

黄河三角洲垦利县生态环境敏感性评价

元伟涛^{1,2}, 王瑞燕², 修洪敏¹, 黄玉凤¹, 胡建团³

[1. 中国地质大学(武汉) 地球科学学院, 湖北 武汉 430074; 2. 山东农业大学
资源与环境学院, 山东 泰安 271018; 3. 湖北科技职业学院, 湖北 武汉 430074]

摘要: 依据垦利县生态环境目前存在的问题和生态环境敏感性理论, 选取了植被覆盖度、地下水矿化度、潜水埋藏深度、土壤质地, 地貌类型 5 个生态敏感性因子。在 GIS 技术支持下, 对垦利县生态敏感性进行了单因子评价, 采用专家打分法获取各指标权重, 指数和法计算评价单元环境敏感度。结果表明, 垦利县敏感性程度的面积与空间分布规律为: 极度敏感区、高度敏感区、中度敏感区和一般敏感区, 分别占研究区总面积的 37.4%, 25.7%, 26.0% 和 10.9%。在总体分布上从西南向东北, 随着黄河向渤海的延伸, 敏感性程度逐渐增加。评价结果可为垦利县生态环境政策的制订提供科学依据。

关键词: GIS; 生态环境; 敏感性评价; 因子分析

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)06-0214-05

中图分类号: X821, TP79

Environmental Sensitivity Evaluation of Kenli County in Yellow River Delta

YUAN Wei-tao^{1,2}, WANG Rui-yan², XIU Hong-min¹, HUANG Yu-feng¹, HU Jian-tuan³

(1. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan,

Hubei 430074 China; 2. College of Recourses and Environment, Shandong Agricultural University, Taian,

Shandong 271018 China; 3. Hubei Science and Technology Vocational College, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract: This study was conducted to solve the environmental problems of Kenli County, based on environmental sensitivity theory. Vegetation cover, groundwater salinity, buried diving depth, soil texture, and physiognomy were selected as environmental sensitivity factors. Supported by GIS technology, each evaluation factor was evaluated, the weights were obtained through expert scoring method, and the environmental sensitivity of each unit was calculated using index-sum method. Results indicated that the extremely sensitive area occupied 37.4% of the total area, the highly sensitive area occupied 25.7%, the moderately sensitive area occupied 26.0%, and the sensitive area occupied 10.9%. From southwest to northeast, the sensitivity degree increased with the Yellow River extending to the Bohai Sea. The results can be a reference to make environmental policies in Kenli County.

Keywords: GIS; ecological environment; sensitivity evaluation; factor analysis

生态环境敏感性是指生态系统对自然环境变化和人类活动干扰的反映程度, 反映一个区域产生生态失衡与生态环境问题的可能性大小及恢复速度^[1]。利用生态环境敏感性评价, 可直观反映出生态系统对各种自然和人类活动干扰的敏感程度, 以及区域生态系统受到干扰时, 发生环境问题的难易程度和可能性大小^[2-5]。

目前, 针对生态环境敏感性问题, 许多学者做了大量的研究。研究主要从不同地域生态环境问题和生态学理论出发, 选取能够反映该地区生态环境问题的敏感性因子, 借助于 GIS, RS 等技术手段做出生态

环境敏感性的综合评价^[1-9]。其中, 研究的焦点问题主要集中在生态环境敏感性综合评价指标体系的构建和敏感性等级的划分标准两个方面。李君轶, 吴晋峰等^[4]选取了土壤侵蚀、土地沙化、地质灾害、生物多样性和生态环境等 5 个生态敏感性因子对陕西省土地生态环境敏感性进行了评价研究; 何艳芬, 张柏, 马超群等^[9]以农安县为例, 结合层次分析和专家打分模型, 采用地理信息系统技术进行了农业干旱敏感性分析; 刘康, 欧阳志云等^[9]从方法论的角度, 利用生态环境现状调查资料和相关研究成果进行了生态环境敏感性的综合评价, 辨识出了甘肃省主要生态环境敏

收稿日期: 2010-04-21

修回日期: 2010-06-11

资助项目: 国家自然科学基金“小尺度土地利用/覆盖变化与环境脆弱性的相互影响及其定量遥感方法”(40571160); 山东省自然科学基金(ZR2009BQ017)

作者简介: 元伟涛(1986—), 男(汉族), 山东省昌邑市人, 硕士研究生, 研究方向为国土资源遥感与 GIS 应用。E-mail: yuwei@163.com。

通信作者: 王瑞燕(1979—), 女(汉族), 山东省新泰市人, 博士, 讲师, 研究方向为农业遥感。E-mail: wry@sdau.edu.cn。

感区域。从上述研究文献可以看出,目前该领域研究主要集中在大中尺度上的敏感性评价和县域小尺度上的某一生态环境问题分析,对县域小尺度的生态环境敏感性综合评价的研究较少。

垦利县生态环境的突出特征表现为敏感性强、退化趋势明显及生态恢复力弱。特别是水土流失、土壤盐碱化等已经严重影响到区域的可持续发展。为此,以垦利县为例,利用垦利县生态环境调查的资料,对生态环境敏感性进行了综合评价,以明确生态环境敏感程度及空间分布规律,为垦利县生态环境建设和保护规划方案的制定提供科学依据。

1 研究区概况和资料准备

1.1 研究区概况

以位于黄河三角洲东段黄河入海口处的垦利县为研究区,垦利县位于东经 $118^{\circ}15'$ — $119^{\circ}10'$,北纬 $37^{\circ}24'$ — $37^{\circ}59'$,属暖温带大陆性季风气候区,平均日照时数为 2 780.3 h,日照百分率为 63%,年实际太阳辐射总量 128.1 kW/cm^2 ,年平均气温 12.3°C , $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 $4\ 732^{\circ}\text{C}$,无霜期 213 d,年平均降水量 547.2 mm,最多年达到 1 039.7 mm,最少的仅为 360 mm,年际间变化大。垦利县在黄河三角洲上非常具有典型性,垦利县的东部河口地带和西部内陆地带是黄河三角洲的两类典型的样区,东部代表生态系统形成时间短,自然植被丰富,土壤发育差,土壤盐碱化程度重的新淤地区,西部地区代表人类活动聚集,土壤发育较好,盐碱化程度相对较低的农耕区。

1.2 资料准备

1.2.1 垦利县 TM 遥感影像 研究收集垦利县 2005 年 TM 遥感影像以及相关遥感数据,在 ERDAS 软件下进行几何校正、配准和直方图匹配以及掩模处理后,获取 NDVI 指标,进而计算植被覆盖率。

1.2.2 垦利县 2005 年生态环境基础资料 主要包括来源于垦利县农业局和气象局的地下水矿化度、潜水埋藏深度、地貌类型、土壤质地、土壤有机质含量、速效磷、速效钾、全氮、含盐量、气温、蒸降比等自然环境数据,来源于垦利县统计年鉴的工农业生产总值和环境治理状况等社会经济资料,以及从垦利县国土资源局收集到的土地利用现状图。在 MapGIS 和 ArcGIS 软件支持下将这些资料中的图件进行地图数字化。

1.3 资料处理

参考目前山东省耕地地力评价对各地力要素所确定的隶属度,并考虑各因子对环境敏感性的影响,结合垦利县实际情况,对自然环境数据的环境脆弱性

影响进行修正,从而确定隶属度并进行单因素评价;由于社会经济资料没现成的资料供使用,通过地方环保局专业人员和从事环境脆弱性评价领域研究的学者打分来确定隶属度并进行评价,使各因子的值都介于 0~1 之间。

2 评价过程

2.1 生态环境敏感性指标体系的构建及其评价

按照形成原因,环境敏感性分为本底敏感性和外在敏感性。为考察环境敏感性形成的根本原因,本研究的环境敏感性指的是本底敏感性。环境敏感性出现或发生概率常取决于影响生态环境问题形成的各个因子的强度、分布状况和多个因子的组合^[3]。因此,在生态环境敏感性评价时,常采用多因子的综合方法。依据垦利县生态环境目前存在的问题和生态环境敏感性理论,充分考虑生态环境敏感性的影响因素,选取了植被覆盖度,地下水矿化度,潜水埋藏深度,土壤质地,地貌类型 5 个生态环境敏感性因子。

2.1.1 植被覆盖度 植被是生态环境的重要组成部分,植被具有涵养水分,保护水质,调节河川径流,控制土壤侵蚀,改善流域水环境等作用。植被越好,形成的生态系统结构越复杂,稳定性越大,抗干扰能力越强,因此环境敏感性越低,反之则敏感性越高^[11]。因此,植被覆盖因子是评价生态环境敏感性的一个重要指标。参考目前研究成果^[12],本研究中采用 Gutman 提出的等密度模型计算植被覆盖度,计算公式为:

$$f_g = \frac{\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\min}}{\text{NDVI}_{\max} - \text{NDVI}_{\min}} \times 100\%$$

式中: f_g ——植被覆盖度;NDVI——归一化植被指数; NDVI_{\max} ——最大归一化植被指数; NDVI_{\min} ——最小归一化植被指数。

研究中,首先运用 ERDAS 软件从 TM 影像中提取 NDVI 指数,然后按上式构建模型计算植被覆盖度 f_g (图 1)。

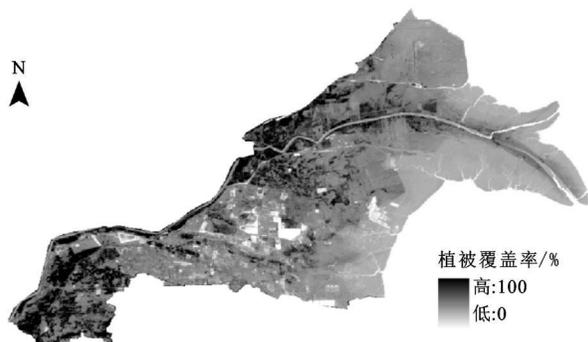


图 1 垦利县植被覆盖率分布图

根据运算结果可以得出,高植被覆盖区域主要分布在西南部农耕区和中部的黄河两岸区域,并随着黄河向渤海的延伸,植被覆盖率由西南向东北逐渐降低。本研究采用等距法将植被覆盖率为 5 个等级:0~30%为低植被覆盖;30%~45%为较低植被覆盖;45%~60%为中植被覆盖;60%~75%为较高植被覆盖;大于 75%为高植被覆盖,占总面积比例为 4.3%,69.43%,20.26%,6.01%,1.81%;生态环境敏感性分别赋值为 1.0,0.8,0.6,0.4,0.2。

2.1.2 地下水矿化度因子和潜水埋藏深因子 土壤盐碱化是生态系统敏感性的重要组成部分,地下水矿化度和潜水埋藏深度是影响土壤盐碱化的重要指标。垦利县的地下水埋深浅且矿化度高,浅层水的矿化度在 7.7~167.5 g/L,平均为 24.6 g/L^[3]。地下水埋深小于 1 m 的占总面积 7%,1~2 m 占 44.1%,3~5 m 的占 20.1%。通常情况下,地下水矿化度越高,埋藏深度越浅,越容易加重土壤的盐碱化。因此本研究选用了代表性强且空间分异显著的潜水埋藏深度(图 3)和地下水矿化度(图 2)两个指标来反映土壤盐碱化对垦利县生态环境敏感性的影响,按照敏感性程度的高低,分为不同的等级,赋予相应的分值(表 1)。

2.1.3 土壤质地因子 土壤质地即土壤机械组成,

是指土壤中各级土粒含量的相对比例及其所表现的土壤砂黏性质^[13]。土壤质地是反映土壤理化性质的综合指标,也是影响土壤肥力高低、耕性好坏及生产性能优劣的基本因素之一。土壤质地越黏重,稳定性越好,敏感性程度越低。相反,土壤质地越砂,稳定性越差,敏感性程度越高。垦利县土壤表层质地砂壤占 24.2%,轻壤占 46.1%,中壤为 14.8%,重壤为 10.1%,黏土为 4.8%。本研究区域主要的土壤质地类型有河滩沙地、砂壤、轻壤、中壤、重壤、黏土(图 4),根据敏感性程度的高低分别赋值为 1.0,0.8,0.6,0.5,0.4,0.2。

2.1.4 地貌类型因子 地貌是内外地质营力长期相互作用的产物,地貌类型从一定程度上反映内外地质营力的组合状况、作用强度、矛盾的主导方面和相应的发展方向^[14]。

地形地貌脆弱程度指标主要反映一个区域的地表起伏状况对环境的影响。地貌对该区的水、盐运动影响较大,是该区环境敏感性分异的主要因素,因此地貌特征被纳入评价指标体系中。垦利县内主要的地貌类型有海滩地、洼地、微斜平地、缓岗、和河滩高地(图 5),根据敏感性程度分别赋值为 1.0,0.8,0.6,0.4,0.2。

表 1 评价指标量化分级

指标赋值	1.0	0.8	0.6	0.5	0.4	0.2
土壤质地	河滩沙地	砂壤	轻壤	中壤	重壤	黏土
植被覆盖率	0~30%	30%~45%	45%~60%	60%~75%	>75%	
地貌类型	海滩地	洼地	微斜地貌	缓岗	河滩高地	
地下水矿化度/(g·L ⁻¹)	>30.0	10.0~30.0	5.0~10.0		2.0~5.0	<2.0
潜水埋藏深度/m	<1	1~2	2~3		3~5	>5

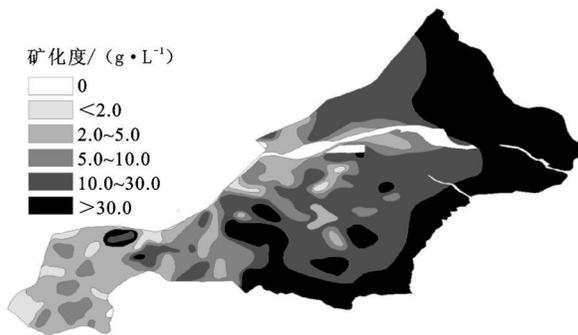


图 2 垦利县地下水矿化度分布图

2.2 指标权重确定

由于植被覆盖度,地下水矿化度,潜水埋藏深度,土壤质地,地貌类型敏感性对生态环境敏感性的贡献和作用不同,评价中需确定各评价因子的权重。各因子指标权重的确定主要取决于各指标的重要程度以

及指标之间的相互关系的分析。权重的确定应从系统的整体以及系统中各因素相互作用关系出发,确定各指标对生态环境敏感性的贡献程度^[15]。本研究采用了特尔菲专家经验的方法,通过 3 轮打分和汇总分析,确定评价指标权重(表 2)。

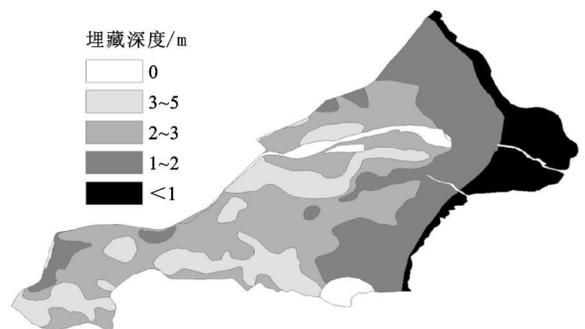


图 3 垦利县潜水埋藏深度分布图

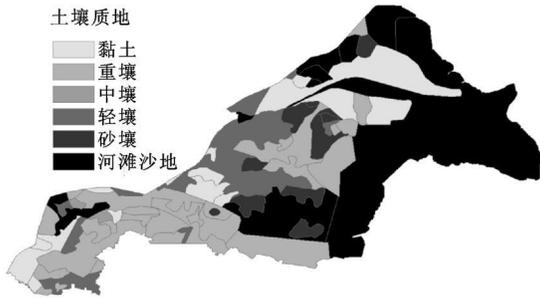


图4 垦利县土壤质地分布图



图5 垦利县地貌类型分布图

表2 生态环境敏感性因子指标权重

敏感性因子	植被覆盖度	地下水矿化度	潜水埋藏深度	土壤质地	地貌类型
权重	0.1	0.3	0.15	0.15	0.3

2.3 生态环境敏感性评价模型

根据各评价指标值和权重,采用加权求和的方法对垦利县生态环境敏感性进行综合评价。生态环境敏感性综合指数计算形式为:

$$I_{sen} = \sum_{i=1}^5 v_i \cdot w_i \quad (1)$$

式中: I_{sen} ——生态环境敏感性综合指数; v_i, w_i ——第*i*个敏感性指标的权重和赋值。

3 评价结果、分析及建议

3.1 评价结果

首先对数据进行空间化,将评价指标的数值展布到一定尺寸的地理网格上,使得数据在评价区域上呈面状空间分布形式。根据已有的底图在 ArcGIS 软件支持下输入属性数据,并将所有的数据都校正到同一投影和坐标系下。

然后进行数据的地图运算,得到环境敏感性评价结果。在 ArcGIS 地理信息系统软件的支持下,利用其空间分析功能,把各评价指标值及相应的权重代入公式(1)进行地图代数运算,得到各网格的生态环境敏感度,并根据其聚集状况,利用 ArcGIS 的分类工具将敏感度分为4级:一般敏感区、中度敏感区、高度敏感区和极敏感区,对应的生态环境敏感性综合指数分别为0.28~0.53,0.53~0.66,0.66~0.85和0.85~1,进行符号化,制作垦利县环境敏感性分布图(图6,表3)。

敏感区和极敏感区,对应的生态环境敏感性综合指数分别为0.28~0.53,0.53~0.66,0.66~0.85和0.85~1,进行符号化,制作垦利县环境敏感性分布图(图6,表3)。



图6 垦利县综合评价分布图

表3 敏感区面积统计

敏感区	一般敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
面积/hm ²	24 001.56	57 259.92	56 642.8	82 517.76
百分比/%	10.89	25.98	25.7	37.44

从图6和表3可以看出,垦利县生态环境敏感性比较高。高度敏感和极度敏感区域的面积为1 392 km²,占研究区总面积的63.14%,在总体分布上从西南向东北,随着黄河向渤海的延伸,敏感性程度逐渐增加。

3.2 评价结果分析及利用建议

3.2.1 极度敏感区 极度敏感区占该县总面积的37.44%,综合评价指数为0.85~1,主要分布在黄河三角洲东部入海口处的黄河口镇。该区域地下水埋藏深度浅,矿化度高,植被覆盖度低,地貌类型以河滩沙地为主。该区生态环境敏感性高,环境承载力低,抗干扰能力差,生态系统结构单一,外来干扰不仅对其自身影响反应剧烈,甚至有可能波及其它地区,对整个生态系统的稳定性起着决定性作用,故应属于重点生态保护区域。该区应主要以生态建设用地为主,加强生态恢复与生态建设,努力发展高效生态经济。应保护该地区的湿地生态系统生物多样性,保护自然生态系统与重要物种栖息地,防止生态建设导致栖息环境的改变,保护珍稀濒危鸟类的迁徙中转站和栖息地,可以适当发展湿地生态旅游。另外,要着力解决海水倒灌、水土流失、土壤盐碱化等一系列生态环境问题。

3.2.2 高度敏感区 高度敏感区占总面积的25.7%,综合评价指数为0.66~0.85,主要分布在垦利县东南部、北部的永安镇和黄河口镇西南部。该区生态环境敏感性较强,为生态环境敏感性的过渡区

域,对维护极度敏感区的功能以及全县整体生态效果起重要作用,该地区要协调好生态保护和经济建设之间的矛盾,减少不合理的土地利用,不易进行大型工程和高污染企业建设,在土地利用中可以适度发展畜牧业,同时要加强生态环境建设,努力改善生态环境。

3.2.3 中度敏感区和一般敏感区 中度敏感区和一般敏感区分别占总面积的 25.98%和 10.89%,综合评价指数分别为 0.53~0.66 和 0.28~0.53,主要分布在垦利县中西部的董集乡、郝家镇、胜坨镇、垦利镇和西宋乡。这些地区为人类活动聚集,土壤发育较好,盐碱化程度相对较低的农耕区,主要生态环境问题为加速城镇化建设与扩大农业生产之间的矛盾。该区生态环境功能较好,可以进行适度的土地开发利用,可作为垦利县主要的粮食产地,应该把增强土壤肥力,提高土地利用效率作为生态环境建设的重点。同时在此区域可以建设一些与适应当地环境与经济的企业建设。但应注意经济开发强度和环境保护之间的关系。

4 结论

(1) 以垦利县作为研究区域,充分考虑研究区域存在的生态环境问题,筛选出了环境敏感性指标,建立了相对合理的评价指标体系,对垦利县生态环境进行了敏感性评价,初步探明了环境敏感性程度及其空间分布规律。分析了不同敏感区的成因,并提出了相应的利用建议。研究成果对该区生态环境政策的制定具有一定的参考价值。

(2) 本研究采用遥感和 GIS 相结合的方法,实现了生态环境敏感性自动化、量化评价。由于评价因子数据源不同,为保障生态环境敏感性评价的准确性和可靠性,在数据的处理过程中,要充分考虑数据的标准化和规范化问题,包括不同格式数据之间的转换,图层投影、坐标的匹配和几何校正,最小评价单元的设置等。

(3) 采用了专家打分法确定各敏感性因子的权重,

充分利用了专家经验在评价指标体系构建中的起到的重要作用。但是这种方法受人的主观认识影响较大,对专家的知识水平要求较高,受人为因素影响容易出现偏差,尚需进一步探索更有效的权重确定方法。

[参 考 文 献]

- [1] 欧阳志云,王效科,苗鸿,等.中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究[J].生态学报,2000,20(1):9-12.
- [2] 吴亚妮.车尔臣河中下游流域生态环境敏感性评价及其空间分布研究[D].乌鲁木齐:新疆大学,2008.
- [3] 王介勇.黄河三角洲生态环境脆弱性及其土地利用效应[D].泰安:山东农业大学,2005.
- [4] 李君轶,吴晋峰.基于 GIS 的陕西省土地生态环境敏感性评价研究[J].干旱地区农业研究,2007,25(4):19-29.
- [5] 刘红艳,孙希华,张玉堂,等.基于 GIS 的济南市土壤侵蚀敏感性评价研究[J].水土保持通报,2008,28(2):127-130.
- [6] 杜军,姚孝友.基于的山东沂沭泗河流域土壤侵蚀敏感性评价[J].水土保持研究,2006,13(1):165-167.
- [7] 陈建军,张树文.吉林省土壤侵蚀敏感性评价[J].水土保持通报,2005,25(3):49-53.
- [8] 赵凤琴.吉林西部土地生态环境安全研究[D].长春:吉林大学,2005.
- [9] 刘康,欧阳志云.甘肃省生态环境敏感性评价及其空间分布[J].生态学报,2003,23(12):2711-2718.
- [10] 何艳芬,张柏,马超群,等.基于 GIS 的松嫩平原农业干旱敏感性分析[J].农业系统科学与综合研究,2004,20(4):291-296.
- [11] 李荣彪,洪汉烈.喀斯特生态环境敏感性评价:以都匀市为例[J].中国岩溶,2009,28(3):300-307.
- [12] 张玮,张懿铨,王兆锋,等.珠穆朗玛峰自然保护区植被变化分析[J].地理科学进展,2006(3):12-21.
- [13] 伍光和,田连恕.自然地理学[M].北京:高等教育出版社,2005.
- [14] 刘会平.长江流域地貌类型研究[J].华中师范大学学报:自然科学版,1994,28(1):129-132.
- [15] 贾冰.基于 GIS 和 RS 的晋城市生态环境敏感性评价研究[D].太原:太原理工大学,2008.