

# 长沙市土地利用格局变化的空间粒度效应

陈永林<sup>1,2</sup>, 谢炳庚<sup>1</sup>, 李晓青<sup>1</sup>

(1. 湖南师范大学资源与环境科学学院, 湖南 长沙 410081; 2. 赣南师范学院地理与规划学院, 江西 赣州 341000)

**摘要:** 基于2003年、2006年、2009年及2013年的遥感图像对长沙市土地利用进行分类, 在ArcGIS 10.0、ENVI 4.8、Fragstats 4.0和Excel 2007软件的支持下, 通过上推尺度像元的比例占优法改变空间粒度, 从类型水平和景观水平上分析了土地利用格局变化的粒度效应。得出以下结论: ① 类型水平上, 随着粒度的增大, 各土地类型的指数呈现出3种变化趋势: 增大、减小及无明显规律; 随着时间的变化, 空间粒度越小, 对斑块密度及斑块形状指数变化的影响越明显。空间粒度越大, 对斑块结合度和斑块集聚度变化的影响越明显。② 景观水平上, 随着粒度的增大, 蔓延度指数先减小后基本不变; 香农多样性指数和香农均匀度指数缓慢减小; 随着时间的变化, 蔓延度指数呈减小的趋势, 香农多样性指数和均匀度指数呈增大的趋势。90 m是本研究中分析空间粒度的最佳值。

**关键词:** 土地利用格局; 空间粒度效应; 长沙市

**中图分类号:** F301.24

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0690(2016)04-0564-07

土地利用格局及其动态变化研究逐渐成为景观生态学的研究热点<sup>[1]</sup>。尺度是地理学和生态学均需要解决的关键问题之一<sup>[2]</sup>。生态学中的空间尺度通常指空间幅度或粒度, 空间粒度是指空间最小可辨识单元所代表的特征长度、面积或体积, 如样方、像元, 随着像元大小的改变, 分析结果也随之改变<sup>[3]</sup>。国外地理学及生态学从20世纪60年代起就对尺度问题给予特别的关注, 大部分研究集中在尺度的涵义、分析方法及土地利用格局的尺度效应等方面<sup>[4-9]</sup>。在当前地理学和生态学重要的土地利用研究领域里, 国内也有越来越多学者注意到尺度问题的重要性<sup>[10]</sup>。纵观当前国内土地利用格局的尺度效应研究, 主要集中在2个方面: 一是讨论空间尺度对景观指数的影响<sup>[11-15]</sup>, 二是讨论尺度分析的方法与模型构建<sup>[16-19]</sup>。这些研究虽然指出了土地利用景观指数具有明显的尺度效应, 分析土地利用格局必须选择适宜的尺度分析

方法, 但是大部分研究只停留在空间尺度对某一时点上的景观格局影响, 强调静态格局的尺度效应, 而较少关注动态格局变化的尺度效应, 尤其是在土地利用的格局变化空间粒度效应方面的研究还比较欠缺。本研究以长沙市为例, 从不同空间粒度出发, 选取不同时点的多个景观指数, 在类型水平和景观水平2个层次上探讨土地利用格局动态变化的粒度效应, 分析空间粒度对格局变化的影响, 为在不同尺度下利用景观格局指数进行土地利用格局变化预测、对比分析及评价的相关研究提供理论参考。

## 1 研究区与方法

### 1.1 研究区概况

长沙市地处湖南东部偏北的湘江下游河谷平原, 地理位置为111°53'E~114°5'E, 27°51'N~28°40'N, 与岳阳、益阳、娄底、株洲、湘潭和江西萍乡接壤。全市总面积1.18×10<sup>4</sup>km<sup>2</sup>, 其中市区面积554

**收稿日期:** 2015-03-13; **修订日期:** 2015-07-21

**基金项目:** 教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(14JJD720016)、湖南省科技计划项目(2014ZK3126)、湖南省生态文明研究院开放基金、江西省高校人文社会科学项目(SH1401)、江西省社科规划项目(15SH10)和江西省教育厅科技项目(GJJ151018)资助。[Foundation: Humanities and Social Science Research Base Major Projects of the Ministry of Education (14JJD720016), Science and Technology Program of Hunan Province(2014ZK3126), Ecological Civilization Institute Open Fund Project of Hunan Province, Humanities and Social Science Project of Jiangxi Colleges (SH1401), Social Science Planning Project of Jiangxi Province (15SH10), Science and Technology Project of Jiangxi Provincial Department of Education (GJJ151018).]

**作者简介:** 陈永林(1977-), 男, 江西兴国人, 博士, 副教授, 主要研究方向为土地利用与景观生态。E-mail: gnsycyl@163.com

**通讯作者:** 谢炳庚, 教授。E-mail: xbgyb@sina.com

km<sup>2</sup>。研究区地势呈西南高东北低,湘江纵贯南北,系湘东山地、湘中丘陵和洞庭湖平原结合部。研究区属亚热带湿润季风气候,年均气温17.5℃,年降水量1 378 mm。研究区现辖长沙县、浏阳市、宁乡县等3个县(市)和芙蓉、天心、岳麓、开福、雨花、望城6个城区。

## 1.2 数据来源与处理

本研究的基础数据源自2003年、2006年、2009年的Landsat 4~5TM影像及2013年的Landsat 8 OLI影像(分辨率均为30 m)。数据来源于中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn>)。遥感影像经几何校正、大气校正后进行裁剪和拼接处理,得到4幅不同年份的长沙市遥感图像。在ENVI 4.8软件支持下,根据不同色调及纹理特征,采用最大似然法对遥感图像进行监督分类,得到4个时期的土地利用分类图。精度评价结果显示,各期土地利用类型的分类精度均在80%以上,达到了本研究的精度要求。考虑长沙地区草地面积相对较小,在土地分类过程中采用一级分类系统,将土地利用类型分为:耕地、林地、水体、建设用地和未利用地5大类。

## 1.3 研究方法

本文用比例占优法来探讨土地利用格局的尺度效应,该方法是从转换的网格中选取网格数量最多的类型作为输出网格的类型,如果存在2个或多个优势类型,随机选择其中之一作为输出网格的类型<sup>[20]</sup>。首先结合4个时期30 m粒度的土地利用分类图,基于比例占优法并运用IDL语言编程来获得60~300 m不同粒度的土地利用分类图,然后将尺度转换后得到的不同时期和不同粒度土地利用分类栅格图导入Fragstats 4.0软件计算景观格局指数。参考前人<sup>[15]</sup>的研究经验,并结合实际情况在景观水平上选取了香农多样性指数(SHDI)、香农均匀度指数(SHEI)和蔓延度指数(CONTAG),在类型水平上选取了斑块密度指数(PD)、最大斑块占景观面积比指数(LPI)、景观形状指数(LSI)、周长-面积分形维数(PAFRAC)、斑块结合指数(COHESION)和聚集指数(AI)。指数计算方法及其生态学意义见文献<sup>[20]</sup>。

# 2 结果与分析

## 2.1 斑块类型水平上的空间粒度效应

### 2.1.1 土地利用格局现状的粒度效应

选取2013年的土地利用格局数据,以空间粒

度为横坐标,景观指数为纵坐标,作出不同土地类型的景观指数随空间粒度变化示意图(图1)。

可以看出在不同空间粒度下,各土地利用类型的景观指数呈现以下变化特点:

1) 景观指数呈现出3种变化趋势:一是随着粒度的增加,指数呈现出下降的趋势,如斑块密度指数、景观形状指数、斑块结合指数和集聚指数;二是随着粒度的增加,指数呈现上升的趋势,如周长-面积分形维数指数;三是随着粒度的增加,指数变化规律不明显,如最大斑块面积比指数。

2) 斑块密度指数和景观形状指数呈明显下降的趋势,其中下降得最明显的土地利用类型是林地、耕地和建设用地(斑块密度指数降幅在2.5~3之间,景观形状指数降幅在250~300之间),而水体下降较不明显(斑块密度指数降幅在0.35~0.2之间,景观形状指数降幅在20~50之间),说明空间粒度的增加使优势类型的面积不断增加,从而导致斑块密度减少,景观形状指数也减小。

3) 斑块结合度和斑块集聚度指数除未利用地之外,其他土地类型呈缓慢下降的趋势。林地的斑块结合指数和斑块集聚度变化最小,未利用地变化最大,表明空间粒度的增大对林地的结合度和集聚度影响最小,对未利用地的结合度和集聚度影响最大。斑块集聚度在空间粒度小于90 m之前变化较大,之后变化较小,90 m是指数的尺度拐点。

4) 周长-面积分形维数指数呈上升趋势。从各土地类型来看,该指数的变化幅度基本一致,都在0.5~0.6之间。同样地,周长-面积分形维数在空间粒度小于90 m之前变化较大,之后变化较小,90 m是指数的尺度拐点。未利用地在210 m和240 m处出现了拐点。

5) 最大斑块面积比变化规律不明显。在空间粒度大于90 m之后,林地的最大斑块面积比随空间粒度的增加而缓慢增加,建设用地的最大斑块面积比基本不变。耕地的最大斑块面积比随空间粒度的增加而缓慢增加。其他土地类型的指数基本不变。

### 2.1.2 土地利用格局随时间变化的粒度效应

为找出不同土地利用类型格局随时间变化的粒度效应,以时间为横坐标,以各土地利用类型的景观指数为纵坐标,选取间隔为60 m的空间粒度对应值作出不同土地利用类型格局随时间变化的粒度效应图(图2)。土地利用格局随时间变化具

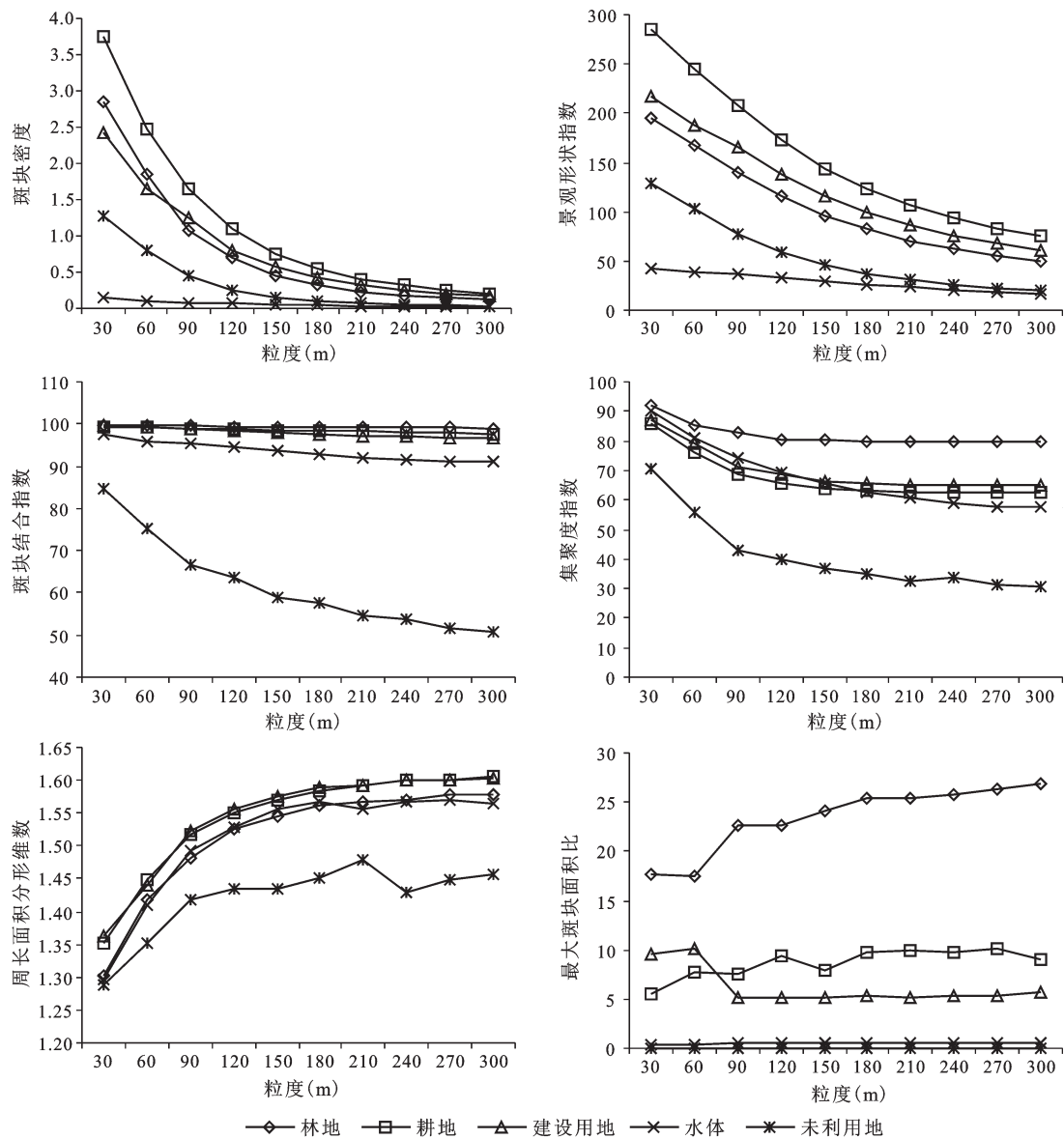


图1 不同土地利用格局现状的空间粒度效应

Fig.1 Effects of grain size on different land use landscape

有以下几个特点:1)林地与耕地的斑块密度随时间变化不断增大,建设用、水体的斑块密度先增大后减小,未利用地的斑块密度先减小后增大;2)斑块结合度和斑块集聚度随时间变化的特征基本一致:林地、耕地及未利用地的指数先增大后减小,建设用地及水体的指数先减小后增大;3)斑块形状指数除水体外,其他均呈缓慢增加的趋势,空间粒度越小,这种变化越明显。表明大部分土地利用类型的斑块越来越细碎,形状越来越不规整,呈现出破碎化的趋势;4)周长-面积分形维数随时间变化基本不变,且在30 m及90 m的空间粒度下周长-面积分形维数最小,随后基本一致;5)最大

斑块面积比随时间变化无规律,各空间粒度下的最大斑块面积比也有较大差别,无规律可循。

综上,对不同土地利用格局在时间上的变化而言,空间粒度效应表现为:空间粒度越小,对斑块密度及斑块形状指数变化的影响越明显;空间粒度越大,对斑块结合度和斑块集聚度变化的影响越明显;空间粒度对周长-面积分形维数变化的影响不大,对最大斑块面积比变化的影响无规律可循。

## 2.2 景观水平上的空间粒度效应

### 2.2.1 土地利用格局现状的粒度效应

在不同空间粒度下的景观指数变化特征(图3)具有以下特点:

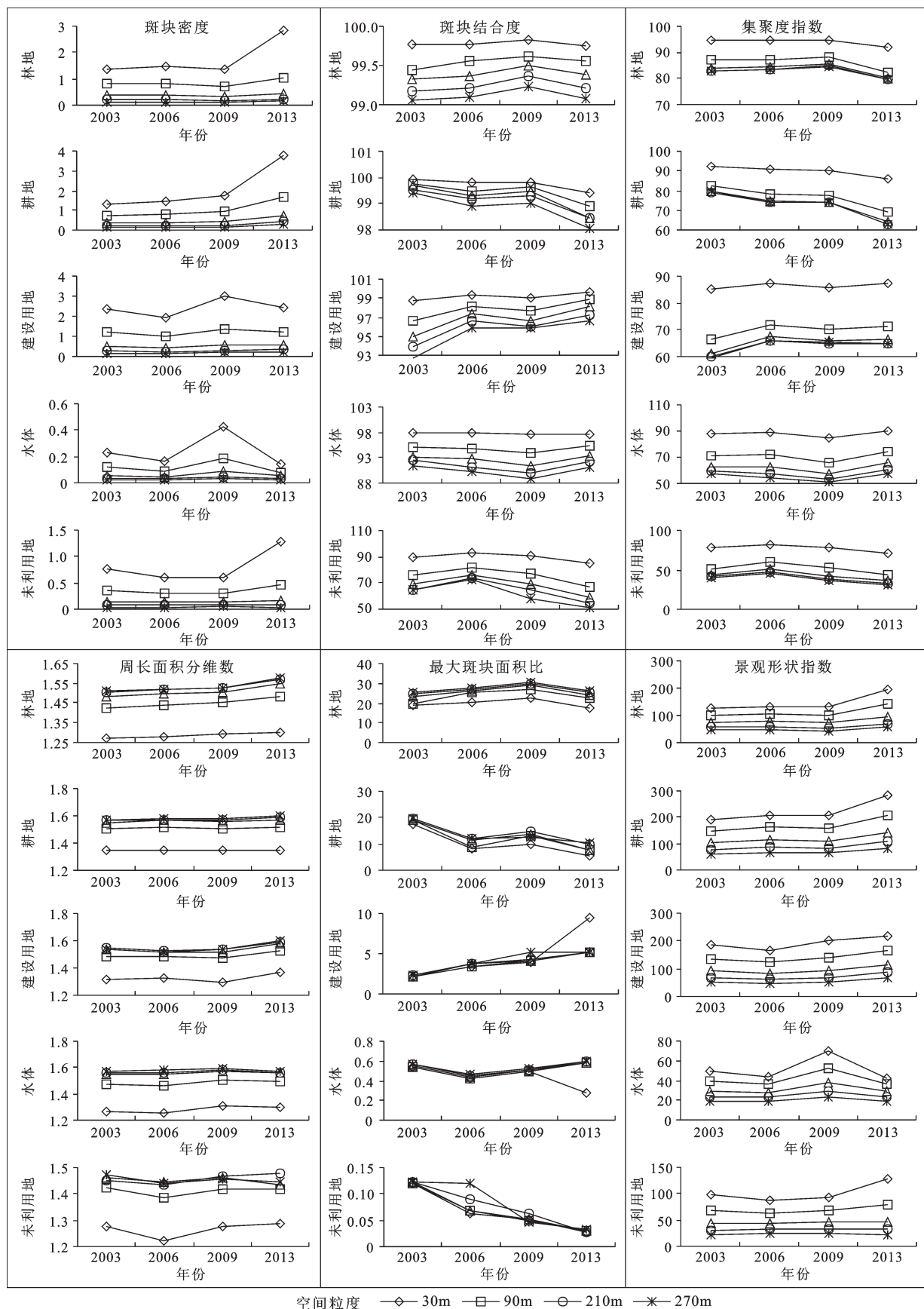


图2 不同土地利用格局随时间变化的粒度效应

Fig.2 Effects of spatial grain size on different land use landscape changed with time



1) 蔓延度指数随空间粒度的增大先减小,在空间分辨率增大至90 m后基本不变。蔓延度指数反映景观里不同斑块类型的团聚程度或延展趋势。蔓延度指数随空间粒度的增大而减小,表明整体景观的破碎化程度随粒度的增大而增大,当空间粒度大于90 m后,粒度变化对景观的破碎化程度影响不大。

2) 香农多样性指数和香农均匀度指数随空间粒度的增大而缓慢减小。指数减小说明空间粒度增大,景观异质性减小。除2003年及2009年的指数在空间粒度为60 m处有一拐点之外,其他指数随空间粒度的增大而缓慢减小。

### 2.2.2 土地利用格局随时间变化的粒度效应

在景观水平上,选取不同时点的上述3个指数进行分析。在不同时点的景观指数变化(图4)具有以下特点:

1) 随着时间的变化,蔓延度指数呈总体减小的趋势。除30 m空间粒度下2009年的蔓延度略有上升外,其余空间粒度下的蔓延度均下降。空

间粒度在90 m以上的蔓延度变化规律基本一致。表明在90 m以上的空间粒度对蔓延度指数变化的影响基本不大。

2) 随着时间的变化,香农多样性指数和香农均匀度指数均增大。除30 m空间粒度下2009年的香农均匀度略有下降外,其空间粒度尺度下的香农多样性和均匀度均上升,空间粒度在90 m以上的香农多样性指数和香农均匀度指数也变化规律基本一致。表明90 m以上的空间粒度对香农多样性指数和香农均匀度指数变化的影响不大。

通过以上分析比较各指数的空间粒度效应,我们选择不同指数变化的拐点来划分粒度阈,并选择第一粒度阈的中等偏大的粒度作为最佳粒度值<sup>[21,22]</sup>。90 m是各种土地利用类型在各个时点的大部分景观格局指数的粒度拐点,因此,我们可以初步认为90 m为本研究中最佳分析粒度。

## 3 结论

空间粒度的变化对景观格局指数的影响较为

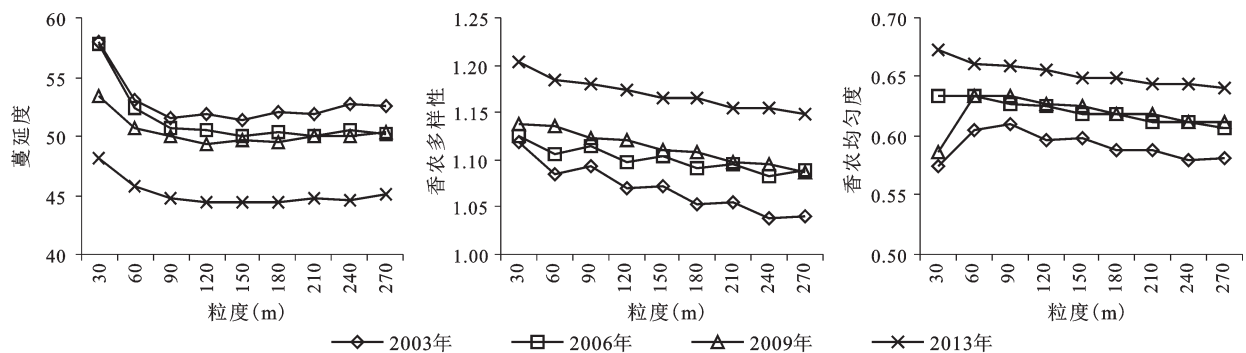


图3 景观水平上土地利用格局现状的粒度效应

Fig.3 Effects of grain size of land use situation on landscape level

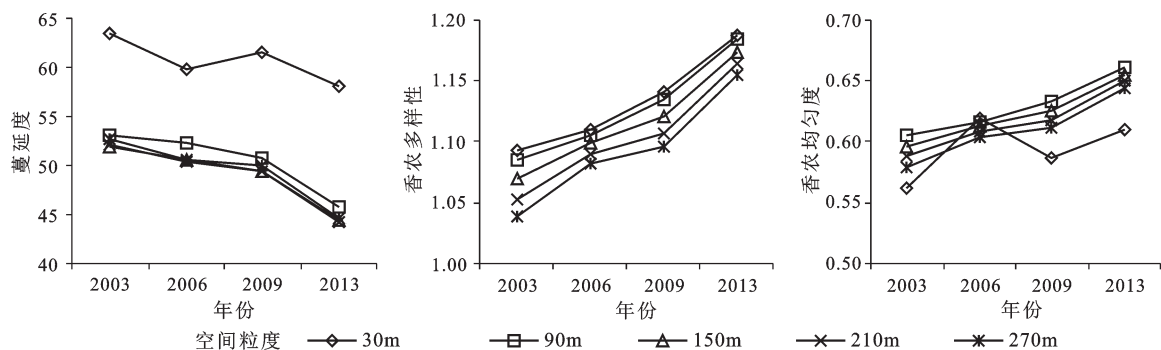


图4 景观水平上土地利用格局变化的粒度效应

Fig.4 Effects of grain size of land use change on landscape level

明显,主要表现在以下2个方面:

1) 类型水平上,土地利用格局现状的粒度效应表现为:各类型景观的指数随着粒度的增加呈3种变化趋势:斑块密度指数、景观形状指数、斑块结合指数和集聚指数等指数缓慢下降,周长-面积分形维数缓慢上升,最大斑块面积变化规律不明显;土地利用格局变化的粒度效应表现为:空间粒度越小,对斑块密度及斑块形状指数变化的影响越明显;空间粒度越大,对斑块结合度和斑块集聚度变化的影响越明显,空间粒度对周长-面积分形维数变化的影响不大,对最大斑块面积比变化的影响无规律可循。

2) 景观水平上,土地利用格局现状的粒度效应表现为:蔓延度指数随空间粒度的增大先减小、在空间分辨率增大至90 m后基本不变;香农多样性指数和香农均匀度指数随空间粒度的增大而缓慢减小。土地利用格局变化的粒度效应表现为:随着时间的变化,蔓延度指数呈总体减小的趋势,香农多样性指数和香农均匀度指数均增大。空间粒度在90 m以上的蔓延度、香农多样性指数和香农均匀度指数变化规律基本一致。90 m是本研究分析空间粒度的最佳值。

景观格局指数具有明显的粒度效应。从不同空间粒度和不同时间探讨土地利用格局变化的粒度效应,是研究土地利用格局变化的一次有益尝试。诚然,在分析土地利用格局变化的粒度效应的过程中难免存在一些误差,如遥感图像的分类精度、空间粒度的选取及土地利用格局指标的舍取等,很难科学准确把握,这些问题有待在后续的研究中解决。

## 参考文献(References):

- [1] 刘源鑫, 焦峰. 黄土高原丘陵区景观特征与景观指数粒度效应研究[J]. 水土保持研究, 2013, 20(3): 23-27, 31. [Liu Yuanxin, Jiao Feng. Landscape pattern characteristics and grain effect of landscape index in loess hilly region. Research of Soil and Water Conservation, 2013, 20(3): 23-27, 31.]
- [2] 傅丽华, 谢炳庚, 张晔. 长株潭核心区土地利用生态风险多尺度调控决策[J]. 经济地理, 2012, 32(7): 118-122. [Fu Lihua, Xie Bingeng, Zhang Ye. Multi-Scale controlling decision of land use ecological risk in Chang-Zhu-Tan core area. Economic Geography, 2012, 32(7): 118-122.]
- [3] 徐丽, 卞晓庆, 秦小林, 等. 空间粒度变化对合肥市景观格局指数的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(5): 1167-1173. [Xu Li, Bian Xiaoqing, Qin Xiaolin et al. Effects of grain size change on landscape pattern indices of Hefei City. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(5): 1167-1173.]
- [4] Haines Y 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] Santiago S, Martínez-Millán J. Landscape patterns simulation with a modified random clusters method [J]. Landscape Ecology, 2000, 15(7): 661-667.
- [6] Gal Yaacobi Yaron Ziv, Michael L Rosenzweig. Effects of interactive scale-dependent variables on beetle diversity patterns in a semiarid agricultural landscape[J]. Landscape Ecology, 2007, (22): 687-703.
- [7] Corry R C, Laforteza R. Sensitivity of landscape measurements to changing grain size for fine scale design and management[J]. Landscape and Ecological Engineering, 2007, (3): 47-53.
- [8] Fotheringham A S, Wong D W S. The modifiable areal unit problem in multivariate statistical analysis[J]. Environment and Planning A, 1991, 23: 1025-1044.
- [9] Wu J G. Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations[J]. Landscape Ecology, 2004, 19(2): 125-138.
- [10] 陈睿山, 蔡运龙. 土地变化科学中的尺度问题与解决途径[J]. 地理研究, 2010, 29(7): 1244-1256. [Chen Ruishan, Cai Yunlong. Progress in the study of scale issues in land change science. Geographical Research, 2010, 29(7): 1244-1256.]
- [11] 马丽梅, 王观湧, 杨伟, 等. 聚落景观粒度空间转换响应及机理分析[J]. 水土保持研究, 2015, 22(4): 276-281. [Ma Limei, Wang Guanyong, Yang Wei et al. Analysis on the mechanism of the Settlement Landscape granularity conversion response in Caofeidian new district. Research of Soil and Water Conservation, 2015, 22(4): 276-281.]
- [12] 乔伟峰, 吴江国, 王亚华. 多尺度粒度变化对区域土地利用景观格局的影响——以镇江市为例[J]. 南京师大学报: 自然科学版, 2015, 38(3): 120-126. [Qiao Weifeng, Wu Jiangguo, Wang Yahua. Effect of Multi-Scale granularity change to regional land use landscape Pattern: A case study of zhenjiang. Journal of Nanjing Normal University(Natural Science Edition), 2015, 38(3): 120-126.]
- [13] 耿焕侠, 张小林, 李红波. 县域农村居民点景观格局指数的空间粒度效应——以江苏省丰县为例[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(10): 1418-1424. [Geng Huanxia, Zhang Xiaolin, Li Hongbo. Effects of changing grain side on landscape indices of rural settlement at country scale—A case study of FengXian of JiangSu province. Resources and Environment in the Yangtze basin, 2014, 23(10): 1418-1424.]
- [14] 秦鹏, 董玉祥. 广州市土地利用空间分布影响因素的粒度效应分析[J]. 资源科学, 2013, 35(11): 2239-2247. [Qin Peng, Dong Yuxiang. Grain differences and modeling land use patterns in Guangzhou. Resources Science, 2013, 35(11):

- 2239-2247.]
- [15] 冀亚哲, 张小林, 吴江国, 等. 多空间粒度下镇江市土地利用景观格局差异[J]. 中国土地科学, 2013, 27(5): 54-62. [Ji Yazhe, Zhang Xiaolin, Wu Jiangguo et al. Research on the differences of landscape patterns under several spatial granularities in Zhenjiang city. China Land Science, 2013, 27(5): 54-62.]
- [16] 陆禹, 余济云, 陈彩虹, 等. 基于粒度反推法的景观生态安全格局优化——以海口市秀英区为例[J]. 生态学报, 2015, 35(19): 6384-6393. [Lu Yu, She Jiyun, Chen Caihong et al. Landscape ecological security pattern optimization based on the granularity inverse method: a case study in Xiuying District, Haikou. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(19): 6384-6393.]
- [17] 谢作轮, 赵锐锋, 张丽华, 等. 干旱内陆河流湿地景观破碎化模型构建与尺度分析——以黑河中游湿地为例[J]. 自然资源学报, 2015, 30(11): 1834-1845. [Xie Zuolun, Zhao Ruifeng, Zhang Lihua et al. Landscape fragmentation model construction and scale analysis for wetland in arid region: A case study of the middle reaches of the heihe river. Journal of Natural Resources, 2015, 30(11): 1834-1845.]
- [18] 郭琳, 宋戈, 张远景, 等. 基于最佳分析粒度的巴彦县土地利用景观空间格局分析[J]. 资源科学, 2013, 35(10): 2052-2060. [Guo Lin, Song Ge, Zhang Yuanjing et al. Land-use spatial analysis for Bayan county based on optimal grain size. Resources Science, 2013, 35(10): 2052-2060.]
- [19] 陈利顶, 吕一河, 傅伯杰, 等. 基于模式识别的景观格局分析与尺度转换研究框架[J]. 生态学报, 2006, 26(3): 663-670. [Chen Liding, Lv Yihe, Fu Baijie et al. A framework on landscape pattern analysis and scale change by using pattern recognition approach. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(3): 663-670.]
- [20] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级 (第二版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2007. [Wu Jianguo. Landscape ecology: pattern process, scale and hierarchy (2nd edition). Beijing: Higher Education Press, 2007.]
- [21] 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. [Zhao Wenwu, Fu Baijie, Chen Liding. The effects of grain change on landscape indices. Quaternary Science, 2003, 23(3): 326-333.]
- [22] 吕志强, 吴志峰, 张景华. 基于最佳分析尺度的广州市景观格局分析[J]. 地理与地理信息科学, 2007, 23(4): 89-92. [Lv Zhiqiang, Wu Zhifeng, Zhang Jinghua. Landscape pattern analysis of Guangzhou based on optimization-scale. Geography and Geo-Information Science, 2007, 23(4): 89-92.]

## Spatial Grain Size Effect on Land Use Pattern Changes in Changsha City

Chen Yonglin<sup>1,2</sup>, Xie Binggeng<sup>1</sup>, Li Xiaoqing<sup>1</sup>

(1. Department of Resources and Environment, Hunan Normal University, Changsha 410081, Hunan, China; 2. Department of Geography and Planning, Gannan Normal University, Ganzhou 341000, Jiangxi, China)

**Abstract:** By using the remote images in 2003, 2006, 2009, 2013, the article classifies the land use of Changsha City. With the support of ArcGIS 10.0, ENVI 4.8, Fragstats 4.0 and Excel 2007 software, it analyzed spatial grain effect of land use pattern changes by changing the space grain sizes on class level pattern indices and landscape level pattern indices. The optimal proportion method was used. We have drawn the follow conclusions: 1) On class level, with the increase of spatial grain sizes, all kinds of index change present three trends, increase, decrease, regularity is not obvious. With the change of time, the smaller the spatial grain sizes, the more the effect of patch plaque density changes and patch shape index changes, the bigger the spatial grain sizes, the more the effect of patch cohesion index changes and patch aggregation changes. 2) On landscape level, with the increase of spatial grain sizes, the contagion index decrease before they are basically remain unchanged, the Shannon's diversity index and Shannon's evenness index is slowly reduced. As the change of time, the contagion index showed a trend of decrease on the whole, the Shannon's diversity index and Shannon's evenness index showed a trend of increase. The size of 90 m is the optimization analysis spatial grain sizes in this study.

**Key words:** land use; pattern; spatial grain size effect; Changsha City