

# 干旱区绿洲县域土地利用规划中土地生态安全预测 ——以新疆阿瓦提县为例

李 钊<sup>1,2</sup>, 张永福<sup>1,2</sup>, 张景路<sup>1,2</sup>

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学 绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046)

**摘 要:**土地生态安全是土地资源可持续利用的核心和基础。通过运用土地利用变化、生态风险空间分析方法,基于阿瓦提县土地利用总体规划(2010—2020 年),根据规划基期年及期末年土地利用结构特征,测算了土地利用生态风险指数。并运用 ArcGIS 10.0 对生态风险采样结果进行半变异函数分析和空间插值,分析阿瓦提县土地利用生态风险动态演变和空间分异特征。结果表明,阿瓦提县土地利用总体规划对全县土地利用空间结构进行了较大调整,阿瓦提县土地生态风险有明显区域性,生态安全状况由南向北逐渐加重,且北部较高风险区域有向西北和西南方向蔓延趋势。在未来土地利用变更中应加强生态环境保护意识,在阿瓦提绿洲构建良好的生态用地格局,提高全县生态系统服务功能。

**关键词:**土地利用规划; 土地生态风险; 空间分析; 干旱区绿洲; 阿瓦提县

**中图分类号:**F301

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2014)06-0148-04

## Forecast of the Land Ecological Security at County Level in the Arid Oasis Based on Planning of Land Utilization —A Case Study of Awati in Xinjiang

LI Zhao<sup>1,2</sup>, ZHANG Yong-fu<sup>1,2</sup>, ZHANG Jing-lu<sup>1,2</sup>

(1. School of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2. Key Laboratory of Oasis Ecology, Ministry of Education, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

**Abstract:** Land ecological security is the core and foundation of the sustainable use of land resources. This paper estimated ecological risk index based on the varieties of land use in the overall planning of land utilization of Awati at two time point—the base year and the end year through change of land use and the method of ecological risk spatial analysis. After samplings were carried out, the semi-varogram analysis and block Kriging were used by ArcGIS 10.0 to analyze the dynamic evolution and spatial distribution of ecological risk of the land use in Awati. The results indicated that the spatial structure of land use had been a major adjustment in the overall planning of land utilization, the spatial distribution of land ecological risk was imbalanced in Awati, ecological security was becoming more severe gradually from south to north and the area with high ecological risk had the tendency to spread from north to northwest and southwest. The change of land use in the future, ecological awareness of environmental protection should be strengthened to build an ecological land pattern in Awati oasis and improve the ecosystem services in the county.

**Key words:** planning of land utilization; land ecological risk; spatial analysis; arid oasis; Awati County

土地利用总体规划是从全局和长远利益出发,对区域内各类用地的结构和布局进行调整或配置的长期计划。随着人口的快速增长和城市化、工业化进程的推进,干旱区绿洲土地生产力降低等土地生态问题

凸显。土地生态安全是自然环境与社会经济因素共同作用的结果,其中土地利用变化起着决定性的作用<sup>[1]</sup>。因此,在县级土地利用规划的基础上,对干旱区绿洲土地生态安全进行空间研究分析,预测县域土

收稿日期:2014-01-10

修回日期:2014-01-27

资助项目:国家自然科学基金资助项目(40861006);新疆阿瓦提县土地利用总体规划修编项目

作者简介:李钊(1990—),女,山东德州人,硕士,主要从事国土资源信息科技的研究。E-mail:lizhao.1990.love@163.com

通信作者:张永福(1965—),男,新疆乌鲁木齐人,硕士生导师,主要从事国土资源评价方向的研究。E-mail:zyf431@sina.com

地生态问题,及时采取措施,实施有效的土地生态安全规划和保护,对促进区域自然生态环境和社会经济的协调发展有重要意义。

阿瓦提县所属的阿克苏—阿瓦提荒漠绿洲是塔里木河流域和干流上游的交接地带,是我国西部干旱区内陆河流域典型的荒漠绿洲,也是我国生态环境变化的敏感区域及全球变化研究的关键区域之一<sup>[2]</sup>。阿瓦提县主要是以绿洲农业生产为主,农业用地所占比例较大,农田生态系统虽已初步形成,但部分地区缺乏对耕地的养用结合,致使耕地产生退化现象,天然草场也由于放牧过度,使荒漠草原破坏和退化严重,草场生产力低下,北部土地的大量开垦,造成荒漠植被缺水而逐步消退或死亡;而县域南部地区是塔克拉玛干大沙漠西北部的一部分,占土地总面积的 50% 以上,地表为沙丘覆盖,因缺乏水源供给,多为难以利用的风沙土地。阿瓦提县地处塔里木盆地西北缘,由于干旱少雨,生态环境脆弱,土地极易荒漠化。

# 1 研究对象与方法

## 1.1 研究区概况

阿瓦提县总面积 1 301 789.45 hm<sup>2</sup>,其中地方总面积 1 244 392.28 hm<sup>2</sup>(除兵团)。位于新疆维吾尔自治区西部,阿克苏地区西南部,天山南麓,北纬 39°31′—40°50′、东经 79°45′—81°05′7。东、北与阿克苏市接壤,西与柯坪县毗邻,西南与巴楚县交界,南部深入塔克拉玛干大沙漠,接洛浦、墨玉两县。境内地势平坦,海拔高度 1 020~1 064 m,由西北向东南倾斜,北部为阿克苏河冲积扇平原,土层深厚,水资源丰富,发育了阿瓦提绿洲,是主要的农业生产区;中部为冲积平原,由阿克苏河、叶尔羌河、喀什噶尔河、和田河的河谷平原组成,多湖泊、河湾及河间洼地、梁状高地,冲积平原上局部发育草灌丛沙包,其它地方生长茂密的胡杨林、红柳、芦苇等植物,是全县的主要的林牧区,南部为沙漠地带。

## 1.2 研究方法

1.2.1 土地利用结构变化 土地利用结构特征可以用信息熵表示,综合反映县域内各类土地利用类型的动态演变规律及其转换程度的特点。Shannon 信息熵<sup>[3]</sup>计算公式:

$$L_i = \frac{A_i}{A} \quad (1)$$

$$H = - \sum_{i=1}^n (L_i \times \ln L_i) \quad (2)$$

式中:  $A$ ——土地总面积;  $A_i$ ——某一地类面积;  $L_i$ ——各地类占土地总面积的比例;  $H$ ——土地利用结构信息熵,可说明人类活动与自然作用对土地利用

系统的改造程度。根据熵值最大和最小的原理,若某一区域属信息熵为零,说明该地区处于未开发状态;到区域发展成熟时,各个地类趋于稳定,此时的土地利用结构信息熵最大。

1.2.2 土地利用类型动态变化 土地利用动态度是分析土地利用动态变化过程的一个重要指标,反映的是某一地区某一时间某一土地利用类型面积发生变化的一种量度<sup>[4]</sup>。单一土地利用动态度为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (3)$$

式中:  $U_a, U_b$ ——研究期开始和结束时某一土地利用类型的数量;  $T$ ——研究时段长。

综合土地利用动态度为:

$$LC = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n \Delta LU_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n LU_i} \right] \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (4)$$

式中:  $LU_i$ ——监测开始时第  $i$  类土地利用类型面积;  $\Delta LU_{i-j}$ ——监测时段内第  $i$  类土地利用类型转化为其它土地利用类型面积总和;  $T$ ——时间段。当  $T$  的时段设定为年时,  $LC$  的值为土地利用类型年变化率。

1.2.3 土地生态风险指数 利用各土地利用类型的面积比重,构造各土地利用类型的生态风险指数<sup>[5]</sup>(ERI),来建立土地利用类型与综合区域生态风险之间的经验联系,描述综合土地生态风险的相对大小,并通过采样方法把土地空间利用结构转化为空间化的生态风险变量,计算公式为:

$$ERI = \sum_{i=1}^n \frac{A_i W_i}{A} \quad (5)$$

式中:  $A_i$ ——第  $i$  种土地利用类型面积;  $A$  是总面积;  $W_i$ ——第  $i$  种土地利用类型所反映的生态风险强度参数。

1.2.4 生态风险空间分析方法 区域生态风险指数是可以利用地统计学方法进行空间特征分析的空间变量。经过生态风险指数系统采样,利用 Arcgis10.0 中的 Geostatistical Analyst(地统计分析模块),得到半变异函数<sup>[6]</sup>:

$$r(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (6)$$

式中:  $r(h)$ ——变异函数;  $Z(x_i), Z(x_i + h)$ ——系统某属性  $Z$  在空间位置  $x, x + h$  处的值;  $N(h)$ ——样本对数;  $h$ ——空间距离。在此基础上,采用 Ordinary kriging 模型进行表面模拟预测,并检查模型的合理性,得出研究区域生态风险程度空间分布图,来直观的描述阿瓦提县生态风险空间分布状况。

## 2 结果与分析

### 2.1 土地利用变化分析

根据阿瓦提县土地利用总体规划(2010—2020 年)数据,选取 2009 年为基期年,2020 年为规划末年,阿瓦提县土地利用结构变化如表 1 所示。

总体来看,本轮规划中计划其他农用地与未利用地所占比例有所减少,其中其他农用地减少了 0.37%,比重最大,未利用地由于基数大,面积减少了

5 504.6 hm<sup>2</sup>;而耕地、园地、林地、水域、城乡建设用地以及交通过地均有一定量的增长,其中城乡建设用地增加了 2 398.25 hm<sup>2</sup>,增幅为 2.47%。

由表 1 可以看出:阿瓦提县 11 a 间土地利用变化速度并不快,土地利用类型年变化率为 0.045%,但 2009—2020 年土地利用结构信息熵由 1.119 20 增加至 1.133 54,表明阿瓦提县各土地类型之间发展较平衡,土地利用类型趋于多样化,土地分布的均衡度较高。

表 1 2009 年和 2020 年阿瓦提县土地利用类型面积变化 hm<sup>2</sup>

| 年份   | 耕地       | 园地       | 林地        | 牧草地     | 其他<br>农用地 | 水域       | 城乡<br>建设用地 | 交通<br>用地 | 未利<br>用地  |
|------|----------|----------|-----------|---------|-----------|----------|------------|----------|-----------|
| 2009 | 81650.74 | 25623.38 | 148179.11 | 53683.5 | 27870.54  | 31984.22 | 8834.92    | 813.95   | 865751.95 |
| 2020 | 83212.7  | 26451.26 | 149462.07 | 53683.5 | 26725.05  | 32457.59 | 11233.17   | 919.62   | 860247.35 |
| 面积变化 | 1561.96  | 827.88   | 1282.96   | 0       | -1145.49  | 473.37   | 2398.25    | 105.67   | -5504.6   |

### 2.2 土地利用生态安全动态演变

生态风险指数大小是相对于生态问题可能发生的综合性概率量度,可为宏观环境的生态保护决策提供依据。土地生态风险强度参数  $W_i$  的确定参考臧淑英等<sup>[7-8]</sup>的研究成果,耕地、园地、林地、草地、水域、城乡建设用地、交通过地、未利用地的  $W_i$  分别取 0.140 5,0.370 5,0.027 8,0.046 3,0.057,0.249 7,0.367 6,0.109 9。根据生态风险指数公式和 ArcGIS

10.0 空间分析统计模块得出阿瓦提县及其各乡镇(场)2009 年和 2020 年土地利用生态风险指数和生态风险空间分布如图 1。依据韦仕川等<sup>[9]</sup>的研究成果以及阿瓦提县土地生态风险模拟结果,将生态风险指数分为五个等级,即Ⅰ(低风险):0.094 93~0.121 75,Ⅱ(较低风险):0.121 75~0.148 57,Ⅲ(中等风险):0.148 57~0.175 39,Ⅳ(较高风险):0.175 39~0.202 21,Ⅴ(高风险):0.202 21~0.229 03。

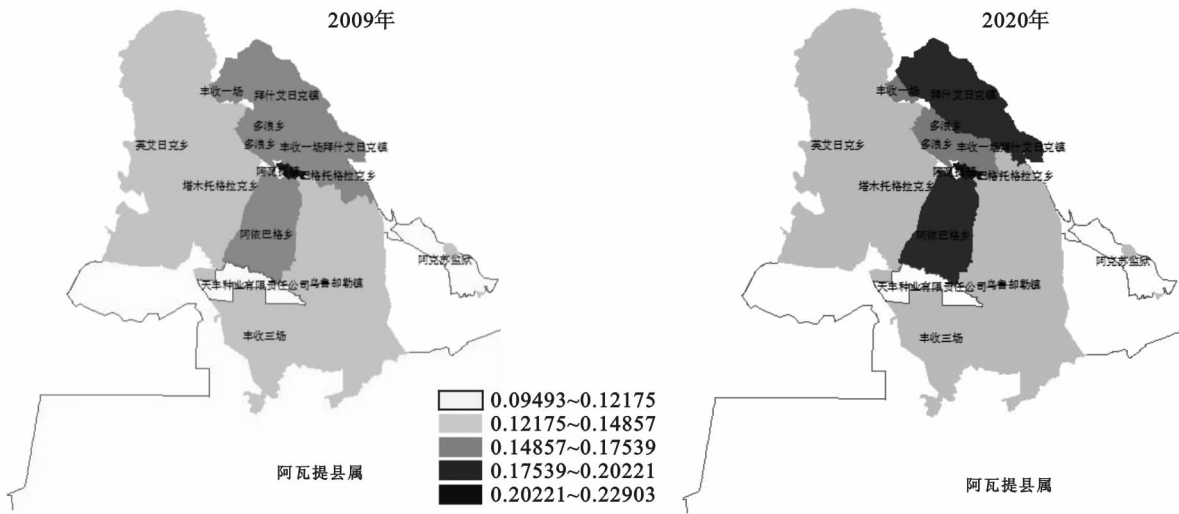


图 1 阿瓦提县各乡镇(场)土地利用平均生态风险空间变化分布

由测算结果可知,土地利用总体规划中阿瓦提县整体平均生态风险指数在 2009—2020 年间比较平稳,变化不大,均处于较安全水平。从图中可以看出,阿瓦提县各乡镇(场)的土地生态风险有明显区域性,生态安全状况由南向北逐渐加重。阿瓦提镇位于阿瓦提县中心城区,2009 年生态风险指数为 0.229 03,预计 2020 年降低为 0.211 12,但一直处于高风险重警状态(V),生态安全处于较差水平,这与阿瓦提县城镇化建设,中心城区范围不断扩张有关;阿瓦提县

属、天丰种业有限公司以及阿克苏监狱则一直处于低风险安全状态,生态状况好于其他乡镇(场);在土地利用规划中,巴格托格拉克乡、塔木托格拉克乡生态安全也有所好转,这与阿瓦提县多农业型乡镇,大力发展棉花生产和特色林果业密切相关;2020 年拜什艾日克镇、阿依巴格乡生态风险指数和 2009 年相比增长明显,从中等风险状态(Ⅲ)转变为较高风险状态(Ⅳ),是生态安全恶化较明显的两个乡镇,主要是在规划中阿依巴格乡北部区域是主要的中心城区扩展

区域,多建有农副产品加工园区,而根据《阿克苏河域阿瓦提县境内河段的防洪工程规划》,拜什艾日克镇境内拟建设永久性防洪水利设施,加强防洪能力,水利设施的建设也导致生态风险指数的增长。

2.3 土地利用生态风险空间分异特征分析

利用 ArcGIS 10.0 中地统计分析模块(Histogram 模块),得出阿瓦提县土地生态风险指数值

(ERI)接近于正态分布,具有空间相关性。采用线性克里格法对阿瓦提县生态风险空间内插,并按掩膜提取分析如图 2,结果检验中均值(0.003 931)、平均标准差(0.060 57)接近于零,均方根(0.027 82)、平均预测标准差(0.015 704)很小,标准均方根预测误差(0.891 7)接近于 1,检验结果表明误差在允许范围内,保证了阿瓦提县生态风险指数的准确性和可靠性。

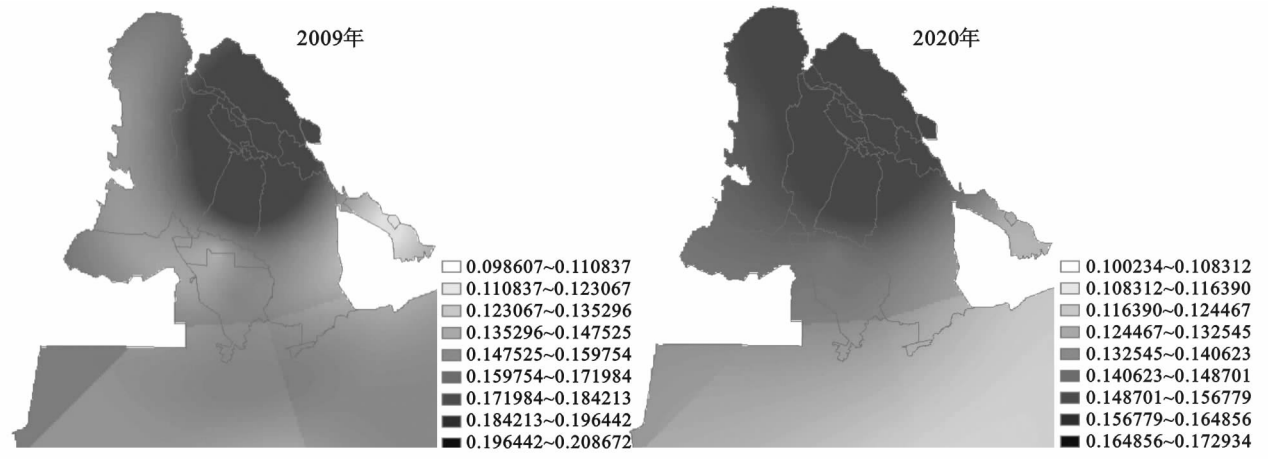


图 2 阿瓦提县土地利用生态风险空间分异

从 2009 年和 2020 年土地利用生态风险空间变化分布看出,在土地利用总体规划中,阿瓦提县土地生态风险有倾向于恶化趋势。虽然高风险区域有所缓解,低风险区域也得到了较好的保持,但其余各乡镇(场)生态风险均有加剧迹象,较高风险区蔓延的速度也很快,尤其向县域北部及西部发展较为明显。主要是由于在规划中,根据阿瓦提县各乡镇(场)的自然经济和社会条件、土地资源利用现状,结合各乡镇(场)土地资源利用潜力和经济发展的方向目标,阿瓦提镇、多浪乡、拜什艾日克镇、乌鲁却勒镇和英艾日克乡为阿瓦提县城区未来土地利用发展的重点,中心城区的发展方向是以阿依巴格干渠为中心辐射发展,向西南和西北方向拓延,而阿瓦提县南部乡镇(场)多趋向于发展成为农业型乡镇、农场,重点发展棉花生产和特色林果业。另外县域南部大比例面积属于塔克拉玛干沙漠,因此阿瓦提县属、丰收三场、乌鲁却勒镇南部都有大面积生态安全控制区及林业用地区,为林业生产和维护生态环境安全服务,但随着城镇建设发展而存在的潜在影响值得考虑,应该在生态环境尚未恶化前加大保护力度,防患于未然。

3 结论与讨论

(1) 在阿瓦提县土地利用总体规划(2010—2020 年)中,对全县土地利用空间结构进行了比较大的调整。一是适应城市建设的发展,大幅度增加城乡建设用地,土地利用类型更加多样化;二是土地开发整理

新增耕地 2 117.5 hm<sup>2</sup>,更加确定了阿瓦提县发展为南疆农业大县的目标。

(2) 按阿瓦提县土地利用总体规划(2010—2020 年)发展,2020 年土地利用生态风险较 2009 年相比,虽全县生态安全总体上处于安全水平,南部低风险区域生态风险在未来近十年没有较大变化,但北部较高风险区域向西北和西南方向蔓延,对于塔里木河重要水源保护区依旧存在较大生态安全隐患。

(3) 在未来年份的土地利用变更中应注重加强生态环境保护意识,严格遵守阿瓦提县三北防护林体系建设五期工程规划(2011—2020),对农田进行有效保护,改善南部农区的生态环境,阻止风沙对绿洲内部村庄的危害,并发展生态效益农业,建立资源节约型和环境友好型的土地利用模式,建设以集中连片的森林、草地和基本农田为主体的国土生态安全屏障,重点保护水源地、沿江滩涂和主要河道泄洪滞洪以及自然景观等生态敏感区,最终在阿瓦提绿洲构建良好的生态用地格局,提高全县生态系统服务功能。

参考文献:

- [1] 蒙吉军,赵春红,刘明达.基于土地利用变化的区域生态安全评价:以鄂尔多斯市为例[J].自然资源学报,2011,26(4):578-590.
- [2] 刘新春,贡璐,霍文,等.阿克苏—阿瓦提荒漠绿洲气候变化及其对生态环境的影响[J].水土保持研究,2007,14(6):168-172.

## 参考文献:

- [1] 李智琦,欧阳志云,曾慧卿. 基于物种的大尺度生物多样性热点研究方法[J]. 生态学报,2010,30(6):1586-1593.
- [2] 王棒,关文彬,吴建安,等. 生物多样性保护的区域生态安全格局评价手段:GAP分析[J]. 水土保持研究,2006,13(1):192-196.
- [3] 万本太,徐海根,丁晖,等. 生物多样性综合评价方法研究[J]. 生物多样性,2007,15(1):97-106.
- [4] 李迪强,宋延龄. 热点地区与 GAP 分析研究进展[J]. 生物多样性,2000,8(2):208-214.
- [5] 赵淑清,方精云,雷光春. 全球 200:确定大尺度生物多样性优先保护的一种方法[J]. 生物多样性,2000,8(4):435-440.
- [6] 叶其炎,杨树华,陆树刚,等. 玉溪地区生物多样性及生境敏感性分析[J]. 水土保持研究,2006,13(6):75-78.
- [7] 徐佩,王玉宽,杨金凤,等. 汶川地震灾区生物多样性热点地区分析[J]. 生态学报,2013,33(3):718-725.
- [8] 刘吉平,吕宪国. 三江平原湿地鸟类丰富度的空间格局及热点地区保护[J]. 生态学报,2011,31(20):5894-5902.
- [9] 刘广超,陈建伟. 我国西部地区生物多样性热点地区的评定与划分[J]. 西部林业科学,2004,33(3):18-25.
- [10] 张有瑜,周立志,王岐山,等. 安徽省繁殖鸟类分布格局和热点区分析[J]. 生物多样性,2008,16(3):305-312.
- [11] 马克平. 中国生物多样性热点地区(Hotspot)评估与优先保护重点的确定应该重视[J]. 植物生态学报,2001,25(1):124-125.
- [12] 王智,蒋明康,秦卫华. 中国生物多样性重点保护区评价标准探讨[J]. 生态与农村环境学报,2007,23(3):93-96.
- [13] 徐卫华,欧阳志云,张路,等. 长江流域重要保护物种分布格局与优先区评价[J]. 环境科学研究,2010,23(3):312-319.
- [14] 赵卫权,吴克华,苏维词,等. 贵州省生物多样性综合评价与分析[J]. 水土保持通报,2011,31(3):171-174.
- [15] Nelson E, Mendoza G, Regetz J, et al. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales[J]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2009,7(1):4-11.
- [16] Kareiva P M, Tallis H, Ricketts T H, et al. *Natural Capital: Theory and Practice of Mapping Ecosystem Services*[M]. New York: Oxford University Press, 2011.
- [17] 彭怡. InVEST 模型在生态系统服务功能评估中的应用研究:以汶川地震灾区为例[D]. 成都:中国科学院, 2010.
- [18] 李迪强,宋延龄,欧阳志云. 全国林业系统自然保护区体系规划研究[M]. 北京:中国大地出版社,2003.
- [19] O'Neill R V, Riitters K H, Wickham J D, et al. Landscape pattern metrics and regional assessment[J]. *Ecosystem Health*, 1999,5(4):225-233.
- [20] O'Neill R V, Krummel J R, Gardner R V, et al. Indices of landscape pattern[J]. *Landscape Ecol.*, 1988,1(3):153-162.
- [21] 张松林,张昆. 局部空间自相关指标对比研究[J]. 统计研究,2007,24(7):65-67.
- [22] 范新生,应龙根. 中国 SARS 疫情的探索性空间数据分析[J]. 地球科学进展,2005,20(3):282-291.
- [23] 吕安民,李成名. 中国省级人口增长率及其空间关联分析[J]. 地理学报,2002,57(2):143-150.
- [24] 张松林,张昆. 全局空间自相关 Moran 指数和 G 系数对比研究[J]. 中山大学学报:自然科学版,2007,46(4):93-97.
- [25] 张松林,张昆. 空间自相关局部指标 Moran 指数和 G 系数研究[J]. 大地测量与地球动力学,2007,27(3):31-34.
- [26] 彭斌,张鹰,胡代玉,等. 利用空间分析技术探讨结核病发病的空间分布模式[J]. 中国卫生统计,2007,24(3):229-231.
- [27] 沈绿珠. 空间关联分析及其应用[J]. 统计与决策,2006(8):28-30.
- [28] Getis A, Ord J K. The analysis of spatial association by use of distance statistics[J]. *Geographical Analysis*, 1992,24(3):189-206.
- ~~~~~
- (上接第 151 页)
- [3] 周杜辉,王佑汉,李同昇. 基于熵值函数模型的土地利用变化响应研究:以四川省阆中市为例[J]. 水土保持通报,2010,30(1):134-138.
- [4] 谢余初,巩杰,赵彩霞,等. 干旱区绿洲土地利用变化的生态系统服务价值响应:以甘肃省金塔县为例[J]. 水土保持研究,2012,19(2):165-170.
- [5] 莫宏伟,任志远. 风沙过渡区土地生态价值及生态风险动态研究:以陕北神木县为例[J]. 中国沙漠,2010,30(2):357-362.
- [6] 韦仕川,冯科,邢云峰,等. 资源型城市土地利用变化及生态安全数字模拟[J]. 农业工程学报,2008,24(9):64-68.
- [7] 臧淑英,梁欣,张思冲. 基于 GIS 的大庆市土地利用生态风险分析[J]. 自然灾害学报,2005,14(4):141-145.
- [8] 宫继萍,石培基,杨雪梅. 黑河中游土地生态价值及生态风险动态研究:以甘肃省民乐县为例[J]. 土壤,2012,44(5):846-852.
- [9] 韦仕川,吴次芳,杨杨,等. 基于 RS 和 GIS 的黄河三角洲土地利用变化及生态安全研究:以东营市为例[J]. 水土保持学报,2008,22(1):185-189.