

肥城市土地利用生态安全评价与利用调控研究

王晓¹,朱伟亚²,董锦¹

(1.肥城市国土资源局,山东泰安 271600;2.山东省土地勘测规划院,山东济南 250000)

摘要:在总结国内外相关研究成果的基础上,以肥城市为例,采用RS和GIS技术对研究区地形地貌、植被覆盖、地质灾害、土地利用景观格局等土地生态安全影响因子进行提取和分析,同时结合当前在生态安全评价中广泛使用的PSR框架模型,分别从压力、状态、响应三方面选取18个对土地生态安全影响密切的因子构建土地生态安全评价指标体系,采用层次分析法确定各指标权重,对该地区土地生态安全状况进行评价和分析。最后,提出土地利用优化调控措施。

关键词:土地生态安全;评价;利用调控;肥城市

中图分类号:F301.23

文献标识码:C

引文格式:王晓,朱伟亚,董锦.肥城市土地利用生态安全评价与利用调控研究[J].山东国土资源,2015,31(9):94-99.WANG Xiao, ZHU Weiya, DONG Jin. Study on Land Ecological Security Evaluation and Land Utilization and Optimization in Feicheng City[J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(9): 94-99.

土地生态安全是指一个国家或地区发展所需的环境处于不受破坏和威胁的状态,且土地生态系统能够维持经济社会可持续发展^[1]。土地生态安全作为生态安全问题研究的重要组成部分,已成为当前学者研究的前沿课题^[2-5]。在综合分析肥城市土地利用现状及土地生态现状的基础上,科学筛选指标,合理建立评价体系,对肥城市土地生态安全状况进行评价和分析,根据评价结果,提出具有针对性、可操作性、科学性的土地利用优化调控措施和对策,以期对肥城市土地生态系统不断完善,土地利用格局逐步优化,实现人口、资源、环境可持续发展服务。

1 土地生态安全评价指标体系构建

1.1 评价指标体系建立的原则

(1)科学性原则。建立的土地生态安全指标体系,要尽可能地考虑经济、社会、生态环境等多方面内容。因此在所建立体系中的评价指标要尽可能有机地联系起来,形成一个测定方式规范、指标含义明确、统计方法科学、层次清楚明朗的整体。

(2)综合性原则。评价指标的选取需考虑全面

而又均衡,要突出评价区域的特征,包涵经济社会、自然环境等多方面的评价指标,生态安全各因子间既相互联系又相互制约,选取的评价指标要尽可能综合反映评价区域本质特征的信息因子。

(3)可操作性原则。在实际应用中,评价指标的可操作性是评测选取的指标是否合理的标准之一。评价指标选取要具备可比较性和可测性。建立的指标体系要尽可能精简次要性指标,使指标体系中的指标少而精。可操作性在选择指标时是要必须进行考虑的。

(4)层次性原则。土地生态系统可划分为若干个子系统,且每个子系统可通过多个具体的指标进行表征,它是一个复杂的系统,因而,为便于研究,建立的指标体系要具有良好的层次性。

(5)独立性原则。在构建土地生态安全评价指标体系时,所选的指标相互之间应减少冗杂叠加,保持相对独立性的指标,以使评价的结果具有更高的准确性及科学性。

1.2 评价指标体系的构建

土地生态安全系统是一个多因素、多层次的系统^[6],需要建立一套完整的、实用的评价指标体系,

收稿日期:2014-11-14;修订日期:2014-12-01;编辑:陶卫卫

作者简介:王晓(1987—),男,山东肥城人,主要从事土地信息与管理研究工作;E-mail:wxguotu@163.com

不仅要考虑自然环境状况,同时也要考虑到人类的活动因素和对土地生态安全有潜在影响的变化因素。

20 世纪 80 年代末,经济合作和开发组织与联合国环境规划署提出压力(Pressure)-状态(State)-响应(Response)模型^[7],因其综合性、灵活性、因果关系清晰等优点,已成为当前可持续发展评价和生态安全评价领域最为常用的方法^[8-9]。该文从影响土地生态安全的压力因素、自然状态因素和人文社会响应因素三方面选取有代表性的指标,采用 PSR 模型构建肥城市土地生态安全评价指标体系,能较好地在该区域反映土地生态状况的真实水平。该文采用层次分析法^[10]确定评价指标的权重。由于该方法具有高度的逻辑性、系统性和实用性,且能有效结合定性分析与定量分析,目前已被广泛运用于土地相关领域的评价中^[11-12]。

土地生态安全评价指标体系是一个融合社会、经济、资源环境等方面的复合系统^[13]。指标的选择不仅要考虑土地生态环境的现状,更要反映对土地生态安全有潜在影响的人类活动^[14]。该研究参考相关研究成果^[15-16],结合肥城市土地生态系统的实际状况,构建肥城市土地生态安全评价分区指标体系(表 1)。

表 1 肥城市土地生态安全评价指标体系

准则层	指标层	数据来源	指标趋向	权重
生态系统的压力 (P)	人口密度	统计年鉴	-	0.0553
	人均耕地面积	土地变更调查、统计年鉴	+	0.0521
	大于 25°耕地面积比重	专题成果	-	0.0533
	工矿用地干扰度指数	遥感调查	-	0.0852
	植被覆盖度	遥感调查	+	0.0604
自然环境的状态 (S)	地形位指数	DEM 数据	-	0.0821
	水土流失强度	专题数据库	-	0.0845
	地质灾害频度	专题成果调查数据	-	0.0792
	洪灾发生程度	专题成果	-	0.0513
	土壤类型	土壤图		0.0403
	景观破碎度指数	遥感调查	-	0.0549
	景观多样性指数	遥感调查	+	0.0622
	土地生态服务价值量	遥感调查	+	0.0432
	道路影响度	专题成果	-	0.0395
	人文社会的响应 (R)	农民人均 GDP	统计年鉴	+
土地复垦率		专题成果	+	0.0421
环保投资占总产值比重		专题成果	+	0.0223
第三产业占 GDP 比重		统计年鉴	+	0.0542

其中“压力”即造成土地生态安全状况恶化的原因,选取的指标因子为人口密度、人均耕地面积、大于 25°耕地面积比重、工矿用地干扰度指数;“状态”是指土地生态安全在压力下所处的状况,选取的指标因子为植被覆盖度、地形位指数、水土流失强度、地质灾害程度、洪灾发生程度、土壤类型、景观破碎度指数、景观多样性指数、土地生态服务价值量、道路影响度;“响应”是指人们在改善土地生态安全状况所采取的对措施^[17],选取的指标因子为农民人均 GDP、土地复垦率、环保投资占总产值比重、第三产业占 GDP 比重。

1.3 指标阈值的确定

土地生态安全评价的标准是土地生态安全状况的参照标准,在土地生态安全评价中,评价标准的确定至关重要。但由于土地生态安全评价缺乏统一的等级划分标准,且由于环境目标、生态类型、地域差异的不同也不可能做到完全统一,因此要根据需求的不同选择不同的评价标准。

(1)数值型评价的因子赋值法。当评价指标为一系列数值,且这些数值的变化与土地生态安全有着良好的函数关系时,可通过数学的函数方程,为各个评价单元进行赋值。该类指标包括土地景观空间格局等相关指数。

(2)阈值型评价的因子赋值法。当评价指标为连续的数据,且在一定阈值范围内变化对土地生态安全不产生影响时,可将该类指标值划分成若干个区段,并在一定的区段内均赋给同样的分值,如土壤类型。

1.4 指标权重的确定

1.4.1 评价指标的标准化处理

数据标准化处理是将具有不同量纲的指标转换成无量纲形式的评价值,即通过评价指标的标准化处理,使得每一个评价指标均有统一的度量标准。

鉴于选择的评价指标既有统计数据又有空间数据,而各评价指标量纲又各不统一,不容易进行统一的运算。因此需对数据无量纲化处理,以实现指标的可比性。评价指标对土地生态安全存在正面或负面两种方向的影响。

对于正向指标(数值越大越安全),需采用:

$$A_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (1)$$

对于负向指标(数值越小越安全),需采用:

$$A_{ij} = \frac{\max(X_{ij}) - X_{ij}}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (2)$$

1.4.2 评价指标权重的确定

该研究评价采用层次分析法确定评价指标的权重。层次分析法是结合定性分析与定量分析的方法^[18]。把复杂问题分解成各个组成因素,并按支配关系分组形成递阶层次结构。通过两两比较的方式确定各个因子相对重要性,然后综合决策判断,确定相对重要性的总排序(表 2)。层次分析法可分为 3 个主要步骤:①分析系统中各因素间的关系,构造两两比较的判断矩阵;②计算被比较元素的相对权重,并进行一致性检验;③计算各层次对于系统的总排序权重,并进行排序。

表 2 因素与对比因素关系

因素与比因素	量化值
同等重要	1
稍微重要	3
较强重要	5
强烈重要	7
极端重要	9
两相邻判断的中间值	2,4,6,8

通过上述方法依次确定评价体系指标层的权重为(表 1)。

1.5 土地生态安全综合评价指数的计算

土地生态安全综合指数是评价土地生态安全程度的指标(介于 0~1),可以判断区域土地生态安全状况。公式:

$$LESI = \sum_{i=1}^n LESI_i W_i \quad (3)$$

$$LESI_i = \sum_{j=1}^n X'_{ij} W_j \quad (4)$$

式中:LESI 表示土地生态安全综合指数;LESI_i 为压力、状态、响应等 3 个因子的指数;X'_{ij} 为该指标的标准化值;W_i 为压力、状态、响应等 3 个因子的权重;W_j 为指标 j 的权重;LESI 越趋于 1,表示土地生态安全程度越高,LESI 越趋于 0,表示土地生态安全程度越低。

1.6 土地生态安全评价的等级标准

根据计算所得的综合安全值,参考相关文献^[19-22],结合肥城市的实际情况,设置了土地生态安全综合评判等级标准表(表 3)。

2 肥城市土地生态安全评价结果

原始数据经过标准化处理后,根据文章介绍的

评价法和模型,通过 ArcGIS9.3 空间分析模块中的 Reclass 工具,求出肥城市土地生态安全综合指数。并根据土地生态安全评价标准表对肥城市土地生态安全综合指数进行分级。

表 3 土地生态安全综合评判等级标准

级别	生态安全值区间	生态安全程度	系统特征
I	S>0.8	安全	土地生态环境好,生态系统结构完整,土地生态系统服务功能基本完整,抵御外界干扰能力强,生态问题不显著,生态灾害少
II	0.65<S≤0.8	良好	土地生态环境较好,较少受到破坏,生态系统结构尚为完整,受到干扰后一般可恢复,生态问题不显著且生态灾害不大
III	0.5<S≤0.65	轻警	土地生态环境环境较恶劣,土地生态系统服务功能已有退化,但尚可维持其基本功能生态问题显著,生态灾害较容易发生
IV	0.35<S≤0.5	中警	土地生态系统服务功能严重退化,土地生态环境受到较大的破坏,受外界干扰后恢复很困难,生态问题较大,自然灾害易发生
V	S≤0.35	重警	土地生态环境非常恶劣,土地生态系统结构残缺,生态系统服务功能接近崩溃,生态恢复与重建很困难

2.1 单指标分析

2.1.1 土地生态安全压力评价结果与分析

该文土地生态安全压力指标包括人口密度、人均耕地面积、大于 25°耕地面积比重、工矿用地干扰度指数,反映各个评价栅格单元收到的社会经济发展、人口变化和农业生产等活动对土地生态环境造成的影响。由于该子系统指标多为逆向指标,数值越小压力越大,对土地生态安全贡献越低。因各个乡镇自然条件和社会经济发展程度不同,各乡镇土地生态安全压力情况也有所差异(表 4)。

表 4 肥城市各乡镇土地生态系统压力分值

乡镇	土地生态系统压力分值	乡镇	土地生态系统压力分值
新城街道	0.6717	桃园镇	0.4569
老城街道	0.6397	仪阳乡	0.4505
石横镇	0.5685	王庄镇	0.4431
边院镇	0.5324	安庄镇	0.4325
王瓜店街道	0.5117	孙伯镇	0.4152
湖屯镇	0.4712	安庄镇	0.3433
潮泉镇	0.4703	汶阳镇	0.3405

其中,新城街道受到的土地生态安全压力最大,土地生态压力指数为 0.671 7,其次为老城街道、王瓜店街道、石横镇、边院镇,其土地生态压力指数分别为 0.639 7,0.511 7,0.568 5,0.532 4。汶阳镇受到

的土地生态安全压力最小,为 0.340 5。其中,涑源镇的人口密度为 963 人/km² 高于全县平均人口密度 759 人/km²,为全县最高;工矿用地干扰度指数为 3.11 高于肥城市平均工矿用地干扰度指数 1.25;人均耕地面积为 0.037 hm² 仅为全县平均水平的 49.92%,这些均对新城街道土地生态环境产生较大影响(图 1)。

繁。这也进一步证实了,人类活动与土地生态环境的改变有着密不可分的关系。同时,肥城市地形地势变化比较大,且每年极易发生强降雨天气,加上不合理的开采矿产资源,当地部分山区发生地质灾害的可能性极大。部分具有矿藏的山区其土地生态安全状态也较差(图 2)。

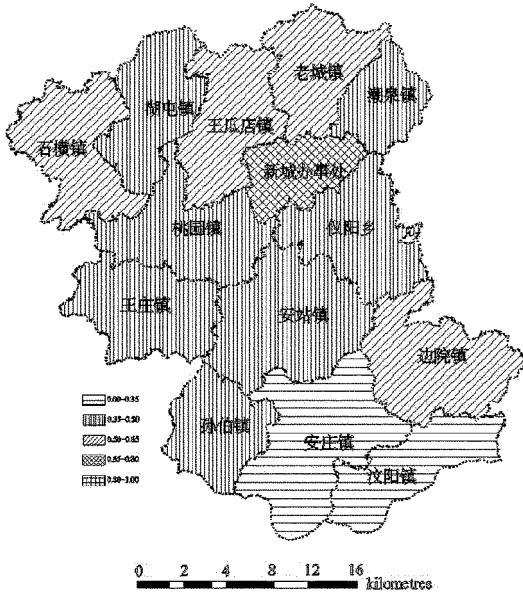


图 1 肥城市土地生态安全评价压力指数
分值空间分布图

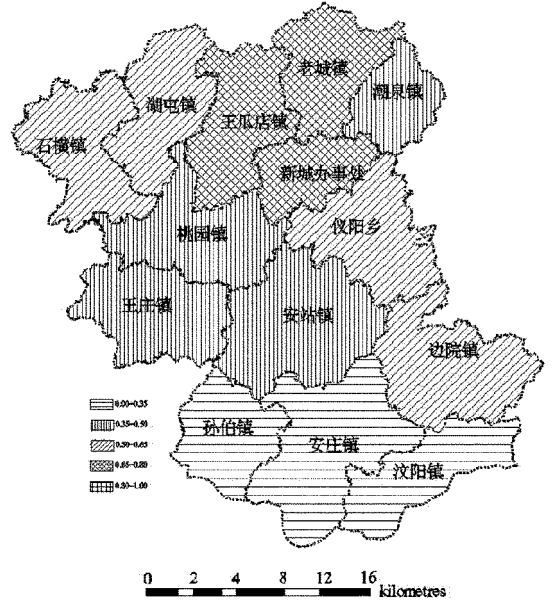


图 2 肥城市土地生态安全评价状态指数
分值空间分布图

2.1.2 土地生态安全状态评价结果与分析

该文土地生态安全状态用植被覆盖度、地形位指数、水土流失强度、地质灾害程度、洪灾发生程度、土壤类型、景观破碎度指数、景观多样性指数、土地生态服务价值量、道路影响度 10 个指标来反映肥城市各地区土地资源自然禀赋状态。老城街道、新城街道、边院镇的土地生态系统状态最差(表 5)。

表 5 肥城市各乡镇生态安全状态压力分值

乡镇	土地生态系统 压力分值	乡镇	土地生态系统 压力分值
老城街道	0.7631	潮泉镇	0.4502
新城街道	0.6939	王庄镇	0.4397
王瓜店街道	0.6658	安站镇	0.4365
石横镇	0.6477	桃园镇	0.4133
边院镇	0.5319	安庄镇	0.3339
湖屯镇	0.5103	汶阳镇	0.3205
仪阳乡	0.5022	孙伯镇	0.3007

从表 5 可以看出,土地生态安全状态指数偏低的地区,即土地生态安全状态相对较差的多为乡镇驻地,其中以老城街道为最,该地区人类活动较为频

2.1.3 土地生态安全响应评价结果与分析

土地生态安全响应指标因子分别为农民人均 GDP、土地复垦率、环保投资占总产值比重、第三产业占 GDP 比重。将整理统计好的指标数据输入到肥城市行政区矢量数据属性表中,以乡镇为评价基本单元,在 ArcGIS9.3 中计算出肥城市各乡镇土地生态安全人文响应指数值,并得到肥城市各乡镇土地生态安全人文响应指数空间分布图。该子系统指标多为正向,数值越大,对土地生态安全的贡献率越大。

肥城市各乡镇土地生态安全人文响应指数范围在 0.1614~0.7561 之间,平均响应值为 0.4197。从空间分布上看,新城街道的响应指数最高,为 0.7561,其次为老城街道和石横镇,分别为 0.6524 和 0.5954(表 6)。主要是因为 3 个乡镇的农民人均 GDP、环保投资占总产值比重、第三产业占 GDP 比重较大。这 3 个指标值越大,表征人类活动对土地生态安全起到的积极作用越高。响应指数最低的为孙伯镇,其值为 0.1614,主要原因是该乡农民人均

GDP 和环保投资占总产值比重均为肥城市最低水平,农民收入较低和环保投资不足导致对改善土地生态安全的相关投资不足,这都会使该地区土地生态安全状况得不到好转。其次为安庄镇和安庄镇,指数分别为 0.2134 和 0.2236(图 3)。

表 6 肥城市各乡镇土地生态系统响应分值

乡镇	土地生态系统 人文响应分值	乡镇	土地生态系统 人文响应分值
新城街道	0.7561	桃园镇	0.4842
老城街道	0.6524	潮泉镇	0.4409
石横镇	0.5954	王庄镇	0.3892
边院镇	0.5178	汶阳镇	0.3036
湖屯镇	0.5124	安庄镇	0.2236
王瓜店街道	0.5071	安庄镇	0.2134
仪阳乡	0.5051	孙伯镇	0.1614

表 7 肥城市土地生态安全指数与土地生态安全评价结果

土地生态 安全指数	0.00~ 0.35	0.35~ 0.50	0.50~ 0.65	0.65~ 0.80	0.80~ 1.00
土地生态安全级别	安全	良好	轻警	中警	重警
面积(km ²)	214.07	631.84	297.60	133.96	0.00
百分比(%)	16.76	49.46	23.29	10.49	0.00

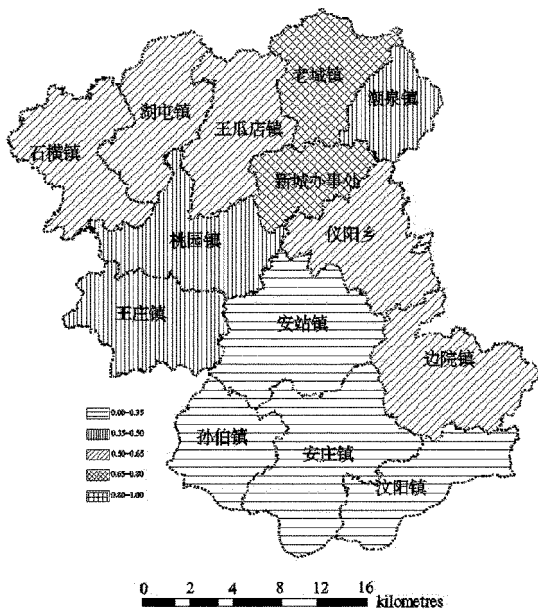


图 3 肥城市土地生态安全评价响应指数
分值空间分布图

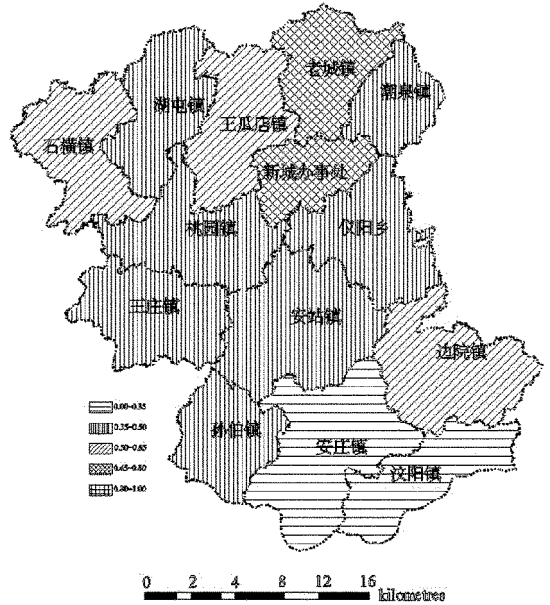


图 4 肥城市土地生态安全级别空间分布图

3 土地利用调控措施

基于土地生态安全评价的土地利用调控是指在市场经济原则和背景下,政府为了区域自然、经济和社会的和谐发展,根据区域社会、经济和环境的总体发展要求,对土地利用过程中出现的生态问题进行有针对性的引导和调控,从而实现区域土地资源生态安全。土地生态安全评价的最终目的不是得到评价的结果而关键在于如何针对研究区域所处的土地生态安全态势做出切实可行的调控对策。该文从几方面提出促进肥城市土地可持续利用、维护土地生态安全的调控措施。

(1)编制土地生态功能区划,实施土地生态环境保护规划。从肥城市土地生态环境现状入手,对土地生态安全现状进行科学评价,掌握土地资源可持续发展的关键性制约因素。通过土地生态功能区划制定土地生态保护规划,指导经济布局和生态建设,将土地生态和环境保护目标和要求纳入“多规合一”的规划体系。并通过实施生态安全标准,将地区土地资源和土地生态系统控制在土地可持续发展的水平上。

2.2 综合指标分析

根据肥城市土地生态安全评价综合指数值的结果分析(表 7),可知肥城市的土地生态安全总体状况处于相对安全的状态,安全和良好状态土地面积为 214.07 km² 和 631.48 km²,分别占全县土地总面积的 16.76%和 49.46%。处于轻警和中警状态的土地面积为 297.60 km² 和 133.96 km²,分别占全县土地总面积的 23.29%和 10.49%(表 7)。从空间格局分布上看,区域土地生态安全状况差异较为明显,肥城市南部土地生态安全状况明显好于北部地区(图 4)。

(2) 制定保护耕地政策, 提高耕地生产力。将耕地保护作为肥城市维护生态安全的重要任务。首先, 按照规定保存现有耕地, 将质量好、肥力高的土地划定为基本农田; 大力推行复垦、整治, 增加耕地面积。其次, 建立土地保护制度, 强化耕地质量保护。第三, 控制农田面源污染, 保护农业生态环境。

(3) 加大土地生态建设的投入, 建立生态补偿机制。土地生态环境保护需要大量资金, 尤其是对于被用作生态涵养的土地要给予一定量的补偿资金。所以必须加大资金投入, 建立土地生态补偿机制。

参考文献:

- [1] 刘胜华. 我国土地生态安全问题及其立法[J]. 国土资源科技管理, 2004, 21(2): 53-56.
- [2] 杨京平. 生态安全的系统分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [3] 曲衍波. 基于 GIS 的山区县域土地生态安全评价与土地利用优化调控[D]. 山东农业大学硕士学位论文, 2008.
- [4] 孙芬, 吴涌泉, 刘秀华, 等. 基于 GIS 的三峡库区土地生态安全评价[J]. 中国农学通报, 2012, 28(8): 240-247.
- [5] 刘伟玮. 土地利用变化与土地生态安全评价研究——以山西省晋城市为例[D]. 中国地质大学(北京) 硕士论文, 2013.
- [6] 余敦, 陈文波. 基于物元模型的鄱阳湖生态经济区土地生态安全评价[J]. 应用生态学报, 2011, 22(10): 2681-2685.
- [7] 李中才, 刘林德, 孙正峰, 等. 基于 PSR 方法的区域生态安全评价[J]. 生态学报, 2010, 30(23): 6495-6503.
- [8] 左伟, 周慧珍, 王桥. 区域生态安全评价指标体系选取的概念框架研究[J]. 土壤, 2003, 24(1): 2-7.
- [9] 刘力, 邱道持, 粟辉, 等. 城市土地集约利用评价[J]. 西南师范

大学: 自然科学版, 2004, 29(5): 887-890.

- [10] 陈志凡, 李勤奋, 赵焯. 基于熵权的模糊物元模型在农用地土壤健康评价中的应用[J]. 中国土地科学, 2008, 22(11): 31-37.
- [11] 喻锋, 李晓兵, 王宏, 等. 皇甫川流域土地利用变化与生态安全评价[J]. 地理学报, 2006, 61(6): 645-653
- [12] Hye - Sook Lim, Jin - Soo Lee, Hyo - Taek Chon, et al. Heavy metal contamination and health risk assessment in the vicinity of the abandoned Songcheon Au - Ag mine in Korea[J]. Journal of Geochemical Exploration, 2008, 96: 223-230.
- [13] 郑荣宝, 刘毅华, 董玉祥, 等. 基于主体功能区划的广州市土地资源安全评价[J]. 地理学报, 2009, 64(6): 654-664.
- [14] 曲衍波, 齐伟, 商冉, 等. 基于 GIS 的山区县域土地生态安全评价[J]. 中国土地科学, 2008, 22(4): 39-44.
- [15] 吴冠岑, 牛星. 土地生态安全预警的惩罚型变权评价模型及应用[J]. 资源科学, 2010, 32(5): 992-999.
- [16] 李静, 李子君, 吕建树. 聊城市土地生态安全评价[J]. 水土保持通报, 2011, 31(2): 198-202.
- [17] Rainer W A L Z. Development of environmental indicator systems: Experience from Germany. Environmental Management, 2000, 25(6): 613-623.
- [18] 尹娟, 邱道持, 潘娟. 基于 PSR 模型的小城镇用地生态安全评价[J]. 西南师范大学, 自然科学版, 2012, 37(2): 126-130.
- [19] 刘勇, 刘友兆, 徐萍. 区域土地资源生态安全评价[J]. 资源科学, 2004, 26(3): 69-75.
- [20] 李小平, 刘光远, 赵天琪, 白松. 干旱区县域土地整治分区实证研究: 以新疆奇台县为例[J]. 山东国土资源, 2014, 30(8): 91-94.
- [21] 李华, 蔡永立. 基于 ANP - PRS - SENCE 框架的崇明岛生态安全评价[J]. 地理与地理信息科学, 2009, 25(3): 90-94.

Study on Land Ecological Security Evaluation and Land Utilization and Optimization in Feicheng City

WANG Xiao¹, ZHU Weiya², DONG Jin²

(1. Feicheng Bureau of Land and Resources, Shandong Tai'an 271600, China; 2. Shaong Land Surveying and Planning Institute, Shandong Jinan 25000, China)

Abstract: On the basis of summarizing domestic and foreign related research, taking Feicheng city as an example, by using RS and GIS technologies, some factors which will affect land ecological security have been extracted and analyzed, such as topography, landform, vegetation coverage, geological disasters and landscape pattern. Combining with PSR framework model which is widely used in current ecological security evaluation, selecting 18 factors respectively which has close relation with land ecological safety from the pressure, state and response, evaluation index system of land ecological security has been set up. The index weights have been determined by using AHP method, and land ecological security situation in the region have been evaluated and analyzed. Finally, according to the results of evaluation, countermeasures for optimizing land utilization have been put forward.

Key words: Land ecological security; evaluation; utilization and optimization; Feicheng city