

# 基于景观格局的新疆生态脆弱性综合评价研究

黄莹<sup>1,2,3</sup>, 包安明<sup>1</sup>, 刘海隆<sup>1</sup>, 冯先伟<sup>1,2</sup>, 杨光华<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;  
3. 西华师范大学, 四川 南充 637002)

**摘要:**以新疆土地资源为研究对象,选取分维倒数、破碎度两个景观格局指数以及沙漠化敏感性、盐渍化敏感性和土壤侵蚀敏感性 3 个生态系统敏感性指数构建景观类型脆弱度和区域生态脆弱度模型,利用连续覆盖全区的格网进行空间系统采样,生成生态脆弱度空间分布图,从景观格局与生态系统敏感性相结合并利用 GIS 技术对新疆的生态环境进行综合定量的分析和评价。结果表明:(1) 未利用地和农用地的景观脆弱度指数较高,草地、林地其次,建设用地和水域最小;(2) 相关分析显示,破碎度、盐渍化敏感性、沙漠化敏感性和土壤侵蚀敏感性与景观类型脆弱性间存在着显著的正相关关系,能较好反映区域生态环境问题;(3) 区域生态脆弱度的空间格局与研究区实际吻合良好,表现为水平方向上环两大盆地分布,离沙漠腹地距离越近脆弱度越高;垂直方向上生态脆弱度具有随海拔增高坡度变大而增大的趋势;(4) 结合研究区实际可知,气候、地形地貌、土壤结构、水资源等自然因素为新疆的生态环境提供背景基础,而人类活动则是重要的调控因素。

**关键词:**景观格局指数;生态系统敏感性指数;生态脆弱度;新疆

**中图分类号:** X171.4      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-7601(2009)03-0261-06

生态脆弱性是在现有自然环境背景下,人类活动干扰和自然环境变化导致区域生态或环境问题的难易程度及其可能性大小<sup>[1]</sup>。目前,国内外区域环境评价偏重于单因素评价或多因素综合定性评价<sup>[2~4]</sup>,这显然已不能满足区域可持续发展的要求,需要寻求更高层次的综合定量评价。景观空间结构是指大小和形状不同的景观斑块在空间上的排列,是景观异质性的具体体现,同时又是各种生态过程在不同尺度上作用的最终结果<sup>[5]</sup>。一些学者从景观视角挖掘出格局信息与生态环境脆弱性之间的内在关联性,建立起景观空间特征与生态环境响应间的联系,进而分析环境的状况<sup>[6~11]</sup>,为区域生态环境的建设提供了新的研究方法思路。鉴于此,文章以新疆为研究对象,从景观格局与生态系统敏感性相结合的角度探讨区域生态环境问题,使区域生态脆弱度定量化、空间化,分析其生态脆弱性的空间格局并提出保护对策,以期新疆的环境保护、资源利用和可持续发展提供有益的现实指导。

## 1 研究区概况

新疆地处亚欧大陆腹地,东经 73°40′~96°23′,北纬 34°25′~49°10′,土地面积 166.6 万 km<sup>2</sup>,约占全国总面积的 1/6。区域内地形复杂,山脉与盆地相间排列,俗喻“三山夹两盆”,我国两大沙漠塔克拉玛

干沙漠和古尔班通古特沙漠分别位于两大盆地之中。研究区属典型的大陆性干旱气候,年降水量 155 mm,年蒸发量 1 000~4 500 mm,年平均气温 10.4℃,且处于西风环流上游区,空气动力能作用强烈,风次频率高<sup>[12]</sup>。区域内水资源极为缺乏,且时空分布不均。土壤母质以第四纪疏松物质为主,沙源丰富;土壤易溶盐分含量高,积盐过程复杂持久。特殊的地理位置和自然条件使得该地区生态环境恶劣,加之长期以来人类对资源的过度利用,土地沙化、水土流失、土地盐渍化等一系列生态环境问题非常突出,生态环境系统稳定性差、抗逆性弱,具有明显的脆弱性<sup>[13]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 景观类型脆弱度指数的构建

不同的景观类型在维护生物多样性、完善景观结构、促进景观整体功能发挥等方面的作用不同<sup>[5]</sup>,并且不同景观类型对外界干扰的敏感性和抵抗能力也存在差异。因此,本文利用景观类型结构信息及不同景观类型对外界的响应特征,构建景观类型脆弱度指数(VI)。

**2.1.1 景观指标的选取** 景观格局是景观空间异质性的具体表现。根据前人研究成果<sup>[10,11]</sup>,分维倒数(FD)和破碎度(FN)指标广泛用于区域生态脆弱

性评价。其中,分维倒数可以反映景观形状的复杂程度和景观的空间稳定程度;破碎度可反映景观类型受干扰的程度,其值越高,受干扰越强烈。

2.1.2 生态系统敏感性指数的计算 景观格局指数是对景观类型结构特征的总体描述,不同景观类型可能具有相同或者相似的格局特征,仅仅依赖景观格局信息不足以充分说明生态环境脆弱性问题。为此,选用一些能反映区域生态环境脆弱性的敏感性指标进行补充与修正<sup>[10]</sup>。新疆的生态环境具有土地沙化、土壤盐渍化和土壤侵蚀三大脆弱性特征,故文章选用上述三个敏感性指数来完善区域生态环境脆弱性的景观生态学评价。研究区各景观类型的土地沙漠化( $SD_i$ )、盐渍化( $SS_i$ )以及土壤侵蚀敏感性( $SE_i$ )可利用式(1)计算:

$$S_i = \sum_{j=1}^n \frac{A_{ij}}{A_i} \times W_{ij} \tag{1}$$

式中, $i$  为景观类型; $j$  为某种敏感性类型的敏感级; $S_i$  为第  $i$  类景观类型的某种敏感性类型(如沙漠化、盐渍化等); $n$  为景观类型总数; $A_{ij}$  为第  $i$  类景观类型分布在该敏感性类型第  $j$  敏感级上的面积; $A_i$  为第  $i$  类景观类型总面积; $W_{ij}$  为第  $i$  类景观类型相对于  $j$  敏感级的权重,计算时根据敏感级,按照 1、3、5、7、9 确定相对权重级别,并以各级权重和为 1 的原则进行。

2.1.3 景观类型脆弱度指数的计算 根据景观格局指数的生态学意义及其与生态环境响应间的联系,对格局指数和敏感性指数采用多级加权求和法实现区域景观类型脆弱度评价:

$$VI_i = \alpha \cdot FD_i + \beta \cdot FN_i + \gamma SD_i + \delta \cdot SS_i + \varphi SE_i \tag{2}$$

式中, $VI_i$  为景观类型  $i$  的脆弱度指数; $FD_i$ 、 $FN_i$ 、

$SD_i$ 、 $SS_i$ 、 $SE_i$  分别为景观类型  $i$  的分维倒数、破碎度、沙漠化敏感性指数、盐渍化敏感性指数和土壤侵蚀敏感性指数; $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ 、 $\varphi$  为权重。

2.2 区域生态脆弱度指数的计算

景观类型脆弱度指数只反映了各景观类型的脆弱性特征,不能反映生态脆弱度的空间格局特征。为此,利用景观类型脆弱度指数与各景观类型面积的比重,构建区域生态脆弱度指数( $EVI$ )<sup>[10]</sup>:

$$EVI = \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{TA} \times VI_i \tag{3}$$

式中, $EVI$  为区域生态环境脆弱度; $A_i$  为区域内景观类型  $i$  的面积; $TA$  为区域总面积; $VI_i$  为景观类型  $i$  的脆弱度指数。

2.3 主要资料来源

研究中所用资料包括 2005 年 1:25 万数字化土地利用图,由新疆国土资源厅提供;1:25 万数字化地形图,源自新疆生态与地理研究所;2005 年 1:25 万沙化土地分布图和盐渍化土地分布图来源于新疆林业厅;2005 年土壤侵蚀面积统计数据源自新疆农业厅。

3 结果分析

以土地利用现状为基础,将全区划分为农用地、林地、草地、建设用地、水域、沙地以及其他未利用地等 7 种景观类型。数据处理主要在 ArcGIS 9.2 软件下完成。

3.1 不同景观的脆弱度分析

3.1.1 不同景观的脆弱度定量分析 根据公式(2),在景观类型脆弱度指数计算过程中, $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ 、 $\varphi$  等权重系数采用因子分析法<sup>[14]</sup>进行确定,得到的权值分别为  $\alpha=0.1381$ ,  $\beta=0.1927$ ,  $\gamma=0.2317$ ,  $\delta=0.222$ ,  $\varphi=0.2153$ ,计算结果如表 1 所示。

表 1 景观类型脆弱度指数

Table 1 Vulnerability indexes of the landscape types

| 脆弱度指数<br>Vulnerability index                      | 农用地<br>Farmland | 林地<br>Forest land | 草地<br>Grassland | 建设用地<br>Construction area | 水域<br>Water area | 沙地<br>Sandy land | 其他未利用地<br>Other unused land |
|---------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------------------------|------------------|------------------|-----------------------------|
| 分维倒数<br>Reciprocal of fractal dimension           | 0.7304          | 0.7174            | 0.7412          | 0.7828                    | 0.7078           | 0.7589           | 0.7657                      |
| 破碎度<br>Fragmentation                              | 0.0362          | 0.0233            | 0.2924          | 0.0027                    | 0.0320           | 0.3764           | 0.2247                      |
| 沙漠化敏感度<br>Sensitivity of land desertification     | 0.3128          | 0.0859            | 0.0893          | 0.0771                    | 0.0589           | 0.2129           | 0.3225                      |
| 盐渍化敏感度<br>Sensitivity of soil salinization        | 0.3293          | 0.1137            | 0.0816          | 0.0593                    | 0.0480           | 0.0475           | 0.3400                      |
| 土壤侵蚀敏感度<br>Sensitivity of soil erosion            | 0.2473          | 0.1657            | 0.1614          | 0.0400                    | 0.0400           | 0.3600           | 0.3600                      |
| 景观类型脆弱度<br>Vulnerability index of landscape types | 0.3067          | 0.1844            | 0.2323          | 0.1483                    | 0.1368           | 0.3147           | 0.3768                      |

各指数中分维倒数最大的是建设用地,其次为农用地;沙地和草地的破碎度最高,其次为未利用地,建设用地的破碎度最小,表明建设用地和农用地受人为影响较大。新疆属于典型的干旱荒漠区,农牧区分布于绿洲之上,由于近年来城市化建设的飞速发展,未利用地和草地不断被农用地、建设用地侵蚀,边界人为干扰较为强烈,分维倒数较高;再加上水资源、气候等自然因素制约,土地沙漠化问题一直危害着盆地周边的农牧区,故其破碎度较高。而建设用地相对集中连片,景观结构较好。

研究区各景观类型的脆弱度排序为:未利用地>农用地>草地>林地>建设用地>水域。这表明未利用地、农用地以及草地景观类型的系统稳定性不强,对外界干扰反应敏感。其中农用地和草地受

外界干扰后沙化的几率较大,在粗放式的管理和利用条件下易发生退化。农用地主要为绿洲上的灌溉农业,由于大量引用河水和开采地下水,致使地下水位严重下降,盐渍化、沙漠化和土壤侵蚀过程明显,成为全区可利用土地中脆弱度最大的景观类型。林地主要分布在山区和河流沿线,由于近几年对河流的保护、治理比较重视,特别是从 2000 年开始的塔里木河生态输水,使一度断流的塔河下游又恢复了生机<sup>[15]</sup>,林地的景观脆弱度相对偏低。

3.1.2 不同景观脆弱度的关联性分析 为进一步探讨景观类型脆弱度与各指数之间的内在关系,采用相关系数来表征,计算过程在 SPSS 统计软件中进行(表 2)。

| 表 2 脆弱度指数相关分析                                                                              |           |              |              |               |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Table 2 Correlation coefficients expressing the relationship between vulnerability indexes |           |              |              |               |               |
| 脆弱度指数<br>Vulnerability index                                                               | 破碎度<br>FN | 沙漠化敏感性<br>SD | 盐渍化敏感性<br>SS | 土壤侵蚀敏感性<br>SS | 景观类型脆弱度<br>VI |
| 分维倒数 FD                                                                                    | 0.322     | 0.260        | 0.069        | 0.267         | 0.325         |
| 破碎度 FN                                                                                     | 1         | 0.288        | -0.078       | 0.682         | 0.606         |
| 沙漠化敏感性 SD                                                                                  | —         | 1            | 0.863 *      | 0.827 * *     | 0.925 * *     |
| 盐渍化敏感性 SS                                                                                  | —         | —            | 1            | 0.543         | 0.714         |
| 土壤侵蚀敏感性 SE                                                                                 | —         | —            | —            | 1             | 0.954 * *     |

注: \* 显著性水平在 0.05 水平(双侧检验); \* \* 显著性水平在 0.01 水平(双侧检验)

Note: \* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed); \* \* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

如表 2 所示,景观类型脆弱度与文章所选指标间都表现出明显的正相关关系,说明所选指标对于新疆景观类型脆弱度的影响较大,可采用上述指标进行分析。但这些指标中分维倒数与景观类型脆弱度相关性不甚明显,其对景观类型脆弱度的贡献率较低。破碎度与沙漠化敏感性、土壤侵蚀敏感性,沙漠化敏感性与盐渍化敏感性、土壤侵蚀敏感性存在着显著的正相关性,表明土壤盐渍化和土壤侵蚀对土地沙漠化有很大的促进作用,且三者受人类活动强烈干扰。沙漠化、盐渍化和土壤侵蚀主要受到水资源分布和人类活动的影响,可知水资源分布以及人类活动是该区域生态环境脆弱度的决定因素。

3.2 区域生态环境脆弱性分析

根据研究区面积、景观格局及生态系统的特点,采用 10 km×10 km 格网全覆盖系统采样法选取 1.6 万个样地,利用区域生态脆弱度模型计算每个格网的综合生态环境脆弱度指数作为样地中心点的生态环境脆弱度。在此基础上利用 ArcGIS9.2 进行普通克里格法插值,获得全区生态环境综合脆弱度分布图。为了便于制图,在综合分析脆弱度指数构成特

点的基础上进行等间距重新分级,划分出研究区生态环境脆弱性分区:Ⅰ级区( *EVI* 值为 0.1490~0.1937,下同),Ⅱ级区(0.1937~0.2384),Ⅲ级区(0.2384~0.2832),Ⅳ级区(0.2832~0.3279),Ⅴ级区(0.3279~0.3726)(图 1)。

结果表明,Ⅰ级区面积最小,仅占研究区面积的 0.94%,Ⅱ级区约占 18.49%,Ⅲ级区约为 22.01%,Ⅳ级区面积最大为 42.15%,Ⅴ级区约占 16.41%。

从水平空间分布上看,Ⅰ级区域主要分布在天山南北坡以及伊犁谷地。该区域属于温带和寒温带气候,降水相对较多,植被以针叶林和草地为主<sup>[12]</sup>,生态环境脆弱度最低。Ⅱ、Ⅲ级区域多分布于Ⅰ级区域外围,塔里木盆地周边以及阿尔泰山地区也有部分分布。上述区域依靠高山积雪融水汇集,形成众多季节性河流,水资源较为丰富,成为重要的农业生产区。Ⅳ、Ⅴ级区域则主要分布在南疆的塔里木盆地、北疆的准噶尔盆地和东疆的吐哈盆地。其中,塔里木盆地和准噶尔盆地为两大沙漠所占据,土地沙漠化脆弱性较高;东疆的吐哈盆地分布着面积广大的戈壁,同时又处于风口位置,存在较高的沙漠化

脆弱性和土壤侵蚀脆弱性。此外，南疆山区也有部分属于Ⅴ级区域，这些地区土壤以高山寒漠土为主，

植被类型主要为荒漠草原、苔藓及冰雪裸岩等，土壤侵蚀脆弱性极高<sup>[12]</sup>。

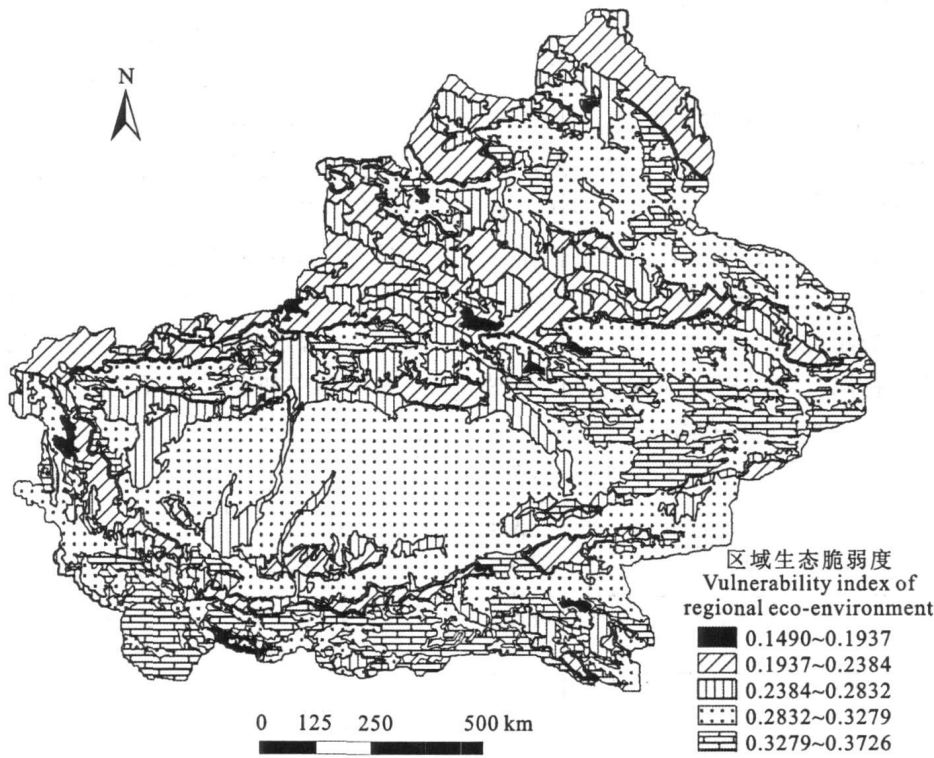


图 1 新疆生态脆弱性分区

Fig. 1 Distribution of the regional eco-environment vulnerability in Xinjiang

以上 5 类生态环境脆弱性的空间分布主要受制于气候和地貌因素所决定的水资源分布状况。新疆属温带干旱、半干旱气候，降雨稀少，就全疆降雨而言，北疆多于南疆，西部多于东部，山区多于平原和盆地。准噶尔盆地、塔里木盆地和吐哈盆地成为全疆的三个少雨中心<sup>[16]</sup>，区内沙漠、戈壁广泛分布，再加上平坦的地势，风力侵蚀作用强烈，土地沙漠化严重。南疆昆仑山沿线地区海拔较高，且植被盖度较低，受水力侵蚀影响，区域生态脆弱性较高。在水资源条件较好的绿洲区，人类活动则成为主导因素。比如中部天山沿线，来自大西洋的暖湿气流受到天山山脉的阻挡，形成较为丰富的降水<sup>[12]</sup>，生态环境应较稳定，但由于长期以来人类的过度开发，土壤侵蚀、土壤盐渍化频发，也出现了生态脆弱度高值区。总体而言，新疆生态脆弱度大体表现为环沙漠呈环状、条带状分布，离沙漠的距离越近生态脆弱度值越高。这种分布特征说明在区域尺度上沙漠是新疆地区生态环境的主导控制因素。

从垂直空间分布来看，与数字地形模型相叠加，新疆区域生态环境脆弱性分区大体呈现出高山上部、盆地腹地为Ⅳ、Ⅴ级区，高山中部及盆地周边、主要河流沿线为Ⅲ级区，Ⅰ、Ⅱ级区则主要分布在山地

基部，山间谷地等水资源充足的区域。从全疆来看，随着海拔由高到低，脆弱度分级大体呈现“高一中一低一高”的变化特征，这说明地形地貌因素也是控制研究区生态环境的主导因素。事实上，地形地貌决定着区域的土壤质地以及水量分布状况，进而影响区域植被的生长和生态系统的稳定性。

3.3 生态脆弱性分区保护对策

根据生态脆弱性分区结果，全疆被分为 5 级，各等级的主要生态与环境问题不尽相同，因此生态保护和生态建设的对策也有所区别。

Ⅰ、Ⅱ级区域为生态脆弱性较轻的区域，也正是新疆农牧业集中分布的地区，受人类活动影响较大，主要生态问题为土壤侵蚀和绿洲农灌区的土壤盐渍化。应该在山前地带开展流域水土保持工程，综合治理土壤侵蚀；同时加强对水资源利用和农业灌溉的管理，采用漫灌和滴灌相结合的灌溉方式，并对原有的灌溉输水渠道进行防渗改造，采用秸秆还田、平整土地等措施增强土壤肥力，利用耐盐碱植物改造盐渍化土地<sup>[17]</sup>。

Ⅲ级区域为生态中度脆弱区，该区域水资源也相对丰富，主要的生态问题仍为土壤盐渍化，并且面临着沙漠化扩张的严重威胁。因此，区域农业灌溉

应实施灌排结合,防止土壤次生盐渍化;畜牧业生产实行“以草定畜”,促进退化草地的恢复,积极发展人工草场,以维持天然草场的持续利用,防止沙漠化的侵蚀;对流域进行综合管理,在保障本区用水的同时,还应保证下游地区的生态恢复用水。

Ⅳ、Ⅴ级区域为生态重度脆弱区域。两大沙漠区中部基本无植被分布,仅在沙漠边缘有零星分布,人类活动甚微,应在该区域边缘有水分布的地区人工种植一些防沙耐旱的植被,以防止沙漠的进一步扩散<sup>[18]</sup>;而高山区,由于其地形地貌的制约,多为冰雪所覆盖,植被简单且较少,须加强高山冰雪区的环境保护与高山植被的保育,减少高山区的人类活动。

## 4 结论与讨论

1) 各指数间的相关性分析表明,文章所选指标与研究区景观类型脆弱度间均呈正相关关系,其中分维倒数的正相关系数较小(0.325),破碎度、盐渍化敏感性、沙漠化敏感性、土壤侵蚀敏感性则具有显著、极显著的正相关性,分别达到0.606、0.714、0.925和0.954。从表征效果看,破碎度对景观类型脆弱度和区域生态脆弱性程度有较好的表征能力,但分维倒数效果一般;盐渍化敏感性、沙漠化敏感性以及土壤侵蚀敏感性对研究区景观类型脆弱度和区域生态脆弱性程度表征效果较好,基本反映了研究区的生态环境问题。

2) 从区域生态脆弱度指数的空间分布特征来看,水平方向上脆弱度指数沿着盆地沙漠呈环带状分布;垂直方向上生态脆弱度具有随海拔增高坡度变大而增大的趋势。脆弱度指数较大的区域主要分布在两大沙漠和南部高山区,与实际吻合良好。影响沙漠化敏感性、土壤侵蚀敏感性以及盐渍化敏感性的因素包括气候、地形地貌、土壤结构、水资源等自然因素和人类活动,其中自然因素为研究区的生态环境提供背景基础<sup>[19]</sup>,人类活动则是最重要的调控因素。对新疆而言,特殊的地形地貌、土壤结构和气候条件使得区域内降水量远小于蒸发量,水资源缺乏,且时空分布极不均匀,决定了植被稀少、沙漠戈壁广泛分布的格局<sup>[12]</sup>。而长期以来人类活动的干扰更加剧了区域环境的恶化,特别是水土资源较好的山前地带,人类通过引流、抽取地下水等方式,改变土地覆被类型以发展农牧业,土壤侵蚀、盐渍化问题逐渐呈现,加速了土地沙漠化进程<sup>[20]</sup>。

3) 从景观视角出发,根据前人经验和研究区实际情况选择了分维倒数、破碎度、沙漠化敏感性、盐渍化敏感性和土壤侵蚀敏感性5个指标对新疆的生

态环境脆弱性进行定量分析和评价,研究结果与本区域实际情况较好吻合,说明本方法能较好地反映区域的生态环境脆弱性程度。景观类型脆弱度指数包含了景观结构信息和景观类型对外界环境的响应特征,可以准确地反映各景观类型的脆弱性,在此基础上构建的区域生态脆弱度指数能够较好反映研究区生态脆弱性的空间格局,但个别指标表征效果不是很理想,如何科学地选择评价指标仍需进一步的探讨。

## 参考文献:

- [1] Turner M G. Landscape Heterogeneity and Disturbance [M]. New York: Springer-verlag, 1987.
- [2] 欧阳志云,王效科,苗 鸿. 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.
- [3] Horne R. Ecological sensitivity of Australian rainforests to selective logging[J]. Australian Journal of Ecology, 1991, 16(1): 119—129.
- [4] Kumar K S K, Parikh J. Indian agriculture and climate sensitivity[J]. Global Environment Change, 2001, 11(2): 147—154.
- [5] 郭建国. 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.
- [6] 李君秩,吴晋峰,薛 亮. 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—23.
- [7] 冉圣宏,金建君,薛纪愈. 脆弱生态区评价的理论与方法[J]. 自然资源学报, 2002, 17(1): 116—122.
- [8] 赵跃龙,张玲娟. 脆弱生态环境定量评价方法的研究[J]. 地理科学, 1998, 18(1): 73—78.
- [9] 张军民. 干旱区生态安全问题及其评价原理——以新疆为例[J]. 生态环境, 2007, 16(4): 1328—1332.
- [10] 邱彭华,徐颂军,谢跟踪,等. 基于景观格局和生态敏感性的海南西部地区生态脆弱性分析[J]. 生态学报, 2007, 17(4): 1257—1264.
- [11] 王介勇,赵庚星,杜春先. 基于景观空间结构信息的区域生态脆弱性分析——以黄河三角洲垦利县为例[J]. 干旱区研究, 2005, 22(3): 317—320.
- [12] 中国科学院新疆资源开发综合考察队. 新疆生态环境研究[M]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [13] 王宏伟,柳翠华. 西部开发与新疆生态环境保护[J]. 新疆环境保护, 2001, 23(4): 9—12.
- [14] 罗积玉,邢 英. 经济统计分析方法及预测[M]. 北京: 清华大学出版社, 1987.
- [15] 高前兆,屈建军,王 润,等. 塔里木河下游绿色走廊生态输水对沙漠化逆转的影响[J]. 中国沙漠, 2007, 27(1): 52—58.
- [16] 张家宝,袁玉江. 试论新疆气候对水资源的影响[J]. 自然资源学报, 2002, 17(1): 28—34.
- [17] 田长彦,周宏飞,刘国庆. 21世纪新疆土壤盐渍化调控与农业持续发展研究建议[J]. 干旱区地理, 2000, 23(2): 177—181.
- [18] 朱俊凤,朱震达. 中国沙漠化防治[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999.
- [19] 胡乳骥,杨 青. 近50年新疆气候变化对环境影响评估[J]. 干旱区地理, 2001, 24(2): 97—103.
- [20] 吴世新,周可法,刘朝霞,等. 新疆地区近10年来土地利用变化时空特征与动因分析[J]. 干旱区地理, 2005, 28(1): 53—58.

# Analysis of ecological vulnerability in Xinjiang based on its landscape pattern

HUANG Ying<sup>1,2,3</sup>, BAO An-ming<sup>1</sup>, LIU Hai-long<sup>1</sup>, FENG Xian-wei<sup>1,2</sup>, YANG Guang-hua<sup>1,2</sup>

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, Urumqi 830011, China;

2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

3. West China Normal University, Nanchong, Sichuan 637002, China)

**Abstract:** The ecological vulnerability of Xinjiang was assessed using a combined landscape pattern and ecosystem sensitivity approach. The vulnerability indexes of landscapes and the suitability indexes of regional ecological environment are developed by using the reciprocal of fractal dimension, fragmentation, sensitivity of land desertification, sensitivity of soil salinization, and sensitivity of soil erosion. The network covering the whole study area is used to sample the spatial vulnerability of ecological environment, thus, the map of vulnerability distribution of the ecological environment is derived, and the spatial patterns of the vulnerability is analyzed. The results show that: (1) The vulnerability of various landscape types was in the following decreasing order: unused lands > farmland > grassland > forest land > construction area > water area; (2) Significantly positive relationships were found between FN, SS, SD, SE and VI, and they can reflect the eco-environment issues well; (3) There is a good agreement between the predicted and actual distribution of *EVI* zones. *EVI* value tends to decrease with the decreasing of distance from the two big deserts and increase with the increasing of altitude; (4) Water resources, climatic conditions and human activities are the dominate factors affecting the spatial pattern of the regional ecological environment vulnerability.

**Keywords:** index of landscape structure; index of eco-sensitivity; index of vulnerability; Xinjiang

(上接第 238 页)

# Assessment of farmland quality in the improvement process of mid-low yield lands under high water-fertilizer treatments in Huang-Huai-Hai Plain

YANG Jin-song, YU Shi-peng, LIU Guang-ming, LI Dong-shun

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, Jiangsu 210008, China)

**Abstract:** In order to study the impacts of high water-fertilizer treatments widely used in the improvement process of mid-low yield lands in Huang-Huai-Hai Plain on the comprehensive farmland quality, field experiment was conducted in Fengqiu, Henan Province. By calculating field yield, sampling and testing soil and plant, the comprehensive quality dynamics of soil and crops under different treatments were analyzed, and the weights of advantages and disadvantages of each treatment were assessed. The results show that the treatments of optimized fertilization and high water-fertilizer were beneficial to the increasing of water absorption ability of crop root, to the increasing of the fertilizer N use ratio by crops, to the increasing of crop yield and quality, and to the decreasing of soil alkalescency. However, the hardening of farmland soil appeared because of using current fertilization methods, especially using high water-fertilizer measure. The treatment of high extent fertilizer in the program of optimized fertilization wasn't good for the soil salt leaching, which might cause secondary soil salinization. The high water-fertilizer measure wasn't good for the increasing of nutrient preserving capability of farmland soil. Based on different weights of advantages and disadvantages of each treatment, the measures of optimized fertilization and high water-fertilizer can be used as the leading technique to improve mid-low yield lands and to increase crop yield and crop quality. Meanwhile, measures for preventing secondary soil salinization and for increasing soil fertility and scientific cultivation measures have to be combined and used to eliminate the disadvantages of high water-fertilizer measure and to increase the comprehensive farmland quality.

**Keywords:** high water-fertilizer measure; optimized fertilization; mid-low yield lands; farmland quality; Huang-Huai-Hai Plain