

# 灰色关联度在北京地区雾灾评估中的应用<sup>\*</sup>

张姝丽，丁德平，付治龙，冯 涛，黎 红

(北京市专业气象台，北京 100089)

**摘要：**基于北京地区最近20年大雾天气的观测数据和对大雾天气衍生的灾情调查数据，应用灰色关联度方法，对大雾的灾情评估指标、灾害等级划分等进行分析，建立了评估模型，并对22个雾灾个例进行了评估。结果表明，灰色关联度方法具有计算量较小、不要求样本数据量和服从一定分布规律的特点，是一种使用简便、有效可行的定性分析与定量估算结合的灾情评估方法。

**关键词：**灰色系统；关联度；雾灾；灾情评估；北京地区

**中图分类号：**P426.4；N941.5   **文献标识码：**A   **文章编号：**1000-811X(2008)03-0054-03

## 0 引言

随着社会经济的发展和城市化进程的加快，大雾天气对人们的影响日趋明显，已经造成人员伤亡、财产损失等灾情；并威胁到人们的身体健康，大雾已经成为一种气象灾害<sup>[1-3]</sup>。

从灾害系统的角度看，过去对雾灾的研究主要集中在分析大雾天气的特征成因、大雾的预报与预警以及人工消雾等方面，对于大雾天气所衍生的灾情研究（包括灾情损失评估和灾害等级划分等）则相对薄弱，而雾灾灾情的损失和影响却有明显增大的趋势，因此有必要对雾灾灾情的厘定和评价进行探讨。

在对北京地区最近20年（1985~2004年）大雾天气普查及灾情调查数据的基础上，应用灰色关联度方法，对大雾的灾害等级划分、灾情评估指标等进行分析，建立了评估模型，力求为城市公共安全管理与减灾决策提供科学依据。

## 1 北京地区1985~2004年大雾天气的气候特点

### 1.1 北京地区大雾日数的空间分布

北京地区地处华北平原的西北边沿，地势由NW向SE倾斜，西部属太行山脉，北、东北为燕山山脉，东南部为平原。根据1985~2004年20年

间北京地区15个气象站的观测分析，北京地区年平均大雾日数，平原地区明显多于山区，南部和东部地区大雾日数较多，而西部和北部地区大雾日数相对较少。各区县年平均出现大雾的日数相差很大，其中观象台、大兴和通州出现最多，均为15 d，而门头沟和怀柔出现日数最少，分别为2 d和3 d。

### 1.2 北京地区大雾日数的时间变化

根据统计，观象台最近20年出现大雾日数309 d，年平均约为15 d，其中秋季最多为6 d，冬季次之，秋冬合计11.3 d占全年的73.4%；春季最少为1.2 d，仅占全年的7.8%。观象台大雾日的逐月分布特点是：11月出现大雾最多，12月次之，4月和5月出现最少。

观象台大雾的日变化特点是：多出现在清晨5~8时，日出后逐渐消散。持续时间短则几小时，长的可达10 h。冬雾持续时间最长，秋雾次之，夏雾持续时间最短。

## 2 雾灾调查结果与灾情评估指标

### 2.1 雾灾情况调查

根据普查出的大雾日期，调查了大雾天气的影响。共查到22次本市出现雾灾的记录。调查发现，对于北京这样一座大城市而言，大雾天气所造成的影响主要表现为交通和空气质量两方面。对交通的影响主要是：高速公路封闭导致交通运

\* 收稿日期：2007-10-26

基金项目：北京市减灾协会(Y0605008040991)资助

作者简介：张姝丽(1955-)，女，山东人，高级工程师，主要从事专业预报服务工作。E-mail：shuli333@sohu.com

输受阻、交通拥堵造成追尾刮蹭等交通事故并造成人员伤(亡); 首都机场航班延误、旅客滞留。对空气质量的影响主要是: 大雾天气导致空气质量恶化, 污染物聚积不易扩散、交通拥堵产生的大量尾气排放加剧空气质量恶化以及体弱人群(老人、儿童)因呼吸道疾病前往医院就诊人数剧增等。在 22 次雾灾记录中, 造成各种事故出现的次数见图 1。

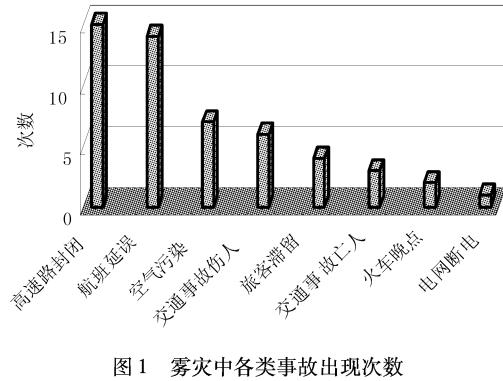


图 1 雾灾中各类事故出现次数

## 2.2 发生雾灾的气象条件

根据我们对大雾气象资料普查和灾情调查, 当满足下述 3 个条件时, 通常就有灾情出现(航班延误、交通事故等), 因此把出现雾灾的气象条件定义为:

- (1) 全市有一半以上测站能见度  $< 1000 \text{ m}$  (范围);
- (2) 部分地区观测到的能见度  $\leq 100 \text{ m}$  (强度);
- (3) 持续时间  $\geq 6 \text{ h}$  (持续时间)。

## 2.3 灾情的评估指标

基于上述调查和所能收集到的相关资料, 选择了下面 5 个因子作为评估雾灾的指标:  $X_1$  为高速公路关闭数(单位: 条);  $X_2$  为交通事故受伤人数(单位: 人);  $X_3$  为交通事故死亡人数(单位: 人);  $X_4$  为航班延误架次(单位: 架次);  $X_5$  为空气质量级数(单位: 级)。

# 3 评估原理与方法

## 3.1 评估原理

一般而言, 人们用“黑”表示信息缺乏, 用“白”表示信息完全, 信息不充分不完全称为“灰”。由于人们对灾害损失的形成因素、这些因素之间的关系以及它们对灾害损失的作用都不完全明了, 因此, 灾害损失是一个典型的灰色系统。灰色关联度是一种定量的表征灰色系统内诸因子之间的

关联程度、从而揭示灰色系统主要特征的指数。它是一种相对性的排序分析, 其基本思想是根据序列曲线几何形状的相似程度来判断因素间的联系是否紧密, 几何形状越接近, 序列的关联程度就越大<sup>[4,5]</sup>。

## 3.2 计算方法

灰色关联度是由计算关联系数来求得, 其数学表达及计算步骤如下。

设参考序列和比较序列分别为:

$$X_0(t_k) = \{X_0(t_1), X_0(t_2), \dots, X_0(t_n)\}, \\ k=1, 2, \dots, n \quad (n \text{ 为评估指标的个数}),$$

$$X_j(t_k) = \{X_j(t_1), X_j(t_2), \dots, X_j(t_n)\}, \\ j=1, 2, \dots, m \quad (m \text{ 为比较序列的个数})。$$

$$\text{灰色关联系数: } \xi_{0j}(t_k) = \frac{\Delta_{\min} + \xi \Delta_{\max}}{\Delta_{0j}(t_k) + \xi \Delta_{\max}}, \quad (1)$$

式中:  $\Delta_{\min}$  为  $X_0$  与  $X_j$  各指标的最小绝对差值;  $\Delta_{\max}$  为  $X_0$  与  $X_j$  各指标的最大绝对差值;  $\Delta_{0j}(t_k)$  为指标  $t_k$  时,  $X_0$  与  $X_j$  的绝对差值, 即:  $\Delta_{0j}(t_k) = |X_0(t_k) - X_j(t_k)|$ ,  $k=1, 2, \dots, n$ ;  $j=1, 2, \dots, m$ ;  $\xi$  为分辨系数, 是一个事先给定的常数, 取  $\xi \leq 0.5$ 。灰色关联度, 即评估模型为:

$$\gamma_{0j} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_{0j}(t_k). \quad (2)$$

(1) 计算思路 为了实现定量的评估灾情, 用一组评估指标值的数据描述一次大雾灾情。首先用各指标出现过的最大值建立一组数据, 作为参考序列(母序列), 表示已出现过的最严重灾情。再用每次大雾过程各指标值的实际值建立一组(或多组)数据, 即比较序列(子序列), 也就是待评估序列。由于各指标值量纲不同, 计算前要做无量化处理。

通过计算参考序列与比较序列之间的各指标的绝对差值(即关联系数)来看两序列的各指标之间的距离。由公式(1)可见, 差值越小, 距离就越近, 关联系数越大, 表示与最严重的灾情越接近, 灾情也就越重。反之亦然。

因为关联系数只是反映了比较序列与参考序列的各个评估指标之间的关联程度, 为了从总体上评估一次大雾天气的灾情程度, 采用等权处理的平均值法, 对各单项指标的关联系数总和求平均, 得到的就是参考序列与比较序列的灰色关联度。我们选择的评估指标是 5 项, 即  $n=5$ , 所以公式(2)式可写为:

$$\gamma_{0j} = \frac{1}{5} \sum_{k=1}^5 \xi_{0j}(t_k). \quad (3)$$

因为关联度值的大小反映了比较序列与参考序列的关联(接近)程度, 值越大, 表示灾情越重, 反之, 灾情越轻, 因此可以通过关联度的取值进行灾害等级划分<sup>[6]</sup>(表1)。

表1 关联度与灾害等级对应关系

灾害等级	I 特别重大	II 重大	III 较大	IV 一般
关联度值	0.80 ~ 1	0.79 ~ 0.60	0.59 ~ 0.40	< 0.39

(2) 实例 某次大雾天气的灾情为: 高速公路封闭6条, 航班延误150架, 伤、亡人数都是0, 空气质量5级。指标无量化处理:

高速公路封闭系数 = 实际封闭数 / 当年通车数  $6/8 = 0.8$ ;

航班延误系数 = 实际延误架次 / 当年日均起落架次  $150/835.3 = 0.2$ ;

交通事故伤人系数 = 实际受伤人数 / 所收集个例单次受伤最多人数  $0/37 = 0$ ;

交通事故亡人系数 = 实际死亡人数 / 所收集个例单次死亡最多人数  $0/9 = 0$ ;

空气污染系数 = 实际空气质量级别 / 污染最重空气质量级别  $5/5 = 1$ 。

得到待评估比较序列  $X_j$  为:  $X_j(t_k) = \{0.8, 0.2, 0.0, 0.0, 1.0\}$ 。设该灾种的参考序列  $X_0$  为:  $X_0(t_k) = \{1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0\}$ , 则有  $\Delta_{\min} = 0$ ;  $\Delta_{\max} = 1.0$ 。

两个序列评估指标  $X_1$  的绝对差值:  $\Delta_{01}(t_1) = |1.0 - 0.8| = 0.2$ , 取  $\zeta = 0.5$ ; 则指标  $X_1$  与参考序列的单项关联系数:  $\xi_{01}(t_1) = \frac{\Delta_{\min} + \xi\Delta_{\max}}{\Delta_{01}(t_1) + \xi\Delta_{\max}} = \frac{0 + 0.5 \times 1.0}{0.2 + 0.5 \times 1.0} = 0.714$ 。

依此, 得出指标  $X_2 - X_5$  与参考序列的单项关联系数分别为:  $\xi_{01}(t_2) = 0.385$ ,  $\xi_{01}(t_3) = 0.333$ ,  $\xi_{01}(t_4) = 0.333$ ,  $\xi_{01}(t_5) = 1.000$ 。即:  $\xi_{01} = (0.714, 0.385, 0.333, 0.333, 1.000)$ 。

关联度:  $\gamma_{0j} = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 \xi_{0j}(t_k) = \frac{1}{5} (0.714 + 0.385 + 0.333 + 0.333 + 1.000) = 0.553$

即: 此次灾情的灰色关联度值为0.553, 根据表2, 灾害等级为3级, 属较大灾情。

### 3.3 灾情评估结果

根据上述方法, 对22个个例的原始数据做无量化处理后, 分别计算各比较序列与参考序列的关联系数  $\xi_{0j}(t_k)$  和灰色关联度  $\gamma_{0j}$ 。根据公式(1)计算的各比较序列的关联系数。表2给出的是用公

式(2)计算的各比较序列的关联度值和对应的灾害等级。

表2 关联度值与对应的灾害等级

编号	关联度值 $\gamma$	灾害等级	编号	关联度值 $\gamma$	灾害等级
1	0.511	3	12	0.383	4
2	0.755	2	13	0.378	4
3	0.491	3	14	0.400	3
4	0.383	4	15	0.517	3
5	0.383	4	16	0.400	3
6	0.621	2	17	0.488	3
7	0.410	3	18	0.456	3
8	0.410	3	19	0.440	3
9	0.464	3	20	0.467	3
10	0.419	3	21	0.422	3
11	0.378	4	22	0.471	3

## 4 结论与讨论

(1) 应用灰色关联度方法建立评估模型, 通过关联度的取值划分灾害等级, 并对最近20年的22个例做出评估。

(2) 评估指标的选取直接影响评估结果, 在选取时要考虑与承灾体的变化相适应。以北京为例, 最近20年城市道路建设发展很快, 高速路从1990年的1条(京哈高速), 到2002年10月已开通8条; 首都国际机场1997~2006年的10年间, 年起降架次增幅达到168.4%。因此, 我们在对每个个例的评估指标做无量化处理时, 分别除以当年的高速路开通数和当年的机场航班的日均起降架次, 以反映实际灾情损失程度。

(3) 灰色关联度评估模型的优点是不要求灾情数据有足够的样本数量, 也不要求数据服从某种典型的概率分布。充分利用已知信息, 较好的实现了定性分析与定量计算相结合估算出灾害损失程度, 且计算方法比较简便。

(4) 评估结果可以作为部署减灾方案的重要依据, 而根据灾情调查所确定的成灾气象条件, 在发布大雾预警时可以考虑给出是否有灾情出现的提示, 对于防灾减灾具有一定指导意义。

## 参考文献:

- [1] 张树誉. EOS-MODIS资料在陕西大雾监测中的应用[J]. 灾害学, 2003, 18(2): 23~27.
- [2] 巢清尘. 气候异常对交通运输影响的对策研究[J]. 灾害学, 2000, 15(3): 79~84.

(下转第61页)