

景观格局指数间相关关系对植被覆盖度 等级分类数的响应

龚建周^{1,2} 夏北成^{1,*}

(1. 中山大学环境科学与工程学院, 广州 510275 ;2. 广州大学地理科学学院, 广州 510006)

摘要 运用景观指数进行景观格局分析已成为景观生态学的主要研究方法。但是,由于景观本身的复杂性以及景观格局指数之间的相关性,其应用与发展受到制约。选用面积/周长/密度、形状和蔓延度等 3 类共 28 个指数,以广州市中心城区为研究区域,以 TM 遥感影像为数据源形成植被覆盖度等级图,在景观类型水平上探讨各类型内指数之间的相关性及其对景观分类数的敏感程度。相关性分析表明,景观格局指数间都存在一定的相关性,但是相关程度差异较大,其中面积/周长/密度类指数间的相关性最强,蔓延度类指数其次,形状类指数间独立性相对较强。敏感性分析结果显示,117 个指数对的相关关系都随景观分类数发生变化,根据其变化类型和程度,可以分为简单型、分段型、复杂型等 3 种指数关系响应的类型,分别包括 12、31 和 74 对指数,敏感曲线还表明 4 或 5 是指数对之间相关关系最敏感的分类数;不仅如此,分类数对景观格局指数之间相关关系的影响程度因景观格局指数所属的类别而异,面积/周长/密度类型指数不敏感,其次是蔓延度类指数,最敏感的是形状类指数,最后,研究结果表明景观格局指数间的相关性对分类数的敏感性存在较大的空间变异。

关键词 景观格局指数 敏感性 类型水平 植被覆盖度 广州市中心城区

文章编号:1000-0933(2007)10-4075-11 中图分类号:Q149,Q948 文献标识码:A

Response to classification numbers of vegetation types on correlative coefficients among landscape metrics

GONG Jian-Zhou^{1,2}, XIA Bei-Cheng^{1,*}

1 School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China

2 School of Geographical Sciences, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China

Acta Ecologica Sinica 2007, 27(10): 4075 ~ 4085.

Abstract: It is important to analyze characteristics of landscape pattern indices for landscape ecological research, but its development and application in the field has been limited because of complicated relationships among the indices. There are more than 100 indices used to describe characteristics of landscape system. In this research 28 indices were analyzed, which were defined in three types of landscape indices (area/perimeter/density, shape, and contagion). The basic characteristics of a regional landscape were based on maps of vegetation fraction grading, which were translated from TM remote sensing images of Guangzhou on Oct. 22, 2005. This research was performed in the city center (8 districts) of Guangzhou. All landscape indices were calculated with the software Fragstats3.3. At the level of class metrics, correlative relationships among indices, which were in the same type of classes, were explored firstly. Then, the response of the

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:2006-09-04;修订日期:2007-02-28

作者简介:龚建周(1970~),女,土家族,湖北人,博士,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 financially supported by environment and pollution control project of 985 engineering of Sun Yat-Sen University

Received date: 2006-09-04; **Accepted date:** 2007-02-28

Biography: GONG Jian-Zhou, Ph. D., mainly engaged in environmental ecology and management.

correlative relationships was studied under different classification systems of vegetation fraction for the same landscape, and seven kinds of classification systems of vegetation fraction were designed, namely 2, 3, 4, 5, 6, 9 and 17. The results of correlative relationships were as following: relationship between every index pair was obvious for almost all indices, but there were great difference among different index pairs. For the type of area/perimeter/density metrics the relationships were most significant, and for the type of shape metrics indices were strong independent from each other. Some indices, such as PD, have their different ecological meaning at the landscape level and at the class metrics level. This research got a conclusion, which was different from literatures, by calculating correlative relationship between PD and AREA_MN. It revealed that it should be important to choose suitable indices for the goal of research at the class level and the landscape level. The results on sensitivity of those indices to number of types were analyzed as following: most of indices were very sensitive to classification number of landscape types, and the response degree and tendency were different among different metrics. The response tendencies of 117 index pairs were divided into three groups according to their action under different numbers of landscape types, such as non-sensitiveness, monotonous increasing and complex, and the number of index pairs of each group was 12, 31, and 74, respectively. The response to the number of landscape types indicated that classification numbers 4 and 5 were most sensitive. Another result showed that response difference stood among different types of class metrics, and indices about Area/Perimeter/Density metrics was non-sensitive with changing of classification numbers of types. The metrics about shape of landscape was the most sensitive. Additionally, the results revealed that the correlative relationship of indices were related to spatial characteristics of position.

Key Words: landscape metrics; sensitivity; class level; vegetation fraction; city center of Guangzhou

景观指数是量化景观空间特征的主要方法之一,在景观空间分析中被普遍应用,其研究内容也随着景观生态学的发展而发展^[1~5]。由于自然景观的复杂性以及景观指数本身的缺陷,使景观指数在对空间格局特征的定量化研究以及对其结果的生态解译时遇到重大挑战。因此,引起生态学者们的关注,有关专家围绕景观格局指数展开了一系列研究,如邬建国^[6,7]、Tobias^[8]、布仁仓^[9]、申卫军^[10]等进行景观格局指数的尺度效应研究,表明景观指数尺度依赖性的普遍存在。

Arnot 等^[11]认为景观指数计算常常基于边界清晰的分类数据,因而使景观指数计算值的可信度受到质疑,正是如此,Harbin 等^[4]对景观指数的应用以及不确定性因素引起的误用进行专门研究;George 等^[12]认为由于缺乏对土地覆盖分类体系与景观指数不确定性因素的研究,景观指数描述景观斑块大小、形状和空间分布的不确定性,限制了景观指数的应用,明确指出了分类体系对于景观研究结果准确性的重要性。

最早进行景观指数之间相关关系研究的是 Ritters 等^[13],随后,我国学者陈建军等^[4]进行了景观指数之间的相关性,指出景观研究结果受分类主观性的影响,还有甄霖^[15]、王新明等^[16]、布仁仓等^[17]选用真实景观专门进行景观格局指数的相关性研究,布仁仓还指出景观格局指数之间的相关系数受包括景观分类数的多种因素的影响。

David 等^[18]基于真实景观数据进行了景观指数对空间数据特征的敏感性研究,认为景观指数之间大量冗余信息,且景观指数对不同分类体系很敏感,彭建等^[19]认为可以根据景观格局指数对土地利用分类类型数目变化响应,将景观格局指数的变化分为可预测、预测性较差和不可预测 3 类。

综上所述,景观分类对景观指数的影响已引起广泛关注。但是,景观分类体系的不同如何对景观指数之间的相关关系产生影响仍然鲜见报道。本文以 TM 遥感影像为数据源,经过大气辐射校正以及图像空间模型运算形成植被覆盖度图,根据不同的等级分类体系分割植被覆盖度图,生成不同分类数的植被覆盖度等级图,以此进行类型水平下景观指数相关关系分析,探讨景观分类体系的差异对景观指数之间相关关系的影响以及影响的程度,以更好地理解景观指数的含义,为景观分析时景观指数的选取和景观分类体系的确定提供参考。

1 区域概况与研究方法

1.1 研究区概况

广州市 (E112°57' ~ 114°3', N22°26' ~ 23°56') 位于珠江三角洲的中心腹地。研究区为广州市的中心城区,包括海珠、黄埔、荔湾、芳村区、越秀、天河、白云、东山区等 8 区 (以 2000 年行政区划为准),总面积 1444 km²。其中,面积最大的是白云区 (1042.7 km²),面积最小的是越秀区 (8.9 km²)。研究区地势东北高,西南低,北部和东北部是山区,中部是丘陵、盆地,南部是珠江三角洲沿海冲积平原。气候类型为南亚热带典型的季风海洋性气候。

1.2 研究方法

以 TM 遥感影像为本研究的数据源,数据接收时间为 2005 年 10 月 22 日,轨道号为 122/04385 (122/44 上移 15%)。辅助图件主要为广州市行政区划图 (2000 年区划图)、地形图 (1:5 万)。主要软件有 Erdas8.6、Ilwis3.0、Arcview3.3 和 Arc/info8.3 等图像处理软件和 fragstats3.3 景观格局分析软件,统计分析采用 SPSS12.0。

遥感图像经过预处理和大气辐射校正,剔除大气辐射“噪声”的影响,计算校正后的归一化植被指数,建立植被指数与植被覆盖度的关系模型,再进行遥感图像的空间模型运算,形成研究区的植被覆盖度分布图^①。按照研究所确定的植被覆盖度等级体系,分割植被覆盖图生成一系列不同分类数的植被覆盖度等级图,然后用广州市老八区行政边界裁剪植被覆盖度等级图,形成各行政区域范围内的一系列不同分类数的植被覆盖度等级图。

在类型水平上,利用 Fragstats 计算各行政区域不同植被覆盖度等级的景观格局指数,按 Fragstats 对景观格局指数的分类,选取 13 个面积、周长和密度指数 (Area/Perimeter/Density metrics)、5 个形状指数 (Shape metrics)、7 个蔓延度指数 (Contagion metrics)、1 个连接度 (Connectivity metrics) 指数和 2 个分离度指数 (Isolation/Proximity metrics) 等 5 类共 28 个指数,按照指数的生态学意义归并成本研究的面积/周长/密度类指数 (9 个)、形状类指数 (9 个)、蔓延度类指数 (10 个) 等 3 个类型。计算各指数值的自然对数,用 SPSS12.0 计算各类型内部的各指数间、指数与其自然对数间和自然对数与自然对数间的相关系数。选取绝对值最大的值作为两个指数间的相关系数 (r)。规定 $|r| \geq 0.75$ 为极显著相关^[17, 20, 21], $0.55 \leq |r| < 0.75$ 为显著相关,检验值 $\leq |r| < 0.55$ 为弱相关, r 的正负号表示相关的方向^[22]。

参考有关文献^[23~27]结合研究区大于 85% 的植被覆盖度所占比例极少的实际,采用以下几种方案定义植被覆盖度分级体系:2 级表示法 (0 ~ 50%、50% ~ 100%)、3 级表示法 (0~30%、30% ~ 60%、60% ~ 100%)、4 级表示法 (0 ~ 25%、25% ~ 50%、50% ~ 75%、75% ~ 100%)、5 级表示法 (0 ~ 10%、10% ~ 30%、30% ~ 50%、50% ~ 70%、70% ~ 100%)、6 级表示法 (0 ~ 15%、15% ~ 30%、30% ~ 45%、45% ~ 60%、60% ~ 75%、75% ~ 100%)、9 级表示法 (0 ~ 10%、10% ~ 20%、20% ~ 30%、30% ~ 40%、40% ~ 50%、50% ~ 60%、60% ~ 70%、70% ~ 80%、80% ~ 100%) 和 17 级表示法。17 级划分法是用内插法将 9 级分类法的前 8 个等级再均分为二级,第 9 个等级全部划为 17 级表示法的第 17 个等级。

2 结果与分析

2.1 景观指数间的相关性

以 5 级分类方案为准,进行景观指数之间的相关关系分析。

2.1.1 面积周长密度类指数间的相关性

面积/周长/密度类指数两两之间的相关性计算结果如表 1。其中,斑块类型面积 (CA)、总边缘长度 (TE) 和斑块数 (NP) 是 3 个基本指数^[17],表 1 结果显示 3 个指数两两之间显著正相关。CA、平均斑块面积 (AREA_MN) 和斑块面积变异系数 (AREA_CV) 3 个表征面积特征的指数间均呈显著正相关。斑块面积百分比 (PLAND)、最大斑块指数 (LPI) 与 CA 等 3 个指数两两间呈显著正相关,斑块密度 (PD) 和边缘密度 (ED) 之间显著正相关。这些指数的显著正相关性表明某类型斑块发生变化时,各指数都发生同质同向的变化,而用这

① 相关的模型见作者“基于大气辐射校正的广州市植被覆盖度遥感估算”

些指数表征景观格局特征时则存在着大量的信息冗余和生态学意义的重叠。

本研究类型水平上,PD-AREA_MN 相关系数为负值,且相关性低于弱相关。但是布仁仓等^[17]研究 2 个指数在景观水平时呈完全正相关关系 ($r = 1$)。表明该指数对在表征景观斑块时其响应完全同质,但在表征类型斑块时则相互独立。因为类型水平下,PD 是某类型景观的斑块数与景观总面积的比值,而景观水平下是景观中总斑块数与景观总面积的比值。显然不同研究水平上具有不同的生态学意义和空间意义。

表 1 面积周长密度指数间的相关系数

Table 1 Coefficient of indexes among area/perimeter/density metrics

	PLAND	NP	PD	LPI	TE	ED	AREA_MN	AREA_CV
CA	0.8968 *	0.8652 *	0.6612 *	0.7990 *	0.9746 *	0.8988 *	0.6596 *	0.9731 *
PLAND		0.5052 *	0.6202 *	0.9814 *	0.7921 *	0.9667 *	0.9600 *	0.7406 *
NP			0.8280 *	0.3089	0.9471 *	0.6507 *	0.3471	0.8021 *
PD				0.4327 *	0.7560 *	0.7964 *	-0.2982	0.6383 *
LPI					0.6494 *	0.8695 *	0.9402 *	0.6827 *
TE						0.8500 *	0.4572 *	0.9272 *
ED							0.6500 *	0.8105 *
AREA_MN								0.4402 *

* 表示相关系数通过显著水平 0.05 的双侧检验 Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed);下同 the same below

表 1 结果显示 9 个指数的 36 个指数对中仅有 3 个指数对的相关系数没有达到统计检验的显著水平,显著水平为弱相关的指数对有 4 个。

2.1.2 形状指数间的相关性

从表 2 可看出,形状类景观格局指数两两的相关关系中,具负相关性和正相关性的指数对分别为 17 个和 19 个,就显著水平看, $|r| \geq 0.55$ 的指数对 16 个,占全部指数对的 44.44%,与表 1 相比较,有相关关系的指数对少很多。在显著相关的指数对中,正相关与负相关的指数对分别为 12 9,表明显著相关的指数对中有近一半的指数对的变化不是同质同向的。

表 2 形状指数间的相关系数

Table 2 Coefficient of indexes among characteristics of shape metrics

	SHAPE_MN	FRAC_MN	PARA_MN	CIRCLE_MN	CONTIG_MN	NLSI	GYRATE_MN	GYRATE_CV
LSI	0.0599	0.3702 *	-0.385 *	0.4842 *	0.2982 *	-0.6925 *	-0.2086	0.4827 *
SHAPE_MN		0.7083 *	-0.4100 *	0.0841 *	0.6922 *	-0.3424 *	0.9415 *	0.4496 *
FRAC_MN			-0.8321 *	0.7345 *	0.8194 *	-0.6192	0.4496 *	0.1995
PARA_MN				-0.8363 *	-0.8976 *	0.7016 *	-0.3177	-0.0931
CIRCLE_MN					0.5514 *	-0.6764 *	-0.2735	-0.1754
CONTIG_MN						-0.632	0.6434 *	0.2807
NLSI							-0.2997	-0.7996 *
GYRATE_MN								0.5129 *

标准形状指数 (nLSI)表现活跃,与其他 8 个指数中的 6 个呈显著相关,其中 5 个呈显著负相关。说明该指数除与平均周长面积比 (PARA_MN)呈同质同向变化外,与其它指数均表现相反的变化。全部指数对间 $|r| \geq 0.75$ 的为 6 对,占 16.67%。比较表 1 发现,在面积周长密度类指数中, $|r| \geq 0.75$ 为 20 对,占 55.55%。说明在形状类指数中,相互独立的指数对比面积周长密度类指数要多,信息重叠相对较少。

2.1.3 蔓延度指数间的相关性

蔓延度类指数对的相关性计算结果如表 3。45 个指数对中相关系数未通过显著检验的有 11 对, $|r| \geq 0.55$ 的有 30 对,其中 18 对的 $|r| \geq 0.75$,这些具显著相关的指数对中呈正相关和负相关的分别为 14 和 16 个。结果表明,蔓延度类指数间相关性较复杂,具信息重叠特征的指数对较多,并且同质同向与非同质同向变化的指数对的比例悬殊不大。

表 3 蔓延度指数间的相关系数

Table 3 Coefficient of indexes among contagion/ interspersion metrics

	ENN_CV	CLUMPY	PLADJ	IJI	COHESION	DIVISION	MESH	SPLIT	AI
ENN_MN	-0.6656	-0.8700 *	-0.7429 *	0.5087 *	-0.6680 *	0.5069 *	-0.7907 *	0.9369 *	-0.7175 *
ENN_CV		0.7030 *	-0.268	0.2506	0.2868	0.5569 *	-0.5676 *	-0.7987 *	-0.3073
CLUMPY			0.8963 *	-0.1151	0.9318 *	-0.086	0.6365 *	-0.8949 *	0.8888 *
PLADJ				-0.3872	0.9745 *	-0.6263 *	0.945 *	-0.942 *	0.9941 *
IJI					-0.245	0.4961 *	-0.3494	0.4996 *	-0.3729
COHESION						-0.4098	0.8686 *	-0.8342 *	0.9607 *
DIVISION							-0.6316 *	0.7126 *	-0.6316 *
MESH								-0.9650 *	0.9223 *
SPLIT									-0.9329 *

该类指数中,分离度 (SPLIT)与所有其它指数都呈相关,除 SPLIT-IJI 的相关系数未达到显著相关外,其余全部呈极显著相关,且负极显著相关个数达 6 个。显然 SPLIT 是该类指数中最具代表性的指数。而 IJI 是最具独立性的指数,IJI 与其余 9 个指数中的相关系数全部未 ($|r| \leq 0.55$)。其次是 ENN_CV 具有较强的独立性,9 个指数对中有 4 个未达显著相关水平,其余 5 个指数对相关系数仅 1 个达极显著相关。

2.2 景观指数间的相关关系对景观分类的敏感性

基于不同的植被覆盖度等级划分方案,计算不同分类数下各类型指数内景观格局指数两两之间的相关系数,研究相关关系对分类数变化的响应。3 大类共 28 个指数形成 117 个指数对,根据曲线变化将指数对之间的相关关系对分类数的响应分成 3 类,如图 1 ~ 图 3。

2.2.1 简单型 (不敏感型)

图 1 所示的 12 个指数对之间的相关性对景观分类数的响应不敏感,即随着分类数增加,相关系数的值变化较小,响应曲线微小波动。

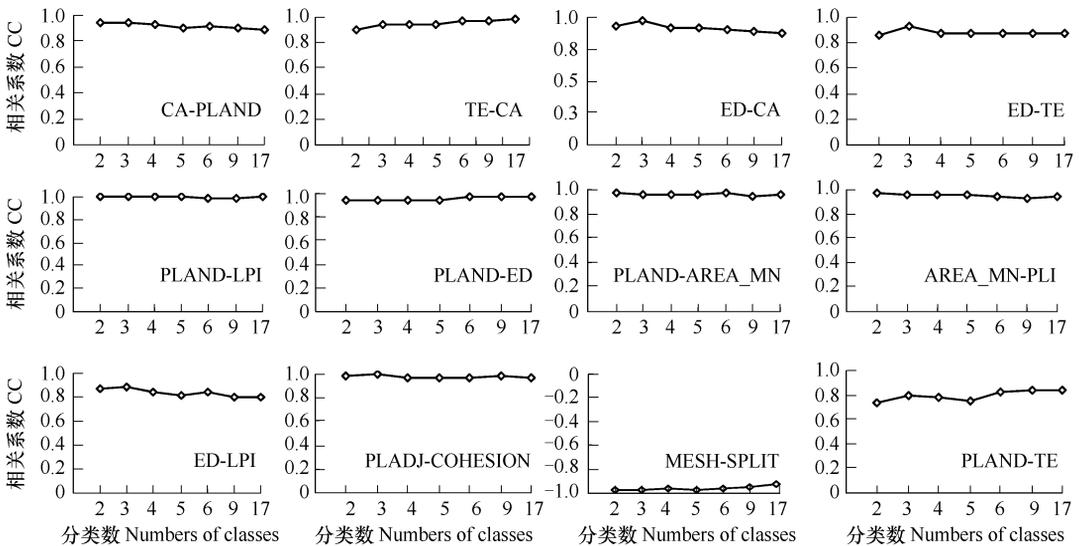


图 1 景观格局指数间相关系数对景观分类数变化的响应曲线

Fig. 1 Correlation coefficients of indexes plotted against the number of landscape types

2.2.2 分段变化型

共 31 个指数对的相关系数呈现分段变化的趋势 (如图 2)。其中,图 2a 的 4 个指数对的相关性从负相关到正相关变化,LPI-PD 指数对在小的分类数时显著负相关,随着分类数增加,相关性减弱,至分类数 5 时呈正相关,以后相关性逐渐增强。图 2b 的 5 个指数对的相关性随着分类数增加均由正相关向负相关过渡,变幅较

大,其中, DIVISION-CLUMPY、GYRATE_MN-NLSI 由显著正相关变化到负的弱相关,而 GYRATE_MN-PARA_MN 呈正负正的跳跃变化。图 2c 有 4 个指数对的相关系数均为负值,随着分类数增加,相关性逐渐减弱,但减弱的程度因指数对而异,只有 ED-PD 间的相关系数为正值,并单调增加。图 2d、2e、2f 共 17 个指数对的相关系数均为正值,大多呈显著相关。

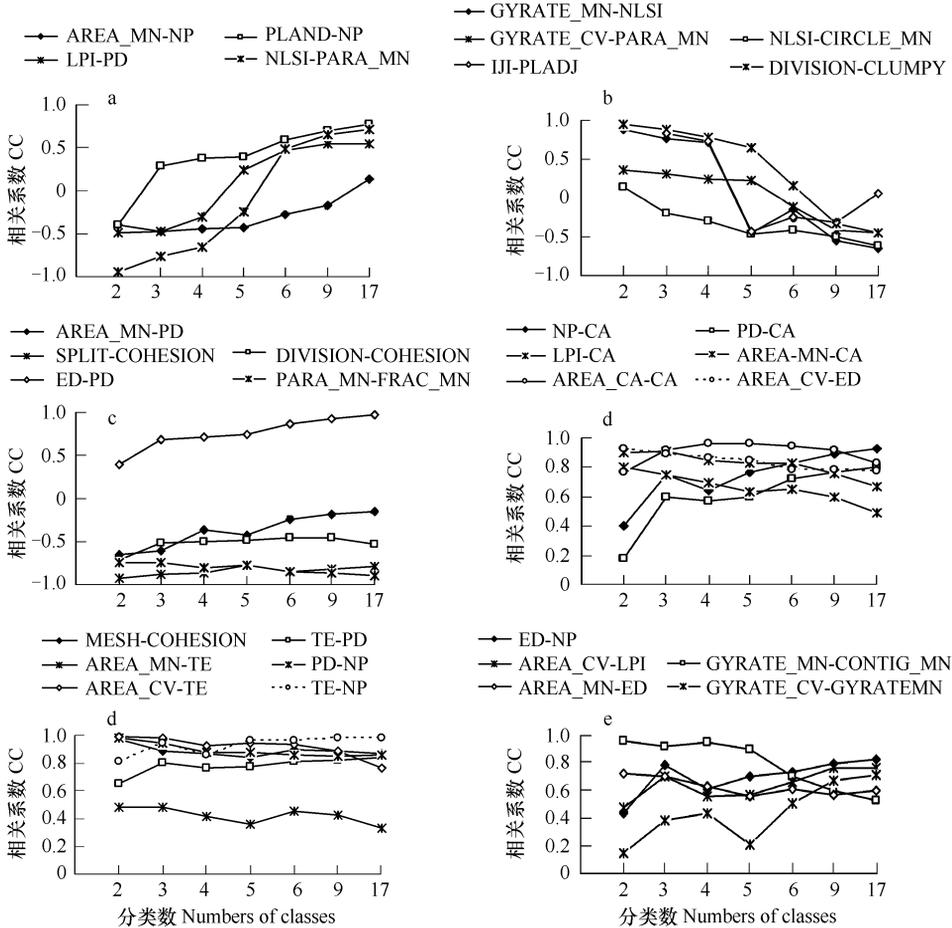


图 2 景观格局指数间相关系数对景观分类数变化的响应曲线

Fig. 2 Correlation coefficients of indexes plotted against the number of landscape types

2.2.3 复杂变化型

图 3 的 74 个指数对中,17 对指数呈正相关,9 对呈负相关(图 3a、3d、3e),47 个指数对的相关性变化较复杂,并且对分类数很敏感,从正相关到负相关或者从负相关到正相关,随分类数变化而呈大幅度变动。

图 3e 中 CIRCLE_MN-PARA_MN 及 CIRCLE_MN-SHAPE_MN 两个指数对的变化均在负相关范围,前者在高分类数时呈显著负相关,而后者在小的分类数时呈显著负相关,其它 3 个指数对在分类数低时呈显著正相关,随着分类数增大,相关性减弱。

图 3f 中的 3 个指数对在分类数为 2~9 时显著负相关并稳定,至分类数 17 时,跳跃至显著正相关。另外的 3 个指数对则随着分类数的增大从负相关逐步变化至呈显著正相关。

相对平稳而单调变化的有图 3g、3h 的 10 个指数对。多方向变化的有图 3(i-k)的 13 个指数对,并且对分类数极为敏感,在分类数 2、3 和 4 时大幅振荡,相关性发生质的分异,对 5~17 各分类数亦是响应敏感。图 3l 的 5 个指数对在分类数 2 和 3 之间发生明显的跳跃式变化,而在其它分类数情况下变化相对较平缓。图 3m 中的 4 个指数对的相关关系分别在分类数 3 和 17 时分异明显,在分类数 4~7 时相关性表现一致的变化趋

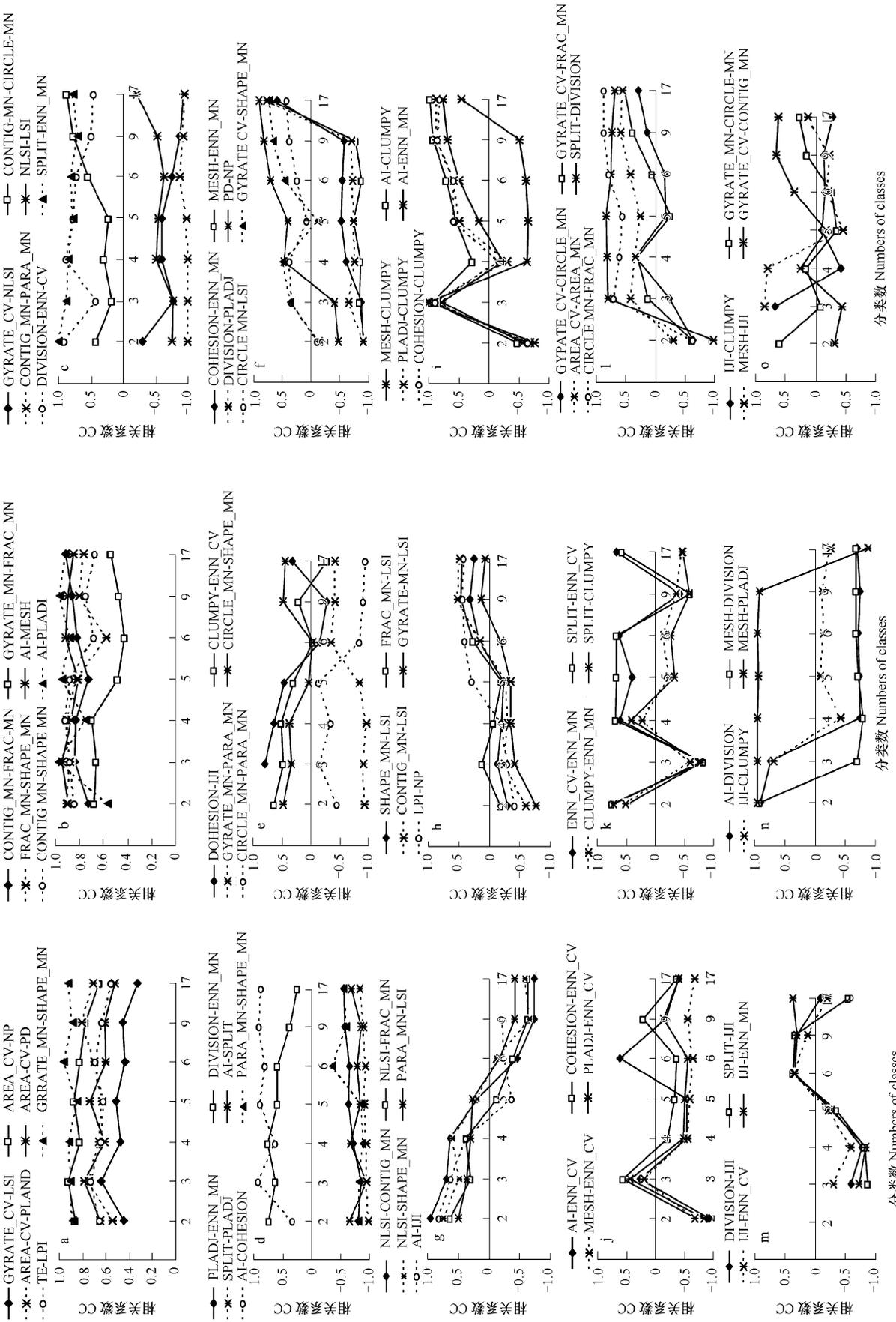


图3 景观格局指数间相关系数对景观分类数变化的响应曲线

Fig.3 Correlation coefficients of indexes plotted against the number of landscape types

势。图 3n 中的 4 个指数对中,有 3 对在分类数较小时从显著正相关跳跃式变为显著负相关,而 MESH—PLADJ 是在分类数 17 时出现跳跃式变化,各指数对在其它分类数时变化相对平缓。图 3o 中的 4 个指数对的变化杂乱,都在正负相关之间变化着,表现出对分类数响应极为敏感。

综上所述,面积/周长/密度类指数间的相关性对分类数依赖性较差,图 1 中不敏感的 12 个指数对就有 10 个属该类型,图 2 中变化较规则的 19 对指数属于该类型。按面积周长密度类、形状类和蔓延度类 3 类,分别计算各类型中指数对的相关系数随分类数变化的变异系数,取其绝对值求平均值,分别为 0.504、3.030、1.258,进一步证实形状类指数间的相关关系对分类数变化的响应最强,其次是蔓延度指数类,面积/周长/密度类指数的响应最弱。

2.3 景观指数间相关关系对分类数敏感性的空间分异

以常用的对分类数不敏感的 PLAND-AREA_MN 和敏感性强的 CONTIN_MN-LSI 两对指数为例,研究相对于分类数 3、4、5、17 时相关系数的空间分异(如表 4、图 4)。

表 4 显示,除白云区外,其余各行政区域范围内的 PLAND-AREA_MN 间的相关系数随分类数变化有较小的变化,其中,越秀区和荔湾区内无变化。变化最大的白云区主要表现在高分类数(17)时,呈下降趋势,降幅为 68.18%。越秀区和荔湾区是广州市面积最小(分别为 8.91km²、11.8 km²)的两个中心城区,区域内植被主要以城市绿地为主,35%~40%覆盖度的城市绿地占绝对优势,等级单一,在不同分类数下两指数之间的相关关系都相当于单一的一个等级的平均斑块面积及该等级斑块面积占总景观面积的百分比之间的关系,其相关系数为 1。白云区是研究区内面积最大的行政区(1042.7 km²)植被覆盖度等级的结构变复杂,随分类数增大,指数间的相关关系的波动出现分异。指数对 PLAND-AREA_MN 的相关性在分类数 17 时转化为弱相关,是较大分类数时各等级植被覆盖度斑块间的平均面积差异较大所致。表明细致的分类更能体现出景观结构的差异性。

表 4 面积百分比与斑块平均面积间相关系数随分类数的变化

Table 4 Spatial difference of sensitivity to numbers of classes for the correlation coefficient between PLAND and AREA_MN

行政区 District	植被覆盖度分类数 Number of vegetation fraction types			
	3	4	5	17
白云区 District of Baiyun	1	0.973	0.993	0.314
东山区 District of Dongshan	1	1	1	0.999
芳村区 District of Fangcun	1	1	1	0.997
海珠区 District of Haizhu	1	0.999	0.998	0.998
黄埔区 District of Huangpu	0.999	0.999	0.998	0.982
荔湾区 District of Liwang	1	1	1	1
天河区 District of Tianhe	1	0.998	0.996	0.957
越秀区 District of Yuexiu	1	1	1	1

图 4 显示出形状指数 CONTIN_MN-LSI 间相关关系随分类数变化的空间分异。从图可以看出,两指数相关关系及其程度在不同行政区域内有很大的差异。在不同区域内,两指数间的相关关系呈现出正负极的不规则变化,并且这种变化也体现在不同的分类数之间。表明该指数间相关关系不仅对景观分类数极为敏感,而且也对景观本身的格局特征极为敏感。另外,从图 4 还可以看出,显著相关主要集中在较小分类数范围内(小于 5);当分类数为 17 时,CONTIN_MN-LSI 只在海珠区内表现出显著相关关系,其余各行政区内主要为相关或弱相关。

3 结论与讨论

从景观格局的 3 个特征方面出发,选取 3 类指数,首先进行不同类型内各景观指数之间的相关性分析:大多数面积/周长/密度类景观指数间存在相关性,如 9 个指数间的 36 个指数对中的 20 对呈极显著正相关,9 对呈显著相关,7 对呈弱相关,即 20:9:7 的比例。反映斑块形状的 9 个指数间的相关分析得到的极相关、相

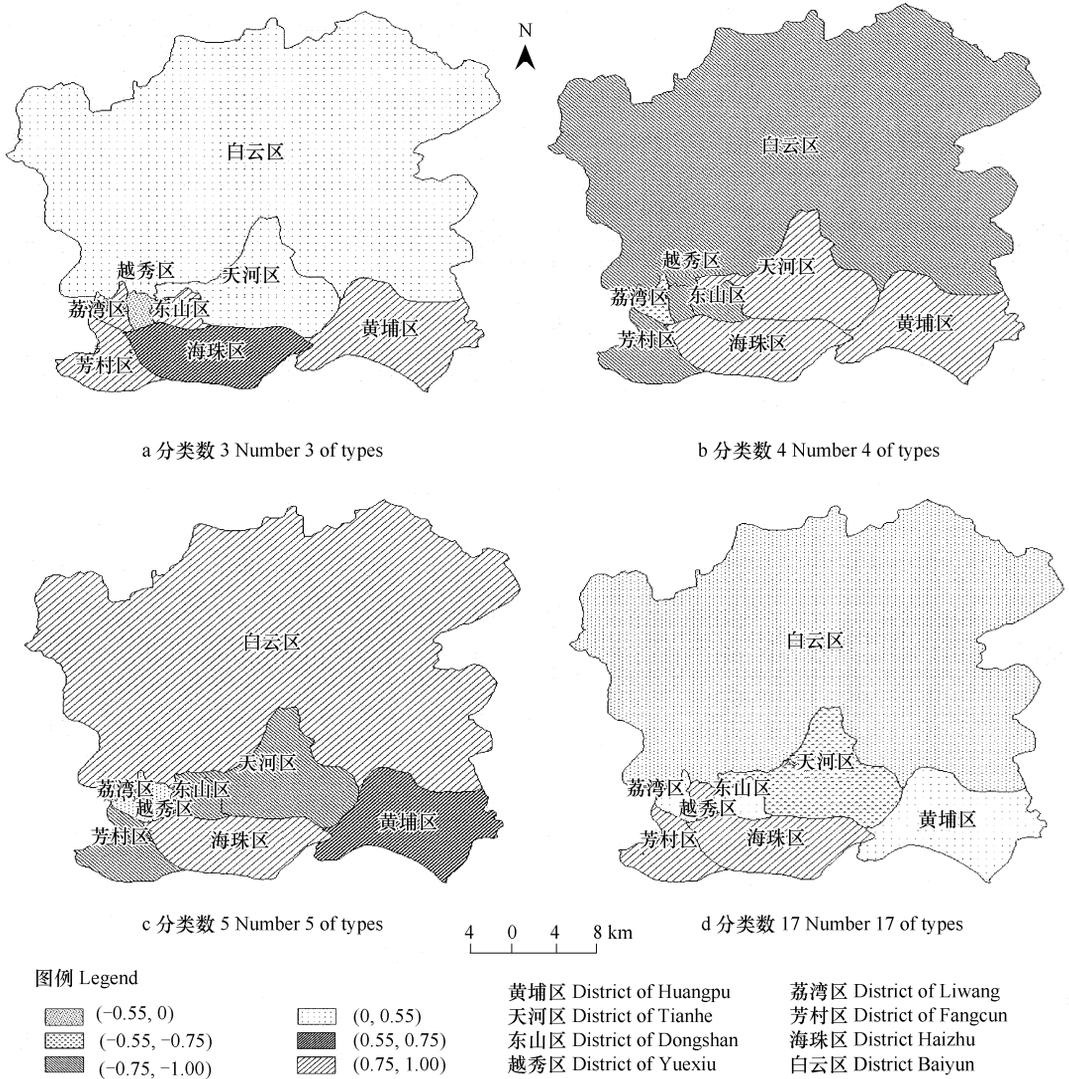


图 4 蔓延度与景观形状指数之间的相关系数对分类数敏感性的空间格局

Fig. 4 Spatial pattern of sensitivity to numbers of classes for the correlation coefficient between contiguity index and landscape shape index

a 分类数 3 Number 3 of types , b 分类数 4 Number 4 of types , c 分类数 5 Number 5 of types , d 分类数 17 Number 17 of types

关、弱相关比例分别为6:10:20 ;表征斑块分布与蔓延状态的 10 个指数间相关分析得到的 3 种比例分别为 16:8:21。显然 斑块形状类各指数间的独立性较好 ,蔓延度类指数次之 ,面积/周长/密度类指数之间的重叠信息最多。由此可知 ,景观格局指数之间的相关关系普遍存在。用景观格局指数研究景观格局特征时 ,应注意指数的选取 ,以尽量避免堆砌指数和信息冗余。

基于上述研究结果 ,探讨了不同景观分类数对景观格局指数相关关系的影响及程度差异。结果表明 ,分类数的变化将对景观格局指数之间的相关性产生影响 ,根据其响应类型与程度大小 ,分为简单型、分段型、较复杂型等 3 种指数关系类型。响应关系较复杂的部分指数对多在分类数 4 和 5 时改变其变化趋势。类似的研究^[18]发现 4 是景观格局指数的敏感分类数 ,与本研究结果基本一致。因此 ,进行该区域景观格局分析时 ,必须十分关注等级分类数 4 或 5 对景观格局分析结果的影响。

结果还表明 ,分类数对景观格局指数相关关系的影响及程度因指数所属的类别而异。其中 ,面积/周长/密度类指数间的相关性对分类数依赖性较差 较强的是蔓延度指数类 ,最强的是形状类指数。随分类数由小到大 ,取相关系数的变异系数的绝对值再求平均值 3 类指数的值依次分别为 0.504、1.258、3.030。这一结论对于进行景观不同层次水平的分析十分有用。如进行土地利用/覆被变化的景观分析时 ,先形成土地利用/覆

被变化的一二级分类系统,然后分别研究2个分级水平下的景观格局特征,由于景观格局指数之间的相关关系受到分类数的影响,那么,一级研究水平下选定的有代表性的景观特征指数是否在二级水平下仍然具有代表性,也就是是否能够大量的包含该水平下的信息量等等,反之亦然。因此,由于受到分类数的影响,为了使研究结果尽可能多地反映景观的真实特征,在2个或更多的分级层次水平上进行景观格局特征时,很可能需要选用不同的景观格局指数,或者避免选取不能同时反映两个层次信息的景观格局指数,尤其需要关注的是对于形状和景观斑块分布状态类的景观格局指数的选取与应用。长期以来,由于客观景观的复杂性以及人们认知与研究手段的局限性,这个问题一直受到忽略。对此,本文进行了探索性的研究,如果能够进行分类数对景观格局指数之间相关关系的影响及定量关系的进一步研究,将有益于选取景观格局指数得出更为符合实际的研究结果,并推动景观生态学的发展。

由于部分景观格局指数在类型和景观水平上有不同的生态学意义,如PD。正因为此,在类型水平上进行PD与AREA_MN的相关性关系研究,得出的结论与文献资料完全相反。这也是进行不同层次水平的景观格局研究中必须十分注意的问题。

相关系数随分类数变化不仅是景观格局指数之间计算公式差异的表现,也是自然景观格局的反映。如植被覆盖度各等级结构相对较复杂的白云区,PLAND-AREA_MN间相关关系在分类数为3~5时,表现为极显著相关,而在分类数17时则为不相关。其结果既反映了两指数生态学意义上的差异,也反映了该区域内植被景观格局特征。另外,精细的景观分类能更好地反映景观格局的细节特征。

References :

- [1] Shen W J, Wu J G, Ren H, *et al.* Effects of changing spatial extent on landscape pattern analysis. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23 (11) 2219 – 2231.
- [2] Zhao W W, Fu B J, Chen L D. The effects of grain change on landscape indices. *Quaternary Sciences*, 2003, 23 (3) 326 – 333.
- [3] André B L, Ahern J. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 2002, 59 65 – 93.
- [4] Li H B, Wu J G. Use and misuse of landscape indices. *Landscape Ecology*, 2004, 19 389 – 399.
- [5] Maile C N, McGarigal K, Samuel A C. Behavior of class-level landscape metrics across gradients of class aggregation and area. *Landscape Ecology*, 2004, 19 435 – 455.
- [6] Wu J G. Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations. *Landscape Ecology*, 2004, 19 125 – 138.
- [7] Wu J G, Shen W J, Sun W Z, *et al.* Empirical patterns of the effects of changing scale on landscape metrics. *Landscape Ecology*, 2002, 17 761 – 782.
- [8] Tobias P, Thies C, Ekschmitt K, *et al.* Scaling properties of multivariate landscape structure. *Ecological Indicators*, 2005, 5 295 – 304.
- [9] Bu R C, Li X Z, Hu Y M, *et al.* Scaling effects on landscape pattern indices. *Chin. J. Appl. Ecologica*, 2003, 14 (12) 2181 – 2186.
- [10] 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 (12) 2506 – 2519.
- [11] Arnot C, Fisher P F, Wadsworth R, *et al.* Landscape metrics with ecotones: pattern under uncertainty. *Landscape Ecology*, 2004, 19 181 – 195.
- [12] George R H, Jeff M B. Generating confidence intervals for composition-based landscape indexes. *Landscape Ecology*, 1997, 12 309 – 320.
- [13] Ritters K H, O'Neill R V, Hunsaker C T, *et al.* A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. *Landscape Ecol.*, 1995, 10 (1) 23 – 39.
- [14] Chen J J, Zhang S W, Zheng D M. Uncertainty of the quantitative analysis on landscape pattern. *Arid Zone Research*, 2005, 22 (1) 63 – 67.
- [15] Zhen L, Xie G D, Yang L, *et al.* Characters of landscape patterns and correlation in Jinghe watershed. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25 (12) : 3343 – 3353.
- [16] Wang X M, Wang C Y, Zhan Y L. A factor analysis on landscape structure metrics with large scale. *Geography and Geo-information Science*, 2006, 22 (1) 17 – 21.
- [17] Bu R C, Hu Y M, Chang Y. A correlation analysis on landscape metrics. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25 (10) 2764 – 2775.
- [18] David J B, Weaver K, Schnekenburger F, *et al.* Sensitivity of landscape pattern indices to input data characteristics on real landscapes: implications for their use in natural disturbance emulation. *Landscape Ecology*, 2004, 19 255 – 271.

- [19] Peng J, Wang Y L, Zhang Y. Research on the influence of land use classification on landscape metrics. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61 (2): 157—168.
- [20] MathsNet online courses (<http://www.mathsnet.net/asa2/modules/s14pmcc.html>)
- [21] Anthony N G. *High-Yield Biostatistics*. Shenyang: CITIC Publishing House/Liaoning Education Press, 2004. 42—44.
- [22] Zhou J W. *Entrance of Biostatistics*. Kunming: Yunnan People Press, 1984. 209—210.
- [23] Li X Q, Sun D F, Zhang F R. The application of remote sensing and landscape pattern analysis to vegetation on coverage mapping in mountain areas of Beijing: A case study of Mentougou district. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2003, 55 (1): 23—28.
- [24] Li M M. The method of vegetation fraction estimation by remote sensing. Paper for master's degree: Graduate University of Chinese Academy of Sciences, 2003: 79.
- [25] Chen Y H, Li X B, Shi P J. Landscape spatial-temporal pattern analysis on change in the fraction of green vegetation based on remotely sensed data: A case study in Haidian District, Beijing. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (10): 1581—1586.
- [26] Zhang X C, Shao M A. Effects of vegetation coverage and management practice soil nitrogen loss by erosion in Hilly Region of the Loess Plateau in China. *Acta Botanica Sinica*, 2003, 45 (10): 1195—1203.
- [27] Zuo W. *Comprehensive Assessment of the Regional Ecological Security Based on RS & GIS*. Beijing: Mapping Press, 2004. 111—112.

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 赵文武, 傅伯杰, 陈利顶. 景观指数的粒度变化效应. *第四纪研究*, 2003, 23 (3): 326—333.
- [9] 布仁仓, 李秀珍, 胡远满, 等. 尺度分析对景观格局指标的影响. *应用生态学*, 2003, 14 (12): 2181—2186.
- [10] 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.
- [14] 陈建军, 张树文, 郑冬梅. 景观格局定量分析中的不确定性. *干旱地区研究*, 2005, 22 (1): 63—67.
- [15] 甄霖, 谢高地, 杨丽, 等. 泾河流域分县景观格局特征及相关性. *生态学报*, 2005, 25 (12): 3343—3353.
- [16] 王新明, 王长耀, 占玉林. 大尺度景观结构指数的因子分析. *地理与地理信息科学*, 2006, 22 (1): 17—21.
- [17] 布仁仓, 胡远满, 常禹. 景观指数之间的相关分析. *生态学报*, 2005, 25 (10): 2764—2775.
- [19] 彭建, 王仰麟, 张源. 土地利用分类对景观格局指数的影响. *地理学报*, 2006, 61 (2): 157—168.
- [21] [美] 安东尼·N·格拉泽. *生物统计学(第二版)*. 沈阳市: 中信出版社, 辽宁教育出版社, 2004. 42—44.
- [22] 周季维. *生物统计学入门*. 昆明: 云南出版社, 1984. 209—210.
- [23] 李晓琴, 孙丹峰, 张凤荣. 北京山区植被覆盖率遥感制图与景观格局分析——以门头沟区为例. *国土资源遥感*, 2003, 55 (1): 23—28.
- [24] 李苗苗. 植被覆盖度的遥感估算方法研究. 硕士论文. 中国科学院研究生院, 2003. 79.
- [25] 陈云浩, 李晓兵, 史培军. 基于遥感的植被覆盖变化景观分析——以北京海淀区为例. *生态学报*, 2002, 22 (10): 1581—1586.
- [27] 左伟. 基于 RS、GIS 的区域生态安全综合评价研究——以长江三峡库区忠县为例. 北京: 测绘出版社, 2004. 111—112.