

快速城市化地区土地覆盖景观特征的粒度效应

龚建周, 夏北成*, 李楠, 郭 沛

(中山大学环境科学与工程学院, 广州 510275)

摘要:土地覆盖及其变化研究一直是全球变化研究的焦点,而土地覆盖作为生态系统的重要组成成分,具有明显的空间尺度(包括空间粒度和幅度)属性,不仅如此,尺度问题还成为景观空间研究的关键环节之一。因此,研究了解土地覆盖的尺度效应具有重要的理论意义与实际意义。基于高分辨率 SPOT 遥感数据,对广州市土地覆盖的景观特征进行类型及景观水平的粒度效应研究。结果表明,粒度增加对优势的景观类型有加强作用;粒度效应在类型和景观水平上都存在“临界阈”现象,粒度 10、32 和 128 是“临界阈”粒度。不同土地覆盖类型、不同特征指数的粒度响应存在差异:绿地和水域是对粒度响应最敏感的两种土地覆盖类型,而园地的斑块密度和面积百分比对粒度变化不敏感。景观水平上,斑块密度和平均形状指数的粒度响应最强烈,多样性指数则最弱,反映不同粒度形成的景观的异质性不同。

关键词:土地覆盖;景观异质性;粒度;粒度效应;临界阈

文章编号:1000-0933(2006)07-2198-09 **中图分类号:**Q149 **文献标识码:**A

Effects of spatial grain size on landscape pattern of land-cover types in the rapidly urbanized region

GONG Jian-Zhou, XIA Bei-Cheng*, LI Nan, GUO Luo (School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(7): 2198 ~ 2206.

Abstract: The concept of scale is of great importance and also a scientific frontier in ecology, landscape ecology, and geography. The study of scale changing involves how theories and methods under a different scale. Scale changing, therefore, affects many fields and remains to be thoroughly studied. Being basic spatial unit, different grain sizes affect the results of spatial analysis. Scale response of landscape characteristics of spatial features becomes one of the most important issues in geographical and ecological researches.

The SPOT image of remote sensing of central Guangzhou on November 7, 2002 was translated as the basic vectorgraph of land cover types. The basic cell size (the original pixel) of the translated vectorgraph was 5m. A series of vectorgraphs with different grid cells were constructed by assembling the basic cells using the software Grid module of Arc/info. In these vectorgraphs, different grid cells consisted of different basic cells, which the scale was represented by the pixels in one side of the square grid cell, including 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 16, 24, 32, 64, 128, 256 and 512 pixels/basic cells. The scale effect of spatial grain sizes was analyzed under two levels of land-cover types and landscape in the study area.

Results showed that dominant types of landscape were strengthened with increasing grain size. Areas of greenland and urban land, the highest two in eight types of land covers, increased with the increasing grain sizes. The increasing area ratio of urban land was largest, from 32.88% to 37.32% with the grain sizes changing from 4×4 to 16×16 pixels. Area ratios of farmland, woodland, scrubland and road & square decreased with the increasing grain sizes. Among four types, the area ratio of farmland

基金项目:中山大学 985 工程环境污染控制技术创新平台资助项目

收稿日期:2005-11-29; **修订日期:**2006-04-16

作者简介:龚建周(1970~),女,土家族,湖北人,博士生,从事环境生态与生态环境管理研究. E-mail: gongjzh66@126.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xiabch@mail.sysu.edu.cn

Foundation item: The project was supported by environment and pollution control project of 985 engineering of Sun Yat-Sen University

Received date: 2005-11-29; **Accepted date:** 2006-04-16

Biography: GONG Jian-Zhou, Ph. D., mainly engaged in environmental ecology and management. E-mail: gongjzh66@126.com

decreased most rapidly from 11.75% to 7.54% with grain sizes changing from 4×4 to 16×16 pixels. The area ratios of orchard and water did not change significantly with different grain sizes.

There were obvious scale effects to respond to different grain sizes in land cover types and landscape. The responding extents were varied with different land cover types and landscape. In the same type, the responding extents within different grain sizes were different. Among landscape indices, the patch density (PD), MESH, and DIVISION of land cover were most sensitive in responding to different grain sizes. Some thresholds to respond grain sizes of some land cover types were revealed, such as grain sizes 10, 32 and 128 in this study.

The results showed that landscape heterogeneities were related to grain sizes. Indices of landscape were variable under different grain sizes, such as indices to describe composing, ratio, shape, and congregating. These indices were divided into three types: stable, decreasing, and fluctuating (increasing then decreasing) with the grain sizes. The indices describing dimensional fractions of landscape (FRAC-AM and PAFRAC) varied.

Key words: land-cover; landscape heterogeneity; grain size; effect of grain size; threshold

土地覆盖指地球表面所具有的自然和人文影响所形成的覆盖物^[1~3]。土地覆盖作为生态系统中受全球变化影响最重要的变量,其景观格局及特征具有尺度依赖性,即具有尺度效应^[4,5],并且尺度的效应问题常常成为研究和解决许多土地覆盖实际问题的关键。随着信息技术的发展,已在多尺度下开展有关土地覆盖的研究,其中主要围绕特定主题在中、小尺度上进行^[6~12],探讨土地覆盖信息在不同规模尺度之间的转换以及这种转换之间的定量关系的研究较少。

20 多年来处于中国改革开放最前沿的广州,经济的迅猛发展使城市土地覆盖状态发生了巨大的变化,专家作者们从城市土地覆盖入手展开了大量研究。管东生^[13]、宋树龙^[14]等分别进行了植被特征、植被多样性等方面的研究;李贞^[15]和魏清泉^[16]等分别进行了绿地景观异质性、绿地规划等景观方面的研究。然而从景观入手,研究其景观特征及其这种特征的尺度效应仍然缺乏。

本文以高空间分辨率 SPOT 遥感影像为数据源,研究土地覆盖的景观格局特征在类型和景观两个尺度水平下的粒度效应,目的在于探讨原始数据和信息经空间粒度转换后的损失与效应,以及在不同空间粒度下反演相同地物特征的差异。是对城市土地覆盖研究中“可塑性面积单元问题”的探讨,为建立一个成熟的土地覆盖变化研究中的尺度推绎与转换的理论方法体系奠定一定的基础,也为土地覆盖变化及其全球变化的研究积累一定的经验。

1 资料及研究方法

1.1 研究区概况

研究区($E112^{\circ}57' \sim 114^{\circ}13'$, $N22^{\circ}26' \sim 23^{\circ}56'$)广州市位于珠江三角洲的中心腹地,市域总面积 7434.4km^2 ,是快速城市化区域。濒临南海,是中国南方最大的海滨城市。地势东北高,西南低,北部和东北部是山区,中部是丘陵、台地,南部是珠江三角洲冲积平原,属亚热带海洋性季风气候。本研究区涵盖广州市的海珠、黄埔、荔湾、越秀、天河、番禺 6 区及萝岗区部分,总面积 1215.53km^2 。

1.2 数据来源

所用原始数据为以广州市城区为中心的 SPOT 遥感影像(轨道号为 284/303,拍摄时间为 2002 年 11 月 7 日)。以 1:5 万的地形图为准,采用三次多项式及最邻域插值法对遥感影像进行几何校正,配准误差控制在 1 个像元以内。经多波段影像合成再与全色波段融合,形成空间分辨率为 5m 的假彩色合成图像。最后,裁剪出广州市辖区范围。

1.3 研究方法

1.3.1 土地覆盖类型图的生成 经人工解译遥感影像,以及现场踏勘校正解译结果,形成研究区的土地覆盖类型图(共 16 类)。参照国外的 6 大类标准及我国土地覆盖类型暂行标准,结合研究区特点,归并小类形成适合本研究的 8 种土地覆盖的类型,分别是:农田(包括苗圃)、园地、林地、灌木林地、绿地、城镇建设用地(居民

用地及工矿用地)、水域和道路交通用地。

1.3.2 粒度变换 在 Arc/info 软件的 grid 模块下,将原始矢量类型图转换成栅格图(栅格大小为 5m),再逐步聚合栅格细胞,形成不同粒度大小的景观类型图。由于研究用来表示粒度的像元都是聚合原始栅格细胞形成的正方形,为简便起见,把粒度用聚合形成的矩形像元的一条边的原始栅格细胞的个数来表示(后文中涉及到的粒度均指个数,不再给出单位)。形成的一系列不同粒度的景观类型图,其粒度按从小到大的顺序分别为 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、16、24、32、64、128、256、512。栅格细胞聚合采用 grid 模块的优势规则,即从输入网格中选取数量最多的类型作为输出网格的类型,当存在两个或多个优势类型时,随机选其中之一作为输出网格的类型代码^[17]。

1.3.3 空间信息转移矩阵的生成 利用 Arcgis8.3 的 Geoprocessing Wizard 模块,叠加选取的两种不同粒度的土地覆盖类型图,根据叠加图的属性求出不同的土地覆盖类型的面积在两种粒度之间的原始转移比率,进而求出转化率矩阵。以粒度 4、8 和 16 的类型图为代表进行分析。

1.3.4 空间异质性指标计算 异质性特征分析基于类型和景观两个水平,在 Fragstats3.3 软件中计算指标。在类型水平上,选取斑块面积百分比(PLAND)、斑块密度(PD),面积加权分维数(FRAC_AM)、平均形状指数(SHAPE_MN),凝聚度指数(COHESION),有效网格大小(MESH)、聚集度指数(CLUMP)、分离度指数(DIVISION)等共 8 个指标,从面积、形状、连通性、分布状态等方面探讨土地覆盖类型特征的粒度效应。景观水平上,选取斑块密度、面积加权分维数、平均形状指数、面积一周长分维数(PAFRAC)、凝聚度指数、聚集度指数、分离度指数、丰富度指数(PRD)、辛普森多样性指数(SIDI)、辛普森均匀度指数(SIEI)等 8 个指标,从面积、形状、分布状态、多样性等方面研究广州市城区土地覆盖景观特征的粒度效应。指标计算公式和含义见相关文献^[18,19]。

2 结果与分析

2.1 空间信息转移的统计分析

表 1 和表 2 分别是粒度 4 到 8、8 到 16 变化时,景观中不同土地覆盖类型之间的面积转移比率的矩阵表。可以看出从一种粒度增至另一种粒度时,不同的土地覆盖类型的面积变化有以下特点:

(1)根据土地覆盖分类信息在不同空间粒度影像上的变化特点,可以将其变化等级归纳为 3 种类型:绿地、城镇建设用地位为面积增加型,农田、林地、灌木林地、道路交通用地为面积减少型,园地、水域为面积稳定或小幅波动型。

(2)面积比例最大的绿地、城镇建设用地位类型随着空间粒度的增加,由其它类型转移过来的面积单调增加,在研究的 4、8 和 16 三个粒度下,绿地的面积比率依次是 26.3%、27.49%、30.06%,城镇建设用地的面积比率依次是 32.88%、33.26%、37.32%。可见,城镇建设用地位覆盖类型的面积增幅最大(4.44%)。下降幅度最大、速度最快的是农田覆盖类型,在从小到大的 3 种粒度下,其面积比率分别是 11.75%、10.66%、7.54%,总的下降幅度是 4.21%;其次是林地、灌木林地和道路交通用地,并且随着空间粒度的增大,3 种类型的面积所占比例下降幅度明显增大。

(3)面积基本维持稳定的土地覆盖类型是园地和水域。从粒度 4 增至 8 时,园地覆盖类型的面积变化率为 0,水域变化率为 0.07%;再从粒度 8 至 16 时,园地和水域两种覆盖类型的变化率分别是 0.01% 和 0.11%。

2.2 类型水平上土地覆盖特征的尺度效应

土地覆盖类型特征的尺度效应结果如图 1 所示。研究结果表明,当粒度从 1 增至 512 时,其尺度效应有以下变化规律。

(1)不同土地覆盖类型的斑块密度(PD)变化趋势基本一致 当粒度增至 4(水域是 5)时,斑块密度值最大,然后下降,粒度增至 10 后,各类型的斑块密度值加剧下降。其中,从粒度 4 至 10 之间,绿地、城镇建设用地位和水域的指数值下降幅度较大。由前面的转移矩阵知,空间粒度变粗使景观中优势类型的城镇建设用地位、绿地的面积单调增加,是两类型的斑块密度值大幅度下降的主要原因。所有土地覆盖类型中,园地斑块的密度值最小,变化也小;其次是灌木林地和道路交通用地,并且曲线十分相似。

表 1 当空间粒度从 4 到 8 时不同土地覆盖类型之间的面积转移矩阵

Table 1 Transforming matrix of area ratios of 8 land-cover types from grain size 4 to 8

粒度 4 Grain size 4	粒度 8 Grain size 8								面积比例 Ratio of area	
	农田 Farmland	园地 Orchard	林地 Woodland	灌木林地 Scrub land	绿地 Green land	城镇建设 用地 Urban land	水域 Water	道路交通 用地 Road & square	粒度 4 Grain size 4	粒度 8 Grain size 8
农田 Farmland	65.1	×	1.8	0.9	8.8	13.7	9.2	0.5	11.75	10.66
园地 Orchard	2.7	70.3	0.5	×	8.0	13.8	4.5	0.2	0.29	0.29
林地 Woodland	2.4	×	69.0	1.0	11.5	9.3	6.0	0.7	5.27	5.09
灌木林地 Scrub land	4.5	0.0	1.8	66.9	7.8	11.4	7.3	0.2	2.44	2.30
绿地 Green land	2.3	0.1	1.5	0.5	82.0	8.3	4.8	0.5	26.30	27.49
城镇建设用地 Urban land	3.6	0.1	1.3	0.6	7.2	81.2	5.6	0.3	32.88	33.26
水域 Water	4.8	×	1.6	0.9	7.3	10.9	74.3	0.2	19.55	19.48
道路交通用地 Road & square	4.7	0.1	1.6	0.6	6.9	10.1	4.7	71.4	1.51	1.43

表中数字代表面积或面积转移百分比 Numbers in the table represent ratio/transforming ratio of area

表 2 当空间粒度从 8 到 16 时不同土地覆盖类型之间的面积转移矩阵

Table 2 Transforming matrix of area ratios of 8 land-cover types from grain size 8 to 16

粒度 8 Grain size 8	粒度 16 Grain size 16								面积比例 Ratio of area	
	农田 Farmland	园地 Orchard	林地 Woodland	灌木林地 Scrub land	绿地 Green land	城镇建设 用地 Urban land	水域 Water	道路交通 用地 Road & square	粒度 8 Grain size 8	粒度 16 Grain size 16
农田 Farmland	37.4	×	1.5	0.6	12.8	30.5	17.3	×	10.66	7.54
园地 Orchard	0	42.4	×	×	12.1	39.4	3	3	0.29	0.28
林地 Woodland	0.5	×	33.3	1.6	22.9	22.6	18.1	1	5.09	3.03
灌木林地 Scrub land	6.1	0	2.3	30.5	19.8	27.1	14.1	×	2.30	1.54
绿地 Green land	2.8	0.1	1.7	0.6	68.7	17.5	8.3	0.2	27.49	30.06
城镇建设用地 Urban land	3.4	0.3	1.3	0.7	14.5	68.9	10.8	0.1	33.26	37.32
水域 Water	7	×	1.2	1.5	14.5	21.8	53.9	0.1	19.48	19.59
道路交通用地 Road & square	7.4	×	1.2	1.2	34.4	16.6	7.4	31.9	1.43	0.63

表中数字代表面积或面积转移百分比 Numbers in the table represent ratio/ transforming ratio of area

(2)反映面积/密度大小的另一指数——面积百分比(PLAND)随粒度增大有两种变化趋势 减少型,(农田、林地、灌木林地、道路交通用地和园地),其中农田的面积百分比单调减少,下降幅度以从粒度 64 到 512 之间为最大;林地其次,但是直至粒度达到 64 以前,林地的面积百分比表现为小幅度波动的变化,下降幅度为 0.2888%,粒度由 128 增至 256 再到 512 时下降幅度最大,分别达 1.6961%、1.3552%,与对应的面积变化率一致。3 种增加型(绿地、城镇建设用地、水域)覆盖类型的面积百分比曲线极其相似,在粒度小于 64 时,3 条曲线几乎成直线平行,然后上升。3 种覆盖类型中以水域的变化率最小。另外,曲线还显示,各类型的面积百分比曲线存在“临界阈”,粒度 128 为各土地覆盖类型的面积百分比指数的临界阈粒度。

(3)各覆盖类型的面积加权平均分维数(FRAC-AM)的粒度变化曲线十分相似,随粒度增大各类型的分维数指数均缓慢下降。但是粒度增加到 256 时,绿地、城镇用地和水域 3 种类型的曲线上扬;农田的分维数曲线也有类似的变化。总体上讲,面积加权平均分维数值及其粒度变化表明:该区域几种土地覆盖类型的斑块形状相对较规则,粒度变化对其分维数指数值的影响较小。

(4)各类型平均形状指数(SHAPE-MN)的粒度响应也十分接近。除城镇建设用地和水域的平均形状指数在粒度为 128 时出现上升,绿地维持平稳或小幅下降外,其余各类型的指数基本是随粒度增大而缓慢下降。

(5)有效网格大小(MESH)是斑块面积的平方和与景观面积的比值,用于比较斑块的平均面积大小^[20]。景观总面积不变时,有效网格变大,反映该类型面积增加,其在景观中的比重加大。从图 2 可以看出,粒度对城镇建设用地类型的面积影响最大:粒度由 1 变为 2 时,指数急剧增加;粒度为 2~9 时,指数缓慢下降;粒度 9

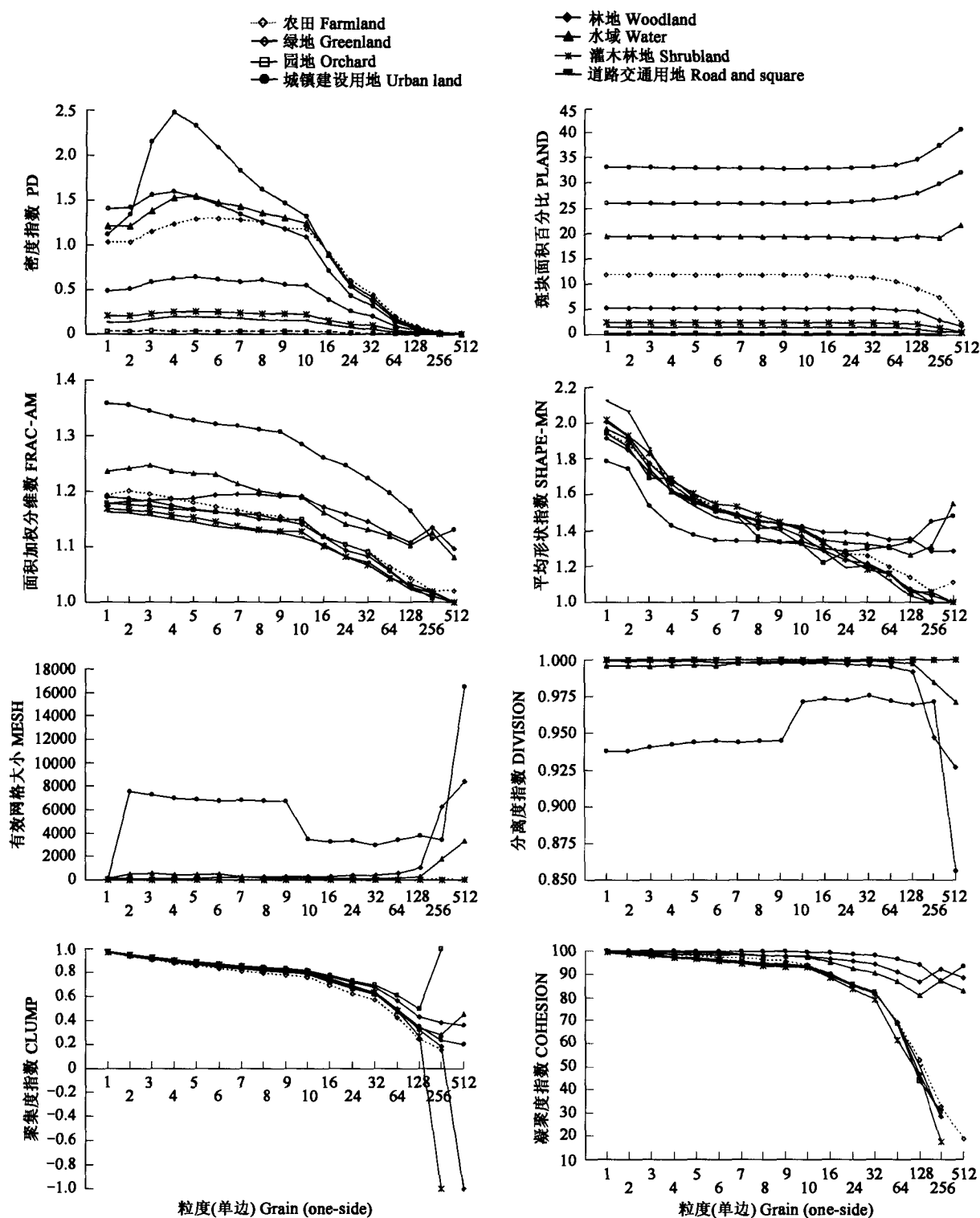


图 1 不同土地覆盖类型景观特征指数的空间粒度变化响应曲线

Fig. 1 Response curves of landscape indices of different land-cover types to changing grain size

~ 10 又出现急剧下降;粒度 10~256 时,指数小幅波动;粒度 256~512 时,出现一次幅度最大的聚增。表明城镇建设用对粒度的响应具有分段的特点。其次是绿地和水域类型,粒度 1~32 时,绿地类型的指数很平稳,32~128 时出现缓慢增加,128~512 时指数显著增加。其余覆盖类型的该指数变化很小。

(6)随研究粒度逐渐变大,园地、林地、灌木林地和道路交通用地的分离度指数(DIVISION)值接近 1,说明

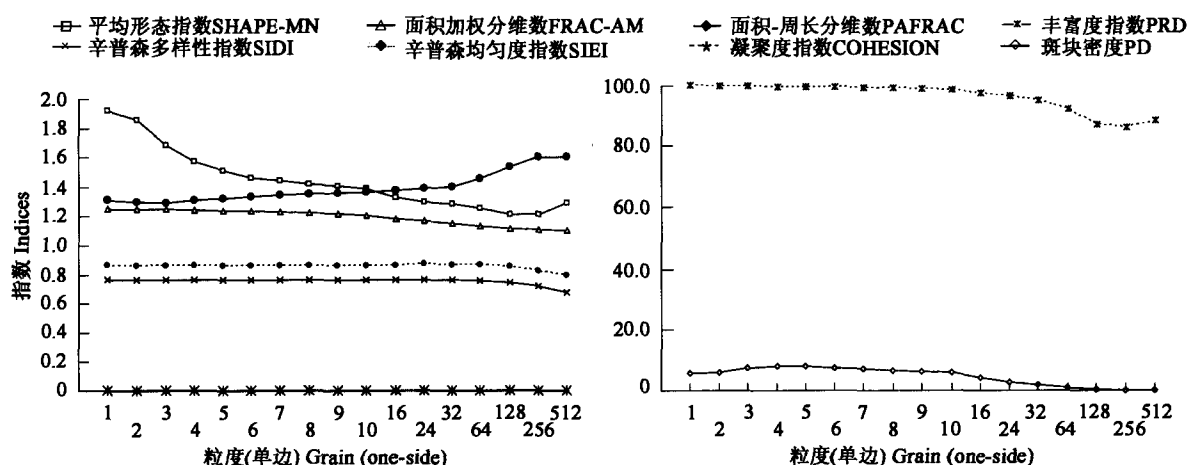


图2 不同景观指数随空间粒度的变化

Fig.2 Variant dynamics of different landscape indices to changing spatial grain size

研究区域内的这几种土地覆盖类型受粒度影响较小。城镇建设用地分离度指数值较小,且变化明显,受粒度变化的影响最大。在小的粒度范围内,绿地和水域的分离度指数接近1,而在粒度为128~512时,指数下降较大幅度,说明研究区域的绿地和水域对该粒度范围敏感。

(7)聚集度指数(CLUMP)是反映斑块在景观中聚集与分散状态的指数,其数值在-1与1之间,当斑块呈完全分散型时,其指数值为-1,呈随机分布时其值为0,呈聚集状分布时其指数值为1。该指数曲线的特征表明,在较小粒度值时,所有类型都呈聚集分布,随着粒度值增加,各类型的聚集度缓慢降低。至粒度10时,各类型指数值的下降速度加快;直到粒度为32时,再出现下降速度加快的转折点;粒度自128至256时,灌木林地急剧变化为完全离散状态,园地则相反地变化为完全聚集态,林地变化为完全离散状态的粒度范围是自256至512;其它类型则在随机与聚集分布之间变化。另外,粒度为512时,灌木林地和道路交通用地的聚集度指数无意义,根据聚集度计算公式知,此粒度下各仅剩1个斑块。

(8)凝聚度指数(COHESION)是表征斑块连通性的指数。从粒度1开始,各类型的指数值缓慢下降,至粒度值为10时明显分化为两组:绿地、城镇建设用地和水域成为一组,变化缓慢;在粒度10~32范围内,其余覆盖类型的指数值下降速率明显加快,从粒度32开始指数值再急剧下降。

综合分析8个类型的8种指数的粒度响应,粒度10或32是两个具有显著变化的“临界阈”粒度。例如斑块密度、聚集度指数、凝聚度指数以及有效网格大小等在粒度值10时,指数出现明显的变化;而斑块面积百分比、平均形状指数、面积加权分维数等在粒度值32时出现较明显的变化。从指数来看,面积加权分维数的变化幅度最小、最平稳且方向单一。同一指数的不同类型间变化最大的是斑块密度、凝聚度指数、聚集度指数和有效网格大小。单从覆盖类型而言,城镇建设用地是一种各指数变化很大的类型,其次是绿地类型,反映研究区域内该类型受粒度影响很大。另外,当粒度增大到512时,园地类型从景观中消失,因此,没有相应的指数计算。

为定量研究土地覆盖类型景观特征的粒度响应的差异,分别计算了各类型的特征指数对粒度响应的变异系数(表3)。表3中变异系数最大的是绿地斑块类型的有效网格大小,变异系数为2.1044,其次是水域的有效网格大小,变异系数为1.4836,反映研究区绿地和水域斑块的面积随着研究粒度的增加,变化较其它类型大,粒度响应强烈,同时也说明有效网格大小在所选指数中粒度效应最为敏感;其次是农田、林地的聚集度指数,变异系数分别为0.7895、0.7506。另外,变异系数平均值显示,有效网格大小的平均变异系数最大,其次是斑块密度,最小的是分离度指数,表明不同的景观特征指数对粒度变化响应的敏感度也存在差异。从类型的指数变异系数的平均值看,绿地、水域和农田是粒度响应较敏感的类型,园地和道路交通用地是变异最小的类型。

表 3 不同土地类型景观指数粒度响应的变异系数

Table 3 Coefficients of variability of landscape indices corresponding to spatial grain size

土地覆盖类型 Land-cover type	斑块 密度 PD	面积 百分比 PLAND	平均形状 指数 SHAPE-MN	面积加权 平均分维数 FRAC-AM	聚集度指数 CLUMPY	凝聚度指数 COHESION	分离度指数 DIVISION	有效网 格大小 MESH	平均 AVERAGE
农田 Farmland	0.5927	0.2305	0.2375	0.0550	0.7895	0.3024	0.0001	0.2832	0.3142
园地 Orchard	0.5319	0.0414	0.1953	0.0488	0.1643	0.2412	0.0000	0.4066	0.2037
林地 Woodland	0.6028	0.2024	0.2101	0.0565	0.7506	0.3575	0.0000	0.1805	0.2951
灌木林地 Scrub land	0.5733	0.2158	0.2139	0.0507	0.7239	0.3833	0.0000	0.2615	0.3028
绿地 Green land	0.6722	0.0638	0.1237	0.0277	0.2665	0.0426	0.0208	2.1044	0.4152
城镇建设用地 Urban land	0.7353	0.0626	0.1055	0.0620	0.3467	0.0360	0.0299	0.6244	0.2503
水域 Water	0.6279	0.0293	0.1386	0.0467	0.2989	0.0686	0.0071	1.4836	0.3376
道路交通用地 Road & square	0.6274	0.2177	0.2416	0.0494	0.2195	0.3535	0.0000	0.0984	0.2259
平均 Average	0.6204	0.1329	0.1833	0.0496	0.4450	0.2231	0.0101	0.6803	0.2931

2.3 景观水平上土地覆盖特征的粒度效应

从景观面积、形状、连通性、分布特征和多样性等方面入手,选取 8 个指标研究景观特征的粒度效应,计算结果如图 2。分析其变化具有以下特点:

一是基本稳定略有下降的 3 个景观多样性指数(辛普森多样性指数、丰富度指数和辛普森均匀度指数),表明在研究的粒度变化范围内,研究区景观要素的丰富度和分布特征的粒度效应不明显;表征景观要素形状复杂性的面积加权分维数、平均形状指数随粒度增大而呈单调小幅下降的趋势,说明粒度增大,景观要素的形状从面积加权的平均角度来讲,表现为简单化变化趋势。尽管如此,面积一周长分维数在相同的粒度变化过程中单调增加,表现出由不同指数表征相同的生态现象可能会出现相反的粒度效应。凝聚度指数在粒度小于 256 的范围内也随粒度呈相反的变化趋势(小幅下降),当粒度 256 时开始小幅上升,表明只在较大分析粒度范围内,研究区各土地覆盖类型的聚集程度增高;四是斑块密度指数,较小粒度时曲线小幅上升,当粒度为 4 时,指数增至最大值,然后单调下降。

可以看出,不同的景观指数对粒度变化的效应不同,即使反映同一生态学现象的不同指数有时也呈相反的粒度效应变化。另外,景观指数的粒度效应有时还表现出分段变化的趋势。所有这些是景观指数的不同计算方法、景观格局特征、景观分类类型多少以及粒度变换方式的综合反映。

就本研究而言,表征多样性的指数对粒度响应的敏感性较低,表明在分析所选的粒度范围内,随着栅格细胞聚合(分析粒度逐渐增大)土地覆盖类型数量的变化较小,各土地覆盖类型呈均匀化分布的格局,研究区域呈现出高度镶嵌的人工复合体状态,是高度受人工干扰的城市斑块镶嵌格局的反映;其余指数对粒度变化的响应敏感度较大,反映对景观要素形状复杂性、要素之间的聚集态的指数描述受分析粒度影响较大。

景观特征指数的变异系数计算结果如表 4。变异系数最大的是斑块密度和平均形状指数,最小的是表征多样性的辛普森多样性指数和辛普森均匀度指数。

表 4 景观指数粒度响应的变异系数

Table 4 Coefficients of variability of landscape indices corresponding to spatial grain size

指数 Indices	斑块 密度 PD	平均形状 指数 SHAPE-MN	面积-周长 分维数 PAFRAC	丰富度指数 PRD	凝聚度指数 COHESION	面积加权 平均分维数 FRAC-AM	辛普森多 样性指数 SIDI	辛普森均 匀度指数 SIEI	平均 AVERAGE
变异系数 Coefficients of variability	0.6442	0.145	0.072	0.0618	0.0495	0.0451	0.0298	0.0223	0.2032

另外,比较景观与覆盖类型特征的粒度响应,二者变化趋势较一致。表明研究土地覆盖的类型变化与景观变化能够互相加强理解,相互映证,获取更多的、容易理解的可靠信息。

3 结论

(1)类型水平上的研究表明,土地覆盖类型之间的面积转移与空间粒度关系密切,随着空间粒度逐渐

增大,景观中的优势覆盖类型面积比率增大,而一些比重较小的次要类型的面积逐渐减少。

(2)两种尺度水平上的结果都表明土地覆盖的景观特征受空间粒度变化的影响明显。在类型水平下,不同的覆盖类型所受的影响程度不同,而同一类型在不同粒度范围对粒度的响应也不同。粒度响应最敏感的土地覆盖类型景观特征指数有斑块密度、有效网格大小、分离度等;园地的斑块密度和面积百分比等特征指数受粒度的影响较小。另外,某些覆盖类型的景观特征指数还存在“临界阈”现象^[21]。如本文的粒度 10、32、128 在多个指数中表现出“临界阈”现象。变异系数结果表明,绿地和水域是研究区粒度响应最敏感的两种土地覆盖类型,各指数对粒度响应的敏感性存在较大的差异。景观水平下的研究表明,不同粒度下形成的土地覆盖类型景观具有不同的空间异质性。表现为反映景观特征的景观指数随粒度不同而明显变化,如对景观的组成、比例、形状、空间聚集程度等方面的影响。根据对粒度的不同效应可以将指数分为以下类型:基本稳定型、单调下降、单调增加和先降后升的波动型。另外,反映景观要素形状复杂度的两种分维数的粒度效应呈相反的变化趋势,说明粒度对景观分析的重要性,同时也反映出景观指数在表征景观格局的局限性。

综上所述,景观格局特征的分析结果既是各变量的特征与关系的反映,同时也是对分析结果所依赖的粒度(可塑性面积单元)特征的反映。分析结果只在所采用的粒度水平下有效,由于生态学中大尺度宽领域生态学问题时,必须进行跨尺度推译,就必须研究探讨小尺度下数据信息的聚合以及各尺度之间信息转移的规律。因此,粒度效应的研究具有重要的现实意义。另外,景观特征指数粒度效应的研究还利于选取代表性强数量少的景观指数、确定最佳的分析粒度用于景观生态学的研究,在方法论中具有重要地位。

(3)随着遥感技术的发展,利用遥感影像资料以粒度为单元研究景观生态学的粒度效应,将大大丰富景观生态学研究中的尺度理论,使研究更为活跃,有利于更深入地探讨生态系统变化的景观过程及其机理,推进景观生态学的发展。Jianguo Wu^[22]、徐建华^[23]、岳文泽^[24]、谈文琦^[25]、申卫军^[26,27]、Audrey L.^[28]等已开展了一系列研究。但是,由于所选粒度的变化范围、数据聚合方式、分析景观类型的多少、原始栅格图分辨率大小的不同都会导致景观特征粒度效应的差异。本文研究所用的最初栅格图的分辨率正好等于原始影像分辨率(5m),分析所用的粒度变化最小步长为一个栅格细胞,以此为基准探讨研究区土地覆盖在类型和景观水平下的景观特征的粒度效应,是基于前人的研究从城市土地覆盖入手,对景观特征粒度效应的又一次探索。改变基准栅格图的分辨率或最小分析粒度步长进一步探讨土地覆盖景观特征的粒度效应,将是对全面、深入认识粒度效应的补益,有利于生态学现象的解释及进行空间尺度的推绎。

References:

- [1] Liu H Y, Gao J X and Li Z H. The advances in the application of remote sensing technology to the study of land-covering and land utilization. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2001, 50(4): 7 ~ 12.
- [2] Shi P J, Gong P. *Methodology and Practice of Land Use/Cover Study*. Beijing: Sciences Press, 2000. 1 ~ 155.
- [3] Shi P J. Today and future of the dynamics of human-earth (earth surface) system. *Earth Science Frontiers (China University of Geosciences)*, 1997, 4(1 ~ 2): 201 ~ 211.
- [4] Jane Southworth, Darla Munroe, Harini Nagendra. Land cover change and landscape fragmentation: comparing the utility of continuous and discrete analyses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2004, 101: 185 ~ 205.
- [5] Chen Y Q, He Y B. Scale issues in the analysis of land use/cover change. *Economic Geography*, 2005, 25(2): 152 ~ 155.
- [6] Michael C Wimberly, Janet L Ohmann. A multi-scale assessment of human and environmental constraints on forest land cover change on the Oregon (USA) coast range. *Landscape Ecology*, 2004, 19: 631 ~ 646.
- [7] Chen Y Q, Peter H Verbrug. Multi-scale spatial characterization of land use/land cover in China. *Science Geographica Sinica*, 2000, 20(3): 197 ~ 202.
- [8] Li X B, Chen Y B, Li X. Study on regional land cover patterns derived from multiscale remotely sensed data. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27(5): 577 ~ 586.
- [9] Yuang Y, Shi P J, Liu Y H, et al. A study on the pattern of land-cover during rapid urbanization: Shenzhen city as a case study. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(9): 1832 ~ 1840.
- [10] Zhang H G, Huang W G, Zhou C B, et al. Study of land cover on Nanji Island using IKONOS images and fractal approach. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(8): 1539 ~ 1547.

- [11] Wan L H, Zhang S Q, Lu A X. Study on the land cover/land use by using remote sensing and gis in the West Sichuan Plateau. *Remote Sensing Technology and Application*, 2004, 19(5): 328 ~ 333.
- [12] Sheila Bliss Duffy, Michael S, Corson W E Grant. Simulating land-use decisions in the La Amistad Biosphere Reserve Brffer zone in Costa Rica and Panama. *Ecological Modelling*, 2001, 140: 9 ~ 29.
- [13] Guan D S, Chen Y J. Status of urban vegetation in Guangzhou City. *Journal of Forestry Research*, 2003, 14(3): 249 ~ 252 (2003).
- [14] Song S L, Li Z. Analysis of urban vegetation: landscape diversity in Guangzhou. *Tropical Geography*, 2000, 20(2): 121 ~ 124.
- [15] Li Z, Liu J Y, Zhang B C, *et al.* Ecoevolutionary analysis of Guangzhou suburban landscape. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1997, 8(6): 633 ~ 638.
- [16] Wei Q Q, Han Y X. Planning model of greenbelt in densely populated city: A case study of Guangzhou. *Tropical Geography*, 2004, 24(2): 177 ~ 181.
- [17] Bu R C, Li X Z, Hu Y M, *et al.* Scaling effects on landscape pattern indices. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(12): 2181 ~ 2186.
- [18] Zhang J T, Qiu Y, Zheng F Y. Quantitative methods in landscape pattern analysis. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18(4): 346 ~ 352.
- [19] <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/downloads/fragstats-downloads.html>.
- [20] Maile C. Neel, Kevin McGarigal and Samuel A. Cushman. Behavior of class-level landscape metrics across gradients of class aggregation and area. *Landscape Ecology*, 2004, 19: 435 ~ 455.
- [21] Wu J G. *Landscape Ecology: Pattern, Process, Scale and Hierarchy*. Beijing: Higher Education Press, 2002. 1 ~ 258.
- [22] Wu J G, Dennis E. Jelinski, Matt Luck, *et al.* Multiscale analysis of landscape heterogeneity: Scale variance and pattern metrics. *Geographic Information Sciences*, 2000, 6(1): 6 ~ 19.
- [23] Xu J H, Yue W Z, Tan W Q. A Statistical study on spatial scaling effects of urban landscape pattern: A case study of the central area of the external circle highway in Shanghai. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(6): 1058 ~ 1067.
- [24] Yue W Z, Xu J H, Tan W Q. Spatial analysis of the urban landscape pattern. *Ecologic Science*, 2005, 24(2): 102 ~ 106.
- [25] Tan W Q, Xu J H, Yue W Z. Scale of spatial autocorrelation and self similarity of urban landscape pattern. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(6): 627 ~ 630.
- [26] Shen W J, Wu J G, Lin Y B, *et al.* Effects of changing grain size on landscape pattern analysis. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(11): 2219 ~ 2231.
- [27] Shen W J, Wu J G, Lin Y B, *et al.* Effects of changing spatial extent on landscape pattern analysis. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(12): 2506 ~ 2519.
- [28] Audrey L Mayer, Guy N Cameron. Consideration of grain and extent in Landscape studies of terrestrial vertebrate ecology. *Landscape and Urban Planning*, 2003, 65: 201 ~ 217.

参考文献:

- [1] 柳海鹰, 高吉喜, 李政海. 土地覆盖及土地利用遥感研究进展. *国土资源遥感*, 2001, 50(4): 7 ~ 12.
- [2] 史培军, 宫鹏. 土地利用/土地覆盖研究的方法与实践. 北京: 科学出版社, 2000, 1 ~ 155.
- [3] 史培军. 人地系统动力学研究现状与展望. *地学前缘*, 1997, 4(1-2): 201 ~ 211.
- [5] 陈佑启, 何英彬. 论土地利用/覆盖变化研究中的尺度问题. *经济地理*, 2005, 25(2): 152 ~ 155.
- [7] 陈佑启, Peter H Verbrug. 中国土地利用/土地覆盖的多尺度空间分布特征分析. *地理科学*, 2000, 20(3): 197 ~ 202.
- [8] 李晓兵, 陈云浩, 李霞. 基于多尺度遥感测量的区域土地覆盖景观研究. *植物生态学报*, 2003, 27(5): 577 ~ 586.
- [9] 袁艺, 史培军, 刘颖慧, 等. 快速城市化过程中土地覆盖格局研究——以深圳市为例. *生态学报*, 2003, 23(9): 1832 ~ 1840.
- [10] 张华国, 黄韦良, 周长宝, 等. 利用 IKONOS 卫星数据和分形方法研究南麂岛土地覆盖状况. *生态学报*, 2003, 23(8): 1539 ~ 1547.
- [11] 王丽红, 张世强, 鲁安新. 基于 RS 与 GIS 技术的川西高原土地利用/覆盖现状调查研究. *遥感技术与应用*, 2004, 19(5): 328 ~ 333.
- [14] 宋树龙, 李贞. 广州市城市植被景观多样性分析. *热带地理*, 2000, 20(2): 121 ~ 124.
- [15] 李贞, 刘静艳, 张宝春, 等. 广州市城郊景观的生态演化分析. *应用生态学报*, 8(6): 633 ~ 638.
- [16] 魏清泉, 韩延星. 高密度城市绿地规划模式研究——以广州市为例. *热带地理*, 24(2): 177 ~ 181.
- [17] 布仁仓, 李秀珍, 胡远满. 尺度分析对景观格局指标的影响. *应用生态学报*, 2003, 14(12): 2181 ~ 2186.
- [18] 张金屯, 邱扬, 郑凤英. 景观格局的数量研究方法. *山地学报*, 2000, 18(4): 346 ~ 352.
- [21] 邬建国. *景观生态学——格局、过程、尺度与等级*. 北京: 高等教育出版社, 2002, 1 ~ 258.
- [23] 徐建华, 岳文泽, 谈文琦. 城市景观格局尺度效应的空间统计规律——以上海中心城区为例. *地理学报*, 2004, 59(6): 1058 ~ 1067.
- [24] 岳文泽, 徐建华, 谈文琦. 城市景观格局的空间尺度分析. *生态科学*, 2005, 24(2): 102 ~ 106.
- [25] 谈文琦, 徐建华, 岳文泽, 等. 城市景观空间自相关与自相似的尺度特征研究. *生态学杂志*, 2005, 24(6): 627 ~ 630.
- [26] 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. *生态学报*, 2003, 23(11): 2219 ~ 2231.
- [27] 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. *生态学报*, 2003, 23(12): 2506 ~ 2519.