

# 基于GIS的山东沿海地区海水入侵灾害评价

张蕾<sup>1</sup>, 杨联安<sup>1</sup>, 李月臣<sup>2</sup>, 崔丽美<sup>1</sup>

(1. 西北大学 城市与资源学系, 陕西 西安 710069; 2. 烟台师范学院 地理与旅游系, 山东 烟台 264025)

**摘要:**以山东省沿海地区为评判单元,以各评判单元的参评因素数据为基础数据库,应用层次分析法给参评因素赋权重值,在ArcView GIS平台上,采用图层因素权重叠加法获得各评判单元海水入侵灾害综合危险性指数,求得各地海水入侵平均距离,从而实现山东省海水入侵灾害危险性区划。

**关键词:**海水入侵;危险性评价;地理信息系统;层次分析法;图层因素权重叠加法

**中图分类号:**S159.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-274X(2003)06-0733-04

海水入侵也称海水倒灌或海水侵染,是近20年来在世界上许多沿海国家出现并不断发展的一种海洋地质灾害<sup>[1]</sup>。美国、英国、荷兰、比利时、法国、前苏联、日本、西班牙、意大利和墨西哥等沿海国家都不同程度地出现海水入侵现象。我国的山东半岛、辽东半岛、冀东和长江三角洲等地区也发生过海水入侵现象,尤其山东半岛和辽东半岛地区最为严重。

山东省是我国主要沿海省份之一,地处黄河下游,濒临黄、渤海,海岸线长3 121 km,仅次于广东省,居全国第2位。全省土地总面积 $1.56 \times 10^5 \text{ km}^2$ ,约占全国总面积的1.6%,其中伸入黄、渤海的半岛陆域面积占2/5,人口8 652.6万人,占全国总人口的7.36%,居第3位,人口密度508人/ $\text{km}^2$ ,居第5位<sup>[2,3]</sup>。然而,这里正是海水入侵发生区,严重的海水入侵灾害对人民的财产安全、经济持续发展构成重大威胁,对社会经济带来相当大的破坏。因此,研究海水入侵发生、发展规律,制定减灾对策,做好防灾减灾工作迫在眉睫,进行海水入侵灾害危险性评价是十分必要的,具有重大的政治、经济和社会意义。

## 1 山东省海水入侵灾害危险性评价

### 1.1 评判单元的划分

海水入侵只可能在沿海地区发生,因此本文只

研究山东省的沿海地市。本文采取行政区划法,以山东省各地市作为一个评判单元。由于烟台市南北海岸评价条件差异较大,故在研究时将烟台市分为南烟台和北烟台两部分。本文的研究区为滨州市、东营市、潍坊市、北烟台、威海市、南烟台、青岛市和日照市。

### 1.2 参评因素的确定

结合山东省的特点,并考虑到资料的可获取性、数据的可替代性,本文选取的影响因素有地下水位埋深、连续干旱条件、地质条件、地区用水量、地形条件、人口密度和河网密度等。由于资金、时间、能力各方面的限制,资料难以收集完整,其中连续干旱条件用多年平均降水量来替代,河网密度用单位径流量(地区年径流量/地区面积)来替代。因此,将山东省海水入侵灾害危险性评价的参评因素确定为图1所示的7个。

地质条件是非量化指标,不同岩性的海岸透水性不同,对海水入侵的影响程度也不同。根据海岸的地质特征将海岸地质条件划分为4个等级,并给其赋值(见表1)。

### 1.3 原始数据归一化处理

不同的指标具有不同的取值范围,各指标之间的绝对数值相差较大(见表2)。数据归一化处理的目的是将不同量纲的指标统一为无量纲的数据,并

收稿日期:2002-10-30

基金项目:国家自然科学基金资助项目(49801009);陕西省自然科学基金计划资助项目(98D05);教育部优秀留学回国人员科研启动基金资助项目(教外司留[2001]498号);陕西省教育厅专项科研计划资助项目(02JK086)

作者简介:张蕾(1979-),女,山东青岛人,西北大学硕士生,从事地理信息系统研究。

且将原始数据规范化。经过归一化处理之后,每项指标中最大的数据为 1,最小的数据为 0,其余的值介于 0~1 之间,这样就不会造成数值大指标的作用被人为地夸大,数值小指标的作用被人为地缩小。

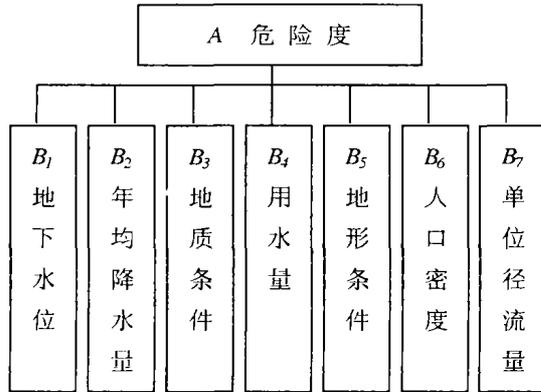


图 1 海水入侵灾害危险性评价参评因素图

Fig. 1 The evaluation factors of sea water invasion disaster

表 1 地质条件赋值表

Tab. 1 The endowment of geologic condition

海岸类型	透水性	指标赋值
砂质	好	4
泥砂质	较好	3
淤泥质	较差	2
基岩海岸	差	1

归一化公式如下

表 2 参评因素原始数据表

Tab. 2 The primordial data of evaluation factors

地区	地下水位 /m	年均降水量 /mm	地质条件 /等级	用水量 /m <sup>3</sup> ·10 <sup>-8</sup>	地形条件 /m	人口密度 /人·km <sup>-2</sup>	单位径流量 /m <sup>3</sup> ·10 <sup>4</sup> ·km <sup>-2</sup>
滨州市	2.0	613.9	4	20.590	50.0	371	6.389 0
东营市	2.0	592.2	4	8.370	50.0	214	4.890 0
潍坊市	2.0	600.5	4	31.510	50.0	527	18.349 0
北烟台	6.0	737.0	4	19.810	100.0	468	24.393 0
南烟台	4.0	800.0	2	19.810	100.0	468	24.393 0
威海市	4.0	820.1	3	9.900	100.0	152	30.850 0
青岛市	4.0	775.6	1	20.520	100.0	642	22.106 0
日照市	4.0	907.3	1	8.100	50.0	516	45.254 0

海水入侵灾害危险性评价参评因素权重值计算如表 3。

### 1.5 地区综合危险性指数的计算

1.5.1 山东省沿海地区海水入侵灾害危险性评价模型的建立 对山东省沿海地区海水入侵灾害进行

$$X' = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}),$$

$$(i=1, 2, 3 \dots n). \quad (1)$$

式中:  $n$  为评判单元的个数,  $X_i$  为该项指标中需要进行归一化变换的数值,  $X_{\max}$  为该项指标中的最大值,  $X_{\min}$  为该项指标中的最小值。在所有的参评因素中, 地下水位埋深 ( $B_1$ )、地质条件 ( $B_3$ )、地区用水量 ( $B_4$ )、人口密度 ( $B_6$ )、单位径流量 ( $B_7$ ) 的数值变化与海水入侵灾害危险性呈正向变化, 而多年平均降水量 ( $B_2$ ) 和地形条件 ( $B_5$ ) 数值的变化与海水入侵灾害危险性呈反向变化。为使各因素对海水入侵灾害同向影响, 本文对  $B_2$  和  $B_5$  采取下述标准化公式

$$X' = 1 - (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

$$(i=1, 2, 3 \dots n). \quad (2)$$

根据上述原则, 将山东省沿海地区海水入侵灾害危险性评价各参评因素进行归一化处理。

### 1.4 参评因素权重的确定

本文主要采用了层次分析法 (analytic hierarchy process, 简称 AHP) 确定权重。AHP 方法把相互关联的要素按隶属关系分为若干层次, 请有经验的专家对各层次、各因素的相对重要性给出定量指标, 利用数学方法和专家意见给出各层次、各要素的相对权重值, 作为综合分析的基础。它是多位专家的经验判断结合适当的数学模型再进一步运算, 确定权重的一种较为合理可行的系统分析方法。

危险性评价时, 采取的方法是因素权重叠加法。基本原理是将参评因素按其在海水入侵灾害形成过程中的作用强度进行分析, 确定因素权重指标, 以权重反映各评价因素在危险性评价中的不同地位。基本模型的建立如下:

设有  $n$  个评价因素  $B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$ ;  $Y$  为危险性指数;  $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$  为各评价因素的权重; 则模型表示为:

$$Y = W_1 B_1 + W_2 B_2 + W_3 B_3 + \dots + W_n B_n.$$

1.5.2 综合危险性指数的计算 设  $B_{ij}$  为  $i$  因素  $j$  单元归一化处理之后的数值,  $W_i$  为  $i$  因素的权重, 则  $j$  单元的综合危险性指数计算公式为

$$u_j = \sum_{i=1}^m W_i B_{ij}, \quad (3)$$

( $i = 1, 2, \dots, n$  参评因素数, 本文  $n = 7$ ), ( $j = 1, 2, \dots, m$  评判单元数, 本文  $m = 7$ )

山东省沿海地区海水入侵灾害危险性指数 ( $u_j$ ) 计算结果如表 4。

表 3 参评因素权重分布顺序表

Tab. 3 The order about weight value of evaluation factors

因 子	地下水位	年均降水量	地质条件	地区用水量	地形条件	人口密度	单位径流量
权 重	0.361 1	0.243 0	0.188 1	0.103 1	0.057 3	0.028 0	0.019 4

表 4 山东省海水入侵灾害危险性评价结论表

Tab. 4 The conclusion of risk evaluation about sea water invasion in the coastal area of Shandong Province

危险度等级	地 区	危险指数	海水平均入侵距离/km
高度危险区 (0.500 0~1)	北烟台	0.758 1	18.953
	潍坊市	0.612 1	15.301
	滨州市	0.537 7	13.441
	东营市	0.489 6	12.240
中度危险区 (0.400 1~0.499 9)	威海市	0.409 2	10.230
	南烟台	0.403 6	10.089
低度危险区 (0~0.400 0)	青岛市	0.373 1	9.327
	日照市	0.277 0	6.925

## 1.6 山东省沿海地区海水入侵灾害危险度分级

根据一定原则, 将山东省沿海地区海水入侵灾害危险度划分为 3 个等级。

## 1.7 山东省沿海地区海水入侵平均距离的计算

各地区海水入侵灾害危险性指数越大, 发生海水入侵灾害的可能性越大, 海水可能入侵的面积越大。本文以各地区海水入侵灾害危险性指数为基础, 计算出海水垂直于海岸线入侵的平均距离, 根据一定原则, 令危险性指数 0.1 代表海水入侵的平均距离为 2.5 km, 由此比例求得山东省沿海地区海水入侵的平均距离。

## 2 海水入侵灾害危险性评价与 GIS 功能实现

### 2.1 数据收集

对山东省沿海地区海水入侵灾害危险性评价收集的图件和基础数据包括: 山东省政区图; 山东各地地下水位埋深图; 山东省地质图; 山东省地形图; 山东各地多年平均降水量、径流量; 山东各地土地面

积、用水量和人口密度。

### 2.2 数据处理

应用 ArcView GIS 空间数据分析功能以及数学模型计算与分析功能, 采用图层因素权重叠加法, 得出各评判单元海水入侵灾害危险性指数及海水平均入侵距离, 以平均入侵距离为缓冲区半径对各地海岸线进行缓冲区分析, 得到山东省沿海地区海水入侵灾害危险性评价图, 最后实现山东省沿海地区海水入侵灾害危险性区划。

### 2.3 山东省沿海地区海水入侵灾害危险性评价结果

通过 GIS 分析, 做出海水入侵灾害危险性评价结果如图 2 所示。

## 3 结 论

1) 海水入侵灾害评价是全面反映灾情, 确定减灾目标, 优化防淤措施, 评价减灾效益, 进行减灾决策的重要依据。本文以山东省沿海地区为例, 利用层次分析法给参评因素赋权重值, 在 ArcView GIS 平

台上,利用图层因素权重叠加法获得各评判单元海水入侵灾害综合危险性指数,从而实现山东省海水入侵灾害危险性区划。结果表明,山东省沿海地区海

水入侵灾害高度危险区有烟台市、潍坊市和滨州市;中度危险区有东营市和威海市;轻度危险区有青岛市和日照市。

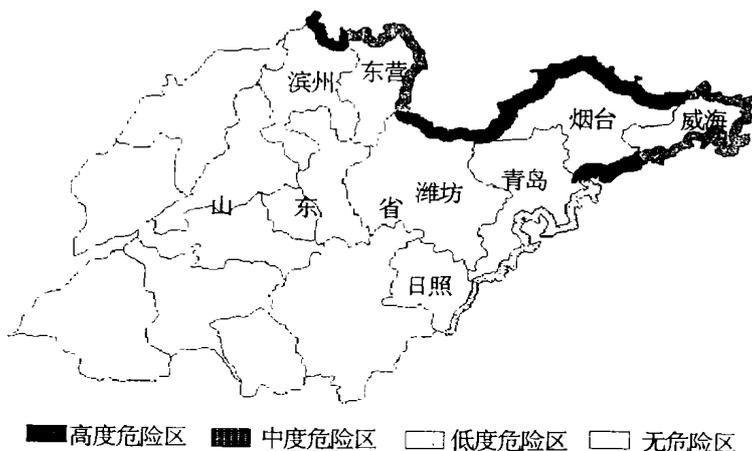


图 2 山东省沿海地区海水入侵灾害危险性评价图

Fig. 2 The risk evaluation map about sea water invasion in the coastal area of Shandong Province

2) 根据山东省海水入侵灾害危险性评价区划结果,建议采取合理开采地下水,进行地下水人工回灌,修筑地下拦水坝,引淡压咸,加强河道管理,建立沿海地区的地下水检测系统和防潮堤等措施防治海水入侵。

社,1979.

- [2] 张祖陆. 山东省莱州湾地区海水入侵灾害及其防治[J]. 环境保护,1989,2(1):60-64.
- [3] 王秋贤,任志远,孙根年. 莱州湾东南沿岸地区海水入侵灾害研究[J]. 海洋环境科学,2002,21(3):10-13.

## 参考文献:

- [1] 薛禹群,朱学禹. 地下水动力学[M]. 北京:地质出版社,1979.

(编辑 徐象平)

## Risk evaluation for the sea water in Shandong Province based on GIS

ZHANG Lei<sup>1</sup>, YANG Lian-an<sup>1</sup>, LI Yue-chen<sup>2</sup>, CUI Li-mei<sup>1</sup>

(1. Department of Urban and Resource Sciences, Northwest University, Xi'an 710069, China; 2. Department of Geography and Tourism, Yantai Normal University, Yantai 264025, China)

**Abstract:** Taking the each coastal prefectures of Shandong Province as an evaluation unit, using each evaluation data of evaluation unit as basic database and analytic hierarchy process method to the senate bestows on the weight value on the Arcview GIS platform, sea water invasion disaster comprehensive risky index is obtained using the chart level factor weight method of super position. Further, the sea water invasion distance is calculated, so sea water invasion disaster risky area zonation of Shandong Province is realized.

**Key words:** sea water invasion; risk evaluation; geographic information system; analytic hierarchy process; chart level factor weight method