

文章编号: 1007-6301 (1999) 02-0158-05

自然灾害的灰色关联灾情评估 模型及应用研究

陈亚宁, 杨思全

(中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 关联度是事物之间、因素之间关联性的量度。本文基于计算自然灾害损失评价指标的参考序列 U_0 和其比较序列 U_i 之间的关联度这一思路, 建立灰色关联灾情评估模型, 并以新疆“96.7”洪水灾害灾情评估为例进行实例分析, 计算得出了新疆“96.7”洪水灾害中部分地州市灾害等级的归属及其等级序列。结果表明: 应用灰色关联灾情评估模型进行自然灾害灾度等级划分, 既避免了人为的主观任意性, 又能够很好地与实际相吻合。因而, 灰色关联灾情评估模型是一种科学、实用的灾度评价方法。

关键词: 自然灾害; 灰色关联; 灾情评估

中图分类号: P333.2 **文献标识码:** A

1 问题的提出

1996 年新疆各地普遍发生洪水, 其中 1996 年 7 月中、下旬的暴雨洪水波及新疆 13 个地州的近 30 个县市, 在不到半个月时间里, 洪水造成的直接经济损失达 43.798 亿元, 约是新疆自 1950 年以来 (至 1995 年) 洪水灾害损失累计值的 1.7 倍。可见 1996 年 7 月中、下旬洪水 (以下简称“96.7”洪水) 为新疆有水文气象记录以来最大一次洪水灾害。

本文依据新疆“96.7”洪水灾情统计数据, 采用灰色关联分析方法, 建立量化模型, 对全疆受灾地州的灾害等级及灾情损失作一分析比较。

2 方法与步骤

2.1 确立灾害分级指标和分级标准

洪水灾害损失面宽, 牵涉到方方面面的许多内容, 这里我们基于洪水灾害特点和取得资料的准确性, 从洪水灾害影响范围、社会指标和经济指标综合考虑, 选择以下四个方面作为主要分级指标。

收稿日期: 1998-11; **修订日期:** 1999-04

基金项目: 中国科学院“西部之光”资助项目, 新疆重点科研项目 (98013010)

作者简介: 陈亚宁 (1958-), 男, 中科院新疆生态与地理研究所副研究员, 西北大学在读博士。主要从事环境与灾害研究。新疆维吾尔自治区有突出贡献优秀专家, 首批入选中科院“西部之光”人才培养计划。

(1) 受灾面积。主要是指农作物受灾面积(包括农作物成灾面积和农作物绝收面积)和毁坏耕地面积两大部分, 单位: 公顷 (hm^2)。

(2) 受灾人口。因洪水而受灾的人口, 单位: 人。

(3) 破坏房屋。包括损坏房屋和倒塌房屋两部分, 以受灾面积作为分级依据, 单位: 平方米 (m^2)。

(4) 直接经济损失。由洪水灾害造成的直接经济损失, 单位: 元。

据上述分级指标, 并结合新疆国民经济发展水平、人口密度等, 制定分级标准, 把新疆洪水灾害大致划分为极重灾、重灾、中灾、小灾、微灾五个等级(表 1)。

表 1 自然灾害等级和单指标分级标准

Tab. 1 Natural hazard grade and classify criterion of individual index

指 标	极重灾	重 灾	中 灾	轻 灾	微 灾
受灾面积/ hm^2	$> 10^5$	$10^4 \sim 10^5$	$10^3 \sim 10^4$	$10^2 \sim 10^3$	$< 10^2$
受灾人口/人	$> 10^5$	$10^4 \sim 10^5$	$10^3 \sim 10^4$	$10^2 \sim 10^3$	$< 10^2$
破坏房屋/ m^2	$> 10^5$	$10^4 \sim 10^5$	$10^3 \sim 10^4$	$10^2 \sim 10^3$	$< 10^2$
经济损失/元	$> 10^8$	$10^7 \sim 10^8$	$10^6 \sim 10^7$	$10^5 \sim 10^6$	$< 10^5$

2.2 灾害分级指标的函数转换

由于各指标物理意义和计量单位的不同, 从而导致数据量纲的不同, 使得不同数量级之间比较难以进行。因而, 根据灰色原理, 为便于分析, 就需要在各因素进行比较前对原始数据作归一化处理, 使不同指标的灾情等级划分标准取得统一, 所以对分级指标先作相应的函数转换。

(1) 受灾面积的转换函数 (X 单位: hm^2)、受灾人口的转换函数 (X 单位: 人)、破坏房屋的转换函数 (X 单位: m^2):

$$U(X) = \begin{cases} 1 & X > 10^6 \\ 0.2 \lg \frac{X}{10} & 10 < X < 10^6 \\ 0 & X < 10 \end{cases}$$

(2) 直接经济损失的转换函数 (X 单位: 元):

$$U(X) = \begin{cases} 1 & X > 10^9 \\ 0.2 \lg \frac{X}{10^4} & 10^4 < X < 10^9 \\ 0 & X < 10^4 \end{cases}$$

2.3 灾情评价模型及计算过程

依据灰色关联分析方法, 设参考序列: $U_0 = (u_{0j})$, ($u_{0j} = 1, j = 1, 2, \dots, m$); 比较序列: $U_i = (u_{ij})$ ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$)。其中 U_0 的含义为: 各单项分级指标的转换函数值皆为 1, 即属于标准的极重灾。以 $U_0 = (1, 1, 1, 1)$ 为参考序列, $U_i = (u_{ij})$ 为比较序列, 利用分别求算得到的转换函数值, 根据下式:

$$\Delta_{0j}(j) = |U_0(u_{0j}) - U_i(u_{ij})| \quad (1)$$

分别计算参考序列 U_0 和比较序列 U_i 的第 j 项指标的绝对差值。根据灰色关联系数的

定义，引入参考序列与比较序列各单项指标间的关联系数，按下式求得

$$\xi_{oi}(j) = \frac{1}{1 + \Delta_{oi}(j)} \tag{2}$$

由此可知，绝对差值越大，说明该单项指标与参考序列中同项指标的距离越大，则关联系数越小；反之，绝对差值越小，说明该单项指标与参考序列中同项指标的距离越小，关联系数就越大。由于 $\Delta_{oi}(j)$ 的取值区是 (0, 1)，故关联系数的取值区间为 (0.5, 1)。

在分析过程中，由于选择了 m 项指标，因此有 m 项指标的关联系数集中体现在一个值上，这个数值即为关联度。它是比较序列与参考序列中各项指标关联系数总和之平均值，反映比较序列与参考序列的关联（接近）程度。关联度越大，则说明灾情越重；反之，关联度越小，说明灾情越轻。采用等权处理的平均值法，用式 (3) 来计算关联度。

$$Y_{oi} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \xi_{oi}(j) \tag{3}$$

我们选择的分级指标为 4 项，即 $m = 4$ ，故 (3) 式可以改写为：

$$Y_{oi} = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 \xi_{oi}(j) \tag{4}$$

由上述可知，灾害关联度的大小反映灾情的轻重，因此，可以通过关联度的取值进行灾害等级划分（表 2），并根据灾害关联度从大到小的排序，即关联度序，得到各单元灾情轻重的比较关系。

表 2 关联度与灾害等级对应关系一览表

Tab. 2 The relationship between the value of hazard grades and the degree of association

灾害等级	极重灾	重灾	中灾	小灾	微灾
关联度	0.9~ 1	0.8~ 0.9	0.7~ 0.8	0.6~ 0.7	0.5~ 0.6

3 “96.7”洪水灾情实例分析

我们选取遭受“96.7”洪水袭击的有代表性的 10 个地州（加上兵团）作为比较单元（图 1），首先根据前面引入的转换函数将图 1 所列具体损失值转换成函数值（见表 3），然

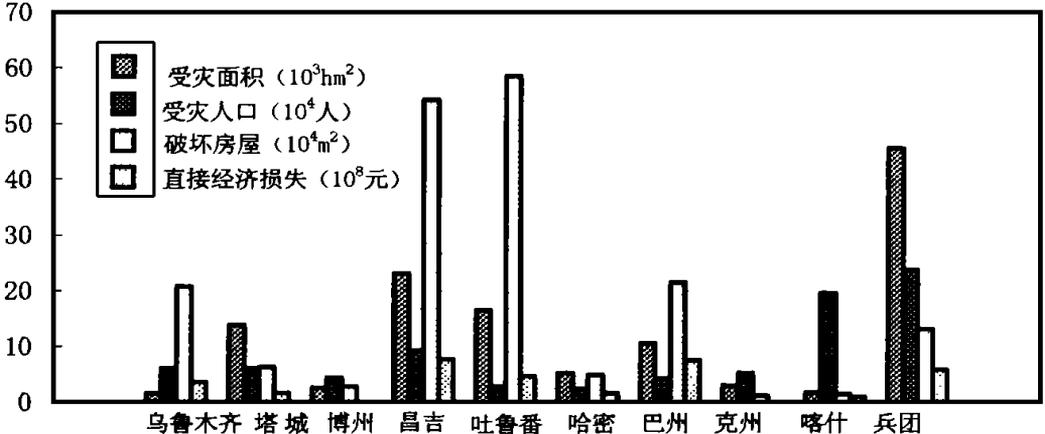


图 1 新疆“96.7”洪水典型地州市水害损失柱状图

Fig. 1 The disastrous losses chart of the typical regions in Xinjiang during the “96.7” floods

后根据公式 (1) 分别计算各项指标的绝对差值, 得出:

$$\Delta_{01} = (0.562, 0.244, 0.137, 0.092), \Delta_{02} = (0.372, 0.245, 0.241, 0.159)$$

$$\Delta_{03} = (0.517, 0.272, 0.309, 0.350), \Delta_{04} = (0.327, 0.205, 0.053, 0.020)$$

$$\Delta_{05} = (0.356, 0.306, 0.046, 0.061), \Delta_{06} = (0.453, 0.316, 0.258, 0.148)$$

$$\Delta_{07} = (0.393, 0.269, 0.133, 0.021), \Delta_{08} = (0.493, 0.250, 0.362, 0.281)$$

$$\Delta_{09} = (0.534, 0.140, 0.345, 0.169), \Delta_{10} = (0.267, 0.123, 0.173, 0.040)$$

根据公式 (2) 计算各关联系数, 得出:

$$\xi_{01} = (0.640, 0.804, 0.879, 0.916), \xi_{02} = (0.729, 0.803, 0.806, 0.863)$$

$$\xi_{03} = (0.659, 0.786, 0.764, 0.741), \xi_{04} = (0.754, 0.829, 0.949, 0.980)$$

$$\xi_{05} = (0.737, 0.766, 0.956, 0.943), \xi_{06} = (0.688, 0.759, 0.795, 0.871)$$

$$\xi_{07} = (0.718, 0.788, 0.883, 0.979), \xi_{08} = (0.670, 0.799, 0.734, 0.781)$$

$$\xi_{09} = (0.652, 0.877, 0.743, 0.855), \xi_{010} = (0.789, 0.890, 0.853, 0.962)$$

表 3 “96.7”新疆部分地州市水害分级指标转换函数值表

Tab. 3 The transformed function value of classify index in some regions of Xinjiang “96.7”

编号	$U_0 (u_{ij})$	受灾面积	受灾人口	破坏房屋	直接经济损失
1	U_1	0.438	0.756	0.863	0.908
2	U_2	0.628	0.755	0.759	0.841
3	U_3	0.483	0.728	0.691	0.650
4	U_4	0.673	0.795	0.947	0.980
5	U_5	0.644	0.694	0.954	0.939
6	U_6	0.547	0.684	0.742	0.852
7	U_7	0.607	0.731	0.867	0.979
8	U_8	0.507	0.749	0.638	0.719
9	U_9	0.466	0.860	0.655	0.831
10	U_{10}	0.733	0.877	0.827	0.960

在此基础上, 根据公式 (4), 求得新疆“96.7”洪水中, 各地州灾害损失情况的关联度值, 并依据此划分灾害等级, 得出表 4。

表 4 “96.7”新疆部分地州市水害关联度值及灾害等级划分

Tab. 4 Hazard classify and the degree of association in Xinjiang “96.7” floods

编号	地区	关联度	灾害等级	编号	地区	关联度	灾害等级
1	乌鲁木齐	0.809	2	6	哈密	0.778	3
2	塔城	0.800	2	7	巴州	0.842	2
3	博州	0.738	3	8	克州	0.746	3
4	昌吉	0.878	2	9	喀什	0.781	3
5	吐鲁番	0.851	2	10	兵团	0.874	2

4 讨论

由计算结果 (表 4) 和关联度与灾害等级对应关系 (表 2) 可见, 在新疆 1996 年 7 月

特大洪水灾害中,昌吉州、兵团系统、吐鲁番地区、巴音郭楞蒙古自治州、乌鲁木齐、塔城地区的灾害损失划为重灾,其中由关联度比较可见,灾害由大到小依次为:昌吉>兵团>吐鲁番>巴州>乌鲁木齐>塔城;博州、哈密、克州、喀什的灾害划为中灾,其中灾害损失由大到小排序为:喀什>哈密>克州>博州。该分析计算结果与新疆“96.7”洪水灾情以及图1所示各地州实际灾害损失比较可见,运用灰色关联评价方法进行的灾害等级划分和灾情损失排序是合理的、符合实际情况的。该评价方法简单、易于掌握,评价结果可以作为部署抗灾救灾方案的重要依据之一。

参考文献:

- [1] 马宗晋等. 我国自然灾害的经济特征与社会发展[J]. 科技导报, 1994(7): 61~64.
- [2] 于庆东等. 自然灾害绝对灾情分级模型及应用[J]. 系统工程理论方法应用, 1998, 4(3).
- [3] 杨仕升. 自然灾害等级划分及灾情比较模型探讨[J]. 自然灾害学报, 1997(1): 9~13.
- [4] 傅立. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学技术出版社, 1992. 191~199.

The application and model of grey association for evaluation of natural disaster

CHEN Ya-ning, YANG Si-quan

(Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China)

Abstract: The degree of association is a measurement of associativity among things or factors. In this paper, based on calculating the degree of association between the reference sequence U_0 and the comparison sequence U_i of evaluation quotas of natural disaster, the model of grey association for evaluation of natural disaster is established and is applied to the disastrous degree evaluation of Xinjiang “96.7” floods. By using the model, the disastrous grade belonging of some regions in the Xinjiang “96.7” floods and the sequence of disastrous grade are made out. The results show: using the model of grey association for evaluation of natural disaster not only can avoid the arbitrariness of artificial judgement, but also can accord with the facts well. So, the model of grey association is a scientific and practical way to evaluate the disastrous condition of natural disaster.

Key words: natural disaster; grey association; evaluation model of disaster condition