

# 基于改进后灰靶模型的城市洪涝易损性评价

李红

(西华师范大学国土资源学院,四川南充 637009)

**摘要:**针对传统灰靶模型等权的计算模式,引入熵权对模型加以改进,由此建立基于熵权的改进后灰靶模型。以湖南省为例,对13个地级市洪涝易损性等级进行评价。评价结果表明,该方法思路清晰,计算简洁,且评价结果可靠,具有一定的推广运用价值。

**关键词:**城市洪涝易损性评价;灰靶模型;熵权;等级

**中图分类号:**P333

**文献标志码:**A

近年来,随着城市化进程的不断加快,城市人口急剧增长,资源财富日趋集中,城市洪涝灾害风险不断加大<sup>[1]</sup>,对城市社会、经济财产造成极大破坏,亟待对城市洪涝易损性进行评价。城市洪涝易损性评价是一个复杂的系统,受孕灾环境、致灾因子、承灾体属性、社会承灾能力等因素影响<sup>[2-3]</sup>。目前,城市洪涝易损性评价常采用的方法主要有模糊评价模型、主成分分析法、投影寻踪法和集对评价模型等<sup>[4-10]</sup>。这些方法大多涉及指标权重问题,却极少考虑到指标的本质特征。基于此,本文在充分考虑城市洪涝易损性系统复杂性的基础上,引入客观权重弥补主观判断的偏差,将基于权重的改进后灰靶模型运用于城市洪涝易损性评价,研究表明该模型可行有效,对城市洪涝灾害的防治具有一定的指导作用。

## 1 评价方法

### 1.1 灰靶模型<sup>[11]</sup>

灰靶理论是处理模式序列的灰关联分析理论,是在没有标准模式的条件下设定一个灰靶,并在灰靶中找到靶心,然后将待评模式与标准模式进行比较。具体计算见文献[11],其核心步骤为:

$$\gamma(x_0, x_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma(x_0(k), x_i(k)) \quad (1)$$

式中, $\gamma(x_0, x_i)$ 代表靶心度, $\gamma(x_0(k), x_i(k))$ 代表靶心系数。

从靶心度求解公式(1)可以看出,求得的靶心度值是相应模式中各评价指标对应靶心系数的算术平均值。若将式(1)中 $1/n$ 看作权,即为各指标对应靶心系数的等权叠加,等权意味着各评价指标对靶心度的影响程度相同,显然是不合理的。因此,本文试将熵权引入靶心度求解,改进后的靶心度计算公式为:

$$\gamma(x_0, x_i) = \sum_{k=1}^n \alpha_k \gamma(x_0(k), x_i(k)) \quad (2)$$

式中, $\gamma(x_0, x_i)$ 和 $\gamma(x_0(k), x_i(k))$ 分别代表靶心度和靶心系数, $\alpha_k$ 则为指标权重。

### 1.2 权重的确定

目前,国内外有关指标权重确定的方法已有数十种之多,大致可分为主观赋权和客观赋权两类,主观赋权法如专家调查法、AHP法和Delphi法等,客观赋权法如熵权法、主成分分析法和多目标规划法等。本文采用熵权法确定指标权重 $\alpha_k$ ,其原理是根据评价指标值大小确定指标权重。在信息论中,信息熵反映信息的无序化程度,指标的信息熵越小,表明指标值的变异程度越大,提供的信息量越大,该指标的权重就越大;反之,信息熵越小,该指标的权重也就越小。具体计算步骤见文献[12]。

## 2 模型在城市洪涝易损性评价中的应用

### 2.1 样本数据

湖南省地处亚热带季风气候区,受副热带高压、西

收稿日期:2013-03-06

基金项目:国家“十一五”支撑计划资助项目(2006BAJ01A12-06)

作者简介:李红(1981-),女,四川南充人,博士,主要从事人居环境和城市地理方面的研究,(E-mail)lihong-2000@tom.com

北带环流、东南季风和西南季风等环流体系影响,降雨十分丰沛,但降雨季节和年际分配极不均匀,加之区内河网密布,城市生产、生活相对集中,洪涝灾害极易发生,故本文以湖南省 13 个地级市作为研究对象,评价城市洪涝灾害易损性情况。

城市洪涝易损性选取人口密度、工业产值密度、道路网密度、排水管道密度,以及建成区绿地率等作为评价指标,相关数据引用自文献[6](表 1)。

表 1 湖南省城市洪涝易损性指标数据

地级市	人口密度 (人· $km^{-2}$ )	工业产值密度 (万元· $km^{-2}$ )	道路网密度 ( $km \cdot km^{-2}$ )	排水管道密度 (人· $km^{-2}$ )	建成区绿地率 (%)
长沙	11 749	16 243	8.47	5.45	25.9
株洲	8801	25 772	6.83	5.88	32.04
湘潭	11 783	17 028	5.34	7.36	33.39
衡阳	10 028	9355	6.14	4.7	26.91
邵阳	9301	5090	4.16	3.05	17.43
岳阳	7282	26 718	6.45	4.73	29.8
常德	11 905	16 333	5.69	5.79	28.2
张家界	13 014	2161	11.33	3.61	7.37
益阳	9697	6126	6.67	4.68	26.97
郴州	10 423	13 968	3.83	3.81	26.9
永州	7412	8399	6.05	4.1	23.37
怀化	10 214	4084	5.23	2.59	32.2
娄底	8031	15 087	7.63	5.73	27.2

2.2 评价过程及结果

由表 1 中 13 个地级市组成原始序列,5 个指标组成指标序列,具体评价步骤如下:

(1)构建标准模式  $w_0$ 。评价指标中人口密度、工业产值密度、道路网密度为正向指标,具有极大值极性,排水管道密度和建成区绿地率为负向指标具有极小值极性,从而得标准模式: $w_0 = (w_0(1), w_0(2), w_0(3), w_0(4), w_0(5)) = (13014, 26718, 11.33, 2.59, 7.37)$

(2)进行灰靶变换。令靶心  $Tw_0 = x_0 = (1,1,1,1,1)$

$$Tw_1(1) = x_1(1) = \frac{\min\{11749, 13014\}}{\max\{11749, 13014\}} = 0.9028$$

$$Tw_1(2) = x_1(2) = \frac{\min\{w_1(2), w_0(2)\}}{\max\{w_1(2), w_0(2)\}} = 0.6079$$

...

表 2 湖南省城市洪涝易损性等级评定结果

地级市	$\gamma$	等级	地级市	$\gamma$	等级	地级市	$\gamma$	等级
长沙	0.57	IV	岳阳	0.60	V	永州	0.46	I
株洲	0.59	IV	常德	0.55	III	怀化	0.56	IV
湘潭	0.54	III	张家界	0.75	V	娄底	0.49	II
衡阳	0.48	II	益阳	0.47	I			
邵阳	0.50	II	郴州	0.51	II			

根据靶心度的取值,将其均匀划分成 5 个等份,分别对应洪涝易损性 5 个不同等级,即低易损性(I 级)  $0.48 \leq \gamma$ , 较低易损性(II 级)  $0.48 \leq \gamma < 0.52$ , 中度易损性(III 级)  $0.52 \leq \gamma < 0.56$ , 较高易损性(IV 级)  $0.56 \leq \gamma <$

$$Tw_1(5) = x_1(5) = \frac{\min\{w_1(5), w_0(5)\}}{\max\{w_1(5), w_0(5)\}} = 0.2846$$

同理,求得由  $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_{13})^T$  组成的矩阵:

$$X = \begin{bmatrix} 0.9028 & 0.6763 & 0.9054 & \dots & 0.6171 \\ 0.6079 & 0.9646 & 0.6373 & \dots & 0.5647 \\ 0.7476 & 0.6028 & 0.4713 & \dots & 0.6734 \\ 0.4752 & 0.4405 & 0.3519 & \dots & 0.4520 \\ 0.2846 & 0.2300 & 0.2207 & \dots & 0.2710 \end{bmatrix}$$

(3)确定灰色关联差异信息空间。令差异信息集

$$\Delta = \{\Delta_{0i}(k) | i \in I = \{1, 2, 3, \dots, 13\}, k \in K = \{1, 2, 3, 4, 5\}\}。其中, \Delta_{0i}(k) = |x_0(k) - x_i(k)| = |1 - x_i(k)|。$$

从而,求得由  $(\Delta_{01}, \Delta_{02}, \Delta_{03}, \dots, \Delta_{13})^T$  组成的矩阵  $\Delta$

$$\Delta = \begin{bmatrix} 0.0972 & 0.3237 & 0.0946 & \dots & 0.3829 \\ 0.3921 & 0.0354 & 0.3627 & \dots & 0.4353 \\ 0.2524 & 0.3972 & 0.5287 & \dots & 0.3266 \\ 0.5248 & 0.5595 & 0.6481 & \dots & 0.5480 \\ 0.7154 & 0.7700 & 0.7793 & \dots & 0.7290 \end{bmatrix}$$

(4)计算靶心系数。靶心系数

$$\gamma(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\min_i \min_k \Delta_{0i}(k) + 0.5 \max_i \max_k \Delta_{0i}(k)}{\Delta_{0i}(k) + 0.5 \max_i \max_k \Delta_{0i}(k)} = \frac{0.4236}{\Delta_{0i}(k) + 0.4236}$$

由此求得由靶心系数  $\gamma(x_0(k), x_i(k))$  组成的矩阵  $\gamma$ :

$$\gamma = \begin{bmatrix} 0.8134 & 0.5668 & 0.8175 & \dots & 0.5252 \\ 0.5193 & 0.9229 & 0.5387 & \dots & 0.4932 \\ 0.6266 & 0.5161 & 0.4448 & \dots & 0.5647 \\ 0.4467 & 0.4309 & 0.3953 & \dots & 0.4360 \\ 0.3719 & 0.3549 & 0.3522 & \dots & 0.3675 \end{bmatrix}$$

(5)计算靶心度。根据熵权模型得熵权  $\alpha_i = 0.24, 0.25, 0.18, 0.19, 0.14$ , 将其带入改进后靶心度计算公式

$$\gamma(x_0, x_i) = \sum_{k=1}^n \alpha_k \gamma(x_0(k), x_i(k)), 计算结果见表 2。$$

0.60, 高易损性(V 级)  $\gamma \leq 0.60$ , 等级评定结果见表 2。

根据表 2 绘制出湖南省地级市洪涝易损性等级空间分布图(图 1)。

从图 1 可以看出,湖南省城市洪涝易损性等级差异

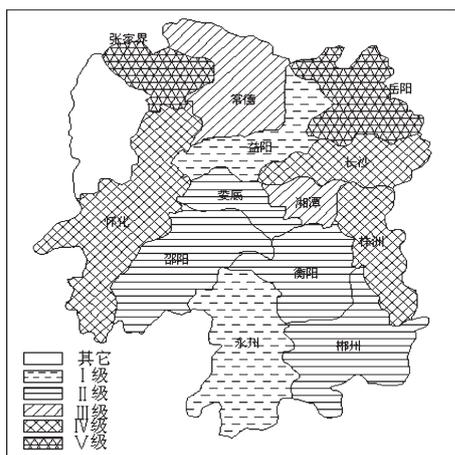


图1 湖南省地级市洪涝易损性等级分布图

较大,且空间分布极不均匀,(1)易损性等级相对较高的岳阳、张家界、长沙、怀化等地,主要分布在省域的东西两侧,由于区内人口密度、工业产值密度和道路网密度均相对较高,故洪涝易损性较大;(2)易损性等级居中的湘潭、常德两市,主要分布在省域中偏北部地区,该类地区人口密度、工业产值密度较大,但区内排水管网密度和绿地率也相对较高,适当降低了洪涝灾害造成的损失,故易损性相对适中;(3)易损性等级相对较低的衡阳、益州、永州等市,主要分布在省域的中部及南部地区,区内人口密度、工业产值密度相对较低,加之区内排水管网密度和绿地率居中,故易损性等级相对较低。

### 3 结束语

改进后灰靶评价模型打破了传统灰靶模型等权的不足,将熵权引入计算模型,使评价结果更具科学性。实例分析表明,该方法思路清晰,计算简洁,评价结果可靠。但仍存在一定的不足,如对不完整数据采用熵权确定指标权重的可行性尚待进一步探讨。

### 参考文献:

- [1] Dawson R J, Speight L, Hall J W, et al. Attribution of flood risk in urban areas[J]. Journal of Hydroinformatics, 2008, 10(4): 275-288.
- [2] Smith k. Environmental hazards: Assessing risk and Reducing disaster[M]. 3rd ed. London: Routledge, 2001.
- [3] Hansson K, Danielson M, Ekenberg L. A framework for evaluation of flood management strategies[J]. Journal of Environmental Management, 2008(86): 465-480.
- [4] 金菊良, 魏一鸣, 杨晓华, 等. 基于遗传算法的神经网络及其洪水灾害承载体易损性建模中的应用[J]. 自然灾害学报, 1998, 7(2): 54-60.
- [5] Inoue K, Kawaike K, Hayashi H. Numerical simulation models on inundation flow in urban area[J]. Journal of Hydroscience and Hydraulic Engineering. 2000, 18(1): 119-126.
- [6] 毛德华, 王立辉. 湖南城市洪涝易损性诊断与评估[J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(1): 89-93.
- [7] 朱聪, 秦蓓蕾, 王文圣. 城市洪涝易损性分类与诊断研究[J]. 云南地理环境研究, 2005, 17(2): 15-18.
- [8] 毛德华, 邹君, 李杰, 等. 基于遗传算法的投影寻踪方法在洞庭湖区洪灾易损性评价中的应用[J]. 冰川冻土, 2010, 32(2): 389-396.
- [9] 张海玉, 程先富, 马武. 洪涝灾害经济易损性模糊评价——以安徽沿长江地区为例[J]. 灾害学, 2010(1): 30-34.
- [10] 谢云霞, 王文圣. 城市洪涝易损性评价的分形模糊集对评价模型[J]. 深圳大学学报, 2012, 29(1): 12-17.
- [11] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002.
- [12] 邱苑华. 管理决策与应用熵学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.

## Vulnerability Assessment of Urban Flood-waterlogged in Hunan Province Based on Improved Grey Target Model

LI Hong

(College of Land and Resources, China West Normal University, Nanchong 637009, China)

**Abstract:** According to the calculation of equal weight of traditional grey target model, entropy weight is introduced to the model, then the improved grey target model based on comprehensive weights was proposed. Take Hunan province as an example, flood vulnerability degree of its 13 prefecture-level city was evaluated. The results show that the method has clear mind, simple calculation, and reliable evaluation, so it has certain application value.

**Key words:** vulnerability assessment of urban flood-waterlogged; grey target model; entropy weight; degree