

旅游城镇化地区土地利用景观格局指数的粒度效应

——以扬州市广陵区为例

张皓玮^{1,2}, 李 欣^{1,2}, 殷如梦^{1,2}, 方 斌^{1,2,3,4}

(1. 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210023)

(2. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 江苏 南京 210023)

(3. 南京师范大学新型城镇化与土地问题研究中心, 江苏 南京 210023)

(4. 南京师范大学乡村振兴研究院, 江苏 南京 210023)

[摘要] 土地利用景观格局的粒度效应研究, 对数字制图、土地利用调查、生态景观格局建设均具有重要的意义, 可进一步揭示不同土地利用方式的作用机理, 为科学土地利用提供理论支持与实践指导。本文以扬州市广陵区为例, 以土地利用调查数据为基础, 以景观格局指数和 GIS 空间分析为手段, 对 10 种空间尺度下的斑块类型水平和景观水平粒度效应进行分析。结果表明: ①斑块类型水平: 随粒度增加, 土地利用景观格局指数呈现 2 种粒度效应: 单调下降、无规则变化, 水域及水利设施用地、交通运输用地、耕地 3 种地类的斑块数量、斑块密度受粒度变化影响较大, 随时间变化不同土地利用类型的景观格局指数差异不大; ②景观水平: 土地利用景观格局指数变化的粒度效应随粒度增大而出现 2 种态势: 单调下降、波动状下降, 聚集指数对粒度变化较敏感, 随时间变化表现出相似规律。研究区景观格局的破碎度总体减小, 斑块形状愈趋规则, 景观各组分分配趋于均匀, 景观的斑块多度和异质性也微弱增强, 整体的景观格局稳定性得到改善。研究还发现, 60 m 的空间尺度是研究区范围内最适宜分析粒度。该研究为平原地区的快速城镇化区域精细合理土地利用提供参考建议。

[关键词] 土地利用, 景观格局, 粒度效应, 广陵区

[中图分类号] P901 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1001-4616(2018)03-0122-09

Grain Size Effect of Urbanization Tourist Areas of Land Use Landscape Pattern Index

—A Case Study of Guangling District of Yangzhou

Zhang Haowei^{1,2}, Li Xin^{1,2}, Yin Rumeng^{1,2}, Fang Bin^{1,2,3,4}

(1. School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

(2. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China)

(3. New-Type Urbanization and Rural Land Issues Research Center, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

(4. Rural Revitalization Research Institute, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

Abstract: The study of grain size effect of land use landscape pattern is of great significance to digital mapping, land use survey and ecological landscape pattern construction. It can further reveal the action mechanism of different land use patterns and provide theoretical support and practical guidance for scientific land use. Take Guangling District, Yangzhou City as an example, base on land-use survey data, make use of landscape pattern index and GIS spatial analysis as means, then the particle size effect at the patch type level and landscape level at ten spatial scales were analyzed. The results showed that, with the increase of spatial grain sizes changed, on class level, the landscape pattern index has an obvious scale effect, such as the landscape shape index gradually reduced, the percentage of plaque type changed slightly, the number of plaques and plaque density were localized. The number of patches and the patch density of the three types of land, such as water area, water conservancy facilities, transportation land and cultivated land, were greatly

收稿日期: 2018-05-21.

基金项目: 国家自然科学基金(41271189, 41671174)、江苏省高校优势学科建设工程资助项目(164320H116)、江苏省国土厅科技项目(KJXM2015010).

通讯联系人: 方斌, 教授, 研究方向: 土地资源管理. E-mail: wenyanfang731@163.com

affected with the variety of grain size. The landscape pattern index of different land use types had nothing to do with the time change. There is no significant difference in the landscape pattern index between different land use types over time. And the other land, transportation land, grassland was relatively sensitive to particle size changes. The change of landscape pattern index of land use types was obviously different with the change of time. On landscape level, the aggregation index gradually decreased, the diversity of Shannon and the uniformity of Shannon were fluctuating. Generally speaking, the aggregation index was more sensitive to the change of scale. Landscape indices associated with little change with time. The development of land use reduced the fragmentation of the landscape pattern in the study area, and the shape of the patch became more and more regular. The distribution of the landscape components tended to be even, and the degree and heterogeneity of landscape patches also increased weakly. In a word, the overall landscape pattern was stability improving. The study also found that the spatial scale of 60 m was the most appropriate particle size for analysis in the study area. The study provided a reference for the reasonable land use in rapid urbanization in the plain areas.

Key words: land use, landscape pattern, grain size effect, Guangling District

土地是生态文明的重要载体,其生态价值正日益受到人们的重视^[1]。景观格局是土地利用生态效应的综合反映,有典型的空间异质性^[2]和尺度依赖性^[3-4],以景观格局指数表征土地利用生态效应是目前研究的热点^[5]。因此,研究土地利用景观格局指数的空间尺度变异性,对合理高效的土地利用变更调查,提高制图精度,改进土地利用方式,促进土地集约高效利用等具有重要的理论与现实意义。

尺度是指观测或研究的物体或过程的时空范围与分辨单位^[6],研究不同景观或同一景观在不同时间的格局时,需分析所选用景观指数的影响因子以及数据的特征,以选择适宜的景观指数和相应的粒度,最终确定合适的分析尺度^[7]。尺度的主要表征指标之一是粒度,粒度是景观中最小可辨识单元所代表的特征长度、面积或体积^[4]。粒度效应会因研究区土地利用格局以及社会经济属性(空间异质性)、数据源、图件比例尺、粒度的间隔或粗细、景观格局指数类型等因素而有所差异^[8]。大多学者根据研究区的不同粒度划分采用等间距或等倍数空间粒度转化的方法,粒度范围从 10~3 000 m 不等,粒度步长也从 10 m、20 m、100 m 等不一^[9-11],采用的数据源主要为遥感解译数据或土地利用现状图矢量图、1:10 000 制图比例尺下的土地利用变更调查数据等^[12-13],研究区域多集中于城市^[14-16]、典型区域^[17]、生态脆弱区^[12]、流域或交通沿线等^[13,18-21],研究时段多为某一时点,适宜尺度多选定景观格局指数尺度效应曲线的尺度转折点,其主观性较强^[9,12-13],而尺度域判断结合面积信息守恒评价方法可有效克服适宜尺度选取的主观性^[10,22]。土地利用调查数据以县为单位,相较以往遥感解译数据具有属性全、精度高、尺度精细的优点。旅游城镇化作为城镇化的重要推力,已受到越来越多的关注,但快速旅游城镇化也伴随着土地资源的浪费、生态环境的破坏,人地矛盾的激化亟待对这种特定类型土地精细化管理^[23],以期通过粒度分析的方法对土地利用景观格局的研究方法进行相关补充。

扬州市地处江苏省中部,是南京都市圈和上海经济圈的节点城市,又是重要的历史文化名城,该区域旅游资源丰富,是一个以服务业为主体的城市,属于典型的快速城镇化地区,景观结构较为完善,以其为研究区探讨景观生态效应,可为快速城镇化地区土地整理和资源综合利用与治理提供数据支持。考虑到数据的可获取性,在斑块类型水平和景观水平下选取研究区共 7 个景观格局指数,结合粒度效应分析和改进的区域土地面积变化评价指数模型,探讨 2010、2015 年不同粒度变化下的土地利用景观格局指数最适宜分析粒度,旨在揭示不同粒度对景观格局指数的影响,为在不同尺度下景观格局的优化提供理论参考及科学编制土地利用规划提供依据。

1 研究对象与方法

1.1 研究区概况

广陵区是扬州市下辖主城区,地处江苏省中部,长江与京杭大运河交汇处,东经 119°26′~119°41′、北纬 32°12′~32°30′,亚热带湿润气候,年平均气温 14.8℃,全年平均无霜期 220 d,平均日照 2 140 h,年降水量 1 030 mm。该区地势西高东低,土地总面积 341.96 km²。位于长江三角洲经济圈内,广陵区域内的扬州古城占地 5.09 km²,是国内历史风貌保存比较完好的古城之一,是扬州古代文明的核心区域。研究区有以下 3 个典型特点,可为其他地区提供借鉴:(1)典型的平原地区,平均海拔较低,沿江沿湖一带均为平原;

(2)典型的快速城镇化地区:中国市辖区综合实力百强区、中国新型城镇化质量百强区、全国综合实力百强区,截至 2015 年城镇化率约为 79.6%,属于城市化发展后期阶段;(3)景观结构丰富,以耕地、城镇村及工矿用地及水域与水利设施用地为主,占比超过 80%,各年间不同土地利用类型变化略有差异,总体表现为,农用地及农田水利用地持续减少,城镇村及工矿用地、交通运输用地增长较快(表 1)。

表 1 2010 年-2015 年广陵区土地利用类型变化统计
Table 1 Changes of land use types in Guangling District from 2010 to 2015

地类	2010 年		2015 年		2010 年-2015 年
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积变化率/%
耕地	108.45	32.39	106.23	31.72	-2.05
园地	16.86	5.04	16.39	4.90	-2.78
林地	3.59	1.07	3.57	1.07	-0.45
草地	0.48	0.14	0.39	0.12	-17.90
城镇村及工矿用地	99.54	29.73	103.89	31.02	4.36
交通运输用地	13.02	3.89	14.25	4.26	9.48
水域及水利设施用地	91.42	27.30	88.57	26.45	-3.12
其他土地	1.51	0.45	1.57	0.47	4.23

1.2 数据来源与预处理

数据来源于扬州市广陵区国土资源局,包括土地利用现状图,比例尺为 1:10 000,分 12 个一级类,57 个二级类,为研究便利,研究参照前人做法^[24-25],利用 ArcGis10.2 对地类进行了合并处理,包括 8 种地类,分别为耕地、园地、林地、草地、交通运输用地、水域及水利设施用地、城镇村及工矿用地和其他土地(主要是设施农用地、沼泽地、未利用地)。

1.3 研究方法

1.3.1 景观格局指数选取与计算

景观格局指数的计算包含:斑块水平、斑块类型水平和景观水平 3 种类型,其中,前两种类型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整体特征的描述^[21,26-27]。景观格局指数具有尺度效应^[10],且指数之间的生态学意义基本相同,任意两个指数显现出较强的相关关系,信息重复量较大^[28],因此本文结合前人研究和地区特点,在斑块类型水平和景观水平上对景观格局指数进行选取^[29-30],斑块类型水平上景观格局指数包括:斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、景观形状指数(LSI)、斑块类型百分比(PLAND);景观水平上景观格局指数包括:香农多样性指数(SHDI)、香农均匀性指数(SHEI)、聚合指数(AI)。景观格局指数的计算采用 Fragstats4.2,数理统计借助 Excel2016、SPSS19.0 计算不同粒度下的景观格局指数及其效应,各景观格局指数的表达式及生态学意义参见 Fragstats4.2 使用手册。

1.3.2 空间粒度效应分析

选择适宜的粒度是粒度效应研究的重要基础,已有成果根据区域景观本底(自然因素、社会经济因素)不同,粒度选择范围从 1~3 000 m 不等,步长变化或大或小,而大步长会掩盖小步长的变化规律,小步长则可重演大步长的尺度变化规律^[31],因此将尺度的栅格单元大小以 20 m 为间隔,依次为 20 m、40 m、60 m、80 m、...、160 m、180 m、200 m,借助 ArcGis10.2 分别对 2010 年及 2015 年广陵区土地利用现状图以中心属性值进行重采样,输出 10 种尺度不同的栅格图像。景观格局指数粒度效应借助粒度效应曲线分析^[9]。变异系数反映总体样本中各样本数据之间的离散程度和平均变异程度,用以反映景观格局指数对尺度变化的敏感性,变异系数越大,表明景观格局指数对尺度变化敏感性越强;反之则越弱^[32-35]。

1.3.3 尺度信息损失分析

面积信息损失守恒评价是定量判断粒度变化后精度的有效方法^[20],区域土地面积变化指数 S_i 越大,粒度变化所带来的损失越大,反之亦然(式(1))。

$$L_i = (A_i - A_{bi}) / A_{bi} \times 100\%, \tag{1}$$

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n L_i^2}{n}}, \tag{2}$$

式中, A_i 表示*i*类景观栅格面积; A_{bi} 表示该类型在粒度变换前的矢量面积; L_i 表示面积损失的相对值; n 表示景观类型数目。

2 结果与分析

2.1 广陵区土地利用景观格局指数的空间粒度效应

2.1.1 斑块类型水平上土地利用景观格局指数的粒度效应

2015年广陵区斑块类型水平上的土地利用景观格局指数在20~200 m空间粒度下具有粒度效应,不同的土地利用类型的粒度变化特点不一(图1)。

(1)斑块数量随粒度的增大而减小,具有显著的粒度效应。该区域土地斑块数量特征主要表现为:20~100 m范围内,斑块数量急剧减少,降低幅度最大的是水域及水利设施用地和交通运输用地(降幅在2 000以上),说明其斑块优势度高,且空间分布方式零散而破碎,与近年来京杭大运河整治力度加大和该区域城镇化进程加快有关^[36];100 m以上粒度,各土地利用类型的斑块数量减少趋势平缓。

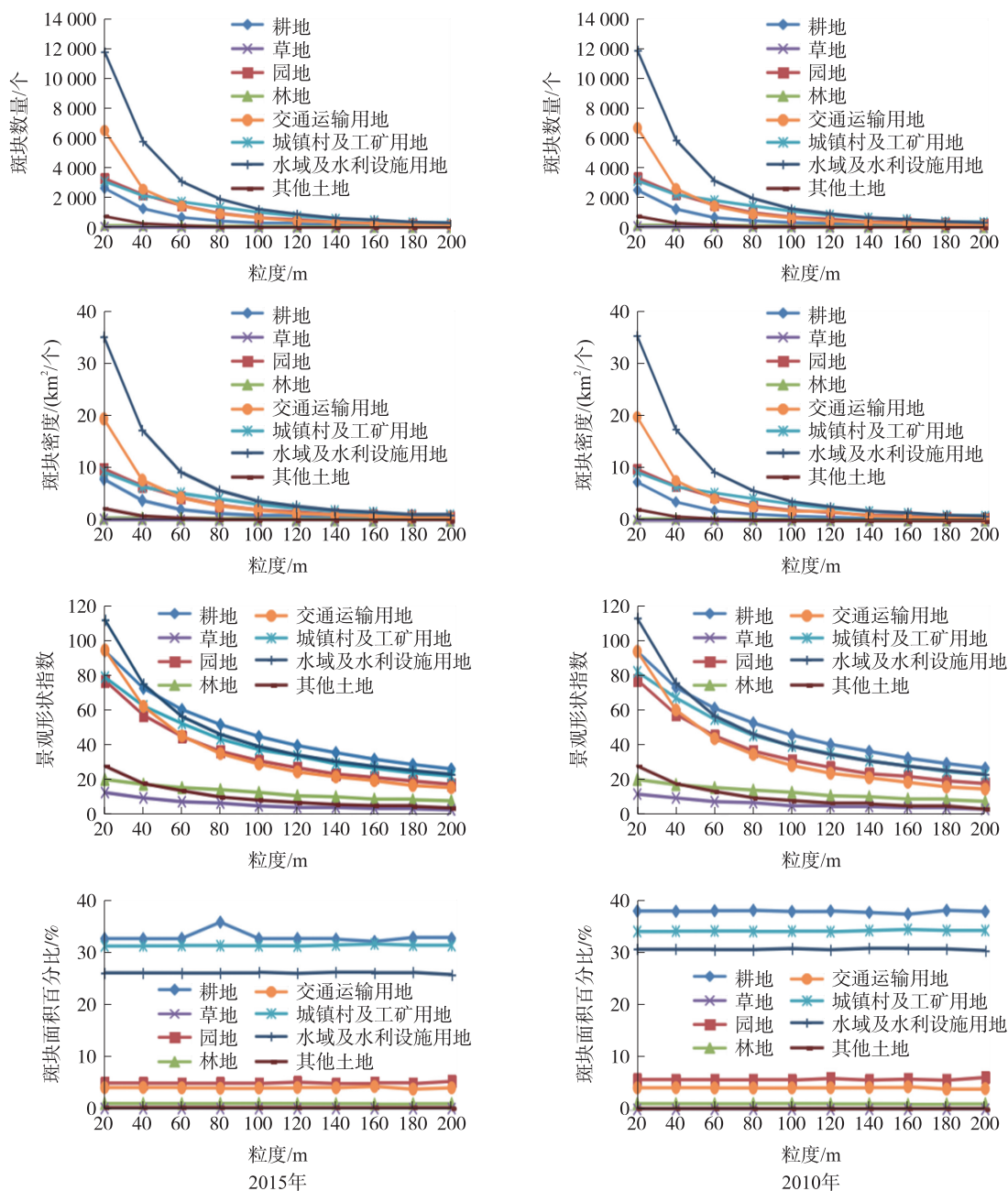


图1 土地利用类型不同时间的空间粒度效应

Fig 1 Spatial grain size effect of land use patterns at different times

(2) 斑块密度随粒度的增大显著减小. 20~60 m 范围, 各土地利用类型斑块密度具有不同的粒度效应, 水域及水利设施用地、交通运输用地、耕地、园地、城镇村及工矿用地下降较为明显; 60~100 m 范围, 仅水域及水利设施用地、交通运输用地下降明显, 而其他地类下降趋势变缓; >100 m 范围, 各土地利用类型随粒度的变化不大, 可见 100 m 是粒度效应的拐点. 这表明水域及水利设施用地、交通运输用地随粒度增加, 其破碎度显著下降, 景观异质性减小, 部分林地、草地、园地等斑块会不断被相邻的优势斑块所吞并, 这与研究区水稻等作物大面积种植, 积极推广“菜篮子”、“城市阳台”工程等有密切关系.

(3) 景观形状指数随粒度加大而总体下降且变化趋势较为复杂^[21]. 根据粒度效应曲线变化趋势(图1), 将景观形状指数的粒度效应分为3个区间: 20~100 m 范围内, 景观形状指数下降剧烈, 其中水域及水利设施用地、交通运输用地、耕地、园地降低幅度最显著(降幅在 80~45 之间), 而其他土地、林地、草地变化不明显; >100 m 范围, 各土地利用类型随粒度变化幅度有所减小, 其中 100~160 m 范围, 变化幅度较大的是水域及水利设施用地、交通运输用地、城镇村及工矿用地(降幅在 14~10 之间); >160 m 范围, 各土地利用类型的粒度效应逐渐消失. 随粒度增加各土地利用类型的形状复杂程度逐渐下降, 究其原因为水域及水利设施用地、交通运输用地等边缘的小斑块随粒度加大渐趋消失, 而耕地等优势景观类型却逐渐接纳其他景观类型.

(4) 斑块类型百分比是描述斑块面积随粒度变化的一个指标, 研究区各土地利用景观斑块类型百分比变化曲线较为平缓, 但变化过程较为复杂, 可预测性较差, 无明显变化规律. 随粒度加大, 研究区各土地利用类型的斑块总面积变化不大, 粒度大于 140 m 城镇村及工矿用地斑块面积上升, 而水域及水利设施用地、交通运输用地等斑块面积下降(图1). 这是由于 140 m 超过了研究区水域及水利设施用地、交通运输用地等土地利用类型斑块的最大宽度, 其条带状的空间形态易被破坏, 相邻的优势斑块开始袭夺其细小分散的斑块.

斑块数量、斑块密度、景观形状指数变化趋势表现出明确而单一的条带状粒度效应, 它们的粒度效应曲线变化特征均表现为单调下降, 相对波动幅度也较大, 波动的韵律呈相似规律, 同时表现为下降特征的原因是这些指数之间存在数学关系^[37]. 总的来看, 水域及水利设施用地和交通运输用地受粒度变化影响较大, 20~100 m 范围内各土地利用类型的粒度效应有所差异, >100 m 范围各土地利用类型的粒度效应变化不大. 2015 年林地、草地、交通运输用地对粒度变化的响应程度相较于 2010 年变化较大. 该现象的存在一方面是由于随着研究粒度的增加, 栅格单元能够改变不同土地利用类型斑块的边界的复杂程度、降低土地利用格局的复杂性^[10], 水域及水利设施用地、交通运输用地、园地等土地利用类型的细小斑块不断被吞并, 从而导致粒度效应特征的不同; 另一方面也是由于林地、草地、交通运输用地斑块细小零碎, 聚集程度不高, 导致其对粒度的变化尤为敏感. 不同土地利用类型粒度效应的转折点也并不一致, 这与不同的土地利用类型空间分布、斑块数、斑块优势度存在较大差异有关, 同时景观格局指数也反映出不同的景观特征^[22,37].

2.1.2 景观水平上土地利用景观格局指数的粒度效应

广陵区景观水平上各土地利用类型的景观格局指数的 20~200 m 的粒度效应呈现出两种趋势: 单调下降、波动状下降(图2).

香农多样性、香农均匀性随粒度增加, 表现为波动状下降. 香农多样性侧重反映景观异质性, 对斑块非均衡分布反映敏感, 而香农均匀性对优势斑块表现效果良好, 两者指标结合是反映景观多样特征的有力手段, 但由于研究区优势斑块的优势度较为明显, 香农多样性和香农均匀性基本呈现一致的趋势. 具体而言, 香农多样性在 20~100 m 范围无明显变化, 粒度效应不显著, 100~120 m 范围微弱上升后急剧下降, 至 140 m 范围后又呈现了上升后又下降的趋势, 这说明区域内景观丰富度对粒度效应较为强烈; 香农均匀性至 180 m 下降到最低值, 2010 年、2015 年分别为 0.684 5、0.684 0, 200 m 时值最大, 总体而言相对保持平稳, 研究区土地利用景观格局指数在 20~100 m 范围粒度效应微弱. 这与杨丽^[37]、崔闪闪^[23,26]等学者针对泾河流域、江苏省大丰市等沿河、沿海地区的研究略有差异, 而与陈永林^[9]、徐丽^[17]等学者针对内陆地区的研究结果接近, 造成差异的原因可能为选择的粒度变化的方法有差异、粒度变化范围不同、土地利用分类不一致, 且不同区域的景观格局特征不同. 聚集指数随着粒度增加不断降低, 无明显的尺度转折, 表明随着粒度增加景观中斑块之间的聚集性降低, 斑块分布较为分散.

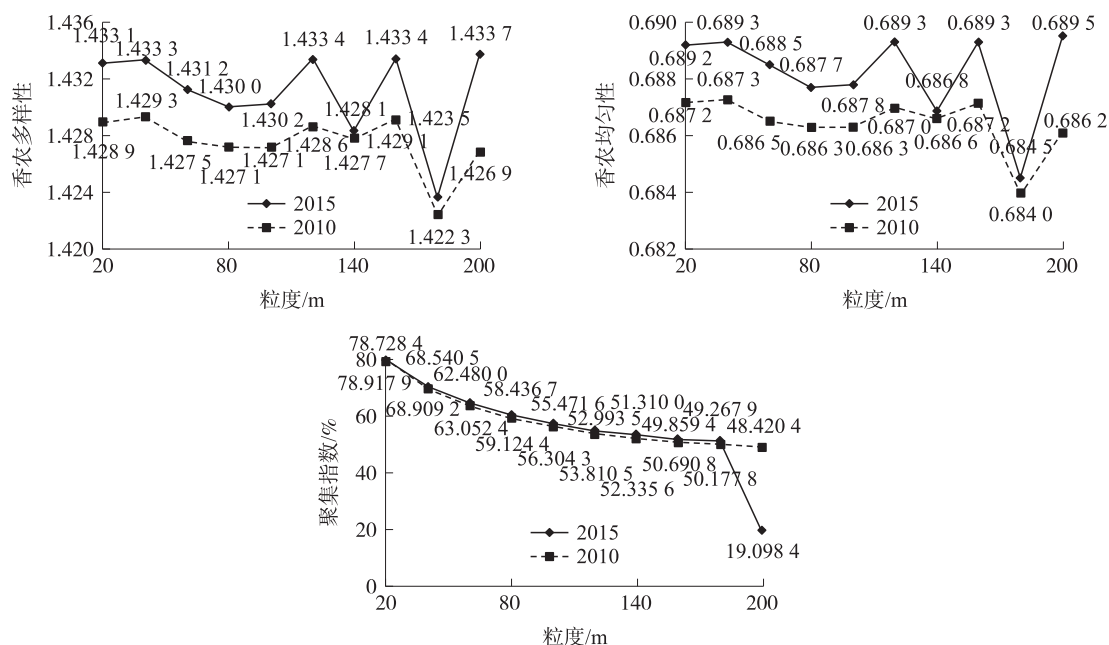


图2 景观水平指数的粒度效应

Fig. 2 Grain effect of landscape level indices

2.2 广陵区土地利用景观格局指数的时间粒度效应

2.2.1 斑块类型水平上土地利用景观格局指数变化

2015 年与 2010 年相比,研究区土地利用景观格局指数有以下特点:(1)耕地的面积有所减少,斑块数量、斑块密度增多,形状和类型百分比未发生明显变化,这源于高标准农田的建设由注重耕地数量转变为兼顾质量;(2)园地的各景观指数数值微弱下降;(3)林地的各景观指数斑块密度保持稳定,而形状变得规则,聚集度保持不变;(4)草地基本不变,面积下降明显,聚集度降低,这是由于草地的数量较少,期间有转换为建设用地及耕地等现象;(5)城镇村及工矿用地斑块总面积增加,斑块数量和景观形状指数却在下降,这表明旧城改造等工程促使城镇在边缘合理扩张,原来细小分散区域转为集中连片;(6)交通运输用地斑块总面积和斑块类型百分比有所增长,形状指数不断增大,可见交通运输用地的发展明显,存在吞并其他土地利用类型斑块的现象;(7)水域及水利设施斑块数量、景观形状指数不断减小,河道整治工程初见成效合并了细小斑块;(8)其他土地斑块总面积增加,斑块数量、斑块密度减小,形状趋于稳定,这主要得益于城乡建设加快、土地整治工程落实。

2.2.2 景观水平上土地利用景观格局指数变化

选取 2010 年、2015 年研究区的香农多样性、香农均匀性、聚集指数进行分析,2015 年与 2010 年相比景观指数变化具有以下特点:(1)聚集指数保持稳定,但是 200 m 空间粒度下 2010 年和 2015 年的数据差异较大,2015 年明显低于 2010 年,表明 2015 年土地利用斑块有分散趋向;香农均匀性总体呈波动状微弱上升趋势,香农多样性波动状下降,但变化微弱;(2)香农均匀性有所增大,2015 年除 140 m 空间粒度,在其余空间粒度下上升趋势显著(图 2)。

土地利用的发展使研究区景观格局的破碎度总体减小,斑块形状愈趋规则,景观各组分分配趋于均匀,景观的斑块多度和异质性也微弱增强,整体的景观格局稳定性得到改善^[14]。

2.3 广陵区土地利用景观格局指数的变异程度

2.3.1 斑块类型水平上的土地利用景观格局指数的变异系数

通过变异系数可充分了解不同土地利用类型景观格局指数随粒度变化的差异性^[10,18]。斑块类型水平上,对粒度变化较为敏感的指数为斑块数量、斑块密度,而斑块类型百分比不敏感,水域及水利设施用地、交通运输用地、其他土地的斑块密度、斑块数量的变异系数较大,这与区域的总体景观格局有关,诸如耕地、水域及水利设施用地数量占比高,优势度明显,而交通运输用地与其他土地空间形态较为破碎。2015 年相较于 2010 年,不同土地利用类型的各景观格局指数对粒度变化的敏感度不一,耕地、园地、草地的景

观格局指数随粒度变化的变异系数总体上升,而林地、城镇村及工矿用地、其他土地的景观形状指数有所下降,水域及水利设施用地总体稳定(表 2).

表 2 2010 年、2015 年土地利用类型景观格局指数的变异系数
Table 2 Variation coefficient of landscape index for different land use types in 2010,2015 %

地类	景观指数							
	斑块数量		斑块密度		景观形状指数		斑块类型百分比	
	2010 年	2015 年	2010 年	2015 年	2010 年	2015 年	2010 年	2015 年
耕地	119.92	120.81	119.92	120.81	43.63	44.59	0.58	3.11
园地	93.71	94.39	93.71	94.39	53.72	54.12	2.85	2.78
林地	42.34	42.97	42.34	42.97	32.71	32.68	3.66	3.65
草地	78.04	88.31	78.02	88.32	46.19	54.20	7.42	4.86
城镇村及工矿用地	72.08	73.68	72.08	73.68	45.42	45.20	0.38	0.39
交通运输用地	143.92	139.79	141.46	139.80	70.13	68.74	2.81	3.19
水域及水利设施用地	133.79	134.07	133.79	134.07	59.50	59.33	0.42	0.52
其他土地	149.28	147.81	149.28	147.82	73.88	72.39	14.43	9.94

2.3.2 景观水平上的土地利用景观格局指数的变异系数

变异系数表明,景观水平上,香农多样性、香农均匀性对粒度变化响应不敏感,而聚集指数的变异系数 2010 年、2015 年分别达到 17.08%、28.22%(表 3),主要原因是不同土地利用类型中的少数大斑块占比较高,而多数斑块空间分布较为零散^[36].

总体而言,2010 年、2015 年研究区土地利用格局整体处于亚稳态,变化较微弱.随着粒度增加,当设定的粒度大于或小于临界值时,土地利用景观格局指数对空间粒度变化会非常敏感,变化速率也较大.研究区土地利用景观中的斑块总量及斑块密度、景观形状指数显著下降,景观破碎度总体降低,斑块类型百分比变化平稳.水域及水利设施用地、交通运输用地、耕地、城镇村及工矿用地受粒度变化影响较大.这主要源于受到人类活动影响,林地、草地被转化为耕地、城镇村及工矿用地、交通运输用地等有关,也从侧面反映了研究区水域及水利设施用地和城镇村及工矿用地在整个地区中的斑块数量较多,是地区景观类型的优势类型,但其空间分布多呈随机分布的状态.

2.4 广陵区最佳分析粒度的选取

随着粒度的增加,各景观格局指数值出现了尺度转折点,由于矢量数据转栅格数据过程中,景观格局的边界、相邻斑块的属性发生改变,导致景观格局指数值发生相应变化^[17].结合拐点分布情况,选定 40~120 m 为适宜尺度域.栅格分辨率 60 m 时,土地面积精度损失指数最小,2010 年、2015 年分别为 11.92%、10.61%;之后面积损失开始增大;>100 m 后面积损失值上升明显,2015 年 140~180 m 呈下降趋势,2010 年 120~140 m、160~180 m 都呈下降趋势,总体呈现波浪形的波动;至 200 m 时达到最大值(大于 16.00%)^[20](图 3).

综合景观格局指数粒度效应分析和信息损失评价的结果表明:60 m 为研究区景观格局的适宜分析粒度,既能保证计算质量,又不致数据冗余^[20].

表 3 不同时间景观水平上土地利用景观格局指数的变异系数
Table 3 Variation coefficient of landscape index for land use types at different times %

年份	香农多样性	香农均匀性	聚集指数
2010	0.14	0.14	17.08
2015	0.23	0.23	28.22

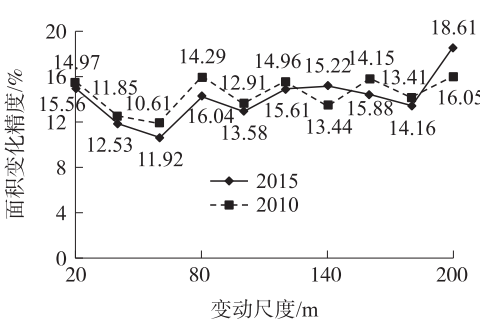


图 3 2010 年、2015 年不同栅格尺寸下的区域土地面积精度的变化

Fig. 3 Changs of land area accuracy in different grid sizes in 2010,2015

3 结语

本研究在景观格局指数的测算基础上,以扬州市广陵区为研究对象,采用 GIS 空间分析与景观格局指数法分析了不同空间尺度下研究区景观组分、景观格局指数的变化规律和粒度效应,针对两期土地利用调

查数据,探讨了不同土地利用类型下的景观格局粒度效应,结果表明:

(1)斑块类型水平:景观格局指数随粒度增加存在的变化规律:单调下降型(斑块数量、斑块密度、景观形状指数)、无规则变化型(斑块类型百分比),其他土地、交通运输用地、草地的斑块数量、斑块密度对粒度变化较为敏感;景观水平:景观格局指数随粒度增加存在的变化规律:单调下降型(聚集指数)、波动下降(香农多样性、香农均匀性),聚集指数对粒度变化响应较为敏感。

(2)2015 年与 2010 年相比,粒度效应表现为:斑块类型水平:20~100 m 范围内各土地利用类型的粒度效应对土地利用景观格局的破碎度(斑块数量、斑块密度)、形态(景观形状指数)影响较大,尤以水域及水利设施用地、交通运输用地和耕地受影响较大,>100 m 范围各土地利用类型的粒度效应减弱且差距缩小;景观水平上:香农多样性、香农均匀性指数有所增大,而聚集指数保持稳定。土地利用发展使整体景观格局异质性和稳定性增强。

(3)景观粒度效应和面积信息守恒结合探讨结果表明,粒度超过 100 m 后具有指示意义的景观格局参数的粒度效应消失,在空间粒度为 60 m 时面积精度损失最小,确定研究区的适宜分析粒度为 60 m,可见 60 m 的空间粒度分析既可反映区域整体土地利用格局特征,又不致细节部分损耗过多。

景观格局指数具有明显的粒度效应,而土地利用景观格局指数粒度效应影响因素众多,因此本文仍存在以下问题:(1)分析了水平尺度上的景观格局指数动态变化,对垂直尺度如何作用景观格局指数仍缺乏探讨;(2)受行政区划调整的影响,研究时间尺度较短,可能会对区域土地利用格局变化的动态过程分析不够充分。今后将继续着力该方面的时空结合研究,并考虑借助 GIS 空间分析将自然因子或社会人文因子纳入研究范畴。

[参考文献]

- [1] 潘竟虎,苏有才,黄永生,等. 近 30 年玉门市土地利用与景观格局变化及其驱动力[J]. 地理研究,2012,31(9):1631-1639.
- [2] 王晓东,蒙吉军. 土地利用变化的环境生态效应研究进展[J]. 北京大学学报(自然科学版),2014,50(6):1133-1140.
- [3] 吴波,慈龙骏. 毛乌素沙地景观格局变化研究[J]. 生态学报,2001,21(2):191-196.
- [4] 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,2007:106-115.
- [5] 刘凯,龙毅,秦耀辰. 论地理信息的空间粒度[J]. 地理与地理信息科学,2014,20(1):8-17.
- [6] WIENS J A. Spatial scaling in ecology[J]. Functional ecology,1989,3(4):385-397.
- [7] 张娜. 生态学中的尺度问题:内涵与分析方法[J]. 生态学报,2006,26(7):2340-2355.
- [8] SÍMOVÁ P, GDULOVÁ K. Landscape indices behavior: a review of scale effects[J]. Applied geography,2012,34:385-394.
- [9] 陈永林,谢炳庚,李凌霄. 长沙市土地利用格局变化的空间粒度效应[J]. 地理科学,2016,36(4):564-570.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 马振刚,李黎黎,许学工,等. 北方农牧交错带地区土地利用的粒度效应研究:以化德县为例[J]. 干旱区资源与环境,2016,30(5):92-98.
- [13] 孟瑶瑶,薛丽芳. 南四湖流域土地利用及其景观格局变化分析[J]. 水土保持研究,2017,24(3):246-252.
- [14] 冀亚哲,张小林,吴江国,等. 聚落景观格局的空间粒度转换响应及其机理分析:以江苏省镇江地区为例[J]. 长江流域资源与环境,2013,22(3):322-330.
- [15] 徐丽华,岳文泽,曹宇. 上海市城市土地利用景观的空间尺度效应[J]. 应用生态学报,2007,18(12):2827-2834.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 李保杰,顾和和,纪亚洲. 复垦矿区景观格局指数的粒度效应研究[J]. 水土保持研究,2015,22(4):253-257.
- [19] 孔维静,王一涵,潘雪莲,等. 辽宁太子河上游沿岸景观格局的幅度效应[J]. 山地学报,2013,31(3):287-293.
- [20] 张玲玲,赵永华,殷莎,等. 基于移动窗口法的岷江干旱河谷景观格局梯度分析[J]. 生态学报,2014,34(12):3276-3284.

- [21] 王德智,邱彭华,方源敏. 丽香铁路建设对沿线景观格局影响的尺度效应及其生态风险[J]. 应用生态学报,2015,26(8):2493-2503.
- [22] 徐芝英,胡云锋,刘越,等. 空间尺度转换数据精度评价的准则和方法[J]. 地理科学进展,2012,31(12):1574-1582.
- [23] 陶慧,刘家明,罗奎,等. 基于三生空间理念的旅游城镇化地区空间分区研究:以马洋溪生态旅游区为例[J]. 人文地理,2016(2):153-160.
- [24] 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.
- [25] 高艳,毕如田,曹毅. 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[J]. 中国生态农业学报,2010,18(5):1076-1080.
- [26] 崔闪闪,刘庆,王静. 空间粒度变化对县域农村居民点景观指数的影响:以江苏省大丰市为例[J]. 中国农业资源与区划,2017,38(3):20-26.
- [27] 刘媛媛,刘学录. 甘肃永登县土地利用景观格局的空间尺度效应[J]. 应用生态学报,2016,27(4):1221-1228.
- [28] 王艳芳,沈永明,陈寿军,等. 景观格局指数相关性的幅度效应[J]. 生态学杂志,2012,31(8):2091-2097.
- [29] 解雪峰,濮励杰,朱明,等. 基于典范对应分析的滨海滩涂围垦区景观格局与土壤盐渍化关系[J]. 地理研究,2017,36(3):495-505.
- [30] 刘智方,唐立娜,邱全毅,等. 基于土地利用变化的福建省生境质量时空变化研究[J]. 生态学报,2017,37(13):1-11.
- [31] 邱海军,曹明明. 土地利用景观格局指数的粒度效应:以黄龙县为例[J]. 地域研究与开发,2011,30(1):126-129.
- [32] 潘竟虎,李璟. 河谷型城市城乡结合部景观格局空间尺度效应分析:以兰州市西固区土地利用格局为例[J]. 生态与农村环境学报,2010,26(2):114-119.
- [33] 王彬,于澎涛,王顺利,等. 祁连山北坡青海云杉林下苔藓层对土壤水分空间差异的影响[J]. 生态学报,2017,37(8):2753-2762.
- [34] 王秀虹,于东升,潘月,等. 单种复合类型单元土壤全量元素空间变异的幅度效应[J]. 土壤学报,2017,54(4):864-873.
- [35] 廖文婷,邓红兵,李若男,等. 长江流域生态系统水文调节服务空间特征及影响因素:基于子流域尺度分析[J]. 生态学报,2018,38(2):1-9.
- [36] 申卫军,邬建国,林永标,等. 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.
- [37] 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.

[责任编辑:丁 蓉]