

基于土地利用的景观生态质量评价

——以福建省海坛岛为例

许洛源¹，黄义雄¹，叶功富²，刘 骄¹

(1. 福建师范大学 地理科学学院,福州 350007; 2. 福建省林业科学研究院,福州 350012)

摘 要:景观生态质量评价对于了解区域景观生态系统的质量状况及变化情况具有十分重要的意义,以往单独对区域景观生态质量的评价研究较少。以福建省海坛岛为例,采用 2003 年和 2009 年 Landsat-7 卫星影像数据及部分社会经济统计数据,从土地利用的角度出发,建立研究区景观生态分类系统。从景观稳定性、景观受干扰度和景观产出功能 3 个方面构建了景观生态质量评价指标体系,采用熵权法赋予指标权重,利用综合分析法建立景观生态质量评价模型,对该区 2 期的景观生态质量状况进行评价。研究结果表明:从 2003—2009 年海坛岛景观生态质量综合得分由 0.842 0 提高到 1.158 0,景观生态质量状况有所改善。景观生态系统自身稳定性略有增强,景观产出能力大幅提升,整个景观有向良性发展的趋势,景观干扰和景观产出功能逐渐成为影响研究区景观生态质量提高的主要因素。

关键词:土地利用; 景观生态质量; 海坛岛

中图分类号:F301.24;P901 文献标识码:A 文章编号:1005-3409(2011)02-0207-06

Evaluation of Landscape Ecological Quality Based on Land Use

—A Case Study in Haitan Island of Fujian Province

XU Luo-yuan¹, HUANG Yi-xiong¹, YE Gong-fu², LIU Jiao¹

(1. College of Geographical Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China;
2. Fujian Academy of Forestry Sciences, Fuzhou 350012, China)

Abstract: The evaluation of landscape ecological quality is of significant importance to understand the quality of landscape ecosystem and its changes. Research on the evaluation of regional landscape ecological quality is less. A case study has been made in Haitan Island of Fujian Province in this paper. The study was based on the Landsat-7 satellite images of 2003 and 2009 and also adopted some socio-economic statistics data. The classification system of landscape ecology was established from the perspective of land use. Evaluation indicator systems of landscape ecological quality were founded from the aspects of landscape stability, landscape disturbance and landscape output function. The entropy-weight method was employed to determine the weights of assessment indices. The evaluation model of landscape ecological quality was built to evaluate landscape ecological quality during two periods of time in the study area. Evaluation results showed that the score of landscape ecological quality in Haitan Island increased from 0.842 to 1.158 during six years between 2003 and 2009. The landscape ecological quality has been improved. There was a little enhancement for the stability of landscape ecological system. Landscape output function had obvious enhancement and the whole landscape had a tendency to achieve the goal of sound progress. Landscape disturbance and landscape output function had generally become major factors on improving landscape ecological quality in study area.

Key words: land use; landscape ecological quality; Haitan Island

景观是一个由不同土地单元镶嵌组成、具有明显视觉特征的地理实体^[1]。在人类活动起主导作用的景观里,土地利用是景观空间格局的主要决定因素。景观生态质量是景观生态系统在维持结构和功能稳

收稿日期:2010-10-26 修回日期:2010-11-18
资助项目:国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD03A14-01);福建省重大科技专项(2006NZ0001-2);福建省科技计划重点项目“海峡西岸经济区资源与环境创新研究”
作者简介:许洛源(1986—),男,辽宁鞍山人,硕士生,从事景观生态学研究。E-mail:syxly_1986@163.com
通信作者:黄义雄(1960—),男,福建福州人,研究员,从事景观生态学研究。E-mail:yxhuang@fjnu.edu.cn

定性、抵抗外界干扰和景观产出等方面表现出来的状态。随着人口增长和社会经济发展,土地利用模式不断变化,而土地利用的变化又引起景观生态系统的结构和功能发生改变。不合理的土地开发利用导致景观破碎化程度加大,斑块形状趋于单一,生物多样性降低,同时,水质污染加重,土地逐渐退化^[2-4],从而造成景观生态质量下降,使区域人类生存环境和经济可持续发展受到影响。为了使区域内部景观要素之间高度协调,达到景观合理布局,充分发挥景观生态系统的功能,有必要对区域景观生态质量进行评价。目前,国内在景观生态质量评价方面的研究并不多见,一些学者从景观格局、植被类型等角度对内陆城市和风景区进行了评价研究,单独对海岛进行的研究尚未见报道。本文考虑到海岛相对于大陆的特殊性,结合海坛岛实际情况,从土地利用角度出发,分析其土地利用景观生态质量现状和变化情况,以期为平潭综合实验区提高区域景观生态规划和管理水平,加强海岸带环境保护,强化资源综合利用,建设现代化、生态型海岛城市提供理论基础。

1 研究区概况与数据

1.1 平潭县海坛岛概况

海坛岛地处福建省沿海中部,位于北纬 $25^{\circ}16'$ — $25^{\circ}44'$,东经 $119^{\circ}32'$ — $120^{\circ}10'$ 之间,面积 267.13 km^2 ,是福建省第一大岛,著名渔业基地。属南亚热带海洋性季风气候,年均温 19.45°C ,年降水量在 $900\sim 1\,200\text{ mm}$,属福建省少雨区之一。历年平均相对湿度为 81% ,年平均蒸发量为 $1\,917.4\text{ mm}$ 。年平均风速 8.4 m/s ,受台风影响,常出现极大风速,滨海地区全年平均大风(7级以上)日数为 125 d ,是全国强风区之一。海坛岛属于陆连岛性质,地势南北高、中部低,地形以花岗岩丘陵为主。土壤严重侵蚀,主要土壤类型有风积新成土、砾土和红壤。岛上现有植被均呈现明显旱中生特征,森林群落均为人工林,最主要的有滨海沙地和台地上的木麻黄林(*Casuarina equisetifolia*)、黑松林(*Pinus thunbergii*)、台湾相思树林(*Acacia confusa* Merr)等;荒山荒坡上主要分布着较为耐旱的旱中生灌丛和草本植物群落,如仙人掌(*Opuntia dillenii*)、龙舌兰(*Agave americana*)等;海坛岛隶属于福建省平潭县,县辖7个镇、8个乡、11个社区居委会、192个村委会,人口39.2万,距台湾仅 126 km ,是祖国大陆距台湾最近的县份,现在已被批准成为建设海峡西岸经济区综合实验区。

1.2 数据来源与处理

为了反映研究区当前景观生态质量现状及其动

态变化情况,既能保证研究时段具有足够的跨度,又能使得数据易于准确获取,本研究采用海坛岛2003年和2009年Landsat 7 ETM+ 5,4,3波段合成影像和常规社会经济统计数据作为研究的信息源。研究区景观生态类型划分是以土地利用类型为基础,依据“国土资源部2007年土地分类标准”,并结合海坛岛景观生态实际状况,本文将海坛岛景观生态系统划分为7个一级类别(耕地、林地、灌草地、居民点及工矿用地、交通用地、水域、未利用地)和10个二级类别。在此基础上利用1:15万地形图校正影像图,通过野外调查采集的GPS定点、照片等资料与遥感影像对照,建立解译标志。运用软件Arcview GIS 3.3对影像进行目视解译,得到研究区2期的土地利用矢量图,并对解译结果进行随机选点,通过野外踏查进行数据校正。进一步将矢量图转换成像元大小为 5 m 的栅格图像,使用Fragstats 3.3从中提取该区2003年和2009年的类型水平景观格局指数(包括斑块结合度指数、斑块聚合度指数)和景观水平的景观格局指数(包括Shannon-weaver多样性指数、景观分维数、景观变异系数和景观破碎度)。

2 景观生态质量评价方法

2.1 评价指标选取原则

2.1.1 综合性原则 所建立的指标体系应该能够从不同角度反映景观生态质量的基本内涵和特征,指标体系内容要划分清晰合理,涵盖全面无重复,既包括景观生态系统在自身结构,稳定性和产出功能方面的指标,又包括自然因素和人为因素造成的生态学干扰方面的指标,以求综合反映影响区域景观生态质量的各种内在和外在因素。

2.1.2 主导因素原则 在全面分析各因素的基础上,找出影响区域景观生态质量的主导因素,因地制宜地选取能够反映景观生态质量优劣状况及突出特征,具有区域代表性的评价指标,从而提高评价结果的准确性,减少评价的工作量。

2.1.3 动态差异性原则 景观生态质量变化具有过程性,这就决定了评价应该具有动态变化性,选取的评价指标要能反映景观生态质量的状况和变化趋势。并且要选择那些在评价区域有明显变化的,又不相互重复的评价指标。

2.1.4 可操作性原则 在评价中应该尽量考虑评价方法是否可以操作,理论研究是否现实可行,数据资料是否可以准确获取,计算过程是否简便不繁杂,指标是否易于量化并且不受主观影响,所以应该尽量利用现有资料,选择有代表性的指标。

2.2 景观生态质量评价指标体系

关于景观生态质量评价的指标选择问题,国内一些学者从植被景观类型、景观格局、土地利用等方面做了一定的研究^[5-7]。根据以上指标选择原则,本文对海坛岛进行景观生态质量评价拟从景观稳定性、景观受干扰度和景观产出功能等方面出发,所构建的评价指标体系由目标层、准则层、指标层组成(如表1所示)。

2.2.1 景观稳定性 景观稳定性是生态系统的重要特征,有两方面含义:一是指系统保持现状的能力,即抗干扰能力;二是系统受到干扰后回到原状态的能力,即扰动后的恢复能力^[8]。自然景观的分布状况和景观格局的空间异质性都对景观稳定性产生重要影响,所以本文选择植被覆盖度指数、水域面积比率、景观多样性指数、景观分维数和景观变异系数等指标来评价。

(1)植被覆盖度指数。不同的植被类型具有不同的结构和功能,因而它们对改善景观生态质量的贡献程度也不尽相同。为了明显区分贡献程度的差异,由大到小规定以下3种植被类型的重要值为:有林地取3、疏林地取2、灌草地取1。各植被类型得分为其面积比例与其重要值的乘积。以下式来反映植被覆盖程度:

$$S_1 = (X_1/A) \times 3 + (X_2/A) \times 2 + (X_3/A) \times 1 \quad (1)$$

式中: S_1 ——植被覆盖度指数; X_1 ——有林地面积; X_2 ——疏林地面积; X_3 ——灌草地面积; A ——景观总面积(下同)。

(2)水域面积比率。

$$S_2 = X_i/A \quad (2)$$

式中: S_2 ——水域面积比率; X_i ——景观中河流、水体的面积总和。

(3)景观多样性指数。景观多样性指数是基于信息论用来度量系统结构组成复杂程度的一些指数^[9],本文选取的是 Shannon-Weaver 多样性指数

$$S_3 = \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i) \quad (3)$$

式中: S_3 ——景观多样性指数; i ——斑块类型; P_i ——斑块类型在景观中出现的概率; m ——景观中斑块类型的总数。

(4)景观分维数。在用分维数来描述景观斑块镶嵌体的几何形状复杂性时,通常采用线性回归方法,即 $S_4 = 2s$, 式中: s ——对景观中所有斑块的周长和面积的对数回归而产生的斜率^[9]。

(5)景观变异系数

$$S_5 = D_s/D_m \quad (4)$$

式中: S_5 ——景观变异系数; D_s ——景观面积标准差; D_m ——整个区域景观面积平均值^[8]。

2.2.2 景观受干扰度 人类进行土地利用活动对于景观生态系统来说属于一种生态学干扰,会导致景观异质性结构的变化,并且会进一步造成对群落和生态系统结构和功能的影响^[10]。人类对土地利用越频繁,土地利用压力越大,景观受干扰度就越大,景观也变得更加破碎。因此,景观受干扰度可以用景观破碎度指数、居住用地干扰指数、交通用地面积比率、沙地干扰指数和农业用地分布指数来衡量。

(1)景观破碎度指数。景观破碎度指景观被分割的破碎程度,反映景观斑块的面积异质性,斑块面积越小,景观破碎度越大,景观异质性越高^[11]。

$$I_1 = (N_p - 1)/A \quad (5)$$

式中: I_1 ——景观破碎化程度; N_p ——景观中各类斑块总数。

(2)居住用地干扰指数

$$I_2 = (\alpha/A) + (N_1/N_p) \quad (6)$$

式中: I_2 ——居住用地干扰指数; α ——景观中居住用地总面积(hm^2); N_1 ——居住用地斑块总数; N_p ——景观中各类斑块总数。

(3)交通用地面积比率

$$I_3 = \beta/A \quad (7)$$

式中: I_3 ——交通用地在景观中的面积比率; β ——交通用地面积(hm^2)。

(4)沙地干扰指数

$$I_4 = (\gamma/A) \times C \quad (8)$$

式中: I_4 ——沙地干扰指数; γ ——景观中沙地总面积(hm^2); C ——沙地斑块结合度指数(Cohesion)。

(5)农业用地分布指数

$$I_5 = (\delta/A) \times A_l \quad (9)$$

式中: I_5 ——农业用地在景观中的分布情况; δ ——农业用地面积; A_l ——农业用地斑块聚合度指数。

2.2.3 景观产出功能 景观产出功能反映了景观的经济利用可行性与生产力目标,景观产出功能越好,景观为人类提供物质产品的能力越强,景观生态状况越良好^[12]。由此可以看出,景观产出功能是影响景观生态质量的主要因素之一,本文选择以下3个指标来反映景观的产出功能。

(1)地均工农业总产值(P_1):景观内单位面积的工农业总产值,反映该区域土地的直接产出能力。

(2)粮食作物单位产量(P_2):景观内主要粮食作物的单位面积产量。

(3)水产养殖指数

$$P_3 = (\epsilon/A) + (N_2/N_p) \quad (10)$$

式中： P_3 ——水产养殖指数； ε ——景观中水产养殖用地总面积（ hm^2 ）； N_2 ——水产养殖用地斑块总数； N_p ——景观中各类斑块总数。

2.3 评价指标标准化

本文采用均值法^[13]对景观生态质量评价所筛选的指标进行标准化处理。

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j} \tag{11}$$

式中： y_{ij} ——第 j 个指标第 i 年的标准化值； x_{ij} ——第 j 个指标第 i 个年份的指标值； $\overline{x_j}$ ——第 j 个指标的平均值。

由于所选取的评价指标有正逆之分，逆指标数值大小与景观生态质量的高低成反比，如本文选取的景观变异系数和景观受干扰度准则下属的 5 个指标，数值越小越好。所以，在综合评价时，首先必须将指标同趋势化，本文采用取倒数的方式把逆向指标正向化。

2.4 指标权重

由于区域景观生态质量评价所选取的指标具有较强的综合性，本文采用熵权法^[14]，根据各评价指标提供的信息，客观确定其权重。首先，假设景观生态质量评价中有 n 个指标， m 个评价年份，建立一个评价的原始矩阵 $R=(r_{ij})m\times n, (i=1,\cdots,m, j=1,\cdots,n)$ ，式中： r_{ij} ——第 j 个指标第 i 个年份的统计值。然后，对标准化后的评价指标值计算其信息熵，第 j 个指标的信息熵 H_j 可定义为

$$H_j = -k \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \tag{12}$$

表 1 景观生态质量评价指标体系

目标	准则	指标	权重	排序	2003 年标准化值	2009 年标准化值
景观生态质量	景观稳定性	S_1 植被覆盖度指数	0.0080	10	0.9558	1.0442
		S_2 水域面积比率	0.0132	9	1.0567	0.9433
		S_3 景观多样性指数	0.0017	12	0.9795	1.0205
		S_4 景观分维数	0.0001	13	1.0043	0.9957
		S_5 景观变异系数	0.0387	7	0.9029	1.0971
	景观受干扰度	I_1 景观破碎度指数	0.0979	4	1.1544	0.8456
		I_2 居住用地干扰指数	0.0696	5	1.1303	0.8697
		I_3 交通用地面积比率	0.0023	11	1.0239	0.9761
		I_4 沙地干扰指数	0.2376	2	0.7601	1.2399
		I_5 农业用地分布指数	0.0612	6	0.8778	1.1222
	景观产出功能	P_1 地均工农业总产值	0.3352	1	0.7157	1.2843
		P_2 粮食作物单位产量	0.0310	8	0.9130	1.0870
		P_3 水产养殖指数	0.1035	3	0.8413	1.1587

表 2 景观生态质量评价准则权重

准则	景观稳定性	景观受干扰度	景观产出功能
权重	0.0616	0.4687	0.4696

在表 1 中，从海坛岛景观生态质量评价指标权重的分布上看，对景观生态质量有重要影响的指标主要

式中： $f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}}, k = \frac{1}{\ln m}$ （假定：当 $f_{ij} = 0$ 时， $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$ ）。

最后，根据下式来确定第 j 个指标的熵权 w_j

$$w_j = \frac{1 - H_j}{n - \sum_{j=1}^n H_j} \tag{13}$$

2.5 评价方法

本文应用综合评价法，建立研究区景观生态质量评价模型如下：

$$LEQ = \sum_{j=1}^n w_j \times C_j \tag{14}$$

式中：LEQ——景观生态质量评价指数； w_j ——第 j 个指标的权重； C_j ——第 j 个指标的标准化值， n 为评价指标个数。

3 基于土地利用的景观生态质量综合评价

根据上面所述的原则和方法，本文构建了研究区景观生态质量评价指标体系，根据公式(1)对 2003 年和 2009 年该区域各项评价指标的实际值进行标准化处理，然后将标准化值代入公式(2)进行各个评价指标信息熵 H_j 的计算，再将各指标的 H_j 代入公式(3)得到各指标的熵权 w_j ，如表 1 所示，最后由属于同一准则的指标权重进行加和得到该准则相对于景观生态质量的权重，如表 2 所示。

有地均工农业总产值、水产养殖指数等，这些指标可以反映出区域景观产出功能的大小。另外还有一些主要影响指标，如沙地干扰指数、居住用地干扰指数和景观破碎度指数，可以反映出区域景观受外界干扰的程度。而植被覆盖度指数、景观多样性指数和景观

分维数等指标对该区景观生态质量的变化影响最小。由表 2 可以看出,景观受干扰度和景观产出功能两大评价准则对于区域景观生态质量的高低起到主要影响作用,这与表 1 的结果能够很好的吻合。

将评价指标的标准化值和其相应的权重值代入到本文所建立的景观生态质量评价模型当中,可以得到福建省海坛岛 2003 年和 2009 年的景观生态质量各个评价准则得分值及综合评价价值,具体结果如表 3。

表 3 景观生态质量评价结果

年份	景观 稳定性	景观受 干扰度	景观产出 功能	综合 评价
2003 年	0.0582	0.4285	0.3552	0.8420
2009 年	0.0650	0.5090	0.5840	1.1580
增加量	0.0068	0.0805	0.2288	0.3161

由上述评价结果可知,在近 6 a 时间里,海坛岛景观生态质量总体情况不但没有变差,还有了明显改善。在景观生态质量评价体系中,景观稳定性、景观受干扰度和景观产出功能这 3 个评价准则对于该地区景观生态质量的提高贡献度大小各不相同,由此我们可以做出以下分析:

(1)从以上反映景观生态质量的 3 个准则来看,在同一年中,景观生态稳定性的评价价值最低,而且与其他准则差别也较明显,其相应的权重(0.061 6)也是 3 个准则中最低的,这说明该准则在研究区景观生态质量变化过程中的作用不显著。景观受干扰度的评价价值在 2003 年高于景观产出功能,到了 2009 年,景观产出功能的评价价值超过了前者,这一现象可以反映出景观产出功能对景观生态质量的影响力逐渐提高。2003—2009 年 3 个准则层的评价价值均有所提高,增加最多的是景观产出功能准则,评价价值提高了 0.228 8;相反,评价价值最低的景观生态稳定性准则提高量也是最少,只增加了 0.006 8,这可以进一步说明景观产出功能准则是对于这段时间内海坛岛景观生态质量的提高起到关键作用。

(2)在景观稳定性准则中,植被覆盖度指数和景观变异系数评价价值有所增加,表明海坛岛景观生态系统自身稳定性不断增强,抵抗外界干扰和受干扰后恢复的能力也得到提高,这与福建省沿海防护林体系建设工程的顺利实施,平潭县继续加强森林监管和大力开展植树造林工程紧密相关。景观多样性指数和景观分维数基本保持不变并略有增加,说明该区景观生态系统的空间异质性没有因为社会经济建设的发展和人为干扰而降低,反而有向良性发展的态势。水域面积比率能够反映出该地区地表水资源的基本情况,

作为一个海岛县,水资源贫乏将成为社会经济发展的瓶颈,所以水域面积的减少必须引起有关部门的重视。

(3)景观受干扰度的评价价值成增加趋势,主要是由于沙地干扰指数和农业用地干扰指数的得分有了明显提高。从 20 世纪 50 年代以来,平潭县不断加强沿海防护林体系建设,积极退耕还林还草,加强对沿海沙地的治理,有效减少风沙危害。农业用地的面积和聚集度均减小,土地利用单一化趋势得到改善,这使研究区景观空间异质性得到增强,有利于生物多样性的提高,景观生态质量转好。居住用地干扰指数和交通用地面积比率得分值稍有降低,景观破碎程度成增加趋势,说明人类活动对景观的干扰有所加强,不合理的土地利用模式导致区域景观更加破碎,景观维持自身结构和功能的能力受到影响。

(4)景观产出功能反映了景观的经济利用可行性和生产力目标,研究区工农业总产值、粮食作物总产量和水产品产量都有大幅提高,表明该区景观产出功能有了显著提高,景观为人类提供物质产品的能力进一步增强,景观生态质量状况得到改善。这是海坛岛沿海防护林对当地生态环境状况改善的直接结果,并且与平潭县人民利用对台有利区位,加强两岸交流与合作,快速发展地区经济有着密切联系,同时也为加快海峡西岸经济区的建设提供了物质基础。

4 结论与建议

福建省海坛岛作为一个海岛县,其景观生态系统既具有自身相对独立性,又会受到人类活动的影响,土地利用活动在海岛开发建设当中表现尤为突出。本文根据海坛岛地理位置的特殊性,从土地利用的视角构建该区景观生态质量评价指标体系,采用熵权法为评价指标赋予权重,并建立了景观生态质量评价模型,研究结果表明:海坛岛从 2003—2009 年景观生态质量状况有了明显改善,植被覆盖度逐渐增加,风沙威胁进一步降低,农业用地单一化的土地利用状况有所改善,景观总体产出功能有了很大提高,整个景观有向良性发展的趋势。但是,由于当地建设用地没有合理布局,导致整个景观破碎化程度有所加重,并且水资源缺乏也成为该地发展过程中的重要阻力。景观生态质量的高低受到多方面因素的影响,评价时需要建立极其复杂的评价指标体系,目前单独对区域景观生态质量评价的研究并不多见,本文尝试性地从土地利用视角出发,选择一些可操作性强的指标进行评价,还不能全面反映当地的景观生态质量状况,需要进一步加强评价指标体系构建研究,不断改进评价模

型,以求景观生态质量研究能够更好地为区域景观生态建设服务。

平潭县作为建设海峡西岸经济区先行先试综合实验区,具有独特的对台区位优势和后发优势,为了进一步改善海坛岛的景观生态质量状况,实现海坛岛景观生态系统的可持续发展,基于评价结果,本文建议如下:

4.1 采取适合海岛县市开发的景观生态管理规划和措施

海坛岛处于我国强风区—台湾海峡的北口西侧,又是与台湾距离最近的县份,其地理位置和生态环境特点具有相对特殊性,主导风向东北风与地形北北东—南南西走向的合力作用,增加了风沙威胁;海坛岛与台湾新竹市直线距离仅有 68 n mile,为两岸直航创造了便利条件,同时也会增加对当地景观生态系统的人为干扰。因此,要根据海坛岛自身的特点,重新制定合理的景观生态建设与管理规划,实现景观生态系统的健康发展。

4.2 改善影响景观生态质量提高的因素

(1)继续因地制宜地加强沿海防护林体系建设,增强其防风固沙、水土保持、调节区域小气候等生态功能,同时要注重防护林的景观美学建设,与周围环境相结合,开发其休闲游憩旅游功能;(2)要保护当地现有水资源不受破坏,维护水域的自然状态,继续增加水资源蓄积量,在可能的条件下把石塘、矿坑等改造成山塘或小水库;(3)继续维持景观生态系统的生物多样性,不断提高其物质产出能力和生态服务价值。

4.3 创造合理的景观空间格局

在平潭县未来城市建设扩张过程中,要防止对现有自然环境的破坏,避开易发生自然灾害的地段;协调好城市用地与农业和生态用地的关系,尽量避免土

地质量退化和城乡交接带景观破碎化现象加重;合理规划各类用地规模,防止土地利用单一化现象产生和加重。

参考文献:

- [1] 肖笃宁.景观生态学理论、方法及应用[M].北京:中国林业出版社,1991:1-3.
- [2] 秦丽杰,张郁,许红梅,等.土地利用变化的生态环境效应研究:以前郭县为例[J].地理科学,2002,22(4):509-512.
- [3] 于兴修,杨桂山,王瑶.土地利用/覆被变化的环境效应研究进展与动向[J].地理科学,2004,24(5):627-633.
- [4] 李颖,张养贞,张树文.三江平原沼泽湿地景观格局变化及其生态效应[J].地理科学,2002,22(6):677-682.
- [5] 吴秀芹,蔡运龙,蒙吉军.塔里木河下游典型区景观生态质量评价[J].干旱区资源与环境,2003,17(2):13-17.
- [6] 赵清,丁登山,阎传海.南京幕燕风景名胜区景观生态评价与规划[J].地理科学,2005,25(1):113-118.
- [7] 朱永恒,濮励杰,赵春雨.景观生态质量评价研究:以吴江市为例[J].地理科学,2007,27(2):182-187.
- [8] 宋素青,王卫,袁晓芳.张家口坝上地区景观格局分析[J].中国农业资源与区划,2005,26(3):36-39.
- [9] 宇振荣.景观生态学[M].北京:化学工业出版社,2008.
- [10] 乌建国.景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M].北京:高等教育出版社,2000:15-17.
- [11] 彭建,王仰林,刘松.海岸带土地可持续利用景观生态评价[J].地理学报,2003,58(3):363-371.
- [12] 祝伟民.基于小波神经网络的区域景观生态评价研究[D].南京:南京农业大学,2008.
- [13] 叶宗裕.关于多指标综合评价中指标正向化和无量纲化方法的选择[J].浙江统计,2003(4):24-25.
- [14] 贾艳红,赵军,南忠仁.基于熵权法的草原生态安全评价:以甘肃牧区为例[J].生态学杂志,2006,25(8):1003-1008.
- [15] 肃宁县统计局.肃宁县统计年鉴[Z].2009.
- [16] 许峰,门明新,陈亚恒,等.确保粮食安全的耕地资源保控技术体系研究[M].北京:中国农业出版社,2009.
- [17] 郭洪泉,王磊,范金梅,等.北京延庆县耕地整理潜力多因素综合评价数据模型[J].农业工程学报,2006,22(8):83-86.
- [18] 姬鸿飞.基于农用地分等的耕地开发整理潜力研究[D].河北保定:河北农业大学,2008:14-15.
- [19] 周鹤松.耕地潜力分析与应用[J].科技创新导报,2009(25):124-125.
- [20] 宋伟,张凤荣,孔祥斌,等.自然经济限制性下天津市农村居民点整理潜力估算[J].自然资源学报,2006,21(6):888-899.
- [21] 陈荣清,张凤荣,张军连,等.文登市农村宅基地整理潜力调查及类型划分[J].资源科学,2008,30(8):1206-1211.
- [22] 赵玉领,苏强,吴克宁,等.河南嵩县土地整理的数量质量潜力[J].农业工程学报,2008,24(9):73-78.
- [23] 倪九派,李萍,魏朝富,等.基于 AHP 和熵权法赋权的区域土地开发整理潜力评价[J].农业工程学报,2009,25(5):202-209.
- [24] 王倩,刘学录.基于熵权法的兰州市耕地整理潜力综合评价[J].甘肃农业大学学报,2009,44(6):123-127.
- [25] 史娟,姜开勤,叶公强.耕地整理现实潜力评价研究:以重庆市为例[J].水土保持通报,2008,28(5):122-127.

(上接第 206 页)