

# 复垦矿区景观格局指数的粒度效应研究

李保杰<sup>1,2</sup>, 顾和和<sup>2</sup>, 纪亚洲<sup>1,2</sup>

(1. 江苏师范大学 城市与环境学院, 江苏 徐州 221116; 2. 中国矿业大学 环境与测绘学院, 江苏 徐州 221116)

**摘要:**以徐州市九里矿区复垦前(2000年)后(2013年)1:1万的矿区土地利用数据为数据源,采用基于GIS的景观格局分析方法,研究了九里矿区复垦前后17个景观格局指数在10~300 m范围内的粒度效应,并对复垦前后景观格局指数的变化规律、拟合函数、变异系数和最佳景观粒度范围进行了分析。结果表明:17个景观指数随着景观粒度的增加呈现出:逐渐降低型、逐步增加型、局部尺度效应型和随机变化型共4种变化类型,其中,10个景观指数随景观粒度的变化趋势可以用不同的函数模型进行拟合( $R^2 > 0.94$ )。从复垦前后景观格局指数的变化来看,复垦前后景观格局指数的变化趋势基本趋于一致,但拟合函数和变异系数均有一定的变化,如拟合函数不一致,变异系数降低等;适宜徐州九里矿区1:1万土地利用数据进行景观指数分析的最佳景观粒度范围为20~40 m。

**关键词:**徐州; 复垦矿区; 景观指数; 粒度效应

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)04-0253-05

## Effects of Spatial Grain Size on Landscape Pattern in Reclaimed Mining Area

LI Baojie<sup>1,2</sup>, GU Hehe<sup>2</sup>, JI Yazhou<sup>1,2</sup>

(1. College of Urban and Environmental Science, Jiangsu Normal University, Xuzhou, Jiangsu 221116, China; 2. School of Environmental Science and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116, China)

**Abstract:** The grain effect of 17 landscape indices and the change characteristics, fitting functions, variation coefficient and the optimal grain size range of landscape indices with a scale 10~300 m were analyzed using GIS and method of landscape ecology based on the land use data of Jiuli coal mining area, Xuzhou at 1:10 000 scale from 2000(before reclamation) to 2013(after reclamation). The results showed that the grain effects had 5 types, such as gradually decreasing, gradually increasing, part scale effect type and randomly changing with increasing grain, and the trend of 10 landscape pattern indices could be simulated by different function models( $R^2 > 0.94$ ). The trend of the landscape pattern indices was uniform in pre and post reclamation, while the fitting functions and variation coefficient changed a bit, such as inconsistent of fitting functions and decreasing of variation coefficient. The range of 20~40 meters was selected as the optimal landscape granularity suit to landscape index analysis in Jiuli coal mining area, Xuzhou at 1:10 000 scale.

**Keywords:** Xuzhou; reclaimed mining area; landscape metrics; effects of spatial grain size

景观格局分析主要研究景观结构组成特征和空间配置,而景观格局指数以其高度浓缩景观信息,反映其结构组成和空间配置状况的优势得以广泛应用<sup>[1]</sup>,但景观格局指数作为景观格局特征的量化指标具有尺度效应。在景观生态学中,尺度(scale)可以用粒度(grain)和幅度(extent)来描述。粒度包括空间粒度和时间粒度,空间粒度是景观中最小可辨识单元所代表的特征长度、面积和体积;空间幅度主要指研究对象的空间范围,即研究区。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<sup>[2]</sup>。尺度

(幅度和粒度)变化对景观指数具有显著的影响<sup>[3-6]</sup>,而大部分景观指数统计软件以栅格数据为数据源,这就造成了所谓的“可塑性面积单元问题”,即景观指数的计算结果随着栅格像元(粒度)的变化而有所差异<sup>[7-8]</sup>。因此,利用景观指数进行分析时选择适宜的景观粒度是当前景观生态研究的热点问题之一。

尽管国内外学者对景观格局指数的粒度效应进行了研究<sup>[9-16]</sup>并取得了一定的成果,但对矿区景观格局指数的粒度效应如何,且矿区复垦前后景观指数的粒度效应变化如何的相关研究还不多。朱开群等<sup>[17]</sup>

等以江苏省海安县李堡镇土地整理项目区为例,以土地利用现状图和规划图(1:5 000)为数据源,利用景观指数统计软件对项目区整理前后景观格局指数的粒度效应进行了分析,为在不同比例尺下,选择适宜粒度进行景观指数的计算和尺度转换提供了理论依据,但有关1:1万比例尺下复垦矿区适宜粒度范围的研究尚未开展。因此文章以徐州市九里矿区为研究对象,以复垦前(2000年)后(2013年)1:1万的矿区土地利用数据为基础,应用景观生态学方法和3S技术,选取17个常见的景观指数研究矿区复垦前后景观指数的粒度效应,确定适合复垦矿区景观指数的最佳粒度,为复垦矿区景观格局指数粒度的选取提供参考,为该矿区或其他类似区域的土地复垦和生态效应评价提供理论基础。

## 1 研究区概况

徐州市九里矿区位于江苏省西北部,华北平原东南部,北纬 $34^{\circ}15'$ ,东经 $117^{\circ}00'$ ,区内除少数丘陵外,大部分区域为黄泛冲积平原。属于暖温带半湿润季风气候,四季分明,年平均气温为 $14.2^{\circ}\text{C}$ ,年平均降水量为 $834.7\text{ mm}$ 。土壤类型为黄潮土,土层较深厚,肥力中等。该区地下水位高,洼地土壤处于饱和或近饱和状态,区内常年降水量偏丰,因地势低洼能够充分汇集塌陷区外客水和灌溉回归水。矿区塌陷土地经挖深垫浅和矸石填充复垦后,基本上形成了水、陆分离的地貌类型。较高土地被作为耕地投入农业生产,其余大面积长期积水低洼地则形成景观湿地等。区内主要的土地利用类型为耕地、园地、林地、城镇及矿用地、交通用地、水域和未利用地等。该区煤炭资源丰富,是全国重要的煤炭产地、华东地区的电力基地之一,由于煤炭开采导致大面积地面塌陷,九里矿区采煤塌陷地共计2千多公顷。2000年前后徐州市政府开展大规模的采煤塌陷地复垦工程,经过10a来的矿区土地复垦,使得塌陷地的治理取得一定的成效。

## 2 资料来源与研究方法

### 2.1 资料来源

本研究土地利用数据源为复垦前(2000年)、复垦后(2013年)九里矿区土地利用现状图(1:1万)。首先以1:1万矿区地形图为基础,结合GPS野外实地调查数据,在ArcGIS 9.3环境下对2期土地利用现状图进行精确配准,精度控制在0.5个像元以内,然后在ArcGIS 9.3软件下进行数字化,采用基于土地利用方式分类方法,将九里矿区景观类型分为6类

景观,分别为耕地/园地景观、林地景观、城镇/工矿用地景观、交通用地景观、水域景观和其他景观,其中水域包括河流、湖泊和采煤塌陷地等。最后采用Kappa系数、制图精度和用户精度对分类结果进行评价,结果表明,复垦前后分类结果的Kappa系数均在0.93以上,满足本研究的应用需要。

### 2.2 研究方法

2.2.1 尺度变换 利用ArcGIS 9.3软件中的Spatial Analyst模块,将目视解译好的徐州市九里矿区土地利用类型图转换成不同粒度的土地利用栅格图。在转换过程中采用面积占优法,即按照某种景观在生成新的栅格单元中所占的面积百分比最大的景观类型作为新的栅格像元属性,如果所生成新的栅格像元中各种景观类型的面积占比相同,则由计算机程序随机选择一种景观类型作为新的栅格像元的属性。不同景观尺度的栅格单元大小以10m为间隔,依次设定为10,20,30,40,50,60,...,280,290,300m,在FragStats 3.3中计算不同粒度栅格数据的景观指数,最后将计算的结果在Excel中进行处理分析。

2.2.2 景观指数的选择 由于文章重点分析矿区复垦前后的整体景观特征,参照前人的研究<sup>[18-19]</sup>成果,选择描述区域景观水平的斑块数(NP)、景观形状指数(LSI)、蔓延度指数(CONTAG)、聚集度指数(AD)、平均边缘面积比(PARA\_MN)、相似毗邻百分比(PLADJ)、斑块结合度(COHESION)、景观分割度(DIVISION)、平均核心斑块面积(CORE\_MN)、平均欧式邻近距离(ENN\_MN)、周长面积分维数(PAFRAC)、最大斑块指数(LPI)、有效粒度尺寸(MESH)、核心斑块总面积(TCA)、独立核心斑块数量(NDCA)、香农多样性指数(SHDI)和Simpson多样性指数(SIDI)共17个景观格局指数的粒度效应进行分析,景观指数的含义及计算方法参考相关文献<sup>[1]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 复垦矿区景观格局指数的粒度效应

徐州市九里矿区景观格局指数随着景观粒度的增加均呈不同的变化趋势,表明景观指数的变化受景观粒度的影响,均呈现一定的粒度效应。结果表明,徐州复垦矿区17个景观指数的粒度效应可分为4类,随着景观粒度的增大:8个景观指数呈逐渐降低的粒度效应;5个景观指数呈逐步增加的粒度效应;2个景观指数呈局部的粒度效应,即景观指数在一定的粒度范围内呈现出一定的变化规律;2个景观指数随景观粒度的变化呈随机变化规律。

(1) 复垦矿区景观格局指数逐步降低的粒度效

应。1) 复垦矿区景观格局指数的幂函数降低粒度效应。随着景观粒度的增加,复垦矿区的斑块密度、景观形状指数、蔓延度指数、聚集度指数、周长面积分维数和相似邻近比例6个景观指数呈负的幂函数降低趋势。由此可见,上述景观指数与景观粒度存在显著的负相关关系,主要由于景观斑块面积的增加,建成区、耕地、水域等景观类型的斑块数、密度均有不同程度的减少,斑块间的融合使斑块的形状和边界趋于简单,导致斑块个数、斑块密度、聚集度指数和分维数和景观粒度呈现负相关关系。复垦前后各景观指数均发生了不同程度的变化,由于矿区土地复垦项目的实施,使得斑块密度、景观形状指数和周长面积分维数均呈减少趋势,且当景观粒度为10 m时,斑块密度、景观形状指数和周长面积分维数分别减少了63.34%,30.27%和22.75%。2) 复垦矿区景观格局指数波动降低的粒度效应。随着景观粒度的增加,连接度指数、分离度指数呈现波动降低的粒度效应,主要由于随着景观粒度的增大,斑块间的相互融合使斑块的复杂程度降低,从而导致斑块间的连接度降低。当景观粒度为80 m时,连接度指数出现小幅波动,而当景观粒度为200 m时,连接度指数波动幅度增大;而对于景观分离度指数则呈大幅波动降低的趋势,其尺度转折点为50 m。从复垦前后景观格局指数的变化来看,复垦项目实施后,景观斑块的连接度指数均有不同程度的增加,主要由于矿区土地复垦项目的实施,修建了沟渠、桥涵等;其次由于煤炭资源的开发导致破碎的土地变得规则,使得斑块的连接度指数增加;同时由于耕地、水体等景观斑块面积的增大,景观斑块内部的复杂程度降低,使区域景观分离度指数降低。

(2) 复垦矿区景观格局指数逐渐增大的粒度效应。随着景观粒度的增加,平均核心面积指数和欧氏邻近度指数呈接近线性增加的趋势,当景观粒度为210 m时呈现小幅波动,主要由于随着景观粒度的增加,景观斑块边长增大,从而使得各种景观类型的斑块面积增大,平均核心面积和欧氏距离增大。周长面积分维数则呈现正幂指数小幅波动上升趋势,并在景观粒度为100 m时,呈现较为明显的波动,而最大斑块指数和有效粒度面积则呈大幅波动上升趋势;从复垦前后景观格局指数的变化来看,复垦项目实施后,核心斑块面积、有效粒度面积和欧氏邻近距离等均有不同程度的增加,主要是由于复垦项目实施后将采煤塌陷地形成的零星坑塘复垦为水塘等,其次是采煤塌陷造成农村居民点的搬迁使得居民点的面积增大等原因所致。

(3) 景观指数呈现出局部的粒度效应。随着景观粒度的增加,呈现局部尺度效应的景观指数主要为核心斑块面积指数和核心斑块数量指数,当景观粒度大于或等于20 m时,核心斑块面积指数呈平稳变化,而核心斑块数量则呈现负幂指数相关关系。从复垦前后景观指数的变化来看,随着景观粒度的增加,复垦项目实施后,核心面积指数和核心斑块数量指数均呈减少趋势。

(4) 景观指数的随机变化粒度效应。随着景观粒度的增加,香农多样性指数和辛普森多样性指数均呈不同程度的波动变化,当景观粒度为10~20 m时,二者波动变化幅度较少,而当景观粒度为210 m时,二者的波动幅度变化最大。从复垦前后多样性指数变化来看,复垦项目实施后,香农多样性指数和辛普森多样性均有不同程度的增加,其中:当景观粒度为240 m时,香农多样性指数增幅最大,增加了2.02%,当景观粒度为210 m时,辛普森多样性指数增加了1.93%。

### 3.2 复垦矿区景观格局指数粒度效应的变异特征

景观格局指数的变异系数反映了景观格局指数对景观粒度变化的敏感性程度,由表1可以看出,随着景观粒度的增加,17个景观格局指数的变异系数均呈现不同程度的变化,根据复垦前后变异系数平均值的大小将景观指数对景观粒度变化的敏感性分成三类,对景观粒度较敏感的景观指数( $CV > 0.5$ ),对景观粒度一般敏感的景观指数( $0.2 < CV < 0.5$ )和对景观粒度不敏感的景观指数( $CV < 0.1$ )。对景观粒度较敏感的景观指数有:斑块数、边缘面积比指数、平均核心斑块面积指数、平均欧式邻近距离指数、独立核心斑块数量指数,其中斑块数量的变异系数最大,分别为1.7514(复垦前)、1.2070(复垦后);表明景观粒度发生变化时,景观斑块数量受到的影响最大;对景观粒度一般敏感的景观指数有:景观形状指数、蔓延度指数、相似毗邻百分比指数、最大斑块指数、有效粒度尺寸指数;对景观粒度不敏感的景观指数有:聚集度指数、周长面积分维数、斑块结合度指数、景观分割度指数、核心斑块总面积指数、香农多样性指数和Simpson多样性指数,其中,Simpson多样性指数的平均值最小,为0.0038。从复垦前后景观格局指数的粒度敏感性变化来看,复垦项目实施后,仅有周长面积分维数、平均核心斑块面积、核心斑块总面积、最大斑块指数和有效粒度尺寸的粒度敏感性增加,大部分景观指数的粒度敏感性均呈现一定程度的降低趋势。其中,斑块数量的变异系数变率减幅最大,减少了31.08%,其次是斑块结合度,减少了25.28%。

表 1 九里矿区景观格局指数粒度效应的变异系数

景观格局指数	变异系数		变异系数 变率/%
	复垦前	复垦后	
斑块数(NP)	1.7514	1.2070	−31.08
景观形状指数(LSI)	0.5185	0.4285	−17.36
蔓延度指数(CONTAG)	0.2848	0.2824	−0.84
相似毗邻百分比(PLADJ)	0.2260	0.2030	−10.18
聚集度指数(AI)	0.2049	0.1825	−10.93
边缘面积比(PARA_MN)	1.3477	1.1667	−13.43
周长面积分维数(PAFRAC)	0.0448	0.0518	15.63
平均核心斑块面积(CORE_MN)	0.6823	0.7331	7.45
平均欧式邻近距离(ENN_MN)	0.5383	0.5336	−0.87
斑块结合度(COHESION)	0.0534	0.0399	−25.28
景观分割度(DIVISION)	0.0120	0.0109	−9.17
核心斑块总面积(TCA)	0.0430	0.0453	5.35
独立核心斑块数量(NDCA)	1.2710	1.0523	−17.21
香农多样性指数(SHDI)	0.0046	0.0044	−4.35
Simpson 多样性指标(SIDI)	0.0040	0.0036	−10.00
最大斑块指数(LPI)	0.2286	0.2453	7.31
有效粒度尺寸(MESH)	0.3504	0.3569	1.86

3.3 复垦矿区景观格局指数尺度效应的曲线拟合

由上述分析可知,大部分景观格局指数对景观粒度变化呈现明显的响应,且大部分景观格局指数的粒度效应可用数学函数进行拟合(表 2),由表 2 可以看出,17 个景观指数中 10 个指数可以用函数模型进行

拟合( $R^2>0.94$ ),其中:可用幂函数拟合的景观指数有:斑块数、景观形状指数(复垦前)、边缘面积比、周长面积分维数、平均核心斑块面积(复垦前);可用对数函数进行拟合的景观指数有:景观形状指数(复垦后)、景观蔓延度指数、景观聚集度指数(复垦前);可用三次函数进行拟合的景观指数有:相似毗邻百分比、斑块结合度指数;而景观聚集度指数、平均核心斑块面积(复垦后)可用二次函数进行拟合,平均欧式临近距离呈现线性变化趋势。从复垦项目区景观格局指数拟合函数的变化来看,复垦前景观形状指数用幂函数进行拟合( $R^2=0.9875$ ),而复垦项目实施后则用对数函数进行较好的拟合( $R^2=0.9957$ ),复垦项目实施后景观聚集度指数拟合函数由复垦前的对数函数转变为二次函数;平均斑块面积指数的拟合函数由原来的幂函数转变为二次函数。复垦项目实施后,70%景观格局指数随着景观粒度变化的拟合函数没有发生变化,而 30%的景观格局指数的拟合函数发生了变化,主要由于矿区土地复垦项目的实施,使研究区内部景观结构发生了变化,从而导致同一景观指数复垦前后的拟合函数发生了变化。其余的 7 个景观格局指数,如:香浓多样性指数、Simpson 多样性指数等拟合的效果不佳,可能是由于景观粒度的选取、研究尺度或景观指数自身的原因所致。

表 2 九里矿区景观格局指数粒度效应的拟合曲线

景观格局指数	时间	函数类型	数学模型	$R^2$
斑块数(NP)	复垦前	幂函数	$y=2974.9x^{-1.2709}$	0.9932
	复垦后	幂函数	$y=936.87x^{-1.0785}$	0.9735
景观形状指数(LSI)	复垦前	幂函数	$y=179.67x^{-0.5028}$	0.9875
	复垦后	对数函数	$y=-7.493\ln(x)+50.804$	0.9957
蔓延度指数(CONTAG)	复垦前	对数函数	$y=-7.8459\ln(x)+61.184$	0.9860
	复垦后	对数函数	$y=-8.5232\ln(x)+66.572$	0.9946
相似毗邻百分比(PLADJ)	复垦前	三次函数	$y=-3E-06x^3+0.0018x^2-0.4609x+92.052$	0.9941
	复垦后	三次函数	$y=-2E-06x^3+0.0013x^2-0.3927x+94.551$	0.9950
聚集度指数(AI)	复垦前	对数函数	$y=-14.12\ln(x)+126.68$	0.9856
	复垦后	二次函数	$y=0.0005x^2-0.2703x+91.708$	0.9880
边缘面积比(PARA_MN)	复垦前	幂函数	$y=28566x^{-0.9689}$	0.9996
	复垦后	幂函数	$y=21183x^{-0.9092}$	0.9979
周长面积分维数(PAFRAC)	复垦前	幂函数	$y=1.1727x^{0.0527}$	0.9568
	复垦后	幂函数	$y=1.1135x^{0.0618}$	0.9793
平均核心斑块面积(CORE_MN)	复垦前	幂函数	$y=0.0262x^{1.3203}$	0.9964
	复垦后	二次函数	$y=0.0003x^2+0.0933x+0.7237$	0.9946
平均欧式邻近距离(ENN_MN)	复垦前	一次函数	$y=2.4952x+22.176$	0.9984
	复垦后	一次函数	$y=2.7174x+27.542$	0.9981
斑块结合度(COHESION)	复垦前	三次函数	$y=-4E-07x^3+0.0002x^2-0.0919x+98.637$	0.9485
	复垦后	三次函数	$y=-2E-07x^3+1E-04x^2-0.0522x+98.273$	0.9775

3.4 复垦矿区景观格局指数的最佳景观粒度

由上述分析可知,大部分景观格局指数具有较强的空间粒度特征。因此,在进行景观格局分析时,选

择合适的景观粒度对分析结果的可信度具有重要意义。根据赵文武等<sup>[9]</sup>的研究成果可知,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

局分析的适宜粒度范围。根据复垦矿区景观格局指数变化曲线的关键拐点和跃变区间,确定研究区景观格局指数分析的最佳景观粒度范围(见表 3)。

由于不同的景观指数反映景观类型的特征有所差异,不同的景观指数随景观粒度变化呈现出不同的曲线拐点和跃变区间,因此不同景观指数的最佳景观粒度值有所差异。而对于区域整体景观特征来说,景观特征的整体尺度转折点不是一个值,而是一个景观粒度范围,在这个范围内,大部分景观指数存在尺度转折点。由表 3 可以看出,九里矿区复垦前后景观格局指数的第一尺度域大部分集中在 50~60

m,180~220 m 和 20~30 m,与赵文武等的研究成果 1:250 000 土地利用图的景观指数第一尺度范围为 70~90 m 和 1:500 000 土地利用图的景观指数第一尺度范围为 90~120 m 的研究结果有一定差异,主要是由于进行景观指数计算时所采用的土地利用数据的比例尺有所差异;其次是研究区内不同土地利用类型的面积占比不同所致。从矿区复垦前后景观指数所呈现的拟合曲线、曲线拐点、跃变区间来看,同一个区域,同一比例尺复垦前后各景观类型的面积占比发生了变化,使各景观指数的拟合曲线、曲线拐点和跃动区间发生变化。

表 3 徐州市九里矿区景观指数计算的最佳粒度范围

景观格局指数	时间	第一尺度域	适宜粒度	景观格局指数	时间	第一尺度域	适宜粒度
斑块数(NP)	复垦前	10~90 m	40~60 m	平均欧式邻近距离(ENN_MN)	复垦前	140~240 m	180~220 m
	复垦后	10~90 m	40~60 m		复垦后	140~240 m	180~220 m
景观形状指数(LSI)	复垦前	20~110 m	50~70 m	周长面积分维数(PAFRAC)	复垦前	20~90 m	40~70 m
	复垦后	20~110 m	50~70 m		复垦后	20~90 m	40~70 m
蔓延度指数(CONTAG)	复垦前	30~100 m	50~80 m	最大斑块指数(LPI)	复垦前	20~90 m	40~70 m
	复垦后	30~100 m	50~80 m		复垦后	20~90 m	40~70 m
聚集度指数(AI)	复垦前	40~110 m	50~90 m	有效粒度尺寸(MESH)	复垦前	20~90 m	40~70 m
	复垦后	40~110 m	50~90 m		复垦后	20~90 m	40~70 m
平均边缘面积比(PARA_MN)	复垦前	10~90 m	40~60 m	核心斑块总面积(TCA)	复垦前	10~20 m	10~20 m
	复垦后	10~90 m	40~60 m		复垦后	10~20 m	10~20 m
相似毗邻百分比(PLADJ)	复垦前	30~100 m	50~80 m	独立核心斑块数量(NDCA)	复垦前	10~20 m	10~20 m
	复垦后	30~100 m	50~80 m		复垦后	10~20 m	10~20 m
斑块结合度(COHESION)	复垦前	10~90 m	40~60 m	香农多样性指数(SHDI)	复垦前	不明显	不明显
	复垦后	10~90 m	40~60 m		复垦后	不明显	不明显
景观分割度(DIVISION)	复垦前	10~80 m	40~60 m	Simpson 多样性指数(SIDI)	复垦前	不明显	不明显
	复垦后	10~80 m	40~60 m		复垦后	不明显	不明显
平均核心斑块面积(CORE_MN)	复垦前	150~250 m	180~220 m				
	复垦后	150~250 m	180~220 m				

4 结 论

不同的景观指数所表达景观类型特征有所不同,呈现的粒度效应有所差异。随着景观粒度的增大,景观格局指数所表现的变化趋势大致可分为 4 类:逐渐降低的粒度效应、逐步增加的粒度效应、局部的粒度效应、随机变化规律共 4 种类型。上述变化规律主要是由于空间数据的比例尺、各景观类型的空间占比和景观指数的自身特征所致。

对于区域整体景观特征来说,景观特征的整体尺度转折点不是一个值,而是一个景观粒度范围,在这个范围内,大部分景观指数存在尺度转折点。而景观格局指数变化的第一尺度域是确定最佳分析粒度的重要依据,在该尺度域内,可选择较大的粒度值作为区域景观格局分析的最佳粒度值,既能够表达出区域特征,又能够避免冗余的计算。结果表明:适宜徐州九里矿区 1:1 万土地利用数据进行景观指数分析的

最佳景观粒度范围为 20~40 m。

本研究仅以复垦矿区 1:1 万矿区土地利用图为数据源,对矿区景观格局指数的粒度效应进行分析,区域景观格局指数的粒度效应、最佳粒度范围以及粒度敏感性是矢量数据的比例尺、土地利用结构等共同作用的结果。因此,在景观格局指数分析时,应当综合考虑区域土地利用数据的比例尺,不同土地利用类型数据所占的比例和景观指数的尺度转折点来确定区域景观格局分析的最佳粒度范围。

参考文献:

[1] 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.  
[2] Schneider D C. The rise of t he concept of scale in ecolo-gy[J]. BioScience,2001,51(7):545-553.  
[3] 吕一河,傅伯杰. 生态学中的尺度及尺度转换方法[J]. 生态学报,2001,21(12):2096-2105.

- 2007, 23(2): 26-29.
- [16] 李军, 黄敬峰. 山区气温空间分布推算方法评述[J]. 山地学报, 2004, 22(1): 126-132.
- [17] 张洪亮, 邓自旺. 基于 DEM 的山区气温空间模拟方法[J]. 山地学报, 2002, 20(3): 360-364.
- [18] 杨昕. 基于 DEM 的地面光热资源模拟与农业应用[D]. 西安: 西北大学, 2004.
- [19] 程路. 秦岭山地辐射和气温空间分布研究[D]. 南京: 南京气象学院, 2003.
- [20] 王堰. 基于 GIS 的重庆市风速空间扩展研究[D]. 南京: 南京气象学院, 2004.
- [21] Daly C, Gibson W, Taylor G. A knowledge-based approach to the statistical mapping of climate [J]. Climate Research, 2002, 22(2): 99-113.
- [22] 李正泉, 于贵瑞, 刘新安, 等. 东北地区降水与湿度气候资料的栅格化技术[J]. 资源科学, 2003, 25(1): 72-77.
- [23] 孟庆香, 刘国彬, 杨勤科. 基于 GIS 的黄土高原气象要素空间插值方法[J]. 水土保持研究, 2010, 17(1): 10-14.
- [24] 张余庆, 陈昌春, 尹义星, 等. 江西多年平均降水量空间插值模型的选取与比较[J]. 水土保持研究, 2013, 20(4): 69-74.
- [25] 王汶, 鲁旭. 基于 GIS 的人居环境气候舒适度评价: 以河南省为例[J]. 遥感信息, 2009(2): 104-109.
- [26] 王胜, 田红, 谢五三, 等. 近 50 年安徽省气候舒适度变化特征及区划研究[J]. 地理科学进展, 2012(1): 40-45.
- [27] 张狄, 史岚, 缪启龙, 等. 基于 GIS 的江苏省旅游舒适度精细化估算与评价[J]. 江苏师范大学学报: 自然科学版, 2012, 30(3): 62-67.
- [28] 李娜. 基于 GIS 的东部沿海城市气候舒适度评价[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2014.
- [29] 陈晓峰, 刘纪远, 张增祥, 等. 利用 GIS 方法建立山区温度分布模型[J]. 中国图象图形学报, 1998(3): 234-238.
- [30] 李军, 游松财, 黄敬峰. 中国 1961—2000 年月平均气温空间插值方法与空间分布[J]. 生态环境, 2006, 15(1): 109-114.
- [31] 李占清, 翁笃鸣. 丘陵山地总辐射的计算模式[J]. 气象学报, 1988(4): 461-468.
- [32] 李新, 程国栋, 陈贤章, 等. 任意地形条件下太阳辐射模型的改进[J]. 科学通报, 1999, 44(9): 993-998.
- [33] 陈学兄, 常庆瑞, 郭碧云, 等. 基于 SRTMDEM 数据的中国地形起伏度分析研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2013, 21(4): 670-678.

~~~~~

(上接第 257 页)

- [4] 邬建国. 景观生态学: 概念与理论[J]. 生态学杂志, 2000, 19(1): 42-52.
- [5] Wu Jianguo, Hobbs R. Key issues and research priorities in landscape ecology: An idiosyncratic synthesis[J]. Landscape Ecology, 2002, 17(4): 355-365.
- [6] 申卫军, 邬建国, 任海, 等. 空间幅度变化对景观格局分析的影响[J]. 生态学报, 2003, 23(11): 2219-2231.
- [7] 杨丽, 甄霖, 谢高地. 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.
- [8] 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.
- [9] Qi Y, Wu J G. Effects of changing spatial resolution on the results of landscape pattern analysis using spatial autocorrelation indices[J]. Landscape Ecology, 1996, 11(1): 39-49.
- [10] Wu J, Shen W, Sun W, et al. Empirical patterns of the effects of changing scale on landscape metrics[J]. Landscape Ecology, 2002, 17(8): 761-782.
- [11] 李秀珍, 布仁仓, 常禹, 等. 景观格局指标对不同景观格局的反应[J]. 生态学报, 2004, 24(1): 123-134.
- [12] 周伟, 钟星, 袁春. 1: 10000 比例尺土地利用景观指数的粒度效应分析[J]. 中国土地科学, 2010, 24(11): 20-26.
- [13] 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.
- [14] 于磊, 赵彦伟, 张远, 等. 基于最佳分析粒度的大辽河流域湿地景观格局分析[J]. 环境科学学报, 2011, 31(4): 873-879.
- [15] 曹银贵, 周伟, 王静, 袁春. 三峡库区 30a 间土地利用景观特征的粒度效应[J]. 农业工程学报, 2010, 26(6): 315-321.
- [16] 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.
- [17] 朱开群, 金晓斌, 周寅康. 土地整理项目区景观格局粒度效应初探[J]. 中国土地科学, 2011, 25(3): 45-51.
- [18] 陈端吕, 宋涛. 西洞庭湖区森林景观指数适宜转换粒度[J]. 中国农学通报, 2010, 26(10): 110-114.
- [19] 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.