱区地理, 2003, 26(3): 217-222.

[10] Chen J, Stark J M. Plant species effects and carbon and nitrogen cycling in a sagebrush-crested wheatgrass soil [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2000, 32: 47-57.

[11] 顾晓雪, 张远东, 潘晓玲, 等. 阜康绿洲土壤盐渍化与植物群落多样性的相关性分析[J]. 资源科学, 2002, 24(3): 42-48.

[12] Jonathan H T, Robert S N, Stanley D S. Soil resources heterogeneity in the Mojave Desert [J]. Journal of Environment, 2002, 52(3): 269-292.

[13] 吴志芬, 赵善伦, 张学雷. 黄河三角洲盐生植被与土壤盐分的相关性研究[J]. 植物生态学报, 1994, 18(2): 184-193.

[14] 汪建飞, 董彩霞, 谢越, 等. 铵硝比和磷素营养对菠菜生长、氮素吸收和相关酶活性的影响[J]. 土壤学报, 2006, 43(6): 954-960.

[15] 诸清河, 潘根兴, 李典有, 等. 氮磷等比与以磷定氮条件下玉米的最大施肥量研究[J]. 土壤学报, 2007, 44(6): 1083-1089.

[16] 张凤杰, 乌云娜, 杨宝灵, 等. 呼伦贝尔草原土壤养分与植物群落数量特征的空间异质性[J]. 西北农业学报, 2009, 18(2): 173-177.

(上接第59页)

[参 考 文 献]

[1] 王绍武, 龚道溢, 叶瑾琳, 等. 1880年以来中国东部四季降水量序列及其变率[J]. 地理学报, 2000, 55(3): 281-292.

[2] 王宝灵, 孙国武, 张焕儒, 等. 中国西北地区月降水量的年际变化及分区研究[M]. 中国西北干旱气候研究, 北京: 气象出版社, 1997: 52-57.

[3] 张庆云. 1880年以来华北降水及水资源的变化[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 486-495.

[4] 匡正, 季仲贞, 林一骅. 华北降水时间序列资料的小波分析[J]. 气候与环境研究, 2000, 5(3): 312-317.

[5] 伍红雨, 王谦谦. 近49年贵州降水异常的气候特征分析[J]. 高原气象, 2003, 22(1): 65-70.

[6] 薛燕, 冯国华. 半个世纪以来新疆降水和气温的变化趋势[J]. 干旱区研究, 2003, 20(2): 127-130.

[7] 南庆红, 杨舵, 杨青. 应用 EOF 方法分析新疆降水变化特征[J]. 中国沙漠, 2003, 23(5): 554-559.

[8] 许月卿, 李双成, 蔡运龙. 基于小波分析的河北平原降水变化规律研究[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2004, 34(12): 1176-1183.

[9] 黄玉霞, 李栋梁, 王宝鉴, 等. 西北地区近40 a年降水异常的时空特征分析[J]. 高原气象, 2004, 23(2): 245-252.

[10] 秦爱民, 钱维宏. 近41 a中国不同季节降水气候分区及趋势[J]. 高原气象, 2006, 25(3): 495-502.

[11] 黄嘉宏, 李江南, 李白安, 等. 近45 a广西降水和气温的气候特征[J]. 热带地理, 2006, 26(1): 23-28.

[12] 高智, 谢双亭. 陕西汛期降水与前期大气环流遥相关型的联系[J]. 南京气象学院学报, 1992, 15(4): 574-583.

[13] 方建刚, 毛明策, 程肖侠. 陕西降水的正态分布特征分析[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2009, 39(1): 131-136.

[14] 孙娴, 魏娜, 肖科丽. 陕西秋季降水变化特征[J]. 应用气象学报, 2010, 21(3): 360-365.

[15] 屈振江, 鲁渊平, 雷向杰. 陕西近45 a各季气温和降水异常时空特征分析[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(7): 110-114.

[16] 魏风英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 82-88, 117-118.