

文章编号:1003-7578(2008)07-046-03

锡林郭勒盟春季沙尘暴成因的气象因子分析*

戴晟懋¹, 赵学军², 勾芒芒³, 李钢铁^{3,4}, 左合君³, 李兴³

(1. 国家林业局防治荒漠化管理中心,北京 100714;2. 内蒙古林业勘察设计院,呼和浩特 010020;
3. 内蒙古农业大学,呼和浩特 010019;4. 北京林业大学,北京 100083)

提 要:本文选取了锡林郭勒地区沙尘暴高发季节春季(3~5月)的大风日数、气温、相对湿度等气象因子,通过对当地气象因子的调查,采用基于因子分析的主成分提取方法,将气象因子分为3个主成分,并分析了各主成分的意义,通过对沙尘暴成因的各种气象因素所作的定量和定性分析,在沙尘暴的预报和监测中具有重要的实际意义。

关键词:沙尘暴;气象因子;主成分分析

中图分类号:P455⁺.4

文献标识码:A

沙尘暴作为一种灾害性的天气现象经常发生在干旱及半干旱地区^[1,2],其最重要的危害是导致荒漠化加剧,因此是一种严重的环境灾害。沙尘暴期间,水平能见度不足1.0km,空气变得混浊,给人类的生产、生活造成严重的不便。

内蒙古锡林郭勒盟位于中国的正北方,内蒙古自治区的中部,地处中亚中纬度的干旱、半干旱地区,它与蒙古国西南部大片荒漠地区接壤,是中亚沙尘暴多发区域之一。春季(3~5月)是该地沙尘暴高发季节^[3],此期间沙尘暴发生频率约占全年的50%左右。

1 数据来源

本文所用气象数据来源于内蒙古锡林郭勒盟15个气象站的实测气象数据,包括沙尘暴日数、大风日数、降水和温度、相对湿度等多项指标,数据时段为1971~2000年。分析所用气象数据为春季(3~5月)的季平均值。

2 研究内容与方法

2.1 研究内容

如何将影响沙尘暴的诸多气象因子转化为较少的综合指标,从诸多气象因子发生重叠的整体信息中得出简明的规律,用综合指标来代替原来的指标。

2.2 研究方法

主成分分析是设法将原来众多具有一定相关性(比如P个指标),重新组合成一组新的互相关无的综合指标来代替原来的指标^[4]。通常数学上的处理就是将原来P个指标作线性组合,作为新的综合指标。最经典的做法就是用 F_1 (选取的第一个线性组合,即第一个综合指标)的方差来表达,即 $Var(F_1)$ 越大,表示 F_1 包含的信息越多。因此在所有的线性组合中选取的 F_1 应该是方差最大的,故称 F_1 为第一主成分。如果第一主成分不足以代表原来P个指标的信息,再考虑选取 F_2 即选第二个线性组合,为了有效地反映原来信息, F_1 已有的信息就不需要再出现再 F_2 中,用数学语言表达就是要求 $Cov(F_1, F_2) = 0$,则称 F_2 为

* 收稿日期:2007-12-6。

基金项目:内蒙古农业大学博士基金项目(BJ-04-24)资助。

作者简介:戴晟懋(1959-),男,内蒙古固阳人,高级工程师,主要从事沙化土地治理研究。

责任编辑:李钢铁(1963-),男,教授,硕士生导师,北京林业大学博士后,主要研究植被与荒漠化。

第二主成分,依此类推可以构造出第三、第四,……,第P个主成分。

主成分模型:

$$F_1 = a_{11}X_{11} + a_{21}X_{21} + \dots + a_{p1}X_p$$

$$F_2 = a_{12}X_{12} + a_{22}X_{22} + \dots + a_{p2}X_p$$

……

$$F_p = a_{1m}X_{11} + a_{2m}X_{22} + \dots + a_{pm}X_p$$

式中: $a_{11}, a_{21}, \dots, a_{pi}$ ($i=1, \dots, m$)为 X 的协差阵 Σ 的特征值对应的特征向量, X_1, X_2, \dots, X_p 是原始变量经过标准化处理的值(因为在实际应用中,往往存在指标的量纲不同,所以在计算之前先消除量纲的影响,而将原始数据标准化)。

3 结果与分析

沙尘暴的发生是由诸多因子决定的,每个气象因子从某个方面反映出对沙尘暴的影响程度是不同的。众多的气象因子以及各个气象因子之间存在着线性或非线性的相关性,使得它们提供的整体信息发生重叠,不易得出简明的规律,主成分分析就是研究如何将多指标问题化为较少的综合指标问题,以此来简化数据和提高分析结果的精度和信度。本文采用实测数据对气象因子进行了主成分分析。通过分析可知各因子统计信息(表1)。

表1 气象因子数据统计描述

Tab. 1 Data of the meteorological factors

大风日数 (x_1)	地温 (x_2)	积雪 (x_3)	平均风速 (x_4)	蒸发量 (x_5)	降水量 (x_6)	相对湿度 (x_7)	气温 (x_8)
平均值	93.13	74.80	57.67	46.80	2307.33	117.47	40.93
标准差	11.62	16.43	23.03	5.80	421.63	41.30	14.38

主成分分析结果(表2),由表中可以看出前3个主成分的累计方差贡献率超过了89%,表明这三个主成分基本包含了这8个气象因子的所有变异信息,其中第一个主成分方差贡献率达到61.08%,它综合了最多最重要的变异信息。

前3个主成分可以简化原来观察系统,且能够保留原观察系统变异信息的89.86%,从而可用3个彼此不相关的综合指标分别综合存在于原有的8个指标的各类信息中。各综合指标代表的信息不重叠。表3为气象因子的前3个主成分的因子载荷矩阵。

从表中因子载荷的大小可以看出,第一主成分的表达式为:

$$\text{PRIN1} = 0.2572_{x_1} + 0.3889_{x_2} - 0.4084_{x_3} + 0.3042_{x_4} + 0.4387_{x_5} - 0.2992_{x_6} - 0.2534_{x_7} + 0.4203_{x_8}$$

式中: x_5, x_8, x_3, x_2 的系数最大,表明第一主成分值大时,蒸发量、气温、积雪、地温影响最大,可以称第一主成分为温度因子,其中蒸发量和气温是影响沙尘暴的限制性因子。春季温度将显著升高,地表蒸发大,土壤进一步变干,土壤解冻,土质疏松,同时春季地表升温快,大气处于不稳定的状态,垂直运动加强,加上此时风速明显加大,特别有利于沙尘暴的形成^[5,6]。

第二主成分的表达式为:

$$\text{PRIN2} = 0.6367_{x_1} - 0.3080_{x_2} + 0.2077_{x_3} + 0.5742_{x_4} + 0.0987_{x_5} + 0.2852_{x_6} + 0.1207_{x_7} - 0.1455_{x_8}$$

式中: x_1, x_4 系数最大,表明第二主成分值大时,大风日数和平均风速影响最大,可以称第二主成分为风因子。大风是沙尘暴形成的主要动力因素之一,大风日数与沙尘暴天气的季节性变化也表现出很好的一致性,即大风多的季节沙尘暴天气也多^[7-9],说明了大风在沙尘暴形成的过程中起到及其重要的作用。

第三主成分的表达式为:

表2 主成分分析结果

Tab. 2 Principal components analysis result

主成分	特征值	方差贡献率(%)	累计方差贡献率(%)
1	4.886	0.6108	0.6108
2	1.459	0.1824	0.7932
3	0.843	0.1054	0.8986

表3 气象因子的前3个主成分的因子载荷矩阵

Tab. 3 Loading matrix of first 3 meteorological factor principal components

气象因子	成分		
	1	2	3
大风日数(x_1)	0.2572	0.6367	0.0344
地温(x_2)	0.3889	-0.3080	0.1286
积雪(x_3)	-0.4084	0.2077	-0.1223
平均风速(x_4)	0.3042	0.5742	0.1095
蒸发量(x_5)	0.4387	0.0987	-0.0226
降水量(x_6)	-0.2993	0.2852	-0.4975
相对湿度(x_7)	-0.2534	0.1207	0.8233
气温(x_8)	0.4203	-0.1455	-0.1717

$$PRIN3 = 0.0344_{x1} + 0.1286_{x2} - 0.1223_{x3} + 0.1095_{x4} - 0.0226_{x5} - 0.4975_{x6} + 0.8233_{x7} - 0.1717_{x8}$$

式中: x_7 系数最大, 超过了 50%, 也是影响沙尘暴的一个不可忽略的因子。如图 1 显示, 相对湿度越低沙尘暴日数越高, 说明湿度小的干旱地区植被稀疏、土壤干燥, 沙化严重, 易发生沙尘暴。由以上分析得知 8 个变量分为 3 类: $\{x_5, x_8, x_3, x_2\}$ 、 $\{x_1, x_4\}$ 、 $\{x_7\}$ 。

4 结论

第一主成分为温度因子, 其中蒸发量和气温是影响沙尘暴的限制性因子; 第二主成分为风因子。大风是沙尘暴形成的主要动力因素之一; 第三主成分为湿度因子, 相对湿度是影响沙尘暴不可忽视的重要因子, 方差为 0.8233, 大比例的超过 50%。

本文通过主成分分析, 得出可以用 3 个新的综合指标来代替原来影响沙尘暴的 8 个气象因子, 且能够保留原观察系统变异信息的 89.86%。

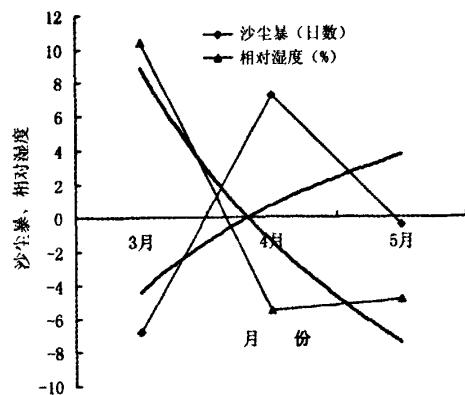


图 1 内蒙古锡盟 3~5 月相对湿度和沙尘暴日数距平
Fig. 1 Relative humidity and sand storm date number anomaly in March ~ May in Xilin Gol

参考文献

- [1] 彭继平, 赵廷宁, 高志海. 论制约我国荒漠化防治的若干问题[J]. 中国水土保持, 2006, 4:1~3, 15.
- [2] 杨晓晖, 张克斌, 慈龙骏. 中国荒漠化评价的现状、问题及其解决途径[J]. 中国水土保持科学, 2004, 2, (1): 22~28.
- [3] 彭继平, 李钢铁. 2006 年我国沙尘暴灾害特点及原因分析[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(2): 61~64.
- [4] 林海明. 如何用 SPSS 软件一步算出主成分得分值[J]. 统计与信息论坛, 2007, 22(5): 15~17.
- [5] 王旭, 马禹. 南疆沙尘暴气候特征分析[J]. 中国沙漠, 2003, 23(2): 147~151.
- [6] 王式功, 董光荣, 等. 中国北方地区沙尘暴变化趋势初探[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(2): 86~94.
- [7] Qing He, Zhao Jingfeng, Hideki Nagashima. The distribution of sandstorms in Taklimakan Desert[J]. Journal of Arid Land and Studies, 1996, 5(1): 185~193.
- [8] 白云岗, 宋郁东. 近 40a 来塔里木盆地沙尘暴气候时空变化分析[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(5): 42~45.
- [9] 王式功, 董光荣, 等. 中国北方地区沙尘暴变化趋势初探[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(2): 86~94.

Analyses of Meteorological Factors on Xilin Gol Spring Time duststorms

DAI Sheng-mao¹, ZHAO Xue-jun², GOU Mang-mang³
LI Gang-tie^{3,4}, ZUO He-jun³, LI Xing³

(1. Management Center of Desertification Control, State Forestry Administration, Beijing 100714;

2. Inner Mongolia Forestry Reconnaissance and Design Institute, Huhhot 010020;

3. Inner Mongolia Agriculture University, Huhhot 010019; 4. Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract

Based on some meteorological factors of Spring duststorms in Xilin Gol, such as strong wind, temperature, precipitation, and so on, the principal components of meteorological factors which caused Spring sandstorms were analysed. By the way of the principal components, meteorological factors were analyzed into three principal components, which is important to duststorms forecast on Spring duststorms in Xilin Gol.

Key words: duststorms; meteorological factors; analysis of principal components