

## 泉州海岸带自然灾害易损性的模糊综合分析与评判

李强<sup>1,2</sup>, 杨娟<sup>1,2,3</sup>, 徐刚<sup>1,2</sup>, 海香<sup>1,2</sup>

(1. 西南大学地理科学学院, 重庆 400715; 2. 泉州师范学院资源与环境科学学院, 福建泉州 362000;

3. 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400715)

**摘要:**以泉州海岸带作为研究对象,选取10个因子组成自然灾害和社会经济两个子系统,建立二级模糊综合评判模型对泉州海岸带自然灾害易损性进行了综合评判。结果表明:泉州市自然灾害的易损性总体偏高,海岸带易损性等级高于全市平均水平;海岸带内易损性等级总体上随着距海里程的增加而降低,但在内部还呈现中部地区较其他区域易损性等级偏低的情况,并结合区域实际情况对综合评判的结果进行了分析。

**关键词:**自然灾害;易损性;海岸带;模糊综合评判

**中图分类号:**P694

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2007)06-0135-04

## Analysis and Fuzzy Comprehensive Evaluation on Vulnerability to the Natural Disaster in Coastal Zone of Quanzhou

LI Qiang<sup>1,2</sup>, YANG Juan<sup>1,2,3</sup>, XU Gang<sup>1,2</sup>, HAI Xiang<sup>1,2</sup>

(1. School of Geographical Sciences, Southwest China University, Chongqing 400715, China; 2. School of Resources & Environmental Sciences, Quanzhou Normal University, Quanzhou, Fujian 362000, China; 3. Key laboratory of the Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** The two-level fuzzy comprehensive evaluation is designed by selecting natural and social-economic subsystem which made up with 10 factors, in order to evaluate vulnerability. The results show that: the general vulnerability degree grade is high in Quanzhou, the vulnerability-level is higher in coastal zone than in the whole Quanzhou; along with the distance of sea increasing, the vulnerability degree grade reduce, and the vulnerability-level of the central region is lower than other area. Following, on the basis of the facts, the results of fuzzy comprehensive evaluation is analyzed.

**Key words:** natural disaster; vulnerability; coastal zone; fuzzy comprehensive evaluation

### 1 引言

结合各文献<sup>[1-5]</sup>中关于易损性的概念与定义,笔者认为区域自然灾害易损性的概念可理解为:在一定的社会经济条件下特定的区域内,受自然灾害(包括潜在损害现象)影响时承灾体容易受到损害的程度及其该区域处理自然灾害事件的社会经济能力的综合度量。在此概念中易损性不仅包括自然灾害的各组成部分,还包括该区域的抗灾能力以及灾后重建和恢复的能力等。

易损性是承灾体属性的表现,是灾害作用的下垫面,没有易损性,也就没有灾难<sup>[6]</sup>,易损性作为自然灾害的重要构成成分而存在,逐渐成为灾害研究领域里的一个中心概念<sup>[7]</sup>,易损性的研究对于认识自然灾害的本质,构建减灾防灾策略和措施具有重要的意义。以泉州海岸带作为研究对象进行易损性分析,以期能够对泉州海岸带防灾减灾工作和海岸带自然灾害易损性的进一步研究有一定的参考价值。

泉州的主要自然灾害为海洋灾害(台风、风暴潮)、气象灾害(暴雨、干旱、高温、寒害)、地质灾害(崩塌、滑坡、泥石流)等,本文所用各灾害的资料来源于泉州市气象局和泉州市国土资源局。结合各文献中<sup>[8-10]</sup>海岸带的相关定义、泉州

的实际情况以及考虑到资料的可用性和行政区划的完整性等因素,把泉州海岸带的范围界定为除德化、永春、安溪以外的所有区域。但在本文中亦对以上3个区域进行分析,目的是能够更好的体现泉州海岸带自然灾害易损性的情况。

### 2 模糊综合评判的原理与方法

针对进行自然灾害易损性的评判时涉及因素很多且方法众多等原因,结合泉州海岸带的实际情况,拟采用二级模糊综合评判的原理与方法<sup>[11-16]</sup>。

#### 2.1 确定因子集

根据简练性、独立性和可操作性3个原则<sup>[15]</sup>,结合泉州实际情况,选用最能反映泉州易损性的10个因子( $u_i$ ),并将其分为自然灾害子系统( $U_1$ )和社会经济子系统( $U_2$ ):

$$U = \{U_1, U_2\} \quad (1)$$

$$U_1 = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5\} = \{\text{海洋灾害频数(次)}, \text{年暴雨天数(d)}, \text{年干旱天数(d)}, \text{年高温天数(d)}, \text{年寒害天数(d)}\} \quad (2)$$

$$U_2 = \{u_6, u_7, u_8, u_9, u_{10}\} = \{\text{人均GDP(元)}, \text{人口密度}\}$$

收稿日期:2006-12-30

基金项目:福建省软科学研究项目“泉州海岸带灾害及防灾减灾系统的研究”(2005Z9)

作者简介:李强(1983-),男,山西太原人,硕士,主要从事灾害学与区域可持续发展研究。

通信作者:徐刚。

(人/km<sup>2</sup>),老人和儿童占总人口的比例(%),职工平均工资(元),农民年人均纯收入(元))

(3)

在自然灾害子系统中海洋灾害频数,年暴雨天数,年干旱天数,年高温天数,年寒害天数分别从海洋灾害(台风、风暴潮等)、洪涝、干旱、气温变化等方面反映了海岸带的自然

灾害易损度;人均 GDP,人口密度,老人和儿童占总人口的比例,职工平均工资,农民年人均纯收入分别从人口密度、人口构成与素质、地区经济水平和灾后重建与恢复能力等方面反映海岸带的社会经济易损性。泉州海岸带各区域因子的具体情况见表 1。

表 1 泉州市各县/市(区)自然灾害易损性参评因子

| 序号 | 县/市(区) | $u_1$ | $u_2$ | $u_3$  | $u_4$ | $u_5$ | $u_6$ | $u_7$ | $u_8$ | $u_9$ | $u_{10}$ |
|----|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 1  | 鲤城区    | 5.93  | 4.30  | 167.98 | 46.98 | 3.54  | 43933 | 1181  | 0.32  | 12572 | 7528     |
| 2  | 洛江区    | 5.73  | 4.30  | 167.98 | 46.98 | 3.54  | 15992 | 1181  | 0.34  | 12339 | 4645     |
| 3  | 丰泽区    | 6.43  | 4.30  | 167.98 | 46.98 | 3.54  | 55065 | 1181  | 0.29  | 13433 | 7528     |
| 4  | 泉港区    | 6.43  | 3.63  | 198.59 | 8.41  | 3.82  | 19442 | 1194  | 0.38  | 13315 | 7528     |
| 5  | 石狮市    | 6.43  | 3.63  | 198.59 | 8.41  | 3.82  | 46614 | 1911  | 0.35  | 14007 | 8038     |
| 6  | 晋江市    | 6.43  | 4.30  | 167.98 | 46.98 | 3.54  | 43321 | 1602  | 0.37  | 14967 | 7166     |
| 7  | 南安市    | 5.73  | 6.35  | 137.15 | 77.24 | 1.32  | 14776 | 747   | 0.38  | 14151 | 5512     |
| 8  | 惠安县    | 6.43  | 3.63  | 198.59 | 8.41  | 3.82  | 20979 | 1484  | 0.38  | 14997 | 5685     |
| 9  | 安溪县    | 4.93  | 5.74  | 109.44 | 84.02 | 1.38  | 12519 | 364   | 0.39  | 13217 | 4574     |
| 10 | 永春县    | 4.93  | 6.26  | 113.80 | 77.93 | 1.41  | 16861 | 375   | 0.37  | 13993 | 4543     |
| 11 | 德化县    | 4.93  | 5.70  | 84.29  | 22.59 | 2.68  | 19384 | 138   | 0.36  | 13010 | 4315     |

2.2 给出评价集

将泉州海岸带的易损性划分为 5 个等级,评价集为

$V=\{v_1,v_2,v_3,v_4,v_5\}=\{I,II,III,IV,V\}=\{\text{高度易损性,较高度易损性,中度易损性,较低度易损性,低度易损性}\}$

(4)

2.3 资料的预处理与各因子评价标准的确定

为了使各因子对模糊综合评价的作用性质一致以及其评价标准的确定等原因,按照如下方法对原始资料进行预处理,对易损性作用性质是正方向的因子( $u_1,u_2,u_3,u_4,u_5,u_7,u_8$ ),处理方法如下:

$$u'_i = u_i / u_{imax} \tag{5}$$

对易损性作用性质是反方向的因子( $u_6,u_9,u_{10}$ ),处理方法如下:

$$u'_i = 1 - u_i / u_{imax} \tag{6}$$

处理后的资料见表 2,采用对称不等分间隔的五级分割法划分各因子的分级标准见表 3。

2.4 建立权重模糊矩阵

一级模糊综合评价中权重的计算与归一化采用(7)式确定, $u'_i$ 为自然灾害易损项参评因子预处理后的数据, $\bar{u}_{ij}$ 各评价因子分级标准的级别均值, $W_i$ ——初始权重, $\tilde{W}_i$ ——归一化后后的权重。由此得到一级模糊综合评价的权重模糊矩阵: $\tilde{W}_i(i=1,2)=(\tilde{w}_1,\tilde{w}_2,\tilde{w}_3,\tilde{w}_4,\tilde{w}_5)$ (表 4);二级模糊综合评价中采用专家咨询意见的情况确定权重模糊矩阵为  $W=(0.55,0.45)$ 。

$$W_i = \frac{u'_i}{\sum_{j=1}^5 u'_{ij}} \quad \bar{u}_{ij} = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 u_{ij} \quad \tilde{W}_i = \frac{W_i}{\sum_{j=1}^5 W_j} \tag{7}$$

表 2 泉州市各县/市(区)自然灾害易损性参评因子预处理值

| 序号 | 县/市(区) | $u'_1$ | $u'_2$ | $u'_3$ | $u'_4$ | $u'_5$ | $u'_6$ | $u'_7$ | $u'_8$ | $u'_9$ | $u'_{10}$ |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| 1  | 鲤城区    | 0.92   | 0.68   | 0.85   | 0.93   | 2.68   | 0.20   | 0.62   | 0.81   | 0.16   | 0.06      |
| 2  | 洛江区    | 0.89   | 0.68   | 0.85   | 0.93   | 2.68   | 0.71   | 0.62   | 0.87   | 0.18   | 0.42      |
| 3  | 丰泽区    | 1.00   | 0.68   | 0.85   | 0.93   | 2.68   | 0.00   | 0.62   | 0.75   | 0.10   | 0.06      |
| 4  | 泉港区    | 1.00   | 0.57   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 0.65   | 0.62   | 0.97   | 0.11   | 0.06      |
| 5  | 石狮市    | 1.00   | 0.57   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 0.15   | 1.00   | 0.90   | 0.07   | 0.00      |
| 6  | 晋江市    | 1.00   | 0.68   | 0.85   | 0.93   | 2.89   | 0.21   | 0.84   | 0.95   | 0.00   | 0.11      |
| 7  | 南安市    | 0.89   | 1.00   | 0.69   | 0.35   | 1.05   | 0.73   | 0.39   | 0.97   | 0.06   | 0.31      |
| 8  | 惠安县    | 1.00   | 0.57   | 1.00   | 1.00   | 1.00   | 0.62   | 0.78   | 0.95   | 0.00   | 0.29      |
| 9  | 安溪县    | 0.77   | 0.90   | 0.55   | 0.36   | 2.03   | 0.77   | 0.19   | 1.00   | 0.12   | 0.43      |
| 10 | 永春县    | 0.77   | 0.99   | 0.57   | 0.37   | 0.00   | 0.69   | 0.20   | 0.93   | 0.07   | 0.43      |
| 11 | 德化县    | 0.77   | 0.90   | 0.42   | 0.70   | 0.00   | 0.65   | 0.07   | 0.91   | 0.13   | 0.46      |

表 3 泉州市各县/市(区)自然灾害易损性参评因子的分级标准

| 指标       | 自然灾害子系统 |      |      |      |      | 指标       | 社会经济系统 |      |      |      |      |
|----------|---------|------|------|------|------|----------|--------|------|------|------|------|
|          | I       | II   | III  | IV   | V    |          | I      | II   | III  | IV   | V    |
| $u_6$    | 1.00    | 0.95 | 0.90 | 0.85 | 0.80 | $u_6$    | 0.75   | 0.65 | 0.50 | 0.35 | 0.20 |
| $u_7$    | 1.00    | 0.95 | 0.85 | 0.75 | 0.65 | $u_7$    | 0.80   | 0.65 | 0.45 | 0.25 | 0.10 |
| $u_8$    | 1.00    | 0.85 | 0.70 | 0.55 | 0.45 | $u_8$    | 1.00   | 0.95 | 0.90 | 0.85 | 0.80 |
| $u_9$    | 1.00    | 0.80 | 0.60 | 0.40 | 0.20 | $u_9$    | 0.20   | 0.15 | 0.10 | 0.05 | 0.00 |
| $u_{10}$ | 1.00    | 0.90 | 0.75 | 0.60 | 0.45 | $u_{10}$ | 0.45   | 0.35 | 0.25 | 0.15 | 0.05 |

表 4 泉州市各县/市(区)自然灾害易损性一级模糊综合评价权重

| 县/市<br>(区) | $W_1$ |       |       |       |       | $W_2$ |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | $w_1$ | $w_2$ | $w_3$ | $w_4$ | $w_5$ | $w_1$ | $w_2$ | $w_3$ | $w_4$ | $w_5$ |
| 鲤城区        | 0.20  | 0.16  | 0.23  | 0.18  | 0.24  | 0.09  | 0.30  | 0.20  | 0.35  | 0.05  |
| 洛江区        | 0.19  | 0.16  | 0.23  | 0.18  | 0.24  | 0.20  | 0.19  | 0.13  | 0.25  | 0.23  |
| 丰泽区        | 0.21  | 0.15  | 0.23  | 0.18  | 0.24  | 0.00  | 0.40  | 0.24  | 0.29  | 0.07  |
| 泉港区        | 0.24  | 0.14  | 0.30  | 0.04  | 0.29  | 0.26  | 0.27  | 0.21  | 0.21  | 0.05  |
| 石狮市        | 0.24  | 0.14  | 0.30  | 0.04  | 0.29  | 0.07  | 0.53  | 0.24  | 0.17  | 0.00  |
| 晋江市        | 0.28  | 0.40  | 0.14  | 0.08  | 0.11  | 0.11  | 0.49  | 0.28  | 0.00  | 0.12  |
| 南安市        | 0.19  | 0.23  | 0.19  | 0.30  | 0.09  | 0.28  | 0.16  | 0.20  | 0.11  | 0.24  |
| 惠安县        | 0.83  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.18  | 0.24  | 0.33  | 0.20  | 0.00  | 0.22  |
| 安溪县        | 0.18  | 0.22  | 0.16  | 0.34  | 0.10  | 0.26  | 0.07  | 0.18  | 0.20  | 0.29  |
| 永春县        | 0.18  | 0.24  | 0.16  | 0.32  | 0.10  | 0.27  | 0.08  | 0.19  | 0.13  | 0.32  |
| 德化县        | 0.22  | 0.27  | 0.15  | 0.11  | 0.24  | 0.24  | 0.03  | 0.18  | 0.23  | 0.33  |

2.5 建立隶属函数

确定隶属函数的方法很多,常用的有降半正态分布、降(升)半梯形分布、降(升)半凹(凸)形分布、降(升)半哥西分布等,选取降(升)半梯形分布,建立一元线性隶属函数,结合泉州海岸带实际情况,其数学模型为:

$$\mu_1(u_i) = \begin{cases} 1 & u_i \geq u_{i1} \\ \frac{u_i - u_{i2}}{u_{i2} - u_{i1}} & u_{i2} < u_i < u_{i1} \\ 0 & u_i \leq u_{i2} \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_j(u_i) = \begin{cases} \frac{u_i - u_{i,j-1}}{u_{i,j} - u_{i,j-1}} & u_{i,j} < u_i < u_{i,j-1} \\ \frac{u_i - u_{i,j+1}}{u_{i,j} - u_{i,j+1}} & u_{i,j+1} < u_i \leq u_{i,j} \\ 0 & u_i \leq u_{i,j+1}, u_i \geq u_{i,j-1} \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu_5(u_i) = \begin{cases} 1 & u_i \geq u_{i5} \\ \frac{u_i - u_{i4}}{u_{i5} - u_{i4}} & u_{i5} < u_i < u_{i4} \\ 0 & u_i \leq u_{i4} \end{cases} \quad (10)$$

$$R_k = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{15} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{25} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{51} & r_{52} & \cdots & r_{55} \end{bmatrix} \quad (11)$$

式(9)中,  $j=2,3,4$ 。

2.6 一级模糊综合评价

建立从因子系统  $U$  到评价集  $V$  的模糊映射,并诱导出因子 2 个子系统的模糊关系  $R_k(k=1,2,3,4,5)$ ,式(11)中  $r_{ij}$  为  $i$  因子对  $j$  等级的隶属度,对各区域权重模糊矩阵  $\tilde{W}_i$  和相应的  $R_k$  进行模糊合成运算,得到指标子系统的一级综合评判  $B_k$ :

$$B_k = \tilde{W}_i \circ R_k \quad (12)$$

2.7 二级综合评判

把  $U_k$  视为一个元素,而把  $B_k$  视为它的单指标评判向量,对二级权重模糊矩阵  $W$  和  $R$  再次进行模糊合成运算,最后得到各地区易损程度的二级综合评判  $B$ :

$$B = W \circ R \quad (13)$$

按照最大隶属原则即可确定泉州海岸带各区域的易损度等级。

3 易损性模糊综合评判结果

按照上述方法和步骤,经过计算得出泉州各县/市(区)自然灾害易损性等级模糊综合评判结果及等级(表 5),由于处于同一易损性等级的县/市(区)往往不止一个,因此对同

一级别内的易损性进行了进一步的排序。为了更直观地反映泉州海岸带易损度的情况,利用分析得到的结果,运用 Arcgis 软件生成泉州市海岸带自然灾害易损性等级分布图(图 1)。

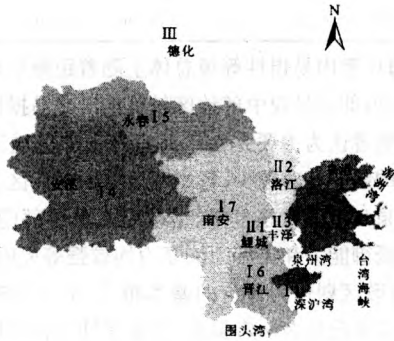


图 1 泉州市海岸带自然灾害易损度等级分布

4 结果与讨论

(1)模糊综合评判的方法以各因素隶属度作为稳定性评价的起点,在某种程度上包括了以前的确定型分析,即它是模糊综合评判中隶属度特殊取值的一种特殊情况。同时也解决了多因素综合分析中,同一单元各个因素对应稳定级别相互矛盾的矛盾现象,此外本方法也具备定性分析和定量运算相结合的特点,能够更好的反映某些对象范畴的模糊性<sup>[17]</sup>。本文的评价目标是海岸带自然灾害易损性,其中自然灾害具有不确定性,评价因子对评价目标的影响带有模糊性的特点,因此采用模糊评价方法进行自然灾害易损性评价是比较合适的,评价结果也基本符合客观事实。

(2)泉州海岸带以及泉州市总体的自然灾害易损性等级偏高,且海岸带内易损性等级高于全市平均水平。在泉州 11 个县/市(区)中属于高度易损性的区域有 7 个,属于较高度易损性的区域有 3 个,属于中度易损性的区域有 1 个,分别占泉州土地面积的 74.70%,4.87%,20.43%,没有较低度易损性和低度易损性的区域;而在泉州海岸带内的 8 个县/市(区)区内只有高度易损性(5 个)和较高易损性(3 个)等级的区域,分别占泉州海岸带面积的 87.52%,12.48%;与此同时各等级内易损性进一步分异现象显著。笔者认为主要有如下原因造成上述现象:首先,海岸带作为陆地与大

洋之间的过渡地带,其环境和生态系统分别受来自陆地和海洋的双重影响<sup>[18]</sup>,是陆地与海洋各种自然灾害叠合发展的地带<sup>[19]</sup>。其次,泉州 2005 年实现地区生产总值(GDP) 1 626.30 亿元,经济总量继续保持福建省第一,人口密度大,其中经济最发达的海岸带人口密度达到 1 114 人/km<sup>2</sup>,相同等级的灾害在经济海岸带内造成的损失会扩大。

表 5 自然灾害易损性等级模糊综合评判结果及等级

| 县/市<br>(区) | 模糊综合评判结果 |       |       |       |       | 等级              |
|------------|----------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
|            | I 级      | II 级  | III 级 | IV 级  | V 级   |                 |
| 鲤城区        | 0.071    | 0.504 | 0.165 | 0.066 | 0.194 | II <sub>1</sub> |
| 洛江区        | 0.189    | 0.449 | 0.176 | 0.079 | 0.108 | II <sub>2</sub> |
| 丰泽区        | 0.155    | 0.372 | 0.237 | 0.049 | 0.193 | II <sub>3</sub> |
| 泉港区        | 0.493    | 0.296 | 0.095 | 0.005 | 0.122 | I <sub>3</sub>  |
| 石狮市        | 0.695    | 0.000 | 0.139 | 0.046 | 0.131 | I <sub>1</sub>  |
| 晋江市        | 0.377    | 0.345 | 0.079 | 0.112 | 0.112 | I <sub>6</sub>  |
| 南安市        | 0.362    | 0.210 | 0.284 | 0.089 | 0.050 | I <sub>7</sub>  |
| 惠安县        | 0.586    | 0.235 | 0.081 | 0.000 | 0.099 | I <sub>2</sub>  |
| 安溪县        | 0.489    | 0.123 | 0.115 | 0.110 | 0.167 | I <sub>4</sub>  |
| 永春县        | 0.384    | 0.241 | 0.149 | 0.124 | 0.201 | I <sub>5</sub>  |
| 德化县        | 0.149    | 0.261 | 0.269 | 0.065 | 0.256 | III             |

(3)在海岸带内易损性等级总体上随着距海里程的增加而降低,但在内部还呈现中部地区较其他区域易损性等级偏低的情况。笔者认为主要是由于海岸带中部区域距海较远受海洋灾害的影响相对较少,且中部区域的洛江区、丰泽区、鲤城区作为泉州市的城区范围,是政府及重要部门所在地,其对灾害的抵御能力和灾后的恢复力均较强等原因造成的。

(4)以行政区划作为评价的基本单元,对于反映自然灾害发生的真实情况具有一定偏差,但是受到资料可用性等原因的局限,目前只能采用行政区划作为基本单元。但是,易损性分析只是我们自然灾害区划研究中的一部分,最后的自然灾害综合区划是将易损性、危险性、敏感性等图层叠加后的综合反映,以后在作危险性评价等工作时,拟采用在 Arcgis 软件的支持下,将相关的自然灾害分布图配准后进行空间叠加 Overlay(Union 和 Intersect),从而产生自然灾害基本单元作为评价的基础,以期能够减少易损性评价中由于基本单元的确定等因素而产生的偏差。

#### 参考文献:

- [1] Burton I, Kates R W, White G F. The Environment As Hazard[M]. Oxford: Oxford University Press, 1978.
- [2] Blaikie P, Cannon T, Wisner B. At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters [M]. London: Routledge, 1994.
- [3] Smith K. Environmental Hazards: Assessing risk and reducing disaster[M]. London: Routledge, 1992.
- [4] United Nations, Department of Humanitarian Affairs. Internationally Agreed Glossary of Basic Terms Related to Disaster Management, DNA/93/36, Geneva, 1992.
- [5] 高吉喜, 潘英姿, 柳海鹰, 等. 区域洪水灾害易损性评价[J]. 环境科学研究, 2004, 17(6): 30—34.
- [6] 刘希林, 莫多闻. 泥石流易损度评价[J]. 地理研究, 2002, 21(5): 569—577.
- [7] White G. Knowing better and losing ever more: the use of knowledge in hazard management. Global Environmental Change Part B[J]. Environmental hazards, 2001, 3(3/4): 81—92.
- [8] 葛兆帅. 中国海岸带自然灾害系统研究[J]. 徐州师范学院学报: 自然科学版, 1996, 14(2): 56—61.
- [9] 安鑫龙, 张海莲, 闫莹. 中国海岸带研究(I)海岸带概况及中国海岸带研究的十大热点问题[J]. 河北渔业, 2005(4): 17.
- [10] 朱晓东, 李杨帆, 桂峰. 我国海岸带灾害成因分析及减灾对策[J]. 自然灾害学报, 2001, 10(4): 26—29.
- [11] 冯得益, 楼世博. 模糊数学的方法与应用[M]. 北京: 地震出版社, 1983.
- [12] 李鸿吉. 模糊数学基础及实用算法[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [13] 李玉林, 高志刚, 韩延玲. 模糊综合评价中权值确定和合成算子选择[J]. 计算机工程与应用, 2006(23): 38—42, 197.
- [14] 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.
- [15] 冯利华, 吴樟荣. 区域易损性的模糊综合评判[J]. 地理学与国土研究, 2001, 17(2): 63—66.
- [16] 杜东菊. 区域稳定两级模糊综合评判[J]. 西安地质学院学报, 1986, 8(3): 56—63.
- [17] 冯希杰, 刘玉海, 张骏. 区域稳定性评价定量化与模糊评判[J]. 西安地质学院学报, 1986, 8(4): 89—95.
- [18] 蔡玉梅. 海岸带研究中的点滴认识[J]. 地球信息, 1997, (6): 56—57.
- [19] 施雅风. 我国海岸带灾害的加剧发展及其防御方略[J]. 自然灾害学报, 1994, 3(2): 3—13.