

# 黄土高原小流域尺度土地利用景观格局指数的粒度效应

刘德林<sup>1,3</sup>, 方炫<sup>2</sup>, 李壁成<sup>3</sup>

(1. 河南理工大学 应急管理学院, 河南 焦作 454000; 2. 宿迁学院, 江苏 宿迁 223800;  
3. 中国科学院 教育部 水土保持与生态环境研究中心, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:** 以黄土高原上黄小流域 1982—2008 年的 6 期土地利用矢量图为基础, 运用 GIS 和 Fragstats 软件计算并研究了黄土高原小流域尺度下景观格局指数随粒度增加的变化特征。结果表明, 上黄小流域土地利用的大部分景观格局指数存在粒度效应。根据景观格局指数随粒度增加所表现的变化趋势可分为 5 大类型; 就 1 : 1 万比例尺下的土地利用类型/景观图而言, 其景观格局指数的适宜粒度范围为 5~15 m, 其粒度效应主要受制图比例尺控制而与土地利用变化关系不大。

**关键词:** 黄土高原; 小流域; 土地利用; 景观指数; 粒度效应

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)04-0206-05

中图分类号: Q149

## Effects of Grain Change on Landscape Metrics of Landuse in Small Watershed on Loess Plateau

LIU De-lin<sup>1,3</sup>, FANG Xuan<sup>2</sup>, LI Bi-cheng<sup>3</sup>

(1. Emergency Management School, He'nan Polytechnic University, Jiaozuo, He'nan 454000, China; 2. Suqian College, Suqian, Jiangsu 223800, China; 3. Research Center of Soil and Water Conservation and Ecological Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Education, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Based on the six land use maps from 1982 to 2008 of the Shanghuang watershed, the landscape metrics on landscape scale was calculated by using GIS and Fragstats 3.3 software. And the characteristics of grain changes of these metrics were studied. The results showed that most of these landscape metrics have grain effects, and could be divided into 5 different types according to their change characteristics with the increase of grain. The appropriate grain range of landscape metrics was 5~15 m at the 1 : 10 000 scale, and their grain effects were mainly controlled by the mapping scale rather than the change of land use.

**Keywords:** Loess Plateau; small watershed; landuse; landscape metrics; grain effect

由于景观格局指数包含高度浓缩的景观格局信息, 能够反映景观结构组成和空间配置等某些方面的特征, 同时还可以定量地描述和监测景观结构特征随时间的变化。因此, 在过去的 20 a 里得到了迅速发展和广泛应用<sup>[1-3]</sup>, 并出现了一些以景观格局指数计算为对象的景观格局指数计算及景观格局分析程序<sup>[4]</sup>。但是, 目前已有的景观格局指数计算程序多以栅格数据作为其数据源, 在栅格单元基础上进行计算, 这就造成了所谓的“可塑性面积单元问题 (the modifiable areal unit problem, MAUP)”, 即在分析与面积有关的数据时, 计算结果随最小面积单元定义的不同而发生变化<sup>[5-6]</sup>。这无疑增加了景观格局指数的生态学解释难度和不同区域景观格局分析间的对比难度, 甚至

产生生态学谬误。因此, 研究景观格局指数的粒度效应将有助于深入认识景观格局指数, 并可为景观格局指数和适宜研究尺度的选择提供理论依据。

尽管目前许多学者对景观格局指数的粒度效应进行了研究<sup>[5-9]</sup>, 但应用专门的景观格局分析程序进行计算景观格局指数的研究尚不多见, 更缺少如何针对不同比例尺的矢量数据选择适宜大小栅格的研究。有关黄土高原小流域 (水土流失综合治理的基本单元) 尺度下景观格局指数适宜粒度范围的研究还未开展。因此, 本研究以位于宁南山区的上黄小流域为例, 基于 GIS 和景观格局分析程序 (Fragarats 3.3), 研究黄土高原小流域尺度下 (1 : 1 万比例尺) 景观格局指数随时间的变化特征及粒度效应, 以期为该尺度

收稿日期: 2012-07-23

修回日期: 2012-09-20

资助项目: “十一五”国家科技支撑计划重大项目“半干旱黄土丘陵区土地利用格局与优化模式研究”(2006BCA01A07-2); 河南省教育厅科学技术研究重点项目“河南郑东新区 LUCC 对区域水质的影响”(12A610005)

作者简介: 刘德林 (1979—), 男 (汉族), 山东省潍坊市人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事水土资源高效利用及环境应急方面的教学和科研工作。E-mail: liudelina@163.com。

下景观格局指数适宜粒度的选择提供数据基础与理论依据。

## 1 研究区概况

上黄小流域位于宁夏回族自治区南部固原市河川乡内,地处黄土高原西部宽谷丘陵沟壑区,地理坐标为东经  $106^{\circ}26'—106^{\circ}30'$ ,北纬  $35^{\circ}59'—36^{\circ}02'$ 。试区南北长约 3 844 m,东西宽约 3 758 m,土地总面积约  $8.05 \text{ km}^2$ 。多年平均气温和降水量分别为  $6.9^{\circ}\text{C}$  和  $419.1 \text{ mm}$ ,属温带半干旱气候区。试区梁峁起伏、沟壑纵横、水土流失严重,海拔高度在  $1\ 534.3\sim 1\ 822.0 \text{ m}$ 。植被类型主要包括人工灌木林、天然草地、人工草地 3 大类型。

## 2 数据源与研究方法

### 2.1 数据来源与处理

所用数据主要包括 1982 年 1:1 万地形图,1987 和 1990 年 1:1 万红外航片,1995 年和 2002 年的 1:1 万正摄影像图,以及在上述图件基础上调查更新的 2008 年土地利用/覆被数据。数据具体处理过程为:(1)以 1982 年地形图为空间基础,在 Arc/Info 8.3 软件中将上述图件转化成具有统一投影和地理坐标系统图件(考虑到区域面积较小,投影时面积变化不大,采用高斯—克吕格 3 分带投影和 1954 北京地理坐标系统);(2)采用人机交互方式从上述图像数据中解译得到小流域土地利用/覆被矢量图,同时,将 2008 年实地调查(结合 Spot 5 影像)的土地利用状况输入计算机,生成 2008 年的土地利用/覆被矢量图。在土地利用分类解译过程中,综合考虑小流域当地实际情况和研究目的,采用土地利用一级分类体系,将上黄小流域的土地利用/覆被划分为 7 种类型,即耕地,园地,灌木林地,草地,建设用地,水域和未利用地。

### 2.2 研究方法

基于 ArcGIS 8.3 软件的矢量图栅格化功能,将上黄小流域上述土地利用矢量图转化为栅格数据。其中,栅格单元的赋值采取优势类型法,即在新产生的面积单元中,以占多数像元的属性作为新像元的属性,若新生成的面积单元中包含不同属性像元的数目相同时,则由程序随机地决定新像元的类型。栅格单元的大小根据《土地利用动态遥感监测规程》中规定的线状地物的图上最小宽度( $0.2 \text{ mm}$ )设定<sup>[10]</sup>,对于 1:1 万土地利用图而言,图上最小宽度应为  $2 \text{ m}$ 。在本研究中,为便于图形处理和数据分析,在对数据进行重采样处理时,粒度范围设定为从  $5\sim 100 \text{ m}$ ,粒

度相互间隔设置为  $5 \text{ m}$ ,共产生 20 个不同粒度等级的土地利用类型图用于研究。

### 2.3 景观格局指数计算

景观格局指数值的计算是基于景观格局分析程序 Fragstats 3.3 进行。该软件可计算斑块水平、类型水平和景观水平 3 种类型的景观格局指数。其中,斑块和类型水平指数是针对单个斑块或不同类型斑块进行分析,而景观水平指数则是对研究范围内整体特征的描述。由于本研究注重的是研究区域整体特征的分析,故选择景观水平的指数进行计算。在景观水平上,针对基本指数(面积/边长/密度)、形状指数、结构指数和多样性指数 4 大方面,分别选择并计算了上黄小流域土地利用景观格的斑块数、平均形状指数、平均分维数、景观形状指数、聚合度、蔓延度指数、平均斑块面积、边缘面积分维数、最大斑块指数、分裂指数、斑块丰度密度、香依多样性指数、辛普森多样性指数和香依均匀度指数共 14 个指数,所选 14 个指数为景观格局分析所常用的指数,足以反映景观水平上的格局特征<sup>[2,5,7,9]</sup>。各指数的计算公式及含义可见参考文献[4]。

## 3 结果与分析

图 1—5 绘制出了不同景观格局指数值随粒度的变化趋势。从图 1—5 可以看出,随着粒度的增加,各景观格局指数值会发生相应的变化,并表现出不同的变化趋势,这说明景观格局指数在一定程度上受空间粒度变化的影响。当粒度增加到一定程度时,景观格局指数值随粒度增加的变化趋势会发生变化,并出现明显或不明显的尺度转折点,这是因为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也发生相应变化。

依据基于 1:1 万土地利用图的各景观格局指数随粒度增加的变化趋势(图 1—5),大体上可以将上述景观格局指数的粒度效应划分为 5 种类型:(1)景观格局指数随着粒度的增加,呈单调递减趋势,基本没有尺度转折点,尺度效应关系比较明确,可预测性强;(2)景观格局指数随着粒度的增加,呈现有规律的波浪式下降趋势,具有明显尺度转折点,具有一定的可预测性;(3)景观格局指数随着粒度的增加,呈现有规律的波浪式上升趋势,具有明显的尺度转折点,具有一定的可预测性;(4)指数值在粒度增加初期变化不大,但在粒度增加后期出现明显尺度转折点,且呈现波浪式增大或减小趋势,前期尺度效应不明显,后期尺度效应明显,具有一定的可预测性;(5)随粒度增加的整个过程中,指数值变化不大。

表现出第 1 种变化趋势的指数有景观形状指数、蔓延度指数和聚合度指数(图 1)。就 1:1 万土地利用图而言,这类指数随粒度的增加呈单调递减趋势。以 1995 年景观格局指数随粒度的变化为例,景观形状指数呈直线下降,相关系数平方值为 0.976 5;聚合度指数呈指数下降,相关系数平方值为 0.962 5;蔓延度指数呈对数下降趋势,相关系数平方值为 0.983 5,

并且上述指数在随粒度增加的过程中没有出现尺度转折点。这与赵文武、杨丽等关于 1:500 000, 1:250 000 和 1:100 000 比例尺下的研究基本相同<sup>[5,9]</sup>,说明这类景观格局指数随粒度增加表现出来的尺度效应关系比较明确,具有很强的可预测性。这类指数还包括散布与并列指数、总边界长度、边缘密度及平均临近指数等。

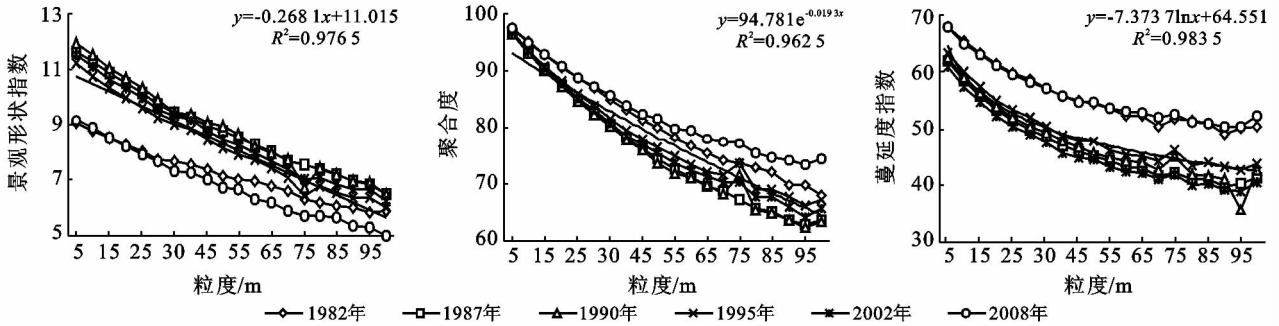


图 1 景观形状指数、聚合度和蔓延度指数随粒度的变化

表现出第 2 种变化趋势的指数有斑块数、平均形状指数和平均分维数(图 2)。对于 1:1 万土地利用图而言,这 3 个指数随粒度的增加呈现波浪式下降趋势,用一次方程对它们的变化趋势进行拟和发现(以 1995 年为例),它们相关系数的平方值均大于 0.91,说明这类指数随粒度的增加所表现出来的尺度效应关系也比较明确,具有一定的可预测性。进一步分析发现,3 个指数在随粒度增加的过程中,均多次出现明显的尺度转折点,其中,斑块数在粒度为 10 m 的时候便出现明显尺度转折点,而平均形状指数和平均分维数在粒度为 20 m 的时候出现明显尺度转折

点。根据各尺度转折点,可以将景观的粒度效应进一步划分为不同的更小尺度区间,在每一个尺度区间内,景观格局指数的变化趋势是一致的。以 1982 年斑块数随粒度增加的变化为例,在 5~10 m 尺度区间内,指数值变化不大,在 10~20 m 区间内,指数值呈现升后降趋势,在 20~25 m 区间内又趋于平稳,此后,随粒度的增加呈现波浪式下降趋势,而达到 80 m 粒度后,呈现平稳下降趋势,其他年份的斑块数及平均形状指数和平均分维数的变化情况与 1982 年斑块数变化基本相似。该类指数还包括边界密度、面积加权的形状指数和面积加权的平均分维数等。

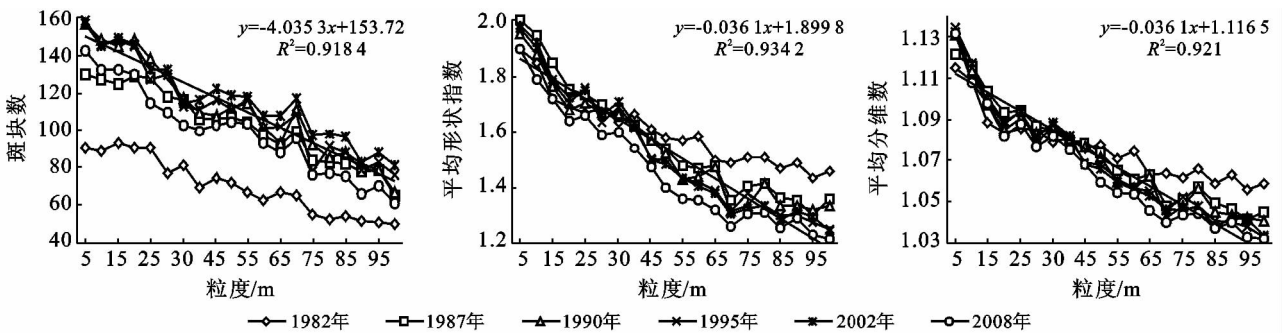


图 2 斑块数、平均形状指数和平均分维数随粒度的变化

表现出第 3 种变化趋势的指数有平均斑块面积和边缘—面积分维数(图 3)。对于该研究的 1:1 万土地利用类型图而言,该类指数随着粒度的增加,呈现有规律的波浪式上升趋势。以 1995 年为例,平均斑块面积呈指数上升趋势,而边缘—面积分维数呈对数上升趋势,两者相关系数平方值均大于 0.91,且这两个景观格局指数在随粒度增加而上升的过程中具

有明显的尺度转折点,说明平均斑块面积和边缘面积分维数这两个指数随粒度变化的尺度效应较为明显,具有一定的可预测性。

进一步分析发现,二者随粒度增加虽然均呈上升趋势,但平均斑块面积在 5~20 m 粒度范围内变化不大,而在 20~100 m 粒度范围内变化比较剧烈;而边缘—面积分维数在开始的 0~45 m 粒度范围内几乎

以直线上升,此后波浪式上升,但上升幅度不大。因此,虽同为上升变化趋势,如果要对随粒度的变化进

行预测,二者应区别对待。该类指数还包括平均欧几里德最近距离等。

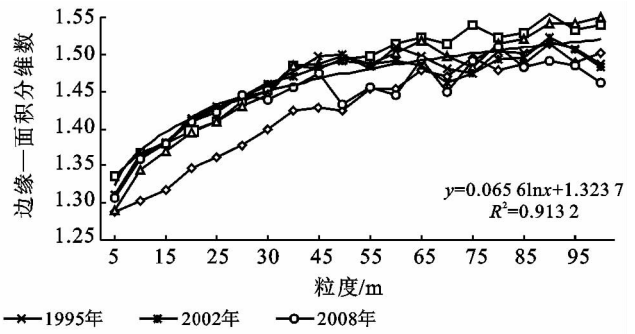
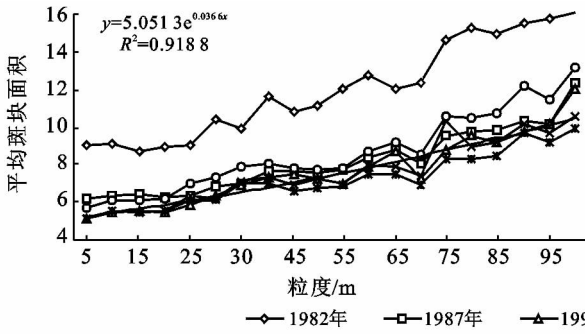


图 3 平均斑块面积和边缘-面积分维数随粒度的变化

表现出第 4 种变化趋势的指数有最大斑块指数、分裂指数和斑块丰度密度(图 4)。

较明显,具有一定的可预测性,在对其趋势进行预测时,可分段进行。

这类指数在在粒度增加初期变化不大,但在粒度增加后期呈现复杂的上升或下降趋势,前期尺度效应不明显,随后出现明显尺度转折点,尺度效应变得比

总体来说,该类指数在 5~15 m 粒度范围内尺度效应不明显,可作为第一尺度区间。该类指数还包括有效粒度、面积加权的平均斑块面积等。

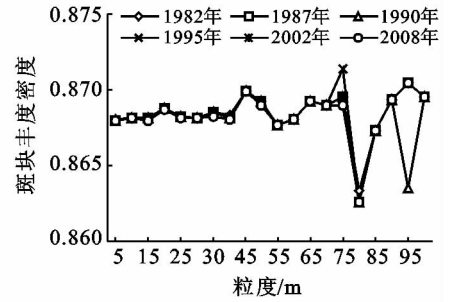
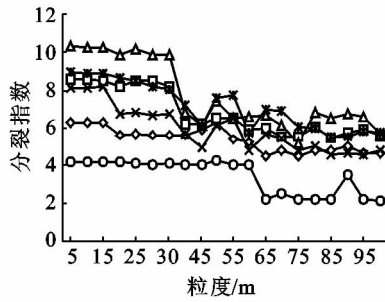
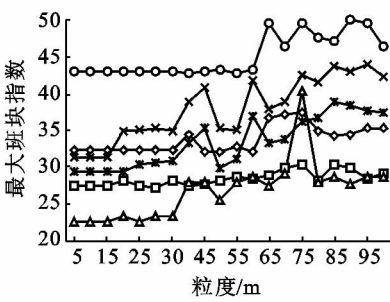


图 4 最大斑块指数、分裂指数和斑块丰度密度随粒度的变化

表现出第 5 种变化趋势的指数主要有香依多样性指数、辛普森多样性指数及香依均匀度指数等多样性指数(图 5)。这类指数随粒度增加的整个过程中,

指数值变化不大。该类指数还包括辛普森均匀度、修正的辛普森多样性指数、辛普森均匀度指数及修正的辛普森均匀度指数。

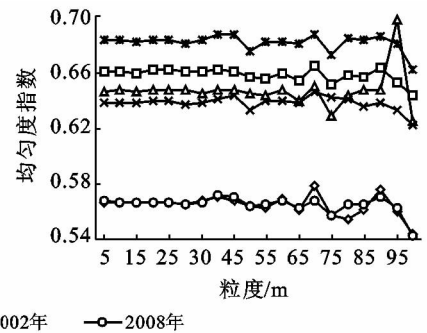
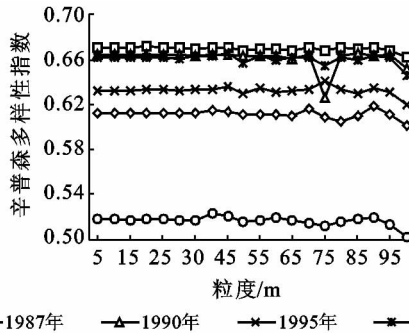
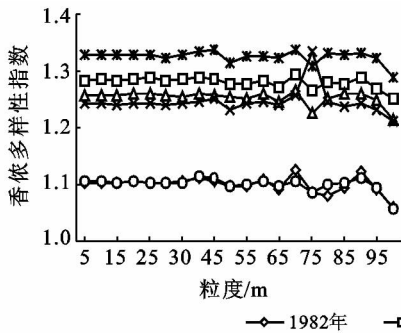


图 5 香依多样性指数、辛普森多样性指数和均匀度指数随粒度的变化

此外,通过对比各景观格局指数不同年度间的指数变化趋势及指数值(图 1—5)可以发现,土地利用类型面积的变化仅仅影响各景观格局指数绝对值的大小变化,而对其变化趋势影响不大。因此,对 1:1 万比例尺土地利用类型图而言,可以说景观格局指数

的粒度效应主要是受到制图比例尺的影响,而与土地利用变化关系不大。其他比例尺下的土地利用/景观类型图是否具有相同的结论,需要进一步的验证。

张文武和杨丽等<sup>[5,9]</sup>研究发现,在选择合适的粒度进行实际研究时,若想既保证计算的质量,体现比

例尺的特征信息,又不是计算过程中工作量太大,应该在第一尺度区间内选择中等偏大的粒度。据此,可以获得黄土高原上黄小流域不同景观格局指数计算

时的适宜粒度范围(表 1)。其中,将本研究中用到的所有指标综合考虑时,1:1 万土地利用图的适宜粒度范围为 5~15 m。

表 1 上黄小流域各景观格局指数的尺度效应、尺度区间及适宜粒度范围(1:1 万土地利用图)

景观格局指数分类	景观格局指数	尺度效应曲线	第一尺度区间/m	适宜粒度范围/m
第 1 类	景观形状指数	直线下降	无	愈小愈好
	蔓延度指数	对数下降	无	愈小愈好
	聚合度指数	指数下降	无	愈小愈好
第 2 类	斑块数	直线下降,带有明显的阶梯形下降	无	愈小愈好
	平均形状指数	直线下降,带有明显的阶梯形下降	无	愈小愈好
	平均分维数	直线下降,带有明显的阶梯形下降	无	愈小愈好
第 3 类	边缘—面积分维数	总体呈对数上升,0~40 m 粒度范围内几乎呈直线上升,40~100 m 粒度带有明显阶梯形上升	无	愈小愈好
	平均斑块面积	指数上升,带有明显的阶梯形下降	5~20	5~20
第 4 类	最大斑块指数	初期变化不大,后期随粒度增加呈现复杂的上升或下降趋势	5~15 m	5~15 m
	分裂指数	初期变化不大,后期随粒度增加呈现复杂的上升或下降趋势	5~15 m	5~15 m
	斑块丰度密度	初期变化不大,后期随粒度增加呈现复杂的上升或下降趋势	5~15 m	5~15 m
第 5 类	香依多样性指数	基本不变	5~35 m	0~35 m
	辛普森多样性指数	基本不变	5~35 m	0~35 m
	香依均匀度指数	基本不变	5~35 m	0~35 m
14 个景观格局指数			5~35 m	5~15 m

## 4 结论

(1) 各景观格局指数均存在粒度效应。随着粒度的增加,不同景观格局指数会出现不同的变化趋势。根据各景观格局指数随粒度增加所表现出来的变化趋势,可将其分为 5 个大的类别。其中,除多样性指数这一类别的尺度效应不明显外,其他类别尺度效应都非常明显,且都存在明显或不明显的尺度转折点。

(2) 景观格局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。在第一尺度域内,选择中等偏大的粒度,既能够较好地反映比例尺的特征信息,又可以避免冗余的计算工作量。研究发现,对 1:1 万比例尺下的土地利用/景观图进行景观格局指数计算的适宜粒度范围为 5~15 m。

(3) 对于 1:1 万比例尺下的土地利用类型/景观图而言,景观格局指数的粒度效应主要是受到制图比例尺的影响,而与土地利用变化关系不大。其他比例尺下的土地利用/景观类型图是否具有相同的结论,需要进一步的验证。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] Sundell-Turner N M, Rodewald A D. A comparison of landscape metrics for conservation planning[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2008, 86(3/4): 219-225.
- [2] Riitters K H, Oneill R V, Hunsaker C T, et al. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics[J]. *Landscape Ecology*, 1995, 10(1), 23-39.
- [3] 张金屯,邱扬,郑凤英. 景观格局的数量研究方法[J]. *山地学报*, 2000, 18(4):346-352.
- [4] McGarigal K, Cushman S A, Neel M C, et al. FRAG-STATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps[M]. Amherst: Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, 2002.
- [5] 赵文武,傅博杰,陈利顶. 景观格局指数的粒度变化效应[J]. *第四纪研究*, 2003, 23(3): 326-332.
- [6] 邬建国. 景观生态学—格局、过程、尺度与等级[M]. 北京:高等教育出版社, 2000:142-150.
- [7] Wu Jianguo, Shen Weijun, Sun Weidong, et al. Empirical patterns of the effects of changing scale on landscape metrics[J]. *Landscape Ecology*, 2002, 17(8):761-782.
- [8] Wu Jianguo. Effects of change scale on landscape pattern analysis: Scaling relations[J]. *Landscape Ecology*, 2004, 19(2):125-138.
- [9] 杨丽,甄霖,谢高地,等. 泾河流域景观格局指数的粒度效应分析[J]. *资源科学*, 2007, 29(2): 183-187.
- [10] 中华人民共和国国土资源部. 土地利用动态遥感监测规程[M]. 北京:地震出版社,1999.