

沙尘暴严重程度的模糊综合评判

——以内蒙古地区为例

刘 满, 尚立强

(大连民族学院 理学院, 辽宁 大连 116605)

摘 要:采用模糊综合评判的方法对内蒙古地区沙尘暴严重程度进行量化评判。筛选出对沙尘暴的发生影响较大的三类九种因素,这三类因素是土壤岩石因素、植被降水因素、大气因素。结果表明,评判结果与大众感受相符,可为沙尘暴问题的预测与分析提供初步的数学模型。

关键词:沙尘暴;模糊综合评判;因素集;隶属函数;权重

中图分类号:O159

文献标志码:A

Fuzzy Evaluations for the Severity of Sand Storm

——Taking the Inner Mongolia Area as an Example

LIU Man, SHANG Li-qiang

(School of Science, Dalian Nationalities University, Dalian Liaoning 116605, China)

Abstract: The severity of Sand Storm in Inner Mongolia was studied quantitatively by use of fuzzy evaluations. The three classes of factors which include nine categories were screened. The three classes of factors are soil rock factors, vegetation precipitation factors and atmospheric factors, which have greater effect on sand storm. The conclusion worked out is consistent with the public feeling and provides a preliminary mathematics model for analysis and forecast of sand storm.

Key words: Sand Storm; fuzzy evaluations; factor set; membership function; weight.

沙尘暴天气是指由强风从地面卷起的大量沙土使空气混浊,水平能见度明显下降的一种恶劣天气。每年春季,内蒙古地区频频爆发沙尘暴灾害天气,造成严重的经济损失,但从综合数据评价沙尘暴严重程度的结论还未见于文献^[1],为此本文对沙尘暴的发生条件加以综合研究,以便对沙尘暴进行有效的预测和防治。

影响沙尘暴的诸因素皆具有模糊性,本文采用模糊综合评判方法,筛选出影响内蒙古地区沙尘暴发生的三类9种具体因素:岩石风化度、土壤沙粒直径、土壤沙粒含量、表层土壤湿度;地面植被覆盖率、年平均降水量;年平均风速、年平均气压梯度、年极端气温差。对各个单因素建立隶属

函数,利用二级模糊综合评判方法设计内蒙古地区沙尘暴问题的评判模型。研究了2006—2010年内蒙古地区沙尘暴的严重程度。

1 方法概述^[2-4]

第一步 确定因素集并引入隶属函数。针对评判对象选取比较重要的因素,根据各因素的特点,引入相应的隶属函数,从而确定模糊关系矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}。$$

收稿日期:2013-07-03;最后修回日期:2013-07-15

基金项目:国家自然科学基金项目(61153001);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(DC110103)。

作者简介:刘满(1964-)男,辽宁朝阳人,博士后,教授,主要从事模糊数学应用、复杂系统分析与控制研究。

第二步 用层次分析法对每个因素分配权重,从而得到权矩阵 $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)$ 。

第三步 利用模糊关系矩阵和权矩阵得到综合评判结果 $B = W \circ R$ 。

第四步 按照模糊置信区间方法^[2-3],分成5个量级区间: $[0, 0.2)$, $[0.2, 0.4)$, $[0.4, 0.6)$, $[0.6, 0.8)$, $[0.8, 1]$,量级名称为轻微、轻度、比较严重、严重、很严重,分别对应出现以下的天气情况:浮尘、扬沙、沙尘暴、强沙尘暴、特强沙尘暴。将评价结果对应实际天气情况。

2 数学化过程

2.1 确立评价因素^[5-6]

影响沙尘暴发生的因素有很多,以历年来内蒙古地区气候、环境的真实数据为依据,针对影响沙尘暴发生的各个因素的作用大小,本文筛选出了三类主要因素:土壤岩石因素、植被降水因素、大气因素,其中这三类因素包含9种具体因素,分别为:岩石风化度、土壤沙粒直径、土壤沙粒含量、表层土壤湿度、地面植被覆盖率、年平均降水量、年平均风速、年平均气压梯度、年极端气温差,建立因素集为:

$U = \{\text{土壤岩石因素, 植被降水因素, 大气因素}\};$

$U_1 = \{\text{岩石风化度、土壤沙粒直径、土壤沙粒含量、表层土壤湿度}\};$

$U_2 = \{\text{地面植被覆盖率、年平均降水量}\};$

$U_3 = \{\text{年平均风速、年平均气压梯度、年极端气温差}\}。$

2.2 确定各因素的隶属函数

(1)根据内蒙古地区岩石风化度的实际数据,确定岩石风化度的约束条件为 $1.25 \leq x \leq 1.60$,采用线性隶属函数即:

$$\mu_{A_1}(x) = \begin{cases} 0 & x \geq 1.60 \\ \frac{x-1.25}{0.35} & 1.25 < x < 1.60 \\ 0 & x \leq 1.25 \end{cases}$$

(2)根据内蒙古地区土壤沙粒直径大小,确定土壤沙粒直径大小的约束条件(mm)为 $0.24 \leq x \leq 0.95$,采用线性隶属函数即:

$$\mu_{A_2}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 0.24 \\ \frac{0.95-x}{0.71} & 0.24 < x < 0.95 \\ 0 & x \geq 0.95 \end{cases}$$

(3)根据内蒙古地区实际土壤沙粒含量情况,确定土壤沙粒含量的约束条件(%)为 $75 \leq x \leq 100$,采用线性隶属函数即:

$$\mu_{A_3}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 75 \\ \frac{x-75}{25} & 75 \leq x \leq 100 \end{cases}$$

(4)根据内蒙古地区的表层土壤湿度的大小,确定表层土壤湿度的约束条件(%)为 $2.45 \leq x \leq 7.69$,采用线性隶属函数即:

$$\mu_{A_4}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 2.45 \\ \frac{7.69-x}{5.24} & 2.45 < x < 7.69 \\ 0 & x \geq 7.69 \end{cases}$$

(5)根据内蒙古地区地面植被覆盖率情况,确定地面植被覆盖率的约束条件(%)为 $3.43 \leq x \leq 15.45$,采用线性隶属函数即:

$$\mu_{A_5}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 3.43 \\ \frac{15.45-x}{12.02} & 3.43 < x < 15.45 \\ 0 & x \geq 15.45 \end{cases}$$

(6)根据内蒙古地区年降水情况,确立年平均降水量的约束条件(mm)为 $220 \leq x \leq 500$,采用线性隶属函数即:

$$\mu_{A_6}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 220 \\ \frac{500-x}{280} & 220 < x < 500 \\ 0 & x \geq 500 \end{cases}$$

(7)根据内蒙古地区年起风情况,确定年平均风速的约束条件($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)为 $5.4 \leq x \leq 17.2$,采用1/2次抛物型隶属函数即:

$$\mu_{A_7}(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 17.2 \\ \left(\frac{x-5.4}{11.8}\right)^{\frac{1}{2}} & 5.4 < x < 17.2 \\ 0 & x \leq 5.4 \end{cases}$$

(8)根据内蒙古地区年气压梯度情况,确定年平均气压梯度的约束条件($\text{HPa} \cdot 100 \text{ km}^{-1}$)为 $2 \leq x \leq 9$,采用1/2次抛物型隶属函数即:

$$\mu_{A_8}(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 9 \\ \left(\frac{x-2}{7}\right)^{\frac{1}{2}} & 2 < x < 9 \\ 0 & x \leq 2 \end{cases}$$

(9)根据内蒙古地区气温情况,确定年极端气温差的约束条件($^{\circ}\text{C}$)为 $6.1 \leq x \leq 29.6$,采用线性隶

函数即:

$$\mu A_9(x)=\begin{cases}1 & x\leqslant 6.1 \\ \frac{x-6.1}{23.5} & 6.1<x<29.6 \\ 0 & x\leqslant 29.6。 \end{cases}$$

2.3 确定评价因素的权重

利用层次分析法,并根据内蒙古地区影响沙尘暴发生各因素的作用大小的比较,以及综合专家的意见,得各评价因素的权重分配见表 1、表 2、表 3。

表 1 土壤岩石因素权重分配

土壤岩石因素	岩石风化度	土壤沙粒直径	土壤沙粒含量	表层土壤湿度
权重	0.171 0	0.301 2	0.117 8	0.410 0

表 2 植被降水因素权重分配

植被降水因素	地面植被覆盖率	年平均降水量
权重	0.333 3	0.666 7

表 3 大气因素权重分配

大气因素	年平均风速	年平均气压梯度	年极端气温差
权重	0.139 6	0.332 5	0.527 9

3 综合评判

3.1 模糊关系阵R的建立

查阅内蒙古气象局(<http://www.imwb.gov.cn/>)公布的有关数据,得到本文中评判的各因素的实际值,见表 4。

表 4 2006—2010 年 9 种因素数据

因 素	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
岩石风化度	1.44	1.45	1.43	1.44	1.45
土壤沙粒直径/mm	0.51	0.52	0.52	0.51	0.52
土壤沙粒含量/%	83	85	83	83	85
表层土壤湿度/%	4.23	4.25	4.26	4.24	4.23
地面植被覆盖率/%	13.45	13.47	13.52	13.47	13.45
年平均降水量/mm	280	310	360	290	340
年平均风速/(m·s ⁻¹)	6.2	5.9	5.7	6.0	6.5
年平均气压梯度/(hpa·100km ⁻¹)	3.5	3.3	3.6	3.5	3.8
年极端气温差/℃	35.2	34.8	35.4	35.5	35.8

以 2010 年为例,由每一个因素的实际数据值代入对应的隶属函数计算各自的隶属度,从而建立模糊关系阵R。

$R=[R_1,R_2,R_3]$, 其中

$R_1=[0.6547,0.8032,0.4000,0.8126]$,

$R_2=[0.4079,0.7559]$,

$R_3=[0.3053,0.5701,1]$ 。

3.2 综合一级评判

对岩石风化度、土壤沙粒直径、土壤沙粒含量、表层土壤湿度、地面植被覆盖率、年平均降水量、年平均风速、年平均气压梯度、年极端气温差 9 种因素按模糊加权变换方法分别计算第一级综合评判结果:

$A_1=W_1\circ R_1=[0.1710,0.3012,0.1178,0.4100]\circ$
 $[0.6547,0.8032,0.4000,0.8126]^T$
 $=0.7342;$

$A_2=W_2\circ R_2=[0.3333,0.6667]\circ[0.4079,0.7559]^T$
 $=0.6400;$

$A_3=W_3\circ R_3=[0.1396,0.3325,0.5279]\circ$
 $[0.3053,0.5701,1]^T。$

3.3 综合二级评判

利用综合一级评判的结果,按照层次分析法,并根据土壤岩石因素、植被降水因素、大气因素对内蒙古地区影响沙尘暴发生作用大小的比较,以及综合专家的意见,得各评价因素的权重分配,见表 5。

表 5 三类因素的权重分配

因素	土壤岩石因素	植被降水因素	大气因素
权重	0.195 8	0.310 8	0.493 4

对土壤岩石因素、植被降水因素、大气因素进行综合二级评判,得到最终评判结果:

$B=W\circ A=(W'_1,W'_2,W'_3)\circ(A_1,A_2,A_3)^T$
 $=[0.493 4,0.310 8,0.195 8]\circ$
 $[0.734 2,0.640 0,0.760 1]^T=0.717 7。$

按照相同的方法,依次代入 2006—2009 年的

各因素数值进行综合模糊评判,得出评判结果依次为0.725 6,0.700 6,0.682 9,0.715 8。

4 结果分析

(1)本文选取了对沙尘暴发生影响较大的三类因素,在每类因素中又选取了若干个子因素并采取了二级模糊综合评判的方法来评价内蒙古地区沙尘暴的严重程度,结果表明,2006—2010年内蒙古地区都有强沙尘暴,反映了客观情况,具有普遍的应用价值。

(2)从2006—2010年的5个模糊综合评判的结果看,内蒙古地区沙尘暴问题严重,2006、2007、2008三年,沙尘暴灾害稍有减轻,但2009、2010年又再加重,与大众的感觉相符。

(3)在本文的计算过程中,所有结果都保留了四位有效数字,这在通常的误差要求下是允许的,误差所产生的影响是微乎其微的。

5 研究展望

(1)下一步的研究重点是选取不同天气情况

常发地区的数据对该数学模型进行验证或校正。

(2)本文采用的权重分配方案是综合专家的意见,还有待于建立更加实用的数学模型。

参考文献:

- [1] 李万源,吕世华,余晔,等. 各气象要素影响沙尘暴的方式和强度研究[J]. 高原气象, 2010(4):1058 - 1066.
- [2] 汪培庄,韩立岩. 模糊数学及其应用[M]. 北京:首都经济贸易大学出版社,1989.
- [3] 刘普寅,吴孟达. 模糊理论及其应用[M]. 北京:国防科技大学出版社,2001.
- [4] 刘满,杨光. 燃煤锅炉排放二氧化硫最佳治理技术的模糊综合评判[J]. 山西大学学报,1999,22(4):334 - 339
- [5] 邱玉琨,牛生杰,邹学勇,等. 沙尘天气频率与相关气象因子的关系[J]. 高原气象, 2008,27(3):155 - 160.
- [6] 高涛. 内蒙古沙尘暴的调查事实、气候预测因子分析和春季沙尘暴预测研究[J]. 内蒙古气象, 2008(2): 3 - 9.

(责任编辑 邹永红)

(上接第517页)

(5) $\Rightarrow$ (1) 设 M 是内射 R -模,则存在正合列 $F \rightarrow M^* \rightarrow 0$,其中 F 是自由模,由此也存在正合列 $0 \rightarrow M^{**} \rightarrow F^*$,有正合列 $0 \rightarrow M^* \rightarrow M^{**}$,那么,有正合列 $0 \rightarrow M \rightarrow F^*$,由已知 F^* 是 A -平坦模, M 是内射模,再由命题5知, M 是 A -平坦模,所以, R 是 A -IF 环^[4]。

(1) $\Rightarrow$ (6) $\Rightarrow$ (7) $\Rightarrow$ (8)显然。

(8) $\Rightarrow$ (1) 设 M 是内射模 P 是 A -平坦模,存在可裂正合列 $0 \rightarrow M \rightarrow P$,由命题5知, M 是 A -平坦模,因此 R 是 A -IF 环。

定理2 R 是 IF 环当且仅当 R 是 A -IF 环,且 A -平坦模的每个内射子模是平坦模。

证明 必要性显然,下面证明充分性:

因为 R 是 A -IF 环,由定理1知,内射模是 A -平坦模的子模,又由已知 A -平坦模的内射子模是平坦模,所以内射模是平坦模,因此, R 是 IF 环。

定理3 R 是 A -正则环当且仅当 R 是 A -IF 环,且 A -平坦模的子模是 A -平坦模。

证明 必要性显然,下面证明充分性:

因为 R 是 A -IF 环,由定理1知,任意 R -模是 A -平坦模的子模,由已知 A -平坦模的子模是

A -平坦模,因此, R 是 A -正则环。

定理4 R 是正则环当且仅当 R 是 A -IF 环,且 A -平坦模的子模是平坦模。

证明 必要性显然,下面证明充分性:

因为 R 是 A -IF 环,由定理1知,任意 R -模是 A -平坦模的子模,又由已知 A -平坦模的子模是平坦模,所以任意 R -模是平坦模,因此, R 是正则环^[5]。

参考文献:

- [1] ANDERSON F W, FULLER K R. Rings and Categories of Modules[M]. 2nd ed. New York: ring - Verlag, 1992.
- [2] 佟文廷. 同调代数引论[M]. 北京:高等教育出版社, 1998.
- [3] MAO L X, DING N Q. FI - injective and FI - flat modules [J]. J. Algebra, 2007, 309: 367 - 385.
- [4] NG H K. Finitely presented dimension of commutative rings and modules [J]. Pacific J. Math., 1984, 113(2): 417 - 431.
- [5] ZHU Zhanmin. Finitely quasi - injective modules [J]. Journal of Shandong University (Natural Science), 2010, 45(10): 20 - 23.

(责任编辑 邹永红)