空间粒度变化对沂蒙山区景观格局指数的影响*

张玲玲[1] 史云飞[1**] 刘玉华[2]

([1]临沂大学资源环境学院, 山东省水土保持与环境保育研究所, 山东临沂 276000; [2]山东省国土测绘院, 山东济南 250013)

摘 要 基于2004年沂蒙山区不同空间幅度的土壤侵蚀强度图,利用GIS技术和Fragstats软件,选择8个景观格局指数,探讨沂蒙山区不同空间幅度的景观格局指数在20~65 m范围内的粒度效应,并对景观格局指数进行函数拟合分析。结果表明:(1)各景观格局指数随粒度增加表现出不同的变化趋势,具体包括上升趋势、下降趋势和变化不明显3种情况;(2)对于两种不同空间幅度的研究区域,景观格局指数研究的第一尺度域为(20,35),最佳空间粒度均为35 m;(3)通过一元线性回归分析对所选8个景观格局指数进行拟合,斑块数量、斑块密度、景观形状指数、周长面积分维数、蔓延度指数和聚集度指数能够很好地拟合出其变化趋势;而最大斑块指数、Shannon多样性指数的拟合效果不太理想。

关键词 空间粒度; 景观格局指数; 沂蒙山区

中图分类号 P208 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2013)2-0459-06

Effects of spatial grain change on the landscape pattern indices in Yimeng Mountain area of Shandong Province, East China.

ZHANG Ling-ling[1], SHI Yun-fei[1**], LIU Yu-hua[2]

([1]*College of Resource and Environment, Linyi University, Shandong Provincial Key Laboratory of Water and Soil Conservation & Environmental Protection, Linyi* 276000, *Shandong, China*; [2]*Land Surveying & Mapping Institute of Shandong Province, Ji'nan* 250013, *China*). *Chinese Journal of Ecology*, 2013, **32**(2): 459-464.

Abstract: Based on the graphs of soil erosion intensity at different spatial scopes in Yimeng Mountain area in 2004, and by using GIS technology and Fragstats software, 8 landscape pattern indices were selected to study the effects of the grain size of landscape pattern indices at different spatial scopes within the range of 20 to 65 m in Yimeng Mountain area, and the functional fitting analysis was applied to analyze the landscape pattern indices. With the increase of grain size, the landscape pattern indices showed different change trends, *i.e.*, rising, declining, or unconspicuous change. As for the two study areas with different spatial scopes, the first scale domain of landscape pattern index was (20, 35), and the optimal spatial grain sizes were all 35 m. Through the fitting of the selected 8 landscape pattern indices by one-dimensional linear regression analysis, it was found that the NP, PD, LSI, PAFRAC, CONTAG, and AI could fit the change trends of the indices well, while the fitting results of LPI and SHDI were unsatisfactory.

Key words: spatial grain; landscape pattern index; Yimeng Mountain area.

空间尺度问题是生态学研究的基础之一,通常以空间幅度和空间粒度来表达。空间幅度是研究对象在空间的持续范围;空间粒度指景观中最小可辨识的单元所代表的特征长度、面积和体积(如样方、像元等)(Lam & Quattrochi, 1992; Jenerette & Wu, 2000; 邬建国, 2007)。而景观格局特征对空间粒度效应关系的响应是进行空间尺度推译的基础(申卫军等, 2003)。在过去的30多年,景观格局指数作为分析景观格局特征的定量化指数得到了迅速的发展(张金屯等, 2000; 赵文武等, 2003; 曹银贵等, 2010)。景观格局指数能定量描述景观的空间形态、结构和异质性,可以实现同一时段不同景观空间格局的比较研究、同一景观不同时段空间格局的动态分析和不同景观不同时段空间格局动态的比较研究(李秀珍等, 2004; 邱扬等, 2010),因而在景观空

*教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-08-0877)和山东省自然科学基金项目(Y2008E23)资助。

**通讯作者 E-mail: shiyunfei_001@163.com

收稿日期: 2012-07-21 接受日期: 2012-11-20

间分析中被普遍应用。

景观格局指数的粒度效应已有大量的研究(赵文武等,2003;邱扬等,2010)。高艳等(2010)以山西省闻喜县为例,应用 GIS 技术以及景观格局软件,研究了不同的土地利用类型对景观格局指数的空间粒度效应和不同粒度下土地利用类型数对景观指数的影响。徐丽等(2010)探讨了合肥市景观格局指数随不同粒度的变化特征,并对部分景观指数的拟合函数和变异系数进行了分析。上述研究主要针对空间幅度不变的情况,对景观格局指数粒度效应进行研究,且研究粒度较粗。鉴于此,以沂蒙山区为例,基于景观生态学理论,针对 2 种不同空间幅度,细化景观格局空间粒度,研究不同空间幅度土壤侵蚀强度的粒度效应,对于深入研究土壤侵蚀强度空间格局动态变化规律具有重要意义。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

较小空间幅度的区域选取祊河流域上游区域,祊河属沂河水系的一级支流,发源于山东省平邑县白彦镇的太皇崮,流经山东省费县梁邱镇、费城镇、胡阳镇、探沂镇、新桥镇,临沂市兰山区义堂镇,在临沂城北汇入沂河,总面积 2296.5 km^2(图 1a)。较大空间幅度的区域选取沂河上游区域,主要流经沂水、沂南、蒙阴、平邑、费县、兰山、河东几个区域,主要支流有祊河、汶河、蒙河等,总面积 8805.9 km^2(图 1b)。

两种不同空间幅度的研究区域气候均为暖温带季风大陆型气候,四季分明,气候温和;地貌以山地丘陵为主;土壤类型以褐土和棕壤为主,表层疏松,夹杂石砾,土层浅薄,土壤涵蓄水能力低,土壤侵蚀面积达 50%,是我国土壤侵蚀治理的重点区(刘前进和于兴修,2010)。

1.2 数据来源与处理

选用 2004 年 Landsat 5 TM 遥感图像,空间分辨率为 30 m,且具有精确的地理坐标。根据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL 190-2007),借鉴相关学者研究成果(岳彩英等,2003;谭炳香等,2005;Xu *et al*, 2009),在 ENVI 平台上解译 2004 年遥感影像图,获取土地利用类型数据,利用归一化植被指数提取植被覆盖度数据(彭征等,2009),在研究区内布置 251 个验证点,利用野外调查、土地利用历史数据结合 1∶100000地形图对土地利用的分类精度进行评估,结果表明分类精度达到 82.23%,能够满足分析需求。

在 ArcGIS 9 中数字化 1∶100000 地形图建立数字高程模型,经插值生成空间分辨率为 30 m 的数字高程模型(DEM)(与 TM 图像空间分辨率一致)。在空间分析模块中提取坡度数据,并采用 Yang 等(2008)提出的方法对所提取的坡度数据进行修正生成坡度图;将坡度图与土地利用类型图、植被覆盖度图进行叠加,得到 2004 年土壤侵蚀强度分布图(图 2),土壤侵蚀等级共分为 6 级,即微度、轻度、中度、强度、极强度和剧烈。

1.3 粒度选取

利用 ArcMap 软件的空间分析模块,以 2004 年度土壤侵蚀强度图为例,将两种不同幅度的土壤侵

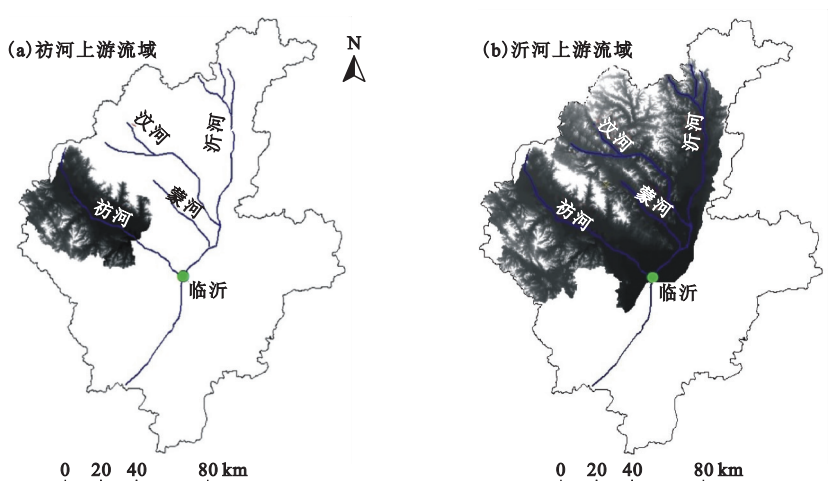

图 1 研究区域位置示意图

Fig. 1 Location diagram of the study area

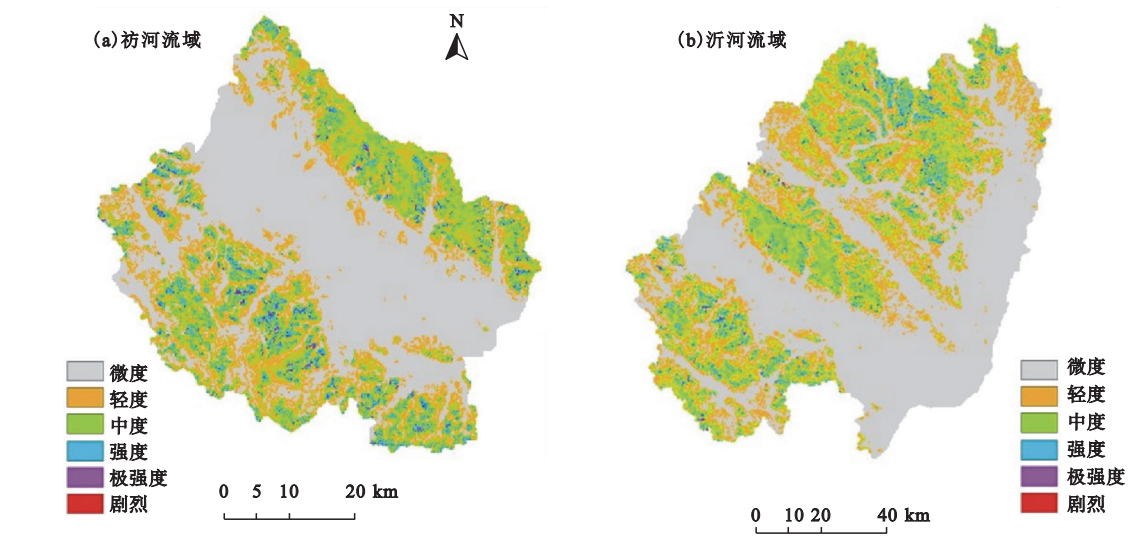

图 2 2004 年土壤侵蚀强度示意图
Fig. 2 Intensity chart of soil erosion in 2004

蚀强度图转变为不同粒度的栅格数据,栅格单元的最小粒度为 20 m,粒度变换后的栅格单元大小按 5 m间隔,依次设定为 20、25、30、35、40、45、50、55、60 和 65 m。

1.4 景观格局指数选取及计算

利用 Fragstats 3.3 软件计算景观格局指数。景观指数包括斑块水平(patch level)、斑块类型水平(class level)、景观水平(landscape level)3 种类型。斑块水平反映研究区域内单个斑块的结构特征,是计算其他景观级别指标的基础;斑块类型水平反映研究区域内不同斑块类型各自的结构特征;景观水平级别反映研究区域内整体的特征。在景观水平上,针对面积/密度/边长、形状、聚集/分布、连接性和多样性等方面,选取斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、最大斑块指数(LPI)、景观形状指数(LSI)、周长面积分维数(PAFRAC)、蔓延度指数(CONTAG)、聚集度指数(AI)和 Shannon 多样性指数(SHDI)共 8 个景观格局指数来进行研究,分析土壤侵蚀强度随粒度的变化规律,从而确定研究区域内土壤侵蚀的最佳研究粒度。其中各景观指数具体计算方法及生态学含义见文献(傅伯杰和陈利顶,1996;布仁仓等,2005;刘宇等,2011)。

1.5 数学模型的建立

利用 SPSS 统计软件中一元线性回归分析方法建立空间土壤侵蚀强度景观格局指数与重采样下空间粒度之间的函数关系,并利用 R^2 检验其相关性。R^2 取值范围[0,1],当 R^2 越接近于 1,相关程度越大;当 R^2 越接近于 0,相关程度越小。再通过查看相关系数临界值表,得相关系数临界值 R_a,并求得 R_a^2。检验 R^2 值是否有意义,如果 $R^2>R_a^2$,则说明所建立的一元线性回归方程有意义;反之则没有意义。

2 结果与分析

2.1 景观指数随粒度增加的变化特征

景观粒度变化能够改变斑块边界、分割或融合斑块,从而引起景观格局变化,致使描述这些格局的指数发生相应的变化(周兴东等,2009;高艳等,2010)。对两种不同空间幅度的研究区内景观格局指数进行分析,结果表明,随粒度的增加,呈现 3 种变化,趋势基本一致(图 3):1)随粒度增加,景观格局指数呈上升或下降趋势,且有明显尺度转折点;2)随粒度增加,景观格局指数呈上升或下降趋势,但无明显尺度转折点;3)随粒度增加,景观格局指数无明显变化。

第 1 种趋势指数包括斑块数量、斑块密度、景观形状指数和周长面积比分维数。随着研究粒度的增大,斑块进行融合,景观越来越集中,导致斑块数量逐渐减少、密度下降;景观形状指数随粒度增加而下降,说明随粒度增加景观形状由复杂变得越来越简单。周长面积分维数随粒度增加呈阶梯式上升,说明景观形状变化较大。结果表明,当粒度增加到一定程度时,景观指数值会发生突变,即景观特征会在尺度转折点附近发生较大的变化。由于不同景观指数反映景观特征的不同方面,所以不同指数的尺度转折点并不一致;且景观整体特征的尺度转折点也

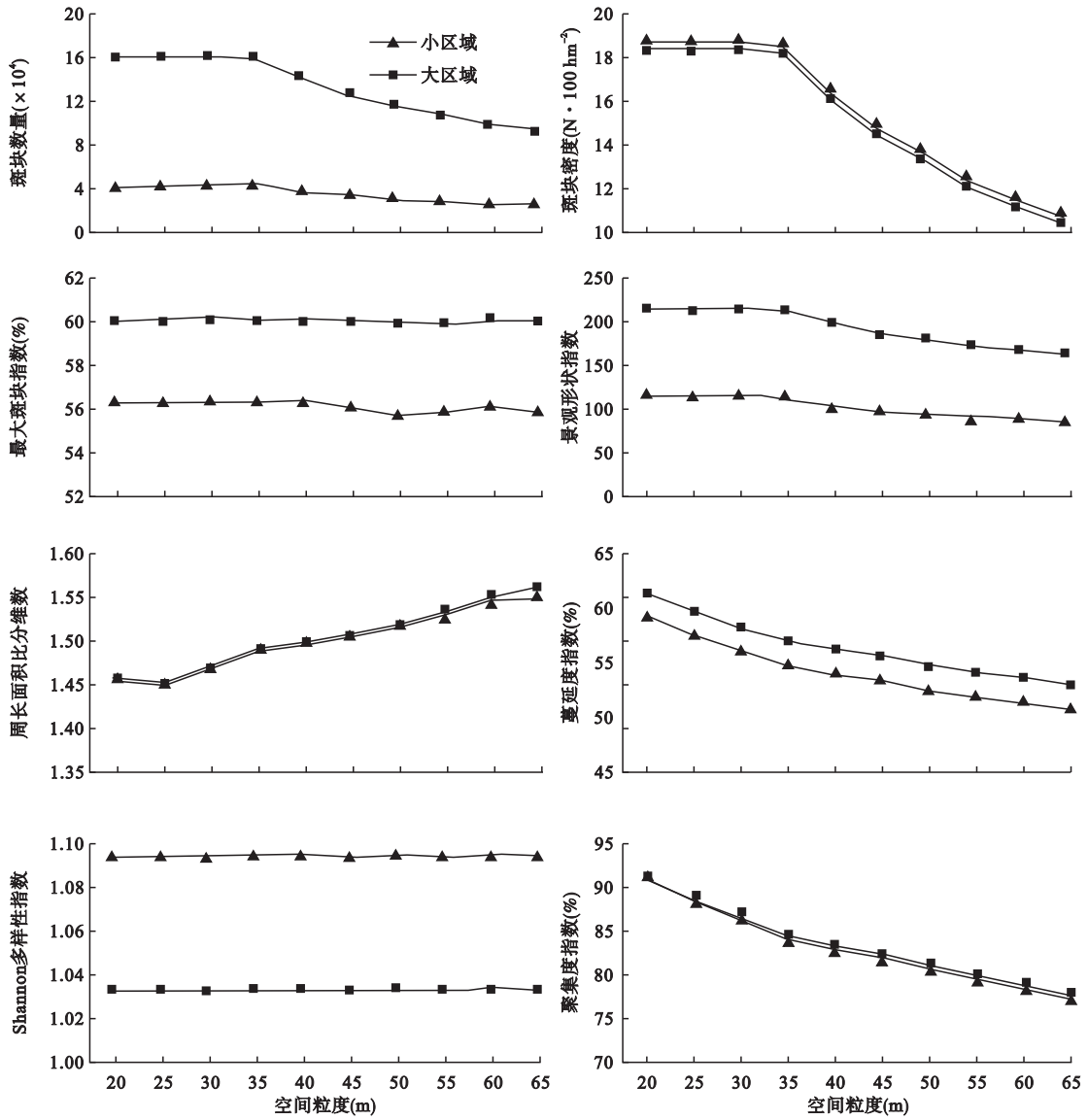

图3 不同空间幅度下景观格局指数的粒度变化效应

Fig. 3 Change effect of grain size of landscape pattern index under different spatial extent

并不是一个确定的数值,而是一个相对较小的区间,在这个区间内,景观指数值的突变现象比较普遍,而不同指数值的突变点并不完全相同。如两种不同空间幅度的区域内,斑块密度均在35 m处为尺度转折点;周长面积分维数出现转折点的地方也相同,在25 m和35 m处存在较明显转折点;对于斑块数量和景观形状指数,当研究区域较小时,随粒度变化转折点出现不明显,而当区域范围较大时,具有明显转折点,均在35 m处。

第2种趋势指数包括蔓延度指数和聚集度指数。这种变化趋势说明粒度增加尽管可以改变斑块的形状、融合小的斑块,逐渐降低不同等级土壤侵蚀的聚集程度,但却不会使其发生急剧的变化。

第3种趋势指数包括最大斑块指数和Shannon多样性指数。最大斑块指数是指最大斑块所占景观面积比例,尽管研究范围不同,但是不同研究区域内总面积和最大斑块面积无明显变化,所以该指数没有尺度效应;同样,Shannon多样性指数取决于景观中的斑块类型,不同研究区域内总面积一定,斑块类型不变,多样性指数也不变,即景观在整个景观中所占的比例没有明显变化,因而该指数也表现不出粒度效应。

2.2 景观格局分析的适宜粒度

景观指数随粒度变化的第一尺度域可确定粒度大小,分析景观格局粒度的适宜取值范围,通常由第一个尺度转折点确定(赵文武等,2003)。在粒度选

择时,应该既能保证计算的质量、体现景观的总体特征,又不使计算过程中的工作量过大,因此应该选择第一尺度域内中等偏大的粒度作为适宜的粒度。通过图 3 可以发现,对于两种不同空间幅度的研究区域,其第一尺度域主要集中在 20 ~ 35 m。当研究范围较小时,除斑块密度(转折点在 35 m 处)外,空间粒度对其他景观格局指数的影响不明显,出现转折点数量较少;而当研究范围较大时,空间粒度对景观格局指数的影响比较明显,出现转折点数量相对较多,如斑块数量和斑块密度均在 35 m 处有转折点。综上所述,针对上述两种不同研究区域,选取的适宜空间粒度可均为 35 m。

上述分析得出的适宜空间粒度(35 m)与遥感图像和 DEM 图像分辨率(30 m)相近,而不是完全一致,这可能由于粒度划分较细的缘故;而如果将粒度步长增大,如步长选定 10、20 或是 30 m,则结果可能会出现一致情况,这几种情况有待于进一步比较研究。

2.3 景观格局指数对粒度变化的曲线拟合

各景观指数对粒度变化都有明显响应,变化趋势表现出一定的线性关系,景观格局指数对粒度变化的曲线可用数学模型模拟(表 1)。查相关系数临界值表,当 $\alpha=0.001$ 时 $R^2_\alpha=0.760$。

通过表 1 可知:两种不同研究区域内斑块数量和斑块密度拟合度分别达到 0.940 和 0.941;景观形状指数的拟合度分别达到 0.942 和 0.941;周长面 积分维数的拟合度分别达到0.974和0.977;蔓延度指数的拟合度分别达到 0.960 和 0.961;聚集度指数的拟合度分别达到 0.969 和 0.970;上述指数中 R^2 值均大于其临界值 $R^2_\alpha(0.760)$,说明所建立的回归方程式有意义,即空间粒度与景观格局指数之间确实存在相关关系。而最大斑块指数的拟合度分别为 0.589 和 0.609;Shannon 多样性指数的拟合度分别为 0.020 和 0.011;这两组指数中 R^2 值均小于其临界值 $R^2_\alpha(0.760)$,拟合效果不太理想,其所建立的一元线性回归方程式无意义,具体原因可能是粒度选取不合适或是指数本身无规律性造成的。

表 1 景观指数随粒度变化的拟合曲线

Table 1 Fitting curves of landscape index with the change of grain

景观格局指数	数学模型	R^2
斑块数量	$y=54959.345-464.876x$	0.940
	$y=207543.891-65193.041x$	0.941 *
斑块密度	$y=23.931-2.02x$	0.940
	$y=23.570-1.99x$	0.941 *
最大斑块指数	$y=56.668-0.013x$	0.589
	$y=60.112-0.003x$	0.609 *
景观形状指数	$y=131.303-0.708x$	0.942
	$y=247.455-1.332x$	0.941 *
周长面积分维数	$y=1.399+0.002x$	0.974
	$y=1.4+0.002x$	0.977 *
蔓延度指数	$y=62.105-0.184x$	0.960
	$y=64.088-0.178x$	0.961 *
多样性指数	$y=1.094+3.2\times10^{-6}x$	0.020
	$y=1.033-1\times10^{-6}x$	0.011 *
聚集度指数	$y=95.106-0.286x$	0.969
	$y=95.279-0.278x$	0.970 *

不带 * 为较小研究区域内景观指数随粒度变化的拟合度,带 * 为较大研究区域内景观指数随粒度变化的拟合度。

3 结 论

研究空间粒度的变化,对景观指数的计算具有十分重要的影响。本文利用沂蒙山区两种不同空间幅度区域为研究区域,探讨了景观水平上 8 个景观格局指数随粒度变化的特点,结果表明:

(1)斑块数量、斑块密度、景观形状指数和周长面积比分维数随粒度增加,景观格局指数呈上升或下降趋势,且当研究区域较小时,存在较明显的转折点的数量少,当研究区域较大时,存在较明显的转折点数量多;蔓延度指数和聚集度指数随粒度增加,景观格局指数呈上升或下降趋势,但均无明显尺度转折点;最大斑块指数和 Shannon 多样性指数,由于指数自身的特性,无论研究区域大小均不具备粒度效应。

(2)景观指数随粒度变化的第一尺度域,是确定粒度大小、进行景观格局分析的适宜取值范围。对于两种不同的空间幅度,第一尺度域主要集中在(20 ~ 35 m),最适宜空间粒度均可确定为 35 m。

(3)通过一元线性回归分析,所选取 8 个景观指数中,斑块数量、斑块密度、景观形状指数、周长面积分维数、蔓延度指数和聚集度指数能够很好地拟合出其变化趋势,说明空间粒度与景观格局指数之间存在相关关系;而最大斑块指数、Shannon 多样性指数的拟合效果不太理想,其原因可能是由于研究的粒度范围相对较小(20 ~ 65 m),无法反映指数的整体特征,或是指数本身计算方法的局限,具体情况有待于进一步研究。

(4)综合上述 3 点可知:对于两种不同的空间幅度,景观格局变化趋势,随粒度变化的第一尺度域,最佳空间粒度,空间粒度与景观格局的相关关系,均保持一致。

文中选用“祊河上游流域”代表小幅度,用“沂

河上游流域”代表大幅度进行比较,目的是把空间幅度与粒度结合起来进行研究,但是对于幅度的设计仍然比较简单。因此,下一步研究工作将把幅度的梯度范围加大,通过拓宽幅度的变化范围,改变粒度的变化步长来探讨景观指数相关性的尺度效应。

参考文献

布仁仓, 胡远满, 常 禹, 等. 2005. 景观格局指数的相关分析. 生态学报, **25**(10): 2764-2775.

曹银贵, 周 伟, 王 静, 等. 2010. 三峡库区30 a间土地利用景观特征的粒度效应. 农业工程学报, **26**(6): 315-321.

傅伯杰, 陈利顶. 1996. 景观多样性的类型及其生态意义. 地理学报, **51**(5): 454-462.

高 艳, 毕如田, 曹 毅. 2010. 空间粒度变化及土地利用分类对景观指数的影响——以山西省闻喜县为例. 中国生态农业学报, **18**(5): 1076-1080.

李秀珍, 布仁仓, 常 禹, 等. 2004. 景观格局指标对不同景观格局的反应. 生态学报, **24**(1): 123-134.

刘 宇, 吕一河, 傅伯杰. 2011. 景观格局-土壤侵蚀研究中景观指数的意义解释及局限性. 生态学报, **31**(1): 267-275.

刘前进, 于兴修. 2010. 北方土石山区土壤侵蚀强度垂直景观格局——以沂蒙山区为例. 地理研究, **29**(8): 1471-1481.

彭 征, 廖和平, 郭月婷, 等. 2009. 山地城市土地覆盖变化对地表温度的影响. 地理研究, **28**(3): 674-684.

邱 扬, 杨 磊, 王 军, 等. 2010. 黄土丘陵小流域景观格局指数的粒度效应. 应用生态学报, **21**(5): 1159-1166.

申卫军, 邬建国, 林永标, 等. 2003. 空间粒度变化对景观格局分析的影响. 生态学报, **23**(12): 2506-2519.

谭炳香, 李增元, 王彦辉, 等. 2005. 基于遥感数据的流域土壤侵蚀强度快速估测方法. 遥感技术与应用, **20**(2): 215-220.

邬建国. 2007. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级(第2版). 北京: 高等教育出版社.

徐 丽, 卞晓庆, 秦小林, 等. 2010. 空间粒度变化对合肥市景观格局指数的影响. 应用生态学报, **21**(5): 1167-1173.

岳彩英, 田 昆, 徐天蜀. 2003. 利用卫星遥感和GIS技术进行昭通地区土壤侵蚀调查研究. 水土保持通报, **23**(2): 36-39.

张金屯, 邱 扬, 郑凤英. 2000. 景观格局的数量研究方法. 山地学报, **18**(4): 346-352.

赵文武, 傅伯杰, 陈利顶. 2003. 景观指数的粒度变化效应. 第四纪研究, **23**(3): 326-333.

中华人民共和国水利部. 2008. 土壤侵蚀分类分级标准 SL 190-2007. 北京: 中国水利水电出版社.

周兴东, 于胜文, 赵长胜, 等. 2009. 空间粒度变化对景观格局指数的影响. 测绘科学, **34**(1): 201-202.

Jenerette GD, Wu J. 2000. On the definitions of scale. *Bulletin of the Ecological Society of America*, **81**: 104-105.

Lam NSN, Quattrochi DA. 1992. On the issues of scale, resolution, and fractal analysis in the mapping sciences. *Professional Geographer*, **144**: 88-98.

Xu YQ, Peng J, Shao XM. 2009. Assessment of soil erosion using RUSLE and GIS: A case study of the Maotiao River watershed, Guizhou Province, China. *Environment Geology*, **56**: 1643-1652.

Yang QK, David J, Li R, *et al*. 2008. Re-scaling lower resolution slopes by histogram matching// Zhou QM, Lees B, Tang GA, eds. Advances in Digital Terrain Analysis. Berlin: Springer: 193-210.

作者简介 张玲玲,女,1979年生,硕士,副教授,研究方向为水土保持与3S技术应用。E-mail: cllingling@126.com

责任编辑 张 敏