

# 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

高艳 毕如田\*\* 曹毅

(山西农业大学资源环境学院 太谷 030801)

**摘要** 以山西省闻喜县为例,利用该县1:10 000土地利用现状图作为数据源,应用GIS技术以及景观格局软件Fragstats,研究了土地利用类型数不同时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。结果表明:随粒度增加,斑块密度、景观形状指数、景观聚集度呈逐渐下降趋势,且下降幅度逐渐减小,周长面积比分维数总体呈上升趋势,最大斑块指数和Shannon多样性指数无明显变化。随土地利用类型数目的增多,斑块密度、景观形状指数、Shannon多样性指数呈阶梯式上升趋势,最大斑块指数呈阶梯式下降趋势,周长面积比分维数无明显变化,景观聚集度的变化曲线比较复杂。

**关键词** 景观指数 空间粒度 土地利用分类 闻喜县

中图分类号:Q149 文献标识码:A 文章编号:1671-3990(2010)05-1076-05

## Effect of changing spatial grain size and land-use classification on landscape index — A case study of Wenxi County, Shanxi Province

GAO Yan, BI Ru-Tian, CAO Yi

(College of Resources and Environmental Sciences, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

**Abstract** Using the 1:10 000 land-use map of Wenxi County of Shanxi Province, GIS and the landscape pattern software Fragstats, the effect of spatial grain size on landscape indices of different land-use classification systems, and the effect of land-use classification system on the landscape indices under different spatial grain sizes were investigated. The results show that with increasing spatial grain size, patch density (PD), landscape shape index (LSI) and landscape contagion (CONTAG) gradually decline, whereas perimeter-area fractal dimensions (PAFRAC) increase. There is no significant change in the largest patch index (LPI) and Shannon diversity index (SHDI). With increasing number of land-use types, PD, LSI and SHDI increase, and LPI decreases. There is no significant change in PAFRAC, and the landscape contagion curve changes rather complicated.

**Key words** Landscape index, Spatial grain size, Land-use classification, Wenxi County

(Received Jan. 18, 2010; accepted April 20, 2010)

尺度问题是生态学研究的基础<sup>[1]</sup>。在景观生态学中,尺度往往以粒度和幅度来表达<sup>[2]</sup>。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);时间粒度指某一现象或事件发生的(或取样的)频率或时间间隔。幅度是指研究对象在空间或时间上的持续范围或长度。景观指数作为分析景观格局特征的定量化指标已得到迅速发展<sup>[3-5]</sup>。众多学者对景观指数的粒度效应做了研

究<sup>[6-11]</sup>,发现研究区域不同,所采用的数据源不同,景观指数随空间粒度的变化规律不完全相同。赵文武等<sup>[6]</sup>对延河流域的研究表明,斑块密度、Shannon多样性指数随粒度增加而减小且有明显拐点,周长面积比分维数随粒度增加而下降且有不明显拐点。申卫军等<sup>[7]</sup>以美国凤凰城城市景观和广东鄂北地区的植被景观为例,研究认为Shannon多样性指数随粒度增大最终下降,没有明确而单一的尺度效应关

\* 山西省自然科学基金项目(2008011061-1)资助

\*\* 通讯作者:毕如田(1963-),男,教授,博士生导师,研究方向为资源环境信息技术。E-mail: brrt@sxau.edu.cn

高艳(1985-),女,在读研究生,研究方向为3S技术及应用。E-mail: gaoyanabcde@yeah.net

收稿日期:2010-01-18 接受日期:2010-04-20

系, 可预测性不强, 最大斑块指数随粒度增大而增大, 尺度效应与景观格局特征明显。李明杰等<sup>[8]</sup>对汕头市的研究表明, 斑块密度、景观聚集度随粒度增大而变小。杨丽等<sup>[9]</sup>对泾河流域的研究认为, 景观聚集度、Shannon 多样性指数随粒度增加呈下降趋势, 最大斑块指数随粒度的变化曲线比较复杂。

土地利用分类的不确定性对景观指数的影响前人研究相对较少<sup>[12]</sup>。本研究以黄土高原地形复杂的山西省闻喜县为例, 分析空间粒度变化及土地利用分类对景观指数的影响, 揭示该区景观空间结构及其空间变化的规律性和尺度效应, 为空间格局的优化配置、结构的优化调整及基于景观指数进行不同尺度下土地利用类型、土地利用格局变化预测、对比分析和评价以及土地利用与尺度之间关系的研究提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区概况

闻喜县位于山西省西南部, 运城盆地与临汾盆地的交界处,  $110^{\circ}59'33''\sim 111^{\circ}37'29''E$ 、 $35^{\circ}9'38''\sim 35^{\circ}34'11''N$ , 面积  $1\ 160\ km^2$ 。闻喜县地处黄土高原, 地形复杂多样, 河谷、垣地、丘陵、山地共存。三面环山, 地势西北、东南高, 中间低。中条山横亘东南, 平均海拔  $1\ 100\ m$ , 最高唐王山海拔  $1\ 571\ m$ ; 西有稷王山, 海拔  $1\ 279\ m$ ; 东有紫金山, 海拔  $1\ 000\ m$  左右。中部和南部地势平坦, 海拔多在  $650\ m$  以下。峨嵋岭位于县境北部, 海拔  $650\sim 800\ m$ 。境内河流主要有涑水河及沙渠河, 涑水河发源于绛县陈村峪, 在该县境内流  $32.5\ km$ , 由东向西南流入黄河, 沙渠河发源于唐王山北麓, 由东向西于县城北汇入吕庄水库。

### 1.2 数据来源及处理

本研究所采用数据为闻喜县 2005 年  $1\ 10\ 000$  土地利用现状图, 包括旱地、菜地、水田、园地、林地、草地、居民点及工矿用地、交通用地、未利用地和水域 10 种土地利用类型, 如图 1 所示。以这 10 种土地利用类型为基础, 通过对各种土地利用类型的不断归并, 并根据土地利用分类三大类、八大类和全国第 2 次土地调查土地利用分类系统的标准, 最终形成基于同一数据源的 8 种不同土地利用分类系统(亦即生成 8 种景观), 分别包括 3、4、5、6、7、8、9 和 10 种土地利用类型(表 1)。应用 ArcGIS 软件将土地利用变化后生成的 8 种景观分别转换成  $30\ m$ 、 $60\ m$ 、 $90\ m$ 、 $120\ m$ 、 $150\ m$ 、 $180\ m$ 、 $210\ m$ 、 $240\ m$ 、 $270\ m$ 、 $300\ m$  10 个粒度等级的栅格图, 栅格单元采用优势类型法赋值。

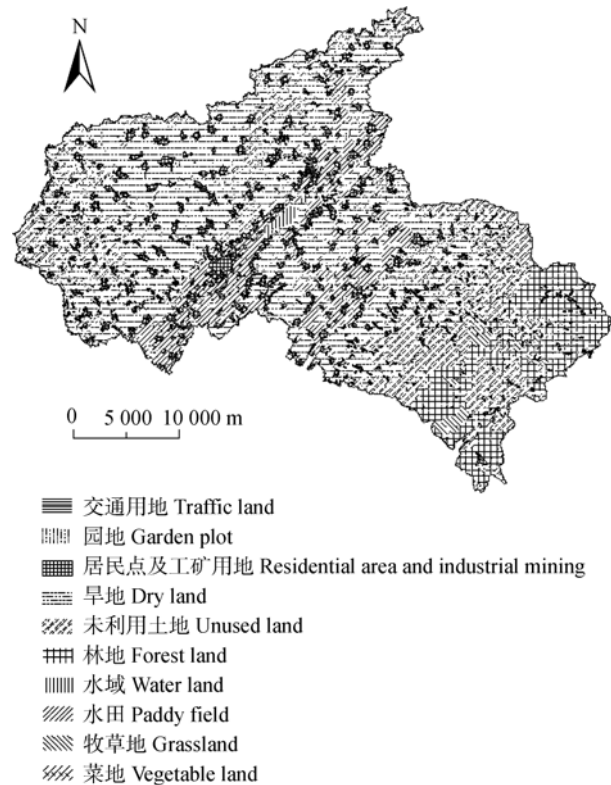


图 1 2005 年闻喜县土地利用现状图

Fig. 1 Land-use map of Wenxi County in 2005

### 1.3 景观指数的选取及计算

景观指数一般可从斑块、斑块类型、景观等 3 个水平来定义。斑块水平反映景观中单个斑块的结构特征, 是计算其他景观级别指标的基础; 斑块类型水平反映景观中不同斑块类型各自的结构特征; 景观级别水平反映景观的整体结构特征。由于景观指数相关性<sup>[13-14]</sup>, 本文在综合各景观指数独立性的基础上, 在景观水平上从周长/密度/边长、形状、聚集度、多样性 4 种类型方面选取了斑块密度、最大斑块指数、景观形状指数、周长面积比分维数、景观聚集度、Shannon 多样性指数来研究空间粒度及土地利用分类系统对景观指数的影响(表 2)。各指数的计算公式见 FRAGSTATS 网站<sup>[15]</sup>。

Fragstats 是由美国俄勒冈州立大学森林科学系开发的一个景观指标计算软件<sup>[16]</sup>, 有两种版本, 矢量版本运行在 ARC/INFO 环境中, 接受 ARC/INFO 格式的矢量图层; 栅格版本可以接受 ARC/INFO、IDRISI、ERDAS 等多种格式的栅格数据, 两个版本的区别在于: 1) 栅格版本可以计算最近距离、邻近指数和蔓延度, 而矢量版本不能; 2) 对边缘的处理, 由于格网化的地图中, 拼块边缘总是大于实际边缘, 因此栅格版本在计算边缘参数时会产生误差, 这种误差依赖于网格的分辨率。

本研究景观指数计算是在 Fragstats 的栅格版本中进行的, 采用的数据格式为 ArcGRID 格式。

表 1 8 种不同土地利用分类系统

Tab. 1 Eight different land-use classification systems

分类系统 1 Classification system one	分类系统 2 Classification system two	分类系统 3 Classification system three	分类系统 4 Classification system four	分类系统 5 Classification system five	分类系统 6 Classification system six	分类系统 7 Classification system seven	分类系统 8 Classification system eight
农用地 Farmland	农用地 Farmland	农用地 Farmland	耕地 Cultivated land	耕地 Cultivated land	耕地 Cultivated land	旱地 Dry land	旱地 Dry land
						水田 Paddy field	水田 Paddy field
			园地 Garden plot	园地 Garden plot	园地 Garden plot	园地 Garden plot	园地 Garden plot
	林草地 Forest and grassland	林地 Forest land	林地 Forest land	林地 Forest land	林地 Forest land	林地 Forest land	林地 Forest land
	建设用 地 Construction land	草地 Grassland	草地 Grassland	草地 Grassland	草地 Grassland	草地 Grassland	草地 Grassland
	建设用 地 Construction land	建设用 地 Construction land	建设用 地 Construction land	居民点及工 矿用地 Residential area and industrial mining	居民点及工 矿用地 Residential area and industrial mining	居民点及工 矿用地 Residential area and industrial mining	居民点及工 矿用地 Residential area and industrial mining
				交通用 地 Traffic land	交通用 地 Traffic land	交通用 地 Traffic land	交通用 地 Traffic land
未利用 地 Unused land	未利用 地 Unused land	未利用 地 Unused land	未利用 地 Unused land	未利用 地 Unused land	水域 Water land	水域 Water land	水域 Water land
					未利用 地 Unused land	未利用 地 Unused land	未利用 地 Unused land

表中各列表示各种分类系统的具体构成 Every column shows the specific composition of different classification systems in the table.

表 2 研究中应用的景观指数及其生态学意义

Tab. 2 Landscape indices used in the study and their ecological significance

景观指数 Landscape indices	缩写 Abbreviation	生态学意义 Ecological significance
斑块密度 Patch density	PD	反映景观破碎程度
周长面积比分维数 Perimeter-area fractal dimension	PAFRAC	反映类型斑块的形状复杂程度
景观聚集度 Landscape contagion	CONTAG	反映景观里不同斑块类型的团聚程度或延展趋势
景观形状指数 Landscape shape index	LSI	反映整体景观的形状复杂程度
最大斑块指数 Largest patch index	LPI	反映斑块的集中程度和景观的优势类型
Shannon 多样性指数 Shannon diversity index	SHDI	反映景观组分数量和比例的变化情况

## 2 结果与分析

### 2.1 空间粒度变化对景观指数的影响

在对 8 种不同土地利用分类系统下景观格局指数随粒度变化规律进行统计分析的基础上,为直观地反映土地利用类型数不同时景观格局指数随粒度的变化规律,选取土地利用类型数为 3、6 和 9 时景观水平上各景观格局指数随粒度的变化,如图 2 所示。

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变化<sup>[13]</sup>。从图 2 可以看出,景观指数随粒度的增加呈以下 3 种变化趋势:(1)随粒度增加,景观格局指数呈不断下降趋势,且下降幅度越来越小,无明显的尺度转折点,如斑块密度、景观形状指数、景观聚集度。斑块密度随粒度增加而下降,说明随粒度增加斑块数逐渐减少、景观越来越集中。景观形状指数随粒度增加而下降,说明随粒度增加整个景观形状由复杂变的越来越简单。景观聚集度随粒度增加而下降,说明不同斑块类型之间的聚集程度有所下降。同时也说明粒度增加尽管可以改变斑块形状、融合小的斑块、降低不同土地类型的聚集程度,但不会使其发生急剧变化。(2)随粒度增加,景观格局指数总体呈上升趋势,且有明显的尺度转折点,如周长面积比分维数。在 30~60 m 粒度范围

内该指数出现较大幅度增加,说明在此范围内,景观斑块形状变化较大;在 60~300 m 粒度范围内该指数变化幅度较小,60 m 粒度处有明显尺度转折点。(3)随粒度增加,景观格局指数无明显变化,如最大斑块指数、Shannon 多样性指数。在土地利用类型数为 3、6 时,最大斑块指数随粒度增加变化范围小,土地利用类型数为 3 时,该指数最大值和最小值相差 2.051 2;土地利用类型数为 6 时,该指数最大值和最小值之间相差 2.255 8;在土地利用类型数为 9 时,在粒度为 60 m、120 m 和 150 m 时,该指数发生突变,其指数值明显小于其他粒度下的指数值。Shannon 多样性指数变化趋势说明随着粒度的增加,各种土地利用景观在整个景观中所占的比例没有明显变化。

### 2.2 土地利用分类对景观指数的影响

在研究了 10 种不同空间粒度下景观指数随土地利用分类变化规律的基础上,为直观显示其变化规律,选取粒度为 30 m、120 m、210 m、300 m 4 种粒度来说明土地利用分类对景观格局指数的影响,如图 3 所示。

随土地利用类型数增多,斑块密度呈阶梯式上升趋势。土地利用类型数为 4 和 5、6 和 7、9 和 10 的斑块密度值几乎相同。粒度为 30 m 时,土地利用类型数对斑块密度的影响较大,粒度为 300 m 时,不同土地利用类型数对该指数的影响较小。可以发现,随粒度增加,土地利用类型数对该指数的影响逐渐减小。

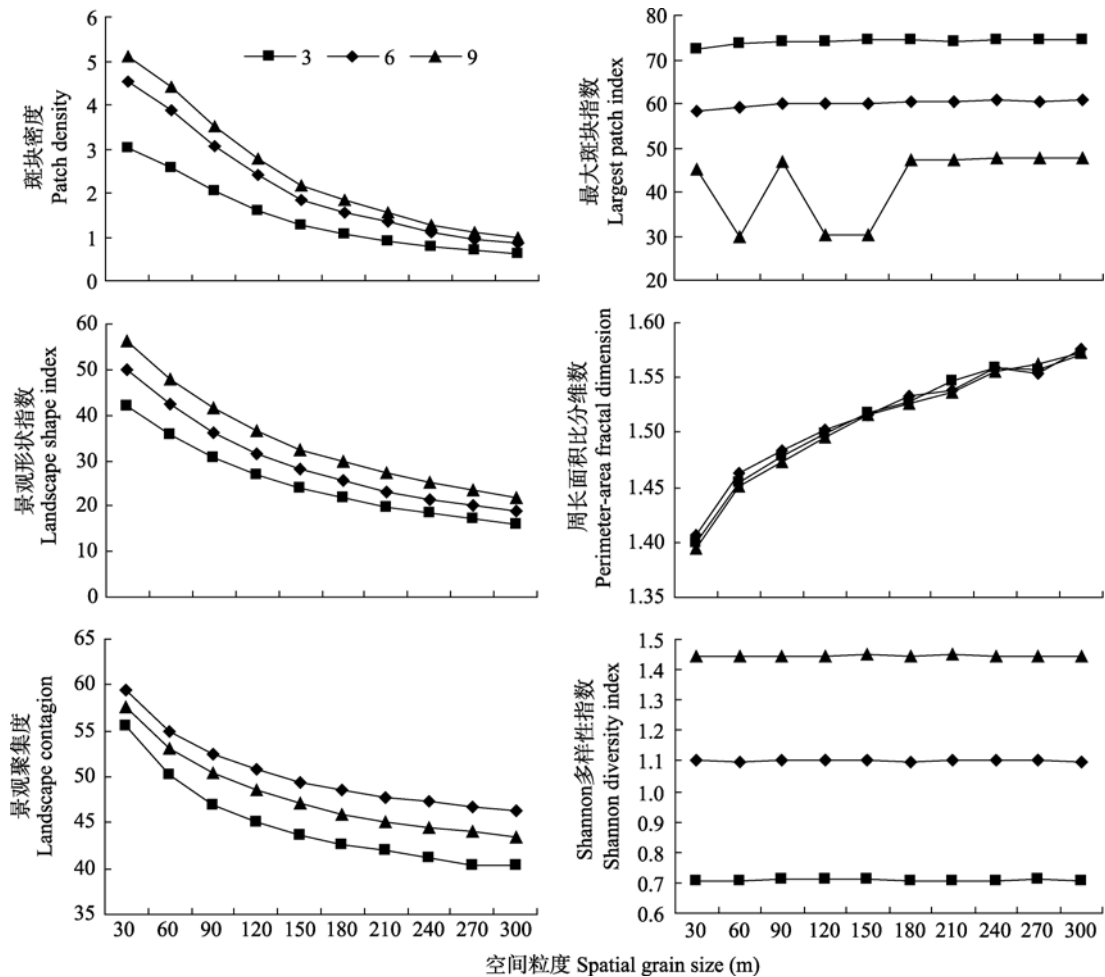


图 2 不同土地利用类型数下景观格局指数随空间粒度的变化

Fig. 2 Changes of landscape indices of different land-use types under different spatial grain sizes

最大斑块指数随土地利用分类的增加呈阶梯式下降趋势。土地利用类型数为 4、5、6、7、8 时, 该指数值无明显变化; 且土地利用类型数为 9 和 10 时, 该指数值几乎相同。同时可知, 当土地利用类型数为 8 以下时, 粒度对该指数几乎没有影响; 土地利用类型数为 9 和 10 时, 粒度对该指数影响较大。

随土地利用分类数的增加, 景观形状指数呈阶梯式上升趋势。土地利用类型数为 6、7、8 时, 景观形状指数值无明显变化, 土地利用类型数为 9、10 时, 该指数几乎无变化。且当粒度为 30 m 时, 土地利用类型数对该指数的影响最大, 随着粒度增加, 土地利用类型数对该指数的影响逐渐减小。

随土地利用类型数增加, 周长面积比分维数总体上无明显变化。粒度为 30 m 时, 该指数随土地利用类型数的变化有较大幅度减少, 但粒度为 300 m 时, 减少幅度很小。不同粒度下, 土地利用类型数为 6 和 7、9 和 10 时, 周长面积比分维数几乎相同。随着粒度的增加, 土地利用类型数对该指数的影响逐渐减小。

随土地利用类型数增加, 景观聚集度呈不规律变化, 说明该指数对土地利用类型数目的多少较敏感。

随土地利用类型数的增加, Shannon 多样性指数

呈阶梯式上升趋势。说明土地利用类型数越多, 各种景观在整个景观中所占的比例越均匀。土地利用类型数为 6 和 7、9 和 10 时, 该指数值无明显变化。

综合各指数可知, 土地利用类型数为 6 和 7、9 和 10 时, 各景观指数值都几乎没有变化。从土地利用分类系统的变化可知, 土地利用类型数为 7 是在土地利用类型数为 6 的基础上把建设用地分为居民点及工矿用地和交通用地两类。土地利用类型数为 10 是在土地利用类型数为 9 的基础上进一步把旱地分为旱地和菜地两类。而交通用地、菜地在整个景观中所占比例很小, 可能因此最终出现了上述结果。

### 3 结论与讨论

随着粒度的增加, 各景观格局指数都呈现出明显的尺度效应。其中斑块密度、景观形状指数、景观聚集度随粒度的增加逐渐减小, 没有尺度转折点。同时也说明, 随粒度的变化, 这 3 个指数的可预测性较强。周长面积比分维数随粒度增加呈上升趋势, 粒度 60 m 处有明显的尺度转折点。最大斑块指数、Shannon 多样性指数随粒度的增加无明显变化, 且土地利用分类数目不同时, 各指数随粒度的增加

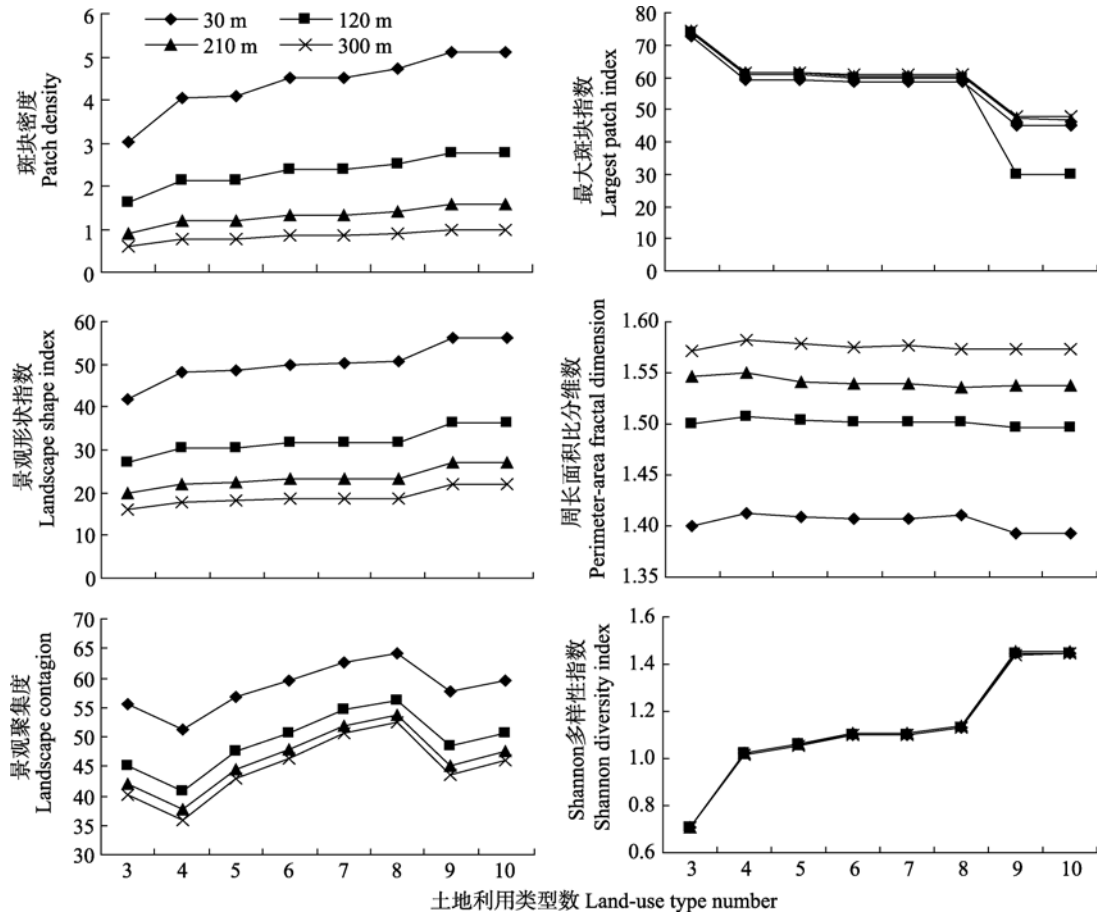


图 3 不同粒度下景观格局指数随土地利用类型数的变化

Fig. 3 Changes of landscape indices of different spatial grain sizes under different land-use types

变化规律相同,但指数值并不相同,也说明了土地利用分类对景观指数值的影响。

当土地利用分类系统不同时,各景观指数值会发生明显变化。随土地利用类型数的增加,景观指数呈现出阶梯式上升、阶梯式下降、无明显变化以及无变化规律 4 种趋势;且粒度不同时,景观指数上升和下降的幅度不同,这既说明了景观指数的粒度效应,也说明不同尺度下,土地利用分类对景观指数的影响不完全相同。从土地利用类型数为 6 和 7、9 和 10 时,各景观指数值都没有明显变化以及交通用地和菜地在整个景观中所占的比例,可以推断当某一景观在整个景观中所占比例较小时,该景观是否作为一种单独的景观对景观格局指数值几乎没有影响,即在描述土地利用景观格局时,可以把该景观并入上一级景观中。

对于图 2 最大斑块指数在土地利用类型数为 9 时的值在 60 m、120 m、150 m 处有较大变化的原因还需要进一步研究。

## 参考文献

- [1] Wiens J A. Spatial scaling in ecology[J]. *Functional Ecology*, 1989, 3: 385-397
- [2] 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
- [3] O'Neill R V, Krummel J R, Gardner R H, et al. Indices of landscape pattern[J]. *Landscape Ecology*, 1988, 1(3): 153-162
- [4] Haines-Young R, Chopping M. Quantifying landscape structure: A review of landscape indices and their application to forested landscapes[J]. *Progress in Physical Geography*, 1996, 20(4): 418-445
- [5] 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
- [6] 赵文武, 傅伯杰, 陈利顶. 景观指数的粒度变化效应[J]. *第四纪研究*, 2003, 23(3): 326-333
- [7] 申卫军, 邬建国, 林永标. 空间粒度变化对景观格局分析的影响[J]. *生态学报*, 2003, 23(12): 2506-2519
- [8] 李明杰, 钱乐祥, 夏丽华, 等. 汕头市土地利用景观指数粒度效应初探[J]. *地理与地理信息科学*, 2008, 24(6): 93-96
- [9] 杨丽, 甄霖, 谢高地, 等. 泾河流域景观指数的粒度效应分析[J]. *资源科学*, 2007, 29(2): 183-187
- [10] 李小马, 刘常富. 景观格局指数的粒度效应——以沈阳城市森林为例[J]. *西北林学院学报*, 2009, 24(2): 166-170
- [11] 时嘉凯, 陈东辉, 陈亮. 上海市青浦区景观格局的粒度效应分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2007, 16(Z2): 26-32
- [12] 彭建, 王仰麟, 张源, 等. 土地利用分类对景观格局指数的影响[J]. *地理学报*, 2006, 61(2): 157-168
- [13] 陈文波, 肖笃宁, 李秀珍. 景观指数分类、应用及构建研究[J]. *应用生态学报*, 2002, 13(1): 121-125
- [14] 布仁仓, 胡远满, 常禹, 等. 景观指数之间的相关性[J]. *生态学报*, 2005, 25(10): 2765-2775
- [15] McGarigal K. Landscape ecology program[EB/OL]. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
- [16] McGarigal K, Marks M. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure[R]. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 1995: 1-132